
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

MİMARLIK EĞİTİMİNDE DOĞADAN ÖĞRENME: BİYO-BİLGİLİ DÜŞÜNME BECERİLERİNİ GELİŞTİRME ÜZERİNE BİR ÖĞRETİM PROGRAMI ÖNERİSİ

Güneş MUTLU AVİNÇ

DOKTORA TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAZİRAN 2022

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

1. Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
2. Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
3. Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
4. Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
5. Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

Bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Güneş MUTLU AVİNÇ

28/06/2022

MİMARLIK EĞİTİMİNDE DOĞADAN ÖĞRENME: BİYO-BİLGİLİ DÜŞÜNME BECERİLERİNİ GELİŞTİRME ÜZERİNE BİR ÖĞRETİM PROGRAMI ÖNERİSİ

(Doktora Tezi)

Güneş MUTLU AVİNÇ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2022

ÖZET

Bir disiplin, yaklaşım, yöntem veya araç olarak "doğanın en iyi fikirlerinden öğrenerek tasarlamak" anlamına gelen biyo-bilgili tasarım kavramı günümüzün en önemli araştırma alanlarından biridir. Bu yaklaşım sadece tasarımları şekillendirmekle kalmaz, aynı zamanda eğitimde işbirlikçi/etkileşimli/yaratıcı yöntemleri temel alır ve çağdaş eğitim yaklaşımlarıyla bütünleştirilebilir. Tasarımda biyo-bilgili yaklaşım eğitiminin etkinliği konusunda 'en iyi uygulamaları' tasarlamaya yardımcı olacak yeterli araştırma bulunmamaktadır. Bu bağlamda bu tez, biyo-bilgili tasarım uygulamasında tasarımcılar için öneriler sunmaktadır. Araştırma, tasarımcıların sistem düşüncesi, biyo-bilgili düşünme, yenilikçi düşünme ve probleme dayalı öğrenme gibi becerilerini geliştirmede etkili ve faydalı bir yöntem olabilecek biyo-bilginin, tasarım eğitimine kolay ve anlaşılır bir şekilde nasıl uygulanabileceğini sorgulamaktadır. Bu doğrultuda hazırlanan Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı, biyolojik sistemleri aramak için sistematik yaklaşımlar, araçlar, süreçler içermektedir. Çalışma kapsamında uygulanan ve biyo-bilgili düşünmenin geliştirilmesini hedefleyen Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı, Gazi Üniversitesi, Mimarlık programında verilmekte olan bir ders kapsamında bir grup yüksek lisans öğrencisi ile gerçekleştirilmiştir. Dört dönem olarak uygulanan çalışma sonuçları dönem bazında değerlendirilmiştir. Çalışmanın bulguları; uygulamalara yönelik tutum ölçekleri, öğrenci görüş formları ve program sonuç anketlerine yönelik değerlendirmeler ile elde edilmiştir. Elde edilen veriler uygulama süreçlerinde yapılan gözlemler ile bütünleştirilerek sunulmuştur. Bu noktadan hareketle bu çalışma, biyo-bilgiye dayalı tasarım yaklaşımının yaygınlaştırılmasının, disiplinler arası ilişkilerin artırılmasının ve bireylerin doğaya yönlendirilmesinin yaratıcılık ve sürdürülebilirlik için önemini vurgulamaktadır. Elde edilen veriler ışığında bu araştırma, mimarlık lisans ve yüksek lisans eğitimine ve diğer tasarım disiplinlerine uyarlanabilecek bir program önermektedir.

Bilim Kodu	:	80111
Anahtar Kelimeler	:	Mimarlık eğitimi, biyo-bilgili düşünme, biyo-bilgili tasarım, öğretim programı
Sayfa Adedi	:	315
Danışman	:	Doç. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK

LEARNING FROM NATURE IN ARCHITECTURAL EDUCATION: A CURRICULUM PROPOSAL FOR DEVELOPING BIO-INFORMED THINKING SKILLS

(PHD Thesis)

Güneş MUTLU AVİNÇ

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2022

ABSTRACT

The concept of bio-informed design, which means “designing by learning from the best ideas of natüre” as a discipline, approach, method, or tool, is one of today's most important research areas. This approach not only shapes the designs but is also based on collaborative/interactive/creative methods in education and can be integrated with contemporary education approaches. There is not enough research to help design 'best practices on the effectiveness of bioinformed approach training in design. In this context, this thesis offers suggestions for designers in bioinformed design practice. The research questions how bio-knowledge, which can be an effective and useful method in developing designers' skills such as systems thinking, bio-informed thinking, innovative thinking, and problem-based learning, can be applied to design education easily and understandably. The Bio-Informed Design Curriculum prepared in this direction includes systematic approaches, tools, and processes to search for biological systems. The Bio-Informed Design Curriculum, which was applied within the scope of the study and aimed to develop bio-informed thinking, was carried out with a group of graduate students within the scope of a course given in Gazi University, Architecture program. The study's results, which were applied in four periods, were evaluated periodically. Findings of the study; Attitude scales towards practices, student opinion forms, and evaluations of program outcome questionnaires were obtained. The data obtained are presented by integrating observations made during the implementation processes. This study emphasizes the importance of disseminating the bio-information-based design approach, increasing interdisciplinary relations, and directing individuals to nature for creativity and sustainability. In the light of the data obtained, this research proposes a program that can be adapted to undergraduate and graduate education in architecture and other design disciplines.

Science Code	:	80111
Key Words	:	Architectural education, bio-informed thinking, bio-informed design, curriculum
Page Number	:	315
Supervisor	:	Assoc. Prof. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK

TEŞEKKÜR

Öncelikle uzun soluklu ve çok güzel geçen doktora yolculuğum süresince beni yalnız bırakmayan, sabırla, güler yüzle araştırmamım her aşamasında büyük emeği olan, değerli fikirleri, önerileri ve akademik tecrübesiyle araştırmama yön vererek bu süreçte maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, kendisinden çok şey öğrendiğim akıl hocam, rehberim, kıymetli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK'a, hem bana hem de tezime ayırdığı zaman, destek ve rehberliği için çok teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım süresince araştırmalarımın iyileşmesi ve ilerlemesi noktasında değerli görüşleri, geri bildirimleri, katkıları, bilimsel tavsiyeleri ve rehberlikleri için Sayın Prof. Dr. Zeynep ULUDAĞ'a ve Prof. Dr. Arzu GÖNENÇ SORGUÇ'a çok teşekkür ederim.

Tezimin eğitim ile olan bağlantısının kurulmasında büyük katkısı ve yönlendirmeleri olan Prof. Dr. Nurdan Kalaycı'ya uzmanlıkları ve tavsiyeleri için ayrıca teşekkür etmek isterim.

Çalışmalara katılan Gazi Üniversitesi Mimarlık Bölümü lisansüstü öğrencilerine, birlikte derse girdiğim değerli hocalarıma ve asistan arkadaşlarıma, iş birlikleri ve dostlukları için teşekkür ederim.

Tezim süresinde sıkıntılarımı paylaştığım değerli arkadaşlarım Ayşenur, Rüya, Merve, Makbule, Gizem ve Pelin'e tüm destekleri, tavsiyeleri ve iyi niyetleri için çok teşekkür ederim.

Son olarak yolculuk zorlaştığında bana her zaman destek olan anneme ve babama; kız kardeşlerim Kader, Ayşenur ve Kübra'ya, aileme, tüm sabrı ve ilgisiyle her türlü desteği sunan eşim Mustafa'ya, çocuklarım Mirhan ve Ceren'e sonsuz sevgilerimi sunar, tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ ix

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xi

RESİMLERİN LİSTESİ xvi

SİMGELER VE KISALTMALAR xix

1. GİRİŞ 1

2. KURAMSAL ÇERÇEVE 15

2.1. Biyo-Bilgili Tasarım 15

2.1.1. Biyo-bilgili tasarım üzerine terminolojik bir analiz 16

2.1.2. Doğa felsefesi ve değişen insan doğa ilişkisi 20

2.1.3. Biyomimetizm / biyomimikri felsefesi 25

2.1.4. Farklı disiplinlerde biyo-bilgili tasarım 31

2.2. Biyo-Bilgili Tasarım Eğitimi 81

2.2.1. Biyo-bilgili tasarım eğitiminde kullanılabilecek süreçler 87

2.2.2. Biyo-bilgili tasarım eğitiminde kullanılabilecek araç ve yöntemler 94

3. YÖNTEM 113

3.1. Araştırmanın Modeli 113

3.2. Araştırmanın Veri Toplama Yöntemi 121

3.3. Çalışma Grubu 127

3.3.1. Birinci çalışma grubu 127

Sayfa

3.3.2. İkinci çalışma grubu 128
3.4. Veri Toplama Araçları ve Verilerin Toplanması 129
3.5. Biyo-Bilgili Öğretim Programının Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesi 129
3.6. Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programının Uygulama Süreci 134
4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER 137
4.1. Birinci Alt Amaca İlişkin Bulgular ve Değerlendirmeler 137
4.2. Uygulamaya İlişkin Bulgular ve Değerlendirmeler 153
4.2.1. 2019-2020 güz dönemi bulguları ve değerlendirmeleri 153
4.2.2. 2019-2020 bahar dönemi bulguları ve değerlendirmeleri 160
4.2.3. 2020-2021 güz dönemi bulguları ve değerlendirmeleri 165
4.2.4. 2020-2021 bahar dönemi bulguları ve değerlendirmeleri 168
4. SONUÇ VE ÖNERİLER 201
KAYNAKLAR 211
EKLER 243
EK-1. Farkındalık Anketi 244
EK-2. Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı 248
ÖZGEÇMİŞ 313

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 2.1. Çeşitli üniversitelerde yer alan biyo-bilgili kurslar ve laboratuvarlar 85

Çizelge 2.2. Biyo-bilgili tasarım için literatürde yer alan araçlar 100

Çizelge 3.1. Tek grup ön test-son test deneysel model 114

Çizelge 3.2. SOLO taksonomisi düzeyleri ve bu düzeylerin temel özellikleri 117

Çizelge 3.3. Dettmer Taksonomi 118

Çizelge 3.4. Yenilenmiş Bloom Taksonomi tablosunun bilgi boyutu 120

Çizelge 3.5. Araştırmanın aşamalarında kullanılan yöntemler 126

Çizelge 3.6. Çalışma grubu öğrenci bilgileri 129

Çizelge 3.7. Araştırmanın alt amaçlarına yönelik kullanılan veri toplama araçları 129

Çizelge 3.8. CIPP modeline göre program değerlendirme için yapılan işlemler ve kullanılan veri toplama araçları 134

Çizelge 3.9. Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı'na ilişkin çalışma planı ve veri toplama araçları 136

Çizelge 4.1. 2019-2020 Güz Dönemi haftalık ders programı 154

Çizelge 4.2. 2019-2020 Güz Döneminde derste üretilen tasarımlar 156

Çizelge 4.3. Yönteme ilişkin öğrenci görüşleri 158

Çizelge 4.4. Öğrencilerin ön test ve son test "10 sorudan oluşan açık uçlu değerlendirme testi" puanlarına ilişkin t testi sonuçları 160

Çizelge 4.5. 2019-2020 Bahar Dönemi haftalık ders programı 161

Çizelge 4.6. 2019-2020 Bahar Döneminde derste üretilen tasarımlar 163

Çizelge 4.7. Yönteme ilişkin yorumlar 164

Çizelge 4.8. Öğrencilerin ön-test ve son-test "10 sorudan oluşan açık uçlu değerlendirme testi" puanlarına ilişkin t-testi sonuçları 165

Çizelge 4.9. 2020-2021 Güz Döneminde derste üretilen tasarımlar 166

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 4.10. Öğrencilerin ön-test ve son-test "10 sorudan oluşan açık uçlu değerlendirme testi" puanlarına ilişkin t-testi sonuçları 167

Çizelge 4.11. Yönteme ilişkin görüşleri..... 167

Çizelge 4.12. 2020-2021 Güz Dönemi haftalık ders programı 169

Çizelge 4.13. Problem odaklı tasarım öz değerlendirme formuna verilen cevaplar 183

Çizelge 4.14. Çözüm odaklı tasarım öz değerlendirme formuna verilen cevaplar 186

Çizelge 4.15. Biyo-Bilgili Tasarım Dersinde Kullanılan Konsept ve Bilgi Teorisi Tekniğine Yönelik Tutum Ölçeği (Likert)'nde yer alan sorulara verilen yanıtların ortalama değerleri..... 188

Çizelge 4.16. "Thermo-" kelimesi ile genişletme sonuçları (1 numaralı öğrenci)..... 190

Çizelge 4.17. Öğrenci (1) tarafından gerçekleştirilen biyoloji kaynaklarında anahtar kelime aramaları 190

Çizelge 4.18. Araştırma sonunda açığa çıkan eşleşmeler 191

Çizelge 4.19. Öğrenci (1) tarafından anahtar kelimelerle yapılan araştırma sonucunda bulunan doğal çözümlerden örnekler..... 192

Çizelge 4.20. Anahtar kelime taraması sonucu ulaşılan bilgilerin kullanılabilir duruma getirilmesi /analiz edilmesi..... 193

Çizelge 4.21. İncelenen canlının ayrıntılı özellik matrisi 194

Çizelge 4.22. 2021-2022 Bahar Döneminde derste üretilen tasarımlar 196

Çizelge 4.23. Biyo-Bilgili Tasarım Dersinde Kullanılan Doğal Dil Yaklaşımına Yönelik Tutum Ölçeği (Likert)'nde yer alan sorulara verilen yanıtların ortalama değerleri 197

Çizelge 4.24. Öğrencilerin doğal dil yaklaşımına yönelik önerileri 197

Çizelge 4.25. Öğrencilerin ön-test ve son-test "10 sorudan oluşan açık uçlu değerlendirme testi" puanlarına ilişkin t-testi sonuçları 197

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 1.1. Tezin strüktürü 14

Şekil 2.1. Geçmişten günümüze sanat 35

Şekil 2.2. Biyoloji ve sanatın kesişimindeki öncü programlar ve girişimler 40

Şekil 2.3. Biyosanat ve ilgili sanat formları şeması 41

Şekil 2.4. Yapay Alg Algoritması 60

Şekil 2.5. Biyo-bilgili tasarım süreci- biyolojiden tasarıma/teknolojiye/uygulamaya ... 89

Şekil 2.6. Farklı araştırmacılar tarafından açıklanan çözüm odaklı süreç 90

Şekil 2.7. Farklı araştırmacılar tarafından açıklanan problem odaklı süreç 92

Şekil 2.8. Biyo-bilgili tasarım süreci - tasarımdan biyolojiye 93

Şekil 2.9. Doğal sistemlerin açıklamalarının yer aldığı veri tabanına ait ekran görüntüsü 96

Şekil 2.10. "Temizlemek" anahtar kelimesi için yapılan arama 98

Şekil 2.11. Anahtar kelime köprüleme yönteminin, mühendislik anahtar kelimesi "temizle-" için biyolojik olarak anlamlı 'savunma' anahtar kelimesini bulmayı gösteren akış şeması 107

Şekil 2.12. Konsept-Bilgi Teorisi Diyagramı 110

Şekil 2.13. Biyo-bilgili tasarım için Konsept-Bilgi diyagramı 111

Şekil 3.1. Açıklayıcı Sıralı Modelin Uygulama Aşamaları 113

Şekil 3.2. Öğrenme bağlamını tanımlamak için nitel araştırma yöntemi 115

Şekil 3.3. Temel öğrenme hedeflerini sınıflandırmak için nitel araştırma yöntemi 116

Şekil 3.4. Bilişsel Alan Taksonomileri 117

Şekil 3.5. Anlamlı Öğrenme Taksonomisi 118

Şekil 3.6. Bloom Taksonomisi (1956) ve Anderson ve Krathwohl (2010) tarafından gözden geçirilmiş Yenilenmiş Bloom Taksonomisi karşılaştırması 121

Şekil 3.7. Karma yöntemler araştırma modelleri 123

Şekil **Sayfa**

Şekil 3.8. Araştırmaya ait karma yöntem modelini (desenini) belirleme süreci..... 124

Şekil 3.9. Çok Aşamalı Model akış şeması..... 124

Şekil 3.10. Karma Yöntem Çalışması Yürütme Sürecindeki Adımlar 125

Şekil 3.11. ADDIE modeli adımları 130

Şekil 3.12. CIPP değerlendirme modelinin temel bileşenleri ve programla ilişkisi 132

Şekil 3.13. Çalışma kapsamında yapılan uygulamalar 135

Şekil 4.1. Cinsiyet dağılımı..... 137

Şekil 4.2. Yaş dağılımı..... 137

Şekil 4.3. Üniversite dağılımı 138

Şekil 4.4. Üniversiteye bağlı sınıf dağılımı 138

Şekil 4.5. "Aşağıdaki biyo- kavramlarından hangisini biliyorsunuz?" sorusuna verilen cevaplar..... 139

Şekil 4.6. "Mimarlık ve biyoloji disiplinleri arasındaki ilişki hakkında ne düşünüyorsunuz?" sorusuna verilen cevaplar..... 139

Şekil 4.7. "Mimarların ve biyologların tasarım projelerinde iş birliği yapmasının mümkün olduğuna inanıyor musunuz?" sorusuna verilen cevaplar 140

Şekil 4.8. "Doğadan esinlenen/öğrenen tasarımlar hakkında bilginiz var mı?" sorusuna verilen cevaplar..... 140

Şekil 4.9. "Tasarım derslerinde doğadan esinlenme ya da doğadan öğrenme kavramlarının ne ifade ettiği ya da kullanımı ile ilgili bilgi edindiniz mi?" sorusuna verilen cevaplar..... 141

Şekil 4.10. "Cevabınız evet ise, hangi ders kapsamında?" sorusuna verilen cevaplar ... 141

Şekil 4.11. "Biyo-bilgili" kavramı Biyomimikri/Biyomimetik/Biyonik/Biyoteknoloji / Biyomimesis kavramları ile aynı anlama gelmektedir." ifadesine verilen cevaplar..... 142

Şekil 4.12. "Biyo-bilgili kavramı temelde mimarlık ile alakalıdır." ifadesine verilen cevaplar..... 142

Şekil 4.13. "Biyo-bilgili kavramı problem çözümünde, doğadan öğrenilmesi/esinlenilmesi ile yeni tasarımlar geliştirilmesinde kullanılan alanı temsil etmektedir." ifadesine verilen cevaplar..... 142

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.14. “Tasarımlarınızda doğayı bilgi/esin kaynağı olarak kullanma deneyiminiz oldu mu?” sorusuna verilen cevaplar 143

Şekil 4.15. “Cevabınız evet ise doğayı referans olarak aldığınızda bu kavramı hangi yolla uygulamaya geçirdiniz?” sorusuna verilen cevaplar..... 144

Şekil 4.16. “Doğadaki çözümleri hangi amaç doğrultusunda inceliyorsunuz?” sorusuna verilen cevaplar..... 144

Şekil 4.17. “Çözümleri incelerken daha detaylı bilgiye ihtiyaç duyuyor musunuz?” sorusuna verilen cevaplar..... 145

Şekil 4.18. “Çözümleri incelerken daha detaylı bilgiye ihtiyaç duyuyor musunuz?” sorusuna “Evet ise örnek verir misiniz?” için verilen cevaplar 145

Şekil 4.19. “Doğadan esinlenmenin/öğrenmenin mimarlık eğitimine katkısı olur.” ifadesine verilen cevaplar 146

Şekil 4.20. “Tasarım stüdyosunda bir öğretim yöntemi olarak Biyo-bilgili/biyomimetik/biyomimikri/biyo-esinli tasarım hakkında bilginiz var mı?” ifadesine verilen cevaplar..... 146

Şekil 4.21. “Biyo-bilgili/biyomimetik/biyomimikri/biyo-esinli yaklaşımın mimari tasarım stüdyolarında yaygın olarak kullanılmamasının nedenleri sizce nelerdir?” ifadesine verilen cevaplar 147

Şekil 4.22. “Biyo-bilgili/biyomimetik/biyomimikri/biyo-esinli yaklaşım, doğadaki hayvan, bitki ve daha birçok canlı, cansız ve tüm oluşumları inceleyip mimarlık eğitimine büyük katkılar sağlar.” ifadesine verilen cevaplar 147

Şekil 4.23. “Doğadan esinlenme/öğrenme mimarlık eğitiminde kişinin yeni perspektifler kazanmasına olanak sağlar.” ifadesine verilen cevaplar..... 148

Şekil 4.24. “Doğadan esinlenme/öğrenme problem çözümünde yaratıcı çözümler üretilmesini sağlar.” ifadesine verilen cevaplar 148

Şekil 4.25. “Doğadan öğrenilerek gerçekleştirilen tasarımların dünyadaki olumsuz çevresel etkileri azaltabileceğine inanıyor musunuz?” sorusuna verilen cevaplar 149

Şekil 4.26. “Biyo-bilgili/biyomimetik/biyomimikri/biyo-esinli yaklaşımın mimarlık müfredatı içerisinde bir yaklaşım olarak düşünülmesi gerektiğine inanıyor musunuz?” sorusuna verilen cevaplar..... 149

Şekil 4.27. “Doğadan alınan bilgilerin tasarım sürecinde kullanmasının mümkün olduğunu düşünüyor musunuz?” sorusuna verilen cevaplar..... 150

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.28. "Mimar adaylarının biyolojik kaynaklardan edindikleri bilgileri anlamasının kolay olduğunu düşünüyor musunuz (mimarlık-biyoloji terminoloji farkı nedeniyle)?" sorusuna verilen cevaplar 150

Şekil 4.29. "Mimar adayları için biyolojik bilgiyi karmaşık olmayan bir dille erişilebilir hale getirmenin mümkün olduğunu düşünüyor musunuz?" sorusuna verilen cevaplar 151

Şekil 4.30. "Doğadaki çözümlerin tasarıma aktarımı üzerine bilgi edinmek ister miydiniz?" sorusuna verilen cevaplar 151

Şekil 4.31. "Doğadaki çözümlerin tasarıma aktarımı üzerine bilgi edinmek ister miydiniz?" sorusuna verilen cevaplar 152

Şekil 4.32. "Tasarımda doğadan esinlenme, doğaya benzetme, doğadan öğrenme ve doğadaki bilgileri aktarma konusundaki düşüncelerinizi belirtiniz." sorusuna verilen cevaplar 152

Şekil 4.33. Mimarlık öğrencilerinin kabuk sistemlerini anlama becerilerinin geliştirilmesinde «biyo-bilgili yaklaşımın» kullanılması için önerilen çerçeve 156

Şekil 4.34. Öğrencilerin "program sonuç anketine" verdikleri cevaplar 159

Şekil 4.35. Mimarlık öğrencilerinin strüktür sistemlerini anlama becerilerinin geliştirilmesinde biyo-bilgili yaklaşımın kullanılması için önerilen çerçeve 162

Şekil 4.36. Öğrencilerin "Program Sonuç Anketine" verdikleri cevaplar 165

Şekil 4.37. 2020-2021 Güz Döneminde dersi alan öğrencilerin "Program Sonuç Anketine" verdikleri cevaplar 168

Şekil 4.38. Öğrenciler tarafından hazırlanan posterler 170

Şekil 4.39. Öğrenciler tarafından hazırlanan kavram haritaları 172

Şekil 4.40. Kavram haritasının kullanımına ilişkin öğrenci cevapları 175

Şekil 4.41. Öğrenciler tarafından hazırlanan zihin haritaları 176

Şekil 4.42. Zihin haritasının kullanımına ilişkin öğrenci cevapları 180

Şekil 4.43. Problem odaklı tasarım süreci bağlamında gerçekleştirilen uygulama 181

Şekil 4.44. Çözüm odaklı tasarım süreci bağlamında gerçekleştirilen uygulama 184

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.45. K-B Haritalama Şablonu: Bilgi aktarım sürecinin görsel olarak yapılandırılması 187

Şekil 4.46. Doğal dil yaklaşımı süreci 189

Şekil 4.47. Öğrenci (1) tarafından üretilen tasarım 195

Şekil 4.48. 2021-2022 Bahar Döneminde dersi alan öğrencilerin "Program Sonuç Anketine" verdikleri cevaplar 198

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim **Sayfa**

Resim 2.1. Hans Haacke**,** *Grass Grows*, 1967-69 37

Resim 2.2. Henrique Oliveira, *Baitogogo*, 2013 37

Resim 2.3. Peter Krsko, *Stabiliment* heykeli, 2017 38

Resim 2.4. Joe Davis, *Microvenus*, 1986-1987 42

Resim 2.5. Oron Catts, Ionat Zurr ve Guy Ben-Ary, Yarı Yaşayan Endişeli Bebek Heykeli, 2000 43

Resim 2.6. Laura Cinti, Kaktüs Projesi, 2001 43

Resim 2.7. Zachary Copfer, "Leonardo da Vinci, Charles Darwin, Albert Einstein", 2014 44

Resim 2.8. Joanne Dungo, "Bahçıvan", 2020 44

Resim 2.9. Yoko Shimizu, "Vermeer'in İnci Küpeli Kızı", 2020 45

Resim 2.10. Ayşe Gül Süter, Yeryüzü I, 2019 45

Resim 2.11. (a) Leonardo da Vinci, Uçan maki, (b) General Yi Sun-sin, Kaplumbağa gemisi, (c) Wright Kardeşler, Uçak 48

Resim 2.12. Matthew Baker'ın geminin şeklini optimize eden taslağı 49

Resim 2.13. Sarı kutu balığı, Mercedes-Benz konsept otomobil 50

Resim 2.14. Yalıçapkını gagasından esinlenilen Japon hızlı treni *Shinkansen* 50

Resim 2.15. Biyomimetik yapay bileşik göz yapısı 51

Resim 2.16. Liu, Huang ve Jiang (2016) tarafından geliştirilen yapay göz 51

Resim 2.17. Lotus etkisi: (a) lotus yaprağı, (b) lotus yaprağı yüzeyinin bilgisayar grafiği, (c) lotus yaprağı yüzeyinin 7000 kez büyütülmüş mikro yapısı, (d) StoLotusan® yüzeyindeki 7000 kez büyütülmüş mikroyapı ve (e) Lotus efektini kullanan boya üzerinde kendi kendini temizleme etkisi 52

Resim 2.18. (a) köpekbalığı derisi morfolojisinin mikroskobik görüntüsü, (b) denizcilik endüstrisinde uygulama, (c) uçak endüstrisinde uygulama, (d) otomotiv endüstrisinde uygulama, (e) ve (f) denizcilik endüstrisinde uygulama 53

Resim 2.19. Geko mikroskobik tüylerinin yapısı ve üretilen bant 53

Resim **Sayfa**

Resim 2.20. Köpekbalığı derisi üzerindeki mikro desenleri taklit eden Sharklet teknolojileri 54

Resim 2.21. Ortam sıcaklığında üretilmiş bir bioMASON tuğlası 54

Resim 2.22. Betonun hızlı dondurulması ve çözülmesi için standart test yöntemi olan ASTM C666'yı geçen Biyomimetik Antifriz Polimer Modifiye Beton numunesi 55

Resim 2.23. *Bird of Prey* 55

Resim 2.24. Gavin Miller, Yılan Robot, 1998–1999, Etrüsk kır faresi ve Shrewbot 56

Resim 2.25. Balıklardan yola çıkılarak tasarlanan dikey eksenli rüzgâr türbini 56

Resim 2.26. 3 metre yükseklik ve 7 metre genişliğe sahip plastik yapraklı ağaca benzeyen rüzgâr türbini 57

Resim 2.27. Okyanus dalgalarından enerji üreten BioWAVE ünitesi ve bioSTREAM Gelgit Güç Sistemi 57

Resim 2.28. Endüstriyel mikroalg foto-biyoreaktörler, Alga Energy şirketi 58

Resim 2.29. Termoregülasyon özelliğine sahip kumaş 58

Resim 2.30. Neme ve vücut ısısına tepki veren antrenman kıyafeti 59

Resim 2.31. Alfred Bartholomew, On The Mechanical Trussing of Building 64

Resim 2.32. Doğada var olan hiperbolik geometri formları 65

Resim 2.33. Sagra da Familia Kilisesinde yer alan parabolik ayaklar ve hiperbolik yüzeyler 65

Resim 2.34. Tridacna kabuğu ve Sagrada Familia okulu 66

Resim 2.35. Joseph Paxton, Kristal Saray, 1851 68

Resim 2.36. Hannes Meyer, Bernau ADGB Ticaret Birliği Okulu, 1928 69

Resim 2.37. Bileşik gözden yola çıkılarak gerçekleştirilen adaptif stadyum cephesi 73

Resim 2.38. Tasarlanan cepheye ait bileşenler 74

Resim 2.39. İklimsel koşullara bağlı olarak malzemenin sıcaklığa ve nem seviyesine bağlı testi 75

Resim 2.40. Dinamik SolarLeaf cephe, panel detayı 76

Resim **Sayfa**

Resim 2.41. Cennet kuşu çiçeğinin hareketi ve çift katmanlı Flectofin® malzemesinin açılıp kapanması 76

Resim 2.42. Böcek yiyen bitkisi morfolojik özellikleri ve katlanma hareketinin simülasyonu ve açı ölçümü 77

Resim 2.43. Çiçeklerin elastik yapısından yola çıkarak tasarlanmış fiziksel model ve cephe gölgeleme elemanı olarak üretilen prototip 77

Resim 2.44. Venedik Mimarlık Bienali Hylozoic Ground ve şematik organizasyonu ... 78

Resim 2.45. Biyolamba, Biyotavan ve Biyoduvarlar 78

Resim 2.46. Rice Mimarlık Okulunda 2004 yılında gerçekleştirilen *Metapatch* adlı prototip 79

Resim 2.47. İpek Pavyonu 80

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
AB	Avrupa Birliği
ADDIE	Analyze, Design, Develop, Implement, Evaluate
BM	Birleşmiş Milletler
CIPP	Context, Input, Process ve Product
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
ISO / TC266	International Organization for Standardization- Biomimetics
K-B	Konsept Bilgi Teorisi
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NAAB	National Architectural Accrediting Board
STEM	Science, technology, engineering, and mathematics
STEAM	Science, technology, engineering, art and mathematics
UNESCO	Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Kurumu

1. GİRİŞ

Bu çalışmada biyo-bilgili yaklaşımın ve yaklaşıma ait araçların/metodolojilerin/süreçlerin mimarlık eğitiminde kullanımı üzerine bir araştırma yürütülmüştür. Tezin bu bölümünde araştırmaya ait problemin tanımı, araştırmanın amacı, soruları, hipotezi, önemi, varsayımları, sınırlılıkları ve tezin strüktürü yer almaktadır.

Problemin Tanımı

21. yüzyılda yaşanan bilimsel ve teknolojik gelişmeler, mühendislik, malzeme, tıp, nano teknoloji, robotik, bilgisayar bilimleri gibi birçok alanda olduğu gibi mimarlık disiplininde de paradigmal değişikliklere yol açmakta ve yeni araştırma alanları yaratmaktadır. Yaşanan bu değişimler sonucunda eğitimin de yeniden yapılandırılması/geliştirilmesi kaçınılmaz olmaktadır. Bu bağlamda disiplinlerarası birlikteliklerden/yaklaşımlardan yararlanmak, öğrencileri eleştirel ve yaratıcı düşünmeye yönlendirecek, ilişkileri/bağlantıları kurmayı sağlayacak becerileri kazandırmak her geçen gün daha da önem kazanmaktadır.

Biyolojik paradigmanın birçok disiplinde olduğu gibi mimarlık alanındaki etkili ve dönüştürücü gücü, son yıllarda dijital teknolojilerin kullanımının yaygınlaşması ile yeniden keşfedilmektedir. Söz konusu gelişmelerle birlikte mimarlık disiplininde akademi, eğitim ve profesyonel dünyayı bir araya getiren pek çok araştırmada, biyoloji bilimine ait bilgilerin mimarlık disiplinine transfer edilerek yenilikçi ara kesitlerin arandığı/çalışıldığı görülmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda öne çıkan söylem ise biyolojik ilkelerin mimarlık pratiğinde uygulanması için disiplinlerarası çalışmalar yapılması gerektirdiği gerçeğidir. Sayısal teknolojilerin sağladığı tasarım, benzeşim, optimizasyon, süreç yönetimi ve üretim yöntemlerinin gelişmesi ve kullanımlarının artması ile mimarlıkta biyo-bilgili yaklaşımlarının/yöntemlerin çeşitliliği ve niteliği de artmaktadır. Elde edilen her yenilikçi sonuç ile mimarlıkta yaşanan paradigma değişimi daha net görülebilir hale gelmiştir.

Biyo-bilgili/Biyomimikri/Biyomimetik/Biyonik/Biyo-esinli/Biyo-odaklı/Biyomimesis gibi ana teması "doğa" olan bu kavramlar, bir yaklaşım, yöntem, araç, disiplin veya strateji olarak yorumlanabilir. Tüm bu terimler, aralarındaki felsefi farklılıklara rağmen özünde "doğanın en iyi fikirlerinden öğrenerek tasarlama" (Benyus, 1997) yaklaşımı sadece tasarımları şekillendirmekle kalmamakta bununla birlikte eğitimde de disiplinlerarası etkileşim

(mimarlık-matematik-sanat-biyoloji-mühendislik vb.), yaratıcı problem çözümü gibi yeni yollar açarak devrimsel nitelikte değişimler yaşanmasına yol açmaktadır. Biyo-bilgili kavramı, mimarlık bölümünde eğitim gören öğrencilere hem eğitim hem de mesleki yaşamlarında sürdürülebilir ve yenilikçi fikirler sağlayarak problem çözümü için önemli potansiyeller barındırmaktadır. Doğa odaklı mimari öğrenme ile doğanın tasarımları, süreç döngüleri ve potansiyelleri keşfedilmektedir. Bununla birlikte işbirlikli/etkileşimli/yaratıcı yöntemlere dayanan bu metodoloji çağdaş eğitim yaklaşımları ile bütünleşebilen, günümüzün en önemli araştırma konulardan biridir (Arslan Selçuk ve Mutlu Avinç, 2021).

Biyo-bilgili yaklaşım tasarım problemlerine çözüm bulmak için uzun bir geçmişe ve veri envanterine sahip olan "doğadan" bilgi almaktadır. Bu amaçla yapılan biyo-bilgili bir araştırma, biyoloji terminolojisinden yararlanarak, edinilen bilgileri tasarım sürecine aktarmayı amaçlamaktadır. Bu aktarım kopyalamadan ziyade yorumlama, öğrenme ve canlı doğadan türetilme olarak gerçekleşmekte, tasarım süreci içerisinde farklı olanaklar sunmaktadır. Bu bağlamda biyo-bilgili yaklaşım, biyolojik morfolojilerin, strüktürlerinin ve fonksiyonlarının sahip olduğu biyolojik prensiplerden öğrenme ve bilgi aktarma sürecini kapsamaktadır (Amer, 2019). Bu kapsamda, "sürdürülebilir bir gelecek amacıyla doğadan öğrenerek tasarım problemlerine sürdürülebilir çözümler aramak", tasarım eğitiminde desteklenmesi gereken yenilikçi yaklaşımlardan biri olarak görülmektedir. Bununla birlikte mimari tasarım ve biyoloji alanları arasında etkili yolculuk, yenilikçi tasarımı kolaylaştıran ve mimarlık öğrencilerinin bilişsel esnekliğini, yaratıcılığını ve uyarlanabilir problem çözme becerilerini artıran bağlantılar kurduğu için ele alınması gereken önemli bir boşluk olarak görülmektedir. Bu konuda Lily Urmann, biyo-bilgili tasarım yaklaşımının "sürdürülebilirlik hakkında düşünmenin ve öğrenmenin benzersiz ve güçlü bir yol" (Urmann, 2016) olduğunu belirtmektedir. Bunun yanında bu yaklaşımın yalnızca sorunları nasıl çözdüğümüzü ve dünyamızı nasıl tasarladığımızı etkilemekle kalmadığını, aynı zamanda eğitimde her yaştan öğrenciyi biyoloji, STEM konuları, yaratıcı problem çözme ve sistem düşüncesi konularında geliştirerek de devrim yarattığını savunmaktadır. Stevens (2021) da bu konuda biyo-bilgili tasarım eğitiminde, biyolojiden tasarıma aktarılacak fenomenlerin/sistemlerin/süreçlerin keşfedildiği ve ilgili alana aktarıldığı öğrenme sürecinin aynı zamanda problem çözerken akıl yürütmeyi de geliştirdiğini belirtmektedir. Biyo-bilgili tasarımı yararlı bir yaklaşım olarak tanımlayan Qureshi (2020) yaklaşımın özellikle sorgulamaya dayalı öğrenme ile tamamlandığında, öğrencilerin tasarım ve sistem düşüncesi gibi becerilerini geliştirebileceğini belirtmektedir.

“Eğitimin öncelikli görevlerinden biri, bireyleri yaşamları boyunca gereksinim duyacağı becerilerle donanmış olarak yetiştirmektir. Bu görevini gerçekleştirmesini sağlayan araçlardan biri ‘eğitim programlarıdır’.” (Türk, 2019). Benzer şekilde Urmann (2016) yüksek öğretimin, birçok kritik zorlukla karşı karşıya olan bir dünyada yeni nesil problem çözücülere ilham vermekten ve onları motive etmekten sorumlu olduğunu ifade etmektedir. Cortese (2003) de sürdürülebilir bir gelecek yaratmada yüksek öğretimin kritik bir rolü olduğunu vurgulamaktadır. Küresel bilgi toplumunda eğitimde yaşanan değişim ve gelişmeler, yeni döneme uyum sağlayan öğrencilerin yetişmesini sağlamak için eğitim programlarının yeni yaklaşım/yöntemleri içerecek şekilde değişmesi ve güncellenmesi gerektiğini göstermektedir (Parlar, 2012). Bunun önemli nedenlerinden biri, 21. yüzyılda yaşayan bireylerin, hızla değişen teknolojilere ve artan çevresel, sosyal ve ekonomik sorunlara uyum sağlamak durumunda olmasıdır. Bunun yanında çağımızın en önemli sorunlarından biri olan ekolojik krizin ele alınması için mimarlık müfredatının değişmesi gerektiğini savunan bir manifesto yayınlanmıştır (URL-1).

Birleşmiş Milletler (BM) “Sürdürülebilir Kalkınma için Çevre Eğitimi ve Öğretim Vizyonu” (*Environmental Education & Training for Sustainable Development*), çevreye karşı duyarlı olunması, çevrenin korunması ve insanların yaşam kalitesinin iyileştirilmesine yönelik bütünsel yaklaşımı desteklemektir. Bu strateji aynı zamanda çevre eğitimini, çevresel sorunların karmaşıklığını vurgulayan ve öğretme ve öğrenmede farklı ve yenilikçi eğitim yaklaşımlarının kullanılmasını gerektiren sürekli yaşam boyu öğrenme olarak kabul eder. Strateji ayrıca, çevre eğitimini disiplinler arası yaklaşımlara, aktif katılım ve çevreye karşı bireysel ve grup sorumluluğuna dayanan, sürekli ve yaşam boyu bir süreç olarak kabul eden çevre eğitimi ilkeleriyle de uyumludur (URL-2).

Benzer şekilde UNESCO tarafından “Eğitim 2030 Gündemi ve Eylem Çerçevesi” kapsamında önerilen “Sürdürülebilir Kalkınma için Eğitim” politikası ile 7 milyarlık dünya nüfusu ve sınırlı doğal kaynaklarla, birey ve toplumların sürdürülebilir bir şekilde birlikte yaşamayı öğrenmesi gerektiği vurgulanmaktadır (URL-3). İnsanların, bugün yapılanların gelecekte insanların ve gezegenin yaşamları üzerinde etkileri olabileceği anlayışına dayanarak sorumlu bir şekilde harekete geçmeleri gerektiği söylenmektedir. Sürdürülebilir Kalkınma için Eğitim (*Education for Sustainable Development*), insanları düşünme ve sürdürülebilir bir gelecek için çalışma biçimlerini değiştirmeleri konusunda güçlendirmektedir. UNESCO, her düzeyde ve tüm sosyal bağlamlarda sürdürülebilir

kalkınma konusunda kaliteli eğitime erişimi iyileştirmeyi, eğitimi yeniden yönlendirerek toplumu dönüştürmeyi ve insanların sürdürülebilir kalkınma için gerekli bilgi, beceri, değer ve davranışları geliştirmesine yardımcı olmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda iklim değişikliği ve biyolojik çeşitlilik gibi sürdürülebilir kalkınma konularını öğretim ve öğrenime dahil etmekle ilgilenmektedir. Bu eğitim ile bireyler, problem çözen, kültürel çeşitliliğe saygı duyan ve daha sürdürülebilir bir dünya yaratmaya katkıda bulunan sorumlu aktörler olmaya teşvik edilir (URL-3). Benzer şekilde Rio+20 Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Konferansında da mevcut ve gelecek nesillerin ekonomik, sosyal ve çevresel ihtiyaçları arasında adil bir denge sağlamak için doğa ile uyumu teşvik etmenin gerekli olduğu vurgulanmıştır. Konferansta doğal kaynak temelinin korunması ve yönetilmesi, sürdürülebilir kalkınmanın kapsayıcı hedefi ve temel gerekliliği olarak görülmüştür (URL-4). Bununla birlikte AB, Araştırma ve inovasyon politikası kapsamında sürdürülebilir toplum ve çevreye ulaşabilmek adına "yeniliğin ve doğaya dayalı çözümler"in önemli olduğu vurgulanmaktadır (URL-5). Avrupa Çevre Ajansı 2030 ve 2050 hedeflerine ulaşmak için belirlemiş olduğu yedi temel alan içerisinde "inovasyonu ve doğa temelli çözümleri destekleme (*support innovation and nature-based solutions*)" ve "eğitim ve becerileri geliştirme (*investing in education and skills*)" yer almaktadır (URL-6). McBride, Brewer, Berkowitz ve Borrie (2013) son yıllarda, birçok eğitim kurumu tarafından öğrencilere çevreyi ve doğayı önemsemeyi ve onunla bütünleşmeyi öğretmek için artan bir çaba olduğunu ifade etmektedir.

Kuşkusuz ki öğrenme ve öğretme süreçlerinde kullanılan "çok disiplinli/disiplinlerarası yaklaşımlar" daha önce de kullanılmaktaydı, ancak, bulunduğumuz dönemde 21. yüzyıl becerilerinin öne çıkmasıyla birlikte öğrencilerin birden fazla disiplininin alanına giren karmaşık problemleri düşünmesinin öneminin vurgulanması (Moore vd., 2014) çok disiplinli yaklaşımların tekrar gündeme gelmesine neden olmuştur. Disiplinlerarası olan biyo-bilgili yaklaşım, bir tasarım disiplini, bir problem çözme yöntemi, çevreci bir duruş veya biyoçeşitliliğe değer verme ve buna saygı duymanın yeni bir bakış açısı olarak tanımlanmaktadır (Goss, 2009). Biyo-bilgili yaklaşım; toplum, bilim, sürdürülebilirlik ve ekonomi üzerinde önemli etkisi olan ve 21. yüzyılın bilinen bir inovasyon paradigmasıdır. Bu şekilde, yaratıcı düşünme için bir anlayış ve başta biyoloji ve teknoloji olmak üzere disiplinler arasında etkili bilgi aktarımı için bir metodoloji veya teknik olarak anlaşılabilir (Wanieck, Ritzinger, Zollfrank ve Jacobs, 2020). Doğadan öğrenmeyi ve bilgi aktarımını

hedefleyen biyo-bilgili yaklaşım, tasarımın yeniliği ve sürdürülebilirliği için umut veren ve gelecek vadeden bir paradigmadır.

Günümüzde yaşanan bilimsel zorluk ise, onu tekrarlanabilir ve ölçeklenebilir bir metodolojiye dönüştürmektir. Bu dönüşümdeki en büyük zorluklardan biri, Goel ve diğerleri tarafından öne sürüldüğü gibi, biyo-bilgili tasarım paradigmasında yeni nesil tasarımcıları eğitmektir (Goel, McAdams ve Stone, 2015:x). Bu bağlamda günümüzde, biyo-bilgili tasarım yaklaşımını mimarlık eğitimine entegre etme bağlamı tartışılmaya başlanmıştır (Amer, 2019; Karakoç, 2018). Mimarlık eğitiminde yaratıcı ve yenilikçi teknikler sürekli gelişmekte olup doğadan mimari tasarıma bilgi aktarımı, yenilikçi doğası ile yaratıcı düşünmeyi geliştiren bir yaklaşım olarak tasarım eğitiminde desteklenmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Amer, 2019). Bu amaçla biyo-bilgili tasarım yaklaşımının mimarlık müfredatına nasıl entegre edileceği üzerine araştırmalar birçok araştırmacı tarafından sorgulanmaktadır (Mazzoleni, 2013:42; Yurtkuran, Kırlı ve Taneli, 2013; Karakoç, 2018; Amer, 2019; Shahda, 2019).

Dünya genelinde birçok üniversitede disiplinlerarası yaklaşım olarak bilinen biyo-bilgili tasarım yöntemini kapsayan eğitim programları farklı bölümler için hazırlanmaktadır (Bruck vd., 2006; Urmann, 2016; Nagel ve Pidaparti, 2016; Stevens, de Vries, van den Broek ve Rijken, 2017; Wanieck vd., 2020). Blessing ve Chakrabarti (2009:18), biyo-bilgili tasarım üzerine yapılan araştırmaların iki temel ve yol gösterici metodolojinin kullanılmasını önermektedir. Bunlar "Aktif öğrenme (*Active learning*)" ve "Sorgulamaya Dayalı Araştırma (*Inquiry-Based Research*)" dır. Bununla birlikte Lahey Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Endüstri Ürünleri Tasarımı bölümü için hazırlanan eğitim programında, "Yapılandırmacı Yaklaşım", "Tasarım Tabanlı Araştırma", "Araştırma ve Sorgulamaya Dayalı Öğrenme Yaklaşımı" temel yol gösterici metodoloji olarak kullanılmaktadır (Stevens vd., 2017). Buradan hareketle bu çalışmada, "Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programının" hazırlanmasında bu üç temel öğretim metodolojisi dikkate alınmaktadır.

Piaget ve Dewey'in araştırmalarına dayanan Yapılandırmacı (*Constructivist*) yaklaşım, bir öğretim yaklaşımı olarak değil bir bilgi öğrenme yaklaşımı olarak tarif edilmektedir (Arslan, 2007). Yapılandırmacı öğrenme teorisi, öğretme ve öğrenme için bir paradigma olarak tartışılmaktadır. Yapılandırmacılık, psikolojide yer alan ve insanların nasıl bilgi edinebileceklerini ve öğrenebileceklerini açıklayan bir öğrenme teorisidir.

Yapılandırmacılık, bilişin (öğrenme) “zihinsel yapı” nın sonucu olduğu öncülüne dayanan öğretme ve öğrenme yaklaşımıdır. Başka bir deyişle, öğrenciler yeni bilgileri zaten bildikleriyle birlikte yerleştirerek, inşa ederek öğrenirler (Bada ve Olusegun, 2015). Yurdabakan (2011) yapılandırmacı kuramı öncülleyen yazarların (Wilson ve Cole, 1991; Jonassen, 1994; Ernest, 2013; Honebein, 1996) kurama ait öğrenme ve ölçme ve değerlendirme süreç yaklaşımlarına getirdiği önerilerin ortak yönlerini 7 maddede özetlemektedir:

- Gerçek yaşamda karşılaşılan problemlerin çözümü için uygulamalı etkinliklere odaklanılmalı ve gerçek yaşamla ilişkili öğrenme ortamları sağlanmalıdır.
- Problem çözme, yüksek düzeyde düşünme ve derin anlama vurgulanmalı, eğitmen problemlerin çözümü için stratejileri analiz etmeli ve bu konuda öğrencilere yardımcı olmalıdır.
- Yaşamı çeşitli açılardan yorumlayabilmeleri için öğrencilere yardımcı olacak araçlar ve ortamlar oluşturulmalı, eğitmenler rehber, yansıtıcı, yardımcı ve kolaylaştırıcı rollerini üslenmelidirler.
- Bilginin tekrarı ya da yeniden üretimine değil yapılandırılmasına odaklanılmalı ve bu konuda bireysel özellikler (öğrencinin var olan bilgisi, inançları ve tutumları), sosyal etkileşim ve iş birliği çabaları önemli bir yer tutmalıdır.
- Öğrenme, öğrenenler tarafından gerçekleştirilmeli (öğrenci merkezi bir rol oynamalı) ve içsel olarak kontrol edilmelidir. O nedenle, öğrencilerin öz-düzenleme (*self-regulation*) veya bilişüstü (*metacognition*) bilgilerine önem verilmelidir.
- Öğrenme ortamlarında kullanılan öğrenme ve değerlendirme etkinlikleri ve kullanılan araçlar öz-çözümleme, öz-düzenleme, öz-yansıtma ve öz-farkındalık gibi bilişüstü becerileri geliştirmeye dönük olmalıdır.
- Çoklu bakış açısı için farklı değerlendirme etkinliklerinden yararlanılmalı ve öz-değerlendirme konusunda öğrencilere deneyim sağlanmalıdır.

Yapılandırıcı yaklaşımı önemseyen araştırmacılar, tasarımcıların farklı şekillerde çözülebilecek problemler sunmasını ve öğrencilerin kendi seçtikleri problemlerle mücadele etmeleri gerektiğini önermektedirler (von Glasersfeld, 1993; Karagiorgi ve Symeou, 2005).

Bir diğer metodoloji olan "Tasarım Tabanlı Araştırma (*Design-Based Research*)"; döngüsel olarak yapılan analiz, tasarım, geliştirme ve uygulama süreçlerinin araştırmacılar ve katılımcılar arasında iş birliğine dayalı tasarım kuramlarının ve ilkelerinin geliştirilmesine yönelik, eğitim uygulamaları geliştirmek amacıyla yapılan esnek ve sistematik bir araştırma metodolojisi olarak tanımlanmaktadır (Wang ve Hannafin, 2005). Tasarım odaklı düşünmeyi gerektiren bu araştırma, NAAB (*National Architectural Accrediting Board*) tarafından, mimarlık eğitiminin, disiplinin ve mesleğin ayırt edici özelliklerinden biri olarak tanımlanmaktadır (URL-7).

Son olarak "Araştırma ve Sorgulamaya Dayalı Öğrenme Yaklaşımı (*Inquiry-Based Learning Approach*)"; Lederman (2003) tarafından, soru sorma, verileri gözlemleme, çıkarım yapma, sınıflandırma, tahmin etme, ölçme, sorgulama, yorumlama, verileri analiz etme gibi bilimsel becerileri öğrenmek ve tüm bu becerilerin edinildiği bilgileri, bilimsel akıl yürüterek ve eleştirel düşünerek neden-sonuç ilişkisi şeklinde yapılandırmak şeklinde tanımlanmıştır.

Tasarım tabanlı araştırma, araştırma ve sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı ve yapılandırmacı yaklaşımdan yola çıkılarak hazırlanan biyo-bilgili yaklaşım yenilikçi ve yaratıcı eğitim modelleri geliştirilmesi, 21. yüzyıl becerileri kazandırma noktasında da önem taşımaktadır. Buradan hareketle bu araştırmada tasarımla doğrudan ilişkili farklı bölümlerde uygulanabilecek bir biyo-bilgili tasarım öğretim programı tasarlanmıştır. Bu tez kapsamında ise programın uygulanabilirliği Gazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Mimarlık Programı'nda verilmekte olan bir lisansüstü ders kapsamında test edilmiştir.

Araştırmanın Amacı

Araştırmanın temel amacı tasarımcılara/mimarlara, tasarım sürecinde tasarım problemini çözmek için bir düşünce yapısı/yaklaşım/yöntem olarak biyo-bilgili yaklaşım potansiyelini/süreçlerini/metodolojilerini nasıl kullanacaklarına ve uygulayacaklarına yönelik bütüncül bir bakış açısının kazandırılması ve öğretilmesidir. Bu amaçla, araştırmanın alt amaçları mimarlık başta olmak üzere farklı tasarım disiplinlerde uygulanabilecek;

- Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programına yönelik ihtiyaç analizi bağlamında gerçekleştirilen ‘Mimar Adaylarının Biyo-bilgili Tasarım Kavramıyla İlgili Farkındalıkları Anketi’ni uygulamak,
- Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programını tasarlamak,
- Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programının uygulama bölümünü gerçekleştirmek,
- Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programını değerlendirmek olarak ifade edilebilir.

Araştırma Sorusu

Bu çalışma, “Doğayı referans alarak sürdürülebilir, yenilikçi, yaratıcı tasarımlar ortaya koymak isteyen biyolojik bilgi düzeyi sınırlı olan tasarımcılara, biyolojik bilgiye ulaşabilecekleri, biyoloji-mimarlık arasında terminolojik köprü kurabilecekleri ve edindikleri bilgileri/ilkeleri tasarımlarına aktarabilecekleri bütüncül bir öğretim programı geliştirilebilir mi?” sorusundan yola çıkmaktadır. Ana araştırma sorusunun cevabına ulaşmak amacıyla aşağıda yer alan soruların da cevapları araştırılmıştır.

- Farklı disiplinlerde biyolojik bilgi aktarımında kullanılabilecek hangi araçlar/yöntemler/süreçler bulunmaktadır?
- Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programının kurgusu/modeli nasıl olmalıdır, hangi yöntemleri/stratejileri içermelidir?
- Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı nasıl uygulanabilir?
- Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı nasıl değerlendirilebilir? Biyo-Bilgili Tasarım Eğitimi yaklaşımına uygun olarak hazırlanan eğitim durumu modüllerinin uygulandığı grubun ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?
- Mimar adaylarının biyo-bilgili tasarım kavramıyla ilgili farkındalığı var mıdır?

Araştırmanın Hipotezi

Literatürdeki çalışmalar, mimarların tasarım problemlerini çözmek amacıyla doğaya yöneldiklerinde genellikle sistematik süreçler takip etmediklerini göstermektedir. Mimarlık alanında yapılan çok az sayıdaki çalışma bilgi transferinin bilimsel olarak ele alınması sonucunda ortaya çıkmıştır. Tarih boyunca Gaudi, Fuller ve Otto gibi doğadan öğrendikleri bilgileri kullanan tasarımcılar olmakla birlikte, genellikle doğadaki fenomenin soyutlanarak, kopyalanarak tasarıma entegre edilmesi söz konusudur. Buradan hareketle bu araştırmanın

hipotezi “Tasarım sürecinde doğayı referans alan mimarlar biyo-bilgili tasarım yaklaşımına ait sistematik süreçleri/yöntemleri/araçları kullandıklarında, biyolojik veri havuzuna kolaylıkla erişebilecekler, biyolojik dünyanın çalışma ilkeleri ve prensiplerinden edindikleri bu bilgileri tasarımlarına kolaylıkla aktarabileceklerdir”. Bu hipotezin yönlendirdiği çalışma, benzer biyolojik olguların herhangi bir mimari tasarım problemi için objektif ve tekrarlanabilir bir şekilde tanımlanabileceği ve kullanılabileceği genel bir yöntem önermektir.

Biyo-bilginin tasarıma aktarım süreci, pek çok disiplin tarafından problem olarak görülmüştür. Yapılan araştırmalar özellikle mühendislik disiplinlerinde doğadan aktarılan bilginin sistematik süreçlerden geçirilebildiğini göstermektedir. Bu süreçlerin başında doğal dil yaklaşımı olarak adlandırılan yöntem gelmektedir. Çalışmanın alt hipotezi mimarlık disiplininde de doğadan aktarılan bilginin doğal dil yaklaşımı yönteminin kullanımı ile daha sistematik bir süreç izlenebileceğidir.

Araştırmanın Önemi

21. yüzyıl eğitim ortamı, bireylerin araştırmacı, meraklı ve üretken olmasını gerektirmektedir. Bireylerin araştırmaları, soru sormaları, yaratıcı tasarım ürünleri geliştirmeleri için, bu konularda yetenek ve ilgilerini ortaya çıkaracak eğitim ve öğretim süreçlerine katılmaları önem teşkil etmektedir (Rotherham ve Willingham, 2010). Bu noktada biyo-bilgili tasarım yaklaşımı, doğayla birlikte düşünmeyi, tasarlamayı gerektirdiği için 21. yüzyıl becerileri olarak görülen yaratıcılık ve yenilikçilik, eleştirel düşünme, problem çözme, ekolojik okuryazarlık, disiplinler arası iş birliği, sistem düşüncesi, üretkenlik gibi birçok beceriyi desteklemektedir (URL-8).

Biyo-bilgili tasarım yaklaşımı sürdürülebilir bir gelecek oluşturmak için önem taşımaktadır. Bu yaklaşım, sürdürülebilirlik, ekolojik ve teknolojik ihtiyaçlara uygun tasarımlar geliştirebilmek adına doğayı referans almaktadır. Doğa, teknoloji ve sürdürülebilirlik konularında yenilikçi potansiyeller barındırmaktadır. Bu nedenle bu alanda çalışmalar, temiz enerji, temiz üretim, enerji etkin tasarımlar, yenilikçi malzemeler gibi yaratıcı ve sürdürülebilir çözümler için doğadaki sistemlerden ve süreçlerden yola çıkılarak üretilmektedir.

Biyo-bilgili yaklaşım ilgili araştırma yayınlarının sayısı son yıllarda ivmelenerek artmakta ve yılda yaklaşık 3000 makaleye ulaşmaktadır. Bu da biyo-bilgili yaklaşımın robotik, malzeme, eğitim bilimleri gibi çeşitli disiplinler için baskın bir paradigma haline geldiğini göstermektedir (Lepora, Verschure ve Prescott, 2013).

Çevre, çevre sorunları, sürdürülebilirlik kavramlarının öğretme ve öğrenmeye dayalı yenilikçi eğitim yaklaşımları ile eğitimde yer alması (URL-9) son zamanlarda üzerinde durulan konulardandır. Buna rağmen birçok ülkede olduğu gibi Türkiye'de de eğitim içerisinde biyo-bilgili yaklaşım kullanımı sınırlıdır. Bu alandaki açığı kapatabilmek adına özellikle Avrupa Birliği projeleri yürütülmektedir. *Biomimicry Institute* (URL-10) ve *Biomimicry* 3.8 (URL-11), *Biomimicry NL (URL-12)*, *Biomimicry Academy* (URL-13), *Planet* (*Biomimicry Italy*) (URL-14), *Biomimicry Switzerland* (URL-15) gibi birçok kuruluş, doğadan nasıl öğrenileceği ve bu bilginin tasarımlarda nasıl kullanılabileceği konusunda metodolojiler geliştirmekte ve eğitimler vermektedir. Dünya çapında inovasyon için büyük bir alan durumuna yükselen biyo-bilgili tasarım birçok üniversite tarafından yüksek öğrenim müfredatına entegre edilmektedir.

Bu konuda Collado-Ruano (2015), 21. yüzyılın küresel vatandaşlığının, gerçekliği anlamak ve onu dönüştürmek için yeni araçlara ihtiyaç duyduğunu söylemektedir. Biyo-bilgili yaklaşımın, çevreyi korumak ve yeni sürdürülebilir tüketim ve üretim alışkanlıkları ile yaşam kalitesini iyileştirmek için son yıllarda en yenilikçi tepkilerden biri olduğunu iddia etmektedir. Buradan hareketle, disiplinlerarası metodoloji ile biyo-bilgili yaklaşım arasındaki epistemolojik yaşamın, gerçek bir medeniyet dönüşüm aracının DNA'sını oluşturduğunu düşündüğünü belirtmektedir.

Biyo-bilgili tasarım alanındaki önemli bir fırsat biyolojik çözümler ve bilgiler aracılığıyla öğrencilerin doğaya olan ilgisini uyandırmaktır. Biyo-bilgili tasarım eğitimi ile bireyler, yenilikçi düşünme biçimleri kazanacaktır. Bunun yanında sürdürülebilirlik düşüncesi çevresel problemlere karşı farkındalığı arttıracak duyarlılığını da beraberinde getirecektir. Sürdürülebilir bir dünya sağlamak için gereken değerleri oluşturmak, farkındalık yaratmak, beceriler geliştirmek yükseköğretim kurumlarının sorumluluğundadır. Öğrenme ve eğitim sürecindeki yapılacak olan değişiklikler, Cortese'nin (2003) de iddia ettiği gibi; sürdürülebilir geleceği tasarlamak, iş birliğini vurgulayan sistemik bir bakış açısına yönelik bir paradigma değişikliğini gerektirir. Bununla birlikte Cortese, doğal dünyanın nasıl

çalıştığını anlamanın, teknoloji için doğal sistemleri taklit etmenin ve öğrenmenin, 21. yüzyıl eğitimi için çok önemli olduğunu vurgulamaktadır. Aynı zamanda biyo-bilgili yaklaşımın öğrencilerde bu yüzyılın becerilerini olumlu yönde geliştirdiği ve STEM/STEAM eğitimi ile olan bağlantısı (Avcı, 2019) ve yaratıcılığı geliştiren bir yöntem olarak görülmesi nedeniyle eğitim programlarında kullanılmaktadır (Kowaltowski, Bianchi ve De Paiva, 2010; Keleşoğlu, 2017). Buna ek olarak, Arizona Eyalet Üniversitesi Biyomimikri Merkezi, biyomimikri düşüncesini (*biomimicry thinking*), "ekosisteme uyumlu tasarımların üretimi noktasında katkıda bulunan bir beceri seti" olarak tanımlamaktadır. Sürdürülebilir tasarım, inovasyon, sistem düşüncesi (*system-thinking*), yaratıcılık, eleştirel düşünme, problem çözme ve disiplinlerarası iş birliğini içeren bir metodoloji ve felsefi yaklaşım olarak aynı zamanda, bu beceriler ile öğrencileri 21. yüzyıl kariyerine (*21st century career*) hazırlayacağını vurgulamaktadır (URL-16). İş dünyasının referans yayını olarak bilinen Fortune dergisi tarafından biyo-bilgili tasarım metodolojisinin 2017 yılında "günümüzün en akıllıca fikirlerinden biri" olarak adlandırılması ve kariyer için tercih edilmesini vurgulaması (URL-17) metodolojinin günümüz için önemini bir kez daha ortaya koymuştur.

Görüldüğü gibi, 21. yüzyılda ortaya çıkan yeni nesil problemleri çözebilecek bireylerin yetiştirilmesi noktasında yükseköğretime önemli sorumluluklar yüklenmektedir. Bu nedenle bu tez kapsamında biyo-bilgili tasarım yaklaşımının yaygınlaştırılması, disiplinler arası ilişkinin arttırılması ve bireylerin doğaya yönlenmeleri için bir öğretim programı önerilmiştir.

Varsayımlar

Çalışmanın hipotezini test etmek amacıyla 2019-2021 tarihleri arasında "M666 Doğa Esinli Mimarilere Parametrik Yaklaşımlar" dersi kapsamında lisansüstü düzeydeki mimarlık öğrencilerine söz konusu öğretim programı uygulanmıştır. Bu süreç aşağıdaki varsayımlar ile işletilerek tamamlanmıştır:

- Çalışmaya katılan öğrencilerin gerçek görüş, düşünce ve davranışlarını yansıtacakları varsayılmıştır.
- Öğrencilerin araştırma kapsamında yürütülen çalışmalara içtenlikle katıldıkları, çalışma kapsamında hazırlanan ve kullanılan veri toplama araçlarına verilen yanıtların içten ve yansız olduğu kabul edilmiştir.

- Değerlendirme amacıyla uygulanan ölçme araçlarına verilen cevapların öğrencilerin kendi bilgi ve görüşlerini yansıtacak şekilde doğru ve güvenilir cevaplar verdikleri varsayılmıştır.

Sınırlılıklar

Araştırmaya ilişkin sınırlılıklar;

- Bu araştırmada uygulamalar "M666 Doğa Esinli Mimarilere Parametrik Yaklaşımlar" dersi kapsamında yapılmıştır.
- Bu araştırma, Gazi Üniversitesi FBE Mimarlık ABD "M666 Doğa Esinli Mimarilere Parametrik Yaklaşımlar" dersini almaya istekli lisansüstü öğrenciler ile sınırlıdır.
- Araştırma 2019-2020 yılı Güz, 2019-2020 Bahar, 2020-2021 Güz, 2020-2021 Bahar dönemlerinde haftada toplam üç saat olmak üzere gerçekleştirilen 14-16 haftalık bir uygulama süresiyle sınırlıdır.
- Bu araştırma, nitel veri toplama sürecinde dersi veren iki öğreticinin öğretimi yönlendirmesi ve sürece ilişkin gözlemleriyle sınırlıdır.
- Bu araştırma, biyo-bilgili tasarım modüler öğretim programında yer alan 8 modül ve bu modüllerdeki hedeflerle sınırlıdır.
- Araştırma lisans öğrencilerine uygulanamamıştır. Çalışma lisansüstü öğrencileri ile yapılan uygulamalar ile sınırlı kalmıştır.

Tezin Strüktürü

Bu tez çalışması 5 bölümden oluşmaktadır. Tezin 1. bölümü olan Giriş Bölümünde çalışmaya ait problemin tanımı, amacı, soruları, hipotezi, önemi, varsayımları, sınırlılıkları ve tezin strüktürü yer almaktadır. Tezin 2. bölümünde Kuramsal Çerçeve başlığı altında; biyo-bilgili tasarım, biyo-bilgili tasarım üzerine terminolojik bir analiz, doğa felsefesi ve değişen insan-doğa ilişkisi, biyomimikri/biyomimetizm felsefesi, sanat, mühendislik ve mimarlık gibi farklı disiplinlerde biyo-bilgili tasarım, biyo-bilgili tasarım eğitimi, biyo-bilgili tasarım eğitiminde öğrenme ve biyo-bilgili düşünme, biyo-bilgili tasarım eğitiminde kullanılabilecek araç ve yöntemler: biyo-bilgili teknikler ve araçlar (problem odaklı süreç, çözüm odaklı süreç, kavram haritası, zihin haritası, konsept- bilgi teorisi, doğal dil yaklaşımı) ve mevcut müfredatlar üzerine literatür taraması yapılmış ve tezin kuramsal

çerçevesi oluşturulmuştur. Tezin 3. bölümünde ise araştırmanın modeli, veri toplama yöntemi, veri toplama araçları, verilerin toplanması ve analizi gibi konuların ele alındığı "Araştırmanın Yöntemi" anlatılmaktadır. Tezin 4. bölümünde yapılan Alan Çalışması kapsamında elde edilen bulgular sunulmakta ve değerlendirmeler yapılmaktadır. Son olarak, 5. bölüm'de ise tezin sonuçları tartışılmakta ve öneriler sunulmaktadır. Tez strüktürü Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Tezin strüktürü

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde biyo-bilgili tasarım yaklaşımını derinlemesine anlamak amacıyla bir alan yazın çalışması yürütülmüş ve araştırmanın kuramsal çerçevesi oluşturulmuştur.

2.1. Biyo-Bilgili Tasarım

Bilim ve teknolojide yaşanan gelişmeler, doğada bulunan biyolojik ilkelerin/sistemlerin potansiyellerini, faydalarını ve bunların daha estetik, yenilikçi, ekolojik, sürdürülebilir bir yapılı bir çevre üretme girişiminde mimari tasarım sürecindeki uygulamalarını tam olarak keşfetme fırsatı sunmaktadır. Bununla birlikte zarar gören ekosistem için makro ölçekten nano ölçeğe kadar işlev gören malzemeler, nesneler ve süreçler geliştirilmekte, bu süreçte "doğadan öğrenen" yaklaşımlar benimsenmekte ve yenilikçi çözümler geliştirilerek test edilmektedir. Mimari tasarımda bir araç olarak (Gruber, 2011) önerilen bu yaklaşımlar aynı zamanda "mimarlığı ekolojik bir sisteme dönüştüren biyolojik bir paradigma" (Cruz, 2019) olarak da yorumlanmaktadır. Biyo-bilgili araştırmalar gün geçtikçe daha popüler hale gelirken, bu alanda ortaya çıkan terimler, terminolojiler ve kavramlar da daha geniş, disiplinlerarası ve karmaşık bir araştırma alanı yaratmaktadır. Bu durumda araştırmacıların söz konusu terimleri anlaması ortak bir dil üzerinden araştırma yürütmesi ve sonuçları yorumlaması zorlaşmaktadır.

Biyo-bilgili, biyomimetik, biyomimikri, biyomimesis, biyonik, doğa-odaklı, biyo-esinli, doğa esinli gibi terimler ve bu terimlerin özünde var olan "doğadan öğrenme" kavramı hakkında yürütülen tartışmalar yıllardır devam etmektedir. Sistematik bir yaklaşım olan ve hala gelişmekte olan bir araştırma alanını tanımlayan "doğadan öğrenme/esinlenme" kavramını tanımlamak için literatürde birçok terim yer almaktadır (Gleich, Pade, Petschow ve Pissarskoi, 2010:5). Bu terimler genellikle eş anlamlı olarak kabul edilir, fakat farklı zamanlarda ortaya çıkan bu kavramlar "doğadan öğrenme/esinlenme" ilkesinin farklı gelişim noktalarını temsil etmektedir. Bu tez kapsamında kullanılan biyo-bilgili terimi birçok terimi kapsayan şemsiye terim olarak tarif edilmektedir. Bu terimin kapsadığı ya da ilişkili olduğu diğer terimler literatürde bilimsel, sürdürülebilir ve teknolojik olarak tanımlanan ve doğadan öğrenerek teknolojik, ekolojik, sürdürülebilir çözümler üretme olarak tanımlanmaktadır (Gleich vd., 2010:10). Doğadan öğrenme girişimi olan biyo-bilgili

tasarım, tasarım geliştirmek için biyolojik yapılar, işlevler, süreçler ve sistemler gibi doğayı bir bilgi kaynağı olarak kullanan, gelişmeye ve büyümeye devam eden bir alandır.

2.1.1. Biyo-bilgili tasarım üzerine terminolojik bir analiz

Biyo-bilgili, biyo-esinli, biyomimetik(s), biyomimikri, biyomimesis, doğa esinli, doğa odaklı gibi "doğadan öğrenme/esinlenme" sürecini tanımlamak için kullanılan birçok terim bulunmaktadır. Bununla birlikte Vincent, Bogatyreva, Bogatyrev, Bowyer ve Pahl (2006) Shu, Ueda, Chiu ve Cheong (2011) ve Goel, Vattam, Wiltgen ve Helms (2014) gibi araştırmacılar tarafından bu farklı terimler eş anlamlı olarak sunulmaktadır. Bu yaklaşımlar temelde, doğadan aktarılan form, süreç, strüktür gibi bilgilerin kullanılması sürecini ifade etme bağlamında "benzer" olarak yorumlanabilir. Zira söz konusu terimler doğaya yönelen, doğayı veri laboratuvarı olarak gören bir süreci ifade etmektedir. Ancak, her bir terim kapsamı ve öncülledikleri kriterler bağlamında "farklılıklar" barındırmaktadır. Buradan hareketle terimler arasındaki benzerliklerin ve farklılıkların daha iyi anlaşılması adına terimlerin anlamları ve ifade ettikleri diğer özellikler bu bölüm içerisinde sunulmaktadır.

Literatürde en çok kullanılan kavramlardan biri olan biyomimetik terimi, yaşam (*bios*) ve taklit etmek (*mimesis/mimic*) terimlerinin bir sentezi olarak belirtilmektedir (Gleich vd., 2010:10). Karmaşık insan problemlerini çözmek amacıyla doğadaki modellerin, sistemlerin ve fenomenlerin biyolojiden kopyalanması/uyarlanması/soyutlanması/türetilmesi anlamlarında kullanılmaktadır. Kavram "Merriam-Webster Sözlüğünde "doğal olguları taklit eden yapay mekanizmalar tarafından benzer ürünlerin sentezlenmesi amacıyla; biyolojik olarak üretilen madde ve malzemelerin (enzimler veya ipek gibi) ve biyolojik mekanizmaların ve işlemlerin (protein sentezi veya fotosentez gibi) oluşumu, yapısı veya işlevi üzerinde çalışma yürütülmesi" şeklinde tanımlanmıştır (URL-18) Oxford İngilizce Sözlüğünde ise "biyokimyasal süreçleri taklit eden sentetik yöntemler" olarak belirtilmiştir (URL-19). Burada yapılan tanımlamalardan terimin üzerindeki vurgunun; sentez, süreç ve sonuç odaklı olup daha çok kimya alanı ile ilişkilendirildiği anlaşılmaktadır.

Biyomimetik kavramını ilk kez kullanan Otto Schmitt, 1950'li yıllarda sinirlere ait elektriksel eylemleri inceleyerek fiziksel bir cihaz ortaya koymuştur (Ripley ve Bhushan, 2016; Vincent vd., 2006). Otto Schmitt tarafından önerilen biyomimetik(s) biyolojik mekanizmaların, süreçlerin oluşumu, yapısı veya işlevinin incelenmesi ve benzer

malzemelerin ve ürünlerin tasarlanmasını ifade etmektedir (Cohen ve Reich, 2016:6). Mimarlık alanında ise bu yaklaşımın 2000'li yılların başından günümüze artan bir ivme ile tasarıma etki ettiği söylenebilir (Mazzoleni, 2013:xix). Mimarlıkta biyomimetik terimi Gruber (2011:16,25) tarafından, *architekturbionik* olarak adlandırılmaktadır.

Biyomimetik, biyolojik bilgilerin teknik uygulamalara analizi ve sistematik aktarımı ile ilgilenen disiplinler arası bir bilim alanıdır. Disiplinlerarası bir yaklaşımla, çeşitli bilimsel alanlardan (örneğin, matematik, kimya, biyoloji, fizik, mimari, tasarım, mühendislik, malzeme bilimleri) uzmanlar biyolojik bilgileri analiz etmekte ve sistematik olarak teknik uygulamalara aktarmaktadır (Speck ve Speck, 2021). Biyolojik sistemlerin, süreçlerin ve fonksiyonların analizi, bunların soyutlanması, modellere aktarılması ve bu modellerin uygulanması yoluyla problemleri çözmek amacıyla biyoloji, teknoloji ve/veya diğer disiplinler arasında işbirliği oluşmasını sağlamaktadır (ISO/TC266, 2015).

Biyoteknoloji ise; ürün tasarlamak veya ürünleri değiştirmek için biyolojik sistemleri kullanmak amacıyla, canlı organizmaları veya türevlerini kullanan herhangi bir teknolojik uygulama olarak tanımlanmaktadır. Biyolojik bileşenlerin sentetik amaçlar için kullanılması kendi başına biyomimetik değildir, ancak her iki alan da birbirini dışlamaz ve aralarında önemli bir örtüşme bulunmaktadır. Örneğin, bilim insanları tarafından sentetik bir antikor olarak çalışmak üzere tasarlanan bir proteini üretmek için bir hücre kullanmak "biyoteknoloji"dir, ancak bu biyoteknolojinin ürünü de bir antikorun biyomimetiği olarak düşünülebilir. Biyolojik olarak kullanımı daha kolay olsa da çoğunlukla doğayı taklit etmeyen, halihazırda var olan ya da tamamen yeni bir malzeme üreten bir şeyi yeniden oluşturan ilaçlar, kimyasallar ve malzemeler üretmek için enzimlerin ve doğal ürünlerin kullanıldığı birçok örnek mevcuttur. Bunların hepsi kolayca biyoteknoloji olarak tanımlanabilir (Rawlings, Bramble ve Staniland, 2012). Marcos Cruz da biyoteknolojinin biyoloji bilgisini teknoloji ile birleştirerek manipüle ettiğini söylemektedir. Ona göre biyoloji analizlere dayalı ve pasif iken, biyoteknoloji ise önerilerin üretildiği ve bazı şeylerin değiştirildiği aktif bir alandır (Cruz, 2019). Gruber (2011:17) ise biyoteknolojiyi özellikle biyokimya alanıyla ilişkilendirmekte ve "teknik yöntemleri kullanarak biyolojik nesneleri araştırmak" olarak tanımlamaktadır. Kavram, enzimler, ilaçlar gibi tıbbi ürünlerin üretimi amacıyla organizmaların kullanılması ve bununla birlikte genetiği değiştirilmiş organizmalarla ilgilidir.

Biokleptic terimi ise, protein gibi biyolojik bir bileşeni, biyolojik olmayan, yapay bir ortamda, doğada yürüttüğü işlemi basitçe tekrarlamak için kullanmak, bu işlevi biyolojiden ödünç ve/veya olduğu gibi almaktır. Her ne kadar *biokleptic* terimi az kullanılsa da geniş bir bilim yelpazesini kapsamakta ve biyomimetik alanından ayrılmaktadır. Bu terim, sentetik bir sürece yardımcı olmak için biyolojik bir reaktifin kullanılmasını ve DNA nanoyapı iskelelerini tanımlamak için kullanılmaktadır. *Biokleptic* sisteme örnek olarak, duvarlarında ATP sentezi içeren yapay bir lipozom verilmektedir. Bunlar doğrudan biyolojiden alınmakta bununla birlikte yapay bir ortamda olduğu gibi kullanılmaktadır (Rawlings vd., 2012).

Biyonik ise, biyoloji ve teknik kelimelerinden türetilmiş bir terim olarak 1960 yılında bir ABD hava kuvvetleri sempozyumu sırasında Jack Steele tarafından önerilmiştir. Kavram, doğadan kopyalanan bazı işlevleri içeren veya doğal sistemlerin özelliklerini temsil eden sistemlerin bilimi olarak tanımlanmıştır (Cohen ve Reich, 2016:6). Bir başka kaynakta biyonik (*bionics*) terimi ise "biyolojik işlevleri elektronik ve/veya mekanik eşdeğerleriyle çoğaltmayı, artırmayı veya değiştirmeyi amaçlayan teknik disiplin" (ISO/TC266, 2015) olarak tanımlanmakta ve daha çok gelişmiş protezleri tanımlamak için kullanılmaktadır (Rawlings, Bramble ve Staniland, 2012).

Son yıllarda sıklıkla kullanılan bir kavram olan biyomimikri ise, inovasyonu teşvik etmek ve mevcut ürün tasarımı, üretimi ve yaşam döngüsü yöntemlerimizi geliştirmek için "doğadan ilham alan bir tasarım süreci" (Benyus, 1997) olarak tanımlanmaktadır. Sürdürülebilirliği öncülleyen biyomimikri yaklaşımı, yalnızca çözümlerin kapsamını genişletmekle kalmaz, aynı zamanda farklı bir paradigmaya dayanan ve dolayısıyla "yenilikçi" potansiyele sahip çözümler sunmaktadır (Cohen ve Reich, 2016:11). Bununla birlikte biyomimikri kavramı; insana ait problemleri çözmek için doğanın modellerini inceleyerek, bu tasarımlardan ve süreçlerden ilham alan veya onları taklit eden yeni bir bilim alanını ifade etmektedir (Benyus, 1997:7). Bu tanımda doğa, yapraktan ilham alan bir güneş pili, geri dönüştürülebilir ve biyolojik olarak çözünebilen malzemeler gibi doğaya dayalı ilham verici bir bilgi kaynağı ve yenilik olarak görülmektedir. Biyomimikri, çevreye duyarlı sürdürülebilir kalkınma için tasarımda önemli ve giderek yaygınlaşan bir hareket haline gelmektedir (Vattam, Helms ve Goel, 2007).

Biyoesinlenme (*bioinspiration*) ise, "biyolojik sistemlerin gözlemine dayalı yaratıcı yaklaşım" (ISO/TC266, 2015) olarak tanımlanmaktadır. Bir başka kaynakta biyoesinlenme

biyolojik olmayan bilim ve teknolojide araştırmayı teşvik etmek amacıyla biyolojideki fenomenleri kullanan ve yeni araştırma alanları öneren bir strateji olarak belirtilmektedir (Whitesides, 2015).

Iouguina, Dawson, Hallgrimsson ve Smart (2014) ise tüm bu terimlerin (biyomimikri/biyomimetik/biyonik) tüm kullanımlarının, doğadan yenilikçi çözümler arama temasını paylaştığını söylemekte ve şemsiye terim olarak Biyolojik Bilgili Disiplin (*Biologically Informed Discipline*) kavramını ileri sürmektedir. Biyolojik bilgili disiplin insanların çözmeye çalıştığı problemleri sürdürülebilir ya da sürdürülebilir olmayan inovasyonlar üretmek amacıyla, biyolojik araştırmanın bilgi olarak yorumlanmasıdır. Biyolojik bilgili disiplin: [Z] amacı ile [Y]'ye çözüm bulmak için biyolojik bilgilinin [X] yorumu şeklinde formüle edilmektedir. Bu açıklamada [X] "bilgi" (burada "ilham" yerine "bilgi" tercih edilmektedir), [Y] ise insanların sahip olduğu problemler anlamında kullanılmaktadır.

Bütün bu söylemlerden hareketle insanoğlunun var olduğu günden beri doğayı ilham kaynağı olarak aldığı söylenebilir. Fakat biyomimetik bilim olarak, endüstri devriminin geç bir tarihte ortaya çıkması ve teknolojinin ilerlemesiyle birlikte yaygınlaşmaya başlamıştır (Vincent, 2006). 1990'lardan itibaren ise biyomimetik kavramı giderek (biyomimikrinin popülerleşerek tüm disiplinlerde yaygınlaşması ile) "yeşil (*green*)" hareketle ilişkilendirilmeye başlanmıştır (Jacobs, 2014). Farklı terimlerle anlamlandırılmaya çalışılan doğadan esinlenme/öğrenme/uygulama kavramları her alanda farklı karşılık bulmaktadır. Günümüzde bilgisayar ve robotik üretim gibi teknolojilerin gelişmesiyle birlikte biyomimetik bilimi sürdürülebilir yapılar ve çevreler için araştırılmaya devam etmektedir. Bu çalışmalar devam ettikçe yeni kavramların ve beraberinde yeni tanımlamaların eklenmesi mümkün görünmektedir.

Şimdiye kadar farklı terimlerle ifade edilen ve tartışılan tüm yaklaşımların biyolojiden çeşitli derecelerde bilgi aldığı görülmektedir. Tüm bu terimler biyolojik doğayı ifade eden "biyo" kelimesinden türetilmiş ve insan-doğa iletişiminde/etkileşiminde yeni bir alan/dil oluşturmaktadır. Aynı zamanda bu yaklaşımların temel dayanağı olan ve her alanda en iyi çözümlere sahip olan doğa kavramı da bu yaklaşımların içerisinde farklı seviyelerde ele alınmaktadır. Doğadan alınan/öğrenilen her bilgi insanların sahip oldukları problemler için birer esin/öğrenme kaynağıdır. Bu bağlamda doğa kavramının bu yaklaşımlar içerisinde

nasıl ele alındığı, ne şekilde yorumlandığı ve hangi aşamada olduğu çalışmanın hangi terim ile ifade edileceğini belirleyecektir.

Bu tez kapsamında doğadan işlev, süreç, sistem gibi konularda bilgi aktarımını ifade etmek için "biyo-bilgili" terimi kullanılmaktadır. Bu terim tasarım problemlerine sürdürülebilir olan ya da olmayan yenilikçi çözümler geliştirmek ve üretmek amacıyla biyolojik bilginin kullanılmasını ifade etmektedir.

2.1.2. Doğa felsefesi ve değişen insan-doğa ilişkisi

İnsan-doğa ilişkisinin mimarlık pratiğinde bir düşünüm zemini oluşturduğu ve bu düşünüm zemininin antik dönemlere kadar uzandığını ileri sürmek mümkündür. Bu düşünce yaklaşımları içerisinde, insan-doğa ilişkisinin nasıl formüle edildiğinin ortaya konulması gerekmekte olup bu gereklilik mimarlık-doğa etkileşiminin tarihsel sürecini anlamaya yardımcı olacaktır.

Mimarlık-doğa etkileşimi sonucu mimarlık pratiği, insana ve doğaya ait birçok kavramı içerisinde barındırmakta ve disiplinler arası bir yaklaşım sergilemektedir. Bu bağlamda bu bölümde, antik dönemlerden günümüze insan-doğa ilişkisinin değişiminin/dönüşümünün felsefi düzlemdeki yansımalarına yer verilmiştir.

İnsan-doğa ilişkisinin değişimi/dönüşümü ve insanın doğa üzerinde kurduğu egemenlik, tarihsel dönemlere bağlı olarak farklılıklar göstermiştir. Bu bağlamda tarihin ilk dönemlerinde insan doğayı yaşam kaynağı olarak içselleştirirken, doğayı sadece nesneler bütünü olarak algılamamış, inancı gereği ona anlam(lar) yükleyerek, saygı duyarak ve kutsallık atfederek aslında onu dışsallaştırmıştır. Doğayı önceleme ve merkeze alma durumu ilk çağ felsefesinde anlaşılmaya çalışılmıştır. Zaman içerisinde içselleştirme ve dışsallaştırma durumları da dönüşüme uğramıştır (İlboğa ve Aygül, 2015).

Bu etkileşim/dönüşüm/değişim durumu, her çağın felsefesi ile olduğu gibi, farklı dönemlerde yaşanan bilimsel gelişmelerden de etkilenmiştir. Değişim gösteren insan-doğa ilişkisi, tüm disiplinlerde olduğu gibi mimarlık alanında da karşılık bulmaktadır. Mimarlık söylem ve pratiğinde geniş bir yer bulan insan-doğa ilişkisinin "felsefesi" ilkçağlardan beri süregelen bir durum olarak kabul edilmektedir. Bu dönemde, varoluşsal bir gereklilikle

insan-doğa birlikteliği oluşmuş; doğayla bütünleşen ve doğayı meta olarak görmeyen insan, doğanın bir parçası olarak varlığını devam ettirmiştir (İlboğa ve Aygül, 2015). Doğayı anlama çabası güden ve doğayla arasına mesafe koymayan insan, onunla bütünleşmeyi seçmiştir (Gül, 2013).

Bu bağlamda, 16. yüzyıla kadar tüm kültürlerde ve özellikle Avrupa'da organik dünya görüşünün benimsendiğini iddia etmek mümkündür. Organik düşüncenin kökeni Aristoteles'e dayanmakta olup, bu dönemde insanlar doğaya manevi özellikler yüklemektedir. Orta Çağdaki bu yaklaşım 16. ve 17. yüzyıllarda köklü bir değişime uğramış canlı, organik ve manevi bir doğa anlayışı yerini mekanistik dünya anlayışına bırakmıştır. Bu bağlamda dünya-makinası modern dönemlerin en etkili metaforu olarak kullanılmıştır (Capra, 1992a:53,54).

Doğayı algılayış biçiminde yaşanan bu "dönüşüm", teknolojinin ilerlemesi, felsefi bilginin gelişmesi ve inanç sisteminin değişmesiyle yaşanmıştır. Orta Çağ boyunca inanç temelli doğa algısı devam etmiş; Aristoteles, Platon gibi felsefecilerle birlikte doğanın temel ilkelerini anlama çabasının düşünsel temelleri kurulmuştur. Bilimsel birikimle birlikte, felsefe ve inançtan soyutlanan doğa artık bir inceleme nesnesi olarak ele alınmıştır (İlboğa ve Aygül, 2015). "Her zaman doğaya boyun eğme ya da doğayı kendilerine boyun eğdirme seçeneğiyle karşı karşıya kalan" (Horkheimer ve Adorno, 2010:50) insanoğlu için bu dönemde teknik bir bakış açısı ile doğa üzerinde hakimiyet kurma çabaları da başlamıştır. Artık, sadece doğadan yararlanmakta ve varlığı ölçüsünde onu değiştirmekte olan bakış açısının aksine doğayı amaçları doğrultusunda kullanarak dönüştürmeye çalışan ve üzerinde egemenlik kuran görüşler söz konusu olmaya başlamıştır (Simon ve Paslack, 2014).

Değişen bakış açısı ile birlikte, ilkçağ felsefesi ile başlayan organik dünya algısı yerini mekanik[1] dünya algısına bırakmaya başlamıştır (Yayli ve Çelik, 2011; İlboğa ve Aygül, 2015). 16. ve 17. yüzyıllara gelindiğinde nedensellik anlayışının hâkim olmaya başlamasıyla Bacon ve Descartes'le başlayan ve Galileo ile devam eden, aklın tek ölçüt olarak kabul edilmesiyle modern bilim gelişmiş, doğa inançtan arındırılarak bir nesne durumuna evrilmiştir. Bu durum doğanın bir olgu olarak ele alınıp üzerinde deney ve gözlem yapılmasını başlatmıştır (Gül, 2013; İlboğa ve Aygül, 2015). Dönem içerisinde, Francis

[1] Mekanik dünya görüşüne göre maddesel dünya, farklı nesnelerden meydana gelen büyük bir makineye benzemektedir (Capra, 1992a:11).

Bacon (1561-1626) deneyi, René Descartes (1596-1650) ise geometriyi ön plana çıkarmıştır. Bacon bilimde hayati önem taşıyan matematiğin farkına varamamış, Descartes ise doğayı kurgusal bir yapı içerisinde ele almış, ussal aksiyomlarla doğayı anlamaya çalışmıştır. Bu anlayış metafiziksel bir doğa tasarımı olup doğanın gözlemsel bilgisinin elde edilmesine katkı sağlamamıştır. Bu iki düşünürden farklı olarak Galileo ise, güvenilir bilginin elde edilebilmesi için hem geometrinin hem de deneyin birlikte kullanılması gerektiğini savunmuştur (Topdemir, 2011).

Bu dönemde organik düşünceden mekanik düşünceye yönelen bilim insanları da bulunmaktadır. Örneğin matematikçi Kepler (1571-1630) ilk olarak organik bakış açısı ile "doğa güzel ve uyumludur" çizgisindeyken, dönemin bilimsel kültürel sosyolojik etkileri ile bu *animist* (canlıcılık) görüşü terk etmiş ve mekanik doğa görüşünü benimsemiştir. Bu bakış açısı ile her yerde "fizik nedenler" aramış, doğanın her tarafının geometrik orantılarla örülü olduğunu ileri sürmüştür (Sarı, 2016:114).

Perker (2009) 17. yüzyılda "doğanın matematiksel bir yapısı olduğu" düşüncesinin yaygın olduğunu ve bu dönemde mimarlık eğitiminin yanında matematik ve felsefe alanlarında eğitim alan Guarini'nin tasarladığı yapılarda dönemin felsefesini yansıttığını söylemiştir. Rönesans boyunca matematik ve fizik hızla gelişmiş, doğanın yapısının matematik kavramlarla açıklanabileceği gösterilmiştir (Gökberk, 2010:250).

18. yüzyıla gelindiğinde ise bilim ve teknolojinin gelişmesiyle aklın öncülüğünde deney ve gözlem yapma giderek daha fazla önem kazanmıştır. Bilimsel gelişmeler, "teknoloji ve makine" gücüyle farklı boyutlara taşınmış ve hız kazanmıştır (İlboğa ve Aygül, 2015). Niteliksel bilim anlayışının niceliksel bilim anlayışına evrilmesiyle bilimin görevi, olgular arasındaki niceliksel bağıntıları bulmak için matematik araç olarak kullanılmaya başlanmıştır. Niceliksel bilim anlayışı ile birlikte doğa, matematiksel bir kaynak olarak kabul edilmeye başlanmıştır. Bu kabulle birlikte, doğanın doğru şekilde anlaşılması için dilini ve sembollerini bilmek ve sahip olduğu matematiksel bağlantıları kavramak bilimin önceliği olmuştur (Topdemir, 2011).

19. yüzyıla gelindiğinde ise, bilim insanları evrenin mekanistik modelini, fizik, kimya, biyoloji, psikoloji ve sosyal bilimler gibi birçok alanda etkili olmasını sağlamıştır (Yayli ve Çelik, 2011). Mekanistik düşüncenin aksini savunan Karl Marx (1844/2013:120) ise,

bilimin, doğadan yola çıkarsa gerçek bilim olabileceğini söylemiştir. Aynı zamanda doğa bilimlerinin, zamanla insan bilimini kapsayacağını, aynı şekilde insan biliminin de doğa bilimi ile birleşip sonuçta tek bir bilimin var olacağını vurgulamıştır. Buradan hareketle aynı yüzyıl içerisinde döneme hâkim tek bir görüşün olduğunu söylemek mümkün görünmemektedir.

Doğaya egemen olma düşüncesine zıt bir diğer düşünce yapısına sahip olan ve 1800'lü yıllarda ortaya çıkan Romantizm akımı da modern bilime hâkim olan mekanist doğa tasarımına karşı çıkmıştır. Doğaya duygusal olarak yaklaşan bu akımın savunucuları, doğayı şiirle bezenmiş anlamlı bir varlık alanı olarak görmekte ve içerisinde barındırdığı anlamlı öğeleri ortaya çıkarmaya çalışmışlardır. Gözlem ve deney yerine sezgilerin kullanılmasını savunan bu akım, doğayı anlamdan yoksun cansız bir madde âlemi olarak gören anlayışa şiddetle karşı çıkmıştır (Çüçen, Zafer ve Esenyel, 2001).

Giderek artan doğa destekli görüşler ile, teknolojinin ve bilimin sağlamış olduğu olanaklarla insanın doğaya egemen olması, küresel ısınma, doğal yaşam alanlarının azalması, iklim değişikliği, biyolojik çeşitliliğin tükenmeye başlaması gibi konular daha çok tartışılmaya başlanmıştır. Burada Adorno'nun da vurguladığı gibi "…doğa üzerindeki evrensel egemenlik düşünen öznenin aleyhine dönmektedir" (Horkheimer ve Adorno, 2010:44). Çünkü insan doğanın efendisi olarak kabul edildikten sonra, doğanın denetimini ve yönetimini ele almış ve doğayı kontrol etme gücü sömürüye ulaşmıştır. Bu durum da kaçınılmaz olarak ekolojik dengeden yoksun bir düşünceyle çevre sorunlarının baş göstermesine neden olmuştur (Gül, 2013).

Çevre sorunlarının tartışılmaya başlamasıyla Rousseau, Marx, Darwin, Malthus, Heackel, Bertelanffy, Einstein gibi düşünürler aydınlanma dönemine yönelttikleri eleştirilerle ekolojik dünya görüşünün temellerini atmıştır. Ekolojik düşüncenin doğuşunda moderniteye yöneltilen eleştirilerin önemi büyüktür (Görmez, 1997:72). Moderniteyi ve aydınlama dönemini eleştirenlerden biri olan Rousseau ile ekolojik görüşler olgunlaşmış, insanın doğayla olan duygusal bağı gözetilerek insan-doğa ilişkisi yeniden ele alınmıştır. Ekolojik, bütüncül ve organik gibi kavramlarla nitelendirilen bu dünya görüşü, mekanistik dünya görüşünün aksine, modern fizikten doğarak gelişmiştir (Capra, 1992b:82).

Modern fizikte ve doğa bilimlerinde yaşanan gelişmeler, aydınlanma dönemi ile ortaya çıkan mekanik dünya görüşünün etkisini azaltmaya başlamıştır. Bu yeni bilimsel devrim ekolojik düşüncenin altyapısını oluşturmuştur. Örneğin, Einstein tarafından ileri sürülen İzafiyet Teorisi ile, ekolojik düşünceye geçiş başlamıştır (Görmez, 1997:74) Einstein, evreni, kozmik bir sürecin kalıpları olarak kavranabilen, bölünmez ve dinamik bir bütün olduğunu savunmaktadır (Capra, 1992b:99).

Ekolojik düşünceyi besleyen bir diğer yaklaşım Sistem Teorisidir. Bütün olarak davranan ve ortak olarak görevi yerine getiren ilişkili parçalardan oluşan bu teori, doğada mevcut olan her şeyin birbirini etkilediğini savunmakta ve doğaya ilişki/bütünleşme terimleri ile yaklaşmaktadır. Sistemler düşüncesinde, biçim süreçle bağlantılıdır. Çünkü yüksek derecede iç esnekliğe ve elastikliğe sahip organizmalar gelişirler ve organik yapıları süreçle belirlenir (Capra, 1992b:303-307).

Aynı şekilde 1970'li yıllarda ekolojik sorunlara karşı duyarlılık, bölgesel olarak başlamış sonralarda küresel ölçekte desteğe dönüşmüştür (Yıldırım, 2017). Bu bağlamda ekolojik sorunsalının giderek ön plana çıkmasıyla sorunun çözümü için ortaya çıkan görüşler çevrecilik/çevre korumacılık ve ekolojizm olarak iki kategoride sınıflandırılmaktadır (Kılıç ve Tok, 2003). İlk yaklaşım çevre sorunlarının insan yaşamı üzerinde oluşturduğu olumsuz etkilerin kısa vadede yarattığı sonuçlarla ilgilenmekte olup insan-doğa ilişkisine kökten çözüm üretmemektedir. Ekolojizm yaklaşımı ise, insan-doğa ilişkisini sorunsallaştıran, çevre sorunlarının sadece insan üzerindeki etkisini değil diğer tüm varlıklar üzerindeki etkisini değerlendirmeye katan bütüncül bir bakış açısıdır. Bu yaklaşım çevreciliğin aksine, insan-doğa ilişkisinde paradigmatik değişimin gerçekleşmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Radikal Ekoloji olarak da adlandırılabilen ekolojizm yaklaşımı içerisinde, Derin Ekoloji yaklaşımı ön plana çıkmaktadır (Yayla, 2006).

20. yüzyılın son çeyreğinde felsefede ve ekoloji biliminde en çok tartışılan konulardan biri olan "derin ekoloji" kavramı 1972 yılında Arne Naess tarafından ortaya atılmıştır. Naess, derin ekoloji ile tüm canlı varlıkların kendi içinde de bir değere sahip olduğunu ve doğayla kültürün iç içe geçerek geliştiğini söylemektedir (Naess, 2005). Bu bakış açısına göre, doğanın içerdiği tüm unsurlar, insan türüne sağladıkları fayda ile değerlendirilmemekte, salt var oluşları itibariyle değerli olmaktadır (Yayla, 2006). Böylelikle, insan-doğa ilişkisi

içerisinde, sorumluluklarını bilen insanı duyarlı bir vatandaş olarak; doğayı ise hizmetkar olmaktan çıkarmış mentor/ölçüt/ortak olarak belirlemiştir (Naess, 2005).

Özetle, insan-doğa ilişkisinin varoluşsal bir gereklilik sonucu oluştuğu ve bilimsel ve teknolojik gelişmelerle beraber günümüze kadar önemli değişiklikler yaşadığı görülmektedir. Bu değişimlerin en önemlisi aydınlanma düşüncesi ile başlamış, mekanistik düşünce ile insan-doğa ilişkisinde parçalanmalar yaşanmıştır. Bu parçalanmaların ana sebebi insanın doğada var olan tüm canlılardan üstün görülmesi ve onlar üzerinde egemenlik kurabilmesi düşüncesi olmuştur. Bu durum dönemin bilimsel ve felsefi değişim/dönüşüm/gelişmelerin etkisiyle gerçekleşmiştir. Yaşanan endüstri devrimleriyle birlikte doğaya verilen zarar üst aşamalara taşınmaya başlamış bu durum da küresel ölçekte çevre krizlerine yol açmıştır. Bu krizlerin çözümü için de çeşitli ekolojik yaklaşımlar önerilmeye ve tartışılmaya başlanmış, bu tartışmalar günümüzde de süreklilik göstermiştir. Sonuç olarak doğanın kurallarına uymak yerine ona hükmetmeyi tercih eden insan, endüstri devrimleri ve teknolojinin gelişimiyle birlikte doğaya müdahalede durdurulamaz hale gelmiştir.

2.1.3. Biyomimetizm / Biyomimikri felsefesi

Biyomimikri, yaratıcı problem çözme yaklaşımı olarak birçok yenilik barındırmasının yanı sıra yaşam bilimlerini, fen bilimleri (*natural and applied sciences*) ve sanatla ilişkilendirerek ortaya çıkan bir kültür felsefesi (*cultural philosophy*) olarak görülmekte ve bir metodoloji (*methodology*), teknoloji (*technology*), süreç (*process*) ve etik (*ethic*) olarak yorumlanmaktadır (Rovalo, McCardle, Smith ve Hooker, 2020). ISO/TC26 (2015) "Biyomimikri" ve "biyomimetizm" terimlerinin ikisini de doğayı, sürdürülebilir kalkınma (sosyal, çevresel ve ekonomik) için bir model olarak ele alan "felsefe ve disiplinlerarası tasarım yaklaşımları" olarak tanımlanmaktadır. Bununla birlikte, bir tasarım konsepti olarak insan üretim sistemleri üzerindeki etkileri bakımından devrim niteliğinde bir kavram olarak görülen biyomimikri kavramının "felsefi" anlamda yetersiz kaldığını, bu bağlamda detaylandırılması ve geliştirilmesi gerektiğini tartışan araştırmalar bulunmaktadır (Dicks, 2016; Blok ve Gremmen, 2016; Mathews, 2011; Bensaude-Vincent, Arribart, Bouligand ve Sanchez, 2002). Bu bağlamda çalışmanın bu bölümünde biyomimikri/biyomimetizm felsefesi üzerine de bir araştırma yürütülmüştür.

Biyomimikri felsefesi üzerine araştırmalar yürüten ve "felsefe ve biyomimikri" (URL-20) sitesinin kurucusu olan Henry Dicks (2016), Benyus'un biyomimikriyle olan ilişkisini Freud'un psikanalizle veya Marx'ın Marksizmle olan ilişkisine benzetmektedir. Bununla birlikte, Freud ve Marx ile yapılan karşılaştırma, kurdukları söylemler ile biyomimikri arasında önemli bir fark da ortaya koymaktadır. Marx ve Freud tarafından açılan söylem alanları, kendi temelleri üzerinde önemli ve kapsamlı felsefi düşünceler içerirken, biyomimikri "felsefi olarak az gelişmiş" olarak belirtilmektedir (Mathews, 2011). Bunun nedenlerinden biri, farklı teknolojik disiplinlerin (tasarım, mimari, mühendislik, bilgisayar, robotik, vb.) biyomimikri yaklaşımı ile tasarladıkları ürünlerin ekonomik uygulanabilirliğinin genel olarak felsefi sorgulamaya göre öncelikli olmasıdır (Dicks, 2016).

Biyomimikri yaklaşımı öncülleyen araştırmacılar, biyomimikrinin doğaya hükmeden ve onu sömüren değil, onu keşfeden ve ondan öğrenen "ekosistem dostu" bir yaklaşım olduğunu savunmaktadır. Bu konuyu Fisch (2017), tek bir nesneden büyük bir teknolojik sisteme, hatta bir şehre kadar her şeyi çevresel açıdan sürdürülebilir bir şekilde üretmenin bir aracı olarak "doğanın bilinçli öykünmesini" olduğunu savunmakta ve bunun da bir dereceye kadar James E. Lovelock tarafından geliştirilen *Gaia* hipotezini tekrarladığını belirtmektedir. *Gaia*, Yunancada "Yer Tanrıçası" ve "Yerana" anlamlarında kullanılmaktadır (Önder, 2019). Bu teori, dünya ve biyolojik sistemlerin tek bir varlık gibi davrandığını öne sürmektedir (Lovelock ve Margulis, 1974). Bu hipotez, yerkürenin bir oturma alanı olmadığını, rastgele oluşan hayat biçimlerinden oluşmadığını, bunun aksine nefes alıp veren, kendi kendini düzenleyen, kendi kendini iyileştiren ve yaşamı olan canlı bir organizma olduğunu belirtmektedir (West, 1994:113-120).

Doğal dünyada, canlı bir sistemdeki her organizmanın süreçleri, bütünün sağlığına katkıda bulunmaktadır. Bir organizmanın atığı, diğeri için besindir ve besinler ve enerji, büyüme, çürüme ve yeniden doğuşun döngülerinde sürekli olarak tekrarlanmaktadır. Bu yenileyici nitelikleri anlamak, tasarımcıların kullandığı son derece teknik ve sentetik malzemeler dahil olmak üzere tüm malzemelerin bile besin olarak görülebileceğinin anlaşılmasını sağlamaktadır. Doğa kanunları iyi tasarımın temelidir. Bununla birlikte bu durum *Cradle to Cradle Design* olarak adlandırılan, birbirine bağlı bir dizi bilime dayalı tasarım uygulamalarını yönlendirmektedir. Bu konuda tasarımcıların, "Bugünün çevre standartlarını nasıl karşılarım?" diye sormak yerine, "Tasarım kararlarım doğal dünyanın kapsayıcılığı bağlamında nasıl bir anlam ifade ediyor?" diye sormaya başlamaları gerekmektedir. Çünkü

doğa yasalarını takip etmek iyi ve yüksek kaliteli tasarıma giden yolu göstermektedir (McDonough ve Braungart, 2010:27).

Biyomimikrinin öncüsü olan Benyus (1997:5), doğayı önemsemeden ilerleyen Birinci Sanayi Devrimini, "doğanın sömürüsü" olarak nitelendirirken, "Biyomimikri Devrimi" ise "doğanın araştırılması ve doğadan öğrenilmesi" şeklinde ifade etmektedir. Benzer şekilde Lovins ve Gummer (1999), McDonough (2010) ve Hawken, Lovins ve Lovins (2013) de biyomimikri bilimini "gelecek sanayi devrimi (*next industrial revolution*)" olarak yorumlamaktadır.

Bu konuda Mathews (2011), biyomimikri kavramının devrimci bir terim olduğunu ve ekolojik bütünlük hedefi taşıdığını vurgulamaktadır. Kavramın felsefi olarak yeterince ele alınmadığını ve içerisinde belirsizlikler barındırdığını vurgulamaktadır. Bununla birlikte kavramın biyosfere ciddi zararlar veren *antroposentrik* zihniyet tarafından kullanılmaması için derin bir biyomimikri felsefesine de ihtiyaç duyulduğunu ifade etmektedir. Bensaude Vincent vd., (2002) de biyomimikri/biyomimetizm (*biomimetism*) kavramın sürdürülebilirlik alanında söz almak için kimyagerlerin oluşturduğu "yeşil" bir slogan olup olmadığının derinlemesine araştırılması gerektiğini savunmaktadır.

Bu bağlamda Dicks (2016) biyomimikri kavramının felsefi olarak temellendirilmemesinin nedenini, biyomimikrinin pragmatik uygulamalarda (mühendislik, mimarlık, tasarım, tarım, robotik, bilgisayar) kavramın epistemolojisine inilmeden çalışılması ve iş dünyasındaki insanları ve bilim insanlarını bir araya getirmesi olarak açıklamaktadır.

Blok ve Gremmem (2016) Janine Benyus tarafından ortaya atılan biyomimikri kavramınının etkili bir tanımı olduğunu düşünmektedir. Çünkü Benyus biyomimikriyi, doğanın modellerini taklit ederek insan sorunlarını çözmek için kullanılan naturalistik bir yaklaşım olarak kavramsallaştırmaktadır. Doğanın yapıtlarını -fotosentez, kendi kendine montaj, doğal seleksiyon, kendi kendine yeten ekosistemler, gözler, kulaklar, deriler ve kabuklar, nöronlar, doğal ilaçlar ve daha fazlasının araştırılması- ve daha sonra bu tasarımların ve üretim süreçlerinin, sorunları çözmek için taklit ederek öğrenilmesidir. Bu biyomimikri arayışı, "yaşamın yaratıcılığına bilinçli öykünme" olarak adlandırılmaktadır (Benyus, 1997:4-5).

Doğadan öğrenen yaklaşımların felsefi orijinini, Blok ve Gremmen (2016) doğa ve mimesis olarak ele almaktadır. Bir diğer araştırmacı Philip Ball (2001) ise doğayı teknolojik bir şekilde makine olarak tariflemektedir. Ona göre modern araştırma ve analiz yöntemleri ile biyomimetiks (*biomimetics*) hücrenin moleküler makine düzeneğini parça parça çözmekte ve açıklamaktadır. Aynı zamanda, biyologlar, hücrelerin moleküler bileşenlerini, makromoleküler seviyede çalışan alet veya makineler olarak tanımlamaktadır (Bensaude-Vincent, 2011).

Vincent ve Mann (2002) de doğal dünyayı dört milyar yıllık "Ar-Ge" olarak tanımlamaktadır. Ayrıca doğadan öğrenen yaklaşımların örneğin biyomimikrinin amacının doğayı taklit etmek olduğunu ve bunu da "doğal teknoloji" gibi doğayı teknolojik terim ile birlikte ifade etmektedirler. Biyologlar, kimyagerler, fiziksel kimyacılar ve mühendisler ortak bir problem etrafında bir araya gelmekte ve en uygun özelliklere sahip işlevsel bir yapının nasıl oluşturulabileceği, geliştirebileceği, bakımının ve geri dönüşümünün yapılabileceği üzerinde düşünmektedirler. Böylelikle "plastik çağ *(plastic age)*[2]" sonrasında doğa bir sanatçı ve ondan birçok şey öğrenilen eşsiz bir mühendis olarak görülmeye başlanmıştır (Bensaude-Vincent, 2007).

Blok ve Gremmen (2016) doğa kavramının, *tektoon*[3], *techne*[4] gibi teknolojik bir doğa kavramına dayandığını belirtmektedir. Bu durumda, biyo-bilgili yaklaşım ile doğa ile teknoloji arasındaki farkın ortadan kalkacağı ve doğal ile sentetik üretim arasındaki farkın azalacağı düşünülmektedir. Burada doğal olan ve teknolojik olan arasındaki fark giderek yok olmaya başlarsa, akla biyomimikri devriminin birinci ve ikinci sanayi devriminden farkının ne olduğu sorusu gelmektedir.

Bu soruyu akla getiren önemli bir düşünce özellikle biyomimikri savunucularının, doğaya ve doğal ekosistemlere uyum içinde olan teknolojiye ve buluşlara yeni bir yaklaşım getirdiği iddiasıdır. Doğanın taklit edilmesi aslında teknolojik bir doğa modelinin taklit edilmesidir. Bu konuda Blok ve Gremmen (2016) biyomimikrideki doğa ile teknoloji arasındaki

[2] Bensaude-Vincent (2007) sentetik kimyacılar tarafından gerçekleştirilen polimerlerin seri üretimi ile birlikte "plastik çağ" olarak adlandırılan dönemin başladığını ifade etmektedir.
[3] *Tektoon* kavramı; yetenekli (*skilled*), emekçi (*worker*), ahşap işinde yetenekli olan kişi, marangoz, zanaatkar olarak tanımlanmaktadır (Isbouts, 2008:119).
[4] "*Techne*" terimi, yaratma (*poiesis, creation*) anlamında kullanılmaktadır. Aristoteles düşünme edimini, uygulamalı, kuramsal ve yaratıcı olarak üçe ayırmaktadır. Bu duruma göre üç temel zihinsel erdem bulunmaktadır. Bunları da *Sophia, Phronesis* ve '*techne*' olarak tariflemektedir. *Techne* kavramı burada, "birşey ortaya koyma amacı" olarak tanımlanmaktadır (Büyükdüvenci, 1993).

belirsizliğin sadece mevcut araştırmalarda değil; aynı zamanda felsefede de yaşandığını belirtmektedir.

Örneğin, Aristo'ya göre, hem teknoloji (*techne*) hem de doğa (*phusis*[5]) üretken (*poiesis*[6]) olarak görülmektedir. *Techne* ve *phusis* arasındaki fark, doğal varlıkların kendilerindeki üretkenlik ilkesine sahip olmalarıdır; oysa eserler, bir sanatçı veya mühendis gibi harici bir etken tarafından üretilmektedir (Aristotle, 1991:8-34). *Techne,* insan üretimi veya *poiesistir*. *Phusis* ise, doğal üretim veya kendini üretendir (*autopoiesis*). Hem *techne* hem de *phusis poiesis*'e dayandığından, her ikisi de aslında Aristo'ya göre aynıdır (Aristotle, 1991:10-20). Bu bağlamda, doğayı *poiesis* olarak düşünme durumu, doğanın teknolojik terimlerle üretilebilirlik bağlamında anlaşılmaktadır. Bir başka ifade ile, Aristoteles geleneğindeki *techne* ve *phusis* kimliğinin, biyomimikri üzerine literatürde doğanın teknolojik kavramsallaştırmasının felsefi orijini olarak görülebileceğidir. Hem Aristoteles geleneği hem de mevcut biyomimetik araştırma, teknolojik bir doğa kavramını öngörmektedir.

Aristoteles'e göre, *techne* ve *phusis* temelde aynıdır, çünkü her ikisi de sadece *poiesise* bağlıdır. *Techne* ya – *phusis* temelinde – *phusis* 'in kendisini etkileyemediği şeyi başarır ya da mükemmelleştirir ya da *phusisi* taklit eder (*mimeitai* – *mimesis*) (Aristoteles 1991:20–25). Bu bağlamda, Aristoteles'e göre doğanın teknolojik taklidinin (*mimesis*) iki türü vardır. İlki, aşina olduğumuz natüralist *mimikri* kavramı olarak adlandırabileceğimiz, *mimetik* veya reprodüksiyondur. Bununla birlikte, Aristoteles'in doğanın eksikliğine dayanan başka bir taklit türünü de ayırt ettiğini kabul etmek önemlidir. Doğa her şeyi üretme ya da etkileme yeteneğine sahip değildir ve bu durumda, taklitçilik doğanın yeteneklerini verimli bir şekilde desteklemektedir (Blok ve Gremmen, 2016).

Henry Dicks (2016) de biyomimikri yaklaşımında doğanın *physis* olarak anlaşılması ve *physis* kavramının da *autopoiesis* ya da *self-production* anlamlarında ele alınması gerektiğini söylemektedir. Doğaya *physis* olarak bakmayı biyomimikrinin "ontolojik (varoluş felsefesi) ilkesi" olarak yorumlamaktadır.

---

[5] *Phusis* Yunanca "doğa" anlamına gelmektedir. Büyümek olarak tanımlanan "*phuein*" fiili ile eşleşmektedir. İngilizce'de olduğu gibi, hem doğal dünya için bir bütün olarak hem de "doğası gereği" (*phusei*) olan herhangi bir şeyin "doğası" yani, temel ya da içsel özellikleri anlamında kullanılmaktadır (URL-21).

[6] *Poiesis* terimi, Yunanca "*poiein*" fiili ile anlatılan bir etkinliğin adı olup, üretmek, yapmak ve yaratmak olarak tanımlanmaktadır (Kart, 2015).

Mathews (2011) de tüm canlıların ve yaşam sistemlerinin, varlıklarını sürdürmek ve arttırmak için bir irade veya dürtü tarafından canlandırıldığını iddia etmektedir. Çağdaş sistem teorisinde, bu kendini gerçekleştirme iradesi *autopoiesis* olarak tanımlanmaktadır, ancak Mathews (2011) bu durumu daha uzun bir felsefi kökene sahip olduğu ve sistem teorisi gibi herhangi bir özel bilim dalının referans terimleriyle sınırlı olmadığı için doğadaki tüm varlıklarda bulunan ve kendi varlığını koruma eğilimi olarak tanımlanan *conatus* [7] kavramıyla açıklamaktadır. Bu durum aynı zamanda canlıları mekanik sistemlerden ayıran kendisini koruma ve büyütme eylemi dürtüsüne sahip olması gibi içsel değer olarak belirtilmektedir. Dicks (2016) ve Mathews (2011) doğanın *autopoiesis* olarak anlaşılmasının biyomimikri için uygun bir zemin oluşturduğunu savunmaktadırlar.

Dicks (2016) biyo-bilgili tasarımın sürdürülebilir olabilmesi için ekosistem döngüsüne katılması gerektiğini savunmaktadır. Buna örnek olarak da güneş panellerini vermektedir. Bu paneller bitkilerden güneş ışığı kullanımlarında ilham alır gibi görünebilir, ancak panellerin yenilenemeyen malzemelerin kullanılmasıyla üretildiği ve depolama alanlarına veya çöp yakma tesislerine atıldığı sürece sürdürülebilir olamayacağını vurgulamaktadır.

Oysaki Biyomimikri yaklaşımı sadece teknolojik tasarımların doğallaşması, optimize edilmesi ile ilgili olmayıp doğayı model, ölçü, akıl hocası olarak kabul eden ve sosyal, ekonomik ve kültürel düzen için bilgiler içeren bir doğa bilimidir. Bu durumu Benyus (1997) kitabında şu şekilde dile getirmektedir:

> Biyomimetik bir dünyada, tamamen biyolojik olarak parçalanabilen lifler, seramikler, plastikler ve kimyasallar üretmek için güneşi ve basit bileşikleri kullanarak hayvanların ve bitkilerin yaptığı gibi üretecektik. Çayırlarda modellenen çiftliklerimiz kendi kendine gübrelenebilir ve haşerelere karşı dirençli olacaktır. Yeni ilaçlar veya ekinler bulmak için, kendilerini sağlıklı ve besleyici tutmak için milyonlarca yıldır bitkileri kullanan hayvanlara ve böceklere danışırdık. Çözümleri "geliştiren" yazılımlar ve dokunarak hesaplamak için kilit ve anahtar paradigmasını kullanan donanım ile bilgi işlem bile ipucunu doğadan alacaktı (Benyus, 1997:3).

Özetlemek gerekirse farklı doğa anlayışları ve var olan teknolojik bilgi neticesinde doğayı farklı ele alış şekilleri bulunmaktadır. İncelenen bu farklı doğa anlayışları problemin çözüm yaklaşımını da belirlemektedir. Bu bağlamda doğanın teknoloji olarak ele alan

[7] Sipinoza felsefesinde *conatus* kavramı "Her şey kendi varlığında devam etmek için elinden gelen bütün çabaları yapar" şeklinde tanımlanmakta olup korumak, sürdürmek ve güçlendirmek üçlü edimi ile ifade edilmektedir (Güngör, 2015).

araştırmacıların ve *autopoiesis* olarak ele alan araştırmacıların doğadan alınan bilgiyi farklı kullanmaları neticesinde gerçekleştirecekleri tasarımlar da farklı olacaktır.

2.1.4. Farklı Disiplinlerde Biyo-Bilgili Tasarım

Farklı disiplinler arasında oluşan ilişkiler, yeni yöntemlerin ve kavramların oluşmasına öncülük etmektedir. Gruber (2008) disiplinlerarası çalışmaların bilgi aktarımı için bir önkoşul olduğunu ve her alanda bilgi alışverişini artırmak için desteklenmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Biyo-bilgili tasarım alanı da biyoloji, kimya, mühendislik, sanat, mimarlık, sosyal bilimler, mühendislik gibi farklı alanların işbirliğine dayalı olup disiplinlerarası ve multidisiplinerdir (ISO/TC266, 2015). Mimarlar, mühendisler, kimyagerler, fizikçiler, malzeme bilimcileri, biyologlar ve sanatçılar gibi farklı disiplinlerden araştırmacılar gerçekleştirmekte oldukları biyo-bilgili çalışmalar ile birçok farklı disiplinle bir araya gelerek çalışmalarını sürdürmekte ve hem kuramsal hem de uygulamalı çalışmalarla katkı sunmaktadırlar.

Sanat, mühendislik ve mimarlık hem bilgi hem de üretim alanı olarak yararlandığı araçlar ve üretim biçimleri ile ortaya koyduğu bilgi, söylem ve ürünler sonucunda kendi özel alanı içerisinde çoğu zaman doğa ve insan bilimlerinin birçoğundan faydalanmaktadır. Bu alanlar için esin kaynağı olan "doğa" bilim ve teknolojide yaşanan gelişmelerle beraber yaratıcı çözümlerin üretilmesine katkı sağlayan sınırsız ve somut bir kaynak olarak görülmektedir. Dolayısıyla tasarım ile ilişkili olan her disiplin doğayla bir ilişki kurmakta ve bu ilişki bilimdeki ve hesaplamalı teknolojilerdeki gelişmelere paralel olarak bakış açılarını, anlayışları, araştırma alanlarını ve uygulamaları değiştirmektedir. Bu bağlamda bu bölüm kapsamında, "Biyolojik bilginin ve doğadan esinlenmenin sanat, mühendislik ve mimarlık üzerindeki etkisi nasıl olmuştur?" sorusundan yola çıkılarak doğa-sanat/mühendislik/mimarlık ilişkisi araştırılmış, geçmişten günümüze doğa odaklı yaklaşımlar sonucunda ortaya konulan sanatsal/mühendislik/mimarlık ürünlere yer verilmiştir.

Sanatsal çalışmalarda doğanın izleri

Mimarlık dahil olmak üzere bütün sanatsal çalışmalar, “insanın dünya ile varoluşsal karşılaşmasının metaforik bir temsili” olarak ifade edilmektedir (Pallasmaa, 2012:17). Genel olarak, sanat terimi güzelliği veya taşıdığı duygu için takdir edilen görsel bir nesne (genellikle resim, çizim veya heykel) olarak tanımlanmaktadır (Ripley ve Bhushan, 2016).

Doğayı yorumlama ve doğadan esinlenme, birçok sanat uygulamasının temel kaynağı olarak yorumlanmıştır. Batı dünyasında, antik çağlardan beri sanat doğanın aynası olarak görülmüştür (Aydın ve Zümrüt, 2013). Bu konuda Carlson (2005:3), batı dünyasında, doğanın estetik takdirinin evriminin, hem bilim tarafından elde edilen doğanın nesnelleşmesi hem de sanat tarafından ortaya konulan nesneyle iç içe geçtiğini söylemiştir.

Bu bağlamda doğa sanat ilişkisinin araştırıldığı bölümde öncelikle, ilkel insanların taşlar üzerine yaptıkları resimlerden başlayarak 1960’lara kadar olan sanat akımlarında yer alan “resimlerdeki” doğa olgusuna yer verilmiştir. Sonraki bölümde ise 20. yüzyılın ikinci yarısından başlayarak sanattaki bilimsel ve teknolojik yeniliklere bağlı olarak değişen uygulamalar “biyosanat” örnekleri üzerinden incelenmiştir. Bununla birlikte, “Biyolojik Bilginin Sanatta Yarattığı Paradigmatik Değişimler” başlığı altında biyolojik paradigmaların değişimini daha doğru okuyabilmek için “biyosanat” kavramı ile üretilmiş heykel, resim, enstalasyon örneklerine yer verilmiştir. Ele alınan çalışmalarda biyolojik bilginin esere yansıtılma biçimi tartışılmıştır.

Geçmişten bugüne sanatın her döneminde sanatçının ortaya koyduğu ürünlerde ve sanat-doğa ilişkisinde farklılıklar gözlenmiştir (Saygı, 2016). Sanatçının doğayı algılayış biçimi ve doğaya bakış açısı, sanatın ya da sanatçının doğa ile olan ilişkisini belirlemiş; bunların değişmesiyle farklı dönemlerde farklı doğa anlamları gelişmiş ve farklı tasarımlar şekillenmiştir. Antik çağlardan günümüze kadar, sanat üzerine yürütülen tartışmaların birçoğu, sanatçı rolünü yüklenen “insan” ile sanatçı için malzeme işlevi gören “doğa” arasındaki ilişki üzerinden yürütülmüştür (Read, 2004). Bu bağlamda çalışmanın bu bölümünde biyolojik- bilgi, doğa ve sanat arasında nasıl bir ilişki kurgulandığı tartışılmıştır.

Sanat- doğa ilişkisinin sanat tarihindeki değişimi

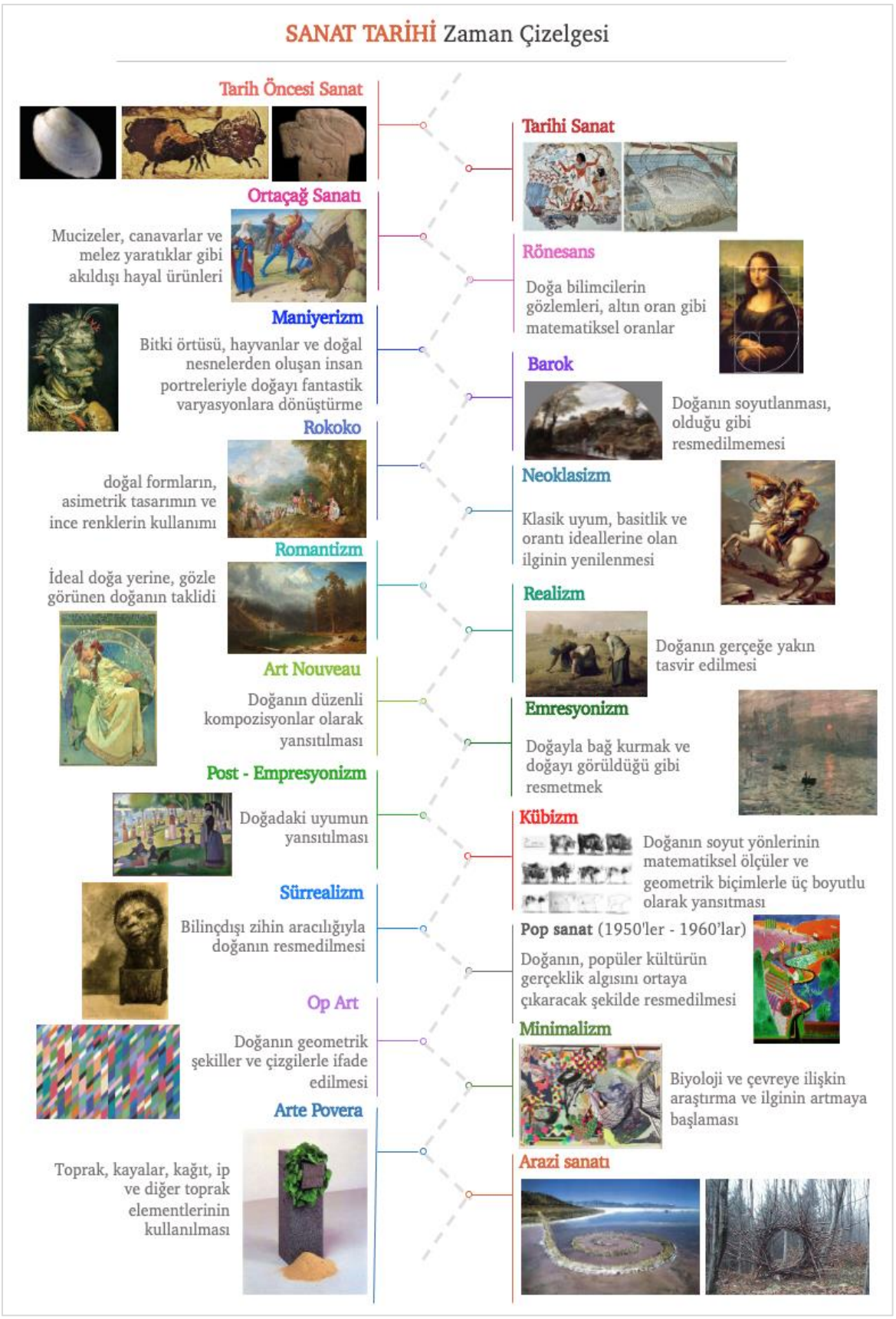
Doğayı taklit, yorumlama ve doğadan esinlenme, birçok sanat uygulamasının temel kaynağıdır (Aydın ve Zümrüt, 2013). Yüzyıllar boyunca doğa – sanat ilişkisinin morfolojik bir yaklaşımla geliştiği söylenebilir (Azamet, 2019). Bu kapsamda bu bölümde ele alınan örnekler resim sanatıyla sınırlandırılmış ve öne çıkan çalışmalara bir zaman çizelgesi içerisinde yer verilmiştir. Hazırlanan zaman çizelgesi, sanatsal imgenin oluşmasında önemli olduğu düşünülen ilkel insanların mağara ve doğal malzeme yüzeylerine yaptıkları resimler/çizimler ile başlamıştır. Burada vurgulanması gereken konu insanların doğadan edindiği malzemeleri kullanarak kendini ifade etmeye başlamasıdır. Bunu takip eden Neolitik Çağ'da ise Göbeklitepe Yerleşkesi içerisinde yer alan dikili taşlar üzerine oyulmuş çeşitli hayvan sembolleri ve motifleri görülmektedir. Taşlar üzerindeki bu insan ve tabiata ait realizmi içeren natüralist tasvirler, öyküsel ve anıtsal özellikler olarak yorumlanabilmektedir.

Rönesans Sanatı, büyük bilimsel keşiflerle eş zamanlı olarak gelişmiş, doğa bilimcilerinin doğa gözlemleri ressamları etkilemiştir. Bu dönemde matematik alanındaki gelişmeler sanatı etkilemiştir. Maniyerizm'e bakıldığında, bitki örtüsü, hayvanlar ve doğal nesnelerden oluşan insan portreleriyle doğa, fantastik varyasyonlara dönüştürülmüştür (Ripley ve Bhushan, 2016). Barok sanatının doğa belli bir süzgeçten geçirilerek olduğu gibi kullanılmamakta, soyutlaştırılmış bir gözlem olarak yorumlanmaktadır (Turani, 1992:457). 1780 ve 1830 yıllarına gelindiğinde ise, bilimin etkisinin yükselmesi ile birlikte ideal doğa anlayışının parçalılığı, çeşitliliği ve görsel gerçekliği bütünüyle değişmiştir. Bütün bu değişikliklere rağmen sanatçı hâlâ doğadan esinlenmekte ve ideal doğa yerine, gözle görülen gerçeği taklit etmektedir (Read, 2004:57).

Modern sanat akımlarının ilki olarak kabul edilen Empresyonizm'de (İzlenimcilik) doğa olduğu gibi resmedilmektedir (Ayaydin, 2015b). Post-Empresyonist akımında ise doğanın anlık olarak bire bir yansıması yerine doğadaki uyumun yansıtılması amaçlanmıştır (Signac, 2013:160). Doğayı sıklıkla referans aldığı bilinen *Art Nouveau* akımında, hayvanlar ve bitkiler düzenli kompozisyonlar oluşturularak yansıtılmış, doğanın bir yansıması olan dinamik dekoratif formlar üretilmiştir (Ayaydin, 2015a). Kübizm ise, sanatın doğayı kopyalaması yerine, görünenden ziyade bilinçaltı gibi görünmeyen soyut yönlerini matematiksel ölçüler ve geometrik biçimlerle üç boyutlu olarak yansıtmıştır (URL-22).

Sürrealizm eğilimi içerisinde doğa, bilinçdışı zihin aracılığıyla ifade edilmiştir. Akımın önde gelen sanatçılardan biri olan Odilon Redon, doğanın sanatçılar için ilham kaynağı olduğunun altını çizmiştir (Brodskaïa, 2012:103-106).

Optik sanat (*Op Art*), geometrik şekiller ve çizgiler kullanan, bulanıklaşıyormuş ve hareket ediyormuş hissi yaşatan sanat akımıdır. Akımın önde gelen sanatçılarından Bridget Riley, doğanın kendisi için sadece manzara olmadığını, aynı zamanda görülebilir güçlerin dinamizmi olduğunu ifade etmiştir (Rycroft, 2005). Pop Art sanatında ise; doğa popüler kültürü gerçeklik algısını ortaya çıkaracak şekilde resmedilmiştir (Gümüşay, 2008). Bütün bu akımları içeren Şekil 2.1'de de görüldüğü gibi, tarihsel süreç içerisinde sanatta "doğa" nesne olgusundan başlayarak değişen toplumsal, bilimsel ve teknolojik gelişmelerle birlikte farklı anlamlara evrilmiştir. Sınırsız bir kaynak olarak görülen "doğa" salt biçimcilik, matematiksel oranlar, ışık, renk, doku gibi farklı sosyal, öznel, nesnel ve bilimsel açılar ile yorumlanmıştır.



Şekil 2.1. Geçmişten günümüze sanat (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Biyolojik bilginin sanatta yarattığı paradigmatik değişimler

Birçok disiplin, bilim ve teknolojideki ilerlemeler ve gelişmelerden etkilenmekte ve yaşanan değişimlerle yenilenmektedir. Yaşanan ilerleyiş ve gelişmeler farklı disiplinlerin birlikte düşünülmesini kaçınılmaz kılmakta ve disiplinlerarası alanlar yaratmaktadır. Tasarım, mimari, felsefe, müzik, tarih, matematik, psikoloji, antropoloji gibi disiplinler 20. yüzyıldan itibaren sanat ile etkileşimli olmuş (Arapoğlu, 2019) ve bu ektileşimle disiplinlerarası yöntemler denenmiştir.

Teknoloji ile sanat arasında Modernizm ile açığa çıkan ilişki sonucunda plastik sanatlar da değişime, dönüşüme ve farklılaşmaya başlamıştır (Sevim ve Gamze, 2011). Sanat, özellikle 20. yüzyıl'ın sonlarında, dijital ortamın, biyoteknolojilerin ve internet kullanımının yaygınlaşması ve sanatın bir işlem yeri olarak görülmesi nedeniyle radikal dönüşümler de geçirmiştir (Savini, 2017). Bu süreçte sanatçılar, yaşanan küresel gelişmeler ve ekolojik sorunlara kayıtsız kalmamış ve insanlara bu sorunları anlatmak amacıyla farklı arayışlara girmişlerdir. Yaşanan çevresel sorunlara ve ekolojik bozulmalara bağlı olarak doğanın değişmesi ile birlikte ekolojik duyarlılıklar gelişmiş ve bu durum sanat üzerinde paradigmatik[8] değişimlere yol açmıştır.

Doğayı estetik açıdan ele alan, taklit eden, soyutlayan ve doğaya öykünen sanatçıların doğa algısı ile günümüzde sanatçıların doğaya bakışı, 1960'lı yılların sonrasında toplumsal yapıda

[8]Sözlük anlamı "değerler dizisi, örnek ve dizi" (URL-23) olan paradigma, bilimsel alanlara görüş açıları sağlamakta olup, onların yapısını değiştirebilme özelliğine sahiptir. Bu yapı değişikliği olgulara bakış açısını ve onların inceleme şeklini etkilemektedir. Bilim felsefesi literatürüne katkı sağlayan ve yaygın olarak kullanılan paradigma kavramı ilk olarak 1962 yılında Thomas S. Kuhn tarafından tartışmaya açılmıştır. "Bilimsel Devrimlerin Yapısı" adlı kitabında Kuhn (1995) paradigma kavramını bilim çevresine model oluşturan, yeni sorunlar ve çözümler üreterek yeni görme biçimleri sağlayan evrensel anlamda kabul gören bilimsel başarılar olarak tanımlamaktadır. Kuhn, birbiri ile yarışan farklı bilimsel yaklaşımlar olarak adlandırdığı paradigma terimini, belli bir bilimsel yaklaşımla doğanın sorgulanması ve doğadan ilişkiler bütünü keşfetmek amacıyla kullanılan açık ya da kapalı bütün değerler, kurallar, inançlar, kavramsal ve deneysel araçlar olarak tariflemiştir (Kuyaş, 2006:10). Paradigma değişiminde bir algı değişikliği söz konusu olup yeni paradigmayı izleyen bilim insanları yeni araçlar benimseyerek farklı yerlere odaklanırlar. Bilim insanları daha önce kullandıkları araçlarla baktıkları yere tekrar baksalar bile farklı ve yeni şeyler keşfederler. Joseph Priestley'in flojiston gördüğü yerde, Priestley'den aldığı ipucu yardımıyla Lavoisier oksijen görmüştür. Lavosier oksijeni bulduktan sonra çalıştığı dünya değişmiştir. Paradigma değişimi dünyayı değiştirmese de bilim insanları farklı bir dünyada araştırmalar yapmakta ve çalışmaktadır (Kuhn, 2008:87). Kuhn'un (2008) geliştirdiği görüşlerden; "örnek bir model olarak paradigmalar", "dünya görüşü değişikliği ve yeni bir görme biçimi olarak paradigmalar" ve "bir araç veya bir araç kullanma biçimi olarak paradigma" (Gürer ve Yücel, 2010) biyosanatın paradigmal karakterini ortaya çıkarmada etkili olacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda bu çalışma kapsamında, sanatçıların dış dünyaya bakışını değiştirmesi ve yeni görme biçimleri oluşmasını sağlayan durumlar, paradigma değişimi olarak kabul edilmektedir.

yaşanan farklılaşmaların sanata yansımasıyla başlamaktadır (Saygı, 2016). Bu duruma örnek olarak, sanatçı Hans Haacke, Cornell Üniversitesinde ve MIT Üniversitesinde 'Grass Grows' olarak adlandırdığı çimenlerle örtülü toprak tümsek verilebilir (Resim 2.1).



Resim 2.1. Hans Haacke, *Grass Grows*, 1967-69 (URL-24)

Deneyimlenebilen sanat çalışmaları olarak da nitelendirilebilen enstalasyon sanatında görülen "biyo-bilgili" çalışmalara Brezilyalı sanatçı Henrique Oliveira'nın Paris'teki Palais de Tokyo sanat merkezinde 2013 yılında yaptığı ağaç dallarının organik büyümesini konu alan *Baitogogo* adlı çalışması örnek olarak verilebilir. Sanatçı burada Palais de Tokyo'nun mimarisiyle bitkileri birleştirerek, mevcut bir sütun ve kiriş ızgarasını bükülmüş dallara dönüşüyor gibi yansıtmakta ve tümör benzeri fiziksel patolojilerden yola çıktığını vurgulamaktadır. Küratörler bu çalışmada, Henrique Oliveira'nın mimari antropomorfizm biçimi sayesinde, çalışmayı ortaya koyduğunu söylemektedir (Resim 2.2) (URL-25).



Resim 2.2. Henrique Oliveira, *Baitogogo,* 2013 (URL-26)

Peter Krsko ise orijinal sanat eserleri yaratmak amacıyla tasarladığı heykellerde, doğal yapıları, sistemleri ve malzemeleri kullanarak ve hem sanattan hem de bilimden gelen teknikleri ve yaklaşımları birleştirerek "biyo-esinli problem çözmeyi" araştırmaktadır. Bilimsel yöntemler aracılığıyla doğayı gözlemleyerek sanatla birleştirmeyi hedefleyen

sanatçı, örümcekler tarafından oluşturulan yapılardan esinlenerek, farklı malzemeler ve ince polietilen filmler kullanarak enstalasyonlar tasarlamaktadır (Resim 2.3) (URL-27).



Resim 2.3. Peter Krsko, *Stabiliment* heykeli, 2017 (URL-28)

Yaşanan toplumsal, bilimsel ve teknolojik gelişmeler ve bu gelişmelerin yarattığı olası sonuçlar birçok disiplinde olduğu gibi sanatsal yaklaşımları da etkilediği görülmektedir. Sanatçılar bu değişimlere, yeniliklere duyarsız kalmamakla birlikte bilimsel ve teknolojik gelişmeleri malzeme, yöntem ve mekanizma olarak sanatsal üretim için kullanmaktadır.

Yaşayan sanat deneyimi: Biyosanat (Bioart)

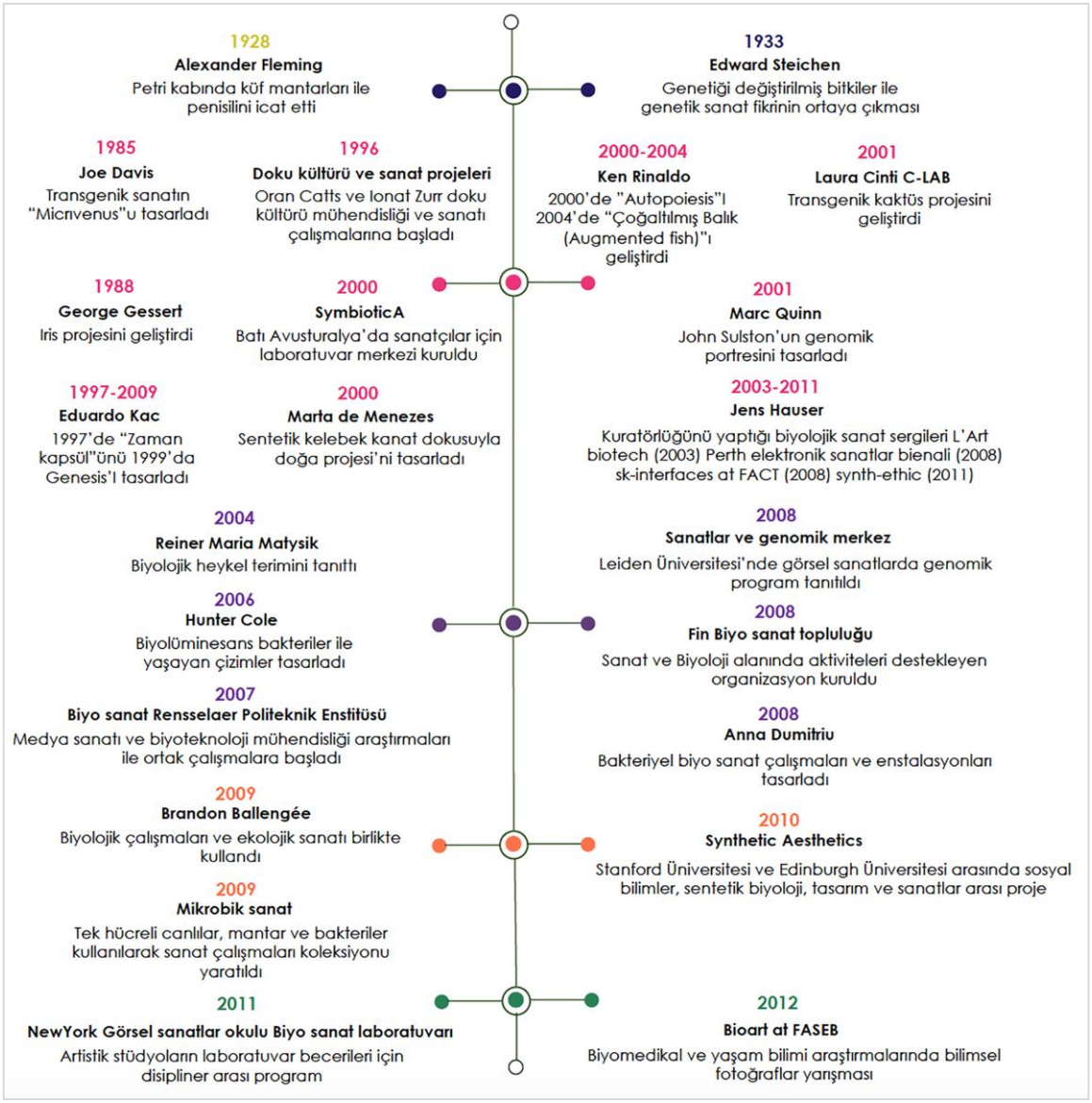
Tarihsel süreç içerisinde matematiksel ölçü, estetik, yorumlama, taklit olarak sanata yansıyan doğa, 21. yüzyılda yaşanan biyoteknolojik gelişmelerle birlikte sanat ve tasarım problemi olarak görülmeye başlanmıştır. Büyüme, gelişme, evrim ve bozulma gibi biyolojik süreçlerle sanat ve bilimi birleştiren sanatçıların malzemeleri artık petri kapları içerisindeki miselyum, bakteri, enzim, hücre, canlı doku ve organizmalardır.

Bilimsel süreçlerin ve teknolojik araçların erişilebilir olması ile sanatçılar, doğanın kendisini sanatsal açıdan keşfetmek ve sanatsal ürüne dönüştürmek amacıyla araştırmaktadır. Bu bağlamda üniversitelerde ve özel araştırma merkezlerinde ortaya çıkan ve biyoteknolojinin bir arayüzü olan biyosanat (Yetisen, Davis, Coskun, Church ve Yun, 2015; Azamet, 2019) bilimin ve sanatın farklı yaklaşımlarla birleştirilebileceğini göstermektedir. Bununla birlikte bilimsel deneyler ve araçlarla birlikte biyolojik malzemelerin, süreçlerin ve canlıların (hücreler, dokular, organizmalar) kullanımını içeren çağdaş sanatta bir akım olarak yorumlanmaktadır (URL-29; Radomska, 2016:39).

Bir başka tanımda biyosanat; DNA, hücreler, genler, dijital veri setleri, kodlar ve bunların çeşitli kombinasyonları olan canlı dokular ve/veya dijital bilgilerle ilgilenen ve yeni yaşam formları üreten bir uygulama alanı olarak tanımlanmaktadır (Šlesingerová, 2018).

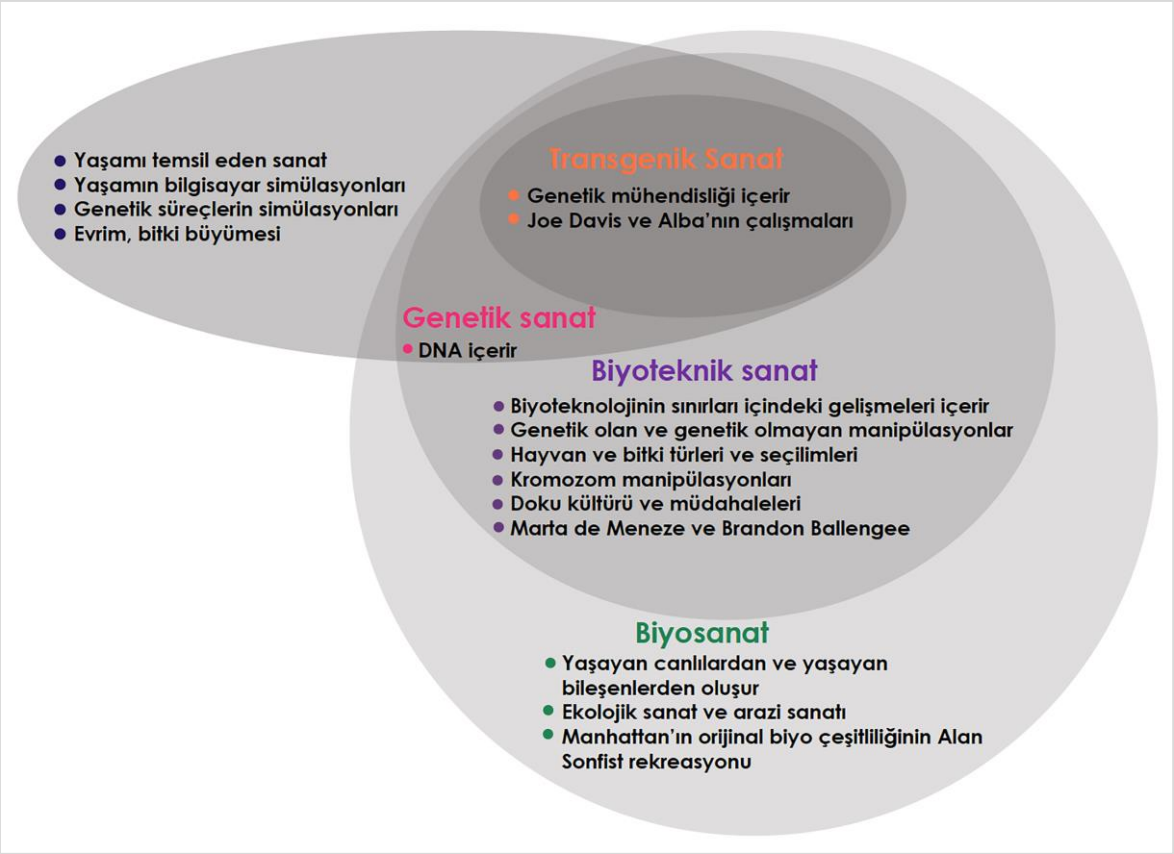
Byosanat, geniş anlamda biyoteknolojinin kullanımını içeren biyoteknoloji sanatı, genetik mühendisliğini içeren ve aynı zamanda biyoteknoloji sanatının bir alt alanı olarak kabul edilen transgenik sanat, sentetik biyoloji ve biyorobotik olmak üzere dört özel alt alanı (Radomska, 2016:39) ve yaşayan veya yarı yaşayan doku, evrim, bozulma, büyüme ve biyoteknoloji ile çalışarak merak uyandıran sanatçıların eserlerini içermektedir (Šlesingerová, 2018). Özetlemek gerekirse biyosanat, yaşam sistemlerini sanatsal konular olarak keşfetmek için bilimsel yöntemler uygulayan ve biyoteknolojiden yararlanan çağdaş sanat biçimidir.

Biyosanat alanındaki tarihsel gelişim; Yetisen ve diğerleri (2015) tarafından biyoloji ve sanatın kesişimindeki öncü programlar ve girişimler Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Burada 1928 yılından günümüze kadar yaşanan süreç boyunca biyoloji biliminde ve bu alanla ilişkili olarak ortaya çıkan biyosanat alanında birçok gelişme yaşandığı okunmaktadır. "New York Görsel Sanatlar Okulu ve Biyosanat Laboratuvarı", "*Synthetis Aesthetics*, Fin Biyosanat Topluluğu" gibi platformlar biyosanat çalışmalarını yürütmek amacıyla kurulmuştur.



Şekil 2.2. Biyoloji ve sanatın kesişimindeki öncü programlar ve girişimler (Yetisen vd., 2015)'ten Türkçe'ye çevrilmiştir.

Capucci ve Torriani (2007) yılında, organik ve inorganik yaşam alanlarını içeren sanat çalışmaları arasında yer alan ilişkiyi ve biyosanatın alt dallarını görselleştirmiştir (Şekil 2.3). Bu şemada biyosanat'ın dört alt ana başlığı ve bunların hangi konulardan oluştuğu görülmektedir. Bu sınıflandırmada; DNA'nın kullanıldığı genetik sanat, genetik özellikleri değiştirilmiş organizmaların kullanıldığı transgenetik sanat ve biyoteknolojik çalışmaları içeren, kromozomları ve genetiği değiştirilmiş ya da değiştirilmemiş organizmaların ve doku kültürünün kullanıldığı biyoteknik sanat alanları yer almaktadır (Vaage, 2016).

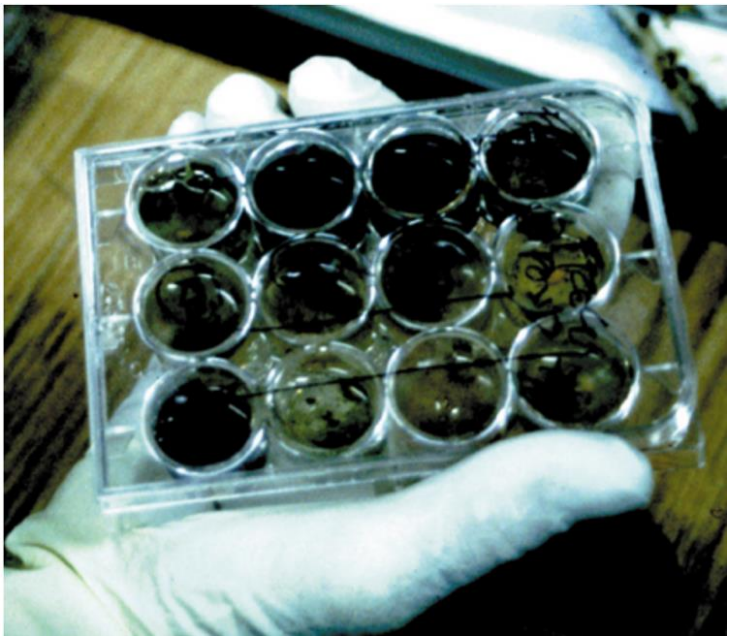


Şekil 2.3. Biyosanat ve ilgili sanat formları şeması (Vaage, 2016)'dan Türkçe'ye çevrilmiştir.

Biyosanatın bir alt dalı olarak tanımlanan transgenik sanat, sentetik genleri bir organizmaya aktarmak veya doğal bir genetik materyali bir türden bir başkasına transfer etmek ve eşsiz canlılar yaratmak amacıyla genetik mühendisliğine ait teknik ve yöntemlerin kullanılmasına dayanan yeni bir sanat yaklaşımı olarak tanımlanmaktadır. Moleküler genetik, sanatçının bitki ve hayvan genomunu tasarlamasını ve yeni yaşam formları yaratmasını sağlamaktadır. Bu yeni sanat yaklaşımı, sadece yeni bir hayvan ya da bitkinin doğuşu ve/veya büyümesi olmayıp, toplum ve transgenik organizma arasındaki ilişkinin doğası tarafından da tanımlanmaktadır (URL-30).

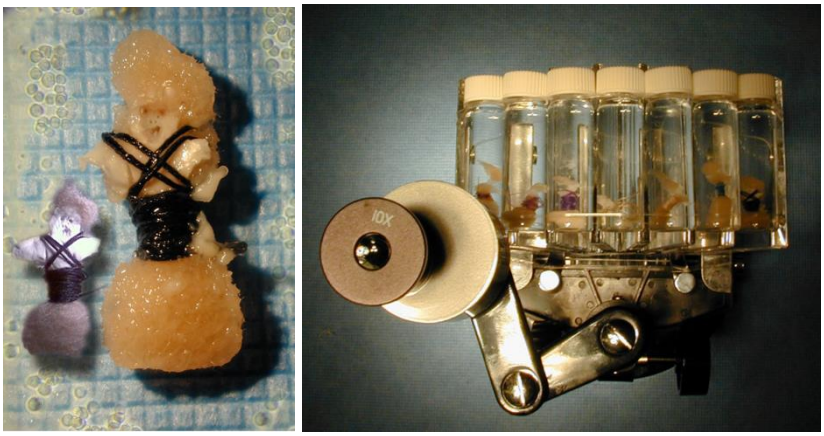
Bu alandan oluşturulan sanat eserleri; farklı düşünceleri, algıları, değerleri ve duyguları bir araya getirmekte ve zamanın kültürüne özgü bir dil yaratmayı amaçlamaktadır. Son zamanlarda gerçekleştirilen bilimsel gelişmelerden yola çıkarak, "doğa" teriminin önemini vurgulamaktadır. Bu sanat alanı, doğada olmayan, doğal ve yapay, gerçeklik ve simülasyon, biyolojik ve sentetik arasındaki boşluğu kapatan nesneler üretmektedir (Savini, 2017).

Transgenik sanat alanında yapılan ilk çalışma, 1986 ile 1987 yılları arasında gerçekleştirilmiştir. Berkeley Hatch Echols Laboratuvarı'nda sadece boyalarla değil gen ve bakterilerle de çalışan sanatçı ve araştırmacı Joe Davis, moleküler biyoloji araçlarını ve tekniklerini kullanarak Microvenus (Resim 2.4) adlı sanatsal çalışmayı üretmiştir. Bu çalışma, bir bakteri kabında tanıtılan kodlanmış bir görsel simgeye sahip sentetik bir DNA parçasıdır (Savini, 2017).



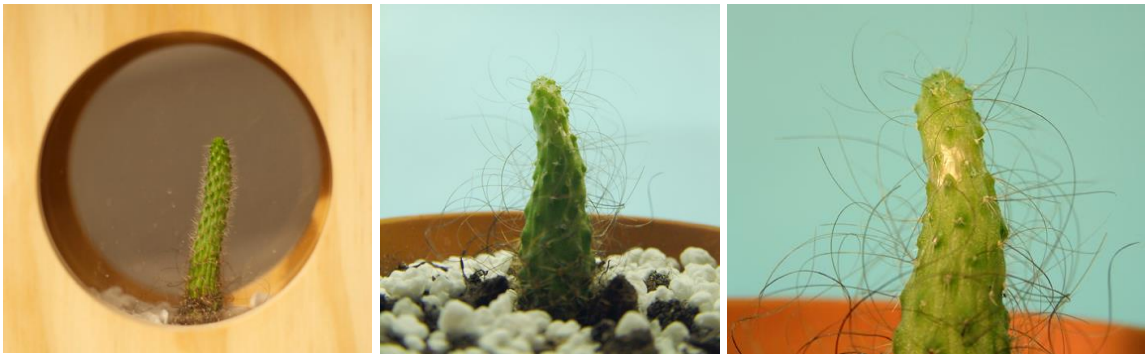
Resim 2.4. Joe Davis, *Microvenus*, 1986-1987 (URL-31)

Doku teknolojisinin sanatsal bir ifade aracı olarak kullanılmasının araştırılması amacıyla 1996 yılında başlatılan bir araştırma ve geliştirme projesi olan Doku Kültürü ve Sanatı Projesi oluşturulmuştur. Yeni bir nesne sınıfı / varlık sınıfının inşası / büyümesi yoluyla yarı yaşamın farklı boyutları araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan nesneler, vücudun dışında canlı olarak kalabilen ve önceden belirlenmiş şekillerde büyüyebilen karmaşık organizmaların parçalarıdır. Bu nesneler, yaşamın ve kimliğin köklü algılarını, benlik kavramını ve insanın diğer canlılar ve çevre ile ilgili konumunu sorgulayan somut bir örnek olarak sunulmaktadır. Bu kapsamda oluşturulan "Endişeli Bebekler" (Resim 2.5) parçalanabilir polimerlerden ve cerrahi dikişlerden meydana gelmektedir. Sterilize edilen bebeklere, polimerlerin üzerinde / içinde büyütülen endotel, kas ve osteoblast hücreleri (cilt, kas ve kemik dokusu) eklenmiştir (URL-32). Yapılan bu çalışma, doku kültürü ve ilgili teknolojilerin teknolojik bilgilerinin sanatsal bir uygulamayla birleştirilebilme olasılığının araştırılmasına yönelik ilk girişim olarak belirtilmektedir (Zurr ve Catts, 2003).



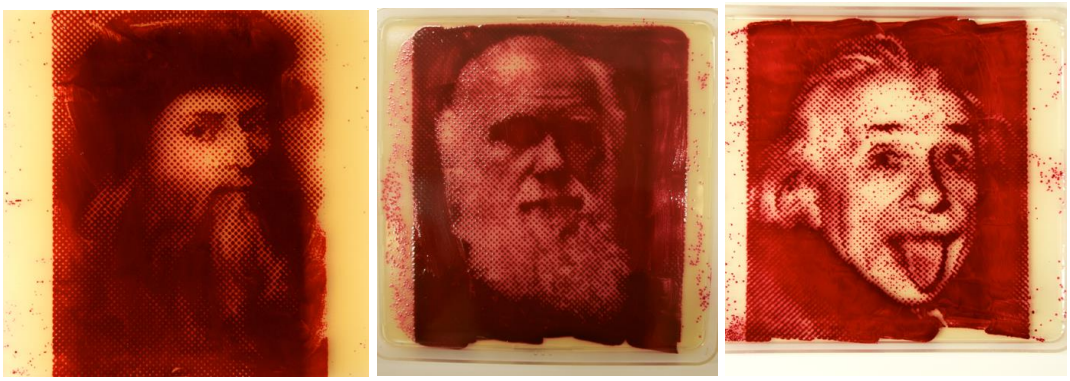
Resim 2.5. Oron Catts, Ionat Zurr ve Guy Ben-Ary, Yarı Yaşayan Endişeli Bebek Heykeli, 2000 (URL-32)

2001 yılında Londra'da yer alan; çağdaş sanat, bilim ve teknoloji ile ilgili disiplinlerarası bir organizasyon olan C-LAB'ta, Kaktüs Projesi (Resim 2.6) geliştirilmiştir. Bu çalışma, kaktüs hücrelerine keratin genleri eklenerek yaratılmış, insan saçı olan canlı bir sanat eseridir. Dönüştürülen hücreler, transgenik kaktüs olarak yeniden üretilmiştir. Bu çalışmada amaç, kaktüs hücrelerinde eksprese edilen, saça morfolojik olarak benzeyen ve harici olarak üretilen insan keratinlerine sahip bir kaktüs oluşturmaktır (URL-33).



Resim 2.6. Laura Cinti, Kaktüs Projesi, 2001 (URL-34)

Bilim insanı-sanatçı olan Zachary Copfer tarafından gerçekleştirilen bir diğer deneysel çalışmada, fotografik süreç ile mikrobiyolojik uygulamalar birleştirilerek farklı sanat eserleri ortaya konulmaktadır. Bu çalışmada, "Bakteriyografi" olarak adlandırılan teknik, bir petri kabında canlı bakteri kolonisi ve ultraviyole ışınları kullanılmaktadır. Son ürün, radyasyonun canlı bir bakteriyel emülsiyonla kaplanmış petri kabına negatif olarak yayılması sonucu oluşmaktadır. Resim 2.7'de görüldüğü gibi oluşan ürünler, fotografik bir görüntü oluşturmak için büyüyen bir bakteri plağıdır (URL-35).



Resim 2.7. Zachary Copfer, “Leonardo da Vinci, Charles Darwin, Albert Einstein”, 2014 (URL-36)

Amerikan Mikrobiyoloji Topluluğu 2015 yılında, mikrop ve bakteri dünyasını halkla paylaşmak için ASM Agar Sanat Yarışması’nı başlatmıştır. 2020 yılında gerçekleştirilen yarışmada birinci gelen çalışmada, petri kapları içerisinde farklı mantar türleri kullanılmıştır. Yapraklar ve üzüm asmalarını oluşturmak için, *Candida albicans* ve *Candida dubliniensis* kolonileri yerleştirilmiştir. Bahçıvanın şapkasının ve sulama kabının mavi rengi, *Candida tropicalis* kolonileri kullanılarak elde edilmiştir. *Candida krusei* ise pembe önlük ve pembe çiçekler için tercih edilmiştir. Üzümler, *Candida glabrata*’nın lavanta ve leylak rengi kolonileri ile bahçıvanın beyaz elbisesi ise *Candida parapsilosis* kullanılarak oluşturulmuştur (Resim 2.8) (URL-37).



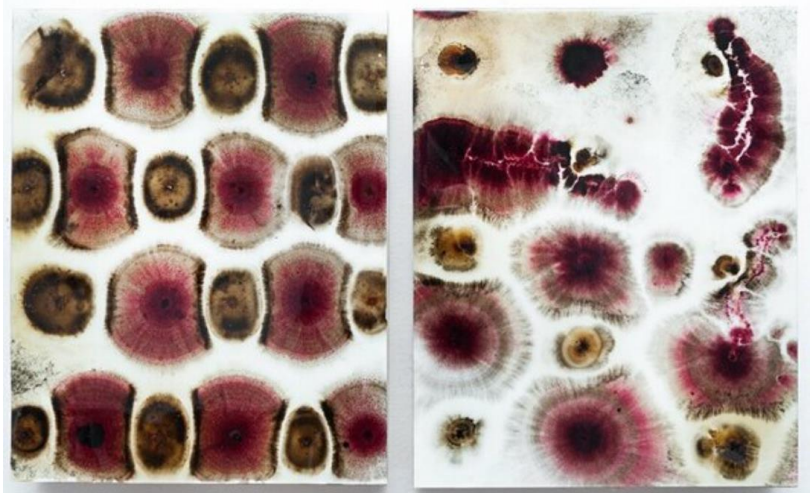
Resim 2.8. Joanne Dungo, “Bahçıvan”, 2020 (URL-37)

Laboratuvar koşullarında biyosanat çalışmaları yürüten bir başka araştırmacı olan Yoko Shimizu, fotosentezin nasıl sanat eseri oluşturabileceği sorusuyla araştırmalarına başlamıştır. Lahana fidesi yapraklarına siyah beyaz şeffaf plastik filmler yapıştırarak, kloroplastların grafik desenlere göre nişasta oluşturmasını gözlemlemiştir. Daha sonra yapraklar üzerinde, fotosentez süreciyle oluşturulan grafikleri görselleştirmek için iyot kullanarak kimyasal süreç uygulamıştır (Resim 2.9). Sanatçıya göre, bu doğal sürecin yarattığı imgelerin güzelliği, doğada sanatsal tasarımlar bağlamında sonsuz olasılıklar olduğunu göstermektedir (URL-38).



Resim 2.9. Yoko Shimizu, “Vermeer’in İnci Küpeli Kızı”, 2020 (URL-38)

Ülkemizde biyosanat çalışmalarına bakıldığında biyoloji bilimini fotoğraf ve sanat ile birleştiren Selin Balcı’nın küf mantarları ile (Resim 2.10), Ayşe Gül Süter’in de ter ve gözyaşları ile kristalleşme üzerine çalışmalar yaptığı görülmektedir.



Resim 2.10. Ayşe Gül Süter, Yeryüzü I, 2019 (URL-39)

Çalışma kapsamında incelenen örneklerden biyosanatın, plastik sanatlar ve biyolojik bilimler arasında kurulan iletişimi temsil eden sanatsal uygulamalar olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışmalarda fırça ve boya yerine biyolojik süreçlerin, bakteri ortamlarının, canlı dokuların, genetik bilimlerin sanat aracı olarak kullanıldığı görülmektedir. Söz konusu çalışmalar hem atölyelerde hem de laboratuvarlarda üretilmektedir.

Biyosanat konusunda yapılan çalışmaların sayısı ve niteliği her geçen gün çeşitlenerek artmaktadır. Burada vurgulanması gereken sanatın biyolojik bilgiden öğrenme biçimlerinin ve sanat eserindeki paradigmatik değişimlerin artık disiplinlerarası gelişmelere ve teknolojilere de yön vermeye başlamış olmasıdır.

Sanatçıların biyosanat üzerine çalışmalarının altında yatan nedenleri anlamak ve bu sanat eserleri ile ne anlatılmak istendiğini kavramak için, bu alanda eserler üreten sanatçıların söylemlerine yer vermek gerekmektedir. Bu bağlamda kendisini disiplinler arası bir sanatçı olarak tanımlayan Selin Balcı, büyüyerek, değişerek ve ölerek zamansal doğa özelliği gösteren ve yeryüzünde yaşayan tüm organizmaları korumak, belgelendirmek ve belirli zaman dilimi boyunca canlıların tarihsel bir kaydını ve sentetik bir dünya oluşturmak amacıyla biyosanat eserleri ürettiğini belirtmektedir (URL-40). Esin kaynağını mikroskop ile gözlemlediği bitki ve deniz hayvanları olarak belirten sanatçı Ayşe Gül Süter ise amacını, gerçek ile hayal olanı birleştirerek insanların algı kapılarını açmak ve doğadaki yaşam güzelliğini ve çeşitliliğini göstermek olarak açıklamaktadır (URL-41).

Sanatçı Ani Liu (URL-42), tasarımcıların ve sanatçıların görevinin kritik sorunları gündeme getirmek olduğunu söylemektedir. Bununla birlikte yeni teknolojik ve bilimsel araçların günümüzde erişilebilir olmasıyla sanatçıya eşsiz olanaklar sunduğunu belirtmektedir. Bu araçlardan biri olan sentetik biyolojinin, insan olmanın anlamı ile ilgili kavramları şekillendirdiğini ve biyolojinin, sanat ve tasarım problemi olarak tanımlanmasına yol açtığını savunmaktadır. Bu gelişmelerin yaşandığı laboratuvarlarda, sanatçı, tasarımcı, bilim insanı ve iş insanlarının rollerinin de tartışılabileceğini vurgulamaktadır.

Bu bağlamda şirketler, laboratuvarlar, müzeler iş birliği içerisinde çalışarak bilim ve sanatı birleştiren biyosanat eserleri üretilmesine destek vermektedir (URL-43). Bu kuruluşlardan biri olan *Ars Electronica Future Lab*'ta sanatçı olarak çalışan Yoko Shimizu biyosanatın, yaratıcı alanlar olan biyoloji ve sanatın birleşimi olarak doğa ve doğal süreçler hakkında

daha çok öğrenmeyi, keşfetmeyi sağladığını söylemektedir (URL-44). Bu laboratuvarda gerçekleştirilen çalışmalar ile doğal, yaratıcı teknolojiler geliştirmeyi ve sanat teknolojisi ile toplumu birleştirmeyi amaçladıklarını belirtmektedir (URL-45). Amy Karle de doğada bilim ve sanatın birlikte var olduğunu belirtmekte ve doğadan öğrenecek çok şey olduğunu ifade etmektedir. Karle, sanatçıların kendilerini yeni teknolojik ve biyolojik araçlar ile güçlendirdiğini aynı zamanda teknolojinin ve bilimin gelişimine de katkı sunduklarını vurgulamaktadır (URL-46).

Sanatçıların bilimsel teknikler, süreçler öğrenerek yaşam formları yetiştirmesinin altında yatan nedenlerden biri de estetik olarak işe yarayan sanat ürünlerini keşfetmek, doğanın değeri hakkında düşünmektir. Mikroorganizma gelişimsel süreçleri, fotosentez, büyüme süreci, hareket, enerji gibi doğal yaşama ait süreçlerin, bilimsel ve teknolojik gelişmelerin sanat süreci ve ürünü olarak araştırılması sanatta bakış açılarının değiştiğini dolayısıyla paradigma değişimi olarak yorumlanabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte biyosanat uygulamaları hem bilime ve sanata yeni sorular ve yeni teknolojiler bağlamında katkı sunarken hem de biyoteknolojik uygulamalara, gelişmelere eleştirel gözle bakılmasını sağlayarak kitleleri/toplumu bilgilendirmektedir.

Bu konuda Yetisen ve diğerleri (2015) de biyosanatçıların, sanat ve bilim arasındaki ayrımları bulanıklaştıran disiplinler arası ilişkiler geliştirdiğini ifade etmektedir. Bunların yanında biyoteknolojinin sanatsal tepkiler üretebileceğini, yeni bilim ve mühendislik konseptleri başlatabileceğini, iş birliğine teşvik edebileceğini ve bilimsel okuryazarlığın geliştirilmesine katkı sağlayacağını belirtmektedir. Bu bağlamda sanatta yeni yöntemler sunan biyosanatın, bilimsel araştırmalar için de yeni yöntemler geliştirilebilecek öneme sahip olduğu söylenebilir. Sanatçılar bilimsel yöntemler ile sanat ürünlerini ortaya koyarken aynı zamanda yeni gelişmelerin de oluşmasına yol açmaktadır. Geçmişten günümüze doğaya bakış ve doğayı ele alış bağlamında yaşanan paradigmatik değişimlere bütünsel olarak bakıldığında; felsefi söylemlerin, dönemin dünya görüşünün, bilimsel ve teknolojik gelişmelerin tüm alanlarda olduğu gibi sanat alanında da farklı bakış açıları oluşmasına yol açtığını söylemek mümkündür.

Mühendislik bilimlerinde doğanın izleri

Mühendislik alanında biyo-bilgili yaklaşım, uzun bir geçmişi olan oldukça geniş bir alanı kapsamaktadır. Soyu tükenmiş hayvanların diş yapılarından ilham alan bıçak ve baltalardan en güçlü son teknoloji karbon nanomalzemelere kadar biyomühendislik her zaman insanlık tarihi ile birlikte gelişmiştir (Hwang vd., 2015). Pratik sorunları çözmek amacıyla doğanın ilke ve stratejilerinin soyutlanması, aktarılması ve uygulanması, ilhamdan, bilgi aktarımına, öykünmeye ve biyo-bilgili malzeme üretimi gibi bilimsel uygulamalara kadar uzanmaktadır (Wanieck vd., 2020). Bütün bunların yanında inşaat, makine, elektrik-elektronik, enerji, biyomalzeme, biyomedikal, kimya, bilgisayar, endüstri, çevre, tekstil gibi birçok mühendislik alanında etkili olan bir yaklaşımdır.

Mühendislik-doğa ilişkisinin mühendislik tarihindeki değişimi

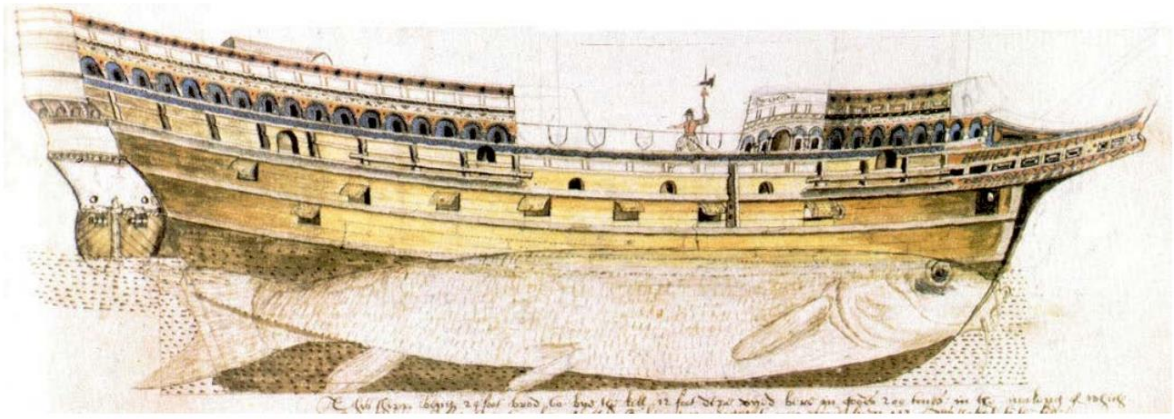
İnsanlık tarihi kadar eski olan doğa-insan etkileşiminin mühendislik çalışmalarındaki izleri de son derece güçlü ve belirgindir. Mühendislik tasarımı ve uygulamalarına kronolojik olarak bakıldığında kuştan esinlenerek bir "uçan makine" tasarlayan Leonardo da Vinci'nin (1452-1519) çalışmaları biyo-bilgili yaklaşımlar için bir temel oluşturduğu söylenebilir (Vincent vd., 2006). Uzak Doğu'da General Yi Sun-sin bir kaplumbağadan esinlenerek bir savaş gemisi olan kaplumbağa gemisi inşa etmiştir. Wright kardeşler (1867–1948) ise kartal kanatlarını inceleyerek uçuşta başarılı olan bir uçak tasarlamıştır (Resim 2.11) (Storm, Benson, Galica ve McCredie, 2003).



Resim 2.11. (a) Leonardo da Vinci, Uçan makine (URL-47), (b) General Yi Sun-sin, Kaplumbağa gemisi (URL-48), (c) Wright Kardeşler, Uçak (URL-49)

1576 yılında İngiliz gemi üreticisi Matthew Baker, azaltılmış su direnci, daha iyi rota stabilitesi, daha iyi manevra kabiliyeti ve daha yüksek hız ile karakterize edilen yeni bir

kalyon sınıfı tasarlamaya başlamıştır (Resim 2.12). Bu bağlamda sualtı gövdelerini optimize etmek için, tuzlu su balıklarının su akışına adaptasyonunu incelemiştir. Ardından bu çalışmalara dayanarak teknenin şekli için yeni sualtı kesit dağılımları geliştirmiştir. Tuzlu su balıklarından ilham alınarak tasarlanan bu kalyonların doğadan birebir kopya alınmadan doğadan soyutlama ile teknik olarak kullanılabilir bir çözüme yol açtığı görülmektedir (Nachtigall ve Wisser, 2013:4).



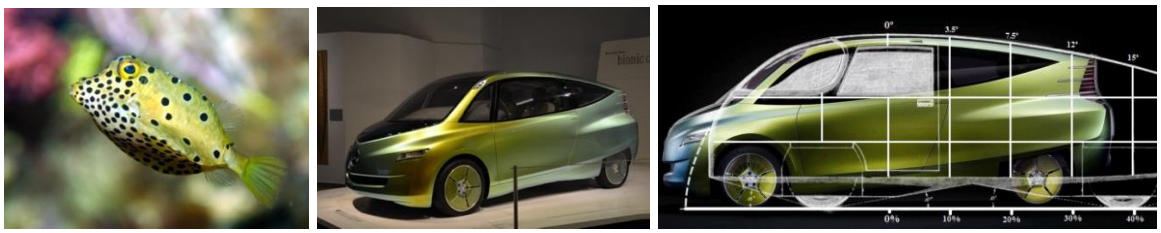
Resim 2.12. Matthew Baker'ın geminin şeklini optimize eden taslağı (Zwick, 2013)

İnsanlar yaşadıkları dönemde hâkim olan bilim ve teknolojik gelişmelerle sahip oldukları problemleri çözmek için doğayı anlama çabası göstermiştir. Araştırmacılar, doğaya bazen var olan araçlarının sorunlarını çözmek ve onlara yeni özellikler katarak geliştirmek için bakarken bazen de doğada gözlemledikleri bir özellikten yeni araçlar üretmek için bakmışlardır.

Biyolojik bilginin mühendislikte yarattığı paradigmatik değişimler

Bilim ve teknolojide yaşanan gelişmeler beraberinde doğayı daha iyi analiz etme/anlama fırsatını da getirmiştir. Bu bağlamda yumuşakça kabuklarını, kemiklerini veya sünger spiküllerini taklit eden yeni mekanik özelliklere sahip sentetik malzemeler; lotus yapraklarının mikro yapısını kopyalayan kendi kendini temizleyen yüzeyler; yunus sonarına göre modellenmiş sığ su operasyonu için eko alıcısı ve fotosentez sürecine bakılarak geliştirilen yeni fotovoltaik teknikler doğadan bilgi alınarak geliştirilmiştir (Rinaldi, 2007). Doğanın nesnelerinde bulunan çeşitli özellikler nano ölçektedir. 1990'ların başından beri nanobilim ve nanoteknoloji üzerinde ticari uygulamalar için nanofabrikasyon tekniklerinin kullanılması doğanın taklit edilmesine önemli bir ivme sağlamıştır (Bhushan, 2009).

Mühendislik alanında en çok bilinen örneklerden biri Mercedes Grubu ve DaimlerChrysler araştırma ekibi tarafından tasarlanan otomobildir (Resim 2.13). Prototip olarak üretilen biyonik konsept otomobilde, biyomimetiğin tasarruflu ve enerji verimli yönleri düşünülmüştür. Araba tasarımında sarı kutu balığı şeklinden yola çıkılarak, aerodinamik ve stabilitenin iyileştirilmesi hedeflenmiştir (Wei, 2012).



Resim 2.13. Sarı kutu balığı (*Ostracion cubicus*), Mercedes-Benz konsept otomobil (URL-50)

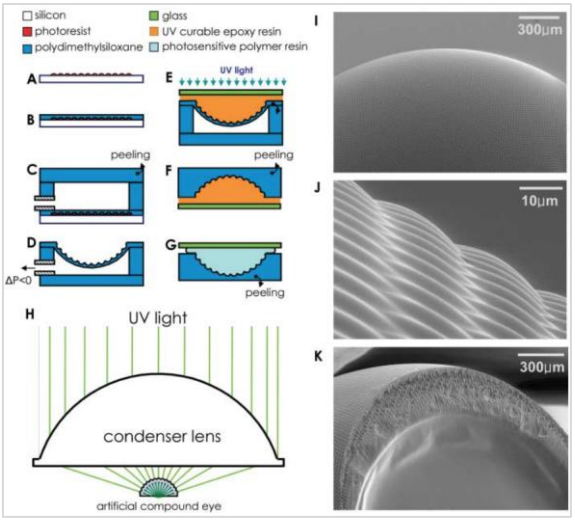
Sahip olduğu gürültü probleminin çözümü için doğanın örnek alındığı Japon hızlı treni literatürde sıklıkla yer alan bir çalışmadır (Resim 2.14). Japon hızlı trenleri tasarlandıklarında tünele girerken önlerinde oluşan basınçlı hava yüksek bir ses dalgasına neden olduğu için yaban hayatı, yolcular ve yakınlarda yaşayan insanlar için rahatsız edici boyutlara ulaşmıştır. Trenin önü için ilham alınan yalıçapkınının uzun sivri uçlu gagası uzun, dar, aerodinamik olup uçtan başa doğru genişlemektedir. Böylece tren bir tünelden çıkarken sonik patlama ve hava direnci %30 indirilmiş, hızlanma ve enerji verimliliği arttırılmıştır (URL-51).



Resim 2.14. Yalıçapkını gagasından esinlenilen Japon hızlı treni *Shinkansen* (URL-51): (URL-52)

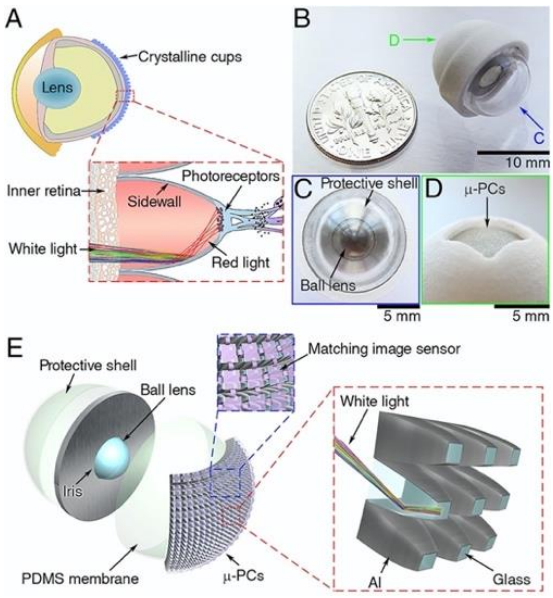
Doğadaki sistemleri gözlemlemek, mühendislerin biyolojiyi daha iyi anlamalarını ve taklit etmelerini sağlayan teknolojik araçlar yaratma konusunda yol gösterici olmuştur. Özellikle biyo-bilgili tasarım yaklaşımı mevcut gelişiminin önemli bir kısmını malzeme bilimi ve yaratıcı optik sistem tasarımlarındaki ilerlemelere borçludur. Mikroskobik görüntüleme ve

kimyasal analizler gibi yeni araştırma araçları biyolojik optik anlayışına katkıda bulunmuştur. Biyolojiden ilham alan optik bilim, araştırmacılar ve bilim insanları arasında önemi artan bir konu haline gelmiştir (Lee ve Szema, 2005). Örneğin Jeong, Kim ve Lee (2006) böcek gözüne benzeyen ve aynı mantıkla çalışan yapay bir bileşik göz ortaya koymuştur (Resim 2.15).



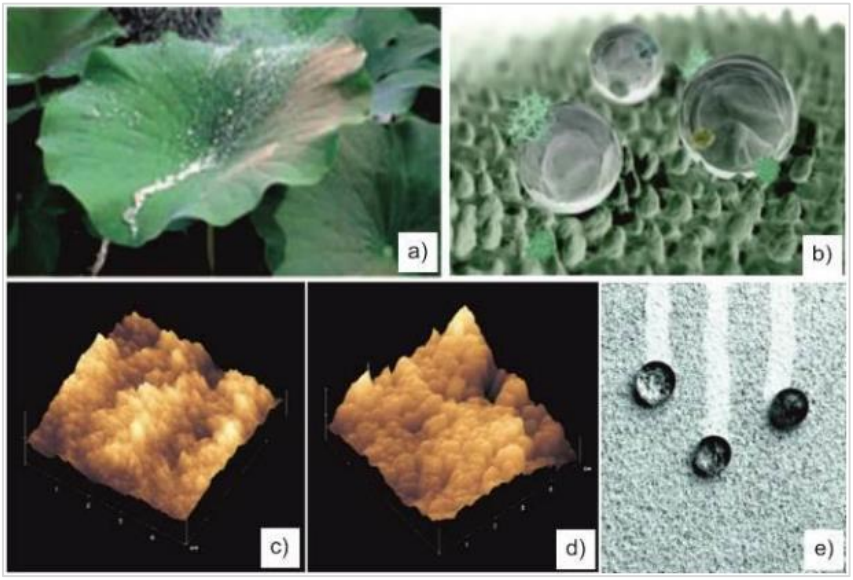
Resim 2.15. Biyomimetik yapay bileşik göz yapısı (Jeong vd., 2006)

Benzer şekilde Liu, Huang ve Jiang (2016) da bileşik gözler ve fil burunlu balığın retina yapısını birleştirerek, gece görüşünü iyileştirebilecek ve geliştirebilecek bir teknoloji geliştirmişlerdir (Resim 2.16).



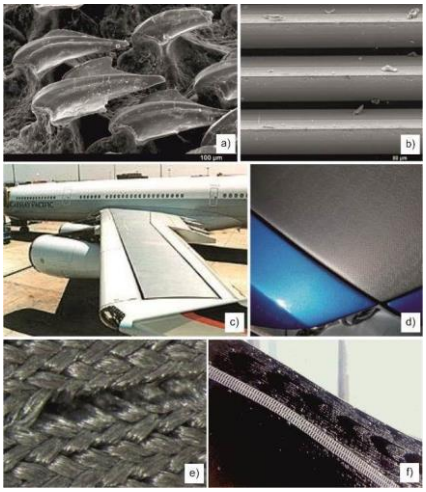
Resim 2.16. Liu, Huang ve Jiang (2016) tarafından geliştirilen yapay göz

Malzeme biliminde ise kendi kendini iyileştiren, kendi kendini temizleyen malzeme ve yüzeyler olmak üzere önemli biyo-bilgili yaklaşım uygulamaları bulunmaktadır (Nosonovsky ve Rohatgi, 2011). Çünkü doğa, malzeme bilimcisi için bir biyo-ilham kaynağı olarak hizmet edebilecek farklı işlevlere sahip çok çeşitli malzemeler sağlamaktadır (Fratzl, 2007). Lotus etkisine dayalı süperhidrofobiklik, malzeme biliminde biyomimetiğin en ünlü uygulamalarından biridir. Kontrollü yüzey pürüzlülüğü (yüzey desenleri) ve düşük yüzey enerjili kaplamaların bir kombinasyonu nedeniyle, süperhidrofobik yüzeyler suyu ve bir dereceye kadar diğer sıvıları itmektedir (Resim 2.17) (Hasan ve Nosonovsky, 2020).



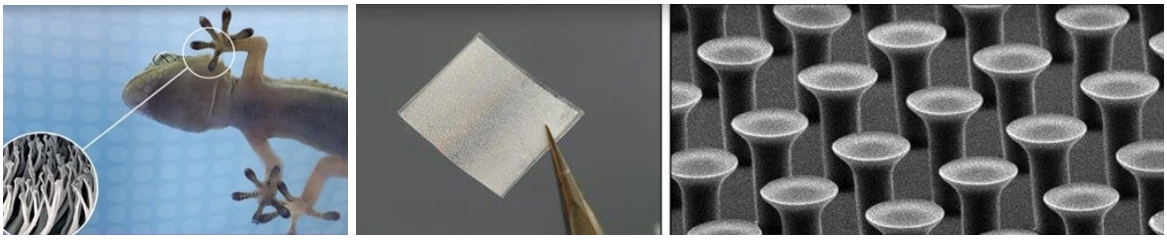
Resim 2.17. Lotus etkisi: (a) lotus yaprağı, (b) lotus yaprağı yüzeyinin bilgisayar grafiği, (c) lotus yaprağı yüzeyinin 7000 kez büyütülmüş mikro yapısı, (d) StoLotusan® yüzeyindeki 7000 kez büyütülmüş mikroyapı ve (e) Lotus efektini kullanan boya üzerinde kendi kendini temizleme etkisi (Hasan ve Nosonovsky, 2020)

Malzeme mühendisliğinde geliştirilen bir diğer çalışma için köpekbalığı derisi araştırılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda köpekbalığı derisi üzerindeki çıkıntıların neden olduğu girdapların, sürtünme direncini önemli ölçüde azalttığı görülmüştür. Bu özellik, yüzücü mayolarında, yelkenli teknelerin gövdelerinde ve sıvı taşıyan boruların kaplamalarında kullanılmaktadır. Uçaklarda da kullanılan bu sistem ile birlikte sürtünme değeri %5-10 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Reism 2.18) (Bechert, Bruse, Hage ve Meyer, 2000).



Resim 2.18. (a) Köpekbalığı derisi morfolojisinin mikroskobik görüntüsü, (b) denizcilik endüstrisinde uygulama, (c) uçak endüstrisinde uygulama, (d) otomotiv endüstrisinde uygulama, (e) ve (f) denizcilik endüstrisinde uygulama (mayo yapımında) (Ivanović, Vencl, Stojanovic ve Markovic, 2018)

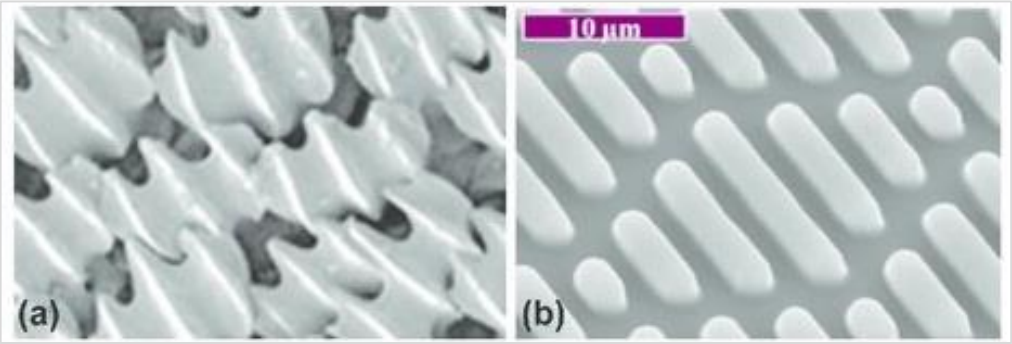
Malzeme araştırmalarına bir diğer örnek Manchester Üniversitesi Bilim insanları tarafından geliştirilen yapıştırıcı bant verilebilir (Resim 2.19). Bu bant geko kertenkelesinin yüzeylerde, cam tavanlarda yürümek için kullandığı mekanizmayı taklit ederek geliştirilmiştir. Yeni yapıştırıcı (geko bant), geko'nun ayak tabanlarını kaplayan doğal tüylere benzeyen, çapı bir mikrometreden daha küçük olan çok sayıda küçük plastik lif içermektedir. Bunlar mikroskobik düzeyde elektro-dinamik yapışma oluşturmaktadır. Bu sayede Geko bandının bir santimetre karesi bir kilogram ağırlığı taşıyabilmektedir (URL-54; Ge, Sethi, Ci, Ajayan ve Dhinojwala, 2007).



Resim 2.19. Geko mikroskobik tüylerinin yapısı ve üretilen bant (Lavars, 2015)

Bir başka örnekte ise biyolojik kirlenmeyi önlemek için biyoloji bilgisinden faydalanılmıştır. Biyolojik kirlilik, ıslak yüzeylerde mikroorganizmaların, alglerin, bitkilerin ve hayvanların birikmesidir. Bu durum dalgıç ekipmanların olduğu herhangi bir endüstride ve deniz taşımacılığı için önemli bir sorundur. Gemi gövdelerinin biyolojik olarak kirlenmesi hem geminin hidrodinamik hacmini hem de hidrodinamik sürtünmeyi artırmaktadır. Bu sorunu

çözmek amacıyla Florida Üniversitesi'nde malzeme bilimi ve mühendisliği profesörü olan Tony Brennan, köpekbalığı derisinin kirlenmeye karşı dirençli olduğunu ve suya batırılmış gemi gövdelerinin ve yapılarının aksine midyeleri çekmediğini fark etmiştir. Brennan buradan yola çıkarak Sharklet®'i bulmuştur (Resim 2.20) (Primrose, 2020:25-27).



Resim 2.20. Köpekbalığı derisi üzerindeki mikro desenleri taklit eden Sharklet teknolojileri (Damodaran ve Murthy, 2016)

Biyo-bilgili yaklaşımda yaşanan gelişmeler ve ilerlemeler, inşaat endüstrisi için yeni biyomalzemelerin keşfini de beraberinde getirmektedir. Doğadan yola çıkılarak tasarlanan bu malzemelere bir diğer örnek BioMason şirketi tarafından mikroorganizmaların kullanılarak geliştirildiği tuğla örneği verilebilir. Bu çalışmada tuğla yapmak için, dikdörtgen kalıplarda paketlenmiş kum kullanılmaktadır. Hazırlanan kalıp içerisine, Sporosarcina pasteurii adı verilen bir bakteri aşılanmaktadır. Sulama sistemi ile birkaç gün boyunca kum kalsiyum iyonları içeren besin açısından zengin su ile beslenmektedir. Böylece bakterilerle kaplı her kum tanesi bir çekirdek görevi görmekte ve çevresinde kalsiyum karbonat kristalleri oluşmaya başlamaktadır. Her geçen gün kristaller büyümekte ve kum taneleri arasındaki boşluklar kapanmaya başlamaktadır. Üç ila beş gün sonrasında, tuğlalar (Resim 2.21) kullanıma hazır duruma gelmektedir (URL-53).



Resim 2.21. Ortam sıcaklığında üretilmiş bir *bioMASON* tuğlası (URL-54)

Mikroorganizmalar, malzeme araştırmalarında yeni yaklaşımların keşfedilmesine ilham kaynağıdır. Örnek vermek gerekirse, donma ve çözülmenin beton dayanıklılığı üzerindeki zararlı etkisini ortadan kaldırmak için mikroorganizmalar çözüm olabilmektedir. Bu soruna biyo-bilgili çözüm arayışları Colorado Boulder Üniversitesi'nde devam etmektedir. Bu çalışmalarda, bazı hayvan ve bitki türlerindeki donma önleyici proteinlerin buzun yeniden kristalleşmesini engelleme davranışını taklit eden sentetik polimerler betona eklenmektedir (Resim 2.22) (Dada, Rutz ve Srubar, 2022).



Resim 2.22. Betonun hızlı dondurulması ve çözülmesi için standart test yöntemi olan ASTM C666'yı geçen Biyomimetik Antifriz Polimer Modifiye Beton numunesi (Dada vd., 2022)

Bir başka mühendislik çalışmasında bir kuşun verimli mekaniğinden ilham alınarak, yırtıcı bir kuşa benzeyen kanat ve kuyruk yapılarından yola çıkılmıştır. Aktif uçuş kontrolü sağlayan ayrı ayrı kontrol edilen tüylere sahip olan "*Bird of Prey*" tasarımı 2019 yılında tanıtımı yapılmıştır (Resim 2.23). Gelecekte bölgesel uçakların nasıl olabileceğine yönelik bir öngörü olarak sunulan "*Bird of Prey*", bir kartalın veya şahinin zarif ve aerodinamikliğini yansıtan, biyo-bilgili tasarımın potansiyelini temsil eden harmanlanmış bir kanat-gövde eklemi içermektedir (URL-55; URL-56).



Resim 2.23. *Bird of Prey* (URL-55; URL-56)

Biyo-bilgili yaklaşım robot endüstrisini de etkilemekte bu bağlamda yılan, köpek, örümcek gibi birçok organizmadan esinlenilerek robot tasarımları üretilmektedir. Örnek vermek gerekirse Almanya, St Augustin'deki Fraunhofer Otonom Akıllı Sistemler Enstitüsü'nün yılan robotu MAKRO, manevra kabiliyeti sağlayan eklemli tekerlekli, parçalı bir tasarıma sahiptir (Hanson, 2005). Benzer şekilde BIOTACT projesinin bir parçası olarak Sheffield Üniversitesi Laboratuvarı ile işbirliği içinde, Bristol Robotik Laboratuvarı'nda geliştirilen Shrewbot, yolunu bulmak için bıyıklarını kullanan Etrüsk kır faresinden yola çıkılarak tasarlanmıştır (Resim 2.24) (Mitchinson, Pearson, Pipe ve Prescott, 2012).



Resim 2.24. Gavin Miller, Yılan Robot, 1998–1999 (URL-57), Etrüsk kır faresi ve Shrewbot (Mitchinson vd., 2012)

Enerji alanında da sürdürülebilir çözümler üretmek amacıyla biyolojik sistem araştırmaları yürütülmektedir. Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü'nde havacılık ve biyomühendislik profesörü olan John Dabiri, balık sürülerinin oluşturduğu girdap modelini inceleyerek rüzgâr çiftliklerinde enerji verimliliğini arttırmak için kullanılıp kullanılamayacağını analiz etmiştir. Bu araştırma gerekliliği geleneksel rüzgâr türbinlerinin, pervane benzeri kanatlara sahip olup çok fazla gürültü üretmesi ve çok fazla arazi alanı gerektirmesinden doğmaktadır. Bu sorunun çözümü için doğadan elde edilen bilgi ile Kaliforniya Çölü'nde 24 türbinli bir saha alanı kurmuşlardır (Resim 2.25) (Primrose, 2020:17).



Resim 2.25. Balıklardan yola çıkılarak tasarlanan dikey eksenli rüzgâr türbini (URL-58)

Enerji mühendisliği alanında doğadan öğrenen bir diğer çalışma, kentsel alanlara yerleştirilebilen ve yerel kullanım için elektrik üretebilen “Rüzgâr Ağaçları”dır. Bu türbinler estetik, gürültüsüz, kirlilik içermeyen, potansiyel olarak uygun maliyetli ve yüksek verimli bir tasarım olarak yorumlanmaktadır (Resim 2.26) (Mostafaeipour, Rezaei, Jahangiri ve Qolipour, 2020).



Resim 2.26. 3 metre yüksekliği ve 7 metre genişliğe sahip plastik yapraklı ağaca benzeyen rüzgâr türbini (URL-59)

Bir başka örnekte Avustralyalı BioPower şirketi okyanustaki yosunlarının, bitkilerinin ve bazı balıkların suda yapmış olduğu hareketleri taklit eden okyanus enerjisi teknolojileri geliştirilmiştir (Maibritt Pedersen Zari, 2015). Benzer şekilde bioSTREAM Gelgit Güç Sistemi projesi ise köpekbalığı, tuna ve uskumru gibi balıkların hareketinden yola çıkılarak okyanusta enerji üretimi için tasarlanmıştır (URL-60).



Resim 2.27. Okyanus dalgalarından enerji üreten BioWAVE ünitesi (soldaki) ve bioSTREAM Gelgit Güç Sistemi (sağdaki) (URL-60)

Enerji alanında yenilenebilir enerji üretimi için algler üzerine sıklıkla araştırmalar yürütülmektedir. Algler, büyümek için çok fazla (güneş) ışığının yanı sıra karbondioksit ve besinlere ihtiyaç duymakta ve kapalı foto-biyoreaktörlerde kontrollü bir ortamda yetiştirilmektedir (Resim 2.28) (Cervera Sardá ve Gómez Pioz, 2015). Bu çalışmada

biyolojik fenomen olarak alglerden kopyalama, soyutlama ya da bilgi aktarımından çok doğrudan alglerin kendisinin kullanıldığı gözlenmektedir.



Resim 2.28. Endüstriyel mikroalg foto-biyoreaktörler, Alga Energy şirketi (Cervera Sardá ve Gómez Pioz, 2015)

Bir başka mühendislik alanı olan tekstil mühendisliğinde sürdürülebilir olma durumu, tekstillerin tasarlanma, üretilme ve tüketilme biçimlerini değiştirme/dönüştürme potansiyeline sahiptir. Maryland Üniversitesi'nden bilim insanları YuHuang Wang ve Ouyang Min tarafından geliştirilen ve triasetat selüloz ipliğinden üretilen bu yeni kumaş, koşullara bağlı olarak ısıyı hapsetmek veya serbest bırakmak için özelliklerini otomatik olarak değiştiren ilk tekstil olarak tanıtılmaktadır (Resim 2.29) (Urquhart, 2019).



Resim 2.29. Termoregülasyon özelliğine sahip kumaş (Urquhart, 2019)

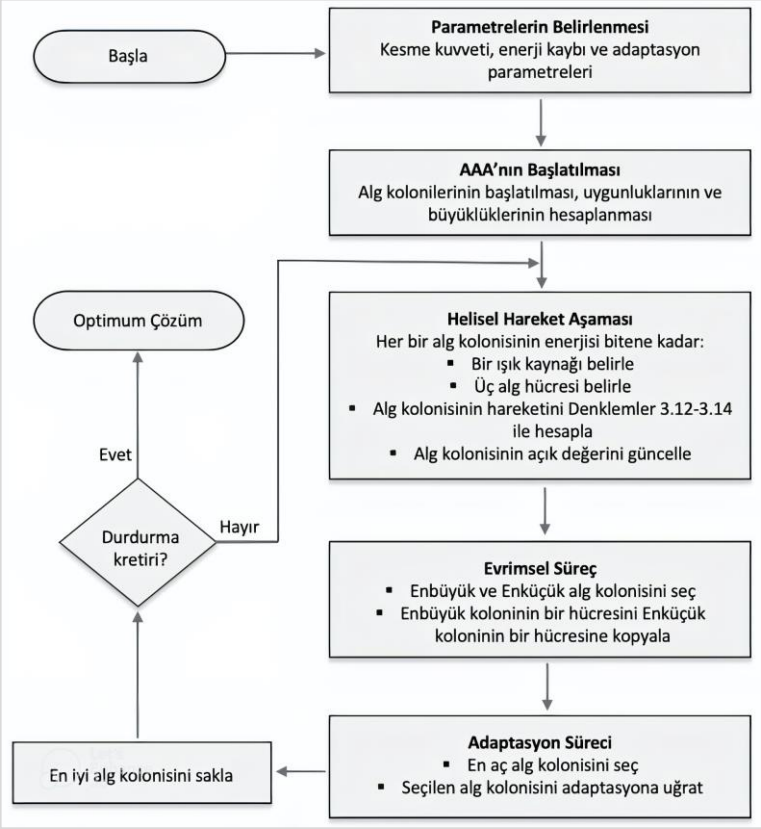
Bu alandan yapılan bir başka çalışmada MIT araştırmacılarından oluşan bir ekip, bir sporcunun vücut ısısına ve terine tepki olarak açılıp kapanan havalandırma kanatlarına sahip nefes alabilen bir antrenman kıyafeti tasarlamıştır (Resim 2.30). Araştırmacılar *Escherichia*

coli bakterisini içeren biyo kumaşı giyilebilir bir giysi haline getirerek, giysinin sırtında desenli hücre astarlı lateks kanatlara sahip bir koşu kıyafeti tasarlamışlardır. Vücudun ısı ve ter ürettiği alanlar belirlenerek, her bir kanadın boyutu ve açılma derecesi hesaplanmıştır (Chu, 2017). Proje, MIT Kimya Mühendisliği Bölümü, Kraliyet Sanat Koleji, New Balance işbirliği ile yürütülmektedir. Bununla birlikte ekip üyeleri tasarım, sanat, bilim ve mühendislik gibi farklı disiplinlerden gelmektedir. Bu disiplinlerarası ekip teknolojiyi ve biyolojiyi sporcuların vücut sıcaklıklarını düzenleyen ve böylece performansı artıran spor kıyafetleri yaratmak için kullanmaktadır (Lacey, 2016). Yine bu çalışmada da duyarlı kumaş üretimi için canlı hücre kullanımı görülmektedir. Bu araştırmalarla birlikte canlı doğada görülen duyarlı, geri dönüşümlü birçok özelliğe sahip yenilikçi ürünler geliştirilmektedir. Doğadan davranış bilgisi ile birlikte canlı hücreler de içeren bu yaşayan malzemeler mühendislikte yenilikçi sonuçlar doğurmaktadır.



Resim 2.30. Neme ve vücut ısısına tepki veren antrenman kıyafeti (Chu, 2017; Lacey, 2016)

Bir diğer mühendislik alanı olan bilgisayar mühendisliği alanında biyo-bilgili işlem, bilgisayar bilimi, matematik ve biyoloji ile ilgili farklı çalışmaların iş birliğinden oluşmaktadır. Biyo-bilgili hesaplama optimizasyon algoritmaları geliştirmek için doğanın biyolojik evriminin ilkelerine ve bilgisine dayanan, gelişmekte olan bir yaklaşım olarak tarif edilmektedir. Bu alandan geliştirilen çalışmalara, Yapay Alg Algoritması (Şekil 2.4), Balık Sürüsü Algoritması, Gri Kurt Optimizasyonu algoritması, Genetik Arı Kolonisi Algoritması, Balina Optimizasyon Algoritması, Kedi Sürüsü Optimizasyonu, Fil Arama Algoritması, Güve alevi optimizasyonu ve Tavuk Sürü Optimizasyon Algoritması örnek olarak gösterilebilir. Arı sürüleri, karınca sürüleri ve balık sürüleri gibi doğadaki bazı böceklerin ve hayvan gruplarının davranışları, bilim ve mühendislikteki çeşitli problemleri çözmek amacıyla bilgisayar bilimi araştırmacılarının dikkatini çekmiştir (Darwish, 2018).



Şekil 2.4. Yapay Alg Algoritması (Al-Tekreeti, 2019)

Özetlemek gerekirse birçok mühendislik alanında, moleküler ölçekli cihazlar, kendi kendini temizleme, enerji dönüşümü ve koruma, yüksek yapışma, yüksek mekanik mukavemetli malzemeler ve lifler, sıvı akışında sürtünmeyi azaltma, biyolojik kendi kendine montaj, ısı yalıtımı, kendi kendini iyileştirme, uyarlanabilme gibi birçok konuda doğadan ilham alınmaktadır. Doğanın bu konularda bilgi envanteri olarak kullanılmasının bir sebebi de bilgi ve teknoloji sistemlerinin gelişmesi ile doğanın nano ölçekte gözlemlenebilir olmasıdır. Aynı zamanda bu durum beraberinde farklı birçok mühendislik alanında problem çözümü için doğadan bilgi aktarımı fırsatını doğurmuştur. Bununla birlikte artık canlı doğanın kendisi insanlığın enerji problemine çözüm için kullanılmaya başlanmıştır.

Mimarlık disiplininde doğanın izleri

Bilim ve teknolojideki ilerlemeler ile birlikte gelişmeye devam eden mimarlık, birçok disiplinden etkilenerek zenginleşmektedir. Esnek sınırlara sahip olan mimarlık, temel oluşturmak ve daha kararlı ve güçlü bir referans sistemi bulmak için doğa ve insan bilimlerine doğru genişlemektedir (Mennan, 1999). Bu durum düşünsel ve eylemsel

yenilikler üretmekte ve böylece mimarlığın süreçleri, kaynakları ve ürünleri farklı disiplinlerin "sınırlarının ötesine" geçmektedir. Böylelikle mimarlık ve diğer disiplinler arasındaki sınırlar bulanıklaşmakta ve kimi zaman da ortadan kalkabilmektedir. Kendi sınırlarını aşan mimarlık, disiplinlerarası bir alanda disipliner bilgi üretmeye ve yeni ilgi alanları edinerek disiplinler aşırı yolculuklarla çeşitlenmektedir (Mennan, 2002). Şensoy ve Yamaçlı (2015) da disiplinlerarası bir kavram olarak mimarlığın, farklı disiplinler ile girdiği etkileşim neticesinde, doğrudan ya da dolaylı olarak etkilendiğini ve bu durumun mimarlık olgusunun sürdürülebilirliği için gerekli olduğunu savunmaktadır.

Biyolojik paradigmanın birçok disiplinde olduğu gibi mimarlık alanındaki etkili ve dönüştürücü gücü, son yıllarda sayısal teknolojilerin kullanımının yaygınlaşması ile yeniden keşfedilmektedir. Bu konuda Imhof ve Gruber (2016:22), biyolojik paradigmanın mimarlıkta yeni gelişmelerin altını çizdiğini söylemiştir. Söz konusu gelişmelerle birlikte mimarlıkta akademi, eğitim ve profesyonel dünyayı bir araya getiren pek çok araştırmada, biyoloji bilimine ait bilgilerin mimarlık disiplinine transfer edilerek yenilikçi ara kesitlerin arandığı/çalışıldığı görülmektedir. Yapılan çalışmalarda en öne çıkan paradigmanın ise biyolojik ilkelerin mimarlık pratiğinde uygulanması için "disiplinlerarası" çalışmalar gerektirdiği gerçeğidir. Özellikle sayısal teknolojilerin sağladığı tasarım, benzeşim ve üretim yöntemlerinin yaygınlaşması ve kullanımlarının artması ile mimarlıkta biyo-bilgili yaklaşımlarının/yöntemlerin çeşitliliği ve niteliği de artmıştır. Elde edilen her yenilikçi sonuç ile mimarlıkta yaşanan paradigma değişimi daha net görülebilir hale gelmiş, mimarlık alanında var olan terminolojiye yeni kavramlar eklemlenirken, kavramların anlamlarında da değişimler, farklılaşmalar yaşanmaya başlamıştır.

Mantıklı çözümleriyle tasarım uygulamaları için yol gösterici olan doğa esinli fikirlerin mimarlık alanına uygulanması için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar, mimarlık firmaları tarafından gerçekleştirilen gerçek durum çalışmaları (Turner ve Soar, 2008), bilimsel ve sistematik araştırmalar desteklemek amacıyla yöntem ve tasarım araçlarının geliştirilmesi (URL-61; Cheong ve Shu, 2012; Maibritt Pedersen Zari, 2012; M. Pedersen Zari, 2015; Vincent, 2003; Vincent ve Mann, 2002) ve son olarak programların geliştirilmesi ve deneysel tasarım durum incelemeleri gibi disiplinin akademik programlara girişidir (Gruber, 2011; Lenau, 2009; Helms, Vattam ve Goel, 2009).

Mimarlık-doğa ilişkisi geçmişten günümüze farklı seviyelerde ve biçimlerde gerçekleşmiştir. Bu bağlamda mimarlık-doğa etkileşimini/değişimini/dönüşümünü anlamak adına, mimarlık-doğa ilişkisinin mimarlık tarihindeki değişimi ve biyolojik bilginin mimarlıkta yarattığı paradigmatik değişimler araştırılmıştır. Bu başlıklar içerisinde mimarlık-doğa ilişkisi sonucu öğrenilen/uygulanan/esinlenilen örnekler ve bu şekilde gerçekleştirilen söylemler üzerinde durulmuştur. Bu araştırma, biyomimetik bilimi ile mimarlıkta yaşanan biyo-bilgili değişimin/dönüşümün açığa çıkarılması için gereken bir süreç olarak görülmüştür.

Mimarlık-doğa ilişkisinin mimarlık tarihindeki değişimi

Varoluşsal gereklilik sonucu insanın ilk evi olan doğa ona farklı gözlemler yapabilmesi ve kendini bulabilmesi için sınırsız örnek ve yaklaşım sunmuştur. Kendini bulma çabası ve tasarlama özelliğiyle insan kendi dokunuşuyla ve düşünüyle sürekli üretmiştir. Bu konuda Christian Norberg-Schulz, insanın tasarladığı mekanlar ile doğa arasında üç temel ilişki olduğunu söylemiştir. Bu ilişkilerden ilki, insanın doğal yapıları belirginleştirmek istemesidir. Bu onun doğadan anladığını ve varoluşsal durumunu ifade etmek için görselleştirmesi anlamına gelmektedir. Bu amacı gerçekleştirmek için de ne görüyorsa onu inşa etmektedir. Doğanın sınırlandırılmış bir alan önerdiği yerlerde bir kuşatıcı inşa eder, "merkezi" olduğu yerde bir alışveriş merkezi kurar ve doğanın bir yön gösterdiği yerde, o bir yol yapar. Kurulan ikinci ilişki ise, doğada eksik olanı ekleyerek, onu tamamlamaya çalışmasıdır. Son ilişki ise, doğa anlayışını sembolize ederek ortamı "kültürel obje" gibi anlamlar yükleyerek simgeleştirme çabasıdır (Norberg-Schulz, 1980:17).

İnsan-doğa arasında sürekli olan bu ilişki neticesinde doğa, içerisinde barındırdığı çözümler ile farklı dönemlerde model/ölçüt/mentor olmuş, her dönemde insana sınırsız kaynak sağlamıştır. Bu konuda, "*Encyclopédie méthodique*" adlı kitabında Quatremère, ilkel kulübeyi doğanın ilkelerinden geliştirilen bir soyutlama olarak belirtmektedir. Bununla birlikte Quatremère Klasik Yunan mimarisinin, doğadan soyutlanan ilkelerin ve formların kavramsal bir organizasyonundan oluştuğunu söylemektedir (Hendrix, 2012). Doğada görülen, deneyimlenen yaklaşımların, formların somut bir hal alması için insan zihninde gerçekleşen soyutlama, somutu elde etme sürecinde kullanılan zorunlu bir yöntemdir. Soyutlamanın pratiğe aktarılması ile doğadan edinilen ilke ve kavramlar zihinsel etkileşim

sonucu değişime ve dönüşüme uğramaktadır. Bu nedenle doğadan esinlenmenin/öğrenmenin ilk yolunun soyutlama olduğu söylenebilir.

Soyutlama dışında yine doğadan alınan; elips, çember, temel eğriler, logaritmik spiraller, dikdörtgen ve üçgen gibi temel geometrik şekiller aracılığıyla uyumlu formlar tasarlanmıştır. Zbašnik-Senegaènik ve Kitek Kuzman (2014), bu görüşten yola çıkarak tarih boyunca mimaride kullanılan temel formların, doğada bulunan geometrik şekillere dayandığını iddia etmektedir.

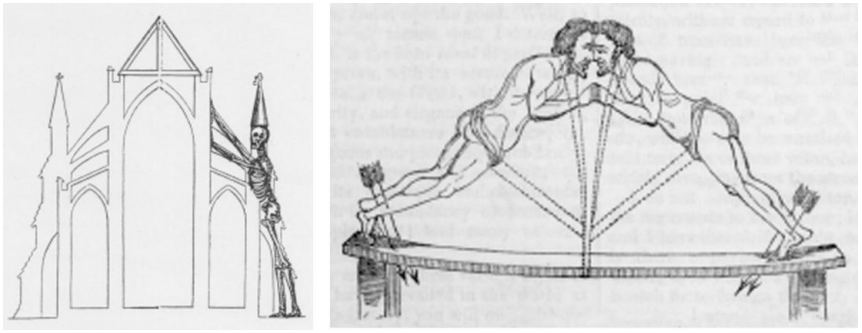
Vitruvius (2005:27), insanoğlunun taklitçi bir doğası olduğunu ve ilk zamanlar kırlangıç yuvalarının yapısını taklit ederek, ince dallarla çamurdan sığınaklar yaptıkları şeklinde açıklamıştır. Tapınak tasarımının bakışıma[9] dayandığını belirten Vitruvius, orantıya bağlı bu bakışımı titizlikle uygulanması gerektiğini belirtmiştir. Bakışımın insan vücudu ile yapılması gerektiğini belirterek doğanın insan vücudunun organlarını çerçevenin tümüne oranlanacak şekilde yarattığından eski binalarda değişik öğelerin düzeninin böyle kurulduğunu söylemiştir (Vitruvius, 2005:27).

Doğayı geometrik kaynak olarak gören bir diğer araştırmacı Winckelmann'ın "*Histoire de l'art chez les anciens*" adlı eserinde mimarlık, doğadaki nesneleri taklit etmediği (*imitate*) için diğer sanatlardan daha "ideal" görülmüştür; formlar, soyut kavramlar olan oransal kurallardan türetilmiştir. Aynı şekilde Quatremère de Quincy'nin "*Encyclopédie méthodique*" adlı eserinde de mimarlık, diğer sanatlardan daha entellektüel ve metafiziksel olarak tanımlamış bu bağlamda doğadaki modelin birebir taklidinden ziyade onun niteliğini kendi formlarına dönüştürmesi ve evrensel biçimlerde doğadaki modellerin "ruhunu / fikirlerini" taklit etmesi gerektiğini vurgulamıştır (Quincy 1782'den aktaran Hendrix, 2012). Özetle doğru aktarımın metaforik ya da analojik olarak kurulacak ilişki ile gerçekleştirilebileceği ifade edilmiştir.

Doğayla analojik ilişki Rönesans dönemi boyunca; *imitatio arborum* ve *imitatio corporum* olarak iki şekilde kullanmışlardır. *Imitatio arborum,* ağaçların; *imitatio corporum* ise bedenin dengesel açıdan incelenmesini ifade etmektedir. Özellikle Vitruvius'un da kullandığı beden mimarlığı analojisi *(the body-architecture analogy)* (insan vücudunun

[9]"İki veya daha çok şey arasında konum, biçim ve belirli bir eksene göre ölçü uygunluğu, simetri" (URL-23).

ölçüt (*measure*) olarak kullanılması) aynı zamanda yapılarda mekanik problemleri çözmek için kullanılmıştır. Örneğin Bartholomew Resim 2.31'de görüldüğü gibi antropomorfik simgelerle Gotik mimarlığı ifade etmiştir (Becchi, 2009).



Resim 2.31. Alfred Bartholomew, binanın mekanik makasları, 1840 (Becchi, 2009)

Yaklaşım olarak kullanılan analojinin, görsel belirme veya kompozisyon ve işlevsel olmak üzere birbiriyle ilişkili iki farklı yorumu bulunmaktadır. Görsel analojide, sanat eserinin "organik" bütünlüğü için güzelliklerin kaynağı olarak görülen; parçadan bütüne ve bütünden parçaya denge ve oran ilişkisi kurulmaya çalışılır. Bu "organik" form Platon'un Phaedrus'unda ve Aristoteles'in Poetika'sında da aynı şekilde ele alınmaktadır (Steadman, 2008:8).

İşlevsel analojide ise, işlevsellik daha çok genel estetiğin bir parçasını oluşturmakta, güzelin yararlılığı, iyi tasarlanmış olması, amacına göre uyarlanmış olması ve kullanım için uygunluğu ile güzel görülmektedir. Bu durum Aristoteles'e kadar uzanmaktadır. Aristoteles'e göre, belirli bir amaca ve işleve hizmet eden bir uzuv ya da yapılar yani parçaların işlevlerinin her biri, bütünün işlevine ve amacına katkıda bulunmaktadır. Burada parçanın bütünü ile ilgili olarak sadece işlevsel bir anlamı vardır. Örneğin bacaklar vücut için destek ve hareket amacına hizmet etmekte ve beden olmadan tek başına bir anlam ifade etmemektedir (Steadman, 2008:9). İşlevsel estetikte doğadaki oluşumlarına benzeyen biyolojik analoji; inşaat ve makine mühendisliği çalışmalarına benzeyen mekanik analoji olmak üzere iki paralel yaklaşım bulunmaktadır. Mekanik analoji aynı zamanda modern hareketin estetik görüşünde görülmektedir (Steadman, 2008:10).

19. yüzyıla gelindiğinde bu dönemde gerçekleştirilen doğa esinli tasarımlarda, "doğanın kuralları", "doğanın planı" ve "büyümenin kuralları" gibi tanımlamalar yaygın olarak kullanılan kavramlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Charles Voysey 1893 yılında doğaya

yönelmenin asıl kaynağa gitmek olduğunu açıklamış ve dönemlerin ve stillerin kısıtlamalarından kurtularak, doğanın kurallarının uygulanması ile özgün çözümler üretilebileceğini vurgulamıştır (Brett, 1995).

Bu bağlamda bu dönemde ortaya çıkan Art Nouveau akımına etki eden ana düşünce de doğadır. Bu akımda doğa, "insanların ihtiyaçları doğrultusunda ilkelerini gözlemleyebileceği ilham alınabilecek önemli bir kitap ve estetik araç" olarak görülmüştür (Mutlu Avinç ve Arslan Selçuk, 2020). Ayrıca bu dönemde, bitkisel formlara olan ilgi, dökme demir teknolojinin ilerlemesiyle, tasarımcılar yapılarında bitkisel formları strüktürel özellikler olarak uygulamışlardır (Rian ve Sassone, 2014).

Antoni Gaudi, Sagrada Familia tasarımında, doğanın sahip olduğu geometrik strüktürlerden faydalanmıştır. Kilisede yer alan kolonların geometrisi *hiperbolik hiperboloit* olup ağaç gövdelerinden yola çıkılarak tasarlanmıştır (Resim 2.32). Eğimli olarak düzenlenen hiperbolik ve parabolik tonozlar ve kemerlerle birlikte sarmal ve eğimli iskeleler kullanılmış, bunun yanında başka desteğe ihtiyaç duymayan ağaç gibi dengeli strüktürler oluşturulmuştur (Resim 2.33) (Zbašnik-Senegačnik ve Kitek Kuzman, 2014).

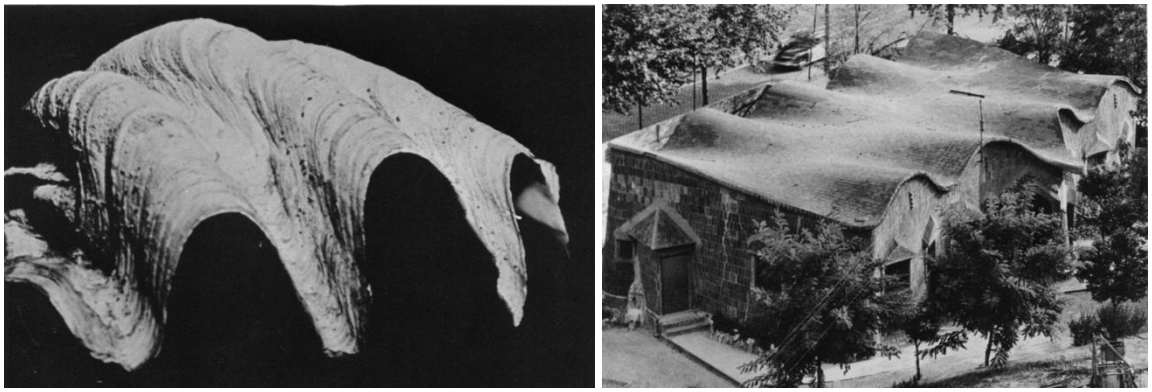


Resim 2.32. Doğada var olan Hiperbolik geometri formları (URL-62)



Resim 2.33. Sagrada Familia kilisesinde yer alan parabolik ayaklar ve hiperbolik yüzeyler (URL-63)

Doğanın fiziksel ve matematiksel kurallarına ilgi duyan Gaudi bir diğer yapısı olan Sagrada Familia okulunun çatısını *Tridacna* kabuğunu model alarak tasarlamıştır (Resim 2.34). Bu tasarımda doğal kabuğun strüktürü doğrudan çatı formuna kopyalanmamış, bunun yerine çatı yapısı kabukla aynı geometrik türevden oluşacak şekilde uygulanmıştır (Collins, 1963).



Resim 2.34. *Tridacna* kabuğu ve Sagrada Familia okulu (Collins, 1963)

19. yüzyılın ikinci yarısına gelindiğinde, Gotik mimarinin yeniden canlandırılmasının yanı sıra, Yunan mimarisinin klasik kurallarının da etkisi görülmüştür. Bu yeni mimari ilkelerin savunucuları olan Viollet-le-Duc ve John Ruskin, doğal formlardan ve süreçlerden ilham almışlardır. Viollet-le-Duc 19. yüzyıl kuramcılarının yanı sıra, resim ve heykelden farklı olarak mimarlığın doğayı taklit etmemesi bunun yerine doğanın kurallarını taklit etmesi gerektiğini savunmuştur. Bu amaçla yapraklar ve hayvan iskeletleri (yarasa kanatları) gibi organik formlar üzerinde çalışmıştır. Viollet-le-Duc'un John Ruskin'den (1819-1900) etkilendiği düşünülmektedir. John Ruskin yapıların doğanın gücünü ifade etmesi ve süslemenin de doğa ve oluşumları üzerinden çizilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Ona göre güzellik doğadan kaynaklanmalı ve insanoğluna uygun formda tasarlanmalıdır (Zbašnik-Senegačnik ve Kitek Kuzman, 2014).

20. yüzyıla gelindiğinde ise bu yüzyıldaki matematikçilerin doğal kurallardan yola çıkarak elde ettikleri yeni bulgular ile mimarlar yeni formlar tanımlamaya başlamış ve bu formları mimari tasarıma aktarmaya devam etmiştir. Örneğin 1970'lerde matematiğin bir dalı olarak geliştirilen fraktal geometrinin öncülerinden olan Benoit Mandelbrot (1975), doğanın görünürdeki düzensizliğinin, bazı yapıların tekrarı ile ortaya çıktığını bulmuştur (Birindelli ve Cedrone, 2012).

20. yüzyılda matematik doğayı algılamak için etkili bir şekilde kullanılmıştır. Bu konuda Thompson (1917) formun kendisini matematiksel, formun büyümesini ise fiziksel bir problem olarak tanımlamıştır. Ayrıca kendisi, mimarlık ve biyoloji arasında bağlantı kurulmasını sağlamış (Oxman, 2006), mimarları doğaya yönelme konusunda harekete geçiren kişi olarak bilinmektedir (Steadman, 2008:12). Bu bağlamda Thompson'ın "*On Growth and Form"* kitabı, fiziksel süreçlerin ve büyümenin dinamizmi ile oluşan doğal geometrinin anlaşılmasında klasikleşen bir eser olmuştur (Bonnemaison ve Beesley, 2008).

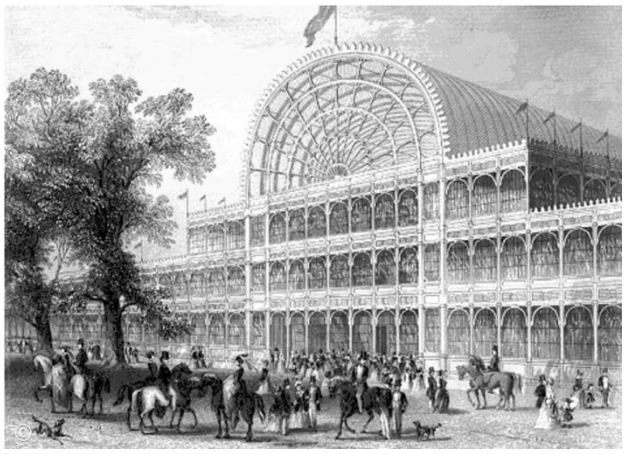
20. yüzyılın başlarında mimarların doğaya yönelmesinde etkili olan isimlerden bahsetmek gerekirse, Theodore Andrea Cook "*The curves of life*" (Cook 1914) adlı kitabında D'Arcy Thompson'un "*On growth and form*" (Thompson 1917) adlı kitabına referans verdiği görülmektedir. Frei Otto liderliğindeki araştırma grubunun ve Paolo Portoghesi gibi araştırmacıların bu kitaplardan faydalandıkları bilinmektedir. Bu çalışmalar literatürü beslemiş ve biyo-bilgili çalışmalarda başarı getirmiştir (Becchi, 2009). Bunların dışında Zbašnik-Senegaènik ve Kitek Kuzman (Zbašnik-Senegačnik ve Kitek Kuzman, 2014), mimari tasarımda kullanılmak üzere doğadan model arayışını geliştirilmesine yardımcı olan bir başka kaynağın ünlü Alman biyolog, zoolog ve doğa uzmanı Ernst Haeckel'in (1834-1919) "*Kunstformen der Natur*" koleksiyonu (1899-1904) olduğunu belirtmektedir.

Özetlemek gerekirse, doğadan esinlenmeyi tanımlayan ilk kavram olan taklit ile mimarlığa ilk olarak bakışım (simetri), oransal kavramlar ve bunun da beraberinde modülerlik, matematiksel ve geometrik ilişkiler dahil olmuştur. Bu durum soyutlama olarak analojik ve metaforik çıkarımlar yapılmasını sağlamıştır. Burada amaç formun bire bir aynısının taklidi olmayıp; işlevsel/yöntemsel/görünüş olarak esinlenme/öğrenme olmaktadır. Öne çıkan işlevsel/yöntemsel/görünüş kavramları fonksiyon/konstrüksiyon/form olarak biyo-bilgili tasarımın alt aşamalarını oluşturmaktadır. Yine bu dönemlerde kurulan görsel/işlevsel analojiler ile form ve süreci öğrenme amaçlanmıştır.

Görüldüğü gibi doğayı referans alma durumu sadece form olarak kalmamış asıl amaç doğanın kurallarının/planının ve büyüme kurallarının ilke olarak tespiti olmuştur. Bu amaçla büyüyen doğal formları taklit etmek (süreç odaklı) ya da doğal nesnenin bir çağrışımının ya da izleniminin (metaforik) tasarımlarda gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Var olan mevcut araçlar/yöntemler/yaklaşımlarla bu durum çağına göre gerçekleştirilmiştir. Yine doğanın

mentor (akıl hocası/danışman) olma durumu eski çağlardan beri doğaya biçilmiş bir rol olarak karşımıza çıkmaktadır.

İlerleyen zamanlara göz atıldığında modern mimarlığın ilk yapısı olarak görülen Kristal Saray (1851), mimarlıkta uygulanmış ilk biyonik yapı olarak görülmektedir. Joseph Paxton tarafından tasarlanan, cam levhalardan oluşan ve geniş açıklık geçen yapının Amazon Nilüferinin (*Giant Waterlily*) yaprak yapısından esinlenildiği bilinmektedir (Resim 2.35) (Knippers, Nickel ve Speck, 2016:26).



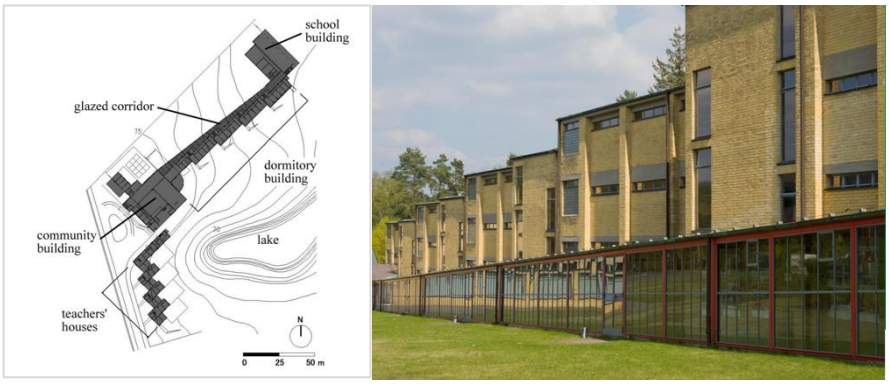
Resim 2.35. Joseph Paxton, Kristal Saray, 1851 (URL-64)

Mimarlığın *biyosentrik* (*biocentric*) epistemolojiye yöneldiği bu dönemde, özellikle de erken dönem Weimar sanatçıları, Uluslararası Konstrüktivist Hareketin (*International Constructivist Movement*) çalışmalarında ve çeşitli avangart söylemlerinde, Ernest Haeckel'ın, Jacob van Uexküll'in ve Raoul Francé'nin ortaya koymuş oldukları teorilerin etkileri görülmektedir. Yüzyılın başında biyolojide geliştirilen kozmos teorileri, Paul Klee, El Lissitzky, Wassily Kandinsky, Erno Kallai, Schlemmer, Hannes Meyer, Adolf Behne, Mies van Der Rohe, Moholy-Nagy gibi dönemin avangart sanatçıları tarafından bilimsel bir kaynak, sanat ve mimarlık desteği olarak kullanılmıştır (İnceköse, 2006:42).

Mimari söylemler *biyosentrik* epistemolojiyi "yaşam ve sanat/mimarlık" arasındaki birliği kurmak için bir araç olarak görmüşlerdir. "Doğal yaşam" süreçlerini ve onların çalışma düzenini bir model olarak ele alan tüm çalışmalar, mimariyi bu doğal sürecin bir parçası olarak kavramsallaştırmaya çalışmıştır. Dönemin mimari söylemleri, birliğin kurulmasında bir engel olarak görülen makinelerin mutlak egemenliğine karşı çıkmıştır. Teknolojinin, doğal sürecin bir parçası olduğu ve dolayısıyla bütünün bir parçası olduğu inancıyla; bazı

söylemlerde “biyomekanik” ve “biyoteknik” gibi kavramlar formüle edilmiştir (İnceköse, 2006:47). Kepes de (1969:196) “Language of Vision” adlı kitabında, bilimsel teknolojik ilerlemenin, biyolojik boyutlarda ele alınarak yeniden değerlendirilmesi gerektiğini söylemektedir. Sanatçı bu gelişmelerle doğayı yeniden keşfetmiş, ağaç, çiçek ve hayvan formlarının natüralist temsilinin yerine artık daha çok büyümenin görünür süreçlerini ele almıştır.

Doğanın önemli bir kaynak olarak görüldüğü Bauhause okulunda yönetici olan Hannes Meyer ise, “yapının estetik bir süreç olmayıp biyolojik bir süreç olduğunu”, benzer şekilde “konutun da sadece yaşamak için bir makine parçası olmayıp aynı zamanda bedenin ve zihnin ihtiyaçlarına hizmet eden bir biyolojik araç” olduğunu ifade etmiştir. Buradan hareketle Meyer, doğaya yönelen ve onu referans alan yapıları en iyi tasarımlar olarak yorumlamıştır. Ona göre doğadaki formlar hem güzel olup hem de birçok işlevi sorunsuz bir şekilde yerine getirebilmektedir (Tomita, 2008).



Resim 2.36. Hannes Meyer, Bernau ADGB Ticaret Birliği Okulu, 1928 (Tomita, 2008)

Meyer tasarlamış olduğu ADGB (*Allgemeiner Deutscher Gewerkschaftsbund*) okulunu (Resim 2.36) “deniz kıyısında uzanan bir yengece” benzetmektedir. Yengecin fonksiyonel yapısını dikkate alınarak tasarladığı okulun yapı elemanlarının her biri bir fonksiyonu karşılamaktadır. Bu yaklaşımla düzenlenen ve biyolojik bir metodolojiye göre hesaplanan her bir yaşam alanı, gün ışığını en iyi şekilde alacak şekilde konumlandırılmıştır (Tomita, 2008).

Mekanistik/matematiksel dünya görüşünün hâkim olduğu bu dönemlerde, doğa referanslı biyosentrik görüşü savunan mimarlar doğayı ölçüt/model/mentor almaya devam etmiştir. Mimariyi doğal süreçlerin bir parçası ve biyolojik bir süreç/araç olarak kavramsallaştırma

ile mekanistik dünya görünüşü ve onun getirdiği makine metaforuna karşı bir duruş sergilenmiştir. Tamamen mekanik olunmayacağının farkında olan tasarımcılar, araştırmacılar biyoteknik/biyomekanik gibi kavramlar türetmişlerdir.

Biyolojik bilginin mimarlıkta yaptığı paradigmatik değişimler

Teknoloji ve bilimin ilerlemesi ile gelişen dönemler mimarlığı, mimarlık alanında yapılan söylemleri ve çalışmaları da etkilemektedir. Geleceğin mimarlık söyleminde biyolojik paradigmaların etkisi giderek önem kazanmakta ve fütüristtik olarak algılanan araştırmalara öncülük etmektedir. Biyolojik paradigmalar ile gerçekleşen ilerlemelerin mimari paradigmalara da etkisi olduğu bir gerçektir. Aynı şekilde mimarlıkta biyo-bilgili yaklaşımlar içerisinde yer alan farklı söylemlere ait kavramların birçoğunun, biyoloji biliminden mimarlığa aktarılmasını ve bu kavramlarla mimarlıkta biyo-bilgili paradigmaya ilişkin yeni düşünce sistemleri oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu bağlamda bu başlık altında 1960'lardan günümüze kadar olan süreçte yapılan biyo-bilgili çalışmalara yer verilmektedir.

1960 yılının dönemsel aralık olarak belirlenmesindeki amaçlardan biri, biyonik/biyomimetik teriminin bu tarihte ortaya çıkması ve bilim dalı olarak kabul edilmesidir. Aynı zamanda 1960'lı yıllar hesaplamalı tasarımın da ortaya çıktığı dönemdir. Bu bağlamda biyo-bilgili çalışmalar, hesaplamalı teknolojilerin ortaya çıkması ve yaygınlaşmasıyla hız kazanmıştır. Ayrıca belirlenen dönem içerisinde fizik ve biyoloji gibi doğa bilimlerinde yaşanan devrim niteliğindeki gelişmeler, mimarlık pratiği için yeni bir dönem betimlemesi yapılmasını olanaklı kılmaktadır (İnceköse, 2008).

Bu dönem içerisinde Mertins (Mertins, 2017) tarafından üretilen *biyokonstrüktivizm* (*bioconstructivism*) kavramı, doğadaki üretken modellerin mimarlığa aktarılması olup mimarlıktaki *natura naturans*[10] geleneğine karşılık gelmektedir. Bu kavram, doğadaki formların biçimlenme ilkelerinin taklidi olup, formların doğrudan imitasyonu (*imitation*) ya da taklidini (*mimesis*) içeren *natura naturata* kavramının karşıtıdır. "Enneads" kitabında Plotinus, tüm sanatların amacının *natura naturata*'da olan "görülen şeyin çıplak bir şekilde

[10] Spinoza'nın *natura naturans* olarak ifade etti kavram "yaratıcı tabiat" anlamına gelmektedir. *Natura naturata* ise yaratılmış kavramlar olarak ifade edilmektedir (Arıcan, 2004).

yeniden üretilmesi" olmayıp, *natura naturans*'daki "doğanın kendisinin ürettiği fikirlere geri dönme" olduğunu belirtmektedir (Hendrix, 2012).

Burada bahsedilen doğanın fikirleri, *otopoiesis* (kendi kendini yaratan) ve kendiliğinden üretilen (*self-generated*) kavramlarıdır (Mertins, 2017; Hendrix, 2012). Doğanın, bilimin ve teknolojinin üretken modelleri ile mimarlığın yakın zamanda yeniden birleşmesi, *autopoiesis* [11] veya kendi kendini üretme (*selfgeneration*) arayışları çabasında olan mimarların, mühendislerin ve teorisyenlerin daha uzun bir tarihinin parçasıdır. *Autopoiesis* arayışı, imitasyona (*imitation*) karşı yaratım (*creation*), retoriğe (*rhetoric*) karşı sembol (*symbol*), mekanizmaya (*mechanism*) karşı organizma (*organism*), performasyon (*pre-formation*) karşı sıralı oluş (*epigenesis*), metafiziğe (*metaphysics*) karşı *otonomi* (*autonomy*) ve formların tekrarına (*reiteration of forms*) karşı kendine özgü (*sui generis*) gibi ikili karşıtlıklar 19. yüzyılda gündeme gelmiştir (Mertins, 2004). Dolayısıyla biyokonstrüktivizmin araştırdığı ilkeler Galileo, Descartes ve Newton'un mekanik teorileri ile çeliştiği görülmektedir (Hendrix, 2013).

Detlef Mertins, *biyokonstrüktivizm* içerisinde belirtilen kendiliğinden üretilmeyi, önceden belirlemeye karşıt olarak belirtmiştir. Burada bahsedilen önceden belirleme mimarlıkta tarihsel sitillere karşılık gelmektedir (Mertins, 2017). Bu durum Gottfried Lebiniz'in monadında, "bütün" içerisinde önceden var olan (*predetermination*) değişken kümelerinden kendiliğinden üretilmekte (*self-generated*) ve bu durum "sürekli çeşitlik" ile sonuçlanmaktadır (Hendrix, 2012). Burada sürekli çeşitlilik olarak belirtilen kavramın, hesaplamalı teknolojiler ile dijital ortamda birçok varyasyonun üretilmesini kapsadığı söylenebilir.

Bu dönemde Lars Spuybroek, Otto'nun, sabun köpüğü, zincir ağları ve diğer malzemelerle, karmaşık yapısal davranışları çözerek formları nasıl bulduğunu keşfetmek için kendi deneylerini gerçekleştirmiştir. Kendi kendini üretme (*selfgeneration*) kavramını ele alan Frei Otto, biyoloji ve mimarlık arasında ilişki kurmuş fakat doğanın taklidinden kaçınmıştır (Mertins, 2017).

[11] Autopoiesis, kendi kendini üretme, kendi kendini idame ettirme, kendi kendini tamir etme anlamlarına gelmektedir. Bu kavram Humberto Maturana ve Francisco Varela tarafından ortaya atılmıştır (URL-65).

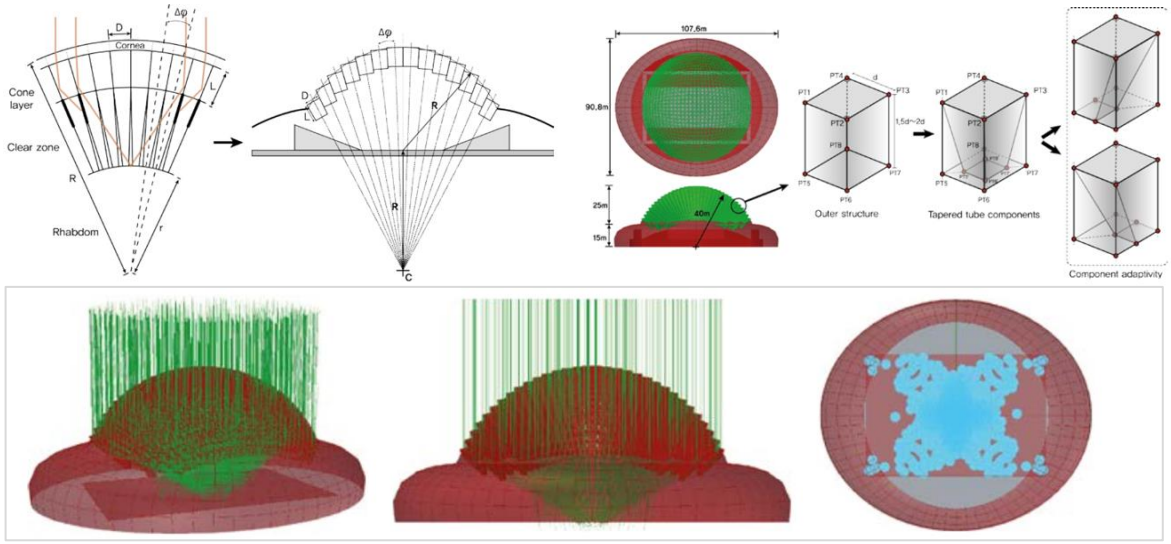
Doğanın taklidinden kaçınılması; oluşum sürecine, dinamik kurucu sistemlere, ekolojilere, tekniklere, modüllere, evrime, çeşitliliğe odaklanmayı sağlamıştır (Mertins, 2009'dan aktaran O'Donnell, 2010). Biyokonstrüktivizme ait olan bu kavramları, Greg Lynn, Karl Chu gibi biyoloji ve biyolojik düşünmeyi süreç odaklı deneysel form yapmak (*experimental form-making*) için kullanmıştır (Mertins, 2017).

Çağdaş mimarlardan olan Patrik Schumacher, "*Responsive Environments-From Drawing to Scripting*" adlı yazısında, durağan mekânsal formların tasarımından davranış sistemleri tasarımına doğru paradigma kayması gerçekleştiğini vurgulamaktadır (Schumacher, 2004). Fakat burada bahsettiği duyarlılık; gömülü elektronik araçlar yoluyla kullanıcılara yanıt vermekte ve gerçek zamanlı etkileşim imkânı sunmaktadır. Ayrıca insanlar bu sensörler ve aktüatörler ile kendilerine "doğanın kuralları" ile yapay bir evren (*artificial universe*) inşa edebilir. Tasarlanan bu elektronik donanımlar "hassaslık (*sensitivity*)", "duyarlılık (*responsiveness*)" ve "kendiliğindenlik (*spontaneity*)" gibi özellikler sayesinde insan yaşamı ile simbiyotik olabilecek yapay yaşam süreçleri oluşturabilir. Bu tasarımlar için organik yaşamdan mimarlığa analojik ilke aktarımı biyoloji bilimi yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Mimarlığın organik yaşamdan gelen biyolojik kavramsal kültüründen öğrenecek çok şeyi bulunmaktadır. *Homoloji* ya da analoji; *parazit* ya da *simbiyotik*, *genotip* ya da *fenotip*, *autopoiesis* ya da *allopoiesis* gibi kavramlar duyarlı mimarlığın oluşmasına katkıda bulunacak kavramlar olarak sıralanabilir (Schumacher, 2004).

Enerji performansını optimize etmek, yenilenebilir enerji kaynaklarını doğru kullanmak için ortam koşullarına yanıt veren adaptiv yapı kabukları ve cephe elemanları tasarımı önem kazanmıştır. Biyoloji biliminin önem kazanmasıyla gerçekleştirilen adaptif tasarımlarda canlı özelliklerine ait uyarlanabilme özellikleri yapı kabuğuna, cepheye ve tasarıma aktarıldığı görülmektedir. Bu aktarımın sebebi, yapı kabuğunu, cephesini iç-dış ortam koşullarına yanıt vererek bina performansını uygun konuma getirmektir. Yapı cephelerinde ve kabuklarında çevre koşullarına uyum sağlayabilmek için dinamik ve statik olmak üzere iki davranış sergilenmektedir. Bu bağlamda, bitki adaptasyonu gibi biyolojik adaptasyon prensipleri adaptif mimari kabuklara aktarılmaktadır. Adaptif yapı kabukları ve cephe araştırmalarında bitki davranışı, morfolojisi ve fizyolojik özelliklerinin öğrenildiği görülmektedir. Cephe tasarımları son yıllarda üzerinde fazlaca çalışılmaktadır. Bu çalışmalarda doğa, kaynak olarak incelenmekte ve mimarlığa aktarılmaktadır. Bazı araştırmacılar tarafından "yaşayan kabuğa doğru" (Badarnah Kadri, 2012) ya da "mimarlık

doğayı izler" (Mazzoleni, 2013:xxii) gibi biyolojik ilkelerden yola çıkarak yeni yapı kabukları geliştirmek için farklı yöntemler denenmektedir.

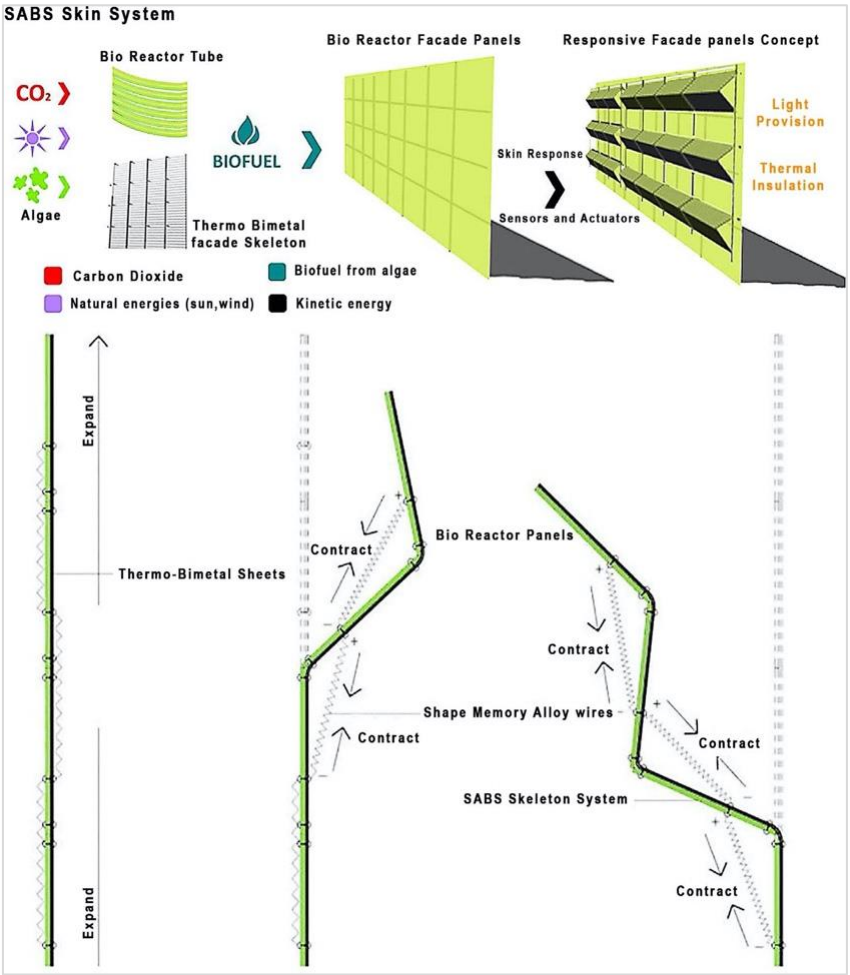
Park ve Dave (2014), tarafından gerçekleştirilen "*Bio-inspired Parametric Design for Adaptive Stadium Façades*" çalışmasında çok yönlü bileşik gözlerin çalışma prensiplerinden yola çıkılarak adaptif stadyum cephesi araştırılmıştır (Resim 2.37). Bu amaçla ilk olarak bileşik gözün çalışma prensibi mimarlığa tasarım ilkesi olarak aktarılmıştır. Tasarlanan her cephe bileşeni, çevresel ve işlevsel özellikleri karşılamak üzere, güneşin hareketlerini dikkate alarak duruma adapte olabilmektedir. Cephedeki bölüntüler içerisinde kinetik mekanizma olup, farklı güneş hareketlerine göre hareket ederek güneş ışığından maksimum derecede faydalanma sağlanmaktadır.



Resim 2.37. Bileşik gözden yola çıkılarak gerçekleştirilen adaptif stadyum cephesi (Park ve Dave, 2014)

Teknolojik çağın başında, çevreyle etkileşim yapı içerisinde uygun konfor koşullarını sağlamak için gereken enerjinin büyük bir kısmını, çalıştırıcılar (aktüatörler) ve makineler tarafından karşılamıştır. Yapıların daha verimli bir etkileşime ihtiyaç duyduklarını düşünen tasarımcılar referans olarak doğayı incelemeye başlamıştır. Canlılar, iç ortamlarını dış çevresel koşullardan korumak için deri gibi özel yapılara sahiptirler. Örneğin, insan derisi, ustaca tasarlanmış biyolojik uyarıcılar (sensörler) tarafından sıcaklık, basınç veya ışık radyasyonu gibi dış uyaranlara doğru tepki vermektedir (Dewidar vd., 2013).

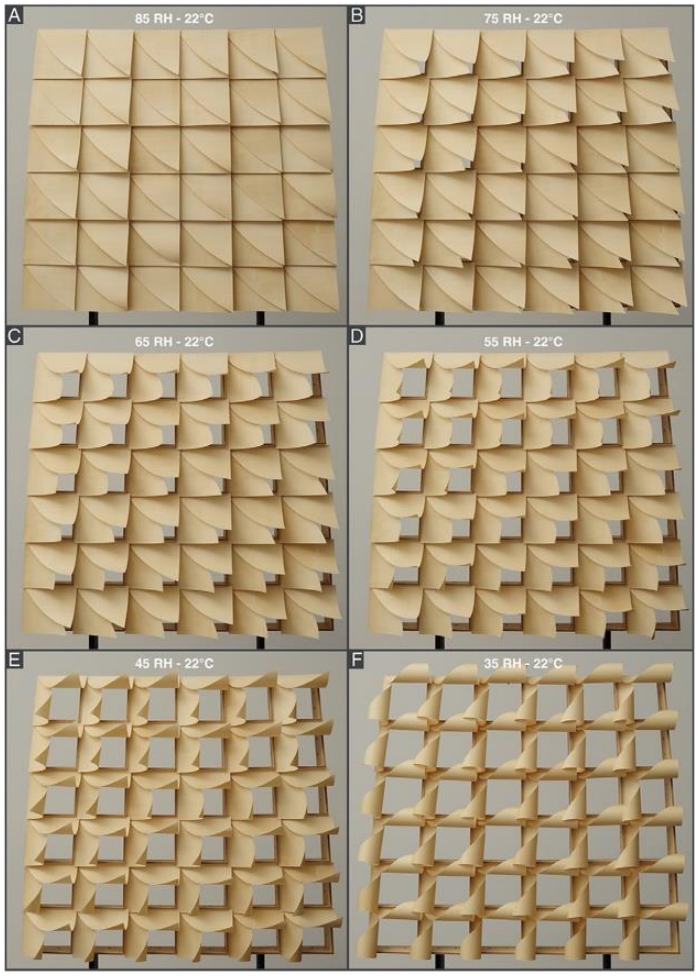
Dewidar vd., (2013) tarafından kendi kendini aktive edebilen biyoklimatik strateji (*Self Active Bioclimatic Strategy*) özelliğine sahip insan derisi gibi çalışan teorik bir cephe tasarlanmıştır. İç ortam sıcaklığını korumak için ne zaman ve nasıl tepki vereceğini bilen kinetik duyarlı bir cephe sistemi düşünülmüştür. Çalışmanın amacı, gün ışığı, güneş kontrolü, havalandırma sistemleri ve dinamik sistemler kullanan gelişmiş biyo-duyarlı cepheler uygulanarak sürdürülebilirlik elde etmektir. Mikro algler, biyolojik reaktör cephesine enerji kaynağı olarak yetiştirilerek, atık karbonun kullanılması ve bu süreçte güneş enerjisi üretilmesi amaçlanmaktadır. Modüler olan duyarlı kinetik cephe malzemesi için termal bimetaller düşünülmüştür. Sistem sensörler tarafından kontrol edilmektedir. Sistemde kullanılan aktüatörler ve termo bimetaller hiçbir mekanik güç olmadan çalışmaktadır (Resim 2.38).



Resim 2.38. Tasarlanan cepheye ait bileşenler (Dewidar vd., 2013)

Duyarlı kinetik cephelerin tasarlanmasında akıllı malzemeler kullanılmaktadır. Kozalağının anizotropik yapısı ve higroskopik (*hygroscopic*) hareketi kullanılarak, adaptif mimari

sistemler geliştirmek için araştırılmaktadır (Resim 2.39) (Reichert, Menges ve Correa, 2015).



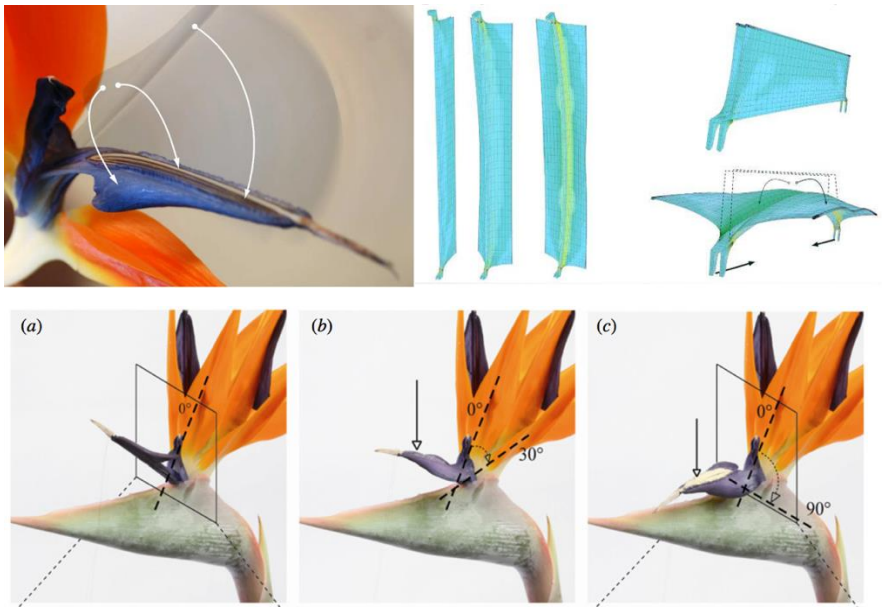
Resim 2.39. İklimsel koşullara bağlı olarak malzemenin sıcaklığa ve nem seviyesine bağlı testi (Reichert vd., 2015)

2013 yılında Arup, Almanya Stratejik Bilim Danışmanlığı ve *Colt International* tarafından ortaklaşa gerçekleştirilen "*Solarleaf Bioreactor façade*" ilk biyo-reaktif cephe olup alg biyokütle (*algal biomass*) ve yenilenebilir enerji üretmektedir. Biyokütlenin avantajı, enerji ve ısı üretimi için esnek bir şekilde kullanılabilmesi ve neredeyse hiç enerji kaybı olmadan depolanabilmesidir. Dahası, mikroalglerin düz panel PBR'lere (*photobioreactors*) ekilmesi, ilave bir arazi kullanımı gerektirmemekte ve hava şartlarından aşırı derecede etkilenmemektedir. Mikroalgler gün ışığını emdiği için, biyoreaktörler aynı zamanda dinamik gölgeleme cihazları olarak da kullanılabilir. Biyoreaktörlerin içindeki hücre yoğunluğu, mevcut ışığa bağlı olup, gün ışığı fazla olduğunda daha fazla yosun oluşturarak bina için daha fazla gölgelendirme sağlamaktadır (Resim 2.40) (URL-66).



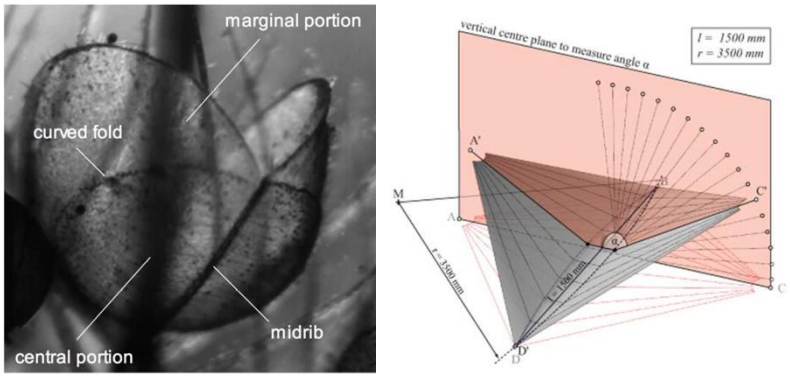
Resim 2.40. Dinamik SolarLeaf cephe, panel detayı (URL-66)

Kinetik, adaptif cepheler tasarlamak için öğrenilen bir diğer doğal unsur bitkilerin elastik hareketleridir. Sert elemanları gergin menteşelerle birleştirmek yerine bitki yapıları, morfolojik ve anatomik özellikleri ile esneklik sergilerler. Türkçede turna gagası (Cennet kuşu) olarak adlandırılan *Strelitzia reginae*'den yola çıkarak, *Flectofin*® cephe malzemesi tasarlanmıştır. *Aldrovanda vesiculosa*'nın (böcek yiyen bitki) da özelliklerinin cepheye nasıl aktarılabileceği ile ilgili sorular sorulmuştur (Resim 2.41) (Schleicher vd., 2011).



Resim 2.41. Cennet kuşu çiçeğinin hareketi ve çift katmanlı Flectofin® malzemesinin açılıp kapanması (Schleicher vd., 2011)

Daha sonra bitkilerin elastik kinematik hareketleri araştırılıp matematiksel olarak modellenmiştir (Resim 2.42). Mimarlar, mühendisler ve biyologlar ile disiplinlerarası bir çalışma yürütülmüştür. İlk olarak cennet kuşu çiçeğiyle ilgili detaylı araştırma yapıldıktan sonra, uyarlanabilir bir dış cephe gölgeleme sistemi için *Flectofin*® olarak adlandırılan menteşe içermeyen bir tasarım gerçekleştirilmiştir (Resim 2.43) (Schleicher vd., 2011).



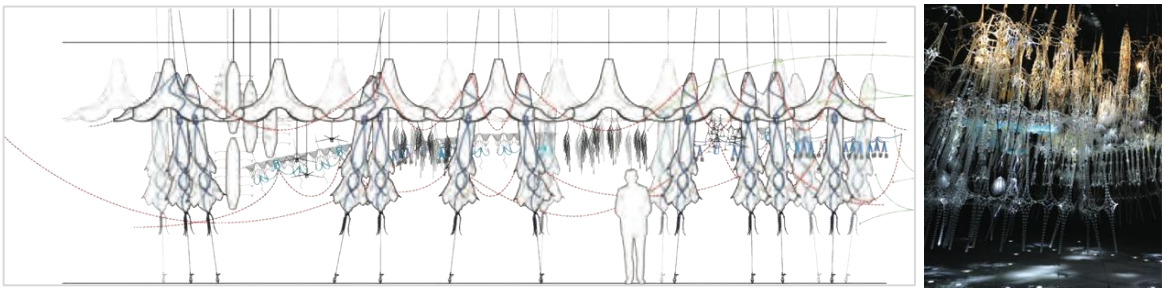
Resim 2.42. Böcek yiyen bitkisi morfolojik özellikleri ve katlanma hareketinin simülasyonu ve açı ölçümü (Schleicher vd., 2011)



Resim 2.43. Çiçeklerin elastik yapısından yola çıkarak tasarlanmış fiziksel model ve cephe gölgeleme elemanı olarak üretilen prototip (Knippers ve Speck, 2012)

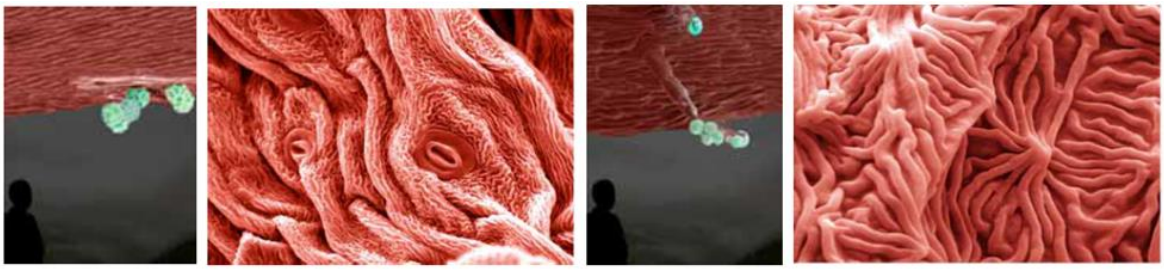
Uzak geçmişte kalın duvarlar, küçük açıklıklar ve ağır çatılar insanı doğadan ayırmıştır. 1930'larda ise modern hareket ve sanayileşme, iç-dış mekân arasında fiziksel ayrımı reddetmiş, görsel olarak camın kullanımını desteklemiştir. Cam ince ve saydam olmasına rağmen, iç-dış ortam arasında geçirmez bir duvar olmuştur. Günümüzde gerçekleştirilen çalışmalar da ise yapı kabuğu gözenekli, hareketli ve duyarlı olacak şekilde tasarlanmaktadır (Sung, 2008). Böylece geçmişten günümüze etkileşim kavramı canlı varlıklardaki gibi bir hal almaya başlamıştır. Bu noktada mimarlık bilip hissedebilir ve kullanıcılarına yanıt

verebilir mi? sorusu ile mimarlıkta etkileşim araştırmaları yürütülmüştür. *Hylozoic* Serisi, Kanada, ABD ve Avrupa'daki araştırmacıları ve sanayi ortaklarını, güçlü yeni bir mimari tür geliştirmeye çalışan disiplinlerarası bir araştırma planlamıştır. *Hilozoik sistem* olarak adlandırılan bu proje tasarım konseptini, *hilozoizim*[12] (her maddenin hayatı olduğu) felsefi görüşü, sentetik organik çevre tasarımı ve sentetik biyoloji üzerine kurgulamıştır. Dinamik görselleştirme, simülasyon, aktüatörler, kontrol sistemleri ve sensörler kullanılan projede malzeme, kimyasal ve kinetik kavramlarının birleştirilmesi üzerine çalışılmaktadır (Resim 2.44) (Beesley, 2014:9,11). Bu çalışma aynı zamanda sentetik ve evrimsel biyoloji araştırması olup ekolojik model oluşturmayı amaçlamıştır (Spiller ve Armstrong, 2011).



Resim 2.44. Venedik Mimarlık Bienali Hylozoic Ground'ın şematik organizasyonu (Beesley, 2014:10)

Biyolojik ve dijital teknikleri kapsayan biyodijital mimarlık, genetik biliminin avantajlarını kullanarak sürdürülebilirlik çözümleri araştırmaktadır. Bu tür çalışmalar 2000 yılından beri Barselona'da Biyodijital Mimarlık Yüksek Lisans programı, Genetik Mimarlık Araştırma Grubu, Doktora programı ve Genetik Mimarlık ofisleri ile birlikte yürütülmektedir (Resim 2.45) (Estévez, 2014).

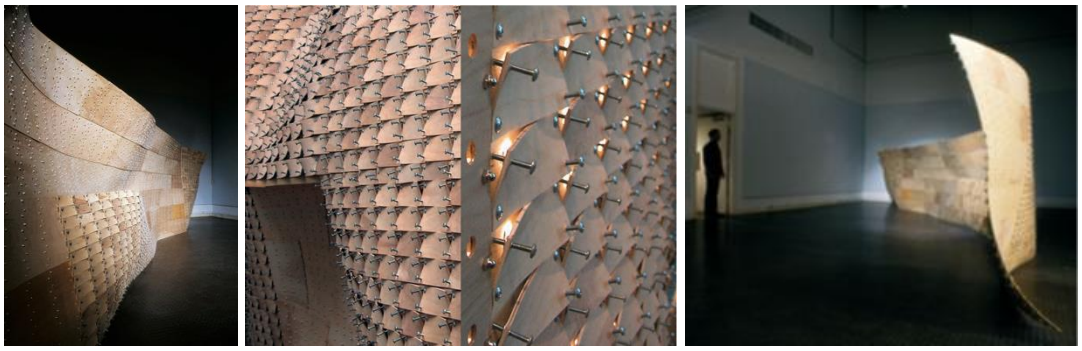


Resim 2.45. Biyolamba, biyotavan ve biyoduvarlar (Estévez, 2014)

[12] *Hilozoizim* kavramı Yunancada *hyle*: madde, *zoon*: canlı anlamlarına gelmektedir. Bu bağlamda *hylozoizm* kavramı canlı madde anlayışını ifade etmek için kullanılmaktadır (Gökberk, 2010:21).

Bu çalışmalarda genetikçiler ile mimarlar arasında ortak çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Doğal "yazılımın" (DNA), canlı öğelerin, gerçek genetik süreçlerin mimariye uygulanmasıyla, "otomasyon (*automation*)" doğal büyüme ile birlikte, yaşayan unsurlar, yapı malzemeleri, mimari ve faydalı yaşam alanları üretmek için genetik araştırmalar yürütülmüştür (Estévez, 2014).

Evrimsel gelişim ve büyüme süreci olan doğal *morfogenez*, çevresel koşulların ve kuvvetlerin etkileşimi sonucu, kompleks sistemleri ve sistemin malzeme özellikleri oluşan *polimorfik* sistemler üretilmesini sağlamaya yardımcı olmaktadır (Hensel, Menges ve Weinstock, 2013:165). Rice Mimarlık Okulunda 2004 yılında, Joseph Kellner ve David Newton tarafından Michael Hensel öncülüğünde yönetilen projede, *çok şekilli* (*polimorfik*) malzeme sistemleri araştırılmıştır. Bu projede kullanılan *morfogenetik* teknik, geometrik ilişkiler yoluyla tanımlanan parametrik bileşenlere dayanmaktadır. Parametrik bir bileşenin farklı şekillerde çoğalması, farklılaşmış alt konumlara sahip bir malzeme sistemi oluşturmuştur. Tasarlanan duvar, farklı şekillere ve yönlere sahip kâğıt şeritler gibi oldukça basit malzeme bileşenlerinden oluşmaktadır (Resim 2.46) (Hensel, Menges ve Weinstock, 2004:82).



Resim 2.46. Rice Mimarlık Okulunda 2004 yılında gerçekleştirilen *Metapatch* adlı prototip (Hensel, Menges ve Weinstock, 2013: 170-171; Hensel vd., 2004:82)

Bu çalışma, mimari tasarıma alternatif oluşturabilecek bir morfogenetik yaklaşım içerisinde, formasyon ve materyalizasyon süreçlerini bütünleştirmeyi, malzeme bileşenleri ile morfolojik karmaşıklık ve yüksek performans kapasitesi elde etmeyi amaçlamıştır (Hensel vd., 2013:165).

Neri Oxman'ın da dahil olduğu Mediated Matter Group tarafından gerçekleştirilen, 6500 adet ipek böceğinin kullanıldığı Silk Pavillion projesinde ise sentetik biyoloji araştırmaları

gerçekleştirilmiştir (Resim 2.47). Oxman günümüzde dijital tasarım ile form oluşturma ve üretiminde yüksek mekânsal çözünürlük ve malzeme karmaşıklığı elde edilen bir döneme girildiğini söylemiştir. Çözüm odaklı tasarım stratejisini kullanan sentetik biyoloji ile "biyolojik olarak esinlenilen (*biologically inspired*) bir tasarım yaklaşımından biyolojik olarak tasarlanmış (*biologically engineered design*) bir yaklaşıma geçiş" olduğunu belirtmiştir (Oxman, 2015).



Resim 2.47. İpek Pavyonu (URL-67)

Özetlemek gerekirse, eski çağlardan beri insanın doğadan esinlenerek ve/veya öğrenerek tasarımlar gerçekleştirdiği görülmektedir. Çünkü var olduğu ve deneyimlediği ilk mekân olarak doğa, içerisinde sınırsız çözümü barındırmaktadır. Bu bağlamda organik ilişki şeklinde başlayan insan-doğa ilişkisi bilimsel, teknolojik, felsefi gelişmelerden etkilenmiş ve belli dönemlerde farklılıklar göstermiştir. Organik-mekanistik-ekolojik olarak devam eden ilişki sonucu doğaya bakış açısı ve ondan öğrenme şekli de değişmiştir.

Dijital medyanın etkisi, yapay zekâ, robotik, yeni malzeme bilimleri, mikrobiyoloji, tıp, doğa bilimleri ve biyo-teknoloji etkisiyle çağdaş mimaride ve mimarlık söyleminde geniş çaplı değişiklikler yaşandığı genel olarak kabul görmüştür. Aynı zamanda son dönemlerde gerçekleştirilen sentetik biyoloji ile gerçek biyolojik materyallerin mimariye aktarılması çalışmaları, mimarinin biyolojik nesneye dönüşmesi mümkün olabilir mi sorusunu gündeme getirmiştir. Bu soruyla birlikte biyo-destekli tasarım kavramı literatüre son yıllarda dahil olan bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Biyo-destekli kavram ile birlikte biyolojik organizmalar, tasarım/üretim/ekolojik sürece ortak kabul edilmektedir.

2.2. Biyo-Bilgili Tasarım Eğitimi

Biyo-bilgili tasarım eğitimi tasarımcılara, doğanın çağlar boyunca aynı sorunları nasıl çözdüğünü öğrenmek amacıyla etraflarındaki dünyaya bakmaları için motive etmekte ve ilham vermektedir (Stevens, Mulder, Kopnina ve De Vries, 2021; Stevens, De Vries, Bos ve Kopnina, 2019). Tasarımda biyo-bilgili öğretim etkinliği konusunda en iyi uygulamaların oluşturulmasına katkı sağlayacak araştırmalar her geçen gün artmaktadır. Biyo-bilgili tasarım öğretiminin anaokulu atölyelerinde, K-12 programlarında, lisans ve lisans üstü programlarda kullanımı yaygınlaşmaktadır (URL-68). Ortaya çıkan biyo-bilgili tasarım ve doğa ile ve doğa için tasarlamayı öğrenme alanı, son yıllarda çeşitli eğitim programları aracılığıyla genişlemektedir (Stevens vd., 2019; Stevens, De Vries, Bos & Kopnina, 2019).

Bilim ve sanatı bir metodoloji, bir teknoloji, bir süreç içerisinde birbirine bağlayan benzersiz bir problem çözme yaklaşımı olarak tanımlanan biyo-bilgili yaklaşım (Rovalo vd., 2020), eğitim kurumları, çevre eğitimini geliştirirken ve öğrencilerin tasarımda sistem-düşünme gibi becerilerini geliştirmek için mevcut müfredatlara dahil edilmektedir (Qureshi, 2020; de Pauw, 2015). Biyo-bilgili tasarım eğitimi, biyolojiden tasarıma fonksiyon analojilerini çözümlemeyi ve aktarmayı öğretirken, aynı zamanda problem çözerken akıl yürütmeyi de geliştirmektedir (Wu ve Weng, 2013). Bununla birlikte, sistemsel sürdürülebilirliğe odaklanan tasarım problemlerini çözmek amacıyla doğal sistemlerle düşünme kavramını tasarım düşüncesi ve biyoloji ile bir araya getirmektedir (Rowland, 2017). Biyo-bilgili tasarım düşüncesi, biyo-bilginin herhangi bir disiplinin veya herhangi bir tasarım ölçeğinin sürecine nerede, nasıl ve neden uyduğuna dair bağlam sağlamaktadır (URL-69). Bu düşünce problem çözme, tasarım, yenilik ve sürdürülebilirlik kavramlarını öğretmek ve ayrıca disiplinler arası sorunlara çözüm geliştirme yeteneklerini güçlendirmek için önerilmektedir (Kennedy ve Nagel, 2015). Disiplinler arası problem çözme, "öğrencileri karmaşıklıkla başa çıkabilen, yenilik yapabilen, yeni durumlara esnek bir şekilde uyum sağlayabilen ve daha derin kavrayışlar üretmek için disiplinler arasında köprü kurabilen profesyoneller olmaya hazırlayacak" (Whitefoot ve Olson, 2012) potansiyeller barındırmaktadır.

Bu konuda Lily Urmann (2016) biyo-bilgili eğitiminin disiplinler arası olduğunu, güncel alanlarla bütünleştiğini ve öğrencileri sınıf dışındaki gerçek dünyaya bağladığını söylemektedir. Benzer şekilde, Stevens (2021) biyo-bilgili tasarım eğitiminin, döngüsel, sürdürülebilir tasarım, doğanın formlarını, süreçlerini ve sistemlerini taklit etmek için

gereken soruları sormanın yeni yollarını açtığını iddia etmektedir. Biyo-bilgili tasarım düşüncesinin özünü "Doğa nasıl yapar?" sorusu şekillendirirken, bu yaklaşım öğrencilere doğanın nasıl çalıştığını öğretmek ve dünyaya bakmaları için yol göstermektedir. Bu düşünme sürecinde, öğrenciler doğaya bakmakta, doğadan bir ilke belirlemekte ve bunu bir tasarım konsepti olarak uygulamaktadır.

Biyo-bilgili yaklaşım öğrencilerin tasarım ve sistem düşüncesi gibi becerilerini geliştirmek için yararlı bir yöntemdir (Qureshi, 2020). Bu bağlamda farklı programlarda biyo-bilgili yaklaşım ile sistem düşüncesi (*systems thinking/ systems view*) öğrencilere kazandırılmaya çalışılmaktadır (URL-70; Cattano, Nikou ve Klotz, 2011). Sistem düşüncesi, farklı seviyelerdeki etkili unsurların sadece izole bileşenler olarak değil, bütünle ilişkileri açısından ele alındığı, problem çözme ve analize yönelik bütünsel bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır (Meadows, 2008:2,3). Assaraf ve Orion (2005) ise bu düşünce yapısını, bir sistemin parçaları arasındaki bağlantıları tanımaya odaklanan ve daha sonra bunları bütüne ilişkin birleşik bir görüşte sentezleyen düşünce yapısı olarak belirtmektedir. Sistem düşüncesini kapsayan biyo-bilgili tasarım yaklaşımı ile mimarlık öğrencilerinin mimarlık-doğa ilişkisini bir bütün olarak algılamaları ve bu yönde tasarım üretmeleri konusunda bilgilenme sağlamaktadır.

Sistem yaklaşımı aynı zamanda bütünsel bir bakış açısı ile problemin tüm yönleri ile birlikte düşünülmesini ve sisteme ait bütün bileşenlerin arasındaki ilişkileri dikkate alan bir problem çözme yaklaşımıdır (Şenaras ve Sezen, 2017). Bununla birlikte ekolojik tasarım eğitiminin temeli için sistemleri sadece parçalar olarak değil aynı zamanda ilişkiler olarak da ele alan sistem düşüncesinin öğretilmesi önerilmektedir (DeKay, 1996). Biyo-bilgili tasarım için gereken beceriler çevresel okuryazarlık becerilerine benzer özellikler taşımaktadır. Buradan hareketle biyo-bilgili yaklaşım ile öğrencilerin temel bir çevresel yeterlilik olarak kabul edilen sistem düşüncesinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır (Qureshi, 2020).

Literatürde birçok araştırmacının sistem düşüncesinin yanında biyo-bilgili düşünme sürecini temelde analojik akıl yürütmeye dayandırdığı görülmektedir (Vincent ve Mann, 2002; Vincent vd., 2006; Santulli ve Langella, 2011; Kennedy, Fecheyr-Lippens, Hsiung, Niewiarowski ve Kolodziej, 2015; Kennedy ve Nagel, 2015; Stevens, 2021). Analojik akıl yürütme, bilim insanları, psikologlar ve filozoflar tarafından yeni bilgilerin edinilmesini destekleyebilecek ön bilgileri ortaya çıkarma potansiyeline sahip bir mekanizma olarak

kabul edilmektedir (Vosniadou, 1988). Araştırmacılar, sürdürülebilir inovasyon için kullanılabilecek analojileri ve sistematik tasarım çözümlerini anlamanın önemini açıklamış ve biyolojik formların, süreçlerin ve ekosistemlerin bir başlangıç noktası olarak kullanılabileceğini iddia etmişlerdir (Kennedy vd., 2015; Kennedy ve Nagel, 2015). Analojik akıl yürütme "bağlamlar arasında benzerlikleri fark etme ve çizme yeteneği" (Vendetti, Matlen, Richland ve Bunge, 2015); biyoloji gibi bir bağlama bakma ve bu bağlamdaki özellikleri tasarım gibi bir başka bağlama aktarma/uygulama pratiği (Casakin ve Goldschmidt, 1999) olarak tanımlanmaktadır. Gentner ve Smith (2012) ise analojileri, tasarımcıların problem çözerken yeni alanlarda akıl yürütmeyi ve nasıl kullanabileceklerini geliştirebilecek "zihinsel modeller" olarak açıklamaktadır. Analojiler, yeni bilginin dönüşümsel olarak öğrenilmesine rehberlik edecek zihinsel modellerin oluşumuna izin vermektedir (Shaw, 2013). Bu süreç, tasarım probleminde gerekli olduğu gibi problemin çözümü için kritik olan uzak ilişkileri yakalamanın bir yolu olarak da tarif edilmektedir (Holyoak ve Thagard, 1996; Chai, Cen, Ruan, Yang ve Li, 2015).

Analoji kullanımı, bilinen bir durumdan, kaynaktan, alandan, ilgili unsurlardan en az birinin bilinmediği, açıklama gerektiren bir duruma (hedef alanı) ilişkisel bilginin transferini gerektirmektedir (Vosniadou ve Ortony, 1989:17). Bilgi aktarımı, analojik haritalama ile sağlanır, bu sayede ilke ya da sistem bilgisi, bir alandan diğerine aktarılmaktadır (Dejong, 1989). Başarılı ve faydalı bir analojik akıl yürütme sürecinde, kaynak alan ile hedef alan arasında benzerlik bulunmaktadır. Hedef durumdaki olası ilişkiler ile kaynak durumdaki bilinen ilişkiler arasında bir benzerliğin belirlenmesi, bir analoji oluşturulmasına yol açmaktadır (Casakin ve Goldschmidt, 1999).

İki kavram arasındaki benzerliklerin karşılaştırıldığı "analojik akıl yürütme" sürecinde, bilgiyi bir kavramdan diğerine soyutlamak ve aktarmak, tasarımcıların yeni tasarım konseptleri geliştirmesine olanak tanımaktadır. Biyo-bilgili tasarımda, tasarımcılar biyolojik fenomenler ve tasarım problemleri arasındaki benzerlikleri karşılaştırmak için analojik akıl yürütmeyi kullanarak tasarım çözümleri geliştirmek için benzer stratejileri aktarmaktadır (Cheong, Hallihan ve Shu, 2014).

Biyo-bilgili tasarım yaklaşımında analojik akıl yürütme yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, bir Kingfishers gagasının biçimini veya davranışsal sürecini basitçe takip etmekten, bir tünelden geçen Shinkansen yüksek hızlı treninin ses etkisini azaltmaktan endüstriyel

kuruluşlar arasında atıktan kaynağa işbirliği geliştirmek ve model olarak bir ekosistemi takip eden tesisler gibi (URL-71) birçok süreçte kullanılmaktadır. Farklı alanlar arasında kurulan bu ilişkisel yapı, eğitimde başarı için kritik öneme sahiptir (Vendetti vd., 2015).

Son yirmi yılda eğitim kurumlarının "öğrencilere doğa ve çevrenin korunması gerektiğini öğretme" eğilimi artmaktadır (McBride vd., 2013). Öğrencilere doğayı etkileyen eylemler hakkında bilinçli kararlar almaları için bilgi ve beceriler sağlayan/destekleyen çevre eğitimi programları geliştirilmektedir (Barr, Gilg ve Shaw, 2011). Bu programlarla öğrencilere tasarım, planlama, sistem düşüncesi ve iletişim gibi beceriler kazandırılması amaçlanmaktadır (Burns, 2011; Wiek, Withycombe ve Redman, 2011).

Biyo-bilgili tasarım kavramları, yöntemleri ve araçları, yenilikçi ürünler ve tasarımlar geliştirmek ve öğrencileri bir başka tasarım ilham kaynağı olarak tasarım inovasyonu konusunda eğitmek için farkı üniversiteler ve laboratuvarlar gibi birçok kurum tarafından kullanılmaktadır. Frei Otto liderliğindeki Stuttgart'taki Hafif Yapılar Enstitüsü (*Institute for Lightweight Structures*, IL), doğayı gözlemleyen ve yapısal ilkelerini bina özellikleri olarak kullanan ilk okullardan biri olarak bilinmektedir (Nerdinger, 2005). Günümüzde yaklaşımı kullanan kurumlar arasında Georgia Tech (Biyolojik İlhamlı Tasarım Merkezi), Stuttgart üniversitesi (ITECH Programı), James Madison Üniversitesi, Clemson Üniversitesi, Texas A&M üniversitesi, Arizona Eyalet Üniversitesi, Duke Üniversitesi, University of St. Delaware gibi biyo-bilgili tasarım ile ilgili yenilikçi araştırmalar yapan ve eğitim materyalleri geliştiren birçok üniversite bulunmaktadır (Çizelge 2.1).

Biyo-bilgili tasarımda disiplinler arası bir eğitim sunan en iyi kurumlardan biri, BID Merkezi aracılığıyla birden fazla kurs ve bir sertifika sunan Georgia Tech'dir (Lynch-Caris, Weaver ve Kleinke, 2012; Weissburg, Tovey ve Yen, 2010). Lisans kapsamında disiplinlerarası dersler, biyoloji ve mühendislik fakültesi tarafından ortaklaşa verilmektedir (B. Kennedy ve Nagel, 2015). Arizona Eyalet Üniversitesi'ndeki Herberger Enstitüsü Tasarım ve Sanat Enstitüsünde, biyo-bilgili konusu disiplinler arası tasarım inovasyonu ve girişimciliğin bir parçası olarak öğretilmektedir (URL-72). Clemson Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne biyo-bilgili yaklaşımı ile sistem yaklaşımı ve sürdürülebilirliğin inşaat mühendisliği eğitimine entegrasyonu çalışmaları yürütülmektedir. Bu kapsamda öğretim modülleri ve değerlendirme araçları ortaya konulmaktadır (Cattano vd., 2011). Çizelge 1'de biyo-bilgili tasarım yaklaşımını benimseyen programlar yer almaktadır.

Çizelge 2.1. Çeşitli üniversiteler içerisinde yer alan Biyo-bilgili kurslar ve laboratuvarlar

	Okul Adı	Bulunduğu Bölüm	Kurs/ Ders/ Program Adı	Lisans / Lisansüstü	Erişim Adresi
1	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	Makine Müh.	Biomimetic Principles and Design	Lisans	https://ocw.mit.edu/courses/mechanical-engineering/2-a35-biomimetic-principles-and-design-fall-2013/index.htm
		Disiplinler arası	MIT Media Lab- Mediated Matter Group	Laboratuvar	https://www.media.mit.edu/groups/mediated-matter/overview/
2	UCL (University College London)	Mimarlık	Bio-Integrated Design	Lisansüstü	https://www.ucl.ac.uk/bartlett/architecture/programmes/postgraduate/bio-integrated-design-bio-id-marchmsc
3	The Bartlett School of Arch.	Mimarlık Biyokimya Müh.	Bio-Integrated Design	Laboratuvar	http://bio-idlab.com/
4	Delft University of Technology	Makine Müh.	BITE- Bio-Inspired Technology Group	Laboratuvar	https://www.bitegroup.nl/
5	ETH Zurich – Swiss Federal Institute of Technology	Malzeme Bilimi	Complex Materails Group	Lisansüstü	https://complex.mat.ethz.ch/research/bioinspired.html
6	University of California, Berkeley (UCB)	Biyomühendislik ve Malzeme Bilimi	Massersmith Lab	Laboratuvar	https://bioinspiredmaterials.berkeley.edu/
7	Harvard University	Mühendislik ve Uygulamalı Bilimler Fakültesi	Aizenberg Biomineralization and Biomimetics Lab	Laboratuvar	https://aizenberglab.seas.harvard.edu/
			Mooney Lab- Laboratory for Cell and tissue Engineering	Laboratuvar	https://mooneylab.seas.harvard.edu/
			Bertoldi Group- Materials and Structures by Design	Laboratuvar	https://bertoldi.seas.harvard.edu/
			Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering	Enstitü	https://wyss.harvard.edu/job/bio-inspired-engineering/
8	UNIST | Ulsan National Institute of Science and Tech.	Enerji ve Kimya Mühendisliği	Bioinspired Functional Materials Laboratory	Laboratuvar	https://www.bioinspired-materials.com/
9	University of California, Los Angeles (UCLA)	Biyomühendislik	Biomimetic Research Lab.	Laboratuvar	http://164.67.24.13/wordpress/
10	Tongji University	Tasarım Okulu	BiDL Biomimetic Design Lab	Laboratuvar	https://dif.tongji.edu.cn/
11	Arizona State University	Mühendislik ve Biyoloji	The Biomimicry Center	Lisans ve lisansüstü	https://biomimicry.asu.edu/

Çizelge 2.1. (devam) Çeşitli üniversiteler içerisinde yer alan Biyo-bilgili kurslar ve laboratuvarlar

	Okul Adı	Bulunduğu Bölüm	Kurs/ Ders/ Program Adı	Lisans / Lisansüstü	Erişim Adresi
12	Universität Stuttgart	Mimarlık, Planlama	Institute for Computational Design and Construction	Laboratuvar Lisansüstü	https://www.icd.uni-stuttgart.de/teaching/itech/
13	James Madison Üniversitesi	Mühendislik	Bioinspired Engineering, Design Engineering Lab	Lisans, Lisansüstü	https://www.jmu.edu/news/engineering/2018/04/professor-promotes-bioinspired-engineering.shtml
14	Penn State University	Mühendislik	Materials Research Institute	Lisans	https://www.mri.psu.edu/mri/research-capabilities/new-emerging-fields/bio-inspired-engineering
15	California University	Disiplinlerarası	Center for Bioinspired Engineering	Laboratuvar	http://bioinspired.caltech.edu/
16	Clemson University	Mühendislik	Bioinspired Arthropods	Lisans kurs	https://www.coursicle.com/clemson/courses/HON/1940/
17	Georgia Institute of Technology	Mimarlık, Mühendislik ve Biyoloji, Fizik	Georgia Tech' s Center for Biologically Inspired Design	Laboratuvar, lisans ve K12	https://cbid.gatech.edu/research/
18	Texas A&M University	Disiplinlerarası	Bio-Inspıred Sustaınable Systems Lab	Laboratuvar	https://bissl.engr.tamu.edu/
19	Delaware State University & Wesley	Mühendislik	Bio-inspired Materials and Systems is a Partnerships for International Research and Education (PIRE)	Lisans ve lisansüstü	https://sites.udel.edu/bioinspiredpire/
20	Katholieke Universiteit Leuven	Mühendislik	Mechatronics, Biostatics and Sensors (MeBioS	Lisansüstü	https://www.biw.kuleuven.be/biosyst/mebios/biomimetics-group
21	Aalto University	Mühendislik	Bioproducts and Biosystems	Lisansüstü	https://www.aalto.fi/en/department-of-bioproducts-and-biosystems
22	Eindhoven University of Technology	Mimarlık Mühendislik	Innovative Structural Design	Lisansüstü	https://www.tue.nl/en/research/research-groups/structural-engineering-and-design/innovative-structural-design/projects/bio-based-composite-materials-in-pavilion-and-canopy-design/
23	University of Toronto	Mühendislik	Design of Innovative Products	Lisansüstü	https://engineering.calendar.utoronto.ca/biomedical-systems-engineering-aeescbaset
24	University of Reading	Biyoloji bilimleri	Biologically Inspired Computing	Lisansüstü	https://www.reading.ac.uk/module/document.aspx?modP=B12B117&modYR=1819
25	Technische Universität Berlin (TU Berlin)	Yaz Okulu	Introduction to BioDesign	Lisans	https://www.tu-berlin.de/menue/summer_university/old_versions/summer_university_term_2/introduction_to_biodesign

2.2.1. Biyo-bilgili tasarım eğitiminde kullanılabilecek süreçler

Biyo-bilgili yaklaşımlar, çok çeşitli araştırma konularını kapsamakla birlikte, çeşitli uygulama alanlarını etkilemektedir. Bununla birlikte yaşam kalitesi için önemli potansiyeller barındıran toplumsal, ekonomik ve bilimsel etkiye sahip önemli bir paradigma olarak da kabul edilmektedir (Lepora vd., 2013). Fakat geniş bir araştırma alanına sahip bu konu üzerinde yapılan önemli çalışmaların birçoğunun kendi alanında kaldığı görülmektedir (Fayemi, Wanieck, Zollfrank, Maranzana ve Aoussat, 2017). Bu konu üzerine yapılan araştırmalar, biyo-bilgili tasarımların kurumsal bir yaklaşımdan ziyade daha çok bireysel olarak uygulandığını göstermektedir (Gleich vd., 2010:165) Bu durum, bu alanda bir metodoloji eksikliğinin açık göstergesi olarak yorumlanmaktadır (Vincent vd., 2006). Bu nedenle biyo-bilgili tasarım yaklaşımı modellerinin geliştirilmesi ile ilgili sorunları ele almak için biyo-bilgili tasarımda sistematik yaklaşımlara odaklanan araştırmaların sayısı her geçen gün artmaktadır. Bu modeller, çeşitli araç ve teknikleri kullanarak biyolojik bilgilerin toplanması, analizi ve ilgili alan entegrasyonu yoluyla tasarım sürecini haritalandırarak tasarım problemleri için yenilikçi tasarım çözümleri keşfetmeye odaklanmaktadır (Nagel ve Stone, 2011; Vandevenne, Verhaegen, Dewulf ve Duflou, 2015; Kennedy ve Niewiarowski, 2018). Bu bağlamda bu alanda kullanılan mevcut süreçler ve araçlarla ilgili bilgileri bu alanda çalışmak isteyen araştırmacılar için daha şeffaf ve sistematik hale getirmek amacıyla literatürde yer alan biyo-bilgili tasarım süreçleri ile bu süreçleri kolaylaştıran yöntemler sunulmuştur.

Literatürde, biyo-bilgili süreçlere bakıldığında gerçekleştirilen uygulamaların çözüm odaklı ve problem odaklı olarak iki farklı şekilde gerçekleştirildiği görülmektedir. Hem çözüme hem de probleme dayalı yaklaşımların farklı başlangıç noktaları ve tasarım süreçleri olarak farklı özellikleri bulunmaktadır (Goel vd., 2014). Buradan hareketle literatürde biyo-bilgili tasarım sürecine başlamanın çözüm odaklı ve problem odaklı olarak tanımlanan iki yolu bulunmaktadır.

<u>Çözüm Odaklı Süreç</u>

Farklı araştırmacılar tarafından çözüm odaklı süreç; çözüm tabanlı (*solution-based*) (Helms, Vattam, Goel, Yen ve Weissburg, 2008; Badarnah ve Kadri, 2015), çözüm odaklı (*solution-driven*) (Vattam vd., 2007; Helms vd., 2009), biyolojiden tasarıma (*biology to design*)

(Baumeister, Tocke, Dwyer, Ritter ve Benyus, 2013), biyolojik itme (*biology push*) (ISO/TC266, 2015); aşağıdan yukarıya (*bottom up*) (Speck, Speck, Beheshti ve McIntosh, 2008; Aziz ve Sherif, 2016), biyomimetik tümevarımla (*biomimetics by induction*) (Gebeshuber ve Drack, 2008), biyolojiden uygulamaya (from biology to an application) (Cohen ve Reich, 2016:26) gibi farklı terimlerle ifade edilmektedir.

Çözüm odaklı yaklaşım (*solution-based approach*), ilgilenilen biyolojik sistem hakkındaki bilginin teknik tasarım için başlangıç noktası olduğu biyo-bilgili tasarım geliştirme sürecini tanımlamaktadır. Bu süreçte temel prensipleri çıkarmak ve bu prensipler kullanılarak ele alınabilecek tasarım problemlerini tanımlamak için biyolojik sistemin derinlemesine analizi önem taşımaktadır. Bu ilkelere ilişkin bilgi, öncelikle temel araştırmalardan elde edilmektedir. Elde edilen bilgi soyutlanarak ilgili alandaki probleme uygulanmaktadır (Fayemi vd., 2017).

Bu süreç ilk olarak, benzersiz bir özelliğe veya mekanizmaya sahip bir biyolojik sistemle başlamaktadır. Bu biyolojik sistemin orijinal ve potansiyel faydası fark edildiğinde sistem uygun bir benzetme kaynağı olarak tanımlanmaktadır. Böylece biyolojik bir mekanizmadan birçok yenilik üretilmektedir. Örneğin lotus etkisi, kirli bir ortamda temiz bir nilüfer yaprağı gözlemlendikten sonra keşfedilmiştir. Penguenlerin çok soğuk havalarda yaşamalarına rağmen buz tutmamaları, uçak kanatlarında buz oluşumunu önlemek için biyo-bilgili bir araştırmaya yol açmıştır (Alizadehbirjandi vd., 2015).

Biyolojiden uygulamaya kadar olan biyo-bilgili tasarım sürecine ait aşamalar Şekil 2.5'te görülmektedir. Bu sürecin ilk aşaması olarak benzersiz bir özelliğe veya mekanizmaya sahip bir biyolojik sistemle karşılaşılmakta ve yenilik yapmadaki potansiyel faydası fark edildiğinde ona uygun bir benzetme kaynağı tanımlanmaktadır. 2. aşamada bu biyolojik sistemin hangi problemin çözümü olabileceği belirlenmektedir. Biyolojik sistem ve problem arasında benzerlik ilişkisi 3. aşamayı tariflemektedir. Daha sonra, tasarım çözümlerinin alanlar arasında aktarılmasını sağlayan soyutlama aşaması (4. aşama) ile uygulamaya geçilmektedir. Ardından biyolojik çözümü önerilen bir biyo-bilgili konsepte veya uygulamaya aktarılmaktadır (5. aşama). Bu aşamada biyolojik çözüm daha derinden anlaşılmakta ve belirli bir uygulama tanımlanmaktadır. Son olarak, gerekli görüldüğü takdirde önceki aşamaların her birini değerlendirilmekte ve yineleme yapılmaktadır (6. aşama). Şekil 2.4'te görülebilen kesikli kutu, biyo-bilgili tasarımın temel aşamalarını

içermektedir. Kesikli kutunun dışında, son tasarım aşaması olarak değerlendirme bulunmaktadır. Kaynak (biyoloji) ve hedef (uygulama) arasındaki kalın oklar, bu iki alan arasındaki bağlantı köprüsünü temsil etmektedir (Cohen ve Reich, 2016:26).

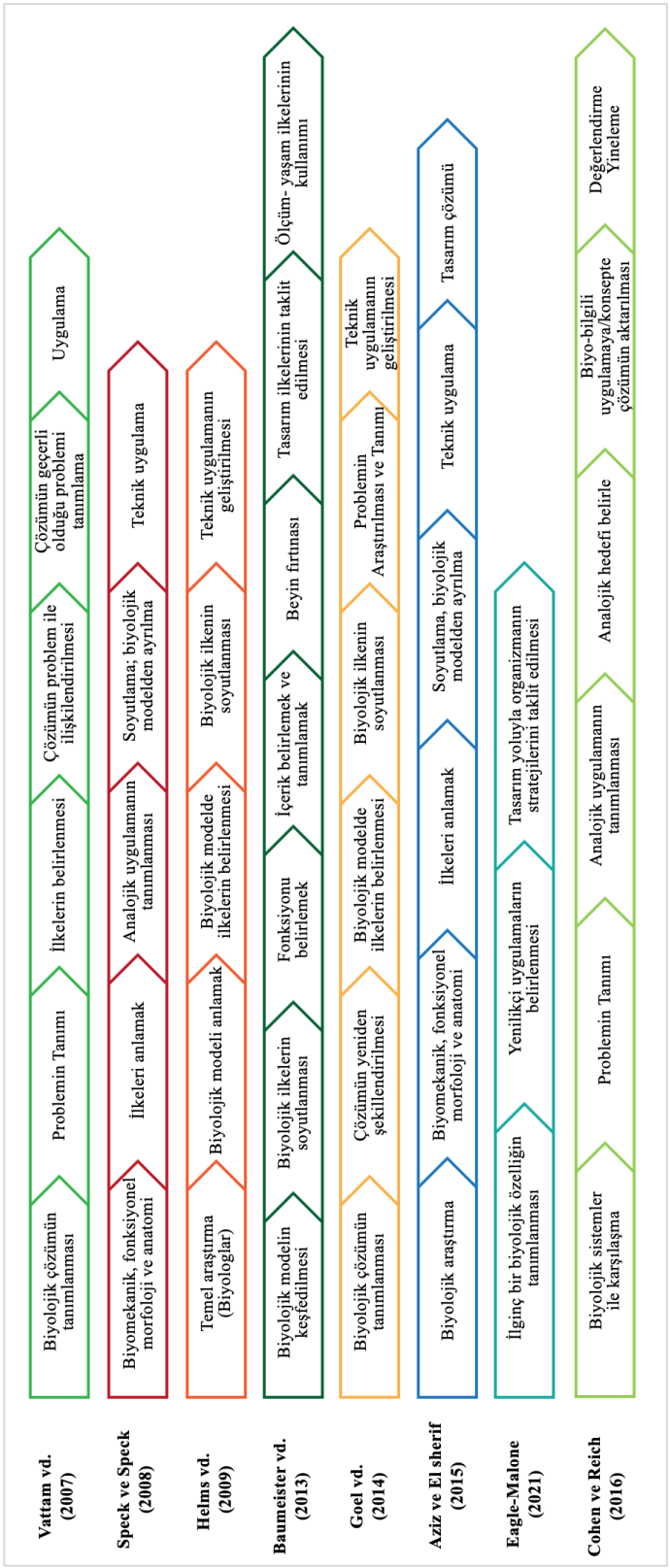


Şekil 2.5. Biyo-bilgili tasarım süreci - biyolojiden tasarıma/teknolojiye/uygulamaya (Cohen ve Reich, 2016:26)

Şekil 2.5'te yer alan süreç modellerinde görüldüğü gibi "çözüm odaklı yaklaşım", biyolojik bir çözümle başlayıp bu çözümden bir ilke çıkarılması ile devam etmektedir. Merak uyandıran bu biyolojik ilke ile ilgili alanda yer alan problem arasında bir bağ kurulmaktadır. İki farklı alan arasında kurulan bu ilişki, biyolojik çözümü daha iyi anlamak için analiz ve soyutlama süreci ile devam etmektedir. Daha sonra bu süreçte çıkarılan "ilkenin" hangi probleme nasıl uygulanacağı / uyarlanacağı belirlenmektedir. Süreç içerisinde ekolojist ya da biyolog, biyolojik özellikleri bir probleme uyarlayarak cevaplar aramaya ve sonrasında ilgili tasarım problemi için çözümler üretmeye çalışmaktadır.

Çözüm odaklı tasarım yaklaşımı ile elde edilen kuramların, uyarlanması ve evrilmesi; kendini örgütleme, maksimizasyon yerine optimizasyon, serbest enerji ve yaşamı kolaylaştıran süreçleri ve malzemeleri kullanarak doğanın iyileştirilmesi gibi konu başlıklarını içermektedir. Bu yaklaşım daha çok mühendislik ve endüstri ürünlerinde uygulanırken mimarlıktaki örnekleri son derece sınırlı olup henüz tüm boyutları ile keşfedilememiştir (Vincent, 2003; Pedersen Zari, 2009). Literatürde farklı araştırmacılar

tarafından ifade edilen sürecin farklı modellerden oluşan temsili toplu olarak Şekil 2.6'da sunulmaktadır.



Şekil 2.6. Farklı araştırmacılar tarafından açıklanan çözüm odaklı süreç

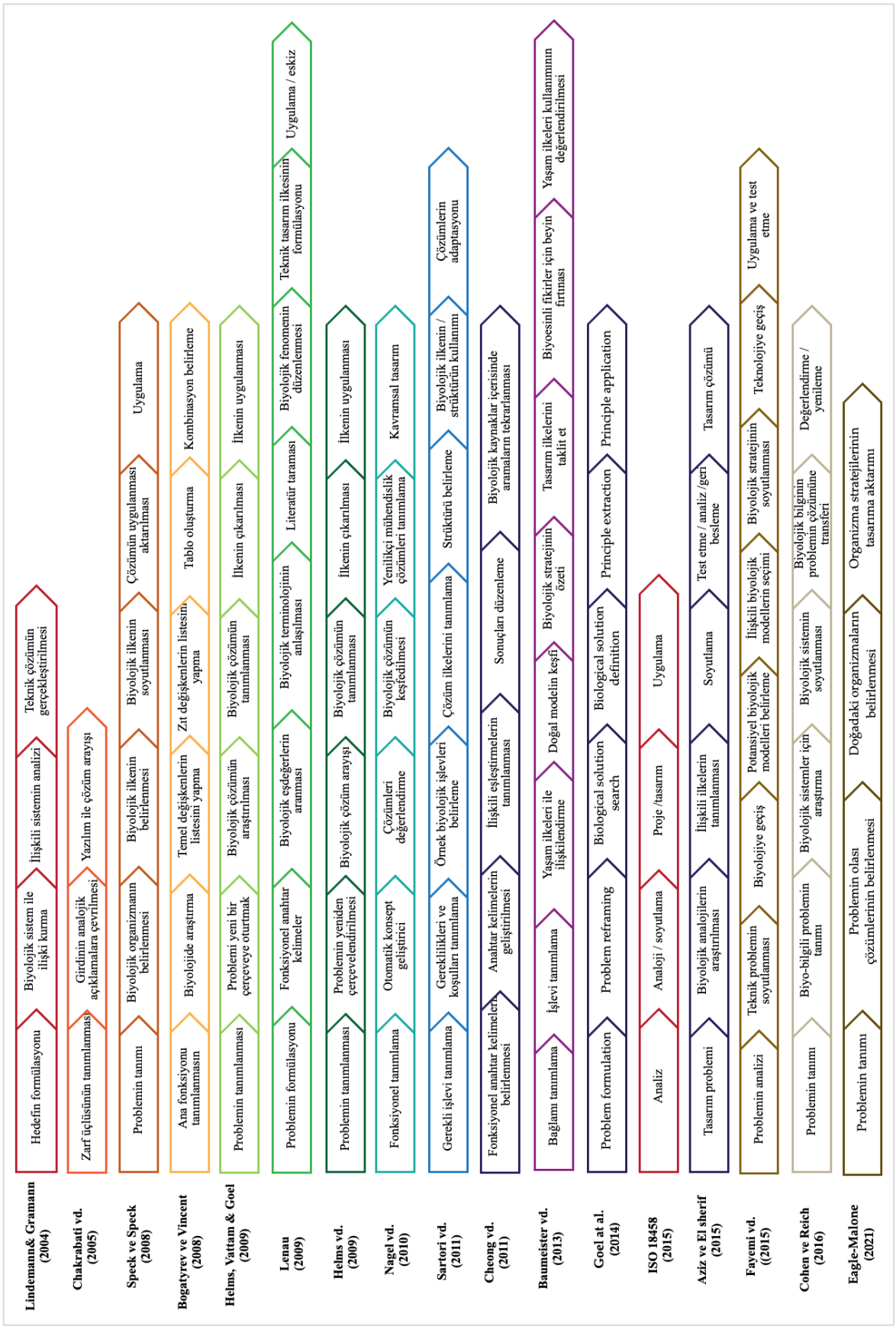
Problem Odaklı Süreç

Biyo-bilgili tasarım yaklaşımının ikinci süreci olarak farklı araştırmacılar tarafından; biyolojiye bakan tasarım (*design looking to biology*) (Pedersen Zari, 2007), problem odaklı (*problem-driven*) (Vattam vd., 2007; Helms vd., 2009; Helms, Vattam, Goel, Yen ve Weissburg, 2008), biyomimetik analoji (*biomimetics by analogy*) (Gebeshuber ve Drack, 2008), yukarıdan aşağıya (*top down*) (Speck vd., 2008), probleme dayalı biyolojiden esinlenmiş tasarım süreci (*Problem-Driven Biologically Inspired Design Process*) (Helms vd., 2009), problem dayalı (*problem-based*) (Badarnah ve Kadri, 2015), biyolojiye meydan okuma (*challenge to biology*) (Baumeister vd., 2013), teknoloji çekme (*technology pull*) (ISO/TC266, 2015), yukardan aşağıya yaklaşım (*top-down approaches*) (Garcia-Holguera, Clark, Sprecher ve Gaskin, 2016), problemden biyolojiye (*from a problem to biology*) (Cohen ve Reich, 2016:21) gibi farklı terimlerle ifade edilmektedir.

Problem odaklı yaklaşım (*problem-driven approach*), pratik bir problemi çözmeyi amaçlayan biyo-bilgili bir tasarım sürecidir ve süreç için başlangıç noktası belirlenen bir problemdir (Goel vd., 2014; ISO/TC266, 2015). Farklı araştırmacılar tarafından ortaya konulan sürecin farklı modellerden oluşan temsili toplu olarak Şekil 2.7'de sunulmaktadır.

Şekil 2.7'de görüldüğü gibi, Lindemann ve Gramann (2004) hedefin formüle edilmesi, biyolojik sistemle ilişkilendirilmesi, ilişkilendirilen sistemin analizi ve teknik çözümün gerçekleştirilmesi olmak üzere problem odaklı süreci dört adımda özetlemektedir. Adımlar yinelemeli olarak devam edebilmektedir. Bogatyrev ve Vincent (Bogatyrev ve Vincent, 2008), biyolojik modellerden temel özelliklerin çıkarılmasına ve bu özelliklerin altı adımlı bir süreç gerçekleştirerek teknolojiye aktarılmasına odaklanan bir süreç tanımlamaktadır.

Lenau (2009), biyomimetiği, doğal dil yaklaşımını kullanan, alt etkinlikler içeren ve genellikle iyileştirme gerektiren bir süreç olarak belirtmektedir. Helms ve diğerleri (2008), probleme dayalı, biyolojik olarak esinlenilmiş bir tasarım süreci modelini, yinelemeli adımların yanı sıra geri bildirim ve iyileştirme döngüleri de dahil olmak üzere altı adımdan oluşan doğrusal olmayan ve dinamik bir ilerleme olarak özetlemektedir.

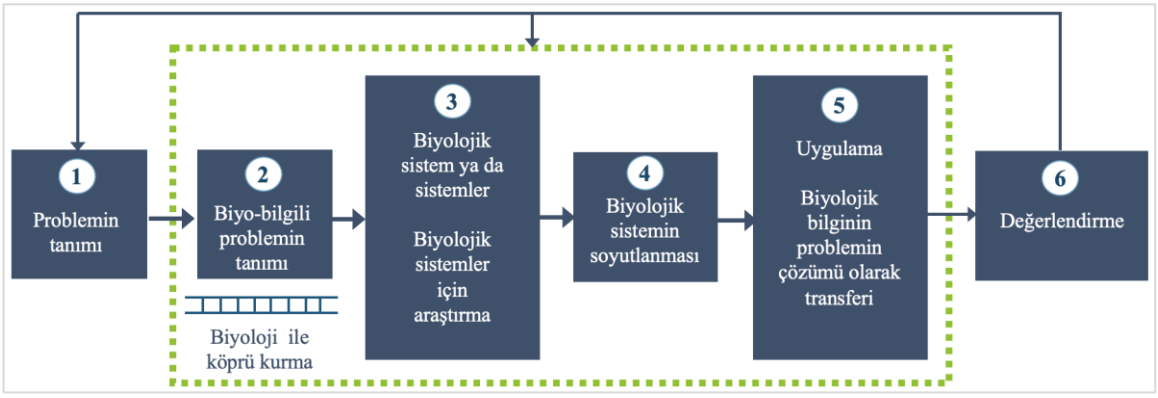


Şekil 2.7. Farklı araştırmacılar tarafından açıklanan problem odaklı süreç

Nagel ve diğerleri (2010) ise, biyolojik olarak ilham alan çözümler için altı adım kullanan bir kavram oluşturma yaklaşımı uygular. Bu adımlar, biyolojik çözümleri keşfetmek amacıyla bir mühendislik sisteminin fonksiyonel modeliyle başlamaktadır. Bunun devamında kavramsal veya ayrıntılı bir tasarımla süreç sonlanmaktadır.

Chakrabarti ve diğerleri (2005b), Shu ve Cheong (2014) ve Cheong ve diğerleri (2011), doğal dil işlemeye dayalı bir süreç modeli özetlemektedir. Model, bir problemi tanımlamak için orijinal bir fonksiyonel anahtar kelimenin tanımlanması ile başlamakta ve biyolojik olarak anlamlı anahtar kelimelerin tanımlanması ile sonlanmaktadır. Baumeister ve diğerleri (2013) biyolojiye yönelik pratik bir meydan okumayı ele almak için tasarım spirali metodolojilerini kullanmaktadır (Şekil 7). Sekiz aşamalı dairesel bir süreç "Biyomimikri Düşünme Yaklaşımı" (*Biomimicry Thinking Approach*), olarak tasarım ilkelerinin ilgili alana aktarımı için rehber olmaktadır.

Son olarak Cohen ve Reich (2016) problemin tanımı ile başladıktan sonra problemin biyolojikleştirilmesi adımını tanımlamaktadır. Biyolojik sistemler için araştırma yapıldıktan sonra diğer süreçlerde olduğu gibi biyolojik sistemin soyutlanması ve bilginin problem çözümü için transfer edildiği adımı belirtmektedir. Gerekli değerlendirmelerin yapıldığı değerlendirme adımı ile de altı basamaklı süreç modeli tamamlanmaktadır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Biyo-bilgili tasarım süreci - tasarımdan biyolojiye (Cohen ve Reich, 2016:22)

Görüldüğü gibi farklı araştırmacıların ele aldığı problem odaklı tasarım sürecinde, sürecin başlangıç noktasını problemin tanımlanması ve analizi oluşturmaktadır. Problemin detaylı analizi ve yerine getirilmesi gereken işlev belirlendikten sonra problem biyolojikleştirilerek biyoloji biliminde aranmaktadır. Bu aşamada doğanın bu problemi nasıl çözdüğüne yönelik araştırmalar yapılmaktadır. Bu araştırmalar neticesinde ilgili biyolojik sistemlere, ilkelere,

süreçlere ve fenomenlere ulaşılmaktadır. Ulaşılan biyolojik sistemde problemin nasıl çözüldüğü tespit edilmeye çalışılmakta ve bu araştırma sonucunda aktarılacak ilkeler belirlenmektedir. Daha sonra ilişki kurulan alana bu ilkelerin aktarımı gerçekleştirilmektedir.

Özetlemek gerekirse, biyo-bilgili tasarım sürecine bakıldığında, biyolojiden ilgili alana ve ilgili alandan biyolojiye olmak üzere iki sürecin olduğu görülmektedir. İlgili alandan biyolojiye olan süreçte, bir disiplin problemi, problemin çözümüne yardımcı olabilecek biyolojik çözüm arayışını başlatmaktadır. Biyoloji ile başlayan süreçte ise, biyolojik sistemlerin, organizmaların incelenmesi, ilgili disiplinde yer alan problemler ve teknik uygulamalar için faydalı olabilecek bazı ilginç özellikler ortaya çıkarmaktadır. Her iki süreçte de doğadan öğrenmek/esinlenmek/ilham almak/uygulamak/fikir üretmek için biyoloji ve faklı disiplinler arasında bir aktarım gerçekleşmektedir.

2.2.2. Biyo-bilgili tasarım eğitiminde kullanılabilecek araç ve yöntemler

Biyo-bilgili tasarım yaklaşımını ele alan araştırmalar, bir tasarım problemini çözmek için kullanılabilecek biyolojik organizmaların / fenomenlerin / sistemlerin aranmasını kolaylaştırmayı amaçlamayan yöntemler önermektedir. İlham alınacak / öğrenilecek / esinlenecek / uygulanacak biyolojik fenomeni / organizmayı / sistemi elde etme süreci literatürde araştırılmıştır. Bu araştırmalar, biyo-bilgili tasarım yönteminin sistematikleştirilmesine yönelik ilk adımı temsil etmektedir.

Biyoloji ve mühendislik, mimarlık gibi farklı disiplinler arasında kurulan süreçler ve ilişkiler çok farklı olduğundan, biyologlar, mühendisler ve mimarların her biri farklı bir dil konuşmaktadır ve bu da aralarındaki iletişimi zorlaştırmaktadır (Aizenberg, Tkachenko, Weiner, Addadi ve Hendler, 2001). Jacobs, Nichol ve Helms (2014) piyasada az sayıda biyo-bilgili ürün yer almasının nedenlerinden birisini, bu ürünleri ortaya koymak için kullanılabilecek net bir yöntemin olmaması, disiplinlerarası çalışmaların sahip olduğu zorluklar ve biyolojinin model olarak karmaşık olması olarak açıklamaktadır.

Biyolojik organizmalar/olgular/stratejiler/sistemler olarak nitelendirilebilecek tüm doğal sistemler, tasarımla ilgili pek çok disiplinde olduğu gibi mimarlık alanında da “problem çözme” konusunda ilham alınabilecek sınırsız sayıda yaratıcı model barındırmaktadır.

Ancak, doğadan esinlenme/öğrenme/uyarlama sürecinde başvurulan "biyolojik bilgiden" doğru cevapları alabilmek ve yenilikçi/yaratıcı sonuçlar elde edebilmek için doğru soruları sormak, problemi doğru tariflemek ve doğru referanslara başvurmak gerekmektedir. Bilgiye erişmek için araştırılması gereken biyolojik terminoloji mimari terminolojiden farklı terimler, kavramlar, bağlamlar ve anlamlar içermektedir. Bir disiplindeki terminolojileri doğru kullanmak, bağlamlarını öğrenmek ve yorumlayarak bir başka disipline aktararak "hızlı sonuçlar" almak ise uzun araştırmalar gerektirmektedir. Bu sebeple olsa gerek "biyo-bilgili tasarım" adı altında gerçekleştirilen araştırmalarda "genellikle" başvurulan biyolojik model(ler)in hangi tasarım özelliklerini içermekte olduğu ve bu biyolojik modellerin nasıl tanımlanarak seçildiği konusu netlikle ifade edilememektedir.

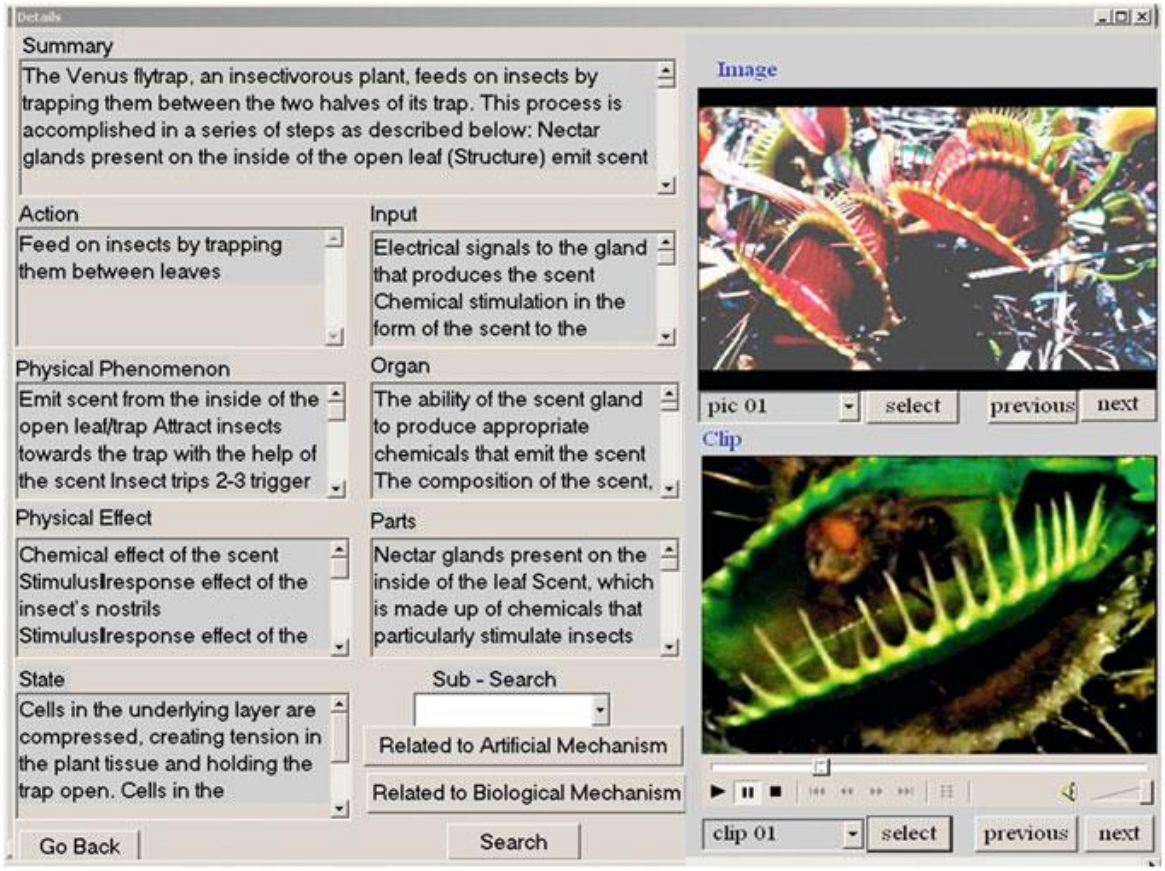
Bu bağlamda, tasarım için biyolojik modellerin kullanımına açık bir tasarımcının/mimarın, belirli bir tasarım problemini çözmek için ilgili biyolojik analojilere nasıl erişeceği, ilgili bilgi kümelerini nasıl ilişkilendirip kurgulayacağı ve tasarımı ile bütünleştireceği konusunda fikir sahibi olabilmesinin ancak bir arka plan bilgisi ile gerçekleştirilebilecek eş zamanlı okumalar/araştırmalar/çalışmalar gerektirmektedir. Bu durum biyoloji biliminden ilgili analojileri belirlemek, biyo-bilgili tasarımı desteklemek için genel yöntemler geliştiren araştırmacılar ve biyolojik analojileri uygulamakla ilgilenen tasarımcılar için en önemli aşama olarak görülmektedir (Nagel, Stone ve McAdams, 2010; Shu, 2010). Bu bağlamda, "tasarım problemini çözmede yardımcı olacak uygun analojiler, biyoloji konusunda uzman olmadan ya da bu arayışı şansa bırakmadan nasıl bulunabilir?" sorusu önem kazanmaktadır.

Buradan hareketle son yıllarda pek çok araştırmacı işlevsel strüktürlerin, etkin sistemlerin, verimli araçların vb. geliştirilmesi için "biyoloji ve mühendislik disiplinleri" arasında "bilgi aktarımı problemi" üzerinde çalışmaktadır. Yine mühendislik bilimlerinde biyolojik fenomenlerin tanımlanması ve başarılı analojilerin gerçekleştirilmesi için birçok çalışma yapılmıştır. Bu bağlamda tasarım dili araştırmaları (*the design language research*) girişimleri arasında Oregon Üniversitesi, Hindistan Bilim Enstitüsü ve Toronto Üniversitesi mühendislik bölümlerinde, çeşitli mühendislik-biyoloji bilgi aktarımı çalışmaları yapılmış ve sonuç ürün olarak da mühendislik-biyoloji sözlükleri (Nagel, Nagel ve Eggermont, 2013; Nagel vd., 2010; Chakrabarti vd., 2005b) oluşturulmuştur.

Pahl, Beitz, Feldhusen ve Grote (2007)) tarafından fonksiyonel mühendislik terimleri sistematize edilmiş, daha sonra Stroble, Stone, McAdams ve Watkins (2009) bir takım

fonksiyonel terimlerin biyolojideki karşılığını içeren ilk mühendislik-biyoloji sözlüğünü oluşturmuştur. Chakrabarti ve diğerleri (2005b) ve Sarkar, Phaneendra ve Chakrabarti (2008) ise fonksiyon-davranış-yapı (*function-behavior-structure*), isim-fiil-sıfat (*verb-noun-adjective*) gibi doğal dil formatında biyolojik organizmaların ve yapay sistemlerin, fonksiyon-davranış-yapı (*function-behavior-structure*) bilgilerini içeren *Idea-Inspire* adlı bir yazılım paketi geliştirmiştir.

Kullanıcı *Idea-Inspire* yazılımını kullanırken, önceden tanımlanmış bir terimler listesinden fonksiyon-davranış-yapıyı tanımlayan terimleri seçerek istenen bir çözüm önerisini görüntülemektedir (Şekil 2.9). *Idea-Inspire* veritabanına ait ekran görüntüsü Şekil 2.9'da görülebilmektedir.



Şekil 2.9. Doğal sistemlerin açıklamalarının yer aldığı veri tabanına ait ekran görüntüsü (Chakrabarti vd., 2005b)

Benzer şekilde Bar-Cohen (2006), mühendislik gereksinimlerine göre biyolojik prensipleri tanımlayan bir veritabanı oluşturmuş, Vincent, Bogatyreva, Pahl, Bogatyrev ve Bowyer (2005) ise, TRIZ veri tabanını biyolojik fenomenleri kapsayacak şekilde genişletmiştir.

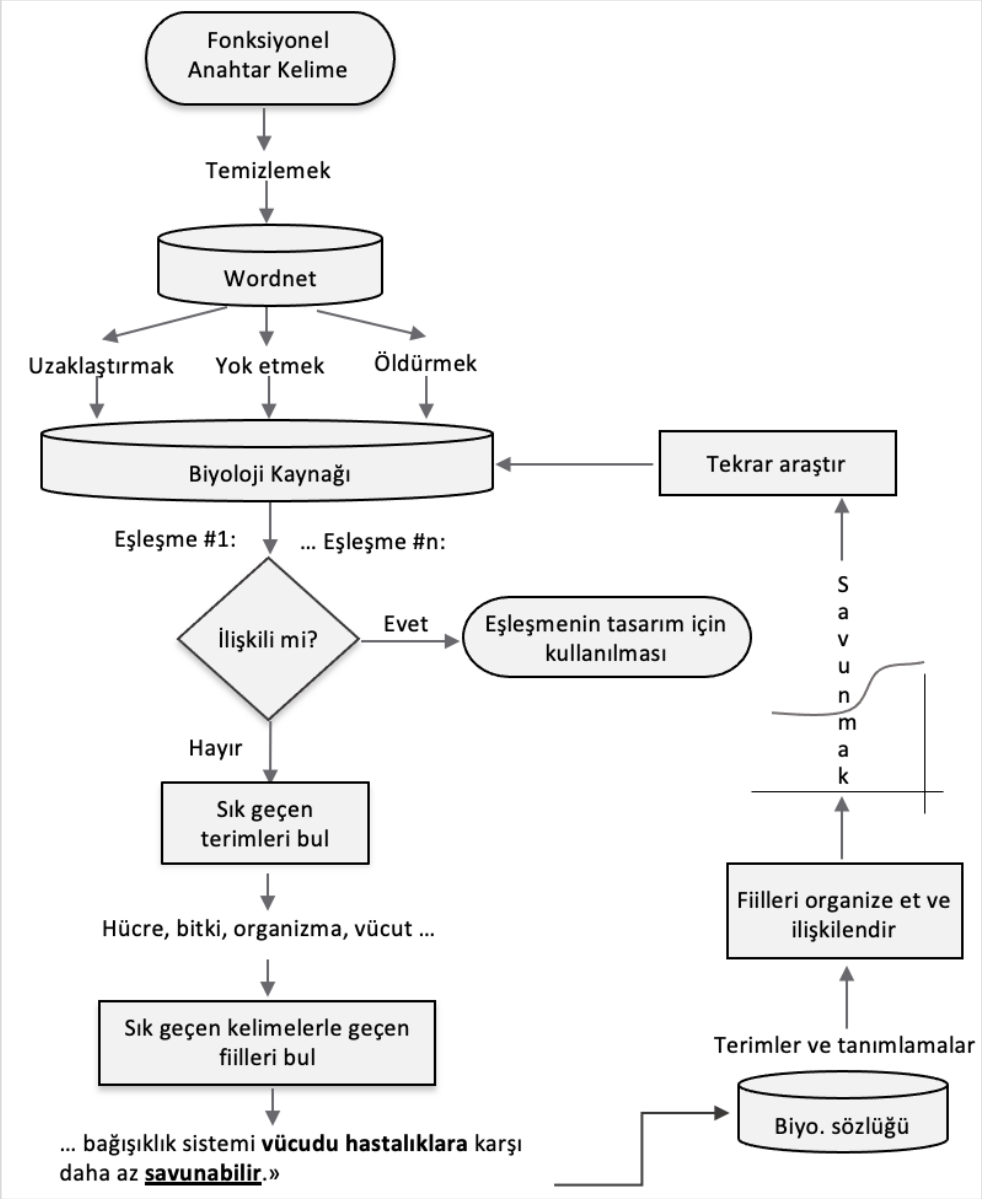
Toronto Üniversitesinde ise mühendislik alanında on yılı aşkın bir süre boyunca Cheong, Chu, Stone ve McAdams (2008) tarafından gerçekleştirilen birçok çalışmada mühendislerin, makaleler ve kitaplar gibi "doğal metin formatında" (*natural-language format*) yer alan biyolojik bilgilere kolaylıkla erişebilmeleri için anahtar kelimeler oluşturulmuştur. Bu anahtar kelimeler mühendislik işlevlerine karşılık gelen ve biyolojik olarak anlamlı terimlerdir (Ivey Chiu ve Shu, 2007b; Ivey Chiu ve Shu, 2007a).

Doğal dil analizi aracılığı ile biyo-bilgili tasarım olarak adlandırılan bu yöntemde amaç, biyoloji ve mühendislik terminolojileri arasında bağlantı kurmak (Vakili ve Shu, 2001) ve mühendislik tasarımı için bir biyolojik veritabanı oluşturmaktır (Shu, 2010).

Fu, Moreno, Yang ve Wood (2014) ise tasarım problemi ile ilgili çözümler/stratejiler üretmek amacıyla, mevcut biyoloji metinlerini taramak için yöntem ve hesaplama aracı öneren doğal dil analizi ile biyo-bilgili tasarım yöntemini aşağıdaki gibi özetlemektedir:

1. Belirle: Orijinal işlevsel anahtar kelimeleri belirleme
2. Genişlet: *Hypernyms*, *synonyms* ve *troponyms* kullanılarak anahtar kelimelerin genişletilmesi
3. Araştır: Biyoloji metinlerinde ilgili eşleşmeleri belirleme (anahtar kelimelerin karşılık bulduğu durumlar, kelimeler), sık geçen kelimeleri belirleme, fiillerin yerine kullanıldığı kelimeleri saptama.
4. Organize et: Sonuçları düzenlemek ve fiiller arasında bağlantı kurmak.
5. Tekrarla: Biyoloji metinlerinde kurulan bağlantıları yineleme (Fu vd., 2014).

Beş adım olarak tanımlanan yöntemin "temizlemek" anahtar kelimesi kullanılarak gerçekleştirilen akış şeması Şekil 2.10'da görülmektedir.



Şekil 2.10. “Temizlemek” anahtar kelimesi için yapılan arama (Li Shu, 2010)

Şekil 2.10’da görüldüğü gibi ilgili eşleşmeler içinde, sıklıkla meydana gelen kelimeler, tipik olarak isimler, örneğin hücre, bitki ve hastalık, onları etkileyen fiillerle birlikte tanımlanmıştır. Bu fiiller daha sonra bir biyoloji sözlüğünde aranmıştır (Shu vd., 2011).

Nagel, Stone ve McAdams (2010) da mühendislik ve biyoloji arasındaki etkileşimi arttırmak amacıyla bir mühendislik-biyoloji sözlüğü oluşturup söz konusu iki alan arasındaki terminolojiyi ilişkilendirmektedir. Böylece bu disiplinler arasındaki iş birliğinin artması ve tasarımcıların biyolojik bilgiye erişiminin kolaylaşması amaçlanmıştır. Söz konusu çalışmada sunulan mühendislikteki fonksiyonel anahtar kelimelerin (*functional keyword*) biyolojideki eşanlamlıları, yapılan çalışmaların bir entegrasyonu olarak sunulmuştur.

Oluşturulan mühendislik-biyoloji sözlüğü daha sonra farklı biyolojik bilgilere sahip acemi (*novice*) ve daha deneyimli (*more experienced*) mühendislik öğrencilerinin kullanımına sunulmuştur. Sonuçta öğrencilerin biyo-bilgili tasarımlar geliştirmek için tasarım aracını başarıyla kullandıkları gözlemlenmiştir (Nagel vd., 2013).

Doğal dil işleme içerisinde yer alan kavram madenciliği de veriyi açığa çıkarma amacıyla kullanılmaktadır. Bu bağlamda Türkiye'de, Boğaziçi Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nden Cem Rıfkı Aydın tarafından yazılan "Türkçe İçin Sözlük Tabanlı Bir Kavram Çıkarma Sistemi Geliştirilmesi" (Aydın, 2014) adlı yüksek lisans tezi bu alanda literatüre girmiştir. Kavram madenciliği (*concept mining*) olarak adlandırılan bu yöntemde, yazınsal, görsel veya işitsel metinlerden anlamlı kavramlar çıkarma işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada metinlerden kavram çıkarmak için makine öğrenme algoritmaları ve kümeleme algoritması kullanılmıştır. Bunun yanında bu çalışmada yabancı literatürde sıklıkla kullanılan WordNet gibi kelimelerin birbiriyle olan ilişkilerini hiyerarşik bir düzen içinde içeren veritabanı yerine TDK sözlüğü kullanılmıştır. WordNet kelimelerinin birbiriyle olan ilişkisini ifade eden *synset* adlı kümeleri barındıran bir veritabanı olup içerisinde eşanlamlılık (*synonymy*), genel anlamlılık (*hypernymy*), zıt anlamlılık (*antonymy*), *troponym* gibi pek çok ilişki barınmaktadır (Aydın, Erkan, Güngör ve Takçı, 2013).

Çevrimiçi bir sözlüksel veritabanı olan WordNet, orijinal olarak formüle edilmiş anahtar kelimelerin eşanlamlılarını veya troponimlerini tanımlamak için kullanılmaktadır. WordNet kendi sözlüğünü kategorize etmek için semantik bilgiyi kullanırken, VerbNet fiilleri kategorize etmek için hem semantik hem de sözdizimsel bilgiyi kullanmaktadır (Nagel, 2016).

Biyo-bilgili tasarım sürecinde, biyolojiden bir başka alana bilgi aktarırken zorluklarla karşılaşılmaktadır. Bu süreci kolaylaştırmak ve yaygınlaştırmak adına mühendislik alanında araçlar geliştirilmiştir. Bu bağlamda konu kapsamında literatürde yer alan mevcut araçlar genel bir bakış açısı ile ele alınarak Çizelge 2.2'de sunulmaktadır. Biyo-bilgili yaklaşımı kolaylaştırmak ve yaygınlaştırmak amacıyla geliştirilen bu çalışmalar; makale başlığı, geliştirilen yöntem, yayın yılı ve referansı kronolojik bir sıralama ile verilmiştir. Çizelge 2.2, literatürde yer alan biyo-bilgili tasarım sürecini kolaylaştırmak için geliştirilmiş araçları göstermektedir.

Çizelge 2.2. Biyo-bilgili tasarım için literatürde yer alan araçlar

	Makale Başlığı	Yöntem	Referans
1	The Seven Steps Of Bionik (*Die Sieben Denkschritte der Bionik*)	Metodoloji, biyolojik ve teknolojik fonksiyonların karşılaştırılması, çözümleri karşılaştırmak ve uygulanabilirliği ölçmek için kısıtlamalar ve performans kriterleri	(Zerbst, 2013)
2	16 Patterns of Nature	Biyolojik sistemlerin sınıflandırılması	(Hoagland, Dodson ve Hauck, 2001)
3	Catalogue of Biological Principles	Biyolojik yapılara ait biyolojik yapısal ilkeler	(Hill, 1998)
4	Bioanalogous Similarity Matrix	Metodoloji ve uygulanabilirliği ölçmek için biyolojik ve teknolojik sistemin karşılaştırılması	(Küppers ve Tributsch, 2009)
5	The Ten Fundamental Principles Of Biological Systems (*Die Zehn Grundprinzipien Biologischer Systeme*)	Biyolojinin daha derin anlaşılması için biyolojik sistemlerin on özelliğinin statik listesi; biyoloji ve teknolojinin karşılaştırılmasını ve prensiplerin teknolojiye aktarılmasını sağlar	(Nachtigall, 2002)
6	Bidlab Search Tool – Natural Language Analysis For Biomimetic Design	Biyolojik analojileri tanımlamak ve biyoloji literatüründeki metinleri aramak için WordNet tabanlı araç	(Ivey Chiu ve Shu, 2004)
7	Idea-Inspire	Esinlenme ve problem çözmek için biyolojik ve yapay sistemlerin yer aldığı veri tabanı	(Chakrabarti, Sarkar, Leelavathamma ve Nataraju, 2005a)
8	A Systematic Catalogue For Biomimetic Design	Biyolojik sistemlerin daha iyi anlaşılması ve teknolojiye aktarılması için biyolojik sistemler kataloğu	(Nachtigall ve Wisser, 2005)
9	Transfer Checklist Of Biological Association	Biyolojiden seçilmiş örneklerle eşleştirilen teknolojinin işlevsel ilkeleri	(Lindemann ve Gramann, 2004) (Gramann,
10	Biotriz	Biyolojik çözümlerden türetilmiş çatışmaların çözümü için matris, yaratıcı problem çözme teorisinin 40 yaratıcı ilkesine atıfta bulunmaktadır (TRIZ)	(Julian F Vincent vd., 2006)
11	Functional Modelling	Biyolojik sistemlerin fonksiyonel olarak modelleme yöntemi, fonksiyon tabanlı bir biyomimetik tasarım aracı	(R. L. Nagel vd., 2008)
12	Systematic Reverse Engineering Of Biological Systems	Tersine mühendislik için sistematik yöntem, tasarımcılara biyolojik modellerin tanımlanmasında yardımcı araç	(J. O. Wilson ve Rosen, 2007)
13	Natural Language Analysis	Biyoloji ve mühendisliği birleştirmek için biyolojik olarak anlamlı anahtar kelimeler üretme ve sıralama yöntemi	(Ivey Chiu ve Shu, 2007b)
14	Biologically Meaningful Keywords	Fonksiyonel temelli terimlerden yola çıkarak, biyolojik olarak anlamlı anahtar kelimelerin tanımlanması	(Cheong vd., 2011) (Cheong vd., 2008)
16	Ontology for Bioinspired Design	İlişkili fiziksel mimarilere, davranışlara, işlevlere ve stratejilere dayanan biyo-esinli tasarım çözümlerini bulmak ve yeniden kullanmak için ontolojik araç	(Yim, Wilson ve Rosen, 2008)

Çizelge 2.2. (devam) Biyo-bilgili tasarım için literatürde yer alan araçlar

	Makale Başlığı	Yöntem	Referans
17	Asknature	Fonksiyonlara göre sınıflandırılmış açık biyolojik bilgi veri tabanı	(Deldin ve Schuknecht, 2014) (URL-61)
18	Biomimicry Taxonomy	Biyolojiyi fonksiyona ve soyutlanan fonksiyonel ilkelere göre düzenlenen statik liste	(Deldin ve Schuknecht, 2014) (URL-73)
19	Sappiıre (State Change–Action–Part– Phenomenon–Input–Organ–Effect) Model	Biyolojik veya yapay sistemleri temsil etmek için kullanılan model	(Chakrabarti vd., 2005b) (Venkataraman ve Chakrabarti, 2009)
20	Categorisation Of Natural Language Keywords	Biyolojik fenomenleri tanımlamanın etkinliğini artırmak için anahtar kelimelerin kategorize edilmesine yönelik yöntem	(Ke, Chiu, Wallace ve Shu, 2010)
21	Functional Modelling – Category And Scale	Biyoloji modelleme yöntemi	(Jacquelyn KS Nagel, Nagel, Stone ve McAdams, 2010)
22	Engineering-To-Biology Thesaurus	Biyolojik terimleri, işlevsel temel sözlüğüne dayalı mühendislikle ilişkilendiren eş anlamlılar sözlüğü	(J. K. Nagel, R. B. Stone, vd., 2010)
23	Nature-Inspired Design Principles	Biyomimikri 3.8'in yaşam ilkeleri ve beşikten beşik (*cradle-to-cradle*) ilkelerine dayanan doğal ilkeler	(URL-74)
24	DANE (Design By Analogy To Nature Engine)	Hesaplamalı araç, biyolojik Yapı-Davranış-Fonksiyon (SBF) modellerinin veri tabanı	(S. Vattam, Wiltgen, Helms, Goel ve Yen, 2011) (URL-75)
25	Automatically Populating The Biomimicry Taxonomy For Scalable Systematic Biologically İnspired Design	Biyolojik tasarımların yapılandırılmasını ve seçimini destekleme ve biyolojik analojileri Biyomimikri Taksonomisinde sınıflandırma yöntemi	(Vandevenne, Verhaegen, Dewulf ve Duflou, 2012)
26	Automatic Extraction Of Causally Related Functions From Natural-Language Text For Biomimetic Design	Biyolojik metindeki ilgili dilsel kalıpları belirleme aracı	(Cheong ve Shu, 2012)
27	A Computational Approach To Biologically İnspired Design	Biyolojik olarak ilham alan konsept üretimi için algoritma	(Jacquelyn KS Nagel ve Stone, 2012)
28	Life’s Principles	Sürdürülebilirliği ifade eden biyolojinin 26 temel ilkesi	(Baumeister vd., 2013) (Benyus, 1997)
29	Biologue	Biyoloji makalelerinin işbirlikçi semantik açıklaması için etkileşimli çevrimiçi bilgi sistemi; anlamsal açıklamalı biyoloji makaleleri için arama motoru	(S. S. Vattam ve Goel, 2011)

Çizelge 2.2. (devam) Biyo-bilgili tasarım için literatürde yer alan araçlar

	Makale Başlığı	Yöntem	Referans
30	Ontology of Biomimetics	Biyolojik fonksiyonların ontolojisi, TRIZ'in 40 yenilikçi ilkesine atıfta bulunur	(Julian FV Vincent, 2014)
31	Bionicinspiration.org	Biyonik kategoriler ve vaka çalışmaları sunan web sitesi	(URL-76)
32	Ontology Explorer Biomimetics Ontology DB	Biyolojik modellerin tanımlanması için web aracı; biyomimetik veri tabanı araştırması	(Kozaki ve Mizoguchi, 2014) (URL-77)
33	Unified Ontology For Causal-Function Modeling In Biologically İnspired Design	Biyomimetik araçları içeren süreç tanımı	(Rosa, Cascini ve Baldussu, 2015)
34	Four-Box Method	Problem formülasyonu ve analoji değerlendirmesi; işlevleri, sistemlerin özelliklerini ve performans kriterlerini açıklar	(Helms ve Goel, 2014)
35	T-Chart	Analoji değerlendirmesi, biyolojik ve teknolojik sistemlerin karşılaştırılması	(Helms ve Goel, 2014)
36	Bioscrabble	Büyük metin kaynaklarından biyolojik analojilerin arama terimi tabanlı çıkarılmasını destekleyen yazılım, sonuçları yönetmeyi destekler	(Kaiser, Hashemi ve Lindemann, 2014)
37	Biop-C: The Biology Phenomenon Categorizer	Hesaplama oyunu; biyolojik olaylar hakkında hesaplanabilir bilgiler toplar ve kalitelerini değerlendirir; Kriterler AskNature, Dane, Idea-Inspire ve doğal dilde arama araçlarıdır.	(Arlitt, Immel, Berthelsdorf ve Stone, 2014)
38	Biotransferability Framework	Biyolojik analojilerin faydasını ve biyolojiden mühendisliğe riski değerlendirmek için stokastik çok kriterli kabul edilebilirlik analizinin biyolojik olarak esinlenilmiş tasarımdan (BID) alınan kriterlerle kombinasyonu	(Williams, Ertas ve Tate, 2014)
39	Structure–Function Patterns	Biyolojik yapı-fonksiyon kalıpları tablosu, biyolojik veri tabanlarında arama yapmak için anahtar kelimeler sağlar, biyolojik modellerin tanımlanması için biyolojik metinlerin soyutlanmasına yardımcı olur.	(Cohen, Reich ve Greenberg, 2014)
40	Design Study Library	Web aracı, dijital bir kütüphanenin örnek olaylarını araştırır, analojik öğrenmeyi destekler.	(Goel, Zhang, vd., 2015)

Mühendislik tasarımından türetilen kavramsal araçların biyo-bilgili tasarım yaklaşımı çalışma sürecinde yararlı olduğu kanıtlanmıştır (Pahl vd., 2007). Bu bağlamda bu araçlar farklı seviyelerdeki bilgiyi sistematikleştirmek ve açıklığa kavuşturmak için kullanılmaktadır. Bu kavramsal araçları kullanarak, biyolojik veya mimarlık sistemlerinde "işlevlerin" ve "çalışma prensiplerinin" neyi temsil ettiği netleşmektedir. Bununla birlikte, biyolojik modelden teknik uygulamaya neyin aktarıldığı açıkça görülmektedir.

Doğal Dil Yaklaşımı

Yapılan araştırmalar sonucunda mimarlık disiplini dışında birçok tasarım alanında özellikle makine mühendisliğinde pek çok çalışma yürütüldüğü ve tasarımdan uygulamaya, eğitimden Ar-Ge çalışmalarına kadar pek çok süreçte faydalanılacak biyo-bilgili kavramlar[13] üretildiği görülmüştür (Nagel ve Stone, 2011; Nagel, Stone, vd., 2010; Shu, 2010; Chakrabarti vd., 2005b). Buradaki temel amaç ilgili alan problemini açıklayan anahtar kelimeler[14] için doğal dil formatındaki biyolojik bilgiyi araştırmak olduğunun altını çizmek önemlidir. Bu bölümde doğal dil yaklaşımı ve bu yaklaşımın biyolojik analojilerin tanımlanmasını nasıl kolaylaştırdığı ele alınmaktadır.

Biyolojiden ilham alan tasarımdaki pek çok çalışmada, belirli biyolojik modelleri kopyalayan belirli tasarım vakalarını içerse de bu biyolojik modellerin nasıl tanımlandığı veya seçildiği her zaman açıklanmaz. Tasarım için biyolojik modelleri kullanmaya açık olan mühendislerin, belirli bir problem için ilgili biyolojik analojileri bulmakta zorluk çekmeleri olasıdır (Shu vd., 2011).

Biyo-bilgili tasarım sürecini en iyi şekilde desteklemek için, çeşitli alanlardan ve geçmişlerden hem acemi hem de uzman tasarımcılar dahil olmak üzere biyo-bilgili tasarımı kullananların ihtiyaçlarını nesnel ve sistematik olarak belirlemek önem taşımaktadır. Destek araçları, halihazırda var olan bariz çözümlere veya akla ilk gelen yaklaşımlara dayanmak yerine, bu ihtiyaçları ele almalıdır. Biyolojiden ilham alan tasarım, tasarımcının zaten bildiği açık biyolojik fenomenler ve çözümlerle sınırlı kalmamalıdır. Benzer şekilde, biyo-bilgili tasarım sürecini destekleyen araştırma ve araçlar, araştırmacıların kişisel bilgi ve deneyimleriyle sınırlı kalmamalı, biyolojik olarak ilham alan tasarımın birçok perspektifinden sistematik olarak tanımlanan ihtiyaçları en iyi şekilde ele almayı amaçlamalıdır (Shu, 2010; Shu vd., 2011).

Bu bağlamda sistematik bir süreç olarak ifade edilen doğal dil yaklaşımı, metinler ve ses veya görsel dosyalar gibi yazılı kaynakları/metinleri ifade etmek için kullanılan "doğal dil

[13] Kavram: Bir nesnenin veya düşüncenin zihindeki soyut ve genel tasarımı, mefhum, fehva, konsept, nosyon; felsefede ise nesnelerin veya olayların ortak özelliklerini kapsayan ve bir ortak ad altında toplayan genel tasarım, mefhum, konsept, nosyon (URL-23).
[14] Anahtar Kelime (*Keywords*): Metin belgelerini aramak için kullanılan karakter dizileri (Cheong vd., 2008), "Bir yazıda konuyu en açık bir biçimde yansıtan kelime veya kelime grubu, anahtar sözcük" şeklinde belirtilmiştir (URL-23).

formatı" (Shu ve Cheong, 2014; Nagel, Nagel ve Stone, 2011; Vandevenne, Verhaegen, Dewulf ve Duflou, 2011) ve "kavram madenciliği"ni (Aydın vd., 2013) kapsayan ve yazılı kaynaklardan anlamlı kavramların çıkarılması süreci olarak tanımlanmaktadır. Tasarımcıların biyolojik bilgi içeren doğal dil metinlerinden biyolojik bilgi elde etmelerine yardımcı olmaktadır (Shu ve Cheong, 2014; Shu vd., 2011). Doğal dil yaklaşımı, kitaplar ve makaleler gibi doğal dil formatında faydalı biyolojik bilgilere ulaşılmasına yardımcı olan bir yöntemdir. Biyolojik olayları tanımlayan kitaplar, makaleler ve diğer doğal dil kaynakları giderek artan bir şekilde dijital/çevrimiçi formatta erişilebilir hale gelmektedir. Bu tür büyük miktarda biyolojik bilgiden olası analojileri belirlemeye yönelik daha nesnel ve sistematik bir yaklaşım sağlamak için, Vakili ve Shu (2001) gibi birçok araştırmacı doğal dil yaklaşımını seçmiş ve izlemiştir.

Bu yaklaşımda problemi tanımlayan fonksiyon genel olarak fiillerle temsil edilmektedir. İşlevsel fiillerin nesneleri dışında isimlerin kullanılması genellikle önerilmez, çünkü bu fiziksel bir çözümün zaten akılda olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, sıfatlar çözümün istenen niteliklerini tanımlayabildiğinden, sıfatların kullanımı da potansiyele sahiptir. Fiil anahtar sözcükleri, istenen çözümlerle işlevsel olarak ilişkili biyolojik analojileri bulabilirken, benzer nitelikleri paylaşan biyolojik analojileri veya istenen çözümle çalışma ortamlarını bulmak için sıfatlar kullanılabilir. Biyolojik kaynakta arama yapmak için belirlenen anahtar kelimeler, olası çözümlerin istenen etkisini açıklayan fiillerdir. Shu (2006) isimlerin aranmasının tipik olarak önceden tasarlanmış çözümlere yönlendirdiğini, istenen eylemi tanımlayan fiillerin ise tasarımcının daha önce ulaşmadığı biyolojik formları tanımlama olasılığını arttıracağını belirtmektedir. İşlevsel tanımlamayla tutarlı olarak, aramaları başlatmak için anahtar sözcükler olarak fiiller, isimlere göre daha çok tercih edilir. İsimlerle arama yapmak, önceden tasarlanmış analojiler veya çözümler önerirken, istenen eylemi tanımlayan fiilleri aramak, bu eylemi gerçekleştiren daha geniş bir biyolojik form yelpazesini nesnel olarak tanımlamak için daha olasıdır. Örneğin, 'korumak' fiili anahtar sözcüğüyle arama yapmak, korumayı içeren birkaç biyolojik olayı tanımlayacaktır. Bununla birlikte, 'kütikül' isim anahtar sözcüğünü kullanarak arama yapmak, yalnızca kütiküllerle ilgili bilgileri tanımlayacak ve böylece potansiyel koruma çözümlerini kütiküllere dayalı olanlarla sınırlandıracaktır (Ke vd., 2010).

Problemin tanımı yapıldıktan sonra problemin biyolojikleştirilmesi, biyologlara sorulması ya da AskNature (www.asknature.org) gibi veri tabanlarında çözüm araştırmaları

yapılmaktadır. Bu süreçte biyologlara erişim her zaman mümkün olmamaktadır. AskNature' veri tabanında ise sıklıkla, biyolojik olayları kategorize etmek için kullanılan aynı anahtar kelimeler ve bunlara dayalı olarak geliştirilen geçmiş mühendislik çözümleri, arama anahtar kelimeleri olarak sunulmaktadır. Biyo-bilgili tasarımı desteklemek için özel olarak geliştirilmiş bir veri tabanında arama yapmanın ana dezavantajı, arama sonuçlarının veri tabanına girilenlerle sınırlı olmasıdır. Doğal dil tabanlı arama, kategorize edilmiş biyolojik olaylardan oluşan bir veri tabanı oluşturmaya ek olarak, başka bir yaklaşım, ilgili fenomenleri doğrudan arayarak doğal dil formatında (örneğin metinler, makaleler) halihazırda mevcut olan bol miktarda biyolojik bilgiden yararlanmaktadır. Bu yaklaşım aynı zamanda ilgili alan için tüm biyolojik fenomenleri kataloglamak gibi olası öznel görevi de ortadan kaldırmaktadır (Shu ve Cheong, 2014). Olguları kategorize etmek için kullanılan anahtar sözcükler genellikle olası arama anahtar sözcükleri olarak sunulduğundan, biyo-bilgili tasarımı desteklemek için özel olarak oluşturulmuş veri tabanlarında arama yapmak, doğal dil kaynaklarını aramaktan daha basit olma eğilimindedir. Veri tabanlarından farklı olarak, doğal dildeki metinde ilgili analojileri bulmak, çeşitli doğal dil kaynaklarının yazarları tarafından yapılan kelime seçimlerine tabidir. Yani, birden fazla terim aynı kavramı tanımlayabilir ve böylece konumlandırabilir (Shu vd., 2011).

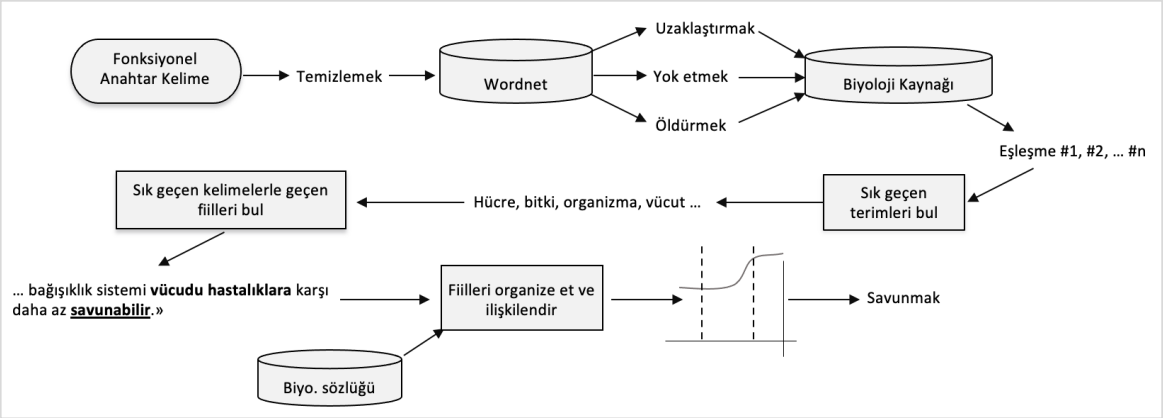
Bu bağlamda başlangıçta belirlenen fiilin eşleşme sayısını artırmak için fiilin eşanlamlıları da kullanılmaktadır. Vakili ve Shu, eşanlamlıların, belirli bir işlevsel anahtar kelime için eşleşme sayısını artırmanın açık bir yolu olduğunu belirtmektedir (Vakili ve Shu, 2001). Buna ek olarak, "*troponyms*" ve "*hypernym*" kelimelerinin başka anahtar kelimeler üretilmesinde aynı şekilde yol gösterici olmaktadır. Burada "*troponyms*" terimi, daha genelleşmiş bir anlamın fiilini değiştirerek bir şeyin uygulanma şeklini daha kesin gösteren bir fiil; örneğin, uygun adımla yürüyüş (*march*), yürüyüş (*walk*) fiilinin bir *troponym*'idir. Bir başka tanımla, bir şeyi yapmanın belirli bir şeklini ifade eden bir kelime, örneğin "kalkan", "korumak" teriminin bir *troponym*'dir (Cheong vd., 2008). "*Hypernym*" ise daha spesifik anlamlara sahip kelimelerin yer aldığı bir kategoriyi oluşturan daha geniş anlamlı olan bir kelime; bir üst düzey olarak tanımlanmaktadır. Örneğin, renk sözcüğü, kırmızı sözcüğünün bir hipernimidir (URL-78). Dilimize hipernim olarak tercüme edilen "*hypernym*" bir başka kaynakta, kelime ile daha genel/üst kavram arasındaki anlam ilişkisi olarak açıklanmıştır (Aydın vd., 2013).

Biyolojik kaynak olarak kullanılan kaynağın, biyolojide çok az veya hiç altyapısı olmayan araştırmacılar tarafından kolayca anlaşılabilecek bir düzeyde yazılmış olması gerekmektedir. Anlama kolaylığına ek olarak, giriş seviyesindeki metinler genel olma eğilimindedir ve moleküler ve hücresel düzeyden ekosisteme kadar çok çeşitli organizasyonel seviyeleri kapsamaktadır. Temel bir metinden elde edilen ilk sonuçlar, konuyu tanıtmak ve tasarım problemiyle alaka düzeyini doğrulamak için daha etkili olmaktadır. Dijital aranabilir bir sürüm araştırmanın hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi için gerekmektedir. İlgili sistemler belirlendikten sonra, daha gelişmiş metinler, araştırma makaleleri aracılığıyla belirlenen sistem hakkında daha fazla ayrıntı bulunabilmektedir. Konunun anlaşılması, uygunluğunun tespiti ve bir çözüm geliştirmek ve biyolojik sistemin detaylarını anlamak için ayrıntılı kaynaklardan araştırmalar yapılmaktadır (Nagel, 2016).

Biyolojik analojileri tanımlamak için doğal dil bilgisi kaynaklarının (*natural-language knowledge sources*) kullanılmasının avantajları olduğu gibi bazı zorlukları da bulunmaktadır. Birincil zorluk karşılaştırmaların niteliği ve niceliğidir. Örneğin, kaynak olarak kullanılan tek bir metinde, eşanlamlılar, *troponymler,* vb. dahil olmak üzere anahtar kelimelerin birçok biyolojik eşleşmesi ortaya çıkabilir. Bu bağlamda aranan anahtar kelimelerle sıklıkla eşleşen sözcüklerin tanımlanması, anahtar kelimelerle ilişkilendirilen baskın biyolojik fenomenleri özetlemek için kullanılabilir. Bu aşamadaki zorluk, mimarlar ve biyologların ilgili olguları tanımlamak için farklı sözcükler veya terminoloji kullanması nedeniyle ortaya çıkmaktadır.

Örneğin, Chiu ve Shu (2005) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, temizliği içeren bir problem için "temizlemek (*clean*)" anahtar kelimesini aramak, yararlı olabilecek birçok eşleşmeyi gerçekleştiremediği görülmüştür. Bu nedenle, araştırmacılar alternatif anahtar kelimeler için bir biyoloji uzmanına danışmış, bazı organizmalar savunma mekanizması olarak temizlendiğinden, uzman tarafından "savunmak (*defend*)" anahtar kelimesi kendilerine önerilmiştir. Oysa ki "savunmak" fiili, çoğu mühendis için ne sezgisel olarak ne de eş anlamlı gibi sözcüksel olarak "temizlemek" ile ilgilidir. Yöntem içerisinde, "temizlemek" fiili için yan anlamlı olarak "savunmak" fiili biyolojik olarak anlamlı anahtar kelimeleri bulmak için kullanılmıştır (Shu, 2006). Aynı fenomeni tanımlamak için mühendislik ve biyoloji arasındaki farklı sözcükler, Chiu ve Shu (2005) tarafından biyolojik olarak anlamlı anahtar kelimeler olarak adlandırılmıştır. Bu nedenle, Chiu ve Shu (2005) ve Chiu ve Shu (2007a), biyolojik olarak anlamlı anahtar kelimeleri nesnel ve tekrarlanabilir

bir şekilde tanımlayan bir köprüleme yöntemi geliştirmiştir. Yöntemde, sıklık analizini kullanılmaktadır. ‘Temizleme/savunma’ örneği için biyolojik olarak anlamlı kelimelerin bulunması süreci Şekil 2.11’de özetlenmiştir. Bu süreçte ilk olarak, WordNet kullanılarak “temizlemek” hipernimleri bulunmuştur. Orijinal ve diğer anahtar sözcükler daha sonra biyoloji kaynağında aranmıştır.



Şekil 2.11. Anahtar kelime köprüleme yönteminin, mühendislik anahtar kelimesi ‘temizle-’ için biyolojik olarak anlamlı ‘savunma’ anahtar kelimesini bulmayı gösteren akış şeması (Shu ve Cheong, 2014)

Doğal dil yaklaşımı, tasarımcıların daha önce kullanılmayan biyolojik organizmaları, sistemleri tanımlamasını sağlamaktadır. Bununla birlikte sistematik bir tasarım metodolojisi olan doğal dil yaklaşımının amacı, tasarımcının yaratıcılığını engellemeden biyo-bilgili tasarım sürecine yardımcı olmak için yeterli veriyi sağlamaktır. Bu yaklaşım, biyo-bilgili yaklaşıma dayalı tasarımı anlaşılır kılmayı amaçlamakta ve tasarımcının biyolojik ve mimarlık alanları arasındaki bağlantıları belirleme ve formüle etme becerisine dayanmaktadır. Çünkü doğayı taklit etmek, kolayca gözlemlenen fiziksel özellikleri kopyalamaktan daha fazlasını ifade etmektedir. Doğanın ilhamlarını yenilikçi bir şekilde kullanmak, büyük ölçüde tasarımcının biyoloji, mimarlık ve mühendislik gibi farklı alan bilgileri arasında bağlantı kurma yeteneğine dayanmaktadır (Nagel, 2016).

Dolayısıyla doğal dil yaklaşımı, sınırlı biyolojik bilgiye sahip mimarlar için tasarım sürecinin birçok aşamasında doğanın yaratıcılığını kullanmak için bir araçtır. Mimarlık ve biyoloji terminolojisi arasında bir bağlantı sağlayarak biyolojik alandan bilgi çıkarmaya yardımcı olarak biyo-bilgili tasarımı kolaylaştırmaktadır. Bu süreçte öğrenciler biyolojik bilgiyi “mimari problem”i açıklayan anahtar kelimelerle makaleler ve kitaplar gibi doğal dil kaynaklarında aramaktadır. Önerilen model, herhangi bir mimari tasarım problemine

biyolojik sistemlerin nesnel ve tekrarlanabilir bir şekilde uygulanabilecek bir metodoloji sunmaktadır. Bu yaklaşım, kitap, ansiklopedi ve/veya makale gibi biyolojik kaynaklarda mimari sorunu tanımlayan "anahtar kelimelerin" biyolojik bilgiyi ortaya çıkarmak ve ilgili organizmaya ulaşmak için taranması şeklinde gerçekleşmektedir. Bununla birlikte, bu metodoloji, mimari için biyolojik modeli/sistemi/malzemeyi/süreci "kataloglamaya" yönelik değildir. Bunun yerine, problemle doğrudan ilgili biyolojik bilginin doğal dil formatında aranmasını ifade etmektedir. Önerilen bu yaklaşımla, mimari tasarım için biyolojik bir veri tabanı oluşturmaya gerek yoktur. Tasarım problemini anlatan anahtar kelimeler belirlendikten sonra bu kelimeler makale, kitap gibi kaynaklarda biyolojik bilgi aramak için kullanılmaktadır.

Konsept-Bilgi Teorisi

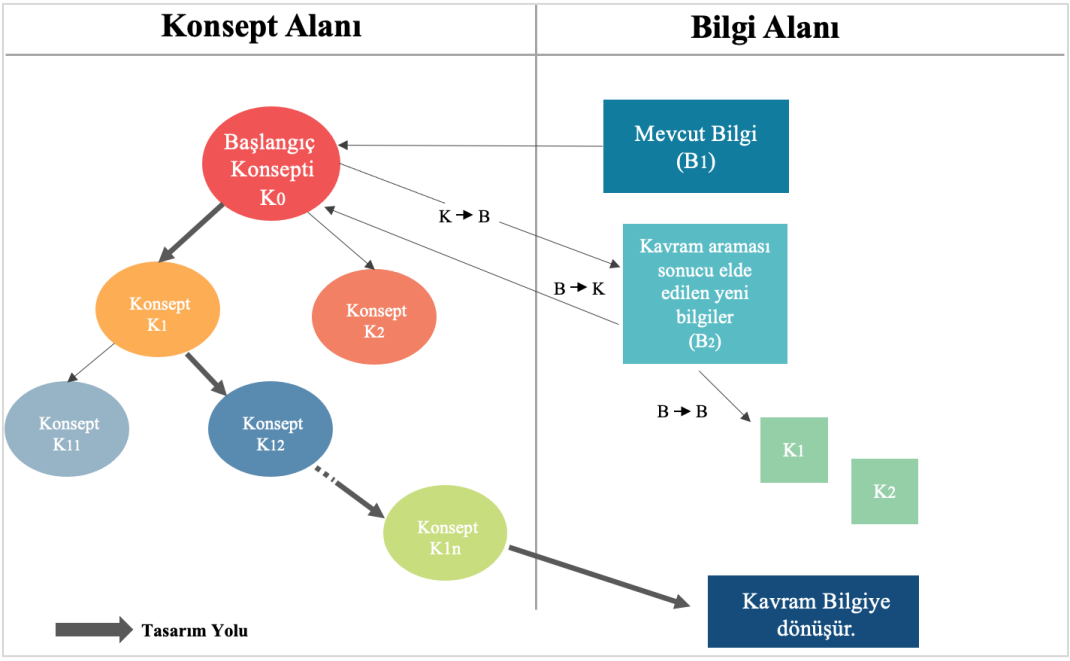
Biyo-bilgili tasarım süreci; bilgi aktarım süreci ve bu bilginin nasıl bir çözüme yol açtığını açıklamak için teorik bir çerçeveye ihtiyaç duymaktadır. Literatürde yer alan "Konsept-Bilgi (K-B) Teorisi, Genel Tasarım Teorisi, Aksiyomatik Tasarım, Birleştirilmiş Tasarım Süreci" gibi mevcut tasarım teorileri, özgün tasarım akıl yürütmeyi yakaladıkları ve tasarım konularını incelemek için teorik çerçeveler olarak uygulandıkları için biyo-bilgili tasarım sürecine destek olarak önerilmektedir (Hatchuel ve Weil, 2003). Buradan hareketle Konsept-Bilgi tasarım teorisi biyo-bilgili tasarım sürecinde kullanılmak üzere seçilmiştir. Bu kapsamda bu bölümde, literatürde yer alan Konsept-Bilgi Teorisine (*Concept-Knowledge Theory*) yönelik temel tanımların ve yöntemin bir incelemesi sunulmaktadır.

Tasarım mühendisliği araştırmacıları, tasarım mühendisliğindeki yaratıcı sürecin mantığını iki uzaylı bir yapı ile ortaya çıkarmaya çalışmıştır. Bu bağlamda "Konsept-Bilgi Teorisi" adı verilen yeni bir teori geliştirmişlerdir (Hatchuel ve Weil, 2003); (Hatchuel ve Weil, 2009). Konsept-Bilgi (K-B) teorisi, çoklu bilgi alanlarını entegre etmek ve bağlantı kurma yoluyla yeniliği kolaylaştırmak için kullanılan bir yaklaşımdır (Graceraj, Hively, Pidaparti, Nagel ve Rose, 2019). Yenilikçi tasarım için Konsept-Bilgi Teorisinin analitik gücü mevcut literatür tarafından onaylanmıştır (Reich, Hatchuel, Shai ve Subrahmanian, 2012; Ullah, Rashid ve Tamaki, 2012). "Yenilikçi tasarım anlayışını iyileştirme çalışması" olarak tanımlanan Konsept-Bilgi Teorisi yeni nesnelerin üretilmesinin modellenmesine izin vermektedir (Hatchuel, Weil ve Le Masson, 2013). Ayrıca tasarım sürecini sadece bir çözüm alanı olarak sınırlandırmamakta bununla birlikte bu süreçte bilginin varlığının önemini de

vurgulamaktadır. Bunların yanında Konsept-Bilgi Teorisi, tasarımda bir akıl yürütme teorisidir (Hatchuel ve Weil, 2003). Bu teori, temel kavramları ve biçimciliği, kavramların nasıl oluşturulduğuna, analiz edildiğine ve bir tasarım süreci içinde nasıl geliştirildiğine veya atıldığına dair tutarlı bir açıklama sağlamaktadır (Kazakci ve Tsoukias, 2004).

Hatchuel ve Weil (2003) K-B teorisini, "birbirine bağlı iki alan arasındaki etkileşim", konseptler alanı (K) ve bilgi alanı (B) olarak tanımlamaktadır. Bilgi alanı, tasarımcıların mevcut bilgilerini içermektedir. Konsept uzayı, bilgi alanındaki mevcut bilgi göz önüne alındığında ne doğru ne de yanlış olan kavramları, önermeleri içermektedir. Tasarım, bir konsept gerçek olana kadar, ilk konseptin diğer konseptlere ve / veya yeni bilgilere genişletilmesiyle ilerlemektedir. Bu iki uzay genişleyebilmekte ve farklı yapılara sahip olabilmektedir. Konsept uzayında özelliklerin eklenmesi veya çıkarılması ile ağaç benzeri bir yapı ortaya çıkmaktadır. Bilgi uzayı, bir sıra veya doğrudan bir bağlantı takip edilmeden yeni önermelerin eklenmesiyle büyümektedir. Konsept-bilgi modelinde, tasarım konseptleri ve çözümleri, biyolojik ve geleneksel bilginin yol açtığı akıl yürütme ve mantıksal düşüncelerle geliştirilmiştir. Modelin tamamı, konsept (K) ve bilgi alanı (B) olmak üzere iki ana ayırt edilebilir alan ve bunların genişletilmiş alt alanları ile inşa edilmiştir. K ve B bölümleri, biyolojik sistemi sorgulama, biyolojik sistemleri taklit ederek tasarım kavramları elde etme, tasarım çözümünün, problem tanımından evrimini kontrol etme ve tasarım yolunu tanımlamaya yardımcı olma sürecini başlatmaktadır (Hatchuel ve Weil, 2009).

Bu teoride tasarım, "birbirine bağlı iki alan arasındaki etkileşim", konseptler alanı (K) ve bilgi alanı (B) olarak tanımlanmaktadır. B Uzayı mevcut bilgiyi içermektedir. K uzayı, "kısmen bilinmeyen x nesneleri hakkında bilgide ne doğru ne de yanlış" olan, konsept adı verilen önermeleri içermektedir. Tasarım, bu ilk kavramın diğer kavramlara (kavram bölümlere ayırarak) ve/veya yeni bilgilere genişletilmesiyle ilerlemektedir. Bu şekilde, K-B teorisinde hem K hem de B uzayları genişletilebilmektedir. K-B teorisinde "K→K, K→B, B→B ve B→K" olmak üzere dört yol bulunmaktadır. Tasarım çözümü, "Bilgi'de gerçek bir önerme haline gelen ilk konsept" olarak tanımlanmaktadır (Hatchuel ve Weil, 2009). Şekil 2.12'de, K-B teorisinin yolları ve ana özellikleri şematik olarak gösterilmektedir.



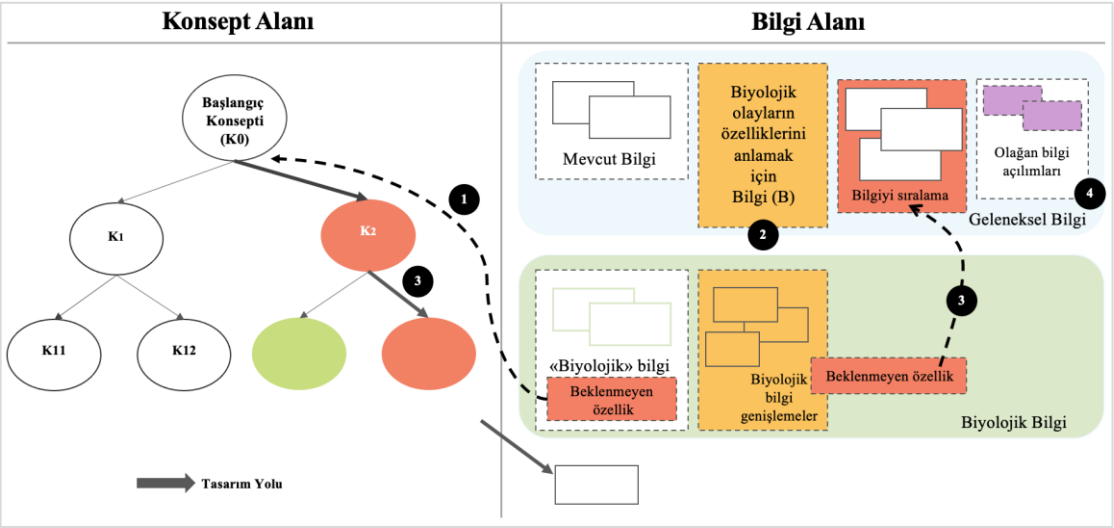
Şekil 2.12. Konsept-Bilgi Teorisi Diyagramı (Salgueiredo, 2013)

Teori, kavramlar için kısıtlayıcı bölümler ve genişleyen bölümler olmak üzere iki tür bölümleme önermektedir (Hatchuel ve Weil, 2003). Kısıtlayıcı bölümler, ilgili varlıkların bir özelliği olarak zaten bilinen bir kavrama bir özellik eklemektedir. Genişleyen bölümler, ilgili varlıkların bir özelliği olarak K'de bilinmeyen özellikleri dahil etmektedir. Bu nedenle, "yaratıcılık ve yenilik, kavramların genişleyen bölümlerinden kaynaklanmaktadır" (Salgueiredo, 2013).

Salgueiredo (2013) Konsept-Bilgi Teorisini "sistematik bir model" olarak tanımlamakta ve bu model ile birlikte biyolojik bilginin neden ve nasıl kullanıldığının anlaşılabileceğini belirtmektedir. Konsept-Bilgi Teorisine dayalı biyo-bilgili tasarım süreci modeli, yenilikçi tasarım çözümleri üretme ve tasarım sürecini tanımlama konusunda önemli özelliklere sahiptir (Graceraj vd., 2019).

Konsept-bilgi teorisinin biyo-bilgili tasarımda kullanımı 4 adım ile tanımlanmaktadır. 1. adım biyolojik bilginin aktivasyonu, geleneksel tasarım yolları engellenmiş gibi göründüğünde gerçekleşmektedir. Bu durumda biyolojik bilgi, bir kavramın bölünmesine veya yeni bir başlangıç kavramının formüle edilmesine yardımcı olan mevcut geleneksel bilgi göz önüne alındığında beklenmedik bir sonuca evrilebilmektedir. 2. adımda bu konsept bölümlendirme, farklı sistemlerin taranması, gözlemlenen fenomenlerin açıklanması biyolojik sistemler hakkındaki bilginin genişlemesini tetiklemektedir. Biyolojik bilgideki bu

genişlemeye, biyolojik fenomenleri açıklamak için geleneksel bilgi tabanının keşfi eşlik etmektedir. Bu geleneksel bilgi tabanları, tasarımcılara ait olabilmekte, başka alanlardan gelebilmekte veya başka bilgi açılımları gerektirerek tamamen bilinmeyen olabilmektedir. Her durumda, kendiliğinden harekete geçmeyen bilgiyi kullanarak geleneksel bilginin gözden geçirilmesini zorunlu kılan biyolojik fenomenlerin bazı beklenmedik özellikleri belirlenmektedir. 3. adımda beklenmedik özellikler, kavramların bölümlenmesini tetiklemekte ve bilgi keşfine rehberlik etmektedir. Son olarak 4. adımda biyo-bilgili tasarım yolu belirlendikten ve geleneksel bilgi temelleri etkinleştirildikten sonra, biyo-bilgili tasarım süreciyle toplanan yeni unsurlar kullanılarak tasarım süreci devam etmektedir. 4 adımdan oluşan bu model Şekil 2.12'de şematize edilmiştir (Salgueiredo, 2013).



Şekil 2.13. Biyo-bilgili tasarım için Konsept-Bilgi diyagramı (Salgueiredo, 2013)

Biyo-bilgili tasarım süreci, konseptlerin ayrıştırılması ve bilginin gözden geçirilmesi ve genişletilmesi için biyolojik bilginin özelliklerini kullanmaktadır. Biyo-bilgili tasarım için K-B modeli, biyolojik bilgiden çıkarılan ilkelerin (Speck vd., 2008; Helms vd., 2009) geleneksel bilgi temellerini göz önünde bulundurarak beklenmedik özelliklerden oluştuğunu göstermektedir. K-B teorisi, tasarım sürecinde biyolojik bilginin rollerini vurgulamaktadır. Biyolojik bilgi, ürün geliştirme için keşfedilmemiş bir yolu işaret etmekte veya yeni bir konseptin formüle edilmesi ile konsept alanı üzerinde bir bölünmeye yol açmaktadır.

Konseptler sorular üretmekte ve bu soruları cevaplamak için yapılan araştırma ile, yeni konseptler için yeni nitelikler sağlayacak yeni bilgiler keşfedilmektedir. Başlangıç bilgisi ne kadar geniş olursa, uygulanabilir konseptlerin sayısı o kadar yüksek olmaktadır. Bununla

birlikte, konsept üretme sürecinin nihai sonucu başlangıçta bilinmemektedir. Tasarım yolu, mevcut bir konseptten yeni konseptler üreten veya bir konsepti bilgiye dönüştüren bir süreçtir.

K-B teorisinin kullanıcının bilgisini ve yaratıcılığını geliştirdiği tespit edilmiştir (Hatchuel ve Weil, 2003; Hatchuel, Le Masson ve Weil, 2004; Shai, Reich, Hatchuel ve Subrahmanian, 2009; Armand Hatchuel ve Weil, 2009; Hatchuel, Le Masson ve Weil, 2011). K-B teorisi tasarımcıların tasarım sürecini yeni yönlere ve dolayısıyla yeni bilgilere yeniden yönlendirmesine olanak tanımaktadır. Biyo-bilgili tasarım için K-B teorisini kullanmanın yenilikçi problem çözme tekniklerine (bilgi uzayında) ve öğrenciler için (konsept uzayında) daha iyi çözümlere ve gelişmiş öğrenme sonuçlarına yol açmaktadır (Nagel vd., 2016).

Bu teori, biyo-bilgili tasarım mühendisliği lisans derslerinde öğretme-öğrenme sürecinde kullanılmaktadır. Benzer şekilde tasarım eğitiminde biyo-bilgili tasarım süreci modeli keşfedilmeye çalışılmıştır (Nagel vd., 2013; Nagel ve Pidaparti, 2016; Nagel, Pittman, Pidaparti, Rose ve Beverly, 2016). Biyo-bilgili tasarım öğretiminde, Konsept-Bilgi Teorisi, çoklu bilgi alanlarını entegre etme ve bağlantı kurma yoluyla yeniliği kolaylaştırmak için kurulmuş bir yaklaşımdır (Pidaparti, Graceraj, Nagel ve Rose, 2020). Bu yaklaşım biyo-bilgili tasarım için önemlidir, çünkü çalışmaların büyük çoğunluğunda biyolojik bilgi sıklıkla çözüm uzayıyla ilişkilendirilmektedir (Helms vd., 2009; Speck vd., 2008; Farel ve Yannou, 2013).

Buradan hareketle araştırmacılar, biyo-bilgili tasarım süreçlerinde bilimsel ve biyolojik bilginin süreç içerisindeki rollerini göstermek ve haritalamak amacıyla Konsept-Bilgi Teorisine dayalı bir biyo-bilgili tasarım süreci modeli önermiştir (Hatchuel, Le Masson ve Weil, 2006; Salgueiredo ve Hatchuel, 2014; Salgueiredo ve Hatchuel, 2016). Bu model, biyolojik bilginin etkinleştirilmesini, biyolojik ve geleneksel bilginin genişletilmesini, geleneksel bilgi ve kavramların araştırılmasını ve bir çözüm yolunu tanımlamak için geleneksel bilgi alanının paylaştırılmasını ve bütünleştirilmesini içeren bir dizi adım olarak temsil edilmiştir.

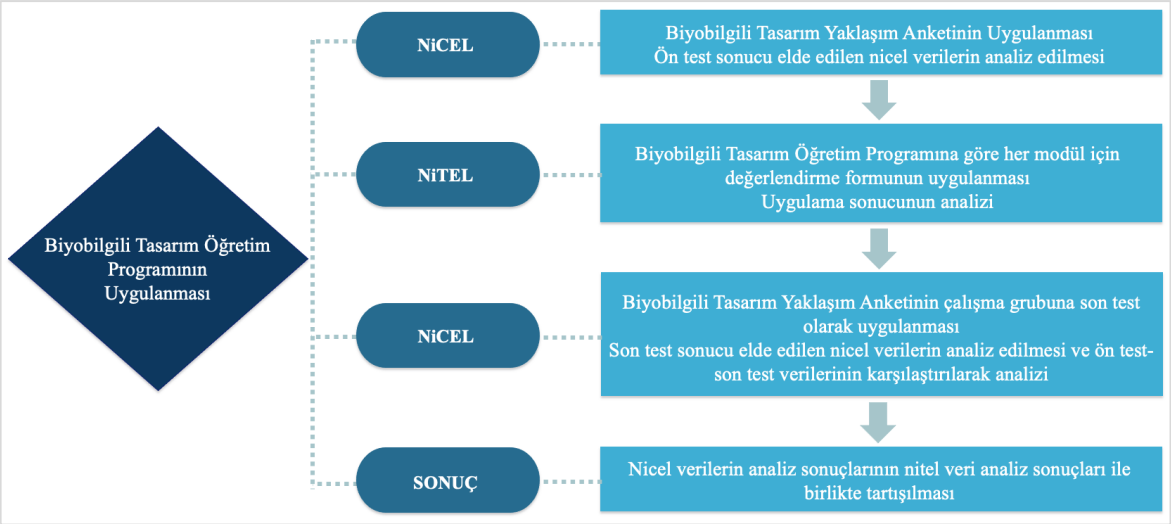
Buraya kadar bahsedilen tüm biyo-bilgili süreçler, araçlar ve yöntemler bu tez kapsamında geliştirilen Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı içerisinde farklı modüller olarak tasarlanmıştır.

3. YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde araştırmanın yöntemi, modeli, çalışma grubu, çalışmada kullanılan veri toplama araçları ve verilerin analizi ile ilgili bilgilere yer verilmektedir.

3.1. Araştırmanın Modeli

Karma yöntem araştırması olarak yürütülen bu çalışmada, nicel ve nitel araştırma yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Karma yöntem, nicel ve nitel verilerin birleşiminden oluşan ve bu birleşim neticesinde faydalı sonuçların elde edildiği bir araştırma yöntemi olarak tanımlanmaktadır (Creswell, 2012:2). Karma yöntem araştırmaları, Creswell ve Clark (2017:539) tarafından verilerin öncelik sırasına bağlı olarak, açıklayıcı sıralı model, yakınsak paralel model, gömülü model, keşfedici sıralı model, çok amaçlı model ve dönüşümsel model olarak altı temel başlık altında sıralamaktadır. Bu araştırma kapsamında "Nicel verilerden elde edilen analiz sonuçlarını nitel verilerle zenginleştiren, detaylandıran ve destekleyen model türü" olarak tanımlanan açıklayıcı sıralı model olarak tanımlanmaktadır (Creswell ve Clark, 2017:542). Bu araştırmaya ait açıklayıcı sıralı model uygulama aşamaları Şekil 3.1'de gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Açıklayıcı sıralı modelin uygulama aşamaları

Tasarım eğitimi lisans/lisansüstü programlarına yönelik "Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programının" tasarlandığı, uygulandığı ve değerlendirildiği bu araştırmada süreç "deneysel modele" göre tasarlanmıştır. Araştırmacı gözetiminde gerçekleştirilen ve değişkenlerin

neden-sonuç ilişkilerini ortaya koymayı amaçlayan araştırma modeli deneysel model olarak tanımlanmaktadır (Karasar, 2014:87). "Deneysel araştırmalarda modellerinin sınıflandırılmasında ölçüt olarak denek sayısı alındığında; tek denekli ya da küçük gruplu modeller ve çok denekli modeller olarak iki temel gruba ayrılmaktadır" (Büyüköztürk, 2018:11). Bu çalışmada "çok denekli tek grup model" temel alınmış ve "tek grup ön test-son test modeli" kullanılmıştır. Bu modelde, tek bir grup üzerinde yapılan çalışmayla deneysel işlemin etkisi test edilmektedir (Büyüköztürk, Kılıç Çakmak, Akgün, Karadeniz ve Demirel, 2008:201). Deneklerin bağımlı değişken ile bağlantılı ölçümleri, uygulama öncesinde ön test, sonrasında ise son test olarak aynı denekler üzerinde aynı ölçme araçları kullanılarak elde edilmektedir.

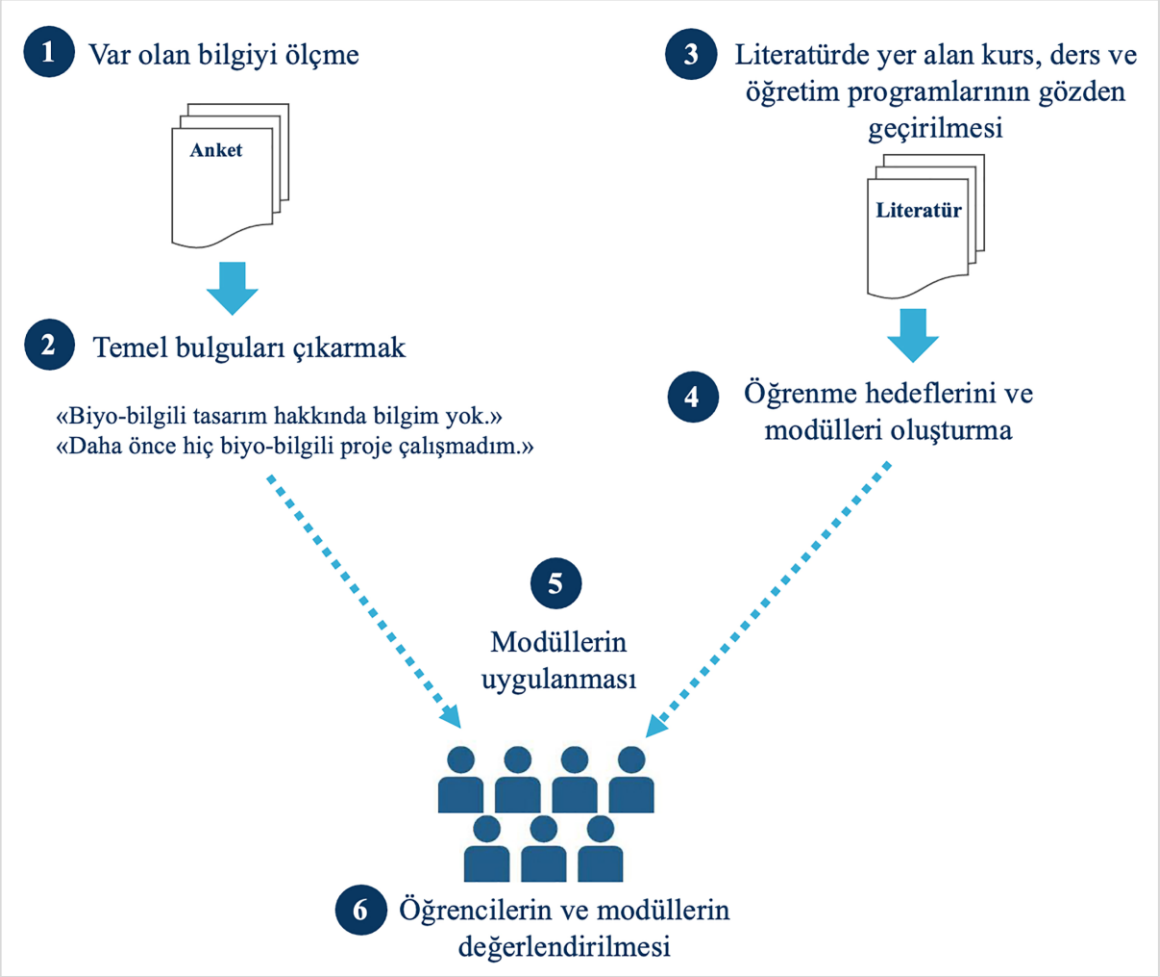
Araştırmanın bağımlı değişkeni "öğrencilerin biyo-bilgili tasarım yaklaşımına ilişkin bilgileri; öğrencilerin doğadan öğrenmeyi öğrenmeleri", bağımsız değişken ise bu tutuma etkisinin araştırıldığı 'Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programı'dır. Bu modelde tek gruba (G) ait ön test ve son test değerleri arasındaki farkın (O1 - O2) anlamlılığı test edilmektedir (Büyüköztürk vd., 2008:201).

Çizelge 3.1. Tek grup ön test-son test deneysel model

Grup	Ön test	İşlem	Son test
G	O1-Biyo-bilgili Tasarım Yaklaşımı Değerlendirme	Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programı	O2-Biyobilgili Tasarım Yaklaşımı Değerlendirme

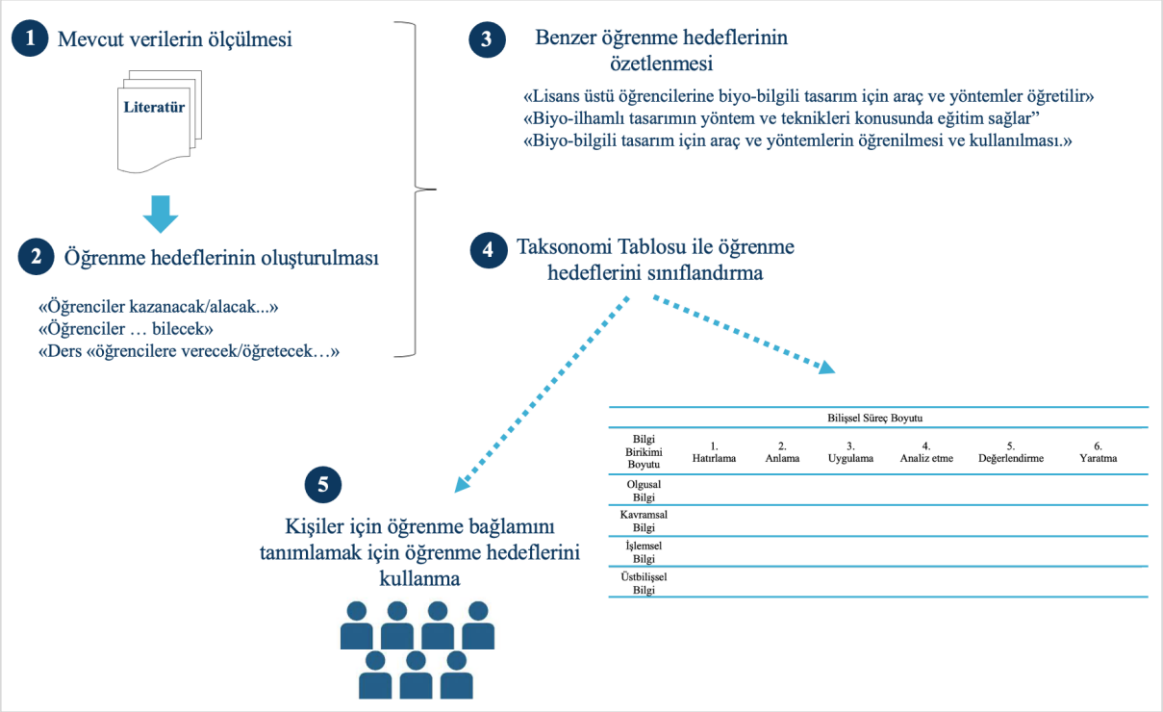
Öğrencilere dönem sonunda "Biyo-Bilgili Tasarım Yaklaşımı Anketi" son test olarak tekrar uygulanmıştır. Bununla birlikte, "Biyo-Bilgili Tasarım Dersine Yönelik Program Sonuç Anketi" öğrencilerin derse yönelik algılarını ölçmek amacıyla yapılmıştır.

Öğrenme bağlamını tanımlamak için ilk olarak öğrencilerin var olan bilgileri bir anket aracılığı ile ölçülmüştür. Bu bilgilerden temel bulgular çıkartılmıştır. Daha sonra literatürde yer alan kurs, ders ve öğretim programları gözden geçirilerek öğrencilere verilmesi gereken konular hazırlanmıştır. Modüler olarak düşünülen programda her modülde verilmesi düşünülen öğrenme hedefleri oluşturulmuştur. Tüm bu süreç tamamlandıktan sonra modüller uygulanmış ve tüm süreç değerlendirilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Öğrenme bağlamını tanımlamak için nitel araştırma yöntemi. Grafik Wanieck, Ritzinger, Zollfrank ve Jacobs, (2020)'den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

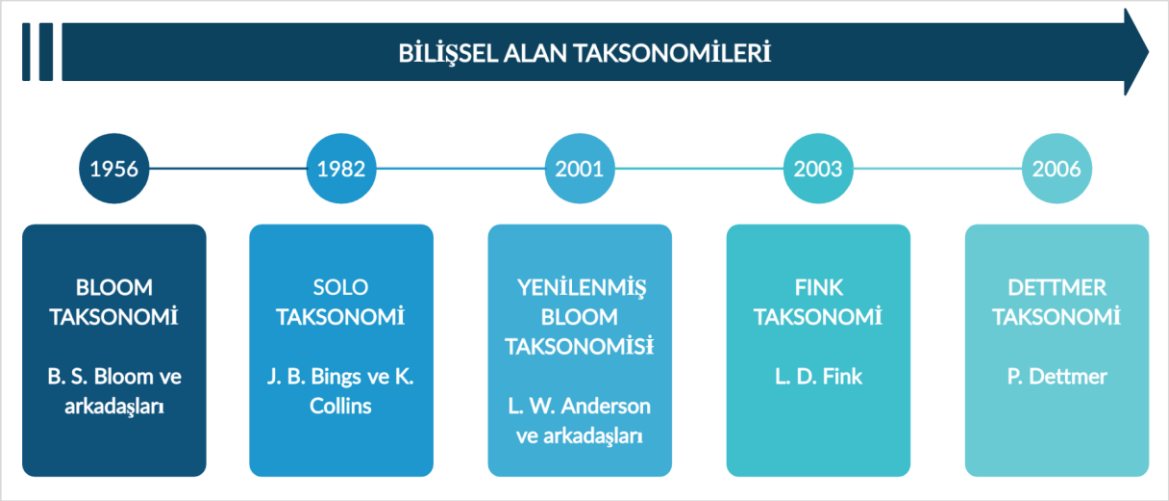
Öğretim programının tasarlanmasının ana fikri biyo bilgili tasarım eğitimi sürecini gözlemlemek ve değerlendirmektir. Bu program kapsamında öğrenim hedefleri hazırlanırken Yenilenmiş Bloom Taksonomisinden yararlanılmıştır. Bunun için ilk olarak mevcut veriler gözden geçirilerek öğrenme hedefleri tanımlanmıştır. Daha sonra biyo-bilgili tasarım yaklaşımı konusunda öğrencilere kazandırılması hedeflenen öğrenme hedefleri her bir modül için belirlenmiştir. Bu hedefler Yenilenmiş Bloom Taksonomisine göre sınıflandırılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Temel öğrenme hedeflerini sınıflandırmak için nitel araştırma yöntemi, Grafik Wanieck, Ritzinger, Zollfrank ve Jacobs (2020)'den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Öğrenim hedefleri, bir eğitim faaliyetinin tamamlanmasının ardından ölçülebilen, açıkça yazılmış, gözlemlenebilir öğrenci davranışı ya da eyleminin belirli ifadeleri olarak tanımlanmaktadır (Chatterjee ve Corral, 2017). Bu bağlamda öğrenmenin ne düzeyde gerçekleştiğini ve kalite durumunu değerlendirmek amacıyla Bloom (1956), SOLO (1982), Haladyna (1997), Marzano (1993), Fink (2003) ve Dettmer (2006) gibi birçok bilişsel alan taksonomileri literatürde yer almaktadır.

Bilişsel alan taksonomileri içerisinde yer alan Bloom ve SOLO taksonomileri araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. Fink (2003) ve Dettmer (2006) taksonomileri ise uygulamada henüz yeterince yaygınlaşmamıştır (Arı, 2013). Bahsedilen bilişsel alan taksonomileri Şekil 3.4'te verilmiştir.



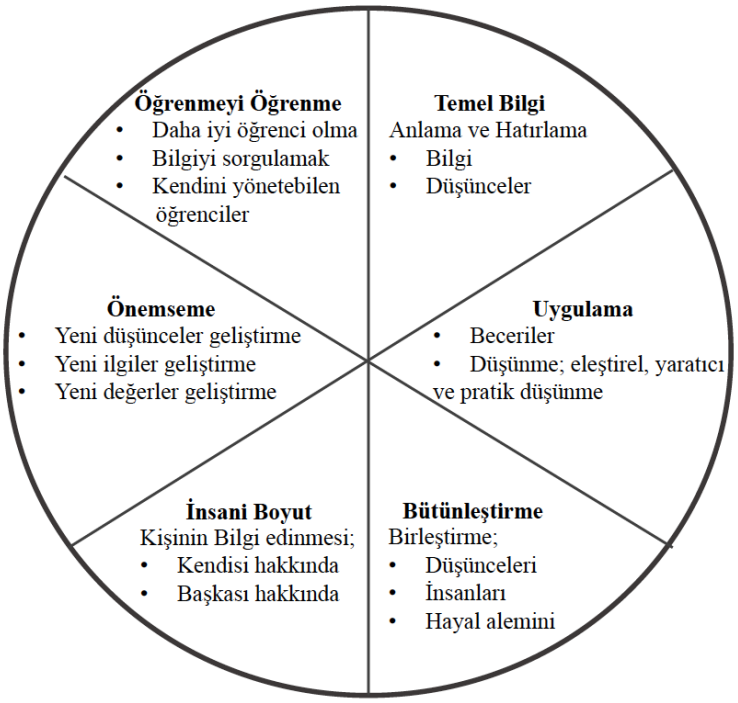
Şekil 3.4. Bilişsel alan Taksonomileri

Biggs ve Collis (1982) tarafından öğrenmenin kalitesini değerlendirmek için kullanılan tekniklerden biri olarak SOLO Taksonomisi geliştirilmiştir (Biggs ve Collis, 2014:5). SOLO, "Gözlemlenebilen Öğrenme Çıktılarının Yapısı" anlamında "*Structure of Observed Learning Outcomes*" kelimelerinin ilk harflerinden oluşmaktadır. Bu taksonomomi birçok farklı disiplinde öğrenci performanslarının değerlendirilmesinde ve öğrenme durumunun bilişsel düzeylerinin analizinde sıklıkla kullanılan bir model olarak görülmektedir (İlhan ve Gezer, 2017). SOLO taksonomisini oluşturan beş düzey ve bu düzeylerin temel özellikleri Çizelge 3.2'de verilmektedir.

Çizelge 3.2. SOLO Taksonomisi Düzeyleri ve bu düzeylerin temel özellikleri (Çetin ve İlhan, 2016)

Düzeyler	Özellikleri	
Yapı Öncesi	Üzerinde çalışılan konu ile ilgili öğrenilenler yanlıştır ya da herhangi bir şey öğrenilmemiştir.	Tutarlılık, ilişkilendirme ve çok yönlü düşünme artmakta, daha anlamlı öğrenmeler gerçekleşmektedir. ↓
Tek Yönlü Yapı	Üzerinde çalışılan konunun tek bir yönüne odaklanır.	
Çok Yönlü Yapı	Üzerinde çalışılan konunun iki ya da daha fazla yönü anlaşılır fakat parçalar arasında ilişki kurulamaz.	
İlişkisel Yapı	Üzerinde çalışılan konunun farklı yönleri birbiri ile ilişkilendirilir, bu sayede tutarlı bir bütün elde edilir.	
Soyutlanmış Yapı	Mevcut bilgilerin ötesinde akıl yürütülebilir ve genellemelere ulaşılabilir. Farklı bir alana transfer edebilme söz konusudur.	

Fink Taksonomisi ise anlamlı öğrenmeden yola çıkılarak oluşturulmuş olup altı basamak içermektedir (Şekil 3.5) (Fink, 2003).



Şekil 3.5. Anlamlı Öğrenme Taksonomisi (Fink, 2003)

Fink (2003) tarafından oluşturulan bu taksonomi hiyerarşik bir yapıda değildir. Bu taksonomi, üstbiliş'e (öğrenmeyi öğrenme) yaptığı vurgu ile Yenilenmiş BLOOM Taksonimsi'ne benzer özellikler içermektedir.

2006 yıllında Dettmer tarafından oluşturulan bir diğer taksonomi ise, ayırt edilebilir bölümü ya da kesiti ifade eden fazlardan oluşmaktadır. Bu taksonomi içerisinde faz olarak tanımlanan kısımlar diğer taksonomilerin basamaklarına ya da düzeylerine karşılık gelmektedir. Bu taksonomide birbirine yakın fazlar aşamaları meydana getirmektedir. Aşama ise bir eylem, adım ya da yapı iskelesi olarak tanımlanmaktadır. Taksonomi toplamda üç aşamadan oluşmaktadır (Dettmer, 2005) (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Dettmer Taksonomi (2006)

Aşamalar	Özellikleri	Fazlar	
Temel Öğrenim: Yakın öğrenim transferli	Gerçekçidir (Realizim) Öğrenciler ne öğrenmeli? Edinme-Temel	Faz 1	Bilmek
		Faz 2	Kavramak
Uygulamalı öğrenim (Gelişimsel): Uzak öğrenim transferli fazlar	Pragmatiktir(pragmatizm) Öğrenciler ne öğrenebilir? Faydalanma-Komplike	Faz 3	Uygulamak
		Faz 4	Analiz etmek
		Faz 5	Değerlendirmek
İdeasyonal Öğrenim (Üretimsel): Orijinal yapı/üretimli	İdealisttir (İdealiz) Öğrenciler neyi arzulamalı? Yenileşim-Yeni	Faz 6	Sentezlemek
		Faz 7	Düşünmek
		Faz 8	Yaratmak

Bahsedilen tüm bu taksonomilerden hangisinin daha çok kullanıldığı üzerine Arı (2013) tarafından 27 ülkede 103 akademisyenle gerçekleştirilen görüşme sonucunda "Yenilenmiş Bloom Taksonomisi"nin öğrenci merkezli olduğu ve daha çok sayıda çalışmada kullanıldığı ortaya konulmuştur. Yine bu çalışmada Fink ve Dettmer taksonomisi ile gerçekleştirilmiş örnek çalışmalar neredeyse hiç bulunmadığı tespit edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında Yenilenmiş Bloom Taksonomisi Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programının hedeflerinin hazırlanması noktasında dikkate alınmıştır. Çünkü Bloom'un gelişim düzeyleriyle bağlantılı ölçülebilir, eylem odaklı fiillerin kullanımına yaptığı vurgu, tutarlı ve daha etkili değerlendirmeyi destekleyecek anlaşılabilir ve uygulanabilir sonuç ifadeleri yarattığı (ASCE, 2008:14) iddia edilmektedir. Bu bağlamda Yenilenmiş Bloom Taksonomisinin bilişsel düzeyleri, dersin uygulamasının zaman çizelgesi ile de bağlantılı olarak eşleştirilmiştir.

Yenilenmiş Bloom Taksonomisi tablosunun öğretim programının planlanması aşamasında kullanılması ile, öğrenme, öğretme ve değerlendirme aşamaları beraber tasarlanmaktadır. Taksonomi (eğitim hedeflerinin/kazanımlarının sınıflandırılması), aşamalı bir hiyerarşi içerisinde kurgulanan ve öğrencilerden beklenen bilişsel (*cognitive*), duyuşsal (*affective*) ve devinişsel (*psychomotor*) öğrenme alanlarının öğretim sonunda sınıflandırılması olanağı sunan bir iskelet olarak tarif edilmektedir (Bümen, 2010). Bu bağlamda, öğretim programı tasarlayan uzmanlar herhangi bir disiplinde ya da derste olması fark etmeksizin öğrencilerin kazanması/ulaşması istenen kazanımları ve hedefleri alanlarına ait düzeyleri ve özellikleri dikkate alarak hazırlamaktadır (Özdemir, Altıok ve Baki, 2015).

Bu çalışmada hem kılavuz hem de değerlendirmeye yardımcı bir araç olarak ele alınan Bloom taksonomisinin ilki, "Eğitim Hedeflerinin Aşamalı Sınıflandırılması" adıyla 1956 yılında Bloom, Engelhart, Furst, Hill ve Krathwohl tarafından yayımlanan, bilişsel hedef düzeylerinin sistemli bir şekilde oluşturulduğu aşamalı bir taksonomidir. Bu taksonomi, (1) bilgi, (2) kavrama, (3) uygulama, (4) analiz, (5) sentez ve (6) değerlendirme gibi bilişsel hedefleri altı kategoride belirtmektedir (Küçükahmet, 2001:15; Krathwohl, 2002; Anderson, 2005). Altı kategori olarak sınıflandırılan bu bilişsel hedefler, basitten karmaşığa ve somuttan soyuta olacak şekilde aşamalı olarak sıralanmaktadır (Bekdemir ve Selim, 2008).

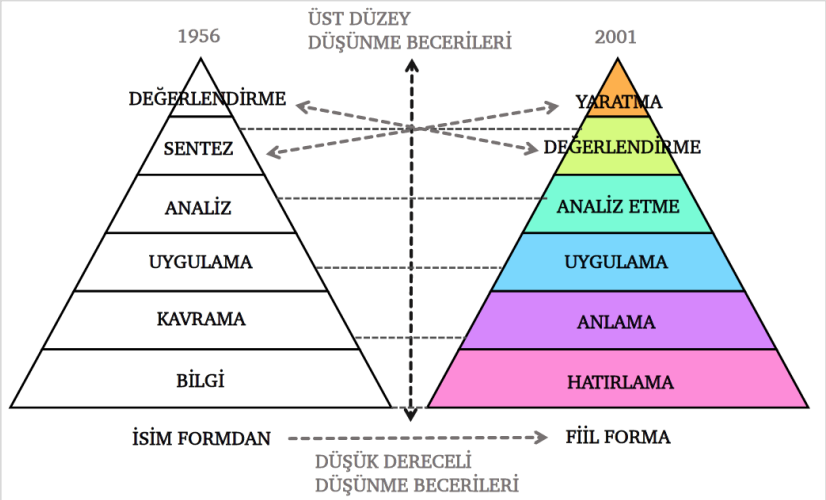
2001 yılında ise Anderson vd., Bloom Taksonomisi'ni yeniden ele alarak taksonomiyi değişen eğitim uygulamalarına ve düşüncelerine adapte edebilmek için yeni eklemeler ve düzenlemeler yapmıştır. Düzenlenen bu yeni taksonomi de "Revize Edilmiş Bloom Taksonomisi (*Revised Bloom Taxonomy*)" olarak adlandırılmıştır (Anderson ve Krathwohl, 2010).

Orijinal taksonominin "bilgi" kategorisindeki iki boyutluluk (hem ürün hem de bilişsel süreç boyutları) düşünülerek, revize edilmiş taksonomi de iki boyutta tasarlanmıştır: Birincisi, hedefin içeriğini gösteren bilgi (*knowledge*) (Çizelge 3.4) ve ikincisi ise, hedefin nasıl gerçekleşeceğini gösteren bilişsel süreç (*cognitive processes*) boyutudur. Böylece, iki boyutlu Revize Edilmiş Taksonomi'yle öğrenmeleri veya hedefleri, sadece bilgi açısından değil aynı zamanda süreç açısından da değerlendirme imkânı ortaya çıkmıştır (Krathwohl, 2002; Anderson, 2005). İkinci boyut ise bilişsel süreç (*cognitive process*) boyutu olarak adlandırılmakta ve eylem ve yeterlilik ifade etmektedir (Bekdemir ve Selim, 2008).

Çizelge 3.4. Yenilenmiş Bloom Taksonomi Tablosunun Bilgi Boyutu (Anderson ve Krathwohl, 2010:29)

Olgusal Bilgi
Öğrencilerin bir alanda/disiplinde mutlaka bilmeleri gereken ya da bir konu içerisindeki problemleri çözmeleri için gereken temel öğeler/elemanlar; 1. Terimler bilgisi, teknik terimler bilgisi, müzikal semboller, özel ayrıntı ve öğeler bilgisi, temel doğal kaynaklar, güvenilir bilgi kaynakları
Kavramsal Bilgi
Daha karmaşık ve düzenlenmiş bilgi formları gibi geniş yapıların bir arada işlev yapacakları temel öğeler arasındaki karşılıklı/iç ilişkiler 2. Sınıflamalar ve kategoriler bilgisi, ilkeler ve genellemeler bilgisi, kuramlar, modeller ve yapılar bilgisi, jeolojik zamanlar, işletme türleri, Pisagor teoremi, arz-talep kanunu, Evrim kuramı
İşlemsel Bilgi
Bir şeyin nasıl yapılacağını kapsayan bilgiler, araştırma yöntemleri ve becerilerin kullanılacağı alanlar için ölçütler, işlemsel süreçler, teknikler ve yöntemler 1. Konuya özel beceri ve algoritmalar bilgisi, konuya özel teknik ve yöntemler bilgisi, uygun yöntemlerin ne zaman, nasıl kullanılacağı ile ilgili ölçütlerin bilgisi, çeşitli renkleri kullanarak boyama, tamsayıları bölme algoritmaları, görüşme teknikleri, bilimsel yöntem
Üst Bilişsel Bilgi
Bireyin kendi biliş süreci ile ilgili farkındalığı ve bilgisi gibi genel olarak bilişle ilgili olan bilgiler 1. Stratejik bilgi, ders kitabındaki konunun yapısını ana batlarıyla ortaya çıkarmayla ilgili bilgi, çeşitli öğrenme stratejileri bilgisi, uygun bağlam ve koşulları içeren bilişsel görevler, öz-bilgi (*selfknowledge*) (biliş ve öğrenme ile ilgili güçlü ve zayıf yönlerini tanıma), bir yazıyı eleştirme bilgisi, bireysel yeterlik ve yetersizliklerin bilgisi, sahip olunan bilgi düzeyinin farkında oluşla ilgili bilgi

Yenilenmiş Bloom taksonomisindeki bir başka düzenlemede iki basamağın yeri değiştirilmiş bununla birlikte üç basamak yeniden adlandırılmıştır. Öğrenme davranışının, öğrencinin düşünme becerileriyle harekete geçtiği bir etkinlik olarak vurgulamak ve hedeflerde tutarlı bir ifade elde etmek amacıyla ilk taksonomide isim olarak adlandırılan alt basamaklar fiil olarak değiştirilmiştir (Anderson, 2005). İlk taksonomide bilgi olarak adlandırılan basamak hatırlama, kavrama basamağı anlama olarak değiştirilmiş uygulama, analiz ve değerlendirme basamakları değişmemiştir. Sentez olarak adlandırılan basamak değerlendirme basamağı ile yer değiştirilmiş ve yaratma olarak yeniden adlandırılmıştır (Krathwohl, 2002). Buradan hareketle revize edilmiş bilişsel süreç boyutu aşağıdan yukarıya doğru; (1) hatırlama (*remember*), (2) anlama (*understand*), (3) uygulama (*apply*), (4) analiz etme (*analyze*), (5) değerlendirme (*evaluate*) ve (6) yaratma (*create*) olarak adlandırılan düşünme basamaklarından oluşmaktadır. Eski ve yeni düzenlemeye bağlı olarak oluşturulan bilişsel süreç boyutu Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6. Bloom Taksonomisi (1956) ve Anderson ve Krathwohl (2010) tarafından gözden geçirilmiş Yenilenmiş Bloom Taksonomisi karşılaştırması

Hazırlanan program kapsamında, her modül içerisinde öğrencilere kazandırılması planlanan öğrenme hedefleri Yenilenmiş Bloom taksonomisine göre tanımlanmıştır. Hazırlanan bu hedefler program içerisinde yer alan her bir modül içerisinde gösterilmiştir.

3.2. Araştırmanın Veri Toplama Yöntemi

Farklı disiplinlerin lisans/lisans üstü programlarında uygulanabilecek/uyarlanabilecek "Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programı"nın tasarlanması, uygulanması ve programın

etkililiğinin değerlendirilmesini hedefleyen bu çalışmanın iki alt amacı bulunmaktadır. Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programının tasarım aşamasına yönelik ihtiyaç analizi araştırmanın birinci alt amacını oluşturmaktadır. Araştırmanın ikinci alt amacı ise, mimarlık fakültelerinin yüksek lisans programlarına yönelik tasarlanan Biyo-Bilgili tasarım öğretim programının etkililiğini değerlendirmektir. Bu amaçlara erişilip erişilmediğini tespit etmek amacıyla hem nitel hem de nicel verilere gerek duyulmaktadır. Bu bağlamda bu araştırma, nitel ve nicel araştırma yöntemlerinin birlikte kullanıldığı karma araştırma yöntemi ile yürütülmüştür.

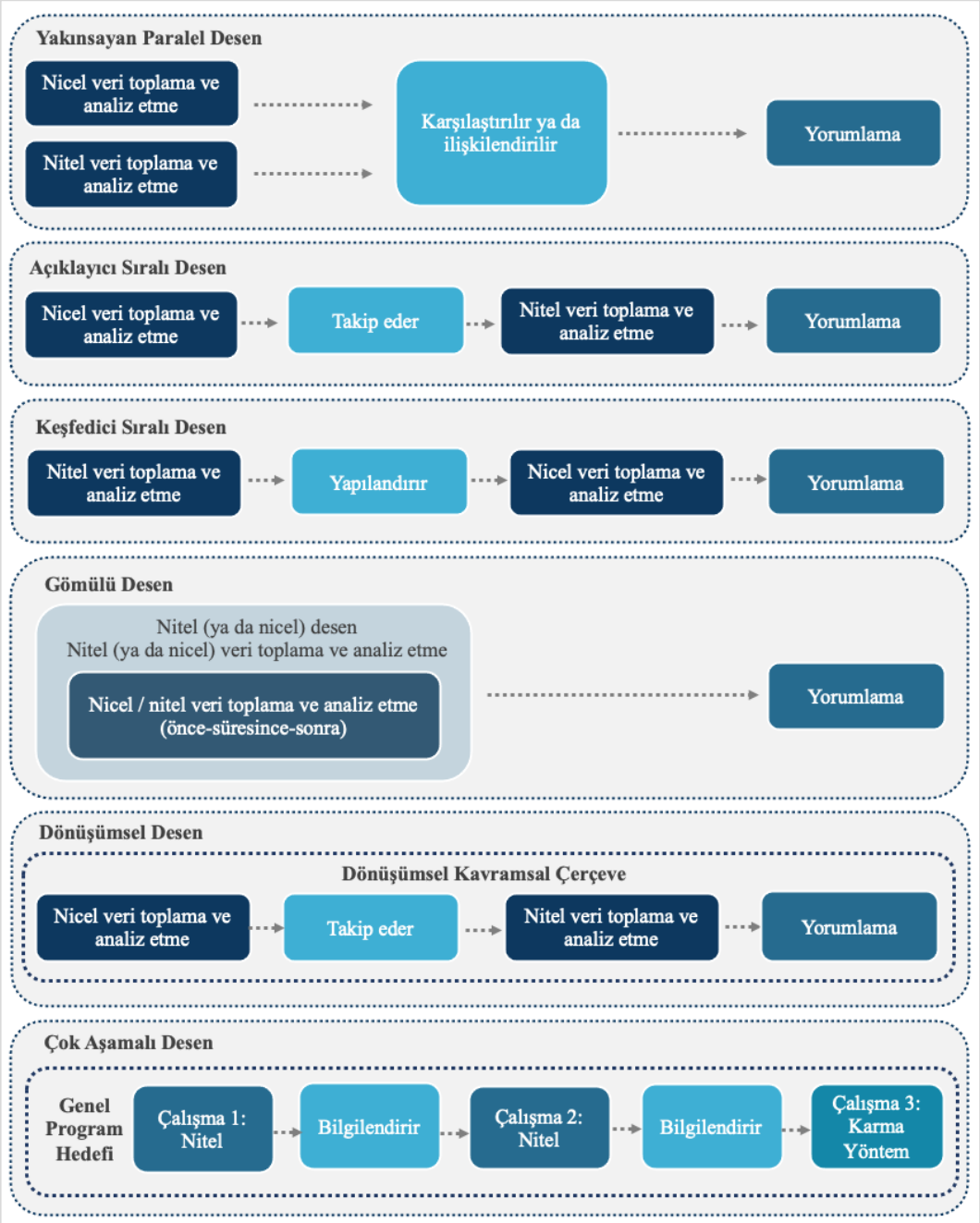
Karma Araştırma Yöntemi (*Mixed Methods Designs*), tek bir araştırmada için hem nicel hem de nitel verilen toplandığı, analiz edildiği ve birleştirildiği çalışmalardır. Burada temel varsayım hem nicel hem de nitel yöntemlerin bir arada kullanılması ile araştırma probleminin her iki yöntemin tek başına kullanılmasından daha iyi anlaşılmasını sağlamasıdır (Creswell, 2012:535). Bu yöntem ile problem ve alt problem ihtiyacına bağlı olarak nitel ve nicel yöntemleri kullanılarak veriler toplanmaktadır. Daha sonra toplanan veriler analiz edilmekte, bulgular birleştirilmekte ve tüm bu verilerden hareketle çıkarımlarda bulunulmaktadır (Tashakkori ve Creswell, 2007:4).

Çalışmanın yöntemi karma yöntem olarak belirledikten sonra, araştırmacının kullandığı karma yöntem tasarımının türü belirlenmektedir. Nitel ve nicel araştırma yöntemlerinin araştırma içerisinde kullanım sırası ve sıklığına bağlı olarak karma araştırma yönteminin farklı modelleri bulunmaktadır. Yapılan araştırmanın bu modellerden hangisi ile yürütüleceğine dair karar almak için ilk olarak aşağıda yer alan soruların cevaplanması gerekmektedir (Creswell, 2002:569,570).

- Araştırmada nitel ve nicel veri toplama yöntemlerinin öncelik ve ağırlığı nedir? (Bir araştırmada nicel ve nitel yöntemlerden biri diğerinden daha fazla önem ve ağırlık taşıyabilmekte veya her iki yöntemin ağırlık ve önemlilik derecesi eşit olabilmektedir.)
- Araştırmada nitel ve nicel verilerin toplama sırası nedir? (Yapılan araştırmada araştırmacıların nitel ya da nicel verilerin toplanma sırasını (önce, sonra, eşzamanlı) belirlemesi gerekmektedir.)
- Araştırmada veriler nasıl analiz edilecektir? (Yapılan araştırmada araştırmacıların nicel ve nitel verileri nasıl analiz (birlikte, ayrı ayrı) edileceğine karar vermesi gerekmektedir.)

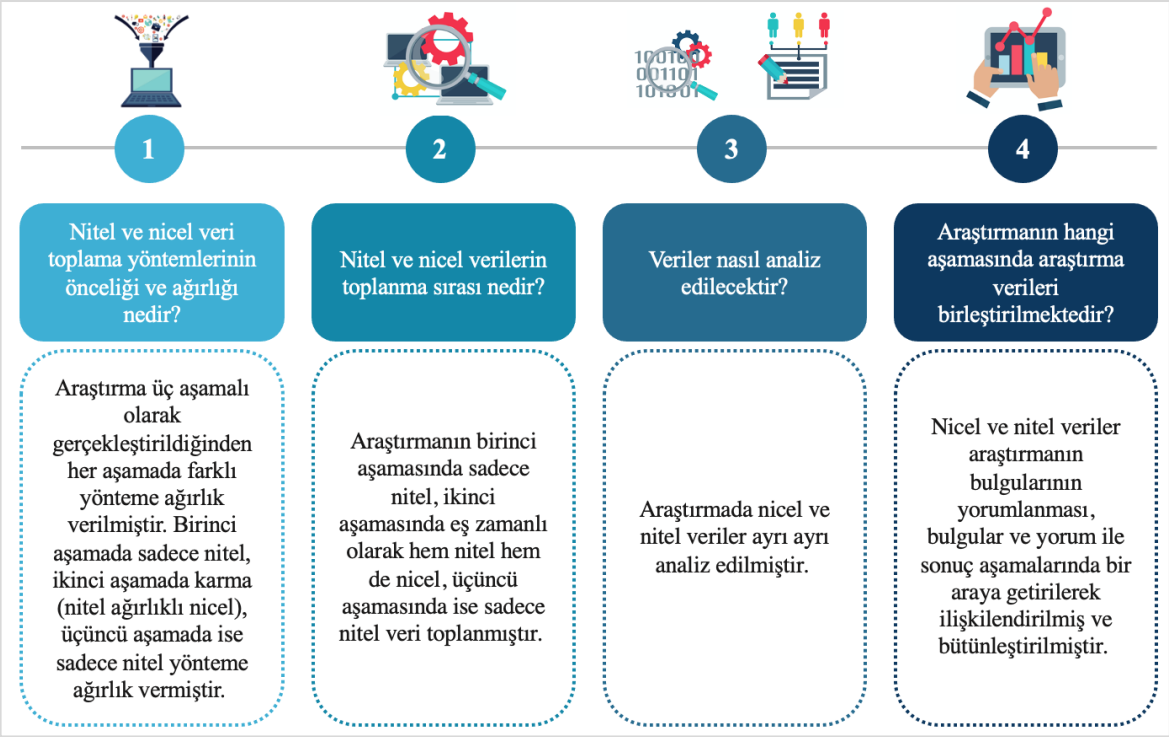
- Araştırmanın hangi aşamasında araştırma verileri birleştirilmektedir? (Nicel ve nitel veriler araştırmanın veri toplama, veri toplama- analiz etme, veri analiz etme ya da yorumlama aşamalarında bir araya getirilebilir, birleştirilebilir ya da ilişkilendirilebilir.)

Creswell (Creswell, 2012:541) yukarıda verilen cevaplara bağlı olarak, nitel ve nicel verilerin öncelikleri, bu verilerin toplanma sırası ve birleştirildiği aşamaları dikkate alarak altı farklı araştırma modeli tanımlamıştır (Şekil 3.7).



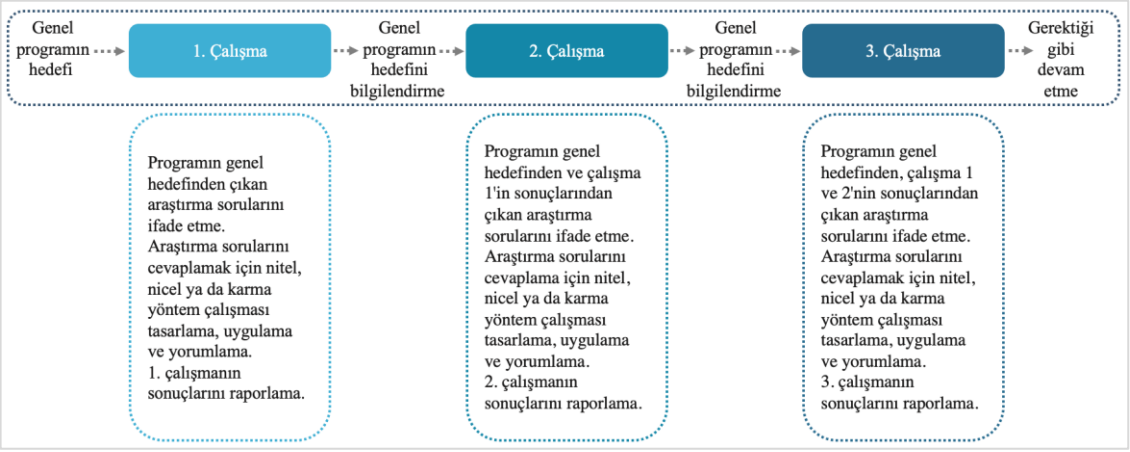
Şekil 3.7. Karma yöntemler araştırma modelleri, Creswell, J W. (2012:541)'den uyarlanarak hazırlanmıştır.

Creswell (2012) tarafından karma model (desen) kullanılarak yürütülecek araştırmalar için önerilen sorulara bağlı olarak bu araştırmanın modeli belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Araştırmaya ait karma yöntem modelini (desenini) belirleme süreci

Creswell'in (2012) model (desen) belirleme sorularının verilen cevaplanması ile araştırmada kullanılmak üzere karma yöntem araştırmaları içerisinde yer alan "çok aşamalı model"in kullanılmasına karar verilmiştir. Creswell ve Plano Clark (2011) tarafından geliştirilen çok aşamalı modele ait temel işlem basamakları akış şeması Şekil 3.9'da ifade edilmektedir.

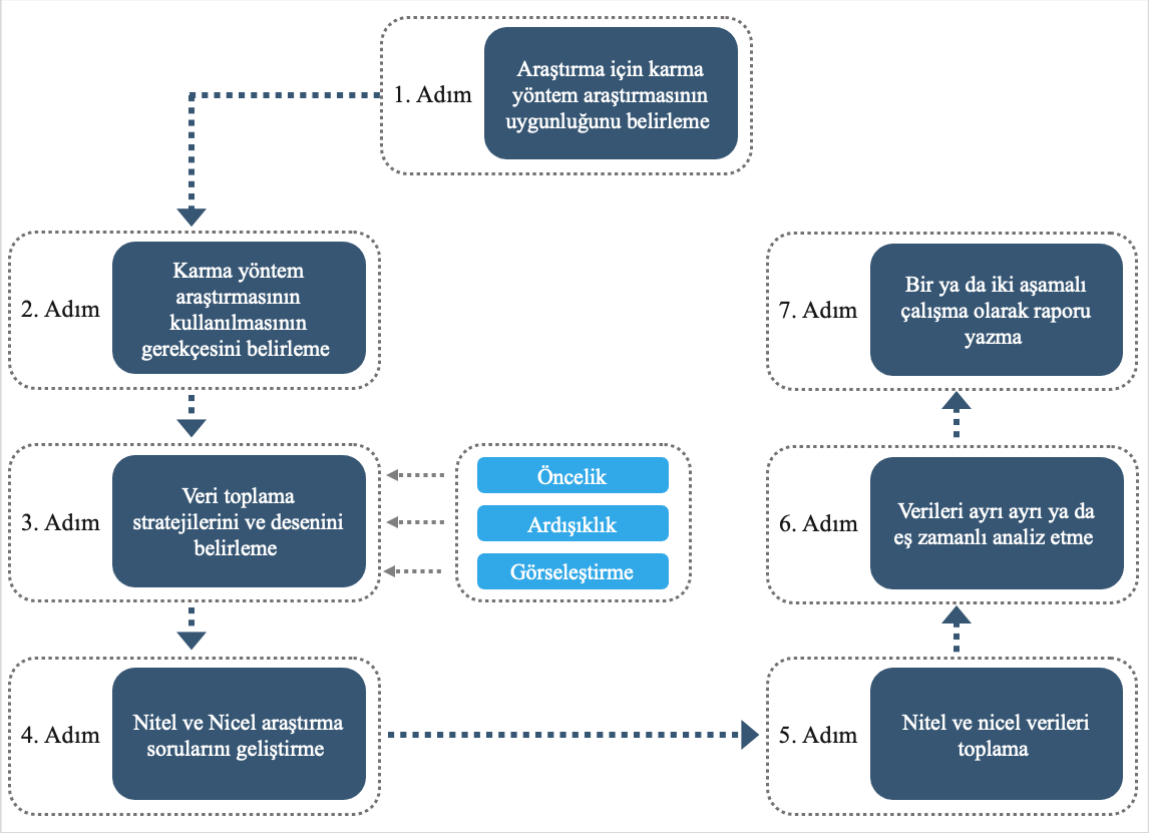


Şekil 3.9. Çok aşamalı model akış şeması (Creswell ve Clark, 2017:102) kaynağından uyarlanmıştır.

Buradan hareketle bu araştırma üç aşamada gerçekleştirilmiştir:

- Birinci aşamada, Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programının tasarlanması amacıyla ihtiyaç analizi ve program geliştirilmiştir.
- İkinci aşamada, Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programı uygulanmıştır.
- Üçüncü aşamada ise Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programı uygulanan öğrenciler değerlendirilmiştir.

Bu araştırma Şekil 3.10'da gösterilen Creswell (2012:555) tarafından önerilen "Karma Yöntem Çalışması Yürütme Sürecindeki Adımları "dikkate alınarak yürütülmüştür.



Şekil 3.10. Karma Yöntem Çalışması Yürütme Sürecindeki Adımlar, Creswell (2012:555)'den uyarlanmıştır.

Creswell'in (2012) karma yöntemler araştırması yürütme basamakları dikkate alınarak aşağıdaki adımlar takip edilmiştir:

- Araştırmanın amacına ulaşmak için sadece nitel ya da nicel yöntemin yeterli olmayacağı düşünüldüğü için karma yöntemin kullanılmasının uygun olacağı belirlenmiştir.

- Araştırmada Biyo-bilgili tasarım öğretim programının ihtiyaç analizinin yapılabilmesi, Mimarlık yüksek lisans programı öğrencilerine Biyo-bilgili Öğretim Programı uygulanmadan önce, uygulama süresince ve uygulandıktan sonraki değişimin belirlenmesi; programın uygulama aşaması bittikten sonra ise biyo-bilgili tasarım eğitimi yaklaşımı ve uygulanan program ile ilgili görüşlerinin belirlenmesi için nitel veri toplama araçlarına ihtiyaç duyulmuştur. Araştırmada aynı zamanda tasarlanan programın öğrencilerin biyo-bilgili tasarım yaklaşımına göre doğadan öğrenme yeterlikleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi için nicel veri toplama aracına ihtiyaç duyulmuştur.
- Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programının tasarlanması ve etkili olma durumunun araştırılması ve değerlendirilmesi amacıyla nitel ve nicel yöntemlerin birlikte kullanıldığı karma model kullanılmıştır.
- Daha sonra araştırmaya ait alt problemler belirlenmiş ve bu doğrultuda veri toplama araçları hazırlanmıştır.
- Araştırmanın birinci, ikinci ve üçüncü aşamalarında hazırlanan veri toplama araçları uygulanmış bunun sonucunda ulaşılan nitel ve nicel veriler analiz edilmiştir.

Araştırmanın tüm aşamalarında kullanılan yöntemler Çizelge 3.5'te toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 3.5. Araştırmanın aşamalarında kullanılan yöntemler

Aşama	Veri Türü	Aşamada Kullanılan Yöntem	Araştırmada Kullanılan Yöntem
Birinci Aşama	Nitel	Nitel Yöntem	Karma Yöntem "Çok Aşamalı Model"
İkinci Aşama	Nicel	Karma Yöntem	
	Nitel		
Üçüncü Aşama	Nitel	Nitel Yöntem	

Araştırmanın birinci aşamasında var olan durumu betimlemek, çalışma grubunun görüş ve deneyimlerini ayrıntılı ve derinlemesine sunmak amacıyla mimarlık lisans öğrencilerine yönelik anket düzenlenmiştir. Bunun için nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır.

Araştırmanın ikinci aşamasında sadece nitel ya da nicel yöntemin yeterli olmayacağı düşünüldüğünden karma yöntemin kullanılması uygun bulunmuştur. Araştırmada Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programı uygulanmadan önce ve uygulandıktan sonra disiplinlerarası yaklaşımla ilgili görüşlerindeki değişimin belirlenmesi; programın uygulama sürecinde öğrencilerin programa ilişkin görüşlerinin belirlenmesi; programı oluşturan

modülleri ile ilgili değerlendirmelerinin incelenmesi için nitel veri toplama araçlarına ihtiyaç duyulmuştur. Araştırmada aynı zamanda tasarlanan programın öğrencileri üzerindeki etkisi nicel veri toplama aracı ile ölçülmüştür.

Araştırmanın üçüncü aşaması ikinci aşamanın devamı olarak gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada Biyo-bilgili tasarım öğretim programı uygulanan öğrencilerin Biyo-bilgili eğitimi yaklaşımı ve program ile ilgili görüşleri derinlemesine araştırılmıştır. Bunun için nitel araştırma yöntemleri kullanılmıştır.

3.3. Çalışma Grubu

Araştırmanın birinci çalışma grubu ihtiyaç analizinin yapıldığı anketin uygulandığı, ikinci çalışma grubu ise Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programının uygulandığı gruptur. Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı, 2019-2020 güz, 2019-2020 bahar, 2020-2021 güz ve 2020-2021 bahar dönemlerinde uygulanmıştır. Bir sonraki bölümde çalışma grupları ile ilgili ayrıntılı bilgiler sunulmuştur.

3.3.1. Birinci çalışma grubu

Araştırmanın alt amaçlarından biri, Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programının tasarım aşamasına yönelik ihtiyaç analizi yapmaktır. Bu amaç doğrultusunda mimarlık bölümü öğrencileri için hazırlanan "Mimar Adaylarının Biyo-bilgili Tasarım Kavramıyla İlgili Farkındalıkları" online anket gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, biyo-bilgili yaklaşım ve mimarlık eğitimi arasındaki ilişkiyi inceleyerek doğadan öğrenmenin mimarlık eğitimine katkılarını araştırmayı amaçlamıştır. Bu anketten elde edilen veriler mimar adaylarının biyo-bilgili kavramıyla ilgili farkındalıklarını ölçmede kullanılmıştır.

Bu anket, biyo-bilgili yaklaşım ve mimarlık eğitimi arasındaki ilişkiyi inceleyerek doğadan öğrenmenin mimarlık eğitimine katkılarını araştırmayı amaçlamaktadır. Bu anketten elde edilen veriler mimar adaylarının biyo-bilgili kavramıyla ilgili farkındalıklarını ölçmede kullanılmaktadır. Bu çalışma için öğrencilerden EK-1'de sunulan online anketi doldurmaları istenmiştir. Sorular, katılımcıların kişisel profillerine ilişkin olarak cinsiyet, yaş, üniversite, sınıf bilgileri, ikinci soru setinde ise katılımcıların biyo-bilgili tasarım yaklaşımı bilgilerinin analiz edilmesi hedeflenmiştir. Türkiye'deki farklı üniversitelerden toplam 280 yanıt hem

biyo-bilgili tasarım yaklaşımı hem de mimarlık eğitimi ile olan ilişkisi açısından öğrencilerin algısı hakkında fikir sahibi olmak için toplanmıştır.

3.3.2. İkinci çalışma grubu

Araştırmanın bir diğer amacı, mimarlık fakültelerinin yüksek lisans programlarına yönelik tasarlanan Biyo-Bilgili tasarım öğretim programının etkililiğini değerlendirmektir. Türkiye'de Gazi Üniversitesi'nde lisansüstü mimarlık öğrencileri için "M666-Doğa Esinli Mimarilere Parametrik Yaklaşım" isimli lisansüstü dersi 2019-2020 yılı güz, 2019-2020 bahar, 2020-2021 güz, 2020-2021 bahar dönemlerinde uygulama yapılmıştır.

1. 2019-2020 Güz: 9 öğrenci
2. 2019-2020 Bahar: 7 öğrenci
3. 2020-2021 Güz: 6 öğrenci
4. 2020-2021 Bahar: 5 öğrenci

Araştırmanın ikinci çalışma grubunu Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünde öğrenim gören lisansüstü dersini alan 27 mimar oluşturmaktadır. Çalışma grubunun oluşturulmasında seçkisiz örnekleme yöntemlerinden uygun örnekleme yöntemi tercih edilmiştir. Uygun örnekleme yönteminde örneklem, araştırma için uygun olan bireylerden oluşmaktadır. Bu tür örneklemenin avantajı araştırmacıya hız, pratiklik ve kolaylık sağlamasıdır (Fraenkel ve Wallen, 2012:98-99; Yıldırım ve Simsek, 2013:141).

Dersin ilk haftasında öğrencilere kişisel bilgilerini edinmek amacıyla "Biyo-Bilgili Tasarım Yaklaşımı Anketi" uygulanmıştır. Hazırlanan bu formda kimlik bilgileri, cinsiyet ve Biyo-bilgili tasarım kavramından haberdar olma durumu ile ilgilidir (EK 1). Öğrencilere ait bilgiler Çizelge 3.6'da görülebilmektedir.

Çizelge 3.6. Çalışma grubu öğrenci bilgileri

Uygulanan Dönem	Toplam Öğrenci Sayısı (n)	Cinsiyet		Biyo-bilgili Tasarım Yaklaşımından Haberdar Olma Durumu	
		Kız	Erkek	Evet	Hayır
2019-2020 Güz	9	7	2	-	9
2019-2020 Bahar	7	5	2	-	7
2020-2021 Güz	6	4	2	-	6
2020-2021 Bahar	5	5	-	-	5

Çizelge 3.6 incelendiğinde programın uygulandığı öğrencilerin 21'inin kız, 6'sının erkek öğrenci olduğu görülmektedir. Öğrencilerin 27'si de Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı uygulanmadan önce biyo-bilgili tasarım yaklaşımı, ilgili olduğu kavramlar, araçlar ve yöntemler ile ilgili bilgiye sahip olmadığını belirtmiştir.

3.4. Veri Toplama Araçları ve Verilerin Toplanması

Araştırmanın alt amaçlarına ulaşmak amacıyla kullanılan veri toplama araçları Çizelge 3.7'de sunulmuştur.

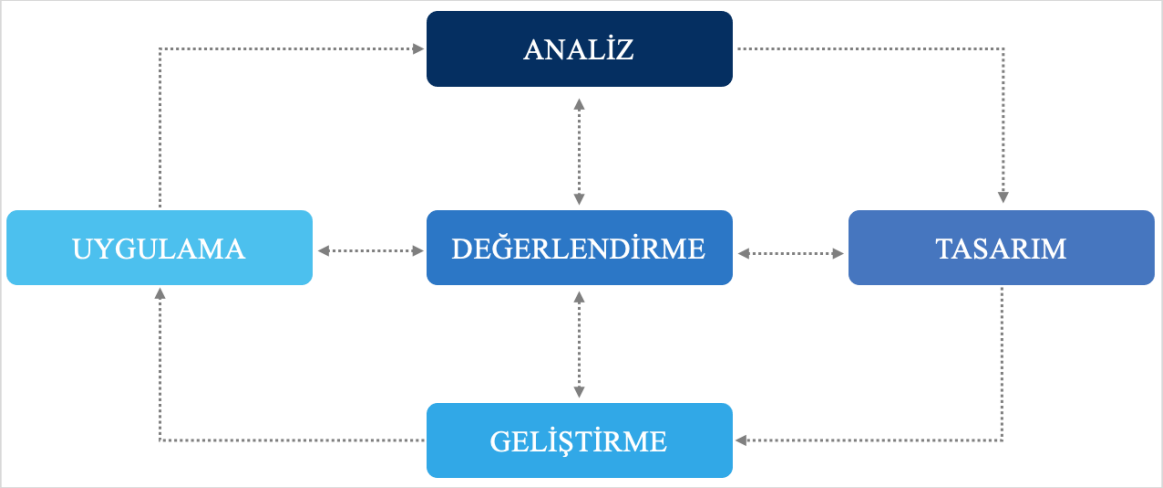
Çizelge 3.7. Araştırmanın alt amaçlarına yönelik kullanılan veri toplama araçları

Birinci Alt Amaca Yönelik Araştırma Soruları	Veri Toplama Aracı
Mimar Adaylarının Biyo-bilgili Tasarım Kavramıyla İlgili Farkındalıkları	Biyo-bilgili Tasarım Eğitimi Anketi
İkinci Alt Amaca Yönelik Araştırma Soruları	Veri Toplama Aracı
Öğrencilerin Biyo-Bilgili Tasarım Yaklaşımına yönelik eğitim durumu modüllerinin ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?	Bilgili Tasarım Bilgisi Değerlendirme Rubriği

3.5. Biyo-Bilgili Öğretim Programının Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesi

Program geliştirme, "eğitim programının hedef, içerik, öğrenme-öğretme süreci ve değerlendirme öğeleri arasındaki dinamik ilişkiler bütünüdür" (Demirel, 2013:5). Program geliştirme için öğretim tasarımı modelleri referans alınmaktadır. "Öğretim tasarımı modelleri, eğitim-öğretim süreçlerinin planlanması, bu süreçte kullanılacak materyallerin tasarlanması, sürecin değerlendirilmesi ve gerekli düzenlemelerin yapılması süreçlerini içermektedir." (Özerbaş ve Kaya, 2017:27). Bu bağlamda bu ihtiyacı karşılamak amacıyla birçok model geliştirilmiştir. ADDIE modeli, eğitmenlerin öğretim tasarımındaki farklı adımlar hakkında düşünmelerine yardımcı olmakta ve ders tasarımının daha derinlemesine anlaşılmasını sağlamaktadır (Kuo, 2013).

Biyo-Bilgili Öğretim Tasarımı Programı hazırlanırken eğitmenlerin bir kurs veya eğitim programı oluşturmasına yardımcı ve yaygın kullanılan öğretim tasarımı çerçevesi olan ADDIE modeli kullanılmıştır. ADDIE öğretim tasarımı modeli, öğretim materyalleri geliştirmek için organize bir süreç sağlayan genel bir öğretim modelidir (Shelton ve Saltsman, 2006). ADDIE modeli, her aşamanın verilen sırayla, ancak değerlendirme ve yinelemeye odaklanarak yapılmasına dayanmaktadır. Model, sürekli iyileştirme için geri bildirim sağlayan basitleştirilmiş, odaklanmış bir yaklaşım sunmaktadır. Bu sistemik model hem geleneksel hem de çevrimiçi öğretim için kullanılabilen beş aşamalı döngüsel bir süreç önermektedir. ADDIE modeli analiz (*Analysis*), tasarım (*Design*), geliştirme (*Development*), uygulama (*Implementation*) ve değerlendirme (*Evaluation*) olmak üzere beş adımdan oluşmaktadır (Davis, 2013).



Şekil 3.11. ADDIE modeli adımları (Quigley, 2019)

Analiz aşaması ne öğrenileceğinin tanımlandığı süreci, tasarım aşaması, nasıl öğrenileceğinin belirlendiği sürecini, geliştirme süreci, öğrenme materyallerinin yazıldığı ve üretildiği süreci, uygulama aşaması eyleme geçilen süreci, değerlendirme ise öğretimin etkisinin belirlendiği süreci ifade etmektedir (Bell ve Shank, 2007:43).

Buradan hareketle araştırma kapsamında ADDIE modeli ile geliştirilen Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı için yapılan çalışmalar aşağıda verilmektedir.

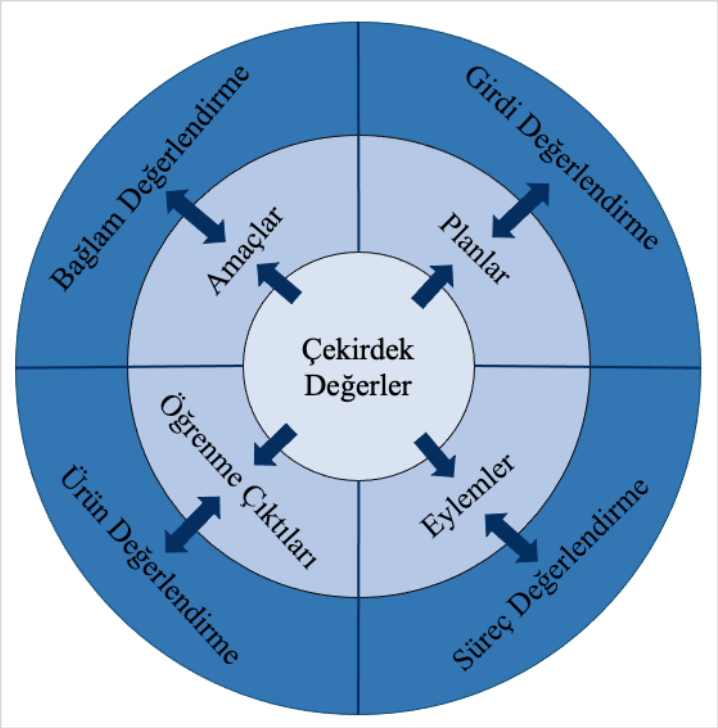
- Analiz aşamasında anket uygulaması ile ihtiyaç analizi yapılarak program kapsamında hedef kitlenin, öğrenme gereksinimleri kararlaştırılmıştır. Sınırlılıklar belirlenmiş ve problemin için olası çözümler düşünülmüştür. Yapılan ihtiyaç analizi ile öğrencilerin

biyo-bilgili tasarım yaklaşımı konusunda sınırlı bilgiye sahip olduğu ve bu yönde eğitim almak istedikleri belirlenmiştir. Bununla birlikte farklı disiplinlerde biyo-bilgili tasarım uygulamaları incelenerek içerik analizi yapılmıştır. Bu bağlamda Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı uygulaması sonucunda öğrencilerin kazanması hedeflenen öğrenme çıktıları Yenilenmiş Bloom taksonomi aracılığıyla belirlenmiştir.

- Tasarım aşamasında öğretim amaç ve hedefleri için öğretim stratejisi belirlenmiştir. Analiz aşamasından elde edilen bilgiler ışığında konu ile alakalı bilgileri kapsayan içerik seçimi yapılmış ve düzenlenmiştir.
- Geliştirme aşamasında araçlar, süreç düşünülerek öğretim materyalleri oluşturulmuştur. Öğrenme ve öğretme süreci için öğrenci odaklı stratejiler, yöntem ve teknikler düşünülmüştür. Bu süreç öğrencilerin aktif olacağı, konu üzerinde beyin fırtınasının ve tartışmaların yoğun olacağı bir şekilde tasarlanmıştır. Öğretim programında yer alan modüller geliştirilmiştir.
- Uygulama aşamasında ise hazırlanan modüllerin ve program lisansüstü ders kapsamında yürütülmüştür. Uygulama süreci değerlendirilmiş ve gerekli düzenlemeler yapılmıştır.
- Değerlendirme aşamasında uygulanan öğretim programına yönelik değerlendirme araçları uygulanmıştır. Bu aşamada değerlendirme süreçleri ele alınmış ve öğrencilerin ne kadar öğrendiği ne kazandığı test edilmiştir. Bu geri dönüşler doğrultusunda gerekli düzenlemeler yapılmıştır.

Program geliştirme sürecinde en son ve en önemli aşamalardan biri olarak değerlendirme, "gözlem ve çeşitli ölçme araçları ile eğitim programlarının etkililiği hakkında veri toplama, elde edilen verileri programın etkililiğinin işaretçileri olan ölçütlerle karşılaştırıp yorumlama ve programın etkililiği hakkında karar verme sürecidir" (Erden, 1998:10). Buna ek olarak değerlendirme, öğrencilerin öğrenme eksikliklerini ya da ne düzeyde öğrendiklerini belirlemek ve düzeltmek; uygulanan bir öğretim programının başarı durumunu ya da etkili olup olmadığını ortaya koymak için yapılmaktadır (Özdemir, 2009). Bu araştırmada tasarlanan Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programının etkili olma durumunun değerlendirilmesi amacıyla program değerlendirme modellerinden olan Daniel Stufflebeam tarafından geliştirilen "Bağlam (*Context*), Girdi (*Input*), Süreç (*Process*) ve Ürün (*Product*) (CIPP) modeli kullanılmıştır. CIPP modeli, yaparak öğrenmek uygulamalarında yapılan hataları tespit etmek ve düzeltmek, ihtiyaç duyulan uygulamaları geliştirmek amacıyla tasarlanmıştır (Stufflebeam ve Coryn, 2014:309,310). CIPP modeli, programın güçlü yönlerini ve sınırlamalarını belirlemek, program etkinliğini geliştirmek veya bir programın

geleceğini planlamak için program hakkında sistematik olarak bilgi toplayan karar odaklı bir model olarak kabul edilmektedir (Zhang vd., 2011). CIPP program değerlendirme modeli Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programının tasarımını, uygulama sürecini ve sonuçlarını içeren tüm aşamaların değerlendirilmesinde yol gösterici olması nedeniyle tercih edilmiştir. CIPP modelinin programın öğeleri ile olan bağlantısı Şekil 3.12'de görülmektedir.



Şekil 3.12. CIPP değerlendirme modelinin temel bileşenleri ve programla ilişkisi (Zhang vd., 2011:318)

Bağlam değerlendirmesi adımında, programa yönelik hedeflerin, yararlanıcıların tanımlanması, önceliklerin belirlenmesi ve hedeflerinin belirlenen ihtiyaçlar ve sorunlar doğrultusunda olup olmadığının tespiti amacıyla kullanılmaktadır (Stufflebeam ve Coryn, 2014:319). Bu aşamada bağlam değerlendirmesinin gerçekleştirilebilmesi amacıyla ihtiyaç analizi yapılmış ve elde edilen verilerden yola çıkılarak Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programının amaçları ve öğrenme çıktıları tanımlanmıştır.

Girdi değerlendirme, ilgili literatürün gözden geçirilmesi, örnek programların, uygulamaların incelenmesi, belirlenen hedeflere ulaşılması amacıyla uygulama aşamasında kullanılacak yaklaşımların etkinliğinin ve uygulanabilirliğinin değerlendirilmesini içermektedir (Stufflebeam ve Coryn, 2014:323,324). Bu aşamada biyo-bilgili tasarım

yaklaşımı ile ilgili farklı uygulamalar ve programlar incelenmiş bununla birlikte farklı disiplinlerde yer alan uzmanlardan görüşler alınarak gerekli düzenlemeler yapılmıştır.

Süreç değerlendirme basamağında, program etkinliklerinin uygulama aşamaları izlenmekte ve değerlendirilmektedir. Bu aşamada, programın uygulama süreci konusunda bilgi toplanmakta ve programın uygulanabilirliği konusunda geri dönüşler alınmaktadır (Stufflebeam ve Coryn, 2014:328,329). Süreç değerlendirmesi yapılırken programın faaliyetleri, sürekli iyileştirmeye odaklanılarak değerlendirilmektedir. Bu aşamada neler yapılıyor, iyi yapılıyor mu ve değişim için nelere dikkat edilmesi gerekiyor? gibi sorular yönlendirici olmaktadır (URL-79). Bu araştırmanın süreç değerlendirilmesi doğrultusunda programın uygulandığı her hafta öğrencilerden derse ve derste yapılan uygulamalara yönelik hazırlanan soruları cevaplandırmaları istenmiştir. Alınan cevaplar doğrultusunda programın uygulama sürecine yönelik görüşler değerlendirilerek öğrenme-öğretme sürecinde gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Bununla birlikte hazırlanan program araştırmacı tarafından uygulandığı için sürece ilişkin gözlemler araştırmaya aktarılmıştır.

Ürün değerlendirme aşamasında, uygulanan program süreci izlenmekte, değerlendirilmekte ve sonunda hangi hedeflerin gerçekleştirildiği, hangi ihtiyaçların karşılandığı belirlenmektedir. Programın hedeflerine ulaşıp ulaşmadığı, program çıktıları değerlendirilerek karar verilmektedir (Stufflebeam ve Coryn, 2014: 330-331). Bu araştırma kapsamında, öğrenciler tarafından tasarlanan ürünlerin değerlendirmeleri ve her uygulama sonucunda kendileri değerlendirmeleri istenmiştir. Uygulanan program sonucu olarak da öğrencilere “Biyo-Bilgili Tasarım Yaklaşımı Anketi (Son test)” ve “Biyo-Bilgili Tasarım Dersine Yönelik Program Sonuç Anketi” uygulanmıştır.

Biyo-Bilgili öğretim programının CIPP modeline göre değerlendirilmesi amacıyla uygulanan işlemler ve bu bağlamda kullanılan veri toplama araçları Çizelge 3.8’de verilmiştir.

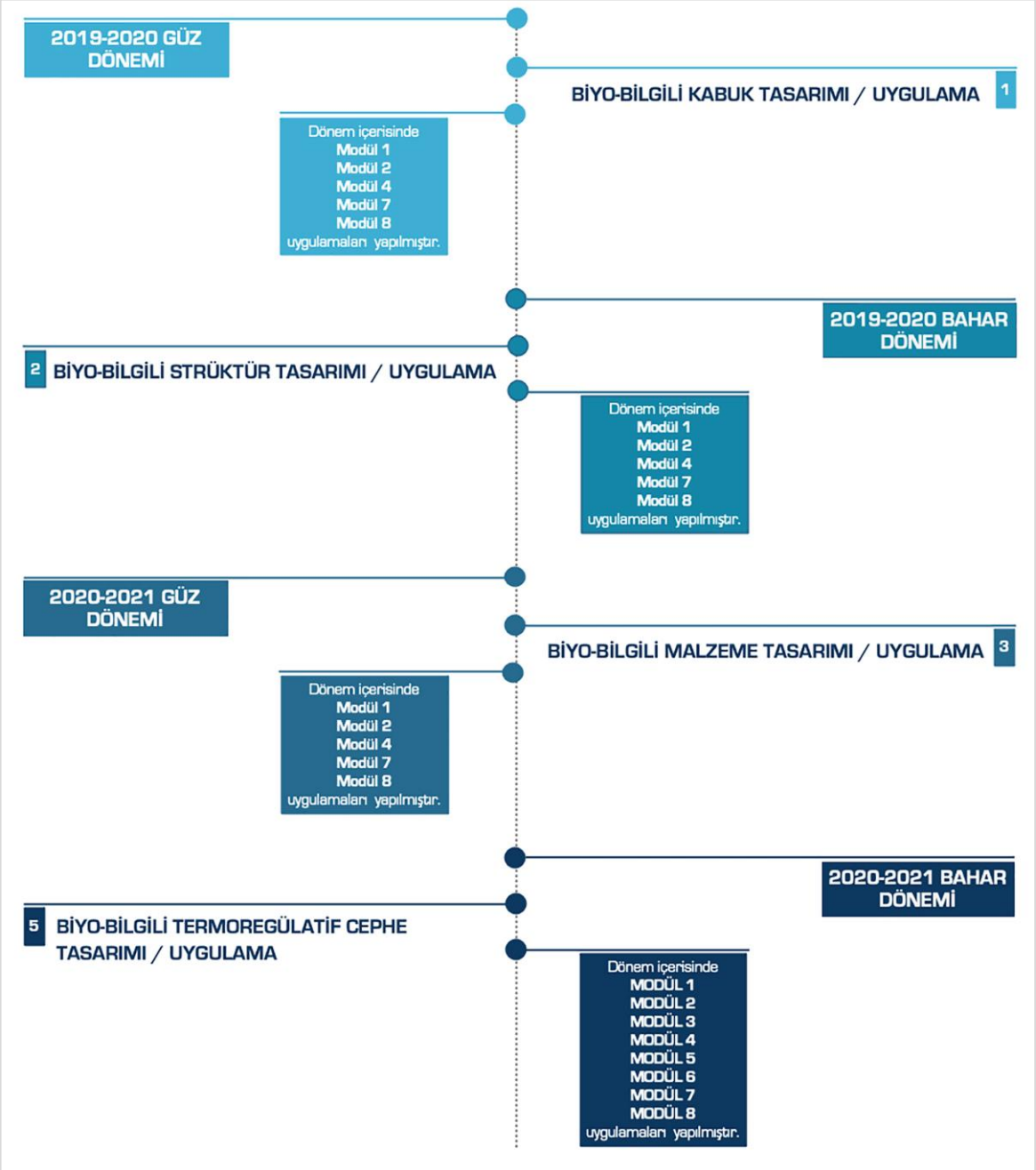
Çizelge 3.8. CIPP modeline göre program değerlendirme için yapılan işlemler ve kullanılan veri toplama araçları

CIPP Modeli Basamakları	Yapılan İşlem	Veri Toplama Aracı
Bağlam	İhtiyaç Analizi	Mimar Adaylarının Biyo-bilgili Tasarım Kavramıyla İlgili Farkındalıkları
Girdi	Konu ile ilgili alan çalışması	
	Uzman görüşü	
Süreç	Öğrencilerden programa ilişkin görüşlerinin alınması	Derse yönelik görüşmeler
Ürün	Öğrenci ürünlerinin değerlendirilmesi	Öz Değerlendirme Formları
	Öğrenci tasarımlarının değerlendirilmesi	Biyo-Bilgili Tasarım Yaklaşımı Anketi (Son test)
	Öğrencilerin disiplinlerarası yaklaşımlara ilişkin görüşlerinin alınması	Biyo-Bilgili Tasarım Dersine Yönelik Program Sonuç Anketi

CIPP program değerlendirme modeline ait tüm basamakların program değerlendirme sürecinde kullanılması program sürecinin geliştirilmesine katkı sağlamıştır. Programın uygulanma sürecinde edinilen veriler, programın geliştirilmesi ve iyileştirilmesi konusunda yol gösterici olmuştur.

3.6. Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programının Uygulama Süreci

Araştırma Şekil 3.13'te gösterildiği gibi dört dönem olarak uygulanmıştır. 2019-2020 Güz, 2019-2020 Bahar, 2020-2021 Güz dönemlerinde Program içerisinde yer alan Modül 1-2-4-7-8 uygulanmıştır. Daha sonra alınan uzman görüşleri doğrultusunda Biyo-bilgili Öğretim Programı içerisine yeni modüller eklenerek 8 modül olarak 2020-2021 Bahar döneminde uygulanmıştır.



Şekil 3.13. Çalışma kapsamında yapılan uygulamalar

Araştırma için tasarlanan Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı Çizelge 3.9'da verilen çalışma planına göre uygulanmıştır. Program Ek 1'de detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 3.9. Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programı'na ilişkin çalışma planı ve veri toplama araçları

Tarih	Dersin Konu Başlıkları	Veri Toplama Aracı
Hafta *25 Eylül 2021*	Biyo-Bilgili Tasarıma Giriş	Biyo-Bilgili Tasarım Bilgisi değerlendirme Rubriği (Ön Test)
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarım Anlam ve Önemi	Poster/Sunum değerlendirme Rubriği
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarım Anlam ve Önemi	Poster/Sunum değerlendirme Rubriği
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarım Zihin Haritası Oluşturulması	Zihin Haritası Değerlendirme Rubriği
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarım Kavram Haritası Oluşturulması	Kavram Haritası Değerlendirme Rubriği
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarım Uygulama Etkinliği 1: Biyo-Bilgili Tasarım süreci: Problem Odaklı Tasarım (*Problem-Based Approach/Top-down*)	Problem-odaklı Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarım Uygulama Etkinliği 2: Biyo-Bilgili Tasarım süreci: Biyo-Bilgili kartlar ile Çözüm odaklı tasarım (*Solution-driven biologically inspired design process/Solution-BasedApproach/Bottom-Up*)	Çözüm-odaklı Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği
Hafta Gün/Ay/Yıl	Mimarlık ve biyoloji alanları arasında bilgi aktarımına yardımcı olacak Konsept ve Bilgi Teorisine (*Concept-Knowledge design theory*) dayanan etkili öğretim teknikleri uygulaması	Konsept ve Bilgi Teorisi Tekniğine Yönelik Tutum Ölçeği
Hafta Gün/Ay/Yıl	Ara sınav	
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarım Problemlerinin Belirlenmesi – Mimari Kabuk	Biyo-Bilgili Tasarım Bilgisi Değerlendirme Rubriği (Son test) Biyo-Bilgili Tasarım Etkinliği Değerlendirme Formu Program Sonuç Anketi
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarımda Doğal Dil Yaklaşımı	
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarımda Doğal Dil Yaklaşımı	
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarımda Doğal Dil Yaklaşımı	
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarımda Doğal Dil Yaklaşımı	

Uygulamanın ilk haftasında öğrencilerle tanışılmış sonrasında ders kapsamında yürütülecek olan çalışmalardan ve programdan bahsedilmiştir. Öğretim programını oluşturan modüller programa uygun olarak derste uygulanmıştır.

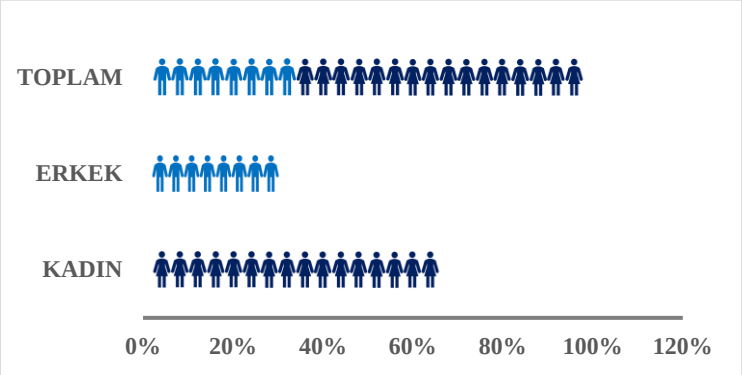
4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER

Çalışmanın bu bölümünde mimarlık öğrencilerine uygulanan anket sonuçlarından ve program kapsamında gerçekleştirilen uygulamalardan elde edilen bulgulara yer verilmektedir.

4.1. Birinci Alt Amaca İlişkin Bulgular ve Değerlendirmeler

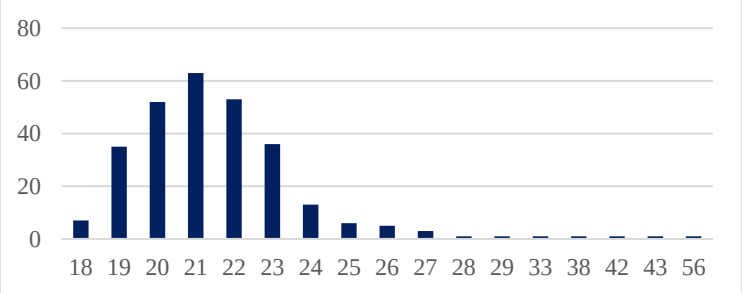
Bu bölümde Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programına yönelik ihtiyaç analizi bağlamında gerçekleştirilen "Mimar Adaylarının Biyo-bilgili Tasarım Kavramıyla İlgili Farkındalıkları Anketi"nden (EK 1) elde edilen bulgular yer almaktadır.

Google forms ile 23 Aralık 2021 tarihinde oluşturulan ve 28 gün açık kalan ankete 280 kişi katılmıştır. Anket katılımcılarının cinsiyet dağılımı %68 kadın, %32 erkek olarak görülmektedir (Şekil 4.1).



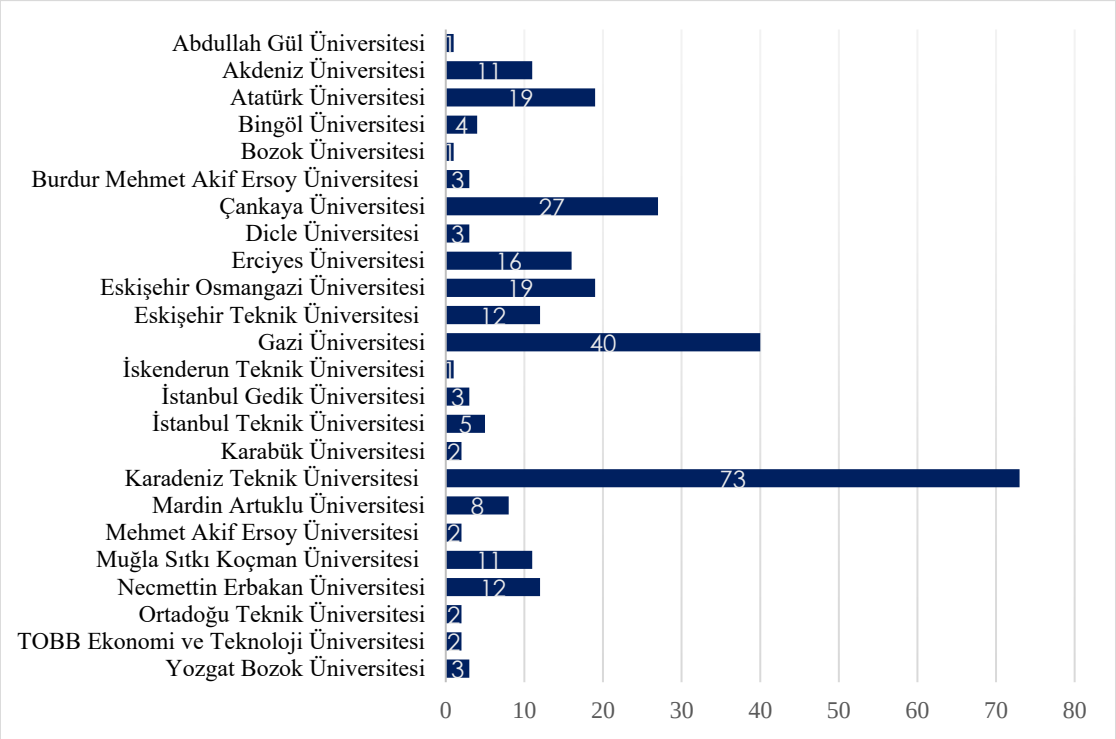
Şekil 4.1. Cinsiyet dağılımı

Katılımcıların yaş dağılımı 18-56 arasında değişmekte olup en çok katılım gösteren yaş aralığı 18-25 olarak görülmektedir (Şekil 4.2).



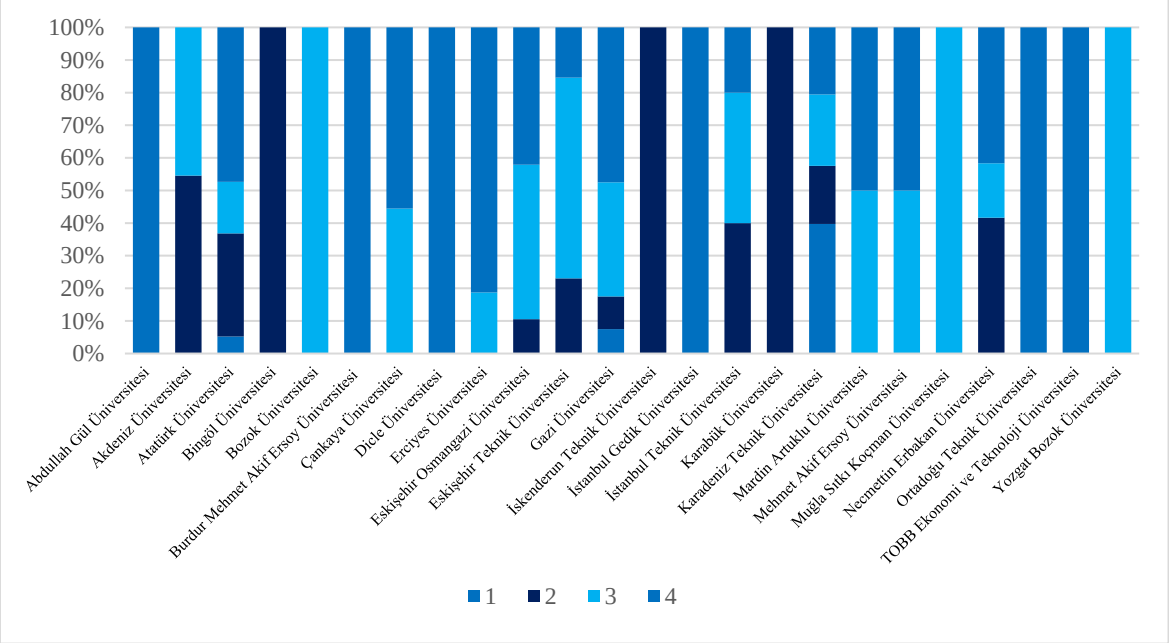
Şekil 4.2. Yaş dağılımı

Ankete 24 farklı üniversiteden katılım gösterilmiştir (Şekil 4.3).



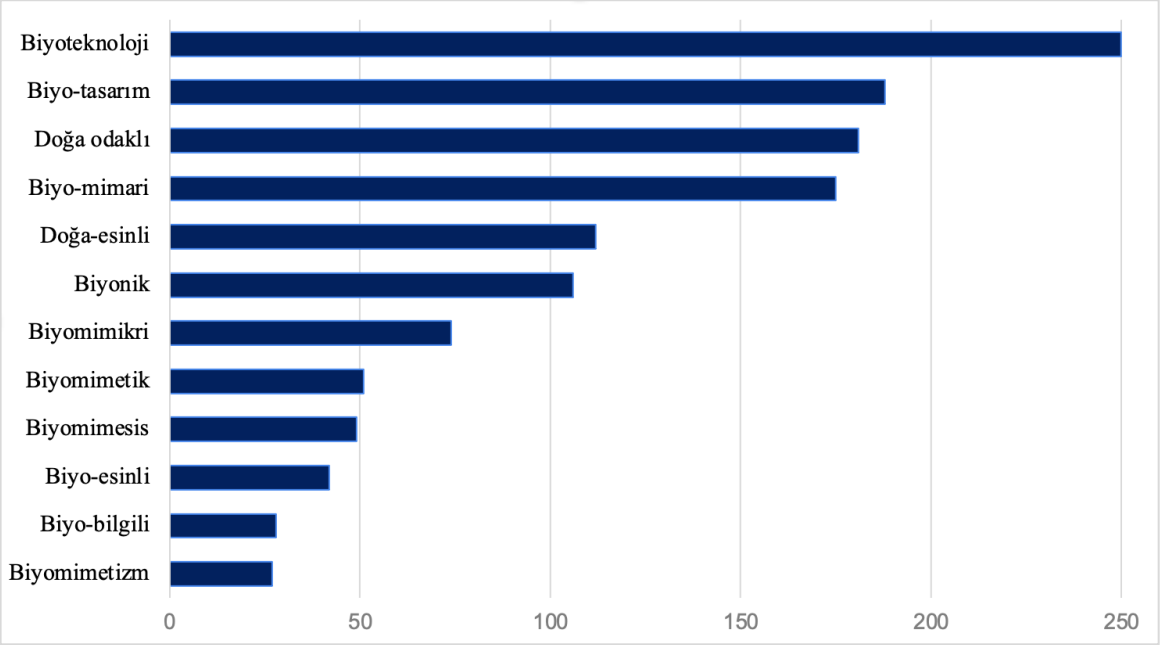
Şekil 4.3. Üniversite Dağılımı

Katılımcıların sınıf seviyeleri her üniversite için farklılık göstermektedir. 1. sınıftan 33, 2. sınıftan 48, 3. Sınıftan 94 ve 4. sınıftan ise 105 kişi katılım göstermiştir (Şekil 4.4.)



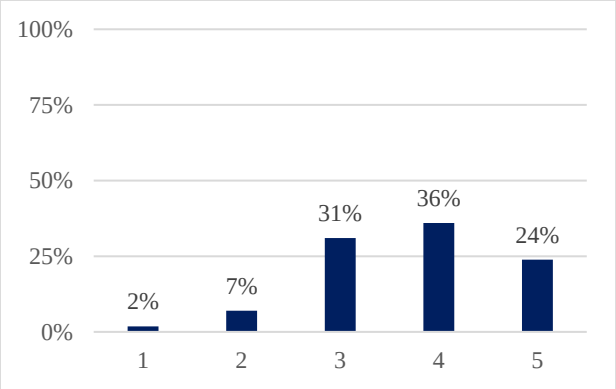
Şekil 4.4. Üniversiteye bağlı sınıf dağılımı

“Aşağıdaki biyo- kavramlarından hangisini biliyorsunuz?” sorusuna en çok verilen cevap “biyoteknoloji” olmuştur. Bu terimi “biyo-tasarım”, “doğa-odaklı” ve “biyo-mimari” takip etmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. “Aşağıdaki biyo- kavramlarından hangisini biliyorsunuz?” sorusuna verilen cevaplar

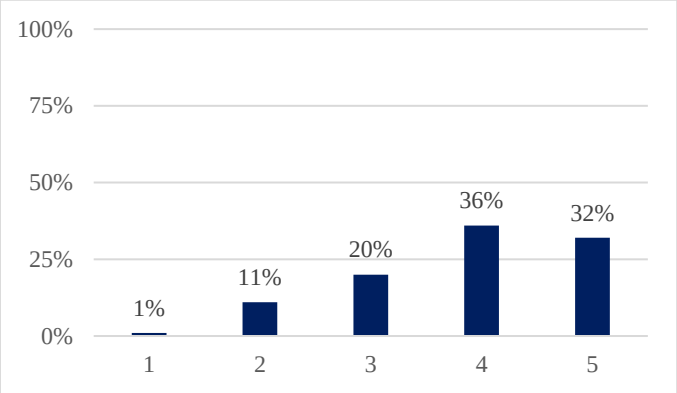
“Mimarlık ve biyoloji disiplinleri arasındaki ilişki hakkında ne düşünüyorsunuz?” sorusunun ortalama değeri 3,58 olup çoğunlukla ilişkili olarak kabul edilmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. “Mimarlık ve biyoloji disiplinleri arasındaki ilişki hakkında ne düşünüyorsunuz?” sorusuna verilen cevaplar

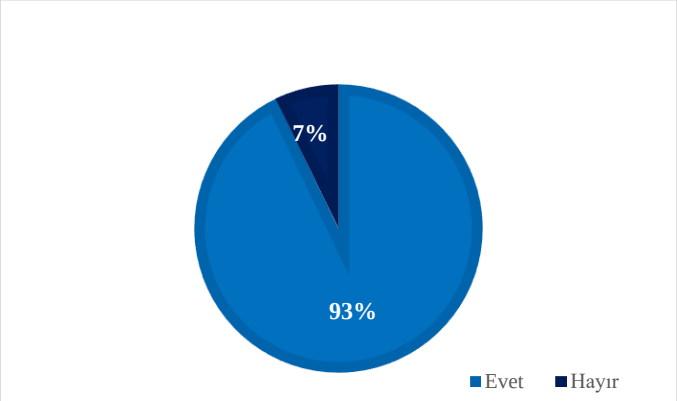
“Mimarların ve biyologların tasarım projelerinde iş birliği yapmasının mümkün olduğuna inanıyor musunuz?” sorusuna %32 kesinlikle inanıyorum, %36 inanıyorum, %20

kararsızım, %11 inanmıyorum, %1 ise kesinlikle inanmıyorum şeklinde cevap vermiştir (Şekil 4.7). Soruya verilen yanıtların ortalaması 3,86 olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda çoğunluğun mimarların ve biyologların tasarım projelerinde iş birliği yapmasının mümkün olduğuna inandığı yorumu çıkarılabilir.



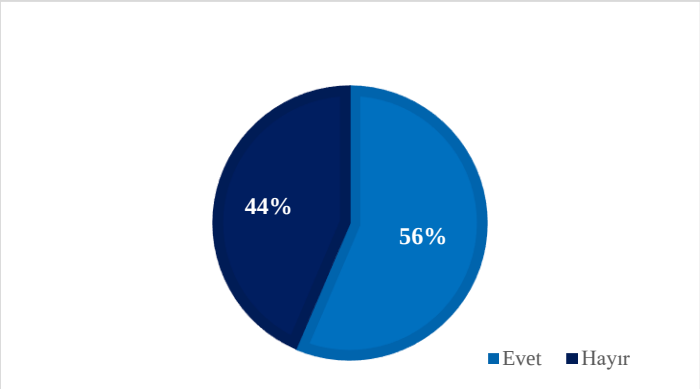
Şekil 4.7. "Mimarların ve biyologların tasarım projelerinde iş birliği yapmasının mümkün olduğuna inanıyor musunuz?" sorusuna verilen cevaplar

Katılımcılar "Doğadan esinlenen/öğrenen tasarımlar hakkında bilginiz var mı?" sorusuna %93 evet, %7 hayır cevabını vermiştir (Şekil 4.8). Bu soruya verilen yanıtlardan anket katılımcılarının büyük çoğunluğun konu hakkında bilgi sahibi olduğu görülmüştür.



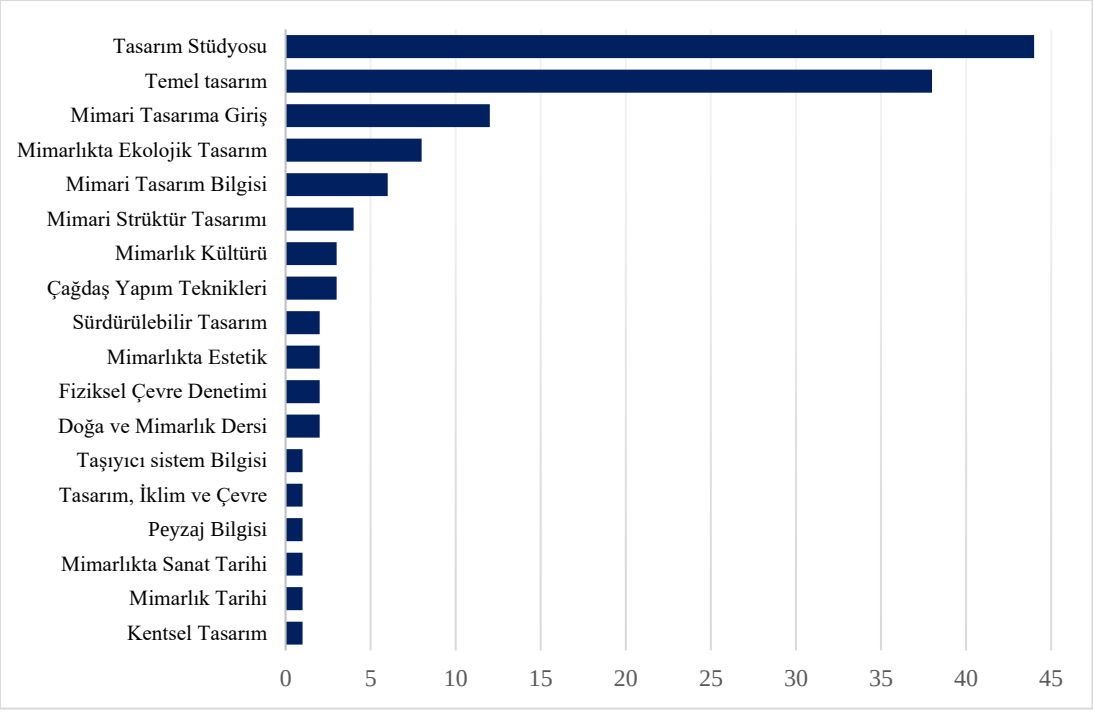
Şekil 4.8. "Doğadan esinlenen/öğrenen tasarımlar hakkında bilginiz var mı?" sorusuna verilen cevaplar

Doğadan esinlenen/öğrenen tasarımlar hakkında bilgisi olan katılımcılar, "Tasarım derslerinde doğadan esinlenme ya da doğadan öğrenme kavramlarının ne ifade ettiği ya da kullanımı ile ilgili bilgi edindiniz mi?" sorusuna %56 evet, %44 ise hayır cevabını vermiştir (Şekil 4.9).



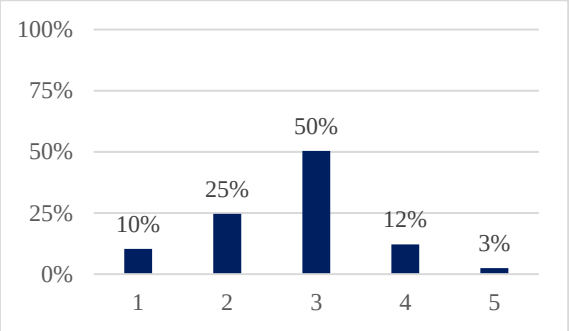
Şekil 4.9. "Tasarım derslerinde doğadan esinlenme ya da doğadan öğrenme kavramlarının ne ifade ettiği ya da kullanımı ile ilgili bilgi edindiniz mi?" sorusuna verilen cevaplar

"Tasarım derslerinde doğadan esinlenme ya da doğadan öğrenme kavramlarının ne ifade ettiği ya da kullanımı ile ilgili bilgi edindiniz mi?" sorusuna evet cevabı veren katılımcıların büyük çoğunluğu, tasarım stüdyosunda bu konuda bilgi edindiğini belirtmiştir. Benzer şekilde temel tasarım dersinde bilgi edindiğini belirten katılımcıların sayısı da yüksektir. Bu durum doğa odaklı bilgilerin sadece proje ile sınırlı olmadığını bununla birlikte, sanat tarihi, kentsel tasarım, taşıyıcı sistem bilgisi gibi birçok ders kapsamında da ele alındığını göstermektedir (Şekil 4.10).



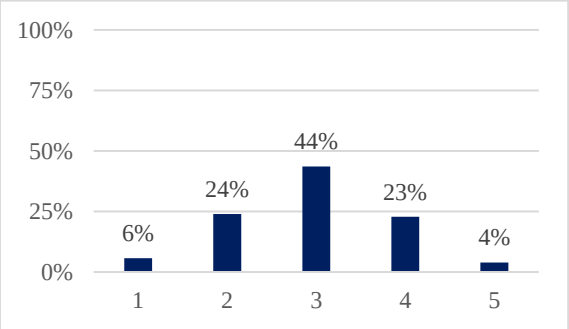
Şekil 4.10. "Cevabınız evet ise, hangi ders kapsamında?" sorusuna verilen cevaplar

Katılımcıların kavramlar konusunda detaylı bilgi sahibi olup olmadığını ölçmek için yöneltilen "Biyo-bilgili" kavramı Biyomimikri / Biyomimetik / Biyonik / Biyoteknoloji / Biyomimesis kavramları ile aynı anlama gelmektedir." sorusuna %3 kesinlikle katılıyorum, %12 katılıyorum, %50 kararsızım, %25 katılmıyorum, %10 ise kesinlikle katılmıyorum yanıtını vermiştir. Verilen yanıtlardan çoğunluğun kavramların benzerlikleri ve farklılıkları konusunda bilgi sahibi olmadığı anlaşılmıştır (Şekil 4.11).



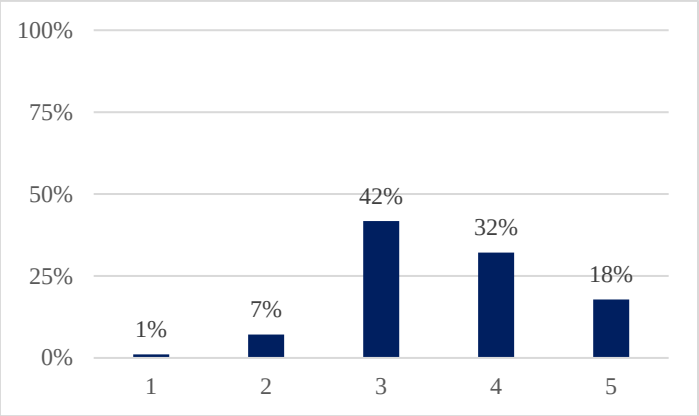
Şekil 4.11. "Biyo-bilgili" kavramı Biyomimikri / Biyomimetik / Biyonik / Biyoteknoloji / Biyomimesis kavramları ile aynı anlama gelmektedir." ifadesine verilen cevaplar

"Biyo-bilgili kavramı temelde mimarlık ile alakalıdır." sorusuna çoğunluğu %44 kararsızım cevabı verdiği görülmektedir (Şekil 4.12).



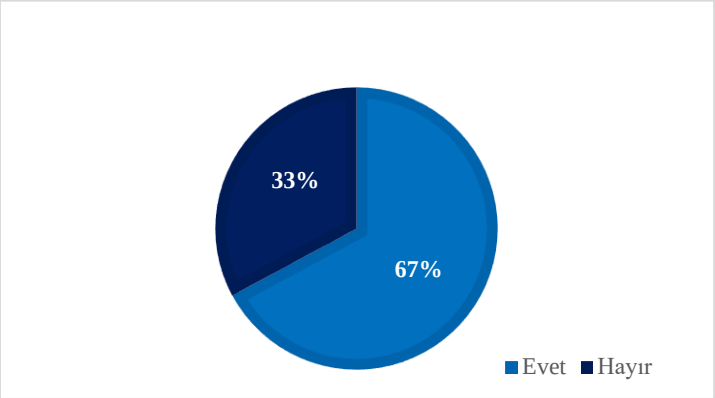
Şekil 4.12. "Biyo-bilgili kavramı temelde mimarlık ile alakalıdır." ifadesine verilen cevaplar

"Biyo-bilgili kavramı problem çözümünde, doğadan öğrenilmesi/esinlenilmesi ile yeni tasarımlar geliştirilmesinde kullanılan alanı temsil etmektedir." sorusuna %42 kararsızım cevabı vermiş olsa da %32'ü katılıyorum, %18'sı ise kesinlikle katılıyorum cevabını vermiştir (Şekil 4.13). Ortalama cevap 3,59 olduğu için çoğunluğun biyo-bilgili kavramının problem çözümünde, doğadan öğrenilmesi/esinlenilmesi ile yeni tasarımlar geliştirilmesinde kullanıldığını belirtmiştir.



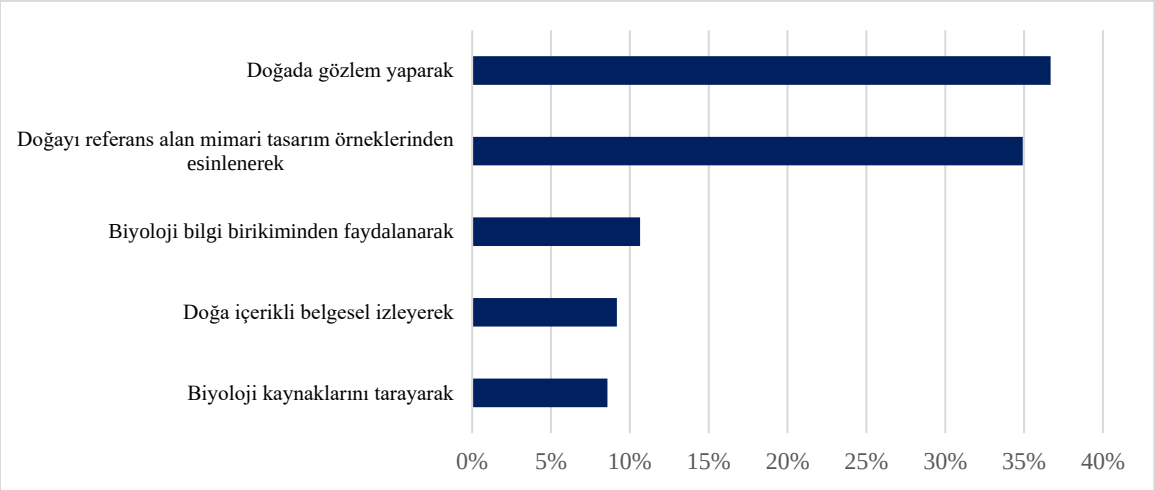
Şekil 4.13. "Biyo-bilgili kavramı problem çözümünde, doğadan öğrenilmesi/esinlenilmesi ile yeni tasarımlar geliştirilmesinde kullanılan alanı temsil etmektedir." ifadesine verilen cevaplar

"Tasarımlarınızda doğayı bilgi/esin kaynağı olarak kullanma deneyiminiz oldu mu?" sorusuna %67 evet, %33 ise hayır cevabını vermiştir (Şekil 4.14).



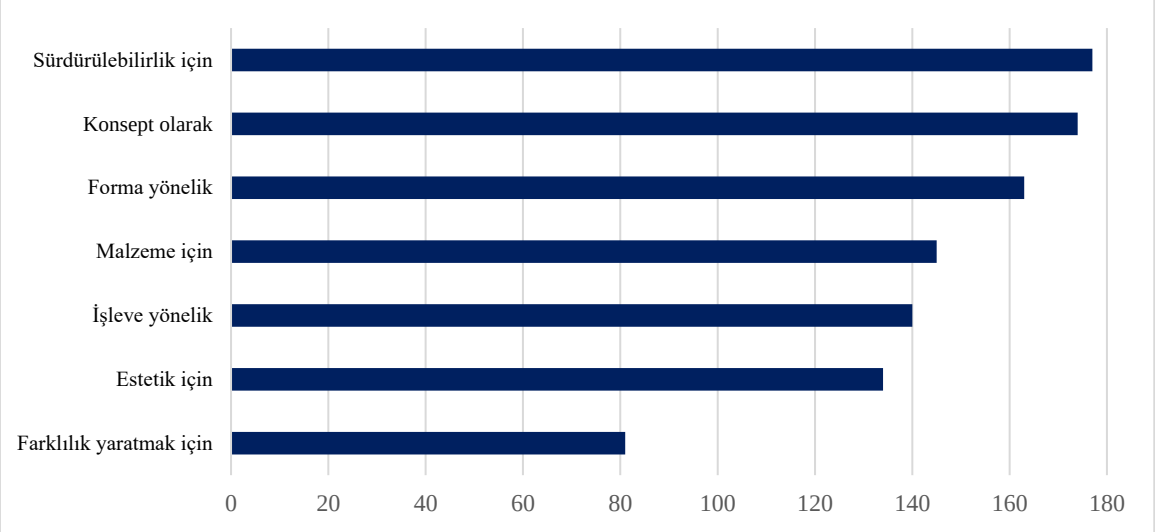
Şekil 4.14. "Tasarımlarınızda doğayı bilgi/esin kaynağı olarak kullanma deneyiminiz oldu mu?" sorusuna verilen cevaplar

Tasarımlarında doğayı bilgi/esin kaynağı olarak kullanma imkânı elde eden katılımcıların %37'si doğada gözlem yaparak, %35'i doğayı referans alan mimari tasarım örneklerinden esinlenerek uygulamaya geçtiğini belirtmiştir. Biyoloji bilgi birikiminden faydalananlar %11, biyoloji kaynaklarını tarayanlar %9, doğa içerikli belgeseller izleyenler ise %9'dur (Şekil 4.15). Bu soruya verilen yanıtlarda benzer biyolojik referanslarından yola çıkanların sayısının diğerlerine oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Burada doğayı referans aldığını belirten büyük çoğunluğun "Doğayı referans alan mimari tasarım örneklerinden esinlenerek" bunu gerçekleştirdiği görülmektedir. Bu durumda öğrenciler tarafından sınırlı biyolojik bilgilerin kullanıldığı yorumu yapılabilir.



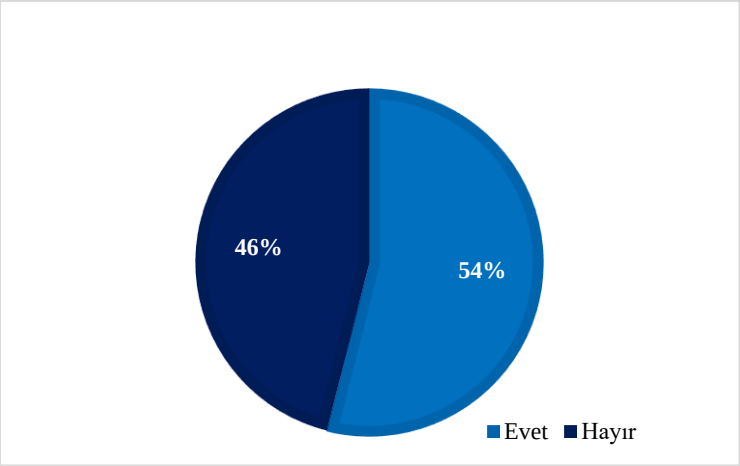
Şekil 4.15. "Cevabınız evet ise doğayı referans olarak aldığınızda bu kavramı hangi yolla uygulamaya geçirdiniz?" sorusuna verilen cevaplar

"Doğadaki çözümleri hangi amaç doğrultusunda inceliyorsunuz?" sorusunu ise %18 işleve yönelik, %18 konsept olarak, %17 sürdürülebilirlik, %16 malzeme, %13 form, %48 estetik ve %7 ise farklılık (özgünlük) olarak cevaplamıştır.



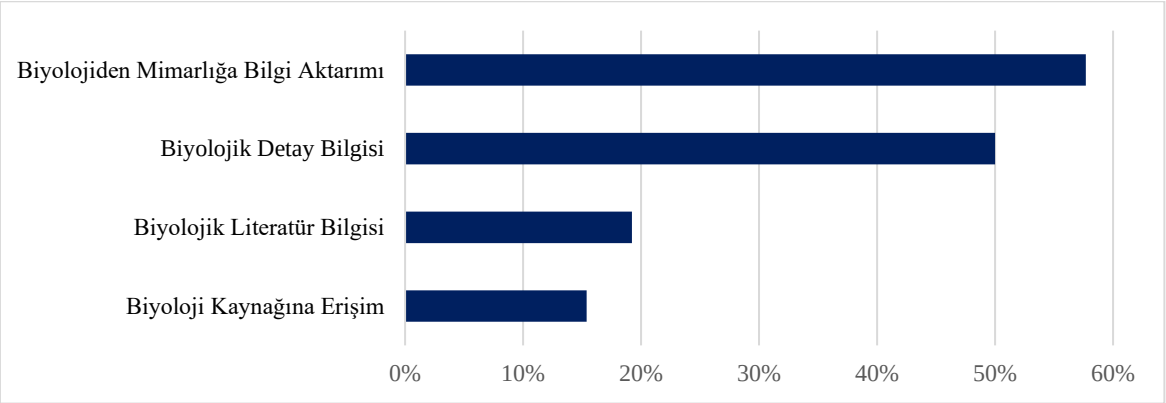
Şekil 4.16. "Doğadaki çözümleri hangi amaç doğrultusunda inceliyorsunuz?" sorusuna verilen cevaplar

Amaçları doğrultusunda %54'ün detaylı bilgiye ihtiyaç duyduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.17). Katılımcıların %46'sı ise detaylı bilgiye ihtiyaç duymadığını belirtmektedir.



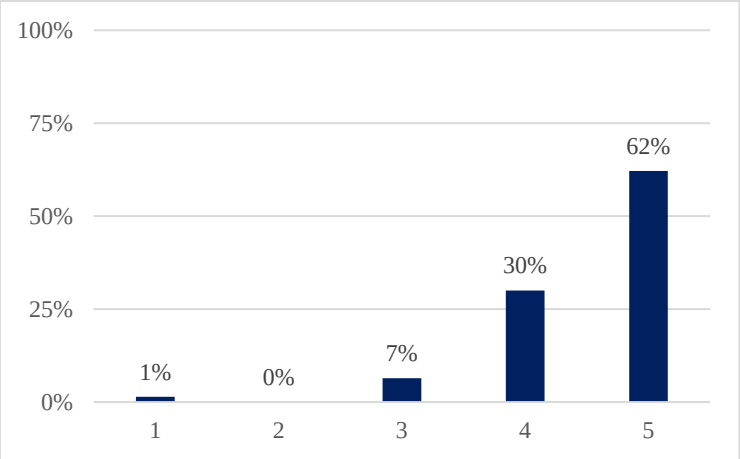
Şekil 4.17. "Çözümleri incelerken daha detaylı bilgiye ihtiyaç duyuyor musunuz?" sorusuna verilen cevaplar

"Çözümleri incelerken daha detaylı bilgiye ihtiyaç duyuyor musunuz?" sorusunu evet olarak cevaplayan katılımcılar, biyolojik literatür ve biyolojik detay bilgisi, biyolojiden mimarlığa bilgi aktarımı ve biyoloji kaynağına erişim noktasında daha fazla bilgiye ihtiyaç duyduklarını belirtmişlerdir (Şekil 4.18).



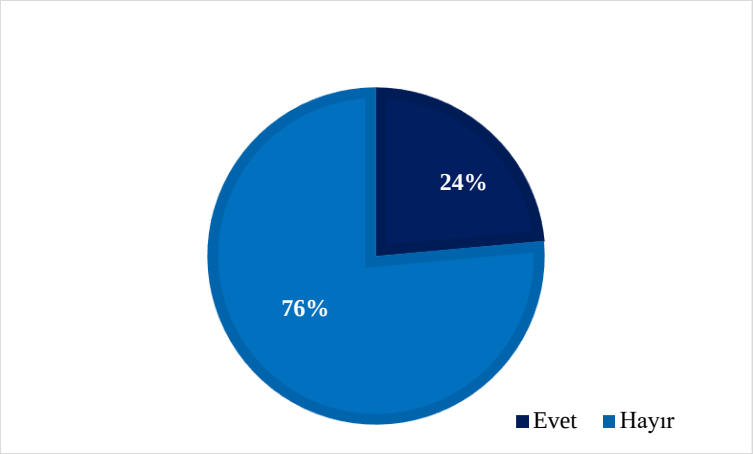
Şekil 4.18. "Çözümleri incelerken daha detaylı bilgiye ihtiyaç duyuyor musunuz?" sorusuna "Evet ise örnek verir misiniz?" için verilen cevaplar

Katılımcıların %62'i "Doğadan esinlenmenin/öğrenmenin mimarlık eğitimine katkısı olur." Sorusuna kesinlikle katılıyorum cevabını vermiştir (Şekil 4.19). %30 katılıyorum, %7 kararsızım, %1 ise kesinlikle katılmıyorum olarak yanıtlamıştır. Bu bağlamda katılımcıların büyük çoğunluğunun mimarlık eğitimine doğadan esinlenmenin/öğrenmenin katkı sağlayacağını düşündüğü anlaşılmaktadır.



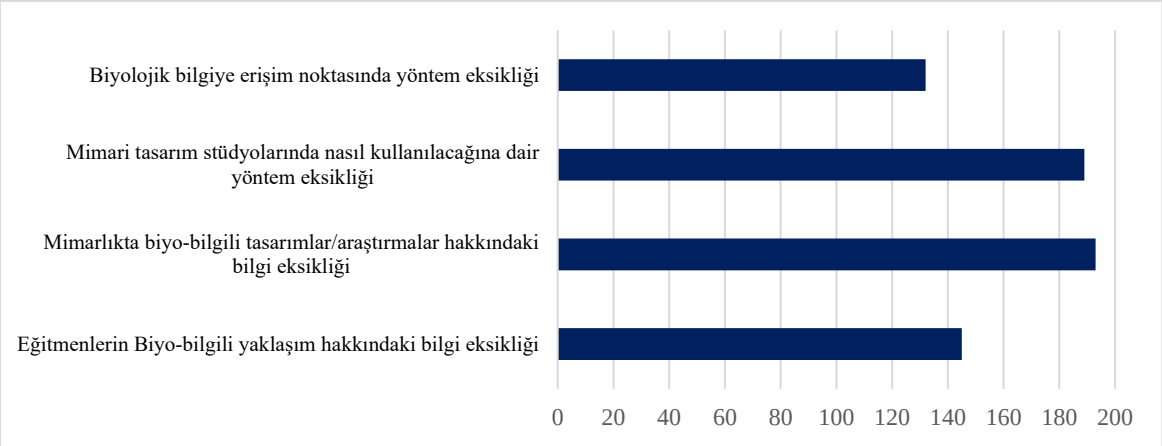
Şekil 4.19. "Doğadan esinlenmenin/öğrenmenin mimarlık eğitimine katkısı olur." ifadesine verilen cevaplar

"Tasarım stüdyosunda bir öğretim yöntemi olarak Biyo-bilgili/biyomimetik/biyomimikri/biyo-esinli tasarım hakkında bilginiz var mı?" sorusuna %76 evet, %24 ise hayır cevabını vermiştir (Şekil 4.20). Bu durum tasarımcıların stüdyo projeleri kapsamında doğayı referans olarak aldıklarını göstermektedir.



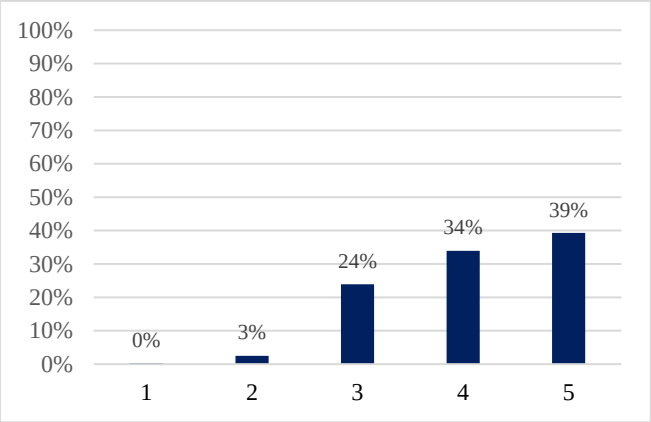
Şekil 4.20. "Tasarım stüdyosunda bir öğretim yöntemi olarak Biyo-bilgili / biyomimetik / biyomimikri / biyo-esinli tasarım hakkında bilginiz var mı?"

Biyo-bilgili/biyomimetik/biyomimikri/biyo-esinli yaklaşımın mimari tasarım stüdyolarında yaygın olarak kullanılmamasının nedenlerini, katılımcıların %30'u mimarlıkta biyo-bilgili tasarımlar/araştırmalar hakkında bilgi eksiliği, %28'i mimari tasarım stüdyolarında nasıl kullanılacağına dair yöntem eksikliği, %20'si biyolojik bilgiye erişim noktasında yöntem eksikliği ve yine %22'i eğitmenlerin biyo-bilgili yaklaşım hakkındaki bilgi eksikliği olarak cevaplamışlardır (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. "Biyo-bilgili / biyomimetik / biyomimikri / biyo-esinli yaklaşımın mimari tasarım stüdyolarında yaygın olarak kullanılmamasının nedenleri sizce nelerdir?" sorusuna verilen cevaplar

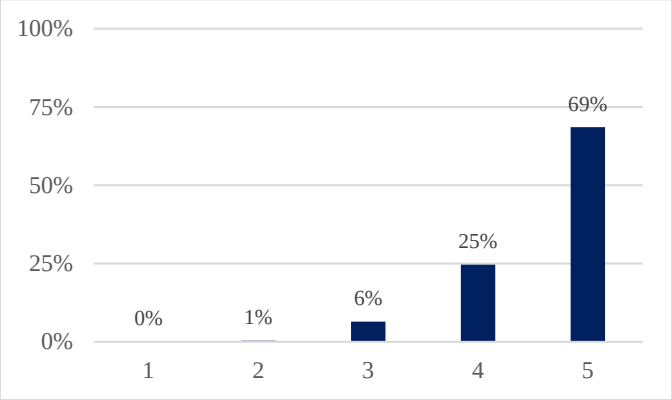
"Biyo-bilgili / biyomimetik / biyomimikri/ biyo-esinli yaklaşım, doğadaki hayvan, bitki ve daha birçok canlı, cansız ve tüm oluşumları inceleyip mimarlık eğitimine büyük katkılar sağlar." Sorusuna verilen cevapların oranı 4,08 olup çoğunluğun verdiği yanıtların katkı sağlayacağı yönünde olduğu görülmüştür (Şekil 4.22). Biyo-bilgili yaklaşımın mimarlık öğrencileri tarafından mimarlık eğitimine katkı sağlayacak bir yöntem olarak görüldüğü anlaşılmaktadır.



Şekil 4.22. "Biyo-bilgili / biyomimetik / biyomimikri / biyo-esinli yaklaşım, doğadaki hayvan, bitki ve daha birçok canlı, cansız ve tüm oluşumları inceleyip mimarlık eğitimine büyük katkılar sağlar." ifadesine verilen cevaplar

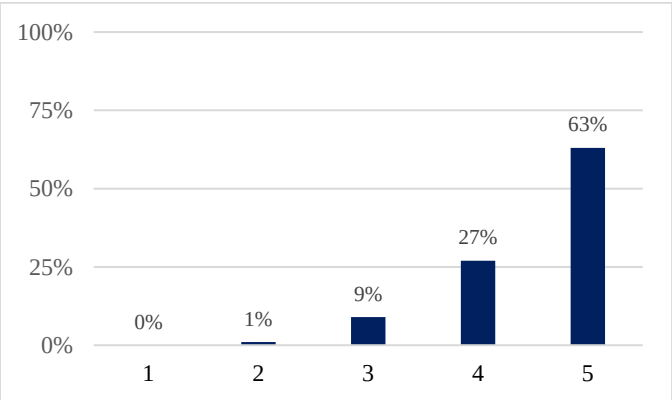
"Doğadan esinlenme/öğrenme mimarlık eğitiminde kişinin yeni perspektifler kazanmasına olanak sağlar." sorusuna katılımcıların %69'u kesinlikle katılıyorum, %25'ü katılıyorum, %6'sı kararsızım, %1'i ise katılmıyorum cevabını vermiştir (Şekil 4.23). Bu soruya verilen

yanıtlardan katılımcıların biyo-bilgili eğitim ile yeni perspektifler kazanacaklarını düşündükleri anlaşılmaktadır.



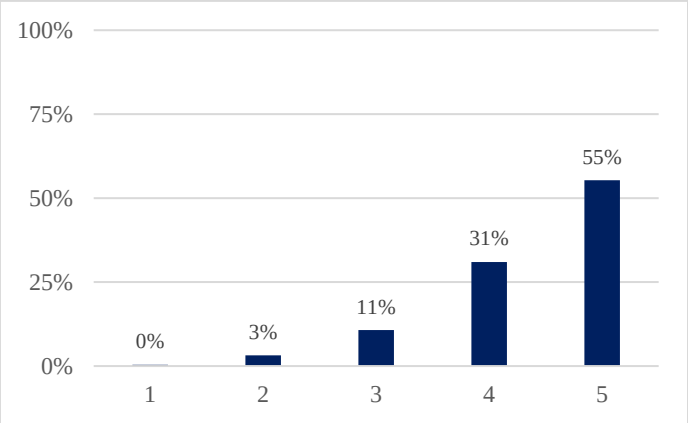
Şekil 4.23. "Doğadan esinlenme/öğrenme mimarlık eğitiminde kişinin yeni perspektifler kazanmasına olanak sağlar." sorusuna verilen cevaplar

"Doğadan esinlenme/öğrenme problem çözümünde yaratıcı çözümler üretilmesini sağlar." sorusuna %63 kesinlikle katılıyorum, %27 katılıyorum, %9 kararsızım, %1 ise katılmıyorum yanıtını vermiştir (Şekil 4.24). Burada katılımcıların biyo-bilgili yaklaşımı yaratıcı ve yenilikçi yaklaşımlar üretme noktasında faydalı buldukları görülmektedir.



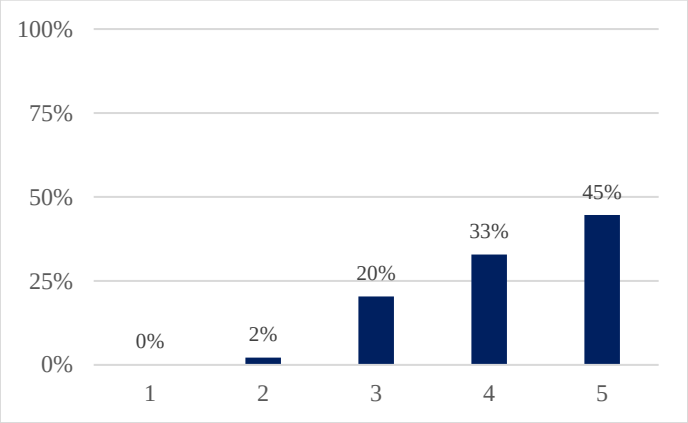
Şekil 4.24. "Doğadan esinlenme/öğrenme problem çözümünde yaratıcı çözümler üretilmesini sağlar." sorusuna verilen cevaplar

"Doğadan öğrenilerek gerçekleştirilen tasarımların dünyadaki olumsuz çevresel etkileri azaltabileceğine inanıyor musunuz?" sorusuna katılımcıların %55'sı kesinlikle katılıyorum, %31'u katılıyorum, %11'i karasızım, %3'ü ise katılmıyorum cevabını vermiştir (Şekil 4.25). Buradan hareketle verilen cevaplardan büyük çoğunluğun doğayı referans almanın olumsuz çevre koşulları üzerinde faydalı sonuçlar ortaya çıkaracağını düşündüğü anlaşılmaktadır.



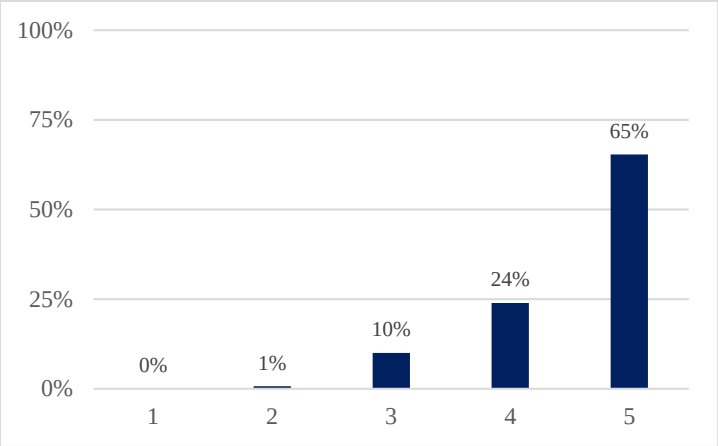
Şekil 4.25. “Doğadan öğrenilerek gerçekleştirilen tasarımların dünyadaki olumsuz çevresel etkileri azaltabileceğine inanıyor musunuz?” sorusuna verilen cevaplar

“Biyo-bilgili/biyomimetik/biyomimikri/biyo-esinli yaklaşımın mimarlık müfredatı içerisinde bir yaklaşım olarak düşünülmesi gerektiğine inanıyor musunuz?” sorusuna katılımcıların %45’si kesinlikle katılıyorum, %33’i katılıyorum, %20’si kararsızım, %2 ise katılmıyorum yanıtını vermiştir (Şekil 4.26). Cevaplardan anlaşılacağı üzere mimarlık müfredatı içerisinde biyo-bilgili yaklaşımların yer alması birçok katılımcı tarafından olumlu karşılanmaktadır.



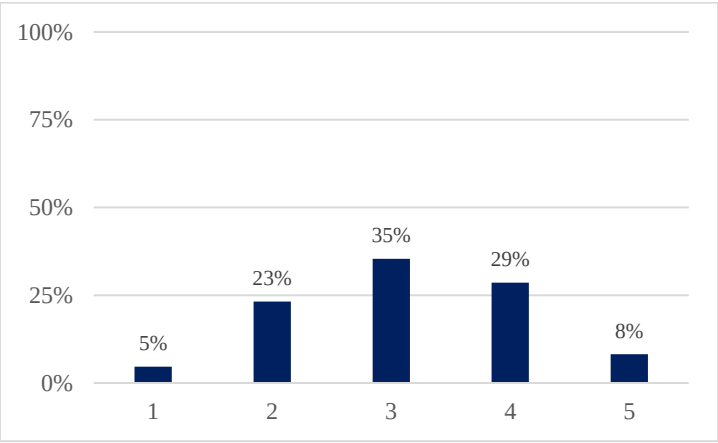
Şekil 4.26. “Biyo-bilgili / biyomimetik / biyomimikri / biyo-esinli yaklaşımın mimarlık müfredatı içerisinde bir yaklaşım olarak düşünülmesi gerektiğine inanıyor musunuz?” sorusuna verilen cevaplar

“Doğadan alınan bilgilerin tasarım sürecinde kullanmasının mümkün olduğunu düşünüyor musunuz?” sorusuna büyük çoğunluk olumlu cevap vermiştir (Şekil 4.27). Bu soruya verilen cevaplardan öğrencilerin mimari tasarım ile biyo-bilgili yaklaşımı bir arada kurgulanacak şekilde ilişki olarak düşündüğü anlaşılmaktadır.



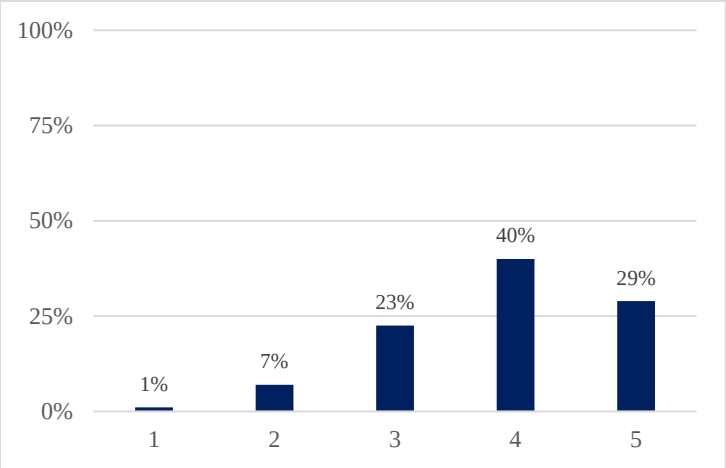
Şekil 4.27. “Doğadan alınan bilgilerin tasarım sürecinde kullanmasının mümkün olduğunu düşünüyor musunuz?” sorusuna verilen cevaplar

“Mimar adaylarının biyolojik kaynaklardan edindikleri bilgileri anlamasının kolay olduğunu düşünüyor musunuz (mimarlık-biyoloji terminoloji farkı nedeniyle)?” sorusuna verilen cevaplardan çoğunluğun biyoloji kaynaklarından edindikleri bilgileri anladığı yorumu yapılabilir (Şekil 4.28).



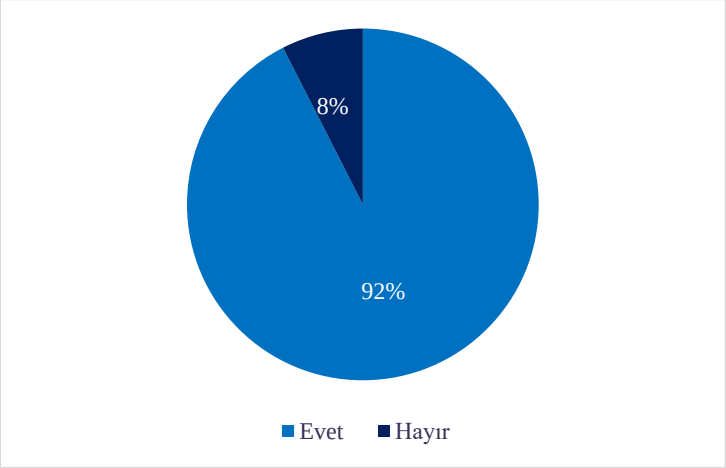
Şekil 4.28. “Mimar adaylarının biyolojik kaynaklardan edindikleri bilgileri anlamasının kolay olduğunu düşünüyor musunuz (mimarlık-biyoloji terminoloji farkı nedeniyle)?” sorusuna verilen cevaplar

“Mimar adayları için biyolojik bilgiyi karmaşık olmayan bir dille erişilebilir hale getirmenin mümkün olduğunu düşünüyor musunuz?” sorusuna katılımcıların büyük çoğunluğu olumlu cevap vermiştir. Bu sorudan katılımcıların biyoloji bilgisinin mimari tasarım problemi için anlaşılabilir ve kullanılabilir gördüklerini ortaya koymuştur (Şekil 4.29).



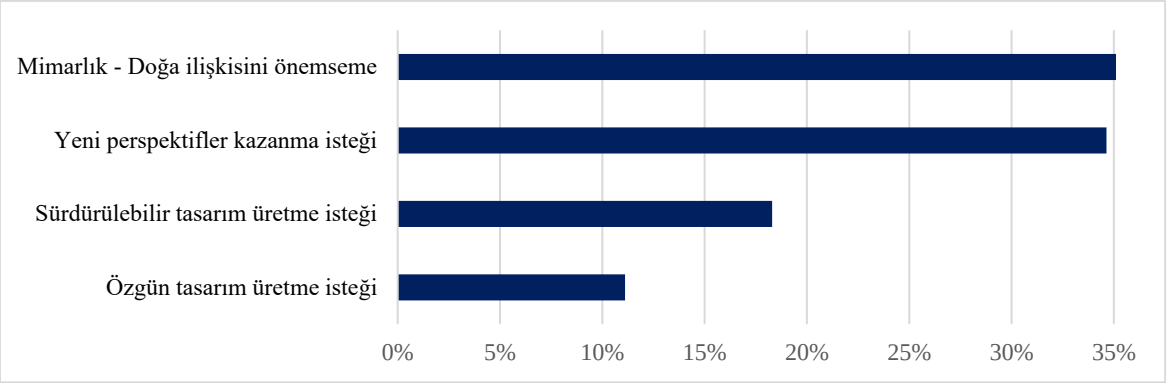
Şekil 4.29. "Mimar adayları için biyolojik bilgiyi karmaşık olmayan bir dille erişilebilir hale getirmenin mümkün olduğunu düşünüyor musunuz?" sorusuna verilen cevaplar

"Doğadaki çözümlerin tasarıma aktarımı üzerine bilgi edinmek ister miydiniz?" sorusuna katılımcıların %92'si evet %8'i hayır cevabını vermiştir (Şekil 4.30). Bu soruya verilen cevaplardan katılımcıların biyo-bilgili tasarım yaklaşımına ilgi duydukları anlaşılmaktadır.



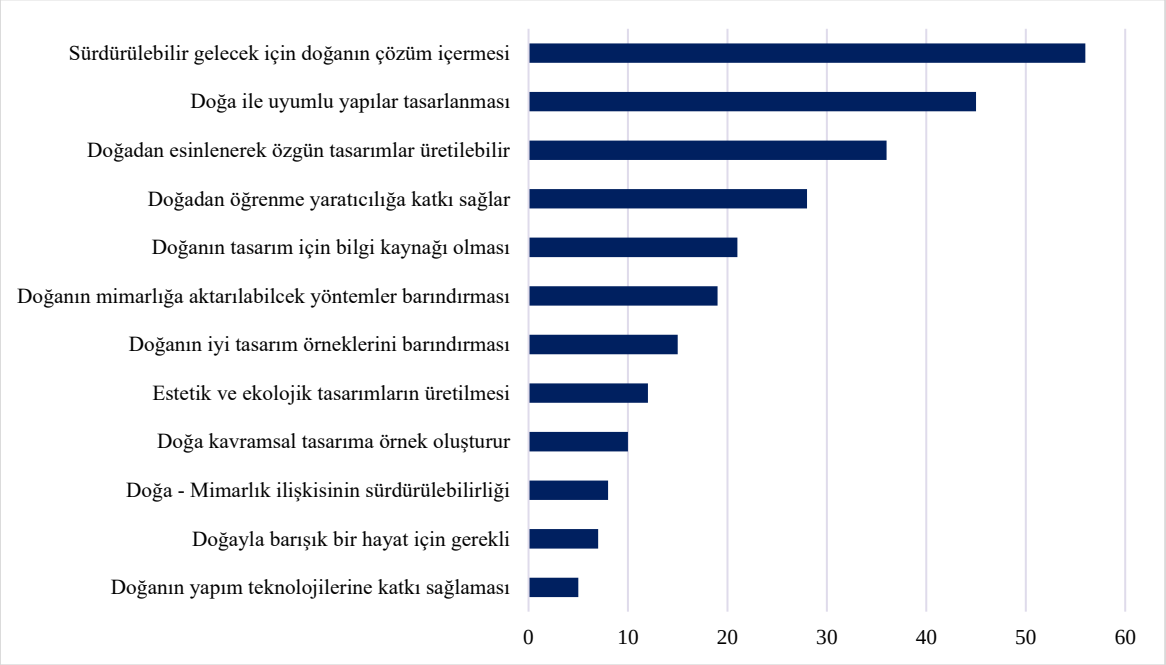
Şekil 4.30. "Doğadaki çözümlerin tasarıma aktarımı üzerine bilgi edinmek ister miydiniz?" sorusuna verilen cevaplar

"Doğadaki çözümlerin tasarıma aktarımı üzerine bilgi edinmek ister miydiniz?" sorusuna cevabı evet olan katılımcıların sıklıkla verdiği yanıtlar Şekil 4.31'de görülebilmektedir. Katılımcılar mimarlık-doğa ilişkisini önemsedikleri, yeni ve farklı bakış açıları kazanmak, sürdürülebilir tasarımlar üretmek ve yenilikçi ürünler ortaya koymak için bu konuda bilgi edinmek istediklerini belirtmektedir.



Şekil 4.31. "Doğadaki çözümlerin tasarıma aktarımı üzerine bilgi edinmek ister miydiniz?" sorusuna cevabı evet olan katılımcıların verdiği yanıtlar

"Tasarımda doğadan esinlenme, doğaya benzetme, doğadan öğrenme ve doğadaki bilgileri aktarma konusundaki düşüncelerinizi belirtiniz." sorusuna sıklıkla verilen cevaplar Şekil 4.32'de görülmektedir. Katılımcıların çoğu biyo-bilgili tasarımın sürdürülebilir gelecek için çözümler barındırdığını belirtmiştir. Bununla birlikte doğanın bu konuda çözümler sunduğunu ve doğa ile uyumlu yapılar tasarlanabileceğini ifade etmişlerdir. Bu ifadelerden biyo-bilgili tasarım yaklaşımının günümüzde ihtiyaç duyulan eğitim modeli için, sürdürülebilir, yenilikçi tasarımlar ortaya koyma bağlamında örnek bir yaklaşım olabileceği anlaşılmaktadır.



Şekil 4.32. "Tasarımda doğadan esinlenme, doğaya benzetme, doğadan öğrenme ve doğadaki bilgileri aktarma konusundaki düşüncelerinizi belirtiniz." sorusuna verilen cevaplar

Şekil 4.31'de ve Şekil 4.32'de görüldüğü gibi mimarlığın ve doğa ile kurduğu/kurması gereken ilişkinin öğrenciler tarafından sorgulandığı/düşünüldüğü anlaşılmaktadır.

Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programına (Ek-2) yönelik ihtiyaç analizi doğrultusunda uygulanan 'Mimar Adaylarının Biyo-bilgili Tasarım Kavramıyla İlgili Farkındalıkları Anketi'ne (Ek-1) katılım gösteren mimarlık öğrencilerinin anket sorularına verdikleri yanıtlardan çalışma kapsamında hazırlanan "Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programı"nın mimarlık eğitimi içerisinde uygulanabileceğini göstermektedir. Böylelikle öğrenciler bu eğitim sayesinde yeni perspektifler kazanabilir, sürdürülebilir gelecek için doğayı çözüm kaynağı olarak kullanabilir, doğadan esinlenerek doğayla uyumlu özgün yapılar tasarlayabilir, doğadan mimarlığa yeni yöntemler aktarabilir.

4.2. Uygulamaya İlişkin Bulgular ve Değerlendirmeler

Araştırmanın alt amacı olarak tasarlanan Biyo-Bilgili tasarım öğretim programının etkililiği değerlendirilmiştir. Buradan hareketle Türkiye'de Gazi Üniversitesi'nde "M666-Doğa Esinli Mimarilere Parametrik Yaklaşım" isimli lisansüstü dersi kapsamında 2019-2020 Güz, 2019-2020 Bahar, 2020-2021 Güz, 2020-2021 Bahar dönemlerine uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu uygulamalara ait bilgiler ilerleyen bölümlerde detaylı olarak sunulmuştur.

4.2.1. 2019-2020 güz dönemi bulguları ve değerlendirmeleri

2019-2020 yılı güz dönemi Çizelge 4.1'de görülen ve dersin konu başlıkları, veri toplama araçları ve tarihlerin içerisinde yer aldığı haftalık ders programı üzerinden yürütülmüştür. Bu dönem içerisinde veri toplama araçları olarak "Biyo-Bilgili Tasarım Bilgisi değerlendirme Rubriği (Ön Test)" ve "Biyo-Bilgili Tasarım Bilgisi Değerlendirme Rubriği (Son Test) ve Disiplinlerarası Yaklaşıma ve Yaklaşımın Mimarlık Eğitiminde Kullanılmasına İlişkin Görüş Anketi" kullanılmıştır. Bu dönem içerisinde, 16 haftalık süre boyunca, EK-2'de verilen Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı içerisinde yer alan 1, 2, 4, 7 ve 8. modüller uygulanmıştır. Dönem içerisinde dersin yürütücüleri her hafta işlenen konu hakkında sunumlar yaparak, konu hakkında videolar izleterek öğrencilere bilgi vermiştir. Bununla birlikte dersin hedefleri her dersin giriş bölümünde öğrencilere bildirilmiştir.

Çizelge 4.1. 2019-2020 Güz Dönemi haftalık ders programı

Tarih	Dersin Konu Başlıkları	Veri Toplama Aracı
Hafta 27 Eylül 2019	Dersin Tanıtımı Öğrenciler ile Tanışma	Biyo-Bilgili Tasarım Bilgisi değerlendirme Rubriği (Ön Test)
Hafta 4 Ekim 2019	Doğada Yaşamın Temel İlkeleri Mimarlıkta Yaşam İlkelerinin Yorumlanması	
Hafta 11 Ekim 2019	Problem odaklı tasarım	
Hafta 18 Ekim 2019	Biyo-Bilgili Tasarım Nedir?	
Hafta 25 Ekim 2019	Biyomimikri/biyo-bilgili düşünme metodolojisi	
Hafta 1 Kasım 2019	Mimari probleminin belirlenmesi (Kabuk)	
Hafta 8 Kasım 2019	Problem için çözüm arayışları Hazırlanan Tasarımların Sunumu	
Hafta 15 Kasım 2019	Biyoloji odaklı tasarım	
Hafta 22 Kasım 2019	Ara Sınav	
Hafta 29 Kasım 2019	Doğal dil yaklaşımının biyo-bilgili yaklaşım ile entegrasyonu / Yöntemin anlatılması	Biyo-Bilgili Tasarım Bilgisi Değerlendirme Rubriği (Son Test) Disiplinlerarası Yaklaşıma ve Yaklaşımın Mimarlık Eğitiminde Kullanılmasına İlişkin Görüş Anketi
Hafta 6 Aralık 2019	Belirlenen probleme doğal dil yaklaşımı ile çözüm arayışları	
Hafta 13 Aralık 2019	Probleme uygun anahtar kelimelerin belirlenmesi ve anahtar kelimelerin genişletilmesi	
Hafta 20 Aralık 2019	Potansiyel biyolojik modellerin araştırılması İlgilenilen biyolojik model(ler)in seçimi ve analizi	
Hafta 27 Aralık 2019	Anahtar Kelimelerle Yapılan Araştırma Sonucunda Bulunan Doğal Çözümler	
Hafta 3 Ocak 2019	Hazırlanan Tasarımların Sunumu	
Hafta 10 Ocak 2019	Hazırlanan Tasarımların Sunumu Genel Değerlendirme	

16 haftalık süreci kapsayan ders işleyiş modeli Şekil 4.33'te verilmiştir. Şekil 4.33'te görüldüğü üzere ders süresince sunuş yoluyla öğretim, buluş yoluyla öğretim, araştırma ve sorgulamaya dayalı öğrenme ve problem temelli öğrenme gibi öğretim stratejileri kullanılmıştır. Buradan hareketle 1. sunum içeriği öğrencilerin kendi kendilerine öğrenmeleri için konu üzerine araştırma yürüttükleri, ders yürütücüleri tarafından verilen kaynakları okuyarak sunum hazırladıkları ve bu sunum yoluyla öğrendikleri ilk aşamayı

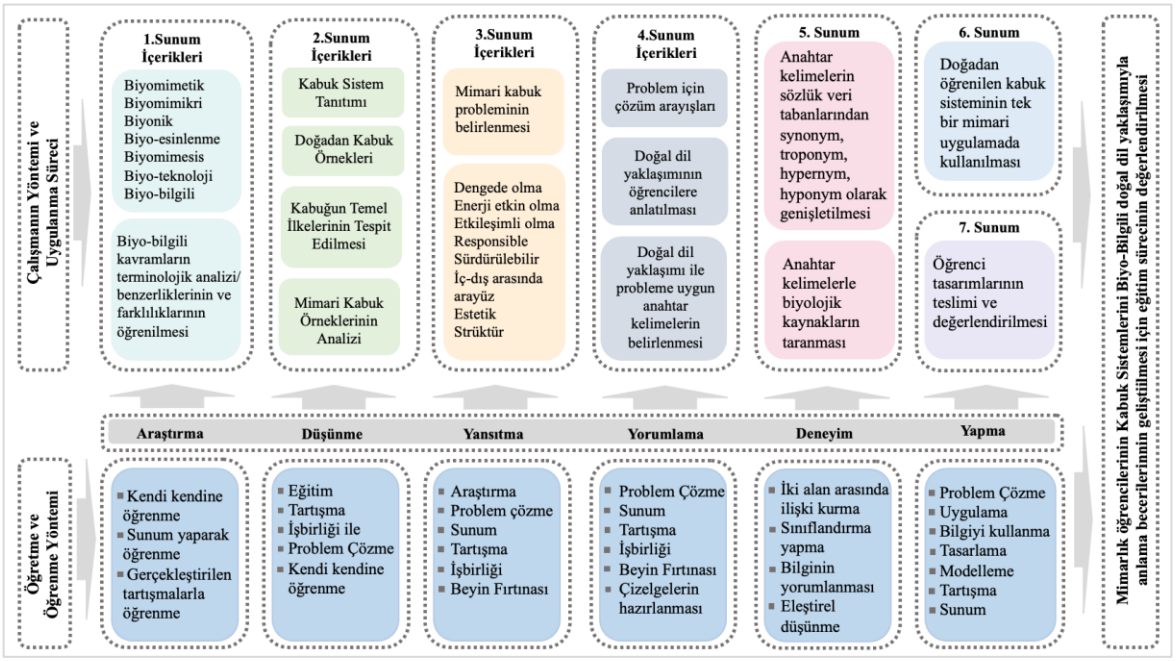
kapsamaktadır. Sınıf içerisinde sunumlar gerçekleştirilirken öğrencilerin öğrenmelerini desteklemek ve kalıcı hale getirmek için soru-cevap, beyin fırtınası tekniği ve tartışmalar yürütülmektedir.

2. sunum ise mimari kabuk ve doğada kabuk araştırmalarını ve örneklerin incelenmesini kapsamaktadır. Öğrencilerin sunumu hazırlarken kendi kendilerine öğrenmelerini sağlayan bir eğitim anlayışı benimsenmiştir. Daha sonra sınıf içerisinde gerçekleştirilen sunumlar üzerine tartışmalar yürütülmüş ve öğrencilerin zihinlerinde 3. sunum için bir kabuk problemi belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu bağlamda 3. sunumda öğrenciler kabuk problemi üzerine yoğunlaşmıştır. Her bir öğrenci tarafından "adaptif, sürdürülebilir, estetik, etkileşimli" olması hedeflenen kabuk problemleri belirlenmiştir. Bu problemler sınıf ortamında beyin fırtınası ve tartışmalar ile netleştirilmiştir.

4. sunumda öğrencilere doğal dil yaklaşımı anlatılmış ve problemin analizi yapılarak anahtar kelimeler belirlenmiştir. Ders içerisinde probleme ve problemi tanımlayan anahtar kelimelere eleştirel yaklaşarak, tartışmalarla öğrencilerin eleştirel düşünmeleri istenmiştir.

5. sunum kapsamında anahtar kelimeler sözlüklerden sinonim, hipernim, tronim olarak genişletilerek biyolojik kaynaklarda taranmıştır. Biyolojik kaynaklarda taranan anahtar kelimelerin karşılığı olup olmadığı belirlenmiştir. Kaynaklar içerisinde kelimelerin biyolojik karşılıkları olan terimler; fiiller, isimler belirlenmiştir. Daha sonra kelimelerin biyolojik karşılığı olan terimler aynı ya da başka kaynaklar içerisinde tekrar aranmıştır. Böylece tarama alanı genişletilmiş ve öğrenciler tarafından pek bilinmeyen biyolojik bilgilere ulaşılmıştır. Bu taramalardan elde edilen bilgiler süzgeçten geçirilerek ve yorumlanarak çizelgelere yerleştirilmiştir. Öğrencilerin biyolojik bilgiyi analiz etmeleri, bilgiyi sınıflandırmaları ve terminolojik köprü kurmaları ve yürütülen çalışmaları sistematik olarak okumaları amacıyla çizelgeleri doldurmaları istenmiştir. Böylece her öğrencinin doğal dil yaklaşımı ile problem çözme süreci incelenmiş ve tartışmalarla geliştirilmiştir.

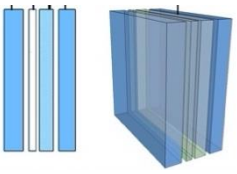
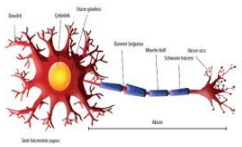
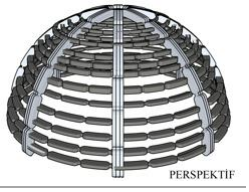
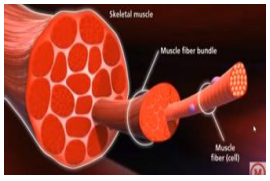
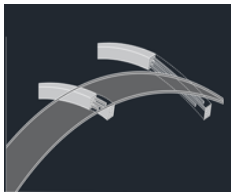
Dersin son aşaması olan 6. sunumda öğrenciler belirlemiş oldukları ve analiz ettikleri biyolojik bilgiyi kullanarak problemlerine çözüm üretmişlerdir. Ders boyunca kazandıkları bilgilerin ve yöntemin sonuç ürüne yansıtılması ile ortaya çıkan tasarımlar üzerinde beyin fırtınası, tartışmalar ve değerlendirmeler yürütülmüştür.



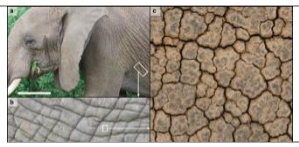
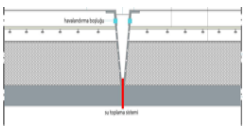
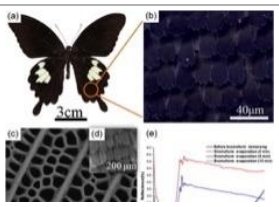
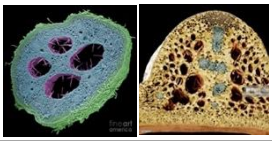
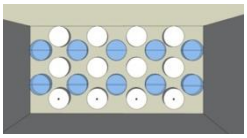
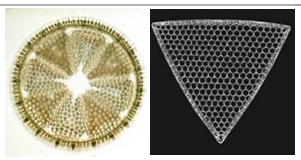
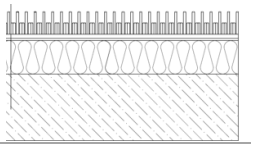
Şekil 4.33. Mimarlık öğrencilerinin kabuk sistemlerini anlama becerilerinin geliştirilmesinde biyo-bilgili yaklaşımın kullanılması için önerilen çerçeve

Dersi alan tüm öğrencilerin süreç sonucunda ortaya koydukları tasarımlar Çizelge 4.2'de görülebilmektedir.

Çizelge 4.2. 2019-2020 düz döneminde derste üretilen tasarımlar

Öğrenci	Problemin Tanımı	Biyolojik sistem	Biyolojik İlke	Tasarım Ürünü
1	Yapı kabuğunun değişen fiziksel çevre koşulları ile farklı iç mekân koşullarına karşı esnekliği sağlanabilir mi?		Mürekkep balığının çevresi ile etkileşimde bulunarak kromatofor pigmenti ile renk değiştirmesi	
		Kamuflaj, etkileşim, iletişim	Adapte olmak/değişmek	Adaptif cephe
2	Mimari tasarımda bina dış kabuğu ısı iletim ve yalıtımında kullanılan hangi metod ya da metaryeller ile sarılırsa performans açısından daha aktif ve kullanışlı olabilir?		Nöronların etrafını saran miyelin kılıfın, elektrik iletiminde ve aksonların yalıtımında önemli bir işlevi bulunması	
		Sarmak	Sabit ortam sıcaklığı	Duyarlı Kabuk
3	Eş zamanlı olarak yapılan Koruma alanındaki okumalar esnasında tespit edilen bir gerekliliğin doğa esinli bir mimari ile çözümlenebilir mi?		Çizgili kasların hareketi ile esneyen yüzey oluşumu, aktin ipliklerin miyozin iplikler üzerinde kayması, kas boyunun uzayıp kısalması	

Çizelge 4.2. (devam) 2019-2020 düz döneminde derste üretilen tasarımlar

Öğrenci	Problemin Tanımı	Biyolojik sistem	Biyolojik İlke	Tasarım Ürünü
4	Küresel ısınmaya karşı binalarda karbondioksit emisyonunun düşmesi		Fil derisinde yer alan çatlak ve yarıkların su tutucu özelliğe sahip olması	
		Sıcaktan korumak	Kendiliğinden soğutma	Su tutucu malzeme
5	İklimlendirmenin otomatik olarak sağlanması		Kelebek kanadında yer alan ters V çıkıntılı yüzeylerin güneş ışınlarını iki yanındaki nano deliklere odaklayarak içeri alması	
		Termoregülasyon	Isı kaybını önlemek	Adaptif kabuk
6	Yapı kabuğunun dış mekanla ilişki kurmadan yapının ihtiyaçlarını karşılayabilmesi mümkün mü?		Yapraklardan köklere oksijen iletiminin yapılması	
		Nefes alma	Günışığı kontrolü	Adaptif kabuk
7	Binalarda su kazanımı yapı kabuğu tasarımıyla nasıl sağlanır?		Örümcek ağının strüktür yapısı ve ağ yüzeyinde su moleküllerinin toplanması	
		Kazanım	Su kazanımı	Su tutucu strüktür
8	Estetik ve hafif yapı kabuğunun oluşturulması için doğadan alınabilecek ilkeler var mı?		Aynı malzeme ile estetik kabukların oluşumu, yapısal stabilite ve estetik görünüm	
		Estetik	Estetik kabuk tasarımı	Gözenekli kabuk
9	Yapı kabuğunda enerji verimliliğinin sağlanması		Katmanlı deri yapısı, nano boşluklu tüylerin fizyolojik yapısı	
		Termoregülasyon	Enerji tüketimini azaltma	Duyarlı cephe

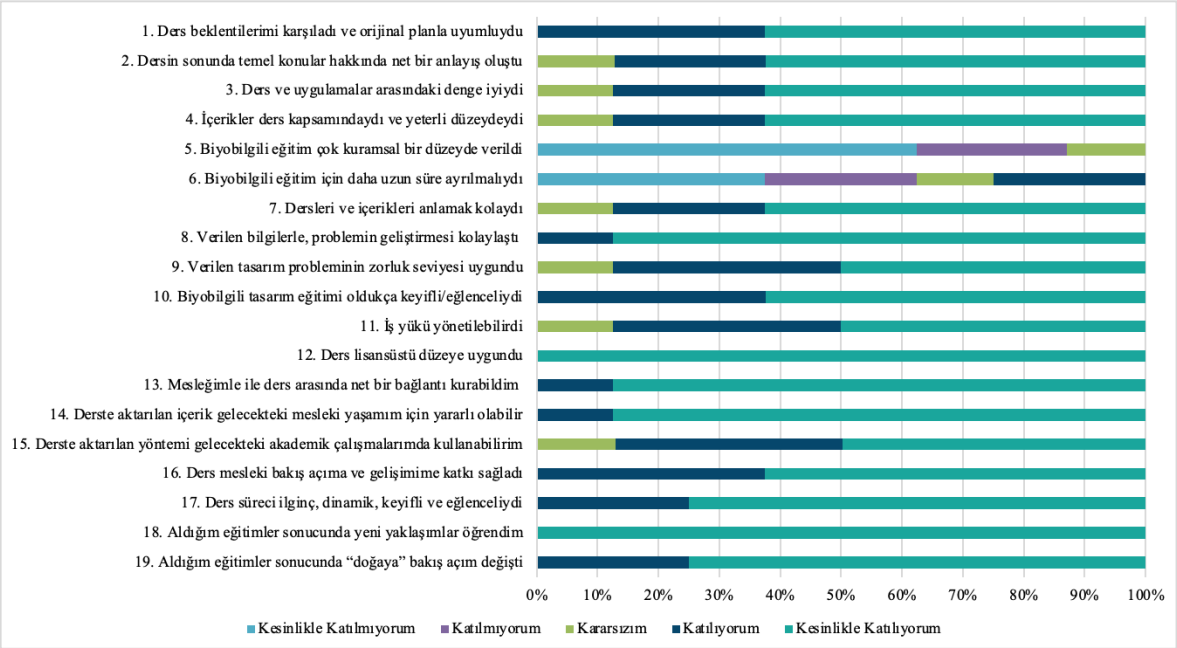
Bu ders kapsamında etkili öğrenme-öğretme ortamının oluşturulması amaçlanmış, bu bağlamdan yola çıkılarak farklı öğretim teknik ve yöntemleri ile öğrencilerin öğrenme-öğretme sürecine aktif olarak katılımları sağlanmıştır. Aynı zamanda bu süreç içerisinde yaratıcı düşünme, eleştirel düşünme, problem çözme, iş birliği ile çalışma, öz değerlendirme becerilerini geliştirmeleri hedeflenmiştir. Ders sonunda öğrencilerin sürece dair deneyimleri ve yorumları dinlenmiş ve öne çıkan ifadelere/öğrenci görüşlerine Çizelge 4.3'te yer verilmiştir.

Çizelge 4.3. Yönteme ilişkin öğrenci görüşleri

Öğrenci	Öğrencilerin yönteme ilişkin yorumları
1	"Bu çalışmada izlenilen yöntem sayesinde anahtar kelimeler ile başlayıp genişletilerek konunun sınıflandırılması sağlanmış ve probleme doğru noktalardan odaklanılmıştır. Anahtar kelimeler oluşturarak biyolojik kaynaklardan problemin çözümüne ulaşılmaya çalışılmadan önce yapılan süreçte çeşitli arama motorlarından ve kaynaklardan adapte edilebilen kabuklar ile ilgili araştırmalar yapılmıştır. Bu süreçte konunun özelleştirilmesi ve çözüm noktalarının bulunmasında zorluklar yaşanmış olup, biyolojik kaynaklardan yapılan araştırmalar neticesinde bitki ve hayvanların farklı özellikleri sayesinde birçok ilham kaynağı bulunmuş olup, yapılan tablolar ile problem için en uygun biyolojik kaynak elde edilmiştir. Kaynağın ilham kaynağı olan özelliğinin çalışma prensibi ile fiziksel ve morfolojik özelliklerinin detaylı irdelenmesi sonuca ulaşmakta kolaylık sağlamıştır. Böylece biyolojik kaynaklardan önce yapılan araştırmadaki karmaşa, düzensizlik ve bilgi fazlalığı yerini sistematik bir araştırma, doğadan öğrenme ve genelden özele indirgenen bir çalışmaya imkân vermiştir."
2	"Fikir olarak en başta mimari problemi çözüme kavuşturacak olan canlının okumalarım neticesinde ve yapılan, uygulanan projeler bağlamında salyangoz olabileceğini düşünmüştüm. Ama salyangoz sadece bir kabuk olarak canlının dışını kaplayan bir canlı olarak karşımıza çıkmaktaydı. Daha sonra diğer canlılarda da bu aramayı devam ettirdim ve önüme çıkan makale, tez, proje, araştırma içeriklerine baktığımda belirli ve sınırlı bir tanımlama ve seçim olduğu kanısına vardım. İkinci aşama olarak anahtar kelime ile araştırmaya başladığım zaman kelime belirlemesinden sonra aşama olarak takip sürecinin iyi kurgulanmasını yapmamak beni ilk başta zorlayan bir unsur oldu. Yani kabuk tanımının hangi fiil ile ilişkili olduğu veya hangi terimler kabuğu ifade ediyor şeklinde bir biyoloji kaynağında aramaya başlamış olsaydım çalışma daha kolay anlaşılır bir içeriğe sahip olacaktı. Ben ise ilk başta canlı üzerinden araştırmaya yapmaya başlamıştım, Biyoloji kaynağında aramayı canlı üzerinden değil kabuğu en iyi ifade edecek ya da kabuk ile ilişkili terim üzerinden arama yapmak daha kolay olacaktır. Diğer bir avantaj ise kelimenin eş anlamlıları ile tarama yapılmasıdır. Bu aşama ise bize saptadığımız kelimenin eş anlamlılar üzerinden bir araştırma gerçekleştirirsek canlı ile bağdaştıracağımız bir anlatımı elde edebileceğimizi göstermektedir."
3	"Anahtar kelimelerle araştırma ve bilimsel çalışma yapmanın olumlu birçok yönüyle karşılaştım. Öncelikle daha önce anahtar kelime ile sınırlı kalan araştırma yöntemimin; bu süreçte öğrendiğim kelime ya da kavramların genişletilmesi, yan anlam, eş anlam ya da İngilizceleri üzerinden araştırma yöntemi çok fazla kaynağa ulaşmayı sağlıyor. Araştırma alanının artması, yeni kaynaklara ulaşma ve arakesit kavramlarla ilişki kurabilme gibi birçok faydası bulunmaktadır. Bunun yanı sıra bu genişleyen kavram ve araştırmaların tekrar öze indirgenmesinin zor ya da tehlikeli olduğu gözlenmiştir. Bu çalışma kapsamında genişleyen araştırma alanın tablo ile özetlenmesi kısmında zorlandığımı söylemeliyim. Ancak belirli bir rotanın, çalışma yolunun olması da çalışmayı bilimsel bir zeminde yürütüldüğünü hissettiriyor. Tüm süreci en sonunda okumak ve geriye dönük çalışabilmek mümkün. Araştırma sürecinin bir laboratuvar ortamına dönüşmesi son derece keyifliydi."
4	"Aslında anahtar kelime belirlenmesi, işimi kolaylaştırıp bana birkaç alternatif sunmuştur. Oluşturulan kronolojik tablolar oldukça verimli ve yönlendiricidir."
5	"Ders kapsamında, anahtar kelimenin önemini bilmeden yapılan araştırmanın yanlış ilerlemesi sonucu doğru çözümlere ulaşılamamıştır. Belirlenen anahtar kavramlarla birlikte doğadaki canlıların derilerinde, kabuklarında probleme nasıl ve hangi yollarla çözüm oluşturduğu incelenmiş; tasarım kararları o doğrultuda verilmiştir."
6	"Anahtar kelimeler aracılığı ile araştırma yapma yöntemini bilmeden önce, belirli bir sistematik içerisinde araştırma yapmadığım için verilerde kayboluyordum. Başlangıçta düşündüğüm canlıya ulaşabilmek için sondan başa doğru bir çalışma yapmaya çalıştım ve çalışmam verimli olmadı. Yöntemi öğrendikten sonra sürecin başına dönerek yaptığım çalışmada ise taşları yerine oturtarak ilerlediğim için ulaştığım sonuç öncekine oranla çok daha tutarlı oldu."
7	"Anahtar kelimeler belirlediğimiz problemi çözmeye yönelik olduğu için biyolojik stratejileri tasarıma entegre etmekte hiç zorlanmadım."
8	"Yöntemi bilmeden ilerlediğim süreçte sonuçta ulaştığım tasarıma ulaşamazdım. Anahtar kelimeler problemi daha doğru ortaya koymamı sağlamış ve problemi doğru ortaya koyduktan sonra da araştırma yapmamı kolaylaştırmıştır."
9	"Bu çalışma sonucunda anahtar kelimelerle ve çalışma yöntemi ile pek çok veriye ve canlıya ulaştım. Anahtar kelimeler sayesinde sistematik bir şekilde çözüme ulaştım."

Öğrenci ifadelerinden doğal dil yaklaşımının sistematik bir ilerleme sağladığı ve doğal dil yaklaşımı bilinmeden yapılan süreçte çözüme tam odaklanılmadığı ve başka çalışmalarda sıklıkla kullanılan biyolojik fenomenlere ulaştıkları anlaşılmıştır.

Dönem sonunda öğrencilerden dersle ilgili 'Program Sonuç Anketi'ni doldurmaları istenmiştir. Öğrencilere başarı/süreç/gelecek/memnuniyet olmak üzere dört başlık altında toplam 19 soru sorulmuştur. Anket sonuçlarının yer aldığı Şekil 4.34'te öğrencilerin ders içeriği, ders süreci, derste yapılan uygulamalar gibi konulardan memnun oldukları görülmektedir.



Şekil 4.34. Öğrencilerin "Program Sonuç Anketine" verdikleri cevaplar

Bir diğer değerlendirme sonucun olan ön-test son-test uygulamasında, öğrencilerin ön test puanlarının ortalaması (16), son test puanlarının ortalaması (80) olarak hesaplanmıştır. İki ortalama arasındaki farkın anlamlı olup olmadığını belirlemek için t testi kullanılmıştır. Öğrencilerin ilk test ve son testi karşılaştırmak için yapılan t-Testi sonrasında ortalama puanlarının birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Anlamlılık düzeyi olarak 0.05 kullanılmış ve $p < 0.05$ olduğunda anlamlı bir bağımlılık veya ilişki olduğu kabul edilmiştir (Çepni, 2010). Sonuçlara göre deney ve kontrol gruplarının puan ortalamalarındaki bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($t(9) = -24.000$; $p < 0.05$), (Tablo 3).

Çizelge 4.4. Öğrencilerin ön test ve son test "10 sorudan oluşan açık uçlu değerlendirme testi" puanlarına ilişkin t testi sonuçları

	N	X	S	Sd	t	p
Ön-test	9	16,00	6,99206	9	−24,000	,000
Son-test	9	80,00	9,42809			

Modüller uygulanmadan önce öğrencilerin biyo-bilgili tasarım konusunda bilgi sahibi olmadıkları ön-test ile tespit edilmiştir. Biyo-bilgili tasarım öğretim programı modüllerini tamamlamış olan öğrencilerin biyo-bilgili tasarım konusunda bilgi sahibi oldukları son-test ile saptanmıştır. Ön-test ve son-test arasındaki farkın son-test puanı lehine olması öğretim programının çıktılarında yer alan biyo-bilgili tasarım ve ilişkili kavramları tanımlama, biyo-bilgili tasarıma yönelik bir farkındalık oluşturabilme çıktıları ile alakalı olumlu bir nitelik sergilemektedir.

4.2.2. 2019-2020 bahar dönemi bulguları ve değerlendirmeleri

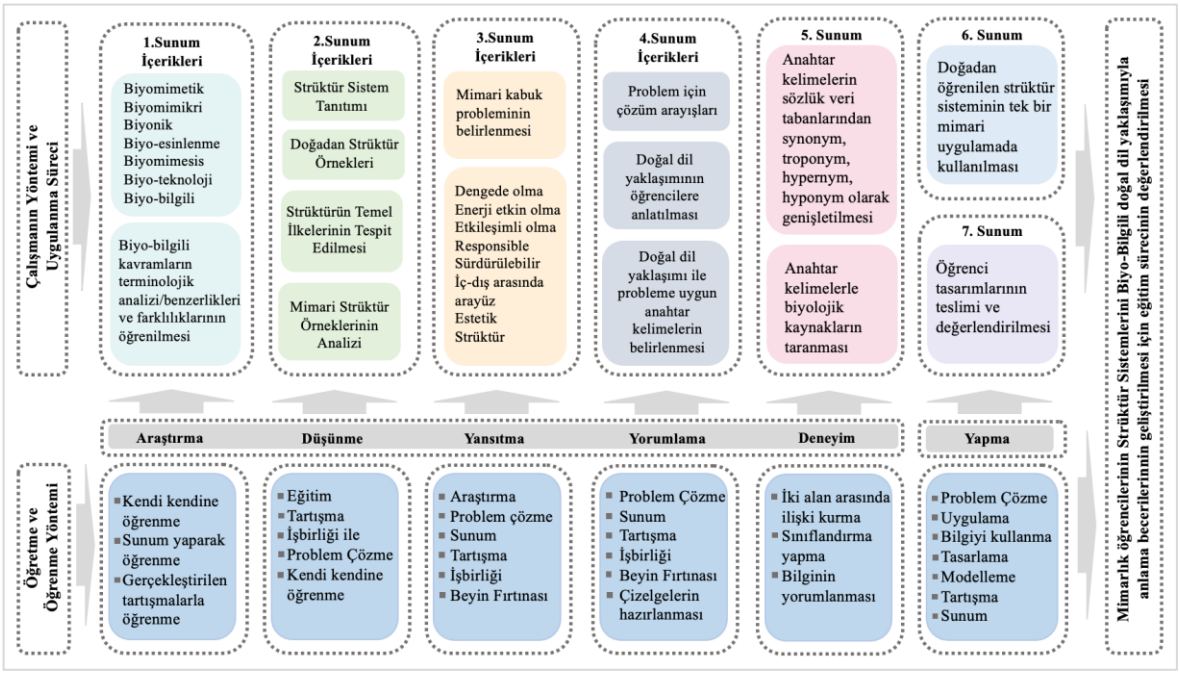
2020-2021 yılı bahar döneminde hazırlanan öğretim programı Çizelge 4.5'te görülen haftalık ders programı üzerinden yürütülmüştür. EK-2'de verilen Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı içerisinde yer alan 1, 2, 4, 7 ve 8. modüller bu dönem içerisinde uygulanmıştır.

Derse 1. modül "Biyo-Bilgili Tasarıma Giriş Tanıtımı" ile giriş yapılmış, öğrenciler konu ve hedefler bağlamında bilgilendirilmiştir. 2. modül kapsamında "Biyo-Bilgili Tasarımın Anlam ve Önemi" ele alınarak öğrencilerin konuya dahil olmaları, biyo-bilgili tasarım anlamı, önemi, düzeyleri, süreçleri ve örnekleri hakkında bilgi sahibi olmaları sağlanmıştır. 4. modül içerisinde "Biyo-Bilgili Tasarım Uygulama Etkinliği 1: Biyo-Bilgili Tasarım Süreci: Problem Odaklı Tasarım" ile ilk uygulama etkinliği gerçekleştirilmiştir. Bu modül kapsamında öğrencilerin biyo-bilgili tasarım sürecini gerçekleştirirken biyolojik bilgi bulma ve soyutlama noktasında zorlandıkları görülmüştür. Bununla birlikte öğrencilerin sıklıkla literatürde en çok yer alan, mevcut çalışmalarda kullanılmış canlıları seçerek problemlerine çözüm buldukları gözlenmiştir. Sonrasında 7. modül ile birlikte "Biyo-Bilgili Tasarım Problemlerinin Belirlenmesi-Strüktür Tasarımı" için öğrencilerden strüktür problemini ifade etmeleri istenmiştir. Mimari strüktür problemini belirledikten sonra, 8. modül içerisinde "Biyo-Bilgili Tasarımda Doğal Dil Yaklaşımı" öğrencilere anlatılmış ve uygulama ilerletilmiştir.

Çizelge 4.5. 2019-2020 Bahar Dönemi haftalık ders programı

Tarih	Dersin Konu Başlıkları	Veri Toplama Aracı
Hafta 14 Şubat 2020	Dersin Tanıtımı Öğrenciler ile Tanışma	Biyo-Bilgili Tasarım Bilgisi değerlendirme Rubriği (Ön Test)
Hafta 21 Şubat 2020	Doğada Yaşamın Temel İlkeleri Mimarlıkta Yaşam İlkelerinin Yorumlanması	
Hafta 28 Şubat 2020	Problem odaklı tasarım	
Hafta 6 Mart 2020	Biyo-Bilgili Tasarım Nedir?	
Hafta 13 Mart 2020	Biyomimikri/biyo-bilgili düşünme metodolojisi	
Hafta 20 Mart 2020	Mimari probleminin belirlenmesi (strüktür)	
Hafta 27 Mart 2020	Problem için çözüm arayışları Hazırlanan Tasarımların Sunumu	
Hafta 3 Nisan 2020	Biyoloji odaklı tasarım	
Hafta 10 Nisan 2020	Ara Sınav	
Hafta 17 Nisan 2020	Doğal dil yaklaşımının biyo-bilgili yaklaşım ile entegrasyonu / Yöntemin anlatılması	Biyo-Bilgili Tasarım Bilgisi Değerlendirme Rubriği (Son Test) Disiplinlerarası Yaklaşıma ve Yaklaşımın Mimarlık Eğitiminde Kullanılmasına İlişkin Görüş Anketi
Hafta 24 Nisan 2020	Belirlenen probleme doğal dil yaklaşımı ile çözüm arayışları	
Hafta 8 Mayıs 2020	Probleme uygun anahtar kelimelerin belirlenmesi ve anahtar kelimelerin genişletilmesi	
Hafta 15 Mayıs 2020	Potansiyel biyolojik modellerin araştırılması İlgilenilen biyolojik model(ler)in seçimi ve analizi	
Hafta 22 Mayıs 2020	Anahtar Kelimelerle Yapılan Araştırma Sonucunda Bulunan Doğal Çözümler	
Hafta 29 Mayıs 2020	Hazırlanan Tasarımların Sunumu	
Hafta 5 Haziran 2020	Hazırlanan Tasarımların Sunumu Genel Değerlendirme	

16 haftalık süreci kapsayan ders işleyiş modeli Şekil 4.35'te verilmiştir. Şekil 4.35'te görüldüğü üzere ders süresince sunuş yoluyla öğretim, buluş yoluyla öğretim, araştırma ve sorgulaya dayalı öğrenme ve problem temelli öğrenme gibi öğretim stratejileri kullanılmıştır. 2019-2020 Bahar Döneminde mimari strüktür problemi üzerinden doğal dil yaklaşımı kullanılarak çözüm üretilmiştir.



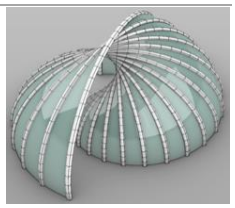
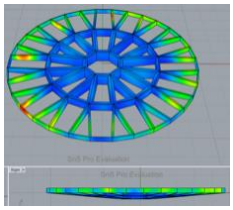
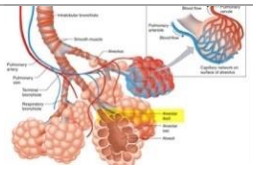
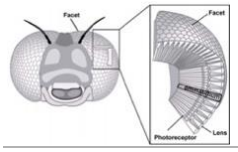
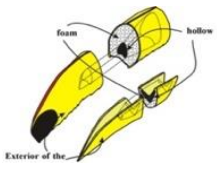
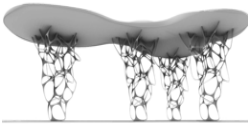
Şekil 4.35. Mimarlık öğrencilerinin strüktür sistemlerini anlama becerilerinin geliştirilmesinde biyo-bilgili yaklaşımın kullanılması için önerilen çerçeve

1. sunum kapsamında öğrenciler biyo-bilgili kavramları, kavramların benzerliklerini farklılıklarını araştırarak terminolojik analiz gerçekleştirmişlerdir. 2. sunum kapsamında bu dönem konu olarak verilen strüktür kavramının doğada ve mimarlıkta ne anlam ifade ettiğini araştırmışlardır. 3. sunumda kendi strüktür problemlerini belirleyerek 4. sunumda belirledikleri problem için çözüm arayışına başlamışlardır. Bu süreçte öğrencilere probleme çözüm arayışı için doğal dil yaklaşımı anlatılmıştır. Öğrenciler problemlerini anahtar kelimeler olarak ifade ettikten sonra, 5. sunum kapsamında anahtar kelimeleri sözlük veri tabanlarında ve biyoloji kaynaklarında araştırarak elde ettikleri verileri ortaya koymuşlardır.

6. sunum içerisinde doğadan öğrenilen strüktür sistemleri, mekanizmaları mimari strüktür tasarımına aktarılmıştır. Bu aşamada öğrenciler doğadan öğrendikleri sistemi soyutlayarak mimari tasarıma uygulamıştır. Bu süreçte doğadan bilgi aktarımının doğru olabilmesi için iki alan arasında kurulan ilişkinin kontrolü sağlanmıştır. Bu nedenle ders süresince gerçekleştirilen beyin fırtınaları ve tartışmalar ile biyolojik bilginin doğru yorumlanması ve aktarılması konusunda yol gösterilmiştir.

Tüm bu sürecin sonucunda öğrencilerin derste ürettikleri biyo-bilgi yapıları Tablo 3'te sunulmuştur. Görüldüğü gibi elde edilen tüm tasarım doğayı referans alarak ve doğadan bilgi edinerek şekillenmiştir.

Çizelge 4.6. 2019-2020 Bahar Döneminde derste üretilen tasarımlar

Öğrenci	Problemin Tanımı	Biyolojik Sistem	Biyolojik İlke	Tasarım Ürünü
1	Gerektiğinde genişleyen, hafif ve taşınabilir bir yapı tasarlamak mümkün müdür?		Gerilmiş kanatlar hızla açılır ve kapanır. Bunu, eklemlerde asimetrik olarak düzenlenmiş damar yapısı sayesinde başarır. Kanatlar hızla genişler ve kasa ihtiyaç duymadan kendiliğinden kapanır.	
		Dermaptera	Kanat açma hareketi	Origami Strüktür
2	Doğanın üretken simetrik sistemleri mimari strüktür için referans alınabilir mi?		Diatom kabukları sert ve simetriktir. Dairesel ve radyal simetriye sahiptir.	
		Merkezi Diatom	Simetrik ve estetik strüktür	Simetrik strüktür
3	Su üzerinde yüzen yapı tasarımları için doğa referans alınabilir mi?		Nilüferler, oksijenin toplandığı ve bitkinin su altındaki kısımlarına taşındığı göletlerin yüzeyinde yüzer. Amazon Lotus nilüferinin strüktürel yapısı, ortadan başlayarak yaprağın en dış noktasına doğru giderek incelir.	
		Amazon nilüferi	Su yüzeyinde kalma	Yüzer strüktür
4	Rijit strüktürlerde birleşim detayları için doğa referans alınabilir mi?		Strüktürü oluşturan beş bileşen en üst noktada bir plaka ile birleşir.	
		Deniz Kestanesi	Birleşim ve rijitlik	Birleşim detayı
5	Bir bina kabuğu, mekân kullanımının farklılaşmasına bağlı olarak “esneklik” gösterebilir mi?		Alveoller, bronş kanallarına açılan hava odacıklarından oluşur. Esnek bir yapıya sahip olan alveoller hava girdiğinde genişler, hava dışarı çıktığında küçülür.	
		Alveoller	Büyüyüp küçülebilme	Esnek strüktür
6	Sürdürülebilir kullanımı olan geçici/kalıcı yapılar için doğa referans alınabilir mi?		Her bir foto reseptör birimi, modüler bir doku oluşturmak için altıgen bir çerçeve yönünde bir araya gelir.	
		Ommatidyum	Modüler bağlantı	Modüler strüktür
7	Hafif ve yüksek mukavemetli bir yapı tasarımı için doğa örnek alınabilir mi?		Yüksek mukavemetli tukan gagası, kuşun boyunun 1/3'ünü ağırlığının 1/30-1/40’ını oluşturur. İçindeki sert köpük ve dıştaki lifli keratin katmanları sayesinde hafif ve güçlüdür.	
		Tukan kuşu gagası	Hafif ve yüksek dayanım	Hafif strüktür

Tamamlanan uygulama sonrasında öğrencilere “Anahtar kelimeler ile başladığınız bu araç tasarım sürecinde size nasıl yardımcı oldu ya da kafanızı nasıl karıştırdı? sorusu yöneltilmiş ve öğrencilerin yönteme ilişkin yorumları alınmıştır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Yönteme ilişkin öğrenci görüşleri

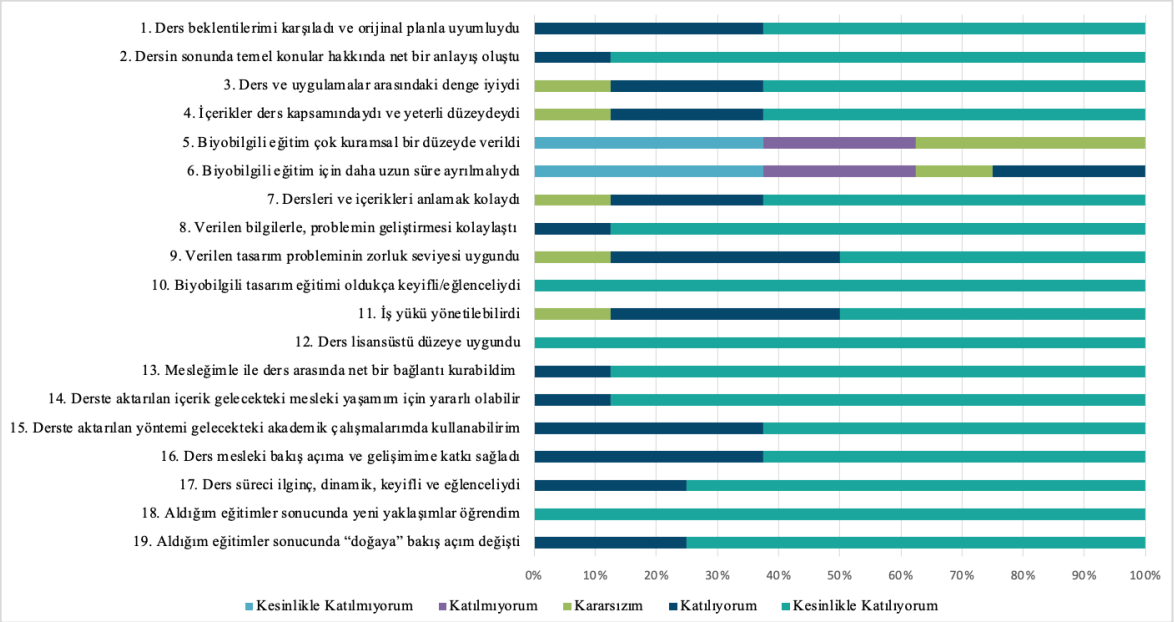
Öğrenci	Öğrencilerin yönteme ilişkin yorumları
1	“Biyoloji biliminin mimarlık ile bağlantısını sağlamaya yönelik eğitim kapsamında bu tekniği öğrenmeden önce problemi çözmeye yönelik girişimlerimim yetersiz olduğu fark ettim. Anahtar kelimeler ile genişlettiğim problemimin biyoloji kaynaklarından araştırarak ve tasarım için uygun canlıyı tespit etmem bağlamında bu yöntem doğru çözümü bulmamı sağlamıştır.”
2	“Doğal dil yaklaşımı belirlemiş olduğum strüktür problemimi daha iyi analiz etmemi sağladı. Problemimi anahtar kelimelere genişleterek hem problemi daha iyi ortaya koymuş oldum hem de daha fazla biyolojik canlıya ulaştım.”
3	“Mimari problem belirlendikten sonra, doğadan çözüm bulma sürecine başlarken anahtar kelimelere kaynak tarama yöntemine gittiğimde problem daha basite indirgendi. Bu yüzden kaynak taramalarında Google, *asknature,* makaleler ve biyoloji kitaplarında bulmuş olduğum mimari soruna dair olabilecek çözümlere ulaşmak daha kolaylaştı. Aynı işlevi yerine getirebilen ama farklı şekilde ve amaç doğrultusunda hareket eden organizmalara ulaşmamda eş anlamlı kelimeler yol gösterici oldu”
4	“Bu yaklaşımla birlikte problemimize ilk olarak doğaya nasıl soru sormamız, nasıl bakmamız gerektiğini öğrenmiş oldum. Problemimizi anahtar kelimelere indirgeyerek ne kadar çeşitli cevaba ulaşabileceğimiz ne tür kaynaklara bakarak sonuçlara ulaşabileceğimiz irdelendi. Bu araştırma yöntemiyle beraber doğada problemlerimize doğru cevap bulma ihtimalimiz en üst noktaya taşınmış oldu.”
5	“Doğal dil yaklaşımı araştırma sürecimi daha profesyonel yürütmemi sağladı ve araştırma sürecimi kısalttı. Bu yöntemi öğrenmeden önce yaptığım araştırma her ne kadar bu çalışma kapsamında beni problemle ilişkili canlılara ulaştırmış olsa da süreç olarak değerlendirdiğimde daha uzun ve amatör bir araştırma olmuştu.”
6	“Öğrendiğim yöntem biyolojik canlıya ulaşmamda ve bilgi aktarımında yardımcı oldu. Problemi ayrıştırarak ilerlemek problemi daha iyi anlamamı sağladı. Ve bu yöntem ile daha fazla canlıya ulaşmış oldum.”
7	“Problemimizi anahtar kelimeler olarak genişlettiğimiz bu yöntem farklı canlılara ulaşmamı sağladı. Yöntemi bilmeden önce hep daha önce kullanılmış, sınırlı sayıda canlıya ulaşıyordum. Ayrıca yöntem problemi anlamamı ve asıl ulaşmam gereken özelliği keşfetmemi sağladı.”

Öğrencilerin ilk test puanlarının ortalaması (10), son test puanlarının ortalaması ise (84)’tür. İki ortalama arasındaki farkın önemli olup olmadığını belirlemek amacıyla t-testi uygulanmıştır. Öğrencilerin ilk test ve son testlerinin karşılaştırılması için yapılan t Testi sonrasında ortalama puanlarının birbirinden farklı olduğu bulunmuştur. Anlamlılık düzeyi olarak 0,05 kullanılmış ve $p<0,05$ olması durumunda anlamlı bir bağımlılığın veya ilişkinin olduğu kabul edilmiştir (Çepni, 2010). Elde edilen sonuçlara göre, deney ve kontrol gruplarının puan ortalamalarındaki bu farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($t(7) = -24,979$; $p<0,05$), (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Öğrencilerin ön-test ve son-test "10 sorudan oluşan açık uçlu değerlendirme testi" puanlarına ilişkin t-testi sonuçları

	N	X	S	Sd	t	p
Ön-test	7	10,00	1,94318	7	−24,979	,000
Son-test	7	84,00	2,44691			

Dönem sonunda öğrencilerden almış oldukları derse yönelik program sonuç anketini doldurmaları istenmiştir. Öğrencilere, başarı/süreç/gelecek/memnuniyet olmak üzere dört başlık kapsamında toplam 19 soru yöneltilmiştir. Anketin sonuçlarının yer aldığı Şekil 4.36'da öğrencilerin ders içeriği, dersin işleyişi, derste yapılan uygulamalar gibi konularda memnun oldukları görülmektedir.

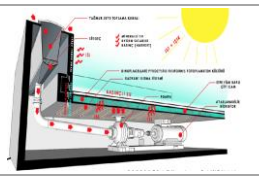
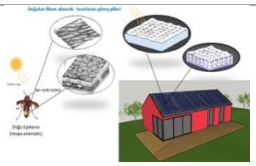
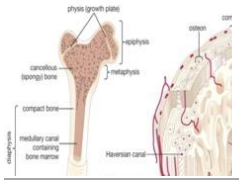
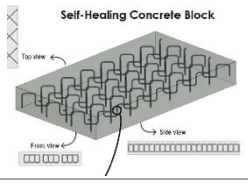
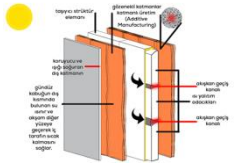
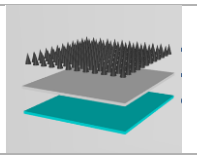


Şekil 4.36. Öğrencilerin "program sonuç anketine" verdikleri cevaplar

4.2.3. 2020-2021 güz dönemi bulguları ve değerlendirmeleri

2020-2021 Güz Döneminde hazırlanan öğretim programı Tablo 4'te görülen haftalık ders programı üzerinden yürütülmüştür. Bu dönem 2019-2020 Güz, 2019-2020 Bahar döneminde uygulanan program takip edilmiştir. Bu dönemde de diğer iki dönemde olduğu gibi programı içerisinde yer alan 1, 2, 4, 7 ve 8. modüller uygulanmıştır. Bu dönemlerden farklı olarak 2020-2021 Güz Döneminde, doğada ve mimarlıkta malzeme konusu araştırılmış, malzeme üzerine problemler üretilmiş ve çözüm geliştirilmiştir. Buradan hareketle bu dönem kapsamında üretilen problemler ve çözümleri Çizelge 4.9'da görülebilmektedir.

Çizelge 4.9. 2020-2021 Güz Döneminde derste üretilen tasarımlar

Öğrenci	Problemin Tanımı	Biyolojik Sistem	Biyolojik İlke	Tasarım Ürünü
1	Geceleri, yapıları, yapılı ve doğal çevreyi enerji etkin bir biçimde biyo-malzemeler kullanarak aydınlatmak		Tehdit algıladığında lusiferaz enzimi kullanarak ışık saçar. Canlının kendisinin biyo-malzeme olarak kullanımı	
		Foto plankton	Canlılarda iletişim	Biyoteknolojik malz.
2	Güneş pillerinden elde edilen enerjinin veriminin artıracak bir malzeme tasarımı		Doğu eşekarısı doğal bir fotovoltaik hücre gibi davranır. Doğu eşek arısının kütülündeki pigmentler, elektrik enerjisine dönüştürülen güneş enerjisini emer.	
		Doğu eşekarısı	Güneş ışığını emme	Güneş pili
3	Mimari bir kaplama malzemesinin ekonomik ömrünü uzatmak için kendi kendini iyileştirmesi		Mikroskobik bir çatlak oluştuğunda, osteosit hücreleri, çatlağı iyileştiren asit salgılar.	
		Memeli kemikleri	Kendini iyileştirme	Kendiliğinden iyileşen malz.
4	Mimaride termoregülatif malzeme tasarımı		Trake yapısı içerisinde sert trakeal halkalar yerine sıkıştırılabilen yapıya sahiptir ve bu trakeler yüzeyindeki doku boyunca kan dolaşımının ters akım ile sıcaklığını korumayı başarır.	
		Deniz	Termoregülasyon	Termoregülatif malz.
5	Gürültü kontrolü ve akustik konforu sağlamak için akustik ses yutucu malzeme tasarımı		Tüm sünger canlıları gibi, gözenekli yapıya sahiptir. Ayrıca gözenek yapısı literatürde tanımlanabilen bir matematiksel ifadeyi temsil etmektedir.	
		Euplectella Aspergillum	Gözenek	Akustik malzeme
6	Mimari yüzeylerin Antimikrobiyal malzeme ile kaplanması		Nanopiller yapısı sayesinde üzerine gelen bakterileri parçalayarak bakterileri öldürür.	
		Ağustosböceği	Antimikrobiyal	Antimikrobiyal malz.

Dönem başlarken öğrencilerde oluşması hedeflenen kazanımların değerlendirilmesi için konu ile ilgili ön-test ve son-test hazırlanmıştır. Bu test ile ders kapsamında yapılan uygulamaların öğrencilerin doğaya ilişkin bakış açılarında önemli bir farklılık oluşturup oluşturmadığı test edilmiştir. Öğrencilerin ön test puanlarının ortalaması (15), son test puanlarının ortalaması (85)'tir. İki ortalama arasındaki farkın anlamlı olup olmadığını belirlemek için bir t testi kullanılmıştır.

Çizelge 4.10. Öğrencilerin ön-test ve son-test "10 sorudan oluşan açık uçlu değerlendirme testi" puanlarına ilişkin t-testi sonuçları

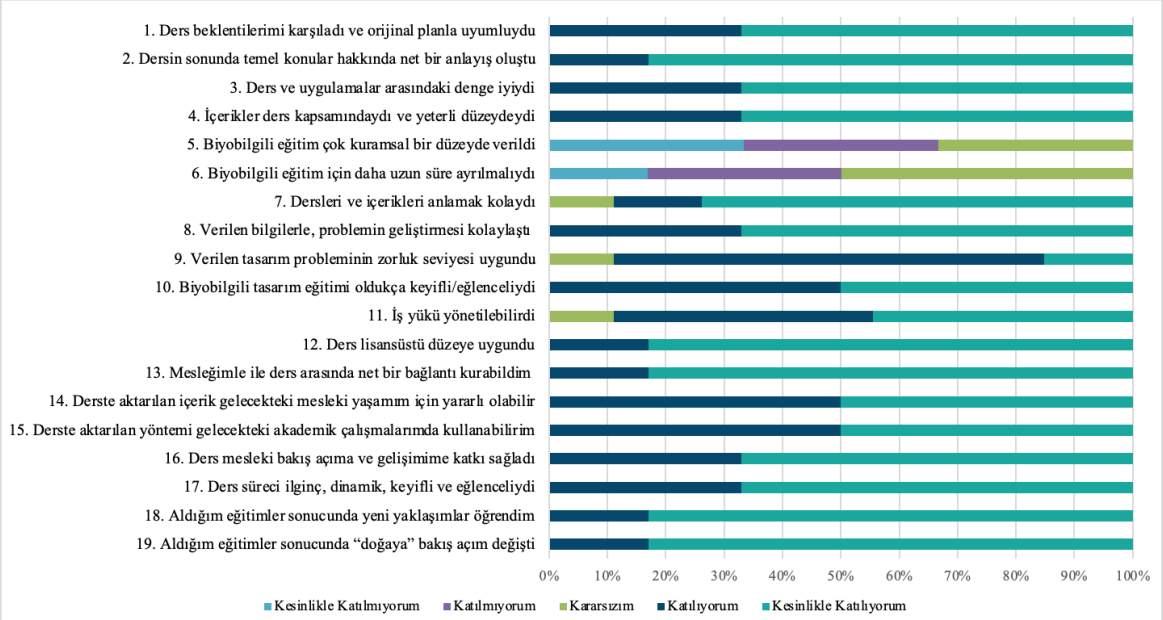
	N	X	8	Sd	t	p
Ön-test	6	15.00	5,47723	9	-70.000	.000
Son-test	6	85.00	5,47723			

Öğrencilere dönem sonunda yürüttükleri biyo-bilgili tasarımda problem odaklı süreç yaklaşımını beş soru içeren bir öz-değerlendirme formu ile değerlendirmeleri istenmiştir. Yapılan değerlendirmeye ilişkin genel cevaplar Çizelge 4.11'de görülebilmektedir.

Çizelge 4.11. Yönteme ilişkin öğrenci görüşleri

Öğrenci	Öğrencilerin yönteme ilişkin yorumları
1	"Doğal dil yöntemi ile araştırma konusuna ait yakın/uzak tüm ilişkili anahtar kelimeleri araştırarak ve irdeleyerek konu ile ilgili tüm bilgilere ulaştım. Böylece akademik literatürde bulunan konu ile ilişkili çalışmaları taramış ve tasnif etmiş oldum. Ayrıca her bir anahtar kelimeye anlamca benzer kelimeleri de sözlükler vasıtasıyla öğrenmiş ve söz konusu kelimeye uygun kaynaklarda incelemiş oldum. Bu sayede bir kelimenin farklı kaynaklarda başka kelimelerle de ifade edildiğini, farklı anlam ve işlevlerde kullanıldığını da öğrenmiş oldum. Son olarak incelediğim çalışmada amacıma ve hipotezlerime uygun kavramları kullanarak doğa esinli, değiştirilebilir bir yapı malzemesi fikri üreterek nihai hedefime ulaştım."
2	"Anahtar kelimeler çalışmamın bütünüyle değişip kapsam olarak genişlemesini, nasıl bir yol izlemem gerektiğini gösterdi. Normal koşullarda yapılan aramalarla çok sınırlı kaynağa ve canlıya ulaşırken anahtar kelimelerle oldukça fazla kaynağa ve canlıya ulaşım sağlayabildim. Bu çalışmayla birlikte doğanın gizemini mimaride çözümlemeyi öğrendim."
3	"Doğal dil yaklaşımı, kaynak ve bilgi arayışımda bana yol gösterdi. Birden fazla farklı kaynak bulmanın yanı sıra konuyu daha derinden anlamama yardımcı oldu."
4	"Öncelikle doğal dil yaklaşımının öğrenilmesiyle yalnızca var olan yaklaşımların incelenmesinin dışına çıkılması başarılmış ve mimari ile doğayı birleştiren ortak yönlerin belirlenmesinde önemli bir avantaj getirmiştir. Sürece ilk başlanıldığında konuyla ilgili akademik ortamda üretilen tasarımlar incelenmiş ancak yönteme dair bir yol bulmakta güçlük çekilmiştir ve biyolojik terimler içerisinde yerimi kaybettiğimi düşünüyorum. Doğal dil yaklaşımının tasarım sürecini aşamalara bölmesi ve direkt istenen anahtar kelimelerin bulunup mimarideki terimlerin biyolojideki karşılıklarının belirlenmesinde önemli katkıda bulunmuştur. Daha sonra bu kelimeler ve eşleşmeler öncülüğünde tasarımda kullanılabilecek davranışsal, fizyolojik özellikler keşfedilmeye başlanmış ve bu özelliklerden faydalanarak tasarımda yer verilmek istenmiştir."
5	"Doğal dil yöntemi ile araştırma konusuna ait anahtar kelimelere ulaşarak araştırmamı ilerletebileceğim verilere ulaşabildim. Kelimelerin kullanımlarını çeşitlendirerek çalışmamda amacıma uygun bilgilere ulaşmam hususunda kelimelerin farklı anlamları, kullanımları ve araştırmanın çeşitlenmesi hususunda tekniğin çok yardımcı olduğunu söyleyebilirim."
6	"Başlangıçta canlı bulmakta zorlandım. Daha sonra bize öğretilen doğal dil yaklaşımı sayesinde ilerleme kaydettim. Anahtar kelime seçtim sonrasında eş anlamlıları, yakın anlamlıları ve birlikte kullanılan kelimelere ulaştım. Sistematik bir arama sonucunda problemimin çözümü olabilecek birçok canlıya ulaştım. Ve uygun olan organizmayı seçerek konsept geliştirdim."

Dönem sonunda öğrencilere uygulanan "program sonuç anketi" sonuçları, dersin öğrencilerin beklentilerini karşıladığını göstermektedir. Öğrenciler ders içeriğini yeterli ve anlaşılır bulduklarını belirtmişlerdir.



Şekil 4.37. 2020-2021 Güz Döneminde dersi alan öğrencilerin "Program Sonuç Anketine" verdikleri cevaplar

Buraya kadar bulguları ve değerlendirmeleri yapılan üç dönem sonrasında alınan uzman görüşleri doğrultusunda biyo-bilgili tasarım eğitiminin daha kalıcı hale getirilmesi ve yeni araçlar ve süreçlerle desteklenmesi için program içerisine yeni uygulamalar eklenmiştir.

4.2.4. 2020-2021 bahar dönemi bulguları ve değerlendirmeleri

2020-2021 Bahar Dönemi boyunca ders kapsamında "Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programı" kapsamında hazırlanan eğitim modülleri takip edilmiştir. EK-2'de sunulan öğretim programı içerisinde yer alan bütün modüller bu dönem içerisinde uygulanmıştır. Modüller genelden özele doğru ilerleyecek şekilde planlanmıştır. Modüllerin uygulanma tarihleri için hazırlanan ders programı (Çizelge 4.12) takip edilmiştir.

Çizelge 4.12. 2020-2021 Bahar Dönemi haftalık ders programı

Tarih	Dersin Konu Başlıkları	Veri Toplama Aracı
Hafta 26 Şubat 2021	Biyo-Bilgili Tasarıma Giriş	Biyo-Bilgili Tasarım Bilgisi Değerlendirme Rubriği (Ön Test)
Hafta 5 Mart 2021	Biyo-Bilgili Tasarım Anlam ve Önemi	Poster/Sunum Değerlendirme Rubriği
Hafta 12 Mart 2021	Biyo-Bilgili Tasarım Anlam ve Önemi	Poster/Sunum Değerlendirme Rubriği
Hafta 19 Mart 2021	Biyo-Bilgili Tasarım Zihin Haritası Oluşturulması	Zihin Haritası Değerlendirme Rubriği
Hafta 2 Nisan 2021	Biyo-Bilgili Tasarım Kavram Haritası Oluşturulması	Kavram Haritası Değerlendirme Rubriği
Hafta 2 Nisan 2021	Biyo-Bilgili Tasarım Uygulama Etkinliği 1: Biyo-Bilgili Tasarım süreci: Problem Odaklı Tasarım (*Problem-Based Approach/Top-down*)	Problem-odaklı Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği
Hafta 9 Nisan 2021	Biyo-Bilgili Tasarım Uygulama Etkinliği 2: Biyo-Bilgili Tasarım süreci: Biyo-Bilgili kartlar ile Çözüm odaklı tasarım (*Solution-driven biologically inspired design process/Solution-Based Approach/Bottom-Up*)	Çözüm-odaklı Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği
Hafta 16 Nisan 2021	Mimarlık ve biyoloji alanları arasında bilgi aktarımına yardımcı olacak Konsept ve Bilgi Teorisine (*Concept-Knowledge design theory*) dayanan etkili öğretim teknikleri uygulaması	Konsept ve Bilgi Teorisi Tekniğine Yönelik Tutum Ölçeği
Hafta 30 Nisan 2021	Ara Sınav	
Hafta 7 Mayıs 2021	Biyo-Bilgili Tasarım Problemlerinin Belirlenmesi – Mimari Kabuk	Biyo-Bilgili Tasarım Bilgisi Değerlendirme Rubriği (Son test) Biyo-Bilgili Tasarım Etkinliği Değerlendirme Formu Program Sonuç Anketi
Hafta 21 Mayıs 2021	Biyo-Bilgili Tasarımda Doğal Dil Yaklaşımı	
Hafta 28 Mayıs 2021	Biyo-Bilgili Tasarımda Doğal Dil Yaklaşımı	
Hafta 11 Haziran 2021	Biyo-Bilgili Tasarımda Doğal Dil Yaklaşımı	
Hafta 18 Haziran 2021	Biyo-Bilgili Tasarımda Doğal Dil Yaklaşımı	

<u>MODÜL-1 Biyo-bilgili tasarıma giriş tanıtım</u>

Biyo-bilgili tasarıma giriş yapıldığı bu modül kapsamında öğrencilerin konu hakkındaki bilgilerini ölçmek amacıyla ön-test uygulanmıştır.

MODÜL-2 Biyo-bilgili tasarım anlam ve önemi

İkinci modül olarak mimarlık-biyoloji alanları arasındaki ilişki, disiplinler arası yaklaşım olarak biyo-bilgili tasarım yaklaşımı, biyo-bilgili tasarım ve ilişkili kavramları ve biyo-bilgili tasarım yaklaşımında doğanın rolü gibi konuları içermektedir. Bu modül kapsamında konunun öğrenciler konuya giriş yaparak konu hakkında yapılan çalışmaları okuyarak, bu okumaları poster sunumu ile görselleştirmişlerdir (Şekil 4.38).



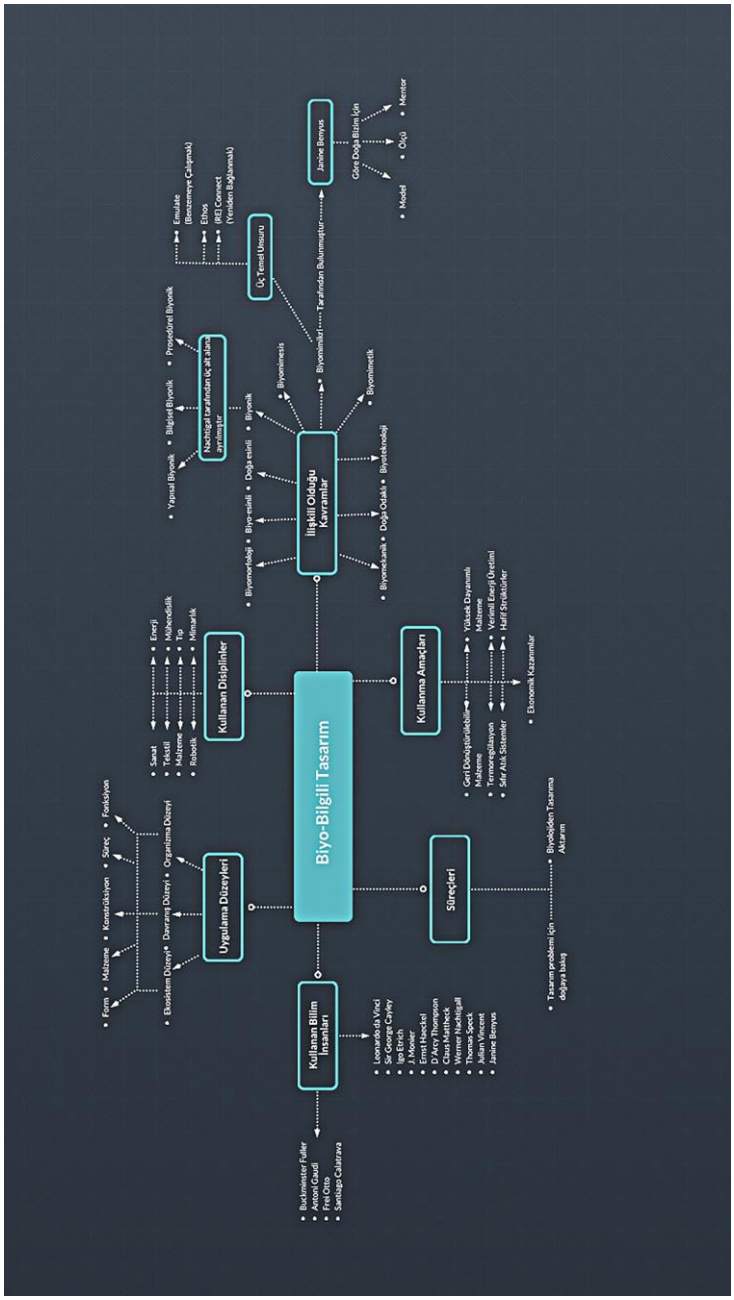
Şekil 4.38. Öğrenciler tarafından hazırlanan posterler



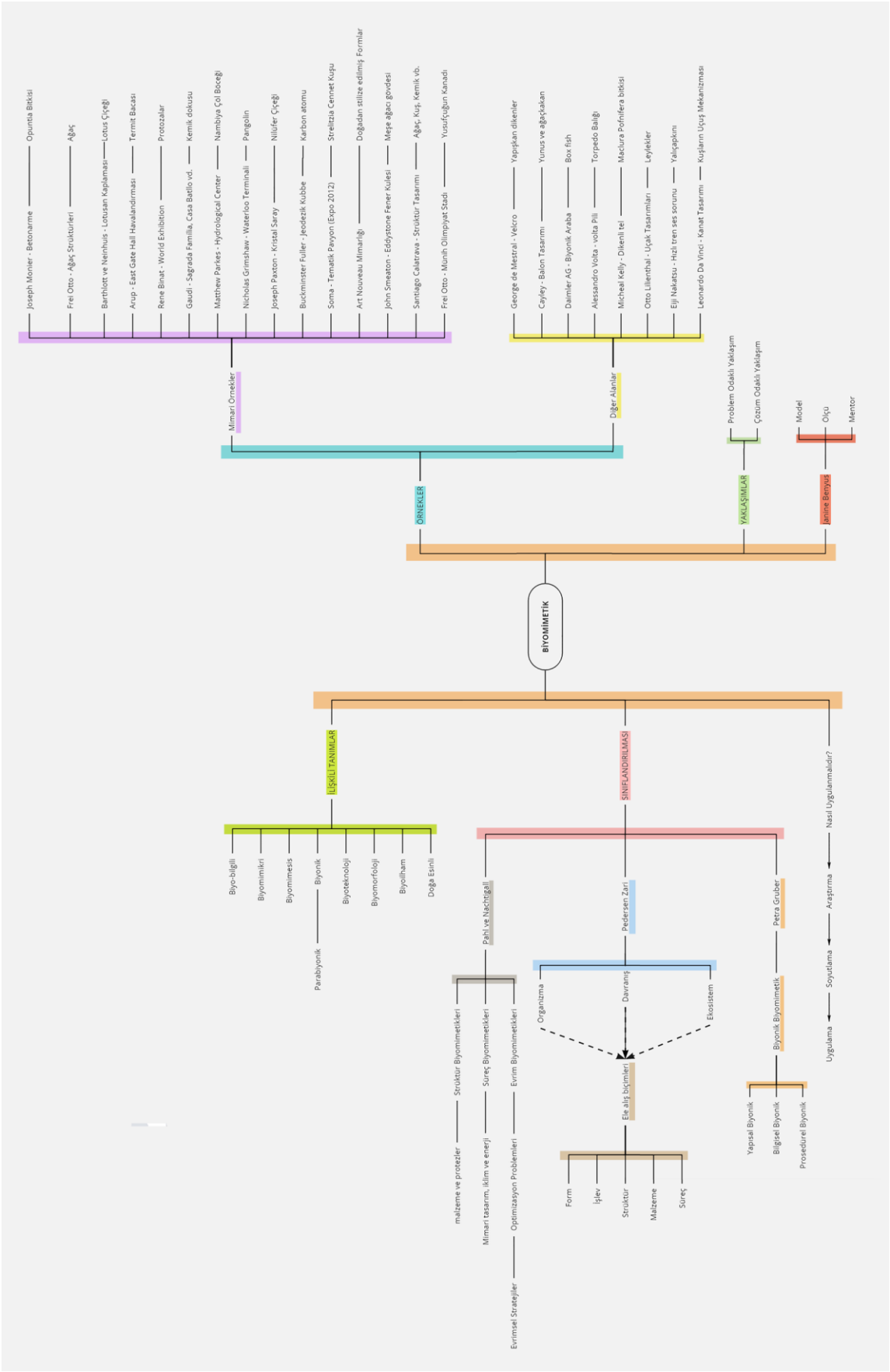
Şekil 4.38. (devam) Öğrenciler tarafından hazırlanan posterler

MODÜL-3 Biyo-bilgili tasarım kavram ve zihin haritalarının oluşturulması

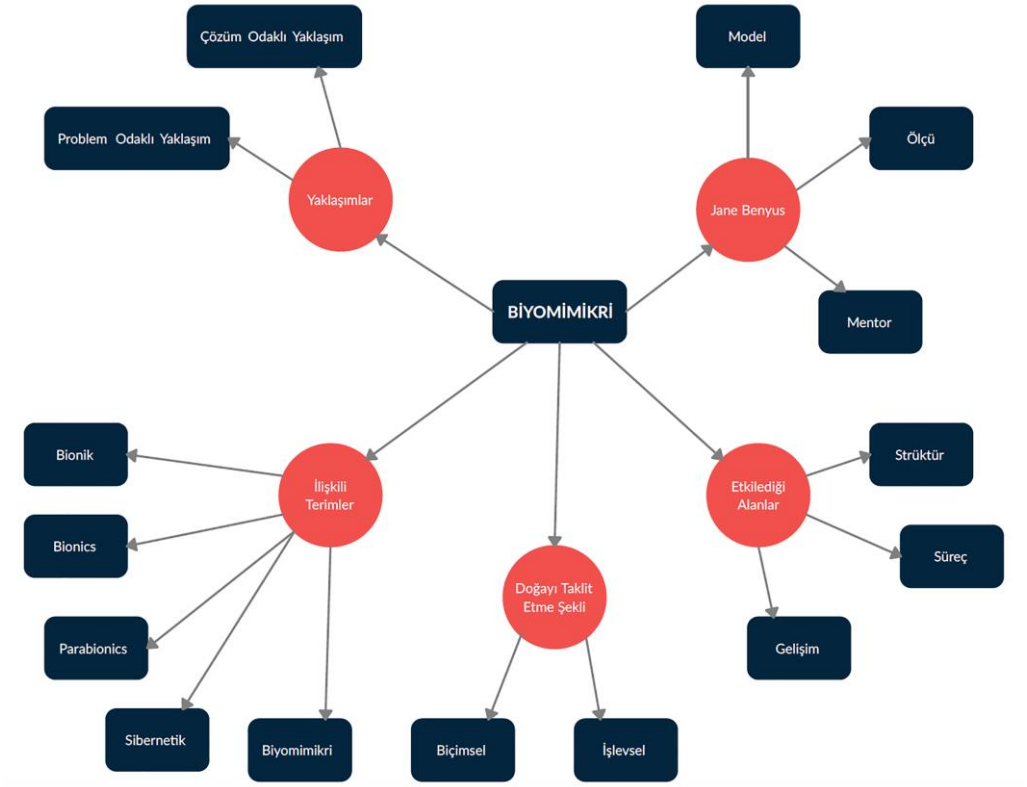
Üçüncü modül olarak uygulanmıştır. Bu modül kapsamında öğrencilerin biyo-bilgili tasarım konusu hakkında bildiklerini kavram ve zihin haritaları ile görselleştirmeleri istenmiştir. Bu şekilde konunun öğrencilerin zihninde kalıcı duruma getirilmesi hedeflenmiştir. Bunun için öğrencilere kavram ve zihin haritalarını oluşturabilecekleri WEB-2 araçları anlatılmıştır. Öğrenciler tarafından hazırlanan biyo-bilgili tasarım ve ilişkili diğer kavramları gösteren kavram haritası Şekil 4.39'da görülebilmektedir.

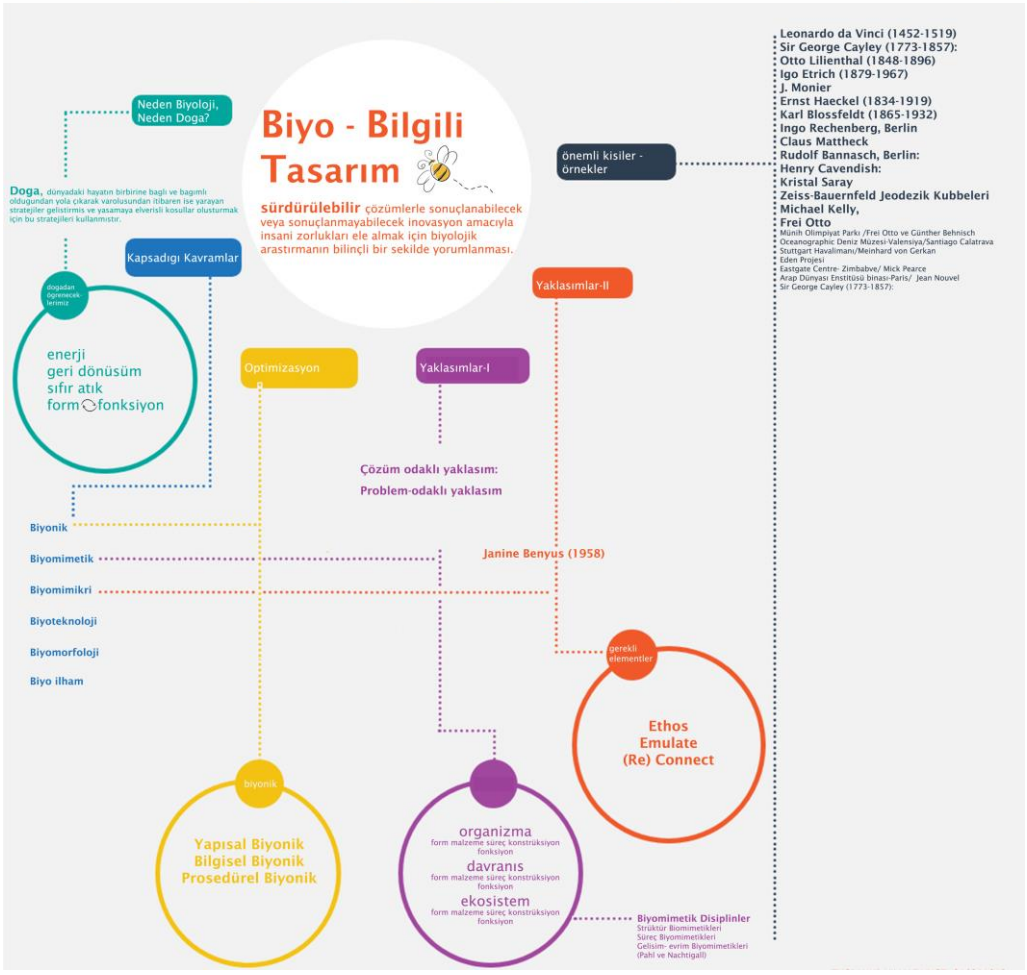


Şekil 4.39. Öğrenciler tarafından hazırlanan kavram haritaları



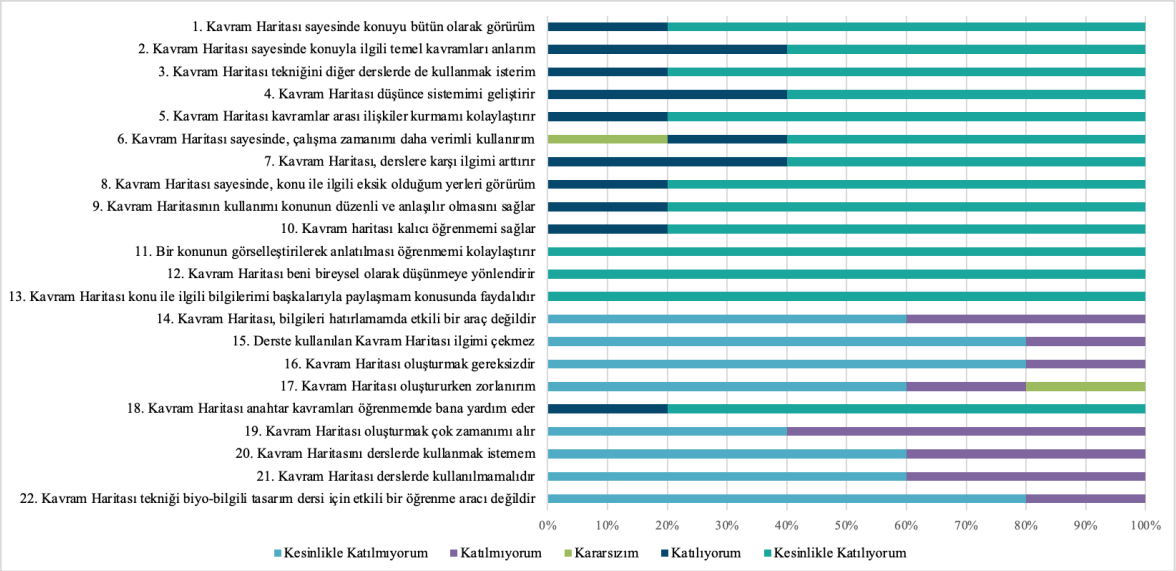
Şekil 4.39. (devam) Öğrenciler tarafından hazırlanan kavram haritaları





Şekil 4.39. (devam) Öğrenciler tarafından hazırlanan kavram haritaları

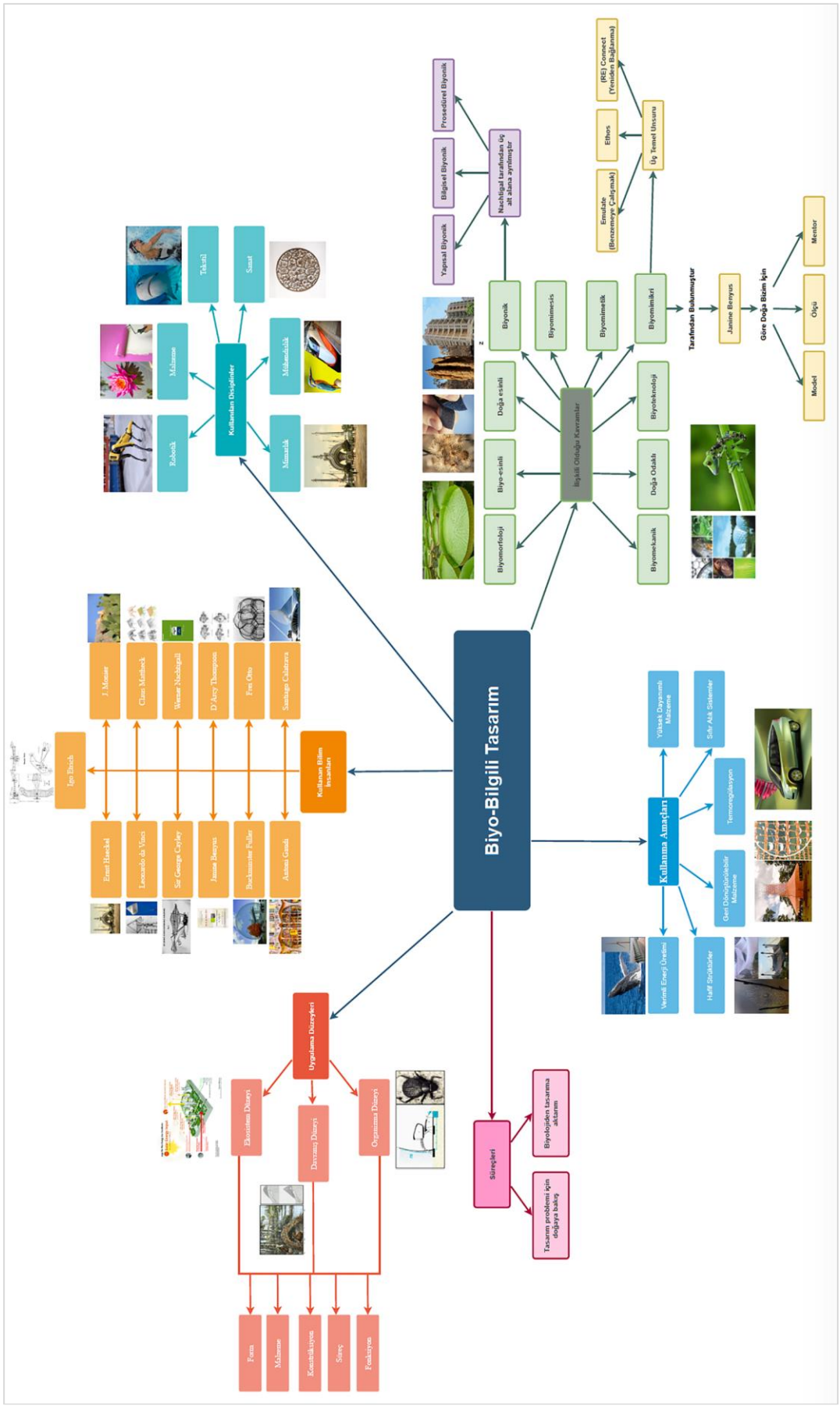
Öğrenciler tarafından hazırlanan kavram haritaları değerlendirilmiş, eksik noktaların tamamlanması istenmiştir. Bununla birlikte öğrenciler farklı kavram haritalarını incelerken kendi eksik noktalarını fark etmişlerdir. Bu uygulama tamamlanınca öğrencilere "Biyo-Bilgili Tasarım Dersinde Kullanılan Kavram Haritası Tekniğine Yönelik Tutum Ölçeği" uygulanmıştır. Bu ölçeğe ait sonuçlar Şekil 4.41'deki grafikte görülebilmektedir.



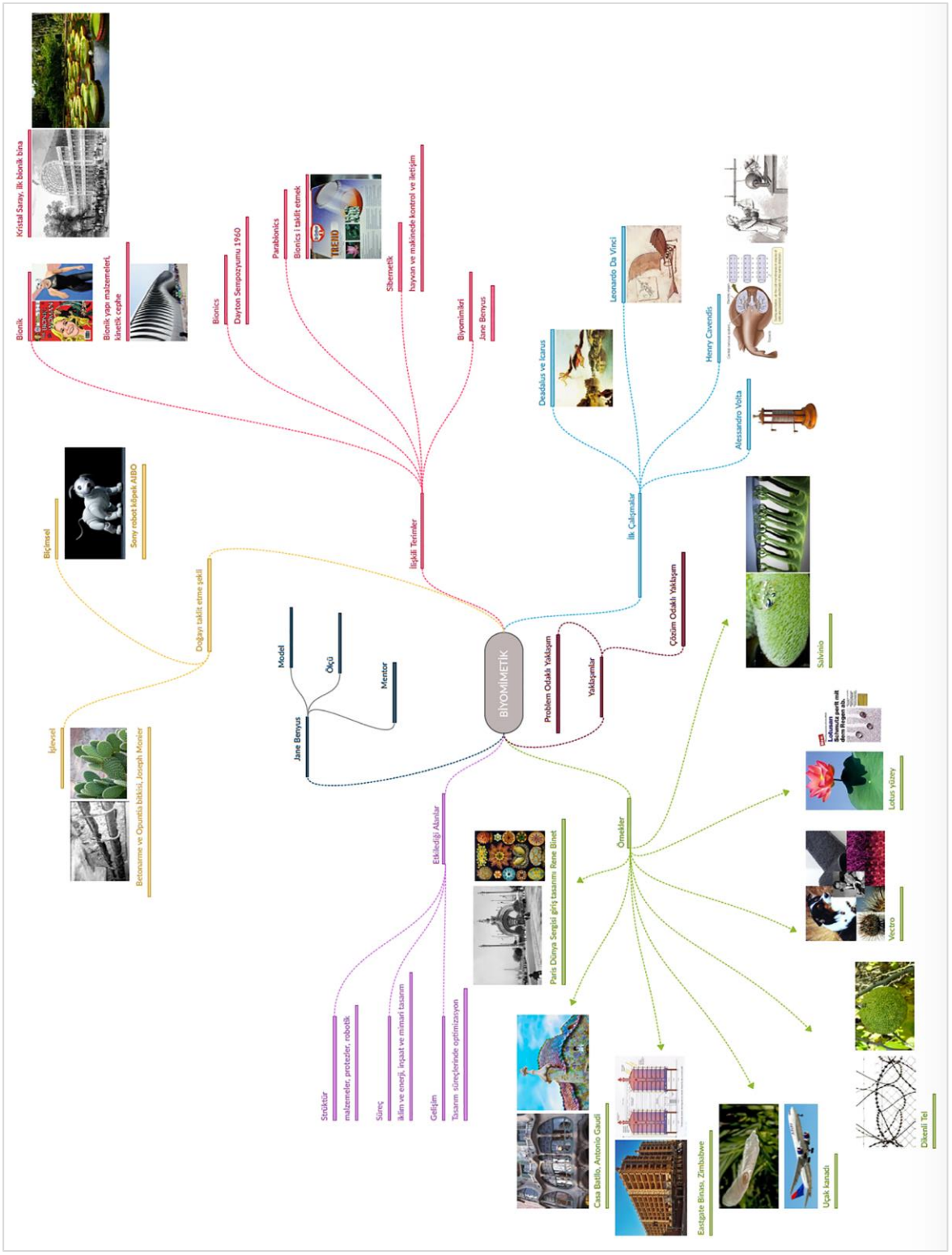
Şekil 4.40. Kavram haritasının kullanımına ilişkin öğrenci cevapları

Kavram haritaları öğrencilerin konuyu bütün olarak algılamaları noktasında katkı sağlamıştır. Öğrenciler konunun temel kavramlarını, ilişkilerini daha iyi kavradıklarını belirtmişlerdir. Konunun görselleştirilerek ifade edilmesi konunun anlaşılırlığını arttırmıştır. Bununla birlikte kavram haritası tekniği öğrenciler tarafından etkili bir öğrenme aracı olarak görülmüş ve başka derslerde kullanılabileceği ifade edilmiştir.

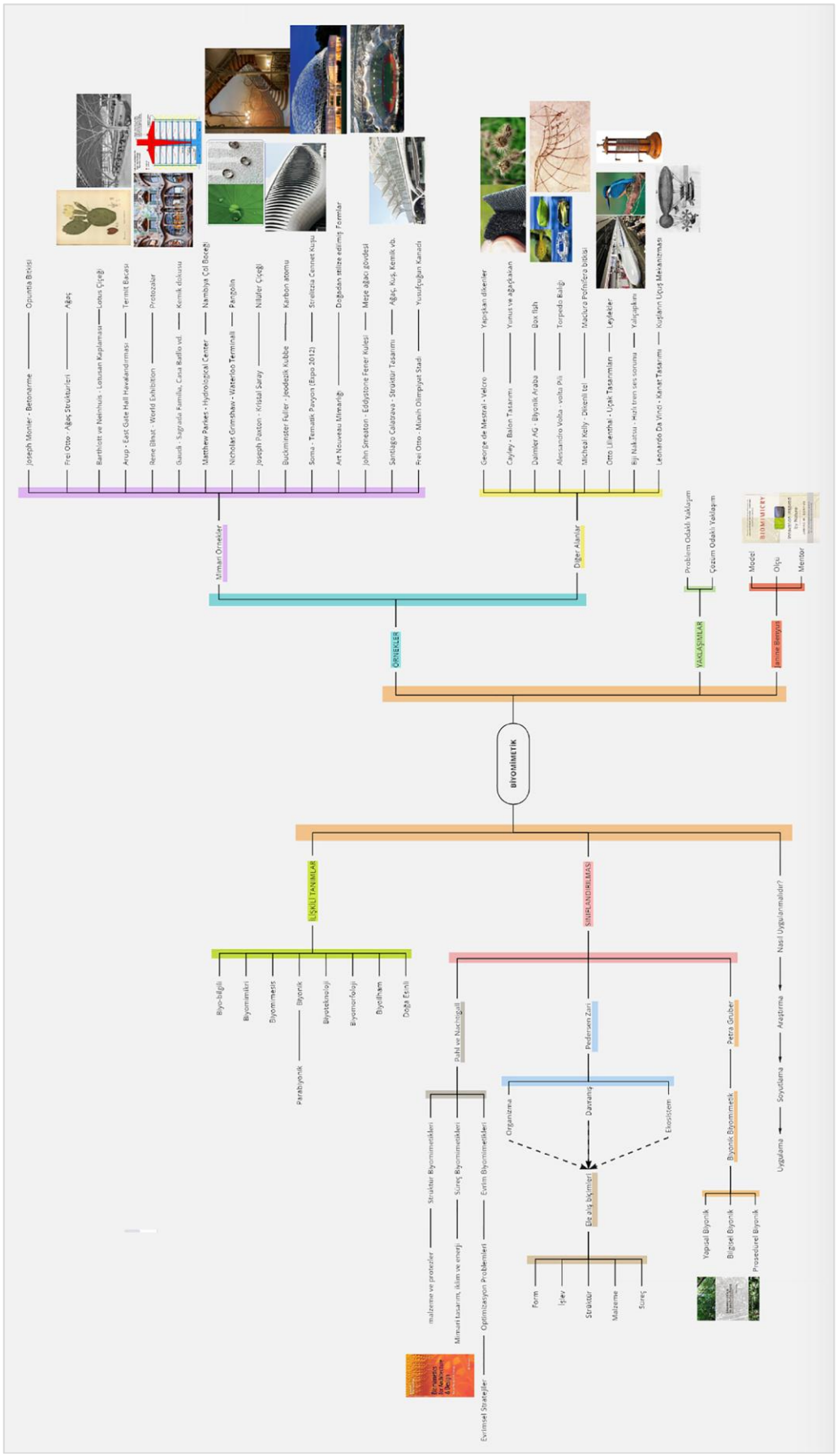
Bu modül içerisinde bir başka uygulamada, öğrencilerin biyo-bilgili tasarım ve ilişkili diğer kavramlar ile ilgili düşünceleri ve imajları içeren zihin haritaları oluşturmaları istenmiştir. Öğrenciler, biyo-bilgili tasarım kavramları, kavramlar arasındaki ilişkilerin ve bağlantıların görmeyi kolaylaştıran zihin haritalarını hazırlamışlardır. Bu teknik ile öğrenciler, kendi öğrenmelerini planlamış ve öğrendiklerini yapılandırarak anlamlı hale getirilmesinde etkili olan bir öğrenme stratejisidir. Hazırlanan teknikler Şekil 4.41'de görülebilmektedir.



Şekil 4.41. Öğrenciler tarafından hazırlanan zihin haritaları



Şekil 4.41. (devam) Öğrenciler tarafından hazırlanan zihin haritaları

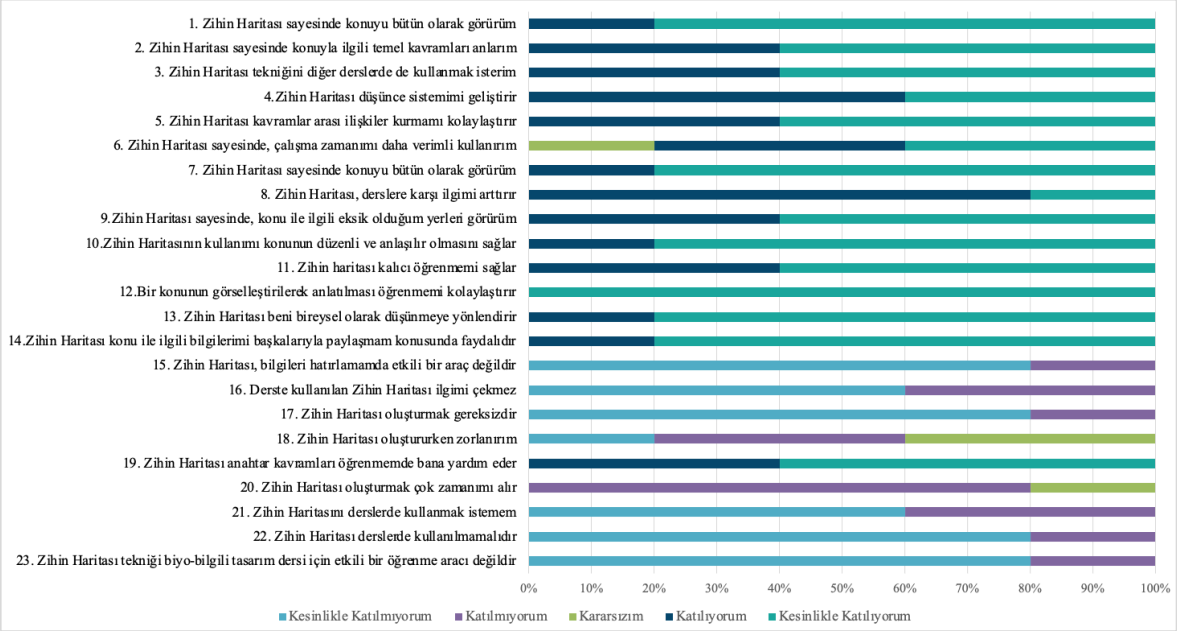


Şekil 4.41. (devam) Öğrenciler tarafından hazırlanan zihin haritaları



Şekil 4.41. (devam) Öğrenciler tarafından hazırlanan zihin haritaları

Öğrenciler tarafından hazırlanan zihin haritaları ders süresince incelenerek eksikler belirlenmiş ve öğrencilerden bu eksikleri tamamlamaları istenmiştir. Bu uygulama sonunda öğrencilere uygulanan "Biyo-Bilgili Tasarım Dersinde Kullanılan Zihin Haritası Tekniğine Yönelik Tutum Ölçeği" sonuçları Şekil 4.42'de görülebilmektedir.



Şekil 4.42. Zihin haritasının kullanımına ilişkin öğrenci cevapları

Bu uygulama ile öğrenciler konuyu bütün olarak gördüklerini ve derse karşı ilgilerini arttırdığını belirtmişlerdir. Zihin haritası teknikleri ile beraber derste yürütülen sunumlar ve tartışmalar ile öğrencilerin konu hakkındaki eksik noktaları açığa çıkarılmıştır. Bu noktalar öğrenciler tarafından tamamlanarak konunun kalıcılığı arttırılmıştır.

MODÜL-4 Biyo-bilgili tasarım uygulama etkinliği 1: biyo-bilgili tasarım süreci: problem odaklı tasarım

Problem odaklı tasarım sürecinin uygulandığı bu modül kapsamında dağıtılan föyde (Şekil 4.43) öğrencilere "Mimari strüktür tasarımı için doğa referans alınabilir mi?" sorusu yöneltilmiştir. Bu uygulama ile biyo-bilgili düşünme ve problem odaklı tasarım süreci öğrencilere kazandırılmaya çalışılmıştır. Bu uygulama için öğrenciler problem odaklı tasarım süreci adımlarını takip ederek ilk olarak bir strüktür problemi belirlemişlerdir. İkinci adımda bu problemi biyolojikleştirerek biyoloji kaynaklarında çözüm arayışına girmişlerdir. Üçüncü adımda biyolojik sistemi/organizmayı belirlemişlerdir. Bu organizmadan/sistemden aktaracakları bilgiyi/mekanizmayı detaylı olarak analiz etmişlerdir. Sonrasında bu bilgileri/ilkeleri soyutlayarak problemin çözümü için kullanmışlardır.

Doğayla Tasarlıyoruz!



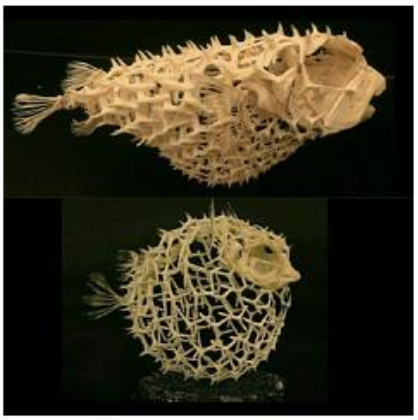
Öğrencinin Numarası: 1

Tasarım Problemi: **Mimari strüktür tasarımı için doğa referans alınabilir mi?**

Tasarımınıza özelliğini aktardığınız organizmayı açıkla belirtin. Aşağıdaki bölümlere seçtiğiniz organizmadan yapmış olduğunuz çıkarımınızı ve tasarımınızı çizerek açıklayınız. (60 dk.)

Seçilen Organizmayı ve organizmanın özelliğini yazınız?

Biyolojik Organizma/Sistem Görselleri ve Aktarılan İlke/Bilgi







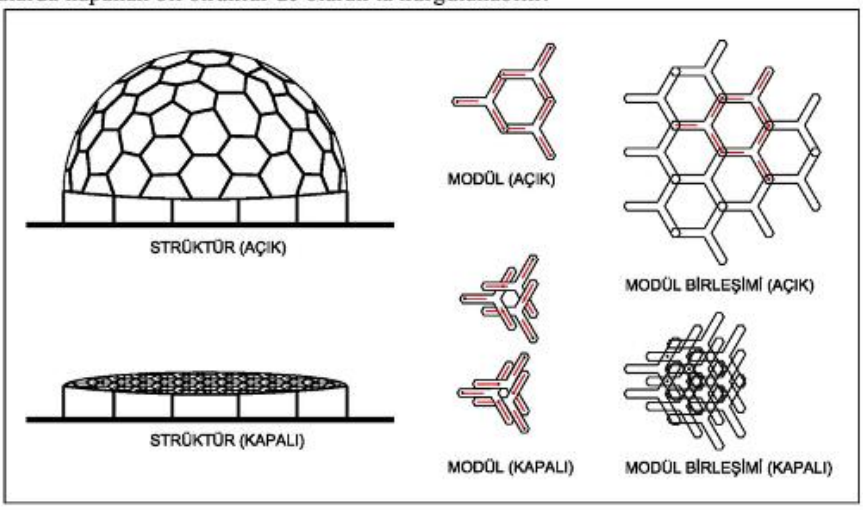
Seçtiğim organizma kirpi balığı ya da diğer adıyla balon balığı.

Bu balık tehdit edildiğinde midesini suyla (veya suyun dışındaysa hava ile) hızla doldurur ve büyük, su balonu görünümlü dikenli bir balığa dönüşür.

Bunu yaparken iskeleti de esneyerek boşluklu bir hale gelir ve hacmi artar.

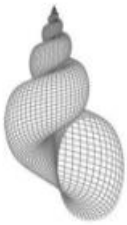
Üretilen Tasarım

Kirpi balığı iskeleti ile aynı mantıkla 3 kollu bir modül oluşturdum. Bu modülden 3 tanesinin birleşimini kurguladım. Bunların birbiri üstüne kayarak açılıp kapanma mekanizmasını oluşturdum.
Bu strüktür gündüz açılıp gece kapanan bir strüktür olabilir. Güneş ışınlarının geliş açısına göre tamamen kapanıp açılmak yerine belli açılarda oranlarda açık olması da kurgulanabilir. Ya da hava koşullarına göre yağışlı havalarda kapanan bir strüktür de olarak ta kurgulanabilir.



Şekil 4.43. Problem odaklı tasarım süreci bağlamında gerçekleştirilen uygulama

Doğayla Tasarlıyoruz!



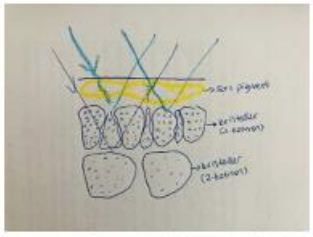
Öğrencinin Numarası: 3

Tasarım Problemi: **Mimari strüktür tasarımı için doğa referans alınabilir mi?**

Tasarımınıza özelliğini aktardığınız organizmayı açıkla belirtin. Aşağıdaki bölümlere seçtiğiniz organizmadan yapmış olduğunuz çıkarımınızı ve tasarımınızı çizerek açıklayınız. (60 dk.)

Seçilen Organizmayı ve organizmanın özelliğini yazınız?

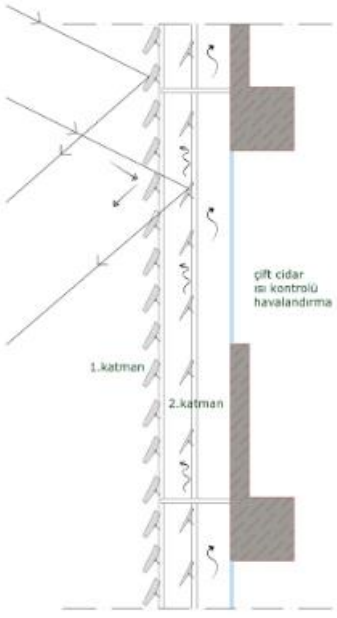
Biyolojik Organizma/Sistem Görselleri ve Aktarılan İlke/Bilgi





Bukalemun derisinin altında, kristal barındıran bir diğer hücre katmanı bulunuyor. Bu kristaller üst katmandaki kristallerden daha büyük, daha aralıklı ve daha düzensizdir. Bu kristaller spekturumun kızılötesi kısmında daha uzun dalga boylu yansıtma yapıyorlar ve daha geniş bir aralıktaki dalga boylarını yansıtıyorlar. Bilim insanları bukalemunların parlak güneşli habitatlarda yaşadıkları için bu katmanın görevinin güneşten gelen ısıyı yansıtmak olduğunu söylüyorlar ve bu sayede vücut ısıl komforunu sağlamış oluyorlar.

ÜRETİLEN TASARIM



Çift cidarlı bir cephe kurguladım. Yapıya gelen güneş ışınlarının gün içindeki değişen açılarına ve güneş ışığının şiddetine bağlı olarak bireysel hareket edebilen ve ışığı kırarak yansıtabilen aralıklı modüllerden oluşan birinci katman ve yine daha uzun dalga boylu ışınları yansıtacak sabit modüllerden oluşan 2. katman.

Modüllerin bir araya gelmesi ve çalışma mekanizması için biyolojik bilginin detaylandırılması evresine geri dönüşler sağlanabilir. Yeniden kurgulanabilir farklı varyasyonlar denenebilir. Isıl konfor dışında bukalemunlardaki renk değişimi cepheye aktarılarak cephede güneş ışığının geliş açısı şiddetine bağlı olarak renk değişimleri de sağlanabilir.

Şekil 4.43. (devam) Problem odaklı tasarım süreci bağlamında gerçekleştirilen uygulama

Bu uygulama sonrasında öğrencilere süreci ve kendilerini değerlendirebilecekleri “Problem Odaklı Tasarım Öz Değerlendirme Formu” dağıtılmıştır. Bu form ile problem-odaklı biyo-

bilgili tasarım etkinliğini yaparken ne öğrendikleri, çözüm için belirledikleri organizmaya/sisteme nasıl ulaştıkları, uygulama yaparken neyi iyi yaptıkları, süreç içerisinde hangi konuda ve aşamada zorlandıkları, bu uygulamanın ne kazandırdığı, bakış açılarında değişikliğe neden olup olmadığı ölçülmeye çalışılmıştır.

Çizelge 4.13. "Problem Odaklı Tasarım Öz Değerlendirme Formu"na verilen cevaplar

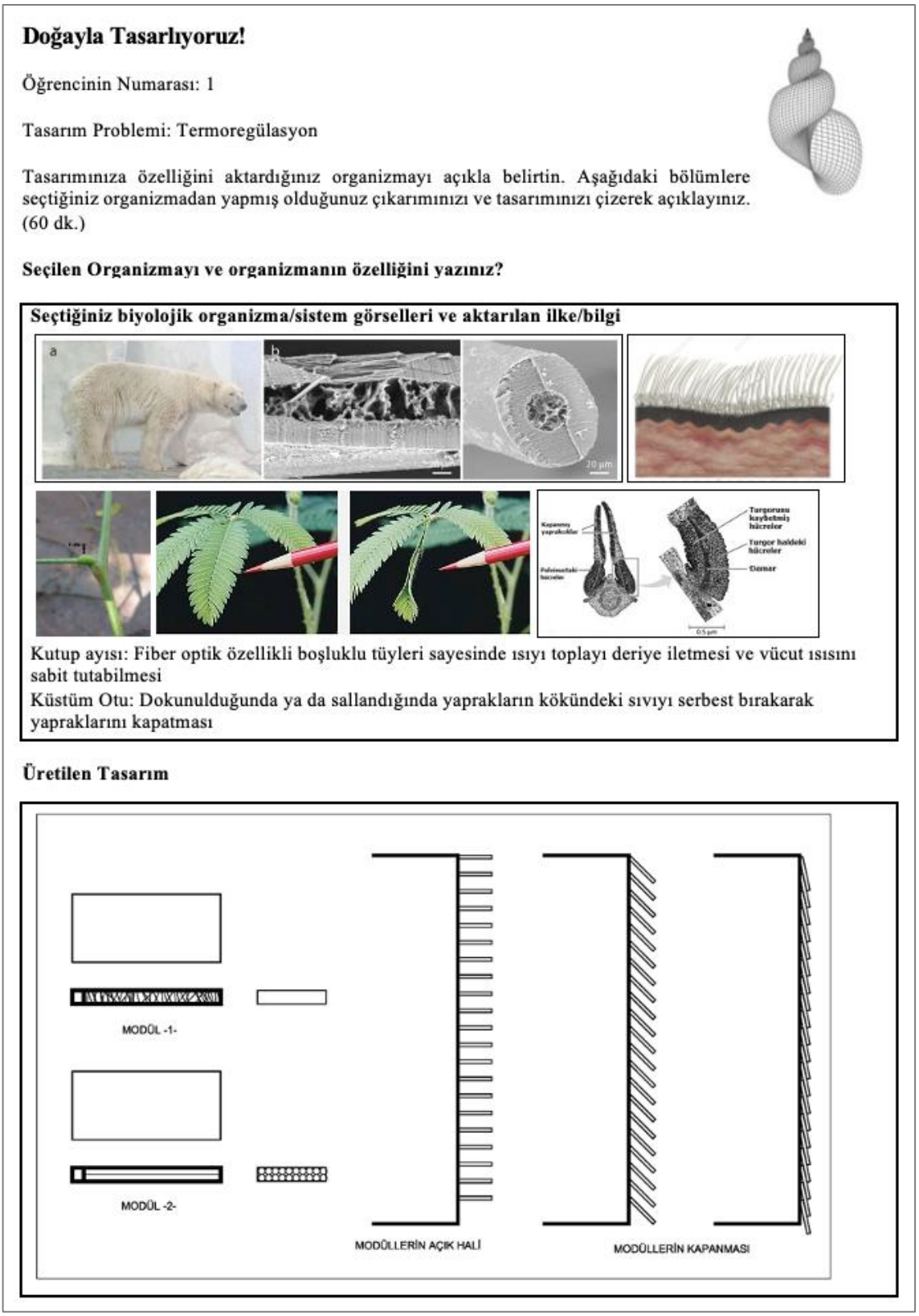
Soru	Cevaplar
Problem-odaklı biyo-bilgili tasarım etkinliğini yaparken ne öğrendiniz?	Biyolojik organizma/sistem bilgisini tasarıma aktarma bilgisi
	Doğadan nasıl ilham alınacağını
	Probleme çözüm arama noktasında
	Bulunan sistemin soyutlayarak problemin çözümü için kullanılmasında
Problem-odaklı biyo-bilgili tasarım yaparken hangi konuda ve aşamada zorlandığınızı belirtiniz ve nedenini açıklayınız?	Biyolojik organizma/sistem bilgisini çözüme aktarmada zorlanma
	Soyutlama yaparken zorlanma
	Biyolojik mekanizmaları anlamakta zorlanma
	Biyolojik bilgiyi mimari bilgiye aktarmada zorlanma
Problem-odaklı biyo-bilgili tasarım etkinliği size ne kazandırdı? Bakış açınızda ne gibi değişikliklere neden oldu?	Doğa problemi nasıl çözerdi farkındalığı
	Problemin çözümü için doğaya bakarken nasıl başlayacağını bilme
	Biyolojik sistemler analiz edilerek özgün tasarımlar yapma
	Biyolojik bilginin önemini anlama

Bu uygulama biyo-bilgili tasarım süreçlerinden problem odaklı tasarım sürecinin öğrenciler tarafından deneyimlenmesi, biyolojik bilgiye nasıl ulaşıldığının ve nerede zorlandıklarının tespiti amacıyla yapılmıştır. Öğrenciler bu uygulamada biyolojik organizma/sistem bilgisini anlamada ve aktarmada zorlanmışlardır. Soyutlama aşamasında zorlanmış ders içerisinde yapılan beyin fırtınası, tartışmalar ve eleştiriler ile aktarım süreci anlaşılır kılınmaya çalışılmıştır. Bu uygulama ile öğrencilerde insanların sahip oldukları problemleri doğanın nasıl çözdüğü, bu çözümlerin nasıl kullanılabileceği ve biyolojik bilginin önemi konusunda farkındalık oluşturmuştur.

MODÜL-5 Biyo-bilgili tasarım uygulama etkinliği 2: biyo-bilgili tasarım süreci: çözüm odaklı tasarım

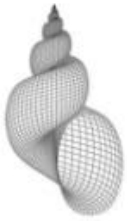
Biyo-bilgili tasarım yaklaşımı süreçlerinden bir diğer olan çözüm odaklı tasarım sürecinin uygulandığı bu modül kapsamında öğrencilere biyo-bilgili tasarım kartları dağıtılmıştır. Öğrenciler bu kartlar arasından seçim yaparak, bu kartlarda yer alan bilgilerden yola çıkarak ilk olarak mimari problemi belirlemiş sonrasında bu kartlardaki biyolojik bilgiler ile çözüm

geliştirmiştir. Bu uygulama ile biyo-bilgili düşünme ve çözüm odaklı tasarım süreci öğrencilere kazandırılmaya çalışılmıştır (Şekil 4.44).



Şekil 4.44. Çözüm odaklı tasarım süreci bağlamında gerçekleştirilen uygulamalar

Doğayla Tasarlıyoruz!



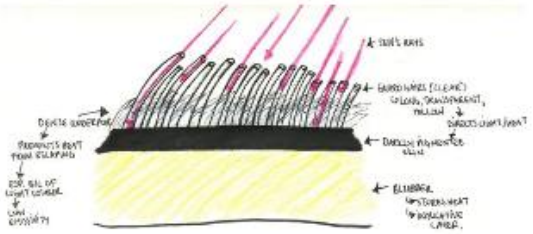
Öğrencinin Adı-Soyadı ve Numarası: 2

Tasarım Problemi: **Termoregülasyon**

Tasarımınıza özelliğini aktardığınız organizmayı açıkla belirtin. Aşağıdaki bölümlere seçtiğiniz organizmadan yapmış olduğunuz çıkarımınızı ve tasarımınızı çizerek açıklayınız. (60 dk.)

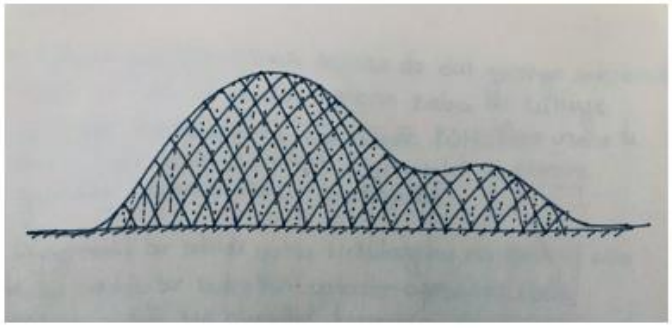
Seçilen Organizmayı ve organizmanın özelliğini yazınız?

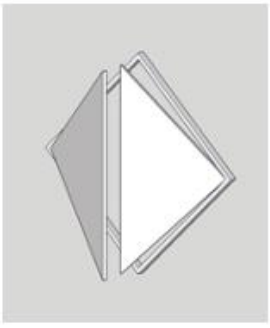




Çözüm odaklı tasarım yaklaşımı için tasarımda kutup ayısının kıl hareketi prensibini uygulanmıştır. Kutup ayıları soğuk bir iklimde yaşamalarına rağmen vücut ısılarını 37 °C'de sabitleyebilmektedirler. Sahip olduğu beyaz kürkleri, şeffaf kıl folikülleri ve siyah deriden oluşmaktadır. Güneş olduğunda şeffaf kıllar dikleşerek ışığın siyah deriye nüfuz etmesi sağlanmaktadır. Güneş ortadan kaybolduğunda ise kıllar normal konumuna dönerek sahip olunan ısı korunmaktadır.

Üretilen Tasarım





Tasarım kutup ayılarının yaşadığı iklimin tersine sıcak bir bölgede konumlanmıştır. Bu yüzden kıl hareketleri tam tersi etkiyi sağlaması için referans alınmıştır. Bina kabuğunun ana işlevi, iç mekâna gün boyunca doğal gün ışığına ve minimum ısıya izin veren bir dış gölgeleme sistemi sağlamaktır.
Alüminyum gölgeleme cihazları fotovoltaik sensörler aracılığıyla güneşin konumuna ve ışık yoğunluğuna göre kutup ayısı kılları gibi hareket ederek tasarımın iç alanını korumaktadır.

Şekil 4.44. (devam) Çözüm odaklı tasarım süreci bağlamında gerçekleştirilen uygulamalar

Uygulama sonrasında "Çözüm Odaklı Tasarım Öz Değerlendirme Formu" öğrencilere verilmiştir. Bu form ile öğrencilerden hem süreci ve hem de kendilerini değerlendirmeleri istenmiştir (Çizelge 4.14). Bu form ile çözüm-odaklı süreci uygulaması sırasında ne

öğrendikleri, süreç içerisinde hangi konuda ve aşamada zorlandıkları, bu uygulamanın ne kazandırdığı, bakış açılarında değişikliğe neden olup olmadığı tespit edilmesi planlanmıştır.

Öğrenciler bu uygulama ile biyolojik canlıdan öğrenilen bilgi ile bir problem keşfedebilmekte ve probleme çözüm üretebilmektedir. Bu uygulamada öğrenciler bilgiyi anlama ve aktarma konusunda zorlandıklarını belirtmişlerdir. Bu uygulama sürecinde öğrencilere geri dönütler verilmiş ve biyolojik bilgiyi anlama, yorumlama ve aktarma konusunda yol gösterilmiştir. Bu uygulama sonucunda öğrencilerin biyo-bilgili tasarım sürecini henüz tam kavrayamadıklarını, zorlandıkları noktalar olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.14).

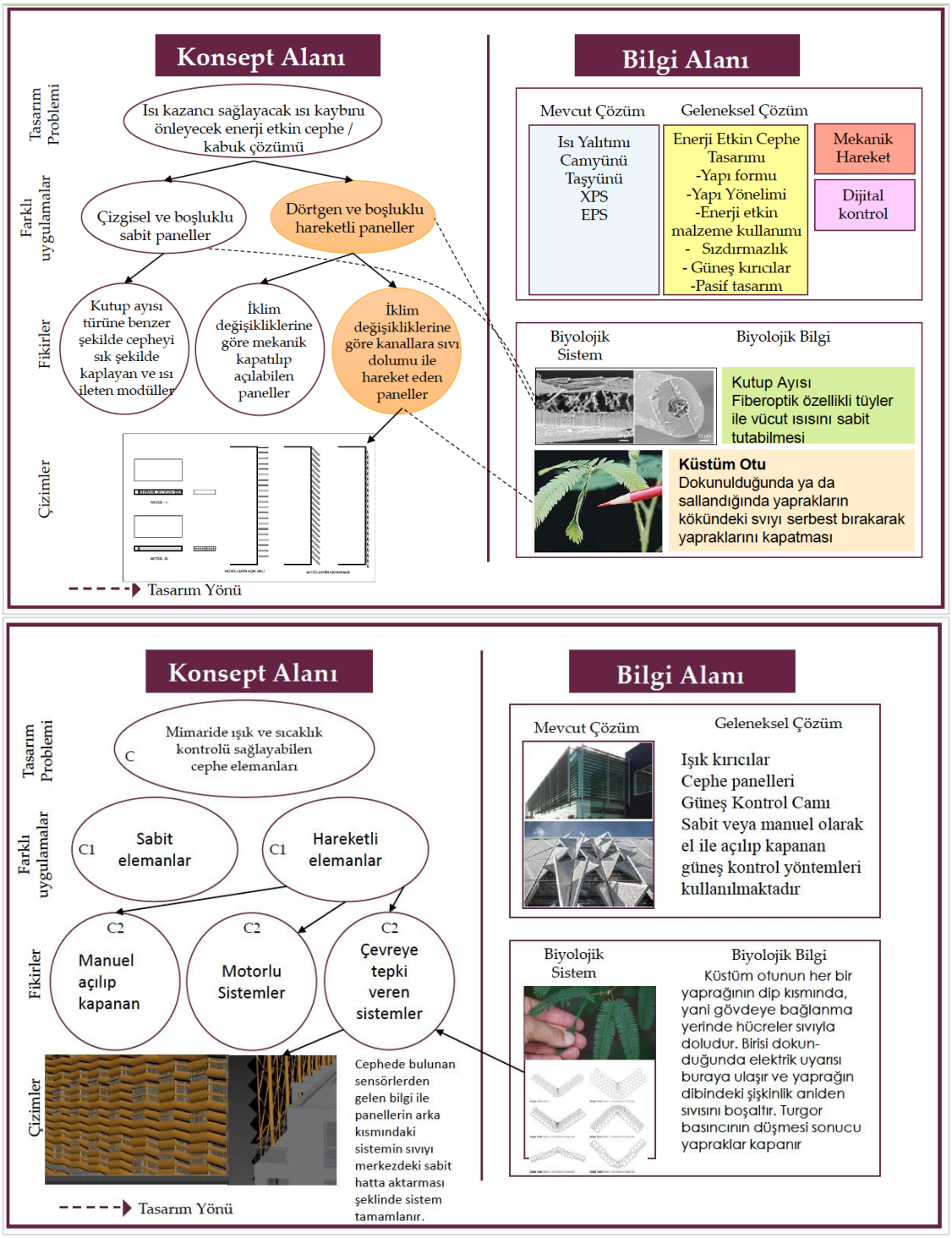
Çizelge 4.14. Çözüm odaklı tasarım öz değerlendirme formuna verilen cevaplar

Soru	Cevaplar
Çözüm-odaklı biyo-bilgili tasarım etkinliğini yaparken ne öğrendiniz?	Çözüm odaklı biyo-bilgili tasarım etkinliğinde, doğada işleyişi bilinen bir canlının/organizmanın, bir probleme yanıt aramanın yanı sıra herhangi bir problem yaratıp çözüme bağlı bir tasarım yapılabileceğini de göstermiştir.
	Her canlı işleyen bir mekanizmaya sahip ve kendi problemlerine göre çok iyi çözümlere sahipler. Doğru şekilde bakıldığında doğadan öğrenecek çok şey var.
	Var olan problemlerin çözümü için doğaya bakılabilir.
	Doğa incelenerek problem ve çözüm üretilebilir.
Çözüm-odaklı biyo-bilgili tasarım yaparken hangi konuda ve aşamada zorlandığınızı belirtiniz ve nedenini açıklayınız?	Biyolojik bilgi eksikliği ve mimari malzeme bilgisi eksikliği
	Biyolojik bilgiyi anlama ve aktarma konusunda zorlanma
	SEM görüntülerini yorumlama ve kullanma noktasında zorlanma
	Biyolojik bilgiyi anlama ve yorumlama konusunda zorlanma
Çözüm-odaklı biyo-bilgili tasarım etkinliği size ne kazandırdı? Bakış açınızda ne gibi değişikliklere neden oldu?	Çözüm odaklı biyo-bilgili tasarım etkinliğinde herhangi bir mimari tasarım problemi olmadan da doğanın olası muhtemel problemlere yine çözüm olabileceği fark edilmiştir.
	Sadece problem olduğunda değil, doğaya her bakıldığında da bir çözüm arama eğilimi oluşmaya başladı.
	Biyolojik bilgiyi nasıl soyutlayabileceğimizi ve mimari probleme nasıl dönüştürebileceğimizi.
	Doğaya farklı bir gözle bakma ve hangi organizmadan nasıl esinlenilebilir ve ne yapılabilir konusunda düşünme

MODÜL-6 Mimarlık ve biyoloji alanları arasında bilgi aktarımına yardımcı olacak konsept ve bilgi teorisine dayanan etkili öğretim teknikleri uygulaması

Mimari tasarım alanı ile biyoloji alanı arasında ilişki kurmak ve bu iki alan arasında bilgi aktarım sürecinin öğretilmesi amacıyla konsept bilgi teorisi kullanılmıştır. Bu yöntem ile bilgi aktarım sürecini adımları sistematik olarak görülmektedir. Mevcutta var olan bilgi ve bu bilgi ile oluşan ve biyolojik bilginin oluşturduğu konseptler bu teori ile okunabilmektedir.

K-B teorisi ile doğadaki yenilik ve bilgi öğrenilerek biyolojik sisteme ait ilkelerin konsept üretimi için doğru bir şekilde aktarılıp aktarılmadığı sorgulanabilmektedir. Bu durum biyo-bilgili tasarım sürecinde bilgi aktarım sürecinin şeffaflaştırılmasını mümkün kılmaktadır. Bu bağlamda uygulama kapsamında öğrenciler belirledikleri problemin bilgi aktarım sürecini ifade etmişlerdir (Şekil 4.45).



Şekil 4.45. K-B Haritalama Şablonu: Bilgi aktarım sürecinin görsel olarak yapılandırılması

Bu uygulama ile öğrencilerin K-B teorisiyle biyo-bilgili tasarımın düşünce süreçlerinde görsel olarak yönlendirildikleri için tasarım oluşturabilecek bilgiye doğrudan odaklandıklarını görülmektedir. Bu bağlamda öğrencilere beşli likert ölçeği olarak hazırlanan "Biyo-Bilgili Tasarım Dersinde Kullanılan Konsept ve Bilgi Teorisi Tekniğine Yönelik Tutum Ölçeği" dağıtılmıştır.

Çizelge 4.15. Biyo-Bilgili Tasarım Dersinde Kullanılan Konsept ve Bilgi Teorisi Tekniğine Yönelik Tutum Ölçeği (Likert)'nde yer alan sorulara verilen yanıtların ortalama değerleri

KB Teorisi	Soru 1	Soru 2	Soru 3	Soru 4	Soru 5	Soru 6	Soru 7
	4.40	4.40	4.40	4.60	5.00	4.80	4.60

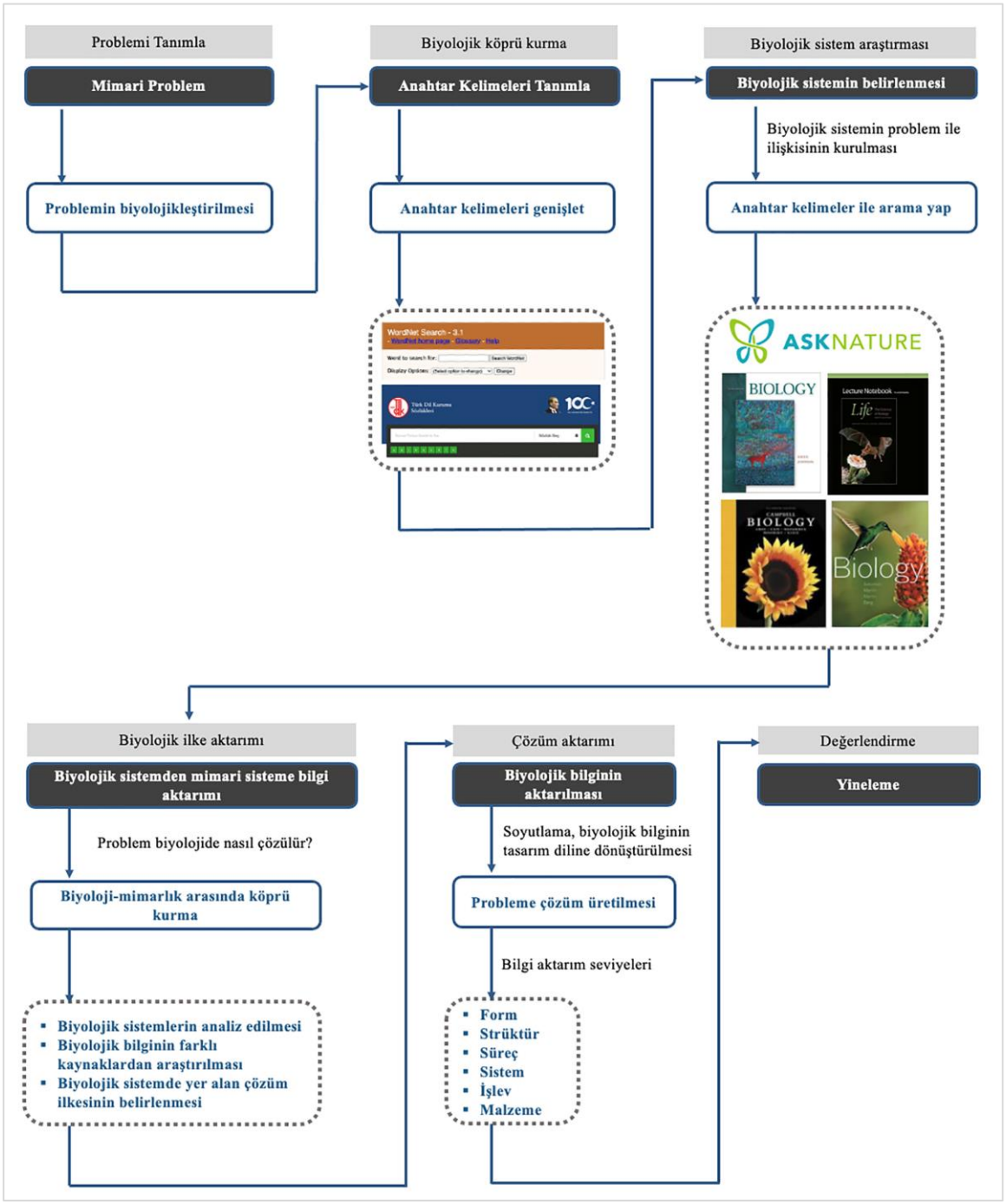
Toplam 7 sorudan oluşan bu ölçek sonuçlarından, öğrencilerin uygulamayı ve anlatılan teoriyi faydalı buldukları anlaşılmaktadır (Çizelge 4.15).

MODÜL-8 Biyo-bilgili tasarım problemlerinin belirlenmesi

2020-2021 Bahar Dönemi kapsamında öğrencilere yapı kabuğunda termoregülasyon problemi verilmiştir. Bu problem doğrultusunda öğrencilerden, termoregülasyonun (ısıl düzenleme) ne olduğunu, doğada ve mimarlıkta termoregülasyonun nasıl gerçekleştiğini detaylıca araştırmaları istenmiştir. Bu araştırmalar sonunda kendi problemlerini tanımlamaları beklenmiştir. Öğrencilerin belirlemiş oldukları problemler netleştirildikten sonra çözüm arayışı için doğal dil yaklaşımı modülüne geçilmiştir.

MODÜL-8 Biyo-bilgili tasarımda doğal dil yaklaşımı

Bu modül kapsamında biyo-bilgili tasarım sürecinde doğal dil yaklaşımının kullanımı gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem anlatıldıktan sonra öğrencilerin belirlemiş oldukları "yapı kabuğunda termoregülasyon" problemlerini doğal dil yaklaşımı ile çözmeleri istenmiştir. Bu problem ile doğal dil yaklaşımı sürecinde; problemin tanımlanması, biyoloji ile köprü kurulması, biyolojik sistem araştırması aşaması, biyolojik ilkenin aktarılması, biyolojik bilginin aktarılması ve değerlendirme/yineleme aşamaları gibi takip edilen adımlar Şekil 4.46'da gösterilmiştir.



Şekil 4.46. Doğal dil yaklaşımı süreci

Yöntemin anlatımından sonra öğrencilerden problemlerini anahtar kelimelerle ifade etmeleri istenmiştir. Daha sonra bu anahtar kelimeleri Wordnet, Verbnet, Tureng, Cambridge, wordnet, TDK, meriam webster gibi sözlüklerden eş anlam, *hipernim*, *hiponim*, *tronim* gibi terimlere genişletmeleri istenmiştir. 1 numaralı öğrenci tarafından, *thermo-* anahtar kelimesinin sözlük veri tabanlarında genişleterek aranması sonucu ulaşılan terimler Çizelge 4.16'da görülebilmektedir.

Çizelge 4.16. "*Thermo*-" kelimesi ile genişletme sonuçları (1 Numaralı öğrenci)

Thermo				
Soğuk	*Temperature*	*Warm*	*Regulate*	*caloric*
Isı	*Heat*	*Radiate*	*Thermoregulation*	*radiate*
Sıcak	Termal	Soğuk	*fever*	

Genişletilmiş anahtar kelimeler *Campbell Biology* (Sadava, Hillis, Heller ve Berenbaum, 2014) *Principles of Life* (Hillis, Sadava, Heller ve Price, 2012), *Asknature* (URL-61) , Yaşam Bilimi Biyoloji (Sadava vd., 2014) içinde aranmıştır. Bu aramalar tüm anahtar kelimeler için yapılmış ve oldukça fazla sonuç ortaya çıkmıştır. Çizelge 4.16'da bulunan tüm anahtar kelime taramaları Çizelge 4.17'deki gibi hazırlanmıştır. Isı kelimesine ait bazı eşleşmeler ve bu eşleşmeler ile elde edilen anahtar kelimeye ait biyolojik karşılıkları Çizelge 4.17'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.17. Öğrenci (1) tarafından biyoloji kaynaklarında anahtar kelime aramaları

Anahtar kelime	Biyolojik karşılığı	Biyoloji kaynaklarında eşleşen terimlerin yer aldığı cümleler
Isı	Buharlaşma, deri	Buharlaşmanın çevre üzerinde soğutma etkisi vardır- ister yaprak ister orman, isterse tüm kara kütlesi olsun. Bu etki, terlemenin insan vücudunu neden soğuttuğunu açıklar: ter ciltten buharlaştıkça, bitişik vücut ısısının bir kısmını dönüştürür.
	Kaktüs, diken	Kaktüsler ve benzeri bitkiler tipik yapraklardan çok dikenlere sahiptir ve fotosentez etli gövdelerle sınırlıdır. Dikenler, güneş ışınlarını yansıtarak veya ısıyı dağıtarak bitkilerin çöl koşullarıyla başa çıkmasına yardımcı olabilir.
	Kertenkele, deride melanin dağılımı	Kertenkeleler güneş ışınlarını absorbe etmek için güneşte güneşlenecekler. Isı kazanımını en üst düzeye çıkarmak için derilerindeki melanin dağılımını değiştirme kabiliyetine sahiptirler (derilerindeki melanin dağılımının artması onu koyulaştıracak ve dolayısıyla ısı emilimi artacaktır) ve emilimi sınırlamak için gölgeye geçeceklerdir.

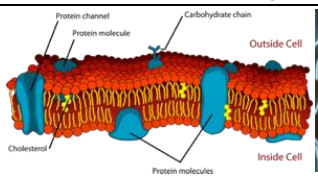
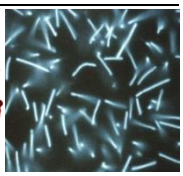
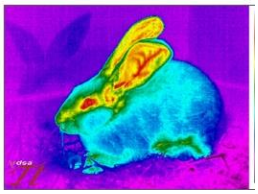
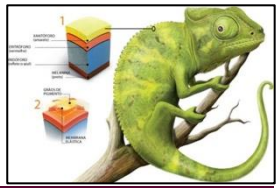
Çizelge 4.18'de *thermo*- anahtar kelimesi için gösterilen aramalar ve eşleşmeler, tüm genişletilmiş anahtar kelimeler için uygulanmıştır. Anahtar kelimeler ile yapılan aramalar tamamlandıktan sonra biyolojik kaynakta her kelimenin bir karşılığı olmadığı görülmüştür. Yapılan aramada anahtar kelimelerin geçtiği cümlelerde sıklıkla karşılaşılan biyolojik terimler belirlenmiştir. Daha sonra açığa çıkan anahtar kelimelerin biyoloji karşılıkları arama uzayını genişletmek amacıyla biyoloji kaynaklarında ayrıca araştırılmıştır. Böylece bu aramalarla birlikte, birçok biyolojik organizma/sistem bilgisine/mekanizmasına/ilkesine ulaşılmıştır. Bununla birlikte öğrenciler bu taramalar sırasında literatürde sıklıkla karşılaşılan, bilinen biyolojik organizma/sistem bilgileri dışında yeni bilgilere de erişim sağlamıştır.

Çizelge 4.18. Araştırma sonunda açığa çıkan eşleşmeler (1 numaralı öğrenci tarafından yapılmıştır)

Anahtar kelimeler	Synonymous/ Hyponyms/ Hypernyms/ Tronyms	Eşleşme	Biyoloji kaynaklarında açığa çıkan eşleşmeler
Thermo-	Sıcak / sıcaklık / warm	✓	Renk değişimi, kan dolaşımı, titreme, aşırı ortam koşulları, kan damarları
	Caloric	Eşleşme yok	-
	Estuance	Eşleşme yok	-
	Heat	✓	Fotosentez, titreme, kimyasal reaksiyonlar, katalaz enzimi, kara cisimler, renk değişimi, deri, iskelet kasları ektoderm, endoterm, güneşe yönelim, deri melanin dağılımı, kahverengi yağ, konveksiyon, kıllar, Kondüksiyon, kuş tüyü, Radyasyon, Buharlaşma, mumsu kütiküller, buharlaşma, membran proteini, termofilik arke hücre duvarı, termofil, blubber, solunum, solungaç, yüzey genişliği, terleme
	Soğuk	✓	Yaprak dökme, kış uykusu, zar lipid kompozisyonu, yağ asitleri, endoterm, güneşlenme, su ile serinleme, kürk, izolasyon, kan damarları, dolaşım, kan akışı, deri, damarların büzüşmesi, hipotermi
	Fervor	Eşleşme yok	-
	Fever	Eşleşme yok	-
	Isı	✓	Yüzey genişliği, kan damarları, kürk, deri, izolasyon
	Temperature	✓	Solungaç, ısı eşanjörü, kan damarları, kış uykusu, termoreseptör, hipotalamus
	Cold	✓	Ektoterm, antifriz proteini
	Thermal	✓	Kas metabolizması, termal iletkenlik, tüy, kürk, kan dolaşımı
	Radiate	✓	Cilt, Isı radyatörü, Homeostatik mekanizmlar

Bu aşamadan sonra öğrenciler doğal dil yaklaşımını kullanarak mevcut soruna çözüm sunabilecek bir organizma/sistem/süreç/mekanizma arayışına girmiştir. Farklı kaynaklarda genişlettikleri anahtar kelimeler yardımıyla yaptıkları aramalar sonucunda biyoloji ve mimarlık arasında terminolojik bir köprü oluşmaya başlamıştır. Tüm anahtar kelimelerle literatür taraması yapılmış ve elde edilen doğal referanslar ve özellikleri tablolaştırılmıştır (Çizelge 4.19). Sık karşılaşılan biyolojik sistemler / organizmalar / süreçler / modeller / fenomenler ve bunların doğal özellikleri Çizelge 4.19'da gösterilmiştir. Bu aşamadan sonra, biyolojik kaynakları tarayan öğrenciler seçtikleri biyolojik ilkeleri / mekanizmaları belirlemeye başlamıştır. Bu aşamada elde edilen bilgiler / ilkeler / stratejiler, biyoloji kaynaklarında tekrar araştırılmıştır. Bu aşamada tasarım çözümüne aktarılacak bilginin detaylı analizi için, farklı kaynaklarda yapılan biyolojik analizlerin anlaşılması hedeflenmiştir.

Çizelge 4.19. Öğrenci (1) tarafından anahtar kelimelerle yapılan araştırma sonucunda bulunan doğal çözümlerden örnekler

Anahtar kelime	Doğal Özellikler	Doğal Referans
A. *heat*	Arkea Termofilik Lipit membran Sitoplazmik zardaki yağ moleküllerinin yapıları	 
B. ısı	Antilop tavşanı Arktik tavşanı Deri yüzey alanı değişkenliği Buharlaşma ile ısı alışverişi	  
C. *heat*	Kaktüs Yüzeyde hava akışı Sıcak iklimde hayatta kalma Biçimsel özellik	 
D. *heat*	Kertenkele Derideki melanin dağılımını değiştirme Koyu renk ısı emilimini arttırır	
E. *heat*	Bukalemun Ciltteki renk katmanlarının boyut ve dizilim değişimi Kamuflaj yapmak için	
F. *heat*	Kutup ayısı Hayvanlar Deri ve tüyler Koyu tüy ve deri daha çok ısı emer. Kutup ayısı deri rengi siyah	 

Anahtar kelime taraması sonucu ulaşılan bilgiler doğal strateji, mekanizma, ana prensip ve ana özellik bağlamında analiz edilmiş ve Çizelge 4.20 oluşturulmuştur. Bu süreçte öğrencilerin organizmaya /fenomene ait yapı, sistem, form, süreç, ilke, işlev gibi farklı bilgi aktarım seviyelerini detaylı olarak araştırması ve aktaracağı düzey ve bilgi için doğru seçimi yapması önemlidir. Bunun yanında bu aşamada organizmaya / sisteme / fenomene ait mekanizmanın nasıl işlediğinin anlaşılması önemlidir. Öğrencilerin bilgiyi tasarıma aktarmaları, biyolojik çözüm hakkında detaylı bilgi elde etmelerini gerektirir. Bunun için, biyolojik sistem öncelikle analiz edilmeli ve anlaşılmalıdır. Bu bağlamda bu aşamada biyolojik organizmanın /fenomenin neyi, neden ve nasıl yaptığı detaylı analiz edilmiştir.

Çizelge 4.20. Anahtar kelime taraması sonucu ulaşılan bilgilerin kullanılabilir duruma getirilmesi /analiz edilmesi (1 numaralı öğrenci)

Doğal Strateji	Mekanizma	Ana Prensip	Ana Özellik
A. Antilop Tavşanı İri kulakları sayesinde kanından gelen ısıyı çevresindeki havaya geçirir.	Deri yüzeyinde sıcaklığın yükselmesi ile, ısının buharlaşarak uzaklaşması	Soğutma için ısı transferi	Buharlaşma
B. Arktik Tavşanı Kalın kürkü, dondurucu kışta yalıtım sağlar. Vücut yüzey alanı ısı alışverişini düşürmek için küçüktür.	Kürk sayesinde yalıtım	Isıyı koruma	Yalıtım
C. Arkea Diğer organizmaların çoğunu öldürecek aşırı koşullar altında gelişirler.	Lipit membran ve sitoplazmik zardaki yağ sayesinde ekstrem koşullarda ısısını koruyabilir	Isıyı koruma	Yalıtım
D. Kaktüs Dikenler, güneş ışınlarını yansıtarak veya ısıyı dağıtarak bitkilerin çöl koşullarıyla başa çıkmasına yardımcı olabilir.	Dikenlerin ısıyı yansıtarak bitkinin ısınmasını azaltması	Soğutma için ısı transferi	Radyasyon
E. Kaktüs Kaburgalı yüzey hava akımı oluşturarak kaktüsün soğuk kalmasını sağlar.	Kaburgalı yüzeyin bir tarafı ısınırken diğer tarafı soğuk kalır. Bu da yüzeyde hava hareketi sağlar.	Soğutma için ısı transferi	Konveksiyon
F. Kertenkele Isı kazanımını en üst düzeye çıkarmak için derilerindeki melanin dağılımını değiştirme.	Melanin dağılımın değişmesi sayesinde koyulaşarak daha fazla ısıyı absorbe etme	Isınma için ısıyı absorbe etme	Solar radyasyon
G. Bukalemun Kamuflaj için renk değiştirme	Derideki renk pigmentlerinin boyut ve konumlarını değiştirerek farklı renklerin yansımasını sağlama	Kamuflaj	Renk değiştirme
H. Kutup ayısı Koyu renk derisi sayesinde daha fazlı ısı kazanır.	Kürk renginin siyah olması	Isınma için ısıyı absorbe etme	Solar radyasyon

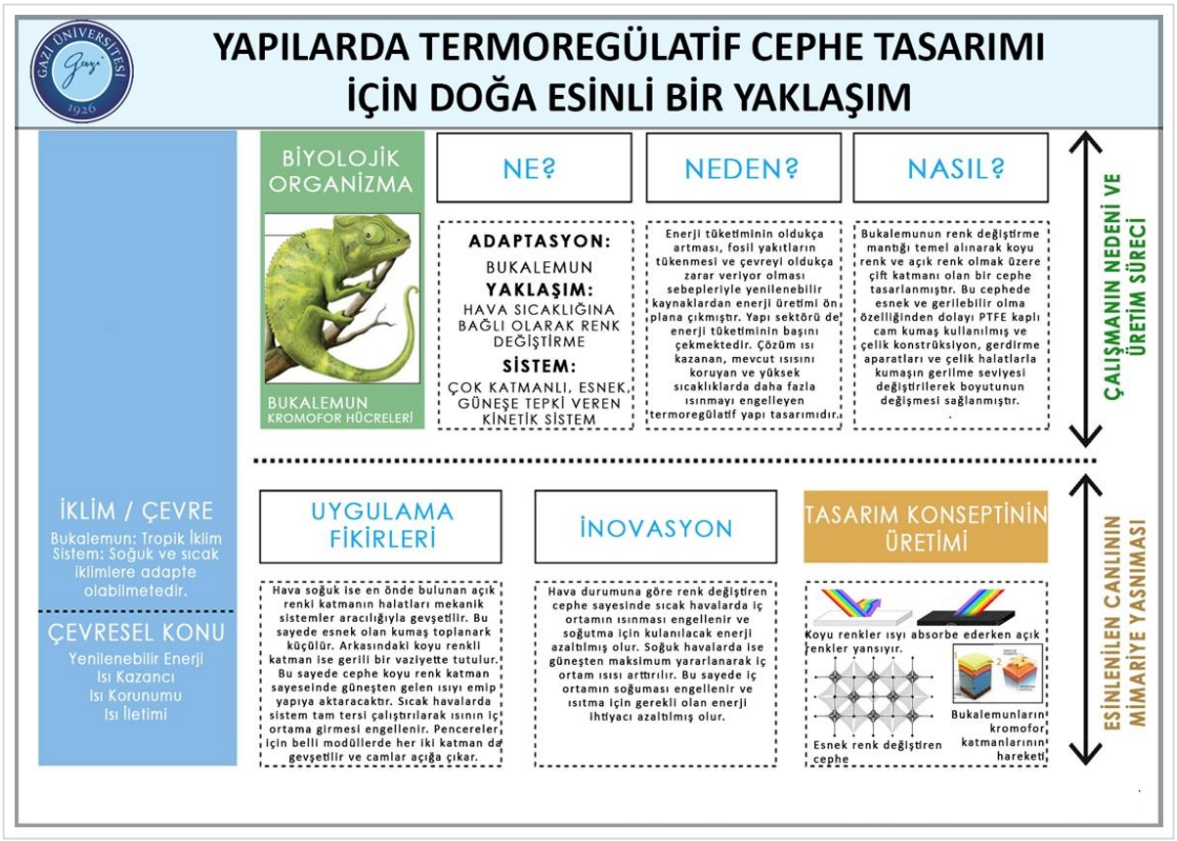
Daha sonra incelenen canlıların detaylı özelliklerinin analizini içeren bir matris tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 4.21). Bu matris içerisinde anahtar kelimeler ile yapılan aramalar sonucunda ulaşılan organizmalara yer verilmiştir. Organizmanın ölçeği, nasıl bir çevrede yer aldığı, morfolojik, fizyolojik ve davranışsal adaptasyondan hangisine sahip olduğu, morfolojik yapısı gibi özellikleri araştırılmıştır. Öğrencilerin belirledikleri problemin biyolojide nasıl çözüldüğünü doğru araştırması ve ifade etmesi önemlidir. Bu aşamadan sonra öğrenciler tanımlamış oldukları problemler ile doğa ilişkisini kurmaya başlamıştır. Tasarımcı biyolojik sistemin verilen problemle analojik ilişkisini kurduğunda soyutlama aşamasına geçmektedir.

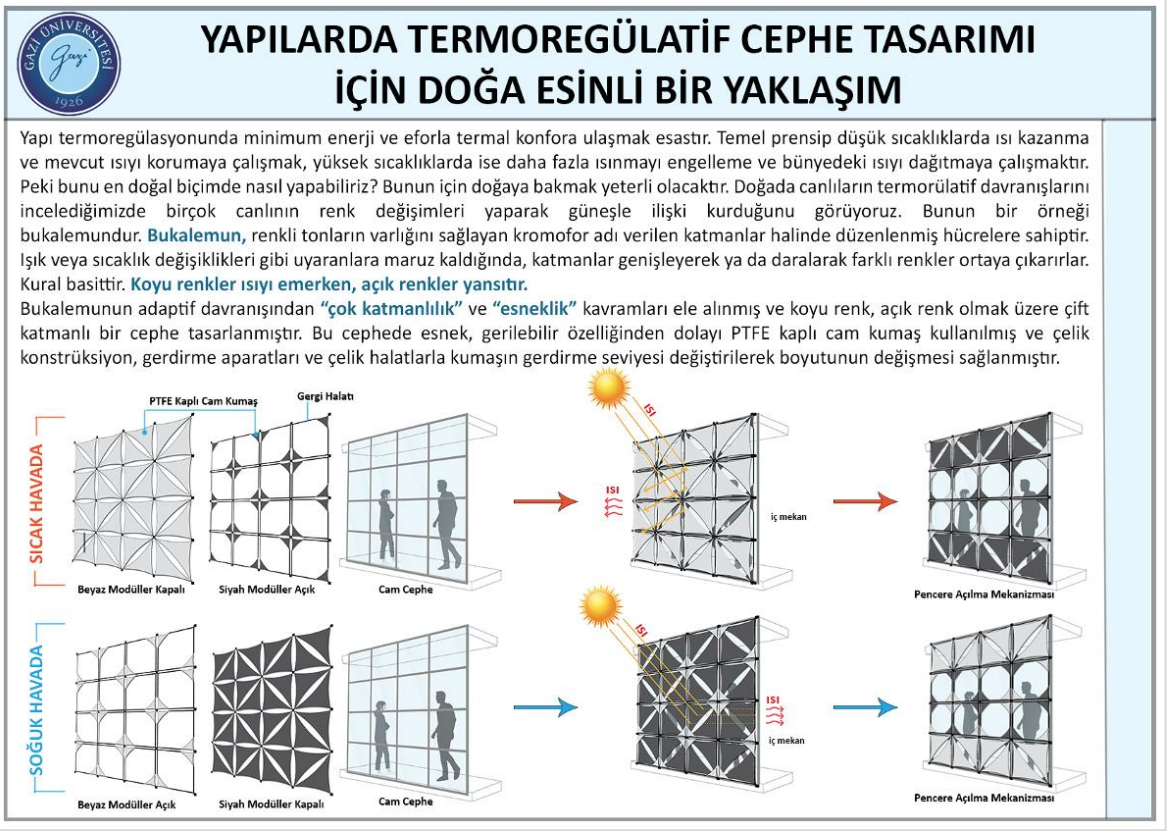
Çizelge 4.21. İncelenen canlının ayrıntılı özellik matrisi (1 numaralı öğrenci)

Sınıflandırma		Süreç						Ölçek					Çevresel Bağlam				Adaptasyon			Morfolojik Özellik		
		Buharlasma	Konveksiyon	Kondüksiyon	Radyasyon	Yalıtım		Nano	Mikro	Makro	Mesa		Tropikal	Karasal	Çöl	Kutuplar	Morfolojik	Fizyolojik	Davranışsal	Altıgen	Dikenli	Fraktal
Anahtar Kelimeler	Biyolojik Fenomen																					
Heat																						
	C canlısı						✓	✓							✓			✓				✓
	D canlısı				✓					✓					✓			✓			✓	
	E canlısı			✓						✓					✓			✓			✓	
	F canlısı				✓			✓					✓		✓		✓		✓	✓		
	G canlısı							✓					✓				✓			✓		
	H canlısı				✓					✓						✓		✓				✓
Isı																						
	A canlısı	✓								✓					✓			✓				✓
	B canlısı						✓			✓						✓		✓				✓

Tüm bu detaylı analizler sonrasında öğrenciler problemlerinin çözümü için en uygun organizmaya/sisteme karar vermiştir. Belirlemiş oldukları organizma/sistem/süreçte işleyen mekanizmayı, çalışma prensibini anlamak için farklı kaynaklardan mikroskobik görüntülerini araştırmış ve ulaştıkları bilgileri / ilkeleri detaylı olarak analiz etmişlerdir. Bu analize örnek olarak 1 numaralı öğrenci tarafından belirlediği canlıya yönelik yaptığı çalışma Şekil 4.48'de görülmektedir.

Uygulama aşamasında gerçekleştirilen soyutlama, biyolojik bilgiyi tasarım ilkelerine, stratejilerine veya temsili modellere aktarma sürecidir. Bu aşamada biyoloji ve tasarım arasında köprü kurulmaktadır. Bu köprü, bir tasarımcının gerekli bilgiyi aktarmak için bir alandan ayrılıp diğerine geçerek ileri geri gitmesine izin veren ilişkiyi yaratmaktadır. Bu nedenle soyutlama aşaması, biyo-bilgili tasarım sürecinin özünü yansıtmaktadır. Öğrenciler soyutladıkları bilgiyi / ilkeyi, ilk aşamada belirledikleri yapı kabuğunda termoregülasyon çözümleri olarak tasarımlarına aktarmışlardır (Şekil 4.47).

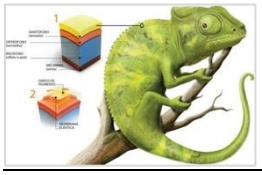
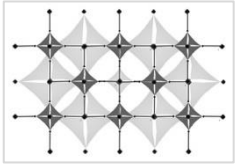
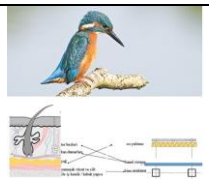
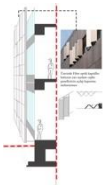
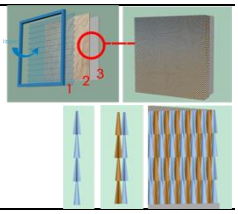
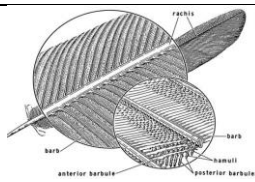
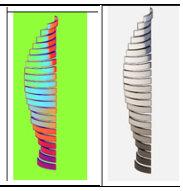




Şekil 4.47. Öğrenci (1) tarafından üretilen tasarım

Dersi alan tüm öğrenciler bu yolu takip etmiştir. Bu bağlamda problemin tanımı, biyolojik sistem, biyolojik ilke ve ortaya koydukları tasarım ürünü Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.22. 2020-2021 Bahar Döneminde derste üretilen tasarımlar

Öğrenci	Problemin Tanımı	Biyolojik Sistem	Biyolojik İlke	Tasarım Ürünü
1	Yapı kabuğunda termoregülasyon		Derideki pigmentlerin boyut ve yerleri değişerek farklı renklerin yansımasını sağlama	
		Bukalemun	Boyut ve renk değiştirme	Cephe tasarımı
2	Yapı kabuğunda termoregülasyon		Kelebek kanadının farklı bölümleri önemli ölçüde farklı termal emisyona sahiptir.	
		Bistonina biston kelebeği	Davranışsal olarak güneşlenme Fizyolojik olarak kanat yapısı	Cephe tasarımı Güneş kırıcı
3	Yapı kabuğunda termoregülasyon		Kuşlar soğuk havada tüylerini kabartarak oluşturdukları hava boşluğu ile vücut ısılarını korurlar. 	
		Kuş tüyü ve ayı kürkü	İç ortam sıcaklığını dengede tutma	Cephe tasarımı
4	Yapı kabuğunda termoregülasyon		Kısa tüylerin birbirine kilitlenerek oluşturduğu yapı su samurları için bir yalıtım sağlar. Aynı zamanda hem kilitlenme yapan hem de çok sık olan tüyler su yalıtımı sağlar.	
		Su samuru tüyleri	Kürk yapısı ile yalıtım sağlama	Isı yalıtım malzemesi
5	Yapı kabuğunda termoregülasyon		Penguen tüyleri, ipliksi bir yapıya sahip olarak ve vücut çevresinde sürekli bir tabaka oluşturarak sıcaklığı korumak için havayı hapseder.	
		Penguen tüyü	Tüy hareketi ile havayı hapsetme	Güneş kırıcı tasarımı

Doğal dil yaklaşımı ile gerçekleştirilen uygulama sonunda öğrencilere "Biyo-Bilgili Tasarım Dersinde Kullanılan Doğal Dil Yaklaşımına Yönelik Tutum Ölçeği" dağıtılmıştır. Bu anket ile öğrencilerin doğal dil yaklaşımına ve kullanımına yönelik görüşleri tespit edilmeye çalışılmıştır (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23. Biyo-Bilgili Tasarım Dersinde Kullanılan Doğal Dil Yaklaşımına Yönelik Tutum Ölçeği (Likert)'nde yer alan sorulara verilen yanıtların ortalama değerleri

Doğal Dil Yaklaşımı	Soru 1	Soru 2	Soru 3	Soru 4	Soru 5	Soru 6	Soru 7
	5.00	4.80	4.60	4.60	5.00	4.80	4.80

Bununla birlikte öğrencilerin doğal dil yaklaşımına yönelik düşüncelerini yazılı olarak da ifade etmeleri istenmiştir. "Anahtar kelimeler ile başladığınız bu yaklaşım tasarım sürecinde size nasıl yardımcı oldu?" sorusuna verilen cevaplar Çizelge 4. 24'de sunulmuştur.

Çizelge 4.24. Öğrencilerin Doğal Dil Yaklaşımına yönelik önerileri

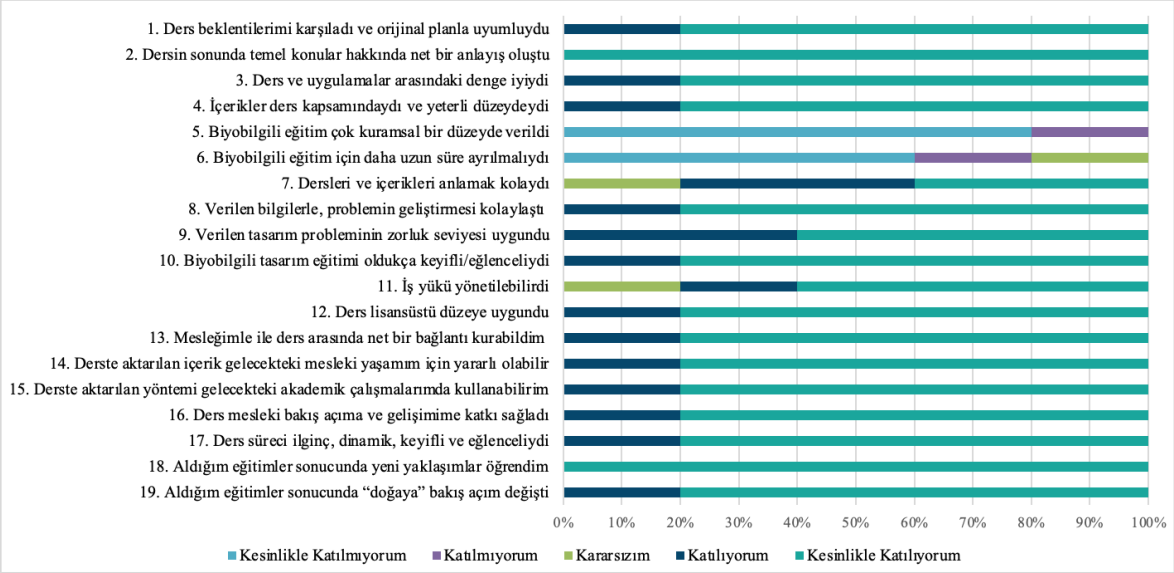
Öğrenci	Öğrencilerin yönteme ilişkin yorumları
1	"Bu yöntem sayesinde kavramları ana kaynağından genişletmeyi bu sayede daha optimum çözümlere daha hızlı ulaşmayı öğrendim. Ayrıca bu yöntem sayesinde çok ön plana çıkmamış veya çok araştırmadığı için fazla bilinmeyen sonuçlara da ulaşabilmek çok daha kolay. Bu yönüyle akademik ortamda birbirini tekrarlayan çalışmalar yapmak yerine daha spesifik konulara ulaşmayı ve farklı konuları çalışmayı teşvik ettiğini düşünüyorum. Bundan sonra başka konularda yapacağım araştırmalarda da bu yöntemi kullanabileceğimi düşünüyorum."
2	"Tasarım sürecine başlarken kullanılan araç, aradığım tasarım kriterlerine uygun pek çok canlıya kolaylıkla ulaşabilmemi sağladı. Aracı kullanmadan önce, internet ve basılı kaynaklardan taradığımda, ulaşabildiğim canlı sayısı oldukça azdı. Aynı zamanda sık kullanılan canlılar ilk aramada çıkmakta, bu durum da çalışmanın özgünlüğünü kısıtlamaktaydı. Doğadan ilham alınarak yapılan tasarımların yenilikçi ve sürdürülebilir olduğunu düşünmekteyim. Bununla birlikte dönem boyunca öğrendiğimiz yöntem, biyolojik bilgi kaynaklarından daha derinlemesine araştırma yapmamızı sağlamaktadır."
3	"Sistematik ilerlemesi, daha fazla bilgiye ulaştırması olumlu yönleriydi ancak karar verme aşamasında fazla bilginin olması beni zorladı. Genel olarak bu ders sayesinde çevreme doğaya daha farklı bir açıdan bakmaya başladım. Gördüğüm ya da duyduğum bir sistemden acaba ne yapılabilir diye sorgulamaya başladım. Doğadan öğreneceğimiz çok şey var ve bu ders benim için attığım ilk adım oldu."
4	"Anahtar kelimeler ile arama yaptığım zaman hiç tahmin etmediğim sonuçlara ulaştım. Termoregülasyonla ilişkili olan kelimeler ile sadece normalde ulaşacağımızdan çok daha geniş sonuçlara ulaştık. Tüm yönleriyle konuyu ele alabildik. Doğal dil yaklaşımının sadece bu konuyla ilgili değil her alanda kullanılabilir olması ders sürecini çok daha verimli hale getirmektedir."
5	"Doğal dil yaklaşımı ile karşılaştıktan sonra daha önce sahip olduğum araştırma yönteminin hatalarının farkına vardım. Herhangi bir arama motorundan tarama yapmanın beni en bilinen sonuçlara ulaştırdığını ve farklı sonuçlara ulaşma yolunu uzattığını gördüm. Eski yöntem birçok önemli bilgiyi gözden kaçırmama sebep oluyormuş."

Bu dönemde öğrencilere uygulanan ön-test ve son-test sonuçları Çizelge 4.25'de gösterilmiştir. Öğrencilerin ön test puanlarının ortalaması (15), son test puanlarının ortalaması (85)'tir. Ön-test ve son-test arasındaki farkın anlamlı olup olmadığını test etmek için t testinden yararlanılmıştır.

Çizelge 4.25. Öğrencilerin ön-test ve son-test “10 sorudan oluşan açık uçlu değerlendirme testi” puanlarına ilişkin t-testi sonuçları

	N	X	5	Sd	t	p
Ön-test	5	15.00	2,0150	9	-19.1703	.000
Son-test	5	85.00	2,5705			

Dönem sonunda tüm modüller uygulandıktan sonra son derste program sonuç anketi uygulanmıştır. Ankete verilen cevaplar, ders kapsamında öğretilen yöntemlerin biyolojik organizmayı/sistemi/süreci anlama ve bu bilgileri mimari tasarıma aktarma noktasında yardımcı olduğu okunabilmektedir. Öğrencilerin, doğaya bakış açısı değişmiş ve meslekleri ve biyoloji arasında bağlantı kurarak tasarım problemlerini çözmek için doğadan öğrenmenin önemini anlamıştır (Şekil 4.48).



Şekil 4.48. 2020-2021 Bahar Döneminde dersi alan öğrencilerin “Program Sonuç Anketi”ne verdikleri cevaplar

Buraya kadar anlatılan tüm süreci özetlemek gerekirse, çalışma kapsamında 2019-2020 yılı güz, 2019-2020 bahar ve 2020-2021 güz dönemlerinde Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programı içerisinde yer alan Modül 1, Modül 2, Modül, 4, Modül 7 ve Modül 8 uygulanmıştır. Yürütücüler tarafından Modül 1 kapsamında konuya giriş yapılmıştır. Bunun yanında Modül 2 kapsamında konu hakkında öğrencilerin hazırlamış oldukları sunumlar takip edilmiştir. Bu süreçte, ders içerisinde soru-cevap, beyin fırtınası, tartışmalar ile biyo-bilgili tasarım, süreçler, uygulamalar, farklı disiplinlerde biyo-bilgili yaklaşım gibi konular detaylı olarak ele alınmıştır. Modül 4 kapsamında uygulanan “Problem Odaklı Süreç” ile

öğrencilerin biyo-bilgili probleme nasıl yaklaştıkları, biyolojik bilgiye nasıl ulaştıkları tespit edilmiştir. Bu modül kapsamında elde edilen bulgulara göre öğrencilerin birçoğunun biyolojik çözümü ararken sıkıntı yaşadığı ve problemlerinin çözümü için literatürde sıklıkla kullanılan biyolojik çözümleri kullandığı görülmüştür. Bunun altında yatan asıl sebep, problemin nasıl araştırılacağının bilinmemesi olarak açıklanabilir. Bununla birlikte bu aşamada öğrenciler biyolojik çözüme ulaşma yolunu hep benzer deneyimlemişlerdir. Bu uygulama sonrasında Modül 7 kapsamında öğrencilere biyolojik bilgi ile çözebilecekleri bir mimari problem belirlemeleri istenmiştir. Problemler belirlendikten sonra Modül 8 kapsamında doğal dil yaklaşımı anlatılmıştır. Bu yaklaşım ile öğrenciler problemlerini kavramlara dönüştürmeyi öğrenmişlerdir. Öğrenciler kavrama dönüştürdükleri problemlerin çözümünü farklı birçok biyolojik kaynak içerisinde araştırmışlardır. Böylece öğrenciler problemlerini daha iyi tanımlamış, biyoloji terminolojisi ile problemini ilişkilendirebilmiş ve farklı kaynaklar içerisinde araştırma yapmayı öğrenmiştir. Yapılan bu uygulama biyo-bilgili bir araç olarak doğal dil yaklaşımının mimarlık eğitimi içerisinde biyo-bilgili yaklaşımı öğretmek amacıyla kullanılabileceğini göstermiştir. Biyo-bilgili yaklaşımın ve sürecin anlaşılması belirli bir yoğunluğu gerektirdiği için "anlat ve uygula" stili yanında buluş da kullanılarak öğrenme aktif bir duruma dönüştürülmüştür.

Dört dönem süresince yapılan uygulamalar, biyolojiden mimarlığa bilgi aktarımının göründüğünden çok daha zorlu ve karmaşık olduğu modüller kapsamında yapılan uygulamalar ile anlaşılmıştır. Buradan hareketle biyo-bilgili sürecin çeşitli araç, süreç ve yöntemlerle desteklenebileceği görülmüştür. Analiz edilen biyo-bilgili araç, süreç ve yöntemler biyo-bilgili eğitim sürecinin belli bir adımına yönelik olarak planlamış ve ilgili öğrenme hedefleri belirlenmiş ve modül olarak hazırlanmıştır. Daha sonra 2020-2021 bahar dönemi içerisinde hazırlanan Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programı içerisinde yer alan 8 modülün hepsi uygulanmıştır.

Program kapsamında uygulanan modüller ile öğrencilerin biyo-bilgili yaklaşıma ait süreçler, yöntemler ve araçlar hakkındaki bilgilerini artmıştır. Program süresince gerçekleştirilen farklı uygulamalar ile sürece yönelik farklı deneyimler kazanmıştır. Bu süreçte, biyo-bilgili tasarım sürecinin yinelemeli yapısı öğrencilere gösterilmiştir. Program içerisine eklenen yeni modüller ile uygulama sayısının artması, biyo-bilgili tasarımın deneyimlenmesi konusunda katkı sağlamıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tezde, doğadan öğrenme, biyo-bilgili düşünmeyi geliştirme, sistematik yaklaşımla doğadan mimari tasarıma bilgi aktarımı yapma konularında uygulanabilir bir öğretim programı geliştirilmiştir. Tezin temel hedefi, biyolojik bilgisi sınırlı olan mimarlara ve mimar adaylarına biyo-bilgili yaklaşımı tasarım süreçlerine dahil etmelerini sağlayan yöntemlerin/araçların/süreçlerin neler olduğunu öğretmektir. Bu ampirik araştırma tasarımcılara doğanın bilgi havuzundan "tasarıma" veri aktarımı yaparken doğal fenomenlere/sistemlere/süreçlere nasıl bakmaları gerektiğini de uygulamalar yaparak göstermektedir.

Tezin bu bölümünde, çalışmanın bulgularından elde edilen sonuçlar ışığında tezin araştırma sorusunun cevaplarına yer verilmiş ve hipotezi tartışılmıştır. Bunun yanında ana araştırma sorusuna ilişkin sonuçları destekleyen sorular yanıtlanmış ve değerlendirilmiştir. Son olarak biyo-bilgili tasarım eğitimi konusunda gelecekte yapılacak araştırmalar için öneriler sunulmuştur.

Bu tez çalışması "Doğayı referans alarak sürdürülebilir, yenilikçi, yaratıcı tasarımlar ortaya koymak isteyen ancak biyolojik bilgi düzeyi sınırlı olan tasarımcılara, biyolojik bilgiye ulaşabilecekleri, biyoloji-mimarlık arasında terminolojik bir köprü kurabilecekleri ve edindikleri bilgileri/ilkeleri tasarımlarına aktarabilecekleri bütüncül bir öğretim programı geliştirilebilir mi?" sorusu etrafında şekillendirilmiştir.

Bu amaçla, çalışma kapsamında bütüncül bir öğretim programı geliştirilmiş ve bu sayede yapılan uygulamalarla "tasarımcıların biyolojik bilgiye ulaşmaları, biyoloji-mimarlık alanları arasında terminolojik köprü kurmaları ve biyoloji alanından edindikleri ve yorumladıkları bilgileri problemlerinin çözümü olarak uygulayabilmeleri" sağlanmıştır.

Programın geliştirilme sürecinde öncelikli olarak mimar adaylarına çevrimiçi bir anket uygulanmış ve Türkiye'nin 24 farklı üniversitesinden ankete katılan 280 mimarlık öğrencisinin biyo-bilgili tasarım yaklaşımı farkındalık düzeyleri ölçülerek konu ile ilgili beklentileri tespit edilmiştir. Anketin sonuçları çalışmanın hipotezini destekler veriler sunmuş böylelikle farklı tasarım disiplinlerinde uygulanabilecek bir öğretim programı geliştirilmesi konusunda ilk adımlar atılmıştır. İlk uygulama deneyimleri 2019-2020 yılı güz,

2019-2020 bahar, 2020-2021 güz dönemlerinde “M 666 Doğa Esinli Mimarilere Parametrik Yaklaşımlar” dersine katılan yüksek lisans öğrencileri ile gerçekleştirilmiş ve bu aşamada problem odaklı süreçleri işletmek için doğal dil yaklaşımı yöntemi uygulanmıştır. Bu uygulamalardan alınan geri dönüşler ve edinilen deneyimlerle 8 modül olarak tasarlanan program tamamlanmış ve 2020-2021 bahar döneminde yine aynı ders kapsamında uygulanarak test edilmiştir.

Çalışma kapsamında ana araştırma sorusunun cevabına ulaşmak amacıyla aşağıda yer alan soruların da cevapları araştırılmıştır.

- Mimar adaylarının biyo-bilgili tasarım kavramıyla ilgili farkındalığı var mıdır?

Biyo-bilgili tasarım öğretim programının tasarım aşamasına yönelik mimar adaylarına çevrimiçi bir anket uygulanmıştır. Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programına yönelik ihtiyaç analizi bağlamında gerçekleştirilen ‘Mimar Adaylarının Biyo-bilgili Tasarım Kavramıyla İlgili Farkındalıkları Anketi’nden elde edilen sonuçlar şu şekildedir.

- Katılımcıların %60’ı mimarlık ve biyoloji disiplinlerini ilişkili olarak kabul etmektedir. Bununla birlikte mimarlar ve biyologların projelerde iş birliği yapmalarının mümkün olabileceği de belirtmektedirler.
- Katılımcıların %55’i doğadan esinlenen/öğrenen tasarımlar hakkında ve tasarım derslerinde bu konu hakkında bilgi sahibi olduklarını belirtmiştir. Mimar adayları sadece proje derslerinde bu konuyu işlemediklerini, aynı zamanda sanat tarihi, kentsel tasarım ve taşıyıcı sistem gibi birçok derste bu konuyu ele aldıklarını ifade etmişlerdir. Bununla birlikte katılımcıların %67’si tasarımlarında doğayı esin kaynağı olarak kullandıkları ifade etmiştir.
- Katılımcıların Biyomimikri / Biyomimetik / Biyonik / Biyoteknoloji / Biyomimesis kavramlarının benzerlikleri ve farklılıkları konusunda bilgi sahibi olmadıkları görülmüştür.
- Katılımcıların %92’si doğadan esinlenmenin / öğrenmenin mimarlık eğitimine katkısı olacağını düşünmektedir.
- Katılımcılar biyo-bilgili yaklaşımın tasarım stüdyosunda bir öğretim yöntemi olarak kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte biyo-bilgili tasarımın mimarlık eğitimine büyük katkı sağlayacağı yönünde görüş belirtmişlerdir. Ayrıca biyo-bilgili

tasarım eğitimi almanın kişilere yeni perspektifler kazandıracağı yönündeki görüşler de dikkat çekicidir.

- Katılımcıların %91'i doğadan esinlenmenin/öğrenmenin/uygulamanın yaratıcı ve çevre dostu çözümler ortaya çıkaracağını belirtmiştir.
- Biyo-bilgili tasarım yaklaşımın mimarlık müfredatı içerisinde bir yaklaşım olarak düşünülmesi gerektiği katılımcılar tarafından olumlu karşılanmıştır. Katılımcıların %93'ü doğadaki çözümlerin tasarıma aktarımı üzerine bilgi edinmek istediklerini söylemişlerdir. Bunun yanında katılımcıların %93'ü doğadan esinlenmenin/öğrenmenin mimarlık eğitiminde kişinin yeni perspektifler kazanmasına olanak sağladığını düşünmektedir.

Bu bulgulara göre, katılımcıların çoğunun biyo-bilgili tasarımlar hakkında bilgi sahibi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte biyo-bilgili tasarım konusunun mimarlık müfredatı içerisinde yer almasının gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

- Farklı disiplinlerde biyolojik bilgi aktarımında kullanılabilecek hangi araçlar/yöntemler/süreçler bulunmaktadır?

Literatür çalışması sonucunda biyo-bilgili tasarım sürecine başlamanın çözüm odaklı ve problem odaklı olarak tanımlanan iki yolu olduğu görülmüştür. Biyolojiden tasarıma olan yol çözüm odaklı yaklaşım, tasarımdan biyolojiye olan yol ise problem odaklı yaklaşım olarak ifade edilmektedir. Farklı disiplinlerde özellikle mühendislik disiplinlerinde bu çalışmaların kullanıldığı görülmektedir. Bu bağlamda hazırlanan program içerisinde katılımcıların biyolojik bilgi aktarımına ve problemlerini daha doğru ifade etmelerine ve biyolojikleştirmelerine yardımcı olacak uygulamalar gerçekleştirmek amacıyla iki farklı modül olarak tasarlanmıştır. Bu modüller içerisinde yapılan uygulamalar katılımcıların biyo-bilgili tasarım sürecini anlamalarına katkı sağlamıştır.

Biyo-bilgili tasarım sürecinde, biyolojiden ilgili alana bilgi aktarırken karşılaşılan zorlukları ortadan kaldırmak, süreci kolaylaştırmak ve yaygınlaştırmak adına mühendislik, tasarım gibi farklı alanlarda birçok araç geliştirilmiştir. Bunlar, Dane, Bionicinspiration.org, Idea Inspire, biotriz ve Asknature veri tabanı, doğal dil işleme, Biops gibi eş anlamlı kelimeler sözlüğü olarak örneklendirilebilir. Yapılan araştırmalar sonucunda mühendislik disiplinlerinde özellikle makine mühendisliğinde doğal dil yaklaşımı olarak adlandırılan yöntem ile tasarımdan uygulamaya, eğitimden Ar-Ge çalışmalarına kadar pek çok çalışma yürütüldüğü

görülmüştür. Sistematik bir araç olan doğal dil yaklaşımı katılımcıların problemlerini anahtar kelimeler olarak tanımlayınca problemi daha iyi kavradıklarını göstermiştir. Yöntemi kullanan bazı öğrencilere ait yorumlar şu şekildedir:

"Yöntemi bilmeden ilerlediğim süreçte sonuçta ulaştığım tasarıma ulaşamazdım. Anahtar kelimeler problemi daha doğru ortaya koymamı sağlamış ve problemi doğru ortaya koyduktan sonra da araştırma yapmamı kolaylaştırmıştır."

"Biyoloji biliminin mimarlık ile bağlantısını sağlamaya yönelik eğitim kapsamında bu tekniği öğrenmeden önce problemi çözmeye yönelik girişimlerimim yetersiz olduğu fark ettim. Anahtar kelimeler ile genişlettiğim problemimin biyoloji kaynaklarından araştırarak ve tasarım için uygun canlıyı tespit etmem bağlamında bu yöntem doğru çözümü bulmamı sağlamıştır."

"Doğal dil yöntemi ile araştırma konusuna ait yakın/uzak tüm ilişkili anahtar kelimeleri araştırarak ve irdeleyerek konu ile ilgili tüm bilgilere ulaştım. Böylece akademik literatürde bulunan konu ile ilişkili çalışmaları taramış ve tasnif etmiş oldum. Ayrıca her bir anahtar kelimeye anlamca benzer kelimeleri de sözlükler vasıtasıyla öğrenmiş ve söz konusu kelimeye uygun kaynaklarda incelemiş oldum. Bu sayede bir kelimenin farklı kaynaklarda başka kelimelerle de ifade edildiğini, farklı anlam ve işlevlerde kullanıldığını da öğrenmiş oldum. Son olarak incelediğim çalışmada amacıma ve hipotezlerime uygun kavramları kullanarak doğa esinli, değiştirilebilir bir yapı malzemesi fikri üreterek nihai hedefime ulaştım."

"Bu yöntem sayesinde kavramları ana kaynağından genişletmeyi bu sayede daha optimum çözümlere daha hızlı ulaşmayı öğrendim. Ayrıca bu yöntem sayesinde çok ön plana çıkmamış veya çok araştırmadığı için fazla bilinmeyen sonuçlara da ulaşabilmek çok daha kolay. Bu yönüyle akademik ortamda birbirini tekrarlayan çalışmalar yapmak yerine daha spesifik konulara ulaşmayı ve farklı konuları çalışmayı teşvik ettiğini düşünüyorum. Bundan sonra başka konularda yapacağım araştırmalarda da bu yöntemi kullanabileceğimi düşünüyorum."

Doğal dil yaklaşımının yanında, biyo-bilgili tasarım süreci içerisinde katılımcıların bilgi aktarım süreci ve bu bilginin nasıl bir çözüme yol açtığını anlamaları için literatürde teorik bir çerçeve olarak tanımlanan konsept-bilgi teorisi de kullanılmıştır. Bu teorinin yer aldığı modül ile katılımcılar, takip ettikleri biyo-bilgili süreç içerisinde problemlerini konseptlere ayrıştırmış, mevcut bilgiyi gözden geçirmiş ve biyolojik bilginin özelliklerini kullanarak konseptin yeniliğini kontrol etmişlerdir. Katılımcılara uygulanan 'Konsept ve Bilgi Teorisi Tekniğine Yönelik Tutum Ölçeği' nde yer alan sorulara verilen yanıtların ortalama değerlerinden öğrencilerin uygulamayı ve anlatılan teoriyi faydalı buldukları sonucuna ulaşılmıştır (bkz. Bölüm 2, sayfa 108).

- Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programının kurgusu/modeli nasıl olmalıdır, program hangi yöntemleri/stratejileri içermelidir?

Çalışmanın birinci alt amacı kapsamında Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programının tasarlanması amacıyla ihtiyaç analizi yapılmış ve program tasarlanmıştır. Hazırlanan program ADDIE modeli ile geliştirilmiştir. Bu model doğrultusunda programa ait amaçların belirlenmesinde biyo-bilgili tasarım ile ilgili kuramlar, araştırmalar, uygulamalar, farklı disiplinler geliştirilen programlar, haberler, video ve belgeseller gibi çeşitli dijital ve basılı kaynaklar incelenerek, biyo-bilgili tasarım programına yansıtılmıştır. Program kapsamında her modül içerisinde yer alan öğrenme hedefleri yenilenmiş BLOOM taksonomisi ile hazırlanmış ve öğrenme hedefleriyle tutarlı etkinlikler gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan programın yükseköğretim düzeyine uygun olmasına dikkat edilmiştir. Programda kullanılan öğrenme-öğretme yaklaşımlarının öğrenci merkezli stratejiler, modeller, yaklaşımlar olması göz önünde bulundurulmuştur. Bu bağlamda öğretim yöntem ve teknikleri tasarlanmış, öğrencilerin program içerisinde aktif olabilecekleri uygulamalar ve etkinlikler gerçekleştirilmiştir.

- Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı nasıl uygulanabilir?

Çalışma 2019-2020 Güz, 2019-2020 Bahar, 2020-2021 Güz, 2020-2021 Bahar olmak üzere dört dönem olarak uygulanmıştır. 2019-2020 Güz, 2019-2020 Bahar, 2020-2021 Güz dönemlerinde gerçekleştirilen içerik ve etkinliklerle birlikte öğrencilerin performanslarının değerlendirildiği bir deneyimi sunmaktadır. Yeterli biyolojik bilgiye sahip olmayan bir grup mimarlık öğrencisine verilen bir mimari sorunun, doğanın sunduğu çözümlerle nasıl fonksiyonel, estetik ve sürdürülebilir tasarım fikirlerine ulaşabileceği sorusunun cevapları tartışılmıştır. Çalışmada, mimarlık öğrencilerinin bir mimari tasarım problemi ile ilgili biyolojik olayları sistematik olarak analiz etmelerini sağlayacak doğal dil yaklaşımı önerilmiştir.

Hipotez, tasarım sürecinde doğayı referans alan mimarlar biyo-bilgili tasarım yaklaşımına ait sistematik süreçleri/yöntemleri/araçları kullandıklarında, biyolojik veri havuzuna kolaylıkla erişebilecekler, biyolojik dünyanın çalışma ilkeleri ve prensiplerinden edindikleri bu bilgileri tasarımlarına kolaylıkla aktarabileceklerdir". Bu hipotezin yönlendirdiği çalışma, benzer biyolojik olguların herhangi bir mimari tasarım problemi için objektif ve

tekrarlanabilir bir şekilde tanımlanabileceği ve kullanılabileceği genel bir yöntem önermektir. Araştırmanın hipotezi, öğrenci çalışmalarının öğretim elemanları tarafından değerlendirilmesi ve öğrenci geri bildirimleri ile test edilmiştir. Bu bağlamda öğrencilerin ön-test ve son-test puanları arasında anlamlı bir fark bulunduğu ve bu farkın son-test yönünde olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte dönem sonunda uygulanan program sonuç anketine öğrenciler, başarı, süreç, gelecek ve memnuniyet başlıkları içerisinde verilen sorulara olumlu cevaplar vermiştir.

"Doğal dil yaklaşımı" ile biyolojik olayları mimari açıdan izlemek mümkün olmuştur. Bu yöntemin sınırlı biyolojik bilgisi olan tasarımcıları biyolojik bilgiye adım atmaya ve doğadan öğrenmeye teşvik ettiği görülmüştür. Öğrencilerin mimari sorunlara karşı geliştirdikleri çözüm önerilerinin son derece yenilikçi ve yaratıcı olduğu gözlenmiştir. Hemen hemen her çözüm teklifinin benzersiz olduğunu ve söz konusu sorunla tam olarak eşleştiğini iddia etmek mümkündür. Dönem sonunda öğrenciler, bu yöntemi öğrenmeden önce internetteki bilgilerden yararlanmaya çalışırken bir kısır döngüye girdiklerini belirtmişlerdir. Yöntemi öğrendikten sonra, biyo-bilgili tasarım süreçlerini kullanırken benzer tasarım zorluklarına çoklu çözümler üretebildiklerini belirtmişlerdir. Görüldüğü gibi doğal dil yaklaşımı biyolojik bilgileri araştırma, tanımlama, değerlendirme ve bu bilgileri mimarlığa aktarma konusunda sistematik bir yaklaşımdır.

2020-2021 bahar döneminde program içerisinde yer alan 8 Modülün tamamı uygulanmıştır. Her modülde öğrencilerin biyo-bilgili düşünme sürecini tasarım süreci ile bütünleşmesi, öğrencilerin biyo-bilgili tasarım ve doğadan öğrenme konusundaki bilgilerinin arttırılması hedeflenmiştir. Uygulamalara yönelik görüş ölçekleri ve final çalışmaları bulguları, öğrencilerin doğadan öğrenme süreçleri noktasında deneyim kazandıklarını göstermektedir. Bunun yanında sekiz modül boyunca yapılan tüm uygulamaların biyo-bilgili düşünmeye olumlu yönde bir katkı sağladığı söylenebilmektedir. Birinci modülden son modüle kadar her ilerleyen aşamada biyo-bilgili düşünme gerekliliklerinin öğrenciler tarafından daha iyi kavrandığı tespit edilmiştir. Bu süreçte öğrencilerin problemi tanımlama, problemi biyolojikleştirme ve çözümü doğada arama ile mimarlık ve doğa arasındaki bağlantıyı keşfettikçe doğadan öğrenme mantığını daha iyi kavradıkları anlaşılmıştır. Bu aşamalarda doğanın nasıl çalıştığı, işlevi nasıl yerine getirdiği, nelere ihtiyaç duyduğu gibi biyolojik bilgiyi sorgulama durumu çözümü oluşturan bilginin ve mimarlık-biyoloji ilişkisinin ortaya çıkarılmasına yardımcı olmaktadır. Bu da biyo-bilgili tasarım süreci bağlamında gerekli olan

verilerin belirlenmesi, doğru aktarılması noktasında katkı sağlamaktadır. Bu şekilde sorgulayarak gelişen biyo-bilgili düşünce yapısı aynı zamanda biyo-bilgili tasarım süreç ve yöntemlerinin öğrenilmesinde etkili olmuştur. Dönem sonunda eğitimi alan öğrencilerin görüşlerinin, programın hedeflediği doğrultuda değiştiği görülmüştür.

Biyo-bilgili öğretim programı lisans ve lisansüstü düzeyde hem kuramsal hem de uygulamalı derslere eklenebilecek esneklikte tasarlanmıştır. Programın modüllerden oluşması modüllerin dersin bir bölümünde veya bir yarıyıl dönemi boyunca uygulanması seçeneklerini sunmaktadır.

- Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı nasıl değerlendirilebilir? Biyo-Bilgili Tasarım Eğitimi yaklaşımına uygun olarak hazırlanan eğitim modüllerinin uygulandığı grubun ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?

Tasarlanan Biyo-Bilgili tasarım öğretim programının etkililiğini değerlendirilmiştir. Öğrencilere Biyo-Bilgili tasarım öğretim programı uygulanmadan önce ön-test ve uygulandıktan sonra son-test uygulanmıştır. Bu testlerden elde edilen puanlar arasında anlamlı farklılıklar olup olmadığını saptamak amacıyla yapılan analizlere bağlı olarak ulaşılan sonuçlar şu şekildedir:

- Öğrencilere uygulanan ilk test ve son test puanlarını karşılaştırmak amacıyla gerçekleştirilen t-Testi sonucuna bağlı olarak ortalama puanların farklı olduğu tespit edilmiştir. Ön-test ve son-test puanları arasında istatiksel olarak anlamlı bir fark görülmüştür.
- Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programının uygulandığı grubun bilgi, kavrama, uygulama düzeyi ve toplam son test puan ortalamaları sonucu ön test puan ortalamaları sonucundan anlamlı derecede yüksektir.
- Araştırma kapsamında ulaşılan bulgular öğrencilerin biyo-bilgili tasarım, yöntem ve süreçleri konusunda yeterli “ön bilgiye” sahip olmadıklarını göstermiştir.
- Dört farklı yarıyılda uygulanan öğretim programına yönelik final çalışmaları, program sonuç anketi, ön-test ve son-test farklarına yönelik bulgular öğrencilerin biyo-bilgili tasarım kavramları, süreçleri ve yöntemleri konusunda deneyim kazandıklarını göstermektedir. Yapılan uygulamaların biyo-bilgili düşüncenin geliştirilmesine yönelik olumlu katkıları olduğu görülmektedir. Uygulanan her modül sonunda, öğrenci

görüşlerinin modül hedefleri doğrultusunda olumlu olduğu tespit edilmiştir. Modüllere yönelik bulgular, modüller içerisinde yer alan uygulamalar ilerledikçe ve öğrenciler deneyim kazandıkça biyo-bilgili düşünme ve doğadan öğrenme aşamalarının öğrenciler tarafından daha iyi kavrandığı tespit edilmiştir.

Bu bulgudan yola çıkılarak 14 hafta boyunca uygulanan Biyo-bilgili Öğretim Programının öğrencilerin biyo-bilgili tasarım yeterliklerinin gelişiminde etkili olduğu sonucu çıkarılmıştır.

Programın uygulanması sonucunda öğrencilere disiplinlerarası yaklaşıma ve yaklaşımın eğitimde kullanılmasına ilişkin görüşlerin olumlu olduğu sonucuna varılmıştır. Öğrencilerin büyük çoğunluğu dersin beklentilerini karşıladığı yönünde olumlu cevaplar vermişlerdir. Uygulanan Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı ile meslekleri arasında net bağlantı kurduklarını ve meslek hayatlarının gelişiminde katkı sağlayacağını düşündüklerini belirtmişlerdir. Bu bağlamda uygulanan programın öğrenciler üzerinde olumlu yönde etki bıraktığı görülmüştür.

Sonuç olarak, doğadan ilham alan / öğrenen yaklaşımların tarih boyunca birçok yenilikçi tasarımın yaratılmasına katkısı çok açıktır. Sürdürülebilirlik konularının daha kritik hale geldiği bir dünyada, “doğanın en iyi fikirlerini” kullanmak, çalışma sonuçlarına ulaşmak için daha hızlı ve daha yenilikçi bir yol sağlayabilir. Bununla birlikte, biyo-bilgilendirilmiş yaklaşımın altında yatan bilişsel süreçler ve yaklaşımı öğretmek / uygulamak için kullanılan yöntemler hala belirsizdir ve çeşitli tasarım disiplinlerinde araştırmalar devam etmektedir.

Doğanın biyo-bilgili tasarımda yaptığı gibi, sürecin her adımında çok boyutlu bir anlayış benimsemek ve sorunu yerel olarak değil, bir bütün olarak ele almak gerekir. Bu süreçte tasarımcılar yeterli biyolojik bilgiye ve destekleyici bir yönteme ihtiyaç duymaktadır. Görünürün ötesine geçmek ve morfolojik bir taklitten daha ileri gitmeye çalışmak, biyo-bilgili tasarıma geçişte ilk adımlar olarak görülebilir. Bu nedenle bu çalışmalarda disiplinler arası iş birliğinin önemi bir kez daha vurgulanmalıdır.

Mimari teorisyenlerin, uygulayıcıların, eğitimcilerin ve öğrencilerin çağın teknolojik ve bilimsel gelişmelerini takip etmeleri, doğayla bütünleşen sürdürülebilir yöntem ve stratejileri benimsemeleri ve doğanın onlara sunabileceği potansiyelin farkında olmaları son derece

önemlidir. Bu farkındalık sadece sürdürülebilir çözümler geliştirmek için değil, aynı zamanda yenilikçi ve yaratıcı tasarım önerileri için de son derece önemlidir.

Bu araştırma sürecince karşılaşılan birkaç sınırlılık araştırmanın yönünü etkilemiştir. Bunlardan ilki uygulamaların sadece deney grubu olarak alınan yüksek lisans öğrencileri ile test edilmesidir. İkinci temel sınırlılık ise bir biyoloğun araştırma sürecine dahil edilmemiş olmasıdır. Bu bağlamda gelecekte yapılacak çalışmalarda;

- Biyologların araştırma sürecinde yer aldığı ve örneklem grubu olarak kontrol- deney grubuna programın uygulandığı ve uygulanmadığı iki grup ile öğretim programının etkisi değerlendirilebilir. Biyoloji ve mimarlık öğrencilerinin aynı grupta yer aldığı bir atölye ortamı oluşturulabilir. Böyle bir araştırmada biyoloji bilgisinin bulunması ve yorumlanması açısından biyoloji öğrencilerinin katkısı ölçülebilir.
- Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı lisans düzeyinde zorunlu ya da seçmeli ders olarak kurgulanabilir.
- Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı mimarlık bölümünde farklı sınıf düzeylerinde uygulanabilir.
- Mimarlık fakültesi programlarının biyo-bilgili tasarım eğitim yaklaşımının ilişkili olarak kurgulanabileceği ders içeriklerinde ve öğrenme-öğretme süreçlerinde biyo-bilgili tasarımı ilişkilendirmeye/bütünleştirmeye yönelik uygulamalara ve konulara yer verilebilir.
- Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı mimarlık ve biyoloji alanlarındaki öğretim elemanlarının birlikte ders sürecine katıldığı bir ders kapsamında uygulanabilir.
- Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı farklı üniversitelerin mimarlık bölümlerinde uygulanarak deneyim paylaşımı yapılabilir.
- Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı stüdyo derslerinde bir yöntem olarak uygulanabilir.
- Doğadaki organizma, davranış, süreç, adaptasyon ve düzenleme stratejilerini strüktür, kabuk, güneş kırıcılar açısından incelemek, bazı süreçler, davranışlar ve adaptasyon faktörleri hakkında fikir vermiştir. Program kapsamında ele alınan doğal dil yaklaşımı tasarım için bu süreçleri, davranışları ve faktörleri içeren bir veri tabanı oluşturulabilir. Benzer tasarım konseptleri oluşturmak için, benzer kuralları takip etmek ve genişletilebilir bir veri tabanı oluşturmak mümkündür.

- Eğitim sürecinde ölçeklendirilmemiş prototipler oluşturarak ve test ederek tasarım konseptinin doğrulanması bu tezin kapsamı dışında yer almaktadır. Ortaya çıkan yenilikçi fikirlerin gerçekleştirilmesi için prototip oluşturmak önemlidir. Disiplinlerarası iş birliği ile oluşturulan tasarım konseptlerinin üretim aşamaları gerçekleştirilebilir.
- Bu tez kapsamında tasarlanan Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı lisansüstü bir ders kapsamında sınırlı sayıda öğrenci ile uygulanmıştır. Mimarlık programında yer alan "Fiziksel Çevre Denetimi", "Akustik", "Mimari Tasarım Stüdyosu" gibi zorunlu lisans derslerinde 2-4 haftalık bir zaman dilimi içerisinde workshop olarak uygulanabilir ya da bir dönem olarak kurgulanabilir.

Bu çalışma, alandaki sistematik araştırmaların geliştirilmesine katkıda bulunmak amacıyla biyo-bilgili yaklaşımın sahip olduğu yöntemler/süreçler/araçlar ile mimarlık programı içeriğini destekleyebileceğini önermektedir. Gazi Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde verilen "M666—Doğadan Esinlenilen Mimarilere Parametrik Yaklaşım" dersinin güz döneminde tartışılan içerik ve etkinliklerle birlikte öğrencilerin performanslarının değerlendirildiği bir deneyim incelenmiştir. On dört haftalık kurs aracılığıyla yürütülen araştırma süreci, mimarlık öğrencilerinin biyo-bilgili çözümlere ilgi duymasını sağlamıştır. Sınırlı biyolojik bilgiye sahip mimarlık öğrencileri, öğrendikleri yöntem ile tasarım problemlerine sistematik bir yaklaşım geliştirmişlerdir.

KAYNAKLAR

Aizenberg, J., Tkachenko, A., Weiner, S., Addadi, L., ve Hendler, G. (2001). Calcitic microlenses as part of the photoreceptor system in brittlestars. *Nature*, 412(6849), 819-822.

Al-Tekreeti, W. (2019). *Algoritması Yapay Alg Algoritması (Aaa) Kullanarak Kablosuz Algılayıcı Ağların Yaşam Süresi Optimizasyonu*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Alizadehbirjandi, E., Tavakoli-Dastjerdi, F., St Leger, J., Davis, S. H., Rothstein, J. P., ve Kavehpour, H. P. (2015). *Ice formation delay on penguin feathers*. Paper presented at APS Division of Fluid Dynamics Meeting Abstracts, Phoenix, Arizona.

Alkan, C. (1989). Modüler Programlama ve Türkiye'de Uygulama. *Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences (JFES)*, 22(1), 13-22.

Altun, S., ve Çolak, E. (2014). Öğrenme öğretme kuram ve yaklaşımları. *Öğrenme öğretme kuram ve yaklaşımlarına giriş*. Ankara: Anı Yayıncılık, 12.

Amer, N. (2019). Biomimetic approach in architectural education: case study of 'biomimicry in architecture'course. *Ain Shams Engineering Journal*, 10(3), 499-506.

Anderson, L. W. (2005). Objectives, evaluation, and the improvement of education. *Studies in educational evaluation*, 31(2-3), 102-113.

Anderson, L. W., ve Krathwohl, D. R. (2010). *Öğrenme Öğretim ve Değerlendirme ile İlgili bir Sınıflama (A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing)*. Ankara: Pegem Akademi, 29.

Arapoğlu, F. (2019). Disiplinlerarası Sanat Bağlamında Mekansal İletişim. *Aurum Journal of Social Sciences*, 4(1), 27-54.

Arı, A. (2013). Bilişsel alan sınıflamasında yenilenmiş Bloom, Solo, Fink, Dettmer taksonomileri ve uluslararası alanda tanınma durumları. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(2), 259-290.

Arıcan, M. K. (2004). Spinoza'nın Natura Naturans ve Natura Naturata Kavramlarının Anlamsal İçeriği Üzerine Tartışmalar. *Dinbilimleri Akademik Araştırma Dergisi*, 4(1), 87-96.

Aristotle (1991). *The Physics*. Princeton: Princeton University Press, 8-34.

Arlitt, R. M., Immel, S. R., Berthelsdorf, F. A., ve Stone, R. B. (2014). The biology phenomenon categorizer: A human computation framework in support of biologically inspired design. *Journal of Mechanical Design*, 136(11), 111105-111118.

Arslan, M., (2007). Eğitimde Yapılandırmacı Yaklaşımlar. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 40 (1), 41-61.

Arslan Selçuk, S., ve Mutlu Avinç, G. (2021). On strengthening the interest of architecture students in bio-informed solutions: A systematic approach for learning from nature. *Sustainability*, 13(4), 2138-2160.

ASCE (2008).*Civil engineering body of knowledge for the 21st century: Preparing the civil engineer for the future*. Virginia: American Society of Civil Engineers,14.

Assaraf, O. B. Z., ve Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 42(5), 518-560.

Avcı, F. (2019). Doğa ve inovasyon: Okullarda biyomimikri. *Anadolu Öğretmen Dergisi*, 3(2), 214-233.

Ayaydin, A. (2015a). Art Nouveau Akımına 21. Yüzyıl Perspektifinden Bir Bakış. *Ulakbilge Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(6), 59-73.

Ayaydin, A. (2015b). Empresyonizm (İzlenimcilik) Akımının Güncel Bakış Açısıyla Bazı Yönlerden İncelenmesi. *SED-Sanat Eğitimi Dergisi*, 3(2), 83-97.

Aydın, C. R. (2014). *An approach for dictionary-based concept mining in Turkish*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.

Aydın, C. R., Erkan, A., Güngör, T., ve Takçı, H. (2013). *Sözlük Tabanlı Kavram Madenciliği: Türkçe için bir Uygulama*. 30. Ulusal Bilişim Kurultayı, Ankara.

Aydın, İ., ve Zümrüt, Y. (2013). Doğa ve Sanat Ekseninde Farklı Yaklaşımlar. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, 4(4), 53-78.

Azamet, A. (2019). *Bilim ve Teknoloji Ekseninde Sanatın Paradigmatik Devinimi: Biyosanat*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.

Aziz, M. S., ve Sherif, Y. E. A. (2016). Biomimicry as an approach for bio-inspired structure with the aid of computation. *Alexandria Engineering Journal*, 55(1), 707-714.

Babadoğan, C. (1996). *Modern Öğretim Stratejilerinin Öğretim-Öğrenim Süreçlerine Yansıması*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Bada, S. O., ve Olusegun, S. (2015). Constructivism learning theory: A paradigm for teaching and learning. *Journal of Research & Method in Education*, 5(6), 66-70.

Badarnah Kadri, L. (2012). *Towards the LIVING envelope: Biomimetics for building envelope adaptation*. Unpublished PhD Thesis, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Delft University of Technology, Delft.

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

Ball, P. (2001). Life's lessons in design. *Nature*, 409(6818), 413-416.

Bar-Cohen, Y. (2006). Biomimetics—using nature to inspire human innovation. *Bioinspiration & biomimetics*, 1(1), 1-13.

Barr, S., Gilg, A., ve Shaw, G. (2011). Helping People Make Better Choices: Exploring the behaviour change agenda for environmental sustainability. *Applied Geography*, 31(2), 712-720.

Baumeister, D., Tocke, R., Dwyer, J., Ritter, S., ve Benyus, J. (2013). *Biomimicry resource handbook: A seed bank of best practices*. Missoula, Montana: Biomimicry 3.8., 3.

Becchi, A. (2009).*The body of the architect: flesh, bones and forces between mechanical and architectural theories*. Paper presented at Proceedings of the Third International Congress on Construction History, Brandenburg University of Technology, Cottbus, 20th-24th May 2009. Vol. 1.

Bechert, D., Bruse, M., Hage, W., ve Meyer, R. (2000). Fluid mechanics of biological surfaces and their technological application. *Naturwissenschaften*, 87(4), 157-171.

Beesley, P. (2014). *Near-living Architecture: Work in Progress from the Hylozoic Ground Collaboration, 2011-2013*. Ontario, Canada, Riverside Architectural Press Toronto.

Bekdemir, M., ve Selim, Y. (2008). Revize Edilmiş Bloom Taksonomisi ve Cebir Öğrenme Alanı Örneğinde Uygulaması. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(2), 185 - 196.

Bell, S. J., ve Shank, J. D. (2007). *Academic librarianship by design: A blended librarian's guide to the tools and techniques*. Chicago, American Library Association, 43.

Bensaude-Vincent, B. (2007). Reconfiguring nature through syntheses: From plastics to biomimetics. *The Artificial and the Natural: An Evolving Polarity*, 293-312.

Bensaude-Vincent, B. (2011). A cultural perspective on biomimetics. *Advances in biomimetics*, London, Intechopen, 3.

Bensaude-Vincent, B., Arribart, H., Bouligand, Y., ve Sanchez, C. (2002). Chemists and the school of nature. *New journal of chemistry*, 26(1), 1-5.

Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. New York, Morrow, 5-7.

Bhushan, B. (2009). Biomimetics: lessons from nature–an overview. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 367(1893), 1445-1486.

Biggs, J. B., ve Collis, K. F. (2014). *Evaluating the quality of learning: The SOLO taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcome)*. Cambridge, Academic Press, 5.

Birindelli, I., ve Cedrone, R. (2012), Modern geometry versus modern architecture. *Imagine Math*: Springer, 105-115.

Blessing, L. T., ve Chakrabarti, A. (2009). *DRM: A design reseach methodology*. London, Springer, 18.

Blok, V., ve Gremmen, B. (2016). Ecological innovation: Biomimicry as a new way of thinking and acting ecologically. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 29(2), 203-217.

Bogatyrev, N. R., ve Vincent, J. (2008).*Microfluidic actuation in living organisms: a biomimetic catalogue*. Proceedings of the 1st European Conference on Microfluidics - Microfluidics, Bologna.

Bonnemaison, S., ve Beesley, P. (2008). Why Revisit D'Arcy Wentworth Thompson's On Growth and Form. *On Growth and Form: Organic Architecture and Beyond*. Halifax: Dalhousie Architectural Press, 7-13.

Brett, D. (1995). Design Reform and the Laws of Nature. *Design Issues*, 11(3), 37-49.

Brodskaïa, N. (2012). *Surrealism - Genesis of a Revolution.* New York: Parkstone International, 103-106.

Bruck, H., Gershon, A., Golden, I., Gupta, S., Gyger Jr, L. S., Magrab, E., ve Spranklin, B. (2006). New educational tools and curriculum enhancements for motivating engineering students to design and realize bio-inspired products. *Design and Nature III: Comparing Design in Nature with Science and Engineering*, 87, 325-335.

Burns, H. (2011). Teaching for transformation:(Re) Designing sustainability courses based on ecological principles. *Journal of Sustainability Education*. 2(3), 1-16.

Bümen, N. T. (2010). Program geliştirmede bir dönüm noktası: Yenilenmiş Bloom taksonomisi. *Eğitim ve Bilim*, 31(142), 3-14.

Büyükdüvenci, S. (1993). Aristoteles'te Mutluluk Kavramı, *Felsefe Dünyası*, 9(1), 41-45.

Büyüköztürk, Ş. (2018). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı.* Ankara: Pegem Yayıncılık, 11.

Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö., Karadeniz, Ş., ve Demirel, F. (2008). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Ankara: Pegem Yayıncılık, 201.

Capra, F. (1992a). *Batı Düşüncesinde Dönüm Noktası.* (2.Baskı), İstanbul: İnsan Yayınları, 11, 53-54.

Capra, F. (1992b). *Batı Düşüncesinde Dönüm Noktası*. (2. baskı), İstanbul: İnsan Yayınları, 82, 99, 303-307.

Carlson, A. (2005). *Aesthetics and the environment: The appreciation of nature, art and architecture*. London: Routledge, 3.

Casakin, H., ve Goldschmidt, G. (1999). Expertise and the use of visual analogy: implications for design education. *Design studies*, 20(2), 153-175.

Cattano, C., Nikou, T., ve Klotz, L. (2011). Teaching systems thinking and biomimicry to civil engineering students. *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*, 137(4), 176-182.

Cervera Sardá, R., ve Gómez Pioz, J. (2015), Architectural bio-photo reactors: Harvesting microalgae on the surface of architecture. *Biotechnologies and Biomimetics for Civil Engineering*, London, Springer, 163-179.

Chai, C., Cen, F., Ruan, W., Yang, C., ve Li, H. (2015). Behavioral analysis of analogical reasoning in design: Differences among designers with different expertise levels. *Design studies*, 1(36), 3-30.

Chakrabarti, A., Sarkar, P., Leelavathamma, B., ve Nataraju, B. (2005a). *A behavioural model for representing biological and artificial systems for inspiring novel designs*. Paper presented at DS 35: Proceedings ICED 05, the 15th International Conference on Engineering Design, Melbourne, Australia.

Chakrabarti, A., Sarkar, P., Leelavathamma, B., ve Nataraju, B. (2005b). A functional representation for aiding biomimetic and artificial inspiration of new ideas. *Ai Edam*, 19(2), 113-132.

Chatterjee, D., ve Corral, J. (2017). How to write well-defined learning objectives. *The journal of education in perioperative medicine: JEPM*, 19(4), 1-4.

Cheong, H., Chiu, I., Shu, L., Stone, R. B., ve McAdams, D. A. (2011). Biologically meaningful keywords for functional terms of the functional basis. *Journal of Mechanical Design*, 133(2), 1-11.

Cheong, H., Hallihan, G., ve Shu, L. (2014). Understanding analogical reasoning in biomimetic design: An inductive approach. *Design computing and cognition'12*. Dordrecht: Springer, 21-39.

Cheong, H., ve Shu, L. (2012). *Automatic extraction of causally related functions from natural-language text for biomimetic design*. Paper presented at International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference.

Cheong, H., Shu, L., Stone, R. B., ve McAdams, D. A. (2008). *Translating terms of the functional basis into biologically meaningful keywords*. Paper presented at International design engineering technical conferences and computers and information in engineering conference, New York, USA.

Chiu, I., ve Shu, L. (2005). *Bridging cross-domain terminology for biomimetic design*. Paper presented at International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Montreal, Canada.

Chiu, I., ve Shu, L. (2007a). Biomimetic design through natural language analysis to facilitate cross-domain information retrieval. *Ai Edam*, 21(1), 45-59.

Chiu, I., ve Shu, L. (2007b). Using language as related stimuli for concept generation. *Ai Edam*, 21(2), 103-121.

Chiu, I., ve Shu, L. H. (2004). *Natural language analysis for biomimetic design*. Paper presented at International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Lous, USA.

Cohen, Y. H., ve Reich, Y. (2016). *Biomimetic design method for innovation and sustainability*. Switzerland: Springer, 6-26.

Cohen, Y. H., Reich, Y., ve Greenberg, S. (2014). Biomimetics: structure–function patterns approach. *Journal of Mechanical Design*, 136(11), 8-19.

Collado-Ruano, J. (2015). Biomimicry: a necessary eco-ethical dimension for a future human sustainability. *Future Human Image*, 2(5), 23-57.

Collins, G. R. (1963). *Antonio Gaudi: Structure and Form*. Cambridge: The MIT Press, 8, 63-90.

Cortese, A. D. (2003). The critical role of higher education in creating a sustainable future. *Planning for higher education*, 31(3), 15-22.

Creswell, J. W. (2002). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative*. Boston: Pearson, 569-570.

Creswell, J. W. (2012). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative*. Boston: Pearson, 4-12, 535-555.

Creswell, J. W., ve Clark, V. L. P. (2017). *Designing and conducting mixed methods research*. New York: Sage publications, 102, 539, 542.

Cruz, M. ve. Yücel, İ., İ. (2019). Mimarlıkta İnterdisipliner Yaklaşımlar: Markos Cruz ile Söyleşi. *Arredamento Mimarlık*, 327(1), 50-57.

Çepni, S. (2010). *Araştırma ve proje çalışmalarına giriş* (Beşinci Baskı). Trabzon: Ofset Matbaacılık, 1-365.

Çetin, B., ve İlhan, M. (2016), SOLO Taksonomisi. *Matematik Eğitiminde Teoriler*, Ankara: Pegem Akademi, 861-877.

Çüçen, A., Zafer, Z., ve Esenyel, A. (2001). *Bilgi Felsefesi*. Bursa: ASA Yayınevi, 15-45.

Dada, A., Rutz, F., ve Srubar, W. V. (2022). Bioinspiration and Structural Engineering. *Structure*, 11(3), 56-58.

Damodaran, V. B., ve Murthy, N. S. (2016). Bio-inspired strategies for designing antifouling biomaterials. *Biomaterials research*, 20(1), 1-11.

Darwish, A. (2018). Bio-inspired computing: Algorithms review, deep analysis, and the scope of applications. *Future Computing and Informatics Journal*, 3(2), 231-246.

Davis, A. L. (2013). Using instructional design principles to develop effective information literacy instruction: The ADDIE model. *College & Research Libraries News*, 74(4), 205-207.

de Pauw, I. (2015). *Nature-Inspired Design Strategies for Sustainable Product Development*, Unpublished PhD thesis, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Delft University of Technology, Delft.

Dejong, G. (1989). The Role Of Explanation İn Analogy; Or, The Curse Of An Alluring Name. *Similarity And Analogical Reasoning*, Cambridge: Cambridge University Press, 346–365.

DeKay, M. (1996). *Systems thinking as the basis for an ecological design education*. Paper presented at Proceedings of the National Passive Solar Conference. Asheville, USA.

Deldin, J.-M., ve Schuknecht, M. (2014). The AskNature database: enabling solutions in biomimetic design. *Biologically inspired design*, London: Springer, 17-27.

Demirel, Ö. (2013). *Kuramdan uygulamaya eğitimde program geliştirme*. Ankara: Pegem, 5.

Dettmer, P. (2005). New blooms in established fields: Four domains of learning and doing. *Roeper review*, 28(2), 70-78.

Dewidar, Y., Mohamed, N., Ashour, Y., Dewidar, K., Mohamed, N., ve Ashour, Y. (2013). *Living skins: A new concept of self active building envelope regulating systems*. Paper presented at Advancing the green agenda; technology, practices and policies conference–BUID, Dubai, United Arab Emirates.

Dicks, H. (2016). The philosophy of biomimicry. *Philosophy & Technology*, 29(3), 223-243.

Erden, M. (1998). *Eğitimde program değerlendirme*. Ankara: Anı Yayıncılık, 10.

Eren, Z. (2018). Öğretim Sürecinin Yönetimi. *Sınıf Yönetimi*, Ankara: Pegem Akademi, 93-172.

Ernest, P. (2013). Varieties of constructivism: A framework for comparison. *Theories of mathematical learning*, London: Routledge, 347-362.

Estévez, A. T. (2014). The Future of Architecture: Biodigital Architecture and Genetics. *Architecture Research*, 4(1B), 13-20.

Farel, R., ve Yannou, B. (2013). *Bio-inspired ideation: Lessons from teaching design to engineering students*. Paper presented at DS 75-7: Proceedings of the 19th International Conference on Engineering Design (ICED13), Design for Harmonies, Vol. 7: Human Behaviour in Design, Seoul, Korea.

Fayemi, P.-E., Wanieck, K., Zollfrank, C., Maranzana, N., ve Aoussat, A. (2017). Biomimetics: process, tools and practice. *Bioinspiration & biomimetics*, 12(1), 1-21.

Fer, S., ve Cırık, İ. (2014). *Öğrenme Kuramları. Görsel sanatlar öğrenme ve öğretim yaklaşımları*, Ankara: Anı Yayıncılık, 9.

Fisch, M. (2017). The nature of biomimicry: Toward a novel technological culture. *Science, Technology, & Human Values*, 42(5), 795-821.

Fraenkel, J. R., ve Wallen, N. E. (2012). *How to design and evaluate research in education*. New York: McGraw-Hill, 98-99.

Fratzl, P. (2007). Biomimetic materials research: what can we really learn from nature's structural materials? *Journal of the Royal Society Interface*, 4(15), 637-642.

Freitas Salgueiredo, C., ve Hatchuel, A. (2014). *Modeling biologically inspired design with the CK design theory*. Paper presented at DS 77: Proceedings of the Design 2014 13th International Design Conference, Cavtat , Croatia

Fu, K., Moreno, D., Yang, M., ve Wood, K. L. (2014). Bio-inspired design: an overview investigating open questions from the broader field of design-by-analogy. *Journal of Mechanical Design*, 136(11), 2-20.

Garcia-Holguera, M., Clark, O. G., Sprecher, A., ve Gaskin, S. (2016). Ecosystem biomimetics for resource use optimization in buildings. *Building Research & Information*, 44(3), 263-278.

Ge, L., Sethi, S., Ci, L., Ajayan, P. M., ve Dhinojwala, A. (2007). Carbon nanotube-based synthetic gecko tapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(26), 10792-10795.

Gebeshuber, I. C., ve Drack, M. (2008). An attempt to reveal synergies between biology and mechanical engineering. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 222(7), 1281-1287.

Gentner, D., ve Smith, L. (2012). Analogical Reasoning. *Encyclopedia of Human Behavior*, Amsterdam: Elsevier, 130-136.

Gleich, A., Pade, C., Petschow, U., ve Pissarskoi, E. (2010). *Potentials and trends in biomimetics*. London: Springer Science & Business Media, 5,10,165.

Goel, A. K., McAdams, D. A., ve Stone, R. B. (2015). *Biologically inspired design*. London: Springer, x.

Goel, A. K., Vattam, S., Wiltgen, B., ve Helms, M. (2014). Information-processing theories of biologically inspired design. *Biologically Inspired Design*, London: Springer, 127-152.

Goel, A. K., Zhang, G., Wiltgen, B., Zhang, Y., Vattam, S., ve Yen, J. (2015). On the benefits of digital libraries of case studies of analogical design: Documentation, access, analysis, and learning. *Ai Edam*, 29(2), 215-227.

Goss, J. (2009). *Biomimicry: Looking to nature for design solutions*. Unpublished Master Thesis, Graduate School Of Natural And Applıed Scıences, George Washington University, Washington.

Gökberk, M. (2010). *Felsefe Tarihi*. İstanbul: Remzi Kitabevi, 21, 210.

Görmez, K. (1997). *Çevre Sorunları ve Türkiye*. Ankara: Gazi Büro, 72-74.

Graceraj, P., Hively, P. M., Pidaparti, R. M., Nagel, J. K. S., ve Rose, C. S. (2019). *Use of CK Theory Templates for Engineering Design Innovation.* American Society for Engineering Education Southeastern Section Conference, North Carolina State University, Raleigh.

Gramann, J. (2004). *Problemmodelle und Bionik als Methode*. Unpublished PhD Thesis, Graduate School Of Natural And Applıed Scıences, Technische Universität München, Munich.

Gruber, P. (2008). The signs of life in architecture. *Bioinspiration & biomimetics*, 3(2), 023001-023010.

Gruber, P. (2011). *Biomimetics in Architecture: Architecture of Life and Buildings*. New York: Springer Wien, 16-22.

Gül, F. (2013). İnsan-doğa ilişkisi bağlamında çevre sorunları ve felsefe. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(14), 17-21.

Gümüşay, S. (2008). İnsanın Yaşam Alanlarıyla Kurduğu İlişkinin Resmin Olanaklarıyla İncelenmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana*.

Güngör, F. Ş. (2015). Spinoza'da İyi ve Kötünün Conatus (En iyi Şekilde Varlıkta Kalmakta Israr) Bağlamında Değerlendirilmesi, *Felsefe ve Sosyal Bilimler Dergisi (FLSF)*, (20), 131-142.

Gürer, T. K., ve Yücel, A. (2010). Bir paradigma olarak mimari temsilin incelenmesi. *itüdergisi/a*, 4(1), 84-96.

Güven, M. (2013). Öğretme-öğrenme süreci. *Öğretim ilke ve yöntemleri*, Ankara: Anı Yayıncılık, 151- 264.

Hanson, D. (2005). Robotic biomimesis of intelligent mobility, manipulation, and expression. *Biomimetics*: CRC Press, 195-218.

Hasan, M. S., ve Nosonovsky, M. (2020). Lotus effect and friction: does nonsticky mean slippery? *Biomimetics*, 5(2), 28.

Hatchuel, A., Le Masson, P., ve Weil, B. (2004). *CK theory in practice: lessons from industrial applications*. Paper presented at DS 32: Proceedings of DESIGN 2004, the 8th International Design Conference, Dubrovnik, Croatia.

Hatchuel, A., Le Masson, P., ve Weil, B. (2006). *The design of science based products: an interpretation and modelling with CK theory*. Paper presented at DS 36: Proceedings DESIGN 2006, the 9th International Design Conference, Dubrovnik, Croatia.

Hatchuel, A., Le Masson, P., ve Weil, B. (2011). Teaching innovative design reasoning: How concept–knowledge theory can help overcome fixation effects. *Ai Edam*, 25(1), 77-92.

Hatchuel, A., ve Weil, B. (2003). *A new approach of innovative Design: an introduction to CK theory*. Paper presented at DS 31: Proceedings of ICED 03, the 14th International Conference on Engineering Design, Stockholm.

Hatchuel, A., ve Weil, B. (2009). CK design theory: an advanced formulation. *Research in engineering design*, 19(4), 181-192.

Hatchuel, A., Weil, B., ve Le Masson, P. (2013). Towards an ontology of design: lessons from C–K design theory and Forcing. *Research in engineering design*, 24(2), 147-163.

Hawken, P., Lovins, A. B., ve Lovins, L. H. (2013). *Natural capitalism: The next industrial revolution*. London: Routledge, 1-21.

Helms, M., ve Goel, A. K. (2014). The four-box method: Problem formulation and analogy evaluation in biologically inspired design. *Journal of Mechanical Design*, 136(11), 111106-111118.

Helms, M., Vattam, S. S., ve Goel, A. K. (2009). Biologically inspired design: process and products. *Design studies*, 30(5), 606-622.

Helms, M. E., Vattam, S. S., Goel, A. K., Yen, J., ve Weissburg, M. (2008). Problem-driven and solution-based design: twin processes of biologically inspired design. Proceedings of the 28th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA), Minneapolis.

Helms, M. E., Vattam, S. S., Goel, A. K., Yen, J., ve Weissburg, M. (2008). *Problem-Driven And Solution-Based Design: Twin Processes Of Biologically İnspired Design.* Paper presented at Minneapolis, Minnesota: University Of Minnesota, 94-99.

Hendrix, J. (2012). Theorizing a contradiction between form and function in architecture. *South African Journal of Art History*, 27(1), 9-28.

Hendrix, J. (2013). *The contradiction between form and function in architecture*. New York: Routledge, 201-212.

Hendrix, J. S. (2012). *Topological theory in Bioconstructivism*. London: Routledge, 1-12.

Hensel, M., Menges, A., ve Weinstock, M. (2004). *Emergence: morphogenetic design strategies*. Wiley-Academy Chichester, 82,182.

Hensel, M., Menges, A., ve Weinstock, M. (2013). Morphogenesis and Emergence (2004-2006). The *Digital Turn Architecture 1992-2012*, New York: Wiley, 165-171.

Hill, B. (1998). *Erfinden mit der Natur: Funktionen und Strukturen biologischer Konstruktionen als Innovationspotentiale für die Technik*. Herzogenrath: Shaker, 1-161.

Hillis, D. M., Sadava, D. E., Heller, H. C., ve Price, M. V. (2012). *Principles of life*. New York: Macmillan, 1-915.

Hoagland, M. B., Dodson, B., ve Hauck, J. (2001). *Exploring the way life works: The science of biology*. Massachusetts: Jones & Bartlett Learning, 1-384.

Holyoak, K. J., ve Thagard, P. (1996). *Mental leaps: Analogy in creative thought*. Massachusetts: MIT press, 1-336.

Honebein, P. C. (1996). Seven goals for the design of constructivist learning environments. *Constructivist learning environments: Case studies in instructional design*, New Jersey: Educational Technology Publications, 11-24.

Horkheimer, M., ve Adorno, T. W. (2010). *Aydınlanmanın diyalektiği: felsefi fragmanlar*. İstanbul: Kabalcı Yayınevi, 44-50.

Hunkins, F. P., ve Ornstein, A. C. (2018). *Curriculum: Foundations, principles, and issues*. London: Pearson Education Limited, 63-68.

Hwang, J., Jeong, Y., Park, J. M., Lee, K. H., Hong, J. W., ve Choi, J. (2015). Biomimetics: forecasting the future of science, engineering, and medicine. *International journal of nanomedicine*, 10(1), 5701- 5713.

Imhof, B., ve Gruber, P. (2016). *Built to grow–blending architecture and biology*. Basel: Birkhauser, 22.

Iouguina, A., Dawson, J., Hallgrimsson, B., ve Smart, G. (2014). Biologically informed disciplines: A comparative analysis of bionics, biomimetics, biomimicry, and bio-inspiration among others. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 9(3), 197-205.

Isbouts, J.-P. (2008). *Young Jesus: Restoring the" lost Years" of a Social Activist and Religious Dissident*. New York: Sterling Publishing Company, 119.

Ivanović, L., Vencl, A., Stojanovic, B., ve Markovic, B. (2018). Biomimetics design for tribological applications. *Tribology in Industry*, 40(3), 448-456.

İlboğa, M., ve Aygül, H. H. (2015). Birlikte Yaşama Kültürü Bağlamında İnsan-Doğa Diyalektiği. *Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi*, 52(1), 64-78.

İlhan, M., ve Gezer, M. (2017). A comparison of the reliability of the Solo-and revised Bloom's Taxonomy-based classifications in the analysis of the cognitive levels of assessment questions. *Pegem Egitim ve Ogretim Dergisi (Pegem Journal of Education and Instruction)*, 7(4), 637-662.

İnceköse, U. (2006). *Instrumentalisation of natural science for the reconstruction of architectural konowledge: Lissitzky, Doesburg, Meyer, Teige*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

İnceköse, Ü. (2008). Çağdaş Mimarlık Söylemleri ve Doğabilimsel Bilgi: "Yeni" Mimarlık için "Yeni" den Bilimsel Kavramlar. *Mimarlık Dergisi*, 341(5-6), 32-34.

İnternet: Chu, J. (2017). Researchers design moisture-responsive workout suit. Web: https://news.mit.edu/2017/moisture-responsive-workout-suit-0519 Erişim Tarihi: 25.04.2022.

İnternet: Quigley, E. (2019). ADDIE: 5 Steps To Effective Training. Web: https://www.learnupon.com/blog/addie-5-steps/ Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: Kurt, S. (2021). "Scaffolding" in Educational Technology. 2021. Web: https://educationaltechnology.net/scaffolding/ Erişim Tarihi: 25.05.2022.

İnternet: Lacey, S. (2016). A living, breathing textile aims to enhance athletic performance. Web: https://news.mit.edu/2016/living-breathing-textile-aims-to-enchance-athletic-performance-0216 Erişim Tarihi: 22.05.2022.

İnternet: Lavars, N. (2015). Gecko-inspired adhesive tape finally scales to market. Web: https://newatlas.com/gecko-inspired-adhesive-tape-market/41047/ Erişim Tarihi: 16.05.2022.

İnternet: ISO/TC266 (2015). Biomimétique -Terminologie, concepts et méthodologie, International Organization for Standardization. Web: https://fr.zone-secure.net/18167/902958/#page=1 Erişim Tarihi: 10.05.2022.

İnternet: Urquhart, J. (2019). Smart textile uses sweat as switch to keep wearer cool or warm. Web: https://www.chemistryworld.com/news/smart-textile-uses-sweat-as-switch-to-keep-wearer-cool-or-warm/3010099.article Erişim Tarihi: 18.03.2022.

İnternet: Storm, R., Benson, T., Galica, C., ve McCredie, P. (2003). Learning to Fly: The Wright Brothers' Adventure. A Guide for Educators and Students with Activities in Aeronautics. Web: https://www.nasa.gov/pdf/58225main_Wright.Brothers_508.pdf Erişim Tarihi: 28.04.2022.

İnternet: Schumacher, P. (2014). Responsive Environments – From Drawing to Scripting. Web: https://www.patrikschumacher.com/Texts/AADRLDrawingScripting.html Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: Simon, J. W., ve Paslack, R. (2014). Çevre Hukuku ve Etık Üzerıne Zenginleştirme Kurs Çevre Etiği. Web: http://www.uni-ecoaula.eu/images/Tables/ENRICHMENT_COURSE_2_TR.pdf Erişim Tarihi: 19.03.2022.

İnternet: Fink, L. D. (2003). What is significant learning. Web: https://www.wcu.edu/WebFiles/PDFs/facultycenter_SignificantLearning.pdf Erişim Tarihi: 22.04.2022.

İnternet: Vattam, S., Helms, M. E., ve Goel, A. K. (2007). *Biologically-inspired innovation in engineering design: a cognitive study*. Web: https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/14346/0707.pdf?sequence=1&isAllowed=y Erişim Tarihi: 16.03.2022.

İnternet: Eraslan, L. (2016). *Öğretim Yöntem ve Teknikleri*. Web: https://leventeraslan.files.wordpress.com/2016/03/teknik-c3b6yt.pdf Erişim Tarihi: 15.03.2022.

İnternet: *Architecture Education Declares*. URL-1: https://www.architectureeducationdeclares.com/, Erişim Tarihi: 15.04.2022.

İnternet: *UN environment programme*. URL-2: https://www.unenvironment.org/about-un-environment/policies-and-strategies/un-environment-strategy-environmental-education-and, Erişim Tarihi: 15.04.2022.

İnternet: *Education for Sustainable Development*. URL-3: https://en.unesco.org/themes/education-sustainable-development, Erişim Tarihi: 15.04.2022.

İnternet: *Open Working Group proposal for Sustainable Development Goals*. URL-4: https://sustainabledevelopment.un.org/focussdgs.html, Erişim Tarihi: 15.04.2022.

İnternet: *The EU and nature-based solutions*. URL-5: https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/environment/nature-based-solutions_en, Erişim Tarihi: 15.04.2022.

İnternet: *IMPEL*. URL-6: https://www.impel.eu/european-environment-agencys-state-of-environment-report-outlines-the-scale-and-urgency-of-environmental-challenges-facing-europe/, Erişim Tarihi: 15.04.2022.

İnternet: *NAAB*. URL-7: https://www.naab.org/wp-content/uploads/2020-NAAB-Conditions-for-Accreditation.pdf, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *Biomimicry Thinking: A Skill Set for the 21st Century*. URL-8: https://biomimicry.asu.edu/education/, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *EC—European Commission. Accompanying the document Proposal for a Council Recommendation on learning for environmental sustainability*. URL-9: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022SC0003, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *Biomimicry Institute*. URL-10: https://biomimicry.org/, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *Biomimicry 3.8*. URL-11: https://biomimicry.net/, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *Biomimicry NL*. URL-12: https://www.biomimicrynl.org/, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *Biomimicry Academy*. URL-13: https://biomimicry-academie.nl/, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *Planet (Biomimicry Italy)*. URL-14: http://biomimicryit.org/, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *Biomimicry Switzerland*. URL-15: https://biomimicryswitzerland.org/, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *The Biomimicry Center*. URL-16: https://biomimicry.asu.edu/education/, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *Fortune*. URL-17: https://fortune.com/2017/03/17/trends-business-career-benefits/, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *Merriam-Webster*. URL-18: https://www.merriam-webster.com/dictionary/biomimetic, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *Oxford LEXICO*. URL-19: https://en.oxforddictionaries.com/definition/biomimetic, Erişim Tarihi: 05.05.2022.

İnternet: *Philosophy & Biomimicry*. URL-20: https://philosophyandbiomimicry.org/, Erişim Tarihi: 22.04.2022.

İnternet: *Nomos and Phusis*. URL-21: https://www.encyclopedia.com/humanities/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/nomos-and-phusis, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *Art History Timeline: Western Art Movements and Their Impact*. URL-22: https://www.invaluable.com/blog/art-history-timeline/, Erişim Tarihi: 15 Nisan 2022.

İnternet: *Türk Dil Kurumu Sözlükleri*. URL-23: https://sozluk.gov.tr/, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *BOMB*. URL-24: https://bombmagazine.org/articles/shifting-connections-hans-haacke/ Erişim Tarihi: 22.04.2022.

İnternet: *Baitogogo by Henrique Oliveira at Palais de Tokyo*. URL-25: https://www.dezeen.com/2013/08/09/baitogogo-by-henrique-oliveira-at-palais-de-tokyo/, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *Baitogogo*. URL-26: http://www.henriqueoliveira.com/portu/comercio_i.asp?flg_Lingua=1&cod_menu_obras=1&cod_Serie=1&cod_Artista=1, Erişim Tarihi: 21.04.2022.

İnternet: *Zoethica: Bioinspired Art and Science*. URL-27: http://www.olbrich.org/events/Zoethica.cfm, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *Peter Krsko: Stabılımentıa*. URL-28: http://www.peterkrsko.com/projects/stabilimentia.html, Erişim Tarihi: 19.04.2022.

İnternet: *BioArt*. URL-29: https://www.wikizero.com/en/BioArt, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *Transgenıc Art*. URL-30: https://www.ekac.org/transgenic.html, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *Microvenus*. URL-31: https://www.digitalartarchive.at/database/general/work/microvenus.html, Erişim Tarihi: 25.04.2022.

İnternet: *The Tissue Culture & Art Project*. URL-32: https://www.interaliamag.org/articles/tissue-culture-art-project-oron-catts-ionat-zurr/, Erişim Tarihi: 25.04.2022.

İnternet: *Laura Cinti*. URL-33: http://www.lesmutants.com/cintiVO.htm, Erişim Tarihi: 19.03.2022.

İnternet: *The Cactus Project*. URL-34: http://thisisalive.com/the-cactus-project/, Erişim Tarihi: 16.04.2022.

İnternet: *Zachary Copfer*. URL-35: http://www.sciencetothepowerofart.com/bacteriography, Erişim Tarihi: 16.04.2022.

İnternet: *Bacteriograph Portraits grown in Serratia marcescens*. URL-36: http://www.sciencetothepowerofart.com/portraits, Erişim Tarihi: 19.04.2022.

İnternet: *Amidst A Global Pandemic, Agar Art Contest Proves Microbes Still Represent Beauty*. URL-37: https://asm.org/Press-Releases/2020/December/Amidst-Global-Pandemic,-Agar-Art-Contest-Proves-Mi, Erişim Tarihi: 19.04.2022.

İnternet: *Yoko Shimizu*. URL-38: https://yokoshimizu.com/portfolio_page/photosynthegraph/, Erişim Tarihi: 19.04.2022.

İnternet: *Selin Balcı*. URL-39: https://www.artnivo.com/en/shop/who/selin-balci-en/, Erişim Tarihi: 11.04.2022.

İnternet: *Selin Balcı*. URL-40: https://selinbalci.com/statement, Erişim Tarihi: 11.04.2022.

İnternet: *Ayşe Gül Süter*. URL-41: http://aysegulsuter.net/, Erişim Tarihi: 11.04.2022.

İnternet: *Smelfies, and other experiments in synthetic biology*. URL-42: https://www.ted.com/talks/ani_liu_smelfies_and_other_experiments_in_synthetic_biology#t-13291, Erişim Tarihi: 11.04.2022.

İnternet: *Ars Electronica*. URL-43: https://ars.electronica.art/news/de/, Erişim Tarihi: 20.04.2022.

İnternet: *Integration of art and science*. URL-44: https://www.tedxtokyo.com/tedxtokyo_talk/integration-of-art-and-science/, Erişim Tarihi: 11.04.2022.

İnternet: *Inside Futurelab – BioArt*. URL-45: https://www.youtube.com/watch?v=vBXvVOf-mrs, Erişim Tarihi: 11.04.2022.

İnternet: *Amy Karle Visualizes Internal Experiences through Bioart – Brought to you by Hyundai*. URL-46: https://www.youtube.com/watch?v=UYOXnBYdTIY, Erişim Tarihi: 11.04.2022.

İnternet: *File: Leonardo Design for a Flying Machine*. URL-47: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Leonardo_Design_for_a_Flying_Machine,_c._1488.jpg, Erişim Tarihi: 18.04 2022.

İnternet: *Korean Turtle Ship*. URL-48: http://www.thepirateking.com/ships/ships_turtle.htm, Erişim Tarihi: 18.04 2022.

İnternet: *Wright Airplanes*. URL-49: https://www.wright-brothers.org/Information_Desk/Just_the_Facts/Airplanes/Wright_Airplanes.htm, Erişim Tarihi: 18.04 2022.

İnternet: *Mercedes-Benz Bionic*. URL-50: https://en.wikipedia.org/wiki/Mercedes-Benz_Bionic, Erişim Tarihi: 18.04 2022.

İnternet: *A kingfisher helped reshape Japan's bullet train - BBC World Service, 30 Animals podcast*. URL-51: https://www.youtube.com/watch?v=F_fZroQxD_g, Erişim Tarihi: 18.04 2022.

İnternet: *Visionary who used nature to redesign Japan's bullet train to speak at CSUCI*. URL-52: https://www.csuci.edu/news/releases/2017-bullettrain.htm, Erişim Tarihi: 18.04 2022.

İnternet: *bioMason grows bricks without using any heat*. URL-53: https://www.designindaba.com/articles/creative-work/biomason-grows-bricks-without-using-any-heat, Erişim Tarihi: 19.04.2022.

İnternet: *Bricks Grown From Bacteria*. URL-54: https://www.archdaily.com/472905/bricks-grown-from-bacteria, Erişim Tarihi: 19.04.2022.

İnternet: *An Airbus futuristic conceptual airliner "takes flight" to inspire next-generation engineers*. URL-55: https://www.airbus.com/newsroom/news/en/2019/07/airbus-conceptual-airliner-to-inspire-new-generation-engineers.html, Erişim Tarihi: 19.04.2022.

İnternet: *Airbus Bird of Prey unveiled*. URL-56: https://www.pprune.org/rumours-news/623706-airbus-bird-prey-unveiled.html#&gid=1&pid=1, Erişim Tarihi: 19.04.2022.

İnternet: *S5 Snake Robot Prototype (1998-99)*. URL-57: http://www.snakerobots.com/S5.html, Erişim Tarihi: 19.04.2022.

İnternet: *Wind Farms*. URL-58: https://inhabitat.com/john-dabiri-uses-biomimicry-to-design-cheaper-and-more-efficient-wind-farms/vertical-axis-wind-turbines/ Erişim Tarihi: 19.04.2022.

İnternet: *Meet the wind turbine that looks like a tree*. URL-59: https://www.weforum.org/agenda/2016/10/wind-turbine-that-looks-like-a-tree/, Erişim Tarihi: 19.04.2022.

İnternet: *Inspired By Sea Life: Biomimicry Produces Power From The Ocean*. URL-60: http://inventorspot.com/articles/inspired_ocean_life_biomimicry_ocean_power_23500, Erişim Tarihi: 19.04.2022.

İnternet: *Ask Nature*. URL-61: https://asknature.org/, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *Geek Out!: Crochet sculptures teach higher math*. URL-62: http://scitech.blogs.cnn.com/2010/04/30/geek-out-crochet-sculptures-teach-higher-math/, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *Hıstòrıa De La Basílıca*. URL-63: http://www.sagradafamilia.org/es/geometria/, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *AD Classics: The Crystal Palace / Joseph Paxton*. URL-64: https://www.archdaily.com/397949/ad-classic-the-crystal-palace-joseph-paxton, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *Autopoiesis*. URL-65: https://www.britannica.com/science/autopoiesis, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *SolarLeaf / Algae bio-reactive facade*. URL-66: https://www.morethangreen.es/en/solarleaf-solar-leaf-algae-bio-reactive-facade/, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *Silk Pavilion*. URL-67: https://www.media.mit.edu/projects/silk-pavilion/overview/, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *Biomimicry education*. URL-68: https://biomimicry.org/education/, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *DesignLens: Biomimicry Thinking*. URL-69: https://biomimicry.net/the-buzz/resources/designlens-biomimicry-thinking/ Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *Biomimicry education*. URL-70: https://scas.asu.edu/degree-programs/graduate-programs/master-of-science-in-biomimicry/, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *High Speed Train Inspired by the Kingfisher*. URL-71: https://asknature.org/innovation/high-speed-train-inspired-by-the-kingfisher/, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *ASU Biomimicry Center*. URL-72: https://biomimicry.asu.edu/, Erişim Tarihi: 18.04.2022.

İnternet: *The Biomimicry Taxonomy*. URL-73: http://toolbox.biomimicry.org/wp-content/uploads/2015/01/AN_Biomimicry_Taxonomy.pdf, Erişim Tarihi: 21.04.2022.

İnternet: *The Nature Inspired Design Handbook.* URL-74: http://www.natureinspireddesign.nl/, Erişim Tarihi: 21.04.2022.

İnternet: *DANE 2.0. Design by Analogy to Nature Engine*. URL-75: http://dilab.cc.gatech.edu/dane/, Erişim Tarihi: 21.04.2022.

İnternet: *Bionicinspiration*. URL-76: http://bionicinspiration.org/ Erişim Tarihi: 21.04.2022.

İnternet: *Biomimetics Ontology DB*. URL-77: http://biomimetics.hozo.jp/ontology_db.html, Erişim Tarihi: 21.04.2022

İnternet: *OXFORD LEXICO*. URL-78: https://www.lexico.com/definition/hypernym, Erişim Tarihi: 21.04.2022.

İnternet: *CIPP Model*. URL-79: https://poorvucenter.yale.edu/CIPP, Erişim Tarihi: 22.04.2022.

İnternet: *SCAFFOLDING*. URL-80: https://www.edglossary.org/Scaffolding/, Erişim Tarihi: 22.04.2022.

İnternet: *SCAFFOLDING (Yapı İskelesi Öğrenim Desteği) Nedir?*: URL-81: https://eflatunplatosucom.wordpress.com/2016/06/22/scaffolding-yapi-iskelesi-ogrenim-destegi-nedir/, Erişim Tarihi: 22.04.2022.

İnternet: *Avrupa Yeterlilikler Çerçevesi*. URL-82: https://www.myk.gov.tr/index.php/tr/avrupa-yeterlilikler-cercevesi, Erişim Tarihi: 22.04.2022.

İnternet: *Türkiye Yeterlilikler Çerçevesi Terimler Sözlüğü 100 Temel Kavram*. URL-83: https://tyc.gov.tr/sayfa/yeterlilik-kavrami-i435e32ed-363c-4540 849876651dc27001.html, Erişim Tarihi: 22.04.2022.

İnternet: *Oxford Lexico, Talent*. URL-84: https://www.lexico.com/definition/talent, Erişim Tarihi: 22.04.2022.

İnternet: *Curriculum, Assessment and Teaching Transformation*. URL-85: http://www.buffalo.edu/ubcei/enhance/learning/constructivism.html#:~:text=Constructivism%20is%20the%20theory%20that,%2Dexisting%20knowledge%20(schemas), Erişim Tarihi: 22.04.2022.

Jacobs, S. (2014). Biomimetics: a simple foundation will lead to new insight about process. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 9(2), 83-94.

Jacobs, S. R., Nichol, E. C., ve Helms, M. E. (2014). "Where are we now and where are we going?" The BioM innovation database. *Journal of Mechanical Design*, 136(11), 111101-111111.

Jeong, K.-H., Kim, J., ve Lee, L. P. (2006). Biologically inspired artificial compound eyes. *Science*, 312(5773), 557-561.

Jonassen, D. H. (1994). Thinking technology: Toward a constructivist design model. *Educational technology*, 34(4), 34-37.

Kaiser, M. K., Hashemi, F. H., ve Lindemann, U. (2014). *Bioscrabble–the role of different types of search terms when searching for biological inspiration in biological research articles*. Paper presented at DS 77: Proceedings of the DESIGN 2014 13th International Design Conference, Zagreb, Croatia, 241-250.

Karagiorgi, Y., ve Symeou, L. (2005). Translating constructivism into instructional design: Potential and limitations. *Journal of Educational Technology & Society*, 8(1), 17-27.

Karakoç, E. (2018). Biyodijital Mimarlık Konularının Lisans Eğitimine Uyarlanması Üzerine bir Araştırma. Conference: XII. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu 21-22 Haziran 2018, Süleyman Demirel Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Isparta.

Karasar, N. (2014). *Bilimsel araştirma yöntemi: Kavramlar, ilkeler, teknikler.* Ankara: Anı Yayıncılık, 87.

Kart, B. (2015). Aristoteles ve Heidegger'in sanat kuramlarında "Poiesis" ve "Phronesis". *Kaygı. Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Felsefe Dergisi*, 25(1), 77-88.

Kazakci, A., ve Tsoukias, A. (2004). *Extending the CK design theory to provide theoretical background for personal design assistants*. Paper presented at DS 32: Proceedings of DESIGN 2004, the 8th International Design Conference, Dubrovnik, Croatia.

Ke, J., Chiu, I., Wallace, J., ve Shu, L. (2010). *Supporting biomimetic design by embedding metadata in natural-language corpora*. Paper presented at International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Montreal, Quebec, Canada.

Keleşoğlu, S. (2017). Öğretmen eğitiminde yaratıcı düşünme ve inovasyon eğitim programının tasarımı, denenmesi ve değerlendirilmesi. *Yayımlanmamış doktora tezi*, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kennedy, B., ve Nagel, J. K. (2015). *Integrating biology, design, and engineering for sustainable innovation*. Paper presented at 2015 IEEE Integrated STEM Education Conference, Princeton, NJ, USA.

Kennedy, E., Fecheyr-Lippens, D., Hsiung, B.-K., Niewiarowski, P. H., ve Kolodziej, M. (2015). Biomimicry: A path to sustainable innovation. *Design Issues*, 31(3), 66-73.

Kennedy, E. B., ve Niewiarowski, P. H. (2018). Biomimicry: Do frames of inquiry support search and identification of biological models? *Designs*, 2(3), 27-40.

Kılıç, S., ve Tok, N. (2003). Çevrecilikte yeni bir kimlik: Ekolojizm. *Akademik İncelemeler Dergisi*, 8(2), 223-250.

Knippers, J., Nickel, K. G., ve Speck, T. (2016). *Biomimetic Research for Architecture and Building Construction*. Basel: Springer International Publishing, 26.

Knippers, J., ve Speck, T. (2012). Design and construction principles in nature and architecture. *Bioinspiration & biomimetics*, 7(1), 2-12.

Kowaltowski, D. C., Bianchi, G., ve De Paiva, V. r. T. (2010). Methods that may stimulate creativity and their use in architectural design education. *International Journal of Technology and Design Education*, 20(4), 453-476.

Kozaki, K., ve Mizoguchi, R. (2014). *An Ontology Explorer for Biomimetics Database*. Paper presented at International Semantic Web Conference, Trentino, Italy.

Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into practice*, 41(4), 212-218.

Kuhn, T. S. (2008). *Bilimsel devrimlerin yapısı*. İstanbul: Kırmızı Yayınları, 87.

Kuo, C.-M. (2013). Use of multimedia to enhance service quality in hospitality education. *Journal of Quality Assurance in Hospitality & Tourism*, 14(2), 163-184.

Kuyaş, N. (2006). Çevirmenin Sunuşu. *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*. (5. baskı). İstanbul: Kırmızı Yayınları, 7-49.

Küçükahmet, L. (2001). *Öğretim ilke ve yöntemleri*. Ankara: Nobel Yayıncılık, 15.

Küppers, U., ve Tributsch, H. (2009). *Verpacktes Leben-Verpackte Technik: Bionik der Verpackung*, New Jersey: John Wiley & Sons, 1.

Lederman, N. (2003). Scientific inquiry and nature of science as a meaningful context for learning in science. *Science literacy for the twenty-first century*, New York: Prometheus, 85-95.

Lee, L. P., ve Szema, R. (2005). Inspirations from biological optics for advanced photonic systems. *Science*, 310(5751), 1148-1150.

Lenau, T. A. (2009). *Biomimetics as a design methodology-possibilities and challenges*. Paper presented at DS 58-5: Proceedings of ICED 09, the 17th International Conference on Engineering Design, Design Methods and Tools, Palo Alto, CA, USA.

Lepora, N. F., Verschure, P., ve Prescott, T. J. (2013). The state of the art in biomimetics. *Bioinspiration & biomimetics*, 8(1), 013001-013020.

Lindemann, U., ve Gramann, J. (2004). *Engineering design using biological principles*. Paper presented at DS 32: Proceedings of DESIGN 2004, the 8th International Design Conference, Dubrovnik, Croatia.

Liu, H., Huang, Y., ve Jiang, H. (2016). Artificial eye for scotopic vision with bioinspired all-optical photosensitivity enhancer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(15), 3982-3985.

Lovelock, J. E., ve Margulis, L. (1974). Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: the Gaia hypothesis. *Tellus*, 26(1-2), 2-10.

Lovins, A., ve Gummer, J. (1999). *Natural capitalism*. London: Rsa Journal, 126-127.

Lynch-Caris, T. M., Weaver, J., ve Kleinke, D. K. (2012). *Biomimicry innovation as a tool for design*. Paper presented at 2012 ASEE Annual Conference & Exposition, San Antonio, Texas, USA.

Marx, K. (1844/2013). *El yazmaları.* İstanbul: Birikim Yayınları, 120.

Mathews, F. (2011). Towards a deeper philosophy of biomimicry. *Organization & Environment*, 24(4), 364-387.

Mazzoleni, I. (2013). *Architecture follows nature-biomimetic principles for innovative design*. Florida: Crc Press, xix, xxii, 42.

McBride, B., Brewer, C., Berkowitz, A., ve Borrie, W. (2013). *Environmental literacy, ecological literacy, ecoliteracy: what do we mean and how did we get here? Ecosphere*, 4 (5), 1-20.

McDonough, W., ve Braungart, M. (2010). *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*. California: North point press, 27.

Meadows, D. H. (2008). *Thinking in systems: A primer*. Vermont: Chelsea Green Publishing, 2-3.

Mennan, Z. (1999). Geri-dönüşümlü bir tema: Mimarlığın 'asal' sorunu, *Mimarlık*, 1(289), 36-37.

Mennan, Z. (2002). Bir mimari kurgu: Temelin kuramsal inşası. *Mimarlık ve felsefe*. İstanbul: YEM Yayınları, 5.

Mertins, D. (2017). Bioconstructivisms 1. *LabStudio*, London: Routledge, 3-16.

Mitchinson, B., Pearson, M. J., Pipe, A. G., ve Prescott, T. J. (2012). *The emergence of action sequences from spatial attention: Insight from rodent-like robots*. Paper presented at Conference on Biomimetic and Biohybrid Systems, Stanford, USA.

Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W., ve Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In, *Engineering in pre-college settings: Synthesizing research, policy, and practices*: Indiana: Purdue University Press, 35-60.

Mostafaeipour, A., Rezaei, M., Jahangiri, M., ve Qolipour, M. (2020). Feasibility analysis of a new tree-shaped wind turbine for urban application: A case study. *Energy & Environment*, 31(7), 1230-1256.

Mutlu Avinç, G., ve Arslan Selçuk, S. (2020). Geçmişten Günümüze Yapı Tasarımında Doğa Temelli Paradigmal Değişimler. In P. Yılmazer, (Ed.), *Gelenekselden Moderne Yapı Tasarımı ve Malzemesi*, Ankara: İksad Yayınlar, 3-38.

Nachtigall, W. (2002). *Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler*. Berlin: Springer, 1.

Nachtigall, W., ve Wisser, A. (2005). *Biologisches Design: Systematischer Katalog für bionisches Gestalten*. Berlin: Springer, 5.

Nachtigall, W., ve Wisser, A. (2013). *Bionik in Beispielen: 250 illustrierte Ansätze*. Berlin: Springer, 4.

Naess, A. (2005). The Shallow and the Deep: Long Range Ecology Movement: A Summary", *Selected Works of Arne Naess, Der: Drengson, Alan ve Harold Glasser*, Dordrecht: Springer, 115-120.

Nagel, J. K. (2016). Systematic Bıo-Inspired Design: How Far Along Are We? *Insight*, 19(1), 32-35.

Nagel, J. K., Nagel, R. L., ve Eggermont, M. (2013). *Teaching biomimicry with an engineering-to-biology thesaurus*. Paper presented at International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Portland, USA.

Nagel, J. K., Nagel, R. L., ve Stone, R. B. (2011). Abstracting biology for engineering design. *International Journal of Design Engineering*, 4(1), 23-40.

Nagel, J. K., Nagel, R. L., Stone, R. B., ve McAdams, D. A. (2010). Function-based, biologically inspired concept generation. *AI EDAM-Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 24(4), 521-535.

Nagel, J. K., ve Pidaparti, R. M. (2016). *Significance, prevalence and implications for bio-inspired design courses in the undergraduate engineering curriculum*. Paper presented at International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, New York, USA.

Nagel, J. K., Pittman, P., Pidaparti, R., Rose, C., ve Beverly, C. (2016). Teaching bioinspired design using C–K theory. *Bioinspired, Biomimetic and Nanobiomaterials*, 6(2), 77-86.

Nagel, J. K., ve Stone, R. B. (2011). *A systematic approach to biologically-inspired engineering design*. Paper presented at International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference Washington, USA.

Nagel, J. K., ve Stone, R. B. (2012). A computational approach to biologically inspired design. *Ai Edam*, 26(2), 161-176.

Nagel, J. K., Stone, R. B., ve McAdams, D. A. (2010). *An engineering-to-biology thesaurus for engineering design*. Paper presented at International Design Engineering Technical

Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Montreal, Quebec, Canada.

Nagel, J. S., Stone, R., ve McAdams, D. (2010). Function-based biology inspired concept generation. *Biomimetics, Learning From Nature.* Croatia: In-Tech, 93-116.

Nagel, R. L., Midha, P. A., Tinsley, A., Stone, R. B., McAdams, D. A., ve Shu, L. (2008). Exploring the use of functional models in biomimetic conceptual design. *Journal of Mechanical Design*, 130(12), 121102-121115.

Nerdinger, W. (2005). *Frei Otto: complete works*. Basel: Birkhauser, 10.

Norberg-Schulz, C. (1980). *Genius loci: Towards a phenomenology of architecture*. New York: Rizzoli, 10.

Nosonovsky, M., ve Rohatgi, P. K. (2011). *Biomimetics in materials science: self-healing, self-lubricating, and self-cleaning materials*. New York: Springer, 1-409.

O'Donnell, C. (2010). Sex Cells: Genetics, Variation and Architecture. *Thresholds*, 1(37), 64-69.

Oxman, N. (2015). Templating design for biology and biology for design. *Architectural Design*, 85(5), 100-107.

Oxman, R. (2006). Theory and design in the first digital age. *Design studies*, 27(3), 229-265.

Önder, T. (2019). Doğayla Sözleşme: Eko-merkezci Siyasetin İmkânı. *İdealkent*, 10(28), 1050-1068.

Özdemir, S. M. (2009). Eğitimde program değerlendirme ve Türkiye'de eğitim programlarını değerlendirme çalışmalarının incelenmesi. *Yüzüncü yıl üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(2), 126-149.

Özdemir, S. M., Altıok, S., ve Baki, N. (2015). Bloom'un Yenilenmiş Taksonomisine Göre Sosyal Bilgiler Öğretim Programı Kazanımlarının İncelenmesi. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 3(4), 363-375.

Özerbaş, M. A., ve Kaya, A. B. (2017). Öğretim tasarımı çalışmalarının içerik analizi: ADDIE modeli örneklemi. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 15(1), 26-42.

Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., ve Grote, K.-H. (2007). Product development process. *Engineering Design*, New York: Springer, 125-143.

Pallasmaa, J. (2012). Newness, tradition and identity: existential content and meaning in architecture. *Architectural Design*, 82(6), 14-21.

Park, J. J., ve Dave, B. (2014). *Bio-inspired parametric design for adaptive stadium façades*. Paper presented at Australasian Journal of Construction Economics and Building-Conference Series, Sydney, Australia.

Parlar, H. (2012). Bilgi toplumu, değişim ve yeni eğitim paradigması. *Yalova Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(4), 193-209.

Pedersen Zari, M. (2007). *Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability*. Paper presented at The SB07 NZ sustainable building conference, New Zealand.

Pedersen Zari, M. (2009). An architectural love of the living: Bio-inspired design in the pursuit of ecological regeneration and psychological wellbeing. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 120(1), 293-302.

Pedersen Zari, M. (2012). Ecosystem services analysis for the design of regenerative built environments. *Building Research & Information*, 40(1), 54-64.

Pedersen Zari, M. (2015). Can biomimicry be a useful tool for design for climate change adaptation and mitigation? *Biotechnologies and biomimetics for civil engineering*. London: Springer, 81-113.

Pedersen Zari, M. (2015). Ecosystem processes for biomimetic architectural and urban design. *Architectural Science Review*, 58(2), 106-119.

Perker, Z. S. (2009). Mimarlığın Felsefe ile İlişkisinin Rönesans, 17. ve 18. Yüzyıl Yapı Örnekleri Üzerinden İrdelenmesi. *Engineering Sciences*, 4(4), 589-600.

Pidaparti, R. M., Graceraj, P. P., Nagel, J., ve Rose, C. S. (2020). Engineering design innovation through ck theory based templates. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 21(1), 58-63.

Primrose, S. B. (2020). *Biomimetics: Nature-Inspired Design and Innovation*. John Wiley & Sons, 17(1), 25-27.

Pritchard, A. (2017). *Ways of learning: Learning theories for the classroom*. London: Routledge, 2.

Qureshi, S. (2020). How students engage in biomimicry. *Journal of Biological Education*, 54(1), 1-15.

Radomska, M. (2016). *Uncontainable life: A biophilosophy of bioart*. Linköping: Linköping University Electronic Press, 39.

Rawlings, A. E., Bramble, J. P., ve Staniland, S. S. (2012). Innovation through imitation: biomimetic, bioinspired and biokleptic research. *Soft Matter*, 8(25), 6675-6679.

Read, H. (2004). İnsani Sanat ve İnsanlık Dışı Doğa. *Sanat Dünyamız*, 1(92), 57-59.

Reich, Y., Hatchuel, A., Shai, O., ve Subrahmanian, E. (2012). A theoretical analysis of creativity methods in engineering design: casting and improving ASIT within C–K theory. *Journal of Engineering Design*, 23(2), 137-158.

Reichert, S., Menges, A., ve Correa, D. (2015). Meteorosensitive architecture: Biomimetic building skins based on materially embedded and hygroscopically enabled responsiveness. *Computer-Aided Design*, 60(1), 50-69.

Rian, I. M., ve Sassone, M. (2014). Tree-inspired dendriforms and fractal-like branching structures in architecture: A brief historical overview. *Frontiers of Architectural Research*, 3(3), 298-323.

Rinaldi, A. (2007). Naturally better: science and technology are looking to nature's successful designs for inspiration. *EMBO reports*, 8(11), 995-999.

Ripley, R. L., ve Bhushan, B. (2016). Bioarchitecture: bioinspired art and architecture—a perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2073), 1-36.

Rosa, F., Cascini, G., ve Baldussu, A. (2015). UNO-BID: unified ontology for causal-function modeling in biologically inspired design. *International Journal of Design Creativity and Innovation*, 3(4), 177-210.

Rotherham, A. J., ve Willingham, D. T. (2010). 21st-century" skills. *American Educator*, 17(1), 17-20.

Rovalo, E., McCardle, J., Smith, E., ve Hooker, G. (2020). Growing the practice of biomimicry: Opportunities for mission-based organisations based on a global survey of practitioners. *Technology Analysis & Strategic Management*, 32(1), 71-87.

Rowland, R. (2017). Biomimicry step-by-step. *Bioinspired, Biomimetic and Nanobiomaterials*, 6(2), 102-112.

Rycroft, S. (2005). The nature of Op Art: Bridget Riley and the art of nonrepresentation. *Environment and planning d: society and space*, 23(3), 351-371.

Sadava, D., Hillis, M., Heller, H., ve Berenbaum, M. (2014). *Yaşam bilimi biyoloji*. Ankara: Palme Yayıncılık, 1-1336.

Salgueiredo, C. F. (2013). *Modeling biological inspiration for innovative design*. Paper presented at i3 conference, Chicago, USA.

Salgueiredo, C. F., ve Hatchuel, A. (2016). Beyond analogy: A model of bioinspiration for creative design. *AI EDAM-Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 30(2), 159-170.

Santulli, C., ve Langella, C. (2011). Introducing students to bio-inspiration and biomimetic design: a workshop experience. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(4), 471-485.

Sarkar, P., Phaneendra, S., ve Chakrabarti, A. (2008). Developing engineering products using inspiration from nature. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 8(3), 1-9.

Savini, M. (2017). Transgenic art: Creativity in the era of genetic engineering. *Technoetic Arts*, 15(2), 163-169.

Saygı, S., (2016). Çağdaş Sanatta Doğa Algısı ve Ekolojik Farkındalık. *Sanat-Tasarım Dergisi*, 1 (7), 7-13.

Schleicher, S., Lienhard, J., Knippers, J., Poppinga, S., Masselter, T., ve Speck, T. (2011). *Bio-inspired kinematics of adaptive shading systems for free form facades*. Paper presented at Proceedings of the IABSE-IASS Symposium, Taller Longer Lighter, London, UK.

Schunk, D. H. (2012). *Learning theories an educational perspective sixth edition*. London, Pearson, 4.

Sevim, C., ve Gamze, B. (2011). Hazır-Nesnelerin ve Teknoloji Sanatta Kullanımı ve Seramik Sanatına Yansıması. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, 1(1), 111-135.

Shahda, M. M. (2019). Biomimicry as a tool to enhance the skills of architecture students in understanding construction systems. *Architecture Research*, 9(5), 126-142.

Shai, O., Reich, Y., Hatchuel, A., ve Subrahmanian, E. (2009). *Creativity theories and scientific discovery: a study of CK theory and infused design*. Paper presented at DS 58-2: Proceedings of ICED 09, the 17th International Conference on Engineering Design, Design Theory and Research Methodology, Palo Alto, CA, USA.

Shaw, I. S. (2013). *A study of analogies between processes in technical and biological systems*. Unpublished PHD Thesis, Graduate School Of Natural And Applıed Scıences, University of Johannesburg, South Africa.

Shelton, K., ve Saltsman, G. (2006). Using the ADDIE model for teaching online. *International Journal of Information and Communication Technology Education (IJICTE)*, 2(3), 14-26.

Shu, L. (2010). A natural-language approach to biomimetic design. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 24(4), 507-519.

Shu, L., ve Cheong, H. (2014). A natural language approach to biomimetic design. *Biologically inspired design*. London: Springer, 29-61.

Shu, L., Ueda, K., Chiu, I., ve Cheong, H. (2011). Biologically inspired design. *CIRP annals*, 60(2), 673-693.

Shu, L. H. (2006). Using biological analogies for engineering problem solving and design. Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA) Conference, Toronto, Canada.

Signac, P. (2013). *Paul Signac*. New York: Parkstone International, 160.

Šlesingerová, E. (2018). Biopower imagined: Biotechnological art and life engineering. *Social Science Information*, 57(1), 59-76.

Sönmez, V. (2019). *Eğitim felsefesi*. (15. baskı). Ankara: Anı Yayıncılık, 114.

Speck, O., ve Speck, T. (2021). Biomimetics and Education in Europe: Challenges, Opportunities, and Variety. *Biomimetics*, 6(3), 49-59.

Speck, T., Speck, O., Beheshti, N., ve McIntosh, A. (2008). Process sequences in biomimetic research. *Design and nature IV*, 1(114), 3-11.

Spiller, N., ve Armstrong, R. (2011). *Protocell architecture*. New York: John Wiley & Sons, 1-136.

Steadman, P. (2008). *The evolution of designs: biological analogy in architecture and the applied arts*. London: Routledge, 8-12.

Stevens, L., de Vries, M., van den Broek, J., ve Rijken, D. (2017). *Biomimicry design tooling*. Paper presented at DS 87-4 Proceedings of the 21st International Conference on Engineering Design (ICED 17), Design Methods and Tools, Vancouver, Canada.

Stevens, L., De Vries, M. M., Bos, M. M., ve Kopnina, H. (2019). *Biomimicry design education essentials*. Paper presented at Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design, Delft, Netherlands.

Stevens, L. L. (2021). *Analogical Reasoning in Biomimicry Design Education*. Unpublished PHD Thesis, Graduate School Of Natural And Applıed Scıences, Delft University of Technology, Delft.

Stevens, L. L., Mulder, K. F., Kopnina, H. N., ve De Vries, M. J. (2021). *Nature knows better? Nature as exemplar and/or inspiration?* Paper presented at EESD2021: Proceedings of the 10th Engineering Education for Sustainable Development Conference, Barcelona, Spain.

Stroble, J., Stone, R., McAdams, D., ve Watkins, S. (2009). *An engineering-to-biology thesaurus to promote better collaboration, creativity and discovery*. Paper presented at Proceedings of the 19th CIRP Design Conference–Competitive Design, Cranfield, England.

Stufflebeam, D. L., ve Coryn, C. L. (2014). *Evaluation theory, models, and applications*. New York: John Wiley & Sons, 309-331.

Sung, D. K. (2008). *Skin deep: Breathing life into the layer between man and nature*. New York: AIA Report on University Research, 3.

Şahan, H. H., Uyangör, N., ve Işıtan, S. (2017). Öğrenme-öğretme strateji ve modelleri-Öğretim stratejileri. *Öğrenme Öğretme Kuram ve Yaklaşımları*, Ankara: Pegem Akademi, 283-319.

Şenaras, A. E., ve Sezen, H. K. (2017). Sistem düşüncesi. *Journal of Life Economics*, 4(1), 39-58.

Şensoy, G., ve Yamaçlı, R. (2015). Disiplinlerarası bir içerik olarak mimarlık. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(2), 329-339.

Tashakkori, A., ve Creswell, J. W. (2007). *The new era of mixed methods*. New York: Sage Publications, 3-7.

Taşpınar, M., ve Atıcı, B. (2002). Öğretim Model, Starteji, Yöntem ve Becerileri/Teknikleri: Kavramsal Boyut. *Eurasian Journal of Educational Research*, 2(8), 207-215.

Tomita, H. (2008). Hannes Meyer's "Biological" Concept and its Loosening Influence on Form. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 7(2), 179-185.

Topdemir, H. G. (2011). Arkhimedes ve helenistik dönemde bilim. *Bilim Teknik*, (6), 88-90.

Turani, A. (1992). *Dünya sanat tarihi*. Ankara: Remzi Kitabevi, 457.

Turner, J. S., ve Soar, R. C. (2008). *Beyond biomimicry: What termites can tell us about realizing the living building*. Paper presented at First International Conference on Industrialized, Intelligent Construction at Loughborough University, Loughborough, England.

Türk, N. (2019). Eğitim Fakültelerinin Lisans Programlarına Yönelik Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (Stem) Öğretim Programının Tasarlanması, Uygulanması ve Değerlendirilmesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Ullah, A. S., Rashid, M. M., ve Tamaki, J. I. (2012). On some unique features of C–K theory of design. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 5(1), 55-66.

Urmann, L. (2016). *Integrating biomimicry into higher education: Designing and developing a biomimicry minor at the University of California*. Unpublished Master Thesis, Graduate School Of Natural And Applıed Scıences, University of California, Santa Cruz.

Vaage, N. S. (2016). *Amplifying Ambiguities. Art on the Fringes of Biotechnology*. Unpublished PHD Thesis, Graduate School Of Natural And Applıed Scıences, University of Berge, Norway.

Vakili, V., ve Shu, L. H. (2001).*Towards biomimetic concept generation*. Paper presented at International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Pennsylvania, USA.

Vandevenne, D., Verhaegen, P.-A., Dewulf, S., ve Duflou, J. (2015). Product and organism aspects for scalable systematic biologically-inspired design. *Procedia engineering*, 131, 784-791.

Vandevenne, D., Verhaegen, P.-A., Dewulf, S., ve Duflou, J. R. (2011). *A scalable approach for the integration of large knowledge repositories in the biologically-inspired design process*. Paper presented at DS 68-6: Proceedings of the 18th International Conference

on Engineering Design (ICED 11), Impacting Society through Engineering Design, Vol. 6: Design Information and Knowledge, Lyngby/Copenhagen, Denmark.

Vandevenne, D., Verhaegen, P.-A., Dewulf, S., ve Duflou, J. R. (2012). *Automatically populating the biomimicry taxonomy for scalable systematic biologically-inspired design*. Paper presented at International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Chicago, Illinois, USA.

Vattam, S., Wiltgen, B., Helms, M., Goel, A. K., ve Yen, J. (2011). DANE: fostering creativity in and through biologically inspired design. *Design creativity*. London: Springer, 115-122.

Vattam, S. S., ve Goel, A. K. (2011). *Foraging for inspiration: understanding and supporting the online information seeking practices of biologically inspired designers*. Paper presented at International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Chicago, Illinois, USA.

Vendetti, M. S., Matlen, B. J., Richland, L. E., ve Bunge, S. A. (2015). Analogical reasoning in the classroom: Insights from cognitive science. *Mind, Brain, and Education*, 9(2), 100-106.

Venkataraman, S., ve Chakrabarti, A. (2009). *SAPPhIRE–an approach to analysis and synthesis*. Paper presented at DS 58-2: Proceedings of ICED 09, the 17th International Conference on Engineering Design, Design Theory and Research Methodology, Palo Alto, CA, USA.

Vincent, J. F. (2003). Biomimetic modelling. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 358(1437), 1597-1603.

Vincent, J. F. (2006). Applications—influence of biology on engineering. *Journal of Bionic Engineering*, 3(3), 161-177.

Vincent, J. F. (2014). An ontology of biomimetics. *Biologically Inspired Design*. London: Springer, 269-285.

Vincent, J. F., Bogatyreva, O., Pahl, A. K., Bogatyrev, N., ve Bowyer, A. (2005). Putting biology into TRIZ: a database of biological effects. *Creativity and Innovation Management*, 14(1), 66-72.

Vincent, J. F., Bogatyreva, O. A., Bogatyrev, N. R., Bowyer, A., ve Pahl, A. K. (2006). Biomimetics: its practice and theory. *Journal of the Royal Society Interface*, 3(9), 471-482.

Vincent, J. F., ve Mann, D. L. (2002). Systematic technology transfer from biology to engineering. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 360(1791), 159-173.

Vitruvius, P. (2005). *Mimarlık Üzerine On Kitap*. Ankara: Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayınları, 27.

von Glasersfeld, E. (1993). Questions and answers about radical constructivism. *The practice of constructivism in science education*, 1(1), 23-38.

Vosniadou, S. (1988). Analogical reasoning as a mechanism in knowledge acquisition: A developmental perspective. *Similarity and analogical reasoning*. New York: Cambridge University Press, 413–437.

Vosniadou, S., ve Ortony, A. (1989). Similarity and Analogical Reasoning: a synthesis. *Similarity and Analogical Reasoning*. New York: Cambridge Univerity Press, 1-15.

Wang, F., ve Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23.

Wanieck, K., Ritzinger, D., Zollfrank, C., ve Jacobs, S. (2020). Biomimetics: teaching the tools of the trade. *FEBS Open bio*, 10(11), 2250-2267.

Wei, H. (2012). Bionic design in car design. *Mechanical Management Development*, 1(1), 56-66.

Weissburg, M., Tovey, C. T. C., ve Yen, J. (2010). Enhancing innovation through biologically inspired design. *Advances in Natural Science*, 3(2), 01-16.

West, R., E. (1994). Yeranamız Gaia: James Lovelock ve gezegen birliği görüşü. *Derin Ekoloji*. İzmir: Ege Yayıncılık, 113-120.

Whitefoot, K. S., ve Olson, S. (2012). *Making Value: Integrating Manufacturing, Design, and Innovation to Thrive in the Changing Global Economy: Summary of a Workshop*. Washington: National Academies Press, 1-66.

Whitesides, G. M. (2015). Bioinspiration: something for everyone. *Interface focus*, 5(4), 1-10.

Wiek, A., Withycombe, L., ve Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development. *Sustainability science*, 6(2), 203-218.

Williams, M. L., Ertas, A., ve Tate, D. (2014). Using stochastic multicriteria acceptability analysis in biologically inspired design as a multidisciplinary tool to assess biology-to-engineering transfer risk for candidate analogs. *Journal of Mechanical Design*, 136(11), 7-14.

Wilson, B., ve Cole, P. (1991). A review of cognitive teaching models. *Educational Technology Research and Development*, 39(4), 47-64.

Wilson, J. O., ve Rosen, D. (2007). *Systematic reverse engineering of biological systems*. Paper presented at International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Las Vegas, Nevada, USA.

Wu, Y. W., ve Weng, K. H. (2013). Using an analogical thinking model as an instructional tool to improve student cognitive ability in architecture design learning process. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(4), 1017-1035.

Yayla, H. (2006). Mekanik düşünceden ekolojik düşünceye: Yeni bir insan-doğa ilişkisi tasarımının doğuşu. *Istanbul Journal of Sociological Studies*, 1(34), 67-82.

Yayli, H., ve Çelik, V. (2011). Çevre sorunlarının çözümü için radikal bir öneri: Derin ekoloji. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(26), 369-377.

Yeşil, R. (2016). Eğitim ve öğretim ilke yöntem ve teknikleri. *Eğitim psikolojisi*. Ankara: Nobel Yayıncılık, 377-396.

Yetisen, A. K., Davis, J., Coskun, A. F., Church, G. M., ve Yun, S. H. (2015). Bioart. *Trends in biotechnology*, 33(12), 724-734.

Yıldırım, A., ve Simsek, H. (2013). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık, 141.

Yıldırım, C. (2017). Ekoloji Düşüncesinde İnsan ve Toplum Anlayışı. *Itobiad: Journal of the Human & Social Science Researches*, 6(1), 289-308.

Yim, S., Wilson, J. O., ve Rosen, D. W. (2008). *Development of an ontology for bio-inspired design using description logics*. Paper presented at International Conference on Product Lifecycle Management, Grenoble, France.

Yurdabakan, İ. (2011). Yapılandırmacı kuramın değerlendirmeye bakışı: Eğitimde alternatif değerlendirme yöntemleri. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 44(1), 51-77.

Yurtkuran, S., Kırlı, G., ve Taneli, Y. (2013). Learning from nature: biomimetic design in architectural education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 89(1), 633-639.

Zbašnik-Senegačnik, M., ve Kitek Kuzman, M. (2014). Interpretacije organske arhitekture. *Prostor: znanstveni časopis za arhitekturu i urbanizam*, 2(48), 290-301.

Zerbst, E. W. (2013). *Bionik: biologische Funktionsprinzipien und ihre technischen Anwendungen*. Heidelberg: Springer-Verlag, 1-236.

Zhang, G., Zeller, N., Griffith, R., Metcalf, D., Williams, J., Shea, C., ve Misulis, K. (2011). Using the context, input, process, and product evaluation model (CIPP) as a comprehensive framework to guide the planning, implementation, and assessment of service-learning programs. *Journal of Higher Education Outreach and Engagement*, 15(4), 57-84.

Zurr, I., ve Catts, O. (2003). Are the Semi-Living semi-good or semi-evil? *Technoetic Arts*, 1(1), 47-60.

Zwick, D. (2013). Conceptual evolution in ancient shipbuilding: an attempt to reinvigorate a shunned theoretical framework. *Interpreting Shipwrecks: Maritime Archaeological Approaches*. Yorkshire: Highfield Press, 46-72.

EKLER

EK-1. Farkındalık Anketi

Mimarların ve Mimar Adaylarının
Biyo-bilgili Tasarım Kavramıyla İlgili Farkındalıkları

Bu çalışma, biyo-bilgili yaklaşım ve mimarlık eğitimi arasındaki ilişkiyi inceleyerek doğadan öğrenmenin mimarlık eğitimine katkılarını araştırmayı amaçlamaktadır. Bu anketten elde edilen veriler mimar adaylarının biyo-bilgili kavramıyla ilgili farkındalıklarını ölçmede kullanılacaktır. Geçerli ve güvenilir bilgiler elde etmemiz için soruların tümünü içtenlikle okuyup cevaplamanızı bekliyoruz. Göstereceğiniz ilgi ve araştırmaya yapacağınız katkı için teşekkür ederiz.

Arş. Gör. Güneş MUTLU AVİNÇ
Gazi Üniversitesi Mimarlık
Fakültesi
Mimarlık Bölümü

Adı Soyadı: …….
Cinsiyet: ……. Sınıf: …….

1. Aşağıdaki biyo- kavramlarından hangisini biliyorsunuz?
☐ Biyomimikri
☐ Biyonik
☐ Biyo-esinli
☐ Doğa esinli
☐ Biyo-bilgili
☐ Biyomimetik
☐ Biyoteknoloji
☐ Biyomimetizm
☐ Biyomimesis
☐ Doğa odaklı
☐ Biyo-mimari
☐ Biyo-tasarım

2. Doğadan esinlenen/öğrenen tasarımlar hakkında bilginiz var mı?

☐ Evet ☐ Hayır

3. Tasarım derslerinde doğadan esinlenme ya da doğadan öğrenme kavramlarının ne ifade ettiği ya da kullanımı ile ilgili bilgi edindiniz mi?

☐ Evet ☐ Hayır

EK-1. (devam) Farkındalık Anketi

Cevabınız evet ise, hangi ders kapsamında, hangi bilgiler?.....
.....

"Biyo-bilgili" kavramı Biyomimikri / Biyomimetik / Biyonik / Biyoteknoloji / Biyomimesis kavramları ile aynı anlama gelmektedir.

☐ Tamamen katılıyorum ☐ Katılıyorum ☐ Kararsızım ☐ Katılmıyorum ☐ Hiç Katılmıyorum

5. Biyo-bilgili kavramı temelde mimarlık ile alakalıdır.

☐ Tamamen katılıyorum ☐ Katılıyorum ☐ Kararsızım ☐ Katılmıyorum ☐ Hiç Katılmıyorum

6. Biyo-bilgili kavramı problem çözümünde, doğadan öğrenilmesi/esinlenilmesi ile yeni tasarımlar geliştirilmesinde kullanılan alanı temsil etmektedir.

☐ Tamamen katılıyorum ☐ Katılıyorum ☐ Kararsızım ☐ Katılmıyorum ☐ Hiç Katılmıyorum

7. Hiç tasarımlarınızda (bir profesyonel veya öğrenci olarak) doğayı bilgi/esin kaynağı olarak kullanma deneyiminiz oldu mu?

☐ Evet ☐ Hayır

8. Doğayı referans olarak aldığınızda bu kavramı ne şekilde uygulamaya geçersiniz?

☐ Doğada gözlem yaparak
☐ Kaynak taraması yaparak
☐ Görseller üzerinden
☐ Bilgi birikiminden faydalanarak
☐ Merakla

9. Hangi amaç doğrultusunda doğadaki kaynakları inceliyorsunuz?

☐ Forma yönelik
☐İşleve yönelik
☐Malzeme için
☐Konsept olarak
☐Sürdürülebilirlik için
☐Farklılık yaratmak için
☐Estetik için

EK-1. (devam) Farkındalık Anketi

10. Kaynakları incelerken daha detaylı bilgiye ihtiyaç duyuyor musunuz?

☐ Evet ☐ Hayır

Cevabını evet ise hangi bilgiye / bilgilere ihtiyaç duyuyorsunuz, örnek verir misiniz? …….....

11. Doğadan esinlenmenin/öğrenmenin mimarlık eğitimine katkısı olmuştur.

☐ Tamamen katılıyorum ☐ Katılıyorum ☐ Kararsızım ☐ Katılmıyorum ☐ Hiç Katılmıyorum

12. Biyo-bilgili yaklaşım, doğadaki hayvan, bitki ve daha birçok canlı, cansız ve tüm oluşumları inceleyip mimarlık eğitimine büyük katkılar sağlar.

☐ Tamamen katılıyorum ☐ Katılıyorum ☐ Kararsızım ☐ Katılmıyorum ☐ Hiç Katılmıyorum

13. Doğadan esinlenme/öğrenme mimarlık eğitiminde kişinin yeni perspektifler kazanmasına olanak sağlar.

☐ Tamamen katılıyorum ☐ Katılıyorum ☐ Kararsızım ☐ Katılmıyorum ☐ Hiç Katılmıyorum

14. Doğadan esinlenme/öğrenme problem çözümünde yaratıcı çözümler üretilmesini sağlar.

☐ Tamamen katılıyorum ☐ Katılıyorum ☐ Kararsızım ☐ Katılmıyorum ☐ Hiç Katılmıyorum

15. Doğadan öğrenilerek gerçekleştirilen tasarımların dünyadaki olumsuz çevresel etkileri azaltabileceğine inanıyor musunuz?

☐ Tamamen katılıyorum ☐ Katılıyorum ☐ Kararsızım ☐ Katılmıyorum ☐ Hiç Katılmıyorum

16. Tasarım stüdyosunda bir öğretim yöntemi olarak Biyo-bilgili tasarım hakkında bilginiz var mı?

☐ Evet ☐ Hayır

17. Biyo-bilgili yaklaşımın mimari tasarım stüdyolarında yaygın olarak kullanılmamasının nedenleri sizce nelerdir? (Birden fazla işaretleyebilirsiniz.)

☐ Eğitmenlerin Biyo-bilgili yaklaşım hakkındaki bilgi eksikliği
☐ Mimarlıkta biyo-bilgili tasarımlar/araştırmalar hakkındaki bilgi eksikliği
☐ Mimari tasarım stüdyolarında nasıl kullanılacağına dair yöntem eksikliği
☐ Biyolojik bilgiye erişim noktasında yöntem eksikliği

EK-1. (devam) Farkındalık Anketi

18. Biyo-bilgili yaklaşımın müfredat içerisinde bir yaklaşım olarak düşünülmesi gerektiğine inanıyor musunuz?

☐ Tamamen katılıyorum ☐ Katılıyorum ☐ Kararsızım ☐ Katılmıyorum ☐ Hiç Katılmıyorum

19. Mimarların ve biyologların tasarım projelerinde iş birliği yapmasının mümkün olduğuna inanıyor musunuz?

☐ Tamamen katılıyorum ☐ Katılıyorum ☐ Kararsızım ☐ Katılmıyorum ☐ Hiç Katılmıyorum

20. Doğadan alınan bilgilerin tasarım sürecinde kullanmasının mümkün olduğunu düşünüyor musunuz?

☐ Tamamen katılıyorum ☐ Katılıyorum ☐ Kararsızım ☐ Katılmıyorum ☐ Hiç Katılmıyorum

21. Mimarların/Mimar adaylarının biyolojik kaynaklardan edindikleri bilgileri anlamasının kolay olduğunu düşünüyor musunuz (mimarlık-biyoloji terminoloji farkı nedeniyle)?

☐ Tamamen katılıyorum ☐ Katılıyorum ☐ Kararsızım ☐ Katılmıyorum ☐ Hiç Katılmıyorum

22. Mimarlar/mimar adayları için biyolojik bilgiyi karmaşık olmayan bir dille erişilebilir hale getirmenin mümkün olduğunu düşünüyor musunuz?

☐ Tamamen katılıyorum ☐ Katılıyorum ☐ Kararsızım ☐ Katılmıyorum ☐ Hiç Katılmıyorum

23. Doğadaki kaynakların tasarıma aktarımı üzerine bilgi edinmek ister miydiniz? Cevabınız evet ise nedenini açıklar mısınız?.....
.....

24. Tasarımda doğadan esinlenme, doğaya benzetme, doğadan öğrenme ve doğadaki bilgileri aktarma konusundaki düşüncelerinizi belirtiniz.
……..
……..
……..

25. Tasarımda doğadaki çözümlerden öğrenme/esinlenme/taklit etme/uygulama konusunda bildiğiniz örnekleri açıklayınız.
……
……

EK-2. Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

MİMARLIK EĞİTİMİ PROGRAMI

MİMARLIK ANABİLİM DALI

İçindekiler

Biyo-bilgili tasarım Öğretim Programının Felsefesi

Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programının Vizyonu

Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programının Amaçları

Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programının Öğrenme Yaklaşımı

Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programının Öğretim Stratejisi

Önerilen Öğretim Teknikleri

Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programının Ölçme- Değerlendirme Yaklaşımı

Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programının Yapısı

Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programı Özet Tablo

MODÜLLER

Modül

Modül

Modül

Modül

Modül

Modül

Modül

Modül

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

BİYO-BİLGİLİ TASARIM ÖĞRETİM PROGRAMININ FELSEFESİ

Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programının [15] eğitim felsefesi toplumsal yeniden kurmacılıktır (*reconstructionism*). Yeniden kurmacılık temel olarak pragmatik felsefeye dayanmaktadır. Bu felsefe bağlamında eğitimin hedefleri, "eleştirel düşünceyi ve bilimsel yöntemi kullanma, bir sonraki hareketi planlama, yaşamı sürekli yeniden kurma, gerçekleştirilen eylemlerde akıllıca davranma, hiçbir bilgiyi kesin doğru olarak kabul etmeme, sorgulama, kişinin gizil yeteneklerini ve zihnini geliştirme" olarak sıralanabilir. Toplumu yeniden şekillendirmek ve düzenlemek yeniden kurmacılıkta eğitimin görevidir (Sönmez, 2019:114). Okul içerisinde bireye kazandırılması hedeflenen bilgi[16] ve beceriler toplumun sahip olduğu problemleri belirlemek ve bu problemleri çözmek için gerekli görülmektedir. Yeniden yapılandırmacılar için sorunların analizi, yorumlanması ve değerlendirilmesi yetersizdir; öğrenciler ve eğitmenler değişimi etkilemelidir. Bunun nedeni değişen toplum ile birlikte, müfredatında da değişmek zorunda kalmasıdır. Bu yaklaşımda eğitmen bir değişim ve reform aracı olarak hizmet eder; araştırma lideri ve proje yöneticisi olarak davranır; insanlığın yüzleşmekte olduğu sorunların farkına varmaları konusunda öğrencilere yol gösterir (Hunkins ve Ornstein, 2018:63-68).

Biyo-Bilgili Öğretim Programı kapsamında eğitmen bilgi aktarmakla görevli değildir. Program kapsamında etkili öğretimin temel unsurlarından biri olarak Vygotsky'nin yapı iskelesi (*Scaffolding*) yaklaşımı benimsenmiştir. "Yapı iskelesi" eğitimde, öğrencileri iyi anlamasına yardımcı olan ve öğretim aşamasında bağımsız bir şekilde hareket etmelerine olanak tanıyan öğretim tekniklerini kapsamaktadır. Yaklaşım içerisinde "eğitmenler" öğrencilerin yardımsız ulaşamayacakları "anlama ve beceri edinme seviyelerine ulaşmalarını" destekleyen bir pozisyondadır. Süreç fiziki yapı iskelesinin inşasına benzer şekilde ilerlemektedir. Bu süreçte destek olarak kullanılan stratejiler gerekmediği durumlarda sırasıyla çıkarılmakta ve eğitmen öğrenme aşamasında öğrenciye süreç ilerledikçe daha çok sorumluluk yüklemektedir (URL-80; URL-81). Eğitimci öğrencileri

[15] Öğretim programı "okulda veya okul dışında bireye kazandırılması planlanan bir dersin öğretimiyle ilgili tüm etkinlikleri kapsayan yaşantılar düzeneği" (Demirel, 2013) olarak tanımlanmaktadır.
[16] Bilgi: "Bir iş ya da öğrenme alanına ilişkin gerçekler, ilkeler, kuramlar ve uygulamalar bütünüdür. Avrupa Yeterlilikler Çerçevesi, bağlamında bilgi, kuramsal ve/veya olgusal olarak tanımlanmaktadır." (URL-82).

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

öğrenme süreci boyunca desteklemekte ve öğrenmenin temelini oluşturmaktadır. Eğitmen, her bir önceki adıma ve bilgiye dayanarak kademeli olarak yeni fikirler sunmaktadır (Kurt, 2021). Buradan hareketle bilginin eğitmenin desteği ile bireyin kendisi tarafından yapılandırıldığı söylenebilir.

BİYO-BİLGİLİ TASARIM PROGRAMININ VİZYONU

Biyo-Bilgili Tasarım programı, insan-doğa ilişkisinin güçlendirilmesi ve doğa ile uyumun teşvik edilmesi, bireylerin çevresel problemlere bütüncül bakabilmesi, doğadan bilgi edinmesi, sürdürülebilir bir gelecek ve farklı disiplinler arasında bilgi transferi için sistematik araçlar konusunda bilgilenmesini hedeflemektedir. Bu eğitim ile bireyler, yenilikçi ve estetik çözümler üretebilmek için doğayı referans alan, problemin çözümü için doğadan ilke ve stratejiler gibi bilgi aktarımı yapabilen ve sürdürülebilir bir dünyanın var olabilmesi için sorumluluk almaya teşvik edilir.

Biyo-Bilgili Tasarım Öğretimi Programına göre, her tasarımcı, mimari tasarım sürecini ve biyolojiyi kullanarak 21. yüzyıl ihtiyaçlarına uygun yenilikçi, biyo-bilgili çözümler tasarlamalıdır. Toplumun gerek duyduğu bu tasarımları gerçekleştirecek bireyler ise mimarlardır. Bu bağlamda Biyo-Bilgili Tasarım Öğretimi Programı vizyonu, mimarlara biyo-bilgili tasarım eğitim vererek, farklı bakış açıları ve tasarım yaklaşımları kazandırmaktır.

BİYO-BİLGİLİ TASARIM ÖĞRETİMİ PROGRAMININ AMAÇLARI

Biyo-Bilgili Tasarım Öğretimi Programı, mimarlık fakültelerinin mimarlık bölümü, mimarlık anabilim dalına önerilmektedir. Tasarlanan bu programın genel hedefleri şu şekildedir:

Mimarların ve mimar adaylarının,

- Biyo-bilgili Tasarım eğitiminin dayandığı felsefi ve kuramsal temelleri açıklayabilmeleri,
- Biyoloji-mimarlık arasında terminolojik bir köprü kurabilmeleri,

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

- Biyoloji terminolojilerine hâkim olabilmeleri,
- Biyolojik kaynaktan bilginin nasıl araştırılacağını bilmeleri,
- Mimari tasarım süreci ile biyo-bilgili tasarım yaklaşımını birleştirmeleri,
- Mimari tasarım sürecinin bir parçası olarak biyo-bilgili tasarım süreçlerini (problem odaklı ve biyoloji odaklı süreç) kullanabilmeleri,
- Yenilikçi fikirler geliştirmek amacıyla Konsept-Bilgi Teorisi ile biyolojik bilgiyi keşfetmeleri,
- Malzeme ve enerji verimli sistemlere dayalı sürdürülebilir çözümler üretebilmeleri,
- Biyo-bilgili tasarım yaklaşımı içerisinde doğal dil yaklaşımını kullanabilmeleri hedeflenmektedir.

BİYO-BİLGİLİ TASARIM EĞİTİMİ ALAN MİMARIN BECERİLERİ

Biyo-Bilgili Tasarım Öğretimi Programı'na göre biyo-bilgili tasarım eğitimi alan bir mimarın edineceği beceriler [17] bulunmaktadır. Bu eğitim sonucunda sahip olunacağı öngörülen beceriler Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2'de listelenmektedir. Bununla birlikte her modül kapsamında kazanacağı Blooms Taksonomisine göre belirlenen bilgi becerileri her modül öncesindeki Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı özet tablolarında yer almaktadır.

Bilgi becerileri, bilişsel alan ile ilgilidir.

[17] Beceri (*skill*) kavramı, "görevleri yerine getirmek ve problemleri çözmek için bilgiyi kullanma ve uygulama yeteneği" (URL-83) olarak tanımlanmaktadır. Avrupa Yeterlilikler Çerçevesi bağlamında beceri "bir çalışma veya öğrenme alanında edinilen mantıksal, sezgisel ve yaratıcı düşünme ile el becerisi, yöntem, materyal, araç ve gereçleri kullanabilmeyi gerektiren "bilgiyi kullanma" ve "problem çözme" olarak belirtilmektedir (URL-84).

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Çizelge 2.1. Biyo-Bilgili Tasarım Eğitimi Alan Bir Bireyin Bilgi Becerileri

SÜREÇ SINIFLARI	BİLİŞSEL SÜREÇLER
HATIRLAMA	İlgili bilgiyi uzun süreli bellekten geri getirme
TANIMA	Biyo-bilgili / biyomimetik / biyomimikri / biyomimesis / biyonik gibi doğadan bilgi aktarımı yapan yaklaşımları tanımlama Biyobilgili tasarım araştırmasında kullanılan çözüm odaklı yaklaşım ve problem odaklı yaklaşımı tanımlama Biyo-bilgili aşamaları (organizma, davranış, ekosistem; form, malzeme, konstrüksiyon, süreç, fonksiyon) tanımlama Doğadan bilgi aktarımı yapan yaklaşımları listeleme Doğal dil yaklaşımının tanımını yapma
ANIMSAMA	
ANLAMA	Öğretimsel mesajdan sözel, yazılı ya da grafiksel bir iletişim olarak anlam oluşturma
YORUMLAMA	Biyo-bilgili / Biyomimikri / Biyonik / Biyomimetik / Biyomimesis kavramlarını açıklama ve karşılaştırma Biyo-bilgili tasarım örneklerini değerlendirme, aşamalarına göre sınıflandırma Biyo-bilgili yaklaşımın kullanıldığı farklı alanları listeleme Bu yaklaşımla ilgili anahtar kelimeleri ve özgün tanımları yazma Biyo-bilgili tasarımın mimarlığa etkilerini ve katkılarını ayrıntılı olarak açıklama Biyo-bilgili tasarıma örnekler verme Biyo-bilgili tasarımın mimarlığa etkilerini ve katkılarını ayrıntılı olarak yorumlama Doğa-mimarlık ilişkisini kurabilme ve mimarlığa hangi amaçlarla aktarılabileceğinin çıkarımını yapma Biyo-bilgili araştırmada kullanılan problem odaklı ve çözüm odaklı yaklaşımın farkına varma Biyo bilgili / biyomimetik / biyomimikri / biyomimesis / biyonik tasarım örneklerini aşamalarına (organizma / davranış / ekosistem) ve alt aşamalarına (form / malzeme / konstrüksiyon / süreç / fonksiyon) göre sınıflandırma
ÖRNEKLEME	
SINIFLAMA	
ÖZETLEME	
SONUÇ ÇIKARMA	
KARŞILAŞTIRMA	
AÇIKLAMA	
UYGULAMA	Verilen bir durumda işlemi uygulama ya da kullanma
YÜRÜTME	Problemini tanımlayan anahtar kelimeleri belirleme Belirlediği anahtar kelimeyi / kelimeleri sözlük yardımıyla genişletme Anahtar kelimeleri biyolojik kaynak içerisinde tarama Biyo-bilgili örnek çalışmalara çeşitli veri tabanlarını, kaynakları tarayarak ulaşma Problem odaklı ve çözüm odaklı yaklaşımları kullanarak biyo-bilgili tasarımını oluşturma Biyo-bilgili / biyomimetik / biyomimikri / biyomimesis / biyonik gibi yaklaşımları ve örneklerini içeren bir poster hazırlama
GERÇEKLEŞTİRME	
ANALİZ ETME	Materyali bileşenlerine ayırma ve parçaların birbiriyle / bütünle nasıl bir ilişki içinde olduğunu tespit etme
AYRIŞTIRMA	Anahtar kelimeler ile yaptığı araştırma sonucunda elde ettiği biyolojik bilgileri analiz etme Biyo-bilgili yaklaşım geliştirmek için doğal dil yönteminin nasıl kullanılacağını bilme Biyolojik bilgileri çözümleme ve sınıflandırma Anahtar kelimelerin biyolojik karşılıklarını araştırma Kaynaklardan edinilen grafiksel, sayısal bilgileri veya işlevsel örnekleri belirlediği problemin çözümüne yönelik cevap vermek üzere yorumlama Biyo-bilgili/biyomimetik/biyomimikri/biyomimesis/biyonik gibi yaklaşımların çevresel etkilerini tartışma
ÖRGÜTLEME	
İRDELEME	
DEĞERLENDİRME	Ölçütlere ve standartlara dayalı yargıya varma
DENETLEME	Anahtar kelimelerde yapılan araştırmalar sonucunda edinilen bilgileri değerlendirip probleme uygun biyolojik bilgiyi belirleme
ELEŞTİRME	
YARATMA	Öğeleri tutarlı ya da işlevsel bir yapıda bir araya getirme, öğeleri yeni bir örüntü ya da yapı içerisinde düzenleme
OLUŞTURMA	Probleminin çözümü için, doğal dil yaklaşımını kullanarak biyo-bilgili tasarım yapma Biyolojik organizma, davranış, ekosistem (form / malzeme / konstrüksiyon / süreç / fonksiyon) bilgilerinden herhangi birini kullanarak tasarım yapma Problem odaklı ve çözüm odaklı yaklaşım ile tasarım gerçekleştirme Konsept-Bilgi teorisi ile biyo-bilgili yenilikçi fikirler üretme
PLANLAMA	
ÜRETME	

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Çizelge 2.2. Duyuşsal alan becerileri

Tanımlanan Beceri	Beceriler
Probleme Dayalı Öğrenme (PDÖ)	
1	Farklı problemler üretebilme
2	Problem tanımlayabilme
3	Diyalog ve tartışma becerilerini geliştirebilme
4	Problemi anahtar kelimeler ile ifade etme
5	Araştırma için uygun kaynakları seçme
6	Farklı veri tabanlarını ve kaynakları analiz etme
7	Ulaştığı bilgileri analiz etme, sınıflandırma ve değerlendirme
8	Bilgiyi sentezleyebilir ve problem ile bağlantısını kurma
9	Bilgi üzerine yorum yürütme
10	Bilgiyi görsel olarak ifade etme
11	Öğrenme deneyimini ve sürecini eleştirel bir şekilde yorumlama
12	Problemin çözümü için farklı stratejiler belirleme
13	Probleme yenilikçi çözümler üretme
14	Disiplinler arası ilişki gerektiren problemleri çözme
15	Problem çözümünün olası yollarını değerlendirme
16	Problemin çözümü için biyoloji kaynaklarını tarama
17	Ders içeriğinden öğrendiklerini gerçek problemlere uygulama
18	Tasarım sürecine en uygun akıl yürütme türünü (tümdengelim, tümevarım, analojik gibi) kullanma
19	Biyolojik sistemlerden bilgi aktarımı için bir bütünün parçalarının birbirleriyle nasıl etkileşime girdiğini analiz etme, sistem düşüncesini kullanma
BİT (Bilgi, İletişim ve Teknoloji)	
1	Bilgiyi araştırmak, düzenlemek, değerlendirmek ve iletmek için teknolojiyi bir araç olarak kullanma
2	Bilgiye ulaşma, bilgiyi yönetme, entegre etme, değerlendirme, yeni bilgiler üretme amacıyla dijital teknolojileri kullanma
3	Problemle ilgili derinlemesine araştırmalar yürütme
4	Farklı araçları ve araştırma ortamlarını kullanma
5	Problemini tanımlayan bir dizi anahtar kelime kombinasyonu ile akıllı arama yapma
6	Farklı sunum araçlarını kullanarak araştırmalarını sunma-bilgiyi sunma ve paylaşma
7	Ulaştığı verileri farklı ortamlara aktarma
8	Dijital iletişim araçlarını kullanma

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

ÖĞRENME

Programa göre bir süreç olan öğrenme, değişimi içerir, zamanla kalıcı olur ve deneyim yoluyla gerçekleşir (Schunk, 2012:4). Deneyim veya uygulama sonucunda "bireyde oluşan davranış değişikliği" olarak tanımlanmaktadır (Altun ve Çolak, 2014:12). Pritchard (2017:2) ise öğrenmeyi; bilgi edinme, çalışılarak, öğretilerek ya da deneyim yoluyla bir şeyler hakkında bilgi ve beceri kazanmak; bilgi edinme süreci, davranışın kontrol edildiği, şekillendirildiği veya değiştirildiği bir süreç; geniş bir kaynak taraması sonucunda elde edilen deneyime dayalı bireysel anlayış oluşturma süreci olarak tanımlamaktadır.

BİYO-BİLGİLİ TASARIM ÖĞRETİM PROGRAMI ÖĞRENME YAKLAŞIMI

Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programı, yapılandırmacı öğrenme kuramı (*constructivist learning theory*) temel alınarak tasarlanmıştır. Yapılandırmacı öğrenme kuramı; Piaget'in Bilişsel Gelişim, Dewey'in Probleme dayalı öğrenme, Bruner'in Keşfederek Öğrenme, Ausubel'in Anlamlı Öğrenme ve Vygotsky'ın İşbirlikli Öğrenme gibi öğrenme teorilerini kapsamaktadır (Türk, 2019). Bireylerin deneyimlerinden bilgi ve anlam oluşturduğunu ileri süren yapılandırmacılık kuramı, bireylerin bilgi edinmek ve öğrenebilmek için nasıl hareket ettiğini ifade eden bir öğrenme teorisidir (Bada ve Olusegun, 2015). Bu yaklaşıma göre, "öğrenme, bireyin etkin olduğu bir süreçtir" (Eren, 2018:122). Yapılandırmacılık, öğrenenlerin bilgiyi pasif bir şekilde almaktan ziyade inşa ettiklerini belirten bir teoridir. Bireyler dünyayı deneyimledikçe ve bu deneyimler üzerinde düşündükçe, kendi temsillerini oluştururlar ve önceden var olan bilgilerine yeni bilgileri dahil ederler. Yapılandırmacı eğitim içerisinde; öğrencilerin birbirlerinden öğrenebildikleri karşılıklı öğretme / öğrenme; sorgulamaya dayalı öğrenme, probleme dayalı öğrenme, işbirlikli öğrenme gibi teknikleri kapsamaktadır (URL-85).

Bilginin yapılandırılma sürecinde mimarlar aktif olmalıdır. Bu süreçte bilgi mimarlar tarafından keşfedilmeli, öğrenilen bilgiler yeni durumlara uygulanmalı ve grup çalışması yapılmalıdır. Bu çalışmalar ile mimar adayları/mimarlar, problem üzerine fikir yürüterek, tartışarak ve beyin fırtınası yaparak çözüme daha kolay ulaşacaktır. Bununla birlikte bu süreç öğrendikleri bilgilerin de diğer adaylara aktarılmasına yardımcı olacaktır.

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

STRATEJİ

Strateji kavramı, belirlenen bir hedefe ulaşabilmek amacıyla takip edilen yol olarak tanımlanmaktadır (Şahan, Uyangör ve Işıtan, 2017). Öğretim sürecinde strateji, "belirlenen öğrenme kazanımlarına ulaşabilmek için izlenen yol" (Babadoğan, 1996; Taşpınar ve Atıcı, 2002), "öğretim süreci için seçilen öğretim yöntem[18] ve tekniklerini gösteren bir ana çerçeve" olarak tanımlanmaktadır (Eren, 2018:106). Öğretim stratejilerinin, öğrencilerin nitelik ve niceliğine, konuların yapısına, araç-gereç ya da diğer fiziksel imkânlara, öğretimin hedeflerine, sosyal yapıya ve zamana uygun olarak belirlenmelidir (Yeşil, 2016). Öğretim stratejileri, "sunuş yoluyla, buluş yoluyla ve araştırma-inceleme yoluyla öğretme stratejileri" olarak incelenmektedir (Güven, 2013; Yeşil, 2016). Bu program kapsamında öğretim stratejisi, mimar adaylarını/mimarları bilgiye ulaştırmak amacıyla takip edilen yol ve yapılan etkinlikler olarak ele alınmaktadır.

BİYO-BİLGİLİ TASARIM ÖĞRETİM PROGRAMI ÖĞRETİM STRATEJİSİ

Mimar adaylarını/mimarları programın öğrenme çıktılarına ve hedeflerine ulaştırmak amacıyla "Sunuş yoluyla öğretim stratejisi", "Buluş yoluyla öğretim stratejisi" ve "Araştırma- sorgulama yoluyla öğretim stratejisi" olmak üzere üç farklı yol takip edilmektedir. Öğrenci sayısı, kazanım düzeyi, fiziki alt yapı, zaman gibi birçok farklı etmen bu stratejilerin seçimini etkilemektedir. Bu programı kapsamında kazanım düzeyleri temel alınarak her üç stratejinin kullanımı da önerilmektedir. Bu bağlamda bilişsel alanı kapsayan bilme ve kavrama düzeyinde olan öğrenme hedeflerinin kazandırılması için "sunuş yoluyla öğretim stratejisi", çözümleme ve uygulama düzeyinde olan öğrenme çıktıları için "buluş yoluyla öğrenme stratejisi" uygulanmaktadır. Son olarak değerlendirme ve yaratma düzeyinde olan öğrenme çıktıları için ise "araştırma-sorgulama yoluyla öğretim stratejisi"nin kullanımı uygun görülmektedir. Bununla birlikte programın öğrenme yaklaşımı göz önünde bulundurulduğunda öğrenme hedeflerinin mimarlara

[18] TDK Eğitim Terimleri Sözlüğü'nde yöntem, "Bir sorunu çözmek, bir deneyi sonuçlandırmak, bir konuyu öğrenmek ya da öğretmek gibi amaçlara ulaşmak için bilinçli olarak seçilen ve izlenen yol" olarak tanımlanmaktadır (Oğuzkan, 1993'ten aktaran Fer ve Cırık, 2014).

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

kazandırılmasında araştırma-sorgulama yoluyla öğretim ve buluş yoluyla öğrenme stratejilerinin kullanılması tavsiye edilmektedir.

Önerilen stratejiler uygulanırken;

- Derse giriş ilgi çekici olmalı,
- Dersin sonunda ulaşılacak hedefler konusunda mimarlara bilgi verilmeli,
- Mimarların ders kapsamında ele alınacak konu hakkında ön bilgiler hatırlatılmalı,
- Öğrenme ortamı bilgiyi keşfedecek şekilde hazırlanmalı,
- Mimarların ders kapsamında keşfettikleri bilgileri sunmalarına imkân verilmeli,
- Mimarların ders kapsamında keşfettikleri bilgiler ile önceki bilgiler arasında ilişki kurmaları sağlanmalı,
- Mimarların öğrendikleri bilgiler ile gerçek yaşam arasında bağlantı kurabilmeleri için uygun öğretim teknikleri denenmeli,
- Mimarların öğrenme hedeflerine edinip edinmediklerini belirlemek amacıyla değerlendirmeler yapılmalıdır.

TEKNİK

"Teknik" terimi bir üretim, sanat ve öğretim faaliyeti için uygulanması gereken işlem, uygulama veya beceri olarak belirtilmektedir. Öğretim tekniği ise öğretimin etkinliğini yükseltmek için belirlenen işlem, uygulama ya da beceridir. Problem çözme bir yöntem iken, beyin fırtınası ve deney ise bir tekniktir. Anlatım bir yöntem, soru-cevap ise tekniktir. Öğretim tekniği yönteme göre şekillenen ve onu tamamlayan etkinliklerdir. Program kapsamında uygulanan tüm bu uygulamaların temel nedeni hedefleri gerçekleştirmektir. (Eraslan, 2016). Program kapsamında öğretim tekniği, dersin uygulama basamağında yapılan her türlü öğretim faaliyeti olarak ele alınmıştır.

BİYO-BİLGİLİ TASARIM ÖĞRETİM PROGRAMI İÇİN ÖNERİLEN ÖĞRETİM TEKNİKLERİ

Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programının hedeflerine ulaşabilmesi amacıyla mimar adaylarının/mimarların derse aktif katılım göstermesi gerekmektedir. Buradan hareketle ders

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

kapsamında farklı öğretim teknikleri uygulanmalıdır. Ders içerisinde kullanılabilecek öğretim teknikleri Çizelge 2.3'te sunulmuştur.

Çizelge 2.3. Ders kapsamında kullanılabilecek öğretim teknikleri

Öğretim Basamağı	Öğretim Tekniği	
Derse Giriş Süreci	Video Gösterimi	Beyin fırtınası
	Soru-cevap	Kavram haritası
	Örnek	Anlatım
Öğrenme-Öğretme Süreci	Soru-cevap	Kavram haritası
	Sinektik tekniği	Poster
	Problem çözme	Biyolojik canlılar keşif kartları
	Video gösterimi	Sunum
	Tartışma	Konsept-Bilgi Teorisi
	Beyin Fırtınası	Zihin Haritası
Değerlendirme	Sürecin ve ürünlerin değerlendirilmesine yönelik ölçme ve değerlendirme araçları	

Video gösteriminin amacına uygun bir şekilde farklı basamaklarda kullanımı mümkün olabilmektedir. Kavram ve zihin haritaları, ön bilgilerin ortaya çıkarılmasında ve ön bilgiler ile yeni bilgilerin ilişkilendirilmesinde kullanılırken aynı zamanda alternatif değerlendirme aracı olarak da ders içerisinde kullanılabilmektedir.

BİYO-BİLGİLİ TASARIM ÖĞRETİM PROGRAMI ÖLÇME-DEĞERLENDİRME YAKLAŞIMI

Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı içerisinde ölçme ve değerlendirme dersin her aşamasında yapılmaktadır. Öğrenme-öğretme sürecinin planlanması için mimar adaylarına/mimarlara öğretilmesi amaçlanan konu ve ilişkili kavramlar hakkında ne kadar bilgi sahibi olduğunun test edilmesi önem taşımaktadır. Bu bağlamda ders süreci başlamadan önce mimar adaylarının/mimarların konu hakkındaki ön bilgileri açığa çıkarılmalıdır.

Mimar adaylarının/mimarların konu ile ilgili bilgileri ve bu bilgilerin hangi düzeyde olduğunu belirlemek amacıyla farklı ölçme ve değerlendirme araçları kullanılabilir. Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı içerisinde sonuç ürün değerlendirmesinin yanında ön

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

bilgiler ve süreç de değerlendirilmektedir. Program kapsamında bilişsel ve beceri alanlarında kazanımları ölçmek ve değerlendirmek amacıyla birçok farklı ölçme aracı kullanılmaktadır. Sonuç olarak, mimarların / mimar adaylarının öğretim hedeflerini kazanıp kazanmadıklarını belirlemede çoklu değerlendirme yöntemlerinin ve yaklaşımlarının kullanımı önemlidir.

BİYO-BİLGİLİ TASARIM ÖĞRETİM PROGRAMININ YAPISI

Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı konuların modüller[19] halinde düzenlendiği modüler programlama yaklaşımı dikkate alınmıştır. Bu bağlamda öğrenme konularının sınıflandırıldığı farklı modüller tasarlanmıştır.

Biyo-bilgili Tasarım Öğretim Programı içeriği; genel konu veya belirli alt konular hakkında arka plan bilgisini içeren teorileri, biyo-bilgili uygulama örneklerini, biyo-bilgili tasarım sürecinin gerçekleştirilmesinde kullanılacak araçları, genel süreç ve yaklaşımları, biyo-bilgili tasarımın doğasını ve alt konularını keşfetmek için öğrenciler tarafından gerçekleştirilen uygulamalı alıştırmaları ve son olarak öğrencilere bir problemden yola çıkarak biyo-bilgili tasarım ortaya koyma sürecini içeren teori, alıştırma, uygulama modüllerini içermektedir.

Haftalık 3 ders saati olarak toplam 14 hafta uygulanmak üzere hazırlanan öğretim programı içerisinde toplam 8 modül yer almaktadır. Çizelge 2.4'te bu modüllere ve modüllerin içeriğine yer verilmektedir.

[19] Modül terimi, "bir yapının çeşitli bölümleri arasında orantıyı sağlamak için kullanılan ölçü birimi", "parça" ve "bir uzay taşıtının yapısı içinde yer alan ve kendi başına hareket edebilen bağımsız bölüm" şeklinde tanımlamaktadır (URL-66). Eğitim açısından bakıldığında modül, "ulaşılacak öğrenme hedeflerini davranışsal olarak gösteren, hedeflere erişebilmek için gerekli etkinlikleri belirleyen, hedeflere ne derecede erişildiğini kontrol etme olanağı veren ve değişik öğrenme koşulları içinde bulunan bireylerin eğitiminde etkili bir biçimde kullanılabilme özelliği taşıyan kendi içerisinde bütünlüğü olan bir öğrenme elemanı" olarak ifade edilmektedir (Alkan, 1989).

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Çizelge 2.4. Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı özet tablo

Hafta	1
Modül	**BİYO-BİLGİLİ TASARIMA GİRİŞ TANITIM**
Amaç	Biyo-Bilgili Tasarım dersine giriş yapılması Dersin içeriği, hedefleri, kapsamı konusunda öğrencilere bilgi verilmesi
İçerik	Biyo-bilgili tasarım Biyo-bilgili tasarımın önemi Biyo-bilgili tasarımın ilişkili olduğu disiplinler
Öğrenme-Öğretme Süreci ve Stratejisi	Biyo-bilgili tasarım yaklaşımının öneminin açıklanması ve tartışılması Biyo-bilgili tasarım dersi işleyişi konusunda sunum yapılması Biyo-bilgili tasarım eğitimi yaklaşımının açıklanması Sunuş yoluyla öğrenme
Ölçme-Değerlendirme	Ders öncesi bilgilerinin ne aşamada olduklarının test edilmesi için *Biyo-Bilgili Tasarım Bilgisi Değerlendirme Rubriği'*nin uygulanması
Yenilenmiş Bloom Taksonomisine Göre Hazırlanan Bilişsel Kazanımlar	Biyo-bilgili tasarım kavramını açıklar. Biyo-bilgili tasarımın ilişkili olduğu disiplinleri açıklar. Biyo-bilgili tasarımın önemini açıklar. Doğadan alınacak dersleri sayabilir. İnsan-doğa ilişkisini yorumlar.

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Çizelge 2.4. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı özet tablo

Hafta	2-3
Modül	**BİYO-BİLGİLİ TASARIM ANLAM VE ÖNEMİ**
Amaç	Mimarlık-Biyoloji alanları arasındaki ilişkiyi saptayabilme Biyo-bilgili tasarım yaklaşımını açıklayabilme Biyo-bilgili tasarım içerisinde doğa ve tasarımcı ilişkisini/rollerini açıklayabilme Doğanın ve doğadaki kaynakların sürdürülebilirliğini sağlayan tasarımların sahip olması gereken özelliklere göre değerlendirebilme Biyo-bilgili tasarım ve ilişkili kavramları içeren poster/sunum hazırlayabilme
İçerik	Mimarlık-Biyoloji alanları arasındaki ilişki Disiplinler arası yaklaşım Biyo-bilgili tasarım yaklaşımı Biyo-bilgili tasarım ve ilişkili kavramlar Biyo-bilgili tasarım yaklaşımında doğanın rolü
Öğrenme-Öğretme Süreci ve Stratejisi	"Biyo-bilgili tasarımlar üretmek doğa ve insan için neden önemlidir?" sorusunun sorulması Disiplinler arası çalışmaların öneminin tartışılması Beyin fırtınası tekniği ile Mimarlık-Biyoloji alanları arasındaki ilişkinin tartışılması Mevcut tasarım yaklaşımları ile Biyo-bilgili tasarım yaklaşımlarının karşılaştırılması Biyo-bilgili tasarım, doğanın korunması ve sürdürülebilir gelecek için önemi konularını içeren bir poster hazırlanması Araştırma-inceleme yoluyla öğrenme
Ölçme-Değerlendirme	Mimarların/mimar adaylarının hazırladıkları *Poster/Sunum değerlendirme Rubriği*'ne göre değerlendirilir.
Yenilenmiş Bloom Taksonomisine Göre Hazırlanan Bilişsel Kazanımlar	Biyoloji ve sanat arasındaki ilişkiyi açıklar. Biyosanat kavramını açıklar. Biyoloji biliminin mühendisliği nasıl etkilediğini açıklar. Mimarlık-biyoloji arasındaki ilişkiyi açıklar. Biyo-bilgili tasarım örneğini inceleyerek organizma, davranış ve ekosistem gibi biyomimetik aşamasını bulur. Biyo-bilgili tasarım kavramı ve ilişkili diğer kavramlar arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları analiz eder. Kavramların farklılıklarını ayırt eder. Biyo-bilgili tasarım kavramı ve ilişkili diğer kavramlar arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları inceler. Biyo-bilgili tasarımları inceler ve eleştirir. Biyo-bilgili kavramları ve örnekleri içeren poster hazırlar.

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Çizelge 2.4. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı özet tablo

Hafta	4-5
Modül	**BİYO-BİLGİLİ TASARIM KAVRAM VE ZİHİN HARİTALARININ OLUŞTURULMASI**
Amaç	Biyo-bilgili tasarım ve ilişkili diğer kavramlar ile ilgili düşünceleri ve imajları içeren zihin haritasının tasarlanması Biyo-bilgili tasarım ve ilişkili diğer kavramları gösteren kavram haritasının oluşturulması
İçerik	Zihin Haritası hazırlama Kavram Haritası hazırlama Coggle aracı ile zihin ve kavram haritası oluşturularak verilerin analiz edilmesi https://coggle.it/
Öğrenme-Öğretme Süreci ve Stratejisi	Biyo-bilgili tasarım ve ilişkili diğer kavramlar ile ilgili bilgilerin, düşüncelerin ve imgelerin yer aldığı zihin ve kavram haritalarının tasarlanması Zihin ve kavram haritalarının herkes tarafından değerlendirilmesi Farklı zihin ve kavram haritalarından hareketle eksik olan bilgilerin tespit edilmesi ve tamamlanması Konu hakkında video gösterimi Sunuş yoluyla öğrenme Araştırma-inceleme yoluyla öğrenme Buluş yoluyla öğrenme
Ölçme-Değerlendirme	Biyo-bilgili tasarım ve ilişkili diğer kavramlara göre hazırlanana zihin haritaları, *Zihin Haritası Değerlendirme Rubriği'*ne göre değerlendirilir. Biyo-bilgili tasarım ve ilişkili diğer kavramlara göre hazırlananan kavram haritaları, *Kavram Haritası Değerlendirme Rubriği'*ne göre değerlendirilir.
Yenilenmiş Bloom Taksonomisine Göre Hazırlanan Bilişsel Kazanımlar	Biyo-bilgili tasarım ve ilişkili diğer kavramlar ile ilgili düşünceleri ve imajları içeren zihin haritasını oluşturur. Biyo-bilgili tasarım ve ilişkili diğer kavramlar ile ilgili düşünceleri ve imajları içeren kavram haritasını oluşturur. Biyo-bilgili tasarımla ilgili temel kavramları oluşturduğu zihin ve kavram haritasında gösterir. Biyo-bilgili tasarımla ilişkili örnekleri gösterir.

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Çizelge 2.4. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı özet tablo

Hafta	6
Modül	**BİYO-BİLGİLİ TASARIM UYGULAMA ETKİNLİĞİ 1: Biyo-Bilgili Tasarım süreci: Problem Odaklı Tasarım**
Amaç	Biyoloji ve mimarlık arasında bilgi aktarımı için eğitim kaynakları geliştirme ve test etme Biyo-bilgili tasarım süreci yaklaşımlarının öğrenilmesi Problem odaklı tasarım sürecinin adımlarının tartışılması Problem odaklı tasarım süreci ile örnek uygulama
İçerik	Problem-odaklı tasarım yaklaşımı Problem odaklı düşünme
Öğrenme-Öğretme Süreci ve Stratejisi	Literatürde yer alan örnek biyo-bilgili tasarımların süreçlerinin analizinin yapılması Problem-odaklı tasarım adımlarının anlaşılması Belirlenen probleme, problem-odaklı tasarım süreci ile çözüm üretilmesi Sunuş yoluyla öğrenme Araştırma-inceleme yoluyla öğrenme Buluş yoluyla öğrenme "Ortam koşullarına adapte olabilen yapı kabuğu tasarımı için doğa referans alınabilir mi?" sorusu ile probleme çözüm arayışlarının gerçekleştirilmesi
Ölçme-Değerlendirme	Öğrenci çalışmalarının *Problem-odaklı Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği*'ne göre değerlendirilmesi
Yenilenmiş Bloom Taksonomisine Göre Hazırlanan Bilişsel Kazanımlar	Problem odaklı biyo-bilgili düşünce yapısını bilir. Biyo-bilgili tasarımda problem odaklı yaklaşımı kullanır. Problem odaklı süreç adımlarını tanımlar. Bir tasarım problemi tanımlar. Problemin çözümü için doğal referansları araştırır. Bir süreçteki adımları yeniden gözden geçirerek geri dönüşler yapabilir ve süreci revize edebilir. Bir problem ve çözüm alanı arasındaki ilişki kurabilir. Problemi çözümü için öneriler geliştirebilir. Problemleri çözen kavramları ve çözümleri değerlendirebilir.

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Çizelge 2.4. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı özet tablo

Hafta	7
Modül	**BİYO-BİLGİLİ TASARIM UYGULAMA ETKİNLİĞİ 2: Biyo-Bilgili Tasarım süreci: Biyo-Bilgili kartlar ile Çözüm odaklı tasarım**
Amaç	Biyoloji ve mimarlık arasında bilgi aktarımı için eğitim kaynakları geliştirme ve test etme Öğrencilerin biyo-bilgili tasarımı mümkün kılan (biyolojiye bakan tasarım) mimari tasarım problemlerinin özelliklerini belirlemelerine yardımcı olma Biyolojiden öğrenen tasarım için bilgi haritalama ve aktarım sürecini (biyolojiden mimari tasarıma aktarımı) kolaylaştırmak
İçerik	Biyoloji ve mimarlık arasında bilgi aktarımı Biyolojik bir bilgi kaynağını araştırmak ve öğrenilen bilgiyi yeni kavramlar üreterek uygulamak, yenilikçi biyo-bilgili çözümlerin keşfi Çözüm odaklı düşünme
Öğrenme-Öğretme Süreci ve Stratejisi	Biyo-bilgili yaklaşımda çözüm odaklı tasarım sürecinin sunuşu Biyo-Bilgili kartlar ile Çözüm odaklı tasarım uygulamasının gerçekleştirilmesi Sunuş yoluyla öğrenme Araştırma-inceleme yoluyla öğrenme Buluş yoluyla öğrenme Öğrencilere biyolojik bilgiler içeren kartların dağıtılması Öğrencilerin seçtikleri kartlardaki biyolojik organizmadan yola çıkarak bir tasarım ürünü ortaya koyması
Ölçme-Değerlendirme	Öğrencinin biyo-bilgili tasarımlar yaratma becerisinin ve öğrencinin disiplin sınırlarının ötesinde karşılıklı ilişkileri tanıma ve formüle etme becerisinin değerlendirilmesi için hazırlanan *Çözüm-odaklı Tasarım Süreci Rubriği'*ne göre değerlendirilmesi
Yenilenmiş Bloom Taksonomisine Göre Hazırlanan Bilişsel Kazanımlar	Çözüm odaklı biyo-bilgili düşünce yapısını bilir. Biyoloji ve mimarlık arasında bilgi aktarımı yapabilir. Biyolojik bir bilgi kaynağını araştırabilir ve öğrenilen bilgiyi yeni kavramlar üreterek uygulayabilir. Çözüm odaklı düşünmeyi öğrenir. Bir süreçteki adımları yeniden gözden geçirerek geri dönüşler yapabilir ve süreci revize edebililir. Farklı bir alandaki bilgi ve verileri kendi alanına aktarabilir.

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Çizelge 2.4. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı özet tablo

Hafta	8
Modül	**Mimarlık ve biyoloji alanları arasında bilgi aktarımına yardımcı olacak Konsept ve Bilgi Teorisine dayanan etkili öğretim teknikleri uygulaması**
Amaç	Mimari tasarım alanı ile biyoloji alanı arasında ilişki kurmak için bilgi aktarımı sürecinin öğretilmesi Mimarlık öğrencilerine mimari tasarım ve biyoloji alanları arasında ilişki kurmada ve bilgi aktarımında yardımcı olmak Öğrencilerinin bilişsel esnekliğinin, yaratıcılığının ve problem çözme becerilerinin arttırılması Mimarlık öğrencilerine mimari tasarım ve biyoloji alanları arasında ilişki kurmada ve bilgi aktarımında yardımcı olmak
İçerik	Konsept ve Bilgi Teorisi Tekniği ve uygulama
Öğrenme-Öğretme Süreci ve Stratejisi	Biyo-bilgili tasarım yaklaşımı ile ilgili mevcut metodolojileri ve fonksiyonel, biçimsel, yapısal olarak analiz etmek Tasarım sürecinde yapılan analizler sayesinde biyolojik bilgi kaynakları oluşturmak. Bazı özelliklerin ve doğal çözümlerin ancak araştırma yoluyla bulunabileceği düşünüldüğünde, tasarımcı biyo-bilgili araştırma sürecine aşina olacak
Ölçme-Değerlendirme	*Konsept ve Bilgi Teorisi Tekniğine Yönelik Tutum Ölçeği*
Yenilenmiş Bloom Taksonomisine Göre Hazırlanan Bilişsel Kazanımlar	Konsept-Bilgi teorisi sürecini tanımlar. Konsept-bilgi teorisini nasıl kullanacağını bilir. Mimari tasarım alanı ile biyoloji alanı arasında ilişki kurmak için bilgi aktarım sürecini bilir. Biyo-bilgili tasarım yaklaşımı ile ilgili mevcut metodolojileri ve fonksiyonel, biçimsel, yapısal olarak analiz edebilir. Biyo-bilgili araştırma sürecine aşina olur. Tanımladığı problem ile ilgili bilgileri toparlar. Biyolojik bilgiyi kullanarak yeni konseptler tasarlayabilir.

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Çizelge 2.4. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı özet tablo

Hafta	10
Modül	**Biyo-Bilgili Tasarım Problemlerinin Belirlenmesi – Yapı Kabuğu**
Amaç	Mimarlıkta kabuğun ne anlam ifade ettiğinin anlaşılması Mimarlıkta çözülmeyi bekleyen kabuk sorunlarının neler olduğun belirlenmesi Mimarlıkta kabuk probleminin belirlenmesi Problem olarak gördükleri bir mimari kabuk sorununa odaklanılması Doğada kabuğun ne olduğunun, işlevinin anlaşılması
İçerik	Mimarlıkta Kabuk Doğada Kabuk Mimarlıkta Kabuk Problemi
Öğrenme-Öğretme Süreci ve Stratejisi	"Mimarlıkta kabuk" konusunda yapılan okumalar sonucunda edinilen bilgilerin sınıf ortamında konuşulması, tartışılması "Doğada kabuk" konusunda yapılan okumalar sonucunda edinilen bilgilerin sınıf ortamında konuşulması, tartışılması Sunuş yoluyla öğrenme Araştırma-inceleme yoluyla öğrenme Buluş yoluyla öğrenme Zihin haritası aracılığıyla öğrenme
Ölçme-Değerlendirme	Mimarlıkta Kabuk konusuna göre hazırlanmış olan posterler *Poster Değerlendirme Rubriği*'ne göre değerlendirilir.
Yenilenmiş Bloom Taksonomisine Göre Hazırlanan Bilişsel Kazanımlar	Mimarlıkta termoregülasyonun ne anlam ifade ettiğini bilir. Mimarlıkta çözüm bekleyen termoregülasyon problemlerini belirleyebilir. Doğada termoregülasyonun anlamlarını bilir. Doğal sistemlerin/organizmaların termoregülasyon sürecini nasıl gerçekleştirdiklerini açıklayabilir. Mimari termoregülasyon-doğal termoregülasyon arasında ilişki kurabilir. Yapı kabuğunda termoregülasyon problemini ortaya koyabilir.

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Çizelge 2.4. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı özet tablo

Hafta	11-14
Modül	**BİYO-BİLGİLİ TASARIMDA DOĞAL DİL YAKLAŞIMI**
Amaç	Biyo-bilgili tasarım etkinliğini uygulayabilme Biyo-bilgili tasarım sürecinde doğal dil yaklaşımını diğer yöntemlerle karşılaştırabilme Tasarım sürecinde kullanılan biyo-bilgili tasarım sürecinde doğal dil yaklaşımının tasarımcının yazdıklarıyla (dil üzerinden) ve tasarım sürecine katkılarının tartışılması
İçerik	Biyo-bilgili tasarımda Doğal Dil Yaklaşımı yöntemini kullanarak tasarım yapma Biyo-bilgili tasarımda problemi anahtar kelimeler olarak ifade etme Problemi tanımlayan anahtar kelimeleri genişletme Anahtar kelimeleri biyolojik kaynaklarda tarama Problemin çözümünü keşfetme
Öğrenme-Öğretme Süreci ve Stratejisi	Doğal dil yaklaşımı ile ilgili anlatım sunuşu Problemin ortaya konulması ve anahtar kelimelerde tanımlanması Sunuş yoluyla öğrenme Buluş yoluyla öğrenme Araştırma-inceleme yoluyla öğrenme Öz-düzenlemeli öğrenme
Ölçme-Değerlendirme	Tasarımların oluşmasının ardından tasarımlar, *Biyo-Bilgili Tasarım Etkinliği Değerlendirme Formu*'na göre değerlendirir. Öğrencilerin yöntem hakkındaki görüşlerinin alınması *Program Sonuç Anketi*'ne göre dersin değerlendirilmesi Ders sonrası bilgilerinin ne aşamada olduklarının test edilmesi için *Biyo-Bilgili Tasarım Bilgisi Değerlendirme Rubriği'*nin uygulanması
Yenilenmiş Bloom Taksonomisine Göre Hazırlanan Bilişsel Kazanımlar	Biyo-bilgili tasarımda Doğal Dil Yaklaşımını açıklayabilir. Biyo-bilgili tasarımda problemi anahtar kelimeler olarak ifade edebilir. Problemi tanımlayan anahtar kelimeleri sinonim/hiponim ve hipernim terimler olarak genişletebilir. Anahtar kelimeleri biyolojik kaynaklar içerisinde tarayabilir. Ulaştığı biyolojik bilgileri probleminin çözümüne göre eleyebilir. Ulaştığı bilgiler arasından ilişkili bilgiyi/ilkeyi seçebilir. Seçtiği biyolojik ilkeyi mimarlığa aktarabilir. Bütünsel ve eleştirel düşünebilir. Doğadan ve biyolojiden öğrenilebileceği bilgilerin değerli olduğunun farkına varır. Biyo-bilgili tasarımda Doğal Dil Yaklaşımı yöntemini kullanarak tasarım yapabilir.

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programının Uygulanma Süreci

Çizelge 2.5. Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı'na ilişkin Haftalık Ders Programı

Tarih	**Dersin Konu Başlıkları**	**Veri Toplama Aracı**
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarıma Giriş	Biyo-Bilgili Tasarım Bilgisi Değerlendirme Rubriği (Ön Test)
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarım Anlam ve Önemi	Poster/Sunum Değerlendirme Rubriği
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarım Anlam ve Önemi	Poster/Sunum Değerlendirme Rubriği
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarım Zihin Haritası Oluşturulması	Zihin Haritası Değerlendirme Rubriği
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarım Kavram Haritası Oluşturulması	Kavram Haritası Değerlendirme Rubriği
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarım Uygulama Etkinliği 1: Biyo-Bilgili Tasarım süreci: Problem Odaklı Tasarım	Problem-odaklı Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarım Uygulama Etkinliği 2: Biyo-Bilgili Tasarım süreci: Biyo-Bilgili kartlar ile Çözüm odaklı tasarım	Çözüm-odaklı Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği
Hafta Gün/Ay/Yıl	Mimarlık ve biyoloji alanları arasında bilgi aktarımına yardımcı olacak Konsept ve Bilgi Teorisine dayanan etkili öğretim teknikleri uygulaması	Konsept ve Bilgi Teorisi Tekniğine Yönelik Tutum Ölçeği
Hafta Gün/Ay/Yıl	**ARA SINAV**	
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarım Problemlerinin Belirlenmesi – Mimari Kabuk	Biyo-Bilgili Tasarım Bilgisi Değerlendirme Rubriği (Son test) Biyo-Bilgili Tasarım Etkinliği Değerlendirme Formu Program Sonuç Anketi
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarımda Doğal Dil Yaklaşımı	
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarımda Doğal Dil Yaklaşımı	
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarımda Doğal Dil Yaklaşımı	
Hafta Gün/Ay/Yıl	Biyo-Bilgili Tasarımda Doğal Dil Yaklaşımı	

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

MODÜLLER

BİÇİMSEL BÖLÜM

ZAMAN	MODÜL	SÜRE
Hafta	TANITIM	180 Dakika
AMAÇ		
Biyo-Bilgili Tasarım		
ÖĞRENME ÇIKTILARI	**KONU**	
YÖNTEM - TEKNİK		
Soru-cevap		
MATERYALLER		
DİKKAT EDİLECEK NOKTALAR / ÖNERİLER		

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

GİRİŞ BÖLÜMÜ

Dikkat Çekme	
Güdüleme	
Hedeften Haberdar Etme	
Derse Geçiş	

GELİŞME BÖLÜMÜ

SONUÇ BÖLÜMÜ

ÖLÇME-DEĞERLENDİRME BÖLÜMÜ

KAYNAKLAR BÖLÜMÜ

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

MODÜL

BİYO-BİLGİLİ TASARIMA GİRİŞ TANITIM

BİÇİMSEL BÖLÜM

ZAMAN	MODÜL	SÜRE
Hafta	TANITIM	180 Dakika
AMAÇ		
Biyo-Bilgili Tasarım		
Biyo-Bilgili Tasarıma giriş yapılması		
ÖĞRENME ÇIKTILARI	**KONU**	
Biyo-Bilgili Tasarım kavramını açıklar. İnsan-doğa ilişkisini yorumlar. Biyo-Bilgili Tasarım yaklaşımının neden önemli olduğunu bilir. Biyo-bilgili tasarımın ilişkili olduğu disiplinleri bilir.	Doğadan alınacak dersler Biyo-Bilgili Tasarım kavramı Kavramın ilişkili olduğu diğer alanlar Mimarlık-Biyoloji ilişkisi Sanatta biyo-bilgili tasarım: Biyosanat Mühendislikte biyo-bilgili tasarım	
YÖNTEM - TEKNİK		
Soru-cevap, sunum, tartışma, anlatım, beyin fırtınası		
MATERYALLER		
Biyo-Bilgili Tasarım kavramı içeren sunu dosyası “Doğayla Tasarlıyoruz!” uygulaması		
DİKKAT EDİLECEK NOKTALAR / ÖNERİLER		
Öğrencilere “Doğayla Tasarlıyoruz!” uygulaması kısaca anlatılmalı, istenenler açıkça ifade edilmelidir.		

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

GİRİŞ BÖLÜMÜ

Dikkat Çekme	Deniz kabukları ile sınıfa giriş yapılır. Öğrencilere deniz kabuklarının detaylı analizi hangi disiplinlerde yeni buluşlara yol açar? sorusu yöneltilir. Ders sonunda bu sorunun tekrar tartışılacağı söylenir.
Güdüleme	Biyo-Bilgili tasarım yaklaşımını öğrenmemiz mimar olarak fark yaratacaktır.
Hedeften Haberdar Etme	Derste biyo-bilgili tasarım, insan-doğa ilişkisi, doğanın önemi, biyo-bilgili tasarım ve ilişkili olduğu diğer alanlar üzerinde durulacaktır.
Derse Geçiş	"Doğayla Tasarlıyoruz!" etkinliği uygulanarak öğrencilerin doğayı referans alma durumlarının belirlenmesi

GELİŞME BÖLÜMÜ

Tanışma etkinliği gerçekleştirilir.
Öğrencilere dersi neden aldıkları sorulur.
Öğrencilere biyo-bilgili tasarım ön testi uygulanır.
Biyo-bilgili tasarım yaklaşımı neden önemlidir? sorusu üzerinde tartışılması
Doğadan alınacak dersler üzerine konuşulması-tartışılması
Geçmişten günümüze insan-doğa ilişkisi üzerine yaşanan değişimin anlatılması-tartışılması
Ödev dağılımının yapılması
Tüm öğrencilere biyo-bilgili tasarım ve ilişkili olduğu diğer kavramları, terminolojileri, örnekleri içeren kaynakların verilmesi ve bunu özetleyen poster sunuşunun istenmesi
Doğayla Tasarlıyoruz! uygulamasının yapılması
Uygulama sonrası öğrencilerin nasıl bir yol izlediklerini anlatması

SONUÇ BÖLÜMÜ

SON ÖZET

Ders sürecinin öğrenmenin gerçekleşmesinde çok önemli bir yeri bulunmaktadır. Bu bağlamda ders sürecinin planlı bir şekilde ilerlemesi öğrenmeyi etkili ve anlamlı kılacaktır. Buradan hareketle uygulanacak olan tüm dersler için planlama yapılmalıdır. Bu planda yer alan biçimsel bölüm, giriş, gelişme, sonuç ve değerlendirme bölümleri amacına uygun bir biçimde tasarlanmalıdır.

KAPANIŞ

Deniz kabuklarını incelediğinizde hangi disiplinlerle ilişkilendiriyorsunuz?
Bir sonraki derse biyo-bilgili tasarım yaklaşımı, ilişkili olduğu kavramları ve disiplinleri içeren kaynakların verilmesi ve poster hazırlanmasının istenmesi

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

ÖLÇME-DEĞERLENDİRME BÖLÜMÜ

Biyo-Bilgili Tasarım Bilgisi değerlendirme Rubriği'nin (ön testin) uygulanması

KAYNAKLAR BÖLÜMÜ

Gruber, P. (2011). *Biomimetics in architecture*. Springer Verlag Wien. (s.13-29)

Pohl, G., & Nachtigall, W. (2015). *Biomimetics for Architecture & Design: Nature-Analogies-Technology*. Springer. (s. 1-8)

Cohen, Y. H., & Reich, Y. (2016). *Biomimetic design method for innovation and sustainability* (pp. 1-253). Berlin, Germany: Springer. (s.3-17)

Knippers, J., Nickel, K. G., & Speck, T. (2016). *Biomimetic Research for Architecture and Building Construction*. Switzerland: Springer International Publishing. (s.24-36)

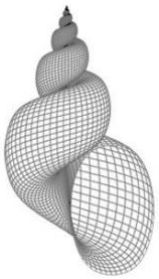
Selçuk, S. A., & Sorguç, A. G. (2007). Mimarlık Tasarımı Paradigmasında Biomimesis'in Etkisi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22(2).

ISO 18458. (2015). Biomimetics—Terminology, Concepts and Methodology.

Zari, M. P. (2007, November). *Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability*. In The SB07 NZ sustainable building conference (pp. 1-10).

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Doğayla Tasarlıyoruz!



Öğrencinin Adı-Soyadı ve Numarası:
Öğrencinin Değerlendirilmesi:

Tasarım Problemi **(Örneğin, ortam koşullarına adapte olabilen yapı kabuğu tasarımı için doğa referans alınabilir mi?)**

Tasarımınıza özelliğini aktardığınız organizmayı açıkla belirtin. Aşağıdaki bölümlere seçtiğiniz organizmadan yapmış olduğunuz çıkarımınızı ve tasarımınızı çizerek açıklayınız. (60 dk.)

Seçilen Organizma **Organizmanın özelliği nedir?**
Üretilen Tasarım

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

EGZERSİZ SORULARI

Verilen tasarım probleminin çözümünü doğada arayarak sizin için anlamlı bir biçimde çözünüz.

Tasarım için yararlandığınız biyolojik organizmaya nasıl ulaştınız? Keşfetme sürecinizi anlatınız.

Problemi çözdükten sonra yaptığınız hamleleri yazarak tasarım sürecinizi tarifleyiniz.

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

BİYO-BİLGİLİ TASARIM YAKLAŞIMI ANKETİ

Sevgili Öğrenciler,

Bu anket sizin "BİYO-BİLGİLİ TASARIM" yaklaşımı hakkındaki bilginizi ve bu yaklaşıma yönelik algınızı ölçmek amacıyla hazırlanmıştır. Lütfen, her bir soruya ilişkin yanıtlarınızı sorunun altında ayrılan boşluklara yazınız. Yanıtlarınız yalnızca bilimsel çalışmalarda kullanılacaktır. Verdiğiniz katkıdan dolayı teşekkür ederim.

Arş. Gör. Güneş Mutlu Avinç
Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi
Mimarlık Bölümü

KİŞİSEL BİLGİLER

Rumuz:

Eğitim Durumunuz: Yüksek Lisans ( ) Doktora ( )

Cinsiyetiniz: Kadın ( ) Erkek ( )

ANKET SORULARI

- Daha önce "Biyo-Bilgili Tasarım" kavramını duydunuz mu? Evet ( ) Kısmen ( ) Hayır ()

a) "Biyo-Bilgili Tasarım" kavramını ilk olarak nereden duydunuz?

.....

b) "Biyo-Bilgili Tasarım" ne demektir? Kısaca açıklayınız.

.....

.....

.....

2. Biyomimikri / Biyomimetik(s) / Biyomimesis / Biyonik kavramlarından herhangi birini duydunuz mu? Evet ( ) Kısmen ( ) Hayır ( )
3. Cevabınız evet ise kavramları kısaca açıklayınız.

.....

.....

.....

4. "Doğa Esinli Tasarım Yaklaşımı" kavramını duydunuz mu? Evet ( ) Kısmen ( ) Hayır ()

Cevabınız evet ise kısaca açıklayınız.

.....

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

.....

.....

5. Sizce yukarıda adları geçen tasarım yaklaşımlarının mimarlara sağlayabileceği katkılar nelerdir? Kısaca açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

6. Sizce "Biyo-Bilgili Tasarım" ve "Doğa Esinli Tasarım" kavramları arasında fark var mıdır? Kısaca açıklayınız.

.....

.....

.....

7. Sizce Biyo-Bilgili Tasarım yaklaşımı kullanılarak bir tasarıma başlandığında söz konusu "bilgiye" nasıl ulaşılabilir? Kısaca açıklayınız

.....

.....

.....

8. Daha önce doğal dil yaklaşımı kavramını duydunuz mu? Evet ( ) Kısmen ( ) Hayır ( )
"Doğal dil yaklaşımı" ne demektir? Kısaca açıklayınız

.....

.....

.....

9. Öğrenim gördüğünüz lisans ve lisansüstü programlardaki derslerin doğa esinli tasarım düşüncesini kazandırmaya yönelik olduğunu düşünüyor musunuz? Yanıtınızı nedenleriyle birlikte açıklayınız.

.....

.....

.....

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

10. Biyo-bilgili tasarım yaklaşımın mimarlık disiplininde hangi problemlerin çözümünde yol gösterici olabileceğini düşünüyorsunuz?

.....

.....

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

MODÜL

BİYO-BİLGİLİ TASARIM ANLAM VE ÖNEMİ

BİÇİMSEL BÖLÜM

ZAMAN	MODÜL	SÜRE
Hafta	2	180 Dakika

AMAÇ

Mimarlık-Biyoloji alanları arasındaki ilişkiyi saptayabilme
Biyo-bilgili tasarım yaklaşımını açıklayabilme
Biyo-bilgili tasarım içerisinde doğa ve tasarımcı ilişkisini/rollerini açıklayabilme
Doğanın ve doğadaki kaynakların sürdürülebilirliğini sağlayan tasarımların sahip olması gereken özelliklere göre değerlendirebilme
Biyo-bilgili tasarım ve ilişkili kavramları içeren poster/sunum hazırlayabilme

ÖĞRENME ÇIKTILARI	KONU
Mimarlık-biyoloji arasındaki ilişkiyi açıklar. Biyo-bilgili tasarım yaklaşımını açıklar. Biyo-bilgili tasarım ile ilişkili kavramları açıklar. Biyo-bilgili tasarım yaklaşımında disiplinlerarası ilişkileri açıklar. Biyo-bilgili kavramları ve örnekleri içeren poster hazırlar.	Mimarlık-Biyoloji alanları arasındaki ilişki Disiplinler arası yaklaşım Biyo-bilgili tasarım yaklaşımı Biyo-bilgili tasarım ve ilişkili kavramlar Biyo-bilgili tasarım yaklaşımında doğanın rolü

YÖNTEM - TEKNİK

Soru-cevap, anlatım, tartışma, beyin fırtınası, sunum

MATERYALLER

Biyo-Bilgili okumaları içeren sunu dosyaları

DİKKAT EDİLECEK NOKTALAR / ÖNERİLER

Öğrencilerden “poster ve sunum” ödevi için istenilenler açıkça ifade edilmelidir.

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

GİRİŞ BÖLÜMÜ

Dikkat Çekme	"Biyo-bilgili tasarımlar üretmek doğa ve insan için neden önemlidir?" sorusu sorulur. Ders sonunda tekrar tartışılacağı belirtilir.
Güdüleme	Ders içerisinde öğrenme isteğini ve motivasyonu arttıracak ifadeler ve sözler kullanılmalıdır.
Hedeften Haberdar Etme	Ders süresince biyo-bilgili tasarım, insan-doğa ilişkisi, doğanın önemi, biyo-bilgili tasarım ve ilişkili olduğu diğer alanlar üzerinde durulacaktır. (Derste işlenecek konu(lar) söylenir.)
Derse Geçiş	"Farklı disiplinlerde yaşanan biyolojik paradigma değişimleri" sunumu ile derse başlanır.

GELİŞME BÖLÜMÜ

Biyosanat ve disiplinlerarası ilişkiler
Art From Synthetic Biology | Howard Boland | TED Talks videosunun seyredilmesi
https://www.youtube.com/watch?v=fyd1ckBwjvQ
Design at the Intersection of Technology and Biology | Neri Oxman | TED Talks
https://www.youtube.com/watch?v=CVa_IZVzUoc
" Smelfies and other experiments in synthetic biology" | Ani Liu | TED Talks
https://www.ted.com/talks/ani_liu_smelfies_and_other_experiments_in_synthetic_biology#t-102936

Biyo-bilgili tasarım yaklaşımı ne ifade etmektedir? sorusu üzerinde tartışılması
Mimarlık-biyoloji ilişkisi üzerinde konuşulması
Biyo-bilgili tasarım ve ilişkili olduğu kavramlar üzerine tartışılması
Öğrenci sunumlarının dinlenmesi ve yorumlanması
Biyosanat üzerine konuşulması
Mühendislikte biyo-bilgili tasarım üzerine konuşulması

SONUÇ BÖLÜMÜ

SON ÖZET
Ders kapsamında ele alınan konular ilişkilendirilerek vurgulanmalı ve toparlanmalıdır.

KAPANIŞ
Bir sonraki ders kapsamında yapılacak uygulamalar için öğrencilerin hazır gelmesi gerektiği belirtilir.

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

ÖLÇME-DEĞERLENDİRME BÖLÜMÜ

Mimarların/mimar adaylarının hazırladıkları Poster/Sunum değerlendirme Rubriği'ne göre değerlendirilir.

KAYNAKLAR BÖLÜMÜ

Gruber, P. (2011). *Biomimetics in architecture*. Springer Verlag Wien. (s.13-29)

Pohl, G., & Nachtigall, W. (2015). *Biomimetics for Architecture & Design: Nature-Analogies-Technology*. Springer. (s. 1-8)

Cohen, Y. H., & Reich, Y. (2016). *Biomimetic design method for innovation and sustainability* (pp. 1-253). Berlin, Germany: Springer. (s.3-17)

Knippers, J., Nickel, K. G., & Speck, T. (2016). *Biomimetic Research for Architecture and Building Construction*. Switzerland: Springer International Publishing. (s.24-36)

Selçuk, S. A., & Sorguç, A. G. (2007). Mimarlık Tasarımı Paradigmasında Biomimesis'in Etkisi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22(2).

ISO 18458. (2015). Biomimetics—Terminology, Concepts and Methodology.

Zari, M. P. (2007, November). *Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability*. In The SB07 NZ sustainable building conference (pp. 1-10).

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Poster Değerlendirme Rubriği

Sevgili Öğrenciler,
Hazırladığınız poster aşağıda yer alan dereceli puanlama anahtarına (rubrik) göre değerlendirilecektir. Posterinizin tasarımını yaparken rubrik içerisinde yer alan değerlendirme ölçütlerini dikkate alınız.

Boyutlar	Geliştirilmeli **1**	Kısmen Yeterli **2**	Yeterli **3**	Başarılı **4**	Puan
Başlık	Başlık ve içerik uyumsuz. Başlık uygun font ve büyüklükte değil.	Başlık ve içerik uyumsuz. Başlık uygun font ve büyüklükte.	Başlık içeriği tam olarak yansıtmakta. Başlık uygun font ve büyüklükte değil.	Başlık içeriği tam olarak yansıtmakta. Başlık uygun font ve büyüklükte	
İçerik	Konu açıkça tanımlanmamış. İçerik kaynaktan olduğu gibi alınmış.	Konu açıkça tanımlanmamış. İçerik kaynaktan olduğu gibi alınmamış.	Konu açıkça tanımlanmış. İçerik kaynaktan olduğu gibi alınmış.	Konu açıkça tanımlanmış. İçerik farklı kaynaklarla zenginleştirilmiş.	
Dilin Uygunluğu	Akademik üsluba uygun ve anlaşılabilir ifadeler kullanılmamıştır. Yazım hatası oldukça fazla.	Akademik üsluba uygun ve anlaşılabilir ifadeler kullanılmamıştır. Yazım hatası neredeyse yok.	Akademik üsluba uygun ve anlaşılabilir ifadeler kullanılmıştır. Yazım hatası neredeyse yok.	Akademik üsluba uygun ve anlaşılabilir ifadeler kullanılmıştır. Türkçe yazım hatası yok.	
Görsellik	Konu ile alakalı kullanılan görsel sayısı yeterli değil. Görseller uygun şekilde yerleştirilmemiş.	Konu ile alakalı kullanılan görsel sayısı yeterli değil. Görseller uygun şekilde yerleştirilmiş.	Konu ile alakalı kullanılan görsel sayısı yeterli. Görsellerin Görseller uygun şekilde yerleştirilmemiş.	Konu ile alakalı kullanılan görsel sayısı yeterli. Görseller en uygun şekilde yerleştirilmiş.	
Kaynakça	Tasarımda yalnızca tek kaynak kullanılmış.	2 kaynak kullanılmış.	3 kaynak kullanılmış.	4 kaynak kullanılmış.	
				Toplam Puan	

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

MODÜL

BİYO-BİLGİLİ TASARIM KAVRAM VE ZİHİN HARİTALARININ OLUŞTURULMASI

BİÇİMSEL BÖLÜM

ZAMAN	MODÜL	SÜRE
4-5.Hafta	3	180 Dakika

AMAÇ

Biyo-bilgili tasarım ve ilişkili diğer kavramlar ile ilgili görsellerin ve düşüncelerin yer aldığı zihin haritalarının tasarlanması
Biyo-bilgili tasarım ve ilişkili diğer kavramları gösteren kavram haritasının oluşturulması

ÖĞRENME ÇIKTILARI	KONU
Biyo-bilgili zihin haritası oluşturmayı bilir. Biyo-bilgili kavram haritası oluşturmayı bilir. Coggle, Voyant tools vb. Web 2.0 araçlarını kullanır. Biyo-bilgili tasarım yaklaşımını içeren metinleri içerik analizi ile inceler. Biyo-bilgili kavramları sınıflandırır.	Zihin Haritası hazırlama Kavram Haritası hazırlama Coggle aracı ile zihin ve kavram haritası oluşturularak verilerin analiz edilmesi https://coggle.it/ https://voyant-tools.org/ aracı ile içerik analizi

YÖNTEM - TEKNİK

Kavram haritası, zihin haritası, sunum, tartışma, soru-cevap, beyin fırtınası

MATERYALLER

https://voyant-tools.org/
https://coggle.it/
https://www.ayoa.com/mind-mapping/software/
https://www.xmind.net/
https://www.draw.io/
https://www.popplet.com/

DİKKAT EDİLECEK NOKTALAR / ÖNERİLER

Öğrencilere zihin haritası tekniği hakkında bilgilerin yer aldığı bir sunum yapılarak teknik tanıtılmalıdır.
Araçlar hakkında gereken ön bilgiler öğrencilere anlatılır. Metinlerinin nasıl analiz edileceği üzerinde durulur.

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

GİRİŞ BÖLÜMÜ

Dikkat Çekme	"Kavram ve Zihin haritalarının oluşturulması biyo-bilgili tasarım yaklaşımını anlama noktasında yardımcı olur mu?" sorusu sorulur. Ders sonunda tekrar tartışılacağı belirtilir.
Güdüleme	Ders içerisinde öğrenme isteğini ve motivasyonu arttıracak ifadeler ve sözler kullanılmalıdır.
Hedeften Haberdar Etme	Ders sürecinde zihin ve kavram haritaları oluşturulacağı, veri analizi programı kullanılacağı konusunda bilgi verilmelidir. (Derste işlenecek konu(lar) söylenir.)
Derse Geçiş	Zihin haritası ve kavram haritası sunumu ile derse başlanır.

GELİŞME BÖLÜMÜ

Örnek Biyo-bilgili tasarım yaklaşımı zihin ve kavram haritalarının incelenmesi
Ders kapsamında yapılan okumalar ve araştırmalar üzerine tartışılması ve beyin fırtınası yapılması
Metinlerin içerik analizi
Zihin ve kavram haritalarının oluşturulması
Hazırlanan haritaların sunulması ve tartışılması

SONUÇ BÖLÜMÜ

SON ÖZET
Ders kapsamında ele alınan konuların birbiri ile olan ilişkisi öne çıkarılmalıdır.
KAPANIŞ
Öğrencilerin bir sonraki derse hazır gelmesi istenir.

ÖLÇME-DEĞERLENDİRME BÖLÜMÜ

Biyo-bilgili tasarım ve ilişkili diğer kavramlara göre hazırlanmış olan zihin haritaları "*Zihin Haritası Değerlendirme Rubriği"* ile değerlendirilir.
Biyo-bilgili tasarım ve ilişkili diğer kavramlara göre hazırlanmış olan kavram haritaları *Kavram Haritası Değerlendirme Rubriği*'ne göre değerlendirilir.
Biyo-Bilgili Tasarım Dersinde Kullanılan Kavram Haritası Tekniğine Yönelik Tutum Ölçeği
Biyo-Bilgili Tasarım Dersinde Kullanılan Zihin Haritası Tekniğine Yönelik Tutum Ölçeği

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

KAYNAKLAR BÖLÜMÜ

https://www.mindmanager.com/static/mm/docs/TRK-what-is-mindmapping.pdf
Kaşlı, A. F., Aytaç, V., & ERDUR, G. (2001). Kavram Haritalama. *Ege Eğitim Dergisi, 1*(1).
https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/57161
Kavram Haritası anlatım videosu: https://www.youtube.com/watch?v=itGGNvBVcfM
Zihin Haritası anlatım videosu: https://www.youtube.com/watch?v=YkFHtqlwqnw
Coggle Nedir? Nasıl Kullanılır? https://www.youtube.com/watch?v=QaE-lxpnZBc
Popplet Zihin Haritası Nasıl Kullanılır?
https://www.youtube.com/watch?v=XY91PFGMc6I

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Zihin Haritası Değerlendirme Rubriği

Sevgili Öğrenciler,
Hazırladığınız zihin haritası aşağıda yer alan dereceli puanlama anahtarına (rubrik) göre değerlendirilecektir. Harita tasarımını yaparken rubrik içerisinde yer alan değerlendirme ölçütlerini dikkate alınız.

Boyutlar	Geliştirilmeli **1**	Kısmen Yeterli **2**	Yeterli **3**	Başarılı **4**	Puan
İçerik Kapsamı	İçerik bilgisi yok.	İçerik bilgisi kısmen var.	İçerik bilgisinin büyük çoğunluğu var.	İçerik bilgisinin tamamı var.	
İçerik Bilgisi Doğruluğu	İçerikte yer alan bilgiler doğru değil.	İçerikte yer alan bilgiler kısmen doğru.	İçerikte yer alan bilgilerin büyük çoğunluğu doğru.	İçerikte yer alan bilgilerin hepsi doğru.	
İçerik Bilgisi Organizasyonu	Bilginin aşamalı durumu dallanma ile gösterilmemekte ve ayrıntılı değil. Anahtar kelimeler Arasında yer alan bağlantılarda sözcük kullanılmamış.	Bilginin aşamalı durumu dallanma ile gösterilmekte ve kısmen ayrıntı içermekte. Anahtar kelimeler Arasında yer alan bağlantılarda az sayıda sözcük kullanılmış.	Bilginin aşamalı durumu dallanma ile büyük oranda gösterilmekte ve genel olarak ayrıntı içermekte. Anahtar kelimeler Arasın yer alan bağlantılarda çoğunlukla sözcük kullanılmış.	Bilginin aşamalı durumu dallanma ile gösterilmekte ve ayrıntı içermekte. Anahtar kelimeler Arasında yer alan tüm bağlantılarda sözcük kullanılmış.	
İçerik Bilgisi Görselleştirilmesi	Görsel ya da imgelere yer verilmemiş. Yazılar okunmuyor. Dallarda renk kullanılmamış.	Görsel ya da imgelere çok az yer verilmemiş. Yazılar kısmen okunuyor. Dallarda renk kullanılmamış.	Görsel ya da imgelere yer verilmiş fakat yeterli değil. Yazılar büyük oranda okunuyor. Dalların birçoğunda renk kullanılmış.	Görsel ya da imgelere yeterince yer verilmiş. Yazıların hepsi okunuyor. Dalların hepsinde renk kullanılmış.	
Özgün olma durumu	Zihin haritası özgün değil.	Zihin haritası kısmen özgün.	Zihin haritası büyük oranda özgün.	Zihin haritası tamamen özgün.	
				Toplam Puan	

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Biyo-Bilgili Tasarım Dersinde Kullanılan "Zihin Haritası Tekniğine Yönelik Tutum Ölçeği"

Adı Soyadı: . . . . . .

TUTUM CÜMLELERİ	**Kesinlikle Katılmıyorum**	**Katılmıyorum**	**Kararsızım**	**Katılıyorum**	**Kesinlikle Katılıyorum**
1. Zihin Haritası sayesinde konuyu bütün olarak görürüm.					
2. Zihin Haritası sayesinde konuyla ilgili temel kavramları anlarım.					
3. Zihin Haritası tekniğini diğer derslerde de kullanmak isterim.					
4. Zihin Haritası düşünce sistemimi geliştirir.					
5. Zihin Haritası kavramlar arası ilişkiler kurmamı kolaylaştırır.					
6. Zihin Haritası sayesinde, çalışma zamanımı daha verimli kullanırım.					
7. Zihin Haritalama tekniğini diğer derslerde de kullanmak isterim.					
8. Zihin Haritası, derslere karşı ilgimi arttırır.					
9. Zihin Haritası sayesinde, dersteki bir konu ile ilgili eksik olduğum yerleri görürüm.					
10. Zihin Haritasının kullanımı konunun düzenli ve anlaşılır olmasını sağlar.					
11. Zihin haritası kalıcı öğrenmemi sağlar.					
12. Bir konunun görselleştirilerek anlatılması öğrenmemi kolaylaştırır.					
13. Zihin Haritası beni bireysel olarak düşünmeye yönlendirir.					
14. Zihin Haritası konu ile ilgili bilgilerimi başkalarıyla paylaşmam konusunda faydalıdır.					
15. Zihin Haritası, bilgileri hatırlamamda etkili bir araç değildir.					
16. Derste kullanılan Zihin Haritası ilgimi çekmez.					
17. Zihin Haritası oluşturmak gereksizdir.					
18. Zihin Haritası oluştururken zorlanırım.					
19. Zihin Haritası anahtar kavramları öğrenmemde bana yardım eder.					
20. Zihin Haritası oluşturmak çok zamanımı alır.					
21. Zihin Haritasını derslerde kullanmak istemem.					
22. Zihin Haritası derslerde kullanılmamalıdır.					
23. Zihin Haritası tekniği biyo-bilgili tasarım dersi için etkili bir öğrenme aracı değildir.					

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Kavram Haritası Değerlendirme Rubriği

Sevgili Öğrenciler,
Hazırladığınız zihin haritası aşağıda yer alan dereceli puanlama anahtarına (rubrik) göre değerlendirilecektir. Harita tasarımını yaparken rubrik içerisinde yer alan değerlendirme ölçütlerini dikkate alınız.

Boyutlar	Geliştirilmeli **1**	Kısmen Yeterli **2**	Yeterli **3**	Başarılı **4**	Puan
Ana Kavramlar	Konu ile ilgili ana kavramlara yer verilmemiştir.	Konu ile ilgili ana kavramlara kısmen yer verilmiştir.	Konu ile ilgili ana kavramlara büyük oranda yer verilmiştir.	Konu ile ilgili tüm ana kavramlara yer verilmiştir.	
Kavram sayısı	Konu ile ilgili kullanılan kavram sayısı yetersizdir.	Konu ile ilgili kullanılan kavram sayısı kısmen yeterlidir.	Konu ile ilgili kullanılan kavram sayısı büyük oranda yeterlidir.	Konu ile ilgili kullanılan kavram sayısı yeterlidir.	
Bağlantı	Kavramlar arasındaki bağlantılar anlamlı değildir.	Kavramlar arasındaki bağlantılar kısmen anlamlıdır.	Kavramlar arasındaki bağlantılar büyük oranda anlamlıdır.	Kavramlar arasındaki bağlantıların hepsi anlamlıdır.	
Hiyerarşi	Kavramlar genelden özele doğru, hiyerarşik olarak sıralanmamıştır.	Çok az kavram genelden özele doğru, hiyerarşik olarak sıralanmıştır.	Kavramların büyük çoğunluğu, genelden özele doğru, hiyerarşik olarak sıralanmıştır.	Kavramların hepsi genelden özele doğru, hiyerarşik olarak sıralanmıştır.	
Çapraz bağlantı	Hiyerarşik düzenler arasında yer alan çapraz bağlantılar doğru kurulmamıştır.	Hiyerarşik düzenler arasında yer alan çapraz bağlantılar kısmen doğru kurulmuştur.	Hiyerarşik düzenler arasında yer alan çapraz bağlantıların büyük bir kısmı doğru kurulmuştur.	Hiyerarşik düzenler arasında yer alan çapraz bağlantıların hepsi doğru kurulmuştur.	
Örnekler	Kavramların altına yazılan tüm örnekler yanlıştır.	Kavramların altına yazılan örneklerin bir kısmı doğrudur.	Kavramların altına yazılan örneklerin büyük bir kısmı doğrudur.	Kavramların altına yazılan tüm örnekler doğrudur.	
				Toplam Puan	

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Biyo-Bilgili Tasarım Dersinde Kullanılan "Kavram Haritası Tekniğine Yönelik Tutum Ölçeği"

Adı Soyadı: . . . . . .

TUTUM CÜMLELERİ	**Kesinlikle Katılmıyorum**	**Katılmıyorum**	**Kararsızım**	**Katılıyorum**	**Kesinlikle Katılıyorum**
1. Kavram Haritası sayesinde konuyu bütün olarak görürüm.					
2. Kavram Haritası sayesinde konuyla ilgili temel kavramları anlarım.					
3. Kavram Haritası tekniğini diğer derslerde de kullanmak					
4. Kavram Haritası düşünce sistemimi geliştirir.					
5. Kavram Haritası kavramlar arası ilişkiler kurmamı					
6. Kavram Haritası sayesinde, çalışma zamanımı daha verimli kullanırım.					
7. Kavram Haritalama tekniğini diğer derslerde de kullanmak isterim.					
8. Kavram Haritası, derslere karşı ilgimi arttırır.					
9. Kavram Haritası sayesinde, dersteki bir konu ile ilgili eksik olduğum yerleri görürüm.					
10. Kavram Haritasının kullanımı konunun düzenli ve anlaşılır olmasını sağlar.					
11. Kavram haritası kalıcı öğrenmemi sağlar.					
12. Bir konunun kavramsallaştırılarak anlatılması öğrenmemi kolaylaştırır.					
13. Kavram Haritası beni bireysel olarak düşünmeye					
14. Kavram Haritası konu ile ilgili bilgilerimi başkalarıyla paylaşmam konusunda faydalıdır.					
15. Kavram Haritası, bilgileri hatırlamamda etkili bir araç değildir.					
16. Derste kullanılan Kavram Haritası ilgimi çekmez.					
17. Kavram Haritası oluşturmak gereksizdir.					
18. Kavram Haritası oluştururken zorlanırım.					
19. Kavram Haritası anahtar kavramları öğrenmemde bana yardım					
20. Kavram Haritası oluşturmak çok zamanımı alır.					
21. Kavram Haritasını derslerde kullanmak istemem.					
22. Kavram Haritası derslerde kullanılmamalıdır.					
23. Kavram Haritası tekniği biyo-bilgili tasarım dersi için etkili bir öğrenme aracı değildir.					

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

MODÜL

BİYO-BİLGİLİ TASARIM UYGULAMA ETKİNLİĞİ 1: Biyo-Bilgili Tasarım süreci: Problem Odaklı Tasarım (*Problem-Driven Design*)

BİÇİMSEL BÖLÜM

ZAMAN	MODÜL	SÜRE
6.Hafta	4	180 Dakika

AMAÇ

Biyomimikri düşünce yaklaşımlarından problem odaklı yaklaşımın öğrenilmesi
Problem odaklı yaklaşım ile çözüm arayışı

ÖĞRENME ÇIKTILARI	KONU
Problem odaklı biyo-bilgili düşünce yapısını bilir. Biyo-bilgili tasarımda problem odaklı yaklaşımı kullanır. Problem odaklı süreç adımlarını tanımlar. Bir tasarım problemi tanımlar. Problemin çözümü için doğal referansları araştırır. Bir süreçteki adımları yeniden gözden geçirerek geri dönüşler yapabilir ve süreci revize edebilir. Bir problem ve çözüm alanı arasındaki ilişki kurabilir. Problemi çözümü için öneriler geliştirebilir. Problemleri çözen kavramları ve çözümleri değerlendirebilir.	Literatürde yer alan örnek biyo-bilgili tasarımların süreçlerinin analizinin yapılması Problem-odaklı tasarım adımlarının anlaşılması Belirlenen probleme, problem-odaklı tasarım süreci ile çözüm üretilmesi “Ortam koşullarına adapte olabilen yapı kabuğu tasarımı için doğa referans alınabilir mi?” sorusu ile probleme çözüm arayışlarının gerçekleştirilmesi

YÖNTEM - TEKNİK

Sunum, beyin fırtınası, tartışma, soru-cevap, problem odaklı öğrenme, problem odaklı düşünme, Biyomimikri ile düşünme (*Biyomimicry Thinking*)

MATERYALLER

Biyomimikri problem-odaklı tasarım lensi (Biyolojiyi sorgulamak)

DİKKAT EDİLECEK NOKTALAR / ÖNERİLER

Problem odaklı tasarım süreci, biyolojiye bakan tasarım konusunda öğrencilere sunum yapılır. Literatürde bu yöntem ile tasarlanan projelerin analiz edileceği hatırlatılır.

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

GİRİŞ BÖLÜMÜ

Dikkat Çekme	"Biyo-bilgili tasarımda problem odaklı yaklaşım ne ifade etmektedir?" sorusu sorulur. Ders sonunda tekrar tartışılacağı belirtilir.
Güdüleme	Ders içerisinde öğrenme isteğini ve motivasyonu arttıracak ifadeler ve sözler kullanılmalıdır.
Hedeften Haberdar Etme	Ders sürecinde problem odaklı tasarım yapılacağı konusunda bilgi verilmelidir.
Derse Geçiş	Problem odaklı yaklaşım sunumu ile derse başlanır.

GELİŞME BÖLÜMÜ

Biyo-bilgili tasarımda problem odaklı yaklaşım kullanılarak tasarlanan örnek projelerin incelenmesi
Öğrencilere verilen problem ile problem odaklı süreç kullanılarak çözüm arayışları
Çözümlerin sunulması, yorumlanması, tartışılması ve beyin fırtınası

SONUÇ BÖLÜMÜ

SON ÖZET
Ders kapsamında ele alınan konuların birbiri ile olan ilişkisi öne çıkarılmalıdır.
KAPANIŞ
Öğrencilerin bir sonraki derse hazır gelmesi istenir.

ÖLÇME-DEĞERLENDİRME BÖLÜMÜ

Öğrenci çalışmalarının *Problem-odaklı Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği'*ne göre değerlendirilmesi
Öğrencilerin kendilerini *Problem-odaklı Tasarım Süreci Öz Değerlendirme Formu*'na göre değerlendirilmesi

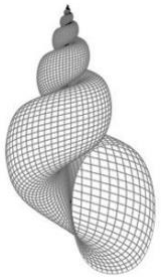
KAYNAKLAR BÖLÜMÜ

https://static1.squarespace.com/static/59d81f72b7411cdef9af3e92/t/59e9112264b05f84daceb154/1508446503474/Biomimicry38_DesignLens_g1.1.pdf
https://biomimicry.net/the-buzz/resources/biomimicry-designlens/
http://circulardesigneurope.eu/oer/biomimicry-designlens/

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Problem Odaklı Tasarım Süreci Uygulama Föyü

Doğayla Tasarlıyoruz!



Öğrencinin Adı-Soyadı ve Numarası:
Öğrencinin Değerlendirilmesi:

Tasarım Problemi: **Mimari strüktür tasarımı için doğa referans alınabilir mi?**

Tasarımınıza özelliğini aktardığınız organizmayı açıkla belirtin. Aşağıdaki bölümlere seçtiğiniz organizmadan yapmış olduğunuz çıkarımınızı ve tasarımınızı çizerek açıklayınız. (60 dk.)

Seçilen Organizmayı ve organizmanın özelliğini yazınız?
Biyolojik organizma/sistem görselleri ve aktarılan ilke/bilgi
Üretilen Tasarım

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Problem Odaklı Tasarım Süreci Egzersiz Soruları

PROBLEMİ BELİRLE

Verilen tasarım problemi kapsamında yeni bir alt/ilişkili problem tanımladınız mı?
Nasıl bir Mimari strüktür problemi tanımladınız?
Hafif ve dayanıklı bir strüktür elde etmek için doğa referans alınabilir mi?
Adaptif cephe strüktürü için doğa referans alınabilir mi?
Genişleyerek üst örtü sistemine dönüşen hafif ve portatif strüktür için doğa referans alınabilir mi?
Esnek strüktür tasarımı için doğa referans alınabilir mi?
Modüler strüktür tasarımı için doğa referans alınabilir mi?

BİYOLOJİK SİSTEM ARAŞTIRMASI

Tanımlamış olduğunuz probleminiz ve doğa ilişkisini nasıl kurdunuz? Biyolojik bilgi arayışına nasıl başladınız? Hangi soruları sordunuz?

BİYOLOJİK BİLGİNİN/İLKENİN ARAŞTIRILMASI VE BELİRLENMESİ (BİYOLOJİK SİSTEM ANALİZİ)

Seçtiğiniz biyolojik sisteme/organizmaya nasıl ulaştınız? Neden bu organizmayı/sistemi seçtiniz? Neden seçtiniz?

BİYOLOJİK BİLGİ/İLKE AKTARIMI

Problem ve seçtiğiniz sistem arasında nasıl bir ilişki kurdunuz? Sistemin hangi ilkesini mimari strüktüre aktardınız? Neden? Mimari strüktür nasıl olursa probleminize çözüm üretilmiş olur? Hangi özelliklerin karşılanması gerekir? Mimari strüktüre aktarılacak temel dersler/ilkeler neler?

PROBLEMİN ÇÖZÜMÜ

Taklit etmeyi amaçladığınız bilgiyi nasıl aktardınız?

DEĞERLENDİRME VE GERİ BESLEME

Tasarımınızı değerlendirin. Sürecinizin diğer basamaklarına geri dönüşler olabilir mi?

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Problem Odaklı Tasarım Öz Değerlendirme Formu

Etkinlik:
Öğrenci:
Tarih:

Problem-odaklı biyo-bilgili tasarım etkinliğini yaparken ne öğrendiniz?

Çözüm için incelediğiniz canlıya nasıl ulaştınız?

Uygulama yaparken neyi iyi yaptığınızı düşünüyorsunuz. Nedenini açıklayınız.

Problem-odaklı biyo-bilgili tasarım yaparken hangi konuda ve aşamada zorlandığınızı belirtiniz ve nedenini açıklayınız?

Problem-odaklı biyo-bilgili tasarım etkinliği size ne kazandırdı? Bakış açınızda ne gibi değişikliklere neden oldu? Açıklayınız.

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Problem Odaklı Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği

Sevgili Öğrenciler,
Problem odaklı tasarım süreci ile ortaya koymuş olduğunuz çözüm aşağıda yer alan rubrik ile değerlendirilecektir.

	Geliştirilmeli **1**	Kısmen Yeterli **2**	Yeterli **3**	Başarılı **4**	Puan
Problemin Belirlenmesi	Problemini tam olarak belirleyememiştir.	Problemini belirlemiştir.	Problemini belirlemiş fakat tam olarak tanımlayamamıştır.	Problemini tüm yönleri ile belirlemiş ve tanımlamıştır.	
Probleme ilişkini çözüm ortaya koyma	Probleme ilişkin çözüm yolunu açık bir şekilde ortaya koyamamıştır.	Probleme ilişkin çözüm yollarını sınırlı düzeyde ortaya koymuştur.	Probleme ilişkin çözüm yollarını ortaya koymuştur.	Probleme ilişkin çözüm yollarını net olarak ortaya koymuştur.	
Biyolojik Çözüm	Tanımsız Eksik	Biyolojik canlı ile problem ilgili değil	Biyolojik canlı ile problem orta düzeyde ilgili	Biyolojik canlı ile problem yüksek düzeyde ilgili	
Biyoloji Bilgisi	Tanımsız Eksik	Biyolojik bilgi yeterince keşfedilememiştir	Biyolojik bilgi orta düzeyde keşfedilmiş	Biyolojik bilgi kapsamlı bir şekilde keşfedilmiştir	
Biyolojik ilkenin belirlenmesi	Tanımsız Eksik	Biyolojik ilke yeterince doğru tanımlanmamıştır.	Biyolojik ilke orta düzeyde doğru tanımlanmıştır.	Biyolojik ilke kapsamlı bir şekilde tanımlanmamıştır.	
Tasarım sürecinin tanımlanması	Tanımsız Eksik	Süreç net olarak açıklanmamış	Süreç orta düzeyde açıklanmış	Süreç tüm detayları ile açıklanmış	
Çizimler	Eksik Çizim yok	Bilgiler eskize aktarılmıştır.	Bazı ham fikir taslakları verilmiştir.	Ham fikirlerin eskizleri yapılmıştır.	
Mevcut çözüm	Tanımsız Eksik	Geliştirilen çözüm net değil	Geliştirilen çözüm orta düzeyde başarılı	Geliştirilen çözüm yüksek düzeyde başarılı	
				Toplam Puan	

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

MODÜL

BİYO-BİLGİLİ TASARIM UYGULAMA ETKİNLİĞİ 2: BİYO-BİLGİLİ TASARIM SÜRECİ: BİYO-BİLGİLİ KARTLAR İLE ÇÖZÜM ODAKLI TASARIM

BİÇİMSEL BÖLÜM

<table>
<tr><th>ZAMAN</th><th>MODÜL</th><th>SÜRE</th></tr>
<tr><td>7.Hafta</td><td>5</td><td>180 Dakika</td></tr>
<tr><td colspan="3">AMAÇ</td></tr>
<tr><td colspan="3">Biyoloji ve mimarlık arasında bilgi aktarımı için eğitim kaynakları geliştirme ve test etme
Öğrencilerin biyo-bilgili tasarımı mümkün kılan (biyolojiye bakan tasarım) mimari tasarım problemlerinin özelliklerini belirlemelerine yardımcı olma
Biyolojiden öğrenen tasarım için bilgi haritalama ve aktarım sürecini (biyolojiden mimari tasarıma aktarımı) kolaylaştırmak</td></tr>
<tr><td colspan="2">ÖĞRENME ÇIKTILARI</td><td>KONU</td></tr>
<tr><td colspan="2">Çözüm odaklı biyo-bilgili düşünce yapısını bilir.
Biyoloji ve mimarlık arasında bilgi aktarımı yapabilir.
Biyolojik bir bilgi kaynağını araştırabilir ve öğrenilen bilgiyi yeni kavramlar üreterek uygulayabilir.
Çözüm odaklı düşünmeyi öğrenir.
Bir süreçteki adımları yeniden gözden geçirerek geri dönüşler yapabilir ve süreci revize edebilir.
Farklı bir alandaki bilgi ve verileri kendi alanına aktarabilir.</td><td>Biyo-bilgili yaklaşımda çözüm odaklı tasarım sürecinin sunuşu
Biyo-Bilgili kartlar ile Çözüm odaklı tasarım uygulamasının gerçekleştirilmesi
Öğrencilere biyolojik bilgiler içeren kartların dağıtılması
Öğrencilerin seçtikleri kartlardaki biyolojik organizmadan yola çıkarak bir tasarım ürünü ortaya koyması</td></tr>
<tr><td colspan="3">YÖNTEM – TEKNİK</td></tr>
<tr><td colspan="3">Sunum, beyin fırtınası, tartışma, soru-cevap, çözüm odaklı öğrenme, çözüm odaklı düşünme, Biyomimikri ile düşünme (Biyomimicry Thinking)</td></tr>
<tr><td colspan="3">MATERYALLER</td></tr>
<tr><td colspan="3">Biyomimikri problem-odaklı tasarım lensi (Biyolojiyi sorgulamak)</td></tr>
<tr><td colspan="3">DİKKAT EDİLECEK NOKTALAR / ÖNERİLER</td></tr>
<tr><td colspan="3">Problem odaklı tasarım süreci, biyolojiye bakan tasarım konusunda öğrencilere sunum yapılır. Literatürde bu yöntem ile tasarlanan projelerin analiz edileceği hatırlatılır.</td></tr>
</table>

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

GİRİŞ BÖLÜMÜ

Dikkat Çekme	"Biyo-bilgili tasarımda çözüm odaklı yaklaşım ne ifade etmektedir?" sorusu sorulur. Ders sonunda tekrar tartışılacağı belirtilir.
Güdüleme	Ders içerisinde öğrenme isteğini ve motivasyonu arttıracak ifadeler ve sözler kullanılmalıdır.
Hedeften Haberdar Etme	Ders sürecinde çözüm odaklı tasarım yapılacağı konusunda bilgi verilmelidir.
Derse Geçiş	Çözüm odaklı yaklaşım sunumu ile derse başlanır.

GELİŞME BÖLÜMÜ

Biyo-bilgili tasarımda çözüm odaklı yaklaşım kullanılarak tasarlanan örnek projelerin incelenmesi
Öğrencilere verilen biyoloji kartları ile mimari tasarıma çözüm arayışları
Çözümlerin sunulması, yorumlanması, tartışılması ve beyin fırtınası

SONUÇ BÖLÜMÜ

SON ÖZET
Ders kapsamında ele alınan konuların birbiri ile olan ilişkisi öne çıkarılmalıdır.
KAPANIŞ
Öğrencilerin bir sonraki derse hazır gelmesi istenir.

ÖLÇME-DEĞERLENDİRME BÖLÜMÜ

Öğrenci çalışmalarının *Problem-odaklı Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği'*ne göre değerlendirilmesi
Öğrencilerin kendilerini *Problem-odaklı Tasarım Süreci Öz Değerlendirme* Formu'na göre değerlendirilmesi

KAYNAKLAR BÖLÜMÜ

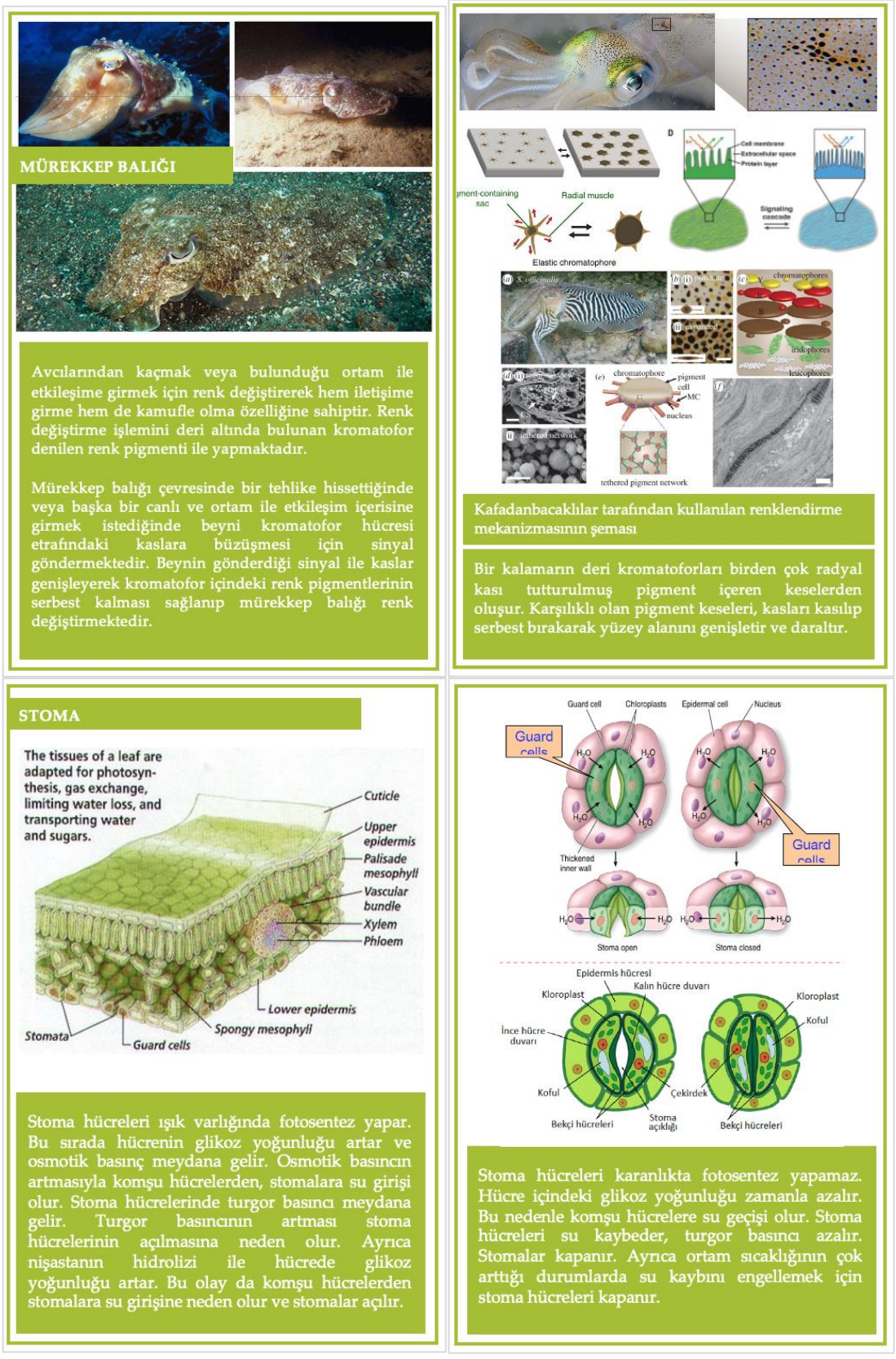
https://static1.squarespace.com/static/59d81f72b7411cdef9af3e92/t/59e9112264b05f84daceb154/1508446503474/Biomimicry38_DesignLens_g1.1.pdf
https://biomimicry.net/the-buzz/resources/biomimicry-designlens/
http://circulardesigneurope.eu/oer/biomimicry-designlens/

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı



Şekil 1. Çözüm odaklı tasarım için örnek biyoloji kartı

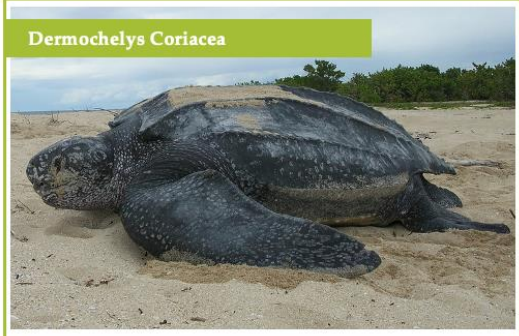
EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı



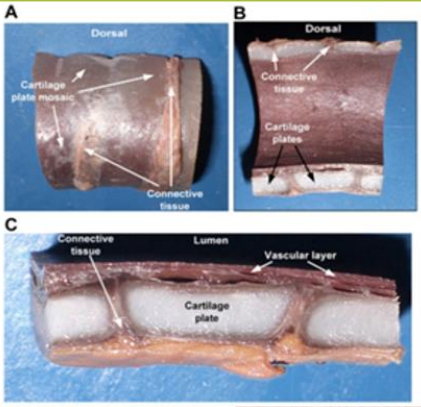
Şekil 1. (devam) Çözüm odaklı tasarım için örnek biyoloji kartı

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

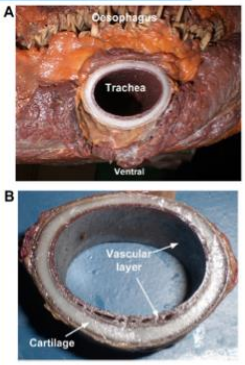
Dermochelys Coriacea



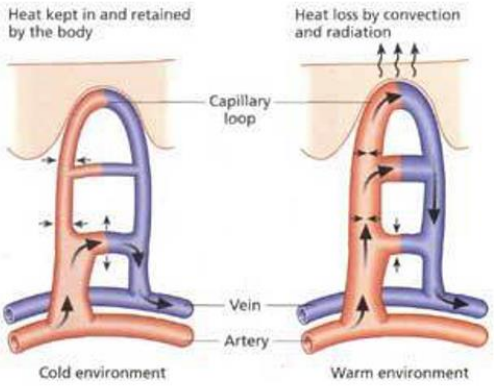
Deri sırtlı yetişkin deniz kaplumbağalarının soluk borusundaki damar astarı, ters akım değişimi yoluyla soğuk suda yiyecek ararken vücut ısısını korumalarına yardımcı olur. Vasküler katman içerisindeki damarlar havayı ısıtmayı sağlarken 'cartilage plate' ise yalıtım görevi görüp, aralarına konumlanan bağlayıcı dokular iç-dış bağlantısını sağlar. Tasarımda kan akışını temsilen sabah dış yüzeyde toplanacak şekilde sıvı (su) kullanılacak ısınan sıvı akşamları iç tarafa kanallar yoluyla aktarılacaktır. Ayrıca kıkırdak dokuyu temsilen orta kısımda strüktürel yapı oluşacak ve bu dokulara arasında bırakılan boşluklar ile (bağlantı dokusu gibi) sıvı transferi gerçekleşebilecektir. İç kısımdaki malzeme sıvı olmadığında büzülebilir içerisinden sıvı geçtiğinde kanalları açılarak genişlemeye sebep olabilir.



Boyun bölgesindeki erişkin trakeanın kaba yapısı. (A) Bağ dokusu çıkarılmış dış yüzey. Trakeanın bu bölgesinde tam trakeal halkalar yoktur, ancak dar bağ dokusu segmentlerine (fibröz eklemler) sahip bir kıkırdak plakaları mozaiği vardır. (B) Vasküler doku ile kaplı trakeanın lümen yüzeyi. (C) Trakeanın bir kısmının uzunlamasına kesiti.

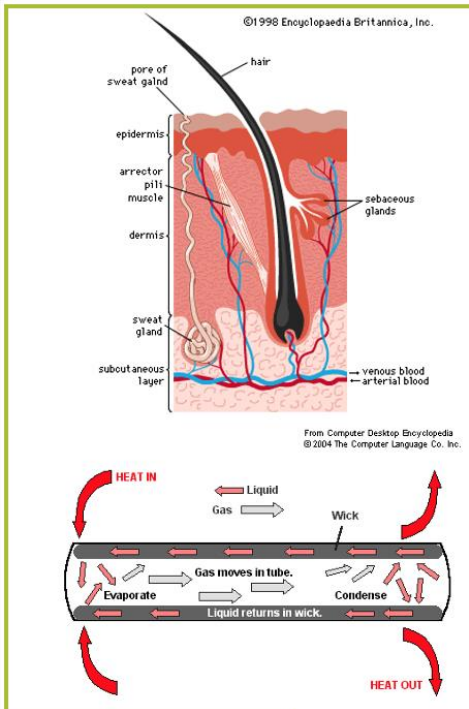


İnsan derisi



İnsan derisi buharlaşma yoluyla soğutmayı nemlendiren ilkelere ve konvektif termoregülasyon özelliğine sahiptir.

Vücut çok sıcaksa kan damarları genişler. Ter bezleri, cildi soğutmak için buharlaşarak daha fazla ter üretir. Deriden ısı ve ter dışarı atılır.



İnsan derisi vücut ısısı düzenlemesi

Şekil 1. (devam) Çözüm odaklı tasarım için örnek biyoloji kartı

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Çözüm Odaklı Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği

Sevgili Öğrenciler,
Problem odaklı tasarım süreci ile ortaya koymuş olduğunuz çözüm aşağıda yer alan rubrik ile değerlendirilecektir.

	Geliştirilmeli **1**	Kısmen Yeterli **2**	Yeterli **3**	Başarılı **4**	Puan
Biyolojik çözümden yola çıkarak problemin belirlenmesi	Problemini tam olarak belirleyememiştir.	Problemini belirlemiştir.	Problemini belirlemiş fakat tam olarak tanımlayamamıştır.	Problemini tüm yönleri ile belirlemiş ve tanımlamıştır.	
Probleme ilişkin çözüm ortaya koyma	Probleme ilişkin çözüm yolunu açık bir şekilde ortaya koyamamıştır.	Probleme ilişkin çözüm yollarını sınırlı düzeyde ortaya koymuştur.	Probleme ilişkin çözüm yollarını ortaya koymuştur.	Probleme ilişkin çözüm yollarını net olarak ortaya koymuştur.	
Biyolojik canlı	Tanımsız Eksik	Biyolojik canlı ile problem ilgili değil	Biyolojik canlı ile problem orta düzeyde ilgili	Biyolojik canlı ile problem yüksek düzeyde ilgili	
Biyoloji Bilgisi	Tanımsız Eksik	Biyolojik bilgi yeterince keşfedilememiştir	Biyolojik bilgi orta düzeyde keşfedilmiş	Biyolojik bilgi kapsamlı bir şekilde keşfedilmiştir	
Biyolojik ilkenin belirlenmesi	Tanımsız Eksik	Biyolojik ilke yeterince doğru tanımlanmamıştır.	Biyolojik ilke orta düzeyde doğru tanımlanmıştır.	Biyolojik ilke kapsamlı bir şekilde tanımlanmamıştır.	
Tasarım sürecinin tanımlanması	Tanımsız Eksik	Süreç net olarak açıklanmamış	Süreç orta düzeyde açıklanmış	Süreç tüm detayları ile açıklanmış	
Çizimler	Eksik Çizim yok	Bilgiler eskize aktarılmıştır.	Bazı ham fikir taslakları verilmiştir.	Ham fikirlerin eskizleri yapılmıştır.	
Mevcut çözüm	Tanımsız Eksik	Geliştirilen çözüm net değil	Geliştirilen çözüm orta düzeyde başarılı	Geliştirilen çözüm yüksek düzeyde başarılı	
				Toplam Puan	

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

6. MODÜL

Mimarlık ve biyoloji alanları arasında bilgi aktarımına yardımcı olacak Konsept ve Bilgi Teorisine dayanan etkili öğretim teknikleri uygulaması

BİÇİMSEL BÖLÜM

ZAMAN	MODÜL	SÜRE
8.Hafta	6	180 Dakika

AMAÇ

Mimari tasarım alanı ile biyoloji alanı arasında ilişki kurmak için bilgi aktarımı sürecinin öğretilmesi
Mimarlık öğrencilerine mimari tasarım ve biyoloji alanları arasında ilişki kurmada ve bilgi aktarımında yardımcı olmak
Öğrencilerinin bilişsel esnekliğinin, yaratıcılığının ve problem çözme becerilerinin arttırılması
Mimarlık öğrencilerine mimari tasarım ve biyoloji alanları arasında ilişki kurmada ve bilgi aktarımında yardımcı olmak

ÖĞRENME ÇIKTILARI	KONU
Konsept-Bilgi teorisi sürecini tanımlar. Mimari tasarım alanı ile biyoloji alanı arasında ilişki kurmak için bilgi aktarım sürecini bilir. Biyo-bilgili tasarım yaklaşımı ile ilgili mevcut metodolojileri ve fonksiyonel, biçimsel, yapısal olarak analiz edebilir. Biyo-bilgili araştırma sürecine aşina olur.	Konsept-Bilgi Teorisine Dayalı Tasarım Konsept ve Bilgi Teorisi Tekniği ve uygulama Mimari tasarım alanı ile biyoloji alanı arasında ilişki kurmak için bilgi aktarımı sürecinin öğretilmesi Mimarlık öğrencilerine mimari tasarım ve biyoloji alanları arasında ilişki kurmada ve bilgi aktarımında yardımcı olmak

YÖNTEM - TEKNİK

Sunum, soru-cevap, tartışma, beyin fırtınası, Biyomimikri ile düşünme

MATERYALLER

Konsept ve Bilgi Teorisi

DİKKAT EDİLECEK NOKTALAR / ÖNERİLER

Öğrencilere Konsept ve Bilgi Teorisi konusu anlatılır.

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

GİRİŞ BÖLÜMÜ

Dikkat Çekme	Biyo-bilgili tasarımda ders kapsamında kullandıkları süreçler ve yeni öğrenecekleri süreç konusunda genel bir konuşma yapılır.
Güdüleme	Ders içerisinde öğrenme isteğini ve motivasyonu arttıracak ifadeler ve sözler kullanılmalıdır.
Hedeften Haberdar Etme	Ders sürecinde konsept-bilgi teorisi ile uygulama yapılacağı konusunda bilgi verilmelidir.
Derse Geçiş	Çözüm odaklı yaklaşım sunumu ile derse başlanır.

GELİŞME BÖLÜMÜ

Konsept bilgi teorisi konusunda sunum yapılması
Birkaç örneğin birlikte analiz edilmesi
Aktif öğrenmeyi ve alanlar arası bağlantıların geliştirilmesini destekleyen sınıf içi egzersizler, örnek uygulamaların analiz edilmesi
Uygulama: Alanlar arası bağlantı kurma çalışması
Doğadan öğrenmeyi/esinlenmeyi içeren bir sistem konsepti geliştirilmesi

SONUÇ BÖLÜMÜ

SON ÖZET
Ders kapsamında ele alınan konuların birbiri ile olan ilişkisi öne çıkarılmalıdır.
Süreci yansıtan soruların yanıtlanması: "Ne öğrendim? Nasıl öğrendim? Bu bilgi ile ne yapacağım?"
KAPANIŞ
Öğrencilerin bir sonraki derse hazır gelmesi istenir.

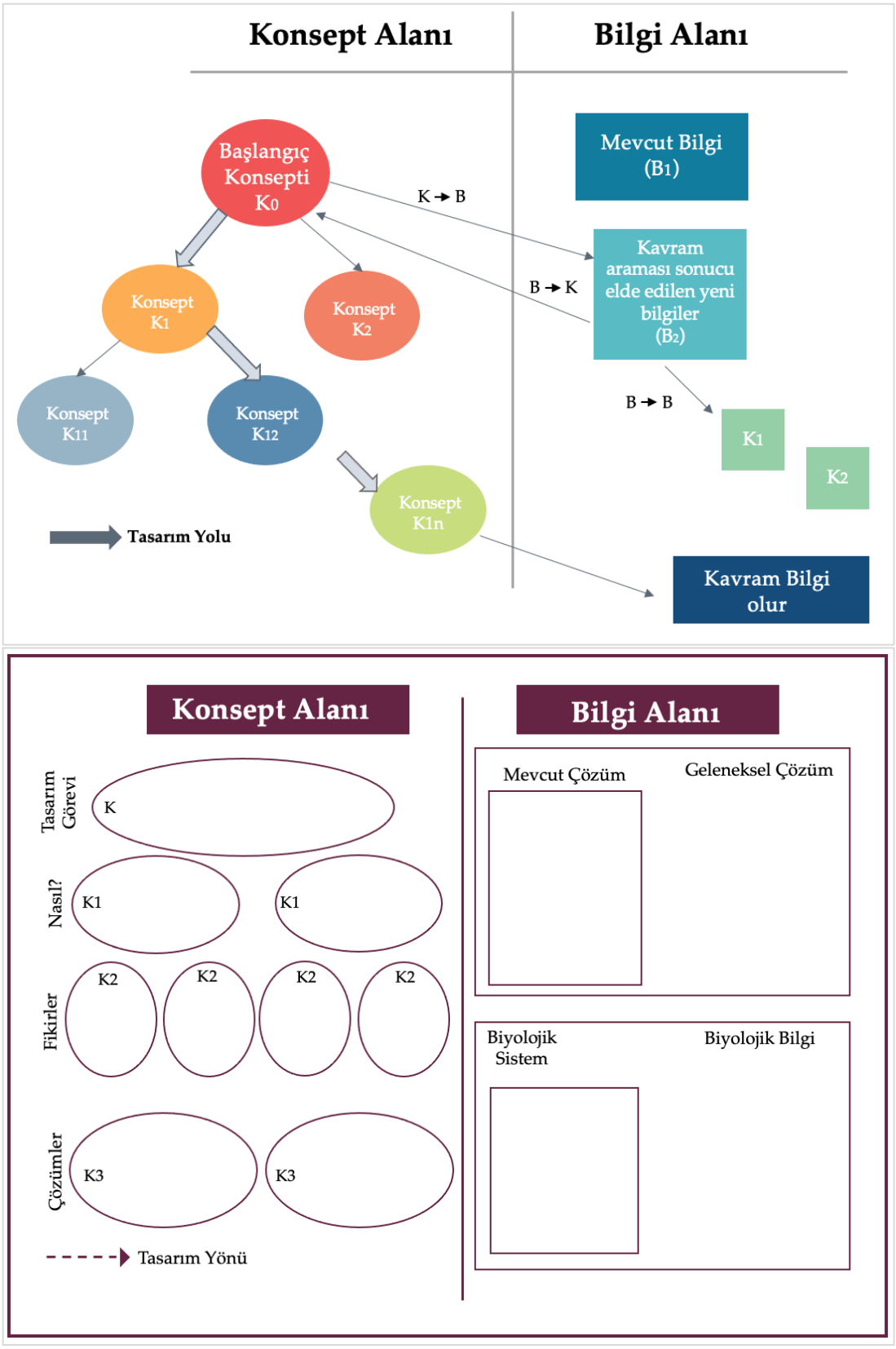
ÖLÇME-DEĞERLENDİRME BÖLÜMÜ

Öğrenci çalışmalarının *Konsept ve Bilgi Teorisi Tekniğine Yönelik Tutum Ölçeği* ile değerlendirilmesi

KAYNAKLAR BÖLÜMÜ

Salgueiredo, C. F. (2013, June). Modeling biological inspiration for innovative design. In *i3 conference*. https://i3.cnrs.fr/wp-content/uploads/2016/05/Freitas__conferenceI32013.pdf
Hatchuel, A.; Weil, B. C-K design theory: An advanced formulation. *Res. Eng. Des.* **2009**, *19*, 181–192.
Hatchuel, A.; Le Masson, P.; Weil, B. The design of science based products: An interpretation and modelling with C-K theory. In Proceedings of the 9th International Design Conference, DESIGN 2006, Dubrovnik, Croatia, 15–18 May 2006; pp. 33–44.

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı



Şekil 2. K-B Haritalama Şablonu: Bilgi aktarım sürecinin görsel olarak yapılandırılması

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Biyo-Bilgili Tasarım Dersinde Kullanılan Konsept ve Bilgi Teorisi Tekniğine Yönelik Tutum Ölçeği

Adı Soyadı: . . . . . .

TUTUM CÜMLELERİ	**Kesinlikle Katılmıyorum**	**Katılmıyorum**	**Kararsızım**	**Katılıyorum**	**Kesinlikle Katılıyorum**
1. Öğrendiğiniz biyo-bilgili tasarım stratejisi, mimari tasarım problemini çözmenize yol gösterecek bir biyolojik organizmayı tanımlamanıza yardımcı olmak için ne kadar etkili oldu?					
2. Öğrendiğiniz biyo-bilgili tasarım stratejisi, biyolojik organizmanın sahip olduğu ilkeyi anlamanıza yardımcı olmada ne kadar etkili oldu?					
3. Öğrendiğiniz biyo-bilgili tasarım stratejisi, biyolojik bir organizmadan öğrenilen bilgileri mimari tasarım problemine aktarmanıza yardımcı olmada ne kadar etkiliydi?					
4. Öğrendiğiniz biyo-bilgili tasarım stratejisi, biyolojik bilgiyi mimari tasarım probleminin çözümü için uygulamanıza yardımcı olmada ne kadar etkiliydi?					
5. Tasarım stratejisi, mimari tasarım problemlerine çözüm bulmak için bir kaynak olarak biyolojinin değerini göstermede genel olarak ne kadar etkili oldu?					
6. Tasarım yaklaşımı, biyolojik sistemlerin farklı mimarlık kategorilerindeki sorunları nasıl çözdüğü hakkında daha fazla bilgi edinmeniz için sizi motive etmede ne kadar etkili oldu?					
7. Biyo-bilgili tasarım sürecini öğrenmeye ne kadar dahil oldunuz?					

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Konsept ve Bilgi Teorisi Tekniği Değerlendirme Rubriği

Sevgili Öğrenciler,
Konsept ve Bilgi Teorisi Tekniği ile ortaya koymuş olduğunuz çözüm aşağıda yer alan rubrik ile değerlendirilecektir.

C-K HARİTA BİLEŞENLERİ	Geliştirilmeli **1**	Kısmen Yeterli **2**	Yeterli **3**	Başarılı **4**	Puan
Beklenmedik biyolojik özellik	Tanımsız Eksik	Bilgi net değil ya da K1 ile ilişkili değil	Bilgi orta düzeyde tanımlanmıştır ve kısmen K1 ile ilgilidir	Bilgi iyi tanımlanmıştır ve açıkça K1 ile ilgilidir	
Mevcut çözüm	Tanımsız Eksik	Bilgi net değil ya da K1 ile ilişkili değil	Bilgi orta düzeyde tanımlanmıştır ve kısmen K1 ile ilgilidir	Bilgi iyi tanımlanmıştır ve açıkça K1 ile ilgilidir	
Biyoloji Bilgisi	Tanımsız Eksik	Bilgi net değil veya K2'nin nasıl elde edildiğiyle ilgili değil.	Bilgi, K1'in nasıl elde edildiğini kısmen açıklar. Fiziksel veya fiziksel olmayan özellikler keşfedilmiştir.	Bilgi, K1'in nasıl elde edildiğini kapsamlı bir ölçüde açıklar. Fiziksel veya fiziksel olmayan özellikler keşfedilmiştir.	
Geleneksel Bilgi	Tanımsız Eksik	Bilgi belirsiz veya biyolojik bilgi ile bağlantılı değil.	Bilgi kısmen biyolojik bilgi ile bağlantılıdır.	Bilgi kapsamlı ölçüde biyolojik bilgi ile bağlantılıdır.	
Tanımlanmış kaba fikirler	Kaba fikir yok Eksik	Bazı ham fikirler K1 ve bilgi alanıyla ilgilidir. Bilgi alanından kavram alanına geçiş sınırlıdır.	Çoğu ham fikir K1 ve bilgi alanıyla ilgilidir. Bilgi alanından kavram alanına geçiş açıktır.	Tüm ham fikirler K1 ve bilgi alanıyla ilgilidir. Bilgi alanından kavram alanına geçiş güçlüdür.	
Kaba fikirden eskize geçiş	Eksik/Eskiz yok	K2 ve K3 arasında mantıksal bağlantı yok.	K2 ve K3 arasındaki bağlantı mantıklı ancak uygulama netliğinden yoksundur.	K2 ve K3 arasındaki bağlantı mantıksal ve kolayca öngörülen uygulama.	
Tasarım yolunun tanımlanması	Tanımsız Eksik	Düzene uyulmadı.	Bir kısım konsept alanı seviyeleri için tanımlamalar yapıldı.	Tüm konsept alanı seviyeleri için tanımlanmıştır.	
Çizimler	Eksik Çizim yok	Bilgiler kabaca eskize aktarılmıştır.	Bazı ham fikir taslakları verilmiştir.	Ham fikirlerin eskizleri yapılmıştır.	
				Toplam Puan	

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

7. MODÜL

BİYO-BİLGİLİ TASARIM PROBLEMLERİNİN BELİRLENMESİ – YAPI KABUĞUNDA TERMOREGÜLASYON

BİÇİMSEL BÖLÜM

ZAMAN	MODÜL	SÜRE
10.Hafta	7	180 Dakika

AMAÇ
Mimarlıkta termoregülasyonun ne anlam ifade ettiğinin anlaşılması Mimarlıkta çözülmeyi bekleyen termoregülasyon sorunlarının neler olduğun belirlenmesi Mimarlıkta termoregülasyon probleminin belirlenmesi Problem olarak gördükleri bir mimari termoregülasyon sorununa odaklanılması Doğada termoregülasyonun ne olduğunun, amacının anlaşılması

ÖĞRENME ÇIKTILARI	KONU
Mimarlıkta termoregülasyonun ne anlam ifade ettiğini bilir. Mimarlıkta çözüm bekleyen termoregülasyon problemlerini belirleyebilir. Doğada termoregülasyon anlamlarını bilir. Mimari termoregülasyon-doğal termoregülasyon arasında ilişki kurabilir.	Mimarlıkta termoregülasyon Doğada termoregülasyon Mimarlıkta termoregülasyon problemi

YÖNTEM - TEKNİK
Sunum, Soru-cevap, tartışma, beyin fırtınası

MATERYALLER
Mimari termoregülasyon-doğada termoregülasyon sunu dosyaları Mimarlıkta termoregülasyon-doğada termoregülasyon poster sunuları

DİKKAT EDİLECEK NOKTALAR / ÖNERİLER
Öğrencilere yapı kabuğunda termoregülasyon konusu anlatılır.

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

GİRİŞ BÖLÜMÜ

Dikkat Çekme	*Thermoregulation in Animals* videosunun izlenmesi
Güdüleme	Ders içerisinde öğrenme isteğini ve motivasyonu arttıracak ifadeler ve sözler kullanılmalıdır.
Hedeften Haberdar Etme	Ders sürecinde yapı kabuğunda termoregülasyonun işleneceği konusunda bilgi verilmelidir.
Derse Geçiş	Video izlenerek derse başlanır.

GELİŞME BÖLÜMÜ

Öğrencilerin yapmış oldukları araştırmaları içeren sunumların dinlenmesi.
Sunum içerikleri üzerine, doğada ve mimarlıkta kabuk üzerine tartışma yürütülmesi.
Aktif öğrenmeyi ve alanlar arası bağlantıların geliştirilmesini destekleyen tartışmaların yürütülmesi
Mimari kabuk probleminin tartışılması

SONUÇ BÖLÜMÜ

SON ÖZET
Ders kapsamında ele alınan konuların birbiri ile olan ilişkisi öne çıkarılmalıdır.
Süreci yansıtan soruların yanıtlanması: "Ne öğrendim? Nasıl öğrendim? Bu bilgi ile ne yapacağım?"
KAPANIŞ
Öğrencilerin bir sonraki derse hazır gelmesi istenir.

ÖLÇME-DEĞERLENDİRME BÖLÜMÜ

Öğrenci çalışmalarının *Poster Değerlendirme Rubriği* ile değerlendirilmesi

KAYNAKLAR BÖLÜMÜ

Thermoregulation in Animals https://www.youtube.com/watch?v=NJEBfl_LKno
Temperature Regulation Of The Human Body | Physiology | Biology | FuseSchool https://www.youtube.com/watch?v=vJhsyS4lTW0
https://www.youtube.com/watch?v=CVa_IZVzUoc Design at the Intersection of Technology and Biology | Neri Oxman | TED Talks

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

8. MODÜL

BİYO-BİLGİLİ TASARIMDA DOĞAL DİL YAKLAŞIMI

BİÇİMSEL BÖLÜM

ZAMAN	MODÜL	SÜRE
10.Hafta	8	180 Dakika

AMAÇ

Biyo-bilgili tasarımda doğal dil yaklaşımı etkinliğini uygulayabilme
Biyo-bilgili tasarım sürecinde doğal dil yaklaşımını diğer yöntemlerle karşılaştırabilme
Tasarım sürecinde kullanılan biyo-bilgili tasarım sürecinde doğal dil yaklaşımının tasarımcının yazdıklarıyla (dil üzerinden) ve tasarım sürecine katkılarının tartışılması
Doğal dil yaklaşımını uygulama

ÖĞRENME ÇIKTILARI	KONU
Biyo-bilgili tasarımda Doğal Dil Yaklaşımı yöntemini kullanarak tasarım yapabilir. Biyo-bilgili tasarımda problemi anahtar kelimeler olarak ifade etme Problemi tanımlayan anahtar kelimeleri sinonim/hiponim ve hipernim terimler olarak genişletebilir. Anahtar kelimeleri biyolojik kaynaklar içerisinde tarayabilir. Seçtiği biyolojik ilkeyi mimarlığa aktarabilir. Bütünsel ve eleştirel düşünebilir. Doğadan ve biyolojiden öğrenilebileceği bilgilerin değerli olduğunun farkına varır.	Biyo-bilgili tasarımda doğal dil yaklaşımı Doğal dil yaklaşımı ile problem çözümü Disiplinler arası bilgi aktarımı Seçilen biyolojik sistemin derinlemesine anlaşılması Farklı bilgi kaynaklarında biyolojik bilgi arayışı

YÖNTEM - TEKNİK

Sunum, tartışma, beyin fırtınası, soru-cevap, tasarım odaklı yaklaşım, problem odaklı yaklaşım

MATERYALLER

Biyo-bilgili tasarımda doğal dil yaklaşımı sunu dosyası
Doğal dil yaklaşımı tabloları

DİKKAT EDİLECEK NOKTALAR / ÖNERİLER

Öğrencilere Biyo-bilgili tasarımda doğal dil yaklaşımı anlatılır.

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

GİRİŞ BÖLÜMÜ

Dikkat Çekme	Biyo-bilgili tasarımda ders kapsamında kullandıkları süreçler ve yeni öğrenecekleri süreç konusunda genel bir konuşma yapılır.
Güdüleme	Öğrencilerin doğal dil yaklaşımını öğrenme için istekli olmalarını sağlayacak ve motivasyonlarını arttıracak ifadelere yer verilmelidir.
Hedeften Haberdar Etme	Derste doğal dil yaklaşımı kullanılarak problem odaklı tasarım yapılacağı konusunda bilgi verilmelidir.
Derse Geçiş	Konu hakkında sunum yapılarak derse başlanır.

GELİŞME BÖLÜMÜ

Öğrencilerde belirlemiş oldukları problemi anahtar kelimeler olarak ifade etmelerine yardımcı olunur.
Wordnet, TDK gibi sözlükler içerisinde, anahtar kelimelerin sinonim/hipernim ve hiponimlere genişletilmesi gösterilir.
Mimari kabuk probleminin tartışılması

SONUÇ BÖLÜMÜ

SON ÖZET
Ders süresince işlenen konular birbirleriyle ilişkilendirilerek tekrar vurgulanmalıdır.
Süreci yansıtan soruların yanıtlanması: "Ne öğrendim? Nasıl öğrendim? Bu bilgi ile ne yapacağım?"
KAPANIŞ
Bir sonraki derste yapılacak uygulamalarla ilgili öğrencilerin hazır gelmesi belirtilir.

ÖLÇME-DEĞERLENDİRME BÖLÜMÜ

Öğrenciler tasarımlarını tamamladıktan sonra *Biyo-Bilgili Tasarım Etkinliği Değerlendirme Formu*'na göre değerlendirir.
Öğrencilerin yöntem hakkındaki görüşleri alınır.
Program Sonuç Anketi'ne göre ders değerlendirilir.
Ders sonrası bilgilerinin ne aşamada olduklarının test edilmesi için *Biyo-Bilgili Tasarım Bilgisi Değerlendirme Rubriği*'nin uygulanır.

KAYNAKLAR BÖLÜMÜ

Cheong, H., & Shu, L. H. (2013). Using templates and mapping strategies to support analogical transfer in biomimetic design. *Design Studies*, *34*(6), 706-728.
Goel, A. K., McAdams, D. A., & Stone, R. B. (2015). *Biologically inspired design*. London: Springer.
Shu, L. H., Ueda, K., Chiu, I., & Cheong, H. (2011). Biologically inspired design. *CIRP annals*, *60*(2), 673-693.
Shu, L. H., & Cheong, H. (2014). A natural language approach to biomimetic design. In *Biologically inspired design* (pp. 29-61). Springer, London.

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Biyo-Bilgili Tasarım Dersinde Kullanılan Doğal Dil Yaklaşımına Yönelik Tutum Ölçeği

Adı Soyadı: . . . . . .

TUTUM CÜMLELERİ	**Kesinlikle Katılmıyorum**	**Katılmıyorum**	**Kararsızım**	**Katılıyorum**	**Kesinlikle Katılıyorum**
1. Biyo-bilgili tasarımda doğal dil yaklaşımı, mimari tasarım problemini çözmenize yol gösterecek bir biyolojik organizmayı tanımlamanıza yardımcı olmak için ne kadar etkili oldu?					
2. Doğal dil yaklaşımı, biyolojik organizmanın sahip olduğu ilkeyi anlamanıza yardımcı olmada ne kadar etkili oldu?					
3. Doğal dil yaklaşımı, biyolojik bir organizmadan öğrenilen bilgileri mimari tasarım problemine aktarmanıza yardımcı olmada ne kadar etkiliydi?					
4. Doğal dil yaklaşımı, biyolojik bilgiyi mimari tasarım probleminin çözümü için uygulamanıza yardımcı olmada ne kadar etkiliydi?					
5. Doğal dil yaklaşımı, mimari tasarım problemlerine çözüm bulmak için bir kaynak olarak biyolojinin değerini göstermede genel olarak ne kadar etkili oldu?					
6. Doğal dil yaklaşımı, biyolojik sistemlerin farklı mimarlık kategorilerindeki sorunları nasıl çözdüğü hakkında daha fazla bilgi edinmeniz için sizi motive etmede ne kadar etkili oldu?					
7. Biyo-bilgili tasarımda doğal dil yaklaşımı sürecini öğrenmeye ne kadar dahil oldunuz?					

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Doğal Dil Yaklaşımı ile Gerçekleştirilen Tasarımları Değerlendirme Rubriği

Sevgili Öğrenciler,
Doğal dil yaklaşımı ile ortaya koymuş olduğunuz çözüm aşağıda belirtilen dereceli puanlama anahtarı (rubrik) ile değerlendirilecektir.

	Geliştirilmeli **1**	Kısmen Yeterli **2**	Yeterli **3**	Başarılı **4**	Puan
Problemin tanımlanması	Problemini tam olarak tanımlayamamıştır.	Problemini kısmen tanımlamıştır.	Problemini tanımlamıştır.	Problemini tüm yönleri ile tanımlamıştır.	
Probleme ilişkin çözüm ortaya koyma	Probleme ilişkin çözüm yolunu açık bir şekilde ortaya koyamamıştır.	Probleme ilişkin çözüm yollarını sınırlı düzeyde ortaya koymuştur.	Probleme ilişkin çözüm yollarını ortaya koymuştur.	Probleme ilişkin çözüm yollarını net olarak ortaya koymuştur.	
Anahtar kelimeleri belirleme	Tanımladığı ve genişlettiği anahtar kelimeler yetersiz.	Tanımlanan ve genişletilen anahtar kelimeler kısmen yeterli.	Tanımlanan ve genişletilen anahtar kelimeler yeterli.	Tanımlanan ve genişletilen anahtar kelimeler oldukça yeterli.	
Anahtar kelimeleri kaynaklarda tarama	Anahtar kelimeler bir kaynakta taranmıştır.	Anahtar kelimeleri iki kaynakta taramıştır.	Anahtar kelimeleri üç kaynakta taramıştır.	Anahtar kelimeleri en az dört kaynakta taramıştır.	
Biyolojik canlı	Tanımsız Eksik	Biyolojik canlı ile problem ilgili değil	Biyolojik canlı ile problem orta düzeyde ilgili	Biyolojik canlı ile problem yüksek düzeyde ilgili	
Biyolojik canlıyı analiz etme	Tanımsız Eksik	Biyolojik canlı kısmen analiz edilmiş	Biyolojik canlı yeterince analiz edilmiş	Biyolojik canlı detaylıca analiz edilmiş	
Biyoloji Bilgisi	Tanımsız Eksik	Biyolojik bilgi yeterince keşfedilememiştir	Biyolojik bilgi orta düzeyde keşfedilmiş	Biyolojik bilgi kapsamlı bir şekilde keşfedilmiştir	
Biyolojik ilkenin belirlenmesi	Tanımsız Eksik	Biyolojik ilke yeterince doğru tanımlanmamıştır.	Biyolojik ilke orta düzeyde doğru tanımlanmıştır.	Biyolojik ilke kapsamlı bir şekilde tanımlanmamıştır.	
Tasarım sürecinin tanımlanması	Tanımsız Eksik	Süreç net olarak açıklanmamış	Süreç orta düzeyde açıklanmış	Süreç tüm detayları ile açıklanmış	
Çizimler	Eksik Çizim yok	Bilgiler eskize aktarılmıştır.	Bazı ham fikir taslakları verilmiştir.	Ham fikirlerin eskizleri yapılmıştır.	
Mevcut çözüm	Tanımsız Eksik	Geliştirilen çözüm net değil	Geliştirilen çözüm orta düzeyde başarılı	Geliştirilen çözüm yüksek düzeyde başarılı	
				Toplam Puan	

EK-2. (devam) Biyo-Bilgili Tasarım Öğretim Programı

Biyo-Bilgili Tasarım Dersine Yönelik Program Sonuç Anketi

Adı Soyadı: . . . . . .

LÜTFEN AŞAĞIDAKİ SORULARI ALMIŞ OLDUĞUNUZ DERS KAPSAMINDA CEVAPLAYINIZ.		**Kesinlikle Katılmıyorum**	**Katılmıyorum**	**Kararsızım**	**Katılıyorum**	**Kesinlikle Katılıyorum**
Başarı	Ders beklentilerimi karşıladı ve orijinal planla uyumluydu					
	Dersin sonunda temel konular hakkında net bir anlayış oluştu					
	Ders ve uygulamalar arasındaki denge iyiydi					
	İçerikler ders kapsamındaydı ve yeterli düzeydeydi					
Süreç	Biyo-bilgili eğitim çok kuramsal bir düzeyde verildi					
	Biyo-bilgili eğitim için daha uzun süre ayrılmalıydı					
	Dersleri ve içerikleri anlamak kolaydı					
	Verilen bilgilerle, problemin geliştirilmesi kolaylaştı					
	Verilen tasarım probleminin zorluk seviyesi uygundu					
	Biyo-bilgili tasarım eğitimi oldukça keyifli/eğlenceliydi					
	İş yükü yönetilebilirdi					
	Ders lisansüstü düzeye uygundu					
Gelecek	Mesleğimle ile ders arasında net bir bağlantı kurabildim					
	Derste aktarılan içerik gelecekteki mesleki yaşamım için yararlı olabilir					
	Derste aktarılan yöntemi gelecekteki akademik çalışmalarımda kullanabilirim					
Memnuniyet	Ders mesleki bakış açıma ve gelişimime katkı sağladı					
	Ders süreci ilginç, dinamik, keyifli ve eğlenceliydi					
	Aldığım eğitimler sonucunda yeni yaklaşımlar öğrendim					
	Aldığım eğitimler sonucunda “doğaya” bakış açım değişti					



GAZİ GELECEKTİR...