

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MİMARLIK ANABİLİM DALI

**EVİRİMSSEL MİMARLIĞIN DOĞA FELSEFESİ-MİMARLIK İLİŞKİSİ ÜZERİNDEN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Melih KAMAOĞLU

**OCAK 2020
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

**EVİRİMSSEL MİMARLIĞIN DOĞA FELSEFESİ-MİMARLIK İLİŞKİSİ ÜZERİNDEN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Mimar Melih KAMAOĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"YÜKSEK MİMAR"

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 30 / 12 / 2019

Tezin Savunma Tarihi : 24 / 01 / 2020

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Demet YILMAZ YILDIRIM

Trabzon 2020

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Mimarlık Anabilim Dalında
Melih KAMAOĞLU Tarafından Hazırlanan**

**EVİRİMSSEL MİMARLIĞIN DOĞA FELSEFESİ-MİMARLIK İLİŞKİSİ ÜZERİNDEN
DEĞERLENDİRİLMESİ**


**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 03 / 01 / 2020 gün ve 1835 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Şengül ÖYMEN GÜR

Üye : Prof. Dr. Nilgün KULOĞLU

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Demet YILMAZ YILDIRIM



**Prof. Dr. Asim KADIOĞLU
Enstitü Müdürü**

ÖNSÖZ

Evrimsel mimarlığın doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi üzerinden incelendiği bu çalışmanın ilham kaynağı, modern bilimin en büyük zaferlerinden birisi olan evrim kuramıdır. Eğer Darwin, evrim kuramını sistematik bir biçimde ortaya koyarak insanların doğayı kavrayış biçimlerini kökünden değiştirmeseydi, evrimsel mimarlık kuramının ortaya çıkışı mümkün olamaz ve bu çalışma da gerçekleşmezdi. Bu sebeple çalışmayı, “Türlerin Kökeni Üzerine” isimli kitabının yayınlanmasının 161. yılında Charles DARWIN’e atfediyorum.

Çalışmanın bütün aşamalarında sonsuz sabrı ve tecrübesiyle bana destek olan danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Demet YILMAZ YILDIRIM’a,

Jüri üyesi olarak beni onurlandıran ve çalışmaya değerli katkılarını sunan Sayın Prof. Dr. Nilgün KULOĞLU ve Sayın Prof. Dr. Şengül ÖYMEN GÜR’e,

Çalışma boyunca destek ve sevgilerini hissettiğim babam Necmettin KAMAOĞLU, annem Hülya KAMAOĞLU ve abim Fatih KAMAOĞLU’na,

Bugüne kadar üzerimde emeği olan hocalarıma ve destek veren bütün arkadaşlarıma,

Sonsuz teşekkürlerimle...

Melih KAMAOĞLU

Trabzon 2020

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Evrimsel Mimarlığın Doğa Felsefesi-Mimarlık İlişkisi Üzerinden Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Dr. Öğr. Üyesi. Demet YILMAZ YILDIRIM’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 24/01/2020

Melih KAMAOĞLU

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XIV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	3
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR-1	5
2.1. Tarih Öncesi Dönemden Modern Döneme Doğa Felsefesi-Mimarlık İlişkisi.....	5
2.1.1. Tarih Öncesi Dönemde Doğa Felsefesi-Mimarlık İlişkisi	6
2.1.2. Antik Mısır, Yunan ve Roma Dönemlerinde Doğa Felsefesi-Mimarlık İlişkisi. 14	
2.1.3. Erken Hristiyan, Bizans, Orta Çağ ve Gotik Dönemlerinde Doğa Felsefesi Mimarlık İlişkisi	24
2.1.4. Rönesans ve Barok Dönemlerinde Doğa Felsefesi-Mimarlık İlişkisi.....	29
2.1.5. 18. ve 19. Yüzyılda Doğa Felsefesi-Mimarlık İlişkisi	42
2.1.6. 20. Yüzyılda Doğa Felsefesi-Mimarlık İlişkisi.....	53
2.2. 21. Yüzyılda Doğa Felsefesi-Mimarlık İlişkisi.....	62
2.2.1. Biyomimikri	62
2.2.2. Biyofilik Tasarım	68
2.2.3. Genetik Mimarlık ve Hesaplamanın Metafiziği.....	76
2.2.4. Dijital Botanik Mimarlık.....	81
2.2.5. Yeni Ekolojik-Çevresel ve Siberetik-Dijital Mimarlık.....	87
2.2.6. Neoplazmatik Tasarım	92
2.2.7. Otogenik Strüktürler	98
3. YAPILAN ÇALIŞMALAR-2.....	104

3.1.	Evrimsel Mimarlık	104
3.1.1.	John Frazer'ın Evrimsel Mimarlık Kuramı.....	104
3.1.1.1.	Kullanılan Araçlar ve Sistemler	107
3.1.1.2.	Teorik Arka Plan ve Uygulama	114
3.1.2.	Eugene Tsui'nin Evrimsel Mimarlık Kuramı	120
3.1.2.1.	Evrimsel Mimarlık İlkeleri ve Doğanın Öğretileri	123
3.1.2.2.	Evrimsel Mimarlık Uygulamaları	127
3.2.	Evrimsel Mimarlığın Kuramsal Temelleri.....	129
3.2.1.	Evrimsel Mimarlık Kuramı	130
3.2.2.	Genetik.....	135
3.2.3.	Hesaplama Tasarım.....	138
4.	BULGULAR VE İRDELEME	141
4.1.	Tarih Öncesi Dönemden Günümüze Doğa Felsefesi-Mimarlık İlişkisinin İrdelenmesi	141
4.2.	Evrimsel Mimarlıkta Doğa Felsefesi-Mimarlık İlişkisinin İrdelenmesi	155
4.3.	Evrimsel Mimarlığın Kuramsal Temellerinin İrdelenmesi.....	157
4.3.1.	Evrimsel Mimarlık Kuramı-Evrimsel Mimarlık İlişkisi.....	158
4.3.2.	Genetik-Evrimsel Mimarlık İlişkisi	160
4.3.3.	Hesaplama Tasarım-Evrimsel Mimarlık İlişkisi.....	161
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	163
6.	KAYNAKLAR	167
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

EVİRİMSEL MİMARLIĞIN DOĞA FELSEFESİ-MİMARLIK
İLİŞKİSİ ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Melih KAMAĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Demet YILMAZ YILDIRIM

2020, 186 Sayfa

Tarih öncesi dönemden bugüne, insanoğlu doğayı anlamaya çalışmış ve elde ettiği bilgiyi karşılaştığı problemlerin çözümünde kullanmıştır. Dolayısıyla insanlar, doğayı kavrayış biçimlerine bağlı olarak çevreyi şekillendirmiştir. Mimarlık, doğa felsefesinin insan tasarımları üzerindeki etkisinin okunabildiği disiplinlerden biridir. Evrim kuramının ortaya koyulmasıyla birlikte doğa, statik, değişmez ve dönüşmez değil; değişen, evrimleşen ve gelişen dinamik bir gerçeklik olarak kavranmaya başlanmıştır. Bu sebeple doğa felsefesi-mimarlık ilişkisinde bir paradigma değişimi yaşanmıştır. Böylece doğadaki evrimsel mekanizmaların işleyişini bir mimari tasarım metodu olarak kullanmayı hedefleyen evrimsel mimarlık ortaya çıkmıştır.

Çalışma kapsamında öncelikle, evrimsel mimarlığın arka planının daha iyi anlaşılması için doğa felsefesi-mimarlık ilişkisinin değişimi ve gelişimi incelenmiştir. Daha sonra evrimsel mimarlığın doğa felsefesi ile ilişkisi incelenmiş ve evrimsel mimarlığın kuramsal temelleri; evrim kuramı, genetik ve hesaplamalı tasarım üzerinden değerlendirilmiştir. Mimarlık tarihinin doğa felsefesi üzerinden okunması ve evrimsel mimarlığın doğa felsefesi-mimarlık etkileşimleri ve disiplinler arası ilişkiler üzerinden incelenmesi çalışmanın özgün değerini oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Evrimsel mimarlık, Doğa felsefesi, Evrim kuramı, Genetik, Hesaplamalı tasarım, Mimarlık kuramı

Master Thesis

SUMMARY

EVALUATION OF EVOLUTIONARY ARCHITECTURE THROUGH THE
RELATIONSHIP BETWEEN PHILOSOPHY OF NATURE AND ARCHITECTURE

Melih KAMAÖĞLU

Karadeniz Technical University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Architectural Graduate Program

Supervisor: Asst. Prof. Demet YILMAZ YILDIRIM

2020, 186 Pages

Since prehistoric times, human beings have tried to understand nature and used the knowledge they obtained in solving the problems they encountered. Thereby, people have shaped their environment according to their conception of nature. Architecture is one of the disciplines where the influence of the philosophy of nature on human designs can be understood. After the theory of evolution has been brought up to matter, nature has no longer understood as static, unchanging, and non-transformable, it has started to be comprehended as a changing, evolving, and developing dynamic reality. For this reason, a paradigm shift has occurred in the relationship between the philosophy of nature and architecture. Therefore, evolutionary architecture was born, which aims to use the operation of the natural evolutionary mechanisms as an architectural design method.

Within the scope of the study, initially, the development of the relation between philosophy of nature and architecture are analyzed to comprehend the background of evolutionary architecture. Afterward, the relationship between the philosophy of nature and evolutionary architecture is examined, and the theoretical foundations of evolutionary architecture are evaluated through the theory of evolution, genetics, and computational design. Reading the history of architecture through the philosophy of nature and examining evolutionary architecture through the philosophy of nature-architecture interactions and interdisciplinary relationships constitute the original value of the study.

Key Words: Evolutionary architecture, Philosophy of nature, Theory of evolution, Genetics, Computational design, Architectural theory

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Doğa, doğa felsefesi ve mimarlık arasındaki ilişki	1
Şekil 2. Evrimsel mimarlık üçgeni	3
Şekil 3. İnsansı maymunların ortak ata ve türeme ilişkilerini gösteren filogenetik ağaç	7
Şekil 4. Homo Habilis'e ait ilk basit taş aletler	8
Şekil 5. Terra Amata'da keşfedilen yaşam alanları	9
Şekil 6. Neandertaller'e ait bulunan taş aletler	10
Şekil 7. İberia Mağarası'nda bulunan Neandartel çizimleri	10
Şekil 8. Lascaux Mağarası'nda bulunan çizimler	11
Şekil 9. Dolní Věstonice ve Mezhirich köyündeki kulübeler	12
Şekil 10. Menhir ve Dolmen	13
Şekil 11. Stonehenge	13
Şekil 12. Mastaba ve perspektif-kesit çizimi	15
Şekil 13. Keops Piramiti ve perspektif-kesit çizimi	15
Şekil 14. Empedokles'e göre dört temel madde; hava, su, ateş ve toprak	18
Şekil 15. Platon'un formlar, Aristoteles'in ise maddi dünyayı işaret ettiği Atina Okulu tablosu	19
Şekil 16. Parthenon ve planı	21
Şekil 17. Pantheon ve kesiti	23
Şekil 18. Erken Hristiyan dönemi yapılarından Santa Constanza kilisesi ve planı	25
Şekil 19. Ayasofya'nın iç mekânında ışığın ustaca kullanımı	26
Şekil 20. Orta Çağ dönemi yapılarından Saint-Sernin Kilisesi ve iç mekânı	27
Şekil 21. Notre-Dame Amiens'da ışığın büyük pencerelerden içeri alınışı	28
Şekil 22. Strasbourg Katedrali ve iç mekânı	29
Şekil 23. Batlamyus'un dünya, Kopernik'in Güneş merkezli evren modeli	32
Şekil 24. Kepler'in elips yörüngeli modeli	33
Şekil 25. Galileo'nun tasarladığı ilk iki teleskop ve Kopernik'in güneş merkezli evren modeli	34
Şekil 26. Da Vinci'nin tasarladığı yaylı tüfek ve Ornithopter	35
Şekil 27. Palazzo Rucellai'nin planı ve cephesi	37

Şekil 28.	Floransa Katedrali'nin kubbесinin inşaatında kullanılan araçlar	37
Şekil 29.	Floransa Katedrali ve kubbесi	38
Şekil 30.	Villa Rotunda ve simetrik planı.....	39
Şekil 31.	Santiago de Compostela Katedrali'nin cephesi ve Versailles Sarayı'nın iç mekânı	40
Şekil 32.	Blenheim Sarayı'nın peyzaj düzenlemesi	40
Şekil 33.	Pilgrimage Kilisesi ve Vierzehnheiligen Bazilika'sının iç mekânı.....	41
Şekil 34.	Chiswick Villa'sı ve planı	45
Şekil 35.	Essai sur l'architecture ve Essay on Architecture kitaplarının ilk sayfaları	46
Şekil 36.	Saint Geneviève'nin planı, cephesi ve iç mekânı.....	47
Şekil 37.	Barrière de la Villette ve Salt Works of Chaux.....	47
Şekil 38.	Boullée'nin Newton için tasarladığı mezar yapısı	48
Şekil 39.	Durand'ın rasyonel ve hiyerarşik tasarımları	49
Şekil 40.	Altes Müzesi ve planı	49
Şekil 41.	Stourhead Gardens	50
Şekil 42.	Strawberry Hill House ve planı	51
Şekil 43.	Westminster Sarayı ve planı.....	51
Şekil 44.	Bibliothèque Saint Geneviève ve planı	52
Şekil 45.	Tassel House ve iç mekânı	53
Şekil 46.	La Sagrada Familia ve iç mekânı	55
Şekil 47.	Casa Mila ve balkonu	55
Şekil 48.	Şelale Evi ve iç mekânı	56
Şekil 49.	Dessau'daki Bauhaus binası ve iç mekânı	57
Şekil 50.	Farnsworth Evi ve plan diyagramı	58
Şekil 51.	Villa Savoye ve iç mekânı.....	59
Şekil 52.	Portland Binası	61
Şekil 53.	Bionic Car prototipinin çizimleri ve aerodinamik özelliği.....	64
Şekil 54.	Lotus boyası ile yüzeyin kendi kendine temizlenmesi.....	65
Şekil 55.	Gherkin Tower ve biyomimetik tasarımı	66
Şekil 56.	Termit yuvaları ve Eastgate Binası'ndaki pasif havalandırma sistemi	66
Şekil 57.	Sahra Ormanı Projesi ve Stenocara gracilipes böceği.....	67
Şekil 58.	Biyofili kavramının biyolojik temelli dokuz boyutu.....	69
Şekil 59.	Biyofili anlayışında insanın dünyayı anlamlandırırken ve ondan faydalanırken kullandığı yollar.....	70

Şekil 60.	Biyofilik tasarımda deneyimler ve nitelikler.....	71
Şekil 61.	Doğal ışık ve suyun kullanımı, The Courtyard House-Nottingham Üniversitesi Jubilee Kampüsü	72
Şekil 62.	Su zambağının doğal formundan esinlenerek tasarlanan taşıyıcı sistemler, Johnson Wax Binası	74
Şekil 63.	Yer ile kültürel bağlantı ve yön bulma, Yakushi Ji Tapınağı- High Line Parkı	75
Şekil 64.	Karl Chu, X-Kavya, Phylogon serisi.....	77
Şekil 65.	Karl Chu, X-Kavya, Phylox serisi.....	79
Şekil 66.	Gezegensel Otomasyon	80
Şekil 67.	Tumbleweed bitkisi ve dijital Tumbleweed	82
Şekil 68.	Sullivan'ın kompleks süslemelerinin oluşum aşamaları	83
Şekil 69.	Dennis Dollens'ın Pod Otel, Arizona Tower ve TreeTruss projeleri.....	84
Şekil 70.	Dennis Dollens'ın Biotower projesi	85
Şekil 71.	Dennis Dollens'ın Fourteen-Story TreeTower projesi	86
Şekil 72.	Mimarlıkta biçimsel, yapısal, malzeme ve üretim sistemlerinin gelişimi	88
Şekil 73.	Genetik Barcelona Projesi'nin birinci, ikinci ve üçüncü aşamaları	90
Şekil 74.	Biyodijital Barcelona Gökdelen projesi	91
Şekil 75.	Steve Pike'in Contaminant projesi.....	93
Şekil 76.	Uto-purification projesi	95
Şekil 77.	Marcos Cruz'un Cyborgian Interfaces projesi	96
Şekil 78.	Neoplazmatik tasarımın yaşam koşullarının kontrolü aracılığıyla uygulanması	97
Şekil 79.	Evan Dougli's'in stüdyo çalışmaları-1	99
Şekil 80.	Evan Dougli's'in stüdyo çalışmaları-2	100
Şekil 81.	Evan Dougli's'in stüdyo çalışmaları-3	101
Şekil 82.	Evan Dougli's'in stüdyo çalışmaları-4	102
Şekil 83.	John Frazer ve Evrimsel Mimarlık kitabının kapağı	105
Şekil 84.	Üç boyutlu kendi kendini organize eden evrimsel sistem, Ichiro Nagasaka, 1991	106
Şekil 85.	Turing'in Bombe Makinesi ve Neumann'ın Princeton İleri Çalışmalar Enstitüsü için tasarladığı makine	108
Şekil 86.	Biyomorfların gelişim ve değişim süreci	110
Şekil 87.	Üç boyutlu güneş açölçer ve güneşin rotasını gösteren program.....	111
Şekil 88.	Makine tarafından okunabilir modeller ve üç boyutlu kübik akıllı modelleme sistemi.....	112

Şekil 89.	Generator Projesi, 1980.....	113
Şekil 90.	Evensel İnşa Edici (The Universal Constructor), 1990.....	113
Şekil 91.	Evensel Etkileşimci ve çevreyi kontrol eden bilgisayar girdi cihazı	116
Şekil 92.	Genetik algoritmanın işleyişi, Ichiro Nagasaka, 1991	117
Şekil 93.	Veri yapısının diyagramı, simetri kırıcılar ve formun evrimi	119
Şekil 94.	Eugene Tsui ve Evrimsel Mimarlık kitabının kapağı.....	121
Şekil 95.	Tsui Evi	127
Şekil 96.	Tsui Evi'nin çatı kısmındaki ısıtma sistemi ve esinlendiği canlılar	128
Şekil 97.	Reyes Evi ve Yusufçuk canlısı.....	129
Şekil 98.	Charles Darwin ve ortak köken kuramı çizimleri	133
Şekil 99.	Bütün canlıların ortak atalardan köken aldığı yaşam ağacı.....	135
Şekil 100.	Hücre, kromozom, DNA ve gen ilişkisi	137
Şekil 101.	Tarih öncesi dönemde doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi.....	142
Şekil 102.	Antik Mısır'da doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi	143
Şekil 103.	Antik Yunan'da doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi	144
Şekil 104.	Antik Roma'da doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi	144
Şekil 105.	Erken Hristiyan, Bizans ve Orta Çağ'da doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi.....	145
Şekil 106.	Gotik'te doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi	146
Şekil 107.	Rönesans'ta doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi.....	147
Şekil 108.	Barok'ta doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi	148
Şekil 109.	18. ve 19. yüzyılda doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi.....	149
Şekil 110.	Art Nouveau'da doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi	150
Şekil 111.	Modernizmde doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi.....	150
Şekil 112.	Postmodernizmde doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi	151
Şekil 113.	Biyomimikride doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi.....	152
Şekil 114.	Biyofilik tasarımda doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi	152
Şekil 115.	Genetik mimarlık ve hesaplamanın metafiziğinde doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi.....	153
Şekil 116.	Dijital botanik mimarlıkta doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi	153
Şekil 117.	Yeni ekolojik çevresel ve sibernetik dijital tasarımda doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi	154
Şekil 118.	Neoplazmatik tasarımda doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi	154
Şekil 119.	Otogenik strüktürlerde doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi.....	155
Şekil 120.	Evrimsel mimarlıkta doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi	156

Şekil 121. Evrimsel mimarlığın kuramsal temelleri	157
Şekil 122. Evrimsel mimarlığın; evrim kuramı, genetik ve hesaplamalı tasarım ile tarihsel süreçteki ilişkisi	158
Şekil 123. Evrim kuramından önce ve sonra doğa kavrayışları	159
Şekil 124. Genetik disiplini öncesi ve sonrası doğa kavrayışı	160
Şekil 125. Hesaplamalı tasarım öncesi ve sonrası doğa kavrayışı	161



TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Tsui'nin doğal form/strüktür kategorileri ve incelediği doğal oluşumlar 126



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

İnsanoğlu yeryüzünde bulunduğu ilk zamanlardan itibaren doğadan etkilenmiş, ilham almış ve doğada gözlemlediği oluşumları taklit edip anlamaya çalışarak kendi yaşamında karşılaştığı problemlerin çözümlerinde kullanmaya çalışmıştır. Tarih öncesi dönemden günümüze, doğadan ilham alma yöntemleri ilkel taklitlerden kompleks yöntemlere doğru zamanla evrimleşmiş ve gelişmiştir.

Tarihin her döneminde doğadan ilham alma ve doğayı tasarımlara aktarma yöntemleri, insanların doğayı algılayış biçimlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkmış ve çağlar boyunca gelişim ve değişim göstermiştir. Çünkü insanlar doğayı algılama biçimlerine bağlı olarak dünyayı ve kendi yaşantılarını şekillendirmeye devam etmiştir. Bu biçimlendirmenin bir sonucu olarak ortaya çıkan disiplinlerden bir tanesi mimarlıktır. Bu kapsamda, doğadan ilham alıp insan tasarımlarına aktarmanın insanların doğayı algılama biçimlerine yani doğa felsefelerine sıkı sıkıya bağlı oluşunun en açık ve net uygulamaları mimarlık disiplininin gelişiminde ve değişiminde okunabilmektedir.

Doğadan ilham almanın tarihsel süreç içerisindeki değişimlerinin mimarlık disiplini üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için insanların doğayı algılayışını yani disiplin olarak doğa felsefesini nelerin etkilediğini belirtmek gerekmektedir. Dini inanç ve doğa hakkındaki bilimsel keşifler doğa felsefesini etkileyen en önemli unsurlardandır. Bu kapsamda insanlar, doğaya yönelik elde ettikleri bilgileri bireysel deneyim ve dönemin teknolojik imkânlarının sınırları dahilinde mimarlığa aktarmaktadır.



Şekil 1. Doğa, doğa felsefesi ve mimarlık arasındaki ilişki

Mimarlıkta ilkel doğa taklitlerinden kompleks esinlenme yöntemlerine doğru gelişim sürecine bakıldığında, sanayi devrimine kadar olan süreçte doğayı taklidin çoğunlukla

analoji ve metafor düzeyinde kaldığı görülmektedir. Sanayi devriminden sonraki süreçte endüstri ve makine çağının başlamasıyla birlikte doğadan ilham almanın nesnel temelli yolları geliştirilmeye başlanmıştır. Bilişim çağıyla birlikte ise bilgisayar teknolojileri hızla gelişmiş ve her türlü üretim bilgisayar programları üzerinden modellenerek yapılabılır hale gelmiştir.

Söz konusu mühendislik gelişmelerine paralel olarak temel bilimlerde de büyük gelişmeler yaşanmış ve birçok buluş yapılmıştır. 19.yy'ın sonlarına doğru doğadaki temel evrimsel mekanizmalar keşfedilmiş ve bu keşiflerin bir sonucu olarak biyoloji disiplininin gelişiminde önemli ilerlemeler yaşanmıştır. 20.yy'ın ortalarına doğru ise gen kavramı ortaya koyulmuş ve DNA keşfedilmiştir. Bu gelişmeler doğrultusunda doğa, bilimsel ve nesnel olarak kavranmaya başlandığı için doğadan ilham alma ve mimari tasarımlara aktarma yöntemleri de büyük ölçüde değişmiş ve gelişmiştir.

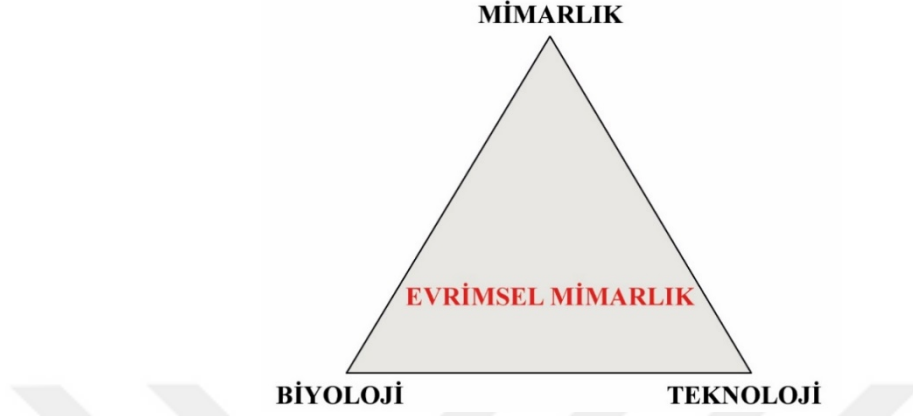
Charles Darwin'in 1859 yılında Türlerin Kökeni (On the Origins of Species) isimli kitabını yayınlaması biyologlar arasındaki türlerin değişmediğine yönelik düşünceyi yıkmıştır. Türlerin değişiminin, bilimsel olarak detaylı mekanizmalar aracılığıyla açıklanmasıyla birlikte doğa felsefesinde büyük bir paradigma kırılması yaşanmıştır. Darwin, bu paradigma kırılmasını Türlerin Kökeni adlı kitabının son sayfasında şu şekilde dile getirmektedir:

“Böylece, doğanın savaşıdan, açlıktan ve ölümden, düşünebildiğimiz en yüce ereğe, daha yukarı hayvanların oluşmasına varılır. Bir ya da birkaç biçimde başlayan yaşamı böyle anlayan ve bu gezegen çekimin değişmez yasasına göre dönüp dururken, böylesine basit bir başlangıçtan en güzel, en olağanüstü biçimlerin evrimleşmiş ve evrimleşmekte olduğunu kavrayan bu yaşam görüşünde gerçekten ihtişam vardır.” (Bakırcı, 2019a), (Darwin, 1959).

Evrin kuramının ortaya koyulmasıyla birlikte insanların doğaya bakış açıları kökten değişmiştir. Canlılar artık sabit değil, evrimsel mekanizmaların etkisi altında değişen ve çevre koşullarına uyum sağlayacak şekilde evrim geçiren varlıklar olarak görülmeye başlanmıştır. Söz konusu değişen doğa anlayışından mimarlık disiplini de etkilenmiş, canlıların mevcut durumlarından çıkarımlar yapmak yerine, evrimsel süreçlerini ön plana çıkaran yani değişim ve dönüşümü esas alan mimari tasarım yaklaşımları ortaya çıkmaya başlamıştır.

Canlıların oluşumlarının evrimsel ilkelere bağlı olduğunun keşfedilmesi, genetik bilgilerinin öğrenilebilmesi ve bu ilişkilerin bilgisayar teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte çeşitli teknolojik araçlar aracılığıyla bilgisayar ortamına aktarılabilmesi, evrimsel süreçlerin

mimari tasarıma girdi olarak kullanılabilmesini gündeme getirmiştir. Böylece evrimsel mimarlık biçimlenmeye başlamıştır.



Şekil 2. Evrimsel mimarlık üçgeni

Evrimsel mimarlık anlayışının temellerini; genetik alanındaki gelişmeler, doğadaki evrimsel mekanizmaların keşifleri ve bilişim-bilgisayar teknolojilerindeki ilerlemeler oluşturmaktadır. Bu sebeple evrimsel mimarlık; genel kapsamda biyoloji-mimarlık-teknoloji üçgeninde yer almaktadır. Daha detaylı incelendiğinde ise evrimsel mimarlığın kuramsal temellerinin evrim kuramı, genetik disiplini ve hesaplamalı tasarımdan oluştuğu görülmektedir.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Mimarlık disiplinde güncel bir manifesto olan evrimsel mimarlık anlayışını inceleyen bu çalışmanın amacı; geçmişten günümüze doğa felsefesi-mimarlık ilişkisinin incelenmesi, evrimsel mimarlığın kuramsal temellerinin disiplinler arası ilişkiler üzerinden kapsamlı bir şekilde ortaya koyulması ve doğadaki evrimsel mekanizmaların keşfedilmesinin mimari tasarım yöntemleri üzerindeki etkilerinin incelenmesidir. Çalışma kapsamında literatür taraması yöntemi kullanılmış ve elde edilen verilerin amacı doğrultusunda incelenmiştir.

Çalışmanın birinci bölümünde, tarih öncesi dönemlerden modern döneme doğa felsefesi-mimarlık ilişkisinin değişimi ve gelişimi, her tarihsel dönemde hâkim olan doğa felsefesinin mimarlığı nasıl etkilediği incelenerek ortaya koyulmuştur. İnsanların doğayı

algılama ve anlamlandırma biçimlerini kapsayan doğa felsefesinin mimarlığı geçmişten günümüze nasıl etkilediğini ortaya koymak evrimsel mimarlığın kuramsal arka planının anlaşılması açısından büyük önem arz etmektedir.

İkinci bölümde, 21. yüzyıldaki doğa kavrayışının mimarlık üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla; biyomimikri, biyofilik tasarım, genetik mimarlık ve hesaplamanın metafiziği, dijital botanik mimarlık, yeni ekolojik-çevresel mimarlık, yeni siberetik-dijital mimarlık, neoplazmatik tasarım ve otogenik strüktürler incelenmiştir. 21. yüzyılda temel bilimler, mühendislik ve yazılım gibi alanlarda gerçekleşen keşiflerin doğa felsefesi-mimarlık ilişkisine önemli etkileri olmuştur. Bu kapsamda 21. yüzyılda doğa felsefesinin disiplinler arası etkileşimler üzerinden mimarlığı nasıl etkilediğinin incelenmesinin önemli olduğu düşünülmüştür.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, John Frazer ve Eugene Tsui'nin evrimsel mimarlık yaklaşımları, teorik arka plan, yöntem ve kullanılan araçlar açısından değerlendirilmiştir. Daha sonra ise evrimsel mimarlığın kuramsal temellerini oluşturan evrim kuramı, genetik ve hesaplamalı tasarım hakkında bilgi verilmiştir.

Bulgular ve irdelemeler bölümünde, tarih öncesi dönemden günümüze ve evrimsel mimarlıkta doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi hakkında irdelemeler yapılmıştır. Daha sonra ise evrimsel mimarlığın kuramsal temellerini oluşturan evrim kuramı, genetik ve hesaplamalı tasarımın evrimsel mimarlık ile ilişkisi irdelenmiştir. Böylece evrimsel mimarlığın, disiplinler arası kurduğu ilişkiler ve doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi açısından önemi gösterilmiştir.

Çalışmada evrimsel mimarlık, sadece ortaya çıktığı zaman dilimindeki ilişkiler üzerinden değil, insanın var oluşundan günümüze doğa felsefesi ve bilimdeki gelişmelerin mimarlık disiplini ile olan bütüncül ilişkileri göz önüne alınarak incelenmiştir. Bu kapsamda evrimsel mimarlığın, doğa felsefesi-mimarlık etkileşimlerinin tarihsel süreç içerisindeki gelişimi ve disiplinler arası bilgi alışverişleri ön plana çıkarılarak incelenmiş olması çalışmanın özgün değerini oluşturmaktadır.

Çalışmanın, evrimsel mimarlığı doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi üzerinden tartışmaya açması ve disiplinler arası ilişkileri açık biçimde ortaya çıkarması açısından gelecek çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR-1

2.1. Tarih Öncesi Dönemden Modern Döneme Doğa Felsefesi-Mimarlık İlişkisi

Doğa kelimesinin İngilizce karşılığı olan “nature” sözcüğünün etimolojik kökenine bakıldığında, 13.yy’ın sonlarında “bedenin canlandırıcı güçleri, bedensel süreçler, büyüme ya da gelişmenin güçleri”, Eski Fransızcada “varlık, yaşamın prensipleri, karakter, öz”, Latince kökeni olan natura sözcüğünde “şeylerin rotası, doğal karakter, bünye, nitelik, evren”; 14.yy’ın sonlarından bu yana ise “yaratılış, evren, kalıtım, temel özellikler, doğum, doğuştan gelen eğilim” anlamlarında kullanıldığı görülmektedir (URL-1, 2019).

Türk Dil Kurumu’nun sözlüğünde ise doğa sözcüğü: “Kendi kuralları çerçevesinde sürekli gelişen, değişen canlı ve cansız varlıkların hepsi, tabiat; insan eliyle büyük bir değişikliğe uğramamış, doğal yapısını koruyan çevre; bir kişinin eğilimlerinin, içgüdülerinin hepsi, huy.” olarak tanımlanmaktadır (URL-2, 2019).

Close (1969) ise doğa sözcüğünün, geçmişten günümüze kullanılan genel anlamlarını şu şekilde sıralamıştır:

- Fiziksel evrendeki evrim, gelişim ve oluşumların prensipleri ya da süreçleri.
- Evrensel ettirgen güç.
- Kozmosun orijinal ve süreli var olan temeli.
- Fiziksel şeylerin onlara hayat ve spesifik kimliklerini veren temel biçimleri.
- Kozmik düzen ya da doğal dünya.

Tarih boyunca doğa, kimi zaman bir düzen modeli olarak kimi zaman ise düzensizliğin modeli olarak ele alınmıştır. Bu bağlamda doğa; büyüme, gelişim, desen ve formlarında düzen ya da düzensizlik modeli olarak algılanmasına bağlı olarak insan tasarımlarının konseptlerini şekillendirmektedir (Geddes, 2012).

Henry Moore, doğadaki sayısız özgün örneklerin yoğun biçimde incelenmesi sayesinde kişinin; yeni ve benzersiz bir eser üretmekte kullanılmak üzere bazı temel prensipleri keşfedebileceğini ve söz konusu özgün eserin eşsizliğini sanatçının doğa yasalarına dair içgüdüsel kavrayışlarına borçlu olduğunu dile getirmektedir (Moore ve Hedgecoe, 1968).

Close (1969) sanat ve doğa arasındaki ilişkiye farklı yaklaşımları şu şekilde sıralamaktadır:

- Sanat doğayı taklit eder.
- Sanat doğaya bakar, doğayı tamamlar ya da mükemmelleştirir.
- Sanat doğanın deneyimlenmesine ya da çalışılmasına bağlıdır.
- Doğa da sanat da sınırlı yetkinliklere sahiptir bu sebeple iyi bir eğitim için ikisi birlikte bilinmelidir.
- Sanat doğanın materyallerinden yararlanır.
- Sanatın başlangıcı doğadadır.
- Sanat doğadan aşağı derecededir.
- Doğa sanatçısıdır.

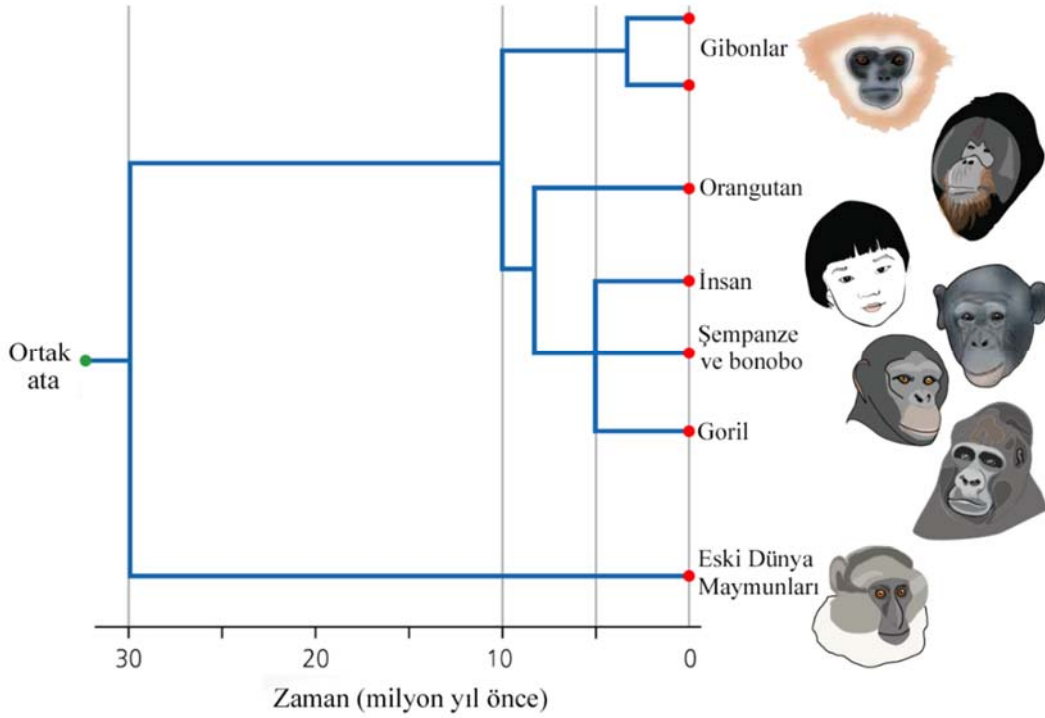
Doğa-sanat ilişkisindeki bu yaklaşımlara bakıldığında çoğunlukla sanatın doğaya bağlı olduğu fikri ağır basmaktadır fakat yine de sanatın doğayı daha iyi işler hale getireceğini ifade eden görüşler de bulunmaktadır. Sanat doğaya bağımlıdır çünkü doğadaki fonksiyonları, süreçleri ve görünüşleri taklit eder, prensiplerini doğadan alır ve doğanın materyallerini kullanır; doğaya yardımcıdır çünkü insanın doğal durumunun ve çevresinin eksikliklerini gidermekle birlikte tam veya normal gelişimlerine ulaşmalarına yardımcı olmak için doğal süreçlerle iş birliği yapmaktadır (Close, 1969).

İfade edildiği üzere, doğa kelimesi; büyüme, gelişme, yaratılış, kalıtım, kozmik düzen, oluşum ve süreç gibi birbiriyle ilişkili birçok anlamda kullanılmıştır. Bu kullanımlar doğanın süreç, gelişim ve oluşum fenomenlerini içerisinde barındıracak şekilde hareketli bir yapıda kavrandığını göstermektedir. Doğanın bütün tanımlamaları ve anlamlandırmaları, insanın çevresindeki varoluşu ve doğayı anlamlandırmaya çalışma sürecinin doğrudan bir sonucudur. Bu perspektiften bakıldığında ilk insanlardan günümüze doğayı kavrama biçiminin onu tanımlama şeklini ve bunun kaçınılmaz bir sonucu olarak her ikisinin birlikte doğayı imar etme yani mimarlık yapma eylemini şekillendirdiği görülmektedir.

2.1.1. Tarih Öncesi Dönemde Doğa Felsefesi-Mimarlık İlişkisi

Tarih öncesi dönemde doğa felsefesi-mimarlık ilişkisinin izini sürebilmek için ilk olarak insan türünün evrimsel sürecini incelemek gerekmektedir. Güncel bilimsel veriler *homo sapiens* türünün diğer bütün canlılar ile paylaştığı ortak atalardan evrimleştiğini göstermektedir. Bu evrimsel geçmiş üzerinde yapılan çalışmalar, insanın günümüzde

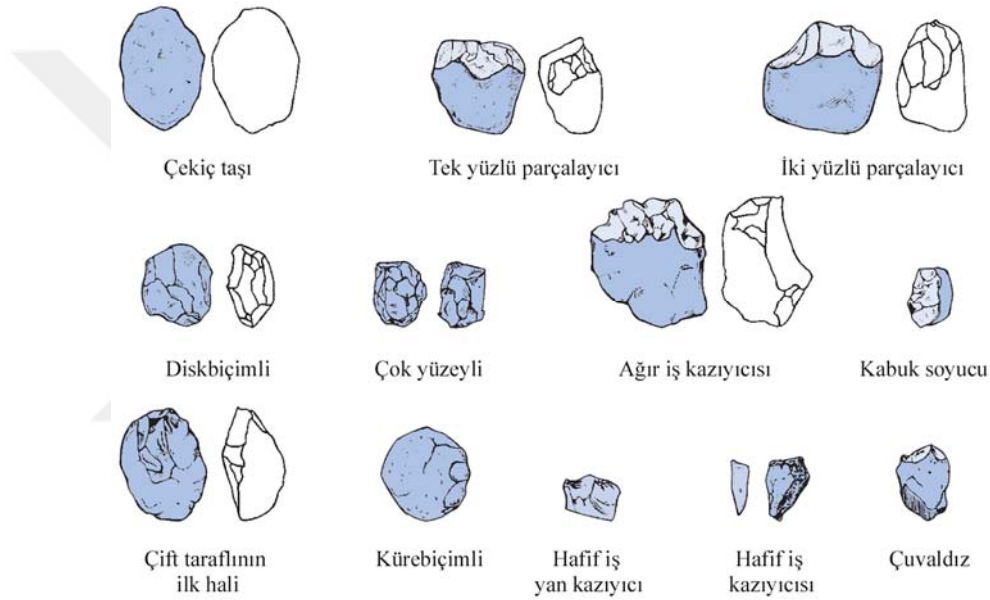
yaşayan en yakın akrabasının şempanzeler olduğunu ve daha uzak geçmişe doğru ise sırasıyla Goril, Orangutan ve Gibonlar ile ortak atalardan geldiğini göstermektedir (Freeman ve Herron, 2017). En nihayetinde yeterince geçmişe gidildiğinde tıpkı bütün canlılar gibi insanın da ortak atalardan türeyerek evrimleştiği gerçeği bugün bilim adamları tarafından kabul edilmektedir (Futuyma, 2008).



Şekil 3. İnsansı maymunların ortak ata ve türeme ilişkilerini gösteren filogenetik ağaç (Sarich ve Wilson, 1967), (Freeman ve Herron, 2013).

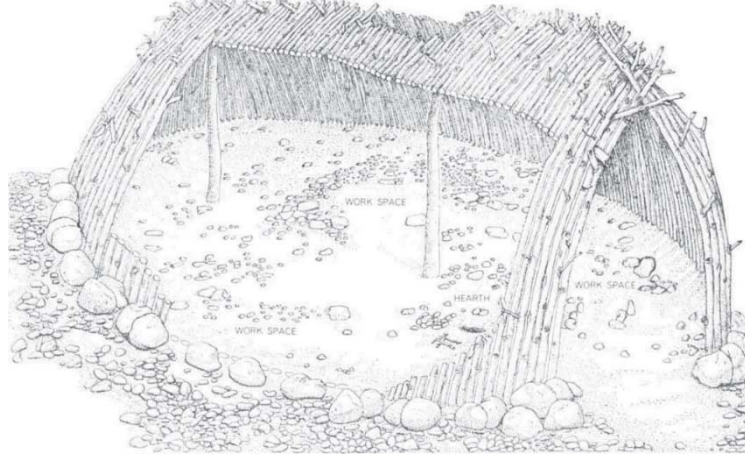
İnsanın evrimsel sürecini inceleyen güncel moleküler araştırmalar *Homo sapiens* türünün şempanzelerle yaklaşık 5-6 milyon yıl önce yaşamış olan bir ortak atadan geldiğini göstermektedir (Mayr, 2017). İnsanlar ile şempanzelerin paylaştığı son ortak atadan günümüzde yaşayan insanlara kadar gelen süreç ile ilgili birçok insansı türüne ait fosil keşfedilmiştir. Bu insansı türlerinden en önemlilerinden ikisi kuşkusuz, *Australopithecus afarensis* (3.0-3.9. milyon yıl) ve *Australopithecus africanus* (2.4-3 milyon yıl) türleridir. Her iki tür de iki ayak üzerinde dik yürüyebilecek şekilde evrimleşmiştir (Freeman ve Herron, 2017). Çoğunlukla ağaç üzerine inşa ettikleri yuvalarda barınmaya devam eden bu iki türe ait herhangi bir taş alet bulunmamıştır (Mayr, 2018).

İnsanın devam eden evrimsel sürecinde bir diğer aşama *Homo* cinsi insanı türlerinin ortaya çıkışıdır. Bu bağlamda öne çıkan ilk örnekler; *Homo rudolfensis* (1.8-2.4 milyon yıl), *Homo habilis* (1.6-1.9 milyon yıl), ve *Homo ergaster* (1.5-1.8 milyon yıl)'tir (Freeman ve Herron, 2017). *Homo* cinsinin ortaya çıkışı ile birlikte ağaçta yaşam terk edilmiş; ağaçtaki iki ayak üzerinde dik şekilde yürüyebilme özelliği yerde dik olarak yürümeye doğru evrimleşmiştir (Mayr, 2018). *Homo habilis* basit taş aletleri yapmaya başlayan ilk insan türü olarak değerlendirilmektedir (Coyne, 2016). Hayatta kalma mücadelesinin bir sonucu olarak tasarlanan ilkel taş aletler, doğa felsefesi-mimarlık ilişkisinin ilk örneklerini göstermektedir.



Şekil 4. Homo Habilis'e ait ilk basit taş aletler (Lewin, 2018).

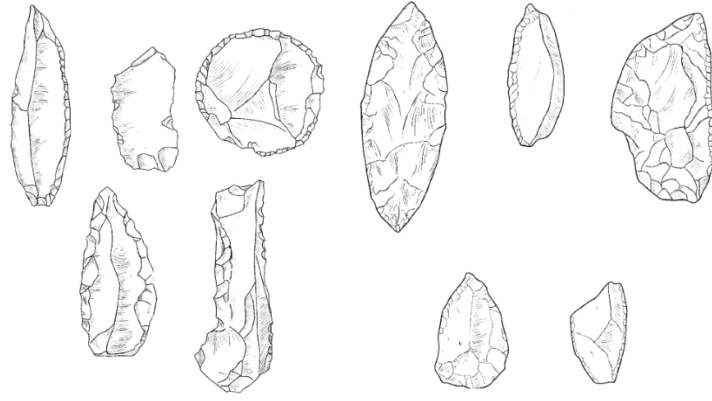
Bir sonraki evrimsel aşamada ortaya çıkan insan türü *Homo erectus* (0.4-1.2 milyon yıl)'tur (Freeman ve Herron, 2017). Bu türün en önemli karakteristiği taş aletleri yapabilmesi ve ateşi kontrol edebilmesidir (Mayr, 2018). Ateşi kullanma insanlaşmanın ilk adımları olarak görülmektedir. Henry de Lumbe ve arkadaşları 1965 yılında, Fransa'nın Nice şehrinde yaklaşık 300.000 yıl öncesine tarihlendirilen ve *Homo erectus*'un göçebe yaşayan avcılar tarafından her yıl bahar aylarının sonu ya da yaz aylarının başında ziyaret edilip kamp yeri olarak kullanılan ve Terra Amata olarak adlandırılan paleolitik alanı keşfetmiştir. Alanda yapılan kazı çalışmaları sonucunda, duvarları direklerin kuma saplanması ile oluşturulmuş oval taşlar ile desteklenen, uzatılmış oval biçimine sahip 21 tane baraka benzeri yaşam alanı keşfedilmiştir (Lumley, 1969).



Şekil 5. Terra Amata’da keşfedilen yaşam alanları (Lumley, 1969).

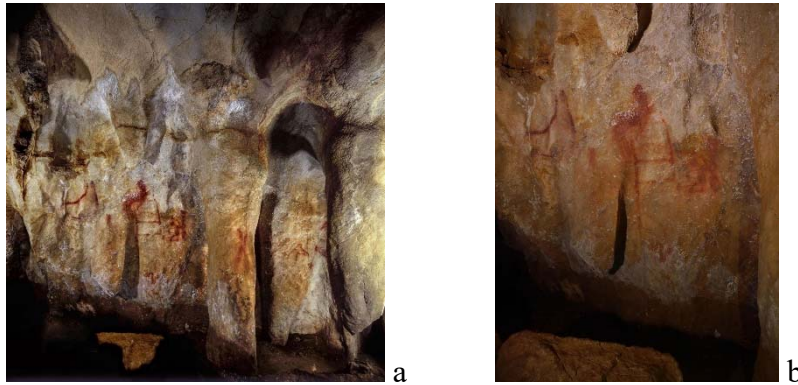
Bütün barakaların merkezinde kumun içi oyulup yüzeysel bir çukur oluşturularak çakıl taşları ile döşenmiş bir ocak ve bu ocakların kuzey tarafında kuzey rüzgârlarını engellemek için yuvarlak kaya parçaları üstü üste koyularak oluşturulan rüzgâr kırıcılar yer almaktadır (Lumley, 1969). Ateş bir topluluk oluşumunu ve barınaklar ise insanların çevrelerini kendi istekleri doğrultusunda değiştirdiğini ve kontrol altına aldıklarını göstermektedir (Roth, 2006). Bu bağlamda Terra Amata’daki barakalar, insanların doğal çevrenin farkında olarak tasarladıkları ilk mimari örneklerden biri olarak değerlendirilmektedir.

Homo erectus’tan sonra ortaya çıkan iki insan türü ise sırasıyla *Homo heidelbergensis* (0.2-0.6 milyon yıl) ve *Homo neanderthalensis* (0.03-0.3 milyon yıl)’tir (Freeman ve Herron, 2017). Küçük avcı toplayıcı gruplar halinde yaşayan Neandertal insanları, usta bir şekilde aletler yapmakta ve avlanmaktaydılar (Coyne, 2016). Neandertal’lerin yaptığı kompleks aletlere dair birçok bulgu olmasına karşın yapı strüktürlerine dair fazla veriye ulaşılammıştır (Roth, 2006). Bununla birlikte Neandertal mezarlarından elde edilen bilgiler, zaman zaman ölülerini ritüellerle gömdüklerine işaret etmektedir (Lewin, 2018).



Şekil 6. Neandertaller'e ait bulunan taş aletler (Lewin, 2005).

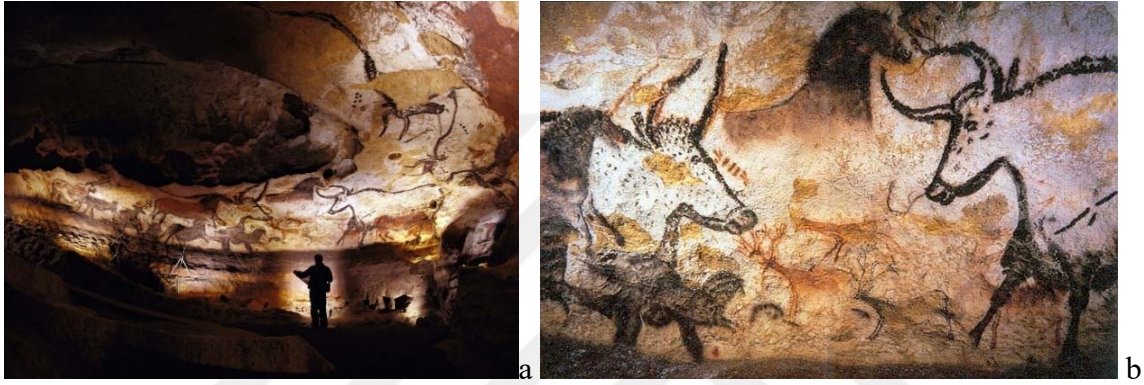
Neandertal insanı daha çok mağara adamı olarak bilinmektedir. İspanya'da İberia Mağarası'nda 65.000 yıl öncesine tarihlenen mağara çizimlerinin Neandertallere ait olduğunu iddia eden bir çalışma 2018 yılında Science dergisinde yayınlanmıştır (Hoffman vd., 2018). Söz konusu veriler Neandertallerin de sembolik düşünme yeteneğine sahip olduğu iddialarını güçlendirmektedir. Neandertallerin *Homo habilis* türüne göre daha kompleks aletleri yapması avcılık yeteneklerinin daha üst düzey ve beyinlerinin daha gelişmiş olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda *Homo habilis*'e kıyasla doğa ile kurdukları daha kompleks ilişkiler, Neandertalleri daha kompleks ürünler tasarlamalarına yönlendirmiştir.



Şekil 7. İberia Mağarası'nda bulunan Neandertel çizimleri (a) (URL-3, 2019), (b) (URL-4, 2019).

İnsanın evrimsel sürecinde en son ortaya çıkan tür ise yaklaşık 100 bin yıldan beri dünyaya hâkim olan, *Cro-Magnon* olarak da isimlendirilen *Homo sapiens*'tir (Freeman ve

Herron, 2017). *Homo sapiens* türü dilin ve kültürün zaman içerisindeki gelişimiyle birlikte dünyaya yayılarak, yaklaşık 100.000 yıl öncesinden günümüze kadar olan süreçteki mimari ve sanat eserlerini ortaya koymuştur. *Homo sapiens*'in kompleks sanatsal faaliyetlerinin ilk izlerini taşıyan tarih öncesi dönemdeki mağaralardan biri Fransa'nın Dordogne ilinin Montignac köyünün yakınlarında keşfedilen ve yaklaşık M.Ö. 15.000-17.000 yıl arasına tarihlendirilen Lascaux mağarasıdır (Groeneveld, 2019). Lascaux mağarasının kaya duvarları boyunca öküz, at, geyik, gergedan gibi birçok hayvan çizimleri keşfedilmiştir.

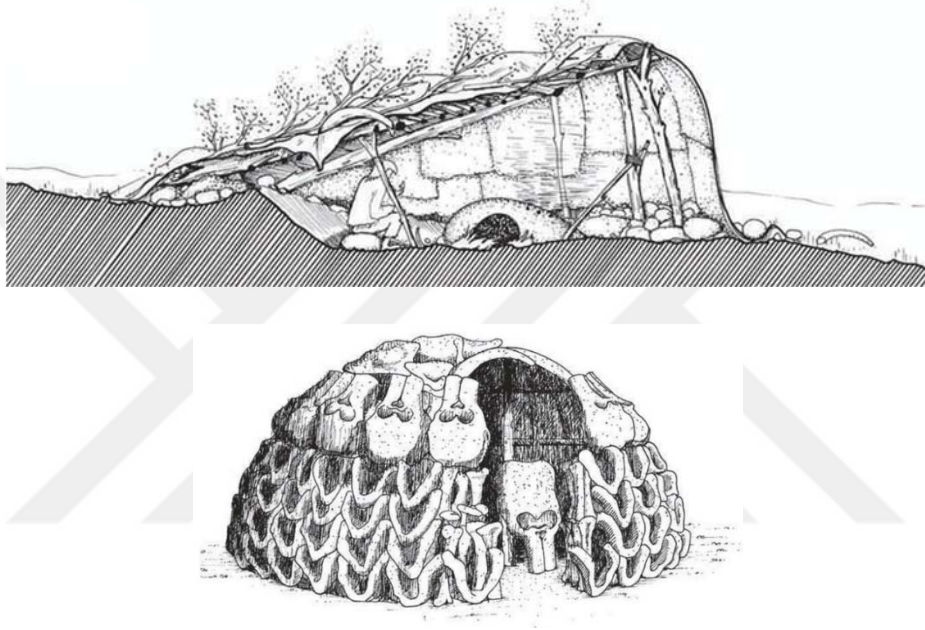


Şekil 8. Lascaux Mağarası'nda bulunan çizimler (a) (URL-5, 2019), (b) (URL-6, 2019).

Roth (2006)'a göre, bu çizimleri yapan sanatçılar çizgilerin netliği, biçimin güzelliği ve perspektif kurallarına duyarlılık bakımından Yunan ve Roma dönemine kadar aşılamayan sanat eserleri ortaya koymuşlardır. Bataille (1955)'e göre Lascaux insanının ortaya koyduğu sanat anlayışı hayvan tasvirlerini içermesi bakımından natüralist bir yapıya sahiptir fakat bu natüralist anlayışa hayvanları olduğu gibi aktararak değil onlardaki olağanüstü olanı ortaya çıkararak erişmiştir. Bu bağlamda Lascaux mağarası, doğanın hem gözlemlenip hem de soyutlanarak tasarımlara aktarılması açısından büyük bir öneme sahiptir.

Homo sapiens'in ilk yerleşim yerlerinin bir kısmı Avrupa'nın çeşitli yerlerinde keşfedilmiştir. Keşfedilen bu yaşam alanlarından biri Çek Cumhuriyeti'nin Moravya bölgesindeki Dolní Věstonice arkeolojik alanıdır. M.Ö. 22.000 yılına tarihlendirilen ve küçük bir akarsuya yakın olarak konumlanan bu kamp, büyük kayalar tarafından yere sabitlenen kalas direklerden yapılmış yarı kalıcı 5 tane oval kulübeden oluşmaktadır. Ağaçlardan elde edilen kalaslar çoğunlukla deriler ile kaplanarak gizlenmiştir (Jarzombek, 2013).

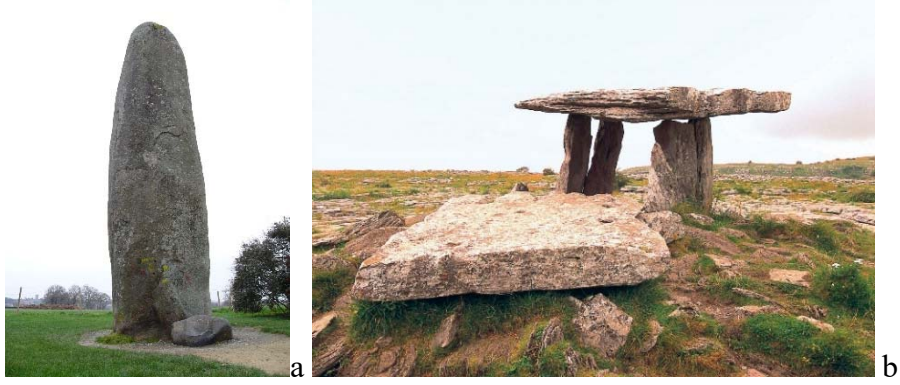
Keşfedilen bir diğer yaşam alanı, Ukrayna'nın Kaniv Rairon bölgesindeki Mezhirich köyündeki kulübelerdir. M.Ö. yaklaşık 13.000 yılına tarihlendirilen bu yaşam alanındaki daire biçimli kulübelerde, rüzgâra karşı önlem almak amacıyla tamamen mamut kemikleri kullanılmış ve kulübelerin girişleri doğu tarafından alınmıştır (Jarzombek, 2013). Bu kulübeler insanların, hayvan kemiklerini yapılarında kullanmanın avantajlı yönlerinin farkına vardıklarını göstermektedir.



Şekil 9. Dolní Věstonice ve Mezhirich köyündeki kulübeler (Jarzombek, 2013).

Dolní Věstonice ve Mezhirich'deki mimarlık örnekleri, insanların yaşam alanlarını tasarlarken doğanın hem cansız hem de canlı oluşumlarından malzeme bağlamında yararlandıklarını ve bununla birlikte doğadan öğrendiklerini önceki insan türlerine oranla çok daha kompleks çıkarımlar yaparak tasarımlarına yansıtıklarını göstermektedir.

Ağaç kalasları, hayvan kemikleri ve postlarla yapılan barınaklardan sonra insanlığın bir sonraki icadı taş mimarisi olmuştur. Taş mimarisinin ilk örnekleri dikey olarak dik bir şekilde diziler halinde yerleştirilen ve adına “uzun taş” anlamına gelen “menhir” denilen yapıtlardır (Roth, 2006). Bir sonraki mimari örnekler ise, M.Ö. 5000 tarihlerine kadar tarihlendirilen, iki dik taş levhanın üzerine yatay levhanın yerleştirildiği, çeşitli taş anıtları nitelemesi amacıyla ismine “dolmen” denilen mezar yapıtlarıdır (Cummings, 2019).



Şekil 10. Menhir ve Dolmen (a) (URL-7, 2019), (b) (URL-8, 2019).

Tarih öncesi dönemdeki taş mimari söz konusu olduğunda en öne çıkan örnek İngiltere'nin Salisbury şehrinde konumlanmış olan Stonehenge'dir. Stonehenge'in yıldız gözlemevi ve ayın devirlerini belirlemek amacıyla kullanılmış olabileceği düşünülmektedir (Roth, 2006). Stonehenge insanların bir yandan törensel sosyalleşme, ziyafet ve dans ile meşgul olurken; atalarıyla iletişim kurmak ve ölülerini hem fiziksel ve hem de ritüellerle gömmek için toplandıkları bir sihirbazlık bölgesi olarak değerlendirilmektedir (Ching vd., 2017). Roth (2006)'un ifadesiyle Stonehenge, “her yıl toplanan kabileler tarafından yaşamın ve güneşin yinelenen çevriminin kutlandığı toplanma yeri”dir.



Şekil 11. Stonehenge (URL-9, 2019).

Tarih öncesi dönemdeki taş mimari örnekleri, o dönemde yaşayan insanların doğal bir malzeme olan taşın kullanımına hâkim olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte Stonehenge örneği; güneşin, ayın ve yıldızların hareketlerine dikkat edildiğini ve bu yönlendirmeler ışığında tasarımlar yapıldığını göstermektedir. Bu durum insanların doğayı

artık kozmos ölçeğinde algıladıklarını ve mimari tasarımlarını bu gözlemlere göre şekillendirdiklerini ortaya koymaktadır.

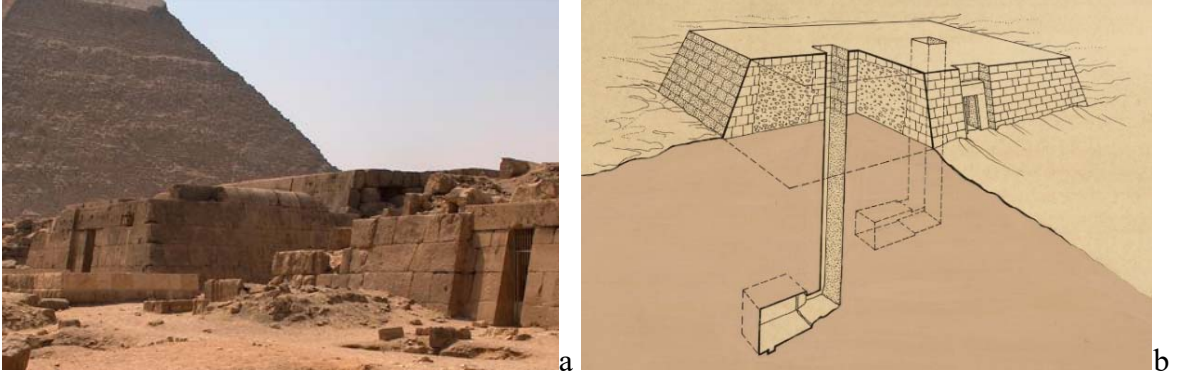
Sonuç olarak, tarih öncesi dönemde zamanla değişen ve gelişen doğa felsefesi-insan ilişkilerinin mimarlık üzerindeki yansımaları; insan türünün ilk evrimsel aşamalarındaki ilkel taş alet tasarımları ve barınaklardan kozmosu bir bütün olarak gözlemleyen *Homo sapiens*'in taş mimari eserlerine ulaşan bir süreci gözler önüne sermektedir.

2.1.2. Antik Mısır, Yunan ve Roma Dönemlerinde Doğa Felsefesi-Mimarlık İlişkisi

Tarih öncesi çağlardan antik döneme geçiş yapıldığında incelenmesi gereken ilk dönem Antik Mısır'dır. Mısır mimarlığını belirleyen temel iki doğal etken Nil nehri ve güneştir (Roth, 2006). Çünkü mimari yapıların biçimlenişi ve konumlanışında bu iki etkene oldukça fazla dikkat edilmiştir. Bununla birlikte Mısır dinindeki düzen, uyum, adalet gibi anlamlara gelen *ma'at* kavramının, insanların doğayı ve yaşamı algılama biçimlerini yönlendirdiği görülmektedir (Karenga, 2003).

Dünyayı algılayışlarında din, mit, büyü ve kaba gözlemin bir araya geldiği Eski Mısırlılarda doğa felsefesinin din ve sihirden ayırt edilmediği ve dünyanın ilkel su olarak kabul edilen *Nun* ya da boşluktan ortaya çıktığına inandıkları görülmektedir (Grant, 2007). Mısırlılar, evrenin değişmez düzenine ve sürekliliğine inandıkları için Mısır mimarisi de keskin hatlara sahip kütleli formların bir ifadesiydi ve kendi içinde çok az değişikliği kabul etmekteydi. Benzer şekilde evrenin sabit örüntüsüne ve değişmezliğine inanan Mısırlılar insan yaşamının da sonsuz döngüsüne inanmaktaydı. Bu durum onları, ölüme ve yok olmaya karşı durmanın bir ifadesi olarak ölümsüz ve kalıcı anıtlar tasarlamaya teşvik etmiştir (Roth, 2006).

Antik Mısır'da doğa-mimarlık ilişkisinin kalıcılık ve sonsuzluk kavramları üzerinden incelenebilecek ilk örneği Mastaba denen mezar yapılarıdır. Mastaba ölümlerinin gömüldükleri yerin üzerinde tasarlanan, ölen kişinin ruhunu onurlandıran törenler için geniş bir oda ve ölen kişinin heykelinin yerleştirileceği, böylece ruhun törenlere tanıklık edebileceği küçük bir odadan oluşmaktadır (Mark, 2019). Mastaba kelimesi, yapılaş amacından da anlaşılacağı üzere "sonsuzluk için ev" anlamına gelmektedir (Ching vd., 2017).



Şekil 12. Mastaba ve perspektif-kesit çizimi (a) (URL-10, 2019), (b) (URL-11, 2019).

Mastabalar Mısırlıların, doğanın sonsuzluğunun bir devamı niteliğindeki insanın sonsuzluğu algısının mimarideki karşılığı olarak değerlendirilebilir çünkü mastabanın yapılış amacının çıkış noktasını yaşamın sürekliliği ve kalıcılığı fikri oluşturmaktadır. Bu bağlamda mastabalar, mısırlıların doğayı algılayışlarının insan üzerindeki karşılığının küçük ölçekli mimari anıt yapılarındaki yansıması olarak düşünülmektedir.

Antik Mısır'ın en öne çıkan ve nasıl yapıldıkları hakkında halen tartışmalar yürütülen mimari eserleri ise piramitlerdir. Mısır piramitlerinin yarattığı etki tasarımlarındaki keskin hatlar ve dikey hacimlerinden kaynaklanmaktadır (Roth, 2006). Piramitlerin inşası ölüm ve onunla ilişkili dinsel uygulamalar hakkındaki fikirlerde büyük bir değişikliği işaret etmektedir. Çünkü piramitler, tıpkı mastabalarda olduğu gibi sonsuzluk fikrini içerisinde barındırır da diğer taraftan “yükseliş için ev” olarak tanımlanmaya başlamıştır (Ching vd., 2017).



Şekil 13. Keops Piramiti ve perspektif-kesit çizimi (a) (URL-12, 2019), (b) (URL-13, 2019).

Piramitlerde ölen kralın tinselleştirilmiş bedeninin, göksel cennete yükselişini sağlayacak yollardan bir tanesi göğe doğru yapılacak olan bir merdivendi. Bu bağlamda, piramitler göğe yükselecek şekilde tasarlanarak ölen kralın istediği zaman cennete ulaşabilmesi ve mezarına geri döndüğü zaman da keşişlerinin kendisine sunduğu hediyelerin tadını çıkarabilmesi sağlanmıştır (Edwards, 1972).

Piramitlerin yapılacağı yer seçilirken yapının, nehrin batısında ve batan güneşin tarafında olmasına, nehir seviyesinin oldukça üstüne yerleştirilmesine ve kaya tabakasının herhangi bir çatlama ya da eğiliminde olmamasına dikkat edilmiştir. Bununla birlikte taşların büyük bir kısmı taş ocaklarından gemi ile taşınacakları için Nil nehrine olan yakınlık büyük önem arz etmektedir (Edwards, 1972). Bazı araştırmacılar, piramitlerin Nil nehrine ve elektromanyetik dalgaların yüzeye çıktıkları noktalara olan yakınlıklarının elektrik üretiminde de kilit rol oynadığını dile getirmektedir (Vashisht, 2016).

Bu bilgiler ışığında Mısır piramitleri, insanların hem dini inançlarıyla iç içe geçmiş doğa algılayışlarının hem de çevrelerindeki doğal oluşum ve süreçlerin farkında oluşlarının mimari yapılardaki yansımalarına, doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi bağlamında eşsiz bir örnek teşkil etmektedir. İfade edildiği üzere söz konusu doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi yapıların ölççeklerini, konumlarını, formlarını, malzemelerini ve planlamasını doğrudan etkilemiştir.

Antik Mısır'dan sonra Antik Yunan incelendiğinde, insanların doğayı algılayış biçimlerinde büyük değişiklikler gerçekleştiği görülmektedir. Bu durumun en önemli sebebi, tabiatta gerçekleşen doğa olaylarının doğaüstü sebepler yerine doğal mekanizmalar ve süreçler üzerinden açıklanmasına yönelik bir anlayış olan Helenik felsefenin yükselişidir. Helenik felsefenin etkisi ile birlikte Yunanlı düşünürler doğal olayların açıklanmasında mitopoetik ve dini düşünceden ayrılıp, doğanın kendi potansiyellerinin derinliklerini kavramaya yönelim göstermiştir (Cevizci, 2018).

Doğanın kendi potansiyellerini gözlemlemeye yönelen Yunan filozofları, insanın kendi yapısının hassas uyumlu işleyişlerine bakıp doğanın da benzer şekilde akıl dolu devinimlere sahip olduğuna dair mikrokozmos-makrokozmos benzerliği kurmuştur. Bu bakış açısının bir sonucu olarak Yunanlı düşünürler doğayı akıllı olan bir canlı varlık olarak tasarımılamışlardır (Collingwood, 1999). Yunanlı filozoflarda ortak olan bir diğer görüş ise hiçten hiçbir şeyin oluşmayacağı yani madde ile evrenin, ebedi ve ezeli olduğu fikridir (Collingwood, 1960).

Sokrates öncesi dönemde yaşayan ilk doğa filozofları daha çok ilk madde yani “arkhe” konusu üzerinde yoğunlaşmış ve her canlıya başlangıç veren ilk tözün ne olduğu sorusuna cevap bulmaya çalışmışlardır. Felsefe tarihinin ilk düşünce geleneğini oluşturan İyonya Okulu filozoflarından Thales söz konusu ilk maddenin “su” olduğuna inansa da öğrencisi Anaksimandros bu yaklaşıma suyun sınırlı niceliksel ve belirli niteliksel özelliklerinden dolayı karşı çıkarak ilk maddenin, ancak sınırsız olarak nitelendirilebilecek olan “apeiron” olduğunu söylemiştir (Grant, 2007). İyonya Okulu’nun son filozofu Anaksimenes ise Thales’in algılanabilir töz anlayışına geri dönerek ilk maddenin Thales’in iddia ettiği gibi su değil, “hava” olduğunu dile getirmiştir (Collingwood, 1999).

Yunan felsefesinin ikinci okulu olan Pythagorasçılar, Miletoslu filozofların aksine madde yerine form, nitelik yerine niceliği koyarak doğanın gerçekliğinin sayılar aralığıyla açıklanmasını hedefleyen matematik temelli bir metafizik anlayışı geliştirmişlerdir (Cevizci, 2018). Bu bağlamda Pythagorasçılar, doğadaki bütün oluşumların gösterdiği davranışların bir ilk maddeye ya da töze dayandırılması fikrinden vazgeçip bu davranışların doğadaki oluşumların geometrik biçimlenmelerine ve matematiksel açıklamalarına dayandırılarak açıklanması gerektiğini ileri sürmüşlerdir (Collingwood, 1999).

Varlığın özündeki kalıcı ve değişmez tözü bulmaya çalışırken doğadaki değişim olgusunu açıklayamayan İyonyalı filozoflar ve Pythagorasçılardan sonra gelen Heraklitos ise, her şeyin bir akış ve değişim içinde olmasının gerçekliğin en önemli hakikati olduğu fikrinden hareket ederek ilk maddenin “ateş” olduğunu ifade etmiştir (Cevizci, 2018). Elea Okulu filozofu Parmenides’e göre ise doğada değişim ve hareket imkânsız olduğu için bütün gerçeklik sabit ve değişmezdir (Grant, 2007).

Varlığın temelindeki tözün tek olduğunu iddia eden yaklaşımlardan, ikiden fazla arkhe anlayışını ortaya koyarak ayrılan Pluralist filozoflar ise Empedokles, Anaksagoras ve Demokritos’tur. Empedokles’e göre doğada gözlemlenen bütün değişimler, değişmeyen ilk maddeler olan toprak, hava, su ve ateşin bir araya gelişlerinin ve hareketlerinin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Grant, 2007). Anaksagoras ise ilk maddelerin sayısının dört değil sonsuz sayıda olduğunu dile getirmiş ve bu sonsuz sayıdaki öğeye *homeomeri* ismini vermiştir (Cevizci, 2018). Arkhelerin bölünemez parçacıklar olan atomlardan oluştuğunu dile getiren Demokritos ise evrende gözlemlenen değişimin atomların boşluktaki hareketlerinden kaynaklandığını ileri sürmüştür (Grant, 2007).

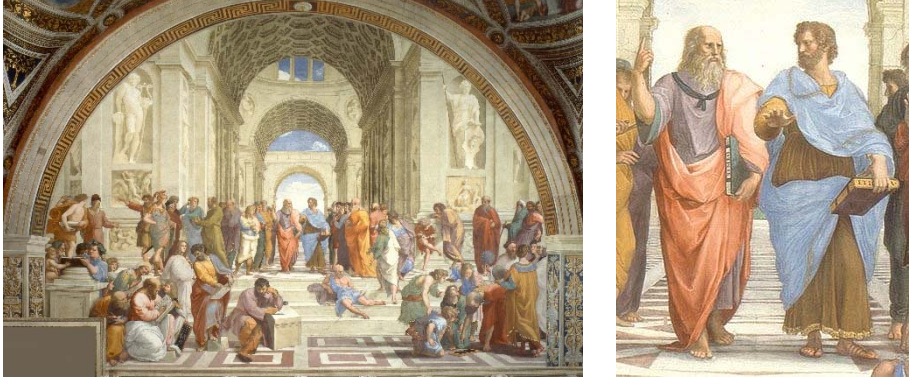


Şekil 14. Empedokles'e göre dört temel madde; hava, su, ateş ve toprak (URL-14, 2019).

Gerçekliğin doğasının anlaşılması amacıyla yapılan felsefi açıklamalarda en büyük kırılma noktalarından birisi Platon'un idealar kuramını ortaya koymasıdır. Platon'a göre idealar, algılanan bütün gerçekliğin, algılanabilir dünyanın ötesinde olan, ondan bağımsız ve maddi olmayan, ezeli ve ebedi özleridir (Cevizci, 2018). Platon'un yaptığı bu tanıma göre farklı büyüklüklerle ve açılarla çizilebilen üçgenin, bundan bağımsız olan bir üçgen ideası vardır. İnsanların çizdiği üçgenler ise ancak üçgen ideasının maddi dünyadaki sönük bir yansımasıdır. Yani Platon'a göre maddi dünya ideaların taklidi olarak var olabilmektedir.

Platon'un idealar kuramı ile birlikte gerçekliğe dair açıklamalar, algılanabilir doğal sebeplerden algılanamaz soyut sebeplere doğru bir değişim yaşamıştır. Bu değişimin sanat anlayışı üzerinde büyük bir etkisi vardır. Sanatçının, ideaların taklidi olan maddi dünyadaki bir şeyi tekrar yorumlayarak eserine aktardığı için ancak taklidin taklidi konumuna düşen eserler ortaya koyabileceğini ileri süren Platon'a göre sanatın ancak idealardan esinlenmesi durumunda bir kıymeti vardır (Turan, 2015). Bu sebeple Platon, Pytagoras'ın da etkisiyle, temel geometrik formlara, idealara yakınlıklarından dolayı, oldukça fazla önem vermiştir.

Platon'un idealar kuramı ile ortaya koyduğu düalizm anlayışına şiddetle karşı çıkan Aristoteles, tabiattaki gerçekliğin idealara indirgenmesini eleştirmiş ve algılanan doğanın varoluşundan şüphelenmenin hata olduğunu dile getirerek gerçekliğin maddi tözlerden oluşan dünyadan ibaret olduğunu ifade etmiştir (Cevizci, 2018). Aristoteles için kozmos ne başlangıcı ne de sonu olmayan devasa bir küresel *plenum* yani madde ile dolu uzaydır. Var olan her şey o uzayda vücut bulur ve bunun dışında ne madde ne de zaman, hiçbir şey mevcut değildir (Grant, 2007). Bu bağlamda Platon için bilginin idealara yakın örneği olarak matematik ön plana çıkarken, Aristoteles'te bilimin modeli doğadaki canlı yaşam yani biyolojidir (Cevizci, 2018).



Şekil 15. Platon'un formlar, Aristoteles'in ise maddi dünyayı işaret ettiği Atina Okulu tablosu (URL-15, 2019).

Aristoteles doğa sözcüğünün yedi farklı anlamını birbirinden şu şekilde ayırmaktadır (Collingwood, 1999):

- Köken ya da doğum.
- Şeylerin kendisinden meydana geldiği tohumlar.
- Doğal şeylerdeki devinimin ya da değişimin kaynağı.
- Şeylerin kendisinden oluştuğu ilk madde.
- Doğal şeylerin özü ya da biçimi.
- Genel olarak öz ya da biçim.
- Kendi içinde bir devinim kaynağı taşıyan şeylerin özü.

Aristoteles doğa sözcüğünün birbirinden farklı anlamlarından sonuncusunu asıl anlam olarak ele alarak doğa dünyasını, içerisinde kendi kendine devinen şeylerin bulunduğu ve süreç, gelişme ve değişim üzerinden şekillenen canlı bir dünya olarak kavramaktadır (Collingwood, 1960). Söz konusu dünya tasarımında gerçeklik, madde ve formdan oluşan bir töz olarak düşünülmektedir. Madde, malzemeye karşılık gelirken form ise sahip olunan her türlü şekil, yapı, düzenleme ya da işleve karşılık gelmektedir (Cevizci, 2018). Bu bağlamda Aristoteles'in düşüncesinde, tabiatta yer alan değişim ve oluşumlar dört neden üzerinden açıklanabilmektedir (Collingwood, 1999):

- Maddi neden: Kendisinde değişimlerin meydana geldiği dayanak ya da malzeme.
- Formel neden: Şeyleri diğer şeylerden ayıran form ya da yapı özellikleri.
- Fail neden: Hareket ya da değişimin kaynağı.
- Ereksel neden: Şeylerin oluşma amacı ya da hedefi.

Aristoteles'in ortaya koyduğu dört nedenden belki de en önemlisi fail neden yani amacın varlığıdır. Bu bağlamda Aristo, doğada tesadüfi ya da amaçsız hiçbir şeyin olmadığını dile getirmektedir. Bununla birlikte o, sanat doğayı taklit ettiği için insanların tasarladığı ürünler ile doğada oluşan ürünler arasında benzerlikler olduğunu fakat aynı zamanda insan sanatının da doğanın eserlerini mükemmelleştirdiğini ifade etmektedir (Cevizci, 2018). Onun gözünde hem insan tasarımlarında hem de doğanın tasarladığı ürünlerde esas olan şey bir amacın varlığıdır.

Thales'ten Aristoteles'e, Yunan doğa filozoflarının gerçeklik algılayışlarının, Yunan mimarisi üzerindeki etkilerinin okunması mümkündür. Bu kapsamda, Yunan filozoflarının canlı olarak algıladıkları doğanın dinamiklerini derinlemesine inceleme çabası öncelikle doğadaki aklın bir cisimleşmesi olan oran-orantıyı keşfetmelerini sağlamıştır. Yunanlılar için doğa, akıl ile dolu olması sebebiyle bir düzenin ifadesi olmuştur. Bu sebeple Yunanlı mimarlar, söz konusu bu düzeni yapılarında denge ve simetriye önem vererek ifade etmişlerdir (Roth, 2006).

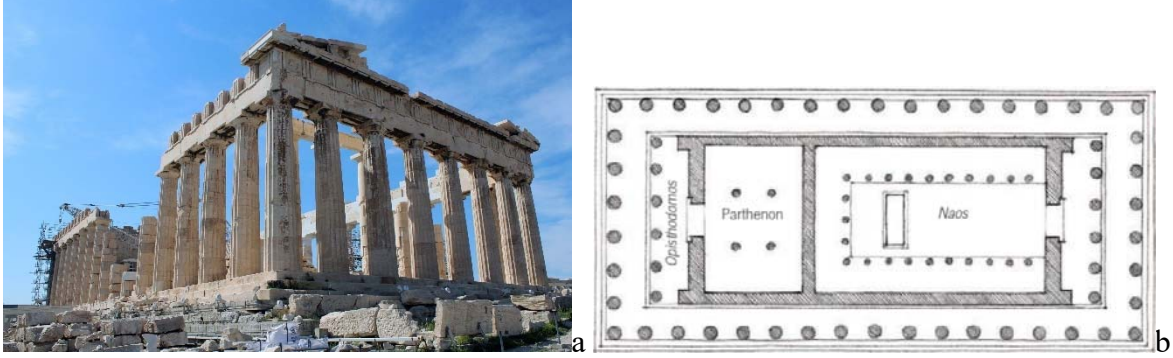
Pythagoras'ın doğadaki oluşumların özünün, geometrik biçimlenmeler ve matematiksel ifadeler olduğunu ifade etmesi, Yunanlıları binaları tasarlarken yapı formlarının geometrilerine dikkat etmeye ve temel geometrik formların kullanımlarına yönlendirmiştir. Platon'un, idealara yakınlığı sebebiyle temel geometrik formlara gösterdiği eğilim yine Yunan mimarisinde temel geometrik formların kullanımını etkilemiştir.

Aristoteles'in doğada amacın olduğunu öne sürmesi ise doğada bir yetkinliğe doğru yönelişin olduğunu ifadesidir. Bu sebeple Yunanlı mimarlar biçimde, detayda ve işçilikte, doğadaki amaç olgusunun bir yansıması olarak, yetkinliğe ulaşmayı hedeflemişlerdir. Antik Yunan'da yeryüzündeki mekânın düzenlenmesinin, evrenin düzenini yansıtması gerekmektedir (Doxiadis, 1972). Bu bağlamda Yunan felsefesinin evrene düzeni getirmesi gibi Yunan mimarlığı da yapılara düzeni getirmiştir.

Antik Yunan mimarlığındaki oran-orantı, temel geometrik formlar, denge ve simetrinin kullanımının en açık yansımalarının okunabileceği yapılardan bir tanesi Parthenon'dur. Bu yapı Tanrı'nın evi olduğu için en mükemmel oranların, malzemelerin ve işçiliklerin ürünü olarak tasarlanmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda Parthenon akıl, ölçü ve oranı niteleyen *logos*'un bir cisimleşmesi olarak kavranmıştır (Roth, 2006).

Yunan mimarlığının ulaştığı yetkinliğin mimarlık tarihinde bıraktığı kalıcı izlerden biri olma başarısını gösteren Parthenon analiz edildiğinde, Yunanlıların doğa felsefelerinin mimarideki yansımalarına önemli bir örnek teşkil ettiği görülmektedir. Bu bağlamda

Parthenon'un tasarımında; Pythagoras ve Platon'un etkisiyle temel geometrik formların ve oran-orantının kullanımı önemsenmiştir.



Şekil 16. Parthenon ve planı (a) (URL-16, 2019), (b) (Ching vd., 2017).

Doğaya atfedilen kutsallık ve bunun bir getirisi olarak kurulan makrokozmos-mikrokozmos ilişkilerinin bir ürünü olarak tasarlanan Parthenon, logos tarafından düzenlenen doğadaki mükemmelliği mimariye yansıtma çabalarının en açık örneğidir. Bu kapsamda Parthenon, ideal olanın insan eylemi olan mimarlık aracılığıyla gerçekleştirilebileceğinin güçlü bir örneğidir (Roth, 2006). Buradaki söz konusu ideal doğanın özünde yatan yetkinliktir.

Antik Yunan'dan sonra Roma döneminde, doğa felsefesi bağlamında yeni kuramların geliştirilmesi yerine, Sokrates öncesi doğa filozoflarının görüşleri ciddi bir değişiklik yapılmadan benimsenerek daha çok etik ve din konularına ağırlık verilmiştir. Epiküros, Demokritos'un atom modelini benzer şekilde aktarırken, özgür iradeye imkân tanınması amacıyla atomların determinist davranışlarından saparak hareket ettiğini ifade etmiştir (Cevizci, 2018).

Stoacılar ise, logos ve doğanın birleştiği bir felsefe anlayışına bağlı olarak, evrende gözlemlenen doğal güzelliğin bir Tanrı'nın var oluşunu gösterdiğini iddia etmişlerdir. Fakat söz konusu Tanrı, tinsel bir varlık değil maddi bir yapıdadır (Cevizci, 2018). Bu bağlamda Stoacılar doğanın kendisinin Tanrı olduğunu iddia eden bir görüş olan Panteizm'e benzer bir felsefi anlayış ortaya koymuşlardır.

Antik Yunan düşünürlerinin doğrudan etkilerinin okunabildiği Roma mimarlığının doğa felsefesi ile kurduğu ilişkiyi değerlendirirken faydalanılabilecek en önemli kaynak Romalı yazar ve mimar olan Vitruvius'un yazdığı 'Mimarlık Üzerine (De Architectura)'

isimli kitaptır. Bu kitapta mimarlığın; düzenleme (ordinatio), tasarım (dispositio), ahenk (eurythmia) simetri (symmetria), uygunluk (decor) ve dağıtım (distributio)'dan meydana geldiğini ifade etmektedir (Vitruvius, 2017).

Vitruvius'a göre, mimarın bu ilkeleri mimari tasarımlara düzgün şekilde aktarabilmesi için; felsefe, astronomi ve doğa bilimlerine dair bilgisinin iyi olması gerekmektedir. Felsefenin doğa bilimlerini de kapsadığını ve doğanın mimarlar için en büyük esin kaynağı olduğunu bildiren yazar, oran-orantı ve simetrinin özünün zaten doğada yer aldığını ifade etmektedir. Bu sebeple mimar, doğadaki bu kusursuz örüntüleri iyice analiz edip kavramalı ve bu kavrayışlarını mimari tasarımlara aktarmalıdır.

Vitruvius'a göre doğa, insan bedenini parçalar ile bütün arasında belli oranlar olacak şekilde oluşturduğu için mimarlar da tasarladıkları binalarda tekil parçaların yapının bütününe oranlarına dikkat etmelidir. Kitabının 3.bölümünü tapınakların tasarım ilkelerine ayıran Vitruvius, tapınak tasarımlarının temelini simetri olduğunu, simetrinin ise oran-orantıdan oluştuğunu dile getirmektedir. Bu bağlamda, oran-orantı ve simetri olmadan tapınakların doğru tasarımı mümkün olmamaktadır (Vitruvius, 2017).

Roma mimarlığında, doğa algısının mimari tasarımlar üzerindeki yansımalarının okunabileceği en önemli yapılardan biri Pantheon'dur. Roma'nın dini inanış ve doğa algılarının bir birleşimi olarak tezahür eden Pantheon'da; doğadaki düzen, uyum ve birlik dini bir çerçevede sembolleştirilerek biçim bulmuştur. Tutucu bir Hristiyan inancının değil, formunda ve anlamında var olan evrenselliğin dışı vurumu olarak tasarlanan bu yapı binanın şekli, kubbenin tepesindeki ışık diski ve apsis dahil yedi ana niş, gezegenlerle ilgili işleyişleri ve devletin sürekli varlığının birliğini vurgulamaktadır (MacDonald, 1976). Bu kapsamda Pantheon, devlet ve tanrıların birliğini sembolize etmek amacıyla bütün tanrılara adanmıştır (Ching, vd., 2017).

Pantheon'un, Platon'un idealara en yakın olarak gördüğü formlardan biri olan; köşesiz, başlangıç ve sonu olmayan daire şeklindeki rotundas, doğanın yani dolayısıyla tanrıların varlığının sürekliliğini temsil etmektedir (MacDonald, 1976). Bununla birlikte, yapıdaki çözümlenmelerde temel geometrik formların oran-orantıları ve simetrinin kullanılması Antik Yunan'daki yetkinlik arayışında kullanılan yöntemlerin Roma'da da etkili bir şekilde kullanıldığını göstermektedir.

MacDonald (1976)'ya göre Pantheon'da tanrıların en büyüğü kubbenin üst kısmındaki açıklıktan bina içinde giren ışık şeklinde tezahür etmektedir. Buradaki ışığın içeriye alınışı yıl içindeki farklı dönemlerde yapıda farklı etkiler yaratmaktadır. Yarım küresel kubbenin

dikey hizalanması, yapının iç kısmındaki mimari elemanları tek tek aydınlatan bir projektör gibi uzayda yavaşça hareket eden güneş ışınlarının şaşırtıcı dinamiğini yapıya eklemiştir (Ching, vd., 2017). Bu bağlamda Pantheon'un hem tasarımının hem de anlamının güneşin binadaki rolünün anlaşılmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir (Hannah ve Magli, 2011).



Şekil 17. Pantheon ve kesiti (a) (URL-17, 2019), (b) (Ching vd., 2017), (c) (URL-18, 2019).

Pantheon'un tasarımında tanrı ile doğayı bir gören panteist din anlayışının, Yunan doğa felsefesinin, devletin tanrılar ile olan birliğinin, Platon'un idealara yakınlığı sebebiyle önemsedığı temel geometrik formların oran-orantı ve simetri ilkelerine dikkat edilerek kullanımının ve ışığın yapının içinde farklı atmosferler oluşturacak şekilde bina içerisine alınışının doğrudan etkileri okunabilmektedir. Bu bağlamda Pantheon, Roma mimarlığında doğanın nasıl algılanıp mimari tasarımlara hangi etmenler aracılığıyla aktarıldığının apaçık bir örneğidir. Çünkü Watkin (2005)'in ifade ettiği gibi Pantheon, “tanrılar, doğa, insan ve devletin değişmez birliğinin sonucu ve simgesidir”.

2.1.3. Erken Hristiyan, Bizans, Orta Çağ ve Gotik Dönemlerinde Doğa Felsefesi-Mimarlık İlişkisi

Roma imparatorluğunda Pagan dini anlayışın bırakılıp zamanla Hristiyanlık dininin yaygınlaşması ile birlikte Orta Çağ felsefesinin ayak sesleri duyulmaya başlanmıştır. Eski Yunan'da doğadaki değişken süreçlerin yapısı yine doğadaki mekanizmalar üzerinden açıklanmaya çalışılırken, Orta Çağ felsefesinde doğa, Tanrının bir amaca yönelik yarattığı değişmeyen bir sistem olarak görülmeye başlanmıştır. Bir başka deyişle İlkçağ felsefesinin temelinde doğa ve insan bulunurken, Orta Çağ felsefesinin özünde Tanrı bulunmaktadır (Cevizci, 2017). Bu bağlamda, Orta Çağ'da doğa bilimlerinin gelişimi pek mümkün olmamıştır çünkü gözlemsel ve deneysel bilginin yerini Tanrı merkezli olan vahiy dayalı bilgi almıştır.

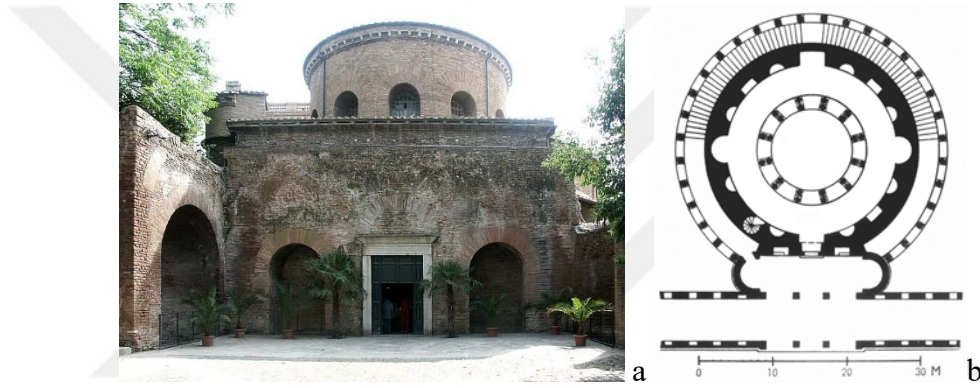
Orta Çağ felsefesinin etkin olduğu mimari dönemler Erken Hristiyan, Bizans, Erken Orta Çağ ve Gotik başlıkları altında incelenebilir. Bu kapsamda Erken Hristiyanlık ve Bizans dönemlerinin düşünsel arka planında, Orta Çağ felsefesinin ilk aşaması olan Patristik felsefe anlayışı baskın olarak rol oynamış, insanların çevrelerindeki gerçekliğe bakış açılarını derinden etkilemiş ve dolayısıyla bu etkilenmeler de insan tasarımı mimarlık ürünlerine yansımıştır. Bu bağlamda söz konusu iki dönemde mimarlığı belirleyen unsurlardan en önemlisi; din, teoloji ve felsefeyi bir bütün olarak ele alarak Hristiyan inancını putperest inançlara karşı savunmaya çalışan Patristik felsefe olmuştur (Cevizci, 2017).

Patristik felsefe anlayışı ile birlikte, Antik Yunan felsefesi Platon ağırlıklı bir biçimde, Hristiyanlık dininin prensipleriyle birleştirilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda Patristik dönem filozoflarından Clement, Yunan felsefesini Hristiyanlık için bir ön aşama olarak görmüş ve etiği Stoacılar, mantığı Aristoteles'ten, metafiziği ise Platon'dan alan bir felsefe anlayışı ortaya koymuştur. Benzer şekilde Aziz Augustinus, Yunan felsefesi ile Hristiyanlık dinini, Platon'un felsefe anlayışından yoğun bir şekilde etkilenerek sentezlemiş ve yorumlamıştır. Boethius ise Orta Çağ felsefesine Aristoteles'i, özellikle mantık hakkındaki öğretileriyle tanıştırmaya çalışmıştır (Cevizci, 2017).

Erken Hristiyan ve Bizans döneminde doğal fenomenler ve süreçler, Antik Yunan'daki materyalist bilimsel açıklama çabaları bir kenara bırakılarak, doğanın kendi mekanizmaları ile değil Tanrı'nın her yerdeki etkin varlığı ile açıklanmaya çalışılmıştır. Gerçeklik algısının temelinde Tanrı inancı geldiği için doğanın kendisi, tıpkı Platon'un idealar anlayışında olduğu gibi, Tanrı'nın varlığı yanında sönük bir yansıma olarak görülmüş ve insanların doğa anlayışı kutsal vahiy ve dogmatik inanç üzerinden şekillenmeye başlamıştır. Bu bağlamda,

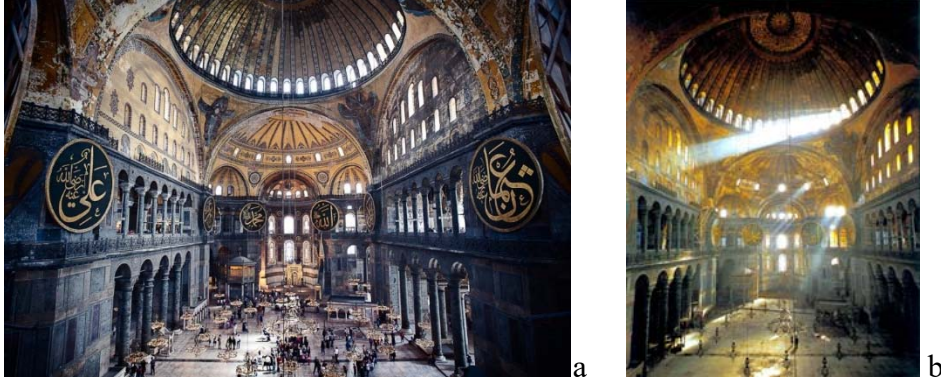
mimari tasarım ürünleri de bu değişimden etkilenerek kutsal kitabın etkilerinin okunabildiği bir görünüme kavuşmuştur.

Erken Hristiyan ve Bizans mimarisinde ön plana kilise yapıları çıkmaktadır. Kiliselerin tasarımları incelendiğinde Platonik temel geometrik formların ve simetrisinin sıkça kullanıldığı görülmektedir. Bununla birlikte kiliselerde, Hristiyan inancının ruhu önemseyen anlayışına paralel olarak yapının dış görünümünden çok iç mekâna önem verilmiştir. Bir diğer ifadeyle, Erken Hristiyan ve Bizans mimarlığı ile birlikte tasarımın odağı Tanrı'nın varlığının mistik yansımalarının yaratıldığı iç mekâna kaymıştır (Roth, 2006).



Şekil 18. Erken Hristiyan dönemi yapılarından Santa Constanza kilisesi ve planı (a) (URL-19, 2019), (b) (URL-20, 2019).

İç mekânda ışığın ustaca kullanımı ile oluşturulan söz konusu mistik atmosfer, Bizans'ın İstanbul'daki simge yapılarından Ayasofya (Hagia Sophia)'da üst düzeyde sergilenmekte ve deneyimlenebilmektedir. Bununla birlikte Bizans düşüncesindeki, kubbe ile kapatılmış küpün gök kubbeye örtülmüş yeryüzünü ifade etmesi inancı, Ayasofya'nın tasarımına yansımıştır (Roth, 2006). Bu bağlamda Ayasofya'da, doğal bir unsur olan ışık etkili bir şekilde yapı içerisine alınarak ve dönemin evren tasviri yapının tasarım kararlarında kullanılarak tanrısal olanı yeryüzüne aktarma çabası gösterilmiştir. Bu sebeple Ayasofya, doğanın tanrı merkezli algısının mimarlık üzerindeki yansımalarına eşsiz bir örnek teşkil etmektedir.



Şekil 19. Ayasofya'nın iç mekânında ışığın ustaca kullanımı (a) (URL-21, 2019), (b) (URL-22, 2019).

Bizans döneminden sonra, Skolastik felsefenin etkisi altında şekillenmiş olan Orta Çağ ve Gotik mimarlığı gelmektedir. Skolastik felsefede de tıpkı Patristik dönemde olduğu gibi Hristiyanlığın temellerinin hem yöntem hem de felsefi açıdan tutarlı bir biçimde akla uygun açıklanması hedeflenmekteydi. Skolastik felsefenin Patristik dönemden önemli bir farkı felsefenin okullarda okutulması, tartışılması yani kurumsallaşmış bir hal almasıdır. Bununla birlikte, Skolastik felsefenin ilk dönemi bir kenara bırakılacak olursa, Patristik felsefenin Platon temelli argümanlarının aksine, Skolastik felsefe döneminde Aristoteles'in çalışmalarının temel alındığı söylenebilmektedir (Cevizci, 2017).

Merkezinde Tanrı ve doğaüstü varlıklar aleminin bulunduğu Skolastik felsefe döneminde, doğa ve doğal süreçler Tanrı'nın yaratma eyleminin ürünleri olarak anlamlandırıldığı için doğa bilimlerinin gelişiminden pek söz edilememektedir. Doğa bilimlerinin gelişimi bağlamında değerlendirilebilecek en önemli etkinlik Aristoteles'in fizik ve biyoloji hakkındaki eserlerinin çözümlenme çabasıdır (Cevizci, 2017).

Orta Çağ mimarlığında ön plana manastırlar, Romanesk kiliseler ve savunma amaçlı inşa edilen kaleler çıkmaktadır. Bu dönemdeki savunma yapıları birtakım siyasi çekişmelerden kaynaklı dış saldırılar ve iç çatışmalara karşı bir önlem almak amacıyla inşa edilmiştir. Dini yapılar olan manastırlar ve kiliseler ise Erken Hristiyan ve Bizans dönemleriyle benzer şekilde Tanrı'nın evi niteliğini karşılayacak yapılar olarak tasarlanmaya devam edilmiştir (Roth, 2006). Bu yapılarda temel geometrik formlardan üretilmiş biçimlerin kullanımı ve simetrik çözümlenmeler uygulanmıştır. Bu bağlamda Orta Çağ'daki dini yapılar tıpkı Erken Hristiyan ve Bizans döneminde olduğu gibi, Tanrı temelli doğa kavrayışının ürünleri olarak mimarlık tarihinde yer edinmiştir.



Şekil 20. Orta Çağ dönemi yapılarından Saint-Sernin Kilisesi ve iç mekânı (URL-23, 2019).

Yüksek Orta Çağ döneminde inşa edilmeye başlanan Romanesk kiliseler, masif kütleler ve küçük pencerelerle tasarlandığı için bu yapılarda doğal bir unsur olan ışığın güçlü Tanrısal etkisi yapının içerisine küçük pencerelerden alınabilmekteydi. Işık yapı içerisine büyük saydam pencere boşluklarından alınmaya başlandığında ise artık Romanesk mimarlık anlayışı bitmiş, Geç Orta Çağ döneminde yeşermeye başlayan Gotik mimarlık anlayışı başlamıştır (Roth, 2006).

Gotik mimarlık döneminde Erken Orta Çağ'daki küçük pencereli masif kütleler yerine, daha hafif ve saydamlığın ön plana çıktığı kilise yapıları tasarlanmaya başlanmıştır (Roth, 2006). Bununla birlikte, Orta Çağ dönemindeki tamamen öteki dünyaya ağırlık veren bakış açısının aksine Gotik dönemde insanlar çevrelerinde gördükleri doğal gerçekliğe daha pozitif yaklaşmaya başlamışlardır. Fakat bu dönemde her ne kadar dünyevi gerçekliğe olan sevgi artsa da Gotik mimarlık yukarı doğru yönelerek gökselliği vurgulayan bir mimari anlayışa yönelmiştir (Roth, 2006). Bu durumun en önemli sebebi Orta Çağ boyunca etkisi derinden hissedilen Skolastik felsefe yani Tanrı merkezli gerçeklik anlayışıdır.

Skolastik felsefe ile Gotik mimarlık arasında oldukça sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Söz konusu güçlü ilişki, Skolastik felsefenin en önemli filozoflarından biri olarak görülen Thomas Aquinas'ın bütün bilimlerini sentezleyerek, açık ve net olan tek bir mantıksal öğretiyi ortaya koymayı amaçlaması üzerinden okunabilmektedir. Aquinas kendinden önceki Orta Çağ filozofları gibi Hristiyan inancını sistemli bir şekilde açıklamaya çalışmakla yetinmemiş; doğa bilimlerine yönelik ilginin artışı, Antik Yunan dönemine yönelik bakış açısının gözden geçirilmesi ihtiyacı gibi yeni durumların doğurduğu sonuçları felsefesine dahil ederek yeni bir sentez yapma yoluna gitmiştir (Cevizci, 2017). Bu bağlamda Aquinas, felsefenin Orta Çağ'da ulaştığı en yüksek noktayı temsil etmektedir.

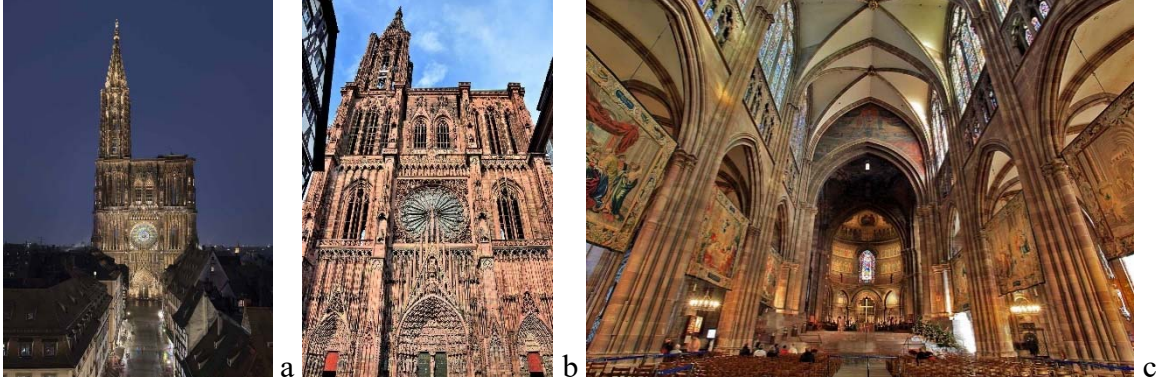
Thomas Aquinas'ın katkı sağladığı Yüksek Skolastik düşünceyi biçimlendiren “açıklığa kavuşturma ilkesi”, Yüksek Gotik mimarlığına “saydamlık ilkesi” olarak yansımıştır (Panofsky, 2017). Bu bağlamda, Yüksek Skolastik felsefe bir taraftan inancın mabedini keskin bir şekilde rasyonel bilginin etki alanından sınırlandırıp yine de bu mabedin içeriğinin açıkça fark edilebilir olmasını amaçlarken; Yüksek Gotik mimarlık iç mekânı dış dünyadan koparmış ve kendisini çevreleyen strüktür aracılığıyla dışarıdan algılanabilmesini amaçlamıştır (Panofsky, 1957). Bir başka ifadeyle, Eski Yunan'ın hümanist aklının logosu ön plana çıkardığı yerde Skolastik akıl ise açıklık ve netliği arzulamıştır.



Şekil 21. Notre-Dame Amiens'da ışığın büyük pencerelerden içeri alınışı (a) (URL-24, 2019), (b) (URL-25, 2019), (c) (URL-26, 2019).

İfade edilen açıklık arzusu, doğanın algılanışı ve mimariye yansımada da kendini göstermektedir. Swiatkowski (2014)'e göre, en önemli karakteristiklerinden biri natüralizm olan Gotik mimarlıkta, zanaatkarlar doğayı taklit edip onun mükemmel bir ifadesini yaratmak yerine nesnelere taklit eden soyut çizgiler çizmişlerdir. Bu kapsamda Friedrich Schlegel, Gotik katedralin hem iç hem de dışının bir ormanı anımsattığını dile getirirken, Goethe ise Gotik mimarlık ürünü olan Strasbourg Katedrali'ni binlerce dal ve yaprağı olan büyük bir ağaca benzetmiştir (Kavalier, 2012).

Doğa algısının Gotik mimarlık anlayışı üzerindeki bu yansımaları, Skolastik felsefedeki Aristoteles etkisini gözler önüne sermektedir. Çünkü Aristoteles'in doğa anlayışında Tanrı'nın varlığı a priori olarak değil, yarattıklarıyla kavranabileceği için bitkiler ve ağaçlar Platon'un iddia ettiği idealarının birer kopyası olarak değil gerçek bir bitki olarak algılanmıştır (Panofsky, 2017).



Şekil 22. Strasbourg Katedrali ve iç mekânı (a) (URL-27, 2019), (b) (URL-28, 2019), (c) (URL-29, 2019).

İfade edildiği üzere, Erken Hristiyan döneminden Gotik mimarlık dönemine kadar doğa algısının mimarlık üzerindeki etkileri din ve Tanrı merkezli olan Skolastik felsefe üzerinden şekillenmiştir. Skolastik felsefenin etkisi ile birlikte bu dönemlerde, Antik Yunan'ın aksine doğanın rasyonel araştırılması bir kenara bırakılıp bütün gerçeklik Tanrı temelli değerlendirilmiştir. Yüksek Skolastik felsefe döneminde ise bu tutum, Aristoteles felsefesinin Skolastik felsefe üzerindeki baskın etkisinden dolayı tersine dönmeye başlamış ve insanlar çevrelerinde gördükleri doğal gerçekliğin kendisine daha pozitif yaklaşarak doğayı mucizelerden üzerinden değil rasyonel açıklamalar üzerinden okumaya yönelmişlerdir (Garrard, 2010). Bu gelişmeler paralelinde insanlar, Antik Yunan'daki felsefe geleneğine karşı yeniden sempati ve saygı duyup Antik Yunan'ı tekrar araştırmaya başlamışlardır. Böylece insanın ve doğanın kendi potansiyellerini keşfetmeyi ilke edinen bir anlayış olan Rönesans doğmuştur.

2.1.4. Rönesans ve Barok Dönemlerinde Doğa Felsefesi-Mimarlık İlişkisi

Fransızca'da 'yeniden doğuş' anlamına gelen 'Renaissance' sözcüğünden köken alan Rönesans terimi, İtalya'da meydana gelen kültürel ve entelektüel değişimleri tanımlamak için 19. yüzyılda kullanılmaya başlanmıştır. Rönesans dönemi ile birlikte eski klasik dönem bilgilerinin İslam dünyasıyla olan temaslarını sürdüren âlimlerden ilham almaya başlayan İtalyanlar, Antik Yunan ve Roma'daki metinleri tekrar incelemeye ve keşfetmeye yönelmişlerdir (Ching vd., 2017). Bu durumun bir sonucu olarak Rönesans döneminde insanlar cennet, cehennem, Tanrı ve öteki dünya sorunlarıyla ilgilenmekten vazgeçip,

gözlerini yaşadıkları gerçekliğin sorunlarına çevirmişler ve insan merkezli değerleri ön plana çıkarmaya başlamışlardır (Yıldırım, 2018).

Antik dönemin felsefi ve mimari metin birikimini incelemek Rönesans düşünülerine özgü bir durum değildir çünkü Orta Çağ filozofları da antik dönemin metinsel birikimlerini okumuş ve değerlendirmiştir. Rönesans düşünürlerini Skolastik dönem düşünülerinden ayıran durum, Skolastik düşünürlerin aksine, ilkçağ felsefi metinlerini değerlendirirken Hristiyan vahyin gerekleri ve kilisenin otoriter dogmalarıyla uzlaştırma problemleriyle pek ilgilenmemeleridir. Bu bağlamda Rönesans döneminde, antik dönemin düşünce, sanat ve mimarlık anlayışları olduğu gibi kavranmaya çalışılıp bu anlayışların daha ötesine geçilmesi amaçlanmıştır (Roth, 2006).

Rönesans düşüncesini dogmatik çerçeveden koparıp yönlendiren bir diğer etmen ise insanı merkeze alan hümanist anlayışın ortaya çıkışıdır. Söz konusu hümanist anlayışın ortaya çıkışının Antik dönem felsefe metinlerinin tekrar keşfedilmesi ile doğrudan ilişkileri bulunmaktadır çünkü Rönesans düşünürleri Antik dönem filozoflarından Pythagoras'ın insanın her şeyin ölçüsü olduğunu ifade eden anlayışını kendi felsefelerinin temeline yerleştirmiştir. Bu sebeple hümanizm kelimesi Rönesansta, klasik dönem çalışmalarının medenileşmeye etkisi anlamında değerlendirilmiştir (Allsopp, 1959). Bu kapsamda Rönesans düşünürleri insanlık tarihini, Tanrı temelli bir süreçten çok insan türünün kendi başarıları üzerinden şekillenen bir ilerleme ve gelişim durumu olarak değerlendirmişlerdir (Roth, 2006).

Rönesans düşünürlerini etkileyen diğer filozoflar ise Herakleitos ve Stoacılar olmuştur. Herakleitos'un değişimi merkeze alan felsefi anlayışının etkisiyle birlikte, var olan gerçeklik evrensel bir yasa tarafından değiştirilen ve dönüştürülen bir akış olarak algılanırken, Stoacıların Tanrı ile maddeyi bir gören panteist evren algısı doğadaki gerçekliğin nesnel olarak araştırılmasını gerekli gören yeni bir doğa felsefesi anlayışının ortaya çıkışını tetiklemiştir (Cevizci, 2017). Bütün bu etkenlerle birlikte, doğada yer alan akıl yani logosun Antik Yunan felsefesi aracılığıyla Rönesans düşünürleri tarafından yeniden keşfinin etkisiyle birlikte Rönesans doğa felsefesi anlayışı güçlenmiş ve Rönesans'tan sonra Aydınlanma çağında ortaya çıkacak olan bilimsel düşünce hareketinin ilk filizleri yeşermeye başlamıştır.

Söz konusu bilimsel hareketin ortaya çıkışını sağlayacak olan ilk adımları Rönesans doğa filozofları Nikolaus Cusanus (1401-1464), Bernardino Telesio (1509-1588), Tommaso Campanella (1568-1639), Giordano Bruno (1548-1600) ve Pierre Gassendi (1592-1655)

atmıştır. Nikolaus Cusanus temelde iki önemli fikir ortaya koymuştur. Bunlardan birincisi, evrenin merkezi diye bir şey olmadığı için dünya ve güneşin de kozmos içerisinde özel bir konumu bulunmaması fikri iken ikincisi ise, Orta Çağ'ın yeryüzü ile gökyüzü arasında karşıtlığı esas alan skolastik düşüncesinin aksine, yeryüzü ile gökyüzünde aynı yasaların hüküm sürdüğü düşüncesidir (Cevizci, 2017). Cusanus'un öne sürdüğü bu fikirler, dünyanın evrende imtiyazlı bir konumu olması düşüncesinden kopuşu sağlamış ve yeryüzü ile gökyüzü arasındaki birlik fikrini ön plana çıkarmıştır.

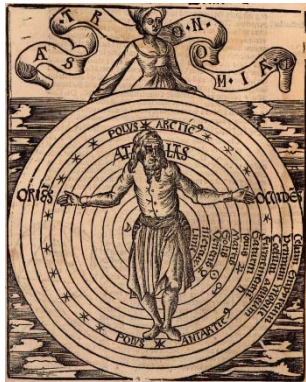
Bernadio Telesio, skolastik düşüncenin doğaya soyut bakışını bir kenara bırakarak, duyu organları ile başlayan akıl yürütme yönteminin deneysel yöntemlerle doğrulanması gerektiğini ifade ederken, Tommaso Campanella ise, doğaya ilişkin araştırmalarda doğrudan incelemenin önemi üzerinde durmuştur. Bu iki filozofun tutumu Rönesans doğa felsefesinde deney ve gözleme doğru yönelimin ilk örneklerini göstermektedir. Giordano Bruno ise, tıpkı Cusanus gibi evrenin merkezi diye bir yeri tanımlamanın mümkün olmadığını dile getirirken, doğayı ilahi birliğin bir yansıması olarak değerlendirerek Panteizm doğrultusunda bir tutum sergilemiştir (Cevizci, 2017).

Aydınlanma dönemi doğa bilimleri hareketinin epistemolojik temelini oluşturduğu açılarından en önemli adımlardan birini ise Pierre Gassendi atmıştır. Gassendi, mekanist bir doğa yorumu ile matematik ve deney temelli bakış açısını bir araya getirerek doğa felsefesinin gelişimi açısından önemli bir adım atmıştır (Cevizci, 2017). Onun bir diğer orijinal yönü ise Epiküros'un Antik Yunan'da ortaya koyduğu atomculuk modelini tekrar gündeme getirmesidir. Gassendi ortaya koyduğu mekanik atom modeliyle doğanın nesnel yorumlanmasının gerekliliğini ön plana çıkarmış ve doğa felsefesini gelişimine büyük katkıda bulunmuştur.

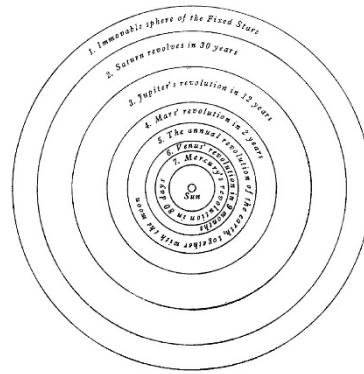
Salt bilimsel gelişmeler açısından incelendiğinde Rönesans'ı bir yeniden uyanış olarak değerlendirmek pek mümkün değildir (Yıldırım, 2018). Rönesans daha çok 17.yüzyıldaki aydınlanma ve bilimsel hareketin doğuşu için gerekli ön koşulların ortaya çıktığı bir ara dönem olarak görülebilmektedir. Bu sebeple Rönesans'ta dinin etkisinden tamamen kurtulmuş, özgür ve nesnel bir bilim hareketi yoktur. Söz konusu ara dönemde Orta Çağ'ın Skolastik doğa felsefesi anlayışı yavaş yavaş çözülmeye başlayarak Aydınlanma dönemindeki nesnel bir niteliğe sahip bilim hareketine doğru değişime uğramıştır. Bu değişim ve dönüşüm sürecinde doğayı algılama biçimlerinde de ciddi değişimler yaşanmıştır. Şüphesiz bunun en büyük sebebi yaşanan bilimsel gelişmelerdir.

Rönesans döneminde modern bilim hareketinin doğuşunu tetikleyen ve insanların evren üzerindeki konumlarını sorgulamasına vesile olan bilimsel gelişmelerden ilki güneş merkezli evren modelininin Kopernik (1473-1543) tarafından ortaya koyulmasıdır. Güneş merkezli evren modeli ortaya koyulana kadar tarihsel süreçte kabul gören genel fikir İskenderiyeli Batlamyus'un dünya merkezli evren modelidir. Batlamyus'un evren modeline göre dünya evrenin merkezinde yer almakta ve gökyüzündeki cisimler dünyanın çevresindeki yörüngelerde mükemmel çember döngülerle hareket etmektedir (Gribbin, 2017). Güneş merkezli evren modeli ile birlikte dünyanın evrenin merkezinde olduğu yanılsaması ortadan kalkmıştır.

Kopernik'ten sonra ise Tycho Brahe (1546-1601) ve Johannes Kepler (1571-1630)'in astronomi çalışmaları evrene dair insan algısının gelişiminde büyük önem arz etmektedir. Tycho, Kopernik'in aksine güneş merkezli evren modelini kabul etmemiş, evrenin merkezinde sabit bir dünyanın olduğuna ve yıldızlar ile gezegenlerin dünyanın etrafındaki kristal küre üzerinde döndüğüne ikna olmuştur. Fakat Tycho'nun yaptığı bir kuyruklu yıldız gözlemi fiziksel kristal küre fikrinin yanlışlığını ortaya koymuştur. Tycho'nun bu keşfi yörüngeleri kristal küre gibi fiziksel bir gerçeklik olarak değil, gezegenlerin hareketlerini açıklayan geometrik ilişkiler olarak değerlendirilmesi açısından modern bir yorum olarak değerlendirilmektedir (Gribbin, 2017).



a

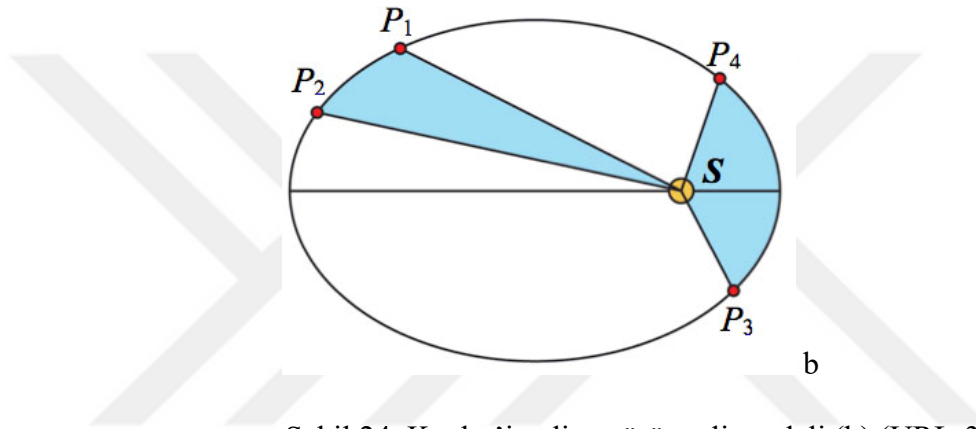


b

Şekil 23. Batlamyus'un dünya, Kopernik'in Güneş merkezli evren modeli (a) (Reisch, 1508), (b) (Copernicus vd., 1978).

Tycho'nun mirasçısı Kepler ise Kopernik'in güneş merkezli evren fikrini tasdik etmiş fakat gezegenlerin yörüngelerinin sanılan aksine daire değil, elips şeklinde olduğunu göstererek Platon ve Aristoteles'ten gelen geleneksel kabulün yanlışlığını ortaya koymuştur

(Yıldırım, 2018). Bununla birlikte, Kopernik'in gezegenlerin güneşten uzaklaştıkça yörüngelerinde daha yavaş hareket ettikleri iddiasını ele alan Kepler, gezegenlerin güneşten gelen bir kuvvet tarafından hareket ettiğini öne sürerek önceki dönemlerin mistik açıklamalarına karşın fiziksel bir sebep ortaya koymuştur. Kepler'in ortaya koyduğu bir diğer buluş ise gezegenlerin güneş etrafında bir tur atması için gereken sürenin karesinin güneşten uzaklıklarının küpüyle doğru orantılı olmasıdır (Gribbin, 2017). Bu bağlamda Kepler, Orta Çağ'ın mistisizmi ile modern dönemin matematik ve nesnel gözlem temelli bilimi arasında yer alan bir kişi olarak görülmektedir.

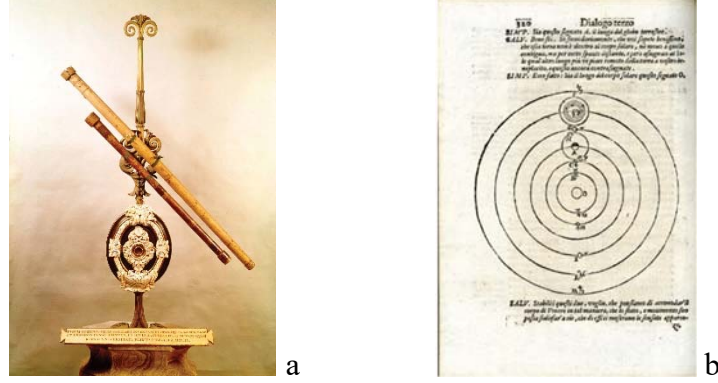


Şekil 24. Kepler'in elips yörüngeli modeli (b) (URL-30, 2019).

Galileo Galilei (1564-1642) ise tıpkı Kepler gibi tüm evrenin matematiksel ilişkiler üzerinden şekillendiğini ifade etmiştir. Fakat Kepler'in aksine Galileo, bu matematiksel ilişkileri mistik ya da tanrısal temellere değil, insanın istek ve arzularından bağımsız işleyen bir olgusal dünyaya atfederek rasyonel bir anlayış ortaya koymuştur (Yıldırım, 2018). Bu bağlamda Galileo, doğadaki değişimleri önceden var olan cisimlerin eylemleriyle oluşan saf devinimler olarak, ereksel nedenler değil etkin nedenler üzerinden açıklamaktadır (Collingwood, 1999).

Galileo'nun en büyük eseri 1638 yılında yayımlandığı 'Discorsi e Dimostrazioni Matematiche Intorno a Due Nuove Scienze' yani türkçe ismiyle 'İki Yeni Bilime İlişkin Araştırmalar ve Matematik Gösterimler'dir. Bu kitabında Galileo, evrenin insan zihni tarafından anlaşılabilir yasalar tarafından yönetildiğini ve bu işleyişin matematiksel olarak hesaplanabileceğini ortaya koymuştur (Gribbin, 2017). Galileo'nun ancak bir bilim adamında görülebilecek bu doğa anlayışı, Aydınlanma çağındaki bilimsel bakış açısına

giden yolun kapılarını sonuna kadar aralamış ve doğa bilimlerinin gelişimine büyük katkılar sağlamıştır.



Şekil 25. Galileo'nun tasarladığı ilk iki teleskop ve Kopernik'in güneş merkezli evren modeli (a) (URL-31, 2019) ,(b) (URL-32, 2019).

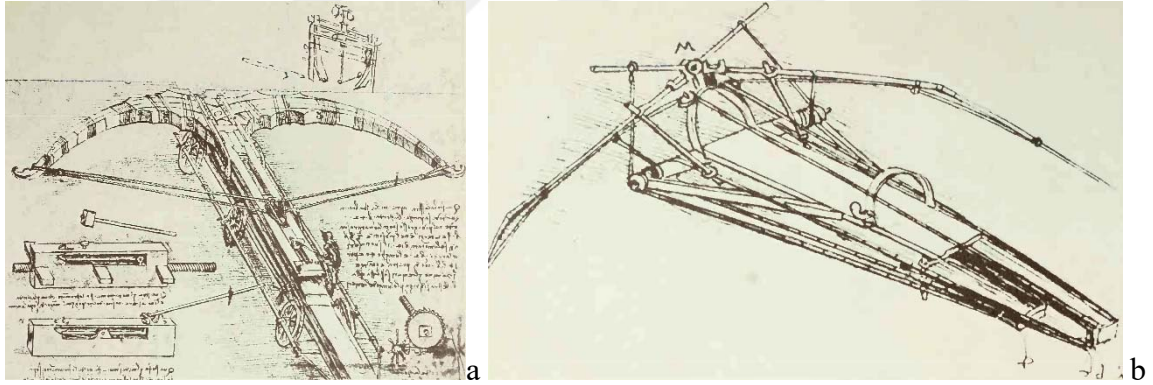
Astronomi ve fizik alanındaki söz konusu gelişmelerle birlikte, Andreas Vesalius öncülüğünde yapılan anatomi çalışmaları, Gabriele Fallopio'nun Döl Yatağı Borusu'nu keşfetmesi, Girolamo Fabrizio'nun damarlardaki kapakçıkların işleyişi hakkındaki çalışmaları, William Harvey ve Marcello Malpighi'nin kan dolaşımı ile embriyoloji hakkındaki çalışmaları, Robert Boyle'un gaz basıncı üzerine yaptığı çalışmaları, Christiaan Huygens'in optik alanındaki çalışmaları, Giovanni Borelli ve Edward Tyson'un hayvanların makine olarak kavranmasını öne çıkaran çalışmaları ile birlikte tıp, biyoloji, kimya ve fizik bilimlerinde modern bilimsel anlayışın doğuşunu haber veren ve insanların doğa hakkındaki algılayışlarını şekillendiren gelişmeler yaşanmıştır (Gribbin, 2017).

İfade edilen bu düşünsel ve bilimsel gelişmeler ışığında, Collingwood (1960)'a göre, Rönesans döneminde doğa anlayışı iki farklı aşamadan geçmiştir. Birinci aşamada, tıpkı Antik Yunan'da olduğu gibi doğa, akıl yani logos ile yönetilen canlı bir organizma olarak görülmüştür fakat bu canlı olma durumu Rönesans doğa kuramında zayıf bir şekilde ifade edilirken, Antik Yunan'daki doğa anlayışında güçlü bir yer edinmiştir. İkinci aşamada ise matematiğin Rönesans doğa felsefesi üzerindeki etkisinin artışı ile birlikte doğa, bir makine olarak kavranmıştır.

Antik Yunan ile Rönesans doğa kuramı arasındaki en temel farklılık; Antik Yunan'da doğadaki devinimlerin, doğanın kendisinde içkin olan logosun düzenlemeleri ile gerçekleştiği düşünülürken, Rönesans doğa kuramında doğanın, kendi başına zekadan ve yaşamdan yoksun olduğu, doğadaki logosun ve yaşamın bir dış etmen olan Tanrı'nın

yetkinliğinde varolduğu düşünülmesidir (Collingwood, 1999). Antik dönemde makine tasarlama ve kullanma eylemleri oldukça az olmasına rağmen Rönesans'ta makine kullanımı oldukça yaygındır. Bu durum Rönesans döneminde doğanın bir makine olarak kavranmasını etkilemiştir. Bir makinenin çalışması kendi dışında etkin bir güç ya da harekete geçirici etken gerektirdiği için Rönesans doğa kuramında buradaki etkin güç Tanrı olarak ön plana çıkmıştır (Collingwood, 1999).

Hem canlı hem de makine olarak doğa anlayışını benimsemiş olan Leonardo Da Vinci (1452-1519)'ye göre, insan ve doğa birbirine bağımlı olan sınırlı güçlere sahiptir, çünkü doğa sadece basit formları oluştururken, insan bu temel formları dikkatlice inceleyip bir araya getirerek sayısız kombinasyonlar oluşturabilmektedir (Da Vinci vd., 2008). Doğanın bünyesinde sonsuz çeşitliliği barındırdığını ifade eden Da Vinci'ye göre, insanlar doğanın bu sınırsız çeşitliliğini dikkatlice analiz etmeli ve gözlemlemelidir. Bu bağlamda insanların doğada yer alan örnekleri göz ardı etmektense doğayı kucaklayarak onun ötesine geçebileceğini ve doğadan farklılaşan ürünler tasarlayabileceğini öne sürmüştür (Garrard, 2010). Bu doğa anlayışı ile Da Vinci; helikopter, paraşüt ve silah tasarımları yapmıştır.



Şekil 26. Da Vinci'nin tasarladığı yaylı tüfek ve Ornithopter (a) (Gibbs-Smith, 1978), (b) (Gibbs-Smith, 1978).

Rönesans döneminin ifade edilen düşünsel ve bilimsel arka planı ışığında Rönesans mimarları, antik dönemin tekrar keşfi ile birlikte Pythagoras'ın her şeyi sayılarla açıklayan anlayışını oldukça içten benimsemişlerdir. Bu bağlamda mimarlığı mekân tasarlama eylemi ile uğraşan matematik temelli bir disiplin olarak görmüşler ve bunun bir parçası olarak perspektif kurallarını evrensel uzayın bölümlerinin bilimsel bir analizi olarak değerlendirmişlerdir (Wittkower, 1988). Bu anlayışa ek olarak, Antik Yunan'da ön planda

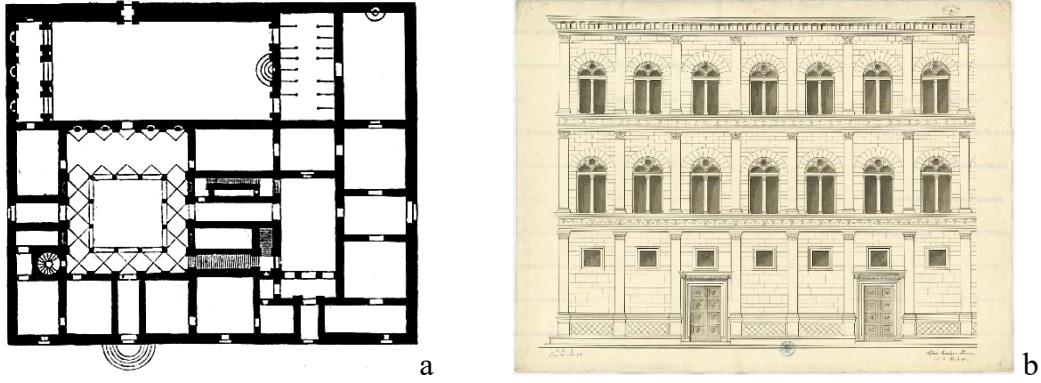
olan, doğadaki mükemmel oran-orantının mimari tasarımlara yansıtılması anlayışını benimseyip, evrensel bir oranlar sistemi oluşturarak bu oranları Platon'un mutlak güzel olarak tanımladığı temel geometrik formların bir araya gelişleri ile ifade edebileceklerine inanmışlardır.

Rönesans mimarları, Tanrı'nın kusursuzluğunu simgeleyen daire ve temel geometrik formlardan kareyi kiliselerin ideal formları olarak ele almıştır (Roth, 2006). Bununla birlikte, Pythagoras'ın sayı, Platon'un ise temel geometrik formlara önem veren felsefelerinin bir birleşimi olarak ifade edilebilecek bir anlayışla birlikte mimarlığı, belirgin sayısal ve oransal ilişkilerin temel geometrik formlar ve bu formların bir araya gelişlerindeki yansımaları üzerinden ifade etmeye çalışmışlardır.

Söz konusu mimarlık anlayışının ortaya çıkışındaki en büyük etkenlerden birisi şüphesiz Vitruvius'un "Mimarlık Üzerine (*De Architectura*)" isimli kitabının el yazması kopyalarının yaklaşık 1415 yılında İsviçre'deki St. Gallen kütüphanesinde keşfedilmesidir. Vitruvius'un Antik Yunan'ın felsefe anlayışından derinden etkilenen kitabının tekrar incelenmesi ve değerlendirilmesi ile birlikte ideal oran-orantı, simetri ve temel geometrik formların kullanımına özen gösteren bir mimari dil ortaya çıkmıştır. Bu mimari dilin bir yansıması olarak cepheler daha düz ve sade, hacimler daha düzenli hale gelmeye başlamıştır (Ching vd., 2017). Bununla birlikte, binalar bir bütün olarak ele alınarak yapının merkezini vurgulayacak nitelikte özelliklerle donatılmaya başlanmıştır (Smith, 1884).

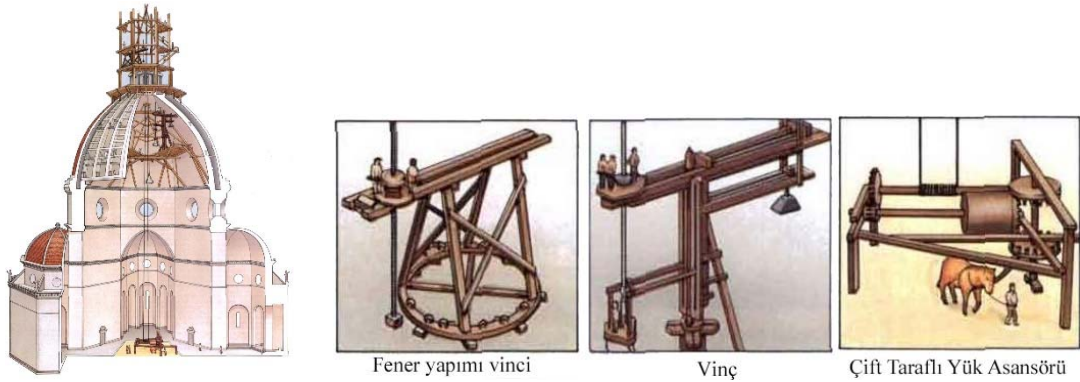
Rönesans dönemi mimarlarından Leon Battista Alberti (1404-1472), doğanın sanatçıya yol gösteren bir rehber olarak takip edilmesi gerektiğini düşünmesine karşın, doğanın maddi tezahürlerinin iyileştirme ve düzeltmeye tabi olduğunu savunmuştur (Garrard, 2010). Bu kapsamda Alberti, sanatın doğaya baktığını, ondan ilham aldığını fakat aynı zamanda onu mükemmelleştirmeye çalıştığını dile getirmiştir. Bununla birlikte mimari formun da tıpkı doğada olduğu gibi işleve hizmet etmesi gerektiğini ifade etmiştir (Alberti, 1986). Bu bağlamda Alberti, yapı tasarlanırken parçalarının birbiriyle orantılı olarak düzenlenmesi gerektiğine inanmıştır (Roth, 2006).

Alberti'nin doğa kavrayışının mimari eserleri üzerindeki yansımaları, tasarladığı Palazzo Rucellai binasında açıkça okunabilmektedir. Yapının planı incelendiğinde temel geometrik formlardan kare ve dikdörtgenin orantılı olarak bir araya getirilişleri, cephedeki sade ve düzenli rasyonel tasarım kararları ve simetri göze çarpmaktadır. Bütün bu karakterler Rönesans doğa anlayışının yapı üzerindeki yansımaları olarak ön plana çıkmaktadır.



Şekil 27. Palazzo Rucellai'nin planı ve cephesi (a) (URL-33, 2019) (b) (URL-34, 2019).

Rönesans dönemi mimarlarından olan Brunelleschi de doğayı tasarım modeli olarak kullanan sanatçılardan birisidir. Floransa Katedrali'nin kubbe tasarımı için şehir konseyi tarafından 1418 yılında ilan edilen yarışmaya katılan Brunelleschi, kubbenin yapımı için öne sürdüğü, sadece merkez platform için küçük bir ahşap iskele gerektiren çözümü ile birlikte yarışmayı kazanmıştır (Ching vd., 2017). Brunelleschi'nin kubbenin tasarımında hangi araç ve yöntemleri kullandığına bakıldığında, kubbenin yapımı için vinç ve yük asansörü gibi araçların kullanıldığı ve yalnızca merkezdeki platformun yapımı için iskele kurulduğu görülmektedir (Scaglia, 1991).



Şekil 28. Floransa Katedrali'nin kubbesinin inşaatında kullanılan araçlar (Scaglia, 1991).

Brunelleschi'nin tasarımındaki en büyük başarılarından birisi neredeyse hiç yapı iskelesi gerektirmeden kubbenin inşa edilebilecek olmasıydı. Brunelleschi'nin bu çözümü bir yumurtanın formundan etkilenerek ürettiği düşünülmektedir (Garrard, 2010). Bir doğal

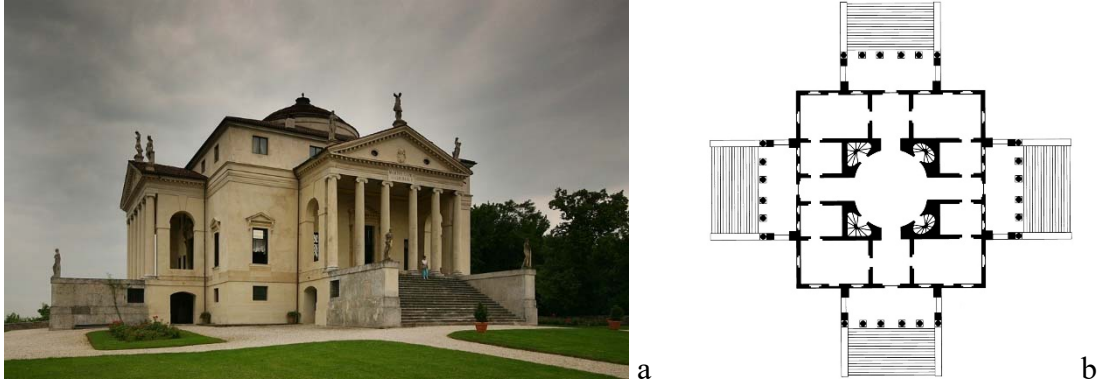
model olan yumurta formunun kendi kendini destekleyen strüktürü kubbenin formu için aranan strüktürel çözüme fikirsel ve biçimsel bağlamda katkıda bulunmuştur.



Şekil 29. Floransa Katedrali ve kubbesi (a) (URL-35, 2019), (b) (URL-36, 2019).

Rönesansta temel geometrik form ve matematik temelli oran-orantı anlayışı ile birlikte bahçelerin tasarımı da doğanın incelenmesinin bir parçası gibi değerlendirilmiştir. Bu durumun bir sonucu olarak Rönesans bahçeleri kütüphane ya da laboratuvar gibi bir bilgi alanı olarak görülmüş ve peyzaj tasarımları bu kapsamda değerlendirilmiştir (Anderson, 2013). İfade edilen oran-orantı ve bahçe tasarımı anlayışının doğrudan yansımaları Palladio'nun tasarladığı villalarda görülebilmektedir.

Palladio, villalarını temel geometrik formları temel alan belli oran-orantıya sahip sayı dizileri kullanarak tasarlamış ve aynı zamanda villalarını kır manzaralarından en iyi şekilde faydalanacak şekilde yerleştirmiştir. Bu kapsamda en öne çıkan tasarımlarından biri Villa Rotunda'dır. Planında temel geometrik formlardan kare ve daire kullanılan yapı aynı zamanda simetrik olarak planlanmıştır. Bununla birlikte yapı, çevredeki kır manzarasının en iyi şekilde deneyimlenmesi amacıyla yükseltılarak tasarlanmıştır (Roth, 2006).



Şekil 30. Villa Rotunda ve simetrik planı (a) (URL-37, 2019), (b) (URL-38, 2019).

Rönesans'ın görsel olarak düz, sade ve düzenli mimari anlayışından sonra karmaşıklık, muğlaklık, çeşitlilik ve karşıtlığı temel alan Barok mimarisi gelmektedir. “Baroque” sözcüğü ilk olarak Fransız teorisyenlerinin 17. ve erken 18. yüzyıl mimarlığını aşağılamak amacıyla kullandıkları bir terim olsa da, daha sonraki dönemlerde sanat kuramcıları tarafından, süslü ve karmaşık formlara doğru gelişim gösteren sanat biçimlerini ifade etmek üzere kullanılmıştır (Roth, 2006). Bu kapsamda Barok mimarları, tasarım anlayışlarında eğrileri düz çizgilere tercih ederek nişleri, duvarları, sütunları ve dekoratif kolonları, mimariyi esnek ve kesintisiz bir biçimde algılayacak şekilde yerleştirmeyi tercih etmişlerdir (Ching, vd., 2017).

Rönesans doğa anlayışı temelde, doğanın idealize edilerek rasyonel bir biçimde algılanması temeline dayandığı için bu doğa görüşünün bir sonucu olarak mimarlık, temel geometrik formların idealize edilmiş oran-orantılar, hacimler ve yüzeyler üzerinden bir araya getirilişleri ile kurgulanmıştır. Barok mimarlığında ise doğa idealize edilmeden, bütün değişkenliği, tahmin edilemezliği ile birlikte değerlendirilmiştir. Bu bağlamda Rönesans mimarlığı, rasyonel kavrayışı hedefleyen ve hem ölçek hem de biçim olarak kolaylıkla algılanabilecek mekânlardan oluşurken, Barok mimarlığında coşku ve heyecanı temel alan, mistik deneyimleri ön plana çıkaran, karmaşıklık ve çeşitlilik içeren, parçalar halinde algılanması mümkün olmayan bütüncül karaktere sahip mekân tasarımlarına yönelilmiştir (Norberg-Schulz, 1986).

Santiago de Compostela Katedrali'nin ön cephesi ve Versailles Saray'ının iç mekânı, Barok mimarlığının tasarım karakterlerine güçlü birer örnek teşkil etmektedir. İki yapıda da strüktürel elemanlar gizlenerek kesintisiz ve sürekli bir etki yaratılmaya çalışılmıştır.

Versailles Sarayı'nın iç mekân tasarımında ayrıca coşku ve heyecanı temel alan yaklaşım ön plana çıkmaktadır.



Şekil 31. Santiago de Compostela Katedrali'nin cephesi ve Versailles Sarayı'nın iç mekânı (a) (URL-39, 2019), (b) (URL-40, 2019).

Barok dönemindeki doğa anlayışının bir sonucu olarak, bahçe ve peyzaj tasarımları da Rönesans'tan birtakım farklılıklar göstermiştir. Rönesans döneminde peyzaj tasarımları, dönemin temel düşünce biçimi olan ideal oran-orantı anlayışına uygun olacak şekilde, doğanın mükemmelliğinin idealize edilmiş düzenlemelerine göre yapılırken, Barok dönemde ise doğanın değişken, karmaşık, yeniliklerle dolu ve tahmin edilemez yapısı esas alınarak peyzaj tasarımlarının insan duygularına hitap edecek şekilde düzenlenmesine oldukça fazla önem gösterilmiştir (Norberg-Schulz, 1986). İngiltere'deki Blenheim Sarayı'nın peyzaj düzenlemesi, Barok peyzaj tasarımının değişken ve sürprizlerle dolu tasarım karakterine uygun bir örnektir.



Şekil 32. Blenheim Sarayı'nın peyzaj düzenlemesi (a) (URL-41, 2019), (b) (URL-42, 2019).

Barok'un son dönemlerine doğru 18.yy'ın ilk çeyreğinde ise Rokoko mimarlığı ortaya çıkmıştır. Esasen bir dekorasyon tarzı olarak ortaya çıkan Rokoko mimarlığında, yapının mimari elemanları dekorasyonla ve süsleme ile bütünleştirilmiştir (Blunt, 1988). Bununla birlikte Rokoko mimarlığında doğa, Rönesans ve Barok'un aksine dekorasyon ve süsleme için bir ilham kaynağı olarak görülmüştür. Bu sebeple yapılan dekorasyon tasarımlarında önceki dönemlerdeki durağan ve idealize edilmiş süslemelerin aksine deniz kabukları, deniz yosunları ve çiçek gibi canlı ve coşkun doğal formlardan esinlenilmiştir (Roth, 2006). Rokoko mimarlığının ifade edilen tasarım karakteri, Pilgrimage Kilisesi ve Vierzehnheiligen Bazilika'sının iç mekân tasarımlarında açıkça görülmektedir.



Şekil 33. Pilgrimage Kilisesi ve Vierzehnheiligen Bazilika'sının iç mekânı (a) (URL-43, 2019), (b) (URL-44, 2019).

Rönesans döneminde yaşanan bilimsel ve düşünsel gelişmeler sonucu şekillenen Rönesans doğa kuramının doğrudan etkileri sonucu mimarlık, rasyonel ve ussal bir kimliğe bürünmüştür. Bu durumun sonucu olarak ideal oran-orantı, simetri ve temel geometrik formların kullanımına önem veren bir mimari dil oluşmuştur. Barok döneminde ise doğa, idealize edilmeden bütün değişkenleri ile birlikte olduğu gibi değerlendirildiği için çeşitlilik ve parça parça algılanması mümkün olmayan bir komplekslik içeren mekân tasarımlarına yönelilmiştir. Bununla birlikte Rönesans'taki ussal deneyimin aksine Barok mimarlığında, coşku ve mistik deneyimleri ön plana çıkararak bir anlayış benimsenmiştir.

Rokoko mimarlığında ise dekorasyon ve süsleme temel alındığı için doğa bu bağlamda ilham kaynağı olarak görülmüş ve yapılan dekorasyonlarda doğadaki formlar kullanılmıştır. Fakat zamanla, Rönesans dönemindeki bilimsel ve fikirsiz gelişmelerin devamında, 17. yüzyılda yaşamış rasyonalist filozofların eserlerinin de büyük etkisiyle, rasyonellik ve

ussallıktan uzak olan Barok ve Rokoko mimarlığının etkisi zayıflamaya başlamış ve yerini, nesnel bilimsel düşüncenin etkisinde şekillenen ussal Aydınlanma çağı mimarlığına bırakmıştır.

2.1.5. 18. ve 19. Yüzyılda Doğa Felsefesi-Mimarlık İlişkisi

18. ve 19. yüzyıl mimarlığında birbirinden farklılık gösteren çeşitli mimari tasarım anlayışları görülmeye başlanmış olsa da mimarlık ortamında baskın olan tasarım anlayışının ussal ve rasyonel bir temele dayandığı gözükmetedir. Bununla birlikte rasyonel mimari tasarım anlayışına karşı olarak da bazı mimari tasarım anlayışları ortaya çıkmıştır. Aydınlanma dönemi mimarlık anlayışının ussal ve rasyonel kimliğinin oluşumuna katkı veren önemli felsefeciler; Francis Bacon, Thomas Hobbes, Rene Descartes, Baruch Spinoza ve Gottfried Wilhelm Leibniz iken, bilim adamları ise Robert Hooke, Edmond Halley, John Ray, Comte de Buffon, George Cuvier ve Isaac Newton'dır.

Doğayı doğru şekilde anlamının yolunun bilim olduğunu açık bir şekilde ifade eden Francis Bacon (1561-1626) bilimsel yöntemi, deney ve gözlem yoluyla verileri toplayıp daha sonra bu verileri sınıflandırmak olarak değerlendirmektedir (Yıldırım, 2018). Bu kapsamda deneysel yöntemin gelişimine önemli bir katkı sağlayan Bacon, Aristoteles'in mantık kurallarını ortaya koyduğu *Organon* isimli eseri eleştirmiş ve bilimin gelişmesini sağlayacağını düşündüğü induktif mantık yani tümevarım anlayışını *Novum Organum* isimli eserinde öne sürerek yeni bir metodoloji ortaya koymuştur (Cevizci, 2017). Böylece, tümevarım yöntemi ile kazanılan bilimsel bilgi birikimi sayesinde insanlığın doğaya karşı egemenlik kurabileceğini ifade etmiştir (Grant, 2007). Aristoteles'in doğa felsefesini eleştiren bir diğer isim olan Thomas Hobbes (1588-1679) ise, ortaya çıkan yeni doğa anlayışının özünde bulunan mekanik evren modelini kabul etmiş ve varlığın özünde hareket ve maddenin yer aldığını ifade etmiştir (Cevizci, 2017).

Rasyonalist filozoflar olan Rene Descartes (1596-1650), Baruch Spinoza (1632-1677) ve Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) rasyonel metotlar ve aklın yetilerini yücelterek dini metinlerin gizlerine karşı bir duruş göstermiş ve evrenin rasyonel olarak düzenlendiğini düşündükleri için doğal fenomenlerin niceliksel terimler üzerinden ifade edilmesi gerektiğini savunmuşlardır (Cevizci, 2017). Descartes, bütün geometrik biçimlerin bir sayı kümesiyle ifade edilebileceğini göstermiş ve karteyzen koordinat sistemini ortaya koymuştur (Gribbin, 2017). Bununla birlikte, rasyonel evren tasavvuruna uygun bir biçimde,

insan ruhunu düşünen bir nesne olarak değerlendirirken onun dışındaki her oluşumun madde ve hareketten meydana geldiğini ileri sürmüştür (Yıldırım, 2018).

Descartes, evrendeki bütün fenomenlerin; eylemsizlik, düzgün doğrusal hareket ve hareketin korunumu yasalarının bir ürünü olarak ortaya çıktığını savunmuştur (Cevizci, 2017). Descartes'ın bilime ve bilimsel yöntemin gelişimine katkısı çok büyük olmuştur çünkü Tanrı'ya ve metafiziksel varlıklara inanmasına rağmen, evrene dair açıklamalarında mistik kuvvetlere asla yer vermemiş ve varoluşun bilimsel yöntemle tespit edilebilecek yasalara uygun şekilde açıklanabileceğine olan inancını her zaman korumuştur (Gribbin, 2017).

Descartes'a göre madde ve zihin olmak üzere iki ayrı töz varken, Spinoza zihin değil tanrıyı temel alarak hareket etmiştir (Cevizci, 2017). Varolan tek tözün tanrı ya da doğa olduğunu öne süren Spinoza, ruh ile maddeyi tek töz olan tanrının nitelikleri olarak ifade etmiştir (Collingwood, 1960). Tanrı ve doğayı aynı şey olarak değerlendiren Spinoza, tanrı ile evrenin bir olduğunu iddia eden panteist bir doğa anlayışı ortaya koymuştur. Bu bağlamda, tanrıyı doğada içkin olarak kabul ederek doğadaki hiçbir olayın aşkın sebeplerle açıklanamayacağını ifade etmiştir (Cevizci, 2017).

Diferansiyel hesaplamayı bulan ve kinetik enerji kavramını mekanik bilimine kazandıran Leibniz doğayı bilim aracılığıyla açıklama noktasında Descartes ve Spinoza ile aynı fikirdedir. Bununla birlikte sadece görünüşler dünyası ile uğraşan bilimin tek başına bir şeyi açıklayamayacağını ileri sürerek felsefesine tanrıyı ilave etmiştir (Cevizci, 2017). Kompleks olan her şeyin basit olan şeylerden oluştuğunu ileri süren Leibniz, bu basit tözlerin ezeli ve ebedi olan monadlar olduğunu ifade etmiştir (Kenny, 2006). Bu bağlamda Leibniz monadları sonsuz sayıda töz olarak ileri sürmüş ve ezeli, yaratılmayan ve yok edilemeyen olarak nitelendirmiştir (Cevizci, 2017).

Aydınlanma felsefesinin alt yapısının oluşumunu sağlayan doğa felsefesindeki bu gelişmelerle birlikte bilim dünyasındaki ilerlemeleri de incelemek gerekmektedir. Bu kapsamda doğa kavrayışının gelişimine önemli katkılar yapan bilim adamlarından ilki Robert Hooke'dur (1635-1703). *Micrographia* isimli eseriyle insanlığın gözlerini mikro dünyaya açan Hooke, doğa bilimlerinin maddenin gözlemlenmesine yönelmesi gerektiğini savunmuştur. Edmond Halley (1656-1742) ise, yıldızların kataloglanması çalışmalarısıyla uğraşmış ve kuyruklu yıldızlarla ilgili gözlemler yapmıştır (Gribbin, 2017). Bu bağlamda Hooke doğanın mikro düzeyde, Halley ise makro düzeyde kavranışına katkıda bulunmuştur.

Doğa bilimci John Ray (1627-1705), tür kavramını ortaya koymuş, böcekler ve bitkiler üzerine detaylı araştırmalar yapmıştır (Gribbin, 2017). 44 ciltlik *Histoire Naturelle* isimli kitabıyla biyoloji biliminin gelişimine büyük katkıda bulunmuş olan Comte de Buffon (1707-1788), canlıların yapılarını ve işlevlerini dikkate alan bir taksonomi önermiştir (Falk, 2009). Fransız bilim adamı George Cuvier ise (1769-1832), soyu tükenmiş türlerin kalıntıları üzerine yaptığı çalışmalar ile paleontoloji bilimini ortaya çıkarmış ve karşılıklı anatomi çalışmaları yapmıştır (Gribbin, 2017). Cuvier anatomi çalışmalarıyla insanın beden yapısının daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmuş ve paleontoloji çalışmalarıyla doğadaki canlıların geçmişinin ortaya çıkarılması konusunda önemli gelişmelere vesile olmuştur.

Aydınlanma Felsefesi'nin ortaya çıkışında kilit rol oynayan bilim adamı olarak Isaac Newton (1643-1727)'un bilim tarihindeki rolü çok önemlidir. Newton yaptığı çalışmalarla beyaz ışığın diğer renklerin bir araya gelmesiyle oluşan niteliğini ortaya çıkarmıştır (Yıldırım, 2018). Leibniz ile birlikte modern bilimin gelişiminde büyük önemi olan kalkülüsü icat etmiş, optikte temel oluşturacak çalışmalar yaparak teleskopların gelişimine katkıda bulunmuştur (McClellan ve Dorn, 2006). Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri (*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*) isimli eserinde ise kütleçekim ve üç hareket yasasını açıklamıştır (Gribbin, 2017). Newton keşfettiği evrensel çekim ve hareket yasalarıyla Aristo'dan gelen göksel ve dünyasal alem ayrımını ortadan kaldırmış ve yasaların evrenin her yerinde işlediğini öne sürmüştür (McClellan ve Dorn, 2006). Bu kapsamda doğayı mekanik ilkelere göre işleyen bir makine olarak kavramıştır (Collingwood, 1999).

İfade edilen bu felsefi ve bilimsel gelişmeler ışığında, Rönesans doğa felsefesinin devamı niteliğinde ortaya çıkan Aydınlanma dönemi doğa felsefesinde, insan aklının kavrayışı ön plana çıkmış ve hakikat arayışının temeline dini metinler tarafından aktarılan doğaüstü nedenler yani teoloji değil, nesnel ve tarafsız araştırmalar sonucu elde edilen doğal nedenler yani bilim ve bilimsel yöntem yerleştirilmiştir. Bu kapsamda filozof ve bilim adamları, bilimsel bilginin ne ifade ettiğini anlamaya çalışıp ona uygun bir varlık anlayışı geliştirmeye çalıştıkları için bu yeni kozmolojik anlayışta doğal bir olayı anlamak için onun ereksel yani amaçsal nedenini değil, fail nedeni yani o doğal olayın gerçekleşmesini sağlayan şartları ve faktörleri anlamaya gayret göstermişlerdir (Cevizci, 2017). Doğa, özünde belirli mekanizmalara bağlı olarak çalışan bir makine olarak kavranmış ve bu makinanın işleyişini açıklayan dil ise matematik olarak kabul edilmiştir (Collingwood, 1999). Bu bağlamda, bilim ve nesnel bilgi temelli bir dünya görüşü ortaya çıkmış ve doğanın akıl yoluyla biçimlendirilebileceği fikri filiz vermeye başlamıştır.

Ortaya çıkan bu yeni doğa kavrayışı, 18. yüzyıldaki ussal Aydınlanma çağı mimarlık anlayışlarının kuramsal arkaplanının oluşumuna büyük katkıda bulunmuştur. Bu kapsamda Aydınlanma döneminde, insan aklının rasyonel gücüne inanıldığı ve ilkel doğa önemsendiği için Rokoko mimarlığının süs ve dekorasyonu benimseyen mimarlık anlayışı yapaylığın bir işareti olarak görülmeye başlanmış ve daha saf, bozulmamış ve işlevsel bir mimari dil tercih edilerek açık bir biçimde algılanabilen formlar ve oransal ilişkiler kullanılmaya başlanmıştır (Roth, 2006).

18. yüzyılda açık algılanabilir formlar ve oran-orantının ideal ilişkilerinin hakim olduğu mimarlık anlayışına ilk olarak Neo-Palladyanizm’de rastlanmaktadır (Roth, 2006). Richard Boyle (1694-1753) tarafından 1725 yılında tasarlanan Chiswick Villa’sı, Palladio’nun Rönesans mimari tasarım anlayışına uygun bir şekilde; simetrik, açık geometrik formlar ve ideal oran-orantı üzerine tasarlanmıştır.



Şekil 34. Chiswick Villa’sı ve planı (a) (URL-45, 2019), (b) (Ching, vd., 2017).

18. yüzyılda mimarlığın saf ve bozulmamış olan özüne dönmesi gerektiğini savunan mimarlardan birisi Marc Antoine Laugier (1713-1769)’dir. Laugier mimarlığın, süslemenin aksine saf strüktürün ifadesi olan bir sanat olduğunu ileri sürmüştür (Roth, 2006). Bu sebeple mimari düzenlemelerin ilkel bir klasik saflığı yansıtacak şekilde dekoratif değil fonksiyonel olması gerektiğini ifade etmiştir (Watkin, 2005). Laugier’e göre mimarlık, ne Barok dönemindeki gibi dünyasal ile göksel olan arasında bir aracı olmalı ne de Yunan ve Roma’daki klasik gerçeklerin arayışı olmalıydı. Mimarlık, insanoğlunun kökenine dönüşü ifade eden bir aracı olarak hizmet etmeliydi (Ching vd., 2017).

Yazdığı *Essai sur l'architecture* (1753) isimli kitabının ilk sayfa resminde Laugier, ilkel bir kulübe resminde sütun ve kirişlerin bir araya gelişi ile oluşan saf strüktürü

göstererek (Şekil 35a), gerçek mimarlığın esin kaynağının ne olduğunu ortaya koymaktadır (Roth, 2006). Aynı kitabın İngilizce baskısı olan *An Essay on Architecture* (1755) kitabının giriş sayfasında bir grup insan inşa sürecinde resmedilmiştir (Şekil 35b). Her iki resimde ortak olarak ifade edilen şey; mimarlığın özündeki temel prensiplerin rustik bir kulübeden köken aldığı gösterilmesidir. Bu bağlamda Laugier'in ortaya koyduğu ilkel berraklık anlayışı klasik dönemlere değil rustik bir geçmişe işaret etmektedir (Ching vd., 2017).



a



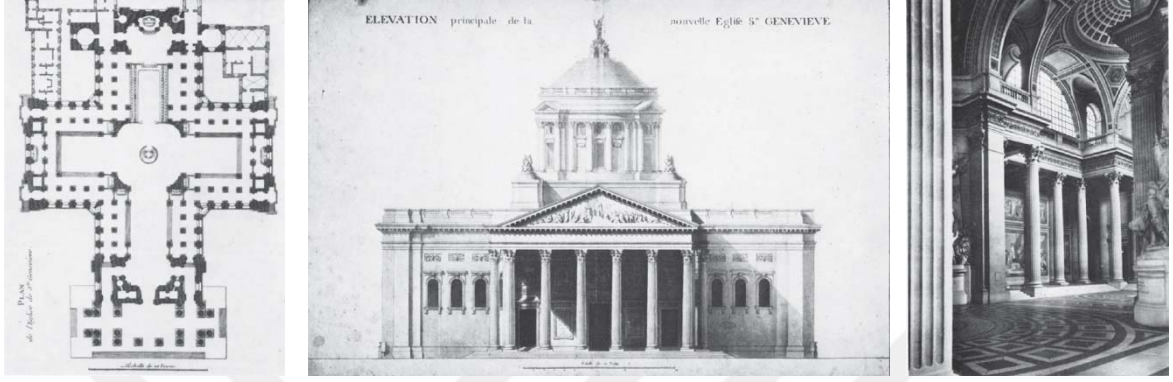
b

Şekil 35. Essai sur l'architecture ve Essay on Architecture kitaplarının ilk sayfaları (a) (URL-46, 2019), (b) (Laugier, 1755).

Basit geometrik formların kullanımı ve süsten arınmış bir mimari dili temel alan geçmişe dönüş çabaları Laugier ile sınırlı değildir. 18. yüzyılda yaşamış bazı mimarlık teorisyenlerine göre insanın yeryüzünde bulunduğu ilk zamanlara en yakın dönem Antik Yunan ve Roma mimarlığı olduğu için bu mimarlık anlayışları en saf ve bozulmamış mimari dili temsil etmektedir (Roth, 2006). Bu kapsamda saf olan mimarlığın arayışında çözümün Antik Yunan ve Roma mimarlığına öykünmek olduğunu ileri sürerek bugün Neoklasizm diye nitelendirilen mimarlık anlayışını ortaya koymuşlardır. Neoklasizm, felsefe ve bilimdeki aydınlanmanın reform ruhunu taşımaktadır (Ching vd., 2017). Bu kapsamda felsefedeki rasyonel geleneğin gelişiminin mimarlıkta açık kural ve ilkelere yönelime sebep olması Neoklasizm'in doğuşunu tetiklemiştir (Jordan, 1984).

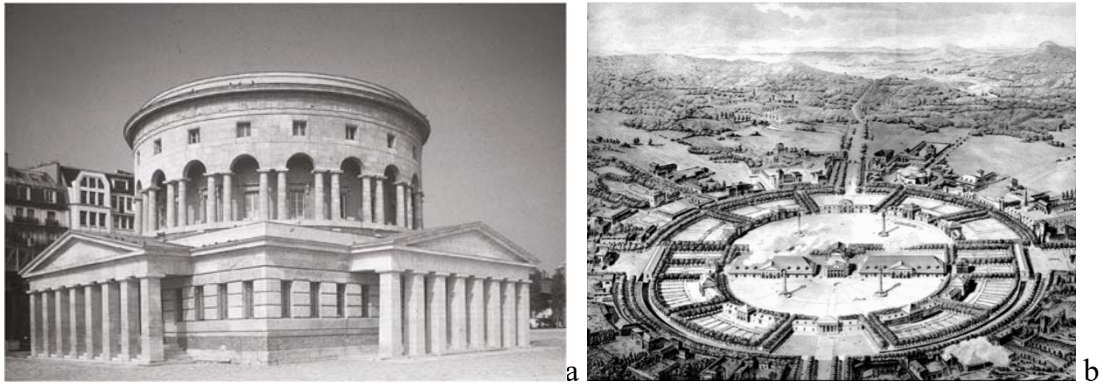
İfade edilen eski dönemlere öykünme çabalarından bir tanesi mimar Jacques-Germain Soufflot (1713-1780)'un Paris'te inşa edilen eseri Saint Geneviève (1755)'de görülmektedir. Yapının dış cephesi ile aydınlık iç mekân arasındaki zıtlık aydınlanmanın dönüştürücü gücünü yansıtmaktadır. Yapı plan düzleminde merkezi bir Yunan haçı şeklinde düzenlenerek Rönesans karakterini göstermiştir (Ching vd., 2017). Bununla birlikte yapı,

basit geometrik formların bir araya gelişleri ile oluşan simetrik tasarımı, açık anlaşılabilir form ve strüktürel düzenlemeleri ve planındaki belirgin oran-orantılarıyla Antik Yunan'ın saf mimari karakterine atıf yapmaktadır.



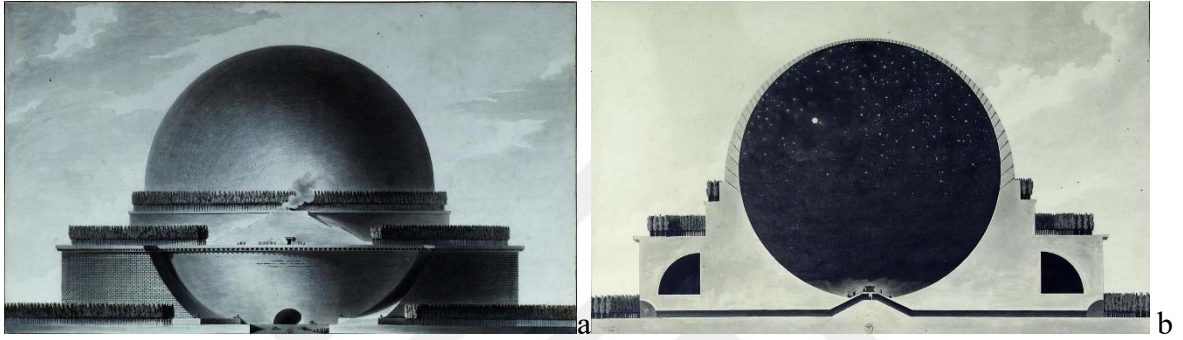
Şekil 36. Saint Geneviève'nin planı, cephesi ve iç mekânı (Braham, 1971).

Neoklasik mimarlık anlayışını benimseyen bir diğer mimar Claude Nicolas Ledoux (1736-1806), formda açıklık ve detaylarda yalınlığı tercih etmiştir (Roth, 2006). Tasarladığı Barrière de la Villette (1789) yapısında daire merkezli planlama, pervazsız pencere ve minimum süsleme tercihi ile basitleştirilmiş bir mimari dil kullanmıştır (Ching vd., 2017). Neoklasik kent planlamasında parça bütünüdür (Jordan, 1984). İdeal bir endüstri kenti olarak tasarlanan Salt Works of Chaux (1775) projesinde merkezden dışarıya doğru rasyonel ve açıkça okunabilir bir plan düzenlemesine giden Ledoux, parçaların bütüne hizmet ettiği bir tasarım oluşturmaya çalışmıştır.



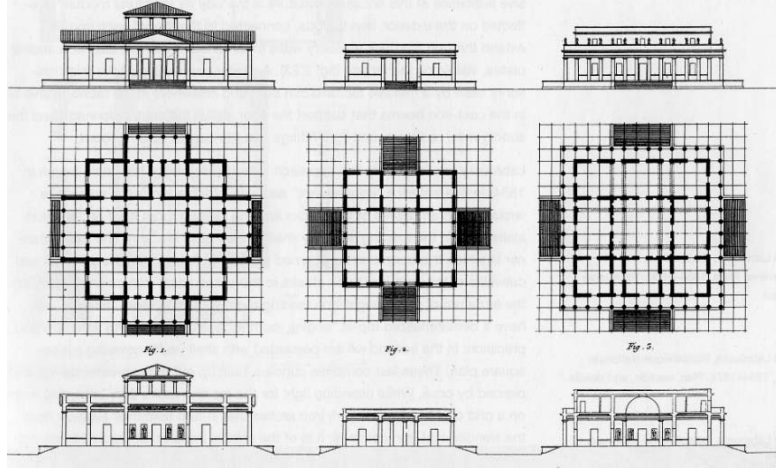
Şekil 37. Barrière de la Villette ve Salt Works of Chaux (a) (Ching vd., 2017), (b) (URL-47, 2019).

Ledoux ile aynı dönemde yaşamış olan bir diğer neoklasik mimar Étienne-Louis Boullée (1728-1799), ölçeği büyük ve süslemenin minimuma indirildiği bir mimarlık anlayışını savunmuş ve basit geometrik şekillerin kompozisyonundan oluşan anıtsal boyutta yapılar tasarlamıştır (Roth, 2006). Boullée, Isaac Newton için tasarladığı büyük ölçekli ve yalın geometrik formlardan oluşan mezar yapısında, dıştaki dünyayı temsil eden bir kürede planetaryum tasarlamış ve dış kürede açtığı küçük boşluklarla Newton'un evrenini küre biçimli kabuğa yansıtmıştır (Ching vd., 2017).



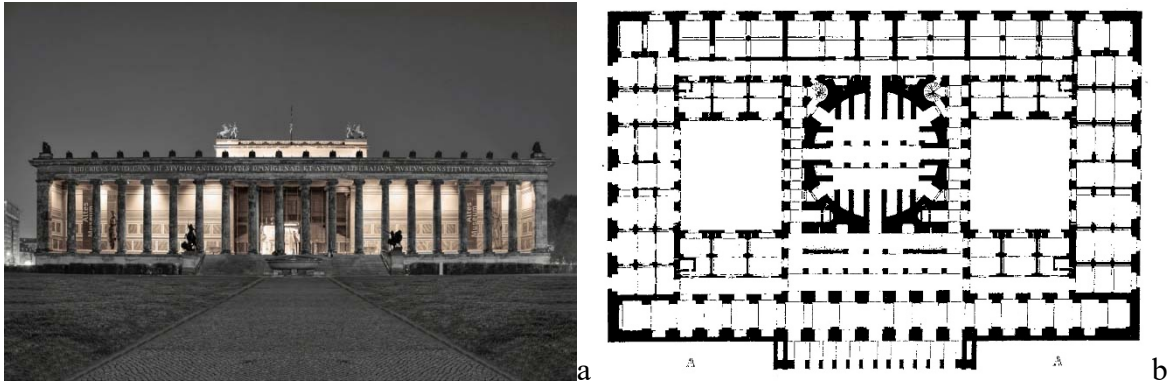
Şekil 38. Boullée'nin Newton için tasarladığı mezar yapısı (a) (URL-48, 2019) (b) (URL-49, 2019).

Jean-Nicolas-Louis Durand (1760-1834) ise Ledoux ve Boullée'nin ortaya koyduğu standart Neoklasik yorumu reddedip klasik antik dönem mimarlığının da geometrinin sonsuz ilkelerine göre tekrar düzenlenmesi gerektiğini savunarak yalnızca klasik dönemin mimari unsurlarını kopyalayan anlayışa karşı durmuştur (Ching, vd., 2017). Bu bağlamda mimarlığı strüktür ve formel geometriye indirgemıştır (Watkin, 2005). Böylece açıklık ve hiyerarşiyi ön plana çıkaran binalar tasarlamıştır (Ching, vd., 2017). Durand, aydınlanmanın ruhunu yansıtan rasyonalist bir mimari tasarım anlayışı ortaya koymuştur.



Şekil 39. Durand'ın rasyonel ve hiyerarşik tasarımları (URL-50, 2019).

Mimar Karl Friedrich Schinkel (1781-1841) tarafından tasarlanan bir diğer neoklasik mimarlık örneği olan Altes Müzesi (1830)'ne Yunan stoası biçimi verilmiş, iyonik sütunlar kullanılmış ve merkezinde Pantheon'dakine benzer bir rotunda tasarlanmıştır (Watkin, 2005). Altes Müzesi'nin tasarımında Durand'ın öne çıkardığı rasyonel planlama ve tasarımda açıklığı temel alan ussal aydınlanma düşüncesine uygun yaklaşım gözükmemektedir.



Şekil 40. Altes Müzesi ve planı (a) (URL-51, 2019), (b) (URL-52, 2019).

İfade edilen ussal Aydınlanma döneminin, kimi zaman mimarlığın şafağındaki ilkel rustik döneme kimi zaman ise klasik Antik döneme atıf yapan; saf, yalın, açık kural ve ilkelere bağlı rasyonel mimarlık diline tepki, bugün Romantizm ismiyle anılan akımın savunucuları tarafından gelmiştir. Romantizm akımının savunucuları, özellikle filozof Jean-Jacques Rousseau (1712-1778)'nin aydınlanma fikrinin akılcılığına, bilim temelli oluşuna ve ilerlemeci tavrına karşı çıkan tavrından etkilenmiştir (Cevizci, 2017). Bu kapsamda,

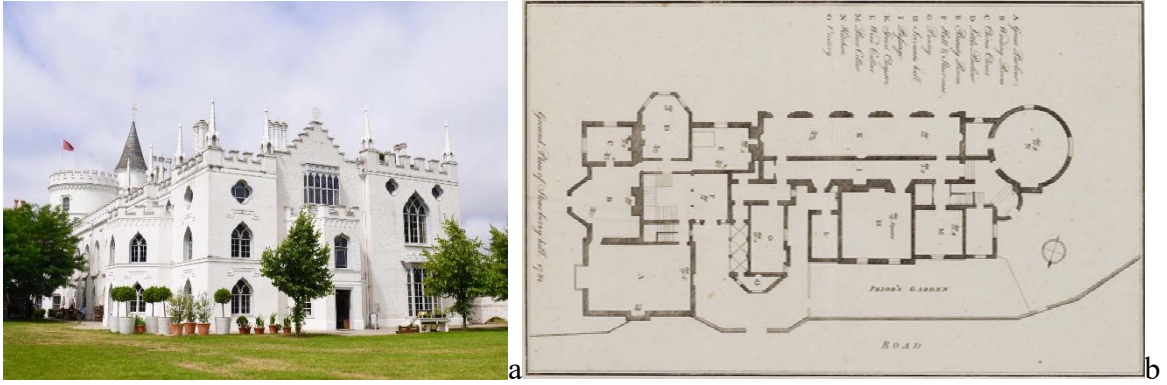
mimarlıkta rasyonel matematiksel modellerin sınırlayıcı etkisine ve Neoklasik mimarların klasik antik dönemin mimarlık unsurlarına atıf yapmasına karşı çıkılarak Orta Çağ'ın otantik, imgeleme ve duyguyu ön plana çıkararak mimarisine yönelilmiştir (Ching, vd., 2017).

Aydınlanma düşüncesinin rasyonel ve ussal anlayışına karşı çıkan Romantizm'in ilk örneklerinden biri pitoresk bahçelerdir. Pitoresk bahçeler doğayı idealize etmeden bütün karmaşıklığı ve düzensizliğiyle olduğu gibi kabul eden ve geometrik bir düzenleme yerine arazinin doğal sınırlarını ön plana çıkararak insanın kendisini yeniden keşfedebileceği mekânlar olarak tasarlanmışlardır. Pitoresk bahçe tasarımlarına örnek olabilecek projelerden biri, Henry Hoare (1705-1785) tarafından tasarlanmış olan Stourhead Gardens'tır. Bu bahçe tasarımında doğanın düzensiz, kaba ve sürprizlerle dolu yapısı canlandırılmaya çalışılmıştır (Roth, 2006).



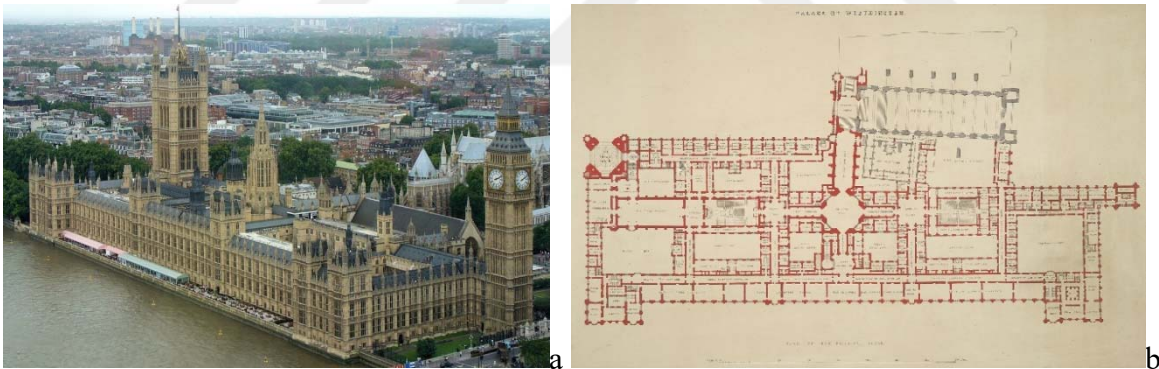
Şekil 41. Stourhead Gardens (a) (URL-53, 2019).

Romantizm akımının Gotik canlandırmacı üslubu ile öne çıkan örneklerinden olan Strawberry Hill House, Horace Walpole (1717-1797) tarafından tasarlanmıştır. Walpole, yapının planlamasında tekil bir ifade arayışına girişmemiş, farklı formları kolajlayarak tasarım yapmıştır (Ching, vd., 2017). Böylece, katı matematiksel kurallara sahip ussal rasyonel mimari dili tercih etmemiştir.



Şekil 42. Strawberry Hill House ve planı (a) (URL-54, 2019), (b) (URL-55, 2019).

Ussal Neoklasizm'e karşı duruş gösteren Gotik canlandırmacı üslubun örneklerinden bir diğeri ise İngiltere'de Charles Barry (1795-1860) ve Augustus Pugin (1812-1852) tarafından tasarlanan Westminster Sarayı'dır (1870). Yapı merkezine konumlanmış rotundası etrafındaki merkezi dolaşım koridorları ile tasarlanmıştır (Jordan, 1984). Cepheler ise Gotik detaylarla giydirilmiştir (Roth, 2006).

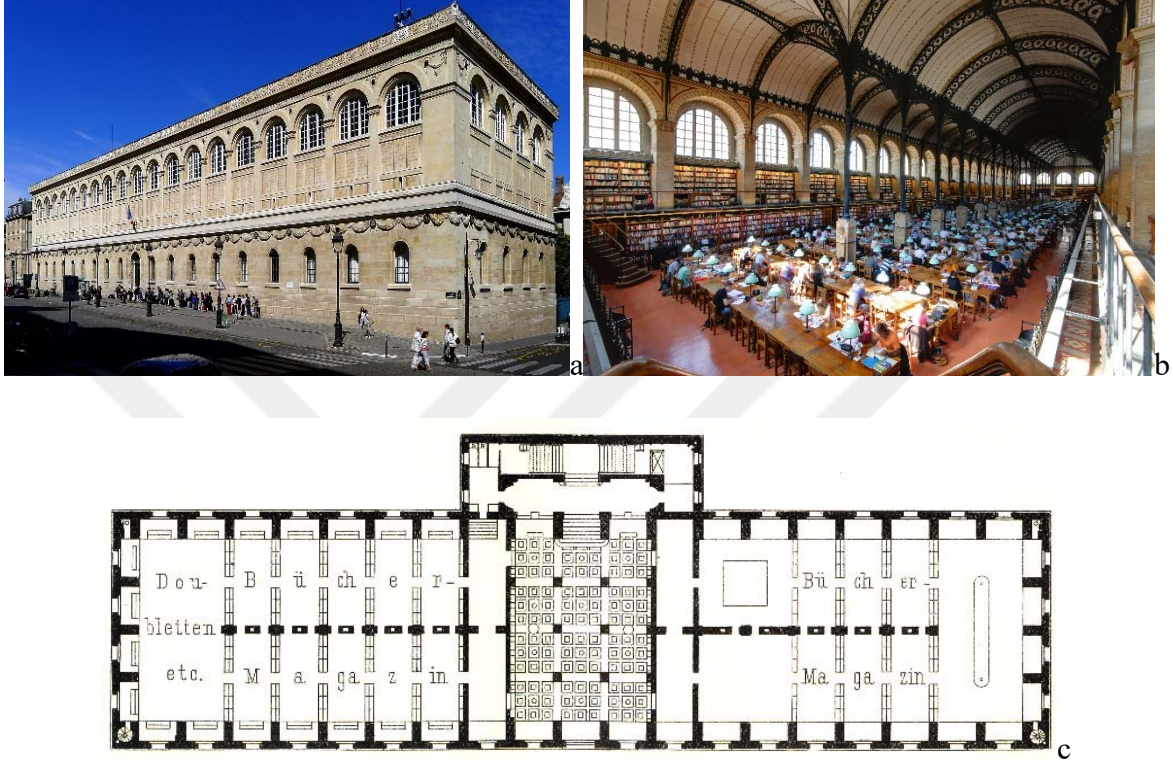


Şekil 43. Westminster Sarayı ve planı (a) (URL-56, 2019), (b) (URL-57, 2019).

19. yüzyılda ussal aydınlanma düşüncesinin mimari tasarım üzerinde etkili olduğu bir diğer akım École des Beaux Arts okuludur. Strüktürde açıklık ve kompozisyonda işlevi oldukça önemseyen bu anlayışta dolaşımın en sade şekilde planlanması önemsenmiştir (Roth, 2006). Bu bağlamda Beaux-Arts'ın tasarım anlayışında planların; işlevsel olarak açık, formel olarak uyumlu tasarlanması ve genellikle merkezi bir eksen boyunca simetrik olarak düzenlenmiş kesişen dikdörtgenlerden oluşması hedeflenmiştir (Ching vd., 2017).

Beaux Arts'ın tasarım ilkelerinin yapıya yansımış haline en iyi örneklerden biri Henry Labrouste (1801-1875) tarafından tasarlanan Bibliothéque Saint Geneviève (1850)'dir. Bu

yapı işlevsel ve strüktürel olarak açık algılanabilir şekilde tasarlanmış ve dolaşımı yalın bir biçimde kurgulanmıştır (Roth, 2006). Bu bağlamda yapıda, rasyonel ve ussal tasarımın izleri okunmaktadır.



Şekil 44. Bibliothèque Saint Geneviève ve planı (a) (URL-58, 2019), (b) (URL-59, 2019), (c) (URL-60, 2019).

İfade edildiği üzere 18. ve 19. yüzyılda mimarlık, Rönesans doğa kuramından sonra şekillenen Aydınlanma dönemi doğa kuramının etkisiyle, çoğunlukla ussal ve rasyonel bir kimliğe bürünmüştür. Söz konusu rasyonel anlayışın etkisi özellikle Neo-Palladyanizm, Neoklasizm ve Beaux-Arts stillerine ait yapıların mimari tasarımlarına yansımıştır. Bu yapılarda mimari tasarım dilinin; daha saf, yalın, işlevsel olan ve açık geometrik formların ideal oran-orantısı ilişkisine dayandığı gözükmetedir. Bu durumun karşıtı olarak ise; duygu, otantiklik ve imgeyi ön plana çıkaran Romantizm ve Neo-Gotik stili benimseyen mimarlar, aydınlanma düşüncesinin mimari tasarımı sınırlayan rasyonel ve ussal tasarım anlayışına karşı çıkmış ve genellikle Gotik mimarlık düşüncesini kendilerine temel olarak almıştır.

2.1.6. 20. Yüzyılda Doğa Felsefesi-Mimarlık İlişkisi

Rasyonel ve ussal tasarım anlayışının baskın olduğu 19. yüzyıldan sonra, 20. yüzyılda doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi açısından öne çıkan tasarım anlayışları Art Nouveau, Modernizm ve Postmodernizm'dir. Art Nouveau akımındaki tasarım anlayışında doğa, Aydınlanma döneminde olduğu gibi gerçekleri düzenleyen bir sistem değil, canlı formların duyguya hitap eden bir oyunu olarak görüldüğü için mimari tasarımlarda biyolojik formların kullanımı tercih edilmiştir (Ching vd., 2017). Art Nouveau tasarımcıları gelişim ve büyümeyi ifade edebilmek için, insan yapımı ve entelektüel değil, organik ve hissi ön plana çıkaran formların yer aldığı doğaya yönlendi (Pevsner, 1968). Tasarım ve dekorasyonların doğal formlardan esinlenilerek yapıldığı Art Nouveau geleneğinde süsleme, bir günah olarak değil, görünüşün statik dünyasının arkasındaki gerçekliğe ulaşmanın bir aracı olarak görülmüştür (Ching vd., 2017).

Art Nouveau akımının mimarlık alanındaki en önemli temsilcilerinden bir tanesi Belçikalı mimar, Victor Horta (1861-1947)'dir. Tarihsel üslupları reddeden Horta; durgun eğrilerden, girdap şeklinde dönen çizgilerden ve bitkisel motiflerden faydalananan mimari tasarımlar ortaya koymuştur (Jordan, 1984). En öne çıkan yapılarından bir tanesi Brüksel'de tasarladığı Tassel House (1893)'dur. Tomurcuk şeklindeki başlığa sahip sütunları, eğrisel biçimli merdiven trabzanı ve dekorasyonu ile Tassel House, Art Nouveau akımının karakteristik özelliklerini yansıtmaktadır (Roth, 2006).



a



b

Şekil 45. Tassel House ve iç mekânı (a) (URL-61, 2019), (b) (URL-62, 2019).

Art Nouveau tasarım geleneğinde biyolojik formlardan esinlenerek yapılan dekorasyon ve süslemeler oldukça yaygındır. Bununla birlikte doğadaki formları,

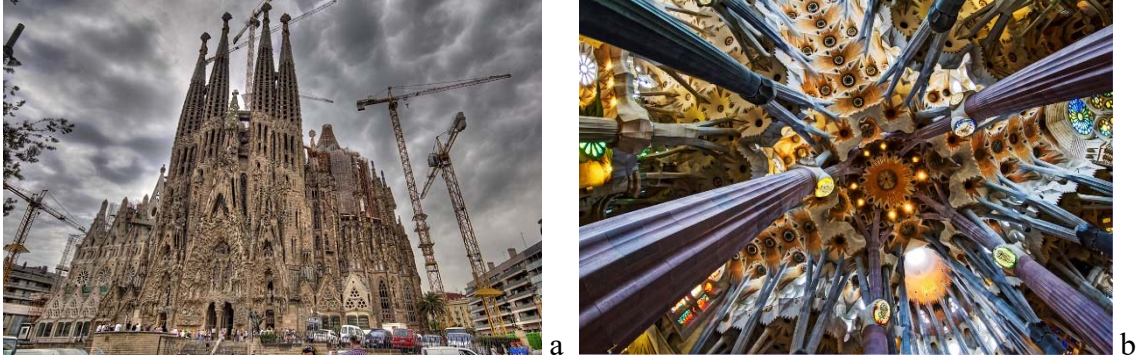
süslemenin ötesinde yapının formunun strüktürel çözümlerinin yapılması amacıyla kullanan tasarımcılar da mevcuttur. Art Nouveau geleneğinde doğal formları yapıların strüktür ve form çözümlerinde etkili bir şekilde kullanan tasarımcılardan bir tanesi Katalan mimar Antoni Gaudi (1852-1926)'dir. Gaudi, doğadan esinlendiği formları matematiksel olarak dikkatlice çözümlenmiş ve mimari tasarımlarına aktarmıştır (Roth, 2006).

Gaudi'yi Johann Wolfgang von Goethe ve John Ruskin'in eserleri hakkında yaptığı okumalar doğal formları olduğu gibi tekrar üretmeye teşvik etmiştir (Watkin, 2005). Kendisini şeylerin doğal durumlarının bir gözlemcisi olarak gören Gaudi, strüktür ve dekorasyonun doğada birlikte oluştuğunu, doğadaki strüktürel formların statik açıdan mükemmel ve işlevselliğe dayalı olduğunu düşünmüştür. Strüktürel olarak çözümlenmiş, canlı ve organik tasarımlar yapan Gaudi'ye göre doğa, milyonlarca yıl boyunca form kusursuz hale gelinceye kadar denemeler yaptığı için bakılması gereken en mantıklı kaynaktır (Roe, 2012).

Collins (1963)'e göre Gaudi'nin strüktür ve form tasarımı yaklaşımından çıkarılabilecek genel sonuçlardan iki tanesi şu şekildedir:

- Antoni Gaudi'nin eserlerinde strüktürel tasarım ve mimari formun birbirlerine yakın bir kimliği vardır ve bu durum mimarlık tarihinde neredeyse benzersiz bir olgudur. Bu durum, Gaudi'nin yapıları tasarlarırken doğanın güçleri ve kendi formlarının temel geometrisi tarafından yönlendirilme çabalarından kaynaklanmaktadır.
- Gaudi'nin yapılarında hiçbir şey keyfi değildir. Bu sebeple tasarlanan her bir parça, kurallı ve kendi içinde tutarlı olacak şekilde hesaplanmakta ve doğanın geometrik ve fiziksel yasalarıyla uyumlu bir biçimde yapıya aktarılmaktadır.

Doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi bağlamında Gaudi'nin en öne çıkan yapılarından bir tanesi La Sagrada Familia'dır. Yapıda uçan payandalar, duvar payandaları ve diğer tüm ekleri ortadan kaldırmak isteyen Gaudi; bütün kuvvet çizgilerini destek elemanlarının kütle merkezinden geçecek şekilde düzenleyerek stabil, birbirinden bağımsız çalışan birimlerden oluşan strüktürel bir yapı elde etmeyi hedeflemiştir (Collins, 1963). Bu amaçla Gaudi, iç mekânda ağaç formunu kendine ilham kaynağı olarak görmüştür. Yapı genelinde ise hayvan iskeletleri ve bitki formları gibi birçok doğal biçimi, hem dekorasyon hem de strüktürel çözümlerinde yoğun bir şekilde kullanmıştır. Yapının alt cephesinde mimari formun doğal forma doğru metamorfoz geçirmesini sağlamıştır (Roe, 2012).



Şekil 46. La Sagrada Familia ve iç mekânı (a) (URL-63, 2019), (b) (URL-64, 2019).

Antoni Gaudí'nin tasarladığı en önemli yapılardan bir tanesi 1905-1910 tarihleri arasında inşa edilmiş olan Casa Milà'dır. Cephesi bir deniz gibi dalgalanan yapının iç planlaması oldukça serbest ve düzensiz yapılmıştır (Jordan, 1984). Bununla birlikte, ağaç gövdesinin en kesitinin büyütülmüş haline benzeyen bir planlamaya sahip olan Casa Milà'nın balkonları deniz yosunlarını andıracak şekilde tasarlanmıştır (Roth, 2006).



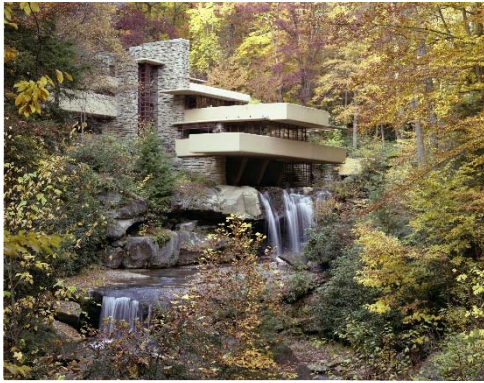
Şekil 47. Casa Mila ve balkonu (a) (URL-65, 2019) (b) (URL-66, 2019).

Strüktür çözümlenmeleri ve yapının dekorasyonunda doğadan ilham alan Art Nouveau akımından sonra, 20. yüzyılda doğa kuramı-mimarlık ilişkisi kapsamında incelenmesi büyük önem arz eden mimari tasarım anlayışlarından bir tanesi modern mimarlıktır. Endüstri ve makine çağınının başlaması ile birlikte ortaya çıkan mekanikleşme sürecinin doğrudan yansımalarının okunabildiği modern mimarlıkta, yararçı bir anlayışa bürünmüş ve tasarımın ihtiyaç duyulan işlev ve strüktür üzerinden şekillenmesi hedeflenmiştir (Roth, 2006).

Aydınlanma döneminin rasyonel ve ussal doğa kavrayışı ile 20. yüzyılın makine ve sanayileşme gelişmelerinin etkileşiminden doğan bir kuramsal yaklaşımın arkaplanında büyük rol oynadığı modern mimarlıkta, tıpkı Rönesans ve Aydınlanma döneminde olduğu gibi, saf, yalın, açık geometrik formlar ve işlevsellik ön plana çıkmıştır. Modern mimarlığın önceki dönemlerden en büyük farkı ise söz konusu saf, yalın ve açık geometri ilişkilerinin makine ve sanayi teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde standardize edilip hızlı bir şekilde üretilebilmesidir. Hiç şüphesiz bu durumun ortaya çıkmasındaki en büyük etken dönemin bilimsel doğa kavrayışı sonucu gelişen makine ve inşaat teknolojilerinin mimari tasarımda kullanılmaya başlanmasıdır.

Modern mimarlığın öncülerinden birisi olan Frank Lloyd Wright (1867-1969), modern mimarlıkta tasarım sürecinin her aşamasında makine kullanımının benimsenmesi ve zanaatçıların makineyi öğrenmesi gerektiğini ifade etmiştir (Pevsner, 1977). Yalın bir tasarım anlayışına sahip olan Wright, makinenin kendi yasalarına uygun olarak, soyutlama ve saflaştırma aracı olarak akıllıca kullanılabilceğini dile getirmiştir (Frampton, 1966). Bu bağlamda saf ve geometrik düzene önem veren bir mimari dil kullanmayı tercih etmiştir.

Wright'ın tasarımına ilişkin gerekçeleri, yapının yer ve bağlamıyla sempatik bir karşı ifade biçiminde bütünleşmesini ifade eden “Organik mimarlık” anlayışına dayanmaktadır (Ching, vd., 2017). Wright'ın bu tasarım anlayışı, Pensilvanya’da tasarladığı Şelale Evi (1936)’nde görülmektedir. Doğanın binanın her yönünden içeriye sızdığı Şelale Evi, Wright'ın doğa ile bütünleşen ideal yaşama mekânını somut hale getirmiştir (Frampton, 1996). Bu kapsamda Wright, mimari tasarımda makine kullanımı ile organik mimarlık anlayışını birleştiren bir modern mimarlık ürünü ortaya koymuştur.



a



b

Şekil 48. Şelale Evi ve iç mekânı (a) (URL-67, 2019), (b) (URL-68, 2019).

Makineyi mimari tasarımın bir parçası olarak ele alan modern mimarlık anlayışlarından bir tanesi de sanat ve zanaatı, sanayi ile işbirliği kurarak birleştirmeyi amaçlamış olan Bauhaus Okulu (1919-1933)'dur (Ching vd., 2017). Tasarımcıların makineye göre tasarlaması ve onun potansiyellerinden faydalanması gerektiğini belirten Bauhaus'un kurucusu Walter Gropius (1883-1969), yayımlanan Bauhaus manifestosunda; tasarımın amacına kusursuzca hizmet etmesi, işlevini düzgün bir şekilde yerine getirebilmesi, dayanıklı, ekonomik ve güzel olabilmesi için nesnenin doğal işlevlerinden, ilişkilerinden yola çıkılarak tasarlanması gerektiğini ifade etmiştir (Conrads, 1975). Bu kapsamda Gropius, işlevin öneminin binanın kitle ve örgütlenişinde olduğunu düşünmüştür (Ching vd., 2017).

Gropius, ifade edilen tasarım yaklaşımı ve ilkelerini Dessau'da tasarlanan Bauhaus'un yeni binasında hayata geçirmeye çalışmıştır. Bu yeni binada açık bir planlama ve geometrik düzene yer vermiş, yapının her bileşeninin kendi içerisinde sistematik bir mantığa dayalı olduğu bir tasarım anlayışı benimsemiştir (Ching vd., 2017). Yapıyı Bauhaus tasarım anlayışının bir modeli olarak tasarlayan Gropius, sonsuz tasarım olanaklarını soyutlayıp standardize etme imkânı sağlayan makine teknolojilerinden faydalanan bir mimarlık anlayışı ortaya koymuştur.



Şekil 49. Dessau'daki Bauhaus binası ve iç mekânı (a) (URL-69, 2019), (URL-70, 2019).

1930-1933 yılları arasında Bauhaus Okulu'nun yöneticisi olan Mies van der Rohe (1886-1969), süsleme ve fazlalık ifade eden her türlü müdahaleden kaçınan bir tasarım anlayışı ortaya koymuştur. “Az fazladır (*Less is more*)” sözüyle minimalist tutumunu ifade etmiş ve yapılarında çoğunlukla dikdörtgen çerçeveli formun farklı konseptlerdeki denemelerini yapmıştır (Jordan, 1984). Mies, mimari tasarımlarında yalın bir geometrik dil kullanmış, işlevde vurgunun binanın formu ve detaylarının açıklığında olduğunu

savunmuştur (Ching vd., 2017). Yalın mimari tasarım anlayışıyla birlikte, bir şeyleri tasarlama ve ifade etmenin en iyi yolunun strüktür olduğunu ve duygusal anlatımlara güvenmediğini dile getirmiştir (Mies ve Puente, 2008).

Mies'in en öne çıkan yapılarından bir tanesi Amerika Birleşik Devletleri'nin İllionis eyaletinde tasarladığı . Farnsworth Evi (1951)'dir. Opak duvar yerine saydam cam levhalar tarafından çevrelenmiş yapı, zeminden 2.2 metre yükseltilmiş ve iki sıra halinde dörder adet kolon tarafından taşınmıştır (Ching vd., 2017). Formdaki yalınlık ve detaydaki açıklığın en güçlü örneklerinden biri olan bu yapı aynı zamanda strüktürün belirgin olması ve dikdörtgen çerçeveli tasarım anlayışı ile Mies'in tasarım karakterini yansıtmaktadır.

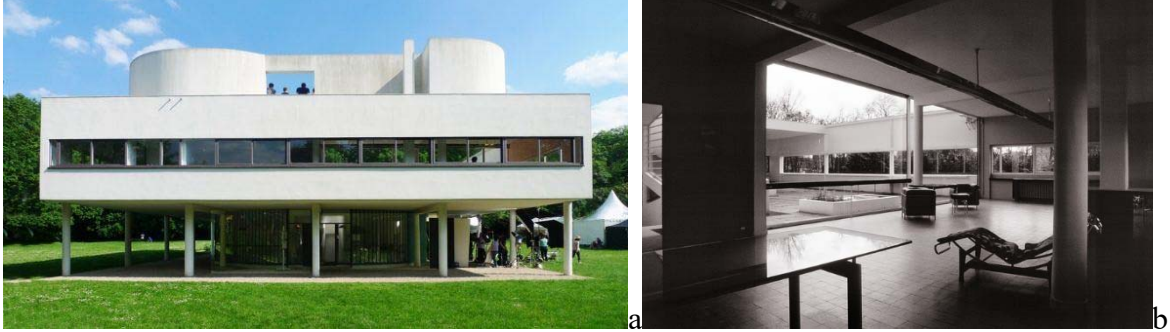


Şekil 50. Farnsworth Evi ve plan diyagramı (a) (URL-71, 2019), (b) (URL-72, 2019).

Modernizm'in en önemli simge kişilerinden biri Fransız mimar Charles-Edouard Jeanneret yani Le Corbusier (1887-1965)'dir. Le Corbusier'in tasarımlarında Kübizm'in büyük etkisiyle geometrik formlar daha soyut hale getirilerek kullanılmıştır. Mimarlığın dekoratif tasarımla birleşmemesi gerektiğini dile getiren Le Corbusier, dekorasyon detaylarından ziyade geçmiş formların altında yatan anatomik gerçeklik ile ilgilenen bir rasyonalist mimari tasarım anlayışı ortaya koymuştur (Curtis, 2001). Bu bağlamda mimari gelenekten kopuştan ziyade teknoloji yardımı ile mimari geleneğin saflaştırılmasını hedefleyerek klasisizm ve geometri ruhunu tekrar uyandırmıştır (Colquhoun, 2012).

Corbusier, bununla birlikte betonarme ve seri üretimin mimarların pragmatik formlarla çalışmasını mümkün kıldığını ifade etmiştir (Ching vd., 2017). Bu kapsamda tasarladığı en etkili yapılarından bir tanesi Villa Savoye (1931)'dir. Betonarme kolonlar üzerine yerleştirilen yapıyı çevreleyen kübik formun geometrik saflığı içinde iç mekân serbest ve asimetric tasarlanmıştır (Colquhoun, 2012). Bütün kat planı çözümleri fonksiyonel

ihtiyaçlara göre düzenlenen yapıda, yatay bant pencereler cephenin temel bileşenini oluşturmaktadır (Ching vd., 2017).



Şekil 51. Villa Savoy ve iç mekânı (a) (URL-73, 2019), (b) (URL-74, 2019).

Le Corbusier, makineleşme ve endüstri çağının büyük etkisiyle işleve tam olarak karşılık verebilmek için doğal formları soyutlama yoluna gitmiş ve yapılarının tasarımında en iyi formlar olarak ileri sürdüğü temel geometrik formları yalın ve süssüz bir mimari dil ile birleştirmiştir. Bununla birlikte, modern bilimin doğanın makine gibi işleyen bir mekanizma olduğunu ileri sürmesi ve Corbusier'in Antik Yunan mimarlığı hakkında yaptığı araştırmalar onun tasarım anlayışını etkilemiş ve şekillendirmiştir. Bu kapsamda Corbusier, Antik Yunan yapılarının belirgin oran-orantı ve detaylardaki açıklıklarındaki başarının, modern dönemde seri üretim ve endüstrideki gelişmeler ile yakalanabileceğini savunmuştur.

Doğa doğrudan incelendiğinde düz çizgiler ya da yalın ve açık geometrik formların bir araya gelişini görmek mümkün olmasa da modern mimarlıkta makineleşme ve endüstrileşmenin etkisi ile doğa olduğu gibi değil soyutlanıp idealize edilerek mimari tasarımlara aktarılmıştır. Hiç şüphesiz makineleşmenin modern mimarlık üzerindeki bu etkisinin en önemli sebeplerinden bir tanesi doğanın da tıpkı bir makine gibi işleyen bir sistem olduğuna dair modern bilimin ortaya koyduğu verilerdir.

Saf, yalın, açık geometrik formların kullanımı ve işlevselliğini standardizasyon aracılığıyla ön plana çıkararak modernizme tepki postmodern anlayış tarafından gelmeye başlamıştır. Modern mimarlığın sınırlayıcı ve formel tutumundan bir kopuş olarak değerlendirilebilen post-modernizm, belirli bir stile atıfta bulunmamaktadır (Ching vd., 2017). Charles Jencks'e göre postmodern mimarlık, gerçekliğin karmaşık dokusuyla ilgilenen fakat tarafsız bir eylem gerçekleştirmek için bir duruş sergilemekten kaçınmaktadır (Hays, 1988). Philip Johnson'a göre ise postmodern mimarlık, modern mimarının saflığının

ötesine geçen bazı duyguların meşrulaştırılmasıdır (Johnson, 1977'den aktaran Bertens, 1995). Bu bağlamda postmodernizmin doğasında çözümlenmemiş bir komplekslik bulunmaktadır çünkü yapısı gereği kısıtlamalardan kurtulmayı müjdeleyen bir özgürlük hareketi olarak ortaya çıkmıştır (Ching vd., 2017).

Modern mimarlığın söz konusu kısıtlayıcı anlayışına karşılık postmodernizmin özgürleşmeyi amaçlayan tutumu şehir planlaması yaklaşımlarında açıkça görülebilmektedir. Modernist şehir planlamacıları, metropolü kasıtlı olarak kapalı bir form biçiminde tasarlayarak onu bir “bütünlük” olarak değerlendirirken; postmodernistler kenti anarşi ve değişimin yeni durumlara yol açabileceği kontrol edilemez bir kaotik süreç olarak görmektedir (Harvey, 1990).

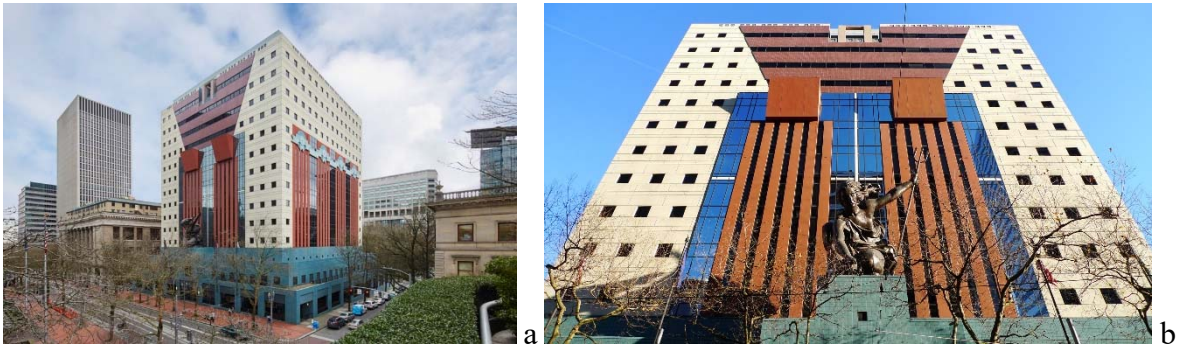
Stern (1977), postmodern mimariyi karakterize eden üç ilkedен söz etmektedir. Bu ilkelerden birincisi tekil bir binanın her zaman daha büyük bir bütünün parçası olarak kabul edilmesini ifade eden bağlamsal yaklaşımdır. İkinci ilke, mimarlık disiplini tarihi ve kültürel bir karşılık verme eylemi olarak tanımlayan çağrışım temelli yaklaşımdır. Üçüncü ilke ise mimarlıkta anlamın aracı olarak duvarı ön plana çıkararak dekorasyonu gündeme getiren yaklaşımdır.

Modernizmi sorgulayan erken dönem metinlerinden bir tanesi, mimar Robert Venturi (1925-2018) tarafından yazılan *Mimarlıkta Karmaşıklık ve Çelişki* (1966) kitabıdır. Bu kitapta Venturi, mimari tasarımda geçmişin tekrar canlandırılması gerektiğini ifade etmiş ve modern hareketten önce mimarlığın aynı anda birçok anlam seviyesini nasıl somutlaştırabildiğini göstermiştir. Bununla birlikte toplumsal bir anlam vermek üzere bağlam ve geleneğe yönelen Venturi, modernizmin süse karşı olan nefretini yıkarak yeni bir çoğulcu, hoşgörülü, bağlamı ön plana çıkaran ve çevreye duyarlılığı önemseyen bir mimarlık ortamı yaratmayı amaçlamıştır (Watkin, 2005).

Charles Jencks'e göre modernizm; farklılık, zıtlıkların oyunu ve çeşitli elemanların benzerlikleri üzerinden yaratılan postmodern mimarinin içinde yer almıştır çünkü postmodernizm kaçınılmaz olarak modernizmin üzerine inşa edilmiştir (Bertens, 1995). Bu kapsamda postmodernizm geliştirilmiş değil değiştirilmiş bir modern üslup yaratmıştır (Roth, 2006). Jencks, mimari kelime hazinesini yapısalılık ve dilin yapısını inceleyen çalışmalarla ilişkilendirerek postmodernizmin kriterlerini oluşturmaya çalışmıştır (Ching vd., 2017). Bu kapsamda postmodernizm tanımını; ideolojik tanımlayıcılar, biçimsel değişkenler ve tasarım fikirleri üzerinden ortaya koymuştur.

İdeolojik tanımlayıcılar arasında çift kodlama, çoğulculuk, semiyotik formların fonksiyonel formlar yerine tercih edilmesi, aktif katılım ve katılımın teşvik edilmesi bulunmaktadır. Biçimsel değişkenler hibritizm, karmaşıklık, eklektizm, temsil, dekorasyon, metafor, tarihsel referans, sembolizm ve mizaha ilgiden oluşmaktadır. Tasarım fikirleri ise bağlamsal şehircilik ve rehabilitasyon, fonksiyonel karışım ve kolaj gibi maddeleri içermektedir (Bertens, 1995). Bu kapsamda Jencks'e göre tipik bir postmodern bina, modern evrensel teknoloji ile yerel kültürü tanımlanabilir bir çift kodlama ile birleştiren çoklu kodlara dayandığı için zıt dönemlerin karışımını dramatize ederek bir minyatür zaman-şehri oluşturmaktadır (Jencks, 2011).

İfade edildiği gibi modern mimarlığın sınırlayıcı yönlendirmelerinden kurtulmayı hedefleyen bir hareket olarak ortaya çıkan postmodernizm, belirli bir stile atıfta bulunmadığı için mimari yapılar pek çok farklı yönüyle postmodern duruşu gösterebilmektedir. Postmodern yapılardan bir tanesi mimar Michael Graves'in tasarladığı Portland Binası'dır (1982). Postmodern mimarının ortaya çıkışında belirleyici bir anı işaret eden ve postmodernizmi mimari söylemin ön saflarına yerleştirmeyi başaran bu bina Graves'in tarih, klasik süsleme ve renkle kucaklaşmasının bir ürünü olarak ortaya çıkmıştır (Clausen, 2014). Bu kapsamda Graves, tasarladığı bu yapı ile postmodernizmin çağrışım, süsleme, kolaj ve temsil gibi karakteristiklerini yansıtmıştır.



Şekil 52. Portland Binası (a) (URL-75, 2019), (b) (URL-76, 2019).

Rasyonel ve ussal doğa kavrayışının makineleşme süreci ile birleşiminin bir sonucu olarak doğayı soyutlayıp idealize eden bir tasarım anlayışı ortaya koyan modern mimarlıkta, açık ve saf geometrik formların organizasyonu ön plana çıkmış ve süsleme doğru bir tasarım kararı olarak görülmemiştir. Modern mimarlığın doğayı soyutlama yoluyla standardize

etmeye yönelik sınırlayıcı tasarım anlayışına karşın postmodern dönemde ise doğanın kendisinde var olan karmaşık, zengin biçimli oluşumlar ve süslemeler dikkate alınmıştır.

Postmodernizmin doğa ile ilişki bağlamında ön plana çıkan bir diğer önemli karakteristiği ise binaların çevresiyle birlikte bir bütünün parçası olarak görülmeye başlanmasını ifade eden bağlamsallıktır. Postmodern dönemle birlikte yapıların tasarım kararları verilirken çevreye duyarlılık gündeme gelmeye başlamıştır. Hiç şüphesiz doğanın kendi işleyişi sonsuz olarak nitelendirilebilecek parametreler üzerinden şekillenmektedir. Yapılacak olan binanın hem doğanın hem de yapılı çevrenin bağlamı içerisinde etkisinin hesaba katılması postmodern dönemde doğanın dinamiklerine dikkat edildiğini göstermektedir.

2.2. 21. Yüzyılda Doğa Felsefesi-Mimarlık İlişkisi

2.2.1. Biyomimikri

21. yüzyıl doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi incelendiğinde öne çıkan disiplinlerden bir tanesi biyomimikridir. Biyomimikri kelimesi Yunanca yaşam anlamına gelen “bios” ile taklit anlamına gelen “mimēsis” kelimelerinin birleşiminden meydana gelmektedir (URL-77, 2019), (URL-78, 2019). İlk olarak literatüre, bir sinirin elektriksel hareketini taklit eden fiziksel bir cihaz üretme üzerine çalışan Otto Schmitt (1913-1998) aracılığıyla “biophysic” olarak giren kavram, Schmitt’in 1969 yılında yazdığı “*Some interesting and useful biomimetic transforms*” isimli yazısı ile birlikte biyomimetik olarak literatürde yer almıştır (Vincent vd., 2006).

Biyomimetik terimi, ilk olarak 1974 yılında Webster Sözlüğü’nde “Biyolojik mekanizmaların ve süreçlerin, biyolojik olarak üretilmiş maddelerin ve malzemelerin; oluşumunun, yapısının veya işlevinin özellikle benzer ürünlerin doğal ürünleri taklit eden yapay mekanizmalarla sentezlenmesi amacıyla incelenmesi” olarak tanımlanmıştır (URL-79, 2019). Günümüzde ise biyomimikri, daha sürdürülebilir tasarımlar oluşturmak için doğal formları, süreçleri ve ekosistemleri; tasarım sürecinin inceleme, oluşum ve değerlendirme gibi her aşamasında taklit eden bir disiplin olarak tanımlanmaktadır (Benyus, 2019).

Michael Pawlyn ise biyomimikriyi *Biomimicry in Architecture* kitabında; biyolojik formların, süreçlerin ve sistemlerin fonksiyonel temellerini sürdürülebilir çözümler üretmek için taklit etmek olarak tanımlamaktadır (Pawlyn, 2016). Pawlyn bu kitabında

biyomimikriyi, verimli strüktürlerin üretimi, materyalleri işleme biçimleri, sıfır atık sistemleri, suyun yönetimi, termal çevrenin kontrolü, ışığın kullanımı ve binalar için enerji üretimi başlıkları altında incelemekte ve tartışmaktadır.

Benyus (1997) biyomimikrinin ilham aldığı doğanın prensiplerini şu şekilde sıralamaktadır:

- Doğa, gün ışığını kullanır.
- Doğa, yalnızca ihtiyacı olan enerjiyi kullanır.
- Doğa, formları fonksiyona uydurur.
- Doğa, her şeyi geri dönüştürür.
- Doğa, işbirliğini ödüllendirir.
- Doğa, içerisindeki çeşitliliğe bel bağlar.
- Doğa, yerel uzmanlık gerektirmektedir.
- Doğa, aşırılıkları kendi içerisinde engeller.
- Doğa, limitlerin gücünden faydalanır.

Doğanın prensiplerini bu şekilde ifade eden Benyus (1997)'ye göre biyomimikri doğadan üç farklı şekilde ilham alabilmektedir:

- Model olarak doğa: Biyomimikri doğanın modellerini çalışıp daha sonra insanların problemlerini çözmek için bu tasarım ve süreçlerden ilham alan ya da taklit eden yeni bir bilimdir.
- Ölçü olarak doğa: Biyomimikri insanların ürettiği yeniliklerin doğruluğunu değerlendirmek için ekolojik standartlar kullanmaktadır. Çünkü doğa 3.8 milyar yıllık evrim sürecinin sonucunda neyin çalışır, uygun ve dayanıklı olduğunu öğrenmiştir.
- Mentör olarak doğa: Biyomimikri doğayı görmenin ve değerini bilmenin yeni bir yoludur. Biyomimikri doğadan neyi çıkarıp alabileceğimiz değil doğadan neyi öğrenebileceğimiz temeline dayanan bir dönemi tanıtmaktadır.

Biyomimikri üç farklı aşamada gerçekleştirilebilmektedir (Benyus, 2019):

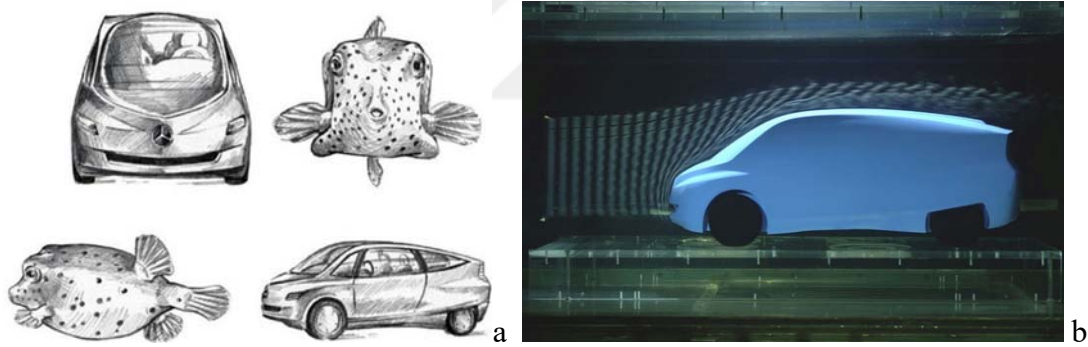
- 1. Aşama: Doğal formun taklit edilmesi.
- 2. Aşama: Doğal sürecin ya da bir şeyin nasıl oluştuğunun taklit edilmesi.
- 3. Aşama: Doğal ekosistemin taklit edilmesi.

İlk aşamadan üçüncü aşamaya doğru doğayı taklidin derinliği artmaktadır çünkü birinci aşamada doğal oluşumunun sadece formunun taklit edilmesi söz konusu iken ikinci

aşamada oluşum sürecini etkileyen bütün parametrelerin değerlendirilmesi, üçüncü aşamada ise doğal oluşumunun bütün ekosistemdeki yerinin anlaşılması önem arz etmektedir.

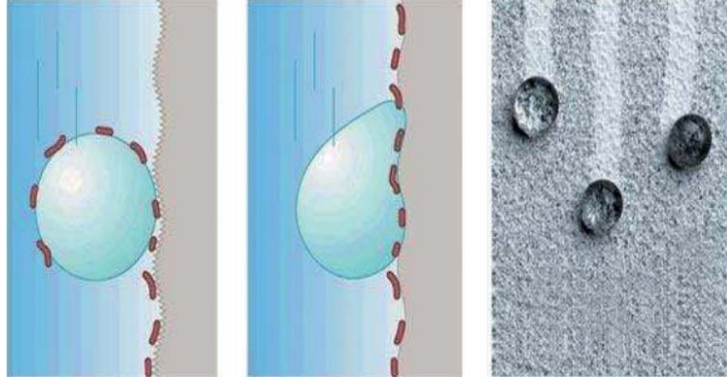
Biyomimikriye bir tasarım süreci olarak bakıldığında, tasarımın biyolojiye bakması ve biyolojinin tasarımı etkilemesi başlıkları altında iki farklı yaklaşım ön plana çıkmaktadır. Tasarımın biyolojiye bakması, insan ihtiyaçları ve tasarım problemlerini doğadaki canlılara ve ekosistemlere bakarak çözmeye çalışmak olarak tanımlanmaktadır. Biyolojinin tasarımı etkilemesi ise, organizma ve ya ekosistemin belirgin özellik, davranış ya da fonksiyonlarını insan tasarımlarına entegre etmeyi ifade etmektedir (Biomimicry Guild, 2007'den aktaran Zari, 2007).

DaimlerChrysler isimli şirketin Bionic Car prototipinin tasarlanma süreci, tasarımın biyolojiye baktığı biyomimikri yaklaşımına örnek olarak verilebilmektedir. Arabanın prototipinin tasarım sürecinde büyük hacimli, küçük tekerlek tabanı olan bir tasarım amaçlandığı için aerodinamik özelliği olan boxfish balığından yola çıkılarak tasarım yapılmıştır (Zari, 2007).



Şekil 53. Bionic Car prototipinin çizimleri ve aerodinamik özelliği (a) (Wahl, 2016), (b) (URL-80, 2019).

Biyolojinin tasarımı etkilediği biyomimikri yaklaşımına ise bataklık sularında temiz olarak kalmayı başarabilen Lotus bitkisi üzerinde yapılan araştırmalar sonucu, binaların cephe yüzeylerinin kendi kendine temizlenebilmesini sağlayan Lotus boyasının üretimi örnek olarak gösterilebilmektedir (Zari, 2007).



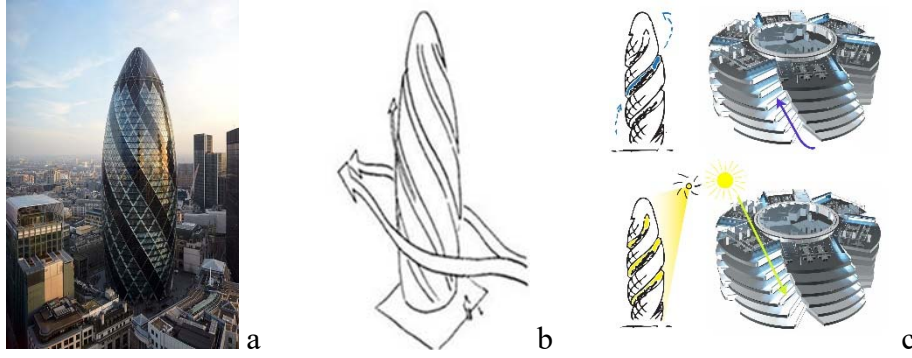
Şekil 54. Lotus boyası ile yüzeyin kendi kendine temizlenmesi (b) (URL-81, 2019).

Zari (2007) biyomimikrinin üç farklı uygulama düzeyini şu şekilde sıralamaktadır:

1. Organizma Düzeyi: Bir organizmanın fiziksel bir parçası ya da bütününün incelenmesi ve tasarıma entegre edilmesi.
2. Davranış Düzeyi: Bir organizmanın davranışlarının incelenmesi ve tasarıma entegre edilmesi.
3. Ekosistem Düzeyi: Ekosistemin başarılı çalışma prensiplerinin incelenmesi ve tasarıma entegre edilmesi.

İfade edilen biyomimikri düzeylerinin her birinde uygulama; form, materyal, konstrüksiyon, süreç ve fonksiyon olmak üzere beş farklı boyutta gerçekleştirilebilmektedir (Zari, 2007). Bununla birlikte tasarımcı herhangi bir düzeyi seçmek zorunda değildir, bir tasarımda biyomimikri düzeylerinden ve uygulama biçimlerinden birkaçı bir arada yer alabilmektedir.

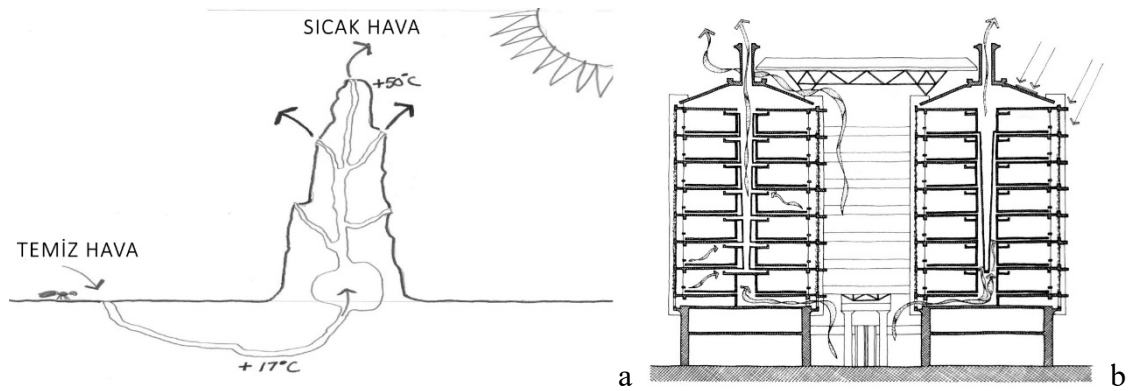
Organizma düzeyi biyomimikri uygulamasına Foster + Partners firması tarafından Londra'da tasarlanan 30 St Mary Axe (Gherkin Tower) binası örnek olarak gösterilebilmektedir. Gherkin Tower'ın tasarımında bilimsel adı *Euplectella aspergillum* olan bir sünger canlısının şekli ve kabuğu taklit edilmiştir. Binanın kavisli cephesi sayesinde rüzgâr sapmaları kontrol edilmeye başlanmış (Şekil 55b) ve kabuktaki kafes biçiminde çaprazlamalarla desteklenmiş strüktür sayesinde iç mekânda kolonsuz bir şekilde açık planlama yapılmıştır. Bununla birlikte binanın her katında döşemede boşluklar oluşturularak ve döşeme her katta döndürülerek; doğal ışığın bütün katlara ulaştırılması ve katlar arası doğal havalandırma imkânı sağlanmıştır (Şekil 55c) (URL-82, 2019).



Şekil 55. Gherkin Tower ve biyomimetik tasarımı (a) (URL-83, 2019), (b) (URL-84, 2019), (c) (Lewis vd., 2019).

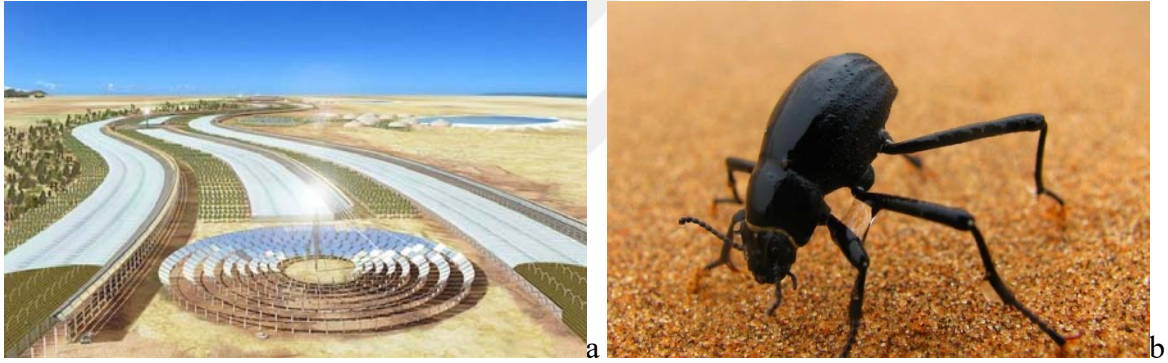
Biyomimikriye davranış düzeyinde mimari örnek olarak Mick Pearce tarafından Zimbabwe'nin başkenti Harare'de tasarlanan Eastgate Binası (1996) gösterilebilmektedir. Bu binada *Macrotermes michaelseni* ve *Macrotermes subhyalinus* isimli termitlerin yuvalarının pasif havalandırma işleyişi ve sıcaklık düzenleme teknikleri taklit edilmektedir (Zari, 2007). Böylece geleneksel iklimlendirme veya ısıtma yöntemlerini kullanmadan tüm yıl boyunca dikkat çekici düzeyde istikrarlı koşullar sağlanmaktadır (Pawlyn, 2016).

Harare'de gece vakti hava sıcaklığı keskin bir şekilde azalmakta, soğuk hava birinci ve ikinci katlar arasındaki hava toplama bölgesine fanlar tarafından çekilmektedir. Daha sonra soğuk hava, büyük kat boşluklarına doğru sirküle edilmekte ve gün içerisinde indüklenmiş bir akış sistemi sayesinde ızgara vasıtasıyla ofis hacimlerine çıkarılmaktadır. Böylece dışarıda hava 5° ile 33° arasında değişkenlik gösterirken Eastgate Binası'nın iç sıcaklığı 21° C ile 25° C arasında istikrarlı bir şekilde tutulmaktadır (Pawlyn, 2016).



Şekil 56. Termit yuvaları ve Eastgate Binası'ndaki pasif havalandırma sistemi (a) (URL-85), (b) (URL-86, 2019).

Sahra Ormanı Projesi (SFP), biyomimikrinin ekosistem düzeyinde mimari uygulamasına örnek olarak gösterilebilmektedir. Projenin tasarımında; sıcak çöl koşullarında havadaki nemi kendi kabuğunda su damlacıkları olarak biriktirip kendi vücut sıcaklığını düzenleme yoluna giden ve su ihtiyacını bu yöntemle karşılayan *Stenocara gracilipes* isimli Namib çölünde yaşayan bir böcekten ilham alınmıştır (Pawlyn, 2011). Daha sonra proje ekibi, güneş enerjisi (solar power) ile uyum içinde çalışan tuzlu su soğutmalı seralar (saltwater-cooled greenhouses) üzerinde yoğunlaşarak çölü yeniden bitkilendirmeyi hedeflemiştir. Bu kapsamda Sahra Ormanı Projesi, biyomimikrinin temiz su kaynağı yaratma, solar enerji ekonomisine geçiş, toprağı canlandırma, topraklardaki carbonu izole etme, besin döngülerini kapatma ve birçok insana iş imkânı sağlama gibi çeşitli zorlukların üstesinden gelmek için kapalı döngü modellerini nasıl kullanabileceğini gösteren önemli bir projedir (Pawlyn, 2016).



Şekil 57. Sahra Ormanı Projesi ve *Stenocara gracilipes* böceği (a) (URL-87, 2019), (b) (URL-88, 2019).

Biyomimikrinin doğayı model, ölçü ve mentör olarak gören yaklaşımı felsefenin sırsasıyla şiir ve estetik, etik ve politika, epistemoloji ve zihin felsefesi alanlarına karşılık gelerek insanların doğa ile ilişkisini kurmaya çalışmaktadır. Bu bağlamda model olarak doğa, biyomimikrinin şiirsel prensibidir çünkü olayların nasıl meydana geldiğini ifade etmektedir. Ölçü olarak doğa, biyomimikrinin etik ilkesidir çünkü doğanın neyi gerçekleştirmemizin mümkün olduğuna dair etik sınırlar veya standartlar koyduğunu söylemektedir. Mentör olarak doğa, biyomimikrinin epistemolojik ilkesidir çünkü hakikatin, bilgeliğin ve mükemmelliğin nihai kaynağının doğa olduğunu ilan etmektedir (Dicks, 2016).

Doğaya yönelik bu yaklaşım, biyomimikri disiplininin teorisyenler tarafından; doğanın birebir kopyalanması, doğanın teknolojik taklitlerle değiştirilmesi, insan aktivitesinin insan olmayanın taklitine indirgenmesi, tüm çekişmeler ve rekabetten arınmış, romantik veya idealist bir doğa kutlaması içermesi gibi sebeplerle eleştirilmesine yol açmaktadır (Dicks, 2016). Bununla birlikte biyomimikrinin prensipleri betimleyici fakat açıklayıcı olmaması açısından da eleştiri konusu olabilmektedir (Mathews, 2011). Söz konusu eleştiriler biyomimikrinin henüz gelişme aşamasında olduğunu ve felsefi olarak detaylandırılıp geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Doğa-mimarlık-tasarım ilişkisi bakımından 21. yüzyılın en önemli disiplinlerinden birisi olan biyomimikri, tasarım stratejilerinin doğa ile kurduğu ilişkiler açısından orijinal bir yaklaşım önermemektedir. Nitekim insanoğlu yeryüzünde bulunduğu ilk zamanlardan günümüze kadar olan süreçte, doğadan öğrenip taklit ederek günlük yaşamda karşılaşılan sorunların üstesinden gelmeye çalışmıştır. Basit taklitlerden günümüzdeki kompleks yöntemlere doğru gelişme gösteren doğadan öğrenme ve tasarımlara aktarma metodları, tarihin her döneminde çeşitli biçimlerde insan hayatında yer edinmiştir. Biyomimikrinin geçmişteki analogi ve soyutlama yaklaşımlarından en önemli farkı ise günümüzde gelişen bilgisayar teknolojileri aracılığıyla doğadan öğrenme yöntemlerinin artık daha nesnel temellere oturmaya başlaması sonucu biyomimikrinin bir disiplin haline gelmesi ve tasarımcıları yönlendirici klavuzların ortaya koyulmaya başlanmasıdır.

Sonuç olarak doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi açısından değerlendirildiğinde biyomimikri, tasarımcıların gözlerini doğaya çevirip doğanın birbiri ile ilişkili sonsuz parametreler üzerinden çalışan yaratıcı mekanizmalarını, oluşumlarını ve süreçlerini anlayıp insan tasarımları için kullanmalarını öneren, gelişim aşamasındaki bir disiplin olarak ön plana çıkmaktadır.

2.2.2. Biyofilik Tasarım

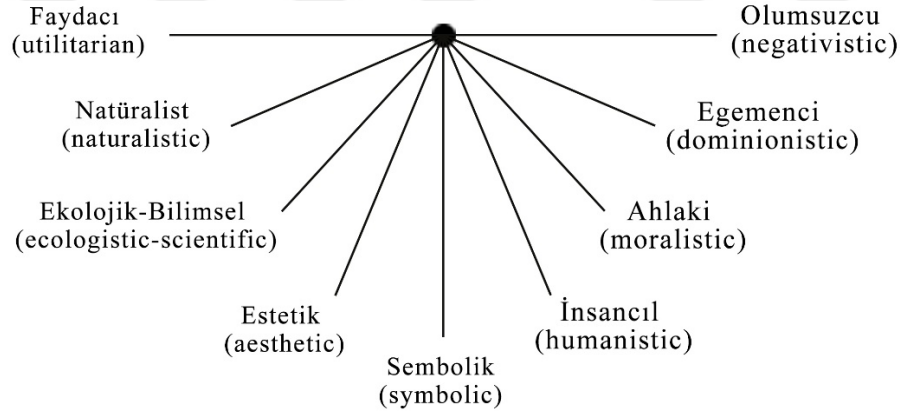
Günümüzde doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi incelendiğinde biyofilik tasarım, araştırmacıların tartıştığı önemli başlıklardan biri olarak ön plana çıkmaktadır. Biophilia sözcüğü, Yunanca'da yaşam anlamına gelen "bios" ile "sevgi, eğilim" anlamına gelen "philia" sözcüğünün birleşiminden oluşmaktadır (URL-77, 2019), (URL-89, 2019). Biophilia terim olarak ilk defa psikanalist, sosyolog ve filozof Erich Fromm'un 1964 yılında yayınladığı *The Heart of Men* isimli kitabında kullanılmıştır. Biyofili kavramını, yaşamın

her yönüne duyulan sevgi ve yönelim olarak tanımlayan Fromm (1964), söz konusu yönelimin en temel biçiminin tüm canlıların, kendi varlıklarını koruma ve yaşama isteği olarak ortaya çıktığını ifade etmiştir.

Wilson (1996), insan türünün serüveni tarım ve yerleşik hayatın başlangıcından milyonlarca yıl önce vahşi yaşamda başladığı için insan beyninin makineler tarafından biçimlendirilmiş bir dünyada değil doğa merkezli bir dünyada evrildiğini ileri sürmektedir. Bu kapsamda biyofili kavramını üç farklı biçimde tanımlamaktadır:

- İnsanın diğer canlı organizmalara yönelik doğal duygusal bağları (Wilson, 1996).
- İnsanın yaşam ve yaşam benzeri süreçlere dair doğuştan gelen eğilimleri (Wilson, 2003).
- İnsanların diğer yaşam formlarıyla; zevk, güvenlik hissi, huşu ya da tikslenme ile harmanlanmış çekicilik tarafından uyandırılan yakın ilişkisi (Wilson, 2006).

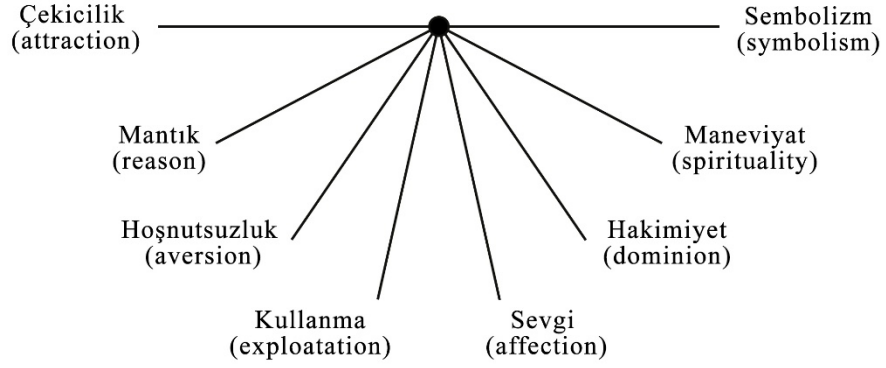
Kellert (1993) biyofili kavramını, doğal dünyanın değerini bilmek ve tanımak için faydacı, natüralist, ekolojik-bilimsel, estetik, sembolik, insancıl, ahlaki, egemenci, olumsuzcu olmak üzere dokuz biyolojik temel üzerinden incelemektedir (Kellert, 1993).



Şekil 58. Biyofili kavramının biyolojik temelli dokuz boyutu

Kellert (1993), doğaya dair söz konusu dokuz biyolojik temel üzerinden şekillenen içten bağımlılığın insan varlığına ilişkin anlamlı ve tatmin edici bir temel oluşturacağını, ve bu kapsamda kişisel çıkar ile biyolojik zorunluluk duygusundan koruma etliği için güçlü bir argüman ortaya koyulabileceğini ifade etmektedir. Bununla birlikte biyofili anlayışının aynı zamanda insanın dünyaya anlam yüklediği ve ondan fayda elde ettiği temel yolları

yansıttığını ifade etmekte ve bu yolları çekicilik, mantık, hoşnutsuzluk, kullanma, sevgi, hakimiyet, maneviyat ve sembolizm olarak sıralamaktadır (Kellert, 2012).



Şekil 59. Biyofili anlayışında insanın dünyayı anlamlandırırken ve ondan faydalanırken kullandığı yollar

Biyofilik tasarımın temel amacı; yapılı çevrede pozitif, değerli bir doğa deneyimi ortaya çıkarmaktır (Kellert, 2005). Bu bağlamda biyofilik tasarımın başarılı bir şekilde uygulanması için; doğa ile sürekli temas, evrimsel süreç içerisindeki insanların refahını artıran adaptasyonlara odaklanma, belirli ortamlarla duygusal bağ kurmak, bütün canlıları kapsayan bir sorumluluk duygusu uyandırmak ve karşılıklı fayda getiren mimari çözümler üretmek gibi bazı temel prensiplere sadık kalınması gerekmektedir (Kellert ve Calabrese, 2015).

Kellert ve Calabrese (2015), biyofilik tasarımın esaslarını ve niteliklerini; doğanın doğrudan deneyimi, doğanın dolaylı deneyimi, uzay ve mekânın deneyimi olmak üzere üç farklı başlık altında inceleyerek biyofilik tasarımın temel kategorizasyonunu oluşturmayı hedeflemiştir (Şekil 60).

DOĞANIN DOĞRUDAN DENEYİMİ	DOĞANIN DOLAYLI DENEYİMİ	UZAY VE MEKANIN DENEYİMİ
<ul style="list-style-type: none"> • Işık • Hava • Su • Bitkiler • Hayvanlar • Hava koşulları • Doğal manzaralar ve ekosistemler • Ateş 	<ul style="list-style-type: none"> • Doğanın imajları • Doğal malzemeler • Doğal renkler • Doğal ışık ve havanın simüle edilmesi • Doğal şekiller ve formlar • Doğanın çağrıştırılması • Bilgi zenginliği • Yaş, değişim ve zamanın patinası • Doğal geometriler • Biyomimikri 	<ul style="list-style-type: none"> • Manzara ve barınak • Organize komplekslik • Parçaların bütünsel entegrasyonları • Geçişken mekanlar • Mobilite ve yön bulma • Yer ile kültürel ve ekolojik bağlantı

Şekil 60. Biyofilik tasarımda deneyimler ve nitelikler (Kellert ve Calabrese, 2015).

Doğanın doğrudan deneyimi, yapılı çevredeki çevresel özelliklerle gerçek teması; doğanın dolaylı deneyimi, doğanın temsil ya da imgeleriyle bağlantı kurulmasını; uzay ve mekânın deneyimi ise insan sağlığını ve refahını geliştiren doğal çevrenin karakteristik mekânsal özelliklerini ifade etmektedir. Doğanın doğrudan deneyimi; ışık, hava, su, bitkiler, hayvanlar, hava durumu, doğal manzaralar, ekosistemler ve ateş başlıkları altında şu şekilde incelenmektedir (Kellert ve Calabrese, 2015):

1. Işık (Light): İnsan sağlığı ve refahı için temel bir bileşen olan doğal ışık, hareketi ve yön bulmayı kolaylaştırmakta, rahatlık ve memnuniyete katkıda bulunmaktadır (Şekil 61a).
2. Hava (Air): Doğal havalandırma insan konforu ve üretkenliği için önem arz etmektedir.
3. Su (Water): Yaşam için çok önemli bir bileşen olan suyun yapılı çevredeki olumlu deneyimi insanın stresini azaltıp; sağlık, performans ve memnuniyetini artırabilmektedir (Şekil 61b).
4. Bitkiler (Plants): Bitkilerin varlığı stresi azaltıp, fiziksel sağlığa katkıda bulunabilmekte ve böylece konfor, performans ve verimliliği artırabilmektedir.

5. Hayvanlar (Animals): İnsan dışındaki hayvan yaşamının varlığı tarih boyunca insan deneyiminin ayrılmaz bir parçası olduğu için hayvan yaşamıyla akvaryum, yeşil çatı, bahçe gibi uygulamalar aracılığıyla kurulan pozitif temas önemli olabilmektedir.
6. Hava koşulları (Weather): Hava koşullarına karşı farkındalık insanların doğa deneyimi, evrimsel uygunluğu ve hayatta kalması açısından önemlidir. Yapılı çevrede hava ile algısal ve fiziksel temas insanlar için hem tatmin edici hem de teşvik edici olabilmektedir.
7. Doğal manzaralar ve ekosistemler (Natural landscapes and ecosystems): Doğal manzaralar ve ekosistemler birbirleri ile ilişki içerisinde bulunan; bitkiler, hayvanlar, su, toprak, kaya ve jeolojik formlardan oluşmaktadır. İnsanlar evrimsel geçmişleri sebebiyle, yapay çevre ve insanın hakim olduğu peyzajlar yerine, doğal manzaraların ve kendi kendini yeten ekosistemlerin bulunduğu ortamları tercih etmektedir.
8. Ateş (Fire): Ateşin yapılı çevrede etkili ve pozitif kullanımı, şömine ve ocakların yapımının yanı sıra; ışık, renk, hareket, ve değişken ısı iletkenliğine sahip malzemelerin yaratıcı kullanımıyla sağlanabilmektedir.



a



b

Şekil 61. Doğal ışık ve suyun kullanımı, The Courtyard House-Nottingham Üniversitesi Jubilee Kampüsü (a) (URL-90, 2019), (b) (URL-91, 2019).

Doğanın dolaylı deneyimi; doğanın görüntüleri, doğal malzemeler, doğal renkler, doğal ışık ve havanın simüle edilmesi, doğal şekiller ve formlar, doğanın çağrıştırılması, bilgi zenginliği, “yaş, değişim, ve zamanın patinası”, doğal geometriler ve biyomimikri başlıkları altında şu şekilde incelenmektedir (Kellert ve Calabrese, 2015):

1. Doğanın imajları (Images of nature): Doğanın yapılı çevrede; fotoğraf, resim, heykel, duvar resmi, video ve bilgisayar simülasyonu aracılığıyla ortaya koyulabilen imaj ve temsilleri, hem duygusal hem de düşünsel olarak tatmin edici olabilmektedir.
2. Doğal malzemeler (Natural materials): Doğal malzemeler, organik maddenin zaman içinde hayatta kalma streslerine ve zorluklarına adaptif tepki olarak yansıttığı dinamik özellikleriyle uyarıcı ve canlandırıcı olabilmektedir.
3. Doğal renkler (Natural colors): Rengin etkili biyofilik uygulamasının yapılabilmesi için genellikle toprak, kaya ve bitkilerin karakteristik özelliklerine sahip soft toprak tonlarının kullanımı teşvik edilmektedir.
4. Doğal ışık ve havanın simüle edilmesi (Simulating natural light and air): Yapay ışık, doğal ışığın spektral ve dinamik özelliklerini taklit edecek şekilde; işlenmiş hava ise doğal havanın kalitesini simüle edecek şekilde tasarlanarak pozitif bir atmosfer oluşturabilmektedir.
5. Doğal şekiller ve formlar (Naturalistic shapes and forms): Doğal çevrenin karakteristiklerini yansıtan form ve şekillerin kullanımı statik mekânları canlı bir sistemin dinamik özelliklerine kavuşturabilmektedir (Şekil 62).
6. Doğanın çağrıştırılması (Evoking nature): Doğanın imgesel ve fantastik tasvirleri tatmin edici bir deneyim ortaya çıkarabilmektedir.
7. Bilgi zenginliği (Information richness): Doğanın çeşitliliği ve varyasyonları çok belirgin olduğu için insanlar söz konusu kompleksliğe, uyumlu ve okunaklı bir şekilde deneyimlenebildiği müddetçe, pozitif tepki vermektedir.
8. Yaş, değişim, ve zamanın patinası (Age, change, and the patina of time): İnsanlar her zaman değişim ve akış içerisinde olan doğanın, büyüme ve yaşlanmanın dinamik güçlerini yansıtan niteliklerine pozitif tepki vermektedir.
9. Doğal geometriler (Natural geometries): Hiyerarşik olarak düzenlenmiş ölçekler, kıvrımlı geometriler, kendini tekrarlayan fakat değişkenlik gösteren modeller gibi doğada yaygın olarak karşılaşılan matematiksel özellikleri ifade etmektedir.
10. Biyomimikri (Biomimicry): Doğada bulunan form ve fonksiyonların insanların problemlerini çözmek ve ihtiyaçlarını karşılamak için adapte edilmesi ya da önerilmesini ifade etmektedir.



Şekil 62. Su zambağının doğal formundan esinlenerek tasarlanan taşıyıcı sistemler, Johnson Wax Binası (a) (URL-92, 2019), (b) (URL-93, 2019).

Uzay ve mekânın deneyimi; manzara ve barınak, organize komplekslik, parçaların bütünsel entegrasyonları, geçişken mekânlar, mobilite ve yön bulma, yer ile kültürel ve ekolojik bağlantı başlıkları altında şu şekilde açıklanmaktadır (Kellert ve Calabrese, 2015):

1. Manzara ve barınak (Prospect and refuge): Manzara insanların hem fırsatları hem de tehlikeleri algılamalarına izin veren geniş çevre görünüşlerini; barınak ise güvenlik ve emniyetli alanları ifade etmektedir. Birbirini tamamlayıcı bu iki koşul yapıli çevrede fonksiyonel ve tatmin edici bir şekilde bir araya gelebilmektedir.
2. Organize komplekslik (Organized complexity): Kompleksliğin niteliklerinin organize edilmiş ve düzenlenmiş bir biçimde deneyimlenebildiği tatmin edici mekân düzenlemeleri ifade etmektedir.
3. Parçaların bütünsel entegrasyonları (Integration of parts to wholes): İnsanlar ayrı parçaların entegre bir bütün oluşturduğu mekân düzenlemelerine pozitif tepki vermektedir.
4. Geçişken mekânlar (Transitional spaces): Bir ortamın başarıyla dolaşılabilmesi, net ve farkedilir geçiş mekânları tarafından kolaylaştırılan alanlar arasındaki açıkça kavranabilen bağlantılara bağlı olarak gerçekleştirilebilmektedir.
5. Mobilite ve yön bulma (Mobility and wayfinding): İnsanların rahatı ve refahı, genellikle karmaşık ve çeşitli mekânlar arasında serbest dolaşıma dayanmaktadır.
6. Yer ile kültürel ve ekolojik bağlantı (Cultural and ecological attachment to place): Kültürle bağlantılı tasarımlar, yer ile olan bağlantıyı ve ortamın belirgin bir insan kimliğine sahip olduğu hissini güçlendirmektedir. Ekolojik bağlantılar ise yerel peyzaj, bitki ve hayvan çeşitliliği ve meteorolojik koşullara dair bir farkındalık oluşturarak, yere ilişkin duygusal bağlılığı geliştirebilmektedir.



Şekil 63. Yer ile kültürel bağlantı ve yön bulma, Yakushi Ji Tapınağı-High Line Parkı (a) (URL-94, 2019), (b) (URL-95, 2019).

Biyofilik tasarım ile ilgili en öne çıkan özelliklerden biri mimarlık kuramını doğallaştırma girişimidir (Joye, 2011). Bununla birlikte biyofilik tasarım mimari tasarıma evrimsel bir perspektiften bakılmaktadır. Mimarlık kuramını doğallaştırma girişimi kapsamında biyofilik tasarımda doğa direkt ve dolaylı yöntemlerle mimari tasarımların içerisine form, malzeme, strüktür, peyzaj ve manzara gibi etmenler aracılığıyla işlenmeye çalışılmaktadır. Böylece mimari tasarımda alınan bütün kararlarda doğa ile algısal, fiziksel ve sembolik irtibatı sürdürmeyi amaçlayan doğallaştırılmış bir mimarlık kuramı ortaya koyulmaktadır.

Biyofilik tasarımda ileri sürülen doğallaştırılmış mimarlık kuramının arkaplanını tasarıma yönelik evrimsel bakış açısı oluşturmaktadır. Evrimsel yaklaşım kapsamında insanın, evrimsel sürecin çok büyük bir zaman diliminde doğa ile sürekli irtibat halinde yaşadığı ve bu sebeple doğanın insanın vazgeçilmez parçası olduğu dile getirilmektedir. Doğa ile sürekli irtibat sayesinde insanın fiziksel ve psikolojik konfor düzeyinin arttığı ve insanların daha üretken ve sağlıklı yaşadıkları ifade edilmektedir. İnsan temelli kazanımların yanı sıra, doğanın çalışma presilerine uygun biyofilik tasarım yaklaşımının, çevresel ölçekte doğanın işleyişini pozitif etkileyeceği düşünülmektedir. Böylece insanın evrimsel geçmişine dair biyoloji ve psikoloji temelli tespit, biyofilik mekân tasarımlarında doğa ile kurulacak olan ilişkinin biçimini belirlemektedir.

Sonuç olarak biyofilik tasarım anlayışı doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi kapsamında değerlendirildiğinde; insanın doğa deneyimini güçlendirmeye yönelik mimari tasarımların yapılmasının teşvik edildiği fakat doğanın mimari tasarımda alacağı role dair açıklayıcı bir yöntem ortaya koyulmadığı görülmektedir. Bu kapsamda biyofilik tasarım ilkeleri ve

nitelikleri, insanın evrimsel süreçteki değişimi ve gelişiminin ayrılmaz bir parçası olan doğanın niteliklerinin insan tarafından mekânsal bağlamda nasıl etkili bir şekilde deneyimleneceğine dair yönlendirici ve teşvik edici bir klavuz görevi yapmaktadır.

2.2.3. Genetik Mimarlık ve Hesaplamanın Metafizigi

Avrupa'ya ve bütün dünyaya hakim olan Komünizm'in çözülmesinden sonra oluşan ideolojik boşluğun günümüzde globalizasyonun evrensellik arzusuyla doldurulduğunu ifade eden Karl Chu'ya göre, bu çözülmeden sonra dünya radikal ve fantastik bir eşığe doğru ilerlemektedir. Çünkü yaşamın doğası ve fonksiyonlarına dair var olan ilişkiler tekrar sorgulanmaya başlanmıştır. Bu kapsamda, biyogenetik ve hesaplamalı sistemlerin bir araya gelmesi sonucu, gerçekliğin başlangıçtan bu yana var olan örtüsü ortaya çıkmaya başlamıştır (Chu, 2006).

Dünya üzerindeki yaşamın hiçbir şeyden bir şeyi meydana getirmeyi mümkün kılacak bir aşamaya geldiğini dile getiren Chu, kuantum hesaplama sistemleri sayesinde fiziksel evrenin hesaplanabilirlik alanında değerlendirilebileceğini ve insanların biyolojik türlerin genetik yapısını değiştirebilecek bir aşamaya ulaştığını bildirmektedir. Geline bu aşamanın dünya üzerindeki yaşamın geleceği üzerinde önemli sonuçları olacaktır. Bu bağlamda, doğal bir biçimde form ile birbirine bağlanmış olan ve içkinliğin yeni bir düzlemini ifade eden hesaplamanın, dünyayı hiper zeki varlıkların olduğu bir alana dönüştüreceğini düşünmektedir (Chu, 2006).

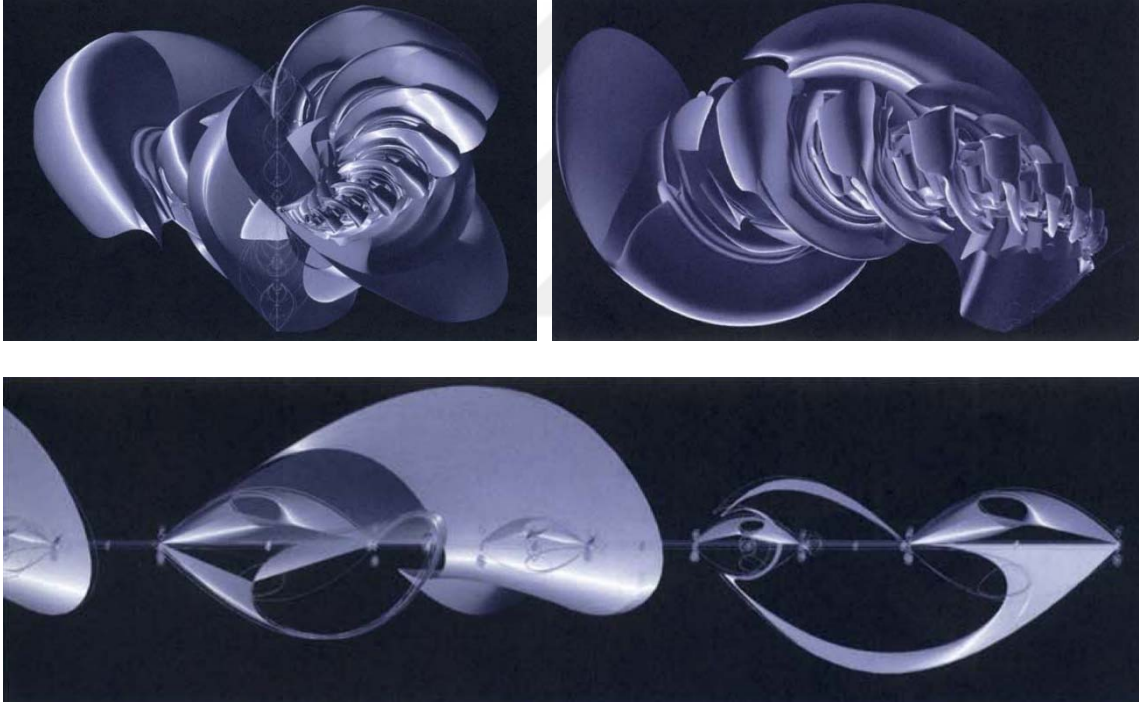
Hesaplamanın fiziksel bir süreç olduğu gerçeği, kendi kendine tutarlı bir mantıksal döngünün varlığını şart koşmaktadır. Bu kapsamda fizik yasaları, izin verilen mekanik işlemleri ve bir Turing Makinesi'nin olası faaliyetlerini tanımlamaktadır. Böylece matematiksel işlemlerin hesaplanabileceği belirlenmekte ve çözümlenebilir matematiğin doğası ortaya çıkmaktadır. Hesaplama ve fizik arasındaki bu ayrılmaz bağın keşfedilmesi, fiziksel işlemlerin gerçekte hesaplama biçimleri olduğunun farkındalığına yol açmıştır (Chu, 2004). Bu yaklaşım evrenin doğası hakkında düşünme biçimindeki paradigma değişimini göstermektedir.

Chu (2006)'ya göre hesaplamanın temel istekleri açıktır:

- Organik yada inorganik maddelerin biyomekanik mutasyonu ya da kompleks makinelerin (abstract machines) kullanımı aracılığıyla yapay yaşam ve yapay zekanın somutlaştırılması.

- Olası dnyaların hesaplanabilir alanına yayılarak fiziksel ve gerçek dnyaların daha yüksek organik zeka formlarına yceldilmesi.

Hesaplamanın gücünün Turing Makinesi'nin icadından beri bariz olarak hissedildiğini ifade eden Chu, aynı zamanda onun bilgi devrimine yn verdiğini düşünmektedir. Bununla birlikte, İnsan Genom Projesi'nin tamamlanmasıyla kalıtsal materyal yani DNA'nın keşfinin önemi anlaşılmıştır. Bu bağlamda, biyogenetik ve hesaplamanın bir araya gelmesiyle birlikte, organik ve inorganik maddelerin yeni bir tür biyomekanik mutasyonunu ortaya çıkaracak insan tesi (Post-Human Era) bir döneme doğru ynlenilmiştir. Chu bu insan ötesi dönemin mimarlığı sürekli yönlendiren antropoloji krallığının (insan merkezli tasarım) sonunu işaret ettiğini ifade etmektedir (Chu, 2004).



şekil 64. Karl Chu, X-Kavya, Phylogon serisi (Chu, 1998).

Chu (2006), hesaplamalı sistemlerin gelişiminin mimarlık açısından olası dnyaların inşası düzeyinde belirgin olduğunu ve mimarlığın genetik hesaplamaya bağlı hale gelmeye başladığını dile getirmektedir. Bu bağlamda, hesaplama ve biyogenetik devrim tarafından ortaya koyulan isteklere uygun yeni mimarlık konseptlerinin geliştirilmesine odaklanılması gerektiğini düşünmektedir. Ortaya çıkan yeni mimarlık paradigmasında mimarlık, iki tuğlayı

bir araya getirme sanatı değil; kendi kendini çoğaltmaya, organize etmeye ve sentezlemeye programlanmış iki bit'in bir araya gelmesi sanatıdır (Chu, 2004).

Chu'nun genetik mimarlık anlayışını kuramsal olarak temellendirirken başvurduğu kaynaklardan bir tanesi Alman filozof Gottfried Leibniz'in *Monadoloji* isimli kitabıdır. Chu bu eseri dünyanın doğasını soyut bir bakış açısıyla genelleştiren bir ilkeler sistemi ortaya koyma girişimlerinin biri ve felsefi genetik ilkelerine dayanan açık kaynak mimarisi öneren en erken çaba olarak değerlendirmektedir. Söz konusu felsefi genetik ilkeler şu şekilde sıralanmaktadır (Chu, 2006):

- Üretici yoğunlaşma ilkesi (generative condensation)
- Birleşimsel genişleme ilkesi (combinatorial expansion)
- Bilginin korunumu ilkesi (conservation of information)

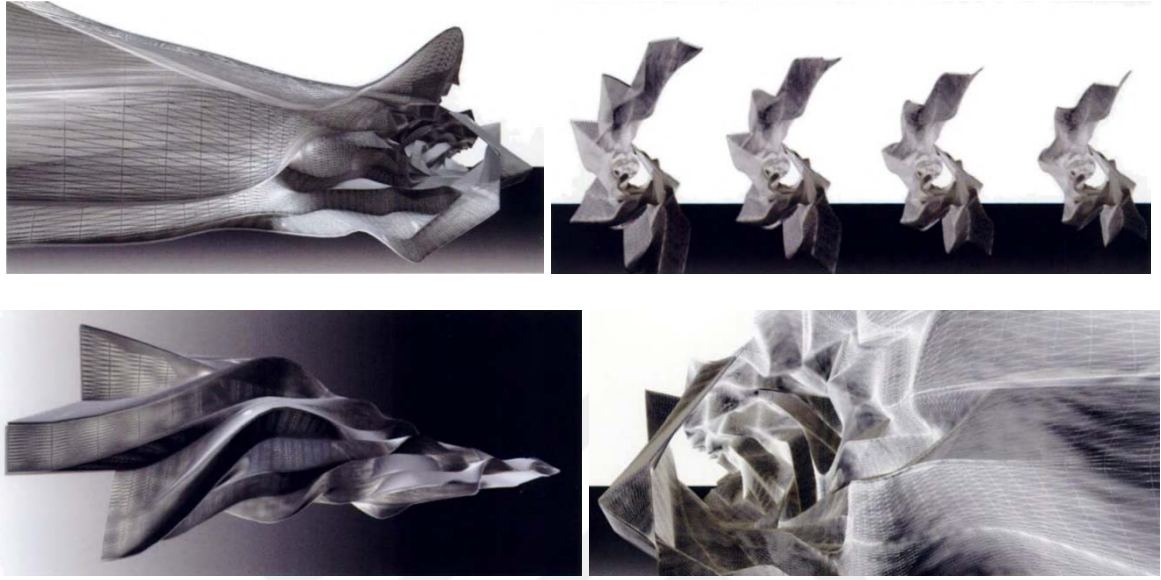
Leibniz, her monad'ı metafiziksel bir nokta, maddi olmayan bir içeriğe sahip atomik varlığın indirgenemez bir konsepti olarak tanımlarken; monadolojinin hesaplamalı teorisi bunun yerine her monad'ı en indirgenemez düzeyde bir bilgi parçası (bit) olarak ve kendi kendi kopyalayan sistemin bir birimi olarak nitelendirmektedir (Chu, 2004).

Genetik ve gen kavramları biyolojiye açıkça bağlanmadığı takdirde, mimarlık için mantıksal çıkarımları olan konseptler olarak kullanmak için soyut ve genel kalmaktadır. Bu kapsamda Chu, genetiğin özünde olan fikrin genetik kodun doğasında olan bazı kurallara dayanarak kalıtsal birimlerin çoğaltılması olduğunu ifade etmiştir. Çoğaltma mekanizması içinde gömülü olan şey ise özyinelemenin kendi kendine referans veren mantığıdır. Özyineleme, aynı kuralı art arda uygulayarak, kendisini veya önceki aşamasını çağıran ve böylece bir dizinin veya bir dizi dönüşümünün kendinden referanslı bir yayılımını üreten bir işlev veya kuraldır. İçsel bir prensiple kodlanmış olan ve üretken özelliğin özerkliğini oluşturan bu mantık, hesaplamanın kalbinde yatmaktadır (Chu, 2006).

Chu, biyolojiden türetilmiş olan genetik sözcüğünü, felsefi temelleri moleküler biyoloji sınırlarının çok ötesine geçen, birbirine bağlı özyineleme ve öz-çoğaltma mantığına dayanan genel bir kavram olarak kullanmaktadır. Bu sebeple genetik mimarlık, biyolojinin temsili ya da biyomimesisin formu olarak değerlendirilmemektedir (Chu, 2004).

Binaların tasarımı ve yapımlarında eski paradigmalardan etkisi altında biçimlenen hesaplama sistemlerinin kullanıldığını dile getiren Chu, günümüz çağdaş mimarlık ortamında iki farklı teorik yaklaşım olduğunu bildirmektedir: Morfodinamik sistemler ve morfogenetik sistemler. Morfodinamik yaklaşım formu dış dinamiklere göre

şekillendirmeye çalışırken, morfogenetik yaklaşım genetiğin içsel mantığını kullanmaktadır (Chu, 2006).



Şekil 65. Karl Chu, X-Kavya, Phylox serisi (Pongratz ve Perbellini, 2000).

Morfodinamik yaklaşım iki farklı şekilde uygulanabilmektedir. Birinci durumda, mimarlık dikkatsizce kapitalizmin bir aracı olarak görülmekte ve mimarlığın biçimsel yapısının iç mantığı nadiren sorgulanmaktadır. Bu kapsamda; altyapı, istatistik, yoğunluk, markalaşma, küresel piyasa ekonomisi ve benzeri gibi dış kısıtlamalara dayanan karmaşık programların akışını modüle eden bir modern mimarlık diline dayalı bir yaklaşım ortaya koyulmaktadır (Chu, 2003).

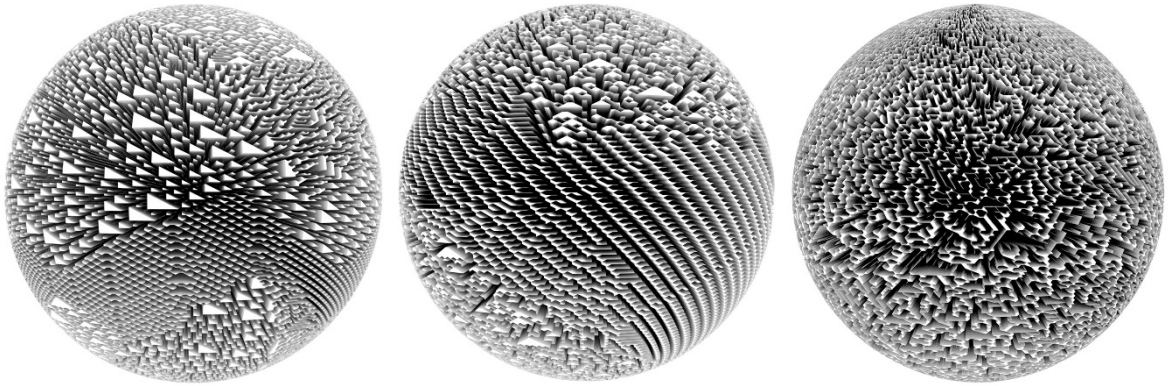
İkinci durum ise çalışmalarında yer alan teorik yönelimlerin pek farkında olmayan, dijital alanda çalışan bir dizi genç mimar tarafından temsil edilmektedir. Bu mimarlar, bağlamdan türetilen dış kuvvetlerle sahte bir biçimde bağlantılı olan etkileşimli ve değişken (morphing) modeller kullanmaktadır. Bununla birlikte, animasyon sistemleri içerisinde bulunan parçacık sistemleri ve ters kinematik gibi dinamik özelliklerin kullanımıyla ilgilenmektedirler (Chu, 2003).

Morfoloji üreten içsel bir prensip ya da kod mantığına dayanan morfogenetik yaklaşım ise mimarlığın özerkliğini inşa etmeye çalışmaktadır. Chu, morfogenetiğin Peter Eisenman'ın içsellik (interiority) kavramına ve üretkenliğin otonomisine dayandığını ifade etmektedir. Fakat Eisenman'ın içsellik kavramı mimarlığın tarihselliğinden kaynaklanırken,

Chu'nun önerdiği içsellik özyinelemenin (recursion) algoritmik mantığına dayanmaktadır. Bu kapsamda genetik belirleme, özerk etkenlerin veya genotiplerin, fenotip ve morfolojilere sebebiyet vermesi ile gerçekleşmektedir (Chu, 2004).

Chu, moleküler biyoloji ile gelişimsel biyoloji arasındaki farklılıkların sentezlenmesi ile ilgili problemin bir benzerinin mimarlıkta da yer aldığını ifade etmektedir. Bu kapsamda morfodinamik ve morfogenetik anlayışın sentezlenmesi gerekmektedir. Morfogenetik yaklaşım nesnelere doğrudan yapımı ile uğraştığı için daha temel ve gerekli olsa da henüz gelişme aşamasındadır (Chu, 2006).

Genetik mimarlığın teorik kökenlerinin, John von Neumann (1903-1957)'in hücreli otomasyonu (cellular automaton) icad etmesine kadar takip edilebileceğini ifade eden Chu, hücreli otomasyondan hareketle gezegensel otomasyon (planetary automata) tezini ortaya koymaktadır. Gezegensel otomasyon kavramının altında yatan tez, mimarlığın hesaplamalı monad evreninin ürettiği olası dünyaların inşası olduğudur. Her bir monad üretken olan bir içsel prensibi ifade etmekte ve her üretken sistem kalıtsal bilgiyi üretmekte ve yaymaktadır. Bu kapsamda her bir monad kendisini olası bir dünyaya dönüştüren, kendini düzenleyen ve kendini organize eden bir sistemdir (Chu, 2004).



Şekil 66. Gezegensel Otomasyon (Chu, 2004).

Chu, hesaplamanın, genetik mimarlığın yapay ortamda fertilizasyonu için bir araç olduğunu ifade etmektedir. Genetik hesaplamanın özünde, kendisini tekrar tekrar çağıran özyinelemeli bir motor ve kendi içsel ilkesini oluşturan bir algoritma yatmaktadır. Hesaplama, yaşamın kodunu ortaya çıkarma amacı güden metafiziksel bir arzunun sonucudur. Böylece kompleks makinelerin yapımı ve icadı ile olası dünyaların inşası mümkün olabilecektir (Chu, 2004).

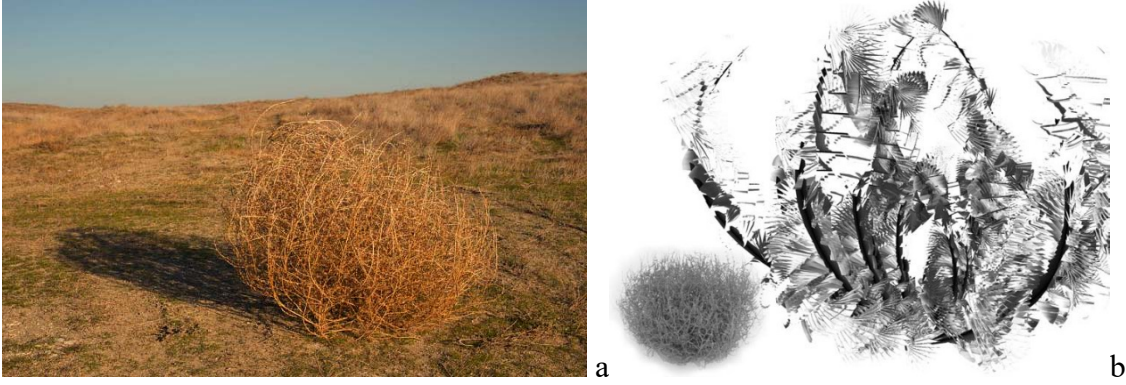
Karl Chu'nun genetik mimarlık anlayışı doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi bağlamında incelendiğinde; doğanın, matematiksel hesaplanabilirlik alanında değerlendirilen bir olgu olarak kavrandığı görülmektedir. Bununla birlikte, biyoloji ve genetikteki gelişmelerin bir sonucu olarak insanın artık doğaya uymanın aksine onu dönüştürebilecek bir konuma ulaştığı düşünülmektedir. Bu kapsamda Chu, biyoloji, genetik ve hesaplamalı sistemlerinin bilgisini sentezleyerek, doğayı ve yaşamı kontrol etmeyi amaçlayan bir genetik mimarlık anlayışı ortaya koymaktadır.

Chu'nun genetik mimarlık anlayışının gerçekleştiği bir ortamda biyomekanik dönüşümler ve değişimler yaşanacak, doğanın evrimsel süreci kontrol altına alınmaya başlanacaktır. Bu kapsamda Chu'nun genetik mimarlık anlayışının doğaya uyum sağlama ya da doğayı taklit etme çabası içerisinde bulunmadığı görülmektedir. Aksine yaşanan paradigma değişiminin sonucunda ortaya çıkan genetik mimarlık anlayışı doğayı dönüştürecektir.

Chu, genetiğin içsel çalışma prensiplerinden çoğaltma, organize etme ve sentezlemeyi temel alan yapay bir genetik mimarlık yaklaşımı ortaya koymaktadır. Metafiziksel temellendirme olarak ise monad kavramını kullanmaktadır. Sonuç olarak Chu'nun genetik mimarlık yaklaşımı, yaşamın gerçek doğasını anlama uğraşının bir sonucu olarak ortaya çıkan monadolojinin hesaplamalı teorisi ve genetiğin temel işleyiş mekanizmalarının modern bir sentezi üzerinden temellendirilmektedir.

2.2.4. Dijital Botanik Mimarlık

Dennis Dollens, 1995 yılında başlattığı TumbleTruss projesi ile Santa Fe bölgesindeki yerli ve istilacı bitkilerden strüktür ve form türetmeyi hedeflemiştir. TumbleTruss, dalgalı strüktür ve yüzeylerle dolu, düzensiz, bazen botanik olarak esinlenmiş heykel, mimari ya da grafik eserdir. “Tumble” sözcüğü Tumbleweed bitkisinden, “Truss” sözcüğü ise üçgenlemeye (triangulation)'a dayanan strüktürel prensipten gelmektedir. Dollens projenin fiziksel ve dijital modellerini ortaya çıkarmada D'Arcy Wentworth Thompson'un *On Growth and Form* isimli kitabında ortaya koyduğu büyüme ve oluşum ilkelerinden bir rehber olarak faydalanmıştır (Dollens, 2005b).

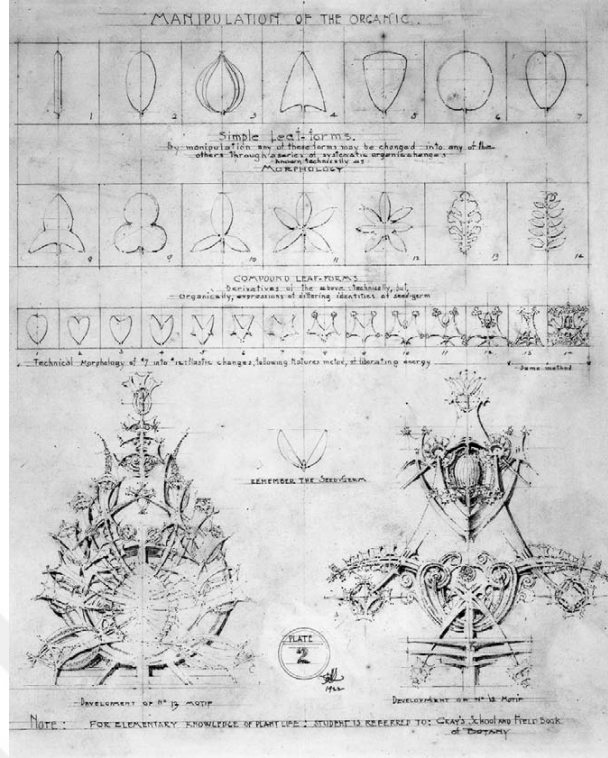


Şekil 67. Tumbleweed bitkisi ve dijital Tumbleweed (a) (URL-96, 2019), (b) (Dollens, 2005b).

Dollens, bu çalışma için genellikle bitki yaşamının ilk elden gözlemlerini, hücrelerin mikroskop görüntülerini ve ayrıca X-ışınları, diyagramlar, çizimler, fotoğraflar, taramalar ve doğrudan saha gözlemlerinden elde edilen form veya davranış bilgilerinin izole elemanlarını, bilgisayar çizimleri ve üç boyutlu modeller için başlangıç noktaları olarak almaktadır. Bu kapsamda hem dijital hem de analog dünyalarda yaşayan ve bir dizi halinde görüldüklerinde üretildikleri biçimlere referans veren deneysel mimarileri oluşturmayı amaçlamaktadır. Söz konusu formlar, potansiyel bileşik formlar için bir rehber haline gelmektedir (Dollens, 2005b).

2000'li yıllara gelindiğinde Dollens çalışmalarında, bir dizi mimari ve heykel ögesini incelemek için bitki dallanmasından, yaprak formlarından ve tohumlardan elde edilen biyomimetik çıkarımların kullanıldığı bitki benzeri formların elektronik üretimine yönelmiştir. Büyüyen ve gelişen mimari elemanları üretmeyi temel alan bu yeni yaklaşımla Dollens, Louis Henry Sullivan'ın *System of Architectural Ornament* isimli kitabına dayanarak, dijital olarak yeni imajları melezlemeyi ve büyüme prosedürlerinin yanı sıra gelişmekte olan bir tasarımın bireysel ancak birbirini bir dizi olarak izleyen unsurlarını yaratmanın yollarını araştırmaktadır (Dollens, 2005b).

Sullivan'ın çalışması botaniksel üretim yapan yazılım olan Xfrog'da deneysel formları üretmek ve büyütme için bir sözlük olarak kullanılmaktadır. Ortaya çıkan dijital büyüme, daha fazla ölçeklendirme, detaylandırma, çizim ve son işleme için Rhino ve 3D Studio Max programlarına aktarılabilir (Dollens, 2005b).



Şekil 68. Sullivan'ın kompleks süslemelerinin oluşum aşamaları (Dollens, 2005b).

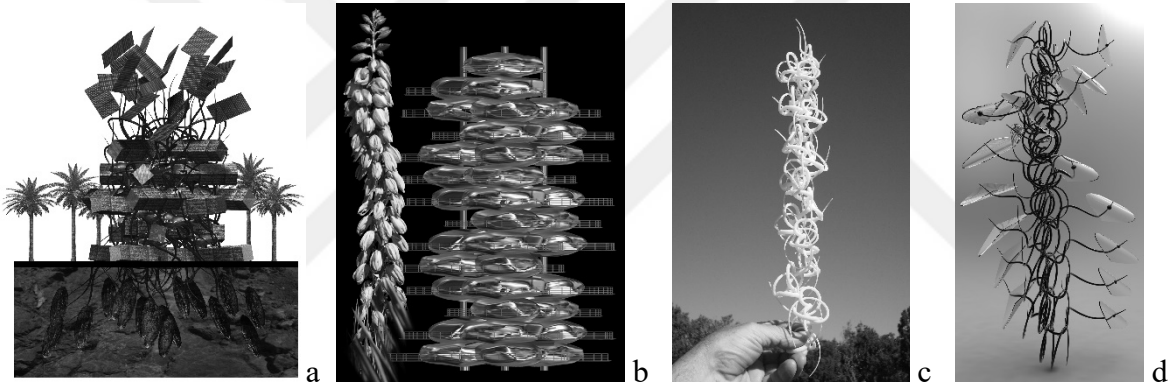
Dollens, Sullivan'ın mimari dekorasyon sistemini; analog, aşkın şiirsel, yarı bilimsel ve dekorasyonel olarak değerlendirmektedir. Bu kapsamda Sullivan'ın sistemi, botanik mimarlığın tasarım gelişimine ilk itici güç olarak, geometrik yüzey hacimlerinin oluşması ve bitki benzeri bir gelişim için bir dizi adım, bir tarif ve formül (genel bir algoritma) oluşturmaktadır. Sullivan'a göre mimari form, yalnızca metaforik bir öneri değil, gerçek organik bir yaşama sahiptir. Bu sebeple, mimari düşüncenin gelişiminde dönüştürücü kriterleri; büyüme, değişim, mutasyon ve güç istenci olarak belirlemektedir.

Sullivan'ın sistemi Dollens'in TumbleTruss projesi bağlamında; statik grafikleri dijital olarak büyütülmüş üç boyutlu formlar olarak ifade etmek için gelişimsel bir iplik (thread) ortaya koymaktadır. Bu yaklaşımla birlikte doğal sistemlerde bulunan nitelik ve özellikler, deneysel strüktürler ve yüzeyler olarak geliştirilmektedir (Dollens, 2005b). Böylece Dollens, Sullivan'ın tasarım talimatlarını başlangıç noktaları olarak alıp dijital ortamın diline uygun bir şekilde dönüştürmektedir.

Dollens, dijital olarak üretilen hacimlerin organik büyümeyi taklit veya simüle ettiği Xfrog programını, botanik ile dijital üretimi birleştirerek bitki simülasyonunun mimari ve hacimsel formlar için uygulanması için kullanmaktadır. TumbleTruss projesinin, botanik

gözlemeden elde edilen bilgilerle ve Richard Dawkins'in memler ve genişletilmiş fenotipler (memes and extended phenotypes) teorileriyle şekillendiğini ifade etmektedir. Buradaki yaklaşım, aktarılabılır bilgilerin kültürel birimlerinin gen benzeri kültürel ve fiziksel bir iletim sisteminde kalıtsal olarak kuşaktan kuşağa aktarılabileceği fikridir. Benzer yaklaşım TumbleTruss projesinde dijital ortamdaki hareketsiz medyanın yeniden tohumlandırılıp yeni bir botanik mimari olarak ortaya çıkarılmasında kullanılmaktadır (Dollens, 2005b).

Mimarlık ekosistemin bir parçasıdır ve insanın zekasına bağlı olan simbiyotik bir büyümedir. Mimarlık genişletilmiş bir fenotip olarak değerlendirildiği için bir canlının yuvasının en az onun organları kadar genetiğinin ürünü olduğu ileri sürülmektedir. Bu kapsamda insan evrimleştikçe mimarlığın da biyolojik olarak evrimleştiği düşünülmektedir (Dollens, 2005a).



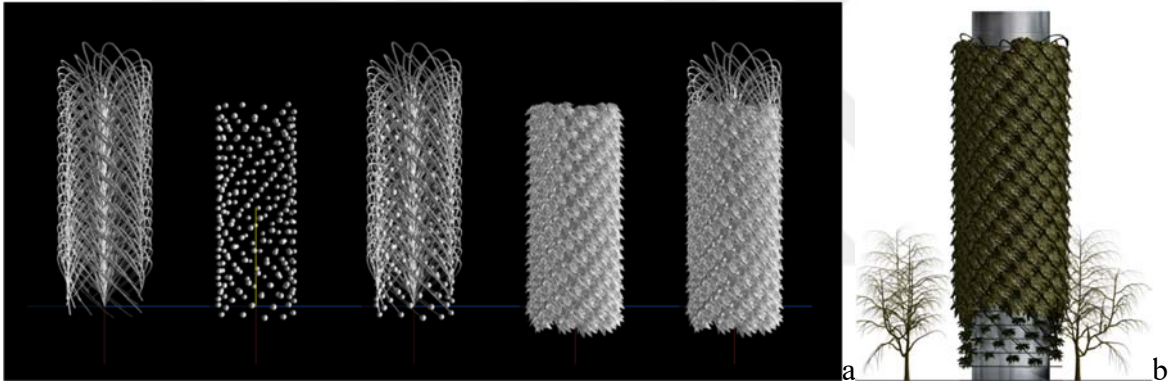
Şekil 69. Dennis Dollens'in Pod Otel (a), Arizona Tower (b) ve TreeTruss (c-d) projeleri (Dollens, 2009).

Dollens'a göre Sullivan'ın yaklaşımı biyomimetik süreçler ile mimari üretimin birlikte düşünülmesini mümkün kılmaktadır. İki boyutlu çizimi üç boyutlu hacimlere dönüştürmek, geçişler arası boşlukları incelemek ve inşaat prosedürlerini yeniden yapılandırmak, daha önce görülmemiş yapısal bağlamları ve yeni formları dijital görselleştirme aracılığıyla ortaya çıkarmaktadır. Dijital botanik anlayışı, farklı mekânsal sonlanmalar için Sullivan'ın kitabındaki sistematik süslemelerin mevcut morfolojilerini ve genişletilmiş fenotiplerini ortaya çıkarıp a priori bir araştırma olarak gerçekleştirilerek, diğer saf dijital üretimlerden farklı bir yaklaşım sunmaktadır (Dollens, 2005b).

Dollens, dijital çizimi bitkilerin saha gözlemleri ve Sullivan'ın kitabına dayanan fikirlerden elde edilen bilgiler veya gözlemlerle melezleştirmektedir. Bu işlem, Sullivan'ın

teorisinin; botanik bilgi, dijital ve hesaplamalı sistemlerin prosedürleriyle kavramsal bir birleşimi ile sonuçlanmaktadır. Böyle bir tasarım süreci, doğal formların dijital morfolojik büyüme ile biyomimetik hibridizasyonunu gerektirmektedir. Bu kapsamda dijital-botanik mimarlığın sistemi ortaya çıkmaktadır (Dollens, 2005b).

2009 yılında gelindiğinde Dollens, doğanın özellik ve niteliklerinin dijital tasarıma nasıl seçici bir şekilde aktarılacağına dair önceki yaklaşımının bir devamı niteliğinde, düşünme sürecine üretken ve biyolojik bir tasarım işlemi olarak odaklanmaktadır. Bu kapsamda tasarım düşüncesinin genişletilmiş fenotipler ve üretken fikirler aracılığıyla Darwinci bilim ile birleşmesinin sürdürülebilir bir çevrenin yeniden inşası ve biyomimarlığın doğa ile birlikte evrimleşmesini sağlamak için önemli bir temel olduğunu düşünmektedir (Dollens, 2009).



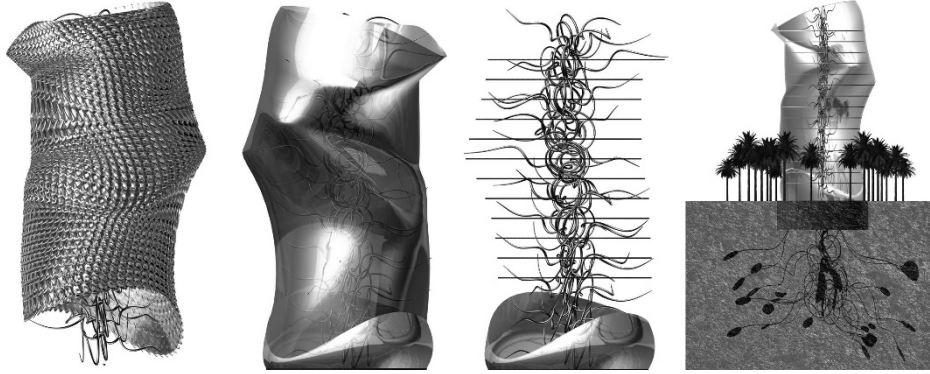
Şekil 70. Dennis Dollens'ın Biotower projesi (Dollens, 2015).

Dollens'a göre, mimarlık, kentsel planlama ve tasarım, insan genotiplerinin doğal uzantıları olarak algılanıp doğanın ifadesi olarak görülebilirse; kültürel ve çevresel olarak sentezlenmiş biyotasarımın geliştirilmesi daha az sosyal ve politik çıkmazlarla karşı karşıya kalacaktır. Bitki ve hayvan morfolojisi, algoritmaları ve biyokimyasından elde edilen bilgiler tasarımcının vizyonu, yazılım ve dijital fabrikasyon aracılığıyla biyomimetik bir fikir türü oluşturmaktadır. Şehirleri ve binaları hibritleştirmek için yeni formlar, botanik ilişkiler ve genetik prosedürler tasarlanırsa, şehirlerin ve binaların çevresel zekâlarla birlikte geliştirebileceği öneriler tasarlanabilecektir. Bu kapsamda tasarım ve mimari yaşayan organik dünyaya doğru yönlendirilmektedir (Dollens, 2009).

İfade edilen yaklaşımı gerçekleştirmek için Dollens, Deleuze'un immanence (içkinlik), Leibniz'in monad ve Dawkins'in genişletilmiş fenotip (extended phenotype) kavramları ile

birlikte üç katmanlı bir dünya kavrayışı geliştirmektedir. Monadları hücresel, elektromanyetik ve kimyasal beyin süreçlerinin bir sonucu olarak oluşan atom ya da molekül ölçeğindeki düşünce parçacıkları olarak kavramaktadır. Monadların bu tanımını içkinlik kavramıyla birleştirerek, monadı gecikmiş gelişme (delayed development) ve ortaya çıkmayı (emergence) kapsayan sanal bir mekanizma olarak açıklayabilen esnek bir kavramsal araç ortaya çıkarmaktadır. Üçüncü katman olan genişletilmiş fenotipler ise genetik uzantıyı fiziksel inşa olarak tanıtarak ilk iki katmanı fiziksel materyal dünyasına bağlamaktadır. Böylece tasarım ile doğayı birbirine bağlayan Dollens, doğanın tasarım ve mimarlığı ürettiği sonucuna varmaktadır (Dollens, 2009).

2014 yılına gelindiğinde ise Dollens, Alan Turing'in çizimlerini ve yapay zeka hakkında temel oluşturan çalışmalarını dijital üretken mimarlık bağlamında değerlendirmeye başlamıştır. Turing'in doğayı kodlama olarak deşifre ettiğini ve makine zekası için faydalı süreçler olarak değerlendirdiğini ifade eden Dolles, Turing'in çizimlerinin insanların binlerce yıl boyunca doğa, desen ve ritim hakkında sordukları soruları hesaplamalı sistemler kapsamında yinelediğini düşünmektedir. Bu kapsamda Turing'in arşiv notlarında ve hayatta kalan çizimlerinde belgelenen doğanın kodunu çözme girişimlerinin dijital tasarım, simülasyon ve üretken mimarlığı desteklediğini ileri sürmektedir (Dollens, 2014).



Şekil 71. Dennis Dollens'in Fourteen-Story TreeTower projesi (Dollens, 2009).

Dollens'in, Turing'in çizimlerinden türetilen gözlemleri iki farklı düşünce çizgisi ile uyuşmaktadır: biyolojiden geliştirilen otopoiesis (autopoiesis) ve bilişsel bilimden gelen genişletilmiş zihin hipotezi (extended-mind hypothesis). Bu kapsamda Dollens, Turing'in el ile üretilen ya da bilgisayar için programlanan çizimlerinin süreçlerini üretken bir mimari neslin içine yerleştirme amacıyla ele almaktadır. Böylesi bir biyomimetik gözlemin

biyodijital tasarım verilerini doğadan elde etmek için özellikle önemli olduğunu ifade eden Dollens, bu yaklaşımın sürdürülebilir, deneysel mimarlık öğretisine yeniden entegre edilmesi gerektiğini ileri sürmektedir. Bu çalışmanın sonucunda Turing'in "Makineler düşünebilir mi?" sorusunu "Binalar düşünebilir mi?" ve "Binalar yaşayabilir mi?" sorularına dönüştürmektedir (Dollens, 2014).

Dollens'ın dijital-botanik mimarlık anlayışı, doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi kapsamında değerlendirildiğinde; doğanın makro ve mikro ölçekte dijital tasarım için birer ilham kaynağı ve çıkış noktası olarak kavrandığı görülmektedir. Bu kapsamda Dollens, çalışmalarında doğadaki oluşumların doğrudan gözlemi ile birlikte, biyolojinin matematiğinde öne çıkan D'Arcy Thompson ve mimari dekorasyon sistematığında doğanın üretken rehberliğini esas alan mimar Sullivan'ın, büyüme ve oluşum ilkelerine dair çalışmalarından faydalanmaktadır. Böylece doğal oluşumlara dair deneysel gözlemlerin, söz konusu eserlerden çıkarılan büyüme ve oluşum ilkeleriyle kaynaştırıldığı sistematik bir mimari dil geliştirilmektedir.

Dollens, doğadaki bitki ve hayvan oluşumlarına dair morfolojik, algoritmik, deneysel ve gözlemsel çıkarımların mimarın düşünce yapısı ve dijital tasarım ilkeleriyle birleştiği bir yaklaşım ortaya koymaktadır. Bu yaklaşımı temellendirmek için Leibniz'in monad, Deleuze'nin içkinlik ve Dawkins'in genişletilmiş fenotip kavramlarının bütüncül olarak yorumlandığı kuramsal bir çerçeve oluşturmaktadır. Böylece Dollens, matematiksel biyoloji, botanik, hesaplamalı sistemler, dijital tasarım, monadların içkinlik ile dijital sentezi ve genişletilmiş fenotip kavramlarına dayalı sistematik bir dijital-botanik mimarlık anlayışı ortaya koymaktadır.

2.2.5. Yeni Ekolojik-Çevresel ve Siberetik-Dijital Mimarlık

2000'li yıllara kadar insanoğlunun yüzeysel düzeylerde faaliyet gösterdiğini ifade eden Alberto T. Estévez, günümüzde bu eşğin aşılp moleküler düzeye inilebileceğini, genetiğin bile dönüştürülebileceğini, canlı öğeler ve yapay bilgisayar elemanları üretecek olan zincirlerin programlanabileceğini ifade etmektedir. Bu bağlamda bilim ve teknoloji alanında gerçekleşen gelişmeleri mimarlığa uygulayarak, canlı yaşam ve yapay bilgisayar elemanlarının mimarlığın bütüncü parçası olduğu bir mimarlık anlayışı geliştirmeyi hedeflemektedir. Estévez ileri sürdüğü bu yeni yaklaşımda sanal gerçeklik, bilgisayar

illüzyonları, doğal sistemler tarafından oluşturulan formların ilham ya da taklidinin söz konusu olmadığını ifade etmektedir (Estévez, 2003).

Yeni malzemelerin; yeni tekniklere, mekânsal ve biçimsel özgürlüğe olanak tanıdığını ifade eden Estévez, günümüzdeki mimarlık yaklaşımlarında genetik/dijital bir devrimin gerçekleşmeye başlayacağını ileri sürmektedir. Söz konusu paradigma kırılması kapsamında genetik binalar yapıları çevrede egemen olmaya başlayacaktır (Estévez, 2003). Bu kapsamda Estévez, mimari dilin geçmişten günümüze gelişiminde yalnızca malzemelerin değil, aynı zamanda üretim süreçlerinin, biçimsel ve yapısal sistemlerinin de evrimleştiğini düşünmektedir (Şekil 72).

Estévez'in genetik mimarlık anlayışında genetik, nesnelere dikkate alınarak mimarlığa gerçek/doğal ve metaforik/yapay bir şekilde uygulanabilmektedir. Gerçek genetik mimarlık yeni ekolojik-çevresel mimari tasarımı, metaforik genetik mimarlık ise sibernetik dijital mimari tasarımı ifade etmektedir (Estévez, 2005).

	Klasik Dönem (Geçmiş)	Modern Dönem (Günümüz)	Biyodijital (Gelecek)
<i>kronoloji</i>	19. yy.'a kadar	20. yüzyıl (ve günümüze kadar)	21. yüzyıldan sonrası
<i>biçimsel sistem</i>	dikey	yatay	organik
<i>yapısal sistem</i>	sıkıştırılmış	çekilmiş	canlı (doğal ya da dijital)
<i>malzeme sistemi</i>	taş, tuğla, kereste	beton, çelik, plastik	doğal DNA (bitkisel, et, kemik) ya da dijital yazılım
<i>süreç ya da üretim sistemi</i>	farklı ya da aynı her bir parçanın teker teker el ile üretimi	özdeş parçaların otomatik makinelerde seri üretimi	farklı parçaların doğal büyümesi ya da robotlaştırılmış üretimi

Şekil 72. Mimarlıkta biçimsel, yapısal, malzeme ve üretim sistemlerinin gelişimi (Estévez, 2009).

Günümüzde ekoloji, çevre, bağlam ve sürdürülebilirlik gibi terimlerin geleneksel kullanımlarının anlamlarını yitirdiğini dile getiren Estévez, yeni ekolojik-çevresel mimari tasarım yaklaşımında bu kavramları farklı bir bağlamda ele almaktadır. Yeni ekolojik-çevresel mimari tasarım yaklaşımı doğada yaratma değil, doğa ile birlikte yaratmayı hedeflemektedir. Böylece mimarlar doğanın ve çevrenin kendisini oluşturacağı için doğa

dostu tasarım ya da doğa gibi tasarlama gibi tartışmalar otomatik olarak ortadan kalkmaktadır (Estévez, 2003).

Gerçek genetik mimarlığın uygulandığı yeni ekolojik-çevresel yaklaşımda, bilgisayar çizimlerine ait kodlamaların, genetik manipülasyonu kontrol eden kodlamalarla birleştirilmesi gerekmektedir. Canlı varlığı yaşanabilir hale getirmek için büyümeden, boyuttan ve biçimden sorumlu olan genlerin yeniden düzenlenmesi ve canlının hücresel strüktürünün güçlendirilmesi hedeflenmektedir. Genetiğin mimarlığa doğrudan uygulandığı bu yaklaşımda binalar, içerisinde yaşanabilir canlı mekânlar olarak görülmektedir (Estévez, 2005).

Genetik mimarlığın tam anlamıyla uygulanmasının bir finans meselesi olduğunu ifade eden Estévez, eğer gerekli yatırım sağlanırsa ortaya koyulan yaklaşım, kuram ve tanımlamaların devamında herhangi bir canlının DNA'sı üzerinde çalışmanın mümkün olabileceğini dile getirmektedir. Canlının formunun oluşturulmasından sorumlu olan genler kontrol edildikten sonra yaşanabilir bir mekân oluşturulabilecektir. Bu kapsamda gerçek genetik mimarlıkta, mimarlar ve genetikçiler birlikte çalışacaklardır (Estévez, 2005).

Gerçek genetik mimarlıkta, canlı mimari elemanlar, yapı malzemeleri ve yaşayan mekân tasarımlarının yapılması için genetik çalışmalar yürütülmektedir. Tarihte ilk kez Genetik Barcelona Projesi kapsamında genetikçilerin mimarlar için çalıştığını ifade eden Estévez bu projede, spesifik genetik tasarımların yardımıyla kontrol edilip yapı malzemeleri ve yaşanabilir alanlara dönüştürülen canlı hücreleri geliştirmek için, büyümenin genetik kontrolüne dair araştırmalar yapıldığını bildirmektedir (Estévez, 2009).

Genetik Barcelona Projesi'nin uygulamasının ilk aşamasında, bitkinin DNA'sına ışıklı protein katılması hedeflenmiştir (2007). İkinci aşamada ise canlı bir organizma tarafından ışık üretimi ve yayılımını ifade eden biyoluminesans (bioluminescence) olayına dair yeni yöntemler geliştirilerek biyoluminesans bakterili Biyolamba tasarlanmaya başlanmıştır. Böylece mimarlık tarihinde ilk kez elektrik tesisatı olmadan bioluminesans olgusu kullanılarak bütün bir ev aydınlatılmıştır (Estévez ve Navarro, 2017). Üçüncü aşamada ise biyoluminesanstan sorumlu genler süs bitkilerine tanıtılmaya çalışılmaktadır (Estévez, 2016). Proje kapsamında sokakları aydınlatan ağaçlar, evleri aydınlatan bitkiler, yol kenarlarını aydınlatan bitki örtülerinde kullanılmak üzere genetik dönüşüme uğratılmış ışık yayan bitkilerin oluşturulması amaçlanmıştır (Estévez ve Navarro, 2017).



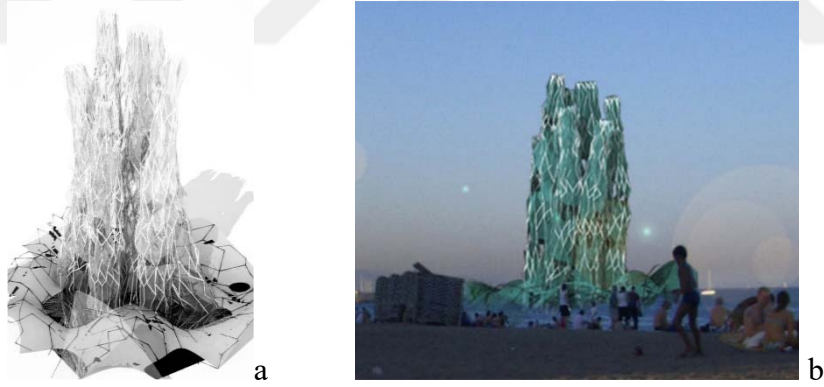
Şekil 73. Genetik Barcelona Projesi'nin birinci, ikinci ve üçüncü aşamaları (a), (b) (Estévez, 2016), (c) (URL-97, 98 ve 99, 2019).

Yeni siberetik-dijital mimari tasarım anlayışında ise Estévez, bilgisayar yazılımlarını daha iyi ve hızlı çizimler üretmek için kullanmamaktadır. Bunun yerine yazılımı bir malzeme olarak kavrayarak gerçek bir bina için bilgisayar tasarımı ve makine üretimi arasındaki bağlantıları oluşturmaya çalışmaktadır (Estévez, 2003). Yapay/metaforik genetik mimarlığın uygulandığı yeni siberetik-dijital yaklaşımda, genetiğin tanımı ve süreçleriyle kurulmaya çalışılan benzerlikler ve genetiğin bir uzantısı olarak uygulanma durumu söz konusudur (Estévez, 2005). Bu bağlamda, genetik bir süreç olarak görülen dijital tasarım ve

üretim çalışmalarında otomatikleştirilmiş ortaya çıkma, robotlaştırılmış kendi kendini inşa etme ve yapay büyümeye izin veren dijital DNA mantığı kullanılmaktadır (Estévez, 2009).

Yapay genetik mimarlıkta işlemler, gerçek dnanın zincirleri üzerinde düzenleme yapılmış gibi, her bir projenin grafik yazılımlar kullanılarak bilgisayarda işlenen verisi üzerinde gerçekleştirilmektedir. Otomatikleştirilmiş üretim makinalarına hücresel kültürmüş gibi tanımlan bu veriler 1/1 ölçeğinde istenen gerçek binayı üretmekte kullanılmaktadır. Bu kapsamda, robotik makineler, sayısal hesaplama makineleri, ısı püskürtme makineleri ve araçlar olmadan doğrudan bilgisayar çizimleri tarafından yönetilen yeni sibernetik bina işçileri ile birlikte çalışılması gerekmektedir (Estévez, 2005).

Yapay genetik mimarlık kapsamında yapılan çalışmalardan biri olan Biyodijital Barcelona Gökdelen projesinde, mimari tasarımın, tasarlanan dijital DNA aracılığıyla, dijital olarak üretilebileceği şekilde tek başına ortaya çıkması hedeflenmiştir. Bu projede, genetik kuralların ve yapısal parametrelerin dijital araçlarla uygulanması amacıyla deniz süngerleri ve deneysel biyoparametrik ölçüm çalışmaları hakkında araştırmalar yapılmıştır (Estévez, 2014).



Şekil 74. Biyodijital Barcelona Gökdelen projesi (a) (URL-100, 2019), (b) (URL-101, 2019).

Estévez, ileri sürdüğü genetik mimarlık anlayışında, mimarların birer genetikçi olarak sonuç ürününü kendi kendine üretecek olan yazılımları ve DNA zincirlerini tasarlayabileceklerini ifade etmektedir. Bu sebeple mimarların, sonuç ürünü değil süreç hakkında düşünceleri gerekecektir (Estévez, 2003). Bu kapsamda genetiğin mimarlığa uygulanması sonsuz olasılık ufuklarını ortaya çıkarmaktadır. Gelecekte insanların evini bir süpermarketten tohum biçiminde satın aldığı demokratik bir dönemin gelmesi de bu

olasılıkların içerisinde (Estévez ve Navarro, 2017). Çok uzak olmayan bir gerçeklikte kendi başına büyüyen evler hayal edilmeye başlanacaktır (Estévez, 2016).

Estévez'in genetik mimarlık anlayışındaki temel düşünce doğanın kendi kendine organizasyon, büyüme ve tekrar üretilebilirlik kapasitesinden ücretsiz yararlanmaktır (Estévez, 2016). Bu kapsamda, DNA, yazılım, genetik sistemler ve siberetik sistemler mimarlığın yeni sistemleri olduğunda, doğal ya da dijital öz-özgütlenme sistemleri sayesinde ortaya çıkan kendiyle uyumlu bir şekilde büyüyen ve gelişen malzemelerden oluşan genetik ve biyodijital mimarlığın avantajları görülebilecektir (Estévez, 2009).

Estévez'in yeni ekolojik-çevresel mimari tasarım anlayışı doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi kapsamında değerlendirildiğinde; doğanın, taklit edilmesi ya da ilham alınması değil, tasarımcılar tarafından tekrar yaratılması ya da şekillendirilmesi gereken bir olgu olarak kavrandığı görülmektedir. Bir diğer ifadeyle, artık doğaya uygun tasarım değil, tam anlamıyla doğa ile birlikte tasarım söz konusudur. Bu kapsamda Estévez, canlıların genetiksel materyalleri yani DNA'ları üzerinde doğrudan düzenlemeler yapıp, yaşayan mekânlar tasarlamayı hedeflemektedir.

Yeni siberetik-dijital mimari tasarım anlayışında ise doğa, içerisinde barındırdığı genetik süreçler ve üretken mekanizmalar açısından rehber olarak kavranmaktadır. Doğadaki oluşumların büyüme, kendi kendini inşa etme ve ortaya çıkma mekanizmaları sanal ortama aktarılarak, yapay DNA aracılığı ile dijital genetik bir ortam yaratılmaya çalışılmaktadır. Bu kapsamda doğa, sonuç ürünleri üzerinden değil özündeki işleyiş açısından incelenmektedir.

Estévez'in gerçek genetik mimarlık yaklaşımı, doğanın içerisinde canlı yani yaşayan mekânlar tasarlamayı öngörmesi açısından, doğa felsefesi-mimarlık ilişkisinde önemli bir paradigma kırılmasına işaret etmektedir. Bu kapsamda gerçek genetik mimarlık ortamı gelecekte gerçekleştirilebilirse doğada kullanılan mekanizma, malzeme ve strüktürlerin aynısı mimari tasarımlarda kullanılacağı için mimarlığın doğa ve ekoloji olan ilişkisinin felsefi, bilimsel, sosyal ve kültürel boyutlarının tekrar tartışılması gerekecektir.

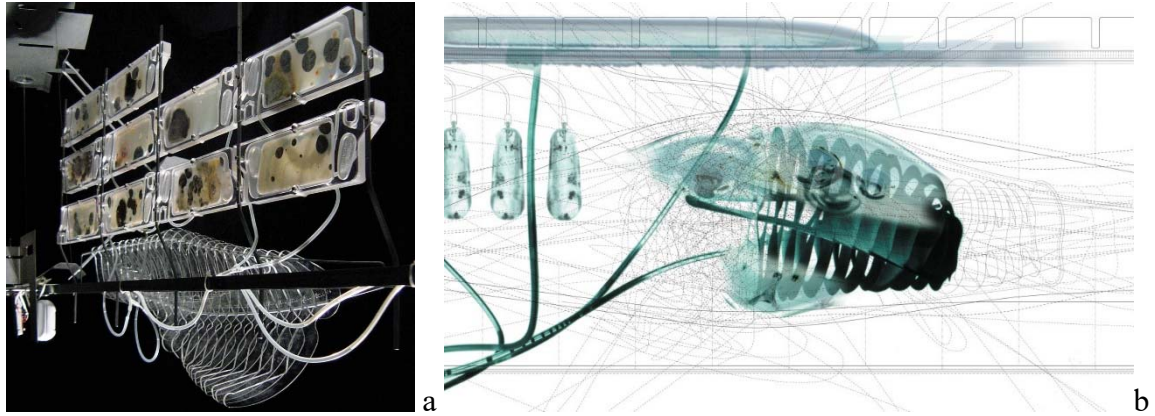
2.2.6. Neoplazmatik Tasarım

Günümüzde biyoloji, mikrobiyoloji, biyoteknoloji, tıp ve cerrahi alanlarındaki yenilikçi teknolojik gelişmeler; kültürel, estetik ve teknik açıdan mimarlığı etkilemektedir. Bu gelişmeler hibrit teknolojilere, yeni malzeme kullanımlarına ve şimdiye dek hayal

edilemeyecek potansiyel canlı formların tasarımına giden yolun kapılarını açmaktadır. Söz konusu gelişmeler sonucu, biyolojik malzemeyi keşfetme ve kontrol etmeyi amaçlayan tasarım yaklaşımları ortaya çıkmaktadır (Cruz ve Pike, 2008). Bu güncel yaklaşımlardan bir tanesi Neoplazmatik Tasarım (Neoplastic Design)'dir.

Neoplazma terimi tıp literatüründe tümör anlamına gelmektedir (Cruz, 2013). Neoplazma terimi mimari tasarım kapsamında ise ilk olarak Marcos Cruz tarafından, “*The Inhabitable Flesh of Architecture*” isimli doktora tezi için yürüttüğü araştırmalarda kullanılmıştır (Cruz ve Pike, 2008). Mimari tasarım kapsamında önemli olan neoplazmanın iç yapısının anatomik durumu değil, neoplazmanın dış şekli ve etinin maddeselliğidir. Görsel olarak neoplazma, anlaşılır bir amacı, şekli ve rengi olmayan fakat bir şekilde canlı olduğunu gösteren anormal bir et yığıdır (Cruz, 2013).

Neoplasmatizm anlayışı dünyanın biyolojikleşmesi olarak adlandırılabilir bir olgunun ışığında ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda doğal ile yapay olan arasındaki çizginin zamanla bulanıklaşmaya başladığı 21. yüzyılda neoplazmatik tasarım, modern biyolojik uygulamaları ve bunların mimarlık disiplini üzerindeki olası etkilerini araştırarak yarı-canlı bir varlık anlayışı ortaya koymaktadır (Cruz ve Pike, 2008).



Şekil 75. Steve Pike'in Contaminant projesi (a) (Pike, 2008b), (b) (Cruz ve Pike, 2008).

Neoplazmatik tasarımda mimarlığı bütünüyle neobiyolojik bir dönüşüme uğratacak bir gelecek vizyonunu ortaya koymak değil, yeni hibrit ve kompozit yaşam alanları oluşturarak daha önceden var olan geleneksel mimari çevrenin içine sızmak hedeflenmektedir. Bu amaç doğrultusunda neoplazmatik tasarım, bir uyanış çağrısı yaparak dijital dünyada yalnızca geometrik yönlendirmeyi temel alan yaygın paradigmalardan ötesine geçen bir tartışma

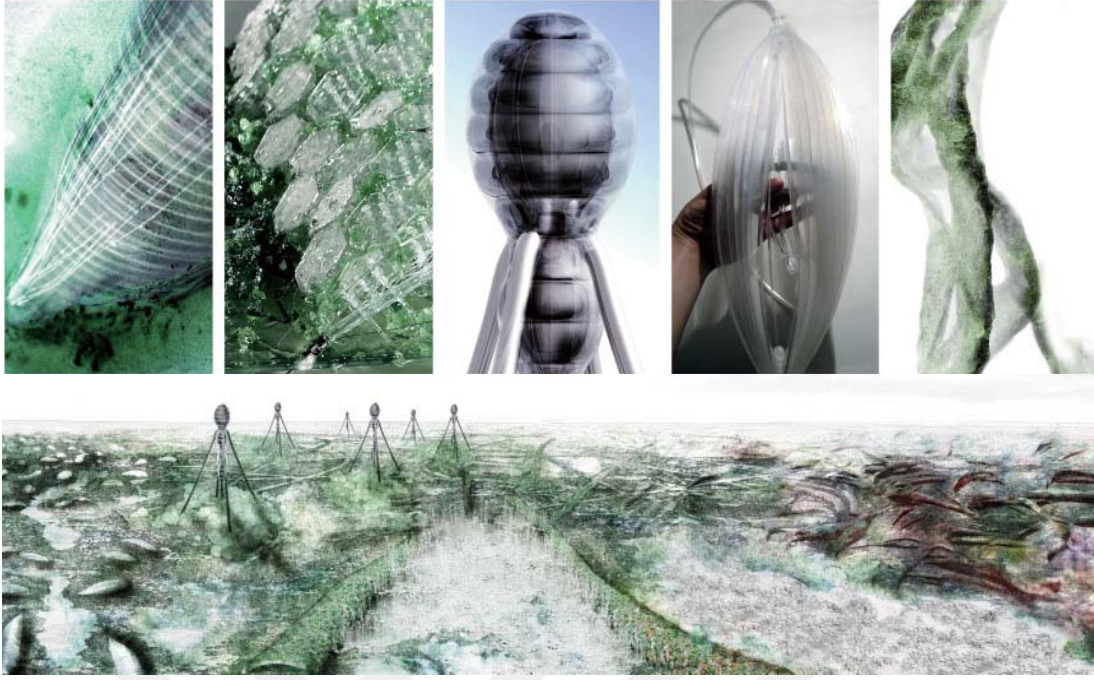
yaratmaktadır (Cruz ve Pike, 2008). Bu kapsamda neoplazmatik tasarım, form kaygılarının ötesine geçen biyoloji temelli yarı-canlı tasarım anlayışı ile ön plana çıkmaktadır.

Neoplazmatik tasarım, mimarlıkta geleneksel disiplin sınırlarının dışında anlaşılması gereken değişimlerin gerçekleştiğine dair bir inancı ifade etmektedir. Bu sebeple mimarların, biyolojik maddelerle hibritleşip tahmin edilemeyecek yarı-canlı sistemleri oluşturacak binalar karşısında nasıl bir tutum sergileyeceklerini düşünmeleri gerekecektir. Bununla birlikte tasarım kavramı; büyüyen, gelişen ve nihayetinde mutasyona uğrayan hücresel yapıların programlama, kontrol ve bakımını ima etmeye başladığında tasarımın ne olduğu sorusunun tekrar ele alınması gerekecektir (Cruz ve Pike, 2008).

Neoplazmatik tasarım kapsamında birçok biyo-mimari kompozit malzeme kullanılmaktadır. Kullanılan malzemeler botanik madde ve hayvan eti olmak üzere iki farklı alanda incelenebilmektedir. Her iki alan da teknolojik karmaşıklık açısından farklılık göstermektedir. Botanik maddenin kullanıldığı ilk alanda teknik olarak erişebilirlik üst düzeydedir. Hayvan etinin kullanıldığı ikinci alan ise özellikle etik açısından oldukça tartışmalı bir durumdadır. Botanik madde ve hayvan eti kullanımının dışında üçüncü bir alanda ise yaşam koşullarının nasıl kontrol edileceği, sürdürüleceği ve destekleneceğini incelenmektedir (Cruz ve Pike, 2008).

Yukihiko Sugawara'nın terkedilmiş endüstri sonrası sanayi bölgelerinin verimli bir doğal habitata dönüştürülmesini hedefleyen "*Uto-purification*" projesi, botanik malzemenin kullanıldığı neoplazmatik tasarım uygulaması olarak ön plana çıkmaktadır. Uto-purification, ütopya ile saflaştırma işlemini birleştiren bir terimdir. Bu bağlamda proje; saflaştırma, dölleme ve yeniden işlemeyi kapsayan yeni bir biyolojik ütopya yaratmayı hedeflemektedir (Şekil 76) (Sugawara, 2008).

Organik atığın ana besleyici kaynak olarak önerildiği projede, sitenin sürdürülebilir bir işleyişe sahip olması için yerel ekosistemin yeniden düzenlenip yeni bir yeşil kuşağın oluşturulması hedeflenmiştir. Bu kapsamda bitki örtüsü, mimari ile arazi formlarının birleşmesi için bir aracı görevi üstlenmektedir. Öz-örgütlenme aşama aşama kendini kurduktan sonra organik çeşitlilik ve karmaşıklık yayılmaya başlamaktadır. Böylece doğal ekosistemden faydalanılarak mikro-organik mekanizmaların şekillendirildiği, insan faaliyetleriyle bağlantı kurulan bir çevre ortaya çıkmaktadır (Sugawara, 2008).

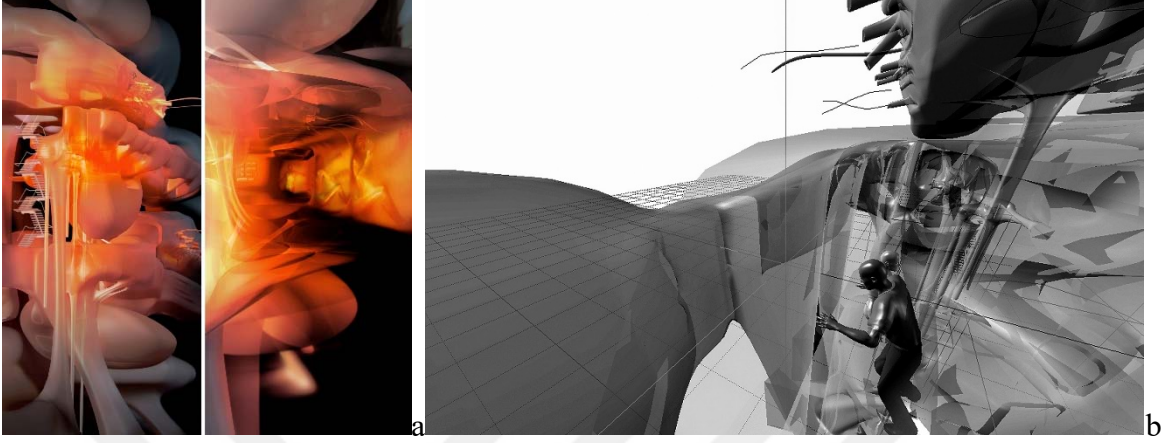


Şekil 76. Uto-purification projesi (Sugawara, 2008).

Hayvan etinin mimarlıkta neoplasmatik tasarım kapsamında kullanıldığı araştırmalardan en öne çıkanı Marcos Cruz'un "*Cyborgian Interfaces*" projesidir. Organik ve sentetik parçaların bir sentezi olarak tanımlanan Cyborg, insan ile yapay zeka arasındaki farkın sorgulanması açısından önem arz etmektedir. Marcos Cruz, *Cyborgian Interfaces* projesinde geleneksel mesken kavramının ötesine geçerek cyborglar için bir yaşam alanı tasarlamayı hedeflemiştir. Bu yaşam alanında oturma, uyku ve iletişim gibi temel fonksiyonlar geleneksel oda alanından, içerisinde yaşanılabilir ve uzaktan dokunma ile deneyimlenen arayüzlere aktarılmaktadır. Bu sebeple burada oturan kişiler diğerleriyle iletişime geçmek için mekânı çevreleyen ve hiperbağlanabilirlik özelliğine sahip duvarlara yönelmektedir (Cruz, 2008).

Duvarlar birçok servis cihazı ile bütünleşik bir şekilde çalışmaktadır. Servis cihazlarının her biri, sırasıyla bir dış koruyucu katman, yapısal bir katman ve içten duyarlı bir katman olarak tanımlanan üç değişken katmandan oluşmaktadır. Koruyucu ve yapısal katmanlar, her durumda kalınlık ve elastikiyet bakımından değişen, sürekli bir varlık olarak inşa edilirken, iç katman ise programla ilişkili her gereksinime göre malzeme, teknoloji ve biçim olarak farklılaşmaktadır. *Cyborgian Interfaces* projesinde kullanılan arayüzler malzeme ve yapısal anlamda biyolojik sistemlerin mimarının belirli bölgelerine yerleştirildiği hibrit strüktürlerdir (Cruz, 2008). Bu bağlamda kısmı canlı bir sistemde

gelişen yarı-canlı varlıklar oldukları için neoplazmatik tasarım örneği olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 77. Marcos Cruz'un Cyborgian Interfaces projesi (a) (URL-102, 2019), (b) (URL-103, 2019).

İnanılmaz çeşitlilikteki mikroorganizmalarla dolu olan doğa, simbiyotik ilişkiler ve sürdürülebilir sistemler hakkında derslerin çıkarılabileceği birçok form, organizasyon, malzeme ve bileşime ev sahipliği yapmaktadır. Doğanın bu potansiyellerinden form üretimi, organizasyonel strüktür ve biyomimikri açısından sıkça faydalanılmış olsa da, tasarımcıların biyoloji, botanik ve mikoloji ile doğrudan ilgilenmesi ve canlı malzemeyi kullanarak onun potansiyellerini keşfetmeye çalışması girişi çok az görülmüştür (Pike, 2008a).

Mikro-organik malzemenin bir amaç doğrultusunda kullanılabilmesi için ortamın kontrol edilmesi zorunludur. Bu sebeple yarı-yaşayan mimari hibritlerin oluşturulabilmesi için mimarların; strüktür, mekanik ve elektrik mühendislerinin yanı sıra mikrobiyolog ve mikologlarla birlikte çalışması gerekmektedir (Pike, 2008a). Söz konusu disiplinlerarası yaklaşım kapsamında University College London'da, mikrobiyolog Conrad Mullineaux ve meslektaşları, mikrobiyal malzemenin kullanımını araştıran Bartlett Mimarlık Okulu öğrencileriyle bir proje kapsamında iş birliği yapmıştır. Bu proje neoplazmatik tasarımın yaşam koşullarının farklı ölçeklerde kontrolü üzerinden gerçekleştirilmesine örnek teşkil etmektedir.

Mikro-organik maddelerle tasarım, disiplinlerarası sınırların ortadan kaldırılmasını ve canlı organizmaların öz-örgütlenme süreçlerinin mimari tasarıma entegrasyonunu gerektirmektedir. Bu kapsamda projedeki disiplinlerarası yaklaşım nano, mikro ve makro

olmak üzere üç farklı ölçekte gerçekleşmektedir. Hücre-altı ölçekte müdahale genellikle biyolog, kimya mühendisi ya da malzeme mühendisleri tarafından yapılmaktadır. Mikro ve makro ölçekler, görsel olarak en belirgin potansiyeli sunduğu için tasarımcılar genellikle makro ölçekle uğraşmakta iken mikro ölçeğe de kimi zaman müdahale etmektedir. Tasarımcılar için nano ölçeğe müdahale ise çok nadir gerçekleşmektedir (Pike, 2008a).



Şekil 78. Neoplazmatik tasarımın yaşam koşullarının kontrolü aracılığıyla uygulanması (Pike, 2008).

Mikro ölçekte tasarım, çevresel koşullar kontrol edilerek uygulanmakta iken makro düzeyde, ortaya çıkacak olan bileşik sonucun desteklenmesi için ortamın tasarımı ve üretimi ele alınmaktadır. Bu kapsamda canlı malzemenin davranışına etkide bulunmak, sonuç ürününün kısmi tasarım kararlarını verebilmek için tasarımcı; gerekli aparat, alet ve destek yapılarına karar vererek laboratuvar ekipmanının estetik dili ile tanışmaktadır (Pike, 2008a).

Kısmi-canlı mimari bir yapılanmanın oluşumu, yapay olarak üretilen sistemlerin neredeyse hiç sahip olmadığı, doğal dinamik mekanizmaların hızlı ve detaylı cevap verebilme özelliğinden yararlanma fırsatı sunmaktadır. Bununla birlikte, canlı materyallerin faydaları ile birlikte getirdikleri öngörülemezlikten dolayı bu tasarım yaklaşımında canlı organizmalarla doğrudan birleşme hedeflenmemektedir (Pike, 2008a).

Mikro organizmaların etkili kontrolü ancak dış etkiye kapalı ortamlarda gerçekleştirilebildiği için tüm bileşenlerin sterilize edilmesi ve sadece istenen organizmaların kapalı ortama alınması gerekmektedir. Tasarımcılar için mutlak kontrol yerine kısmi kontrolün mümkün olduğu bu yaklaşımda tasarım esnekliği sınırlanmaktadır. Bu sebeple yakın çevrenin bilinçli ayarlanmasına dikkat edilse de belirli bir miktarda

mikrobiyal özerkliğin (otonomi) benimsenmesi gerekmektedir. Böylece tasarımcının mutlak kontrolünden vazgeçilen alternatif bir yaklaşım geliştirilmektedir (Pike, 2008a).

Mimarlık birbiriyle etkileşim içerisinde olan çok sayıda değişken arasındaki güçlü ilişkilerden oluşan bir ekoloji alanıdır. Bu sebepten dolayı neoplazmatik tasarımın uygulanabilmesi için mimarlığın yapım yöntemleri, malzeme üretim metotları ve günümüzdeki mimarlık yapma alışkanlıkları gözden geçirilerek mimarlık-ekoloji ilişkisinin yeniden tanımlanması gerekmektedir (Cruz, 2019). Mimarlık-ekoloji ilişkisinin yeniden tanımlanabilmesi için ilk olarak doğa felsefesi-mimarlık ilişkisinin yeniden sorgulanması gerekmektedir.

Neoplazmatik tasarım anlayışı doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi kapsamında ele alındığında; doğanın, hibrit ve yarı-canlı mimari tasarım anlayışı için bir kaynak olarak kavrandığı görülmektedir. Neoplazmatik tasarımda kimi zaman doğal malzemeler (et, bitki vb.) kullanılıp teknolojik sistemlerle hibrit tasarımlar yapılırken, kimi zaman ise canlı organizmalar sahip oldukları özelliklere göre tasarımın bir parçası olarak kullanılabilir. Böylece neoplazmatik tasarım; biyoloji, genetik, tıp ve mühendisliğin çalışma alanlarının kesişiminde var olmakta ve uygulanabilmektedir.

Neoplazmatik tasarımın en orijinal yönlerinden bir tanesi, mimari tasarımı ne tamamen dijital tasarım yöntemleri üzerinden ne de doğadaki tasarım yöntemleri üzerinden okumasıdır. Bu bağlamda dijital tasarım ile doğayı; malzeme, yöntem ve inşa sistemi açısından bir araya getiren neoplazmatik tasarım, saf geometrik biçimlendirmeler üzerinden formu dönüştürmeye çalışan dijital tasarım yaklaşımları ile tamamen doğanın çalışma prensipleri ve malzemeleri aracılığıyla tasarım yapmayı öngören yaklaşımların ötesine geçerek kısmi-canlı, hibrit ve kompozit mekânların tasarlanmasını hedeflemektedir. Doğa ile mimarlığın kullandığı malzeme ve sistemler arasındaki farklılıklar mimarlık tarihinin büyük bir bölümünde ön plana çıkmaktadır. Bu kapsamda neoplazmatik tasarım, yapay ile doğal malzeme-sistem arasındaki ayrımı ortadan kaldırarak bütünleşik bir doğa kavrayışı ortaya çıkarmaktadır.

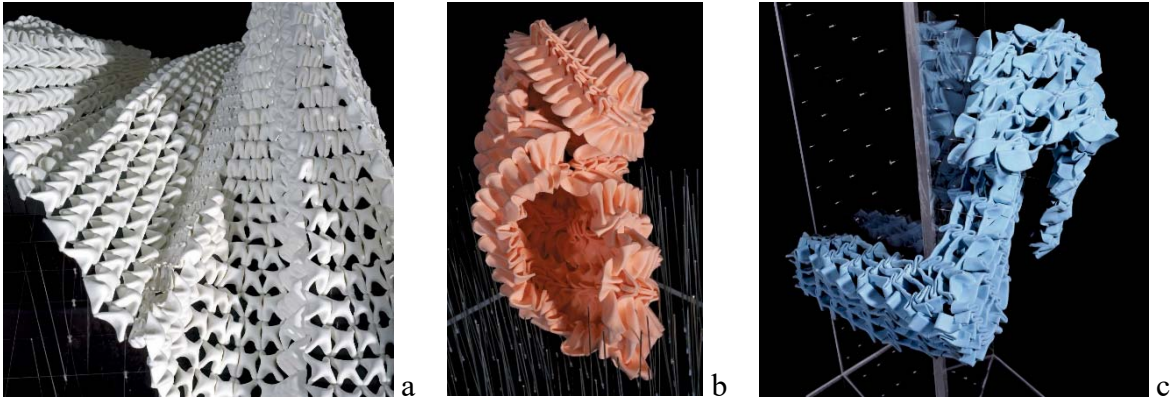
2.2.7. Ototenik Strüktürler

Mimar ve akademisyen Evan Douglass, stüdyo çalışmalarında öğrencilerini matematiksel olarak türetilmiş soyutlama işlemlerine malzeme ve performans ile ilişkili değerler veren bir eğitim modeli üzerinden yönlendirmektedir. Douglass bu modeli, belirli

malzeme performanslarının göstergesel mimari etkilerini ortaya çıkarmak için tasarlanan analog önermeleri tanımlayan bir dizi notasyonel döngü olarak tanımlamaktadır (Zellner, 2009).

Douglis'in öğrencileri çalışmalarının ilk aşamasında hayvan popülasyonu hareketleri, lehçelerin bölgesel yayılması ya da kültürler ve dönemler arası müzik formlarının oluşumu gibi doğal ya da yapay göç sistemleri üzerinde çalışarak diyagramlar oluşturmaktadır. Stüdyonun bu aşamasında ortaya çıkan ilk çizimler üretken olmaktan ziyade temsili olma eğilimindedir. Bu kapsamda, olağandışı malzeme organizasyonlarını izleme, modüle etme ve inşa etme Douglis'in öğretim sisteminin bir özelliğidir (Zellner, 2009).

Stüdyonun ikinci aşaması, dijital çizim sistemlerinin geliştirilmesini içermektedir. Adobe Illustrator programının iki boyutlu alanı içerisinde çalışan Douglis'in öğrencileri, doğrusal bir sembolik taslağı iki boyutlu bir profilden derin bir üç boyutlu topolojik yüzeye dönüştüren figürel büyüme sistemlerini icat etmektedir. Çalışmanın bu aşamasında ortaya çıkan ürünler, olağanüstü derecede filigran desenler içermektedir. Bu kapsamda Douglis, tamamıyla dijital bir tasarım anlayışına geçerek, son derece duyarlı ve esnek üretim anlayışı geliştirmeyi hedeflemiştir (Zellner, 2009).



Şekil 79. Evan Douglis'in stüdyo çalışmaları-1 (a) (Co, 2009), (b) (Wiideman, 2009), (c) (Marcus, 2009).

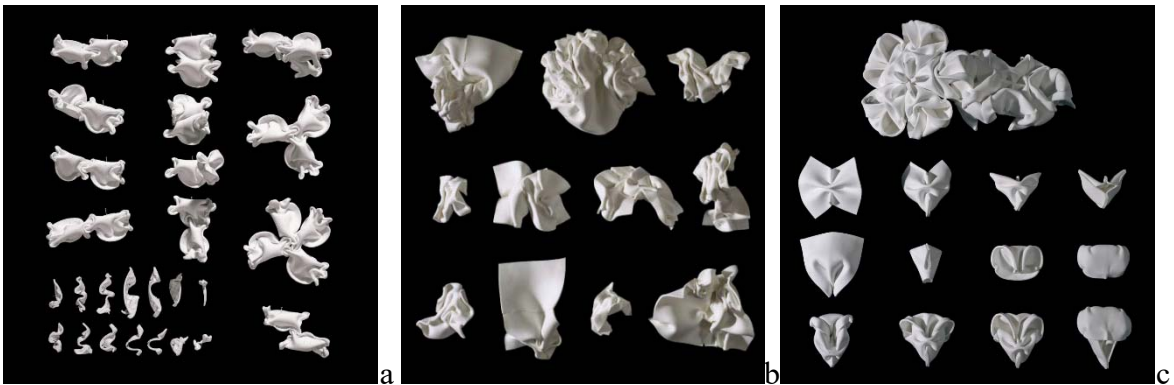
Stüdyonun üçüncü aşaması ise, düz kauçuk tabaka köpüğünün, oldukça esnek topolojik sistemlere doğru dinamik bir şekilde manipülasyonunu içermektedir. Farklı kare nokta desenleriyle ızgaralanan tabakalar çeşitli dönüşümlere uğratılmaktadır. Noktalar sıralı olarak yeniden konumlandırılıp iki boyutlu yüzey boyunca yeni yerlere yapıştırıcıyla

sabitlendiğinden, üç boyutlu şekiller esnek ve yumuşak bir şekilde katlanmış origami figürleri gibi ortaya çıkmaktadır (Zellner, 2009).

Douglis'in stüdyo üretimleri form ve mekânı, zaman ve dönüşüm olgularıyla ilişkilendirme açısından büyük önem taşımaktadır. Douglis'in öğrencileri, mimari yüzeylerin ve iç mekânların nasıl üretildiğini incelerken aynı zamanda hareketi kavramaktadır (Bell, 2009).

Douglis, morfolojik buluşu tetikleyen maddesellik, ölçek ve programın esnek organizasyonunu teşvik ederek, aşağıdan yukarıya kendi kendine örgütlenme ve kaza mantığı yaklaşımını benimsemektedir. Esnek organizasyonlar biçimlendirilebilir kabuklara uygulanan esnek büyüme stratejilerinin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda esnek organizasyonlar sonsuz farklar oluşturmakta fakat sonsuz standardizasyonlar oluşturmamaktadır (Zellner, 2009).

Mimarlığın formel mantığının kışkırtıcı manipülasyonları tektonik olasılıklara yeni bir hayat vermektedir. Verimliliği esas alan doktrinlerdeki formun minimize edilmesi anlayışının aksine Douglis'in çalışmalarında sonuç ürünleri kendilerini mimari formun çiçeklenmesi (bloom) biçiminde sunmaktadırlar. Böylece sonuç ürünleri, aşkın ve olağanüstü olmaktadır. Tasarım sürecinde kararlar ve değerlendirmeler, niceliklere değil niteliklere bağlıdır. Her ne kadar ölçü sistemleri sonuna kadar kullanılsa da, hedeflenen sonuçlar kolayca ölçülememektedir. Bu kapsamda, formun mikro gelişmelerinde rasyonellik hakim olsa da makro düzeyde sonuçlar irrasyonel bir biçimde ortaya çıkmaktadır (Ruy, 2009).

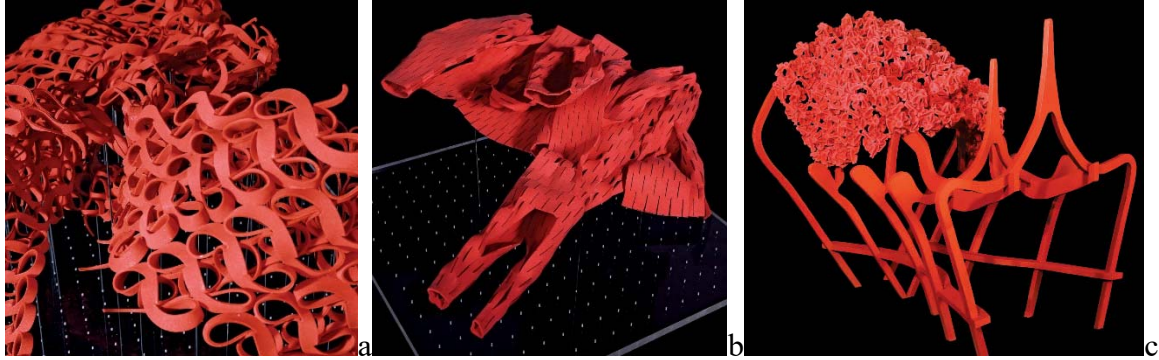


Şekil 80. Evan Douglis'in stüdyo çalışmaları-2 (a) (Yang, 2009a), (b) (Fung, 2009), (c) (Lee, 2009).

Douglis'in çalışmalarındaki önemli ilerlemelerden biri yapı ve süsleme arasındaki farkın kademeli olarak ortadan kalkmasıdır. İlk modellerde, hassas süslemeler için katı yapılar olarak işlev gören kaba çerçeveleme elemanları görülmektedir. Final aşamasında ise süslemeler tasarımın bir modülü haline gelmektedir. İlk başta ayırt edilebilen süslemeler zamanla tasarımla kaynaşmaktadır. Bu kapsamda yapının bittiği ve süslemenin başladığı yer ayırt edilemez hale gelmektedir (Ruy, 2009).

Malzemenin doğal davranışının bilinmesinin çok önemli olduğu Douglis'in stüdyo çalışmalarında, operasyonel teknikler ve metodlar her zaman çoklu seviyelerde kullanılmaktadır. Bu kapsamda Douglis, her ne kadar çalışmalarında sıkı metodolojik süreçlere bağlı kalsa da en büyük amacının yenilik ve inovasyon amacıyla konvansiyonelliğin istikrarını bozmak olduğunu dile getirmektedir (Douglis, 2009).

Çalışmalarının oluşumuna rehberlik eden kalıtım mantığının temelini evrimsel prensiplere dayandığını ifade eden Douglis, stüdyo çalışması içerisinde ortaya çıkan ve radikal değişimlere sebep olan kontrollü kazaların herhangi bir ölçekte ortaya çıkabildiğini ve tekniği aşan tahmin edilemez etkiler oluşturabildiğini ifade etmektedir. Bu bağlamda, mikro mutasyon sayılabilecek bir şey makro ölçüğe uzanmakta ve kökeni hiçbir iz bırakmayacak şekilde bütünü dönüştürmektedir (Douglis, 2009).



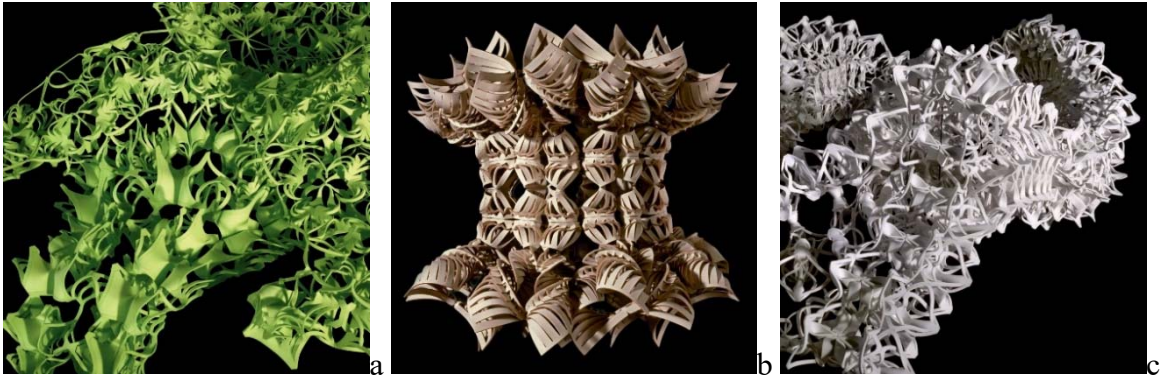
Şekil 81. Evan Douglis'in stüdyo çalışmaları-3 (a) (Kim, 2009), (b) (Aragon, 2009), (c) (Yang, 2009b).

Doğada birçok beklenmedik ve yüksek performanslı oluşumlar yer almaktadır. Evrimsel hesaplama evrim sürecindeki yöntemleri simüle etmekte ve bu işlemleri yürütmek için hızlı makine hesaplama sistemlerini kullanmaktadır. Evrimsel hesaplama süreci, her birinin kendi sanal DNA'sı olan bir dizi parametre ile tanımlanan bir tasarım popülasyonu ya da organizmalardan oluşan ilk neslin yaratılması ile başlamaktadır. Organizmalar

uygunluk testine göre değerlendirilip ve sıralandıktan daha sonra seçkinlik, çapraz üreme ve mutasyonun belirli bir kombinasyonu ile yeni nesil organizmalar yaratılmaktadır (Benjamin, 2009).

Seçkinlik, en iyi organizmaları klonlamak ve onları bir sonraki nesle aktarmaktan ibarettir. Çapraz üreme iki ana organizmadan gelen DNA'ların birleştirilmesi anlamına gelmektedir. Mutasyon ise yeni nesildeki organizmaların DNA'sında küçük rasgele değişiklikler yapmayı içermektedir. Evrimsel hesaplamada bu döngü binlerce nesil boyunca tekrar edilmektedir. Söz konusu insan makine iş birliği ile çok geniş bir tasarım alanı hızlıca keşfedilebilmektedir. Böylece bir insanın tek başına düşünebileceği sınırların ötesinde çözümler bulmak mümkün olmaktadır (Benjamin, 2009).

Douglis'in stüdyosundaki deneyler de evrimsel hesaplamanın bir analog versiyonu gibidir. Her öğrencinin tasarımı birer organizmadır. Bir yarıyıl boyunca süren stüdyo bir nesildir. Bir birimin kodlanmış katlanması onun DNA'sıdır. Kullanılan malzeme direnci, fonksiyonel permütasyon için alt ve üst sınırları tanımlamaktadır. Tasarımlar uygunluk açısından değerlendirilmekte ve bir neslin en uygun tasarımları sonraki neslin yaratılması için bir araya getirilmektedir (Benjamin, 2009).



Şekil 82. Evan Douglis'in stüdyo çalışmaları-4 (a) (Inamura, 2009), (b) (Kaye, 2009), (c) (Franz, 2009).

Otogenik yapılar için uygunluk testi geometri ve mekânı içermektedir. Hem birim hem de organizmalar, birbirine bağlanma, verimli bir şekilde büyüme, kompleks üç boyutlu arazileri keşfetme ve ilgi uyandıran hacimleri oluşturma kapasiteleriyle ölçülmektedir. Bununla birlikte evrimsel hesaplamadaki gibi mutasyonlar kullanılmaktadır. Otomatik bir

kendini çoğaltma komut dosyası çalıştırılıp olası tasarımlar için matris üretilmekte ve yeni tasarım olasılıkları araştırılmaktadır (Benjamin, 2009).

Doğa gerçek anlamda üretken olarak nitelendirilebilecek tek kaynaktır. Mimari tasarımda doğanın talimatları sürekli olarak kodlanmaktadır. Yeni bir tasarım yaklaşımının başlangıcını yapmak için madde ve deneyimde biçimsel tanımlamaların ötesinde aklın tahayyül edemeyeceği şeylerin olduğunu kabul etmek gerekmektedir (Ruy, 2009). Bu kapsamda Douglass, mimarlığın geleceğinde uzay ve zamanın ayrışmasının yer aldığını dile getirmektedir. Mimarlığın artık yerçekimi yasaları ya da klasik perspektif kuralları tarafından sınırlandırılmasının mümkün olmadığını dile getiren Douglass, tasarım yaklaşımında tarif edilemez güzellik, katalitik sürpriz ve belirsizlik arayışı içerisinde (Douglass, 2009).

Evan Douglass'ın mimari tasarım anlayışı doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi kapsamında değerlendirildiğinde; doğanın evrimsel süreçler ve mekanizmalar üzerinden kavrandığı görülmektedir. Evrimsel mekanizmaların işleyiş mantığı dijital ortama aktarılmakta ve doğada milyonlarca yıl süren süreçler bilgisayar ortamında hızlı bir şekilde simüle edilmektedir. Böylece doğanın işleyiş mantığı kullanılarak geniş tasarım uzaylarına ulaşma imkânı doğmaktadır. Bu kapsamda Douglass'ın çalışmaları yapay genetik mimarlık anlayışına oldukça benzemektedir.

Douglass evrimsel süreç mantığını çalışmalarına işlerken mimari formun dönüşümünü zaman ve hareket kavramları ile ilişkilendirmektedir. Böylece form ve mekânın oluşumu evrimsel mekanizmaların işleyiş aracılığıyla hareket üzerinden kavranmaktadır. Bu yaklaşım tasarımın her aşamasında form-mekân-hareket ilişkilerinin değerlendirilebilmesini mümkün kılmaktadır.

Douglass evrimsel mekanizmaların işleyiş mantığını kümülatif bir biçimde kullanmaktadır. Aşağıdan yukarı bir tasarım anlayışı ile kendi kendine örgütlenme ve mutasyon yaklaşımını benimsemektedir. Bu bağlamda tıpkı doğadaki evrim sürecindeki gibi, mikro düzeyde yapılan ussal bir mutasyon müdahalesi, makro düzeyde tasarımı usdışı bir biçimde dönüştürebilmektedir.

3. YAPILAN ÇALIŞMALAR-2

3.1. Evrimsel Mimarlık

3.1.1. John Frazer'ın Evrimsel Mimarlık Kuramı

John Frazer'ın 1995 yılında yayınladığı *Evrimsel Mimarlık (An Evolutionary Architecture)* isimli kitabının önsözünde Gordon Pask, kitabın temel tezinin mimarlığın tıpkı doğa gibi canlı, değişen ve evrimleşen bir şey olarak kavranması olduğunu dile getirmektedir. Evrimsel mimarlık doğadaki oluşumların kopyalanmasını değil, doğanın rasyonel ve somut evrimsel modellerinin mimari tasarımda kullanımını ön plana çıkarmaktadır. Bu kapsamda, uyum (coherence) ve çeşitliliğin bir birlik oluşturduğu evrimsel mimarlıkta, mimarın rolü artık bina ya da şehir tasarlamak değil, onların evrimleşmelerini sağlayacak şekilde hareket etmektir (Pask, 1995).

John Frazer'ın evrimsel mimarlık kuramında, organizmaların biçimlerinin gelişimini ifade eden morfogenesis sürecinden faydalanılarak temel form üretim süreçleri araştırılmaktadır. Değişen ortam şartlarına tepki veren sanal mimari modeller oluşturularak, doğadaki evrimsel mekanizmaların yaratıcı gücünden faydalanılmaktadır. Mimarlık, doğadaki büyüme prensipleri, genetik kodlama, çoğaltma, replikasyon ve seçim ilkeleriyle biçimlenen yapay bir yaşam biçimi olarak kabul edilmektedir. Bu bağlamda evrimsel mimarlığın amacı, doğal habitatın karakteristiği olan simbiyotik davranış ve metabolik dengenin yapılı çevrede gerçekleştirilmesi olarak tanımlanmaktadır (Frazer, 1995).

Mimarlıkta doğadaki form ve strüktürlerden ilham alma tarih boyunca çok sık gerçekleşmiştir. Evrimsel mimarlığın farkı ise doğanın morfolojik süreçlerinin içsel çalışma mantığının mimari tasarımda kullanılmaya çalışılmasıdır. Bu kapsamda evrimsel mimarlıkta ilham, doğanın temel biçimlendirme süreçleri ve bilgi sistemlerinden gelmektedir. Evrimsel mimarlıkta geleneksel mekân, strüktür ve form kavramları, evrimsel süreçlerin hızlandırılıp test edilebileceği üretici kurallar olarak ele alınmaktadır. Söz konusu üretici kurallar formun üretimi için yönlendirmeler içeren genetik bir dil içerisinde tanımlanmaktadır. Çok kısa bir zaman diliminde oldukça fazla sayıda evrimsel aşama bilgisayar modelleri aracılığıyla simüle edilmekte ve öncül formun gelişimi izlenip değerlendirilmektedir (Frazer, 1995).



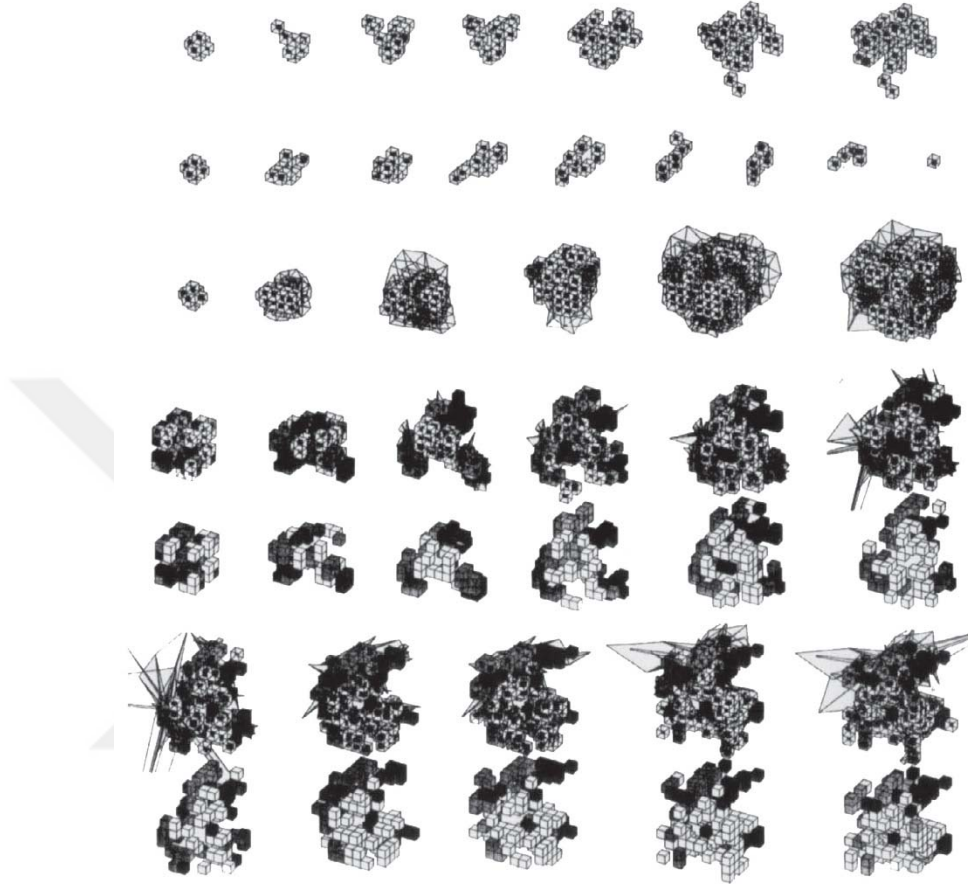
Şekil 83. John Frazer ve Evrimsel Mimarlık kitabının kapağı (a) (URL-104, 2019), (b) (URL-105, 2019).

Doğadaki oluşumların bir amaç ya da plan doğrultusunda mı ortaya çıktığı tartışması yüzyıllardır sürmektedir. Dawkins (1996), geleceği planlayamayan, akıl ve düş gücü olmayan şekilde tanımladığı doğal seleksiyonun, yaşamın kompleks oluşumlarını açıklayabileceği görüşündedir. Bu kapsamda tasarımcının olmadığı bir evrimsel bakış açısını savunmaktadır. Evrim kuramının açıklayıcı gücü olmadan biyolojide hiçbir şeyin anlamı olmadığını ifade eden Dobzhansky (1973) ise, dünyadaki yaratılışın evrim yoluyla gerçekleştiğine inanmaktadır. Bu bağlamda Dawkins'in aksine amaca ve tasarımcıya sahip bir evrimsel sürece inanmaktadır.

Doğadaki evrimsel mekanizmalar bir sonraki aşamada neyin ortaya çıkacağı öngörülmeden ve planlanmadan çalışmaktadır. Bu durum daha önce de ifade edildiği gibi doğadaki oluşumlarda tasarım ya da amacın olmadığı anlamına gelmemektedir. Doğa sayısız etkenler ve rastlantısal süreçler aracılığıyla çalıştığı için öngörülemez çeşitlilikte ve sayıda oluşumlar ortaya çıkmaktadır. Geleneksel anlamda tasarım söz konusu olduğunda sonuç ürünü hakkında tasarımcının öngörü ve niyetleri ön plana çıkmaktadır. Bu sebeple kaotik, rastlantısal ve geleceği ön görme gücü olmayan kör evrimsel mekanizmaların mimari tasarımda kullanılmasının kontrolden çıkan tasarım süreçlerine yol açacağına dair yanlış bir düşünceye yol açabilmektedir. Evrimsel mimarlık anlayışında tüm tasarım sürecine değil nihai sonuç ürünlerine kör bakılmaktadır (Frazer, 1995). Çünkü evrimsel mimarlıkta esas olan sonuç ürünü değil sürecin kendisidir.

Frazer, evrimsel mimarlık yaklaşımında doğal seleksiyonun yanı sıra; özörgütlenme (self-organization), metabozlima işleyişleri, termodinamik yasaları, morfoloji prensipleri, morfogenetik ve simetri kırıcı (symmetry-breaking) gibi süreçler de tasarımın değişim ve

dönüşümünde aktif olarak rol oynamaktadır. Söz konusu karmaşık süreçlerin modellenmesi için bilgisayar teknolojilerinden faydalanılmaktadır (Frazer, 1995).



Şekil 84. Üç boyutlu kendi kendini organize eden evrimsel sistem, Ichiro Nagasaka, 1991 (Frazer, 1995).

Doğada formun genetik kodlanmış bilgisi evrimleşmektedir. Doğal seçim ise kodlanmış bilginin dışa vuruş biçimine dayalı olarak işlemektedir. Kodlar her ne kadar talimatları üretse de sonuç ürünü çevre şartlarına bağlı olarak biçimlenmektedir. Evrimsel mimarlık anlayışında da form, kodlanmış üretim talimatlarının çevre ile ilişkisi üzerinden bilgisayar ortamında evrimleşmektedir. Bu kapsamda bilgisayar, evrimsel zaman ve uzayı sıkıştırarak (compress) karmaşıklık ve değişken mimari formların geliştirilmesine yardımcı olmaktadır (Frazer, 1995).

Frazer'ın evrimsel tasarım kuramında belirlenen çok basit başlangıç kuralları ile belirgin özellik ve davranışlar üretilebilmektedir. Üretilen özellikler tanımlanan kurallar tarafından tahmin edilemez nitelikte olmaktadır. Tasarım kitlesinin karmaşıklığı belli bir

seviyeye ulaştığında objeler kendi kendini organize edebilir, kendi kopyalarını ve kendilerinden daha kompleks yapıları üretebilir konuma gelmektedir (Frazer, 1995). Evrimsel mimarlığın bu özelliği geleneksel tasarım anlayışından önemli bir kopuşu ifade etmektedir. Geleneksel mimarlık anlayışında tasarımın her aşamasında tasarımcının bilinçli ya da bilinçsiz kontrolü söz konusu iken evrimsel mimarlıkta tasarım, yaratıcı sanal evrimsel ortamda kendi gelişimine bırakılmaktadır. Böylece insan zihninin tahmin edemeyeceği tasarımların üretilmesi mümkün olmaktadır.

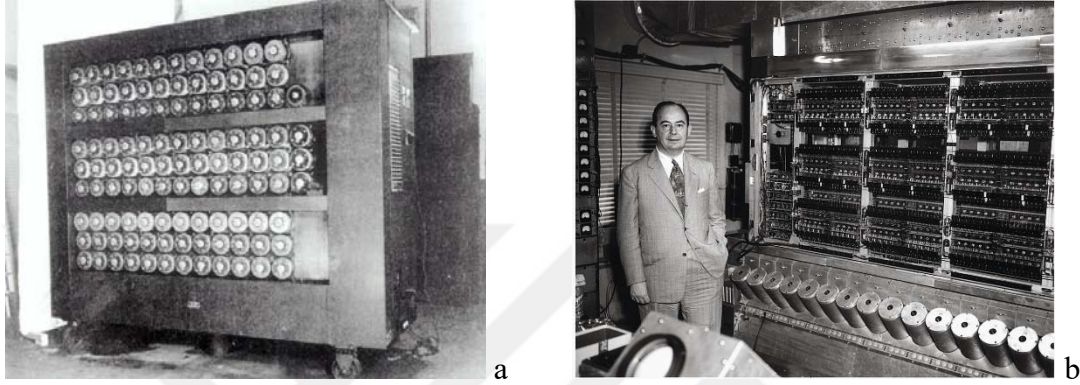
3.1.1.1. Kullanılan Araçlar ve Sistemler

John Frazer'ın evrimsel mimarlık kuramının oluşumunda makine, bilgisayar, yazılım ve hesaplamalı tasarım sistemlerindeki birçok gelişme rol oynamıştır. Frazer kendi evrimsel modelini oluştururken birçok bilim insanının çalışmalarından faydalanmıştır. Kimi zaman ise gerekli olan araç, program ve yazılımı kendisi üretmiştir. Bu kapsamda Turing Makinesi (Turing Machine), Kendi Kendini Kopyalayan Otomatlar (Self-Reproducing Automata), Poliotomasyon (Polyautomata), Hücresel Otomasyon (Cellular Automata), Yaşam Oyunu (Life Game), Uyarlanabilir Modeller (Adaptive Models), Genetik Algoritma (Genetic Algorithms), Biyomorflar (Biomorphs) ve Sınıflandırma Sistemleri (Classifier Systems) John Frazer'ın evrimsel mimarlık kuramının oluşumunda ve gelişiminde önemli rol oynamıştır.

Alan Turing, makinelerin şerit üzerindeki bir dizi mantıksal talimatı izleyerek herhangi bir hesaplanabilir işlemi gerçekleştirme yeteneğine sahip olmasına dayanan evrensel hesaplama makinesi (universal computing machine) fikrini ortaya koymuştur (Frazer, 1995), (Turing, 1937). İlerleyen dönemdeki çalışmalarında ise doğadaki morfojenetik süreçlerin matematiksel modellemesini yapmaya çalışmıştır (Turing, 1952).

John von Neumann ise bilgisayar sistemlerinin merkezi işlemci, hafıza ve kontrol ünitesi birimlerini tanımlayarak seri bilgisayarların mantıksal temelini oluşturmuştur. Neumann'ın evrimsel mimarlık açısından en önemli çalışması ise Kendi Kendini Kopyalayan Otomatlar (Self-Reproducing Automata)'dır (Neumann, 1966). Turing'in evrensel hesaplama makinesinin bütün sonlu mantıksal problemleri çözebileceğini düşünen Neumann, bir otomatın başka bir otomatı oluşturma olasılığı üzerine teorik ve uygulamalı çalışmalar yürütmüştür. Neumann, kendi kendini inşa eden ve evrimleşen bir otomasyon sistemi kurmayı hedeflemiştir (Frazer, 1995).

Alan Turing ve John von Neumann'ın çalışmaları, her iki bilim insanı da üretken ve canlı süreçlerin doğasına ilişkin kavramsal bilgisayarların tasarımı ile ilgilendikleri için, evrimsel mimarlık açısından büyük önem arz etmektedir (Frazer, 1995). Bu bağlamda Turing ve Neumann, doğadaki mekanizmaların işleyiş mantığını hesaplamalı üretken sistemler aracılığıyla çözümlenmeye çalışmıştır.



Şekil 85. Turing'in Bombe Makinesi ve Neumann'ın Princeton İleri Çalışmalar Enstitüsü için tasarladığı makine (a) (URL-106, 2019), (b) (URL-107, 2019).

Poliotomasyon (Polyautomata) teorisi daha kapsamlı bir otomat oluşturmak için birbirine paralel hareket eden çok sayıda birbirine bağlı otomasyon sistemi ile ilgilidir. Frazer'ın evrimsel mimarlık kuramında hesaplama teorisinin bir dalı olan Poliотomasyon'a olan ilgi, üretken araç olma potansiyellerinden ve kural temelli sistemleri keşfetmeye uygun sade işleyiş yapılarından kaynaklanmaktadır (Frazer, 1995).

Poliотomasyonun özel bir sınıfı olan Hücresel Otomasyon (Cellular Automata), yerel etkileşimli çok sayıda basit özdeş bileşen içeren karmaşık doğal sistemler için geliştirilen matematiksel modeller olarak tanımlanmaktadır (Wolfram, 1984). Bu kapsamda hücresel otomasyon karmaşık davranışların basit kurallar aracılığıyla nasıl ortaya çıktığına dair bir kavrayış sunmaktadır. Kural tabanlı sistemlerin davranışını gösteren hücresel otomatın davranışı, hücrenin ve komşularının önceki durumlarına bağlı olarak her an her hücrenin durumunu belirleyen geçiş kuralları ile kontrol edilmektedir. Hücresel otomasyonda hesaplamalı işlemler, biyolojik ve fiziksel olayları modellemek ve simüle etmek için kullanılabilir. Bu sebeple hücresel otomasyon hem yapay hem de doğal fenomenlere uygulanabilmektedir (Frazer, 1995).

John Horton Conway tarafından geliştirilen Yaşam Oyunu (Life Game) canlı benzeri davranışları taklit eden iki-durumlu bir hücresel otomasyondur. Projede tanımlanan basit kurallar aracılığıyla bazı olağanüstü özellikler ve davranışlar elde edilmiştir. Yaşam Oyunu projesi belirleyici yani rastgele olmayan yapısından dolayı doğanın ve evrimin bir modeli olarak görülmesi de, basit kuralların kompleks davranışları üretebildiğini göstermesi açısından Frazer'ın evrimsel mimarlık yaklaşımında önemli bir yer tutmaktadır (Frazer, 1995).

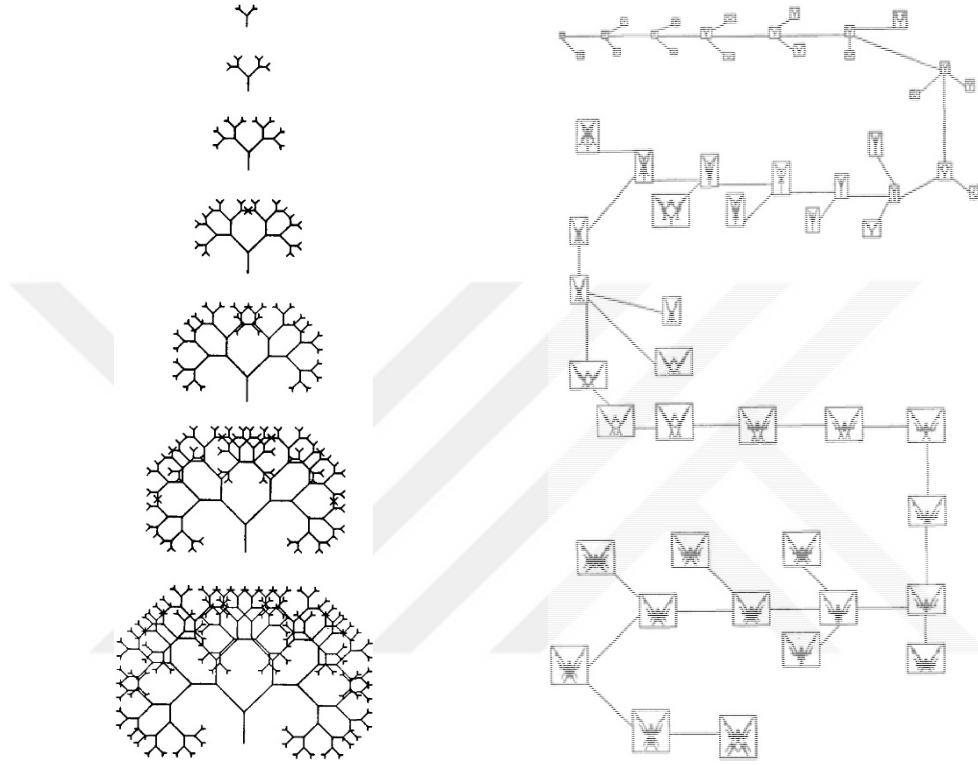
Frazer'ın evrimsel mimarlık kuramının gelişiminde önemli bir yer tutan uyarlanabilir modellerin teorik çerçevesi John Holland tarafından geliştirilmiştir. Adaptasyonun en göze çarpan özelliğinin bazı yapıların aşamalı bir şekilde değiştirilmesi olduğunu ifade eden Holland, eğer yapısal modifikasyonlar dikkatli bir şekilde gözlemlenirse temel bir yapısal dönüştürücüye ait operatör setinin ortaya çıkarılabileceğini ifade etmektedir. Holland, genetiğin temel yapısının kromozom, operatörünün mutasyon ve rekombinasyon, performans ölçüsünün ise uyum olduğunu; yapay zekanın temel yapısının program, operatörünün öğrenme kuralları, performans ölçüsünün ise karşılaştırmalı verimlilik olduğunu ifade etmektedir (Holland, 1992).

Uyarlanabilir plan, çevreye cevap olarak hangi yapıların ortaya çıkacağını belirlemekte ve çevreden alınan bilgiler yapılacak olan seçilimi etkilemektedir. Değerlendirme ise daha önce belirtilen ölçütler kullanarak gerçekleştirilmektedir. Holland'ın geliştirdiği bu işlem daha sonra genetik algoritmaların işleyişinde kullanılmıştır (Frazer, 1995).

Genetik algoritma tekniği, hem problemi hem de başarılı çözüm için gerekli kriterleri açıkça belirtebilmenin mümkün olduğu durumlarda problem çözme ve optimizasyon için geliştirilmiştir. Genetik algoritmalar evrimsel, uyarlanabilir tekniklerle benzerlikler içermektedir. Çünkü tek bir çözüm aramak yerine potansiyel çözümlere ait popülasyonlar kullanılarak optimum çözüm kümesi elde edilmeye çalışılmaktadır. Genetik algoritmalar doğadaki kromozom yapılarına benzer biçimde ip benzeri bir yapı ile karakterize edilmektedir. Bu ip benzeri yapılar, araştırılmakta olan bir problemi kontrol eden kodlanmış bir parametreyi temsil etmektedir. Oluşturulan popülasyondaki seçimler, uygunluk kriterlerine göre yapılmaktadır (Frazer, 1995).

Biyomorflar (Biomorphs), Dawkins (1996) tarafından geliştirilen iki boyutlu ve öz yinelemeli ağaç benzeri strüktürlerdir. Bu strüktürlerin büyüme ve gelişmeleri, dal sayısı veya dallanma açısı gibi belirli özellikleri basit bir genetik dil tarafından kontrol

edilmektedir. Popülasyonlar mutasyonlar ile üretilmekte ve bir biyomorf gelecek üreme safhaları için seçilmektedir (Frazer, 1995). Seçilmemiş nesillerdeki genetik bilginin süreç içerisinde kaybolması dezavantaj olsa da, mutasyonun dönüştürücü etkisini göstermesi açısından biyomorfalar evrimsel mimarlık açısından önem arz etmektedir.



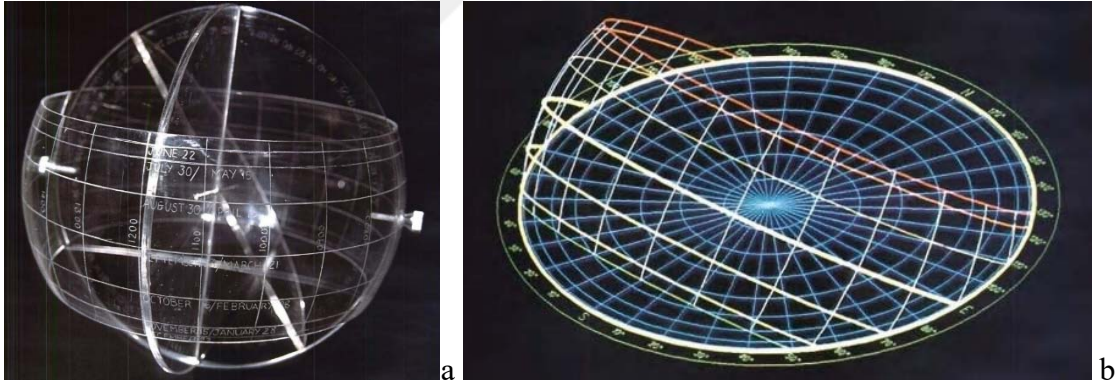
Şekil 86. Biyomorfaların gelişim ve değişim süreci (Dawkins, 1996).

Sınıflandırma sistemleri (classifier systems), makine öğrenmesi çalışmalarında genetik algoritmaları kullanmak için bir araç olarak kullanılmaktadır (Holland, 1992). Sınıflandırma sistemlerinin kullanımı ile birlikte vurgu, belirli girdilere uygun bir şekilde yanıt vermeyi öğrenen tek bir optimum çözümden olası çözüm popülasyonlarının üretimine kaymıştır. Sınıflandırma sisteminde ortamdan bilgi alınıp koşullu kurallara karşı kontrol edilmekte ve daha sonra kuralların işlemesi ile birlikte çevreye çıktı olarak verilmektedir. İşleyen bu süreç canlı bir organizmanın çevreden bilgi alması, üzerinde düşünmesi ve harekete geçmesine benzer olarak değerlendirilmektedir (Frazer, 1995).

Frazer'ın evrimsel mimarlık kuramının gelişiminde etkili diğer faktörler ise ihtiyaç duyulan aygıt ve sistemlerin geliştirilmesidir. Bu kapsamda Frazer'ın faydalandığı sistemlerden biri Paralel İşlemciler (Parallel Processors) ve Nöral Ağlar (Neural

Networks)’dır. Paralel işlemciler birçok hesaplamayı aynı anda gerçekleştirebilmeleri ve kural tabanlı sisteme sahip olmaları, nöral ağlar ise beynin öğrenme ve örüntü tanıma kapasitesini simüle edebilme özelliği ile Frazer’ın evrimsel tasarım modeline katkıda bulunmaktadır (Frazer, 1995).

Uzun vadeli hedefi üretken yazılım üretmek olan Frazer ve ekibi, öncelikle iki ve üç boyutlu grafik işleme ve veri yapıları üretmiştir. Böylece kümülatif bir şekilde kompleks dönüşümlere izin veren bir program altlığı oluşturmuştur. Geliştirilen evrimsel modelin performansının simüle edilebilmesi ve modeli etkileyebilecek bir ortamın oluşturması için bir dizi çevresel tasarım aracı geliştirilmiştir. Bu amaçla günlük ve mevsimsel hareketin geometrisi hakkında bir tasarım kavrayışı kazanabilmek için kubbe inşa edilmiş ve göksel ile yeryüzüne ait veriler bütüncül bir şekilde tasarım girdisi olarak kullanılmaya çalışılmıştır. Yapılan model ile ilişkili geliştirilen bir program ise gölge ve güneş hareketlerini göstermiştir. Bir sonraki adımda ise her enlem için güneş geometrisini gösteren üç boyutlu güneş açıölçeri üretilerek ayrıntılı bir çevre bilgisine ulaşılması hedeflenmiştir (Frazer, 1995).

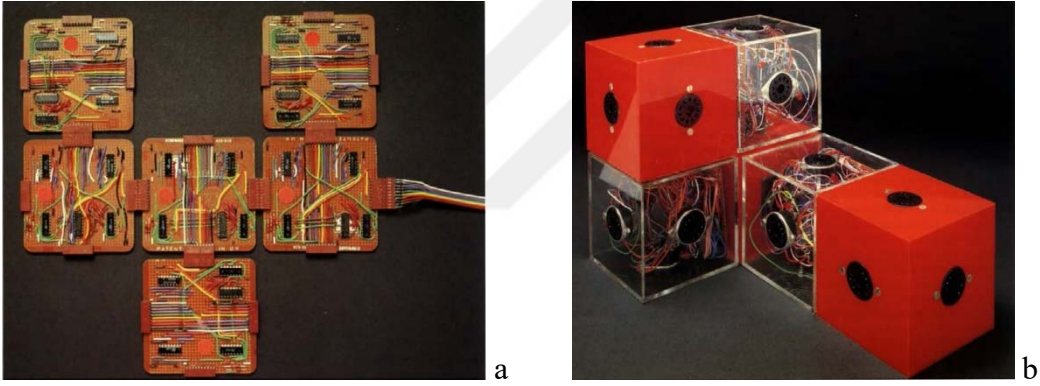


Şekil 87. Üç boyutlu güneş açıölçer (a) ve güneşin rotasını gösteren program (b) (Frazer, 1995).

İlerleyen süreçte Frazer ve ekibi fiziksel modellerin girdi aygıtları olarak kullanıldığı bir dizi deney gerçekleştirmiştir. Bu aygıtlar, fiş, soket ve gömülü elektronik bileşenlere sahip parçaların bir araya gelmesi ile oluşmaktadır. Fiş ve soket fiziksel ve elektronik bağlantıyı sağlamaktadır. Devam eden çalışmalar sonucu 1979 yılında Kendi Kendini Kopyalayan Bilgisayar (Self-Replicating Computer)’ın ilk çalışan modeli ve makine

tarafından okunabilir (machine-readable) ızgara-pano (grid-board) sistemi üretilmiştir (Frazer, 1995).

1980 yılında “Intelligent Mats” projesi ile birlikte ise standart kare matların arasındaki ilişkilerin haritalandırılması hedeflenmiştir. Sonraki aşamada aynı projenin kübik versiyonu geliştirilmiştir. Sırasıyla her küp, bir komşusu olup olmadığını öğrenmek için her bir yüzeyini araştırmaktadır. Eğer komşusu varsa ne bulduğunu ve nerede bulunduğunu bildirmekte ve kontrolü o küpe aktarmaktadır. Süreç arama sona erene kadar bu şekilde işlemektedir. Aynı yılın ilerleyen zamanlarında bu modelin daha kompleks versiyonu geliştirilmiştir. Bu model, kendi kendini denetleme, komşuları arama, kontrolün aktarılması, mesajların iletilmesi, kodlama, haritalama ve yerçekimi yönelimi gibi birçok özelliği içermektedir (Frazer, 1995). Bu gelişmelerle birlikte üç boyutlu fiziksel akıllı modelleme sistemi oluşturulmuştur.



Şekil 88. Makine tarafından okunabilir modeller (a) ve üç boyutlu kübik akıllı modelleme sistemi (b) (Frazer, 1995).

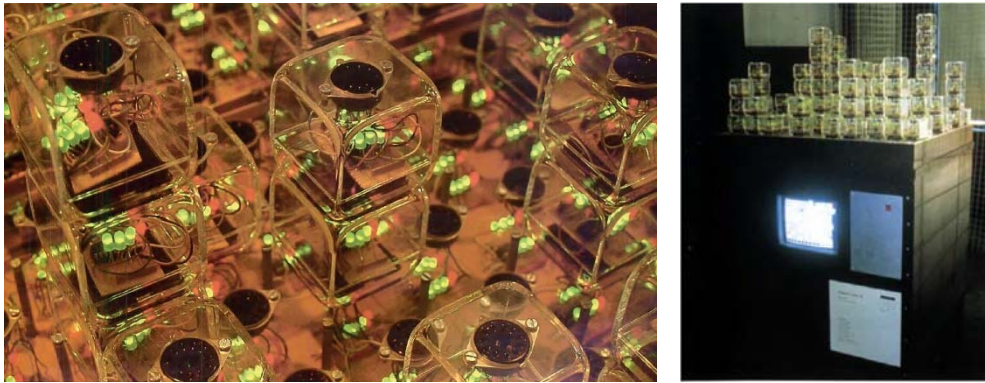
Devam eden süreçte gerçekleştirilen Generator Projesi ile birlikte bilgisayarların zekası ve bilinç durumunu tartışmaya açan yeni fikirler geliştirilmiştir. Programlanan bina modelinin deneyimlerden öğrenmesi, kendi kendini organize etmesi ve kullanıcıların ihtiyaçlarını onlardan daha iyi bir şekilde belirleyebilmesi durumu gündeme gelmiştir. Bu projede kullanılan prensipler aynı zamanda çevre kontrol sistemlerinin öğrenme kapasitelerinin gelişiminde kullanılmıştır (Frazer, 1995).



Şekil 89. Generator Projesi, 1980 (URL-108, 2019).

1990 yılında Evrensel İnşa Edici (The Universal Constructor) isimli, söz konusu akıllı modelleme sistemlerinin en gelişmiş üretilmiştir. Bir bütün olarak tasarlanıp inşa edilen modelleme sistemi sorgulama, mesaj gönderimi ve ekran gösterimi için ortak bir bilgisayar programına sahiptir. Bununla birlikte her bir kübik ünite kendi bireysel uygulaması, programı ve haritasına sahiptir (Frazer, 1995).

Uygulamanın işleyişinde, fiziksel açıdan düz bir tabanda yer alan kodlar, bilgisayar modelinde sanal olarak biçimlendirilmiş arazideki yüksekliklere çevrilmektedir. Sonraki aşamada program, eklenen bazı çevresel özelliklere diyagramatik ve kodlanmış cevaplar vermektedir. En son ise görüntü ekranı, kodlanmış temsilleri yorumlayıp sanal fakat daha soyut bir modelle eşleştirmektedir. Evrensel İnşa Edici'de evrimsel modeller de denenmiştir. Evrimsel gelişimdeki her aşama sürekli olarak kurallara karşı test edilerek uzayda bir örüntü tanımlanmıştır. Böylece sıralı olarak düşünüldüğünde içsel bir mantığı olan yüksek karmaşıklık düzeyine sahip beklenmedik formlar türetilmiştir (Frazer, 1995).



Şekil 90. Evrensel İnşa Edici (The Universal Constructor), 1990 (Frazer, 1995).

3.1.1.2. Teorik Arka Plan ve Uygulama

Frazer'ın geliştirdiği evrimsel model, genetik kod olarak tanımlanabilecek bir mimari konsept gerektirmektedir. Bu kod, bilgisayar tarafından simüle edilen ortama cevap vererek bir dizi modele dönüştürülmektedir. Üretilen modeller daha sonra değerlendirilmekte ve başarılı modeller gerçek dünyada prototipin inşa edilmesi için belirli bir gelişim aşaması seçilene kadar aynı döngüye tekrar tekrar katılmaktadır. Gerçek dünya prototipinin değişen çevre şartlarına kısa sürede etkileşimli yanıt vermesi beklenmektedir (Frazer, 1995).

Evrimsel modeli elde etmek için; genetik kod-yazısı (code-script), kodun geliştirilmesine ilişkin kurallar, kodun sanal bir modelle eşleştirilmesi, modelin geliştirileceği ortamın niteliği ve seçim için kriterlerin tanımlanması gerekmektedir. Frazer konseptin süreç odaklı ve sistemin hiyerarşik olması gerektiğini ifade etmektedir. Yani bileşenlerden değil süreçlerden oluşan form üreten kurallar belirlenmeli, kompleks formlar ve teknolojiler basit formlar ve teknolojilerden hiyerarşik olarak geliştirilmeli ve bir sürecin sonrakini harekete geçirdiği bir sistem hiyerarşisi kurulmalıdır (Frazer, 1995).

Genetik bir betimleme oluşturabilmek için öncelikle farklı ortamlara çeşitli yapılarla ve mekânsal biçimlenmelerle yanıt verebilecek evrensel bir mimari konsept geliştirilmesi gerekmektedir. Bu noktada Frazer, gerçek yapı üzerinden prototipleme ve geri bildirimlerin yerini, bilgisayar modellemesi ve simülasyonunun alması gerektiğini ifade etmektedir. Bu sebeple modelin, değerlendirmelerden gelen geri bildirimlere göre tekrar tekrar adapte edildiği bir metodoloji önermektedir. Bu metodolojide mimari konsept ve geometriler gelişim ve evrime duyarlı üretken bir sistem olarak kavranmaktadır (Frazer, 1995).

Üretken kurallar olarak tanımlandıktan sonra mimari konseptin genetik olarak kodlanması gerekmektedir. Genetik kodlanmanın gerçekleştirilebilmesi için bir önceki bölümde anlatılan genetik algoritmalar, sınıflandırma sistemleri ve evrimsel programlama teknikleri kullanılmaktadır. Genetik kod, popülasyon halinde çoğalarak simüle edilmiş bir ortamda değerlendirilmeye uygun soyut modeller haline getirilmektedir. Seleksiyon sürecinden sonra seçilen modeller sonraki nesilleri üretmek üzere periyodik bir sürece dahil edilmektedir. Oluşturulan soyut modeller istenildiği zaman dışsallaştırılabilmekte (externalization) ya da prototip olarak üretilebilmektedir (Frazer, 1995).

Değerlendirme için kullanılan model oldukça soyut olduğu için modelin dışsallaştırılması, boyutlarını ve formunu karmaşık bir şekilde etkileyecek dönüşümleri içerebilmektedir. Bununla birlikte, bir diğer gereksinim üretilebilir bir ortama doğru

maddileştirme sürecidir. Bu dönüşüm sürecinin de süreç odaklı olması gerektiğini düşünen Frazer, formun değil biçimlendirici sürecin kesin talimatların kodlanması gerektiğini ifade etmektedir (Frazer, 1995).

Kodlama ve uygulama için geliştirilen genel yaklaşımın uygulanabilmesi için üretilen programda binanın bilgisinin minimal düzeyde kodlanmış kavramsal modeli, üretim aşamasının detayları ve gerçek bileşenlerin açıklanması olmak üzere üç tür bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Yeni öğelerin oluşturulması için gerekli olan bilgiler, tohumdaki öğenin türü, konumu ve yöneliminden elde edilmektedir. Bununla birlikte birbirine bitişik tohumların hareketi ve değişimi de yeni öğelerin oluşumunu etkilemektedir (Frazer, 1995).

Geliştirilen tohum kullanıcı ihtiyaçları karşılanana kadar büyütülmekte, değiştirilmekte ve fazlalık kısımları atılmaktadır. Kullanıcı ihtiyaçlarına uyum sağlanması için veri yapısında yapılacak olan bu değişiklikler iki farklı şekilde gerçekleştirilmektedir. İlk olarak, kullanıcı ihtiyaçlarının ölçülebilir ve spesifik kısımları optimize edilerek çözülmeye çalışılmaktadır. Tohumun gelişimi için alternatif stratejiler otomatik olarak değerlendirilmekte ve önceki denemelerde en başarılı olan taktikler benimsenerek çözüm aranmaktadır. İkinci olarak ise, kullanıcı birinci teknik tarafından üretilen bir dizi çözümü ölçülemez kriterler açısından değerlendirmektedir. Program belirli estetik önyargılara adapte olmayı öğrenebilmekte ve daha sonra kullanıcı tarafından talep edilebilecek biçimsel ya da estetik özellikler açısından çözümleri sınıflandırabilmektedir (Frazer, 1995).

Modelin geliştirilmesindeki bir diğer önemli konu ise genetik kodun gelişimini ve başarılı formların seçilimini etkileyen çevresel faktörlerin etkili bir biçimde kullanılmasıdır. Bunun için Evrensel Etkileşimci (Universal Interactor) geliştirilmiştir. Çevresel etkileşimin sağlanabilmesi için bilgi verici ve alıcı olarak kullanılacak bir dizi deneysel anten kurulmuştur. Alıcılar harekete, sese ve renge cevap veririken; vericiler ses, ışık ve hareket göndermek için kullanılmıştır. Her antenden gelen veriler, tüm cihazların eşit şekilde iletişim kurmasını sağlayan bir dijital forma dönüştürülmektedir. Çevresel bilgiler, evrimsel bir algoritmaya dayanarak cevapları formüle eden basitleştirilmiş bir çevre modeline verilmektedir (Frazer, 1995).

Evrimsel programın ana yapısı, Goldberg (1989) tarafından tanımlanan basit bir sınıflandırıcıya dayanmaktadır. Sınıflandırıcı çevresel sistem, gelişim sistemi, değerlendirme modülü, genetik algoritma ve grafik çıktı haritalama prosedürü olmak üzere beş unsurdan oluşmaktadır. Gelişim sistemi, çevreden gelen sinyallere ve her bireyin genetik koduna tepki vermektedir. Bununla birlikte çevresel tepkinin oluşacağı ortama mesaj

göndererek genetik algoritmanın çalışması için veri sağlamaktadır. Buradaki veri yapısı DNA ile doğrudan bir analogi kurularak biçimlendirilmiştir. Üç bitişik bazdan oluşan amino asit, veri yapısında ikili (binary) formda temsil edilmektedir (Frazer, 1995).

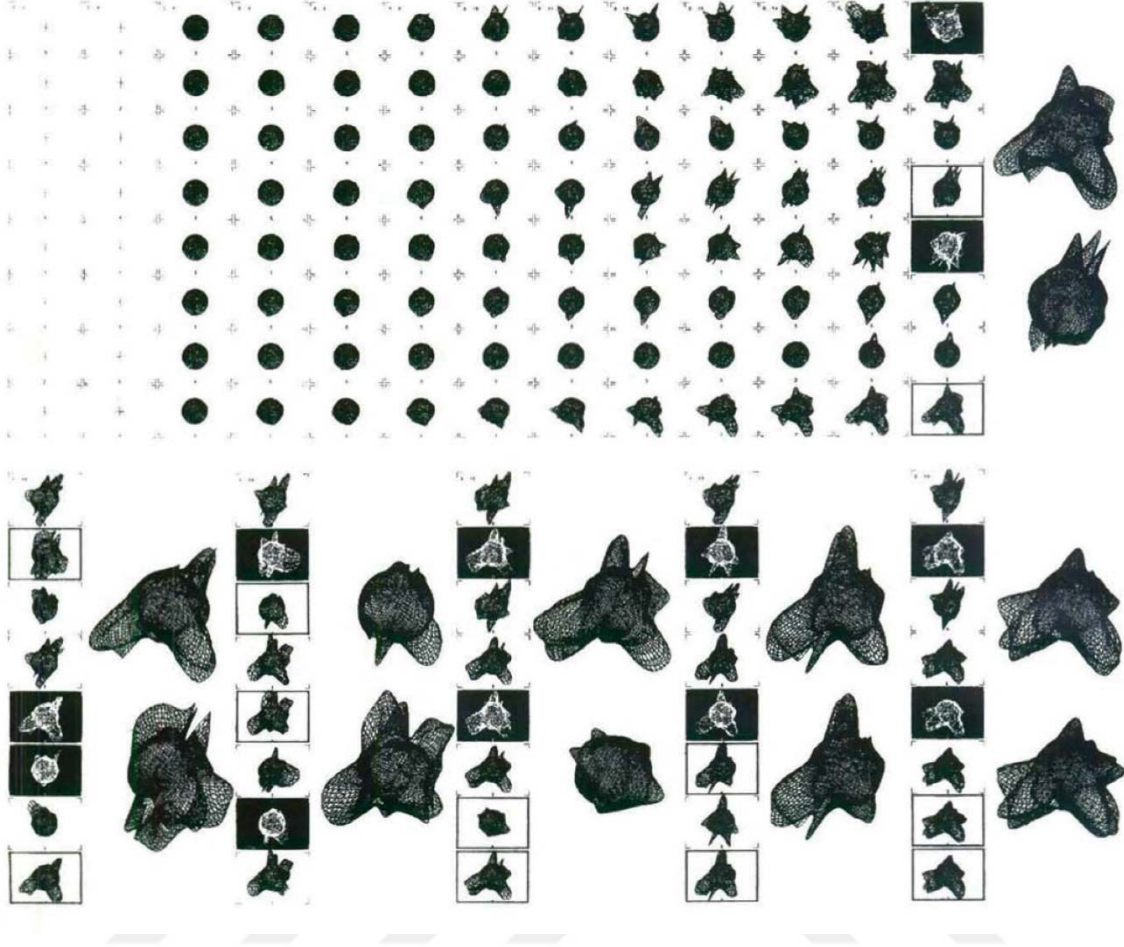


Şekil 91. Evrensel Etkileşimci (a) ve çevreyi kontrol eden bilgisayar girdi cihazı (b) (Frazer, 1995).

Çevresel veri yapısı, bir küp üzerindeki çevresel özellikler ölçülerek elde edilmektedir. Çevresel faktörler Evrensel Etkileşimci'den gelen sinyaller aracılığıyla sırasıyla rastgele, kaotik ve periyodik fonksiyonlarla işletilmektedir. Her bir faktörün yoğunluğu, küplerin köşelerinde hesaplanıp kodlanmakta ve daha sonra gelişim bölümüne aktarılmaktadır. Gelişim bölümünde, çevresel bilgi dedektörlerden akmakta ve kodları çözülmektedir. Daha sonra sınıflandırıcı sistem çevresel bilgileri ve içsel çalışma kurallarını birleştirerek çevresel tepkiyi belirlemektedir (Frazer, 1995).

Genetik kodun fenotipik ifadesinin simüle edilebilmesi için her bir hücreye hacim ve hareketten oluşan bir gelişim ortamı verilmektedir. Hücre bölünmesi süreci bölümlenmiş bir kürenin yüzeyinde betimlenerek, hücrenin yerel bağlamındaki değişiklikler grafiksel olarak gösterilmektedir. Başarılı yanıtlar, bu bölümdeki hücre büyümesi ile temsil edilmekte ve küresel şekilden asimetric bir gelişme ile kendini göstermektedir (Frazer, 1995).

Frazer, Evrensel Etkinleştirici ve onunla ilişkili olarak çalışan genetik algoritmanın çevresel uyarılara uyumlu yanıtların geliştirilebilmesinin prensipte mümkün olduğunu gösterdiğini ifade etmektedir. Bu bağlamda, ortaya koyulan teorik ve deneysel arkaplandan sonra, istenilen karmaşıklık seviyesine evrimleşebilen tutarlı bütüncül bir model ortaya koymaktadır. Geliştirilen model evrimsel mimarlık anlayışının uygulanmasının olası yollarından sadece bir tanesini göstermektedir (Frazer, 1995).



Şekil 92. Genetik algoritmanın işleyişi, Ichiro Nagasaka, 1991 (Frazer, 1995).

Model çoklu hiyerarşik bir yaklaşım ve özyinelemeli olarak kendi kendine benzeyen veri yapısı kullanılarak düzenlenmiştir. Değerlendirmelerin yapıldığı simüle edilmiş ortam, evrimleşen yapılarla aynı terimlerle modellenmiştir. Çevre ve yapılar sadece aynı veri alanında değil, aynı zamanda birlikte evrimleşebilmektedir. Bu sebeple, rekabet içerisindeki yapılar aynı ortamda gelişebilmektedir (Frazer, 1995).

Çevrenin, tohumun epigenetik gelişimi üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Seçilimin gerçekleştirilmesi için sınıflandırıcı algoritmaların değiştirilmiş bir formu olan epigenetik algoritmalar kullanılmaktadır. Popülasyonların çoğalması için kromozomal gen değişimi (cross-over) ve mutasyon mekanizmaları kullanılmaktadır. Oluşturulan bu veri yapısının dışsallaştırılması için ise form üretme süreçleri modellenmektedir. Bu kapsamda modelin bütünü, uzayda serbestçe dolaşan iç içe geçmiş otomatların hiyerarşik bir organizasyonunu ifade etmektedir (Frazer, 1995).

İlk olarak modele uygun bir bilgisayar ortamının oluşturulması hedeflenmiştir. Bu mimari genetik arama uzayına Evrensel Durum Uzayı Modelleyisi (Universal State Space Modeller) ismi verilmiştir. Evrensel olarak nitelendirilmesinin sebebi herhangi bir uzayı, strüktürü ya da çevreyi modelleyebilmesidir. Uzayın geometrisi özyinelemeli olarak kendi kendine benzer olarak tasarlanmıştır. Bu özellik, kompleksliğin hiyerarşilerinin aynı mantıksal uzayda tanımlanmasını sağlamaktadır (Frazer, 1995).

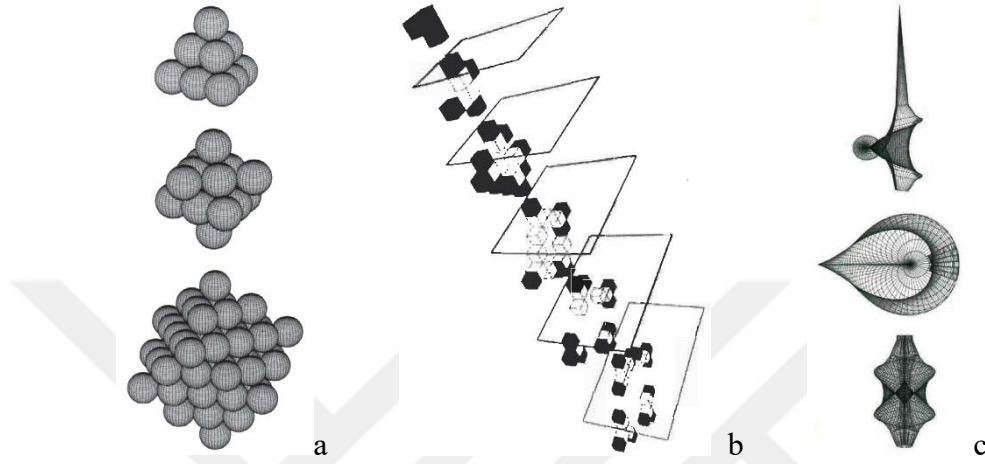
Durum Uzayı teriminin kullanılmasının sebebi ise uzaydaki her bir mantıksal noktanın birçok farklı durumda bulunabilmesi ve durum uzayındaki her noktanın modellenmekte olan sistemin sanal durumuna karşılık gelmesinden dolayıdır. Bu kapsamda önerilen modelleme, çok çeşitli evrimsel sistem ve stratejileri işleyebilen sanal bir bilgisayar modelidir. Bununla birlikte bilgisayar modelinin dışsallaştırılarak anlama ve görselleştirmeye yardımcı olması amacıyla fiziksel model de tasarlanmıştır (Frazer, 1995).

Veri yapısı, düzenli bir geometrik dizideki boyutsuz mantıksal noktaların (mote) oluşturduğu bir alandan oluşmaktadır. Her nokta, kendi yeri ve diğer noktalarla ilişkileri hakkında bilgileri taşımaktadır. Bununla birlikte her nokta, kendisinin nasıl oluştuğu ve kendisinin ne olduğu ile ilgili detaylarla birlikte nerede ve ne olduğu ile ilgili bir dizi kural taşımaktadır. Veri yapısındaki her nokta, mimari genetik kodun ve belirli bir türün formlarının üretilmesi için gerekli tüm talimatların tam kopyalarını taşımaktadır. Bu durum, insan vücudundaki her bir hücrenin, DNA'nın tam bir kopyasına sahip olmasına ve çevre koşullarına karşılık olarak fenotipik reaksiyonlar göstermesine benzemektedir (Frazer, 1995).

Sistemin genel işleyişinde bilgi, mantık alanları biçiminde bir dizi olarak dolaşmaktadır. Böylece form bir bütün olarak çevre şartlarına yanıt olarak geliştirilebilmektedir. Bu durum sistemin bir bütün olarak formun geliştirilmesi ve değiştirilmesinde hangi kuralların başarılı olduğunu öğrenebileceği ve yeni kurallar geliştirilebileceği anlamına gelmektedir. Geliştirilen form evrimsel süreçte istenilen bir anda dondurularak üretilebilmektedir (Frazer, 1995).

Geliştirilen modelde en temel birim “moron” olarak tanımlanmaktadır. Bir moron 1 veya 0, doğru veya yanlış olmak gibi ikili bir sisteme sahiptir. Moronlar mekânsal düzenlemerde gruplandırılıp, hiyerarşideki bir sonraki mantıksal birim olan “mote (zerre, tanecik, nokta)” olma durumlarına göre değerlendirilmektedir. Mote'ların kompleks mekânsal birleşimleri sırasıyla tohumun genetik kod metni olarak okunmaktadır. Döllenme ve genetik çaprazlama için bir tohum seçilmektedir. Daha sonra ise tohum, genetik metinde

kodlanmış kurallara uygun olarak hücresele kopyalamalarla geliştirilmektedir. Hücrelerin genişleyen dizisinin mekânsal düzenlemeleri, öncelikle kod metnine daha sonra ise kod metni tarafından değerlendirilen belirli çevre koşullarına tepki veren simetri-kırıcılar tarafından belirlenmektedir (Frazer, 1995).



Şekil 93. Veri yapısının diyagramı (a), simetri kırıcılar (b) ve formun evrimi (c) (Frazer, 1995).

Geliştirilen bireysel hücreler zamanla uzman fonksiyonlar kazanmaktadır. Bu kapsamda çevreden gelen bilgileri değerlendiren alıcı (receiver), sanal modelin inşası için sanal malzeme üreten süreç odaklı (process-driven) üretici ya da sanal modeli inşa eden birleştirici (assembler) olarak görev yapabilmektedir. Ortaya çıkan form, strüktür ve mekânlar bir dizi bileşen olarak değil, hücresele aktivitenin bir ürünü olarak ortaya çıkan bir dizi üretken süreç olarak görülmektedir (Frazer, 1995).

Modelde kullanılan seçim, genetik çaprazlama ve mutasyon gibi mekanizmalar iç içe geçmiş sınıflandırıcı sistemlerin oluşturduğu hiyerarşi tarafından kontrol edilmektedir. Sınıflandırıcı sistemler ise genetik algoritmanın evrimsel model kapsamında değiştirilmiş biçimi tarafından denetlenmektedir. Sınıflandırıcı sistemlerde genetik algoritma için değerlendirilen cevap, sistemin bir bütün olarak ortaya çıkan özelliklerini belirlemektedir (Frazer, 1995).

Doğadaki evrim sürecinin yasalarının uygulanması için canlı bir organizmaya ihtiyaç duyulmadığını ifade eden Frazer, doğada evrimleşen sistemlerin başarı kriterlerini yapay bir evrim modeline aktarmaktadır. Bu kapsamda doğal seçilimin doğru şekilde işlemesi için belirli kriterlerin sağlanması gerektiğini dile getirmektedir (Frazer, 1995):

- Genetik bilgi doğru bir şekilde çoğaltılmalıdır.
- Çeşitlilik ve mutasyonlar üretilmelidir.
- Bütün varyasyonların üreme kapasitesi olmalıdır.
- Varyasyonlar fenotip olarak ifade edildiğinde bazıları avantaj sağlamalıdır.
- Fenotipler oldukça fazla üretilmelidir.
- Genetik kod çoğaltılmadan önce belirli ortamlarda seçici rekabet olmalıdır.

Bilgisayar kodu olarak ifade edilen genetik bilgi, genetik çaprazlama ve mutasyona uğratılmaktadır. Sanal model biçiminde üretilen fenotipler simüle edilmiş ortamlarda geliştirilmekte, performansları karşılaştırılmakta, uygun bir genetik kod seçimi yapılmakta ve daha sonra döngüsel bir şekilde çoğaltılmaktadır. Bu bağlamda geliştirilen çevreye duyarlı evrimsel modelde kurallar her ne kadar sabit olsa da, ortaya çıkacak sonuç malzeme ya da çevresel koşullarına göre değişebilmektedir (Frazer, 1995).

John Frazer'ın evrimsel mimarlık modeli evrimsel ve genetik mekanizmaları içeren süreç odaklı bir mimari tasarım anlayışını yansıtmaktadır. Bu anlayışta maddenin basit yapılardan kompleks yapılara doğru gelişiminin süreci ön plana çıkmaktadır. Söz konusu süreç, mimari konseptin genetik ve evrimsel iç dinamikleri aracılığıyla gelişiminin, çevresel faktörlerin oluşturduğu dışsal etki ile birleşmesini ifade etmektedir. Doğadaki evrimsel mekanizmaların işleyişini mimari tasarımların sanal ortamdaki gelişim aşamalarına aktaran evrimsel mimarlık, doğanın değişken, kendini yenileyen ve sürekli tepki veren dinamik yapısını mimarlık ortamına taşımaktadır.

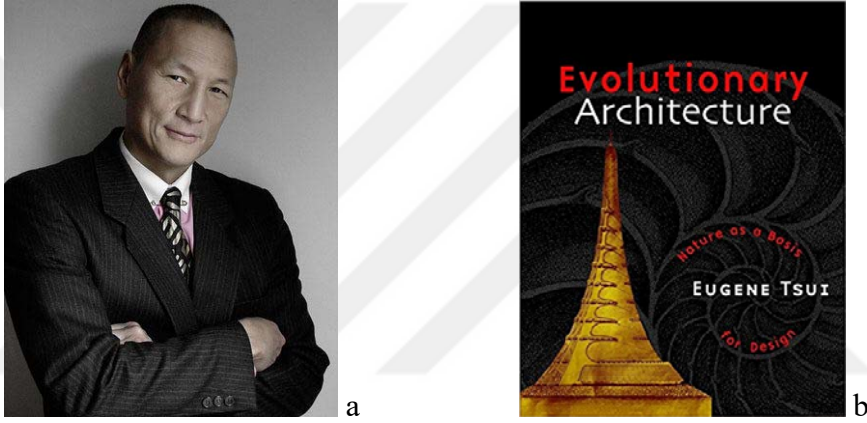
3.1.2. Eugene Tsui'nin Evrimsel Mimarlık Kuramı

Eugene Tsui'nin 1999 yılında yayınladığı *Evrimsel Mimarlık (Evolutionary Architecture)* isimli kitabının önsözünde Louis L. Marinés kitabın; çevreye duyarlı davranma, kaynakların verimli kullanımı ve tasarımda doğaya dönüş fikirlerini ön plana çıkardığını ifade etmektedir. Evrimsel mimarlık anlayışının ilkelerinin doğadaki oluşumlarda bulunabileceğini ifade eden Tsui, ilkeler keşfedildikten sonra gerekli teknolojiler kullanılarak mimarlık ürünlerinin geliştirilebileceğini söylemektedir (Tsui, 1999).

Tsui, doğa ile kurulan ilişkinin sadece mimarlık açısından yararlı değil, aynı zamanda insanların duygusal, psikolojik, fiziksel ve ruhsal sağlığı açısından hayati öneme sahip

olduğunu ileri sürmektedir. Doğa yaklaşık beş milyar yıldan beri strüktürel oluşumları inşa ve test ederek geliştirmektedir. Bu sebeple Tsui, mimarların doğanın evrimsel sürecinde oluşan bilgi birikiminden faydalanması gerektiğini ifade etmektedir (Tsui, 1999).

Kitabı üç bölüme ayırarak yazan Tsui, birinci bölümde tasarımın temeline doğayı nasıl yerleştirdiğini ve evrimsel mimarlığın ilkelerini açıklamaktadır. İkinci bölümde doğanın malzeme ve yapım yöntemlerini kullanarak üstün nitelikli strüktürleri nasıl oluşturduğunu anlatmaktadır. Üçüncü bölümde ise, doğanın zekası kullanılarak nasıl mimari tasarım ürünleri ortaya çıkabileceğine dair uygulanmış ve uygulanmamış mimari yapı örneklerini sunmaktadır (Tsui, 1999).



Şekil 94. Eugene Tsui ve Evrimsel Mimarlık kitabının kapağı (a) (URL-109, 2019), (b) (URL-110, 2019).

Tsui, doğal formları taklit etmeyi değil, onları analiz edip mevcut teknolojik imkânlar aracılığıyla mimari tasarımlara uygulamayı hedeflemektedir. Böylece doğanın ilkelerini ve zekasını insan tasarımlarının temeli olarak kullanarak mimarlık disiplini ile ilgili asırlardır süregelen sorunların çözümüne cevap aramaktadır. Bu kapsamda doğanın yarattığı gibi yaratmanın insan zekasının ve onurunun gereğini yerine getirmek olduğunu ifade etmektedir (Tsui, 1999).

Tsui çevreye yönelik evrimsel yaklaşımında doğanın ideal verimlilik, çeşitlilik ve etkileyciliğe sahip yapılarına odaklanmaktadır. Doğadaki çok çeşitli organizmalar inşa faaliyetinde hangi malzemelerin kullanılacağı, malzemelerin nasıl bir araya getirileceğini ve yapının nereye inşa edileceğine dair bir direktifle doğmuş gibi hareket etmektedir. Fakat insanlar bu içsel tasarım ve inşaat bilgisine sahip değildir. Bununla birlikte, insan bilgisi doğayla kıyaslandığında son derece sınırlıdır (Tsui, 1999). Doğa milyarlarca yıldır

oluşturduğu ürünleri olağanüstü çeşitlilik içerisinde uygulamakta iken, insan tasarımları dünya tarihinin çok küçük bir zaman diliminde uygulanmıştır. Bu sebeple Tsui, insanların tasarımın asıl kaynağı olan doğaya yönelmeleri gerektiğini düşünmektedir.

Tsui doğaya yönelirken, estetik görselliğe değil doğadaki oluşumların ve doğanın kendisinin çalışma prensiplerine odaklanmaktadır. Bu kapsamda evrenin bir makine gibi düzenli ilişkiler ile karakterize edilen kapalı bir sistem olarak çalıştığına dair kavrayışın statik, hareket etmeyen ve tepki vermeyen bir mimarlık anlayışı oluşturduğunu ifade etmektedir. Tsui'ye göre bu mimari kavrayışla tasarlanan binalar, tek tip, düz ve kartezyen sistemine uygun nitelikler sergilemektedir (Tsui, 1999).

Evrimsel sistemlerin keşfi ve anlaşılmasıyla birlikte ise evrenin değişim, düzensizlik ve evrimsel süreçlerle işlediği keşfedilmiştir. Bu bağlamda evrendeki düzensizlik ve tahmin edilemezlik üst düzey organizasyonların biçimlenmesine olanak tanımaktadır. Tsui, evrimsel süreçlerle biçimlenen bu organizasyonun her ne kadar düzensiz ya da dağınık gibi görünse de, kendi içinde bir düzen barındırdığını ifade etmektedir. Bu kapsamda, evrimsel bir düzene sahip evrenin mimarlık anlayışının özelliklerinin; değişim, yapı bileşenlerinin fiziksel hareketi, strüktür ve yüzeyin sürekliliği, açık ve değişken mekânlar, tek biçimli olmayan planlama ve doğrusal tasarımın formalitelerine referans vermeyen bir düzen olduğunu ileri sürmektedir (Tsui, 1999).

Evrimsel sürecin temelinde mükemmelleşmeye doğru eğilimin olduğunu dile getiren Tsui, her canlı organizmanın işlevini ve formunu daha verimli hale getirmeye çalıştığını ifade etmektedir. Doğada form ve fonksiyon, çevre ile olan etkileşim aracılığıyla biçimlenmektedir. Bu bağlamda, mimarlığın da en temel düzeyde yaşamın gücünün maddi bir biçimde açığa vurulduğu bir büyüme ve yaradılış süreci olduğunu dile getirmektedir (Tsui, 1999).

Tsui, evrimsel mimarlığı doğanın evrimsel pratiklerini milyarlarca yıllık evrimin bir sentezi olarak; form, işlev ve amacın ihtiyaç ve koşullarına uygulayan bir mimari tasarım anlayışı olarak tanımlamaktadır. Bu tasarım anlayışında, bütün doğal güçler ve insani kaygılar, ekolojik ve insani bağlamda dikkate alınmaktadır. Bununla birlikte, tasarıma yönelik bu evrimsel yaklaşımda, doğada çok uzun zaman dilimlerinde gelişen ilkeler, geçmiş ve günümüzdeki stilistik estetiğe atıf yapılmadan uygulanmaktadır (Tsui, 1999).

Evrimsel mimarlık, ilk aşamada doğa ile ilişkisel bir bağlantı kurarak analitik bir diyalog ve sentez yapmaktadır. Daha sonra ise yapılı çevre ile doğal dünya arasında karşılıklı ve kendi kendine uyum sağlayan ilişkiler kurulmaktadır (Tsui, 1999). Bu kapsamda evrimsel

mimarlık, insanlara her şeyin birbirine bağıllığını, yaşamın daha yüksek bir anlayışını ve doğanın önemini göstermesi açısından önem arz etmektedir.

Doğanın derin bir incelemesini yapan kişinin yaşamsal ve durdurulamaz bir güç olan evrimin farkına varacağını ifade eden Tsui, doğanın zekasının bazı temel prensiplerin evrensel uygulaması aracılığıyla elde edildiğini ileri sürmektedir. Doğanın bu temel prensiplerini şu şekilde sıralamaktadır (Tsui, 1999):

1. Asgari miktarda malzeme kullanmak.
2. Yapısal dayanıklılığı maksimuma çıkarmak.
3. Kontrol edilen hacmi maksimuma çıkarmak.
4. Renk ve dokuyu doğrudan doğa ve amaç ile ilişkilendirmek.
5. İlk dört ilkenin en verimli bir şekilde gerçekleşmesini sağlayacak malzemeleri seçmek.
6. Herhangi bir parçalanma olmadan iç ve dışın devamlılığı.
7. Bütün özelliklerin birleşik bir bütün oluşturması.

Tsui'ye göre doğadaki evrimsel süreçler, doğanın bir organizmanın işlev verimliliğini ve amacını doğrudan etkileyen mühendislik geliştirmelerini uygulamak için evrimleştiğini göstermektedir. Bu kapsamda evrimsel model, mimarın elindeki malzemelerin en üst limitleri dahilinde en mükemmel çözümlere ulaştırma yeteneğine sahip olduğu için avatantajlı bir yöntem sunmaktadır. Doğadaki evrimsel sürecin nitelikleri uygulanarak binalar belirli işlevsel süreçler ve programlar içeren canlı bir organizma olarak değerlendirilmektedir. Böylece mimar, doğanın jeolojik zaman ölçeğine göre çok kısa sürede doğanın tasarladığı gibi tasarlamayı başarabilmektedir (Tsui, 1999).

3.1.2.1. Evrimsel Mimarlık İlkeleri ve Doğanın Öğretileri

Tsui doğanın derinliklerine açık bir zihinle bakmak ve görebilmek için geçmişin ve günümüzün mimarisi ile ilgili bütün koşullandırmaların bir kenara bırakılması gerektiğini düşünmektedir. Bu kapsamda evrimsel mimarlığın ilkelerini, doğanın işleyiş biçimini, binaların tasarımı ve doğal çevre ile olan ilişkilerinde kullanabilmek üzere ortaya koymaktadır. Evrimsel bakış açısı bina ve çevre ilişkisinin, tıpkı canlı organizmalarda olduğu gibi, kendi başına temizlik, geri dönüşüm, güç kaynakları, sıcaklık ve enerji kontrol sistemleriyle otonom olarak algılanmasını sağlamaktadır (Tsui, 1999).

Evrimsel mimarlığın ilkeleri forma ilişkin derin bir kavrayışı gerektirmektedir. Çünkü form yüklerin gerilmelerini karşılamakta ve bu yükler tarafından biçimlendirilmektedir. Bu kapsamda evrimsel ilkeler bilim ve teknolojiyi, doğal ve yapılı çevrenin geliştirilmesi için kullanmaktadır. Bununla birlikte ortaya konulan ilkeler, yapılı çevredeki fiziksel, psikolojik ve ruhsal sağlık seviyesini yükseltmeyi hedeflemektedir (Tsui, 1999).

Evrimsel mimarlığın ilkeleri mimarlığın yaşayan bir süreç olduğunu iddia etmektedir. Böyle bir mimari yaklaşımda binaların, insanların yaşayış biçimlerine ve doğal çevrenin değişen karakteristiklerine uyum sağlayacak şekilde değişmesi gerekmektedir. Bu kapsamda evrimsel mimarlıkta, binalarda değişen koşullara yanıt verebilecek nitelikte hareketli ve duyarlı öğelerin bulunması gerekmektedir (Tsui, 1999).

Tsui (1999) evrimsel mimarlığın ilkelerini şu şekilde sıralamaktadır:

1. Kendi kendine yeterli geri dönüşüm, temizlik ve güç kaynaklarını kullanmak.
2. Yapıda geri dönüşümlü malzemeler kullanmak.
3. Bina içindeki kirliliği ortadan kaldırmak için toksik olmayan yapı malzemeleri kullanmak.
4. Yangın, su, deprem güvenliği ve haşarat direncini dikkate alan tasarım yapmak.
5. Tasarımda strüktürel güvenliğe dikkat etmek. Gerilim ve zorlanmaları en iyi dağıtan formları kullanmak.
6. Binanın, içeride oturanlar sakinlerin doğal dolaşım düzenlerini ifade etmesine izin vermek.
7. Bütün gereksiz parçaları ve inşaat prosedürlerini tasarımdan çıkarmak.
8. Bilim ve teknolojiye ilerlemeleri araştırıp yapının işlevsel ve estetik özellikleri olarak entegre etmek.
9. Yapıyı değişen mekânsal ve fonksiyonel ihtiyaçlara cevap veren canlı bir organizma olarak görmek.
10. Binanın ayak izini en aza indirerek ya da dikey tasarım yaparak doğal çevreyi korumak.
11. Binanın bütün unsurlarını etkileyici yapısal özellikler olarak birleştirmek.
12. Doğanın ekonomik güzelliğini; yapı, biçim ve materyal ekonomisi olarak ifade etmek.
13. Mekânı dinamik, çok düzlemli bir süreklilik olarak görmek.

14. Maceranın ruhu, riski ve cüretkarlığı var olmanın zorlayıcı güçlerinin bir ölçüsüdür; kişinin kendi koşullarını tanıması ve bilinmeyene doğru ilerlemesi, gerçek evrimin başlangıcıdır.

Tsui'ye göre insan tarafından biçimlendirilen mimarlığın anlamlı olabilmesi için, tıpkı doğanın akıllıca tasarlanması gibi, akıllıca tasarlanmış çevreler yaratan mimarlara ihtiyacı vardır. Bütün doğada yer alan yaratıcı güç ve zekâ seviyesine ulaşabilmek gören, sorgulayan ve harekete geçen insanlara açık olan bir evrimsel anlayış gerektirmektedir. Bu durum evrimsel mimarlığın temelini oluşturmaktadır (Tsui, 1999).

Evrimsel mimarlığın ilkelerini belirledikten sonra Tsui, doğanın çeşitli yaratıcı formlar üzerinde uyguladığı prensipleri şu sıralamaktadır (Tsui, 1999):

- Malzemelerin ekonomik kullanımı.
- Yapısal dayanıklılığı en yüksek seviyeye çıkarmak.
- Kapalı hacimleri maksimuma çıkarmak.
- Yüksek dayanım-ağırlık oranı oluşturmak.
- Strüktürel verim için gerilim ve güç uygulamak.
- Dış güç olmadan enerji tasarruflu, iyi yalıtılmış, konforlu ortamlar yaratmak.
- Hava dolaşımını artıran formlar oluşturmak.
- Bina için yerel malzeme kullanmak.
- Çok yönlü kuvvetleri dağıtan eğrisel formları kullanmak.
- Aerodinamik verimin yapısal formla bütünleştirilmesi.
- Çevreyi zarar verecek bir şey üretmemek.
- Tek bir organizma tarafından inşa edilebilecek yapıların tasarlanması.

Doğal oluşumlar çok uzun evrimsel zaman ölçeklerinde sürekli olarak deneme-yanılma, başarılı olanın seçilimi ve uygun olmayanın elenmesi aşamalarından geçmektedir. Bugünkü canlılar soyu tükenmemiş türlerin birer temsilcisi olarak doğanın evrimsel işleyişinin günümüzde var olan ürünleridir. Hayatta kalan canlıları evrimsel mimarlık açısından değerli kılan şey, malzeme kullanımı konusundaki becerileri, çevresel ve iklimsel etkilere yanıt verebilme kapasiteleridir. Bu sebeple Tsui, evrimsel süreç sonucunda günümüzde hayatta kalan canlıların çalışılmaya değer olduğunu ifade etmektedir (Tsui, 1999).

Tsui, doğanın uyguladığı prensipleri ortaya koyduktan sonra doğadan alınabilecek dersleri, doğal formlar ve tasarım araştırması deneyleri olmak üzere iki ayrı başlıkta

incelemektedir. Doğal formlar; bileşik strüktürel şekiller ve formlar, parabolik formlar, yarım küre/höyük formları, gerilim/membran yapıları, yarım küre/küre formlar, yumurta/çan biçimli formlar ve tüp/silindir formlar olmak üzere yedi farklı başlıkta değerlendirilmektedir. Bu başlıklarda incelenen doğal oluşumlar Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Tsui’nin doğal form/strüktür kategorileri ve incelediği doğal oluşumlar

Kategoriler	İncelenen Doğal Oluşum
<i>bileşik strüktürel şekiller ve formlar</i>	termit kuleleri, çayır köpeği yuvaları
<i>parabolik formlar</i>	su ayıları, bowerbird (kuş) yuvası
<i>yarım küre/höyük formları</i>	kunduz barajları, karınca yuvaları, mallee tavuğu yuvası
<i>gerilim/membran yapıları</i>	terzi kuşu yuvası, yaprak kesici karınca yuvası, dokumacı karınca yuvası, ipek böceği çadırı, örümcek ağı ve ipeği
<i>yarım küre/küre formlar</i>	çömlekçi arısı yuvası, çömlekçi kuşu yuvası, kaktüs çit kuşu yuvası, mağara swiftlet yuvası, cliff swallow (kırlangıç) yuvası, köpük böceği yuvası
<i>yumurta/çan biçimli formlar</i>	gri ağaç kurbağası yuvası, kağıt eşek arısı ve bal arısı yuvaları, çulha kuşu yuvası, dokumacı kuşu yuvası,
<i>tüp/silindir formlar</i>	çatal kuyruklu kırlangıç yuvası, caddis sineği larvası, torbalı güve koruyucu kılıfı, Jawfish (balık) yuvası, köpek balığı iç strüktürü, tuzlu su karidesi yuvası,

Tasarım araştırması deneylerinde ise Tsui, tasarım ve araştırma merkezindeki kendisine ait laboratuvar ortamında doğadaki oluşumları dayanım-ağırlık, çekme ve rüzgâr tüneli testlerine sokmaktadır. Buna ek olarak, canlı oluşumlara dair mikroskop incelemeleri yapan Tsui, kemik ve burun strüktürlerinin yapısını, tasarım ilkeleri ve amaç açısından incelemektedir. Böylece doğadaki oluşumlar üzerinde laboratuvar testleri yapıp nesnel çıkarımlara ulaşmaktadır. Tasarım araştırması deneyleri ve doğal formların incelenmesinden yaptığı çıkarımları mimari tasarımlarında kullanmaktadır.

3.1.2.2. Evrimsel Mimarlık Uygulamaları

Tsui, kitabının 3.bölümünde anlattığı mimari tasarım örneklerinde ev sahiplerinin kişisel ihtiyaçlarının ele alındığını ve karşılaşılan mimari problemlerin çözümü için evrimsel ilkelerin kullanıldığını ifade etmektedir. Böylece, doğanın fiziksel biçim ve süreçler aracılığıyla ortaya koyduğu iç mantığını, kollektif bilinci yükseltecek ve derinleştirecek şekilde uygulamaktadır. Bu kapsamda Tsui'nin evrimsel mimarlık yaklaşımının temelini, doğanın inşa ettiği gibi inşa etmek ve bir mimari problem ile karşılaşıldığında doğanın bu sorunu nasıl çözebileceğine dair araştırma yapmaktır (Tsui, 1999).

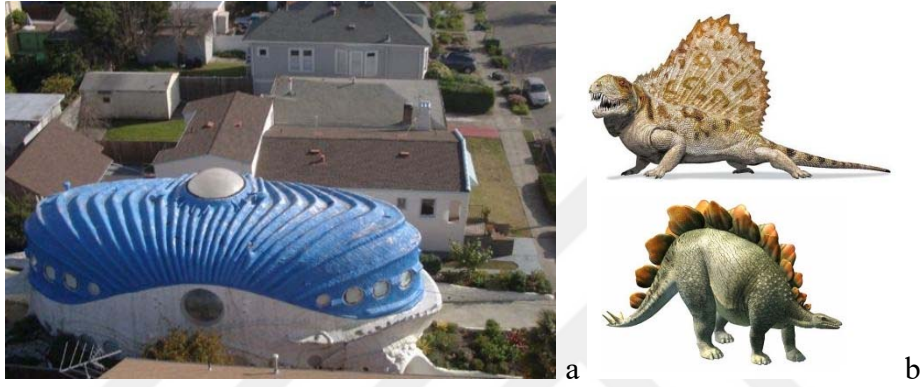
Tsui'nin evrimsel mimarlık uygulamalarından bir tanesi olan Tsui Evi, Florence ve William Tsui için 1993-1995 yılları arasında tasarlanıp inşa edilmiştir. Evin duvarları, kuvvetli depremler tarafından üretilen yanal kuvvetlere karşı direnç kazanılması için içeriye doğru 4 derece açılmıştır. Yapının elips formunun eğrisel sürekliliği, yüzeye gelen yükleri dağıtmakta ve böylece yapıya zarar verebilecek noktasal yükleri önlemektedir. Yapısal bütünlüğe yönelik bu yaklaşım, yüzey alanını en aza indirirken çerçevenin iç gücünü artırmaktadır (Tsui, 1999).



Şekil 95. Tsui Evi (a) (URL-111, 2019), (b) (URL-112, 2019).

Tsui Evi'nin dış duvarları kıvrılarak, yüzey çevresindeki rüzgâr akımlarının dağıtılması mümkün olmuştur. Böylece düz yüzeylerde oluşan rüzgâr problemlerinin engellenmesi sağlanmış ve yangına karşı da etkili bir önlem alınmıştır. Bununla birlikte, binadaki çukurlu yüzey rüzgâr sürtünmesini hafifleterek aerodinamik biçimin verimliliğini artırmaktadır (Tsui, 1999).

Tsui Evi, bölgenin çeşitli doğal unsurlarına aktif olarak yanıt verebilen canlı bir organizma gibi tasarlanmıştır. Evin üst kısmının büyük bir kısmını kaplayan yüzeyaltı güneş hava tüpleri gün boyunca güneş tarafından ısıtılmaktadır. Gece vakti ise depolanan ısı evin iç kısmına geri yansıtılmaktadır. Bu ısıtma sistemi mantığı, *Dimetrodon* ve *Stegosaurus* isimli canlıların kemik ve kılcal yapıları incelenerek tasarlanmıştır. Her iki sürüngenin arka kısmındaki plaka yapıları, kan damarlarıyla çevrelenmiştir. Güneş bu plakaları ısıtarak bu canlıların vücut ısını düzenlemeye yardımcı olmaktadır (Tsui, 1999).

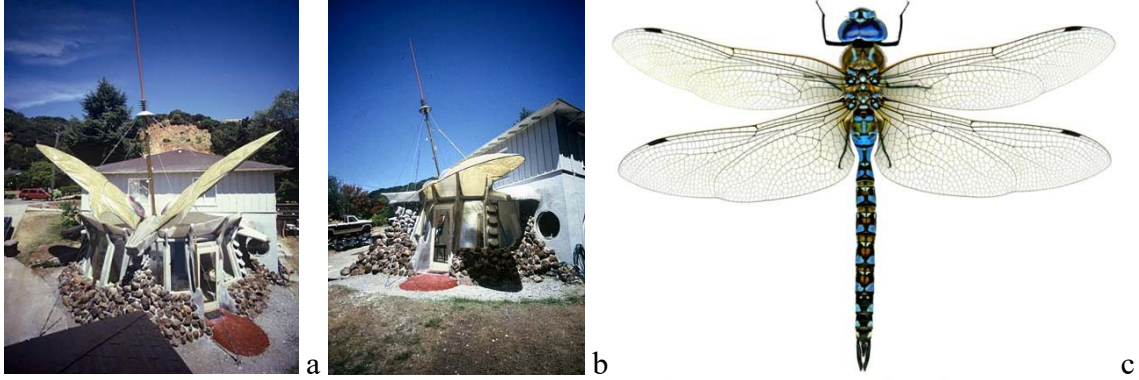


Şekil 96. Tsui Evi'nin çatı kısmındaki ısıtma sistemi ve esinlendiği canlılar (a) (URL-113, 2019), (b) (URL-114 ve 115, 2019).

1991-1993 yılları arasında Vince ve Remy Reyes için tasarlanıp inşa edilen Reyes Evi, Tsui'nin evrimsel mimarlık uygulamalarından bir tanesidir. Bu projede evin mevcut halinin zemin katı yeniden planlanmış ve eve bitişik yeni bir oda eklenmiştir. Yapının doğayı temel alarak tasarlanan ek bölümü, hareket eden parçarıyla çevresel, teknolojik ve programa ilişkin ihtiyaçlara cevap vermektedir. Mimarlığın statik bir makine olmadığını dile getiren Tsui, yapıda hareketli mekanizmalar kullanarak, canlı bir organizma gibi değişen ihtiyaçlara cevap verebilen bir yapı tasarlamayı amaçlamıştır (Tsui, 1999).

Çalışmada uygulanacak olan hareketli hafif yapıların daha iyi kavranması için Yusuçuk (*Dragonfly*) canlısından faydalanılmıştır. Yapıda cam, ahşam ve taştan oluşan kesik koni biçimindeki alt kısmın üzerine kanat benzeri bir çatı yerleştirilmiştir. Açılıp kapanabilen çatı sayesinde, serin rüzgâr ve güneş ışınları yapı içerisine doğrudan girebilmekte ve böylece iç mekânın ısısal konforu sağlanmaktadır. Yapı, kavisli formları sayesinde, etkiyen kuvvetlere düz ve açılı yüzeylerden daha fazla dirençlidir. Kesik konik form sayesinde soğutma işlemi etkili bir şekilde gerçekleştirilmektedir çünkü sıcak hava

yükselip yapının dışına uzaklaşmaktadır. Bu kapsamda, projede pasif ısıtma ve soğutma sistemleri kullanılmıştır (Tsui, 1999).



Şekil 97. Reyes Evi ve Yusufçuk canlısı (a) (URL-116, 2019), (b) (URL-117, 2019), (URL-118, 2019).

İfade edildiği üzere Tsui, canlıların evrimsel süreçler sonucunda ürettiği çözümleri, mimari tasarımlara uygulamaktadır. Binaları yaşayan birer organizma olarak değerlendiren Tsui, çevre ile etkileşim içerisinde bulunan ve tepki veren dinamik bir mimarlık anlayışı kurgulamaktadır. Bu kapsamda, geçmişin ve günümüzün mimari birikimine atıf yapmayan ve yüzünü doğanın evrimsel bilgeliğine çeviren bir mimari tasarım yaklaşımı geliştirmektedir.

3.2. Evrimsel Mimarlığın Kuramsal Temelleri

Evrimsel mimarlık kuramlarının kuramsal ve teknik altyapısı incelendiğinde, evrimsel mimarlık düşüncesinin genel bağlamda teknoloji-biyoloji-mimarlık üçgeninde yer aldığı görülmektedir. Bu bağlamda canlıların oluşum biçimlerinin gen-çevre ilişkileri üzerinden evrimsel mekanizmaların işleyişlerine bağlı olduğunun keşfedilmesi, genetik bilimindeki gelişmeler ile birlikte canlıların genetik kodlarının okunabilmesi ve gen-çevre-evrim ilişkisinin geliştirilen bilgisayar teknolojileri aracılığıyla birlikte evrimsel ve genetik algoritmalar aracılığıyla bilgisayar ortamına aktarılabilmesi; doğadan ilham alırken tüm yaşamı ve canlıları biçimlendiren evrimsel mekanizmaların mimari tasarımda girdi olarak kullanılabilmesini gündeme getirmiştir. Böylece orjinal bir tasarım yaklaşımı olan “Evrimsel Mimarlık” ortaya çıkmıştır. Evrimsel mimarlığın kuramsal temellerini evrim kuramı,

genetik ve hesaplamalı tasarım sistemleri oluşturmaktadır. Evrimsel mimarlığın daha iyi anlaşılması için kuramsal temelleri hakkında bilgi verilmesi gerekmektedir.

3.2.1. Evrim Kuramı

Evrim sözcüğü Latince açmak, teşhir etmek ve ortaya çıkarmak anlamına gelen *evolvere* ve *evolutionem* sözcüklerinden gelmektedir (URL-119, 2019), (URL-120, 2019). Sözlük anlamı olarak ise evrim, (1) “kademeli bir değişim ve gelişim süreci”, (2) “canlıların milyonlarca yıllık değişimi ve gelişimi” olarak tanımlanmaktadır (URL-121, 2019). Günümüzde genel olarak değişim anlamında kullanılan evrim sözcüğü, bilim dünyasında evrenin ve dünyanın oluşum sürecindeki değişimler için de kullanılabilir. Evrim sözcüğü, bilim dünyasında evrenin ve dünyanın oluşum sürecindeki değişimler için de kullanılabilir.

Biyolojik ya da organik evrim ise, “organizma gruplarının özelliklerinde nesiller boyunca meydana gelen kalıtsal değişimler” olarak tanımlanmaktadır (Futuyma ve Kirkpatrick, 2017). Evrim sözcüğü, biyoloji ile ilişkili bir terim olarak ilk kez 1670 yılında, böceklerin olgunlaşma sürecindeki değişimleri ifade etmek için kullanılsa da, modern bilimdeki biyolojik evrim anlamında, Charles Darwin’in Türlerin Kökeni isimli kitabının 1873 yılındaki basımında kullanılmıştır (Ayala, 2016).

Biyolojik evrim düşüncesinin kökenleri antik döneme kadar uzanmaktadır. Antik dönemdeki filozoflar, modern biyolojinin öne sürdüğü bağlamdaki evrim kavrayışına sahip olmasalar da, Platon’un Özcülük (essentializm) felsefesinin karşısında durarak, biyolojik çeşitliliğin kökeni hakkında doğal mekanizmaları öneren fikirler geliştirmişlerdir. Epikuros, dünyanın boş uzayda hareket eden küçük parçalardan ya da atomlardan oluştuğunu ifade ederek, doğanın sürekli bir akış ve değişim içerisinde olduğunu iddia etmiştir (Allen, 2014). Anaksimander, hayvanların bir türden diğerine dönüşebileceği, Empedokles ise hayvanların daha önceden var olan parçaların çeşitli bileşimlerinden oluşuyor olabileceği fikrini ileri sürmüştür (Ayala, 2016).

Aristoteles Platon’un özcülük (essentializm) felsefesini geliştirerek türlerin sabit özelliklere sahip olduğu sonucuna varmıştır (Futuyma, 2008). Aristoteles felsefesinin iki yönü evrim düşüncesinin gelişimine zarar vermiştir. Birincisi, dünyadaki değişimlerin her zaman, sabit nihai bir hedefe yönelik olması, ikincisi ise bu hedefin bir amaca sahip olduğunu öne süren yaklaşımdır. Bu kapsamda doğanın, amaçlı sonlara yönelik bir güdüsünün olduğu düşüncesi değişim ve evrim fikrinin gelişimini engellemiştir (Allen, 2014).

Aziz Augustinus, bütün türlerin temsilcilerinin Nuh'un gemisine sığmasının mümkün olmadığını dile getirerek, bazı türlerin Tanrı'nın yarattığı eski canlılardan geliştiğini ifade etmiştir (Ayala, 2016). Hristiyanlar genel olarak Genesis'teki yaratılış açıklamalarını inceleyerek her türün bugünkü haliyle Tanrı tarafından özel olarak yaratıldığını öne sürmüşlerdir (Futuyma ve Kirkpatrick, 2017). Bu kapsamda değişimi ilk yaratılıştaki eksiklik olarak gördükleri için doğayı sürekli ve değişmez olarak kavramışlardır (Futuyma, 2008).

18. yüzyılda birçok doğa filozofu canlı türlerinin doğal sebepler aracılığıyla ortaya çıktığını söylemiştir. Pierre Louis Maupertuis, canlı organizmaların kendiliğinden ortaya çıkabileceğini ve soylarının tükenebileceğini ileri sürmüştür (Ayala, 2016). Comte de Buffon, bazı gruplar içerisinde türlerin dönüşümünün gerçekleşebileceğine dair fikir yürüterek, türlerin doğal süreçlerle dönüşümünü sistematik olmayan bir dil ile desteklemiştir. *Systema Naturae* isimli çalışması ile modern taksonominin çerçevesini kuran Carolus Linnaeus, bütün bitki ve hayvanların Tanrı tarafından yaratıldığına ve Tanrı'nın ilahi planını ortaya koyan doğal gruplara yerleştirilebileceğine inanarak türlerin değişmez olduğunu düşünmüştür (Allen, 2014). Charles Darwin'in dedesi Erasmus Darwin ise, evrim ve ortak atadan türeme hakkında fikirler yürütse de sistematik bir açıklama yapmamıştır (Ayala, 2016).

Evrimsel düşüncenin sistematik temelleri, yıldızların ve gezegenlerin kökenlerine dair teoriler geliştiren gökbilimciler ile dünyanın kutsal kitaplarda yazanlardan çok daha yaşlı olduğu, birçok değişim geçirdiği ve günümüzde soyu tükenmiş olan birçok canlıyla dolu olduğu hakkında veriler toplayan jeologlar tarafından ortaya koyulmuştur (Futuyma ve Kirkpatrick, 2017). Bu kapsamda, jeolog James Hutton ve Charles Lyell'in, günümüzde işleyen süreçlerin geçmişte de aynı şekilde işlediğini ve bu sebeple günümüzdeki neden-sonuç ilişkileri ile jeolojik gözlemlerin yorumlanabileceği fikri Darwin'in evrim kuramını geliştirmesinde büyük etki sahibi olmuştur (Futuyma, 2008).

Darwin öncesi en önemli evrimsel hipotez, Chevalier de Lamarck tarafından Zooloji Felsefesi (*Philosophie Zoologique*) isimli kitabında öne sürülmüştür. Lamarck farklı organizmaların, cansız maddelerden kendiliğinden oluşma yoluyla ortaya çıktığını ifade etmiştir (Futuyma, 2008). Organizmalar buldukları ortam ve kendi güdülerini aracılığıyla daha karmaşık formlara dönüşmektedir (Allen, 2014). Lamarck'a göre her türün birbirinden farklı olmasının sebebi ise farklı ihtiyaçlara sahip olmalarından dolayı bazı organ ve uzuvlarını diğerlerinden daha fazla kullanmasıdır. Bu kapsamda daha fazla kullanılan

organın güçleneceği ve kullanmayan organın ise köreleceğini ileri sürmüştür. Bununla birlikte Lamarck, canlı bireyin yaşamı boyunca edindiği değişikliklerin sonraki nesillere aktarıldığına inanmıştır (Futuyma, 2008). Lamarck'ın evrim hipotezinde evrim süreci bir ilerlemeyi ifade etmekte ve insan bu sürecin son aşamasını oluşturmaktadır (Ayala, 2016). Türlerin bir formdan diğerine dönüşümü ise soylar dallanmadan ve tükenmeden gerçekleşmektedir (Ridley, 2004).

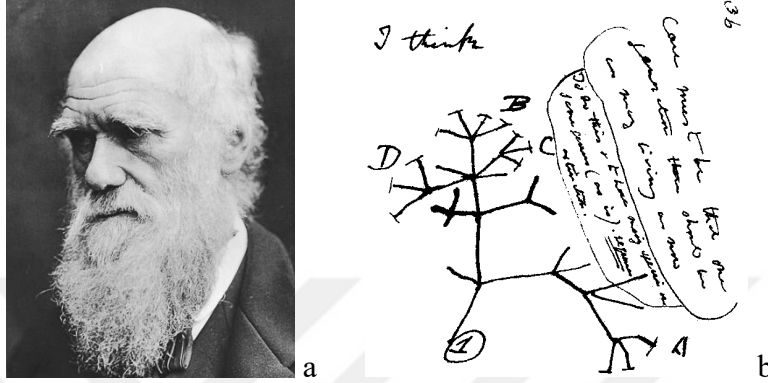
Görüldüğü üzere, doğa bilimciler ve felsefeciler Darwin'den önce türlerin dönüşümü ile ilgilenip bu olgu hakkında bazı fikirler yürütmüş olsalar da sistematik bir açıklama yapamamışlardır. Bu bağlamda, evrimsel biyolojinin tarihi gerçek anlamıyla, Charles Darwin'in *Türlerin Kökeni* isimli kitabını 1859 yılında yayınlamasıyla başlamaktadır (Ridley, 2004). Darwin'in evrim kuramı, Platon ve Aristoteles'ten beri hâkim olan türlerin sabit özelliklere sahip olduğu fikrine karşı bir meydan okuma olarak değerlendirilmektedir (Futuyma ve Kirkpatrick, 2017).

Darwin, *Türlerin Kökeni* isimli kitabında iki büyük teori ileri sürmüştür. Bunlardan birincisi, değişerek türeme fikridir. Darwin bu teorisinde, yaşayan ve soyu tükenmiş olan bütün canlı türlerinin, kesintisiz olarak bir veya birkaç orijinal yaşam formundan köken alarak evrimleştiğini iddia etmektedir. Ortak atadan ayrılan türler ilk başta çok benzer olsa da uzun bir zaman aralığından sonra birbirlerinden radikal biçimde farklılaşabilmektedir. İkincisi ise, evrimsel değişimin temel nedeni olarak öne sürdüğü doğal seçilimdir (Futuyma ve Kirkpatrick, 2017).

Darwin, herhangi bir organik varlığa faydalı mutasyonlar meydana gelirse, bu bireylerin yaşam mücadelesinde korunma şansının daha yüksek olacağını ve kalıtım ilkesi gereğince kendilerine benzer karakterize edilmiş yavrular üreteceğini ileri sürmüştür. Bu koruma ilkesi ya da en uygun olanın hayatta kalmasını ise doğal seçim olarak isimlendirmiştir (Darwin, 1859). Darwin'in evrim teorisi olarak isimlendirilen kuram aslında beş farklı kuramdan oluşmaktadır (Mayr, 1982):

1. Evrim: Dünyanın sabit değil, devam eden bir evrim sürecinin ürünü olduğu fikridir.
2. Ortak Köken: Türlerin ortak atalardan sürekli dallanma işlemi ile köken aldığı fikridir.
3. Kademeli Değişim: Çeşitli organizmalar arasındaki farklılıkların sıçramalarla değil, küçük adımlarla ara formlar aracılığıyla gerçekleştiği fikridir.

4. Toplumsal Değişim: Evrimin bir popülasyon içerisindeki farklı özelliklerdeki bireylerin oranlarındaki değişimlerle gerçekleştiği fikridir.
5. Doğal Seçilim: Değişen çevre koşullarına en iyi uyum sağlayan canlıların hayatta kalacağı ve üreyerek neslini devam ettireceği fikridir.



Şekil 98. Charles Darwin ve ortak köken kuramı çizimleri (a) (URL-122, 2019), (b) (URL-123, 2019).

Darwin'den sonra evrimsel biyoloji; genetik, moleküler biyoloji ve fosilbilim alanlarındaki ilerlemeler sayesinde birçok gelişme yaşayarak günümüzdeki halini almıştır. Modern evrim kuramında canlılardaki evrimsel değişim, çeşitlilik mekanizmaları ve seçilim mekanizmaları olmak üzere iki temel grupta incelenmektedir (Bakırcı, 2017). Çeşitlilik mekanizmaları Gen Akışı (Göç), Genetik Sürüklenme, Mutasyonlar, Crossing-Over, Transpozonlar, Plazmidler, Yatay Gen Transferi ve Virüsler olarak sıralanmaktadır (Bakırcı, 2019b). Çeşitlilik mekanizmaları bir organizmanın genetik yapısında evrimsel değişime sebep olan her türlü etmen olarak olarak tanımlanmaktadır (Bakırcı, 2017). Çeşitlilik mekanizmalarının her biri şu şekilde açıklanmaktadır:

1. Gen Akışı (Göç): Evrimsel anlamda, farklı genlerin popülasyonlar arasındaki hareketini ifade etmektedir. Evrimsel biyologlara göre göç, gen akışı anlamına gelmektedir. Gen alelleri bir popülasyon havuzundan diğerine transfer edilerek, popülasyonlarda genetik çeşitlilik oluşmaktadır (Freeman ve Herron, 2013).
2. Genetik Sürüklenme: Bir popülasyondaki gen dağılımlarının ölüm, doğal afet ve elenme gibi sebeplerle rastgele biçimde değişmesini ifade etmektedir. Genetik sürüklenmenin genlerin yapısını etkilememekte, genlerin görülme sıklığını değiştirmektedir (Futuyma ve Kirkpatrick, 2017).

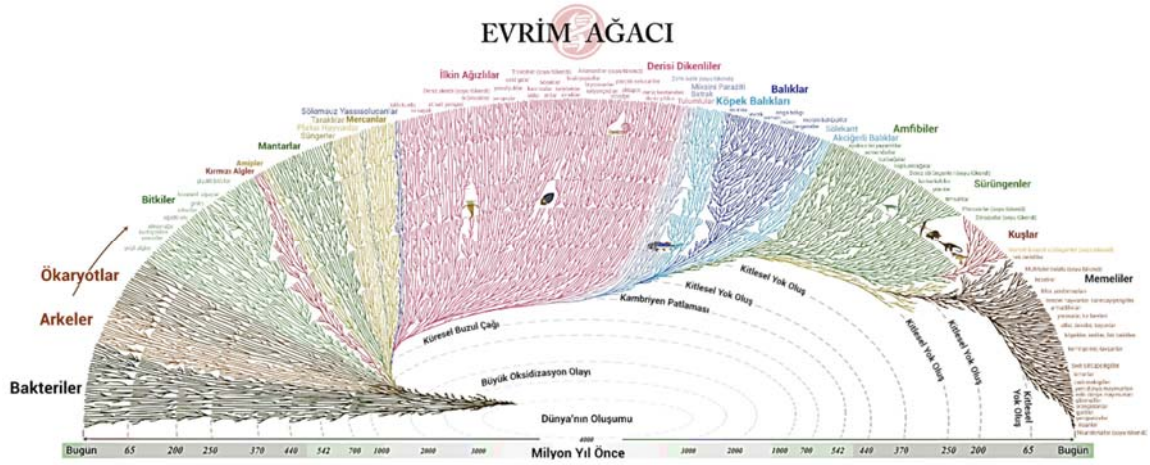
3. Mutasyon: DNA'nın kopyalanması sırasında bazen hatalar yapılmakta ve bu durum organizmanın geni ya da kromozomunun değişimine yani mutasyona sebep olmaktadır. Gendeki değişim sonraki nesillere aktarılırsa popülasyonun genetik çeşitliliğinde evrimsel değişim ortaya çıkmaktadır. Mutasyonlar organizmalardaki genetik çeşitliliğin en önemli mekanizması olarak görülmektedir (Futuyma ve Kirkpatrick, 2017).
4. Crossing-Over (Gen Çaprazlanması): Mayoz bölünme sırasında homolog kromozomlar arasında gerçekleşen gen aktarımıdır (Sadava vd., 2011). Gen aktarımı sayesinde organizmalar arasında genetik çeşitlilik oluşmaktadır.
5. Transpozonlar: Aynı hücre içerisinde bir bölgeden farklı bölgelere hareket edip yerleşebilen DNA parçalarıdır (Sadava vd., 2011). Transpozonlar organizmanın çeşitli genetik değişimler geçirmesine sebep olabilmektedir.
6. Plazmidler: DNA'dan bağımsız olarak var olan, kendilerini kopyalayabilen küçük DNA halkalarıdır (Freeman ve Herron, 2013). Hücreler arasında hareket edebilmekte ve gen aktarımı sağlayabilmektedir (Sadava vd., 2011).
7. Yatay Gen Transferi: Genlerin, ebeveynlerinden yavrularına (dikey) değil, aynı ya da farklı türlerin organizmaları arasında aktarılmasıdır (Futuyma, 2008). Yatay gen transferi plasmid ve virüs gibi mikrobik canlıların aracılığıyla gerçekleşmektedir (Freeman ve Herron, 2013).
8. Virüsler: Genler virüsler aracılığıyla bir canlıdan diğeri aktarılabilen ve böylece genetik çeşitliliği etkileyebilmektedir (Freeman ve Herron, 2017).

Seçilim mekanizmaları ise doğal seçilim, yapay seçilim, cinsel seçilim ve akraba seçiliminden oluşmaktadır (Futuyma ve Kirkpatrick, 2017). Çeşitlilik mekanizmaları organizmalarda sürekli olarak rastgele biçimde farklılık ve çeşitlilik yaratırken, seçilim mekanizmaları ortaya çıkan farklılıkları ayıklayarak işlevsel değişimler olarak yansımaları sağlamaktadır (Bakırcı, 2017). Evrimsel sürecin önemli bir parçası olan seçilim mekanizmaları şu şekilde açıklanmaktadır:

1. Doğal Seçilim: Farklı biyolojik varlık sınıfları arasındaki uygunluk (fitness) farklılığıdır. Doğal seçilimde uyum başarısı; canlının üreme dönemine kadar yaşama olasılığı ve döl sayısı üzerinden ölçülmektedir (Futuyma ve Kirkpatrick, 2017).
2. Yapay Seçilim: Canlı organizmalarda belirgin bir özelliğin ortaya çıkması ve baskın olması için yapılan bilinçli seçilim müdahalesidir (Freeman ve Herron,

2013). Bu kapsamda istenen özelliklerdeki canlılar birbirleriyle çiftleştirilerek, istenen özelliğin gen dağılımının popülasyonda artırılması sağlanmaktadır.

3. Cinsel Seçilim: Canlıların üreme konusundaki tercihlerinin oluşturduğu seçim baskısıdır. Temel amaç, canlının, eş adaylarına kendisinin daha sağlıklı ve üstün olduğunu gösterebilmesidir (Bakırcı, 2017). Genlerini bir sonraki nesile aktarılabilen canlılar cinsel seçim açısından daha başarılı olmaktadır.
4. Akraba Seçilimi: Canlılar dünyasında bireylerin kendilerine yakın akraba olan bireyler için fedakarlık yapması durumudur (Freeman ve Herron, 2017). Bu durumda fedakarlık yapılan birey hayatta kalmakta, diğerleri ise elenmektedir.



Şekil 99. Bütün canlıların ortak atalardan köken aldığı yaşam ağacı (URL-124, 2019), (URL-125, 2019).

Evrin kuramı ve mekanizmalarının ortaya koyulması ile birlikte doğanın statik ve durağan olduğu düşüncesi yerini, evrim kuramının dinamik, değişken ve dönüşen doğa düşüncesine bırakmıştır. Söz konusu paradigma değişimi, mühendislik ve temel bilimlerle birlikte, mimarlığı da etkilemiştir. Evrimsel mimarlıkta mimarlar doğanın bilgeliğinden, evrimsel mekanizmaların işleyiş dinamiklerini analiz edip mimari tasarım sürecinde kullanmaya çalışarak faydalanmaya çalışmaktadır.

3.2.2. Genetik

Gen sözcüğü Yunanca'da "kuşak, nesil, ırk" anlamına gelen *genea* sözcüğünden, genetik sözcüğü ise Yunanca'da "kaynak" anlamına gelen *genetikos* ve "köken" anlamına

gelen *genesis* sözcüklerinden gelmektedir (URL-126, 2019), (URL-127, 2019). Sözcük anlamı olarak gen, bitki ve hayvanların fiziksel gelişimini, davranışını kontrol eden DNA parçası olarak tanımlanmaktadır (URL-128, 2019). Günümüzde farklı bağlamlara göre farklı tanımları yapılırsa da gen, genel anlamda “kalıtımın fonksiyonel birimi” olarak bilinmektedir (Futuyma ve Kirkpatrick, 2017). Genetik ise, genlerin yapısı, işleyişi ve kalıtımını bilimsel olarak inceleyen bilim dalıdır (Sadava vd., 2011).

Genetik disiplininin kökenleri Antik Yunan’da yaşamış olan Hipokrat’a kadar uzanmaktadır. Hipokrat’ın teorisine göre, vücudun her kısmı daha sonra üreme hücrelerinde (semen) toplanacak olan bir şey üretmektedir. Bunlar yavruların karakterlerine dönüşeceği için katılımın maddi temeli olarak görülmektedir. Aristoteles kimi zaman bireylerin yakın ebeveynlerine değil, daha uzak geçmişte yaşamış olan atalarına benzediğini ileri sürerek bu görüşe karşı çıkmıştır. Daha sonra edinilen karakterlerin kalıtımını kabul etse de, yavrular tarafından miras alınan şeyin herhangi bir anlamda karakter değil, onları üretme potansiyeli olduğu sonucuna varmıştır (Sturtevant, 2001).

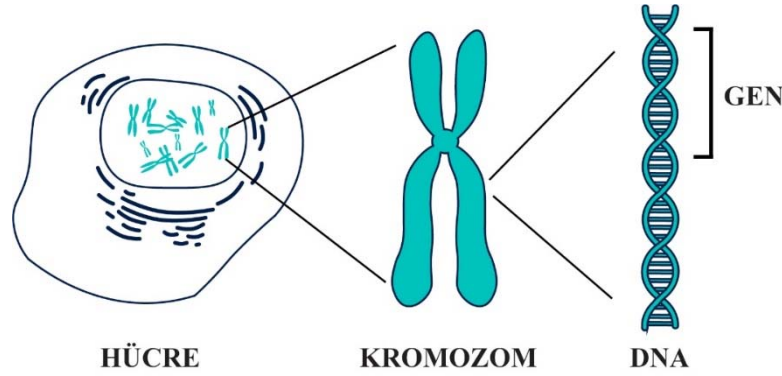
Aristoteles ve Gregor Mendel arasında geçen zaman diliminde kalıtım hakkında çok az yeni fikir ortaya koyulmuştur. Gregor Mendel’den önce, kalıtsal bir mekanizma için ortaya koyulan teoriler, deneylere değil büyük ölçüde mantık ve spekülasyona dayanmaktadır (Britannica Encyclopedia, 2009). Aristoteles’ten Mendel’e, edinilen karakterlerin kalıtımı fikrini kabul edenler ve kalıtım hakkındaki teorilerini bu temel üzerine kuranlar arasında Galen, Gaius Julius Solinus, Thomas Aquinas, Roger Bacon, Andreas Vesalius, John Ray, Comte de Buffon, Jean-Baptiste Lamarck, Erasmus Darwin, Charles Lyell ve Charles Darwin gibi isimler sayılabilmektedir (Zirkle, 1946).

Genetik disiplininin ne zaman ortaya çıktığı sorusunun kesin bir cevabı olmasa da Gregor Mendel’in bezelye üzerinde yaptığı deneysel çalışmaları metot açısından bir kırılma noktası olarak değerlendirilmektedir (Gayon, 2016). Manastır bahçesinde birçok çapraz tozlaşma deneyi gerçekleştiren Mendel, elde edilen neslin özelliklerinin kesin matematiksel oranları, kalıtsal birimlerin varlığı ve bu birimlerin cinsiyet hücrelerinin oluşumu sırasında ayrıldığını keşfetmiştir (Britannica Encyclopedia, 2009). Böylece Mendel kalıtım birimleri ve bağımsız çeşitlilikler olarak adlandırdığı genlerin nasıl iletilildiğini açıklamıştır (Portin, 2002).

Mendel’den sonra Thomas Hunt Morgan ve üç meslektaşı ise genlerin bir dizi üzerindeki boncuklar gibi kromozomlar üzerinde yer aldıklarını ifade ederek, katılımın kromozomal teorisini ortaya koymuşlardır (Portin, 2002). Mendel’in görüşüne göre gen,

ayrık bir şekilde iletilebilen ve fenotip üzerinde etkiye sahip bir fonksiyon ünitesiydi. Fakat kalıtımın kromozomal teorisinde gen ayrıca bir rekombinasyon birimi olarak görülmeye başlanmıştır. Sonraki süreçte genlerin sistemdeki belirli reaksiyonları enzim olarak hareket ederek ya da enzimlerin özelliklerini belirleyerek kontrol ettiği ve düzenlediği keşfedilmiştir (Gayon, 2016).

1940'lı yıllarda yapılan çalışmalarda bakterilerde dönüşüme neden olan maddenin DNA olduğunun anlaşılması ile birlikte genlerin DNA'dan oluştuğu fark edilmiştir. Böylece kalıtımın DNA teorisi ortaya koyulmuştur (Portin, 2002). Fakat DNA'nın kalıtsal özellikleri taşıyan molekül olduğunun net olarak anlaşılması ancak Francis Crick ve James Watson'ın DNA molekülünün yapısını 1953'teki keşfinden sonra gerçekleşmiştir. Bu keşif, 1950 ve 1960'lı yıllarda moleküler biyolojide, genetik kodun keşfi ve genin ifadesinin düzenlenmesine ilişkin ilk modelin geliştirilmesi gibi birçok önemli gelişmeyi tetiklemiştir. 1960'lı yıllarda genin moleküler tanımlaması "bir proteinin amino asit dizisini kodlayan bir DNA dizisi" biçiminde yapılmıştır. Fakat 2000'li yıllara doğru genlerin birçok çeşidi ve kalıtsal materyalin işleyişinin detayları keşfedildikçe, yalnızca moleküler kriterler temelinde genin genel bir tanımını yapmanın zorluğu fark edilmiştir. Bu kapsamda gen tanımları bilimsel bağlama göre değişebilecek şekilde yapılmaktadır (Gayon, 2016).



Şekil 100. Hücre, kromozom, DNA ve gen ilişkisi (URL-129, 2019).

Darwin evrim kuramına dair birçok mekanizmayı ortaya koysa da kalıtım hakkında neredeyse hiçbir şey bilmemekteydi. Fenotiplerin kalıtsal olduğunu bilse de, bunun hangi mekanizma ile gerçekleştiği hakkında bir fikri yoktu. Darwin'den sonra, genetik bilimindeki gelişmeler sayesinde, bir organizmanın temel planı olan genomların tamamı sıralanarak

genetik çeşitlilik kapsamlı bir şekilde tanımlanabilmeye başlanmıştır (Hoekstra ve Catherine, 2014).

Canlıların genetik haritasının çıkarılması işlemi küçük genoma sahip canlılar başlamış, insan da dahil olmak üzere büyük genoma sahip canlılar ile devam etmiştir. Yalnızca günümüzde yaşayan değil, soyu tükenmiş canlıların da genom dizileri analiz edilmeye başlanmış ve zaman içerisindeki değişimler ortaya çıkarılmıştır (Hoekstra ve Catherine, 2014). Bu kapsamda en öne çıkan projelerden bir tanesi 1990-2003 yılları arasında gerçekleştirilen İnsan Genom Projesi'dir. Bu projede, insan kromozomlarının genetik içeriğinin dizileri ortaya çıkarılmıştır (Fridovich-Keil, 2019). Canlıların genom dizilerinin karşılaştırılabilmesi evrimsel süreçlerin anlaşılmasına önemli ölçüde ışık tutmaktadır.

Genetik disiplinindeki gelişmeler sayesinde evrimsel mekanizmaların işleyişi genetik kod düzeyinde anlaşılmaya başlanmıştır. Böylece evrimsel mekanizmaların çalışma ilkelerinin mimari tasarıma aktarılması mümkün olmaya başlamıştır. Bu kapsamda genetik, evrimsel mimarlığın temellerini oluşturan etmenlerdendir.

3.2.3. Hesaplamalı Tasarım

Türkçe'de "hesaplama" anlamına gelen "computation" sözcüğü, Latince'de "hareket, işlem veya aritmetik hesaplama yöntemi" anlamına gelen *computationem* sözcüğünden köken almaktadır (URL-130, 2019). Sözcük anlamı olarak ise hesaplama, bir makine kullanarak bir cevap veya miktarın hesaplanması işlemi olarak tanımlanmaktadır (URL-131, 2019). Hesaplama sözcüğü, geçmişten günümüze basit matematiksel işlemlerden karmaşık algoritmik süreçlere kadar birçok durumu nitelendirmek için kullanılmıştır. Günümüzde hesaplama, bir algoritmayı çalıştırma durumu olarak tanımlanmaktadır. Bu kapsamda, bir cihazın hesaplama yaptığını söylemek cihaz ile algoritma ve mimarının biçimsel tanımlaması arasında belirli bir türde modelleme ilişkisinin olduğunu ifade etmektedir (Copeland, 1996).

Hesaplamalı tasarım sistemlerinin tarihçesi, Alan Turing'in hesaplama üzerine çalışmalarından, günümüzdeki yapay zeka ve makine öğrenmesi çalışmalarına uzanmaktadır. Bu kapsamda, Turing'in (1937) evrensel hesaplama makinesi, Neumann'ın (1966) kendi kendini inşa eden otomasyon, Wolfram'ın (1984) hücresel otomasyon, Goldberg'ın (1989) genetik algoritma ve makine öğrenmesi, Holland'ın (1992) uyarlanabilir modellerin geliştirilmesi hakkındaki çalışmaları hesaplamalı tasarım sistemlerinin

gelişiminde büyük rol oynamıştır. Bu sistemlerin geliştirilmesi sayesinde yapay ya da doğal fiziksel bir fenomenin matematiksel karşılığı bilgisayar ortamına aktarılabilmekte ve simüle edilebilmektedir. Hesaplamalı sistemlerin geliştirilmesi sadece mimarlık değil mühendislik, biyoloji ve genetik gibi birçok alandaki gelişmeleri etkilemiştir.

Hesaplamalı sistemlerin mimarlıkta kullanımı iki boyutlu çizim, üç boyutlu modelleme, yapı bilgi modelleme (building information modelling), tasarım hesaplaması (algoritma) ve makine öğrenimi dönemi olmak üzere beş farklı dönemde özetlenmektedir (Wintour, 2018). İki boyutlu çizimleri kapsayan ilk dönemde taslak, eskiz ve planlar taklit edilerek iki boyutlu çizilmeye çalışılmıştır. Bu dönemde Sutherland (1964), Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) programlarının ilki olarak Sketchpad programını geliştirmiştir. Mimarlıktaki birinci dijital dönüşüm olarak nitelendirilen, üç boyutlu modelleme dönemi 1990'lı yıllarda ortaya çıkmıştır. Yeni dijital tektoniğin bir sonucu olarak spline modelleyiciler teknik olarak gelişmeye ve eğri çizgiler doğrudan ekranda görüntülenmeye başlamıştır (Carpo, 2013). Bu dönemde 3D Studio Max, Rhinoceros ve Maya gibi programların ilk versiyonları geliştirilmiştir (Wintour, 2018).

Yapı Bilgi Modelleme sistemi bina ve inşaat yönetimi, maliyet kontrolü için geliştirilmiştir. İlerleyen dönemlerde ise tasarım ve yapım için tam teşekküllü bir araç olarak kullanılmıştır (Garber, 2013). Tasarım hesaplaması yani algoritmayı ön plana çıkaran dönemde tasarımcılar artık binanın kendisini değil, binayı ortaya çıkaracak prensip, talimat, komut ve kuralları kodlamaya başlamıştır. Makine öğrenimi ile birlikte ise genetik ve evrimsel algoritma, nöral ağlar ve yapay zeka uygulamaları tasarımın bir parçası haline gelmeye başlamıştır. Bu bağlamda 1990'lı yıllarda gerçekleşen dijital ve hesaplamalı sistemlerdeki gelişmeler yeni yapma tekniklerinin, günümüzdeki hesaplamalı ve dijital devrim ise yeni düşünme yollarının önünü açmaktadır (Carpo, 2017).

Hesaplamalı tasarım tekniklerinin gelişmesi ile birlikte evrimsel hesaplama ve algoritmayı temel alan evrimsel sistemler tasarlanmaya başlanmıştır. Evrimsel hesaplama, karmaşık evrimsel sistemleri daha iyi anlamının bir aracı olarak gören gruplar arasında evrimsel biyologlar, bilgisayar bilimciler ve mühendisler bulunmaktadır. Evrimsel hesaplama, evrimsel biyologlar tarafından doğal evrimsel sistemlerin daha kapsamlı modellerini geliştirmek ve test etmek için kullanılmakta iken, bilgisayar bilimcileri ve mühendisleri ise evrimin gücünü kullanarak yararlı yeni eserler inşa etmeyi amaçlamıştır. Günümüze doğru daha yakın zamanlarda ise yapay yaşam araştırmacıları yeni yapay

evrimsel dünyalar tasarlamak amacıyla evrimsel sistemlere ilgi göstermektedir (De Jong, 2006).

Evrimsel hesaplama sistemleri, evrim kuramında ortaya koyulan seçim ve çeşitlilik mekanizmalarının içsel çalışma prensiplerini evrimsel algoritmalar aracılığıyla farklı biçimlerde dijital araçlara dönüştürmektedir. Bu kapsamda popülasyon büyüklüğü, yavru popülasyon büyüklüğü, mutasyon, rekombinasyon, genetik çaprazlama, doğal seçilimin çeşitleri, adaptasyon ve birlikte evrim gibi mekanizmalar evrimsel hesaplama sistemlerinde kullanılmaktadır (De Jong, 2006). Böylece çağdaş dijital tasarım kültürünün bir bileşeni olan dijital Darwinizm, doğanın ruhunun kavranabileceği ve değerlendirilebileceği bir evren anlayışı ortaya çıkarmaktadır (Carpo, 2012).

Evrimsel mekanizmaların makro ve mikro ölçekte işleyişlerinin matematiksel modellere dökülebilmesi, doğanın evrimsel dinamiklerinin tasarım sürecinde nesnel metotlar aracılığıyla kullanımını mümkün kılmıştır. Bu kapsamda hesaplamalı tasarım sistemleri, evrimsel mimarlığın önemli bir parçasıdır.

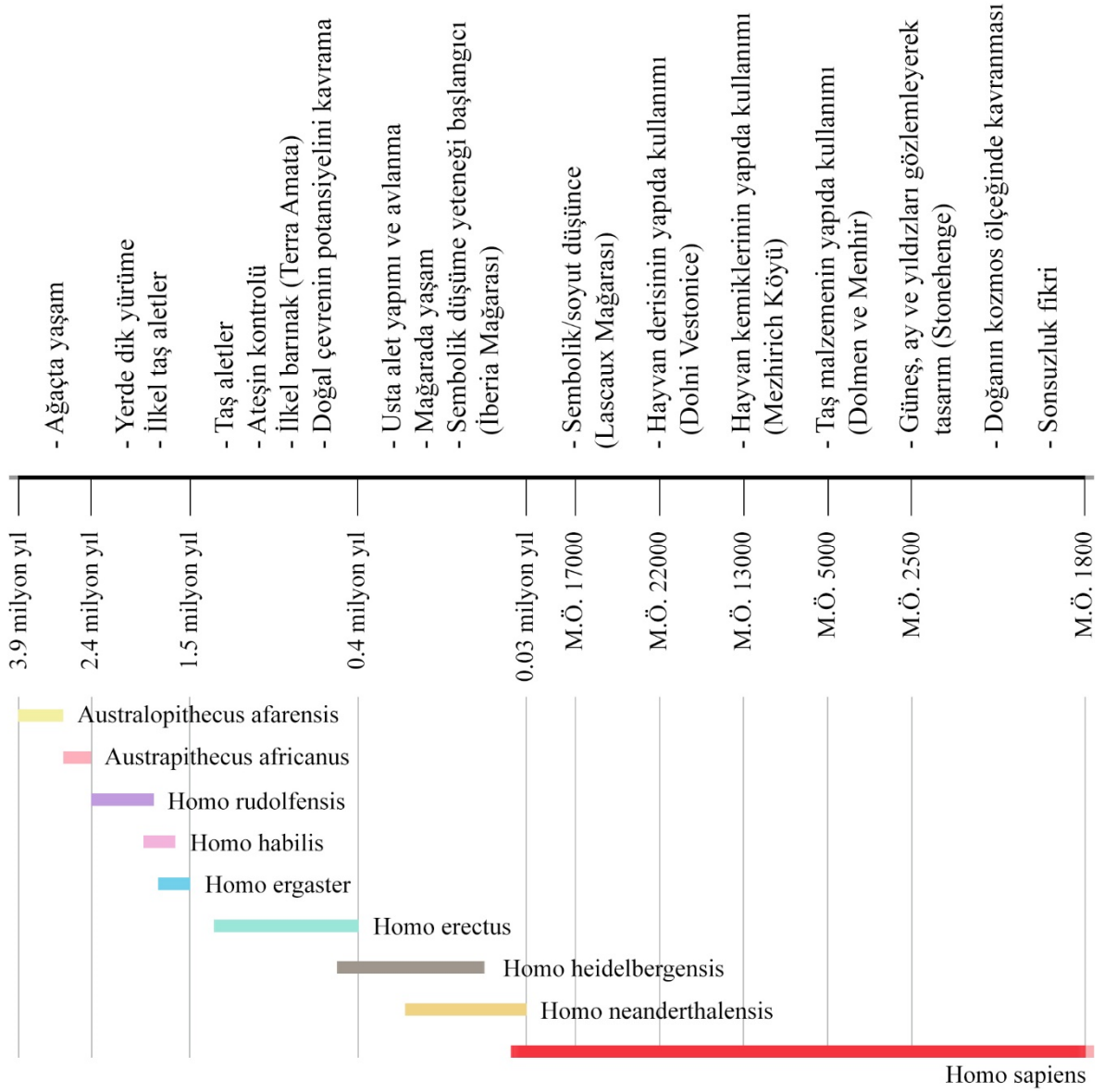
4. BULGULAR VE İRDELEME

Çalışmanın bu bölümünde tarih öncesi dönemden günümüze doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi ve evrimsel mimarlığın kuramsal temellerine dair bulgular ve irdelemeler ortaya koyulmuştur. Birinci bölümde farklı tarihsel dönemlerdeki doğa felsefesi-mimarlık ilişkilerine yönelik çıkarımlar yapılmıştır. İkinci bölümde evrimsel mimarlık-doğa felsefesi ilişkisi değerlendirilmiştir. Üçüncü bölümde ise evrimsel mimarlığın kuramsal temelleri olan evrim kuramı, genetik ve hesaplamalı tasarımın evrimsel mimarlık ile ilişkisi irdelenmiştir.

4.1. Tarih Öncesi Dönemden Günümüze Doğa Felsefesi-Mimarlık İlişkisinin İrdelenmesi

Tarih öncesi dönemde doğa felsefesi-mimarlık ilişkisinin, insan türlerinin Australopithecus afarensis'ten başlayıp Homo sapiens'e uzanan evrimsel yolculuğu incelendiğinde ilk olarak insanların hayatta kalma mücadelesinin ürünleri olarak tasarladığı basit taş aletlerin üretimi ve mağara yerleşmeleri ile başladığı görülmektedir. Doğal çevrenin potansiyelinin farkına varılması ile birlikte ateş kontrol edilmeye başlanmış ve ilkel barınaklar inşa edilmiştir. Doğaya yönelik sembolik düşüncenin gelişimi ile birlikte mağara duvarlarına soyut insan ve hayvan çizimleri yapılmıştır. Hayvanların avlanmasıyla birlikte ise ilkel barınakların yapımında hayvan kemikleri ve postları kullanılmıştır.

Doğanın sonsuz olduğu fikrinin ilk olarak tarih öncesi dönemde yeşermeye başladığı görülmektedir (Dolmen). Güneş, ay ve yıldızların hareketlerinin gözlemlenmeye başlaması ile birlikte doğa kozmos ölçeğinde kavranmaya başlanmıştır (Stonehenge). Bu bağlamda tarih öncesi dönemde doğa felsefesi-mimarlık ilişkisinin hayatta kalma mücadelesi, doğal çevrenin potansiyelinin ilkel farkındalıkları, sembolik düşünce, sonsuzluk ve kalıcılık fikri ve evrenin kozmos ölçeğinde kavranışının ilk örneklerinin mimarlığa yansımaları üzerinden biçimlendiği görülmüştür.



Şekil 101. Tarih öncesi dönemde doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi

Antik Mısır'da doğa felsefesi-mimarlık ilişkisinde Nil Nehri ve güneş, yapıların biçimlenişi ve konum seçiminde oldukça etkili olmuştur. Ma'at kavramı yapılarda düzen ve uyum arayışını tetiklemiştir. Evrenin değişmez düzen ve sürekliliğine olan inanç yapılarda keskin kütesel ve düşeyde yükselen formların kullanımına; insan yaşamının sonsuz döngüsüne yönelik inanç ise kalıcı anıtsal yapıların tasarlanmasına yönlendirmiştir. Bu kapsamda, Antik Mısır'daki dini inanç ve doğal çevre verilerine yönelik farkındalığın mimariye ölçek, konum, form ve malzeme olarak yansıdığı görülmüştür.

DOĞA FELSEFESİ	MİMARLIK
Nil Nehri ve güneş	yapıların konumu ve biçimlenişi
Ma'at kavramı	yapılarda düzen ve uyum arayışı
evrenin değişmez düzen ve sürekliliği	keskin kütleli formlar, düşeyde yükselme
insan yaşamının sonsuz döngüsü	kalıcılık ve anıtsallık
ANTİK MISIR	

Şekil 102. Antik Mısır'da doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi

Antik Yunan'da insanlar doğada gerçekleşen olayların açıklamalarını doğüstü sebeplerde değil, doğal mekanizmalar ve süreçlerde aramıştır. Bu durum onları doğanın kendi işleyişi hakkındaki potansiyellere yönelik akıl yürütmelere yöneltmiştir. Böylece insanın kendi yapısından kozmosun derinliklerine uzanan akıllı devinimleri kavrayıp mikrokozmos-makrokozmos benzerliğini yakalamışlardır. Pythagoras'ın öne sürdüğü, doğanın işleyişinin özünün geometrik biçimlenme ve matematik olduğu düşüncesi ve Platon'un idealar kuramı, mimari tasarımlarda temel geometrik formların kullanımını ve yapı formlarının geometrisine özen gösterilmesini sağlamıştır. Aristoteles'in büyük etkisi ile keşfedilen doğadaki amaç ve yetkinliğe doğru gelişim ise Yunanlı mimarları tasarım, işçilik ve detayda yetkinlik arayışına yönlendirmiştir.

Bu kapsamda, Antik Yunan'da doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi temel olarak doğadaki akıl, amaç, canlılık, yetkinlik ve düzenin keşfi ve doğanın özünün geometri ve matematik olduğu fikrinin mimari yapıların tasarımını etkilemesi üzerinden kurulmuştur. İfade edilen doğa kavrayışının, mimari yapılara ideal oran-orantı, form, denge, düzen, simetri, temel geometrik formların kullanımını ve detay ve işçilikte yetkinlik olarak yansıdığı görülmüştür.

DOĞA FELSEFESİ	MİMARLIK
doğal mekanizma ve dinamikleri inceleme	ideal oran-orantı, düzen, denge ve simetri
doğanın özünü geometrik biçimlenme ve matematik olarak kavrama, idealar kuramı	temel geometrik formların kullanımı, ideal form
doğadaki amaç ve yetkinliğin keşfi	tasarımda, detayda ve işçilikte yetkinlik
doğadaki düzenin keşfi	düzen
ANTİK YUNAN	

Şekil 103. Antik Yunan’da doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi

Antik Yunan felsefesinin etkisi Antik Roma’da da devam etmiştir. Antik Roma’da Yunan felsefecilerinin etkisiyle mimari tasarımlarda temel geometrik formlar kullanılmış ve tasarımda yetkinlik arayışına gidilmiştir. Logos (doğayı ussal kavrayış), doğa ve Tanrı’nın birliği inancı, doğadaki birlik ve düzenin dinsel kavrayışı, tasarımda birlik inancının biçimsel ve sembolik yansımalarını ortaya çıkarmıştır (Pantheon). Başlangıcı ve sonu olmayan Tanrı inancı, yapılarda daire formunun kullanımına yönlendirmiştir. İnsan bedenindeki parça bütün ilişkilerinin keşfi, yapılarda parça-bütün ilişkisine; doğadaki oran-orantının kavranması ise mimari tasarımda oran-orantı ve simetriye dikkat edilmesini sağlamıştır. Bu kapsamda, Antik Roma’da doğa felsefesi-mimarlık ilişkisinde, Antik Yunan felsefesi, Tanrı inancı ve Panteizm’in mimarlığa temel geometrik form, yetkinlik arayışı, parça-bütün ilişkisi, oran-orantı ve simetri olarak yansıdığı görülmüştür.

DOĞA FELSEFESİ	MİMARLIK
Antik Yunan felsefesi etkisi	temel geometrik formların kullanımı, oran-orantı ve simetri, tasarımda yetkinlik
logos, doğa ve Tanrı’nın birliği, başlangıcı ve sonu olmayan Tanrı	birlik inancının biçimsel ve sembolik yansımaları, daire formu (sonsuzluk)
insan bedeninde parça-bütün ilişkisinin keşfi	yapılarda parça-bütün ilişkisi
ANTİK ROMA	

Şekil 104. Antik Roma’da doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi

Erken Hristiyan, Bizans, Orta Çağ ve Gotik dönemlerinde Tanrı'nın merkezde olduğu bir doğa felsefesi ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda doğadaki fenomenler doğal mekanizmalar değil, kutsal kitaplardaki vahiy bilgisi aracılığıyla açıklanmaya çalışılmıştır. Böylece ruha ve Tanrı'nın varoluşuna önem veren yaklaşımın sonucu olarak kilise yapılarında iç mekân tasarımlarına daha fazla önem verilmiş ve ışık aracılığıyla mistik atmosferler oluşturulmuştur. Platon'un idealar kuramının etkisiyle yapıların tasarımında yine temel geometrik formlar kullanılmıştır. Bununla birlikte kubbe ile örtülmüş yeryüzü inancının mimariye yapının kubbe ile örtülmesi biçiminde yansıdığı görülmüştür.

DOĞA FELSEFESİ	MİMARLIK
Tanrı merkezli doğa kavrayışı	iç mekan tasarımına verilen önem
Hristiyanlığın ruhu önemsemesi	iç mekanda ışığın mistik kullanımı
Platon'un idealar kuramı etkisi	temel geometrik formların kullanımı
kubbe ile örtülmüş yeryüzü inancı	kubbe tasarımı
ERKEN HRİSTİYAN-BİZANS ORTA ÇAĞ	

Şekil 105. Erken Hristiyan, Bizans ve Orta Çağ'da doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi

Geç Orta Çağ döneminde yükselişe geçen Yüksek Skolastik felsefesindeki açıklığa kavuşturma ilkesi Gotik mimarlığa saydamlık ilkesi olarak yansımıştır. Bu kapsamda yapılarda daha büyük pencereler kullanılarak Tanrı'nın varlığının mistik atmosferini ifade eden ışık yapı içerisine daha fazla alınmaya başlanmıştır. Yüksek Skolastik düşüncedeki inancın bilgisini rasyonel bilgidan ayırma girişimi ise mimari tasarımlara iç hacmi dışarıdan ayırıp, yapının dış strüktürü aracılığıyla varlığını belli etmesi olarak yansımıştır. Aristoteles'in doğayı idealize ederek değil kendi dinamikleri üzerinden kavrama girişimi ise Gotik mimarlığa natüralizm olarak yansımıştır. Böylece doğadaki oluşumları taklit eden soyut çizgiler yapılarda kullanılmıştır. Bu kapsamda Erken Hristiyan, Bizans ve Orta Çağ'da doğa felsefesi-mimarlık ilişkisinin, temelinde Hristiyan Tanrı inancının olduğu bir doğa kavrayışı ile Platon-Aristoteles etkisinin birleşiminin mimarlık üzerindeki yansımaları üzerinden okunabildiği görülmüştür.

DOĞA FELSEFESİ	MİMARLIK
açıklığa kavuşturma ilkesi	saydamlık, açıklık ve netlik arzusu
inancı rasyonel bilgiden ayırma	iç hacmi dışarıdan ayırma
Aristoteles'in natüralizm etkisi	doğadaki oluşumları taklit eden soyutlama
	GOTİK

Şekil 106. Gotik'te doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi

Rönesans döneminde Antik Yunan dini etkilerden bağımsız olarak tekrar keşfedilmeye başlanmıştır. Platon'un idealar kuramı ve Pythagoras'ın doğayı geometrik biçimlenme ve matematik olarak kavrayışından etkilenen Rönesans mimarları, yapılarda temel geometrik formları bir araya getirerek matematik temelli tasarım kavrayışına ulaşmıştır. Matematiğin tasarımdaki önemini keşfi, perspektif uygulamalarının ortaya çıkışını etkilemiştir. Doğanın deney ve gözlem aracılığıyla nesnel olarak kavranma çabası idealize edilmiş doğa kavrayışını ortaya çıkarmıştır. Bu doğa kavrayışı mimarlığa ideal oran-orantı, düzen ve simetri olarak yansımıştır. Böylece yapıların cepheleri düz ve sade tasarlanmıştır. Doğadaki oluşumlarda formun işleve hizmet ettiği düşüncesinin ise mimarlıkta formun işleve göre biçimlenmesini etkilediği görülmüştür.

Rönesans doğa felsefesinde Tanrı doğadaki mekanizmaların ve süreçlerin açıklayıcı gücü olarak kullanılmasa da, Tanrının yetkinliğinin doğanın bütününde var olduğuna inanılmıştır. Tanrının kusursuzluğu yansıtması amacıyla binaların planlanmasında daire ve kare formlar kullanılmış ve merkezi vurgulayan plan çözümleri yapılmıştır. Rönesansta yapıların inşasında makine kullanımının yaygınlaşması, makineler ile doğanın işleyişi arasında çalışma prensibi açısından analogi kurulmasını etkilemiştir. Böylece doğa, rasyonel olarak işleyen bir makine olarak kavranıldığı için Rönesans mimarlığı rasyonel ve ussal bir kimliğe bürünmüştür. Bu kapsamda Rönesans'ta doğa felsefesi-mimarlık ilişkisinin, doğanın Tanrı'nın yetkinliğinde nesnel, rasyonel ve matematik temelli kavranışı ile Platon'un idealar kuramı etkisinin mimarlık üzerindeki yansımaları üzerinden okunabildiği görülmüştür.

DOĞA FELSEFESİ	MİMARLIK
doğanın özünü geometrik biçimlenme ve matematik olarak kavrama, idealar kuramı	temel geometrik formların organizasyonu, matematik temelli tasarım anlayışı, perspektif uygulamaları
doğanı rasyonel olarak işleyen bir makine olarak kavrama	rasyonel ve ussal mimarlık kimliği
idealize edilmiş doğa kavrayışı	ideal oran-orantı ve simetri, düz ve sade cephe
Doğayı tanrının kusursuz yaratılışı olarak kavrama	kare ve daire formlarının kullanımı ve merkezi vurgulayan planlama
doğada formun işleve hizmet ettiği düşüncesi	mimarlıkta formun işleve hizmet etmesi

RÖNESANS

Şekil 107. Rönesans'ta doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi

Barok döneminde doğa, bütün kompleksliği, tahmin edilemezliği, çeşitliliği ve işleyişi ile olduğu gibi kavranmaya başlandığı için mimarlıkta süslü ve kompleks tasarımlar yaygınlaşmış, yapılar bütüncül ve kesintisiz bir biçimde algılatılmaya çalışılmıştır. Doğayı olduğu gibi kavramanın bir sonucu olarak doğadaki oluşumların eğrisel formları keşfedildiği için mimarlıkta eğrisel çizgiler kullanılmaya başlanmıştır. Bununla birlikte doğa, coşku ve heyecanı ön plana çıkaracak bir mistik deneyim aracı olarak kavrandığı ve mimarlıkta doğanın kompleks yapısından hareketle duygu ve his deneyimini ön plana çıkaran mistik bir atmosfer oluşturulmasının hedeflendiği görülmüştür. Barok'un sonlarına doğru ortaya çıkan Rokoko'da doğa, dekorasyon ve süsleme için bir ilham kaynağı olarak düşünülmüştür. Bu sebeple doğadaki canlı, kompleks ve coşkun formlar süsleme ile mimari elemanları bütünleştirecek biçimde mimarlıkta kullanılmıştır.

DOĞA FELSEFESİ	MİMARLIK
doğanın bütün kompleksliği, çeşitliliği ve tahmin edilemezliği ile kavranması	süslü ve kompleks formların kullanımı, yapıyı bütüncül ve kesintisiz biçimde algılatma
doğadaki eğrisel formların keşfi	eğri çizgilerin kullanımı
doğanın coşku ve heyecanı temel alan mistik deneyim aracı olarak görülmesi	coşku ve heyecanı ön plana çıkaran tasarım anlayışı
doğanın dekorasyon ve süsleme için ilham kaynağı olarak görülmesi (Rokoko)	doğadaki canlı ve dinamik formların dekorasyon ile mimari elemanları bütünleştirecek biçimde kullanımı
	BAROK

Şekil 108. Barok'ta doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi

18. ve 19. yüzyılda doğa, birçok filozof ve bilim adamının çalışmalarının etkisiyle bilimsel yöntem yani deney ve gözlem aracılığıyla araştırılmıştır. Doğal fenomenlerin işleyişi hem mikro hem de makro ölçekte etkin doğal mekanizmalar üzerinden matematik aracılığıyla açıklanmaya başlanmıştır. Bu kapsamda doğanın rasyonel ve ussal bir düzene sahip mekanik ilkelere göre işleyen bir makine olduğu düşünülmüştür. Söz konusu rasyonel doğa kavrayışı mimarlığa temel geometrik formların kullanımı, detayda yalınlık, işlevsellik, açık kural ve ilkeleri barındıran bir mimari dil olarak yansımıştır. Bazı mimarların bu tasarım yaklaşımını rustik geçmiş ya da Antik Yunan ve Roma'daki tasarım karakterine atıf yaparak, bazılarının ise rasyonel ve ussal doğa kavrayışının doğrudan etkisi altında uyguladığı görülmüştür.

18. ve 19. yüzyıl mimarlığı genel olarak rasyonel ve ussal bir temelde biçimlense de, rasyonel mimari tasarım anlayışının kısıtlayıcı etkisine karşı çıkan mimari tasarım yaklaşımları da olmuştur. Bu kapsamda mimarlar, doğayı bütün kompleksliği, düzensizliği ve çeşitliliği ile kavrayarak doğanın, rasyonellik ve ideallik değil, insan deneyimi aracılığıyla algılanması gerektiğini düşünmüştür. Doğayı algılamada duygu ve deneyimi ön plana çıkaran bu doğa felsefesi mimarlığa, doğal arazi sınırlarını ön plana çıkaran bahçe tasarımları ve plan düzleminde farklı geometrik formların kolajlanması olarak yansımıştır. Bununla birlikte duygu, otantiklik ve imgeyi temel alan mimarlık anlayışının bir sonucu olarak cephelerde Gotik giydirme detayları görülmeye başlanmıştır.

DOĞA FELSEFESİ	MİMARLIK
doğayı bilimsel bilgi aracılığıyla kavrayıp etkin nedenler aracılığıyla açıklama, doğanın bir makine olduğu fikri	temel geometrik formların kullanımı, saf, işlevsel, açık kural ve ilkeleri barındıran bir mimari dil
rasyonel ve ussal doğa kavrayışı	rasyonel ve ussal mimari tasarım anlayışı
doğayı bütün kompleksliği, düzensizliği ve tahmin edilemezliği ile kavrama	doğal arazi sınırlarını ön plana çıkaran pitoresk bahçe tasarımları, farklı geometrik formları plan düzleminde kolajlayarak tasarım
doğayı rasyonellik ve idealizm değil, insan deneyimi aracılığıyla kavrama	duygu, otantiklik ve imgeyi ön plana çıkaran mimari tasarım, cepheleri Gotik detaylarla giydirme
	18. ve 19. YÜZYIL

Şekil 109. 18. ve 19. yüzyılda doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi

20. yüzyılda rasyonel ve ussal tasarım anlayışı çoğunlukla devam etse de rasyonelliğin sınırlayıcı etkisine karşı çıkan yaklaşımlar da varolmuştur. Bu yaklaşımlardan bir tanesi Art Nouveau akımıdır. Art Nouveau'da doğadaki gelişim ve büyümenin potansiyeli keşfedilmiş ve doğa, canlı formların duyguya ve hisse yönelik bir oyunu olarak kavranmıştır. Bu sebeple mimarlıkta organik ve biyolojik formlar hem süsleme hem de strüktürel tasarım amacıyla kullanılmıştır. Doğadaki strüktürel formların işlevsel ve statik açıdan verimliliğinin keşfi mimarlıkta strüktürel olarak çözümlenmiş organik form tasarımlarına yönlendirmiştir. Doğadaki strüktür ve süslemenin birbirinden ayıramayacak biçimde birlikte olduğu gözleminin ise süslemenin, görünüşün statik dünyasının arkasındaki gerçekliğe ulaşma aracı olarak kullanılmasını etkilediği görülmüştür.

DOĞA FELSEFESİ	MİMARLIK
doğadaki gelişim ve büyümenin keşfi, doğayı canlı formların duyguya hitap eden bir oyunu olarak görme	organik ve biyolojik formların kullanımı
doğadaki strüktürel formların işlevsel ve statik açıdan mükemmelliği	strüktürel olarak çözümlenmiş canlı ve organik form tasarımları
doğada strüktür ve dekorasyonun birlikte varolduğu düşüncesi	görünüşün statik dünyasının arkasındaki gerçekliğe ulaşma aracı olarak süsleme
	ART NOUVEAU

Şekil 110. Art Nouveau’da doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi

20. yüzyılda biçimlenmeye başlayan modern mimarlıkta Aydınlanma döneminden itibaren hakim olan rasyonel ve ussal doğa kavrayışının etkileri görülmüştür. Doğanın bilimsel bilgi aracılığıyla idealize edilerek kavranması ve doğanın makine gibi çalışan bir sistem olduğu düşüncesi modern mimarlığın kuramsal arka planında rol oynamıştır. Böylece modern mimarlığın rasyonel ve ussal kimliği mimarlığa, makine ve endüstrileşmenin gelişiminin sonucu olan standardizasyon aracılığıyla uygulanmıştır. Bu kapsamda modern mimarlıkta, doğa soyutlanıp idealize edilerek makine aracılığıyla mimariye aktarılmıştır. Yapıların tasarımında temel geometrik formların bir araya getirildiği, açık algılanabilir, yalın ve işlevsel bir mimari dil kullanıldığı görülmüştür.

DOĞA FELSEFESİ	MİMARLIK
doğanın makine gibi işleyen bir mekanizma olduğu düşüncesi	doğanın soyutlanıp idealize edilerek makine aracılığıyla mimari tasarımlara aktarımı
doğanın bilimsel bilgi aracılığıyla idealize edilerek kavranması	temel geometrik formların organizasyonu, açık algılanabilir geometrik formların kullanıldığı yalın ve işlevsel bir mimari dil
rasyonel ve ussal doğa kavrayışı	rasyonel ve ussal mimarlık anlayışı
	MODERNİZM

Şekil 111. Modernizmde doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi

Postmodernizmde canlıların çevre ile olan karşılıklı parça-bütün ilişkisinin kavranması bina ile çevre arasındaki karşılıklı ilişkiyi vurgulayan bağlamsallık olgusunu gündeme getirmiştir. Bununla birlikte, postmodern görüşte doğanın karmaşıklık ve çeşitlilik içeren işleyişinin keşfi tasarımda; hibritizm, karmaşıklık, eklektizm ve dekorasyonu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca bu doğa kavrayışının, kentin düzensizlik ve değişimin dönüştürebileceği kaotik bir süreç olarak görülmesini tetiklediği görülmüştür.

DOĞA FELSEFESİ	MİMARLIK
doğadaki canlıların çevre ile olan karşılıklı ilişkilerinin kavranması	bina ile çevre arasındaki ilişkiyi vurgulayan bağlamsallık olgusu
doğanın karmaşıklık ve çeşitlilik içeren işleyişinin kavranması	hibritizm, karmaşıklık, eklektizm ve dekorasyon kenti, anarşi ve değişimin dönüştürebileceği kaotik bir süreç olarak kavrama
	POST MODERNİZM

Şekil 112. Postmodernizmde doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi

21. yüzyıla gelindiğinde temel bilimler ve mühendislik alanındaki gelişmelerin mimarlık disiplini üzerindeki etkileri sonucu birçok yeni mimari tasarım anlayışı ortaya çıkmıştır. Biyomimikri disiplininde doğa, mimari tasarımlar için bir model, ölçü ve rehber olarak kavranmıştır. Doğadaki oluşumların yapısal, formsal ve tasarımsal çözümlerinin milyarlarca yıl boyunca doğa tarafından sürekli denendiği için mükemmel olduğu düşünülmüştür. Bu kapsamda biyomimikride, doğadaki canlıların form, süreç ve ekosistem düzeyindeki çözümlerinin mimari tasarımda karşılaşılan problemlerin çözümünde kullanılması hedeflenmiştir. Sürdürülebilir form, planlama, malzeme ve strüktür tasarımları için doğadaki canlıların sistemlerinin mikrodan makro ölçeğe taklit edildiği görülmüştür.

DOĞA FELSEFESİ	MİMARLIK
doğanın model, ölçü ve mentör olarak kavranması	doğadaki canlıların form, süreç ve ekosistem düzeyindeki çözümlerinin kullanılması
doğadaki oluşumların sürdürülebilirlik açısından mükemmel olduğu düşüncesi	mimarlıkta sürdürülebilir çözümler için doğadaki strüktürel çözümlerinin taklidi
BİYOMİMİKRI	

Şekil 113. Biyomimikride doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi

Biyofilik tasarımda doğa, insanın evrimsel geçmişinin önemli bir parçası ve sürekli iletişim halinde olunması gereken bir gerçeklik olarak algılanmıştır. Bu sebeple mimarlık kuramı doğallaştırılmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda, doğanın çeşitli niteliklerinin doğrudan ya da dolaylı yollarla form, strüktür, malzeme, peyzaj, manzara ve çevre aracılığıyla mimari tasarımın bir parçası haline getirilmeye çalışıldığı görülmüştür.

DOĞA FELSEFESİ	MİMARLIK
doğanın insanın evrimsel geçmişinin önemli bir parçası olarak kavranması, doğanın sürekli temas halinde bulunulması gereken bir şey olarak kavranması	mimarlık kuramının doğallaştırılması, doğanın niteliklerinin malzeme, form, peyzaj, strüktür ve manzara aracılığıyla mimarlığa entegre edilmesi
BİYOFİLİK TASARIM	

Şekil 114. Biyofilik tasarımda doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi

Karl Chu'nun genetik mimarlık ve hesaplamaların metafiziği üzerine yaptığı araştırmalarda doğa, matematiksel olarak hesaplanabilecek bir gerçeklik olarak algılanmıştır. Genetik disiplininin temel araçlarıyla kavranan doğa, hakim olunması ve dönüştürülmesi gereken bir şey olarak düşünülmüştür. Genetik mimarlık aracılığıyla alternatif dünyaların oluşturulması hedeflenmiştir. Bu kapsamda çoğaltma, organize etme ve sentez gibi genetik işleyiş ilkelerinin hesaplamalı sistemler yardımıyla mimari tasarımda kullanıldığı görülmüştür.

DOĞA FELSEFESİ	MİMARLIK
doğanın matematiksel olarak hesaplanabilir bir olgu olduğu düşüncesi, doğayı genetiğin araçları ile kavrama	çoğaltma, organize etme ve sentez gibi temel genetik ilkelerin hesaplamalı sistemler aracılığıyla mimari tasarımda kullanımı
doğanı hakim olunması ve dönüştürülmesi gereken bir şey olarak kavrama	genetik mimarlık aracılığıyla alternatif dünyalar oluşturma fikri
GENETİK MİMARLIK VE HESAPLAMANIN METAFİZİĞİ	

Şekil 115. Genetik mimarlık ve hesaplamanın metafiziğinde doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi

Dijital botanik mimarlıkta doğa, içerisinde barındırdığı bitkisel oluşumlara yönelik morfolojik, algoritmik ve deneysel analizler üzerinden kavranmıştır. Doğadaki oluşumlar hesaplanabilir bir gerçeklik olarak kavranmış, büyüme ve gelişim ilkeleri matematik temelli biyoloji aracılığıyla anlaşılmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda doğadaki oluşumlara yönelik yapılan analiz sonuçlarına referans veren, büyüme ve gelişim ilkelerini kullanan form ve strüktür tasarımları yapıldığı görülmüştür.

DOĞA FELSEFESİ	MİMARLIK
doğadaki oluşumların morfolojik, algoritmik ve deneysel analizi	yapılan analiz sonuçlarına referans veren mimari form ve strüktür tasarımları
doğadaki büyüme ve gelişim ilkelerini matematik temelli biyoloji ile kavrama, hesaplanabilir bir gerçeklik olarak doğa	doğadaki büyüme ve gelişim ilkelerinin dijital araçların yardımı ile form ve strüktür tasarımında kullanılması
DİJİTAL-BOTANİK MİMARLIK	

Şekil 116. Dijital botanik mimarlıkta doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi

Yeni ekolojik çevresel ve sibernetik dijital tasarımda doğa, kendi kendine organizasyon, gelişim ve tekrar üretilebilirlik özellikleri aracılığıyla moleküler ve genetik düzeyde kavranmıştır. Doğanın taklit edilmesi değil, biçimlendirilip dönüştürülmesi gerektiği düşünülmüştür. Bu kapsamda, doğadaki oluşumların biçimlenişinde işleyen çeşitli mekanizmalar mimarlıkta kullanılmıştır. Söz konusu mekanizmalar gerçek ve yapay genetik sistemler olmak üzere iki şekilde kullanılmıştır. Gerçek genetik sistemde, canlıların genetik sistemine müdahale ile tasarım yapılmıştır. Yapay genetik sistemde ise genetik

mekanizmalarının işleyiş mantığının dijital ortama dönüştürülerek mimari tasarım yapıldığı görülmüştür.

DOĞA FELSEFESİ	MİMARLIK
doğadaki kendi kendine organizasyon, büyüme, gelişim ve tekrar üretilebilirliğin molekül ve gen ölçeğinde kavranması	doğadaki oluşum mekanizmalarının yapay ya da gerçek genetik sistemler aracılığıyla mimarlıkta kullanılması
doğanın biçimlendirilip dönüştürülmesi gereken bir olgu olarak kavranması	canlıların genetik koduna müdahale ederek mimari tasarım yapma
YENİ EKOLOJİK-ÇEVRESEL VE SİBERNETİK DİJİTAL TASARIM	

Şekil 117. Yeni ekolojik çevresel ve sibernetik dijital tasarımda doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi

Neoplazmatik tasarımda doğa, yapaylık ile doğallık arasındaki çizgi ortadan kaldırılarak bütünleşik, yarı-canlı ve hibrit bir gerçeklik olarak kavranmıştır. Bu kapsamda, biyolojik canlı sistemler tasarımın belirli bölgelerine entegre edilerek hibrit ve kompozit bir mimari dil oluşturulmuştur. Neoplazmatik tasarım, yaşam koşulları kontrol edilerek ya da hayvan eti veya botanik malzeme tasarımda kullanılarak uygulanmıştır. Yapı kısmen canlı niteliği taşıdığı için mimarın tasarımdaki mutlak kontrolünün ortadan kalktığı görülmüştür.

DOĞA FELSEFESİ	MİMARLIK
yapay ile doğal arasındaki farkı ortadan kaldıran bütünleşik, kompozit ve yarı-canlı doğa kavrayışı	biyolojik sistemlerin mimari tasarımın belirli bölgelerine entegre edildiği kompozit ve hibrit form ve strüktür tasarımları, tasarımda yaşam koşullarının kontrolü, hayvan eti ve botanik malzemenin kullanımı, tasarımda mimarın kısmi kontrolü
NEOPLAZMATİK TASARIM	

Şekil 118. Neoplazmatik tasarımda doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi

Otogenik strüktürlerde doğa, kalıtsal ve evrimsel mekanizmalar aracılığıyla kavranmıştır. Doğadaki kendi kendine örgütlenme ve mutasyon gibi mekanizmaların farkına varılmıştır. Bu kapsamda, evrimsel hesaplama ve kalıtsal mekanizmaların işleyiş biçimi

mimarlıkta kümülatif bir biçimde kullanılmıştır. Mikro düzeydeki rasyonel düzenlemelerin makro düzeyde beklenmedik irrasyonel formlar çıkarabildiği tasarımlarda strüktür ve süslemenin bir bütün olarak düşünüldüğü görülmüştür.

DOĞA FELSEFESİ	MİMARLIK
doğadaki kalıtsal ve evrimsel mekanizmaların işleyişinin kavranması	evrimsel hesaplama ve kalıtımın işleyiş mantığının mimarlıkta kümülatif bir biçimde kullanımı
doğadaki kendi kendine örgütlenme ve mutasyon mantığının kavranması	mikro düzeyde rasyonel düzenlemelerin makro düzeyde irrasyonel form ve strüktürler ortaya çıkarması yapı ile süslemenin bütünleşmesi
OTOGENİK STRÜKTÜRLER	

Şekil 119. Otojenik strüktürlerde doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi

İnsanın evreni anlamaya yönelik çabası doğanın daha detaylı ve kapsamlı biçimde kavranmasını mümkün kılmıştır. Tarih öncesi dönemde ilkel doğa kavrayışının mimarlık üzerindeki etkisi altında biçimlenen doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi, 21.yüzyıla doğru teoloji, matematik, geometri, fizik, kimya ve biyoloji gibi farklı disiplinlerle ilişki kuracak şekilde değişim ve gelişim göstermiştir. Evrimsel mimarlık da doğa felsefesi-mimarlık ilişkisindeki bu değişim ve dönüşüm sürecinin içerisinde yer almaktadır.

4.2. Evrimsel Mimarlıkta Doğa Felsefesi-Mimarlık İlişkisinin İrdelenmesi

Frazer (1995) ve Tsui (1999)'un evrimsel mimarlık kuramları, kullandıkları yöntem ve kuramsal arka planları açısından farklılıklar göstermektedir. Frazer (1995), doğayı evrimsel mekanizmaların işleyişi aracılığıyla kavramıştır. Doğadaki evrimsel ve genetiksel dinamiklerin karşılıklı ilişkilerine odaklanmış ve doğadaki oluşumların dinamik ve tepki veren evrimsel yapısını keşfetmiştir. Böylece doğanın evrimsel bilgeliğini kendine model olarak almış ve doğadaki evrimsel mekanizmaların işleyişinin hesaplamalı tasarım sistemleri aracılığıyla tasarım modellerine dönüştürülebileceğini düşünmüştür.

Frazer'ın doğayı bu kavrayış biçimi evrimsel mimarlık kuramını doğrudan etkilemiştir. Bu kapsamda Frazer, evrimsel mekanizmaların işleyişi ve canlı-çevre ilişkilerine dair bilgiyi kendine model olarak sanal evrimsel mimarlık ortamı tasarlamıştır.

Mimarlığı dijital yöntemler ve evrimsel mekanizmalar arasında kurduğu ilişki aracılığıyla doğallaştırma girişiminde bulunan Frazer'ın, doğanın dinamik ve tepki veren evrimsel işleyiş metodunu sanal ortamda yeniden yarattığı görülmüştür.

Tsui (1999) ise, doğadaki üretilen yapısal ve formsal çözümlerinin mükemmel olduğunu düşündüğü için canlıların, yaşadıkları çevre koşullarına evrimsel mekanizmalar aracılığıyla ürettiği çözümlere odaklanmıştır. Bu kapsamda doğadaki oluşumları çeşitli testlerle analiz eden Tsui, organizmaların ürettiği çözümleri mimarlıkta karşılaşılan tasarım problemlerini çözerken kullanmıştır. Böylece doğadaki dinamik, değişken ve evrimsel işleyişi, yapıyı canlı gibi düşünerek mimari tasarımlarına aktarmıştır. Tsui'nin, doğayı nihai çözüm kaynağı olarak görüp geçmişteki hiçbir tasarım anlayışına atıf yapmadan mimari tasarımı doğallaştırma girişiminde bulunduğu görülmüştür.

DOĞA FELSEFESİ	MİMARLIK
doğayı evrim kuramının açıklayıcı gücü aracılığıyla kavrama evrimsel mekanizmaların çalışma ilkelerinin hesaplanabilir olduğu fikri doğadaki oluşumların tepki veren, değişken ve dinamik yapısının fark edilmesi	evrimsel mekanizmaların işleyişinin sanal ortamda tasarım modellerine dönüştürülmesi mimari tasarımı sanal evrimsel mimarlık aracılığıyla doğallaştırma girişimi doğadaki oluşumların dinamik işleyiş mantığının mimari tasarıma aktarılması
<i>JOHN FRAZER</i>	
doğayı evrimsel mekanizmalar aracılığıyla üretilen çözümler aracılığıyla kavrama doğadaki organizmaların ürettiği yapısal ve formsal çözümleri mükemmel olarak görme	organizmaların ürettiği çözümleri mimarlıkta karşılaşılan tasarım problemlerinde kullanma doğadaki oluşumların çevrelerine tepki veren dinamik işleyişini mimari tasarıma aktarma yapıyı bir canlı gibi düşünerek tasarlama
<i>EUGENE TSUI</i>	
	EVRİMSEL MİMARLIK

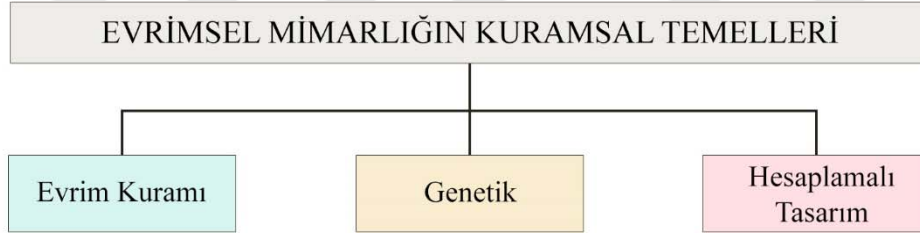
Şekil 120. Evrimsel mimarlıkta doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi

John Frazer ve Eugene Tsui'nin evrimsel mimarlık kuramlarında ortak olan amacın doğanın evrimsel bilgeliğinden faydalanmak olduğu görülmüştür. Frazer ve Tsui'nin kuramları evrimsel mimarlığa olası yaklaşımları gösterdiği için çok önemli olsa da evrimsel mimarlığı bu iki teorisyenle sınırlandırmanın doğru bir yaklaşım olmadığı düşünülmüştür.

Bu nedenle evrimsel mimarlığın kuramsal temellerini oluşturan evrim kuramı, genetik ve hesaplamalı tasarımın evrimsel mimarlıkla olan ilişkilerinin irdelenmesi gerekmektedir.,

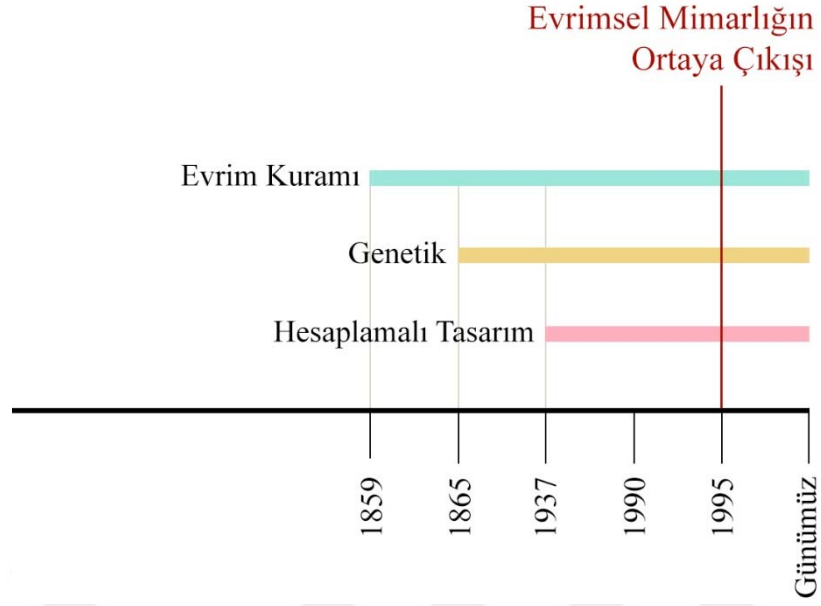
4.3. Evrimsel Mimarlığın Kuramsal Temellerinin İrdelenmesi

Evrimsel mimarlığın kuramsal temellerini biçimlendirmeye başlayan ilk gelişme evrim kuramının ortaya koyulmasıdır. Bununla birlikte genetik disiplini ve hesaplamalı tasarım sistemlerindeki gelişmelerle birlikte evrimsel mimarlığın ortaya çıkması için gerekli koşullar oluşmuştur. Evrimsel mimarlığın kuramsal temellerinin birbirinden bağımsız düşünülmemesi gerekmektedir. Çünkü genetik disiplininin evrim kuramını açıklayıcı gücü, hesaplamalı tasarım sistemlerinin genetik ve evrim kuramı ile ilişkili mekanizmaları betimleyici ve simüle edici karakteri olmadan evrimsel mimarlık kuramının oluşumundan söz edilememektedir. Bu kapsamda evrim kuramı, genetik disiplini ve hesaplamalı tasarım sistemlerinin karşılıklı güçlü ilişkilerinin evrimsel mimarlığın kuramsal temellerini oluşturduğu görülmüştür.



Şekil 121. Evrimsel mimarlığın kuramsal temelleri

Evrimsel kuramının ortaya koyulması ile birlikte doğa; statik, değişmez ve dönüşmez değil; değişen, evrimleşen ve gelişen dinamik bir gerçeklik olarak kavranmaya başlanmıştır. Genetik disiplinindeki gelişmeler ile birlikte canlıların genetik yapısı kod düzeyinde anlaşılmaya başlanmış ve böylece hem evrimsel hem de gelişimsel mekanizmalar genetik kod düzeyinde kavranmaya başlanmıştır. Hesaplamalı sistemlerin geliştirilmesi ile birlikte ise doğanın işleyişinin matematiksel modeller aracılığı ile simüle edilebilmesi imkânı doğmuş ve böylece doğadaki evrimsel ve genetik mekanizmaların çalışma prensipleri bilgisayar ortamına aktarılmaya başlanmıştır.



Şekil 122. Evrimsel mimarlığın; evrim kuramı, genetik ve hesaplamalı tasarım ile tarihsel süreçteki ilişkisi

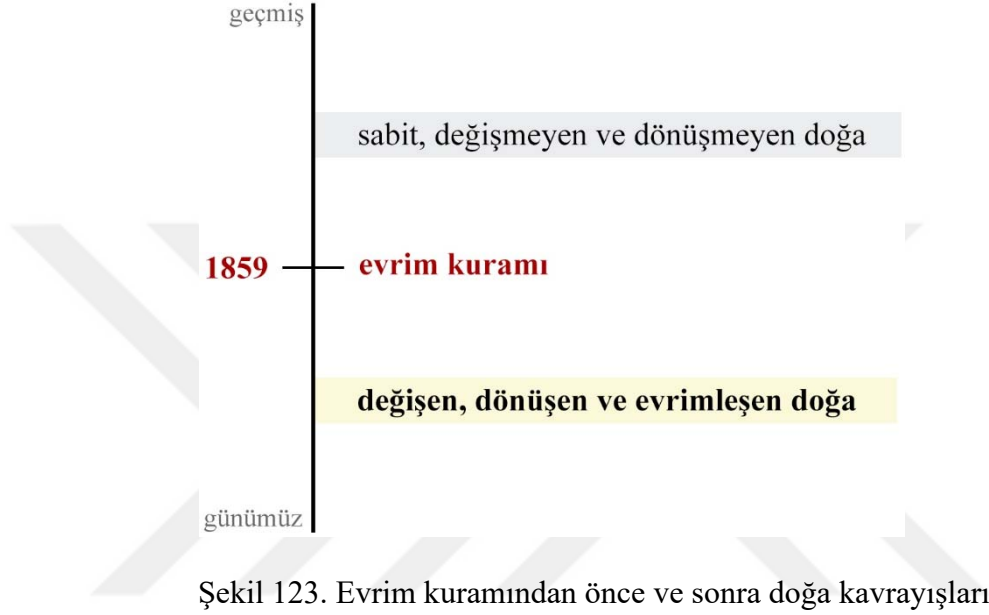
Tarihsel süreç incelendiğinde evrimsel mimarlığın; evrim kuramı, genetik disiplini ve hesaplamalı tasarım sistemlerindeki gelişmeler belirli bir olgunluğa ulaştıktan sonra ortaya çıktığı anlaşılmıştır. Bu durum evrimsel mimarlık düşüncesinin biçimlenmesi için kuramsal temellerini oluşturan disiplinlerin başlangıçlarının yeterli olmadığını göstermiştir. Evrimsel mimarlığın ortaya çıkışının, evrim kuramı, genetik ve hesaplamalı tasarımın yeterli düzeyde gelişip disiplinlerarası ilişkilerin kurulmaya başlaması ile mümkün olduğu görülmüştür.

4.3.1. Evrim Kuramı-Evrimsel Mimarlık İlişkisi

Doğadaki evrimsel mekanizmaların işleyişlerinin keşfedilmesiyle birlikte canlıların oluşumlarının, değişimlerinin ve yok oluşlarının evrimsel süreçlere bağlı olduğu anlaşılmaya başlanmıştır. Böylece doğa dinamiklik, değişkenlik ve evrimsel parametreler üzerinden kavrandığı için canlı türlerinin sabit olmadığı ve kompleks evrimsel mekanizmalar aracılığıyla değişime uğradığı keşfedilmiştir. Bu durumun doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi açısından büyük bir paradigma kırılmasına sebep olduğu görülmüştür.

Doğa kavrayışındaki bu değişim mimari tasarımda sonuç ürünü değil, sürecin ön plana çıkarılmasını sağlamıştır. Evrimsel mekanizmaların keşfine kadar olan süreçte canlılar alemi durağan olarak algılandığı için genellikle doğadaki canlıların son durumları üzerinden biçimsel ve yapısal çıkarımlar yapılmıştır. Evrimsel doğa görüşünün biçimlenmesi ile

birlikte ise evrimsel mekanizmalardan, tasarım sürecinin kendisini baştan aşağı şekillendirecek nesnel çıkarımlar yapılmaya başlanmıştır. Bu kapsamda evrimsel mimarlıkta, evrimsel mekanizmaların strüktür, form ve planlama açısından yaratıcı çözümler oluşturmak amacıyla kullanıldığı ve bir tasarım metodu olarak değerlendirildiği görülmüştür.



Evrimsel biyolojideki gelişmelerle birlikte hangi canlının hangi ortam şartlarında nasıl çözümler ürettiğine dair daha kapsamlı açıklamalara ulaşılmıştır. Canlıların bulunduğu ortam şartlarına bağlı olarak çeşitli evrimsel mekanizmaların etkisi altında değiştiği, yani çevreye tepki vererek evrimleştiği keşfedilmiştir. Bununla birlikte, mutasyon, gen çaprazlaması ve genetik sürüklenme gibi çeşitlilik mekanizmaları ile doğal seçim ve yapay seçim gibi seçim mekanizmalarının canlıların evrimsel süreçleri üzerinde büyük etkileri olduğu anlaşılmıştır. Bu kapsamda evrimsel mimarlıkta, doğal ya da yapılı çevre özelliklerinin mimari tasarım üzerindeki yönlendirici etkisi dikkate alınmakla beraber çeşitlilik mekanizmalarının da etkisi tasarım sürecine dahil edilmiştir. Böylece evrimsel tasarım sürecinin çeşitlilik ve seçim mekanizmalarının karşılıklı ilişkileri üzerinden kurgulandığı anlaşılmıştır.

Evrimsel mekanizmaların işleyişi evrimsel mimarlığın tasarım yönteminin özünde yer aldığı için evrim kuramı, evrimsel mimarlık kuramının en önemli parçasıdır. Bu kapsamda evrim kuramı, evrimsel mimarlığın kuramsal temellerinden birincisini oluşturmaktadır.

4.3.2. Genetik-Evrimsel Mimarlık İlişkisi

Doğadaki evrimsel mekanizmaların işleyişini mimari tasarım sürecinde kullanmayı hedefleyen evrimsel mimarlık kuramının biçimlenmesinde, genetik disiplinindeki gelişmeler büyük önem taşımaktadır. Genetik disiplinindeki gelişmelerle birlikte bilim insanları evrimi, gen ve DNA gibi temel düzeylerde gözlemleyebilmeye ve analiz edebilmeye başlamıştır. Bu bağlamda evrim kuramının doğal seçilim, mutasyon, genetik sürüklenme gibi çeşitlilik ve seçilim mekanizmalarının işleyişleri hem genetik kod hem de popülasyon düzeyinde matematiksel modellerle açıklanabilmiştir. Böylece evrimsel mekanizmaların işleyişinin evrimsel mimarlık kuramında daha nesnel yöntemlerle kullanılması mümkün olmuştur.



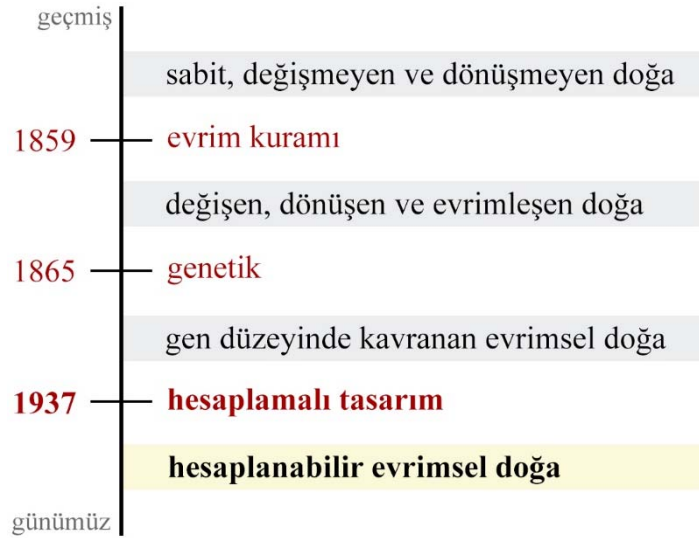
Şekil 124. Genetik disiplini öncesi ve sonrası doğa kavrayışı

Genetikteki keşiflerle birlikte canlıların değişen çevre şartlarına uyum sağlamak amacıyla geliştirdiği çözümler genetik koddan sistem ölçeğine kadar çeşitli düzeylerde analiz edilmeye başlanmıştır. Bu bağlamda önceden canlıların dış görünüşü ya da temel anatomik özellikleri üzerinden yapılan çıkarımlar yerine, canlı bir bütün olarak genetik kod düzeyinden organizma düzeyine kadar analiz edilip nesnel çıkarımlar yapılmıştır. Böylece doğadaki evrimsel mekanizmaların işleyişi sonucu ortaya çıkan organizma çözümleri makro düzeyden mikro düzeye detaylı bir şekilde kavranarak evrimsel mimarlık kuramında kullanılmıştır.

Genetik disiplindeki gelişmeler olmaksızın evrimsel mekanizmaların işleyişi hakkındaki açıklamalar yetersiz kalacağı için nesnel temellere dayanan bir evrimsel mimarlık anlayışı kurgulamak mümkün olmayacaktır. Bu kapsamda evrim kuramının açıklayıcı bir gücü olan genetik disiplininin, evrimsel mimarlığın kuramsal temellerinden ikincisini oluşturduğu görülmüştür.

4.3.3. Hesaplamalı Tasarım-Evrimsel Mimarlık İlişkisi

Doğadaki evrimsel mekanizmalar sabit bir denklem üzerinden değil, karmaşık parametreler üzerinden çalışmaktadır. Evrimsel süreçlerin bu kompleks karmaşıklığını bir insanın tek başına hesaplayıp mimari tasarımda kullanması mümkün gözükmemektedir. Hesaplamalı tasarım sistemleri kompleks evrimsel mekanizmaların işleyişini, tıpkı doğada olduğu gibi basit başlangıç kodlarından hareketle, dijital ortamın diline dönüştürmektedir. Bu kapsamda doğada canlılar üzerinde etkili olan ve canlıların oluşumunu doğrudan şekillendiren evrimsel süreçler bilgisayar ortamında simüle edilebilmektedir. Böylece doğanın evrimsel dinamiklerinin matematiksel karşılıklarının nesnel bir şekilde evrimsel mimarlıktaki tasarım sürecinde kullanılabilmesi mümkün olmuştur.



Şekil 125. Hesaplamalı tasarım öncesi ve sonrası doğa kavrayışı

Hesaplamalı tasarım sistemlerinin evrimsel mimarlık açısından bir diğer önemi doğada milyonlarca yıllık süreçte gerçekleşen evrimsel değişimlerin bilgisayar ortamında çok hızlı

bir şekilde test edilebilme imkânını sunmasıdır. Evrimsel seçim ve çeşitlilik mekanizmalarının karşılıklı ilişkilerinin dijital karşılığı olarak kurgulanan sanal evrimsel ortamlarda birçok mimari tasarım çok hızlı bir şekilde üretilebilmekte ve sürecin herhangi bir aşamasında durdurulup analiz edilebilmektedir. Bu kapsamda hesaplamalı tasarım sistemleri, evrimsel süreçlerin mimari tasarıma uygulanmasında önemli bir zaman tasarrufu sağladığı görülmüştür.

Hesaplamalı tasarım sistemleri, evrimsel mekanizmalar ve genetiğe dair ilişkileri dijital ortamın diline dönüştüren betimleyici bir araç olarak görev yapmaktadır. Böylece doğanın evrimsel mekanizmalarının çalışma prensipleri sanal ortama aktarılarak mimari tasarımda kullanılmaktadır. Bu kapsamda hesaplamalı tasarım, evrim kuramı ve genetikten sonra, evrimsel mimarlığın kuramsal temellerinin tamamlayıcısıdır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tarihin her döneminde insanlar, doğayı gözlemlemiş, incelemiş ve elde ettikleri bilgileri yaşadıkları çevreyi biçimlendirmekte kullanmıştır. Doğayı daha iyi anlama çabasının bir sonucu olarak insanların doğa kavrayışları geçmişten günümüze gelişim ve değişim göstermiştir. Mimarlık, doğa felsefesinin bu gelişim sürecinin insan tasarımları üzerindeki etkilerinin okunabileceği disiplinlerden biridir. Bu bağlamda çalışma kapsamında tarihsel süreçte doğa felsefesi-mimarlık ilişkisinin incelenmesi ve evrimsel mimarlığın kuramsal temellerinin doğa felsefesi-mimarlık etkileşimlerine odaklanılarak disiplinler arası ilişkiler üzerinden kapsamlı bir şekilde ortaya koyulması amaçlanmıştır.

Tarih öncesi dönemden günümüze doğa felsefesi-mimarlık ilişkisine yönelik değerlendirmeler varılan sonuçlar;

- Tarih öncesi dönemde, hayatta kalma mücadelesi, doğal çevrenin potansiyelinin ilkel farkındalıkları, sembolik düşünce, sonsuzluk fikri ve evrenin kozmos ölçeğinde kavranışı mimarlığı biçimlendirmiştir.
- Antik Mısır'da, dini inanç ve doğal çevre verilerine yönelik farkındalık mimarlığa ölçek, konum, form ve malzeme olarak yansımıştır.
- Antik Yunan'da, doğadaki akıl, amaç, yetkinlik, düzenin ve matematiğin keşfi mimari yapılara ideal oran-orantı, form, denge, düzen, simetri, temel geometrik formların kullanımı ve tasarımda yetkinlik olarak yansımıştır.
- Antik Roma'da, Antik Yunan felsefesi, Tanrı inancı ve Panteizm mimarlığa temel geometrik form, yetkinlik arayışı, parça-bütün ilişkisi, oran-orantı ve simetri olarak yansımıştır.
- Erken Hristiyan, Bizans, Orta Çağ ve Gotik dönemlerinde, Hristiyan Tanrı inancı ve Antik Yunan felsefesi mimarlığı biçimlendirmiştir.
- Rönesans'ta, Tanrı'nın yetkinliğindeki nesnel, rasyonel ve matematik temelli makine olarak doğa kavrayışı mimarlığa ideal oran-orantı, düzen, sadelik ve ussallık olarak yansımıştır.
- Barok'ta, doğanın karmaşıklık, çeşitlilik ve öngörülemezlik üzerinden kavranması mimarlığa süsleme ve kompleks form tasarımı olarak yansımıştır.

- 18. ve 19. yüzyılda, doğanın deney ve gözlem aracılığıyla rasyonel ve ussal olarak işleyen bir makine olarak kavranması mimarlığa temel geometrik form, yalınlık, işlevsellik, açık kural ve ilkeleri barındıran tasarım olarak yansımıştır. Doğanın insan deneyimi üzerinden kavranması ise mimarlığı duygu, otantizm ve imge üzerinden biçimlendirmiştir.
- Art Nouveau'da, doğadaki oluşumların strüktürel ve işlevsel verimliliklerinin keşfi mimarlıkta organik ve biyolojik formların kullanımını sağlamıştır.
- Modern mimarlıkta, doğanın bilimsel bilgi aracılığıyla idealize edilerek bir makine olarak kavranması mimarlığa standardizasyon, temel geometrik formların organizasyonu, yalınlık ve işlevsellik olarak yansımıştır.
- Postmodern mimarlıkta, canlıların çevreleri ile kurduğu karşılıklı ilişkinin keşfi mimarlığa bağlam olarak yansımıştır. Doğanın karmaşıklığı ve dinamikliğinin anlaşılması ise kent tasarımının kaotik bir süreç olarak görülmesini sağlamıştır.
- Biyomimikride, doğadaki oluşumların mükemmel olarak kavranması, canlıların form, süreç ve ekosistem düzeyindeki çözümlerinin mimarlıkta kullanılmasını sağlamaktadır.
- Biyofilik tasarımda, doğanın insanın evrimsel geçmişinin bir parçası ve temas halinde bulunulması gereken bir şey olarak kavranması, doğanın niteliklerinin form, malzeme ve çevre aracılığıyla mimarlığın bir parçası haline getirmektedir.
- Genetik mimarlık ve hesaplamanın metafiziği çalışmasında, doğanın matematiksel olarak hesaplanabilir bir olgu olarak genetiğin araçları üzerinden kavranması, genetik ilkelerinin hesaplamalı tasarım aracılığıyla mimarlıkta kullanılmasını sağlamaktadır.
- Dijital botanik mimarlıkta, doğadaki oluşumların büyüme ve gelişim ilkelerinin hesaplanabilir bir gerçeklik olarak kavranması, bu ilkelerin mimarlıkta form ve strüktür tasarımında kullanılmasını sağlamaktadır.
- Yeni ekolojik çevresel ve sibernetik dijital tasarımda, doğanın kendi kendine büyüme ve gelişim üzerinden dönüştürülmesi gereken bir şey olarak kavranması, doğadaki oluşum mekanizmalarının yapay ya da gerçek genetik sistemler aracılığıyla mimarlıkta kullanılmasını sağlamaktadır.
- Neoplazmatik tasarımda, kompozit yarı-canlı doğa kavrayışı mimarlığa hibrit form ve strüktür tasarımları olarak yansımakta ve tasarımda mimarın kontrolünü azaltmaktadır.

- Otogenik strüktürlerde, doğanın kalıtsal ve evrimsel dinamiklerin işleyişi üzerinden kavranması, evrimsel ve kalıtsal işleyiş mantığının hesaplamalı tasarım sistemleri aracılığıyla mimarlıkta kullanımını sağlamaktadır.

şeklinde sıralanmaktadır.

Tarih öncesi dönemde ilkel insanın doğa kavrayışının mimarlık üzerindeki etkisi üzerinden şekillenen doğa felsefesi-mimarlık ilişkisinin, 21.yüzyıla doğru teoloji, matematik, geometri, fizik, kimya ve biyoloji gibi farklı disiplinlerle ilişki kuracak biçimde değişim ve gelişim gösterdiği gözükmektedir. Çalışma kapsamında incelenen evrimsel mimarlık bu değişim sürecinin bir parçası olarak ortaya çıkmıştır. Evrimsel mimarlıktaki doğa felsefesi-mimarlık ilişkisi incelendiğinde elde edilen sonuçlar;

- John Frazer'ın evrimsel mimarlık kuramında, doğanın tepki veren dinamik yapısının evrimsel mekanizmalar aracılığıyla hesaplanabilir olarak kavranması, evrimsel mekanizmaların ve doğanın dinamik yapısının, sanal ortamda tasarım modellerine dönüştürülerek mimari tasarım metodu olarak kullanılmasını sağlamıştır.
- Eugene Tsui'nin evrimsel mimarlık kuramında, doğanın evrimsel mekanizmalar aracılığıyla ürettiği çözümlerinin kusursuz olarak kavranması, canlıların ürettiği çözümlerin mimarlıkta karşılaşılan tasarım problemlerinde kullanılmasını sağlamıştır.
- Frazer ve Tsui, doğanın evrimsel bilgeliğini mimarlıkta kullanarak mimarlığı doğallaştırma girişiminde bulunmuştur.

olarak sıralanmaktadır.

Evrimsel mimarlığın kuramsal temellerini oluşturan evrim kuramı, genetik ve hesaplamalı tasarımın evrimsel mimarlıkla olan ilişkisi değerlendirildiğinde sonuçlar;

- Doğadaki evrimsel çeşitlilik ve seçim mekanizmaları evrimsel mimarlığın tasarım metodunun özünü oluşturmaktadır. Bu kapsamda evrim kuramının doğanın işleyişine yönelik sistematik açıklayıcı gücü olmadan evrimsel mimarlık anlayışının ortaya çıkabilmesi mümkün değildir.
- Genetik disiplini doğadaki evrimsel mekanizmaların gen düzeyindeki işleyişini ortaya çıkardığı için matematiksel bir evrimsel modelin ortaya koyulmasını kolaylaştırmaktadır. Bu sebeple genetik disiplinindeki gelişmeler evrimsel mimarlık fikrinin anlaşılabilir ve uygulanabilir olması açısından önem taşımaktadır.

- Hesaplamalı tasarım sistemleri evrimsel mekanizmaların işleyişini dijital ortamın kod temelli diline dönüştürmesi ve doğada çok uzun sürede gerçekleşen evrimsel süreçleri kısa sürede simüle edebilmesi açısından evrimsel mimarlığın kuramdan uygulama aşamasına geçişini mümkün kılmaktadır.

olarak sıralanmaktadır.

Sonuç olarak evrimsel mimarlık; tarihsel süreç içerisinde biçimlenen doğa felsefesi-mimarlık etkileşimlerinin, sırasıyla evrim kuramı, genetik ve hesaplamalı tasarım ile kurduğu kümülatif ilişkiler üzerinden kavranmaktadır. Evrimsel mimarlığın güçlü yanı, doğadaki evrimsel mekanizmaları disiplinler arası ilişkiler kurarak bilimsel yöntem aracılığıyla mimarlıkta kullanmasıdır. Bu kapsamda evrimsel mimarlık, biyomimikri ve biyofilik tasarım gibi nesnel bir metodu olmayan yaklaşımlardan farklılık göstermektedir.

Evrimsel mimarlığın disiplinler arası ilişkilerinin ortaya çıkarılmasının gelecekte yapılacak olan çalışmalar için kapsamlı bir kaynak oluşturacağı düşünülmektedir. Bu çalışmanın devamı niteliğinde yapılabilecek araştırmalar aşağıda sıralanmaktadır:

- Evrimsel biyolog, genetikçi, mühendis ve mimarların bir arada çalıştığı evrimsel mimarlık projeleri geliştirilebilir.
- Evrim kuramı, genetik ve hesaplamalı tasarım teknolojilerindeki son gelişmelerin kullanıldığı yeni bir evrimsel mimarlık yaklaşımı ortaya koyulabilir.
- Mimari tasarım sürecinin tamamen evrimsel mekanizmalar aracılığıyla kurgulandığı bütüncül evrimsel mimarlık metotları geliştirilebilir.
- Evrimsel mimarlık aracılığıyla doğan, yaşayan, çevresiyle ilişki kuran ve ölen canlı binalar tasarlanabilir.
- Evrimsel mimarlığın ortaya çıkardığı mimarlıkta doğallaşma girişimi tartışmaya açılabilir.

6. KAYNAKLAR

- Alberti, L. B., 1986. *The Ten Books of Architecture: The 1755 Leoni edition*, Trans. James Leoni, Dover Publications, New York.
- Allen, G. E., 2014. *The History of Evolutionary Thought*, in: *The Princeton Guide to Evolution*, Jonathan B. Losos (ed. in chief), David A. Baum, Douglas J. Futuyma, Hopi E. Hoekstra, Richard E. Lenski, Allen J. Moore, Catherine L. Peichel, Dolph Schluter, Michael C. Whitlock (eds.), Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 10-28.
- Allsopp, B., 1959. *A History of Renaissance Architecture*, Pitman, New York.
- Anderson, C., 2013. *Renaissance Architecture*, Oxford University Press, Oxford.
- Antoniades, A. C., 1992. *Poetics of Architecture: Theory of Design*, John Wiley & Sons, New York.
- Aragon, L., 2009. *Binary Tension: Labor as an Analog for Urban Transformation*, in: *Autogenic Structures*, Evan Douglis (ed.), Taylor & Francis, New York, 102-107.
- Ayala, F. J., 2016. *Evrım: Kullanım Kılavuzu*, Aylak Kitap, İstanbul.
- Bakırcı, Ç. M., 2017. *Evrımsel Biyoloji, içinde: Evrenin Karanlığında Evrimin Işığı*, Çağrı Mert Bakırcı (Haz.), Kor Kitap, İstanbul, 25-73.
- Bakırcı, Ç. M., *Evrım Mekanizmaları- 1: Evrimi Tetikleyen Mekanizmalar Nelerdir?* <https://evrimagaci.org/evrim-mekanizmalari-1-evrimi-tetikleyen-mekanizmalar-nelerdir-104> 5 Aralık 2019 (b).
- Bakırcı, Ç. M., *Bu yaşam görüşünde ihtişam var*, <https://evrimagaci.org/bu-yasam-gorusunde-ihtisam-var-348> 25 Aralık 2019 (a).
- Bataille, G., 1955. *Prehistoric Painting Lascaux or the Birth of Art*, Skira, Lausanne.
- Bell, M., 2009. *Volume+Vector: Exceeding / On the Architectural Spaces of Evan Douglis*, in: *Autogenic Structures*, Evan Douglis (ed.), Taylor & Francis, New York, 90-95.
- Benjamin, D., 2009. *The Surface of Design, The Design of Surface*, in: *Autogenic Structures*, Evan Douglis (ed.), Taylor & Francis, New York, 198-203.
- Benyus, J. M., 1997. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*, Harper Collins Publishers, New York.

- Benyus, J. M., *A Biomimicry Primer*,
https://biomimicry.net/b38files/A_Biomimicry_Primer_Janine_Benyus.pdf 17
 Aralık 2019.
- Bertens, H., 1995. *The Idea of the Postmodern: A History*, Routledge, London/New York.
- Biomimicry Guild, 2007. *Innovation Inspired by Nature Work Book*, Biomimicry Guild, April.
- Blunt, A. (ed), 1988. *Baroque and Rococo Architecture and Decoration*, Wordsworth Editions, Hertfordshire.
- Braham, A., 1971. Drawings for Soufflot's Sainte Geneviève, *The Burlington Magazine*, 113, 823, 582, 584-592.
- Brett, D., 1995. Design Reform and the Laws of Nature, *The Massachusetts Institute of Technology Design Issues*, 11, 3, 37-49.
- Carpo, M., 2012. Digital Darwinism: Mass Collaboration, Form-Finding, and The Dissolution of Authorship, *Log*, Anyone Corporation, 26, 97-105.
- Carpo, M., 2013. Twenty Years of Digital Design, in: *The Digital Turn in Architecture 1992 2012*, (ed.) Mario Carpo, John Wiley & Sons, Chichester, UK, 8-14.
- Carpo, M., 2017. *The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts and London, England.
- Cevizci, A., 2018. *Felsefe Tarihi*, 6.baskı, Say Yayınları, İstanbul.
- Ching, F. D. K., Jarzombek, M., Vikramaditya, P., 2017. *A Global History of Architecture*, Third Edition, John Wiley & Son, Hoboken, New Jersey.
- Chu, K. S., 1998. The Cone of Immanescence, ANY: *Architecture New York*, No. 23, 39-42.
- Chu, K. S., 2003. Toward Genetic Architecture, in: *The State of Architecture at the Beginning of the 21st Century*, Bernard Tschumi and Irene Cheng (eds), The Monacelli Press, New York.
- Chu, K. S., 2004. Metaphysics of Genetic Architecture and Computation, *Perspecta*, 35, 74-97.
- Chu, K. S., 2006. Metaphysics of Genetic Architecture and Computation, *Architectural Design*, 76, 4, 38-45.
- Clausen, M. L., 2014. Michael Graves's Portland Building: Power, Politics, and Postmodernism, *Journal of the Society of Architectural Historians*, 73, 2, 248-269.

- Close, A. J., 1969. Commonplace Theories of Art and Nature in Classical Antiquity and in the Renaissance, Journal of the History of Ideas, 30, 4, 467-486.
- Co, A., 2009. Red Tide on Columbus Circle: A Landscape of Disequilibrium and its Embedded Velocities, in: *Autogenic Structures*, Evan Douglis (ed.), Taylor & Francis, New York, 32-35.
- Collingwood, R. G., 1960. *The Idea of Nature*, Oxford University Press, USA.
- Collingwood, R. G., 1999. *Doğa Tasarımı*, Çev. Kurtuluş Dinçer, İmge Kitabevi, Ankara.
- Collins, G. R., 1963. Antonio Gaudi: Structure and Form, Perspecta, 8, 63-90.
- Colquhoun, A., 2002. *Modern Architecture*, Oxford University Press, Oxford.
- Conrads, U., 1971. *Programs and manifestoes on 20th-century architecture*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Copeland, B. J., 1996. What is Computation?, Synthese, Springer, 108, 3, 335-359.
- Copernicus, N., Rosen, E., Dobrzycki, J., 1978. *On the Revolutions*, Volume 2, Trans. Edward Rosen, Palgrave Macmillan.
- Coyne, J. A., 2016. *Evrin Neden Gerçektir*, Çev. Hasan H. Başbüyük, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Cruz, M., 2008. Cyborgian Interfaces, in: *Neoplasmatic Design*, Architectural Design, John Wiley & Sons, 78, 6, 56-59.
- Cruz, M., 2013. *The Inhabitable Flesh of Architecture*, Ashgate Publishing, Farnham.
- Cruz, M., 2019. Mimarlıkta İnterdisipliner Yaklaşımlar: Marcos Cruz ile Söyleşi, *Dosya: Biyoloji ve Mimarlık*, (ed.) İdil Yücel İnal, *Arredamento Mimarlık*, Sayı: 327, 50-57.
- Cruz, M. and Pike, S., 2008. Neoplasmatic Design: Design Experimentation with Bio Architectural Composites, in: *Neoplasmatic Design*, Architectural Design, John Wiley & Sons, 78, 6, 6-15.
- Cummings, V., Dolmen. <https://www.britannica.com/topic/dolmen> 17 Aralık 2019.
- Curtis, W. J. R., 2001. *Le Corbusier: Ideas and Forms*, Phaidon Press Limited, London.
- Da Vinci, L., Richter, I. A., Wells, T., Kemp, M., 2008. *Notebooks*, Oxford University Press, New York.
- Darwin, C., 1859. *On the Origins of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for life*, First edition, John Murray, London.

- Dawkins, R., 1996. *The Blind Watchmaker: Why the evidence of evolution reveals a universe without design*, Norton, New York.
- Dawkins, R., 2019. *Ataların Hikayesi Yaşamın Kökenine Yolculuk*, Çev. Ahmet Fethi, 4.baskı, Hil Yayınları, İstanbul.
- De Jong, K. A., 2006. *Evolutionary Computation: A Unified Approach*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts and London, England.
- Dicks, H., 2016. The Philosophy of Biomimicry, *Philosophy and Technology*, 29, 3, 223-243.
- Dobzhansky, T., 1973. Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution, *The American Biology Teacher*, 35, 3, 125-129.
- Dollens, D., 2005a. *Digital Botanic Architecture*, Sites Books Publishing, Santa Fe.
- Dollens, D., 2005b. A System of Digital-Botanic Architecture, *Leonardo*, MIT Press, 38, 1, 14-21.
- Dollens, D., 2009. Architecture as Nature: A Biodigital Hypothesis, *Leonardo*, MIT Press, 42, 5, 412-420.
- Dollens, D., 2014. Alan Turing's Drawings, Autopoiesis and Can Buildings Think?, *Leonardo*, MIT Press, 47, 3, 249-253.
- Dollens, D., 2015. *Digital-Botanic Architecture 3: Autopoietic Architecture: Can Building Think?*, E-book,
<https://dmsp.digital.eca.ed.ac.uk/blog/performativedesign2016/files/2016/01/DBA3-Dollens.pdf> 17 Aralık 2019.
- Douglis, E., 2009. Music of the Human Hive, in: *Autogenic Structures*, Evan Douglis (ed.), Taylor & Francis, New York, 16-25.
- Doxiadis, C. A., 1972. *Architectural Space in Ancient Greece*, Ed. and trans. Jaqueline Tyrwhitt, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Edwards, I. E. S., 1972. *The Pyramids of Egypt*, Penguin Books, New York.
- Encyclopaedia Britannica, 2009. *The Britannica Guide to Genetics*, (Intro) Steve Jones, Robinson Publishing, United Kingdom.
- Estévez, A. T., 2003. Genetic Architecture, *New Ecologic-Environmental Architectural Design and New Cybernetic-Digital Architectural Design*, in: *Genetic Architectures / Arquitecturas Genéticas*, (ed.) Alberto T. Estévez, Lumen Books/SITES Books and ESARQ, Barcelona, 4-19.

- Estévez, A. T., 2005. Biomorphic Architecture, in: Genetic Architectures II digital tools and organic forms / Arquitecturas Genéticas II medios digitales & formas orgánicas, (ed) Alberto T. Estévez, SITES Books and ESARQ, Barcelona, 54-81.
- Estévez, A. T., 2007. The Genetic Creation of Bioluminescent Plants for Urban and Domestic Use, Leonardo, MIT Press, 40, 1, 18-46.
- Estévez, A. T., 2009. Genetic Architectures New Bio & Digital Techniques, in: Genetic Architectures III: New Bio and Digital Techniques / Arquitecturas Genéticas III nuevas técnicas biológicas y digitales, (ed.) Alberto T. Estévez, Sites Books and ESARQ, Barcelona, 14-27.
- Estévez, A. T., 2014. The Future of Architecture: Biodigital Architecture and Genetics, Architecture Research, 4, 1B, 13-20.
- Estévez, A. T., 2016. Towards Genetic Posthuman Frontiers in Architecture & Design, ACADIA 2016 Posthuman Frontiers: Data, Designers and Cognitive Machines, University of Michigan Taubman College, Ann Arbor, Michigan.
- Estévez, A. T. and Navarro, D., 2017. Biomanufacturing the future: Biodigital Architecture & Genetics, Elsevier, Procedia Manufacturing, 12, 7-16.
- Frampton, K., 1996. Modern Architecture: A Critical History, Thames and Hudson, London.
- Franz, D., 2009. Finite Infinity: Locating the Space of Circumstance, in: Autogenic Structures, Evan Douglis (ed.), Taylor & Francis, New York, 180-187.
- Frazer, J., 1995. An Evolutionary Architecture, Architectural Association Publications, Themes VII, London.
- Freeman, S. and Herron, J. C., 2013. Evolutionary Analysis, Fifth Edition, Pearson.
- Freeman, S. ve Herron, J. C., 2017. Evrimsel Analiz, 3.baskı, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Fridovich-Keil, J. L., Human Genome Project. <https://www.britannica.com/event/Human-Genome-Project> 17 Aralık 2019.
- Fromm, E., 1964. The Heart of Man: Its Genius for Good and Evil, Harper & Row, New York.
- Fung, N., 2009. Hyper-Aroused Architecture: Responding to Emotional Memory, in: Autogenic Structures, Evan Douglis (ed.), Taylor & Francis, New York, 48-49.
- Futuyma, D. J., 2008. Evrimsel Analiz, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Futuyma, D. J. and Kirkpatrick, M., 2017. Evolution, Fourth Edition, Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

- Garber, R., 2013. Building Information Modelling, in: *The Digital Turn in Architecture 1992-2012*, (ed.) Mario Carpo, John Wiley & Sons, Chichester, UK, 226-239.
- Garrard, M. D., 2010. *Brunelleschi's Eggs: Nature, Art and Gender in Renaissance Italy*, University of California Press, London.
- Gayon, J., 2016. From Mendel to Epigenetics: History of Genetics, *C. R. Biologies*, 339, 225–230.
- Geddes, R., 2012. *Fit: An Architect's Manifesto*, Princeton University Press, New Jersey.
- Gibbs-Smith, C. H., 1978. *The Inventions of Leonardo Da Vinci*, Charles Scribner's Sons, New York.
- Goldberg, D. E., 1989. *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*, Addison-Wesley Publishing, Reading, Massachusetts.
- Grant, E., 2007. *A History of Natural Philosophy: From the Ancient World to the Nineteenth Century*, Cambridge University Press, New York.
- Gribbin, J., 2017. *Bilim Tarihi*, Çev. Barış Gönülşen, 2.baskı, Alfa Yayınları, İstanbul.
- Groeneveld, E., Lascaux Cave, https://www.ancient.eu/Lascaux_Cave/ 17 Aralık 2019.
- Hannah, R. and Magli, G., 2011. The Role of the Sun in the Pantheon's Design and Meaning, *Numen*, 58, 4, 486-513.
- Harvey, D., 1990. *The condition of postmodernity: An enquiry into the origins of cultural change*, Blackwell, Oxford, United Kingdom.
- Hays, K. M., 1998. *Architecture theory since 1968*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Hoekstra, H. E. and Catherine, L. P., 2014. Genes, Genomes, Phenotypes, in: *The Princeton Guide to Evolution*, Jonathan B. Losos (ed. in chief), David A. Baum, Douglas J. Futuyma, Hopi E. Hoekstra, Richard E. Lenski, Allen J. Moore, Catherine L. Peichel, Dolph Schluter, Michael C. Whitlock (eds.), Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 363-365.
- Hoffman, D. L., Standish, C. D., Garcia-Diez, M., Pettitt, P. B., Milton, J. A., Zilhao, J., Alcolea-Gonzalez, J. J., Cantalejo-Duarte, P., Collado, H., Balbin, R., Lorblanchet, M., Ramos-Munoz, J., Weniger, G. C. and Pike, A. W. G., 2018. U-Th dating of carbonate crusts reveals Neandertal origin of Iberian cave art, *Science*, 359, 6378, 912-915.
- Holland, J. H., 1992. *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, A Bradford Book, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

- Inamura, C., 2009. Survival Orchestra: The Architecture of Defensive Maneuvers, in: *Autogenic Structures*, Evan Douglis (ed.), Taylor & Francis, New York, 156-161.
- Jarzombek, M., 2013. *Architecture of First Societies: A Global Perspective*, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.
- Johnson, P., 1977. On style and the International Style: on postmodernism: on architecture, *Oppositions*, 10, 15-19.
- Jordan, R. F., 1984. *A Concise History of Western Architecture*, Harcourt Brace Jovanovich, New York.
- Joye, Y., 2011. Biophilic Design Aesthetics in Art and Design Education, *The Journal of Aesthetic Education*, University of Illinois Press, 45, 2, 17-35.
- Karenga, M., 2003. *Maat, the Moral Ideal in Ancient Egypt: A Study in Classical African Ethics*, First Edition, Routledge, New York.
- Kavaler, E. M., 2012. *Renaissance Gothic*, Yale University Press, New Haven.
- Kaye, B., 2009. Repercussive Turbulence: The Structure of Anomalous Programs, in: *Autogenic Structures*, Evan Douglis (ed.), Taylor & Francis, New York, 162-165.
- Kellert, S. R., 1993. The Biological Basis for Human Values of Nature, in: *The Biophilia hypothesis*, Stephen R. Kellert and Edward O. Wilson (eds), Island Press, Washington DC.
- Kellert, S. R., 2005. *Building for Life: Designing and Understanding the Human-Nature Connection*, Island Press, Washington DC.
- Kellert, S. R., 2008. Dimensions, Elements, and Attributes of Biophilic Design, in: *Biophilic Design: The Theory, Science, and Practice of Bringing Buildings to Life*, edited by Stephen R. Kellert, Judith H. Heerwagen and Martin L. Mador, John Wiley & Son, Hoboken, New Jersey, 3-20.
- Kellert, S. R., 2012. *Birthright: People and Nature in the Modern World*, Yale University Press, New Haven & London.
- Kellert, S. R. and Calabrese, E. F., 2015. *The Practice of Biophilic Design*. <https://www.biophilic-design.com/> 17 Aralık 2019.
- Kenny, A., 2006. *The Rise of Modern Philosophy: A New History of Western Philosophy*, Volume 3, Oxford University Press, New York.
- Kim, Y. E., 2009. Multi-Singular Networks: Tectonic Play as Programmatic Engine, in: *Autogenic Structures*, Evan Douglis (ed.), Taylor & Francis, New York, 96-101.
- Lee, C., 2009. Customizing Instability: Space and the Architectural Accessory, in: *Autogenic Structures*, Evan Douglis (ed.), Taylor & Francis, New York, 56-59.

- Lewin, R., 2005. Human Evolution: An Illustrated Introduction, Fifth edition, Wiley Blackwell.
- Lewin, R., 2018. Modern İnsanın Kökeni, Çev. Nurdan Soysal, 2.baskı, Say Yayınları, İstanbul.
- Lewis, N., Heukshorst, R., Berg, R. V. D., Analysis on Swiss RE Tower, <http://www.karinazarzar.com/Lewis-Heukshorst-vd-Berg.pdf> 17 Aralık 2019.
- Lumley, D. H., 1969. A Paleolithic Camp at Nice, Scientific American, 220, 5, 42-51.
- MacDonald, W. L., 1976. The Pantheon: Design, Meaning and Progeny, Harvard University Press, London.
- Marcus, A., 2009. Subliminal Economies: Redefining Columbus Circle, in: Autogenic Structures, Evan Douglis (ed.), Taylor & Francis, New York, 42-43.
- Mark, J. J., Tomb. <https://www.ancient.eu/tomb/> 17 Aralık 2019.
- Mathews, F., 2011. Towards a Deeper Philosophy of Biomimicry, Organization & Environment, Sage Publications, 24, 4, 364-387.
- Mayr, E., 1982. The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Mayr, E., 2017. Biyoloji Budur, Çev. Afife İzbirak, 2.baskı, Say Yayınları, İstanbul.
- Mayr, E., 2018. Evrim Nedir, Çev. Nurdan Soysal, 2.baskı, Say Yayınları, İstanbul.
- McClellan, J. E. and Dorn, H., 2006. Science and Technology in World History: An Introduction, Second Edition, The John Hopkins University Press, Baltimore.
- Mies, R. L., and Puente, M., 2008. Conversations with Mies van der Rohe, Princeton Architectural Press, New York.
- Moore, H. and Hedgecoe, J., 1968. Henry Spencer Moore, Simon and Schuster, New York.
- Neumann, J. V., 1966. Theory of Self-Producing Automata, (ed.) Arthur W. Burks, University of Illinois Press, Urbana and London.
- Norberg-Schulz, C., 1986. Baroque Architecture, History of World Architecture Series, Rizzoli Electa, New York.
- Panofsky, E., 1957. Gothic Architecture and Scholasticism, Meridian Books, New York.
- Panofsky, E., 2017. Gotik Mimarlık ve Skolastik Felsefe Ortaçağda Sanat, Felsefe ve Din Arasındaki Benzerliklerin İncelenmesi, Kabalcı Yayıncılık, İstanbul.

- Pask, G., 1995. Foreword, in: *An Evolutionary Architecture*, John Frazer, Architectural Association Publications, Themes VII, London, 6-7.
- Pawlyn, M., 2011. *Biomimicry in Architecture*, First Edition, RIBA Publishing, UK.
- Pawlyn, M., 2016. *Biomimicry in Architecture*, Second Edition, RIBA Publishing, UK.
- Pevsner, N., 1968. *The Sources of Modern Architecture and Design*, F. A. Praeger, New York.
- Pevsner, N., 1977. *Pioneers of Modern Design from William Morris to Walter Gropius*, Penguin Books, Harmondsworth.
- Pike, S., 2008a. Manipulation and Control of Micro-Organic Matter in Architecture, in: *Neoplasmatic Design*, Architectural Design, John Wiley & Sons, 78, 6, 16-23.
- Pike, S., 2008b. Contaminant, in: *Neoplasmatic Design*, Architectural Design, John Wiley & Sons, 78, 6, 24-29.
- Pongratz C., Perbellini M.R., 2000. *Natural Born CAADesigners: Young American Architects*, Birkhauser, Basel, Switzerland,
- Portin, P., 2002. Historical Development of the Concept of the Gene, Journal of Medicine and Philosophy, 27, 3, 257-286.
- Reisch, G., 1508. *Margarita philosophica cu[m] additionibus nouis*, Jo. Schottus.
- Ridley, M., 2004. *Evolution*, Third Edition, Blackwell Publishing, Malden, Massachusetts.
- Roe, J., 2012. *Antoni Gaudí*, Parkstone International, New York.
- Roth, M. L., 2006. *Mimarlığın Öyküsü: Öğeleri, Tarihi ve Anlamı*, Çev. Ergün Akça, 3.baskı, Kabalcı Yayınevi, İstanbul.
- Ruy, D., 2009. Autogenic Succession, in: *Autogenic Structures*, Evan Dougliş (ed.), Taylor & Francis, New York, 10-15.
- Sadava, D. E., Hillis, D. M., Heller, H. C., Hacker, S. D., 2011. *Life: The Science of Biology*, Ninth Edition, Sinauer Associates, Sunderland, MA and W.H. Freeman & Co., Gordonsville, VA.
- Sarich, V. M. ve Wilson, A. C., 1967. Immunological time scale for Hominid evolution, Science, 158, 3805, pp. 1200-1203.
- Scaglia, G., 1991. Building the Cathedral in Florence, Scientific American, 264, 1, 66-75.
- Smith, R. T., 1884. *Architecture Gothic and Renaissance*, Ed. Edward J. Poynter and Roger Smith, R. Clay Sons and Taylor, London.

- Sturtevant, A. H., 2001. A History of Genetics, Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, New York.
- Sugawara, Y., 2008. Uto-Purification, in: Neoplastic Design, Architectural Design, John Wiley & Sons, 78, 6, 70-71.
- Sutherland, I. E., 1964. Sketchpad: A Man-Machine Graphical Communication Systems, Simulation, 2, 5, 3-20.
- Swiatkowski, P., 2014. How to Think Constructivism? Ruskin, Spuybroek and Deleuze on Gothic Architecture, Footprint, 8, 1, 41-52.
- Tsui, E., 1999. Evolutionary Architecture: Nature as a Basis for Design, John Wiley & Sons, New York.
- Turan, E. Y., 2015. Platon'un İdealar Kuramı Ekseninde Mimesis Olarak Sanat, Tarih Okulu Dergisi (TOD), Yıl 8, Sayı XXII, 1-8.
- Turing, A. M., 1937. On Computable Numbers with an Application to the Entscheidungsproblem, Proceedings of the London Mathematical Society, 2, 42, 230-265.
- Turing, A. M., 1952. The Chemical Basis of Morphogenesis, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences, 237, 641, 37-72.
- Vashisht, K. S. V., 2016. The Overall Science behind the Pyramid, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 5, 11, 74-79.
- Vincent, J. F. V., Bogatyreva, O. A., Bogatyrev, N. R., Bowyer, A. and Pahl, A.K., 2006. Biomimetics: Its Practice and Theory, Journal of the Royal Society Interface, 3, 471-82.
- Vitruvius, 2017. Mimarlık Üzerine, Çev. Çiğdem Dürüşken, 2.baskı, Alfa Yayıncılık, İstanbul.
- Waddell, G., 2002. The Principal Design Methods for Greek Temples and Their Modification for the Parthenon, Architectural History, 45, 1-31.
- Wahl, D. C., 2016. Designing Regenerative Cultures, Triarchy Press, Axminster, England.
- Watkin, D., 2005. A History of Western Architecture, Laurence King, London.
- Wiideman, A., 2009. Nocturnal Vertiflux: Mining the Urban Continuum, in: Autogenic Structures, Evan Douglass (ed.), Taylor & Francis, New York, 36-37.
- Wilson, E. O., 1993. Biophilia and the Conservation Ethic, in: The Biophilia hypothesis, Stephen R. Kellert (ed.) and Edward O. Wilson (ed.), Island Press, Washington DC.
- Wilson, E. O., 1996. In search of nature, A Shearwater Book, Island Press, Washington DC.

- Wilson, E. O., 2003. *Biophilia*, twelfth printing, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Wilson, E. O., 2006. *Naturalist*, A Shearwater Book, Island Press, Washington DC.
- Wintour, P., A brief history of computation. <https://parametricmonkey.com/2018/06/08/a-brief-history-of-computation/#> 17 Aralık 2019.
- Wittkower, R., 1988. *Architectural Principles in the Age of Humanism*, Academy Editions, London.
- Wolfram, S., 1984. Universality and Complexity in Cellular Automata, *Physica D*, 10, 1-2, 1-35.
- Yang, S-İ., 2009a. Transgressive Reciprocity: Flux and Exchange within the Urban Network, in: *Autogenic Structures*, Evan Douglis (ed.), Taylor & Francis, New York, 44-47.
- Yang, A., 2009b. Internecine Fecundity: The Space and Structure of Survival, in: *Autogenic Structures*, Evan Douglis (ed.), Taylor & Francis, New York, 130-137.
- Yıldırım, C., 2018. *Bilim Tarihi*, 22.baskı, Remzi Kitabevi, İstanbul.
- Zari, M. P., 2007. Biomimetic Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability, Sustainable Building Conference SB07, Paper number: 033, Auckland, New Zealand.
- Zellner, P., 2009. Streamlines of Desire, Performative Techniques, Endless Deviation, Beauty and Open Play in the Evan Douglis Studio, in: *Autogenic Structures*, Evan Douglis (ed.), Taylor & Francis, New York, 26-31.
- Zirkle, C., 1946. The Early History of the Idea of the Inheritance of Acquired Characters and of Pangenesis, *Transactions of the American Philosophical Society*, 35, part II, 91-151.
- URL-1, https://www.etymonline.com/word/nature#etymonline_v_2321 Nature, Online Etymology Dictionary. 17 Aralık 2019.
- URL-2, <https://sozluk.gov.tr/?kelime=do%C4%9Fa> Doğa, Türk Dil Kurumu. 17 Aralık 2019.
- URL-3, <https://www.thenorthernecho.co.uk/news/16044901.neanderthals-found-to-be-the-original-artists/#gallery0> Neanderthals found to be the original artists. 17 Aralık 2019.
- URL-4, <https://www.thenorthernecho.co.uk/news/16044901.neanderthals-found-to-be-the-original-artists/#gallery1> Neanderthals found to be the original artists. 17 Aralık 2019.

- URL-5, <https://www.ancient.eu/uploads/images/8664.jpg?v=1524862617> Lascaux Cave. 17 Aralık 2019.
- URL-6, <https://www.ancient.eu/uploads/images/3539.jpg?v=1485681234> Lascaux Cave. 17 Aralık 2019.
- URL-7, https://i.arkeolojikhaber.com/pool_file/2018/34/52302_menhir.jpg Menhir. 17 Aralık 2019.
- URL-8, <https://cdn.britannica.com/s:700x500/60/102960-050-21724483/Poulnabrone-Dolmen-tomb-Ireland-County-Clare.jpg> Poulnabrone dolmen. 17 Aralık 2019.
- URL-9, <https://cdn.britannica.com/s:700x500/01/153601-050-CC20C4EB/Stonehenge-Salisbury-Plain-England-Wiltshire.jpg> Stonehenge. 17 Aralık 2019.
- URL-10, <http://i-cias.com/e.o/ill/mastaba01.jpg> Mastaba. 17 Aralık 2019.
- URL-11, <https://jeanclaudegolvin.com/wp-content/uploads/2017/10/egypte-gizeh-pyramides-mastaba-jc-golvin.jpg> Un mastaba édifice funéraire. 17 Aralık 2019.
- URL-12, <https://wallpapercave.com/w/srTCgp8> Keops Pyramid. 17 Aralık 2019.
- URL-13, <https://jeanclaudegolvin.com/wp-content/uploads/2017/10/egypte-gizeh-pyramides-kheops-coupe-jc-golvin.jpg> Coupe de la pyramide de khéops. 17 Aralık 2019.
- URL-14, <https://wallpapercave.com/w/wp954652> hava, su, ateş ve toprak. 17 Aralık 2019.
- URL-15, <https://www.khanacademy.org/humanities/ap-art-history/early-europe-and-colonial-americas/renaissance-art-europe-ap/a/raphael-school-of-athens> Raphael, School of Athens. 17 Aralık 2019.
- URL-16, <https://wallpapercave.com/w/Cp8sH26> Parthenon. 17 Aralık 2019.
- URL-17, <https://images5.alphacoders.com/664/664293.jpg> Pantheon. 17 Aralık 2019.
- URL-18, <http://pluspng.com/img-png/ancient-rome-architecture-png-the-cross-section-of-the-pantheon-1502.png> The cross section of the pantheon. 17 Aralık 2019.
- URL-19, <https://www.bluffton.edu/homepages/facstaff/sullivanm/italy/rome/costanza/0002.jpg> Costanza. 17 Aralık 2019.
- URL-20, http://projects.mcah.columbia.edu/medieval-architecture/images/kd/large/ma_kd_ex_rome_costanza_plan.gif Rome Costanza plan. 17 Aralık 2019.
- URL-21, <https://johncavacas.com/blog/2012/10/08/time-magazine-feature-hagia-sophia-interior-ayasofya-istanbul/> TIME magazine feature: Hagia Sophia Interior (Ayasofya) – Istanbul. 17 Aralık 2019.

- URL-22, <https://www.orthodoxartsjournal.org/wp-content/uploads/2015/08/21-Agia-Sophia-interior.jpg> Hagia Sophia Interior. 17 Aralık 2019.
- URL-23, <https://learning.hccs.edu/faculty/steven.cartwright/arts1303/ch-12-romanesque-europe/view> Ch 12 Romanesque Europe. 17 Aralık 2019.
- URL-24, https://66.media.tumblr.com/b8b43fd01fd9546473cf89afe8cc6307/tumblr_mmwbdSDEho1qb0bzxo1_1280.jpg Notre-Dame Amiens. 17 Aralık 2019.
- URL-25, <https://enthusiastical.files.wordpress.com/2013/05/dsc01642.jpg> Notre-Dame Amiens. 17 Aralık 2019.
- URL-26, <https://megaconstrucciones.net/images/edificios-religiosos/foto/amiens-catedral-11.jpg> Notre-Dame Amiens. 17 Aralık 2019.
- URL-27, <https://www.luciassociation.org/new-lighting-for-the-strasbourg-cathedral/> New lighting for the Strasbourg Cathedral. 17 Aralık 2019.
- URL-28, <https://3iqhm91wtiv21y4zza4dqwj2-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/France-Strasbourg-Strasbourg-Cathedral-Western-Facade-954x1440.jpg> Strasbourg Cathedral Western Facade. 17 Aralık 2019.
- URL-29, https://i1.trekearth.com/photos/61422/cath_strasbourg.jpg Strasbourg Cathedral. 17 Aralık 2019.
- URL-30, <https://plato.stanford.edu/entries/kepler/figure2.jpg> Gezegenlerin elips biçimli yörüngesi. 17 Aralık 2019.
- URL-31, <https://cdn.britannica.com/52/752-050-CA91D3CB/Two-Galileo-telescopes-Institute-and-Museum-of.jpg> Two of Galileo's first telescopes. 17 Aralık 2019.
- URL-32, <https://scholarship.rice.edu/handle/1911/78795> Dialogo di Galileo Galilei Linceo, orbit rings page 320. 17 Aralık 2019.
- URL-33, <https://ccbd786-a-62cb3a1a-sites.googlegroups.com/site/adairarthistory/iii-early-europe-and-colonial-americas/70-palazzo-rucellai-leon-battista-alberti/Riccardi-palazzo-plan.jpg> Palazzo Rucellai. 17 Aralık 2019.
- URL-34, <http://nyitarch161.blogspot.com/2016/12/palazzo-rucellai-firenze-italy-1446.html> Palazzo Rucellai, Firenze, Italy. 17 Aralık 2019.
- URL-35, <https://images3.alphacoders.com/707/707550.jpg> Floransa Katedrali. 17 Aralık 2019.
- URL-36, <https://i.pinimg.com/originals/67/59/78/675978b3fd2a67c7a15eb88de7800cae.jpg> Floransa Katedrali'nin kubbesi. 17 Aralık 2019.

- URL-37, <https://okuryazarim.com/wp-content/uploads/2018/10/Villa-Rotonda.jpg> Villa Rotunda. 17 Aralık 2019.
- URL-38, <http://acidadebranca.tumblr.com/image/13622264981> Villa Rotunda'nın Planı. 17 Aralık 2019.
- URL-39, <https://besthqwallpapers.com/download/original/25840> Santiago de Compostela Katedrali. 17 Aralık 2019.
- URL-40, <http://www.4usky.com/data/out/99/164901148-versailles-wallpapers.jpg> Versailles Sarayı. 17 Aralık 2019.
- URL-41, https://www.theenglishgarden.co.uk/expert-advice/design-solutions/design_baroque_garden_style/ The baroque garden style. 17 Aralık 2019.
- URL-42, <https://1d4vws37vmp124vlehygoxxd-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2017/03/blenheim-palace-bladon-bridge-7-1024x683.jpg> Blenheim palace. 17 Aralık 2019.
- URL-43, https://www.wga.hu/html_m/z/zimmerma/dominiku/wies2.html Pilgrimage church. 17 Aralık 2019.
- URL-44, <https://i.pining.com/originals/37/1c/41/371c41690d7a493081e550f4ac44073c.jpg> Vierzehnheiligen interior. 17 Aralık 2019.
- URL-45, <http://chiswickhouseandgardens.org.uk/wp-content/uploads/2017/04/CH-148-Exterior-Chiswick-House-and-Gardens.jpg> Chiswick House. 17 Aralık 2019.
- URL-46, http://4.bp.blogspot.com/-1DadwTO42-o/Ur3eRPrGA1I/AAAAAAAAABLc/5tqSRsu6VSU/s1600/primitive_hut.jpg Primitive hut. 17 Aralık 2019
- URL-47, https://www.daniellaondesign.com/uploads/7/3/9/7/7397659/ideal-city-saltworksclaude-nicholas-ledoux1775-781330995169531_orig.png The City of Chaux, designed by Claude-Nicolas Ledoux. 17 Aralık 2019.
- URL-48, <https://www.archdaily.com/544946/ad-classics-cenotaph-for-newton-etienne-louis-boullée/53a26459c07a8079c5000231-ad-classics-cenotaph-for-newton-etienne-louis-boullée-exterior-elevation> Cenotaph for newton. 17 Aralık 2019.
- URL-49, https://www.archdaily.com/544946/ad-classics-cenotaph-for-newton-etienne-louis-boullée/53a2643bc07a8079c500022f-ad-classics-cenotaph-for-newton-etienne-louis-boullée-section-during-the-day-with-interior-night-effect?next_project=no Cenotaph for newton. 17 Aralık 2019.
- URL-50, <https://classconnection.s3.amazonaws.com/37/flashcards/1987037/jpg/21350396358024.jpg> Combinaisons Horizontales. 17 Aralık 2019.
- URL-51, <https://www.inexhibit.com/wp-content/uploads/2014/09/Altes-Museum-Berlin-11.jpg> Altes Museum Berlin. 17 Aralık 2019.

- URL-52, <https://plmosley.tumblr.com/image/115779040184> The plan of the Altes Museum. 17 Aralık 2019.
- URL-53, <https://www.goodfon.com/wallpaper/stourhead-gardens-wiltshire-england-palladian-bridge-stourkh.html> Stourhead Gardens. 17 Aralık 2019.
- URL-54, https://thecuriouspixie.co.uk/wp-content/uploads/2018/06/IMG_8493-1440x1081.jpg Strawberry Hill House. 17 Aralık 2019.
- URL-55, <http://images.library.yale.edu/walpoleimages2/strawberryhill/sh-000403a.jpg> Ground plan of Strawberry hill. 17 Aralık 2019.
- URL-56, https://cdn.ca.emap.com/wp-content/uploads/sites/9/2015/11/Palace_Westminster_Palace-1024x681.jpg Westminster Palace. 17 Aralık 2019.
- URL-57, <https://archinect.com/news/article/150030967/the-stalled-refurbishment-of-the-palace-of-westminster> The stalled refurbishment of The Palace of Westminster. 17 Aralık 2019.
- URL-58, https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8b/P1130230_Paris_V_place_du_Panth%C3%A9on_n%C2%B010_biblioth%C3%A8que_Sainte-Genevi%C3%A8ve_rwk.JPG Bibliothèque Saint Geneviève. 17 Aralık 2019.
- URL-59, https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5c/Salle_de_lecture_Bibliotheque_Sainte-Genevieve_n10.jpg Bibliotheque Sainte Genevieve interior. 17 Aralık 2019.
- URL-60, https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2e/Bibliothek_Sainte-Genevi%C3%A8ve_ground_floor_plan.jpg/1148px-Bibliothek_Sainte_Genevi%C3%A8ve_ground_floor_plan.jpg Bibliothèque Saint Geneviève ground floor plan. 17 Aralık 2019.
- URL-61, <https://cdn.britannica.com/s:1500x700,q:85/62/141062-004-45F2C676/Staircase-Hotel-Tassel-Victor-Horta-Brussels-style.jpg> Tassel House staircase. 17 Aralık 2019.
- URL-62, https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d5/BE_Bruxelles_Horta_Tassel.JPG Tassel House. 17 Aralık 2019.
- URL-63, <https://listelist.com/wp-content/uploads/2014/09/la-sagrada-familia-listelist.jpg> La Sagrada Familia. 17 Aralık 2019.
- URL-64, https://images.adsttc.com/media/images/57fe/7897/e58e/cef4/c400/003b/slideshow/Sagrada_Familia_Kah-Wai_Lin.jpg?1476294779 La Sagrada Familia Interior. 17 Aralık 2019.
- URL-65, <https://www.wannart.com/wp-content/uploads/2018/03/casa-mila-wannart.jpg> Casa Milà. 17 Aralık 2019.

- URL-66, <https://traveldigg.com/wp-content/uploads/2016/06/Casa-Mila-Balcony.jpg> Casa Mila balcony. 17 Aralık 2019.
- URL-67, https://static.dezeen.com/uploads/2017/06/fallingwater-frank-lloyd-wright-pennsylvania-1935-150th-birthday_dezeen_2364_ss_8.jpg Fallingwater Frank Lloyd Wright. 17 Aralık 2019.
- URL-68, <https://images.adsttc.com/media/images/5037/ddec/28ba/0d59/9b00/0093/slideshow/stringio.jpg?1414033832> Fallingwater interior. 17 Aralık 2019.
- URL-69, https://static.dezeen.com/uploads/2018/11/bauhaus_weimar_school_walter_gropius_dezeen_2364_hero-1704x959.jpg Bauhaus building. 17 Aralık 2019.
- URL-70, <https://www.bauhaus-dessau.de/content/images/8ba8d5ed9cd96a1c22d210577af43ead.jpg> Bauhaus building interior. 17 Aralık 2019.
- URL-71, <https://www.arkitektuel.com/wp-content/uploads/2017/11/National-Trust-for-Historic-Preservation.--768x422.jpg> Farnsworth House. 17 Aralık 2019.
- URL-72, <https://en.wikiarquitectura.com/building/farnsworth-house/#farnsworth-22> Farnsworth House. 17 Aralık 2019.
- URL-73, <https://www.wannart.com/wp-content/uploads/2018/12/villa-savoye-wannart-1.jpg> Villa Savoye. 17 Aralık 2019.
- URL-74, <https://www.wannart.com/wp-content/uploads/2018/12/villa-savoye-wannart-5.jpg> Villa Savoye. 17 Aralık 2019.
- URL-75, https://cdn.citylab.com/media/img/citylab/2019/06/Portland_Bldg_Existing/940.jpg?mod=1561647071 Portland Building. 17 Aralık 2019.
- URL-76, https://www.archdaily.com/407522/ad-classics-the-portland-building-michael-graves/51ef048de8e44e6da300006f-ad-classics-the-portland-building-michael-graves-image?next_project=no Portland Building. 17 Aralık 2019.
- URL-77, https://www.etymonline.com/word/bio-#etymonline_v_11170 Bio-, Online Etymology Dictionary. 17 Aralık 2019.
- URL-78, https://www.etymonline.com/word/mimesis#etymonline_v_32208 Mimesis, Online Etymology Dictionary. 17 Aralık 2019.
- URL-79, <https://www.merriam-webster.com/dictionary/biomimetic#h1> Biomimetics, Merriam-Webster Dictionary. 17 Aralık 2019.
- URL-80, <http://specieslist.com/images/external/Mini14L.jpg> Bionic Car. 17 Aralık 2019.

- URL-81, https://www.slideshare.net/gauravhtandon1/biomimicry-applications-in-civil-engineering?from_action=save Biomimicry applications in civil engineering. 17 Aralık 2019.
- URL-82, <https://steemit.com/architecture/@snaves/biomimetic-architecture-the-gherkin> Biomimetic Architecture: The Gherkin. 17 Aralık 2019.
- URL-83, http://www.thegherkinlondon.com/wp-content/uploads/wp_elastic_grid/large/3bd27b7de29e28b35b1ef95fc33fbade_Banstand_The-Gherkin_%C2%A9Hufton+Crow_030_edit.jpg Gherkin Tower. 17 Aralık 2019.
- URL-84, https://i1.wp.com/media.tumblr.com/5648337efb0e3cf559b8529f36b39cae/tumblr_inline_mwqxpz9KFy1r97ndl.jpg?zoom=2 Gherkin Tower. 17 Aralık 2019.
- URL-85, <http://greenworkshop.delta-foundation.org.tw/userfiles/image/20110708031636645.jpg> Termite ventilation. 17 Aralık 2019.
- URL-86, <https://i.pinimg.com/originals/e6/23/5a/e6235a4205671628ca29d3a395498e1f.jpg> Eastgate Building Section. 17 Aralık 2019.
- URL-87, https://media.treehugger.com/assets/images/2018/03/GN516RGIO.2-1.jpg.860x0_q70_crop-smart.jpg Sahra Forest Project. 17 Aralık 2019.
- URL-88, https://asknature.org/wp-content/uploads/2016/04/Onymacris_unguicularis-1024x672.jpg Stenocara gracilipes. 17 Aralık 2019.
- URL-89, https://www.etymonline.com/word/-philia#etymonline_v_14856 -phialia, Online Etymology Dictionary. 17 Aralık 2019.
- URL-90, https://images.adsttc.com/media/images/5928/a797/e58e/ce97/f600/015c/large_jpg/The_Courtyard_House__De_Rosee_Sa_%C2%A9_Alexander_James_Phography.jpg?1495836564 The Courtyard House. 17 Aralık 2019.
- URL-91, https://fastly.4sqi.net/img/general/width960/88794862_8WC36F3AXs8QjPNKZP6KWsRQIDbLXyWargVuklr3WaA.jpg Nottingham University Jubilee Campus. 17 Aralık 2019.
- URL-92, <https://i.pinimg.com/originals/71/76/f4/7176f4c603af04ee28192ea5283cfa5a.jpg> Su Zambağı. 17 Aralık 2019.
- URL-93, https://archpaper.com/wp-content/uploads/2017/08/jw_iwan-baan-1024x0-c-default.jpg Johnson Wax Buildings. 17 Aralık 2019.
- URL-94, <https://www.architectureanddesign.com.au/getattachment/4cec0e18-416e-441f-bcf5-4136e7633b85/nara-yakushiji-temple-nara-133902.jpg.aspx?width=600&height=399> Yakushi Ji Temple. 17 Aralık 2019.

- URL-95, http://www.orangesmile.com/extreme/img/main/high-line-park_1.jpg High Line Park. 17 Aralık 2019.
- URL-96, <https://www.worldatlas.com/r/w728-h425-c728x425/upload/52/79/c4/shutterstock-405474745.jpg> Tumbleweed. 17 Aralık 2019.
- URL-97, http://geneticarchitectures.weebly.com/uploads/3/5/4/0/3540960/3321971-orig_orig.jpg Genetic Barcelona Project. 17 Aralık 2019.
- URL-98, http://geneticarchitectures.weebly.com/uploads/3/5/4/0/3540960/3888172-orig_orig.jpg Genetic Barcelona Project. 17 Aralık 2019.
- URL-99, http://geneticarchitectures.weebly.com/uploads/3/5/4/0/3540960/8926290-orig_orig.jpg Genetic Barcelona Project. 17 Aralık 2019.
- URL-100, http://geneticarchitectures.weebly.com/uploads/3/5/4/0/3540960/5795543_orig.jpg Biodigital Barcelona Skyscraper. 17 Aralık 2019.
- URL-101, http://geneticarchitectures.weebly.com/uploads/3/5/4/0/3540960/7334013_orig.jpg Biodigital Barcelona Skyscraper. 17 Aralık 2019.
- URL-102, http://1.bp.blogspot.com/-GiRmqr37QHk/U08WB-JBfbI/AAAAAAAAABi8/KPF4wPyCgzs/s1600/Cruz_Cyborgian+Interfaces+overview.jpg Cyborgian Interfaces. 17 Aralık 2019.
- URL-103, http://2.bp.blogspot.com/-yhBoufCf5d4/U08WwGwP_LI/AAAAAAAAABjo/VC4oNO7CMIa/s1600/Cruz_Cyborgian+Interfaces+11.jpg Cyborgian Interfaces. 17 Aralık 2019.
- URL-104, https://egs.edu/faculty/_facultyHeader/John_Frazer_0192.jpg John Frazer. 17 Aralık 2019.
- URL-105, <https://issuu.com/aaschool/docs/an-evolutionary-architecture-webocr> An Evolutionary Architecture book cover. 17 Aralık 2019.
- URL-106, <https://www.fizikist.com/static/img/2016/04/alan-turing4-m.jpg> Bombe Makinesi. 17 Aralık 2019.
- URL-107, <https://manwithoutqualities.files.wordpress.com/2016/10/von-neumann1.jpg> Von Neumann. 17 Aralık 2019.
- URL-108, <https://i0.wp.com/www.interactivearchitecture.org/wp-content/uploads/2015/05/cover.jpg?zoom=1.25&resize=664%2C308> Generator Project. 17 Aralık 2019.
- URL-109, <https://alchetron.com/cdn/eugene-tsui-ce97f926-e29a-4794-bea4-18afaa756c0-resize-750.jpeg> Eugene Tsui, 17 Aralık 2019.

- URL-110, <http://www.eugenetsui.com/images/BookPageImage.jpg> Evolutionary Architecture book cover. 17 Aralık 2019.
- URL-111, <https://inhabitat.com/wp-content/blogs.dir/1/files/2013/06/tsui-house7.jpg> Tsui House. 17 Aralık 2019.
- URL-112, <https://inhabitat.com/wp-content/blogs.dir/1/files/2013/06/tsui-house1.jpg> Tsui House. 17 Aralık 2019.
- URL-113, <https://66.media.tumblr.com/cb3ac255ff5f1741f4c0e60ac3647fbb/7f27b4ba13414718-6f/s500x750/4440cd4298fd9cdf63d7749b5a1c8d21ca1b1ee0.jpg> Tsui House. 17 Aralık 2019.
- URL-114, <https://images.newscientist.com/wp-content/uploads/2017/10/13105947/gettyimages-71128964.jpg?width=800> Dimetrodon.
- URL-115, <https://cdn.mos.cms.futurecdn.net/owYTb9X5fKpeBhgiaxD73b-1024-80.jpg> Stegosaurus. 17 Aralık 2019.
- URL-116, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Reyes_house_with_wings_up.jpg Reyes House wings up. 17 Aralık 2019.
- URL-117, <http://www.eugenetsui.com/slideshows/archbuilt/large/8B9B59D2-C1C5-496D-B874.jpg> Reyes House. 17 Aralık 2019.
- URL-118, https://www.audubon.org/sites/default/files/styles/article_hero_inline/public/blue-eyed_darner_-_small_01.png?itok=Hlp_8Vil Blue eyed darner. 17 Aralık 2019.
- URL-119, https://www.etymonline.com/word/evolution#etymonline_v_29764 Evolution, Online Etymology Dictionary. 17 Aralık 2019.
- URL-120, https://www.etymonline.com/word/evolve#etymonline_v_11717 Evolve, Online Etymology Dictionary. 17 Aralık 2019.
- URL-121, <https://dictionary.cambridge.org/tr/s%C3%B6zl%C3%BCk/ingilizce/evolution> Evolution, Cambridge Dictionary. 17 Aralık 2019.
- URL-122, <http://www.charlesdarwin.net/images/charles-darwin.jpg> Charles Darwin. 17 Aralık 2019.
- URL-123, https://i1.wp.com/sitn.hms.harvard.edu/wp-content/uploads/2015/10/Darwin_tree_cut.png?w=620 Darwin's tree of life. 17 Aralık 2019.
- URL-124, https://evrimagaci.org/public/content_media/dev-boyda-evrim-agaci.png Dev boyda evrim ağacı. 17 Aralık 2019.
- URL-125, https://evogeneao.s3.amazonaws.com/images/tree_of_life/tree-of-life_2000.png Tree of Life. 17 Aralık 2019.

URL-126, https://www.etymonline.com/word/gene#etymonline_v_5990 Gene, Online Etymology Dictionary. 17 Aralık 2019.

URL-127, https://www.etymonline.com/word/genetic#etymonline_v_5997 Genetic, Online Etymology Dictionary. 17 Aralık 2019.

URL-128, <https://dictionary.cambridge.org/tr/s%C3%B6zl%C3%BCk/ingilizce/gene> Gene, Cambridge Dictionary. 17 Aralık 2019.

URL-129, <https://kintalk.org/genetics-101/> Basic Genetics. 17 Aralık 2019.

URL-130, https://www.etymonline.com/word/computation#etymonline_v_28503 Computation, Online Etymology Dictionary. 17 Aralık 2019.

URL-131, <https://dictionary.cambridge.org/tr/s%C3%B6zl%C3%BCk/ingilizce/computation> Computation, Cambridge Dictionary. 17 Aralık 2019.

ÖZGEÇMİŞ

1994 yılında Trabzon'da doğdu. 2008 yılında Ce-Zi-Ne Kardeşler İlköğretim Okulu, 2012 yılında ise Ordu Fen Lisesi'nden mezun oldu. 2012 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde başladığı lisans eğitimini 2017 yılında tamamlayarak aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda yüksek lisans yapmaya hak kazandı. Aynı zamanda 2017 yılında, yurtdışında lisansüstü eğitimi kapsayan, Millî Eğitim Bakanlığı YLSY bursunu kazandı. 2018 yılında Eskişehir Teknik Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Mimarlık Bölümü'ne Araştırma Görevlisi olarak atandı. Akademik çalışmalarına burada devam etmekte ve iyi derecede İngilizce bilmektedir.