ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Aylin KUL

KİNETİK ÖGELERİN MİMARİ YAPININ BİÇİMLENMESİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

ADANA, 2022



Aileme,

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KİNETİK ÖGELERİN MİMARİ YAPININ BİÇİMLENMESİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Aylin KUL

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Onur ERMAN
Yıl: 2022, Sayfa: 181
Jüri : Doç. Dr. Onur ERMAN
: Doç. Dr. Özlem ŞENYİĞİT
: Dr. Öğr.Üyesi Gökhan UŞMA

Teknolojiyle birlikte yeni malzeme ve yapım tekniklerinin gelişmesi mimaride yeni biçimlerin ve kullanımların oluşmasını sağlamıştır. Mimarlıkta olagelen biçimlendirme tutumunda çevresel koşullarda görülen değişimle, yapının pasif biçimde ışık, renk, gölge değeri gibi unsurlarını değiştirdiği, diğer tüm biçimsel unsurlarıyla statik halini koruduğu söylenebilir. Son yıllarda enerji etkin tasarım alanında etkileyici örnekleri görülen kinetik tasarım çalışmaları ile yapılar, çevresel koşullara duyarlı hale gelerek değişimlere cevap vermektedir. Teknoloji ve mimarlık ilişkisini vurgulayan bu çalışmada, mimari biçim üretmede kinetik ögelerin rolünü değerlendirmek amaçlanmıştır. Bu bağlamda kinetik mimarlık irdelenmiş ve hareketin mimari biçimin değişimine katkısı kinetik özelliklere sahip farklı uygulama örnekleri üzerinden değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda teknolojinin desteğiyle gelişen kinetik ögelerin çeşitli konumlarda, farklı amaçlarla ve pozisyon değişiklikleriyle mimari biçim oluşumuna etki ettiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kinetik Tasarım, Kinetik Mimari, Mimari Biçim, Teknoloji, Mimari tasarım

ABSTRACT

MSc. THESIS

EVALUATION OF THE EFFECT OF KINETIC ELEMENTS ON THE FORMATION OF ARCHITECTURAL FORM

Aylin KUL

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APLLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Onur ERMAN
Year:2022, Page: 181
Jury : Assoc. Prof. Dr. Onur ERMAN
: Assoc. Prof. Dr. Özlem ŞENYİĞİT
: Assist. Prof. Dr. Gökhan UŞMA

The development of new materials and construction techniques with technology has led to the formation of new forms and uses in architecture. It can be said that with the change in environmental conditions in the prevalent formatting attitude in architecture, the structure is passively changed by the elements such as light, color, and shadow, and maintains its static state with all other morphological elements. With kinetic design studies, which have seen impressive examples in the field of energy efficient design in recent years, buildings respond to changes by becoming sensitive to environmental conditions. In this study, which emphasizes the relationship between technology and architecture, it is aimed to evaluate the role of kinetic elements in producing architectural form. In this context, kinetic architecture has been examined and the contribution of movement to the change of architectural form has been evaluated through the different examples which have kinetic properties. As a result of the evaluations, it has been determined that the kinetic elements developed with the support of technology affect the formation of architectural form through various positions, with different purposes and position changes.

Keywords: Kinetic Design, Kinetic Architecture, Architectural Form, Technology, Architectural Desig

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Teknolojiyle birlikte yeni malzeme ve yapım tekniklerinin gelişmesi her dönemde mimariyi etkilemiş, yeni biçimlerin ve kullanımların oluşmasını sağlamıştır. Bugün; mimarlık pratiği içinde pek çok kavram, yaklaşım ve yöntemin teknoloji ile geliştiği düşünülmektedir. Yeni bir biçimin söyleyeceği sözünün olması teknoloji tabanlı tasarım, üretim ve kullanımla desteklenmektedir. Bu bakımdan teknolojinin etkin faktör olarak çağdaş mimarinin odağında yer aldığı açıkça belirtilebilir. Avusturyalı Mimar Karl Schwanzer (1918-1975) yapıyı, "dört duvar ve başımızın üzerinde bir damdan daha fazla olan şey" olarak tarif etmekte ve daha fazla olanı sanatsal, sosyolojik, antropolojik, estetik, tarihi ve kültürel unsurlar olarak işaret etmektedir. Günümüz mimarlığını düşündüğümüzde Schwanzer'in sıraladığı unsurlara teknolojiyi de eklemek uygun olacaktır. Teknolojinin mimariye katkısı çok boyutlu olmakla birlikte bu çalışmada kinetik tasarımın biçimi üretmedeki rolü teknoloji aracılığıyla tartışılmaya çalışılmıştır.

Mimarlıkta olagelen biçimlendirme tutumunda çevresel koşullarda görülen değişimle, yapının pasif biçimde ışık, renk, gölge değeri gibi unsurlarını değiştirdiği, diğer tüm biçimsel unsurlarıyla statik halini koruduğu söylenebilir. Hatta zamana göre anlık değişim durumunun özellikle antik dönem yapılarında sembolik anlamların iletilmesi için de kullanıldığı bilinmektedir. Ancak kinetik tasarım ile yapı, çevre koşullarına duyarlı hale gelir ve koşullardaki değişimden etkilenerek bu değişime cevap verir. Son yıllarda enerji etkin tasarım alanında çarpıcı örnekleri görülen kinetik tasarım çalışmaları esneklik, estetik, sürdürülebilirlik, işlevsellik gibi farklı amaçlarla ve farklı ölçeklerde yapı bütünü içinde yer almaktadır.

Teknoloji ve mimarlık ilişkisinin önemini vurgulayan bu çalışmanın amacı, mimari biçimi elde etmede kinetik tasarımın rolü sorgulamaya çalışarak, kinetik tasarımı farklı uygulama örnekleri yardımıyla değerlendirmektir. Bu doğrultuda tez çalışması ile;

1. Teknolojik gelişmeler mimari yapıları hangi düzeylerde etkileyebilir?
2. Teknolojinin kinetik yapı tasarımındaki önemi nedir?
3. Kinetik olma durumu mimari tasarıma hangi açılardan yarar sağlayabilir?
4. Kinetik mimarlık çatısı altında farklı yöntem ve yaklaşımlar içeren hareketli bina konseptlerinden bahsetmek mümkün müdür?
5. Mimari biçim oluşumunda kinetik elemanların rolü nedir?
6. Kinetik elemanların yapıda kullanım yerleri, şekilleri ve ölçekleri nelerdir?

Sorularına cevap aranmıştır.

Bu kapsamda literatür taramaları doğrultusunda kinetik mimari konseptler, kinetik yapı elemanları, bu elemanların hareket şekilleri, hareketin niyeti ve hareketin mimari biçimin değişimine katkısı kinetik özelliklere sahip yapı örnekleri üzerinden değerlendirilmiştir. Böylelikle teknoloji ve mimarlık ilişkisinin, kinetik tasarımın mimari yapıda biçimi değiştirmedeki etkisi aracılığıyla tartışılması hedeflenmiştir.

Literatür taramaları ile elde edilen veriler ışığında çalışmanın sonucunda kinetik elemanlar ortam şartlarına, kullanıcı isteğine veya ihtiyacına bağlı olarak fonksiyonel çeşitlilik ve adaptasyon yeteneği yüksek tasarımlar sunarak mekanın verimliliğini ve kullanım ömrünü artırdığı tespit edilmiştir. Özellikle cephelerde uygulanan kinetik elemanlar mevcut kaynakların gelecek nesillere ulaşmasını sağlama amacı taşıyan enerji etkin bina tasarımını desteklemekte ve insanlar üzerinde cezbedici etki bırakarak zihinde kalıcılığı artırmaktadır. Ulaşılan sonuçlar neticesinde teknolojinin desteğiyle çeşitlenen ve gelişen kinetik yapı elemanlarının çeşitli konumlarda ve pozisyon değişiklikleriyle farklı düzeylerde mimari biçim oluşumuna etki ettiği tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Kinetik Ögelerin Mimari Yapının Biçimlenmesine Etkisinin Değerlendirilmesi adlı tez konusunun belirlenmesinde ve hazırlanma sürecinin her aşamasında değerli fikirleri ve akademik tecrübesiyle beni yönlendiren, her fırsatta çalışmamla yakından ilgilenen ve bu süreçte güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen değerli tez danışmanım Doç. Dr. Onur Erman'a göstermiş olduğu destek ve hoşgörüden dolayı şükranlarımı ve saygılarımı sunarım.

Tez jürimde bulunan Sayın Doç. Dr. Özlem Şenyiğit ve Sayın Dr. Öğr.Üyesi Gökhan Uşma hocalarıma değerli fikirlerini esirgemeyerek bu çalışmanın olgunlaşmasına katkıda bulundukları için teşekkürlerimi sunarım.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerinden yararlanma imkanına sahip olduğum Çukurova Üniversitesi Mimarlık Bölümü bütün öğretim üyelerine ve öğretim görevlilerine değerli katkılarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca maddi manevi desteklerini esirgemeyen, yüksek lisans çalışmam boyunca bana sabır gösteren, her şeyi başarabileceğime inandıran ve bana olan inancıyla beni yüreklendiren sevgili annem Nurdane Kul ile sevgili babam Abidin Kul'a sonsuz teşekkür ederim. Hayatımın her döneminde bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, karşılaştığım tüm zorlukları benimle birlikte göğüsleyerek varlığıyla ve desteğiyle bana güç veren kıymetli abim Ali Kul'a gönülden teşekkür ederim.

Ve son olarak bu süreçte beni yalnız bırakmayan tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Aylin KUL

Eylül 2022

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR V
İÇİNDEKİLER VI
ÇİZELGELER DİZİNİ VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ X
SİMGELER VE KISALTMALAR XIV
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
3. MATERYAL VE METOT 11
3.1. Materyal 11
3.2. Metot 11
4. TEKNOLOJİ VE MİMARLIK İLİŞKİSİ 13
4.1. Teknoloji Kavramı ve Yenileşmeye Etkisi 13
4.2. Teknolojik Gelişmelerin Mimariye Etkisi 16
4.2.1. Tasarım Sürecine Etkisi 24
4.2.2. Yapım Sürecine Etkisi 34
4.2.3. Kullanım Aşamasına Etkisi 60
5. KİNETİK TASARIM VE MİMARİ İLİŞKİSİ 69
5.1. Kinetik Tasarım Kavramı ve Kullanıldığı Alanlar 69
5.2. Kinetik Mimari Kavramı ve Tarihsel Gelişimi 78
5.3. Literatürdeki Kinetik Mimari Sınıflandırmalar 85
5.4. Mimaride Kinetik Eleman Kullanmanın Amacı 89
5.4.1. Fiziksel Çevre Denetimi Sağlama Amacı 90
5.4.2. Fonksiyonel Değişebilirlik-Esneklik Amacı 94

5.4.3. Enerji Üretim Amacı 99
5.4.4. Görsel/Estetik Amaçlar..... 102
5.4.5. Bilgilendirme ve Etkileşim Amacı 103
5.5. Kinetik Mimari Konseptler 105
5.5.1. Uyarlanabilir (Adaptive) - Tepkimeli (Responsive) Mimarlık 108
5.5.2. Etkileşimli (Interactive) Mimari 111
5.5.3. Mobil Mimari 113
5.6. Mimari Biçim Oluşumunda Kinetik Elemanların Rolü 121
5.6.1. Kinetik Yapı Elemanlarının Mimari Yapılarda Kullanım Yeri..... 121
5.6.2. Kinetik Elemanların Mimari Biçimi Oluşturma Şekilleri 131
5.6.3. Kinetik Elemanların Hareket Ölçeğinin Mimari Biçim Oluşumuna Etkisi..... 142
6. KİNETİK YAPI ELEMANLARININ MİMARİ BİÇİMİN OLUŞUMUNA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ..... 145
6.1. Uygulama Çalışmasının Materyali ve Metodu 145
6.2. Bulgular..... 146
7. SONUÇ 159
KAYNAKLAR 163
ÖZGEÇMİŞ 181

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 4.1. Endüstri 4.0'ın Genel Görünümü..... 15
Çizelge 4.2. Akıllı Malzemelerin Sınıflandırılması 47
Çizelge 5.1. Kinetik yaklaşımlarla ilgili mevcut sınıflandırmaların analizi 87
Çizelge 5.2. Kinetik Mimari Konseptler ve Tanımları. 107
Çizelge 6.1. Analiz Tablosu..... 147
Çizelge 6.2. Sonuç Değerlendirme Tablosu..... 157

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 4.1. Kristal Sarayı inşa halinde gösteren ve iç mekanına ait illüstrasyon.... 18
Şekil 4.2. İnşaat aşamasında Eiffel Kulesi..... 19
Şekil 4.3. Reliance Binası (1890-1894) Chicago Okulu Dönemi..... 20
Şekil 4.4. Villa Savoye ve Ronchamp Şapeli..... 21
Şekil 4.5. Yüzyılın en yüksek yapılarına örnekler..... 22
Şekil 4.6. Commerzbank Kulesi..... 23
Şekil 4.7. Gök bahçeler, atrium ve kabuk yaklaşımları ile doğal havalandırma prensipleri..... 23
Şekil 4.8. Sydney Opera House, Jorn Utzon..... 26
Şekil 4.9. Guggenheim Bilbao Müzesi, Frank Gehry..... 27
Şekil 4.10. Doğada görülen fraktal örnekleri..... 28
Şekil 4.11. Hessing Otomobil Sergi Salonu ve Ses Bariyeri..... 29
Şekil 4.12. Voronoi diyagramıyla tasarlanan yapı örneği..... 31
Şekil 4.13. The Hangzhou Tennis Center, NBBJ, 2019..... 33
Şekil 4.14. Olimpik Stadyum, Niels Torp, 1992..... 37
Şekil 4.15. American Pavilion, Buckminster Fuller, 1967..... 38
Şekil 4.16. Felix Candela'nın Beton Kabukları..... 40
Şekil 4.17. Petronas Kuleleri, César Antonio Pelli, 1998..... 41
Şekil 4.18. LitraCon (light transparent concrete), Aron Losonczı, 2002..... 42
Şekil 4.19. Münih Olimpiyat Stadyumu, Frei Otto ve Günther Behnisch, 1973.... 43
Şekil 4.20. Mies Van Der Rohe'nin Yapılarında Cam Kullanımı Örnekleri..... 44
Şekil 4.21. Frei Otto'nun Membran Yapıları..... 45
Şekil 4.22. Dirty Habit Restoran, Dawson Design Associates, 2016..... 49
Şekil 4.23. The Chanel Ginza Tower, Peter Marino Architect, 2004..... 50
Şekil 4.24. Monte Verde, AN_Architects, 2004..... 52
Şekil 4.25. Jübile Kilisesi, Richard Meier, 2003..... 52
Şekil 4.26. M. G. Gonzalez Hastanesi, Mexico City, 2013..... 53

Şekil 4.27. Senior Citizens Apartments, Dietrich Schwarz, 2004 54
Şekil 4.28. Centre Pompidou, Renzo Piano ve Richard Rogers, 1977 56
Şekil 4.29. Mimaride strüktür ve biçim ilişkisinde 21. yüzyıl yapılarından örnekler,..... 57
Şekil 4.30. Sendai Mediatheque, Toyo Ito, 2001 58
Şekil 4.31. Taiwan Solar Powered Stadium, Toyo Ito, 2009 58
Şekil 4.32. 3D yapı üretim teknolojisi 59
Şekil 4.33. Reichstag Parlamento Binası, Lord Norman Foster, 1999..... 62
Şekil 4.34. İş çevresi ve insan duyuları arasındaki metafor ile akıllı bir binanın duyuları..... 64
Şekil 4.35. Cube Berlin 65
Şekil 4.36. Kunsthaus Graz binası 66
Şekil 4.37. İnteraktif BIX (big pixels) cephe 66
Şekil 4.38. Bahreyn Ticaret Merkezi ve Rüzgar Türbinlerinin Binayla İlişkisi 67
Şekil 4.39. Enerji çatısı 68
Şekil 5.1. Bitkilerde görülen hareket sistemi örneği 70
Şekil 5.2. Hayvanlarda görülen hareket sistemi örneği..... 71
Şekil 5.3. Doğadan esinlenilen icatlar..... 72
Şekil 5.4. Farklı enerji kaynaklarıyla çalışan, günlük hayattan kinetik örnekler 74
Şekil 5.5. Kinetik heykel örnekleri 76
Şekil 5.6. Şili depremi dijital görseli ve 1.26 heykeli 76
Şekil 5.7. Kinetik donatı elemanı örnekleri 77
Şekil 5.8. Tarihte kinetik tasarım örnekleri..... 80
Şekil 5.9. Tarihte kinetik tasarım örnekleri..... 81
Şekil 5.10. Konstrüktivizm, Kübizm ve Fütürizm akımı eserleri 82
Şekil 5.11. Modern mimarideki kinetik yapı örnekleri 83
Şekil 5.12. Walking City ve Plug-in City, 1964 84
Şekil 5.13. Quadracci Pavilion..... 92

Şekil 5.14. Cennet kuşu çiçeği tünek hareketi ve One Ocean Thematic Pavilion'un kinetik cephesi 93
Şekil 5.15. Taipei 101 94
Şekil 5.16. Hareketli çatı formu, The Shed 98
Şekil 5.17. Kinetik bölücü eleman tasarımı ve hareketli üniteler ile çok işlevli konut tasarımı 99
Şekil 5.18. La Seine Musicale 100
Şekil 5.19. Mimari Yapılarda Rüzgar Enerjisi Kullanımı 101
Şekil 5.20. Görsel amaçla tasarlanan kinetik yapılar 103
Şekil 5.21. Galleria Centercity 104
Şekil 5.22. MegaFaces, üç boyutlu elektronik-kinetik cephe 105
Şekil 5.23. SDU Campus Kolding Binası 110
Şekil 5.24. UAE Pavilyon'un hareketli çatı kanatları 111
Şekil 5.25. Rio 2016 Olympics: The Dancing Pavilion 113
Şekil 5.26. Eccles karavan reklamları ve karavan tasarımı 115
Şekil 5.27. Modüler, flat-pack, pnömatik (havalı) ve gergili tente yapı örnekleri 117
Şekil 5.28. Mobil kütüphane, kafe ve mağaza örnekleri 117
Şekil 5.29. Red+Housing kurulum aşaması ve genel görünümü 118
Şekil 5.30. First Light Tiny House 119
Şekil 5.31. Waternest 100 120
Şekil 5.32. Ecocapsule genel görünümü ve planı 120
Şekil 5.33. Domespace yapım aşaması 122
Şekil 5.34. BC Place Stadium genel görünümü ve membranın açılma-kapanma hareketi 124
Şekil 5.35. Seagaia Ocean Dome yapısının hareketli çatı sistemi 125
Şekil 5.36. Pinero'nun hareketli tiyatro üst örtüsü 126
Şekil 5.37. Hoberman Arch ve Iris Dome 126
Şekil 5.38. Villa Hush Hush, Kütle formunu biçimlendiren hareketli döşeme 127
Şekil 5.39. Quadrant House genel görünümü ve kinetik terasın planda gösterimi 128

Şekil 5.40. Biokatalyse Laboratory 130
Şekil 5.41. Thyssenkrupp Headquarter genel görünümü ve kinetik lamellerin teknik çizimlerde gösterimi 131
Şekil 5.42. Garden House Genel Görünümü 134
Şekil 5.43. Moving Landscapes yapısında mermer panellerin hareketi 135
Şekil 5.44. Moving Landscapes kinetik panellerin kat planında gösterimi 135
Şekil 5.45. Wimbledon Tennis Court'u üst örtüsü 136
Şekil 5.46. Kiefer Technic Showroom'un kinetik cephesi 137
Şekil 5.47. Bengt Sjostrom Starlight Theatre yapısında meydana gelen çatı hareketi 138
Şekil 5.48. Ballet Mechanique 139
Şekil 5.49. Sharifa-ha Evi 140
Şekil 5.50. KEB Hana Bank Place 1 genel görünümü ve disklerin hareketi 141
Şekil 5.51. Bileşen ölçeğinde harekete örnek, Cooled Conservatories at Gardens by the Bay 143
Şekil 5.52. Eleman ölçeğinde harekete örnek, Al Janoub Stadium 144

SİMGELER VE KISALTMALAR

AA : Architectural Association School of Architecture
ABD : Amerika Birleşik Devletleri
BAS : Bina Otomasyon Sistemi (Building Automation System)
CAD : Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Design)
CAM : Bilgisayar Destekli İmalat (Computer Aided Manufacturing)
CATIA : Eşgüdümlü Üç Boyutlu Etkileşimli Uygulama (Conception Assistée Tridimensionnelle Interactive Appliquée)
CeBIT : Ofis Otomasyonu, Bilgi Teknolojisi ve Telekomünikasyon Merkezi (Centrum für Büroautomation, Informationstechnologie und Telekommunikation)
cm : Santimetre
ETFE : Etilen Tetrafloroetilen
EXPO : Sergi (Exposition)
LED : Işık yayan diot (Light Emitting Diode)
m : Metre
m^2 : Metrekare
m^3 : Metreküp
MIT : Massachusetts Institute of Technology
NASA : National Aeronautics and Space Administration
PCM : Faz değişim malzemeleri (Phase Change Materials)
PTFE : Teflon (Politetrafloroetilen)
PV : Fotovoltaik
PVC : Polivinil klorür
RMIT : Royal Melbourne Institute of Technology
TDK : Türk Dil Kurumu
UHPC : Ultra yüksek performanslı beton (Ultra High Performance Concrete)
yy : Yüzyıl

1. GİRİŞ

Teknoloji alanında görülen ilerlemeler ve yenilikler beraberinde insan ihtiyaçlarında ve yaşam tarzında değişiklikler meydana getirmektedir. Bina inşa etmenin en önemli gerekçesi insan ve onun ihtiyaç ve istekleri olduğundan insan yaşamını etkileyen her türlü faktör mimarlık alanına da etki etmektedir. İnsan gereksinimlerinin zamanla değişerek çeşitlenmesi farklı kullanım alanlarına, buna paralel olarak da farklı mimari biçimlerin oluşmasına zemin hazırlamıştır. Özellikle endüstrileşmeyle birlikte farklılaşan ihtiyaçların doğurduğu yeni mekan tiplerini inşa edebilmek için gerekli olan malzeme ve yapım tekniklerinin geliştirilmesi tasarım olanaklarına çok yönlü katkılar sağlayarak mimari biçim değişimlerine hız kazandırmıştır.

Dünya, fosil yakıt kullanımı ve nüfus artışının sonucu olarak birçok zorluklarla karşı karşıyadır. Fosil yakıt kullanımına bağlı olarak gelişen iklim değişikliklerinin ve enerji krizinin olumsuz etkileri pek çok alanda olduğu gibi mimarlık alanında da sürdürülebilirlik fikrini güçlendirmektedir. Teknolojinin olanakları sayesinde enerji tüketimini azaltan yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönlendiren hatta doğal kaynaklardan enerji üretebilen binalar inşa edilebilmektedir.

İklim değişikliği, çevre kirliliğinde artış ve binaların aydınlatılması, ısıtılıp soğutulması ve havalandırılması için yüksek miktarda enerji harcanmasından kaynaklı sorunlar mimarları çevreye duyarlı tasarım yapmaya yönlendirmektedir. Diğer yandan kullanıcıların değişen ihtiyaçları, beğenileri ve istekleri sebebiyle binaların işlevsel ömrü kısalmaktadır. Bu problemlerin çözüm yolu olarak, mimarlıkta statik tasarımdan kinetik tasarıma geçiş başlamış ve dijital programlama, yenilikçi malzemeler ve yapım teknikleri sayesinde kinetik bir mimari dil doğmuştur. Bu bakımdan insanoğlunun evrilen yaşamına uyum sağlayarak güncel ihtiyaçları karşılayabilmesi için yapılara değişebilir ve dinamik özellik kazandıran ve esnek-uyarlanabilir bir organizasyona sahip olan kinetik yapılar daha çok tercih

edilmeye başlanmıştır. Bu açılardan ön plana çıkan kinetik yapılar çevresel veriler ile etkileşime girerek güneş, yağmur, sıcaklık vb. doğal faktörlerden kendini koruyabilen, adapte olabilen, bilgi veren, öğrenen, önceden belirlenen amaçlara göre davranış geliştiren ve biçim değiştirebilen tasarımlardır.

Mimarlık tarihi boyunca dönemin imkanlarına paralel biçimde yapı üretimi gerçekleşmektedir. Bilhassa son yıllarda gerçekleşen teknolojik buluşlar bilgisayar teknolojilerinin gelişmesini ve dijital üretim yöntemlerinin yaygınlaşmasını sağlamaktadır. Yapı tasarım ve üretim teknolojileri incelendiğinde bilgisayar teknolojilerinin mimari biçim üretiminde etkin bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Günümüzde insan gücünün yerini makinelerin almasıyla hız ve hareketin önem kazanması ve mekatronik, elektronik, mekanik, nanoteknoloji gibi alanlarla mimarlık disiplini arasındaki ilişkinin artması mimarlıkta kinetik mekanizmaların kullanımını artırmıştır.

Bilişim teknolojilerindeki gelişmeler neticesinde yapıların bilgisayar ve internet ağı aracılığıyla kontrol edilebilen sistemlerle donatılması mümkün olmuştur. İsteğe bağlı veya otomatik olarak kontrol edilen sistemler dış çevreden gelen verileri algılayan, işleyen ve tepki verebilen özelliklerde olup bu sistemlerin enerji verimliliği, görsel değişiklik ve fonksiyonel değişiklik sağlama gibi pek çok avantajı bulunmaktadır.

Çalışmanın amacı, teknolojik gelişmeler ve değişen ihtiyaçlar doğrultusunda farklılaşan mimari yapıları inceleyerek teknolojik altyapıyla oluşan kinetik elemanların mimari biçim oluşumuna etkisini değerlendirmektir. Bu anlamda biçim üretiminde kinetik tasarımın rolünü, kinetik yapı elemanlarının kullanım yerlerini ve biçim oluşturma şekillerini ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu doğrultuda tez çalışması ile;

1. Teknolojik gelişmeler mimari yapıları hangi düzeylerde etkileyebilir?
2. Teknolojinin kinetik yapı tasarımındaki önemi nedir?
3. Kinetik olma durumu mimari tasarıma hangi açılardan yarar sağlayabilir?

4. Kinetik mimarlık çatısı altında farklı yöntem ve yaklaşımlar içeren hareketli bina konseptlerinden bahsetmek mümkün müdür?
5. Mimari biçim oluşumunda kinetik elemanların rolü nedir?
6. Kinetik elemanların yapıda kullanım yerleri, şekilleri ve ölçekleri nelerdir?

Sorularına cevap aranmıştır.

Bu tez çalışması, ilkel zamanlardan beri mimarinin içinde bulunan ve teknolojik ilerlemeler sayesinde farklı boyutlara ulaşan kinetik mimarlığın biçime etkisini anlamak amacıyla kurgulanmıştır. Çalışmada kullanılan tarama yöntemiyle yurt içi ve yurt dışı kaynakları incelenmiştir. Bu kapsamda çalışmanın ilk bölümünde Giriş başlığı altında çalışmanın amacı ve kapsamı aktarılmıştır. İkinci bölümde kinetik mimarlık konusu ile ilgili daha önce yapılan çalışmalara, üçüncü bölümde tez çalışmasının materyal ve yöntemine yer verilmiştir. Dördüncü bölümde, teknoloji ve mimarlık ilişkisini irdelemek amacıyla ilk olarak teknoloji kavramı açıklanmış ve özellikle Endüstrileşmeyle birlikte yeni malzeme ve yapım teknikleri doğrultusunda yapılarda meydana gelen gelişimler incelenmiştir. Bu bilgiler ile teknolojinin tasarım, yapım ve kullanım aşamalarında mimari biçim oluşumuna etkisi anlatılmaya çalışılmıştır. Beşinci bölümde, kinetik mimarlık ile bağlantılı kavramlar açıklanarak kinetik mimarlığın tarihsel süreçte gelişimi incelenmiştir. Bölümün ilerleyen kısımlarında kinetik eleman kullanmanın amacı, kinetik mimari konseptler ve kinetik yapı elemanlarının mimari biçim üretimine etkisi örnek projeler üzerinden incelenmiştir. Altıncı bölümde ise önceki bölümlerde detaylı bir şekilde incelenen kinetik projeler belirli kriterler çerçevesinde değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar aktarılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tez çalışması kapsamında teknoloji kavramı, mimarlık ve teknoloji ilişkisi, kinetik tasarım kavramı ve kinetik mimari tasarım konuları hakkında bilgi veren kitaplar, makaleler, yüksek lisans tezleri ve doktora tezleri incelenmiştir. Çalışmanın bu bölümünde çalışmanın kavramsal çerçevesinin oluşturulması amacıyla incelenen ve tez çalışmasına katkı sunduğu düşünülen kaynaklar kronolojik sıra ile aktarılmıştır.

Zuk ve Clark (1970) tarafından hazırlanan "Kinetic Architecture" adlı kitap kinetik mimari çalışmalarına önemli bir altlık oluşturmaktadır. Literatürde kinetik yapı tasarımlarına ait çeşitli sınıflandırmalar bulunmaktadır. Bunlardan en eskisi Zuk ve Clark'ın 1970 yılında kinetik sistemlerle ilgili yaptığı sınıflandırmadır. Yazarlar, kinetik sistemleri kullanım amaçlarına ve kinetik sistemleri kontrol eden makinelerin özelliklerine göre kategorize etmiştir.

Negroponte (1973), "The Architecture Machine" adlı kitabında insan-makine ilişkileri ve yapay zekanın altında yatan konuları derinlemesine incelemiştir. Kitaba göre birkaç makine nesli sonrasında gerçek insan-makine diyalogunun sağlanabileceği öngörülmektedir. Yazarın açıklayıcı örnekleri mimarlık ve tasarımdan alınmış olsada kitap, bilgisayar destekli tasarım süreçlerinin aktif hizmete dönüştürüldüğü diğer alanlardaki örneklerle de aynı derecede alakalıdır.

Kronenburg (1998), "Transportable Environments" adlı kitabında taşınabilir mimarinin tarihsel gelişimini ve teorik temellerini anlatmış aynı zamanda çok çeşitli kullanım amaçları bulunan taşınabilir mimarinin gelecekteki gelişimi hakkında fikirler vermiştir. Kronenburg (2003), bu kitabın devamı niteliğinde sayılabilecek ve taşınabilir mimarinin gelişiminin anlatıldığı "Portable Architecture" adlı kitabında ise eski zamanlardan beri kullanılan taşınabilir yapıların mimari niteliklerinin ilerleyen tarihlerde daha iyi anlaşıldığını vurgulanmıştır.

Fortmeyer ve Linn (2014) tarafından hazırlanan "Kinetic Architecture: Designs for Active Envelopes" adlı kitap son yıllarda tamamlanmış ve devam

etmekte olan çeşitli ülkelerdeki kinetik cepheleri araştıran bir dizi vaka çalışmasıdır. 24 vaka çalışmasının her birinde bina cephesinin nasıl birbiriyle ilişkili alt sistemlerden oluşan bir sistemin parçası olduğunu açıklamak için büyük çaba sarf edilmiştir.

Till ve Schneider (2005), "Flexible Housing: The Means to The End" başlıklı makalesinde 21.yy konut örneklerini kullanarak esnek konutların nasıl elde edilebileceğini incelemektedir. Makalenin yazarlarına göre esnek konut; kullanıcının zaman içinde konutu ayarlayabilme yeteneğinin yanı sıra yeni teknolojileri dahil etme, değişen demografiye uyum sağlama hatta binanın kullanımını tamamen değiştirebilme imkanını da içermektedir.

Megahed (2017), "Understanding Kinetic Architecture: Typology, Classification, and Design Strategy" adlı makalesinde kinetik mimariyi anlamak için kinetik mimaride farklı yaklaşımların tanımlanması ve sınıflandırılması için bir metodoloji sunmaktadır. Ayrıca tasarım, yapım ve bakım gibi farklı kinetik aşamaları irdelemek amacıyla tasarım stratejisi için kavramsal bir çerçeve önermiştir. Bu sayede kinetik sistemlerin yapılara uygulanmadan önce veya uygulandıktan sonra karşılaşılacak sorunların etkili bir şekilde tahmin edilebileceğini belirtmiştir.

Barozzi, Lienhard, Zanelli ve Monticelli (2016), "The Sustainability of Adaptive Envelopes: Developments of Kinetic Architecture" adlı makalede bina kabuğunun dış koşulları ve çevresel değişiklikleri düzenleyebildiği ve sürdürülebilir yapı tasarımlarına yönelik yeni yaklaşımların geliştirilmesinde büyük önemi olduğunu vurgulamıştır. Bu kapsamda çağdaş mimaride uygulanan adaptif kabuk ve gölgeleme sistemlerinin sürdürülebilir bakış açısı üzerindeki etkilerini anlamak için ilgili örnekler bir araya getirilmiş ve karşılaştırılmıştır.

İlerisoy ve Başeğmez (2018) tarafından hazırlanan "Conceptual Research of Movement in Kinetic Architecture" adlı makalede amaç, kinetik yapıların ilişkilerini ve benzerliklerini belirlemektir. Bu bağlamda 20. yy'dan beri tasarlanan ve uygulanan kinetik yapıların hareket türü, yeri, amacı, olanakları ve ilişkileri

incelenerek değerlendirilmiştir. Örnek incelemesi sonucunda öncelikli olarak cephelerde hareketin tercih edildiği ve en yaygın hareket şeklinin kayar hareket olduğu belirlenmiştir. Yanı sıra yapı tasarımında çeşitli niyetlerle kullanılan hareketliliğin en yaygın amacının çevre koşullarına uyum sağlamak olduğu ortaya çıkmıştır.

Arslan (2006), "20. Yüzyıl Teknolojik Ütopyalarının Hareketlilik, Esneklik/Uyabilirlik ve Teknoloji Kavramları Bağlamında Çağdaş Konut Tasarımına Etkisi" adlı tez çalışmasında 20, yy'da üretilen teknolojik ütopyaların son yıllarda tasarlanan çağdaş konutlar üzerindeki etkisini araştırmıştır. Tez kapsamında Buckminister Fuller, Metabolism ve Archigram gruplarının ütopyaları incelenerek taşıdıkları ortak özelliklerden yararlanılmıştır. Bu ortak özellikler hareketlilik, esneklik / uyabilirlik, endüstriyel üretim ve teknolojik iyimserlik olarak belirlenmiştir. Ütopyaların konut tasarımları üzerindeki etkisini daha açık bir şekilde ortaya koymak amacıyla teknolojik ütopyalardan esinlenilen çağdaş konut tasarımları kendisiyle ilişki kurabilen hareketlilik, esneklik/uyabilirlik, endüstriyel üretim ve teknoloji kavramları aracılığıyla tablolar oluşturularak karşılaştırılmıştır.

Lee (2012) tarafından hazırlanan "Adaptable, Kinetic, Responsive, and Transformable Architecture: An Alternative Approach to Sustainable Design" adlı yüksek lisans tezinde bina planlarında ve bölümlerinde meydana gelen değişiklikleri tanımlayan kavramlar irdelenmiştir. Yapı tasarımında güneş ışığını veya rüzgarı kontrol etme, fonksiyon değiştirme vb. amaçlarla birçok aktif ve pasif yöntem geliştirilmiş ve şekil değiştirebilen prototipler önerilmiştir. Bu konuda hazırlanmış kitap, makale ve diğer araştırmalarda önerilen veya uygulanan pek çok örnek yer almaktadır fakat bu konuda kullanılan kavramların çeşitliliği (uyarlanabilir, esnek, daraltılabilir, etkinleştirilebilir, akıllı, kinetik, duyarlı, taşınabilir, dönüştürülebilir, yeniden yapılandırılabilir vb.) erişimi zorlaştırmaktadır. Bu problemler kapsamında mevcut literatür araştırılıp analiz edilmiş ve eleştirel bir bakış açısıyla zaman içerisindeki kullanımı hakkında bilgi verilmiştir.

Werner (2013) tarafından hazırlanan "Transformable and Transportable Architecture: Analysis of Buildings Components and Strategies for Project Design" adlı yüksek lisans tezinde dönüştürülebilir ve taşınabilir binaların tasarım ve teknik bilgilerinin kinetik mimarideki gerekliliklerinin daha iyi anlaşılması amaçlanmıştır. Tez kapsamında bu tip mimari yapılardaki hareketli bina bileşenleri ve bağlantıları, inşaat detayları, tasarım stratejileri ve teknik özellikleri farklı yönleriyle analiz edilmiştir.

Sharaidin (2014), "Kinetic Facades: Towards Design for Environmental Performance" adlı tez çalışmasında duyarlı kinetik cephelerin sürekli değişen bileşenler veya üç boyutlu dinamik ögelerin ötesinde etkileşimli kinetik ögeler de içerdiğinden bu cephelerin tasarlanmasının ve değerlendirilmesinin karmaşık bir görev olduğu vurgulanmaktadır. Bu araştırma erken tasarım aşamasında kinetik cephelerin yanıt verebilirliğini simüle etmek ve tasarımı analiz etmek için bir yaklaşım, performansa dayalı tasarımı tanımlayan tasarım değerlendirme teknikleri ve alternatif araçlar sunmaktadır. Sonuç olarak bu çalışma kinetik cephelere çevresel performansa yönelik stratejiler gerçekleştirme ve tasarım seçeneklerini keşfetme konusunda benzeri görülmemiş yollar sunarken erken tasarım sırasında bilinçli kararlar verilmesi, doğrulanması ve geliştirilmesi için tasarımcılara alternatif platform ve içgörü sağlamayı amaçlamaktadır.

Başar (2014), "Mekan Hareketlerinin Fiziksel, Topolojik Ve Deneyimsel Bağlamlar Üzerinden İncelenmesi" adlı yüksek lisans tezinde hareketin mimarlıkta sağladığı fonksiyonel olasılıkların ve fiziksel katkıların yanında hareketin mekanla ve insanla kurduğu ilişki bağlamında değerlendirilmesi ve mimaride hareketin fiziksel eylemleri açıklayan bir terim olmaktan çıkarak bir tasarım yaklaşımı haline getirilmesi amaçlanmıştır. Bu tez çalışması kapsamında önce hareketin fiziksel yapısını açıklamak için geometri ve malzeme boyutları, hareketin mekanla kurduğu ilişkiyi kavramak için topoloji boyutu ve sonrasında hareketin kullanıcı ile kurduğu etkileşim ve deneyim boyutları irdelenmiştir.

İnan (2014), "Kinetik Yapı Tasarımında İşlevsel Esneklik ve Entegre Sistemlerin Kullanım Önerisi" adlı doktora tezinde mimarlık alanında kullanılan kinetik sistemlerin geliştirilmesi ve çeşitli amaçlarla kullanılan kinetik sistemlerin entegre kullanımı amaçlanmıştır. Bu çerçevede iki farklı entegre tasarım önerilerek yeni entegre sistemlerin mekânsal olanakları incelenmiştir. Araştırma neticesinde kinetik yapı tasarımında kullanılan entegre sistemlerin esneklik ve işlevsel çeşitlilik sağladığı sonucuna varılmıştır.

Sarıcıoğlu (2017), "Konut Tipolojisinde Kabuk Dışı Kinetik Bina Elemanlarının Kullanımının Araştırılması" adlı yüksek lisans tezinde kinetik bina tasarımındaki gelişmeler kinetik elemanların işlevsel esneklik ve fiziksel çevre denetimi amaçları çerçevesinde incelenmiştir. Alan çalışması olarak seçilen sıra ev, ikiz ev, bağımsız ev, nokta blok, duvar blok, teras ev tipolojilerinde kabuk dışı esneklik sağlayan kinetik yapı elemanların kullanımı bağlamında kavramsal tasarımlar yapılarak kinetik tasarımların olumlu- olumsuz yönleri, olanakları ve kısıtları bir matrisle değerlendirilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmanın teorik altyapısını oluşturmaya yönelik olarak konuyla ilişkilendirilen teknoloji, biçim, malzeme, dijital tasarım, hareketlilik, değişim, esneklik, yapı donanımı ve kinetik tasarım gibi çok çeşitli kavramlar üzerinden kaynak taraması yapılmıştır. Bu kapsamda elde edilen materyaller; kitaplar, tezler, makaleler, tezler, kongre bildirileri, sempozyum bildirileri ve internet bilgi ağı aracılığıyla ulaşılan kaynaklardır.

Ayrıca kinetik yapı elemanları ve mimari biçim üretimi bağlamında incelenen bina örnekleri de çalışmanın materyalini oluşturmaktadır. Kinetik özellikleriyle öne çıkan örneklerin önemli bir kısmına mimar/ofislerin internet sitelerinden ve diğer internet kaynaklarından ulaşılmıştır. Yanı sıra yazılı kaynaklarda detaylı bir şekilde incelenerek örnek projelerin görsellerine ve plan şemalarına ulaşılmıştır.

3.2. Metot

Tez çalışmasında yöntem olarak tarama modeli kullanılmıştır. Kinetik elemanların mimari biçim oluşumuna etkisi nedir? sorusunu cevaplamak amacıyla çalışmanın kapsamı ve amacı doğrultusunda kaynaklar taranmış ve bilgi toplanmıştır. Birincil ve ikincil kaynaklardan toplanan veriler belirlenen ölçütler ışığında gruplandırılarak örnek projeler üzerinden anlatılmıştır.

Çalışmanın yöntemi kapsamında bilgiye ulaşmada izlenen adımlar şu şekilde sıralanabilir:

1. Literatür araştırması yapılmıştır.

Tez çalışması kapsamında konuyla doğrudan ve dolaylı bağlantısı bulunan tezler, makaleler, kitaplar, web ortamındaki kaynaklar, bildiriler ve raporlar incelenmiştir. Kinetik elemanların mimari biçim oluşumuna etkisinin anlaşılmasına

katkı sunacağı düşünülen kavramlar irdelenerek teknoloji alanında görülen yeniliklerin mimarlık alanına yansımaları araştırılmıştır.

2. Teknolojinin mimari biçim oluşumunda etkin olduğu noktalar belirlenmiştir.

Çalışmada öncelikle, teknoloji ve mimarlık etkileşimi irdelenerek teknolojinin bir ürünü olan kinetik mimarlık konusunun temelden anlaşılması hedeflenmiştir. Teknolojiyle gelen yeniliklerin ve değişen ihtiyaçların mimari biçim üretmedeki rolünden bahsedilmiştir. Bu doğrultuda teknoloji etkisinde tasarlanan, üretilen ve kullanılan yapılar bulunarak araştırma sürdürülmüştür.

3. Mimarlıkta kinetik tasarım ihtiyaçları, amaçları ve yaklaşımlarının neler olduğu belirlenmeye çalışılmıştır.

Kinetik mimarlık kavramsal olarak ele alınarak ilgili kavramlar incelenmiş ve mimaride hareketin tarihsel gelişimi araştırılmıştır. Bu konuyla ilgili yapılan çalışmalarda farklı kelimelerin aynı anlamla ilişkilendirilerek ortak bir kinetik mimarlık terminolojisinin kullanıldığı görülmüştür ve kinetik mimarlık ana başlığı altında çeşitli türde hareketli bina özelliğine sahip mimari konseptlerin açıklığa kavuşturulması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda farklı nitelikteki kinetik örnekler, kinetik eleman kullanmanın amacı ve kinetik mimari konseptler bağlamında incelenmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında mimaride kinetik olgusunun hangi ihtiyaçlar, amaçlar ve yaklaşımlar doğrultusunda ortaya çıktığı saptanmıştır.

4. Kinetik tasarımın mimari biçimle ilişkisi ve biçim oluşumuna-değişimine katkısı değerlendirilmiştir.

Kinetik yapı elemanlarının mimari biçimin oluşumuna etkisi üç parametre üzerinden değerlendirilmiştir. Bunlar; kinetik yapı elemanlarının bulundukları yer, kinetik elemanların mimari biçimi oluşturma şekilleri ve hareketin ölçeğidir. Bu kapsamda yazılı kaynaklardan ve web ortamından elde edilen projelerin görselleri ve plan şemaları incelenerek genel bilgilendirme yapılmıştır. İrdelenen projeler değerlendirme başlıkları özelinde tablolar oluşturularak analiz edilmiştir.

4. TEKNOLOJİ VE MİMARLIK İLİŞKİSİ

4.1. Teknoloji Kavramı ve Yenileşmeye Etkisi

Teknoloji kelimesinin kökeni bir sanatın üzerine düşünme, konuşma ve sanatın sistematik uygulaması anlamına gelen Yunan kökenli *technologia* kelimesinden gelmektedir. Teknoloji terimi Yunanca *techne* (sanat, zanaat) ve *logos* (düşünce, söz, sözcük) kelimelerinden türemiştir. Teknoloji dendiğinde ilk anda akla hayatımızda pratik kullanımlara olanak sağlayan alet ve makineler gelse de teknoloji üzerine daha kapsamlı pek çok tanım yapılmıştır.

Türk Dil Kurumu teknolojiyi "*bir sanayi dalı ile ilgili yapım yöntemlerini, kullanılan araç, gereç ve aletleri ve bunların kullanım şekillerini kapsayan uygulayım bilimi*" olarak tanımlamıştır (URL-1). Demirel (1993)'e göre teknoloji belli bir amaca ulaşmak ve belli sorunları çözmek için kanıtlanmış bilgilerin uygulanmasıdır. Teknolojinin amacının zaman kaybını önlemek ve hayatı kolaylaştırmak olduğunu söyleyen Batur (2001)'a göre ise dünyada meydana gelen değişimlerin en önemli sebebi teknolojidir. Heidegger de (akt. Frampton, 1995) teknolojiden her şeyi değiştirebilecek ve dönüştürecek potansiyele sahip büyük bir güç olarak söz eder. Teknoloji o denli güçlüdür ki şiddetle akan bir nehri, durgun bir su rezervine, bir hidroelektrik güç kaynağına ve aynı zamanda bir turizm nesnesine dönüştürme kapasitesindedir (Frampton, 1995, s:22). Geçmişten günümüze teknoloji alanındaki gelişmelerde hayal gücünün etkisi büyüktür. Bununla birlikte teknoloji ihtiyaçları giderme, farklı deneyimlerde bulunma ve konfor arayışının ürünleri olarak ortaya çıkmaktadır.

Teknolojik devrimler tarih süreci boyunca insanların yaşamını etkilemiştir. İnsanlar teknolojinin etkisiyle avcılık ve toplayıcılığın olduğu ilkel yaşamdan yerleşik yaşama, tarım toplumundan tüketimin arttığı ve üretimin fabrikalarda gerçekleştiği düzene, sanayi toplumundan nitelikli insanların sermayesinin önemli olduğu düzene ve bilgi toplumundan otonom sistemlerin hakim olduğu devrimsel süreçlere geçiş yapmıştır. Bu geçiş aşamalarından ilki olan Tarım Devrimi ile tarım

toplumu oluşmuştur. Daha sonraki teknolojik devrimler birbirinden farklı Endüstri Devrimleri olarak adlandırılmıştır (Karapınar, 2018).

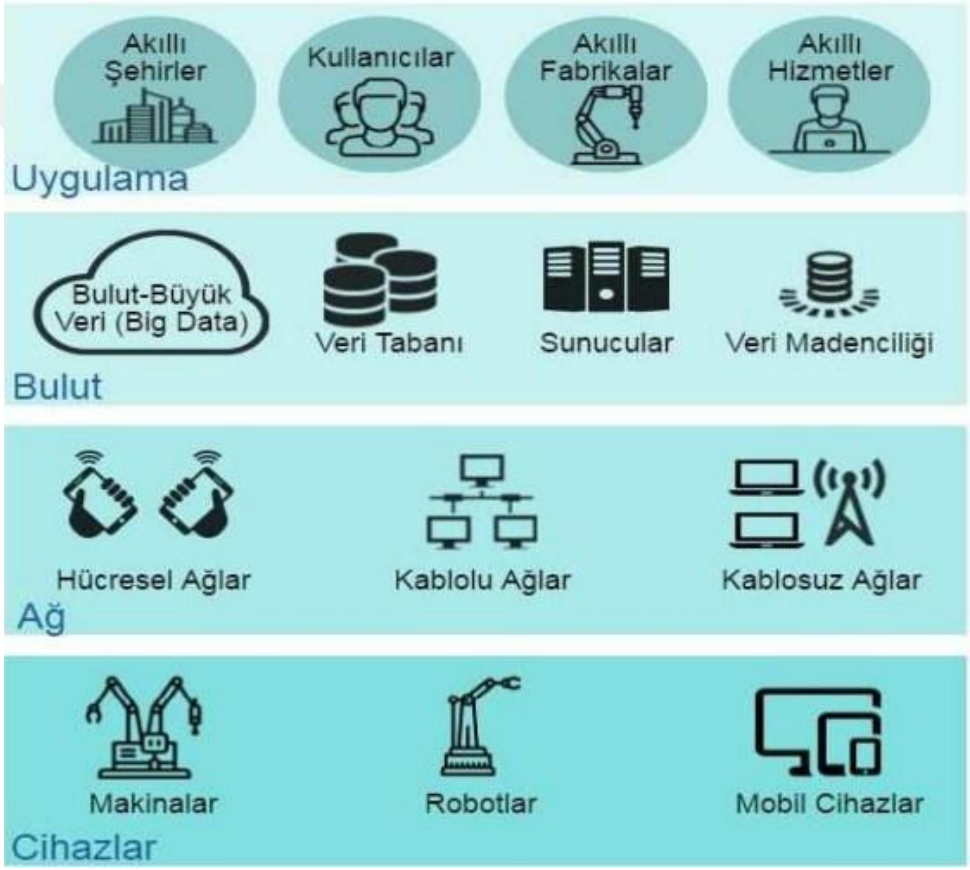
Birinci Endüstri Devrimi, 18. yüzyılda üretimde buharlı makinelerin kullanılmasıyla gerçekleşmişti. Bu dönemde üretim beden gücünden makine gücüne evrilerek üretim hızını arttırmıştır. 1870-1914 tarihleri arasındaki süreci kapsayan İkinci Endüstri Devrimi ile fabrika ve kentlerde elektrik kullanılmaya başlanması önemli gelişmelerin habercisi olmuştur. Kablosuz iletişimi başlatan telgraf ve radyoların kullanılması, konutların ve kamusal mekanların elektrik sayesinde aydınlatılması ve otomobillerin yaygınlaşmaya başlaması gündelik yaşamın akışını değiştirmiştir (Hays, 1998, sf:589).

Bilgisayar teknolojilerinin gelişmeye başladığı 1960'lardan 2000'li yıllara kadar geçen süre Üçüncü Endüstri Devrimi'nin en yoğun dönemidir. Bu dönemde internet ve mobil telefonların keşfedilmesi ilerleyen tarihlerde ise bilgisayar ve iletişim ihtiyacını aynı cihazda karşılayan akıllı telefonların üretilmesi teknolojik gelişmeler açısından önemli adımlar olmuştur (Akbaba, 2018). Üçüncü Endüstri Devrimi temelde bilgisayar teknolojilerinde gerçekleşen dijital devrim olup bu dönemde ürün gelişiminin yanı sıra bilgisayar ve elektronik cihazların kullanımının artmasıyla mesafelerin önemi olmaksızın bilgiye kolayca erişim sağlanmıştır.

Dördüncü Endüstri Devrimi olarak anılan Endüstri 4.0 terimi, ilk kez 2011'de Hannover Fuarı'nda kullanıldı. Günümüzde içinde bulunduğumuz ve internet teknolojilerinin etkisiyle biçimlenen bu dönem akıllı sistemler, sayısal üretim, yapay zeka, uzaktan algılama ve nesnelerin interneti ile tariflenebilir. Önceki endüstri devrimlerinde olduğu gibi Dördüncü Endüstri Devrimi'nde de yeni teknolojiler gündelik yaşamı, sosyokültürel özellikleri, mekan tasarımını ve diğer birçok alanı etkilemektedir. Dijitalleşmenin imkanları ile eğitim, iletişim, sağlık, ulaşım ve diğer birçok alanda şahit olduğumuz yenilikler bu dönemde üretim tekniklerinde önemli dönüşüm gerçekleştirerek daha hızlı ve daha verimli üretime imkan tanımaktadır.

Çizelge 4.1'de Endüstri 4.0'ın genel görünümü aktarılmaktadır. Alçın (2019) Endüstri 4.0'ı cihazlar, ağ, bulut ve uygulama olmak üzere 4 düzeyde tasnif etmektedir. Cihazlar ağlar vasıtasıyla iletişime geçmekte ve bulut sistemindeki verilerden gerekli bilgi elde edilerek uygulama seviyesindeki akıllı şehirler, kullanıcılar vb. mümkün kılmaktadır.

Çizelge 4.1. Endüstri 4.0'ın Genel Görünümü (Alçın, 2019)



Endüstri 4.0'a karşılık Japonya bunun ötesine geçerek "toplum 5.0" bir başka deyişle "süper akıllı toplum" kavramını geliştirdi. Bu kavramı 2017 yılında Japonya başbakanı Shinzo Abe, Bilişim Fuarı CeBIT'te dile getirmiştir. İnsanların,

robotların ve yapay zekanın güç birliği yapmayı amaçladığı toplum 5.0 modeli internet teknolojilerinin toplum çıkarları için kullanılması gerektiğini önermektedir. Toplum 5.0'ın önemli bileşenlerinden olan insansız araçlar, bulut teknolojileri ve uzaktan kumandalı robotların her alana katkı sunacağı düşünülmektedir. Mesela bulut bilişim teknolojileri sayesinde evlerimizde bulunan malzemelerin listesi tutulabilmekte azalma olduğunda internetten sipariş verilebilmektedir. Arabamıza bindiğimizde eve gidiş süresi otomatik hesaplanarak kullanıcının beklentilerine göre evin sıcaklığının ayarlanması, yemeğin ısıtılması, kahvenin pişirilmesi sağlanabilmektedir (Gökten, 2018).

4.2. Teknolojik Gelişmelerin Mimariye Etkisi

Teknolojik gelişmeler beraberinde toplumsal ve bireysel yaşamda değişimleri meydana getirmektedir. Özellikle 20.yy'dan itibaren yeniliklerin ve değişimlerin hız kazanmasıyla insanların yaşam tarzı, ihtiyaçları değişmekte yaşadığımız en küçük ölçekte bir kullanım alanından, daha büyük ölçekte şehirlere kadar tüm mekânsal düzeylerde dönüşüm gerçekleşmektedir. İnşa etmenin esas nedeni ve en önemli faktörü insan olduğundan, insan yaşamına dair her alanda gözlemlenen değişimlerin birçok disiplinle bilgi alışverişinde olan mimarlık alanında da yaşanması kaçınılmaz olmuştur.

Mimarlığın ana amacı kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik işlevsel, sağlam, sağlıklı ve estetik değerlere sahip yapılar üretmektir. Yapının bu özelliklere sahip olması için kullanılan malzeme ve teknikler, teknolojiyle doğrudan ilişkilidir. Hasol (2004)'un bildirdiğine göre mimar Otto Wagner (1841-1918) *"yeni konstrüksiyon, yeni malzemeler ve insanların yeni gereksinmeleri, biçimlerin topluca yenilenmesini zorunlu kılar"* derken aslında teknolojiyle gelen yeniliklerin biçim üretmedeki rolünden bahsetmektedir. Kısacası yapılar; biçim, işlev ve teknolojik yeniliklerden ayrı düşünülemez.

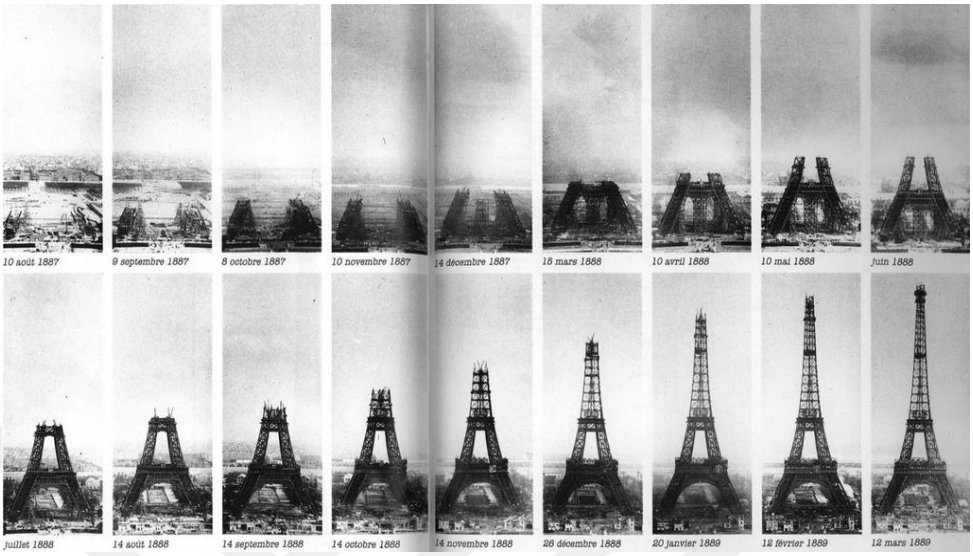
Mimari mekanların biçimlenişi ilerleyen teknoloji ve değişen ihtiyaçlar doğrultusunda farklılaşmaktadır. Özellikle endüstrileşmeyle birlikte ihtiyaçların

doğurduğu yeni kullanımlara sahip mekan tiplerini inşa edebilmek için geleneksel malzeme ve teknikler yetersiz kaldığından yapı inşası için gerekli olan teknolojilerin geliştirilmesi mimarlık alanındaki değişimlere hız kazandırmıştır. 19.yy'da çeşitlenen ihtiyaçlardan ortaya çıkan yapı tiplerinden biri olan fuar yapıları ülkelerin teknolojik alanda gelişmişliklerini sergilemek için araç olmuştur. Yeni malzeme ve yapım teknikleri kullanılması sayesinde çok sayıda insanı içine alabilecek geniş, aydınlık yapıların tasarlanması mümkün hale gelmiştir. Nitekim 1851 yılında Joseph Paxton tarafından 1. Dünya Sergisi için Londra'da Hyde Park'ta tasarlanan Crystal Palace o zamana kadar hiçbir yapıda görülmemiş boyutta büyük cam levhalar ve demir malzeme kullanılarak inşa edilmiştir. Toplam 92.000 metrekare alan üzerine kurulan Crystal Palace, 564 metre uzunluğunda, 139 metre genişliğinde ve 39 metre yüksekliğinde olup hem inşaat tekniği hem de kullanım amacı açısından o dönemin en ikonik örneğidir (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Kristal Sarayı inşa halinde gösteren ve iç mekanına ait illüstrasyon (Eckersley, 2012)

1886- 1889 yıllarında düzenlenen Exposition Universelle için geçici sergi amacıyla inşa edilen Eiffel Kulesi dünyanın en çok bilinen yapılarından biridir. Fransa'nın sembolü niteliğindeki yapı, demir işçiliği alanında uzmanlaşmış olan inşaat mühendisi ve mimar Gustave Eiffel ile mimar Stephen Sauvestre tarafından tasarlanmıştır. 3 bin işçinin iki yıl çalışarak inşaa ettiği kule, mimari alanda demir ve çelik malzemelerinin yüksek katlı yapılarda kullanımının ilk örneklerindendir. Bir kenarı 124,9 metre uzunluğundaki kare alana oturan dört demir ayak üzerinde yükselen kulenin radyo anteniyle birlikte yapının yüksekliği 324,8 metredir. Eiffel Kulesi'nin mimarisini eleştirenler olsa da şehre kazandırdığı değer, meteoroloji alanına katkısı ve radyo frekanslarını dağıtma görevi sebebiyle yapı günümüze kadar ayakta durmayı başarmıştır (Şekil 4.2.).

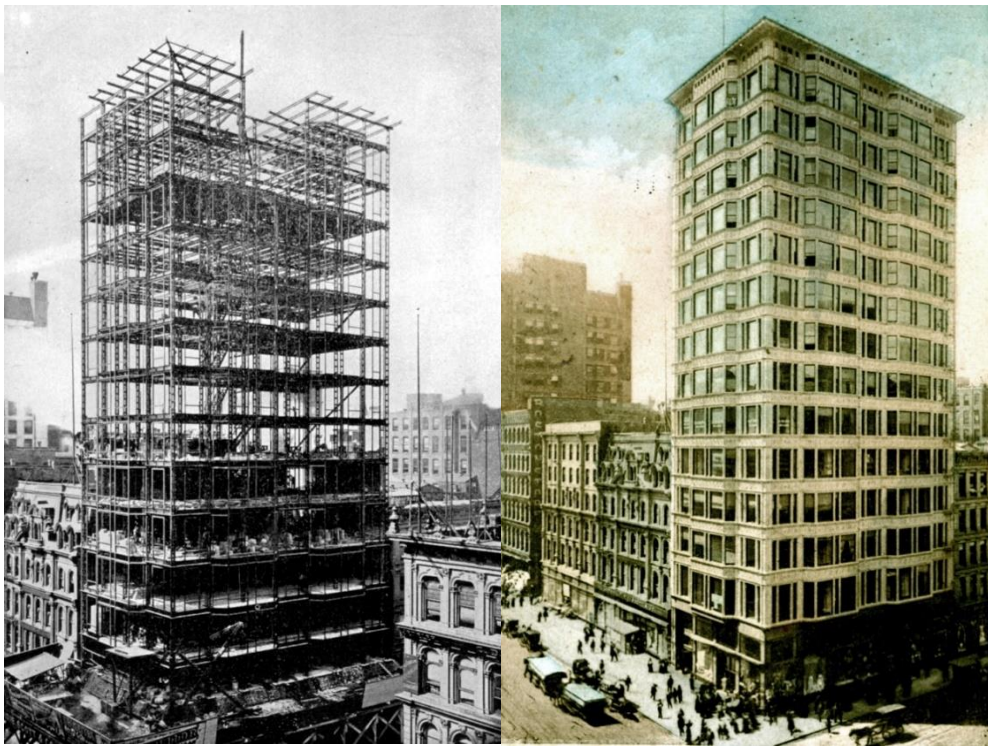


Şekil 4.2. İnşaat aşamasında Eiffel Kulesi (URL-2)

Şekil 4.2'de verilen Eiffel Kulesi'nin yapım aşamasında çekilen fotoğraflarını görmekteyiz. Bu devasa yapının inşasının diğer anıtsal yapıtların aksine az bir iş gücü ve küçük bir maliyetle o dönemin şartlarıyla 26 ay gibi kısa bir sürede tamamlanmasında yapım tekniklerinin ve programlı çalışmanın büyük katkısı bulunmaktadır. Bu açıdan bakıldığında teknolojinin mimariye kazandırdığı özel yapım teknikleri ve malzemeler sayesinde yapım sürecindeki hız oldukça dikkat çekicidir.

19.yy'ın sonlarına doğru mimarlar, yaşanan teknik gelişmelerin desteğiyle teknolojiyi daha verimli kullanmaya başlamış, teknolojinin etkisi yapılarda daha belirgin biçimde gözlenir hale gelmiştir. Bu dönemde betonarme, cam ve çelik gibi malzemelerin kullanımı ve üretim teknolojilerinin gelişimi yüksek katlı yapıların inşasını mümkün kılmıştır. Örneğin asansörün sağlıklı bir şekilde kullanılmaya başlanması gökdelen yapıların önünü açmıştır. Chicago şehrinde ortaya çıkan ve teknolojik açıdan mimarlık tarihinde önemli yere sahip olan Chicago Okulu döneminin ürünü olan binalar dünyanın ilk gökdelenleri olarak kabul edilmektedir.

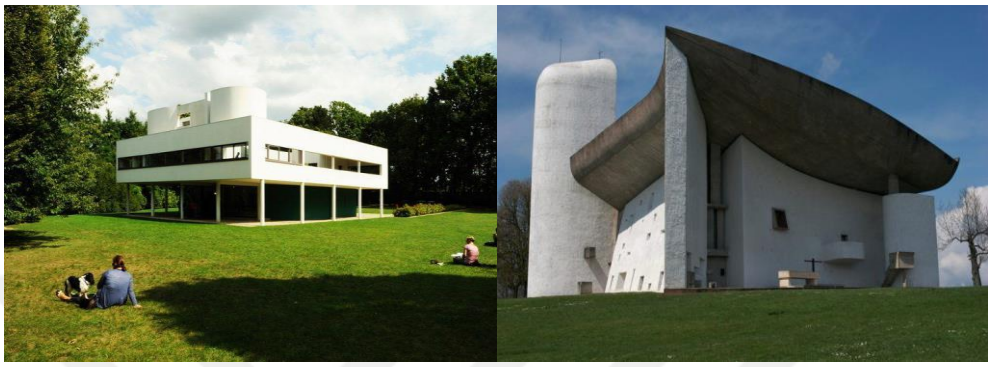
Reliance Binası (1890-1894) Chicago Okulu döneminin en iyi örneklerinden biridir. Başlangıçta Burnham ve Root ofisi tarafından tasarlanmıştır ama John Wellborn Root 1891 yılında öldükten sonra Charles Atwood, bu binanın ana tasarımcısı olmuştur. Tamamen çelikten yapılmış çerçeve sistem dış cephelerde büyük açıklıklara izin vererek geniş pencereler yapılmasına imkan tanımıştır (Dijk, 2012), (Şekil 4.3.).



Şekil 4.3. Reliance Binası (1890-1894) Chicago Okulu Dönemi (URL-3)

Modernizm ile birlikte betonarme, cam, çelik gibi malzemelerin kullanımının katkısıyla biçimlenen yapılar o dönemde kalıcı etki yaratmıştır. Modern mimarinin önemli temsilcilerinden olan Le Corbusier, sanayileşmenin getirdiği standardizasyon ve seri üretimi kullanarak makine gibi üretilen ve işleyen evlerin işlevselliğini vurgulamıştır. Le Corbusier'nin betonarme yapım tekniği ile

tasarladığı villaları, modern mimarinin ve teknolojinin etkileşimini ifade etmektedir (Şekil 4.4.).



Şekil 4.4. Villa Savoye ve Ronchamp Şapeli (URL-4)

20.yy'da mimarlar, becerilerini ve başarılarını ifade etmek için adeta yüksek bina tasarlama yarışına girmiştir (Şekil 4.5.). New York'ta 1931 yılında kullanılmaya başlanan Chrysler Binası mimar William Van Alen tarafından tasarlanmıştır. Art Deco mimarisinin önde gelen örneklerinden biri olarak gösterilen ve 319 metre yüksekliğe sahip olan yapı Empire State Binası inşa edilene kadar dünyanın en yüksek binası unvanına sahipti. Tasarımında daha önce hiç denenmemiş bir yöntem uygulanarak, Chrysler marka otomobillerde bulunan dekoratif ögeler dış cephe süslemeleri için kullanılmıştır. 77 katlı binada bulunan toplam sekiz adet özel tasarım asansörler günümüzde de aynı şekilde hizmet vermektedir. 1931'de inşa edilen 381 metre yüksekliğindeki Empire State Binası, Chrysler Binasını geçerek dünyanın en yüksek binası olmuştur. Empire State binası bu unvanı 1973 yılında kullanıma açılan ancak 2001 yılında yıkılan, ikiz kuleler olarak da bilinen World Trade Center Binasının tamamlanmasıyla kaybetmiştir (Sebestyen ve Pollington, 2003).



Chrysler Binası | Empire State Binası | World Trade Center Binası

Şekil 4.5. Yüzyılın en yüksek yapılarına örnekler (URL-5)

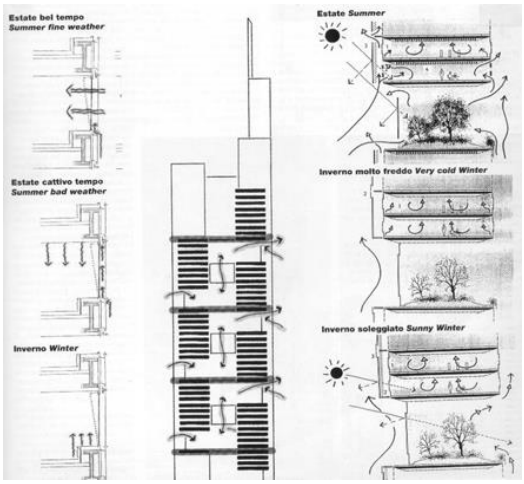
20. yüzyılın son çeyreğine girildiğinde global ölçekte görülen gelişmeler sonucu yapılarda enerji verimliliği konusunun gündeme gelmesiyle gökdelen tasarımında farklı bir döneme girilmiştir. Bu gelişmelerle birlikte gelişmiş teknoloji, ekolojik bakış açısı ve farklı tasarım fikirleriyle daha karmaşık tasarımlara sahip yüksek binaların inşa edilmesinin önünü açmıştır. 1970'lerde yaşanan enerji krizinden günümüze kadar yeni teknolojiler kullanarak yapılan bazı gökdelenlerin enerji tasarrufu ve çevre kirliliğinin önüne geçilmesi konusunda olumlu etkileri olmuştur. Bu dönemden itibaren yapıların ne denli yenilikçi ve teknolojik olduğu yüksekliğinden çok sahip olduğu ekolojik değerlerle tartışılmaya başlanmıştır. 1994-1997 yılları arasında inşa edilen Frankfurt'taki Commerzbank Binası bu tür yapıya örnektir (Şekil 4.6.).

Norman Foster tarafından tasarlanan Commerzbank Binası doğal havalandırma ve aydınlatma etkisini güçlendirmek için tasarlanan gök bahçeler ve üçgen şeklindeki merkezi atrium sayesinde bina yılın %60'ında doğal olarak havalandırılmaktadır. Bu yaklaşım ile klimalı ofise kıyasla enerji tüketiminin %50'e

kadar azalması bekleniyordu (URL-6). Enerji korunumu ve doğal iklimlendirme yaklaşımları bina yönetim sistemleri kullanılarak daha etkin hale getirilmiştir. Ayrıca cam giydirme cephe bileşeni ile Low-e camlı pencereler arasında otomatik ayarlanabilen hareketli jalüziler bulunmaktadır (Şekil 4.7.).



Şekil 4.6. Commerzbank Kulesi (URL-7)



Şekil 4.7. Gök bahçeler, atrium ve kabuk yaklaşımları ile doğal havalandırma prensipleri (Bilgin ve Utkutuğ, 1999).

Çağın teknolojisi mimarları özgürleştirmekle birlikte geliştirilen veya yeni üretilen malzeme ve teknikler farklı, karmaşık, simgesel değeri yüksek yapıları tasarlayabilmenin önünü açmaktadır. Bu bakımdan teknoloji, mimarlıkta yeni mekânsal olasılıkları gerçekleştirmek için bir araç, zevk ve oyun kaynağıdır. McLeod (1989) teknolojinin biçimi oluşturmadaki etkisini özellikle Dekonstrüktivist mimarlık üzerinden aktararak, Zaha Hadid ve Libeskind'in tasarımlarını "esrarengiz ve uzay çağının detaylarına sahip" şeklinde ifade eder.

Mimari biçim elde etmede teknoloji, yapının tasarım aşamasından yapının kullanımına hatta yapının dönüştürülmesi ve yıkılıp yeniden inşa edilme sürecine kadar yapıyı etkilemektedir. Tasarım aşamasında yararlanılan yöntemde, kullanılan malzemede, yapı üretim tekniklerinde ve yapıya dahil olan sistemlerde teknolojinin etkinliği söz konusudur. Tüm bu süreç dikkate alındığında teknolojinin mimari biçim oluşumuna üç düzeyde etki ettiği düşünülmektedir. Bunlar:

- Tasarım Sürecine Etkisi
- Yapım Sürecine Etkisi
- Kullanım Aşamasına Etkisi

4.2.1. Tasarım Sürecine Etkisi

Bilişim ve iletişim teknolojilerinin yaşamımızın her alanında etkin olmaya başlaması ve kullanıldığı alanlarla hız ve kaliteyi artırması mimarlık alanında da kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Tasarlanan bina çizim, maket vb. araç ve yöntemlerle iki ve üç boyutlu bir şekilde ifade edildiği gibi günümüzde sayısal ortamda da modellenerek kullanıcıya tasarımın uygulaması bitmiş halini görmeye fırsat tanımaktadır.

Tarih boyunca tasarım teknikleri teknolojik gelişmelerle doğrudan ilişkilidir. Mimarların çok uzun yıllar çizim masasında, T cetveli gibi çizim araçlarıyla tasarımlarını yapmalarından kaynaklanan yetersizlikler hem tasarım sürecini hem de

inşaat aşamalarını kısıtladığından yapılarda çoğunlukla 90 ve 45 derecelik açıların kullanıldığı görülmektedir. Analog tasarım tekniklerinde düzenli öklid geometriler yaygın kullanılmaktadır. Tasarım, çizim ve üretim açısından zorlukları olan eğrisel ve öklid dışı geometriler dijital teknoloji sayesinde üretilebilir hale gelmiştir. Dijital teknolojiler her meslekte olduğu gibi mimarların da bilgi edinme, bilgi depolama, tasarlama ve değerlendirme imkanlarını kolaylaştırmaktadır. Bu imkanlar yalnızca tasarım sürecini değil kullanım, bakım, onarım aşamalarını da etkileyerek mimariye yön vermektedir. Eski tarihlerde ütopik olarak ifade edilen mimari formlar ve mekan kullanım şekilleri teknoloji-mimarlık etkileşimi sonucu denenmeye ve üretilmeye başlamıştır.

Mimari tasarım ve üretim sürecinde bilgisayar destekli üretime geçilmesiyle (CAD/CAM) "dosyadan fabrikaya" olarak adlandırılan bir süreç başlamıştır. Dijital ortamda yapılan tasarımların maketi hızlı prototipleme tekniğiyle çıktı olarak alınabilir ayrıca tasarım verileri direkt fabrikaya aktarılır ve aktarılan veriler CAD/CAM teknolojisiyle üretime yön verir (Akipek ve İnceoğlu, 2007). Sayısal üretim imkanları doğrultusunda ortaya çıkan dosyadan fabrikaya anlayışı, tasarım aşamasında oluşturulan ve farklı ölçekteki bilgi ve detaylara yer veren dosyanın inşaat aşamasında kullanılması uygulamadaki hata olasılığını düşürmektedir.

1957-1973 yılları arasında mimar John Utzon ve yapının inşaat mühendislik işlerini üstlenen Arup firması birlikte çalışarak Sydney Opera Binası'nı tasarlamıştır. Karmaşık şekillerden oluşan yapı, tasarımın bilgisayar analizi kullanımı ile test edildiği ilk örneklerdendir (Şekil 4.8.).



Şekil 4.8. Sydney Opera House, Jorn Utzon (URL-8)

Bilgisayar destekli tasarım araçları 1970'lerde çıkmış olup kişisel bilgisayarların kullanılmaya başlaması ile 1980'lerde yaygınlaşmıştır. Günümüzde en çok kullanılan bilgisayar destekli tasarım programlarından olan AutoCAD'in ilk sürümü 1982 yılında kullanıcıya sunulmuştur. 1981'de ise havacılık endüstrisinde kullanılmak üzere CATIA geliştirilmiştir. Özellikle zaman açısından büyük tasarruf sağlayan dijital çizim araçları mimarlık ve benzer disiplinlerde çalışanlar için büyük önem kazanmıştır. Frank Ghery havacılık ve otomotiv endüstrilerinde kullanılan daha önce mimarlık alanında hiç karşılaşılmamış CATIA yazılımını ilk olarak Bilbao'daki Guggenheim Müzesi'nde (1991-1997) kullanarak heykelsi, karmaşık biçimlerin üretilebileceğini göstermiştir. Eskiz çizimleri ve çok sayıda maket üç boyutlu tarayıcıdan geçirilerek projenin dijital ortamda mimari projesi ve strüktür tasarımları yapılmıştır. Yapının mimari kimliğini yansıtan kavisli titanyum yüzeyler üç boyutlu tasarım programı CATIA ile tasarlanmış ve üretilmiştir (Şekil 4.9.).



Şekil 4.9. Guggenheim Bilbao Müzesi, Frank Gehry (URL-9)

Günümüzde mimarlıkta farklı tasarım yaklaşımlarının etkisinde ilginç form örneklerine sıklıkla rastlanmaktadır. Bilgisayar teknolojisinin gelişmesi hayvan ve bitki figürlerinin tasarlanmasını kolaylaştırmıştır. Kısaca teknoloji ve biyoloji etkileşiminin doğa referanslı tasarımların önünü açtığı söylenebilir.

4.2.1.1. Fraktal Tasarım

Fraktal kelimesinin kökenine bakıldığında Latince "fractus" dan gelmektedir ve kırılmış, ayrılmış, parçalanmış ve düzensizlik anlamlarına sahiptir. Fraktal geometrisi Mandelbrot'un ortaya attığı ve geliştirdiği üretken bir geometrik düzen olup Mandelbrot'a göre fraktal geometri, temel geometrik formları tanımlamakta olan Öklid geometrisinden tamamen farklı bir yapı gösterir (Mandelbrot, 1982). Fraktal geometride düzensiz desenler cismin bütün ölçeğinde kendini tekrarlamaktadır. Bu bağlamda doğa incelendiğinde kar tanesi, ağaç, şimşek, deniz dalgası gibi birçok yerde fraktal geometriler görülmektedir (Şekil 4.10.).



Şekil 4.10. Doğada görülen fraktal örnekleri (URL-10)

Fraktal kavramı matematik, fizik, kimya, biyoloji, fizyoloji ve mimarlık gibi farklı alanlar üzerinde etkili olmaktadır. Fizikçiler şimşek çakmasından petri çanağında üreyen bakteri kolonisine kadar farklı ortamlarda birbirine benzeyen fraktal geometrilerin oluştuğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca jeofizikçileri fay hatları, iktisatçılar borsa dalgalanmaları gibi kendini sürekli tekrar eden birçok olguyu algılamada fraktal geometriden yararlanmaktadır (Gözübüyük, 2007).

Doğanın yapay çevre üzerinde her zaman yol gösterici bir etkisi bulunmaktadır. Doğadan referans alınan birbirine benzeyen ögelerin tekrarı niteliğindeki fraktal geometriler mimarlık alanında da izlenmektedir. Geçmişten günümüze mimari örnekler incelendiğinde yapı bütününden iç mekandaki küçük elemanlara kadar "kendine benzer" birçok detayın bulunduğu fraktal kurgulara sıklıkla karşılaşılmaktadır. Mimarlık tarihine bakıldığında Gotik mimarinin bir fraktal mimari olduğu söylenebilir. Gotik bir katedralin kolon başlığı katedral yapısının küçük bir kopyası niteliğindedir (Ediz ve Çağdaş, 2005).

Mandelbrot'un önerdiği bu fraktal düzenin bilgisayar destekli tasarım ortamında algoritmalarla üretilebilmesi günümüzde mimarlık alanında tasarımcıların çalışmalarının temelini oluşturarak mimari biçim oluşumuna katkı sunmaktadır. Jencks'e göre günümüzde yapılan tasarımlarda fraktaller ve dalga formları Öklid geometri formlarından daha fazla görülmektedir (Jencks, 2002).

2006 yılında Hollanda'da uygulanan "Hessing Otomobil Sergi Salonu ve Ses Bariyeri" fraktal geometriden faydalanarak tasarlanmıştır. Kas Oosterhuis tarafından tasarlanan bu yapının birbirinin aynısı olmayan fakat "kendine benzer" elemanlarının hepsi ayrı ayrı sayısal ortamda tasarlanarak üretilmiştir (Şekil 4.11.).



Şekil 4.11. Hessing Otomobil Sergi Salonu ve Ses Bariyeri (URL-11)

4.2.1.2. Voronoi Diagramı

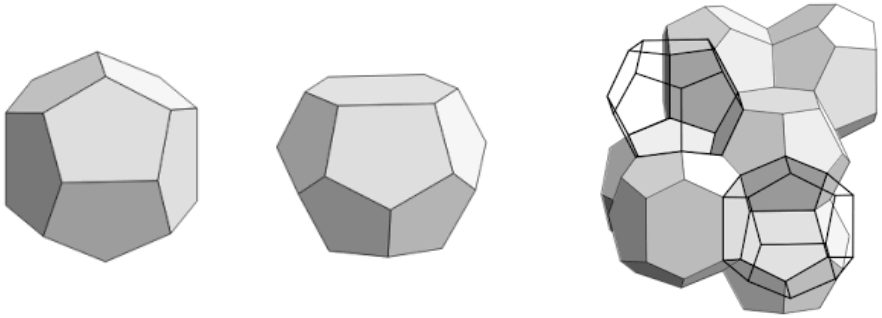
Dijital mimarlıkla birlikte doğa referanslı geometrilerin kullanıldığı projelere fraktal geometriden sonra Voronoi Diagramları örnek verilebilir. Bir Voronoi Diagramı nesne ve noktalardan oluşan bir başlangıç kümesini temel alarak, alanları çözümleme veya parçalama yoludur (URL-5). Voronoi Diagramı biyoloji, coğrafya, kimya, arkeoloji, astronomi gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır.

Voronoi diagramıyla oluşturulan yapılarda, yapı elemanları boşluk düzenleyici olarak üçüncü boyuta aktarılabilmektedir. Mekan fonksiyon ilişkileri, insan boyutları gibi parametreler dikkate alınarak üçüncü boyutta belirlenen noktalar Voronoi Diagramı ve Delaunay Üçgenlemesinden faydalanarak birleştirilmektedir.

Hücre prensibinde çalışan bu örüntü boşluğun üst düzlemle karşılaştığı noktalarda çatı davranışı, yan düzlemle karşılaştığı noktalarda cephe davranışı ve iç hacimlerde ise yerleşim için uygun hacim davranışları göstermektedir (Terzi, 2009).

Pekin ulusal su sporları merkezi "The Water Cube" projesinin strüktür yapısı Voronoi geometrisi ilkesiyle oluşturulmuştur (Şekil 4.12.). Su moleküllerinden esinlenerek tasarlanan yarı saydam yapı su küpü olarak nitelendirilmektedir. Yapının strüktür tasarımı sabun köpüğünün doğal kabarcıklı biçimine dayanmaktadır. Yapının tasarımında fizik profesörleri Weaire ve Phelan'ın birbirini tekrar eden matematiksel hesaplarından yararlanılmıştır. Weaire ve Phelan'ın oluşturdukları strüktürün bilgisayar modeli, farklı açılarda iki kez kesilerek rastlantısal ve organik desenli bir küp formu elde edilmiştir.

Weaire ve Phelan kabarcıkları, iki tane düzensiz beşgen Dodecahedron (12 kenarlı) ve altı tane düzensiz beşgen Tetrakaidecahedrondan (14 kenarlı) oluşmaktadır. Dodecahedronlar birbirine değmeyecek şekilde Tetrakaidecahedronlar ile çevrilidir.



a) On iki ve on dört yüzlü katılardan oluşan Weaire-Phelan modeli



b) The Water Cube

Şekil 4.12. Voronoi diyagramıyla tasarlanan yapı örneği (a:URL-12, b: URL-13)

4.2.1.3. Parametrik Tasarım

Oxford Languages'e göre parametre, cebirde durağan gibi görünen, ancak alacağı her yeni değer için işlevi değiştirilen cebirsel simge ya da sayı, bir denklemin katsayılarına giren nicelik olarak tanımlanmaktadır (URL-14). Dijital hesaplamaların araç olduğu parametrik tasarımlar mimari yapılara farklı bir boyut kazandırmaktadır. Parametrik modellemede statik bir kurgu söz konusu olmayıp herhangi bir veri değişiminde tüm sistemin değişmesi mümkündür.

Bridges'e göre (akt. Terzi, 2009) parametrik tasarımlarda ölçüler birbirine bağlı olarak çalışmaktadır. Geometrik biçimin herhangi bir bileşeninin ölçüsü değiştirildiğinde tüm sistemdeki bileşenlerin ölçüsü tekrardan hesaplanarak yenilenmektedir.

Dünyadaki en önemli parametrik yapılardan biri The Hangzhou Tennis Center yapısıdır. Binanın tasarımcıları, izleyicilere net bir görüş alanı sağlayan

verimli bir kabuğu modellemek ve yapı için kullanılacak çelik tüketimini azaltmak amacıyla yapının dış kabuğun modellenmesinde parametrik tasarım kullanmıştır (Şekil 4.13.). Tasarım alternatifleri, önceden tanımlanmış parametreler aracılığıyla oluşturulmakta ve bu alternatifler her projede farklılık gösteren yapı, inşaat, estetik ve çevre faktörleri bağlı olarak tasarımcılar tarafından dikkatli ve doğru bir şekilde değerlendirilmektedir. Bina kabuğunun geometrisini tanımladıktan sonra ortaya çıkan yapraklar, tasarımlar ve düzenlemeler için birçok alternatif elde etmek amacıyla parametrik olarak oluşturulmuştur.



Şekil 4.13. The Hangzhou Tennis Center, NBBJ, 2019 (URL-15)

Dijital tasarım teknolojileri başlığı altında incelenen fraktal, voronoi, parametrik tasarım gibi adlarla anılan tasarım yaklaşımları bilişim teknolojilerinin sunduğu araçlar doğrultusunda ilerlemektedir. Bu noktadan bakıldığında mimarlık alanında; sayısal tasarım olanaklarıyla strüktür, malzeme, fonksiyon, form gibi farklı değişkenlerin iç içe geçtiği yeni bir döneme girildiği söylenebilir. Bu süreç bilgisayar

destekli çizimle başlamış olup tasarım ve üretim aşamasında bilgisayar ardındaki sayısal ve algoritmik yapıdan faydalanılmaktadır. Sonuç olarak dijital tasarım programları aracılığıyla tasarlanması ve üretilmesi zor veya neredeyse imkansız olan yapıların artık inşası mümkün olmaktadır.

4.2.2. Yapım Sürecine Etkisi

4.2.2.1. Yapı Malzemeleri

Malzeme ve bu malzemelerin potansiyelleri binanın biçiminin oluşumunda yapının iç (insan, donatı vb.) ve dış (rüzgar, deprem, su vb.) faktörlere karşı dayanıklı inşa edilmesindeki en temel bileşendir. İnsanlar tarih boyunca malzemeyi şekillendirerek ihtiyaçlarına ve isteklerini karşılayacak mekanları yaratmışlardır. Yapı, diğer unsurlarla birlikte biçimini kullanılan yapı malzemesiyle ve malzemenin olanaklarıyla edinir. Dolayısıyla bu mekanların tanımlanmasında, kullanılan malzemeler vazgeçilmez bir unsurdur. Malzemenin kaynağının daha çok doğa olduğu, malzemenin üretilmediği ancak şekillendirilerek kullanıldığı dönemlerde taş, kereste ve toprak ana yapı malzemesi olarak binaları biçimlendirmekteydi. İnsanlar ilk olarak işlenmemiş olarak kullandıkları malzemelerin özelliklerini keşfedip geliştirdikçe malzemeleri şekillendirmeye başlamışlardır. Öyle ki, bu gelişme ve çeşitlenmelerin sebebi insanların sürekli yeni olanı arayışıdır. Var olanın yeterli olmaması, farklı deneyimlerde bulunma isteği, yaratıcılık, insanların ihtiyaçları ve konfor beklentisi yeni arayışları beraberinde getirmektedir.

19.yy öncesinde malzemeler şekillendirilerek kemer, kubbe, tonoz gibi çeşitli formlar oluşturulmuştur. 19.yy ve 20.yy'larda teknoloji aracılığıyla malzeme çeşitlerinin git gide artıp istenilen biçimde uygulanabilmesine olanak sağlanmıştır. 20.yy'dan günümüze kadar malzeme teknolojisinin arttığı bir ortam oluşmakta ve malzemeler parametrelere göre hesaplanıp tasarıma en uygun şekilde kullanılmaktadır.

Endüstri Devrimine kadar mimarlık ve malzeme arasındaki ilişki yeterince açıktı. Kullanılabilirlikleri, faydaları veya görünüş ve süs niteliklerinden dolayı

pragmatik olarak seçilirdi. Ayrıca deneyim ve gözlem yoluyla malzeme bilgisi kazanıldı. Mevcut malzemelerle çalışmak için gerekli olan bu bilgi ve beceriler genellikle deneme yanılma yoluyla edinilmiştir (Addington ve Schodek, 2005).

Yapı malzemelerindeki gelişmeler mimarlık ve teknoloji arasındaki sıkı ilişkinin bir sonucudur. Özellikle Endüstri Devrimi ile yapı malzemelerinin rolü çarpıcı bir şekilde değişmeye başlamıştır. Pozitivist düşünce biçiminin toplumsal yaşantı üzerindeki etkisi farklı gereksinimleri ve yeni yapı tiplerini beraberinde getirmiştir. Eskiden büyük önemi olan kilise ve saray gibi yapıların yerine konut, müze, fabrika ve tiyatro yapıları önem kazanmıştır. Bu değişim yeni tekniklerin dolayısıyla da yeni malzemelerin ortaya çıkmasında etkili olmuştur. Malzemelerin özelliklerinin ve performansının sezgisel ve ampirik anlayışa bağlı olduğu dönem geride kalmış artık mühendislik malzemeleri kullanılmaya başlanmıştır. Sanayi ve üretim teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte önce demir, çelik ve beton, ileri tarihlerde ise cam, plastik esaslı ve kompozit malzemeler mimaride kullanılmaya başlanmıştır. Yapı biçiminin değişmesine en çok etki eden gelişme, şüphesiz beton ve çelik teknolojisindeki değişimler olmuştur. Betonun özellikle donatıyla birlikte kullanılmasıyla yapılar daha hafiflemeye, duvarlar daha incelmeye başlarken, çelik de yapıların yükselmesini ve serbest formlarda biçimlendirilebilmesini sağlamıştır.

Yeni malzemelerin yapı üretimine katılmasıyla ve yeni yapı tiplerindeki daha geniş açıklık geçme, daha çok güneş ışığı alma ihtiyacı; endüstrileşmenin de etkisiyle yeni üretim sistemlerini geliştirmiştir. İnsan gücünün yerine makine gücünün kullanılmasıyla fabrikasyon, standardizasyon ve seri üretim kavramları yapı üretimine girmiştir.

Teknolojideki gelişmeler malzemeleri ve malzemelerin kullanım tekniklerinin değişmesini de etkilemektedir. Örneğin malzemeleri ele aldığımızda taşın ağır ve sert olması, seramiğin kırılganlığı, camın şeffaflığı ve kırılganlığı, plastiğin ise yanıcı özelliği ilk olarak aklımıza gelmektedir. Oysa taşa yapılan işlemlerle malzeme daha parlak ve daha hafif üretilebilmekte, seramiğin kırılganlığı azaltılmakta ayrıca plastik yanıcı özelliğini kaybedecek şekilde üretilmektedir.

Oldukça kırılgan olan camın birtakım teknolojilerle dayanımının arttırılması, camın yapı içinde sadece boşlukları kontrol etmek için kullanımının ötesine geçmesini sağlamıştır. Dayanımlı camlar; aydınlatma ve iklimlendirme kontrolünün yanında yapısal sistemin bir parçası haline gelmiştir. Dayanımlı camlar sayesinde yüksek rüzgar ya da su basıncına mukavemet gösterebilen şeffaf yapı yüzeyleri tasarlanabilmektedir. Ayrıca iklim koşullarına adaptasyon yeteneğine sahip, güneş kontrolü ve enerji kazancı sağlayan 'akıllı cam' olarak tabir edilen seçici geçirgen, elektrokromik ve fotokromik cam, low-e cam teknolojilerinin geliştirilmesi camın sürdürülebilirlik kapsamında farklı alanlarda kullanımını desteklemektedir. Öyle ki, malzemenin ham maddesi aynı olduğu halde teknolojik gelişmeler neticesinde malzemenin dönüşüme uğraması ve yeni malzemelerin geliştirilmesinin yanı sıra bilgisayar ve dijital sistemlerin hayatımıza girmesi ile malzemenin biçime yüklediği anlam değişmektedir.

Günümüzde malzeme, tasarım ve teknolojilerinin geliştirilmesi mimaride tasarım olanaklarına çok yönlü katkılar sağlamaktadır. Malzeme mimari tasarımlara performansıyla olduğu kadar doğasıyla, doğadaki davranışıyla, formları, strüktür özellikleri, iç yapıları, kendini organize etme yetenekleriyle mimari biçemleri ve biçimleri etkilemektedir (Gezer, 2012). Malzeme dünyasına katılan yeni malzeme ve malzeme teknolojileri ile farklı strüktür sistemleri tasarlanmakta dolayısıyla malzeme, mimari biçimi etkileyen yeni eğilimlerin oluşumunda en önemli faktör olmaktadır. Teknoloji sayesinde çelik ve titanyum gibi metaller farklı boyut ve biçimlerde işlenerek, kaplama malzemeleri üretilebilmekte ya da yapı kimyasalları sayesinde geçirimsiz yüzeyler elde edilebilerek yeşil çatı uygulamaları kolaylıkla inşa edilebilmektedir. Bunların yanında nanoteknoloji sayesinde malzeme, havayı temizlemek gibi doğasının dışında görevler üstlenebilir. Bu anlamda ahşap, çelik, beton gibi geleneksel malzemelerin yanı sıra plastik, membran ve ayrıştırılabilir, dönüştürülebilir, tekrar kullanılabilir özelliklere sahip çok çeşitli yenilikçi ürünler kaplama malzemesi ve strüktürel malzeme olarak kullanılıp geliştirilmektedir.

1) Ahşap

Ahşabın yapı malzemesi olarak kullanımı beton ve çeliğe göre daha önceye dayanmaktadır. Eski çağlardan beri özellikle barınma amaçlı kullanılan ahşap malzemesinin yerine günümüzde alternatif malzemeler olmasına rağmen halen kaplama malzemesi, çatı elemanı, kalıp ve iskelelerde taşıyıcı malzeme olarak kullanılmaktadır. Ahşabı nem, böcek ve mantara karşı korumak için çeşitli boya, koruyucu vb. kimyasal malzemeler geliştirilmiştir.

Özellikle tutkalın gelişimi ve lamine ahşap teknolojisinin ilerlemesi sayesinde oluşturulan tutkallı tabakalı ahşap teknolojisi (TTA) ile 40 m'nin üstünde çok büyük açıklıklar geçilmekte ve bükülerek eğri formlar tasarlanabilmektedir.

Ahşaptan yapılmış en geniş açıklık geçen yapılardan biri; mimar Niels Torp tarafından Norveç'te yapılmış Olimpik Stadyumdur. Tutkalla yapıştırılmış 2000 m^3 ahşap kullanılarak yapılmış bu yapının kubbeli çatısı ise kemerli ahşap kirişlerle desteklenmiştir (Kolarevic, 2003), (Şekil 4.14.).



Şekil 4.14. Olimpik Stadyum, Niels Torp, 1992 (URL-16)

2) Çelik ve Diğer Metaller

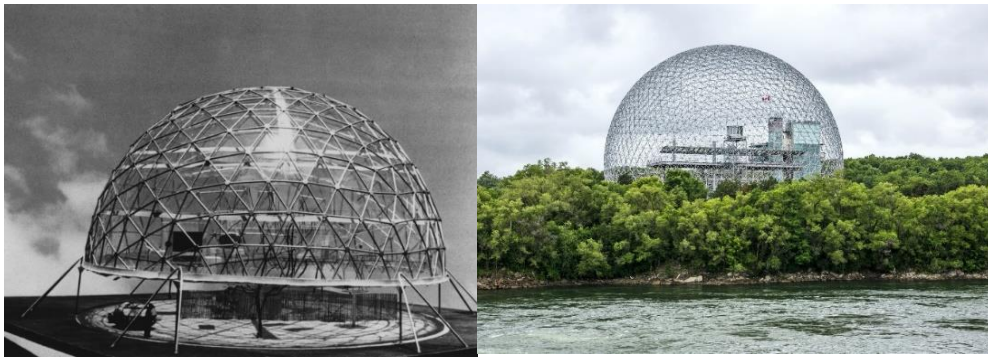
Yapılarda kullanıldığı bilinen ilk metaller; demir, bakır, çinko, bronz, pirinç ve kurşundu. İlerleyen tarihlerde metal alaşımları olan çelik, alüminyum ve titanyum piyasaya sürüldü. İçeriğinde %10'dan fazla krom elementi bulunan çelik alaşımları

ise paslanmaz çelik olarak bilinmektedir. 19.yy'da geliştirilen paslanmaz çelik 20.yy başlarında kullanılmaya başlanmıştır (Kolarevic, 2003).

Yeni nesil binalar inşa etmek için geniş bir malzeme yelpazesi bulunmaktadır. Titanyum metali bu malzemelerden biridir. Mimarların 1970'lerde kullanmaya başladığı titanyum deniz ortamlarına dirençlidir ve yüksek çekme dayanımına sahiptir. Ayrıca farklı renk seçenekleri ve kullanım performansı çeşitli yapı tasarımlarında yaygın olarak kullanımını mümkün kılmaktadır.

Endüstri Devriminden sonra hızla gelişen çeliğin, yapım sırasında sağladığı prefabrikasyon olanakları ve deprem yüküne karşı gösterdikleri elastoplastik davranış sayesinde kubbe, kabuk, köprü ve gökdelen yapılarında ilk tercih edilen malzeme olmuştur. Çeliğin yüksek elastisitesi ve yapım sürecinde sağladığı avantajlardan ötürü serbest formlu ve daha hafif yapılar inşa edilmektedir.

Yüzyıllar boyunca teknolojik gelişmelerin etkisiyle daha hafif malzemeler üretilerek yapıların ağırlıkları azaltılmaya çalışılmaktadır. Bu konuda yenilikçi tasarımlar geliştiren Buckminster Fuller, hızlı montaj ve hafiflik özelliğiyle öne çıkan geodezik strüktürler üzerinde çalışmıştır. Montreal Sergisi için tasarladığı Amerikan Pavilyonu'nda benzer şekilde hafifliği amaçlamıştır. Kullanılan malzeme ve strüktür özellikleri sayesinde hafifliğin yanında saydamlık etkisi de yaratılmıştır (Şekil 4.15.).

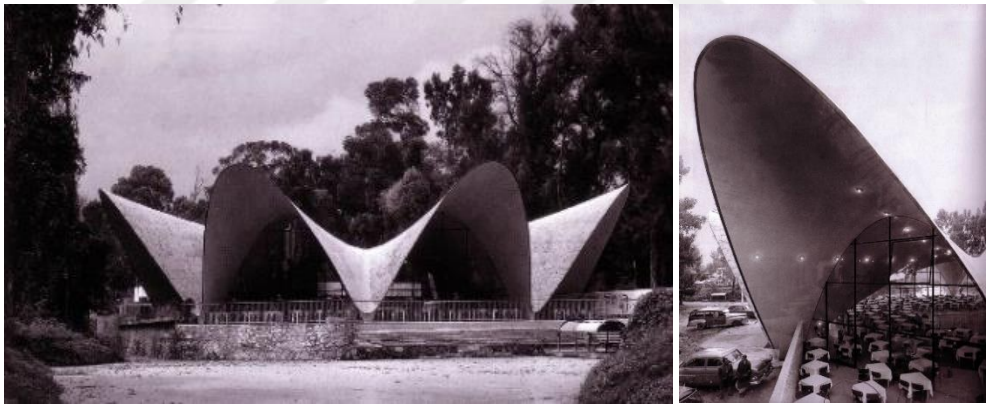


Şekil 4.15. American Pavilion, Buckminster Fuller, 1967 (URL-17)

3) Beton

İçeriğini çimento, agrega, su ve katkı maddelerinin oluşturduğu beton, bu maddelerin doğada kolay bulunması ve ucuz temin edilmesi nedeniyle günümüzde altyapı ve üst yapı ihtiyacının karşılanması için en yaygın kullanılan yapı malzemesidir. Teknolojinin gelişmesiyle katkı maddeleri kullanılarak ağır beton, yüksek akıcılığa sahip beton, yalıtım özellikli beton, hafif beton gibi özel betonlar üretilmektedir (Kavurmacıoğlu, 2013).

Betonarmedeki ilerlemede ilk olarak büyük açıklıkların geçilebildiği kabuk sistemleri görmekteyiz. Kesitleri daire, elips, parabol gibi şekillerden oluşan kabuk sistemlerin kalınlığı 5-6 cm'e kadar incelebilmekte; estetik, hafif yapıların tasarlanmasına olanak tanımaktadır. Beton kabuklarını yapılarında sıklıkla kullanan Felix Candela kabuk kalınlığını 4 cm'e kadar incelterek başarıyla uygulamıştır (Şekil 4.16.).



a) Los Manantiales, Felix Candela,1958



b) Chapel Lomas De Cuernavaca, Felix Candela, 1958

Şekil 4.16. Felix Candela'nın Beton Kabukları (a: URL-18, b: URL-19)

Beton artık mineraller, kimyasal katkı maddelerinin kullanılmasıyla daha dayanıklı hale getirilmektedir. Katkı malzemeleriyle çeliğe göre daha kullanışlı "yüksek performanslı beton" elde edilmektedir. Bu malzemenin uygulanmasını Petronas Kuleleri'nde görebiliriz (Şekil 4.17.). Kullanılan betonun içine mikro silis ve benzeri maddeler eklenerek sağlanan beton sertliği sayesinde rüzgarın yarattığı salınım etkisi yarıya inmiştir (Öz, 2002).

Betonun gelişimine verilebilecek önemli bir örnek; Macar mimar Aron Losonczı tarafından geliştirilen ve ilk olarak 2004 yılında uygulanan LitraCon (light transparent concrete- ışık geçiren beton) adlı malzemedir. Bu malzeme optik cam liflerinin katkısıyla üretilmektedir ve ısı yalıtım değerinin de yüksek olduğu bilinmektedir. Beton malzemesinde görülen diğer bir radikal buluş ise Michigan Üniversitesi tarafından geliştirilen ve fiber katkısıyla güçlendirilen "bükülebilen beton" dur (Şekil 4.18.). Betonun kırılma ve çarpmaya karşı dayanımının artırılmasıyla deprem gibi sorunların önüne geçebilmesi sağlanabilir (Baktır, 2006).



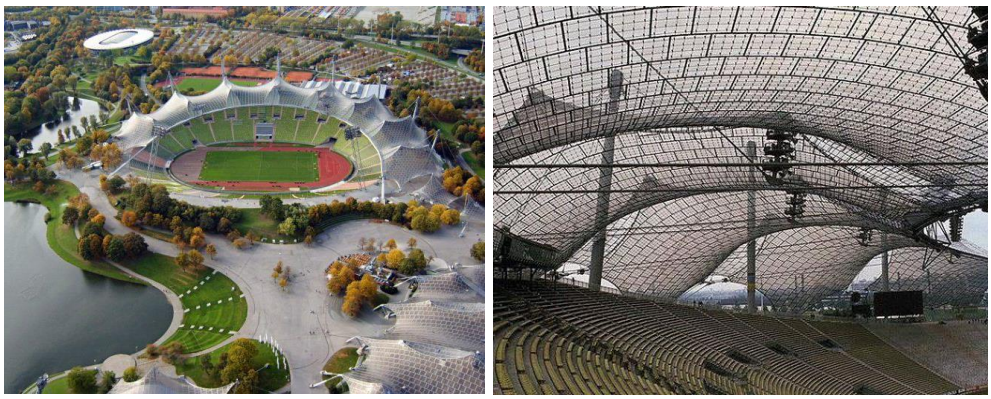
Şekil 4.17. Petronas Kuleleri, César Antonio Pelli, 1998 (URL-5)



Şekil 4.18. LitraCon (light transparent concrete), Aron Losonczı, 2002 (URL-20)

4) Plastik

Monomer adı verilen küçük moleküller zincir gibi dizilerek polimer yapılarını oluştururlar. Plastik, bu polimerlerden oluşan malzemelerin ismidir. Plastikler sağlam, dayanıklı, ısı ve ses yalıtımı sağlayan malzemelerdir. Çevre koşullarına dayanımı az olup yapılarında çevreye karşı zararlı bileşenler içermelerine rağmen uygulanmasının kolay olması ve hafif olmaları sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Baktır, 2006). Teknolojiyle birlikte plastik malzemeler yanıcı özelliklerini kaybederek dayanıklı bir hal almıştır. Günümüzde plastik malzemeler panel ve film tabaka olarak pnömatik ve asma germe sistemlerde kullanılmaktadır. PVC, poliüretan ve ETFE'den üretilen filmler özellikle cephe tasarımına yenilikler getirmektedir. ETFE malzemesinin kullanımına örnek olarak Münih Olimpiyat Stadyumu verilebilir (Şekil 4.19.).



Şekil 4.19. Münih Olimpiyat Stadyumu, Frei Otto ve Günther Behnisch, 1973 (URL-21)

5) Cam

Cam geçmişten günümüze sürekli gelişim içinde olan bir malzemedir. İlk olarak Romalılarda mekana ışığı alabilmek ve savunma amaçlı kullanılan cam, üretim tekniklerindeki gelişmeler doğrultusunda mimarideki kullanım amacı ve görevleri de evrilmiştir. Cam; yapıda pencere görevinin dışında tamamen şeffaf cephelerde, strüktürel sistemlerde ve kabuk sistemlerde farklı amaçlarda kullanılarak hem mekandaki sınır kavramını farklılaştırmaktadır hem de bina biçimini etkilemektedir.

Saydamlık kavramı diğer bir deyişle şeffaf olma durumu birçok mimar için biçimlenmeyi etkileyen önemli bir tasarım kriteridir. Saydamlığın, küçük bir pencere camından günümüzde cam kullanımına kadar sürekli olarak arttığını görmekteyiz. Mies Van Der Rohe, camı malzeme olarak kullanmanın ötesinde yapıyı tanımlayan bir unsur olarak kullanarak, yapılarında saydamlığı önemli ölçüde yakalamayı başarmıştır. Mies'in oldukça geniş cam yüzeyler kullanarak tasarladığı Tugendhat Evi, Barcelona Pavilyonu ve gökdelen projeleri cam kullanımı ustalığıyla dikkat çekmektedir (Şekil 4.20.).



a) Villa Tugendhat, Mies van der Rohe, 1930



b) Seagram Binası, Mies van der Rohe, 1958



c) Barselona Pavilyonu, Mies van der Rohe,1929

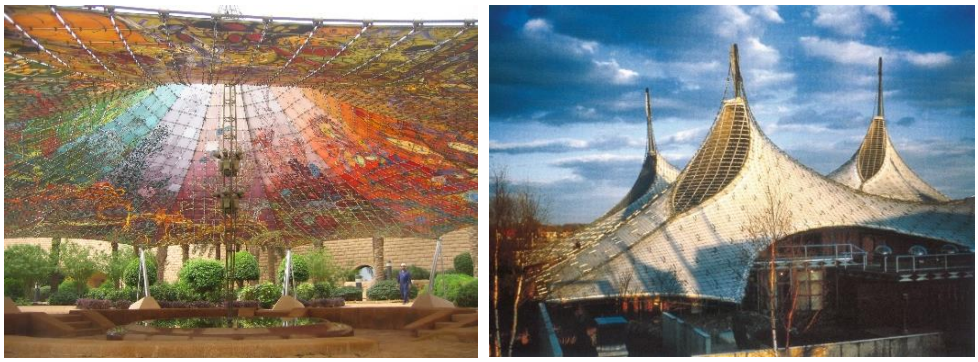
Şekil 4.20. Mies Van Der Rohe'nin Yapılarında Cam Kullanımı Örnekleri (a,b,c: URL-4)

Gelişen üretim teknikleri ile camın kırılganlık, geçirgenlik gibi olumsuz özellikleri iyileştirilmeye çalışılmış ayrıca çevre koşullarına duyarlı akıllı camlar geliştirilmiştir. Akıllı cam grubu içinde sayabileceğimiz fotokromik cam, elektrokromik cam, termokromik cam tipleri; dış ortamdan gelen ışık, elektrik akımı,

sıcaklık faktörlerine karşı renk, saydamlık ve ışık geçirgenliklerini değiştirmektedir (Baktır, 2006). Ayrıca cam yüzeyine organik veya inorganik malzemeler uygulanarak anti-sis, anti-donma, kirlenmeme gibi özellikler cam malzemesine kazandırılmıştır.

6) Membran

Membran yapıları gerdirilmiş esnek örtü yüzeylerden oluşmaktadır. Çekmeye çalışan bu sistemlerin ilk örnekleri göçebe toplumlarda kullanılan çadırlardır. Gergili yapılar üzerinde önemli çalışmalar yapan Frei Otto, membran yapılarının gelişimine katkı sunmak amacıyla Stuttgart Üniversitesi'nde enstitü kurmuştur. Membran örtüsü malzemelerinin yapay liflerden üretilmesi veya yapay malzemelerle kaplanarak dayanıklılığının artırılması, bilgisayar teknolojisinin gelişimiyle tasarım ve hesaplama yöntemlerindeki yenilikler membran yapı sistemlerinin gelişmesine büyük katkı sunmaktadır. Günümüzde teknoloji ve örtü malzemesi çeşitlerinin sağladığı imkanlarla daha karmaşık tasarımlar yapılabilmektedir (Şekil 4.21.).



Diplomatic Club Tent, Frei Otto, 1980 German Pavilion, Frei Otto and Rolf Gutbrod, 1967

Şekil 4.21. Frei Otto'nun Membran Yapıları (URL-22)

7) Akıllı Malzemeler

Yapı malzemelerinin gelişim içerisinde olmasının yanında fizik ve kimya gibi bilim dallarındaki ilerlemelerin malzeme gelişimine önemli katkısı olmaktadır. 21. yüzyılda nanoteknoloji ile madde atomlarına ayrıştırılıp yapılarında kimyasal değişiklikler yapılarak istenilen özellikte malzemeler üretilebilmektedir. Bu teknoloji ile üretilen "akıllı malzemeler" çevre koşullarına cevap verebilen ve enerji verimliliği sağlayan yapıların tasarlanmasına yol açmaktadır.

Yüzyıllar boyunca geleneksel malzemelerin standart özellikleri dahilinde tasarım yapmak zorunda kalınmıştır. Oysa belirlenmiş ihtiyaçları karşılamak için yüksek performanslı malzemelerin özellikleri seçilebilmektedir. Bu anlamda akıllı malzemelerin sabit bir durumlardan ziyade geçici durumlara yanıt verme yeteneği bu malzemeleri dikkat çekici yapmaktadır.

Mimaride kullanılan akıllı malzeme ürünleri; kendini ve/veya havayı temizleme, termal yalıtım sağlama, uv. ışınlara karşı korunum sağlama, yangın koruyucu olma, aşınmaya dayanım sağlama ve enerji tasarrufu sağlama gibi özelliklerle ön plana çıkmaktadır. Ayrıca akıllı malzemelerin çevresel uyarılarla etkileşim içine girmeleri bu malzemelere dinamik özellik kazandırmaktadır. Bu malzemeleri yapı ve mekan tasarımında kullanmak çevresel problemleri çözmede daha verimli sonuçlar sağlamaktadır.

Akıllı Malzeme Kavramı ve Sınıflandırılması

Akıllı malzemeler konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde çeşitli tanımlamalar görülmektedir. Addington ve Schodek'in "Smart Materials and Technologies in Architecture (2005)" adlı kitabında yapılan tanımlardan biri NASA'ya aittir. NASA akıllı malzemeleri; yapılandırmaları hatırlayan ve belirli bir uyarı verildiğinde onlara uyum sağlayabilen malzemeler olarak tanımlamaktadır.

Axel Ritter ise "Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design (2007)" adlı kitabında; akıllı malzemeleri fiziksel ve/veya kimyasal etkilere

yanıt olarak rengini veya şeklini geri dönüşümlü olarak değiştirebilen malzemeler ve ürünler olarak açıklamaktadır.

Her ne kadar akıllı malzemeler için farklı tanımlamalar yapılsa da sonuç olarak; akıllı malzemeler belirli işlevleri yerine getirmek için dış uyaranlara (fiziksel, kimyasal ve biyolojik) tepki vererek özelliklerinin bir veya daha fazlasını değiştiren malzemelerdir.

Axel Ritter yaptığı çalışmalar doğrultusunda akıllı malzemeleri; özellik değişimi, enerji ve madde alışverişi yapan akıllı malzemeler olmak üzere üç grupta analiz etmiştir (Çizelge 4.2.).

Çizelge 4.2. Akıllı Malzemelerin Sınıflandırılması (Ritter, 2007)

a) Özellik Değiştiren Akıllı Malzemeler
Şekil Değiştiren: Termostriktif, elektroaktif
Renk ve Optik Olarak Değişen: Fotokromik, termokromik ve termotropik, elektrokromik ve elektrooptik
Adezyon Değiştiren: Fotoadezyon
b) Enerji Alışverişi Yapan Akıllı Malzemeler
Işık Yayan: Fotolüminesan, Elektrolüminesans
Elektrik Üreten: Fotoelektrik, termoelektrik, piezoelektrik
Enerji Değiş Tokuşu Yapan: Isı depolayan
c) Madde Alışverişi Yapan Akıllı Malzemeler
Madde Değiş Tokuşu: Gaz / su depolayan

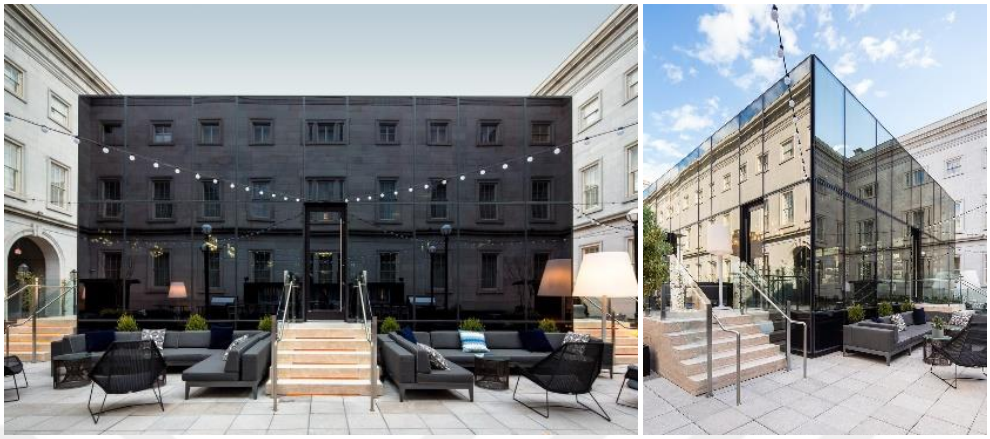
a) Özellik Değiştiren Akıllı Malzemeler

Çevresel koşullardaki değişikliğe cevaben özelliklerinden kimyasal, mekanik, optik, elektriksel, manyetik ve termal) bir veya birkaçını değiştiren malzemelerdir.

"*Renk değiştiren akıllı malzemeler*" dış uyaranlar (ısı, ışık ve kimyasal ortam) altında optik özelliklerini değiştirmektedir. Aslında bu malzemeler gerçekten renk değiştirmemektedir (Addington ve Schodek, 2005). Renk değiştiren akıllı malzemeler değişikliğe neden olan uyarıcının enerji türü ile tanımlanmaktadır;

- Fotokromik akıllı malzemeler: ışığa maruz kaldığında renk değiştirmektedir. Mimaride güneşi kontrol etmek ve parlamayı önleme amaçlı pencere ve cephe uygulamalarında kullanılmaktadır.
- Termokromik akıllı malzemeler: sıcaklık değişimi nedeniyle renk değiştirmektedir. Tasarımcılar bu akıllı malzemeyi termokromik lateks boya ile kaplanmış duvarlarda kullanmaktadır. Halen geliştirilmekte olan termokromik özellikteki sistemlerin yapıya giren ışık miktarının ayarlanmasında etkili olacağı beklenmektedir.
- Elektrokromik akıllı malzemeler: gerilim uygulandığında renk değiştiren malzemelerdir.
- Kemokromik akıllı malzemeler: kimyasal maddelere maruz kaldıklarında renk değiştirmektedir.

Dirty Habit Restoran, Washington'da yer alan Kimpton Hotel Monaco DC'nin avlusunda bulunmaktadır. Tasarımcılar manzarayı engellemeyecek, parlamayı ve ısı kazanımını kontrol edebilen bir tasarım yapmayı amaçlamıştır. Bu amaç, restoranın cephesinde ve tavan pencerelerinde elektrokromik camlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Camlar gün ışığına göre otomatik olarak karartılmakta ve mekan konforu önemli ölçüde sağlanmaktadır. Kullanıcılar tarafından kontrol edilebilen elektrokromik cam; binanın dış yüzeyinde diğer gölgeleme elemanlarının kullanımına gerek olmadan tasarım esnekliği ve sürdürülebilirlik konularına katkı sunmaktadır (Şekil 4.22.).



Şekil 4.22. Dirty Habit Restoran, Dawson Design Associates, 2016 (URL-23)

Moda grubu Chanel için 2004 yılında Tokyo'nın Ginza bölgesinde 1300m^2 alışveriş merkezi, konser salonu ve restorandan oluşan 10 katlı bina inşa edilmiştir. Peter Marino Architect tarafından tasarlanan 56 m yüksekliğindeki bina, gün içerisinde farklı görünümler alabilen 910 m^2 lik cephesi ile bu türdeki yapılar arasında önemli bir örnektir. Bu cephenin eşkenar dörtgen-petekli strüktürü, binaya Chanel'in imzası olan tüvit desenini anımsatmaktadır. Cephenin iç yüzeyi çift sıra beyaz LED entegre edilmiş lamine camdan yapılmıştır. Gündüz vakti elektrooptik cam dolayısıyla tüm cephe şeffaf durumdayken geceleri cam opak hale geçmektedir. Cephe üç ana kontrol bilgisayarı tarafından kontrol edilen 700000 LED sayesinde yansıtma yüzeyi oluşturmaktadır (Ritter, 2007), (Şekil 4.23.).



Şekil 4.23. The Chanel Ginza Tower, Peter Marino Architect, 2004 (URL-24)

"*Şekil değiştiren akıllı malzemeler*" ışık, sıcaklık, basınç, elektrik, manyetik alan veya kimyasalın etkisiyle boyutlarını ve/veya şekillerini değiştirmektedir. Tetikleyici uyaranlara göre çeşitlenen bu malzemelerden termostriktif, piezoelektrik, elektroaktif ve kemostriktif akıllı malzemeleri dayanıklılıkları sebebiyle mimarlık alanında büyük ilgi görmektedir (Ritter, 2007).

"*Adezyon değiştiren akıllı malzemeler*" ise ışık, sıcaklık veya biyolojik bileşenin etkisine yanıt olarak katı, sıvı veya gaz bileşenli bir atomun emme veya emilim kuvvetlerini tersine çevirebilmektedir. Fotoadezyon malzemeler ışığa tepki olarak adezyonu değiştirebilmekte ve mimari tasarımda fotoadezyon malzeme olarak titanyum dioksitin (TiO_2) önemli bir yeri vardır (Ritter, 2007).

Fotokatalizle kendi kendini temizleme bina yapımında en yaygın kullanılan özelliktir (Gür, 2010). Titanyum dioksit içerikli kaplamalarda güneş ışığı titanyum

dioksit molekülleri ile tepkimeye girerek kirlerin temizlenmesinin yanı sıra bakteri vb. mikroorganizmalar da ölerek dezenfektasyon sağlanmaktadır.

Titanyum dioksitin (TiO_2) fotokatalitik etkisi keşfedilince Japonlar TiO_2'yi seramik yüzey kaplamalarında ve yapı membranlarında başarıyla kullanmıştır. Daha sonraki yıllarda ise kendi kendini temizleyen TiO_2'li cam Avrupa piyasasında yer almıştır. Bununla beraber piyasada sadece organik kirleticileri parçalama amaçlı TiO_2'yi kullanan ürünler de bulunmaktadır (Ritter, 2007).

Titanyum dioksitin (TiO_2)'in fotokatalizasyonu ile;

- Buğulanmayı önleyici etki
- Su arıtma etkisi
- Antibakteriyel etki
- Havayı temizleme etkisi
- Kendi kendini temizleme etkisi ortaya çıkmaktadır (Acharya ve Gokhale, 2015).

AN_Architects tarafından Avusturya'nın Viyana şehrinde tasarlanan 77 metre yüksekliğindeki Monte Verde binasının titanyumoksit içeren mavi-yeşil renkli fotokatalitik seramik cephe panelleri; kendi kendini temizleyebildiği gibi kaplama yüzeyindeki serbest elektronlar oksijen ile aktive olarak havayı da temizlemektedir. Bilimsel çalışmalara göre, 1000 m^2 fotokatalitik kaplı cephenin yüzeyi, 70 orta boy ağaca eşdeğer bir hava temizleme etkisi göstermektedir. Dolayısıyla Monte Verde'nin 6800 metrekare seramik cephesi 476 ağaca eşdeğer görev yapmaktadır (Ritter, 2007), (Şekil 4.24.).



Şekil 4.24. Monte Verde, AN_Architects, 2004 (Ritter, 2007)

Richard Meier tarafından tasarlanan Jübile Kilisesi titanyum dioksit katkılı çimento ile yapılan fotokatalitik beton kullanılarak yapılmıştır (Şekil 4.25.). "Kirlilik yiyici beton" olarak adlandırılan bu betonlar kirletici gazlardaki azot oksiti güneş ışığıyla nitratlara parçalayarak etkisiz hale getirmektedir (Orhon, Altın, 2012).



Şekil 4.25. Jübile Kilisesi, Richard Meier, 2003 (URL-25)

Zarif bezemelerden oluşan Gonzalez Hastanesi'nin heykelsi cephe sistemi de hava temizleme görevi üstlenmektedir. Elegant Embellishments adlı firma tarafından üretilen 2500 m^2 duvar çelik strüktüre bağlanan prosolve modüllerden (hava kirliliğini azaltabilen dekoratif bir mimari modül) oluşmaktadır. Bina estetiğini çevreci bir teknolojiyle taçlandıran yapı, havadaki karbonmonoksit salınımını emerek sağlıklı çevre oluşumuna katkı sunmaktadır. Elegant Embellishments firmasının yardımcı direktörleri Allison Dring ve Daniel Schwaag malzeme maksimizasyonu araştırmaları yapmakta ve Dring zengin malzemeli bir gelecek hayal ettiğini belirtmektedir (Şekil 4.26.).



Şekil 4.26. M. G. Gonzalez Hastanesi, Mexico City, 2013 (Moreno, 2013)

b) Enerji Alışverişi Yapan Akıllı Malzemeler

İstenilen durumu elde etmek için enerjiyi dönüştüren malzemelerdir. Maddenin enerji durumu ile ortamın enerji durumu arasında fark olmadığında madde denge halindedir. Maddenin enerji seviyesinin ortamdan farklı olduğu durumlarda ise enerji değişimi gerçekleşmektedir. Bu şekilde enerji alışverişi yapan akıllı malzemeler gerçekleşen enerji artışını ısı, elektrik veya ışık gibi kullanışlı enerji türlerine dönüştürmektedir (Addington ve Schodek, 2005). Ritter (2007)'e göre

enerji alışverişi yapan akıllı malzemeler ışık yayan, elektrik üreten ve enerji değişimi yapan akıllı malzemeler olarak üç başlık altında incelenmektedir.

İsviçreli mimar Dietrich Schwarz, ısı depolayan yalıtım cam sistemlerin cephede kullanımını çeşitli binalarında göstermiştir. Mimar, yaşlılar için tasarladığı Senior Citizens Apartments kompleksinin güney tarafını GLASSXcrystal olarak adlandırılan ısıyı depolayan tuz hidrat ile doldurulmuş PCM panelle inşa etmiştir. Kış aylarında küçük açıyla gelen güneş ışınları cephe konstrüksiyonunun içine geçerek PCM panele çarptığında tuz hidrat eriyerek termal ışımaya dönüşmekte ve ısı enerjisi olarak depolanmaktadır. Oda sıcaklığı düştüğünde tuz hidrat kristalleşerek depolanan ısı enerjisini odaya bırakmaktadır (Şekil 4.27.).



Şekil 4.27. Senior Citizens Apartments, Dietrich Schwarz, 2004 (Timmeren, 2009)

c) Madde Alışverişi Yapan Akıllı Malzemeler

Madde alışverişinde bulunan akıllı malzemeler, maddeleri fiziksel ve/veya kimyasal işlemlerle gaz, sıvı veya katı bileşenler halinde bağlayıp serbest bırakabilen malzemelerdir. Günümüzde kokuları ve kirleticileri bağlayarak ve dönüştürerek odanın hava kalitesini artıran mineral emici malzemeler içeren akustik alçı panolar bulunmaktadır (Ritter, 2007).

4.2.2.2. Strüktür Tasarımı

Bir yapı başta yerçekimi ve kullanıcılar olmak üzere birçok farklı yüklerin etkisi altındadır. İç ve dış yükleri taşıyan, zemine aktaran sistemlere taşıyıcı sistemler denir. Yapıyı oluşturan taşıyıcı elemanların ve sistemlerin genel adına ise strüktür denmektedir.

Rus mimar Felix Novikov mimarlığın konumunu belirlemek maksadıyla yapılan tanımlamaları dikkate alarak "Mimari= (Bilim+Teknoloji)×Sanat" formülünü geliştirmiştir. Bülent Özer ise ünlü mimarın ortaya koyduğu bu öneriyi geliştirerek şu şekle dönüştürmüştür:

"Mimari=Fonksiyon×(Strüktür+Konstrüksiyon)×Sanatsal Değer" (Özer, 2009: Hasol 2011'den). Bu formülden de anlaşıldığı gibi mimari yapıların öncelikle yatay ve düşey yüklere dayanarak ayakta kalması gerekmektedir. En basit yapı tipinden geniş açıklıklı veya yüksek katlı binalara kadar bütün yapı tiplerinde en önemli rol strüktüre düşmektedir.

İnşaat teknikleri günümüze kadar farklı süreçlerden geçmiştir. Eski zamanlarda ilkel yapım teknikleri ve mevcut yöresel malzemeler kullanılarak, ilerleyen tarihlerde ise geleneksel yapı üretim teknikleriyle yarı mamul yapı malzemeleri kullanılarak yapı üretilmiştir. Geleneksel yapı üretiminde el emeğinin önemi fazla olmakla birlikte yapım sürecinin çoğu şantiyede geçmektedir. İkinci Dünya Savaşından sonra toplumsal ihtiyaçlar endüstrileşmeyi zorunlu kılmıştır. Endüstrileşmiş yapı üretim teknikleriyle yapı bileşenleri önceden üretilip yerinde

monte edilebilmektedir. Bu şekilde el emeğinin yerini makineleşmeye bırakmasıyla yapım süresi azalmakta ve az zamanda çok iş yapılmaktadır.

Endüstri Çağı ile birlikte yapının taşıyıcı sistemi mimarlar tarafından önem kazanmıştır. Yapılarında, taşıyıcı sistemleri tanımlamak amacıyla strüktürler görünür şekilde tasarlanmaya başlamıştır. Strüktür taşıyıcı görevinin yanında tasarımın temel ögesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda strüktürün mimari yapının estetik ve yapısal özelliklerine etki ettiği söylenebilir (Bielefeld ve El Khouli, 2010).

Mimari yaklaşıma göre strüktürler gizlenebilmekte veya açıkça gösterilebilmektedir. Bazı yapılarda teknolojinin ve strüktürün dışavurumu yapı biçimini belirlemektedir. Örneğin; Renzo Piano ve Richard Rogers'in Paris'te tasarladığı Centre Pompidou (1971-77) çelik strüktürün sergilendiği önemli bir yapıdır. Teknoloji ve mimarlık ilişkisi açısından o dönemi etkileyen en büyük ölçekli yapı olan Pompidou projesi kent için çalışan makine fikriyle tasarlanmıştır. Bu proje için özel olarak tasarlanan yapı bileşenleri ve çıplak bırakılan taşıyıcı sistem bu fikri desteklemektedir (Şekil 4.28.).



Şekil 4.28. Centre Pompidou, Renzo Piano ve Richard Rogers, 1977 (URL-26)

İhtiyaçların zaman içinde değişerek çeşitlenmesi farklı kullanım alanlarının ve buna paralel olarak da farklı yapı tiplerinin ve biçimlerinin oluşmasına neden olmuştur. Bu değişim doğal olarak strüktür ve yapı üretim teknolojilerinin gelişmesini sağlamıştır. Yeni üretim ve yapım teknolojileri sayesinde yeni strüktür biçimlerine ulaşılabilmiş, bunun sonucunda da yeni biçimler için zemin hazırlamıştır (Şekil 4.29.).



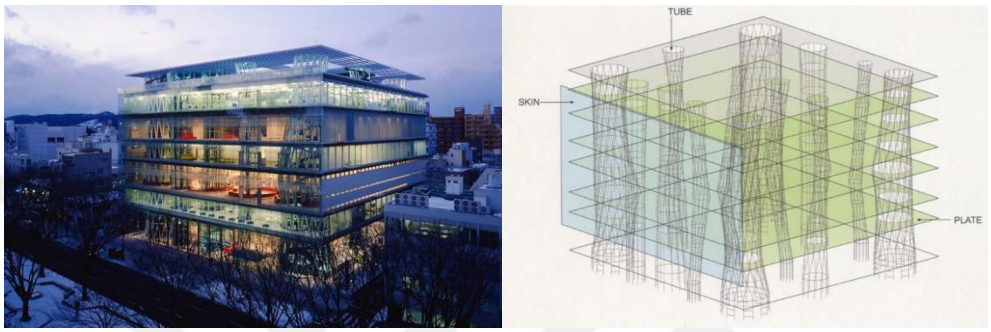
a) Bordo Adalet Sarayı, Fransa b) Quadracci Pavilyonu, Milwaukee

Şekil 4.29. Mimaride strüktür ve biçim ilişkisinde 21. yüzyıl yapılarından örnekler, (a: URL-27, b:URL-28)

Günümüzde biçimin kendisinin strüktür olduğu tasarımlar yapılmaktadır. Toyo Ito'nun tasarım yaklaşımı buna örnek olarak verilebilir. Ünlü mimar dijital teknolojiyi kullanarak mekan, strüktür, biçim arasındaki özellik ilişkisini yıkan projeleri ile mimarlığa farklı bir bakış açısı getirmektedir (Sönmez, 2008).

Mimar Toyo Ito ve inşaat mühendisi Mutsuro Sasaki'nin ortak çalışmasıyla inşa edilerek 2001 yılında açılan Sendai Mediatheque yapısı dijital tasarım araçlarının hem tasarım hem de inşaa sürecinde etkin olduğu ve strüktürel yenilik, değişkenlik ve fonksiyonellik açısından oldukça önemli bir projedir. Tasarımın ana fikri açık ve akışkan bir mekan yaratmaktır. Bu amaçla iç mekan ve dış mekan arasındaki sınır kaldırılarak iki ortam arasında akışkanlık sağlanmaktadır. Yapı, ilk katından son katına doğru yükselen taşıyıcı kurgusuyla tıpkı bir bitkiyi andırmaktadır. Teknolojinin sınırlarını zorlayan bu kütüphane binası özellikle

strüktür tasarımıyla Toyo Ito'nun en dikkat çeken yapılarından biridir (Şekil 4.30.). Toyo Ito'nun tasarladığı bir diğer yapı ise Tayvan'da bulunan ve güneş enerjisini kullanan stadyumdur. Stadyum, çatısında bulunan güneş pilleri sayesinde gündüz ürettiği enerjiyi gece sahayı aydınlatmak için kullanmaktadır (Şekil 4.31.).



Şekil 4.30. Sendai Mediatheque, Toyo Ito, 2001 (URL-29)



Şekil 4.31. Taiwan Solar Powered Stadium, Toyo Ito, 2009 (URL-30)

İnşaat sektöründe yapı üretim sürecini destekleyen çeşitli dijital sistemler kullanılmaktadır. Bunlardan biri olan radyo frekansı ile tanıma (RFID) sistemleri doküman takibi, stok yönetimi, emniyet ve güvenlik gibi farklı amaçlarda kullanılmaktadır. İnşaat alanında kullanılan bu sistem aracılığıyla malzeme miktarı,

çalışan sayısı ve benzeri değişkenler kontrol edilerek imalatların takibi yapılmaktadır. İş kazalarının sıklıkla yaşandığı şantiyelerde alınan güvenlik önlemleri her zaman yeterli olamamaktadır. Şantiyede kullanılan programlanabilir makineler sayesinde can ve mal kaybı önlenmektedir. İleride inşaat alanlarında farklı işleri yapmak için çeşitli robotların kullanımının artacağı öngörülmektedir.

Günümüz teknolojisiyle birlikte hızlı üretim, kaynakların doğru ve yeterli biçimde kullanılması gereği, daha az enerji tüketerek ve daha az işgücü kullanarak üretmek yapı üretim teknolojilerinde görülen gelişmelerin ana odağında yer alır. Bu amaçla inşaat sektöründe geliştirilen bir diğer yenilik çeşitli alanlarda kullanılabilirliğini kanıtlamış olan 3 boyutlu (3D) yazıcılardır. Gelinen son noktada neredeyse minimum insan gücü kullanarak teknolojik olanaklarla bina inşa etmek mümkündür. 3D inşa teknolojisi; 3D yazıcıların üç boyutlu nesne üretme prensibini kullanarak yapının inşa edilmesini sağlamaktadır. 3D yapı üretim tekniği ile 1 m^2 duvarı 5 dakikada üretmek, yaklaşık 60 m^2 bir konutu 24 saatte inşa etmek mümkündür (Jewell, 2019). Apis Cor tarafından inşa edilmiş, dünyadaki en büyük 3D baskı bina olma iddiasını taşıyan yeni Dubai Belediye binası bu teknikle yapılmıştır (Şekil 4.32.). Malzeme, zaman ve işgücünden kazanım sağlayan bu yeni yapı üretim teknolojisinin mimari biçim konusunda da kendine özgü olanakları olduğu belirtilmelidir.



a) 3D teknolojisiyle inşa edilmiş bir yapı



b) 3D yapı üretimi

Şekil 4.32. 3D yapı üretim teknolojisi (a, b: Jewell, 2019)

Gelecekte Ay'a ve Mars'a koloni kurma fikri düşünülmekte ve bu konuda çalışmalar devam etmektedir. Dünya dışı inşaat işleri için bilgisayarlı makinelerin kullanılabilirliğinin ortaya çıkması ile bu teknoloji üzerine yoğunlaşılmıştır. Uzay araştırmalarının öncü kuruluşu NASA (National Aeronautics and Space Administration) 3D yazıcı tekniğiyle uzay yapıları inşaa edilmesi için çalışma başlatmıştır (Çerçevik ve ark, 2018). İşçilik, malzeme, zaman tasarrufu ve güvenlik konusunda sağladığı kazanımlardan ötürü 3D yazıcıların kullanımının hızla artacağı düşünülmektedir.

4.2.3. Kullanım Aşamasına Etkisi

4.2.3.1. Yapı Donanımı

Dünya'da nüfus artışına bağlı olarak enerji ihtiyacı da sürekli artmaktadır. Aynı zamanda insanlık yararına yapılan teknolojik gelişmeler her alanda sağladığı katkıların yanı sıra doğal kaynakların hızlı tüketilmesi ve çevre kirliliği gibi birçok çevresel soruna sebep olmaktadır. Yapılan araştırmalara göre enerji ihtiyacının artışına paralel olarak 2030-2050 yılları arasında fosil yakıt rezervleri tükenebilecek boyuta ulaşacaktır. Bu nedenle fosil yakıtlar bitmeden alternatif enerji kaynaklarına yönelmek gerekmektedir. Güneş, rüzgar, jeotermal, biyokütle gibi yenilebilir enerji kaynaklarına geçilerek ihtiyacı karşılamaya yönelik bilinçli bir enerji tüketimi sağlanacaktır.

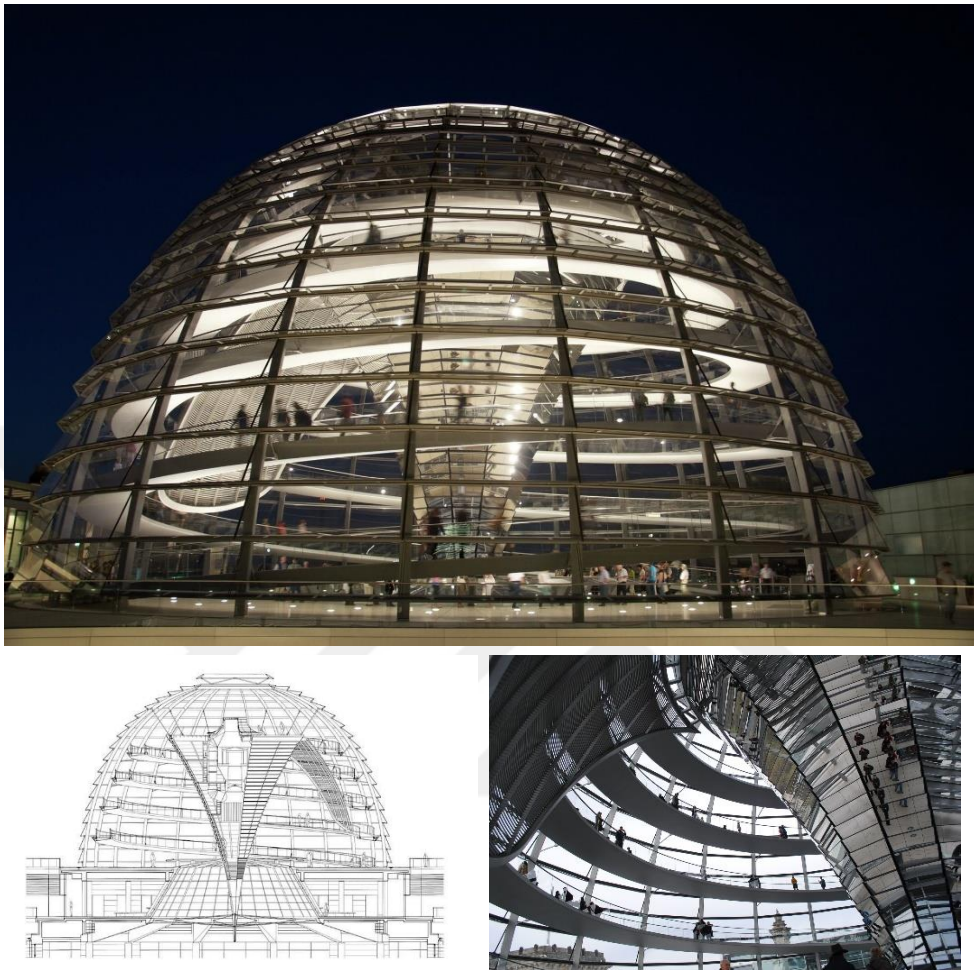
1973-74 yılları arasında küresel ölçekte görülen petrol krizi, enerjiye bağımlı alanlarda ihtiyaç duyulan "yüksek performans" kavramına yeni bir anlam kazandırdı ve konuyla ilgili yapılacak çalışmalar için aciliyet oluşturdu. Fosil yakıt kullanımıyla ortaya çıkan sera gazları ve buna bağlı olarak gelişen iklimsel değişiklikler her sektörü; ekolojik dengenin sürekliliğini sağlamak amacıyla enerji tüketimini azaltan ve fosil yakıt yerine yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımı öngören sürdürülebilirlik kavramına yönlendirmiştir. İzleyen dönemde enerji krizinin etkileri pek çok alanda olduğu gibi mimarlık ve tasarım alanında da kendisini göstermiştir. Binaların ısıtılması, soğutulması ve havalandırması için büyük oranda enerji

kullanıldığı düşünüldüğünde 21. yüzyılda mimarlık için artık enerji etkin tasarım, çevre duyarlı tasarım, yeşil bina, sürdürülebilirlik, ekolojik tasarım gibi kavramlar altında karbon ayak izi küçülmüş, enerji kullanımı ve karbon salınımı düşük, kendi enerjisini üretebilen ve çevresel koşullarla etkileşime girerek otonom bir şekilde koşullara uyum sağlayan enerji etkin yapılar inşa edilmektedir.

Dünya, toplum ve teknolojideki değişikliklerin sonucu olarak bazı zorluklar ve fırsatlarla karşı karşıyadır. Önemli olan ise binaların geleceğimizi şekillendiren bu değişimlere cevap verme yeteneğine sahip olmasıdır (Clements-Crome, 2004). Sürdürülebilir mimari, çevresel veriler değiştikçe yeniden tanımlanabilen ilkeler üzerine kurulu olmalıdır. Teknoloji, doğanın verileri ve değerleri ile etkileşim içinde olan tasarımlarla sürdürülebilir mimariye önemli katkı sunmaktadır.

Binaların inşaat aşamasında ve kullanım sürecinde yüksek oranda kaynak kullanılmakta ve çok fazla atık ortaya çıkmaktadır. Günümüzde mimari yapılarda kullanılan yeni teknolojiler çevresel sorunların çözümüne doğrudan veya dolaylı bir şekilde katkıda bulunmaktadır.

Norman Foster'in Berlin'deki Reichstag Parlamento Binası teknoloji yansıtan bir yapıdır (Şekil 4.33.). Bu binanın çevreyi kirletmeyen binaların yapıldığı günlere doğru baktığını söyleyen Foster, çevresel sorunların çözümünde teknolojik yeniliklerden yararlanılması gerektiğini belirterek yapılarda sürdürülebilirlik ve teknolojinin birlikteliğinin önemini vurgulamaktadır (Williamson ve ark, 2003).



Şekil 4.23. Reichstag Parlamento Binası, Lord Norman Foster, 1999 (URL-31)

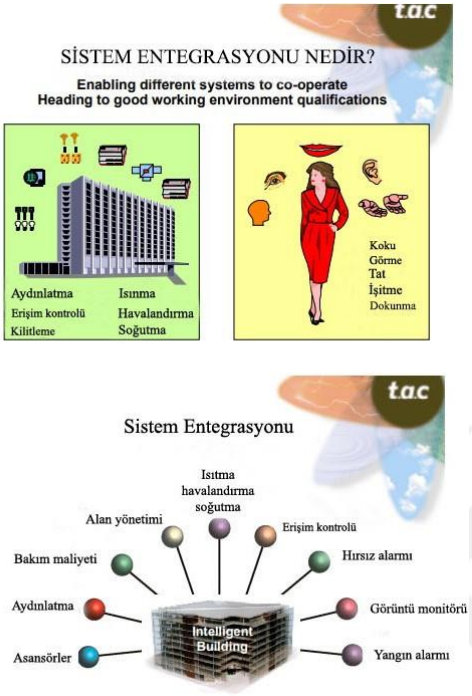
Özellikle son yıllarda yaşanan bilgi teknolojilerindeki hızlı gelişim sonucunda, iletişim teknolojilerinin bilgisayar ve internet ağı aracılığıyla başka sistemleri kontrol edebilmesiyle dış ortamdan gelen verileri algılayıp tepki verebilen sistemlerin binalarda kullanımı mümkün olmuştur (Kariptaş, 2006). Bu sistemlerle donatılan akıllı binaların enerji tasarrufu sağlama ve kullanıcı konforunu artırmaya yönelik birçok avantajı bulunmaktadır.

1) Akıllı Binalar

Günümüzde binalara, gerek kullanıcı konforu gerekse enerji verimliliği sağlama amacıyla ileri teknoloji sistemleri entegre edilme gerekliliği doğmaktadır. Genel olarak akıllı yapılar şeklinde tanımlanan bu yapılar ilk olarak 1980'lerde ortaya çıkmıştır.

Akıllı binalar, 1984 yılında New York Times'da yayınlanan bir makalede "*neredeyse kendini düşünebilen yeni nesil binalar*" olarak tanımlanmıştır (Sinopoli, 2010, s:1). Bu yapılarda kullanıcıların ve işletmelerin iyileştirilerek binanın işleyişini sürdürmek amacıyla bina teknoloji sistemleri kullanılmaktadır. Clements-Croome (2004), akıllı binaları çevresel değişikliklere karşı esnek ve uyarlanabilen tasarımlar olarak tanımlamaktadır. Bu tanımlardan çıkarılacak sonuca göre temelinde sürdürülebilirlik, akıllı malzemeler ve iletişim teknolojileri bulunan akıllı binalar enerji tasarrufu için teknolojik sistemleri kullanan, iklimlendirme sistemlerini otomatik olarak takip ederek kullanıcıların yaşam konforunu artıran, uzun vadede esnek, sağlıklı ve yüksek teknolojili entegre binalardır.

Akıllı bina denince teknoloji entegre edilmiş bina anlaşılmaktadır. Akıllı binalar gelişmiş entegre sistemler sayesinde bina sahibinin veya kullanıcısının mimari alanı yönetmesine imkan verecek eyleme geçirilebilir bilgiyi sağlar. Sorunsuz gerçekleşen bilgi akışı ve entegre sistemlerin işlevselliğinin olumlu finansal etkileri de olmaktadır (Sinopoli, 2010). Huhtanen (2000), sistem entegrasyonunu Şekil 4.34'de verilen metaforla betimlemektedir (Himanen, 2003).



Şekil 4.24. İş çevresi ve insan duyuları arasındaki metafor ile akıllı bir binanın duyuları (Huhtanen, 2000: Himanen 2003'den)

Akıllı binaların enerji etkin tasarlanmasında aktif ve pasif sistemler kullanılmaktadır. Binanın biçimi, yönlenmesi, pencerelerin tasarımı, bina kabuğu tasarımı pasif sistemleri; bu sistemlere ek olarak binaya eklenen iklimlendirme, aydınlatma, yangın koruma vb. otomasyon sistemleri ise aktif sistemleri oluşturmaktadır.

Akıllı binalar belirtilen amaçları gerçekleştirmek için bilgisayarla yönetilerek koordinasyonla çalışan birçok elektronik sistemi kullanmaktadır. Bu binalarda bulunan ısıtma, soğutma, kullanma suyu üretimi ve dağıtımı ile ilgili sistemler, sıhhi tesisat, asansör, yangınla mücadele teknik hizmetlerinin tek merkezden yürütülmesini sağlamak için bilgisayarlı bir denetim ve kontrol sistemi kurulur ki buna Bina Otomasyon Sistemi (BAS: Building Automation System) denir (Civan, 2006).

3XN mimarlık ofisi tarafından tasarlanan ve 2020 yılı Şubat ayında kullanıma açılan Cube Berlin binası sürdürülebilirlik, dijitalleşme ve tasarım alanındaki gelinen son noktayı yansıtan ikonik bir yapı olarak nitelenebilir. Yapı, akıllı bina teknolojileri ile donatılmakla birlikte, yapay zeka uygulaması ve nesnelerin interneti teknolojisiyle işletim bilgileri; enerji akışı, enerji temini ve tüketimi, kullanıcı davranışları gibi verileri toplayan ve işleyen bir dijital beyne sahiptir (3XN, 2020), (Şekil 4.35.).



Şekil 4.25. Cube Berlin (3XN, 2020)

Günümüz teknolojileri düşünüldüğünde yapı tasarımı alanında enerji tüketimi kadar enerji üretimi de önemli hale gelmiştir. PV panelleri ve rüzgar türbinleri, rüzgar ve güneş gibi kaynaklardan elde edilen enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürerek kullanılabilir hale getirmektedir. Wigginton & Harris (2002) fotovoltaik (PV) panellerin enerji üretiminde önemli bir yere sahip olduğunu belirtmektedir. Enerji üretiminde güneşin yönü ve açısının etkili olduğu düşünülürse optimum verim için tasarımcının etkili olduğu unutulmamalıdır (Tetik, 2014). Bina kabuğunda, çatılarda PV panel ve fotovoltaik piller gibi aktif teknolojik elemanların kullanımı ile yenilebilir kaynaklardan enerji üretimi sağlanabilmektedir.

Kunsthaus Graz modern sanat müzesinin biçimini oluşturan unsurlar arasında teknolojik donanım dikkat çekici biçimde yer alır (Şekil 4.36.). 2003 yılında

inşa edilen yapının yüzeyini kaplayan yarı saydam akrilik cam panellerle birlikte "BIX -Big Pixels, büyük piksel" cephe oluşturulmuştur. Cephede kullanılan çift katmanlı kaplama malzemesine entegre edilmiş fotovoltaik piller sayesinde elektrik üretimi sağlanmaktadır. Dev bir ekran olarak biçimlenen yapı, bu özelliğiyle yakın çevresiyle etkileşim içinde kalır. Müze ve sergileme kavramlarına "beyaz küp", "siyah kutu" fikrinin ötesinde bir anlam getiren ve amorf şeklinin yarattığı biçim karakteri nedeniyle oldukça sıra dışı olan yapıyı, mimarları Peter Cook ve Colin Fournier *"Friendly Alien (dost uzaylı)"* olarak tanımlar (Lentini, 2007), (Şekil 4.37.).



Şekil 4.26. Kunsthaus Graz binası (URL-32)



Şekil 4.27. İnteraktif BIX (big pixels) cephe (URL-33)

Binalarda enerji üretimi için kullanılan diğer seçenek ise binaya entegre edilebilen rüzgar türbinleridir. Yapılan çalışmalar gösteriyor ki gelecekte farklı kaynaklardan enerji üretimi sağlanabilecektir. Örneğin yakın tarihte Guigon, Chaillout, Jager ve Despesse (2008) tarafından yapılan çalışma yağmur damlalarından enerji toplamaya odaklanmaktadır.

Güney Afrikalı mimar Shaun Killa tarafından tasarlanan Bahreyn Ticaret Merkezi de 240 metre yüksekliğinde dikkat çekici bir yapıdır. Simetrik iki kule 29 metre çapındaki üç rüzgar türbiniyle birbirine bağlanmaktadır. Bina için gerekli olan elektrik enerjisinin %10-15'inin bu türbinlerle karşılanacağı beklenmektedir (Sev ve Başarır, 2011), (Şekil 4.38.).



Şekil 4.28. Bahreyn Ticaret Merkezi ve Rüzgar Türbinlerinin Binayla İlişkisi (URL-34)

Yapı ölçeğinde kullanımların yanında enerji etkin tasarımların biçimlendirdiği kamusal alan örnekleri son yıllarda dikkat çekmektedir. Bu örnekler arasında Coop Himmelblau, enerji üretmek amacıyla İtalya'da Perugia bölgesinde bir sokağın üzerini örtecek bir çatı sistemi tasarlanmıştır (Şekil 4.39.).



Şekil 4.29. Enerji çatısı (Etherington, 2010)

Coop Himmelblau'nun enerji çatısı adını verdiği sistem, enerji üreten üst katman şeffaf fotovoltaik hücrelerden, ortadaki rüzgar tribünlerini içeren yapısal katman, lamine cam ile yarı saydam pnömatik yastıkların bir kombinasyonu olarak en alt katmandan oluşur. Doğu batı yönünde uzanan enerji çatısında batı kanadı güneşin geliş açısına göre, doğu kanadı da rüzgara göre yönlenir (Etherington, 2010).

Özetlemek gerekirse, sürdürülebilir mimarlık anlayışı yüksek teknoloji mimarlığı olan akıllı binaları meydana getirmektedir. Günümüzde oldukça hızlı bir şekilde gelişim gösteren bu yapılar elektronik ve mekanik sistemlerle donatılarak isteğe bağlı veya otomatik olarak mekanda fonksiyonel ve görsel değişiklik yapmaktadır. Öyle ki teknoloji donanımlı bir bina ile yeşil veya sürdürülebilir bir binanın birçok ortak noktası bulunmaktadır. Akıllı binalarda bulunan bu sistemler enerji verimliliğinde ciddi anlamda bir artış sağlayarak yeşil bina sertifikasyonunu da olumlu yönde etkilemektedir.

Teknoloji bu zamana kadar mimari yapıları etkiledi ve etkilemeye devam edecektir. Teknolojinin kat edeceği yolu şimdiden kestirmek imkansız ama belli bir zamandan sonra binalardaki bütün kontrolün bilgisayar ile gerçekleşeceği düşünülmektedir.

5. KİNETİK TASARIM VE MİMARİ İLİŞKİSİ

Tezin bu bölümünde kinetik mimarlık ile ilişkili kavramlar incelenmiştir. Kinetik mimarlığın temelini oluşturan hareket ve hareket sonucu oluşan kinetik durumları ifade eden kavramlar açıklanarak kinetiğin farklı alanlardaki uygulamaları incelenmiştir. Bölümün ilerleyen kısımlarında mimarlıkta kinetik olma durumu ve hareketliliğin amaçlarından bahsedilmiştir.

5.1. Kinetik Tasarım Kavramı ve Kullanıldığı Alanlar

Doğadaki tüm canlılar yaşamları boyunca birbirleriyle ve yaşadıkları çevre ile etkileşim halindedir. Çevre tüm canlılar için bir etki kaynağıdır ve bu etki canlı üzerinde kimi zaman olumlu, kimi zaman da olumsuz değişimlere sebep olur. Ancak bilinen o ki canlılar yaşamlarını sürdürebilmek için çevreden gelen etkilere açıktır ve zamanla değişen çevresel koşullara karşı yaşamlarını devam ettirebilmek için yeni davranış biçimleri geliştirir (Yaşa, 2010). Öte yandan pek çok canlının ortak özelliği hareket edebilmesidir. Hareket eylemi sayesinde canlılar çevreden gelen uyaranlara tepki verebilir ve bir davranış geliştirebilir.

Bu anlamda hareket canlıların yaşamlarını sürdürebilmek için gerekli olan beslenme, barınma, üreme, korunma gibi ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla da oluşabileceği gibi, canlılar şekil ve hareket değişikliği yaparak doğaya uyum da sağlayabilirler. Bu bağlamda bulunduğu çevrede yaşam şansını artıran hatta bazen yeni bir canlı türünün ortaya çıkmasına neden olan canlının yeni koşullara uyum sağlama yeteneğine adaptasyon denmektedir. Kronenburg (2007)'a göre insanlar adaptasyon ve hareket edebilme kabiliyetleri sayesinde geniş alanlara yayılabilmiş esnek varlıklardır.

Evrende biyolojik olarak canlı kabul edilen bitkiler, hayvanlar ve insanlar veya cansız varlıkların hepsi bir düzeyde hareket etmektedir. Hareketsiz gibi görünen cansız varlıkların dahi mikro ölçekte atomları hareket halindedir. Canlılar yüzyıllarca süren evrim sürecinin sonunda daha az enerji harcayarak kendilerini en

optimum şekilde var edebilecekleri hareket sistemlerini oluşturmuştur. İnsanlar ve benzer şekilde hayvanlar, iskelet ve kas sisteminin oluşturduğu hareket sistemi ile istekleri ve ihtiyaçları doğrultusunda hareket edebilmektedir. Bitkiler hayvanlar gibi yer değiştirecek şekilde hareket edemez ama çevreden gelen uyarılara (ışık, hava, su, sıcaklık, basınç, yerçekimi, kimyasal madde) karşı tropizma (yönelme) ve nasti (irkilme) hareketi gerçekleştirmektedir. Bitkilerdeki kinetik sisteme örnek olarak ayçiçeği bitkisinin güneşe yönlenme hareketi ve küstüm çiçeğinin irkilme hareketi verilebilir (Şekil 5.1.).



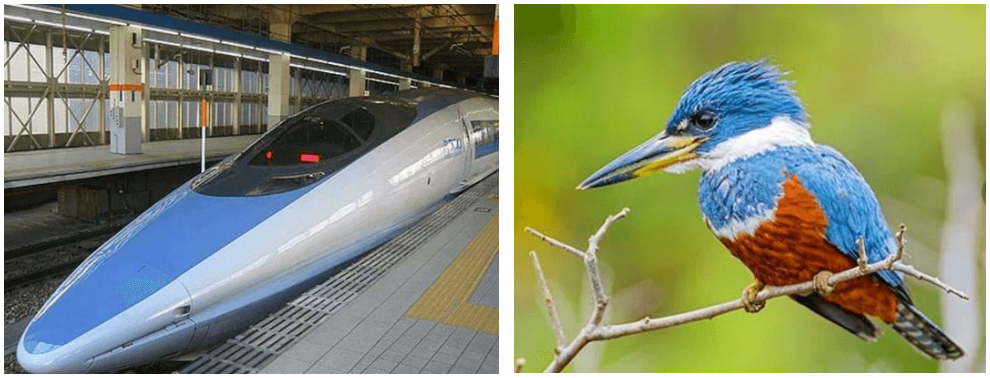
Şekil 5.1. Bitkilerde görülen hareket sistemi örneği

Hayvanlarda görülen ve kinetik sistem olarak tanımlayabileceğimiz hareket sistemlerine sineklerin katlanan kanatları, çekirge gibi böceklerin zıplama mekanizmaları ve solucanların gövde yapıları örnek olarak verilebilir (Şekil 5.2.). Solucanlar bulundukları ortama göre incelip uzayabilmekte ve genişleyip kısalabilmektedir. Bir çeşit çevreye uyum sağlama çabasıyla solucanların her türlü alanda kolayca hareket edebilmeleri mümkündür.



Şekil 5.2. Hayvanlarda görülen hareket sistemi örneği

Doğada var olan kinetik sistemlerin keşfedilip incelenmesi sonucunda hareketin sebebinin ve nasıl gerçekleştiğinin anlaşılmaya başlanmasıyla birlikte mühendisler tarafından taklit edilerek uyarlanabilir mekanizmalar hayata geçirilmeye başlanmıştır. Balıkçıl kuşlarının gaga yapısının suya dalarken onları hızlandırdığını tespit eden mühendisler hızlı trenlerin sürtünmeye karşı verimliliklerini arttırmak için bu yapıyı trenlere uygulamıştır. Arıların ürettiği bal petekleri gibi arıların gözlerinin de altıgen şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Bu durumdan esinlenen mühendisler büyük gözlemevi teleskoplarının yüzeyinde, gök cisimlerinden gelen ışıkları daha iyi yansıtan altıgen şeklinde aynalar kullanmıştır. Bu sayede tıpkı arıların gözleri gibi yüksek kalitede geniş bir görüş alanı sağlamışlardır (Şekil 5.3.).



a) Balıkçıl kuş ve hızlı tren



b) Arı petekleri ve teleskop

Şekil 5.3. İcatlar ve doğal esin kaynakları (a,b: URL-35)

Kinetik mimarlığın temelini oluşturan hareket kavramı "*Bir cismin durumunun ve yerinin değişmesi, devinim, aksiyon*" olarak tanımlanmaktadır (URL-1). Arslan (2006)'a göre ise hareketlilik bir yerden başka bir yere, bir durumdan başka bir duruma veya bir andan başka bir zamana geçmeyi ifade etmektedir. Sözü edilen hareketlilik insanın veya maddenin hareketinin yanı sıra nüfusların hareketi, yaşanılan yer ve durumun değişikliği ve mobilite kavramını da kapsamaktadır.

Kinetik mimarlık, karmaşık yapısı sebebiyle birçok alanla ilişki içindedir. Disiplinler arası bilgi paylaşımı gerektiren kinetik mimarlıkta mühendisler hız, ivme ve moment hesaplamaları yaparken, mimarlar ise hareketli yapı elemanlarının boyutuna, biçimine karar vermekte ve hareketin yapıyı nasıl etkilediğini incelemektedir. Hareketli strüktür sistemlerini daha iyi anlayabilmek için kinetik mimarlığın ilişkili olduğu mekanik bilimi kapsamındaki dinamik, kinematik ve

kinetik kavramlarını açıklamak gereklidir. Mekanik bilimi, rijit cisimler mekaniği, şekil değiştiren cisimler mekaniği ve akışkanlar mekaniği olmak üzere üç dala ayrılmaktadır. Kinetik mimari elemanların hareketini anlayabilmek için mühendislik bilimi alanında rijit cisimler mekaniği hakkında bilgi sahibi olmak gereklidir. Rijit cisimler mekaniği ikiye ayrılır;

1- **Statik:** Denge halindeki cisimleri inceler.
2- **Dinamik:** Hareket halindeki cisimleri inceler. Dinamik ise kinetik ve kinematik olmak üzere ikiye ayrılır;
    - **Kinetik:** Hareket yasalarını dikkate alarak cisme uygulanan etki veya faktörlerle hareket arasındaki ilişkiyi inceler.
    - **Kinematik:** Hareketi oluşturan sebepleri dikkate almaksızın sadece hareketi inceler.

Bir cismin hareket etmesi için kuvvet gereklidir. Hareketi sağlayan bu güç insan ve hayvan gücünden veya güneş, rüzgar ve su gücü şeklinde doğal kaynaklardan ya da fosil ve elektrik enerjisi kullanan motorlardan sağlanabilir (İnan, 2014). Kinetik tasarımlar günlük yaşantının çeşitli alanlarında küçük veya büyük ölçeklerde karşımıza çıkabilmektedir. Su gücüyle hareket eden değirmenler, rüzgar türbinleri, elektrikli ev aletleri, deprem izolatörleri, tarım aletleri, robotlar, lunaparktaki oyuncaklar vs. kinetik unsurlar barındıran nesne ve yapılara örnek olabilir. İnsan gücünün yerini makinelerin aldığı günümüzde, hız ve hareketin giderek önem kazanmasıyla kinetik tasarımların rolü ve yayılımı farklı alanlarda gelişim göstermektedir. Tasarım sürecinde bilgisayar teknolojilerinin kullanımının yaygınlaşması ve dijital üretim yöntemleri tasarımların çeşitlenmesini ve özellikle kinetik unsurların kullanımını her alanda artmasını sağlamıştır (Şekil 5.4.).



Şekil 5.4. Farklı enerji kaynaklarıyla çalışan, günlük hayattan kinetik örnekler

Sanayi Devrimi'nin getirdiği yenilikçi ve modernist tutum, makineleşme ve fabrikasyon mekanizmaların hayata daha çok dahil olmasını sağlamıştır. Bu bakımdan mekanik-kinetik unsurlar hayatın farklı alanlarında kendisini göstermeye başlamıştır. Hareket kavramı bu yayılım esnasında sanata dahil olmuş olsa da kinetik eserlerin ortaya çıkışı 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren olmuştur. Bu dönemde

daha çok heykel sanatında karşılaşılan kinetik örnekler heykelin üç boyutluluğu ve yerleştiği alan içinde farklı yönlerden algılanabilir oluşu nedeniyle kinetik olmak için elverişlidir.

Kinetik unsurları kullanan heykeltıraşlar eserlerini farklı yollarla dinamik hale getirebilmektedir. Kısaca değinmek gerekirse kinetik heykel oluşturulurken; optik yanılsamalar ile hareket, hava, su, rüzgar vb. doğal faktörler kullanarak hareket, seyircinin katılımıyla hareket ve makine gibi çeşitli güç kaynakları sayesinde hareket elde edilmektedir.

Kinetik heykel örnekleri arasında en dikkat çekici olanlardan biri şüphesiz Miami kıyılarında sergilenen Hollandalı sanatçı Theo Jansen'in "rüzgarda yürüyen iskeletler" heykelidir (Şekil 5.5.a.). Jansen'in PVC borulardan oluşan çok parçalı heykeli hayvan iskeletini andırmaktadır. Bu heykel rüzgar olmadığında hareketsiz durmakta rüzgar olduğunda ise hava akımı sayesinde hareket etmekte ve yer değiştirebilmektedir. Kinetik özellikleri sayesinde heykel alışılagelmiş statik durumundan çıkararak yerden bağımsız hale gelmiştir.

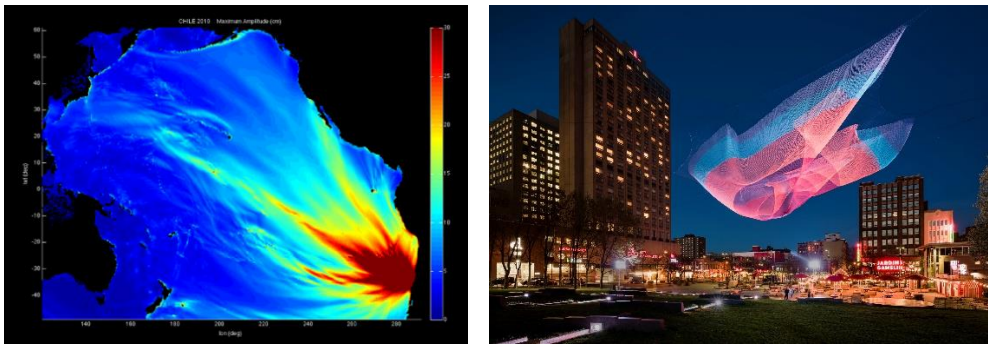
Çek heykel sanatçısı David Cerny; Prag'ta bir alışveriş merkezinin girişine yerleştirilen yazar Franz Kafka'nın büstüyle, yaşadığı olumsuzluklara hiçbir zaman boyun eğmeyen Kafka'nın ruhundaki kırılmaları kinetik heykelle aktarmaktadır. 2014 yılında inşa edilen kinetik heykel birbirinden bağımsız hareket edebilen 42 paslanmaz çelik katmandan oluşmaktadır (Şekil 5.5.b.).



a) Animaris Umerus Heykeli b) Franz Kafka Heykeli

Şekil 5.5. Kinetik heykel örnekleri (a: URL-36, b: URL-5)

Janet Echelman ise kamusal alanlarda yaptığı; çelik, renkli fiber kablolar, bilgisayar programlı aydınlatma, mekanik hava akış sistemleriyle donatılan ve rüzgarda uçuşan, rüzgarın hareketi ve ışığın yansıması ile biçim değiştiren heykel çalışmalarıyla tanınmaktadır. Boşlukta asılı bırakılan bu heykeller hava akımıyla salınımlar yapmaktadır. Colorado'da bulunan 1.26 heykeli ismini Dünya'daki günlerin 1,26 mikrosaniyelik kısalmasına neden olan 2010 Şili depreminden almaktadır. Echelman, depremin dijital görsel verilerini 3D ortamda tekrar modelleyerek eserini yaratmıştır (Şekil 5.6.).



Şekil 5.6. Şili depremi dijital görseli ve 1.26 heykeli (URL-37)

Sanat ögelerinin yanında iç mekan ve kentsel donatı elemanlarında da kinetik tasarım örneklerine çokça rastlamak mümkündür. Şekil 5.7.a'da görülen Twist lamba, fiziksel basit bir hareketle ışığın kalitesini ve şeklini değiştirmek maksadıyla tasarlanmıştır. Meadow adındaki interaktif aydınlatma aracı ise uyumlu bir şekilde açılıp kapanan 18 mekanik çiçekten oluşmaktadır. Entegre edilmiş sensörler ziyaretçilerin varlığında tepki vermekte ve her çiçek yavaş yavaş büyümeye başlayarak mekanın tamamını aydınlatmaktadır. Tüm çiçekler şekil, renk ve ışık değişiklikleri aracılığıyla mekan algısını değiştiren ve ziyaretçilerin ilgisini çeken kurgu yaratmaktadır (Şekil 5.7.b.). Kentsel bir oturma elemanı olan IDO uyarlanabilir, özelleştirilebilir, işlevsel ve dinamik bir banktır. Bankı meydana getiren ayarlanabilir masif ahşap parçaların hareketi çok sayıda oturma konfigürasyonuna imkan vermektedir (URL-38), (Şekil 5.7.c.).



a) Twist lamba b) Meadow aydınlatma aracı c) IDO oturma elemanı

Şekil 5.7. Kinetik donatı elemanı örnekleri (URL-38)

Günümüzde dijital teknolojilerin tasarım sürecinde aktif kullanımı sayesinde tasarımcılar fikirlerini hızlı bir şekilde ürüne dönüştürmektedir. Özellikle kinetik tasarımların fikir ve üretim aşamasında yararlanılan bilgisayar teknolojileri hem sürece hız kazandırmakta hem de tasarım çeşitliliğini önemli ölçüde artırmaktadır.

5.2. Kinetik Mimari Kavramı ve Tarihsel Gelişimi

İnsanların zamanla farklılaşan alışkanlıkları, beğenileri, ihtiyaçları yaşadıkları mimari çevrelerin de değişimini mecbur kılmaktadır. Yapılar da tıpkı canlıların çevresel koşullara uyum sağlamaya çalıştığı gibi kaçınılmaz olarak değişen kullanıcı isteklerine uyum sağlayabildiği ölçüde kullanılabilir olmaktadır. Mimarların bu bakımdan amacı, sürekli değişim gösteren çevresel koşullara adaptasyon yeteneği yüksek tasarımlar yaparak mimari mekanın verimliliğini ve kalıcılığını artırmaktır.

Yapılar bilindik halde, statik olarak yer değiştirme kabiliyeti olmadan inşa edilmektedir. Ancak yapılar yer değiştirmese de bulundukları sokakların, mahallelerin ve şehirlerin özellikleri değişmeye devam etmektedir. Konut yerleşim bölgesi zamanla ticari bölgeye dönüşebilmekte, oluşan yeni durum sonunda yapının kullanım amacı da değişebilmekte, mekana farklı fonksiyonlar yüklenebilmektedir. Bu sebeple mimari bir yapı değişen ihtiyaçlar karşısında yeniden yapılandırılabilir özellikte olmalıdır (Kronenburg, 2007).

Literatürde hareketli mimarlık anlamına gelen kinetik mimarlık, gelişen teknolojinin bir ürünü olup sürdürülebilir tasarım anlayışıyla birçok ortak amaca sahip olan bir tasarım yaklaşımıdır. Bu yaklaşım ile yapılar sadece fiziksel olarak değil ekonomik, sosyal ve kültürel boyutları ile ele alınarak hem bina hem de kent ölçeğinde çözümler sunulmaktadır. Kinetik mimarlıkta çevreye duyarlı, enerji etkin ve adapte olabilen yapılar tasarlamak amacıyla yapının tamamı veya bir bölümü (yapı elemanları) hareket ettirilerek değişim ve dönüşüm meydana gelmektedir (Sarıcıoğlu, 2018).

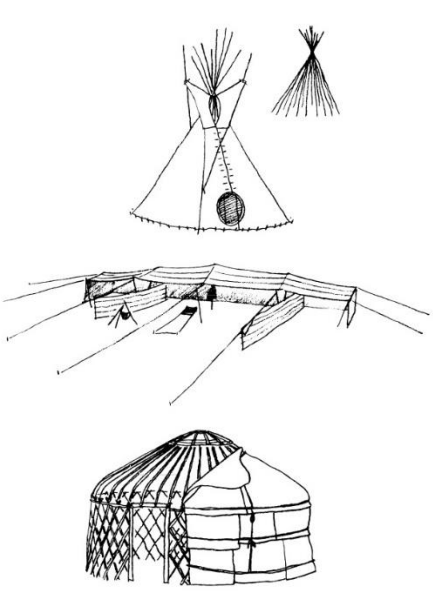
1970 yılında mimaride hareket kavramını açıklayıp sınıflandıran Zuk ve Clark'ın "Kinetic Architecture" isimli kitabı bu konuda yazılmış ilk ve en önemli eserlerden biridir. Kitapta hayattaki hiçbir şeyin kalıcı olmadığı gibi bina tasarımının inşa edildikten sonra da devam edecek sürekli bir süreç olduğunu belirtmektedir. Buna bağlı olarak mimari biçim genişletilebilir, deforme edilebilir, yer değiştirebilir veya kinetik yeteneğe sahip olabilir (İlerisoy ve Başeğmez, 2018). Zuk ve Clark'ın

(1970) tanımına göre kinetik mimarlık; kendisine etki eden değişimlere adapte olabilen ve bu etkileri değerlendirip cevap üretebilen elemanların teknolojisi olarak tanımlanmaktadır.

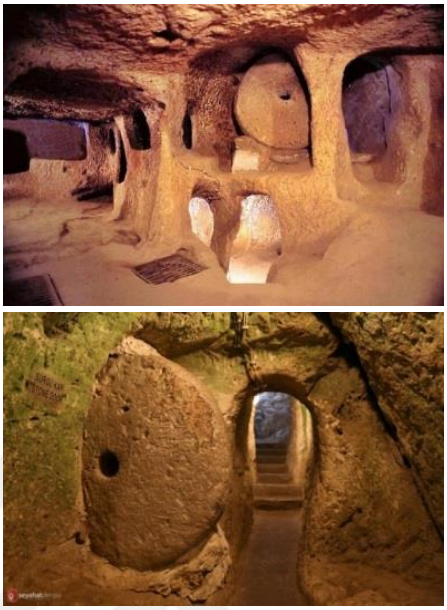
Mimarlık tarihi incelendiğinde, hareketin mimaride uygulanabilirliğinin ilkel zamanlardan itibaren dönemin malzeme ve teknik imkanlarının el verdiği ölçüde gerçekleştiği görülmektedir. Teknolojik buluşlar mühendisliğin ve bilgisayar teknolojilerinin gelişmesini sağlamaktadır. Buna paralel olarak mimarlık alanının elektronik, mekatronik, mekanik ve malzeme gibi diğer bilim dalları ile etkileşiminin artması mimarlıkta hareket kullanımının önünü açmaktadır. Bu bağlamda tarihsel süreç içerisinde kinetik mimari ürünler, göçebe toplumların kullandığı çadırlardan günümüzde akıllı kontrol sistemleriyle gerçekleştirilen kinetik olma durumuna kadar aşama aşama gelişim göstermiştir.

Eski çağlarda insanlar iklim, barınma, avlanma ve korunma gibi ihtiyaçlardan ötürü sürekli yer değişikliği yapmak zorunda kalmıştır. Dolayısıyla bu toplumlarda yapıyı hareketsiz kılacak temel sistemleri bulunmamaktadır. Hatta çok daha kolay ve hızlı hareket etmelerine olanak tanıyacak şekilde sökülüp takılabilen malzemelerle oluşturulan barınma yapısı olarak "çadır" kullanılmıştır (Karaoğlu, 2014). Çoğunlukla ahşap, deri ve keçe gibi kolay şekillenen ve hafif malzemeler kullanılarak yapılan bu geçici barınaklar günümüzde mobil evlerin ilk örnekleri olarak nitelendirilmektedir.

Yerleşik hayata geçen ilkel topluluklarda da kinetik elemanların kullanımı ve varlığı görülmektedir. Örneğin Kapadokya bölgesinde bulunan tarihi M.Ö. 3 bin yılına kadar dayanan Kaymaklı Yeraltı Şehri'nde saldırı ve işgalleri önlemek amacıyla değirmen taşı benzeri dev sürgülü kapılar kullanılmıştır. Yöre insanlarının kendilerini güvende hissetmediklerinde sürgülü kapının ortasındaki delikten iterek kapıyı kapattıkları düşünülmektedir (Şekil 5.8.).



a) Kuzey Amerika Tipi'si, Bedevi Göçebe Çadırı, Asya Yurt'u

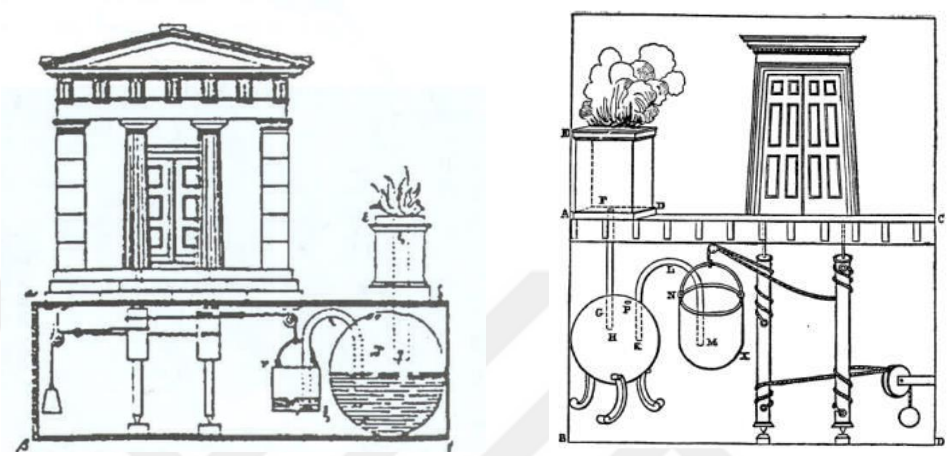


b) Yer altı şehrinde sürgü taşı

Şekil 5.8. Tarihte kinetik tasarım örnekleri (a: Kronenburg, 2003, b: URL-39)

Yerleşik yaşam elbette yeni mekânsal ihtiyaçların oluşmasına neden olmuştur. Özellikle güvenlik ve iklimsel konfor bu ihtiyaçların başında gelmektedir. Bu bakımdan kapı, pencere, kepenk ve çatı örtülerinin ilk ve en yaygın kullanılan kinetik yapı ögeleri olduğu söylenebilir. Öte yandan bu elemanların hareketini sağlamak için bazı örneklerde mekanizmaların da kurulduğu bilinmektedir. Özellikle tapınakların kapısını açmak için yer altına yerleştirilen bir haznenin su ile dolup ağırlaştıkça kapıyı açtığı bir sistem kurulmuştur (Şekil 5.9.a.). Bu dönemde insan ve hayvan gücünün yanında ögenin hareketini sağlayacak mekanik araçların geliştirilip kullanıldığı görülmektedir. Örneğin Antik Çağda yaşamış olan İskenderiyeli Heron'un, suyun hareketi ve buharın gücünden yararlanarak geliştirdiği mekanizma ile kapı isteğe bağlı açılıp kapatılabilmektedir (Şekil 5.9.b.). Orta Çağ'da oldukça yaygın olan sökülüp takılabilen tiyatrolar ve tiyatro önünde seyirciler için toplanma mekanı oluşturan hareketli üst örtüler de mimarlık tarihinde

kinetik yapı ögelerinin kullanıldığı diğer örneklerdir. Bu hareketli örtü sayesinde izleyenler yağmurdan ve güneşten korunmaktadır.



a) Kapıyı Açan Düzenek b) Tapınak Kapısını Açan Mekanizma

Şekil 5.9. Tarihte kinetik tasarım örnekleri (a: Tzonis ve Lefaivre, 1995; b: Xagoraris,1991)

Sanayi Devrimi'nin ardından yeni yapı malzemelerinin üretilmesi ve yapım tekniklerinin ilerlemesi sayesinde mimaride kinetik tasarımların uygulanabilirliği artmıştır. Özellikle bu dönemde İtalya'da ortaya çıkan Fütürizm ve Rusya'da ortaya çıkan Konstrüktivizm veya nesnenin farklı zamanlarda değişen görüntülerini bir araya getirerek yeni formlar yaratan Kübizm geçmişin geleneksel bakış açısını reddederek teknolojinin ve yeni tekniklerin ışığında üretimin temelinde makineleşmeyi, hareketi, zamanı ve hızı odağına alan akımlar olarak dikkat çekmektedir. Rus sanatçı ve mimar Vladimir Tatlin'in tasarladığı Konstrüktivizm akımının öncü yapıtı sayılan Üçüncü Enternasyonal Anıtı diğer adıyla Tatlin'in Kulesi'nin içinde çelik kablolara asılmış ve farklı hızlarla dönen silindir, piramit ve küp formunda çeşitli salonlar yer almaktadır. (Şekil 5.10.).



a) Tatlin'in Kulesi,1919



b) Pablo_Picasso,_1910,_Mandolinli Kız (Fanny_Tellier),_



c) Cityscape by Tulio Crali (1939) Italian Futurism school

Şekil 5.10. Konstrüktivizm, Kübizm ve Fütürizm akımı eserleri (a: URL-40; b,c: URL-41)

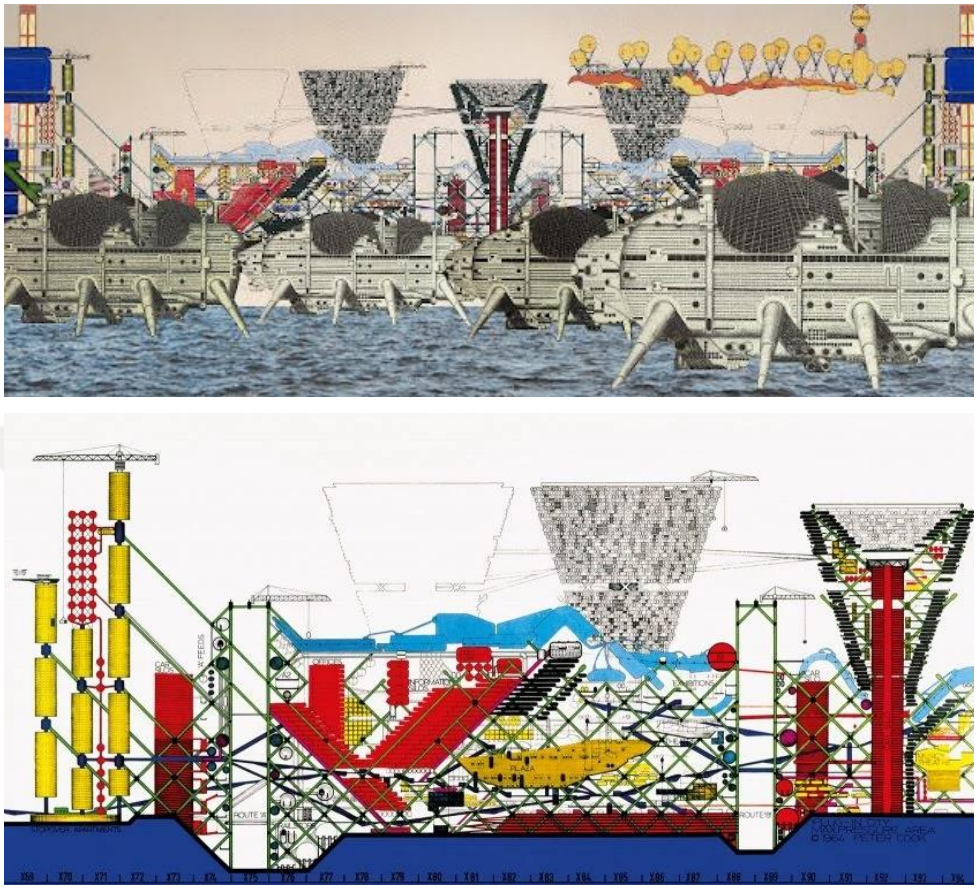
Modern mimaride esneklik kavramının ilk örneği kabul edilen Gerrit Rietveld tarafından tasarlanan Rietveld-Schröder House (1924), işlevindeki farklılaşmaya göre kademeli değişikliklere izin veren kinetik bir iç mekan düzenlemesine sahiptir. İki katlı evin ilk katında şekli değiştirilebilir mutfak, yemek, oturma alanı, işlik ve okuma odası ikinci katta ise portatif bölmelerle ayrılabilen yatak odası bulunmaktadır. 20. yy'ın bu ikonik yapı tasarımını Pierre Chareau ve Bernard Bijvoet'un Paris'teki Maison de Verre (1932) yapısı izlemiştir. Cam, levha veya delikli metal bölücülerin katlanma, dönme ve kayma hareketi ile iç mekanı özelleştirebilmesinden dolayı yapı esnek olarak nitelendirilmektedir (Şekil 5.11.).



a) Rietveld-Schröder House b) Maison de Verre

Şekil 5.11. Modern mimarideki kinetik yapı örnekleri (a: URL-42, b:URL-43)

Kinetik mimarlık kapsamında inşa edilmesi o günün şartlarında mümkün olmayan pek çok ütopik tasarım üretilmiştir. Bu projeler her ne kadar hayata geçirilememiş olsa da Archigram'ın sunduğu gibi öncü mimari temsiller mimarlık dünyasını derinden etkilemiş ve tasarımcıları farklı yönlerde arayışlara sevk etmiştir. 1960-1974 yılları arasında 900 kadar çizimin üretildiği Archigram topluluğu içinde Ron Herron'un "Walking City" (Yürüyen Şehir) ve Peter Cook'un "Plug-in City" (Tak-sök Şehir) projeleri hareket ve mobilite kavramlarının son olanaklarına kadar kullanıldığı örnekler olduğu söylenebilir (Şekil 5.12.).



Şekil 5.12. Walking City ve Plug-in City, 1964 (a:URL-44, b:URL-45)

20. yüzyılın sonlarında başlayan ve günümüzde halen sürmekte olan Bilgi Çağı'nda elektronik alanında önemli gelişmeler olmaktadır. Bu dönemde gelişen elektronik posta, bilgisayar, telefon vb. dijital araçlar bir yerde uzun süre kalma zorunluluğunu ortadan kaldırmaktadır. Yerleşmek ve yer değiştirmek ve hatta yerden bağımsız olma durumu paradigmik olarak değişmektedir. Hatta bu durum mekan içinde hareket etmeyi sağlarken mekandan bağımsız biçimde zamanda hareketi de sağlamaktadır. Online bir görüşmede dijital altyapı ve olanaklar sayesinde nerede olduğunuzdan çok tanımlanan zaman dilimi içinde orada olmanız önemlidir. Ayrıca hareket kabiliyetinin artması insanlar arasındaki mesafeleri

kısaltmış hatta ortadan kaldırmıştır. Uzak mesafeler daha kısa sürelerde erişilir hale gelmiştir.

Teknoloji ve dijital olanaklar yardımıyla geçmişte makine hareketi insan tarafından kontrol edilirken artık sensör ve bilgisayar teknolojileri vasıtasıyla kontrol edilebilmektedir. Günümüzde yapıların da içine dahil olduğu bu sistemler ve kullanımlarla, Bölüm 4.2.3.'de detaylı biçimde aktarılan akıllı bina kavramı mimarlık literatürüne girmiştir. Son yıllarda yeni yapı malzemelerinin ve bilgi birikiminin karmaşık detayların üretimine imkan vermesiyle mimarlıkta kinetik uygulamaların alanı genişlemektedir (Korkmaz, 2001).

5.3. Literatürdeki Kinetik Mimari Sınıflandırmalar

Mimarlık için hareket kavramı yeni bir düşünce olmayıp kapı, pencere gibi elemanlar hareket tipleri bakımından ilkel düzeyde de olsa kullanılagelmiştir. Teknolojinin ilerlemesi ile birlikte insan yaşamında artan hız ve hareket yaşanan mekanlara yansımaktadır. Tasarım araçlarının gelişimine bağlı olarak mimari tasarım anlayışı da değişmekte ve yapılarda hareket daha çok ve etkili kullanılır hale gelmektedir.

Günümüzde insanoğlunun evrilen yaşamına adapte olamayan, statik, sınırları sabit mekanların güncel ihtiyaçlara ve bu ihtiyaçları karşılayamamaktan doğan sorunlara çözüm bulmakta yetersiz kaldığı düşünülmektedir. Diğer yandan çevre kirliliği, iklim değişikliği ve yapıların ısıtılması, soğutulması, aydınlatılması ve havalandırılması için yüksek düzeyde enerji kullanılmasından kaynaklı sorunlar, mimarların binalarda maksimum verimliliği sağlayacak çevreye duyarlı tasarım yapma fikrini güçlendirmektedir. Bu problemlerin çözüm yolu olarak adapte olabilen hatta kullanıcısı ve çevresi ile etkileşim içerisinde olan, bilgi veren, öğrenen kinetik mekanların tasarlanması gerektiği fikri güçlenmektedir.

Bu gelişmeler paralelinde bilgisayarın teknolojilerinin çeşitli konularda sağladığı kolaylıklar sayesinde yenilikçi bir mimarlıktan söz edilmeye başlanmıştır. Bilgisayar ve bilişim teknolojileri yapıların; verileri algılayan, işleyen, veriler

çerçevesinde kendini geliştirerek durumlara göre tepki veren hale gelmesini, yapıların adeta bir canlı özelliği kazanmasını sağlamıştır.

Kinetik mimari konusunda çalışan araştırmacılar özelleştikleri alanlara göre zaman zaman birbirinden ayrışabilen sınıflandırma örneği ortaya koymuşlardır. Bu bağlamda geçmişten günümüze kadar yapılmış olan kinetik sınıflandırmalar benzerlikler ve farklılıkları belirtmek amacıyla derlenmiştir (Çizelge 5.1.).

Çizelge 5.1. Kinetik yaklaşımlarla ilgili mevcut sınıflandırmaların analizi (Megahed, 2017 ve Werner, 2013'in çalışmalarından uyarlanmıştır)

Araştırmacı/Yaklaşım	Sınıflandırma grupları
Zuk ve Clark (1970) Kinetik mimarlık, mimari uygulamalar ve yapısal yönleri üzerinden araştırılmıştır.	• Kinetik Kontrollü Statik Yapılar • Dinamik olarak kendi kendini kuran yapılar • Mekanizmalar ve kinetik bileşenler • Deforme olabilir yapılar • Mobil mimari • Tek kullanımlık mimari • Dönüştürülebilir mimari • Eklenip Çıkarılabilen Parçalı Yapılar
Brookes ve Grech (1992) Prefabrik bakış açısıyla taşınabilir mimarlığın yapı türleri araştırılmıştır.	• Kurulmaya hazır, paketlenmiş şekilde • Pantograf • Membran sistemler • Pnömatik yapılar
Fox ve Yeh (2000) Üç anahtar kelime çerçevesinde kinetik sistemlerin keşfedilmesi hedeflenmiştir; yapı mühendisliği, sensör teknolojisi, uyarlanabilir mimari.	• Dinamik (mobil, dönüştürülebilir ve artımlı kinetik sistemler) • Mimarideki Kinetik Tipolojiler • Kontrol Mekanizmaları
Asefi (2010) Kullanıcı gereksinimlerine yanıt veren dönüştürülebilir mimari ve çatı türleri araştırılmıştır.	• Kendinden destekli (self-supporting) strüktürler • Kalıcı veya geçici mimari • Dönüştürülebilir germe strüktürler • Dönüştürülebilir çekme strüktürler • Uzaysal çubuk strüktürler • Düz ve açılı çubuklarla pantografik strüktürler • Reciprocal strüktürler • Uzaysal çerçeve strüktürler

Çizelge 5.1. Kinetik yaklaşımlarla ilgili mevcut sınıflandırmaların analizi (devamı) (Megahed, 2017 ve Werner, 2013'in çalışmalarından uyarlanmıştır)

Araştırmacı/Yaklaşım	Sınıflandırma grupları
El Razaz (2010) Mimarlıkta sürdürülebilirliği optimize etmek için kinetik yapıların sürdürülebilir ilgi çekici özellikleri araştırılmıştır.	• Dinamik hareket (bütün olarak ve kısmen) • Statik hareket
Lee (2012) Gerçek veya algılanan değişken hareketlilik, konum ve/veya geometriye sahip binalar, strüktürler ve bileşenlerin sınıflandırılması yapılmıştır.	• Uyarlanabilir • Kinetik • Tepkimeli • Dönüştürülebilir
Oungrinis (2013) Dönüştürülebilir- uyarlanabilir yapılar için uygun mekanizmalar ve kinetik teknikler araştırılmıştır.	• Dönüştürülebilirliğin uygulandığı bina bileşenleri
Kronenburg (2014) Kinetik deney ve fütüristik prototipin ortaya çıkardığı felsefi ve teknolojik sorunlar araştırılmıştır.	• Bütün olarak imal edilmiş tamamen portatif ve taşınabilir binalar • Taşınabilir parçalar kullanılarak yerinde monte edilir, taşınabilir ve yeri değiştirilebilir binalar • Nakliye için birçok bileşeni tamamen demonte edilmiş geçici binalar

Çizelge 5.1.'de çeşitli sınıflandırma yaklaşımları özetlenmiştir. Bu sınıflandırmalar öncelikle hareket sürecinde kullanılan uygulamalar, metotlar ve mekanizmalar değerlendirilerek yapılmıştır. Kinetik tasarım sistemleri ve özellikleri çok çeşitli olup birden fazla alt kategorilerin olduğu görülmektedir.

Kinetik sınıflandırma yaklaşımları hareketin estetik değeri, kullanıcı ihtiyaçları, sürdürülebilirlik, hareketin niyeti, sensör teknolojisi, malzeme kullanımı,

kinetik eleman ve bileşenler üzerinden gelişmiş ve farklılaşmıştır. Günümüzde de araştırmacılar kendi çalışma alanları çerçevesinde çok çeşitli kriterlere sahip sınıflandırma yaklaşımlarında bulunmaya devam etmektedir. Farklı bakış açıları içeren bu sınıflandırmalar kinetik mimarinin analiz aşamasında karmaşıklıklara sebep olmaktadır. Dolayısıyla literatür araştırmaları sonucunda tasarım/kullanım sürecinde hem mimarların hem de kullanıcıların kinetik kavram ve yaklaşımlarını anlamasını ve analiz etmesini kolaylaştırıcı genel bir bakış açısı geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu çerçevede "kinetik eleman kullanmanın amacı", "kinetik mimari konseptler", "kinetik elemanlarının mimari yapılarda kullanım yerleri", "kinetik elemanların mimari biçim oluşturma şekilleri" ve "kinetik elemanların hareket ölçekleri" irdelenmiştir.

5.4. Mimaride Kinetik Eleman Kullanmanın Amacı

Mimari tasarımın amacı insanların yaşamlarını sağlıklı bir şekilde devam ettirebilecekleri yapılar üretmektir. Mevcut inşa olanakları ve teknoloji-bilim iş birliği ile meydana gelen mimari mekan veya daha geniş anlamda fiziksel çevre insanların gereksinimlerini karşılamalıdır. Günümüzde dünya, hızlanan tempoyla sosyal ve ekonomik değişimlerden geçmektedir. Çevreyle çeşitli şekillerde etkileşime giren insanların sürekli ihtiyaçlarının değişmesine rağmen mekan çözümleri statiktir. İnsanlar; çoğunluğu adaptif olmayan (değişime kapalı) binalarda yaşamakta ve çalışmaktadır. İnsanların ve yaşamın fazlasıyla hareketli ve esnek olduğu bu çağda binaların da esnek olması gerekmektedir. Yani binalar değişen ihtiyaçları karşılamak ve değişen çevre koşullarına uyum sağlamak için kinetik ve adaptif yeteneğe sahip olmalıdır (Yaşa, 2010).

Son yıllarda mühendislik, sibernetik ve akıllı malzeme alanlarındaki gelişmeler mimari düşünce sisteminde yeni temeller oluşturmakta ve yapıları canlı, esnek tasarımlara yönlendirmektedir. Kinetik yapılar disiplinler arası bilgi alışverişi sayesinde optimal performans için daha az enerji kullanarak konfor şartlarını artıran bir tasarım yaklaşımı olup statik binalardan daha yüksek verimliliğe sahiptir.

Kinetik elemanlar mimaride çok çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Michael Fox (2009)'a göre kinetik mimari uygulamaları hem pragmatik hem de insancıl nedenlerden kaynaklanmaktadır. Pragmatik uygulamalar mekan performansı, güvenlik, ulaşım, ekonomi vb. ihtiyaçların giderilmesi; insancıl uygulamalar ise kinetik mimarlığın insanların fiziksel ve psikolojik durumları üzerindeki etkisiyle ilgilenmektedir (Fox & Kemp, 2009). Statik mimariden kinetik mimariye geçişin, doğal kaynak kullanımını minimuma indirme amacının yanı sıra mekansal esneklik, aydınlatma, havalandırma kontrolü, görsel değişiklik, güvenlik, erişebilirlik, yön veya konum değişikliği meydana getirme gibi çeşitli amaçları bulunmaktadır. Bu bağlamda literatürde yapılan araştırmalar neticesinde, İnan (2014)'ın doktora tezinde aktardığı gibi mimaride kinetik elemanların kullanım amacı; fiziksel çevre denetimi, fonksiyonel değişebilirlik-esneklik, enerji üretimi, bilgilendirme- etkileşim ve estetik amaçlar olmak üzere beş başlıkta incelenmiştir. Çalışmanın bundan sonraki kısımlarında mimaride kinetik elemanların kullanım amacı detaylıca aktarılmaya çalışılmıştır.

5.4.1. Fiziksel Çevre Denetimi Sağlama Amacı

Yaşadığımız çevrede fiziksel koşullar sürekli değişim içinde olup durağan değildir. Yapının değişen fiziksel çevresine uyum sağlama çabası kinetik durumun gerçekleşme sebeplerinden biridir. Enerji tüketiminin giderek artması sonucu enerjinin etkin kullanımı önemli bir sorun haline gelmiştir. Teknolojinin imkanlarına paralel olarak enerji tasarrufu sağlayan hatta doğal kaynaklardan enerji üretebilen yapılar inşa edilebilmektedir. Çevresel değişimin mimari mekana etkisini azaltabilen ve güneş, rüzgar, kar, tektonik hareket, sıcaklık gibi yapıların performansını etkileyen doğal faktörlerden kendini koruyabilen kinetik mimarlık bu bağlamda ön plana çıkmaktadır.

Yaşadıkları doğayla olumlu veya olumsuz bir etkileşim içinde olan canlıların çevreye adapte olmak için yaptıkları hareketler, zaman zaman kinetik mimari sistemlerin geliştirilmesine ilham vermektedir. Mimarlar çevrenin olumsuz

etkilerini azaltmak, çevresel faktörlerden yararlanmak veya gerektiğinde çevresel etkilerden sakınmak amacıyla yapılarda kinetik ögeleri kullanmayı tercih etmektedir. Örneğin, kış aylarında güneş ışığını içeri alarak ısınmak, yazları ise güneş ışığını mekandan uzaklaştırarak serin kalmasını sağlamak amacıyla kinetik elemanlar kullanılabilmektedir.

Tarih boyunca mühendislik alanlarında sorunların çözümünde doğa gözlemlenmiş ve başarılı uygulamalar yapılmıştır. Mimarlık alanında da bir tasarım sorununu çözmek için doğaya öykünen ve doğaya benzeten tasarımlar mevcuttur. İnsanların sorunlarını çözmek için doğayı taklit etme düşüncesine dayanan "Biomimicry" ifadesi ilk defa Janine Benyus tarafından "Biomimicry: Innovation Inspired By Nature" adlı kitapta kullanılmıştır. Benyus biyomimikri kavramını, doğanın modellerini, sistemlerini, oluşum süreçlerini ve elementlerini inceleyen ve elde ettiği bilgilerden taklit ederek insanların problemleri ve ihtiyaçlarına çözüm üreten bir tasarım disiplini olarak tanımlamıştır (Benyus, 2002).

Doğada karşılaştığımız örümcek ağlarının hafifliklerine rağmen gösterdiği dayanıklılık, köpüklerin yüzey gerilmesiyle sağladığı direnç, yaprakların güneşe yönelme hareketi, termit kulelerinin doğal havalandırma prensibi ve daha birçok örnek hafif ve çevreye duyarlı yapılar üretmek için mimarlara esin kaynağı olmaktadır (Portoghesi, 2000). Bu bakımdan kinetik bina tasarımında gerekli olan pek çok bilgi için, doğa en önemli kaynak haline gelmektedir.

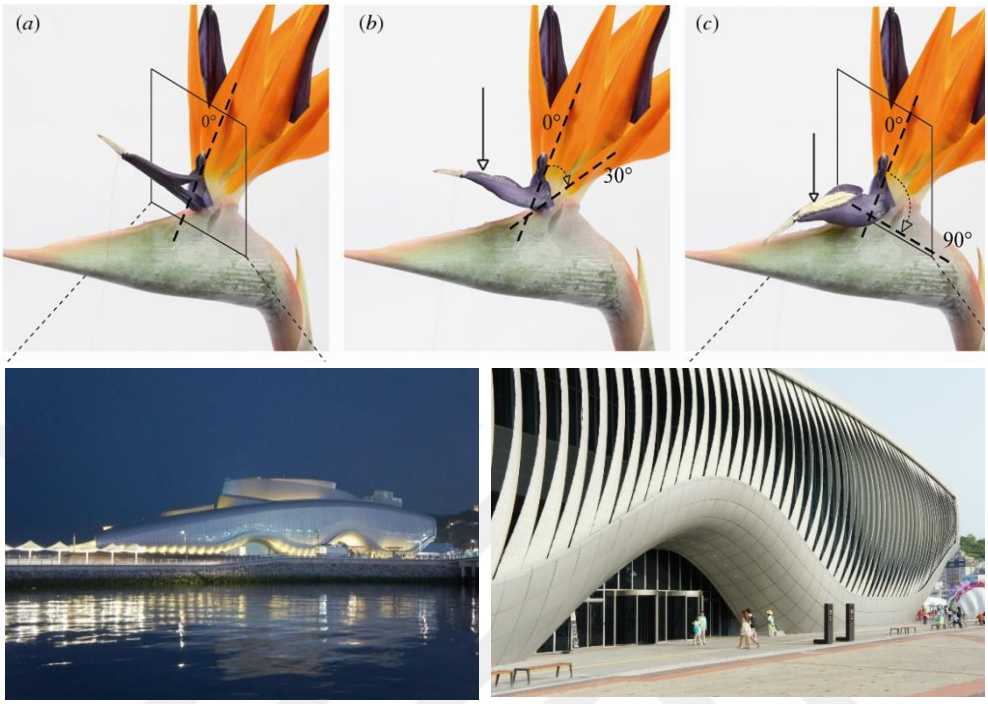
Günümüzde statik ve kinetik olmak üzere iki farklı biyomimetik sistemden bahsedilmektedir. Statik biyomimetik, doğadaki varlıkların malzeme ve biçim özelliklerinden kinetik biyomimetik ise doğadaki varlıkların gelişim süreçleri ve hareket mekanizmalarından ilham almaktadır. Santiago Calatrava doğadaki canlı varlıkları ve sistemleri inceleyerek kinetik mimarlık alanında çalışmalar yapmıştır (İnan, 2014). Quadracci Pavilion, Calatrava'nın kinetik yapı çalışmalarından biridir. Yapının giriş holü üzerinde 72 tane çelikten yapılmış güneş kırıcı eleman bulunmaktadır. Güneş kırıcıların üzerindeki rüzgar sensörleri sayesinde rüzgarın hızına göre otomatik açılıp kapanabilen yapı elemanları kuş kanadına

benzemektedir. Benzerlik formun yanında hareket şekliyle de sağlanmıştır. Quadracci Pavilion dinamik yapısı ile ısı ve ışık kontrolünü sağlarken mimarisi ile oldukça yenilikçi ve farklı bir görsel etki oluşturmaktadır (Şekil 5.13.).



Şekil 5.13. Quadracci Pavilion (URL-46)

Güney Kore'de Yeosu Expo 2012 kapsamında inşa edilen, SOMA mimarlık firması tarafından tasarlanan One Ocean Thematic Pavilion yapısı da biyomimetik yaklaşımla doğadaki unsurların kinetik cephe ögelerine aktarıldığı örneklerden biridir (Şekil 5.14.). Güney Afrika'da yetişen Cennet Kuşu (starlitzea) çiçeğinin yapraklarının hareket şekillerinden esinlenilerek giriş cephesi kinetik olarak tasarlanmıştır. Cephede kullanılan Flectofin adlı cephe malzemesi yapı, yüzeyinde düşey elemanlar halinde hareketli biçimde yer alarak iklim kontrolü ve mekanda aydınlık düzeyinin sağlanmasında kullanılmaktadır.



Şekil 5.14. Cennet kuşu çiçeği tünek hareketi ve One Ocean Thematic Pavilion'un kinetik cephesi (URL-47)

Binaların tektonik hareketler ve rüzgar yüküne rağmen ayakta kalmasını desteklemek amacıyla da kinetik sistemler kullanılabilmektedir. Özellikle gökdelenlerde kullanılan sismik izolasyon, depremin ortaya çıkarmış olduğu enerji ve dalgalardan binanın etkilenmemesi için deprem etkilerini minimize etmektedir. Yatay kuvvetlerin etkisiyle hareket eden bu izolatörler, deprem anında yumuşak salınımlar yaparak depremin enerjisini sönümlemektedir. 1921 yılında Mimar Frank Lyond Wright, Tokyo'daki Imperial Hotel'in temellerinde izolasyon fikrini uygulayan ilk kişilerdendir. 1923 yılında meydana gelen Tokyo depreminde Imperial Hotel hasar görmemiştir. Benzer şekilde Tayvan'da bulunan Taypei 101 binası, depreme karşı geliştirilen ilginç mühendislik unsuruyla dikkat çekmektedir. Yapıda kinetik öge 87. ve 92. katlara bağlanmış 800 tonluk "Kütle Damperi"dir ve ziyaretçiler tarafından görülebilmektedir. Yapıda hareket meydana geldiğinde

damper, hareketin tersi yönde hızlı bir şekilde hareket etmektedir. Bu sayede yapının hasar görme ihtimali azalarak bina depreme dayanıklı hale gelmektedir (Şekil 5.15.).



Şekil 5.15. Taipei 101 (URL-48)

5.4.2. Fonksiyonel Değişebilirlik-Esneklik Amacı

Mimari mekanlar kullanıcıların sayısı, eylemleri ve sahip oldukları kültürel-ekonomik özelliklerin etkisinde şekillenmektedir. Yaşam biçimleri ve alışkanlıkları değişen insanların mekandan beklentileri de farklılaşmakta ve belli bir amaç için tasarlanan mekanlar zamanla kendilerinden beklenen fonksiyonlar için yetersiz hale gelebilmektedir. Her ne kadar teknolojik olanaklar sayesinde teknik yeterlilik ve fiziksel açıdan sorun oluşturmasa da değişen kullanıcı ihtiyaçları ve talepleri sebebiyle binaların işlevsel açıdan ömrü kısalmaktadır. Bu bakımdan yapıların ve mekanların değişime uyum sağlayabilmeleri ve adapte olabilmeleri için değişebilir ve dönüşebilir olmaları gerekir (Özinal ve Erman, 2021). Yapılar için bu gereklilik esnek tasarım yardımıyla sağlanabilmektedir. Böylece ekonomi, zaman, işgücü ve verim gibi mekanın yetersizliğiyle oluşabilecek kayıplar esnek tasarım ile önlenebilmesi mümkün olabilir.

Mekanın değişen kullanıcı ihtiyaçlarına cevap verebilme yeteneği olarak tanımlanan (Friedman, 2002) esnekliğin yapılarda değişim gösteren unsurlara karşı

cevap verebilme potansiyeli olduğu söylenebilir. Yapıda değişimin ana kaynakları ise şu şekilde sıralanmaktadır (İnan, 2014):

- Kullanıcı gereksinmeleri
- Çevre faktörü
- Teknoloji faktörü

a) Kullanıcı Gereksinmeleri

Kullanıcı gereksinmeleri insanların yaptığı işlerde verimli olmalarına yardımcı olan tüm koşullardır ve kişisel, sosyal, ekonomik, kültürel ve etnik özellikler gibi pek çok değişkene bağlıdır (Danışman, 1996). Kullanıcı gereksinmeleri iki başlık altında incelenebilir:

- Fiziksel kullanıcı gereksinmeleri
- Psiko-sosyal kullanıcı gereksinmeleri

Fiziksel kullanıcı gereksinmeleri kullanıcıların eylemlerini sorunsuz bir şekilde gerçekleştirebilmek için gerek duyduğu şartlar olarak ifade edilebilir. Bu ihtiyaçlar ise mekânsal gereksinme ve fiziksel çevre şartlarına ilişkin gereksinmeler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Mekânsal gereksinmeler mekanın olması gereken yatay ve düşey boyutları ile ilgilidir. Mekan boyutlarının belirlenmesinde kullanıcı hareketleri ve kişisel özellikleri, kullanılan araç-gereçler, kullanıcıların sayısı ve aralarındaki ilişki etkilidir. Fiziksel çevre şartlarına ilişkin gereksinmeler ise iklimsel gereksinmeler (sıcaklık, nem, radyasyon, mekandaki hava sirkülasyonu), görsel gereksinmeler (renk, ışık, parlaklık), işitsel gereksinmeler (gürültü, akustik), sağlık gereksinmeleri (temiz su bağlantısı, kirli suların tahliyesi, temizlik koşulları), emniyet gereksinmeleri (elektrik, deprem, heyelan, elektrik, hırsızlık) vb. etkenleri kapsamaktadır (Tatlı, 2008).

Psiko-sosyal kullanıcı gereksinmeleri eylemlerin psikolojik açıdan herhangi bir rahatsızlık duyulmadan yerine getirilebilmesi için gerek duyulan mahremiyet, davranışsal ve estetik gereksinmeleri içermektedir.

b) Çevre Faktörü

Enerji kontrolü, pasif iklimlendirme, sürdürülebilir tasarım öncelikli konular olarak mimarların gündemini oluşturmaktadır. Tasarımcılar artık yüksek izolasyon değerine sahip yalıtım malzemeleri ile yapı kabuğunu sarmak, iklim kontrolünü sadece ısıtma soğutma sistemleri gibi yapı içi uygulamalarla çözmek ya da iklim kontrolü için daha az pencere kullanarak yapı içi aydınlık düzeyinden feragat etmek zorunda değildir. Günümüzde yapılar daha geçirgen ve yakın çevresinde değişen koşullara cevap verebilen böylece çevre faktörünü maksimum düzeyde gözeten hale gelmiştir.

Yapılarda esneklik ihtiyacının bir sebebi de toplumsal hayatta hızlanarak artan değişimlere uyum sağlama gerekliliğidir. Değişimlere hazırlıklı olacak şekilde tasarlanmamış yapılar kullanıcının beklentilerini karşılayamaz duruma gelerek fiziksel ve fonksiyonel eskimeye maruz kalmaktadır. Fiziksel eskime mimari ürünlerde meydana gelen yıpranmalardır. Genellikle fiziksel eskimeden daha önce ortaya çıkan fonksiyonel eskime ise yapının teknolojik, ekonomik ve sosyal gelişmelere paralel olarak değişen kullanıcı ihtiyacını artık karşılayamayacak duruma gelmesi, kullanışlılığını kaybetmesidir. Fonksiyonel eskime yapının kullanımında değişiklik ve çeşitlilik sağlayan esnek tasarım ile önlenebilmektedir.

c) Teknoloji Faktörü

Günümüzde bilgisayar teknolojilerinin sunduğu olanakların ve nanoteknoloji kullanılarak üretilen hafif, dayanıklı ve akıllı malzemelerin katkısıyla esnek ve kinetik mimari yapıların üretimi kolaylaşmaktadır. Üç boyutlu modeller hem tasarımcıya hem de kullanıcıya birtakım kolaylıklar sağlamaktadır. Sanal ortamda üretilen modeller, kullanıcıların tasarımı algılamasını kolaylaştırmasının

yanında tasarımcı ve uygulayıcılara ileride karşılaşılabilecek sorunları önceden fark edip düzeltme imkanı vermektedir (İnan, 2014).

Kısaca, kinetik sistemler basit fonksiyonlu bir alanı farklı aktiviteleri gerçekleştirebilecek çok işlevli bir alana dönüştürmek için kullanılabilmektedir. Ayrıca küçük mekanlarda kullanışlı eylem alanları yaratmak amaçlı kullanılan kinetik mobilya, katlanan duvar, sürme kapı veya katlanabilir döşeme gibi kinetik yapı elemanları alternatif mekan tasarımlarına imkan tanımaktadır. Bu açıdan kinetik mimari uygulamalar farklı gereksinimleri karşılamak amacıyla yeni mekan yapılandırması, dönüştürülmesi ve kişiselleştirmesi için olanaklar sunar.

The Shed 2019 yılında kullanıma açılan kültür, sanat ve etkinlik merkezidir. Yapının pek çok alanında kinetik tasarım unsurlarını görmek mümkündür. Ancak en dikkat çekici yanı trenin raylardaki hareketine benzer biçimde dev tekerlekleri ile çatı formunun kayarak hareket etmesi ve dış mekanda yeni bir etkinlik alanı oluşturmasıdır. Bu olanak yapının sınırlarının genişlemesini, daralıp büyümesini, farklı kullanımların ve etkinliklerin gerçekleşmesini sağlar. Aynı zamanda yapının cephelerinde de hareketli paneller kullanılmıştır. İç mekan ve dış mekan arasında akışkanlığı sağlamak ve etkinlik alanını yarı açık kullanmak amacıyla bu paneller yukarı doğru kaldırılabilmektedir. Yapının yer aldığı bölge, büyük bir tren istasyonu ve yolcu aktarım noktasından dönüşüme uğramış ticaret, kültür ve konaklama alanıdır. The Shed binası bağlamını reddetmeyerek biçimlenişinde yere ait izleri kinetik tasarım aracılığıyla korumaktadır (URL-49), (Şekil 5.16.). Bu örnek esnek tasarım bağlamında kullanıcı gereksinmelerinin değişimiyle oluşabilecek mekan ihtiyacına teknoloji aracılığıyla cevap verilen dikkate değer kinetik tasarımlardan biridir. Kinetik çatı elemanı sayesinde kullanılabilir kapalı mekan alanı gerektiğinde büyütülebilmektedir.



Şekil 5.16. Hareketli çatı formu, The Shed (URL-49)

Zamanımızın büyük çoğunluğunu geçirdiğimiz iç mekanlarda sabit iç mekan donatılarının yerini hareket ederek birden fazla fonksiyona sahip olan kinetik iç mekan donatılarına bırakmıştır. Kinetik iç mekan donatıları kullanıcı ihtiyaçlarına göre mekan içerisinde farklı eylem alanları oluşturmakta ve konum-biçim değiştirerek küçük mekanlarda bile alan kaybını azaltıp mekansal konforu artırmaktadır. Şekil 5.17'da görülen ALBED firmasının tasarladığı; dönme ve kayma hareketi yapabilen kitaplık mekanda farklı eylem alanlarının oluşmasına katkı sağlayan kinetik donatı elemanıdır. Madrid merkezli PKMN mimarlık ofisi All I Own House adlı projede tasarlanan hareketli üniteler sayesinde değişen mekansal kullanımlar için alanlar oluşturulabilmektedir. Tekerlere ve tavan raylarına monte edilen ve raf/kitaplık gibi kullanılabilen ahşap bloklar ihtiyaca göre kaydırılabilmekte ve çok kısa zaman içinde mekan yatak odasına veya çalışma alanına dönüştürülebilmektedir (Şekil 5.17.).



Şekil 5.17. Kinetik bölücü eleman tasarımı ve hareketli üniteler ile çok işlevli konut tasarımı (a:URL-50, b: URL-51)

Yapılan analizler kapsamında kinetik yapılar kullanıcıya, bazen farklı fonksiyondaki yapı özellikleri sunabildiği gibi bazen ise isteğe bağlı olarak değişebilen seçenekler sunmaktadır. Sonuç olarak mekanlar değişim karşısında işlevini kaybedebilirken, teknolojinin de desteğiyle kinetik tasarımlar mekanın kullanım ömrünü artırmaktadır.

5.4.3. Enerji Üretim Amacı

Fosil yakıt kullanımıyla ortaya çıkan sera gazlarının ekosisteme verdiği zarar bilindiği gibi her geçen gün daha da artmaktadır. Yapı sektöründe kullanılan enerjinin fosil yakıt kaynaklı olması iklimi, canlı çeşitliliğini dolayısıyla ekolojik döngüyü olumsuz şekilde etkilemektedir. Bu açıdan yapı sektöründe mevcut kaynakların gelecek nesillere ulaşmasını sağlamak amacıyla yenilenebilir enerji kullanımını destekleyen enerji etkin bina tasarımına önem verilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Güneş enerjisi kolay ulaşılabilir olması ve çevreyi kirletmemesi gibi avantajlarıyla günümüzde en çok tercih edilen yenilenebilir kaynakların başında gelmektedir. Güneş enerjisini kullanılabilir hale dönüştürmek için kullanılan eletronik ve mekanik sistemlerin tamamına "aktif güneş sistemleri" denilmektedir.

Günümüzde ulaşılan teknolojilerle fotovoltaik paneller artık cephe elemanı olarak kullanılabilir hale gelerek tasarım bileşeni olarak değerlendirilmeye başlanmıştır. Japon mimar Shigeru Ban'ın ofisi, çok amaçlı bir mekan ve oditoryum içeren müzik merkezi tasarlamıştır. 2017 yılında yapılan La Seine Musicale yapısı Fransa'nın Billancourt şehrinde bulunmakta ve enerjisini güneşten sağlamaktadır. Yapıda cam küre şeklinde bir oditoryum ve onu saran üçgen bir yapı vardır. Raylar üzerinde hareket eden ve fotovoltaik panelle kaplı üçgen şeklindeki yelken güneşin hareketi doğrultusunda hareket etmektedir (Şekil 5.18.).



Şekil 5.18. La Seine Musicale (URL-52)

Rüzgar enerjisi, yapılarda enerji üretimi sağlayan bir diğer enerji türüdür. Mimari yapılara entegre edilen rüzgar türbinleri aracılığıyla rüzgar gücünden enerji üretilmektedir. İşlevsellik açısından rüzgar türbinlerinin yüksek binalarda kullanımı daha uygun olup artık önemli bir üretim aracı olarak kabul edilmektedir.

Greenway Self Park, HOK tarafından tasarlanmış bir otopark yapısıdır. 2009 yılında inşa edilen 11 katlı yapının güneybatı köşesine, Chicago'nun yaz rüzgarlarından yüksek oranda yararlanmak amacıyla dikey eksenli rüzgar türbinleri

yerleştirilmiştir. Türbinlerden elde edilen enerji binanın dış cephe aydınlatmasında kullanılmaktadır (Şekil 5.19.a.). 2012 yılında inşa edilen Oklahoma Medical Research Foundation binasına her biri 6 metre uzunluğunda 18 tane rüzgar türbini entegre edilmiştir. Rüzgar türbinleri, her yönden gelen rüzgarı alabilecek biçimde dikey eksenli olarak binanın çatısına monte edilmiş olup Oklahoma'nın ortalama rüzgar hızının çok altındaki değerlerde dahi elektrik üretmeye başlamaktadır (Şekil 5.19.b.).



a) Greenway Self Park

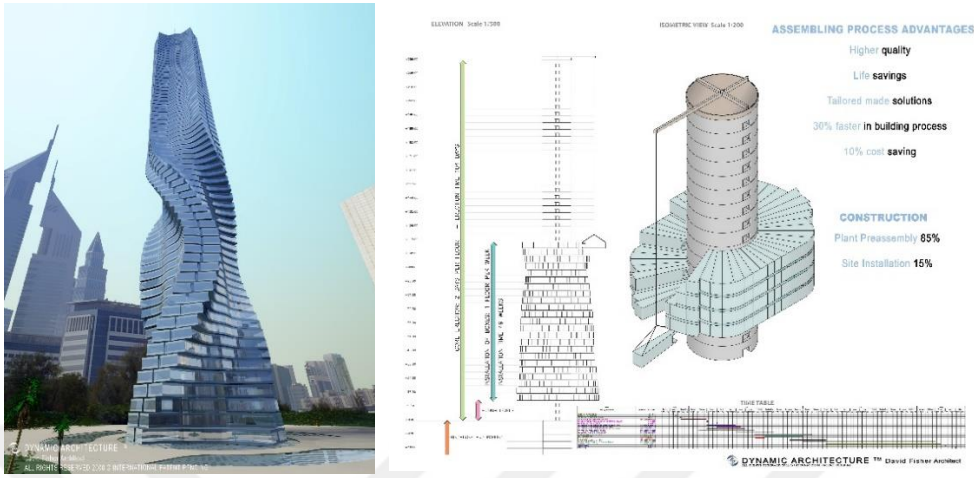


b) Oklahoma Medical Research Foundation

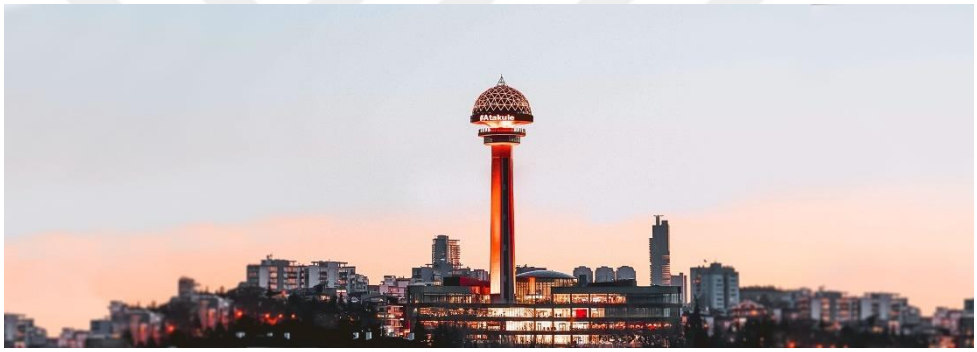
Şekil 5.19. Mimari Yapılarda Rüzgar Enerjisi Kullanımı (a: URL-53, b: URL-54)

5.4.4. Görsel/Estetik Amaçlar

Mimari açıdan bir mekanın, işlevsel amacının yanında insana hissettirdiği estetik ve görsel değer de önemlidir. Kinetik mimari hareket kullanarak yapı görünümünün değiştirilmesi görsel algıyı etkilemektedir. Mimaride kinetik elemanlar kullanarak insanda farklı duygular çağrıştıran bu görsel dönüşüm yapıların zihinde kalıcılığını artırmaktadır. Özellikle cephelerde uygulanan dinamizm insanlar üzerinde cezbedici olabilmektedir. Örneğin David Fisher'in Dubai'de tasarladığı Da Vinci Kulesi görsel açıdan oldukça dikkat çeken bir kinetik mimari örneğidir. Proje 80 katlı ve 420 metre yükseklikte her kat birbirinden bağımsız şekilde dönebildiği için sürekli değişen bir görünüşe sahiptir. Aynı zamanda kule, güneş panelleri ve katlar arasına entegre edilen rüzgar türbinlerinden enerji üretebilmektedir. Türkiye'de zamanında Ankara'da bulunan Atakule döner platformlu lokantasıyla hatırlanır. 1989 tarihinde açılan Atakule'nin 111.8 metre yüksekliğinde bulunan lokantası kendi ekseni etrafında her birim saatte bir dönüş hareketi yaparak tüm manzarayı izleyebilme imkanı sunmuştur (Şekil 5.20.).



a) Da Vinci Kulesi



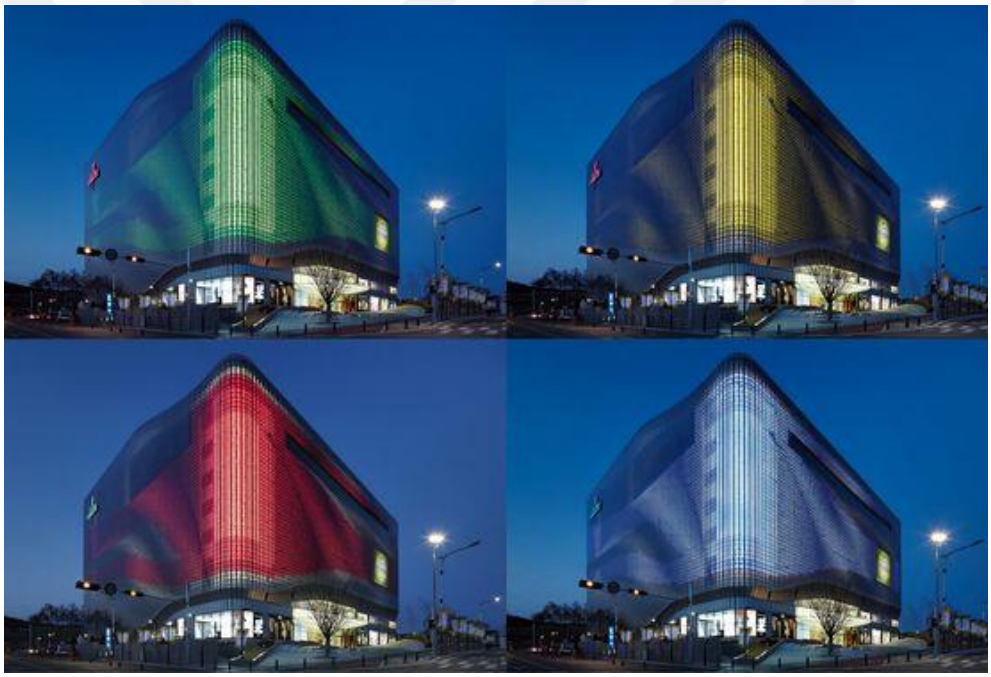
b) Atakule

Şekil 5.20. Görsel amaçla tasarlanan kinetik yapılar (a: URL-55, B: URL-56)

5.4.5. Bilgilendirme ve Etkileşim Amacı

Kinetik mimarlığın fiziksel çevre denetimi sağlama, fonksiyonel değişebilirlik-esneklik, enerji üretim ve görsel/estetik amaçları yanında bilgi aktarımı sağlama ve iletişim aracı olarak kullanılma gibi özellikleri bulunmaktadır. İnsanoğlu geçmişte mağara duvarlarına çizdikleri resimlerle duygularını ifade etmiştir ve kendinden sonra gelecek nesillere mesaj vermiştir. Günümüzde ise benzer biçimde hareketli duvar özelliği taşıyan bina cepheleri ve reklam panosu vb. yüzeyler iletişim ve etkileşim araçları olarak kullanılmaktadır.

Kore'nin Cheonan şehrinde UNStudio tarafından tasarlanan Galleria Centercity projesinin cephe tasarımında optik bir yanılsama yaratmak amaçlanmıştır (Şekil 5.21.). Gündüzleri tek renkli bir görünüme sahip olan bina geceleri farklı renklere ve dinamik bir görünüme dönüşmektedir. Cephede iki katmanlı kompozit alüminyum kaplama kullanılmıştır. Alüminyum kaplamanın ön katmanındaki profiller düz, arka katmanındaki profiller ise açılı yerleştirilmiştir. Bu sayede cephede insanın bakış açısına göre değişen (Moire etkisi) dalgaya benzer hareketler meydana gelmektedir (Cilento, 2011).



Şekil 5.21. Galleria Centercity (URL-57)

Hızla gelişen teknoloji sayesinde mimari yapılar bilgisayar sistemleri ile donatılmaktadır. Kinetik ögeler ve elektronik sistemler vasıtasıyla insanlara yanıt verebilen, hareket edebilen yeni nesil akıllı binalar ve daha canlı çevreler üretilmektedir. Mimarlık alanında "Etkileşimli Mimarlık" olarak isimlendirilen bu tasarımları, insan hareketine ve çevresel faktörlere (ışık, ses, ısı vb. iklimsel koşullar)

tepki verme yeteneğinden dolayı kinetik mimarlık konusu altında ele almak mümkündür.

Kinetik elemanlar sayesinde cephe interaktif bir eleman olarak biçimlenebilmektedir. Soçi Kış Olimpiyat oyunlarında bir telekom firmasının pavilyonu olarak tasarlanan yapı, teknolojinin yaşantıyı nasıl etkilediğini ve mimarlıkla olan ilişkisini anlamak için etkili bir örnektir. Yapı cephesinde dakikada bir değişen ve her defasında üç adet 8 metre yüksekliğinde dev portre üç boyutlu olarak temsil edilmektedir. 11000 adet bilgisayar yazılımıyla kontrol edilen led uçlu aparatlar, piksel gibi çalışarak portreleri oluşturmaktadır. Led uçlu aparatlar yapı yüzünden 2,4 metre kadar ileriye uzanabilmektedir. Böylece yüzlerdeki detaylar olabildiğince ifade edilir. Her bir yüz neredeyse orijinalinden %3500 büyütülerek cepheye aktarılır (URL-58), (Şekil 5.22.).



Şekil 5.22. MegaFaces, üç boyutlu elektronik-kinetik cephe (URL-58)

5.5. Kinetik Mimari Konseptler

Kinetik mimari çeşitli tanımlar, kavramlar, yaklaşımlar ve metotlar içeren geniş bir çalışma alanıdır. William Zuk ve Roger H. Clark (1970) kinetiği "mimari biçim doğası gereği yer değiştirebilir, genişleyebilir, deforme olabilir veya kinetik hareket yeteneğine sahip olabilir" olarak karakterize etmektedir. Robert Kronenburg

(2003), taşınabilir bir bakış açısı altında kinetik mimarlığı "değişken hareketliliğe, konuma ve/veya geometriye sahip bina veya bina bileşenleri" olduğunu vurgulamaktadır. 2007 yılında yine Kronenburg'a göre yapılardaki bu dönüştürülebilirlik "fiziksel olarak yapısını, iç mekanı veya kabuğunun alanını, formunu ve şeklini değiştiren binaları" içermektedir. Bu yaklaşım açılan, kapanan, genişleyen ve daralan bir mimarlık olup taşınabilir rolünü daha iyi gerçekleştirmek için bir yerden başka bir yere hareket eden binaları da kapsamaktadır. Lowell Normann yapılardaki bu dönüşümü daha iyi açıklamak için kendi dönüştürülebilir yapısını "taşınabilir bir yapı" olarak tanımlamaktadır (Werner, 2013).

Yapılan tanımlardan da anlaşıldığı üzere kinetik binalara atıfta bulunmak için genişletilmiş bir kavram hazinesi mevcuttur. Uyarlanabilir, daraltılabilir, esnek, mobil, taşınabilir, akıllı, dönüştürülebilir, tepkimeli, yeniden yapılandırılabilir ve performansa dayalı tasarım kelimeleri kinetik eleman veya bileşenleri olan binaları tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır. Dolayısıyla, kinetik mimarlık ana başlığı altında çeşitli türde hareketli bina özelliğine sahip mimari konseptlerin açıklığa kavuşturulması gerekmektedir. Bu bağlamda çalışmanın bu bölümü, kinetik mimariyi daha iyi anlamak için bu alandaki farklı kavramların ve tasarım stratejilerinin tanımlanması için bir metodoloji sunmaktadır.

Çizelge 5.2. Kinetik Mimari Konseptler ve Tanımları (Lee, 2012; Werner 2013; Megahed, 2017 ve Elmokadem ve ark, 2018).

Konsept	Tanım
Tepkimeli Mimari	Projenin tasarım aşamasında belirli bir yerin sosyal ve çevresel şartlarını değerlendirmesi ve/veya ilgili uyarılara cevap vermesi amacıyla tasarlanmış yapılardır. Tepkimeli projeler birçok bina türünü içermekte olup ayrıca şehir planlama ve peyzaj mimarlığı çalışmalarını da içermektedir.
Uyarlanabilir Mimari	Duyarlılığın zaman içerisinde değişen koşullara uyum sağlaması durumudur. Aynı zamanda kullanımdan önce ve sonra farklı sosyal işlevlere uyacak şekilde kolayca modifiye edilebilen yapılardır. Uyarlanabilir projeler, genellikle taşınabilir duvar sistemleri kullanılan konut yapılarıdır.
Etkileşimli Mimari	Bina sistemleri ve kullanıcı arasında karşılıklı iletişimin olduğu yapılardır.
Mobil Mimari	Proje alanına nakledilmeden önce fabrikada kalıcı olarak bir şasi üzerine inşa edilmiş prefabrik yapılardır.

Mimari tasarımda değişime yönelik açıklanan her kavramın belirli ölçülerde kinetik mimari ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bu amaçla yapılan literatür taraması neticesinde konuyla ilgili olduğu saptanan uyarlanabilir, esnek, tepkimeli, etkileşimli ve mobil mimari kavramları birbirleriyle ilişkileri göz önünde bulundurularak incelenmiştir.

5.5.1. Uyarlanabilir (Adaptive) - Tepkimeli (Responsive) Mimarlık

Uyarlanabilir kavramıyla ilişkili olan esneklik kavramı, değişim ve dönüşüm fikrini açıklamak için mimaride kullanılan terimlerden biri olup yıllarca uyarlanabilir terimiyle bir çift olarak kullanılmıştır. Bu sebeple kinetik mimari konseptleri kapsamlı bir şekilde tartışmak için öncelikle esneklik kavramını iyi anlamak gereklidir. Till ve Schneider (2005) esnek konutu "*kullanıcıların değişen ihtiyaçlarına uyum sağlayabilen konut*" olarak tanımlamaktadır (Till ve Schneider, 2005).

Steven Groak esnek ve uyarlanabilir kavramlarını bireyselleştirmiştir. Ona göre, esnek "pozisyon değiştirme yeteneği" anlamına gelirken uyarlanabilir terimi "kullanımı değiştirme yeteneği" anlamına gelmektedir (Groak, 1992: Yüncüler 2020'den). David Lee'nin bildirdiğine göre, Richard Medlin araştırmasında esneklik ve uyarlanabilirlik terimleri arasındaki ayrımı şu şekilde açıklamaktadır;

"Esneklik, tasarlanmış bir unsurun tasarlanan sistemin dış koşullara ve farklı işlevlere uyum sağlama potansiyelini önerir (örneğin açık plan okul, çok çeşitli akademik süreçlerin barınmasını sağlamayabilecek yeterli esneklikle tasarlanmıştır); oysa değişkenlik farklı işlevlere veya dış koşullara (örneğin kışın güneş enerjisini içeri alan ve yaz aylarında güneş enerjisini yansıtan uyarlanabilen bina kabuğu değişkendir) yanıt olarak tasarlanmış bir unsuru yeniden düzenlemek veya değiştirmek için daha fazla güçlüdür. Uyarlanabilirlik, hem esnekliği hem de değişkenliği kapsayan genel bir terimdir ve dış koşullara veya farklı işlevlere aktif olarak yanıt veren veya pasif olarak uyum sağlayan bir tasarım potansiyeli olarak düşünülebilir." (Lee, 2012).

Avi Friedman ise The Adaptable House adlı kitabında uyarlanabilirliği "kullanıcılara, mekan ihtiyaçları ile yaşam alanı arasındaki uyum ve kullanımdan önce veya sonra evlerinin kısıtlamalarını kolaylaştıran form ve araçlar sağlar" diyerek tanımlamaktadır (Friedman 2002). Lee çalışması kapsamında elde ettiği tanımları birleştirerek şu tanımı benimsemiştir; "*uyarlanabilir mimari kullanımdan önce veya sonra değişen işlevlere veya dış koşullara uyacak şekilde modifiye*

edilebilen veya kolayca değiştirilmesi planlanan binalardır." (Lee, 2012). Öte yandan Lelieveld, uyarlanabilir mimariyi, "*kullanıcılar veya çevre gibi dış uyaranlara yanıt olarak değiştirilebilir bileşenlerin oluşturduğu bir mimari" olarak tanımlamaktadır" (*Lelieveld, 2013).

Mekânsal adaptasyonu sağlama amacıyla aktif ve pasif yöntemleri kullanan uyarlanabilir yapılar hakkında çeşitli tanımlamalar yapılmıştır. Uyarlanabilirliğin karışıklık yaratan bu kullanımlarına ilaveten tepkimeli ve uyarlanabilir kavramları hakkında da belirsizlikler oluşmaktadır.

Tepkimeli mimarlık esas olarak yapının çeşitli şekillerde ve olanaklarla kullanıcısından, çevreden gelene uyaranlara cevap vermesiyle ilgilidir. Tepkimeli (Responsive) kelimesini ilk öne çıkaran kişi olan Nicholas Negroponte, mimari yapıların yüksek performans sağlaması için tepki veren adaptif makinalar olarak tasarlanması gerektiğini belirtmiştir. Tepkimeli yapılar kullanıcısıyla ve çevresiyle iletişim ve etkileşim içerisinde bulunarak koşullara adapte olma fikrine dayanmaktadır. Genel bir ifadeyle yorumlamak gerekirse tepkimeli mimarlık, yapının ve/veya yapı elemanlarının çevresel uyarıları algılayarak formunu değiştirebilme yeteneği gösterebilmesi olarak tanımlanabilir (Yolcu, 2020).

Negroponte, tepkimeli kavramını uyarlanabilir ve tepki gösteren anlamına gelen benzer terimlerle birbirinin yerine kullanıldığını belirtmiştir. Richard Medlin ise tepkimeli kelimesini, uyarlanabilir mimariyi niteleyen bir sıfat olarak kullanmaktadır. Medlin, tepkimeli uyarlanabilirlik olarak adlandırdığı bu kavramı şu şekilde tanımlamaktadır; "*tasarımı sürekli bir süreç olarak tanımakta ve uyarlanabilir bir yanıtı iletmek için tasarım performansında geri bildirim alma mekanizmaları içermektedir*" (akt. Lee, 2012). Yanı sıra, şekil değiştiren cephe elemanlarını anlatan araştırmacılar, çalışmalarında hem tepkimeli hem de uyarlanabilir kavramlarını kullanmaktadır. Bu iki kavramın eş anlamlı gibi kullanılıyor olması uyarlanabilir ve duyarlı terimleri arasında belirgin bir fark olmadığını göstermektedir. Bu neticede mimarlık literatüründe geniş bir terim yelpazesi bulunmakla birlikte terminolojide karışıklık olduğu görülmektedir. Bu

karışıklığın kavramların birbirinin yerine kullanımından kaynaklandığı söylenebilir. Belirtmek gerekir ki yıllardır birbirinin yerine kullanılan bazı kavramları birbirinden ayırmak mümkün olmadığından tepkimeli-uyarlanabilir ortak başlığı altında konuyu açıklamak uygun görülmüştür.

Tepkimeli-uyarlanabilir yapılar iki farklı yaklaşımla tasarlanmaktadır; iklim koşullarına uyum sağlamak ve insan ihtiyaçlarına uyum sağlamak. Aydınlatma, havalandırma, ısıtma ve soğutma ihtiyacının azaltılması gibi enerji kazancını artırma amacıyla iklimsel veriler doğrultusunda kinetik özellik gösteren cephelerin kullanımı daha yaygındır. Örneğin Henning Larsen ve ekibinin tasarladığı SDU Campus Kolding Binası bu niyeti barındırmaktadır. Danimarka'nın Kolding şehrinde bulunan üniversite binası olan tasarım, hareketli ve üçgen formdaki cephe elemanlarıyla dikkat çekmektedir. Binanın değişen ısı ve ışığa tepki olarak hareket eden bir cephesi olup ülkenin ilk düşük enerjili üniversitesi olma özelliğine sahiptir. Güneş kontrolünü sağlayan 4500 m^2'lik yüzey alanına sahip cephe kaplama sistemi 1600 adet alüminyum panelden oluşmaktadır. Sensörler, binanın çevresindeki ısı ve ışık seviyelerini takip ederek cephe panellerinin açık, yarı açık ya da kapalı olmasını sağlamaktadır. Üçgen paneller tamamen kapalı olduklarında bile delikli yapısı sayesinde doğal ışık kontrollü miktarda iç mekana alınmaktadır (Brake, 2015) (Şekil 5.23.).



Şekil 5.23. SDU Campus Kolding Binası (URL-59)

Expo 2022 Dubai için İspanyol mimar Santiago Calatrava tarafından tasarlanan UAE Pavilyon'un biçimi "*hareket akışının sembolik yorumu*" olarak betimlenmektedir. Yapının çatısında bulunan 28 kanadı 46 hidrolik aktüatör piston görevi görerek hareket ettirmektedir. Çatıya entegre edilmiş fotovoltaik paneller ve bu panellerin açılan kanatlarla bütünleşmesi, Calatrava'nın hem estetik zenginliğini hem de enerji bilincine sahip tasarımlara olan bağlılığını vurgulamaktadır. Kanatlar kapalıyken binayı kum fırtınalarından ve yağmurdan korumakta, açıkken ise fotovoltaik paneller güneş ışığını emerek enerji toplamaktadır (Şekil 5.24.).



Şekil 5.24. UAE Pavilyon'un hareketli çatı kanatları (URL-60)

5.5.2. Etkileşimli (Interactive) Mimari

Tepkimeli mimarlığın bir ürünü olan etkileşimli tasarım kavramı Kas Oosterhuis'e göre sadece uyarıcılara basit bir şekilde tepki verebilen, şartlara göre değişebilen, uyum sağlayabilen bir mimarlık olmakla birlikte en az iki katılımcı

gerektiren ve iki yönlü iletişim ile çevresel uyarılara bağlı olarak sürekli aktif bir diyalog içinde olma durumudur (Yiannoudes, 2016).

Belirtildiği gibi tepkimeli mimarlık ile etkileşimli mimarlık tepki verme özellikleriyle ortak paydada buluşmaktadır. Bu özelliğe ek olarak iletişimdeki insanı kullanıcı olarak değil katılımcı olarak değerlendirerek kesintisiz bir diyaloğun sağlanması etkileşimli mimarlığı özelleştirmektedir. Bu açıdan etkileşimli mekanların geleneksel mekan anlayışından farklı olarak "beyin ve sinir" sistemine, kısaca algıya sahip olduğu söylenebilir (Yolcu, 2020).

1950'lerden itibaren mimarlık disiplininde görülmeye başlayan etkileşim kavramının uygulanabilirliğini hesaplamalı bilimlerde yapılan çalışmalar desteklemiştir. 1960'lı yıllar ise artık mimarların teknolojik yenilikleri mimari ürün tasarımına adapte etmeye başladığı dönemdir. Özellikler sibernetik alanında yapılan çalışmalar ve biyoloji bilimindeki kavramların mimarlıkla sıkı ilişkisi sonucunda gelişen etkileşim kavramı mekan tasarımını farklılaştırmaya başlamıştır. Örneğin tasarımda biyoloji alanıyla ilgili mutasyon, akışkanlık, süreklilik gibi kavramlardan ilham alınması ile mimarlık hareketsiz olmaktan uzaklaşarak çevreyle etkileşimli dinamik bir biçim kazanmıştır (Yıldız, 2010).

1967 yılında Negroponte etkileşimli teknolojinin mimarlık alanında kullanılması ve geliştirilmesi amacıyla MIT'de AMG (Architectural Machine Group)'yi kurmuştur. Bu ekip sayesinde etkileşim kavramı akademik ve uygulamalı alanlarda daha çok yer almıştır. 1969'da Architectural Design (AD) dergisinin Eylül sayısında Pask, Negroponte ve Rabeneck gibi mimarlar, mimari tasarımda kullanılan geleneksel yöntemlerin sıkıntılarını belirterek çözüm yolu olarak mimarlıkta bilgisayar destekli tasarımı önermiştir. Etkileşimli mimarlığın tanımlanması için yapılan önemli yayınlardan biri de 1970'de Negroponte'nin yazdığı "The Semantics of Architecture Machines" adlı kitabıdır (Sterk, 2003). 1990'lardan beri MIT, AA, RMIT başta olmak üzere birçok üniversitenin laboratuvarlarında şirketlerin AR-GE birimlerinde etkileşim, akıllılık ve uyarlanabilirlik kavramlarını geliştirme amaçlı çalışmalar yapılmaktadır.

Mimar Estudio Guto Requena mekan algısını dönüştürmek için sensör ve etkileşimli teknolojiyi kullanarak 2016 Rio Olimpiyatları için The Dancing Pavilion'u tasarlamıştır. Brezilya'da bulunan ve etkileşimli mimarlık örneği olan binanın dans pistine yerleştirilen sensörler müziğin ritmini ve insanların hareketini algılayarak binanın cephesindeki aynaların motoruna iletmektedir. Bu etkileşimli yapının cephesi uyarılar karşısında dönen, açılıp kapanan ve optik efektler yaratan 500 adet yuvarlak aynadan oluşmaktadır (Şekil 5.25.).



Şekil 5.25. Rio 2016 Olympics: The Dancing Pavilion (URL-61)

5.5.3. Mobil Mimari

Fransızcadan dilimize geçen mobil (mobile) sözcüğü hareketli, hareket eden anlamlarına gelmektedir (URL-62). Günlük hayatımızda kelimenin, mobil telefon, mobil oyun, mobil insan, mobil tıp, otomobil, mobil banka gibi pek çok kullanımı mevcuttur. Mobil yapılar bünyesinde bulunan motorlu aksam ile kendi başına hareket edebilen veya bir motorlu taşıt yardımıyla taşınabilen aynı ortamda sürekli sabit bulunmayan yapılar olarak tanımlanmaktadır. Kronenburg (1998)'a göre mobil yapı kısaca hareket eden binadır. Karavanlar, afet evleri, prefabrik yapılar mobil mimariye örnek olarak verilebilir.

Yapı hareketliliği farklı düzeylerde gerçekleşebilmektedir. Yapı bütün olarak bir yerden başka bir yere hareket edebileceği gibi tamamen sökülüp parçalı bir şekilde de taşınabilmektedir. Bu bağlamda mobil mimarlığın alt dalı olarak kabul

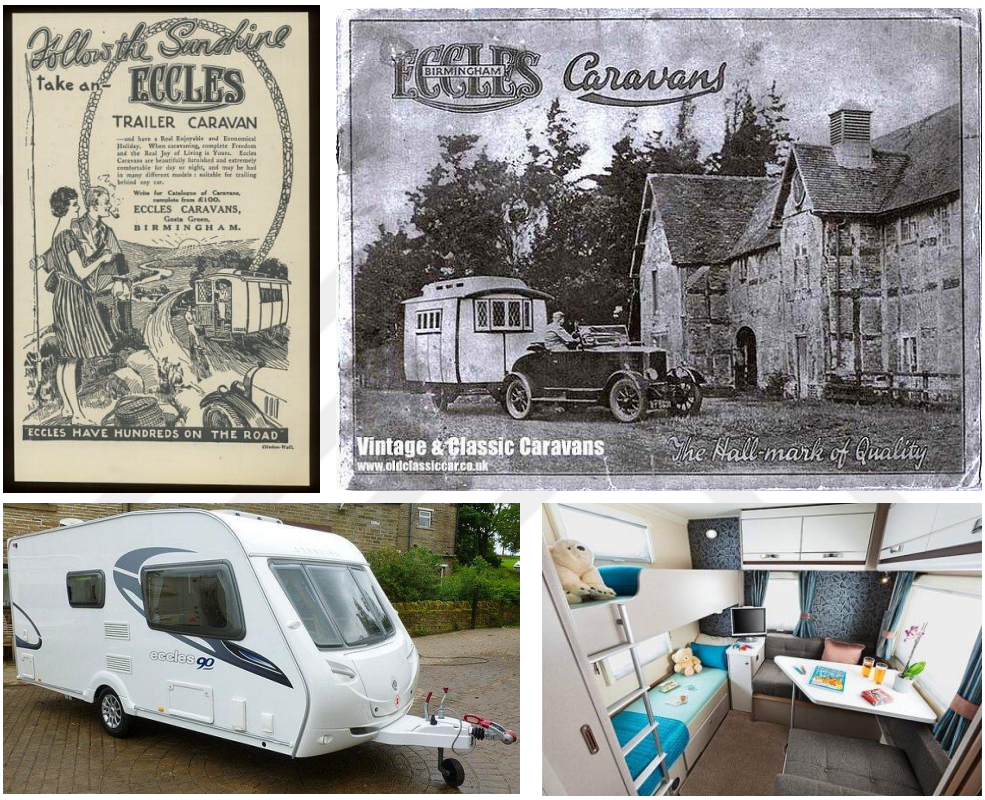
edilen taşınabilir mimarlığı incelemek gerekmektedir. Küçükerman (1995) yapıyı meydana getiren parçaların birleştirilerek inşa edilmesi fikrine dayanan taşınabilir mimarlığın kalıcı bir temel üzerine modüler biçimde yerleştirilmesinin taşınabilirliğin bir ölçütü olduğundan bahsetmektedir.

Mobil yapı anlayışı insanlığın barınma tarihi kadar eskidir. Çevresel ve fizyolojik koşullara karşı hayatta kalmak için hareket ve adaptasyon yeteneği gösteren insanoğlu barınağını kolaylıkla yanında götürebileceği özelliklerde oluşturmuştur (Felek, 2019). Örneğin göçebe yaşam biçiminin bir ürünü olan çadırlar kullanım amacı ve biçimlenişi açısından mobil mimarlığın temelini oluşturmaktadır.

Yerleşik hayata geçilmesiyle başlayan stabil mimarlık anlayışı uzun yıllar benimsenmesine rağmen meydana gelen toplumsal ve teknolojik gelişmeler mimarlıkta farklı yönelimlere sebep olmuştur. Bu gelişmeler doğrultusunda geleceğe dair düşünceler farklılaşmış ve evrilen mimarlığın bir ürünü olan mobil mimari geçmişin göçebe yaşam tarzını farklı bakış açısıyla ele alan yenilikçi uygulamaları karşımıza çıkarmaya başlamıştır. Mobil yaşamı, yeni göçebe yaşam anlayışı olarak adlandıran Kronenburg (2002); çalışma temposunun artması, çalışma saatlerinin değişmesi, özel ve iş yaşamı arasındaki sınırların azalması veya kalkması, gidilmesi gereken mesafelerin artması sonucunda daha bireysel, esnek ve bir mekana bağlı kalmadan yaşanabileceği fikrini destekleyen mobil tasarımların yaygınlaştığından bahsetmektedir (Kronenburg, 2002). Özetlemek gerekirse incelenen kaynaklara göre mobil yapıların gelişiminde kullanıcı kimliği, sosyo-kültürel etkiler, yersizlik, ekolojik ve teknolojik faktörlerin etkili olduğu söylenebilmektedir

Geçmişi yüzyıllar öncesine dayanan ve hem taşıt hem de konut amaçlı kullanılan karavanlar, bütün olarak hareket eden ve içerisinde gerekli donanımları bulunduran mobil yapı örneğidir. İlk örneklerinde atlarla çekilerek hareket ettirilen karavanlar ilerleyen tarihlerde otomobilin arkasına takılarak kullanılmıştır. İlk karavan üretimi 19.yy'da Paris'te sirk çalışanlarının konaklaması için yapılmış olup günümüzde gezi ve tatil amaçlı kullanımlar için tasarlanmaktadır. Teknolojik

yeniliklere paralel olarak daha donanımlı ve konforlu karavanlar üretilmektedir (URL-63, URL-64), (Şekil 5.26.). Mobil yapılar yer değiştirme potansiyelinin yanı sıra betonarme konutlardaki kalın ve yüksek duvarlar yerine hafif ve ince yapısıyla insanların doğa ile arasındaki sınırlarını kaldırmaktadır.



Şekil 5.26. Eccles karavan reklamları ve karavan tasarımı (URL-63, URL-64)

Gelişen teknoloji, çeşitlenen malzemeler ve yeni yapım tekniklerinin olanakları sayesinde pek çok kez kurulup kaldırılabilen, hareketli, esnek özellikteki mimarlık ürünleri de mobil mimarlık başlığı altında incelenmektedir. Çeşitli amaçlar için yapının bütünün veya bileşenlerinin fabrikalarda üretilip yerinde monte edilmesiyle oluşturulan bu yapılar birçok farklı prensiple kurulmaktadır (Şekil

5.27.). Gönenç (2004) bu sistemleri modüler, flat-pack, pnömatik (havalı) ve gergili tente olarak kategorize etmiştir.

"Modüler sistemler", birbirinden bağımsız şekilde tasarlanabilen ve birbirinin aynısı veya benzeri olan birimlerin bir araya getirilmesiyle oluşturulmaktadır. Belirli fonksiyonları yerine getirmek için parçaların eklenip çıkarılma ve yer değiştirme özellikleri sayesinde birçok değişime imkan tanımaktadır. Yapı parçalarının bu hareketliliğinin ileride problem çıkarmaması için parçaların bağlantı detayları üzerinde önceden çalışılıp dikkatlice çözümlenmelidir. Yapı sektöründe mobil yapılar genellikle prefabrik ve konteyner olarak karşımıza çıkmaktadır.

"Flat-Pack sistemler", mantık olarak modüler sistemlere benzemektedir. Bu sistemde yaygın olarak katlama mekanizması kullanılmaktadır. Yer sıkıntısının olduğu durumlarda, aynı araçta daha büyük boyutların taşınmasına olanak sağlaması sebebiyle katlanır sistemler tercih edilmektedir.

"Pnömatik sistemler", basınçlı havanın kuvvetiyle stabilize edilen strüktürlerdir. Gerginlik iç hava basıncı sayesinde sağlanmaktadır. Pnömatik sistemlerin geniş açıklık geçebilme, hızlı kurulabilme ve hafif olma avantajlarının yanında rüzgarda zarar görerek sönme riskleri de bulunmaktadır. Günümüzde dayanıklı su geçirmez malzemeler ve gelişmiş şişirme teknikleri ile daha sağlıklı kullanım sağlanmaktadır.

"Gergili tente sistemleri", daha büyük ve esnek mekanlara ihtiyaç duyulduğunda tercih edilmektedir. Gerginleştirilmiş yüzey malzemesi olarak kumaş, PVC ve PTFE kaplı polyester vb. malzemeler kullanılmaktadır.



Şekil 5.27. Modüler, flat-pack, pnömatik (havalı) ve gergili tente yapı örnekleri (URL-24)

Mobil yapılar kişisel istekler doğrultusunda tercih edilebilirken bazı zamanlarda göçmenlik, evsizlik ve afet gibi aniden meydana gelen olaylar sonrası hızlı ve kolay kurulabilmeleri sayesinde zorunluluktan kaynaklı mobil yapı kullanımı da mevcuttur. Aynı zamanda günümüzde insanların sosyal ihtiyaçlarını karşılayan teknoloji destekli mobil mekanlar; kafe, eğitim, kütüphane, hastane, aşevi, mağaza, fuar, tiyatro alanı, sergi alanı, spor, şantiye yapısı, askeri kamp vb. çeşitli kullanımlarla karşımıza çıkmaktadır (Şekil 5.28.).



Şekil 5.28. Mobil kütüphane, kafe ve mağaza örnekleri (URL-65, URL-66, URL-67)

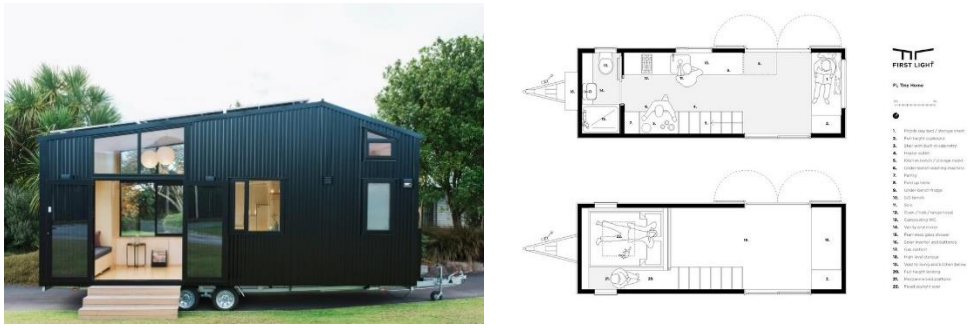
Afet sonrasında afetzedelerin temel ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik kurulumu ve kullanımı kolay nitelikte çeşitli mobil konut örnekleri bulunmaktadır. Acil konut tasarımı olumsuz koşullar altında kalan insanlara geçici olarak yaşayabilecekleri bir ortam sunmaktadır. Red+Housing adıyla OBRA Architects tarafından tasarlanan mobil konutlar bir acil konut prototipidir. Şekil 5.29'da görüldüğü üzere konutun haç şeklindeki planı ve kırmızı rengi acil durumu sembolize etmektedir. Mimarlık acil konut tasarımıyla insanların sadece fiziksel

durumuna değil aynı zamanda duygusal ve psikolojik refahlarına da büyük katkı sağlamaktadır (Felek, 2019; Welch, 2020).



Şekil 5.29. Red+Housing kurulum aşaması ve genel görünümü (URL-68)

Dünyada Tiny House olarak bilinen küçük mekanlı konutlar, yaşama ve barınma amacıyla tasarlanan kimi örnekleri mobil olan minimal mekanlardır. Tiny House, küçük alanlarda konforlu yaşam olanakları sunmaktadır. Çeşitli ülkelerde bu evlerin farklı biçimlerde ve malzemelerle yapılmış örnekleri mevcuttur. 2019 yılında First Light Studio tarafından tasarlan First Light Tiny House kullanışlı bir mobil konuttur (Şekil 5.30.). Konutta, oturma alanı, mutfak, banyo ve asma katında yatak odası bulunmaktadır. Ayrıca mobil olmayı destekleyecek şekilde enerji ihtiyacını şebekeden karşılayabildiği gibi çatıda bulunan güneş panelleri de enerji üretebilmektedir.



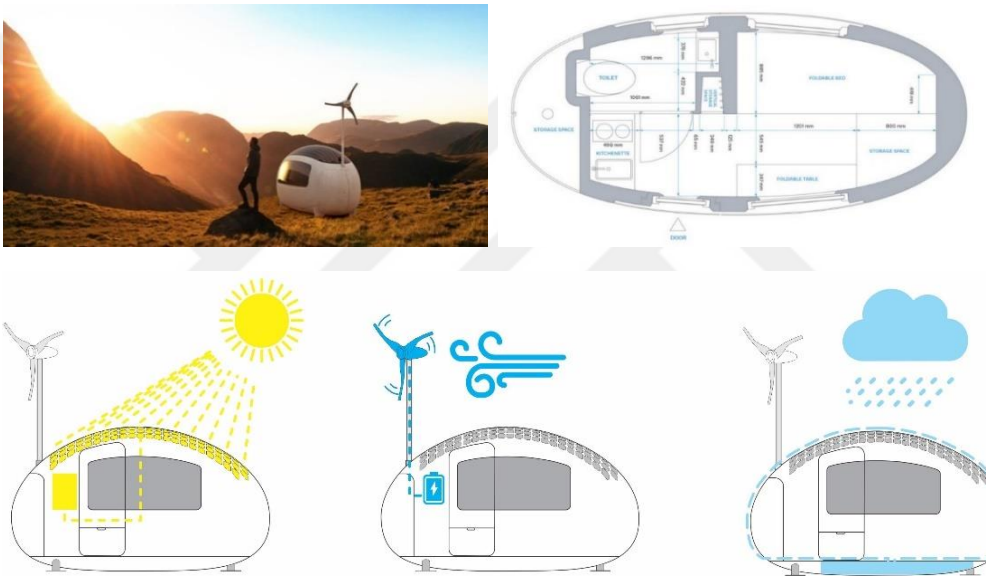
Şekil 5.30. First Light Tiny House (URL-69)

Günümüz teknoloji çağında başta sürdürülebilirlik olmak üzere çeşitli yenilikçi fikirler içeren akıllı mikro ev tasarımları oldukça dikkat çekicidir. Yüzen ev örneği olan Waternest 100, 2015 yılında Giancarlo Zema Design Group tarafından tasarlanmıştır. Enerji ihtiyacını çatısına yerleştirilen amorf fotovoltaik panellerden karşılamaktadır. Yanı sıra yapının %98'i geri dönüşümlü malzemelerden yapıldığı için çevre dostu olarak nitelendirilmektedir (Şekil 5.31.).

Ecocapsule şirketi kendisiyle aynı adı taşıyan bir mikro ev tasarlayarak 2015 yılında piyasaya sunmuştur. Ecocapsule, güneş ve rüzgar enerjisi kullanarak kendi kendini idame ettirebilen, akıllı, mobil bir mikro ünitedir. Ecocapsule, geçici bir kaynak eksikliği durumunda kendine yetebilir enerjiyi temin eden -yüksek kapasiteli pillerle bağlantılı olarak- ikili bir enerji üretim sistemi tarafından desteklenmektedir. Yağmur suyu ve çiy damlacıklarını maksimum düzeyde toplanması için küresel şekilde tasarlanmıştır ve toplanan su filtre yardımıyla temiz suya dönüştürülmektedir (Şekil 5.32.).



Şekil 5.31. Waternest 100 (URL-70)



Şekil 5.32. Ecocapsule genel görünümü ve planı (URL-71 ve URL-72)

Akıllı ev örneği olarak Ecocapsule yaptıkları eylemlerle (duş, yemek, telefon şarjı) ne kadar enerji ve suyun harcandığı konusunda gerçek zamanlı bilgi vermekte, gereksiz atık oluşumu hakkında caydırıcı bir rol üstlenmekte ve insanları enerji tasarrufu bilincine yönelik eğitmektedir. Sürdürülebilirlik ana fikriyle tasarlanan bu tip mobil yapılar insanlara gerçekten neye ihtiyaçları olduğunu düşünmeleri için ilham vermektedir (URL-71).

İçinde bulunduğumuz bilişim çağında zaman unsurunun insan hayatındaki yeri düşünüldüğünde mobil yapıların kolay taşınabilme, kolay kurulabilme, ihtiyaç durumuna göre büyütülüp küçültülme avantajları bu yapıların insan yaşamındaki önemini göstermektedir. Teknolojik imkanlar doğrultusunda daha estetik, işlevsel ve akılcı tasarlanan bu mekanlar özgür mekanlar olarak nitelendirilmektedir. Ancak mobil yapılar başka bir alana taşındıklarında aynı verimin alınabilmesi ve yapının dayanımının sağlanabilmesi için bulunduğu veya bulunacağı iklim şartları dikkate alınarak malzeme ve üretim teknikleri seçilmelidir (Altınkaynak, 2017).

İncelenen örnekler ışığında günümüzde mimarlıkta otomasyonun kullanımı ile gelişen akıllı sistemler sayesinde kinetik tasarım büyük başlığı altında ele alınan tepkimeli-uyarlanabilir mimari, etkileşimli mimari ve mobil mimari gibi yaklaşımların mimarlık alanında form arayışlarına, işlevsel çözümlere ve yapı aracılığıyla fiziksel çevreyle kurulan ilişkiye farklı bir boyut kazandırdığı söylenebilir.

5.6. Mimari Biçim Oluşumunda Kinetik Elemanların Rolü

5.6.1. Kinetik Yapı Elemanlarının Mimari Yapılarda Kullanım Yeri

Günümüzde malzeme, nanoteknoloji, mekatronik ve elektronik bilim dallarının ilerlemesi kinetik mekanizmaların çeşitliliğini ve uygulanabilirliğini artırarak mimarinin biçimlenmesini çeşitli amaç ve yöntemler doğrultusunda etkilemektedir. 4. Bölümde teknolojinin tasarım, yapım ve kullanım sürecinde mimari biçimi etkilediği öne sürülmüştü. Bu bağlamda, teknolojik altyapıyla oluşan kinetik unsurların mimari biçimle olan ilişkisi, çalışmanın bu bölümünde yapı üretimi ve strüktür tasarımıyla ilişkili olarak ele alınmaya çalışılmıştır.

Kinetik mimarlıkta yapı, parçalarıyla olduğu gibi bütün olarak da hareket edebilir. Yapının bütünsel hareketi genellikle katların sabit bir çekirdek etrafında dönmesiyle meydana gelmektedir. Kendi etrafında dönerek hareket eden Domespace, Catherine ve Patrick Marsilli'nin 1988 yılında Fransa'da başlattığı bir konsepttir. Kendi etrafında dönebilen ekolojik ev günümüze kadar gelişerek

gelmiştir ve dünyanın çeşitli yerlerinde çok sayıda inşa edilmiştir. Prefabrik bir yapı olan Domespace istenilen yere oldukça kısa sürede kurulabilmektedir (Şekil 5.33.). Ayrıca yapı tamamen ekolojik malzemelerden inşa edilmesinin yanında, sert rüzgarlar, deprem vb. felaketlere dayanıklı durumdadır. Güneş ışığından yararlanmak veya korunmak amacıyla evin zemininde yer alan motor yardımıyla yapı kendi etrafında 360 dereceye kadar döndürülebilmektedir. Bu sayede yapıda iç mekanın yazın serin kışın ise sıcak kalması sağlanmaktadır.



Şekil 5.33. Domespace yapım aşaması (URL-73)

Kinetik mimarlıkta hareket, yapı bütününde meydana gelebileceği gibi yapıyı oluşturan çatı, cephe ve döşeme elemanları da hareketli ögeler olabilmektedir.

5.6.1.1. Çatının Kinetik Elemanlarla Biçimlenmesi

Çatı, bir yapıyı yağmur, güneş, kar ve rüzgar gibi hava olaylarının olumsuz etkilerinden ve diğer zararlı etkenlerden korumak amacıyla oluşturulan yapı unsurudur. Çatılar bilindiği gibi yapının biçimini oluşturan aynı zamanda yapıyı sonlandıran, bitimini işaret eden elemandır. Gottfried Semper (2015) mimarinin biçimini tanımlayan dört elemanı sıralarken çatıyı da saymaktadır.

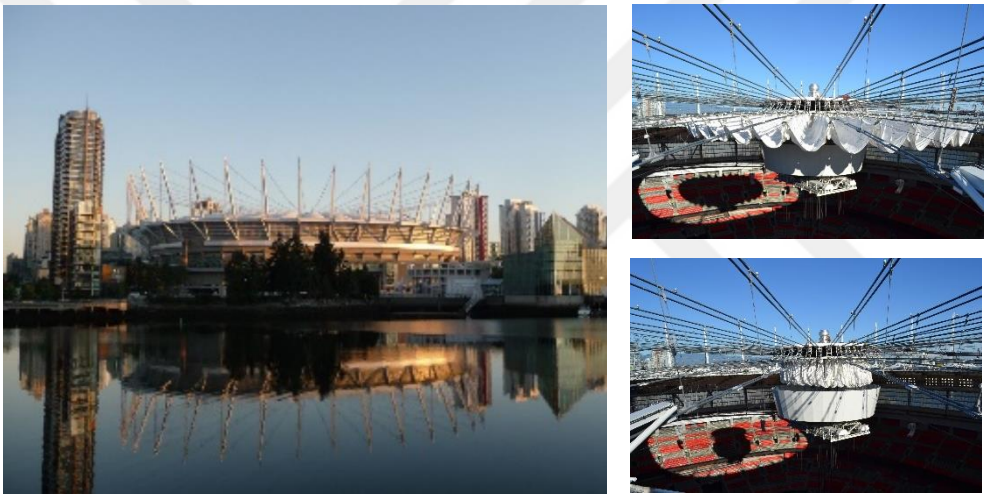
Kinetik çatılar tamamen veya kısmen hareket ettirilerek hem açık hem de kapalı kullanımlara olanak tanımaktadır. Kinetik tasarım sayesinde çatılar hareketlenerek biçimi tanımlayan statik bir eleman olmaktan sıyrılmıştır. Bu dinamik durum çatıların işlevsel alanının da genişlemesini sağlamıştır. Farklı şekillerde hareket edebilen çatılar, mekanların kullanımını zenginleştirirken, mekanın sadece açık ya da sadece kapalı mekan olması gereğini de ortadan kaldırmıştır. Bu gelişme kullanımda çeşitliliği sağlarken bazı kullanımların da yapı içine taşınabilmesine olanak sağlamıştır.

Yesügey ve arkadaşları (2015)'na göre, hareketli çatı strüktürlerinin tanımlanmasında en önemli üç kriter; hareket türü, taşıyıcı sistem özellikleri ve malzeme özellikleridir. Bu kriterler doğrultusunda kinetik çatıları, örtü malzemesinde ve taşıyıcı kurguda hareketli sistemler olmak üzere iki ana başlık altında incelemişlerdir.

a) Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemler

Bu grupta genellikle membran kullanılarak inşa edilen hafif yapılar yer alır. Bu sistemlerde membran örtüsü kablolar ve makaralar yardımıyla hareket ettirilerek çatının açılıp kapanması sağlanmaktadır. İlk zamanlarda küçük ölçekli projelerde uygulanan bu sistemler malzeme ve yapım teknolojilerinin gelişen imkanları doğrultusunda daha büyük açıklıkları geçmede kullanılmıştır. Almanya'nın Stuttgart Üniversitesi'nde başta Frei Otto ve bir grup araştırmacı hareketli sistemler ve membran malzemesi üzerine araştırmalar yaparak önemli projeler geliştirmiştir (Çalış, 2012).

Kanada'da bulunan ve Stantec Architecture tarafından tasarlanan BC Place Stadium yenilikçi, açılır kapanır bir çatıya sahiptir. 1983 yılında açılan stadyumun çatısı yeniden tasarlanarak 2011'de tamamlanmıştır. Stadyumun en dikkat çeken unsuru yapının merkezinden kenarlarına doğru uzanan geri çekilebilir kumaş çatısıdır (Şekil 5.34.). Gerekli yarı saydamlığa ve katlanabilir özelliğe sahip çatı örtüsünün açılması veya kapanması yaklaşık 20 dakika sürmektedir. Sonuç olarak çatı, gece veya gündüz, yağmur veya güneş ışığı gibi herhangi bir durumda atmosferi kontrol etme yeteneği göstererek kullanıcılar için iyi bir deneyim sağlamaktadır.



Şekil 5.34. BC Place Stadium genel görünümü ve membranın açılma-kapanma hareketi (URL-74)

b) Taşıyıcı Kurguda Hareketli Sistemler

Taşıyıcı kurguda hareketli sistemler örtü malzemesinde hareketli sistemlere göre daha dayanıklı olup bu tür hareketli çatı strüktürlerinde betonarme, çelik, titanyum vb. rijit malzemeler kullanılmaktadır. Taşıyıcı kurguda hareketli çatıların tasarımına ve hareket yöntemlerine bağlı olarak strüktürün bütün olarak ya da strüktür elemanlarının birbirinden bağımsız hareketi ile kinetik çatı oluşturulmaktadır. Özge (2004)'e göre kinetik çatıların hareket mekanizması; yatay

raylar üzerinde hareket eden motorlu tekerlekler; kablo ile çekilerek raylar üzerinde hareket eden tekerlekler ve düşeyde eğri raylar üzerinde hareket eden dişliler ile düzenlenmektedir (Özge, 2004).

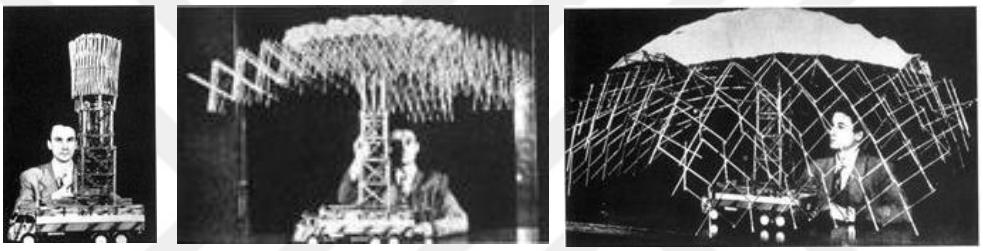
Dikkat çekici örneklerine daha çok kamusal kullanımlarda rastlanan kinetik çatı uygulamalarının biri iklimsel konfor koşullarını kontrol etmek amacıyla inşa edilen, kayarak hareket edebilen dev boyutlarda çatıya sahip Seagaia Ocean Dome yapısıdır (Şekil 5.35.). Japonya'da 1993 yılında kullanıma açılan yapı sayesinde tüm yıl boyunca en uygun hava şartlarının sağlandığı suni plajı kullanmak mümkündür. Yapının 300 metre uzunlukta ve 110 metre genişlikte olan tonoz şeklindeki çatısı yerden 38 metre yüksekliktedir. Çatının yaklaşık 200 metrelik kısmını kaplayan dört çatı elemanı sağa ve sola kayarak açılabilmektedir. Yapı 2007 yılına kadar kullanımda kalmış, 2017 yılında yıkılmıştır (URL-75).



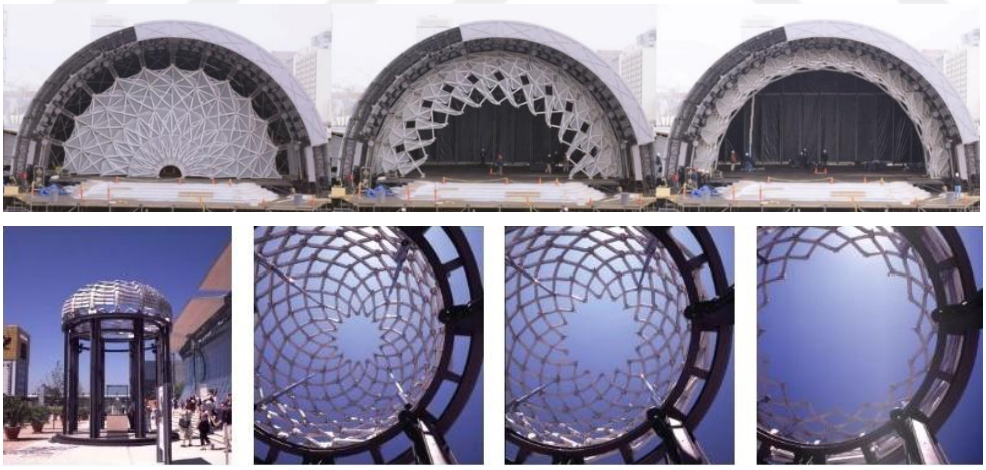
Şekil 5.35. Seagaia Ocean Dome yapısının hareketli çatı sistemi (URL-75)

Plaklardan veya çubuklardan oluşan çerçeve strüktürler çeşitli hareket mekanizmaları kullanılarak çatının açılıp kapanması sağlanabilmektedir. İspanyol mühendis Pinero genişleyebilen strüktürlerde hareketli makas elemanları kullanarak katlanabilen bir tiyatro üst örtüsü inşa etmiştir (Şekil 5.36.). Bu sistem Fuller, Calatrava, Escrig ve Hoberman gibi birçok araştırmacıya ilham kaynağı olmuştur. Özellikle Hoberman açılı elemanları keşfederek kinetik çatı tasarımlarına büyük katkı sunmuştur.

Dönüştürülebilir yapıları ile uluslararası tanınan Chuck Hoberman'ın çalışmalarında sanat, mimari ve mühendislik disiplinleri kusursuz bir şekilde kaynaşmaktadır (Şekil 5.37.). Dönüştürülebilir icatlarından dolayı 20'den fazla patenti vardır ve tasarımlarıyla sayısız ödül kazanmıştır. Ürünleri, patentleri ve yapıları aracılığıyla nesnelerin nasıl katlanabilir, geri çekilebilir veya şekil değiştirebilir olabileceğini göstermektedir. Wıred Magazine dergisi Hoberman'dan "*Çalışmaları beklentilerimize meydan okuyor… beynimizin canlıyı cansızdan ayıran bölümünü kandırıyor…*" sözleriyle bahsetmiştir (URL-76).



Şekil 5.36. Pinero'nun hareketli tiyatro üst örtüsü (URL-77)



Şekil 5.37. Hoberman Arch ve Iris Dome (URL-78)

5.6.1.2. Döşemenin Kinetik Elemanlarla Biçimlenmesi

Döşeme, üzerinde eylemlerin gerçekleştirildiği mimari yapı elemanıdır. Kinetik döşemeler ulaşım amacıyla dikey eksende hareket eden asansör uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Yanı sıra tiyatro sahnelerinde, seyirci oturma platformlarında ve enerji üretmek için dans pistlerinde ve yaya yollarında kullanımı mevcuttur. Mimari biçimi etkileyebilecek ölçekte kinetik döşemelerin kullanıldığı tasarım örnekleri oldukça kısıtlıdır. Bu durumun döşemenin hareket ettirilebilmesi sorunundan çok, bu hareketle ortaya çıkabilecek erişim, ulaşım, kullanım gibi tasarıma ilişkin problemlerin çözümüyle ilgili olduğu düşünülmektedir.

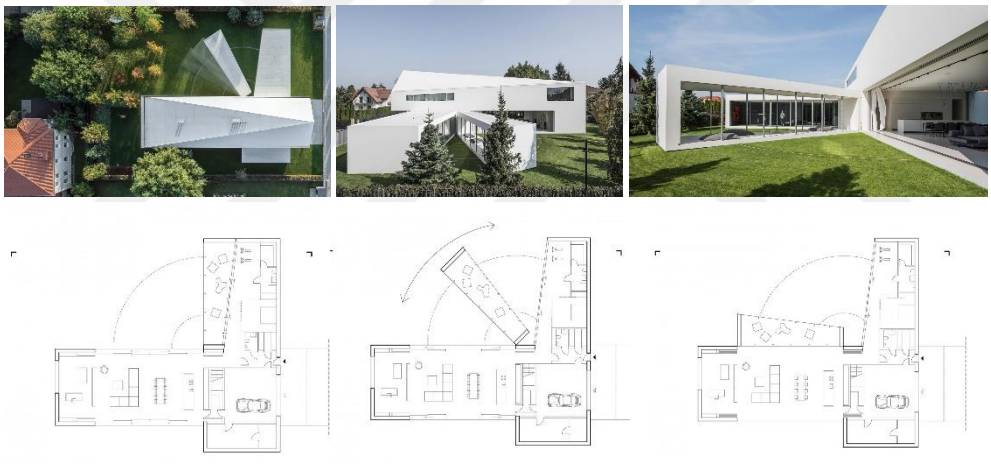
Ulaşılan örnekler arasında kinetik tasarımın özellikle mimari biçimi etkilediği görülen örneklerden biri konsept projesi olan Villa Hush Hush'dır (Şekil 5.38.). Çelik strüktürle inşa edilmesi önerilen yapı, butik konaklama işlevine sahiptir. Yapının kare formlu kanadı kütlesel olarak yükselerek hareket etmekte böylece konaklayanların alandaki manzarayı farklı yönlerden izleyebilmeleri sağlanmaktadır (URL-79).



Şekil 5.38. Villa Hush Hush, Kütle formunu biçimlendiren hareketli döşeme (URL-79)

Polonya'da bulunan ve mimar Robert Konieczny KWK Promes tarafından tasarlanan Quadrant House adını taşıyan lüks ev, güneşe tepki vermesiyle dikkat çekmektedir (Şekil 5.39.). Evin en önemli özelliği terasın cam cepheli salon ve spa

arasında hareket ederek eve giren güneş ışığının en uygun şekilde ayarlanmasına yardımcı olmasıdır. Aynı zamanda Robert Konieczny projeyi, teras herhangi bir iç mekana eklendiğinde bu alanlara bir dış mekan uzantısı oluşturacak şekilde tasarlamıştır. Güneşe tepki veren ve güneşin hareketini takip eden teras, yazın istenen gölgeyi vermekte kışın iç mekana daha fazla güneş ışığı girmesini sağlamaktadır. Yapıyı döndürmek için kullanılan mekanizmalar terası, zemine gömülmüş bir ray üzerinde yavaşça hareket ettirmektedir. Hareket sistemi tam otomatiktir ve gelişmiş güvenlik sensörlerine sahiptir; bir engelle karşılaşırsa teras durmakta ve kullanımı tamamen güvenli hale getirmektedir. Ancak, işlevsel nedenlerle manuel kontrol de mümkündür. (URL-80) (URL-81).



Şekil 5.39. Quadrant House genel görünümü ve kinetik terasın planda gösterimi (URL-82)

5.6.1.3. Cephenin Kinetik Elemanlarla Biçimlenmesi

Yapıda cepheler mimari biçim elemanları arasında algılanabilen unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Cepheler yapıyı tanımlama, sınırlama, yakın çevredeki diğer yapılardan ayırma gibi görevlerinin yanında dışarısı ve içerisi arasında hem fiziksel hem de iklimsel kontrol aracı olarak bir eşik görevi görür. Bu görevler cephenin bir

yandan estetik bir unsur olmasını sağlarken diğer taraftan da işlevsel olarak biçimlenmesine neden olur.

Teknolojinin katkısı ile gelişmiş malzeme ve sensörler kullanarak rüzgar, güneş, yağmur gibi çevresel koşulları hatta bilgiyi yönetmek amacıyla kinetik cephe tasarımları gerçekleştirilmektedir. Böylelikle iklimsel kontrol için cephede yer alan kinetik elemanların aynı zamanda estetik amaçlarla güçlü bir izlenim bırakmak ve ilgi uyandırmak amaçlı da kullanımı mevcuttur.

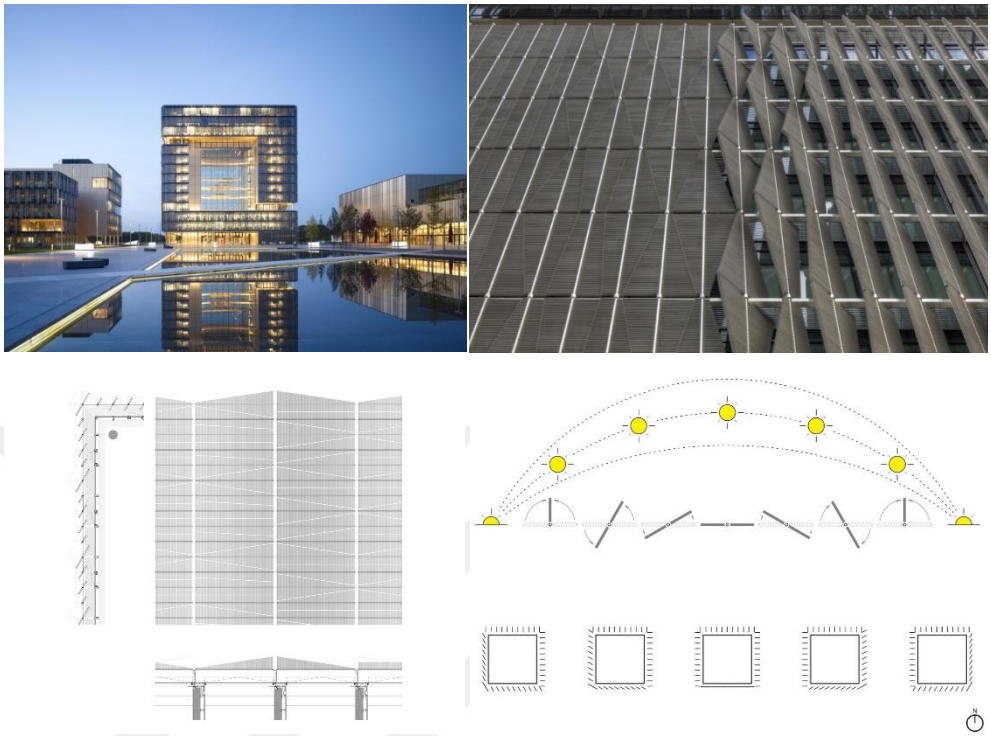
Kinetik cepheler statik veya sabit olmak yerine dinamik olarak değişerek yapının yüzeyinde hareket oluşumuna olanak sağlamaktadır. Bu durum Fuller'in "deri benzeri bir dil" etkisi dediği olguyu yaratmasına yardımcı olmakta ve cephe yüzeyinin sadece bir kaplama değil aktif bir sistem olduğunu göstermektedir (URL-83).

Ernst Giselbrecht tarafından tasarlanan ve 2004'de tamamlanan Biokatalyse Laboratory binası uyarlanabilir bina kabuğuna bir örnektir. Yapının güney cephesi iç katmanda kat yüksekliğinde güneş camlı bir çift cidar, güneş panjurlarından oluşan bir dış kaplama ve arada bir metre genişliğinde boşluktan oluşmaktadır. Panjurlar cepheye paralel, yatay bir eksende hareket edebilmekte ve kendi dikey ekseni etrafında eğilebilmektedir. Cephenin dışına yerleştirilen delikli, yarı saydam ve renkli panjurlar bina sakinleri tarafından manuel olarak kontrol edilmektedir. Esas amacı istendiğinde iç mekandaki güneş ısısı kazanımını azaltmak ve bina kabuğu bileşenlerinin ışık geçirgenliğini değiştirmektir. Bununla beraber renkli panjurlardan yansıyan veya iç ortama iletilen ışık, mekandaki gün ışığının rengini farklılaştırarak kullanıcının ortamdaki renk algısını manipüle etmektedir. Bu bağlamda bileşenlerinin yer değiştirmesi kullanıcıya renk ayarını seçme imkanı tanıyarak zaman içinde değişken atmosferler yaratma olanağı sağlamaktadır (Wyckmans, 2005), (Şekil 5.40.).



Şekil 5.40. Biokatalyse Laboratory (URL-84)

Almanya'nın Essen şehrinde bulunan Thyssenkrupp Headquarter binası kinetik cephe elemanlarıyla biçimlendirilmiştir (Şekil 5.41.). Cephenin paslanmaz çelikten yapılmış gölgeleme elemanları birbirinden bağımsız olarak motorlar yardımıyla sabit dikey eksenler etrafında dönebilmektedir. Her biri ayrı ayrı kontrol edilebilen cephe elemanları için üç farklı biçim konfigürasyonu oluşturmak mümkündür: kapalı (cepheye paralel), güneşin pozisyonunu takip hali (değişken açılar) ve açık (cepheye dik) (Barozzi ve ark, 2016).



Şekil 5.41. Thyssenkrupp Headquarter genel görünümü ve kinetik lamellerin teknik çizimlerde gösterimi (URL-85)

5.6.2. Kinetik Elemanların Mimari Biçimi Oluşturma Şekilleri

Yapı, bütününde ya da içerisinde yer alan yapı parçalarında gerçekleşen değişiklikler sonucu kinetik özellik kazanmaktadır. Werner hareket ekseni ve serbestlik derecelerine göre üç temel hareket tanımlamıştır; dönme, öteleme ve dönme-öteleme. Eksenlerin hareketi üç serbestlik derecesine (x,y,z) sahiptir. Bu kapsamda dönme, koordinat eksenlerinin dönerek yönünü değiştirdiğinde gerçekleşen harekettir. Öteleme, doğrusal bir hareket olup koordinat eksenlerine paralel olarak gerçekleşmektedir. Üçüncüsü ise her iki hareketin birleşimidir. Megahed (2017) hareket eksenine ve serbestlik derecesine göre hareketleri katlama, kayma, dönme, genişleme ve dönüşme olarak kategorize etmektedir. Bu hareketler genellikle sadece bir serbestlik derecesine sahip temel mekanizmalarla gerçekleştirilmektedir. Örneğin dönme hareketi için menteşe, kayma hareketi için

ray kullanılmaktadır. Bunların kombinasyonu çeşitli hareketlere olanak tanımaktadır. Ayrıca kullanılan malzemenin türü, ağırlığı ve boyutu hareketin nasıl gerçekleştiği üzerinde doğrudan etkilidir. Şekil değişikliklerine izin veren esnek malzemelerin kullanımı bina elemanlarının malzeme özelliklerine ve boyutuna bağlı olarak temel hareketlerin dışında diğer hareketlerin gerçekleşmesine izin vermektedir (Werner, 2013; Megahed, 2017).

Kinetik yapıların açıklanmasında en önemli kriterlerden biri hareket tipi olup literatür araştırmaları sonucunda mimaride kinetik elemanların biçimi oluşturma şekilleri dört temel hareketle tanımlanabilir;

- Kayarak hareket etme
- Katlanarak hareket etmek
- Açılıp kapanarak hareket etmek
- Dönerek hareket etmek

5.6.2.1. Kayarak Hareket Etme

Kayar sistemler, amaçlanan fonksiyonu yerine getirmek amacıyla sistemin içindeki mekanizmanın, tekerlek benzeri bir araçla dönen ya da birbiri içine geçebilen elemanlarla kayma hareketi gerçekleştirdiği sistemlerdir. Kayma hareketi çok çeşitli amaçlar ve mekanizmalar sayesinde oluşturulabilir. Kapı ve pencere mekanizmasından yapı kabuğu mekanizmasına kadar farklı tasarımlarda ve ölçeklerde kayar sistemler kullanılmaktadır (Ekmekçi, 2005).

Kayar kinetik elemanlar çatılarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle stadyum yapılarında, ışığın belli zamanlarda istenip belli zamanlarda istenmemesi durumu ve yağmurdan korunma amacı bu sistemlerin kullanımını artırmaktadır. Bu kayar çatı sistemlerinde paneller tek bir yönde kaydırılarak üst üste bindirilmekte veya bu paneller birbirine doğru karşılıklı kaydırılarak hareket oluşturulabilmektedir.

Mimar Caspar Schols tarafından tasarlanan Garden House kinetik duvarlara sahip bir bahçe evidir. Dinamik bahçe evinin ana fikri hava durumuna, ruh haline ve bahçedeki etkinliklere bağlı olarak kolayca ayarlanabilmesidir. Bu tür uyum sağlama becerisini kıyafet değiştirme esnekliğiyle karşılaştıran Caspar'e göre yapı, kıyafet değiştirmek kadar kolay bir şekilde katmanlarından sıyrılabilme özgürlüğüne izin vermelidir. Yapı, içteki kiriş-cam strüktür, dış ahşap duvar ve metal çatıdan oluşmaktadır. Raylara yerleştirilen hem iç hem de dış parçalar farklı düzenler oluşturmak için kayarak hareket etmektedir. Teraslar hariç 6 m uzunluğunda ve 4 m genişliğindeki yapının uzunluğu, 12 m'ye kadar artırılabilmektedir. Yağmurlu, rüzgarlı ve soğuk havalarda sıcak bir mekan kullanımı sağlamak için ev tamamen kapalı olarak kullanılmaktadır. Hava biraz daha sıcak ve güneşli olduğunda ahşap koruyucu kabuk kaydırılarak açılmaktadır. Ayrıca çok daha güzel havalarda cam kabuk da kayarak açılmakta ve hem dış mekanda yaşam alanı yaratmakta hem de çeşitli aktiviteler için ayarlanabilir doğal ışık sağlamaktadır (Şekil 5.42.).



Şekil 5.42. Garden House Genel Görünümü (URL-86)

Hindistan'ın son yıllarda gelişen ekonomisinin etkisiyle ortak aile yaşamı geleneği küçük çekirdek ailelere evrilmiştir. Ülkedeki bu kültürel tutum değişikliğine rağmen geleneksel kökleşmiş değerlere bağlı çok sayıda aile hala birlikte yaşamaya devam etmektedir. Bu bağlamda aileleri aynı çatı altında bile izole etmeyi amaçlayan özerk daireler tasarlanmaktadır. Mimarlık ofisi Matharoo Associates tarafından tasarlanan Moving Landscapes tasarımının başlangıç noktasında zıt yaşam tarzlarının gereksinimlerini aynı anda entegre etme fikri bulunmaktadır.

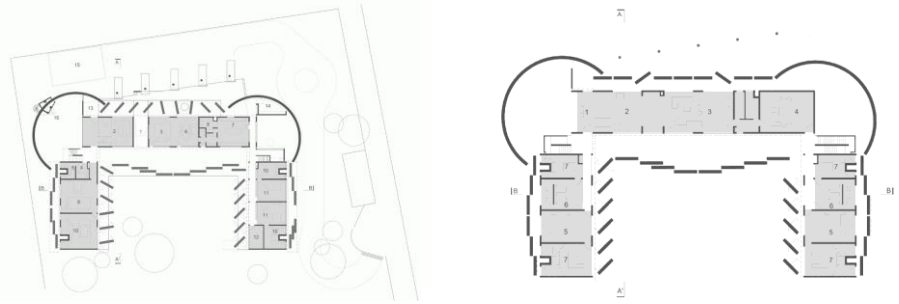
Kinetik unsurlarla tasarlanan konut, kullanıcıların evlerinde ışık, havalandırma ve mahremiyet miktarını değiştirmelerine imkan tanımaktadır (Şekil 5.43.). Tüm binayı çevreleyen duvarların neredeyse tamamının önünde mermer paneller sıralanmış ve bina boyunca veranda alanı oluşturmuştur. Mermer bloklarla kaplanmış, konutun farklı bölümlerinde 4.5 m yükseklik, 2.7 m genişlik ve 0.5 m

kalınlığı olan masif panellerin hareket ettirilebilmesi için teknolojik olanaklar kullanılmıştır.



Şekil 5.43. Moving Landscapes yapısında mermer panellerin hareketi (URL-87)

Yapıda kinetik mermer paneller kayarak ya da kendi ekseni etrafında dönerek hareket edebilmektedir (Şekil 5.44.). Matharoo Associates, "kristalin özünü ortaya çıkarmak için mor kuvars taşının sert yüzey çatlamasına benzer şekilde, düğmeye basıldığında bu ağır taş duvar çatlakları açılıyor" demiştir. Bu sayede bir dizi kayan ve merkezleri etrafında hafifçe dönen paneller meydana gelmektedir. Şeffaf iç mekanı ortaya çıkarmak için bazı duvarlarda iki sıralı paneller değişimli olarak dönerken diğer duvarlardaki paneller kayarak hareket etmektedir (Frearson, 2016).



Şekil 5.44. Moving Landscapes kinetik panellerin kat planında gösterimi (URL-87)

5.6.2.2. Katlanarak Hareket Etme

Katlanma hareketi, hacimsel değişiklikler başta olmak üzere farklı amaçlarla yapının deforme olmadan formunun değişmesidir. Katlandıklarında daha az yer kaplayan katlanır mobilyalar iç mekan kullanımlarında sıklıkla tercih edilmektedir. Özellikle mekânsal alanın küçük olduğu durumlarda kullanışlı çözümler sağlamaktadır. Katlanır sistemlerde beton ve çelik gibi rijit yapı malzemelerden oluşan eleman veya bileşenlerin katlanarak toplanma ve genişleme özelliği gösterebilmesi için esnek bağlantı noktalarına sahip olması gerekmektedir. Uygulama kolaylığı açısından katlanır sistemlerde düzgün dörtgen vb. formlar kullanılmaktadır. Wimbledon Tennis Court'un kinetik çatısı ve Kiefer Technic Showroom yapısının kinetik gölgeleme elemanları katlanır sistemlere örnek olarak verilebilir.

Wimbledon Tennis Court çelik konstrüksiyonlu ve çatısında katlanabilir sistem kullanılmış kinetik bir yapıdır (Şekil 5.45.). Hareketli çatı örtüsü 77 m uzunluğunda olup ray üzerindeki çatı kirişleri ve örtü malzemesi hidrolik sistemler sayesinde 7 dakikada açılıp kapanmaktadır. Ayrıca yaklaşık 5200 m^2 alanı kaplayan ve özel olarak tasarlanan çatı örtüsünün yıpranmadan esneme ve katlanma yeteneği göstermesi tasarımda önemli bir kriter olmuştur. Kumaş belli bir oranda doğal ışığın geçmesine izin verdiği için çatı kapalıyken bile dışarıdaymış gibi hissettirmektedir.



Şekil 5.45. Wimbledon Tennis Court'u üst örtüsü (URL-88)

Giselbrecht ve ekibi tarafından tasarlanan Kiefer Technic Showroom yapısı her gün, her saat değişerek kinetik bir heykele dönüşen cephesiyle yenilikçi bir tasarım örneğidir (Şekil 5.46.). Dış cepheye entegre edilmiş 112 gölgeleme elemanı elektronik sistemlerle hareket ederek iç mekanın ısı ve ışık kontrolünü sağlamaktadır. Kinetik mekanizma hafif alüminyum panellerin belirli akslar üzerinde katlanması fikriyle ile oluşturulmuştur.



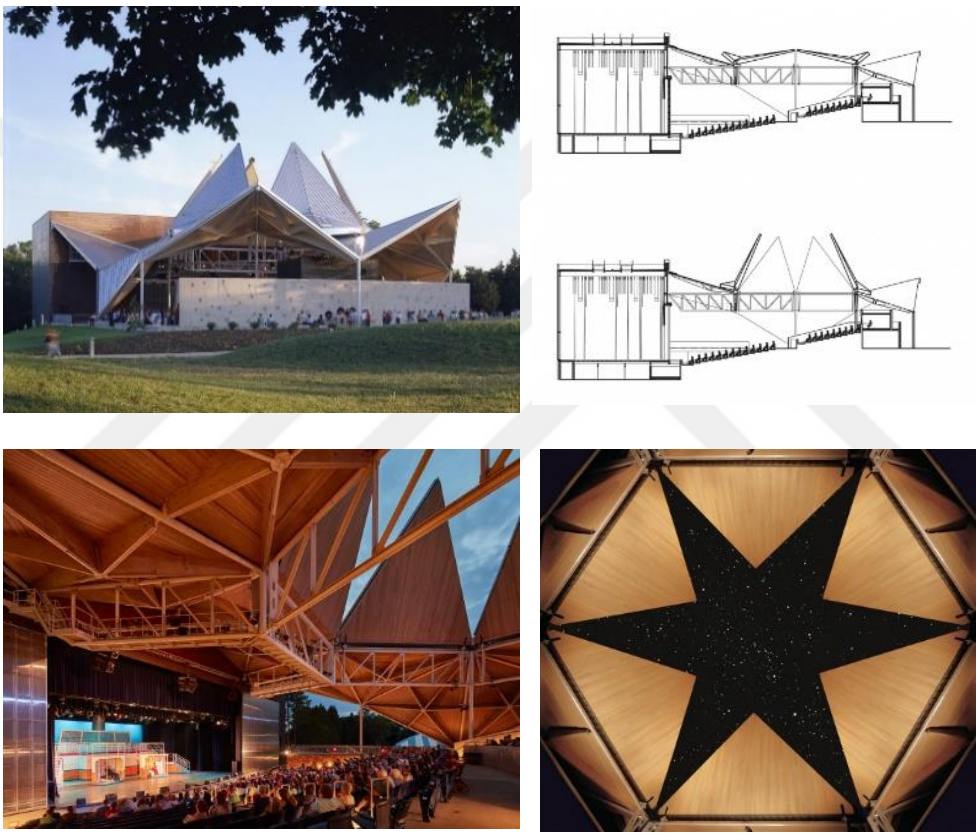
Şekil 5.46. Kiefer Technic Showroom'un kinetik cephesi (URL-89)

5.6.2.3. Açılıp-Kapanarak Hareket Etme

Yapı elemanlarının veya bileşenlerinin açılma ve kapanma hareketi yaptığı sistemlerdir. Tıpkı bir çiçeğin açılıp kapanması gibi açılıp kinetik özellik barındıran bu yapılarda hareketin oranına göre kapalı bir mekan yarı açık veya tamamen açık bir alan haline gelebilmektedir (Başar, 2014). Bengt Sjostrom Starlight Theatre binası ve Ballet Mechanique binası açılır-kapanır hareket gerçekleştiren kinetik sistemler barındırmaktadır.

Bir eğitim kampüsü içinde yer alan Bengt Sjostrom Starlight Theatre mevcutta gösteri merkezi olarak kullanılmaktayken etkinliklerin açık havada yapılabilmesini sağlamak amacıyla yenilenmesiyle hareketli çatıya sahip olmuştur.

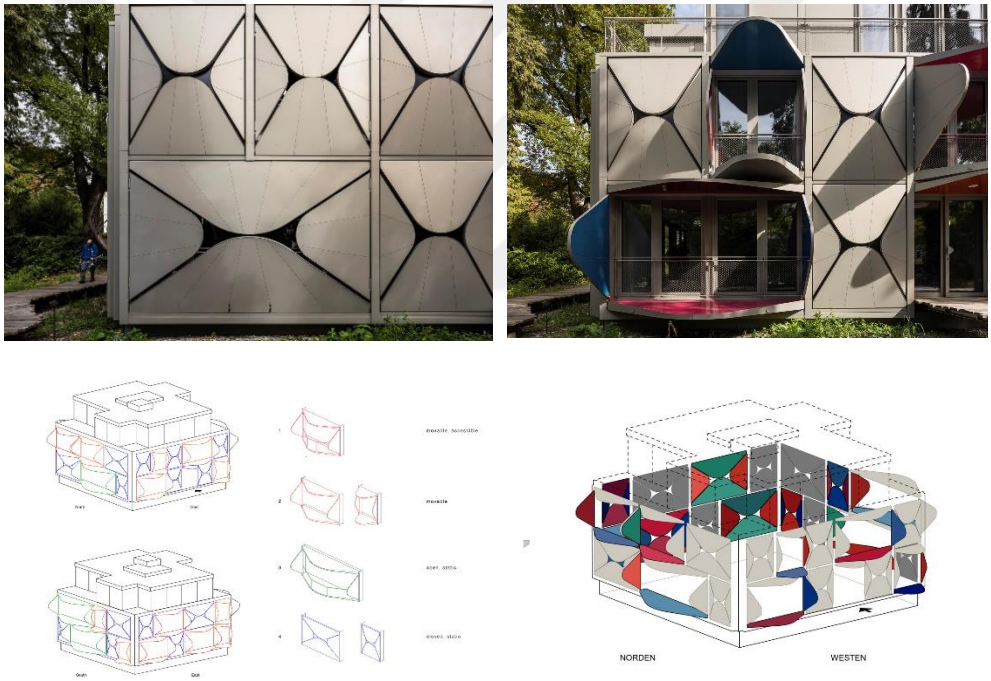
Yapının origami benzeri elemanlardan oluşan kinetik çatısı üçgen şekilli altı tane panelden oluşmaktadır. Motor yardımıyla hareket edebilen çatı panelleri, uygun hava koşullarında düşeyde yukarı yönlü hareket ederek adeta bir çiçeğin taç yaprakları gibi açılmaktadır ve izleyicilere gökyüzüne baktıklarında yıldız görüntüsü sunmaktadır (Şekil 5.47.).



Şekil 5.47. Bengt Sjostrom Starlight Theatre yapısında meydana gelen çatı hareketi (URL-90)

Renkli metal panelleri ve çarpıcı geometrisi ile fuar yapısını andıran Ballet Mechanique yapısının tasarımında Le Corbusier'in Heidi Weber Müzesi'nden esinlenilmiştir. Kentsel boyutta bu yeni bina, tipik kare şeklindeki villalarıyla Zürih'in Seefeld mahallesinin baskın düzenine atıfta bulunmaktadır. Basit geometrili

kübik bir hacme sahiptir. Binanın merkezinde yer alan çekirdek, her biri farklı aile biçimine ve yaşam tarzına uygun, farklı tipoloji ve planlara sahip beş daireye erişim sağlamaktadır. Binanın temel geometrik formu üçgen şeklindeki yatay ve dikey panjurlardan oluşan cephesiyle zıtlık oluşturmaktadır. Panjurlar, güneşten korunma ve balkon oluşturma amacıyla açılmaktadır. Cephe elemanları tamamen açıldıktan sonra korkuluk dışarı doğru itilerek balkon oluşturulmaktadır. Kinetik bileşenler çelik konstrüksiyon içine gizlenmiş motorlar tarafından kontrol edilmektedir. Yıl boyunca binanın cephe bileşenleri sürekli hareket ederek dönüşmekte ve yemyeşil bahçeyi kullanıcılarıyla buluşturmaktadır (URL-91) (URL-92), (Şekil 5.48.).



Şekil 5.48. Ballet Mechanique (URL-91)

5.6.2.4. Dönerek Hareket Etme

Dönme hareketi sistemdeki sabit ve bunlara bağlı hareketli elemanların bir aks üzerinde veya çevresinde gerçekleştirdiği harekettir. Dönme hareketi farklı

ölçeklerde gerçekleşebilmektedir. Yapı bütünüyle dönebileceği gibi yapı bünyesindeki parçalar da dönerek hareket edebilmektedir.

Tahran'da 2014 yılında inşa edilen Sharifa-ha Evi dönerek hareket eden mekanizmalar içeren bir kinetik mimarlık örneğidir. Sıcak iklim şartlarının etkisiyle tasarımcıları koşulları değişebilen mekan kullanımına yönlendirmiştir. Yazın güneşten sakınılmış, kışın da güneşe yönelmiş bir mekan elde edebilmek için ve kat planlarının işlevsel senaryolarına göre değişiklik gösteren hareketli döşemelerle desteklenmiş hacimler kurgulanmıştır. Kahvaltı odası (birinci katta), misafir odası (ikinci katta) ve çalışma odası (üçüncü katta) 90 derece yatay olarak dönebilmektedir. Bu bağlamda Sharifi-ha binası yaz aylarında geniş terasları ile açık, şeffaf bir mekan buna karşılık soğuk kış aylarında kendini kapatarak minimum açıklıklı mekanlar sunmaktadır. Yapıda, daha çok sergi ve fuar alanlarında platformları hareket ettirmek için kullanılan mekanik sistemle hacimler hareketlendirilmiştir (Şekil 5.49.).



Şekil 5.49. Sharifa-ha Evi (URL-93)

On katlı bir banka ofis binası olan Place 1 binasında dönerek hareket edebilen cephe elemanları mevcuttur. Aynı zamanda halkın kullanabileceği, çeşitli kültürel hizmetler sağlayan açık alanlar da içermektedir. Doğanın çevresel değişikliklere uyum sağlama yeteneğinden dolayı binalar da canlıların ve doğanın sistemlerini taklit ederek sürdürülebilir ve çevreye uyumlu hale gelebilmektedir. Place 1 binasının cephe tasarımı bu fikir doğrultusunda yapılmıştır ve sonuç olarak biyolojik biçim ve işlevden yaralanan kinetik bir mimari üretilmiştir. Binanın cephesi, 178 parça UHPC'den (ultra yüksek performanslı beton) yapılmış ahtapot vantuzlarını andıran bir dış strüktür ve cam giydirme iç duvardan oluşmaktadır. Vantuz şeklindeki her bir dış parça 2 m çapında 178 tane yuvarlak disk ile donatılmıştır. Güneş ışınımını ve havalandırmayı kontrol etmek amacıyla diskler güneş enerjisini kullanarak dönmektedir. Kinetik biçimli bu cephe tasarımı sanki yaşayan bir organizmaymış gibi canlılık hissi vermektedir (Lee, 2021), (Şekil 5.50.).



Şekil 5.50. KEB Hana Bank Place 1 genel görünümü ve disklerin hareketi (URL-94, URL-95)

5.6.3. Kinetik Elemanların Hareket Ölçeğinin Mimari Biçim Oluşumuna Etkisi

Hareket prensiplerinin yanı sıra hareketin elemanla ilişkisi de biçim oluşturma şeklini etkilemektedir. Bu bakımdan hareketin eleman ya da bileşen ölçeğinde olmasının biçimi etkilediği söylenebilir.

Yapı bileşenleri; yapı malzemesi ve parçalarının birleştirilmesi ile oluşan ve yapı bütünü içerisinde belirli bir işlevi bulunan yapı gereçleri (kapı, pencere, kaplama, çelik eleman, çatı makası vb.) olarak tanımlanabilmektedir. Bir yapının biçimlendirilmiş yapı malzemelerinden oluşan elemanter parçalarına yapı bileşeni denilmektedir.

Yapı elemanları; yapının iç ve dış mekanlarından bir veya birçoğunu oluşturma, bağlama veya birleştirme amacıyla çeşitli yöntemlerle bir araya getirilen yapı malzemeleri ve/veya bileşenlerinin oluşturduğu büyük yapı parçalarıdır (Türkçü, 2015). Türkçü'ye göre yapı elemanları döşeme, çatı, duvar, temel gibi mekanın tamamını veya büyük bir kısmını tanımlayabileceği gibi mekanı kısmen sınırlayan işlev kazanmış taşıyıcı elemanlar da olabilir. Bu kapsamda eleman ve bileşen ölçeğinde hareket sayesinde kinetik unsurların mimari biçimi oluşturma potansiyelleri örnekler yardımıyla incelenmiştir.

Singapur'un tropikal iklimine alışmış ziyaretçiler için mevsimsel değişim deneyimi yaşatmayı amaçlayan ve çeşitli botanik bahçelere sahip olan Cooled Conservatories at Gardens by the Bay adlı yapı kompleksi 20.000 m^2'nin üzerinde bir alanı kaplamakta ve körfez kıyısından 58 m yüksekliğe ulaşmaktadır. Yapı, her türlü pasif iklim kontrol tekniklerine önem verilerek sürdürülebilir bakış açısıyla tasarlanmıştır. İç mekandaki hava durumunu verimli bir şekilde korumak için binaya bilgisayar kontrollü gölgeleme sistemi ve soğutma teknolojileri entegre edilmiştir. Sürdürülebilirlik ilkelerinin ve kinetik ögelerin bu derece büyük boyutlu bir yapıda kullanılması oldukça dikkat çekicidir. Sera binasının kinetik örtü sisteminde bileşen ölçeğinde hareket gerçekleşmektedir. Çatıya entegre edilen mekanik sistem sayesinde hareket edebilen kumaş malzemeler iklimlendirme işlevi sağlamaktadır (Şekil 5.51.).



Şekil 5.51. Bileşen ölçeğinde harekete örnek, Cooled Conservatories at Gardens by the Bay (URL-96)

Zaha Hadid Architects tarafından tasarlanan Al Janoub Stadium'un kinetik çatısı eleman ölçeğinde harekete örnek olarak verilebilir (Şekil 5.52.). Çalıştırılabilir çatı, Schlaich Bergermann Partner tarafından tasarlanmış olup stadyumun yaz aylarında kullanılmasına olanak tanımaktadır. PTFE kumaş ve kablolar kullanılarak inşa edilen çatı, oyun alanının üzerindeki oculusu örtmek ve yaz aylarında futbol için uygun ortam yaratmak amacıyla bir yelken gibi hareket etmektedir. Yanı sıra rüzgar tüneli testleri ve bilgisayar modellemesi ile birlikte pasif tasarım ilkeleri de kullanılarak seyirci ve oyuncunun konforunu en üst düzeye çıkarmak amaçlanmıştır.



Şekil 5.52. Eleman ölçeğinde harekete örnek, Al Janoub Stadium (URL-97)

6. KİNETİK YAPI ELEMANLARININ MİMARİ BİÇİMİN OLUŞUMUNA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

6.1. Uygulama Çalışmasının Materyali ve Metodu

Üçüncü Endüstri Devrimi'ni sonlarıyla Dördüncü Endüstri Devrimi'ne geçiş esnasında teknolojik alanda büyük bir gelişme olmuştur ve dolayısıyla bu ilerlemeler yapı sektörüne yansımıştır. Endüstri 4 ile birlikte ulaşılan teknolojik seviyenin yapı üretimine aktarılması, yapı üretim teknolojilerinde ve yapı kullanım süreçlerinde teknolojik unsurların daha çok öne çıkmasına sebep olmuştur. Bu kapsamda mimarlık literatüründe belirli bir amaçla kinetik elemanların kullanıldığını ifade eden mimari projeler yurt içi ve yurt dışı kaynaklardan araştırılmıştır. Üçüncü Endüstri Devrimi'nin sonlarından günümüze kadar geçen süreçte kinetik özellikleriyle öne çıkan 33 tane kinetik bina tespit edilmiş ve değerlendirilmeye dahil edilmiştir. Yapılar hakkında mimarın, başka araştırmacıların veya eleştirmenlerin yazdığı kritikler, yorumlar vb. veriler materyal olarak derlenmiş ve yapılara ilişkin planlara, kesitlere, görünüşlere, üç boyutlu modellemelere ve fotoğraflara erişilerek bunlar üzerinden çalışmanın materyali oluşturulmuştur.

Çalışmanın amacı kinetik elemanların mimari biçim oluşturmaya etkisinin değerlendirilmesidir. Bu kapsamda elde edilen bilgiler ışığında tezin önceki bölümlerinde sunulan veya tartışılan, İnan (2014)'ün tespit ettiği hareketin amacı parametreleri (fiziksel çevre denetimi, fonksiyonel değişebilirlik-esneklik, enerji üretimi, bilgilendirme- etkileşim ve estetik) ve kinetik mimari konseptler (uyarlanabilir- tepkimeli, etkileşimli, mobil) değerlendirmeye dahil edilmiştir. Dolayısıyla örneklerin hangi amaçla ve konseptle tasarlandığı saptanmıştır. Bunun yanı sıra çalışmanın özgün kısmını oluşturan biçim oluşturmada kinetik elemanların rolü için yapı ölçeğinde değerlendirme yapılmıştır. Bu bağlamda kinetik mimarlık literatüründe yer alan, önceki araştırmacıların yaptıkları sınıflandırmalar üzerinden hareketin hangi mimari ögede gerçekleştirildiği ve kinetik yapı elemanlarının biçim

oluşturma şekli analiz edilmiş ardından hareketin yapıda hangi ölçekte gerçekleştiği bulunmaya çalışılmıştır.

6.2. Bulgular

Tez çalışması kapsamında önceki bölümlerde incelenen 33 tane örnek projelerdeki teknolojik unsurların neler olduğunu ve projelerin hangi amaçlarla hareket ettiğini, hangi kinetik mimari konsepte dahil olduğunu ve kinetik elemanların biçim oluşturmaya etkileri tespit edilmiş ve yapılar kronolojik olarak sıralanarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular Çizelge 6.1. Analiz Tablosu'nda verilmeye çalışılmıştır.

Çizelge 6.1. Analiz Tablosu

Görsel	Projenin Künyesi	Projelerdeki Teknolojik Ögeler	Hareketin Amacı	Kinetik Mimari Konseptler	Kinetik Elemanların Mimari Biçim Oluşumuna Etkisi		
					Kinetik Yapı Elemanları	Biçim Oluşturma Şekli	Hareket Ölçeği
	**BC Place Stadium (1983)** Mimar/Ofis: Stantec Lokasyon: Vancouver, Kanada Fonksiyon: Spor Merkezi	• Pnömatik olarak stabilize edilmiş membran yastık • Fan üniteleri • Vinç sistemi	Gece veya gündüz, yağmur veya güneş ışığı gibi atmosferik durumları kontrol ederek fiziksel çevre kontrolü sağlamaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Çatı	Kayarak	Eleman
	**Domespace (1988)** Mimar/Ofis: Catherine ve Patrick Marsilli Lokasyon: Quimper, Fransa Fonksiyon: Konut	• Güneş paneli • Sürdürülebilir ahşap • Tahrik Motoru • Prefabrik yapı tekniği	Güneş ışığından yararlanmak veya korunmak amacıyla hareket ederek fiziksel çevre kontrolü sağlamaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari ve Mobil Mimari	Çatı, döşeme, cephe (Bütünsel hareket)	Dönerek	Eleman
	**Seagaia Ocean Dome (1993)** Mimar/Ofis: Kobe Shipyard & Machinery Works Lokasyon: Miyazaki, Japonya Fonksiyon: Yüzme Havuzu	• Bir çift ray mekanizması • Tahrik Motoru	İklimsel konfor koşullarını kontrol etmek amacıyla hareket ederek fiziksel çevre kontrolü sağlamaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Çatı	Kayarak	Eleman
	**Quadracci Pavilion (2001)** Mimar/Ofis: Santiago Calatrava Lokasyon: Milwaukee, ABD Fonksiyon: Pavilyon	• Çelikten yapılmış güneş kırıcı elemanlar • Rüzgar sensörü	Kinetik yapısıyla ısıyı ve ışığı kontrol eden bina fiziksel çevre denetimi sağlamakta ve estetik etki oluşturmaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Çatı	Açılıp- kapanarak	Eleman
	**Hoberman Arch (2002)** Mimar/Ofis: Chuck Hoberman Lokasyon: Salt Lake City, ABD Fonksiyon: Sahne Kemeri	• Yarı saydam panel • Motor kontrollü kablo ağı	Fiziksel çevre denetimi sağlamak amacıyla değişen dış ortam koşullarına adapte olabilen bu yapı görsel çeşitlilik oluşturmaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Cephe	Açılıp- kapanarak	Eleman ve Bileşen

Çizelge 6.1. Analiz Tablosu (devamı)

Görsel	Projenin Künyesi	Projelerdeki Teknolojik Ögeler	Hareketin Amacı	Kinetik Mimari Konseptler	Kinetik Elemanların Mimari Biçim Oluşumuna Etkisi		
					Kinetik Yapı Elemanları	Biçim Oluşturma Şekli	Hareket Ölçeği
	**Bengt Sjostrom Starlight Theatre (2003)** Mimar/Ofis: Studio Gang Lokasyon: Rockford, ABD Fonksiyon: Kültürel Yapı	• Tahrikli motor	Kapalı, yarı açık veya tamamen açık bir mekan kullanımına izi vererek fiziksel çevre denetimi sağlamaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Çatı	Açılıp- kapanarak	Eleman
	**Biokatalyse Laboratory (2004)** Mimar/Ofis: Ernst Giselbrecht Lokasyon: Graz, Avusturya Fonksiyon: Laboratuvar	• Delikli, yarı saydam, renkli ve hafif cephe elemanları • Manuel olarak kontrol edilmektedir	Renkli panjurların ışık geçirgenliğini değiştirme ve iç mekandaki güneş ısısı kazanımını azaltma özellikleri fiziksel çevre denetimi ve görsel/estetik etki sağlamaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Cephe	Katlanarak	Bileşen
	**Kiefer Technic Showroom (2007)** Mimar/Ofis: Ernst Giselbrecht ve Ekibi Lokasyon: Graz, Avusturya Fonksiyon: Ofis Binası ve Sergi Alanı	• Alüminyum gölgeleme elemanı • Işık sensörü • Tahrikli motor • Elektronik sistem	İç mekanda ısı ve ışık kontrolü için hareketlendirilen yapı, fiziksel çevre denetimi ve görsel/estetik çeşitlilik sağlamaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Cephe	Katlanarak	Bileşen
	**Greenway Self Park (2009)** Mimar/Ofis: HOK Lokasyon: Chicago, ABD Fonksiyon: Kapalı Otopark	• Rüzgar türbinleri	Rüzgardan yüksek oranda yararlanmak amacıyla binaya entegre edilen rüzgar türbinlerinden enerji üretilmektedir.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Cephe	Dönerek	Bileşen
	**Wimbledon Tennis Court (2009)** Mimar/Ofis: Capita Symonds Lokasyon: Londra, UK Fonksiyon: Tenis Kort	• Özel olarak üretilen çatı örtüsü • Hidrolik aktüatör	İstendiğinde açılabilen çatı örtüsü sayesinde fiziksel çevre denetimi sağlamaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Çatı	Katlanarak	Eleman

Çizelge 6.1. Analiz Tablosu (devamı)

Görsel	Projenin Künyesi	Projelerdeki Teknolojik Ögeler	Hareketin Amacı	Kinetik Mimari Konseptler	Kinetik Elemanların Mimari Biçim Oluşumuna Etkisi		
					Kinetik Yapı Elemanları	Biçim Oluşturma Şekli	Hareket Ölçeği
	**Thyssenkrupp Headquarter (2010)** Mimar/Ofis: JSWD Architekten + Chaix & Morel et Associés Lokasyon: Essen, Almanya Fonksiyon: Yönetim Merkezi	• Alüminyum panel • Işık sensörü • Tahrikli motor	Kinetik gölgeleme elemanları fiziksel çevre denetimi ve görsel/estetik etki sağlamaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Cephe	Dönerek	Bileşen
	**Galleria Centercity (2010)** Mimar/Ofis: UNStudio Lokasyon: Cheonan, Korea Fonksiyon: Alışveriş Merkezi	• Kompozit alüminyum cephe kaplama • Bilgisayar teknolojileriyle oluşturulan aydınlatma tasarımı	Optik bir yanılsama yaratmak amaçlı farklı renklere ve dinamik bir görünüme dönüşen tasarım bilgi aktarımı sağlama ve iletişim aracı olarak kullanılmaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Cephe		Bileşen
	**Oklahoma Medical Research Foundation (2012)** Mimar/Ofis: Perkins Will Architects Lokasyon: Oklahoma, ABD Fonksiyon: Araştırma Enstitüsü	• Rüzgar türbinleri	Rüzgardan yüksek oranda yararlanmak amacıyla binaya entegre edilen rüzgar türbinlerinden enerji üretilmektedir.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Çatı	Dönerek	Bileşen
	**Moving Landscapes (2012)** Mimar/Ofis: Matharoo Associates Lokasyon: Ahmedabad, Hindistan Fonksiyon: Konut	• Mermer panel • Tahrikli motor	Kullanıcıların konutlarında ışık, havalandırma ve mahremiyet miktarını değiştirmelerine imkan tanıyarak fiziksel çevre denetimi ve görsel/estetik etki sağlamaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Cephe	Kayarak ve Dönerek	Bileşen
	**One Ocean Thematic Pavilion (2012)** Mimar/Ofis: SOMA Lima Lokasyon: Yeosu, Güney Kore Fonksiyon: Pavilyon	• Cam elyaf takviyeli polimerden yapılmış lameller • Işık ve sıcaklık sensörü • Motorlu tahrik	İklim kontrolü ve mekanda aydınlık düzeyinin sağlanmasında kullanılan hareketlilik fiziksel çevre denetimi ve görsel/estetik çeşitlilik sağlamaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Cephe	Dönerek	Bileşen

Çizelge 6.1. Analiz Tablosu (devamı)

Görsel	Projenin Künyesi	Projelerdeki Teknolojik Ögeler	Hareketin Amacı	Kinetik Mimari Konseptler	Kinetik Elemanların Mimari Biçim Oluşumuna Etkisi		
					Kinetik Yapı Elemanları	Biçim Oluşturma Şekli	Hareket Ölçeği
	**Gardens by the Bay (2012)** Mimar/Ofis: Wilkinson Eyre Architects Lokasyon: Singapur Fonksiyon: Sera	• Merkezi Sensör • Motorlu Tahrik	İç mekanda iklim kontrolü sağlama amacıyla kinetik gölgeleme sistemi kullanılmaktadır. Yanı sıra mekanik sistem görsel açıdan da oldukça dikkat çekicidir.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Çatı	Kayarak	Bileşen
	**MegaFaces (2014)** Mimar/Ofis: Asif Khan Lokasyon: Sochi, Rusya Fonksiyon: Sergi	• Dijital teknoloji • Mekanik aktüatör • RGB-Led uçlu aparatlar	Bilgilendirme ve Etkileşim sağlama amacıyla, bina kinetik elemanlar kullanılarak interaktif bir eleman olarak biçimlendirilmiştir.	Etkileşimli Mimari	Cephe		Bileşen?
	**SDU Campus Kolding Binası (2014)** Mimar/Ofis: Henning Larsen Lokasyon: Kolding, Danimarka Fonksiyon: Üniversite	• Işık ve sıcaklık sensörü • Alüminyum cephe panelleri	Değişen ısı ve ışığa tepki olarak hareket ederek fiziksel çevre denetimi sağlamakta ayrıca kinetik yapı ögeleri görsel/estetik etki oluşturmaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Cephe	Açılıp- kapanarak	Bileşen
	**Sharifi-ha House (2014)** Mimar/Ofis: NextOffice–Alireza Taghaboni Lokasyon: Tahran, İran Fonksiyon: Konut	• Mekanik sistem	Kinetik ögeler; yazın güneşten sakınmış, kışın da güneşe yönelmiş mekan tasarımına imkan tanıyarak fiziksel çevre denetimi, kat planlarının işlevsel senaryolarında değişikliğe izin vererek ise fonksiyonel değişebilirlik/esneklik sağlamaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Cephe ve döşeme	Dönerek	Eleman
	**Ecocapsule (2015)** Mimar/Ofis: Ecocapsule Holding Lokasyon: Bratislava, Slovakya Fonksiyon: Çok Amaçlı	• Yalıtımlı fiberglas kabuk • Rüzgar türbini • Güneş paneli • Akıllı ev sistemleri	Farklı konumlarda ve çeşitli amaçlarda kullanıma olanak tanıyan Ecocapsule fonksiyonel değişebilirlik sağlamaktadır.	Mobil Mimari			

Çizelge 6.1. Analiz Tablosu (devamı)

Görsel	Projenin Künyesi	Projelerdeki Teknolojik Ögeler	Hareketin Amacı	Kinetik Mimari Konseptler	Kinetik Elemanların Mimari Biçim Oluşumuna Etkisi		
					Kinetik Yapı Elemanları	Biçim Oluşturma Şekli	Hareket Ölçeği
	**Waternest 100 (2015)** Mimar/Ofis: Giancarlo Zema Design Group Lokasyon: Birleşik Krallık Fonksiyon: Ofis, restoran veya konut	• Fotovoltaik paneller • Otomatik ısı ve havalandırma kontrol sistemi	Enerjisini tamamıyla güneş enerjisinden sağlayan tasarım, su üstünde yaşam konseptiyle tasarlanmıştır	Mobil Mimari			
	**The Dancing Pavilion (2016)** Mimar/Ofis: Estudio Guto Requena Lokasyon: Rio de Janeiro, Brezilya Fonksiyon: Pavilyon	• Etkileşimli teknoloji • Ses- hareket sensörü • Motorlu yuvarlak aynalar	Müziğin ritmini ve insanların hareketini algılayarak hareket gerçekleştiren yapı bilgilendirme ve etkileşim amacı taşımaktadır. Uyarılar karşısında efektler yaratan sistem Görsel/ Estetik etki oluşturmaktadır.	Etkileşimli Mimari	Cephe	Dönerek	Bileşen
	**Garden House (2016)** Mimar/Ofis: Caspar Schols Lokasyon: Eindhoven, Hollanda Fonksiyon: Konut	• Bir çift ray mekanizması • Manuel olarak kontrol edilmektedir	Işık kontrol etmek ve yağmurdan korunma amacıyla kullanılan kinetik elemanlar fiziksel çevre denetimi sağlamaktadır. Kinetik durum kapalı ve açık mekan kullanımına izin vererek fonksiyonel esneklik oluşturmaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Cephe ve çatı	Kayarak	Eleman
	**La Seine Musicale (2017)** Mimar-Ofis: Shigeru Ban architects Lokasyon: Billancourt, Fransa Fonksiyon: Müzik ve Sahne Sanatları Merkezi	• Fotovoltaik panel kaplı kabuk • Ray sistemi	Fotovoltaik panelle kaplı yapı ögesi güneşin hareketi doğrultusunda yer değiştirerek güneşten enerji üretmektedir.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Cephe	Kayarak	Eleman
	**Ballet Mechanique (2017)** Mimar/Ofis: Manuel Herz Architects Lokasyon: Zürih, İsviçre Fonksiyon: Konut	• Renkli metal panel • Hidrolik aktüatör	Güneşten korunma ve balkon oluşturma amacıyla kullanılan kinetik sistem fonksiyonel değişebilirlik ve fiziksel çevre denetimi sağlamaktadır. Yanı sıra dikkat çekici biçim oluşumuyla yapıya estetik değer katmaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Cephe	Açılıp- kapanarak	Bileşen

Çizelge 6.1. Analiz Tablosu (devamı)

Görsel	Projenin Künyesi	Projelerdeki Teknolojik Ögeler	Hareketin Amacı	Kinetik Mimari Konseptler	Kinetik Elemanların Mimari Biçim Oluşumuna Etkisi		
					Kinetik Yapı Elemanları	Biçim Oluşturma Şekli	Hareket Ölçeği
	**KEB Hana Bank Place 1 (2017)** Mimar/Ofis: The System Lab Lokasyon: Seul, Güney Kore Fonksiyon: Ofis Binası	• Cepheye entegre disk elemanları • Ultra Yüksek Performanslı Betondan (UHPC) • Prefabrik modüller	Güneş ışınımını ve havalandırmayı kontrol etmek amacıyla güneş enerjisini kullanarak hareket eden yapı unsurları fiziksel çevre denetimi ve görsel çeşitlilik sağlamaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Cephe	Dönerek	Bileşen
	**Quadrant House (2018)** Mimar/Ofis: KWK Promes Lokasyon: Polonya Fonksiyon: Konut	• Ray mekanizması • Tam otomatik mekanizma	Güneş ışığı kontrolü için hareket gerçekleştirmesi fiziksel çevre denetimi, hareketli mekanın farklı mekanlara entegre olabilmesi ise fonksiyonel esneklik sağlamaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Döşeme	Kayarak	Eleman
	**The Shed (2019)** Mimar/Ofis: Diller Scofidio + Renfro, Rockwell Group Lokasyon: Newyork, ABD Fonksiyon: Kültür Merkezi	• Üstün yalıtımlı ETFE kabuk • Bir çift ray mekanizması	Fonksiyonel değişebilirlik/esneklik sağlamak amacıyla kinetik tasarım unsurları yapının sınırlarının genişlemesini, daralıp büyümesini, farklı kullanımların ve etkinliklerin gerçekleşmesine olanak tanımaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Cephe ve çatı	Kayarak	Eleman
	**First Light Tiny House (2019)** Mimar/Ofis: First Light Studio Lokasyon: Yeni Zelanda Fonksiyon: Konut	• Tekerlekli hareket sistemi • Römork sistemi • Güneş Paneli	Yer değiştirebilme özelliği farklı konumlarda kullanıma olanak tanımaktadır.	Mobil Mimari			
	**Al Janoub Stadium (2019)** Mimar/Ofis: Zaha Hadid Architects Lokasyon: Al Wakrah, Katar Fonksiyon: Stadyum	• PTFE kumaş • Kablo sistemi	Yapının yaz aylarında kullanımına imkan tanıyan hareketli çatı sistemi kullanıcı konforunu artırmakta ve fiziksel çevre kontrolü sağlamaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Çatı	Kayarak	Eleman

Çizelge 6.1. Analiz Tablosu (devamı)

Görsel	Projenin Künyesi	Projelerdeki Teknolojik Ögeler	Hareketin Amacı	Kinetik Mimari Konseptler	Kinetik Elemanların Mimari Biçim Oluşumuna Etkisi		
					Kinetik Yapı Elemanları	Biçim Oluşturma Şekli	Hareket Ölçeği
	**UAE Pavilyon (2021)** Mimar/Ofis: Santiago Calatrava Lokasyon: Dubai, Birleşik Arap Emirlikleri Fonksiyon: Sergi ve Ticaret Merkezi	• Hidrolik aktüatör • Fotovoltaik Paneller	Kinetik sistem binayı kum fırtınalarından ve yağmurdan koruyarak fiziksel çevre denetimi ve estetik zenginlik sağlamaktadır. Fotovoltaik paneller güneş ışığını emerek enerji toplamaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Çatı	Açılıp kapanarak	Bileşen
	**Da Vinci Kulesi (Tasarım Aşamasında)** Mimar/Ofis: David Fisher Lokasyon: Dubai, Birleşik Arap Emirlikleri Fonksiyon: Rezidans ve Ofis	• 360° döner mekanizma • Prefabrik üniteler • Rüzgar türbinleri • Güneş panelleri	Güneş panelleri ve katlar arasına entegre edilen rüzgar türbinlerinden enerji üretilmektedir. Dinamik kule görsel açıdan da oldukça dikkat çekicidir.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Döşeme ve cephe	Dönerek	Eleman
	**Villa Hush Hush (Konsept Proje)** Mimar/Ofis: Marks Barfield Fonksiyon: Rezidans, Otel	• Kaldırma mekanizması • Tahrik Motoru	Kullanıcıların alandaki manzarayı farklı yönlerden izleyebilmeleri sağlanmaktadır. Yanı sıra kinetik durum yapıya görsel/estetik zenginlik katmaktadır.	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Döşeme	Kayarak	Eleman

Teknolojik ögeler ve kinetik kriterler doğrultusunda değerlendirilen yapılar Çizelge 6.2.'de özetlenmiştir. Çizelge 6.1. Analiz Tablosu'na ve Çizelge 6.2. Sonuç Değerlendirme Tablosu'na dayanarak aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır:

- Teknolojik gelişmeler mimaride biçim, strüktür, malzeme, enerji verimliliği gibi birçok alanda etkili olduğu tespit edilmiştir. Gelişmiş teknolojiler ve bilgisayar teknolojileri kinetik tasarımlara biçimde ve kullanımda çeşitli olanaklar tanıyarak kullanıcı konforunu artırmayı sağlamıştır.
- Literatür taramasıyla elde edilen kinetik yapılar 20.yy ve 21.yy'a ait binalar olup 21.yy'da kinetik mimari anlayışın yaygınlaştığı ve sayılarının arttığı anlaşılmıştır. Ayrıca bu projeler dünyanın çeşitli ülkelerinde pavilion, kültür merkezi, otopark, eğitim yapısı, müzik ve sahne sanatları merkezi, rezidans, ofis, alışveriş merkezi, müze, konut, üniversite, sergi, spor merkezi, yüzme havuzu, otel ve laboratuvar gibi çok farklı fonksiyonlar için tercih edilmektedir.
- Kinetik projelerin yapıldığı dönemin teknolojik olanakları doğrultusunda şekillendiği ve elde edilen verilere göre 33 örneğin 25 tanesinin (~%75) fiziksel çevre denetimi sağlama amacıyla tasarlandığı görülmektedir. İncelenen örneklerde hafif, dayanıklı veya yarı saydam malzeme çeşitleri, rüzgar, ısı, ışık, ses ve hareket sensörleri, hareketli mekanizmalar, fotovoltaik piller, güneş panelleri, tahrik motorları, hidrolik aktüatörler, güneş kırıcı elemanlar, ray mekanizması gibi çok çeşitli teknolojik ögeler kullanılmıştır. Özellikle fiziksel çevre denetimi sağlama amacıyla tasarlanan kinetik yapılarda ısı ve ışık sensor kullanımının yaygın olduğu görülmüştür. Bu bağlamda kinetik sistem uygulamalarında iç mekan konforu ve enerji tasarrufu sağlamak için

çevresel faktörlerden yararlanma veya sakınma fikri daha ön plana çıkmaktadır. Yanı sıra bu projelerde kinetik yapı elemanlarının amaca yönelik olarak hafif, sağlam, akıllı vb. özelliklerde seçilmesi hareketi destekleyici bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

- Yapılan analiz sonucunda bir binada hareket sadece bir yapı elemanında görülebileceği gibi iki veya üç yapı elemanında da görülebilmektedir. Çalışma kapsamında incelenen kinetik tasarım örneği olan yapılar, işlevlerinden bağımsız olarak değerlendirildiğinde, 33 örneğin 19 tanesinde (~%60) kinetik tasarım uygulamalarının cephe biçimlenmesinde kullanıldığı görülmüştür. Bu durumun özellikle kinetik elemanların kullanım olanaklarıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Ekolojik tutum, yeşil bina tasarımı, enerji korunumlu yapı tasarımı yaklaşımlarının yaygın ve önemli bulunduğu günümüzde kinetik tasarımın bu yönlü tasarımlara olanak sağladığı, bu nedenle de örneklerin daha çok cephe biçimlenişinde etkili olduğu söylenebilir. Cephelerde yaygın olarak kullanımının bir diğer nedeninin ise görsel ve estetik biçimlenme bakımından kinetik tasarımın sonsuz alternatifler üretmesi hatta yapı inşa edilip tamamlansa bile anlık fiziksel koşullara göre yapının biçim değiştirebilir olmasıdır. Bu durum hem tasarımcı hem de kullanıcı bakımından oldukça cazip bir olanaktır.
- İncelenen projelerden çıkarılabilecek bir diğer sonuca göre ise en çok dönme ve kayma hareketlerinin tercih edildiği gözlemlenmiştir. Değerlendirilen 33 projenin 10 tanesinde (~%30) dönme hareketi, 10 tanesinde (~%30) ise kayma hareketi görülmüştür. Hareket prensiplerinin yanı sıra hareketin eleman ya da bileşen ölçeğinde olmasının da biçimi etkileyen bir faktör olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışma kapsamında incelenen projelerin hareket ölçeklerine

bakıldığında ise eleman ve bileşen ölçeği arasında dengeli bir dağılım mevcuttur.

- Uyarlanabilir- tepkimeli mimarlıkta iklim koşullarına ve insan ihtiyaçlarına uyum sağlama amacıyla bu yapılarda kinetik elemanlar kullanılmaktadır. Etkileşimli yapılar kullanıcısıyla aktif bir diyalog içinde bulunan binalar olup algıya sahiptir. Mobil mimarlık ise aynı ortamda sabit durma zorunluluğu olmayan başka ortamlara çeşitli yöntemlerle taşınabilen yapıları kapsamaktadır. Çalışma konseptler bağlamında ele alındığında uyarlanabilir-tepkimeli ve etkileşimli mimarlık konularının biçim oluşumuna etkisi saptanmıştır. Bilakis, sonuç değerlendirme tablosunda mobil örneklerin biçime etki eden değerlendirme kriterleri işaretlenmemiş olduğu için biçim oluşumuna etkisi olmadığı tespit edilmiştir. İncelenen örneklerin neredeyse tamamına yakını uyarlanabilir- tepkimeli yapılardır. Dolayısıyla en çok işaretlemenin olduğu bu grubun biçim oluşumuna etkisi fazladır.

Sayısal veriler örneklem grubunun profiliyle belirlenmiştir. Örneklem grubundaki değişiklikle bu değerlerin değişebileceği dikkate alınmalıdır.

Çizelge 6.2. Sonuç Değerlendirme Tablosu

PROJE ADI	HAREKETİN AMACI					KİNETİK ELEMANLARIN MİMARİ BİÇİM OLUŞUMUNA ETKİSİ									KİNETİK MİMARİ KONSEPTLER		
						Kinetik Yapı Elemanları			Biçim Oluşturma Şekli				Hareket Ölçeği				
	Fiziksel Çevre Denetimi	Fonksiyonel Değişebilirlik-Esneklik	Enerji Üretim	Görsel/ Estetik	Bilgilendirme ve Etkileşim	Çatı	Döşeme	Cephe	Kayarak	Katlanarak	Açılıp Kapanarak	Dönerek	Eleman	Bileşen	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Etkileşimli Mimari	Mobil Mimari
BC Place Stadium	X					X			X				X		X		
Domespace	X					X	X	X				X	X		X		X
Seagaia Ocean Dome	X					X			X				X		X		
Quadracci Pavilion	X			X		X					X		X		X		
Hoberman Arch				X				X			X		X	X	X		
Bengt Sjostrom Starlight Theatre	X					X					X		X		X		
Biokatalyse Laboratory	X			X				X		X				X	X		
Kiefer Technic Showroom	X			X				X		X				X	X		
Greenway Self Park	X		X					X				X		X	X		
Wimbledon Tennis Court	X					X				X			X		X		
Thyssenkrupp Headquarter	X			X				X				X		X	X		
Galleria Centercity					X			X						X	X		
Oklahoma Medical Research Foundation	X		X			X						X		X	X		
Moving Landscapes	X			X				X	X			X		X	X		
One Ocean Thematic Pavilion (2012)	X			X				X				X		X	X		
Gardens by the Bay	X			X		X			X					X	X		

Çizelge 6.2. Sonuç Değerlendirme Tablosu (devam)

PROJE ADI	HAREKETİN AMACI					KİNETİK ELEMANLARIN MİMARİ BİÇİM OLUŞUMUNA ETKİSİ									KİNETİK MİMARİ KONSEPTLER		
						Kinetik Yapı Elemanları			Biçim Oluşturma Şekli				Hareket Ölçeği				
	Fiziksel Çevre Denetimi	Fonksiyonel Değişebilirlik-Esneklik	Enerji Üretim	Görsel/ Estetik	Bilgilendirme ve Etkileşim	Çatı	Döşeme	Cephe	Kayarak	Katlanarak	Açılıp Kapanarak	Dönerek	Eleman	Bileşen	Uyarlanabilir-Tepkimeli-Mimari	Etkileşimli Mimari	Mobil Mimari
MegaFaces					X			X						X		X	
SDU Campus Kolding Binası	X			X				X			X			X	X		
Sharifi-ha House	X	X		X			X	X				X	X		X		
Ecocapsule		X															
Waternest 100		X															X
The Dancing Pavilion				X	X			X				X		X		X	X
Garden House	X	X				X		X	X				X		X		
La Seine Musicale	X		X					X	X				X		X		
Ballet Mechanique	X	X		X				X			X			X	X		
KEB Hana Bank Place 1	X			X				X				X		X	X		
Quadrant House	X	X					X		X				X		X		
The Shed		X				X		X	X				X		X		
First Light Tiny House		X															X
Al Janoub Stadium	X					X			X				X		X		
UAE Pavilyon	X		X	X		X					X			X	X		
Da Vinci Kulesi	X		X	X			X	X				X	X		X		
Villa Hush Hush	X			X			X		X				X		X		

7. SONUÇ

Geçmiş zamanlardan bu yana mimaride teknolojinin katkısıyla farklı boyutlara ulaşan kinetik yapı elemanlarının biçim oluşumuna etkisinin irdelenmesi tez çalışmasının konusunu oluşturmaktadır. Araştırmanın işlenişi ve içeriği önceden belirlenen araştırma soruları doğrultusunda şekillenmiştir. Bu çerçevede teknoloji ve mimarlık ilişkisi, kinetik mimari kavramı ve gelişimi, kinetik eleman kullanma amacı, kinetik mimari konseptler ve biçim oluşumunda kinetik elemanların rolü konuları ele alınmıştır. Yanı sıra konu başlıklarına uygun olarak seçilen kinetik örnekler detaylı bir şekilde incelenerek konular pekiştirilmiştir.

Tez çalışması kapsamında teknolojik altyapıyla oluşan kinetik elemanları mimari biçim oluşumuna etkisini değerlendirmek amacıyla kinetik özellikleriyle öne çıkan ve belli bir amaç için tasarlanan kinetik yapılar analiz edilmiştir. Bu çerçevede literatür araştırmaları ve kinetik yapı değerlendirmelerinden elde edilen sonuçlar, araştırma soruları bağlamında değerlendirildiğinde:

1- Teknolojik gelişmeler mimari yapıları hangi düzeylerde etkileyebilir? Sorusuna yanıt olarak teknolojinin mimari biçim oluşumuna; tasarım süreci, yapım süreci ve kullanım aşaması olmak üzere üç düzeyde etki ettiği görülmüştür.

2- Teknolojinin kinetik yapı tasarımındaki önemi nedir? sorusuna yanıt olarak binalarda kinetik elemanların sadece mekan bölücü olarak kullanılmaktan çıkarak amaçlı kullanımının artması ve mimaride hareketliliğin gelişerek çok farklı bir noktalara gelmesi teknolojinin katkısını göstermektedir.

3- Kinetik olma durumu mimari tasarıma hangi açılardan yarar sağlayabilir? sorusuna yanıt olarak mimarların kinetik elemanları; fiziksel çevre denetimi, fonksiyonel değişebilirlik/esneklik, enerji

üretim, görsel-estetik ve bilgilendirme-etkileşim olmak üzere beş farklı niyetle uyguladıkları görülmüştür.

4- Kinetik mimarlık çatısı altında farklı yöntem ve yaklaşımlar içeren hareketli bina konseptlerinden bahsetmek mümkün müdür? sorusuna yanıt olarak literatür taramasıyla mimaride harekete dayalı farklı tasarım yaklaşımları hakkında bilgi elde edilmiştir. Bilgiler ışığında kinetik mimarlığın uyarlanabilir-tepkimeli, etkileşimli ve mobil mimari konseptlerini barındırdığı görülmüştür.

5- Kinetik Elemanların Mimari Biçim Oluşumunda etkisi nedir? sorusuna yanıt olarak kinetik yapı elemanlarının kullanım yerinin, biçim oluşturma şeklinin ve hareket ölçeğinin mimari biçim oluşumunu etkilediği görülmüştür.

6- Kinetik elemanların yapıda kullanım yerleri, şekilleri ve ölçekleri nelerdir? sorusuna yanıt olarak tez kapsamında incelenen projelerde kinetik yapı elemanlarının çatı, cephe ve döşemede kullanılarak; kayma, katlanma, açılıp-kapanma ve dönme hareketi yaparak; eleman ve bileşen ölçeğinde hareket ederek biçim oluşturduğu görülmektedir.

Ulaşılan bulgular kinetik elemanların açıkça mimari biçime görsel çeşitlilik ve zenginlik kattığını göstermektedir. Biçimin zenginleşmesinin yanında kinetik uygulamaların mimari mekânın kullanım değerini de olumlu etkilediği, değişen ve farklılaşan kullanımlara mekanın uyum sağlamasını desteklediği düşünülmektedir. Bu durum yapının değişime uyum sağlayarak sürdürülebilir olma değerini de olumlu yönde etkilemektedir. Öte yandan biçimle olan ilişkisinde kinetik elemanların yapının bağlamıyla ilişki kurmasını desteklediği düşünülmektedir. İçinde bulunduğu coğrafyada ya da koşulda iklimle uyumlu olabilmek, bulunduğu yer ile anlamsal ilişki kurabilmek ya da biçim ve işleviyle konumunu tarif etmek için kinetik elemanların verimli ve kullanışlı bir araç olduğu söylenebilir.

Mimaride kinetik tasarım teknoloji temelli bir yaklaşım olup kinetik mimari ürünler, teknolojik ilerlemelerin takibi ve bu teknolojilerin bağlantılı olduğu robot bilim, yapay zeka ve nanoteknoloji gibi çeşitli alanların işbirliğiyle gelişmektedir. Dolayısıyla kinetik örneklerin daima ekonomik refah düzeyi yüksek, belli bir gelişmişlik seviyesine sahip ülkelerde yaygınlaştığı bir diğer tespittir. Yapılan araştırmalarda ise ülkemizde kinetik yapı uygulamalarının azlığı dikkat çekmektedir. Bu durum kinetik mimarlık alanında çalışmaların artırılması gereğine işaret etmektedir.

Ancak hatırlatmakta fayda var ki teknolojinin sunduğu kolaylıklar ve fırsatlar mimarinin her alanda değişmesine neden olurken, en dikkat çekici şekilde ise yapının biçimlenmesine etki etmektedir. Teknolojinin bu anlamda mimarın yaratıcı tutumunu besleyen ve destekleyen tavrı, mimari ve teknoloji ilişkisini gittikçe birbiri içine geçen, sınırları muğlaklaşan ve nüfuz ettiği alanlardan ayrışması mümkün olmayan hale getirmektedir. Dolayısıyla teknolojide görülen ilerlemenin ve disiplinler arası etkileşimin mimaride kinetik tasarımların çok daha yaygın hale getireceği de vurgulanmalıdır.

KAYNAKLAR

Acharya, A., Gokhale, V. A., 2015. Titanium: A New Generation Material for Architectural Applications. Journal of Engineering Research and Applications, 5(2) (Part -1):22-29.

Addington, D. M., Schodek, D., 2005. Smart materials and new Technologies. Architectural Press, Cambridge, 241s.

Akbaba, A. İ., 2018. Dördüncü Endüstri Devrimine Geçiş Sürecinde Üç Boyutlu Yazıcı Kullanımının Teknoloji Kabul Modeliyle Ölçümlenmesi: Otomotiv Endüstrisinde Bir Araştırma. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Erzurum.

Akipek, Ö. F., İnceoğlu, N., 2007. Bilgisayar Destekli Tasarım ve Üretim Teknolojilerinin Mimarlıktaki Kullanımları. Megaron Dergisi, YTÜ Mimarlık Fakültesi E-Dergisi, 2(4):237- 253.

Alçın, S., 2016. Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4. Jurnal of life Economics, 3(8):19-30.

Arslan, M. E., 2006. 20. Yüzyıl Teknolojik Ütopyalarının, Hareketlilik, Esneklik/Uyabilirlik ve Teknoloji Kavramları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Baktır, S., 2006. Yapı Malzemelerindeki Teknolojik Gelişmelerin Mimari Biçimlenmeye Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Barozzi, M., Lienhard J., Zanelli A., 2016. The Sustainability of Adaptive Envelopes: Developments of Kinetic Architecture. Procedia Engineering, 155: 275-284.

Başar, C., 2014. Mekan Hareketlerinin Fiziksel, Topolojik ve Deneyimsel Bağlamlar Üzerinden İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Batur, K., 2001. Mimarlık-Teknoloji Etkileşimi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Bielefeld, B., El Khouli, S., 2010. Adım Adım Tasarım Fikirleri. Yem Yayınevi, İstanbul.

Bilgin, E., Utkutuğ, G.S., 1999. Tasarım ve Üretim Sürecinde Mimar-Mühendis İşbirliğini Yansıtan Üç Örnek Bina. IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, s.39-58.

Bridges, A. H., 1992. Computer Aided Design or Computers and Design. Computers in Architecture, Ed. Francois Penz, Computers in Architecture: Tools for Design. Longman, London.

Civan, U., 2006. Akıllı Binaların Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Clements-Croome, D., 2004. Intelligent Buildings: Design, Management and Operatation. ICE Publishing, London, 424s.

Çalış, R., 2012. Hareketli Çatıların Yapısal Özelliklerinin Sistematik Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Çerçevik, A. E., Toklu, Y.C., Kandemir, S.Y., Yaylı, M.Ö., 2018. 3B Baskı Teknolojisi Kullanarak Yapı Üretiminde Son Dönem Yenilikler. International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Indüstry, 2(2):116-122.

Danışman, A., 1996. Esnek Amaçlı Toplu Konut Planlama Yaklaşımlarının İrdelenmesi ve Solfege Sisteminin İşlevsel Performansının Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Demirel, Ö., 1993. Eğitim Terimleri Sözlüğü. Usem Yayınları, Ankara, 174s.

Dijk, H. V., 2012. Rethinking The Skyscraper. AR2A010 Architectural History Thesis, TU Delft.

Eckersley, S., 2012. Opening the Doors to Hold the Fort. Museum History Journal, 5(1), 77–104.

Ediz, Ö., Çağdaş, G., 2005. Mimari Tasarımda Fraktal Kurguya Dayalı Üretken Bir Yaklaşım. İTÜ Dergisi/a mimarlık, planlama, tasarım, 4(1):71-83.

Ekmekçi, Ç., 2005. Mimari Yapılarda Hareket Çeşitlerinin İncelenmesi ve Hareketin Mimari Tasarımda Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Elmokadem, A., Ekram, M., Waseef, A., and Nashaat, B., 2018. Kinetic Architecture: Concepts, History and Applications. International Journal of Science and Research (IJSR), 7(4):750-758.

Felek, S. Ö., 2019. Mimarlıkta Mobilite Kavramı. Yapı Dergisi 444, İstanbul, s.48-55.

Fortmeyer, Russell., Linn, Charles., 2014. Kinetic Architecture: Designs for Active Envelopes. The Images Publishing Dist Ac, Australia, 224s.

Fox, M., Kemp, M., 2009. Interactive Architecture. Princeton Architectural Press, New York, 256s.

Frampton, K., 1995. Studies in Tectonic Culture: The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture. MIT Press, Cambridge, 448s.

Frearson, A., 2016. Sliding and Spinning Walls Animate Facade of House by Matharoo Associates. https://www.dezeen.com/2016/07/04/sliding-spinning-walls-house-moving-landscapes-matharoo-associates-india-edmund-sumner/

Friedman, A., 2002. The Adaptable House: Designing Homes for Change. McGraw-Hill Professional, New York, 271s.

Gezer, H., 2012. Malzemenin Gizil Güçlerinin Mimariye Katkısı. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 10(20): 97-118.

Gökten, P. O., 2018. Karanlıkta Üretim: Yeni Çağda Maliyetin Kapsamı. Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi, 20(4): 880-897.

Gönenç, K., 2004. Mimaride Kinetizm, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Gözübüyük, G., 2007. Farklı Mimari Dillerde Fraktallere Dayalı Form Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

Guigon, R., Chaillout, J., Jager, T., and Despesse, G., 2008. Harvesting Raindrop Energy: Theory. Smart Materials and Structures, 17(1).

Hasol, D., 1975. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, YEM Yayın, İstanbul, 520s.

Hasol, D., 2004. Mimarlık ve Teknoloji. Cumhuriyet Gazetesi Mimarlık Eki.

Hays, K. M., 1998. Architecture Theory Since 1968. MIT Press, Cambridge, 824s.

Himanen, M., 2003. The intelligence of intelligent buildings: The Feasibility of the Intelligent Building Concept in Office Buildings. VTT Publications, Finland.

İlerisoy, Z. Y., Başeğmez, M. P., 2018. Conceptual Research of Movement in Kinetic Architecture, Gazi University Journal of Science, 31(2): 342-352.

İnan, N., 2014. Kinetik Yapı Tasarımında İşlevsel Esneklik ve Entegre Sistemlerin Kullanım Önerisi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Jencks, C., 1997. The Architecture of Jumping Universe. Academy Press, Singapore, 192s.

Karaoğlu, Ö., 2014. Mobil Mekânların İç Mekân Organizasyonu ve Örneklerle Mobil Ofis Tasarımlarının Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Ankara.

Karapınar, D. Ç., 2018. Endüstri 4.0'ın Endüstrilerin Yapısı Ve Paydaş İlişkileri Üzerine Yansımalarına Yönelik Bir Araştırma, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Temel İletişim Bilimleri Anabilim Dalı, Erzurum.

Kariptaş, F., 2006. Teknolojik Gelişmelerin Konut İçi Mekan Tasarımına Etkisi ve Akıllı Evler. Doktora Tezi, MSGS Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kavurmacıoğlu, Ö., 2013. Strüktür Tasarımında Yenilikçi Matematiksel Modeller Üzerine Bir İnceleme. Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kolarevic, B., 2003. Digital Production. In, Architecture in The Digital Age: Design and Manufacturing, Spoon Press, New York And London, s.46-88.

Korkmaz, K., 2001. Kinetik Bir Mimarlığa Doğru. Ege Mimarlık, (37):8-11.

Kronenburg, R. ed., 1998. Transportable Environments. E & FN Spon, London, 224s.

Kronenburg, R., Bunn, S., 2002. Living in Motion: Design and Architecture for Flexible Dwelling. Vitra Design Museum, Almanya, 272s.

Kronenburg, R., 2003. Portable Architecture. Elsevier/Architectural Press, Burlington, 274s.

Kronenburg, R., 2007. Flexible: Architecture that Responds to Change. Laurence King, London Publishing, 239s.

Küçükerman, Ö., 1995. Eski Bir Endüstri Düşüncesinin Ürünü Olarak Orta Asya'dan Çadır-Ev. Tombak Dergisi, (5):20-24.

Lee, J. D., 2012. Adaptable, Kinetic, Responsive, and Transformable Architecture: An Alternative Approach to Sustainable Design. Master of Science in Sustainable Design. The University of Texas at Austin, ABD.

Lee, S., 2021. A Study on the Trends for Expression in Korean Contemporary Architectural Facade Design: Focusing on Large Buildings in the City Center. Buildings 11(7): 274.

Lelieveld, C., 2013. Smart Materials For The Realization Of An Adaptive Building Component, (PhD Thesis), Delft University of Technology Faculty of Architecture.

Mandelbrot, B. B., 1982. The Fractal Geometry of Nature. Times Books, New York, 468s.

Mary McLeod, 1989. Architecture and Politics in the Reagan Era: From Postmodernism to Deconstructivism, in Architecture Theory since 1968. (edt) Michael HAYS MIT Press. Cambridge, s.680-702.

Megahed, N. A., 2017. Understanding Kinetic Architecture: Typology, Classification, and Design Strategy. Architectural Engineering and Design Management, 13(2):130-146.

Orhon, A.V., 2012. Akıllı Malzemelerin Mimarlıkta Kullanımı. İzmir Mimarlar Odası, Ege Mimarlık Dergisi.

Öz, S., 2002. Teknolojinin Mimari Ürüne Yansımaları Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Özge, Ö., 2004. Hareketli Çatılar. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Özsöyler, D., Erman, O., 2021. Housing Flexibility in Terms of Changes, Opportunities, and Sustainability of Goals and Values. Journal of Design for Resilience in Architecture and Planning, 2(2): 187-205.

Portoghesi, P., 2000. Nature and Architecture. Skira Publisher, Italy, 527s.

Ritter, A., 2007. Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design. Birkhause, Publishers for Architecture, Berlin, 191s.

Sarıcıoğlu, P., 2017. Konut Tipolojisinde Kabuk Dışı Kinetik Bina Elemanlarının Kullanımının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Sebestyen, G., Pollington, C., 2003. New Architecture and Technology. Architectural Press, Oxford, 180s.

Semper, G., 2015. Mimarlığın Dört Ögesi ve İki Konferans. Çev. Nihat Ülner, Alp Tümertekin, Janus Yayıncılık, İstanbul.

Sev, A., Başarır, B., 2011. Geçmişten Geleceğe Enerji Etkin Yüksek Yapılar ve Uygulama Örnekleri. X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, s.1499-1513.

Sharaidin, K., 2014. Kinetic Facades: Towards Design for Environmental Performance. RMIT University, Australia, 211s.

Sinopoli, J., 2010. Smart Building Systems for Architects, Owners, and Builders. Elsevier, USA, 231s.

Sönmez, F., 2008. Strüktür – Malzeme – Biçim Üzerine Gelişen Mimari Tasarım. 4.Ulusal Çatı Ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme Ve Teknolojiler Sempozyumu, İTÜ Mimarlık Fakültesi Taşkışla- İstanbul.

Sterk T. E., 2003. Building upon Negroponte: A Hybridized Model of Control Suitable for Responsive Architecture, Automation in Construction An International Research Journal 14(2005):225–232.

Tatlı, B., 2008. Esneklik ve Değişebilirliğin Çelik İskeletli Çok Katlı Konut Yapılarında İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Terzi, N., 2009. Mimarlıkta Hesaplamalı Teknolojiler ve Geometri. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Till, J., Schneider, T., 2005. Flexible Housing: The Means to The End. Architectural Research Quarterly, 9(3-4):287–296.

Türkçü, H. Ç., 2015. Yapım Malzemeler Yöntemler Çözümler İlkeler. Birsen Yayınevi, İstanbul, 341s.

Tzonis, A. and Lefaivre, L., 1995. Structure, Form, Movement. Movement, Structure and the Work of Santiago Calatrava, Birkhäuser, Boston, 170s.

Vincent, J. F. V., 2000. Deployable Structures in Nature: Potential for Biomimicking. Centre for Biomimetics, The University of Reading, TOB 1, Earley Gate, Reading RG6 6AT, UK, 214(1):1-10.

Werner, C., 2013. Transformable and Transportable Architecture: Analysis of Buildings Components and Strategies for Project Design. Master Thesis, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

Wigginton, M., Harris, J., 2002. Intelligent Skins. Architectural Press, Italy, 184s.

Williamson, T., Redford, A., Bennets, H., 2003. Images. In, Understanding Sustainable Architecture, Spon Press, London, s.19-42.

Wyckmans, A., 2005. Intelligent Building Envelopes : Architectural Concept & Applications for Daylighting Quality. Doctoral thesis, Norwegian University of Science and Technology Faculty of Architecture and Fine Art Department of Architectural Design, History and Technology, Norway.

Xagoraris, Z., 1991, The Automaton Theatre. (Unpublished master thesis), MIT, Cambridge.

Yaşa, A., 2010, Mimari Kinetik Sistemler ve Performansa Dayalı Tasarım Önerileri. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yesügey, S. C., Güzel, N., Çalış, R., 2015. Hareketli Çatı Sistemleri Üzerine Bir Sınıflandırma. Ege Mimarlık, s.6-11.

Yıldız, Ö., 2010. Hesaplamalı Mimarlıktan Zaman Temelli Etkileşimli Mimarlığa Geçiş, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yiannoudes, S., 2016. Architecture and Adaptation: From Cybernetics to Tangible Computing. Routledge, 246s.

Yüncüler, Y.K., 2020. A Design Process for Social Network Data-Driven Adaptive Architecture. Istanbul Technical University of Graduate School of Science Engineering and Technology, Master Thesis, İstanbul.

Zuk, W., Clark, R. H., 1970. Kinetic Architecture. Van Nostrand Reinhold Company, United States of America and Canada, 196s.

İnternet Kaynakları

Altınkaynak, 2017. Mobil Yapılar. https://mimaritasarimsurecveetkilesimleri.wordpress.com/2016/12/16/mobilite-kavrami-uzerinden-mimarlik-disiplinine-bakis/ (Son Erişim Tarihi: 10.02.2022)

Benyus, J.M., 2002**.** Biomimicry: Innovation Inspired by Nature. HarperCollins e-books.https://www.academia.edu/38300413/Janine_M_Benyus_Biomimicry_Innovation_Inspired_by_Nature_2002_Harper_Perennial_1_ (Son Erişim Tarihi: 15.04.2021)

Brake, A. G., 2015. Henning Larsen's university building has a facade that moves in response to changing heat and light. https://www.dezeen.com/2015/07/14/henning-larsen-syddansk-universitet-sdu-kolding-campus-building-denmark-green-standards-university/ (Son Erişim Tarihi: 22.06.2021)

Cilento, K., 2011. Galleria Centercity / UNStudio. https://www.archdaily.com/125125/galleria-centercity-unstudio (Son Erişim Tarihi: 18.06.2021)

Etherington, R., 2010. Energy Roof Perugia by Coop Himmelb(l)au. https://www.dezeen.com/ 2010/01/21/energy-roof-perugia-by-coop-himmelblau/ (Son Erişim Tarihi: 13.02.2021)

Hasol, D., 2011. Mimarlık ve Strüktür. Mimarlıkta Taşiyici Sistemler Sempozyumu, İstanbul. http://www.doganhasol.net/mimarlik-ve struktur.html (Son Erişim Tarihi: 14.10.2020)

Jewell, N., 2019. World's largest 3D-printed building opens in Dubai. https://inhabitat.com/worlds-largest-3d-printed-building-opens-in-dubai-after-2-weeks-of-construction/ (Son Erişim Tarihi: 10.11.2020).

Lentini, D., 2007. "Lights… Kamera… Action!" Introducing Graz's Friendly Alien. Electronic Melbourne Art Journal EMAJ, 2, s.1-16. https://emajartjournal.files.wordpress.com/2012/08/damian.pdf (Son Erişim Tarihi: 25.11.2020)

Moreno, S., 2013. Fighting a Megacity's Pollution with Mega Panels, Architect Magazine, https://www.architectmagazine.com/technology/detail/fighting-a-megacitys-pollution-with-mega-panels_o (Son Erişim Tarihi: 30.11.2020)

Welch, A., 2020. RED+HOUSING, China, Building: Chinese Homes. https://www.e-architect.com/china/red-cross-housing-obra (Son Erişim Tarihi: 03.02.2022)

Yolcu, A.**,** 2020. Tepkimeli- Adaptif- İnteraktif Mimarlık Kavramları Üzerine Bir Araştırma. https://metametrik.com/2020/11/03/tepkimeli-adaptif-interaktif-mimarlik-kavramlari-uzerine-bir-tartisma/ (Son Erişim Tarihi: 15.12.2021)

3XN, 2020, Europe's Smartest Multi-tenant Office - In a Sculpture. https://3xn.com/project/cube-berlin (Son Erişim Tarihi: 25.10.2020)

URL-1: https://sozluk.gov.tr/ (Son Erişim Tarihi: 18.02.2022)

URL-2: https://www.smartage.pl/wieza-eiffla/ (Son Erişim Tarihi: 20.08.2020)

URL-3:https://chicagology.com/goldenage/goldenage032/ (Son Erişim Tarihi: 23.08.2020)

URL-4: https://www.arkitektuel.com/ (Son Erişim Tarihi: 07.09.2020)

URL-5: http://tr.wikipedia.org/ (Son Erişim Tarihi: 15.09.2020)

URL-6:https://www.fosterandpartners.com/projects/commerzbank-headquarters/ (Son Erişim Tarihi: 28.09.2020)

URL-7:https://en.wikipedia.org/wiki/Commerzbank_Tower (Son Erişim Tarihi: 28.09.2020)

URL-8:https://www.archdaily.com/65218/ad-classics-sydney-opera-house-j%25c3%25b8rn-utzon (Son Erişim Tarihi: 06.10.2020)

URL-9:https://www.arkitektuel.com/guggenheim-bilbao-muzesi/ (Son Erişim Tarihi: 09.10.2020)

URL-10:https://onedio.com/haber/dogada-gorulen-en-hipnotize-edici-29-fraktal-234554 (Son Erişim Tarihi: 16.10.2020)

URL-11: http://www.oosterhuis.nl/?page_id=392 (Son Erişim Tarihi: 23.10.2020)

URL-12:http://www.steelpillow.com/polyhedra/wp/wp.html (Son Erişim Tarihi: 25.10.2020)

URL-13:https://archello.com/project/watercube-beijing (Son Erişim Tarihi: 04.11.2020)

URL-14:https://languages.oup.com/google-dictionary-tr/ (Son Erişim Tarihi: 11.11.2020)

URL-15:https://www.arch2o.com/case-study-computational-design-hangzhou-tennis-center/ (Son Erişim Tarihi: 12.11.2020)

URL-16:https://nielstorp.no/project/olympic-hall-vikingskipet/# (Son Erişim Tarihi: 24.11.2020)

URL-17:https://www.architecturaldigest.com/gallery/buckminster-fuller-architecture (Son Erişim Tarihi: 27.11.2020)

URL-18:https://www.archdaily.com/496202/ad-classics-los-manantiales-felix-candela (Son Erişim Tarihi: 03.12.2020)

URL-19:https://customrodder.forumactif.org/t4351-chapel-lomas-de-cuernavaca-mexico-architect-felix-candela (Son Erişim Tarihi: 03.12.2020)

URL-20:https://www.dezeen.com/2008/01/20/litracon-light-transmitting-concrete/ (Son Erişim Tarihi: 05.12.2020)

URL-21:https://www.arkitektuel.com/munih-olimpiyat-stadyumu/ (Son Erişim Tarihi: 10.12.2020)

URL-22:https://www.archdaily.com/607935/frei-otto-named-2015-pritzker-laureate (Son Erişim Tarihi: 14.12.2020)

URL-23: http://www.stantonarchitecture.com/dirty-habit-dc/ (Son Erişim Tarihi: 17.12.2020)

URL-24: https://tr.pinterest.com/ (Son Erişim Tarihi: 13.02.2022)

URL-25:https://archello.com/project/jubilee-church (Son Erişim Tarihi: 20.12.2020)

URL-26:https://arte.sky.it/archivio/2016/10/entro-il-2020-il-centre-pompidou-aprira-a-bruxelles (Son Erişim Tarihi: 01.01.2021)

URL-27:https://www.theguardian.com/artanddesign/gallery/2013/jul/15/richard-rogers-royal-academy-in-pictures (Son Erişim Tarihi: 04.01.2021)

URL-28:https://mam.org/info/details/quadracci.php (Son Erişim Tarihi: 05.01.2021)

URL-29: https://www.arkitektuel.com/sendai-mediatheque/ (Son Erişim Tarihi: 07.01.2021)

URL-30:https://www.designboom.com/architecture/toyo-ito-world-games-stadium-in-kaohsiung-taiwan-opens/ (Son Erişim Tarihi: 14.01.2021)

URL-31:https://www.arch2o.com/reichstag-german-parliament-fosterpartners/ (Son Erişim Tarihi: 26.01.2021)

URL-32:https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/13132/1/13132.pdf (Son Erişim Tarihi: 29.01.2021)

URL-33:https://www.design-museum.de/en/ueber-design/interviews/detailseiten/realitiesunited.html (Son Erişim Tarihi: 01.02.2021)

URL-34: https://inhabitat.com/bahrain-world-trade-center-has-wind-turbines/ (Son Erişim Tarihi: 10.02.2021)

URL-35: http://www.doganintakvimi.com/dogadan-esinlenen-icatlar/ (Son Erişim Tarihi: 21.02.2021)

URL-36:https://fundacionmaradentro.cl/en/noticias/theo-jansen-chile/animaris-umerus-theo-jansen/ (Son Erişim Tarihi: 24.02.2021)

URL-37: https://www.echelman.com/ (Son Erişim Tarihi: 24.02.2021)

URL-38:https://www.designcommunication.net/design/best-examples-of-kinetic-design (Son Erişim Tarihi: 06.03.2021)

URL-39:https://www.hurriyet.com.tr/seyahat/galeri-turkiyenin-gizemli-yeralti-sehri-40454151/6 (Son Erişim Tarihi: 11.03.2021)

URL-40:https://inventingabstraction.tumblr.com/page/5 (Son Erişim Tarihi: 15.03.2021)

URL-41: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Pablo_Picasso,_1910,_Girl_with_a_Mandolin_(Fanny_Tellier),_oil_on_canvas,_100.3_x_73.6_cm,_Museum_of_Modern_Art_New_York..jpg (Son Erişim Tarihi: 15.03.2021)

URL42:http://architecturehistory.org/architects/architects/RIETVELD/OBJ/1925,%20Schr%C3%B6der%20House,%20Utrecht,%20the%20Netherlands.html (Son Erişim Tarihi: 20.03.2021)

URL-43: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maison_de_verre_Chareau.jpg (Son Erişim Tarihi: 20.03.2021)

URL-44:http://arch365bilgi.blogspot.com/2017/05/the-walking-city-archigram.html (Son Erişim Tarihi: 27.03.2021)

URL-45:https://www.dezeen.com/2020/05/12/archigram-plug-in-city-peter-cook-dennis-crompton-video-interview-vdf/ (Son Erişim Tarihi: 28.03.2021)

URL-46:http://mimdap.org/2013/05/milwaukee-sanat-muzesi-santiago-calatrava/ (Son Erişim Tarihi: 17.04.2021)

URL-47:https://www.archdaily.com/236979/one-ocean-thematic-pavilion-expo-2012-soma (Son Erişim Tarihi: 20.04.2021)

URL-48: http://structpedia.com/taipei-101/ (Son Erişim Tarihi: 23.04.2021)

URL-49: https://news.artnet.com/opinion/the-shed-review-1508725 (Son Erişim Tarihi: 08.05.2021)

URL-50:http://madameherve.typepad.com/madame_herv/once_a_month_collage/, (Son Erişim Tarihi: 13.05.2021)

URL-51:https://www.archdaily.com/566605/pkmn-architectures-builds-transformer-house-studio-in-madrid (Son Erişim Tarihi: 13.05.2021)

URL-52:https://www.archdaily.com/874535/la-seine-musicale-shigeru-ban-architects (Son Erişim Tarihi: 24.05.2021)

URL-53: https://architizer.com/projects/greenway-self-park/, (Son Erişim Tarihi: 27.05.2021)

URL-54:https://inhabitat.com/venger-wind-unveils-worlds-largest-rooftop-wind-farm-in-oklahoma-city/omrf-oklahoma-worlds-largest-windfarm-omni-directional-turbines-3/ (Son Erişim Tarihi: 28.05.2021)

URL-55:https://www.archilovers.com/projects/3354/dynamic-tower.html (Son Erişim Tarihi: 07.06.2021)

URL-56: https://www.atakule.com.tr/ (Son Erişim Tarihi: 09.06.2021)

URL-57: https://co.pinterest.com/pin/180144053816191538/?amp_client_id=CLIENT_ID(_)&mweb_unauth_id={{default.session}}&simplified=true (Son Erişim Tarihi: 18.06.2021)

URL-58: http://www.asif-khan.com/project/sochi-winter-olympics-2014/ (Son Erişim Tarihi: 20.06.2021)

URL-59:https://www.dezeen.com/2015/07/14/henning-larsen-syddansk-universitet-sdu-kolding-campus-building-denmark-green-standards-university/ (Son Erişim Tarihi: 25.06.2021)

URL-60:https://www.dezeen.com/2021/10/01/uae-pavilion-dubai-expo-2020-santiago-calatrava/ (Son Erişim Tarihi: 26.06.2021)

URL-61:https://www.archdaily.com/793754/rio-2016-olympic-the-dancing-pavilion-estudio-guto-requena (Son Erişim Tarihi: 29.06.2021)

URL-62: http://www.etymonline.com (Son Erişim Tarihi: 22.07.2021)

URL-63:https://onedio.com/haber/ilk-karavanin-hikayesi-eccles-karavanlari-347258 (Son Erişim Tarihi: 26.07.2021)

URL-64: https://tincantourists.com/wiki/eccles/-(Son Erişim Tarihi: 29.07.2021)

URL-65:https://www.architectmagazine.com/project-gallery/mobile-library_o# (Son Erişim Tarihi: 11.08.2021)

URL-66:https://tr.pinterest.com/pin/48343395987531428/ (Son Erişim Tarihi: 12.08.2021)

URL-67:https://www.mercadonegro.pe/marketing/marketing-digital/moda/fashion-truck-la-nueva-solucion-para-la-industria-de-la-moda-en-tiempos-de-pandemia/ (Son Erişim Tarihi: 23.08.2021)

URL-68:https://www.archdaily.com/27744/redhousing-obra-architects (Son Erişim Tarihi: 25.08.2021)

URL-69:https://www.buildtiny.co.nz/Projects/First-Light (Son Erişim Tarihi: 12.09.2021)

URL-70:https://archello.com/project/waternest-village (Son Erişim Tarihi: 17.09.2021)

URL-71:https://designeducates.com/portfolio/ecocapsule/ (Son Erişim Tarihi: 18.09.2021)

URL-72:https://www.archilovers.com/projects/157069/ecocapsule.html (Son Erişim Tarihi: 18.09.2021)

URL-73:http://www.bubblemania.fr/en/catherine-et-patrick-marsilli-dome-1988-domespace-solaire-quimper-france/ (Son Erişim Tarihi: 27.10.2021)

URL-74:https://archello.com/es/project/bc-place-stadium (Son Erişim Tarihi: 06.11.2021)

URL-75:https://www.mhi-ms.com/products/hyperintegralspace/movable_roof/case.html (Son Erişim Tarihi: 16.11.2021)

URL-76: https://www.hoberman.com/ (Son Erişim Tarihi: 19.11.2021)

URL-77:http://www.u.arizona.edu/~shunter/pinero.jpg (Son Erişim Tarihi: 20.11.2021)

URL-78:https://www.yumpu.com/en/document/read/14027322/download-portfolio-pdf-hoberman (Son Erişim Tarihi: 20.11.2021)

URL-79:https://marksbarfield.com/projects/villa-hush-hush/ (Son Erişim Tarihi : 23.12.2021)

URL-80:https://www.archdaily.com/917957/quadrant-house-kwk-promes (Son Erişim Tarihi: 26.12.2021)

URL-81:http://architectuul.com/architecture/quadrant-house (Son Erişim Tarihi: 30.12.2021)

URL-82:https://www.metalocus.es/en/news/kinetic-house-quadrant-house-robert-konieczny-kwk-promes# (Son Erişim Tarihi: 03.01.2022)

Url-83:https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Kinetic_facade (Son Erişim Tarihi: 08.01.2022)

URL-84:https://divisare.com/projects/16973-Ernst-Giselbrecht-Biokatalyse-Tu-Graz (Son Erişim Tarihi: 25.01.2022)
URL-85:https://www.archdaily.com/326747/q1-thyssenkrupp-quarter-essen-jswd-architekten-chaix-morel-et-associes (Son Erişim Tarihi: 30.01.2022)
URL-86:https://www.floornature.com/blog/una-casa-giardino-di-caspar-schols-12371/ (Son Erişim Tarihi: 10.02.2022)
URL-87:https://www.dezeen.com/2016/07/04/sliding-spinning-walls-house-moving-landscapes-matharoo-associates-india-edmund-sumner/ (Son Erişim Tarihi: 14.02.2022)
URL-88:https://www.architonic.com/en/project/sefar-retractable-roof-on-centre-court-wimbledon/5102417 (Son Erişim Tarihi: 26.02.2022)
URL-89: https://archello.com/project/kiefer-technic-showroom (Son Erişim Tarihi: 26.02.2022)
URL-90:https://studiogang.com/project/bengt-sjostrom-starlight-theatre (Son Erişim Tarihi: 02.03.2022)
URL-91:https://www.archdaily.com/909097/ballet-mechanique-manuel-herz-architects (Son Erişim Tarihi: 04.03.2022)
URL-92:http://www.manuelherz.com/ballet-mecanique (Son Erişim Tarihi: 04.03.2022)
URL-93:https://www.archdaily.com/522344/sharifi-ha-house-nextoffice (Son Erişim Tarihi: 15.03.2022)
URL-94:https://ifdesign.com/en/winner-ranking/project/place-1/248677 (Son Erişim Tarihi: 17.03.2022)
URL-95:https://www.chi-athenaeum.org/environments-2018/2019/01/06/place-1-2016-2017/ (Son Erişim Tarihi: 17.03.2022)
URL-96:https://www.architonic.com/es/project/wilkinsoneyre-cooled-conservatories-at-gardens-by-the-bay/5101733 (Son Erişim Tarihi: 20.03.2022)

URL-97:https://arquitecturaviva.com/works/al-janoub-stadium-in-al-wakrah (Son Erişim Tarihi: 21.03.2022)

ÖZGEÇMİŞ

Aylin KUL. Orta öğrenimini Elbistan İMKB Anadolu Öğretmen Lisesi'nde tamamladı. 2013 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü'nden 2017 yılında mezun oldu. 2019 yılında Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 2017- 2022 yılları arasında çeşitli mimarlık ofislerinde çalıştı.