



**KİNETİK GÖLGELEME ELEMANLARI ENTEGRE EDİLMİŞ BİR
BİNANIN ENERJİ ETKİNLİĞİNİN ARTTIRILMASI**

Özlem BAŞARAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MART 2015

Özlem BAŞARAN tarafından hazırlanan “KİNİTİK GÖLGELEME ELEMANLARI ENTEGRE EDİLMİŞ BİR BİNANIN ENERJİ ETKİNLİĞİNİN ARTTIRILMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Mimarlık Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Gülser ÇELEBİ

Mimarlık Anabilim Dalı, Alanya Hamdullah Emin Paşa Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Başkan: Prof. Dr. Arda DÜZGÜNEŞ

İç Mimarlık Anabilim Dalı, Çankaya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Doç. Dr. M. Tayfun YILDIRIM

Mimarlık Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 10 / 03 / 2015

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

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

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

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

Özlem BAŞARAN

10.03.2015

KİNETİK GÖLGELEME ELEMANLARI ENTEGRE EDİLMİŞ BİR BİNANIN ENERJİ ETKİNLİĞİNİN ARTTIRILMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Özlem BAŞARAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mart 2015

ÖZET

Günümüz tüketim toplumunun, çoğalan, çeşitlenen ve sürekli değişen mekânsal ihtiyaçlarına cevap verilmesi için gereken enerji ihtiyacı, pek çok alanda olduğu gibi mimarlık alanında da artmaktadır. Enerji kaynaklarının sınırsız olmadığı ve gelecek kuşaklara yaşanılabilir bir çevre bırakılmasının önemini kavranması tasarımcıları çevresine duyarlı olmaya, fosil kaynak kullanımı yerine enerji kullanımında alternatif yollar aramaya, sürdürülebilir mimarlığa yönlendirmektedir. Diğer yandan, yapı malzemeleri ve yapım teknolojilerindeki gelişmeler, mimarlığa “hareket edebilme yeteneği” kazandırarak mimarlığı alışlagelmiş statik çözümlerden daha etkin sonuçlara yönlendirmektedir. Bu çalışmada, geleneksel mimarinin statik sınırlarını zorlayarak harekete geçmesini amaçlayan, doğanın yalnızca biçiminden veya oranlarından değil; hareketliliğinden de ilham alan kinetik mimarlık ile doğaya rağmen ayakta kalmayı değil; doğayla bütün olmayı amaçlayan sürdürülebilir mimarlığın kesişimi açıklanmaya çalışılmıştır. Bu tez kapsamında, hareketli yapı bileşeni kullanımı ve kinetik mimarlık kavramları bağlamında çalışmanın sınırları belirlenmiş ve yapı kabuğunda hareketli bileşenlerle binanın enerji etkinliğine etkisi irdelenmiştir. İnceleme yapılırken de hareketin biçimine ya da estetik kaygılara göre değil; iklimsel verilere tepki performansına göre değerlendirme yapılmıştır. Çalışmada ele alınan teorik bilgiler bir bina üzerinde de denenmiş, hareketli bileşenlerin etkisi simülasyon programı kullanılarak desteklenmiştir.

Bilim Kodu : 804.1.151
Anahtar Kelimeler : Etkileşim, Hareket, Kinetik Cephe Sistemleri, Sürdürülebilir Mimarlık
Sayfa Adedi : 69
Danışman : Prof. Dr. Gülser ÇELEBİ

INCREASING ENERGY EFFICIENCY IN A KINETIC SHADING COMPONENTS
INTEGRATED BUILDING

(M. Sc. Thesis)

Özlem BAŞARAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

March 2015

ABSTRACT

In the field of architecture, as in many fields, in meeting the spatial needs of today's consumer society which are growing, diversifying and changing constantly; energy demand increases. Awareness about the energy resources are not unlimited and understanding about the importance of giving a livable environment for future generations directs designers to a sustainable architecture which means to be more sensitive to the surrounding environment, to look for alternative ways instead of using fossil energy sources. On the other hand, developments in the construction materials and technologies direct architecture to more effective results than conventional static solution by providing “ability to move”. This study attempts to explain the intersection field of sustainable architecture which aims to be a whole with nature instead of being against to it, with kinetic architecture which does not only inspire from the form of nature or its proportions but also inspire from its mobility and thus aims mobility in architecture instead of the static role of conventional methods. In the context of this thesis, usage of kinetic building components and kinetic architectural concepts were identified as the boundaries of the study. Their effects on the energy efficiency of the building shell were examined with kinetic components. In review, the assessment was conducted by the ability about responding to climatic data or its purpose rather than the form of the movement or any aesthetic concerns. Theoretical knowledge, discussed in this study, was tested on a building. The effects of moving components on a building were supported using a simulation program.

Science Code : 804.1.151

Key Words : Interactivity, Motion, Kinetic Facade Systems, Sustainable Architecture

Page Number : 69

Supervisor : Prof. Dr. Gülser ÇELEBİ

TEŞEKKÜR

Tez çalıŐmamın fikir oluŐumunda ve tım sfire boyunca fikirlerini ve zamanını benimle paylaşan değerli hocam Prof. Dr. Gölser ÇELEBİ baŐta olmak üzere yüksek lisans çalıŐmamda katkısı olan GAZİ' deki tım hocalarıma; yaŐamım boyunca maddi ve manevi desteğini hiç eksik etmeyen sevgili anne ve babama; hep yanımda olan ve her zaman da olacağına inandığım, en büyük desteğim, ilk oyun arkadaŐım, kardeŐim Erdem BAŞARAN' a; modelleme konusundaki yardımlarıyla tezime katkıda bulunan ve manevi desteğini hiç eksik etmeyen Oęuzhan BOZDAĖ baŐta olmak üzere tım dostlarıma; hoŐgörü ve sabırları için mesai arkadaŐlarıma sonsuz teŐekkürler.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
2.1. Kavramsal Açıklamalar	3
2.1.1. Sürdürülebilirlik	3
2.1.2. Etkileşim ve etkileşimli mimari	4
2.1.3. Kinetik ve kinetik mimarlık	4
2.2. Kinetik Mimarlık Yaklaşımının Temel Özellikleri	5
2.2.1. Kinetik mimarlığın dayanağı	5
2.2.2. Kinetik mimarlığın amacı	6
2.2.3. Kinetik mimarlığın kapsamı	7
2.2.4. Kinetik mimarlığın gelişim süreci	8
2.2.5. Kinetik mimarlığın sınıflandırılması	13
2.2.6. Kontrol sistemlerinin sınıflandırılması	16
2.2.7. Kinetiğin mimarideki uygulamaları	17
3. SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARLIK VE KİNETİK MİMARLIK İLİŞKİLERİ	23
3.1. Bina Kabuğunda Değişimin Gereksinimi ve Hareketli Bileşenler	23
3.2. Sürdürülebilir Mimarlık ve Enerji Etkinliğinde Bina Kabuğunun Önemi	25

Sayfa

3.3. Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Kinetik Cephe Örnekleri	27
3.3.1. Al Bahar kuleleri	27
3.3.2. Bir Okyanus - 2012 Yeosu Expo Tematik Pavyonu	29
3.3.3. BIQ (Bio İntelligence Quotient) house - Biyoreaktör cepheli bina	33
3.4. Literatür Bulguları	36
4. KİNETİK GÖLGELEME ELEMANLARI ENTEGRE EDİLMİŞ BİR BİNA ÜZERİNDE ÖRNEKLEME	39
4.1. Seçilen Simülasyon Programları	39
4.2. Seçilen Binanın Analizleri	41
4.3. Gölgeleme Sistemi Önerisi ve Analizleri	46
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	55
KAYNAKLAR	57
EKLER	63
EK-1. Kinetik sistem örneklerinin matrisi	64
EK-1. (devam) Kinetik sistem örneklerinin matrisi	65
EK-2. Al Bahar kuleleri proje künyesi	66
EK-3. Bir Okyanus - Tematik Pavyon proje künyesi	67
EK-4. Biyoreaktör cepheli bina proje künyesi	68
ÖZGEÇMİŞ	69

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Mekanik bilimi	5
Şekil 2.2. Heron'un tapınak kapısı tasarımı	9
Şekil 2.3. Santiago Calatrava'nın Ernisting fabrikası için kapı tasarımı	9
Şekil 2.4. Krank biyel mekanizması	10
Şekil 2.5. Fun Palace	11
Şekil 2.6. Fun Palace plan şeması	11
Şekil 2.7. The Walking City, Ron Herron, 1964	12
Şekil 2.8. Plug-in-City, Peter Cook, 1964	12
Şekil 2.9. Kinetik yapıların sınıflandırılması	14
Şekil 2.10. Kinetik mimarlığın sınıflandırılması	15
Şekil 2.11. Microsoft Genel Merkezi, Lizbon, Portekiz	17
Şekil 2.12. Elm Park Pazarlama Ofisi, Güney Dublin, İrlanda	18
Şekil 2.13. Veltins-Arena Stadyumu	19
Şekil 2.14. Sapporo Dome Stadyumu	19
Şekil 2.15. Phoenix Üniversitesi Stadyumu	19
Şekil 2.16. Pierre Mauroy Stadyumu	19
Şekil 2.17. Membrane Moves, Koray Korkmaz, 2002	21
Şekil 3.1. Al Bahar kuleleri	27
Şekil 3.2. Al Bahar kuleleri cephe detayı	28
Şekil 3.3. Bir Okyanus-Tematik Pavyon	29
Şekil 3.4. Bir Okyanus - Tematik Pavyon okyanus cephesi	30
Şekil 3.5. Bir Okyanus - Tematik Pavyon giriş cephesi	30
Şekil 3.6. Hareketin tasarımı, Knippers Helbig	31

Şekil	Sayfa
Şekil 3.7. Tematik Pavyon kinetik cephe pozisyonları	32
Şekil 3.8. Biyoreaktör cepheli bina	33
Şekil 3.9. Biyoreaktör cepheli bina	34
Şekil 3.10. Biyoreaktör cephe detayı	35
Şekil 4.1. 09:00-18:00 saatleri arası aylara göre gölge aralık analizi	42
Şekil 4.2. Aylara göre güneş ışıınım analizi	43
Şekil 4.3. Yıllık güneş ışıınım analizi	43
Şekil 4.4. Yaz ve kış aylarında güney ve doğu cephelerine düşen ışıınım	44
Şekil 4.5. Yaz ve kış aylarında güney ve batı cephelerine düşen ışıınım	44
Şekil 4.6. Yaz ve kış aylarında kuzey ve batı cephelerine düşen ışıınım	45
Şekil 4.7. Yaz ve kış aylarında kuzey ve doğu cephelerine düşen ışıınım	45
Şekil 4.8. Gölgeleme sistemi tasarımı	46
Şekil 4.9. Gölgeleme sistemi detayı	46
Şekil 4.10. Gölgeleme sistemi kullanılmadığı durumda aylara göre enerji miktarları ...	47
Şekil 4.11. Gölgeleme sistemi kullanıldığı durumda aylara göre enerji miktarları	47
Şekil 4.12. Güney cephesi için dönme açısına bağlı olarak ışıınım enerjisi miktarı	48
Şekil 4.13. Farklı malzemelere göre dönme açısına bağlı olarak ofis mekanına gelen ortalama gün ışıığı miktarları	49
Şekil 4.14. Seçilen malzemeye göre dönme açısına bağlı olarak ofis mekanına gelen ortalama gün ışıığı miktarları	50
Şekil 4.15. Kanatçıklar tamamen açık olduğunda mekâna gelen ortalama gün ışıığı	51
Şekil 4.16. Kanatçıklar 40 derece kapandığında mekâna gelen ortalama gün ışıığı	51
Şekil 4.17. Seçilen malzemeye göre dönme açısına bağlı olarak ofis mekanına gelen ortalama gün ışıığı faktörü	52
Şekil 4.18. Kanatçıklar 40 derece kapandığında aydınlatma gerektirmeyen oran	53
Şekil 4.19. Kanatçıklar tamamen açık olduğunda aydınlatma gerektirmeyen oran	53

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler

Açıklamalar

°C	Derece Celsius (Selsiyus)
°F	Derece Fahrenheit (Fahrenhayt)
kg	Kilogram
kJ	Kilojul
m	Metre
mm	Milimetre
m ²	Metrekare
m/s	Metre / Saniye
Wh/ m ²	Watt x saat / Metrekare

Kısaltmalar

Açıklamalar

BIQ	Bio İntelligence Quotient
CO₂	Karbondioksit
CTBUH	Council on Tall Buildings and Urban Habitat
EXPO	Exposition (Sergi)
LED	Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
PTFE	Politetraforoetilen

1. GİRİŞ

Bugün, tasarım anlayışı, geleneksel mimari anlayışının yanı sıra, inşaat ve malzeme teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak yeniden değerlendirilmektedir. Durağan kabul edilen mimarlık anlayışı yerini, hareket edebilen/tepki verebilen mimarlık anlayışına bırakmaya başlamıştır. Tasarımda hareket kavramı yeni bir düşünce değildir. Ancak, geleneksel mimari tasarım ilkeleri estetik değerleri arasında sayılan hareket kavramı yalnızca görsel bir etkiyi ya da algısal bir hareket hissini ifade ederken; kinetik mimarlık, yapının ya da yapı bileşenlerinin mimari estetiğini de geliştirebilecek yönde fiziksel hareketliliğinin ifadesidir. Geleneksel mimari anlayışta doğadan ilham alan tasarımlar, aynı zamanda doğadaki hareketliliği de taklit eden tasarımlara dönüşmeye başlamıştır. Böylece bugün, binaların hayvanlar gibi yer değiştirebilme veya bitkiler gibi şekil değiştirebilme potansiyeli üzerinde durulmaktadır. Diğer yandan, günümüz tüketim toplumunun artan mekânsal ihtiyaçlarıyla birlikte enerjiye olan bağımlılığı da artmaktadır. Ancak, enerji kaynakları sınırsız değildir ve bu da kinetik mimarlığın yalnızca görsel bir araç olarak hizmet etmesine engeldir. Mimarlıkta geleneksel sınırları zorlayacak bir anlayış, mevcut kaynakları tüketmekten çok; mevcut durumu iyileştirmek için kullanılmalıdır. Bu noktadan hareketle bu tez kapsamında kinetik mimarlık ile sürdürülebilir mimarlık ara kesiti açıklanmaya çalışılmıştır.

Bu tez genel olarak üç ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölümü oluşturan literatür araştırmaları başlığında; öncelikle ana fikri oluşturan mimarlıkta etkileşim, bunu sağlamanın yollarından biri olan kinetik mimarlık ve sürdürülebilirlik kavramlarının tanımları yapılarak konuya girilmiştir. Daha sonra literatür taramaları üzerinden detaylı olarak kinetik mimarlığın temel özellikleri açıklanmıştır.

Sonraki bölümde, kinetik mimarlık ve sürdürülebilirlik ilişkisi açıklanmaya çalışılmıştır. Bu bölümde, hareketli olma durumunu inceleyen kinetik mimarlık, yapı kabuğu ölçeğiyle sınırlandırılarak çalışmanın çerçevesi çizilmiştir. Yapının çevreyle en çok etkileşimde bulunan parçası ya da derisi kabul edebileceğimiz dış kabuğunun denetlenmesi ve ayarlanabilen hareketli bileşenlerle değişen çevre ve/veya iklim koşullarına uyum sağlayabilecek şekilde tasarlanması ve tasarımın binadaki etkinliği ile mekâna katkısı incelenmiştir. Konu; iklim verilerine, yapı kabuğunun hareketiyle tepki vererek bir çeşit uyum sağlamayı hedefleyen güncel örnekler üzerinden irdelenmiştir.

Son bölümde ise sürdürülebilirlik ölçütleri taşımayan, tasarımında enerji etkinliği dikkate alınmadan inşa edilmiş bir ofis yapısına, hareketli bir gölgeleme sistemi entegre edilmesi durumunda mevcut durumda olabilecek değişiklikler analiz edilmiştir. Bu ofis yapısına entegre edilecek gölgeleme sisteminin dış mekanda, binanın kabuğu üzerine düşen güneş ışınım miktarı; iç mekanda ise, farklı malzemeler kullanıldığında mekâna ulaşan gün ışığı miktarları ölçülmüştür. Mekânda elektrik enerjisi kullanma oranı analizleri ise, hareketli kanatçıkların dönme açılarına ve bu kanatçıklar için seçilen malzemeye bağlı olarak yapılmıştır.

Çalışmanın öz bilgiler içeren bir tez olmasına özen gösterilmiştir. Bu amaçla, öncelikle Yüksek Öğretim Kurulu tez veri merkezi taranarak, konuyla ilgili elektronik ortamdaki Türkçe tezler araştırılmıştır. <http://www.sciencedirect.com/> ve <http://www.academia.edu/> internet siteleri yoluyla elektronik ortamdaki tezler ve makaleler elde edilmiştir. Gazi Üniversitesi ile Orta Doğu Teknik Üniversitesi kütüphaneleri yoluyla ise basılı kitap, dergi, tez ve makalelere ulaşılmıştır. İnternet kaynakları ise özellikle görsellerin açıklanmasında kullanılmıştır.

Bu çalışmadaki öncelikli amaç, kinetik mimarlık ile sürdürülebilirlik kriterlerinin kesişimlerini açıklamaktır. Mimarideki uygulamalarının kapsamlı olduğu bu konu incelenirken hareket, yapı cephesiyle sınırlandırılmıştır. Bununla birlikte, günün teknolojilerini takip etmek, bu teknolojilerin günümüz toplumunun sorunlarının çözümüne katkısını incelemek ve dünyadaki tasarımcılar ve tasarım anlayışını takip edebilmek amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde öncelikle konuyu oluşturan kavramların tanımlamaları yapılmış, daha sonra taranan kaynaklar üzerinden kinetik mimarlığın temel özellikleri açıklanmıştır.

2.1. Kavramsal Açıklamalar

Bu bölümde konunun araştırılması sırasında anahtar kelime olarak girilen kavramların açıklamasına yer verilmiştir. Sürdürülebilirlik, etkileşim, etkileşimin fiziksel bir karşılığı olan kinetik ve kinetik mimarlık kavramları açıklanmıştır.

2.1.1. Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik kavramı, 1987 yılında Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonunca hazırlanan Ortak Geleceğimiz (Brundtland) Raporu'nda "bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların da kendi gereksinimlerini karşılayabilme olanağından ödün vermeksizin karşılamak" biçiminde tanımlanmıştır [1].

Bugün sürdürülebilir yapılar, ekolojik, yeşil, çevre dostu vb. pek çok isim altında karşımıza çıkabilirler ve genel olarak doğayla uyumlu yapıları ifade ederler. Sürdürülebilir bir yapı tasarımı, bütüncül bir tasarım anlayışı gerektirir. Yani, yapının arazi seçiminden başlayarak yaşam döngüsü çerçevesinin değerlendirilmesi; sosyal, çevresel sorumluluk anlayışıyla tasarlanması, iklim verilerine ve yapıldığı yere özgü koşullara uygun olması gerekmektedir. Bunun yanında, ihtiyacı kadar enerji tüketen, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiş, suyun korunmasına çalışan, geri dönüşümü destekleyen, doğal ve atık üretmeyen malzemelerin kullanılmasını teşvik eden, ekosistemlere duyarlı yapılar olarak da tarif edilebilir [2].

Sürdürülebilirlik, eldeki değerlerin gelecek nesillere bozulmadan aktarılabilmesidir. Sürdürülebilirlik kavramsal olarak yeni olsa da, mimarlığın doğasında vardır ve pek çok yönden incelemek mümkündür: Ekolojik, ekonomik, sosyal sürdürülebilirlik gibi.

2.1.2. Etkileşim ve etkileşimli mimari

Etkileşim ya da etkileşimli iletişim, mesajların birbirleriyle ilişkili ve kullanıcının katılımına/müdahalesine imkân tanıyacak şekilde yapılandırılmasıdır [3]. Etkileşim, kelime anlamı olarak nesne ya da olayların karşılıklı olarak birbirini etkilemesidir. Yani; etki çift yönlüdür.

Buna göre etkileşimli mimari de yalnızca tepki veren ya da belli bir tepkiye uyum sağlayan mimarlık değil; etkileşime dâhil olan mimari anlayıştır, diyebiliriz. Buradaki bireyler de, yalnızca sistemlere veri sağlayan pasif kullanıcı olarak değil, tepkiden etkilenen aktif katılımcılar olarak bu çift taraflı iletişime dâhil olurlar.

Michael Fox'un ortaya koyduğu gibi; “etkileşimli mekânların bugünkü görünümü, gömülü hesaplamanın (zekânın) kavranması ve insan-çevre etkileşiminin bağlamsal çerçevesiyle uyumunu sağlayan fiziksel bir karşılığının (kinetiğin) üzerine kuruludur” [4].

2.1.3. Kinetik ve kinetik mimarlık

“Kinetik” kelimesi Yunancada 'hareket' anlamına gelen 'kineo' kelimesinden gelmektedir. Mimarlıkta hareketli öğelerin kullanımı ‘Kinetik Mimarlık’ olarak isimlendirilmiştir. Yani kinetik mimarlık, mimarlıkta hareket veya hareketli mimarlık olarak yorumlanabilir” [5].

William Zuk [6], [7] ve Roger H. Clark'ın [6] yaptıkları tanıma göre kinetik mimarlık; üzerine etkiyen baskılar kümesi içinde yer alan değişimlere uyum sağlayabilen mimarlık ve bu baskıların yorumlanması ve uygulanmasını sağlayan aracın teknolojisi şeklinde tanımlanmıştır.

Interactive Architecture isimli kitabında Michael A. Fox, kinetiği; “önceden tanımlanmış fiziksel bir boşlukta devingen olarak şekil değiştirebilen objeler ya da uyumlu bir mekânsal düzenleniş yaratabilmek için ortak fiziksel boşluğu paylaşan fiziksel objelerin hareketi” [4] şeklinde tanımlamaktadır. Bu boşluğun tanımı ya da bu boşluktaki objelerin belirli bir görevin desteklenmesinde ya da göreve uyum sağlanmasında nasıl uygulanacağını anlamış olması hareketli mimarlık için büyük önem taşır.

2.2. Kinetik Mimarlık Yaklaşımının Temel Özellikleri

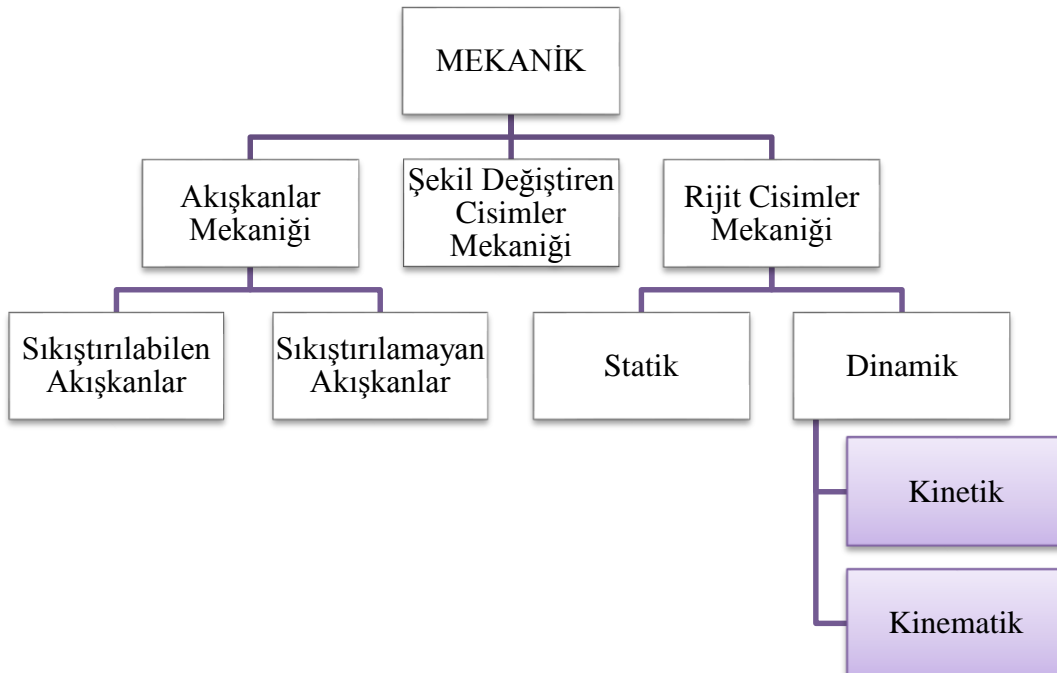
Bu bölümde kinetik mimarlığın dayanağı olan hareket kavramı, kinetik mimarlığın amacı, kapsamı, gelişim süreci özetlenmiş ve bu konu üzerinde çalışanların yaptıkları sınıflandırmalar tarihsel olarak sıralanmıştır. Bunların dışında kinetiğin mimarideki uygulamaları örnekler üzerinden açıklanmaya çalışılmıştır.

2.2.1. Kinetik mimarlığın dayanağı

Kinetik mimarlığın anlaşılabilmesi için öncelikle hareket kavramının anlaşılması gerekir. Hareketin dâhil olduğu mekanik biliminin anlaşılmasıyla hareketin fizyolojisi de anlaşılabilir.

Mekanik, kuvvetlerin etkisi altında cisimlerin denge ve hareket şartlarını inceleyen bilim dalıdır. Amacı fiziksel olayları açıklamak ve önceden tahmin etmektir. Üçe ayrılır;

- Akışkanlar Mekaniği,
- Şekil Değiştiren Cisimler Mekaniği,
- Rijit Cisimler Mekaniği [8].



Şekil 2.1. Mekanik bilimi

Akışkanlar mekaniği: Sıkıştırılmayan akışkanlar ve sıkıştırılabilen akışkanlar olarak ikiye ayrılır. Sıkıştırılmayan akışkanlar bölümün önemli bir dalı hidroliktir. Bu bilim dalı sıvılara ait problemlerle uğraşır.

Şekil değiştiren cisimler mekaniği: Göz önüne alınmayan şekil değiştirmelerde sistemin göçme mukavemeti söz konusu olunca önem kazanır. Mekaniğin bir dalı olan mukavemet bu cisimleri inceler.

Rijit cisimler mekaniği: Cisimlerin tam rijit olduğu kabul edilir. Gerçekte yük altında tüm cisimler şekil değiştirir ama sistemin denge ve hareket haline önemli bir etkide bulunmadığı için göz önüne alınmaz. İkiye ayrılır:

- Statik: Denge halindeki cisimlerle ilgilenir.
- Dinamik: Hareket halindeki cisimlerle ilgilenir. Dinamik de iki kısma ayrılır:
 - Kinetik: Cisme etkiyen kuvvetlerle cismin kütlesi ve hareketi arasındaki bağlantıyı kurar. Verilmiş kuvvetlerin sebep olacağı hareketi bulmak veya verilmiş bir hareketi meydana getirmek için gerekli kuvvetleri belirtmekle ilgilenir.
 - Kinematik: Hareketin geometrisinin etüdüdür. Hareketin nedenini araştırmadan, yer değiştirme, hız, ivme ve zaman arasındaki bağıntıları kurar. Kinetik mimarlık işte bu bilim dalına girmektedir [8].

2.2.2. Kinetik mimarlığın amacı

Tasarımcılar, tasarımlarını ortaya koyarken hem çeşitli tasarım girdilerini hem de çevre etkilerini yorumlarlar. Tasarımcıların hedefi, ürünü mümkün olduğunca fazla etkiye cevap verebilecek şekilde yapı tasarlamaktır. Buradaki problem, çevre etkilerinin oluşturduğu dokunun zaman içerisinde durmaksızın değişmesi ve tasarımcıların formlarını ancak sabit bir kümeye cevap verebilecek şekilde oluşturabilmesidir. Değişen ve çeşitlenen girdilere rağmen ürünün hareketsiz kalması, tasarımcıyı sınırlandırmaktadır. Dolayısıyla problemin çözümü, değişken verilere adapte olabilecek formlar ve tasarımlar geliştirmektir. Kinetik mimarlığın amacı da değişken çevre içerisinde yapıların hayatlarını sürdürebilmesidir. Bu hedefe ulaşmanın anahtarları ise hareket ve adaptasyondur [5].

Kinetik mimarlık, hem yeni yapılacak tasarımlarda sürekli gelişen ve çeşitlenen tasarım girdileri kümesine cevap verilebilmesinde hem de günümüz tüketim toplumunun mekânsal ihtiyaçlarını karşılayamadığından kullanım ömrünü doldurmuş görünen mevcut yapılarının tekrar kazanılmasında tasarımcıya alternatif bir yol önermektedir. Gelişen yapı malzemeleri ve teknikleriyle modern toplumun günümüz ve gelecekteki mekânsal ihtiyaçlarını karşılayabilecek yeni bir mimarlık anlayışı araştırılmaktadır. Amaç hareketli yapı veya yapı bileşenleriyle daha esnek, yani ihtiyaca göre uyarlanabilen mekânlar tasarlamaktır [8]. Bu amaç doğrultusunda, gelişen yapı teknolojisinden faydalanılarak, yapım sistemlerine hareket fonksiyonu kazandırılması ise yeni bir tasarım stratejisi olan kinetik mimarlık olarak adlandırılmaktadır.

2.2.3. Kinetik mimarlığın kapsamı

Kinetik mimarlık, yapı tasarımı dâhilindeki bütün hareketli durumları kapsayan bir çalışma alanıdır. Dolayısıyla, yapının bütünüyle hareketli olması veya yapı çözümleri içerisindeki bileşenlerin ve elemanların hareketi söz konusudur [5]. Yani, kinetik mimarlık, yapı bileşenlerinden yapının bütününe kadar farklı ölçeklerde incelenebilir. Yapı dâhilindeki hareketlilik, fonksiyonel gereklilikleri sağlamak üzere mekânsal optimizasyona hizmet ederken; yapının hareketliliği, kullanım çeşitliliğini sağlamak ya da acil ihtiyaçları veya pratik hizmetleri yerine getirmek üzere kullanılabilir. Yapının bütününe hareketi söz konusu olduğunda ise ölçeğe bağlı olarak yakın çevresiyle olan ilişkileri de önem kazanmaktadır.

Mimari, hem yapının tüm bileşenleriyle kendi içinde hem de uzayda kapladığı boşluk yoluyla, çevresiyle, iki kez tanımlanan boşluktur. Her yapı bulunduğu çevrenin hem bir parçası hem de o çevre için bir girdi kaynağıdır. Değişen çevresel girdilere uyum sağlamayı amaçlayan kinetik mimaride ise çevreye sağlanan girdi de değişkendir. Yapının hangi parçasının nasıl hareket edeceği ve bu hareketten nasıl faydalanılacağı yanında bu hareketin çevresel etkisinin araştırılması da mimarın görevlerinden biridir ve kinetik mimarlığın kapsamındadır.

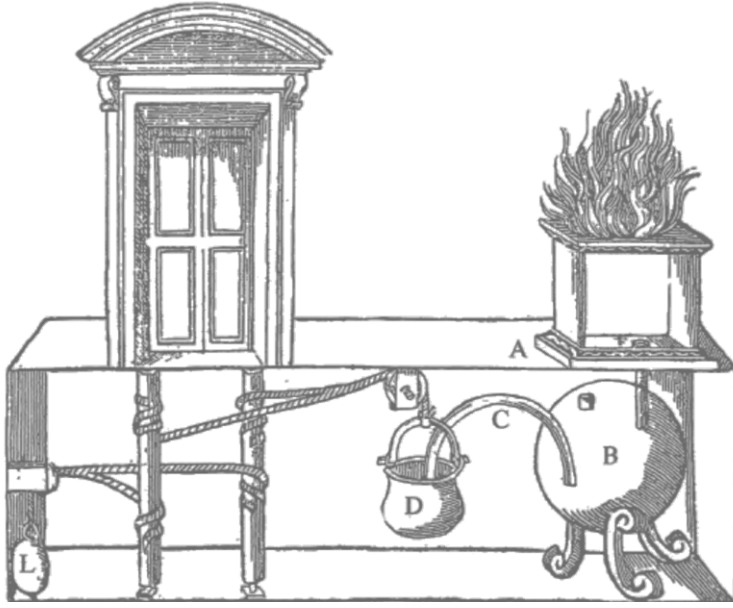
2.2.4. Kinetik mimarlığın gelişim süreci

Tarih boyunca yapı üreticileri doğada bulunan malzemelerle doğayı taklit etmişlerdir. Önceleri sınırlı ihtiyaçlara cevap verebilen, çevrede bulunan malzemelerle ve bunların basit tekniklerle birleştirildiği barınaklar yapılsa da toplulukların büyümesi, ihtiyaçların çeşitlenmesi ve daha geniş açıklıkları geçme arzusu yeni yapım sistemlerinin bulunmasını ve inşa malzemelerinin geliştirilmesini sağlamıştır. İnsanoğlunun mekânsal ihtiyaçları arttıkça, yapılar da büyümüş, gelişmiş ve çoğalmıştır. İhtiyaçların değişerek artması yalnızca mimariyi değil teknolojiyi de zorlamış; teknoloji geliştikçe mimari de gelişmiştir ve gelişmektedir. Teknoloji, mimarın tek yönlü olmaktan çıkıp etkileşimli iletişimine izin verdiği noktada da bu etkileşimin fiziksel bir karşılığı olan kinetik mimarlık doğmuştur.

Tasarımda hareket kavramı yeni bir düşünce değildir. Geleneksel mimari tasarım ilkeleri estetik değerleri arasında sayılan hareket kavramı, yalnızca görsel bir etkiyi ve algısal bir hareket hissini ifade eder. Hareket kavramının görsel değil de fiziksel anlamda mimari ürünlere uygulanması, sanayi devrimi sonrası teknolojik gelişmelerin hızlanmasıyla başlamıştır [8]. Bunun yanı sıra, tasarımlarda basit fonksiyonları yerine getiren küçük ölçekli hareketli öğeler kullanılmaktadır: kapılar, pencereler, asansörler ve yürüyen merdivenler gibi yapı bileşenleri ya da çek-bırak raflar, aşağı çekilen merdivenler, katlanan yataklar ve diğer hareketli mobilyalar gibi. Ancak yapı bileşenlerinin, kullanıcısının direkt etkisi dışında, belli kuvvetlerin etkisiyle hareket edebilmesi ya da hareketinden kullanıcının etkilenmesi düşüncesi mimaride kinetik fikrinin ilk adımları sayılabilir.

Örneğin; Heron hava basıncı, boşluk ve denge ilkelerinden yararlanarak tasarladığı düzenek yoluyla tapınak kapısının otomatik olarak açılıp kapanması sağlayabilmiştir [9]. Burada amaç, tapınak kapısının yanında düzenlenen sunak taşında ateş yakıldığında kapının kendiliğinden açılmasını, ateş söndürüldüğünde ise kapının kapanmasını sağlamaktır.

Şekil 2.2'de gösterilen düzenek şöyleydi: Sunak taşının (A) altındaki boru, içi su dolu olan bir küreye (B) giriyordu. Bu küre ise bir boru (C) aracılığı ile ağırlıkla (L) dengelenmiş halde bulunan kaba (D) bağlanıyordu. Bu kap ve denge ağırlığı, aynı zamanda da kapı kanatlarının açılıp kapanmasını sağlayan sütunlara iplerle bağlanmıştı [9].



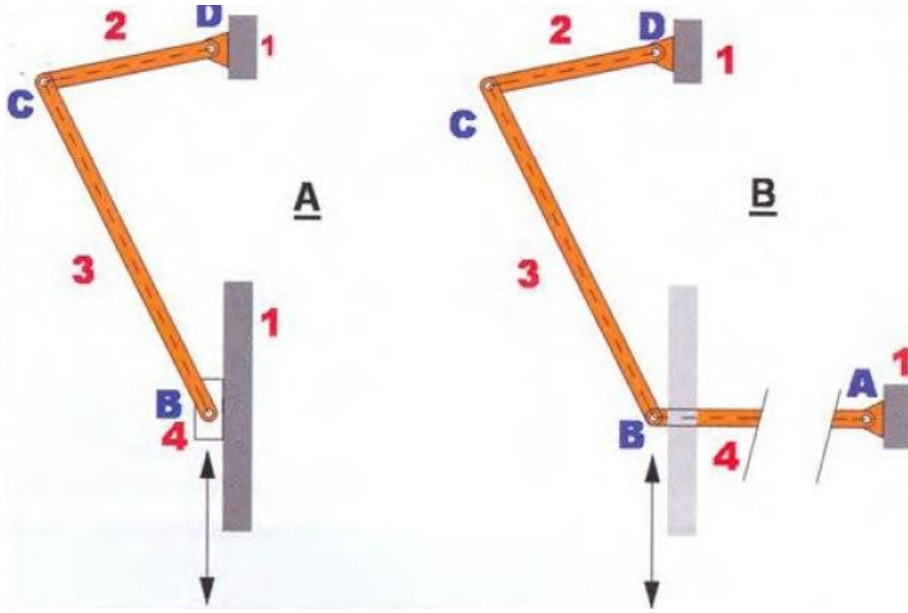
Şekil 2.2. Heron'un tapınak kapısı tasarımı [9]

Düzeneğin çalışma prensibi ise şöyleydi: Sunak taşında (A) ateş yakıldığında içindeki hava ısınarak genişliyor ve altındaki kürenin (B) içindeki suya basınç uyguluyordu. Bu basınç nedeniyle, suyun bir kısmı boru (C) aracılığı ile kaba (D) geçiyordu. Denge konumunda, yani kapı kanatlarının kapalı olduğu konumda, ağırlıkla (L) dengelenmiş olan kap, suyun bir kısmının içine akmasıyla ağırlaşıyor, sütunlar üzerine sarılmış ipi çekerek kapı kanatlarına bağlı olan sütunları döndürüyor ve kapı açılıyordu. Ateş söndürüldüğünde ve hava basıncı eski değerine ulaştığında, sistem ters yönde çalışarak kapı kapanıyordu.

Heron'un tapınak kapısı tasarımı yanında, farklı prensip ve kontrol mekanizmalarıyla çalışmasına rağmen, Santiago Calatrava'nın, 1985 yılında, Almanya'da Ernisting fabrikası için Bruno Reichlin ve Fabio Reinhart ile birlikte çalışarak tasarladığı [12] fabrika kapısı tasarımı da (Şekil 2.3) aynı amaçtır. Mimari bir öge görevini kinetik bir yolla yerine getirmekte ve kullanıcıyı etkilemektedir.



Şekil 2.3. Santiago Calatrava'nın Ernisting fabrikası için kapı tasarımı [10], [11]



Şekil 2.4. Krank biyel mekanizması [13]

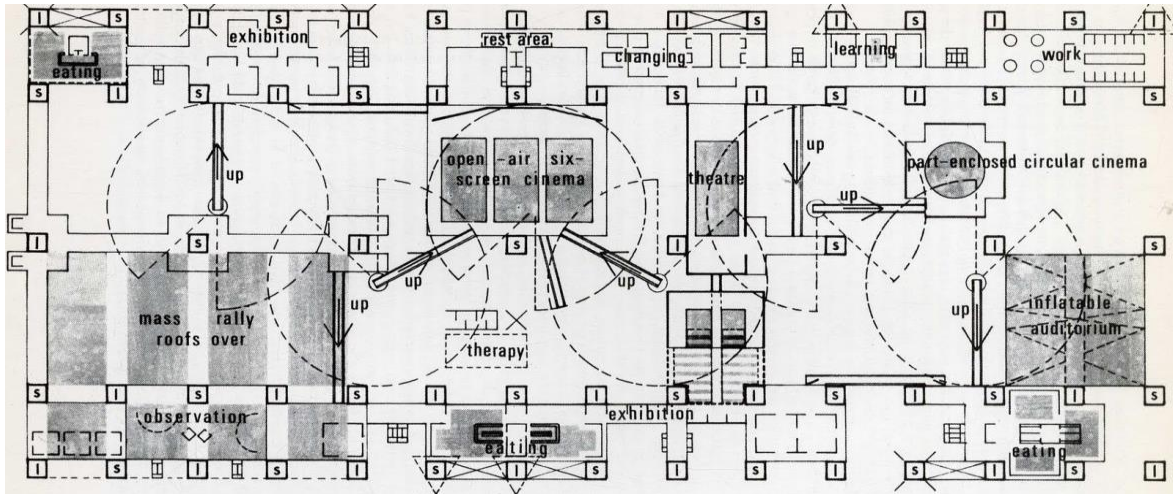
Calatrava'nın Ernsting fabrikası deposu için tasarladığı katlanarak saçağa dönüşen kapının çalışma prensibi ise, dört çubuk mekanizmasının özel bir biçimi olan krank biyel mekanizmasıdır (Şekil 2.4). Bu tasarımda; mekanizma, zemindeki döner mafsallara yerine kayar mafsallara kullanılarak ve böylece çubuklardan biri kaldırılarak özelleştirilmiştir. Calatrava, bu mekanizmanın birçoğunu yan yana getirirken, 2 ve 3 numaralı çubukları her birinde farklı uzunlukta ama toplamda boyları eşit olacak biçimde tasarlamıştır. Ayrıca kayar mafsalları birbirine yatayda rijit bir elemanla monte etmiş, böylelikle kapıyı tek bir motordan gelen güçle açabilmiştir [13].

Tasarımlarda böyle basit fonksiyonları yerine getiren küçük ölçekli ve hareketli öğelerin yanında, yapı bütününe ihtiyaçlar doğrultusunda hareket etmesi fikri de; teknolojinin ve inşa edilmiş çevrenin insan etkinliklerini kısıtlaması yerine, özgürleştirici ve çeşitlendirici rol üstlenmesi gereğine inanan İngiliz mimar Cedric Price tarafından, 1961 yılında ortaya atılmıştır. Cedric Price, tiyatro yapımcısı Joan Littlewood ile birlikte çalışmalarını sonucunda Fun Palace projesini oluşturmuştur [14]. Fun Palace, esneklik düşüncesiyle tasarlanmıştır. İçinde kullanıcının pasif kalmamasını ve etkinliklere aktif biçimde katılmasını amaçlayan bir tasarımdır. Yapıda, çelik bir yapıyla iskeletin kurulması ve örtünün altında hareketli aygıtlar, vinçler, sökülüp takılabilen duvar, döşeme ve tavan birimleri, yürüyen merdivenler ve rampalar, mekanik ve elektronik çevre kontrol sistemleri yer alması öngörülmüştür (Şekil 2.5, Şekil 2.6).



Şekil 2.5. Fun Palace [14]

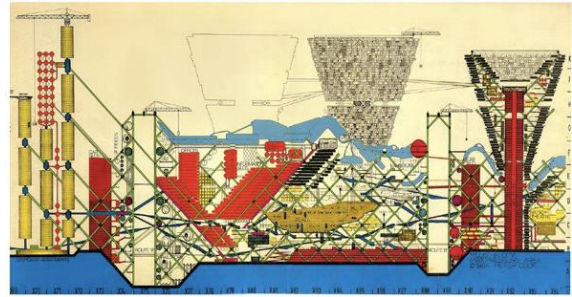
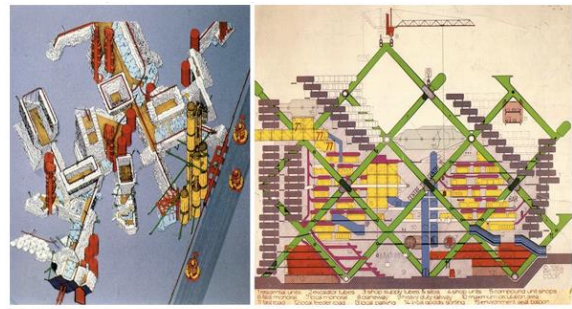
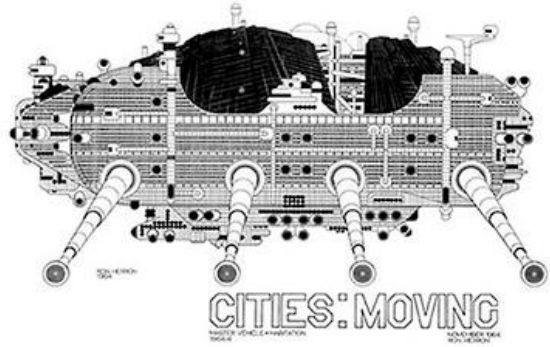
Michael A. Fox, Cedric Price'ın, siberetik alanındaki ilk teorik çalışmalarını ve bunların “geleceğin mimari” kavramı içine taşınmasını benimseyen en etkili erken dönem mimarlarından biri olduğunu belirterek, Fun Palace projesiyle sınırları bilinmeyen, esnek ve kendi zamanının gereklerine cevap verecek şekilde kullanıcıyla iletişim yoluyla değişebilen mimari bir süreci etkilediğini [4] ifade etmiştir.



Şekil 2.6. Fun Palace plan şeması [14]

Bullivant ise uyumlu çevrelerin, etkileşimli tasarımda sanat, mimari ve tasarım disiplinleri arasında gelişen bir seçim haline geldiğini savunmaktadır. Uyumlu çevreler hakkında Cedric Price'ın çalışmalarına referans vererek, binanın ya da mekânın sürekli olarak değiştiğini ve tekrar oluştuğunu farz ettiğimizde, mimarlığın geleneksel kimliğine karşı gelen ve büyüyen sosyal-mekânsal bir etki oluşturacağını [15], [16], [17] söylemektedir.

Bu proje, her şeyin değiştiği ve her şeyin mümkün görüldüğü savaş sonrası İngiltere’inde ortaya atılmıştır. Cedric Price, geleneksel mimariyi ya da uygulanması mümkün olmayan bir kurguyu değil; savaş sonrasında, belirsiz sosyal arazileri değerlendirme yeteneğine sahip yeni ve radikal mimari bir kavram geliştirmeyi amaçlamıştır. Bunun için de, Durumculuk ve tiyatronun yanı sıra sibernetik bilimi (güdüm bilimi), bilgi teknolojileri ve oyun teorileri gibi kendi zamanının söylem ve teorilerine başvurmuştur. Etkileşimli sosyal mimariyi, teknolojik değiştirilebilirlik kavramıyla birleştirmeyi ve böylece geleneksel eğitime yaratıcı ve eşitlikçi bir alternatif sunmayı hedeflemiştir [14].



Şekil 2.7. The Walking City, Ron Herron, 1964 [18]

Şekil 2.8. Plug-in-City, Peter Cook, 1964 [19]

Bu projede geleneksel tiyatro yapılarının aksine seyircilerin katılımcıya dönüşmesi ve mekânın bu isteğe cevap verecek şekilde değiştirilebilir olması amaçlanmıştır. Bu amaçla yıllar süren planlamadan sonra Mill Meads Doğu Londra’da, Lea Nehri kıyısında bir alan bulunmuş ancak inşaat başlatılacağı sırada yerel bürokratlar projeyi durdurmuş ve Fun Palace tamamlanamayan bir proje olarak kalmıştır. İnşa edilmemiş olmasına rağmen Fun Palace, Archigram grubunun çekirdeğini oluşturan genç mimarlık öğrencileri tarafından beğenilmiştir [20]. Ancak Archigram’ın şekillerde (Şekil 2.7, Şekil 2.8) gösterilen bilimkurgu tasarımlarının aksine bu proje, gerçek ve inşa edilmek üzere olan bir projedir. Ayrıca kavramsal olarak Renzo Piano ve Richard Rogers’ın tasarladığı Pompidou Merkezini, biçim modeli olarak etkilediği söylenebilir de [20] bu projeden oldukça farklıdır.

2.2.5. Kinetik mimarlığın sınıflandırılması

Konu üzerinde çalışanların yaptıkları farklı sınıflandırmalardan biri, William Zuk ve Roger H. Clark'ın, 1970 yılında basılan *Kinetic Architecture* adlı kitaplarında yaptıkları sınıflandırmadır. Kinetik sistemlerin mimarlıkta kullanılabileceği alanlara göre yaptıkları sınıflandırmada kinetik mimarlığı 8 başlığa ayırmışlardır:

- Kinetik Kontrol Sağlanan Statik Yapılar
- Kendi Kendine Dinamik Olarak Kurulabilen Yapılar
- Kinetik Bileşenler
- Dönüşebilen Yapılar
- Adım Adım Değişebilen Yapılar
- Deforme Olabilen Yapılar
- Mobil Yapılar
- Eklenip Çıkarılabilen Parçalı Yapılar [6].

Diğer bir sınıflandırma ise, Michael A. Fox ve Bryant Yeh'in, 1999 yılında yayımlanan *Intelligent Kinetic Systems* isimli makalelerinde yaptıkları sınıflandırmadır. Genel mekanik ve teknolojik prensiplerle bağlantılı, duyarlı kinetik tasarımı, öncelikle 3 ana başlığa ayırmışlardır:

- Yapısal Yenilikler ve Malzeme Teknolojisindeki Gelişmeler
- Mimarideki Genel Kinetik Tipolojiler
- Kontrol Mekanizmaları [21].

Yapısal yenilikler ve malzemedeki gelişmelere bağlı olarak, yollar ve araçlar kavramlarından bahsedilmektedir. Kinetik metot olarak "yol", hem boyut hem şekil olarak katlanma, kayma, uzama, kısalma ve dönüşmeyi içeren kavram olarak anlaşılabilir. "Araç" ise sistemlerin çalıştırılması için gerekli güç olarak tanımlanmış ve pnömatik, kimyasal, manyetik sistemleri ya da elektrik sistemlerini içerebileceği söylenmiştir. Bir elemanın kinetik sayılabilmesi için yol ve araçlar kavramlarının uyum içinde çalışmasının gerekliliğinden bahsedilmektedir [4], [21], [22].

Mimarlık ölçeğinde kinetik tipolojileri ise 3 ana başlığa ayırmışlardır:

- **Gömülü Kinetik Yapılar (Embedded Kinetic Structures):** Mimari bir bütün içinde sabit bir yerde bulunan sistemlerdir. Bu kinetik yapının öncelikli fonksiyonu; değişime göre mimari sistemi ya da yapının tümünü kontrol etmektir.
- **Kurulabilir Kinetik Yapılar (Deployable Kinetic Structures):** Genellikle geçici bir konumda bulunurlar ve kolayca taşınabilirler. Bu tür sistemler, takılıp sökülebilen, kurulup kaldırılabilen özelliğe sahiptirler.
- **Dinamik Kinetik Yapılar (Dynamic Kinetic Structures):** Mimari bütün içinde var olan ancak bütün içinde bağımsız hareket edebilen küçük ölçekli hareketli bileşenlerdir. Kapılar, pencereler, asansörler ve yürüyen merdivenler dinamik kinetik sistemlerin en bilinenleridir. Bu listeyi daha az bilinen çek-bırak raflar, aşağı çekilen merdivenler, katlanan yataklar ve diğer hareketli mobilyalarla genişletmek mümkündür.

Dinamik hareketli sistemler kendi içinde yer değiştirebilen, dönüşen ve değişen hareketli sistemler olarak alt başlıklara ayrılabilir:

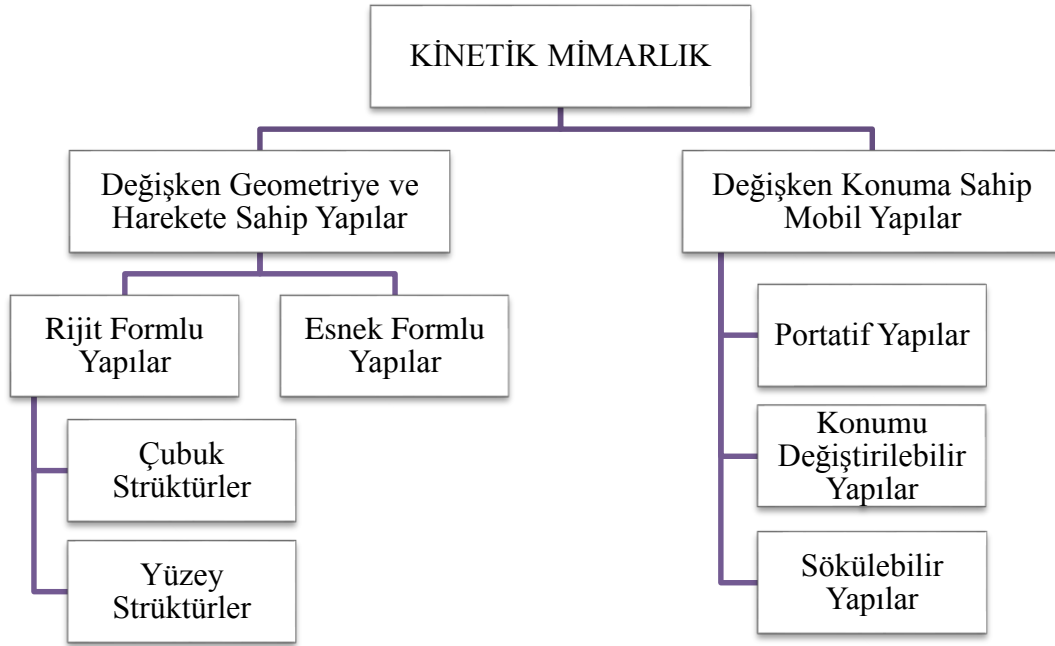
- Yer değiştirebilen sistemler, mimari bir boşlukta farklı pozisyonlarda fiziksel olarak hareket eden tüm tipleri içerirler.
- Dönüşen sistemler, farklı uzaysal biçimler almak için değişirler ve mekân kazanmak gibi pratik ihtiyaçlar için kullanılırlar.
- Değişen sistemler, LEGO parçaları gibi, ayrı parçaların dışında daha geniş bir bütün oluşturmak için eklenip çıkarılabilen sistemlerdir [4], [21], [22].



Şekil 2.9. Kinetik yapıların sınıflandırılması [21]

2004 yılında Koray Korkmaz tarafından doktora tezi kapsamında yapılan sınıflandırmaya göre ise kinetik mimarlık iki ana başlığa ayrılmıştır:

- Değişken Geometriye ve Harekete Sahip Yapılar iki ana başlığa ayrılmıştır:
- Esnek Formlu Yapılar
- Rijit Formlu Yapılar
- Değişken Konuma Sahip Mobil Yapılar ise üç ana başlığa ayrılmıştır:
- Portatif Yapılar
- Konumu Değiştirilebilir Yapılar
- Sökülebilir Yapılar [23].



Şekil 2.10. Kinetik mimarlığın sınıflandırılması

Bu sınıflandırmada hareketli yapılar, hareketin gerçekleştiği zamana göre ayrılmıştır. Kinetik mimarlık yapının mobil yani yer değiştirebilir olması veya yapının dönüştürülebilir yani bulunduğu yerde biçim değiştirebilir olması olarak tanımlanmıştır. Mobil mimaride hareket, yapı kullanılmadan önce gerçekleşir. Yapı önce kullanılacağı yere taşınır sonra kullanılır. Biçim değiştirebilir yapılarda ise hareket yapı kullanılırken gerçekleşir. Yapının tümü veya bir kısmı işlevsel, mevsimsel ya da günlük değişen mekânsal ihtiyaçlara cevap verebilmek için bulunduğu yerde hareket ederek dönüşür [13].

2.2.6. Kontrol sistemlerinin sınıflandırılması

1999 yılında yayımlanan Intelligent Kinetic Systems isimli makalelerinde Michael A. Fox ve Bryant Yeh, kontrol sistemlerini 6 başlık altında incelemiştir:

- **Dâhili Kontrol (Internal Control):**
Sistemin yapısal dönme ve kayma kısıtlamaları için dâhili bir kontrol mekanizmasına sahip olduğu sistemlerdir.
- **Direkt Kontrol (Direct Control):**
Hareketin, çevreden alıcılara gelen bilgilere göre herhangi bir enerji kaynağı tarafından sağlandığı sistemlerdir.
- **Dolaylı Kontrol (In-Direct Control):**
Hareketin, alıcının geri bildirim yoluyla dolaylı olarak sağlandığı sistemlerdir. Çevreden alıcıya gelen bilgiyle sistem çalışmaya başlar. Alıcı daha sonra kontrol aracına mesaj gönderir. Kontrol aracının hareket talimatını vermesiyle hareket gerçekleşir. Burada tekil bir uyarana karşı tekil bir tepkiden bahsedilmektedir.
- **Duyarlı ve Dolaylı Kontrol (Responsive In-Direct Control):**
Temel işleyiş, dolaylı kontrol sistemiyle aynı olmasına rağmen burada tek bir nesnenin hareketi için kontrol mekanizması birçok alıcıdan gelen bilgiyi optimize ederek enerji kaynağına hareket talimatı verir.
- **Çoklu, Duyarlı ve Dolaylı Kontrol (Ubiquitous Responsive In-Direct Control):**
Bu sistemlerde hareket, otonom alıcı ya da motor çiftlerinin birbirine bağlı bir bütün olarak çalışmasıyla sağlanır. Kontrol sistemi, öngörülü ve otomatik olarak uyarlanabilen bir geri bildirim mekanizması gerektirir.
- **Öğrenebilen, Duyarlı ve Dolaylı Kontrol (Heuristic Responsive In-Direct Control):**
Bu sistemlerde hareket, ya tekil olarak ya da kendini ayarlama hareketine duyarlıdır. Böyle sistemler kontrol mekanizması içinde öğrenebilen ya da öğrenme yetisine sahip olan sistemlerdir [21].

2.2.7. Kinetiğin mimarideki uygulamaları

Interactive Architecture isimli kitabında Michael A. Fox, kinetiğin mimari çevrede uygulamasını 4 başlığa ayırarak analiz etmiştir: mekânsal optimizasyon, çok fonksiyonlu tasarım, bağlamsal uyum ve taşınabilirlik [4]. Daha sonra bu başlıklar tek tek açıklanmıştır.

Kinetiğin mekânsal optimizasyonu; genellikle mekânın değişen ihtiyaçlara ya da kullanıcı isteklerine nasıl uyum sağlayabileceği olarak tanımlanmıştır. Çok fonksiyonlu tasarım, mekânsal optimizasyon sistemlerinden farklıdır. Çünkü bu sistemler, kullanım değişikliğini sağlamak için mekânın uygun hale getirilmesi olarak tanımlanmıştır. Bağlamsal uyum ise, kinetik sistemlerin çevresel şartlara nasıl uyum sağlayabileceği olarak tanımlanmıştır. Hareketlilik ya da taşınabilirlik ise, kinetiğin pratik ihtiyaçlar için araç olarak hizmet verebilmesi olarak belirtilmiştir [4].

Kinetiğin mekânsal optimizasyonu

Michael A. Fox, kinetik çevrede mekân optimizasyonunu, çevreden gelen ya da kullanıcı hareketleri tarafından başlatılan uyarılardaki değişim üzerine mekânsal düzenlenişin kuruluşu olarak tanımlamıştır. Hem farklı gruplaşmalara olanak sağlayan hem de altyapısı tarafından sınırlandırılan toplantı merkezleri, yemek ve spor salonları gibi tipik, büyük ölçekli ve açık boşluklar mekânsal optimizasyon için kullanılacak klasik örnekler arasında sayılmıştır. Önceden tanımlanmış fiziksel bir boşlukta dönüştürülebilir objelerin dinamik olarak nasıl bulunabileceği mekân optimizasyonunun konusudur [4].



Şekil 2.11. Microsoft Genel Merkezi, Lizbon, Portekiz [24]



Şekil 2.12. Elm Park Pazarlama Ofisi, Güney Dublin, İrlanda [4]

Mekânsal optimizasyon sistemlerinde bir boşluk ya da objenin ne iş yaptığını ya da o işi daha iyi nasıl yapabileceğini anlamak önemlidir. Tasarımcılar, mekânsal paylaşımın uygun hale getirilmesinde, özel ve ortak ihtiyaçların karşılanmasında ya da akustik konfor ve görsel kontrolün sağlanmasında kinetiğin nasıl kullanılabilirliğini tanımlamalıdır [4].

Açık ofisler gibi önceden tanımlı fiziksel bir boşluğu paylaşmak durumunda olan bireylerin, akustik konfor ve görsel mahremiyet istekleri farklı olabileceği gibi aynı mekânı gün içerisinde paylaşacak kullanıcı sayısı da farklı olabilir. Bu durumda mekânın farklı kullanıcı isteklerine ya da kullanıcı sayısının farklılığına göre optimizasyonu, mekânı bölen hareketli öğeler ya da mobilyalar kullanılarak yapılabileceği gibi bölücü malzemenin değişim özelliğinden faydalanılarak da yapılabilir. Örneğin, Lizbon Portekiz'deki Microsoft Genel Merkezinde (Şekil 2.11) gerektiğinde görsel mahremiyeti sağlamak üzere; Dublin İrlanda'daki Elm Park Pazarlama Ofisinde (Şekil 2.12) ise büyük tek bir hacmi kullanıcı sayısı ve isteklerine göre bölmek üzere Smart Glass (Akıllı Cam) teknolojisi kullanılarak mekânsal optimizasyon sağlanmaya çalışılmıştır.

Çok fonksiyonlu tasarım

Çok fonksiyonlu tasarım; parçalardan oluşan ve böylece yer değiştirebilir, eklenebilir ve üretilebilir olan sistemlerin toplumun değişen ihtiyaçlarının karşılanmasında ve bu ihtiyaçlara mimarinin uyum sağlamasında kullanılacak yol olarak tanımlanmıştır. Çok fonksiyonlu tasarım, hareket edebilen mimari öğelerin kullanım çeşitliliğini sağlamak için ortak bir fiziksel mekânı nasıl paylaşabileceklerinin tanımıdır.



Şekil 2.13. Veltins-Arena Stadyumu [25]



Şekil 2.14. Sapporo Dome Stadyumu [26]



Şekil 2.15. Phoenix Üniversitesi Stadyumu [27]



Şekil 2.16. Pierre Mauroy Stadyumu [28]

Stadyumlar; büyük yatırımlarla yapılan ancak yapılan yatırımların karşılığında yılda birkaç organizasyon için kullanılan, büyük ölçekli ve planlanması birçok veri gerektiren kapsamlı yapılardır. Stadyumlarda işlevsel ve teknik gerekliliklerinin yanı sıra yapının yeri, altyapısı, ulaşılabilirliği, hem ilk yatırım maliyeti hem de işletme giderleri, çevresel etkileri ve sürdürülebilirliğine ilişkin konular tasarımın ana girdilerini oluşturur.

Stadyumlarda kinetik bileşen olarak hareketli çatı örtüleri kullanılmaktadır ancak stadyumlar halen tek bir fonksiyona - spora ve onun tek bir dalı olan futbola - hizmet edebilmektedirler. Ancak stadyumlar, çim sahanın kapalı hacmin dışına taşınması yoluyla farklı organizasyonlar için de kullanılabilirler. 2001 yılında Gelsenkirchen-Almanya’da yapılan (tümü koltuklu 53 951, terasla birlikte 61 482 kişi kapasiteli [29]) Veltins-Arena Stadyumunda (Şekil 2.13); yine 2001 yılında Toyohira-ku, Sapporo-Japonya’da yapılan (futbol için 41 484, beysbol için 40 476, maksimum 53 796 kişi kapasiteli [30]) Sapporo Dome Stadyumunda (Şekil 2.14); ve 2006 yılında Glendale, Arizona-ABD’de yapılan (futbol için 63 400, diğer organizasyonlar için maksimum 72 800 kişi kapasiteli [31]) Phoenix Üniversitesi Stadyumunda (Şekil 2.15); çim saha stat dışına taşınabilmektedir. Böylece hem çim sahaya doğal güneşlenme imkânı sunulur hem de stadyum farklı organizasyonlar için kullanılarak kullanım çeşitliliği sağlanır. 2012 yılında Villeneuve d'Ascq-Fransa’da yapılan (tamamı kullanıldığında 50 186, bir kısmı kullanıldığında 6 900-30 000 kişi kapasiteli [32]) Pierre Mauroy stadyumunda (Şekil 2.16); ise çim saha iki katmandan oluşur. Sahanın bir kısmı diğerinin üzerine kaldırılıp kaydırıldığında, sporun farklı dalları ya da spor dışında çeşitli aktivitelerde kullanılabilir - Boîte à Spectacles denen - daha küçük ölçekli ikinci katman ortaya çıkar. Böylece hareket edebilen mimari öğeler, kullanım çeşitliliği sağlamak için ortak bir fiziksel mekânı paylaşarak çok fonksiyonlu tasarım imkânı sunar.

Mimarlıkta bağlamsal uyum

Michael A. Fox, ‘herkese uyan tek kalıptır’ düşüncesiyle, mimarinin durağan olarak inşa edildiğinden hareketsiz bir durumu ifade ettiğini vurgulamış ve mimarlıkta bağlamsal uyumu, tip ve tipoloji olarak mimari çevreye verilen yanıt olarak yorumlamıştır. Kinetik sistemlerin çevresel şartlara nasıl uyum sağlayabileceği ve bu şartların kentsel ölçeğe nasıl genişletilebileceğinin anlaşılması bağlamsal uyumun sağlanması açısından önemlidir.

Herhangi bir yapının içinde bulunduğu çevre dokusu, yapının yaşam süresi boyunca büyüyen toplumun artan ve çeşitlenen ihtiyaçlarına göre zaman içinde değişebilir. Yapının değişen çevre verilerine göre varlığını sürdürülebilmesi ve bu değişime uyum sağlaması yapının sürdürülebilirliği açısından da önemlidir. Mimarinin, çevre koşullarına uyum sağlayabilmesi anlamına gelen bağlamsal uyuma; Şekil 2.17’de gösterilen Koray Korkmaz’ın metrolar için hava bacası niteliğindeki projesi örnek gösterilebilir.



Şekil 2.17. Membrane Moves, Koray Korkmaz, 2002 [13]

Bu tasarım, metroların doğal ışık alabilmesini kinetik yolla sağlamak amacıyla geliştirilmiş bir projedir. Bu amaçla kent meydanında, dairesel boşluklar açılmıştır. Metro istasyonunda ise, bu boşlukların altına gelecek şekilde, dairesel havuzlar tasarlanmıştır. Her havuzun merkezinden yer üstüne kadar uzanan elektrik direklerine ise şeffaf membran örtüler monte edilmiştir. Bu şeffaf membran örtünün, yılın sıcak günlerinde elektrik direklerindeki montaj yerlerinden yukarı doğru çekilerek sıcak havanın yükselmesi ve bir havalandırma bacası görevi görmesi; yılın soğuk günlerinde ise membranlar aşağı doğru çekilerek metrodaki hava sirkülasyonunun engellenmesi ve yağın yağmurun alttaki havuzlarda toplanması amaçlanmıştır. Aynı zamanda bu şeffaf, kinetik membran örtünün hem yaz hem de kış aylarında metro istasyonunun doğal ışık almasına imkan vermesi amaçlanmıştır [13].

Taşınabilirlik

Taşınabilirlik, “uyarlanabilir fiziksel değişim”in son kategorisi olarak analiz edilmiştir. Taşınabilir mimarlık, genellikle yapılar veya çeşitli yerlerde ve geometrilerde inşa edilebilir yapı bileşenleri olarak tanımlanmıştır. Taşınabilirlik, mimari ölçekteki kinetik uygulamaların en yaygın olanıdır. Afet veya ihtiyaç anında kurulup kaldırılabilen; konteynırlar, mobil tuvaletler, hastaneler vb. gibi tüm mobil yapılar taşınabilir mimari sistemlere örnek gösterilebilir.

3. SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARLIK VE KİNETİK MİMARLIK İLİŞKİLERİ

Önceki bölümde anlatılan kinetik mimarlığın sürdürülebilir mimarlık ile ilişkisi bu bölümde yapı kabuğu üzerinden incelenmiş ve örneklerle açıklanmaya çalışılmıştır.

3.1. Bina Kabuğunda Değişimin Gereksinimi ve Hareketli Bileşenler

Kinetik, mimarın durağan formunu zorlayarak, bina üzerinde çeşitli yöntemlerle meydana getirilebilecek değişimleri ifade eder. Mimarlıkta geleneksel sınırları zorlayacak bir anlayış, mevcut kaynakları tüketmekten çok; mevcut durumu iyileştirmek için kullanılmalıdır. Kinetik cephelerin pek çok örneği olmasına rağmen çevreyle uyumlu bir cephe olmayı hedefleyenlerin sayısı azdır. 2007 yılında yayımlanan kitabında Moloney, kinetiğin kullanıcılar üzerindeki etkilerini tanımlamakta ve binada kinetiğin kabul edilebilir yönünün, akıllı cephelerin güneşin açılarını izleyebilmesi ya da iç mekân sıcaklık alıcıları yoluyla hava hareketini sağlayabilmesi [33], olduğunu söylemektedir. Güney Kaliforniya Üniversitesinde yapılan bir tez kapsamında ise, kinetik cephelerin kullanımında;

- Güneş ışınımı kontrolü,
- Güneş ışığı kontrolü,
- Havalandırma kontrolü,
- Enerji üretimi, dört ana değişken olarak sayılmıştır [34], [35].

Güneş ışınımı kontrolü cephede, binanın sabit saçak ya da konsollarından ayarlanabilir panjurlara kadar pek çok yolla sağlanabilir. Bu sistemlerin amacı, güneş ışınımının mekâna girişini kontrol etmektir. Givoni (1994), ayarlanabilen gölgeleme sistemlerinin istenildiğinde -kış aylarında olduğu gibi- güneş ışınlarının tümünü alabilme özelliğinden dolayı, ayarlanabilen gölgeleme sisteminin sabit bir gölgeleme sisteminden daha etkili olduğunu [36] ve cam yüzeylerin de dış tarafına yerleştirilen gölgeleme elemanlarının içe yerleştirilenlerden daha büyük bir etkiye sahip olduğunu [37] savunmaktadır.

Stein (2009), pasif soğutmalı binalar için enerjiyle ilgili belki de tek ve en önemli bileşenin güneşin gölgelenmesi olduğunu söylemekte ve eğer bina cephesi -güneş binaya girmeden- güneşi kontrol edebilirse soğutma yüklerinin yarı yarıya düşebileceğini [38] iddia etmektedir. Ancak bina dış yüzeyinde uygulanacak herhangi bir gölgeleme sistemi aynı zamanda manzaraya ya da gün ışığı alımına da engel teşkil edebilir.

Güneş ışığı kontrolü de kinetik cephelerin kullanılmasının faydalı olabileceği başka bir alandır. Hareketli güneşlikler ve gölgeleme sistemleri, güneş ışınımı kontrolünde olduğu gibi, gün ışığı kontrolünde de kullanılabilir. Bunların dışında malzeme özelliklerinin değişiminden faydalanılarak da (elektrokromik malzemeler gibi) gün ışığı kontrolü sağlanabilir.

Havalandırma kontrolü de kinetik sistemler yoluyla sağlanabilir. Givoni (1969), havalandırmanın üç amacı olduğunu savunmaktadır: “hava değişikliği yoluyla iç mekân hava kalitesini korumak, sıcak mekânlarda taşınım yoluyla ısı kaybını artırarak termal konforu sağlamak ve bina kütlelerini soğutmak” [37]. Kinetik cephe yoluyla havalandırma kontrolü ve doğal havalandırma imkânı sunulabilir ancak çok büyük ya da çok yüksek yapılarda, doğal havalandırmanın mümkün olmadığı durumlarda kinetik cephe alıcıları, rüzgâr hızını ve yönünü ölçerek sistemleri kontrol etmek üzere kullanılabilir.

Kinetik cephe sistemlerinin sürdürülebilirlik kriterlerine dâhil olabileceği başka bir yönü ise enerji üretimi olarak sayılmıştır. Binayla bütünleşik fotovoltaik sistemler, enerji üretiminde kullanılan ve en bilinen sistemlerdir. Kinetik sistemlerin, çeşitli çevresel/iklimsel faktörlere göre hareket etmesi ise sistemlerin verimliliğini artıracaktır.

Güneş ışınımı kontrolü, güneş ışığı kontrolü, havalandırma kontrolü ve enerji üretimi bina kabuğunda kinetiğin değişkenleri olarak sayılmıştır. Bundan başka, aynı tez kapsamında, en az bir çevresel faktöre duyarlı örnek cepheler, kinetiğin değişkenlerine ve yapılandırılmalarına göre başlıklara ayrılmışlardır. Hareketli cephe yapılandırmaları; düşey dış düzlem, yatay dış düzlem, dâhili mekanizmalar, yatay panjurlar, düşey panjurlar, yatayda dönme hareketi, düşeyde dönme hareketi, yatay kayan düzlem, düşey kayan düzlem olarak ayrılmışlardır. Hareketli cephe elemanları, hareketin biçimine göre ise; katlanma, dönme, kayma, uzama ve dönüşme başlıklarına ayrılarak [34], [35] sınıflandırılmıştır. (Bkz. EK-1)

3.2. Sürdürülebilir Mimarlık ve Enerji Etkinliğinde Bina Kabuğunun Önemi

Michael Fox, hesaplamalı cihazların çevre yöneticisi olarak mimari bileşenlere uygulanmasının, mimarinin gelişimine yeni bir seviye sunacağını ifade etmektedir. Bu tür yeni teknolojilere odaklanmanın, binalarda sürdürülebilir stratejilerin uygulanabilmesi gibi önemli bir mimari sorumluluğa yönelik bir gereklilik olabileceğini vurgulamaktadır [39].

2014 yılı 7. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumunda sunulan bir çalışmada “Sürdürülebilir Mimarlık” tanımının üç boyutunu; çevre, toplum ve ekonominin oluşturduğundan ve yapılan farklı tanımların ortak özelliklerinin çevreye saygılı ve mümkün olan en az zararın verildiği tasarımları kapsadığından bahsedilmiştir [40]. Sürdürülebilir mimarlık kavramının tanımı kapsamında en çok bahsedilen konular şöyle sıralanmıştır:

- Yapı alanının etkin kullanımı (bulunduğu çevreye, iklime uygun tasarım)
- Enerji korunumu (ısı yalıtımı, pasif ve aktif enerji sistemlerinin kullanılması vb.)
- Yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı
- Su korunumu (yağmur suyu kullanımı, kullanım suyunun arıtılarak kullanılması vb.)
- Yerel malzeme ve işgücü kullanımı (yakındaki malzeme ve işgücünün tercih edilmesi)
- Atık yönetimi
- Geri dönüşüm (geri dönüşümlü malzeme kullanımı) [40].

Bahsedilen bu konular bir yapının yalnızca ekolojik olarak sürdürülebilir sayılabilmesi için sıralanmış olabilir. Yapıların ömrünü genel olarak yapım, kullanım ve yıkım olarak üç ana bölüme ayırırsak; yeni yapılacak olan bir tasarımın yapım evresinde, yapının ömrü boyunca taşıyacağı karaktere, malzemeye ve göstereceği performansa karar verilir. Yapının ekolojik sürdürülebilirlik ilkeleri barındıran bir tasarım olması isteniyorsa bütüncül bir tasarım anlayışıyla arsa seçiminden itibaren tüm tasarım girdilerinin analizi gereklidir. En uzun evre olan kullanım evresinde ise, yapının performansı en önemli kriterdir. Bu aşamada uygulanacak sürdürülebilir sistemlerin mevcut diğer sistemlere oranla ilk yatırım maliyetlerini ne kadar sürede karşılayabileceği, kullanım evresi boyunca sistemlerin bakım ve onarımı gibi konular da başka bir analiz konusudur ve yapının ekonomik olarak sürdürülebilir olup olmadığını gösterir. Yapının, ömrünü tamamladığı düşünülerek yıkım evresine geçildiğinde ise yerine yapılacak tasarıma neleri katabileceği

yani “beşikten mezara değil; beşikten beşiğe” tasarım anlayışına ne kadar uygun olduğu konusu da sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Ayrıca yeni yapılacak tasarımların o yere ne kadar ait ve yöresel mimarlıkla ne kadar uyumlu olduğu ya da kentliye kültürel öğeleri hatırlattığı; kullanıcıların anılarında yeri olan, kent hafızasına katkıda bulunan ömrünü tamamlamış mevcut yapıların kente kazandırılması sosyal sürdürülebilirliğin sağlanması açısından önemlidir.

Tasarımı etkileyen pek çok girdinin yanında binanın enerji performansını etkileyen başlıca tasarım parametreleri arasında; binanın yeri, binanın diğer binalara olan mesafesi ve konumlandırılış durumu, binanın yönü, binanın formu, binayı çevreleyen kabuk elemanlarının ısı geçişini etkileyen fiziksel özellikleri ile güneş kontrol ve doğal havalandırma sistemleri [41] sayılmıştır. Ancak bunlar pasif sistem olarak tasarıma dâhil olabilirler ve tasarım aşamasında karar verilmesi gereken parametrelerdir. Bu pasif sistem parametrelerinin yanında yapının çevreyle en çok etkileşimde bulunan parçası ya da derisi kabul edebileceğimiz dış kabuğunun da denetlenmesi ve çevre koşullarına uyum sağlayabilecek şekilde hareket etmesi yoluyla hem kullanıcı konfor koşulları sağlanırken hem de enerji tasarrufu artırılabilir.

Ayrıca mevcut yapılarda bu pasif sistem parametreleri değiştirilemeyeceğinden yapı kabuğunun mevcut çevre ve iklim koşullarına uyumlu ya da yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanabilecek şekilde kendini ayarlaması yapının enerji performansını artırır. Bu kapsamda Texas Üniversitesinde yapılan bir araştırmada, bina kabukları üç özelliğine göre sınıflandırılmıştır:

- İklim - çevre ile çevrenin iç mekân koşulları üstüne etkisi - enerji verimliliği arasındaki ilişkiyi göstermesi,
- Mimari estetiği geliştirebilecek potansiyel fiziksel hareket (yapı bileşeni bazında) ya da davranışları (malzeme bazında) bir araya getirmesi,
- Doğal kaynaklardan faydalanma ve optimum performansı sağlama fikriyle biyolojik benzetmeler yapmasıdır [42].

Bu tanım kapsamında iklimle uyumlu yapı kabuğu kullanılan teknolojiye göre genel olarak; güneşe duyarlı sistemler, rüzgâra duyarlı sistemler ve diğer iklimsel kaynaklara duyarlı sistemler [42] olarak üç başlığa ayrılarak incelenmiştir.

3.3. Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Kinetik Cephe Örnekleri

Bu bölümde incelenen konu örnekler üzerinden açıklanmaya çalışılmıştır. Kinetiğin mimarideki uygulamaları çok çeşitlidir ve geniş ölçeklerde bulunabilir. Burada bahsedilen kinetik hareket, yalnızca cephe ölçeğinde incelenmiştir ve algısal değil, fiziksel bir harekettir. Ayrıca hareket, biçimine göre değil; amacına göre sınıflandırılmıştır. Yani; seçilen cephe sistemleri, iklim verilerine ve/veya çevresel verilere göre hareket ederken; yapının enerji verimliliğinin artırılması üzerinde de etkilidir. Seçilen cephe sistemleri, yapının ekolojik olarak sürdürülebilirliğini sağlayacak yönde hareket etme eğilimindedir.

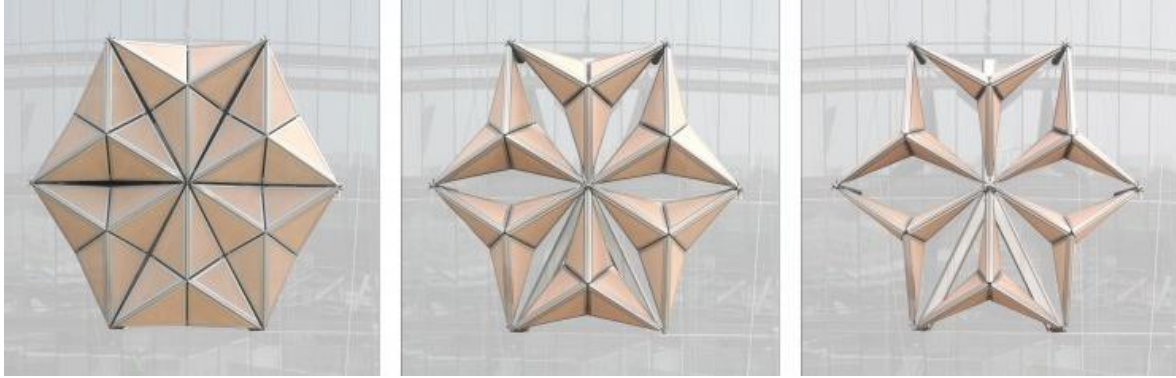
Seçilen örnekler iklim verilerine göre hareket eden ve verimliliğini artırmaya yönelmiş tasarımlardır. Yani; kinetik mimarlık ile sürdürülebilir mimarlık ara kesitinde bulunurlar. Örnekler seçilirken bu özelliklerden yalnızca birini barındıran tasarımlara sınır çizilmeye çalışılmıştır.

3.3.1. Al Bahar kuleleri



Şekil 3.1. Al Bahar kuleleri [43] (Proje künyesi için Bkz. Ek-2)

Proje, Abu Dabi Yatırım Konseyinin yeni merkezi için yapılmış olan uluslararası bir yarışma projesidir ve 2012 CTBUH (Council on Tall Buildings and Urban Habitat) Ödülleri programında, CTBUH Yenilik Ödülü'nü kazanmıştır. Kulelerin formu, Abu Dabi gibi yazın 120 °F (~49 °C) sıcaklığa ulaşan çöl iklimi bölgesinde, güneşin etki ettiği yüzey alanını azaltmak ve en az yüzey alanıyla en büyük hacmi sağlamak üzere dairesel bir plan üzerinde yükselen iki kuleden oluşmaktadır. Form, temelde ve bina üst kotunda daralırken orta kısımlarda şişkindir (Şekil 3.1). Her iki kule, yaklaşık 1 000 - 1 100 kullanıcıya hizmet verebilir ve görevliler ile özel ve bireysel kullanıcılar için ayrı ayrı erişimin sağlandığı ve içinde ibadet alanları, restoranlar ve bir konferans salonunun bulunduğu bir podyumla birbirine bağlanmaktadır. Binanın zemin altında, 80 araçlık otopark içeren iki kat bulunmaktadır. Güneye doğru eğik çatısında bulunan ve binanın tükettiği toplam enerjinin yaklaşık %5'ini karşılayan güneş panelleri ile binaya sıcak su sağlanmaktadır ve körfezde LEED Gümüş derecesi alan ilk binalardandır. İçinde yer aldığı iklim şartlarına göre hareket eden dış cephe gölgeleme sistemine ek olarak bina içinde, güney cephesi yönünde, güneş etkilerini azaltmaya yardımcı olmak üzere iç bahçeler düzenlenmiştir [44].



Şekil 3.2. Al Bahar kuleleri cephe detayı [44], [45]

Bu tasarımı diğerleri arasında farklı kılan ise geleneksel İslami motiflerinden ilham alan ve güneşin hareketine göre açılıp kapanarak iç mekânı güneşin istenmeyen ışınımlarından koruyan hareketli gölgeleme sistemidir (Şekil 3.2). Bu sistem yoluyla parlama ve güneş etkisi azaltılırken, İslam mimarisinde mahremiyeti sağlayan bir araç olarak da kullanılan ahşap kafes panel biçimindeki "mashrabiya" ögesi tekrar yorumlanmıştır. Al Bahar kulelerindeki mashrabiya güneşin hareketine göre açılıp kapanabilen bir dizi şeffaf, şemsiye benzeri elemandan oluşmaktadır. Her iki kule, bina yönetim sistemi ile kontrol edilen binden fazla tekil gölgeleme elemanından oluşmaktadır. Parametrik tasarım ürünü

olan her bir öge doğrusal bir çalıştırıcı tarafından önceden programlanmış belli bir sıraya göre günde bir kez açılıp kapanmaktadır. Tüm sistem, kötü hava koşulları veya yüksek rüzgâr etkisinde bütünlüğü sağlayacak sensörler ile korunmaktadır [45], [46]. Her bir üçgen parça yaklaşık 6x4 m boyutlarında ve ağırlıkları 240-600 kg arasında olup taşıyıcı iskeletinin üzerinde PTFE (politetraforoetilen) ile kaplanmış fiberglas kullanılmıştır [40].

Bu bilgiler doğrultusunda yapının;

- Güneşin etki ettiği yüzey alanını azaltmak ve en az yüzey alanıyla en büyük hacmi sağlamak üzere seçilen dairesel formuyla ve güney cephesi yönünde güneş etkilerini azaltmaya yardımcı olmak üzere tasarlanmış iç bahçeleriyle, yapı alanının etkin kullanılması yönünden pasif performans kriterlerini sağladığı söylenebilir.
- Binanın tükettiği toplam enerjinin yaklaşık %5'inin güneş panelleriyle karşılanmasıyla, çöl iklimi bölgesinde güneşin fazla etkisinden korunmak ve kullanıcı konforunu sağlayarak verimliliği artırmak üzere tasarlanan hareketli gölgeleme sistemiyle enerji korunumu yönünden sürdürülebilir olduğu söylenebilir.
- Ayrıca, yapıldığı yerin iklimsel verilerine ve yönlenmesine göre yapılan gölgeleme sistemi tasarımı ve bu tasarımda yorumlanan İslami motiflerle kültürel kimliğe katkıda bulunarak sosyal olarak sürdürülebilir olduğu söylenebilir.

3.3.2. Bir Okyanus - 2012 Yeosu Expo Tematik Pavyonu



Şekil 3.3. Bir Okyanus-Tematik Pavyon [47] (Proje künyesi için Bkz. Ek-3)

Bu proje (Şekil 3.3), 2012 yılında Yeosu Güney Kore’de yapılan Expo için tasarlanmıştır ve 2009 yılında düzenlenen uluslararası yarışmayı kazanmıştır. Tasarımın amacı “okyanusun çeşitli şekillerde Expo’da tematik temsilini gerçekleştirmek için gereken mekânları hazırlamak, ikonik bir kent simgesi oluşturmak ve kentsel bağlam ve çevreyle iletişim kurmak” olarak açıklanmıştır [48].

Tasarım, okyanusun yüzeyi ve derinliğinden ilham alınarak yapılmıştır ve sorunsuz şekilde birleşen iki ayrı yüzden oluşan Janus¹ başına benzetilmiştir. Burada denize bakan yüz (Şekil 3.4) ile sahile bakan yüz (Şekil 3.5), birbirinden farklı biçimsel özelliklere sahip olmasına rağmen bir bütünü oluşturmaktadır. Denize yönelmiş yüzü oluşturan katı düşey koni yığını, kıvrımlı yeni bir sahil şeridi, su ve toprak arasında sürekli ilişki içinde yumuşak bir kenar hattı tanımlamaktadır. Başlangıçta inşaat alanında bulunan doğrusal dalgakıran boyunca düzenlenmiş ve üçgen bir ızgara sistemi üzerine kurulmuştur. Izgara sistemi ise işlevsel ve mekânsal gereksinimlerden yola çıkılarak oluşturulmuştur [49].



Şekil 3.4. Bir Okyanus - Tematik Pavyon okyanus cephesi [47]



Şekil 3.5. Bir Okyanus - Tematik Pavyon giriş cephesi [47]

Pavyonun diğer yüzü ise, bahçeler ve doğal yollarla zeminden, üzerinde yürünebilen yapay çatıya doğru gelişmektedir. Çatı; bitki ve güneş kolektör alanları ile rüzgâr tarafından hareket ettirildiğinde ışık üreten piezoelektrik² elemanlar gibi, doğal ve yapay elemanların birleşiminden oluşmaktadır. Çatının tomografik hatları Expo’nun girişi ve “Dijital Galeri”yi oluşturan kinetik medya cephenin lamellerine dönüşerek yapıyı tamamlamaktadır [49].

¹ Janus: Bir yüzü sağa, bir yüzü sola bakan, iki yüzü olan Roma tanrısıdır [50].

² Piezoelektrik özelliği: Mekanik sıkıştırma neticesi voltaj üreten; voltaj tatbik edildiğinde mekanik titreşim elde edilen bazı kristal ve seramiklere has özelliktir. Mekanik enerjiden voltaj üretimine piezo olayı; voltajdan mekanik titreşim üretimine de ters piezo olayı denir. Piezo Latince basmak anlamına gelir [51].

Kinetik medya cephe için doğayı yansıtan (biyomimetik) bir model seçilmiştir. Cephe lamellerinin hareketinde; çiçeklerinin açılıp kapanmasını ve yaprak yönelimlerini sağlayan elastik deformasyona dayalı kinetik hareket ilham kaynağı olmuştur.



Şekil 3.6. Hareketin tasarımı, Knippers Helbig [52]

3 ile 13m arasında değişen yüksekliğe sahip cephe 140m uzunluğundadır ve bir kenarı sabit, diğer kenarı uzayabilen çalıştırıcılar tarafından üst ve alt kenarlarından desteklenen, kinetik yeteneğe sahip, 108 adet, cam elyaf takviyeli polimer panjurdan oluşmaktadır. 13 metre uzunluğundaki panjurlar yaklaşık 9 mm kalınlığa sahip, eş yönlü kattan oluşur ve bunların her iki kenarı uzunlamasına sırasıyla 200 mm ve 30 mm pervaz ile sertleştirilmiştir. Bitkilerden esinlenilerek tasarlanan panjurlar elastik deformasyon hareketini oluşturabilmek için üst ve alt kenarlarından sıkıştırma kuvveti içeren çalıştırıcılara bağlanmıştır. Çalıştırıcıların hareketiyle iki yatak arasındaki mesafe azalır ve panjurlar esnek bükülmeyle yana doğru kıvrılarak açılırken; kuvvet ortadan kaldırıldığında panjurlar kapanmaktadır (Şekil 3.6). Panjurlar iklime göre şekillenirken ayrı ayrı da çalıştırılarak cephe boyunca dalga etkisi oluşturabilmektedirler. Bireysel olarak da çalıştırılabilen panjurlar Güney Kore kıyılarında tayfun koşullarını meydana getiren 35m/s gibi yüksek rüzgâr hızları için tasarlanmıştır. Ancak rüzgâr 12m/s'den (6 Beaufort) daha az olduğu sürece cephe çalışmaktadır. Eğer rüzgâr 12m/s'den daha güçlü ise cephe otomatik olarak kapanmaktadır. Güneş battıktan sonra ise panjurlar, ön taraflarının iç kısmına yerleştirilmiş doğrusal LED çubuklarla aydınlatılmaktadır [52].



Şekil 3.7. Tematik Pavilyon kinetik cephe pozisyonları [47]

En küçük panjurdan en büyük panjura sistemin tüm yapısal davranışı, gerçek büyüklükteki modellerle test edilmiştir. Panjurlar için üç temel pozisyon (Şekil 3.7) incelenmiştir

1. Pozisyon “Kapalı” : Panjurlar tamamen kapalı ve önceden gerilmiştir.
2. Pozisyon “Neredeyse Kapalı” : Panjurlar kapalı konumda ancak ön-gerilmiş değil.
3. Pozisyon “Azami Açık” : Panjurlar azami açılma açısında, çalıştırıcılar azami uzamış durumda [52].

Ayrıca yapıdaki iklimlendirme tasarımı kararları;

1. Lobide, hissedilen sıcaklığın düşürülmesi amacıyla kontrollü doğal havalandırmadan yararlanılmıştır. Hava akımı sağlamak için, bina hacimleri ve koniler arası boşluklar hâkim rüzgâr yönlerine göre yapılandırılmıştır.
2. Tavan malzemesi olarak düşük enerjili tekstil kaplama kullanılarak iç mekânda kızılötesi radyasyon önlenmeye çalışılmıştır.
3. Deniz suyu, ısı değiştiricisi ile ortamı soğutmak için kullanılmaktadır. Kış aylarında ise sistem tersinedir ve zemin ile duvarlar sıcak su ile ısıtılmaktadır.
4. Sergi alanlarında, ek iklimlendirme ve havanın nemlendirilmesi için güneş enerjisiyle çalışan sıvı emmeli soğutucu klima ünitesi kullanılmıştır. Diğer güneş enerjili soğutma sistemleri ile karşılaştırıldığında, sıvı emmeli işleminin avantajı, güneş enerjisini depolayabilmesidir. Önerilen sistem, özellikle gökyüzü bulutlu olduğunda birincil enerji kaynağı kullanılmadan konforlu bir iklim ortamı sağlayabilmektedir.
5. Fotovoltaik kolektörler; pompalar, fanlar ve klima santrallerinin diğer bileşenlerinin çalıştırılması için gerekli enerjiyi sağlamaktadır.
6. Konilerin üstündeki yeşil çatılar, ısı kazancını azaltmak ve yoğun yağmur dönemlerinde su tahliyesi için ek termal kütle sağlamaktadır [52], şeklinde açıklanmıştır.

Bu bilgiler doğrultusunda yapının;

- Hâkim rüzgâr yönüne göre konumlandırılması ve böylece doğal havalandırma sağlanabilmesiyle hava akımına bağlı olarak, yapı alanının etkin kullanılması yönünden pasif performans kriterlerini sağladığı söylenebilir.
- Enerji depolanabilmesi ve böylece havanın kapalı olduğu günlerde de sıvı emmeli soğutucu klima ünitesi ve güneş kolektörleri ile güneş enerjisinden faydalanılabildiği, piezoelektrik elemanlar ve yeşil çatısı ile yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı yönünden sürdürülebilir olduğu söylenebilir.
- Rüzgâr hızına göre kendini otomatik olarak ayarlayabilen kinetik cephe ile enerji korunumunu sağlaması yönünden sürdürülebilir olduğu söylenebilir.
- Ancak, iç mekânda kullanılan malzemeler her ne kadar kızılötesi radyasyonun önlemesine yardımcı olsa bile cephe hareketinin tasarımında esnek bir bükülmeye izin veren cam elyaf takviyeli polimer malzemelerin geri dönüşümü zordur.

3.3.3. BIQ (Bio İntelligence Quotient) house - Biyoreaktör cephe bina



Şekil 3.8. Biyoreaktör cephe bina [53] (Proje künyesi için Bkz. Ek-4)

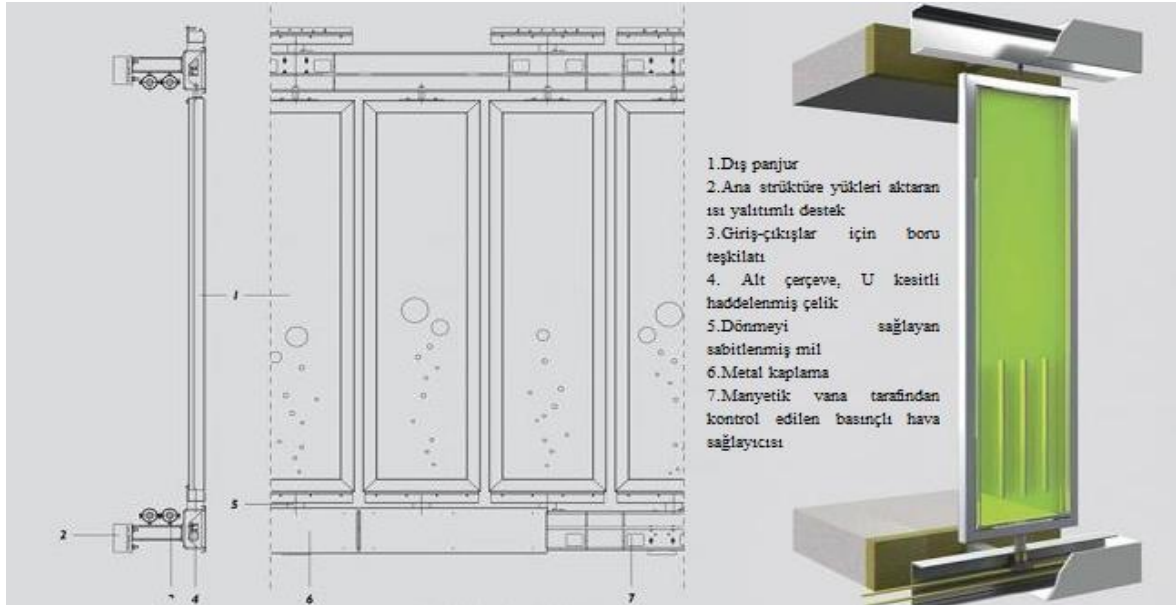
Bu proje (Şekil 3.8), 2013/14 Land of Ideas-Ausgezeichnete Orte im Land der Ideen yarışması kazananı, 2013 Deutsche Fassadenpreis ‘özel ödül’ kategorisi üçüncüsü ve 2014 Zumtobel Group Award ‘yenilikçi uygulama’ kategorisi ödülü sahibi [54] ve 2013 yılı Hamburg’daki uluslararası yapı fuarının bir parçasıdır. Yapıda tasarlanan biyoreaktör cephenin amacı; alg biyokütlesi ve güneş ışığını kullanarak yenilenebilir enerji üretimi için dinamik bir cephe sistemi oluşturmak, şeklinde açıklanmıştır. İlk kez bir konut yapısında kullanılan bu sistemin; endüstriyel veya ticari yapılar ile konut veya kamu yapılarında hem yeni yapılacak hem de mevcut binalar için kullanılabileceği açıklanmıştır [55].



Şekil 3.9. Biyoreaktör cepheli bina [53]

Almanya’nın Hamburg şehrinde yapılan bu konut yapısında, ilk kez bir bina dâhilinde algler ve onlardan enerji elde etmek üzere tasarlanmış biyoreaktör cephe sistemi (Şekil 3.9) kullanılmıştır. Bu tasarımda, algler tarafından alınan güneş ışığının, biyokimyasal bir süreç ile biyokütleye dönüştürülerek enerji elde edilmesi hedeflenmiştir. Her biri fotosentez yapma yeteneğine sahip mikro algler, bir gün içinde kendilerini iki kez bölebildiklerinden ve böylece biyokütlesini dört kat arttırabildiklerinden gelişmiş bitki türlerine göre güneş ışığının biyokütleye dönüştürülmesinde daha verimli oldukları belirtilmiştir [55].

Biyoyakıt elde etmenin yanında, cepheden elde edilecek termal enerjinin, binaya sıcak su sağlanması ve binanın ısıtılması için hemen kullanılabileceği ya da jeotermal sistem kullanılarak toprakta depolanabileceği [56] belirtilmiştir. Ayrıca bu biyokütlenin, kozmetik ürünler ve ilaçlar için hammadde olarak ya da hayvansal gıda veya ek besin olarak kullanılabileceği de açıklanmıştır [55].



Şekil 3.10. Biyoreaktör cephe detayı [55], [57]

Binanın iki cephesi, dış çerçeve üzerine yerleştirilen, düz cam panellerden oluşan ve alglerin büyüebileceği bir ortam işlevi gören 129 adet biyoreaktörden oluşmaktadır. Her bir biyoreaktör 2,5x0,7m boyutlarına sahiptir. Biyoreaktörler açıldıklarında, tam katı kaplayabilirler ve güneşin konumunu izlemek için kendi düşey eksenleri etrafında dönebilirler. Ayrıca güvenlik ve ısı yalıtımı için biyoreaktörlerin her iki yüzü emniyet camı ile kaplanmıştır. İki iç tabaka arası 18mm genişliğindedir ve 24 litre kapasiteye sahip bir iç boşluk oluşturmaktadır. Belirli zaman aralıklarında her bir biyoreaktörün altından, alglerin ışık ve CO₂ alımını uyarmak için, basınçlı hava verilmektedir. Kültür ortamı ve hava girişi-çıkışı sağlayan tüm servis boruları reaktörlerin altyapısına entegre edilmiştir (Şekil 3.10). Hamburg'daki bu yapı, kapalı bir döngü sistemi içinde birleştirilmiş ve binanın enerji yönetim sisteminin çalışması için gerekli tüm süreçleri, alglerin hücre yoğunluğunu ve kültür ortamının sıcaklığını kontrol eden bitki odasına bağlanmıştır [55].

Tamamen yenilenebilir enerji kullanan 6,58 milyon dolarlık binanın tasarımcıları, bu öncü enerji sisteminin hızla büyüyen algleri toplayarak biyoyakıt ve ısı üreteceğini, binayı güneşten koruyacağını, sokak gürültüsünü azaltacağını iddia etmektedirler [58]. Tasarımcısının iddialarına rağmen biyoreaktör sistemin ilk yatırım maliyeti piyasadaki yerleşik sistemlere oranla çok fazladır. Bu nedenle, klasik inşaat sisteminde bir dönüm noktası mı olacağı yoksa tekil bir örnek olarak mı kalacağı sorusunu da beraberinde getirmiştir.

Bu bilgiler doğrultusunda yapının;

- Herhangi bir pasif performans kriteri sağlama amacına yönelik tasarlanmadığı söylenebilir.
- Biyoyakıt elde edilmesi amacıyla güneşin konumuna göre kendi ekseninde dönebilen ve binayı güneşten koruyan biyoreaktör cephenin enerji korunumu yönünden sürdürülebilir olduğu söylenebilir.
- Özel olarak tasarlanan biyoreaktör cephe sisteminin ilk yatırım maliyetinin piyasadaki yerleşik sistemlere oranla çok fazla olması ve bu maliyeti ne kadar sürede karşılayabileceğinin bilinmemesi yönüyle yapı, ekonomik olarak sürdürülebilir olmayabilir.

3.4. Literatür Bulguları

Seçilen örnekler, ikinci bölüm Literatür Araştırması üst başlığındaki “Kinetik mimarlığın sınıflandırılması” başlığı altındaki sınıflandırmalara göre incelendiğinde;

- William Zuk ve Roger H. Clark’ın sınıflandırmasına göre; hareket, yapının yalnızca cephesi ölçeğinde -yapı bileşeni bazında- incelendiğinden Kinetik Bileşenler sınıfından sayılabilirler. Aynı zamanda belli iklim verilerine ve/veya çevresel verilere göre kendini ayarlayabildiğinden Adım Adım Değişebilen Yapılar sınıfından da sayılabilirler.
- Michael A. Fox’un sınıflandırmasına göre; mimari bir bütün içinde sabit bir yerde bulunan ve öncelikli fonksiyonu değişime göre mimari sistemi ya da yapıyı kontrol etmek olan Gömülü Kinetik Yapılar sınıfından sayılabilirler.
- Koray Korkmaz’ın yaptığı sınıflandırmaya göre ise; yapı kullanılırken hareket gerçekleştiğinden ve yapının cephesi iklime bağlı olarak değişen mekânsal ihtiyaçlara cevap verebilmek için bulunduğu yerde hareket ederek dönüştüğünden Değişken Geometriye ve Harekete Sahip Yapılar sınıfından sayılabilirler.

Örnekler, “Kinetiğin mimarideki uygulamaları” başlığı altında incelenen sınıflandırmalara göre incelendiğinde, yapı elemanlarının hareketliliğinde çevresel koşullar belirleyici olduğundan; mimarinin, çevre koşullarına uyum sağlayabilmesi ya da çevreye verilen yanıt anlamına gelen bağlamsal uyum sınıfından sayılabilirler.

Burada seçilen örnekler, iklim verilerine göre hareket eden ve verimliliği artırma amacına yönelmiş hareketli cephe sistemlerine sahip tasarımlardır. “Sürdürülebilir Mimarlık ve Enerji Etkinliğinde Bina Kabuğunun Önemi” başlığında sayılan sürdürülebilirlik kriterlerine bakıldığında; incelenen örneklerdeki hareketli cephe sistemlerinin, yalnızca yenilenebilir enerjinin kullanımı ve enerji korunumu yönünden sürdürülebilirliği sağladığı söylenebilir. Seçilen cephelerin hareketliliğinde belli iklimsel ya da çevresel veriler etkilidir ve cepheler bu verilere göre enerjiyi daha etkin kullanmak üzere hareket etmektedir. Bunun dışında bir tasarımın tamamen sürdürülebilir olması için genel olarak, enerjinin korunumu ve etkin kullanımının yanında yerel malzeme ve işgücü kullanımı, su korunumu, atıkların yönetimini ve geri dönüşümünü sağlaması gerekir. Bu bağlamda yapı kabuğunda tasarlanacak hareketliliğin sürdürülebilir mimarlık ile kesiştikleri ortak noktanın enerji etkinliği olduğu söylenebilir.

4. KİNETİK GÖLGELEME ELEMANLARI ENTEGRE EDİLMİŞ BİR BİNA ÜZERİNDE ÖRNEKLEME

Önceki bölümde, tasarım safhasından itibaren hareketli yapı bileşenleriyle enerjinin etkin kullanımı ve korunumunu hedefleyen örneklere yer verilmiştir. Bu bölümde ise sürdürülebilirlik ölçütleri taşımayan ve tasarımında enerji etkinliği dikkate alınmadan inşa edilmiş mevcut bir ofis binası cephesi için, iklimlendirmeye yardımcı olması amacıyla hareketli bir gölgeleme sistemi önerilmiş ve mevcut durumda olabilecek değişiklikler analiz edilmiştir. Bu sistemin, dış mekânda cepheye gelen ışınım enerjisinin, iç mekânda ise gün ışığının denetimiyle hem yapının performansını artıracak hem de kullanıcı konforunu sağlayacak bir tasarım olması hedeflenmiştir.

4.1. Seçilen Simülasyon Programları

Seçilen örnek ofis binası Autodesk Revit Architecture programı kullanılarak modellenmiştir. Revit Architecture;

- Autodesk ürünü olan AutoCAD projelerini hem içe hem de dışa aktarabildiğinden,
- AutoCAD programından farklı olarak bir geometri üzerinden değil; mimari bir model üzerinden çalışmayı sağladığından,
- Parametrik bir tasarım programı olması ve bu sayede projede herhangi bir değişiklik yapılması durumunda modelin tümünün gözden geçirilmesine gerek kalmadan gerekli değişiklikleri otomatik olarak yapabildiğinden,
- Üç boyutlu parametrik yapı bileşenlerinin yer aldığı kütüphanesi özelleştirilebildiğinden ve daha sonra da kullanılmak üzere saklanabildiğinden,
- Analiz programı için gerekli olan bölgeleme (zone) işini kolaylıkla sağlayabildiğinden,
- Kolay ulaşılabilir olduğundan ve eğitimciler ile öğrenciler tarafından ücretsiz kullanılabilirdiğinden, modelleme programı olarak seçilmiştir.

Bunların dışında;

- Metraj gibi dokümantasyon işlemlerini gerçekleştirebildiği,
- Proje üzerinde herhangi bir değişiklik yapıldığı zaman dokümanları da değiştirebildiği,

- Sunum ve görselleştirme çalışmalarının programla birlikte gelen render motoruyla sağlanabildiği, üretici firma tarafından program özellikleri olarak belirtilmektedir. Ancak bu çalışma kapsamında bu özellikleri kullanılmamıştır.

Analiz için ise Autodesk Ecotect Analysis programı kullanılmıştır. Ecotect Analysis,

- Hem AutoCAD hem de Revit projelerini içe aktarabildiğinden,
- Çevresel faktörlerin bina performansına olan etkilerini üç boyutlu olarak görüntüleme imkânı sağladığından,
- Güneşin konumlarına bağlı olarak, gölge yönünü, seçilen tarihteki saatlik, günlük, mevsimlik ya da yıllık analizlerini, binanın tümü ya da seçilen bir parçası üzerinden kolaylıkla yapabildiğinden,
- Modelin tümünü ya da seçilen belli bir parçası üzerinden alınan güneş ışınım enerji miktarını hesaplayabildiğinden,
- Seçilen bir zaman aralığında bina için en uygun gölgeleyici eleman tasarımını otomatik olarak önerebildiğinden ve bu eleman üzerinde toplanan güneş radyasyonunun hangi noktalarda daha yoğun olduğunun da analizini yapabildiğinden,
- Seçilen herhangi bir mahalın aydınlanma seviyelerini ve buna bağlı olarak gereken aydınlatma miktarını hesaplayabildiğinden,
- Binanın konumlandırılacağı yerin koordinatları, kuzey yönü ve bina tipi girildikten sonra tasarımın ilk aşaması için fikir verebildiğinden, analiz programı olarak seçilmiştir.

Bunların dışında;

- Herhangi bir nesne üzerine düşen güneş radyasyon miktarını hesapladıktan sonra panel kullanılacaksa bu paneller için en uygun yeri ve konumu önerebildiği,
- Malzeme değerleri verilmişse ısıtma-soğutma yükleri ile akustik analizleri yapabildiği,
- Bina içi veya binalar arası hava akışı analizlerini gerçekleştirebildiği,
- Daha ileri ve detaylı analizler isteniyorsa, Green Building Studio servisiyle bina ile ilgili kapsamlı verilere olanak sağladığı, üretici firma tarafından program özellikleri olarak belirtilmektedir. Ancak bu çalışma kapsamında bu özellikleri kullanılmamıştır.

4.2. Seçilen Binanın Analizleri

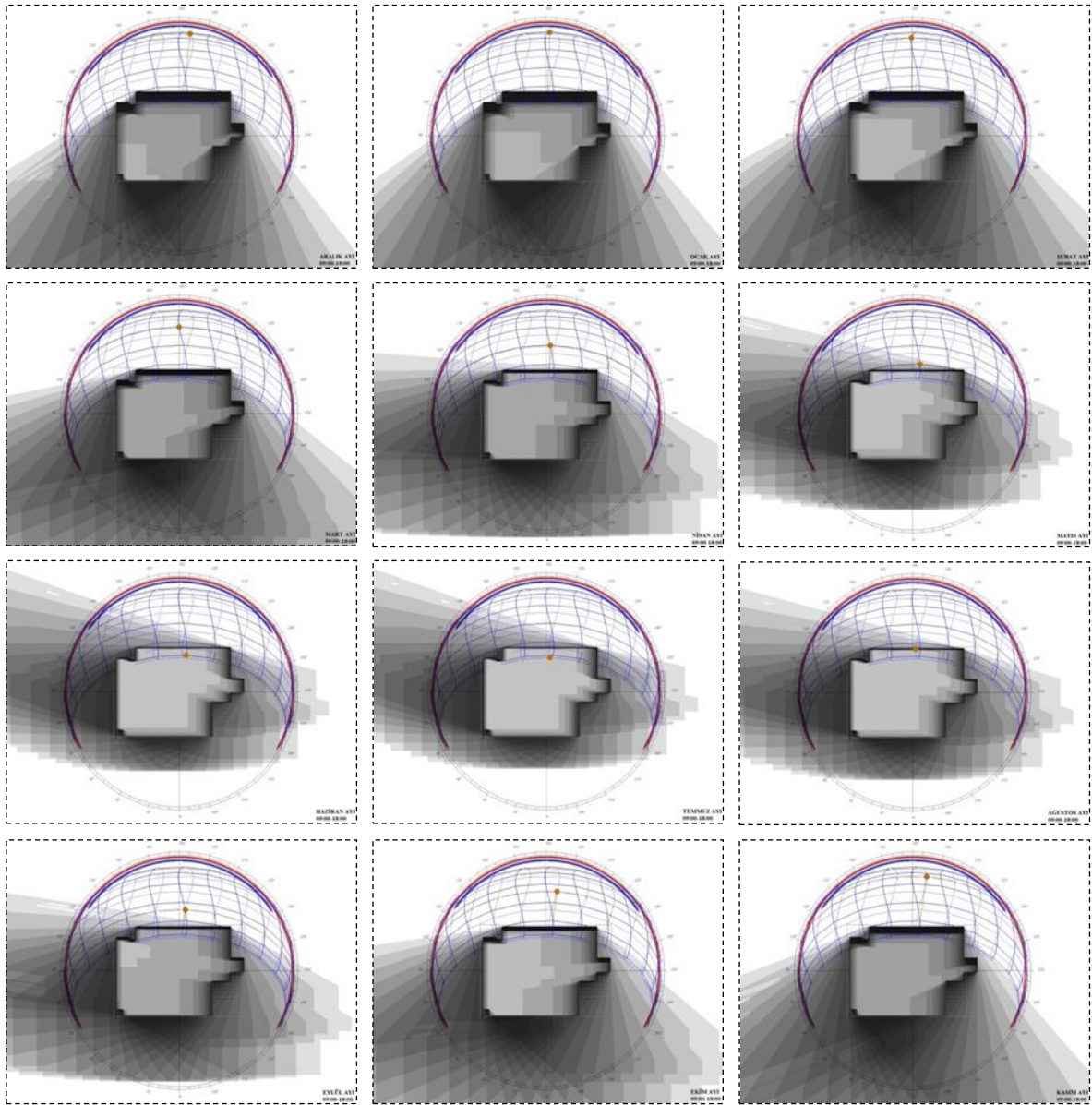
Seçilen örnek; Ankara ilinde, yaklaşık 610 m² alanda geleneksel betonarme sistem kullanılarak inşa edilmiş, bodrum+7 kattan oluşan, üzerinde yürünebilen teras çatı örtüsüne sahip, mevcut bir ofis binasıdır. Zemin katın yüksekliği 3,90 m; en üst kat yüksekliği 3,40 m; diğer katların yüksekliği ise 3,10 m'dir. 09:00-18:00 saatleri arasında ve hafta içi kullanılan binanın bodrum katında tesisat için ayrılmış mekânlar, mescit ve arşiv bulunmaktadır. Zeminden altıncı kata kadar çalışma ofisleri, en üst katta ise yemekhane yer almaktadır. Binada yalnızca ısıtma sistemi bulunmaktadır ve bina doğal havalandırma yoluyla havalandırılmaktadır. Herhangi bir iklimlendirme ya da gölgeleme sistemi bulunmamaktadır. Bunların dışında;

- Binanın kuzey yönüne bakan giriş/ön cephesinin yüzey alanı; zemin kotu üstünden yaklaşık 638 m²'dir. Bu cephede yaklaşık 193 m², %30 oranında boşluk bulunmaktadır.
- Binanın güney yönüne bakan arka cephesinin yüzey alanı zemin kotu üstünden yaklaşık 787 m²'dir. Bu cephede yaklaşık 164 m², %21 oranında boşluk bulunmaktadır.
- Binanın doğu yönüne bakan sol cephesinin yüzey alanı zemin kotu üstünden yaklaşık 542 m²'dir. Bu cephede yaklaşık 117 m², %22 oranında boşluk bulunmaktadır.
- Binanın batı yönüne bakan sağ cephesinin yüzey alanı zemin kotu üstünden yaklaşık 615 m²'dir. Bu cephede yaklaşık 93 m², %15 oranında boşluk bulunmaktadır.

Modellenme işlemi yapılırken hem plan ölçüleri hem de kat yükseklikleri için bire bir ölçüler kullanılmıştır. Model, zemin kotundan ($\pm 0,00$) tretuvar üst kotuna (+27,20) kadar yükselmektedir. Analizlerde duvarlar, 3 cm dış sıva + 30 cm tuğla duvar + 2 cm iç sıva olarak; döşeme 30 cm betonarme olarak; pencereler ise çift cam ahşap çerçeve olarak seçilmiştir. Ancak cephelerde, taşıyıcı sistem kolon ve döşemelerinin uzatılmasıyla elde edilen çıkıntı alanlar, pencere etrafındaki söveler, bodrum katın zemin üstünde görünen kısmı ve merdivenkovalarının, en üst döşeme kotu üstündeki yükseklikleri daha sağlıklı analiz yapılabilmesi için modele dâhil edilmemiştir.

Analiz işlemi için öncelikle Ankara ili mevsimsel verileri, koordinatları ve binaya ait kuzey yönü gibi analizlerde belirleyici rolü olan tasarım girdileri programa girilmiş ve bina tipi olarak ofis seçilmiştir. Ayrıca termal analizler için her bir kat bir termal bölge olarak tanımlanmıştır.

Buna göre binanın kullanıldığı 09:00-18:00 saatleri arası, aylara göre gölge aralıklarının analizi (Şekil 4.1) yapıldığında; Ankara ilinde yer alan bina için, gölge yönüne bakılarak yön analizi yapılabilir. Güneş, yaz aylarında daha dik açıda olduğundan; gölge boyu daha kısadır ancak gündüz saatleri daha uzun olduğundan; gölgelenen alanlar en geniş açığı yaz aylarında yapmaktadır. Bunun dışında bir gölgeleme sistemi önerilecekse bunun için en uygun cephenin, yıl boyunca güneşe en fazla maruz kalan güney-güneybatı yönü olduğu anlaşılmaktadır.

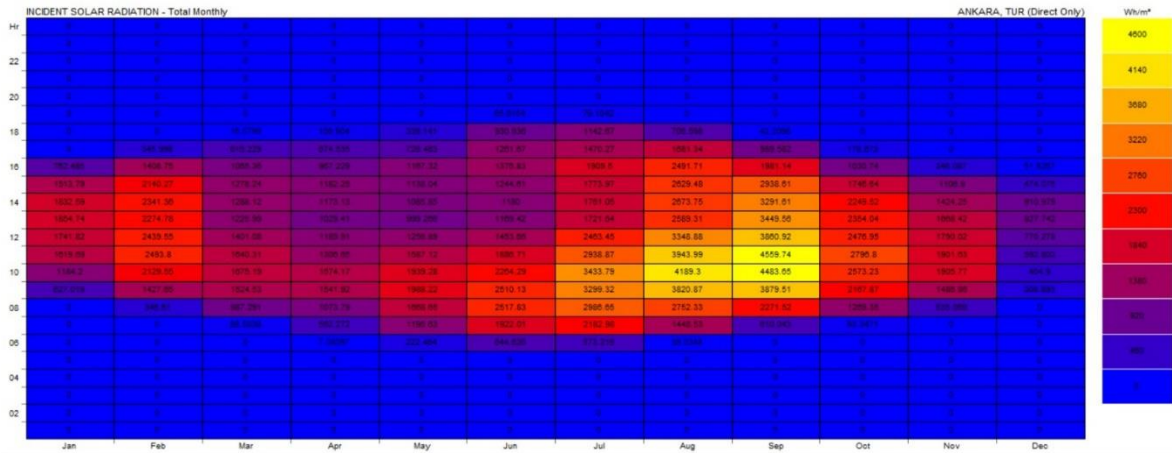


Şekil 4.1. 09:00-18:00 saatleri arası aylara göre gölge aralık analizi

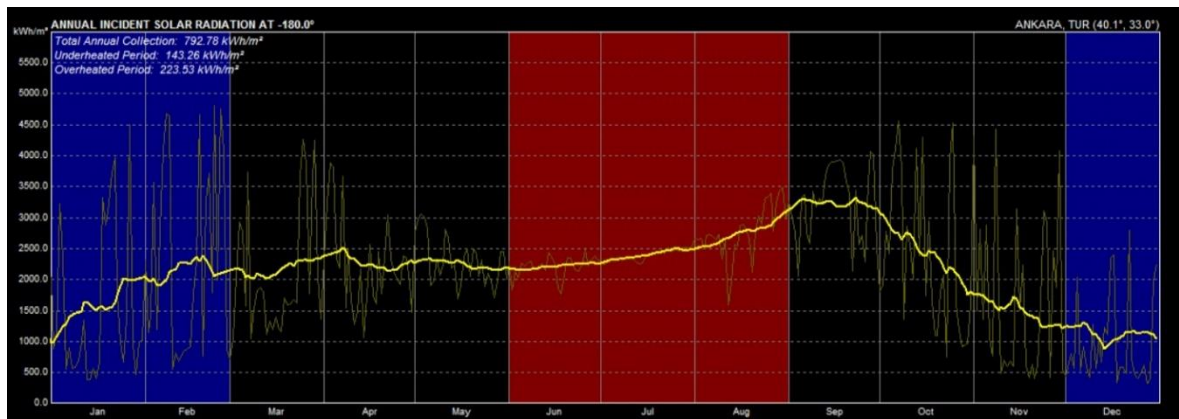
Güneşten gelen ve atmosferden geçerek cisim üzerine düşen ışığın bir kısmı yansır, bir kısmı ise emilir; başka bir ortama geçerken kırılır, -saydam malzemelerde ise- iletilir/geçirilir. Güneş ışınımı/güneşlenme (incident solar radiation) belirli bir zamanda belirli bir yüzeye güneşten gelen ışınım enerjisi miktarıdır ve iki ana bileşene dayanır:

- Direk ışınım,
- Atmosfer, bulutlar ve yüzeyin çevresindeki zeminden saçılan ışınım.

Güneş ışınımı, belirli bir yüzeye çarpan enerjinin sadece miktarı ise, bu malzeme özelliklerinden bağımsızdır. Ancak saçılan ışınımından etkilendiğinden hava durumundan da etkilenecektir. Buna göre; modelde hem direk yüzeye gelen hem de zeminden yansıyan güneş ışınımı dikkate alınarak aylık (Şekil 4.2) ve yıllık (Şekil 4.3) ışınım analizi yapıldığında aşağıdaki veriler elde edilir.

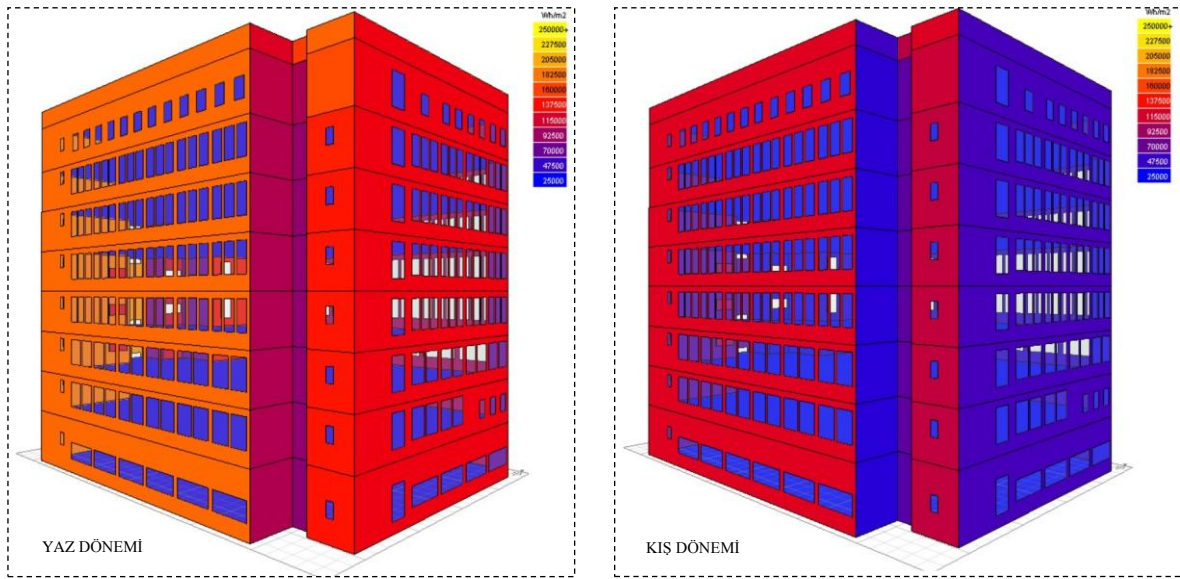


Şekil 4.2. Aylara göre güneş ışınım analizi

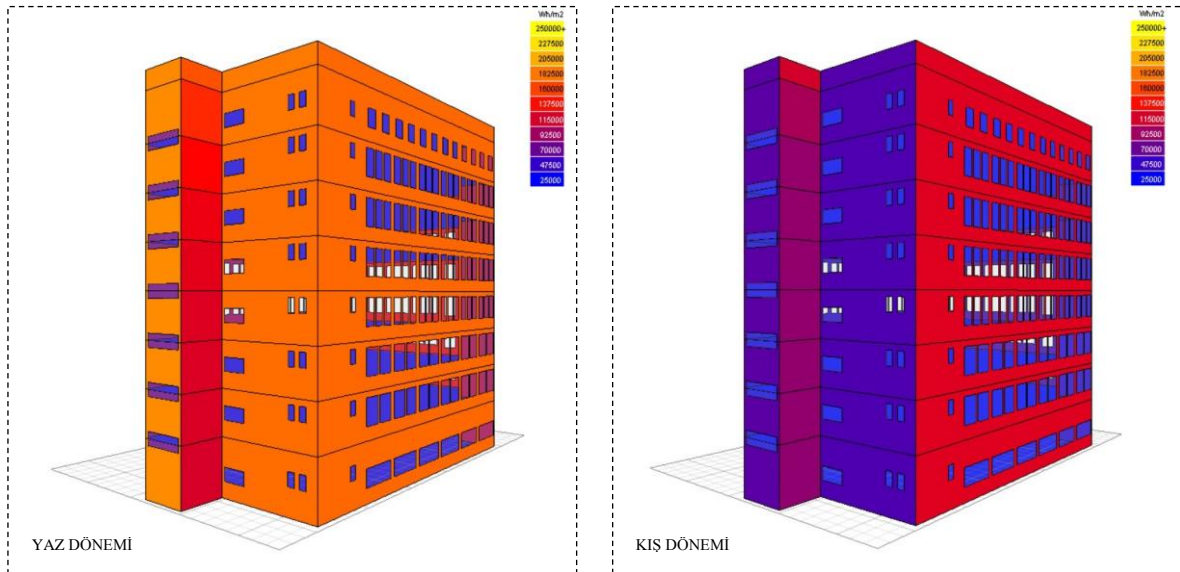


Şekil 4.3. Yıllık güneş ışınım analizi

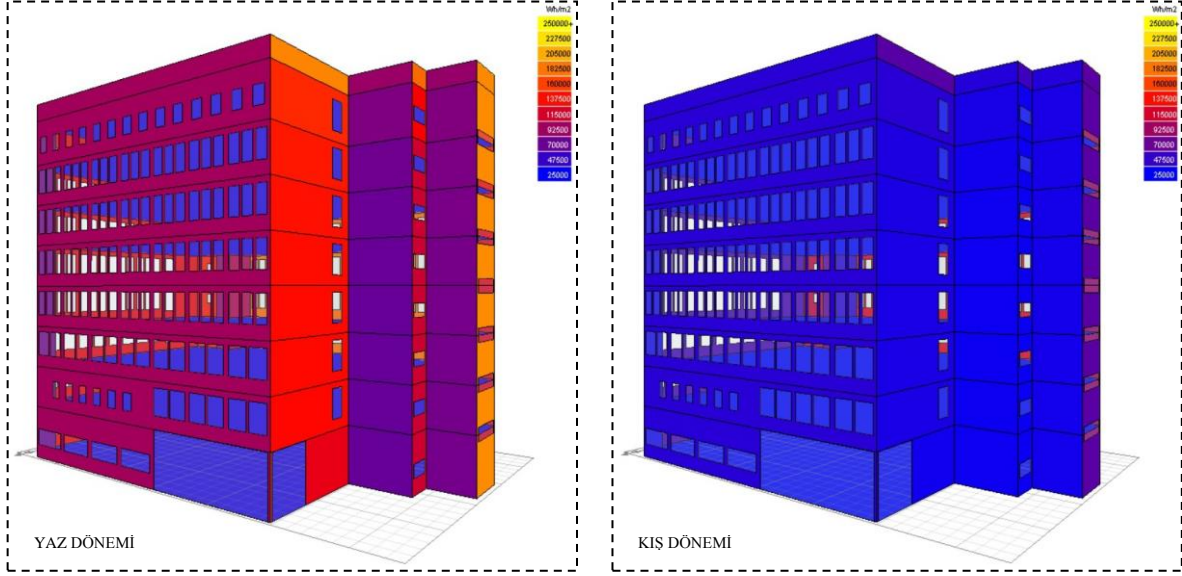
Bu analizlerden, en fazla ışınımın gökyüzünün en açık olduğu ağustos-eylül aylarında ve 09:00-12:00 saatleri arasında en yüksek değerlere ulaştığını okuyabiliriz. Buna göre binanın kullanıldığı 09:00-18:00 saatleri arası, yaz (Haziran, Temmuz, Ağustos) ve kış (Aralık, Ocak, Şubat) aylarına göre cephe üzerine gelen güneş ışınımı analiz edildiğinde; farklı perspektiflerden, farklı cephelere düşen ışınım miktarı aşağıdaki şekillerde (Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7) gösterildiği gibi olmaktadır. Burada gösterge anahtarı 25 000-25 0000 Wh/m² aralığında sabitlemiştir ve en az ışınım mavi renkle en çok ışınım sarıyla ifade edilmektedir.



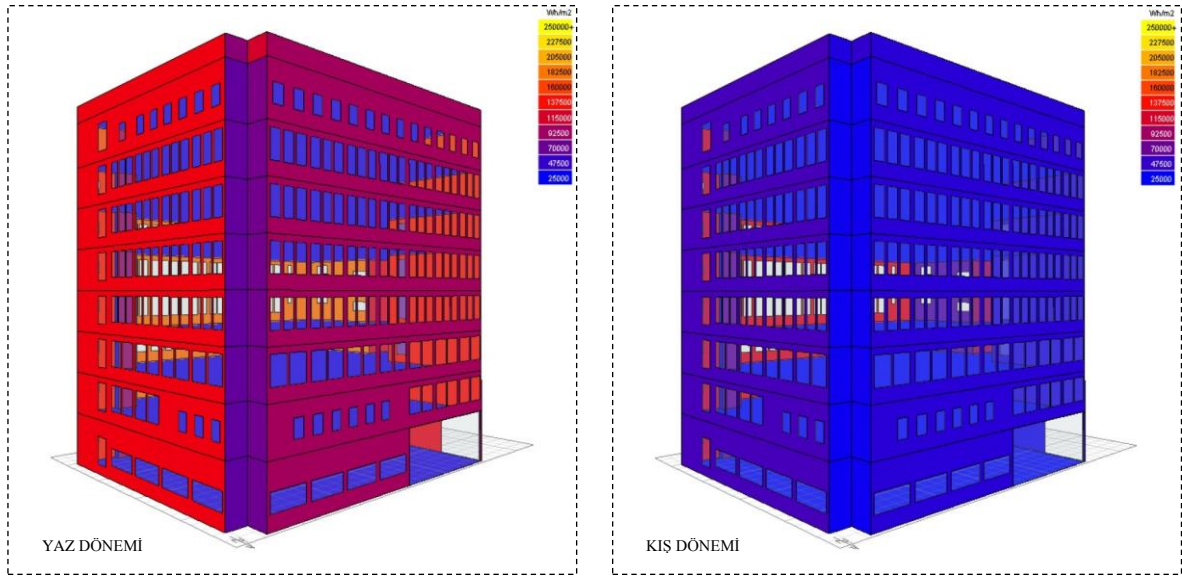
Şekil 4.4. Yaz ve kış aylarında güney ve doğu cephelerine düşen ışınım



Şekil 4.5. Yaz ve kış aylarında güney ve batı cephelerine düşen ışınım



Şekil 4.6. Yaz ve kış aylarında kuzey ve batı cephelerine düşen ışınım



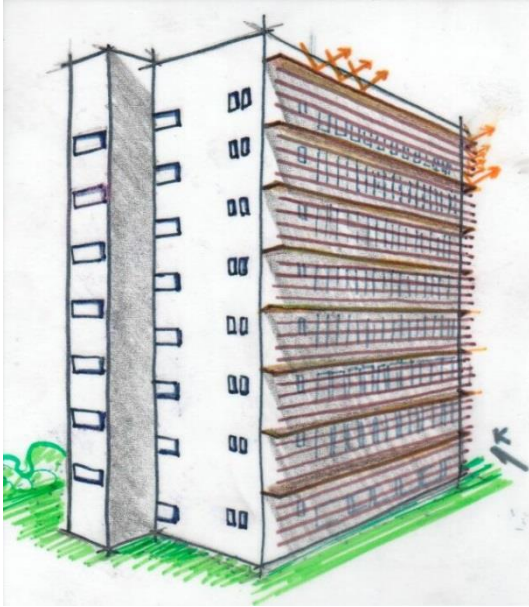
Şekil 4.7. Yaz ve kış aylarında kuzey ve doğu cephelerine düşen ışınım

Bu analizlerden de en fazla ışınımın, güney ve batı yönlerine bakan cepheler üzerinde etkili olduğu anlaşılmaktadır. Bunun yanı sıra yeni yapılacak bir bina için de pasif performans parametrelerini, tasarımın erken aşamalarında okumak kolaylaşmaktadır. Termal konforu pasif olarak sağlamak ve soğutma yüklerini azaltmak için, ışınımın daha fazla olduğu cephelerde az boşluk alanı bırakacak ya da cephede gölge yaratacak form arayışlarına yönelmek veya farklı malzemelerle analiz etmek; aydınlatma yüklerini azaltmak için ise, ışınımın daha az olduğu cephelerde daha fazla boşluk bırakmak önerilebilir.

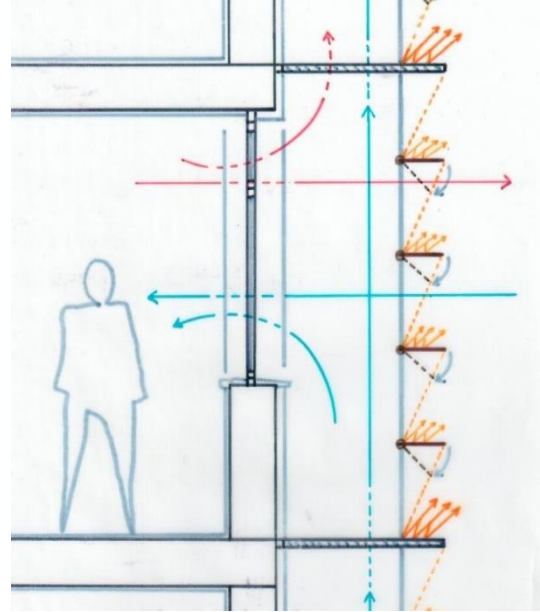
4.3. Gölgeleme Sistemi Önerisi ve Analizleri

Bir gölgeleme sistemi önerisi için en uygun yönün ışımaya en çok maruz kalan güney ve batı cepheleri olduğu anlaşılmaktadır. Batı cephesi boyunca düşey sirkülasyon elemanları ve ıslak hacimler yer aldığından; analiz edilecek yön, çalışma mekanlarının yer aldığı güney cephesi olarak seçilmiştir. Bunun yanı sıra yaz aylarında ve binanın kullanıldığı kabul edilen saatler arasında (09:00-18:00) analiz yapılmıştır.

Analiz programındaki gölgeleme tasarım sihirbazı ile seçilen alana göre en uygun gölgeleme sistemi üretilmesi istenildiğinde; program tarafından her bir pencere boşluğu için yaklaşık 110 cm genişliğinde gölgelik önerilmektedir. Bunun yerine kat döşemeleri hizasında ve kat boyunca, açılı kanatlardan oluşan 110 cm genişliğinde gölgeleme sistemi sabit olarak düşünülmüştür. Bunların arasına kat yüksekliğine göre -çalışma katlarında eşit aralıklarda- 62 cm arayla, 30 cm genişliğinde, hareketli kanatçıklar yerleştirilmiştir.



Şekil 4.8. Gölgeleme sistemi tasarımı



Şekil 4.9. Gölgeleme sistemi detayı

Bu tasarım, eskiz çalışmalarında da (Şekil 4.8, Şekil 4.9) gösterildiği gibi, binadaki mevcut pencerelerin kullanımına engel değildir. Gölgeleme sistemindeki sabit bölüm, binayı güneş ışınımından korurken, havayı geçirerek binadaki hava dolaşımının engellenmemesi amaçlanmıştır. Sabit sistem üzerine yerleştirilmiş taşıyıcılara monte edilecek kanatçıkların da güneş ışınımından korunmayı sağlamak üzere hareket edeceği düşünülmüştür.

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE
ANKARA, TUR (Direct Only)
Objects: 560 (Exposed Area: 13644.365 m2)

MONTH	AVAIL.	AVG	REFLECT	INCIDENT		ABSORBED		TRANSMITTED	
	Wh/m2	SHADE	Wh/m2	Wh/m2	TOT.Wh	Wh/m2	TOT.Wh	Wh/m2	TOT.Wh
Jan	39711	57%	0	11475	156599728	3350	45723260	4768	65062220
Feb	65828	56%	0	17584	239963472	5104	69658512	7316	99843440
Mar	56275	57%	0	12908	176148704	3702	50514300	5305	72399808
Apr	62880	56%	0	12360	168678864	3488	47596848	5003	68271632
May	91800	56%	0	15099	206058176	4182	57075124	6020	82148376
Jun	138447	56%	0	20523	280077536	5548	75710488	8177	111591664
Jul	180676	56%	0	27620	376925664	7534	102811624	11039	150650048
Aug	182535	56%	0	31928	435712896	8897	121414424	12818	174929648
Sep	149481	56%	0	32319	441060640	9187	125367568	13275	181165296
Oct	73907	57%	0	18771	256171888	5427	74062616	7761	105918024
Nov	42670	56%	0	12167	166043184	3536	48259820	5057	69008888
Dec	15442	56%	0	4543	61999980	1330	18148698	1873	25563812
TOTALS	1099652		0	217297	2965440768	61284	836343360	88412	1206552832

Şekil 4.10. Gölgeleme sistemi kullanılmadığı durumda aylara göre enerji miktarları

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE
ANKARA, TUR (Direct Only)
Objects: 690 (Exposed Area: 14086.867 m2)

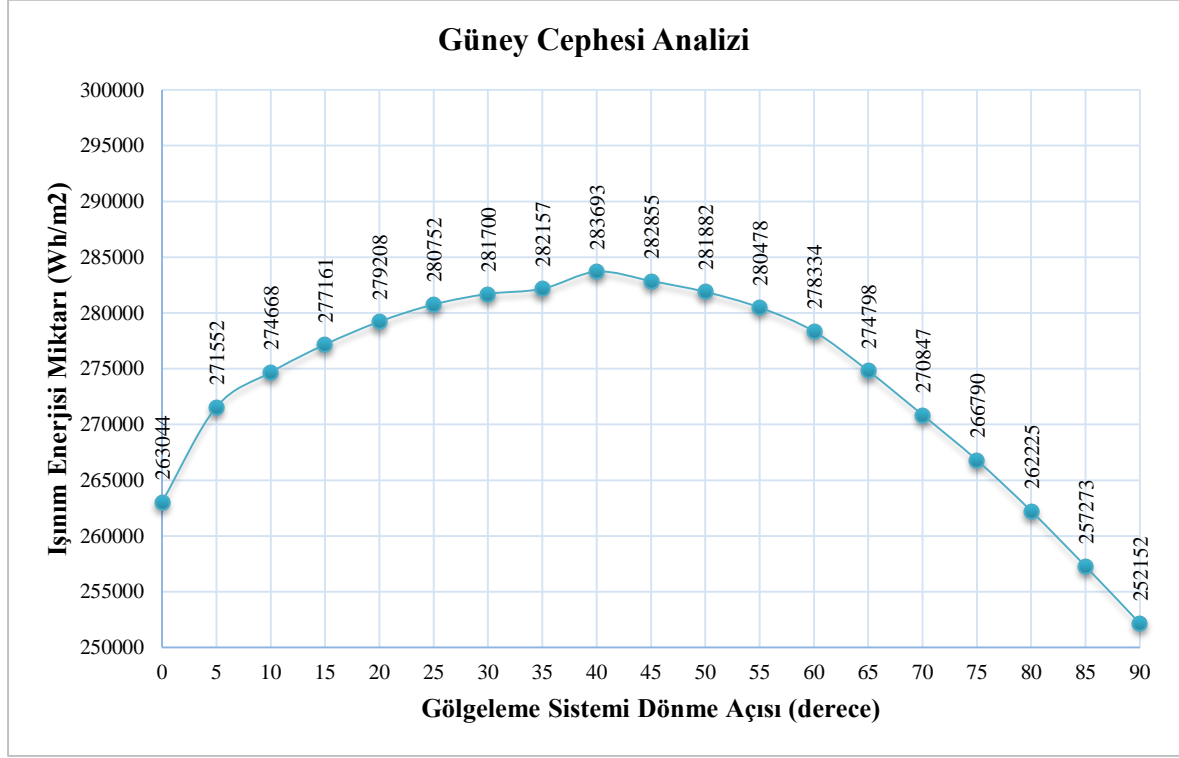
MONTH	AVAIL.	AVG	REFLECT	INCIDENT		ABSORBED		TRANSMITTED	
	Wh/m2	SHADE	Wh/m2	Wh/m2	TOT.Wh	Wh/m2	TOT.Wh	Wh/m2	TOT.Wh
Jan	41173	45%	0	12941	182329056	4172	58775528	3765	53049660
Feb	65828	55%	0	14652	206444016	4840	68193416	3506	49400812
Mar	56275	57%	0	12227	172270736	4017	56596620	2865	40363696
Apr	62880	72%	0	9867	139021552	3259	45919288	2010	28323508
May	91800	72%	0	13247	186635856	4248	59849280	3121	43967656
Jun	138447	71%	0	18956	267075680	5957	83935208	4957	69844384
Jul	180676	71%	0	25060	353082464	7968	112260560	6166	86875800
Aug	182535	72%	0	26934	379486912	8787	123798696	5668	79855632
Sep	149481	64%	0	28920	407463296	9574	134886704	6103	85987952
Oct	73907	57%	0	17439	245706544	5707	80402616	4274	60222796
Nov	42670	46%	0	12465	175624304	4032	56804892	3491	49189224
Dec	15442	42%	0	5136	72361456	1653	23289396	1522	21440578
TOTALS	1101114		0	197843	2787501824	64212	904712320	47448	668521728

Şekil 4.11. Gölgeleme sistemi kullanıldığı durumda aylara göre enerji miktarları

Gölgeleme sisteminin yapının geneli üzerindeki etkisine bakıldığında, gölgeleme sistemi kullanılmadığı durum (Şekil 4.10) ile açık olarak (0°) kullanıldığı durumdaki (Şekil 4.11) aylık toplam güneş ışınım değerleri aşağıdaki gibidir. Buna göre;

- Gölgeleme sistemi kullanıldığı durumda, kullanılmadığı duruma göre yaz aylarında ortalama gölgeleme oranı artmıştır.
- Cephe tarafından emilen enerji miktarları, yüzey alanı arttığından -cepheye eleman eklendiğinden- artmıştır.
- Cepheye doğrudan ya da saçılarak gelen enerji miktarları, gölgeleme sistemince engellendiğinden azalmıştır.
- En büyük düşüş -%50'den fazla oranda- iletilen/geçirilen enerji miktarında yaşanmıştır. Çünkü en çok ışımaya maruz kalan güney cephesinde bulunan tüm pencereler -özellikle ışımının en yoğun olduğu yaz aylarında- gölgelenmiştir.

Bunun dışında, yapıda, yalnızca gölgeleme elemanları eklenen güney cephesi için 5 derecelik dönme açılarında analiz yapıldığında, cepheye ve gölgeleme elemanlarına düşen güneş ışınım enerjisi verileri aşağıdaki şekilde (Şekil 4.12) gösterildiği gibi olmaktadır.

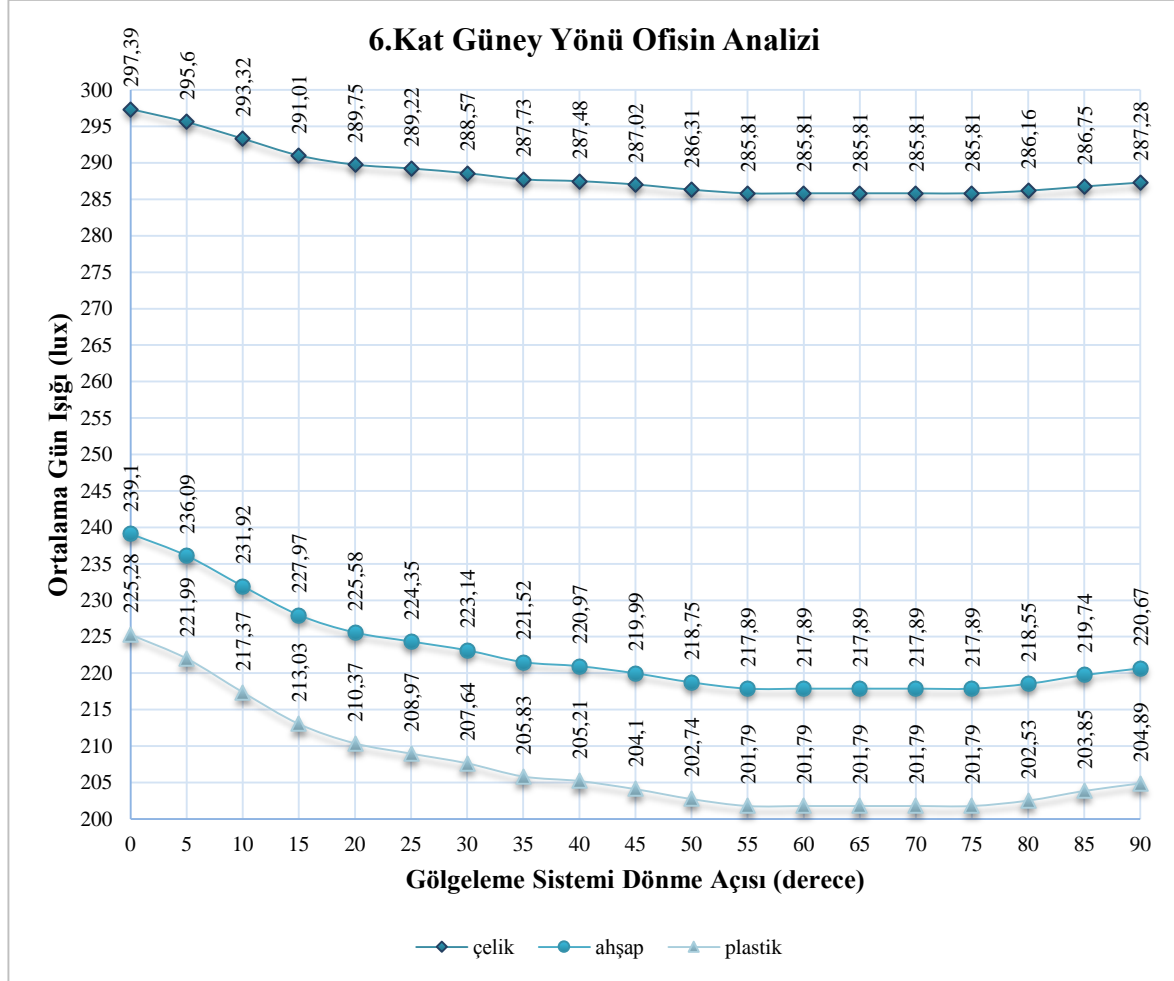


Şekil 4.12. Güney cephesi için dönme açısına bağlı olarak ışınım enerjisi miktarı

Bu şekilden (Şekil 4.12) kanatçıkların yatay konumdan dikey konuma doğru 40 dereceye kadar olan açılarda, yaklaşık %8 oranında, etkili olduğu görülmektedir. Bu açıdan sonraki açılarda tamamen düşey konuma gelinceye -kapanıncaya- kadar, üzerlerine düşen güneş ışınım enerjisi azalmakta yani bina cephesini korumak için daha az etkili olmaya başlamaktadır.

Bu analizler, yalnızca dış mekân ve binanın kabuğu üzerine düşen güneş ışınımıyla ilgilidir. Dış mekânda tasarlanan herhangi bir gölgeleme elemanının iç mekâna etkilerinden biri ise gün ışığı ile ilgilidir. Dış mekânda uygulanacak gölgeleme sistemi ve bu sistem için kullanılacak malzemenin cinsi, iç mekâna gelen gün ışığını doğrudan etkiler.

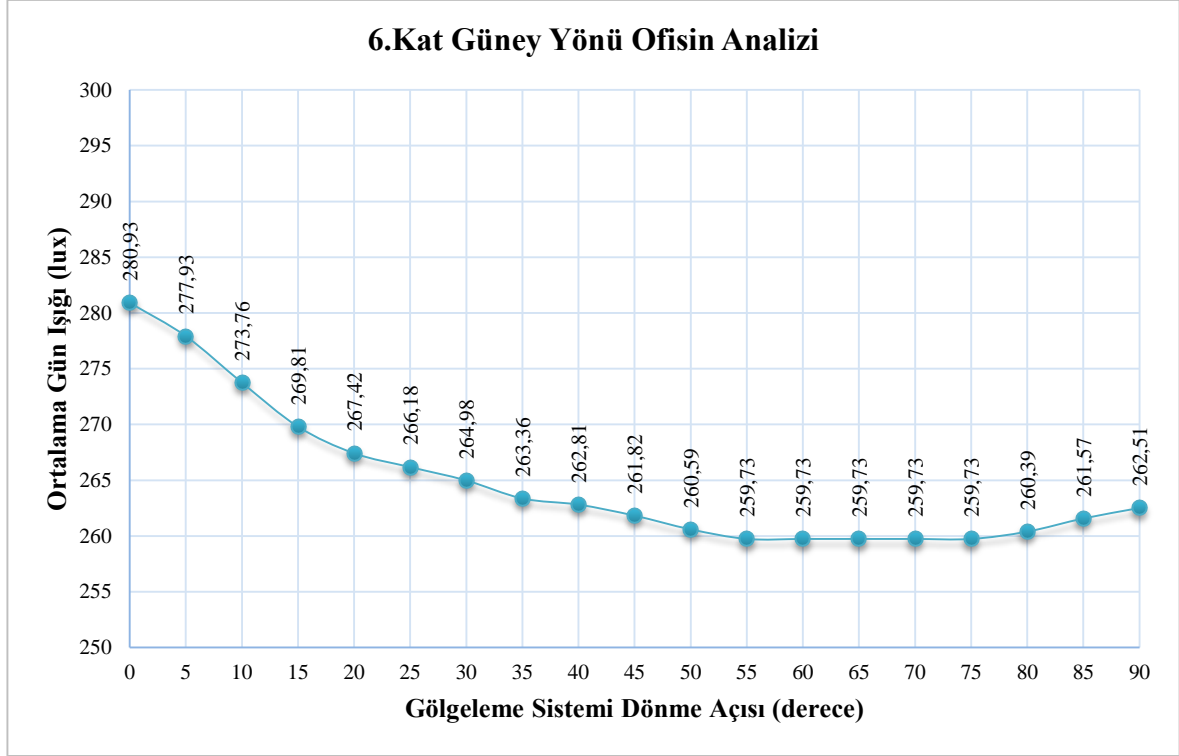
Mekâna ulaşan gün ışığı analizleri, her bir kat farklı termal bölge olarak analiz edildiğinden, bir ofis katı seçilerek -6. kat- bunun üzerinden yapılmıştır. Buna göre; 6. kat gölgeleme elemanlarının eklendiği güney yönündeki 550 cm derinliğindeki ofisler için 5 derecelik dönme açılarında analiz yapıldığında, farklı malzemelere göre, bu yöndeki ofislerin gün ışığı verileri aşağıdaki şekilde (Şekil 4.13) gösterildiği gibi olmaktadır.



Şekil 4.13. Farklı malzemelere göre dönme açısına bağlı olarak ofis mekanına gelen ortalama gün ışığı miktarları

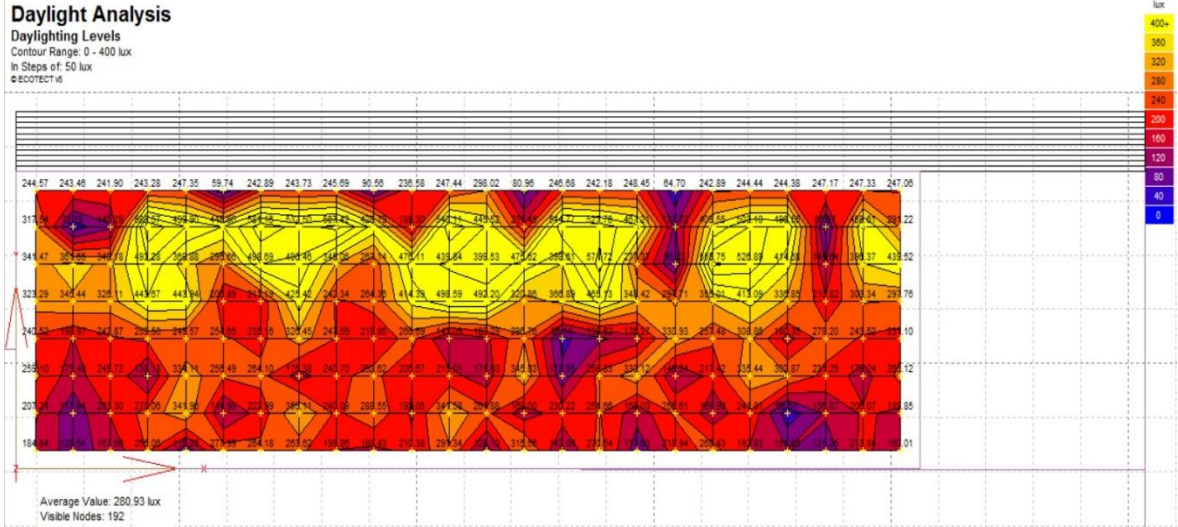
Gölgelekler için yansıtıcı özelliği olan bir malzeme seçildiğinde gün ışığının bir kısmı üzerine düştüğü yüzey tarafından yutulmak yerine yansyarak mekâna ulaşır. Böylece iç mekâna gelen gün ışığı miktarını artırır. Aynı zamanda yansıtıcı özelliği fazla olan malzeme parlama etkisini de artırır.

Bu etkiler göz önüne alınarak, kat döşemeleri hizasında ve kat boyunca, açılı kanatlardan oluşan sabit sistem ve tüm sistemin taşıyıcıları çelik, bunların arasındaki hareketli gölgeleme elemanları ise -plastığe göre daha çevre dostu, çeliğe göre daha az yansıtıcı özellikte olan- ahşap, malzeme olarak seçildiğinde mekâna ulaşan ortalama gün ışığı miktarı aşağıdaki şekilde (Şekil 4.14) gösterildiği gibi olmaktadır.

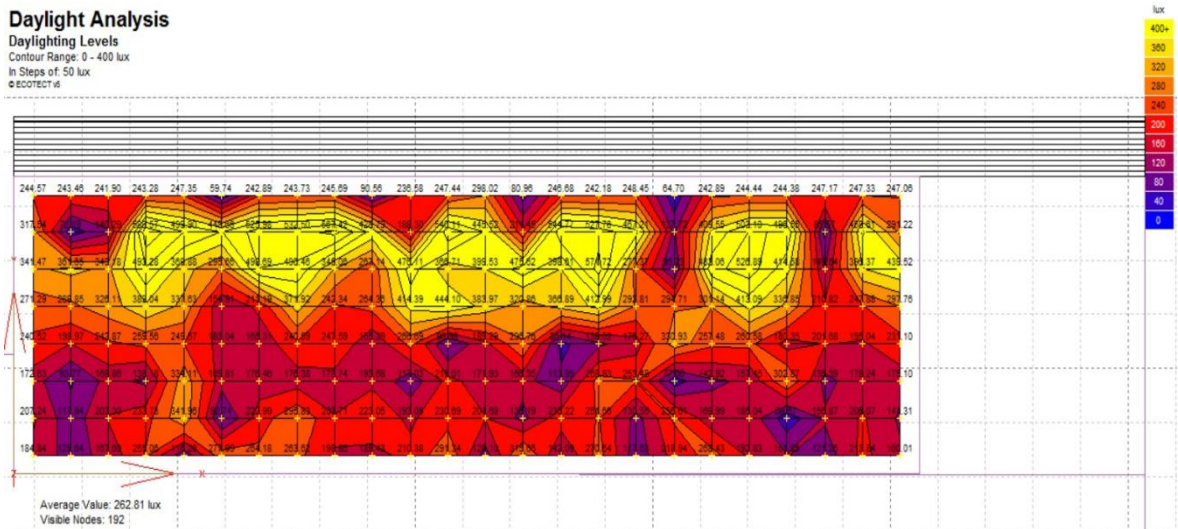


Şekil 4.14. Seçilen malzemeye göre dönme açısına bağlı olarak ofis mekanına gelen ortalama gün ışığı miktarları

Ortalama gün ışığı miktarı ya da mekânın ortalama aydınlık seviyesi -gölgeleme tasarımına bağlı olarak- 55 dereceye kadar azalmakta, 55 dereceden 75 dereceye kadar sabit kalıp sonra artmaktadır. Bu şekilde, gölgeleme elemanları tasarımlarının, yatay konumdan dikey konuma doğru 55 dereceye kadar gün ışığı alımını ve buna bağlı olarak aydınlık seviyesini etkilediği görülmektedir. Bununla birlikte Şekil 4.12’de gösterilen tabloya göre tüm sistem, yatay konumdan dikey konuma doğru 40 dereceye kadar olan açılarda etkilidir. Hareketli kanatçıkların en fazla 40 derecelik açıya kadar dönebildiği kabul edildiğinde, mekâna gelen ortalama gün ışığı miktarı ile (Şekil 4.16) hareketli kanatçıklar tamamen açık olduğunda mekâna gelen ortalama gün ışığı miktarı (Şekil 4.15) aşağıdaki şekillerde gösterildiği gibi olmaktadır.

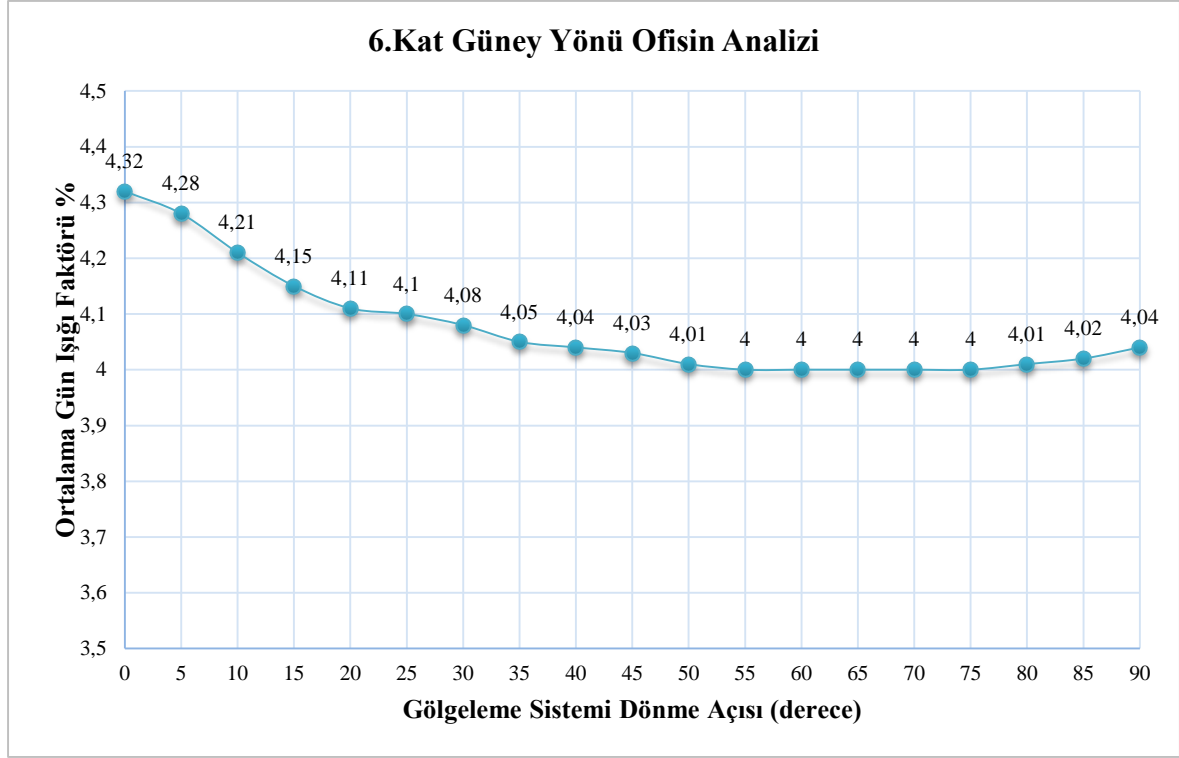


Şekil 4.15. Kanatçıklar tamamen açık olduğunda mekâna gelen ortalama gün ışığı



Şekil 4.16. Kanatçıklar 40 derece kapandığında mekâna gelen ortalama gün ışığı

Hareketli kanatçıklar, 40 derece kadar kapandıklarında mekâna gelen gün ışığı seviyesi -kanatçıkların tamamen açık olduğu duruma göre- bir miktar azalmaktadır. Bu azalmanın elektrik enerjisi kullanımındaki etkisini araştırmak üzere öncelikle gün ışığı faktörünün analizi yapılmıştır. Ortalama gün ışığı faktörü mekânda elektrik enerjisine duyulan ihtiyacın belirlenmesinde etkilidir. Dönme açılarına bağlı olarak ortalama gün ışığı faktörü analizi yapıldığında, sonuçlar aşağıdaki şekilde (Şekil 4.17) gösterildiği gibi olmaktadır.

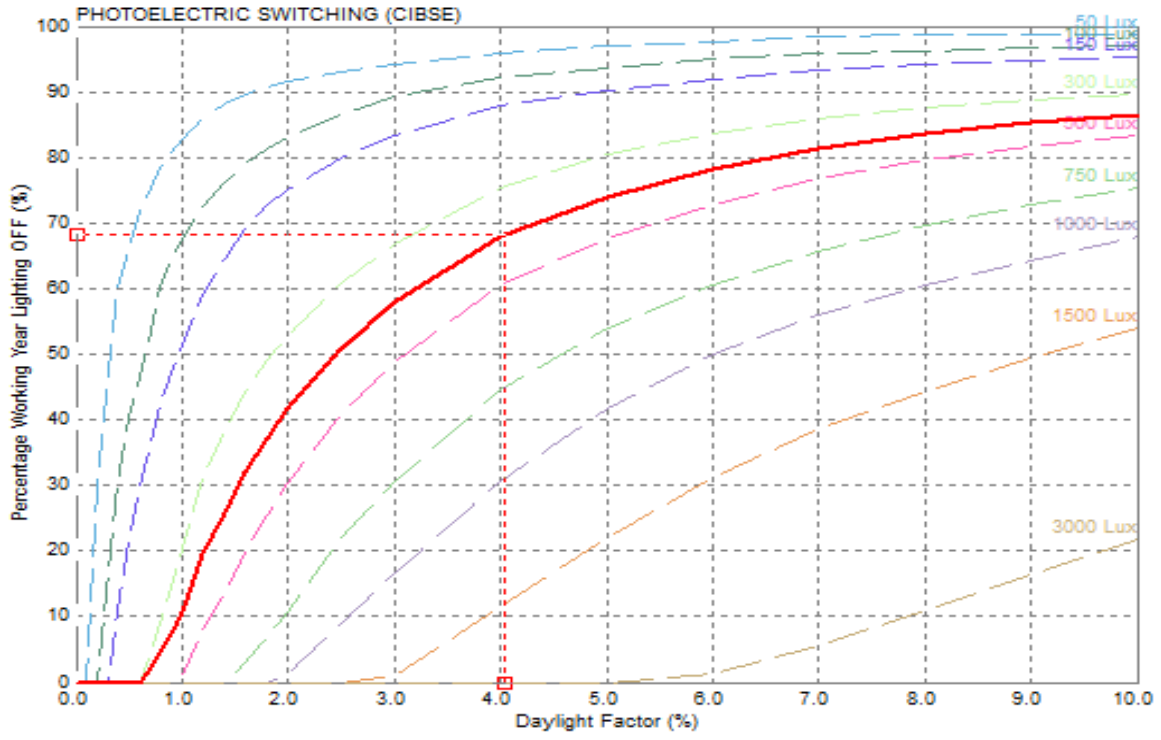


Şekil 4.17. Seçilen malzemeye göre dönme açısına bağlı olarak ofis mekanına gelen ortalama gün ışığı faktörü

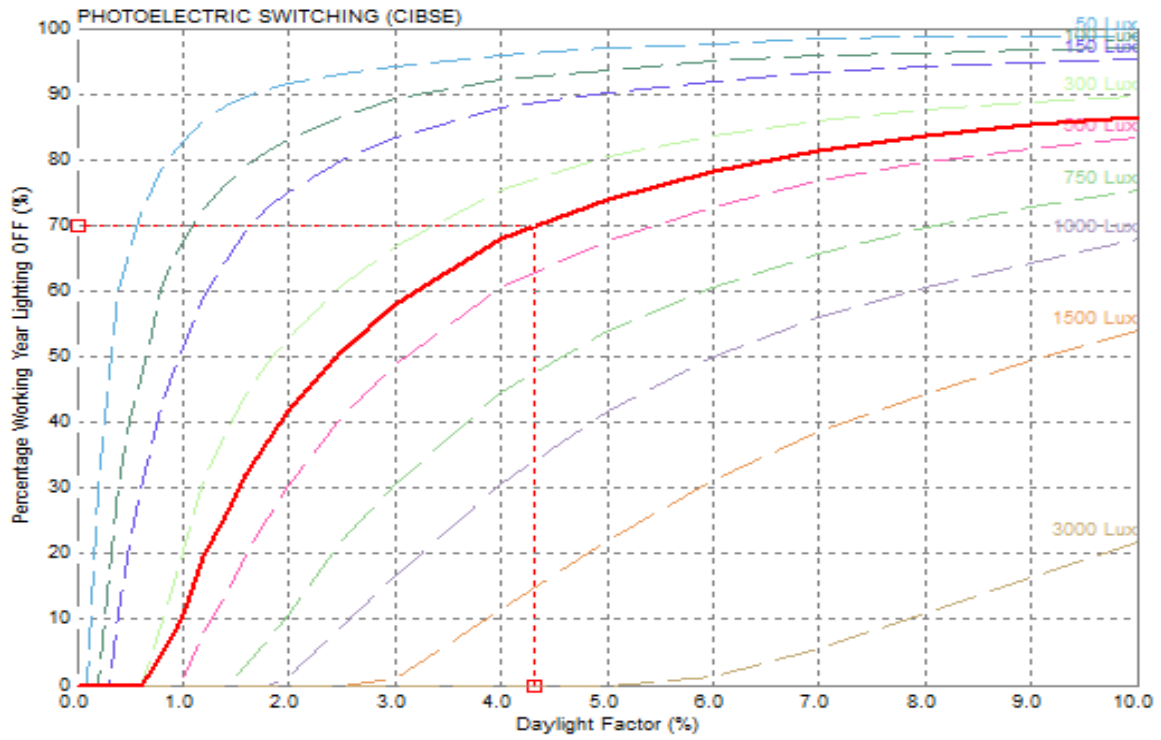
Gün ışığı faktörü mekânın aydınlık düzeyini etkiler. Mekândaki ortalama gün ışığı faktörü azaldıkça, aydınlık düzeyi de buna paralel olarak azalacak ve belli bir aydınlık düzeyini sağlamak için aydınlatmaya yani elektrik enerjisine ihtiyaç duyulacaktır. Kısaca mekânda ortalama gün ışığı faktörü azaldıkça, elektrik enerjisine duyulan ihtiyaç artacaktır.

Bu tasarımdaki kanatçıklar, enerji verimliliğinde maksimum oranı sağlayan 40 derecelik açığa kadar hareket ettiği durumda, ortalama gün ışığı faktörü % 4,04 olarak ölçülmüştür. Buna göre, ofis yapıları için sağlanması gereken aydınlık düzeyi 400 lux kabul edildiğinde, aydınlatmanın gerekmediği oran, Şekil 4.18’de de gösterildiği gibi yaklaşık %68 olmaktadır.

Kanatçıklar tamamen açık olduğunda ise ortalama gün ışığı faktörü % 4,32 olarak ölçülmüştür. Yine aynı aydınlık düzeyini (400 lux) sağlamak için aydınlatmanın gerekmediği oran ise Şekil 4.19’da da gösterildiği gibi %70 olmaktadır.



Şekil 4.18. Kanatçıklar 40 derece kapandığında aydınlatma gerektirmeyen oran



Şekil 4.19. Kanatçıklar tamamen açık olduğunda aydınlatma gerektirmeyen oran

Sonuç olarak; binanın kullanıldığı kabul edilen hafta içi ve 09:00-18:00 saatleri arası, binada uygulanacak hareketli bir gölgeleme sistemi;

- Binanın tümü için, gölgeleme oranlarını -özellikle ışınımın en yoğun olduğu yaz ve bahar aylarında- gölgeleme sistemi kullanılmadığı duruma göre %56 oranından %72 oranına kadar arttırmaktadır.
- Binanın tümü için, pencerelerden iletilen/geçirilen enerji miktarında, gölgeleme sistemi kullanılmadığı duruma göre %50'den fazla koruma sağlamaktadır.
- Gölgeleme sisteminin kullanıldığı güney cephenin analizleri yapıldığında, gölgeleme sistemi tasarımının 40 dereceye kadar güneş ışınımından korumada etkili olduğu görülmektedir. Tamamen açık konumdan 40 dereceye kadar %8 oranında koruma sağlamaktadır.
- Eğer gölgeleme elemanlarının güneş ışınımından maksimum koruma sağlayan 40 dereceye kadar açılıp kapanabilen bir rotada hareket edeceği kabul edilirse; güney cephe yönündeki ofislerde 400 lux aydınlık değerini sağlayabilmek için yaklaşık %32 oranında aydınlatma gerektirir. Bina, seçilen saatler arasında, yaklaşık %68 oranında yapay aydınlatmadan bağımsızdır. Bu oran, gölgeleme sistemi tamamen açık olduğu durumda (0°) yaklaşık %70'dir.
- Bu sonuçlara göre; binanın, özellikle yaz aylarında gölgeleme oranı artırılırken ve böylece mekâna gelen enerji miktarları azaltılırken, aynı aydınlık düzeyini sağlamak için elektrik enerjisine duyulan ihtiyaç bir miktar artacaktır. Bunun için de farklı malzemeler denenmiş ve optimum çözüm yakalanmaya çalışılmıştır.
- Binada kullanılacak basit bir gölgeleme sistemi, binanın performansını ve kullanıcı konforunu etkileyecektir. Özellikle yaz aylarında gölgeleme oranının artması iklimlendirme sistemine gerek duyulmadan iç mekân termal konforu üzerinde etkili olacaktır.
- Bu gölgeleme sistemi binanın en yoğun güneşlenen cephesinde bulunduğundan, bu öneride kullanılacak malzemenin güneş enerjisini toplayabilmesi ve bu enerjiyi sistemin çalıştırılması için kullanılabilmesi ise enerjinin korunumu bakımından sürdürülebilirliği tam olarak sağlayacaktır, denilebilir.
- Tüm bu sonuçlar sürdürülebilirliğin ya da kinetiğin yalnızca yeni yapılacak yapılar için geçerli bir kavram olmadığını, uygulanacak basit bir hareketli tasarımla mevcut yapıların iyileştirilmesi için de kullanılabileceğini göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tasarımı ve tasarımın başarısını etkileyen birçok kriter vardır. Ancak tasarımcılar belli bir ihtiyaç programına cevap verecek şekilde en uygun çözümü ararlar. Tasarımcının bu tür bir zorlamaya itilmesindeki temel sebep yapının, sürekli değişen ve çeşitlenen ihtiyaçlar arasında hareketsiz kalmasıdır. Sürdürülebilirlik için değişime adapte olmak koşuldur. Değişime adapte olmanın yollarından biri de yapıların hareket etme yeteneğine sahip olması ya da hareketli bileşenleri bünyesinde bulundurmasıdır. Aynı zamanda tasarımcılar doğadan ilham alan tasarımlarında, yalnızca görsel bir etkiyle algısal olarak ya da doğadaki oranları yapı formuna taşıyarak değil; bitkiler gibi yüzünü güneşe dönebilen ya da hayvanlar gibi çevresel etkilere tepki verebilen yapılar ortaya koyabilirler. Bu adaptasyonun tasarım anlayışıyla bütünleştiği yerde, geleneksel ve statik mimari anlayış yerini yeni ve kinetik bir mimari anlayışa bırakabilir.

Bu çalışma kapsamında öncelikle etkileşim, etkileşimin fiziksel bir karşılığı olan hareket ve hareketin mimarlığa dâhil olduğu kinetik mimarlık konuları araştırılmıştır. Mimarideki uygulamalarının çok kapsamlı olduğu bu konu, bu tez kapsamında yapı cephesi ölçeğiyle sınırlandırılmış ve yapı cephesinde hareketin nedenleri ve sürdürülebilir bir mimarlığa katkıları sorgulanmıştır. Yapının cephesi, çevreyle en çok etkileşimde bulunan, çevresel verilerden direkt olarak etkilenen ve denetimin en önemli olduğu kısımdır. Burada, hareketli bileşenler yoluyla alınacak önlemler yapının tümünü ve adaptasyon yeteneğini etkileyecektir.

Bu noktadan hareketle, yapının çevresel verilere adaptasyonunu sağlamayı ve sürdürülebilirlik kriterlerini hedef alarak hareket etmeyi amaçlayan, kinetik cephe örnekleri incelenmiştir. Bu örnekler seçilirken hareketin biçimi değil, amacı dikkate alınmıştır. İncelenen örneklerde ise, yapının hangi iklimsel veriyi kullanırsa kullansın cephe hareketliliğinin yalnızca enerji korunumu ya da yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik olduğu görülmüştür. Kinetik cephe sistemlerinin sürdürülebilirlik kriterlerinden enerji etkinliği üzerinde etkili olduğu anlaşılmıştır. Kısaca kinetik cephe sistemleri ve sürdürülebilirlik ara kesiti, enerji etkinliği olarak tanımlanmıştır.

Yeni yapılacak bir tasarım için ekolojik olarak sürdürülebilirlik, tasarım safhasından başlayarak karar verilmesi ve bütüncül bir tasarım anlayışı taşıması gereken, “o yere” ait tasarım anlayışıdır. Bu durumda mevcut yapılarda bu tasarım anlayışını uygulamamış olanlar, bu tanımın dışında kalmaktadır. Bu çalışmanın son kısmında, mevcut bir yapıda sürdürülebilirlik kriterlerinden biri olan enerji etkinliğinin, kinetik sistemler yoluyla yapıya uygulanmasının sonuçları analiz edilmeye çalışılmıştır. Sıradan bir ofis binası için, herhangi bir malzeme değişimi ya da ilavesi olmadan, tamamen binanın mevcut koşulları korunarak, hareketli bir gölgeleme sistemi önerilmiştir. Bu sistemin dış mekânda güneş ışınım miktarı, iç mekânda ise gün ışığı alımı ve buna bağlı olarak aydınlık seviyesi gibi binanın mevcut koşulları üzerine etkisi incelenmiştir. Burada da hareketin biçimi değil, amacı dikkate alınmıştır. Sistemin döndüğü kabul edilen belli açı aralıklarında, dış mekân için güneş ışınım analizleri yapılırken; iç mekân için ortalama gün ışığı, aydınlanma düzeyi ve ortalama gün ışığı faktörüne bağlı olarak aydınlatma enerjisine etkisi incelenmiştir.

Yapılan analizlerden gölgelik tasarımının, hiçbir iklimlendirme sistemine sahip olmayan binanın özellikle yaz aylarında gölgeleme oranına bağlı olarak güneş ışınım enerjisinin denetlenmesi üzerinde, 40 derece açığa kadar etkili olduğu görülmüştür. Yine gölgeleme oranına bağlı olarak iç mekânda da ortalama gün ışığı miktarının düştüğü görülmüştür. Bunun için ise farklı malzemeler kullanılarak optimum çözüm aranmıştır. Sistemde, seçilen malzemelerle analiz yapıldığında ve 400 lux aydınlık düzeyi sağlanmaya çalışıldığında, kanatçıklar tamamen açık durumdayken mekân aydınlatmadan %70 oranında bağımsızken; kanatçıklar 40 derecelik maksimum kapanma açısında iken bu oran %68 olmaktadır. Yani dış mekânda gölgeleme oranı artarken; iç mekânda da enerji ihtiyacı bir miktar artmaktadır. Yapılan analizlerle, konfor koşulları ile enerji ihtiyacı arasında denge sağlanmaya çalışılmıştır.

Bu verilerin yanında, kinetik öğelerin, yalnızca yeni yapılacak bir tasarım için geçerli olmadığı; hiçbir sürdürülebilirlik iddiasında bulunmayan, mevcut binalarda da uygulanacak basit sistemlerle enerji verimliliğini artırmak ve kullanıcı konforunu sağlamak üzere kullanılabilmesi anlaşılmıştır. Bu sistemlerin, malzeme teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak kendi kendini kontrol eden ya da kendi enerjisini sağlayabilecek kontrol mekanizmalarına sahip olması enerji korunumunda verimliliğe destek olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Birleşmiş Milletler Dünya Çevre Ve Kalkınma Komisyonu (1991). *Ortak geleceğimiz* (Çev. Çırakçı, B.). Ankara: Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayını. (Eserin orijinali 1987'de yayımlandı).
2. İnternet: Yeşil Bina Nedir? URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.cedbik.org%2Fsayfalar.asp%3FkatID%3D3%26ID%3D24&date=2015-02-05> Son Erişim Tarihi: 05.02.2015
3. İnternet: İnteraktivite. URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.webcitation.org%2Fquery%3Furl%3Dhttp%253A%252F%252Fdersnotudinle.files.wordpress.com%252F2012%252F01%252Fmultimedya-ve-interaktivite.docx%26date%3D2014-05-29&date=2015-02-05> Son Erişim Tarihi: 05.02.2015
4. Fox, M., Kemp, M. (2009). *Interactive Architecture*. New York: Princeton Architectural Press, 12-13, 26-27, 31-49.
5. Yaşa, A. (2010). *Mimari Kinetik Sistemler Ve Performansa Dayalı Tasarım Önerileri*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 3-6.
6. Zuk, W., Clark, R.H. (1970). *Kinetic Architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold.
7. Zuk, W., (1994). *New Technologies: New Architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold.
8. Korkmaz, K. (2001). Kinetik Bir Mimarlığa Doğru. *Ege Mimarlık*, 37, 8-11.
9. Topdemir, H.G. (2011). Geç İskenderiye Döneminde Bilim: İskenderiyeli Heron. *Bilim ve Teknik*, (529), 90-92.
10. Tzonis , A. (1999). *Santiago Calatrava: The Poetics of Movement*. New York: Universe Architecture Series.
11. Tzonis A., Lefaivre L., (1995) *Movement, Structure and the Work of Santiago Calatrava*,: Basel: Birkhäuser Verlag, 33.
12. Yıldız, A.,E. (2007). *Mobile Structures Of Santiago Calatrava: Other Ways Of Producing Architecture*, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 18-19.
13. Korkmaz, K. (2009). Kinetik Mimarlık Üzerine. *Arredamento Mimarlık*, 64-69.
14. Mathews, S. (2006). The Fun Palace as Virtual Architecture. *Journal of Architectural Education*, 59, 39-48.
15. Bullivant, L. (2005), 4dspace: Interactive Architecture, *Architectural Design*, 75.

16. Bullivant, L. (2006), *Responsive Environments Architecture, Art and Design (V & A Contemporary)*, Londra: V & A Publications.
17. Bullivant, L. (2007), 4dsocial: Interactive Design Environments, *Architectural Design*, 77.
18. Banham, R. (1994). *Architectural Monographs No 38 The Visions of Ron Herron*. Londra: Academy Editions.
19. İnternet: Plug-in-City URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.archigram.net%2Fprojects_pages%2Fplug_in_city.html&date=2015-03-04 Son Erişim Tarihi: 04.03.2015
20. Özkoç, O. (2009). *Social Potentials Of Pattern: Cedric Price's Fun Palace*, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
21. Nixon, P., Lacey, G., Dobson S. (Editörler). (2000). *1st International Workshop on Managing Interactions in Smart Environments (MANSE'99), Dublin, December 1999*, Londra: Springer-Verlag London Limited, 91-103.
22. Fox, M. (2001). *Beyond Kinetic*. MIT, Cambridge.
23. Korkmaz, K. (2004). *Kinetik Mimaride Tasarım Olanaklarının Çözümlemeli Araştırması*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
24. İnternet: Microsoft HQ - Lisbon URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.smartglassinternational.com%2Fhc-smartglass-microsoft-hq-lisbon%2F&date=2015-03-04> Son Erişim Tarihi: 04.03.2015
25. İnternet: Veltins-Arena Stadyumu URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.salesguide-ruhr.de%2Fen%2Fgelsenkirchen%2Fveltins-arena.html&date=2015-03-04> Son Erişim Tarihi: 04.03.2015
26. İnternet: Sapporo Dome Stadyumu URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.skyscrapercity.com%2Fshowthread.php%3Ft%3D1247591&date=2015-03-04> Son Erişim Tarihi: 04.03.2015
27. İnternet: University of Phoenix Stadyumu URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.airfieldsystems.com%2FCase%2520Studies%2Fnatural-turf-field-university-of-phoenix-stadium-arizona-cardinals%2F+&date=2015-03-04> Son Erişim Tarihi: 04.03.2015
28. İnternet: Pierre Mauroy Stadyumu URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.info-stades.fr%2Farticle%2F192%2Fstade-lille-travaux-se-poursuivent-salle-de-spectacle&date=2015-03-04> Son Erişim Tarihi: 04.03.2015










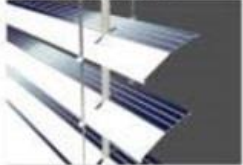







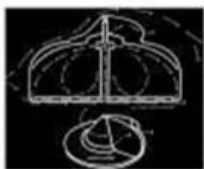

29. İnternet: Veltins-Arena. URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Ftr.wikipedia.org%2Fwiki%2FVeltins-Arena&date=2015-02-05> Son Erişim Tarihi: 05.02.2015
30. İnternet: Sapporo Dome. URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2FSapporo_Dome&date=2015-02-05 Son Erişim Tarihi: 05.02.2015
31. İnternet: University of Phoenix Stadium. URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2FUniversity_of_Phoenix_Stadium&date=2015-02-05 Son Erişim Tarihi: 05.02.2015
32. İnternet: Stade Pierre-Mauroy. URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2FStade_Pierre-Mauroy&date=2015-02-05 Son Erişim Tarihi: 05.02.2015
33. Moloney, J. (2007, 9 Ağustos). *Building Skins as Kinetic Process: Some Precedents from the Fine Arts, Techniques and Technologies: Transfer and Transformation* Association of Architecture Schools in Australasia, Avusturalya.
34. Hansanuwat, R. (2010). *Kinetic Facades As Environmental Control Systems: Using Kinetic Facades To Increase Energy Efficiency And Building Performance In Office Buildings*, Yüksek Lisans Tezi, Faculty Of The School Of Architecture University Of Southern California, Amerika Birleşik Devletleri.
35. Hansanuwat, R., Kensek K. (2011, Kasım). Environment Control Systems for Sustainable Design: A Methodology for Testing, Simulating and Comparing Kinetic Facade Systems. *Journal of Creative Sustainable Architecture & Built Environment, CSABE*, 27-45.
36. Givoni, B., (1994). *Passive and Low Energy Cooling of Buildings*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
37. Givoni, B., (1969). *Man climate and architecture*. Amsterdam: Elsevier Science Ltd.
38. Stein, B., Reynolds, J. S., Grondzik, W. T., Kwok, A. G. (2009), *Mechanical and Electrical Equipment for Buildings*, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
39. Kronenburg, R., Lim, J., Chii, W. Y. (Editörler). (2003). *Transportable Environments 2*, Londra: Spon Press.
40. Altın, M., Orhon, A.V. (2014, 3-4 Nisan). *Akıllı Yapı Cepheleri ve Sürdürülebilirlik*. 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Beşiktaş - İstanbul.
41. Yılmaz, Z. (2006). Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, (91), 7-15.
42. Wang,J., Beltrán,L.O., Kim, J. (2012). *From Static to Kinetic: A Review of Acclimated Kinetic Building Envelopes*. World Renewable Energy Forum Conference, Boulder, Colorado/Amerika Birleşik Devletleri.

43. İnternet: Al Bahar Towers URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.designhome.ae%2Fstyl-ish-al-bahar-towers-amazing-technology-architecture%2F&date=2015-03-04> Son Erişim Tarihi: 04.03.2015
44. İnternet: Al Bahar Towers URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fen.wikiarquitectura.com%2Findex.php%2FAI_Bahar_Towers&date=2015-02-05 Son Erişim Tarihi: 05.02.2015
45. İnternet: Al Bahar Towers URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.ctbuh.org%2FTallBuildings%2FFeaturedTallBuildings%2FFeaturedTallBuildingArchive2012%2FAIBaharTowersAbuDhabi%2Ftabid%2F3845%2Flanguage%2Fen-GB%2FDefault.aspx&date=2015-02-05> Son Erişim Tarihi: 05.02.2015
46. Fortmeyer, R., Linn, C.D. (2014). *Kinetic Architecture Design For Active Envelops*. Mulgrave, Victoria: The Images Publishing Group Pty Ltd, 176-183.
47. İnternet:Thematic Pavillion URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.bustler.net%2Findex.php%2Farticle%2Fconstruction_photos_of_somas_thematic_yeosu_expo_pavilion&date=2015-03-04 Son Erişim Tarihi: 04.03.2015
48. İnternet: Thematic Pavillion URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.mimdap.org%2F%3Fp%3D78891&date=2015-02-05> Son Erişim Tarihi: 05.02.2015
49. İnternet: Thematic Pavilion URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.bustler.net%2Findex.php%2Farticle%2Fone_ocean__somas_winning_thematic_pavilion_for_the_2012_yeosu_expo&date=2015-02-05 Son Erişim Tarihi: 05.02.2015
50. İnternet: Janus URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Ftr.wikipedia.org%2Fwiki%2FJanus&date=2015-02-05> Son Erişim Tarihi: 05.02.2015
51. İnternet: Piezoelektrik URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fpiezoelektrik.nedir.com%2F&date=2015-02-05> Son Erişim Tarihi: 05.02.2015
52. Knippers, J., Scheible, F., Oppe, M., Jungjohann, H. (2012, 13-15 Haziran). *Kinetic Media Façade Consisting Of Gfrp Louvers*. CICE (Canada International Conference on Education), Roma, İtalya.
53. İnternet: BIQ URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.biq-wilhelmsburg.de%2F&date=2015-03-04> Son Erişim Tarihi: 04.03.2015

54. İnternet: BIQ URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.iba-hamburg.de%2Fen%2Fthemes-projects%2Fthe-building-exhibition-within-the-building-exhibition%2Fsmart-material-houses%2Fbiq%2Fprojekt%2Fbiq.html&date=2015-02-06> Son Erişim Tarihi: 06.02.2015
55. İnternet: SolarLeaf - Bioreactor Facade URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.colt-info.de%2Ftl_files%2Fpdf%2FSonnenschutz%2FSolarLeaf-bioreactor-facade.pdf&date=2015-02-06 Son Erişim Tarihi: 06.02.2015
56. Wurm, J., Kragh, M. (2011). Reaping The Harvest. *CIBSE Journal*, (33), 28-36.
57. İnternet: The Algae House URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fsyndebio.com%2Fbiq-algae-house-splitterwerk%2F&date=2015-02-06> Son Erişim Tarihi: 06.02.2015
58. İnternet: BIQ URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.e-psikiyatri.com%2Fenerjisini-alg-yetistirerek-saglayan-bina-43651&date=2015-02-06> Son Erişim Tarihi: 06.02.2015
59. Armstrong, A., Buffoni, G., Eames, D., James, R., Lang, L., Lyle, J., Xuereb, K. (2013). The Al Bahar Towers: Multidisciplinary Design For Middle East High-Rise. *Arup Journal*, (2), 60-73.
60. Antony Wood, A. (Editörler). (2012). *Best Tall Buildings 2012: CTBUH International Award Winning Projects*, Chicago: CTBUH in conjunction with IIT and Routledge / Taylor and Francis Group, 172-177.
61. İnternet: Al Bahar Towers URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.bustler.net%2Findex.php%2Farticle%2Fconstruction_photos_of_somas_thematic_yeosu_expo_pavilion&date=2015-02-05 Son Erişim Tarihi: 05.02.2015

EKLER

EK-1. Kinetik sistem örneklerinin matrisi [34]

		Method of Moderation			
		Solar Radiation	Daylighting	Ventilation	Energy Generation
Vertical External Plane					
		Carabanchel 16, 2003, Foreign Office Architects, Madrid, Spain Bamboo vertical shutters to control sun on veranda	Kronenburg (2007) Blue Moon Groningen Aparthotel, 2001, Foreign Office Architects, The Netherlands Metal vertical shutters control sun to internal spaces	Kronenburg (2007) Blue Moon Groningen Aparthotel, 2001, Foreign Office Architects, The Netherlands Metal vertical shutters control sun to internal spaces	
Horizontal External Plane					
		Morphopedia (2009) Caltrans District 7, 2004, Morphosis, Los Angeles, CA Perforated aluminum screens control sun, light and wind	Morphopedia (2009) Caltrans District 7, 2004, Morphosis, Los Angeles, CA Perforated aluminum screens control sun, light and wind	Morphopedia (2009) Caltrans District 7, 2004, Morphosis, Los Angeles, CA Perforated aluminum screens control sun, light and wind	
Internal Device					
		Nysan (2009) ASU Biomedical Building, 2006, Gould Evans + Lord, Tempe, AZ Interior vertical wood shades Solar Radiation	Nysan (2009) ASU Biomedical Building, 2006, Gould Evans + Lord, Tempe, AZ Interior vertical wood shades Daylighting	Floormature (2009) GSW Headquarters, 1999, Sauerbruch Hutton Architekten, Berlin, DE Operable sun shades and interior ventilation Ventilation	Inhabit (2009) Bight, Concept, Vincent Gerken Combination photovoltaic & EL horizontal blinds Energy Generation
Horizontal Louvers					
		BRE (2009) BRE Environmental Building, 1996, Fielden Clegg Architects, Watford, UK Adjustable sun louvers	BRE (2009) BRE Environmental Building, 1996, Fielden Clegg Architects, Watford, UK Adjustable sun louvers	AIA (2009) The Animal Foundation Dog Adoption Park, 2005, Tate Snyder Kinsay, Las Vegas, NV Operable ventilation louvers at floor level	
Vertical Louvers					
		Neutra (2009) Neutra VDL House, 1953, Richard Neutra, Silverlake, CA Operable vertical sun shades	Floormature (2009) GSW Headquarters, 1999, Sauerbruch Hutton Architekten, Berlin, DE Operable sun shades and interior ventilation	Cot (2009) One River Terrace, 2008, Polshek Partnership, Battery Park, NY Vertical BIPV solar tracking louvers	
Horizontal Rotation					
		Pixelmap (2009) Phoenix Library, 1995, Will Bruder, Phoenix, AZ Operable vertical sun sails, rotating skylight drums	Marks (1973) Dymaxion House, Buckminster Fuller, Wichita, KS Wind operated ventilator	Fox (2009) Dynamic Architecture, 2010, David Fisher, Dubai, UAE Rotating floors on tower generate electricity	

Şekil 1.1. Kinetik sistem örneklerinin matrisi [34]

EK-1. (devam) Kinetik sistem örneklerinin matrisi [34]



Şekil 1.1. (devam) Kinetik sistem örneklerinin matrisi [34]

EK-2. Al Bahar kuleleri proje künyesi

Çizelge 2.1. Al Bahar kuleleri proje künyesi

Proje Yeri	: Abu Dabi, Birleşik Arap Emirlikleri
Proje Tipi	: Ofis
İklim Özellikleri	: Çöl iklimi
İnşaat Başlangıç Yılı	: Mart, 2009
İnşaat Bitiş Yılı	: Haziran, 2012
Bina Alanı	: 56 000 m2
Cephe Tasarımı	: Aedas Architects Ltd.
Mimari Proje	: Aedas Architects Ltd.
Statik Proje	: Arup Ltd. [59], [60]

EK-3. Bir Okyanus - Tematik Pavyon proje künyesi

Çizelge 3.1. Bir Okyanus - Tematik Pavyon proje künyesi

Proje Yeri	: Yeosu, Güney Kore
Proje Tipi	: Sergi Pavyonu
İklim Özellikleri	: Nemli Subtropikal İklim
İnşaat Başlangıç Yılı	: Eylül, 2010
İnşaat Bitiş Yılı	: Şubat, 2012
İnşaat Alanı	: 6 900 m ²
Cephe Tasarımı	: Knippers Helbig, Stuttgart
Mimari Proje	: Soma, Avusturya
Statik Proje	: Brandstätter ZT Ltd., Salzburg [61]

EK-4. Biyoreaktör cephe bina proje künyesi

Çizelge 4.1. Biyoreaktör cephe bina proje künyesi

Proje Yeri	: Hamburg, Almanya
Proje Tipi	: Konut
İklim Özellikleri	: Ilıman okyanusal iklim
İnşaat Başlangıç Yılı	: Aralık, 2011
İnşaat Bitiş Yılı	: Nisan, 2013
İnşaat Alanı	: 839 m2 - Brüt Alan yaklaşık 1350 m2
Cephe Tasarımı	: Arup Ltd., Berlin; SSC Strategic Science Consult Ltd.; Colt International Ltd.
Mimari Proje	: Splitterwerk, Graz
Statik Proje	: B+G Ingenieure Bollinger ve Grohmann Ltd. [54], [57]

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : BAŞARAN, Özlem
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 12.01.1988, İstanbul
 Medeni hali : Bekâr
 Telefon : 0 (544) 5284990
 Faks : -
 E-Posta : ozlem.basaran1@gazi.edu.tr



Eğitim

Derece	Okul/Program	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi/Mimarlık	2015
Lisans	Balıkesir Üniversitesi/Mimarlık	2011
Lise	Celal Toraman Anadolu Lisesi	2006

İş Deneyimi

Yıl	Çalıştığı Yer	Görev
2011 - 2011	VURAL Mimarlık	Mimar
2012 - 2012	ES-ER Mimarlık	Mimar
2013 - ...	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü	Mimar

Yabancı Dil

İngilizce



GAZİ GELECEKTİR..