

MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**EĞİTİM YAPI CEPHELERİNDE KİNETİK GÖLGELEME ELEMANI
KULLANIMININ ENERJİ PERFORMANSINA ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuğba ONUK

Anabilim Dalı: Mimarlık

Programı: Yapı Bilgisi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Berrin ŞAHİN DİRİ

EKİM 2024

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel etik kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ücret karşılığı başka kişilere yazdırmadığımı (dikte etme dışında), uygulamalarımı yaptırmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

Tuğba Onuk

...

Beni yetiştiren Aileme, Eşime ve kızım Gülce 'ye...

EĞİTİM YAPI CEPHELERİNDE KİNETİK GÖLGELEME ELEMANI KULLANIMININ ENERJİ PERFORMANSINA ETKİLERİ

ÖZET

Mimari yapılar, doğadaki canlılar gibi bulundukları ortama adapte olmaktadır. Bu durum da yapıları stabil durumdan çıkartıp daha hareketli hale getirmektedir. Mimaride uzun yıllar süren değişim, dönüşüm ve teknolojiye gelişmeler ile birlikte kinetik mimari kavramı oluşmuş ve yapıda farklı alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Bunun sonucunda çevresel koşullara ve ihtiyaçlara cevap veren, enerjinin daha etkin kullanıldığı kinetik elemanlar içeren yapılar ortaya çıkmaya başlamıştır. Değişken koşullara göre dönüşebilen kinetik cepheler bu çalışmada eğitim yapıları üzerinden incelenecektir. Eğitim yapılarında ise öğrenme eyleminin sağlıklı şekilde gerçekleşmesi için yapının cepheyle kurduğu ilişki ve iç mekân konforu önem kazanmaktadır. Bu çalışmada çeşitli ülkelerde yapılmış kinetik cepheye sahip eğitim yapı örnekleri ele alınarak cephede kinetik elemanların kullanım amacı incelenmiştir. Millî Eğitim Bakanlığı'na bağlı bir ilkokul projesinin mevcut cephesine hareketli bir eleman tasarımı eklenerek Autodesk Revit programı ve eklentileri aracılığıyla enerji ve güneş ışığı analizi yapılmıştır. Değerlendirme kısmında yapının enerji tüketim/korunum durumları ortaya konulacaktır.



EFFECTS OF USE OF KINETIC SHADING ELEMENTS ON EDUCATIONAL BUILDING FACADES ON ENERGY PERFORMANCE

ABSTRACT

Architectural structures adapt to the environment they are in, like living beings in nature. This situation also takes the structures out of their stable state and makes them more mobile. With the changes, transformations and technological developments that have been going on for many years in architecture, the concept of kinetic architecture has emerged and has started to be used in different areas in construction. As a result, structures containing kinetic elements that respond to environmental conditions and needs and where energy is used more effectively have begun to emerge. Kinetic facades that can transform according to changing conditions will be examined in this study through educational buildings. In educational buildings, the relationship between the structure and the facade and the comfort of the interior space gain importance for the healthy realization of the learning action. In this study, examples of educational buildings with kinetic facades built in various countries will be considered and the purpose of using kinetic elements on the facade will be examined. A kinetic element design was added to the existing facade of a primary school project affiliated to the Ministry of National Education and energy and sunlight analysis was performed using the Autodesk Revit program and its add-ons. In the evaluation section, the energy consumption/conservation status of the structure will be revealed.

ÖNSÖZ

Tez konusunun belirlenmesinden itibaren bana yol gösteren, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, sabırlı, yol gösterici ve bu süreçte desteğini benden esirgememiş olan tez danışmanım Sayın Dr. Öğretim Üyesi Berrin Şahin Diri' ye, değerli jüri üyelerim Doç. Dr. Nabi Volkan Gür ve Prof. Dr. Fatih Yazıcıoğlu hocama, beni yetiştiren aileme, eşime ve kızım Gülce 'ye teşekkür ederim.

Ekim, 2024

Tuğba ONUK

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	vi
KISALTMALAR.....	viii
SEMBOLLER.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Taraması	2
1.2 Çalışmanın Amacı ve Yöntemi	4
2. KAVRAMSAL ALT YAPI.....	5
2.1 Kinetik Mimarının Tarihçesi	5
2.2 Kinetik Mimarının Sınıflandırılması	10
2.3 Geçmişten Günümüze Cephelerin Kinetik Sistemlere Evrimi	13
2.4 Kinetik Cephelerin Sınıflandırılması.....	17
2.5 Enerji Korunumu ve Çevreye Duyarlı Tasarım.....	21
2.5.1 Yapı kabuğuna etki eden dış çevresel etkiler	21
2.5.2 Kinetik cephelerin iç mekân konforuna etkisi.....	26
2.5.3 Eğitim yapılarında enerji tüketiminin incelenmesi	29
3. KİNETİK CEPHELİ EĞİTİM YAPI ÖRNEKLERİ.....	32
3.1 (SDU) Güney Danimarka Üniversitesi Kolding Kampüsü	32
3.1.1 Proje bilgileri.....	32
3.1.2 Cephede kinetik elemanın kullanım amacı	33
3.2 M9-C, Okul Yapısı İçeren Karma Kullanımlı Yapı	35
3.2.1 Proje bilgileri.....	35
3.2.2 Cephede kinetik elemanın kullanım amacı	35
3.3 Endüstriyel Teknoloji Araştırma Enstitüsü (ITRI).....	36
3.3.1 Proje bilgileri.....	36
3.3.2 Cephede kinetik elemanın kullanım amacı	37
3.4 RMIT Üniversitesi Tasarım Okulu.....	39
3.4.1 Proje bilgileri.....	39
3.4.2 Cephede kinetik elemanın kullanım amacı	40
3.5 Claude Debussy Konservatuar Binası	43
3.5.1 Proje bilgileri.....	43
3.5.2 Cephede kinetik elemanın kullanım amacı	43
3.6 Batı Avustralya Üniversitesi Ezone Öğrenci Merkezi	45
3.6.1 Proje bilgileri.....	45
3.6.2 Cephede kinetik elemanın kullanım amacı	45
3.7 The Wedge Kopenhag İşletme Okulu	47

3.7.1 Proje bilgileri.....	47
3.7.2 Cephede kinetik elemanın kullanım amacı	49
3.8 Queensland Üniversitesi İleri Mühendislik Binası.....	49
3.8.1 Proje bilgileri.....	49
3.8.2 Cephede kinetik elemanın kullanım amacı	50
3.9 (CICA) Coruña Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Merkezi	51
3.9.1 Proje bilgileri.....	51
3.9.2 Cephede kinetik elemanın kullanım amacı	53
3.10 Sidney Üniversitesi Hukuk Fakültesi	55
3.10.1 Proje bilgileri.....	55
3.10.2 Cephede kinetik elemanın kullanım amacı	56
3.11 Seçilen Eğitim Yapı Örneklerinin Cephelerinde Kullanılan Kinetik Elemanların Değerlendirilmesi	58
4. CEPHESİNDE GÖLGELEME ELEMANI UYGULANMAK ÜZERE SEÇİLEN BİNA VE DEĞERLENDİRME KRİTERLERİNE GÖRE ELDE EDİLEN SONUÇLAR.....	62
4.1 Seçilen Yapının Tanıtımı	62
4.2 Projenin Bulunduğu Yerin İklim Özellikleri.....	66
4.3 Yapı Cephesi İçin Kinetik Gölgeleme Elemanı Tasarımı	68
4.4 Seçilen Yapının Autodesk Revit Programı ile Enerji Analizinin Oluşturulması Aşamaları	75
4.5 Yaz Dönemi Soğutma Yüğü Enerji Hesabı için Autodesk Revit Programı Aracılığıyla Raporların Oluşturulması	77
4.5.1 Yapı elemanlarının ısı geçirgenlik sınır değerleri ve mahallerin ısı konfor şartları.....	77
4.5.2 Yapının gölgeleme elemanı kullanımı öncesi ve sonrası enerji durumu ..	78
5. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ	89
KAYNAKLAR	93

KISALTMALAR

BIM : Bina bilgi modelleme



SEMBOLLER

W : Watt Enerji birimi
U : Isıl geçirgenlik katsayısı



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Kamu yapılarında enerji tüketimi dağılımı (EVÇED, 2024).....	31
Tablo 3.1: Kinetik cepheli eğitim yapılarının değerlendirilmesi (Kaynak: Yazara aittir).....	58
Tablo 4.1: Ilıman iklim bölgeleri için gölgelendirme elemanı çeşitleri (Lechner, 2015) Heating, Cooling, Lighting kitabı sf. 239 ve sf. 243 tablo referans alınarak Yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir.....	69
Çizelge 4.1: TS 825'e göre tavsiye edilen bölgesel U değerleri.....	78
Çizelge 4.2: Mahallerin optimum ısı konfor şartları.....	78
Çizelge 4.3: Yaz döneminde sıcaklığın max olduğu ve gölgeleme elemanı olmadığı durumda Revit programının ürettiği soğutma enerjisi raporu.....	80
Çizelge 4.4: Yaz döneminde sıcaklığın max. olduğu ve gölgeleme elemanının tam kapalı olduğu durumda Revit programının ürettiği soğutma yükü enerjisi raporu.....	81
Çizelge 4.5: Yaz döneminde sıcaklığın max olduğu ve gölgeleme elemanının yarı kapalı olduğu durumda Revit programının ürettiği soğutma enerjisi raporu.....	82
Çizelge 4.6: Yaz döneminde sıcaklığın max olduğu ve gölgeleme elemanının açık olduğu durumda Revit programının ürettiği soğutma enerjisi raporu.....	83
Çizelge 4.7: Gölgeleme elemanının 4 farklı durumu ve yaz dönemi sıcaklığın max olduğu temmuz ve ağustos ayı saat 9.00 Z17 Mahali için Revit programının ürettiği soğutma enerjisi raporu.....	84
Çizelge 4.8: Gölgeleme elemanının 4 farklı durumu ve yaz dönemi sıcaklığın max olduğu temmuz ve ağustos ayı saat 18.00 101 nolu derslik mahali için Revit programının ürettiği soğutma enerjisi raporu.....	86



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1: Çalışmanın yöntemi.....	4
Şekil 2.1: Mimari yapı formuna etkiyen kuvvetler kümesi.....	5
Şekil 2.2: Orta Çağ kalelerinde köprüyü açan düzenek (sol), hareketli mimari ilk örneklerinden çadır sistemi (sağ)	6
Şekil 2.3: Villa Girasole hareketi ve dış mekân görseli	7
Şekil 2.4: Katlanır tiyatro projesi	8
Şekil 2.5: Plug- in City görselleri.....	8
Şekil 2.6: Monde Arabe Enstitüsü kinetik cephe görselleri	8
Şekil 2.7: Alcoy Toplantı salonu.....	9
Şekil 2.8: Taşınabilir mimari örneği: Renzo Piano Travelling Pavilion	10
Şekil 2.9: Kinetik mimarlığın sınıflandırılması	11
Şekil 2.10: 1.Gömülü strüktür 2.Dinamik strüktür 3.Taşınabilir strüktür (Yazar tarafından (Fox, 2002) referansıya düzenlenmiştir).....	12
Şekil 2.11: a. Moldova’da bilinen en eski çadır b. Kızılderili çadırı c. Türklerde yurt çadırı.....	13
Şekil 2.12: Çatalhöyük yerleşim yerleri.....	14
Şekil 2.13: Tetrasyon (Aphrodisias Antik Kenti) (sol), Sardes Hamamı-Gymnasium Kompleksi (Sardes Antik Kenti) (sağ).....	14
Şekil 2.14: Gotik dönem örneği: Notre Dome Katedrali- Paris (sol), Rönesans Dönemi örneği Floransa Domu(sağ)	15
Şekil 2.15: Kristal Saray, Londra 1854	15
Şekil 2.16: Eklektik Mimari Örneği: Haydarpaşa Garı, İstanbul.....	16
Şekil 2.17: Modern Mimari örneği: Villa Savoye- Le Corbusier.....	16
Şekil 2.18: UNStudio’ nun Galleria Centercity Binası(sol), Al Bahar Towers(sağ)	17
Şekil 2.19: Kinetik cephelerin sınıflandırılması (Bu tablo (Waseef & Nashaat, 2017) Yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir).....	17
Şekil 2.20: 1 Öteleme hareketi 2 Döndürme 3 Ölçekleme 4 Malzeme deformasyonu.....	18
Şekil 2.21: Kiefer Teknik Showroom ofis ve sergi binası cephesinin görseli(sol) ve kesiti (Salah & Kayılı, 2022).....	18
Şekil 2.22: Ölçekleme hareketi, Pavilyon 67	19

Şekil 2.23: Farklı cephe malzeme örnekleri	20
Şekil 2.24: Estetik amaçlı kinetik cephe tasarımı.....	20
Şekil 2.25: Al bahar kulesi cephe görseli ve kesiti (Çakır, 2021).....	21
Şekil 2.26: Dış çevresel etkileri gösteren diyagram (Joseph Iwaro, 2014) Yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir).....	22
Şekil 2.27: Kuzey yarım küre için güneş enerjisi ve yapı durumu (Kaynak: Yazara ait çizim).....	
Şekil 2.28: a. Yapıların ağaçlardan alçak konumda yer alması- rüzgâr etkisi, b. değişik konumlanma durumuna göre rüzgâr hareketi, c. binaların çevresinde rüzgâr hareketi (Kaynak: Yazara ait çizim).....	24
Şekil 2.29: Binanın formuna, konumlanışına göre rüzgârsız alanlar ve rüzgâr etkisi (Soysal, 2008).....	25
Şekil 2.30: Dairesel formlu ve dikdörtgen formlu yapıda rüzgâr etkisi (Kaynak: Yazara ait çizim).....	25
Şekil 2.31: Rüzgâr etkili cephe tasarımı Ned Khan.....	26
Şekil 2.32: İç ortam kalitesini belirleyen parametreler.....	27
Şekil 2.33: Fiziksel konfor koşulları ve alt parametreleri	27
Şekil 2.34: Grasshoper software programı ile Al Bahaar Kulelerinin modellemesi (sol), gün ışığı analizi sağ (Alkhayyat, 2013).....	28
Şekil 2.35: ABD 2006 yılı enerji tüketimi dağılımı (Hong, Selkowitz, & Yazdanian, 2009).....	29
Şekil 2.36: ABD Bina tiplerine göre enerji kullanımı (Hong, Selkowitz, & Yazdanian, 2009).....	30
Şekil 2.37: Türkiye'de kamu yapılarının enerji tüketimi (EVÇED, 2024).....	31
Şekil 3.1: Kampüs hava fotoğrafı (sol), cephe görseli (sağ)	32
Şekil 3.2: Hâkim rüzgâr yönü ve yapının konumlanışı (Kaynak: Yazar tarafından Google Earth görüntüsü düzenlenerek kullanılmıştır.).....	33
Şekil 3.3: Plan şeması (sol) ve kuzeydoğu cephe görseli (sağ)	34
Şekil 3.4: Solda hareketli cephe panelleri birleşim detayı, sağda cephe görselleri ...	34
Şekil 3.5: Hareketli delikli cephe elemanının gösterimi (sol), delikli cephe elemanının iç mekândan görseli (sağ)	34
Şekil 3.6: Yapıya ait görseller	35
Şekil 3.7: Perfore metal delikli cephe elemanının birleşim detayı ve görseli	36
Şekil 3.8: Hâkim rüzgâr yönü ve yapının konumlanışı (Kaynak: Google Earth kullanılarak Yazar tarafından düzenlenmiştir).....	36
Şekil 3.9: Cephe görseli	37
Şekil 3.10: Kanat sisteminin cephedeki görünümü	38
Şekil 3.11: Rüzgâr etkili cephe için kanatların detayı ve montajı.....	38

Şekil 3.12: Hâkim rüzgâr yönü ve yapının konumlanması (Kaynak: Yazar tarafından Google Earth' den alınarak düzenlenmiştir).....	39
Şekil 3.13: Tasarım okulunun cephe görselleri	40
Şekil 3.14: Cam disk içeren galvanizli çelik silindirlerin cephede ve iç mekânda gösterimi	41
Şekil 3.15: Cephede kullanılan elemanın düşme riskine karşı alınan önlemler	41
Şekil 3.16: Panellerin bir araya gelişi ve cephe ile birleşim detayı	42
Şekil 3.17: Hâkim rüzgâr yönü ve yapının konumlanması (Kaynak: Yazar tarafından Google Earth kullanılarak düzenlenmiştir).....	42
Şekil 3.18: Cephenin görseli	43
Şekil 3.19: Katlanır cephe detayı (sol), cephedeki görünümü (sağ).....	44
Şekil 3.20: Ezone öğrenci merkezi cephe görseli.....	45
Şekil 3.21: Kinetik gölgeleme elemanı görselleri.....	46
Şekil 3.22: PV hücreli cam tavan ve iç mekândan görünüm	46
Şekil 3.23: Yapının konumlanması ve hâkim rüzgâr yönü (Kaynak: Yazar tarafından Google Earth' den elde edilmiştir).....	47
Şekil 3.24: Yapının zemin kat planı	48
Şekil 3.25: Yapının cephe görseli	48
Şekil 3.26: Okul cephe görseli(sol), oval pencereler ve atrium (sağ)	49
Şekil 3.27: Cephe görseli.....	50
Şekil 3.28: Hareketli cephe elemanı (sol), iç mekânda cephe elemanın gölge etkisi (sağ)	50
Şekil 3.29: Yapının havalandırma durumunu gösteren kesit	51
Şekil 3.30: Zemin kat planı (A) 4 katlı yapı, (B) 2 katlı yapı	52
Şekil 3.31: Yapı girişini belirleyen rampa ögesi	52
Şekil 3.32: Yapının batı ve kuzey cephesi (URL-30, 2024).....	53
Şekil 3.33: Kuzey cephesi görseli (A), batı cephesi elemanın hareketi (B), batı cephesi görseli (C).....	53
Şekil 3.34: Hâkim rüzgâr yönü ve yapının konumlanması (Kaynak: Yazar tarafından Google Earth kullanılarak düzenlenmiştir).....	54
Şekil 3.35: Yapının doğu cephesinin görseli.....	55
Şekil 3.36: Işık kulesinin dış ve iç mekândan görünüşü	56
Şekil 3.37: Kinetik elemanın görseli(A) ve birleşim detayı(B).....	57
Şekil 4.1: Ayten Şaban Diri İlk ve Ortaokulunun havadan görseli	62
Şekil 4.2: Yapının cephe görselleri	63
Şekil 4.3: Yapının görünüşleri (Kaynak: Çankaya Belediyesi' nden Aralık, 2023 Yazar tarafından temin edilmiştir).....	64

Şekil 4.4: Zemin kat (sol) ve 1.kat (sağ) dersliklerinin iç mekân görselleri	64
Şekil 4.5: Kat planları (Kaynak: Çankaya Belediyesi' nden Aralık, 2023 Yazar tarafından temin edilmiştir).....	65
Şekil 4.6: Ankara ili sıcaklık grafiği	66
Şekil 4.7: Ankara ili rüzgâr grafiği.....	67
Şekil 4.8: Okulun vaziyet planı (Kaynak: Çankaya Belediyesi'nden Aralık,2023 Yazar tarafından temin edilmiştir).....	67
Şekil 4.9: Yatay gölgelendirme elemanının kış ve yaz dönemi durumu (Lechner, 2015).....	68
Şekil 4.10: Güneş açısına göre kinetik gölgeleme elemanının hareketi.....	70
Şekil 4.11: Hareketli gölgeleme elemanı ve güneş ışınımının yansımaları.....	70
Şekil 4.12: Yapının 21 Haziran saat:09:00-12.00-15.00 güneş-gölge durumu (Kaynak: Yazar tarafından Revit programından elde edilmiştir).....	73
Şekil 4.13: Yapının doğu ve batı cephesi için yatay yönde katlamalı ve kayar sistemli gölgeleme elemanı tasarımı A. Paneller açık durumda B. Paneller yarı kapalı durumda C. Paneller tam kapalı durumda (Kaynak: Yazar).....	73
Şekil 4.14: Yapının güney ve kuzey cephesi için düşey kayar sistem gölgeleme elemanı tasarımı A. Paneller açık durumda B. Paneller yarı kapalı durumda C. Paneller tam kapalı durumda (Kaynak: Yazar).....	74
Şekil 4.15: Perfore metal malzemesinin örnekleri	74
Şekil 4.16: Revit programının enerji analizi için kullanımı.....	76
Şekil 4.17: Revit programının lokasyon verilerine göre ürettiği yıllık rüzgâr gülü grafiği.....	77
Şekil 4.18: Revit programı verilerine göre yaz dönemi için sıcaklığın maksimum olduğu durumda, gölgeleme elemanı kapalı olan(kırmızı), yarı kapalı olan(yeşil), kapalı olan(sarı) ve gölgeleme elemanı olmayan (mavi) durumlar için soğutma enerjisini gösteren grafik.....	79
Şekil 4.19: Yaz döneminde yapıda gölgeleme elemanı olmadığı durumda gerekli soğutma enerjisinin oransal dağılımı.....	80
Şekil 4.20: Yaz döneminde yapıda gölgeleme elemanının tam kapalı olduğu durumda gerekli soğutma enerjisinin oransal dağılımı.....	81
Şekil 4.21: Yaz döneminde yapıda gölgeleme elemanının yarı kapalı olduğu durumda gerekli soğutma enerjisinin oransal dağılımı.....	82

Şekil 4.22: Yaz döneminde yapıda gölgeleme elemanının açık olduğu durumda gerekli soğutma enerjisinin oransal dağılımı.....	83
Şekil 4.23: Yapının mevcut durumu için zemin kat planındaki Z17 nolu dersliğinin konumu.....	85
Şekil 4.24: Z17 nolu dersliğin sıcaklığın max. olduğu temmuz ayı saat 9.00 için güneşin konumu ve etkisi.....	85
Şekil 4.25: Yapının mevcut durumu için birinci kat planındaki 101 nolu dersliğinin konumu.....	87
Şekil 4.26: 101nolu dersliğin sıcaklığın max. olduğu temmuz ayı saat 18.00 için güneşin konumu ve etkisi.....	87
Şekil 4.27: Yapıda 4 farklı durum için Z17 mahali için soğutma enerji yükü durumu.....	88
Şekil 4.28: Yapıda 4 farklı durum için Z17 mahali için soğutma enerji yükü durumu.....	88



1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze toplumların değişim süreciyle birlikte enerji kaynaklarımız hızla tükenmektedir. Bu nedenle yapılarımıza yapacağımız her müdahalenin enerji korumaya yönelik olması önem kazanmaktadır. Yapılarda enerji tüketimi arttıkça uygulama öncesi yeni tasarım kararları almaya veya mevcut binaların verimli enerji kullanımına yönelik çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Mimaride enerji korunumunu ele alan yapılar, enerji etkin yapı tasarımı kavramını ortaya çıkarmıştır. Enerji etkin yapı tasarımına yönelik mimaride kinetik gölgeleme elemanları ve kinetik cepheler kullanılmaya başlanmıştır. Dünya üzerinde çeşitli ülkelerde farklı örnekleri bulunmaktadır. Bu elemanların malzeme seçimi, konumu, şekli bulunduğu yerin iklimsel verileriyle ilişkilidir. Bir cephede kinetik gölgeleme elemanı seçilirken, mevcut iklim verilerine ve bina yönlendirmesiyle ilişkili olarak kış aylarında güneşten ısı kazanımının yüksek olması, yaz aylarında ise aşırı ısınmayı önlemesi istenmektedir. Gelişen teknolojik gelişmeler ve bina bilgi modelleme sistemleriyle yapıların üç boyutlu modellemesi, malzeme seçimi, bulunduğu lokasyona bağlı olarak enerji kaybı, ısı, ışık analizleri yapılmaktadır. Revit programında seçilen bir yapının üç boyutlu modellemesi yapıldıktan sonra enerji analizi yapılabilmektedir.

Eğitim yapıları, kamusal yapılar içinde enerji tüketiminin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada içeren Ayten Şaban Diri ilk ve ortaokul yapısına kinetik gölgeleme elemanı eklentisi yapılarak Revit programı ile enerji durumları incelenmiştir.

1.1 Literatür Taraması

Kaynaklarımızın günden güne tüketiminin arttığı dünyada enerji korunumu ve çevreye duyarlı tasarım kavramı yapılarda sıkça karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada, yapılmış birçok akademik çalışmalar ve kitaplar kaynak olarak referans alınmıştır.

Gölgeleme elemanı tasarım metotları için referans alınan kaynaklardan biri 1997 yılında yayımlanan ‘‘Tips for Daylighting with Windows: The Integrated Approach’’ isimli çalışmadır (O'Conner, Lee, Rubinstein, & Selkowitz, 1997).

Sharaidin (2014), tez çalışmasında kinetik cephelerin çevresel koşullara tepkisini değerlendirmek için fiziksel hesaplamaların yanı sıra, dijital simülasyon araçlarının, kinetik cephelerin performansını değerlendirmek için tasarıma nasıl dahil edilebileceğini ayrıntılı olarak ele almaktadır.

Iwaro (2014) çalışmasında, yapı kabuğunun koruyucu ve düzenleyici işlevlerinin yanı sıra, güneş, ısı ve nem akışını kontrol etmekte olduğunu ele almaktadır. Ayrıca binadaki iç hava kalitesini, yangını, rüzgârı, yağmuru ve akustik etkileri de kontrol etmektedir. Bina sürdürülebilirliği ile ilgili olarak çevrenin yapı kabuğu üzerindeki etkisinin incelenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Lechner (2015)’ in Heating, Cooling, Lighting kitabında, bir binayı soğutmaya yönelik üç kademeli tasarım yaklaşımının birinci aşamasının gölgelendirme, ikinci aşaması pasif soğutma ve üçüncü aşaması ise, birinci ve ikinci aşamaların mimari stratejilerinin başarısız olduğu durumlarda soğutmak için mekanik ekipman kullanmak durumu olduğunu anlatmaktadır.

Zoroğlu (2017)’ nin çalışmasında, iç mekân kalitesinin sağlanması ve konfor koşullarının belirlenmesi ile kullanıcı memnuniyetini artırırken, binaların kullanımı sırasında tüketilen enerjinin azaltılmasını sağlanmakta olduğunu ele almaktadır.

Waseef & Nashaat (2017)’ nin Towards A New Classification for Responsive Kinetic Facades çalışmasında, yapı kabuklarının iç ve dış mekân arasında fiziksel bir bariyer olma rolünü kaybettiği için mimarların yapıları, çevre koşullarına göre bir eylemde bulunma yeteneğine sahip olan kinetik elemanlar içeren dinamik bir sisteme dönüştürmeye çalışmakta olduğunu ele almaktadır.

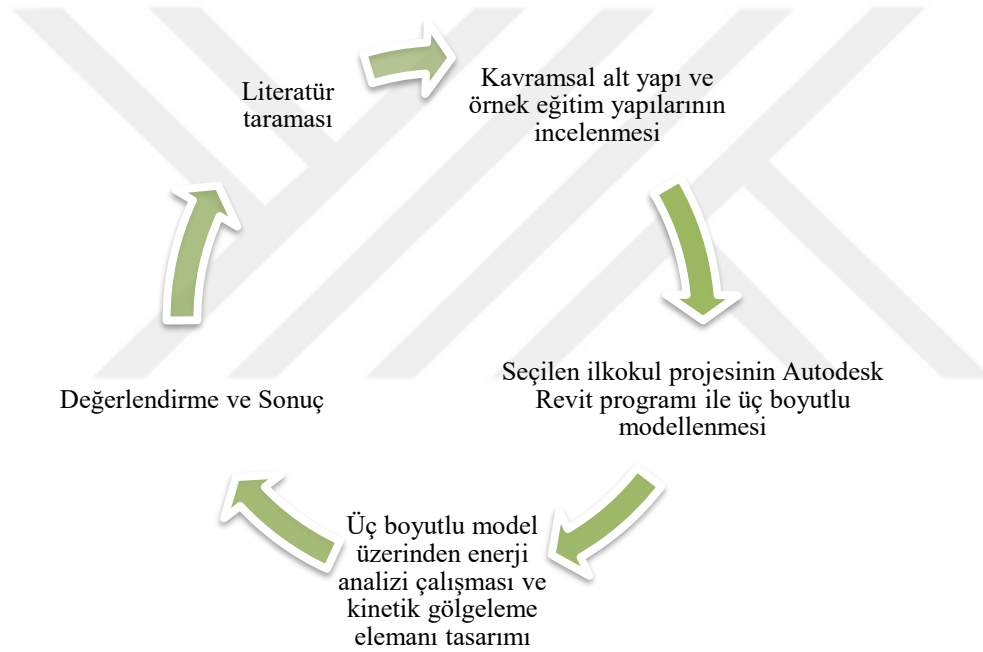
Nashaat & Wassef (2018) 'e göre etkileşimli, duyarlı ve akıllı mimariye olan ilgi 1960 ve 1970' lerde başlamaktadır. Bu ilgi, mimariyi statik bir formdan daha kinetik ve dinamik bir forma dönüştüren bilgisayar bilimi alanının ve yapı teknolojisinin gelişmesinden kaynaklanmaktadır.

Anaç (2019)' un yüksek lisans tez çalışmasında, farklı iklim bölgelerinde sabit ve hareketli gölgeleme elemanlarının etkilerinin değişiklik gösterdiğini ve hareketli gölgeleme elemanlarının, çevre verilerine göre konum ve yönünü değiştirerek iç mekânda çevresel etkileri azaltmakta ve gereksiz enerji kullanımı engellemekte olduğunu belirtmektedir.

Çakır (2021)' in tez çalışmasında; kinetik mimarlıkta hareket ve sistem türleri alt başlıklar halinde incelemektedir. Hareket türleri ve sistem türleri sınıflandırılarak örneklendirilmiştir. Hareket kabiliyeti ve kullanıcı etkileşimi baz alınarak örnekler arası farklılık ve benzerlikler ortaya çıkarılmıştır. Kinetik yüzeylerin avantajlarının yanı sıra dezavantajlarından da bahsedilmiştir.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Yöntemi

Bu çalışmanın amacı doğrultusunda çeşitli ülkelerdeki eğitim yapı örnekleri incelenmiş ve cephelerinde kullanılan kinetik elemanların kullanım amacı ele alınmıştır. Bu çalışmanın yöntemi olarak Ankara ilinde bulunan T.C. Millî Eğitim Bakanlığı'na bağlı bir okul yapısına kinetik gölgeleme elemanı eklenerek 3 boyutlu modellemesi yapılmıştır. Modelleme yapılırken mevcut plan şeması üzerinden mekânsal olarak yeniden işlevlendirme yapılmamıştır. Bu çalışma kapsamında kullanılan program Autodesk Revit programıdır. Revit programına Heating and Cooling, Insight ve Green building studio eklentisi eklenip, yapının lokasyonuna bağlı olarak enerji analizi yapılacaktır.



Şekil 1.1: Çalışmanın yöntemi.

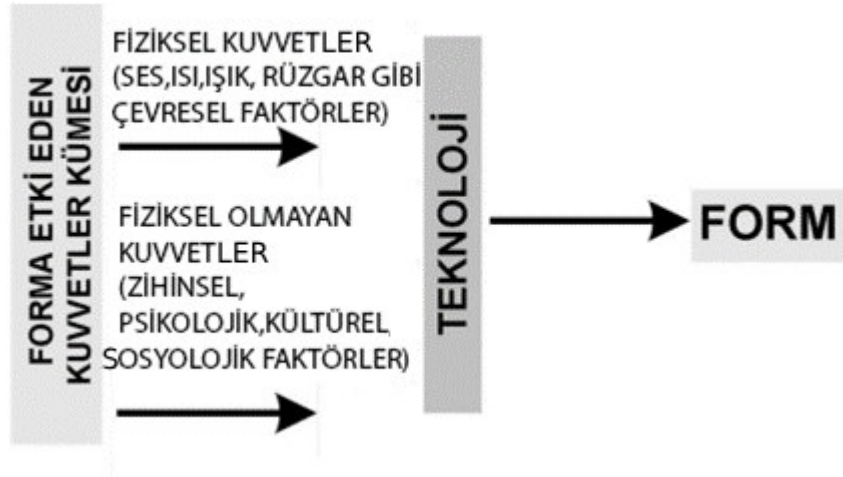
Çalışmanın yöntemi olarak yapının mevcut durumunun enerji analizi yapılacak, cephede kinetik eleman uygulandığındaki durumundaki enerji durumu karşılaştırılarak enerji kazanımı değerlendirilecektir (Şekil1.1). Bunun sonucunda yapının enerji durumu ile ilgili veriler elde edilecektir.

2. KAVRAMSAL ALT YAPI

Çalışmanın bu kısmında kinetik mimarinin tarihçesi, sınıflandırılması, enerji korunumu ve çevreye duyarlı tasarım hakkında genel bilgilendirmeler yapılacaktır.

2.1 Kinetik Mimarinin Tarihçesi

Fizik biliminde bir cismin zamana bağlı olarak belirli olan bir noktaya göre yer değişimi hareket olarak adlandırılmaktadır. Cisme uygulanan etkiler sonucundaki yer değişimi olarak da tanımlanmaktadır. Tüm canlılar var oldukları çevrede hareket halindedirler. Bulundukları çevre ile sürekli etkileşim halinde olan canlılar, fiziksel ve fiziksel olmayan çevre etkileriyle karşı karşıya kalırlar (Yaşa, 2010). Bu çevre etkilerine karşı yaşamlarını devam ettirebilmek için çevre şartlarına uyum sağlamak zorundadır. Tasarımcıların amacı, birçok etkiye yanıt verebilecek olan yapı tasarımlarını şekillendirmektir. Ancak forma etki eden çevre etkileri zamanla değişmektedir (Şekil 2.1).

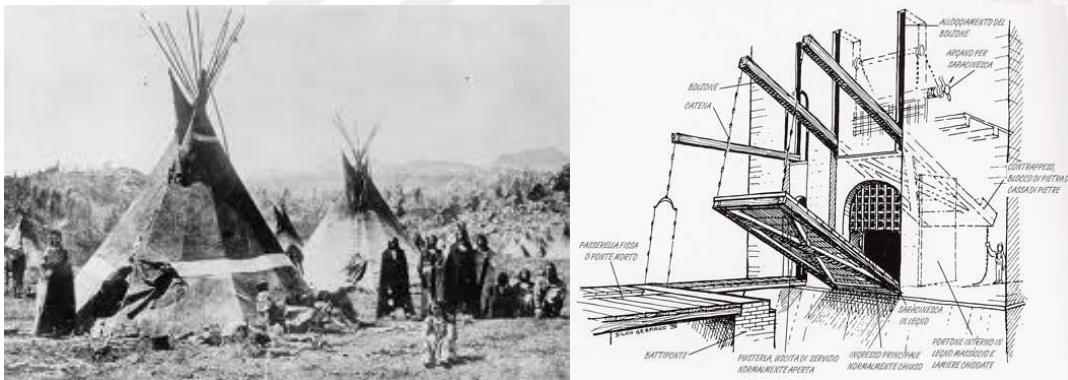


Şekil 2.1: Mimari yapı formuna etkiyen kuvvetler kümesi (Zuk & Clark, 1970).

Yapılar ve yapıyı oluşturan bileşenler hareket ettiğinde, buna karşılık olarak çevre etkileri de değişeceğinden dolayı, çevre bu etkiye karşı tepki gösterir. Bu karşılıklı etki ve tepki durumunun tasarım süreci ile düşünülmesi gerekmektedir (Yaşa, 2010).

Mimarideki hareket kavramı olarak tanımlanan ilk nesneler; hareketli taşlar, ağaç oyuntuları, mağara açıklıklarını kapatan derilerdir (İnan, 2014). Eski çağlarda mağarada yaşayan insanlar, mağara giriş kısımlarında açma kapama eylemini yapabilmek için taşların hareketini kullanmıştır. Tarihsel süreçte hareket durumu, çatı, pencere ve kapılarda sıkça karşımıza çıkmaktadır.

Göçebe topluluklar bir yerde bulunma durumları kısıtlı olduğu için yaşama birimlerini farklı yerlerde kurmuşlardır. Yeniden kurulumu, kolay taşınır olması nedeniyle çadırlar sıkça kullanılmıştır. Bu malzemeler deri ve ahşap türevidir. Günümüzde bu geçici konaklama fikri, yeniden yerleştirilen, yeri değişebilir ve demonte sökülüp takılabilen yapıların temelini oluşturmuştur (İnan, 2014). Taşıyıcı bir iskeletin üzerine membran malzemenin monte edilmesiyle kurulmaktadır (Şekil 2.2).

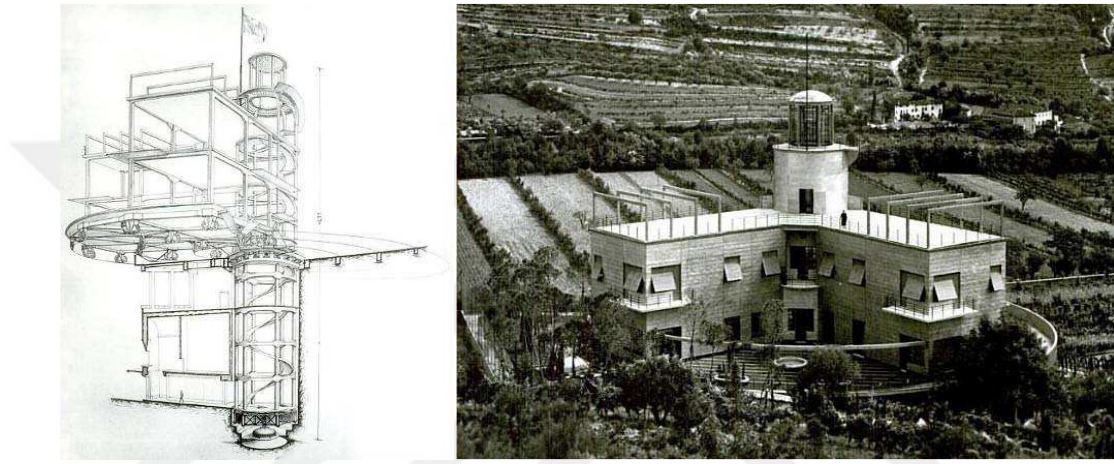


Şekil 2.2: Orta Çağ kalelerinde köprüyü açan düzenek (sol), hareketli mimari ilk örneklerinden çadır sistemi (sağ) (İnan, 2014).

Orta Çağ’ da harekete imkân sağlayan kasnak ve zincir sistemi içeren hareket edebilir köprü örnekleri kapalı durumda iken hendek üzerinden geçişi kapatarak güvenliği sağlarken, açık iken geçişe olanak sağlamaktadır (Çakır, 2021).

1935’ in başlarında, Cenova’dan bir mühendis tarafından Villa Girasole projesi yapılmıştır. Girasole ayçiçeği anlamına geldiği için villa güneşinin yönüne dönmektedir. Villa Girasole yapısında 42,35 metre yüksekliğindeki kulenin tepesinde sarmal merdivenle çıkılan bir fener bulunmaktadır (Şekil2.3). İki katlı (L) biçimli villa 44 metre çapında dairesel kagir bir kaide üzerine oturmaktadır (Fouad, 2012).

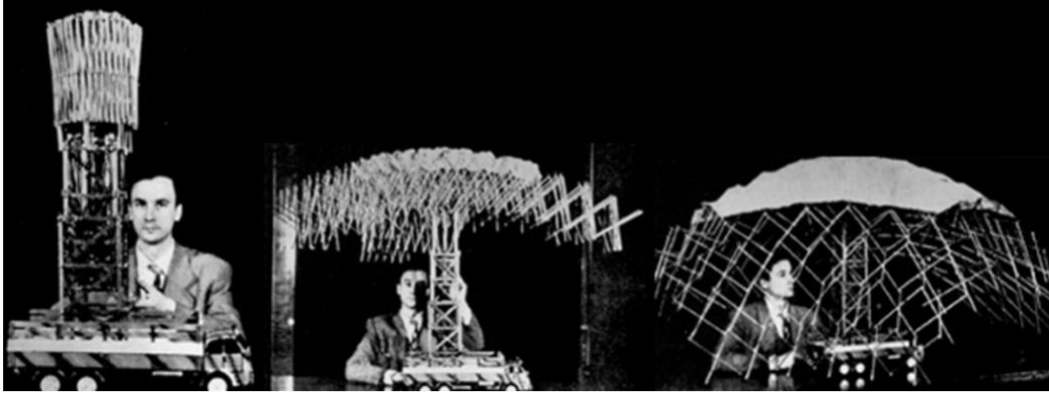
Tesisat bağlantıları, mobil çekirdekten aşağıya inen borular aracılığıyla yapılmaktadır. Kinetik olarak dönen evin hareketli bölümü, bir evin tüm standart unsurlarını içerir, işlevsel olarak tabandan bağımsızdır (Şekil 2.3). Hareketli bölümün 1. Katında gün içi kullanımına yönelik, müzik odası, yemek odası, kiler, mutfak ve çalışma odası vardır. 2.katta ise banyo ve yatak odaları bulunmaktadır. Bu evde farklı zamanlarda gün ışığının gözlemlenebilmesi planlanmıştır. Tüm odalar gün ışığını ve gölgeyi eşit şekilde almaktadır (Url-01, 2022).



Şekil 2.3: Villa Girasole hareketi ve dış mekân görseli (Fouad, 2012).

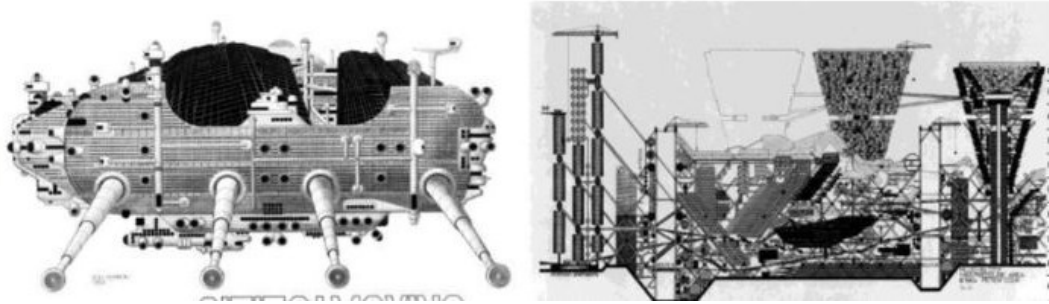
Roger H. Clark ve William Zuk' un 1970 yılında yazdığı Kinetic Architecture kitabında ilk defa kinetik mimari kavramı, üzerine etki eden kuvvetler değiştikçe, yapıda biçimsel olarak cevap verme durumu olarak ele alınmıştır (Çakır, 2021).

Hareketli sistemler ile ilgili çalışmalar yapan öncülerden biri Pinaro' dur. Buckminster Fuller 'in öğrencilerinden Pinaro, açılıp kapanma mekanizmalı strüktür çalışmalarına 1960' lı yıllarda başlamıştır. Bu çalışmalar sonucunda iki boyutlu makasların oluşturduğu değişik biçimler ve mekanizmaların kullanımı konusunda birçok ödül almıştır. Pinaro tarafından geliştirilen katlanır tiyatro projesi, esnek malzeme kullanımı ve makas sistemiyle kinetik mimariye örnek teşkil etmektedir. Pinaro, klasik makas sistemlerinin dışında, geliştirdiği çift katmanlı düz makas sistemi ile silindir formlu barınaklar tasarlamıştır. Pinaro' nun çalışmaları, makas sistemlerinin açılıp kapanma özellikleri açısından oldukça önemli bir dayanaktır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Katlanır tiyatro projesi (Maden, 2019).

Yirminci yüzyılda, Archigram adı verilen mimari grup yürüyen şehir fikrini ortaya atmıştır. Yürüyen Şehri, bir insan olarak kabul ederek, çevre koşullarına göre hareket edebilen, her parçası taşınabilen ve içinde çok sayıda birim bulunan Plug-in City fikri ile Peter Cook ele almıştır (Şekil 2.5). Plug-in City'de Peter Cook, bir mega yapı önermiştir.



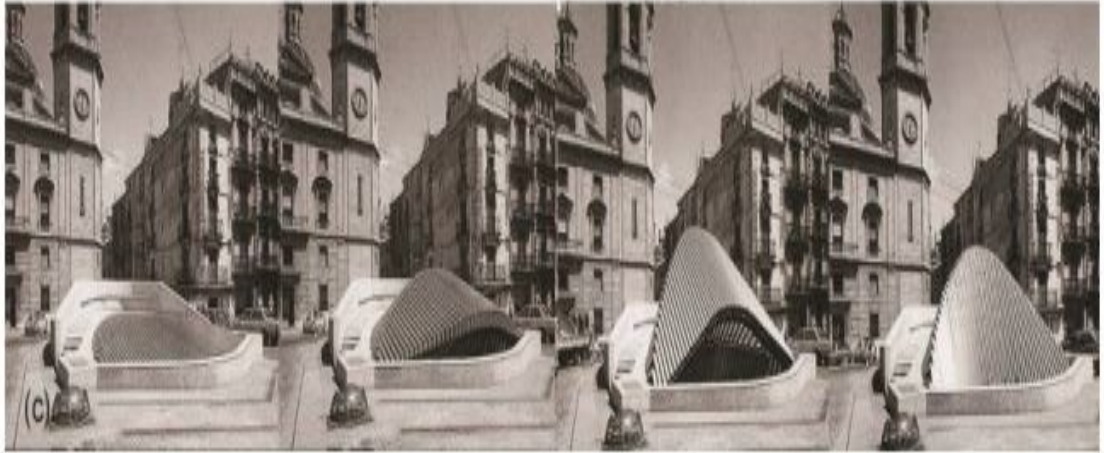
Şekil 2.5: Plug- in City görselleri (Maden, 2019).



Şekil 2.6: Monde Arabe Enstitüsü kinetik cephe görselleri (Url-02, 2022).

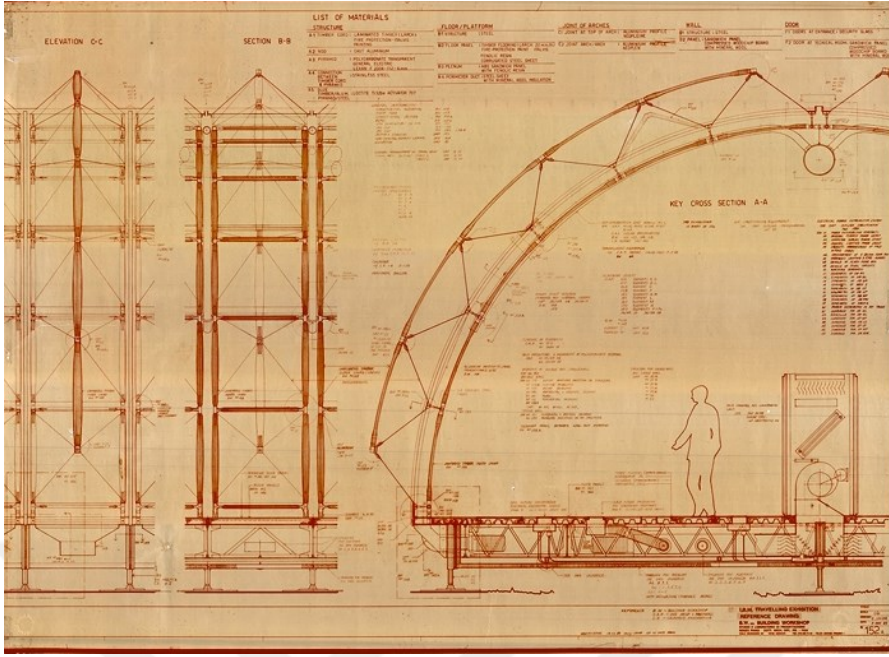
1987'de Jean Nouvel, önemli bir kinetik mimari örneği sunmuştur. Bu yapı Paris'teki Institut du Monde Arabe binasıdır. Jean Nouvel bu tasarımda Ortadoğu'da insanları güneşten korumak ve mahremiyet sağlamak için yüzyıllardır kullanılan geleneksel kafes işinden ilham almıştır. Sistem, binaya giren ışık miktarını düzenleyen ışığa duyarlı diyafram içermektedir (Şekil 2.6). Merceğin hareket aşamaları ile farklı geometrik desenler oluşmaktadır. (Url-02, 2022). Diyaframlar, dış tarafta yer alan çift cam ve iç taraftaki tek cam arasında konumlanmıştır. Açıklık boyutları kapatılarak veya azaltılarak güneş kazancı kolayca sağlanmaktadır.

Kinetik yapı örneklerinden biri de Calatrava' nın etkileyici tasarımı olan Alcoy Toplantı Salonu' dur. Bu yapı 600 kişi kapasiteli olarak yeraltına inşa edilmiştir. Bu toplantı yapısının zemin kotunun altındaki varlığını ortaya çıkarmak için, zemin kotunda, çubuk ve bağlantı mekanizmaları içeren kinetik mekanizma kullanılarak hem çeşme hem de yarı kapalı bir giriş oluşturulmuştur (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Alcoy toplantı salonu (Maden, 2019).

Bir diğer kinetik mimarlık örneği ise, Renzo Piano' nun 1984 yılında geçici olarak yaptığı IBM Travelling Pavillion gezici sergi yapısı; 12m genişliğinde, 6m yüksekliğinde ve 48m uzunluğundadır. Sergi yapısı 6 polikarbonat piramit ve 34 yaydan inşa edilmiştir (Şekil 2.8). Kent parklarındaki yeşil alanlarda konumlanması nedeniyle şeffaf olarak tasarlanmıştır. Komple yer değiştirebilir sistemlere örnek bir yapıdır (Piano, 2014).



Şekil 2.8: Taşınabilir mimari örneği: Renzo Piano Travelling Pavilion (Url-03, 2024).

2.2 Kinetik Mimarinin Sınıflandırılması

Korkmaz (2009)’a göre kinetik mimarlığın yapı tanımı; “Yer değiştirebilen, dönüşebilen ve şekil değiştiren olmasıdır. Hareketin sürecine göre ise ‘Mobil mimari’ ve ‘Şekil değiştirebilen’ mimari olarak ikiye ayrılmaktadır. Yapı demonte olarak sökülüp yeniden başka yerde kurulabilmektedir. Bu tip yapılara geçici prefabrike yapılar, geçici afet yapıları, stantlar örnek olarak verilmektedir. “Şekil değiştirebilen” mimaride ise hareket, mekânın çok boyutlu olmasından dolayı yapı kullanılırken gerçekleşir. Gün ve yıl içerisinde değişen ihtiyaçlara cevap verebilmek için yapı dönüşüm gösterir” (Korkmaz, 2009).

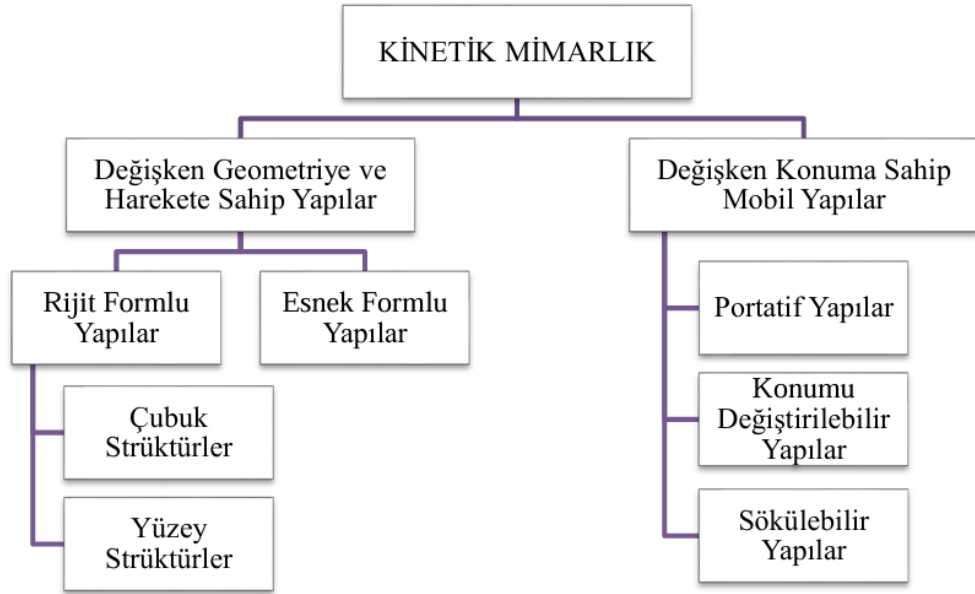
Sınıflandırmalar şöyle yapılmaktadır (Şekil 2.9).

1. Değişken konuma dayalı mobil yapılar;

- Komple yer değiştirebilir sistemler
- Konumu değiştirilebilir sistemler
- Sökülüp takılabilir sistemler

2. Hareket duruma ve geometriye dayalı değişken yapılar;

- Esnek formlu yapılar
- Rijit formlu yapılar



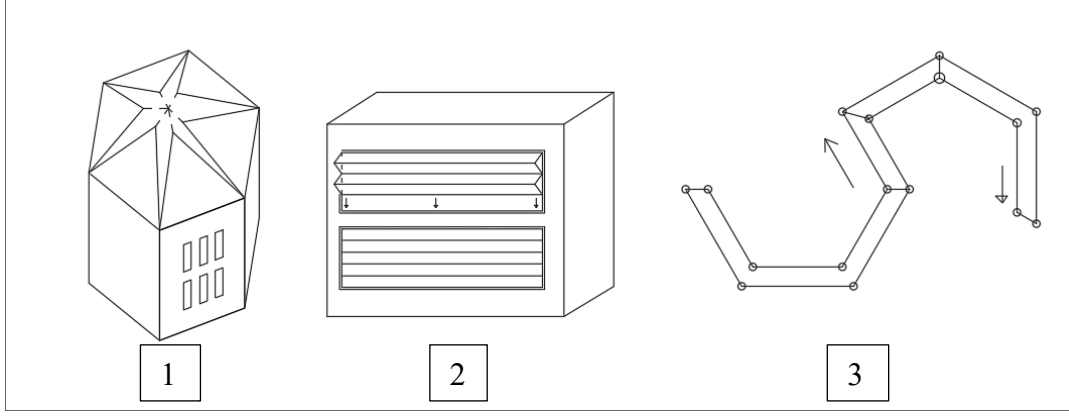
Şekil 2.9: Kinetik mimarlığın sınıflandırılması (Korkmaz, 2009).

Mimaride kinetik strüktür tipolojileri ve kontrol mekanizmaları sınıflandırılırken gömülü(yerleşik), taşınabilir ve dinamik olarak üç ana başlıkta incelenmektedir (Şekil 2.10).

a) Gömülü(yerleşik) Kinetik Yapılar: Yapıda konumu sabit olan mimari yapının bir bölümünde kinetik eleman bulunan sistemdir. Birincil işlevleri, çevresel ve insan kaynaklı değişkenlere yanıt olarak yapı sistemini kontrol etmektir. Yapının tasarımında yapı hareketlerinin kontrolü ele alınmaktadır.

b) Taşınabilir Kinetik Yapılar: Geçici olarak konumlanan sistemler olup yapı sökümü kolaydır, bir yerden başka bir yere taşınabilmektedir. Genel kullanım olarak afet bölgelerindeki gezici yapılar, sergiler, pavyonlar, yerinde monte edilen barınaklar örnek verilebilmektedir.

c) Dinamik Kinetik Yapılar: Mimari yapı bütünlüğüne göre geniş bir bağlamda ve diğer türlere göre daha bağımsız olarak hareket edebilen sistemlerdir. Uygulamaları, panjur, kapı bölmesi, tavan, duvar ve çeşitli modüler bileşenleri içermektedir. Örneğin bir oditoryumda akustik açısından optimum durum oluşturmak için izleyicinin yerleşim durumuna göre dönüşebilen tavan uygulaması örnek verilmektedir (Fox, 2002).



Şekil 2.10: 1.Gömülü yapı 2.Dinamik yapı 3.Taşınabilir yapı (Yazar tarafından (Fox, 2002) referansı ile düzenlenmiştir).

Michael Fox, kinetik kontrol sistemlerini karmaşıklık düzeyine göre altı gruba ayırmıştır (Fox, 2000).

- Doğrudan kontrol: Kinetik kontrol sistemlerinin dışında bir enerji kaynağı tarafından doğrudan kontrol edilirler.
- Sezgisel dolaylı kontrol duyarlı: Cihazların hareketi, öğrenme yeteneğine sahip yazılı algoritma ağlarına bağlıdır.
- Her durumda duyarlı dolaylı kontrol: Cihazlar, tahmin algoritmaları içeren bir kontrol sistemi kullanarak güçlü tahmin kabiliyeti içerir.
- İç kontroller: Cihazların mekanik bağlantı elemanı gibi doğrudan kontrolü, mekanizması yoktur.
- Duyarlı dolaylı kontrol: Cihazların hareketi sensörlerden gelen çoklu geri bildirimlere bağlıdır
- Dolaylı kontrol: Cihazların hareketi sensörlerin geri bildirim sistemine bağlıdır.

2.3 Geçmişten Günümüze Cephelerin Kinetik Sistemlere Evrimi

Cephe tanımı mimaride bir yapının sağ, sol, arka ve ön yüzü olarak tanımlanmaktadır. Türkçe’ de kullanımı fasad olan dilimize Fransızca "cephe, yüz" anlamına gelen *façade* sözcüğünden geçen bir tanımlamadır (Url-04, 2024). Cepheler binayı dış etkenlerden korurken diğer yanda cephe ile çevre arasında görsel ve fiziksel etkileşim sağlamaktadır. Cephe binanın enerji performansını etkileyen, kontrol eden çok önemli bir unsurdur.

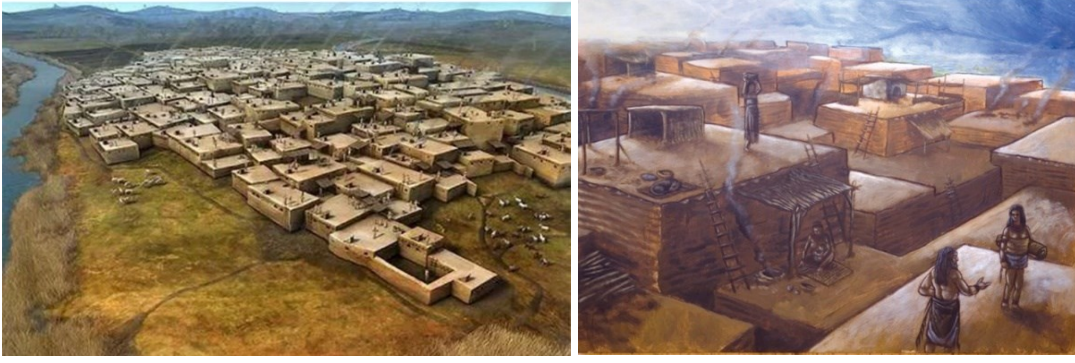
Yüzyıllar boyunca cepheler kültürel, teknolojik ve sosyal değişimleri yansıtacak şekilde biçim, işlev ve sanatsal ifade açısından gelişmiştir. İlkçağlarda insanlar çevresel tüm etkilere karşı kendilerini korumak için kaya, ağaç oyuntuları gibi yerlerde konaklamıştır. İnsanoğlunun göçebe yaşamdan yerleşik düzene geçmesiyle birlikte barınak kavramı ortaya çıkmıştır ve bu barınakların yüzeyi çevreyle direk temas halindedir. Zamanla aydınlanma ihtiyacı gibi nedenlerle dış duvarlarda boşluk kullanımı ortaya çıkmıştır. Bu boşluklar sıcak-soğuk hava etkisine karşı bir korunma ihtiyacı ortaya çıkarmıştır.

İlk insanlar Mamut derisini ve kemiklerini kullanarak ilk çadırları inşa etmiştir (Url-05, 2024). O dönemde çadırlar sürekli bir yaşam alanı olarak kullanılmıştır. Bu tür çadırların bilinen en eski örneği Moldova’da bulunmuştur. Bu çadır MÖ 40.000 yıllarına dayanmaktadır (Şekil 2.11).



Şekil 2.11: a. Moldova’da bilinen en eski çadır b. Kızılderili çadırı c. Türklerde yurt çadırı (Url-05, 2024).

Göçebe yaşamdan yerleşik hayata geçiş ile Neolitik döneme ait olan Çatalhöyük yapısını ele alırsak; yerel malzemeler ve yerel yapım yöntemleri ile ağaç, kamış ve kerpiç kullanılarak inşa edilmiştir. Yapının giriş kısmı damdan yapının içine girilecek şekilde yapılmıştır (Şekil 2.12).



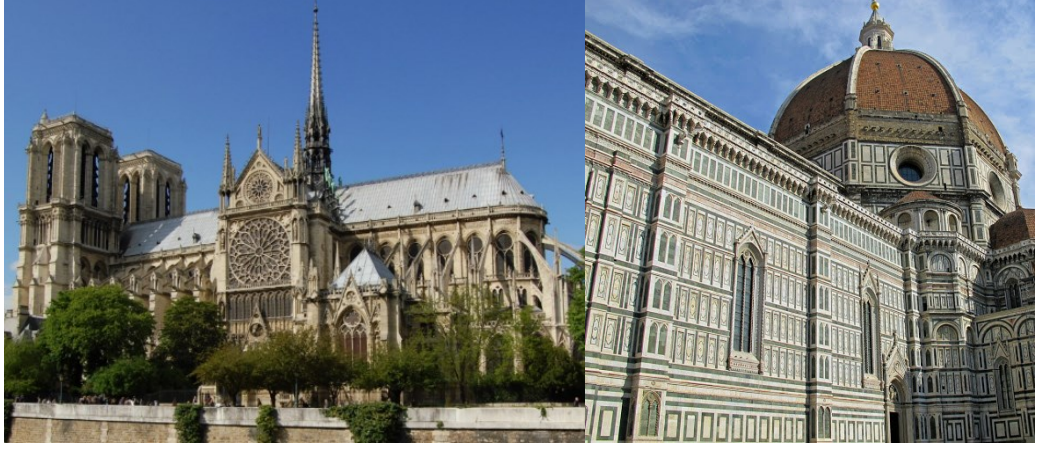
Şekil 2.12: Çatalhöyük yerleşim yerleri (Url-06, 2024).

MÖ. 8.yy- MS. 5.yy. Antik Yunan ve Antik Roma'nın iç içe geçtiği dönemlerde ise yapılarda kemerler, kubbeler, işlemeli sütunlar anıtsal cepheler ortaya çıkmaktadır (Şekil 2.13).



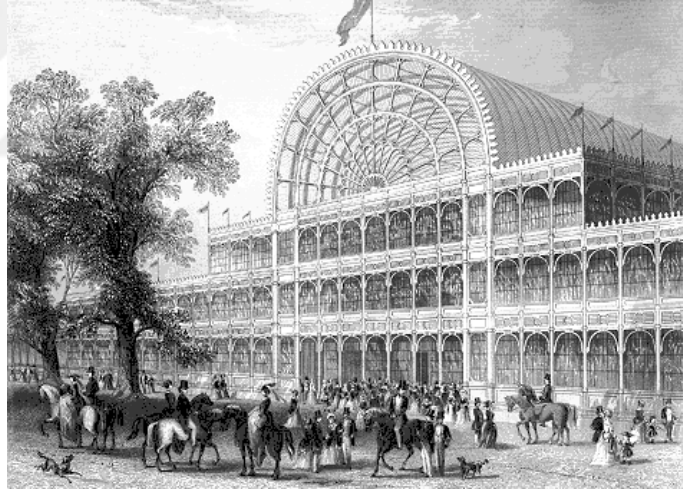
Şekil 2.13: Tetrapylon (Aphrodisias Antik Kenti) (sol), Sardes Hamamı-Gymnasium Kompleksi (Sardes Antik Kenti) (sağ) (Url-07, 2024).

12.yy-16.yy. arasında Gotik Mimari üslupta dikey formda yükselip incelen hatlar ve cephelerde yoğun süsleme detayları görülmektedir. Rönesans döneminde akılcı düşüncenin hâkim olması ile cephede yatay hatlar, kat silmeleri ön plana çıkmıştır (Şekil 2.14).



Şekil 2.14: Gotik dönem örneği: Notre Dome Katedrali- Paris (sol), Rönesans Dönemi örneği Floransa Domu(sağ) (Url-08, 2024).

19. yy. da Sanayi Devrimi ile cam ve çeliğin ön plana çıkması yapı cephelerinde değişime neden olmuştur (Şekil 2.15). Bu dönemde inşa edilen Kristal Saray Londra'daki Hyde Park'ta, birçok ülkenin ürünlerini sergileyen 1851 Büyük Sergisi'ne ev sahipliği yapmak üzere inşa edilmiştir (Url-09, 2024).



Şekil 2.15: Kristal Saray, Londra 1854 (Url-09, 2024).

19.yy- 20.yy. da farklı stillerin bir araya gelmesiyle eklektik mimari üslup ortaya çıkmıştır. Eklektik mimari tarzda, yapıda barok süslemeler ve gotik kemerler bir arada kullanılabilir. İstanbul'un Kadıköy ilçesinde bulunan Haydarpaşa Garı, 19.yüzyılın son yıllarından beri kullanılmaktadır. İstanbul Bağdat Demiryolu Hattı'nın başlangıç istasyonu olarak inşa edilen gar binası; Barok mimari ve Neoklasik mimari akımlarının yanı sıra Rönesans ve Oryantalist esintiler de taşımaktadır (Url-10, 2024).



Şekil 2.16: Eklektik Mimari Örneği: Haydarpaşa Garı, İstanbul (Url-11, 2024).

1930' lu yıllardan 1960' lu yıllara kadar, Modern Mimarinin cephelere yansıması açık plan şemaları, teras çatılar, bant pencereler şeklinde ortaya çıkmaktadır (Şekil2.17).



Şekil 2.17: Modern Mimari örneği: Villa Savoye- Le Corbusier, (Url-12, 2024).

Günümüzde teknolojiye gelişmeler ile sürdürülebilirlik, enerji korunumu ve çevreye duyarlılık kavramı ile farklı cephe türleri ortaya çıkmıştır. Bu kavramlar sonucunda yapıda kinetik gölgeleme sistemleri, fotovoltaiik paneller vb. olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 2.18).



Şekil 2.18: UNStudio' nun Galleria Centercity Binası(sol), Al Bahar Towers(sağ), (Url-13, 2024).

2.4 Kinetik Cephelerin Sınıflandırılması

Yapılarda kinetik sistemlerin kullanım amacı, çevresel performansı ve enerji etkinliğini artırarak dış ortam koşullara adaptasyon sağlamaktır. Bu adaptasyonu sağlamak için çeşitli sistemler kullanılmaktadır. Dış iklim koşullarını analiz etmek için sensörlerin kullanımı, yıl boyunca güneşin konumuna göre yaz ve kış aylarında güneş ışınlarının doğru şekilde cepheden iç mekâna nüfuz etmesini sağlayan gölgelendirme elemanları bu sistemlere örnek verilmektedir. Değişen koşullara uyum sağlamak için cephede farklı geometrileri içeren tasarımları kullanmak gerekmektedir. Farklı koşullara uyum sağlayabilen cepheler, yapıda fiziksel konfor sağlarken diğer yanda farklı görsel etkiler sağlamaktadır.

Kinetik cepheler sınıflandırılırken 2 temel ana başlık ele alınmaktadır (Şekil 2.19).

A. Cephe konfigürasyonları

B. Cephe işlevi

CEPHELERİN SINIFLANDIRILMASI	
A. Cephe konfigürasyonuna göre sınıflandırma	B. Cephe işlevine göre sınıflandırma
1. Geometrik hareket 2. Desen şekilleri 3. Cephe tipi	1. Estetik amaçlı tasarım 2. Enerji temelli ve çevreye duyarlı tasarım

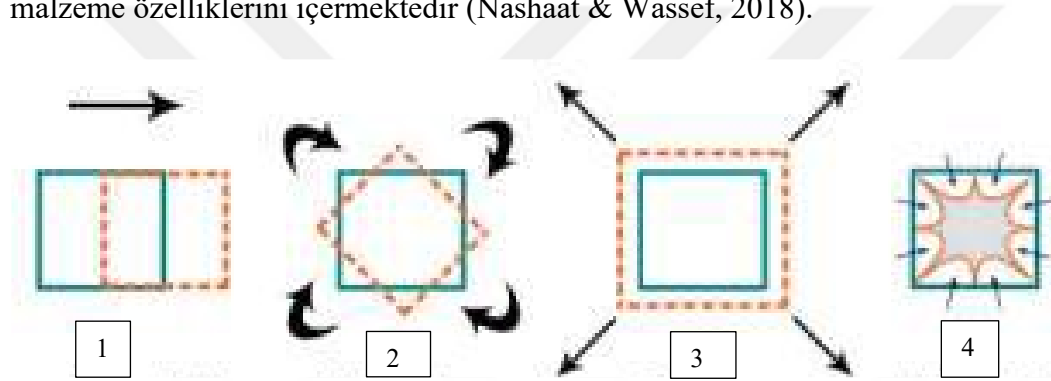
Şekil 2.19: Kinetik cephelerin sınıflandırılması (Bu tablo (Waseef & Nashaat, 2017) Yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir).

A. Cephe konfigürasyonu

A.1.Geometrik hareket

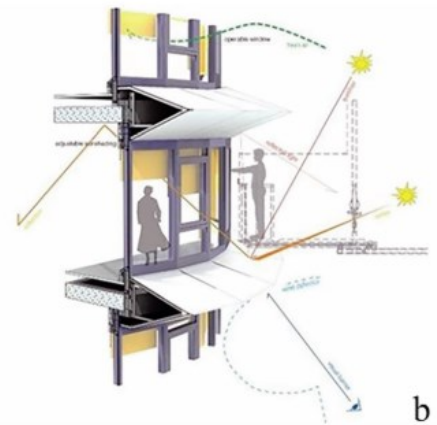
Kinetik cepheler boşlukta geometrik açıdan dört şekilde hareket etmektedir (Şekil 2.20).

- a) Öteleme: Hareket vektörel olarak bir doğrultuda gerçekleşmektedir.
- b) Döndürme: Nesne tüm eksen çevresinde hareket etmektedir.
- c) Ölçekleme: Elemanın boyutta bir büyüme veya küçülme hareketi gerçekleşmektedir.
- d) Malzeme deformasyonu yoluyla hareket: Kütle veya esneklik gibi değiştirilebilir malzeme özelliklerini içermektedir (Nashaat & Wassef, 2018).



Şekil 2.20: 1 Öteleme hareketi 2 Döndürme 3 Ölçekleme 4 Malzeme deformasyonu (Nashaat & Wassef, 2018).

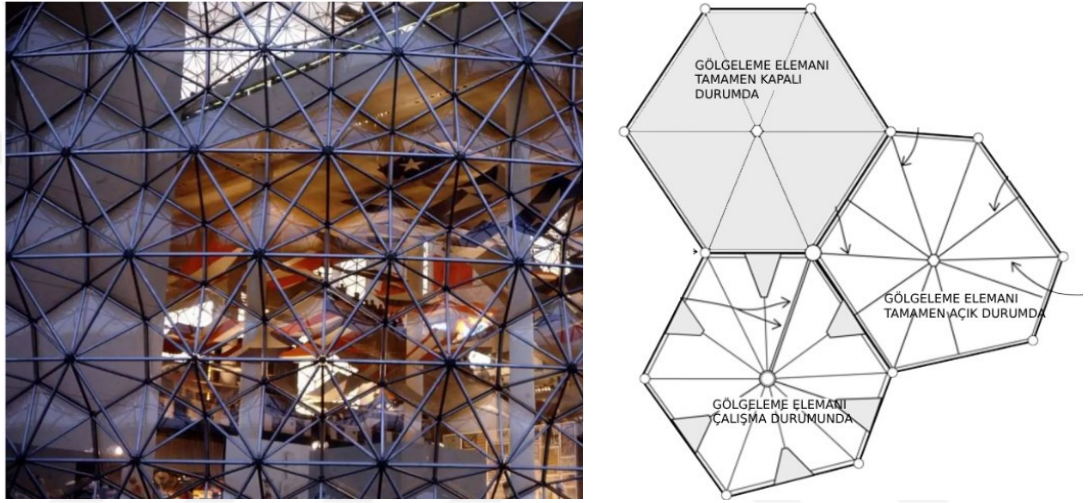
Öteleme hareketine Kiefer Teknik Showroom ofis ve sergi binası örnek olarak verilmektedir (Şekil 2.21).



Şekil 2.21: Kiefer Teknik Showroom ofis ve sergi binası cephesinin görseli(sol) ve kesiti (Salah & Kayılı, 2022).

Buckminster Fuller tarafından tasarlanan Pavilyon 67, ölçeklendirme hareketi kullanımına iyi bir örnektir. Yapıya entegre edilen sensörler aracılığıyla iç ve dış ortam sıcaklığına göre hareket eden kinetik gölgeleme cihazları yer almaktadır. Fuller bu tasarımında binanın iç ve dış kısmı arasında nemi, ışığı, havayı düzenleyen ve bariyer sağlayan çevresel bir valf üretmiştir (Sharaidin, 2014).

Binanın cephesinde yer alan altıgen paneller ışık sensörleri içermektedir. Bu paneller değişen çevresel koşullara uyum sağlama, yapıyı doğrudan güneş ışığına maruz kalmaktan koruma olanağı sağlamaktadır (Şekil 2.22).



Şekil 2.22: Ölçekleme hareketi, Pavilyon 67 (Url-14, 2024).

A.2.Desen şekilleri

Desenler düzenli veya düzensiz, organik veya geometrik, yapısal veya dekoratif, pozitif veya negatif, tekrarlanan şekilde veya rastgele olabilmektedir (Uddin, 2019).

A.3.Cephe tipi

Cephe katmanları kinetik mimaride, çift kabuklu ve tek kabuklu cepheler olarak ikiye ayrılmaktadır. Genel olarak çift kabuklu cepheler havalandırma, güneş ışığı kontrolü gibi işlevler açısından tek kabuklu cephelere göre enerji korunumu açısından daha etkilidir. Cephelerdeki malzeme kullanımı olarak ele alındığında, tüm kinetik cephe sistemlerinde cam, bambu, kumaş, alüminyum, ahşap ve polikarbonat malzemeleri kullanılabilmektedir (Şekil 2.23).



Şekil 2.23: Farklı cephe malzeme örnekleri (Url-15, 2024).

B. Cephe işlevi

Cephe işlevi bu çalışmada 2 ana alt başlık olarak ele alınmaktadır.

B.1. Estetik amaçlı tasarım

Kinetik cepheler, bazı durumlarda yapının işlevine bağlı olarak estetik amaçlı bir görünüm elde için kullanılmaktadır. Örneğin Kaliforniya’da bulunan City of Hope Tıp Merkezi’ nin otopark kısmı için estetik amaçlı bir kinetik cephe tasarımı yapılmıştır (Şekil2.24).

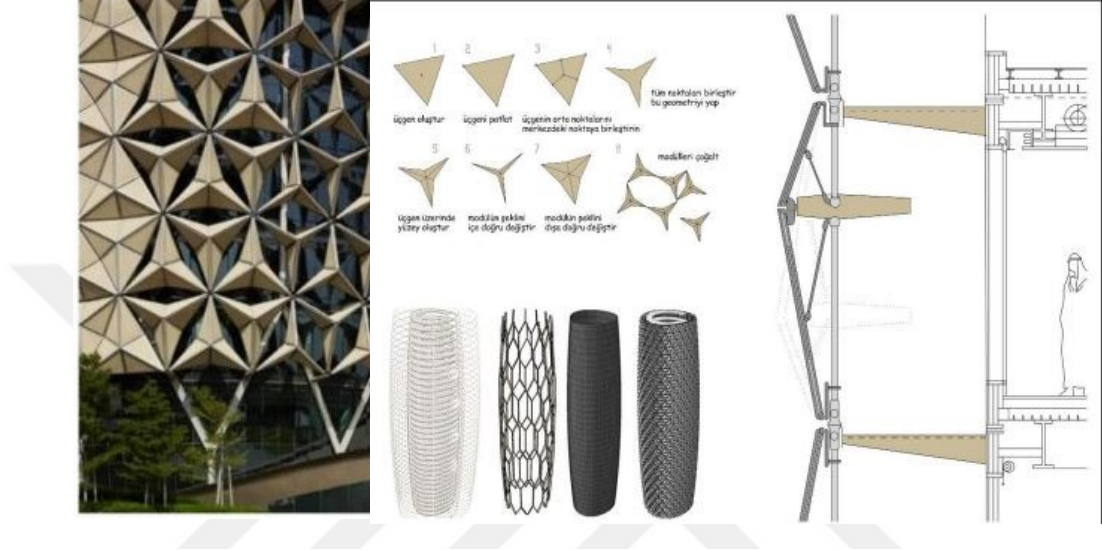


Şekil 2.24: Estetik amaçlı kinetik cephe tasarımı (Url-16, 2024)

B.2. Enerji korunumu ve çevreye duyarlı tasarım

Kinetik cepheler, dış çevresel etkilere duyarlı olmakta ve enerji korunumunu sağlamaktır. Kinetik cephelerin mimaride kullanımı, rüzgâr, gün ışığı kontrolü, doğal havalandırma vb. birçok açıdan avantaj sağlamaktadır.

Yıl içinde gün ışığının değişen açılarına göre parametrik olarak tasarlanan Al Bahar Kuleleri, 2012 yılında Abu Dhabi’ de yapılan, enerji korunumuna örnek gösterilecek bir yapıdır. 150 m yüksekliğe sahip 29 katlı ikiz kulelerden oluşmaktadır. İkincil yapı kabuğu olarak kullanılan ve iç mekânda gölgeleme etkisi sağlayan kinetik cephe sistemi, yapıda güneş hareketlerine tepki vermesi açısından oldukça önem kazanmaktadır.



Şekil 2.25: Al bahar kulesi cephe görseli ve kesiti (Çakır, 2021).

Hareketli üçgen paneller, güneşin hareketlerine tepki vererek doğu cephesinde güneşin doğuşuna bağlı olarak kapanma hareketi yapmaktadır (Şekil 2.25).

2.5 Enerji Korunumu ve Çevreye Duyarlı Tasarım

Yapı kabuğu havaya, suya, ısıya, ışığa ve gürültü gibi dış çevre etkilerine karşı direnç gösteren, fiziksel bir ayırıcı görevi görmektedir. Enerji etkin bir tasarımda yapı kabuğunun çevresel etkilere göre biçimlendirilmesi enerjinin korunumu açısından büyük önem taşımaktadır.

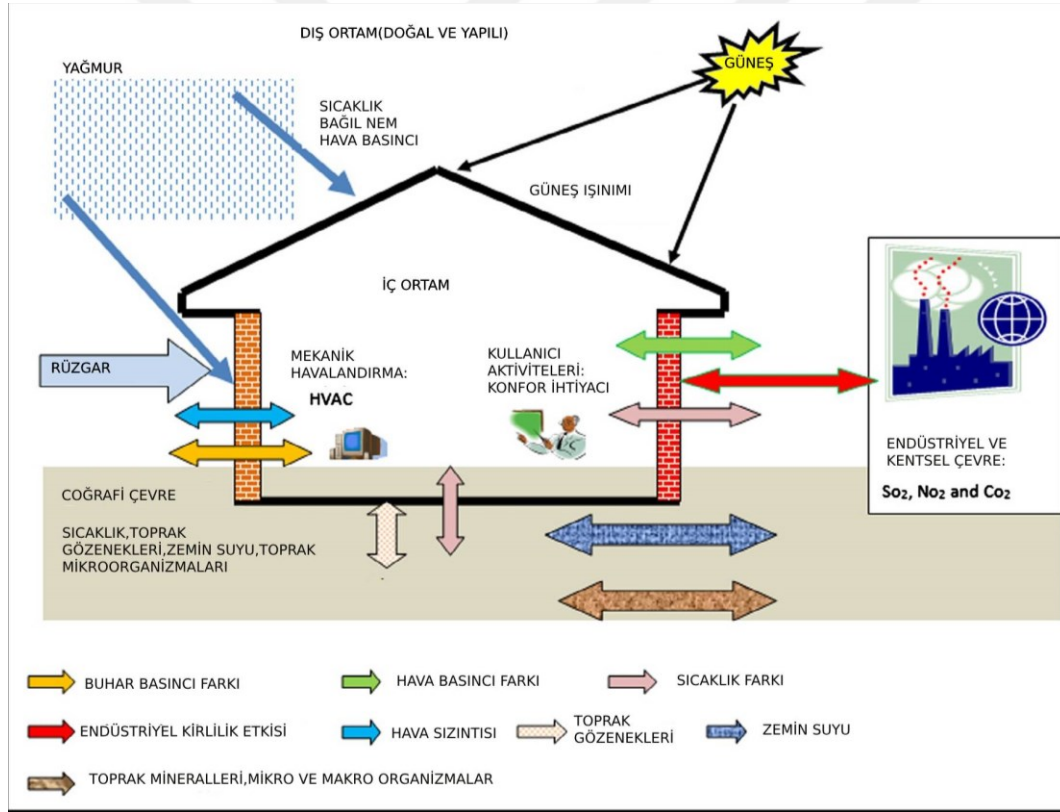
2.5.1 Yapı kabuğuna etki eden dış çevresel etkiler

Yapı kabuğunu etkileyen dış etmenler şunlardır (Şekil 2.26);

- Kirlilik
- Sıcaklık
- Nem

- Rüzgâr hızı
- Işınım
- Radyasyon

Dış etkilere karşı enerjinin verimli kullanımı eğitim yapılarının tasarımcılarına öğretilmesi gereken bir kavramdır. Dış çevresel faktörlerden gürültü, nem, kirlilik gibi etmenler yapıdan farklı yalıtım şekilleriyle uzaklaştırılabilir. Güneş ve rüzgâr enerjisi ise yapının doğru yönlendirilmesiyle, kendi enerjisini üretebilen döngüsel bir sisteme dönüşecektir. Örneğin; rüzgâr enerjisi ile bir yapı kendi elektriğini üretebilmektedir. Bu amaçla yapıların iklimlendirmesinde kullanılan enerjiyi azaltan, doğal havalandırma olanakları yaratan, güneş, rüzgâr gibi doğal kaynaklardan yararlanan tasarımlara yönelinmelidir.



Şekil 2.26: Dış çevresel etkileri gösteren diyagram (Iwaro & Mwasha, 2013) Yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir).

Işınım: Dış çevresel etkenlerden biri olan ışıınım, uzun dalga ısı ışıınımı ve kısa dalga güneş ışıınımı olarak ikiye ayrılır. Kısa dalga güneş ışıınımı, yeryüzüne ulaşırken doğru (direct) ve yaygın ışıınım olarak iki ayrı bileşene ayrılır. Doğrultusunda ve dalga uzunluğunda herhangi bir değişiklik olmadan yeryüzüne ulaşan güneş ışıınım

doğru ışıdır. Yaygın ışıdır ise atmosferdeki su buharı, toz parçacıkları ve hava moleküllerine çarparak saçılan, bu saçılma durumunda çevresini aydınlatan ve yaygın durumda yeryüzüne ulaşan ışıdır (Erçin, 2005). Güneş ışıdırında yapı tasarımı açısından ana ilke; kışın olabildiğince güneşten faydalanmak, yazın ise korunmaktır. Görsel ve ısı performansının belirlenmesinde doğal ışığı kontrol eden sistemleri cephe tasarımında planlamak oldukça önemlidir.

Sıcaklık: Dış hava sıcaklığı güneşin yükseliş açısına bağlı olarak değişen 24 saatlik periyotlarla tekrarlanan önemli bir iklim elemanıdır.

Nem: Havada bulunan su buharının tanımıdır. Nem ölçümlelerinde bağıl nem, spesifik nem ve mutlak nem hesaplanır. Mutlak nem birim hacimde bulunan nem miktarıdır. Gram/metreküp olarak hesaplanır (Url-17, 2022).

Rüzgâr: Atmosferdeki basınç farklılıkları sonucu meydana gelen hava hareketine rüzgâr denir. Binaların ve yerleşmelerin yönlendirilmesinde mutlaka dikkate alınması gereken unsurlardan biridir.

Rüzgâr etkili kinetik cephe tasarımı planlama aşamasında; hava akışı, cephe görünürlüğü, aydınlatma, gürültü ve vandalizmin azaltılması vb. faktörler ele alınmaktadır.

Cephe görünüşü: Kinetik cephenin görsel etkisini en üst düzeye çıkarmak için farklı perspektif görüntülerinin dikkate alınması gerekmektedir. Çoğu görüş noktasının yakın olduğu dar kentsel ortamlarda, daha yoğun, daha az pikseli bir görünüm elde etmek için daha küçük açılır kanat elemanları planlanmalıdır. Cephenin daha uzak mesafelerde görüleceği kurulumlarda, aynı görsel etkiyi daha düşük bir maliyetle elde etmek için daha büyük açılır kanat boyutları kullanılabilir (Leslie, 2020). Kinetik cephe gölgelendirme cihazı bu görevi görüyorsa, sistemin bina içinden estetik görünümünün dikkate alınması gerekmektedir.

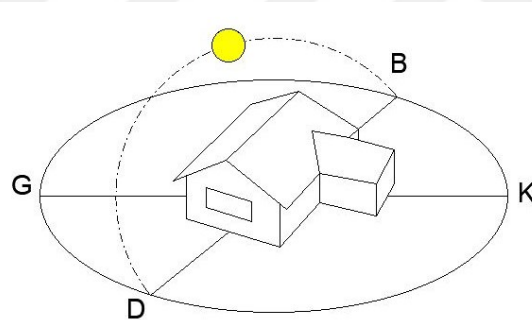
Aydınlatma: Güneş ışığının, cephenin elemanlarına çarptığı açılar, estetik açıdan önemli bir etkiye sahiptir. Dolaylı ışığın baskın olduğu diğer durumlarda, daha fazla yansımaya sahip bir malzeme cephenin kinetik aktivitesini vurgulayabilmektedir.

Gürültü azaltma: Tüm kinetik kurulumlar, yüksek rüzgâr etkisiyle bir miktar ortam sesi üretebilmektedir. Süspansiyon sistemi, yapı malzemesi ve açılır kanat geometrisi, ortaya çıkan sesin seviyesinin uygun koşullarda olmasını sağlayacak şekilde hesaplanmaktadır. Birçok üretici, gürültüyü azaltmak için kanatçıklar

arasında ara parçalara sahip sistemler tasarlanmaktadır. Kurulum tarafından üretilen sesin hacmi ve kalitesi, tasarım ve spesifikasyon sürecinde mümkün olduğunca erken düşünülerek, tam ölçekli modellerle doğrulanmalıdır.

Yapıya insanların vereceği zararı azaltma: Özellikle cephe elemanlarının erişilebilir olduğu, yayaların ulaşabileceği yerlerde dikkat edilmesi gerekmektedir. Her durumda, tasarımcı cephe elemanlarında hasar meydana gelmesi durumunda değişim kolaylığını göz önünde bulundurmaktadır. Kinetik cephe elemanları ile bağlı olduğu bina yapısı arasındaki etkileşimin yanı sıra sistemin tasarımı konusunda dikkatli bir analize ihtiyaç duyulmaktadır.

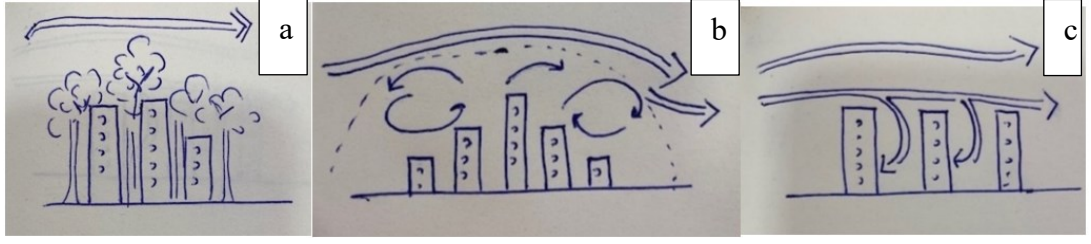
Güneş ışınlamı ve rüzgâr etkilerinin optimum koşulları sağlanması binanın doğru yönlendirilmesiyle sağlanabilmektedir. Yönlendirme ile ilgili olarak dikkat edilmesi gereken noktalar; yüksek binalar alçak binalardan daha fazla rüzgâr almaktadır, bu nedenle daha fazla ısı kaybına maruz kalmaktadır. En uygun koşulların sağlanması ve binaların yazın serin, kışın ılık olabilmesi için kuzey yarım kürede bina ana cephelerinin güneye yönlendirilmesi gerekmektedir (Şekil 2.27).



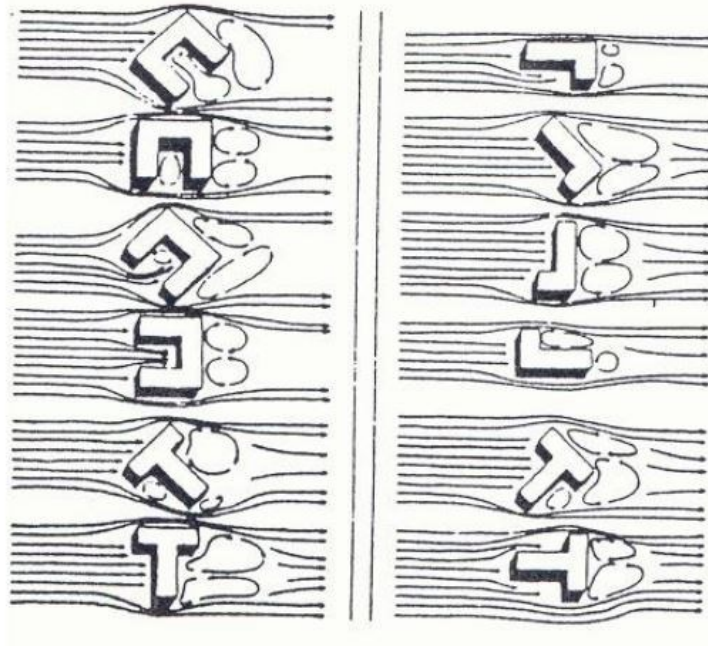
Şekil 2.27: Kuzey yarım küre için güneş enerjisi ve yapı durumu (Kaynak: Yazara ait çizim).

Güneydoğu, güney, güneybatı cephelerine göre, doğu ve batı cepheleri, yazın daha sıcak, kışın daha soğuk olurlar. Güneydoğu ve güneybatıya bakan cephelerde birim alana düşen ışınlamın daha düzenli olmasına karşın, güneşin daha alçak bir yörüngede olmasından dolayı ışık kontrolü zordur. Yazın güney cepheden daha sıcak, kışın ise daha soğuk olurlar. Isıtma yükü daha fazla olan iklimsel koşullarda genelde kuzey duvarı sağır tutulur (Soysal, 2008).

Yapıların çevredeki ağaçlardan alçak konumlanması, farklı yükseklikteki yapıların ve ardışık tip yapıların bir arada kullanımı sonucunda rüzgârın oluşturduğu hava akımının etkileri çeşitlilik göstermektedir (Şekil 2.28).

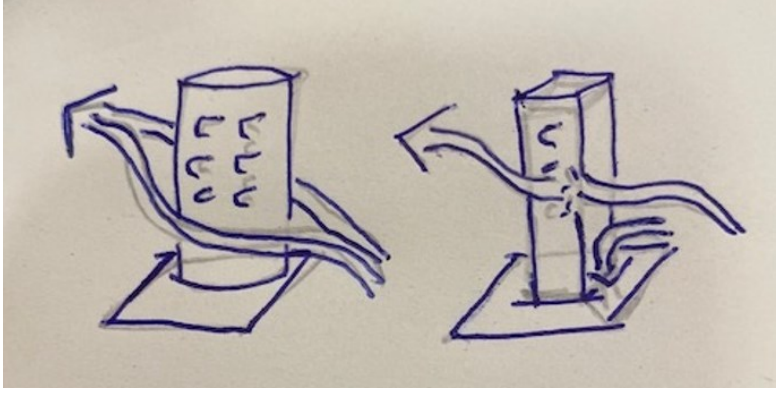


Şekil 2.28: a. Yapıların ağaçlardan alçak konumda yer alması- rüzgâr etkisi, b. değişik konumlanma durumuna göre rüzgâr hareketi, c. binaların çevresinde rüzgâr hareketi (Kaynak: Yazara ait çizim).



Şekil 2.29: Binanın formuna, konumlanışına göre rüzgârsız alanlar ve rüzgâr etkisi (Soysal, 2008).

Hâkim rüzgâr yönünde yapıların şaşırtmalı biçimde yerleştirilmesi rüzgârdan yararlanmayı artırırken, yapıların art arda yerleşimi rüzgârdan korunmaya yardımcı olmaktadır. Rüzgârın karşısına çıkan keskin hatları olan dikdörtgen bir yapı, rüzgârdan daha fazla etkilenmektedir (Şekil 2.30). Ancak dairesel bir yapıda rüzgâr yapının etrafına yayılarak ve yapıyı arkasında bırakarak devam etmektedir (Tarakçı, 2019).



Şekil 2.30: Dairesel formu ve dikdörtgen formu yapıda rüzgâr etkisi (Kaynak: Yazara ait çizim).

Rüzgâr etkisine bir örnek olan “Wind Veil” isimli proje için Ned Kahn, 5.000 metrekairelik kinetik bir cephe tasarlamıştır (Url-18, 2022). Bu cephe rüzgâr hareketi ile serbestçe hareket edecek şekilde 80.000 alüminyum panelle kaplanmıştır. Bu hareket ile cephede farklı görsel etkiler oluşturulurken, iç kısımda havalandırma sağlanmaktadır.



Şekil 2.31: Rüzgâr etkili cephe tasarımı Ned Khan (Url-18, 2022).

2.5.2 Kinetik cephelerin iç mekân konforuna etkisi

İnsanların yaşam koşullarını sağlıklı şekilde devam ettirebilmesi için iç ortamda bazı konfor koşulları sağlanmalıdır. İç ortamda konfor koşullarını etkileyen parametreler, ısı konforu, iç hava, akustik, ortam titreşimi, koku, aydınlatma kalitesidir (Şekil 2.32). Eğitim yapılarında ise yaşam boyu geçirilen süre içinde kullanıcıların sağlıklı ve konforlu şekilde yaşaması gerekmektedir. Eğitim sürecinin sağlıklı şekilde devam edebilmesi için hava kalitesi, ısı konforu ve görsel konfor önem kazanmaktadır (Şekil 2.33).



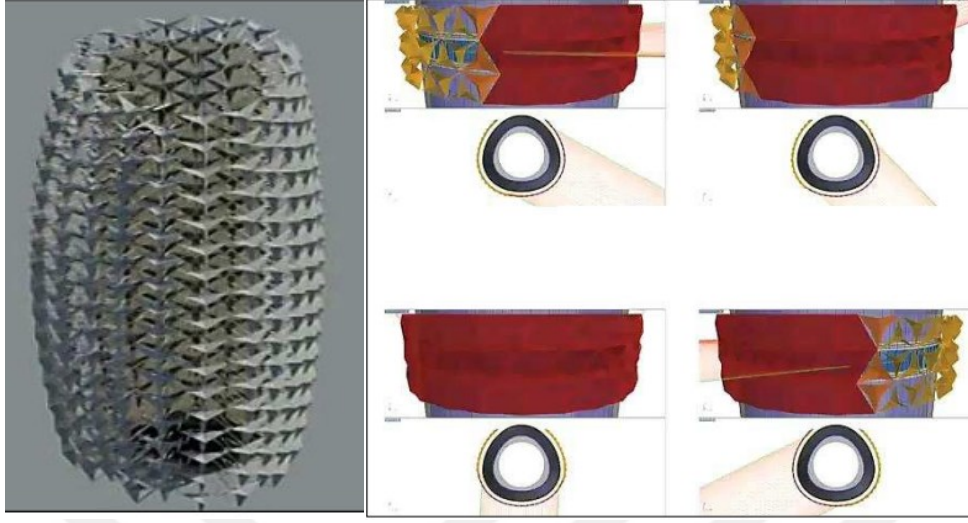
Şekil 2.32: İç ortam kalitesini belirleyen parametreler (Aydın & Mıhlıyanlar, 2017).



Şekil 2.33: Fiziksel konfor koşulları ve alt parametreleri (İsmailoğlu & Zorlu, 2018).

Isıl konfor: İnsan vücudunun çevreyle kurduğu ilişki sonucu ısı dengesi oluşması durumu sonucunda ısı konfor oluşmaktadır. İnsanların yaşamını sağlıklı şekilde devam ettirebilmesi açısından ısı konfor önem taşımaktadır. Eğitim yapılarında gün ışığını fazla alan derslikler yazları çok sıcak olduğu için öğrencileri olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sebeple fazla gün ışığı girişini engellemek için güneş kırıcı kullanılması veya fazla ısınmayı kontrol edebilmek için havalandırma ve klima sistemleri gerekmektedir. Ancak havalandırma ve klima gibi mekanik çözümlere gerek kalmadan doğal sistemlerle çözümler üretmek enerji tüketim yükünü hafifletecek sürdürülebilir çözümler olacaktır (Adın & Yağmur, 2021).

Duyarlı kinetik cepheler, belirli parametrelere göre termal konforu iyileştirmek için çevreyle etkileşime girer.



Şekil 2.34: Grasshopper software programı ile Al Bahaar Kulelerinin modellemesi (sol), gün ışığı analizi sağ (Alkhayyat, 2013).

İç mekân hava kalitesi ve doğal havalandırma: Kullanıcıların konforlu ve sağlıklı bir şekilde yaşamlarını devam ettirebilmeleri için içinde bulundukları ortam havası bileşenlerinin insan sağlığı için zararlı madde içermeyen düzeyde olması ile belirlenir. Kullanıcılar fiziksel durumlarına göre iç hava kalitesini farklı algılayabilir ve farklı fizyolojik tepkiler gösterebilirler. İç hava kalitesi; içinde bulunan kirleticilerin, yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı konsantrasyonlar seviyelerinde bulunmadığı havadır (Zoroğlu, 2017).

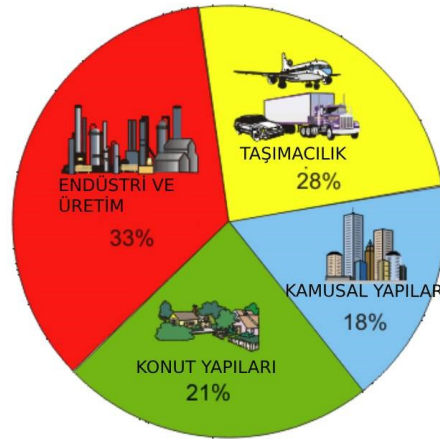
ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning) 62-1989 ve 2001 standardı ise “kabul edilebilir iç hava kalitesi” olarak isimlendirdiği iç hava kalitesini, “İçinde bilinen kirletici konsantrasyonlarının, yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı düzeylerde bulunmadığı ve bu hava içinde bulunan insanların yüzde seksen ve üzerindeki oranda, havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir memnuniyetsizlik hissetmediği havadır” şeklinde açıklamaktadır.

Görsel konfor: Eğitim yapılarında görsel konforun sağlanması görsel algılamanın duyular ile etkileşiminin sağlanması ile oluşmaktadır. Uzun süre ortamda bulunduktan sonra görsel açıdan bir yorgunluk oluşturmaması gerekmektedir. Görsel konfor, doğal ve yapay aydınlatma, yüzeylerde algılanan renk, doku gibi fiziksel olguların tümünü kapsamaktadır (İsmailoğlu & Zorlu, 2018).

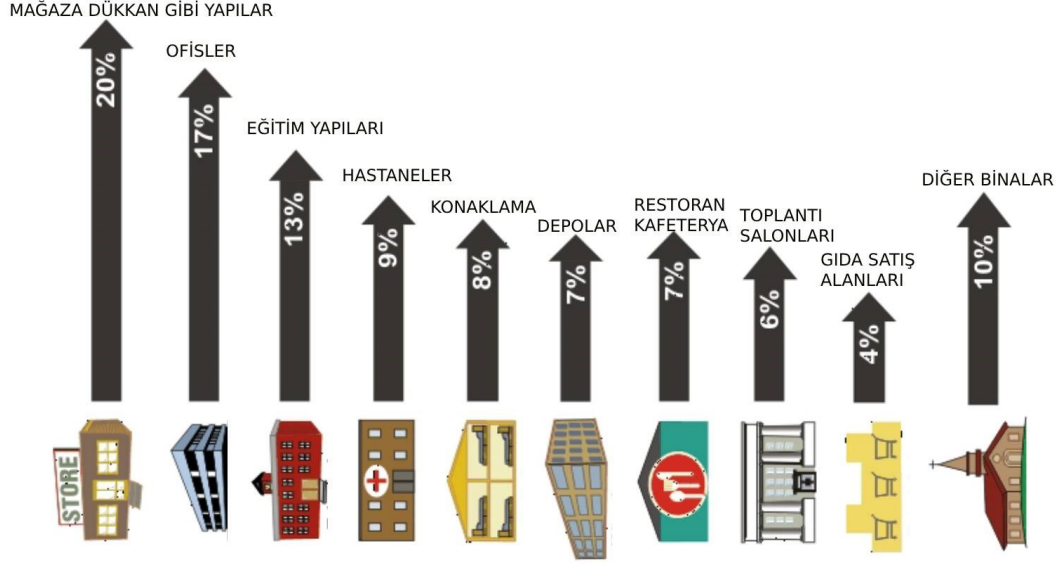
Yapıların tasarımında doğal aydınlatma görsel konfor ile ilişkili en önemli faktörlerden biri olmaktadır. Tasarımcı aydınlık düzeyi seviyesini iyi değerlendirmeye çalışmaktadır. Eğer doğal aydınlatmada yetersizlikler söz konusu ise yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulabilmektedir. Örneğin; 500 lx gerekli bir mekânda 300 lx günışığı aydınlık düzeyinin belirlenmesi, bu mekânda yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulacağını göstermektedir. Bu sorun günışığı aydınlatması yetersizliğine bağlı enerji tüketiminin artmasına neden olacaktır. Bu durumu erken tasarım aşamasında fark eden tasarımcı, cephede değişikliğe giderek ya da günışığı teknolojileri kullanarak sorunu çözebilmektedir (Arpacioğlu, 2012).

2.5.3 Eğitim yapılarında enerji tüketiminin incelenmesi

Dünya üzerinde eğitim yapılarının enerji kullanımını ele alırsak; EIA (Enerji Bilgi Yönetimine göre 2006 Kamusal Bina Enerji Tüketim Araştırması'na (CBECS) göre ABD'de 4,9 milyon kamusal yapı 2003 yılında 72 milyar metrekare taban alanı kaplarken, 1979'dan bu yana bina sayısında %28, taban alanında ise %40 artış olmuştur. 2030'a kadar, kamusal bina taban alanının 108 milyar metrekareye ulaşması beklenmektedir. ABD'de Yıllık Enerji İncelemesi 2006 yılı raporuna göre kamusal alanın enerji kullanımı kullanılan toplam enerjinin yaklaşık %18' idir (Şekil 2.35). 1980 yılındaki rakamlara göre yaklaşık %64 artış olmuştur (Hong, Selkowitz, & Yazdanian, 2009).

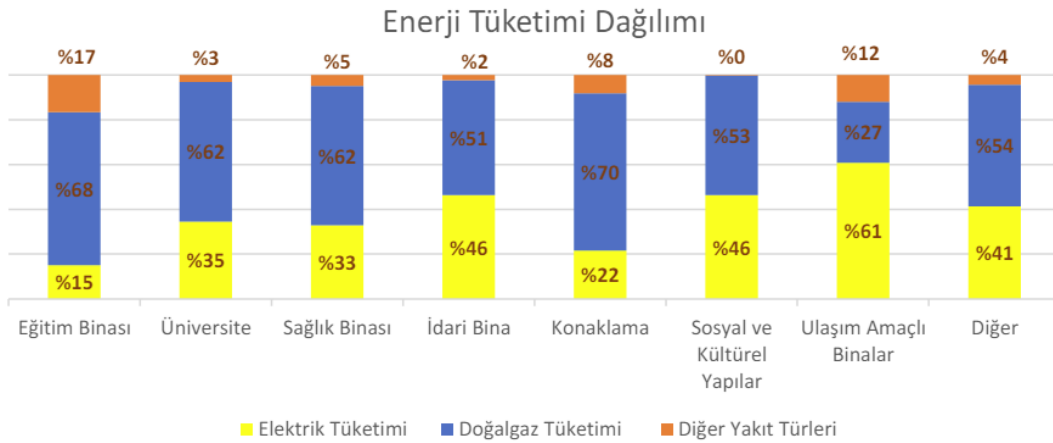


Şekil 2.35: ABD 2006 yılı enerji tüketimi dağılımı (Hong, Selkowitz, & Yazdanian, 2009).



Şekil 2.36: ABD Bina tiplerine göre enerji kullanımı (Hong, Selkowitz, & Yazdanian, 2009).

Eğitim yapıları enerji tüketimi açısından oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye’de EVÇED Planlama ve Denetim Daire Başkanlığı’nın 2022 yılında yaptığı Bina Sektörü Enerji Tüketim Bildirimleri’ ne göre, kamu binalarının yıllık enerji tüketim miktarını yayınlamıştır (Çizelge 2.1). Bu listeden anlaşıldığı üzere Eğitim yapıları ve üniversiteler toplam enerji tüketiminin yaklaşık yüzde on dokuzunu kullanmaktadır (EVÇED, 2024). Bu çalışma kapsamında eğitim yapılarının seçimi, kamusal yapılar içinde enerji tüketiminin büyük bir oranına sahip olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 2.37: Türkiye'de kamu yapılarının enerji tüketimi (EVÇED, 2024).

Çizelge 2.1: Kamu yapılarında enerji tüketimi dağılımı (EVÇED, 2024).

KAMUSAL YAPILAR	Analizi Yapılan Bina Sayısı	Enerji Tüketimi (2022)(tep)	Toplam İnşaat Alanı (m²)	SET*(kWh/ m².yıl)
Eğitim Yapıları (İlköğretim, Lise vb.)	208	18.310	3.256.556	65
Üniversiteler	99	178.374	14.093.978	147
Sağlık Binaları (Hastane, Poliklinik vb.)	133	217.393	8.403.453	301
İdari Binalar (Kamu Kurumları, Belediye Hizmet Binaları vb.)	242	91.573	8.149.597	131
Konaklama (Misafirhane, Yurt, Cezaevi vb.)	164	84.823	7.579.100	130
Sosyal ve Kültürel Binalar (Kütüphane, Tiyatro, Müze, Spor kompleksleri vb.)	54	12.309	1.769.345	81
Ulaşım Amaçlı Binalar (Havaalanları, Garlar, Limanlar vb.)	26	111.228	4.845.528	267
Diğer (Atık Su Arıtma Tesisleri, Pompaj / Basınçlandırma İstasyonları, Depolar vb.)	104	342.209	1.232.757	3.228
TOPLAM	1030	1.056.219	49.330.314	249

3. KİNETİK CEPHELİ EĞİTİM YAPI ÖRNEKLERİ

Dünya üzerinde çeşitli ülkelerde kinetik cephelerin estetik, enerji korunumu, çevresel kontrol amaçlı eğitim yapılarında kullanımı ile ilgili birçok örnek görmekteyiz. Bu örneklerden bazıları bu çalışmada kinetik cephe elemanların kullanım amacı doğrultusunda ele alınmıştır.

3.1 (SDU) Güney Danimarka Üniversitesi Kolding Kampüsü

3.1.1 Proje bilgileri

Yapı adı: Sdu Kolding Kampüsü

Mimari: Henning Larsen

Alan: 13.700 m²

Projenin yapım yılı: 2014

Yer: Danimarka



Şekil 3.1: Kampüs hava fotoğrafı (sol), cephe görseli (sağ) (Url-19,2024).

Bina, Kolding' in şehir merkezinde, limanın, istasyonun ve nehrin yakınında yer almaktadır. Kolding Kampüsü, şehrin diğer eğitim kurumları olan Kolding Tasarım Okulu ve Uluslararası İşletme Koleji ile etkileşim içinde olacak şekilde konumlanmıştır. Üçgen yapı formu ile Kolding Kampüsü, Danimarka' da önemli bir dönüm noktası olmaktadır (Şekil 3.1).

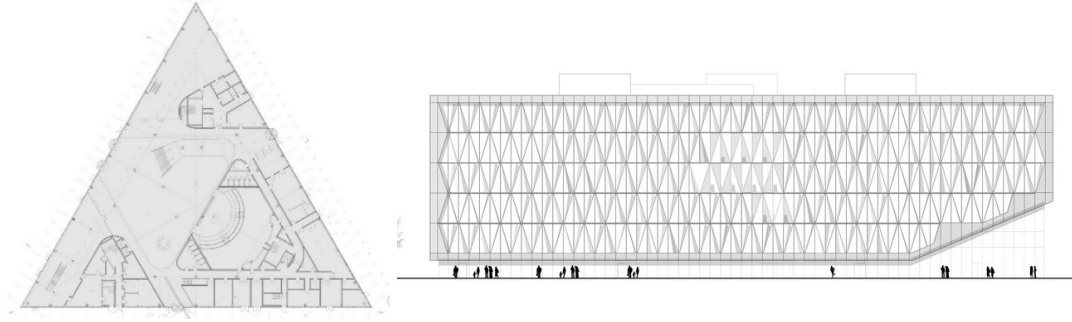
3.1.2 Cephede kinetik elemanın kullanım amacı

Yapının bulunduğu Kolding bölgesinde kışlar ılık, yazlar serin olmaktadır. İklim sebebiyle yağmurlu gün sayısı fazladır. Sonbahar en yağışlı mevsimdir. Temmuz ayı güneşli gün sayısının en fazla olduğu aydır. Yaz mevsiminde gün ışığının geliş açısı, gün boyunca değişmektedir. Bu nedenle, Kolding Kampüsü cephesinde, belirli iklim koşullarına ve kullanıcı modellerine uyum sağlayan, cephe boyunca optimum gün ışığı ve konforlu iç mekân alanları oluşturan dinamik güneş kırıcılar bulunmaktadır. Üçgen plan şeması sayesinde bina güneş ışığı almayan kuzey yönüne direk olarak yönlenmemiştir (Şekil 3.2). Cephe için seçilen malzeme ise perfore metal cephe kaplamasıdır. Bu sistem toplamda 4.500 metrekare yüzey alanına sahip 1600 adet 3 mm kalınlığındaki panelden oluşmaktadır.



Şekil 3.2: Hâkim rüzgâr yönü ve yapının konumlanması (Kaynak: Yazar tarafından Google Earth görüntüsü düzenlenerek kullanılmıştır).

Güneş kırıcı cephe elemanı, ışık ve ısı seviyelerini sürekli olarak ölçen ve küçük bir motor aracılığıyla panjurları mekanik olarak düzenleyen bir sensör içermektedir. Güneş kırıcı sistem yaklaşık olarak 1.600 adet delikli çelik üçgen panjurdan oluşmaktadır. Bu elemanlar değişen gün ışığına ve istenilen ışık akışına uyum sağlayacak şekilde cepheye monte edilmektedir. Yapıda ısınma miktarını azaltmaya yardımcı olmak için ikinci bir delikli cephe oluşturulmuştur (Şekil3.4).



Şekil 3.3: Plan şeması (sol) ve kuzeydoğu cephe görseli (sağ) (Url-19, 2024).



Şekil 3.4: Solda hareketli cephe panelleri birleşim detayı, sağda cephe görselleri (Url-19, 2024).



Şekil 3.5: Hareketli Delikli cephe elemanının gösterimi (sol), delikli cephe elemanının iç mekândan görseli (sağ) (Url-19, 2024).

Üniversitenin bulunduğu konumda güneş temmuz ve ağustos ayı hariç yılın diğer aylarında düşük açıyla gelmektedir. Dikey kinetik seçimi cephe bu nedenle iyi bir tercihtir, çünkü yatay gölgeleme sistemi kadar güneşi engellememektedir (Url-20,

2022). Panellerin hareketiyle cephede ve iç mekânda estetik açıdan çeşitli görünüm elde etmektedir.

3.2 M9-C, Okul Yapısı İçeren Karma Kullanımlı Yapı

3.2.1 Proje bilgileri

Yapı adı: M9-C karma kullanımlı yapı

Mimari: BP Architects

Alan: -

Yapım Yılı: 2012

Yer: Paris, Fransa

Bu yapı Rue des Grands Moulins' de dokuz sınıflı bir okul kompleksi ve iki personel dairesi, Rue du Chevaleret üzerinde bir girişi olan 224 kişilik üç katlı bir tiyatro; bir bakıcı dairesi de dahil olmak üzere 66 adet sosyal konut birimi ve 51 araçlı bir yeraltı otoparkı içermektedir. M9-C binası, Paris'te bulunan karma kullanımlı bir proje örneğidir.

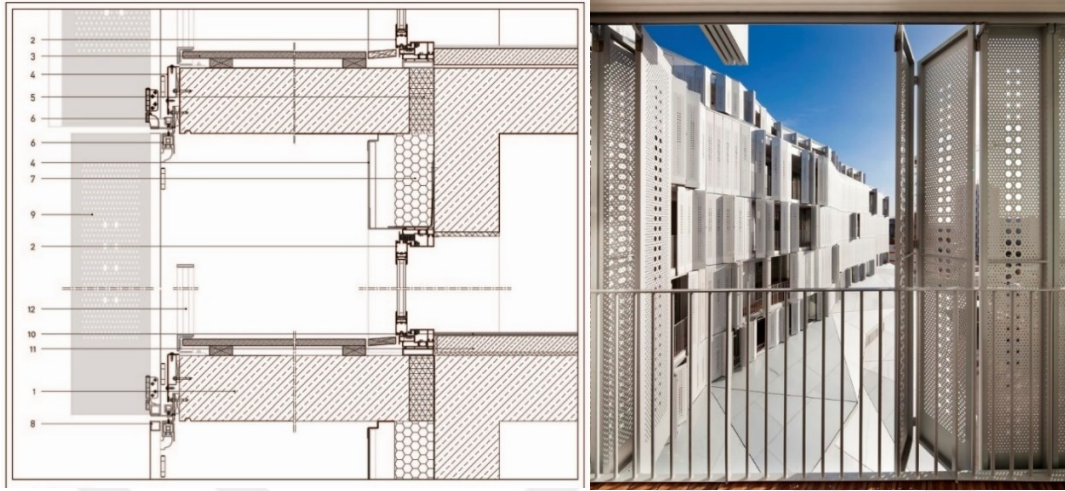


Şekil 3.6: Yapıya ait görseller (Url-21, 2022)).

3.2.2 Cephede kinetik elemanın kullanım amacı

Bu yapının güney cephesinde, ısı yalıtımını sağlayan ve yapıya estetik bir görünüm kazandıran katlanır paneller bulunmaktadır. Bu katlanır paneller cephede çıkma yapıldıktan sonra konumlanmıştır (Şekil 3.6). Yaz aylarında güneş koruması sağlamaktadır. Günün saatine ve güneş ışığının seviyesine göre açılıp geri katlanabilen delikli alüminyum paneller, kullanıcıların mahremiyet, ses ve manzara

arasında seçim yapmalarına olanak tanımaktadır (Url-21, 2022). Yapının bulunduğu bölgede yazları sıcak, kışlar uzun, soğuk ve rüzgârlı geçmektedir.



Şekil 3.7: Perfore metal delikli cephe elemanının birleşim detayı ve görseli (Url-21, 2022).



Şekil 3.8: Hâkim rüzgâr yönü ve yapının konumlanışı (Kaynak: Google Earth kullanılarak Yazar tarafından düzenlemiştir).

Yapının L formu, bölgenin Kuzeybatı ve Kuzeydoğu aksı boyunca yönlenmiştir ve böylece iç mekandaki katlanır gölgeleme elemanı, yüksek miktardaki güney güneşinden ve rüzgârın negatif etkilerinden korumayı sağlamaktadır (Şekil 3.8).

3.3 Endüstriyel Teknoloji Araştırma Enstitüsü (ITRI)

3.3.1 Proje bilgileri

Yapı adı: Endüstriyel Teknoloji Araştırma Enstitüsü (ITRI)

Mimari: Noiz Architects

Alan: 42.532 m²

Yapım yılı: 2014

Yer: Tayvan

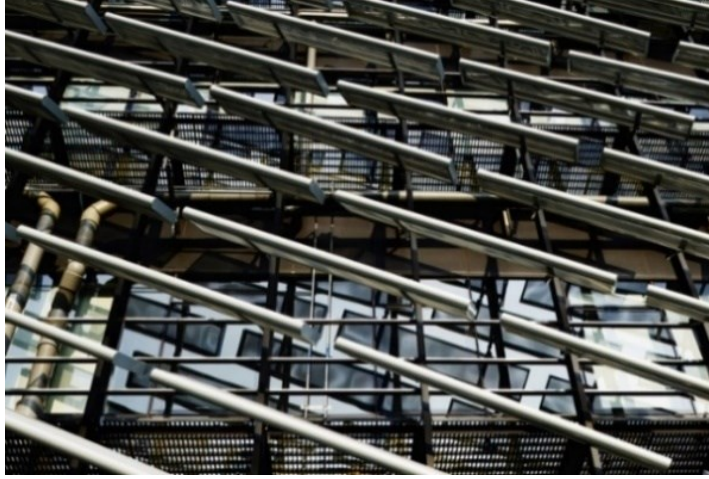
Enstitünün, mimari çevre sınıflandırmasının en üst düzeyde sertifikalı bina olarak onaylanması hedeflenmiştir. Bu nedenle, Bilim Parkı' nın simgesi olan ve aynı zamanda ileri teknolojileri temsil eden çevreye duyarlı mimari oluşturmak için en son teknolojiler yapıya dahil edilmiştir.



Şekil 3.9: Cephe görseli (Url-22).

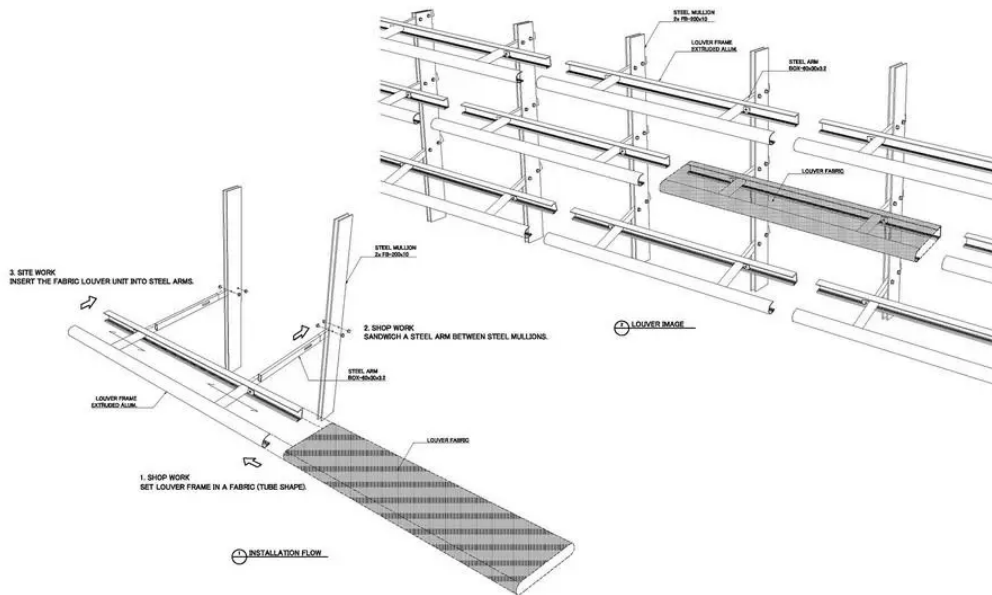
3.3.2 Cephede kinetik elemanın kullanım amacı

Araştırma tesisinin cephesinde, tesisin işlevlerini yerine getirmek için hizmet gereksinimleri nedeniyle, gelecekte sayıları ve yerleri artacak şekilde çok sayıda kanal ve boru kullanılacaktır. Bu da cephede düzensiz bir dış görünüme yol açacaktır. Tasarım çözümü olarak, çift cidarlı bina kabuğunu oluşturan, perde duvarlardan desteklenen 4000 kanattan oluşan, örtü benzeri cephe katmanları sağlamaktır. Çift cidarlı bileşim, aradaki bakım boşluğunu gizlemeye izin verirken, binanın görünümünü etkilemeden gelecekteki boru ve kanalların eklenmesi için esneklik sağlamaktadır (Şekil 3.10). Hesaplamalı yöntemlerle maksimum ekolojik, ekonomik ve işlevsel değerlere ulaşmak için kanatçıkların 3B modelleriyle çeşitli çevresel simülasyonlar üretilmiştir.



Şekil 3.10: Kanat sisteminin cephedeki görünümü (Url-22, 2022).

Kanatların yoğunlukları ve açıları ayarlanarak iç aydınlatma ortamı kontrol edilirken, kanat sistemi yapıya entegre bir görünüm kazanmaktadır. Kanatlar çeşitli açılarda konumlandırılırken bir bütün olarak büyük bir akış oluşturmaktadır ve binaya dinamik bir izlenim vermektedir. Kanatlar, bir dereceye kadar içeriden dış görünümlere izin veren, kesit olarak kalınlığı ince olduğu için hafif bir malzeme izlenimi yaratan alüminyum levhadan yapılmıştır (Şekil 3.11). Kanatçıkların bağlandığı dikey taşıyıcıların konumu, sirkülasyon alanları, mekanların doğal ışık gereksinimleri vb. planlanarak, maliyeti düşürme, dış görünüm gibi ek parametrelerle ilişkili bir optimizasyon programı oluşturulmuştur. Sonunda 3 tip kanattan oluşan cephe elde edilmiştir ve önemli ölçüde maliyet düşüşü sağlanmıştır.



Şekil 3.11: Rüzgâr etkili cephe için kanatların detayı ve montajı (Url-22, 2022).



Şekil 3.12: Hâkim rüzgâr yönü ve yapının konumlanması (Kaynak: Yazar tarafından Google Earth’ den alınarak düzenlemiştir).

Bu cephe elemanları yıllık çevresel yükü azaltan bir etkiye de sahiptir. Cephe mekanizması, elektrik motorları ve dikey taşıyıcılardan oluşan nispeten basit bir sistemden oluşmakta ve dişli oranı ayarlanarak tüm hareketler kontrol edilebilmektedir. Noiz ve ARUP, hareketli cephe sistemini geliştirmek için iş birliği yapmıştır. Kanat konumlarının yerinde manuel olarak ölçmek ve işaretlemek çok fazla zaman gerektireceği için bu nedenle bir kamera kullanılarak bina formunun yakalanması ve proje haritalama yöntemi kullanılarak bina yüzeyinde kesin konumların gösterilmesiyle işaretleme süreci etkili bir şekilde kolaylaşmaktadır (Url-22, 2022). Kanat montajının kesin konumlarını belirtmek için binanın hassas ölçümleri ve karmaşık formlara sahip binalarda önemli ölçüde çalışma gerekmektedir.

3.4 RMIT Üniversitesi Tasarım Okulu

3.4.1 Proje bilgileri

Yapı adı: RMIT Üniversitesi Tasarım Okulu

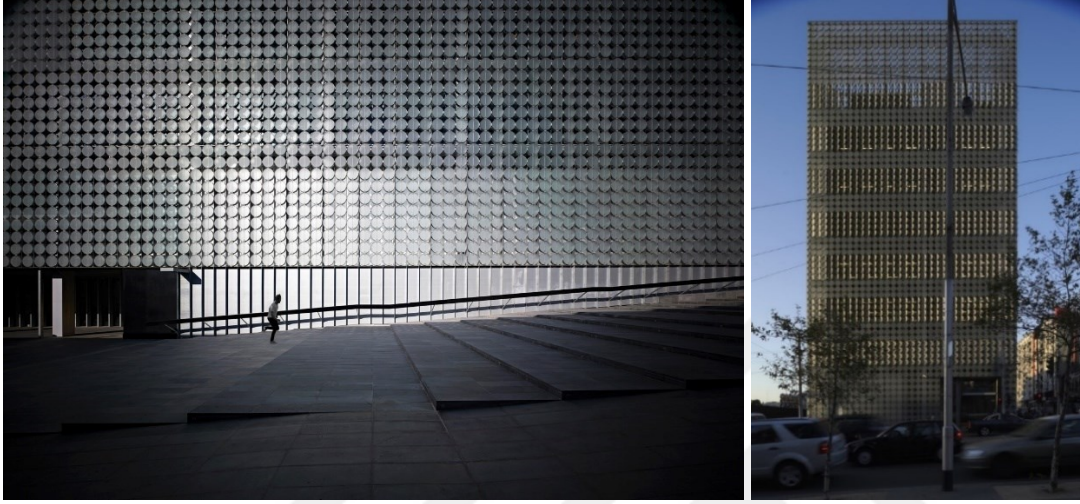
Mimari: Sean Godsell

Alan: 12.000 m²

Yapım yılı: 2012

Yer: Melbourne, Avustralya

Mimarlık, peyzaj mimarlığı, endüstriyel tasarım, havacılık, otomotiv ve bilgisayar tabanlı disiplinler gibi çeşitli tasarım alanlarındaki kullanıcılar için ortak bir araştırma tabanı sağlamaktadır. Tasarım okulunun amacı, çeşitli tasarım araştırmaları ve lisansüstü eğitim için tek bir binada toplamaktır. Yapı bir sergi alanı, tasarım arşivi, konferans, seminer, çok amaçlı salonlar ve sürdürülebilirlik açısından su, atık ve geri dönüşüm stratejilerini içermektedir.



Şekil 3.13: Tasarım okulunun cephe görselleri (Url-23, 2022).

3.4.2 Cephede kinetik elemanın kullanım amacı

Yapının cephesi, iç hava konforunu iyileştiren, işletme maliyetlerini azaltan, soğutma ve temiz hava girişini sağlayan otomatik cam güneşlik hücrelerini içermektedir (Şekil 3.13). Hücreler, güneş enerjisini algılayan gelişmiş teknolojisi ile kolayca yön değiştirilebilecek şekilde tasarlanmıştır (Url-23, 2022). Binanın cephesi, yapım teknolojisi ile tüm binayı çalıştıracak kadar elektrik üretebilmektedir. Cephe, çift cidarlı sistemdir. Dış cephe kaplaması otomatik olarak çalışan gölgeleme cihazı içermektedir. Gölgeleme cihazı, zemin kattan çatı tesisi seviyesine kadar tüm binayı çevrelemektedir. Yatay veya dikey bir alüminyum aksa sabitlenmiş 600 mm çapında cam disklerden oluşmaktadır (Şekil 3.16). Her bir aks, 130 mm derinliğe sahip galvanizli çelik bir silindire sabitlenmiştir (Url-24, 2022).



Şekil 3.14: Cam disk içeren galvanizli çelik silindirlerin cephede ve iç mekânda gösterimi (Url-23, 2022).



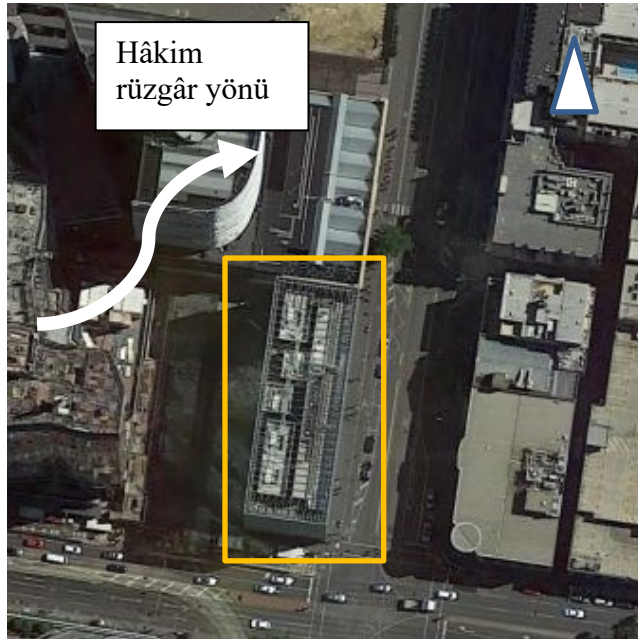
Şekil 3.15: Cephede kullanılan elemanın düşme riskine karşı alınan önlemler (Url-25).

Her tipik panel, 12 hareketli cam diskten ve rijit 9 diskten oluşmaktadır. Her katta 86 panel, binanın dokuz katı için toplam 774 panel bulunmaktadır (Url-25, 2022)). Bu kinetik cephenin uygulamada yaşadığı sorun ise dönme hareketi nedeniyle cam diskler zamanla insanlar için düşme riskine karşı tehdit oluşturmaktadır (Şekil 3.15).



Şekil 3.16: Panellerin bir araya gelişi ve cephe ile birleşim detayı (Url-26, 2022).

90 derece hareket kabiliyet sahip diskler, kuzey ve güney cephelerinde yatay akslar, doğu ve batı cephelerinde dikey akslar üzerinde dönerek hareket etmektedir. Elektrikle çalışan her panel, doğrudan güneş ışığının cepheye gelişini önlemek ve kuvvetli rüzgâr dönemlerinde geri çekilmek üzere kapanmak üzere programlanmış Bina Yönetim Sistemi (BMS) tarafından kontrol edilmektedir (Url-26, 2022).



Şekil 3.17: Hâkim rüzgâr yönü ve yapının konumlanışı (Kaynak: Yazar tarafından Google Earth kullanılarak düzenlenmiştir).

3.5 Claude Debussy Konservatuvar Binası

3.5.1 Proje bilgileri

Yapı adı: Claude Debussy Konservatuvar Binası

Mimari: Basalt Architecture

Alan: 4.530 m²

Yapım yılı: 2013

Yer: Paris, Fransa



Şekil 3.18: Cephenin görseli (Url-27, 2024).

Basalt Architecture tarafından tasarlanan Konservatuvar binası Paris'in 17.bölgesinin sınırında yer almaktadır. 17.bölgenin Tarihi Fransız müziğiyle doğrudan bağlantılı olduğu için cephede müziğin ritmiyle hareketlenen bir yapı kabuğu olarak tasarlanmıştır (Şekil 3.18).

3.5.2 Cephede kinetik elemanın kullanım amacı

Üst katta büyük pencerelere sahip olan konservatuvarın güney cephesi, yakınlardaki Sainte- Odile kumtaşı kilisesinin ve yakın zamanda inşa edilen konut binalarının rengini yansıtan ve klasik Haussmann tarzı binalara kontrast oluşturan delikli bakır renkli paneller ile kaplanmıştır (Url-27, 2024). Delikli yapısı sayesinde güneş ışığını filtreleme görevi görmektedir (Şekil 3.18). Yoğun bir cadde olan Rue de Courcelles'e bakan cephedeki hareketli panjurlar, stüdyoları gölgelendirmeye yardımcı olmak ve müziğin ritminin etkisini yaratmak için farklı görsel şekiller oluşturmaktadır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19: Katlanır cephe detayı (sol), cephedeki görünümü (sağ), (Url-27, 2024).

3.6 Batı Avustralya Üniversitesi Ezone Öğrenci Merkezi

3.6.1 Proje bilgileri

Yapı adı: Batı Avustralya Üniversitesi Ezone Öğrenci Merkezi

Mimari: Hassell

Alan: 9.656 m²

Yıl: 2020

Yer: Avustralya

Öğrenciler, mezunlar, araştırmacılar ve endüstri ortaklarının bir araya gelip gelişmeleri için alan sağlayan EZONE, sosyalleşme ve fikir alışverişi için inşa edilmiştir.

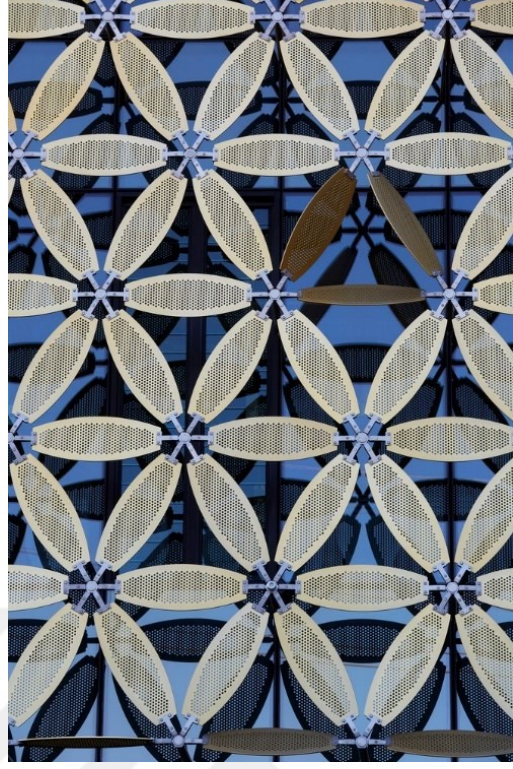


Şekil 3.20: Ezone öğrenci merkezi cephe görseli (Url-28, 2024).

Üç mühendislik laboratuvarı, çalışma alanları, 14 stüdyo, kafe içeren yapı hem sosyalleşme hem de öğrenme amacıyla tasarlanmıştır.

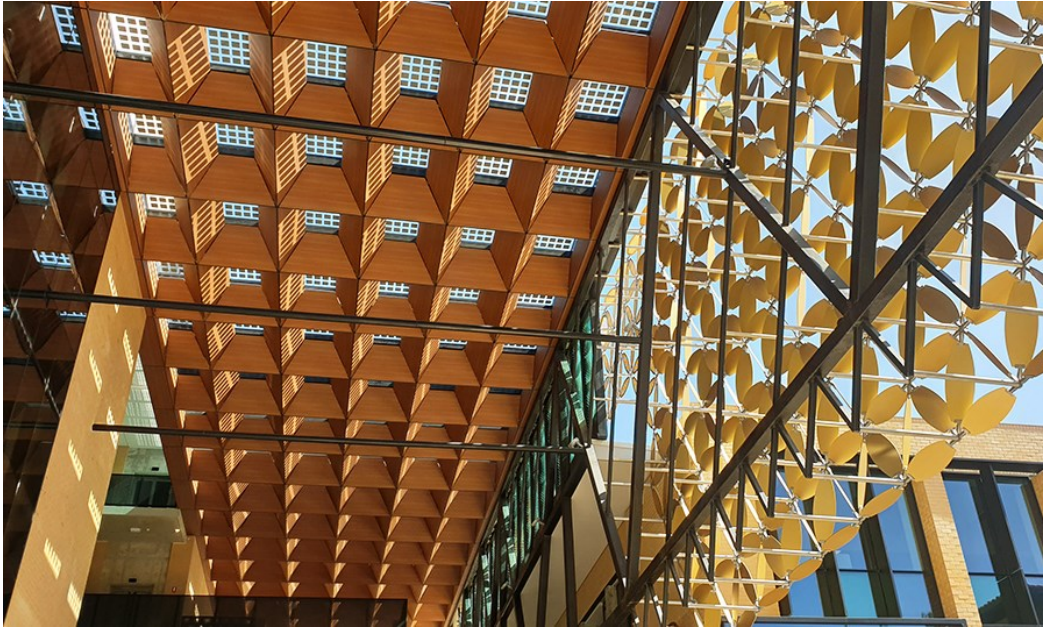
3.6.2 Cephede kinetik elemanın kullanım amacı

Yapıda bulunan yaprak şeklindeki kinetik gölgeme elemanı konumları güneşin geliş açısına göre konumlanmıştır (Url-28, 2024). Yapıda PV hücreli cam tavan ve rüzgâr türbini bulunmaktadır (Şekil 3.22). Hareketli cephe elemanı parlamayı ve aşırı ısınmayı azaltmaktadır.

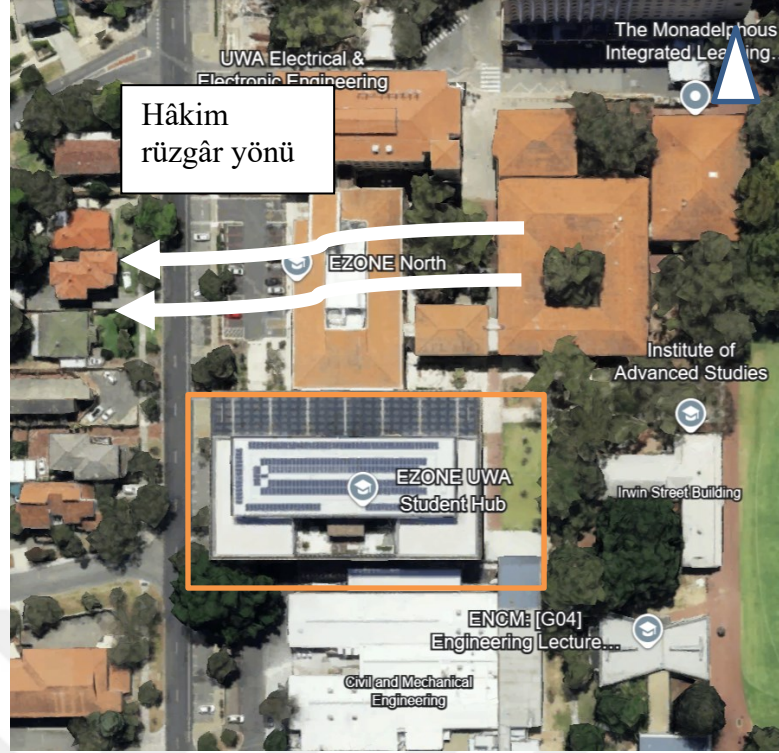


Şekil 3.21: Kinetik gölgeleme elemanı görselleri (Url-28, 2024).

Kinetik eleman, Tarihi Batı Avustralya Üniversitesi'nin '100 hazinesinden' biri olan altı köşeli güneş sembolünü temsil edecek şekilde tasarlanmıştır. Bu kinetik cephe örtüsünün geometrik, tekrarlayan yapısı matematiğe ve mühendisliğe dayanmaktadır (Şekil 3.21). Yapı hâkim rüzgâr yönünde konumlanmıştır (Şekil 3.23).



Şekil 3.22: PV hücreli cam tavan ve iç mekândan görünüm (Url-28, 2024).



Şekil 3.23: Yapının konumlanışı ve hâkim rüzgâr yönü (Kaynak: Yazar tarafından Google Earth' den elde edilmiştir).

3.7 The Wedge Kopenhag İşletme Okulu

3.7.1 Proje bilgileri

Yapı adı: The Wedge Kopenhag İşletme Okulu, Danimarka

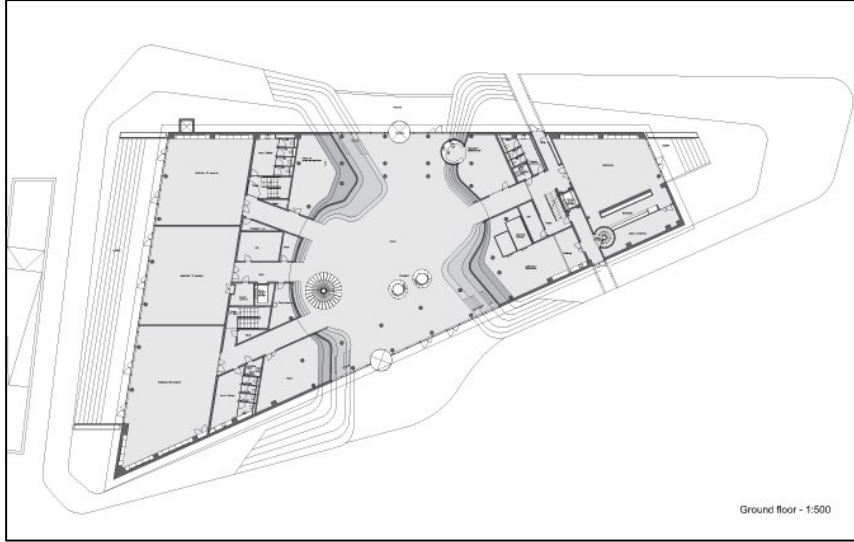
Mimari: Lundgaard & Tranberg Architects

Alan: 10.000 m²

Yapım yılı: 2005

Yer: Kopenhag, Danimarka

Proje, terk edilmiş bir demir yolu sahasında bulunan İşletme Okulu kampüsü için bir kentsel plan çalışması ve yeni bir fakülte binası yapımını içermektedir.



Şekil 3.24: Yapının zemin kat planı (Url-29, 2024).

Yapı, bölgenin açılı geometrisi referans alınarak tasarlanmıştır. Dört katlı prizmatik bir hacimde oluşan yapı, 5 katlı oval biçimli bir atriyma sahiptir (Şekil 3.24).



Şekil 3.25: Yapının cephe görseli (Url-29, 2024).

3.7.2 Cephede kinetik elemanın kullanım amacı

Bu yapı cam cepheden oluşmaktadır. 1.kattan üst katlara doğru ahşap, renkli cam ve metal kombinasyonundan oluşan düşey ekseninde hareket eden gölgeme elemanı içermektedir (Şekil 3.26). Prizmatik dış cephenin aksine, iç mekandaki oval şekilli atriyum projenin mekânsal odak noktasını oluşturur (Url-30, 2024).



Şekil 3.26: Okul cephe görseli(sol), oval pencereler ve atrium (sağ) (Url-29, 2024)

Çatıdaki dairesel tavan pencereleri doğal ışığın atriyumdan tüm katların iç mekânlarına kadar ulaşmasını sağlamaktadır (Şekil 3.26).

3.8 Queensland Üniversitesi İleri Mühendislik Binası

3.8.1 Proje bilgileri

Yapı adı: Queensland Üniversitesi İleri Mühendislik Binası

Mimari: Kirk, Hassell

Alan: 18000 m²

Yapım yılı: 2013

Yer: Brisbane, Avustralya

Queensland Üniversitesi'ndeki İleri Mühendislik Binası (AEB), esnek öğretim ve öğrenim alanlarına sahip son teknolojiye sahip bir mühendislik eğitim binasıdır. Bu yapı öğrenme, çalışma alanı ve sosyal alanların bir araya geldiği çok amaçlı bir kullanıma sahiptir. Bu yapı pasif ve aktif iklimlendirme sistemleri kullanarak, iklimlendirme tasarımında yeni bir ölçüt öne sürmektedir. Brisbane, yılın neredeyse %70 'inin konforlu olduğu çok ılımlı bir subtropikal iklime sahiptir (Url-31, 2024).



Şekil 3.27: Cephe görseli (Url-31, 2024).

3.8.2 Cephede kinetik elemanın kullanım amacı

Özel yapım hareketli pişmiş toprak malzemeli cephe kaplaması, yapıya doğrudan gelen güneş ışınımını ve bunun sonucunda oluşan ısı yükünü azaltma görevi görmektedir. Güneşin yoğun olarak etkilediği yapının kuzey cephesinde hareketli elemanlar kullanılmaktadır. Bu elemanlar cepheye yerleştirilen düşey çubuklar etrafında dönerek hareket etmektedir.



Şekil 3.28: Hareketli cephe elemanı (sol), iç mekânda cephe elemanın gölge etkisi (sağ) (Url-31, 2024).

Bu cephe sistemi, göle doğrudan görüş sağlamak ve parlamayı en aza indirmek için dikey modül olarak tasarlanmıştır. Toprak cephe modülleri çalışma alanlarını çapraz havalandırmak ve gün ışığı seviyelerini optimize etmek üzere konumlandırılmıştır. Yıllık enerji tüketimini %40' tan daha fazla azaltmayı hedeflemektedir.



Şekil 3.29: Yapının havalandırma durumunu gösteren kesit (Url-31, 2024).

3.9 (CICA) Coruña Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Merkezi

3.9.1 Proje bilgileri

Yapı adı: Coruña Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Merkezi

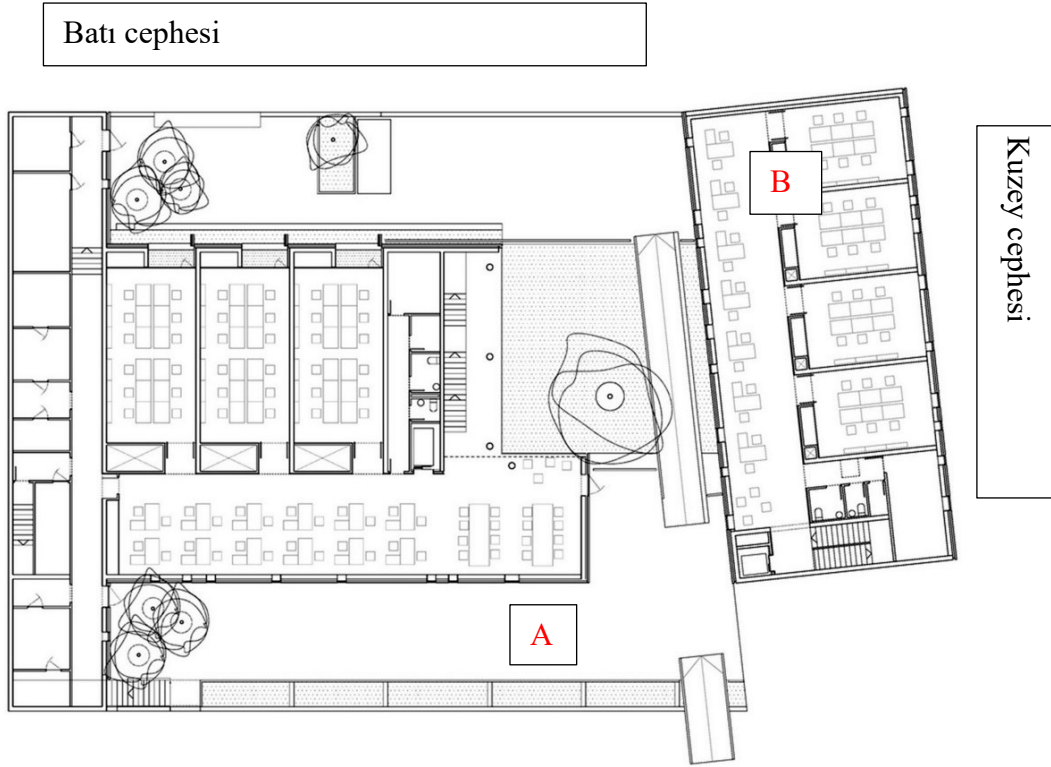
Mimari: Angel Rico Panceiras ve Manuel Vazquez Muiño

Alan: 1.688 m²

Yapım yılı: 2013

Yer: A Coruña, İspanya

Bu teknoloji parkı, birbirine bağlı altı binadan oluşmaktadır. Teknoloji parkında bulunan her bina biri dört katlı, diğeri iki katlı iki hacme sahip olarak tasarlanmıştır (Şekil 3.30).



Şekil 3.30: Zemin kat planı (A) 4 katlı yapı, (B) 2 katlı yapı (Url-32, 2024).

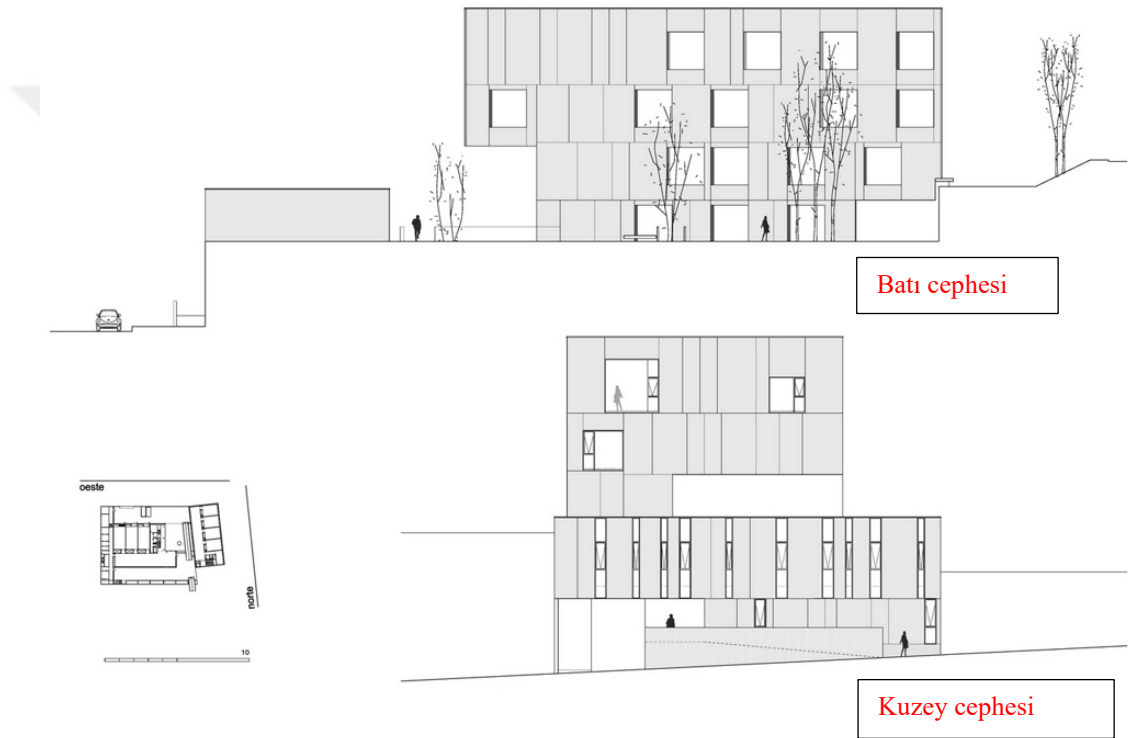


Şekil 3.31: Yapı girişini belirleyen rampa ögesi (Url-32, 2024).

Binaya giriş, sokağın eğimine ters eğimli bir rampa ile gerçekleştirilmektedir (Şekil 3.31). Bu rampa, araçların bodrum katına girmesine olanak tanımaktadır. Avlu, yalnızca görsel ilişkileri değil, aynı zamanda zemin katın iyi bir şekilde aydınlatılmasını ve havalandırılmasını sağlamaktadır. Düşük eğime sahip yaya köprüsü, yaya yolunun devamını nitelemektedir. Binanın tasarımında temel unsurlar sürdürülebilirlik, çok yönlülük, esneklik ve güzergahın netliğidir (Url-32, 2024).

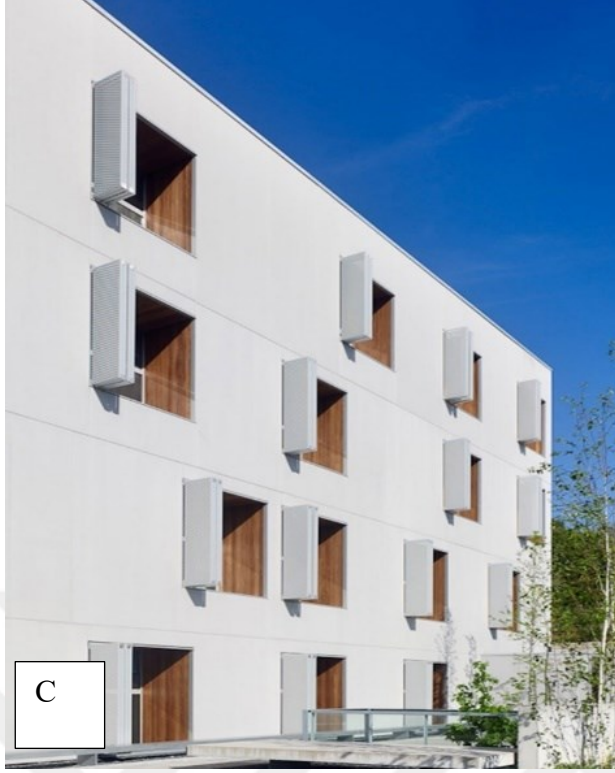
3.9.2 Cephede kinetik elemanın kullanım amacı

Yapının çatısında güneş panelleri bulunmaktadır. Çok katmanlı camdan oluşturulmuş sistemle güneş kontrolü sağlanmaktadır. Avlular, ikinci bodrum katına doğal ışık sağlamaktadır. Yapının batı cephesinde kinetik gölgeleme elemanı kullanılmıştır. Kuzey cephesinde ise dikeyde açılıp kapanma hareketi yapan pencereler kullanılmıştır (Şekil 3.32). Yapının bulunduğu konumda hâkim rüzgâr yönü kuzeydir. Yapı cephesi ise kuzeybatı- güneydoğu yönünde konumlanarak rüzgârın negatif etkilerini azaltmaktadır.

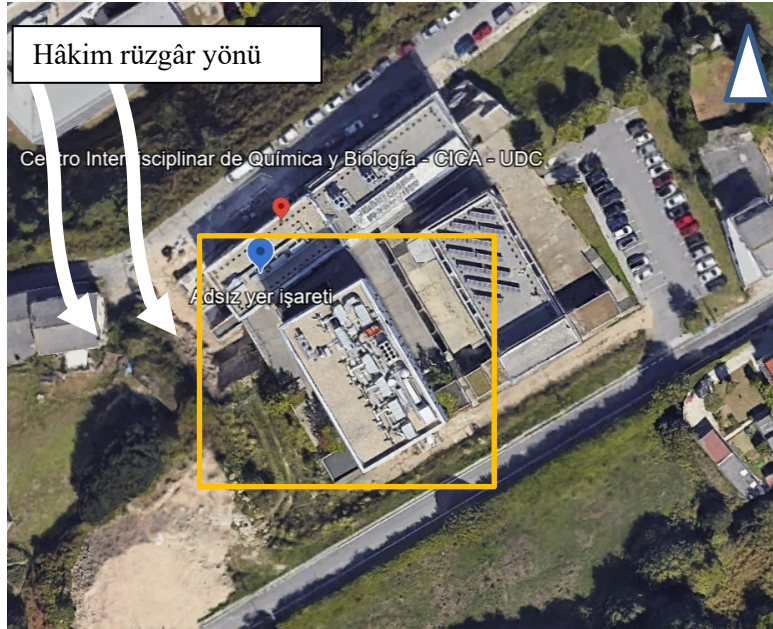


Şekil 3.32: Yapının batı ve kuzey cephesi (Url-32, 2024).





Şekil 3.33: Kuzey cephesi görseli (A), batı cephesi elemanın hareketi (B), batı cephesi görseli(C) (Url-32, 2024).



Şekil 3.34: Hâkim rüzgâr yönü ve yapının konumlanması (Kaynak: Yazar tarafından Google Earth kullanılarak düzenlenmiştir).

3.10 Sidney Üniversitesi Hukuk Fakültesi

3.10.1 Proje bilgileri

Yapı adı: Sidney Üniversitesi Hukuk Fakültesi

Mimari: FJMT

Alan: 32.000 m²

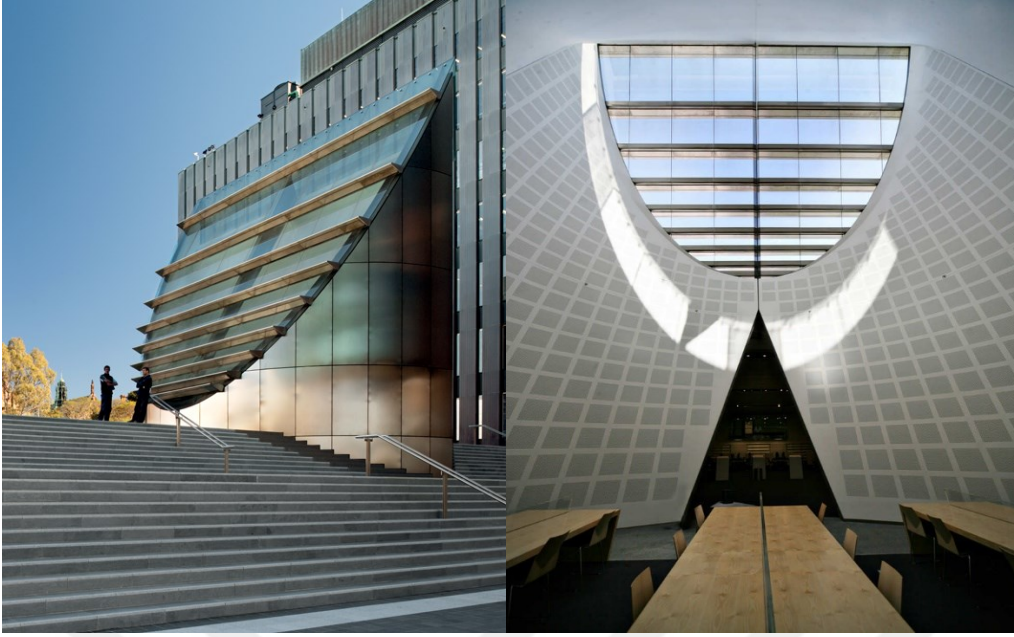
Yapım Yılı: 2009

Yer: Sidney, Avustralya



Şekil 3.35: Yapının doğu cephesinin görseli (Url-33, 2024).

Uluslararası bir yarışma sonucunda, tasarımı Francis-Jones Morehen Thorp (FJMT) firmasına yaptırılan Sydney Üniversitesi'nin yeni hukuk fakültesi binası, pek çok ödüle layık görülmüştür. Bu projede, şehir ve kampüs arasındaki mimari diyalektiğin yeniden tanımlanması ve yorumlanması için bir fırsat yaratılmıştır. Projede yayaların kullanımına ait alanın artırılması için bina programının bir kısmı zemin kotunun altında planlanmıştır. Projenin sürdürülebilirlik özellikleri arasında en çok cephe tasarımı önem kazanmaktadır. Zemin kotunun altında kalan mekânlara gün ışığının ulaştırılmasında farklı metotlar kullanılmıştır. Yüksek performanslı pencereleri ve kinetik gölgeleme elemanlarının kullanılması üstün ısı konfor sağlamaktadır. Bu sistem her ofiste doğal ya da mekanik havalandırma, içeri giren gün ışığının miktarını, dışarının görünürlüğünü ayarlama ve trafik gürültüsüne karşı bir akustik perde görevi görmektedir (Url-34, 2024).



Şekil 3.36: Işık kulesinin dış ve iç mekândan görünüşü (Url-33, 2024).

3.10.2 Cephede kinetik elemanın kullanım amacı

Kinetik gölgeleme elemanı tasarımda sertifikalı ahşap malzemeler tercih edilmiştir. Yapıda genel olarak PVC gibi toksik maddelerin kullanımı azaltılmıştır. Bu yapıda çevreye duyarlı malzemeler seçilmiştir. Kütüphanenin üzerinde yer alan ışık kulesi (Şekil 3.36), gün ışığını alarak kütüphanenin iç kısmına kadar aydınlatma sağlarken aynı zamanda eski ve ısınmış havayı da dışarı atmaktadır (Url-34, 2024).

Yapıda kullanılan ana malzemeler, cam katmanları ve çelik halatlara asılı ahşap kontrplak güneş kırıcılarıdır (Şekil 3.37). Bu elemanlar, kullanıcı isteğine veya güneşin konumuna göre hareket edecek şekilde tasarlanmıştır. Kontrplakların eğimli yüzeyi gelen güneş ışınlarının içeriye kırılarak ulaşmasını sağlamaktadır. Yılın en sıcak mevsimi kış ayıdır. Bu mevsimde büyük ve küçük güneş kırıcıların bir arada kullanılması doğu ve batıdan gelen kuvvetli parlamayı engellemektedir ve dışarıyı görünüm olanağı sağlamaktadır.



Şekil 3.37: Kinetik elemanın görseli(A) ve birleşim detayı(B) (Url-33, 2024).

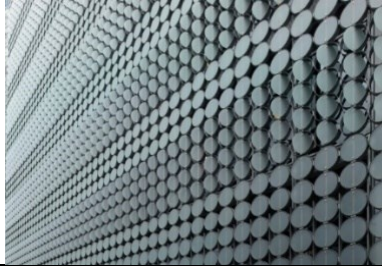
Cephe elemanlarının bakım gereksinimlerinin ve sürdürülebilirlik özelliklerinin tam olarak anlaşılabilmesi için bu elemanlar ile ilgili yaşam döngüsü analizleri yapılmıştır (Url-34, 2024).

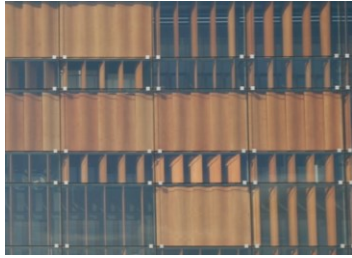
3.11 Seçilen Eğitim Yapı Örneklerinin Cephelerinde Kullanılan Kinetik Elemanların Değerlendirilmesi

Bu çalışmada çeşitli ülkelerden eğitim yapı örnekleri seçilmiştir. Bu yapı örneklerinin cephelerinde kullanılan kinetik elemanı değerlendirirken elemanın hareket durumu, malzeme seçimi, kullanım amacı (Tablo 3.1)' de ele alınmıştır.

Tablo 3.1: Kinetik cepheli eğitim yapılarının değerlendirilmesi (Kaynak: Yazara aittir).

CEPHEDE KİNETİK ELEMANLARIN KULLANIM AMACI				
	YAPI İSMİ	HAREKET DURUMU	GÖRSEL	MALZEME SEÇİMİ
Örnek 1	Güney Danimarka Üniversitesi Kolding Kampüsü	Metal levhalar düşey eksen etrafında açılıp kapanma hareketi yapmaktadır.		Perfore metal
Kinetik cephe elemanlarının kullanım amacı	Yapıda üçgen plan şeması kullanımı, güney batı yönünden gelen rüzgârın etki alanını düşürdüğü için, rüzgârın negatif etkisini azalmaktadır. Kinetik elemanlardaki delikli perfore metal kullanımı sayesinde rüzgârın neden olduğu hava akımından yapı optimum şekilde faydalanmakta ve doğal havalandırma sağlamaktadır. Üniversitenin bulunduğu konumda yılın temmuz ve ağustos ayı hariç güneş düşük açıyla geldiği için dikey kinetik eleman seçilmiştir.			
Örnek 2	M9-C, Okul Yapısı İçeren Karma Kullanımlı Yapı	Yatay cephe elemanları, kayma, açılma kapanma hareketi yapmaktadır.		Perfore metal
Kinetik cephe elemanlarının kullanım amacı	Güneş ışığının geliş durumuna göre açılıp kapanma özelliğine sahiptir. Yapıda rüzgâr yönünde yatay yönde hareket eden kinetik cephe uygulaması yapılmıştır. Bu elemanlar Rüzgârın negatif etkilerini pozitif çevirmeye yardımcı olmaktadır.			
Örnek 3	Endüstriyel Teknoloji Araştırma Enstitüsü (ITRI)	Kinetik alüminyum kanatçıklar saat yönü ve tersi yönünde dönme hareketi yapmaktadır.		Çelik borulara geçirilen alüminyum kanatçıklar
Kinetik cephe elemanlarının kullanım amacı	Kanatçıkların yoğunlukları ve açıları ayarlanarak iç mekân aydınlığı kontrol edilmektedir. Kuzey yönünden gelen rüzgarlara karşı yapının ciddi anlamda önlem alması gerektiği için rüzgâr etkili kinetik cephe tasarımı kullanılmaktadır.			

Örnek 4	RMIT Tasarım Okulu	Doğu Batı cephesinde düşey ekseninde, kuzey ve güney cephesinde yatay ekseninde 90 derece dönme hareketi yapmaktadır.		Cam disk içeren galvanizli çelik silindir
Kinetik cephe elemanlarının kullanım amacı	Hücreler, güneş enerjisi algılayan gelişmiş teknolojisi ile kolayca yön değiştirilebilecek şekilde tasarlanmıştır. Yapı yönelim ve konum açısından hâkim rüzgârdan ciddi anlamda etkilenmektedir. Bu nedenle kinetik cephedeki güneş kontrolüyle ısınma miktarı düzene girebilmektedir.			
Örnek 5	Claude Debussy Konservatuar Binası	Düşey ekseninde kayma, açılma kapanma hareketi yapmaktadır.		Perfore metal
Kinetik cephe elemanlarının kullanım amacı	Delikli yapısı sayesinde güneş ışığını filtreleme görevi görmektedir. Bu cephe elemanının hareketi stüdyoları gölgelendirmeye yardımcı olmaktadır.			
Örnek 6	Batı Avustralya Üniversitesi Ezone Öğrenci Merkezi	Yaprak şeklindeki kinetik eleman, hareketine olanak sağlayan metal çubuk etrafında 360 derece dönme hareketi yapmaktadır.		Perfore metal
Kinetik cephe elemanlarının kullanım amacı	Yapıda bulunan yaprak şeklindeki kinetik gölgeme elemanı parlamayı ve ısıyı azaltacak şekilde konumlanmıştır.			
Örnek 7	The Wedge Kopenhag İşletme Okulu	Kinetik eleman düşey ekseninde dönme hareketi yapmaktadır.		Ahşap, metal, renkli cam levha
Kinetik cephe elemanlarının kullanım amacı	Güneş ışığının geliş durumuna göre açılıp kapanma özelliğine sahiptir.			

amacı				
Örnek 8	Queensland Üniversitesi İleri Mühendislik Binası	Pişmiş toprak malzemeli kinetik eleman düşey ekseninde 180 derece dönme hareketi yapmaktadır.		Pişmiş Toprak
Kinetik cephe elemanlarının kullanım amacı	Bu cephe sistemi, göle doğrudan görüş sağlamak ve parlamayı en aza indirmek için dikey modül olarak tasarlanmıştır. Toprak cephe modülleri, çalışma alanlarını çapraz havalandırmak ve gün ışığı seviyelerini optimize etmek üzere konumlandırılmıştır.			
Örnek 9	(CICA) Coruña Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Merkezi	Kinetik eleman, yatay ekseninde kayma, açılma kapanma hareketi yapmaktadır.		Perfore metal
Kinetik cephe elemanlarının kullanım amacı	Güneş ışığının geliş durumuna göre açılıp kapanma özelliğine sahiptir.			
Örnek 10	Sidney Üniversitesi Hukuk Fakültesi	Düşey ekseninde dönme hareketi yapmaktadır.		Ahşap kontrplak
Kinetik cephe elemanlarının kullanım amacı	Kinetik elemanın eğrisel yapısı sebebiyle, güneş ışığının geliş açısını azaltırken, doğu ve batı güneşinin aşırı parlamasını ve ısınısını engellemektedir. İç mekândan dış mekânın görüş açısını korumaktadır. Yağmur suyu toplama sistemi bulunmaktadır.			

Bu yapıların değerlendirmeleri sonucunda;

Kinetik elemanlar için malzeme seçimi yapılırken perfore metal, ahşap kontrplak, pimi toprak tuğla, cam gibi çeşitli malzemeler kullanılmaktadır. Kolay ekil alması ve hafifliği sebebiyle perfore metal daha fazla tercih edilmiştir. Perfore metal boşluklu yapısı sebebiyle doğal havalandırmayı da sağlamaktadır. Bu elemanların cepheye entegre edilebilmeleri için metal bir profil kullanılmaktadır ve bu profil etrafında yatay veya düsey ekseninde, 180 veya 360 derece dönme ve kayma hareketi yapabilmektedir. Bu kinetik elemanlar güneş hareketini algılayan sensörler içermektedir. Bu da yapıda enerji korunumuna yönelik avantajlar sağlamaktadır.

Seçilen yapılardaki kinetik elemanın hareket yönü ve yapı cephesindeki konumu bulunduğu lokasyonun iklimsel verileri ile ele ilişkilidir. Bu veriler doğrultusunda kinetik eleman konumlandırılırken güneş ışığı ve rüzgârın etkisinden optimum yararlanma amaçlanmaktadır. Yapıların iklimsel veriler doğrultusunda, bulundukları bölgeye göre değişim gösteren mevsimsel sıcaklığın yüksek olduğu dönemlerde, kinetik elemanların güneşin etkisini azaltacak şekilde yönlendirilerek soğutma yükünden avantaj sağlanmaktadır. Tasarımcı, yapının bulunduğu iklim verilerine göre mevsimsel sıcaklığın düşük olduğu dönemlerde ise cephedeki kinetik elemanı optimum fayda sağlayacak şekilde yönlendirip, güneş ışığından daha fazla yararlanarak ısıtma yükünü azaltmaktadır. Rüzgâr hızının fazla olduğu dönemlerde ise kinetik elemanın doğru yönlendirilmesiyle rüzgârın negatif etkileri en aza indirilebilmektedir.

4. CEPHESİNDE GÖLGELEME ELEMANI UYGULANMAK ÜZERE SEÇİLEN BİNA VE DEĞERLENDİRME KRİTERLERİNE GÖRE ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Ankara ili Çankaya ilçesinde yer alan ilk ve orta öğretim yapısı cephesi değiştirilecek okul binası olarak ele alınmıştır. Bu yapıda 14 derslik, 1 çok amaçlı salon, 1 fen laboratuvarı, 1 kütüphane ,1 yemekhane, 1 atölye bulunmaktadır. Bina birbirine dik olarak yerleştirilmiş 3 katlı 2 bloktan oluşmaktadır. Bu yapının enerji etkinliği ve sürdürülebilirliği açısından mevcut cepheye kinetik bir gölgeleme elemanı tasarımı yapılacaktır. Bu amaçla Autodesk tabanlı Revit simülasyon programı seçilmiştir. Revit programı; kolay erişilebilir oluşu, birçok modelleme programından model ve verilerin aktarılabilme özelliği nedeniyle tercih edilmiştir.

4.1 Seçilen Yapının Tanıtımı

Yapı Adı: Ayten Şaban Diri İlk ve Ortaokulu

Mimari: Ayşe Bozyel

Alan: 3.240 m²

Yapım yılı: 1999

Yer: Çankaya/Ankara



Şekil 4.1: Ayten Şaban Diri İlk ve Ortaokulunun havadan görseli (Url-35, 2024)

Bu çalışma kapsamında seçilen Türkiye Cumhuriyeti Millî Eğitim Bakanlığı' na bağlı Ayten Şaban Diri İlk ve Ortaokulu, Ankara ili Çankaya ilçesinde 1999 yılında

eğitime başlamıştır. Ayten şaban Diri İlk ve Ortaokulu' nun oğretmen, oğrenci, derslik, atölye vb. mahal adetleri şunlardır:

Derslik:14, Atölye:1, Çok Amaçlı Salon:1, Fen Laboratuvarı:1, Kütüphane :1, Yemekhane:1.

Projede belirtilen mevcut okulun inşaat alanı 3.240 m²,

2014 yılında yapılan yeni ek binanın inşaat alanı 1.244 m² dir.

Bodrum kat inşaat alanı: 311 m²

Zemin kat inşaat alanı: 311 m²

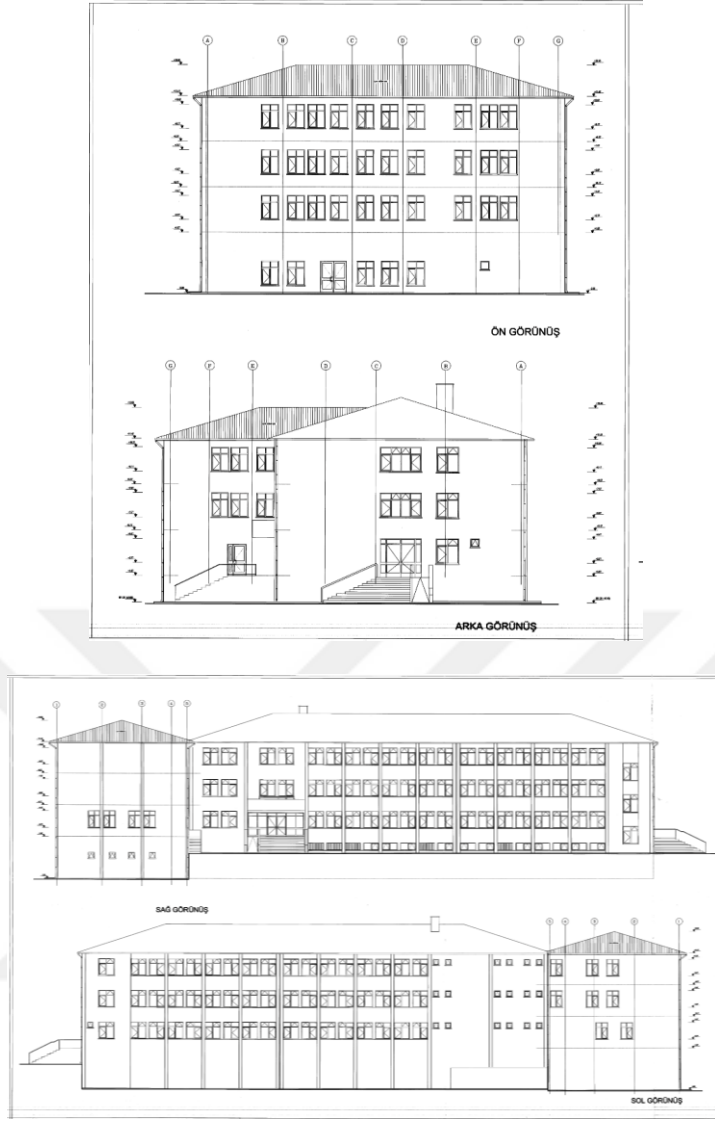
1.kat inşaat alanı: 311 m²

2.kat inşaat alanı: 311 m²

Havuz kısmı 1.222 m², toplam taban alanı 5.706 m² dir (şekil 3.42). Havuz kısmına kinetik gölgeleme elemanı tasarımı uygulanmamıştır.



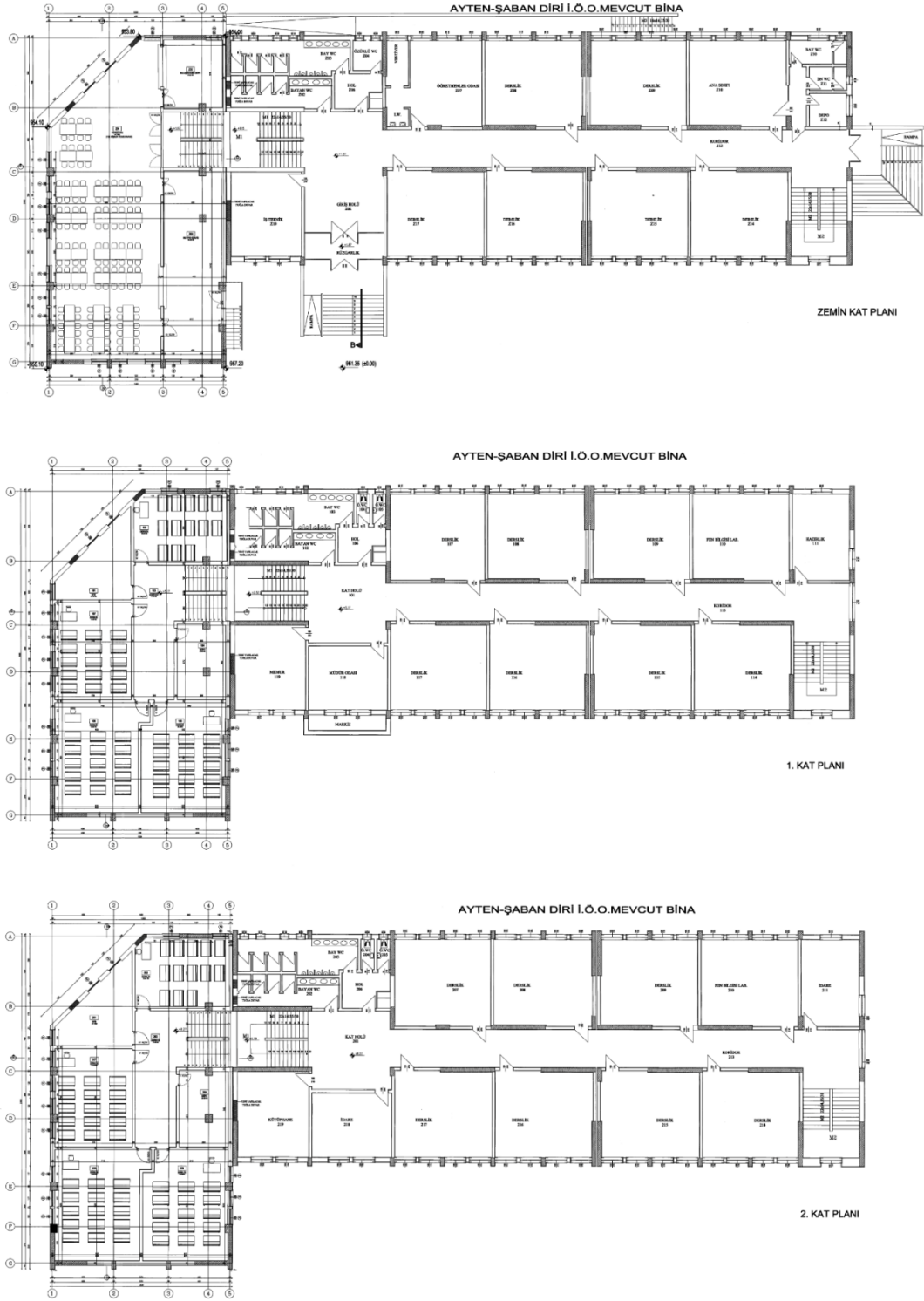
şekil 4.2: Yapının cephe görselleri (Kaynak: Yazara ait fotoğraflar).



Şekil 4.3: Yapının görünüşleri (Kaynak: Çankaya Belediyesi'nden Aralık, 2023 Yazara tarafından temin edilmiştir).



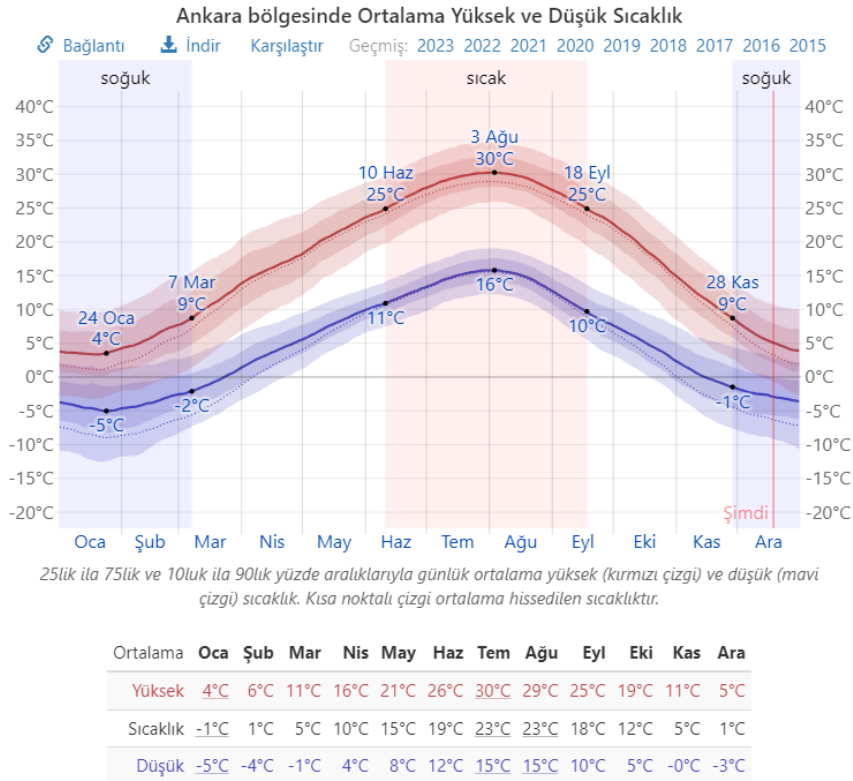
Şekil 4.4: Zemin kat (sol) ve 1.kat (sağ) dersliklerinin iç mekân görselleri (Kaynak: Yazara ait fotoğraflar).



Şekil 4.5: Kat planları (Kaynak: Çankaya Belediyesi' nden Aralık, 2023 Yazar tarafından temin edilmiştir).

4.2 Projenin Bulunduğu Yerin İklim Özellikleri

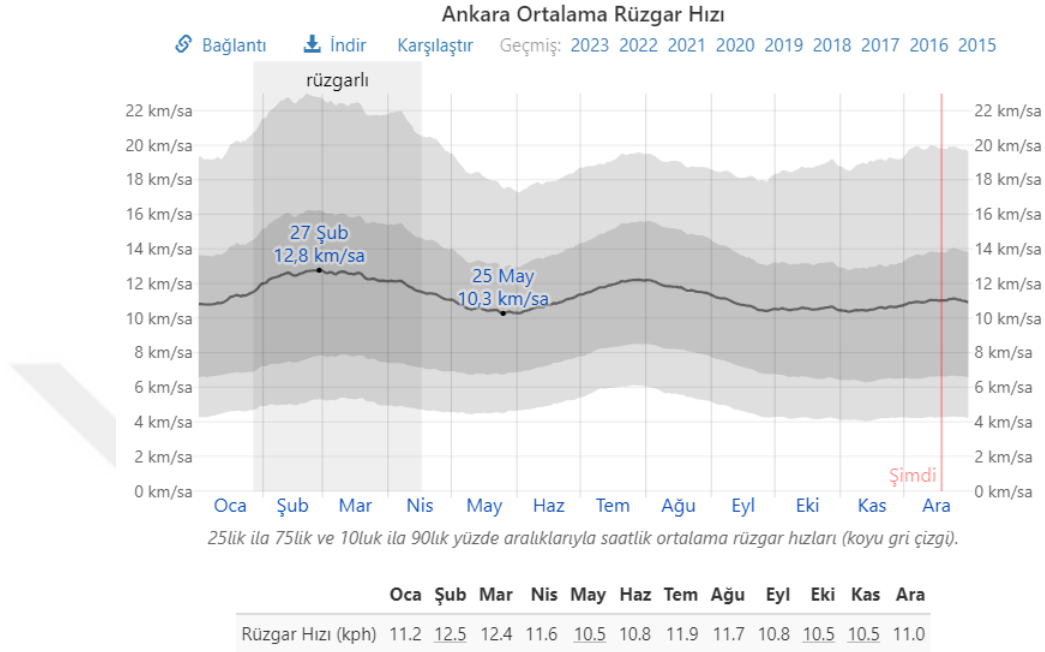
Seçilen yapı Türkiye'nin başkenti olan Ankara ilinde bulunmaktadır. İç Anadolu'nun kuzeybatısında yer alan Ankara, 32 ve 53 derece doğu boylamı ile 39 ve 57 derece kuzey enlemi arasında bulunmaktadır. Ankara'da yazları sıcak ve kurak, kışları az yağışlı ve soğuk karasal iklim görülmektedir. Yağışlar en çok ilkbahar mevsiminde olmaktadır. Gece ile gündüz, yaz ile kış mevsimi arasında önemli sıcaklık farkları bulunmaktadır. Bununla beraber, Ankara ili yıl boyunca insanı rahatsız etmeyen bir iklime sahiptir. En sıcak aylar Temmuz (ortalama 23,1 °C) ve Ağustos (ortalama 23,3 °C), en soğuk aylar ise Ocak (ortalama 0,3 °C) ve Şubat (ortalama 1°C) olarak belirlenmiştir (Url-36, 2013). Sıcaklığın en yüksek olduğu zaman aralığı 10 Haziran tarihinde başlayıp 18 Eylül tarihine kadar sürmektedir. Günlük ortalama yüksek sıcaklık 25°C üzerinde olmaktadır. Ankara bölgesindeki en sıcak ay Temmuz ayıdır; bu ayda ortalama yüksek sıcaklık 30°C iken düşük sıcaklık 15°C düzeyindedir (Şekil 4.6).



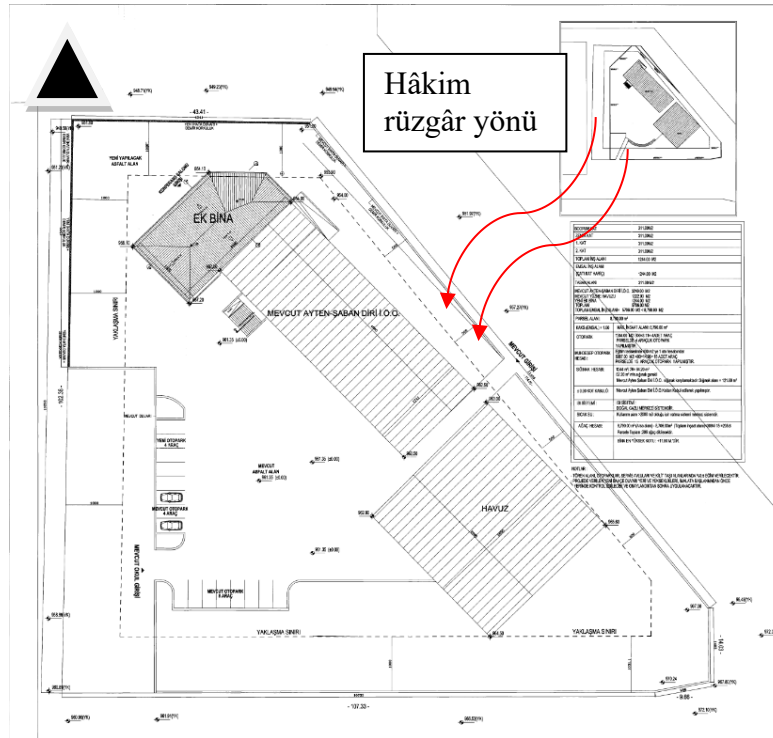
Şekil 4.6: Ankara ili sıcaklık grafiği (Url-37, 2024)

Yılın en rüzgârlı olan dönemi 11,5 kilometre/saat ortalama rüzgâr hızıyla 27 Ocak tarihinden 16 Nisan tarihine kadar yaklaşık 3 ay boyunca sürmektedir. Ankara bölgesinde yılın en rüzgârlı ayı Şubat ayıdır ve bu dönemde ortalama saatlik rüzgâr

hızı 12,5 kilometre/saat olmaktadır. Yılın rüzgâr yönünden en durgun zaman aralığı 16 Nisan tarihinden 27 Ocak tarihine kadar yaklaşık 9 ay boyunca sürmektedir. Ankara bölgesinde yılın en durgun ayı Mayıs ayıdır ve bu dönemde ortalama saatlik rüzgâr hızı 10,5 kilometre/saat olmaktadır (Şekil 4.7).



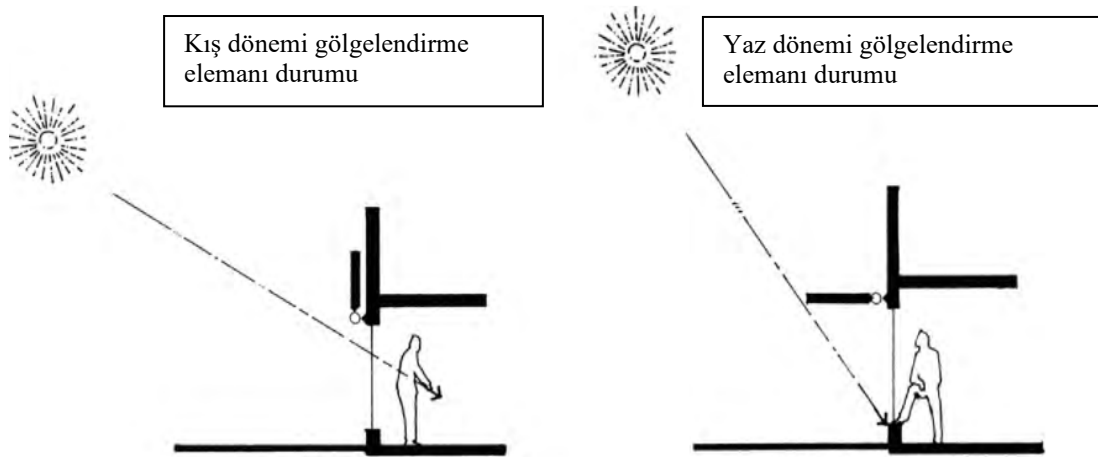
Şekil 4.7: Ankara ili rüzgâr grafiği (Url-37, 2024).



Şekil 4.8: Okulun vaziyet planı (Kaynak: Çankaya Belediyesi'nden Aralık, 2023 Yazar tarafından temin edilmiştir).

4.3 Yapı Cephesi İçin Kinetik Gölgeleme Elemanı Tasarımı

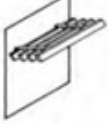
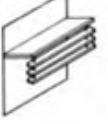
Bir yapıda güneş ısısından optimum faydalanmak, ısı kaybını engellemek ve enerji korunumunu artırmak için gölgeleme elemanları kullanılmaktadır. Bu gölgeleme elemanları yapıda farklı şekilde konumlanmaktadır. Gölgeleme elemanları, sıcak havalarda parlamayı ve aşırı güneş ısısı kazanımını azaltmak için pencereleri ve diğer camlı alanları doğrudan güneş ışığından korumaktadır. Bu elemanlar yılın belirli zamanlarında (yaz dönemi-kış dönemi için) güneş yüksekliği ve açısına göre yönelim göstermektedir (Şekil 4.9). Gölgeleme elemanlarının form yönelimleri, malzemeleri ve yapıları belirli özelliklere göre değişiklik gösterebilmektedir. Dış gölgeleme elemanları iç mekanlarda bulunanlardan daha verimli olmaktadır çünkü güneş ışınlarını dış duvara ve pencereye ulaşmadan kesmektedir.



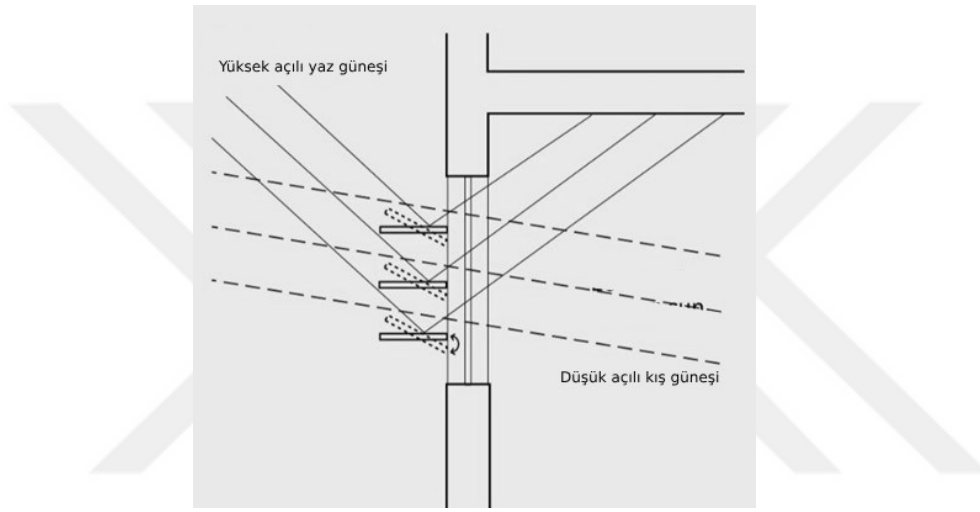
Şekil 4.9: Yatay gölgelendirme elemanının kış ve yaz dönemi durumu (Lechner, 2015).

Gölgeleme elemanının tasarım sürecinde Lechner (2015), elemanın konumlanacağı en uygun cepheyi seçerken güneş ışığı, rüzgâr yükü, kar yükü, görüş açısı gibi faktörleri ele almıştır (Tablo 4.1).

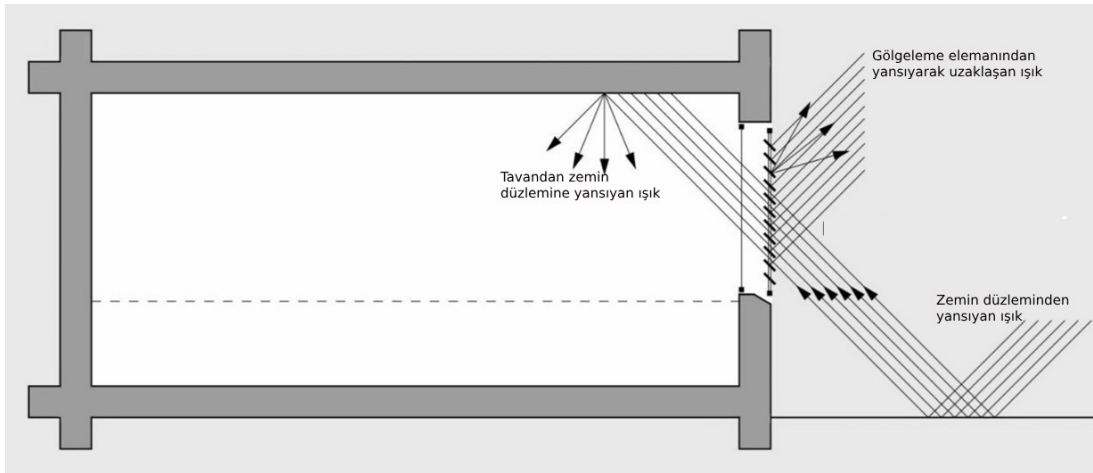
Tablo 4.1: Ilıman iklim bölgeleri için gölgelendirme elemanı çeşitleri (Lechner, 2015) Heating, Cooling, Lighting kitabı sf. 239 ve sf. 243 tablo referans alınarak Yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir.

Gölgeleme elemanı çeşitleri			
	Tanımı	En iyi cephe	Sonuçlar
	Yatay panel	Güney, doğu,batı	Sıcak havayı hapseder. Kar ve rüzgar yükü fazladır.
	Yatay düzlemde yerleşmiş panjur tipi yatay paneller	Güney, doğu,batı	Serbest hava hareketi Kar ve rüzgar yükü azdır.
	Yatay uzantıya yerleşmiş dikey paneller	Güney, doğu,batı	Dikeyde kullanımı görünümü azaltır. Yatay uzantı kısadır
	Dikey tekil panel	Güney, doğu,batı	Serbest hava hareketi Kar yükü yoktur. Görünümü kısıtlar.
	Dikey paneller	Kuzey	Doğu-batı cephelerinde kullanıldığında görünümü kısıtlar
	Dikey eğimli paneller	Doğu,batı	Sıcak iklimlerde kuzeye,soğuk iklimlerde güneye doğru eğim
	Kareli ızgara şeklinde paneller	Doğu,batı	Çok sıcak iklimler içindir.Görüşü kısıtlar.
	Hareketli tente	Güney,batı, doğu	Yıllık, günlük,saatlik koşullara göre ayarlanabilir.
	Yatay yönde yerleştirilmiş düşey yönde hareket eden paneller	Güney,batı, doğu	Görüş açısını ve kış güneşini engeller.
	Düşey yönde yerleştirilmiş yatay yönde hareket eden paneller	Doğu,batı	Sabit dikey panellere göre görüş açısını daha az kısıtlar.

Gölgeleme elemanları yapıda birçok rol üstlenmektedir. Bunlardan enerji korunumu açısından önemli görülenleri, yapının doğrudan güneş ışınlamından ve bunun sonucunda istenmeyen ısı birikiminden korumasıdır. Yapının güney cephesinde konumlanan gölgeleme elemanları yaz mevsiminde yapının soğutma yükünü önemli ölçüde azaltmaktadır. Gölgeleme elemanı seçiminde yapının konumu, bulunduğu yerin iklim özellikleri, yapının yönelimi, yapının türü, güneş ışınlam durumu önemlidir. Tasarım aşamasında önemli olan soğutma, ısıtma ve gün ışığı faktörleri gölgeleme elemanının seçimini de etkilemektedir. Kinetik gölgeleme elemanının seçimi pencereden gelen ısı kazanımını da etkilemektedir.



Şekil 4.10: Güneş açısına göre kinetik gölgeleme elemanının hareketi (Stack & Goulding, -).

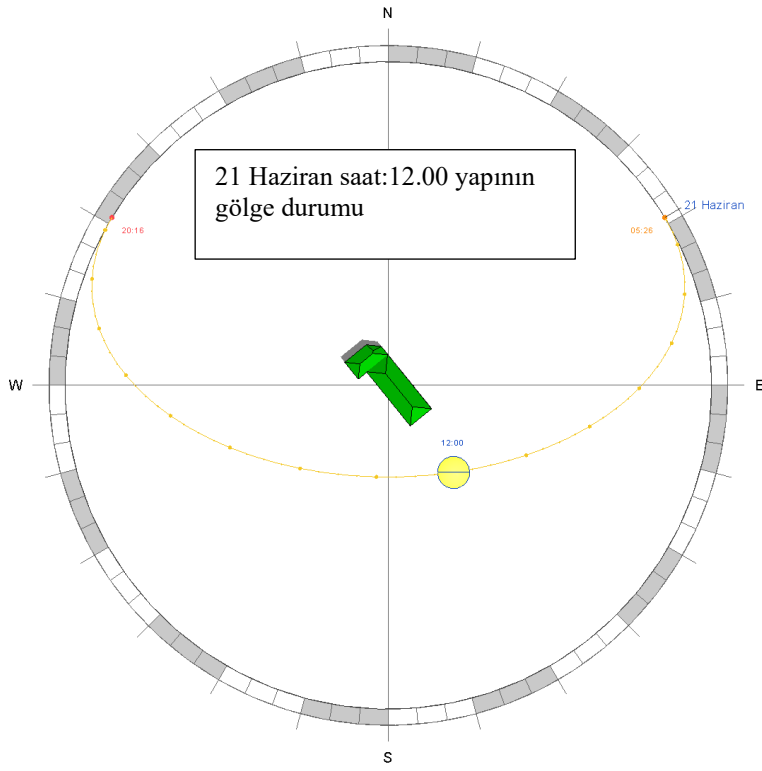
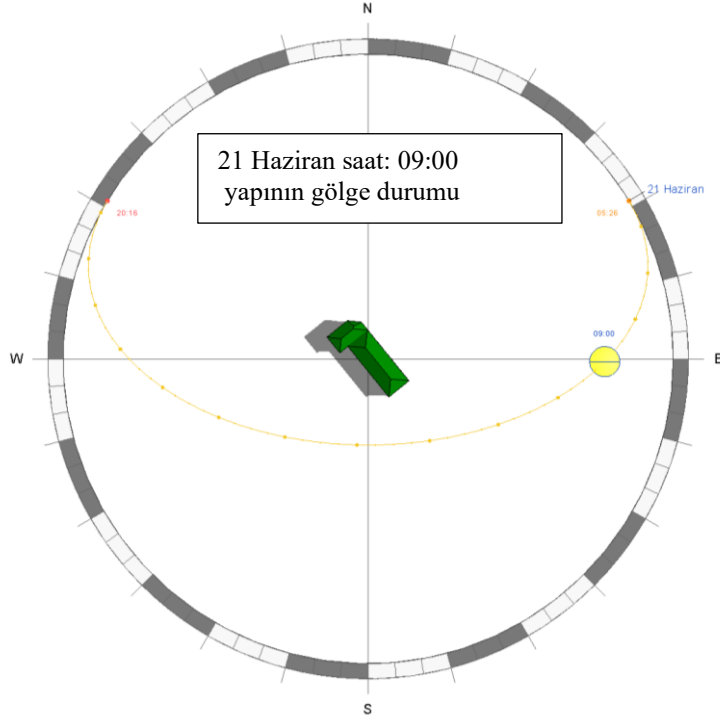


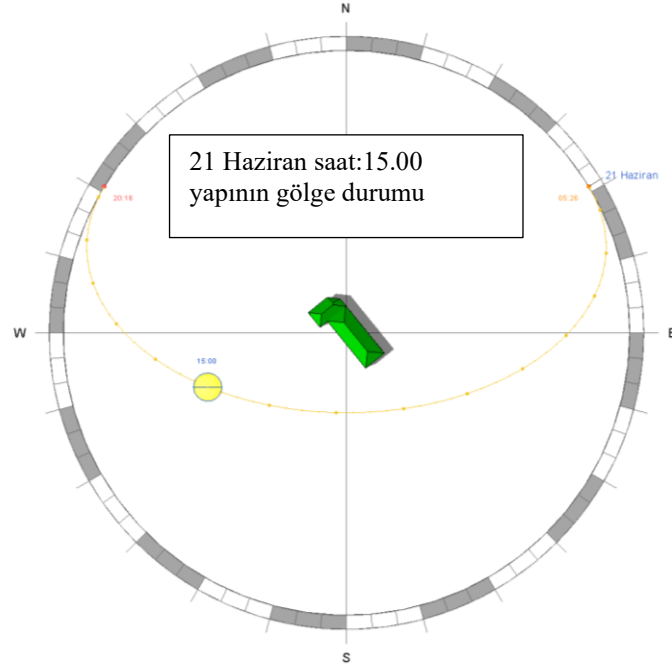
Şekil 4.11: Hareketli gölgeleme elemanı ve güneş ışınlamının yansıması (Stack & Goulding, -).

Gölgeleme elemanı tasarım metotları için referans alınan diğer kaynak 1997 yılında yayımlanan “Tips for Daylighting with Windows: The Integrated Approach” isimli rapordur (O'Conner, Lee, Rubinstein, & Selkowitz, 1997). Bu çalışmada dış

gölgeleme elemanlarını grafiksel olarak ifade edilmektedir. Binanın cephesinde kullanılan dış gölgeleme elemanları iç kısımda kullanılan gölgeleme elemanlarına göre daha fazla etki göstermektedir. Dış gölgeleme elemanları yapı kabuğunun uzantısı olarak veya yapı kabuğuna bağlantı elemanlarıyla entegre edilerek kullanılmaktadır. Tasarımcılar gölgeleme elemanlarını yapı kabuğuna entegre ederken yapının görsel formunu bozmayacak şekilde tasarım yapmaktadır. Güney cepheler için yatay formdaki gölgeleme elemanları daha etkili olmaktadır, doğu ve batı cephesinde ise dikey gölgeleme elemanları tercih edilmektedir. Bir gölgeleme elemanı tasarımı yapılırken iç mekândan dış mekânın görünümünü engellemeyecek şekilde tasarım yapılmaktadır. Gölgeleme elemanlarının bir diğer önemli etkisi ise iç mekâna gelen gün ışığını yumuşatmaktır. Gölgeleme elemanın rengi, ışık ve ısı kazanımını etkileyen faktörlerdendir. Örneğin; ısı ve ışık kazanımında azalma isteniyorsa koyu renk tercih edilmektedir (O'Conner, Lee, Rubinstein, & Selkowitz, 1997).

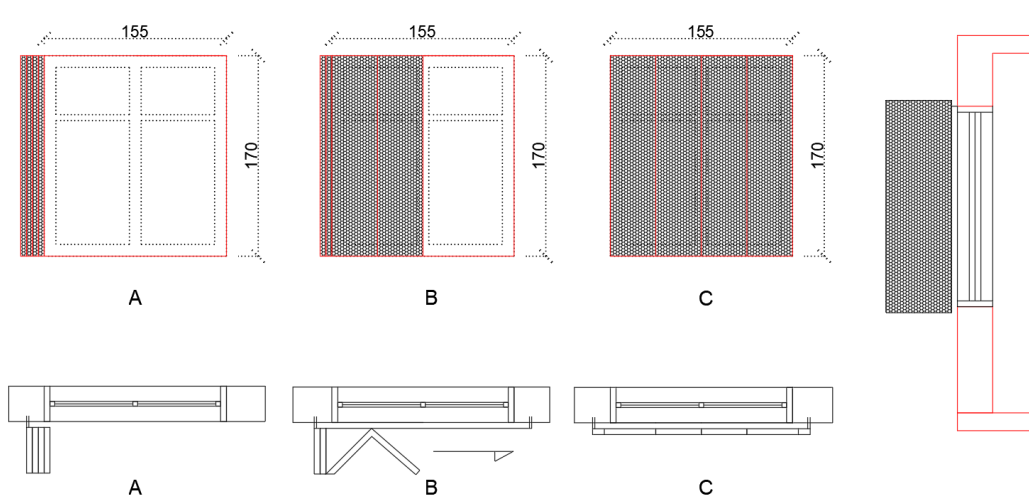
Bu çalışmada seçilen Ayten Şaban Diri İlk ve Ortaokul yapısında soğutma yükünün azaltılması için güneşin yaz dönemindeki hareketi, cephelerin güneşten etkilenme durumu, görüş açısı, rüzgâr ilişkileri ele alınarak gölgeleme elemanı tasarımına karar verilmiştir. Yapının bulunduğu Ankara ilinde güneşin en etkili olduğu yaz döneminde belirlenen 21 Haziran günü güneş, saat 09.00' da doğu-güney cephesi arasında, 12.00'da güney cephesine daha yakın konumda, 12.00-15.00 saatleri arasında ise güney ve batı cepheleri arasında yüksek ışıma sahiptir. Dolayısıyla güney cephesinde güneşin ışımasını azaltmak için pencerelerde yatay gölgeleme elemanları, doğu ve batı cephesinde ise düşey gölgeleme elemanı kullanılmıştır. Yapının kuzey cephesi ise rüzgârdan en fazla etkilenen cephedir. Kuzey cephesinde yatay gölgeleme elemanı düşey yönde kayma ve katlanma hareketi ile rüzgârın etkili olduğu durumlarda kapanma hareketi yapmaktadır.



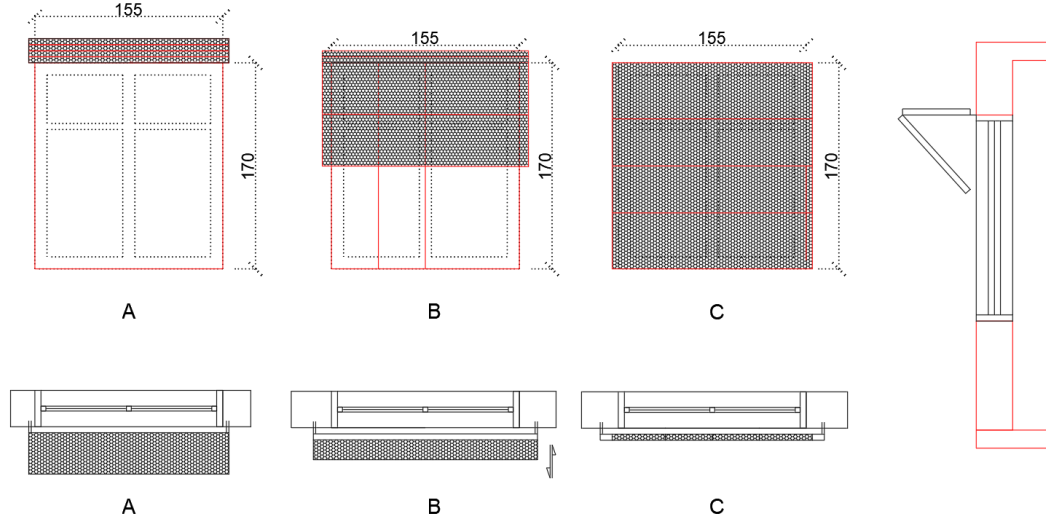


Şekil 4.12: Yapının 21 Haziran saat:09:00-12:00-15:00 güneş-gölge durumu (Kaynak: Yazar tarafından Revit programından elde edilmiştir).

Bu çalışmada güneşin hareketi ve hâkim rüzgâr yönü referans alınarak batı ve doğu cephesi için düşey gölgeleme elemanı tercih edilmiştir. Bu yatay ve düşey gölgeleme elemanları, kayan ve katlamalı sistem olarak kapanma hareketi yapmaktadır. Bu sistemin tercih edilmesinin nedenleri gölgeleme elemanının kullanılmadığı durumlarda görünümü kısıtlamamak, kış döneminde güneş ışınlarının içeri girmesine ve tamamen açık durumda kullanılmasına olanak sağlamaktır.

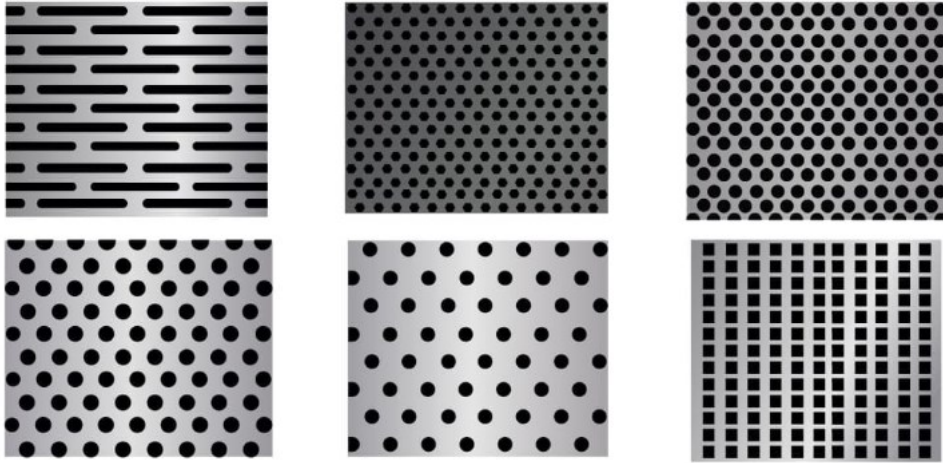


Şekil 4.13: Yapının doğu ve batı cephesi için yatay yönde katlamalı ve kayar sistemli gölgeleme elemanı tasarımı A. Paneller açık durumda B. Paneller yarı kapalı durumda C. Paneller tam kapalı durumda (Kaynak: Yazar).



Şekil 4.14: Yapının güney ve kuzey cephesi için düşey yönde kayar sistem gölgeleme elemanı tasarımı A. Paneller açık durumda B. Paneller yarı kapalı durumda C. Paneller tam kapalı durumda (Kaynak: Yazar).

Kinetik gölgeleme elemanı için malzeme olarak perfore metal malzemesi kullanılmıştır. Bu seçimin nedenlerinden biri perfore metal malzemesinin korozyon direncinin yüksek olmasıdır. Perfore metal malzemesi estetik açıdan farklı şekillerde kullanıma uygun olmakta ve boşluklu yapısı nedeniyle ışık ve hava geçirgenliği sağlamaktadır. Çeşitli sıvı ve gaz etkilerine karşı dayanımı yüksektir. Kolayca şekil almaktadır. Yeniden kullanılabilirliği gibi özellikleri sebebiyle tercih edilmiştir.



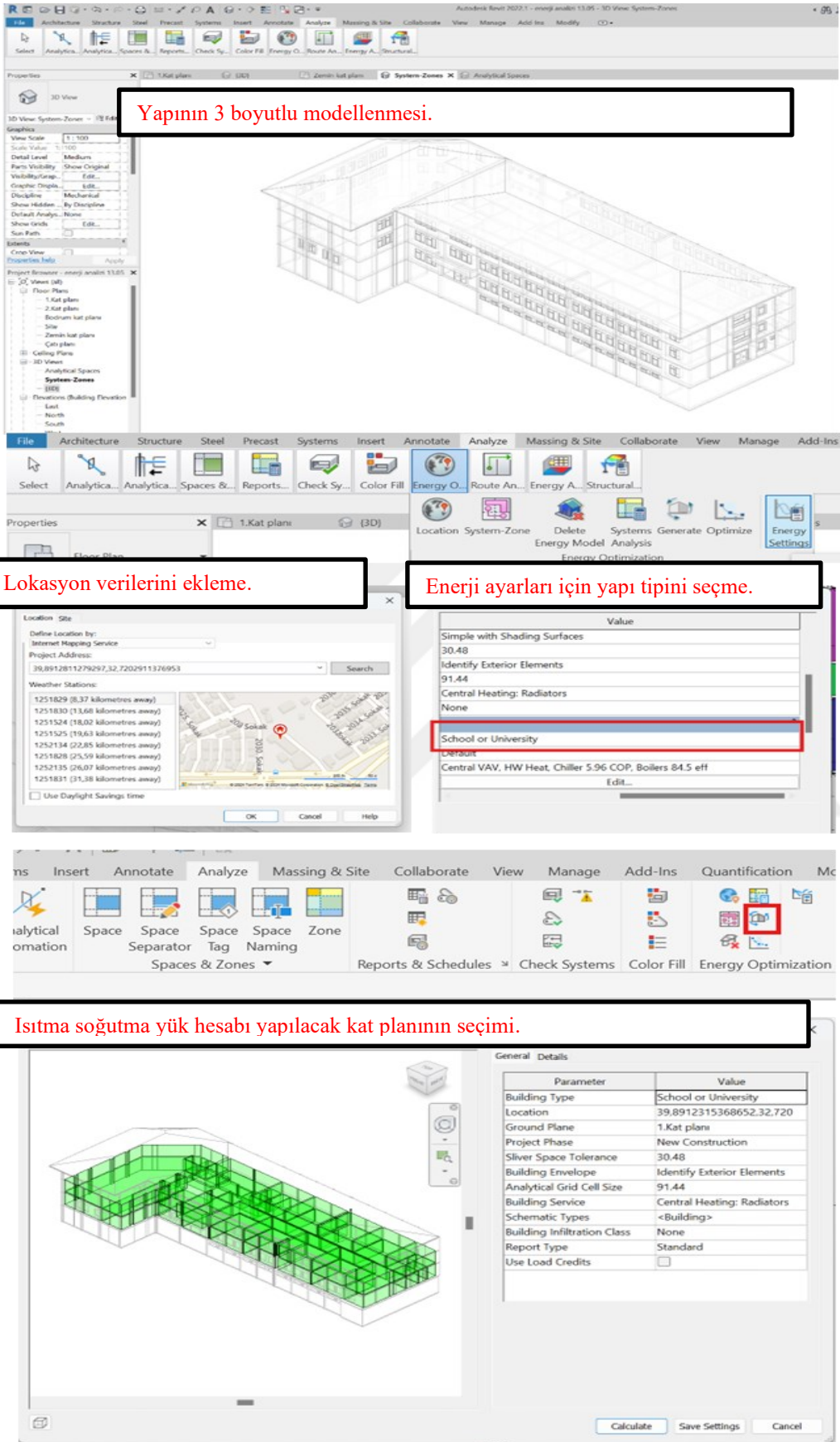
Şekil 4.15: Perfore metal malzemesinin örnekleri (Url-38, 2024).

4.4 Seçilen Yapının Autodesk Revit Programı ile Enerji Analizinin Oluşturulması Aşamaları

Küresel ısınma arttıkça tüm yapılar için enerji analizi kritik hale gelmektedir. Bu nedenle bazı simülasyon programları kullanılmaktadır. Bu simülasyon programları, bir projenin henüz planlama aşamasında iken enerji analizi çalışması sonucunda enerji korunumuna göre projede birçok revizenin yapılmasına olanak sağlamaktadır. Yapı modelleme sistemi (BIM) kullanılarak, enerji analizi birkaç saat içinde yapılabilmektedir. Revit programı gibi Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) araçları ve bunlara entegre çalışan''Autodesk Insight, Heating and Cooling Load'' gibi eklentiler ile enerji yük hesabı yapılarak rapor oluşturulmaktadır (Şekil 4.16).

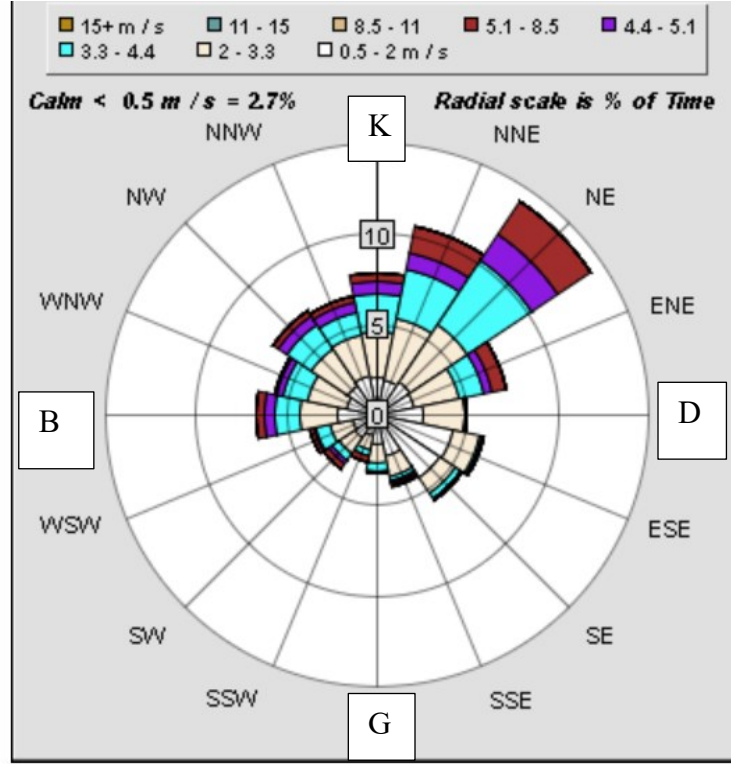
Seçilen proje için enerji analizi yapılırken aşağıda belirtilen sıralama uygulanmaktadır.

- 1.Yapıda bulunan mahallerde enerji analizi öncesi Revit programının arayüzü açılmaktadır.
2. Seçilen ilköğretim projesinin üç boyutlu modellemesi yapılmıştır. Revit programının **Analyze** sekmesinden **Energy optimization** seçildikten sonra yapının enerji analizi için lokasyonu harita üzerinden seçilmiştir. Lokasyona bağlı hava verileri Revit programı aracılığıyla gelmektedir.
3. Projedeki tüm mahallere enerji analizi yapabilmek ve bu analizler sonucunda lejant oluşturmak için **Analyze** sekmesinden hacim ve mekân isimleri **Space Tag** aracılığıyla kullanıcı tarafından atanmaktadır.
- 4.Yapının türü ve enerji analizi yapılacak kat planı seçilerek Revit programındaki **Heating and Cooling Loads** eklentisine veriler girilmektedir.
5. **Heating and Cooling Loads** eklentisine tüm veriler girildikten sonra seçilen kat planı için mekân isimleriyle birlikte ısıtma-soğutma yükü enerji hesabı gelmektedir (Şekil 4.16).
6. Bu enerji analizi çalışmaları, cepheye kinetik gölgeleme elemanı eklendikten sonra, gölgeleme elemanının açık-yarı kapalı ve tam kapalı olduğu durumlar için raporlanacaktır.



Şekil 4.16: Revit programının enerji analizi için kullanımı.

Revit programında modellenen eğitim yapısının lokasyon seçimi sonucunda elde edilen hava veri grafiklerinden biri olan yıllık rüzgâr gülü frekansı grafiği Şekil 4.17’ de gösterilmiştir. Hâkim rüzgâr yönü kuzeydoğudur. Bu grafikte rüzgârın sıklığı ve hızı arttıkça taranan radyal alan artmaktadır ve renkler rüzgâr hızın en az olduğu durumlarda beyaz, rüzgâr hızın fazla olduğu durumlarda kırmızı ile gösterilmiştir.



Şekil 4.17: Revit programının lokasyon verilerine göre ürettiği yıllık rüzgâr gülü grafiği.

4.5 Yaz Dönemi Soğutma Yüğü Enerji Hesabı için Autodesk Revit Programı Aracılığıyla Raporların Oluşturulması

4.5.1 Yapı elemanlarının ısıl geçirgenlik sınır değerleri ve mahallerin ısıl konfor şartları

Binalara ait yapı elemanlarının ısıl geçirgenlik sınır değerleri hali hazırda yürürlükte bulunan “TS 825 Isı Yalıtım Kuralları” esaslarına göre belirlenmiştir. Bu yalıtım kuralları doğrultusunda ısıtma enerjisi miktarını belirlemek için ülkemiz birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü derece gün bölgesi olarak 4’e ayrılmıştır. Bu bölgeler arasında ısı yükleri açısından ciddi farklar bulunmaktadır. Yapının bulunduğu Ankara ili “Bina Yalıtım Kuralları Yönetmeliği” ne göre 3. derece gün bölgesinde yer almaktadır. Bölgelere göre tavsiye edilen ısıl geçirgenlik katsayıları sınır

değerleri(U) Çizelge 4.1’ de gösterilmektedir. Bu veriler doğrultusunda 3.derece gün bölgesinde yer alan Ankara ili için U değerleri dış duvar: 0,5 W/m².K, tavan: 0,3 W/m².K döşeme: 0,45 W/m².K, pencere: 1,80 W/m².K dir.

Çizelge 4.1: TS 825'e göre tavsiye edilen bölgesel U değerleri.

Isı Bölgeleri	U _D (Dış duvar)	U _T (Tavan)	U _t (döşeme)	U _p (pencere)
1. Bölge	0,80 W/m ² .K	0,50 W/m ² .K	0,80 W/m ² .K	1,8 W/m ² .K
2. Bölge	0,60 W/m ² .K	0,40 W/m ² .K	0,60 W/m ² .K	1,8 W/m ² .K
3. Bölge	0,50 W/m ² .K	0,30 W/m ² .K	0,45 W/m ² .K	1,8 W/m ² .K
4. Bölge	0,40 W/m ² .K	0,25 W/m ² .K	0,40 W/m ² .K	1,8 W/m ² .K

Bu çalışma kapsamında seçilen eğitim yapısındaki farklı mahallerde, yaz döneminde optimum ısı konfor koşulları için ortam sıcaklığı 24 °C olarak belirlenmiştir. Bu sıcaklık için belirlenen mahaller Çizelge 4.2’ de gösterilmiştir.

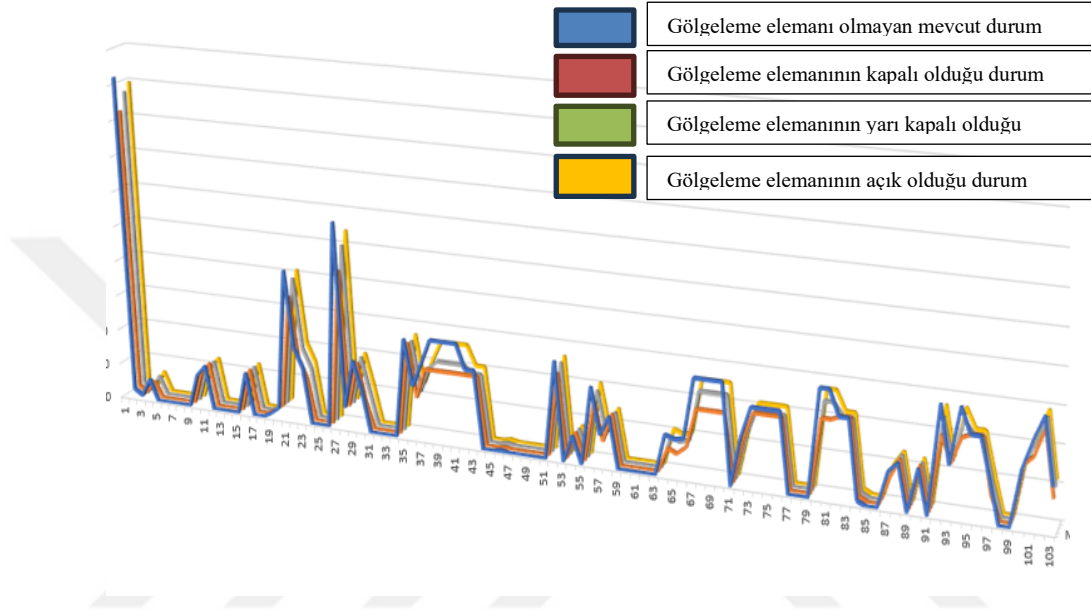
Çizelge 4.2: Mahallerin optimum ısı konfor şartları.

No	Mahal Adı	Kış Tasarım Şartları		Yaz Tasarım Şartları	
		Kuru Termometre	Bağıl Nem	Kuru Termometre	Bağıl Nem
		[°C]	[%]	[°C]	[%]
1	Ofis Alanları	-	-	24	50
2	Koridor/Giriş Holü	-	-	24	50
3	Depo/İslak Hacim	-	-	-	-
4	Mekanik Oda	-	-	-	-
5	Sınıflar	-	-	24	50
6	Konferans Salonu	-	-	24	50
7	Kafeterya	-	-	24	50
8	Yemekhane	-	-	24	50

4.5.2 Yapının gölgeleme elemanı kullanımı öncesi ve sonrası enerji durumu

Bu çalışmada Revit programı aracılığıyla yapının gölgeleme elemanı olmayan mevcut durumu ve gölgeleme elemanı eklenerek bu elemanın açık, yarı kapalı ve

kapalı 3 farklı durumu için soğutma yükü hesabı yapılmıştır. Elde edilen veriler aşağıdaki tabloda belirtilmiştir. Revit Autodesk programı gölgeleme elemanı olmadığı ve sıcaklığın max olduğu yaz döneminde toplam soğutma yükünü 312.215 W, gölgeleme elemanı açık olduğu durumda 300.706 W, gölgeleme elemanı yarı kapalı olduğu durumda 290.968 W, gölgeleme elemanı kapalı olduğu durumda 281.815 W olarak hesaplamıştır.



Şekil 4.18: Revit programı verilerine göre yaz dönemi için sıcaklığın maksimum olduğu durumda, gölgeleme elemanı kapalı olan(kırmızı), yarı kapalı olan(yeşil), kapalı olan(sarı) ve gölgeleme elemanı olmayan (mavi) durumlar için soğutma enerjisini gösteren grafik.

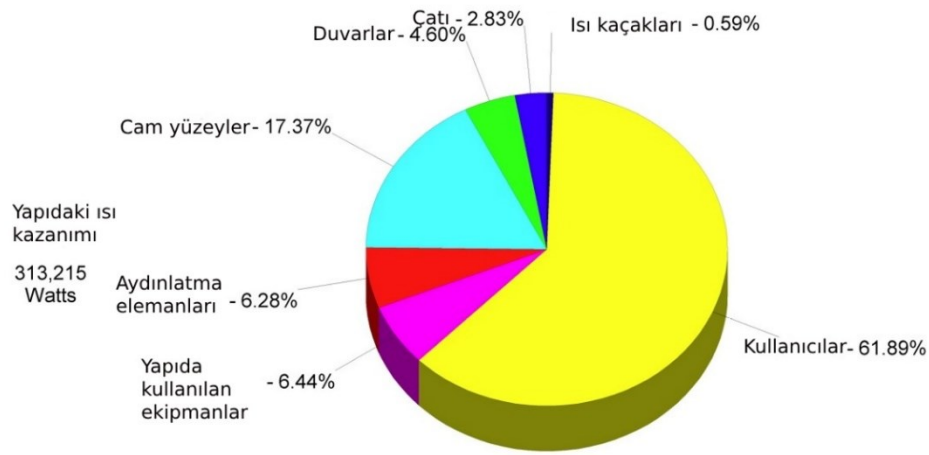
Revit programı 4 farklı durum için veriler oluşturmuştur. Bu 4 durum şunlardır:

Gölgeleme elemanının olmadığı mevcut durum, gölgeleme elemanının tamamen açık olduğu durum, gölgeleme elemanının yarı kapalı olduğu durum ve gölgeleme elemanının tam kapalı olduğu durum şeklindedir.

Şekil 4.18'de mavi çizgi belirtilen grafik gölgeleme elemanı kullanılmadığı durumdaki gerekli soğutma enerjisini ifade etmektedir. Kırmızı çizgi gösterilen grafik gölgeleme elemanı kapalı durumda iken gerekli olan soğutma enerjisini ifade etmektedir. Yeşil çizgi ile belirtilen grafik gölgeleme elemanının yarı kapalı olduğu durumda gerekli olan soğutma enerjisini ifade etmektedir. Sarı çizgi ile belirtilen grafik ise gölgeleme elemanının tamamen açık olduğu durumunu ifade etmektedir.

Yaz döneminde sıcaklığın en yüksek olduğu ve gölgeleme elemanı olmadığı durumda, yapıdaki ısı enerjisi üretiminin dağılımı şöyledir (Şekil 4.19):

Duvarlar %4.6, çatı %2.83, ısı kaçakları %0.59, kullanıcılar %61.89, yapıda kullanılan teknik ekipmanlar %6.44, aydınlatma elemanları %6.28, cam yüzeyler %17.37 ve toplam ısı enerjisi üretimi 312.215 W olarak hesaplanmıştır. Yapı sıcaklığını optimum koşullara getirmek için 312.215 W soğutma enerjisi sağlanmalıdır. Bu soğutma enerjisi miktarını düşürmek için yapının tüm cephelerinde yatay ve düşey yönde hareket eden kinetik gölgeleme elemanı kullanılmıştır.

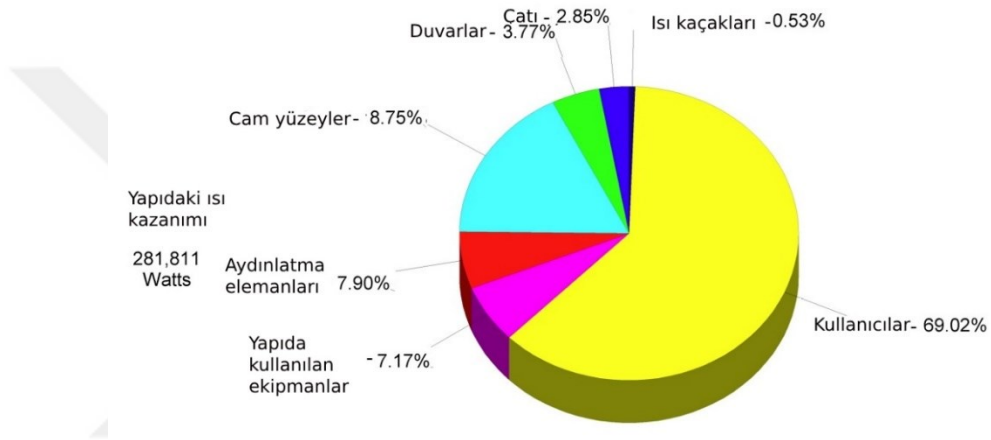


Şekil 4.19: Yaz döneminde yapıda gölgeleme elemanı olmadığı durumda gerekli soğutma enerjisinin oransal dağılımı.

Çizelge 4.3: Yaz döneminde sıcaklığın max olduğu ve gölgeleme elemanı olmadığı durumda Revit programının ürettiği soğutma enerjisi raporu.

Yapının yük tanımları	Isı enerjisi üretimi (W)	Isı enerjisi üretiminin oranı %
Çatı	8,879 W	2,83
Duvar	14,401 W	4,60
Cam	54,412 W	17,37
Aydınlatma	19,659 W	6,28
Ekipmanlar	20,161 W	6,44
Kullanıcılar	193,84 W	61,89
Diğer (Isı kaçakları)	1,862 W	0,59
Toplam	313,215	100

Yaz döneminde sıcaklığın en yüksek olduğu noktada, gölgelendirme elemanının tam kapalı olduğu durumda yapıdaki ısı enerjisi üretiminin dağılımı şöyledir (Şekil 4.20): Duvarlar %3.77, çatı %2.85, ısı kaçakları %0.53, kullanıcılar %69.02, yapıda kullanılan teknik ekipmanlar %7.17, aydınlatma elemanları %7.90, cam yüzeyler %8.75 ve toplam ısı enerjisi üretimi 281.815 W olarak hesaplanmıştır. Gölgeleme elemanının kapalı olduğu durumda ısı enerjisi üretimi azaldığı için gereken soğutma yükü enerjisi en düşük seviyededir.

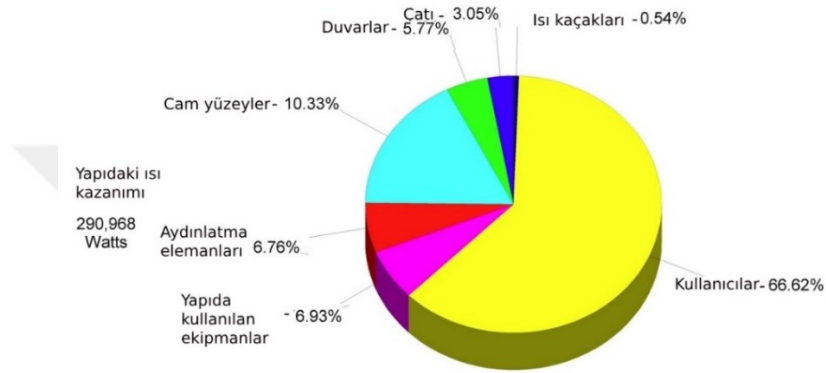


Şekil 4.20: Yaz döneminde yapıda gölgelendirme elemanının tam kapalı olduğu durumda gerekli soğutma enerjisinin oransal dağılımı.

Çizelge 4.4: Yaz döneminde sıcaklığın max. olduğu ve gölgelendirme elemanının tam kapalı olduğu durumda revit programının ürettiği soğutma yükü enerjisi raporu.

Yapının yük tanımları	Isı enerjisi üretimi (W)	Isı enerjisi üretiminin oranı %
Çatı	8,039 W	2.85
Duvar	10,634 W	3.77
Cam	24,663 W	8.75
Aydınlatma	22,256 W	7.90
Ekipmanlar	20,202 W	7.17
Kullanıcılar	194,516 W	69.02
Diğer (Isı kaçakları)	1,500 W	0.53
Toplam	281.811	100

Yaz döneminde sıcaklığın en yüksek olduğu noktada, gölgeleme elemanının yarı kapalı olduğu durumda yapıdaki ısı enerjisi üretiminin dağılımı şöyledir (Şekil 4.21): Duvarlar %5.77, çatı %3.05, ısı kaçakları %0.54, kullanıcılar %66.62, yapıda kullanılan teknik ekipmanlar %6.93, aydınlatma elemanları %6.76, cam yüzeyler %10.33 ve toplam ısı enerjisi üretimi 290.968 W olarak hesaplanmıştır. Gölgeleme elemanının yarı kapalı olduğu durumda gölgeleme elemanının açık olduğu duruma göre soğutma yükü enerjisi daha düşüktür.



Şekil 4.21: Yaz döneminde yapıda gölgeleme elemanının yarı kapalı olduğu durumda gerekli soğutma enerjisinin oransal dağılımı.

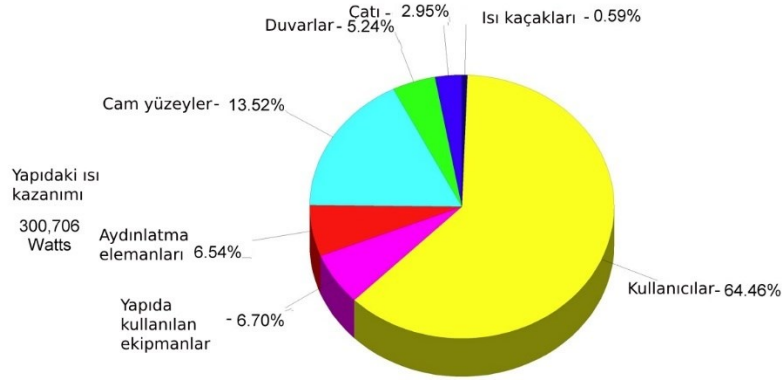
Çizelge 4.5: Yaz döneminde sıcaklığın max olduğu ve gölgeleme elemanının yarı kapalı olduğu durumda Revit programının ürettiği soğutma enerjisi raporu.

Yapının yük tanımları	Isı enerjisi üretimi (W)	Isı enerjisi üretiminin oranı %
Çatı	8,879 W	3.05
Duvar	16,789 W	5.77
Cam	30,069 W	10.33
Aydınlatma	19,659 W	6.76
Ekipmanlar	20,161 W	6.93
Kullanıcılar	193,840W	66.62
Diğer (Isı kaçakları)	1,528 W	0,54
Toplam	290.968	100

Yaz döneminde sıcaklığın en yüksek olduğu noktada, gölgeleme elemanının açık olduğu durumda yapıdaki ısı enerjisi üretiminin dağılımı şöyledir:

Duvarlar %5.24, çatı %2.95, ısı kaçakları %0.59, kullanıcılar %64.46, yapıda kullanılan teknik ekipmanlar %6.93, aydınlatma elemanları %6.76, cam yüzeyler

%13.52 ve toplam ısı enerjisi üretimi 300.706 W olarak hesaplanmıştır. Gölgeleme elemanının açık olduğu durumda soğutma yükü enerjisi gölgeleme elemanı olmayan mevcut duruma göre daha düşüktür.



Şekil 4.22: Yaz döneminde yapıda gölgeleme elemanının açık olduğu durumda gerekli soğutma enerjisinin oransal dağılımı.

Çizelge 4.6: Yaz döneminde sıcaklığın max olduğu ve gölgeleme elemanının açık olduğu durumda Revit programının ürettiği soğutma enerjisi raporu.

Yapının yük tanımları	Isı enerjisi üretimi (W)	Isı enerjisi üretiminin oranı %
Çatı	8,879 W	2.95
Duvar	15,750W	5.24
Cam	40,655 W	13.52
Aydınlatma	19,659 W	6.54
Ekipmanlar	20,161 W	6.70
Kullanıcılar	193,840 W	64.46
Diğer (Isı kaçakları)	1,761W	0.59
Toplam	300,706	100

Bu program aracılığıyla aynı zamanda belirlenen bir mahalin sıcaklığının en yüksek olduğu ay ve saat için Revit programı, enerji raporu üretmektedir. Örneğin; temmuz ve ağustos ayında okul yapısının güney cephesinde zemin kat derslik Z17, saat 9.00'da mevcut durum ve gölgeleme elemanının farklı durumları için gerekli soğutma enerjisi raporlanmıştır.

Bir diğer seçilen derslik ise 1.kat bulunan 101 nolu dersliktir. Sıcaklığın maksimum duruma ulaştığı temmuz ayı saat 18.00'de mevcut durum ve gölgeleme elemanının farklı durumları için gerekli soğutma enerjisi raporlanmıştır.

Çizelge 4.7: Gölgeleme elemanının 4 farklı durumu ve yaz dönemi sıcaklığın max olduğu temmuz ve ağustos ayı saat 9.00 Z17 mahali için Revit programının ürettiği soğutma enerjisi raporu.

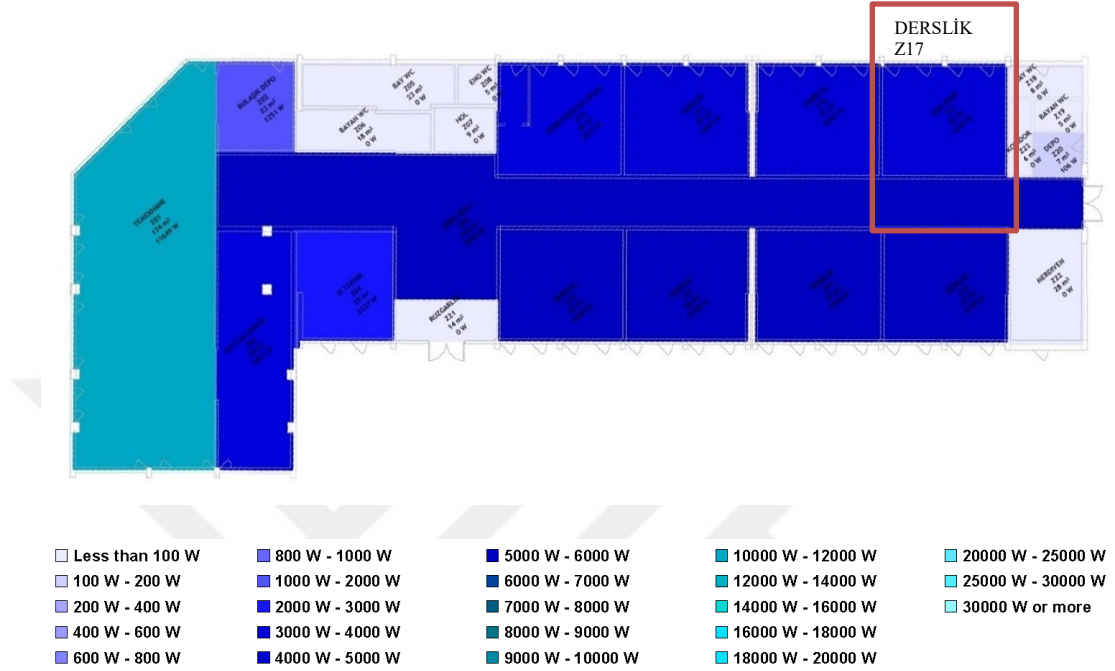
Gölgeleme elemanının olmadığı mevcut durumda (saat-9.00) enerji yükü(W)			Gölgeleme elemanının kapalı olduğu durumda (saat-9.00) enerji yükü(W)		
Saat	Temmuz (W)	Ağustos (W)	Saat	Temmuz(W)	Ağustos(W)
1am	256	237	1am	260	237
2am	194	177	2am	199	178
3am	157	141	3am	161	142
4am	123	107	4am	128	108
5am	94	79	5am	99	80
6am	780	297	6am	292	105
7am	3,705	3,294	7am	2,608	2,424
8am	4,277	3,912	8am	2,978	2,854
9am	4,349	4,002	9am	3,251	3,153
10am	4,011	3,716	10am	3,307	3,236
11am	3,691	3,515	11am	3,313	3,253
12pm	3,621	3,499	12pm	3,407	3,350
1pm	3,616	3,521	1pm	3,475	3,420
2pm	3,626	3,543	2pm	3,527	3,471
3pm	3,610	3,529	3pm	3,541	3,475
4pm	3,700	3,618	4pm	3,653	3,579
5pm	3,791	3,704	5pm	3,778	3,678
6pm	3,739	3,639	6pm	3,838	3,642
7pm	1,399	1,321	7pm	1,480	1,297
8pm	983	932	8pm	986	900
9pm	725	682	9pm	702	646
10pm	558	525	10pm	530	492
11pm	428	401	11pm	411	382
12am	327	304	12am	324	298

Gölgeleme elemanının yarı kapalı olduğu durumda (saat-9.00) enerji yükü(W)			Gölgeleme elemanının açık olduğu durumda (saat-9.00) enerji yükü(W)		
Saat	Temmuz (W)	Ağustos(W)	Saat	Temmuz(W)	Ağustos(W)
1am	228	214	1am	240	224
2am	173	161	2am	182	168
3am	141	129	3am	148	134
4am	112	100	4am	116	103
5am	86	74	5am	89	76
6am	462	188	6am	600	235
7am	3,097	2,848	7am	3,361	3,042
8am	3,594	3,371	8am	3,890	3,606
9am	3,742	3,532	9am	4,006	3,736
10am	3,552	3,371	10am	3,751	3,521
11am	3,334	3,221	11am	3,489	3,349
12pm	3,296	3,216	12pm	3,437	3,339
1pm	3,300	3,240	1pm	3,437	3,362
2pm	3,322	3,269	2pm	3,454	3,388
3pm	3,322	3,271	3pm	3,447	3,383
4pm	3,435	3,384	4pm	3,550	3,485
5pm	3,557	3,503	5pm	3,658	3,590
6pm	3,546	3,485	6pm	3,630	3,552
7pm	1,264	1,214	7pm	1,323	1,260
8pm	878	844	8pm	924	882
9pm	636	608	9pm	675	640
10pm	486	464	10pm	517	491
11pm	375	356	11pm	398	376
12am	288	272	12am	305	286

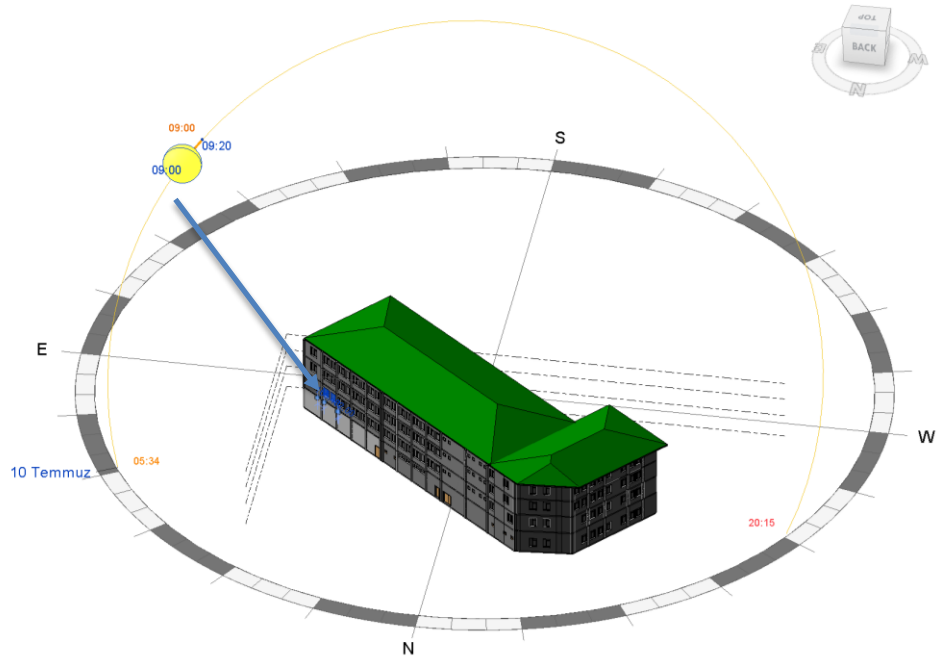
Revit programı Z17 derslik mahali için enerji yüklerinin lejantını da oluşturmaktadır.

Yapıya gelen güneş ışığının saatini ve konumunu Revit programı 3 boyutlu

modelden doğrulama imkânı sunmaktadır. Bu derslik için aynı zamanda sıcaklığın en yüksek olduğu temmuz ayı saat 9.00, güneşin hareketiyle doğrulanmaktadır. Öncelikle dersliğin plandaki konumu belirlenmiştir (Şekil 4.23). Şekil 4.24'te 3 boyutlu model üzerinden cephedeki konumu ve güneşin hareketi gösterilmiştir



Şekil 4.23: Yapının mevcut durumu için zemin kat planındaki Z17 nolu dersliğin konumu.



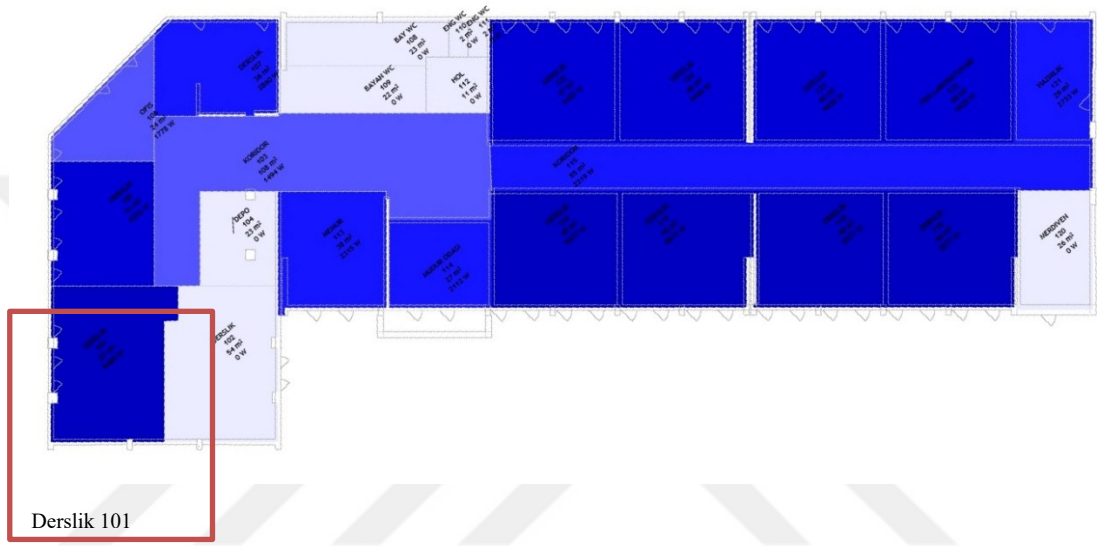
Şekil 4.24: Z17 nolu dersliğin sıcaklığının max. olduğu temmuz ayı saat 9.00 için güneşin konumu ve etkisi.

Çizelge 4.8: Gölgeleme elemanının 4 farklı durumu ve yaz dönemi sıcaklığın max olduğu temmuz ve ağustos ayı saat 18.00 101 nolu derslik mahali için Revit programının ürettiği soğutma enerjisi raporu.

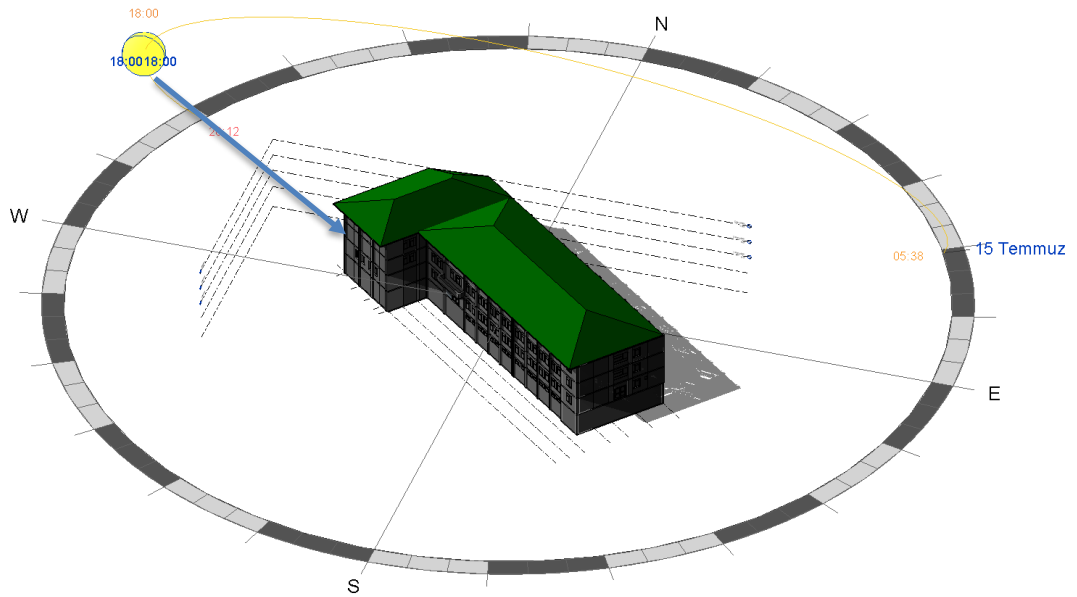
Gölgeleme elemanının olmadığı mevcut durumda (saat-9.00) enerji yükü(W)			Gölgeleme elemanının kapalı olduğu durumda (saat-18.00) enerji yükü(W)		
Saat	Temmuz (W)	Ağustos (W)	Saat (W)	Temmuz (W)	Ağustos
1am	367	332	1am	327	304
2am	290	258	2am	253	231
3am	242	212	3am	206	185
4am	198	169	4am	163	143
5am	160	131	5am	126	105
6am	167	111	6am	225	103
7am	2,932	2,875	7am	3,006	2,874
8am	3,410	3,355	8am	3,457	3,357
9am	3,736	3,685	9am	3,766	3,686
10am	3,801	3,755	10am	3,819	3,759
11am	3,799	3,760	11am	3,810	3,762
12pm	3,923	3,889	12pm	3,926	3,891
1pm	4,056	4,028	1pm	4,052	4,025
2pm	4,201	4,156	2pm	4,160	4,138
3pm	4,453	4,356	3pm	4,226	4,202
4pm	4,948	4,814	4pm	4,412	4,381
5pm	5,403	5,231	5pm	4,595	4,544
6pm	5,489	5,187	6pm	4,645	4,522
7pm	2,309	1,988	7pm	1,815	1,680
8pm	1,485	1,320	8pm	1,236	1,154
9pm	1,017	918	9pm	875	823
10pm	753	690	10pm	662	626
11pm	581	534	11pm	515	487
12am	457	417	12am	406	381

Gölgeleme elemanının yarı kapalı olduğu durumda (saat-18.00) enerji yükü(W)			Gölgeleme elemanının açık olduğu durumda (saat-18.00) enerji yükü(W)		
Saat	Temmuz (W)	Ağustos (W)	Saat	Temmuz (W)	Ağustos (W)
1am	335	309	1am	349	319
2am	263	239	2am	274	247
3am	218	195	3am	228	202
4am	177	154	4am	186	160
5am	141	118	5am	149	124
6am	132	94	6am	147	101
7am	2,873	2,832	7am	2,899	2,850
8am	3,331	3,290	8am	3,365	3,318
9am	3,639	3,601	9am	3,681	3,637
10am	3,688	3,653	10am	3,737	3,697
11am	3,669	3,639	11am	3,725	3,692
12pm	3,777	3,755	12pm	3,840	3,814
1pm	3,901	3,885	1pm	3,968	3,947
2pm	4,030	4,006	2pm	4,104	4,071
3pm	4,214	4,157	3pm	4,318	4,244
4pm	4,601	4,521	4pm	4,752	4,648
5pm	4,967	4,864	5pm	5,156	5,024
6pm	5,047	4,862	6pm	5,239	5,003
7pm	2,055	1,846	7pm	2,166	1,908
8pm	1,352	1,228	8pm	1,410	1,268
9pm	927	854	9pm	966	882
10pm	688	642	10pm	716	662
11pm	532	497	11pm	553	513
12am	417	387	12am	434	400

Revit programı 101 nolu derslik mahali için enerji yüklerinin lejantını oluşturmaktadır. Yapıya gelen güneş ışığının saatini ve konumunu Revit programı 3 boyutlu okul binasının modelinden doğrulama imkânı sunmaktadır. Bu derslik için aynı zamanda sıcaklığın en yüksek olduğu temmuz ayı saat 18.00, güneşin hareketiyle doğrulanmaktadır. Öncelikle dersliğin plandaki konumu Şekil 4.25'te gösterilmiştir. Şekil 4.26' da ise 3 boyutlu model üzerinden dersliğin cephedeki konumu ve güneşin hareketi gösterilmiştir.

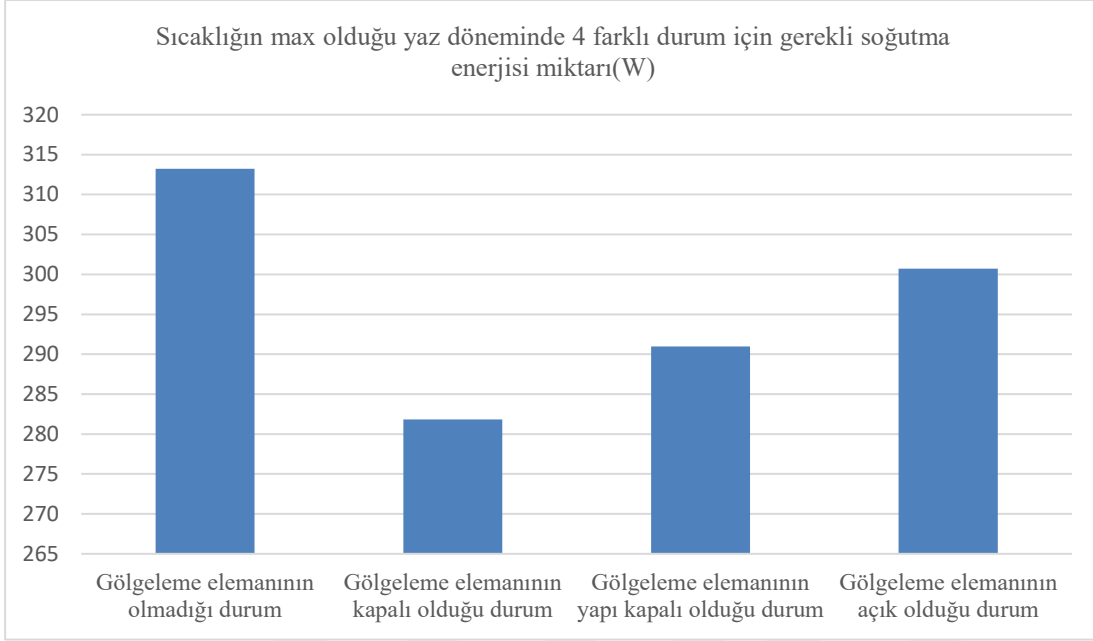


Şekil 4.25: Yapının mevcut durumu için birinci kat planındaki 101 nolu dersliğin konumu.



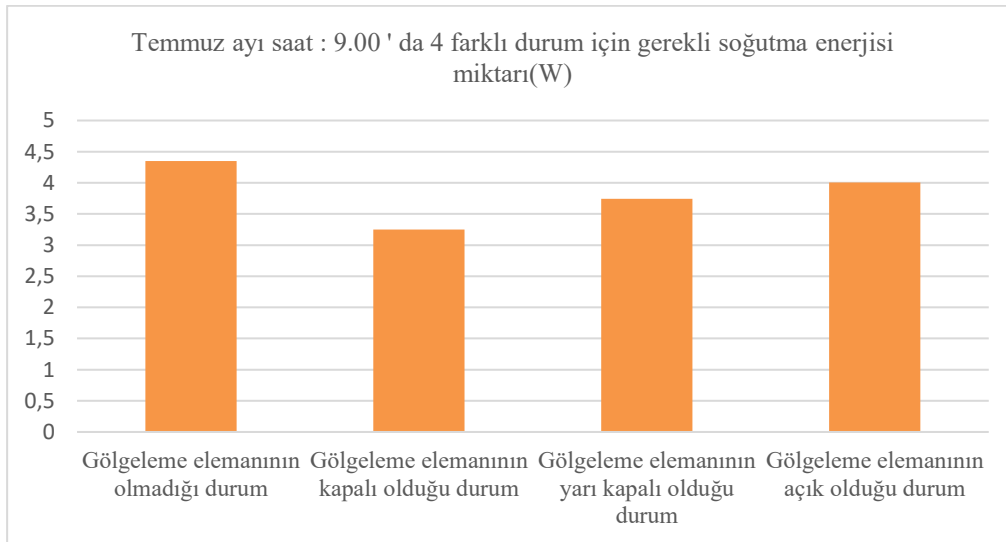
Şekil 4.26: 101 nolu derslik için sıcaklığının max. olduğu temmuz ayı saat 18.00' da güneşin konumu ve etkisi

Seçilen eēitim yapısında sıcaklıēın max olduēu yaz döneminde 4 farklı durum için gerekli soēutma enerjisi miktarı Şekil 4.27’ te gösterilmiştir. Bu grafikteki verilere göre gölgeleme elemanı olmayan mevcut durum ile gölgeleme elemanının kapalı olduēu durum arasında ciddi bir fark görülmektedir.



Şekil 4.27: Yapıda 4 farklı durum için soēutma enerji yükü durumu.

Ele alınan derslik Z17 mahali için ise izelge 4.8’ den gelen veriler doērultusunda 4 farklı durum için elde edilen grafik Şekil 4.28’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.28: Gölgeleme elemanının 4 farklı durumu için, Z17 mahalindeki soēutma enerjisinin yükü durumu.

5. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Bu çalışmada dünya üzerinde çeşitli ülkelerden kinetik cephe sistemlerine sahip eğitim yapı örnekleri ele alınarak değerlendirilmiştir. Bu örnekler ele alınırken cephede kinetik elemanın kullanım amacı, konumu ve kullanılan malzeme incelenmiştir. Seçilen yapılardaki kinetik gölgeleme elemanlarında perfore metal, ahşap kontrplak, pişmiş toprak tuğla, cam gibi çeşitli malzemeler kullanılmıştır. Kolay şekil alması ve hafifliği sebebiyle perfore metal daha fazla tercih edilmiştir. Seçilen eğitim yapılarında kinetik elemanın konumu ve hareket yönü ise yapının bulunduğu lokasyonun iklimsel verileriyle ilişkili olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada mevcut bir ilkokul yapısına kinetik gölgeleme elemanı eklenerek, Autodesk Revit programı ile enerji analizi yapılmıştır. Revit programında enerji analizi yapılırken Green Building Studio ve Insight 360 eklentileri kullanılmıştır. Bu program lokasyon seçimi sonrası iklimsel verileri grafikler ile birlikte sağlamaktadır. Bu veriler ile programın çıkardığı enerji analizi raporu, tasarımcılara bina yönelimini, enerji gereksinimi için gerekli parametreleri analiz etmek amacıyla destek sağlamaktadır. BIM tabanlı Revit programı, bizlere yapının CO2 emisyonunu, rüzgâr gülü diyagramını, yakıt tüketimini, ısıtma ve soğutma yükü çizelgelerini ayrıntılı grafik ve raporlar ile sunmaktadır. Bu program kullanılarak yaz dönemi için gerekli soğutma yükü enerjisi miktarı hesaplanmıştır.

Bu çalışma kapsamında analizi yapılan ilkokul yapısı için Revit programı aracılığıyla raporlar elde edilmiştir. Seçilen ilkokul yapı cephesinin kuzey cephesi hâkim rüzgâra direk maruz kalmaktadır. Bu nedenle rüzgâr hızının fazla olduğu dönemde kinetik eleman yatay konumlanıp, düşey yönde kayarak ve katlanarak kapanma hareketi yapmaktadır. Yapının güney cephesinde ise yaz döneminde güneşten fazla etkileneceği için yatay yönde konumlanan, düşey yönde kayarak ve katlanarak kapanma hareketi yapan kinetik gölgeleme elemanı tercih edilmiştir. Sıcaklığın maksimum duruma ulaştığı yaz dönemi ele alınarak yapının gölgeleme elemanı olmayan mevcut durumu, gölgeleme elemanının açık, yarı açık ve kapalı olduğu durumlar karşılaştırılmıştır. Revit programı, Güneş hareketini referans alarak 4 farklı durum için yapının cephelerindeki soğutma yüklerini raporlamıştır. Çatı, duvar, cam, aydınlatma, ekipmanlar ve kullanıcıların yapıda ürettiği ısı enerjisi yüklerini oransal bazda çıkarmıştır. Bu verilere göre Ankara için en yüksek sıcaklığa ulaşılan temmuz

ve ağustos aylarındaki ısı kazanımını azaltmak için kinetik gölgeleme elemanı kullanılmıştır. Kinetik gölgeleme elemanı olmadığı mevcut durumda yapıyı soğutmak için gerekli ısı enerjisi üretimi 313.215W olarak hesaplanmıştır. Gölgeleme elemanının yarı kapalı olduğu durumda 290.968W olarak hesaplanmıştır. Gölgeleme elemanının tam kapalı olduğu durumda 281.811W, gölgeleme elemanının açık olduğu durumda ise 300.706W olarak hesaplanmıştır. Toplam enerji yükü olarak gölgeleme elemanının kapalı olduğu en alt değer 281.811W ve gölgeleme elemanının olmadığı mevcut durumda en üst değer 313.215W arasında 31.404 W bir kazanım görülmektedir. Seçilen kuzey cephedeki Z17 mahali için gölgeleme elemanı olmayan mevcut durum için en yüksek soğutma enerjisi 4.349W, en düşük soğutma enerjisi miktarı ise 3.251W olarak hesaplanmıştır. Diğer seçilen derslik ise güney cephede bulunan 1.kat 101 nolu dersliktir. Bu dersliğin yaz dönemi saat 18.00' de gölgeleme elemanı olmayan mevcut durum için en yüksek soğutma enerjisi miktarı 5.489W, gölgeleme elemanının kapalı olduğu en düşük soğutma enerjisi miktarı ise 4.645W olarak hesaplanmıştır.

Revit programı, seçilen bir mahalin sıcaklığının en yüksek olduğu saati hesaplamakta ve güneş hareketini gösteren diyagram ile güneşin cepheye geliş açısının kontrolünü tarih ve saat bazında sağlamaktadır. Kinetik gölgeleme elemanı doğu ve batı cephesinde düşey yönde konumlanarak yatay yönde kayarak kapanma hareketi yapmaktadır. Gölgeleme elemanı kullanılmadığı durumda kayarak ve katlanarak hareket ettiği için görüşü kısıtlamamaktadır. Malzeme olarak perfore metal malzemesi tercih edilmiştir. Bu malzeme boşluklu yapısı ile hava akımını ve ışık geçirgenliğini sağlayabilmektedir.

Bu çalışmada Revit programı seçilmesinin diğer önemli amacı ise tasarımcılara kinetik gölgeleme elemanı tasarımı yaparken aynı zamanda yapıda bulunan tüm kinetik elemanlara bir kimlik numarası atayarak kinetik elemanın adetini, boyutlarını kolayca raporlayabilmektedir. Bu da çalışmada kullanılan Revit programı ile bazı tasarım kararları öncesi ön hesap ve planlama olanağı sağlamaktadır.

Bu çalışma, bir tasarımcıya, enerji korunumu kavramını ele alarak yapıya yapacağı müdahaleler öncesinde simülasyon programlarıyla bazı hesaplamalar elde edebileceğini göstermiştir. Bu hesaplamalar ve raporlar ile yapıda enerji tüketimini azaltmak mümkün olmaktadır. Bu çalışma sonucunda enerji kaynaklarının günden

güne tükendiği dünyada bu gibi programların kullanılmasıyla birlikte mimari yapılarda enerji korunumunun gittikçe artması hedeflenmektedir.





KAYNAKLAR

- Adın, M. S., & Yağmur, Ş. (2021). Yükseköğretim kurumları dersliklerinde fiziksel konfor koşullarının değerlendirilmesi ve öğrenci memnuniyeti açısından sorgulanma. ABMYO Dergisi.
- Alkhayyat, J. M. (2013). Design strategy for adaptive kinetic patterns: creating a generative design for dynamic solar shading systems. Manchester: University of Salford.
- Anaç, M. (2019). Cephe Gölgeleme Elemanlarının Isıtma ve Soğutma Yükleri Üzerine Etkisi. Konya Teknik Üniversitesi.
- Arpacıoğlu, Ü. (2012, kasım). Mekânsal Kalite ve Konfor için Önemli bir Faktör: Günişiğı. MİMARLIK.
- Çakır, Z. K. (2021). Kinetik Mimarlık Kapsamında Dinamik Cephe Sistemlerinin İncelenmesi.
- Erçin, Ç. (2005). Mimarlıkta İklim Faktörü ve Bu Faktöre Bağlı Olarak Konut Alanlarında Fiziksel Yerleşme Yoğunluğunun Belirlenmesi İçin İlkeler. Lefkoşa.
- EVÇED. (2024). <https://www.enerji.gov.tr/>. [https://enerjiverimlilik.enerji.gov.tr/template/dist/pdf/2022%20y%C4%B1%C4%B1%20bina%20sekt%C3%B6r%C3%BC%20k%C4%B1yaslama%20%C3%A7al%C4%B1%C5%9Fmas%C4%B1%20y%C3%B6netim_240112_144144.pdf](https://www.enerji.gov.tr/:https://enerjiverimlilik.enerji.gov.tr/template/dist/pdf/2022%20y%C4%B1%C4%B1%20bina%20sekt%C3%B6r%C3%BC%20k%C4%B1yaslama%20%C3%A7al%C4%B1%C5%9Fmas%C4%B1%20y%C3%B6netim_240112_144144.pdf) adresinden alındı
- Fouad, S. M.-H. (2012). Design Methodology:Kinetic Architecture. Alexandria University.
- Fox, M. (2002). Intelligent Kinetic Systems in Architecture. Massachusetts Institute of Technology.
- Hong, T., Selkowitz, S., & Yazdanian, M. (2009). Assessment of Energy Impact of Window Technologies for Commercial Buildings. KALİFORNİYA: Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory.
- İnan, N. (2014). Kinetik Yapı Tasarımında İşlevsel Esneklik ve Entegre Sistemlerin Kullanım Önerisi.
- İsmailoğlu, S., & Zorlu, T. (2018). İlk Kademe Eğitim Yapıları Dersliklerinde Fiziksel Konfor: Rize İli. . Dicle Üniversitesi 1. Uluslararası Mimarlık Sempozyumu, (s. 321). DİYARBAKIR.
- Iwaro, J., & Mwasha, A. (2013). The Impact of Sustainable Building Envelope Design on Building Sustainability Using Integrated Performance Model. International Journal of Sustainable Built Environment.
- Korkmaz, K. (2009). Kinetik Mimarlık Üzerine. arredamento mimarlık.
- Lechner, N. (2015). Heating,Cooling,Lighting. Kanada.
- Leslie, J. (2020). Designing dynamic building enclosures with wind-driven kinetic façade systems.
- Maden, F. (2019). The Architecture Of Movement:Transformable Structures And Spaces .

- Nashaat, B., & Wassef, A. (2018). Kinetic Architecture: Concepts, History and Applications.
- O'Conner, J., Lee, E. S., Rubinstein, F. M., & Selkowitz, S. E. (1997). Tips for Daylighting with Windows: The Integrated Approach. Berkeley lab.
- Olgyay, A., & Olgyay, V. (1957). Solar Control & Shading Devices. New Jersey: Princeton University Press.
- Piano, R. (2014). Renzo Piano Building Workshop Piece by Piece.
- Salah, F., & Kayılı, M. T. (2022). Responsive Kinetic Façade Strategy And Determination of The Effect On Solar Heat Gain Using Parametric Bim-Based Energy Simulation. Journal of Green Building.
- Sharaidin, K. (2014). Kinetic Facades::Towards design for Environmental Performance. RMIT University.
- Soysal, S. (2008). Konut Binalarında Tasarım Parametreleri İle Enerji Tüketimi İlişkisi. Ankara: Gazi Üniversitesi.
- Stack, A., & Goulding, J. (-). Shading Systems Solar Shading for the European Climates. Energie.
- Tarakçı, F. (2019). Kafes Tipi Çelik Kule Yapılarının Rüzgar Etkisindeki Davranışlarının İncelenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Uddin, M. (2019). Geometry, Pattern, Kinetics: Beginning Studio Pedagogy from 2D to 3D. USA: SHS Web of Conferences.
- Waseef, A., & Nashaat, B. (2017). Towards A New Classification For Responsive Kinetic Facades. Saudi Arabia: Memaryat International Conference "MIC 2017".
- Yaşa, A. (2010). Mimaride Kinetik Sistemler Ve Performansa Dayalı Tasarım Önerileri. İstanbul.
- Zoroğlu, F. (2017). Alışveriş Merkezlerinin Isıl Konfor Ve Enerji Tüketimi Açısından Değerlendirilmesi. İstanbul.
- Zuk, W., & Clark, R. (1970). Kinetic Architecture.

İnternet kaynakları

- Url-01. (2022, haziran). insapedia. insapedia: <https://insapedia.com/villa-girasole-gunese-gore-donen-villa/> adresinden alındı
- Url-02. (2022). Archdaily. Archdaily: <https://www.archdaily.com/162101/ad-classics-institut-du-monde-arabe-jean-nouvel> adresinden alındı
- Url-03. (2024, Eylül). <https://www.centrepompidou.fr/en/ressources/oeuvre/cAnXAgq> adresinden alındı
- Url-04. (2024, mayıs 29). wikipedia. wikipedia: wikipedia adresinden alındı
- Url-05. (2024, Ağustos). <https://kampbros.com/cadir-nedir-cadir-ne-zaman-ortaya-cikmistir/> adresinden alındı
- Url-06. (2024, Ağustos). <https://dunyalilar.org/catalhoyuk-ile-tanisin-tarihin-ilk-sehri.html/> adresinden alındı
- Url-07. (2024, Eylül). Arkeofil. Arkeofil: <https://arkeofili.com/turkiyede-gorulmesi-gereken-50-arkeolojik-yapi/> adresinden alındı

- Url-08. (2024, Eylül). <https://ronesansmimarisi.wordpress.com/2020/11/13/avrupada-ronesans-mimarilerinin-gotik-ve-barok-mimarileri-ile-cati-ve-cephe-sistemleri-acisindan-karsilastirilmesi/> adresinden alındı
- Url-09. (2024, Eylül). wikipedia. wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/The_Crystal_Palace adresinden alındı
- Url-10. (2024, Eylül). <https://www.egeyapi.com/en/blog/trend/eklektik-mimari-nedir-ozellikleri-nelerdir> adresinden alındı
- Url-11. (2024, Eylül). <http://www.kadikoy.gov.tr/haydarpasa-gari-ilcemiz> adresinden alındı
- Url-12. (2024, Eylül). https://www.yapikatalogu.com/blog/modern-mimarlik-ve-cagdas-mimarlik-minimalist-tasarim-ornekleri_494 adresinden alındı
- Url-13. (2024, Eylül). <https://www.ekoyapidergisi.org/mimaride-kinetik-cepheler> adresinden alındı
- Url-14. (2024, haziran). SlideShare. <https://www.slideshare.net/slideshow/usa-pavillion-expo-67-240322616/240322616> adresinden alındı
- Url-15. (2024, haziran). Architizer. Architizer: <https://architizer.com/blog/inspiration/collections/kinetic-buildings-environmental-control/> adresinden alındı
- Url-16. (2024, haziran). Parametric Architecture. Parametric Architecture: <https://parametric-architecture.com/city-of-hope-northeast-parking-structures-kinetic-facade-represents-sustainability-and-visitor-safety/> adresinden alındı
- Url-17. (2022, haziran). wikipedia. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Nem#:~:text=Nem%2C%20havada%20bulunan%20su%20buhar%C4%B1na,Gram%2Fmetrek%C3%BCp%20olarak%20verilir.> adresinden alındı
- Url-18. (2022, haziran). Archdaily. Archdaily: https://www.archdaily.com/69219/uap-ned-kahn-to-create-kinetic-artwork-for-brisbane-airport?ad_medium=gallery adresinden alındı
- Url-19. (2024, mayıs). Archdaily. Archdaily: <https://www.archdaily.com/590576/sdu-campus-kolding-henning-larsen-architects> adresinden alındı
- Url-20. (2022, HAZİRAN). <https://studyres.com/doc/8912298/kinetica-a-playful-way-through-the-world-of-moving-facade...> adresinden alındı
- Url-21. (2022, haziran). Archdaily. Archdaily: <https://www.archdaily.com/287863/m9-c-building-bp-architectures> adresinden alındı
- Url-22. (2022, Haziran). archdaily. archdaily: <https://www.archdaily.com/783708/itri-central-taiwan-innovation-campus-exterior-design-noiz-architects> adresinden alındı
- Url-23. (2022, haziran). Architizer: <https://architizer.com/blog/projects/rmit-design-hub/> adresinden alındı
- Url-24. (2022, Haziran). Archello. Archello: <https://archello.com/project/rmit-design-hub> adresinden alındı
- Url-25. (2022, HAZİRAN). <https://www.heraldsun.com.au/news/victoria/rmit-design-hub-proves-a-danger-as-glass-discs-fall-to-ground/news-story/d368dda9cca47718d8f088fad808ff61> adresinden alındı
- Url-26. (2022, HAZİRAN). <https://www.architectural-review.com/places/australia/rmit-design-hub-by-sean-godsell-architects-melbourne-australia> adresinden alındı

- Url-27. (2024, Eylül). Dezeen. Dezeen: <https://www.dezeen.com/2014/02/24/copper-music-conservatory-paris-cantilevered-studios-basalt-architecture/> adresinden alındı
- Url-28. (2024, Eylül). inhabitgroup. inhabitgroup: <https://inhabitgroup.com/project/university-of-western-australia-ezone-student-hub/> adresinden alındı
- Url-29. (2024, Eylül). <https://www.ltarkitekter.dk/kilen-en-0> adresinden alındı
- Url-30. (2024, Eylül). <https://www.miesarch.com/work/888> adresinden alındı
- Url-31. (2024, Eylül). <https://kirk.studio/projects/advanced-engineering-building-uq> adresinden alındı
- Url-32. (2024, ağustos 16). Archdaily. Archdaily: https://www.archdaily.com/590111/technological-park-of-coruna-university-c-i-c-a-angel-rico-painceiras-y-manuel-vazquez-muino?ad_medium=gallery adresinden alındı
- Url-33. (2024, Eylül). Archdaily. Archdaily: https://www.archdaily.com/109736/faculty-of-law-university-of-sydney-fjmt/50074fd728ba0d4148001c6a-faculty-of-law-university-of-sydney-fjmt-image?next_project=no adresinden alındı
- Url-34. (2024, Eylül). <https://www.ekoyapidergisi.org/sydney-universitesi-hukuk-fakultesi-binasi-gun-isiginda-farkli-stratejiler> adresinden alındı
- Url-35. (2024, Eylül). https://aytensabandiriio.meb.k12.tr/06/06/715383/okulumuz_hakkinda.html adresinden alındı
- Url-36. (2013). <https://www.neyiilemeshur.com/ankara/ankara-ilinin-cografyasi-yuzolcumu-nufusu-ve-iklimi-2450.html> adresinden alındı
- Url-37. (2024, Eylül). <https://tr.weatherspark.com/y/97345/Ankara-T%C3%BCrkiye-Ortalama-Hava-Durumu-Y%C4%B1l-Boyunca> adresinden alındı
- Url-38. (2024, Eylül). <https://www.iqsdirectory.com/articles/perforated-metal.html> adresinden alındı

