



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



ÇİFT CİDARLI CEPHE SİSTEMLERİNİN
ENERJİ PERFORMANS ANALİZİ: KONYA
ÖRNEĞİ

Dilan ÇOBAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Aralık-2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Dilan ÇOBAN tarafından hazırlanan “ Çift Cidarlı Cephe Sistemlerinin Enerji Performans Analizi: Konya Örneği ” adlı tez çalışması 29/12/25 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Ebru ERDOĞAN
(Selçuk Üniversitesi)

.....

Danışman

Prof. Dr. Fatih CANAN
(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Üye

Prof. Dr. Bilgehan YILMAZ
(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Dilan ÇOBAN

Tarih:29.12.2025

ÖZET

YÜKSEK LİSANS ÇİFT CİDARLI CEPHE SİSTEMLERİNİN ENERJİ PERFORMANS ANALİZİ: KONYA ÖRNEĞİ

Dilan ÇOBAN

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Fatih CANAN

2025, 130 Sayfa

**Jüri
Prof. Dr. Ebru ERDOĞAN
Prof. Dr. Fatih CANAN
Prof. Dr. Bilgehan YILMAZ**

İklim değişikliğinin tetiklediği enerji krizi; nüfus artışı, kentleşme ve yaşam standartlarının yükselmesine bağlı olarak artan enerji ihtiyacıyla birleşerek, bina sektöründe enerji verimliliğini öncelikli bir konu haline getirmiştir. Bu nedenle, sürdürülebilir ve enerji verimli bina tasarımı günümüz mimarlığında giderek daha belirleyici bir konuma gelirken, enerji kayıplarını en aza indirmeyi ve enerji kullanımını optimize etmeyi hedefleyen yapı kabuğu sistemlerine yönelik araştırmalar, mimarlık disiplininde önemli bir çalışma alanı oluşturmaktadır. Binalarda enerji verimliliğine verilen önemin artmasıyla birlikte enerji verimli cephe tasarımları ön plana çıkmıştır. Yaz ve kış koşullarına bağlı olarak yüksek performans sunabilen, iç ve dış çevre koşulları arasında denge kurabilen bu cephe çözümleri, bina cephelerini çevre dostu ve dinamik yapı elemanlarına dönüştürmektedir. Bu doğrultuda, binalarda tasarım aşamasından itibaren enerji tasarrufunun sağlanması ve enerji performansının artırılması, günümüz mimarlığında temel bir gereklilik haline gelmiştir.

Bu çalışmada, Konya'nın iklim koşulları dikkate alınarak çift cidarlı cephe sistemlerinin enerji verimliliği üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, Konya il sınırları içerisinde yer alan mevcut bir ofis binası seçilmiştir. Seçilen yapı, DesignBuilder simülasyon programı kullanılarak mevcut haliyle modellenmiş ve ısıtma-soğutma yükleri hesaplanmıştır. Ardından, Batı cephesi sağır olan binanın uygun cephelerine (güney, kuzey ve doğu) çift cidarlı cephe sistemi uygulanarak enerji performansı yeniden değerlendirilmiş ve mevcut durum ile karşılaştırılmıştır. Buna ek olarak, 60 cm boşluk genişliğine sahip çift cidarlı cephe sistemine güneş kırıcı elemanlar entegre edilerek yeni simülasyonlar gerçekleştirilmiş ve ısıtma-soğutma yüklerindeki değişimler analiz edilmiştir. Son aşamada, mevcut bina ile çift cidarlı ve güneş kırıcı entegreli cepheye sahip tasarımın ısı yükleri karşılaştırılmıştır.

Çalışma sonucunda, çift cidarlı ve güneş kırıcı içeren sistemin uygulanmasıyla toplam ısı yüklerinde kuzey cephesinde %13, güney cephesinde %7,64 ve doğu cephesinde %12,97 oranında azalma sağlandığı belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, söz konusu sistemin mevsimsel enerji performansını dengeleyerek bina genelinde önemli bir verimlilik artışı sunduğunu ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, Konya ili gibi yarı kurak-soğuk iklim özelliklerine sahip bölgelerde yer alan ve yıllık enerji tüketimi yüksek olan binalarda, enerji verimliliğinin artırılması amacıyla çift cidarlı cephe sistemi uygulamalarının tercih edilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çift Cidarlı Cephe, Enerji Verimliliği, Desingbuilder, Simülasyon, Ofis Binaları

ABSTRACT

MS THESIS

ENERGY PERFORMANCE ANALYSIS OF DOUBLE SHEET FACADE SYSTEMS: KONYA EXAMPLE

Dilan ÇOBAN

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Architecture**

Advisor: Prof. Dr. Fatih CANAN

2025, 130 Pages

**Jury
Prof. Dr. Ebru ERDOĞAN
Prof. Dr. Fatih CANAN
Prof. Dr. Bilgehan YILMAZ**

The energy crisis triggered by climate change, together with the increasing energy demand resulting from population growth, urbanization, and rising living standards, has made energy efficiency a priority issue in the building sector. Accordingly, sustainable and energy-efficient building design has become increasingly decisive in contemporary architecture, while research on building envelope systems aimed at minimizing energy losses and optimizing energy use constitutes an important field of study within the architectural discipline. With the growing emphasis on energy efficiency in buildings, energy-efficient façade designs have gained prominence. These façade solutions, which can deliver high performance under both summer and winter conditions and establish a balance between indoor and outdoor environmental conditions, transform building façades into environmentally friendly and dynamic building components. In this context, ensuring energy savings and improving energy performance from the design stage onward has become a fundamental requirement in contemporary architecture.

In this study, the effects of double-skin façade systems on energy efficiency were evaluated by considering the climatic conditions of Konya. Within this scope, an existing office building located within the boundaries of Konya province was selected. The selected building was modeled in its current state using the DesignBuilder simulation software, and its heating and cooling loads were calculated. Subsequently, a double-skin façade system was applied to the appropriate façades of the building (south, north, and east), while the west façade remained opaque, and the energy performance was re-evaluated and compared with the existing condition. In addition, new simulations were conducted by integrating solar shading devices into the double-skin façade system with a cavity width of 60 cm, and the variations in heating and cooling loads were analyzed. In the final stage, the thermal loads of the existing building were compared with those of the design incorporating a double-skin façade with integrated solar shading devices.

As a result of the study, it was determined that the application of the double-skin façade system with integrated solar shading devices resulted in a reduction in total thermal loads of 13% on the north façade, 7.64% on the south façade, and 12.97% on the east façade. The findings reveal that the proposed system provides a significant increase in overall building efficiency by balancing seasonal energy performance. Accordingly, it is recommended that double-skin façade systems be preferred to enhance energy efficiency in buildings with high annual energy consumption located in regions such as Konya, which exhibit semi-arid and cold climatic characteristics.

Keywords: Double Skin Façade, Energy Efficiency, DesingBuilder, Simulation, Office Buildings

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın şekillenmesinde engin bilgisi, sabrı ve cesaretlendirici rehberliğiyle her adımda yanımda olan kıymetli danışmanım Prof. Dr. Fatih CANAN' a gönülden teşekkür ederim. Hayatımın her döneminde olduğu gibi bu süreçte de sabrıyla, inancıyla ve koşulsuz desteğiyle güç veren canım eşim Cumhur ÇOBAN' a; varlıklarıyla yorgunluğumu unutturan, enerjimi tazeleyen, kalbimin en parlak ışıkları sevgili kızlarım Nehir ÇOBAN ve İdil ÇOBAN' a sonsuz sevgi ve teşekkürler...

Dilan ÇOBAN
KONYA-2025



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1.Çalışmanın Amacı.....	2
1.2. Çalışmanın Kapsamı	3
1.1.Çalışmanın Yöntemi	3
1.4. Literatür Araştırması.....	4
2. ÇİFT CİDARLI CEPHE SİSTEMİ	18
2.1. Çift Cidarlı Cephe Sistemi Tarihsel Gelişimi	22
2.2. Çift Cidarlı Cepheyi Oluşturan Bileşenler	31
2.2.1.Saydam bileşenler	32
2.2.2.Opak bileşenler	35
2.2.3.Taşıyıcı elemanlar	35
2.2.4.Tespit bileşenleri.....	36
2.2.5.Havalandırma boşluğu	36
2.2.6.Güneş kontrol elemanları.....	38
2.2.7.Yürüme yolu	39
2.3.Çift Cidarlı Cephe Sisteminin Sınıflandırılması	40
2.3.1.Havalandırma şekline göre çift cidarlı cepheler	40
2.3.2.Havalandırma koridorunun bölünmesine göre çift cidar cepheler.....	45
2.3.2.1. Çok katlı çift cidarlı cepheler.....	46
2.3.2.2. Koridor tipi çift cidar cepheler.....	48
2.3.2.3. Şaft tipi çift cidarlı cepheler.....	49
2.3.2.4. Kutu tipi çift cidarlı cepheler	51
2.3.3. Hava akımının katmanlar arasındaki geçişine göre sınıflandırılması	54
2.3.3.1. Harici hava perdesine sahip (outdoor air curtain) çift cidarlı cepheler..	54
2.3.3.2. Dahili hava perdesine sahip (indoor air curtain) çift cidarlı cepheler....	55
2.3.3.3. Hava beslemesine sahip (air supply) çift cidarlı cepheler	55
2.3.3.4. Hava tahliyesine sahip (air exhaust) çift cidarlı cepheler	55
2.3.3.5. Tampon bölgesine sahip (buffer zone) çift cidarlı cepheler	55
2.4. Çift cidarlı cephe sistemlerinin tasarım etmenleri	56
2.4.1. Ses.....	56
2.4.2. Isı	58
2.4.3. Doğal Aydınlatma ve Gün Işığı	60
2.4.4. Rüzgâr	61
2.4.5. Yangın.....	63

2.4.6. Estetik	66
2.4.7. Isıl Konfor	68
2.4.8. Maliyet	71
2.5. Çift Cidarlı Cephe Sisteminin Olumlu ve Olumsuz Yönleri	73
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	75
3.1.Çalışmada Kullanılan Binanın Özellikleri ve Tasarım Parametreleri	78
3.2.İklimsel Veriler	86
3.3. DesignBuilder Programı	89
3.4. DesignBuilder Enerji Simülasyonu Kapsamında Kullanılan Veri Girdileri.....	91
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	93
4.1. Yapının Mevcut Durumunun Yıllık Isıl Yükleri	94
4.2. Yapı Cephelerine Çift Cidar Eklenmesiyle Elde Edilen Yıllık Isıl Yükleri	95
4.2.1. Yapının kuzey cephesine çift cidar eklenmesiyle elde edilen yıllık ısıl yükleri	96
4.2.2. Yapının Güney Cephesine Çift Cidar Eklenmesiyle Elde Edilen Yıllık Isıl Yükleri	102
4.2.3. Yapının Doğu Cephesine Çift Cidar Eklenmesiyle Elde Edilen Yıllık Isıl Yükleri	107
4.2.4. Yapının Cephelerine Çift Cidar Eklenmesiyle Elde Edilen Yıllık Isıl Yük Değişimleri.....	112
4.3. Yatay Güneş Kırıcıların Isıtma Ve Soğutma Yüküne Etkisi	113
4.3.1. Kuzey cepheye eklenen yatay güneş kırıcıların ısıtma ve soğutma yüküne etkisi.....	113
4.3.2. Güney cepheye eklenen yatay güneş kırıcıların ısıtma ve soğutma yüküne etkisi.....	115
4.3.3. Doğu cepheye eklenen yatay güneş kırıcıların ısıtma ve soğutma yüküne etkisi.....	116
4.4. Değerlendirme	117
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	120
5.1. Sonuçlar	120
5.2. Öneriler	121
KAYNAKLAR	123

SİMGELER VE KISALTMALAR

ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Derneği)
ÇCC	: Çift cidarlı cephe sistemi
ÇKC	: Çift kabuk cephe sistemi
CO ₂	: Karbondioksit gazı
dB	: Desibel
HVAC	: Heating Ventilation Air Conditioning, cooling (Isıtma, havalandırma, iklimlendirme, soğutma)
Kg/m ³	: Yoğunluk birimi
kWh	: Kilowatt saat
m	: Metre
m ²	:Metrekare
SHGC	: Güneş enerjisi kazanç katsayısı
U	: Isı geçiş katsayısı
W/mK	: Isı iletkenlik hesap değeri

1. GİRİŞ

Dünya genelinde ve ülkemizde, harcanan enerjinin çok büyük bir bölümü ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma gibi temel ihtiyaçlar için harcanmaktadır. Dünya çapında toplam enerji tüketiminin %40'ı inşaat sektörüne ait olduğundan, daha az enerji tüketen binaların tasarlanması giderek bir gereklilik haline gelmiştir (Çetin, 2018). Bir binada en fazla enerji kaybına neden olan yapı elemanları, enerji verimliliği ve performansı açısından büyük önem taşımaktadır (Çetin, 2018). Dünya genelinde artan enerji talebine karşın, yenilenebilir enerji kaynaklarının hızla tükenmesi, tasarımcıları enerji tüketimi bakımından önemli bir rol oynayan bina sektöründe yeni "çevreye duyarlı", "enerji verimli", "ekolojik", "sürdürülebilir" olarak nitelendirilen bina tasarımlarına yönlendirmektedir (İnan ve Başaran, 2012). Bu durum, binaların yaşam döngüleri boyunca daha az enerji harcayacak şekilde tasarlanmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu sebeple, sürdürülebilir ve enerji verimli binalar tasarlama çabası, mimarlıkta giderek daha fazla önem kazanmaktadır (İnan ve Başaran, 2012).

Yapı kabuğunda enerji kontrolünü sağlayan sistemler, binalar için oldukça önemlidir. Bir yapıda en fazla enerji kaybının gerçekleştiği bileşen olan yapı kabuğu, enerji verimliliği ve genel enerji performansı açısından kritik bir öneme sahiptir (Çetin, 2018). Bu doğrultuda yapılan araştırmalar, toplam ısı kaybının yaklaşık %40'ının dış duvarlardan, %30'unun pencerelerden, %17'sinin kapılardan, %7'sinin çatıdan ve %6'sının döşemelerden kaynaklandığını ortaya koymaktadır. Çift cidarlı binalarda enerji denetimini sağlayan sistemler, kış aylarında ısı kayıplarını azaltmaya yardımcı olurken, yaz aylarında ise güneş ışıını kazanımlarını kontrol ederek soğutma yüklerini düşürmeye olanak tanır. Bu sistemler arasında akıllı bina kabukları ve çift cidarlı cephe uygulamaları öne çıkmaktadır (İnan ve Başaran, 2013).

Çift cidarlı cepheler, enerji kontrolünün yanı sıra binalara farklı havalandırma seçenekleri de sağlamaktadır. Yüksek katlı binaların en üst kısımlarında bile, iç cidarda yer alan pencerelerin güvenle açılmasına olanak tanır. Ayrıca, cidarlar arasındaki boşlukta oluşturulan yürüyüş yolları aracılığıyla yapının dış cidar temizliği kolayca yapılabilir. Bu boşluktaki hareketli panjurlar, gelen güneş ışığını kontrol altına alarak bina içindeki konforu korur. Çift cidarlı cepheler, yüksek ilk yatırım maliyetlerine rağmen, yapının ısı kayıplarını belirgin biçimde azaltarak enerji tüketiminin kontrol edilmesine olanak tanır (Çetin, 2018).

Çalışma dört ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde araştırmanın amacı, kapsamı ve yöntemi ortaya konulmuş; ayrıca konuya ilişkin literatür incelemesine yer verilmiştir. İkinci bölümde, gelişmiş cephe sistemlerine dair bilgiler verilerek çift cidarlı cephe sistemleri tanıtılmıştır. Üçüncü bölümde ise, alan çalışmasına ait kabul ve sınırlamalar açıklanmış; çift cidarlı cephe sistemi kullanılarak farklı boşluk genişlikleri denenmiş, ayrıca güneş kontrol elemanları eklenerek U değerlerinde çeşitlendirmeler yapılmıştır. Bu kapsamda, güneş kontrol elemanlarının belirlenmesinde kullanılan kriterler ile birlikte, performans analizlerinin gerçekleştirildiği simülasyon araçlarından bahsedilmiştir. Dördüncü ve son bölümde ise, alan çalışmasına ilişkin genel değerlendirmeler yapılmış, hedeflerden ve gelecekte bu alanda yapılacak araştırmalara yönelik önerilerden söz edilmiştir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışma, Konya iklim koşullarında yer alan ofis binalarında, farklı cephe yönleri ve tasarım parametreleri doğrultusunda çift cidarlı cephe sistemlerinin enerji etkinliğini değerlendirmeyi ve ısıtma-soğutma yüklerinin azaltılmasına yönelik optimum cephe tasarımına katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bunun yanı sıra, Konya'nın yarı kurak-soğuk iklim özellikleri kapsamında uygulanabilir çift cidarlı cephe sistemlerinin bileşenlerine ilişkin bir çerçeve sunularak, bu sistemlerin enerji tasarrufu potansiyelinin ortaya konulması hedeflenmektedir. Ayrıca çalışma, günümüzde pek çok disiplinde önemli bir konu olan enerjinin verimli kullanımı amacıyla, bina cephelerinin çift cidarlı sistemlerle tasarlanmasına ve bu sayede binaların enerji performanslarının iyileştirilmesine odaklanmaktadır. Aynı zamanda, bu çalışma çift cidarlı cephelerin, simülasyon araçları kullanılarak nasıl etkili bir şekilde çözümlenebileceğine dair bir örnek sunmayı amaçlamaktadır.

1.2. Çalışmanın Kapsamı

Bu araştırmada çift cidarlı cephelerin tarihsel olarak ortaya çıkışı ve gelişim aşamaları incelenmiştir. Değerlendirilen uygulama örnekleri doğrultusunda bu cephe türlerine ilişkin genel bir sınıflandırma yapılmıştır. Literatür incelemelerine yer verilmiş ve simülasyon yazılımının bu süreçte nasıl kullanılacağı belirtilmiştir. Kullanılan simülasyon yazılımlarının analiz sonuçları değerlendirilmiş ve hedeflerden bahsedilmiştir.

1.1. Çalışmanın Yöntemi

Bu tez çalışması, nicel araştırma yaklaşımı kapsamında ele alınmış olup, simülasyon tabanlı deneysel araştırma yöntemi kullanılarak yürütülmüştür. Çalışmada, çift cidarlı cephe sistemlerinin bina enerji performansı üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, bina enerji tüketimlerinin hesaplanmasına olanak tanıyan bilgisayar destekli simülasyon yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Araştırma kapsamında, örnek yapı DesignBuilder bina enerji simülasyon yazılımı kullanılarak modellenmiştir. Yapının mevcut durumu referans senaryo olarak kabul edilmiş; farklı çift cidar cephe konfigürasyonları tanımlanarak karşılaştırmalı analizler gerçekleştirilmiştir. Simülasyonlar aracılığıyla yapıya ait yıllık ısıtma ve soğutma enerji tüketimleri hesaplanmıştır.

Bu çalışmada gerçekleştirilen deneyler bilgisayar ortamında yürütülen sanal deneyler şeklinde gerçekleştirilmiştir. Simülasyon tabanlı bu yöntem sayesinde, çift cidar cephe sistemlerine ait farklı tasarım parametrelerinin enerji tüketimi üzerindeki etkileri kontrollü koşullar altında nicel olarak incelenmiştir.

Elde edilen simülasyon sonuçları nicel veriler olarak değerlendirilmiş; çift cidarlı cephe sistemlerinin ısıtma ve soğutma enerji tüketimleri üzerindeki etkileri ile sağladıkları enerji tasarrufu oranları belirlenmiştir. Bulgular, referans senaryo ile karşılaştırılarak analiz edilmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

1.4. Literatür Araştırması

Çetiner (2002), "Çift Cidar Cam Cephelerin Enerji ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım" başlıklı çalışmada, çift cidar cephe sistemlerinin ülkemizde uygulanması durumunda enerji tüketimi ve toplam maliyet açısından sağlanacak etkinliğin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, ülke kaynakları ve bina sahipleri açısından en fazla faydayı sağlayacak enerji verimliliği ve ekonomik açıdan etkili seçeneklerin belirlenmesi ve uygun bileşenlerin seçimi için bir çözüm önerisi geliştirilmiştir.

Saelens (2002), "Energy Performance of Single Storey Multiple Skin Facades" başlıklı çalışmada, tek katlı çift cidar cephe sistemlerinin enerji performansının incelenmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, doğal havalandırma ve mekanik havalandırma sistemlerine sahip çift cidarlı cepheler için deneysel bir analiz yapılmıştır. Çalışma sonuçları, çoklu cidarlı cephe sistemlerinin kullanımıyla bina enerji verimliliğinin belirli ölçüde iyileştirilebileceğini göstermektedir. Ancak, çoğu cephe tipolojisinin yıllık ısıtma ve soğutma enerji gereksinimini aynı anda azaltmada yetersiz kaldığı görülmüştür. Yalnızca farklı tipolojilerin bir arada kullanılması ya da sistem ayarlarının özel koşullara göre değiştirilmesi durumunda, dış gölgeleme elemanına sahip geleneksel yalıtımlı cam birimlerine kıyasla anlamlı bir genel iyileşme sağlanabilmektedir. Bu durum, çoklu cidarlı cephelerin yıl boyunca verimli çalışabilmesi için gelişmiş kontrol mekanizmalarının kaçınılmaz olduğunu ortaya koymaktadır.

Bayram (2003), "Energy Performance of Double Skin Facades In Intelligent Office Buildings: A Case Study In Germany" başlıklı çalışmada, düşük enerji tüketimiyle kullanıcılarına yüksek düzeyde konfor sağlayan, çift katmanlı cephe sistemine sahip bir ofis binası örnek vaka olarak incelenmiştir. Bu tez, söz konusu bina üzerinden yapılan bir inceleme ile, bina enerji sistemlerine entegre edilen çift cephe sistemlerinin işleyiş prensiplerini, avantajlarını ve dezavantajlarını ortaya koymaktadır.

Çetintaş (2004), "Çift Kabuklu Cephelerin Isı Kayıplarının Hesaplanmasında Kullanılabilecek Yeni Bir Yaklaşım" başlıklı çalışmada, çift cidarlı cephelerin ülkemizde uygulanması durumunda enerji tüketimi açısından sağlayacağı avantajlar ele alınmıştır. Çalışma, ülkemizdeki mevcut ofis binalarında enerji verimli cephe yenileme seçenekleri arasında çift cidarlı cephelerin alternatif olarak değerlendirilmesini hedeflemiştir. Sonuç olarak, çift kabuklu cephe sistemlerinin, yeni inşa edilecek yapılar

için uygun bir çözüm olmasının yanı sıra, mevcut binaların enerji verimliliğini artırmaya yönelik yenileme uygulamalarında da etkili bir alternatif sunduğu ortaya konulmuştur.

Tibet (2004), "Çift Kabuk Cephe Sistemleri" adlı çalışmasında, yapı kabuğunun enerji performansına odaklanarak çift cidarlı cephe sistemlerini, bu sistemlerin sınıflandırmalarını ve örnek bina analizlerini kapsamlı bir biçimde ele alınmıştır. Çalışmada, çift cidarlı cephe sistemlerinin enerji verimliliği, doğal havalandırma imkânları ve termal konfor üzerindeki olumlu katkıları vurgulanmakta; bununla birlikte, sistemin yüksek ilk yatırım maliyeti, bakım gereksinimi ve iklimsel koşullara duyarlılığı gibi potansiyel sınırlılıkları da detaylı biçimde incelenmiştir. Çift kabuk cephe sistemlerinin etkinliği; yapının iç ve dış iklim koşulları, havalandırma gereksinimleri ve çevresel bağlamı gibi çok sayıda parametreye bağlı olup, bu sistemlerin tasarım sürecinde bağlamsal verilerin bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Fallahi vd. (2010), "Energy performance assessment of double-skin facade with thermal mass" adlı çalışmasında, mekanik havalandırmalı çift cidarlı cephe sistemlerinin bina enerji performansı üzerindeki etkileri detaylı şekilde incelenmiş ve bu sistemlerin mevsimsel bazda farklı oranlarda enerji tasarrufu sağladığı ortaya konulmuştur. Özellikle yaz mevsiminde %21 ila %26 arasında, kış mevsiminde ise %41 ila %59 arasında değişen oranlarda enerji tasarrufu elde edilebildiği belirtilmiştir.

Gelesz vd. (2015). "Climate-based performance evaluation of double skin facades by building energy modelling in Central Europe" başlıklı çalışmasında, çift cidarlı cephe sistemlerinin, geleneksel çift veya üç camlı cephe sistemlerine kıyasla yaklaşık %7 oranında soğutma yükü tasarrufu sağladığı tespit edilmiştir. Çift cidarlı cephelerin özellikle soğutma gereksiniminin yüksek olduğu iklim bölgelerinde, iç mekânların termal konfor koşullarını daha verimli bir şekilde sağlamaya katkı sunduğunu ve enerji performansını iyileştirme potansiyeline sahip olduğunu ortaya konulmuştur. Ayrıca, bu sistemlerin pasif iklimlendirme stratejileri çerçevesinde değerlendirilmiş, bina enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik önemli bir tasarım aracı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Alberto ve diğerleri (2017), "Parametric study of double skin facades performance in mild climate countries" başlıklı çalışmasında, çift cidar cephe sistemleri, yapının enerji performansını iyileştirmek amacıyla ikincil bir cam tabakanın entegre edilmesiyle oluşturulan sistemin gün ışığı performansı incelenmiştir. Ayrıca

çift cidarlı bir cephenin verimliliği için en önemli unsurun hava akış yolu olduğu vurgulanmıştır (Alberto vd., 2017).

Enerji performansı odaklı çalışmalar, çift cidarlı cephelerin hem ısıtma hem de soğutma yüklerini azaltarak enerji verimliliğini artırabileceğini göstermektedir. Çalışmalarda cephe boşluğu, havalandırma tipi, cam türü ve cephe tasarımı gibi unsurların enerji tüketimi üzerindeki etkileri modellenmiş ve simülasyonlarla desteklenmiştir. Bununla birlikte, ilk yatırım maliyetleri ve bakım ihtiyacı gibi dezavantajlar da dengeli bir şekilde ele alınmıştır. Genel olarak, bu sistemlerin enerji açısından sürdürülebilir yapı tasarımına katkı sunduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Poirazis (2004), "Double Skin Facades for Office Buildings: A Literature Review" başlıklı çalışmada, çift cidarlı cephelerin yüksek performans potansiyeline sahip sistemler olduğu ifade edilmekle birlikte, güneş radyasyonu ve dış hava sıcaklığı gibi dış çevresel koşullara duyarlı yapılar sergilediği belirtilmektedir. Çift cidarlı cephelerin dış ortam koşullarının iç mekân iklimi üzerindeki etkisini artırdığı ve bu nedenle tasarım sürecinde yapının bulunduğu konum ile cephe yöneliminin belirleyici bir rol oynadığı vurgulanmaktadır. Aksi durumda, çift cidarlı cephe sistemlerinin enerji verimliliği ve iç mekân konforu açısından beklenen performansı sağlayamayacağı sonucuna varılmıştır.

Loncour vd. (2005), 'Ventilated double skin façades' başlıklı çalışmada, havalandırılmalı çift cidarlı cephe açıklanmış ve cephe konseptleri sınıflandırılarak örneklerle yer verilmiştir. Belirli bir cephe performansı kanıtlamak yerine seçim çerçevesi oluşturmuştur.

Tatlı (2006), "Çift Kabuk Cephelerin Ekonomik Etkinliğinin Yaşam Dönemi Maliyet Analiziyle İrdelenmesi" başlıklı çalışmada, çift cidarlı cephelerin bina enerji tüketimi ve toplam maliyet üzerindeki etkileri açısından yapıya sağlayabileceği etkinliğin değerlendirilmesine yönelik bir analiz yapılmıştır. Çift kabuk cephe sistemlerinin, ilk yatırım maliyeti açısından yüksek görünmekle birlikte, uzun vadede sağladıkları enerji tasarrufu ve operasyonel verimlilik sayesinde kendini geri ödeyen, sürdürülebilir bir yatırım niteliği olduğu sonucuna varılmıştır.

Ünal (2006), "Çift Kabuk Cephelerin Sistemik Analizi ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi" başlıklı çalışmada, uygulama örnekleri üzerinden en fazla tercih edilen cephe türleri, havalandırma sistemleri ve destekleyici yapı elemanları belirlenmiştir. Boşluk içinin havalandırmasının kontrol edilebildiği kutu tipi, koridor

tipi ve çok katlı çift kabuklu cephe tiplerinin olduğu uygulamaların daha çok tercih edildiği sonucuna varılmıştır.

Lakot (2007), "Ekolojik ve Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Enerji Etkin Çift Kabuklu Bina Cephe Tasarımlarının Günümüz Mimarisindeki Yeri ve Performansı Üzerine Analiz Çalışması" başlıklı çalışmada, literatür incelemesi yapılarak enerji etkinliğini esas alan tasarım yaklaşımına odaklanılmış ve mimari tasarım ile uygulamalarda değerlendirilebilecek pasif ve aktif güneş enerji sistemleri ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

Ayçam (2011), "Enerji etkin ofis binalarında gelişmiş cephe sistemlerinin incelenmesi" başlıklı çalışmada, enerji etkin ofis binalarına yönelik cephe sistemleri değerlendirilmiş olup, çift cidarlı cephe sistemlerinin tasarımı, doğal havalandırma olanakları ve enerji üreten entegre çözümler olarak kullanım potansiyeline ilişkin tasarımcılara önemli çıkarımlar sunulmuştur.

Shameri ve diğerleri (2011), "Perspectives of Double Skin Façade Systems in Buildings and Energy Saving" başlıklı çalışmada, çeşitli iklim ve bölgelerde çift cidarlı cephe sistemlerinin genel özellikleri ve avantajları ele alınmıştır.

Castrillón (2015), "Double Skin Façades, Technology and Innovation in Architecture: Learning from 20 years of experience in Germany." başlıklı çalışmada, 1990'lı yıllardan itibaren Almanya'da çift cidarlı cephe uygulamalarının yaygınlaşmasını destekleyen teknik altyapılar ile toplumsal dinamiklerin bütüncül bir şekilde nasıl şekillendiği incelenmiştir. Analiz sürecinde, patent dokümanları, endüstri katalogları, güncel bilimsel literatür ve yapıların sonradan yapılan performans değerlendirmelerine dayalı mevcut kaynaklar temel alınmıştır.

Kıasf (2015), "Enerji etkin çift kabuk cephe sistemlerinin İstanbul'a uygunluğunun analizi" başlıklı çalışmada, çift cidarlı cephe sistemleri kapsamlı biçimde analiz edilmiş ve bu sistemin bölgesel koşullara uyumu hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

Jiru ve diğerleri (2011), "Airflow and heat transfer in double skin facades" başlıklı çalışmada, Çift cidarlı cephe sistemleri, iki cam yüzey arasında yer alan ve bu iki yüzeyin arasında bir hava boşluğu barındıran yapı kabuğu sistemleri olarak tanımlanmaktadır. Bu ara boşluk içerisine güneş kontrol elemanları entegre edilmiştir. Havalandırmalı bu ara boşluk, termal bir tampon bölge işlevi görmektedir; soğutma dönemlerinde istenmeyen ısı kazançlarının, ısıtma dönemlerinde ise ısı kayıplarının azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca, bu sistemler güneş kaynaklı kamaşma

problemini denetlenebilir bir düzeye indirgemekte ve doğal gün ışığından en üst düzeyde yararlanılmasına olanak tanımaktadır.

İnan ve Başaran (2013), "Çift Cidarlı Cephelelerdeki Etkin Mimari Tasarım Kararları" başlıklı çalışmada, mimari tasarım sürecinde alınması gereken önemli tasarım kararları ve bu sistemlerin enerji performansını etkileyen belirleyici parametreler incelenmiştir.

Sanchez vd. (2016), "Influence of natural ventilation due to buoyancy and heat transfer in the energy efficiency of a double skin facade building" başlıklı çalışmada, çift cidarlı cephe sistemlerinde yer alan hava boşluğu dikkate alınmış ve bu sistemlerin tek cidarlı cephelerle karşılaştırılarak termal performans ve enerji verimliliği açısından sergiledikleri davranışlar analiz edilmiştir. Açık ve kapalı menfez durumları ile güneş radyasyonu etkisi göz önünde bulundurularak, farklı boşluk genişliklerinin kış ve yaz mevsimlerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla, hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımı kullanılarak sadeleştirilmiş bir model oluşturulmuş ve simülasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, kış koşullarında kapalı menfez uygulamalarının her zaman daha verimli olduğu ve doğal havalandırmanın bu mevsimsel koşullarda enerji performansına olumlu bir katkı sağlamadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Bakkal (2019), "Eğitim binalarında çift kabuk cephe sistemleri kullanımlarına bağlı enerji etkin iyileştirme önerileri" başlıklı çalışmada, çift cidarlı cephe sistemine yönelik önerilerin binanın ısıtma enerjisi tüketimini azaltmada etkili olduğu, ancak aynı zamanda soğutma enerjisi ihtiyacında artışa neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, çift cidarlı cephe uygulamalarının bina aydınlatma yüklerini artırdığı da vurgulanmıştır. Bina kabuğunun enerji verimliliğini artırmak amacıyla, ileri teknolojiye dayalı ve modern çözümlerle farklı çift cidarlı cepheye ilişkin senaryolar geliştirilmiş; bu geliştirilen senaryoların ısıtma yükü, soğutma yükü, aydınlatma yükü ve yıllık enerji tüketimleri hesaplanmıştır. Hesaplanan sonuçlar karşılaştırılmış ve en verimli çift cidarlı cephe senaryosu belirlenmiştir.

Ascione ve diğerleri (2021), "The Evolution of Building Energy Retrofit via Double-Skin and Responsive Façades: A Review" başlıklı çalışmada, çift cidarlı cephe sistemleri incelenmiş ve bina zarfı iyileştirmeleri için bu sistemlerin kullanımının önerildiği vurgulanmıştır.

Alqaed (2022), "Effect of annual solar radiation on simple façade, double-skin facade and double-skin facade filled with phase change materials for saving energy"

başlıklı çalışmada, Suudi Arabistan'ın farklı iklim bölgelerinde yer alan yüksek katlı ofis yapılarında enerji verimliliğinin artırılması amacıyla, basit cephe sistemleri, çift cidarlı cepheler ve çift cidarlar arasında faz değiştiren malzeme entegre edilmiş cephe örneklerinin performansları karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Çalışmada, özellikle soğuk iklim bölgelerinde faz değiştiren malzeme kullanılan sistemlerin, tropik iklim bölgelerine kıyasla daha sınırlı düzeyde etki sağladığı vurgulanmıştır.

Jankovic vd. (2022), "Control of heat transfer in single-storey mechanically ventilated double skin facades" adlı çalışmada, çift cidarlı cephe sistemlerinin performansını belirlemede mekanik havalandırma ile gölgeleme elemanı olarak kullanılan jaluziler arasındaki etkileşim incelenmiştir. Araştırma sonucunda, havalandırma debisi ile hava akış hızının sistemin genel performansı üzerinde belirleyici nitelikteki temel parametreler olduğu ifade edilmiştir.

Çetin (2018), "Bir ofis binasının enerji yüklerinin çift kabuklu cephe sistemi ve güneş kırıcılar ile azaltılması" başlıklı çalışmada, tek cidarlı giydirme cephe sistemine sahip ofis binasına cephe ve güneş kırıcılar eklenerek enerji yükleri hesaplanmış ve simülasyon oluşturularak ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Ün (2025), "Çift kabuk cephe kuruluşlarının ısıtma – soğutma yükleri bağlamında incelenmesi" başlıklı çalışmada, çift kabuk sistemlerin ısıtma ve soğutma yükleri etkisini incelemiştir. Boşluk genişliği, cam türü, cephe yönlenmesi ve havalandırma stratejilerinin uygun biçimde bir araya getirilmesiyle, ofis binalarında enerji tüketiminin yaklaşık yarı oranında azaltılabileceğini ortaya koymuştur.

Srisamranrungruang ve Hiyama (2020), "Balancing of natural ventilation, daylight, thermal effect for a building with double-skin perforated facade" başlıklı çalışmada, farklı mevsimsel koşullar altında çift cidarlı cephe sistemlerinin gün ışığı performansı, çeşitli simülasyon yazılımları kullanılarak analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda, özellikle sonbahar aylarında doğal havalandırma ve gün ışığı performansının en uygun düzeyde sağlandığı belirlenmiştir.

Lucchino ve diğerleri (2022), "Modelling and validation of a single-storey flexible double-skin façade system with a building energy simulation tool" başlıklı çalışmada, eş zamanlı simülasyona başvurmayla gerek kalmadan bina enerjisi simülasyonu için mevcut yazılım araçlarını kullanarak esnek çift cidarlı bir cephe sistemini simüle etmenin olanakları ve zorlukları açıklanmaktadır. Tek katlı var olan bir bina ile simülasyonu arasındaki bina enerji farkı değerlendirilmiştir.

Yüksel ve Ekici (2022), '' Boşluk Genişliğinin Çift Kabuk Cephelerin Enerji Performansına Etkisi'' başlıklı çalışmada, tek cidarlı cephe sistemine sahip bir yapının ısıtma ve soğutma enerji yüklerinin, cephe sisteminin çift cidarlı bir yapıya dönüştürülmesi durumunda nasıl değişeceği araştırılmıştır. Analiz kapsamında, örnek yapı olarak Elazığ iklim koşullarında yer alan varsayımsal bir ofis binası ele alınmış ve farklı çift cidarlı cephe senaryolarının enerji performansı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Senaryolar, cephe boşluğu genişliği ile kullanılan cam malzemelerin ısı geçirgenlik katsayıları dikkate alınarak oluşturulmuş; elde edilen enerji tüketim değerleri, DesignBuilder simülasyon yazılımı aracılığıyla hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen veriler karşılaştırmalı tablo ve grafikler eşliğinde sunulurken sistemin enerji performansı üzerindeki etkileri ortaya konmuştur.

Yüksel ve Ekici (2023), ''Çift Kabuk Cephe Sistemlerinin Sıcak ve Soğuk İklim Bölgeleri için Isıl Performanslarının İncelenmesi'' başlıklı çalışmada, Adana ve Erzurum illerine ait coğrafi ve iklim koşullarında bir bina örneği üzerinde simülasyonlar yapılmış ve her bir bölge için farklı alternatif durumlara ilişkin ısıtma ve soğutma enerjisi hesaplanarak optimum boşluk genişliğinin 60 cm olduğu sonucuna varılmıştır.

Simülasyon odaklı araştırmalar, çift cidarlı cephelerin farklı iklim koşullarındaki enerji, gün ışığı ve termal performansını dijital araçlar aracılığıyla analiz ederek sayısal veriler sunmuştur. Bu tür çalışmalar, özellikle tasarım kararlarının erken aşamalarda optimize edilmesine katkı sağlamakta ve alternatif senaryoların kıyaslanmasına imkân vermektedir. Parametrik modelleme ve simülasyon tekniklerinin kullanımı, geleneksel analiz yöntemlerine kıyasla daha ayrıntılı ve hızlı geri bildirim sağlamaktadır.

Ghonimi (2017), '' Assessing Daylight Performance of Single vs. Double Skin Façade in Educational Buildings: A Comparative Analysis of Two Case Studies'' başlıklı çalışmada, Mısır'daki Benha Üniversitesi'nde yer alan tek ve çift cidarlı dersliklerde gün ışığına ilişkin aydınlık düzeyleri ölçülmüştür. Çalışmada elde edilen bulgular, çift cidarlı cephe sistemlerinin gün ışığı performansında daha başarılı sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, gün ışığının çift cidarlı cephe kullanılan mekânlarda daha dengeli ve eşit bir şekilde dağıldığına dikkat çekilmiştir.

Ergin (2019), ''Double-skin façade options for optimum daylight quality: An office case in İzmir'' başlıklı çalışmada, gün ışığının verimli bir şekilde kullanılması amacıyla bir simülasyon programı kullanılarak bir analiz gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, çift cidarlı cephe sisteminin farklı değişkenlerinin gün ışığı performansı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ofis binalarında çift cidarlı cephe tasarımında hava

boşluğu derinliği ve cam geçirgenliği, günışığı performansını doğrudan etkileyen temel parametreler olduğu sonucuna varılmıştır.

Dewi vd. (2022), ‘‘Window-to-wall ratio as a mode of daylight optimization for an educational building with opaque double-skin façade’’ başlıklı çalışmada, çift kabuklu bir eğitim yapısında pencere/duvar oranının gün ışığı performansı üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla Dialux yazılımı kullanılarak gün ışığı simülasyonları yapılmıştır. Çalışma kapsamında, yapıların kuzey ve güney cepheleri için farklı pencere/duvar oranları ve gölgeleme katsayıları dikkate alınarak analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, çift cidarlı cephelerde cephe yönelimi ve pencere oranlarının gün ışığı performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir.

Ünlütürk ve Kazanasmaz (2023), ‘‘Çift cidarlı cephede günışığı ve enerji performansının incelenmesi: Ege Üniversitesi örneği’’ başlıklı çalışmada, çift cidarlı cephe sistemine sahip mekânlar ile geleneksel cepheli mekânların günışığı performanslarının karşılaştırmalı olarak analiz edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada İzmir’de yer alan Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği binasında bulunan, çift cidarlı ve geleneksel cephe özelliklerine sahip benzer nitelikteki iki ofiste günışığı düzeyi ve parlaltı değerlerine ilişkin ölçümler gerçekleştirilmiş; elde edilen veriler doğrultusunda değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Gün ışığı performansı değerlendirmelerine odaklanan çalışmalar, çift cidarlı cephe sistemlerinin ışık dağılımı, parlama kontrolü ve aydınlık düzeyi açısından olumlu katkılar sağladığını ortaya koymuştur. Özellikle eğitim yapılarında ve ofislerde yapılan karşılaştırmalı analizler, bu sistemlerin gün ışığını daha homojen dağıtarak kullanıcı konforunu artırabildiğini göstermektedir. Ancak bazı durumlarda, gün ışığıyla birlikte gelen ısı kazançları da dikkate alınarak sistemlerin entegre bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Yellamraju (2004), "Evaluation and Design of Double-Skin Facades for Office Buildings in Hot Climates" başlıklı çalışmada, sıcak iklimlerdeki ofis binalarında çift kabuk cephelerin termal etkileri incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, çift cidar cephelerin etkili bir şekilde tasarımı için öneriler sunulmuştur.

Alakavuk (2010), ‘‘Sıcak iklim bölgelerinde çift kabuk cam cephe sistemlerinin tasarımı için kullanılabilecek bir yaklaşım’’ başlıklı doktora tezinde, sıcak iklimlere sahip bölgelerde çift cidarlı cephe sistemlerinin kullanımının sınırlı olduğu ve bu sistemlerin performans değerlerine dair yapılan çalışmaların az olduğu belirtilmiştir. Bu

bağlamda, binanın aşırı ısınmasını engellemek amacıyla, çift cidarlı cam cepheyi oluşturan elemanların doğru seçimi ve bu elemanların cephe sistemindeki uygun konumlarının belirlenmesi önemlidir ve bu çalışma bu konuda bir yaklaşım sunmaktadır.

He vd. (2011), "Double skin facades in the hot summer and cold winter zone in China: Cavity open or closed" başlıklı çalışmada, kış ve yaz mevsim koşullarında cepheler arası boşluğun doğal havalandırma amacıyla kullanılması ya da statik bir tampon bölge niteliğinde değerlendirilmesi sebebiyle dış cıdarda meydana gelen ısı enerji kayıpları, iç mekânda oluşan ısı enerji kazançları ve tek cidarlı cephe sistemine kıyasla sağlanan enerji tasarrufu oranları ortaya konulmuştur. Bu bağlamda, farklı kullanım senaryolarının enerji performansı üzerindeki etkileri kapsamlı biçimde değerlendirilmiştir

Nasrollahi vd. (2015), "Performance enhancement of double skin facades in hot and dry climates using wind parameters" başlıklı çalışmada, çift cidarlı cephe sistemlerinde cepheler arasındaki boşlukta artan hava akış hızının, aşırı ısınma sorununu etkili bir şekilde giderdiği ifade edilmiştir. Ayrıca, çift cidarlı cephe sistemlerinin sıcak ve kuru iklim koşullarında da işlevsel olarak kullanılabilir olduğu vurgulanmıştır.

Mevsimsel iklim etkilerine odaklanan çalışmalar, çift cidarlı cephe sistemlerinin sadece ılıman değil; sıcak, kuru ve mevsim geçişli iklim koşullarında da dikkatli bir tasarımla verimli şekilde kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Özellikle hava akışı, havalandırma stratejileri ve cephe boşluğu gibi parametrelerin iklimle uyumlu şekilde optimize edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Bu çalışmalar, çift cidarlı cephe sistemlerinin iklim bazlı tasarım gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır.

Hülagü vd. (2021), "Çift kabuk cephe sisteminin bina ısı performansına etkisinin deneysel ve sayısal olarak incelenmesi" başlıklı çalışmada, çift cidarlı ve tek cidarlı cephe sistemlerinde oluşan ısı transferi, hem deneysel hem de sayısal modeller aracılığıyla analiz edilmiş; cephe sistemlerinin bina enerji performansı üzerindeki, özellikle de ısıtma enerjisi ihtiyacına olan etkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, çift cidarlı cephelerin bir ısı yalıtım katmanı işlevi üstlenerek iç mekânda oluşabilecek aşırı sıcaklık artışlarını veya düşüşlerini dengelediği ve bu yönüyle dış ortam koşullarındaki değişkenliğe rağmen iç ortam konforunun sağlanmasına önemli ölçüde katkı sunduğu ortaya konmuştur.

Solmaz (2021), "Yüksek Yapılarda Çift Cidarlı Cephe Sistemlerinin İç Ortam Konforuna Etkisi" başlıklı çalışmada, çift cidarlı cephe sistemlerine sahip yüksek

yapı örnekleri, iç mekân konforu açısından incelenmiş ve çeşitli değerlendirmeler yapılmıştır. İnsan sağlığını önceleyen ve ergonomik yaşam alanları oluşturmaya katkı sağlayan özellikleri nedeniyle, yüksek yapılarda çift cidarlı cephe sistemlerinin uygulanmasının uygun bir çözüm olduğu sonucuna varılmıştır.

İç mekân konfor koşullarına odaklanan çalışmalar, çift cidarlı cephe sistemlerinin ısı yalıtım kapasitesiyle iç ortam sıcaklık dalgalanmalarını azaltmada etkili olduğunu göstermektedir. Özellikle deneysel ve sayısal analizler, bu cephelerin termal tampon görevi görerek mevsimsel sıcaklık farklılıklarına karşı iç mekânda daha dengeli bir termal ortam sağladığını ortaya koymaktadır. Literatür özetleri Tablo 1.1’ de verilmiştir.

Tablo 1.1 Çift Cidarlı Cephe Sistemleri İle İlgili Literatür Özeti

Çift Kabuk Cephe Sistemleri ile İlgili Literatür Özeti						
Yıl	Yazar(lar)	Başlık	Konu / Odak	Uygulama / Bölge	Yöntem / Araç	Başlıca Sonuçlar
2002	Saelens	Energy Performance of Single Storey Multiple-Skin Facades	Enerji performansı	—	Deneysel analiz	Çalışma sonuçları, çoklu cidarlı cephe sistemlerinin kullanımıyla bina enerji verimliliğinin belirli ölçüde iyileştirilebileceğini göstermektedir. Ancak, çoğu cephe tipolojisinin yıllık ısıtma ve soğutma enerji gereksinimini aynı anda azaltmada yetersiz kaldığı görülmüştür.
2004	Çetintaş	Çift Kabuklu Cephelerin Isı Kayıplarının Hesaplanmasında Kullanılabilecek Yeni Bir Yaklaşım	Isı kaybı ve enerji verimliliği	Türkiye	Yeni yöntem geliştirme	Sonuç olarak, çift kabuklu cephe sistemlerinin, yeni inşa edilecek yapılar için uygun bir çözüm olmasının yanı sıra, mevcut binaların enerji verimliliğini artırmaya yönelik yenileme uygulamalarında da etkili bir alternatif bulunduğu ortaya konulmuştur.
2004	Tibet	Çift Kabuk Cephe Sistemleri	Enerji performansı, sınıflandırma	—	Literatür taraması, örnek uygulamalar	Çift kabuk cephe sistemlerinin etkinliği; yapının iç ve dış iklim koşulları, havalandırma gereksinimleri ve çevresel bağlamı gibi çok sayıda parametreye bağlı olup, bu sistemlerin tasarım sürecinde bağlamsal verilerin bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.
2004	Poirazis	Double Skin Facades For Office Buildings: A Literature Review	Genel literatür incelemesi	—	Literatür taraması	Çift cidarlı cephelerin dış ortam koşullarının iç mekân iklimi üzerindeki etkisini artırdığı ve bu nedenle tasarım sürecinde yapının bulunduğu konum ile cephe yöneliminin belirleyici bir rol oynadığı vurgulanmaktadır. Aksi durumda, çift cidarlı cephe sistemlerinin enerji verimliliği ve iç mekân konforu açısından beklenen performansı sağlayamayacağı sonucuna varılmıştır.

Tablo 1.1 Çift Cidarlı Cephe Sistemleri İle İlgili Literatür Özeti (devamı)

2006	Tatlı	Çift Kabuk Cephelerin Ekonomik Etkinliğinin Yaşam Dönemi Maliyet Analiziyle İrdelenmesi	Enerji ve maliyet	–	Analitik hesaplama	Çift kabuk cephe sistemlerinin, ilk yatırım maliyeti açısından yüksek görünmekle birlikte, uzun vadede sağladıkları enerji tasarrufu ve operasyonel verimlilik sayesinde kendini geri ödeyen, sürdürülebilir bir yatırım niteliği olduğu sonucuna varılmıştır.
2006	Ünal	Çift Kabuk Cephelerin Sistematik Analizi ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi	Sistem analizi, uygulama örnekleri	Türkiye	Analiz	En fazla tercih edilen cephe türleri ve havalandırma sistemleri belirlenmiştir.Boşluk içinin havalandırmasının kontrol edilebildiği kutu tipi, koridor tipi ve çok katlı çift kabuklu cephe tiplerinin olduğu uygulamaların daha çok tercih edildiği sonucuna varılmıştır.
2010	Fallahi vd.	Energy performance assessment of double-skin facade with thermal mass	Mevsimsel enerji tasarrufu	–	Simülasyon	Yaz: %21-26, Kış: %41-59 enerji tasarrufu elde edilmiştir.
2010	Alakavuk	Sıcak iklim bölgelerinde çift kabuk cam cephe sistemlerinin tasarımı için kullanılabilecek bir yaklaşım	Sıcak iklim	Sıcak iklimler	Doktora çalışması	Sıcak iklimlerde doğru eleman seçimi ve cephe konumunun önemli olduğu sonucuna varılmıştır.
2016	Sanchez vd.	Influence of natural ventilation due to buoyancy and heat transfer in the energy efficiency of a double skin facade building	Havalandırma ve enerji verimliliği	–	CFD simülasyon	Kış koşullarında kapalı menfez daha verimli, doğal havalandırma kışta enerjiye katkı sağlamadığı görülmüştür.
2017	Alberto vd.	Parametric study of double-skin facades performance in mild climate countries	Hava akışı ve gün ışığı	–	Parametrik simülasyon	Hava akış yolu, cephe verimliliği için kritik bir faktördür sonucuna ulaşılmıştır.
2017	Ghonimi	Assessing Daylight Performance of Single vs. Double Skin Façade in Educational Buildings	Gün ışığı performansı	Mısır	Ölçüm	Çift cidarlı cephe gün ışığını daha dengeli dağıtmaktadır sonucuna ulaşılmıştır.
2018	Çetin	Bir ofis binasının enerji yüklerinin çift kabuklu cephe sistemi ve güneş kırıcılar ile azaltılması	Enerji yükleri	–	Simülasyon	Cephe ve güneş kırıcı eklenmesiyle ısıtma ve soğutma yüklerinin düştüğü görülmüştür.
2019	Bakkal	Eğitim binalarında çift kabuk cephe sistemleri kullanımlarına bağlı enerji etkin iyileştirme önerileri	Enerji optimizasyonu	–	Senaryo analizi	Isıtma enerji tüketimi azalmış, soğutma ihtiyacı artmış; aydınlatma yükü artışı gözlenmiştir.

Tablo 1.1 Çift Cidarlı Cephe Sistemleri İle İlgili Literatür Özeti (devamı)

2019	Ergin	Double-skin façade options for optimum daylight quality	Gün ışığı performansı	İzmir	Simülasyon	Gün ışığını verimli kullanmak için cephe değişkenleri incelenmiştir. Ofis binalarında çift cidarlı cephe tasarımında hava boşluğu derinliği ve cam geçirgenliği, günışığı performansını doğrudan etkileyen temel parametreler olduğu sonucuna varılmıştır.
2020	Srisamranrungruang ve Hiyama	Balancing of natural ventilation, daylight, thermal effect for a building with double-skin perforated facade	Gün ışığı ve havalandırma	—	Simülasyon	Sonbaharda doğal havalandırma ve gün ışığı performansının optimum olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
2021	Hülagü vd.	Çift kabuk cephe sisteminin bina ısı performansına etkisinin deneysel ve sayısal olarak incelenmesi	İç mekan konforu	—	Deneysel ve sayısal	Elde edilen sonuçlara göre, çift cidarlı cephelerin bir ısı yalıtım katmanı işlevi üstlenerek iç mekânda oluşabilecek aşırı sıcaklık artışlarını veya düşüşlerini dengelediği ve bu yönüyle dış ortam koşullarındaki değişkenliğe rağmen iç ortam konforunun sağlanmasına önemli ölçüde katkı sunduğu ortaya konmuştur.
2021	Solmaz	Yüksek Yapılarda Çift Cidarlı Cephe Sistemlerinin İç Ortam Konforuna Etkisi	İç mekan konforu	—	Analiz	İnsan sağlığını önceleyen ve ergonomik yaşam alanları oluşturmaya katkı sağlayan özellikleri nedeniyle, yüksek yapılarda çift cidarlı cephe sistemlerinin uygulanmasının uygun bir çözüm olduğu sonucuna varılmıştır.
2022	Alqaed	Effect of annual solar radiation on simple façade, double-skin facade and double-skin facade filled with phase change materials for saving energy	Enerji performansı, PCM	Suudi Arabistan	Simülasyon	Faz değiştiren malzeme kullanımı soğuk iklimlerde daha etkili sonucuna ulaşılmıştır.
2022	Jankovic vd.	Control of heat transfer in single-storey mechanically ventilated double skin facades	Mekanik havalandırma ve gölgeleme	—	Simülasyon	Havalandırma debisi ve hava akışı sistem performansını belirlemektedir sonucuna ulaşılmıştır.
2022	Lucchino vd.	Modelling and validation of a single-storey flexible double-skin façade system with a building energy simulation tool	Bina enerji simülasyonu	—	Simülasyon	Esnek çift cidarlı cephe simülasyonu mevcut yazılım araçlarıyla yapılabilir.
2022	Yüksel ve Ekici	Boşluk Genişliğinin Çift Kabuk Cephelerin Enerji Performansına Etkisi	Boşluk genişliği ve enerji	Elazığ, Türkiye	DesignBuilder simülasyonu	Farklı boşluk senaryoları enerji performansı üzerinde önemli etkiye sahiptir sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 1.1 Çift Cidarlı Cephe Sistemleri İle İlgili Literatür Özeti (devamı)

2023	Yüksel ve Ekici	Çift Kabuk Cephe Sistemlerinin Sıcak ve Soğuk İklim Bölgeleri için Isıl Performanslarının İncelenmesi	İklim bazlı performans	Adana ve Erzurum, Türkiye	Simülasyon	Adana ve Erzurum illerine ait coğrafi ve iklim koşullarında bir bina örneği üzerinde simülasyonlar yapılmış ve her bir bölge için farklı alternatif durumlara ilişkin ısıtma ve soğutma enerjisi hesaplanarak optimum boşluk genişliğinin 60 cm olduğu sonucuna varılmıştır.
2023	Ünlütürk ve Kazanasmaz	Çift cidarlı cephede günışığı ve enerji performansının incelenmesi: Ege Üniversitesi örneği	Gün ışığı ve enerji	İzmir	Ölçüm ve analiz	Çift cidarlı cephelerin gün ışığını daha homojen dağıttığı sonucuna ulaşılmıştır.
2024	Zhao X. et al.	Literatür taraması: Doğal havalandırmalı ÇKC'lerde havalandırma modları	Enerji tasarrufu	–	Simülasyon	Hibrit: %47,9, Pasif: %36,7, Otomatik: %32,1, Aktif: %32, Manuel: %27,3 tasarruf elde edildiği görülmüştür.
2024	Firouzaba & Astarai	Enerji performansı, Ofis	Elektrokromik cam entegrasyonu	İran (4 iklim bölgesi)	DesignBuilder simülasyonu	ÇKC + elektro-kromik cam, sıcak-nemli iklimde elektrik tüketimini %3,5 azalttığı sonucuna varılmıştır.
2024	Araji M. T. et al.	Isıtma yükü tasarrufu	Havalandırma alı ÇKC deneysel inceleme	–	Sinir ağı + ölçüm	Kışın kapalı ÇKC ile ısı kaybı %24,65, yazın mekanik havalandırmalı ÇKC ile ısı kazancı %33,7 azaltıldığı sonucuna ulaşılmıştır.
2025	Ün, H.H.	Çift kabuk cephe sistemlerinin ısıtma-soğutma yüklerine etkisi	Ofis	Balıkesir, Türkiye	DesignBuilder simülasyonları; dört parametre: cam türü, boşluk genişliği, havalandırma türü ve yönelme	Sonuç olarak, bu çalışma; boşluk genişliği, cam türü, cephe yönelmesi ve havalandırma stratejilerinin uygun biçimde bir araya getirilmesiyle, ofis binalarında enerji tüketiminin yaklaşık yarı oranında azaltılabileceğini ortaya koymuştur.

İncelenen çalışmalar, çift cidarlı cephe sistemlerinin bina enerji performansı, termal konfor ve gün ışığı kullanımı açısından önemli bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Literatürde, cephe boşluğu genişliği, havalandırma stratejisi (doğal/mekanik), cam türü, gölgeleme elemanları ve cephe yönelimi gibi tasarım parametrelerinin, çift cidarlı cephelerin ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkilerinin

belirleyici olduğu vurgulanmaktadır. Simölasyon ve deneysel çalışmalar, özellikle uygun tasarım koşulları sağlandığında bu sistemlerin enerji tüketimini anlamlı düzeyde azaltabildiğini; buna karşın yüksek ilk yatırım maliyeti, bakım gereksinimi ve iklim koşullarına duyarlılık gibi sınırlılıkların da göz önünde bulundurulması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, farklı iklim bölgelerine odaklanan araştırmalar, çift cidarlı cephelerin performansının iklime özgü olarak değerlendirilmesi gerektiğini ve evrensel bir çözüm yerine iklim-temelli tasarım yaklaşımlarının benimsenmesinin önemini ortaya koymaktadır. Konya özelinde bütüncöl bir analiz sunmadığı dikkate alındığında, bu çalışmanın önemli bir boşluğu doldurması düşünölmektedir.

Bu kapsamda, Konya iklim koşullarını temsil edecek nitelikte seçilen bir ofis binası örneği üzerinden mevcut tek cidarlı cephe sistemi referans alınarak farklı çift cidarlı cephe senaryoları oluşturulacak; cephe yönelimi, boşluk genişliği, cam özellikleri ve havalandırma stratejilerinin ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak incelenecektir. Elde edilecek bulgular aracılığıyla, Konya ikliminde çift cidarlı cephe sistemlerinin hangi koşullar altında daha etkin sonuç verdiği ortaya konulacak ve bu iklim bölgesi için uygulanabilir tasarım çıkarımları geliştirilecektir. Bu yönüyle çalışma, literatüre bölgesel ölçekte katkı sağlamanın yanı sıra uygulamaya yönelik tasarım kararları için de yol gösterici nitelik taşımaktadır.

2. ÇİFT CİDARLI CEPHE SİSTEMİ

Çift cidarlı cephe sistemi, iç mekân çevresel koşullarını ve enerji tüketimini düzenlemek için tasarlanmış çok işlevli bir sistemdir. Pasif güneş ısıtma ve soğutma, havalandırma ve gölgeleme sunar. Sistem, güneş radyasyonu kalibrasyonunu gölgeleme cihazlarıyla entegre eder ve termal kayıpları azaltır (Paoletti ve Nastri, 2023). Çift cidarlı cephe sistemi, iç mekân iklim koşullarını ve enerji tüketimini denetlemek amacıyla tasarlanmıştır. Bu sistem, ısıtma ve soğutma, havalandırma ve gölgeleme işlevlerini yerine getirir. Ayrıca, güneş ışıınımını gölgeleme elemanlarıyla entegre bir şekilde kontrol eder ve termal kayıpları en aza indirir (Paoletti ve Nastri, 2023).

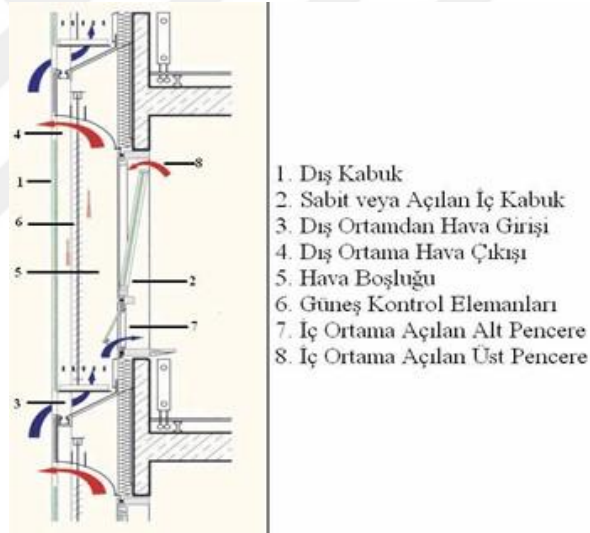
Literatürde çeşitli isimlerle anılan bu cephe sistemleri, farklı kaynaklarda farklı biçimlerde tanımlanmıştır. Bunlardan en sık rastlanan ifadeler:

- Çift cidarlı cepheler
- Çift camlı cepheler
- Mekanik havalandırılmalı cepheler (aktif cepheler)
- Doğal havalandırılmalı cepheler (pasif cepheler)
- Enerji etkin cepheler
- Havalandırılmalı cepheler
- Dinamik cepheler
- Akıllı yapı kabukları
- Akıllı cephe sistemleri
- Çok kabuklu cepheler
- İkiz cepheler ‘dir (Kutluay vd., 2015).

Çift cidar cephelerle ilgili kullanılan terimler Tablo 2.1’ de gösterilmiştir. Çift cidarlı cephe sistemlerinin çalışma ilkesi Şekil 2.1’ de gösterilmiştir.

Tablo 2.1 Çift Cidar Cephelele İlgili Kullanılan Terimler

İngilizce	Almanca	Türkçe
Double Skin Façade	Doppelfassade	Çift Kabuk Cephe
Active Façade (ara boşluk mekanik olarak havalandırılıyorsa)		Aktif Cephe
Passive Façade (ara boşluk doğal olarak havalandırılıyorsa)		Pasif Cephe
Double Façade	Doppelfassade	Çift Cephe
Double Envelope		Çift Kabuk
Second Skin System/Façade	Zweischalige Fassade	İkincil Katmanlı Sistem
Multiple Skin Facade	Mehrschaliger Glasfassaden	Çok Katmanlı Cephe
Exhaust Facade	Abluftfassade	Hava Tahliyeli Cephe
Double Skin Curtain Wall		Çift Kabuk Giydirme Cephe
Airflow Window		Hava Akımlı Pencere
Intelligent Glass Façade		Akıllı Cam Cephe
Energy Saving Façade		Enerji Korunumlu Cephe
Ventilated Double Façade		Havalandırılmalı Çift Cephe
Climate Façade		İklim Cephesi

**Şekil 2.1.** Çift Cidarlı Cephe Sistemlerinin Çalışma İlkesini Gösteren Şema (Kıasf, 2015)

Saelens vd. (2008), çift katmanlı cephe sistemlerini, birbirinden ayrılmış iki şeffaf yüzeyden oluşan ve bu yüzeyler arasında yer alan boşluğun bir hava kanalı işlevi gördüğü bir yapı sistemi olarak tanımlamaktadır. Bu sistemde, ara boşluk içerisinde konumlandırılan güneş kırıcı elemanlar dış çevre koşullarına karşı korunabilmekte, böylece hem güneş kontrolü sağlanmakta hem de sistemin dayanıklılığı artırılmaktadır. Ayrıca, bina cidarlarının yapısal özellikleri, cephe yüzeylerinin şeffaflık düzeyi ve ara

boşluğun hava akışı üzerindeki rolü, çift katmanlı cephelerin ısı ve çevresel performansını belirleyen temel parametreler olarak vurgulanmaktadır.

Jiru vd. (2011), çift katmanlı cepheleri, iki cam tabakasından oluşan ve aralarındaki hava boşluğunun bir kanal işlevi gördüğü yapılar olarak tanımlamıştır. Güneş kırıcı elemanlar bu hava boşluğuna yerleştirilmiştir. Havalandırılan bu alan, bir termal tampon gibi görev yaparak, soğutma döneminde istenmeyen ısı kazançlarını, ısıtma döneminde ise gereksiz ısı kayıplarını engellemektedir. Bu sistemler, güneş ışığının oluşturduğu kamaşma sorununu kontrol etmeyi mümkün kılarken, aynı zamanda doğal ışığı en verimli şekilde kullanmaya olanak sağlar (Başaran vd., 2015).

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, cepheler yalnızca iç ve dış mekânları ayıran elemanlar olmaktan çıkmış, aynı zamanda binaya enerji kazandırma, cephenin termal özelliklerini iyileştirme, havayı filtre etme, doğal havalandırmaya olanak sağlama, ses yalıtımı yapma ve ses geçişlerini kontrol etme gibi birçok önemli işlevi yerine getiren yapılar haline gelmiştir. Bu gereksinimler, çift cidarlı cephelerin gelişimine ve yaygınlaşmasına yol açmıştır (Çetin, 2018).

Loncour (2004), havalandırmalı çift cidarlı cephe sistemi, geleneksel tek cepheye ek olarak ikinci bir cam yüzeyin eklenmesiyle çift cepheli bir yapı haline gelmiş olarak tanımlamaktadır. Çift cidarlı cepheler, ikinci bir yapı kabuğu barındırır ve genellikle dış yüzeyi tamamen saydam olan bir cam cephe ile iç kısmı cam veya kısmi cam malzeme ile yapılmış bir iç cepheden oluşur. Dış cam genellikle tek katmanlı saydam bir camdan yapılırken, iç cam çoğunlukla çift camlı olup, düşük emisyon (low-e) veya güneş kontrol özellikli camlardan seçilir. Bu yapı elemanları, boyutları 20 cm ile 2 m arasında değişen bir hava boşluğu ile birbirinden ayrılır. Bu boşluk, termal tampon bölge işlevi görerek, doğal ve/veya mekanik havalandırma ile çalışabilir. Binayı rüzgârlardan ve rahatsız edici seslerden koruyan bu hava kanalı, aynı zamanda güneş kırıcı elemanları da olumsuz hava koşullarından korur (İnan ve Başaran, 2013).

Çift katmanlı cepheler, yapının enerji verimliliğini artırmaya yardımcı olan ikinci bir cam tabakasının eklenmesiyle doğal ışığın en verimli şekilde kullanıldığı sistemlerdir (Alberto vd., 2017). İki katmandan oluşan ve aralarında hava boşluğu bulunan bu cepheler, günümüzün enerji verimliliği sorunları olan yapıları için etkili bir çözüm sunmaktadır. Ayrıca, çift katmanlı cephe sistemleri, Şekil 2.2’ deki gibi kış bahçesi olarak da tasarlanabilir (Örkmez, 2012).



Şekil 2.2. Sapphire İstanbul, kış bahçesi görünümlü cephe boşluğu (Çetin, 2018)

Dış ortam koşullarından izole edilmiş ara bölgeye yerleştirilen güneş kontrol elemanları sayesinde, mevsimsel değişimlere bağlı olarak güneş ışıını kontrol edilebilir. İç mekân tasarımında konumlandırılan pencere birimleri ya da havalandırma açıklıkları aracılığıyla, yapının sıcak dönemlerinde gece saatlerinde soğutulması sağlanarak, binada soğuk hava biriktirilir. Biriktirilmiş soğuk hava, serinleme ihtiyacını azaltmaya yardımcı olur. Bu durum, iklimlendirme sistemlerinin kullanımını en aza indirerek, kullanıcı konforunu artırır ve aynı zamanda binanın toplam yaşam maliyetini ile enerji tüketimini düşürür (Çakmanus ve Türkoğlu, 2004).

Minimum enerji tüketimiyle uygun iç mekân koşullarını oluşturmayı hedefleyen iklimle uyumlu cephelerin ilk uygulamalarında; iç kabuk kısmına tek camlı panel, dış cidar kısma ise çift camlı bir panel yerleştirilmiş ve bu iki panel arasında binanın mekanik tesisatıyla bağlantılı bir hava boşluğu bırakılmıştır. Bu boşluğa yerleştirilen ekipmanlar güneş kontrolünü mümkün kılarken, içteki cam panel bakım ve temizlik amacıyla açılabilir bir yapıda tasarlanmıştır. Fakat yeterli hava sirkülasyonunu karşılamak için ekstra enerji gereksinimi duymalarının yanı sıra iç mekân hava sıcaklığının doğrudan kontrol edilememesi bu sistemlerin dezavantajlarını oluşturmaktadır (Tatlı,2006).

Çoğunlukla cam olarak kullanılan dış cidar, yapıların görsel ağırlığını hafifletirken dış çevre ile estetik bir ilişki kurmalarını sağlar. Bu nedenle, tasarımcılar ve kullanıcılar tarafından estetik açıdan çekici bulunan bir özelliktir. Çift cidarlı cephelerin tasarımında, cam seçiminden havalandırma stratejilerine, gölgeleme ve gün ışığı kullanımından rüzgâr yükleri gibi faktörlere kadar birçok parametre dikkate alınır. Sistemden en verimli şekilde faydalanabilmek için, iklim koşullarına uygun olarak çift

cidarlı cephenin yerleşimi ve bileşenlerin doğru seçimi en önemli kriterlerdir (Karaaslan, 2013). Çift cidarlı cephe bileşenleri Şekil 2.3’ te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Çift Cidarlı Cephe Bileşenleri (URL-1)

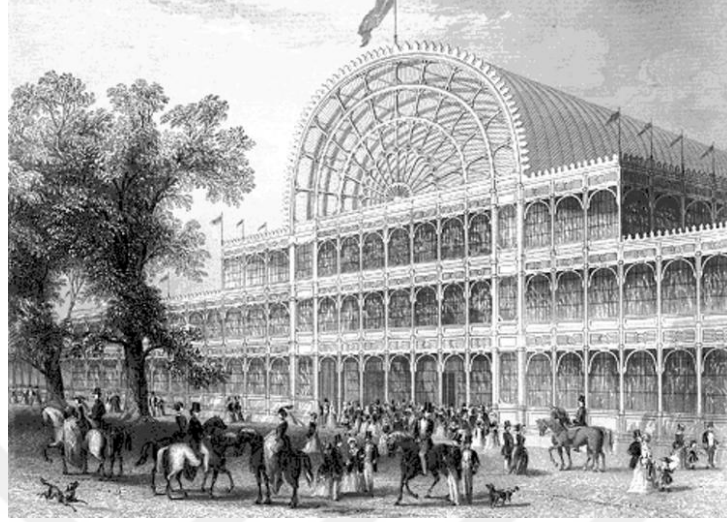
Çift cidarlı cephe sistemleri, kış aylarında iç mekânın ısıtma ihtiyacını, iç cam cephenin dış ortam sıcaklığını güneş ışınları yardımıyla yükselterek azaltır. Yaz aylarında hava boşluklarındaki doğal havalandırma yardımı ile iç mekânın soğutma ihtiyacı düşürülür. Hava giriş ve çıkış açıklıkları, hava boşluğunda oluşabilecek aşırı ısınma sorunlarının önüne geçmek amacıyla yazları açılır. Yaz akşamlarında, hava kanalında depolanan serin hava, gün içinde binanın soğutma gereksiniminin azaltılmasına katkı sağlar. Kış aylarında ise, hava boşluğunda güneşten elde edilen ısıyı depolamak amacıyla menfezler kapatılır ve bu ısı iç cam cephe aracılığıyla iç mekâna iletilir (Oesterle, 2001).

2.1. Çift Cidarlı Cephe Sistemi Tarihsel Gelişimi

Çift cephelerin gelişimi, özellikle cam ve metalden oluşan cephelerin ilerlemesiyle başlamıştır. 20. yüzyılın başlarından itibaren dış katman yalnızca koruma sağlamakla kalmamış, aynı zamanda estetik bir yaklaşımı da barındırmıştır. Yapının boyutu, şekli ve pencere sayısı artık eskisi gibi yapısal kısıtlamalara bağlı değildir. Cephe malzemesi olarak camın kullanılmaya başlanmasıyla birlikte, mekâna giren ışık miktarı şeffaf veya yarı şeffaf yüzeyler aracılığıyla kontrol edilebilmiştir (Ünal, 2006).

1851 yılında gerçekleştirilen Büyük Sergi (Expo) için James Paxton tarafından tasarlanarak kısa sürede inşa edilen Crystal Palace (Şekil 2.4), cam ve çelik yapı

anlayışıyla oluşturulmuştur. Bu yapı, giydirme cephe sistemlerinin gelişimi için bir başlangıç noktası olarak görülmektedir (Alakavuk, 2010).



Şekil 2.4. Crystal Palace (URL-2)

Çift cidarlı cephe binaları, insan konforunu artırmak ve enerji tüketimini azaltmak için hem yeni hem de yenilenen binalarda geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Çift cidarlı cephe sistemi kullanılan ilk bina, Steiff Fabrika Binası'dır. Bu bina Giengen, Almanya'da inşa edilmiştir (Alakavuk, 2010) (Şekil 2.5).

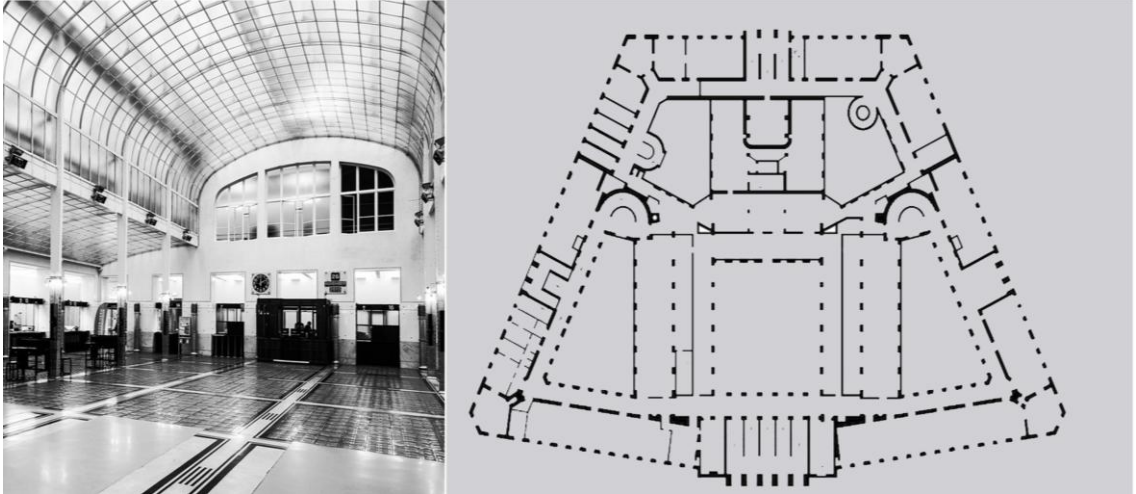
Bu fabrika binası, 1903 yılında Richard Steiff tarafından bir oyuncak üretim fabrikası olarak tasarlanmış ve inşa edilmiştir. Binanın tasarım sürecini etkileyen faktör, en yüksek düzeyde gün ışığından yararlanma arzusudur.



Şekil 2.5. Steiff Fabrika Binasının Görünüşü (URL-3)

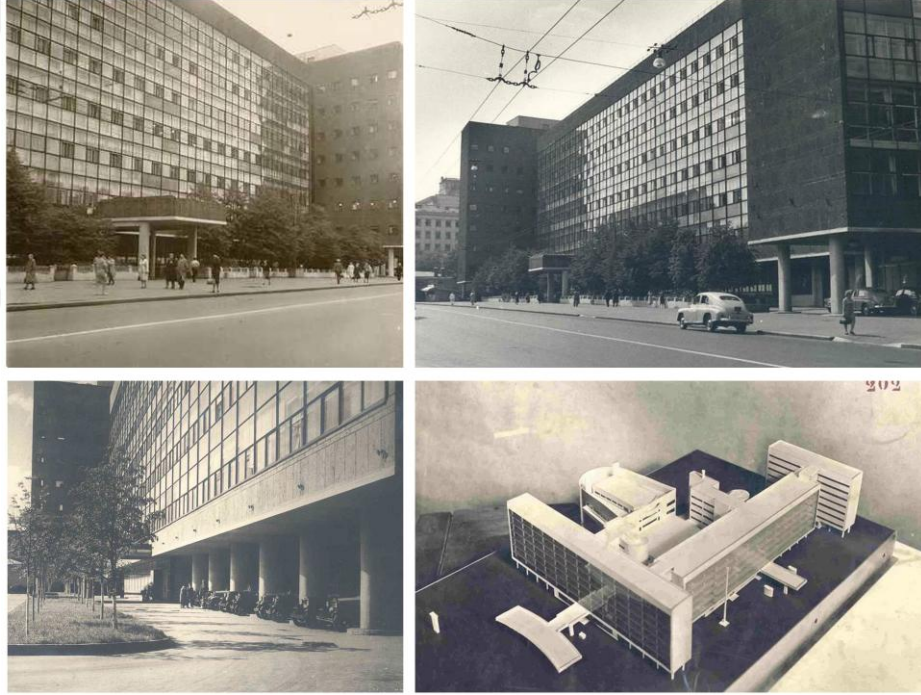
Tasarımda öncelikli unsur, soğuk iklim şartlarına rağmen doğal gün ışığından maksimum düzeyde faydalanmaktır. Üç katlı yapının zemin katı depo olarak planlanırken, üst katlar çalışma alanı olarak tasarlanmıştır. Kolonların iç ve dış yüzeylerine kelepçeler aracılığıyla sabitlenen T profilli elemanlardan oluşan bir çerçeve sistemi oluşturulmuştur. Çerçeve sistemi, 25 cm boşluk bulunan çift katmanlı cephe yapısını desteklemektedir. Cephe elemanları, yalnızca bakım veya onarım için açılabilir şekilde tasarlanmıştır. Cepheye bakım ve onarım yapılabilmesi amacıyla dış yüzeyde müdahale kapakları tasarlanmıştır. Cephe sisteminin beklenen performansı başarıyla sergilemesi nedeniyle, 1904 ve 1908 yıllarında ana binaya eklenen iki yapıda da aynı sistem uygulanmıştır. Ancak, ekonomik zorluklar nedeniyle bu yapıların iskeleti çelik yerine ahşap malzeme ile inşa edilmiştir. Günümüzde bu yapılar hala aktif olarak kullanılmaktadır (Ünal, 2006).

Otto Wagner, 1903 yılında Viyana'daki Postane Tasarruf Bankası (Wiensparkasse) binasının yarışma projesini kazanmış ve bu tasarımı 1904 ile 1912 yılları arasında iki aşamada hayata geçirmiştir. Çift katmanlı cephe, binanın merkez holünü aydınlatan çatı açıklığında uygulanmıştır. Cam paneller, alt ve üst kısımlarından alüminyum profiller ile çatı taşıyıcı görevini üstlenen çelik makaslara sabitlenmiştir (Şekil 2.6). Bu sayede çatıdan kaynaklanan ısı kayıplarında önemli ölçüde azalma sağlanmıştır. Yapı, 1970 yılında kapsamlı bir yenileme süreci geçirmesine rağmen, çatı ışıklığı bölümüne müdahale edilmemiştir (Alakavuk, 2010).



Şekil 2.6. Post Office Savings Bank Binası (URL-4)

1920'lerde dikkat çeken yapılar arasında yer alan Narkomfin Binası, 1928 yılında Rusya'da toplu konut projesi kapsamında hayata geçirilmiştir. Moisei Ginzburg'un tasarladığı bu binanın ana cephesi, iki katmanlı bir dış cidar düzenine sahiptir. Bu katmanların ve yapının bir arada durmasını sağlayan çelik çerçeve sistemi bulunmaktadır. Çerçeve, birçok yatay ve dikey çelik 'T' profillerin kaynaklanarak birleştirilmesi sonucunda oluşturulmuştur. Bu sistemin tercih edilmesindeki temel sebep, Moskova'nın sert iklim koşullarında bulunan binanın ısı kayıplarını azaltmaktır. Özellikle pencerelerden kaynaklanan ısı kayıplarını azaltmak amacıyla, sistemin iç ve dış yüzeylerine pencereler eklenerek yapı optimize edilmiştir. Zamanla önemli ölçüde zarar görmüş olsa da, bina hala işlevselliğini koruyarak kullanılmaya devam etmektedir (Ünal, 2006) (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Narkomfin Binası (1928-32), Moisei Ginzburg ,Moskova-Rusya (URL- 5)

Mimar Le Corbusier, 1929 yılında Moskova' da bulunan Centrosoyus yapısında ilk kez çift katmanlı cephe sistemine yer vermiştir. Gelir düzeyi düşük bireylerin yaşadığı yapının güney yönüne bakan yatakhane bölümünde bu cephe sistemi uygulanmıştır. Bu sistemin kullanılmasındaki amaç, aşırı ısı kayıplarını engellemektir. 1960'lı yıllarda aslına uygun bir restorasyon gerçekleştirildi. 2008 yılından bu yana Rus devleti

tarafından koruma altına alınmış olup, zaman içinde çeşitli restorasyon ve yeniden yapılanmalardan geçmiştir. (Ünal, 2006) (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Centrosoyus Binası (1929-1936), Le Corbusier, Moskova-Rusya (URL-6)

1920'lerin sonlarında çift katmanlı cepheler, yeni önceliklere göre şekillenerek gelişim göstermiştir. Le Corbusier de bu sistemin ilerlemesine katkı sağlayan önde gelen mimarlardan biri olmuştur (Ünal, 2006).

1970'li ve 1980'li yıllar arasında çift katmanlı cephe sistemleri modern mimaride giderek daha belirgin bir konuma ulaşmıştır. Bu dönemde New York'ta inşa edilen en dikkat çekici örneklerden biri, Occidental Chemical Center ofis yapısıdır. Yapı Cannon Design tarafından tasarlanmıştır. Cephe, her yöne özel olmak üzere dört farklı bölgeye ayrılmıştır. Bu bölgeler, günün saatine ve güneşin açısına bağlı olarak birbirlerinden bağımsız şekilde çalışmaktadır. Çelik çerçeve ve metal kaplamadan oluşmaktadır. Duvar boşluğundan hava çekmek için bir sistem, iç mekânların iklimlendirilmesi için ikinci bir sistem mevcuttur. Havalandırma boşluğunda, fotosele bağlı olarak çalışan ve manuel müdahaleye izin veren hareketli panjurlar bulunmaktadır (Poirazis, 2004) (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Occidental Chemical Center dış cephe görünüşü (Ünal. 2006)

1980'li yıllarda, Amerika ve Avrupa'da enerji tasarrufu sağlamak amacıyla devlet desteğinin artmasıyla birlikte, çift katmanlı cephe sistemlerinin kullanımı yaygınlaşmıştır. 1990'lı yıllarda, özellikle yüksek katlı yapılarda enerji kullanımına yönelik düzenlemeler Avrupa'nın çeşitli ülkelerinde yürürlüğe girmiştir. Bu ülkelerde yer alan çok katlı yapılara bakıldığında, büyük çoğunluğunun çift katmanlı cephe sistemlerini benimseyerek tasarlandığı göze çarpmaktadır. Bu kapsamda, Norman Foster'ın tasarladığı Frankfurt'taki Commerzbank Binası, söz konusu yaklaşımın öne çıkan örneklerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Bu bina, enerji maliyeti düşük olan yüksek yapılar için mükemmel bir örnek teşkil etmektedir (Ünal, 2006) (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Commerzbank Binası görünüşü ve iç mekân görünüşleri (URL- 7

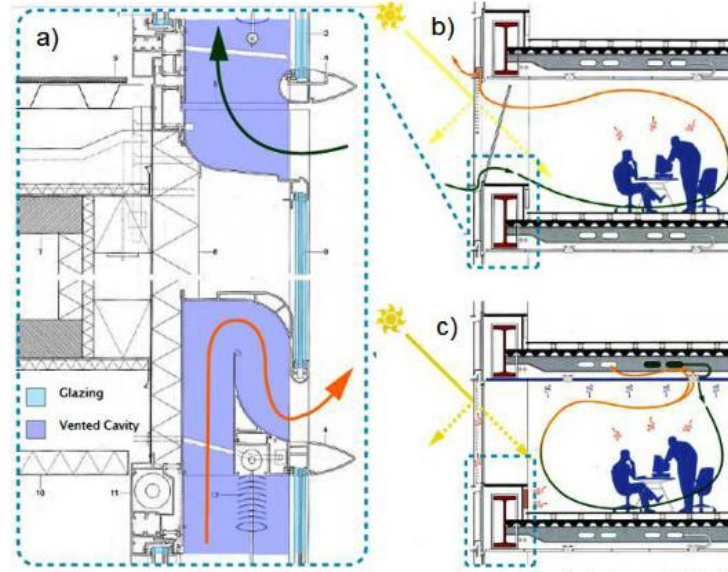


Figure 4. Schematic Double skin façade. Commerzbank (Frankfurt am Main) [20]

- a) Building Skin Ventilation Detail (vented cavity); passive heating, cooling, ventilation system.
b) active heating, cooling, ventilation system

Şekil 2.11. Commerzbank Binası havalandırma sistemi (Penic ve diğ., 2014)

Enerji verimli ve sürdürülebilir sistemler, her geçen gün daha da gelişerek birçok yapıda uygulanmaya başlanmıştır. Bu dönemde, dünya genelinde özellikle yüksek binalarda çift katmanlı cephe sistemlerinin kullanımı artmıştır.

Türkiye’ de ise;

- İstanbul’da çift katmanlı cephe sisteminin enerji verimliliği amacıyla uygulandığı ilk gökdelen örneklerinden biri olarak Sapphire Binası öne çıkmaktadır.
- Çağlayan Adalet Sarayı, bu yenilikçi çift katmanlı cephe sisteminin uygulandığı ilk kamu binası olma özelliğini taşımaktadır.
- Esmâ Sultan Yalısı, dış cephesine herhangi bir müdahalede bulunulmadan, iç tarafına çelik ve camdan oluşan ikinci bir katmanın eklenmesiyle öne çıkan ilk tarihi yapı olarak değerlendirilmektedir (Kıyaslı, 2015).

Türkiye’ de ilk çift cidarlı yüksek yapı İstanbul Sapphire Binasıdır (Şekil 2.12). İstanbul Sapphire, konut fonksiyonuna ek olarak bir alışveriş merkezi konseptiyle tasarlanmış olup, 261 metre yüksekliğe sahiptir. Yapının cephesi, iki bağımsız katmandan oluşarak iç mekânları dış çevrenin olumsuz koşullarından korumaktadır. Binada üç kat yüksekliğinde çift cidarlı cephe sistemi kullanılmıştır. Bu çift cidarlı

cephe, iç mekânlar ile dış ortam arasında tampon bölge işlevi görerek saydam bir yapıya sahiptir (Erturan, 2010).

Çift cidarlı cephenin iç yüzeyleri, kapalı alanların fonksiyonlarına uygun şekilde, gerekli havalandırma ve aydınlatmayı sağlamak amacıyla opak duvar ve saydam cam yüzeylerden tasarlanmıştır. Dış cidar ise tamamen saydam şekilde tasarlanmıştır. Yapının cidarlar arasındaki hava kanalları sayesinde doğal havalandırma eksikliği, tüm katlarda sağlanmaktadır (Solmaz, 2011). Çift cidarlı sistem sayesinde, iki katman arasında bulunan boşluk kendiliğinden havalandırılmakta olup, iç cephede açılır pencere sistemleri tercih edilmektedir. Camla kaplı dış cıdarda, her üç katta bir bulunan menfezler aracılığıyla alt bölümden taze hava içeri alınırken, üst bölümden kirli hava tahliye edilmektedir. Bu pasif havalandırma yöntemi, %30 oranında enerji tasarrufu sağlamaktadır (Kıasif, 2015).

Kontrol edilebilir menfezler:

- Kış aylarında kapalı durarak ara katmanda tampon bir alan oluşturur ve iç mekândaki havanın ısınmasına katkıda bulunur.
- Yaz aylarında ise hava perdesi gibi çalışarak doğal havalandırma yoluyla soğutma maliyetlerini önemli ölçüde azaltır. Bunun yanı sıra, dış cephenin hemen arkasında bulunan otomatik panjurlar ile güneş ışınlarının içeriye girip girmemesi kontrol edilerek gölgeleme sağlanmaktadır. Bu ikinci cam katman, iç mekânları dış çevrenin olumsuz iklim koşullarından, şehir gürültüsünden ve güçlü rüzgâr baskılarından korumayı hedeflemektedir (Kutluay ve diğerleri, 2015).



Şekil 2.12. İstanbul Sapphire Binası Görünüşü (URL- 8)

Çağlayan Adalet Sarayı, bu yenilikçi çift katmanlı cephe sisteminin uygulandığı ilk kamu binası olma özelliğini taşımaktadır. Yapının tasarımında, gün ışığından en üst düzeyde yararlanmak amacıyla iç bahçeler ve merkezi avlular oluşturulmuştur. Bu sayede doğal ışık, binanın derinliklerine kadar ulaştırılarak enerji verimliliği ön planda tutulmuştur. Yapının önemli bir kısmında doğal taş kaplama paneller arasında kutu tipi çift cidarlı cephe sistemi kullanılmıştır (Şekil 2.13). Bu enerji verimli cephe tasarımıyla, enerji tüketiminin yaklaşık %30 oranında azaltılması hedeflenmektedir (Kıasf, 2015).



Şekil 2.13. Çağlayan Adalet Sarayı Binası Görünüşü (URL- 9)

Esmâ Sultan Yalısı, çift katmanlı cephe sistemine örnek olarak dış cephesine dokunulmadan, iç kısmına çelik ve camlardan oluşan ikincil bir katman eklenen ilk tarihi yapı olarak öne çıkmaktadır (Şekil 2.14). Mevcut yapıya zarar vermeden sürdürülebilir ve enerji verimli bir tasarım anlayışı benimsenmiştir; çerçeve formundaki duvarların içine cam ve çelikten oluşan ikinci bir cidar yerleştirilmiştir. Dış cidar işlevi gören tuğla duvarlar, yapının çevresel dokuya uyum sağlamasına katkı sunmuştur (Kıasf, 2015).



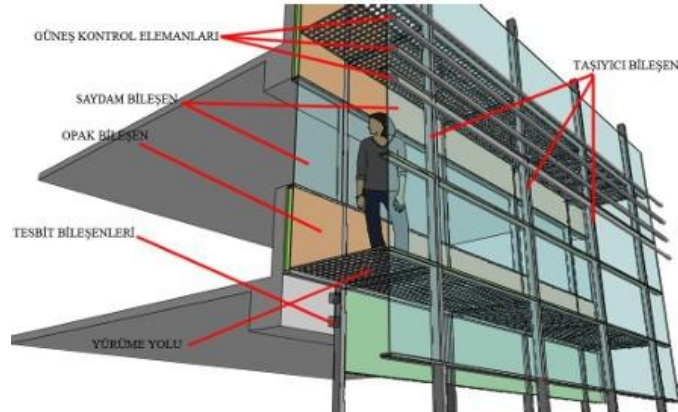
Şekil 2.14. Esma Sultan Yalı Görünüşü (URL- 10)

2.2. Çift Cidarlı Cepheyi Oluşturan Bileşenler

Çift cidarlı cepheyi oluşturan bileşenler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Saydam bileşenler
- Opak bileşenler
- Taşıyıcı yapısal elemanlar
- Tespit bileşenleri
- Hava dolaşım boşluğu
- Güneş kontrol elemanları
- Yürüme yolu (cephenin tipine bağlı olarak bulunabilir ya da bulunmayabilir)

Çift cidarlı cepheyi oluşturan bileşenlerin kısmi kesit perspektifi Şekil 2.15’ te gösterilmiştir.



Şekil 2.15. Çift cidarlı cepheyi oluşturan bileşenlerin kısmi kesit perspektifi (Erturan, 2010).

2.2.1.Saydam bileşenler

Cam; inorganik kökenli, amorf yapıda, belirli bir erime noktası bulunmayan, yüksek sıcaklıklarda akışkan hale geçen, soğuduğunda ise katılaşarak durağan bir forma dönüşen bir silikat esaslı malzemedir. Normal sıcaklıklarda kristalleşmeden hızla katılaşabilmesi nedeniyle hem sıvı hem de katı özellikler gösterebilmektedir. Günümüzde bina cephelerinde geniş saydam yüzeyler kullanılmakta olup, bu yüzeylerin bulunduğu mekânların ısı konfor gereksinimleri veya dış çevresel koşullara karşı dayanımı doğrultusunda farklı özelliklerde cam türleri tercih edilmektedir (Çetin, 2018).

Cam yüzeyinde ısı performansın sağlanabilmesi için U değeri ve SHGC (Güneş Isı Kazanç Katsayısı) değerleri kritik öneme sahiptir. Bu kavramlar aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

Isı iletim katsayısı (U değeri) [$W/(m^2K)$]: Yapı elemanlarının ısı performansını belirlemede, elemanların ısıyı iletme kapasitesi, yani U değeri (W/m^2K), önemli bir rol oynamaktadır. U değeri, bir yapı elemanının kesitinde gerçekleşen ısı akışının miktarını tanımlar ve enerji verimliliği göz önünde bulundurulmuş sistemlerdeki ana tasarım unsurlarından biridir (Örkmez, 2012). Camın ortasında gerçekleşen ısı akışını gösterir ve camın iç ve dış yüzeyler arasındaki sıcaklık farkına karşılık iletilen ısı iletim hızının yoğunluğunu ifade eder. U değerinin yükselmesi, ısı kaybının artmasına ve ısı yalıtım etkinliğinin düşmesine yol açar. Bu nedenle, enerji verimliliği sağlanabilmesi için yapı kabuğu elemanlarının U değerlerinin düşük olması gerekmektedir. U değeri, W/m^2K cinsinden ifade edilir (Çetin, 2018).

Güneş Isı Kazanç Katsayısı (SHGC): Tüm pencerenin güneş ışınımına karşı etkinliğini ölçen bir gösterge olan SHGC (Solar Heat Gain Coefficient) değeri, cam ve çerçeve tarafından emilen ısı ile iç mekâna iletilen toplam ısı enerjisinin oranıdır. Güneş ısı kazanç katsayısı, 0 ile 1 arasında değişen bir değere sahip olabilir. SHGC değerinin yüksek olması, iç mekâna daha fazla ısı kazancı sağlandığını gösterirken, düşük olması daha sınırlı bir ısı kazancına işaret etmektedir (Çetin, 2018).

Cam endüstrisinin ilerlemesiyle birlikte, camın cidar yapısının beklenen performansı karşılayabilmesini sağlayan pek çok farklı cam türü kullanılmaya başlanmıştır. Ülkemizde yaygın olarak tercih edilen cam türleri ise şu şekilde sıralanabilir:

a.Float Camlar

Eriyen cam, erimiş kalay üzerinde yüzdürülerek üretilir. Bu yöntem, camın yüzeylerinin paralel ve hatasız olmasını sağlar. Cam yüzeylerinde, güneş ışınımı ve ısı artışlarının etkilerine karşı direncin artırılması amacıyla özel kaplama film tabakaları uygulanmaktadır. Hammadde seçimine bağlı olarak, float camın rengindeki yeşil tonunun azaltılması için demir oksit eklenir. Bu sayede daha şeffaf bir cam elde edilir ve özellikle çift cidarlı cephelerde estetik açıdan şeffaflık önemli hale gelir. Ayrıca, float camlar kırıldığında küçük parçalara ayrıldıkları için, genellikle çift cidarlı cephelerin iç cidarlarında kullanılır (Çetin, 2018).

b.Beyaz Camlar

Tüm cam çeşitlerinin üretiminde temel hammadde olarak kullanılan beyaz camlar, renksiz cam hamurunun erimiş kalay yüzeyinde yüzdürülmesiyle üretilir (Lakot, 2007).

c. Güneş Kontrol Camları (Yansıtıcı Camlar)

Yansıtıcı camlar, cam yüzeyine ince bir metalik kaplama tabakası uygulanması yoluyla üretilir. Bu kaplamalar; gümüş, bronz veya altın gibi metalik tonlarda olabilir ve hem şeffaf hem de renkli camlarda kullanılabilir. Yansıtıcı camlar, güneş ışığının büyük kısmını geri yansıtarak, hem gün ışığı geçirgenliğini hem de güneş ısısı kazancını azaltır. Yansıtıcı camların ışık geçirme oranı ve güneş kontrolü performansı, kaplamanın türüne, kalınlığına ve uygulama yöntemine bağlı olarak değişiklik gösterir (Yurttakal, 2007). Yansıtıcı camların kullanımında önemli olan iki faktör vardır. Öncelikle, yansıtıcı metal kaplamalar oldukça hassas olup hızla korozyona uğrayabilir, bu nedenle camın iç yüzeyine uygulanması, kullanım ömrünü uzatacaktır. İkinci olarak ise, ışık yansıtan yüzeyin ayna benzeri bir etki oluşturması nedeniyle, gündüzleri dışarıda ayna etkisi meydana gelirken, geceleri içeride fazla ışık olduğunda iç mekânda da ayna etkisi oluşacaktır.

d. Düşük Yayımlı (Low-E) Camlar

Düz veya renkli camlar üzerine altın, gümüş, bakır, alüminyum gibi farklı film tabakalarının uygulanmasıyla elde edilen bu cam tipi, görünmez ışık spektrumunun (kızılötesi) uzun dalga boylu ışınımını yansıtarak, görünür ışıktaki güneş ışığının geçmesine izin verir. Aynı zamanda, oda sıcaklığından kaynaklanan daha uzun dalga boylu ışınım enerjisini iç mekâna geri yansıtarak, enerji verimliliği sağlar. Oda

sıcaklığının yaklaşık %70'i pencereler aracılığıyla ısıtım yoluyla, kalan %30'u ise iletimle dışarıya iletilmekte yani kaçmaktadır. Low-E (düşük emisyonlu) kaplamalar, ısı kaybının önemli kısmını, yani %70'ini engellediği için ısı yönetiminde oldukça etkili bir rol oynamaktadır. Low-E kaplamaların bir diğer kritik özelliği ise, tıpkı güneş kolektörlerine benzer şekilde güneş ışığını kullanarak ısıyı tutmasıdır. Bununla birlikte, söz konusu "sera etkisi" soğuk iklimlerde ve kış aylarında fayda sağlasa da, sıcak iklimlerde ve yaz döneminde olumsuz etkilere yol açabilir (Yurttakal, 2007).

e. Ön Gerilmeli Temperli Camlar

Temperleme işlemi, camın kırılmalara karşı dayanıklılığını artırmak amacıyla uygulanan bir ikincil işlemdir. Bu işlem, camın yüzeyinde basma gerilmeleri oluşturarak soğutma sırasında iç kısımlarda meydana gelen çekme gerilmelerinin dengelenmesini sağlar. Böylece camın kırılma direnci artırılarak mekânîk darbelere karşı daha dayanıklı hale getirilir. Ayrıca, cam yüzeyindeki kusurların giderilmesi de kırılma dayanımının iyileştirilmesine katkı sağlar (Ünal, 2006)

f. Kısmi Temperli Camlar

Cam, temperleme sürecinde olduğu gibi ısıtılır; ancak soğutma aşaması daha yavaş bir biçimde uygulanır. Yüzey gerilimi temperlenmiş cama göre daha düşük olduğundan, basınç ve darbe gibi dış etkilere karşı dayanıklılığı daha zayıftır (Tatlı, 2006).

g. Katmanlı (Lamine) Camlar

Lamine (katmanlı) camlar, iki veya daha fazla cam levhanın, özel bir bağlayıcı olan polivinil butiral (PVB) film tabakaları aracılığıyla ısı ve basınç uygulanarak birleştirilmesiyle üretilir. Cam kırıldığında, ara film katmanı cam levhaları bir arada tutarak parçaların dağılmasını önler ve düşme riskini en aza indirir. Bu sebeple, çift cidarlı cephelerin dış yüzeylerinde tercih edilmektedir (Tatlı, 2006).

h. Isı Yalıtımlı Camlar

Yalıtımlı camlar, iki cam tabakası arasına hava veya gaz doldurularak üretilir. İyi bir ısı yalıtımı sağlamak için argon, kripton veya karbondioksit gibi asal gazlarla doldurulurken; etkili bir ses yalıtımı sağlamak için ise sülfürheksaflorid gazı kullanılır. Gaz dolgulu camlar, kuru hava dolgulu camlardan daha iyi ses yalıtımı performansı

sunar. Tek cam plakasına kıyasla, yalıtımlı camlar yazın yüksek sıcaklık ve aşırı ısınmalara karşı, kışın ise soğuk hava koşullarından korunma özelliği sunarak, cam sanayi sektöründe önemli bir yenilik yaratmıştır (Çetin, 2018).

j. Fotovoltaik Camlar

Bir yapının ısıtma, aydınlatma ve diğer enerji ihtiyaçlarının güneş enerjisiyle karşılanabilme kapasitesi, fotovoltaik teknolojisiyle açıklanır. Fotovoltaik camlar, "photo" (ışık) ve "voltaic" (voltaj) terimlerinin birleşiminden oluşur. Güneş pillerinin cephelerde kullanımı ve binanın elektrik enerjisi ihtiyacının fotovoltaik camlarla karşılanması sağlanır. Güneş enerjisi, yenilenebilir ve tükenmeyen bir kaynak olarak genellikle kolektörler aracılığıyla elde edilse de, güneş pillerinin kullanım alanları giderek genişlemektedir (Kalafat, 2011).

2.2.2.Opak bileşenler

Cephe sistemlerinde parapet kuşakları ve kör alanlar, binanın taşıyıcı elemanlarını gizlemek amacıyla opak panellerle kaplanmaktadır. Paneller, metal sandviç paneller, yapay veya doğal taşlar ve paslanmaz çelik gibi çok katmanlı malzeme sistemlerinden üretilebilir. Sistemin yalıtım işlevini üstlenen polistiren sert köpük, camyünü ve taşıyıcı gibi malzemeler de opak bölümlerin katmanlarını oluşturur. Opak bileşenlerin yapısı genellikle iç katmanda galvanizli levha, dış katmanda tek cam tabaka ve ortasında ısı yalıtım malzemesinden oluşur (Çetin, 2018).

2.2.3.Taşıyıcı elemanlar

Taşıyıcı elemanlar, cam cephe yüklerinin ana taşıyıcı yapıya aktarılmasını sağlayan yatay ve dikey profillerden oluşan bir ızgara düzenidir. Bu ızgara sistemi, bazen şantiyelerde, bazen de fabrikalarda cam paneller ile birlikte hazırlanarak bütün hâliyle monte edilir. Buna bağlı olarak, cam cepheler çubuk sistemi, panel sistemi ve yarı panel sistemi olmak üzere üç ayrı tasarım yöntemiyle gerçekleştirilmektedir. (Çetiner,2002).

Çubuk sistemi, bina cephesinde aks aralıklarına dikey profillerin yerleştirilmesi ve bu çubukların arasına yatay kayıtlar ve camdan oluşan panellerin montajı ile oluşturulan bir yapıdır. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan bu sistem, diğer sistemlere

göre daha ekonomik olmasına karşın, yatay ve dikey hareketlere karşı uyumu zayıftır ve montaj hatalarına açık bir yapıya sahiptir. Özellikle büyük yüzeylerde montaj hatası riski çok yüksek olduğundan dolayı yüksek katlı yapılar için önerilmez (Tatlı, 2006).

Panel sistemi, cam panellerin taşınabilir özellikte olduğu ve fabrika ortamında tek kat yüksekliğinde modüler halde üretilip şantiyede montajı yapılan bir sistemdir. Çubuk sistemine kıyasla daha pahalı olmasına rağmen, montaj hızı oldukça yüksektir.

Yarı panel sistemi ise, şantiyede kurulu taşıyıcı ızgaraya fabrikada hazırlanmış cam panellerin montajının yapıldığı bir sistemdir. Bu sistem, çubuk sisteminin ekonomik avantajları yanı sıra panel sisteminin çok katlı yapılar için kritik olan bina hareketlerine uyum sağlama özelliğini birleştiren bir çözüm sunar (Tatlı, 2006).

2.2.4.Tespit bileşenleri

Ankraj ve baskı profilleri, kenetler, vidalar, dübeller, cıvatalar, contalar ve macun gibi bağlantı elemanları, taşıyıcı ızgaranın bina yapısına, saydam ve opak panellerin ızgaraya montajına ve yatay ile dikey çubukların birbirine birleştirilmesine hizmet eder (Lakot, 2007).

Bu bağlantı elemanları çoğunlukla paslanmaz çelik veya alüminyum alaşımlardan imal edilmektedir. Saydam ve opak panellerin taşıyıcı ızgaraya montajında ise, sızdırmazlık sağlamak için macun ve contalar kullanılır. Yatay ve dikey çubukların bağlantısı için ise paslanmaz çelik ya da alüminyum köşe takozları tercih edilir (Tatlı, 2006).

Giydirme cephe sistemlerinde, cephenin birincil taşıyıcı elemanları her katta döşemelere bağlanarak yapıya tespit edilmesi sağlanır. Bu tespit düzeni şu aşamalardan oluşur:

- Çerçevenin kaba yapı veya taşıyıcı sisteme bağlanması,
- Çerçeve bileşenlerinin birbirine bağlanması,
- Saydam ve opak panellerin çerçevelere montajı (Çetin, 2018).

2.2.5.Havalandırma boşluğu

Çift cidarlı cephelerde, hava akışını sağlamak, temizlik yapmak ve güneş kontrol elemanlarını yerleştirmek için tasarlanan ara boşluk, cephenin işlevine bağlı olarak genişliği 100 mm ile 2000 mm arasında değişebilen bir alandır. Bu alan, dış ortam ve iç

mekân arasındaki hava akışını düzenleyerek bir tampon bölge işlevi görür. Havalandırma için cephenin üst ve alt kısmında bulunan açıklıklar kullanılır. Bu açıklıklar, kış aylarında ısıyı depolamak amacıyla kapanır, yaz aylarında ise iç alanı serinletmek amacıyla açılır. Boşluktaki hava kalitesi, boşluğun derinliği, cam tipi, güneş kontrol elemanlarının türü ve konumu, iç ve dış menfezlerin yerleşimi ve boyutları ile havalandırma sistemine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Genellikle 50–200 cm aralığındaki boşluk genişliğine sahip cepheler, yürüyüş, bakım, onarım ve temizlik gibi olanaklar sağlamaktadır. Ayrıca, 200 cm’den daha geniş boşluklar ise galeri boşluğu oluşturma kapasitesine sahip olabilir. Çift cidarlı cephelerde, boşluk içindeki güneş kırıcı elemanların ve cidarların bakımını sağlamak için boşluğun genişliği en az 60 cm olmalıdır (Örkmez, 2012). Farklı boşluk genişlikleri Şekil 2.16 da gösterilmiştir.



Şekil 2.16. Farklı boşluk genişliği örnekleri (Loncour, 2004)

Çift cidarlı cephelerdeki havalandırma boşlukları, hava geçirmez ve havalandırılmalı olmak üzere iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Faist (1999), bu iki tür havalandırma boşluğuna sahip çift cidarlı cepheleri şu şekilde karşılaştırmıştır:

Hava geçirmez cephelerde:

- Cephenin derinliği, boşluk içindeki sıcaklık üzerinde etkili değildir.
- Pencereleer genellikle kapalıdır ve açıldığında yeterli hava sirkülasyonu sağlanamaz.
- Ses yalıtımı, geleneksel duvarlara kıyasla çok daha düşüktür.
- Havalandırma boşluk kanalı, alt seviyede açıklığa sahip olup; üst seviyede ise bir vana ile kapanabilme özelliği taşımaktadır.

- Havalandırma kanalındaki ısı artışı nedeniyle, bu cepheler çok yüksek yapılamaz.

Havalandırmalı cephelerde:

- İç mekânların havalandırılması mümkün olmaktadır.
- Cephenin derinliği, sıcaklık üzerinde etkili olduğu için doğru şekilde hesaplanmalıdır.
- Dış katmanda çift cam kullanıldığında, ses yalıtımı daha verimli bir şekilde sağlanabilir.
- Havalandırma kanalları, hem en alt hem de en üst kotta kapalıdır.
- Havalandırma kanalındaki ısı artışı nedeniyle, cephenin yüksekliği sınırlı olsa da, hava geçirmez cepheye göre birkaç kat daha fazla yapılabilir (Poirazis, 2004).

2.2.6.Güneş kontrol elemanları

Güneş kontrol elemanları, bir binaya giren güneş ışığını düzenlemek için tasarlanmış mimari öğelerdir. Bu elemanlar, soğutma sistemlerinde termal rahatsızlık ve yüksek enerji tüketimine neden olabilecek aşırı güneş radyasyonunu ve parlamayı azaltarak iç mekân konforunun artırılmasında büyük bir rol oynar (Ünal,2006).

Güneş kontrol elemanlarının havalandırma boşluğundaki yerleşimi, ısı artışları açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu elemanlar iç cepheye çok yakın konumlandırıldığında, aşırı ısınmaya ve ara boşlukta yüksek ısı birikimine neden olabilir. Lund Institute of Technology tarafından yapılan testler sonucunda, güneş kırıcılar ile dış cephe arasındaki mesafenin en az 15 cm olacak şekilde planlanması önerilmektedir (Tatlı, 2006).

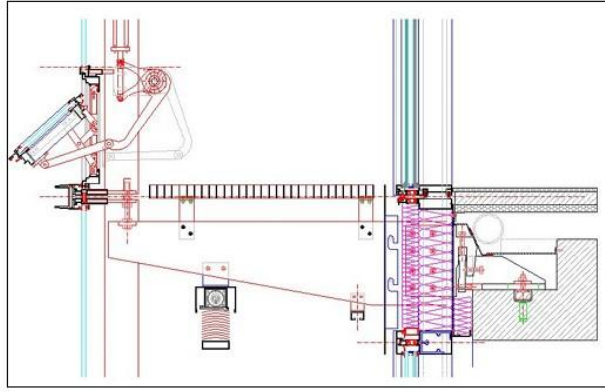
Enerji tasarruflu cephe tasarımında kullanılan güneş engelleyici elemanların türü (jaluziler, panjurlar, storlar, kepenkler vb.), konumlandırılması (dış, iç veya ara katman) ve şekli, cephedeki hava boşluğunun ısı performansını, boşluktaki hava dolaşımını ve kullanıcıların görsel rahatlığını önemli derecede etkileyebilmektedir (Lakot, 2007).

Çift cidarlı giydirme cephelerde temel olarak üç çeşit güneş kontrol elemanı kullanılmaktadır. Bu elemanlar; geniş panjurlar, jaluziler ve storlardır (Ünal, 2006). Konumu olarak ise dışta, ortada, içte olmak üzere 3 şekilde konumlandırılabilir.

2.2.7.Yürüme yolu

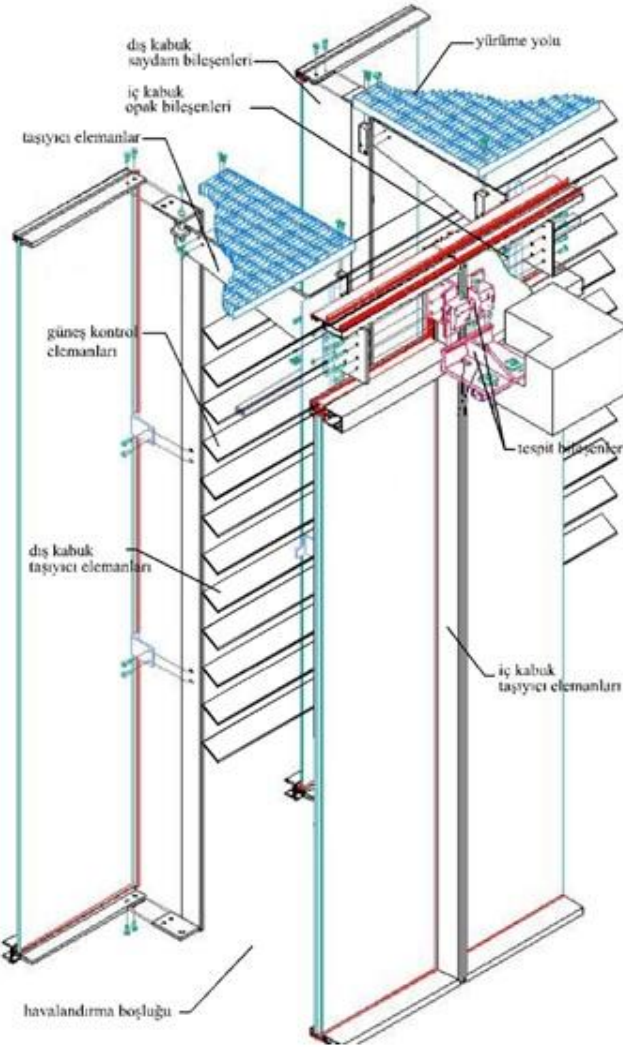
Ara boşlukta konumlanan ve iç ile dış katmanı birbirine bağlayan taşıyıcı yapı elemanlarının üzerine ya da doğrudan cepheyi taşıyan ana yapıya yerleştirilen galvanizli çelik veya ahşap paneller, çift cidarlı cepheyi oluşturan temel bileşenleri meydana getirir. Paneller aynı zamanda güneş kontrol elemanlarının boşluk içerisine yerleştirilmesine olanak tanır (Tatlı, 2006) (Şekil 2.17).

Yürüyüş platformunun genişliği, genellikle ara boşluğun ölçüleri ile orantılı olarak tasarlanır. Çok katlı çift cidarlı cephelerde, bu platform genellikle ana taşıyıcı iskelete bağlı çelik profiller üzerine konumlandırılır ve malzeme olarak çoğunlukla delikli paslanmaz çelik ızgara tercih edilir (Ünal, 2006).



Şekil 2.17. Galvanize çelik yürüme yolu düşey kesit örneği (Tatlı, 2006)

Çift cidarlı cephelerin bileşen perspektif çizimi Şekil 2.18 de verilmiştir.



Şekil 2.18. Çift cidarlı cephenin bileşen perspektif çizimi (Ölmez, 2013)

2.3.Çift Cidarlı Cephe Sisteminin Sınıflandırılması

Çift cidarlı enerji verimli cephelerin sınıflandırılması, üç temel bağımsız kriter üzerine kuruludur: havalandırma yöntemi, havalandırma tipi ve havalandırma boşluğunun bölünüş biçimi. Havalandırma şekli, boşluk içindeki hava akışının başladığı nokta ve yönü ile ilgilidir. Buna göre, beş ayrı havalandırma şekli tanımlanmıştır (Oesterle, Lieb, Lutz ve Heusler, 2001).

2.3.1.Havalandırma şekline göre çift cidarlı cepheler

Çift cidarlı cephe sistemlerinde, cidarlar arasındaki boşluk, bakım, temizlik ve doğal havalandırma gibi işlevlere imkân tanıyabilir. Bu boşluğun genişliği, belirlenen sisteme, iklim koşullarına ve kullanım amacına göre değişiklik gösterebilir. Güneş

kontrol elemanlarının yerleşimi, cam türü, boşluktaki iç ve dış açıklıkların boyutları ile havalandırma sistemi seçimi, boşlukta bulunan havanın kalitesini etkileyen önemli faktörlerdir (Çetin, 2018).

Havalandırma şekline göre çift cidarlı cepheler 3 grupta incelenmektedir;

- a. Doğal havalandırmalı (pasif) cepheler
- b. Mekanik havalandırmalı (aktif) cepheler
- c. Doğal ve mekanik havalandırmalı (hybrid) cepheler (Loncour vd 2004).

a. Doğal havalandırmalı (pasif) cepheler

NBN EN 12792 standardı doğal havalandırmayı şöyle tanımlıyor: ' Motorlu hava hareket bileşenlerinin yardımı olmaksızın basınç farklarına dayanan havalandırma sistemidir.' Doğal havalandırmanın iki itici gücü, baca etkisi ve rüzgârın etkisiyle oluşan basınç farklarıdır (Loncour vd.,2004).

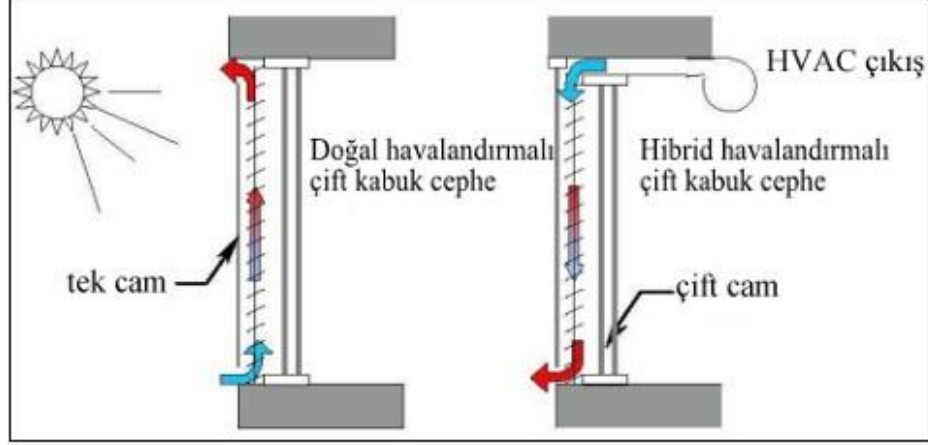
Doğal havalandırma, çevreyle uyumlu bir ortam sağlayarak mekanik havalandırma gereksinimini azaltmaktadır. Ancak doğal havalandırmanın da olumsuz etkileri olabilir. Örneğin, iç mekânda rahatsız edici hava akımları oluşabilir veya hava akışının yönü doğru biçimde tasarlanmadığında, cephe boşluğunda ısı birikimi artış gösterebilir ve bu da boşluğun sıcaklık seviyesinin yükselmesine yol açar (Li, 2001).

Kragh'a göre, doğal havalandırmalı cephelerde binaya ek bir dış cidar ilave edilir. Dış cidarda yer alan kanallar yoluyla cephe kanallarına giren hava, boşlukta yer alan güneş kontrol elemanları tarafından güneş ışınlarını emerek ısınır. Dış hava ile boşluktaki ısınmış hava arasındaki ısı farkı, sistemin verimli bir şekilde çalışması için dikkate alınması gereken bir faktördür. Bu sebeple, bu tür cephe uygulamaları sıcak iklim bölgeleri için uygun görülmemektedir (Kragh, 2000).

Doğal havalandırma sürecinde, dış cidar üzerindeki menfezlerden içeri giren hava, cephe cidarları arasındaki boşlukta ısındıkça yükselir. Isınan hava, daha soğuk olan dış ortam havası ile yer değiştirir. Soğuk hava, cephe cidarları arasına girdiğinde, ısınan havayı iterek onun yükselmesine yardımcı olur. Isınan hava, cephe arasındaki boşlukta en yüksek noktaya ulaştığında, dış cidar üzerindeki menfezlerden dışarı atılır. Bu mekanizma, doğal havalandırmayı tamamlamış olur (Alakavuk, 2010) (Şekil 2.19).

Doğal havalandırmaya sahip çift cidarlı cephelerde, kış mevsiminde havalandırma boşluğu dış ortamla hava alışverişine kapatılarak bir yalıtım tabakası

oluşturulur; bu sayede binanın ısı kayıpları ile ısıtma enerjisi ihtiyacı azaltılır. Yaz döneminde ise havalandırma boşluğu dış ortama açılarak binanın pasif biçimde soğutulması sağlanır ve bu sayede soğutma yükü azaltılır.



Şekil 2.19. Doğal ve hibrid havalandırmalı çift cidar cephe sistemleri çalışma ilkeleri (Tatlı, 2006).

b. Mekanik havalandırmalı (aktif) cepheler

Mekanik havalandırma NBN EN 12792 Avrupa Standartlarına göre “Kuvvetli hava akımı ile havalandırma” olarak tanımlanmaktadır (Loncour vd., 2004).

Mekanik havalandırma sisteminde, çift cidarlı cephenin iç cidarının alt kısmında bir açıklık bulunur. Bu açıklık, cidarlar arasındaki hava akışını sağlar. Kış aylarında, iç mekândaki hava bu açıklıklardan cephe tabakaları arasındaki boşluğa yönlendirilir. İç ortamdan yükselen sıcak hava, cephe cidarları arasında hareket ederken iç cidarın yüzeyinin ısınmasına katkı sağlar. Bu sayede iç cidarda ısıtım nedeniyle oluşabilecek ısı farkları engellenmiş olur. Sonrasında, cephe cidarları arasındaki hava boşluğun üst kısmındaki havalandırma açıklığına iletilir ve binanın ısıtma, havalandırma ve soğutma sistemine aktarılır. Yaz aylarında ise, iç mekâna aşırı güneş ışığı girmesini önlemek amacıyla yerleştirilen güneş kontrol elemanlarının fazla ısınmasını engellemek için mekanik havalandırma uygulanır. Bu sayede, cephe cidarları arasına alınan hava, güneş kontrol elemanlarının ısınıp alarak yükselir ve cephe arasındaki boşluğun üst noktasındaki açıklık aracılığıyla binanın klima sistemine geri verilir (Alakavuk, 2010).

Dış cidar, yalıtımlı çift cam ile yapılandırılarak yapıyı dış hava koşullarına karşı korur. İç cephe ise genellikle tek camlı olarak tasarlanır. Bu tip havalandırmalı çift cidarlı cephelerde, tampon bölgede biriken hava, iç ortam havasını yenilemek için

kullanılır. Isıtma sezonunda, tampon bölgede biriken hava, dış cidarın güneş ışığını topladığı ve ısıttığı kollektör etkisiyle iç mekâna aktarılır. Bu sayede iç mekânın önceden ısınması sağlanarak, mekanik sistemlerin enerji tüketimi düşürülür (Örkmez, 2012).

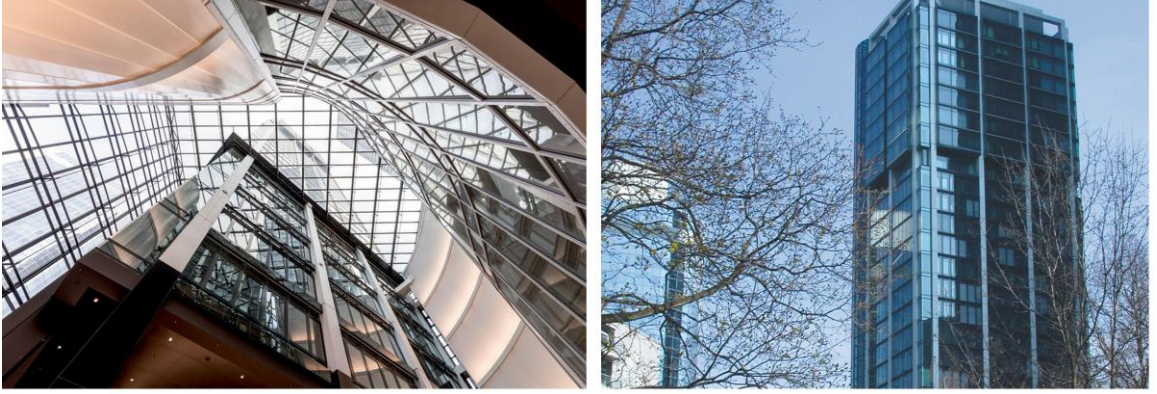
Kragh'e göre, bu sistemlerde cephe boşluğundaki gölgeleme elemanları aracılığıyla emilen fazla güneş enerjisi, havalandırma sistemi aracılığıyla dışarıya atılmaktadır. Sıcaklık gerektiği zamanlarda, ısı alışverişi ile ısı dengesi korunur. Güneşlenmenin az olduğu soğuk zamanlarda, iç pencere yüzey sıcaklığının iç ortam sıcaklığına yakın tutulmasıyla cepheye yakın bölgelerde kullanıcıların ısıl konforu artırılmaktadır. Bu tür cephe sistemleri, güneş enerjisini biriktirebilme özellikleri sayesinde soğuk iklimlerde iç mekân konforunu artırmakta ve bu nedenle daha çok soğuk bölgelerde uygulama alanı bulmaktadır (Kragh, 2000).

Mekanik sistemlerin kullanıldığı uygulamalarda ilave enerji tüketimi ortaya çıkmaktadır. Bunun yanı sıra, tasarım sürecinde bu sistemlerin doğru boyutlandırılması ve gerekli tesisat alanlarının planlamaya dahil edilmesi gerekmektedir. Mekanik havalandırma sistemleri, doğal havalandırma sistemlerine kıyasla daha etkili bir gürültü kontrolü sağlar (Lakot, 2007).

Mekanik havalandırma çift cidarlı cephelerde, ara boşluğundaki hava akışı üç farklı şekilde gerçekleşir. İlk durumda, hava iç cidarın alt kısmından alınarak üst kısmından emilir ve böylece hava dolaşımı sağlanır. İkinci durumda, hava ara boşluğa üst kısımdan pompalanır ve alt kısımdan emilerek hava dolaşımı devam eder. Üçüncü durumda ise, iç cidardan ara boşluğa, cidar boyunca her noktadan hava geçişi sağlanır ve bu hava üstteki emme noktalarından çekilerek sirkülasyon gerçekleşir (Loncour, X.,2002).

Cephe boşluğu içinde ısınarak yükselen hava, güneş kontrol bileşenlerinden aldığı ısıнын önemli bir bölümünü bünyesinde toplar ve mekanik havalandırma sistemi aracılığıyla dış ortama uzaklaştırılır. Hava, her bir kat seviyesinde ayrı ayrı emilir ve boşluk içinde yukarı ya da aşağı yönlü hareket eder. Olumsuz hava koşullarında ya da dış hava kalitesinin düşük olduğu durumlarda, mekanik havalandırma altyapısı tampon boşluktaki çevresel koşulları dengeleyerek dış ortamın iç mekân koşulları üzerindeki etkisini önemli ölçüde azaltabilir (Shang-ShiouLi, 2001).

Mekanik havalandırma sistemine sahip binaya örnek olarak Eurotheum binası verilebilir (Şekil 2.20). Binada çift cidarlı ara boşluk, mekanik havalandırma ile donatılmıştır. Taze hava, 75 mm çapındaki açıklıklar aracılığıyla ve dış yüzeyi dikey metal borularla kaplanmış cephe yüzeylerinin tümünden sisteme aktarılmaktadır. Isınan hava ise kat hizasında yer alan açıklıklardan dışarıya yönlendirilir. Bu açıklıklar, kuş girişini ve yağmur suyu etkisini önlemek için panjur sistemleriyle korunmaktadır (Tatlı, 2006).



Şekil 2.20. Mekanik havalandırma sistemine sahip Eurotheum binası, Frankfurt (URL –11)

c. Karma (Hibrit) havalandırmalı cepheler

Hibrid havalandırma sisteminde, doğal havalandırma ve mekanik havalandırma birlikte kullanılır, ancak ana sistem olarak doğal havalandırma tercih edilir. Doğal havalandırma sağlanırken, hava akışının sürekliliği sağlanamadığı durumlarda mekanik havalandırma devreye girer. Bu sistem, yaygın olarak kullanılan bir havalandırma yöntemi değildir (Alakavuk, 2010).

Cephelerin çalışma prensibi, doğal havalandırmalı cephelerin çalışma prensibine benzer, ancak en belirgin fark, havalandırmanın mekanik olarak sağlanmasıdır. Bu, sistemin özellikle çevre sıcaklığının yüksek olduğu durumlarda devreye girmesi gerektiği anlamına gelir. Yani, sistem yalnızca baca etkisiyle çalışmaz. Bu nedenle, sistem sıcak iklimlerde yüksek soğutma ihtiyacı duyulduğunda ideal bir seçenektir. Güneş ışığının olmadığı soğuk gecelerde ise, termal yalıtım sağlamak için sistem minimuma indirilir. Ayrıca yüksek katlı yapılarda dahi mekanik havalandırmaya ek olarak doğal hava akışını mümkün kılan pencerelerin kullanılabilmesine imkân sunar (Kragh, 2000).

Hibrid havalandırma sistemlerinde uygulanan doğal havalandırma, iç mekân konforunu artırırken aynı zamanda mekanik havalandırma sistemlerinin gerektirdiği ilk yatırım, işletme ve enerji tüketimine ilişkin maliyetlerde azalma sağlar (Tatlı, 2006).

Hibrit havalandırma sistemine örnek olarak Deutsche Messe Ag binası verilebilir (Şekil 2.21). Günün farklı koşullarına bağlı olarak (güneş ışınlımı, rüzgâr yönü ve hızı gibi) çeşitli havalandırma yöntemleri devreye alınmaktadır. İç ve dış arasındaki hava aralığı, hem doğal hava akışı hem de mekanik yöntemlerle havalandırılmaktadır.

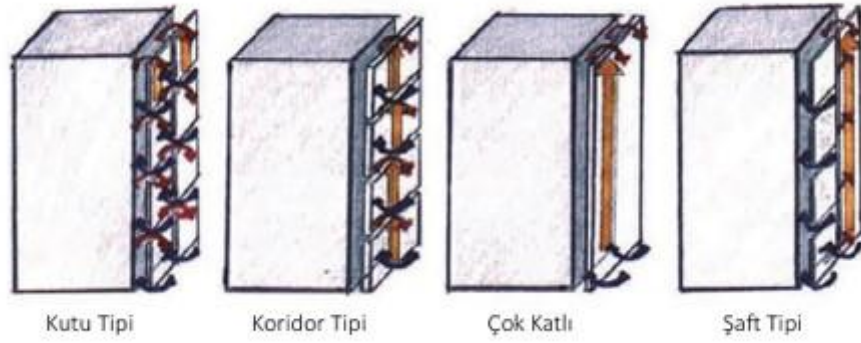


Şekil 2.21. Hibrit havalandırma sistemine sahip Deutsche Messe Ag binası, Hannover (Ünal, 2006)

2.3.2.Havalandırma koridorunun bölünmesine göre çift cidar cepheler

Çift cidar cephelerde iki cam yüzeyin arasında kalan boşluğun bölünmesine dayalı olan sınıflandırma 4 grupta incelenmektedir (Şekil 2.22). Buna göre havalandırma boşluğunun bölünmesine göre çift cidarlı cepheler;

- Çok Katlı Çift Cidarlı Cepheler
- Koridor Tipi Çift Cidarlı Cepheler
- Şaft Tipi Çift Cidarlı Cepheler
- Kutu Tipi Çift Cidarlı Cepheler

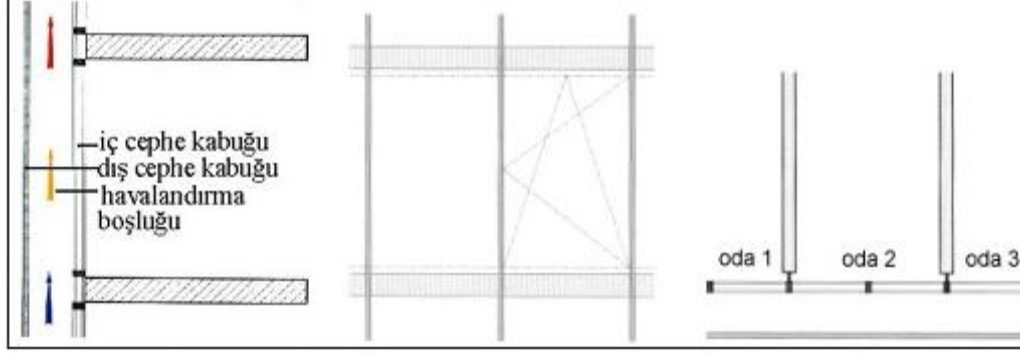


Şekil 2.22. Havalandırma boşluğunun bölümlenmesine göre çift cidarlı cepheler (Çetin, 2018).

2.3.2.1. Çok katlı çift cidarlı cepheler

Bina yüksekliği boyunca devam eden çift cidarlı cephelerde, cephe cidarları arasındaki boşluk kesintisiz bir şekilde uzanır. Menfezler, binanın hem alt hem de üst seviyelerine yerleştirilmiştir. Alt seviyedeki menfezlerden içeriye giren hava, iki cidar arasına alınarak ısındıkça yükselir. Isınan hava yükseldikçe, yerine dışarıdan giren soğuk hava dolayısıyla cephe cidarları arasına giren havanın yükselmesini teşvik eder. Bu süreç sayesinde, ısınan hava binanın üst kısmındaki menfezlerden dışarıya çıkar (Alakavuk, 2010). Bu tür cepheler, dış mekândaki gürültüye karşı olağanüstü bir akustik performans sergiler. Ayrıca, dış cidar tamamen camla kaplanacak şekilde de tasarlanabilir. Bu özellikler, bu tip cephelerin tercih edilmesinin başlıca nedenlerinden biridir (Ünal, 2006). Bu cepheler genellikle en az iki farklı hava akım tipiyle tanımlanabilir: dış hava perdesi ve tampon bölge. İç pencerelerin açılması genellikle mümkün olmadığından, çift cidar arasındaki boşluklara temizlik ve bakım işlemleri için projede özel olarak kurgulanmış bölümler aracılığıyla erişim sağlanır. Danimarka ve İsveç'te, çok katlı çift cidarlı cephe türleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Poizaris, 2006). Bina yüksekliğindeki çift cidarlı cephelerde, iki cidar arasındaki boşluktaki hava, güneş ışığı ile ısındıkça yükselir. Bu özellik, az katlı yapılarda önemli bir sorun oluşturmazken, çok katlı yapılarda üst katlara ulaşan havanın yüksek sıcaklıkları büyük bir problem teşkil edebilir. Yaz aylarında aşırı ısınan havanın iç mekânlara etki etmemesi için ek önlemler alınması gerekebilir. Ayrıca, cephe boşluğunun bina boyunca devam etmesi, katlar arasındaki yangın, duman ve ses izolasyonunun sağlanamaması gibi bir başka dezavantaja yol açmaktadır (Alakavuk, 2010).

Çok katlı panjurlu çift cidarlı cephelerde, dış cephede cam giydirme yerine hareketli panjurlar yer almaktadır. Bu cephelerde, güneş ışınlarının yoğun olduğu durumlarda panjurlar kapalı konuma getirilebilir veya dış çevreyle bağlantı kurmak amacıyla açılabilir (İnan ve Başaran, 2014) (Şekil 2.23).



Şekil 2.23. Çok katlı çift cidarlı cephe görünüş kesit ve planı üzerinde havalandırma prensibini gösteren şema (Oesterle ve diğ., 2001, s.23).

Çok katlı çift cidarlı cephe örneği olarak Arlanda Pir F Binası gösterilebilir (Şekil 2.24). Cephe tasarımında, yapı boyunca yükselen çok katlı bir çift cidar çözümü benimsenmiştir. 13.000 m² çift cidar çözümlü cephe mevcuttur. Çift cidar arasındaki boşluk, mekanik havalandırma ile sağlanmaktadır. Havalandırmanın dışarıya çıkışını sağlayan motorlu açıklıklar, yapının çatı seviyesinde konumlandırılmıştır. İç cidar kısmında ise açıklık bulunmamaktadır. Çift cidar arasında yer alan boşluktaki güneş koruması, panjurlar ile sağlanmaktadır. Panjurların uzunluğu 9,5 metredir (Ünal,2006).



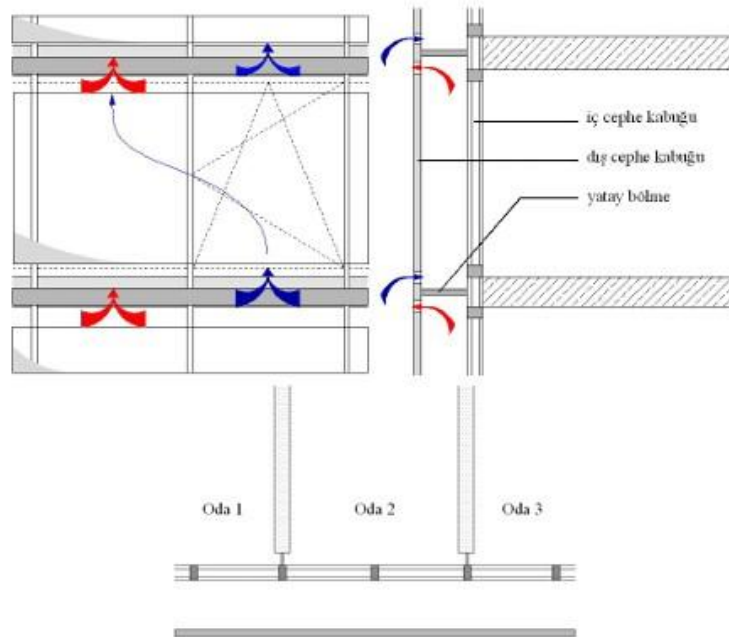
Şekil 2.24. Çok katlı çift cidarlı cephe örneği - Arlanda Pir F Binası,2001 İsveç White Mimarlık (URL- 12)

2.3.2.2. Koridor tipi çift cidar cepheler

Çift cidarlı cephelerin en yaygın tiplerinden biri, her kata taze hava alma ve kirli havayı verme kanallarının yerleştirildiği, her kattaki boşlukların birbirinin üzerine gelecek şekilde düzenlendiği koridor tipi cephelerdir (Şekil 2.25). Bu tip cephelerin yapımında, her katta havalandırma boşlukları ve yatay bölücüler bulunması gerektiğinden, çok katlı çift cidarlı cephelerden daha karmaşık bir yapıdadır. Ancak, bu tasarımın avantajı, cephenin işlevinin çok daha gelişmiş olmasıdır (Tatlı, 2006).

Bu cephe tipinde, her katın havalandırması bağımsız şekilde gerçekleştirildiği için, cephe cidarları arasındaki boşluktaki havanın aşırı ısınma riski bulunmaz. Yapının ısı ve ses yalıtımı ile yangın güvenliği, diğer çift cidarlı cephe sistemlerine kıyasla daha yüksek bir etkinlik göstermektedir (Sahraei, 2013).

Güneş kontrol elemanları, diğer çift cidarlı cephelerde olduğu gibi cephe cidarları arasındaki boşluğa yerleştirilmiştir. Bu sayede, güneş kontrol elemanları hava koşullarından korunur, böylece kullanım ömürleri uzar ve bakım işlemleri daha kolay hale gelir (Hausladen vd., 2006).



Şekil 2.25. Koridor tipi çift cidar cephe görünüş kesit ve planı üzerinde havalandırma prensibini gösteren şema (Oesterle ve diğ., 2001)

İngiltere’deki Helicon Finsbury binası koridor tipi çift cidarlı cephe uygulamasının en iyi örneklerinden biridir (Şekil 2.26). Helicon Finsbury binası,

koridor tipi çift cidarlı cephe sistemine göre kurgulanmış ve geniş bir cephe yüzeyine sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Cam kaplı iç cephe ve dış cephe, kat planlarıyla uyumlu olacak biçimde düzenlenmiştir. Çift cidar arasındaki boşlukta hareketli panjurlar bulunur. Bu panjurlar, %14 açıklığa sahip olup, %70 yansıtıcı özellik gösterir. Havanın girdiği ve çıktığı noktaların her ikisi de dışa yöneliktir. Güneş ışığının olmadığı zamanlarda, ikinci katman ekstra bir ısı yalıtımı sağlar. Güneşin yoğun olduğu dönemlerde ise cidar doğal bir şekilde havalandırılır. Bu havalandırma süreci, cephe boşluğunda oluşan baca etkisi aracılığıyla sağlanır. Örneğin, güneş ışınlamıyla ısınan hava doğal olarak yukarı yönlü hareket ederek dışarı atılır ve boşalan hacme dış ortamdan temiz hava girer. Böylece havalandırma gereksinimi, minimum enerji kullanımıyla karşılanacak biçimde düzenlenmiştir. İhtiyaç duyulduğu durumlarda, performansı yüksek olan ısıtma ve soğutma ekipmanları sisteme entegre edilerek çalıştırılır. (Ünal, 2006).



Şekil 2.26. Koridor tipi çift cidarlı cephe örneği – Helicon Finsbury Binası, İngiltere Sheppard Robson (URL- 13)

2.3.2.3. Şaft tipi çift cidarlı cepheler

Şaft-kutu formundaki çift cidarlı cepheler, kutu pencere yapı tipinin özel bir varyasyonudur ve aynı inşa prensiplerine dayanarak geliştirilmiştir. Bu cephe tasarımı, Munster'deki Alco Company tarafından geliştirilen "twin-face" konseptine dayanmaktadır ve katlar boyunca uzanan, baca etkisi yaratan düşey şaftlardan oluşan bir kutu pencere sistemi içerir. Cephe yapısı, kutu pencerelerin yer değiştirmesi ve düşey şaft bölmeleri ile şekillenir. Her katta, düşey şaftlar ile kutu pencereler arasındaki yan açıklıklarla bağlantılar sağlanır. Baca etkisi sayesinde, kutu pencerelerdeki sıcak hava

Arag 2000 binası şaft tipi cephe uygulamasının iyi örneklerinden birisidir (Şekil 2.28). Bina cephesi, şaft-kutu sistemi olarak tasarlanmıştır; her pencere biriminde 15 cm yüksekliğinde kapalı taze hava giriş açıklıkları bulunmaktadır. Kirli hava, şaft üzerinden dışarı atılır Cam yüzeyler üzerinden sağlanan doğal havalandırma yılın yaklaşık %50–60'ında kullanılabilirken, olağanüstü koşullarda mekanik havalandırma ile ısı dengesi korunur; bu sistem her kat için ayrı olarak ayarlanabilir (Ünal, 2006).



Şekil 2.28. Şaft tipi çift cidarlı cephe örneği – Arag 2000 Binası, Almanya (URL- 14)

2.3.2.4. Kutu tipi çift cidarlı cepheler

Kutu pencere tipi cepheler, her katta yatay bölümler ve her pencere biriminde dikey bölümler aracılığıyla havalandırma sağlayan bir düzenleme ile tasarlanmıştır. Hava giriş ve çıkış açıklıkları her kat düzeyinde konumlandırılmış olup, böylece etkili bir doğal havalandırma gerçekleştirilir (Lakot, 2007). Bu cephe tiplerinde, dış havanın giriş ve çıkışını kontrol eden, genellikle katlar arasında konumlanan ve 'balık ağzı' olarak adlandırılan özel bir pencere çerçevesi kullanılır. Balık ağzı, hava geçiş noktalarına sahip bir elemandır; içeri alınan hava çift cidarlı cephe boşluğunda ısınarak yükselir ve daha sonra yakınındaki balık ağzı çerçevesi üzerinden dışarıya atılır. Balık ağzı pencere çerçeveleri düşey olarak konumlandırıldığında, dışarı atılan kirli havanın geri emilmesi önlenir. Ayrıca bu düzenleme, olası bir yangının üst katlara yayılmasını engellemeye de katkı sağlar (Uuttu, 2001).

Bu cephelerin yapımı, diğer çift cidarlı cephe tiplerine göre daha karmaşıktır; çünkü iç ve dış cam katmanları arasındaki boşluk hem yatay hem de düşey doğrultuda bölümlenmiştir. Bu sistemler, hücresel bir yapıya dayalıdır. Her bir kutu çift cidarlı cephe, kendi taze hava giriş ve egzoz hava çıkışlarına sahiptir (Tatlı, 2006).

Çift cidarlı cephelerde cidarlar arasındaki hava boşluğu yatay ya da düşey doğrultuda bölümlenerek daha küçük ve bağımsız hava kanalları oluşturulabilir. Bu düzenleme, katların yatay yönde ve cephe modüllerinin dikey yönde ayrı ayrı havalandırılmasına imkân tanır. Ayrıca her katta hava giriş ve çıkışına yönelik açıklıkların bulunması, sistemin doğal havalandırma performansını artırmaktadır (Örkmez, 2012).

Genellikle yüksek dış gürültüyü engellemek ve bitişik alanlar arasındaki ses yalıtımını sağlamak amacıyla tercih edilir (Oesterle vd., 2001; Wong, 2008). Ayrıca, bu cephe tipi, mevcut binaların enerji verimliliğini artırmak için bina iyileştirme projelerinde de kullanılmaktadır.

Finlandiya'da, kutu pencere tipi çift cidarlı cepheler yaygın olarak kullanılmaktadır (Poizaris, 2006).

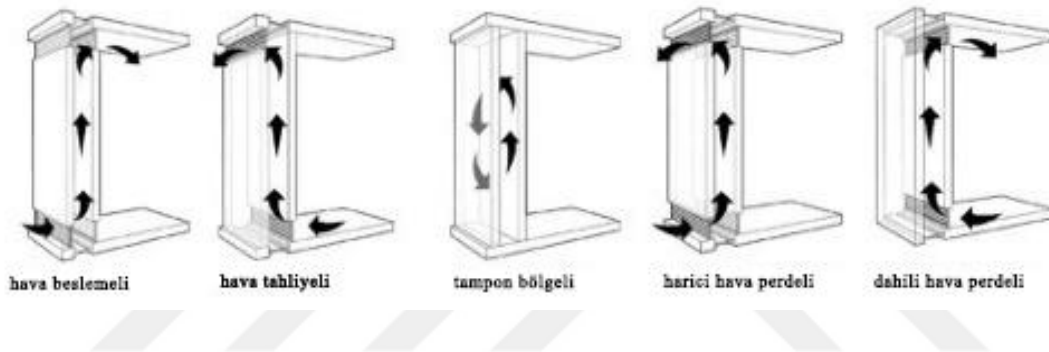
Kutu pencere tipi çift cidarlı cepheler, aslında çift pencere prensibine dayansa da kat yüksekliğinde cephe elemanları şeklinde tasarlanmışlardır. İç pencereler, iki cidar arasındaki boşluğu havalandırmak amacıyla açılabilir. Dış cidar ise besleme havası ve egzoz hava açıklıklarını içerir. Düşeyde, yatay ayraçlar gibi bitişik elemanlar yalnızca dışarıdaki gürültüyü engellemekle kalmaz, aynı zamanda komşu odalar arasındaki ses izolasyonunu da optimize eder. İstenmeyen kokular ve parlama gibi sorunlar, ara bölmelerin doğru tasarımıyla kolayca engellenebilir (Knack ve diğ., 2007, s. 94). Bu nedenle, dış ses seviyesinin yüksek olduğu yerlerde ve odalar arasında ses yalıtımının önemli olduğu özel durumlarda sıklıkla tercih edilmektedir. Ayrıca, bu cephe türü, geleneksel dikdörtgen açıklıklarla tüm bu fonksiyonları yerine getirebilen tek yapı tarzıdır (Oesterle ve diğ., 2001).

Kutu pencereler, pencere açıklığı önünde bir havalandırma boşluğu oluşmasına izin veren ikinci bir cam tabaka işlevi görür. Bu boşluk, düşey veya sürekli periferik derzler boyunca havalandırılabilir. Bu tip cepheler, basit yapı elemanları veya giydirme cephelerle birleştirilebilir. Sistem, hava korumalı solar perdeleme sağlar, gürültü seviyelerini azaltır ve kış ile geçiş aylarında konforlu besleme havası sunar. Küçük havalandırma açıklıkları, gürültü azaltma konusunda daha verimli olsa da, yaz aylarında aşırı ısınma riski oluşturabilir. Farklı ihtiyaçlara göre, dış cidardaki açıklıkların

2.3.3. Hava akımının katmanlar arasındaki geçişine göre sınıflandırılması

Çift cidarlı cepheler hava akımının katmanlar arasında geçişine göre beş farklı şekilde sınıflandırılmaktadır (Şekil 2.31) ;

- Harici Hava Perdeli (Outdoor Air Curtain) ÇCC
- Dahili Hava Perdeli (Indoor Air Curtain) ÇCC
- Hava Beslemeli (Air Supply) Çift Cidarlı ÇCC
- Hava Tahliyeli (Air Exhaust) Çift Cidarlı ÇCC
- Tampon Bölgesi (Buffer Zone) Çift Cidarlı ÇCC



Şekil 2.31. Hava akımının katmanlar arasında geçişine göre çift cidarlı cepheler (Jankovic ve Goia, 2021)

2.3.3.1. Harici hava perdesine sahip (outdoor air curtain) çift cidarlı cepheler

Dış hava perdesiyle entegre edilmiş cephe sistemlerinde, dış ortamdan gelen hava ara boşluğa ulaştıktan sonra doğrudan tahliye edilir. Bu düzenleme sayesinde, ara boşluğun havalandırılması sırasında cephe çevresinde sürekli bir hava bariyeri oluşmaktadır (Loncour, 2004). Dış ortamdan temin edilen hava, tampon bölgenin havalandırılmasının ardından yeniden dış ortama yönlendirilir. Bu havalandırma modu, cepheyi çevreleyen sürekli bir hava tabakası aracılığıyla oluşturulmakta olup, cephe boyunca etkin bir havalandırma sağlanmaktadır (Ün, 2025).

2.3.3.2. Dahili hava perdesine sahip (indoor air curtain) çift cidarlı cepheler

Dahili yani iç hava perdesi içeren cephe sistemlerinde, iç mekândan ara boşluğa aktarılan hava, havalandırma sistemi vasıtasıyla tekrar iç mekâna iletilir. Böylece, ara boşluğun havalandırılması sırasında iç cephe çevresinde sürekli bir hava bariyeri meydana gelir (Loncour, 2004). İç hacimden alınan hava, tampon bölge içerisinde dolaşım sağladıktan sonra yeniden iç ortama iletilmektedir. Bu sayede iç mekân sıcaklığının dengeli bir şekilde korunması amaçlanmaktadır. Söz konusu hava akışı, doğal yollarla ya da mekanik sistemler aracılığıyla gerçekleştirilebilmektedir (Ün, 2025).

2.3.3.3. Hava beslemesine sahip (air supply) çift cidarlı cepheler

Bu cephe türünde, dış ortamdan gelen hava ya doğrudan ya da havalandırma sistemi üzerinden iç mekâna yönlendirilir. Böylelikle, hava akışı aracılığıyla cephe boşluğunun havalandırılması gerçekleştirilmiş olur (Loncour, 2004). Dış çevreden temin edilen taze hava, iç hacimlere yönlendirilir. Bu süreçte doğal havalandırma ya da mekanik havalandırma sistemlerinden yararlanılabilir (Ün, 2025).

2.3.3.4. Hava tahliyesine sahip (air exhaust) çift cidarlı cepheler

İç mekânda yer alan hava, ara boşluk kanalı vasıtasıyla dışarı atılır. Bu sayede, cephenin havalandırılması, havanın dışarıya atılması yoluyla gerçekleştirilir (Loncour, 2004). Bu hava akışı düzeninde, hava hareketi iç ortamdan dış ortama doğru gerçekleşmektedir. İç mekânda biriken kullanılmış ve sıcak hava, cepheye entegre edilen fanlar aracılığıyla ya da yığın (baca) etkisi sayesinde dışarıya uzaklaştırılmaktadır. Böylece cephe havalandırması sağlanmakta ve atık havanın tahliyesi gerçekleştirilmektedir (Ün, 2025).

2.3.3.5. Tampon bölgesine sahip (buffer zone) çift cidarlı cepheler

Bu cephe türünü diğer cephelerden farklı kılan en belirgin özelliği, yapı kabuğunda hava sızdırmazlığı sağlamasıdır. Bu tür cephelerde, ara boşluk, dış ve iç hava arasında bir tampon alan oluşturarak, havanın bu bölgede birikmesine olanak sağlar. Bazı örneklerde, dışarıdan alınan hava, alt kısımdaki menfezler yoluyla ara

boşluğa yönlendirilirken, üst bölümdeki kapaklar sayesinde baca etkisiyle dışarı atılır (Tatlı, 2006).

2.4. Çift cidarlı cephe sistemlerinin tasarım etmenleri

Çift cidarlı cephelerin tasarım sürecinde pek çok farklı unsur rol oynamaktadır. Ancak bu çalışmada, tasarım kararlarını en belirgin biçimde yönlendiren 8 temel faktör ele alınacaktır.

2.4.1. Ses

Yapıların dış kabuğu, dış ortamdan gelen gürültüyü belli bir oranda engellemektedir. Çift cidarlı cephe sistemlerinde, dış kabuğun sağladığı ses yalıtımı sayesinde ara boşluktaki gürültü seviyesi oldukça düşüktür. Bu sayede, iç cidardaki pencereler açık olsa bile, iç mekânda ki sessizlik korunur ve konfor şartları sağlanmış olur. Tek katmanlı cephelere kıyasla çok daha yüksek düzeyde ses yalıtımı sunar. Bazı bölgelerde dış çevreden gelen yoğun gürültü, mimarları alışılmışın dışında tasarım çözümleri üretmeye teşvik etmiştir. Mimar Hentrich Petschnigg ve ortaklarının 1998 senesinde Düsseldorf'ta gerçekleştirdiği proje, bu duruma verilebilecek etkileyici örneklerden biridir (şekil 2.32).



Şekil 2.32.Trafik gürültüsünü engellemek için yapının dış cephesine cam perde duvar yerleşimi (Oesterle,2001)

Kentsel alanlarda artan trafik kaynaklı gürültüyü azaltmak amacıyla yapı tasarımlarında en etkili çözümlerden biri çift cephe uygulamalarıdır. Cam yüzeylerin sağlayacağı akustik yalıtım düzeyi, yapının bulunduğu çevresel koşullara ve kullanım amacına göre farklılık gösterebilir. Bu yalıtım performansı, desibel (dB) cinsinden ifade edilmekte olup; çift cam kullanılan pencerelerde genellikle 33-35 dB, yoğun trafik sesi bulunan bölgelerde ise 26-29 dB aralığında önerilmektedir. Ayrıca camın kalınlığı iki katına çıkarıldığında, sesin iç mekâna geçişi yaklaşık 4 dB oranında azalmaktadır (Button ve Pye, 1993).

Cephe sistemlerindeki havalandırma boşluklarının artırılması, havalandırma performansını iyileştirirken, ses yalıtımında olumsuz etkiler meydana getirebilmektedir. Bu sebeple, havalandırma boşluklarının tasarımında ses iletimine ilişkin faktörlerin de dikkate alınması gerekmektedir (Kıasf, 2015).

Tüm bina boyunca uzanan çift cidarlı cephe sistemlerinde, havalandırma boşluğunun sabit bir tampon bölge olarak tasarlanması, iç ve dış ortamlar arasında güçlü bir ses yalıtımı sağlar. Ancak bu tür cephelerde boşluğun sürekli olması, katlar arası ses iletimine yol açabilir. Bu durumun önüne geçmek için iç cidarda yüksek ses yalıtım performansına sahip camların tercih edilmesi önemlidir (a ve Pye, 1993).

Kat yüksekliğinde uygulanan koridor tipi çift cidarlı cephe sistemleri, dış çevrede ya da kat aralarında meydana gelebilecek gürültülere karşı etkili bir akustik koruma sunar. Ancak, bu cephe tasarımında havalandırma boşluğu kat boyunca devam ettiğinden, aynı katta yer alan farklı alanlar arasında ses iletimi gerçekleşebilir. Bu sorunun önüne geçebilmek için, koridorların belirli noktalarda kesintiye uğraması ve iç cidarlarda yüksek akustik yalıtım sağlayan camların tercih edilmesi önerilir (Button ve Pye, 1993).

Kutu tipi çift cidarlı cephe sistemlerinde, mekânlar pencere ölçeğinde ayrıldığından, sesin hem öteki katlara hem de aynı kat hizasında bulunan farklı alanlara iletimi engellenmiş olur. Bu cephe türü, dış çevredeki gürültü düzeyinin yüksek olduğu yapılarda da etkili bir akustik yalıtım performansı sunmaktadır (Kıasf,2015).

Şaft tipi çift cidarlı cepheler, dış ortam kaynaklı gürültülere karşı etkili bir ses yalıtımı sunsa da, iç mekânlarda benzer düzeyde akustik performans sergileyememektedir. Bunun nedeni, şaft içerisindeki hava akımı sonucu oluşan seslerin katlar arasında yayılım göstermesidir. Bu durumun önüne geçebilmek için şaft borularının uygun yalıtım malzemeleriyle kaplanması gereklidir (Button ve Pye, 1993).

2.4.2. Isı

Çift cidarlı cephe sistemleri, yaz geceleri ara boşlukta biriken serin havanın gün içinde kullanılması sayesinde soğutma enerjisinden tasarruf edilmesine katkı sağlar. Bu tür bir avantaj, tek cidarlı cephelerde mevcut değildir. Ancak, iç kabuğun tamamen cam yüzey olarak tasarlanması durumunda, pencere alanının büyüklüğüne bağlı olarak soğutma ihtiyacı da artış göstermektedir (Oesterle, 2001).

Dış çevre koşulları ve iklim özelliklerine uygun şekilde tasarlanan her çift cidarlı cephe sistemi, ısı yalıtımı açısından önemli katkılar sunar. Bu cephe sistemlerinde farklı ısı geçiş türleri aynı anda gözlemlenebilir. Isı aktarımı şu üç temel mekanizma ile gerçekleşir:

- Taşınım (Konveksiyon)
- İletim (Kondüksiyon)
- Işınım (Radyasyon)

olmak üzere farklı yollarla iletilmektedir (Ünal, 2006).

Isı yalıtımı, cephe elemanlarında meydana gelen ısı transferlerinin kontrollü bir şekilde yönetilmesiyle sağlanmaktadır. Bu ısı transferlerinin etkin bir biçimde denetlenmesiyle, cephe yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkları azaltılmakta; böylece hem iç mekân termal konforu artırılmakta hem de cephe sisteminden beklenen enerji verimliliği düzeyine ulaşılabilmektedir (Ünal, 2006).

Konveksiyon, bir akışkanın (hava, su vb.) hareketiyle ısının taşınması sürecidir. Sıcak havanın yükselmesi prensibine dayanan bu mekanizmada, ısı hareketi hava akımları aracılığıyla gerçekleşir (Kıasf, 2015).

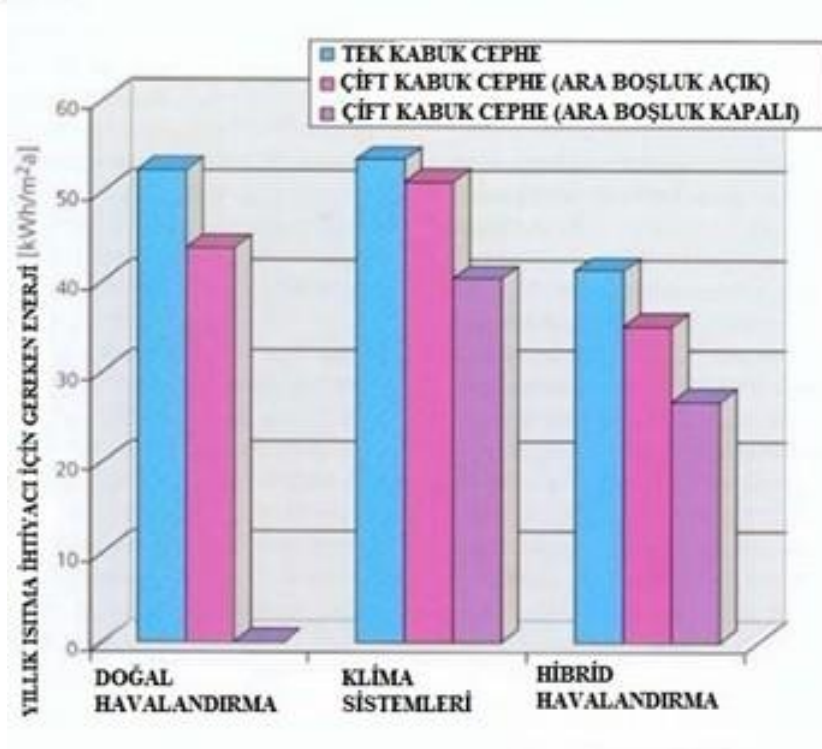
Kondüksiyon, ısının katı ya da sıvı maddeler içinde iletilmesiyle gerçekleşir. Cephe sistemlerinin tasarım sürecinde, iki cidar arasında ısı köprülerinin oluşmasının önlenmesine dikkat edilmelidir. Isı köprüleri yalnızca ısı verimliliği azaltmakla kalmaz, aynı zamanda düşük yüzey sıcaklıklarında yoğuşma (kondens) riskini de artırır (Kıasf, 2015).

Çift cidarlı cephe sistemlerinde, havalandırma boşluğunun yapısal özellikleri, tercih edilen cam malzemelerin optik ve termal karakteristikleri ile güneş kontrolüne yönelik bileşenlerin tasarımı, bina kabuğunun enerji performansını doğrudan belirlemektedir. Bu unsurların bütüncül ve işlevsel bir şekilde bir araya getirilmesi, iç mekânlardaki termal konfor seviyesini artırmakta; aynı zamanda güneş ışınlamından elde

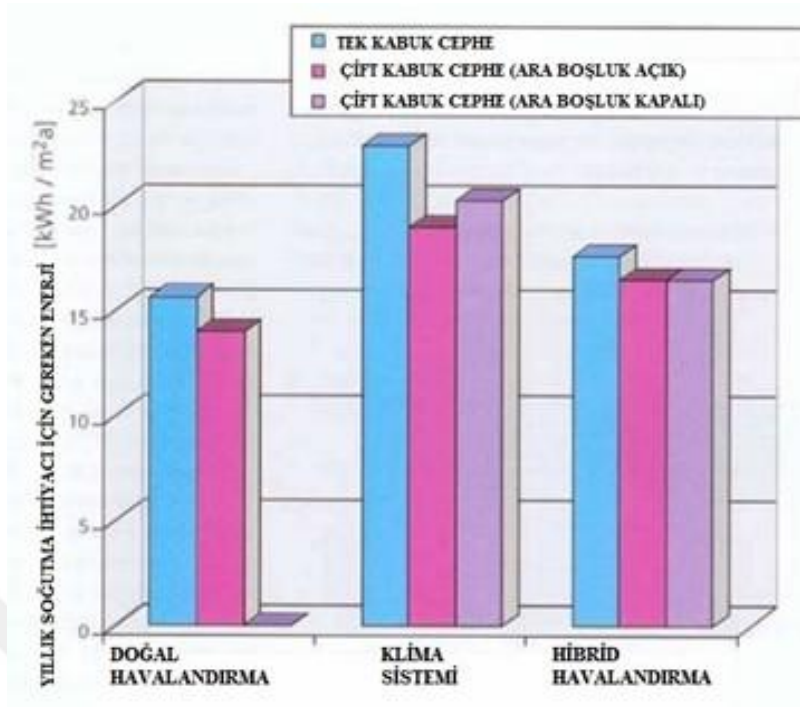
edilen pasif ısı kazançlarının optimize edilmesine olanak tanımaktadır. Böylelikle, çift cidarlı cephe sistemleri yalnızca bir estetik tasarım unsuru olmanın ötesine geçerek, enerji verimliliği hedefleri doğrultusunda etkin bir yapı elemanı olarak işlev görmektedir (Kıasif, 2015).

Soğuk hava koşullarında ya da doğal havalandırmanın gerçekleştirilemediği durumlarda, çift cidarlı cephe sistemlerinde iç cidar ve dış cidar üzerindeki açıklıkların (menfezlerin) eş zamanlı olarak kapatılmasıyla cephe boşluğunda bir tampon hava tabakası oluşur. Bu tampon bölge termal yalıtım sağlar. Güneş ışıının bu bölgede absorbe edilmesi sonucunda, tampon boşluk dış ortama kıyasla daha yüksek bir sıcaklık seviyesine ulaşır; böylece iç mekânın ısıtılmasına katkı sağlanırken, mevcut ısının dışarıya iletimi minimize edilmiş olur (Oesterle ve ark.,2001).

Sıcak iklim koşullarında ise, iç cidar ve dış cidarda bulunan açıklıkların açılmasıyla cephe boşluğu doğal havalandırma amacıyla devreye girer. Bu durumda ara boşluk; hava perdesi oluşturma, taze hava sağlama ya da iç mekândaki havayı tahliye etme işlevlerini yerine getirir. Boşluk içerisinde dolaşan havanın iç cidar yüzeyine temas etmesiyle, iç ortam sıcaklığında düşüş sağlanır ve termal konfor artırılmış olur (Oesterle ve ark., 2001).



Şekil. 2.33. Tek ve çift cidarlı cepheye sahip yapıların yıllık ısıtma gereksinimi için tüketilen enerji (Oesterle ve diğ., 2001).



Şekil. 2.34. Tek ve çift cidarlı cepheye sahip yapıların yıllık soğutma gereksinimi için tüketilen enerji (Oesterle ve diğ., 2001).

Şekil 2.33 ve 2.34 incelendiğinde, tek cidar ve çift cidarlı cephelere sahip yapıların ısıtma ve soğutma yükleri için tüketilen enerji değerleri gözlemlenmektedir. Kapalı ara boşluğa ve hibrit havalandırma sistemine sahip çift cidarlı cephelerde, ısıtma yükünde önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlandığı görülmektedir. Buna karşın, aynı cephe tipinin soğutma yükü açısından diğer cephelerle karşılaştırıldığında belirgin bir fark yaratmadığı anlaşılmaktadır (Kıasfı, 2015).

2.4.3. Doğal Aydınlatma ve Gün Işığı

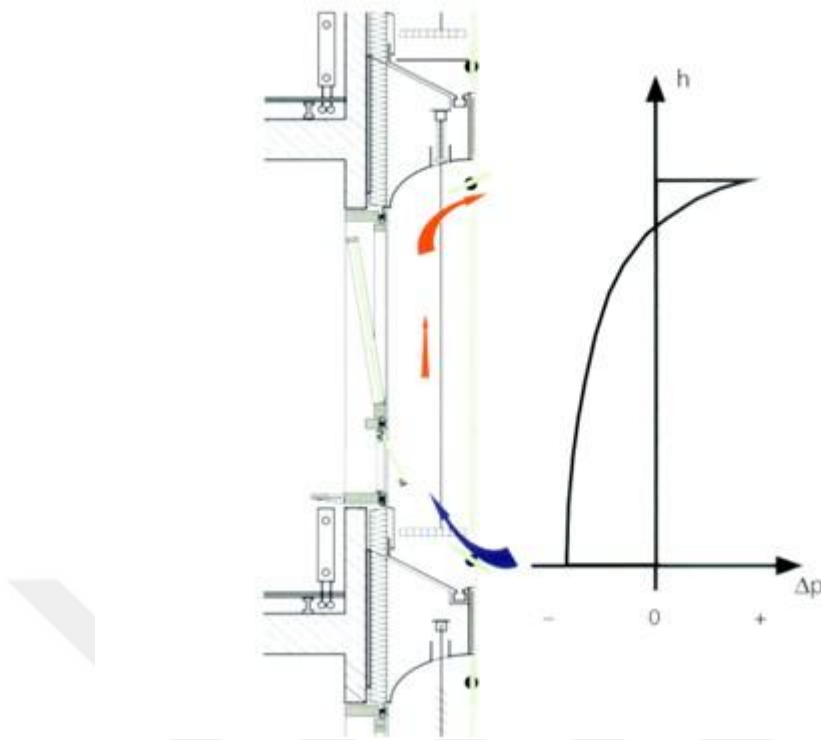
Güneş, doğal aydınlatma ve ısı kazanım amacıyla yararlanılan önemli bir kaynaktır. Yapı tasarım sürecinde dikkate alınan güneş ışıınımı değerleri ve güneşlenme süreleri, tasarım kararlarını doğrudan etkileyen temel parametrelerdendir. Isıtma gereksinimlerinin yüksek olduğu soğuk mevsimlerde güneşten enerji kazanımı hedeflenirken, sıcak dönemlerde ise güneş ışıınlarının etkisini azaltmak amacıyla çeşitli gölgeleme ve güneş kontrol sistemleri devreye sokulmaktadır (Çetin, 2018).

Gün ışığı, yapısal tasarımda en temel ihtiyaçlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Ofis ortamlarında nitelikli bir doğal aydınlatmanın sağlanması ve dış mekâna yönelik bir görüş açısının sunulması, önemli bir kullanıcı beklentisi haline gelmiştir. Avrupa Birliği tarafından belirlenen standartlar doğrultusunda, çalışma alanlarında yeterli düzeyde doğal ışık koşullarının sağlanması önerilmektedir. Bu önlemler, iç mekânda mevcut doğal ışığın verimli kullanılmasına katkı sağlasa da, aydınlatma kalitesinin artırılması amacıyla yapay aydınlatma sistemlerinin de destekleyici olarak kullanılması gerekmektedir (Oosterle, 2001).

Çift kabuğa sahip cephelerde doğal aydınlatma gereksinimi, tek cidar cephe sistemlerine kıyasla temel olarak benzerlik gösterir. Ancak ikinci kabuğun varlığı bazı önemli farklılıklar ortaya çıkarır. Bunlar arasında; ek cam yüzeyin neden olduğu ışık geçirgenliğinde azalma, cepheler arası boşluğun derinliği sayesinde iç cephe güvenliğinin artması, büyük yüzeylerde uygulanan cephe sistemlerinin dengeleyici katkısı ve güneş kontrol elemanlarının dış etkenlerden korunarak cepheler arası alana yerleştirilebilmesi gibi unsurlar yer almaktadır (Oosterle, 2001).

2.4.4. Rüzgâr

Rüzgârın yapılar üzerindeki etkisinin doğru biçimde analiz edilebilmesi için, yapının hem iç hem de dış çevresinde oluşan ve yapıya yönelen tüm hava akımlarının dikkate alınması gerekmektedir. Zaman zaman bu hava hareketleri, yapıların taşıyıcı sistemlerini etkileyebilecek ölçüde güçlü olabilmektedir. Atmosferde gözlemlenen basınç farklarının temel kaynağı da bu hava akımlarıdır. Hava her zaman yüksek basınçlı alanlardan düşük basınçlı alanlara doğru hareket eder. Eğer yapı içerisindeki hacimler birbirine bağlıysa ve bu alanlar arasında basınç farklılıkları mevcutsa, yapının iç mekânlarında da hava akımları oluşur (Çetiner, 2002). Çift cidar ara boşluğundaki ısısal hava akımının yönü Şekil 2.35’ te gösterilmiştir.



Şekil 2.35. Çift cidar ara boşluğundaki ısısal hava akımının yönü (Oesterle, 2001)

Yapı içerisindeki basınç farklılıklarını belirleyen üç temel etken bulunmaktadır;

- Mekanik kaynaklı basınç farkları: binada yer alan mekanik ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri, iç mekânlarda yapay hava hareketleri oluşturarak basınç dengesizliklerine yol açar. Bu durum, hava akımlarının yönünü ve hızını doğrudan etkileyebilir.
- Isıl kaynaklı basınç farklılıkları: Farklı sıcaklıklara sahip hava kütlelerinin hareketi de yapı içi hava akımlarını belirleyen önemli bir faktördür. Isınan havanın yükselmesi ve soğuk havanın alçalması, doğal hava sirkülasyonuna neden olur.
- Rüzgâr kaynaklı basınç farklılıkları: Rüzgâr, yapıların hem iç hem de çevresel hava akımları üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Bu durum şu şekilde açıklanabilir: Binalar, doğal hava akışına birer engel niteliğinde davranarak rüzgârın yön değiştirmesine neden olur. Rüzgâr, yapının yüzeyine çarptığında çarpma noktasında pozitif basınç, yapının rüzgâra kapalı tarafında ise negatif basınç oluşur. Bu basınç dağılımı, rüzgâr hızına doğrudan bağlı olarak artar ya da azalır (Çetiner, 2002).

Cam cephe sistemlerinin rüzgâr yüklerine karşı yeterli dayanımı sağlayabilmesi, taşıyıcı profillerin ve cam elemanların maruz kalacakları rüzgâr etkisi altındaki sehîm miktarları göz önünde bulundurularak boyutlandırılmaları ile mümkündür. Bu bağlamda, cephe elemanlarının tasarımında, yapının yüksekliğine bağılı olarak değışen rüzgâr yüklerinin dikkate alınması büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla, cephe sistemine ait tüm bileşenlerin boyutlandırma sürecinde rüzgâr yükleri temel bir tasarım kriteri olarak ele alınmalıdır (Çetiner, 2002).

Rüzgâra karşı dayanım, yalnızca yapısal güvenlik açısından değıl, aynı zamanda enerji verimliliğı bakımından da cephe sistemlerinin içermesi gereken temel özelliklerden biridir. Rüzgâr kaynaklı basınç etkisi, cephedeki panel birleşimleri ve pencere boşlukları gibi zayıf alanlardan yağmur sızmasının artmasına neden olabilmekte; ayrıca hava sızdırmazlığını olumsuz etkileyerek ve cephe elemanlarının ısı performansını düşürerek ısı kayıplarını artırabilmektedir (Ünal, 2006).

Cephe sistemleri, iç ve dış basınçları dengeleyebilecek şekilde tasarlanmalıdır. Çünkü rüzgâr akışı, yönüyle paralel hizalanmış cephe panellerine dışa doğru, dik açıyla yerleştirilmiş panellere ise içe doğru kuvvet uygulamaktadır. Ayrıca, sürekli değışkenlik gösteren rüzgâr basıncı, özellikle ince kesitli ve hafif yapılarda taşıyıcı sistem ile cephe bileşenlerinde yapısal hasarlara yol açabileceğı gibi, oluşturduğu uğultu ve gürültüyle de kullanıcı konforunu olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Çetin,2018).

Dikdörtgen planlı yapılar dışında kalan farklı geometrik formlara sahip yapılar, cephe yüzeylerinde farklı aerodinamik yüklerin oluşmasına neden olarak hesaplamaları daha karmaşık hale getirmektedir. Bu gibi durumlarda, rüzgâr tüneli testlerinin gerçekleştirilmesi uygun ve güvenilir bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Özellikle strüktürel sistemlerin ve cephe tasarımlarının geliştirilmesi sürecinde, bu testlerden elde edilen veriler önemli bir tasarım girdisi olarak değıerlendirilmektedir (Sev, 2009).

2.4.5. Yangın

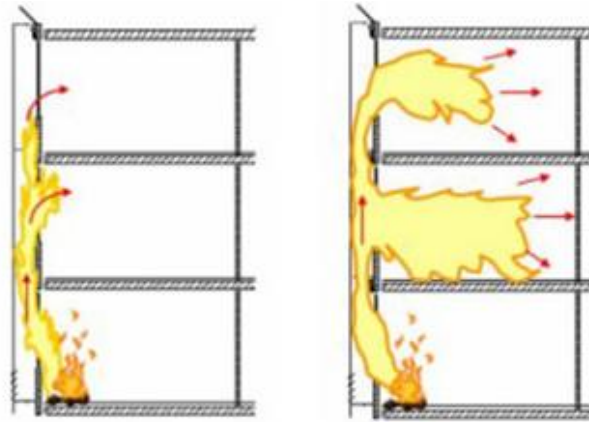
Yangın, camın yapısal özelliklerinde değıişimlere yol açan yüksek sıcaklık artışlarına sebep olmaktadır. Cam cephelerin yangına karşı direnci, kullanılan cam malzemesinin teknik özellikleri ile cam paneller ile diğerk cephe bileşenleri arasındaki derzlerin uygunluğına bağılıdır. Ayrıca, cephe ile taşıyıcı yapı elemanları arasındaki bağlantıların, yangının veya dumanın herhangi bir kattan diğerk katlara geçişini engelleyecek biçimde tasarlanması zorunludur (Çetiner, 2002).

Çift cidar cephe sistemlerinde dış ve iç katmanlar farklı yapı malzemelerinden meydana gelmektedir. Dış cephe, yanıcılığı düşük olan ve A sınıfı yangın dayanımına sahip malzemelerden oluşturulurken, iç cephe B sınıfı, daha kolay yanabilen malzemeler içerebilmektedir (Ünal, 2006).

Koridor ve kutu pencere tipi çift cidarlı cepheler, katlar arasında yangının yayılmasını önlemeye yönelik bir koruyucu önlem olarak işlev görür. Ofis binalarında, yangının ilk evrelerinde cephe boşluğundaki yangın etkisi kullanıcılar tarafından fark edilebilmekte, bu da özellikle konut, otel, huzurevi gibi yatak odalarının bulunduğu yapılarda yaygın olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Benzer uygulamalar, yüksek kullanıcı yoğunluğuna sahip binalar için de geçerlidir (Oesterle vd., 2001).

Çift cidarlı cephe sistemlerinde, havalandırma boşluğu ile iç mekânlarda detektörlerle çalışan otomatik erken uyarı yangın sistemlerinin bulunması gerekmektedir. Otomatik yangın kontrol sistemleri, yangın sırasında oluşan dumanın havalandırma boşluğundan ve iç hacimlerden etkin şekilde tahliye edilmesini sağlamalıdır. Ayrıca, cephe ile kat döşemesi arasında yangının ilerlemesini engellemek amacıyla yangın bariyerleri ve mineral yün esaslı yanmaz ısı yalıtım malzemeleri kullanılmalıdır (Kıasf, 2015).

Bina yüksekliğine yayılan çift cidarlı cephelerde, havalandırma boşluğunun kesintisiz olması nedeniyle yangın ve dumanın katlar arasında yayılması riski bulunmaktadır (Şekil 2.36). Bu durumu önlemek amacıyla kat seviyelerinde özel koruyucu tedbirlerin alınması gerekmektedir. Bu tedbirler arasında en yaygın tercih edilen yöntem, yangın anında düşey doğrultudan yatay pozisyonda ayarlanabilen jaluzi sistemlerinin kullanılmasıdır (BBRI, 2004).



Şekil 2.36. Bina Yüksekliğinde Çift Cidarlı Cephelerde Yangın Yayılımı (BBRI, 2002)

Koridor tipi kat yüksekliğinde tasarlanan çift cidarlı cephelerde havalandırma boşluğu katlarda kesintiye uğramakla birlikte, kat çevresinde devamlılık göstermektedir. (Şekil 2.37). Söz konusu durum, havalandırma koridoru yoluyla yangının aynı kat düzlemindeki farklı hacimler arasında yayılım göstermesine olanak vermektedir. Ancak, koridorun sürekli bir yapı yerine, yalnızca birkaç mekânı içerecek şekilde tasarlanması halinde, alevlerin farklı mekânlara geçişi önemli ölçüde kısıtlanmış olacaktır. (Kıasf, 2015).



Şekil 2.37. Kat Yüksekliğinde Koridor Tipi Çift Cidarlı Cephelerde Yangın Yayılımı (BBRI, 2002)

Kutu tipi çift cidarlı cephe sistemleri, yangın güvenliği açısından en avantajlı cephe türlerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Bu sistemde havalandırma boşluğu, her pencere modülüne özgü olarak ayrı ayrı tasarlanmakta ve böylece her modül bağımsız bir havalandırma alanına sahip olmaktadır. Modüller arası bu fiziksel ayırım, yangın ve dumanın cephe boyunca yatay veya düşey yönde yayılmasını büyük ölçüde engellemekte, yapı içerisinde yangının kontrollü bir şekilde sınırlandırılmasına katkı sağlamaktadır (Kıasf, 2015).

Şaft tipi çift cidarlı cephe sistemleri ise ortak bir havalandırma şaftı kullanımı nedeniyle yangın ve dumanın katlar arasında dikey olarak yayılma riskini beraberinde getirmektedir. Bina yüksekliği arttıkça şaft içerisindeki baca etkisi de artmakta, bu da yangının üst katlara doğru daha hızlı taşınmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, şaft tipi sistemlerin özellikle az katlı binalarda tercih edilmesi, yangın güvenliği açısından daha uygun bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Kıasf, 2015).

Yangın anında çift cidarlı cephe sistemlerinin nasıl davrandığı ve bu sistemlerin ne şekilde korunması gerektiği, Prof. Wolfram Klingsch tarafından ayrıntılı biçimde ortaya konmuştur. İçerdiği özet bilgiler ve değerlendirmeler nedeniyle bu çalışma,

birçok Alman yangın güvenliği uzmanı tarafından önemli bir başvuru kaynağı olarak kabul edilmektedir (Tablo 2.2). Almanya'daki birçok yangın güvenliği uzmanı, bu çalışmayı alanında önemli bir kaynak olarak kabul etmektedir (Ünal, 2006).

Tablo 2.2. Prof Klingsch'in çalışmalarına göre çift cidarlı cephelerin yangın anındaki risk durumları (Oesterle, 2001)

Parametreler		Tanım		Riskler
Çift kabuk cephe konstrüksiyon tipleri	A1	Yatay ve	Kutu pencere tipi	Düşük
	A2	düşey bölmeli	Şaft-kutu tipi	Düşük
	B	Koridor Cepheler		Orta
	C	Çok katlı cepheler		Yüksek
Yapının yüksekliği	I	Düşük yükseklikteki yapılar		Düşük
	II	Orta yükseklikteki yapılar		Orta
	III	Yüksek yapılar		Yüksek
Yapının kullanım şekli	a	Ofis kullanımında		Düşük
	b	Ev kullanımında		Orta
	c	Otel, okul, hastane gibi özel kullanımlarda		Yüksek

2.4.6. Estetik

Çift cidarlı cephe sistemleri, dış görünüm açısından geleneksel giydirme cepheli tek cidarlı sistemlerden belirgin biçimde ayrılmamaktadır. Cam kaplama yüzeylerin estetik değeri öznel olarak değerlendirilse de, mevcut tek cidarlı cepheye dışarıdan eklenen ikinci bir cidar ile oluşturulan çift cidarlı sistemler, hem dış cephe sorunları yaşayan yapıların iyileştirilmesine olanak sağlamakta hem de çağdaş ve estetik bir görünüm kazandırmaktadır. Bu durum, söz konusu sistemin yenileme projelerinde geniş kabul görmesini beraberinde getirmektedir (Ünal, 2006).

Almanya'da yer alan Gladbacher Bank binasının cephesinde uygulanan çift cidar sistem, bu alandaki başarılı örneklerden biri olarak değerlendirilmektedir. Şekil 2.38'te yer alan görselde de görülebileceği üzere, yapının mevcut cephesinin yenilenme gereksinimi ve çift cidarlı cephe sisteminin sunduğu ek avantajlar doğrultusunda, mevcut cephe yüzeyinin önüne ikinci bir cam cephe katmanı eklenmiştir (Bkz. Şekil 2.39).

Bu ikinci cephe katmanı sayesinde, yapının zamanla yıpranmış olan dış cephesi yerine, daha çağdaş ve yenilenmiş bir dış görünüm elde edilmiştir; böylece çift cidarlı

cephe sisteminin sunduğu estetik ve görsel avantajlardan da etkin bir şekilde faydalanılmıştır (Çetin, 2018).

Bu örnek, çift cidarlı cephelerin, özellikle görsel açıdan mevcut yapının iyileştirilmesi gereken durumlarında, mimari açıdan işlevsel ve estetik bir çözüm alternatifi sunduğunu ortaya koymaktadır (Ünal, 2006).



Şekil 2.38. Gladbacher Bank binası yenileme öncesi (Çetin, 2018)



Şekil 2.39. Gladbacher Bank binası yenileme sonrası (Çetin, 2018)

2.4.7. Isıl Konfor

Isıl konfor, bireyin içinde bulunduğu çevreden ısı anlamında memnuniyet duyması ve mekânın yaşam koşullarına uygunluk göstermesi durumu olarak tanımlanmaktadır. İnsanların sağlıklı bir şekilde yaşamlarını sürdürebilmesi ve özellikle çalışma alanlarında yüksek verimlilikle faaliyet gösterebilmesi için, iç mekânlarda uygun ısı konfor koşullarının sağlanması büyük önem taşımaktadır (Namlı, 2015). Mekânlarda yeterli düzeyde doğal ısı kazancının sağlanamadığı durumlarda, ısı konfor yapay ısıtma veya soğutma sistemleri ile temin edilmektedir. Ancak, yapının güneş ışınlamına göre doğru şekilde konumlandırılması, doğal ısı kazancını artırarak enerji performansını iyileştirmekte ve ısı konforun daha verimli biçimde sağlanmasına katkıda bulunmaktadır (Namlı, 2015).

Isı geçişleri fiziksel olarak iletim, taşınım ve ışınlım olmak üzere üç temel mekanizma ile gerçekleşmektedir. Bina kabuğu bütünsel bir sistem olarak ele alındığında, ısı yalıtım katmanının yapı boyunca sürekliliğinin sağlanması büyük önem taşımaktadır. Farklı ısı özelliklere sahip yapı elemanlarının birleşim detaylarında meydana gelen ısı köprüleri, yüzey sıcaklıklarının düşmesine neden olmakta; bu da ilgili noktalarda bağıl nem oranının artarak yoğuşma riskini artırmasına yol açmaktadır. Yoğuşmanın devamlılığı durumunda ise küf oluşumu gözlemlenebilmektedir. Isı köprülerinin varlığı, hem enerji tüketimini artırmakta hem de iç mekânın termal konfor koşullarını olumsuz yönde etkilemektedir (Çetin, 2020).

Isıl konfor, ASHRAE Standard 55-81'e göre bireyin içinde bulunduğu iklimsel çevreden memnuniyet duyduğu koşullar olarak tanımlanmaktadır. Ancak bireylerin çevresel koşullara verdikleri fizyolojik ve psikolojik tepkiler farklılık gösterdiğinden, her bireyin ısı konfor algısı aynı düzeyde değildir. Bu nedenle, yapı tasarımında hedeflenen iklimsel koşulların mümkün olan en geniş kullanıcı kitlesinin memnuniyetini sağlayacak şekilde düzenlenmesi önem arz etmektedir. Isıl konforun sağlanması, yalnızca kullanıcı konforunu değil, aynı zamanda enerji verimliliğini de doğrudan etkilemektedir. Bu bağlamda, binalarda ısı konforun minimum enerji tüketimiyle temin edilmesi temel bir tasarım ilkesi olmalı; dolayısıyla ısı konfor koşullarının belirlenmesi, enerji etkin yapı tasarım sürecinin başlangıç noktası olarak ele alınmalıdır (Çetin, 2020).

Isıl konfor koşullarının sağlanmadığı iç mekânlarda çalışan bireyler, maruz kaldıkları pozitif veya negatif yöndeki ısı yükleri nedeniyle dikkat dağınıklığı

yaşayabilir; bu durum da iş verimliliğinde düşüşe yol açabilir. Isıl konforu etkileyen çeşitli parametreler bulunmaktadır ve bunların bazıları bireysel farklılıklara göre değişkenlik göstermektedir. Özellikle yaş, cinsiyet, hava hareketleri ve asimetrik ısı ışıınım gibi etkenler, bireyin konfor algısını doğrudan etkileyebilmektedir (Yiğit ve Atmaca, 2007).

Isıl konforu belirleyen başlıca etmenler, kişisel ve çevresel parametreler olmak üzere iki ana grupta incelenmektedir (Yiğit ve Atmaca, 2007):

- Kişisel parametreler:
 - Bireyin fiziksel aktivite düzeyi
 - Bireyin giysi durumu
- Çevresel parametreler:
 - Havanın sıcaklığı
 - Ortamın bağıl nem oranı
 - Ortalama ışıınım sıcaklığı
 - Ortamdaki bağıl hava hızı

Bu parametrelerin dengeli bir biçimde değerlendirilmesi, iç mekânlarda hem kullanıcı konforunu sağlamak hem de enerji verimliliğini artırmak açısından büyük önem taşımaktadır.

Bireyin fiziksel aktivite düzeyi:

Isıl konforu etkileyen kullanıcı kaynaklı temel etkenlerden biri, bireyin fiziksel aktivite seviyesidir. Bu parametre, insan vücudunun birim yüzey alanı başına belirli bir zaman diliminde ürettiği enerji miktarını ifade etmekte olup “met” birimi kullanılarak tanımlanmaktadır. 1 met, yaklaşık 58.2 W/m²’lik bir enerji üretimine karşılık gelmektedir. Fiziksel aktivitenin düzeyi arttıkça vücut tarafından üretilen ısı miktarı da artmakta ve bu durum, bireyin çevresel koşullardan algıladığı konfor düzeyini doğrudan etkilemektedir. Örneğin, düşük düzeyde fiziksel aktivite gerçekleştiren bir bireyin ısı açıdan dengede kalabilmesi için çevreye yaklaşık 106 W’lık bir ısı iletmesi gerekmektedir (Çetin, 2018).

Bireyin giysi durumu:

Giysi yalıtımı da ısı konfor üzerinde belirleyici olan kullanıcıya özgü bir başka parametredir. Giysilerin ısı geçirgenliğine karşı sağladığı direnç, “clo” birimi ile ölçülmektedir. 1 clo değeri, yaklaşık olarak 0.155 K·m²/W’lık bir ısı yalıtım

performansına karşılık gelmektedir. İç mekânlarda termal konforun sağlanabilmesi için, ortam sıcaklığının 21 °C, hava hareket hızının 0.1 m/sn ve bağıl nem oranının %50 düzeyinde olduğu koşullarda, bireyin giydiği giysilerin toplam yalıtım değerinin ortalama 1 clo olması gerekmektedir (Çetin, 2018).

Havanın sıcaklığı:

Isıl konforu etkileyen temel çevresel parametrelerden biri olan ortam sıcaklığı, ölçülmesi görece kolay olan bir değişkendir. Ortam sıcaklığı, birey ile çevresi arasında taşınım yoluyla gerçekleşen ısı alışverişinin miktarını belirleyici bir rol üstlenir. Bu ısı alışverişi, bireyin cilt yüzeyi ile çevresindeki hava sıcaklıkları eşitlenene kadar devam eder. Ortam sıcaklığı, bireyin termal algısını ve fizyolojik tepkilerini doğrudan etkiler. Nitekim, sıcaklığın yüksek olduğu iç mekân koşullarında bireylerde rahvet, uyuklama eğilimi ve fiziksel yorgunluk gibi belirtiler gözlemlenebilirken; düşük sıcaklıklarda ise dikkat dağınıklığına bağlı olarak zihinsel ve bedensel performansta azalma meydana gelmektedir (Çetin,2020).

Ortamın bağıl nem oranı:

Bağıl nem, havada mevcut su buharı miktarının, aynı sıcaklık koşullarında havanın taşıma kapasitesine sahip olduğu en yüksek su buharı miktarına oranı olarak tanımlanmakta ve yüzde (%) cinsinden ifade edilmektedir (Çetin, 2020). İç mekânlarda bağıl nem oranı, ısıl konforun sağlanmasında kritik bir rol oynamaktadır. Genel kabul gören ideal bağıl nem aralığı %30 ile %70 arasında değişmekte olup, optimum değer genellikle %50 olarak belirtilmektedir (Yiğit ve Atmaca, 2007).

ASHRAE Standardı 55'e göre, iç mekânlarda önerilen sıcaklık ve bağıl nem kombinasyonları aşağıdaki gibidir:

- Yaz mevsiminde, %30 bağıl nem aralığı 24,5–28 °C,
- Yaz mevsiminde, %60 bağıl nem aralığı 23–25,5 °C,
- Kış mevsiminde, %30 bağıl nem aralığı 20,5–25,5 °C,
- Kış mevsiminde, %60 bağıl nem aralığı 20–24 °C'dir.

ASHRAE 62-1989 Standardı ise, iç mekânlarda bağıl nem seviyesinin %30–60 aralığında tutulmasını önermektedir. Bu nem aralığında, bakteri, virüs, akar (mite), mantar oluşumu gibi biyolojik risk faktörleri önemli ölçüde azaltılmakta; aynı zamanda solunum yolu ile bulaşan enfeksiyonlar ve solunum sistemi rahatsızlıklarının görülme olasılığı da minimum seviyeye indirilmektedir (Namlı, 2015).

Ortalama Işınım Sıcaklığı:

Ortalama ısıtım sıcaklığı, bir mekânda bulunan farklı yüzey sıcaklıklarının birey üzerindeki ısıtım yoluyla oluşturduğu birleşik etkileri temsil eden bir parametredir. Bu değişken, kişi ile çevresindeki yüzeyler arasında gerçekleşen ısıtım temelli ısı alışverişini tanımlar ve bireyin duruş pozisyonuna, çevredeki nesnelerin konumuna ve yüzey sıcaklıklarına bağlı olarak değişkenlik gösterebilir (Çetin, 2018).

Isıl yalıtımı yetersiz olan binalarda, dış duvarların yoğun güneş ısıtımına maruz kalması durumunda, iç yüzeyler de yüksek sıcaklıklara ulaşabilmektedir. Bu tür durumlarda, yalnızca iç mekân sıcaklığının, bağıl nemin ve hava hızının belirli aralıklarda tutulması, ısı konforun tam anlamıyla sağlanması için yeterli olmayabilir. İç ortam sıcaklığı konfor sınırları içinde olsa dahi, mekânda bulunan sıcak veya soğuk duvar ve yüzeyler bireyde rahatsız edici bir sıcaklık ya da soğukluk hissine yol açabilmektedir. Bu nedenle, konfor analizlerinde sadece hava sıcaklığı değil, aynı zamanda ortamda yer alan yüzeylerin ortalama ısıtım sıcaklığı da dikkate alınmalı ve değerlendirmelere dahil edilmelidir (Yiğit ve Atmaca, 2007).

Ortamda Hâkim Bağıl Hava Hızı:

İç mekândaki hava hareketi, birey ile çevresi arasında gerçekleşen ısı transferi üzerinde doğrudan etkili olan çevresel parametrelerden biridir. Hava hızının artması, bireyin çevresinde bulunan durağan hava tabakasını bozarak cilt yüzeyinden daha fazla ısı kaybına neden olur. Bu durum, özellikle düşük sıcaklıklarda üşüme hissini artırmakta ve bireyin ısı konfor algısını olumsuz yönde etkilemektedir. Ortamda gereğinden fazla hava hareketi, konforsuzluk hissine neden olabilirken; yetersiz hava hareketi de iç mekânda havasızlık ve durgunluk yaratabilir. Bu nedenle, iç mekânlarda ısı konforun sürdürülebilir şekilde sağlanabilmesi adına hava hızının ortalama olarak 0,05 m/s düzeyinde olması önerilmektedir (Namlı, 2015).

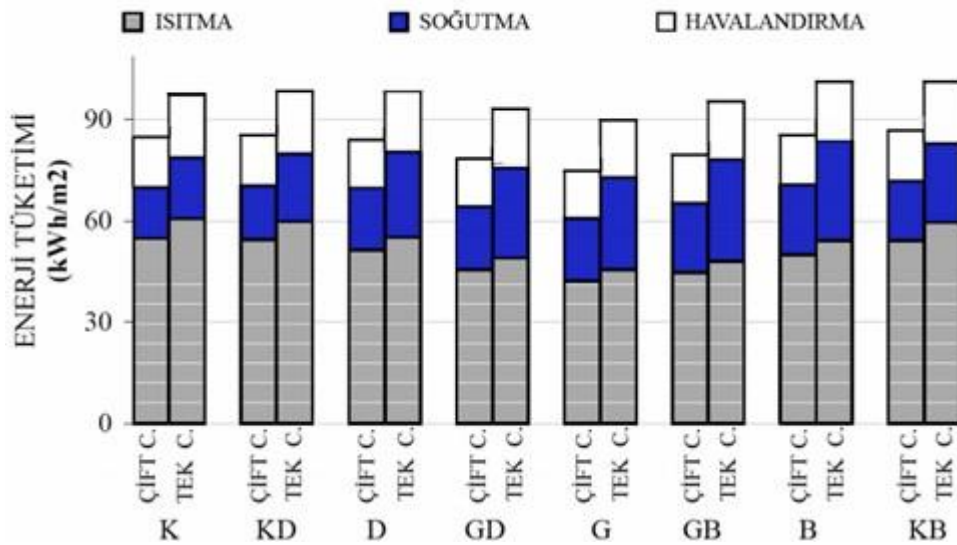
2.4.8. Maliyet

Bina kabuğunun oluşturulmasına yönelik maliyet, toplam inşaat harcamalarının yaklaşık yüzde 15–40'ını oluşturmaktadır. Buna karşılık, bina kabuğunun yaşam döngüsü maliyetleri üzerindeki etkisi, özellikle enerji tüketimine bağlı giderler açısından, yaklaşık % 60 düzeyindedir (Erturan, 2010). Bu nedenle, son yıllarda fosil yakıtların teminindeki güçlükler, bu kaynakların kullanımının yol açtığı çevresel sorunlar ve ülkelerin toplam enerji tüketiminin yaklaşık % 40–50 gibi önemli bir

bölümünün binalarda gerçekleşmesi, yapı sektöründe enerji verimliliğini kritik bir konu hâline getirmiştir. Bu gelişmeler doğrultusunda, yapı ve malzeme teknolojilerindeki ilerlemelerle eş zamanlı olarak, akıllı bina kabuğu tasarımı önemli bir araştırma ve uygulama alanı olarak gündeme gelmiştir (Erturan, 2010).

Bir cephe elemanının ekonomik verimliliği; ısıtma ve soğutma amaçlı enerji tüketimi, tercih edilen cam türünün performans özellikleri, panel sistemlerinin uygulanmasında kullanılan yöntem, işçilik niteliği ile araç ve malzeme seçimi gibi değişkenlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Başlangıç maliyetlerini azaltmaya yönelik tercihlerde, malzeme ve uygulama bileşenleri arasındaki uyumsuzluk, uzun vadede bakım, onarım, işletme ve yenileme giderlerinin artmasına neden olabilmektedir. Bu sebeple, kullanım süreci ile yapım sürecinin bütüncül olarak değerlendirilmesi, cephe sistemlerinin ekonomik etkinliği açısından kritik önem taşımaktadır (Ünal, 2006).

Çift cidarlı cephe sistemleri ile geleneksel tek cidarlı cephelerin işletme maliyetleri (ısıtma, soğutma ve havalandırma giderleri) karşılaştırıldığında, çift cidarlı cephelerin daha ekonomik bir performans sergilediği gözlemlenmektedir. Şekil 2.40’da, David Stribling ve Byron Stigge tarafından Londra’daki bazı binaların sekiz farklı yönünde gerçekleştirilen enerji tüketim analizleri de göstermektedir ki, çift cidarlı cepheler, tek cidarlı cephelere kıyasla ısıtma, soğutma ve havalandırma maliyetlerini önemli ölçüde azaltmaktadır (Ünal, 2006).



Şekil 2.40. Çift cidarlı ve tek cidarlı yapıların tüm yönlerdeki enerji giderleri (Erturan, 2010)

Binaların en az 30–40 yıl gibi uzun bir hizmet süresine sahip olacağı göz önüne alındığında, yapım aşamasında alınacak doğru kararlar, kullanım ömrü boyunca önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlamaktadır. Özellikle tamamen iklimlendirilmiş yapılar söz konusu olduğunda, ilk on yıl içerisinde enerji tüketimi, başlangıçtaki yatırım maliyetine eşdeğer düzeyde olabilmektedir (Erturan, 2010).

2.5. Çift Cidarlı Cephe Sisteminin Olumlu ve Olumsuz Yönleri

Çift cidarlı cephe sistemlerinin olumlu yönleri;

- Standart cam cephelere kıyasla daha düşük ısı iletim katsayısı sunar; bu durum, soğuk iklim koşullarında yapının toplam ısıtma enerji gereksiniminin azalmasına katkı sağlar.
- Dış cephedeki rüzgârı düzenli ve kontrollü olarak iç hacme ileterek doğal havalandırmanın etkin bir şekilde sağlanmasını mümkün kılmaktadır (Yüksel, 2023).
- Çift cidarlı cepheli binalarda, kullanıcılar bulundukları ortamın iklimsel koşullarını kontrol edebilme imkânına sahip olur. Bu da, "hasta bina sendromu" nun önlenmesine katkı sağlar (Tatlı, 2006).
- Doğal enerji kaynaklarından yararlanarak enerji tüketimini ve kullanım sürecindeki işletme giderlerini azaltır; kullanıcı konforunu yükseltirken mekanik sistemlere olan bağımlılığı en düşük düzeye indirir (Kalafat, 2011).
- Dış hava şartlarından korunmuş olan iki cam katman arasındaki boşluğa yerleştirilen güneş kontrol sistemleri sayesinde, mevsim değişikliklerine bağlı olarak güneş ışığının kontrol edilmesi mümkün hale gelir (İnan ve Başaran, 2013).
- Ara boşlukta konumlandırılan güneş kontrol elemanları ve benzeri sistemler, rüzgâr, yağmur ve kar gibi dış çevresel etkilerden korunmaları nedeniyle bina dışına yerleştirilen uygulamalara kıyasla daha ekonomik bir çözüm sunmakta; ayrıca cephenin iç yüzeyinden kolay ve güvenli biçimde kontrol edilebilmektedir (Çetin, 2018).
- Cephele arasındaki ara boşluk, bakım ve onarım çalışmalarının daha erişilebilir ve uygulaması kolay bir biçimde yürütülmesine olanak sağlamaktadır.

- Yüksek düzeyde ses yalıtımı sağlayarak, dış ortamdaki gürültünün iç mekânlara iletimini önemli ölçüde sınırlar (Çetin, 2018).
- Cepheler arasındaki ara boşluk, gerekli düzenlemelerin sağlanması koşuluyla yangın tahliyesine yönelik bir kaçış alanı olarak da değerlendirilebilmektedir.
- Enerji verimliliği ve iklimsel avantajlara ek olarak, bu cephe sistemleri yapının mimari ifadesini güçlendirerek görsel çeşitlilik ve estetik değer kazandırmaktadır.

Çift cidarlı cephe sistemlerinin olumsuz yönleri;

- Tek katmanlı cephe sistemleriyle kıyaslandığında, bu tür cephelerin başlangıç yatırım maliyetleri ile birlikte işletme ve bakım giderlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.
- Çift cidarlı cephe sisteminin uygun biçimde tasarlanmaması durumunda, cepheler arasındaki boşlukta biriken sıcak hava iç mekânda aşırı ısınmaya neden olabilmektedir. Bu olumsuz etkinin önlenmesi için, iç ve dış cidar arasındaki mesafenin 100 mm'nin altına düşmemesi gerektiği belirtilmektedir (Poirazis, 2004).
- Çok katlı çift cidarlı cephe sistemlerinde, cepheler arasındaki boşlukta hava akış hızının artması, özellikle doğal havalandırma ile işletilen ofis birimleri arasında basınç farklılıklarının oluşmasına yol açabilmektedir (Çetin, 2018).
- Çok katlı ve şaft tipi çift cidarlı cephelerde, cepheler arasındaki boşluğun ayrıştırılmaması; akustik performansın düşmesine ve yangın ile dumanın yapı boyunca hızla yayılmasına ilişkin sorunların oluşmasına neden olabilmektedir (Çetin, 2018).
- Cidarlar arasında yer alan boşluğun mekanik havalandırma sistemleriyle işletilmesi, yapının toplam enerji tüketimini artırarak ilave enerji maliyetlerine yol açmaktadır (İnan ve Başaran, 2013).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

TS 825 (Mart-2025) standardına göre ofis binası, 4.bölge derece gün bölgesinde yer alan Konya ilinde konumlanmaktadır (URL-16). Gerçekleştirilen simülasyonlarda, Konya'ya özgü coğrafi ve iklimsel veriler dikkate alınmıştır. Uygulama süreci aşağıda belirtilen aşamalar doğrultusunda yürütülmüştür;

- Örnek ofis binasının üç boyutlu modeli, EnergyPlus simülasyon altyapısını kullanan DesignBuilder yazılımı aracılığıyla oluşturulmuştur.
- Ofis yapısına ait yapı bileşenleri, ısı geçirgenlik katsayıları (U değerleri), kullanım senaryoları ve HVAC (ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme) sistemlerine ilişkin özellikler ayrıntılı biçimde tanımlanmıştır.
- İlk aşamada binanın tüm verileri olduğu gibi yani değiştirilmeden DesignBuilder programına veri girişi yapılmıştır.
- Bu model üzerinden gerçekleştirilen simülasyonlar sonucunda, yapının yıllık ısıtma ve soğutma yüklerine ilişkin veriler elde edilmiştir. Analiz kapsamında, binanın sağır olmayan üç cephesine çift cidar cephe sisteminin uygulandığı varsayılmıştır.
- Eklenen çift cidarlı cephelerdeki hava boşluğu genişliği ve cam yüzeylerin ısı geçirgenlik katsayısı (U değeri) değiştirilerek, bu değişkenlerin ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkileri analiz edilmiştir.
- Optimum hava boşluğu genişliği ve U değeri belirlendikten sonra, cepheye güneş kırıncı elemanlar eklenmiş ve bunların enerji tüketimi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.
- Belirtilen uygulama adımlarının tamamlanmasının ardından, elde edilen veriler analiz edilerek yorumlanmıştır.

Bu çalışma, dört temel aşamadan meydana gelmektedir. İlk aşamada, bina mevcut haliyle DesignBuilder simülasyon yazılımı kullanılarak modellenmiş ve yapının yıllık ısıtma ile soğutma enerji ihtiyaçları belirlenmiştir. Bu süreçte, iç mekân sıcaklığı 22-24°C aralığında sabit tutulmuştur.

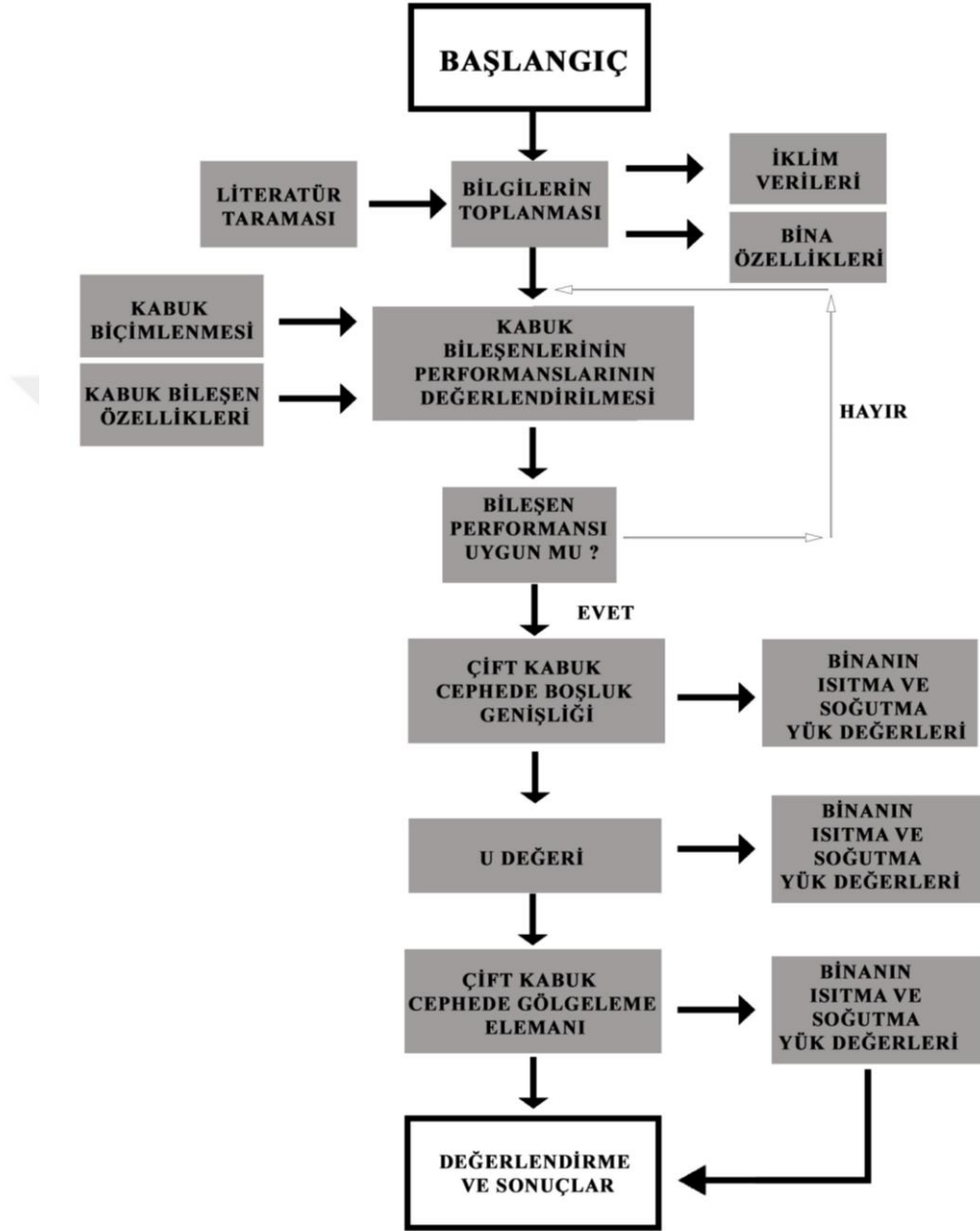
Çalışmanın ikinci aşamasında, mevcut bina modeline, kuzey, güney ve doğu cephelerine ısı geçiş katsayısı (U değeri) 1,2 W/m²K olan ikinci bir cephe katmanı ilave edilerek çift cidarlı cephe sistemi tasarlanmıştır. Isınan hava yükseldiğinde, bulunduğu katın üzerindeki kat yüzeylerinin ısınma olasılığını artırarak yapı performansını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu nedenle, çalışmada bina yüksekliğinde

uygulanacak klasik çift cidarlı cephe sistemi yerine, katlar arası koridor tipi cephe sisteminin kullanılması önerilmiştir. Bu sistem sayesinde, her kat taze havayı içeri alıp aynı seviyede dışarıya atmakta, böylece hava sirkülasyonu kat bazında sağlanmaktadır. Ayrıca, katların hacimsel olarak kendi içinde uyumlu olması da tercih edilen bir tasarım kriteri olarak benimsenmiştir. Kutu ve şaft tipi çift cidar cephe sistemlerinin, üretim süreçleri ve maliyet açısından koridor tipi cephe sistemine göre daha yüksek maliyet gerektirmesi sebebiyle bu tür sistemlerin uygulanması çalışmada öngörülmemiştir. Eklenen giydirme cam cephe sistemine, 30 x 150 cm boyutlarında her katta ve 3 cephede altışar adet olmak üzere kat döşemelerinin alt noktalarından hava girişini sağlayan ve yine altışar adet olmak üzere kat döşemelerinin üst noktalarından hava çıkışını mümkün kılan toplam 36 tane menfez yerleştirilmiştir. Oluşturulan koridor tipi çift cidarlı cephe sistemi, 60 cm, 80 cm, 100 cm ve 120 cm boşluk genişliklerine sahip dört farklı model olarak tasarlanmıştır. Bu farklı boşluk genişliklerine sahip her model için, bina ısıtma ve soğutma yükü ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Üçüncü aşamada, mevcut modelin kuzey, güney ve doğu cephelerine U değeri 1,8 W/m²K olan ikinci bir cam katman eklenmiştir. Hazırlanan koridor tipi çift cidarlı cephe sistemi, 60 cm, 80 cm, 100 cm ve 120 cm (boşluk genişliklerine sahip dört farklı model olarak tasarlanmış ve bu modellerin ısıtma ve soğutma yükleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu aşamada elde edilen veriler karşılaştırılarak, ısı yükleri açısından en uygun çift cidarlı cephe sistemi belirlenmiştir.

Dördüncü aşamada, ikinci ve üçüncü aşamalardan elde edilen veriler doğrultusunda, çift cidarlı modelin güney (G), kuzey (K) ve doğu (D) cephelerine 50 cm aralıklarla gölge elemanları eklenmiş ve ısıtma ile soğutma yükleri yeniden hesaplanmıştır. Bu kurgu güneş kırıcıların ısıtma ve soğutma yüküne etkisini belirlemek amacıyla geliştirilmiştir. Tüm modellenen senaryolar için yıllık ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmış, analiz sonuçları değerlendirilmiş ve elde edilen bulgular karşılaştırmalı olarak tartışılmıştır.

Bu tez çalışmasına ait metodoloji çerçevesi aşağıdaki Şekil 3.1' de verilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışmanın metodoloji çerçevesi

3.1.Çalışmada Kullanılan Binanın Özellikleri ve Tasarım Parametreleri

Enerji tüketiminin sektörel dağılımı incelendiğinde, ofis binalarının bu dağılım içerisinde önemli bir paya sahip olduğu görülmektedir. Ofis ortamlarında çalışan bireylerin iç mekân konfor koşullarını sağlamak amacıyla gerçekleştirilen ısıtma ve soğutma işlemleri, aydınlatma gereksinimleri ile birlikte ofis ekipmanlarının yoğun kullanımı, enerji tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Ayrıca, ofis yapıları genellikle saydam yüzey oranının opak yüzey oranına kıyasla daha yüksek olduğu yapılardır. Bu durum, hem enerji performansını hem de iç mekân çevresel koşullarını doğrudan etkilemektedir (Yüksel, 2022).

Yapılan araştırmalar, enerji tüketiminin bina tiplerine göre incelendiğinde, ofis yapılarında tüketilen toplam enerjinin yaklaşık %40'ı ısıtma, %40'ı soğutma ve havalandırma sistemlerinde, kalan %20'si ise yapay aydınlatma amacıyla kullanılmaktadır (Anaç, 2019). Bu yüksek enerji tüketimi göz önüne alındığında, özellikle ısıtma, soğutma ve aydınlatma yüklerini azaltma potansiyeline sahip çift cidarlı cephe sistemleri, ofis binalarında enerji verimliliğini artırmak adına önemli bir çözüm olarak öne çıkmaktadır.

Çalışma kapsamında, enerji tüketimi yüksek yapı tiplerinden biri olan ofis binaları arasından bir örnek yapı seçilmiş ve enerji performansına ilişkin analizler bu bina üzerinde yapılmıştır. Yapının Konya ili sınırları içerisinde yer alması dolayısıyla, bölgeye özgü iklimsel veriler ayrıntılı olarak incelenmiştir. Çalışma kapsamında seçilen yapı, çağdaş yapım tekniklerini yansıtan, modern ve yeni bir bina olması nedeniyle tercih edilmiştir. Yapının mevcut durumda herhangi bir cephe yenileme veya iyileştirme müdahalesi geçirmemiş olması, çift cidarlı cephe sisteminin enerji performansı üzerindeki etkilerinin sağlıklı bir biçimde değerlendirilmesine olanak tanımıştır.

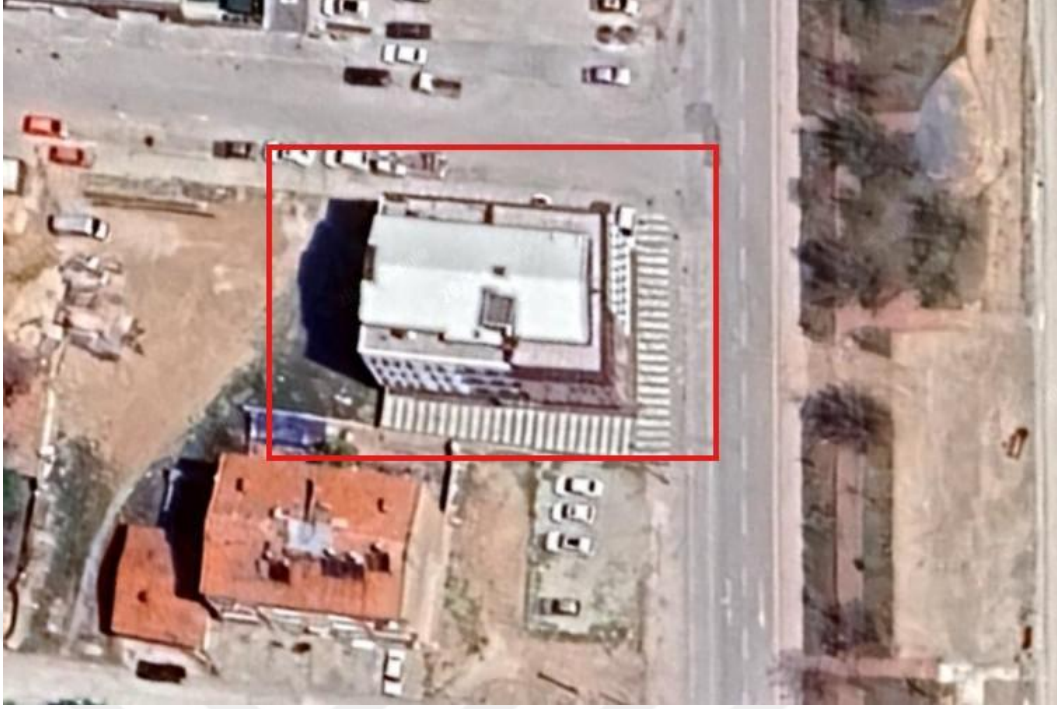
Binanın üç cephesinin açık, batı cephesinin ise sağır olması, çift cidarlı cephe sisteminin farklı yönelmelerdeki performansının karşılaştırmalı olarak incelenebilmesini mümkün kılmıştır. Özellikle açık cephelerin varlığı, sistemin uygulanabilirliği ve etkinliği açısından uygun bir fiziksel koşul sağlamaktadır. Batı cephesinin sağır olması ise analizlerde sınır koşullarının net olarak tanımlanmasına katkı sunmuş, cephe sisteminin etkilerinin daha kontrollü biçimde değerlendirilmesine olanak vermiştir.

Tez kapsamında ele alınan yapının fiziksel özellikleri (kat sayısı, cephe oranları, açıklık–doluluk ilişkisi) ile coğrafi konumu, enerji tüketimi ve ısıl konfor üzerinde

doğrudan etkili parametreler olarak değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, seçilen bina, çift cıdarlı cephe sisteminin ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkilerini analiz etmek için temsil edici ve uygun bir örnek teşkil etmektedir.

Simülasyonların uygulanacağı bina 4 katlı bir ofis binasıdır. Bina Konya İli, Selçuklu İlçesi, Hocacihan Mahallesi'nde yer almaktadır. Yapı her katta 4'er adet ofis olacak şekilde planlanmıştır. Binada 266 m² bodrum kat yer almaktadır. Zemin kat 200 m², birinci, ikinci ve üçüncü katlar 300'er m² den oluşmaktadır. Kat yüksekliği 350 cm'dir. Toplam inşaat alanı 1366 m²'dir. Ofis binasının kuzey, güney ve doğu cepheleri açık, batı cephesi ise sağırdır. Ofis kat planları Şekil 3.11'de verilmiştir. Katlarda 1 adet merdiven, 1 adet asansör bulunmaktadır. Binanın 3 etrafının tamamen açık olması tercih sebebidir.

Bu çalışma kapsamında bina enerji performansının simülasyon tabanlı olarak değerlendirilmesi amacıyla binanın cephe geometrisinde sınırlı ölçekte düzenlemeler yapılmıştır. Mevcut projede katlar arasında yer yer farklılaşan pencere hizaları, modelleme sürecinde hem geometrik karmaşıklığa hem de katlar arası değişken sınır koşullarına neden olmaktadır. Simülasyonun sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi, sonuçların karşılaştırılabilir olması ve model hassasiyetinin korunması için tüm katlarda pencere konumları simetrik ve hizalı olacak şekilde düzenlenmiştir. Bu düzenleme, yapının mimari karakterini ve cephe oranlarını değiştirmeden yalnızca modellenabilirliğini artırmaya yönelik bir uyarlama olup, performans analizinin tutarlılığını sağlamak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Söz konusu değişiklikler çalışma kapsamında kullanılan bina modeline plan üzerinde işlenmiş ve tüm senaryolarda aynı standartlar korunarak simülasyonların karşılaştırılabilirliği güvence altına alınmıştır. Tez kapsamında üzerinde çalışılacak ofis binası uydu görüntüsü Şekil 3.2'de üzerinde çalışılacak ofis binası Şekil 3.3'te, kat planları ise Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Tez kapsamında üzerinde çalışılacak ofis binası uydu görüntüsü

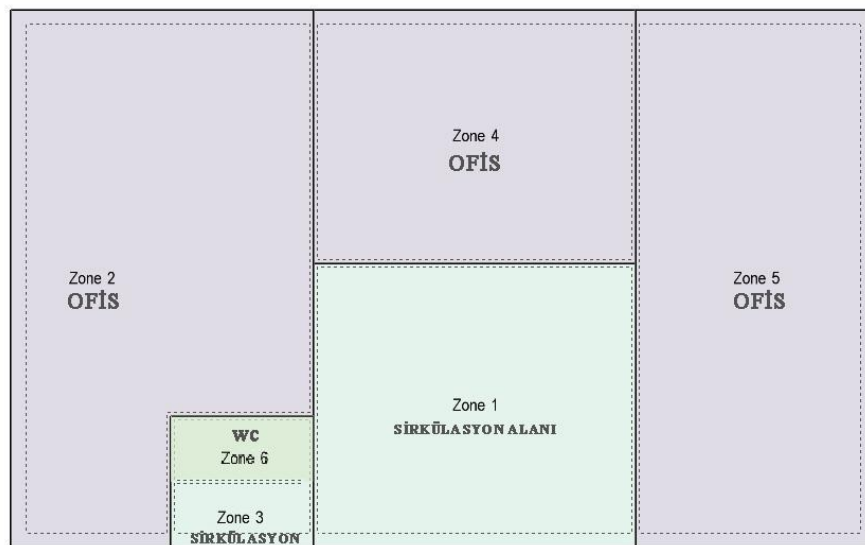


Şekil 3.3. Tez kapsamında üzerinde çalışılacak ofis binası

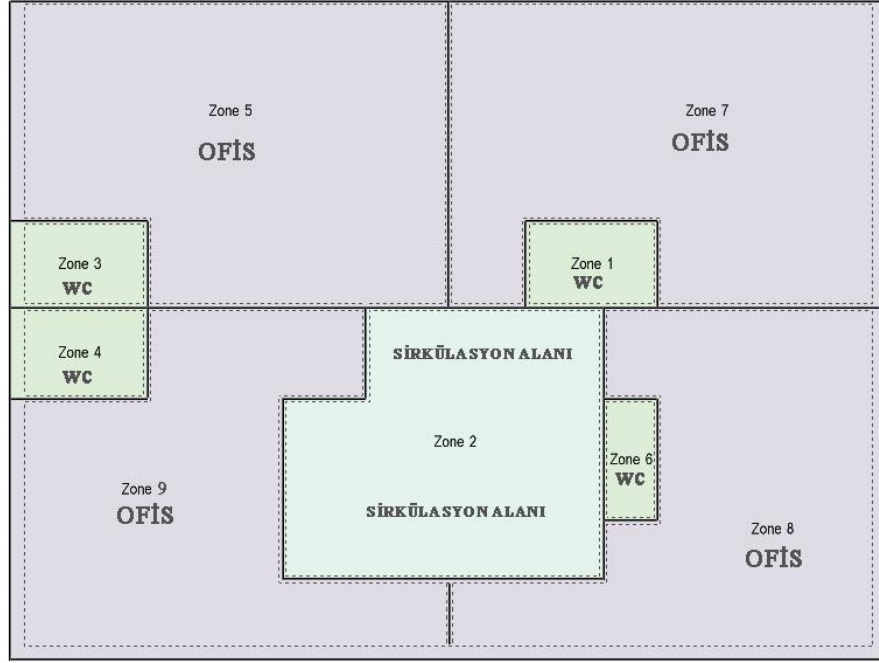


Şekil 3.4. Çalışmada Kullanılan Bina Kat Planları

DesignBuilder yazılımında üç boyutlu biçimde oluşturulan ofis binasının, bölgelere ayrılmış kat düzeni planları Şekil 3.5 ve Şekil 3.6’ da sunulmuştur.

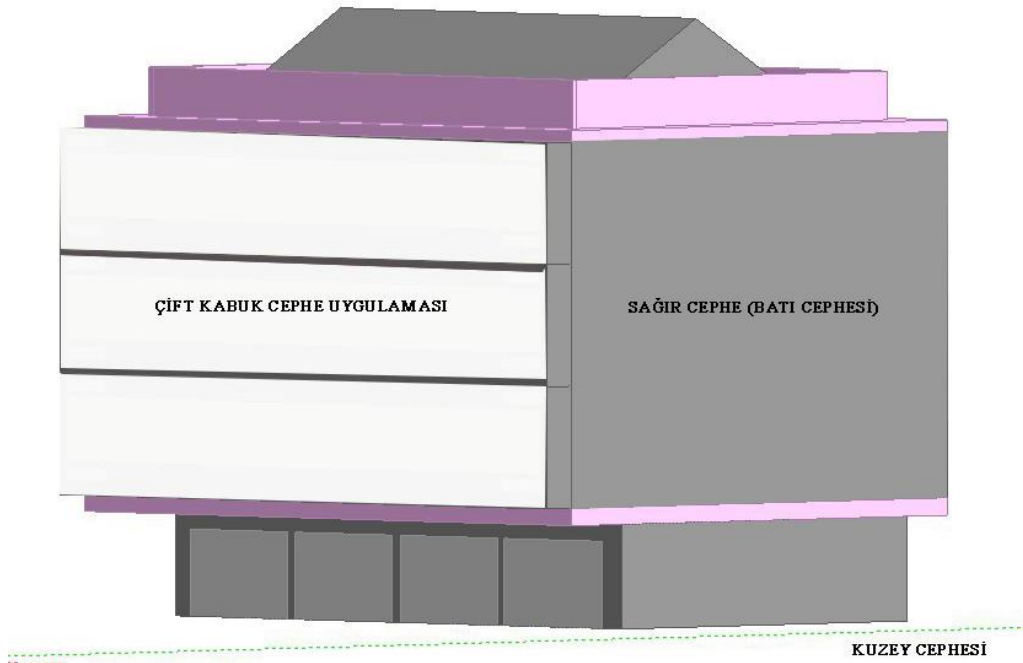


Şekil 3.5. Bina Zemin Kat Zone Planı



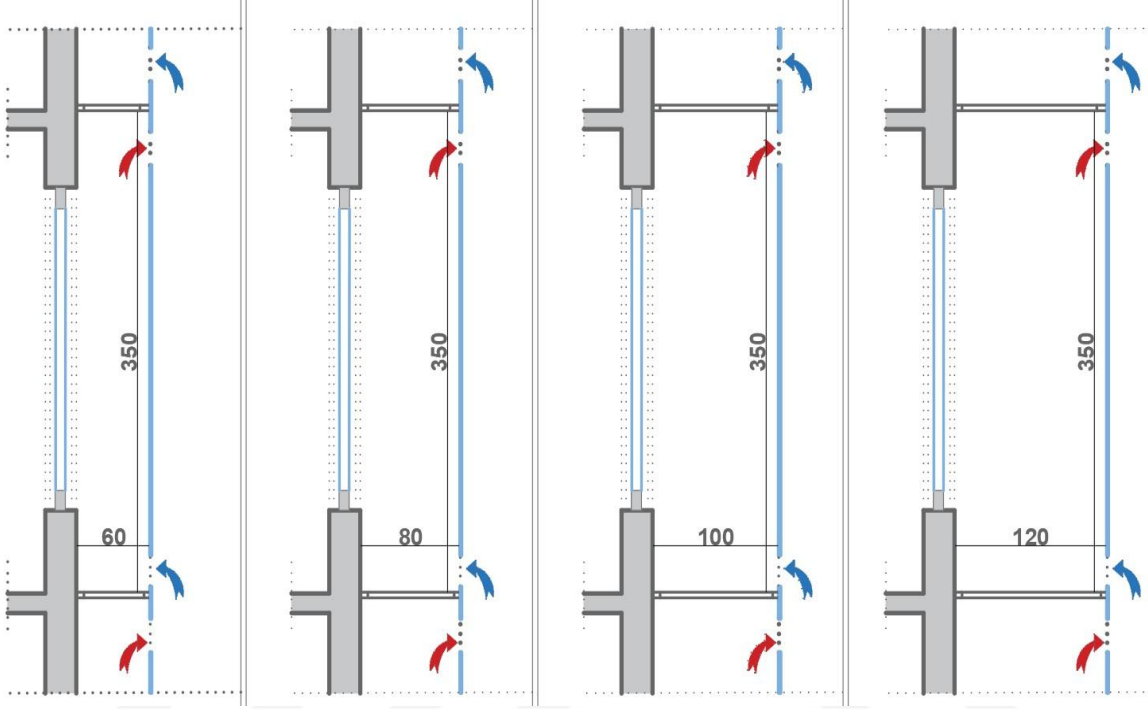
Şekil 3.6. Bina Birinci, İkinci ve Üçüncü Kat Zone Planı

Binanın örnek çift cidarlı cephe uygulaması şekil 3.7’ de verilmiştir.



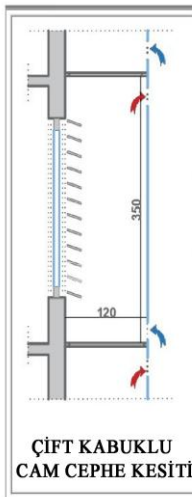
Şekil 3.7. Bina Kuzey Cephesi Çift Cidarlı Cephe Uygulaması

Bu çalışmada, mevcut tek cidarlı cephe durumu ile uygulanması varsayılan çift cidarlı cephe sistemlerinin farklı boşluk genişliklerine (60 cm, 80 cm, 100 cm, 120 cm) sahip modelleri değerlendirilmiştir. Farklı boşluk genişliklerine sahip cephe senaryolarının kesit görünümü Şekil 3.8’de, çift cidarlı cephe sistemine ilişkin tasarım parametreleri ise Şekil 3.9’ da sunulmaktadır.



Şekil 3.8. Simülasyon sürecinde kullanılacak farklı cephe boşlukları ve şematik kesiti

SİMÜLASYONDA KULLANILAN DEĞİŞKENLER		
Cam U Değeri	Boşluk Genişlikleri	Güneş Kırıcı (Gölgeleme Elemanı)
1,20 U Değeri 1,80 U Değeri	60 cm Boşluk 80 cm Boşluk 100 cm Boşluk 120 cm Boşluk	Güneş Kırıcı Kullanımı Var. Güneş Kırıcı Kullanımı Yok.



Şekil 3.9. Simülasyon sürecinde kullanılacak tasarım parametreleri

Ofis yapısındaki her bir mahalin işlevine bağlı olarak; bina tipolojisi, kullanıcı yoğunluğu, tatil günleri, kullanım saatleri ve ekipman kaynaklı iç ısı kazançları Tablo 3.1’de sunulmuştur. Söz konusu yapıda, kat yüksekliğinde çift cidarlı cephe sistemi kullanımı tercih edilmiştir. Bina katlarının birbirlerinin ısı performansını üzerinde önemli bir etkileşime sahip olmamalarını sağlamak amacıyla, bu çalışmada yapı genelinde uygulanacak çift cidarlı cepheler yerine, kat bazında tasarlanmış çift cidarlı cephe sistemleri benimsenmiştir.

Tablo 3.1. Ofis fonksiyonları için simülasyonda dikkate alınan değişkenler

Ofis Fonksiyonları	
Yapı Kullanım Şekli	Açık planlı ofis
Kullanıcı Yoğunluğu	0.111 Kişi/m ²
Kişi Metabolizma Hızı	0.9 (Birimsiz)
Ofis Tatil Günleri	Pazar günleri + 20 Gün
Yapı Kullanım Saatleri	Hafta içi mesai saatleri 8:00-18:00 arasındadır. Cumartesi günleri 8:00-12:00 arasında mesai olup, Pazar tatil günüdür.

Ofis binasının çalışma takvimi, hafta içi günlerde 08:00 ile 18:00 saatleri arasında, cumartesi günleri ise 08:00 ile 12:00 saatleri arasında planlanmıştır; pazar günleri ise tatil olarak kabul edilmiştir. Isıtma için hedef iç ortam sıcaklığı 22°C, soğutma için ise 24°C olarak tanımlanmıştır. Program kapsamında kullanılan HVAC sistemine ilişkin bilgiler Tablo 3.2’de detaylandırılmıştır.

Tablo 3.2. HVAC ayrıntıları, çizelgeler ve dahili kazanımlar

Değişkenler	Açıklama
Isıtma Sıcaklığı	22 °C
Soğutma Sıcaklığı	24 °C
Aydınlatma Zaman Aralığı	Hafta içi 8:00-18:00, cumartesi 8:00-12:00
Güneşli Kontrolü	400 Lüx
Kişi Kullanım Takvimi	Hafta içi 8:00-18:00, cumartesi 8:00-12:00
Kişi Başı Dahili Kazanç	100 W
Kişi Etkinlik Takvimi	Hafta içi 8:00-18:00

Simülasyonda kullanılan binanın yapı malzemelerinin fiziksel özellikleri Tablo 3.3 ‘de gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Simülasyonlarda kullanılan binaya ait yapı malzemelerinin fiziksel özellikleri

Yapı elemanları	Katmanlar (dıştan içe doğru)	Kalınlık (mm)	Isı iletkenlik (W/mK)	Yoğunluk (kg/m ³)	U değeri (W/m ² K)
Duvar	Giydirme Cephe	5	45	7680	0.29
	Sıva	30	0.5	1300	
	Taş yünü	40	0.03	100	
	Gaz beton	200	0.11	2800	
	Alçı sıva	25	0.40	1000	
İç mekân zemin döşeme	Alçı sıva	25	0.40	1000	0.51
	Döşeme betonu	150	2.5	2400	
	XPS yalıtım	50	0.034	35	
	Şap	50	1.35	1800	
	Kaplama malzemesi	30	0.80	1700	
Taban döşeme	Döşeme betonu	150	2.5	2400	0.55
	XPS yalıtım	50	0.034	35	
	Şap	50	1.35	1800	
	Kaplama malzemesi	30	0.80	1700	
Çatı	Metal kenetli çatı	1	45	7680	0.30
	Su yalıtımı	5	1	1100	
	Os b	12	0.105	650	
	Şap	50	1.35	1800	
	Isı yalıtımı	100	0.034	35	
	Çatı kaplama keçesi	5	0.19	960	
	Betonarme döşeme	150	2.5	2400	
	Tavan sıvası	2.5	0.40	1000	
Pencere	Cam	4	SHGC:0.74		2.72
	Hava boşluğu	12			
	Cam	4			

Binanın mevcut mekanik sistemine ilişkin veri girişleri DesignBuilder programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, binanın ısıtma sistemi HVAC Template

sekmesinden tanımlanmış olup, yapı mevcut durumda radyatör sistemi ile ısınmaktadır. Soğutma sistemi verileri ise HVAC Cooling sekmesi üzerinden girilmiştir. Binada mevcut durumda split tip klimalar aracılığıyla soğutma yapılmaktadır.

Modelleme sürecinde, ısıtma sıcaklığı 22 °C, soğutma sıcaklığı ise 24 °C olarak belirlenmiştir. Bu sıcaklık değerleri, iç ortam termal konfor kriterleri ve enerji verimliliği hedefleri dikkate alınarak seçilmiştir.

Simülasyon çalışmaları kapsamında kullanılan pencerelere ilişkin ve TS 825 “Isı Yalıtımı Yönetmeliğinde farklı iklim bölgeleri için öngörülen azami U değerleri Tablo 3.4’de sunulmuştur.

Tablo 3.4. TS825 Standardına göre farklı iklim bölgelerindeki tavsiye edilen Pencere U değerleri (URL-16)

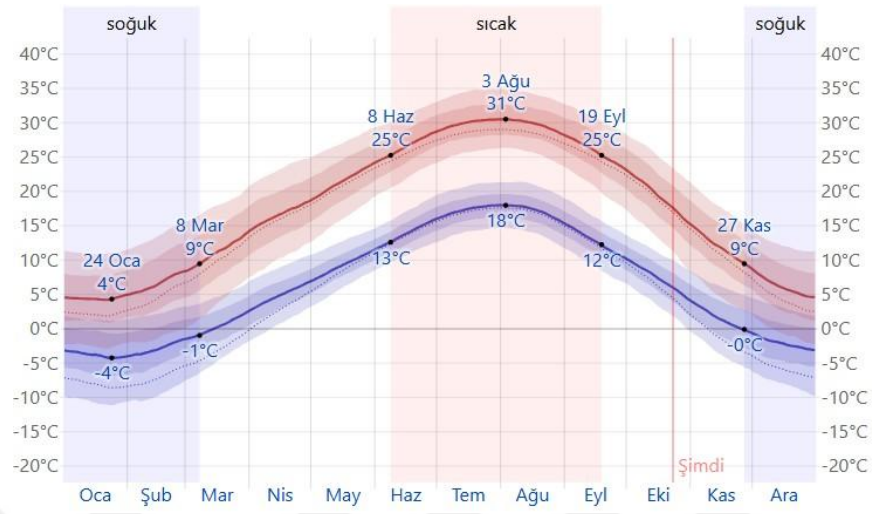
	Up (W/M ² K)
1. Bölge	1.8
2. Bölge	1.8
3. Bölge	1.8
4. Bölge	1.8
5. Bölge	1.8
6. Bölge	1.8

3.2.İklimsel Veriler

Alan çalışması kapsamında, Konya ili araştırma alanı olarak seçilmiştir. TS 825’in Mart 2015’teki güncellenmiş son durumuna göre Türkiye 6 derece gün bölgesine ayrılmıştır. Bu standarda göre ise Konya ili 4. Derece gün illeri arasında yer almaktadır (URL-16). Konya, Türkiye’nin İç Anadolu Bölgesi’nde, 37.97° kuzey enlemi ve 32.55° doğu boylamı koordinatlarında konumlanmaktadır. Köppen iklim sınıflandırmasına göre BSk kategorisinde yer alan kent, yarı kurak (step) iklim özellikleri göstermektedir. Sıcak dönem yaklaşık 3,3 ay sürmekte olup 8 Haziran’da başlayarak 19 Eylül’e kadar devam etmektedir; bu dönemde günlük ortalama maksimum sıcaklık 25°C’nin üzerinde gerçekleşmektedir. Konya bölgesinde en yüksek sıcaklıklar Temmuz ayında gözlemlenmekte olup, bu ayda ortalama maksimum sıcaklık 30°C, ortalama minimum sıcaklık ise 17°C civarındadır (URL-17).

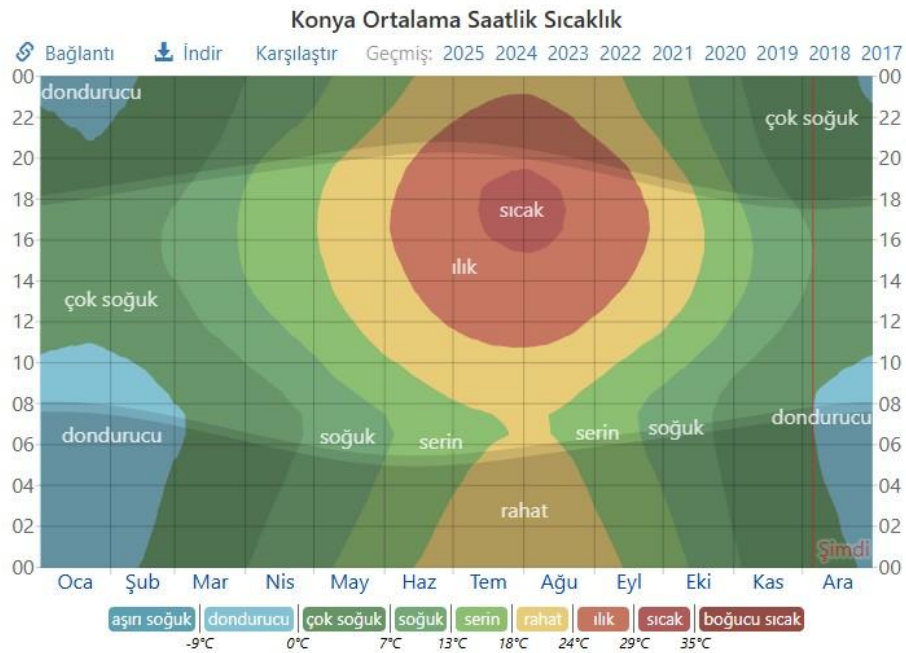
Soğuk dönem ise yaklaşık 3,4 ay sürmekte olup 27 Kasım’da başlayıp 8 Mart tarihine kadar devam etmektedir; bu süreçte günlük ortalama maksimum sıcaklık 9°C’nin altında seyretmektedir. Bölgenin en soğuk ayı olan Ocak ayında, ortalama minimum sıcaklık -4°C’ye kadar düşerken, ortalama maksimum sıcaklık 4°C

seviyesindedir (URL-17). Konya ili yıllık ortalama yüksek ve düşük sıcaklık değerleri Şekil 3.5’ te verilmiştir.



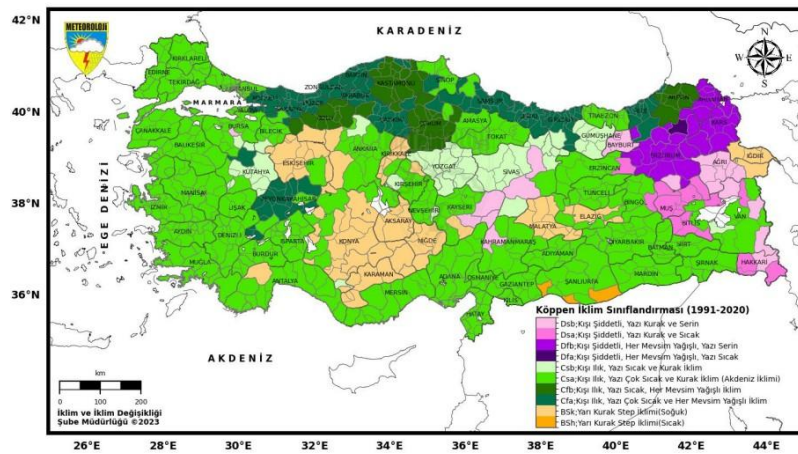
Şekil 3.5. Konya İli Yıllık Ortalama Yüksek ve Düşük Sıcaklık Değerleri (URL-17)

Konya iline ait aylık ortalama sıcaklık değerleri incelendiğinde, en düşük sıcaklıkların Ocak ayında, en yüksek sıcaklıkların ise Ağustos ayında gözlemlendiği belirlenmiştir. Aylar bazında yapılan ayrıntılı analizler sonucunda elde edilen bulgular değerlendirilmiş olup, ortalama sıcaklık dağılımlarına ilişkin haritalar şekil 3.6’ da sunulmuştur.



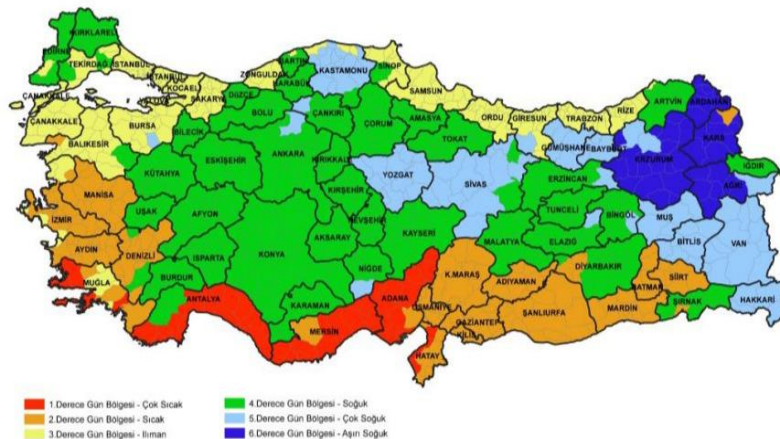
Şekil 3.6. Konya ilinin aylara göre ortalama sıcaklık özellikleri (URL-17)

Dünya üzerinde pek çok iklim sınıflandırması yapılmıştır, bunlar arasında en yaygın kullanılan ve yağış verileriyle oluşturulan Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasıdır. Şekil 3.7’ de Türkiye iklimi Köppen- Geiger iklim sınıflandırmasına göre renklendirilerek gösterilmiştir. Köppen- Geiger iklim sınıflandırmasına göre Konya’da; Yarı Kurak Step İklimi (soğuk) hâkimdir (Korkmaz,2024).



Şekil 3.7. Köppen- Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi (Korkmaz,2024).

Ülkemizin coğrafi konumu ve topoğrafik özellikleri doğrultusunda, farklı bölgelerde çeşitli iklim koşulları gözlenmektedir. Kıyı kesimlerinde denizel etkilerin sonucu olarak nem oranının yüksek olduğu ılıman iklim özellikleri görülürken, denizden uzak ve yüksek rakımlı iç kesimlerde karasal iklim koşulları hâkimdir. TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardı, Türkiye’yi iklimsel özelliklerine bağlı olarak 6 farklı derece-gün bölgesine ayırmıştır (Bayraktar, 2025). Bu çalışma kapsamında seçilen il olan Konya 4. Gün bölgesinde yer almaktadır (URL-16). Gün bölgeleri şekil 3.8’de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. TS 825 Binalarda ısı yalıtım kuralları standardı derece gün bölgeleri (URL-16)

TS 825 “Isı Yalıtım Kuralları” standardında, farklı iklim bölgeleri için önerilen en yüksek U değerleri aşağıdaki tabloda sunulmaktadır. Pencere bileşenleri için tüm iklim bölgelerinde önerilen U değeri 1.8 W/m²K olarak belirlenmiştir (Tablo 3.5). Konya İli aylık ortalama sıcaklık değerleri Tablo 3.6’ da gösterilmiştir.

	Duvar	Tavan/Çatı	Döşeme	Pencere
TS 825: 2024	U _D	U _T	U _t	U _P *
	(W/m ² K)	(W/m ² K)	(W/m ² K)	(W/m ² K)
1. Bölge	0,45	0,35	0,4	1,8
2. Bölge	0,4	0,3	0,35	1,8
3. Bölge	0,4	0,3	0,35	1,8
4. Bölge	0,35	0,25	0,3	1,8
5. Bölge	0,25	0,2	0,25	1,8
6. Bölge	0,25	0,2	0,25	1,8

Tablo 3.5. TS 825 Bölgelere göre U değerleri (URL-16)

Tablo 3.6. Konya İli aylık ortalama sıcaklık değerleri (URL-18)

	KONYA
OCAK	- 0,2 °C
ŞUBAT	1,5 °C
MART	5,6 °C
NİSAN	11,1 °C
MAYIS	15,9 °C
HAZİRAN	20,2 °C
TEMMUZ	23,6 °C
AĞUSTOS	23,4 °C
EYLÜL	18,8 °C
EKİM	12,9 °C
KASIM	6,5 °C
ARALIK	1,8 °C

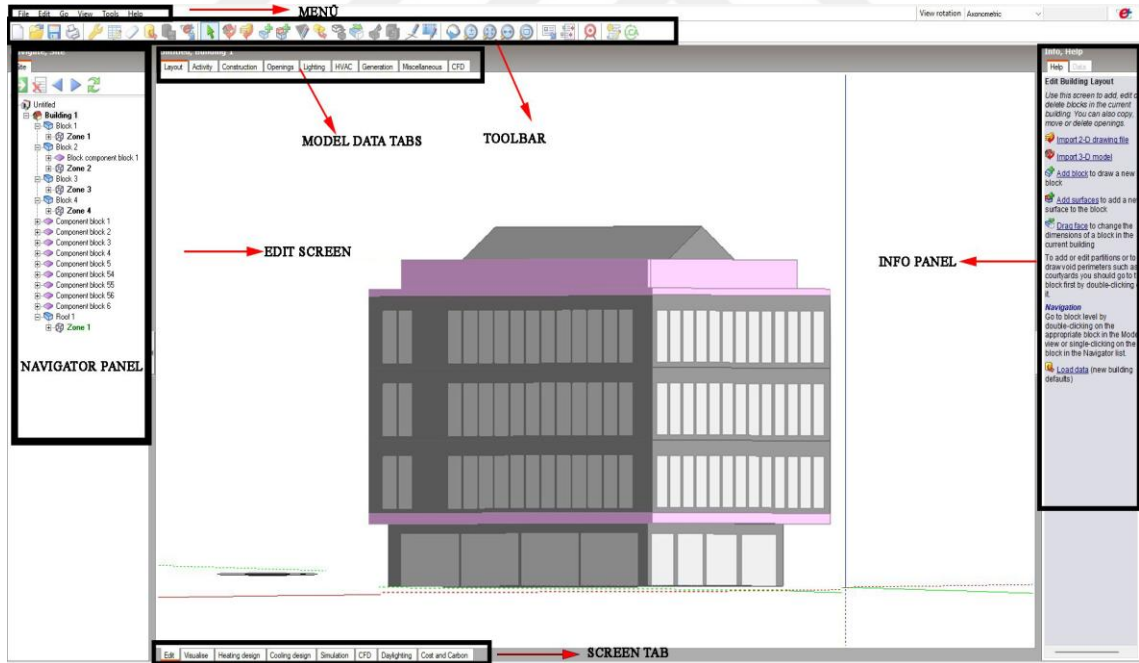
3.3. DesignBuilder Programı

Simülasyon çalışmalarında, hem zaman hem de maliyet açısından verimli sonuçlar elde edilmesini sağlayan DesignBuilder yazılımı, EnergyPlus tabanlı bir arayüz üzerinden çalışmaktadır. Bunun yanı sıra, yapıların tasarım sürecinde enerji yükleri, karbon salım değerleri, aydınlatma performansı ve iç mekân konfor koşullarına ilişkin ön değerlendirmelerin yapılmasına olanak tanımaktadır. Yapıda kullanılacak malzeme türlerinin belirlenmesi, cam renklerinin seçilmesi ve yapım tekniklerine ilişkin detayların tanımlanabilmesi gibi işlevler aracılığıyla kapsamlı simülasyon modelleri oluşturulabilmektedir. DesignBuilder, mimarlar, mühendisler ve enerji danışmanları gibi farklı disiplinlerden kullanıcılar tarafından etkin bir şekilde kullanılabilir. Yazılımın başlıca kullanım alanları aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemlerinin tasarım süreçlerine destek sağlamak,
- Cephe tasarımlarının yapının termal performansına olan etkilerinin analiz edilmesi,
- Doğal günışığı düzeylerinin belirlenmesi ve aydınlatma sistemlerinin enerji performansı açısından değerlendirilmesi,
- Yapının ve çevresindeki alanların sıcaklık, basınç gibi parametrelerinin CFD modülü aracılığıyla analiz edilmesi,
- Bina yerleşim planının ve yapıya ilişkin yatay ile düşey eksenlerdeki gölge etkilerinin görsel olarak sunulması,
- Doğal havalandırma sistemine sahip yapılarda enerji performans simülasyonlarının gerçekleştirilmesi,
- Tasarım süreçlerindeki toplantılarda iletişimi kolaylaştırıcı bir araç olarak kullanılması,
- Üniversitelerin belirli bölümlerinde, enerji modellemesi ve simülasyon odaklı derslerde eğitim aracı olarak uygulanması,
- Elde edilen sonuçlar, istenen formatta grafikler halinde sunulabileceği gibi, tablo formatına dönüştürülerek farklı yazılımlarda da görüntülenebilmektedir (URL-19).

Bu çalışmada, programın kullanıcı dostu arayüzü, lisans edinme sürecinin hızlı olması ve akademik çalışmalarda yaygın olarak tercih edilmesi nedeniyle Design Builder yazılımı seçilmiştir. Söz konusu yazılımın arayüzünde edit screen yazılı kısmı

modelleme işlemlerinin gerçekleştirildiği çalışma penceresini temsil etmektedir. Navigatör panel bölümünde, binaya ait kat bilgileri, duvar ve pencere özellikleri ile havalandırma sistemlerine ilişkin ayrıntılar yer almaktadır. Toolbar kısmında ise bina modelleme sürecinde kullanılan temel araç ve bileşenler bulunmaktadır. Info panel olarak belirtilen alan, modelleme sürecine veya sistem bileşenlerine ilişkin bilgilerin yer aldığı bölümü temsil etmektedir. Model data tabs kısmında ise modelleme sürecine ait detayların uygulandığı çalışma penceresidir. Bu sekme aracılığıyla, binalara ait aktiviteler, yapısal ve cephe özellikleri ile kullanılacak malzeme ve sistem parametreleri tanımlanmaktadır. Ayrıca, bu bölümde aydınlatma ve havalandırma sistemlerinin tanımlanmasının yanı sıra, yapı maliyetlerinin hesaplanmasına yönelik işlemler de gerçekleştirilmektedir. Screen tab kısmında render işlemleri, ısıtma ve soğutmaya ilişkin enerji hesaplamaları, havalandırma parametrelerinin analizi, CO₂ emisyonlarının belirlenmesi ile tüm simülasyon ve performans analizlerinin gerçekleştirildiği bölüm ve programın tüm arayüzü Şekil 3.9’da gösterilmektedir. Bu çalışmada, analiz süreçlerinde kullanılan tüm sekmeler ilgili alt başlıklarda ayrıntılı biçimde açıklanmıştır.



Şekil 3.9. DesignBuilder Programı Arayüzü

3.4. DesignBuilder Enerji Simülasyonu Kapsamında Kullanılan Veri Girdileri

DesignBuilder yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilen analizlerin ilk adımı, modelin konumlandırılacağı binanın yerinin tanımlanmasıyla başlamaktadır. Ardından,

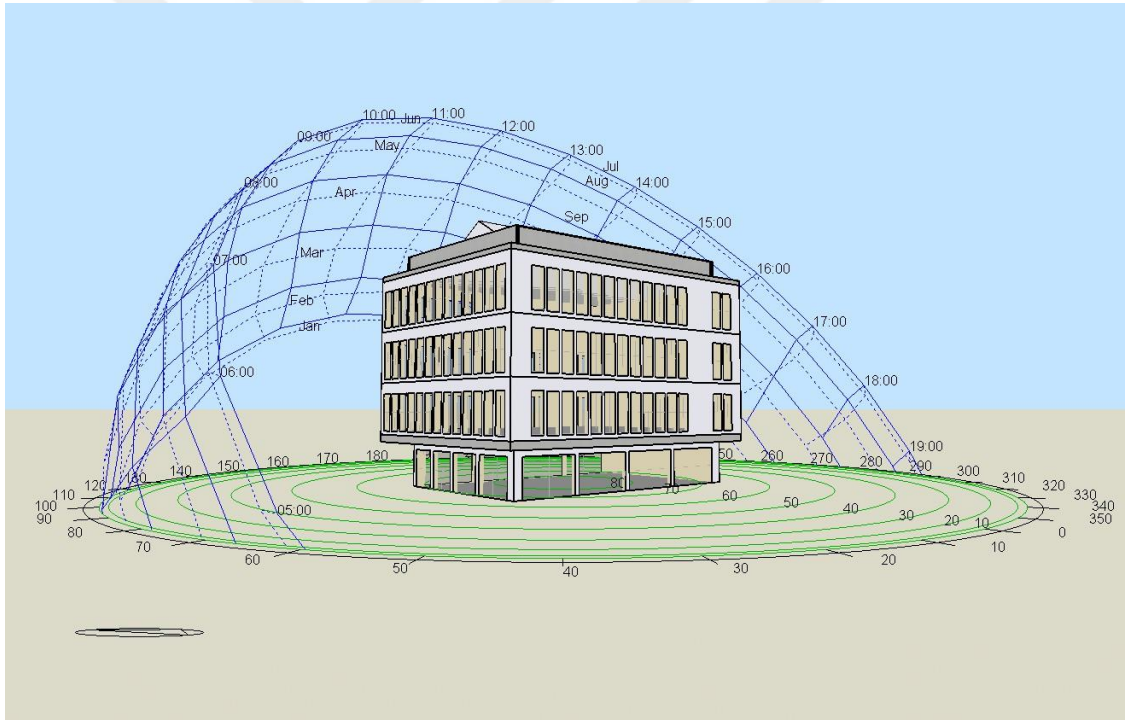
yapının inşa edileceği konum program kütüphanesinden seçilerek “iklim verisi dosyası” (weather data file) etkinleştirilmektedir. Ancak yazılımın veri tabanında tüm bölgelere ait iklim verisi dosyaları yer almamaktadır. Bu nedenle, çalışma kapsamında seçilen illere ilişkin iklim verileri, climate one building sayfası kullanılarak temin edilmiştir. Bu çalışmada, Konya iline ait iklimsel verilerin tanımlanmasında EnergyPlus tabanlı ve “.epw” uzantılı “TUR_KO_Konya_172440_TurTMY” iklim veri dosyası kullanılmıştır (URL-20). Söz konusu iklim verisi dosyası, ANSI/ASHRAE 140-2004 standardı ile uyumlu olarak geliştirilen “Enerji Hesaplamaları için Uluslararası Hava Verileri (International Weather for Energy Calculation – IWECC)” formatındaki dosyalardan oluşmaktadır. Enerji analizi sürecinde, güneşin konumu, hava sıcaklığı, atmosfer basıncı ve bağıl nem gibi meteorolojik parametrelerin belirlenmesinde IWECC veri setlerinden yararlanılmaktadır (Örkmez, 2012).

İklim verilerinin programa aktarılmasının ardından, analiz edilecek binaya ilişkin olarak simülasyon süreci boyunca sabit tutulacak parametreler yazılıma tanımlanmaktadır. Bu kabuller; iç mekân ortalama sıcaklık değerleri, yapının kullanım periyotları ve çevredeki diğer yapılarla olan etkileşimleri gibi çeşitli değişkenleri kapsamaktadır. Binaya ait bu sabitlerin tanımlanmasının ardından, yapı belirlenen yönelime göre program ortamında modellenmektedir. Modelleme aşamasında, binayı oluşturan döşeme, duvar, çatı ve doğrama gibi yapı bileşenlerine ait ısı geçirgenlik katsayıları ile fiziksel özelliklerin veri girişi de gerçekleştirilmektedir.

Bina bileşenlerine ait özelliklerin tanımlanmasının ardından, yapıda yer alan mekanik sistemlerin de modele entegre edilmesiyle birlikte, program üzerinde enerji analizlerinin doğru ve güvenilir bir biçimde gerçekleştirilmesi mümkün hale gelmektedir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Tez kapsamında, mevcut yapının referans modeli ile birlikte, farklı U değerlerine ve farklı boşluk genişliklerine sahip çift cidarlı cephe modeli oluşturulmuştur. Bu modeller için yıllık ısıtma ve soğutma yüklerindeki değişimler ayrıntılı biçimde analiz edilmiştir. Ardından, bu modellere güneş kırıcı elemanlar eklenmiş ve bu eklemenin ardından yıllık ısı yüklerinde meydana gelen değişimler de kapsamlı olarak değerlendirilmiştir. Bu tez çalışmasının sınırlamaları kapsamında, güneş kırıcı elemanlar yalnızca sabit sistemler üzerinden değerlendirilmiş olup, güneşin gün içi ve mevsimsel hareketlerine uyum sağlayabilen hareketli (dinamik) güneş kırıcı sistemlerinin enerji performansı üzerindeki olası etkileri çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. Mevcut binanın simülasyonda görünüşü Şekil 4.1’ de verilmiştir.



Şekil.4.1. Mevcut binanın simülasyonda görünüşü

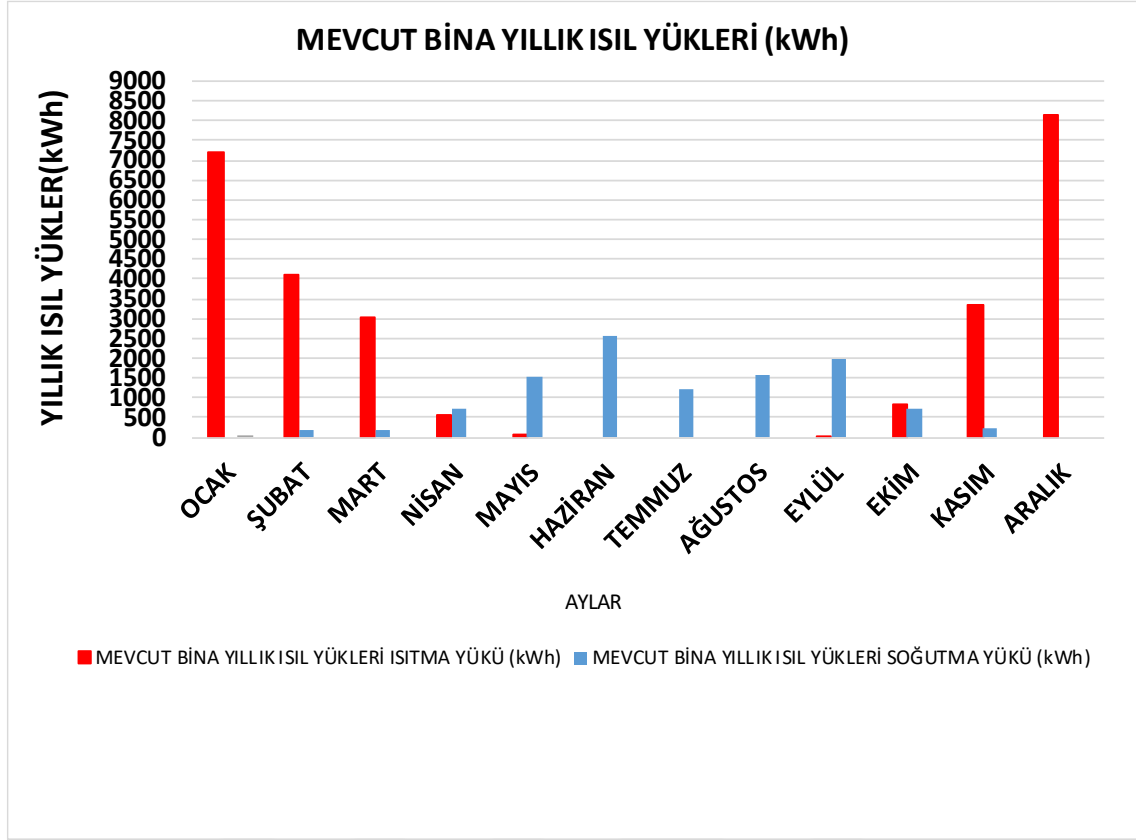
4.1. Yapının Mevcut Durumunun Yıllık Isıl Yükleri

Yapının mevcut durumu DesignBuilder enerji simülasyon yazılımı kullanılarak ayrıntılı biçimde modellenmiştir. Elde edilen model üzerinden yapının yıllık ısıtma ve soğutma enerji gereksinimleri hesaplanarak mevcut durumun yıllık ısıl yükleri belirlenmiştir. Isıl yükler Tablo 4.1’ de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Mevcut binanın yıllık ısıl yükleri

MEVCUT BİNA YILLIK ISIL YÜKLERİ			
AYLAR	ISITMA YÜKÜ (kWh)	SOĞUTMA YÜKÜ (kWh)	GÜNEŞ KAZANCI (kWh)
OCAK	7.219,84	0	5.822,61
ŞUBAT	4.126,53	175,45	8.455,89
MART	3.046,48	195,35	9.923,22
NİSAN	546,56	700,6	11.326,70
MAYIS	64,79	1.520,75	12.531,72
HAZİRAN	0	2.573,86	13.353,42
TEMMUZ	0	1.230,81	14.144,96
AĞUSTOS	0	1.590,71	13.921,47
EYLÜL	27	1.980,84	11.405
EKİM	841,88	710,07	8.525,89
KASIM	3.365,61	213,1	8.640,72
ARALIK	8.158,12	0	3.389,96
TOPLAM	27.396,81	10.891,54	121.441,56

Mevcut binanın yıllık toplam ısıtma yükü 27.396,81 kWh olarak hesaplanmıştır. Mevcut binanın yıllık soğutma yükü 10.891,54 kWh, olarak hesaplanmıştır. Mevcut binanın yıllık güneş kazancı ise 121.441,56 kWh olarak hesaplanmıştır. Konya’ da karasal iklim etkili olduğu için enerji ihtiyacının büyük bir bölümü ısıtma için kullanılmaktadır. Toplam yıllık ısıtma ve soğutma yükü 38288,35 kWh olarak hesaplanmıştır. Yıllık ısıtma ve soğutma yükünü gösteren grafik şekil 4.2’ de verilmiştir.



Şekil 4.2. Mevcut binanın yıllık ısı yükleri

Yapıda haziran, temmuz ve ağustos aylarında ısıtma yükü sıfır iken, aralık ve ocak ayında soğutma yükü sıfırdır.

4.2. Yapı Cephelerine Çift Cidar Eklenmesiyle Elde Edilen Yıllık Isıl Yükleri

Yapının mevcut durumuna ait ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır. Ardından, yapının kuzey, güney ve doğu cephelerine ayrı ayrı çift cidarlı cephe sistemleri entegre edilerek her bir senaryo için ısıtma ve soğutma yükleri yeniden analiz edilmiştir. Çift cidarlı cephe sistemlerinde boşluk genişlikleri 60 cm, 80 cm, 100 cm ve 120 cm olarak; dış cidarın ısı geçirgenlik katsayısı (U değeri) ise 1,2 W/m²K ve 1,8 W/m²K olacak şekilde belirlenmiştir. Bu kapsamda, farklı cephe yönleri, boşluk genişlikleri ve U değerleri için enerji performansı karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

4.2.1. Yapının kuzey cephesine çift cidar eklenmesiyle elde edilen yıllık ısı yükleri

Yapının kuzey cephesine ısı geçirgenlik katsayısı (U değeri) $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan çift cidarlı cephe sistemi entegre edilmiştir. Bu kapsamda cephe boşluk genişliği 60 cm, 80 cm, 100 cm ve 120 cm olmak üzere dört farklı senaryo tanımlanmış ve her bir senaryo için yıllık enerji yükleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Analiz sonuçları, cephe boşluk genişliğindeki değişimin kuzey cephesinin ısı performansı üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında aynı cepheye ısı geçirgenlik katsayısı $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan çift cidarlı sistem uygulanmış ve benzer şekilde dört farklı boşluk genişliği için enerji simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Bu sayede, farklı yalıtım düzeylerine sahip çift cidarlı sistemlerin kuzey yönlü cephelerdeki ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkileri ayrıntılı biçimde analiz edilmiştir.

U değeri $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan sistemde, en düşük yıllık ısıtma yükü 60 cm boşluk genişliğine sahip senaryoda $21.401,8 \text{ kWh}$ olarak belirlenmiştir. Boşluk genişliğinin artmasıyla birlikte cephe içindeki hava tabakasının ısı tutma kapasitesinin azalmasına bağlı olarak ısıtma yüklerinde kademeli bir artış gözlenmiştir. Aynı sistemde en düşük yıllık soğutma yükü ise 120 cm boşluk genişliğine sahip senaryoda 11.778 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu durum, geniş boşluklu sistemlerin güneş ışınlamına karşı tampon bölge oluşturarak soğutma gereksinimini bir miktar azalttığını göstermektedir.

U değeri $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan sistem uygulandığında ise benzer bir eğilim devam etmiştir. En düşük ısıtma yükü yine 60 cm boşluk genişliğine sahip senaryoda $22.378,8 \text{ kWh}$ olarak belirlenirken, en düşük soğutma yükü 120 cm boşluk genişliğinde $11.443,8 \text{ kWh}$ olarak hesaplanmıştır. U değerinin artması, cephe elemanının ısı yalıtım performansını düşürdüğü için ısı kayıplarını artırmış ve buna bağlı olarak yıllık ısıtma yüklerinde genel bir artışa neden olmuştur. Ancak soğutma yüklerinde gözlemlenen küçük düşüş, yüksek ısı geçirgenliğine sahip cephelerin düşük güneş kazancı ve iç mekândaki ısı dengeye erken ulaşma eğilimiyle açıklanabilir.

Sonuç olarak, kuzey cephesine entegre edilen çift cidarlı sistemlerde boşluk genişliği ve cephe elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı, yıllık enerji yüklerini doğrudan etkilemektedir. Bu bulgular, çift cidarlı cephelerin kuzey yönlü uygulamalarında ısı yalıtımı ve enerji verimliliği açısından uygun tasarım parametrelerinin belirlenmesi gerektiğini göstermektedir. Çift cidarlı kuzey cephesine ait yıllık ısı yüklerinin karşılaştırmalı sonuçları Tablo 4.2’de sunulmuştur.

Tablo 4.2. Kuzey Cephesine Uygulanan Çift Cidarlı Sistem Durumunda Elde Edilen Yıllık Isıl Yükler

ÇİFT CİDARLI KUZAY CEPHEYE AİT YILLIK ISIL YÜKLERİ					
CEPHE VE U DEĞERLERİ		BOŞLUK GENİŞLİĞİ (cm)	ISITMA YÜKÜ (kWh)	SOĞUTMA YÜKÜ (kWh)	GÜNEŞ KAZANCI (kWh)
MEVCUT BİNA	U:2.72	YOK	27396,8	10891,5	121442
KUZAY CEPHE	U:1.2	60 cm	21401,8	11810,4	100,32
		80 cm	21486,5	11792,5	100,24
		100 cm	21556,1	11786,4	100,15
		120 cm	21656,8	11778	100,5
	U:1.8	60 cm	22378,8	11521,1	100,32
		80 cm	22466,4	11484,8	100,24
		100 cm	22562,7	11465,5	100,15
		120 cm	22624,1	11443,8	100,5

Mevcut bina ($U = 2,72$; Isıtma = 27.396,8 kWh, Soğutma = 10.891,5 kWh) ile tabloya alınan her bir çift cidarlı senaryonun yıllık ısıtma ve soğutma yükleri arasındaki % değişimleri verilmiştir. Negatif değerler mevcut hale göre azalma, pozitif değerler mevcut hale göre artış anlamına gelir. Tablo 4.3' de sunulmuştur.

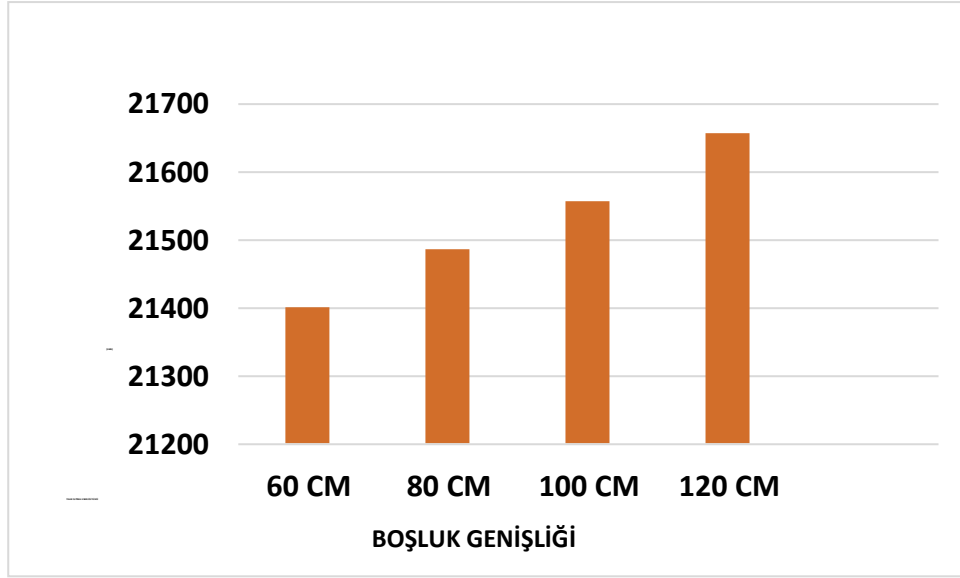
Tablo 4.3. Kuzey Cephesine Uygulanan Çift Cidarlı Sistem Durumunda Elde Edilen Yıllık Isıl Yüklerin % Değişimi

Senaryo	Isıtma (kWh)	Isıtma değişim (%)	Soğutma (kWh)	Soğutma değişim (%)
U = 1,2 — 60 cm	21.401,80	-21,88%	11.810,40	8,44%
U = 1,2 — 80 cm	21.486,50	-21,57%	11.792,50	8,27%
U = 1,2 — 100 cm	21.556,10	-21,32%	11.786,40	8,22%
U = 1,2 — 120 cm	21.656,80	-20,95%	11.778,00	8,14%
U = 1,8 — 60 cm	22.378,80	-18,32%	11.521,10	5,78%
U = 1,8 — 80 cm	22.466,40	-18,00%	11.484,80	5,45%
U = 1,8 — 100 cm	22.562,70	-17,64%	11.465,50	5,27%
U = 1,8 — 120 cm	22.624,10	-17,42%	11.443,80	5,07%

Tabloya göre;

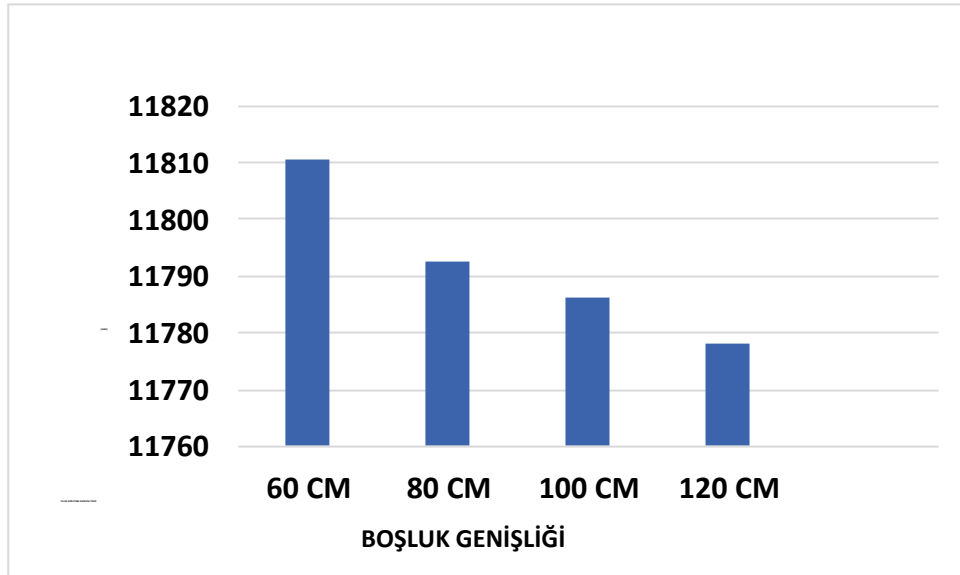
- Isıtma yüklerinde tüm çift cidarlı senaryolar mevcut binaya göre belirgin bir azalma göstermektedir (yaklaşık %17–%22 aralığı). En büyük düşüş U = 1,2; 60 cm senaryosunda (~%21,88) gözlenmiştir.
- Soğutma yükleri ise tüm senaryolarda mevcut duruma göre artmaktadır; U = 1,2 senaryolarında artış daha yüksektir (yaklaşık %8), U = 1,8 senaryolarında artış daha düşüktür (yaklaşık %5). Bu, çift cidarın kuzey cephede ısı kazanım/transferi dengelerini değiştirerek soğutma gereksinimini artırdığını göstermektedir.

Ofis binasının kuzey cephesine U değeri 1,2 W/m²K olan çift cidarlı cephe sistemi entegre edilmiştir. Cephe boşluk genişliği 60 cm ile 120 cm arasında, 20 cm'lik artışlarla değiştirilerek toplam sekiz farklı senaryo için simülasyonlar gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Kuzey cephesine uygulanan çift cidarlı sistemde, boşluk genişliğinin artmasıyla birlikte yıllık ısıtma yükünde kademeli bir artış eğilimi gözlemlenmiştir. Söz konusu ısıtma yüklerine ilişkin sonuçlar Şekil 4.3' de sunulmaktadır.



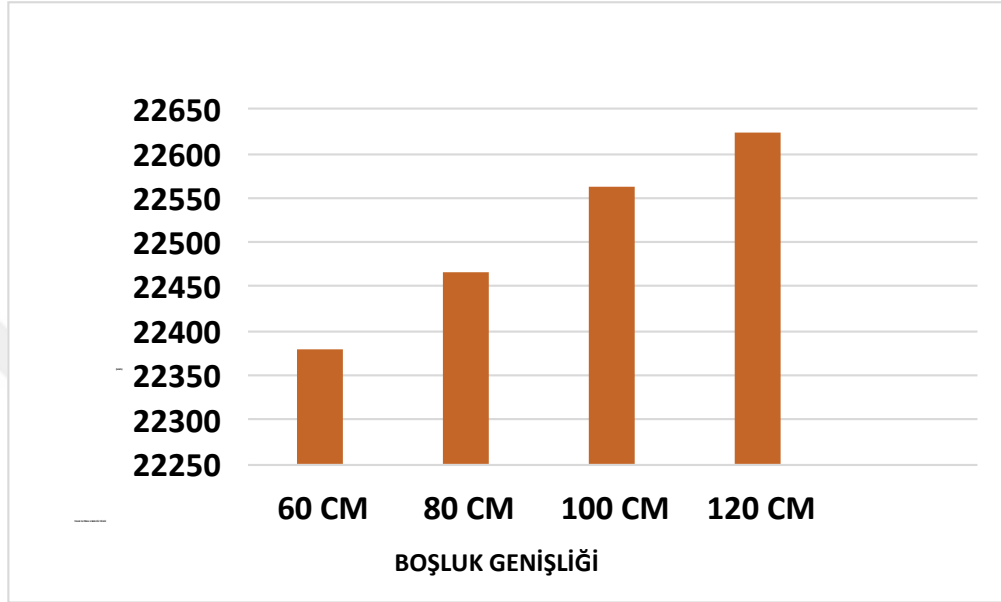
Şekil 4.3. Kuzey Cephesine Uygulanan Çift Cidarlı Sistem Durumunda Elde Edilen Yıllık Isıtma Yüğü (U:1,2 W/m²K)

Ofis binasının kuzey cephesine, U değeri 1,2 W/m²K olan çift cidarlı cephe uygulanmıştır. Boşluk genişliği 60–120 cm arasında 20 cm artışlarla değiştirilerek sekiz simülasyon yapılmıştır. Boşluk genişliği arttıkça yıllık soğutma yükü azalmış, sonuçlar Şekil 4.4’ de sunulmuştur.

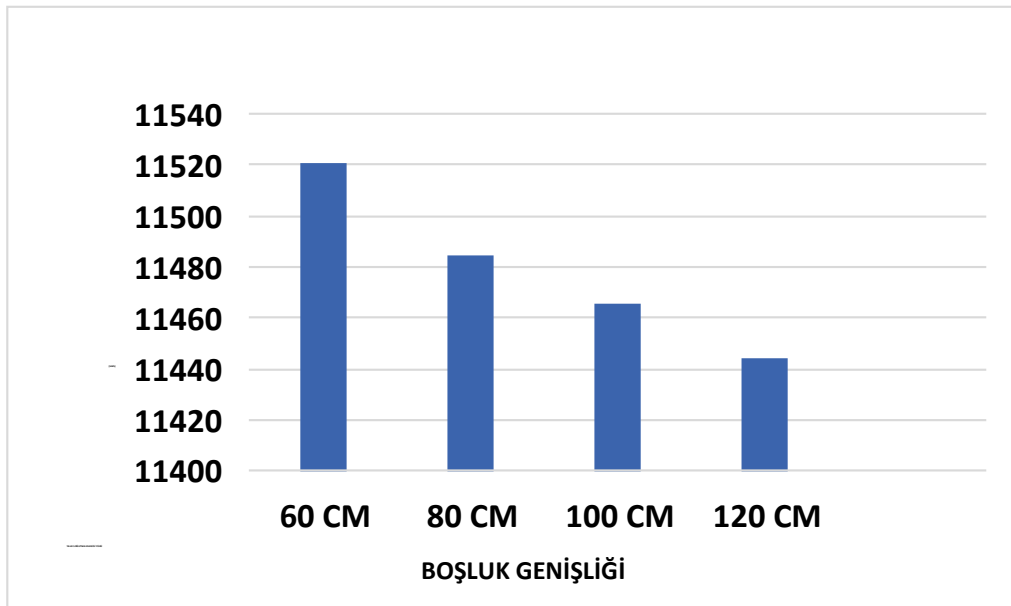


Şekil 4.4. Kuzey Cephesine Uygulanan Çift Cidarlı Sistem Durumunda Elde Edilen Yıllık Soğutma Yüğü (U:1,2 W/m²K)

Ofis binasının kuzey cephesine U değeri 1,8 W/m²K olan çift cidarlı cephe uygulanmış, boşluk genişliği 60–120 cm arasında 20 cm artışlarla değiştirilerek simülasyon yapılmıştır. Boşluk genişliği arttıkça yıllık ısıtma yükünün kademeli olarak yükseldiği, soğutma yükünün ise kademeli olarak düştüğü belirlenmiş olup, sonuçlar Şekil 4.5 ve 4.6’ da sunulmuştur.

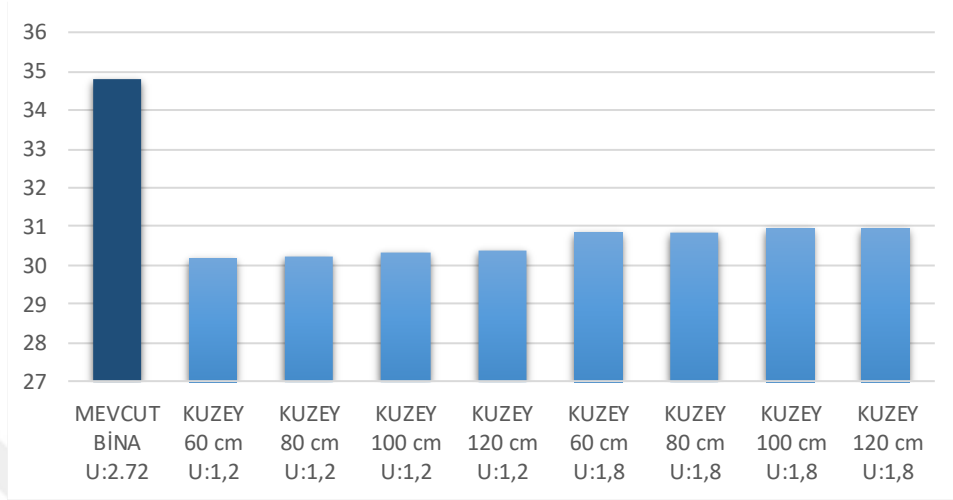


Şekil 4.5. Kuzey Cephesine Uygulanan Çift Cidarlı Sistem Durumunda Elde Edilen Yıllık Isıtma Yükü (U:1,8 W/m²K)



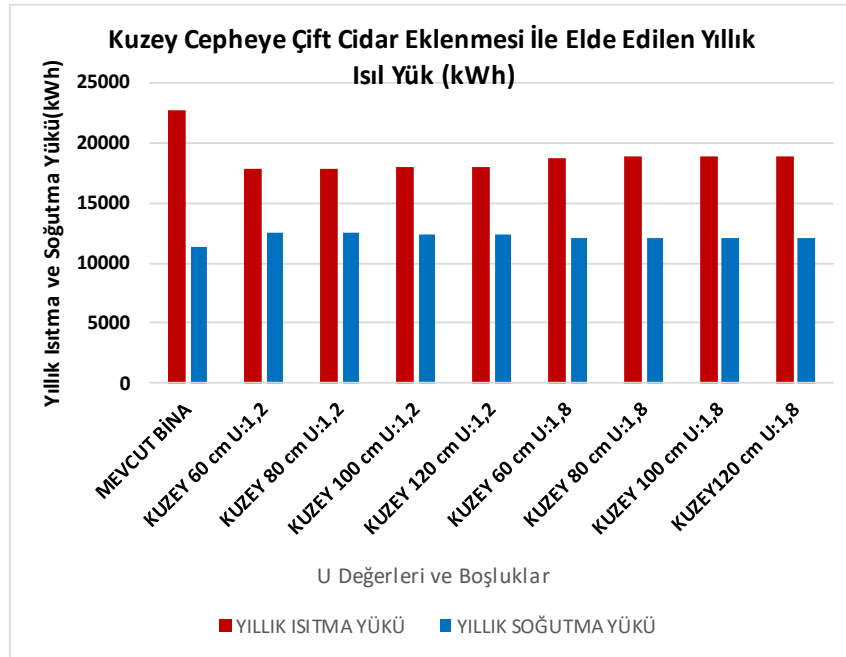
Şekil 4.6. Kuzey Cephesine Uygulanan Çift Cidarlı Sistem Durumunda Elde Edilen Yıllık soğutma Yükü (U:1,8 W/m²K)

Yapının mevcut halinin metrekare başına düşen yıllık ısı yükü ile kuzey cephesine çift cidar eklenmesi sonucu elde edilen ve metrekare başına düşen yıllık ısı yük karşılaştırılmıştır. Bu veriler Şekil 4.7’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Binaın Mevcut Hali ve Kuzey Cephesine Çift Cidar Eklenmesiyle Elde Edilen Birim Alandaki Enerji İhtiyaçları

Yapının mevcut hali ile kuzey cephesine farklı U değerleri ve boşluk aralıklarıyla eklenen çift cidarlı cephenin oluşturduğu ısıtma ve soğutma yükleri Şekil 4.8’ te verilmiştir.



Şekil 4.8. Mevcut Bina ve Kuzey Çift Cidar Uygulamasının Enerji Yükleri

4.2.2. Yapının Güney Cephesine Çift Cidar Eklenmesiyle Elde Edilen Yıllık Isıl Yükleri

Yapının güney cephesine ısı geçirgenlik katsayısı (U değeri) $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan çift cidarlı cephe sistemi entegre edilmiştir. Çalışma kapsamında cephe boşluk genişliği 60 cm, 80 cm, 100 cm ve 120 cm olmak üzere dört farklı senaryo tanımlanmış ve her bir durum için yıllık enerji yükleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, cephe boşluk genişliğinin artmasının ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla karşılaştırılmıştır.

Analiz sürecinin ikinci aşamasında, aynı cepheye ısı geçirgenlik katsayısı $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan çift cidarlı sistem uygulanmış ve benzer şekilde dört farklı boşluk genişliği için yıllık enerji yükleri yeniden hesaplanmıştır. Böylece, farklı ısı yalıtım özelliklerine sahip çift cidarlı cephe sistemlerinin, özellikle güney yönlü cephelerdeki ısı performans üzerindeki etkileri kapsamlı biçimde incelenmiştir.

U değeri $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan cephe sisteminde en düşük yıllık ısıtma yükü 60 cm boşluk genişliğine sahip senaryoda 23.077,1 kWh olarak belirlenmiştir. Boşluk genişliği arttıkça, güneş kazançlarındaki artış ve doğal havalandırma etkisinin değişmesi sonucu ısıtma yüklerinde kısmi artış gözlenmiştir. Aynı sistemde en düşük yıllık soğutma yükü ise 120 cm boşluk genişliğine sahip senaryoda 11.216,9 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu durum, artan boşluk genişliğinin cephe boyunca hava sirkülasyonunu artırarak güneş kaynaklı aşırı ısınmayı sınırladığını göstermektedir.

U değeri $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan sistemde ise benzer eğilimler gözlemlenmiştir. En düşük ısıtma yükü 60 cm boşluk genişliğinde 24.192,2 kWh, en düşük soğutma yükü ise 120 cm boşluk genişliğinde 10.698,4 kWh olarak hesaplanmıştır. U değerinin artması, cephe elemanının ısı yalıtım kapasitesini azalttığı için ısıtma yüklerinde genel bir artışa neden olmuştur. Bununla birlikte, daha yüksek U değerine sahip cephelerde soğutma yükünün kısmen azalması, artan ısı geçişinin iç mekândaki ısı dengeyi daha erken sağlamasıyla ilişkilendirilebilir.

Sonuç olarak, güney cephesine uygulanan çift cidarlı sistemlerde boşluk genişliği ve cam yüzeylerin ısı geçirgenlik katsayısı, yıllık enerji performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Elde edilen karşılaştırmalı sonuçlar Tablo 4.4’de ve yıllık ısı yüklerinin % değişimi Tablo 4.5’te sunulmuştur.

Tablo 4.4. Güney Cephesine Uygulanan Çift Cidarlı Sistem Durumunda Elde Edilen Yıllık Isıl Yükler

ÇİFT CİDARLI GÜNEY CEPHEYE AİT YILLIK ISIL YÜKLERİ					
CEPHE VE U DEĞERLERİ		BOŞLUK GENİŞLİĞİ (cm)	ISITMA YÜKÜ (kWh)	SOĞUTMA YÜKÜ (kWh)	GÜNEŞ KAZANCI (kWh)
MEVCUT BİNA	U:2.72	YOK	27396,8	10891,54	121442
GÜNEY CEPHE	U:1.2	60 cm	23077,1	11360,9	79827,8
		80 cm	23139,6	11339,8	79467,2
		100 cm	23269,1	11268,5	79045,2
		120 cm	23401,9	11216,9	78594
	U:1.8	60 cm	24192,2	10900,6	79827,8
		80 cm	24257,5	10819,7	79467,2
		100 cm	24372,3	10784,8	79045,2
		120 cm	24490,6	10698,4	78594,7

Mevcut bina ($U = 2,72$; Isıtma = 27.396,8 kWh, Soğutma = 10.891,5 kWh) ile çift cidarlı güney cephe senaryoları arasındaki % değişimler verilmiştir. Negatif değer azalma, pozitif değer artış anlamındadır.

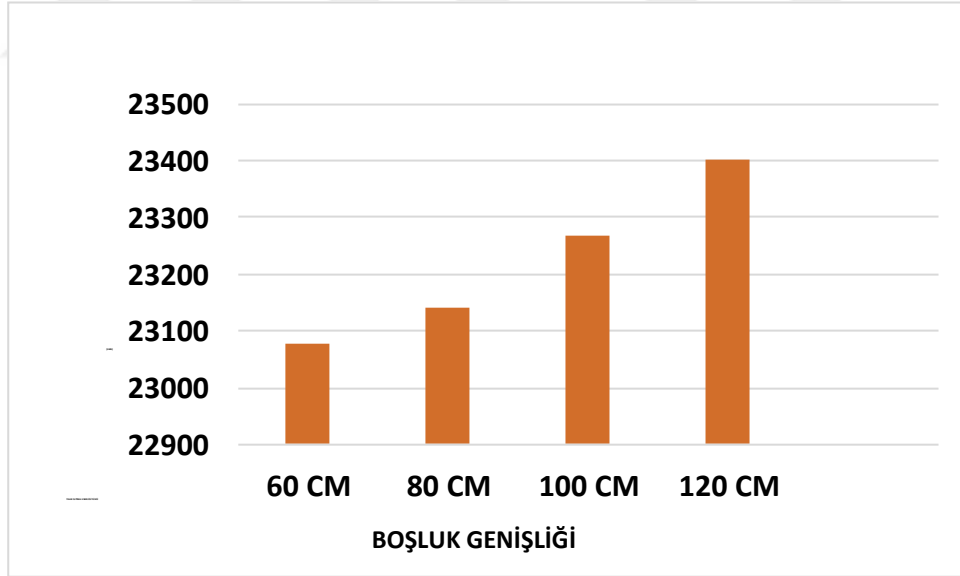
Tablo 4.5. Güney Cephesine Uygulanan Çift Cidarlı Sistem Durumunda Elde Edilen Yıllık Isıl Yüklerin % Değişimi

Senaryo	Isıtma (kWh)	Isıtma değişim (%)	Soğutma (kWh)	Soğutma değişim (%)
U = 1,2 — 60 cm	23.077,10	-15,77%	11.360,90	4,31%
U = 1,2 — 80 cm	23.139,60	-15,54%	11.339,80	4,12%
U = 1,2 — 100 cm	23.269,10	-15,07%	11.268,50	3,46%
U = 1,2 — 120 cm	23.401,90	-14,58%	11.216,90	2,99%
U = 1,8 — 60 cm	24.192,20	-11,70%	10.900,60	0,08%
U = 1,8 — 80 cm	24.257,50	-11,46%	10.819,70	-0,66%
U = 1,8 — 100 cm	24.372,30	-11,04%	10.784,80	-0,98%
U = 1,8 — 120 cm	24.490,60	-10,61%	10.698,40	-1,77%

Tabloya göre;

- Isıtma yüklerinde tüm çift cidarlı senaryolar mevcut binaya göre belirgin bir azalma göstermektedir (yaklaşık %10–%16 aralığı). En büyük düşüş $U = 1,2$; 60 cm senaryosunda (%15,77) gözlenmiştir.
- Soğutma yükü ise U değeri $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan senaryolarda mevcut duruma kıyasla % 2 ila 4 arasında artmıştır. Buna karşılık, U değeri $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan senaryolarda soğutma yükünde küçük oranlı azalmalar (yaklaşık % 0,6 ila 1,8) gözlenmiştir. Bu sonuçlar, güney cephesine entegre edilen çift cidarlı sistemin ısı yalıtımını iyileştirerek ısıtma yükünü azalttığını, ancak belirli durumlarda güneş kazancına bağlı olarak soğutma yükünü hafifçe artırabildiğini göstermektedir.

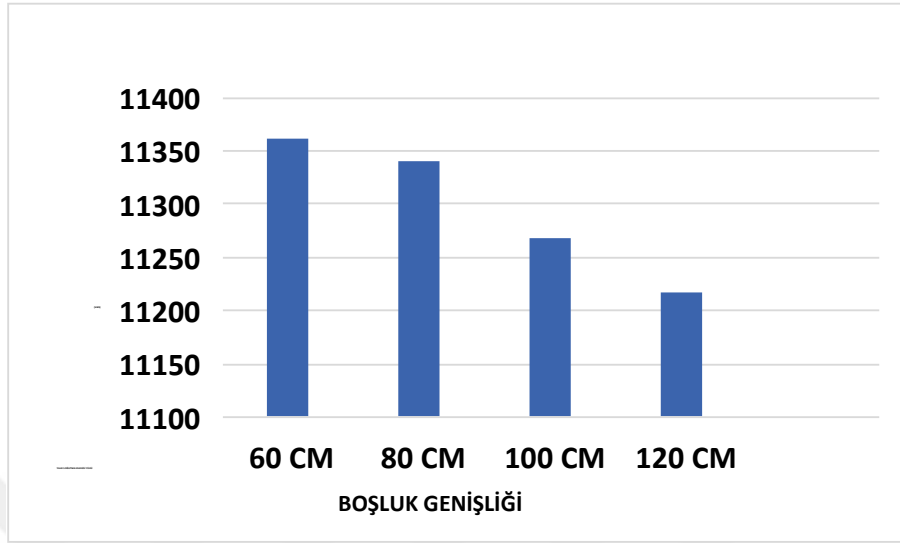
Ofis binasının güney cephesine, U değeri $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan çift cidarlı cephe sistemi uygulanmıştır. Cephe boşluk genişliği 60 cm ile 120 cm arasında, 20 cm artışlarla değiştirilerek toplam sekiz farklı simülasyon gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Güney yönüne çift cidar eklenen modelde, boşluk genişliğinin artmasıyla birlikte yıllık ısıtma yükünde kademeli bir artış gözlenmiştir. Isıtma yüklerine ait sonuçlar Şekil 4.9’ da sunulmuştur.



Şekil 4.9. Güney Cephesine Uygulanan Çift Cidarlı Sistem Durumunda Elde Edilen Yıllık Isıtma Yükü ($U:1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$)

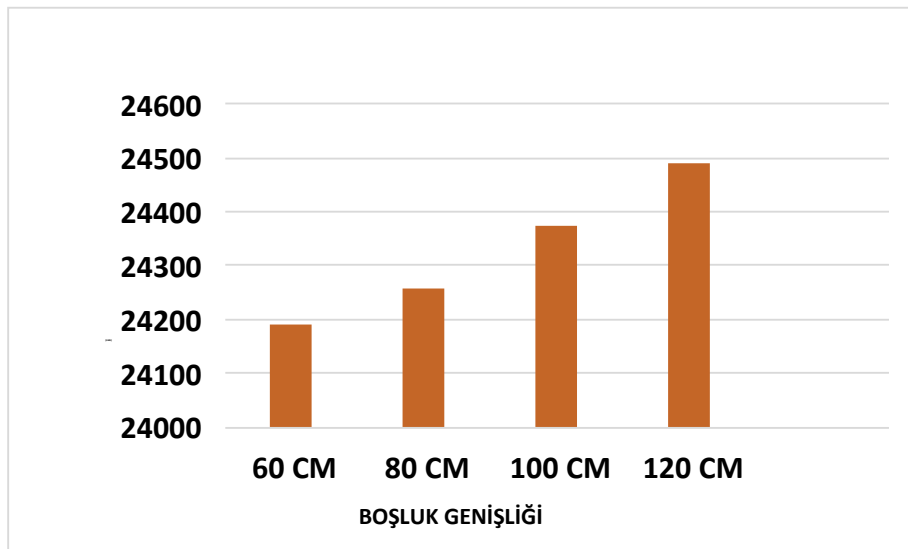
Ofis binasının güney cephesine, U değeri $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan çift cidarlı cephe uygulanmıştır. Boşluk genişliği 60–120 cm arasında 20 cm artışlarla değiştirilerek sekiz

simülasyon yapılmıştır. Boşluk genişliği arttıkça yıllık soğutma yükü azalmış, sonuçlar Şekil 4.10’da sunulmuştur.



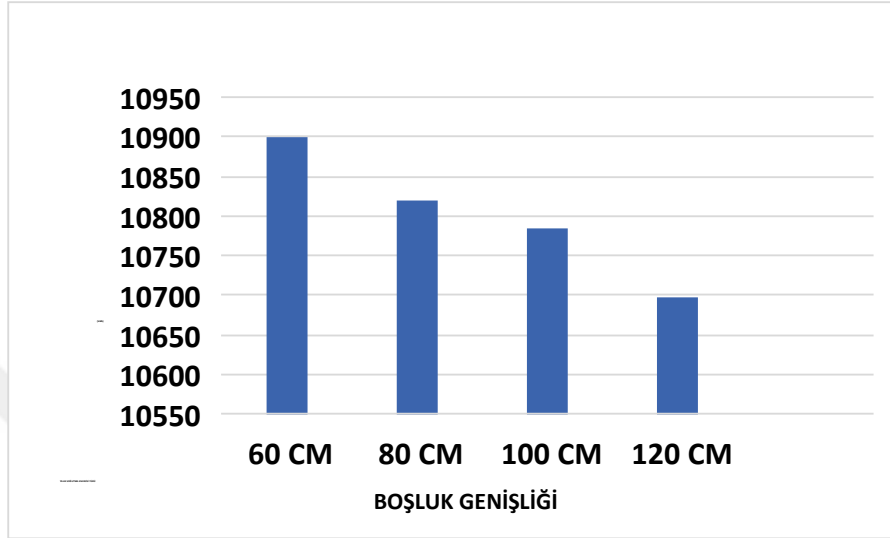
Şekil 4.10. Güney Cephesine Uygulanan Çift Cidarlı Sistem Durumunda Elde Edilen Yıllık soğutma Yükü ($U:1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Ofis binasının güney cephesine U değeri $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan çift cidarlı cephe uygulanmış, boşluk genişliği 60–120 cm arasında 20 cm artışlarla değiştirilerek simülasyon yapılmıştır. Boşluk genişliği arttıkça yıllık ısıtma yükünün kademeli olarak yükseldiği belirlenmiş olup, sonuçlar Şekil 4.11’ de sunulmuştur.



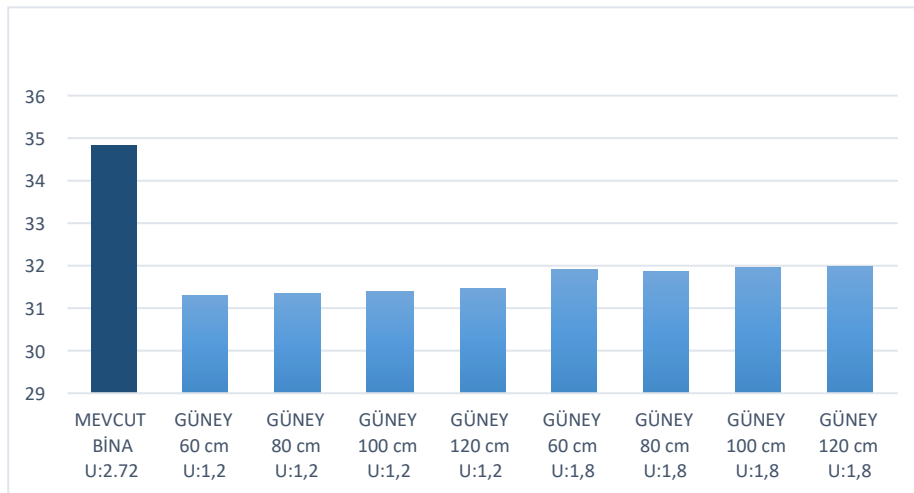
Şekil 4.11. Güney Cephesine Uygulanan Çift Cidarlı Sistem Durumunda Elde Edilen Yıllık Isıtma Yükü ($U:1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Ofis binasının güney cephesine, U değeri 1,8 W/m²K olan çift cidarlı cephe uygulanmıştır. Boşluk genişliği 60–120 cm arasında 20 cm artışlarla değiştirilerek sekiz simülasyon yapılmıştır. Boşluk genişliği arttıkça yıllık soğutma yükü azalmış, sonuçlar Şekil 4.12’de sunulmuştur.



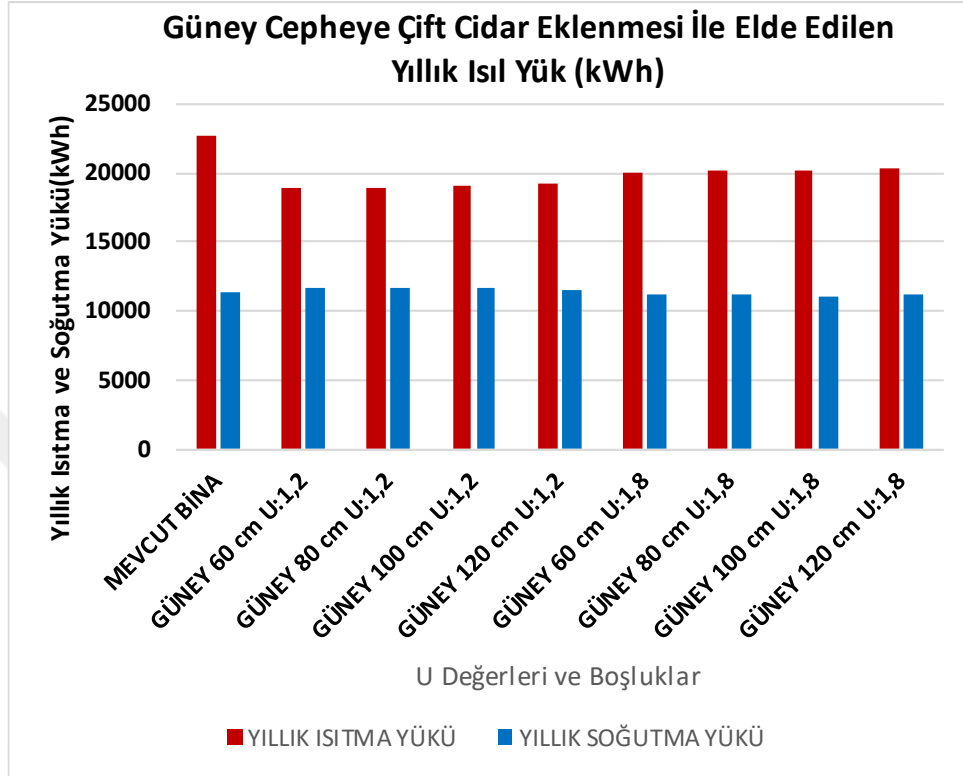
Şekil 4.12. Güney Cephesine Uygulanan Çift Cidarlı Sistem Durumunda Elde Edilen Yıllık soğutma Yükü (U:1,8 W/m²K)

Yapının mevcut halinin metrekare başına düşen yıllık ısı yükü ile güney cephesine çift cidar eklenmesi sonucu elde edilen ve metrekare başına düşen yıllık ısı yükü karşılaştırılmıştır. Bu veriler Şekil 4.13’de gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Binanın Mevcut Hali ve Güney Cephesine Çift Cidar Eklenmesiyle Elde Edilen Birim Alandaki Enerji İhtiyaçları

Yapının mevcut hali ile güney cephesine farklı U değerleri ve boşluk aralıklarıyla eklenen çift cidar cephenin oluşturduğu ısıtma ve soğutma yükleri Şekil 4.14’ de verilmiştir.



Şekil 4.14. Binanın Mevcut Hali ve Güney Cephesine Çift Cidar Eklenmesiyle Elde Edilen Enerji Yükleri

4.2.3. Yapının Doğu Cephesine Çift Cidar Eklenmesiyle Elde Edilen Yıllık Isıl Yükleri

Yapının doğu cephesine U değeri 1,2 ve 1,8 W/m²K olan çift cidarlı cephe sistemleri entegre edilerek, 60–120 cm aralığındaki boşluk genişlikleri için yıllık enerji yükleri analiz edilmiştir. U=1,2 W/m²K durumunda en düşük ısıtma yükü 60 cm boşlukta 22410,1 kWh, en düşük soğutma yükü 120 cm boşlukta 10955,1 kWh olarak belirlenmiştir. U=1,8 W/m²K durumunda ise en düşük ısıtma yükü 60 cm boşlukta 23167 kWh, en düşük soğutma yükü 120 cm boşlukta 10673,1 kWh olarak hesaplanmıştır. Elde edilen karşılaştırmalı sonuçlar Tablo 4.6’da verilmiştir. yıllık ısı yüklerinin % değişimi Tablo 4.7’ te sunulmuştur.

Tablo 4.6. Doğu Cephesine Uygulanan Çift Cidarlı Sistem Durumunda Elde Edilen Yıllık Isıl Yükler

ÇİFT CİDARLI DOĞU CEPHEYE AİT YILLIK ISIL YÜKLERİ					
CEPHE VE U DEĞERLERİ		BOŞLUK GENİŞLİĞİ (cm)	ISITMA YÜKÜ (kWh)	SOĞUTMA YÜKÜ (kWh)	GÜNEŞ KAZANCI (kWh)
MEVCUT BİNA	U:2.72	YOK	27396,8	10891,54	121442
DOĞU CEPHE	U:1.2	60 cm	22410,1	11094,9	36704
		80 cm	22483	11050,7	36704
		100 cm	22521,2	11006,8	36704
		120 cm	22621,7	10955,1	36704
	U:1.8	60 cm	23164	10783,5	36704
		80 cm	23255	10731	36704
		100 cm	23300	10712	36704
		120 cm	23356,7	10673,1	36704

Mevcut bina ($U = 2,72$; Isıtma = 27.396,8 kWh, Soğutma = 10.891,5 kWh) ile çift cidarlı doğu cephe senaryoları arasındaki % değişimler verilmiştir. Negatif değer azalma, pozitif değer artış anlamındadır.

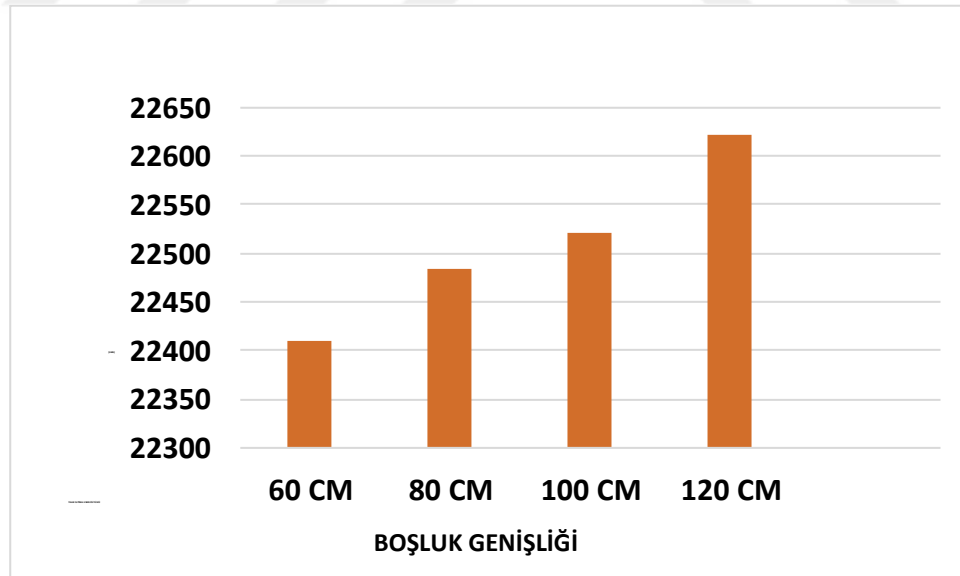
Tablo 4.7. Doğu Cephesine Uygulanan Çift Cidarlı Sistem Durumunda Elde Edilen Yıllık Isıl Yüklerin % Değişimi

Senaryo	Isıtma (kWh)	Isıtma değişim (%)	Soğutma (kWh)	Soğutma değişim (%)
U = 1,2 — 60 cm	22410,1	-18,20	11094,9	1,87
U = 1,2 — 80 cm	22483	-17,94	11050,7	1,46
U = 1,2 — 100 cm	22521,2	-17,80	11006,8	1,06
U = 1,2 — 120 cm	22621,7	-17,43	10955,1	0,58
U = 1,8 — 60 cm	23164	-15,45	10783,5	-0,99
U = 1,8 — 80 cm	23255	-15,12	10731	-1,47
U = 1,8 — 100 cm	23300	-14,95	10712	-1,65
U = 1,8 — 120 cm	23356,7	-14,75	10673,1	-2,01

Tabloya göre;

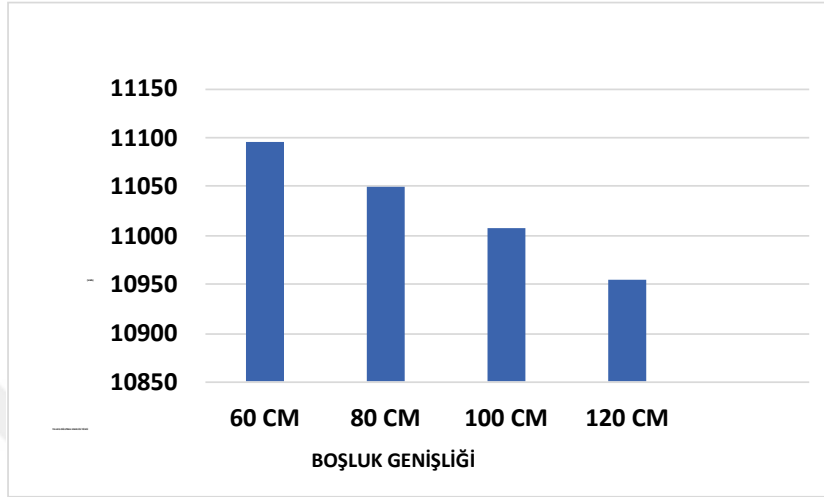
- Isıtma yüklerinde tüm çift cidarlı senaryolar mevcut binaya göre belirgin bir azalma göstermektedir (yaklaşık %14–%19 aralığı). En büyük düşüş $U = 1,2$; 60 cm senaryosunda ($\sim$ %18,20) gözlenmiştir.
- Soğutma yükü ise U değeri $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan senaryolarda mevcut duruma kıyasla % 0,5 ila 2 arasında artmıştır. Buna karşılık, U değeri $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan senaryolarda soğutma yükünde küçük oranlı azalmalar (yaklaşık % 0,9 ila 2,1) gözlenmiştir. Bu sonuçlar, doğu cephesine entegre edilen çift cidarlı sistemin ısı yalıtımını iyileştirerek ısıtma yükünü azalttığını, ancak belirli durumlarda güneş kazancına bağlı olarak soğutma yükünü hafifçe artırabildiğini göstermektedir.

Ofis binasının doğu cephesine, U değeri $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan çift cidarlı cephe sistemi uygulanmıştır. Cephe boşluk genişliği 60 cm ile 120 cm arasında, 20 cm artışlarla değiştirilerek toplam sekiz farklı simülasyon gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Doğu yönüne çift cidar eklenen modelde, boşluk genişliğinin artmasıyla birlikte yıllık ısıtma yükünde kademeli bir artış gözlenmiştir. Isıtma yüklerine ait sonuçlar Şekil 4.15’de sunulmuştur.



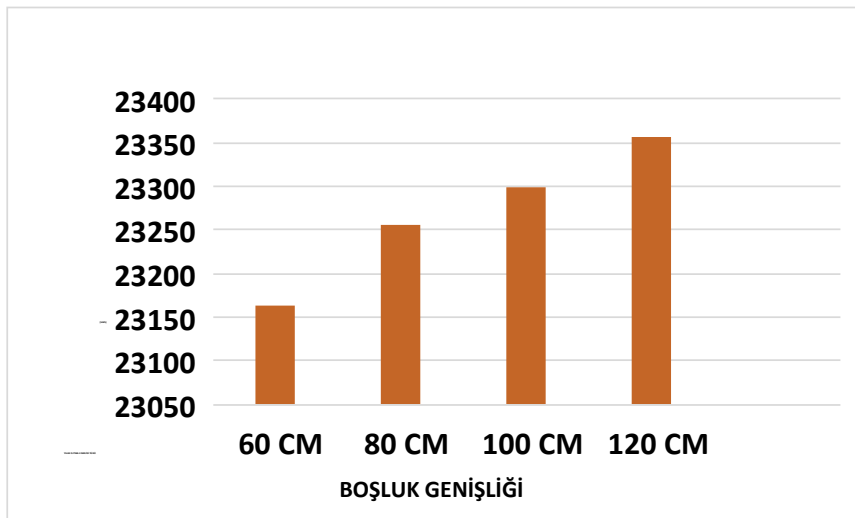
Şekil 4.15. Doğu Cephesine Uygulanan Çift Cidarlı Sistem Durumunda Elde Edilen Yıllık Isıtma Yükü ($U:1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Ofis binasının doğu cephesine, U değeri 1,2 W/m²K olan çift cidarlı cephe uygulanmıştır. Boşluk genişliği 60–120 cm arasında 20 cm artışlarla değiştirilerek sekiz simülasyon yapılmıştır. Boşluk genişliği arttıkça yıllık soğutma yükü azalmış, sonuçlar Şekil 4.16’da sunulmuştur.



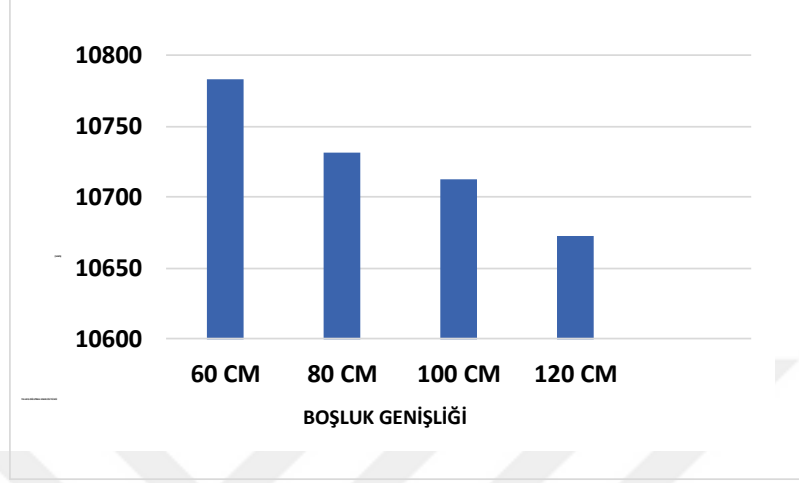
Şekil 4.16. Doğu Cephesine Uygulanan Çift Cidarlı Sistem Durumunda Elde Edilen Yıllık soğutma Yüğü

Ofis binasının doğu cephesine U değeri 1,8 W/m²K olan çift cidarlı cephe uygulanmış, boşluk genişliği 60–120 cm arasında 20 cm artışlarla değiştirilerek simülasyon yapılmıştır. Boşluk genişliği arttıkça yıllık ısıtma yükünün kademeli olarak yükseldiği belirlenmiş olup, sonuçlar Şekil 4.17’ de sunulmuştur.



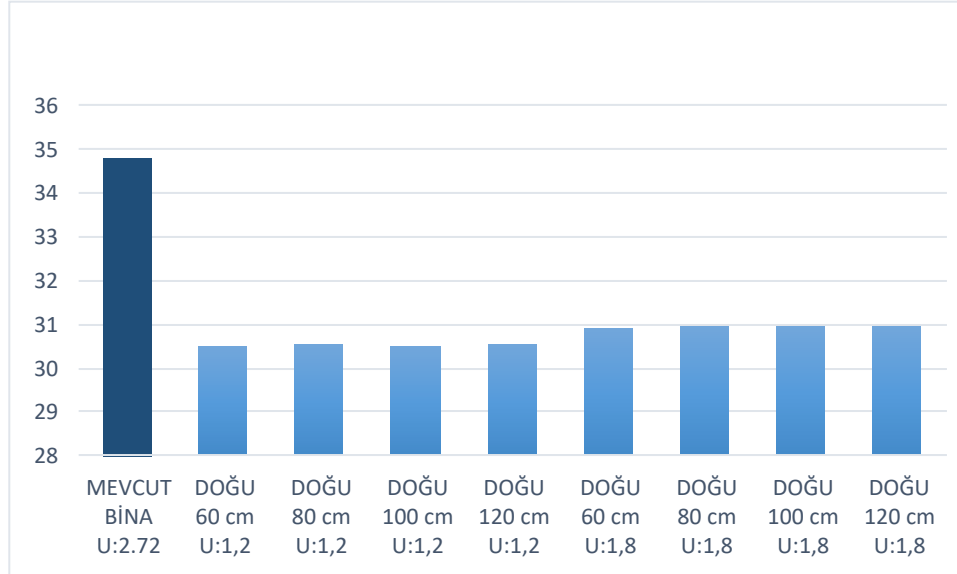
Şekil 4.17. Doğu Cephesine Uygulanan Çift Cidarlı Sistem Durumunda Elde Edilen Yıllık ısıtma Yüğü (U:1,8 W/m²K)

Ofis binasının doğu cephesine, U değeri 1,8 W/m²K olan çift cidarlı cephe uygulanmıştır. Boşluk genişliği 60–120 cm arasında 20 cm artışlarla değiştirilerek sekiz simülasyon yapılmıştır. Boşluk genişliği arttıkça yıllık soğutma yükü azalmış, sonuçlar Şekil 4.18’ de sunulmuştur.



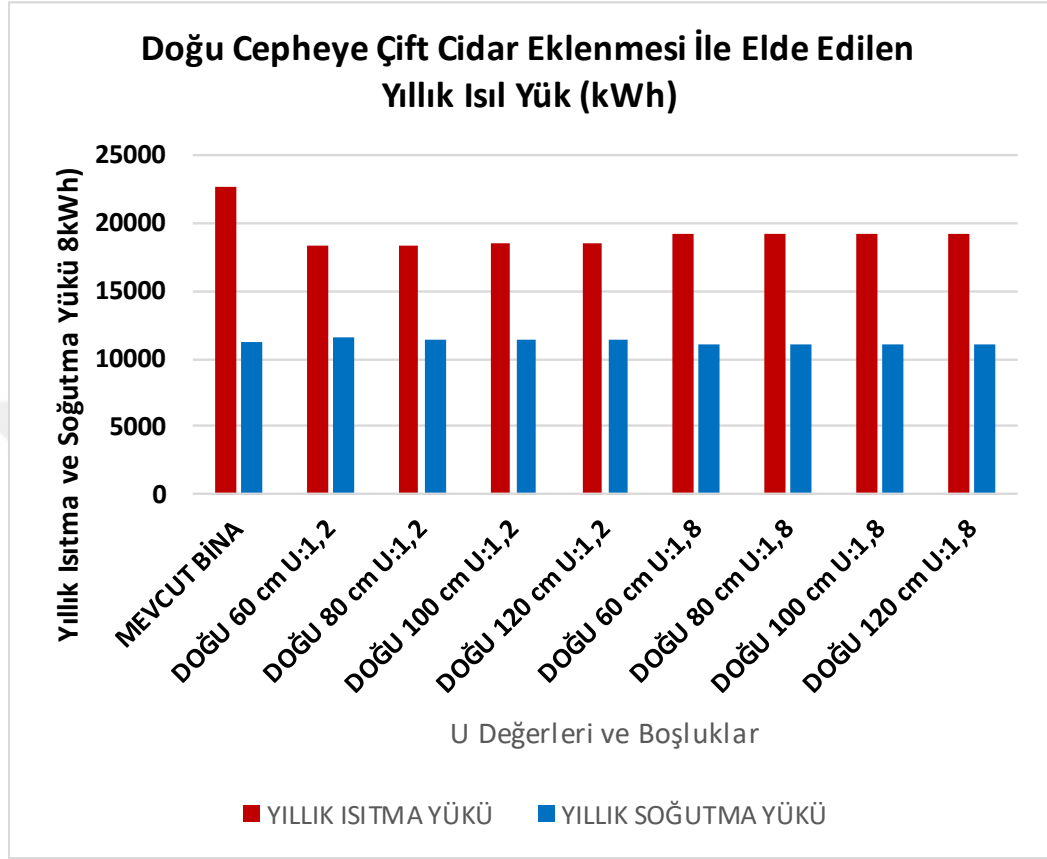
Şekil 4.18. Doğu Cephesine Uygulanan Çift Cidarlı Sistem Durumunda Elde Edilen Yıllık soğutma Yükü (U:1,8 W/m²K)

Yapının mevcut halinin metrekare başına düşen yıllık ısı yükü ile doğu cephesine çift cidar eklenmesi sonucu elde edilen ve metrekare başına düşen yıllık ısı yükü karşılaştırılmıştır. Bu veriler Şekil 4.19’ da gösterilmiştir.



Şekil 4.19. Binanın Mevcut Hali ve Doğu Cephesine Çift Cidar Eklenmesiyle Elde Edilen Birim Alandaki Enerji İhtiyaçları

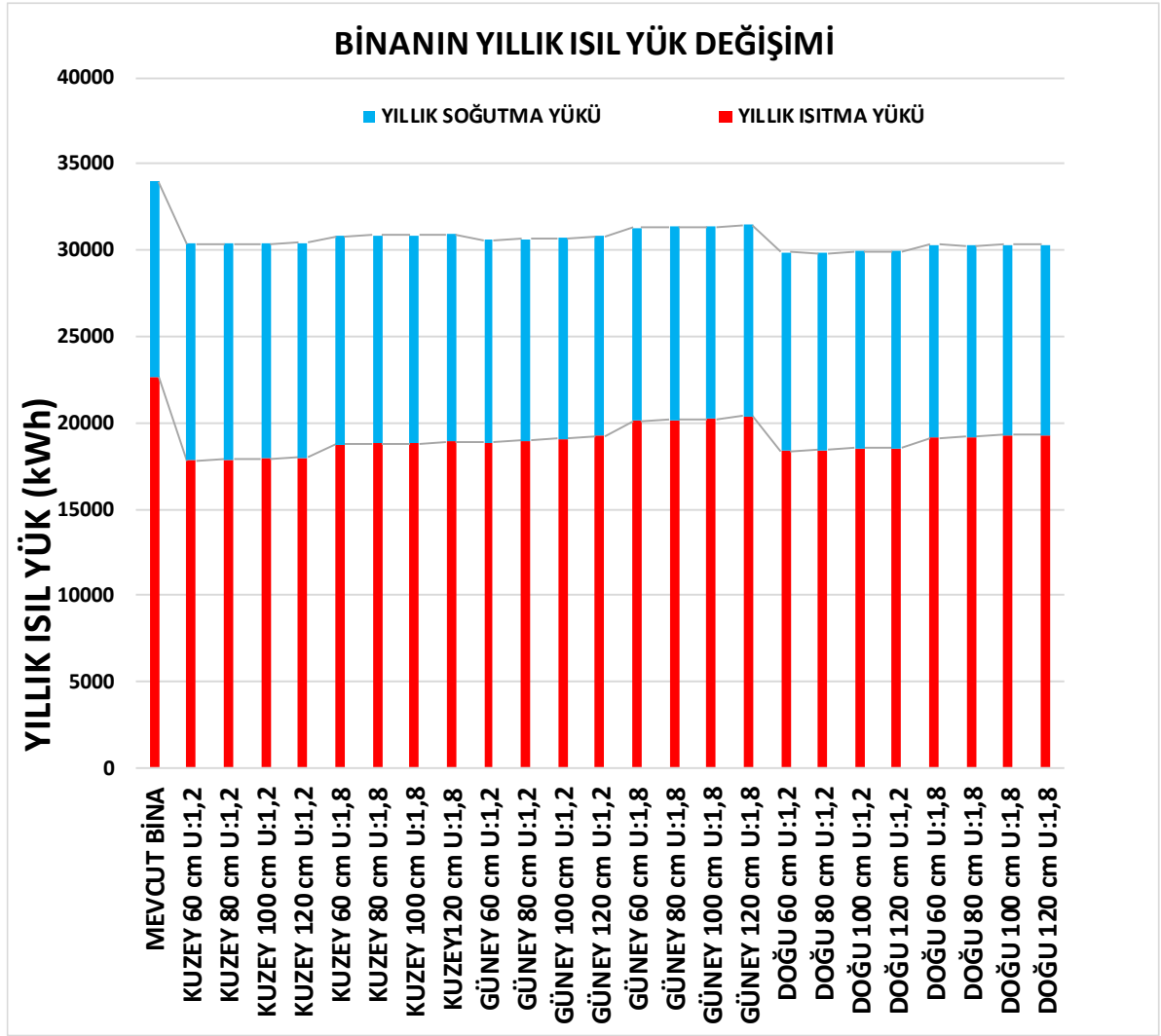
Yapının mevcut hali ile doğu cephesine farklı U değerleri ve boşluk aralıklarıyla eklenen çift cidar cephenin oluşturduğu ısıtma ve soğutma yükleri Şekil 4.20 'de verilmiştir.



Şekil 4.20. Binanın Mevcut Hali ve Doğu Cephesine Çift Cidar Eklenmesiyle Elde Edilen Enerji Yükleri

4.2.4. Yapının Cephelerine Çift Cidar Eklenmesiyle Elde Edilen Yıllık Isıl Yük Değişimleri

Yapının mevcut haline göre çift cidar eklenmiş halinde ısıtma yüklerinde düşüş görülmekte, soğutma yüklerinde ise az da olsa artışlar görülmektedir. Mevcut bina ve farklı cephe yönlerinde (kuzey, güney, doğu) uygulanan çeşitli boşluk genişliklerine ve farklı U değerlerine sahip çift cidarlı cephe sistemleri için yıllık toplam ısıtma ve soğutma yüklerinin (kWh) karşılaştırmalı analizi Şekil 4.21' de gösterilmiştir.



Şekil 4.21. .Binanın Mevcut Hali ve Çift Cidar Eklendi Hali Karşılaştırma Tablosu

4.3. Yatay Güneş Kırıcıların Isıtma Ve Soğutma Yüküne Etkisi

Çalışmanın bu bölümünde, en yüksek soğutma yüküne sahip, boşluk genişliği 60 cm ve ilave cephe camının U değeri 1,2 W/m²K olan modele 50 cm aralıklarla yatay güneş kırıcılar monte edilerek ısıtma ve soğutma yüklerindeki değişimler analiz edilmiştir. Yatay güneş kırıcılar sadece çift cidarlı olan kuzey cepheye eklenmiştir.

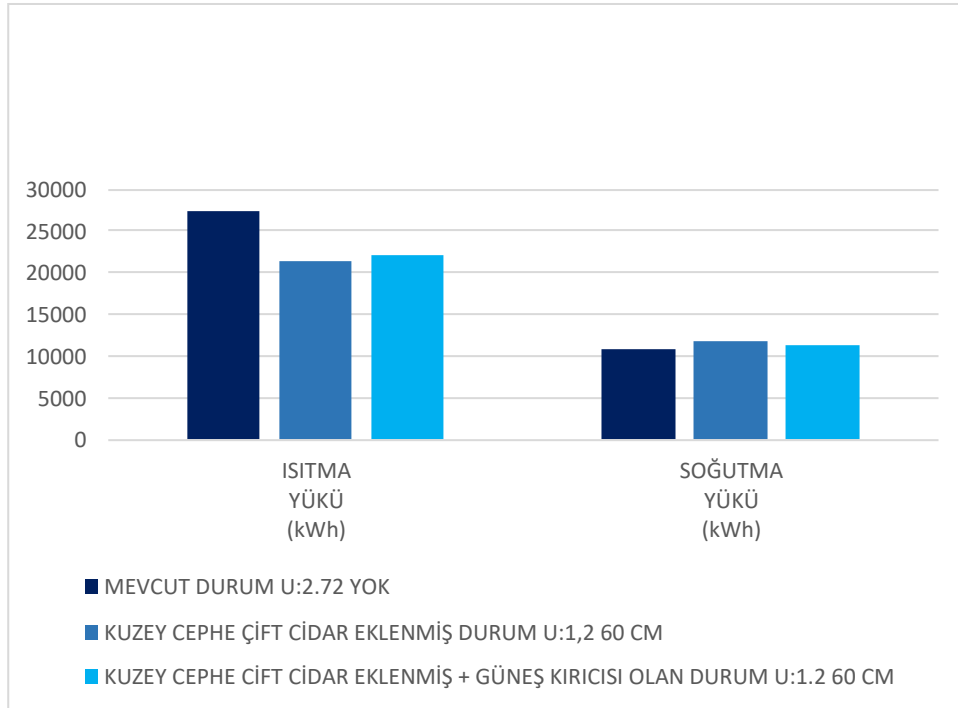
4.3.1. Kuzey cepheye eklenen yatay güneş kırıcıların ısıtma ve soğutma yüküne etkisi

Mevcut binada yıllık ısıtma yükü 27.396,8 kWh, soğutma yükü ise 10.891,54 kWh olarak hesaplanmıştır. Yapının kuzey cephesine 60 cm boşluk genişliğine ve 1,2 W/m²K U değerine sahip çift cidarlı cephe sistemi eklendiğinde, yıllık ısıtma yükü

21401,8 kWh'a düşerken, soğutma yükü 11.810,4 kWh'a yükselmiştir. Bu sonuç, çift cidarlı sistemin ısıtma yükünde yaklaşık % 21,88 oranında azalış sağladığını, buna karşın soğutma yükünde % 8,44 oranında artış meydana getirdiğini göstermektedir. Bu durum, cephe sisteminin kış aylarında ısı kayıplarını azaltarak ısıtma enerjisi ihtiyacını düşürdüğünü, ancak yaz aylarında cephe boşluğunda biriken sıcak havanın ve güneş kazançlarının soğutma yükünü bir miktar artırdığını ortaya koymaktadır.

Çift cidarlı kuzey cepheye ek olarak güneş kırıcı elemanların entegre edilmesiyle, ısıtma yükü 22.072,2 kWh, soğutma yükü ise 11.239,2 kWh olarak hesaplanmıştır. Buna göre, mevcut bina ile karşılaştırıldığında ısıtma yükünde % 19,44 oranında azalış, soğutma yükünde ise % 3,20 oranında artış elde edilmiştir. Ancak kış aylarında yararlı güneş kazançlarının da engellenmesi nedeniyle, ısıtma yükü yalnızca çift cidarlı sisteme kıyasla % 3,13 oranında artış göstermiştir. Soğutma yükü ise çift cidarlı sisteme kıyasla % 4,83 oranında azalış göstermiştir. Bu veriler Tablo 3.14' de gösterilmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, güneş kırıcıların ilavesi ise yaz koşullarında enerji verimliliğini daha da artırmakta, ancak kış aylarında ısıtma ihtiyacını hafifçe yükseltmektedir. Bu veriler Şekil 4.22' de gösterilmiştir.



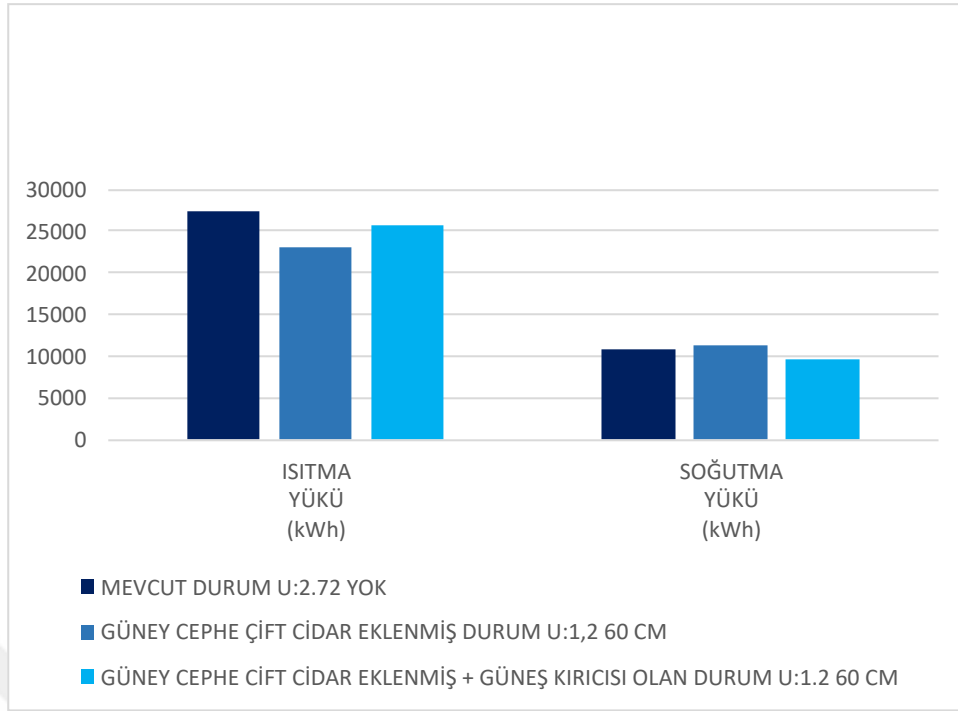
Şekil 4.22. Kuzey cephede çift cidarlı cephe sistemlerine eklenen güneş kırıcısının etkisi

4.3.2. Güney cepheye eklenen yatay güneş kırıcıların ısıtma ve soğutma yüküne etkisi

Mevcut binada yıllık ısıtma yükü 27.396,8 kWh, soğutma yükü ise 10.891,54 kWh olarak hesaplanmıştır. Yapının güney cephesine 60 cm boşluk genişliğine ve 1,2 W/m²K U değerine sahip çift cidarlı cephe sistemi eklendiğinde, yıllık ısıtma yükü 23.077,1 kWh'a düşerken, soğutma yükü 11.360,9 kWh'a yükselmiştir. Bu sonuç, çift cidarlı sistemin ısıtma yükünde yaklaşık % 15,77 oranında azalma sağladığını, buna karşın soğutma yükünde % 4,31 oranında artış meydana getirdiğini göstermektedir. Bu durum, cephe sisteminin kış aylarında ısı kayıplarını azaltarak ısıtma enerjisi ihtiyacını düşürdüğünü, ancak yaz aylarında cephe boşluğunda biriken sıcak havanın ve güneş kazançlarının soğutma yükünü bir miktar artırdığını ortaya koymaktadır.

Çift cidarlı güney cepheye ek olarak güneş kırıcı elemanların entegre edilmesiyle, ısıtma yükü 25.693,3 kWh, soğutma yükü ise 9.671,4 kWh olarak hesaplanmıştır. Buna göre, mevcut bina ile karşılaştırıldığında ısıtma yükünde % 6,22, soğutma yükünde ise % 11,20 oranında azalma elde edilmiştir. Güneş kırıcıların doğrudan güneş ışımasını engelleyerek iç mekâna giren ısı kazançlarını sınırladığı ve bu sayede soğutma yükünü önemli ölçüde düşürdüğü görülmektedir. Ancak kış aylarında yararlı güneş kazançlarının da engellenmesi nedeniyle, ısıtma yükü yalnızca çift cidarlı sisteme kıyasla % 11,34 oranında artış göstermiştir. Soğutma yükü ise yalnızca çift cidarlı sisteme kıyasla % 14,9 oranında azalış göstermiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, çift cidarlı cephe sistemi binanın yıllık toplam ısı yükünü azaltmakta, güneş kırıcıların ilavesi ise yaz koşullarında enerji verimliliğini daha da artırmakta, ancak kış aylarında ısıtma ihtiyacını az da olsa yükseltmektedir. Bu veriler Şekil 4.23' de gösterilmiştir.



Şekil 4.23. Güney cephede çift cidar cephe sistemlerine eklenen güneş kırıcısının etkisi

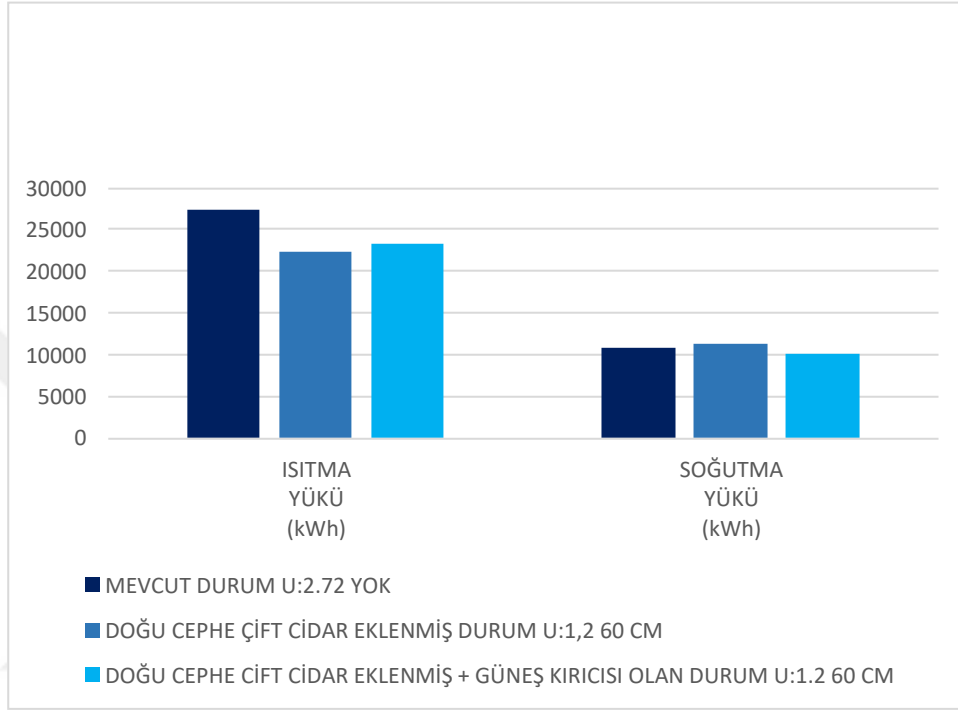
4.3.3. Doğu cepheye eklenen yatay güneş kırıcıların ısıtma ve soğutma yüküne etkisi

Mevcut binada yıllık ısıtma yükü 27.396,8 kWh, soğutma yükü ise 10.891,54 kWh olarak hesaplanmıştır. Yapının doğu cephesine 60 cm boşluk genişliğine ve 1,2 W/m²K U değerine sahip çift cidarlı cephe sistemi eklendiğinde, yıllık ısıtma yükü 22.410,1 kWh'a düşerken, soğutma yükü 11.094,9 kWh'a yükselmiştir. Bu sonuç, çift cidarlı sistemin ısıtma yükünde yaklaşık % 18,20 oranında azalma sağladığını, buna karşın soğutma yükünde % 1,87 oranında artış meydana getirdiğini göstermektedir. Bu durum, cephe sisteminin kış aylarında ısı kayıplarını azaltarak ısıtma enerjisi ihtiyacını düşürdüğünü, ancak yaz aylarında cephe boşluğunda biriken sıcak havanın ve güneş kazançlarının soğutma yükünü bir miktar artırdığını ortaya koymaktadır.

Çift cidarlı cepheye ek olarak güneş kırıcı elemanların entegre edilmesiyle, ısıtma yükü 23.250,6 kWh, soğutma yükü ise 10.071,34 kWh olarak hesaplanmıştır. Buna göre, mevcut bina ile karşılaştırıldığında ısıtma yükünde % 15,13 oranında soğutma yükünde ise % 7,53 oranında azalma elde edilmiştir. Güneş kırıcıların doğrudan güneş ışımasını engelleyerek iç mekâna giren ısı kazançlarını sınırladığı ve bu sayede soğutma yükünü önemli ölçüde düşürdüğü görülmektedir. Ancak kış aylarında yararlı güneş kazançlarının da engellenmesi nedeniyle, ısıtma yükü çift cidarlı sisteme

kıyasla % 3,75 oranında artış göstermiştir. Soğutma yükü ise yalnızca çift cidarlı sisteme kıyasla % 9,23 oranında azalış göstermiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, güneş kırıcıların ilavesi ise yaz koşullarında enerji verimliliğini daha da artırmakta, ancak kış aylarında ısıtma ihtiyacını yükseltmektedir. Bu veriler Şekil 4.24’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.24. Doğu cephede çift cidarlı cephe sistemlerine eklenen güneş kırıcısının etkisi

4.4. Değerlendirme

Bu çalışmada, TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardına göre 4. derece gün bölgesinde yer alan Konya ilindeki bir ofis binasının cephe tasarımına ilişkin ısı yüklerinin azaltılmasına yönelik analiz ve öneriler sunulmuştur. Araştırma kapsamında mevcut bina modeli esas alınarak, yapının güney, kuzey ve doğu cephelerine ayrı ayrı ikinci bir cidar eklenmesiyle oluşturulan çift cidarlı cephe sistemlerinin enerji performansı değerlendirilmiştir. Bu sistemlerde cephe boşluk genişliklerinin farklılaştırılması, dış kabuğa ait cam yüzeylerin ısı geçirgenlik katsayısının (U değeri) değiştirilmesi ve güneş kırıcı elemanların uygulanması gibi tasarım değişkenlerinin binanın yıllık ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkileri ayrıntılı biçimde incelenmiştir.

Çalışmada mevcut durumda radyatör ısıtma sistemine sahip ve tek cidarlı cepheyle tasarlanmış bir ofis binasının enerji modeli DesignBuilder programı kullanılarak oluşturulmuştur. Gerçekleştirilen simülasyon analizleri sonucunda, Konya ilinin karasal iklim koşullarına sahip olması nedeniyle binanın yıllık ısıtma yükünün soğutma yükünden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu doğrultusunda, bina enerji performansının artırılması amacıyla özellikle ısıtma yükünü azaltmaya yönelik cephe tasarımı ve pasif iyileştirme önlemleri üzerine optimizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Mevcut binada yıllık ısıtma yükü 27.396,8 kWh, soğutma yükü 10.891,54 kWh olarak hesaplanmıştır. Binanın kuzey, güney ve doğu cephelerine farklı senaryolarda çift cidarlı cephe (CCS) ve güneş kırıcı (GK) elemanları eklenmiş, yıllık ısı yükleri Tablo 5.1’de özetlenmiştir.

Tablo 5.1. Binanın kuzey, güney ve doğu cephelerine farklı senaryolarda çift cidarlı cephe (CCS) ve güneş kırıcı (GK) elemanları eklenmiş, yıllık ısı yüklerinin % değişimi

Cephe	Sistem	Isıtma Yükü (kWh)	Isıtma Değişim (%)	Soğutma Yükü (kWh)	Soğutma Değişim (%)
Mevcut	-	27396,9	-	10891,9	-
Kuzey	CCS 60 cm, U=1,2	21401,9	-21,88	11810,4	8,44
Kuzey	CCS+GK	22072,2	-19,44	11239,2	3,2
Güney	CCS 60 cm, U=1,2	23077,1	-15,77	11360,9	4,31
Güney	CCS+GK	25693,3	-6,22	9671,4	-11,2
Doğu	CCS 60 cm, U=1,2	22410,1	-18,2	11094,9	1,87
Doğu	CCS+GK	23250,6	-15,13	10071,3	-7,53

Tablo 5.1' e göre; Çift cidarlı cephe sistemi, kış aylarında ısı kayıplarını azaltarak ısıtma yükünü önemli ölçüde düşürmektedir. Yaz aylarında cephe boşluğunda biriken sıcak hava ve güneş kazançları nedeniyle soğutma yükünde artış gözlenmiştir. Çift cidarlı cepheler, bina enerji performansını doğrudan etkileyen bir tasarım yaklaşımı olarak, ısıtma ve soğutma yüklerinin yönetiminde önemli bir rol oynamaktadır. Uygun şekilde planlandığında, yaz aylarında güneş kazançlarını kontrol ederek soğutma ihtiyacını azaltırken, kış aylarında ısı kayıplarını sınırlayarak ısıtma tüketimini düşürmektedir. Bu sistemlerin etkinliği, boşluk genişliği, havalandırma yöntemi, cam tipi ve cephe yönlenmesi gibi temel parametrelerle yakından ilişkilidir. Bu durum, Konya gibi ısıtma enerjisi ihtiyacının baskın olduğu karasal iklim bölgelerinde, cephe tasarımında önceliğin ısı kayıplarının azaltılmasına verilmesi gerektiğini göstermektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Enerji etkin yapı tasarımında en belirleyici unsurlardan biri, binaların enerji tüketiminde doğrudan etkili olan yapı kabuğudur. Malzeme ve yapı teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte son yıllarda modern yapılarda giydirme cephe sistemlerinin yaygınlaştığı görülmektedir. Bu sistemler, estetik açıdan çağdaş bir görünüm sunmalarının ve hızlı uygulanabilirliklerinin yanı sıra, ısıtma, soğutma ve havalandırma yükleri açısından yüksek enerji maliyetlerine yol açabilmektedir. Bu nedenle, gelişmiş ülkelerde cepheye ikinci bir dış cidar eklenerek oluşturulan çift cidarlı cephe sistemleri, yapı kabuğunun enerji performansını artırmak amacıyla kullanılmaktadır. İki cidar arasında oluşturulan hava boşluğu sayesinde istenmeyen ısı kazançları ve kayıpları kontrol altına alınmakta, böylece hem enerji tüketimi azaltılmakta hem de iç mekân konfor koşulları iyileştirilmektedir.

5.1. Sonuçlar

- Çift cidarlı cephe sistemi, kış aylarında ısı kayıplarını azaltarak ısıtma yükünü önemli ölçüde düşürmektedir. Kuzey cephesinde %21,88, güneyde %15,77, doğuda %18,20 azalma sağlanmıştır. Yaz aylarında cephe boşluğunda biriken sıcak hava ve güneş kazançları nedeniyle soğutma yükünde artış gözlenmiştir. Kuzeyde %8,44, güneyde %4,31, doğuda %1,87 artış meydana gelmiştir.
- Çift cidarlı cephe sistemine güneş kırıcı elemanların eklenmesi, yaz mevsiminde doğrudan güneş ışıınının iç mekâna ulaşmasını sınırlandırarak soğutma yükü üzerinde belirgin bir etki yaratmaktadır. Bu uygulama, mevcut duruma kıyasla kuzey cephesinde soğutma yükünde %3,2 oranında artışa neden olurken; güney cephesinde %11,2 ve doğu cephesinde %7,53 oranında azalma sağlamaktadır. Kış aylarında ise güneş kazançlarının engellenmesi nedeniyle ısıtma yükü mevcut sisteme kıyasla kuzeyde %19,44, güneyde %6,22, doğuda %15,13 azalmıştır.
- Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgulara göre Konya'da ısıtma yükünü minimize etmek için özellikle kuzey cephesinde çift cidarlı sistemler önceliklendirilebilir. Ayrıca çalışma kapsamında elde edilen bulgular, güneş kırıcı elemanların entegrasyonunun, özellikle güney ve doğu cephelerinde soğutma yüklerinin azaltılmasında ve genel ısıl performansın artırılmasında kritik bir rol oynadığını göstermektedir.

- Çift cidarlı cephede boşluk mesafesinin artması ısıtma yüklerinde artışa soğutma yüklerinde ise azalmaya neden olmuştur. Ayrıca çalışmada, çift cidarlı cephenin özellikle ısıtma yüklerinin azaltılmasında, sabit güneş kırıcıların ise soğutma yüklerinin düşürülmesinde daha etkin olduğu belirlenmiştir.
- Enerji yüklerini azaltmayı hedefleyen bu çalışma kapsamında sadece çift cidarlı sistem uygulandığında toplam ısı yüklerinde kuzeyde %13.26, güneyde %10.06, doğuda % 12.49 oranında azalma elde edilmiştir. Çift cidarlı ve güneş kırıcı entegreli sistem uygulandığında toplam ısı yüklerinde kuzey cephesinde %13, güney cephesinde %7.64, doğu cephesinde ise %12.97 oranında azalma elde edilmiştir.

Bu bağlamda, çift cidarlı cephe sistemlerinin tek başına kullanımı ısıtma yüklerinin baskın olduğu cephelerde etkili bir çözüm sunarken, güneş kırıcı elemanların cephe yönelimi ve iklim koşulları dikkate alınarak optimize edilmesi, yıllık toplam enerji performansının artırılması açısından önemli bir tasarım kriteri olarak öne çıkmaktadır. Çift cidarlı cephe sisteminin uygulanmaması durumunda, yapının ısıtma gereksinimlerinde artış yaşanacağı ve kış dönemindeki iç mekân konfor koşullarının mevcut duruma kıyasla olumsuz yönde etkileneceği öngörülmektedir.

Sonuç olarak, çift cidarlı cephe sistemleri, binanın yıllık toplam ısı yükünü azaltma potansiyeline sahiptir; çalışmada sabit güneş kırıcıların kullanımı yaz aylarında enerji verimliliğini önemli ölçüde artırırken, kış aylarında ısıtma ihtiyacında hafif bir artışa yol açmıştır. Konya'nın karasal iklim özellikleri dikkate alındığında, ısıtma yüklerinin minimize edilmesi açısından kuzey cephelerinde çift cidarlı cephe sistemlerinin öncelikli bir tasarım stratejisi olarak ele alınması uygun görülmektedir.

5.2. Öneriler

Bu tez çalışmasında, çift cidarlı cephe tasarımında boşluk genişliği, cam türü, cephe yönelmesi ve güneş kırıcı gibi parametrelerin enerji performansı üzerindeki etkileri detaylı olarak incelenmiş; tasarım sürecinde karar verme esnekliğinin önemi vurgulanmıştır. Elde edilen bulgular, çift cidarlı cephelerin enerji verimliliği ve iç mekân ısı konforu artırma potansiyelini ortaya koymaktadır.

Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, yıllık toplam değerlerin yanı sıra mevsimsel bazda elde edilecek sonuçların değerlendirilmesi, çift cidarlı cephe

sistemlerinin farklı dönemlerdeki performansının daha ayrıntılı biçimde ortaya konulmasına olanak sağlayacaktır. Ayrıca, bu çalışmada ele alınan tasarım değişkenlerine ek olarak, farklı cam tipleri, camların güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC) değerleri ile güneş kırıcı elemanların malzeme türü, renk ve boyut farklılıklarının çift cidarlı cephe sistemlerinin ısıl performansı üzerindeki etkileri incelenebilir. Bununla birlikte, sabit güneş kırıcı sistemlerinin yanı sıra, güneşin konumuna ve mevsimsel koşullara bağlı olarak hareket edebilen dinamik (hareketli) güneş kırıcıların kullanımı da değerlendirilerek, bu sistemlerin ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki potansiyel etkileri araştırılabilir. Bu tür çalışmaların, cephe tasarımında adaptif çözümlerin enerji verimliliğine katkısını ortaya koyarak literatüre ve uygulamaya önemli girdiler sağlayacağı düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Alakavuk, E., 2010, *Sıcak iklim bölgelerinde çift cam cephe sistemlerinin tasarımı için kullanılabilir bir yaklaşım*, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 217 s.
- Alberto, A., Ramos, N. M. M., Almeida, R. M. S. F., 2017, Parametric study of double-skin facades performance in mild climate countries, *Journal of Building Engineering*, 12 (1), 87–98.
- Alqaed, S., 2022, Effect of annual solar radiation on simple façade, double-skin facade and double-skin facade filled with phase change materials for saving energy, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 51, 101928.
- Anaç, M., 2019, *Cephe gölgeleme elemanlarının ısıtma ve soğutma yükleri üzerine etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- Araji, M. T., Elmalky, A. M. & Yao, M. G. (2024). Experimental validation of ventilated double-skin façades aided by neural networks and thermal modelling for heating demand reduction. *Building and Environment*, 256, 111500. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111500>.
- Ascione, F., Bianco, N., Iovane, T., Mastellone, M., Mauro, G., 2021, The evolution of building energy retrofit via double-skin and responsive façades: A review, *Solar Energy*, 224, 703–717.
- Ayçam, İ., 2011, Enerji etkin ofis binalarında gelişmiş cephe sistemlerinin incelenmesi, *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 170–173.
- Bakkal, E., 2019, *Eğitim binalarında çift kabuk cephe sistemleri kullanımlarına bağlı enerji etkin iyileştirme önerileri*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 137 s.
- Bayraktar San, M. (2025). *Yapı sektöründe enerji verimliliğinde yeni bir eşik: TS 825 standardı revizyonuyla yıllık 600 milyon ton karbon salımı engellenecek*. Yalıtım Dergisi, (219), 34–35.
- Bayram, A., 2003, *Energy performance of double-skin façades in intelligent office buildings: A case study in Germany*, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 135 s.
- BBRI, 2002, Vantilated double facades, *Belgian Building Research Institute – Department of Building Physics, Indoor Climate & Building Service*, Belgium,
- Button, D., Pye, B., 1993, *Glass in building – A guide to modern architectural glass performance*, Pilkington Glass Limited, London.

- Castrillón, R. D. (2015). *Double skin façades, technology and innovation in architecture: Learning from 20 years of experience in Germany*. Symposium on Energy, Efficiency and Sustainability.
- Çakmanus, İ., & Türkoğlu, H. (2004). Ankara'daki mevcut bir ofis binasında doğal havalandırmanın uygulanabilirliğinin incelenmesi. *VI. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu*, Bildiriler Kitabı, İstanbul.
- Çetin, H. G. (2018). *Bir ofis binasının enerji yüklerinin çift kabuklu cephe sistemi ve güneş kırıcılar ile azaltılması* (Yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Çetiner, İ. (2002). *Çift kabuk cephelerin enerji ve ekonomik etkinliğinin değerlendirilmesinde kullanılabilecek bir yaklaşım* (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çetintaş, K. F. (2004). *Çift kabuklu cephelerin ısı kayıplarının hesaplanmasında kullanılabilecek yeni bir yaklaşım* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi.
- Dewi, O. C., Rahmasari, K., Hanjani, T. A., Ismoyo, A., & Dugar, A. (2022). Window-to-wall ratio as a mode of daylight optimization for an educational building with opaque double-skin façade. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*, 30, 142–152.
- Ergin, M. (2019). *Double skin facade options for optimum daylight quality: An office case in İzmir* (Yüksek lisans tezi). İzmir Yüksek Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Erturan, B. (2010). *Akıllı cephe tasarım ilkeleri ve uygulama örneklerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Fallahi, A., Haghighat, F., & Elsadi, H. (2010). Energy performance assessment of double-skin façade with thermal mass. *Energy and Buildings*, 42, 1499–1509.
- Gelesz, A., & Reith, A. (2015). Climate-based performance evaluation of double skin facades by building energy modelling in Central Europe. *Energy Procedia*, 78, 555–560.
- Ghonimi, A. (2017). Evaluation of daylight performance in single vs. double skin façades within educational buildings: A comparative analysis of two case studies. *Journal of Development*, 10, 133–142.
- Firouzabad, M. R. & Astarai, F. R. (2024). Energetical effect of electrochromic glazing on the double-skin façade of the building in different climates. *Energy and Buildings*, 114344, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114344>.
- Hausladen, G., Saldanha, M., & Liedl, P. (2006). *Climate skin*. Birkhäuser.

- He, G., Shu, L., & Zhang, S. (2011). Double skin facades in the hot summer and cold winter zone in China: Cavity open or closed? *Building Thermal Lighting and Acoustic Modeling*, 4, 283–291.
- Hülagü, S., Göksal, T., & Başaran, T. (2021). Çift kabuk cephe sisteminin bina ısı performansına etkisinin deneysel ve sayısal olarak incelenmesi. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 41(1), 119–132.
- Inan, T., & Başaran, T. (2013). Çift cidarlı cephelerdeki etkin mimari tasarım kararları. *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17, 427–436.
- Inan, T., & Başaran, T. (2014). A general evaluation on double skin facades / Çift cidarlı cepheler üzerine bir araştırma. *Megaron Architecture*, 2, 132.
- Ingrid, P., & Nastri, M. (2023). The typology of the double skin façade system. *SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology*, 115–137. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44893-5_6
- Jankovic, A., & Goia, F. (2021). Impact of double skin facade constructional features on heat transfer and fluid dynamic behaviour. *Building and Environment*, 196, 107796.
- Jankovic, A., & Goia, F. (2022). Control of heat transfer in single-storey mechanically ventilated double skin facades. *Energy and Buildings*, 271, 112304.
- Jiru, T. E., Tao, Y. X., & Haghighat, F. (2011). Airflow and heat transfer in double skin facades. *Energy and Buildings*, 43(10), 2760–2766.
- Kalafat, M. (2011). *İstanbul'daki yüksek binalarda akıllı cephe sistemleri performansının enerji etkinliği ve kullanıcı memnuniyeti kapsamında değerlendirilmesi* (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 214 s.
- Karaaslan, S. (2013). *Sürdürülebilir mimari tasarım sürecinde ön tasarım kararlarını içeren bir model önerisi* (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kıaslı, Ç. G. (2015). *Enerji etkin çift kabuk cephe sistemlerinin İstanbul'a uygunluğunun analizi* (Doktora tezi). Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Knack, U., Klein, T., Bılow, M., & Auer, T. (2007). *Façades*. Birkhäuser, Basel–Boston–Berlin.
- Korkmaz, H. (2024). *Ofis yapılarında havalandırmanın iç mekân hava kalitesine etkisi: Konya Selçuklu Belediye Binası örneği* (Yüksek lisans tezi). KTO Karatay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Konya.

- Kragh, M. (2000). Building envelopes and environmental systems. Paper presented at *Modern Façades of Office Buildings*, Delft Technical University, The Netherlands.
- Kutluay, P., İnan, T., Ersoy, U., & Başaran, T. (2015). Türkiye’den ve dünyadan örnekler ışığında çift cidarlı cephenin gelişimi. *12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 8–11.
- Lakot, E. (2007). *Ekolojik ve sürdürülebilir mimarlık bağlamında enerji etkin çift kabuklu bina cephe tasarımlarının günümüz mimarisindeki yeri ve performansı üzerine analiz çalışması* (Yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 197 s.
- Loncour, X., Deneyer, A., Blasco, M., Flament, G., & Wouters, P. (2005). Ventilated double skin façades. *Belgian Building Research Institute (BBRI), Contributed Report 03*.
- Lucchino, C., Elena, G., Gennaro, G., Favoino, F., & Goia, F. (2022). Modelling and validation of a single-storey flexible double-skin façade system with a building energy simulation tool. *Building and Environment*, 226, 109704. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109704>
- M. A. Shameri, M. A. Alghoul, K. Sopian, M. Fauzi, M. Zain, & Omkalthum Elayeb. (2011). Perspectives of double skin façade systems in buildings and energy saving. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1468–1475.
- Namlı, A. (2015). *Mevcut konut yapıların enerji etkin iyileştirilmesi: Namlı Evi* (Yüksek lisans tezi). Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 197 s.
- Nasrollahi, N., & Salehi, M. (2015). Performance enhancement of double skin facades in hot and dry climates using wind parameters. *Renewable Energy*, 83, 1–12.
- Oesterle, E., & Lieb, R. L. (2001). *Double-skin façades – integrated planning*. Munich; London: Prestel Verlag.
- Ölmez, D. (2013). *Çok katlı ofis yapılarında camlı yüzeyin ısı performansının artırılmasına yönelik iyileştirme alternatiflerinin irdelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 144 s.
- Örkmez, A. S. (2012). *Çift kabuk cephe sistemlerinde ısıl konforun değerlendirilmesi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 153 s.
- Örkmez, A. S., & Çetiner, İ. (2012). Çift kabuk cephe sistemlerinin iç mekân ısıl konforuna etkisi. *6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, 12–13 Nisan, Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Görükle Kampüsü, Bursa, 11 s.
- Penić, M., Vatin, N., & Murgul, V. (2014). Double skin facades in energy efficient design. *Applied Mechanics and Materials*, 680, 534–539.

- Poirazis, H. (2004). *Ofis binaları için çift cidarlı cepheler – literatür inceleme raporu*.
- Paoletti, I., & Nastri, M. (2023). The typology of the unit façade system. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44893-5_4
- Poirazis, H. (2004). *Double skin façades for office buildings literature review* (Report EBD-R--04/3). Lund University, Sweden, 194 s.
- Saelens, D. (2002). *Energy performance assessment of single storey multiple-skin façades* (PhD thesis). Katholieke Universiteit Leuven.
- Saelens, D., Roels, S., & Hens, H. (2008). Strategies to improve the energy performance of multiple-skin facades. *Building and Environment*, 43(4), 638–650.
- Sahraei, S. (2013). *Az katlı ofis binaları için modüler çift kabuk cephe sistemi geliştirmesi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 126 s.
- Sanchez, E., Rolando, A., Sant, R., & Ayuso, L. (2016). Influence of natural ventilation due to buoyancy and heat transfer in the energy efficiency of a double skin facade building. *Energy for Sustainable Development*, 33, 139–148.
- Shang, S. L. (2001). A protocol to determine the performance of south facing double glass façade system.
- Shameri, M. A., Alghoul, K., Sopian, M., Fauzi, M., & Zaina, O. E. (2011). Perspectives of double skin facade systems in buildings and energy saving. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 1468–1475.
- Solmaz, Z. (2011). Yüksek yapılarda çift cidarlı cephe sistemlerinin iç ortam konforuna etkisi. *International Journal of Mardin Studies*.
- Solmaz, Z. (2021). Yüksek yapılarda çift cidarlı cephe sistemlerinin iç ortam konforuna etkisi. *International Journal of Mardin Studies (IJMS)*, 2(2), 57–74.
- Srisamranrungruang, K., & Hiyama, K. (2020). Balancing of natural ventilation, daylight, thermal effect for a building with double-skin perforated facade (DSPF). *Energy and Buildings*, 210, 109738.
- Stribling, D., & Stigge, B. (t.y.). A critical review of the energy savings and cost payback issues of double facades. Glasgow, New York.
- Tatlı, E. G. (2006). *Çift kabuk cephelerin ekonomik etkinliğinin yaşam dönemi maliyeti analizleriyle irdelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Tibet, M. (2004). *Çift kabuk cephe sistemleri* (Yüksek lisans tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara.

- Uuttu, S. (2001). *Study of current structures in double-skin facades* (MSc thesis in Structural Engineering and Building Physics). Department of Civil and Environmental Engineering, Helsinki University of Technology (HUT), Finland.
- Ün, H. H. (2025). *Çift kabuk cephe kuruluşlarının ısıtma-soğutma yükleri bağlamında incelenmesi* (Yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı). Balıkesir.
- Ünal, M. (2006). *Çift kabuk cephelerin sistematik analizi ve uygulama örneklerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 183 s.
- Ünlütürk, M. S., & Kazanasmaz, Z. T. (2023). Çift cidarlı cephede gün ışığı performansının incelenmesi: Ege Üniversitesi örneği. *VIII. Elektrik Tesisleri Ulusal Kongresi (ETUK 2023)*, İzmir, Türkiye.
- Yiğit, A., & Atmaca, İ. (2007). Dünya’da ve Türkiye’de ısı konfor çalışmaları. *VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 305–315, 25–28 Ekim, İzmir.
- Yurttakal, Ö. (2007). *Pencere sistemlerinin ısı performansının eleman ve bina düzeyinde değerlendirilmesi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı.
- Yüksel, E. N. (2022). Boşluk genişliğinin çift kabuk cephelerin enerji performansına etkisi. *Journal of New Results in Engineering and Natural Science*, 17, 21–34.
- Yüksel, E. N. (2023). *Çift kabuk cephe sistemlerinin binanın ısıtma ve soğutma yüküne etkisinin farklı iklim bölgeleri için incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yüksel, E. N., & Bektaş Ekici, B. (2023). Çift kabuk cephe sistemlerinin sıcak ve soğuk iklim bölgeleri için ısı performanslarının incelenmesi. *Fırat Üniversitesi*
- Zhou, J., & Chen, Y. (2010). A review on applying ventilated double-skin facade to buildings in hot-summer and cold-winter zone in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(4), 1321–1328. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 35(2), 495–504.
- (URL-1): PressReleaseFinder. *Guardian* GRDPR175 [online]: (<https://www.pressreleasefinder.com/Guardian/GRDPR175/en/>) [Ziyaret Tarihi: 01 Şubat 2025].
- (URL-2): ArchDaily. *AD Classic: The Crystal Palace, Joseph Paxton* [online]: (<https://www.archdaily.com/397949/ad-classic-the-crystal-palace-joseph-paxton>) [Ziyaret Tarihi: 03 Şubat 2025].
- (URL-3): Steiff Corporate. *Company* [online]: (<https://corporate.steiff.com/en/company/>) [Ziyaret Tarihi: 12 Şubat 2025].

- (URL-4): SmartHistory. *Otto Wagner Postal Savings Bank* [online]: (<https://smarthistory.org/otto-wagner-postal-savings-bank/>) [Ziyaret Tarihi: 21 Şubat 2025].
- (URL-5): Architectural Review. *Making sense of Narkomfin* [online]: (<https://www.architectural-review.com/essays/making-sense-of-narkomfin>) [Ziyaret Tarihi: 03 Nisan 2024].
- (URL-6): Fondation Le Corbusier. *Achievements Centrosoyus Moscow, Russie 1928–1935* [online]: (<https://www.fondationlecorbusier.fr/en/work-architecture/achievements-centrosoyus-moscow-russie-1928-1935/>) [Ziyaret Tarihi: 05 Nisan 2025].
- (URL-7): Foster + Partners. *Commerzbank Headquarter* [online]: (<https://www.fosterandpartners.com/projects/commerzbank-headquarter>) [Ziyaret Tarihi: 06 Mayıs 2025].
- (URL-8): Arkiv. *İstanbul Sapphire* [online]: (<https://www.arkiv.com.tr/proje/istanbul-sapphire/1223>) [Ziyaret Tarihi: 08 Mayıs 2025].
- (URL-9): Arkitera. *Çağlayan Adalet Sarayı* [online]: (<https://www.arkitera.com/etiket/caglayan-adalet-sarayi/>) [Ziyaret Tarihi: 10 Mayıs 2025].
- (URL-10): GAD Architecture. *Esmâ Sultan* [online]: (<https://www.gadarchitecture.com/tr/esma-sultan>) [Ziyaret Tarihi: 12 Haziran 2025].
- (URL-11): Kampmann. *Eurotheum* [online]: (<https://www.kampmann.de/hvac/referenzen/eurotheum>) [Ziyaret Tarihi: 14 Haziran 2024].
- (URL-12): ACC-Glas. *Arlanda Pir F* [online]: (<https://www.acc-glas.se/projekt/arlanda-pir-f/>) [Ziyaret Tarihi: 24 Haziran 2025].
- (URL-13): Octatube. *Project 192* [online]: (https://www.octatube.nl/en_GB/project-item.html/projectitem/192) [Ziyaret Tarihi: 04 Temmuz 2025].
- (URL-14): FacadeWorld / Wikipedia. *Arag Tower* [online]: (<https://en.wikipedia.org/wiki/Arag-Towerhttps://facadeworld.com/wp-content/uploads/2015/01/arag-01.jpg>) [Ziyaret Tarihi: 14 Temmuz 2025].
- (URL-15): Wikipedia. *Frankfurt Commerbanktower Innenhof* [online]: (<https://zh.wikipedia.org/wiki/File:Frankfurt.Commerbanktower.innenhof.wmt.jpg>) [Ziyaret Tarihi: 18 Temmuz 2025].
- (URL16): (<https://mmo.org.tr/sites/default/files/users/zeynep/MMO%20TS%20825%20Bilgilendirme%20Toplantisi%2024042025.pdf>) [Ziyaret Tarihi: 20 Kasım 2025].

(URL-17): WeatherSpark. *Konya, Türkiye – Ortalama Hava Durumu Yıl Boyunca* [online]: (<https://tr.weatherspark.com/y/97310/Konya-T%C3%BCrkiye-Ortalama-Hava-Durumu-Y%C4%B1l-Boyunca>) [Ziyaret Tarihi: 10 Aralık 2025].

(URL-18): MGM. *İl ve ilçeler istatistik* [online]: (<https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=KONYA>) [Ziyaret Tarihi: 10 Aralık 2025].

(URL-19): Altensis. *Altensis DesignBuilder software* [online]: (<http://www.altensis.com/hizmetler/designbuilder%20software>) [Ziyaret Tarihi: 11 Aralık 2025].

(URL-20): One Building. *Climate data* [online]: (<https://climate.onebuilding.org/#gsc.tab=0>) [Ziyaret Tarihi: 11 Aralık 2025].

