

**T. C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

**ALÜMİNYUM GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNDE
SINIFLANDIRMA, PERFORMANS KRİTERLERİ VE
UYGULAMA SÜREÇLERİ**

Yüksek Lisans Tezi

Şeyma Nur ŞAHİN

Danışman

Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN

İstanbul - 2026

TEZ TANITIM FORMU

Yazar Adı Soyadı : Şeyma Nur ŞAHİN

Tezin Dili : Türkçe

Tezin Adı : Alüminyum Giydirme Cephe Sistemlerinde Sınıflandırma, Performans Kriterleri ve Uygulama Süreçleri

Enstitü : İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Tezin Türü : Yüksek Lisans

Tezin Tarihi : 24.12.2025

Sayfa Sayısı : 142

Tez Danışmanları : Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN

Dizin Terimleri : Alüminyum Giydirme Cephe Sistemleri, Sistem Sınıflandırması ve Montaj Teknikleri, Performans Kriterleri, Tasarım ve Detay çözümleri, Uygulama ve Şantiye Süreçleri, Kalite Kontrol ve Denetim Süreçleri

Türkçe Özet : Bu tez, alüminyum giydirme cephe sistemlerini montaj tiplerine göre sınıflandırıp (stick/unitized vb.), performans kriterlerini standartlar çerçevesinde analiz ederek ve tasarım-üretim-montaj-denetim süreçlerini sahadaki uygulama adımlarıyla birlikte bütüncül biçimde değerlendirir.

Dağıtım Listesi : 1. İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne
2. YÖK Ulusal Tez Merkezine

İmzası

Şeyma Nur ŞAHİN

**T. C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

**ALÜMİNYUM GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNDE
SINIFLANDIRMA, PERFORMANS KRİTERLERİ VE
UYGULAMA SÜREÇLERİ**

Yüksek Lisans Tezi

Şeyma Nur ŞAHİN

Danışman

Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN

İstanbul - 2026

BEYAN

Bu tezin hazırlanmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğu, kullanılan verilerde herhangi tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez olarak sunulmadığını beyan ederim.

Şeyma Nur ŞAHİN

.../.../2026



İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Şeyma Nur ŞAHİN 'in Alüminyum Giydirme Cephe Sistemlerinde Sınıflandırma, Performans Kriterleri Ve Uygulama Süreçleri adlı tez çalışması, jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği anabilim dalı, İnşaat Mühendisliği bilim dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Başkan

Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN
(Danışman)

Üye

İmza

Prof. Dr. Turgay ÇOŞGUN

Üye

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Ahmad Reshad NOORI

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

... / ... / 20..

İmzası

Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ

Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu tez çalışması, alüminyum giydirme cephe sistemlerinin sınıflandırılması, performans kriterleri ve uygulama süreçlerini bütüncül bir yaklaşımla ele almayı amaçlamaktadır. Modern yapı üretiminde özellikle yüksek yapılarda tercih edilen bu sistemler; hafiflik, dayanım, estetik esneklik ve enerji verimliliği gibi çok yönlü gereksinimleri karşılarken, doğru tasarım kararları yalnızca mimari beklentileri değil, yapısal güvenliği, bina-dış çevre ilişkisini ve uzun dönemli kullanım performansını da doğrudan etkilemektedir. Bu doğrultuda tez kapsamında alüminyum giydirme cephelerin tanımı, temel bileşenleri ve yapısal işleyişi ortaya konmuş; stick, unitized, yarı-unitized ve benzeri montaj tekniklerine göre sınıflandırma yapılırken prefabrikasyon düzeyi, şantiye hızı, işçilik, bakım gereksinimi ve maliyet gibi parametreler üzerinden sistemlerin avantaj ve sınırlılıkları değerlendirilmiştir. Performans analizinde ısı geçirgenliği, hava ve su sızdırmazlığı, rüzgâr yükleri altındaki davranış, akustik performans, yangın dayanımı ve enerji verimliliği teknik standartlar çerçevesinde incelenmiş; derz tasarımı, bağlantı rijitliği, profil geometrileri ile fitil ve yalıtım malzemesi seçimleri gibi mikro ölçekli kararların performans çıktıları üzerindeki belirleyici etkileri tartışılmıştır. Uygulama bölümünde ise saha ölçümü, ankraj yerleşimi, alt konstrüksiyon kurulumu, panel ve doğrama montajı, silikon-fitil uygulamaları, su tahliyesi, montaj toleransları ve şantiye koordinasyonu süreçleri değerlendirilmiş; sahada karşılaşılan teknik sorunlar ve montaj hatalarının performansa etkileri irdelenerek kalite kontrol, iş sağlığı ve güvenliği, denetim ve saha testlerinin sistem performansını güvence altına alan kritik rolü vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Alüminyum Giydirme Cephe, Performans Kriterleri, Montaj Süreçleri

SUMMARY

This thesis aims to evaluate aluminum curtain wall systems holistically by examining their classification, performance criteria, and implementation processes. These façade solutions, which have become increasingly important in modern building production and are especially preferred for high-rise buildings, meet multidimensional requirements such as lightness, strength, aesthetic flexibility, and energy efficiency; however, correct design decisions directly affect not only architectural expectations but also structural safety, the building's relationship with the outdoor environment, and long-term in-use performance. Accordingly, the thesis first defines aluminum curtain walls and presents their main components and structural behavior; then classifies the systems according to installation methods such as stick, unitized, semi-unitized, and similar approaches, while also evaluating their advantages and limitations in terms of prefabrication level, site speed, labor intensity, maintenance needs, and cost parameters. In the performance analysis section, critical requirements including thermal transmittance, air and water tightness, behavior under wind loads, acoustic performance, fire resistance, and energy efficiency are investigated within the framework of technical standards; the relationship between these requirements and façade typologies is discussed in detail, emphasizing how micro-scale design decisions, such as joint design, stiffness of connection points, profile geometries, and the selection of gaskets and insulation materials, determine macro-scale performance outcomes. In the implementation section, processes such as site measurement, anchor layout, erection of the supporting substructure, panel and glazing/frame installation, silicone and gasket applications, drainage details, installation tolerances, and site coordination are comprehensively addressed; common technical issues encountered on site, the negative impacts of installation errors on performance, and their links to the design stage are examined, while the critical roles of quality control mechanisms, occupational health and safety measures, inspection procedures, and on-site testing methods in assuring system performance are highlighted.

Keywords: Aluminum Curtain Wall, Performance Criteria, Installation Processes

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
SUMMARY	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	ix
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM GENEL BİLGİLER

1.1. Tezin Amacı.....	7
1.2. Literatür Taraması	9

İKİNCİ BÖLÜM ALÜMİNYUM GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNİN TANIMI VE TARİHÇESİ

2.1. Alüminyum Giydirme Cephe Sistemlerinin Tanımı.....	22
2.2. Tarihsel Gelişimi	22

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM ALÜMİNYUM GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

3.1. Montaj Tekniğine Göre Sistemler	25
3.1.1. Çubuk (Stick) Sistem.....	27
3.1.2. Panel (Ünite) Sistem.....	31
3.1.3. Yarı Panel Sistem	35
3.2. Bağlantı Biçimine Göre Sistemler.....	39
3.2.1. Kapaklı Sistem.....	40
3.2.2. Silikon Cephe (Strüktürel).....	41
3.2.3. Yarı Kapaklı Sistem	43
3.3. Ağırlık Kriterine Göre Sistemler	46
3.3.1. Ağır Giydirme Cepheler (>100 kg/m ²).....	46
3.3.1.1. Doğal ve Yapay Taş Esaslı Cepheler	47
3.3.1.2. Beton Esaslı Ağır Paneller.....	48
3.3.2. Hafif Giydirme Cepheler(<100 kg/m ²).....	49
3.4. Boyutsal Sınıflandırma	51
3.5. Kesit Yapısına Göre Sınıflandırma.....	52
3.5.1. Tek Katmanlı Paneller	52
3.5.2. Çift Katmanlı Paneller	52
3.5.3. Üç ve Daha Fazla Katmanlı (Sandviç) Paneller	53

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM CEPHE BİLEŞENLERİ

4.1. Alüminyum Profiller.....	56
4.2. Cam Bileşenleri	58
4.2.1. Tek Cam Uygulamaları	59
4.2.2. Sertleştirilmiş (Temperli) ve Isıl Güçlendirilmiş Camlar.....	60
4.2.3. Lamine Cam Uygulamaları	60
4.2.4. Çift Cam Uygulamaları	61
4.3. Opak Elemanlar	61
4.4. Sızdırmazlık Elemanları	63
4.5. Ankraj ve Bağlantı Elemanları	65

BEŞİNCİ BÖLÜM PERFORMANS KRİTERLERİ

5.1. Konfor ile İlgili Performanslar	70
5.1.1. Hava Geçirimsizliği.....	71
5.1.2. Su Geçirimsizliği	72
5.1.3. Kondenzasyon (Yoğuşma) Kontrolü	73
5.1.4. Buhar Difüzyon Kontrolü.....	73
5.1.5. Ses Geçirimsizliği / Akustik Performans	74
5.2. Güvenlik ile İlgili Performanslar	75
5.2.1. Yangın Dayanımı.....	75
5.2.2. Rüzgâr Yüğü Dayanımı	76
5.2.3. Darbe Dayanımı.....	78
5.3. Enerji ile İlgili Performans Gerekliklikleri.....	79
5.3.1. Isıl Geçirgenlik	80
5.3.2. Isı Köprüsü	81
5.4. İklim Koşullarının Alüminyum Giydirme Cephe Sistemlerine Etkisi: Diyarbakır ve Rusya Örneği.....	82
5.4.1. İklimsel Temel Farklılıklar.....	82
5.4.2. Sıcaklığın Alüminyum Giydirme Cepheye Etkisi	83
5.4.3. İklim Koşullarına Bağlı Termal Genleşme Hesabı (Diyarbakır / Rusya) .	83
5.4.3.1. Kullanılan Veriler ve Temel Formül	84
5.4.3.2. Senaryo 1: Diyarbakır (Sıcak İklim) – Düşey Profil Genleşmesi	84
5.4.3.3. Senaryo 2: Rusya (Soğuk İklim) – Düşey Profil Büzülmesi.....	85
5.4.3.4. İç-Dış Yüzey Sıcaklık Farkı (Klimalı Yüksek Yapı – İlave Etki).....	86
5.4.3.5. Derz/Tolerans İçin Basit Ön Kontrol (Uygulama Odaklı)	86
5.4.3.6. Sonuç	87

ALTINCI BÖLÜM CEPHE TASARIM SÜRECİ

6.1. Ön Tasarım Süreci	90
------------------------------	----

6.2. Statik ve Performans Hesapları	91
6.2.1. Performans Ölçütlerinin Belirlenmesi	93
6.2.2. Statik Hesap	94
6.3. Sistem Seçimi	98
6.4. Detay Çözümleri	99
6.4.1. 1/1 Ölçekli Detay Çalışmaları	105
6.4.2. 1/1 Detayların Proje Sürecindeki Yeri	105

YEDİNCİ BÖLÜM

UYGULAMA SÜRECİ VE ŞANTIYE AŞAMALAR

7.1. İmalat Süreci	108
7.2. İmalatın Gerçekleştirilmesi	109
7.3. Montaj Süreci	110
7.4. Denetim	111
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	113
KAYNAKÇA	121
ÖZGEÇMİŞ	126

KISALTMALAR

AAMA	:	Amerikan Mimari Üreticiler Birliği
AlMgSi	:	Alüminyum-Magnezyum-Silisyum Alaşım Grubu
ASTM	:	Amerikan Test ve Malzeme Kurumu
CMHC	:	Kanada Konut ve Yapı Kurumu
CW	:	Giydirme Cephe (Curtain Wall)
EN	:	Avrupa Standardı
EPDM	:	Etilen Propilen Dien Monomer Kauçuk
IGU	:	Isı Yalıtımlı Cam Birimi
ISO	:	Uluslararası Standardizasyon Örgütü
İSG	:	İş Sağlığı ve Güvenliği
PVC	:	Polivinil Klorür
RAL	:	Uluslararası Renk Kodlama Sistemi
SSG	:	Yapısal Silikon Cephe
TS	:	Türk Standardı
TS EN	:	Türk Standardı / Avrupa Standardı
U-Değeri	:	Isıl Geçirgenlik Katsayısı
W/m²·K	:	Watt / Metrekare-Kelvin Birimi

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Çubuk Sistem Montaj Kesiti (AAMA,2005)	28
Şekil 2. Yapışma (Çerçeve) yapım sistemi için farklı birleştirme türleri (Şenkal, 2005).....	29
Şekil 3. Çubuk Sistem Detay Kesiti (Sapa Sistem Kataloğu).....	30
Şekil 4. Çubuk sistem giydirme cephe montaj yöntemi (soldan sağa).....	31
Şekil 5. Ünite sistem cephe montaj örneği ("Curtain walls", 2025)	32
Şekil 6. Panel Giydirme Cephe Sistem Kesiti (Schüco Kataloğu).	33
Şekil 7. Türkiye İş Bankası Genel Müdürlük (Çuhadaroğlu Alüminyum Arşiv).	34
Şekil 8. Yarı Panel Giydirme Cephe Sistem Kesiti (AAMA, 2005).....	36
Şekil 9. Sabancı Center ("Sabancı Center", 2025).....	38
Şekil 10. Kapaklı giydirme cephe prensip detayı (İpek, 2023).....	40
Şekil 11. Silikonlu giydirme cephe sistem prensibi (Boswell, 2013; Morris, 2013).	42
Şekil 12. Yarı Kapaklı Alüminyum Giydirme Cephe Sistemi Örneği ("Yarı kapaklı cephe", 2025).....	45
Şekil 13. Tipik bir ağır giydirme cephe (Gür, 2001).....	47
Şekil 14. Tasla kaplanmış bir yüksek bina görünüşü ("Architectural Design of High Rise Buildings", t.y.).....	48
Şekil 15. Dıştan yalıtımlı metal giydirme cephe elemanı ("Architectural Design of High Rise Buildings", t.y.).....	49
Şekil 16. İçten yalıtımlı metal giydirme cephe elemanı ("Architectural Design of High Rise Buildings", t.y.).....	50
Şekil 17. Tablalı metal giydirme cephe elemanı ("Architectural Design of High Rise Buildings", t.y.).....	50
Şekil 18. Beton giydirme cephe kesiti örneği ("Architectural Design of High Rise Buildings", t.y.).....	52
Şekil 19. Giydirme Cephe Sistemi Bileşenlerinin Sınıflandırılması (Terzioğlu, 2020)	55
Şekil 20. Örnek alüminyum profil (Reynaers Alüminyum, n.d.)	57
Şekil 21. Kırık Düz Cam ile Kırık Temperli Cam Örneği ("Binalarda doğru yalıtım", 2025)	60
Şekil 22. Lamine Cam Kesit Detayı (Kişisel Arşiv-2018).....	60
Şekil 23. Çift Cam Kesit Detayı (Kişisel Arşiv- 2018).....	61
Şekil 24. Farklı dolgu bileşenleri gösterimi (Reynaers Alüminyum, n.d.).....	62
Şekil 25. Silikon Uygulama Detayı (Kişisel Arşiv-2019)	64
Şekil 26. Giydirme cephede ankraj örneği (Reynaers Alüminyum, n.d.)	66
Şekil 27. Giydirme cephenin performans gereksinimlerine göre sınıflandırılması (Altunkeyik, 2018).	70
Şekil 28. Düşey profil hava su ve yalıtım hattı gösterimi	71
Şekil 29. EN 12152 standardına göre hava sızdırmazlık sınıfları (Altunkeyik, 2018).....	71

Şekil 30. Düşey ve yatay profillerde su tahliye prensibi (Reynaers katalog)	72
Şekil 31. Giydirme cephede yoğunlaşma örneği ("Alüminyum cephe ve pencere", 2025)	73
Şekil 32. Yangına dayanımlı profil kesitleri (Reynaers Alüminyum, n.d.).....	76
Şekil 33. Yapı yüksekliğine göre rüzgar hızı grafiği (Çöğürücü ve Uzun, 2019).....	77
Şekil 34. Giydime cephe üzerine gelen yükler (Memari, 2013)	78
Şekil 35. Klein'ın Cephe Süreç Analizi (Klein ,2013)	89
Şekil 36. Teklif Hazırlama Sürecinde Statik Hesap Etüdü İçin Fonksiyon-etki Analizi.....	96
Şekil 37. Schüco International KG bilgisayar programının düşey alüminyum profil kesiti statik hesap örneği	97
Şekil 38. Plaza 34 kesit örneği -1	100
Şekil 39. Plaza 34 kesit örneği - 2	101
Şekil 40. Plaza 34 kesit örneği - 3	102
Şekil 41. Plaza 34 kesit örneği - 4	103
Şekil 42. Plaza 34 kesit örneği - 5	104

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmam süresince akademik rehberliği ve yönlendirmeleriyle çalışmamın sağlıklı bir şekilde ilerlemesine katkı sağlayan değerli tez danışmanım Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her döneminde yanımda olan, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve varlıklarını daima hissettiren aileme içten teşekkürlerimi ve derin minnetimi sunarım.

Tez çalışmam süresince bana motivasyon sağlayan, bilgi ve destekleriyle katkıda bulunan tüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.



GİRİŞ

Endüstri Devrimi sonrasında üretim biçimlerindeki dönüşüm, teknolojik kapasitenin artması ve kırsaldan kentlere yönelen yoğun göç hareketleri, dünya genelinde hızlı ve geri döndürülemez bir şehirleşme sürecini beraberinde getirmiştir. Kent nüfuslarındaki artış, yaşam alanlarının çeşitlenmesi ve ekonomik faaliyetlerin belirli merkezlerde yoğunlaşması, yapı ihtiyacını hem nicelik hem de nitelik bakımından ciddi biçimde yükseltmiştir. Bu dönemde daha büyük ölçekli, daha esnek biçimde kullanılabilir alanlara sahip, inşa süreci daha kısa olan yapı tiplerine duyulan ihtiyaç belirginleşmiş; buna paralel olarak yeni yapım teknikleri, malzeme teknolojileri ve mühendislik yaklaşımları geliştirilmiştir. Taşıyıcı sistemin kütsel duvarlardan bağımsız bir çerçeve sistemine doğru evrilmesi, yalnızca iskelet sisteminde değil, yapı kabuğu ve cephe anlayışında da köklü bir dönüşümü tetiklemiştir. Böylece dış duvar, yapının birincil taşıyıcısı kimliğinden koparak, giderek daha fazla “performans odaklı bir kabuk” olarak ele alınmaya başlanmıştır.

Teknolojik ilerlemelerin de etkisiyle günümüzde giydirme cephe sistemleri, iç mekânı dış çevresel etkilerden korumayı, iklimsel yükleri kontrol etmeyi ve aynı zamanda mimari ifadeyi taşıyan bir dış kabuk oluşturmayı amaçlayan temel bileşenler olarak tanımlanmaktadır. Yenilenen yapım teknikleri ve iskelet sistemlerin yaygınlaşması ile dış duvarın taşıyıcı sistemden ayrılması, dış kabuğun, ana taşıyıcıya noktasal ankrajlarla bağlanan, kendi içinde bütünlüğü olan bağımsız bir sistem olarak kurgulanmasına imkân vermiştir. Bu bağlamda alüminyum giydirme cephe sistemleri, taşıyıcı ana yapıdan bağımsız çalışabilen, yüklerini ankrajlar aracılığıyla iskelete aktaran, hafif ve yüksek performanslı cephe çözümleri olarak öne çıkmaktadır ve modern mimarinin esneklik, hafiflik, saydamlık ve yüksek performans beklentilerine büyük ölçüde yanıt vermektedir (Murray, 2009). Klasik duvar sistemleriyle karşılaştırıldığında giydirme cepheler, doğal ışığın iç mekâna daha derin nüfuz etmesine imkân vermekte, geniş açıklıkların oluşturulmasına olanak sağlamakta ve mimari estetik açısından daha özgür tasarımlar geliştirilmesine zemin hazırlamaktadır (Murray, 2009).

Tarihsel gelişim incelendiğinde, giydirme cephelerin ilk örneklerinin günümüzdeki sistemlerden hem malzeme özellikleri hem de detay çözümleri

bakımından oldukça farklı olduğu görülmektedir. Bu farklılık, dönemin sınırlı teknolojik olanakları ve malzeme bilimindeki yetersizliklerle doğrudan ilişkilidir. Literatürde yaygın olarak aktarıldığı üzere, dünyada bilinen ilk giydirme cephe uygulamalarından biri 1820 yılında Philadelphia’da inşa edilen iki katlı bir banka binasıdır; bu yapı, strüktürel çelik kullanılarak oluşturulan görece büyük açıklıkları ve bu açıklıkların nispeten hafif cephe elemanlarıyla doldurulması bakımından dönemi için yenilikçi bir yaklaşım sergilemektedir. Giydirme cephelerin mimarlık ve mühendislik dünyasında daha geniş ölçekte tanınır hâle gelmesi ise 1851’de Londra’da Joseph Paxton tarafından tasarlanan Crystal Palace yapısıyla mümkün olmuştur. Tamamen çelik ve cam bileşenlerden, modüler bir anlayışla kurgulanan bu sergi yapısı, hem strüktürel şeffaflığın hem de endüstriyel seri üretimin mimariye aktarılmasının çarpıcı bir örneği olarak kabul edilmekte ve modern giydirme cephe sistemlerinin öncülerinden biri olarak literatürde önemli bir yer tutmaktadır (Akyürek, 2001).

II. Dünya Savaşı’nın yol açtığı geniş çaplı yıkımlar sonrasında, özellikle Avrupa’da ve birçok büyük kentte yeniden yapılanma ihtiyacı kısa sürede gündeme gelmiş; sınırlı kaynaklarla, hızlı ve rasyonel çözümler üretilmesi zorunlu hâle gelmiştir. Bu dönemde prefabrikasyon tekniklerinin gelişmesi ve yapı endüstrisinin seri üretim odaklı örgütlenmesi, giydirme cephe sistemlerinin altyapısının oluşmasına önemli katkı sağlamıştır. Fabrika ortamında üretilen cephe elemanlarının şantiye sahasında hızlı montajına dayalı bu yaklaşım, modern giydirme cephelerin üretim-montaj mantığının da temelini oluşturmuştur. 1970’li yıllarda yaşanan enerji krizi ise, yapı teknolojilerinin yönünü enerji verimliliği ve ısı kayıplarının azaltılması hedeflerine doğru belirgin biçimde çevirmiştir. Petrol fiyatlarındaki sert yükselişler, binaların ısıtma ve soğutma süreçlerinde harcanan enerjinin azaltılması gerekliliğini açık biçimde ortaya koymuş; bu çerçevede yüksek ısı yalıtımı, kontrollü güneş kazancı ve hava sızdırmazlığı gibi kavramlar cephe tasarımında öncelikli parametreler haline gelmiştir. Bu dönemde yalıtımlı cam sistemleri, çift cidarlı cepheler ve kontrollü hava akışı sağlayan cephe kurguları üzerine çok sayıda çalışma yapılmış; cephe, enerji yönetiminin temel araçlarından biri olarak görülmeye başlanmıştır.

1990’lı yıllarla birlikte teknolojiye ileri adımlar, otomasyon sistemlerinin ve sensör teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte “akıllı cephe” kavramının mimari

literatürde yerini aldığı görülmektedir. Cephe, bu dönemde yalnızca iç ve dış mekânı ayıran pasif bir kabuk olmaktan çıkarak, yapının enerji ve konfor performansını doğrudan etkileyen, geri bildirimli ve dinamik bir bileşene dönüşmüştür. Kendi enerjisini üretebilen fotovoltaik paneller, doğal havalandırmayı optimize eden çift cidarlı cephe çözümleri, ısıtma-soğutma yüklerini azaltan dinamik güneş kırıcı sistemler ve iç ortam konforunu sensörler aracılığıyla otomatik olarak düzenleyen cephe bileşenleri bu dönemde geliştirilen önemli sistemler arasında yer almaktadır. Bu gelişmeler, cephe sistemlerini yalnızca fiziksel bir sınır değil, aynı zamanda enerji performansını, kullanıcı konforunu ve çevresel sürdürülebilirliği şekillendiren aktif bir bileşen düzeyine taşımıştır (Etzion and Erell, 2000). 20. yüzyılın sonu ve 21. yüzyılın başı boyunca giydirme cephe teknolojileri, cam üretim teknikleri, alüminyum profil teknolojileri ve bağlantı detaylarının gelişmesiyle birlikte sürekli bir evrim geçirmiş; başlangıçta prestijli ve sınırlı sayıdaki yapıya özgü görülen bu sistemler, zaman içinde ofis yapıları, iş merkezleri, oteller, alışveriş merkezleri, havalimanları ve çok işlevli karma yapılar için standart bir çözüm haline gelmiştir.

Türkiye bağlamında bakıldığında, alüminyumun yapı sektöründe ilk kez hangi yapıda kullanıldığına ilişkin tüm kaynaklarca doğrulanmış kesin bir bilgi bulunmamakla birlikte, Uz'un değerlendirmesine göre alüminyumun önemli ölçekte kullanıldığı ilk yapılardan biri Ankara'daki Amerikan Büyükelçiliği binasıdır. 1954 yılında tamamlanan bu yapıda alüminyum doğrama elemanlarının tercih edilmesi, dönemin mimarlık ve malzeme teknolojisi açısından kayda değer bir yenilik olarak değerlendirilmektedir. Aynı dönem içinde İstanbul Hilton Oteli ve İzmir Efes Oteli gibi yapılar da Türkiye'de alüminyum kullanımında öncü örnekler arasında sayılmakta; gerek cephe detayları gerekse malzeme bileşimi açısından alüminyumun mimari uygulamalarda benimsenmesine zemin hazırlamaktadır. 1980'li yıllara gelindiğinde ise teknoloji, sanayi üretimi ve yapı sektöründeki modernleşme eğilimleri, alüminyum ve cam malzemelerinin hem çeşit hem de performans bakımından önemli ölçüde ilerlemesini sağlamıştır. Bu yıllarda kompozit panel kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte Ankara'daki Gama İş Merkezi ve TRT Binası, kompozit panelli giydirme cephe uygulamalarının Türkiye'deki erken dönem örneklerinden bazılarını oluşturmaktadır (Uz, 2019).

Güncel literatür incelendiğinde, giydirmce cephe sistemlerinin; enerji verimliliği, yapısal performans, malzeme bilimi, sürdürülebilirlik, mimari tasarım ve üretim teknolojileri gibi çok farklı alt alanların kesişiminde konumlandığı görülmektedir. Yeomans, pencere ve açıklık sistemlerine ilişkin tasarım ölçütlerinin giydirmce cephe teknolojilerinin gelişiminde doğrudan belirleyici olduğunu; yapı performansı hedefleri, kullanıcı beklentileri ve pazar dinamikleri doğrultusunda geliştirilen bu kriterlerin, alüminyum profil ve bileşenlerinin farklı fonksiyonlara uyum sağlayacak şekilde evrilmesine katkıda bulunduğunu belirtmektedir (Yeomans, 2001). Tekin, dış atmosfer koşullarının yapı üzerindeki etkilerini en iyi karşılayabilen çözümlerden birinin giydirmce cephe sistemleri olduğunu, bu sistemlerin rüzgâr yükleri, hava sızdırmazlığı ve deprem etkileri gibi dış kuvvetlere dayanım gösterecek şekilde tasarlanması gerektiğini; aynı zamanda yoğunlaşmayı engelleyen, ısı kaybını en aza indiren ve enerji verimliliğini artıran niteliklerle donatılmasının zorunlu olduğunu vurgulamaktadır (Tekin, 2006). Yangın güvenliği ve kaçış senaryoları açısından da cephe bileşenlerinin taşıyıcılık, bütünlük ve yalıtım ilkelerini belirli süreler boyunca koruyacak şekilde tasarlanması gerektiği ifade edilmektedir.

Malzeme teknolojisindeki gelişmelerle birlikte çerçeve taşıyıcı sistemlerin yaygınlaşması, giydirmce cephelerin mimari uygulamalarda daha geniş ölçekte tercih edilmesini desteklemiştir. Kır, modern mimari anlayışın yön değiştirmesiyle kalın ve opak dış duvarların yerini daha fazla geçirgenliğe sahip, hafif, transparan ve estetik değeri yüksek cephe yüzeylerine bıraktığını; bu dönüşümün çağdaş mimarının hem görsel hem de işlevsel karakterini belirleyen önemli bir aşama olduğunu vurgulamaktadır (Kır, 2019). Bu bağlamda giydirmce cephe sistemleri, yapı ile dış çevre arasındaki sınırı oluşturan, taşıyıcı strüktüre noktasal veya çizgisel bağlantılarla asılan ve kendi sınırları içindeki yükleri ana taşıyıcıya aktaran, aynı zamanda ısı, nem, hava, su, ses ve güneş kontrolü gibi çok sayıda performans kriterini karşılamakla yükümlü bir yapı bileşeni kimliğine bürünmüştür.

Tüm bu tarihsel ve kuramsal arka plan çerçevesinde, alüminyum giydirmce cephe sistemlerinin tasarım ve üretim süreçlerinde cephe ile taşıyıcı sistem arasındaki ilişkinin doğru kurulması, güncel yapı üretiminde kritik bir önem taşımaktadır. Cephe-taşıyıcı sistem eklemlenmesinde ortaya çıkan uyumsuzluklar; ankraj detaylarındaki hatalar, hareket toleranslarının yetersizliği, sızdırmazlık problemleri, ısı köprüleri ve

bakım-onarım güçlükleri şeklinde geri dönmekte; hem yapısal güvenliği hem de kullanım konforunu olumsuz etkileyebilmektedir. Bu nedenle alüminyum giydirme cephelerin yalnızca malzeme ve biçim dili açısından değil, performans gereklilikleri, taşıyıcı sistemle etkileşimleri ve uygulama süreçleriyle birlikte ele alınması gerekmektedir. Bu çalışma, söz konusu ilişkiyi yapısal, fonksiyonel ve uygulama boyutlarıyla ayrıntılı biçimde incelemeyi; cephe-taşıyıcı sistem kurgusunda karşılaşılan sorunları analiz ederek, bu sorunlara yönelik teknik ve yöntemsel çözüm önerileri geliştirmeyi amaçlayan bir çerçeve üzerinde yükselmektedir.



BİRİNCİ BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

Yapı kabuğu, bir yapının iç mekânını dış çevre koşullarından ayıran ve aynı zamanda yapının çevreyle olan fiziksel-işlevsel ilişkisini düzenleyen temel bir bileşendir. Isıl konfor, gün ışığı kullanımı, hava kalitesi, akustik ve güvenlik gibi kullanıcı deneyimini doğrudan etkileyen birçok parametre, büyük ölçüde cephe tasarımı ve uygulama kalitesi üzerinden şekillenmektedir. Bu nedenle cephe, yalnızca mimari bir “görünüm yüzeyi” olarak değil; enerji tüketimini, bakım gereksinimlerini, dayanıklılığı ve yapı ömrü boyunca toplam maliyetleri belirleyen, çok disiplinli bir sistem olarak değerlendirilmektedir. Özellikle kentleşme dinamikleriyle birlikte artan yüksek yapı üretimi, cephe sistemlerinde hafiflik, hızlı uygulama, kontrollü üretim ve yüksek performans beklentisini daha da görünür kılmıştır.

Giydirme cephe sistemleri, taşıyıcı özelliği esas taşıyıcı iskelete ait olan yapılarda, cephe elemanlarının bir alt konstrüksiyon aracılığıyla taşıyıcı sisteme aktarılması prensibine dayanır. Bu yaklaşım, yapının dış kabuğunun daha geniş açıklıklarla çözülebilmesine, şeffaflık oranının artırılmasına ve farklı mimari biçimlenmelere olanak tanırken; rüzgâr yükleri, deprem etkileri, sıcaklık değişimleri ve malzeme genleşmeleri gibi çevresel ve yapısal etkilerin cephe detaylarında doğru yönetilmesini zorunlu kılar. Dolayısıyla giydirme cephe; taşıyıcı alt sistem, doğrama/panel bileşenleri, cam veya opak dolgu elemanları, ısı yalıtım katmanları, fitil ve sızdırmazlık elemanları, bağlantı ve ankraj detayları ile su tahliye kurgusundan oluşan çok bileşenli bir sistem bütünüdür.

Alüminyum, giydirme cephelerde yaygın olarak tercih edilen bir malzeme olup düşük ağırlık-yüksek dayanım oranı, endüstriyel üretime uygunluğu, hassas toleranslarla profil üretilmesi ve yüzey işlemleriyle korozyon dayanımının artırılabilmesi gibi avantajlar sunar. Bununla birlikte alüminyumun ısıl iletkenliğinin yüksek olması, ısı köprülerinin kontrolünü ve ısıl bariyerli profil çözümlerini kritik hâle getirir. Bu nedenle modern alüminyum cephe sistemlerinde, profil geometrisi ve birleşim detayları kadar ısı yalıtımı sürekliliği, uygun fitil seçimi, sızdırmazlık katmanlarının sürekliliği ve yoğuşma riskinin yönetimi de tasarımın temel bileşenleri olarak ele alınmaktadır. Cam birimleri, kaplama panelleri ve bağlantı elemanlarıyla

birlikte değerlendirildiğinde, malzeme uyumu ve uzun dönemli performans (UV dayanımı, yaşlanma, deformasyon, sızdırmazlık kaybı) önemli bir tasarım girdisi oluşturmaktadır.

Cephe sistemlerinin değerlendirilmesinde performans yaklaşımı belirleyicidir. Isı geçirgenliği ve enerji verimliliği, hava ve su sızdırmazlığı, rüzgâr yükleri altındaki dayanım ve deplasman sınırları, akustik konfor, yangın güvenliği ve bakım-onarım erişilebilirliği gibi kriterler, cephe tipolojisinin seçimini ve detay çözümünü doğrudan etkiler. Bu bağlamda derzlerin kurgusu, suyun kontrollü tahliyesi, bağlantı noktalarının rijitliği, hareket derzleri ve montaj toleransları, performansın yalnızca hesap aşamasında değil sahadaki uygulama kalitesiyle de güvence altına alınmasını gerektirir. Tasarım kararları ile uygulama pratikleri arasındaki süreklilik, giydirme cephelerde performansın sürdürülebilirliği açısından kritik bir gereklilik olarak öne çıkar.

Giydirme cephelerde süreç, çoğunlukla tasarım-mühendislik-üretim-montaj-kontrol döngüsü içerisinde ilerler. Saha ölçümlerinin doğruluğu, ankraj yerleşimi ve alt konstrüksiyonun doğrultu/terazi kontrolü, panel ve doğrama montajı sırasında tolerans yönetimi, silikon ve fitil uygulamalarının doğru detaylarla süreklilik kazanması, su tahliye kanallarının işlevsel çalışması ve şantiye koordinasyonunun etkin yürütülmesi, nihai performansı belirleyen başlıca aşamalardır. Bu süreçlerde kalite kontrol ve denetim mekanizmaları, yalnızca hataları tespit eden bir kontrol adımı değil; tasarım varsayımlarını doğrulayan, sistem davranışını güvence altına alan ve yapı ömrü boyunca beklenen performansın sağlanmasına katkı veren bütünleşik bir yönetim unsuru olarak değerlendirilmelidir.

1.1. Tezin Amacı

Bu tez, alüminyum giydirme cephe sistemlerini, güncel yapı üretim pratiğinde üstlendikleri rol çerçevesinde bütüncül olarak ele almayı amaçlamaktadır. Giydirme cepheler, günümüz yüksek yapı ve karma kullanımlı yapılarda yalnızca estetik bir kabuk değil, yapının enerji performansını, iç mekân konforunu, güvenliğini ve bakım gereksinimlerini doğrudan etkileyen karmaşık sistemler hâline gelmiştir. Buna rağmen, uygulamada çoğu zaman bu sistemler parça parça, malzeme bazında ya da yalnızca belirli performans ölçütleri üzerinden değerlendirilmekte; tasarım,

sınıflandırma, performans ve uygulama süreçleri aynı çerçeve içinde yeterince bir araya getirilememektedir. Bu çalışma, alüminyum giydirme cepheleri tam da bu noktada, kavramsal düzeyden şantiye pratiğine kadar uzanan bir hat üzerinde, tek bir kurgu içinde anlamlandırmayı hedeflemektedir. Öncelikle alüminyum giydirme cephe sistemlerinin farklı kaynaklarda dağınık hâlde yer alan tanım ve sınıflandırmalarının derlenip yeniden yorumlanması amaçlanmıştır. Stick, unitized, yarı-unitized, panel ve benzeri sistemler yalnızca isimlendirme düzeyinde değil, montaj kurgusu, fabrika-şantiye iş bölümü, işçilik gereksinimi, maliyet, bakım ve işletme etkileriyle birlikte ele alınmaktadır. Böylelikle, cephe sistemlerinin “hangi isimle anıldığından” çok, “nasıl davrandıkları” ve “proje bağlamında ne tür sonuçlar doğurdıkları” ön plana çıkarılmak istenmektedir. Bu yönüyle çalışma, tasarımcı, yüklenici ve işverenin aynı dili kullanabileceği; sistemlerin ortak bir teknik çerçeve içinde karşılaştırılabildiği bir bakış açısı geliştirmeyi hedeflemektedir.

Çalışmanın bir diğer odağı, alüminyum giydirme cephelerde performans kavramını tekil başlıklar hâlinde değil, birbiriyle ilişkili ve çoğu zaman aynı detay üzerinde kesişen ölçütler bütünü olarak ele almaktır. Hava ve su geçirimsizliği, ısı performans, akustik konfor, rüzgâr yükü dayanımı, yangın davranışı ve bakım-süreklilik kriterleri, cephe sistemlerinin başarı düzeyini belirleyen temel unsurlar olarak birlikte değerlendirilmektedir. Bu tez, performansın yalnızca test raporlarında yer alan sınıflar ve sayısal değerler üzerinden okunmasının ötesine geçerek, tasarım kararlarıyla, malzeme seçimleriyle ve uygulama kalitesiyle nasıl ilişkilendiğini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Derz çözümleri, profil geometrileri, termal kesmeler, fitil ve silikon yerleşimleri gibi mikro ölçekteki kararların, makro ölçekte enerji tüketimi, kullanıcı konforu ve güvenlik üzerinde nasıl etkiler ürettiğini görünür kılmak, çalışmanın önemli hedeflerinden biridir. Bu çalışma, alüminyum giydirme cephe sistemlerinin tasarım masasında ortaya çıkan bir çizimden ibaret olmadığını; imalat, montaj ve denetim süreçleriyle birlikte anlam kazanan bir yapı sistemi olduğunu vurgulamak istemektedir. Bu nedenle çalışma, saha ölçümü, ankraj yerleşimi, taşıyıcı alt konstrüksiyonun kurulumu, panel ve doğrama montajı, sızdırmazlık uygulamaları ve yerinde testler gibi pratik adımları, tasarımın doğal devamı olarak ele almaktadır. Amaç, cepheye ilişkin kararların yalnızca çizim ve hesap düzeyinde kalmaması, sahadaki uygulama gerçekliğiyle ilişkilendirilmesi ve kalite güvencesi bakış açısıyla değerlendirilmesidir. Bu çerçevede, imalat ve montaj zincirinin her halkasının, cephe

performansını güvence altına alan bir süreç olarak tanımlanması ve bu süreçlerin sistematik olarak iyileştirilmesine katkı sağlanması hedeflenmektedir. Tüm bunlara ek olarak, çalışma; alüminyum giydirme cephe sistemlerine ilişkin mevcut standartlar, yönetmelikler ve sektörel uygulama alışkanlıklarını aynı çerçevede değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Ulusal ve uluslararası standartların öngördüğü sınır değerlerin, projelerde hazırlanan teknik şartnamelerle ve sahadaki uygulamalarla ne ölçüde örtüştüğü, hangi alanlarda boşluk veya yorum farklılıkları bulunduğu tartışmaya açılmaktadır. Böylece, tasarım ve uygulama süreçlerinde daha net, daha izlenebilir ve daha denetlenebilir bir zemin oluşturulmasına katkı sağlayacak tespit ve değerlendirmeler geliştirilmek istenmektedir. Bu yönüyle tez, yalnızca mevcut durumu betimleyen bir çalışma olmakla kalmayıp, gerek tasarım pratiği gerekse mevzuatın geliştirilmesine dönük düşünsel bir arka plan sunmayı da amaçlamaktadır.

Genel çerçevede, bu çalışma alüminyum giydirme cephe sistemlerine ilişkin bilgi birikimini bir araya getiren, sınıflandırma, performans ve uygulama eksenlerini aynı yapı içinde buluşturan, uygulamaya dönük ama akademik temeli güçlü bir referans metin üretmeyi hedeflemektedir. Gerek tasarım süreçlerinde sistem seçimi ve detay kurgusu yapılırken, gerekse uygulama ve denetim aşamalarında karar alınırken başvurulabilecek, kavramsal ve teknik düzeyi dengeli bir çerçeve oluşturmak bu çalışmanın ana amacını oluşturmaktadır. Bu çerçevenin, hem yeni projelerin geliştirilmesinde hem de bundan sonra yapılacak akademik araştırmalarda yol gösterici bir zemin sunması beklenmektedir.

1.2. Literatür Taraması

Atalay (2006), tez çalışmasında alüminyum giydirme cephe sistemleri, öncelikle teknik özelliklerine göre sistematik biçimde sınıflandırılarak literatüre kapsamlı bir çerçeve sunulmaktadır. Taşıyıcı iskelet türüne göre çubuk sistem, yarı panel sistem ve panel sistem ayrımı detaylandırılmış; her bir sistem için profillerin üretim ve montaj biçimi, hareket toleransları, bina hareketlerine uyum kabiliyeti, şantiyede işçilik gereksinimi, hata riski, kullanım alanı ve maliyet düzeyi karşılaştırmalı olarak ortaya konmuştur. Görünüşe göre sınıflandırmada yatay-düşey kapaklı, karma ve mastik taşıyıcılı giydirme cephe sistemleri ele alınarak, mimari tasarım esnekliği, estetik beklentiler, detay çözümleri ve cephe görünümüne etkileri tartışılmış; cam uygulamalarında ise tek camlı ve ısı camlı parapet önü çözümler üzerinden, cam

kalınlığı, taşıyıcı profillerle ilişkisi, takoz ve fitil detayları gibi hususların performansla ilişkisi açıklanmıştır. Performans odaklı bölümde; ısı yalıtımı, terleme ve kondensasyon, ses yalıtımı, güneş kontrolü, derzlerde sızdırmazlık, rüzgâr yükü, deprem etkisi, yangın, stabilite ve genleşme gibi kriterler üzerinden giydirme cephelerin binaya getirdiği fiziksel konfor ve güvenlik düzeyi tartışılmış, bu kriterlerin sistem seçimi üzerindeki ağırlığı vurgulanmıştır. Çalışma, ayrıca teklif hazırlama, mimari proje ve bina etüdü, modülasyon çalışmaları, statik hesap, maliyet hesabı ve teklif dosyası düzenlenmesi gibi uygulama öncesi süreçleri adım adım tanımlayarak, işveren ve kullanıcı kararlarını etkileyen faktörleri tablo ve fonksiyon-etki analizleri ile birlikte değerlendirmekte; böylece alüminyum giydirme cephe sistemlerinin seçiminde hem teknik performans hem de ekonomik ve işletme kriterlerini birlikte ele alan, karar verme sürecini destekleyici bir literatür katkısı ortaya koymaktadır (Atalay, 2006).

Tortu'nun (2006), "Alüminyum Giydirme Cephelerde Isıl Performans-Durabilite İlişkisinin İncelenmesi" başlıklı çalışması, hafif giydirme cephe sistemlerini tarihsel gelişimi, bileşenleri ve sınıflandırması üzerinden ele alarak ısı performans ile uzun dönemli dayanıklılık arasındaki ilişkiyi irdelemektedir. Çalışmada öncelikle giydirme cephelerin tanımı yapılmakta; taşıyıcı sistem, pencere kuşağı ve parapet kuşağı gibi ana alt bileşenler ile örtü-taşıyıcı-bina taşıyıcısı arasındaki tespit elemanları sistematik biçimde açıklanmaktadır. Ardından bu cepheler ağırlıklarına göre ağır ve hafif sistemler olarak, taşıyıcı sistem kurgusuna göre ise çubuk, panel ve yarı panel sistemler olarak sınıflandırılarak farklı sistem tiplerinin ısıl davranışa etkileri tartışılmaktadır. Durabilite kavramı giydirme cephe bağlamında yeniden tanımlanmakta; malzeme kusurları, tasarım hataları, montaj hataları, çevresel etkiler ve kullanıcı kaynaklı hasarlar gibi faktörlerin, sistemin hizmet süresi ve performans sürekliliği üzerindeki belirleyici rolleri vurgulanmaktadır. Isıl performansı etkileyen ısıl kapasite, ısıl direnç ve ısı geçirimsizliği, saydam bölgelerin U değeri, camlardan edinilen toplam ısı kazancı, cam ve çerçeve malzemesinin seçimi ile güneş kontrol elemanları gibi parametreler, cephe bileşenleri ve detay tasarımıyla ilişkilendirilerek ele alınmaktadır. Yetersiz ısı performans sonucu ortaya çıkan yoğunlaşma, ısıl şok kaynaklı kırılmalar, ısı kayıpları, korozyon ve sıcaklık değişimlerine bağlı hareketler, hem hasar türü hem de oluşum mekanizması açısından çözüm önerileriyle birlikte değerlendirilmekte; böylece tasarım, malzeme seçimi ve montaj kalitesinin,

alüminyum giydirmce cephelelerin hem ısı verimliliği hem de durabilitesi üzerinde bütüncül ve karşılıklı etkileşimli bir yapıya sahip olduğı ortaya konulmaktadır (Tortu, 2006).

Çetin (2010), tez çalışmasında alüminyum giydirmce cephelelerin denetim boyutu, yapı üretim süreci ölçeğinde maliyet-süre-kalite üçgeni üzerinden ele alınmıştır. Üretimde giydirmce cephe kullanılmasının “ihtiyaca cevap veren, minimum maliyet, optimum süre ve planlanan kalitede cephe elde etmek” amacı taşıdığı, dolayısıyla denetim faaliyetlerinin de yalnızca teknik doğruluğı değil, kaynakların etkin kullanımını gözetken bütüncül bir kontrol mekanizması olması gerektiğı vurgulanmaktadır. Çalışmada, alüminyum giydirmce cephelelerin proje ve uygulama sürecinde yapılan hataların çok yüksek maliyetlere yol açabildiğı; bu nedenle imalat ve uygulama öncesi deneysel çalışmaların, standartlara uygunluk kontrollerinin, detay çözümünde yeterli malzeme ve uygulama bilgisinin sağlanmasının ve hem atölyede kalite kontrolün hem de sahada montaj işçiliğı denetiminin sistematik biçimde sürdürülmesinin zorunlu olduğı belirtilmektedir. Tasarım sürecinde detaylar üzerinde bilgi eksikliğinden kaynaklanan denetim boşluklarının, uygulama safhasında teknik şartname ve standart dokümanlarının yetersizliğiyle birleştğinde, sahada tanımı net olmayan işlem ve malzeme özelliklerinin çoğunlukla hatalı kararlarla belirlendiğı; bunun da işçilik hataları, performans kayıpları ve bakım-onarım maliyetlerinde artış şeklinde geri döndüğü ortaya konulmaktadır (Çetin, 2010).

Kahraman (1998), yapı üretim sürecindeki denetimi üç temel başlıkta sınıflandırarak tartışmaktadır: girdilerin sürece girişi sırasında koruma amacıyla yapılan “ön denetim”, bileşenlerin üretimi sürerken yürütülen “süreç içi denetim” ve ortaya çıkan nihai ürünün standartlarla karşılaştırılmasına dayanan “son denetim”. Bu çerçevede denetimin derecesi ve sıklığının organizasyonun amaçları, koşulları ve yönetim biçimiyle yakından ilişkili olduğı; personel yönetiminden zaman ve üretim planlamasına, dış ilişkilerin yönetiminden sermaye kullanımına kadar yapı üretim sürecindeki hemen her unsurun denetime tabi olması gerektiğı vurgulanmaktadır. Alüminyum giydirmce cephe bağlamında ise bu yaklaşım, özellikle malzeme temini, tedarikçi seçimi, üretim akışı, montaj hızı ve nihai cephe performansının sürekli izlenmesi gerekliliğıyle ilişkilendirilerek, proje genelinde sistematik ve katmanlı bir denetim kültürünün önemini ortaya koymaktadır (Kahraman, 1998).

Yılmaz (1999), ise alüminyum giydirme cephelerde kullanılan malzemelerin alaşım özellikleri, boya ve eloksal kaplamalarının standartlara uygunluğu, farklı metallerin bir araya gelmesinden doğan galvanik korozyon riskleri ve malzemelerin farklı ısı genleşme davranışlarından kaynaklanabilecek problemler üzerine odaklanmaktadır. Bu çalışma, denetim ve onay sürecinin yalnızca genel uygulama kalitesini değil, aynı zamanda malzeme kombinasyonlarının uzun vadeli davranışını da kapsamı gerektiğini vurgulamakta; hem fabrikada yapılan yapıştırma, silikon uygulaması, paketleme ve taşıma aşamalarında hem de şantiyede montaja hazır bileşenlerin yeniden kalite kontrolünden geçirilmesi gerektiğini belirtmektedir. Bu yaklaşım, denetimi üretim ve montaj süreçlerinden bağımsız, sonradan eklenen bir adım olarak değil, tasarım kararlarından malzeme seçimine, üretim ortamı koşullarından sahadaki işçilik detaylarına kadar tüm aşamalara nüfuz eden bir kalite güvencesi aracı olarak konumlandırmakta; böylece alüminyum giydirme cephe sistemlerinin hem yapısal dayanıklılığını hem de servis süresi boyunca sürdürülebilir performansını güvence altına alan bütüncül bir kontrol çerçevesi tarif etmektedir (Yılmaz, 1999).

Oraklıbel (2014), çalışmasında alüminyum giydirme cephe-bina ilişkisinin tasarımında, “mimari bütünleme” kavramı özellikle performans bütünlemesi odağıyla ele alınmakta; çalışma hem cepheyi hem de binayı, birbirine eklemlenen alt sistemler bütünü olarak okuyarak, bu iki sistem arasındaki birleşim bölgeleri için kullanılabilecek performans ölçütlerini tanımlamayı ve sistematikleştirmeyi amaçlamaktadır. Bu çerçevede önce bina alt sistemleri ve alüminyum giydirme cephe sistemleri, literatürdeki farklı tanım ve sınıflandırmalar üzerinden yeniden düzenlenerek; “sistem içi bütünleme” (cephenin kendi bileşenleri arasındaki mühendislik kurgusu) ile “sistemler arası bütünleme” (cephenin bina taşıyıcısı, döşeme, çatı, parapet vb. ile ilişkisi) birbirinden ayrılmış, çalışmanın odağı özellikle ikinci gruba, yani cephe-bina birleşim noktalarına yöneltilmiştir. Ardından bina kabuğundan ve giydirme cephelerden beklenen performanslara ilişkin ulusal/uluslararası kaynaklar taranarak; ısı, nem, su ve hava sızdırmazlığı, ses, hareketler, taşıyıcılık, yangın, hijyen, optik özellikler, bakım-onarım, yapılabirlik, maliyet, dayanıklılık, çevresel etki ve diğer sistemlerle uyum gibi başlıklar altında kapsamlı bir tasarım/performans ölçütleri seti türetilmiştir. Bu ölçütler daha sonra, alüminyum giydirme cephelerin bina ile oluşturduğu tipik birleşim bölgeleri üzerinden

uzman görüşleriyle test edilerek, hem bağıl önemleri hem de hangi tasarım alt süreçlerinde dikkate alınmaları gerektiği belirlenmiş; uzmanlarla yapılan yüz yüze görüşmelerden elde edilen nitel veriler, yüzdesel dağılımlar ve tekil bir tablo yapısı içinde analiz edilerek, cephe-bina bütünleşmesi için pratikte kullanılabilir bir performans kriterleri matrisi ortaya konmuştur. Böylece tez, alüminyum giydirme cephe-bina birleşim problemini; salt detay çözümleri üzerinden değil, performansı tasarımın başlangıç noktası olarak kabul eden, sistemler arası bütünlemeyi merkeze alan ve karar vericilere rehberlik eden ölçülebilir kriterler seti üzerinden ele alması bakımından literatürde özgün bir konumda durmaktadır (Oraklıbel, 2014).

Çelebi (2017), çalışmasında alüminyum giydirme cephe sistemleri, Türkiye bağlamında bileşen üretimi, yapım süreçleri, sistem tasarımı ve performans standartları üzerinden bütüncül bir çerçevede ele alınmış ve özellikle standartlar düzeyinde eksik kalan alanlar için bir “kontrol listesi / rehber” oluşturulması hedeflenmiştir. Çalışma, literatürde Türkiye’de alüminyum giydirme cephe sistemlerinin hem bileşen üretim ve yapım hem de sistem tasarımı ve performans standartlarını birlikte ele alan kapsamlı bir çalışmanın bulunmadığı tespitinden hareketle, bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda tezde, önce cephe sistemi, performans ve standart kavramları tanımlanmış; cephe sisteminin tarihsel gelişimi ve sınıflandırması verilmiş, ardından çalışma kapsamında benimsenen sınıflandırma yöntemi sistematik olarak ortaya konmuştur. Yapılan literatür taraması ve sektör görüşmeleri sonucunda, sistemler yapım metoduna göre çubuk, panel ve yarı panel; cam bağlantısına göre ise kapaklı ve strüktürel silikonlu olarak ele alınmış, bu tipolojiler üzerinden alüminyum giydirme cephelerden beklenen taşıyıcılık, su, nem, ısı, ses, yangın ve dayanıklılık performansları ile ilgili gereksinimler detaylandırılmıştır. Çalışmada yalnızca kuramsal bir sınıflandırma yapılmakla kalmamış, Türkiye’de alüminyum profil ve sistem üreten firmalarla doğrudan temas kurularak üretim ve uygulama pratiğinin hangi standartlara dayandığı da araştırılmıştır. Literatür araştırmasıyla belirlenen alüminyum profil üreticisi 10 firmadan 5’i ile görüşülmüş; bu firmaların kullandıkları EN, DIN, BS ve TSE temelli malzeme ve üretim standartları derlenmiş, ayrıca QUALANOD ve QUALICOAT gibi yüzey işlem sertifikasyonlarının cephe performansı açısından kritik rolüne dikkat çekilmiştir. Bunun yanında sistem uygulayıcısı firmalarla yapılan görüşmeler, özellikle küçük ve orta ölçekli projelerde çoğu zaman teknik şartname bulunmadığını,

malzeme ve sistem seçimlerinin çoğunlukla müşteri talepleri ve fiyat odaklı gerçekleştirildiğini, şartname hazırlanıyorsa bile bunun malzeme listesi düzeyinde kaldığını ve performans standartlarını içermediğini ortaya koymuştur. Sektördeki bu parçalı ve standarttan kopuk yaklaşım, yalnızca sınırlı sayıdaki firmanın ASTM E283 ve EN 12152 gibi performans test standartlarına atıf yaptığının tespit edilmesiyle daha da belirginleşmiştir. Çalışmanın sonunda, literatür ve saha verileri birlikte değerlendirilerek alüminyum profil, EPDM fitil, ısı bariyeri ve strüktürel silikon gibi temel bileşenler ile sistem tasarım ve performans gerekliliklerini kapsayan, Türkiye’de uygulanacak alüminyum giydirme cephe sistemleri için önerilen standartları içeren ayrıntılı bir kontrol listesi geliştirilmiştir. Bu yönüyle tez, alüminyum giydirme cephe sistemlerinin yalnızca tipolojik ve performans odaklı tarifini yapmakla kalmayıp, tasarım ve uygulama sürecine doğrudan entegre edilebilecek normatif bir referans çerçevesi sunması bakımından literatüre önemli bir katkı sağlamaktadır (Çelebi, 2017).

Demirkale (2017), tez çalışmasında alüminyum giydirme cephe sistemlerini özellikle avantaj-dezavantaj dengesi ve çağdaş konut projelerindeki tasarım tercihleri üzerinden irdeleyen betimleyici bir çalışma olarak kurgulanmıştır. Çalışmada giydirme cephenin taşıyıcı olmayan bir bina kabuğu olarak iklimsel yükleri filtreleyen, iç-dış mekân ilişkisini düzenleyen ve güvenlik, enerji verimliliği, estetik gibi çok boyutlu gereksinimlere yanıt veren bir sistem olduğu vurgulanmakta; Direk (2003) ve benzeri kaynaklara atıfla cephe kabuğundan beklenen temel nitelikler (rüzgâr direnci, ısı kontrolü, ses konforu vb.) sistem seçiminde belirleyici çerçeve olarak ele alınmaktadır. Tezde, transparan giydirme cephelerden cam korkuluklara, özel tasarım kapaklı cephelerden perfore kompozit çift kabuk kaplamalara, stick ve klipsli sistemlerden güneş kırıcılar, mesh kompozit cepheler, seramik ve sinterflex kaplamalar gibi farklı ürün ve sistem tipolojileri ayrıntılı biçimde listelenmekte; bu çeşitlilik üzerinden alüminyum giydirme cephenin bir “ürün kataloğu”ndan ziyade, bir tasarım ve performans aracı olarak nasıl konumlandırıldığı ortaya konmaktadır. Çalışma, İstanbul’da uygulanan seçilmiş rezidans projelerini (Emaar Address, Akasya, Savoy, Gate of Anatolia vb.) örnek olay olarak ele alarak, bu projelerde tercih edilen cephe tipleri, birleşim detayları, köşe çözümleri ve genel cephe kurgusunu görseller ve uygulama aşamaları üzerinden okumakta; böylece teorik olarak tanımlanan avantaj ve dezavantajları gerçek projelerle ilişkilendirerek değerlendirmektedir. Bu bakış

açısıyla tez, alüminyum giydirmce cephe sistemlerini yalnızca teknik bileşenleri ve performans ölçütleri üzerinden değil, aynı zamanda güncel rezidans mimarisinde cephe dilini, tasarım trendlerini ve kullanıcı/işveren beklentilerini yansıtan bir tasarım aracı olarak ele alması bakımından literatüre uygulama odaklı ve örneklem zenginliği olan bir katkı sunmaktadır (Demirkale, 2017).

Sarar (2018), alüminyum giydirmce cephe taşıyıcı sistem seçimini çok kriterli karar verme (ÇKKV) yaklaşımıyla ele alarak literatürde daha çok tanımsal ve süreç odaklı incelenen konuyu sayısal bir karar modeli üzerinden irdelenmiştir. Çalışmada öncelikle alüminyum giydirmce cephelerin tarihsel gelişimi, tanımı, fiziksel performans beklentileri ve sistem sınıflandırmaları (çubuk, yarı panel, panel sistemler) ayrıntılı biçimde ortaya konulmuş; bu sınıflandırma yapılırken yapının yüksekliği, rüzgâr yükleri, taşıyıcılık, montaj hızı ve prefabrikasyon düzeyi gibi parametrelerin cephe davranışı üzerindeki etkisi vurgulanmıştır. Ardından, cephe taşıyıcı sisteminin seçimini yalnızca teknik ve estetik bir karar değil, maliyet, süre, depolama koşulları, uygulama zorluğu, iş güvenliği, işçilik hataları ve sistem karmaşıklığı gibi çok sayıda kriterin birlikte değerlendirilmesi gereken bir ÇKKV problemi olarak tanımlamıştır. Bu kapsamda Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi ile kriter ve alt kriterlerin görelı ağırlıkları belirlenmiş, karar vericinin hem objektif (maliyet, süre, fiziksel performans) hem de sübjektif (uygulama zorluğu, işçilik hatalarına duyarlılık vb.) değerlendirmelerini modele dâhil etmesine imkân tanıyan hiyerarşik bir yapı kurulmuştur. Devamında PROMETHEE yöntemi ile alternatif sistemler (çubuk, yarı panel, panel) arasındaki tercih ilişkileri incelenmiş ve AHP-PROMETHEE hibrit yaklaşımıyla farklı kriter düzeylerinden gelen bilgilerin bütünleşik bir karar çıktısına dönüştürüldüğü bir değerlendirme yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, her üç çözümde de panel sistemin “en uygun alüminyum giydirmce cephe taşıyıcı sistemi” olarak öne çıktığını, çubuk ve yarı panel sistemlerin ise kriter ağırlıklarına bağılı olarak sıralamada yer değıştirdiğini göstermektedir. Böylece çalışma, giydirmce cephe taşıyıcı sistem seçiminin, yalnızca tasarımcı deneyimine dayalı sezgisel bir karar değil; iyi tanımlanmış kriterler, sayısal ağırlıklandırmalar ve senaryo analizleriyle desteklenmesi gereken mühendislik temelli bir karar süreci olduğunu ortaya koymakta; çok kriterli karar verme yöntemlerinin cephe tasarımı ve sistem seçimi literatüründe kullanılabilirliğini gösteren uygulamalı bir örnek sunmaktadır (Sarar, 2018).

Gökay Koçak'ın (2019), “İnşaat Sektöründe Alüminyum Giydirme Cephe Sistemlerinde Karşılaştırmalı Maliyet Analizi” başlıklı tezinde, alüminyum giydirme cephe projeleri doğrudan yüklenici firma bakış açısıyla, çok ülkeli ve çok projeli bir maliyet okuması üzerinden ele alınmıştır. Çalışmada önce literatürdeki boşluğa işaret edilerek giydirme cepheler üzerine yapılan çalışmaların ağırlıklı olarak tasarım, sınıflandırma, yapısal/malzeme davranışı ve tasarım-yapım süreçlerine odaklandığı, buna karşın bütçe ve maliyet boyutunun yeterince derinlemesine incelenmediği vurgulanmakta; ardından Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile RS Means veri tabanlarındaki pozların alüminyum giydirme cephe özelinde yetersiz kaldığı ortaya konulmaktadır. Bu çerçevede tez, sektöründe uzun yıllardır faaliyet gösteren ve çok sayıda yurt içi ve yurt dışı proje tamamlamış bir firmanın veri tabanına dayanarak Türkiye, İngiltere, Amerika, Avrupa (Belçika-Fransa) ve Rusya’da gerçekleştirilen, panel sistem, çubuk sistem ve karma (panel+çubuk) sistemlerle tasarlanmış toplam 15 projenin maliyetlerini karşılaştırmalı olarak incelemektedir. CSI MasterFormat esas alınarak oluşturulan iş kırılım yapısı (WBS), metraj ve keşif listeleri üzerinden malzeme maliyetleri, Ar-Ge giderleri, proje ve imalat işçilikleri, ofis ve fabrika kaynaklı direkt ve dolaylı giderler, ithalat-ihracat kalemleri, şantiye işçilik ve şantiye genel giderleri detaylandırılmış; teklif, güncel, objektif ve final bütçesi aşamalarıyla cephe projelerinin bütçe yönetimi açıklanmıştır. Analizler sonucunda, malzeme maliyetlerinde en yüksek payın cam, ardından alüminyum ve çelik bileşenlerde toplandığı; ülkelere göre özellikle işçilik, şantiye giderleri ve ödeme koşullarının maliyet yapısını belirgin biçimde farklılaştırdığı; standart kamu/rehber pozlarının bu tür özelleşmiş cephe sistemlerinin gerçek maliyet yapısını yansıtmakta yetersiz kaldığı ve bu nedenle firma veri tabanlarına dayalı ayrıntılı maliyet tablolarının geliştirilmesinin zorunlu olduğu ortaya konulmuştur (Koçak, 2019).

Ahmad Kaveh Shams'ın Anadolu Üniversitesi'nde 2019 yılında tamamladığı “Alüminyum Giydirme Cephe Sistemlerinde Tasarım ve Uygulama İlkeleri: Polonya Örnekleri Üzerinden Bir Araştırma” başlıklı yüksek lisans tezinde, alüminyum giydirme cephe sistemleri hem kuramsal çerçeve hem de seçilmiş yapı örnekleri üzerinden sistematik biçimde ele alınmaktadır. Çalışmada, teknolojik gelişmelerle birlikte taşıyıcı iskeletin çerçeve sisteme dönüştüğü, geleneksel yığma dış duvarların yerini taşıyıcılık işlevi olmayan hafif giydirme cephelerin aldığı vurgulanmakta; Sanayi Devrimi sonrasında alüminyum ve cam üretiminin kolaylaşmasının alüminyum

giydirmeye cephe sistemlerinin ortaya çıkışında belirleyici rol oynadığı belirtilmektedir. Bu bağlamda tez, alüminyum giydirmeye cephelerin yapım tekniklerine, tasarım metotlarına ve kullanılan cam çeşitlerine göre sınıflandırılmasını, çağdaş mimaride yoğun kullanılan bu sistemlerde kullanım sırasında ortaya çıkan sorunların saptanmasını ve tasarım/uygulama öncesi en uygun sistemin seçimine yönelik bir değerlendirme stratejisinin kurulmasını amaçlamaktadır. Çalışmanın yöntemi, uluslararası standart ve yönetmeliklerdeki performans değerlerini esas alan nitel doküman analizi ve literatür taraması ile, Polonya'daki sekiz farklı yapı üzerinden yürütülen nicel veri analizi bileşiminden oluşmaktadır; çeşitli alüminyum giydirmeye cephe yapım teknikleri, tasarım yöntemleri ve cam tiplerine ilişkin sınıflandırma literatürü üzerinden oluşturulmakta, seçilen örnekler de yine literatür taramasıyla belirlenip nicel verilerle analiz edilmektedir. Kuramsal bölümde cephe, yalnızca iç-dış mekânı ayıran bir yüzey değil, çevreye karşı sürdürülebilir ve duyarlı olması gereken bir bina kabuğu olarak tanımlanmakta; Brookes (1998) ve Murray Scott (2009) gibi yazarların tanımları üzerinden giydirmeye cephenin, taşıyıcı çerçevenin önüne asılan ve yükünü ankrajlarla taşıyıcı sisteme aktaran, kendisi taşıyıcı olmayan bir sistem olduğu vurgulanmaktadır. Bu çerçevede sistem; “ağır” ve “hafif” giydirmeye cephe ayrımı ile, yapım sistemi açısından yapışma (çerçeve/stick), yarı panel ve panel sistemler şeklinde sınıflandırılmakta; ısı ve ışık kontrolü, su-hava-nem geçirimi, akustik performans, yangın güvenliği, rüzgâr ve sismik hareketler ile kullanıcıdan kaynaklanan faktörler başlıca performans kriterleri olarak detaylı biçimde ele alınmaktadır. Uygulama bölümünde Polonya'daki Puyawski Bilim ve Teknoloji Parkı, Alchemia III, Westin Hotel, LOT Polish Airlines Genel Müdürlük Binası, Prosta Tower, Sky Tower, Pomeranian Bilim ve Teknoloji Parkı ve Double Tree by Hilton gibi sekiz farklı yapı seçilerek, bu yapılarda kullanılan alüminyum giydirmeye cephe sistemleri taşıyıcı sistem tipi, uygulama sistemi (panel/çubuk), teknik performans değerleri (ısı geçiş katsayısı, hava ve su sızdırmazlık sınıfları, rüzgâr yükü dayanımı, akustik yalıtım düzeyi vb.) ile avantaj ve dezavantajları üzerinden karşılaştırmalı olarak analiz edilmektedir; örneğin Alchemia III binasında panel sistemle çözülen cephede, 1,56-2,83 W/m²K aralığında ısı transfer katsayıları, AE-1200 Pa hava sızdırmazlık, RE-1200 Pa su sızdırmazlık sınıfları ve 2400 Pa rüzgâr yükü dayanımı gibi değerler, sistemin performans profilini tanımlamak için kullanılmaktadır. Bu teknik çözümlemeler, yangın anındaki davranış, güneş radyasyonunun kontrolü, ısı kayıpların azaltılması ve çevresel koşullara uyum

gibi kriterlerle birlikte ele alınarak her örnek için tasarım ve uygulama ilkelerinin nasıl somutlaştığı tartışılmakta; sonuç bölümünde ise farklı alüminyum cephe sistemlerinin temel faktörler (yapısal, fiziksel, akustik, çevresel ve kullanıcı konforu odaklı) açısından değerlendirilmesi ve gürültü kontrolü bağlamında okunmasıyla, iklim verileri, cam seçimi, sistem tipolojisi ve kullanıcı beklentileri arasında kurulması gereken dengenin altı çizilmekte, doğru sistem seçiminin hem performans hem de sürdürülebilirlik açısından belirleyici olduğu vurgulanmaktadır (Shams, 2019).

Saban (2021), tez çalışmasında, alüminyum giydirme cephe sistemlerini hem kuramsal hem de uygulamaya dönük olarak ele alarak, kavramın tarihsel gelişimi, sınıflandırılması ve performans kriterlerini bütünlüklü bir çerçeve içinde incelemektedir. Çalışmada önce cephe kavramının oluşumu, giydirme cephe sistemlerinin tarihçesi, sistem tipleri ve bu sistemlerden beklenen ısı, yapısal, akustik ve enerji performansı gibi kriterler ayrıntılı biçimde analiz edilmekte; ardından gelişmiş inşaat standartlarına sahip ülkelerdeki alüminyum giydirme cephe tasarım ve uygulama süreçleri ile Türkiye'deki mevcut uygulamalar karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma üzerinden, özellikle Türkiye'de cephe-taşıyıcı sistem etkileşiminde ortaya çıkan sorunlar, paydaşlar arası entegrasyon eksikliği, tasarım-imalat-montaj zincirinin kopuklukları ve yapı bilgi modellemesi (BIM) gibi teknolojilerin yetersiz kullanımından kaynaklanan aksaklıklar örnek durumlar üzerinden tartışılmakta; altıncı bölümde cephe-taşıyıcı sistem etkileşimi ve karşılaşılan sorunlara ilişkin çözüm yolları sistematik olarak analiz edilmektedir. Böylece tez, uluslararası iyi uygulama örneklerini Türkiye bağlamı ile karşılaştıran, problem odaklı ve çözüm önerisi geliştiren analitik bir bakış açısı ortaya koymaktadır (Saban, 2021).

Kamış'ın (2023), çalışması İstanbul'daki orta ölçekli bir konut yapısında mevcut mantolama sistemine sahip dış kabuğun, alüminyum giydirme cephe sistemiyle yenilenmesi durumunda ortaya çıkacak enerji tüketimi ve karbon emisyonu farklarını birlikte değerlendiren bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır. Çalışmada önce mevcut binanın duvar, pencere ve yalıtım bileşenleri detaylandırılarak ısı geçirgenlik katsayıları hesaplanmış, ardından aynı yapı için alüminyum profiller, kompozit paneller, taş yünü dolgular ve çift katmanlı camlardan oluşan alternatif bir giydirme cephe detayı tasarlanmıştır; bu iki senaryo e-Quest yazılımı üzerinden yıllık elektrik ve gaz tüketimi açısından simüle edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, alüminyum giydirme

cephe ile kaplanan “dizayn bina” modelinin, mantolama yalıtımlı mevcut binaya kıyasla yıllık enerji yoğunluğunu yaklaşık %25 oranında azalttığını, elektrik ve ısıtma enerjisi talebinde belirgin düşüşler sağladığını göstermektedir. Öte yandan çalışma yalnızca işletme dönemine odaklanmayıp, One Click LCA tabanlı yaşam döngüsü analizi (YDA) ile her iki cephe çözümünün A1-A3 (malzeme üretimi), A4 (taşıma), B4-B5 (değişim/onarım) ve C1-C4 (yaşam sonu) aşamalarındaki gömülü karbon etkilerini de karşılaştırmakta; böylece enerji verimliliği ile çevresel etki arasındaki gerilimi açığa çıkarmaktadır. Analizler, alüminyum giydirme cephe sisteminin operasyonel enerji tüketimini anlamlı biçimde düşürmesine rağmen, alüminyum profiller, kompozit paneller ve çift camlı ünitelerin yüksek enerji yoğunluklu üretim süreçleri nedeniyle toplam CO₂ emisyonunu 444 kgCO₂e/m²’den 522 kgCO₂e/m²’ye yükselttiğini, yani somutlaştırılmış karbon sınıflandırmasında yapının “D” sınıfından “E” sınıfına gerilediğini ortaya koymaktadır. Bu yönüyle tez, alüminyum giydirme cephe sistemlerinin sadece ısı performans ve kullanıcı konforu açısından değil, yaşam döngüsü temelli çevresel etkiler bağlamında da ele alınması gerektiğini vurgulamakta; tasarım kararlarının, yalıtım kalınlığı, cam seçimi, gölgelik kullanımı, malzeme kombinasyonları ve cephe sisteminin tüm bileşenleri üzerinden birlikte değerlendirilmesi gerektiğine işaret eden eleştirel ve karşılaştırmalı bir perspektif sunmaktadır (Kamış, 2023).

Karamehmet (2024), tez çalışmasında alüminyum giydirme cephelerde panel ve çubuk (stick) sistemleri ısı performansı ve yoğuşma riski açısından karşılaştırmak için hem uzman görüşlerine dayalı nitel değerlendirme hem de EN ISO 12631’e dayalı sayısal ısı hesabını birleştiren iki aşamalı bir çerçeve kurmaktadır. Çalışmada önce yapı kabuğunun konfor ve performans gereklilikleri (ısı kontrolü, yoğuşma, su-hava geçirimsizliği, dayanıklılık vb.) tanımlanmakta, alüminyum giydirme cephe sistemleri montaj tekniğine göre panel ve stick olarak sınıflandırılmakta ve bu sistemlerden mimari talepler, yapı fiziği, tolerans-statik, montaj ve bakım-onarım başlıkları altında beklentiler tartışılmaktadır. Ardından mimar, mühendis ve uygulamacılardan oluşan bir uzman odak grup çalışmasıyla, panel ve stick sistemlere ilişkin “tasarım esnekliği, su sızdırmazlığı, montaj kalitesi, uygulama süresi, bina hareketlerine tolerans, bakım zorluğu, çevresel koşullara uyum” gibi ifadelerle Likert ölçeğinde puanlar verilmiş; sonuçta panel sistemin özellikle montaj kalitesi, uygulama süresi, bakım kolaylığı ve statik tolerans açılarından daha avantajlı, stick sistemin ise tasarım esnekliği ve şantiye

koşullarına uyarlanabilirlik anlamında öne çıktığı; ısı performansı ve yoğuşma konusunda ise uzmanların bilgi seviyesinin görece dağınık olduğu görülmüştür (Karamahmet, 2024).



İKİNCİ BÖLÜM

ALÜMİNYUM GIYDIRME CEPHE SİSTEMLERİNİN TANIMI VE TARİHÇESİ

Alüminyum giydirme cephe sistemleri, modern yapı teknolojisinin en karakteristik bileşenlerinden biri olarak, taşıyıcı sistemden bağımsız çalışan, kendi ağırlığını ve maruz kaldığı çevresel yükleri yalnızca ankraj noktaları aracılığıyla binanın strüktürüne aktaran hafif fakat yüksek performanslı cephe elemanlarıdır. Giydirme cephelerin temel işlevi, yapı içi ile dış ortam arasında bir arayüz oluşturarak ısı, ses, nem, rüzgâr ve güneş ışınımı gibi çevresel etkilerin kontrolünü sağlamak; aynı zamanda estetik, şeffaflık, geçirgenlik veya mahremiyet gibi mimari beklentilere cevap verebilen çok yönlü bir kabuk oluşturmak üzerine kuruludur. Bu nedenle alüminyum giydirme cephe sistemleri, yalnızca bir bina yüzeyi değil, aynı zamanda iç mekân konforunu, enerji performansını ve yapısal bütünlüğü doğrudan etkileyen karmaşık bir mühendislik bileşeni olarak ele alınmalıdır (Gür, 2001).

Giydirme cepheler, uluslararası literatürde “curtain wall” olarak tanımlanmakta ve bu ifade hem metal-cam kombinasyonundan oluşan hafif cepheleri hem de doğal taş, kompozit panel veya beton elemanlarla tasarlanan ancak taşıyıcılık fonksiyonu bulunmayan cephe kaplamalarını kapsamaktadır. Yapısal bir destek sağlamayan bu sistemler, döşeme veya kolon önünden geçerek adeta bir perde gibi binanın dış yüzeyine asılır ve yalnızca kendi ölü yükleri ile maruz kaldıkları rüzgâr yüklerini taşıyıcı sisteme iletir. Bu özellikleri, giydirme cepheleri geleneksel yığma duvarlardan tamamen farklı bir konstrüksiyon anlayışına taşımaktadır (Boswell, 2013).

Alüminyumun giydirme cephelerde kullanılmasının temel nedeni; hafifliği, kolay şekillendirilebilirliği, yüksek korozyon direnci, iyi ısı yansıtma kabiliyeti ve geri dönüştürülebilir olmasıdır. Çeliğe göre yaklaşık üç kat daha hafif olan alüminyumun düşük yoğunluğu, hem imalat hem de montaj süreçlerini kolaylaştırmakta, büyük açıklıkların ekonomik ve estetik kayıplara neden olmadan kapatılmasına olanak tanımaktadır. Bunun yanında alüminyum profillerin istenilen geometriye uygun olarak ekstrüde edilebilmesi, cephe tasarımcılarına özgür bir form oluşturma imkânı sunmaktadır. Bu yüzden alüminyum, günümüzde sürdürülebilirlik

kriterleriyle uyumlu, uzun ömürlü ve teknik performansı yüksek cephe sistemlerinin vazgeçilmez ana malzemesi haline gelmiştir (Müller, 2011).

2.1. Alüminyum Giydirmce Cephe Sistemlerinin Tanımı

Bina kabuğunun tarihsel gelişimi incelendiğinde, dış duvarların uzun yıllar boyunca taşıyıcı sistemin ayrılmaz bir parçası olduğu görülmektedir. Ancak çelik ve betonarme iskelet sistemlerin yaygınlaşmasıyla birlikte dış duvarın yük taşıma zorunluluğu ortadan kalkmış ve duvar, taşıyıcı olmaktan çok ayırıcı bir kabuk niteliğine bürünmüştür. Bu dönüşüm, giydirmce cephe sistemlerinin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır.

Alüminyum giydirmce cephe, binanın strüktüründen bağımsız olarak çalışan; rüzgâr, sıcaklık farkları, yağmur, kar, güneş ışınlamı gibi çevresel etkileri karşılayabilen ve bu yükleri ankraj bağlantıları aracılığıyla taşıyıcı sisteme ileten dış cephe sistemidir. Bu sistem; dikey taşıyıcı profiller, yatay kayıtlar, cam veya panel dolguları, contalar, yalıtım katmanları ve bağlantı elemanlarının bir bütün olarak çalışmasıyla fonksiyon kazanır. Bu cepheler yalnızca bir kaplama elemanı değil; ısı yalıtımı, hava geçirimsizliği, su geçirimsizliği, ses yalıtımı ve deprem etkilerine uyum gibi performans kriterlerini karşılayan, yüksek mühendislik gerektiren modüler yapı bileşenleridir. Günümüzde cephe tasarımı estetik kaygıların ötesine geçerek, enerji etkinliği ve sürdürülebilirlik bağlamında bir mühendislik problemi olarak ele alınmaktadır. Bu nedenle alüminyum giydirmce cephe, hem mimari hem yapısal hem de fiziksel performans başlıklarında bütüncül bir sistem yaklaşımı gerektirir (Oraklıbel, 2014).

2.2. Tarihsel Gelişimi

Giydirmce cephelerin tarihsel gelişimi, yapı malzemelerindeki yenilikler ve mimari akımların dönüşümüyle paralel ilerlemiştir. İlk kez 19. yüzyılın başlarında, dökme demirin yapılarda kullanılmasıyla cepheler taşıyıcı nitelikten arındırılmış ve dış kabuğun iskelete asıldığı sistemlerin ilk örnekleri ortaya çıkmıştır. 1851 yılında Joseph Paxton tarafından tasarlanan Crystal Palace, tamamen cam ve metalden oluşan şeffaf cephesiyle giydirmce cephe sistemlerinin modern anlamdaki öncülerinden biri olarak kabul edilmektedir (Allen ve Iano, 2009).

Alüminyumun yapıda kullanımını mümkün kılan en önemli gelişme ise 1886 yılında elektroliz yöntemiyle ekonomik şekilde üretilebilir hale gelmesidir. 20. yüzyılın ilk yarısında alüminyumun hafifliği ve işlenebilirliği, yüksek binaların tasarımında önemli avantaj sağlamış; özellikle Empire State Building gibi ikonik yapılarda alüminyum doğrama, parapet ve dekoratif elemanlar yoğun olarak kullanılmıştır. Aynı dönemde cam teknolojisinin gelişmesi, özellikle temperli ve lamine camların güvenli bir şekilde üretilebilir hale gelmesiyle birlikte cephelerde şeffaf yüzeylerin yaygınlaşmasına imkân tanımıştır (Allen ve Iano, 2009).

II. Dünya Savaşı sonrasında prefabrikasyon tekniklerinin yaygınlaşması ve modernist mimari anlayışın etkisiyle cepheler, yapıdan bağımsız, modüler ve hafif elemanlardan oluşan bir kabuk olarak yeniden kurgulanmıştır. 1950’lerde ekstrüde alüminyum profillerin endüstriyel üretime geçmesi, giydirme cephe teknolojisinin gelişmesinde belirleyici bir kırılma noktası olmuştur. 1960’larda ise strüktürel silikon uygulamaları ve büyük boyutlu cam levhaların kullanımıyla “tam cam cephe” anlayışı doğmuştur (Knaack vd., 2007).

1970’lerde yaşanan enerji krizleri, cephe tasarımını yalnızca estetik bir ifade olmaktan çıkarıp enerji verimliliği, ısı kontrolü ve sürdürülebilirlik gibi parametreleri odağa alan bir mühendislik sorunu haline getirmiştir. Bu dönemden itibaren çift cidarlı cepheler, güneş kırıcı sistemler ve yüksek performanslı cam teknolojileri yaygınlaşmış; cephe, binanın enerji dengesini belirleyen ana bileşenlerden biri olmuştur (Knaack vd., 2007).

Günümüzde giydirme cephe sistemleri, akıllı bina otomasyonlarıyla entegre olabilen, doğal havalandırmayı destekleyen, güneş ışığını kontrol ederek yapının enerji gereksinimlerini optimize eden ve yapı fiziği açısından çok katmanlı performans sunabilen gelişmiş mühendislik sistemlerine dönüşmüştür. Alüminyum ise bu dönüşümün merkezinde yer alan, modern mimarinin estetik ve teknik gereksinimlerini karşılayabilen en başarılı cephe malzemelerinden biridir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ALÜMİNYUM GIYDIRME CEPHE SİSTEMLERİNİN

SINIFLANDIRILMASI

Alüminyum giydirme cephe sistemleri, mimari tasarımın teknik gereklilikleriyle estetik beklentileri bir araya getiren, yapıya dış ortamla ilişkisini düzenleyen ve farklı performans kriterlerini aynı kabuk altında karşılayabilen özel yapı elemanlarıdır. Bu sistemlerin gelişim süreci, malzeme teknolojisindeki ilerlemeler, üretim yöntemlerindeki çeşitlenme ve modern mimarinin şeffaflık, hafiflik ve esnek tasarım taleplerinin artmasıyla birlikte önemli ölçüde zenginleşmiştir. Dolayısıyla alüminyum giydirme cephelerin sınıflandırılması, yalnızca bir tipoloji çalışması değil; sistemlerin yapım yöntemini, taşıyıcı çerçeve davranışını, cam-profil etkileşimini ve cephe performansını doğrudan etkileyen temel bir mühendislik gerekliliğidir.

Literatürde konuya ilişkin birçok farklı sınıflandırma yer almaktadır. Aygün (1996), Kazmierczak (2010), Boswell (2013), Şenkal (2003) gibi araştırmacıların çalışmaları incelendiğinde, cephelerin; malzeme türü, bağlantı şekli, taşıyıcı ızgara yapısı, camın yerleşim biçimi, kabuk sayısı ya da montaj tekniği gibi çeşitli ölçütlere göre ayrıştırıldığı görülmektedir. Bu çeşitlilik, giydirme cephe sistemlerinin tek bir ölçütle tanımlanamayacak kadar çok değişkene sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte uluslararası standartlar içinde en sık kullanılan yaklaşım TS EN 13830'da belirtilen sınıflandırmadır. Bu standarda göre cephe sistemlerinin ana ayrımı, montaj biçimi esas alınarak yapılmakta; sistemler çubuk, panel ve modüler yapı gruplarında değerlendirilmektedir.

Ancak uygulamada yalnızca montaj yöntemi, giydirme cephelerin özelliklerini açıklamak için yeterli olmamaktadır. Bağlantı ayrıntıları ve cephe yüzeyinin dışarıdan algılanışını etkileyen cam tutucu sistemler de önemli bir belirleyici olarak karşımıza çıkar. Bu nedenle birçok kaynakta sistemler; kapaklı, silikon (strüktürel) ya da yarı kapaklı yüzey düzenlemelerine göre de sınıflandırılmaktadır. Bağlantı türünün değişmesi, cephe yüzeyinde elde edilen estetik görünüm kadar sızdırmazlık performansı, bakım gereklilikleri ve cam-profil bütünleşmesinin davranışı açısından da farklı sonuçlar doğurmaktadır.

Bir diğerk yaygın sınıflandırma ölçütü ise cephe panellerinin ağırlığıdır. Şenkal'ın (2003) belirttiğı gibi, 100 kg/m²'nin üzerinde kalan sistemler ağır giydirme cephe olarak tanımlanırken, hafif sistemler genellikle alüminyum-cam bileşenlerden oluşmakta ve özellikle yüksek yapılarda daha avantajlı bir çözüm sunmaktadır. Ağırlık, yalnızca taşıyıcı sistem üzerindeki yükler açısından değil, aynı zamanda montaj süresi, vinç ihtiyacı, maliyet ve deprem davranışı gibi mühendislik parametrelerinde de belirleyici rol oynamaktadır.

Bu tez kapsamında, literatürde yer alan farklı sınıflandırmalar değerlendirilmiş; uygulamada en çok karşılık bulan üç temel ölçüt esas alınarak bir çerçeve oluşturulmuştur. Buna göre alüminyum giydirme cephe sistemleri;

- a) Montaj Tekniğine,
- b) Bağlantı Biçimine,
- c) Ağırlık Kriterine

göre ele alınmış ve sistemlerin teknik ayrışması bu üç başlık altında değerlendirilmiştir. Montaj tekniğı; çubuk, panel ve yarı panel sistemleri kapsamaktadır. Bağlantı biçimi; kapaklı, silikon (strüktürel) ve yarı kapaklı sistemleri içermektedir. Ağırlık kriteri ise cepheyi hafif ve ağır giydirme cephe olarak iki temel kategoriye ayırmaktadır. Böylece hem ulusal standartlarla uyumlu hem de sektörde kullanılan terimlerle örtüşen kapsamlı bir sınıflandırma elde edilmiştir.

Bu bölümde sunulan sınıflandırma, sonraki alt başlıklarda sistemlerin teknik işleyişinin ayrıntılı değerlendirilmesine temel oluşturmaktadır. Her bir sistem türünün yapısal özellikleri, performans kriterleri ve uygulama avantajları ilerleyen alt bölümlerde ayrıntılı şekilde ele alınacaktır.

3.1. Montaj Tekniğine Göre Sistemler

Alüminyum giydirme cephe teknolojilerinin çeşitliliğı, günümüz modern yapılaşmasının hızla artmasıyla birlikte oldukça geniş bir yelpazeye yayılmıştır. Bugün mimarlık ve mühendislik disiplinlerinde kullanılan cephe tasarımları, sayısız varyasyon üretmeye imkân tanıyan malzeme ve yöntem seçeneklerine sahiptir. Bu çeşitlilik, tüm giydirme cephe tiplerinin kesin çizgilerle kategorize edilmesini güçleştirmekte; bu nedenle literatürde sınıflandırmalar genellikle cephelerin üretim

şekilleri, montaj teknikleri ve performans gereksinimleri üzerinden yapılmaktadır (AAMA, 1996).

Bu çerçevede alüminyum cephe duvarları ilk aşamada “özel (custom)” ve “standart (standard)” sistemler olarak iki temel grupta değerlendirilir. Özel cephe tasarımları, belirli bir yapıya özgü geliştirilen, mimarın estetik beklentileri ve yapının performans gereksinimlerine göre şekillenen sistemlerdir. Bu sistemlerde çoğunlukla, tasarım esnekliği ve mimari ifade özgürlüğü ön planda tutulur. Buna karşılık standart cephe sistemleri daha çok endüstriyel ölçekte kabul görmüş modülleri ve üretim yöntemlerini temel alır; tekrarlanabilir, ekonomik ve kolay uygulanabilir çözümler sunduğundan geniş uygulama alanı bulur.

Bu iki ana cephe tipi, montaj yöntemleri esas alınarak beş farklı sistem sınıfı altında incelenebilir. Örneğin:

- a) Ünite ve kayıt sistemi (unit-and-mullion system) mimari açıdan özel tasarım esnekliği sunduğu için özel cephe kategorisinde değerlendirilir.
- b) Çubuk sistem (stick system) ise daha standart bir üretim ve montaj düzenine sahip olduğundan standart cephe duvarı olarak tanımlanır.
- c) Kolon ve parapet kapatan sistemler (column-cover-and-spandrel systems) mimari ifadenin güçlü olduğu projelerde özel cephe tasarımı kapsamında yer alırken, endüstriyel tip standart cephe duvarları genellikle tekrarlanabilir modüllerin kullanıldığı projelerde tercih edilmekte ve seri üretime olanak tanımaktadır.

Bu noktada önemli olan husus, özel cephe duvarlarının üretim mantığının, beş temel sistem tipinin tamamında uygulanabilir nitelikte olmasıdır. Yani özel cephe tasarımları, hem çubuk sistemde hem panel sistemlerinde hem de farklı hibrit yöntemlerde kullanılabilir. Buna karşılık, standart cephe duvarlarında uygulama alanı daha sınırlıdır. Standart sistemler çoğunlukla çubuk, ünite ve ünite-kayıt sistemlerinde yaygın biçimde kullanılabilir; panel sistem veya kolon-parapet kaplama sistemlerinde yalnızca belirli durumlarda, daha kısıtlı şekilde uygulama yapıldığı görülmektedir.

Montaj tekniğine göre yapılan bu sınıflandırma, günümüzde cephe mühendisliğinin temellerinden biri hâline gelmiştir. Çünkü seçilen sistem yalnızca estetik bir karar değil; aynı zamanda üretim sürecini, maliyeti, şantiyede harcanan iş

gücünü, montaj hızını, bakım gereksinimlerini ve cephenin performansını doğrudan belirleyen teknik bir seçimdir. Bu nedenle modern cephe tasarım süreçlerinde montaj yöntemine göre yapılan ayırım, mühendislik açısından proje yönetiminden malzeme seçimine kadar birçok kritik parametreyi etkileyen stratejik bir karardır.

Bu yaklaşım doğrultusunda, güncel literatürde ve sektörel uygulamalarda montaj tekniğine göre giydirme cephe sistemleri üç temel ana başlık altında toplanmaktadır:

- a) Çubuk (Stick) Sistemler
- b) Panel (Ünite) Sistemler
- c) Yarı Panel Sistemler

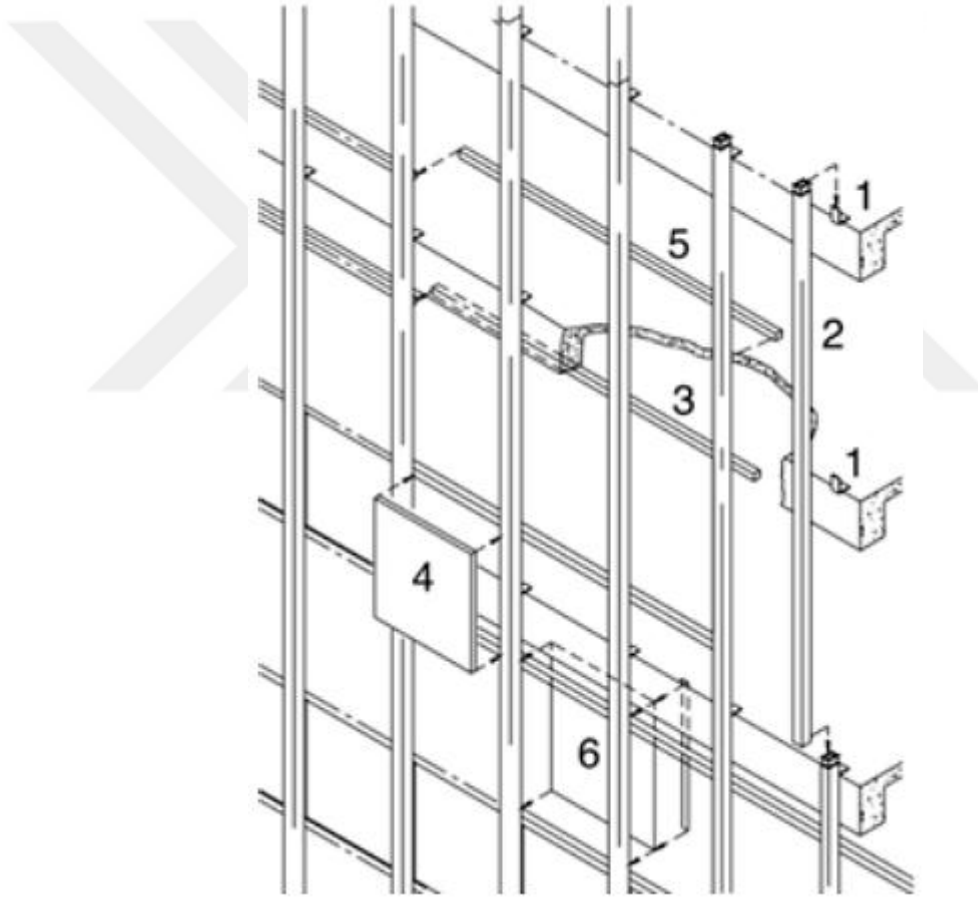
Bu üç sistem, gerek üretim süreçlerindeki farklılıklar gerek montaj sıraları gerekse taşıyıcı elemanların hazırlanma yöntemleri açısından birbirinden ayrılır. Dolayısıyla bir sonraki başlıklarda her bir sistem ayrıntılı olarak ele alınacak, teknik işleyiş biçimleri, avantaj-dezavantaj analizleri ve kullanım senaryoları detaylı şekilde açıklanacaktır.

3.1.1. Çubuk (Stick) Sistem

Çubuk (stick) sistem, alüminyum giydirme cephe teknolojileri içerisinde hem tarihsel gelişim hem de güncel uygulama sıklığı bakımından en temel ve en yaygın kullanılan montaj yöntemlerinden biridir. Sistem; düşey (mullion) ve yatay (transom) profillerin şantiye ortamında bir araya getirilerek taşıyıcı bir cephe ızgarasının oluşturulmasına dayanır. Bu açıdan bakıldığında stick sistem, giydirme cephe uygulamalarının en “yerinde montaj” odaklı sistemlerinden biri olarak tanımlanabilir. Literatürde AAMA (1996), Şenkal (2005), Doğan (2013) ve Yalaz (2018) gibi birçok çalışma, sistemin kullanım alanı, performans karakteri ve yapısal davranışını ayrıntılı biçimde açıklamaktadır.

Stick sistemin temel prensibi, belirlenen aks aralıkları doğrultusunda düşey taşıyıcı profillerin yapının betonarme döşemelerine veya kolonlarına sabitlenmesi ve ardından bu profiller arasına yatay elemanların yerleştirilerek bir cephe çerçevesi oluşturulmasıdır. Profillerin büyük kısmı fabrika ortamında boy kesim, kanal açımı, delik hazırlığı gibi ön işlemlerden geçirilse de, sistemin asıl karakteristiği, birleşimlerin ve elemanların önemli bölümünün sahada tamamlanmasıdır. Bu nedenle

ubuk sistem, atölye-şantiye entegrasyonunun yoğun olduğu bir cephe yapım tekniğini temsil eder. Sistem iki farklı taşıyıcı anlayışla kurgulanabilmektedir: düşey taşıyıcılı ve yatay taşıyıcılı sistemler. Düşey taşıyıcılı uygulamalarda yük aktarımının büyük kısmı mullion profiller üzerinden gerçekleşir. Bu profiller rüzgâr, deprem, ısı farklarından kaynaklanan genleşme etkileri ve cepheye etki eden tüm düşey-yatay yükleri bağlantı noktalarıyla yapının ana taşıyıcı sistemine iletir. Uygulamada en sık tercih edilen yaklaşım da bu modeldir. Yatay taşıyıcılı sistemlerde ise taşıyıcı rol transom profillerine verilse de, özellikle yüksek yapıların davranışı dikkate alındığında düşey taşıyıcılı modeller daha güvenli, öngörülebilir ve hesaplanabilir performans sunmaktadır.



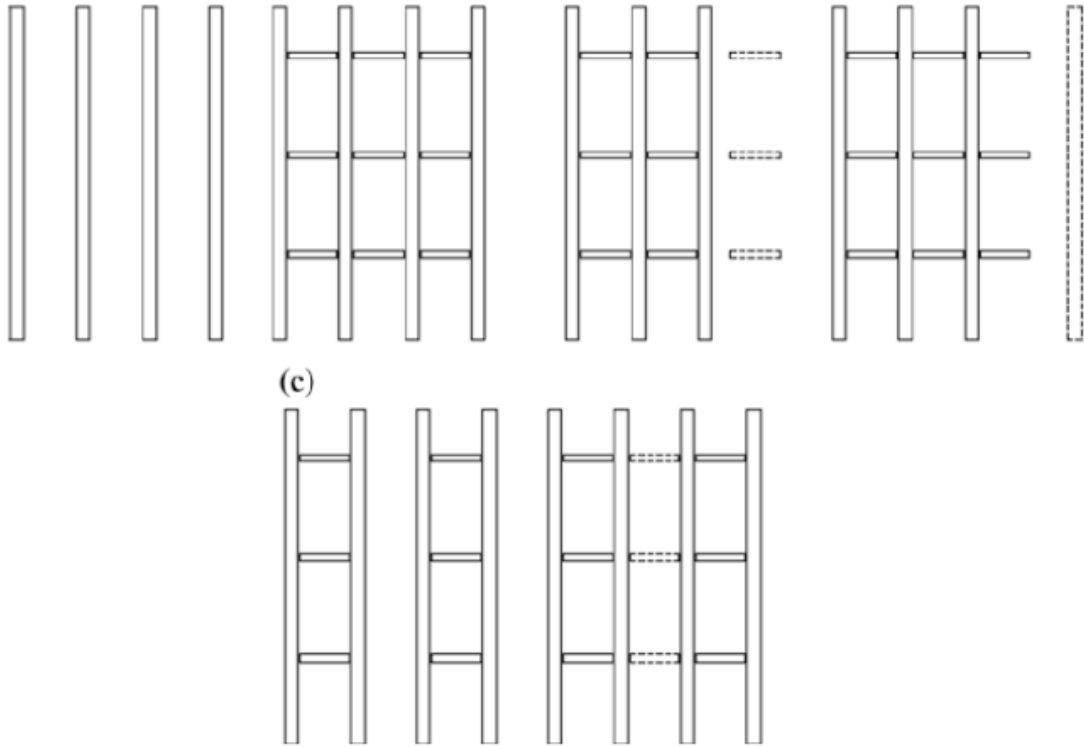
Şekil 1. ubuk Sistem Montaj Kesiti (AAMA,2005)

Şekil 1’de gösterilen çubuk sistem elemanları aşağıdaki gibidir:

- a) Ankraj
- b) Düşey Profil
- c) Yatay Profil

- d) Panel (İsteğe göre emaye cam ya da kompozit gibi malzemelerden oluşan)
- e) Ara Yatay Bağlantı Profili
- f) Vizyon Cam

Stick sistemin uygulama güvenliği açısından en kritik unsurlarından biri, dilatasyon davranışının doğru tasarlanmasıdır. Ardışık düşey profillerin birleşim noktalarında ısı farkları, gün içi sıcaklık değişimleri veya yapının oturma hareketleri nedeniyle oluşabilecek genleşmenin tolere edilebilmesi için “hareketli birleşim detayları” kullanılır. Bu amaçla bir profilin içine geçen ancak sabitlenmeyen özel dilatasyon profilleri uygulanır. Bu detay sayesinde profil, rüzgâr yükleri ve ısı hareketleri altında serbestçe çalışabilir; aksi durumda cam kırılması, profil deformasyonu veya bağlantı elemanlarında zorlanma gibi sorunlar kaçınılmaz hale gelir.



Şekil 2. Yapışma (Çerçeve) yapım sistemi için farklı birleştirme türleri (Şenkal, 2005)

Sistemin sahada tamamlanması, hem tasarımsal esneklik hem de montaj aşamasında yapıdaki toleransların yerinde karşılanabilmesi açısından avantaj sunar. Ancak bu durum, sistemin işçilik kalitesine bağlı olduğunu ve montaj süresinin diğer sistemlere kıyasla daha uzun olabildiğini de göstermektedir. Çubuk sistemlerin hareket

toleransı yaklaşık 1-2 mm aralığıyla sınırlıdır. Bu nedenle, özellikle yüksek katlı yapılarda rüzgârla oluşan katlar arası öteleme, termal genleşme veya deprem hareketleri gibi etkilerden doğabilecek deformasyonları karşılamak için sahada yapılan montaj aşaması kritik önemdedir. Panel ve yarı panel sistemlerde fabrika ortamında sağlanan kalite kontrol avantajı, stick sistemde büyük ölçüde montaj ekibinin deneyimine bağlıdır.



Şekil 3. Çubuk Sistem Detay Kesiti (Sapa Sistem Kataloğu)

Stick sistem cephelerde dolgu bileşenleri -vizyon cam, emaye cam, kompozit panel, doğal taş kaplama vb.- genellikle montajın saha aşamasında yerleştirilir. Bu nedenle kapaklı, yarı kapaklı veya silikon cephe gibi bağlantı biçimlerinin çoğu stick sistem ile uygulanabilir. Dolgu bileşenlerinin profillere bağlandığı noktalarda ısı geçirimsizliğin sağlanması için EPDM fitiller kullanılır. Opak dolgu birimlerinde metal tava sistemi ile hava ve buhar geçirimsizliği sağlanır; iç bölgelere yüksek yoğunluklu yalıtım malzemeleri (taş yünü, cam yünü vb.) eklenir.

Stick sistemin en belirgin avantajları; daha düşük maliyet, mimari tasarımda esneklik, kolay modifiye edilebilirlik ve farklı malzemelerin cepheye entegre edilebilmesidir. Ayrıca profillerin büyük boyutlara ulaşabilmesi, özel geometri gerektiren cephelerde çözüm üretmeyi kolaylaştırır. Bununla birlikte sistemin en

önemli dezavantajları; uzun montaj süresi, hava koşullarından etkilenme riski, yüksek işçilik hassasiyeti ve montaj hatalarına açık olmasıdır. Özellikle kış aylarında veya rüzgâr yükü yüksek bölgelerde yapılan montajlarda platform ve iskele ihtiyacı, uygulama sürecini doğrudan etkileyen faktörlerdir.



Şekil 4. Çubuk sistem giydirme cephe montaj yöntemi (soldan sağa).

Tüm bu özellikler değerlendirildiğinde stick sistem; ekonomik oluşu, neredeyse tüm dolgu malzemeleri ile uyum sağlaması, mimari esneklik sunması ve ülkemizdeki üretim-montaj alışkanlıklarına uygunluğu nedeniyle halen en yaygın kullanılan giydirme cephe sistemi olmayı sürdürmektedir. Ancak sistemin performansı, uygulanacak yapının yüksekliği, maruz kalacağı çevresel yükler ve işçilik kalitesi dikkate alınarak mühendislik hesapları doğrultusunda değerlendirilmelidir. Bu nedenle çubuk sistem, doğru tasarlandığında ve nitelikli montaj ekiplerince uygulandığında hem yüksek dayanım hem de uzun ömürlü kullanım avantajı sağlayan bir cephe çözümü haline gelmektedir.

3.1.2. Panel (Ünite) Sistem

Panel (ünite) sistemler, alüminyum giydirme cephe teknolojisinin endüstrileşme eğilimleri doğrultusunda gelişen, özellikle yüksek yapılarda tercih edilen ileri düzey bir montaj yaklaşımıdır. Bu yöntemde cepheyi oluşturan tüm birimler, sahaya taşınmadan önce fabrikada kontrollü koşullar altında, projede belirtilen toleranslara uygun biçimde tamamen bitmiş modüller halinde üretilir. Her panel; taşıyıcı çerçevesi, vizyon camı, spandrel bileşenleri, yalıtım katmanları, fitiller ve bağlantı noktaları dâhil olmak üzere eksiksiz bir cephe parçası niteliği taşır. Bu nedenle panel sistemler, klasik çubuk sistemin aksine montaj aşamasında sahada birleştirme gerektirmeyen, yüksek verimlilikte prefabrike dış cephe bileşenleri olarak değerlendirilir.



Şekil 5. Ünite sistem cephe montaj örneği ("Curtain walls", 2025)

Panel sistemin en belirgin avantajı, cephe modüllerinin fabrika ortamında bir araya getirilmesi sayesinde işçilik kalitesinin kontrol altına alınabilmesidir. Üretimin kapalı bir ortamda gerçekleştirilmesi, hem malzeme hem de uygulama kalitesini artırmakta; sahaya taşınan her panelin aynı standartta olmasını mümkün kılmaktadır. Bu durum cephe performansının uzun vadede sürdürülebilir olmasını sağlar. Fabrikada yapılan sızdırmazlık uygulamaları, fitil yerleşimleri ve birleşim detayları sahadaki çevresel etkilerden bağımsız olarak yüksek hassasiyetle gerçekleştirildiğinden panel sistemler hava ve su geçirimsizliği açısından stick sistemlere kıyasla daha başarılıdır. Nitekim literatürde panel sistemlerin sızdırmazlık performansı bakımından en üst düzey cephe türlerinden biri olarak kabul edildiği belirtilmektedir.



Şekil 6. Panel Giydirme Cephe Sistem Kesiti (Schüco Kataloğu).

Panel sistemlerde her modülün hareket kapasitesi üç eksenli olacak şekilde tasarlanır. Bu tasarım yaklaşımı, yapının maruz kalabileceği deprem, rüzgâr yükü, termal genleşme ve yapısal oturma gibi farklı etkilerin sistem içinde dengelenmesini sağlar. Modüller arasındaki düşey ve yatay birleşimlerde kullanılan kayıcı ve toleranslı bağlantı elemanları sayesinde yapısal hareketlerin cephe yüzeyinde hasara neden olma riski azaltılır. Çubuk sistemlerde genellikle yerinde montaj sırasında bırakılmak zorunda olan tolerans aralıklarının panel sistemlerde fabrika ortamında daha net şekilde belirlenmesi, sistemin bütünsel davranışını güçlendiren faktörlerden biridir.

Montaj süreci açısından değerlendirildiğinde panel cepheler, giydirme cephe sistemleri içinde en hızlı uygulamaya sahip yöntemlerden biridir. Modüllerin büyük bölümünün fabrikada hazırlanmış olması, sahada yalnızca taşıma ve ankraj işlemlerinin gerçekleştirilmesini yeterli kılar. Paneller genellikle vinç, makaslı platform veya teleskopik kaldırma ekipmanları yardımıyla montaj seviyesine taşınır ve yapının taşıyıcı betonarme ya da çelik elemanlarına daha önceden yerleştirilmiş ankrajlara sabitlenir. Bu sayede montaj süresi önemli ölçüde kısılır ve sahadaki iş gücü

gereksinimi minimuma iner. Özellikle yüksek binalarda, çalışma güvenliğinin sağlanması açısından panel sistemlerin sağladığı zaman avantajı oldukça kritiktir.

Bununla birlikte panel sistemlerin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Ünitelerin tek parça hâlinde büyük ölçülerde olması, taşıma sürecini stick sistemlere kıyasla daha maliyetli hale getirmektedir. Modüllerin taşınması ve şantiyede muhafazası sırasında özel koruma önlemleri gereklidir. Bunun yanı sıra, panel sistemlerin montajında ağır ekipmanlara duyulan ihtiyaç, hem lojistik planlamayı hem de maliyeti artırmaktadır. Ayrıca her modül kendi içinde bütünleşik bir yapı olduğundan, imalat sırasında yapılabilecek bir hata tüm panelin değiştirilmesini gerektirebilir. Bu da sahada düzeltme yapılabilen çubuk sisteme kıyasla daha sınırlı bir müdahale imkânı anlamına gelir.



Şekil 7. Türkiye İş Bankası Genel Müdürlük (Çuhadaroğlu Alüminyum Arşiv).

Panel sistemler, özellikle çok katlı ve yüksek yapılarda sistemin kendi ağırlığını güvenli şekilde taşıyabilmesi, montaj hızının yüksek olması, binaya dış etkenlerden bağımsız bir üretim süreci sunması ve yüksek performans gerektiren projelere uygunluğu nedeniyle tercih edilmektedir. Türkiye’de panel sistem kullanımının yaygın

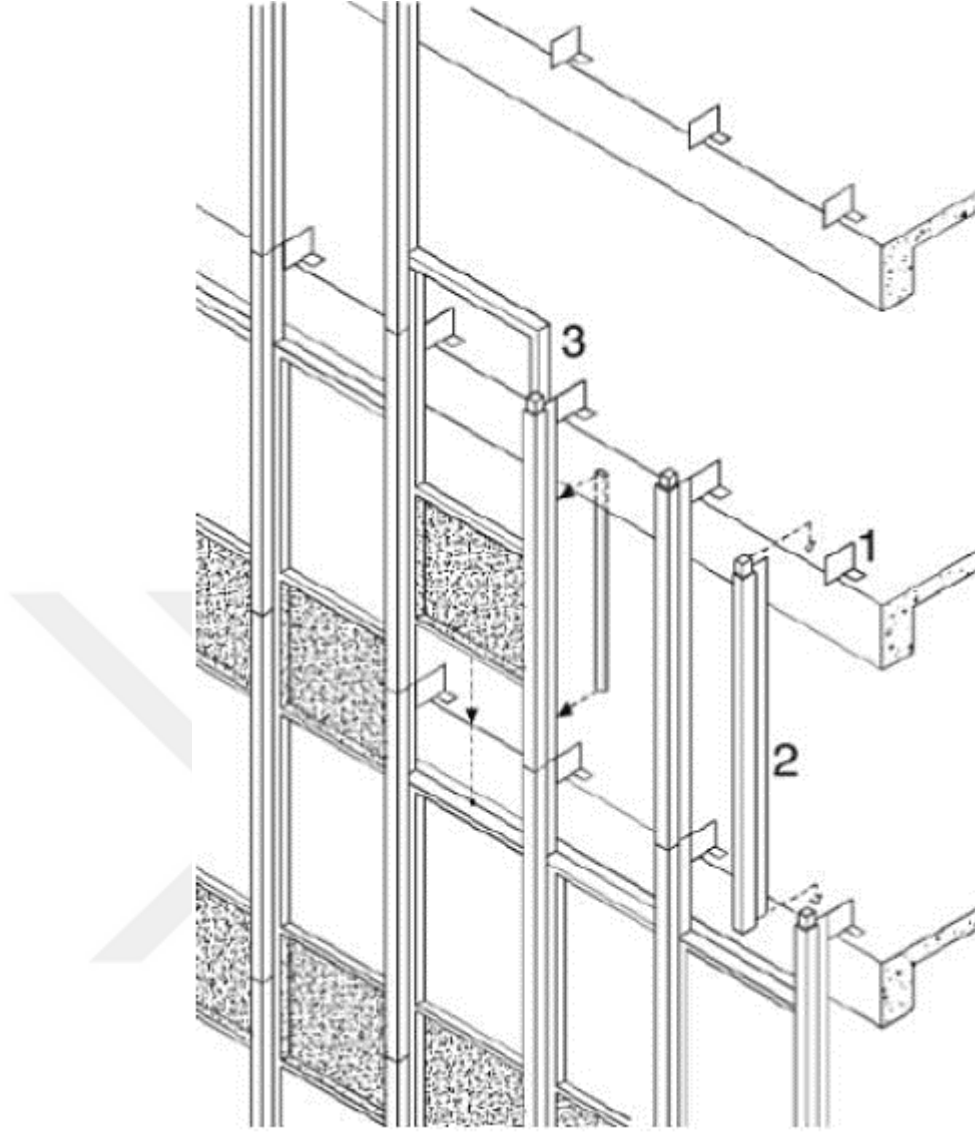
örneklerinden biri, çok katlı ofis yapılarında ve banka genel müdürlük binalarında görülen uygulamalardır. Bu tür projelerde panel sistemin sunduğu yapısal rijitlik, sızdırmazlık performansı ve montaj hızı, tasarımcılar ve uygulayıcılar için önemli bir avantaj oluşturmaktadır.

3.1.3. Yarı Panel Sistem

Yarı panel sistem, giydirme cephe teknolojilerinin tarihsel gelişiminde çubuk (stick) sistem ile panel (ünite) sistem arasında bir geçiş çözü-mü olarak ortaya çıkan; her iki sistemin avantajlarını tek bir yapım tekniğinde bir araya getiren hibrit bir cephe yaklaşımıdır. Bu sistemin temel prensibi, cepheyi taşıyan düşey ve yatay profillerin çubuk sistemde olduğu gibi yapı üzerinde yerinde (in-situ) oluşturulması; ancak panel sistemdeki gibi büyük boyutlu modüllerin fabrika ortamında önceden hazırlanarak bu çerçeveye kat bazında monte edilmesidir. Böylece hem maliyet hem de performans açısından dengeli bir çözüm elde edilmektedir.

Şekil 8. de gösterilen sistem kesiti elemanları aşağıda tanımlanmıştır:

- a) Ankraj
- b) Düşey Profil
- c) Fabrikada hazırlanarak imalat bölgesine montaja hazır halde gelen panel



Şekil 8. Yarı Panel Giydirme Cephe Sistem Kesiti (AAMA, 2005).

Yarı panel sistemin en belirleyici özelliği, modüllerin kat yüksekliğinde ve düşey şeritler halinde fabrikada hazırlanması, ardından şantiyeye demonte şekilde sevk edilmesidir. Düşey ve yatay profillerin oluşturduğu taşıyıcı çerçeve yapıya ankraj elemanlarıyla bağlandıktan sonra, bu modüller çerçeveye asılarak montaj tamamlanır. Her modül kendi içinde bağımsız bir davranış gösterebildiği için; rüzgâr yükü, deprem etkisi, katlar arası farklı oturmalar ve sıcaklık değişimleri gibi yapısal hareketler sistem içinde absorbe edilebilir. Bu hareket kabiliyeti sayesinde yarı panel sistem, büyük cephe yüzeylerinde ve özellikle deprem etkisinin belirgin olduğu yüksek binalarda güvenilir bir uygulama çözümü sunmaktadır.

Sistem, panel sisteme kıyasla daha az ön üretim gerektirdiği için maliyet açısından avantaj sağlarken; çubuk sistemde karşılaşılan uzun montaj sürelerini ve yüksek işçilik risklerini de önemli ölçüde azaltmaktadır. Modüllerin büyük kısmının fabrika ortamında hazırlanması, cephe kalitesinin kontrol edilmesini kolaylaştırır, montaj hatalarını azaltır ve cephe performansını artırır. Bununla birlikte camların genellikle şantiyede takılması, sistemin sahada belirli esneklik imkânı sunmasını sağlar; revizyon gerekmesi durumunda müdahale daha hızlı ve düşük maliyetle yapılabilir.

Yarı panel sistemde dilatasyon detayları kritik bir rol oynar. Modüller kat bazında çalıştığı için dikeyde veya yatayda oluşacak genişleme hareketleri her katta ayrı ayrı sönümlenir. Bu durum hem cephe yüzeyinde oluşabilecek gürültüleri hem de cam kırılması gibi riskleri azaltır. Düşey profillerin birleşim noktalarında sabit ve hareketli bağlantı detaylarının birlikte kullanılması, sistemin deprem anında rijit davranmak yerine enerji yutabilen esnek bir mekanizma olarak çalışmasını sağlar. Bu nedenle yarı panel sistem, özellikle birinci derece deprem kuşaklarında akılcı ve ekonomik bir tercih olarak değerlendirilmektedir.

Montaj süreci açısından yarı panel sistem, hem içeriden hem dışarıdan uygulamaya izin veren bir yapıya sahiptir. Vizyon panellerinin iç mekândan takılabilmesi iş güvenliği açısından önemli bir avantaj oluştururken, parapet ya da opak panellerin dışarıdan takılması sistemin mimari bütünlüğünü korur. Bu iki yönlü montaj yaklaşımı, işçilik yükünü dengeler ve uygulama süresini kısaltır. Modüllerin sahaya demonte gelmesi, panel sistemlerde olduğu gibi yüksek kapasiteli vinç ihtiyacını belirli ölçüde azaltır; ancak yine de belirli derecede kaldırma ekipmanı gerektirir.



Şekil 9. Sabancı Center ("Sabancı Center", 2025)

Yarı panel sistem, Türkiye’de ilk olarak Sabancı Center gibi büyük ölçekli prestij projelerinde uygulanmış ve zaman içinde yüksek katlı yapılarda tercih edilen nitelikli bir çözüm haline gelmiştir. Dünya genelinde de Sears Tower ve World Trade Center gibi önemli projelerde kullanılması, sistemin uzun yıllar boyunca yüksek performans sunduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak yarı panel sistem, çubuk sistemin ekonomikliği ile panel sistemin yapısal uyum kabiliyetinin birleştiği, kontrollü fabrika üretimi ile sahada esnek montaj avantajlarını birlikte sunan, özellikle deprem riski ve rüzgâr etkisi yüksek yapılarda tercih edilen bir cephe teknolojisidir. Sistem; dayanım, montaj hızı, bakım kolaylığı ve güvenilirlik bakımından dengeli bir performans profili sergilediğinden, modern yüksek yapı cephelerinde önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır.

3.2. Bağlantı Biçimine Göre Sistemler

Alüminyum giydirme cephe sistemlerinde dolgu elemanlarının taşıyıcı çerçeveye bağlanma biçimi, cephenin davranışını belirleyen en kritik tasarım parametrelerinden biridir. Bağlantı detayları yalnızca mimari görünümü şekillendirmekle kalmaz; rüzgâr etkisi, deprem kaynaklı yatay ötelenme, sıcaklık değişimlerinden doğan genleşme-büzülme hareketleri, su-hava geçirimsizliği ve bakım gereklilikleri gibi performans kriterlerinin tamamı, seçilen bağlantı yöntemine doğrudan bağlıdır. Bu nedenle bağlantı biçimi, giydirme cephe tasarımında yapısal sistem ile estetik beklentiler arasındaki dengeyi kuran belirleyici bir unsurdur.

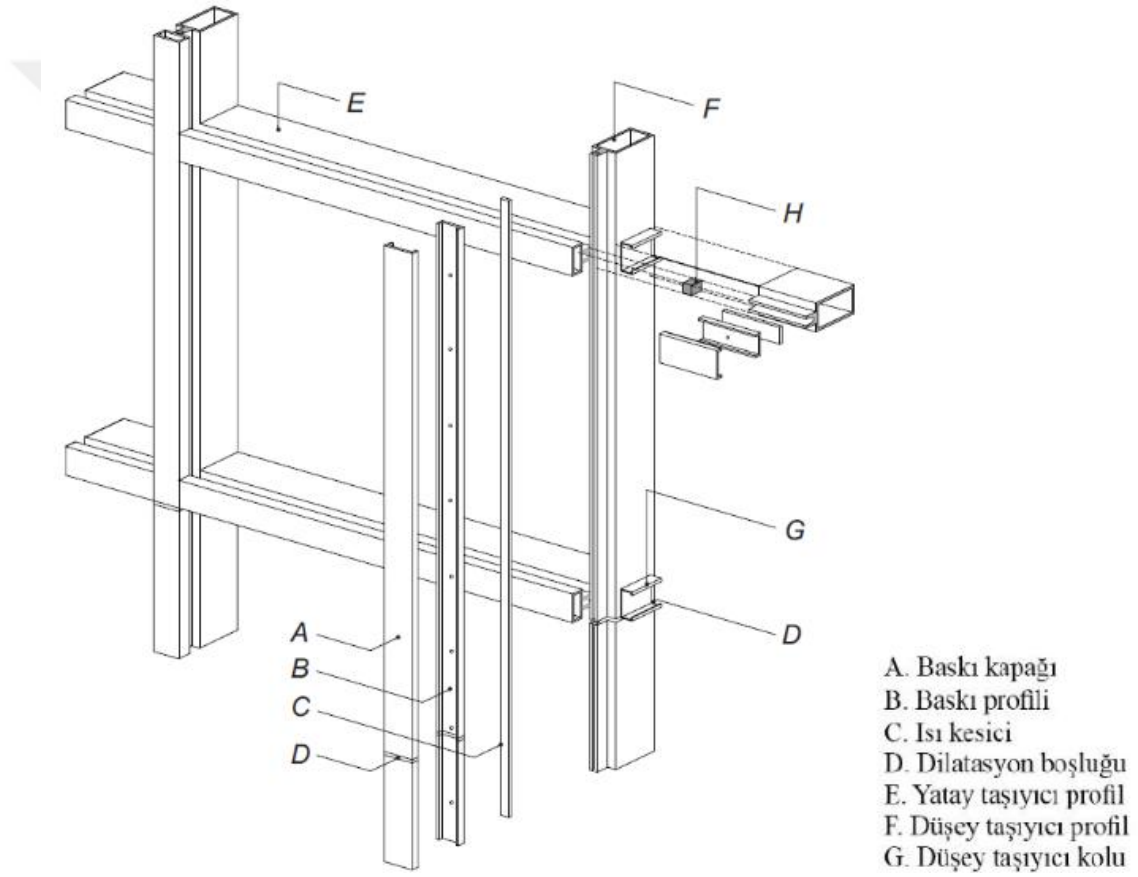
Bağlantı türleri kendi içinde farklı mühendislik yaklaşımları ile gelişmiş olup, her bir yöntem cephenin çalışma prensibini ve kullanım ömrünü farklı şekillerde etkilemektedir. Örneğin kapaklı sistemlerde dolgu elemanları mekanik baskı profilleriyle sabitlenirken, strüktürel silikonlu sistemlerde cam yüzey ile taşıyıcı çerçeve arasında yapısal silikon kullanılır ve cepheye daha bütüncül ve kesintisiz bir görünüm kazandırılır. Yarı kapaklı sistemlerde ise iki yaklaşımın bir arada kullanılmasıyla hem estetik hem de mekanik güvenlik açısından dengeli bir çözüm elde edilir.

Dolgu elemanının çerçeveye bağlanma biçimi, sistemin genel rijitliği, deformasyonlara uyum kapasitesi, sökme-takma kolaylığı, maliyet yapısı ve bakım gereksinimleri üzerinde belirleyici bir rol oynadığından, doğru bağlantı yönteminin seçimi proje koşullarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Özellikle yüksek yapılarda rüzgâr yükleri ve bina salınımları dikkate alındığında, bağlantı biçiminin performansı tüm cephe boyunca kritik önem taşımaktadır. Deprem bölgelerinde ise sistemin bağlantı detaylarının düşey ve yatay hareketleri güvenli şekilde absorbe edebilmesi, cephenin uzun vadeli dayanımını doğrudan etkileyen bir parametre hâline gelir.

Bu kapsamda alüminyum giydirme cephe sistemleri, bağlantı biçimine göre üç temel başlık altında incelenmektedir: kapaklı sistemler, strüktürel silikon (silikon cephe) sistemleri ve yarı kapaklı sistemler. Aşağıdaki alt bölümlerde her bir sistemin çalışma prensibi, performans özellikleri, avantaj-dezavantajları ve kullanım alanları teknik açıdan ele alınacaktır.

3.2.1. Kapaklı Sistem

Kapaklı giydirme cephe sistemleri, alüminyum cephe teknolojileri içerisinde en yaygın kullanılan çözümlerden biri olup, özellikle uygulama kolaylığı, bakım yapılabilirliği ve maliyet etkinliği nedeniyle tercih edilmektedir. Bu sistemlerde taşıyıcı alüminyum profiller dış cephe görünümünde belirgin bir şekilde algılanır ve bu durum cephe tasarımının karakterini doğrudan etkiler. Profil kapaklarının farklı genişliklerde, farklı geometrik formlarda veya çeşitli yüzey kaplamalarıyla üretilmesi sayesinde mimari tasarımcılar için estetik açıdan geniş bir seçenek yelpazesi oluşmaktadır.



Şekil 10. Kapaklı giydirme cephe prensip detayı (İpek, 2023)

Kapaklı sistemlerde dolgu bileşenlerinin çerçeveye yerleşimi belirli bir montaj sırasına göre gerçekleştirilmektedir. Öncelikle profillerde dolgu bileşeninin oturacağı yuvaya EPDM esaslı fitiller yerleştirilir. EPDM fitiller, yüksek UV dayanımı ve elastik yapıları sayesinde hem su ve hava geçirimsizliği sağlar hem de cam birimlerinin ısı ve yapısal hareketleri sırasında oluşabilecek gerilmeleri absorbe eder. Dolgu bileşeni (cam veya opak panel), bu fitiller üzerine oturtulduktan sonra dışarıdan yerleştirilen

baskı profilleri vida bağlantılarıyla taşıyıcı mullion veya transom profillere sabitlenir. Baskı profili taşıyıcı bağlantıyı sağlarken, üzerine takılan dekoratif kapak profili hem bağlantı elemanlarını gizler hem de cephede sistemin karakteristik çizgisini oluşturur. Sistemin detay tasarımına bağlı olarak cam biriminin iç veya dış taraftan yerleştirilebilmesi, kapaklı sistemlere uygulama açısından önemli bir esneklik kazandırmaktadır (Boswell, 2013; Memari, 2013).

Kapaklı sistemlerde kullanılan bu mekanik bağlantı prensibi, özellikle bakım ve cam değişimi gibi işlemlerin hızlı bir şekilde yapılabilmesine olanak sağlar. Baskı ve kapak profilleri kolaylıkla sökülüp yeniden takılabildiği için, gününbirlik kullanımda veya uzun dönemli bakım süreçlerinde cephe elemanlarına müdahale etme imkânı oldukça yüksektir. Bu yönüyle kapaklı sistemler, strüktürel silikonlu sistemlere kıyasla daha kontrol edilebilir ve kullanıcı dostu bir uygulama sunar.

Performans açısından değerlendirildiğinde kapaklı sistemler, rüzgâr yükleri, deprem etkileri ve ısı genleşme-büzülme gibi dış etkilere karşı taşıyıcı profil yapısı sayesinde yeterli dayanım sergiler. Isı yalıtım gerektiren cephelerde taşıyıcı profiller içerisine yerleştirilen ısı bariyerleri, sistemin termal performansını artırır ve enerji verimliliği açısından önemli katkı sağlar. Ayrıca sistemin açıkta kalan profillerle oluşturduğu belirgin çizgisel görünüm, özellikle modern ofis yapıları, alışveriş merkezleri ve yüksek katlı binalarda tasarımın önemli bir bileşeni hâline gelir.

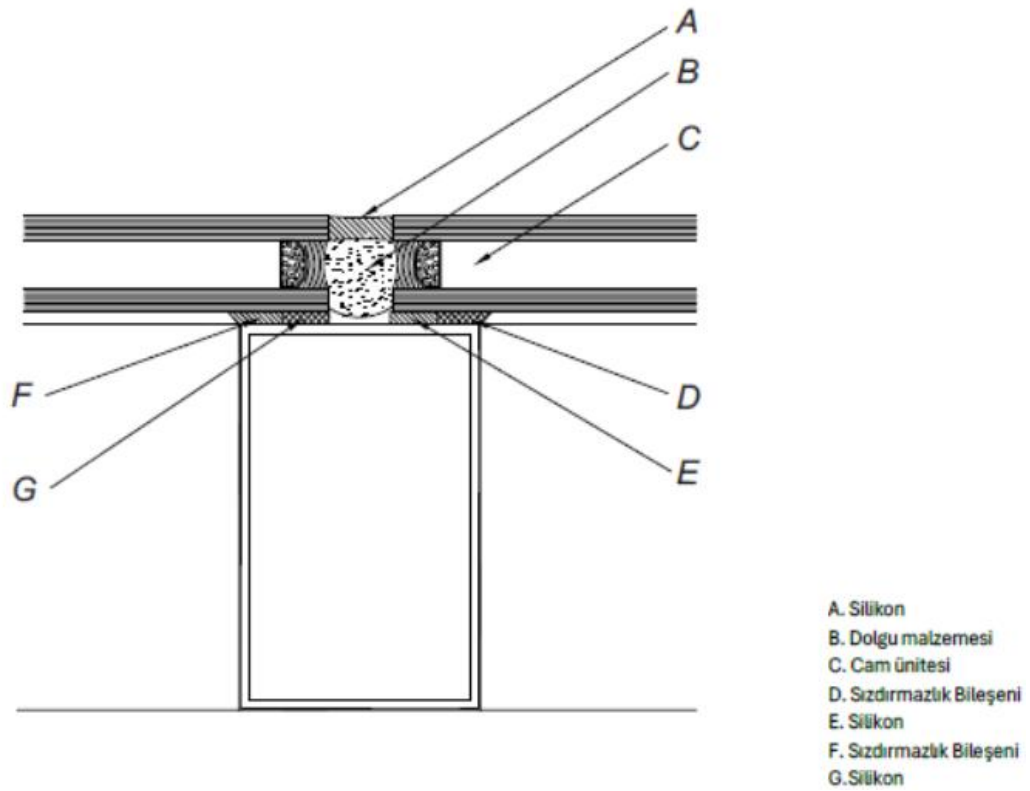
Bu yönleriyle kapaklı giydirme cephe sistemi, hem teknik performansı hem de mimari ifade gücü bakımından farklı tipte binaların gereksinimlerini karşılayabilecek nitelikte, uzun yıllardır uygulama pratiğinde yerini sağlamlaştırmış bir cephe çözümüdür.

3.2.2. Silikon Cephe (Strüktürel)

Silikonlu giydirme cephe sistemleri, dış yüzeyde kesintisiz ve tamamen düz bir cam yüzeyi hedefleyen modern cephe teknolojilerinin başında gelmektedir. Bu sistemlerde dışarıdan bakıldığında alüminyum taşıyıcı profiller görünmez; bu sayede yapının dış kabuğu yatay ve düşey çizgi sürekliliği bozulmadan tek bir cam yüzey etkisi yaratır. Kapaklı sistemlerde olduğu gibi baskı profili veya kapak profili kullanılmadığından, cephe yüzeyinde mekanik sabitleme elemanlarının oluşturduğu gölge veya çıkıntılar bulunmaz. Dolgu elemanları olarak kullanılan ısı yalıtımlı cam

üniteleri, gerekli sızdırmazlık ve aderans özelliklerini sağlayan silikon bazlı fitiller yardımıyla hem taşıyıcı sisteme bağlanır hem de dış etkilere karşı korunur.

Bu sistemlerde camın dış yüzeyinde görülen birleşim hatları, tamamen silikon fitillerle sağlandığından, cepheye hem sade hem de modern bir görünüm kazandırır. İç tarafta ise cam ünitesinin alüminyum profillerle temas eden yüzeylerinde, özel contalar veya boşluk oluşturan bantlar kullanılarak yapısal silikon uygulaması için uygun yüzeyler elde edilir. Yapısal silikon, cam ile alüminyum arasındaki birincil bağlayıcı malzemedir ve cam panelin cepheye aktaracağı rüzgâr basıncı, emme kuvveti ve deprem etkileri gibi yatay yüklerin karşılanmasında kritik rol oynar. Bu nedenle taşıyıcı silikonun özellikleri, cephe güvenliği açısından belirleyici bir parametredir.



Şekil 11. Silikonlu giydirme cephe sistem prensibi (Boswell, 2013; Morris, 2013).

Strüktürel silikonlu cephe sistemlerinin güvenli bir şekilde çalışabilmesi için silikon uygulamasının kontrollü koşullarda yapılması zorunludur. Fabrika ortamı, silikonun yüzeylere eşit kalınlıkta uygulanabilmesi, yüzey temizliğinin güvence altına alınması ve kürlenme sürecinin iklimsel değişikliklerden etkilenmemesi açısından en ideal koşulları sağlar. Aksi durumda, yüzeyde kalan toz, nem veya kimyasal kalıntılar, cam panelin taşıma kapasitesini azaltarak yapısal bütünlüğü tehlikeye atabilir. Bu

nedenle, uluslararası standartlarda belirtilen yüzey hazırlığı, malzeme seçimi ve uygulama prosedürlerinin eksiksiz biçimde uygulanması büyük önem taşır.

Silikonlu sistemlerin en dikkat edilen tasarım noktalarından biri, cam birimlerinin hem düşey hem yatay doğrultudaki bina hareketlerine güvenli şekilde uyum sağlayabilmesidir. Yapının oturması, ısı hareketleri, rüzgâr etkisi veya deprem gibi dış kuvvetler sonucu oluşan yer değiştirmeler, silikonun esnek yapısı sayesinde absorbe edilebilir. Bu, özellikle yüksek katlı yapılarda silikonlu cephelerin tercih edilme nedenlerinden biridir. Profil ve cam arasındaki elastik bağlayıcı ortam, yapıda oluşabilecek rölatif hareketleri tolere ederek hem camın kırılmasını hem de yapısal hasar oluşmasını engeller.

Strüktürel silikonlu cephelerin bir diğer önemli avantajı, hava ve su sızdırmazlığı bakımından kapaklı sistemlere göre daha üstün performans sunabilmesidir. Kapalı yüzey geometrisi sayesinde rüzgâr yüklerinin cephede oluşturduğu basınç farkları minimum düzeye iner; bu durum hem iç ortam konforunu hem de enerji verimliliğini olumlu yönde etkiler. Cephe yüzeyinde mekanik hatların bulunmaması ayrıca kir tutma eğilimini azaltır ve bakım gereksinimini düşürür.

Bununla birlikte, silikonlu cephelerin uygulama süreçleri yüksek hassasiyet gerektirdiğinden, sistem maliyetleri kapaklı cephelere göre daha yüksektir. Hem üretim hem montaj aşamalarında kalite kontrol kritik bir parametre olup, özellikle cam değişimi veya bakım çalışmalarında özel yöntemler gerekebilmektedir. Ancak estetik beklentilerin yüksek olduğu, modern mimari tasarım anlayışını ön plana çıkaran ve yüksek performans kriterlerinin arandığı projelerde silikonlu sistemler vazgeçilmez bir çözüm olarak görülmektedir.

3.2.3. Yarı Kapaklı Sistem

Yarı kapaklı giydirme cephe sistemi, kapaklı ve silikonlu (strüktürel) cephe anlayışlarının bir araya getirildiği hibrit bir bağlantı yaklaşımıdır. Bu sistemde temel amaç, hem kapaklı sistemlerde elde edilen mekanik sıkıştırma güvenliğini hem de silikonlu sistemlerin sağladığı geniş ve kesintisiz cam yüzey etkisini aynı cephe üzerinde bütüncül bir tasarım anlayışıyla birleştirmektir. Dolgu biriminin (cam veya panel) cephe çerçevesine bağlantısı, iki farklı yöntemle aynı sistem içinde uygulanarak hem görsel hem de yapısal açıdan dengeli bir cephe kurgusu oluşturulur.

Yarı kapaklı sistemlerde cephe elemanlarının düşey doğrultudaki birleşimlerinde genellikle mekanik kapak profilleri kullanılırken, yatay doğrultudaki birleşimler strüktürel silikon veya özel sızdırmazlık fitilleriyle çözümlenir. Bu tercih, düşey doğrultuda cephe boyunca devam eden çizgisel vurgunun korunmasını ve dolgu birimlerinin mekanik olarak yüksek güvenirlikle sabitlenmesini sağlarken, yatay ekseninde kapaksız uygulama sayesinde daha sade bir görünüm elde edilmesine imkân tanır. Böylece yapıda hem ritmik hem de hafif bir cephe algısı yaratılır.

Sistemin kapaksız (silikonlu) bölgelerinde cam birimlerinin yapısal silikon aracılığıyla taşıyıcı alüminyum çerçeveye bağlanması, özellikle rüzgâr yüklerinin etkin bir biçimde aktarılmasını sağlar. Kapaklı bölgelerde ise dış baskı çitası ve kapak profilleri, hem camı mekanik olarak güvence altına alır hem de bakım-onarım gibi durumlarda sökülebilir bir çözüm sunar. Bu iki bağlantı yönteminin aynı cephede birlikte kullanılabilmesi, yarı kapaklı sistemi mimari esneklik açısından üstün kılar.



Şekil 12. Yarı Kapaklı Alüminyum Giydirme Cephe Sistemi Örneği ("Yarı kapaklı cephe", 2025)

Yarı kapaklı sistemin tercih edilme nedenleri arasında mimari açıdan daha fazla tasarım serbestisi, cephe kurgusunda düşey-yatay vurguların dengeli şekilde oluşturulabilmesi, bağlantı noktalarında daha yüksek sızdırmazlık performansı, silikonlu sistemlere kıyasla daha kolay değiştirilebilirlik ve kapaklı sisteme kıyasla daha hafif bir dış görünüm yer alır. Özellikle yüksek yapı projelerinde, yapının maruz kaldığı rüzgâr yükleri ve katlar arası farklı genleşmeler, sistemin hem mekanik hem de elastik bağlantı özelliklerinden yararlanılarak daha güvenli şekilde yönetilebilmektedir.

Enerji verimliliği açısından değerlendirildiğinde yarı kapaklı sistemlerde fitil ve silikon hattının sürekli yapıda olması, cephe boyunca hava ve su geçirimsizliğini artırmakta; bu da iç mekân konforunun korunmasında etkili olmaktadır. Dışarıdan bakıldığında sistem, tamamen kapaksız uygulamalarda görülen yekpare cam yüzeyle kapaklı sistemlerdeki daha ağır çerçeve etkisi arasında bir geçiş niteliği taşır. Bu

nedenle sistem, kurumsal yapılar, orta-yüksek katlı ofis binaları ve mimari görünümün ön planda tutulduğu yapılarda sıkça tercih edilmektedir.

Montaj aşamasında yarı kapaklı sistemin avantajlarından biri, panel veya cam birimlerinin bir kısmının iç mekândan monte edilebilmesidir. Bu durum, özellikle yüksek binalarda dış cephe iskelesi gereksinimini azaltarak uygulama sürecini hızlandırır. Ancak sistemin hem kapaklı hem silikonlu bileşen içeriyor olması nedeniyle detay çözümü ve üretim toleransları konusunda daha titiz bir tasarım ve imalat süreci gerektirir. Yarı kapaklı sistem, hem estetik beklentilerin hem de yapısal performans gereksinimlerinin birlikte değerlendirildiği projelerde, iki ayrı cephe teknolojisinin avantajlarını tek bünyede toplayan, modern ve esnek bir cephe çözümü olarak öne çıkmaktadır. Tasarımcıya sunduğu mimari ifade çeşitliliği yanında, mühendislik açısından dengeli yük aktarım mekanizması ve optimize edilmiş bakım-onarım kolaylığı, bu sistemi günümüz cephe teknolojilerinde önemli bir alternatif haline getirmektedir.

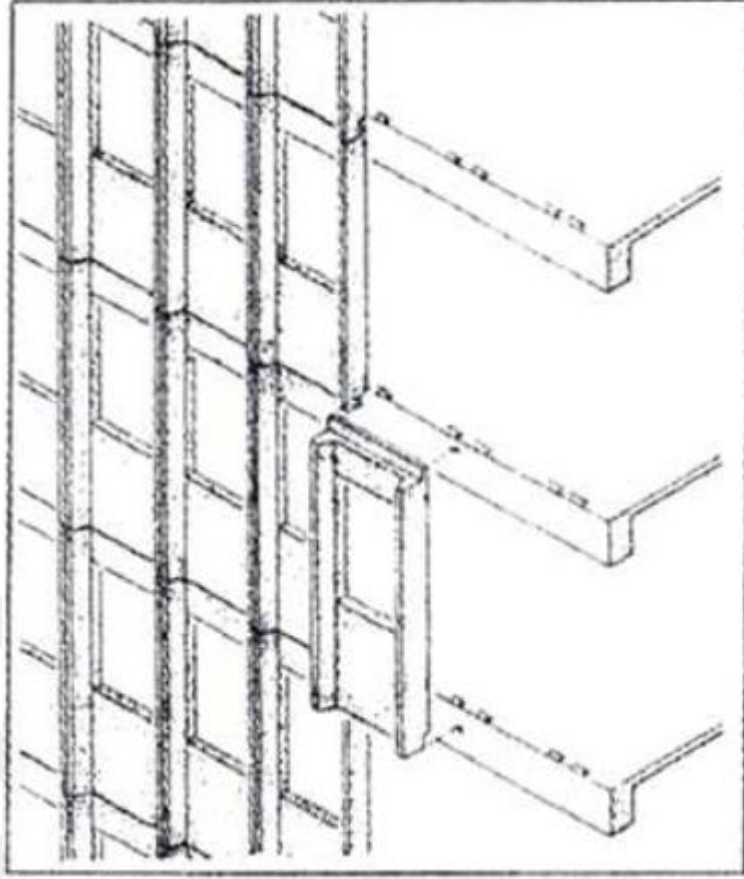
3.3. Ağırlık Kriterine Göre Sistemler

Giydirme cephelerde yapılan sınıflandırmalardan biri de panellerin ağırlığına dayanmaktadır. Cephe elemanlarının kütlesi, hem taşıyıcı sistemin maruz kaldığı ek yükleri hem de montaj sürecinin organizasyonunu etkileyen temel bir değişkendir. Bu nedenle literatürde genel kabul gören sınır değere göre, birim alan ağırlığı 100 kg/m^2 'nin üzerinde olan paneller “ağır giydirme cephe”, bu değerin altında kalanlar ise “hafif giydirme cephe” kategorisine alınmaktadır ($>100 \text{ kg/m}^2$) (Gür, 2001).

Ağır giydirme cephelerde, panel kütlesinin fazla olması yalnızca taşıyıcı sisteme etkileyen ölü yüklerin artması anlamına gelmez; aynı zamanda ankraj detaylarının biçimlendirilmesini, cephe davranışının rüzgâr ve deprem etkileri altındaki performansını ve bakım-onarım stratejilerini de doğrudan etkiler.

3.3.1. Ağır Giydirme Cepheler ($>100 \text{ kg/m}^2$)

Ağır sınıfa giren cephelerde paneller çoğunlukla prekast beton, cam elyafı katkılı beton, doğal taş kaplamalar, yapay taş elemanları veya bazı durumlarda plastik-metal bileşik malzemeler kullanılarak üretilmektedir (Gür, 2001).



Şekil 13. Tipik bir ağır giydirme cephe (Gür, 2001).

Bu paneller, dayanıklılık ve uzun ömür gerektiren büyük ölçekli yapılarda sıkça tercih edilir. Kütlelerinin fazla olması nedeniyle yapıya ilave yük bindirseler de yangın güvenliği ve akustik performans açısından avantaj sağlarlar.

3.3.1.1. Doğal ve Yapay Taş Esaslı Cepheler

Taş kaplamalar, geçmişten bu yana yapı dış kabuğunda yaygın olarak kullanılan malzemelerdendir. İşleme teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte mermer, granit ve kalker gibi doğal taşların yüksek yapılar için de uygun çözümler sunabildiği bilinmektedir (“Architectural Design of High Rise Buildings”, t.y.).



Şekil 14. Tasla kaplanmış bir yüksek bina görünüşü (“Architectural Design of High Rise Buildings”, t.y.)

Bununla birlikte taş cephelerde en kritik konu, malzemenin cepheye güvenli bir şekilde bağlanabilmesidir. Yanlış ankraj seçimi veya yetersiz mesnetleme, taş panellerin cepheden ayrılmasına kadar uzanabilen ciddi riskler oluşturabilir. Bu nedenle taş kalınlığı, yoğunluğu ve mekanik özellikleri doğru belirlenmeli; ankraj sistemi taşın davranışına uygun tasarlanmalıdır (“Architectural Design of High Rise Buildings”, t.y.).

3.3.1.2. Beton Esaslı Ağır Paneller

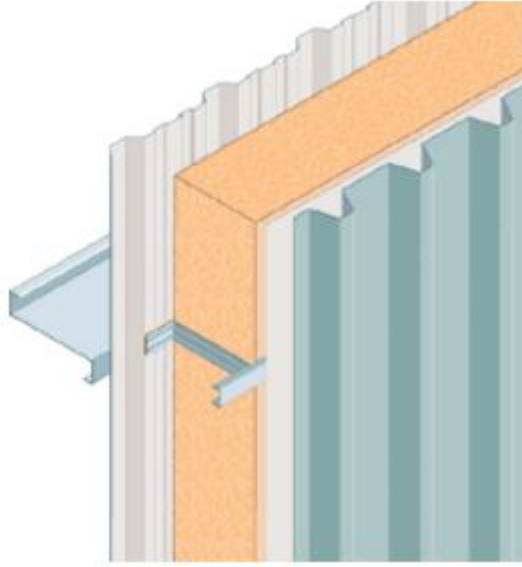
Beton esaslı paneller; form, kalınlık ve katman düzeni açısından oldukça geniş bir çeşitliliğe sahiptir. Üretimde normal ağırlıklı beton veya daha hafif karışımlar kullanılabilir. Prekast üretim tekniklerinin gelişmesiyle birlikte bu paneller artık yalnızca düz yüzeylerle sınırlı kalmayıp, farklı dokular ve üç boyutlu geometrilerle mimari tasarıma katkı sağlayacak biçimde üretilebilmektedir(Gür, 2001).

Betonun ısı iletim katsayısının yüksek olması (1.3-1.6 W/mK) nedeniyle mutlaka bir ısı yalıtım katmanı ile desteklenmesi gerekir. Buna karşın beton, yangına

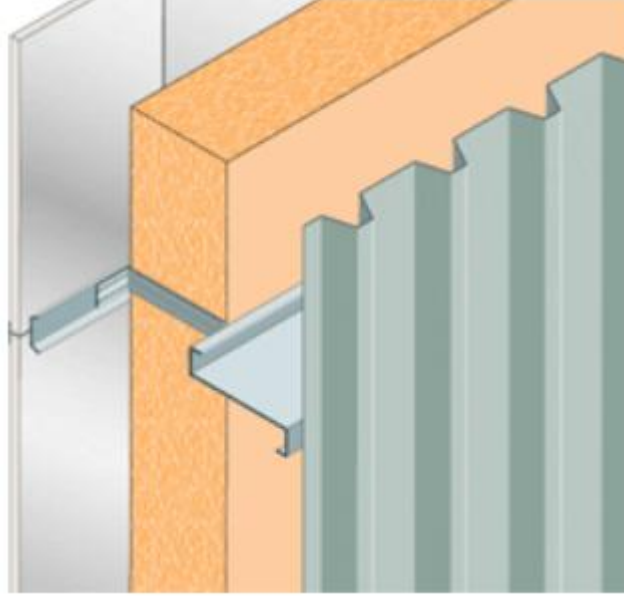
dayanıklılık, ses yalıtımı ve dış hava koşullarına karşı dayanım açısından olumlu özellikler göstermektedir.

3.3.2. Hafif Giydirme Cepheler(<100 kg/m²)

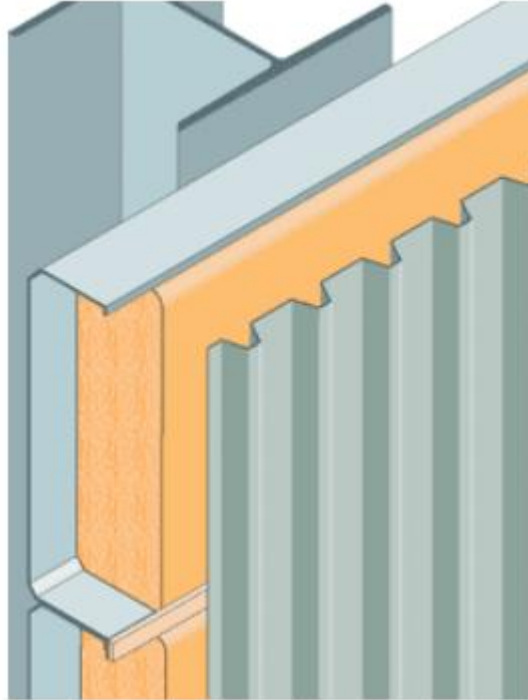
Hafif giydirme cepheler, kullanılan elemanların birim alan başına düşen ağırlığının 100 kg/m² değerini geçmemesi prensibine dayanan cephe çözümleridir (Gür, 2001). Bu özelliği sayesinde söz konusu sistemler, yapıya minimum ek yük getirmeleri, daha ince kesitlerle geniş açıklıkların kapatılmasına olanak tanımaları ve montaj süreçlerinde sağladıkları kolaylık nedeniyle modern yapı üretiminde yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Hafif cepheler özellikle yüksek yapılar, ticari binalar ve geniş cam yüzeylerin tercih edildiği mimari tasarımlarda, hem estetik hem de performatif beklentileri karşılayan bir seçenek olarak öne çıkmaktadır.



Şekil 15. Dıştan yalıtımlı metal giydirme cephe elemanı (“Architectural Design of High Rise Buildings”, t.y.)



Şekil 16. İçten yalıtımlı metal giydirme cephe elemanı (“Architectural Design of High Rise Buildings”, t.y.)



Şekil 17. Tablalı metal giydirme cephe elemanı (“Architectural Design of High Rise Buildings”, t.y.)

Bu yapı elemanları temel olarak üç ana kategori altında incelenmektedir (“Architectural Design of High Rise Buildings”, t.y.)]:

- a) Perde duvar (curtain wall) sistemleri: Yapının taşıyıcı sisteminden bağımsız olarak dış kabuğu oluşturan, genellikle cam ve alüminyum bileşenlerden meydana gelen bu sistemler, hafiflikleri ve yüksek geçirgenlik özellikleriyle çağdaş mimaride en çok tercih edilen cephe türüdür.
- b) Sandviç panel esaslı giydirme cepheler: Birbirine farklı fiziksel özellikler kazandıran iki yüzey malzemesi ile bunların arasında yer alan yalıtım çekirdeğinden oluşan bu paneller, ısı ve ses yalıtımı gereksinimlerinin ön planda olduğu yapılarda sıkça kullanılmaktadır. Hafif olmaları, fabrika ortamında üretilerek sahada hızlıca monte edilebilmeleri önemli avantajlarıdır.
- c) Metal giydirme cephe sistemleri: Alüminyum, çelik ya da benzeri metal esaslı malzemelerin kullanıldığı bu cepheler, dayanım ve uzun ömür gerektiren projelerde tercih edilmektedir. Farklı yüzey dokuları, renk seçenekleri ve şekillendirilebilirlikleri sayesinde mimari tasarımda geniş bir çeşitlilik sunar.

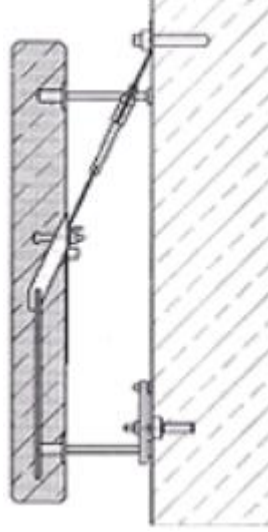
Bu üçlü sınıflandırma, hafif giydirme cephelerin hem malzeme hem üretim tekniği hem de performans kriterleri açısından çeşitliliğini ortaya koymakta; sistemin hangi yapısal ve mimari taleplere cevap verebileceğinin belirlenmesinde önemli bir temel oluşturmaktadır.

3.4. Boyutsal Sınıflandırma

Ağır paneller boyutları bakımından farklı türlere ayrılmaktadır. Bu ayrım, panellerin taşıyıcı yapıyla etkileşimini ve montaj sürecinin nasıl planlanacağını belirler (Gür, 2001). :

- a) Kat yüksekliğinde dar veya geniş paneller
- b) Birkaç katı kapsayan büyük yüzeyli paneller
- c) Parapet elemanları
- d) Daha küçük boyutlu parçalı paneller

Her panel tipi, montaj kolaylığı, taşıyıcı sisteme etkisi ve cephe görünümü açısından farklı sonuçlar doğurur.



Şekil 18. Beton giydirme cephe kesiti örneği (“Architectural Design of High Rise Buildings”, t.y.)

3.5. Kesit Yapısına Göre Sınıflandırma

Kesit içinde kullanılan katman sayısı, panelin performansını belirleyen temel kriterlerden biridir (Gür, 2001). :

3.5.1. Tek Katmanlı Paneller

Homojen bir yapıdadır.

- a) Üretim maliyeti düşüktür, montajı nispeten kolaydır.
- b) Ancak ısı iletkenliği yüksek olduğu için enerji performansı zayıftır
- c) Sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan boyutsal hareketlere daha hassastır.

3.5.2. Çift Katmanlı Paneller

İki farklı katman bir arada çalışacak şekilde tasarlanır.

- a) Taşıyıcı katman statik yükleri karşılar.
- b) Dış katman ise atmosferik etkilere karşı koruma sağlar.
- c) Farklı malzemelerin genleşme davranışları mutlaka dikkate alınmalıdır.

3.5.3. Üç ve Daha Fazla Katmanlı (Sandviç) Paneller

Bu tür panellerde iki betonarme tabaka arasına ısı yalıtımını üstlenen üçüncü bir tabaka eklenir.

- a) Enerji verimliliği yüksektir.
- b) Ses yalıtımı açısından daha etkindir.
- c) Isıl hareketler daha dengeli dağıldığı için dayanım performansı da yüksektir.

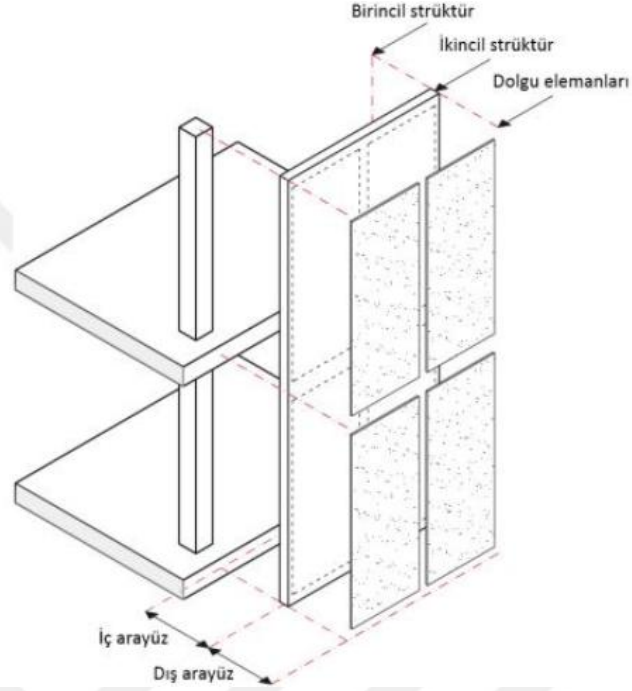


DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

CEPHE BİLEŞENLERİ

Alüminyum giydirme cephe sistemleri, önceki bölümde ayrıntılı biçimde ele alındığı üzere; taşıyıcı çerçeve türü, tasarım ilkeleri ve kabuk sayısı gibi çeşitli kriterlere bağlı olarak farklı sistem tiplerinde uygulanabilmektedir. Bu sistem çeşitliliği beraberinde, her cephe tipine özgü bir bileşen yapısını da gündeme getirmektedir. Dolayısıyla giydirme cephe sistemlerinin doğru analiz edilebilmesi, bu sistemleri oluşturan bileşenlerin kapsamlı biçimde incelenmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bölümde, literatürde cephe bileşenlerini sınıflandıran ve açıklayan temel yaklaşımlardan yararlanılarak, cephe bileşenlerinin genel bir çerçevesi sunulmaktadır.

Knaack ve çalışma arkadaşları, giydirme cephelerin yapısal organizasyonunu üç temel kademede ele almaktadır. Buna göre birincil strüktür, binanın ana taşıyıcı sistemini ifade eder ve cephe tarafından iletilen tüm yüklerin yapı bünyesinde güvenli biçimde zemine aktarılmasından sorumludur. İkincil strüktür ise cepheyi taşıyan alüminyum çerçevenin ve bu çerçeveyi yapıya bağlayan elemanların oluşturduğu sistemdir. Üçüncü katman ise cepheyi dış ortamdan ayıran ve mimari görünümünü belirleyen kaplama elemanlarından oluşmaktadır (Knaack vd., 2007). Bu tanımlama, cepheyi yalnızca bir dış kaplama değil, yük aktarımından sızdırmazlığa, ısı ve ışık kontrolünden iç mekân konforunun sağlanmasına kadar çok işlevli bir arayüz olarak ele almaktadır.



Şekil 19. Giydirme Cephe Sistemi Bileşenlerinin Sınıflandırılması (Terzioğlu, 2020)

Birincil ve ikincil strüktür arasındaki etkileşim, cephe mühendisliği yaklaşımında kritik bir rol oynamaktadır. Zira bu iki sistem yük aktarımında birlikte çalışırken, cephe elemanlarının rüzgâr, deprem ve sıcaklık değişimleri sonucu oluşan hareketleri tolere edilmesi gerekmektedir. Knaack ve diğerleri, "iç arayüz" olarak tanımladıkları bölgede, bu hareketlerin güvenli biçimde karşılanacak şekilde tasarım yapılmasının zorunlu olduğunu belirtir. "Dış arayüz" olarak tanımlanan bölümde ise kaplama bileşenlerinin cephenin ikinci strüktürüne bağlanması sırasında su, hava ve nem geçirimsizliğinin sağlanması gerektiği vurgulanmaktadır. Kaplama elemanlarının cam, kompozit panel veya alüminyum levha gibi farklı malzemelerden seçilebilmesi, cephe sistemlerine hem estetik hem de performans açısından çeşitlilik kazandırmaktadır. Ayrıca bu kaplama elemanları, ışık geçirgenliğinin kontrolü, ısı yalıtımı ve doğal havalandırma gibi konfor gereksinimlerini karşılamada da önemli bir işlev üstlenmektedir (Terzioğlu, 2020).

Herrmann ve çalışma arkadaşları ile giydirme cephe bileşenlerini yapısal elemanlar ve kaplama birimleri olarak iki temel grupta değerlendirilmektedir. Bu sınıflandırmada, düşey ve yatay profiller taşıyıcı çerçeveyi oluşturan ana yapısal bileşenlerdir. Bu profiller, cephe yüklerini ankrajlar aracılığıyla betonarme strüktüre ileterek yapının stabilitesine katkı sağlar. Kaplama bileşenleri ise sistemin görünür

yüzeyini oluşturan, şeffaf veya opak karakterdeki elemanlardır. Bu kapsamda sistem bileşenleri;

- a) Yapının Betonarme Strüktürü,
- b) Cephe Bağlantı Elemanları,
- c) Düşey ve Yatay Taşıyıcı Profiller,
- d) Kaplama Elemanları (cam, kompozit panel, alüminyum levha vb.),
- e) Yardımcı Profiller (baskı çıkışı, dış kapak vb.)

şeklinde tanımlanmaktadır (Herrmann vd., 2015).

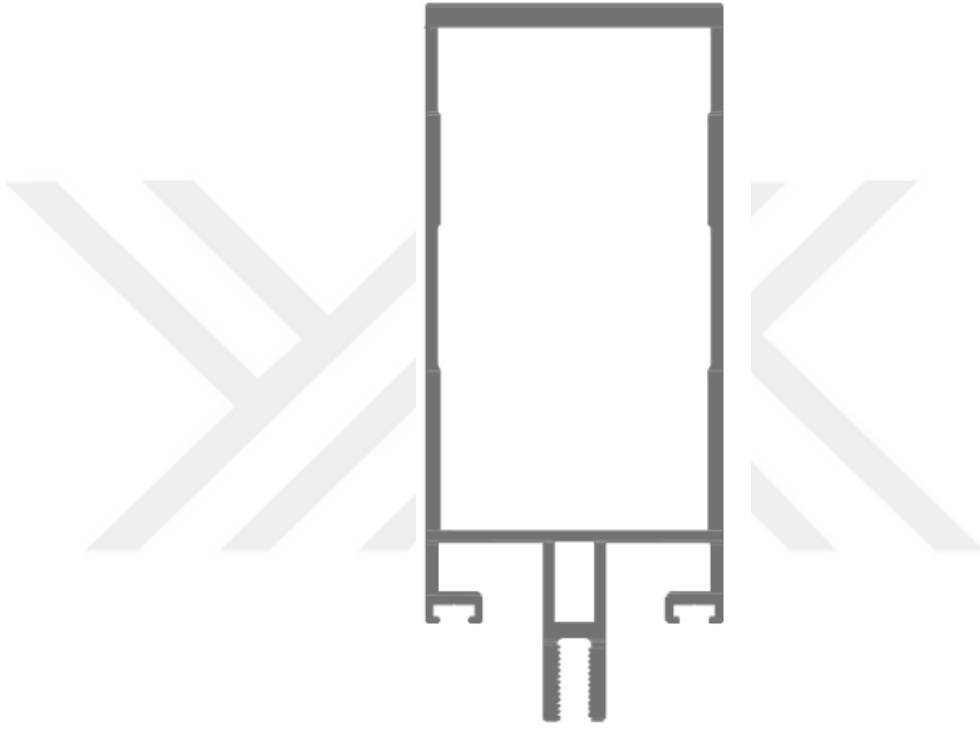
Yapılan literatür incelemelerinin ortak sonucu, alüminyum giydirme cephe sistemlerinin yalnızca mimari bir kaplama olarak değil, çok katmanlı bir yapı sistemi olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu yapı sisteminin; taşıyıcı profiller, ankraj ve bağlantı elemanları, cam ve opak dolgu bileşenleri, yalıtım malzemeleri ve sızdırmazlık elemanları gibi birbirini tamamlayan unsurlardan oluştuğu görülmektedir. Bu bileşenlerin her biri cephe performansının—ısı yalıtımı, su/hava geçirimsizliği, akustik konfor, yangın güvenliği ve dayanım gibi—temel kriterlerinin sağlanmasında kritik bir rol üstlenmektedir.

Bu bölüm, alüminyum giydirme cephe sistemlerinde yaygın olarak kullanılan bileşenlere ilişkin kavramsal çerçeveyi sunmakta olup, izleyen alt başlıklarda her bir bileşen türü ayrıntılı şekilde ele alınacaktır.

4.1. Alüminyum Profiller

Alüminyum giydirme cephe sistemlerinin taşıyıcı iskeletini, düşey ve yatay doğrultuda kullanılan alüminyum profiller oluşturmaktadır. Bu profiller, alüminyum hammaddesinin belirli alaşımlar dâhilinde ekstrüzyon yöntemiyle şekillendirilmesiyle elde edilen, cephe sisteminin hem statik hem de mimari performansını doğrudan etkileyen temel bileşenlerdir. Cephe teknolojisinin gelişmesi ve üretim yöntemlerinin daha modern hâle gelmesiyle birlikte, alüminyum profillerin kullanım alanı yalnızca cephe sistemleriyle sınırlı kalmamış; inşaat, otomotiv, havacılık, elektrik-elektronik ve kimya gibi pek çok sektörde de yaygınlaşmıştır. Nitekim alüminyumun sahip olduğu teknik ve fiziksel avantajlar, bu malzemenin dünya genelinde giderek daha fazla tercih edilmesine olanak sağlamaktadır (Turbaloğlu, 2008).

Alüminyumun en önemli özellikleri arasında hafif olması, yüksek dayanım/ağırlık oranı, kolay şekillendirilebilirliği, korozyona karşı doğal direnç sağlaması ve işlenebilirlik kabiliyetinin yüksek olması yer almaktadır. Demir esaslı malzemelere kıyasla yaklaşık üçte bir yoğunluğa sahip olması, taşıyıcı olmayan cephe sistemleri için büyük avantaj sunmaktadır. Bununla birlikte, saf alüminyumun mekanik özellikleri cephe uygulamaları için yetersiz olduğundan, kullanım alanına bağlı olarak farklı alaşımlarla güçlendirilmesi gerekmektedir (Kurtay, 2014).



Şekil 20. Örnek alüminyum profil (Reynaers Alüminyum, n.d.)

Alüminyum profillerin üretiminde en yaygın olarak kullanılan alaşım grubu, 6000 serisi AlMgSi alaşımlarıdır. Bu seri, ekstrüzyon işlemine son derece uygun olması, yaşlandırma ile sertleşebilme özelliği, yüksek korozyon direnci ve ekonomik işleme avantajları sayesinde sektörün standart malzemesi hâline gelmiştir. Günümüzde küresel alüminyum ekstrüzyon üretiminin yaklaşık %80'inin 6000 serisi alaşımlardan oluştuğu, bunun da önemli bir bölümünü AA 6063 alaşımının oluşturduğu bilinmektedir (Turbalıoğlu, 2008). Özellikle 6063 ve 6060 alaşımları, ekstrüzyon kabiliyetleri ve istenen formların hassas biçimde oluşturulabilmesi sayesinde cephe profilleri için tercih edilmektedir. Daha yüksek sertlik ve dayanım gerektiren

bileşenlerde ise 6061 alaşımı kullanılarak ankraj elemanları ve kalın kesitli bağlantı profilleri üretilmektedir.

Bir giydirme cephe sisteminde, profillerin boyutlandırılması doğrudan yapının maruz kalacağı rüzgâr yükü, deprem etkileri, kat yükseklikleri, açıklık genişlikleri ve cephe geometrisi gibi parametreler dikkate alınarak yapılır. Taşıyıcı profiller, sistemin kendi ağırlığını taşımakla kalmaz; aynı zamanda dış etkilere karşı güvenilir bir yük aktarım mekanizması oluşturmak zorundadır. Bu nedenle mullion olarak bilinen düşey profiller, genellikle kat döşemelerine ankrajlanarak yapının ana taşıyıcısına bağlanır. Düşey profiller, taşıdıkları cam veya panel gibi dolgu elemanlarının yanı sıra, rüzgâr ve deprem gibi yatay yükleri de ankraj sistemi üzerinden yapıya iletmektedir. Mullion profiller arasında konumlanan transom profilleri ise cephede kullanılan cam üniteleri veya opak panellerin yüklerini paylaşarak, düşey profillere aktarır. Böylece yatay ve düşey profiller arasında rijit bir taşıyıcı çerçeve meydana gelir (Boswell, 2013; Turan, 2023).

Modern cephe tasarımlarının beklentileri doğrultusunda, alüminyum profiller yalnızca taşıyıcı görev üstlenmez; aynı zamanda ısı yalıtımı, su tahliyesi, sızdırmazlık ve yangın dayanımı gibi performans kriterlerine de katkı sağlayacak şekilde tasarlanır. Isı bariyerli profiller, poliamid gibi düşük ısı iletkenliğine sahip malzemelerle bölünerek ısı köprüsünü minimize eder ve enerji verimliliği yüksek cephe çözümlerinin geliştirilmesine olanak sağlar.

Sonuç olarak, alüminyum profiller hem yapısal gereklilikleri karşılayan hem de mimari tasarıma yön veren temel bileşenlerdir. Seçilecek profil kesitinin doğru belirlenmesi, sistemin uzun vadeli güvenliği ve performansı açısından kritik önem taşımaktadır.

4.2. Cam Bileşenleri

Giydirme cephe sistemlerinde cam, yapı kabuğunu oluşturan en kritik bileşenlerden biri olarak, yalnızca dış görünüş üzerinde etkili olmakla kalmaz; aynı zamanda iç mekândaki aydınlık düzeyi, ısı kontrolü, akustik konfor ve kullanıcı sağlığı üzerinde doğrudan belirleyici bir role sahiptir. Bu nedenle cam seçiminin hatalı yapılması, iç mekânda gerek görsel konforu gerekse enerji performansını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Örneğin, uygun geçirgenlik değerine sahip olmayan bir

cam kullanıldığında, mekânın doğal ışık gereksinimi yeterince karşılamayabilir; bu da kullanıcıların günlük aktivitelerinde verim düşüşüne ve yapay aydınlatma ihtiyacının artmasına neden olur.

Isı kontrolü açısından yanlış cam tercihi, yapı kabuğunda istenmeyen ısı kayıplarına yol açarak, özellikle kış aylarında ısıtma yükünü artırırken, yaz aylarında soğutma ihtiyacını yükseltir. Bu durum, binanın toplam enerji tüketimini doğrudan artırdığı için iklimlendirme sistemleri üzerinde ek yük oluşturur. Cam seçiminde diğer önemli kriter ise akustik performanstır. Dış mekân kaynaklı gürültünün iç mekâna aktarımını azaltmak için camın ses geçirgenlik değerleri dikkate alınmalı; mekânın kullanım amacına uygun cam tipinin belirlenmesi sağlanmalıdır.

Cephe boyunca kolon, kiriş, parapet gibi yapısal elemanların dışarıdan görünmesinin istenmediği durumlarda opak cam uygulamaları tercih edilmektedir. Bu tür alanlarda yaygın olarak emaye cam veya gölge kutusu çözümleri uygulanır. Gölge kutusu detayında, vizyon camın arkasına yerleştirilen boyalı bir levha vasıtasıyla camın şeffaflığı engellenir ve iç mekândan ışık girişi kesilir. Bu imalatla boyalı levhanın yüzey kalitesi büyük önem taşır; lekeli veya heterojen yüzeyler cepheden bakıldığında istenmeyen görüntü oluşturduğundan dikkatle seçilmelidir (Atalay, 2006).

4.2.1. Tek Cam Uygulamaları

Giydirme cephelerde sıkça karşılaşılan tek cam uygulamaları, özellikle yapısal bileşenlerin görünmesinin engellenmek istendiği bölümlerde tercih edilir. Bu tür camlar, farklı yöntemlerle opaklaştırılabilir; örneğin cam yüzeyi özel fırın boya ile emaye kaplanabilir, polyester film uygulanabilir veya yüzeye özel kimyasal boyalar tatbik edilebilir (Atalay, 2006). Emaye camlar, yüksek sıcaklıkta pişirilerek dayanımı artırılmış, pigmentasyonlu bir tabakaya sahip oldukları için hem estetik hem de performans açısından yaygın bir çözümdür.

Polyester film uygulamalarında ise iç yüzeye hava kabarcığı oluşmayacak şekilde yapıştırma yapılır ve uzun ömürlü performans sağlayabilmesi için bu filmlerin yüksek UV dayanımına sahip olması gerekir.

4.2.2. Sertleştirilmiş (Temperli) ve Isıl Güçlendirilmiş Camlar

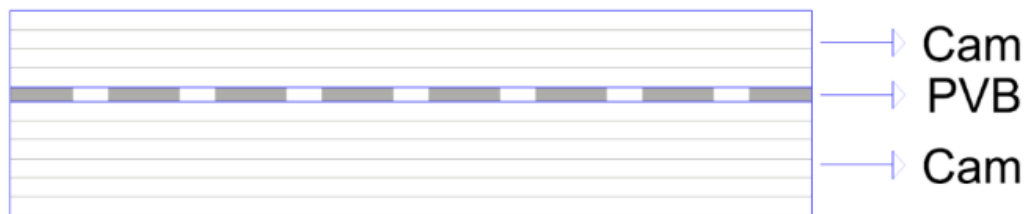
Temperli cam, düz cama göre birkaç kat daha yüksek dayanım sağlayan, kontrollü bir ısıl işlemle güçlendirilmiş güvenlik camıdır. İnsan trafiğinin yoğun olduğu alanlarda çarpma, darbe veya ani yük etkilerinin oluşabileceği öngörüldüğünde tercih edilmesi gereken cam türlerinden biridir. Temperli cam kırıldığında, keskin olmayan küçük ve küresel parçalara ayrılması sayesinde yaralanma riskini önemli ölçüde azaltır (Eşsiz, 2004). Bu özelliği nedeniyle cephe yüzeylerinde hem güvenlik hem de dayanıklılık açısından kritik bir bileşen görevi görür.



Şekil 21. Kırık Düz Cam ile Kırık Temperli Cam Örneği ("Binalarda doğru yalıtım", 2025)

4.2.3. Lamine Cam Uygulamaları

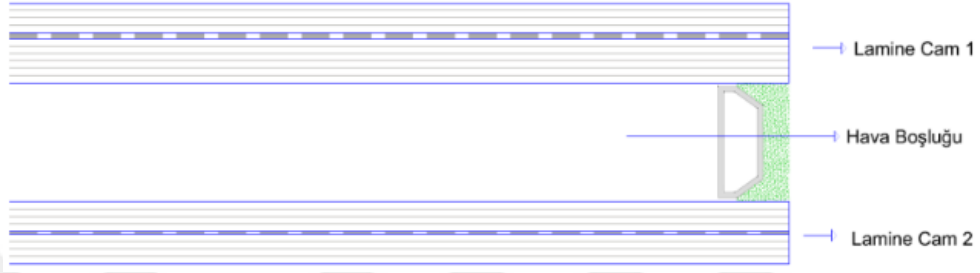
Lamine cam, iki veya daha fazla cam plakasının polivinil butiral (PVB) adı verilen özel bir ara tabaka vasıtasıyla basınç ve/veya ısıl işlem altında birleştirilmesiyle oluşturulur. Bu ara tabaka şeffaf olabildiği gibi farklı renk seçenekleri de sunabilir. Lamine camlarda, cam kırıldığında parçaların birbirine yapışık kalması, düşme ve dağılma riskini ortadan kaldırdığı gibi güvenlik açısından da önemli bir avantaj sağlar. Ayrıca PVB tabakasının doğal yapısından kaynaklanan akustik sönümleme özelliği, lamine camları gürültü kontrolünün önemli olduğu yapılar için uygun hâle getirir. İhtiyaç duyulduğunda, lamine katmanlar temperli camlarla birleştirilerek daha yüksek mekanik dayanım da elde edilebilir (Eşsiz, 2004).



Şekil 22. Lamine Cam Kesit Detayı (Kişisel Arşiv-2018)

4.2.4. Çift Cam Uygulamaları

Çift cam, iki veya üç cam levhasının aralarında boşluk bırakılarak birleştirilmesiyle oluşturulan ve bu boşlukların hava veya inert gazlarla (argon, kripton vb.) doldurulmasıyla ısı yalıtım performansı artırılan bir cam sistemidir. Cam levhalar arasındaki boşluk, cam çıtaları ve sızdırmazlık malzemeleri kullanılarak elde edilir (Sev, Gür, Özgen, 2003).



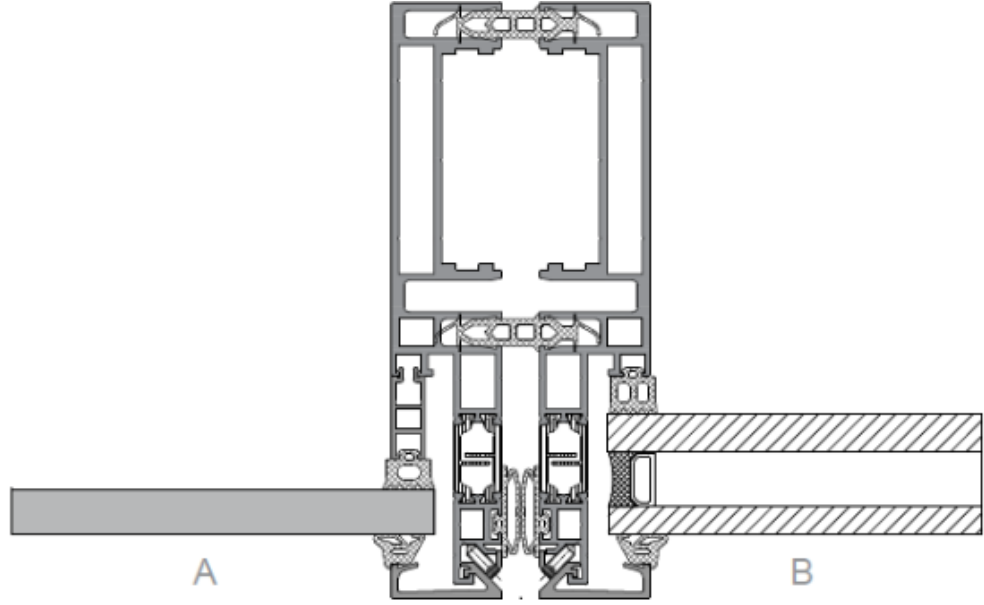
Şekil 23. Çift Cam Kesit Detayı (Kişisel Arşiv- 2018)

Bu yapı sayesinde hem ısı kayıpları hem de güneş kaynaklı kazançlar kontrol altına alınır. Yaz aylarında dış ortam sıcaklığının iç mekâna aktarımı azaltılırken, kışın ısı kayıpları minimize edilir; böylece iç mekân konforu önemli ölçüde iyileşir.

Çift cam, yalnızca ısı performans açısından değil, aynı zamanda dış mekândan gelen sesin azaltılmasında da etkili bir çözümdür. Farklı kalınlıktaki camların kullanılması veya aradaki boşluğun özel gazlarla desteklenmesi, akustik performansı daha da yükseltir. Güvenlik gereksinimlerinin yüksek olduğu durumlarda çift cam ünitelerine temperli veya lamine cam uygulanarak sistemin dayanıklılığı artırılabilir.

4.3. Opak Elemanlar

Giydirme cephe sistemlerinde kullanılan dolgu bileşenleri, cephenin hem mimari algısını hem de fiziksel performansını belirleyen temel unsurlardandır. Trakya Cam'ın (2012) belirttiği üzere, modern giydirme cephe yüzeylerinin yaklaşık %80-85'lik bölümü saydam veya opak dolgu elemanlarından, geri kalan %10-15'lik kısmı ise alüminyum profil bileşenlerinden oluşmaktadır. Bu oran, dolgu bileşenlerinin yapı kabuğundaki etkisini ve sistem performansındaki kritik rolünü açıkça göstermektedir (Doğan, 2013).



Şekil 24. Farklı dolgu bileşenleri gösterimi (Reynaers Alüminyum, n.d.)

Dolgu elemanları, hem estetik beklentileri karşılamak hem de yapısal işlevleri desteklemek amacıyla cephe tasarımının en belirleyici bileşenleri hâline gelmiştir. Giydirme cephelerde opak ve saydam paneller farklı amaçlara hizmet eder. Opak paneller çoğunlukla kolon, kiriş ve döşeme gibi taşıyıcı elemanların dışarıdan görünmesini engellemek, cephe bütünlüğünü sağlamak ve termal performansı artırmak amacıyla tercih edilmektedir. Bu paneller, yapının strüktürel elemanlarını gizleyerek daha sakın ve bütünleşik bir dış kabuk oluştururken, aynı zamanda ısı kayıplarını azaltarak enerji verimliliğine katkı sağlar. Opak elemanlar genellikle kompozit paneller, metal levhalar, seramik kaplamalar veya emaye cam gibi farklı malzemeler kullanılarak üretilmektedir. Malzeme seçimi, yapının mimari dili, iklim koşulları ve yangın dayanımı gibi kriterlere göre şekillenmektedir.

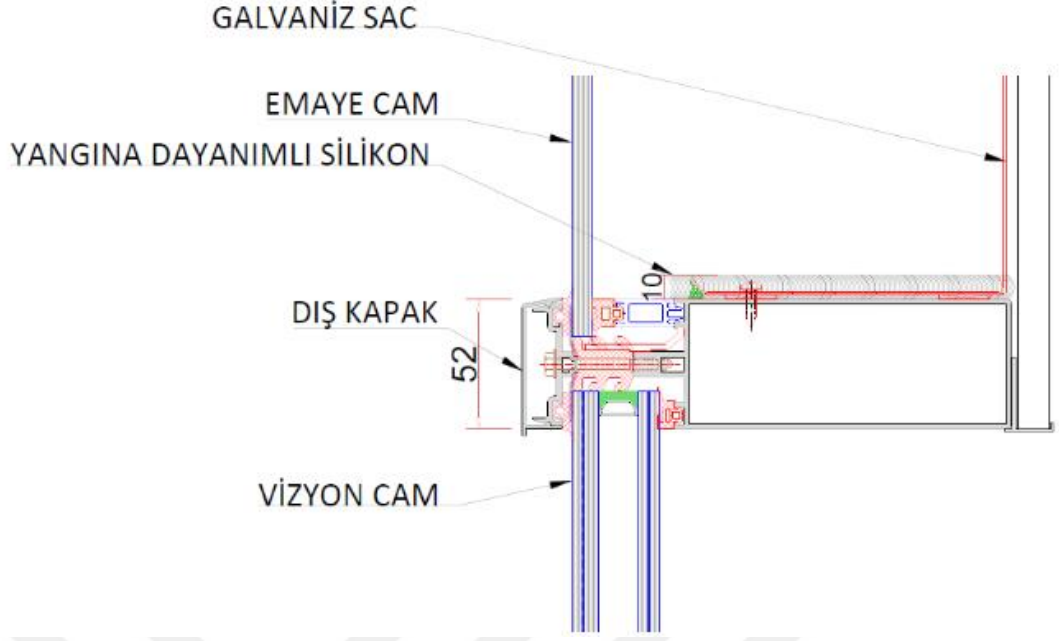
Saydam dolgu bileşenleri ise iç mekâna doğal ışık girişini sağlayarak görsel konforu artıran ve dış mekânla görsel bağlantı kuran bileşenlerdir. Giydirme cephelerde kullanılan vizyon camları, gün ışığından maksimum fayda sağlanmasına olanak verirken, aynı zamanda çeşitli kaplama teknolojileri sayesinde güneş kontrolü, ısı yalıtımı, ses performansı ve enerji verimliliği gibi birçok fonksiyonu yerine getirebilmektedir. Bu özellikler, cephe tasarımında cam bileşenlerini yalnızca estetik bir tercih olmaktan çıkarıp yapı fiziği açısından da belirleyici bir unsura dönüştürmüştür.

Bu çalışma kapsamında değerlendirilen giydirme cephe sistemlerinde, mimari tasarımın gerektirdiği doğrultuda özellikle vizyon camlı saydam panel uygulamalarına odaklanılmıştır. Dolayısıyla cephe sistemlerinde opak paneller bulunsa da, araştırmanın kapsamı gereği saydam cam elemanlarının performans özellikleri ve cephe ile olan ilişkileri ayrıntılı biçimde ele alınacaktır. Bu yaklaşım, çağdaş cephe tasarımlarında yaygın olarak kullanılan yüksek geçirgenlikli cam yüzeylerin, ışık geçirgenliği, enerji kontrolü, sızdırmazlık performansı ve yapısal güvenlik açısından değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır. Sonuç olarak, opak dolgu elemanları cephenin mimari bütünlüğünü, enerji performansını ve strüktürel elemanların gizlenmesini sağlarken; saydam dolgu bileşenleri mekânsal konfor, aydınlık düzeyi ve dış çevre ile görsel ilişki açısından önemli rol üstlenmektedir. Bu iki bileşenin doğru kurgulanması, modern giydirme cephe tasarımında hem estetik hem de teknik gerekliliklerin uyumlu şekilde sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır.

4.4. Sızdırmazlık Elemanları

Giydirme cephe sistemlerinde sızdırmazlık elemanları, cephe bütünlüğünün korunması ve sistem performansının istenen düzeyde sürdürülebilmesi açısından kritik bir role sahiptir. Bu bileşenler, özellikle birleşim noktalarında oluşabilecek su, hava ve buhar geçişlerini engellemek amacıyla kullanılmakta olup, doğru malzeme seçimi yapılmadığı takdirde cephe performansında ciddi kayıplara neden olabilmektedir. Sızdırmazlıkta en yaygın kullanılan malzeme türlerinden biri silikon esaslı dolgular olup, cephe sistemlerinin dış ortam etkilerine karşı korunmasında temel işlev üstlenir.

Silikon malzemeler; hava, su ve rüzgâr yüklerine karşı bariyer oluşturarak yapının iç mekân konforunun korunmasını sağlar. Bu malzemelerin seçimi yapılırken yalnızca cephe tasarımına uygunluk değil, aynı zamanda yapısal davranışlara uyum gösterebilme, elastikiyet, uzun ömürlülük ve çevresel etkilere dayanım gibi performans ölçütleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Silikonlar, cephe birleşim bölgelerinde derz dolgu malzemesi olarak uygulanmakta olup, özellikle hareketli birleşimlerde sisteme esneklik kazandırarak, malzemeler arasındaki farklı genleşme ve büzülmelerin oluşturabileceği zararları minimize eder.



Şekil 25. Silikon Uygulama Detayı (Kişisel Arşiv-2019)

Silikon temelli sızdırmazlık malzemeleri, kullanım amaçlarına göre çeşitlilik göstermektedir. Akrilik ve su bazlı silikonlar daha çok düşük hareketli derzlerde tercih edilirken; poliüretan esaslı malzemeler yüksek yapışma gücü ve mekanik dayanımları nedeniyle belirli uygulamalarda kullanılabilir. Yangına dayanımlı silikonlar ise belirli yangın dayanım sınıflarını karşılamak üzere geliştirilmiş olup, yangın sırasında yüksek sıcaklıklarda dahi bütünlüğünü koruyarak cephe sisteminin kritik bölgelerinde güvenlik sağlamaktadır. Bu malzemelerin tek bileşenli veya çift bileşenli olarak üretilmesi, kullanıcıya uygulama kolaylığı ve farklı kürlenme süreleri açısından seçenek sunar.

Sızdırmazlık malzemelerinin en önemli özelliklerinden biri elastik davranış gösterebilmesidir. Giydirme cepheler, rüzgâr yükleri, deprem etkileri, termal hareketler ve yapısal oturmalar nedeniyle sürekli olarak deformasyon altında kalmaktadır. Kullanılan silikon malzemelerin, bu hareketleri karşılayabilecek düzeyde elastikiyet göstermesi gerekmektedir. Aynı zamanda UV ışınlarına maruz kalan cephe yüzeylerinde, silikonun zamanla sertleşme, çatlama veya yapışkanlığını kaybetme gibi olumsuz davranışlar göstermemesi için UV dayanımının yüksek olması şarttır.

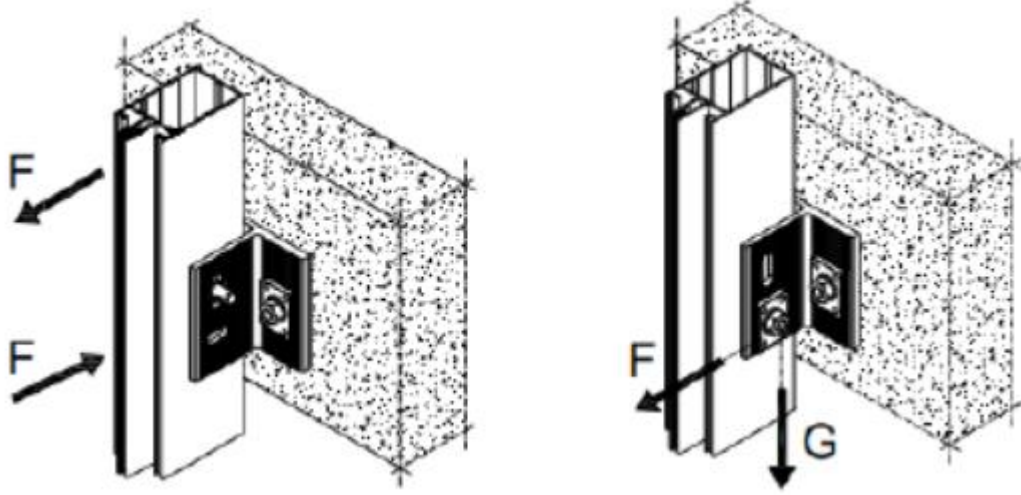
Doğru uygulanmış bir sızdırmazlık detayı, cephe sisteminin dayanıklılığını artırmakla kalmaz, aynı zamanda enerji verimliliği üzerinde de olumlu etki yaratır. Yanlış veya yetersiz sızdırmazlık uygulamaları, ısı kayıplarına, yoğuşma

problemlerine ve hava sızıntısına yol açarak hem yapı güvenliğini hem de kullanıcı konforunu olumsuz yönde etkileyebilir. Bu nedenle sızdırmazlık elemanlarının nitelikli işçilikle uygulanması, yüzeylerin temiz ve kuru olması, doğru primerlerin kullanılması ve üretici talimatlarına uygun hareket edilmesi büyük önem taşır. Özetle, silikon esaslı sızdırmazlık malzemeleri, giydirme cephe sistemlerinin performansını doğrudan etkileyen, teknik özellikleri itibarıyla yüksek dayanım gerektiren ve uygulama hassasiyeti bulunan bileşenlerdir. Doğru seçilen ve uygun şekilde uygulanan sızdırmazlık elemanları, cephe sisteminin uzun süreli, güvenli ve verimli şekilde hizmet verebilmesini sağlar.

4.5. Ankraj ve Bağlantı Elemanları

Giydirme cephe sistemlerinde ankraj ve bağlantı elemanları, cephenin yapıya güvenli ve doğru bir şekilde bağlanmasını sağlayan temel yapı bileşenlerindendir. Bu elemanlar, yalnızca cephe panellerinin kendi ağırlıklarını taşımakla kalmaz, aynı zamanda rüzgâr basıncı, deprem etkileri, termal hareketler gibi dış etkenlerle oluşan tüm yatay ve düşey yüklerin yapı taşıyıcı sistemine aktarılmasını da sağlar. Dolayısıyla ankrajların doğru seçimi, doğru detaylandırılması ve yüksek dayanımlı malzemelerden üretilmesi, giydirme cephe performansının sürekliliği açısından son derece kritik bir mühendislik gerekliliğidir.

Genellikle çelik veya alüminyumdan imal edilen ankrajlar, çoğunlukla döşeme hizasına denk gelen spandrel bölgelerinde konumlandırılır ve cephe kaplaması tamamlandığında dışarıdan görünmez hâle gelir. Bu görünmezlik durumu, hem estetik bütünlüğün korunmasını hem de ankrajların dış ortam etkilerinden mümkün olduğunca uzak tutulmasını sağlar. Ancak dış ortamla temas eden ankraj noktalarında korozyon dayanımının yüksek olması zorunludur; aksi durumda sistemin taşıyıcılık kapasitesi zamanla zayıflayabilir (Gür, 2001).



Şekil 26. Giydirme cephede ankraj örneği (Reynaers Alüminyum, n.d.)

Giydirme cephe ankrajları, temel işlevlerine göre iki ana grupta değerlendirilebilir:

- a) Yer çekimi ve yanal yük ankrajları (sabit ankrajlar)
- b) Sadece yanal yük ankrajları (yarı açık ankrajlar)

Sabit ankrajlar hem ağırlık hem de yatay yük taşıma görevini üstlenirken, yarı açık ankrajlar yalnızca yanal yükleri karşılayacak şekilde çalışır. Yarı açık ankrajlarda sistemin, cephe boyunca oluşan düşey hareketleri tolere edebilmesi, ancak düzlem dışı istenmeyen hareketleri sınırlayabilmesi esastır. Bu özellik özellikle yüksek yapılarda gerçekleşen termal genleşme, katlar arası rölatif kat ötelemeleri ve yapısal deformasyonların cephe sistemine zarar vermesini engeller (CMHC, 2004).

Her ankraj sistemi temelde iki yapısal bileşenden oluşur:

- a) Betonarme eleman ile temas eden gömülü veya yüzeysel bağlantı plakası,
- b) Cephe çerçevesine bağlanan montaj kolu ya da bağlantı bileşeni.

Betonarme yüzeye çelik dübeller veya kimyasal ankrajlar yardımıyla sabitlenen bu bileşenler, farklı yapı tipleri ve uygulama koşullarına göre çok çeşitli boyut ve geometrilerde üretilebilmektedir. Ankraj sayısı ve yerleşim aralıkları ise cepheye etki eden rüzgâr yükü, panel boyutları, sistem ağırlığı ve cephe modülasyonu gibi parametrelere bağlı olarak belirlenir. Yanlış ankraj yerleşimi, cephe sisteminde istenmeyen deformasyonlara, sızdırmazlık problemlerine ve hatta yapısal risklere yol açabileceği için mühendislik hesaplamalarının titizlikle yapılması gerekir.

Modern giydirmce cephe uygulamalarında ankrajların ayarlanabilir nitelikte olması büyük avantaj sağlar. Ayarlanabilir ankrajlar sayesinde montaj sırasında küçük aksenel hatalar düzeltilebilir ve cephe modülleri istenen diklikte ve hizada konumlandırılabilir. Bu özellik özellikle panel sistemlerde ölçü toleranslarını karşılamada önemli bir kolaylık sunar.

Dış ortam koşullarına sürekli olarak maruz kalan ankrajlar aynı zamanda galvaniz, anodize kaplama veya paslanmaz çelik gibi malzeme özellikleriyle korunmalı; aksi hâlde zaman içinde korozyon kaynaklı kapasite kaybı yaşanması kaçınılmaz olacaktır. Bu nedenle ankrajların taşıyıcı performansı kadar, çevresel dayanımları da giydirmce cephe tasarımında değerlendirilmesi gereken kritik unsurlardır. Sonuç olarak, ankraj ve bağlantı elemanları hem statik hem dinamik yüklerin güvenli şekilde yapıya aktarılmasını sağlayarak giydirmce cephe sisteminin omurgasını oluşturur. Doğru mühendislik hesaplamaları, uygun malzeme seçimi ve nitelikli uygulama sayesinde ankraj sistemleri uzun yıllar boyunca cephenin güvenliğini ve performansını sürdürebilir kılar.

BEŞİNCİ BÖLÜM

PERFORMANS KRİTERLERİ

Giydirme cephe sistemleri, bir yapının dış ortamla kurduğu ilişkinin en kritik bileşenlerinden biri olduğundan, bu sistemlerin tasarım ve uygulama süreçlerinde performans kriterleri özel bir önem taşır. Yapı kabuğunda ortaya çıkabilecek olumsuzluklar çoğunlukla hava sızıntısı, su geçirimi, ısı kaybı-kazancı ve nem kontrolündeki yetersizliklerden kaynaklandığı için, giydirme cephe tasarımının erken aşamalarında performans gereksinimlerinin doğru belirlenmesi zorunludur (Altunkeyik, 2018). Cephe sistemlerinin yapının ömrü boyunca sorunsuz çalışabilmesi; bileşen seçiminden montaj detaylarına, malzeme kalitesinden uygulanacak test yöntemlerine kadar pek çok değişkenin bütüncül şekilde değerlendirilmesini gerektirir.

Alüminyum giydirme cephe sistemlerinin bileşenleri ve kavramsal sınıflandırması önceki bölümlerde ele alınmış olmakla birlikte, bu bileşenlerin gerçek performansı, dış etkilere karşı ne ölçüde dayanıklılık gösterdiği ile doğrudan ilişkilidir. Giydirme cepheler; yer çekimi, rüzgâr, deprem, su, sıcaklık değişimleri ve gün ışığı gibi dış çevre etmenlerine sürekli maruz kaldığından, her bir bileşenin bu dinamik koşullara uyum sağlayacak şekilde tasarlanması gerekir. Uygulamanın yapılacağı coğrafyanın iklim özellikleri, rüzgâr zonu, yağış rejimi, gürültü düzeyi ve sismik aktivitesi gibi parametreler, her yapı için farklı performans gereksinimlerinin ortaya çıkmasına neden olur (Demirkale, 2017).

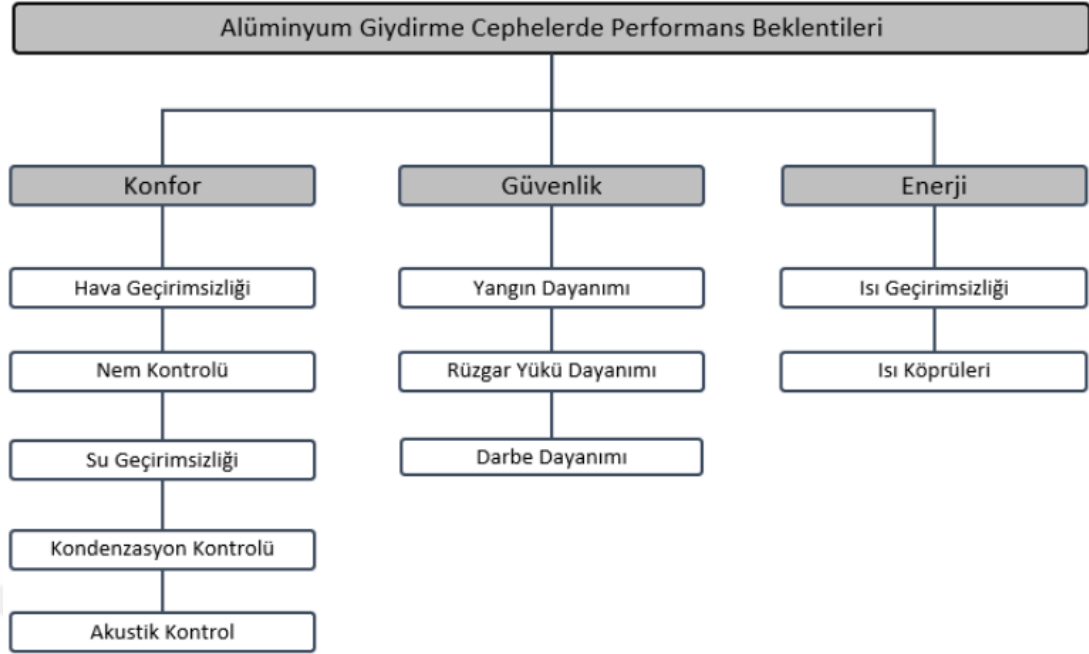
Bu nedenle giydirme cephelerde beklenen performans; yalnızca dış etkenlere karşı dayanım ile sınırlı değildir. Cephe sisteminin iç mekânda konfor koşullarını sağlaması, ısıl dengeyi koruması, doğal ışığı kontrol edebilmesi ve enerji tüketimini azaltacak nitelikte tasarlanması da çağdaş cephe teknolojilerinin temel beklentileri arasında yer almaktadır. Giydirme cephe sistemleri, yapının havalandırma, aydınlatma ve iklimlendirme stratejileriyle uyum içinde çalışmalı; iç mekânda kullanıcı konforunu sağlayacak bir çevresel denge oluşturmalıdır

Yüksek katlı yapılarda performans gereksinimleri daha da belirgin hale gelir. Yapı yüksekliğinin artması rüzgâr yüklerinin büyümesine, yağışın cephe üzerindeki etkisinin değişmesine, bakım ve temizlik koşullarının daha karmaşık hale gelmesine

neden olur. Atalay (2006), rüzgâr etkisinin özellikle yüksek yapılarda giydirme cephe tasarımında kritik bir faktör olduğunu, sistem bileşenlerinin bu etkilere karşı yeterli rijitlik ve dayanım göstermesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bunun yanı sıra yağmur suyu tahliyesi, gürültü yalıtımı, yangın güvenliği gibi diğer performans başlıkları da cephe tasarımının ayrılmaz parçalarıdır. Bu gereksinimlerin karşılanamaması durumunda, yapının kullanım sürecinde yüksek maliyetlere ve güvenlik risklerine yol açabilecek ciddi sorunlar ortaya çıkabilir

Giydirme cephe performansını etkileyen faktörler yalnızca çevresel değildir. Şantiye koşullarındaki uygulama kalitesi, kullanılan malzemelerin doğruluğu, montaj personelinin deneyimi gibi insan kaynaklı unsurlar da sistem performansını doğrudan belirler. Bu nedenle, yalnızca araştırma-geliştirme veya tasarım aşamasında değil; üretim, nakliye, montaj ve bakım süreçlerinin tamamında kalite kontrol prosedürlerinin eksiksiz uygulanması gereklidir

Bu bölümde; giydirme cephe sistemlerinin performans kriterleri konfor, güvenlik ve enerji etkinliği başlıkları altında detaylandırılarak incelenecektir. Böylece, hem kullanıcı ihtiyaçlarını hem de yapısal gereklilikleri karşılayabilecek bir cephe tasarımının hangi temel performans parametrelerine dayanması gerektiği açıklanacaktır.



Şekil 27. Giydirme cephenin performans gereksinimlerine göre sınıflandırılması (Altunkeyik, 2018).

5.1. Konfor ile İlgili Performanslar

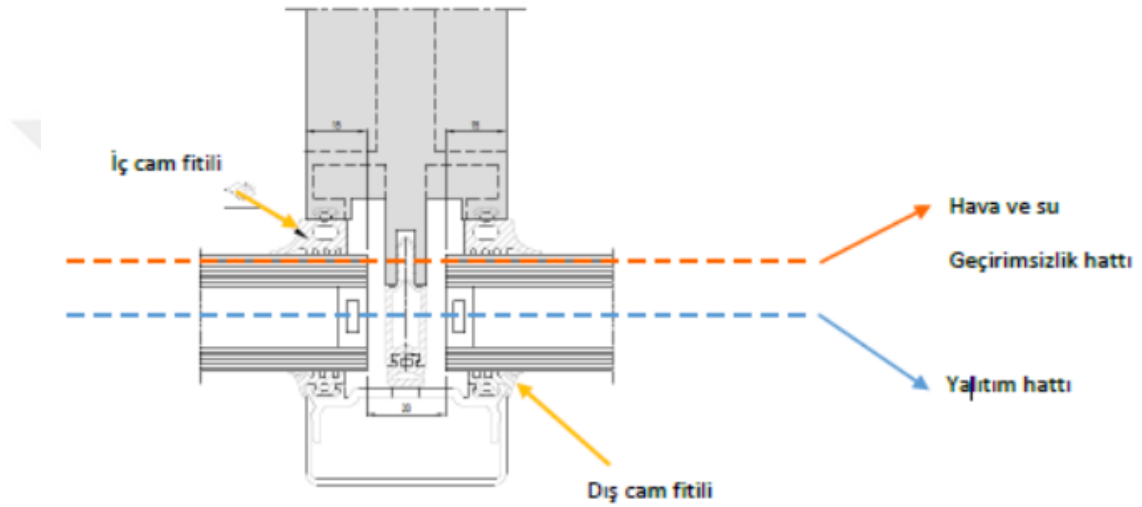
Bir giydirme cephe sisteminin kullanıcı konforunu sağlayabilmesi, yalnızca estetik bir dış yüzey oluşturmakla sınırlı değildir; cephe, yapının iç ortam kalitesini doğrudan etkileyen çok sayıda fiziksel performans koşulunu da karşılamalıdır. Modern cephe tasarımlarında konfor kavramı; hava geçirimsizliği, su sızdırmazlığı, ısı performans, yoğuşma kontrolü, buhar difüzyonu ve akustik yalıtım gibi birbirine bağlı parametrelerden oluşan çok katmanlı bir yapı olarak ele alınmaktadır. Bu parametrelerin her biri, binanın bulunduğu iklimsel koşullar, tasarım kriterleri ve kullanım biçimlerine göre değişen performans gerekliliklerini ortaya koyar.

Giydirme cepheler, yapı kabuğunun dış ortam ile iç ortam arasındaki en kritik ara yüzlerinden biri olduğundan, bu sistemlerde yaşanan performans problemleri genellikle hava ve su sızıntısı, yoğuşma, ısı kayıpları ve akustik sorunlar şeklinde ortaya çıkar. Bu nedenle, cephe tasarımında kullanılan her bir bileşenin (cam, profil, yalıtım malzemeleri, fitil, silikon vb.) gösterdiği performans doğrudan kullanıcı konforunu belirler.

Aşağıdaki alt başlıklarda, konfor ile ilgili temel performans gereklilikleri kapsamlı şekilde açıklanmaktadır.

5.1.1. Hava Geçirimsizliği

Bir giydirme cephenin dış ortamdan iç mekâna doğru gerçekleşen hava akışını kontrol edebilmesi, hem enerji verimliliği hem iç mekân konforu açısından en kritik performans başlıklarından biridir. Alüminyum giydirme cephe sistemleri yapısal olarak hava geçirimsiz olacak şekilde tasarlansa da, hareketli kanatlar, cam-profil birleşimleri ve fitiller zamanla hava sızıntısının oluşabileceği zayıf bölgeler haline gelebilir. Bu nedenle dış fitiller, iç fitiller ve birleşim noktalarında kullanılan tüm sızdırmazlık elemanları sistemin performansında belirleyici role sahiptir.



Şekil 28. Düşey profil hava su ve yalıtım hattı gösterimi

Hava sızıntısı; iklim koşulları, rüzgâr hızları ve sıcaklık farkları arttıkça daha belirgin hale gelir. Havanın iç mekâna kontrolsüz şekilde girmesi, kışın ısı kaybına, yazın ise soğutma yükünün artmasına neden olur ve enerji tüketimini yükseltir (Altunkeyik, 2018; Yalaz, 2018).

Maksimum basınç P_{max} (Pa)	Hava sızdırmazlık ($m^3/m^2.h$)	Sınıf
150	1.5	A1
300	1.5	A2
450	1.5	A3
600	1.5	A4
>600	1.5	AE

Şekil 29. EN 12152 standardına göre hava sızdırmazlık sınıfları (Altunkeyik, 2018)

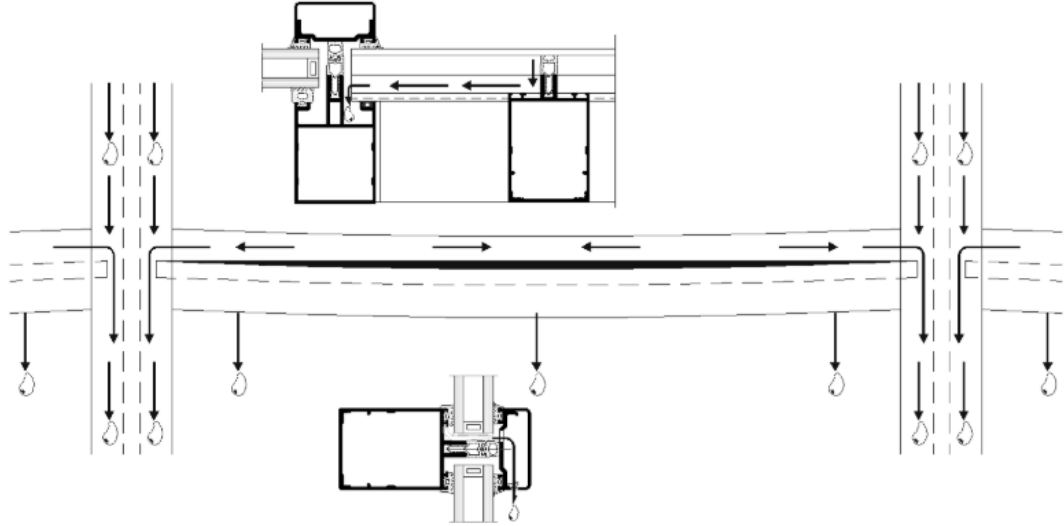
Bu nedenle giydirme cephe sistemlerinde hava geçirimsizlik performansının EN 12152 ve EN 12153 standartlarına uygunluğu test merkezlerinde örnek modüller üzerinden doğrulanmaktadır (Altunkeyik, 2018; CMHC, 2004). Doğru tasarlanmış bir

hava bariyeri sistemi yalnızca enerji verimliliğini artırmaz; aynı zamanda kullanıcıların termal konforuna katkı sağlar, iç ortamda cereyan oluşumunu engeller ve sistem bileşenlerinin ömrünü uzatır.

5.1.2. Su Geçirimsizliği

Giydirme cephe sistemlerinde yağmur suyuna karşı direnç, bina bütünlüğünün korunması için temel performans gerekliliklerinden biridir. EN 13830 standardı doğrultusunda cephe bileşenlerinin suyu iç mekâna iletmemesi gerekir. Bununla birlikte, alüminyum profiller suyu emme özelliğine sahip olmadığından, sisteme giren suyun kontrollü şekilde tahliye edilmesi zorunludur.

Cephe birleşimlerinde kullanılan silikonlar, EPDM fitiller ve kapak profilleri, sistemin su geçirimsizliğini sağlamak üzere bir arada görev yapar (Foster and Harrington, 2007). Modern cephelerde en sık kullanılan yöntem, suyun kontrollü olarak sistem içinde toplanıp dışarı yönlendirildiği içsel drenaj prensibidir. Bu prensip, yüksek ve rüzgârlı bölgelerde bile suyun iç mekâna ulaşmasını engelleyecek şekilde tasarlanır.



Şekil 30. Düşey ve yatay profillerde su tahliye prensibi (Reynaers katalog)

Su geçirmezlik performansı EN 12154 ve EN 12155 standartlarında belirtilen basınç sınıflarına göre test edilir. Farklı iklim koşulları, bina yüksekliği ve cephe yönelimine bağlı olarak uygun sınıfın seçilmesi gerekir. Tasarım ve montaj aşamasında yapılan küçük hataların bile kullanım sürecinde büyük hasarlara yol

açabilmesi nedeniyle, her giydirmce cephe uygulamasında su geçirimsizlik testi yapılması zorunludur (Altunkeyik, 2018).

5.1.3. Kondenzasyon (Yoğuşma) Kontrolü

Giydirmce cephelerde su sızması dışında en yaygın karşılaşılan ikinci problem yoğuşmadır. Yoğuşma, sıcak ve nemli iç hava soğuk yüzeyle temas ettiğinde meydana gelir ve özellikle havalanamayan bölgelerde (ör. spandrel alanları) ciddi hasarlara yol açabilir.



Şekil 31. Giydirmce cephede yoğuşma örneği ("Alüminyum cephe ve pencere", 2025)

Bu nedenle cephe bileşenlerinin yüzey sıcaklığı çiy noktası sıcaklığının üzerine çıkarılmalı, buhar hareketi kontrol altına alınmalı ve oluşabilecek yoğuşmanın tahliyesi için detay çözümleri geliştirilmelidir (Allen, 2006; Şenkal, 2002).

EN ISO 13788 standardına göre hesaplanan sıcaklık faktörü (f-faktörü), cephe bileşeninin yoğuşmaya karşı performansını belirlemede kullanılan temel parametrelerden biridir. Bu değerlerin özellikle soğuk iklim bölgelerinde %80 iç bağıl neme göre değerlendirilmesi önerilir (Altunkeyik, 2018). Yoğuşmanın kontrol altına alınması yalnızca cephe dayanımı için değil, aynı zamanda iç mekân sağlığı için de önemlidir; çünkü uzun süreli nemlilik küf oluşumuna ve iç hava kalitesinin bozulmasına neden olur.

5.1.4. Buhar Difüzyon Kontrolü

Giydirmce cephelerde buhar difüzyonu genellikle yüzeyler arasında basınca bağlı nem hareketi şeklinde görülür. Modern cephe bileşenleri—alüminyum ekstrüzyonlar, yapısal cam, silikon contalar vb.—doğal olarak buhar geçişine karşı dirençlidir. Bu

nedenle kontrol edilmesi gereken asıl konu, IGU (Isıcam Üniteleri) gibi birimlerdeki iç boşlukların nem almaması ve butil ile güçlendirilmiş kontaların işlevini korumasıdır (Altunkeyik, 2018). Buhar difüzyonunun doğru yönetilmesi, yoğuşma problemlerinin azaltılmasına ve termal performansın korunmasına katkı sağlar.

5.1.5. Ses Geçirimsizliği / Akustik Performans

Giydirme cephe sistemlerinde akustik performans, iç mekân konforunu doğrudan etkileyen unsurlardan biridir. Gürültünün yüksek olduğu kent merkezlerinde, yoğun trafik akslarında veya havaalanı yakınlarında bulunan binalarda akustik performansın önemi daha da artmaktadır.

Ses yalıtımı; cam kalınlığı, cam türü (lamine, çift cam, üçlü cam), alüminyum profillerin geometrisi, birleşim noktalarının sızdırmazlığı ve opak alanlardaki yalıtımın kalitesi gibi birçok parametreye bağlıdır (Boswell, 2013; Şenkal, 2002).

Akustik performans kayıpları çoğunlukla şu bölgelerde görülür:

- i. Profil-cam birleşimleri
- ii. Hareketli kanat çevreleri
- iii. Vizyon alanının geniş olduğu cephelerdeki bağlantı noktaları
- iv. Yapı-cephe birleşim bölgeleri

Bu nedenle, giydirme cephe tasarımında yalnızca cam performansı değil, profil sisteminin, fitillerin ve montaj detaylarının akustik etkisi de dikkate alınmalıdır.

Ses geçişini azaltmak için şu yöntemler uygulanabilir:

- a) Daha kalın veya farklı cam kombinasyonlarının seçilmesi
- b) Lamine camda akustik PVB kullanımı
- c) Profil için ses yutucu malzemelerle desteklenmesi
- d) Profil-cam temas bölgelerinde elastik, ses kesici fitiller kullanılması
- e) Cephe derzlerinde boşluk bırakılmaması

Doğru tasarlanmış ve test edilmiş bir cephe sistemi, dış ortam gürültüsünü minimum seviyeye indirerek kullanıcıların yaşam ve çalışma konforunu artırır.

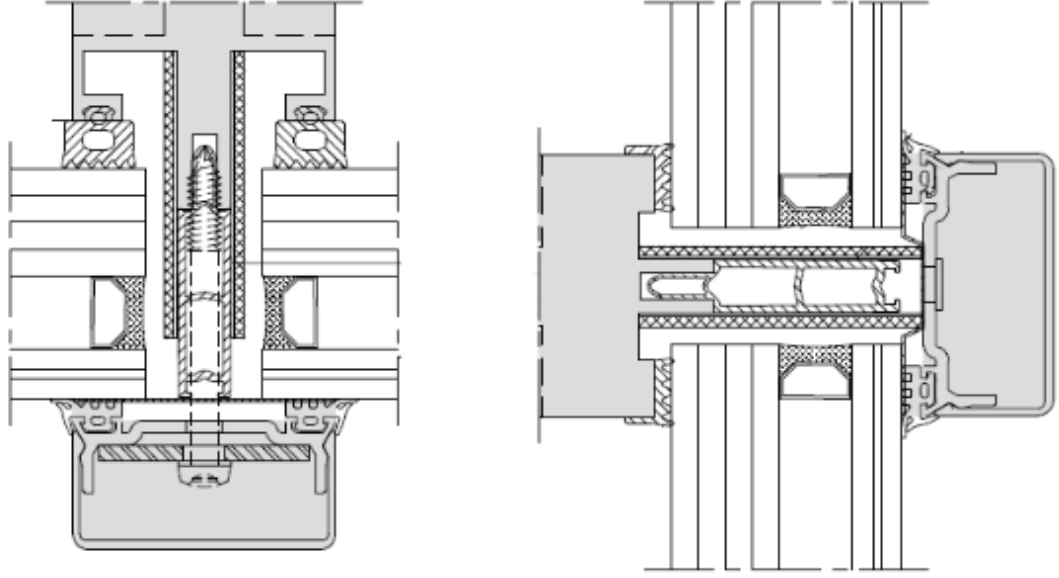
5.2. Güvenlik ile İlgili Performanslar

Giydirme cephe sistemleri günümüzde yalnızca yapıya estetik bir görünüm kazandırmak ya da iç mekânı aydınlatmak amacıyla değil, aynı zamanda yapı kabuğunun dış etkilere karşı en kritik savunma hattı olması nedeniyle de tercih edilmektedir. Modern yapılarda, özellikle yüksek katlı ofis ve ticari binalarda, tasarlanan cephelerin deprem, rüzgâr yükü, yangın, darbe ve patlama gibi beklenmeyen ya da olağanüstü yüklemeler altında güvenliğini sürdürebilmesi temel bir gereklilik hâline gelmiştir.

Bu bağlamda, giydirme cephelerin güvenlik performansı; malzeme nitelikleri, bağlantı detayları, montaj kalitesi ve bileşenlerin davranış özellikleri dikkate alınarak çok yönlü bir değerlendirme gerektirir. Aşağıda, cephelerin güvenlik performansını belirleyen başlıca parametreler kendi içerisinde alt başlıklara ayrılarak açıklanmaktadır.

5.2.1. Yangın Dayanımı

Giydirme cephe sistemlerinin yangın senaryoları karşısında göstereceği davranış, hem bina içindeki kullanıcıların can güvenliği hem de yapısal bütünlüğün korunması açısından kritik öneme sahiptir. Yangın sırasında cephede yer alan taşıyıcı profillerin, dolgu bileşenlerinin ve bu bileşenler arasındaki derzlerde kullanılan fitil, silikon ve diğer yardımcı malzemelerin belirli bir süre boyunca yangına dayanım göstermesi beklenir. Yüksek yangın performansı gerektiren projelerde, sistem detaylarına çelik, yangın durdurucu bantlar veya özel kaplamalar gibi koruyucu bileşenler eklenerek performans artırılabilir.



Şekil 32. Yangına dayanımlı profil kesitleri (Reynaers Alüminyum, n.d.)

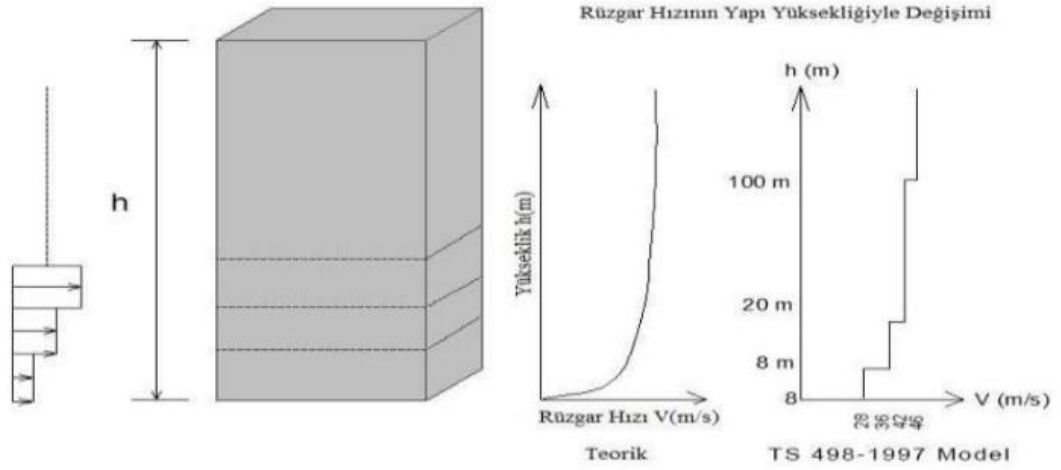
Yangın dayanımı kavramı;

- i. Taşıyıcı elemanların mekanik dayanımını kaybetmemesi,
- ii. Alev ve duman geçişinin yangından etkilenmeyen tarafa geçmemesi,
- iii. Cephe yüzeyinde sıcaklık artışının belirlenen limit değerleri aşmaması gibi kriterlerin ne kadar süreyle sağlanabildiğini ifade eder.

Bu performans süreleri standart testler ile belirlenir ve genellikle dakika cinsinden sınıflandırılır (örneğin 30, 60, 90, 120 dakika). Testlerde elde edilen sonuçlara göre sistemin yangın dayanım sınıfı tanımlanır (Altunkeyik, 2018). Bu nedenle yangın senaryoları için uygun detayların geliştirilmesi, cephe malzemelerinin doğru seçimi kadar önemlidir ve tasarım aşamasından kurulumu kadar tüm süreçte titizlikle ele alınmalıdır.

5.2.2. Rüzgâr Yükü Dayanımı

Rüzgâr yükü dayanımı, özellikle yüksek katlı yapılarda cephe tasarımını belirleyen en güçlü faktörlerden biridir. Yapının maruz kalacağı rüzgâr yükleri, yapının yüksekliği, konumu, çevresel engeller, bina geometrisi gibi parametrelere bağlı olarak ulusal ve uluslararası standartlara göre belirlenir. Rüzgâr yükü, cephe yüzeyine hem basınç hem de emme kuvveti uygulayarak cephe bileşenleri üzerinde önemli gerilmelere neden olur (Çöğürücü ve Uzun, 2019).



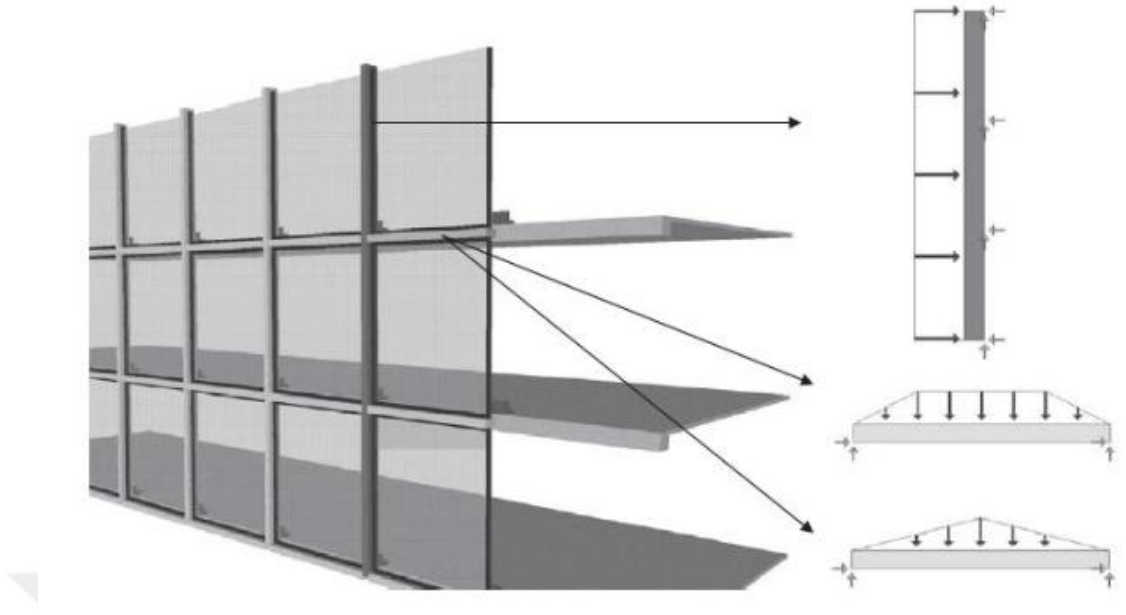
Şekil 33. Yapı yüksekliğine göre rüzgar hızı grafiği (Çöğürçü ve Uzun, 2019).

Rüzgâr yükünün cephe üzerindeki etkileri önce cam veya panel yüzeylerinde oluşur, ardından bu yükler mesnetler aracılığıyla yatay ve düşey taşıyıcı profillere iletilir. Katlar boyunca devam eden düşey profiller yükleri ankrajlar üzerinden yapının ana taşıyıcı sistemine aktarır. Bu nedenle profil kesitlerinin belirlenmesinde rüzgâr yükleri ana belirleyici bir kriterdir.

Rüzgâr yüklerine dayanıklı bir cephe tasarımında;

- i. Cam kalınlığı,
- ii. Panel açıklıkları,
- iii. Yatay taşıyıcı profillerin konumları ve rijitlikleri,
- iv. Bağlantı elemanlarının performansı

özenle değerlendirilir.



Şekil 34. Giydime cephe üzerine gelen yükler (Memari, 2013)

Rüzgâr yükü dayanımı laboratuvar ortamında simüle edilerek test edilir. Pozitif ve negatif hava basıncı uygulamaları ile sistemin deformasyon davranışı izlenir. Yüksek binalarda ya da özel formdaki yapılarda rüzgâr tüneli testleri tercih edilmektedir (Memari, 2013).

Avrupa standartlarında rüzgâr dayanımına ilişkin referans norm EN 13116'dır. Bu standarda göre, cephe bileşenlerinin tasarım yükü altında belirli limitlerin üzerinde sehim yapmaması beklenir. Örneğin L mesafesi esas alınarak maksimum izin verilen sehim, $L/200$ ya da 15 mm'nin altında olmalıdır. Ayrıca sistemin yük altında gösterdiği deformasyonun %95'inin bir saat içerisinde geri kazanılması gerekmektedir (Altunkeyik, 2018).

5.2.3. Darbe Dayanımı

Giydirme cephelerde darbe dayanımı, rüzgâr kaynaklı uçan cisimler, şiddetli yağış, fırtına, vandalizm veya hırsızlık girişimleri gibi dış etkiler nedeniyle oluşabilecek ani yüklemelere karşı sistemin dayanımını ifade eder. Darbe dayanımı, kullanıcı güvenliği açısından olduğu kadar cephe bütünlüğünün korunması için de önemli bir performans kriteridir.

Bu kapsamda Avrupa'da EN 12600 (düz cam) ve EN 14019 (giydirmeye cephe sistemleri) standartları referans alınır. EN 14019 standardı, darbe yükleri karşısında

giydirme cephe bileşenlerinin davranışını sınıflandırır ve düşme yüksekliği ile darbe enerjisi üzerinden değerlendirme yapar (Altunkeyik, 2018). Testler sonucunda cephe bileşenlerinde;

- i. Kırılma,
- ii. Delik oluşumu,
- iii. Kalıcı deformasyon

gibi hasar türlerinin meydana gelmemesi beklenir.

Bu nedenle darbe dayanımı istenen projelerde;

- a) Lamineli cam,
- b) Temperli cam,
- c) Kompozit paneller,
- d) Yüksek dayanımlı profiller

gibi malzemeler tercih edilmektedir. Ayrıca bağlantı elemanlarının ve cephe derz detaylarının darbe yüklerine karşı yeterli rijitlikte olması önem taşır.

5.3. Enerji ile İlgili Performans Gereklilikleri

Giydirme cephe sistemlerinin enerji performansı, yapının toplam enerji tüketimini doğrudan etkileyen temel kriterlerden biri olup, cephe elemanları üzerinden gerçekleşen ısı kaybı ve kazanç mekanizmalarının kontrolü üzerine kuruludur. Yapı kabuğu ile iç ve dış ortam arasında meydana gelen sıcaklık farkları, zaman içerisinde değişkenlik göstererek cephe bileşenleri aracılığıyla sürekli bir ısı transferi oluşturur. Bu dinamik süreç, cephe sisteminin tasarım kalitesine ve kullanılan malzemelerin termal özelliklerine bağlı olarak önemli enerji kayıplarına neden olabilmektedir (Yalaz, 2018). Bu nedenle, giydirme cephe performansının optimize edilmesi, sürdürülebilirlik hedefleri ve kullanıcı konforu açısından kritik bir unsurdur.

Giydirme cepheler üzerinden gerçekleşen ısı transferi literatürde üç ana mekanizma ile açıklanmaktadır: iletim (iletkenlik), konveksiyon ve radyasyon (Straube and Burnett, 2005).

İletim, malzemelerin temas halinde olduğu bölgelerde moleküller arası doğrudan ısı transferidir. Örneğin, termal bariyeri bulunmayan bir alüminyum profil, yüksek iletkenliği nedeniyle iç mekândaki ısıyı dış ortama hızla iletir ve profil yüzeyinin soğuk hissedilmesine neden olur.

Konveksiyon, hava gibi akışkan ortamlar üzerinden gerçekleşen ısı iletimidir ve cephe içerisindeki hava boşlukları tasarım gereği doğru çözümlenmediğinde ısı kaybını artırabilir.

Radyasyon ise elektromanyetik dalgalar yoluyla gerçekleşir. Cephe bileşenleri kısa dalga güneş radyasyonunu absorbe ederek sıcaklık kazanır, ardından uzun dalga kızılötesi radyasyon formunda tekrar yayılım yapar. Uzun dalga radyasyonun enerji miktarı daha düşük olduğundan, cephe tasarımında yüzey sıcaklığı, güneş kontrolü ve gölgeleme elemanları önemli rol oynar (Memari, 2013).

Bu üç mekanizmanın doğru biçimde yönetilememesi, özellikle geniş cam yüzeyli cephelerde fazla ısı kazancı veya kaybına yol açarak hem konfor şartlarını hem de mekanın enerji verimliliğini olumsuz etkiler. Bu nedenle tasarım sürecinde ısı akışının kontrolüne yönelik performans hedefleri belirlenir. Genel olarak üç temel tasarım amacı vardır:

- i. Isıtma ağırlıklı iklimlerde iç mekânın ısı kaybının azaltılması,
- ii. Soğutma ağırlıklı iklimlerde güneş kaynaklı ısı kazanımının sınırlandırılması,
- iii. Hava sızıntılarının ve ısı köprülerinin kontrol altına alınması.

Aksi halde, özellikle kış aylarında artan ısı kaybı hem kullanıcı konforunu düşürmekte hem de yapının ısıtma enerjisi ihtiyacını artırarak işletme maliyetlerinin yükselmesine sebep olmaktadır (Memari, 2013).

5.3.1. Isıl Geçirgenlik

Isıl geçirgenlik, bir yapı elemanından iletim, konveksiyon ve radyasyon yoluyla geçen toplam ısı miktarını açıklayan temel bir parametredir. Bu performans değeri U-değeri olarak adlandırılır ve cephe bileşeninin enerji kaybına olan direncini belirler. U-değeri ne kadar düşükse, bileşenin ısı geçişine karşı direnci o kadar yüksek olur. Bir başka ifadeyle, düşük U-değerine sahip giydirmce cephe bileşenleri, ısı kaybını azaltarak yapının enerji verimliliğini artırmaktadır (Memari, 2013).

Giydirme cephelerde kullanılan cam birimleri veya opak panellerin U-değeri uluslararası standartlarda tanımlanan yöntemlerle hesaplanır. Avrupa’da bu amaçla EN 13947 standardı kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra ISO 12631:2017 standardı da EN 13947 ile eşdeğer kabul edilmekte olup farklı katmanlara sahip yapı bileşenleri için hesaplama yöntemlerini detaylandırır. Bu hesaplamalarda malzemelerin ısı iletkenlik katsayısı, kalınlıkları, sınır koşulları ve birleşim detayları dikkate alınır (Altunkeyik, 2018).

Bir cephe bileşeninin U-değeri $W/m^2 \cdot ^\circ C$ birimiyle ifade edilir. Hesaplamalarda iç ve dış ortam sıcaklığı ile dış ortam rüzgâr hızı sabit kabul edilir. Günümüzde birçok ülkede U-değeri için zorunlu limit değerler bulunmakta olup bu limitler coğrafi iklim koşullarına göre farklılık göstermektedir. Bazı ülkelerde ise aynı ülke sınırları içinde farklı iklim bölgelerine özel U-değeri gereklilikleri düzenlenmiştir.

Giydirme cephe performansının değerlendirilmesinde artık bilgisayar destekli simülasyonlar yaygın olarak kullanılmakta; cam kenarı bölgeleri ve cam birimlerinin merkez noktaları için ayrı ayrı hesaplamalar yapılmaktadır. Böylece daha doğru ve güvenilir bir ısı performans değerlendirmesi elde edilir (Altunkeyik, 2018).

5.3.2. Isı Köprüsü

Isı köprüleri, yapı kabuğunda termal açıdan zayıf olan ve ısı transferinin yoğunlaştığı bölgeler olarak tanımlanmaktadır. Bu bölgeler genellikle cephe bileşenlerinin bağlantı noktaları veya farklı malzemelerin birleştiği detaylarda ortaya çıkmaktadır. Isı köprüleri, yapı içerisinde lokal ısı kayıplarını artırmakla kalmaz; iç yüzeylerde yoğuşma riskini artırarak küf oluşumu gibi ciddi sorunlara da yol açabilir. Bu nedenle ısı köprülerinin kontrol edilmesi, enerji performansı kadar sağlıklı iç mekân koşulları için de kritik öneme sahiptir (Altunkeyik, 2018).

Giydirme cephe sistemlerinde taşıyıcı çerçevenin ana malzemesi olan alüminyum, hafiflik ve dayanım açısından önemli avantajlar sunmasına rağmen, yüksek ısı iletkenlik özelliği nedeniyle ısı köprüsü oluşumuna oldukça yatkındır. Bu sorunu engellemek için alüminyum profiller içerisine termal kesme elemanları yerleştirilir. PVC, poliüretan, neopren veya fiber takviyeli poliamid gibi düşük ısı iletkenliğine sahip bu malzemeler, iç ve dış profil yüzeyleri arasında bir bariyer oluşturarak ısı geçişini önemli ölçüde azaltır (Memari, 2013).

Termal kesmelerin kullanılmasıyla;

- i. ısı kaybı azalır,
- ii. enerji verimliliği yükselir,
- iii. iç yüzey sıcaklıkları dengelenerek yoğuşma riski düşer,
- iv. kullanıcı konforu artırılır.

Bu nedenle termal köprülerin doğru tasarlanması ve üretim ile montaj aşamalarında detaylara dikkat edilmesi, modern giydirme cephelerin enerji performansı açısından vazgeçilmez bir kriterdir.

5.4. İklim Koşullarının Alüminyum Giydirme Cephe Sistemlerine Etkisi: Diyarbakır ve Rusya Örneği

Alüminyum giydirme cephe sistemlerinin tasarım ve uygulama süreçlerinde iklim koşulları belirleyici bir rol oynamaktadır. Yapının bulunduğu coğrafi bölgeye bağlı olarak sıcaklık aralıkları, güneş radyasyonu, don-çözülme döngüleri ve iç-dış ortam sıcaklık farkları cephe sistemlerinde farklı mühendislik problemlerini beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, farklı iklim kuşaklarında uygulanacak giydirme cephe sistemlerinin detay çözümleri ve montaj prensipleri, yerel iklim verileri dikkate alınarak geliştirilmelidir.

Bu kapsamda, sıcak ve kuru iklim özelliklerine sahip Diyarbakır ile soğuk iklim kuşağında yer alan Rusya (Moskova–St. Petersburg–Kazan hattı) örnekleri karşılaştırmalı olarak ele alınmış; her iki bölge için sıcaklığın alüminyum giydirme cephe sistemleri üzerindeki etkileri, montaj teknikleri ve tolerans gereksinimleri değerlendirilmiştir.

5.4.1. İklimsel Temel Farklılıklar

Diyarbakır’da yaz aylarında hava sıcaklıkları 40–45 °C seviyelerine ulaşmakta, cephe yüzeylerinde ise güneş radyasyonunun etkisiyle 55–65 °C’ye varan sıcaklıklar gözlemlenmektedir. Kış aylarında sıcaklıklar genellikle 0 ila –5 °C aralığında seyretmekte, ekstrem soğuklar nadiren görülmektedir. Bu bölgenin iklim karakteri; yüksek güneşlenme süresi, düşük nem oranı ve belirgin sıcaklık farkları ile

tanımlanmakta olup, giydirmce cephe sistemleri açısından temel risk aşırı termal genleşme ve buna bağılı olarak derz bölgelerinde oluşabilecek bozulmalardır.

Rusya’da ise yaz sıcaklıkları genellikle 20–30 °C aralığında kalırken, kış aylarında –20 °C ile –35 °C arasında değişen düşük sıcaklıklar hâkimdir. Bu bölgede don–çözölme döngülerinin yoğun olması, cephe sistemlerinde büzölme, malzeme kırılğanlaşması ve yoğunlaşma risklerini ön plana çıkarmaktadır. Dolayısıyla Rusya gibi soğuk iklim bölgelerinde giydirmce cephe tasarımı, düşük sıcaklıklarda malzeme davranışına odaklanmak zorundadır.

5.4.2. Sıcaklığın Alüminyum Giydirmce Cepheye Etkisi

Alüminyum, yüksek ısılı iletkenliğe ve yaklaşık $24 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ termal genleşme katsayısına sahip bir malzemedir. Bu nedenle sıcaklık değişimlerine karşı belirgin boy değişimleri göstermektedir. Özellikle yüksek yapılarda, cephe profillerinin uzunluklarının artmasıyla birlikte genleşme ve büzölme miktarları da önemli seviyelere ulaşmaktadır.

Diyarbakır benzeri sıcak iklimlerde, yaz ve kış dönemleri arasında oluşan yüksek sıcaklık farkları alüminyum profillerde genleşme miktarını artırmakta; yeterli derz boşluğu bırakılmadığı durumlarda cephe sisteminde ses yapma, kapak deformasyonu ve derz bozulmaları gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Buna karşılık Rusya gibi soğuk iklimlerde ana risk, düşük sıcaklıklarda profillerin büzölmesi sonucu derzlerde çekme gerilmelerinin artması ve sızdırmazlık elemanlarının performans kaybına uğramasıdır.

Bu farklılıklar, cephe sistemlerinde tek tip detay çözümü yerine iklime özgü tasarım yaklaşımlarının benimsenmesini zorunlu kılmaktadır.

5.4.3. İklim Koşullarına Bağlı Termal Genleşme Hesabı (Diyarbakır / Rusya)

Bu ekte, alüminyum giydirmce cephe sistemlerinde sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan doğrusal boy değişimi (termal genleşme/büzölme) hesaplanmış; Diyarbakır ve Rusya iklim koşulları üzerinden örnek senaryolar oluşturularak düşey taşıyıcı profiller (mullion) için beklenen hareket mertebeleri ortaya konmuştur. Elde

edilen değerler, derz/tolerans ve sabit-kayar ankraj kararlarının mühendislik gerekçesini desteklemek amacıyla kullanılmıştır.

5.4.3.1. Kullanılan Veriler ve Temel Formül

Alüminyum profillerde doğrusal genleşme bağıntısı:

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T$$

Burada;

- ΔL : Boy değişimi (mm)
- α : Alüminyum doğrusal genleşme katsayısı $\approx 24 \times 10^{-6} / ^\circ C$
- L : Profil boyu (mm)
- ΔT : Sıcaklık farkı ($^\circ C$)

Not: Hesaplarda $\alpha = 24 \times 10^{-6} / ^\circ C$ alınmıştır. Bu değer, cephe mühendisliğinde alüminyum için yaygın kullanılan mertebe değeridir.

5.4.3.2. Senaryo 1: Diyarbakır (Sıcak İklim) – Düşey Profil Genleşmesi

a) Varsayımlar

- Düşey profil boyu: $L = 6000$ mm
- Yaz dış yüzey sıcaklığı (güneş radyasyonu etkisiyle): $T_{yaz} = 60^\circ C$
- Kış dış yüzey sıcaklığı: $\Delta T = 60 - (-5) = 65^\circ C$

b) Hesap

$$\Delta L = 24 \times 10^{-6} \cdot 6000 \cdot 65$$

- Önce $24 \times 10^{-6} \cdot 6000$ hesaplanır:

$$24 \times 10^{-6} \cdot 6000 = 0,144$$

- Sonra:

$$\Delta L = 0,144 \cdot 65 = 9,36 \text{ mm}$$

Sonuç: Diyarbakır benzeri sıcak iklim koşullarında 6 m düşey alüminyum profil için yaklaşık 9,36 mm doğrusal boy değişimi beklenir.

c) Tasarım/Montaj Yorumu (Derz ve Ankraj Kararı)

Bu büyüklükte bir termal hareket, katlar arası profil eklerinde ve birleşim bölgelerinde gerilme birikimini önlemek için:

- Sabit–kayar ankraj prensibinin uygulanmasını,
- Düşey ek yerlerinde kayar birleşim (slip joint) kurgusunu,
- Derz bölgelerinde yeterli hareket payı bırakılmasını zorunlu kılar.

Uygulamada yalnız termal hareket değil, montaj toleransı ve bina hareketleri de devreye girdiği için derz hesabı yalnızca ΔL 'e eşit bırakılmaz; güvenlik payı ilave edilir.

5.4.3.3. Senaryo 2: Rusya (Soğuk İklim) – Düşey Profil Büzülmesi

a) Varsayımlar

- Düşey profil boyu:

$$L = 6000 \text{ mm}$$

- Yaz dış yüzey sıcaklığı:

$$T_{yaz} = +25^{\circ}C$$

- Kış dış yüzey sıcaklığı:

$$T_{kış} = -30^{\circ}C$$

Sıcaklık farkı:

$$\Delta T = 25 - (-30) = 55^{\circ}C$$

b) Hesap

$$\Delta L = 24 \times 10^{-6} \cdot 6000 \cdot 55$$

$$\text{Yine } 24 \times 10^{-6} \cdot 6000 = 0,144$$

$$\Delta L = 0,144 \cdot 55 = 7,92 \text{ mm}$$

Sonuç: Rusya benzeri soğuk iklim koşullarında 6 m düşey profil için yaklaşık **7,92 mm** doğrusal boy değişimi beklenir.

c) Tasarım/Montaj Yorumu

Rusya senaryosunda toplam hareket mertebesi Diyarbakır'a göre daha düşük görünse de uygulama açısından kritik fark şudur: düşük sıcaklıkta büzülme nedeniyle derzlerde çekme gerilmeleri artar; ayrıca silikon/conta gibi elastomerlerin düşük sıcaklıktaki davranışı daha hassastır. Bu nedenle:

- Derz tasarımı düşük sıcaklıkta elastikiyet kaybını dikkate almalı,
- Montaj sıcaklık limitlerine uyulmalı,
- Sabit nokta yerleşimi ve kayıcı bağlantı yönleri dikkatle seçilmelidir.

5.4.3.4. İç-Dış Yüzey Sıcaklık Farkı (Klimalı Yüksek Yapı – İlave Etki)

Yüksek yapılarda yazın dış yüzey sıcaklığı 55–60°C seviyelerine çıkarken, iç ortamın klima ile 20–24°C aralığında tutulması, profil kesitinde **sıcaklık gradyanı** oluşturur. Örnek:

- Dış yüzey: 60°C
- İç yüzey: 20°C

$$\Delta T_{\text{yüzey}} = 60 - 20 = 40^\circ\text{C}$$

Bu fark, profil kesitinde **iç–dış yüzey arasında farklı uzamalar** doğurarak özellikle kapak profili, fitil oturumları ve silikon derzlerde ilave gerilme/yer değiştirme eğilimi yaratabilir. Bu nedenle detay tasarımında elastik bileşen seçimi ve derz sürekliliği daha kritik hale gelir.

5.4.3.5. Derz/Tolerans İçin Basit Ön Kontrol (Uygulama Odaklı)

Sahada derz boşluğu belirlenirken yalnız termal genleşme değil; montaj toleransı da hesaba katılır:

$$G_{\min} \geq \Delta L + T_{\text{montaj}}$$

Örnek (Diyarbakır senaryosu):

- $\Delta L = 9,36 \text{ mm}$
- Montaj toleransı (örnek kabul): $T_{montaj} = 3 \text{ mm}$

$$G_{min} \geq 9,36 + 3 = 12,36 \text{ mm}$$

Yorum: Bu değer, minimum derz ihtiyacının mertebesini verir. Nihai derz genişliği; sistem katalogları, cam kenar boşlukları, deprem ötelenmeleri ve proje şartnamesi ile doğrulanarak belirlenmelidir.

5.4.3.6. Sonuç

Diyarbakır koşullarında 6 m alüminyum profilde yaklaşık 9,36 mm, Rusya koşullarında yaklaşık 7,92 mm mertebesinde doğrusal boy değişimi hesaplanmaktadır. Bu büyüklükler; giydirme cephelerde sabit–kayar ankraj prensibini, kayar birleşim detaylarını ve yeterli derz/tolerans bırakılmasını mühendislik açısından zorunlu kılar. İklim koşullarına bağlı termal hareketlerin tasarım aşamasında öngörülmesi, sistem performansının sürdürülebilirliği ve uzun dönemli bakım maliyetlerinin azaltılması açısından kritik öneme sahiptir.

ALTINCI BÖLÜM

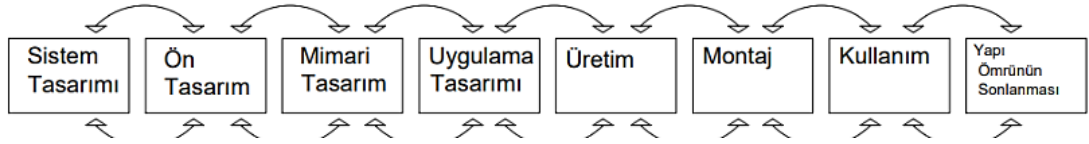
CEPHE TASARIM SÜRECİ

Alüminyum giydirme cephe sistemlerinin tasarım ve uygulama aşamaları, gelişmiş inşaat standartlarına sahip ülkelerde oldukça sistematik bir yapıya sahiptir ve çok sayıda paydaşın koordineli bir şekilde hareket ettiği bütünleşik bir süreç olarak yürütülür. Bu sürecin doğru yönetilmesi, hem mimari estetiğin korunması hem de cephe performansının hedeflenen standartları sağlaması açısından kritik öneme sahiptir. Uluslararası uygulamalar incelendiğinde, giydirme cephe tasarımının yalnızca mimari bir karar değil; teknik, yapısal, ekonomik ve performans odaklı çok yönlü bir disiplin olduğu görülmektedir.

Cephe sistemlerinin geliştirilmesinde mimarlar ile birlikte cephe danışmanları, uygulama firmaları, mühendislik ekipleri ve yükleniciler ortak çalışır. Bu paydaşların her biri sürecin farklı aşamalarında sorumluluk üstlenmekte, ancak nihai ürün olan cephe sisteminin başarıyla uygulanabilmesi için tüm tarafların bilgi alışverişi içinde olması gerekmektedir. Özellikle mimari tasarım aşamasında verilen kararlar, cephe sisteminin ilerleyen süreçlerdeki performans kriterlerini doğrudan etkilemektedir.

Uluslararası literatür incelendiğinde, özellikle Avrupa’da cephe sistemlerinin geliştirilmesi “sistem evleri” olarak adlandırılan kuruluşlar tarafından yapılmakta; bu kuruluşlarda çalışan mimar ve mühendisler, ülkelerin güncel standartları ve performans yönetmeliklerine uygun cephe sistemlerini önceden tasarlamaktadır. Böylece mimari tasarım süreci başlamadan önce, uygulanabilir sistemlerin teknik altyapısı hazırdır ve bu durum projelendirme süreçlerini hızlandırmaktadır.

Klein (2013), giydirme cephe tasarım sürecini sekiz aşamada tanımlamış; sürecin doğrusal ilerliyor gibi görünmesine rağmen uygulama sırasında mimari tasarıma geri bildirim verilerek değişiklik yapılabileceğini belirtmiştir. Bu yaklaşım, cephe tasarımının dinamik bir süreç olduğunu ve uygulama aşamasındaki kararların dahi tasarıma etki edebileceğini göstermektedir.



Şekil 35. Klein'in Cephe Süreç Analizi (Klein, 2013)

Gelişmiş ülkelerde ihale süreçlerinin de cephe tasarımının şekillenmesinde etkili olduğu görülmektedir. Cephe uygulama firmalarının mimari tasarıma dahil olma oranları ihale türüne göre değişmekte; bazı ihale türlerinde uygulayıcı firma yalnızca fiyat teklifi verirken, bazı süreçlerde tasarım ofisine doğrudan teknik destek sunarak cephe detaylarının oluşturulmasında aktif rol almaktadır. Klein (2013) tarafından yapılan analizler, ihalelerin yaklaşık %45'inin açık ihale şeklinde gerçekleştiğini, %26'sında ise uygulama firmasının tasarım aşamasına destek verdiğini göstermektedir. Bu durum, cephe tasarım sürecinin ülkeden ülkeye olduğu gibi projeden projeye de fark gösterebildiğini ortaya koymaktadır.

Cephe uygulamasına geçilmeden önce tasarımın uygulama projelerine dönüştürülmesi gerekir. Bu aşamada mimarın oluşturduğu çizimler, cephe uygulama firması tarafından teknik detaylara dönüştürülür. Seçilen sistemin performans gereklerine uygun detay çözümleri geliştirilerek projeye işlenir. Uygulama tasarımlarının doğruluğu, üretim ve montaj aşamalarının sağlıklı ilerlemesi için temel oluşturduğundan bu süreçte yapılan hatalar şantiyede ciddi maliyetlere yol açabilmektedir.

Cephe sistemlerinin üretimi genellikle fabrikada birleştirilen modüller şeklinde yapılır. Fabrika ortamı, şantiye ortamına göre çok daha kontrollü olduğundan, toleransların düşük olduğu cephe sistemlerinde daha güvenli bir üretim sağlar. Şantiyede montaj aşamasının başarıyla ilerleyebilmesi için üretim sırasında tüm bileşenlerin doğru şekilde hazırlanmış olması gerekmektedir (Klein, 2013).

Giydirme cephe uygulaması, yapım sürecinin en hassas aşamalarından biridir. Bu sistemlerde toleranslar milimetre düzeyindedir ve diğer yapı bileşenlerinin montajı sırasında cephe elemanlarının zarar görme riski bulunmaktadır. Bu nedenle saha uygulamaları, mimari projede belirlenen performans kriterlerinin sağlanması açısından titizlikle yürütülmeli; statik hesaplara uygun bağlantı elemanları

kullanılmalıdır. Bu genel çerçeve doğrultusunda cephe tasarım süreci dört ana başlık altında incelenebilir:

6.1. Ön Tasarım Süreci

Gelişmiş inşaat standartlarına sahip ülkelerde giydirme cephe tasarım süreci, temel yaklaşım açısından Türkiye'deki uygulamalara benzese de, süreç yönetimi, paydaşların rolü ve teknik dokümantasyon bakımından daha sistematik ve bütünlüklü bir yapıya sahiptir. Tasarım aşamasının başlangıç noktasını, işveren tarafından hazırlanan fonksiyon listeleri ve performans beklentilerini içeren gereksinim dokümanları oluşturmaktadır. Bu doküman, mimari tasarım ofisine yapının dış kabuğu ile ilgili hedefleri net şekilde tanımlama imkânı verir. Bu aşamada mimari ekip, işverenin taleplerini karşılayacak bir ön tasarım üretir ve bu ön tasarım ihale dokümanlarının temelini oluşturur (Klein, 2013).

Ön tasarımın ardından hazırlanan teknik şartname, sadece cephe sisteminin estetik ve malzeme kriterlerini değil; statik dayanım, performans gereklilikleri, güvenlik kriterleri ve bakım ihtiyaçları gibi pek çok alt başlığı kapsar. İhale süreci bu şartname üzerinden yürütülür. İhale tamamlandıktan sonra seçilen cephe uygulama firması, mimari tasarımın gerekliliklerine uygun uygulama projelerini hazırlayarak işverenin onayına sunar. Onaylanan projeler, sahada yapılacak tüm imalatların denetiminde temel referans olarak kullanılır.

Bu süreçte işverenin onay verdiği tüm detay ve malzeme kararlarının mimari tasarıma geri işlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle mimari tasarım ofisinin cephe sistemleri konusunda deneyimli olması, özellikle performans kriterlerinin tasarım aşamasında doğru kurgulanabilmesi açısından önemlidir. Aksi durumda, sahada karşılaşılabilecek teknik problemler hem zaman kaybına hem de maliyet artışına yol açabilmektedir.

Klein'ın Almanya ve Hollanda'daki uygulamaları karşılaştırmalı olarak incelediği çalışmada, süreçlerin ülkeler arasında belirgin farklılıklar gösterdiği ortaya konmuştur. Almanya'da cephe uygulama projeleri çoğunlukla teknik şartnameler hazırlanıp ihale süreci başlamadan önce tamamlanmakta, yani mimari tasarım aşamasında cephe için net çözümler üretilmektedir. Hollanda'da ise uygulama çizimleri ihale sonrasında, cephe uygulama firması ile birlikte yürütülen etkileşimli bir

süreçle tamamlanmaktadır (Klein, 2013). Bu karşılaştırma, cephe tasarımının hangi aşamada detaylandırıldığına ilişkin ülkeler bazında farklı stratejilerin benimsenebileceğini göstermektedir.

Cephe uygulama firması, ihale sürecinden itibaren aktif rol üstlenmektedir. İlk olarak mimari tasarımın erken evrelerinde cephe sistemine ilişkin önerilerde bulunarak uygulamaya uygun detayların geliştirilmesine katkı sağlar. Bu katkı yalnızca doğru sistem seçimine yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda ilerleyen aşamalarda üretim ve montaj süreçlerinin daha sorunsuz ilerlemesini de sağlar. Detayların tamamlanmasının ardından firma, projeleri mimari ofise veya yükleniciye sunarak onay sürecine katkıda bulunur. Son aşamada ise üretim, sevkiyat ve montaj süreçlerinin tüm sorumluluğu uygulama firmasıdır. Bu nedenle firmanın hem teknik yeterliliği hem de operasyonel kapasitesi proje başarısında kritik bir rol oynar.

Alüminyum giydirme cephe sistemlerinin teknik olarak doğru uygulanabilmesi için, sistem tipinin mimari tasarım aşamasının erken safhalarında belirlenmesi gerekmektedir. Bu seçim yapılmadan ilerlenmesi, uygulama aşamasında revizyon ihtiyacını artırarak maliyet ve zaman kaybına neden olabilir. Sistem evleri, mimari tasarım ekibine teknik danışmanlık sağlayarak doğru sistemin seçilmesine, performans kriterlerinin şartnameye doğru şekilde işlenmesine ve uygulama firmasının gerekli bilgiye ulaşmasına destek olur.

Bu aşamaların tümü birlikte ele alındığında, tasarım süreci; işverenin ihtiyaçlarının belirlenmesiyle başlayan, mimari tasarımla şekillenen, teknik şartname ve ihale adımlarıyla resmileşen, uygulama projeleri ve montaj süreçleriyle tamamlanan çok katmanlı bir yapı olarak karşımıza çıkmaktadır. Gelişmiş ülkelerde bu sürecin her bir aşaması, olası hata payını en aza indirmek ve cephe performansını en üst düzeyde tutmak amacıyla detaylı olarak kurgulanmakta; disiplinler arası koordinasyon süreç boyunca etkili bir biçimde sürdürülen temel bir çalışma prensibi hâline gelmektedir.

6.2. Statik ve Performans Hesapları

Giydirme cephe sistemleri, geniş yüzeylere yayılan hafif kabuk elemanlar olmalarına rağmen, taşıyıcı olmayan bu yapı bileşenleri; rüzgâr yükleri, sıcaklık farklılıkları, deprem etkileri gibi çok çeşitli dış kuvvetler altında çalışan karmaşık

strüktürlerdir. Bu nedenle cephe, yapının ana taşıyıcı sistemine ek bir düşey yük aktarmasa da, kendi ağırlığı ve maruz kaldığı çevresel etkilerin tamamı için ayrıntılı statik hesapların yapılması gerekmektedir. Özellikle geniş açıklıkların bulunduğu çağdaş mimari tasarımlarda, cephe elemanlarının stabilitesini ve uzun ömürlü kullanımını güvence altına almak için statik hesaplar, tasarım sürecinin en kritik aşamalarından biri hâline gelmiştir.

Statik değerlendirme yapılırken ölü yük, kar yükü, rüzgâr yükü, deprem etkileri ve sıcaklık değişimlerinin yarattığı deformasyonlar birlikte ele alınmalıdır. Ölü yük; alüminyum profiller, cam birimleri, paneller ve diğer yardımcı bileşenlerin toplam ağırlığını ifade eder. Rüzgâr yükü ise yalnızca yapının geometrisine göre değil, binanın bulunduğu coğrafi konuma, yüksekliğine ve hakim rüzgâr yönlerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle rüzgâr yükü değerlendirmesinde ulusal standartların yanı sıra uzun dönemli meteorolojik veriler de dikkate alınmalıdır (Türk Standartları Enstitüsü, 1987).

Giydirme cephe tasarımında modülasyon etüdü, statik hesapların temel girdilerinden birini oluşturur. Bu etüt ile cephenin yatay ve düşey aks aralıkları belirlenir ve bu akslara oturacak profillerin statik kapasitesinin hesaplanması sağlanır. Statik hesap aşamasında kullanılacak alüminyum profillerin kesit ölçüleri, atalet momentleri ve biçimsel özellikleri, projeye özgü iklim ve yük değerleri doğrultusunda belirlenmelidir. Kat yüksekliği, cephe köşe bölgelerinin rüzgâr yüküne daha fazla maruz kalması, parapet bölgesinin betonarme olup olmaması, düşey profillerin tek kat ya da çok kat boyunca devam edip etmeyeceği gibi parametreler, tasarımcıyı doğrudan yönlendiren mühendislik girdileridir (Atalay, 2006).

Düşey profillerin hangi mesnet türüyle (sabit veya hareketli mesnet) ve kaç noktadan taşıyıcı sisteme bağlandığı da statik performansı etkileyen temel unsurlardandır. Mesnet mesafeleri ve mesnet tipi belirlenirken profilin hem kendi ağırlığı altında hem de rüzgâr emme-basma kuvvetleri altında göstereceği elastik davranış dikkate alınır. Yetersiz atalet momenti değerlerine sahip profillerde deformasyon artacağından, çoğu projede alüminyum profillerin tek başına yeterli olmadığı durumlarda I, U veya kutu kesitli çelik profillerle takviye yapılması gerekebilir.

Statik hesaplamalarda DIN 1055, DIN 18056, EN 4113 ve DIN 1748 başta olmak üzere uluslararası standartlardan yararlanılması tavsiye edilmektedir (Türk Standartları Enstitüsü, 1987). Yüksek binalarda ise yapı türünün bir “kule bina” olarak sınıflandırılıp sınıflandırılmadığı kontrol edilmelidir; çünkü bu tür yapılarda rüzgâr yüklerinin bükülme, burulma ve vortex etkileri daha belirgin hâle gelir. Bu durum, cephe taşıyıcı profillerinin sehim limitlerinin çok daha dikkatli belirlenmesini gerektirir.

Yatay profiller açısından rüzgâr yükü kadar camın ağırlığı, cam yüzeyine etki eden basınç kuvvetleri ve camın kalınlığı da kesit seçiminde belirleyici olmaktadır. Statik hesap sonuçları ile profil kataloglarındaki I_x ve I_y değerleri karşılaştırılarak uygun kesit seçilir. Bu analizler bugün cephe uygulayıcı firmalarının geliştirdiği özel statik hesap yazılımlarıyla mühendisler tarafından yapılmaktadır ve manuel hesaplara kıyasla çok daha detaylı sonuçlar elde edilmesini sağlar.

6.2.1. Performans Ölçütlerinin Belirlenmesi

Bir yapının kullanım süresi boyunca dış kabuğunu oluşturan tüm bileşenlerin, çevresel ve yapay etkiler altındaki davranışlarının incelenmesi “performans” kavramı ile tanımlanır. Performans yaklaşımının temel amacı, kullanıcı gereksinimlerinin yapısal ve işlevsel performans kriterlerine dönüştürülerek ölçülebilir hâle getirilmesidir. Bu doğrultuda geliştirilen “performans ölçütleri”, tasarlanan sistemlerin istenen gereksinimleri karşılayıp karşılamadığını değerlendirmek için kullanılan temel göstergelerdir (Gür, 2001).

Cephe performansının doğru analiz edilebilmesi için öncelikle yapı elemanlarını etkileyen tüm dış ve iç etmenlerin sistematik bir şekilde tanımlanması gerekmektedir. Dış etmenler; su, yağış, rüzgâr, sıcaklık farkları, güneş ışıınımı, ses, yangın, zamana bağlı bozulmalar ve ekonomik koşullar gibi çevresel özellikleri içerir. Bu etmenlerin etkisi proje koşullarına göre değişir; örneğin yoğun yağış alan bölgelerde su geçirimsizliği öncelik kazanırken, sıcak iklim bölgelerinde güneş kontrolü daha kritik bir performans ihtiyacıdır. Bu nedenle her projenin performans öncelikleri tasarım aşamasında kararlaştırılmalı ve bu kararlar tüm uygulama sürecini yönlendirmelidir.

İç etmenler ise malzemenin kendi fiziksel ve kimyasal özelliklerini, bu özelliklerde zamanla meydana gelen değişimleri ve dış etmenlerle etkileşim sonucu

oluşacak reaksiyonları kapsar. Rutubet, ısı, mekanik yükler, kimyasal etkileşimler gibi süreçler malzemelerde deformasyonlara ve performans kayıplarına yol açabilir. Bu nedenle kalıcılık, dayanım ve ömür tahmini gibi değerlendirmelerde iç etmenlerin ayrıntılı olarak incelenmesi zorunludur (Gür, 2001).

Cephe bileşenlerinin performansını etkileyen tüm bu etmenlerin doğru okunması, tasarım kararlarının teknik açıdan rasyonel bir temel üzerine oturmasını sağlar. Ayrıca performans odaklı tasarım yaklaşımı, ilerleyen aşamalarda bakım maliyetlerinin düşürülmesine, sistem ömrünün uzatılmasına ve enerji verimliliğinin artırılmasına doğrudan katkıda bulunmaktadır.

6.2.2. Statik Hesap

Giydirme cephe sistemleri, geniş yüzeylerde uygulanan ve taşıyıcı yapıdan bağımsız olarak çalışan düşey yapı elemanlarıdır. Bu sistemler bina yüklerini taşımamakla birlikte, kendi ağırlıkları ve maruz kaldıkları çevresel yükler nedeniyle önemli statik etkiler altında çalışırlar. Özellikle rüzgâr yükü başta olmak üzere, cephe ile ana taşıyıcı sistem arasında karşılıklı sehim ve basınç etkileri oluşmaktadır (FW 50, 1996). Bu nedenle giydirme cephelerin statik tasarımı, binanın genel strüktürel davranışı ile uyumlu olacak şekilde ele alınmalıdır.

Cephe strüktürünün oluşturulmasında yürürlükteki yönetmelik ve standartlarda tanımlanan yük kombinasyonları esas alınır. Statik hesaplarda; ölü yükler, rüzgâr ve kar yükleri, deprem etkileri ile sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan zorlanmalar dikkate alınmalıdır. Ölü yükler; alüminyum taşıyıcı profillerin ağırlığı, cam panellerin ve yardımcı bileşenlerin kendi ağırlıklarından oluşmaktadır. Rüzgâr yükünün büyüklüğü yalnızca binanın strüktürel geometrisine bağlı olmayıp, aynı zamanda yapının bulunduğu coğrafi konum, topoğrafik özellikler ve bina yüksekliği gibi parametrelerden de etkilenmektedir (TS-498, 1987).

Sıcaklık değişimleri, giydirme cephe sistemleri üzerinde doğrudan etkili olan önemli bir diğer parametredir. Alüminyum profiller, sıcaklık artışı ile birlikte doğrusal genişleme göstermekte; bu genişlemenin cephe sistemi içerisinde uygun detaylar ile karşılanmaması durumunda profillerde ilave gerilmeler oluşmaktadır. Özellikle rijit bağlantı detaylarına sahip sistemler, sıcaklık farklılıklarından kaynaklanan bu zorlanmalara karşı daha hassas davranmaktadır. Termal hareketlerin yeterince

soğurulamaması, sistem stabilitesini olumsuz etkileyerek uzun vadede yapısal performans kayıplarına yol açabilmektedir.

Bu tür risklerin önlenmesi amacıyla, bina bileşenlerinde izin verilen maksimum sehim değerlerinin tanımlandığı DIN 18056 standardı dikkate alınmalıdır. DIN 18056; bina türünü, cephe geometrisini, ölçüleri ve cam panellerin biçimsel özelliklerini tanımlamaktadır. EN 4113 standardı ise; malzeme özellikleri, yük tanımları, hesaplama prensipleri, kabul edilebilir gerilme sınırları, stabilite koşulları, strüktürel form ve yük taşıyan kesitlerin minimum ölçüleri ile bağlantı elemanlarına ilişkin esasları belirlemektedir (FW 50, 1996).

Statik hesap sürecinde, modülasyon etüdü aşamasında belirlenen yatay ve düşey aks aralıkları temel girdilerden biridir. Cephe sisteminin taşıyıcı strüktürünü oluşturan yatay ve düşey alüminyum profillerin aks düzeni belirlendikten sonra, statik hesap aşamasında bu profillerin kesit ölçüleri ve atalet momentleri hesaplanır. Profillere ait atalet momentleri, projeye özgü koşullar doğrultusunda belirlenmelidir. Bu koşullar arasında; kat yüksekliği, hâkim rüzgâr yönü ve son elli yıl içerisindeki maksimum rüzgâr şiddetleri, cephe sisteminin bina köşelerinde devam edip etmediği, parapetlerin betonarme olup olmadığı ve buna bağlı olarak düşey profillerin tek kat mı yoksa iki kat boyunca mı devam edeceği gibi kriterler yer almaktadır.

Ayrıca düşey alüminyum profillerin kaç noktadan mesnetlendiği, mesnet tipleri (sabit veya hareketli) ve bu mesnet noktaları arasındaki mesafeler de statik hesap açısından kritik öneme sahiptir. Tüm bu veriler doğrultusunda, profillerin gerekli atalet momentleri belirlenerek kesit seçimi yapılır. Statik hesap sürecinde DIN 1055, DIN 18056, EN 4113 ve DIN 1748 standartları dikkate alınmalıdır. Yüksek yapılarda ise, binanın kule tipi yapı olup olmadığı mutlaka değerlendirilmelidir.

Yatay alüminyum profillere ait statik hesaplarda; rüzgâr yükü ve profil açıklıkları ile birlikte kullanılan camların özellikleri, kalınlıkları ve ağırlıkları da göz önünde bulundurulmalıdır (Şekil 36.).

	FONKSİYON	GENEL ETKİ	ETKİ	ÖZELLİK	YORUM
STATİK HESAP	• Stabilité • Mesnet noktaları ve tipi • Kat yüksekliği	Profil kesiti, ölçüleri ve ağırlığı belirlenir	• Rüzgar yükü • Strüktürel geometri • Binanın coğrafi durumu • Binanın yüksekliği • Alüminyum konstrüksiyon ağırlığı • Cam ağırlığı	• Profilin atalet momenti hesaplanan atalet momentinden eşit ya da büyük olmalıdır	DIN 1055, DIN18056, DIN 4113, DIN 1748 dikkate alınmalıdır.

Şekil 36. Teklif Hazırlama Sürecinde Statik Hesap Etüdü İçin Fonksiyon-etki Analizi

Binaya ait tüm veriler doğrultusunda elde edilen atalet momenti değerleri, projede kullanılacak düşey ve yatay profil kesitlerini doğrudan belirlemektedir. Her profil için I_x ve I_y değerleri tanımlıdır ve statik hesap sonucunda elde edilen ihtiyaç değerleri ile bu kesit değerleri karşılaştırılarak uygun profil seçimi yapılır.

Bazı projelerde, yapının gerektirdiği moment değerleri yalnızca alüminyum profiller kullanılarak sağlanamayabilir. Bu gibi durumlarda, I, U veya kare kesitli çelik profiller ile alüminyum profiller birlikte kullanılarak sistemin rijitliği artırılır. Statik hesaplar, alanında uzman mühendisler tarafından yapılmakta olup, çoğu zaman sistem üretici firmaların geliştirdiği özel hesap programlarından yararlanılmaktadır.

Bu çalışmada yer alan örnek statik hesap, Schüco International firmasının geliştirmiş olduğu özel bir hesap programı kullanılarak elde edilmiştir. Hesap; mesnetler arası mesafesi 325 cm, düşey akslar arası 145 cm, maksimum yatay aks mesafesi 180 cm olan ve yaklaşık 30 m yüksekliğe sahip düz bir cephe için yapılmıştır. Dinamik yük değeri 1.10 kN/m^2 olarak alınmış, sehim sınırı $L/300$ kabul edilmiştir. Program, bu koşullar altında düşey alüminyum profiller için gerekli atalet momentini $I_x = 122,59 \text{ cm}^4$ olarak hesaplamıştır (Şekil 37.).

Tarih : 03.05.2006 Zaman: 15:35:13

Program parçası : Çift kiriş aralığı (dinamik basınç/negatif rüzgar basıncı+etki)
Malzeme : Alüminyum AlMgSi0.5 F22

Sistem ölçüleri

Profil uzunluğu L1 : 325,00 cm
 Profil uzunluğu L2 : 325,00 cm
 Alan genişliği sol : 145,00 cm
 Alan genişliği sağ : 145,00 cm

Sehim

Faktör L / ? : 300,00
 f tot : 1,08 cm
 En geniş pencere : 180,00 cm
 camı boyu (L)

Montaj yüksekliği : 30,00 m
 Dinamik yük : 1,10 kN/m²
 Rüzgar hızı : 0,00 km/h

Yüklemeye planı sonuçları 1- dinamik yükleme

req Wx : 22,17 cm³ (AlMgSi0.5 F22)
 req Wx : 23,93 cm³ (EN AW-6060 T66) M (st) : -210,59 kN*cm
 req Ix : 122,59 cm⁴ f tot : 1,08 cm
 M (f) : 111,61 kN*cm f Sch. : 0,45 cm

Seçili profil serisi : yok

Yüklemeye planı sonuçları 2 ve 3'ü kontrol edin

Bu ön sonuç değeri tam strüktür analizi yerine geçmez
 Bu program ve veriler tüm yanlışlıklara karşı kontrol edilmiştir
 ama doğruluk sorumluluğu alınmaz

Şekil 37. Schüco International KG bilgisayar programının düşey alüminyum profil kesiti statik hesap örneği

6.3. Sistem Seçimi

Giydirme cephe sistemlerinin seçimi, yalnızca estetik beklentiler üzerinden değil; teknik performans, üretim olanakları, montaj yöntemleri ve maliyet parametrelerinin birlikte değerlendirilmesiyle yapılan kapsamlı bir mühendislik karar sürecidir. Bu nedenle kullanılan sistemlerin sınıflandırılması, çok boyutlu bir yaklaşım gerektirir. Atalay'ın (2006) belirttiği üzere, giydirme cephe sistemleri teknik işleyişlerine, görünüş özelliklerine ve bileşenlerin menşesine göre farklı gruplara ayrılmaktadır. Teknik açıdan bakıldığında sistemler; çubuk (stick) sistem, yarı panel sistem ve tam panel sistem olarak sınıflandırılır. Görsel algıya göre ise tam kapaklı, yarı kapaklı (karma) veya tam silikonlu çözümler olarak gruplanmaktadır. Bileşen üretim yerleri dikkate alındığında sistemler; yerli üretim ya da Avrupa ve Amerika menşeli ürün grubu şeklinde değerlendirilmektedir (Atalay, 2006).

Sistem seçimi yapılırken, yalnızca teknik yeterlilik değil; üretim planlaması, montaj organizasyonu ve şantiye koşulları gibi dışsal faktörlerin de dikkate alınması gerekir. Özellikle cephe bileşenlerinin şantiyede depolama sürecinde hasar görmemesi, sistem seçiminin kritik belirleyicilerindendir. Çubuk sistemlerde bileşen sayısı fazla olduğundan, şantiye içi üretim ve montaj işlemleri daha fazla zaman ve işçilik gerektirir. Bu nedenle depolama ve korunma süreçleri daha hassas olup, işçilik hatalarına duyarlılık yüksektir. Bu durum çubuk sistemleri, özellikle hızın ve saha kontrolünün kritik olduğu projelerde daha dezavantajlı kılar.

Buna karşılık panel ve yarı panel sistemler, fabrikada yüksek kalite kontrol koşulları altında büyük oranda tamamlanmış şekilde üretildikleri için, sahada işçilik kaynaklı hataların en aza indiği, hızlı montajın sağlandığı verimli sistemler olarak öne çıkmaktadır. Bu sistemlerde modüller şantiyeye hazır olarak getirildiğinden, gece ve gündüz eşit hızda montaj yapılabilmekte; panel bütünlüğü sayesinde hem sızdırmazlık hem de genel kalite seviyesi daha kararlı bir yapıda korunabilmektedir.

Bir projede hangi sistemin kullanılacağına karar verilirken, binanın mimari ihtiyaçları, cephe geometrisi, bölgesel iklim koşulları, işverenin öncelikleri, bütçe kısıtları ve montaj süresine ilişkin beklentiler birlikte değerlendirilmelidir. Bu analiz sonucunda, seçilecek sistemin performans açısından binaya uygunluğu işverene teknik raporlar eşliğinde açıklanmalı ve karar süreci şeffaf bir şekilde yönetilmelidir. Bazı durumlarda mevcut ticari sistemler yeterli performansı sağlayamayabilir. Bu tür

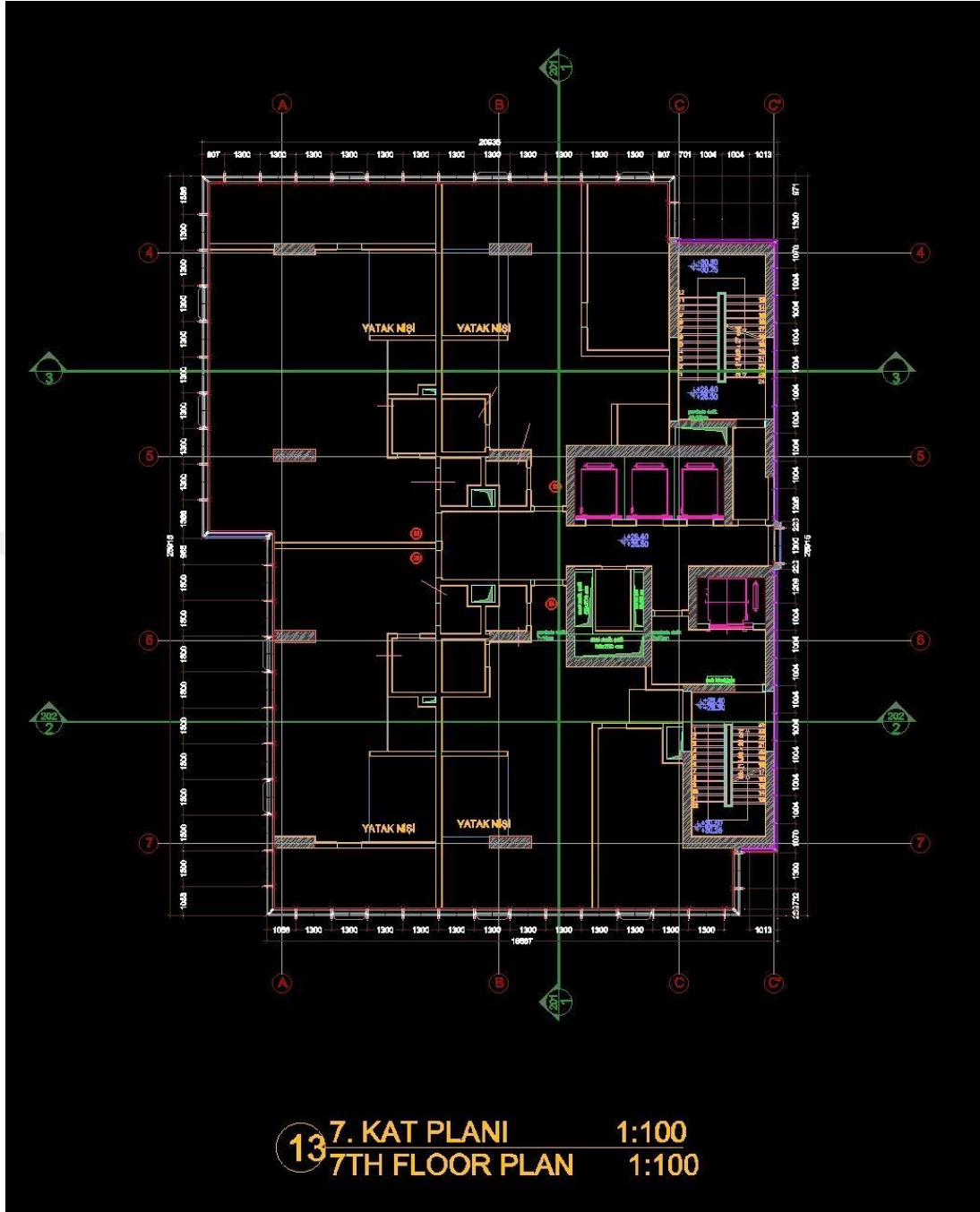
projelerde, özellikle yüksek yapılarda, yapıya özgü yeni bir cephe sistemi geliştirilmesi gerekebilir.

Ancak yeni bir sistem tasarlamak; kalıp üretimi, bileşen geliştirme, test süreçleri (su, hava, rüzgâr, darbe vb.) ve sertifikasyon gibi önemli ek maliyetleri beraberinde getirir. Bu nedenle özgün sistem geliştirme süreci, ancak cephe metrajının yüksek olduğu projelerde ekonomik olarak anlamlı hâle gelmektedir. Metrajın düşük olduğu yapılarda özel sistem tasarlamak, metrekare başına maliyeti ciddi şekilde artırdığı için çoğu zaman uygulanabilir değildir. Sonuç olarak, sistem seçimi; mühendislik, mimarlık ve uygulama disiplinlerinin kesişiminde yer alan karmaşık fakat cephe performansını doğrudan belirleyen stratejik bir karardır. Bu nedenle tasarım aşamasında yapılan doğru sistem tercihleri, hem maliyet hem de performans açısından projenin başarısını belirleyen temel unsurdur.

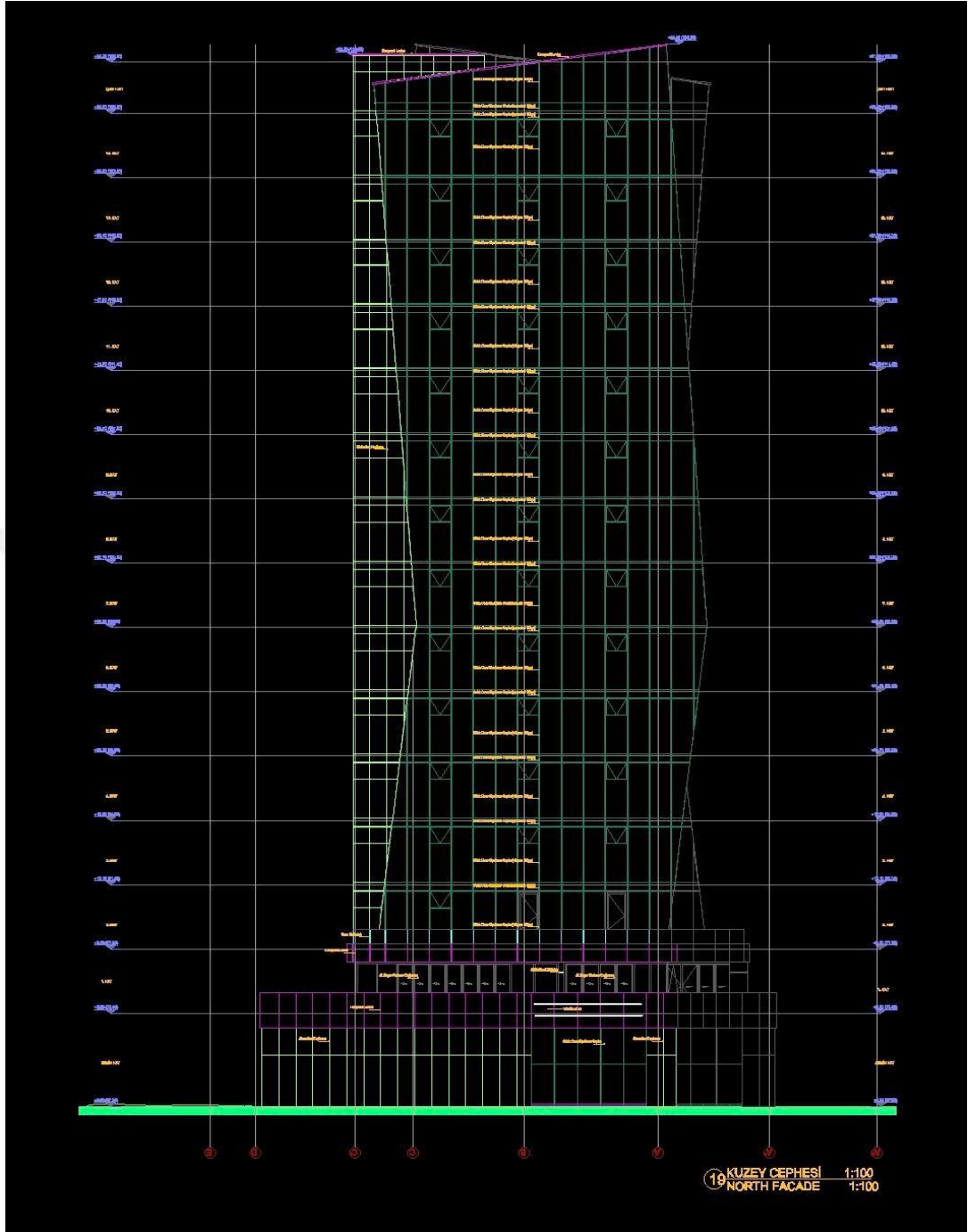
6.4. Detay Çözümleri

Giydirme cephe tasarımında, sistemin çalışma prensibini doğrudan etkileyen en önemli aşamalardan biri detayların doğru biçimde çözümlenmesidir. Bu aşama, yalnızca görsel bir karar verme süreci değil; cephe bileşenlerinin gerçek kullanım koşullarında nasıl davranacağını önceden öngörmeye yönelik teknik bir değerlendirmedir. Özellikle düşey ve yatay kayıtların birleşim noktaları, parapet üstü kapanışları, kiriş altı ve yan bitiş bölgeleri gibi cephe sisteminin zayıf kabul edilen noktaları, su yalıtımı, hava geçirimsizliği, ısı geçişi ve yük aktarımı bakımından kritik öneme sahiptir. Bu nedenle her bir detayın titizlikle çalışılması, cephe sisteminin uzun ömürlü ve sorunsuz şekilde işleyebilmesi açısından zorunludur.

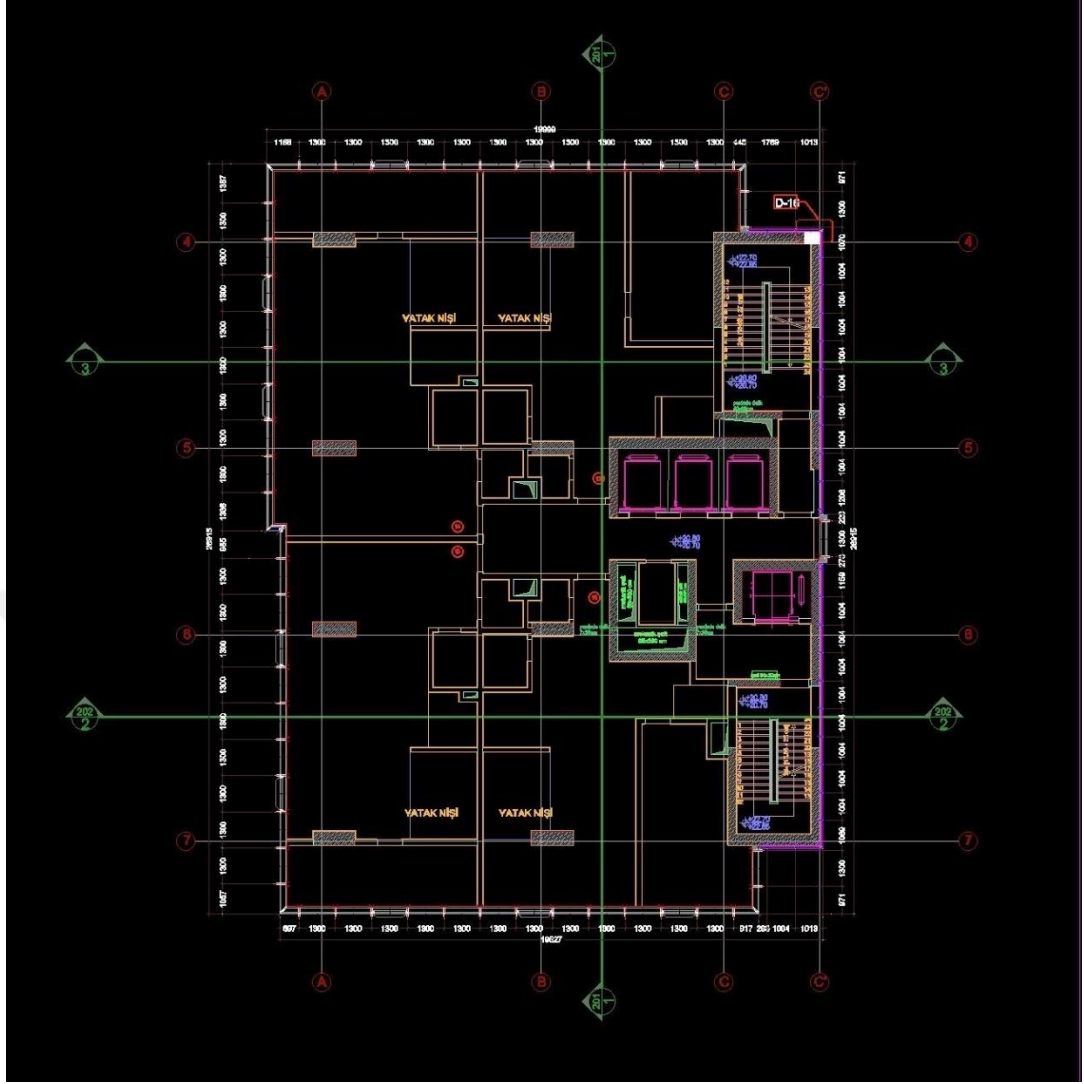
Detay çözüm aşaması, cephe sisteminin performansını belirleyen unsurların bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilmesini gerektirir. Termal genleşme, bina oturmaları, malzeme toleransları, rüzgâr kuvvetleri ve montajda oluşabilecek sapmalar gibi pek çok parametre, bu aşamanın temel bileşenleridir. Bu nedenle detaylandırma yalnızca çizim üretmekten ibaret olmayıp, yapısal davranışın ve fiziksel etkilerin birlikte ele alındığı kapsamlı bir mühendislik sürecine dönüşür.



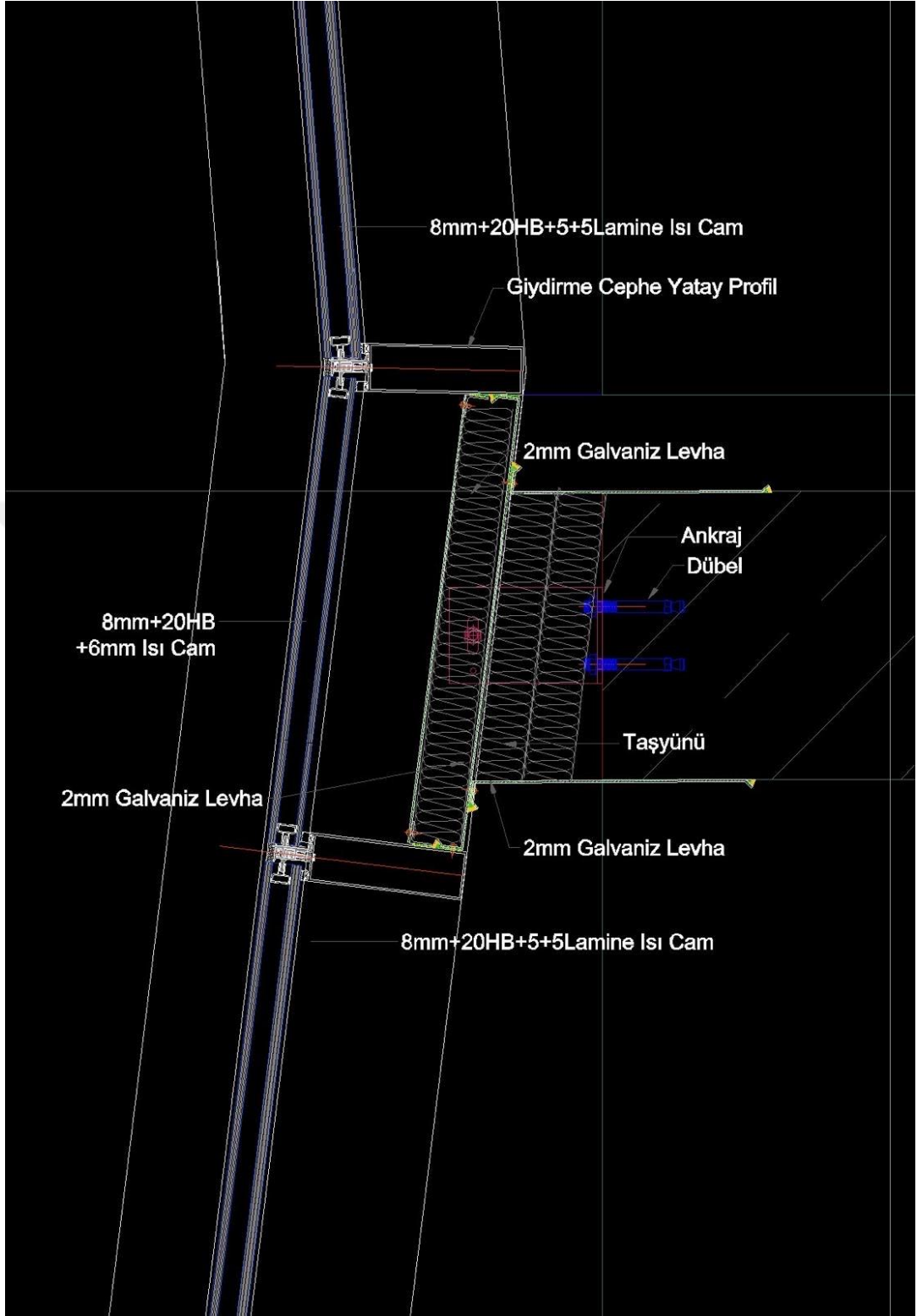
Şekil 38. Plaza 34 kesit örneği -1



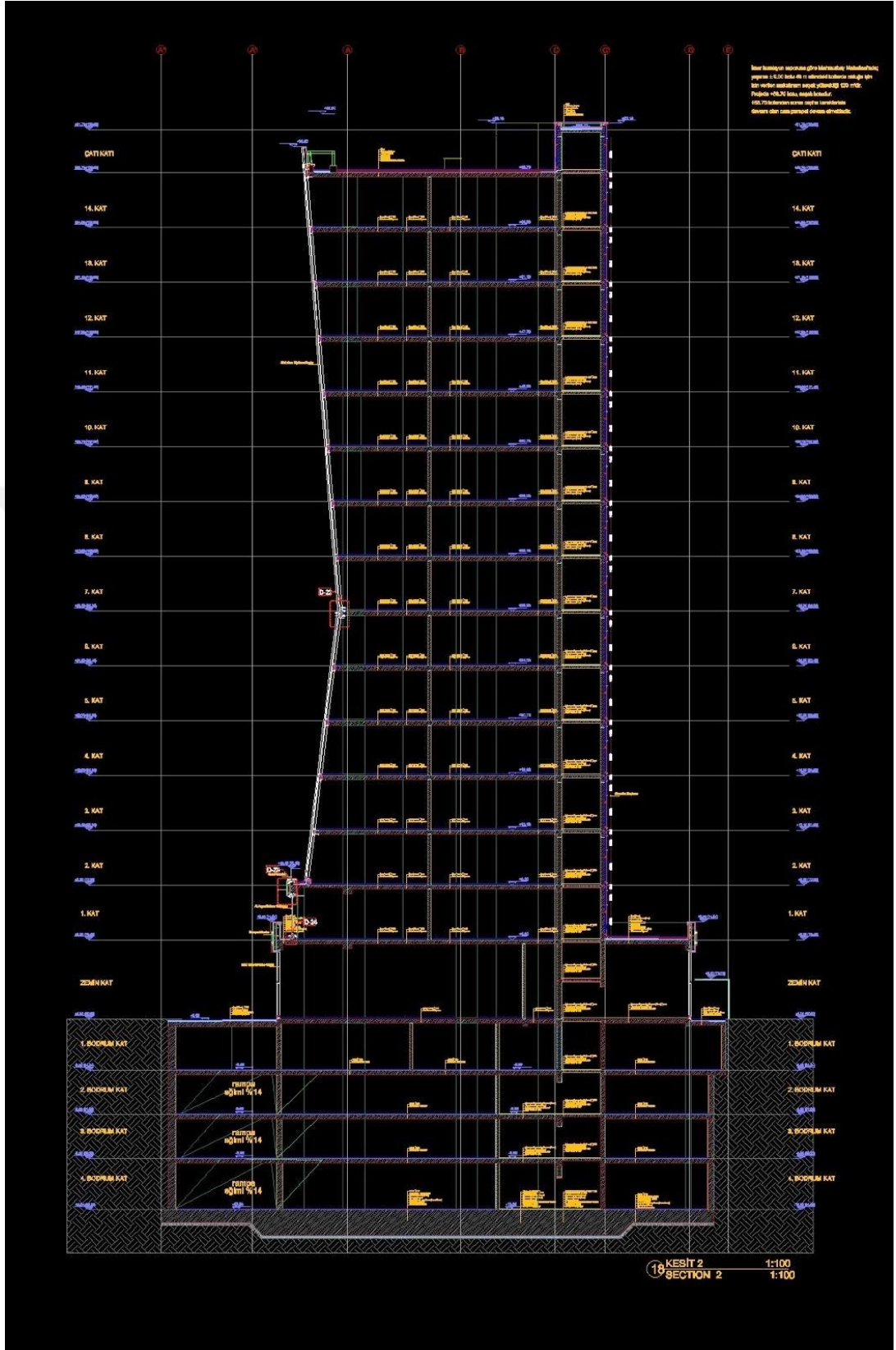
Şekil 39. Plaza 34 kesit örneği – 2



Şekil 40. Plaza 34 kesit örneği – 3



Şekil 41. Plaza 34 kesit örneği – 4



Şekil 42. Plaza 34 kesit örneği – 5

6.4.1. 1/1 Ölçekli Detay Çalışmaları

Giydirme cephe projelerinde birleşim noktalarının tam ölçekli (1/1) olarak hazırlanması, hem tasarım hem de uygulama güvenliği açısından en doğru yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir. Tam ölçek çizimler, standart proje çizimlerinde fark edilmeyen boşluklar, oturma problemleri, derz genişlikleri ve profil-cam ilişkileri gibi detayları net biçimde ortaya çıkarır. Bu çalışmalar, bir anlamda sistemin uygulamaya geçmeden önce “prototip” düzeyinde kontrol edilmesini sağlar.

1/1 detayların hazırlanması aşağıdaki konuların daha sağlıklı değerlendirilmesine imkân verir:

- i. Derzlerin gerçek ölçülerde test edilmesi: Fital yerleşimleri, silikon payları ve cam toleransları tam ölçekle daha doğru görülebilir.
- ii. Profil birleşimlerinin kontrolü: Düşey ve yatay kayıtların birbirine oturma biçimi, bağlantı şekilleri ve sapmalar bu aşamada tespit edilir.
- iii. Su tahliye sisteminin doğrulanması: Drenaj kanalları, damlalık konumları ve dış - iç bariyer ilişkisi tam ölçekle görüldüğünde daha doğru kararlar alınır.
- iv. Isı köprülerinin belirlenmesi: Termal bariyerlerin yerleşimi ve profil kesitlerinde oluşabilecek iletim noktaları daha kolay fark edilir.
- v. Montaj kolaylığı değerlendirmesi: Parçaların montaj sırası, vida - bağlantı yerlerinin erişilebilirliği ve sahada işçilik riskleri analiz edilir.

Birçok uluslararası projede 1/1 çizimlerin yanı sıra fiziksel örneklerin (mock-up) hazırlanması da standart bir uygulamadır. Bu sayede sistem, yağmur, rüzgâr, hava basıncı ve benzeri gerçek yükler altında test edilerek tasarımın doğruluğu kesinleştirilir. Özellikle yüksek performans beklentisi olan yapılarda, bu tür testler proje şartnamelerinin zorunlu bir parçası hâline gelmiştir.

6.4.2. 1/1 Detayların Proje Sürecindeki Yeri

Tam ölçekli detay çalışmaları tamamlandıktan sonra, bu veriler üretim ve montaj projelerine aktarılır. Böylece;

- i. üretim çizimleri,
- ii. profil kesitleri,

- iii. montaj şemaları,
- iv. bağlantı noktası düzenleri
- v. ve detayların uygulama rehberi

kesinleşmiş olur. Bu aşama, hem fabrikadaki üretimin hem de şantiyedeki montaj sürecinin sorunsuz ilerlemesine katkı sağlar. Tasarım aşamasında netleştirilen detaylar uygulamada hata ihtimalini önemli ölçüde azaltır ve sahada karşılaşılabilecek revizyonları minimuma indirir.



YEDİNCİ BÖLÜM

UYGULAMA SÜRECİ VE ŞANTIYE AŞAMALAR

Giydirme cephe sistemlerinin tasarımdan sahadaki kesin uygulamaya kadar uzanan yolculuğu, çok aktörlü ve yüksek koordinasyon gerektiren kapsamlı bir süreçtir. Bu süreç; projelendirme, imalat, lojistik, montaj ve denetim döngülerinin birbirine bağlı olarak ilerlediği, hata toleransının düşük olduğu bir üretim zinciridir. Cephe sistemlerinin teknik karmaşıklığı ve performans beklentilerinin yüksek olması, uygulama aşamasının her adımında titiz bir planlamayı zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle uygulama süreci yalnızca fiziki montaj faaliyetlerinden ibaret olmayıp; doğru malzeme teminini, detay çözümlerinin sahaya aktarılmasını, kalite güvence mekanizmalarının işletilmesini ve işveren-uygulayıcı-yüklenici üçgenindeki bilgi akışının kontrol edilmesini de içerir.

Uygulama sürecinin temel amacı, tasarım aşamasında belirlenen performans kriterlerinin sahada eksiksiz biçimde karşılanmasıdır. Bu kapsamda, üretim öncesi hazırlıklar, malzeme sipariş süreçleri, imalat öncesi kontroller, şantiye koşullarına göre yapılması gereken revizyonlar ve sahadaki montaj organizasyonu bütünsel bir planlama çerçevesinde yürütülür. Ayrıca, alüminyum giydirme cephe sistemleri son derece düşük tolerans aralıklarıyla çalıştığından, uygulama sürecindeki en küçük kusur bile hava, su ve ısı geçirimsizliği gibi performans fonksiyonlarını olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle uygulama süreci, diğer yapı bileşenlerine göre daha yüksek hassasiyet gerektiren bir şantiye yönetimi pratiğine sahiptir.

Ayrıca, giydirme cephelerin bina taşıyıcı sistemi ile etkileşim hâlinde olması, uygulama sırasında statik davranışın, ankraj yerleşimlerinin, sıcaklık kaynaklı hareketlerin ve bina sehimlerinin dikkate alınmasını zorunlu kılar. Yapıdaki her modülün, projede belirlenen ölçüler ve toleranslar dahilinde imal edilmesi ve sahaya doğru sırayla sevk edilmesi, montajın kesintisiz ve hatasız ilerlemesi için kritik bir gerekliliktir. Uygulayıcı firma, hem üretim tesisindeki hem de sahadaki süreçlerde kalite kontrol adımlarını tekrarlı olarak uygulamalı; her aşamada performans ölçütlerini doğrulamalıdır.

Genel olarak bakıldığında, uygulama süreci yalnızca teknik bir faaliyet değil; tasarım kararlarının, lojistik planlamanın, maliyet yönetiminin, iş güvenliği

uygulamalarının ve kalite güvencesinin bir arada yürütüldüğü çok katmanlı bir yönetim modelidir. Bu modelde, bilgi akışının doğru ve zamanında yapılması, malzeme ve işçilik kalitesinin sürekli izlenmesi ve montaj aşamalarının hem işveren temsilcisi hem de şantiye kontrol mekanizmaları tarafından denetlenmesi, sistemin nihai başarısını belirleyen ana faktörlerdir. Bu nedenle uygulama sürecinin profesyonel bir şantiye yönetimi anlayışıyla ele alınması, giydirme cephelerin beklenen performans değerlerini karşılamasında belirleyici rol oynar.

7.1. İmalat Süreci

İmalat sürecinin başlangıç noktasını, uygulama projelendirme aşamasında hazırlanan ve işveren tarafından onaylanmış çizimlerin üretim birimine iletilmesi oluşturmaktadır. Üretim tesisine aktarılan bu projeler, burada görev yapan teknik ekip tarafından ayrıntılı biçimde gözden geçirilir ve sahada uygulanabilir nitelikte imalat odaklı yeni çizimler üretilir. Bu çizimler, uygulama projelerine kıyasla daha fazla teknik ayrıntı içerir; her panelin üretim toleransları, bağlantı noktaları, profil kesim ölçüleri ve montaj adımları bu aşamada netleştirilir.

Hazırlanan imalat çizimleri, üretim hattında kullanılan makinelerin yazılımlarına aktarılır ve aynı zamanda montaj-birleştirme ekiplerine de yönlendirilir. Bu yönlendirme, sahada çalışacak personelin hatasız imalat yapabilmesi için zorunludur. İmalat projelendirme aşaması, yalnızca üretime hazırlık değil, aynı zamanda uygulama projelerinde fark edilmeyen teknik uyumsuzlukların erken aşamada yakalanabilmesi açısından da kritik bir kontrol mekanizması niteliği taşır. Bu nedenle, bu süreçte yapılan kontroller olası yanlış üretimlerin önüne geçerek hem zaman kaybını hem de ek maliyetleri engeller.

Süreç genel olarak şu aşamalardan oluşur:

- i. İmalat çizimlerinin nihai hale getirilmesi,
- ii. Tüm bileşenlere ilişkin metrajların çıkarılması,
- iii. Sipariş edilecek malzemelerin planlanması,
- iv. Şantiyeden gelen ek taleplere göre malzeme listelerinin güncellenmesi.

Bu adımların tamamlanmasının ardından üretim faaliyetleri başlayabilir.

7.2. İmalatın Gerçekleştirilmesi

İmalat aşaması, üretim birimine ulaşan çizimlerin doğruluğunun kontrol edilmesiyle başlar. Çizimlerde hata ya da eksiklik olup olmadığının netleştirilmesi, ilerleyen tüm evrelerin sağlıklı yürütülmesi için zorunludur. Üretim; panel, profil ve aksesuarların oluşturulacağı bir dizi alt işlemten meydana gelir ve her aşama farklı uzmanlıklar gerektirir.

Genel imalat akışı şu başlıklarla ifade edilebilir:

- i. Kompozit panel (Reynobond vb.) üretim işlemleri,
- ii. Panel kenarlarının silikonlanması,
- iii. Panel birleştirme ve toplama çalışmaları,
- iv. Alüminyum levhaların şekillendirilmesi,
- v. Yatay ve düşey kayıtların hazırlanması,
- vi. Doğrama imalatı,
- vii. Aksesuar, çelik alt yapı ve diğer tamamlayıcı elemanların üretimi.

Bu aşamaların her biri kalite kontrol birimi tarafından düzenli aralıklarla denetlenir. Üretimin her safhasında oluşturulan kalite kontrol formları, ilerleyen dönemlerde karşılaşılabilecek sorunların kaynağının doğru biçimde analiz edilmesini sağlar. Böylece üretim sürecinin şeffaf ve izlenebilir bir yapıda ilerlemesi sağlanır.

Panellerin son hâlini almasından sonra, sahada zarar görmelerini engellemek amacıyla uygun şekilde paketlenmeleri gerekir. Üretim hattında yapılan kontroller, sahada yapılacak düzeltmelerin önüne geçmek açısından büyük önem taşır çünkü sahada gerçekleştirilen onarım işlemleri hem daha maliyetlidir hem de iş programını aksatır. Fabrika ortamında sorunların çözülmesi ise çok daha hızlı ve ekonomiktir.

Malzeme kabul aşaması da imalat kalitesinin belirleyici adımlarından biridir. Cam, profil ve aksesuarların siparişe uygunluğu, yüzey kalitesi ve taşıma esnasında hasar görüp görmediği kontrol edilir. Hatalı görülen malzemeler iade edilerek sürecin sonraki aşamalarında oluşabilecek riskler azaltılır.

Tüm bu işlemler tamamlandıktan sonra, montaja hazır hâle getirilen giydirme cephe bileşenleri şantiye sahasına sevk edilir ve uygulama aşamasına geçilir. Böylece imalat

süreci tasarım, kontrol ve üretim adımlarının birbirini tamamladığı bütüncül bir iş akışı içinde sonlandırılmış olur.

7.3. Montaj Süreci

Montaj aşaması, giydirme cephe uygulamalarının sahadaki en kritik bölümünü oluşturmakta olup, üretimi tamamlanan tüm panel ve profil bileşenlerinin onaylanmış uygulama projelerine uygun şekilde bina üzerine yerleştirilmesini kapsamaktadır. Bu süreçte temel amaç, işveren tarafından talep edilen teknik gerekliliklerin, şartnamelerin ve güvenlik kurallarının eksiksiz karşılanmasıdır.

İmalat projelendirme ekibi tarafından hazırlanan ve “as-built” niteliği taşıyan proje çizimleri montaj başlamadan önce şantiye ekibine ulaştırılır. Sahaya sevk edilen paneller ve yardımcı elemanlarla birlikte bu çizimler, montaj sırasındaki tüm uygulamaların referans dokümanını oluşturur. Şantiye ölçüm ekibi, ilk adımda yapının ana taşıyıcı hatlarını referans alarak gerekli aks kontrollerini yapar; ankraj noktalarının doğruluğunu tespit eder ve yerleşim planını kesinleştirir. İşveren tarafından yer teslimi tamamlandığında panel ve ankraj montajına geçilir ve böylece uygulamanın saha süreci resmen başlamış olur.

Bu aşamada paneller, bina geometrisine ve proje çizimlerine uygun şekilde sırasıyla yerlerine oturtulur. Montajın ilerlemesiyle birlikte gerçekleştirilen tüm işler düzenli olarak kayıt altına alınır ve maliyet takibi için finans birimiyle paylaşılır. Şantiye giderlerine ilişkin tablolar aylık dönemler hâlinde raporlanır; aynı zamanda yapılan iş miktarına göre hakedişler düzenlenerek işveren ve finans birimi bilgilendirilir. Proje ilerledikçe, gerçek maliyetler (actual budget) ile öngörülen maliyetler (objective budget) karşılaştırılır ve olası maliyet sapmaları bu süreçte tespit edilir.

Montaj faaliyetleri, giydirme cephe uygulamasının son aşamasını oluşturduğundan, bu süreçte ortaya çıkacak her türlü hata sistem performansını doğrudan etkileyebilir. Bu nedenle giydirme cephe yüklenicisinin, farklı panel tiplerinin montajında deneyimli personel ile çalışması ve sahaya uygun bir montaj yöntemi geliştirmesi gereklidir. Dış ortam koşulları, özellikle rüzgâr ve yağış gibi etkenler, cephe montajını sürekli tehdit ettiğinden, yüklenicinin bu koşulları dikkate alarak gerekli tedbirleri alması zorunludur.

Montaj tamamlandıktan sonra yüklenici firma, uygulamanın teknik şartname ve sözleşme dokümanlarına uygun biçimde yapıldığını kanıtlamak amacıyla bir dizi saha testi gerçekleştirir. Bu testler genellikle hava geçirimsizliği, su sızdırmazlığı, yapısal dayanım gibi başlıklarda yapılır. Testlerden başarılı sonuç alınması hâlinde, işveren ve proje müellifi tarafından son kontroller yapılır ve cephe sisteminin kabulü gerçekleştirilir.

Montaj süreci yalnızca fiziksel uygulamanın tamamlanması ile sonlanmaz; binanın kullanım süresi boyunca devam eden garanti ve bakım-onarım hizmetleri de bu sürecin tamamlayıcı bir parçasıdır. Bu kapsamda, yüklenici firma belirli periyotlarla yapılması gereken bakım işlemleri hakkında kullanıcılara bilgi verir ve garanti süresi boyunca sistemde ortaya çıkabilecek arızalara müdahale eder.

7.4. Denetim

Giydirme cephe uygulamalarında denetim süreci, hem imalat hem de montaj faaliyetlerinin proje dokümanlarına, teknik şartnamelere ve ilgili standartlara uygunluğunu doğrulayan kritik bir aşamadır. Bu süreç yalnızca uygulamanın doğruluğunu tespit etmeyi değil, aynı zamanda cephe sisteminin kullanım sürecinde karşılaşılabileceği riskleri azaltmayı da amaçlar. Denetim, işveren, kontrolör, mimari tasarım ekibi ve yüklenici firma arasında çok yönlü bir koordinasyon gerektirdiğinden, şantiye organizasyonu içinde önemli bir yer tutar.

Denetimin ilk adımı, sahaya ulaşan tüm malzemelerin kalite ve uygunluk kontrolüdür. Üretim tesislerinde yapılan kontrollerin ardından, malzemelerin şantiyede tekrar incelenmesi; yüzey hataları, deformasyonlar, ölçü uyumsuzlukları ve taşıma kaynaklı zararların erken tespit edilmesini sağlar. Bu aşamada uygunsuzluğu tespit edilen ürünler montaja alınmadan önce geri gönderilir veya yeniden işleme tabii tutulur. Böylece ilerleyen aşamalarda doğabilecek iş programı aksaklıkları ve maliyet kayıpları en aza indirilmiş olur.

Montaj sırasında yapılan kontroller ise, uygulamanın teknik çizimlere ve detay çözümlerine uygunluğunu değerlendirmektedir. Ankraj yerleşimleri, profil montajları, panel oturmaları, derz boşlukları, sızdırmazlık uygulamaları, yalıtım elemanlarının yerleşimi ve cam montajı gibi adımlar düzenli olarak kontrol formu üzerinden izlenir.

Bu değerlendirmeler hem yüklenicinin kendi kalite kontrol birimi tarafından hem de işveren adına görev yapan bağımsız kontrol ekipleri tarafından yapılmaktadır.

Saha denetim sürecinin önemli bir parçası da performans testleridir. Giydirme cephe sistemlerinin hava geçirimsizliği, su sızdırmazlığı, rüzgâr dayanımı ve yapısal davranışı gibi kriterleri, proje bitimine yakın aşamada belirli test yöntemleriyle değerlendirilir. Bu testler genellikle EN ve ASTM standartlarına dayalı olarak yapılmakta olup, cephe sisteminin gerçek koşullarda nasıl davranacağı konusunda güvenilir veri sağlar. Test sonuçlarının belirlenen kriterleri sağlamaması durumunda düzeltici işlemler uygulanır ve ilgili alan yeniden teste tabi tutulur.

Denetim aşaması aynı zamanda iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının izlenmesini de kapsar. Yüksekte alışma ekipmanı, kaldırma araçları, kişisel koruyucu donanım kullanımı ve şantiye içi trafik düzeni gibi unsurların uygunluğu düzenli olarak kontrol edilir. Bu yaklaşım, hem çalışan güvenliğini hem de ürün kalitesini doğrudan etkileyen bir unsur olarak değerlendirilir.

Son olarak, tüm denetim süreçleri belgelenerek proje arşivine işlenir. Böylece hem işveren hem de yüklenici için şeffaf bir kontrol mekanizması oluşturulur. Cephe tamamlandığında, işveren ve kontrol ekipleri tarafından yapılan son incelemeler sonucunda sistemin kabul gerçekleştirilir ve kullanım aşamasına geçilir. Bu süreç, cephe sisteminin uzun vadeli performansı ve sürdürülebilirliği açısından denetim faaliyetlerinin ne derece önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında alüminyum giydirme cephe sistemleri; tanım, sınıflandırma, performans kriterleri ve uygulama-denetim süreçleri bir bütün içerisinde ele alınmış, hem kuramsal çerçeve hem de sektörel uygulamalar üzerinden kapsamlı bir değerlendirme yapılmıştır. Çalışma boyunca elde edilen bulgular, giydirme cephelerin yalnızca bir “dış kaplama” unsuru olarak değil, yapının statik, fiziksel, konfor ve güvenlik davranışını doğrudan etkileyen çok katmanlı bir sistem olarak okunması gerektiğini ortaya koymuştur. Bu bağlamda, giydirme cephe tasarımının mimari bir tercih olmanın ötesine geçerek, disiplinler arası bir mühendislik problemi olarak ele alınması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Tez, genel anlamda, doğru sistem seçimi, performans odaklı detay çözümü ve nitelikli uygulama süreçlerinin bir arada sağlanamadığı durumlarda, cephenin hem tasarım amacına tam olarak ulaşamadığını hem de uzun vadeli işletme ve bakım süreçlerinde ciddi sorunlar doğurabildiğini göstermiştir. Bu nedenle çalışmanın temel katkısı, sınıflandırma-performans-uygulama üçlüsünü birbirini besleyen halkalar olarak ele alan bütüncül bir bakış açısının gerekliliğini vurgulamasıdır.

Tez kapsamında oluşturulan sınıflandırma kurgusu, alüminyum giydirme cephe sistemlerinin montaj tekniği, bağlantı biçimi ve panel/taşıyıcı davranışı üzerinden yeniden okunmasına olanak tanımıştır. Stick, unitized, yarı-unitized ve panel bazlı çözümler ile kapaklı, yarı kapaklı ve silikon esaslı sistemlerin teknik özellikleri, üretim ve montaj organizasyonuna etkileri, maliyet ve süre parametreleriyle birlikte değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, sistem seçiminin çoğu zaman yalnızca mimari görünüş veya alışkanlıklar üzerinden yapıldığını; oysa bina yüksekliği, cephenin formu, şantiye koşulları, vinç ve erişim imkânları, bakım stratejisi ve hedeflenen performans düzeyi gibi çok sayıda kriterin eş zamanlı dikkate alınması gerektiğini göstermiştir. Bu noktada, tasarım ve işveren ekiplerine, her proje için sistem tiplerini karşılaştıran ve ölçülebilir parametrelere dayanan karar tabloları oluşturulması; sistem seçiminin kişisel tercihten ziyade sayısal hedefler ve teknik gerekçelerle temellendirilmesi önerilmektedir. Böyle bir yaklaşım, özellikle yüksek yapılar ve karmaşık cephe geometrilerinde tasarım sürecinin rasyonel bir zemine oturmasına katkı sağlayacaktır. Bu sınıflandırma yaklaşımı, aynı zamanda yatırımcı ve işveren açısından karar verme sürecinin daha şeffaf ve öngörülebilir hâle gelmesine

katkı sağlamaktadır. Zira giydirmce cephe seçiminde yalnızca ilk yatırım maliyeti değil, bakım gereksinimi, arıza riski, yedek parça temini, temizlik ve erişilebilirlik gibi işletme dönemi parametreleri de büyük önem taşımaktadır. Farklı sistem tiplerinin, uzun vadede oluşturduğu toplam maliyet ve risk profili birbirinden oldukça farklı olabilmektedir. Örneğin, panel bazlı sistemler daha yüksek bir ilk yatırım maliyetine sahip olsa da, şantiyede daha hızlı montaj, daha kontrollü fabrika üretimi ve daha az hata potansiyeli sunarak, proje süresi ve kalite açısından avantaj sağlayabilmektedir. Çubuk sistemler ise, daha esnek detay çözümlerine izin verirken, işçilik kalitesine ve saha organizasyonuna daha fazla bağımlı olabilmektedir. Bu nedenle, tez kapsamında geliştirilen sınıflandırma çerçevesinin, yalnızca teknik bir katalog değil, aynı zamanda proje paydaşları için bir “karar destek aracı” olarak kullanılması mümkündür. Bu yaklaşımın, ileride yaşam döngüsü maliyet analizleri ile birleştirilerek sayısallaştırılması ve sistem seçimlerinin, hem mühendislik hem de ekonomi boyutunu birlikte gözetken objektif kriterler üzerinden yapılması, sektörün olgunlaşması açısından önemli bir adım olacaktır.

Performans kriterlerine ilişkin bulgular, giydirmce cephe sistemlerinin başarısının tek bir başlık üzerinden değerlendirilemeyeceğini açıkça göstermektedir. Hava ve su geçirimsizliği, ısı performansı, akustik konfor, rüzgâr yükü dayanımı, yangın davranışı ve bakım-süreklilik ilişkisi birbiriyle bağlantılı parametrelerdir ve çoğu zaman aynı detay üzerinde kesişmektedir. Özellikle derz tasarımı, profil geometrisi, termal kesme elemanlarının biçimi ve konumu, fitil ve silikon uygulamalarının niteliği, hem hava/su sızdırmazlığı hem de ısı köprülerinin sınırlandırılması ve akustik performansın iyileştirilmesi açısından belirleyici olmaktadır. Bu noktadan hareketle, mimar ve mühendislerin, cephe detaylarını yalnızca çizgisel bir grafik unsur olarak değil, aynı anda birden fazla performans kriterini taşıyan mühendislik kararları olarak görmeleri gerekmektedir. Tez kapsamında ortaya konan değerlendirmeler ışığında, tasarım ekiplerinin özellikle konsept aşamasında, hedef U-değerleri, hava/su sızdırmazlık sınıfları, akustik yalıtım değerleri ve yangın sınıflarını sayısal olarak tanımlamaları ve bu hedefleri proje boyunca değiştirmeden takip etmeleri önerilmektedir. Böylece performans gereklilikleri, proje sonunda testlerle doğrulanmaya çalışılan soyut kavramlar olmaktan çıkacak; tasarımın başından itibaren yönlendirici girdiler hâline gelecektir.

Çalışmada öne çıkan bir diğer önemli sonuç, alüminyum giydirme cephe sistemlerinde enerji performansının yalnızca cam seçimi üzerinden açıklanamayacağıdır. Alüminyumun yüksek ısı iletkenliği nedeniyle, profil gövdelerinde kullanılan termal kesme elemanları ve ısı köprülerinin sınırlandırılmasına yönelik detaylar, cephe performansında kritik bir ağırlığa sahiptir. Yanlış konumlandırılan, yetersiz boyutlandırılan ya da uygulama sırasında sürekliliği bozulan termal elemanlar; iç yüzey sıcaklıklarının düşmesine, yoğunlaşma ve küflenme riskinin artmasına, kullanıcı konforunun azalmasına ve enerji tüketiminin yükselmesine yol açmaktadır. Bu nedenle, tasarım ve uygulama süreçlerinde termal davranışın yalnızca teorik bir hesap unsuru olarak değil, detay çizimleri ve uygulama talimatlarıyla somutlaştırılması büyük önem taşımaktadır. Tez bulguları doğrultusunda, özellikle büyük ölçekli projelerde, cephe sistemlerinin ısı performansının bilgisayar destekli simülasyonlarla desteklenmesi, kritik birleşimler için üç boyutlu ısı köprü analizlerinin yapılması ve elde edilen sonuçların detay çözümlerine yansıtılması önerilmektedir. Ayrıca, enerji verimliliği hedeflerinin yalnızca mevzuatın asgari gerekleriyle sınırlandırılmaması; işletme maliyetlerini ve iç mekân konforunu önceleyen daha ileri performans hedeflerinin benimsenmesi gerektiği değerlendirilmektedir. Enerji performansına ilişkin bu sonuçlar, doğrudan kullanıcı konforu ve iç mekân kalitesi ile de ilişkilidir. İç ortamdaki sıcaklık dağılımı, yüzey sıcaklıkları, hava hareketleri ve gün ışığı seviyesi, kullanıcıların mekân algısını ve mekânı kullanma biçimlerini doğrudan etkilemektedir. Yetersiz ısı yalıtım veya yanlış kurgulanmış detaylar, iç cephe yüzeylerinde yerel soğuk alanlar oluşturarak hem konfor kaybına hem de sağlıksız ortam koşullarına yol açabilmektedir. Benzer şekilde, kontrolsüz güneş kazançları, özellikle ofis ve ticari binalarda aşırı ısınma sorununa ve soğutma enerjisi ihtiyacında artışa neden olmaktadır. Bu bağlamda, cephe sisteminin cam seçimi, gölgeleme elemanları, güneş kontrol kaplamaları ve açılır eleman oranı gibi tasarım kararları, yalnızca enerji tüketimi açısından değil, kullanıcıların mekân algılama ve kullanma biçimleri açısından da değerlendirilmelidir. Tez kapsamında elde edilen bulgular, giydirme cephenin “yalnızca dış kabuk” değil, iç mekân konforunu belirleyen aktif bir bileşen olduğunu göstermekte ve tasarım süreçlerinde mimari, mekanik ve kullanıcı odaklı hedeflerin aynı potada eritilmesini gerekli kılmaktadır. Bu nedenle ileride yapılacak çalışmalarda, alüminyum giydirme cephe sistemleri için enerji simülasyonları ile kullanıcı konforu değerlendirmelerini birlikte

ele alan bütünleşik modellerin geliştirilmesi önemli bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır.

Tezde ulaşılan bir diğer sonuç, güvenlik ve dayanım kriterlerinin modern cephe tasarımında vazgeçilmez hâle geldiğidir. Yangın davranışı, rüzgâr ve deprem etkileri, darbe ve kırılma senaryoları, cephe tasarımının ayrılmaz parçaları olarak ele alınmadığında, sistemin tümü risk altında kalmaktadır. Özellikle yüksek yapılarda rüzgâr yükleri, profil kesitlerinin rijitliğinin, ankraj tasarımının ve cam/panel kalınlıklarının belirlenmesinde temel girdilerden biri hâline gelmektedir. Yangın durumunda cephenin bütünlüğünü, taşıyıcılığını ve belirli bir süre boyunca yalıtım özelliğini koruyabilmesi ise, malzeme kombinasyonları, yangın durdurucu detaylar ve boşlukların düzgün yönetimi ile doğrudan ilişkilidir. Bu sonuçlar doğrultusunda, yeni projelerde cephe tasarımının erken aşamalarında yangın danışmanlığı ve statik tasarım ekiplerinin sürece dâhil edilmesi; yangın bariyerleri, kaçış yolları ile cephe boşluklarının uyumlu tasarlanması; rüzgâr yüklerinin de yalnızca standart tablolarla değil, gerekiyorsa rüzgâr tüneli verileriyle desteklenmesi önerilmektedir. Böylece, cephe sisteminin güvenlik performansı, yalnızca tasarım kararlarıyla değil, ölçülebilir ve test edilebilir kriterler üzerinden tanımlanabilecektir.

Uygulama ve şantiye süreçlerine ilişkin bulgular, giydirme cephe montajının düşük tolerans aralıklarıyla çalışan, hata kaldırma eşiği oldukça düşük bir süreç olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Saha ölçümlerindeki küçük bir sapma, ankraj yerleşimindeki milimetrik bir hata, profil montajında gözetilmeyen bir düşeylik veya panel oturumundaki hafif bir kayma, cephenin genel algısını ve performansını ciddi biçimde etkileyebilmektedir. Bu nedenle, uygulama sürecinin yalnızca “sahadaki işçilik” olarak değil, başlı başına bir mühendislik organizasyonu olarak ele alınması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Tez kapsamında yapılan değerlendirmeler ışığında, imalat öncesi çizim ve ölçülerin sistematik olarak kontrol edildiği prosedürlerin oluşturulması; ankraj, taşıyıcı profil, panel montajı ve sızdırmazlık uygulamalarını kapsayan detaylı kontrol listelerinin her proje için uyarlanarak kullanılması; sahada gerçekleştirilen tüm kritik işlemlerin fotoğraf ve tutanaklarla kayıt altına alınması önerilmektedir. Bu yaklaşım, hem kısa vadede işin kalitesini artıracak hem de ileride yaşanabilecek anlaşmazlık ve performans problemlerinin analizi için güvenilir bir veri tabanı sağlayacaktır.

Çalışmanın önemli bulgularından biri de, fabrika üretim süreçleri ile şantiye uygulamaları arasındaki kopukluğun, birçok projede tekrar eden sorunlara yol açmasıdır. İmalat planlaması yapılırken sahadaki montaj sırası, vinç ve iskele organizasyonu, erişim imkânları ve diğer disiplinlerin eş zamanlı çalışmaları çoğu zaman yeterince dikkate alınmamakta; bu da hem program kayıplarına hem de sahada acil ve kontrolsüz çözümler üretilmesine neden olmaktadır. Tezde yapılan değerlendirmeler, başarılı bir cephe uygulamasının ancak imalat ve montaj ekiplerinin tasarım ekibiyle birlikte çalıştığı, montaj sırasının daha proje başında kurgulandığı ve lojistik planlamanın erken safhada yapıldığı durumlarda mümkün olduğunu göstermiştir. Bu çerçevede, ileride gerçekleştirilecek projelerde, cephe taşeronlarının sürecin en başında tasarım toplantılarına dâhil edilmesi; imalat programının, proje genel zaman planı ve şantiye saha planı ile uyumlu biçimde hazırlanması; gerekirse örnek bir aks veya cephe bölümünde “pilot montaj” yapılması önerilmektedir. Böylece, sistemin sahadaki gerçek davranışı erken safhada görülebilecek ve geri kalan kısımlara geçmeden önce gerekli düzeltmeler yapılabilecektir. Bu kopukluğun azaltılmasında dijital tasarım ve üretim araçlarının etkin kullanımı önemli bir fırsat sunmaktadır. Özellikle bina bilgi modellemesi (BIM) ve üç boyutlu koordinasyon süreçleri, giydirme cephe sistemlerinin diğer disiplinlerle olan kesişim noktalarının (kat döşemeleri, kolon-kiriş sistemleri, mekanik tesisat, perde duvarlar vb.) tasarımın erken aşamalarında tespit edilmesine imkân tanımaktadır. Üç boyutlu cephe modelleri üzerinden yapılan çakışma analizleri, sahada ortaya çıkabilecek birçok sorunu daha proje masa başındayken görünür kılabilmekte; bu da hem maliyeti hem de süre kayıplarını önemli ölçüde azaltabilmektedir. Ayrıca, üretim çizimlerinin BIM modeli ile ilişkilendirilmesi, panel ve profil kodlarının saha montaj sırası ile uyumlu hâle getirilmesi, malzeme akışının planlanmasını da kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle, giydirme cephe projelerinde dijital süreçlerin, yalnızca görselleştirme aracı olarak değil, karar destek ve koordinasyon aracı olarak kullanılması önerilmektedir. Sektörde BIM ve benzeri teknolojilerin daha etkin ve disiplinler arası bir anlayışla kullanılması, fabrika-şantiye-tasarım üçgenindeki kopuklukları azaltarak, giydirme cephe sistemlerinin bütüncül kalitesine doğrudan katkı sağlayacaktır.

Denetim ve kalite güvence süreçlerine ilişkin bulgular da, giydirme cephe sistemlerinin performansını sürdürülebilir kılmada kritik bir rol oynamaktadır. Çalışma, sahada gerçekleştirilen hava geçirimsizliği, su sızdırmazlığı ve rüzgâr

dayanımı testlerinin yalnızca sözleşmesel bir yükümlülük olarak değil, sistemin gerçek davranışını doğrulayan bir araç olarak görülmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu testlerin hem maket (mock-up) düzeyinde, hem de yerinde uygulamalarla desteklenmesi; test sonuçlarının tasarım ve uygulama ekipleriyle birlikte değerlendirilerek, aynı projede veya ilerideki projelerde düzeltici/önleyici kararlar üretmek için kullanılması önerilmektedir. Ayrıca, montajı tamamlanan cepheler için işverene, sistemin bakım ve kullanımına ilişkin yazılı kılavuzlar sunulması; belirli aralıklarla yapılması gereken kontrollerin, hareketli parçaların bakımlarının ve sızdırmazlık elemanlarının ömürleriyle ilgili bilgilendirme yapılması, cephenin uzun vadeli performansını korumak açısından önem taşımaktadır. Bu yaklaşım, tasarım ve uygulama kadar işletme ve bakım süreçlerinin de bütünün bir parçası olduğunu hatırlatmaktadır.

Bu tez çalışmasının sonuçları değerlendirilirken, kapsam ve sınırlılıkların da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Çalışma, ağırlıklı olarak literatür incelemesi, mevcut standartların analizi ve uygulama pratiğinde yaygın olarak kullanılan sistem tiplerinin teknik değerlendirilmesi üzerine kuruludur. Bu nedenle, elde edilen bulgular belirli proje türleri, belirli iklim koşulları ve belli başlı sistem tipleri üzerinden okunmalıdır. Çalışma kapsamında, tam ölçekli deneysel test programları, uzun dönemli izleme verileri veya tekil projelere ait detaylı saha ölçümleri yer almamaktadır; bu alanlar, daha çok ikincil kaynaklar ve sektörel deneyimlerin analizi üzerinden tartışılmıştır. Dolayısıyla, burada sunulan değerlendirmeler ve öneriler, alüminyum giydirme cephe sistemlerine ilişkin genel bir çerçeve ve yönlendirici bir bakış açısı sağlamayı amaçlamakta; ancak her proje için, özgün koşulların ve yerel gerekliliklerin ayrıca irdelenmesi gerektiği gerçeğini ortadan kaldırmamaktadır. Bu durum, aynı zamanda gelecekte yapılacak daha ayrıntılı, ölçüme dayalı ve proje-bazlı çalışmalar için bir başlangıç noktası olarak da okunabilir.

Tezde elde edilen bulgular, mevzuat ve standartlar düzeyinde de bazı ihtiyaçlara işaret etmektedir. Giydirme cephe sistemlerine yönelik ulusal standartların ve teknik şartnamelerin, güncel uluslararası standartlar ve test yöntemleriyle uyumlu olacak şekilde düzenli aralıklarla gözden geçirilmesi gerekmektedir. Özellikle enerji performansı, yangın güvenliği, akustik konfor ve dayanım testleri alanlarında boşlukların ve yorum farklarının giderilmesi; uygulayıcılar, tasarımcılar ve denetim

mercileri için daha net çerçeveler çizilmesi önemlidir. Çalışma, ayrıca, bağımsız cephe danışmanlığı hizmetlerinin kurumsallaşmasının, projelerin teknik kalitesini artıracaklarını, tasarım ve uygulama hatalarını azaltacaklarını ve işveren açısından daha öngörülebilir sonuçlar sağlayacaklarını ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, özellikle karmaşık ve büyük ölçekli projelerde, cephe mühendisliği ve danışmanlığının proje organizasyon şemasında ayrı ve yetkili bir aktör olarak tanımlanması önerilmektedir.

Bu tez çalışması, alüminyum giydirme cephe sistemleri için bütüncül bir çerçeve sunmakla birlikte, gelecekte yapılabilecek araştırmalar için de çeşitli açılımlar önermektedir. Özellikle gerçek binalar üzerinde uzun süreli saha ölçümlerine dayalı enerji, akustik ve bakım performansı analizleri; deprem ve rüzgâr etkilerinin cephe sistemleri üzerindeki birleşik etkisini inceleyen sayısal ve deneysel çalışmalar; malzeme ve detay düzeyinde ısı köprü ve yoğunlaşma davranışını daha ayrıntılı ele alan araştırmalar, bu çalışmanın devamı niteliğinde değerlendirilebilir. Bununla birlikte, yaşam döngüsü maliyeti, geri dönüşüm potansiyeli ve çevresel etkiler gibi sürdürülebilirlik odaklı parametrelerin de cephe tasarım sürecine entegre edildiği, disiplinler arası çalışmaların artırılması önerilmektedir. Tüm bu değerlendirmeler, alüminyum giydirme cephe sistemlerinin geleceğine ilişkin bir başka önemli boyuta, yani insan kaynağı ve sektör kültürüne de işaret etmektedir. Tasarımcılar, uygulayıcılar, denetçiler ve üreticiler arasındaki bilgi akışının sağlıklı bir şekilde kurulamadığı, ortak bir teknik dilin oluşturulmadığı projelerde, hataların tekrar etme olasılığı artmakta, yenilikçi çözümler devreye alınmakta zorlanılmaktadır. Bu nedenle, üniversitelerde cephe mühendisliği, enerji etkin cephe tasarımı ve yapı fiziği gibi alanların hem lisans hem lisansüstü düzeyde güçlendirilmesi; sektörle iş birliği içinde güncel uygulamaları ve gerçek proje deneyimlerini içeren ders ve atölye çalışmalarının yaygınlaştırılması önem taşımaktadır. Aynı şekilde, uygulama tarafında çalışan mühendis ve teknisyenler için düzenli aralıklarla güncellenen eğitim ve sertifikasyon programlarının oluşturulması, bilgi birikiminin kurumsallaşmasına ve sahadaki uygulama kalitesinin tabana yayılmasına katkı sağlayacaktır. Sonuç olarak, bu tez çalışmasında ortaya konan bütüncül yaklaşımın, yalnızca teknik bir çerçeve sunmakla kalmayıp, giydirme cephe sistemlerine ilişkin düşünme biçimini de dönüştürmeye yönelik bir adım olduğu söylenebilir. Tasarım, performans, uygulama ve denetim süreçlerinin birbirine eklemlendiği, açıklığı yüksek, öğrenmeye açık bir sektör kültürü oluşturulabildiği ölçüde, alüminyum giydirme cephe sistemleri hem kullanıcılar hem

de kentler için daha güvenli, daha konforlu ve daha sürdürülebilir çözümler üretme potansiyeline sahiptir.



KAYNAKÇA

- AAMA (American Architectural Manufacturers Association). (1996). Curtain wall design guide manual, Curtain Wall Series. Illinois: AAMA.
- AAMA 501-05. (2005). Methods of Test for Exterior Walls. American Architectural Manufacturer Association. Illinois: AAMA.
- Akyürek, C. (2001). “Mimari Cam Konusundaki Yenilikler”, Dizayn Konstrüksiyon Dergisi, Sayı 92.
- Allen, E., ve Iano, J. (2009). Fundamentals of building construction: Materials and methods. Amerika Birleşik Devletleri: John Wiley and Sons.
- Altunkeyik, E. (2018). Curtain Wall; Analysis of European Office Buildings with Design and Retrofitting Strategies of the Curtain Wall. Politecnico Di Milano.
- Alüminyum cephe ve pencere sistemlerinde terleme neden olur?. (2025, 20 Temmuz). Erişim adresi: <https://ersoycakir.com/tr/aluminyum-cephe-ve-pencere-sistemlerinde-terleme-neden-olur/>
- Architectural Design of High Rise Buildings. (t.y.). Architectural Design of High Rise Buildings [Araştırma ödevi].
- Architectural Design of High Rise Buildings. (t.y.). Architectural Design of High Rise Buildings [Ders notları].
- Atalay, B. (2006). Alüminyum Giydirme Cephe Sistem Seçiminde Uygulama Öncesi Süreç Analizi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aygün, M. (1996). Giydirme Cephe Sistem Seçimi. İTÜ, Araştırma Fonu, İstanbul.
- Binalarda doğru yalıtım ve doğru enerji tasarrufu nasıl sağlanır?. (2025, 10 Temmuz). Erişim adresi: <http://www.sanalbasin.com/binalarda-dogru-yalitim-ve-dogru-enerji-tasarrufu-nasilsaglanir-19748662/>
- Boswell, C.K. (2013). Exterior Building Enclosures Design Process and Composition for Innovative Facades. New Jersey, John Wiley and Sons.
- Brookes, A. J. (1998). Cladding of Buildings. E & FN Spon, London.
- Çelebi, M. (2017). Alüminyum giydirme cephe sistemleri bileşen üretim ve yapım, sistem tasarımı ve performans standartları için bir kontrol listesi önerisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı, İstanbul.
- Çetin, S. (2010). “Alüminyum Giydirme Cephe Bina Alt Sistemlerinin Uygulama Süreci Yönetimi-Ankara Arena Spor Kompleksi Örnekleme”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

- CMHC. (2004). Glass and Metal Curtain Walls - Best Practice Guide, Building Technology. www.cmhc.ca
- Çöğürçü, M. T., ve Uzun, M. (2019). Prefabrike Yapıların Rüzgâr Yüğü Güvenliğinin Belirlenmesi. Selcuk University Journal of Engineering, Science and Technology, 7(1), 171-188. <https://doi.org/10.15317/Scitech.2019.191>
- Çuhadaroğlu Alüminyum Arşiv <https://www.cuhadaroglu.com/>
- Curtain Walls. (2025, 1 Ekim). Erişim adresi: <https://hoptacvaphattrien.com/curtain-walls/?lang>
- Demirkale, M. (2017). Alüminyum Giydirmce Cephe Sistemlerinin Avantaj ve Dezavantajlarının İrdelenmesi ve İstanbul'da Uygulanan Rezidans Örnekleri, Yüksek Lisans Tezi. Haliç Üniversitesi, İstanbul.
- Direk, Y. S. (2003). "Giydirmce Cephe Tasarım Sürecinde Karar Vermek İçin Bir Yöntem Önerisi", Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 134-136.
- Doğan, B. N. Ş. (2013). An Investigation on the Performance of Aluminium Panel Curtain Wall System in Relation to the Facade Tests. Middle East Technical University.
- Erell, E. and Etzion, Y. (2000). Controlling the Transmission of Radiant Energy Through Windows: A Novel Ventilated Reversible Glazing System, Building and Environment, 35.
- Eşsiz, Ö. (2004). Teknolojinin Cam Cephe Panellerine Getirdiği Yenilikler, 1. Ulusal Çatı ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, İstanbul.
- Foster, J. S., and Harrington, R. (2007). Structure And Fabric Part 2 (Seventh Edition).
- FW 50, FW 50 S and SK 60 V. (1996). Aluminium profile façade systems. Architect Information No. 7/GB. SCHÜCO International Germany,
- Gür, N. V. (2001). Hafif Giydirmce Cephe Sistemlerinin Analizi Ve Değerlendirilmesi İçin Bir Model. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Herrmann, E. M., Krammer, M., Sturm, J. ve Wartzeck, S. (2015). Enclose | Build: Walls, Facade, Roof. Birkhäuser, Basel.
- İpek, M. (2023). Giydirmce Cephelerin Isı Geçirme Katsayısının Hesaplanması Avrupa ve Amerika Standartlarının Karşılaştırılması. Yıldız Teknik Üniversitesi.

- Kahraman, G. (1998). “Türkiye’ de, Yapı Elde Etme Sürecinde Yapım Öncesi Evrede “Denetim Süreci” nin Turizm Yapısı Örneklemesi ile İrdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara,9- 13.
- Kamış, İ. (2023). Mevcut bir apartman binasının alüminyum giydirme cephe sistemiyle yenilenmesinin enerji tüketimi ve CO₂ emisyonu açısından değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı, Enerji Bilim ve Teknoloji Programı, İstanbul.
- Karamehmet, M. S. (2024). Alüminyum giydirme cephede panel ve çubuk (stick) sistemlerin ısı performansı bakımından karşılaştırılması: Flixo ısı hesabı örneği. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği ve Malzemesi Programı, İstanbul.
- Kazmierczak, K. (2010). Review of curtain walls, focusing on design problems and solutions. Conference: BEST 2 - Design and Rehabilitation (Session EE4-1). Portland, Oregon, May.
- Kır, T. (2019). Giydirme Cephe Sistemleri Tasarım Sürecinin Mimari Tasarım Süreciyle İlişkisi Üzerine Bir İnceleme, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul.
- Klein, T. (2013) Integral Facade Construction: Towards a new product architecture for curtain walls, Yüksek Lisans Tezi. Delft Teknik Üniversitesi, Hollanda
- Knaack, U., Klein, T., Bilow, M. ve Auer, T. (2007). Façades: principles of construction. Birkhäuser, Basel.
- Koçak, G. (2019). İnşaat sektöründe alüminyum giydirme cephe sistemlerinde karşılaştırmalı maliyet analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Proje ve Yapım Yönetimi Programı, İstanbul.
- Krammer, M.,Wartzeck, S., Hermann, E. and Strum, J. (2015). Enclose-Build: The Building Envelope-Facade, Wall, Roof. Basel: Birkhauser.
- Kurtay, M. (2014). İnşaat Sektöründe Kullanılan Alüminyum Alaşımlarında Asit Yağmurlarının Etkisiyle Oluşan Korozyonun İncelenmesi. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Memari, A. M. (2013). Curtain Wall Systems : A Primer.
- Morris, F. A. (2013). Definiton and types of curtain walls. A. M. Memari (Ed.). Curtain Wall Systems: A Primer - ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice içinde (Cilt 126, s. 3-7). Amerika Birleşik Devletleri: ASCE Publications
- Müller, U. (2011). Introduction to Structural Aluminium Design. Whittles Publishing, Dunbeath.

- Oraklıbel, A. (2014). Alüminyum giydirmce cephe sistemlerinin bina ile bütünlenmesinde kullanılabilecek performans ölçütlerinin ve bağıl önemlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı, İstanbul.
- Reynaers Alüminyum. (n.d.). Sistem Kataloğu. Retrieved June 12, 2024, from <https://www.reynaers.com.tr/>
- Saban, M. (2021). Alüminyum giydirmce cephe sistemlerinin tasarım ve üretim süreçlerinde cephe-taşıyıcı sistem ilişkisi bakımından karşılaşılan mimari sorunlar. Yüksek Lisans Tezi, Çankaya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Ankara.
- Sabancı Center. (2025, 13 Haziran). Erişim adresi: <http://www.arkiv.com.tr/proje/sabanci-center/6512>
- Sapa Mimari Sistem Kataloğu, İstanbul.
- Sarar, Y. (2018). Alüminyum giydirmce cephelerde çok kriterli karar verme yöntemleriyle taşıyıcı sistem seçimi. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce.
- Şenkal Sezer, F. (2003). Gıydirmce Cephe Kavramı. Mimarlık Dergisi
- Sev, A., Gür, V., Özgen, A. (2003). Cepenin Vazgeçilmez Saydam Malzemesi Cam. Ulusal Yapı Malzemeleri Kongresi.
- Shams, A. K. (2019). Alüminyum giydirmce cephe sistemlerinde tasarım ve uygulama ilkeleri: Polonya örnekleri üzerinden bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Bilgisi Bilim Dalı, Eskişehir.
- Straube, J., and Burnett, E. (2005). Building Science For Building Enclosures. Building Science Press .
- Tekin, Ç.Ç. (2006). Gıydirmce Cephe Tasarımındaki Kriterler. 3. Ulusal Çatı ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu 17-18 Ekim, İTÜ İstanbul.
- Terzioğlu, B. (2020). Gıydirmce Cepheler İçin Uzman Görüşü Değerlendirme Yöntemi İle Bütünleşmiş Bir Analiz Aracı Önerisi, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Tortu, Ş. Ş. (2006). Alüminyum Gıydirmce Cephelerde Isıl Performans Durabilite İlişkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- TS-498, (1987).“Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri” Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- Turan, M. M. (2023). Alüminyum Panel ve Çubuk Giydirmeye Cephe Sistemlerinin Çok Katlı Bir Bina Örneği Üzerinden Performans Karşılaştırması [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Turbaloğlu, K. (2008). 6063 Alüminyum Alaşımının Düşey Sürekli Döküm Yönteminde Üretim Parametrelerinin Geliştirilmesi.
- Uz, F. (2019). Alüminyum ile Tasarlamak: 1970'lerde Ankara Mimarlığında Alüminyum. Ankara Araştırmaları Dergisi. Haziran, 2019.
- Yalaz, E. T. (2018). Çubuk ve Panel Giydirmeye Cephe Sistemlerinin Yaşam Dönemi Performanslarının Öneri Deneyisel Prosedürle Belirlenmesi [Doktora Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Yarı Kapaklı Cephe. (2025, 21 Haziran). Erişim adresi: <http://hilalcephesistemleri.com/galeri/yari-kapakli-cephe/>
- Yeomans, D. (2001). The Origins of the Modern Curtain Wall, APT Bulletin, 32.
- Yılmaz, H. (1999). "Giydirmeye Cephelerde Uygulama Teknikleri, Sistem ve Sistemcilik", Cephe Sistemleri ve Cephe Kaplamaları Sempozyum Bildirileri, Yapı Endüstri Merkezi, İstanbul, 46.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ŞAHİN, Şeyma Nur

Uyruğu : Türkiye

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Ön Lisans	İstanbul Gelişim Üniversitesi / İnşaat Tek.	2016
Lisans	İstanbul Gelişim Üniversitesi / İnşaat Müh.	2022

