

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**ALÜMİNYUM PANEL VE ÇUBUK GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNİN
ÇOK KATLI BİR BİNA ÖRNEĞİ ÜZERİNDEN PERFORMANS
KARŞILAŞTIRMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mevlûde Melike TURAN**

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

OCAK 2023

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**ALÜMİNYUM PANEL VE ÇUBUK GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNİN
ÇOK KATLI BİR BİNA ÖRNEĞİ ÜZERİNDEN PERFORMANS
KARŞILAŞTIRMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mevlûde Melike TURAN

(502141535)

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Halet Almla BÜYÜKTAŞKIN

OCAK 2023

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 502141535 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Mevlüde Melike TURAN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ALÜMİNYUM PANEL VE ÇUBUK GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNİN ÇOK KATLI BİR BİNA ÖRNEĞİ ÜZERİNDEN PERFORMANS KARŞILAŞTIRMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı: **Dr. Öğr. Üyesi Halet Almula BÜYÜKTAŞKIN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri: **Prof. Dr. Seden ACUN ÖZGÜNLER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Meltem ŞAHİN
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi

Teslim Tarihi : 27 Aralık 2022

Savunma Tarihi : 16 Ocak 2023



ÖNSÖZ

Yüksek lisans süresince bana her zaman destek olan, bu tezin ortaya çıkmasındaki büyük katkıları için değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Halet Almila BÜYÜKTAŞKIN'a, bu süreci benimle beraber geçiren, eğitim hayatım boyunca bana her konuda destek olan sevgili ablam Mimar Bengüsu TURAN'a, hayatımın her döneminde maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman üstümden eksik etmeyen çok sevgili annem Nurhayat TURAN'a, çok kıymetli babam İsmet TURAN'a ve sevgili kardeşim Murat TURAN'a çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimime ve tezimin hazırlanma sürecine olan desteği ve anlayışı için şirketim Metal Yapı'ya, müdürüm Sayın Davut TÜLÜBAŞ'a, bu tezdeki statik hesaplarla ilgili benden yardımlarını esirgemeyen arkadaşım Sevcan YILDIZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2023

Mevlûde Melike TURAN

(Mimar&İnşaat Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
SEMBOLLER	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı	2
1.2 Araştırma Soruları ve Araştırma Hipotezi	2
1.3 Araştırmanın Yöntemi.....	3
2. ALÜMİNYUM GİYDİRME CEPHE SİSTEM TANIMI, SİSTEM BİLEŞENLERİ VE ÇEŞİTLERİ	5
2.1 Giydirme Cephe Tanımı.....	5
2.2 Sistem Bileşenleri.....	7
2.2.1 Alüminyum profiller	8
2.2.2 Camlar	10
2.2.2.1 Düz cam	11
2.2.2.2 Yüzdürme cam	11
2.2.2.3 Temperli cam	13
2.2.2.4 Lamine cam.....	13
2.2.2.5 Renkli cam	14
2.2.2.6 Yansıtıcı cam.....	15
2.2.2.7 Low-e cam.....	15
2.2.2.8 Kaplamalı cam	16
2.2.2.9 Fotokromik sistemler	17
2.2.2.10 Termokromik sistemler	17
2.2.2.11 Elektokromik sistemler	17
2.2.2.12 Sıvı kristalli camlar	18
2.2.2.13 Güneş ışığını yönlendiren camlar	18
2.2.3 Fitiller.....	19
2.2.4 Isı bariyerleri	19
2.2.5 Ankrajlar	20
2.3 Alüminyum Giydirme Cephe Sistem Çeşitleri	20
2.3.1 Panel sistemler	21
2.3.2 Çubuk sistemler.....	22
2.3.3 Panel ve çubuk sistemlerin avantaj ve dezavantajları	23
3. ALÜMİNYUM GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNDEN BEKLENİLEN PERFORMANS GEREKSİNİMLERİ	25

3.1 Performans Gereksinimleri	25
3.1.1 Ölü yük performansı	27
3.1.2 Rüzgâr yükü performansı	27
3.1.3 Deprem yükü performansı.....	29
3.1.4 Su ile ilgili performansı.....	32
3.1.5 Nem ile ilgili performansı	33
3.1.6 Yangın ile ilgili performansı	34
4. ALÜMİNYUM PANEL VE ÇUBUK GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNİN ÇOK KATLI BİR BİNA ÖRNEĞİ ÜZERİNDEN PERFORMANS KARŞILAŞTIRMASI.....	35
4.1 Proje Hakkında Genel Bilgi	37
4.2 Yapıda Kullanılan Malzemeler	38
4.3 Rüzgâr Yükü	40
4.4 Sehim Limitleri	41
4.5 Cam Kalınlık Hesabı	41
4.5.1 PNL-1 panel sistemine ait CM-A camının hesabı.....	42
4.5.2 ÇBK-1 çubuk sistemine ait CM-B camının hesabı	45
4.5.3 ÇBK-2 çubuk sistemine ait CM-B camının hesabı	47
4.6 Cam Taşıyıcı Hesabı	49
4.6.1 PNL-1 panel sisteminin cam taşıyıcı hesabı	49
4.6.2 ÇBK-2 çubuk sisteminin cam taşıyıcı hesabı.....	51
4.7 Strüktürel Analiz	52
4.7.1 PNL-1 panel sisteminin profil hesabı.....	52
4.7.2 ÇBK-1 ve ÇBK-2 çubuk sisteminin profil hesabı.....	59
4.8 Ankraj Analizi	67
4.8.1 PNL-1 panel sisteminin ankraj hesabı.....	67
4.8.2 ÇBK-1 ve ÇBK-2 çubuk sisteminin ankraj hesabı.....	70
4.9 İmalat ve Montaj	75
4.9.1 Panel sisteminin imalat ve montajı.....	75
4.9.2 Çubuk sisteminin imalat ve montajı.....	76
4.10 Sistemlerin Kalite Kontrolü	79
4.11 Cephe Testleri	80
4.12 Su Tahliye Sistemleri	81
4.13 Güvenlik	83
4.14 Maliyet Analizi.....	83
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	87
KAYNAKÇA	91
ÖZGEÇMİŞ.....	95

KISALTMALAR

ADM	: Aluminum Design Manual
AECOM	:Architecture,Engineering, Construction, Operations and Management
ASCE	: American Society of Civil Engineers
ASTM	: American Society for Testing and Materials
EUROCODE	: European Standards
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
TDK	: Türk Dil Kurumu
WELL	: Well Building Standard



SEMBOLLER

W_p	: Rüzgâr Basıncı
W_s	: Rüzgâr Emme
Ar	: Argon
E	: Elastisite Modülü
μ	: Poisson Oranı
α	: Lineer Genişleme Katsayısı
d	: Yoğunluk
G	: Kesme Modülü
f_y	: Akma Dayanımı
f_u	: Çekme Dayanımı
K^{-1}	: Kelvin
kg	: Kilogram
MPa	: Megapascal
kPa	: Kilopascal
mt	: Metretül



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 : PNL-1 panel sisteminin cam ölçü bilgileri özeti.	42
Çizelge 4.2 : PNL-1 panel sisteminin cam kalınlık hesap özeti.	44
Çizelge 4.3 : ÇBK-1 çubuk sisteminin cam ölçü bilgileri özeti.	45
Çizelge 4.4 : ÇBK-1 çubuk sisteminin cam kalınlık hesap özeti.	47
Çizelge 4.5 : ÇBK-2 çubuk sisteminin cam ölçü bilgileri özeti.	47
Çizelge 4.6 : ÇBK-2 çubuk sisteminin cam kalınlık hesap özeti.	49
Çizelge 4.7 : PNL-1 panel sisteminin cam taşıyıcı hesap özeti.	51
Çizelge 4.8 : Çubuk sistem için en kritik cam taşıyıcı hesap özeti.	52
Çizelge 4.9 : PNL-1 panel sisteminin cam ölçü bilgileri özeti.	57
Çizelge 4.10 : PNL-1 panel sisteminin profil sehim hesap özeti.	59
Çizelge 4.11 : ÇBK-1 çubuk sisteminin cam ölçü bilgileri özeti.	64
Çizelge 4.12 : ÇBK-2 çubuk sisteminin cam ölçü bilgileri özeti.	64
Çizelge 4.13 : ÇBK-1 ve ÇBK-2 çubuk sisteminin profil sehim hesap özeti.	67
Çizelge 4.14 : PNL-1 panel sisteminin ankraj sehim hesap özeti.	70
Çizelge 4.15 : ÇBK-1 ve ÇBK-2 çubuk sisteminin ankraj sehim hesap özeti.	75
Çizelge 4.16 : Profil maliyet analiz örneği.	84
Çizelge 4.17 : Aksesuar maliyet analiz örneği.	84



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Tez çalışması için yöntem şeması	4
Şekil 2.1 : Yerel doğal taştan yapılmış duvar ve mağara konut örneği.....	5
Şekil 2.2 : Yapı kredi kültür sanat binası, İstanbul.	6
Şekil 2.3 : Türkevi Merkezi Binası, New York.	7
Şekil 2.4 : Standart örnek bir mulyonun en kesiti ve profilin tırnak detay çeşitleri.	8
Şekil 2.5 : Bir mulyon tranzom birleşimi Schüco FWS 50 sistemi örneği.	9
Şekil 2.6 : Tokyo Aoyama semtinde bulunan Prada mağazası örneği.	10
Şekil 2.7 : Cam çeşitlerinin sınıflandırılması	11
Şekil 2.8 : Yüzdürme cam üretimi.....	12
Şekil 2.9 : Yüzdürme cam katmanları.....	12
Şekil 2.10 : Temperlenmiş camın kırılma şekli.	13
Şekil 2.11 : Tavlanmış cam, temperlenmiş cam ve lamine camın kırılma şekilleri.	14
Şekil 2.12 : Renkli cam numuneleri.	14
Şekil 2.13 : Yansıtıcı cam resmi.	15
Şekil 2.14 : İstanbul Süzer Plaza Low-e kaplamalı cam.	16
Şekil 2.15 : Güneş ışığını yönlendiren cam detayı.	18
Şekil 2.16 : Fıtil çeşitleri örnek gösterimi.	19
Şekil 2.17 : Alüminyum giydirme cephede bulunan ısı yalıtım bariyeri gösterimi.	19
Şekil 2.18 : Ankraj açıklık ve toleransları gösteren örnek bir detay.	20
Şekil 2.19 : Kapaklı panel sistem birleşimi ve elemanları.	21
Şekil 2.20 : Kapaklı çubuk sistem birleşimi ve elemanları.....	22
Şekil 2.21 : Çubuk sistem tipik genişleme derzi montajı.	23
Şekil 2.22 : Panel ve çubuk sistemlerin sahip olduğu avantaj ve dezavantajlar	24
Şekil 3.1 : Bina kabuğu ara yüzünü etkileyen faktörler.	26
Şekil 3.2 : Yapı yüksekliği ile rüzgâr hızının ilişkisi.	27
Şekil 3.3 : Giydirme cephelerde rüzgâr yükü karşısında maksimum sehim miktarını gösteren örnek anlatım.	28
Şekil 3.4 : Giydirme cepheye etkiyen rüzgâr yükü gösterimi.....	29
Şekil 3.5 : Çubuk sistemde oluşan yanıl hareket gösterimi.	30
Şekil 3.6 : Panel sistemde oluşan yanıl hareket gösterimi.	30
Şekil 3.7 : Eylül 1985 depreminden sonra Meksika'da bir hastane binasında ağır hasar görmüş giydirme cephe.	31
Şekil 3.8 : Eylül 1985 depreminden sonra Meksika'da bir ofis binasının üç katında da silikon derzli köşe pencerelerinde oluşan cam kırıkları.	32
Şekil 3.9 : Cephede yangın performansının test edildiği noktalar	34
Şekil 4.1 : One Madison Avenue New York şehrindeki konumu	35
Şekil 4.2 : One Madison Avenue binasının konumu	36
Şekil 4.3 : One Madison binasının eski ve planlanan yeni hali.....	36
Şekil 4.4 : One Madison binasının planlanan yeni halinin aşamaları.	37
Şekil 4.5 : One Madison Avenue bina görselleri.	37
Şekil 4.6 : Binada incelemeye konu olan farklı cephe sistemlerinin yerlerini gösteren şema	38

Şekil 4.7 : PNL-1 panel sistemi üzerine etkiyen en büyük rüzgâr yükü gösterimi ...	40
Şekil 4.8 : ÇBK-1 ve ÇBK-2 çubuk sistemlerine etkiyen en büyük rüzgâr yükü gösterimi.....	41
Şekil 4.9 : PNL-1 sistemine ait CM-A camının plan ve kesit çizimleri (mm)	42
Şekil 4.10 : CM-A camındaki sehim gösterimi (mm).....	43
Şekil 4.11 : Dış cam katmanında oluşan gerilme dağılımı (MPa)	43
Şekil 4.12 : İç cam katmanında oluşan gerilme dağılımı (MPa).....	44
Şekil 4.13 : WT-P-2A sistemine ait CM-B camının plan ve kesit çizimleri (mm)	45
Şekil 4.14 : CM-B camındaki sehim gösterimi (mm).....	46
Şekil 4.15 : CM-B camının tek katmanında oluşan gerilme dağılımı (MPa)	46
Şekil 4.16 : ÇBK-2 sistemine ait CM-B camının plan ve kesit çizimleri (mm).....	47
Şekil 4.17 : CM-B camındaki sehim gösterimi (mm).....	48
Şekil 4.18 : CM-B camının tek katmanında oluşan gerilme dağılımı (MPa)	48
Şekil 4.19 : PNL-1 sisteminde cam taşıyıcının kesit gösterimi (mm)	49
Şekil 4.20 : Cam taşıyıcının ölçüleri ve üç boyutlu gösterimi (mm).....	50
Şekil 4.21 : Gerilme dağılımı (MPa)	50
Şekil 4.22 : Cam taşıyıcı üzerinde oluşan sehim (mm).....	50
Şekil 4.23 : ÇBK-2 sisteminde cam taşıyıcının kesit gösterimi (mm)	51
Şekil 4.24 : En elverişsiz durumda cam taşıyıcı üzerinde oluşan gerilme dağılımı (MPa).....	52
Şekil 4.25 : PNL-1 sisteminin plan, kesit ve görünüşü.....	53
Şekil 4.26 : PNL-1 sisteminin plan detayı.....	53
Şekil 4.27 : PNL-1 sisteminin kesit detayı	54
Şekil 4.28 : PNL-1 sisteminin üç boyutlu modellemesi (m).....	55
Şekil 4.29 : Rüzgâr yükü dağılımı (kPa).....	55
Şekil 4.30 : PNL-1 sistemleri arasında kalan spandrel alan	56
Şekil 4.31 : PNL-1 sistemine etkiyen spandrel bölgenin ölü yük gösterimi (kg/m) ..	57
Şekil 4.32 : PNL-1 sistemine etkiyen camın ölü yük gösterimi (kg)	58
Şekil 4.33 : Mulyon profillerinin rüzgâr doğrultusunda sehimi (U2 mm)	58
Şekil 4.34 : Tranzom profillerinin rüzgâr doğrultusunda sehimi (U3 mm)	59
Şekil 4.35 : ÇBK-1 ve ÇBK-2 sisteminin plan, kesit ve görünüşü	60
Şekil 4.36 : ÇBK-1 sisteminin plan detayları (mm)	60
Şekil 4.37 : ÇBK-2 sisteminin plan detayları (mm)	61
Şekil 4.38 : ÇBK-1 ve ÇBK-2 sistemlerinin kesit detayları (mm).....	61
Şekil 4.39 : ÇBK-1 mesnet noktaları	62
Şekil 4.40 : ÇBK-2 çerçeve boyutları ve mesnet noktaları (m)	62
Şekil 4.41 : ÇBK-1 ve ÇBK-2 sistemleri arasında kalan spandrel alan (mm).....	63
Şekil 4.42 : ÇBK-1 sistemine etkiyen camın ölü yük gösterimi	64
Şekil 4.43 : ÇBK-2 sisteminde cam ve spandrel alandaki ölü yük gösterimi	65
Şekil 4.44 : Rüzgâr yükü dağılımı (kPa).....	65
Şekil 4.45 : Mulyon profillerinin rüzgâr doğrultusundaki sehimi (U2 mm).....	66
Şekil 4.46 : Mulyon profillerinin rüzgâr doğrultusundaki sehimi (U2 mm).....	66
Şekil 4.47 : Tranzom profillerinin yer çekimi doğrultusundaki sehimi (U3 mm)	67
Şekil 4.48 : PNL-1 sistemi ankraj kesit gösterimi.....	68
Şekil 4.49 : Askı kancası ölçüleri ve üç boyutlu gösterimi (mm)	68
Şekil 4.50 : Gerilme dağılımı (MPa)	69
Şekil 4.51 : Ankraj tablası ölçüleri ve üç boyutlu gösterimi (mm).....	69
Şekil 4.52 : Gerilme dağılımı (MPa)	70
Şekil 4.53 : ÇBK-1 sistemi üst ankraj gösterimi.....	70
Şekil 4.54 : ÇBK-1 üst ankraj ölçüleri ve üç boyutlu gösterimi (mm).....	71
Şekil 4.55 : ÇBK-1 üst ankraj gerilme dağılımı (MPa)	71
Şekil 4.56 : ÇBK-1 sistemi alt ankraj gösterimi.....	72
Şekil 4.57 : ÇBK-1 alt ankraj ölçüleri ve üç boyutlu gösterimi (mm).....	72
Şekil 4.58 : ÇBK-1 alt ankraj gerilme dağılımı (MPa)	72

Şekil 4.59 : ÇBK-2 sistemi üst ankraj gösterimi	73
Şekil 4.60 : ÇBK-2 üst ankraj ölçüleri ve üç boyutlu gösterimi (mm)	73
Şekil 4.61 : ÇBK-2 üst ankraj gerilme dağılımı (MPa)	73
Şekil 4.62 : ÇBK-2 sistemi alt ankraj gösterimi	74
Şekil 4.63 : ÇBK-2 alt ankraj ölçüleri ve üç boyutlu gösterimi (mm)	74
Şekil 4.64 : ÇBK-2 alt ankraj gerilme dağılımı (MPa)	74
Şekil 4.65 : Fabrika ortamında köşe panel imalatı.	76
Şekil 4.66 : Bina içerisinden yapılan panel montaj aşamaları.	76
Şekil 4.67 : Çubuk sistem U profili bağlantı şeması	77
Şekil 4.68 : Çubuk sistem montaj aşaması	78
Şekil 4.69 : Çubuk sistemde sahada yapılan cam montaj işlemi	79
Şekil 4.70 : Hava geçirgenlik test gösterimi.	80
Şekil 4.71 : Su püskürtülerek sahada yapılan su sızdırmazlık testi	81
Şekil 4.72 : Panel sistem su tahliye şeması	82
Şekil 4.73 : Çubuk sistem su tahliye şeması	82





ALÜMİNYUM PANEL VE ÇUBUK GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNİN ÇOK KATLI BİR BİNA ÖRNEĞİ ÜZERİNDEN PERFORMANS KARŞILAŞTIRMASI

ÖZET

Teknolojinin son yüzyılda gelişiminin hız kazanmasıyla yapıyı dış koşullardan koruyan ve ayırt edici bir özellik kazandıran bina kabuğunda kullanılan malzemeler ve sistemlerde de önemli ölçüde farklar oluşmuştur. Geleneksel yığma duvar sistemleri yerine çerçeve sistemlerine yönelim artmıştır. Ağırlıklı olarak çerçeve sistemlerinde kullanılan alüminyum ve cam malzemelerinin üretiminde sanayi devrimi sayesinde kolaylık sağlanmıştır. Özellikle yapı teknolojisindeki bu gelişmeler bina kabuğundan ortam koşullarına olan dayanım, hızlı üretim, estetik, hafiflik sağlaması gibi farklı konular için beklentilerin artmasına neden olmuştur.

Mimari bir projenin oluşturulmasında öncelikli olarak binanın bulunduğu bölgenin ilgili standartları ve projenin teknik şartnamesinin hazırlanması gerekmektedir. Standartlarla ilgili bir eksiklik ya da hata binanın ve cephenin kullanım ömrünü azaltarak arızalara sebebiyet verebilmektedir. Bu sebeple projede sorumlu kişilerin teknik şartnameleri dikkatli bir şekilde incelemesi gerekmektedir.

Giydirme cephelerde oluşan yenilikler birçok farklı projede kullanılmasına ve talep artışının yaşanmasına sebep olmuştur. Seçimi yapılan cephede en çok kullanılan standart tasarımlara yer verildiği gibi kullanılacak binaya özgü tasarımlarla da oluşturulabilme imkanı sağlamaktadır. Binaya özgü tasarımlar çok farklı malzeme türlerinin de kullanılmasına yol açmaktadır. Talep artışını karşılamak için çok fazla malzeme ve sistem üreticisi firma açılmıştır. Bu sebeple proje ve malzeme seçimi yapacak olan mimarların seçim yapmasını artan firmalar, yeni sistem çeşitleri ve yeni çıkan farklı malzemeler zorlaştırmıştır.

Tez kapsamında giydirme cephelerde en çok tercih edilen panel ve çubuk sistemlerin farklılıklarına odaklanılmıştır. Bu sistemler binalarda en çok tercih edilen sistem çeşitlerindendir. Bu sebeple bu konu ile ilgilenen kişilerin bu sistemlerin avantaj veya dezavantaj sayılabilecek özelliklerine hakim olması beklenmektedir.

Çalışma belirlenen amaç ve kapsam doğrultusunda beş bölümden oluşturulmuştur.

Tezin birinci bölümünü amaç, kapsam, araştırma soruları, hipotez ve yöntemin oluşturduğu giriş bölümü oluşturmaktadır.

Tezin ikinci bölümünü literatür araştırması oluşturmaktadır. Bölümün ilk kısmında alüminyum giydirme cephe sistem tanımına yer verilmiştir. Daha sonra giydirme cepheyi oluşturan her bir bileşenin sistem içerisindeki görevine ve malzemelerin özelliklerine yer verilmiştir. Son kısımda ise çeşitli cephe sistemleri arasından en yaygın kullanımı olan çubuk ve panel sistemler görsellerle desteklenerek açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde cepheden beklenen performans gereksinimlerine değinilmiştir. Bina kabuğuna etki edebilecek her tür etken için giydirme cephe binada koruyucu bir tabaka oluşturmaktadır. Tez kapsamında ele alınan binaya etki edebilecek önemli etkenlerden bazıları; ölü yük, rüzgâr yükü, deprem yükü, su ve nem performansı ve son olarak yangın ile ilgili performanstır. Performanslardan bahsedilirken ilgili şartnameler ve görsellerden faydalanılmıştır.

Tezin dördüncü bölümünde panel ve çubuk sistemlerin performans karşılaştırması yapılmıştır. İlk olarak karşılaştırmanın yapılacağı bina ve bulunduğu şehir hakkında genel bir bilgi verilmiştir. Projede kullanılan malzemeler ve şartnamelerde belirtilen tasarım yüklerine değinilmiştir. Ayrıca proje kapsamında şartnamece belirtilen sehim limitlerinden bahsedilmiştir. İki sistemin profil, cam, ankraj gibi elemanlarının hesapları yapılarak hesapların yapıldığı programlardan elde edilen görsellerle ulaşılan sonuçlar desteklenmiştir. İmalat, montaj, toleranslara uyumları, dahil oldukları cephe testleri, su tahliye sistemleri ve çalışma ortamlarındaki güvenlik düzeyleri ile ilgili kıyaslamalarda bulunulmuştur.

Tezin beşinci ve son bölümünde ise sonuç ve öneriler kısmı yer almaktadır. Bu bölümde yapılan çalışma sonucunda elde edilen veriler değerlendirilerek çalışmayı oluşturan soruların cevaplarına yer verilmiş ve ileriye dönük önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Alüminyum, Giydirme Cephe, Panel Sistemler, Çubuk Sistemler.

PERFORMANCE COMPARISON OF ALUMINUM PANEL AND BAR CURTAIN WALL SYSTEMS ON AN EXAMPLE OF A MULTI-STOREY BUILDING

SUMMARY

Significant changes have happened in the materials and technologies employed in the building envelope, which shields the structure from the elements and gives it a unique appearance, as a result of the acceleration of technological advancement over the past century. The preference for frame systems has grown over conventional masonry wall systems. Aluminum and glass materials, which are primarily employed in frame systems, are now easier to produce as a result of the industrial revolution. Particularly, these advancements in construction technology have raised expectations for a variety of factors, including resilience to environmental conditions from the building envelope, quick manufacture, aesthetics, and lightness.

The technical specifications of the project as well as the pertinent regional standards for the area where the building is to be located should be prepared before beginning an architectural project. By limiting the service life of the building and facade, a lack or inaccuracy in standards may result in malfunctions. The people in charge of the project should carefully review the technical requirements in light of this.

The usage of curtain walls in several projects and a surge in demand can be attributed to technological advancements. While the most common basic designs are present on the chosen facade, there is also the option to create designs unique to the building in question. The usage of a wide variety of materials results from building-specific designs. Numerous material and system manufacturer businesses have opened in response to the rise in demand. The choice of projects and materials for architects has become more challenging as a result of businesses, new systems kinds, and recently launched various materials.

The thesis focuses on the most popular panel and bar systems used in curtain wall systems. These systems are among the most popular ones used in construction. As a result, it is anticipated that those with an interest in the topic will be well-versed in the benefits and drawbacks of these systems.

The study is divided into five sections according to the chosen purpose and scope.

The objective, scope, research questions, hypothesis, and technique are all included in the introduction section of the thesis.

A literature review is included in the thesis' second section. The definition of an aluminum curtain wall system is presented in the section's opening paragraph. Following that, the function of each system component and the materials' characteristics are described. The final section provides supporting graphics for the explanation of bar and panel systems, which are the most widely used facade systems.

The third chapter includes a section on literature research. Throughout the chapter, there are references to the facade's performance expectation. For all kinds of elements that could have an impact on the building envelope, the curtain wall creates a protective barrier on the structure. The thesis discusses several significant variables that can have an impact on a building, including dead load, wind load, seismic load, water and moisture performance, and ultimately fire-related performance. The pertinent details and images were used when discussing the performances.

Performance comparisons of panel and bar systems have been done in the thesis' fourth section. First, a broad description of the structure and the location of the city where the comparison will be done is provided. Both the design loads listed in the specifications and the materials used in the project are noted. Consequently, the deflection limitations listed in the specification were included in the project's scope. Calculations were performed on components including the profile, glass, and anchorage of the two systems, and the outcomes were supported by graphics derived from the tools used to perform the calculations. Comparisons were done in terms of production, assembly, compliance with tolerances, facade tests, water discharge systems, and workplace safety standards.

Conclusions and recommendations are provided in the thesis' fifth and final section. In this section, the study's findings were analyzed, the questions that made up the study's data were addressed, and suggestions for the future were offered.

Keywords: Aluminum, Curtain Walls, Panel Systems, Bar Systems.

1. GİRİŞ

Yapının iç mekânlarının dış ortamdaki yalıtılmasını sağlayan ve yapıya estetik bir kimlik kazandıran yapı elemanına Türkçe 'de "Cephe", Fransızca ve İngilizce 'de de "Facade" denilmiştir. Cephe kelimesi Arapça kökenli olup Türk Dil Kurumunda "Bir şeyin veya yapının ön tarafta bulunan bölümü" olarak tanımlanmıştır (TDK, 2011). Kısacası cephe binanın bir nevi kimliğini oluşturmaktadır.

Son yıllarda teknolojinin artan gelişimi her sektörü etkilediği gibi giydirme cephe sektörünü de etkilemiştir. Teknolojinin gelişmesiyle beraber akıllı çözümleri cephe de kullanarak çok çeşitli sistemler ortaya konulmuştur. Bu sayede neredeyse birçok yapı tipi için giydirme cephe seçimi cazip bir hale gelmiştir.

Giydirme cepheden iç mekânda gerekli konfor koşullarını sağlaması, uzun ömürlü olması, binaya estetik bir değer katması ve enerji tasarrufu sağlaması gibi özellikler beklenmektedir. Bu gibi özellikler bina için vazgeçilmez olduğundan bu sektör yapı sektörü için de gün geçtikte daha önemli bir noktaya gelmektedir. Bu sebeple giydirme cephe sektörü gittikçe büyümekte ve bununla birlikte tasarım, üretim, montaj alanlarında sektöre birçok yeni firma katılmaktadır.

Giydirme cephe sektöründe bulunan her firmanın kendine özgü sistem tasarımları bulunmaktadır. Bunun yanı sıra özel sistem tasarımı çözümleri sayesinde her binaya özgü de tasarım imkânı sağlanabilmektedir. Giydirmen cephelerin kullanılan malzemeler ve farklı birleşim detaylarının oluşturduğu çok fazla çeşidi bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; kapaklı cephe sistemleri, strüktürel silikonlu cephe sistemleri, kompozit panel sistemler, granit seramik kaplama sistemlerdir (Şenkal , 2002). Günümüzde alüminyum giydirmen cephelerin binalarda kullanım sıklığının artması ile ön plana çıktığı görülmektedir.

Alüminyum bünyesinde çok çeşitli özellikler barındırması, kullanım sahasının genişliği ve ürün çeşitliliğine sahip olması bakımından öne çıkan bir malzemedir. Giydirmen cephe sistemleri içerisinde de en fazla kullanılan malzeme türüdür. İşlenebilme ve istenilen forma sokulabilmesi, hafifliği, geri dönüşüme uğrayarak

enerji tasarrufu sağlaması, korozyon direncinin yüksek olması... vb gibi özellikleri tercih edilmesini arttırmaktadır (Tortu, 2006).

Çalışmada öncelikli olarak giydirmce cepheler ve bileşenleri hakkında genel bir bilgi verilerek çeşitlerinden bahsedilmiştir. Sonraki bölümde ise alüminyum giydirmce cephelerden beklenen performans kriterlerine detaylı olarak değinilmiştir. Son kısımda da panel ve çubuk giydirmce sistemleri için örnek birer modülün incelemesi çok katlı bir bina projesi üstünden yapılarak bu süreçte baz alınan şartnameler ve performans değerleri hakkında bilgiler verilmiştir.

1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Cephe, binanın kendini en akılda kalır biçimde ifade etmesini sağlayan yapı unsurudur. Bir mimari projenin tasarım ve uygulama sürecinin tümünde mutlaka cephesi hakkında da detaylı planlama yapılmalıdır. Bu yüzden cephe seçimi ve projelendirme aşaması büyük bir önem arz etmektedir. Günümüzde sayısı azımsanamayacak ölçüde alüminyum giydirmce cephe kullanılan bina bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı ise, alüminyum giydirmce cephe projelendirme sürecinde panel ve çubuk sistemler hakkında detaylı bilgi vermek, statik hesap aşamalarını ortaya koymak ve bu süreçte karşılaşılan önemli noktalara dikkat çekmektir. Bu çalışmadan; cephe konsept, imalat ve üretimde bulunan çalışanların, projelerin statik hesaplarını yapan mühendislerin ve bu konu hakkında araştırma yapan araştırmacıların yararlanması amaçlanmıştır.

Tezin kapsamını, giriş (tezin amacı, kapsamı, araştırma soruları, hipotezi, yöntemi), cephe sistem tanımı, sistem bileşenleri ve sistem çeşitleri, cepheden beklenen performans gereksinimleri, panel ve çubuk sistemlerin karşılaştırması, sonuç ve önerilerin dahil olduğu beş bölüm oluşturmaktadır.

1.2 Araştırma Soruları ve Araştırma Hipotezi

Günümüzde pek çok binada alüminyum giydirmce cepheler kullanılmaya başlanmıştır. Bu cephelerin pek çok çeşidi bulunmaktadır. Çalışmada bu sistemlerden en çok tercih edilen panel ve çubuk sistemlerin detaylı olarak incelenerek karşılaştırılması hedeflenmiştir. Bu tez kapsamında ele alınan araştırma soruları ise şunlardır:

- Panel ve çubuk sistemlerin ne gibi farkları vardır?
- Panel ve çubuk sistemlerin avantaj ve dezavantaj olabilecek özellikleri nelerdir?

Çalışmanın hipotezi ise şu şekilde oluşturulmuştur:

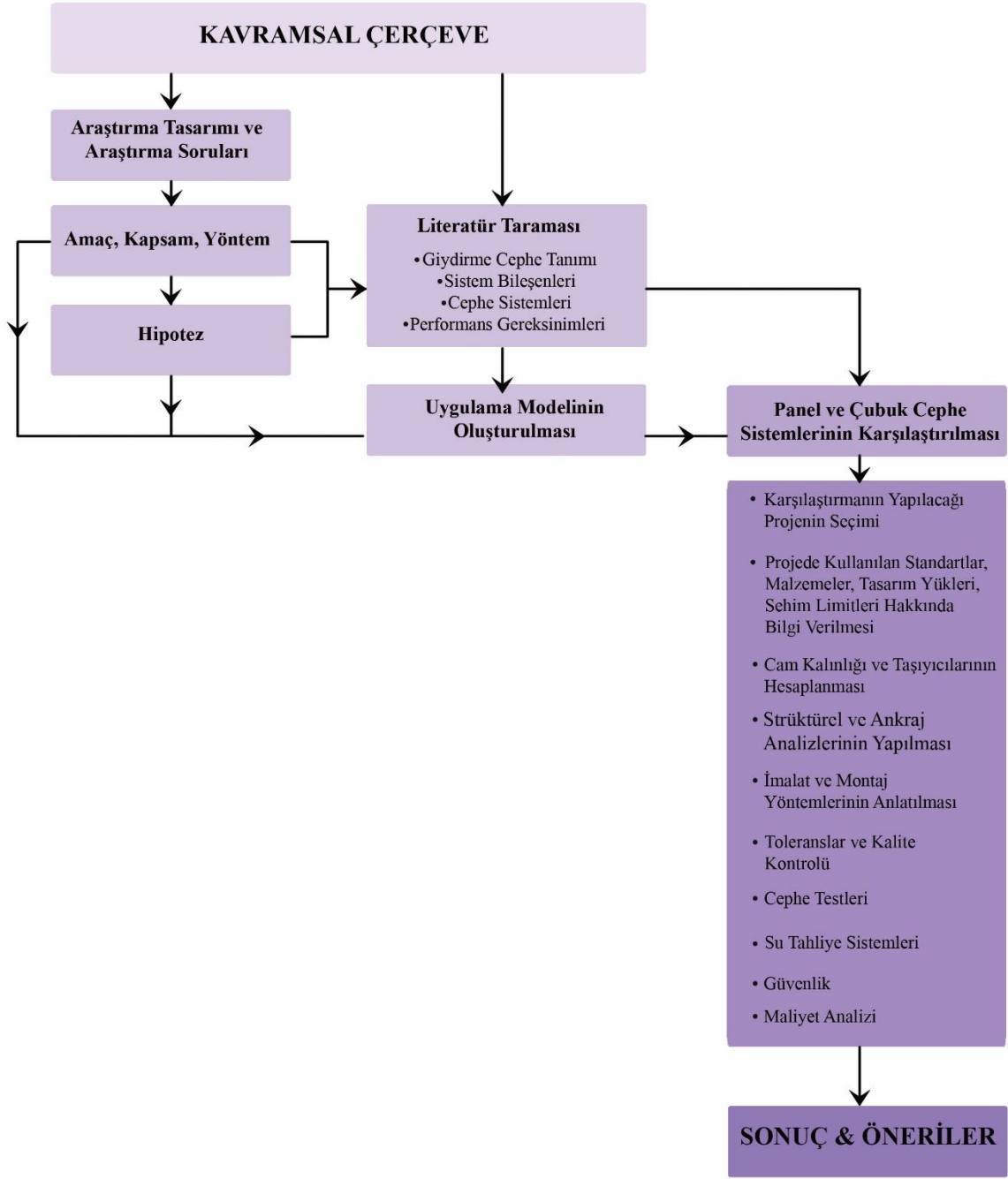
H1: Panel ve çubuk sistemler birbirinden farklı özelliklere sahiptir.

H2: Panel sistemler çubuk sistemlere göre daha çok avantaja sahiptir.

1.3 Araştırmanın Yöntemi

Öncelikle panel ve çubuk sistemlerin incelemesini daha iyi kavrayıp anlayabilmek için alüminyum giydirme cepheler hakkında literatür taraması yapılmıştır. Daha sonrasında ise ilgili sistemlerin seçilen proje üstünden hesaplamaları yapılarak performans karşılaştırması yapılmıştır. (Şekil 1.1).

İlgili statik hesaplama aşamaları için öncelikle projede kullanılan standart ve normlar hakkında bilgi verilerek, kullanılan malzemelerin özelliklerine yer verilmiştir. Proje için kullanılacak tasarım yükleri belirtilmiştir. Cam kalınlık ve cam taşıyıcıların hesabına yer verilmiştir. Daha sonrasında strüktürel analiz için mulyon (düşey) ve tranzom (yatay) profillerin hesapları yapılmıştır. Ankraj analizi, imalat ve montaj yöntemlerinden bahsedilmiştir. Daha sonrasında ise sırasıyla toleranslar, kalite, cephe testleri, su tahliye sistemleri ve güvenlik konularına yer verilmiştir. Tüm bu çalışmanın sonucunda elde edilen verilerle genel bir değerlendirmede bulunulmuştur.



Şekil 1.1 : Tez çalışması için yöntem şeması

2. ALÜMİNYUM GİYDİRME CEPHE SİSTEM TANIMI, SİSTEM BİLEŞENLERİ VE ÇEŞİTLERİ

Teknolojik gelişmeler her sektörü etkilediği gibi yapı sektöründe de kayda değer bir etkiye sahiptir. İnşaat malzemeleri ve yapı inşa sürecindeki gelişmeler, cephe sistemleri üzerinde de oldukça önemli bir etki sağlayarak giydirme cephe kavramının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Tezin bu bölümünde cephe tanımından bahsedilerek sistem bileşenlerine ve sistem çeşitlerine yer verilmiştir.

2.1 Giydirme Cephe Tanımı

Tarihten bu yana insanların dış iklim koşullarına karşı daha rahat oldukları bölgelerde barınma ihtiyaçlarının azaldığı görülmüştür. Bununla birlikte dış iklim koşulları ile iç koşullar arasındaki fark ne kadar büyürse bu ihtiyacın da o derece arttığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle tarihin büyük bir bölümünde insanlar kendileri ve hayvanları için koşulların hayatta kalmaya elverişli olduğu örneğin; kayalarda oluşan doğal mağaralar, zemindeki oyuk bölgeler ya da çok yoğun bitki örtüsünün olduğu korunaklı yerler bulmaya çalışmışlardır. Şekil 2.1’de yerel doğal taştan yapılmış duvar ve mağara konut fotoğraflarına yer verilmiştir (Herzog, Krippner, & Lang, 2004).



Şekil 2.1 : Yerel doğal taştan yapılmış duvar ve mağara konut örneği (Herzog, Krippner, & Lang, 2004).

Teknolojinin ilerlemesi barınma ihtiyacının karşılandığı konutlarda da gelişmeye sebep olmuştur. Giydirme cephe terimi ilk olarak orta çağ surlarının dış duvarını tanımlamak için kullanılmıştır. Daha çağdaş bir anlamda kullanımına ise taşıyıcı payandalar arasında hafif çerçeveli geniş cam duvarlarıyla gotik katedrallerde rastlanmıştır. Günümüzde ise bu terimi, çoğu literatürde rüzgâr veya deprem kaynaklanan yanal yüklere ve kendi ağırlığına dayanacak şekilde tasarlanmış farklı malzemelerden yapılmış bir bina duvarı olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir deyişle giydirme cephe taşıyıcı olmayan bir duvar olarak tanımlanmaktadır (CMHC, 2004). Şekil 2.2’de İstanbul Beyoğlu’nda bulunan yapı kredi kültür sanat binasının cephe fotoğrafına yer verilmiştir (Url-1, 2022).



Şekil 2.2 : Yapı kredi kültür sanat binası, İstanbul (Url-1, 2022).

Cephe, bulunduğu dış çevre koşullarından yapıyı koruyarak istenen estetik algıyı yaratmada kullanılan ve bina içerisinde hedeflenen ortamın yaratılmasında önemli bir parça olarak görev almaktadır. Günümüz yapı sektöründe giydirme cepheler imalatının hızlı olması, özel tasarım imkânı sağlayarak binanın görseline uyum sağlaması, bakım ve montajının kolaylığı açısından oldukça fazla tercih edilmektedir. Kabuk kısmını oluşturan giydirme cephenin dış ortamla görüşü sağlayan kısmına vizyon, döşeme önü gibi yerlerde bulunan görüşün sağlanmadığı kısımlara ise spandrel bölge denmektedir. Bu sistemlerin binalarda uygulanmış olan ilk örneklerinde istenen konfor koşulları tam olarak sağlanamamıştır. Bunun sebebi ise binaya uygun profillerin o dönemde tasarlanamamış olması ve yalıtım gücü yüksek işlenmiş camların üretilmemesi idi. Ama gelişen teknoloji sayesinde günümüzde bu

malzemelerin teknik özellikleri arttığı için binaya olan ağırlıkları çok daha azalmış olup, yüksek katlı binalarda da çok rahatlıkla tercih edilmişlerdir (Şenkal , 2002).

Türkiye’de giydirmce cephe alanında çok başarılı firmalar bulunmaktadır. Bu firmaların birçoğu ulusal veya uluslararası arenada yüksek yapılarda kullanım oranında hızlı bir artış eğilimi gösteren giydirmce cephelerin projesini üstlenmektedirler. Her firmanın projeye özgü kullandığı detaylarda ve üretim metodunda farklılıklar bulunabilmektedir. Şekil 2.3’te bu firmalardan biri olan Metal Yapı şirketinin New York’ta cephe projesini üstlendiği Türkevi binasının fotoğrafı yer almaktadır (Url-2, 2022).



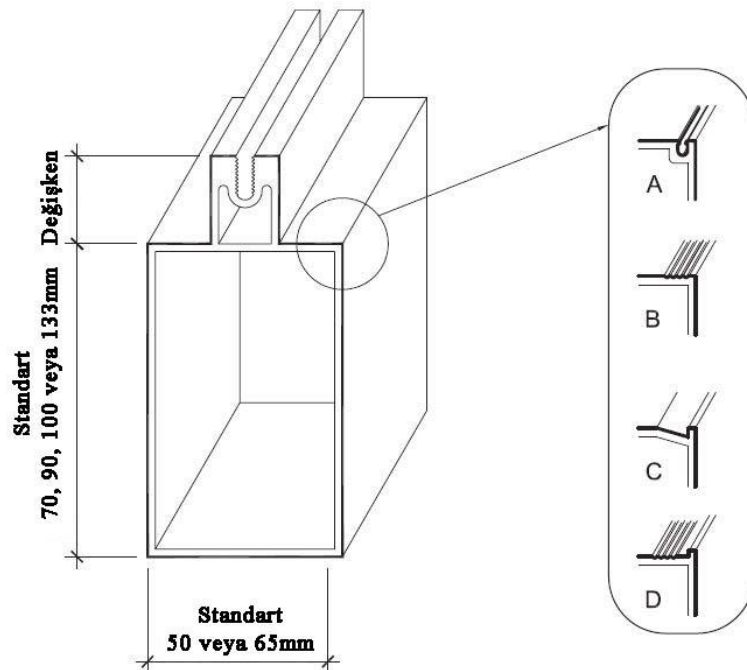
Şekil 2.3 : Türkevi Merkezi Binası, New York (Url-2, 2022).

2.2 Sistem Bileşenleri

Bu bölüm içerisinde; alüminyum giydirmce cephe sistemini oluşturan sistem bileşenlerinden bahsedilmiştir. Her bir bileşenin sistem içerisindeki işlevine yer verilmiştir. Sistem bileşenlerini; yatay ve düşey taşıyıcı alüminyum profiller, camlar, epdm ve silikon fitiller, ısı bariyerleri ve tespit bileşeni olarak ankrajlar oluşturmaktadır.

2.2.1 Alüminyum profiller

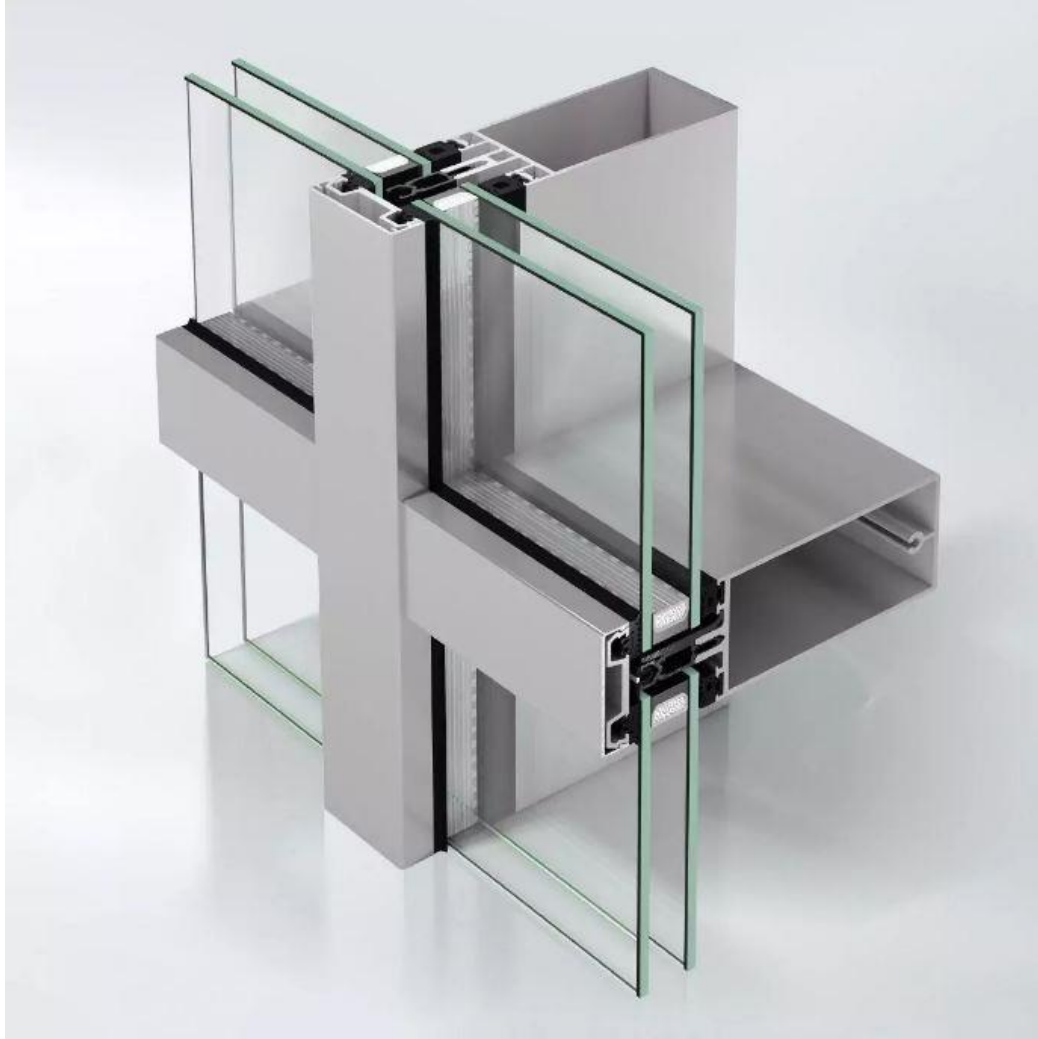
Alüminyum profiller projede istenen boyutlarda ve birleşim detaylarına karar verildikten sonra çeşitli kalıplarda şekil verilerek oluşturulmaktadır. Bu üretim şekline alüminyum ekstrüzyonu ismi verilmektedir. Alüminyum ekstrüzyon, cam ve metal giydirme cephe sistemleri için ana çerçeveleme malzemesidir. Ekstrüzyon işlemi sayesinde istenilen her türlü şekil profillere kazandırılabilir. Alüminyum profillerin tasarımı önemli bir araştırma konusudur. Isı iletkenliği, statik ve dinamik yükler olmak üzere birçok konunun profillerin tasarımı esnasında göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Giydirme cephelerde taşıyıcı elemanlar bulunmaktadır. Bu elemanlar sistemin kendi yüküne, üzerine etki eden rüzgâr, kar ve deprem yüklerine maruz kalırlar. Bu yükleri binanın kendi taşıyıcı sistemine aktarırlar. Alüminyum giydirme cephe sisteminde en önemli taşıyıcı elemanlar alüminyum profillerdir. Farklı üreticilerden çok sayıda kesit aralığına veya profil çeşitlerine ulaşılabilir. Birçok üreticinin standart sistemlerinde ortak kesit eni ve derinliğinin bulunmasına rağmen, her üreticinin profilinde farklı özellikler bulunabilmektedir. Şekil 2.4'te standart örnek bir mulyonun en kesiti ve profilin tırnak detay çeşitlerine yer verilmiştir (CMHC, 2004).



Şekil 2.4 : Standart örnek bir mulyonun en kesiti ve profilin tırnak detay çeşitleri (CMHC, 2004).

Alüminyum giydirme cephe sistemlerinde çerçeveyi oluşturan profillerden dikey olanına mulyon profili yatay olanına ise tranzom profili ismi verilmiştir. Mulyon profilleri en çok gerilmeye maruz kalan elemanlardan biridir ve genellikle kat yüksekliği boyunca kullanılmakta olup boy olarak projelerde görülmektedirler. Bunun yanı sıra üzerinde bağlı olan cam taşıyıcı profillerden aldığı cam yükünü ve cama etkiyen rüzgâr yükünün bir kısmını mulyonlara ileten yatay profiller ise tranzom profilleridir. Cepheye etkiyen yüklere karşı sistemde bulunan alüminyum profillerin kontrol edilmesi ve bu yükler altında profillerde oluşan en büyük yüklerin ve sehim miktarlarının hesabının yapılması yapı güvenliği açısından zorunludur.

Mulyon tranzom profillerinin ve sistem bileşenlerinin çok farklı çözümlendiği projeler vardır. Şekil 2.5'te örnek bir mulyon tranzom birleşimin cephe kısmi kesit görseline yer verilmiştir (Url-3, 2022).



Şekil 2.5 : Bir mulyon tranzom birleşimi Schüco FWS 50 sistemi örneği (Url-3, 2022).

2.2.2 Camlar

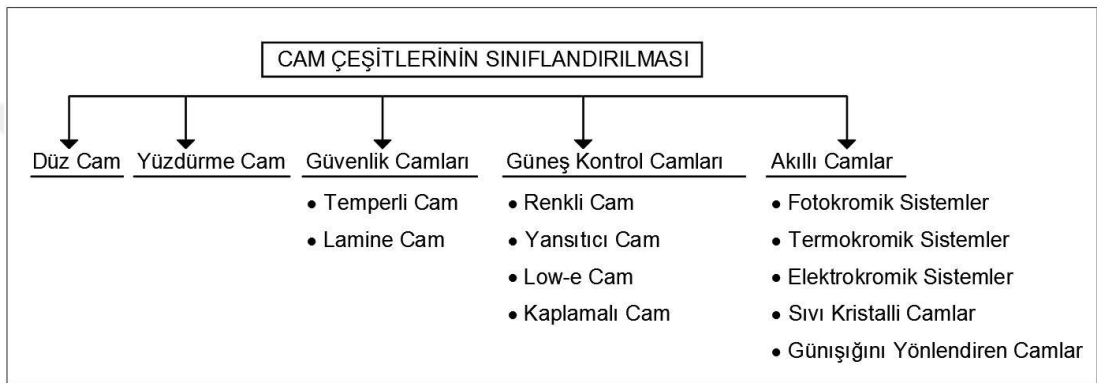
Cam, giydirmce cephe sisteminin çok önemli bir saydam bileşenidir. Bina sakinleri için dış mekân görüşü sağlar ve iç mekâna gün ışığı girmesine olanak verir. Bir bina üzerindeki enerji etkisi ve enerji transferi kavramları, cam kaplama ve performansı için çok önemlidir. Enerji, farklı cam ünitesi üreticileri tarafından yapılan araştırmaların her zaman kritik bir bileşeni olmuştur ve cam ile ilgili endüstri toplulukları tarafından yakından incelenmeye devam edilen bir konudur. Cam; türü, rengi, boyutu ve gücü ile karakterize edilir (Memari, 2013).

Alüminyum giydirmce cephelerde kullanılmak üzere çok çeşitli özellikte ve türde cam malzeme üretilmektedir. Camın bünyesinde barındırdığı özellikler; optik özellikler, ısısal özellikler ve dayanıklılık özelliğidir. Bunun yanı sıra ısı geçirgenlik katsayısı, toplam güneş enerjisi iletkenliği ve ışık geçirgenliği gibi fiziksel parametrelere de sahiptir. Camın saydam bir yapıda olması özellikle binalarda tercih edilmesinin başlıca sebeplerinden biridir. Isı geçirgen bir yapıda olması sebebiyle ısıtma giderlerinin fazla olmasına sebep olmaktadır. Teknolojik ilerlemelerin çok çeşitli olanaklar sağlamasıyla camın mimarlar arasında tercih oranı gittikçe artmaktadır (Sev, Gür, & Özgen, 2003). Şekil 2.6’da örnek olarak Tokyo Aoyama’ da inşa edilen Prada mağazasının fotoğrafına yer verilmiştir. Proje iç bükey, dış bükey düz cam paneller kullanılarak oluşturulmuştur (Url-4, 2022).



Şekil 2.6 : Tokyo Aoyama semtinde bulunan Prada mağazası örneği (Url-4, 2022).

Bina kabuğunda cam malzemesinin kullanım sıklığı arttığı için günümüzde bu malzemeden beklenen performansta da artış olmuştur. Dış ortandan gelebilecek gürültü, camın mukavemeti, güneşin parlaklığı ve radyasyon ısısı, dış ve iç ortam arasındaki ısı farkı gibi pek çok farklı durum için gerekli performansı göstermesi beklenmektedir. Tasarımcılar için cam seçimindeki temel prensipler; güvenli olması, fonksiyonellik ve estetik açıdan beklentiyi karşılamasıdır. Günümüzde alüminyum giydirme cephelerde en çok tercih edilen cam türleri lamine cam, temperli cam, ısı yalıtımlı cam vb. türlerdir. Mimari olarak cam çeşitlerinin sınıflandırılmasına Şekil 2.7'deki görselde yer verilmiştir.



Şekil 2.7 : Cam çeşitlerinin sınıflandırılması

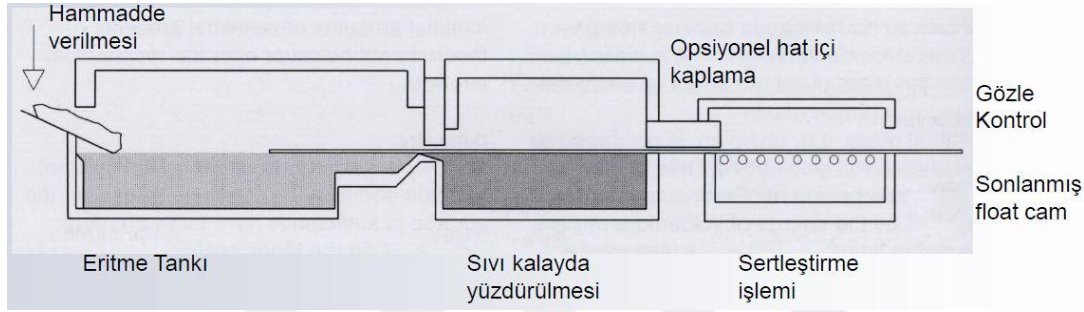
2.2.2.1 Düz cam

Cam hamuru herhangi bir işleme tabii tutulmadan merdanelerde çekilerek bu cam türü elde edilmektedir. Levha camlar olarak da bilinen bu camlar genellikle konutlarda bulunan pencerelerde de kullanılmakta olup 2mm ile 7mm arasındaki kalınlıklarda üretilmektedirler. Diğer cam çeşitlerine göre fiziksel ve mekanik özellikleri daha zayıf olup yalıtım ve güvenlik açısından da tercih edilmezler. Son yıllarda üretimi ve özellikleri göz önüne alındığından tercih edilmesi azalmış olup, bu cam türü yerine yüzdürme camlar tercih edilmektedir (Eşsiz, 2004).

2.2.2.2 Yüzdürme cam

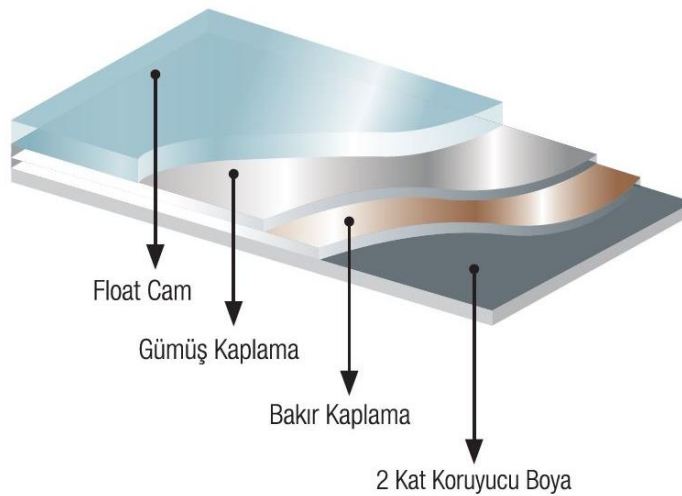
Bu cam türü levha camın erimiş halde bulunan kalay tankları içerisinde yüzdürülmesiyle elde edilir. Bu yöntem sayesinde camın yüzeyi son derece pürüzsüz, dalgasız ve parlak olabilmektedir. Çok kaliteli ve uluslararası standartlara uygun bir cam türüdür. Ayna üretiminde önemli bir paya sahiptir (Url-5, 2022).

İlk olarak cam hamuru 1500 °C'ye kadar ısıtılarak oda sıcaklığında akışkan bir yapı kazandırılır. Kalay tankında yüzdürülürken bu sıcaklık 500 °C'ye kadar düşürülür ve cam elastik katı malzemeler gibi davranarak tankın üzerinde pürüzsüz bir yapıya dönüştürülür. Bu aşamadan sonra cam soğutulur son halini alır. Türkiye'de cam üretiminde en fazla 3,20m ile 6m arasındaki cam ebatları üretilebilmektedir. Cam kalınlıklarında ise 1mm ile 19mm arasında üretim sağlanmaktadır. Şekil 2.8'de yüzdürme cam üretim aşamalarını gösteren örnek bir görsele yer verilmiştir (Url-6, 2022).



Şekil 2.8 : Yüzdürme cam üretimi (Url-6, 2022).

Yüzdürme cam, ilk olarak yıkama ardından parlatma aşamalarından geçirilir. Daha sonra gümüş ve bakır kaplama yapılarak iki kat boyanmaktadır. Son olarak kurutularak ayna şeklini alır. Yapılan gümüş kaplama aynada yansımayı sağlar. Bakır kaplama ise gümüş kaplamanın daha dayanıklı olmasını sağlar. Aynanın dış etkilerden korunması sağlayan ise iki kat boyama işlemidir. Şekil 2.9'da yüzdürme camını oluşturan katmanları gösteren görsele yer verilmiştir (Url-7, 2022).



Şekil 2.9 : Yüzdürme cam katmanları (Url-7, 2022).

2.2.2.3 Temperli cam

Camların ısıtılma işlemlerinden geçirilmesiyle elde edilmektedir. Basınç, darbe ve ısıya karşı camların daha dirençli olması amaçlanmıştır. 650 °C'ye kadar ısıtılan camlar aniden soğutulur. Bu işlem sonrası camın üzerinde delme ya da kesme işlemi gibi herhangi başka bir işlem yapılması mümkün olmamaktadır. Bu şekilde üretilen camlar kolay kolay kırılmazlar, kırılırlar dahi küçük parçalar halinde parçalanarak zarar verebilecek sivri ve kesici kenarlara sahip olmazlar (Sev, Gür, & Özgen, 2003).

Tam veya kısmi temperlenmiş camlar ısıtılma gerilmelere veya dış etkilere karşı dayanıklıdır. Temperlenmiş cam 300 °C'ye kadar maruz kaldığı ısıtılma şoklarına dayanabiliyorken temperlenmeyen camlar 40 °C ısıtılma şokla karşılaştığında kırılabilir. Kısmi temperlenen camlar kırılma anında daha büyük parçalara ayrılırken tam temperlenmiş camlar çok daha küçük parçalara ayrılmaktadırlar. Bu sebeple giydirme cephelerde tam temperlenmiş camlar daha çok tercih edilmektedir (Url-8, 2022). Şekil 2.10'da örnek bir temperlenmemiş camın kırılma şekline yer verilmiştir (Url-9, 2022).



Şekil 2.10 : Temperlenmiş camın kırılma şekli (Url-9, 2022).

2.2.2.4 Lamine cam

Güvenlik amacıyla üretilen bu camlar iki veya daha fazla katmanın arasına polivinil bütiral yani PVB tarzında bir madde konularak elde edilmektedir. Farklı kombinasyonlardaki camların arasına farklı bağlama malzemeleri koyarak farklı amaçlara yönelik camlar üretilmektedir. Bu şekilde üretilen camlar darbelere, kırılmalara ve patlamaya karşı dayanım kazanmaktadır (Eşsiz, 2004).

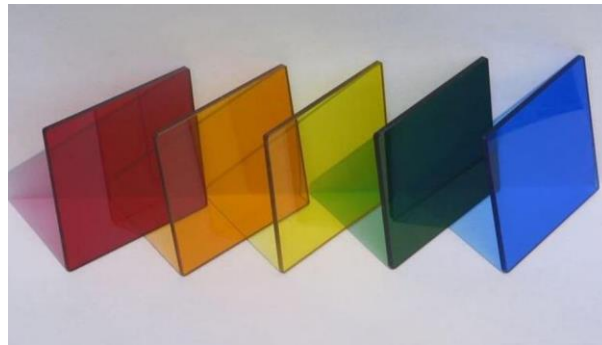
Lamine camlar dış etkiler sebebiyle kırılma anında küçük parçalara ayrılrsa bile cam tabakaları arasında bulunan pvb malzemesi sayesinde bu parçalar birbirinden ayrılmayarak etrafa saçılmamaktadırlar. Şekil 2.11’de tavlanmış, temperlenmiş ve lamine camların kırılma şekillerinin gösterildiği görsele yer verilmiştir. Tavlanmış cam büyük parçalara ayrılırken temperlenmiş camlar nispeten çok daha küçük parçalara ayrılmıştır. Lamine camlarda ise çok daha fazla kırılma olduğu halde pvb sayesinde bu parçalar birbirinden ayrılmamıştır (Url-10, 2022).



Şekil 2.11 : Tavlanmış cam, temperlenmiş cam ve lamine camın kırılma şekilleri (Url-10, 2022).

2.2.2.5 Renkli cam

Renkli camlar üretim sırasında cam eriyik halde iken hamuruna ilave renk veren maddelerin katılmasıyla oluşturulmaktadır. Üretilen renkli düz cama ikinci bir işlem uygulanarak çeşitli yalıtım katmanları, lamine cam, kısmi veya tam temperlenmiş cam, bombeli cam, emaye boyalı cam, kaplamalı cam veya ayna üretimi de yapılabilir. Şekil 2.12’de renkli cam numunelerinin olduğu görsele yer verilmiştir (Url-11, 2022).



Şekil 2.12 : Renkli cam numuneleri (Url-11, 2022).

2.2.2.6 Yansıtıcı cam

Yansıtıcı camlar bir diğer deyişle reflekte camlar özellikle güneş ışınlarını engelleme özelliği sağladığı için çokça tercih edilmektedirler. Isı yalıtımı açısından fayda sağlamaktadırlar. Bronz, yeşil, gümüş, füme ve mavi gibi farklı renklerde üretilmektedirler. Yansıtma özellikleri olduğu için dışarıdan bina içini göstermeyen bir özellik sağlarlar. Bu sebeple cephe camı olarak fazlaca tercih edilmektedirler. Temperleme, delinebilme, rodajlama veya kesilebilme gibi işlemler yapılabilmektedir. Şekil 2.13'te yansıtıcı cam görseline yer verilmiştir (Url-12, 2022).



Şekil 2.13 : Yansıtıcı cam resmi (Url-12, 2022).

Yansıtıcı camlar, değişik metal veya metal oksit ürünleri kullanarak cam yüzeyleri kaplanıp oluşturulan ve yansıtma özelliğinin kazandırıldığı camlardır. Gümüş ve bakır kaplamalarda yüzeylerin yumuşak olması ve korozyon oluşmasının daha kolay olması dezavantaj yaratmaktadır. Bunun yanı sıra titan, çelik ve krom gibi alaşım metal kaplamalarda renkler saydama yakın olup kızılötesi ışıklarda geçirgenlikleri yaklaşık olarak aynıdır. Bunun yanı sıra farklı metal oksitlerden faydalanarak kimyasal ve mekanik direncin yüksek olduğu yansıtıcı camlar elde edilebilmektedir (Eşsiz, 2004).

2.2.2.7 Low-e cam

Low-e camlar uzun dalgalı kızılötesi enerjiyi yansıtan ve dolayısıyla daha düşük emisyonu sahip mikroskobik olarak ince, şeffaf bir kaplamaya sahiptirler. Bu termal

olarak yansıtıcı malzeme hem ısıtılmış hem de soğutulmuş havayı dışarı çıkmasına izin vermeden bina içine geri yansıtmaktadır (Url-13, 2022).

Camların optik özelliklerini çok fazla değiştirmese de uzun dalga radyasyon enerjisini yansıtarak ısı iletim katsayılarında iyileşme sağlayan kaplama türü Low-e Kaplama (Düşük Emisivite) olarak adlandırılmaktadır. Bu tip camlara iklim kontrol camı da denilmektedir. Güneş kontrol camlarının aksine güneş ışınlarını dışarıya yansıtarak pasif güneş kazanımlarını azaltmaktadırlar. Birlikte kullanıldıklarında güneş kontrol kaplamalarının etkinliğini arttırmaktadırlar. Şekil 2.14'te İstanbul'da bulunan Süzer Plaza'da kullanılan Low-e kaplamalı camlara ait bir görsele yer verilmiştir (Sezer, 2005).



Şekil 2.14 : İstanbul Süzer Plaza Low-e kaplamalı cam (Sezer, 2005).

2.2.2.8 Kaplamalı cam

Kaplama yapılan camlarda kimyasal ve mekanik dayanımlar yüksek olmaktadır. Kaplama yapılacak yüzey dışa veya içe gelecek şekilde yapılabilmektedir. Eğer kaplama içte yapıldıysa renk ön plana çıkmaktadır. Dışta yapıldı ise yansıma sağlanmaktadır. Tercihen ısıcamlarda kullanılması beklenmektedir. Temizlik açısından ele alındığında kaplama yapılan yüzeylerde aşındırıcı veya zedeleyebilecek

maddelerin kullanılmasından kaçınılması gerekmektedir. Tam veya kısmi temperleme ve bombeleme işlemleri yapılabilir. Lamine yapılabilir. Bunun yanı sıra emaye baskı da yapılabilir (Url-14, 2022).

2.2.2.9 Fotokromik sistemler

Fotokromik kelimesi ışık anlamına gelen yunanca kökenli "photo" ile renk manasındaki "chroma" kelimelerinin birleşimi ile oluşturulmuştur. İsminden de anlaşılacağı üzere renk değiştirme özelliğini maruz kaldığı ışığın etkisine göre ayarlayan camlara fotokromik camlar denmektedir. İnsanların herhangi bir müdahalesi olmadan güneşten gelen zararlı ultraviyole ışınlarının koyulaşma sağlayarak bina içerisine girmesini engelleyen akıllı malzeme sınıfına girmektedirler (Erkol & Sayın, 2021).

Fotokromik camlar yapılarında barındırdıkları akıllı koyulaşma özelliği sayesinde cam seçiminde ilgi çekici olmaktadır. Fakat kullanımları maliyetli olması sebebiyle pek yaygınlaşmamıştır. Günlük hayatta da gözlük camları, uçakların ön camları, ışığa duyarlı ürünleri muhafaza etmesi gereken çeşitli yerlerde tercih edilmektedirler (Kazanasmaz & Diler, 2011).

2.2.2.10 Termokromik sistemler

Termokromik kelimesi ılık veya sıcak anlamına gelen yunanca kökenli "thermos" ile renk manasındaki "chroma" kelimelerinin birleşimi ile oluşturulmuştur. İsminden de anlaşılacağı üzere renk değiştirme özelliğini maruz kaldığı ısı etkisine göre ayarlayan camlara termokromik camlar denmektedir. Bu tür camların çalışma prensibi, camdaki tabakaların arasında sıkıştırılmış jellerin kullanılarak camın opaklığında değişim oluşturulması ile sağlanmıştır. Soğuk havalarda jelin yapısı saydam bir halde bulunur ve bu sayede cam da şeffaf bir yapı kazanır. Sıcak havalarda ise jelin yapısı yansıtıcı bir özellik kazanarak camın yapısını da opak bir hale dönüştürür. Termokromik camlarda herhangi bir insan etkileşimi olmadan camın yapısında değişim gözlenmektedir (Erkol & Sayın, 2021).

2.2.2.11 Elektrokromik sistemler

Elektrokromik kelimesi elektrik anlamına gelen fransızca kökenli "elektro" ile renk manasındaki "chroma" kelimelerinin birleşimi ile oluşturulmuştur. İsminden de anlaşılacağı üzere renk değiştirme özelliğini maruz kaldığı elektrik enerjisine göre

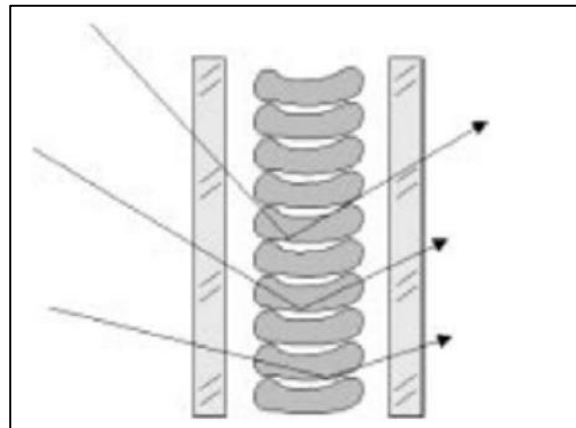
ayarlayan camlara elektrokromik camlar denilmektedir. Bu tür camların çalışma prensibi, camın opaklığının üzerine uygulanan 1-5 volt arasındaki elektrik akımı kullanılarak değiştirilmesi ile oluşturulmuştur. Cama uygulanan elektrik akımı sayesinde malzemenin yapısında kimyasal değişiklikler meydana gelmektedir. Elektrik akımı uygulandığında iyonlar iletken bölümü geçerek elektrokromik bölüme geçerek camın opak bir görünüm kazanmasını sağlar. Uygulanan akım kesildiğinde ise bu durum tersine dönerek iyonlar iletken bölümden depolanmak üzere çıkış yaparlar ve cam opak görünümünden tekrardan şeffaf bir görünüm kazanır (Erkol & Sayın, 2021).

2.2.2.12 Sıvı kristalli camlar

Sıvı kristalli camlarda bulunan çalışma prensibi temelde elektrik akımı ile doğru orantıda gerçekleşmektedir. Camın katmanları arasında bulunan sıvı kristaller elektrik akımına maruz kaldığında kristaller düzenli bir duruma geçerek camın saydamlaşmasını sağlarlar ve bu sayede ışık geçişi gerçekleşir. Verilen elektrik akımı kesildiğinde sıvı kristaller eski dağınık düzenlerine geri dönerler ve böylelikle cam tekrardan opak hale gelir ve ışık geçişi kesilir (Kazanasmaz & Diler, 2011).

2.2.2.13 Güneş ışığını yönlendiren camlar

Güneş yönlendirmeli bir cam sisteminin ana bileşeni, içbükey akrilik elemanlarını tutan çift camlı sızdırmaz bir ünitedir. Bu elemanlar çift camlı bir ünite içinde dikey olarak istiflenir ve doğrudan güneş ışığını tüm açılardan tavana yönlendirir. Şekil 2.15'te güneş ışığını yönlendiren cam detayı gösterimine yer verilmiştir (Ruck, Aschehoug, & Aydınli, 2000).



Şekil 2.15 : Güneş ışığını yönlendiren cam detayı (Ruck, Aschehoug, & Aydınli, 2000).

2.2.3 Fitiller

Fitiller alüminyum giydirme cephenin sistem bileşenlerinden birini oluşturmaktadırlar. Hangi sistem kullanılırsa kullanılsın, fitiller cam kenarının profille karşılaşarak zarar görmesini engelleyerek su girişini ve hava kaçışını önlemek için camın çevresini kapatmakta kullanılmaktadır. Giydirme cephelerde fitiller yıllardır kullanılmakta olup çeşitliliği çok geniş bir aralıkta olan standart ürünlerdir. Tedarikçiler, özel proje ihtiyaçlarını karşılamak için talep edildiği takdirde çok hızlı bir şekilde özel ürünler üretebilmektedirler. Fitiller çeşitli şekillerde, sertlikte, yoğunlukta ve bileşimde mevcut olabilmektedirler. Fitiller birkaç farklı kauçuk malzemede mevcuttur. Giydirme cephelerde kullanılan en yaygın fitil malzeme türleri neopren, etilen-propilen-dien-monomer (EPDM) ve silikondur (CMHC, 2004). Şekil 2.16’da çeşitli şekillerde bulunan fitillerin örnek bir gösterimine yer verilmiştir (Url-15, 2022).



Şekil 2.16 : Fitil çeşitleri örnek gösterimi (Url-15, 2022).

2.2.4 Isı bariyerleri

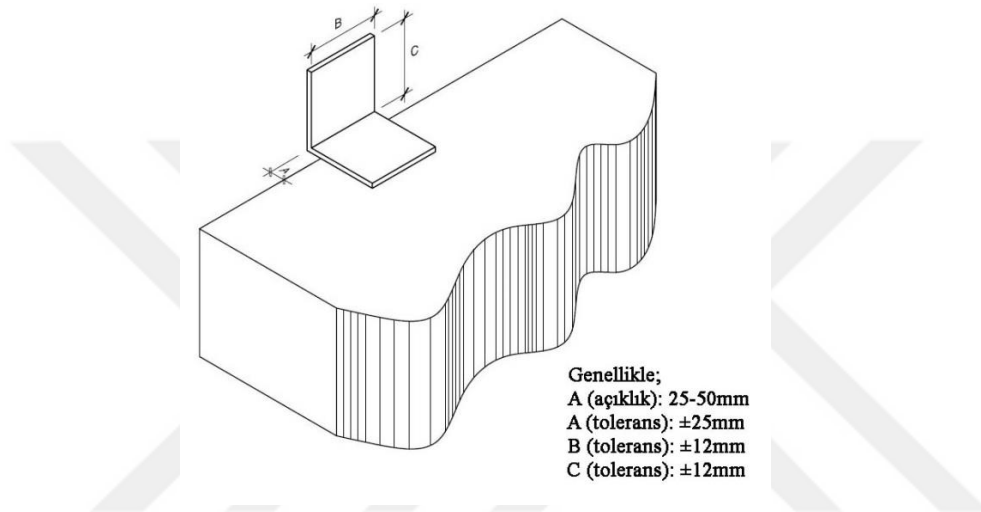
Isı bariyerleri, cephenin dış ve iç bölümlerinde metal olan bileşenlerin birbirinden ayrılarak iç ve dış ortamların ısı akışının azalmasını ve kontrolünü sağlamaktadırlar. Şekil 2.17’de alüminyum giydirme cephede bulunan ısı yalıtım bariyeri gösterim detayına yer verilmiştir (Url-16, 2022).



Şekil 2.17 : Alüminyum giydirme cephede bulunan ısı yalıtım bariyeri gösterimi (Url-16, 2022).

2.2.5 Ankrajlar

Ankrajlar giydirmce cepheyi binaya bağlar. Ankraja etkiyen yükün hesabı ilgili panelin modül aralığına, paneli oluşturan malzemelere ve cepheye etkiyen yüklere bağlıdır. Cepheye uygun ankraj tasarımı yapılırken binanın hareketlerine izin verebilecek ölçüde düşey ve yatay toleranslara izin verebilmesine dikkat edilmesi çok önemlidir. Genellikle kullanılan malzemeler, alüminyum veya çelik olarak seçilmektedir. Şekil 2.15'te ankraj açıklık ve toleransları gösteren örnek bir detay gösterimine yer verilmiştir (CMHC, 2004).



Şekil 2.18 : Ankraj açıklık ve toleransları gösteren örnek bir detay (CMHC, 2004).

2.3 Alüminyum Gydirmce Cephe Sistem Çeşitleri

Bina cephesi veya kaplaması olarak da bilinen giydirmce cephelerin en önemli fonksiyonu iç ve dış ortamlar arasında ayırıcı bir katman olarak görev yapmasıdır. Alüminyum giydirmce cepheler yığma veya prekast gibi diğer cephe çeşitlerine göre çok daha hafiftir. Gydirmce cephelerin üretimi ile ilişkili çeşitli tanımlamalar söz konusu süreçlerin anlaşılması için detaylı olarak incelenmelidir. Bunlar imalat, kurulum ve montaj aşamalarıdır. İmalat aşaması, kesme, delme, frezeleme ve zımbalama dahil tüm işleme operasyonlarını kapsar. Bu işlemler alüminyum ekstrüzyon çerçeveleme elemanlarında gerçekleştirilir. Kurulum aşaması, cam dolguyu desteklemek için bir çerçeve oluşturularak alüminyum çerçeve elemanlarının birbirine sabitlenmesini içerir. Çerçevenin derz noktalarının hava ve su geçirmezliğini sağlaması için dolgu macunu ile kaplanması gerekmektedir. Daha sonra cam, oluşturulan alüminyum çerçevenin içine vizyon veya spandrel özellikle

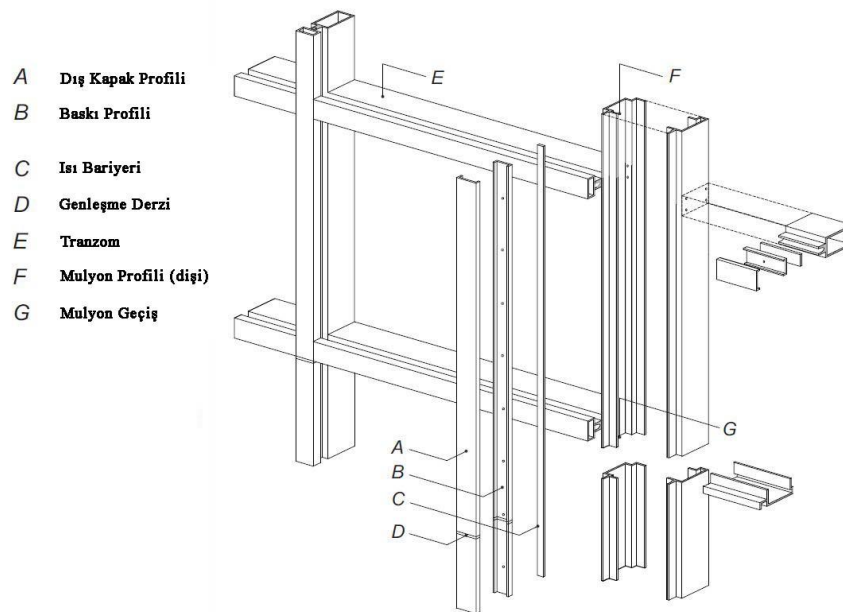
olacak şekilde seçilerek yerleştirilir. En yaygın işlem genellikle yalıtımlı bir cam kullanılarak oluşturulmaktadır. Son olarak montajlama aşamasında ise oluşturulan ürünler şantiyeye sevk edilerek yerlerine takılırlar (Memari, 2013).

Tez kapsamında çok çeşitli cephe sistemleri arasında binalarda en yaygın kullanımı olan panel ve çubuk sistemler hakkında detaylı bilgiye yer verilmiştir.

2.3.1 Panel sistemler

Panel sistemler fabrika ortamında imal edilerek birleştirilirler. Daha sonra montajının yapılması için sahaya gönderilirler. Kontrollü bir fabrika ortamı, panel sistemin daha güvenilir bir ortamda üretilmesini sağlar. Bir binanın bitirilmesi için gereken süre panel sistemlerle büyük ölçüde azalır, çünkü üretimin çoğu fabrikada yapılmaktadır. Genellikle panel sistemlerin montajı kaba yapının bitiminden hemen sonra gerçekleşir. Birleştirme işlemi sırasında hem hava hem de su geçirmez bir derz için erkek-dişi profillerin birbirine kilitlenmesi yöntemi ile bitişik bir çerçeve oluşturulmaktadır (Memari, 2013).

Panel sistemler; taşıyıcı profiller (mulyon ve tranzom), ısı akışını azaltan ısı bariyeri, kapaklı ise dış kapak profili ve baskı profili, fitiller, bantlar, cam ve cam aksesuarlarından oluşmaktadır. Panel sistemlerde en çok tercih edilenler kapaklı ve silikon sistemlerdir. Şekil 2.19’da kapaklı panel sistem birleşimi ve elemanlarının gösterimine yer verilmiştir (CMHC, 2004).



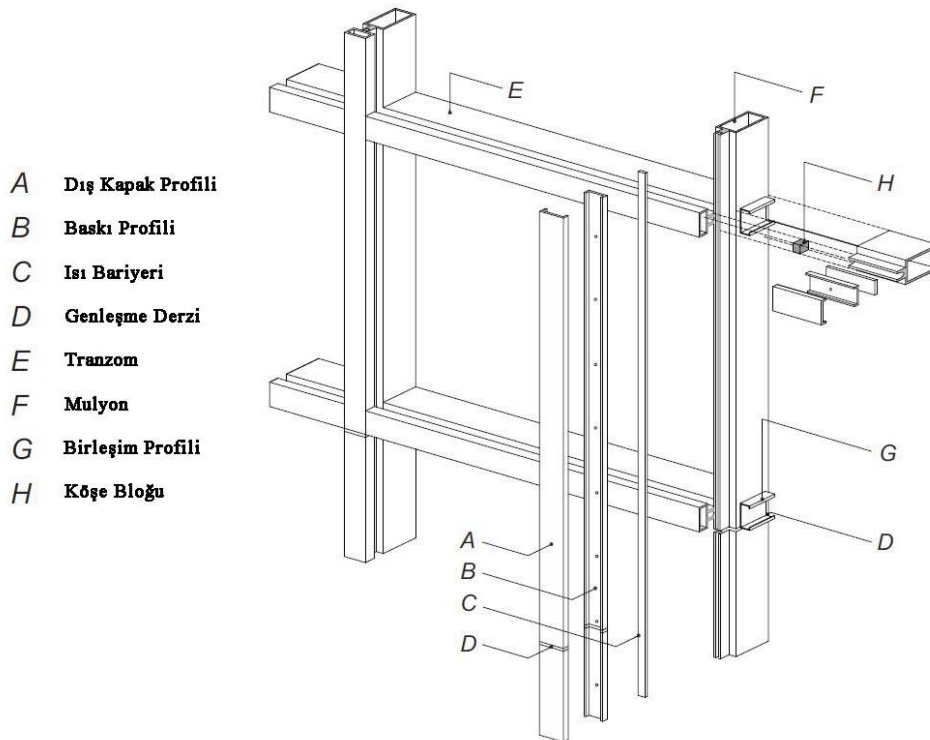
Şekil 2.19 : Kapaklı panel sistem birleşimi ve elemanları (CMHC, 2004).

2.3.2 Çubuk sistemler

Çubuk sistemli alüminyum giydirme cephelerin tüm elemanları ayrı ayrı fabrika ortamında üretilirler. Daha sonra tüm parçalar şantiyeye gönderilerek sahada montajlanırlar. Kurulum süreci montaj ve camı birleştirir, çünkü bu sistemde cephe üretiminin çoğu yerinde gerçekleşmektedir.

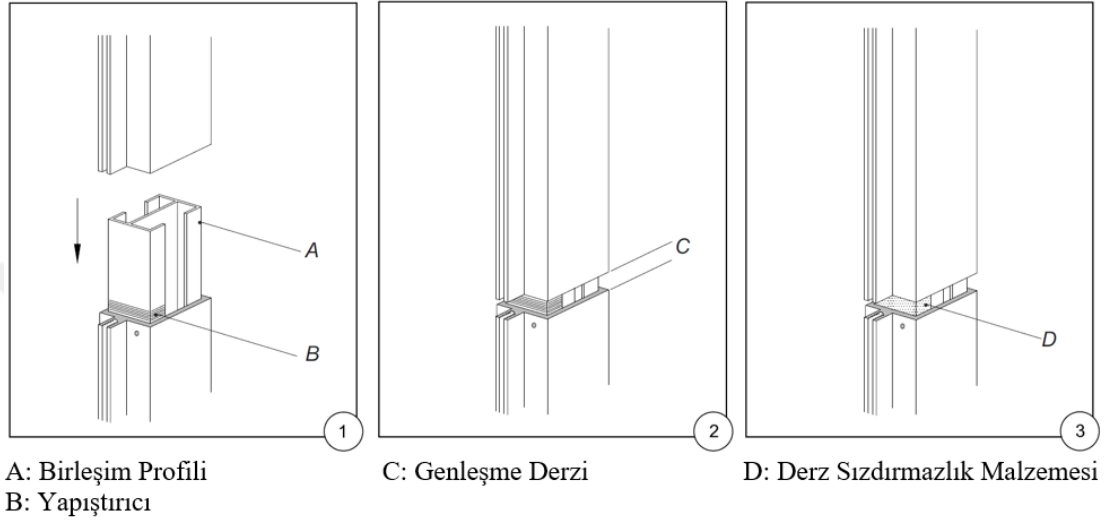
Çubuk sistemler daha yüksek saha işçilik maliyetlerine sahiptirler. Saha işçilik maliyeti genellikle fabrika işçilik maliyetinden daha pahalıya mal olmaktadır. Bunun sebebi montaj ve camların takılma işlemlerinin çoğunun sahada gerçekleşiyor olmasıdır ve bu durumda bir binanın cephesinin bitmesi için daha uzun bir zaman gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Bununla birlikte, çubuk yapıları sistemlerin en büyük dezavantajı, kurulumun (montaj ve camlama) dış hava koşullarından etkilenerek aksamalara maruz kalmasıdır. Çubuk sistemlerde en çok tercih edilenler kapaklı ve silikon sistemlerdir. Şekil 2.20’de kapaklı çubuk sistemin birleşimi ve elemanlarının görseline yer verilmiştir (CMHC, 2004).



Şekil 2.20 : Kapaklı çubuk sistem birleşimi ve elemanları (CMHC, 2004).

Alüminyum giydirme cephe çubuk sistemlerinin her bir elemanı fabrika ortamında üretildikten sonra şantiyeye sevk edilir ve sahada yerlerinde montajlanırlar. Çubuk sistemlerin bina toleranslarına uyumlu olacak şekilde yeterli derzlere sahip olması beklenmektedir. Bu şekilde montajı yapılan bölgede genleşmeden dolayı problemler çıkmaz. Şekil 2.21’de sistemin tipik bir genleşme derz montajının aşamalarına yer verilmiştir (CMHC, 2004).



Şekil 2.21 : Çubuk sistem tipik genleşme derzi montajı (CMHC, 2004).

2.3.3 Panel ve çubuk sistemlerin avantaj ve dezavantajları

Yakın geçmiş zamana kadar giydirme cepheler yeteri kadar önemsenmemiş, yapının daha çok ana taşıyıcı elemanlarına ve sahip olduğu forma odaklanılmıştır. Ancak iç mekânda ısı konfor şartlarının sağlanması gibi temel etmenlerin sağlanması zorunlu bir hale gelmiştir. Aynı zamanda yapıların görsel tasarımlarının da gelişmesiyle giydirme cephelerin kullanımı artmıştır. Cephe tasarımında farklı malzemelerin kullanımı oluşturulmak istenen etkinin güçlenmesine sebep olur. Plastik, metal, taş veya ahşap gibi farklı malzemelerin bir arada kullanımı bu malzemelerin dokularının da birbirinden farklı olması sebebiyle insanda yarattığı etkilerde de farklılık yaratmaktadır. Kullanılan her malzemenin sahip olduğu gibi, seçilen her giydirme cephe çeşidinin de avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Şekil 2.22’de tez kapsamında odaklanılan panel ve çubuk sistemlerin sahip olduğu avantaj ve dezavantajların bir arada gösterildiği bir görsele yer verilmiştir.

	PANEL SİSTEMLER	ÇUBUK SİSTEMLER
AVANTAJLAR	• Binaya özgü cephe tasarımlarına elverişliliği • Fabrika ortamında kontrollü imalat ve montaj imkânı sunması • Sahada yapılan montaj süresinin kısa olması • Çok çeşitli malzemelerle kullanım kombinasyonu sağlaması • Bina hareketlerine karşı yeterli toleransı sağlaması • Montaj süresinde işçilerin bina içinden çalışabilmesi • Su tahliye sisteminin çift bariyerli olması	• Maliyetinin panel sisteme göre daha düşük olması • Nakliyesinin daha kolay olması • Tüm elemanların sahada birleşmesi sebebiyle sahaya modifikasyonun daha mümkün olması • Küçük yapılara ve yatay bina yapısına daha uyumlu olması
DEZAVANTAJLAR	• Çubuk sisteme göre daha maliyetli olması • Yeni sistem tasarımları için arge aşamasının maliyetli olması • Cephe test maliyetlerinin yüksek olması • İmalat ve montaj işçiliği maliyetinin yüksek olması • Sahaya daha geç ulaşması ve stok alan ihtiyacının bulunması	• Bina hareketlerine toleransının düşük olması • Bina dış cephesinde daha yoğun bir çalışma gerektirmesi (iskele, cephe asansörü) • Çok sayıda parçanın sahada kontrolü ve organizasyonunun sağlanması ihtiyacı • Sahada yoğun bir işçiliği olması sebebiyle kalite kontrolün sağlanmasının zor olması • İşçilik ve montaj süresinin uzun olması • Cephe testinin sadece sahada yapılabilmesi

Şekil 2.22 : Panel ve çubuk sistemlerin sahip olduğu avantaj ve dezavantajlar

3. ALÜMİNYUM GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNDEN BEKLENİLEN PERFORMANS GEREKSİNİMLERİ

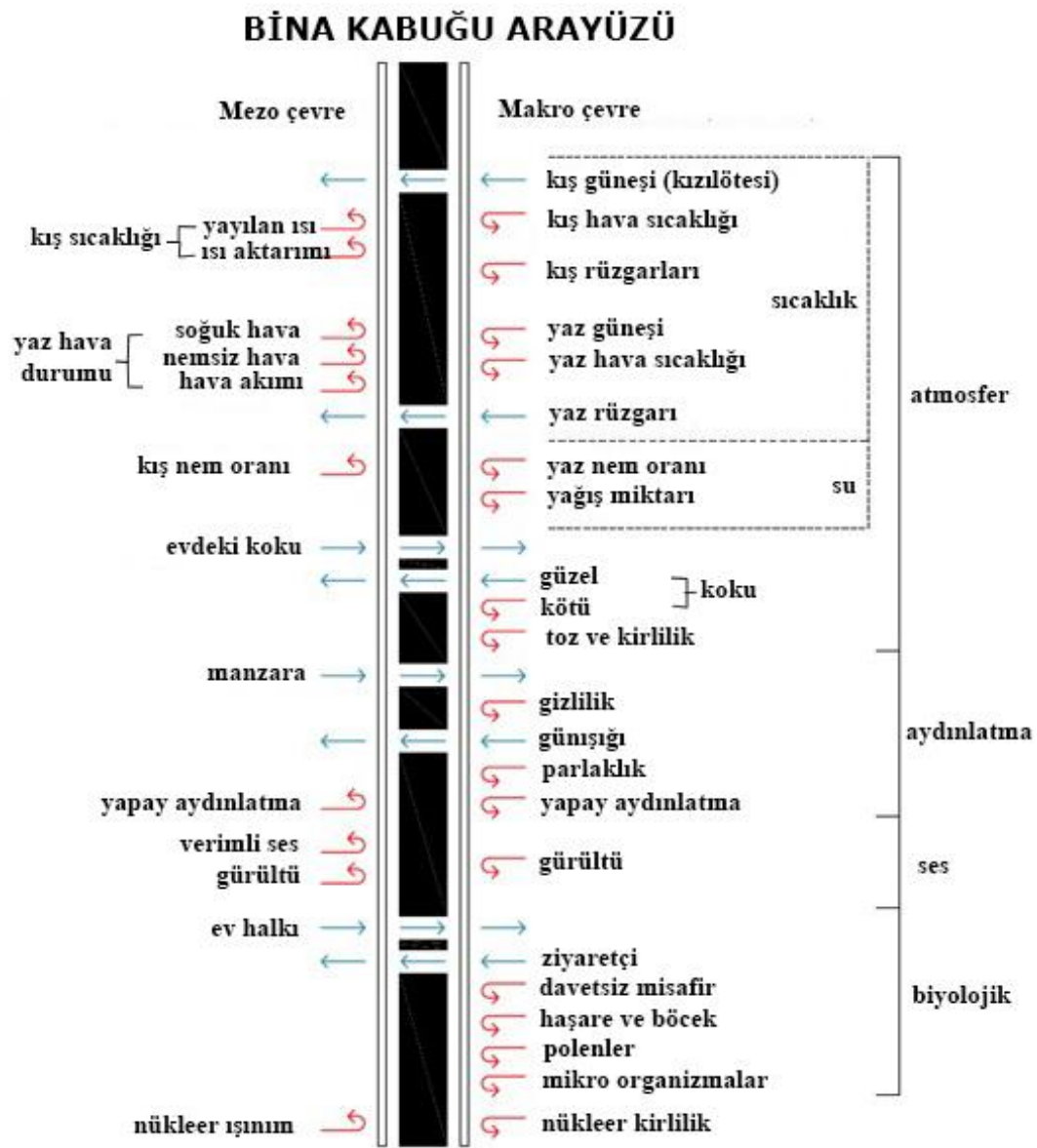
Giydirme cephelerden beklenen sadece estetik kaygılar olmayıp aynı zamanda belirli performansları da karşılamalarıdır. Cepheler, öncelikle kendi yüklerini tespit edildikleri elemanlar vasıtasıyla binanın taşıyıcı sistemine aktarılır ve bunun yanı sıra da binada yaşayan sakinleri dışarıdan gelebilecek olan doğal veya doğal olmayan her türlü etkiye karşı korurlar. Bu etkiler rüzgâr, kar, yağmur, sıcaklık değişimleri gibi atmosferik sebeplerle olabileceği gibi aynı zamanda deprem, sel gibi doğal afetler sebebiyle de olabilmektedir. Ayrıca yapıyı darbe, çarpma, yangın gibi etkilere karşı da koruması beklenmektedir. Tezin bu bölümü kapsamında giydirme cephelerden beklenen her türlü performans kriterinin detaylı olarak analizine yer verilecektir.

3.1 Performans Gereksinimleri

Bina kabuğundan öncelikli olarak dıştan gelen her tür etmen için bir koruyucu tabaka oluşturması beklenmektedir. Beklenen bu koruyuculukta ise öncelikler listesi proje gereksinimlerine bağlı olarak değişecektir. Ayrıntılı bir çözüm için, ancak projenin geliştirilmesinden önce yapılacak olan detaylı bir araştırma olanak sağlar. Bina kabuğuna etki edebilecek dış etmenlerden sırayla bahsedilirse ilk olarak akla rüzgâr yükü gelmektedir. Bunu kontrol etmek için ise, giydirme cephenin tasarımında bu yük hesaba katılarak uygun boyutlarda tasarımlar yapılmalıdır. Deprem yükü için sünek bir yapı ve hareket edebilen bağlantıların, derzlerin göz önüne alınması gerekmektedir. Binalarda eğimli yüzeyler kullanılarak kar binadan olabildiğince uzak tutulabilmekte ve maruz kalınan kar yükü azaltılabilmektedir. Güneş ışığını kontrol etmek için gölgeleme sağlayan güneş kontrol elemanlarıyla binaya giren güneş ışığının miktarı ayarlanabilmektedir. Hava bariyerleri ile binaya giren hava akışı, buhar kesici örtülerle ise su buharı kontrol edilebilmektedir. Yangın için, termal dirençli katmanlar kullanılmaktadır. Duman için ise duman ve hava dirençli katmanlar seçilebilmektedir. Kullanılan cephe elemanlarının her biri tek bir

performansta değil birçok performansta aynı anda rol üstlenmekte olup bu hesaba katılarak seçimlerde bulunulmalıdır (Kazmierczak, 2010).

(Murray, 2009), kitabında ve Şekil 3.1’de gösterilen örnek bir bina kabuğunun ara yüzüne etkiyen faktörlere yer vermiştir. (Murray, 2009)’ e göre tüm çevresel faktörlerin zaman içinde sürekli değişmesi nedeniyle, bina kabuğu basit bir bariyer olarak değil, bu çevresel faktörlerin herhangi birini kabul etme, reddetme veya filtreleme kapasitesine sahip seçici, geçirgen bir zar olarak görev almalıdır. Modern bilimsel bilgi ve teknik yetkinlik, önceki yıllara göre gelişerek bina kabuğundan beklenen performansın çok daha yüksek seviyelerini görmeyi mümkün kılmaktadır.



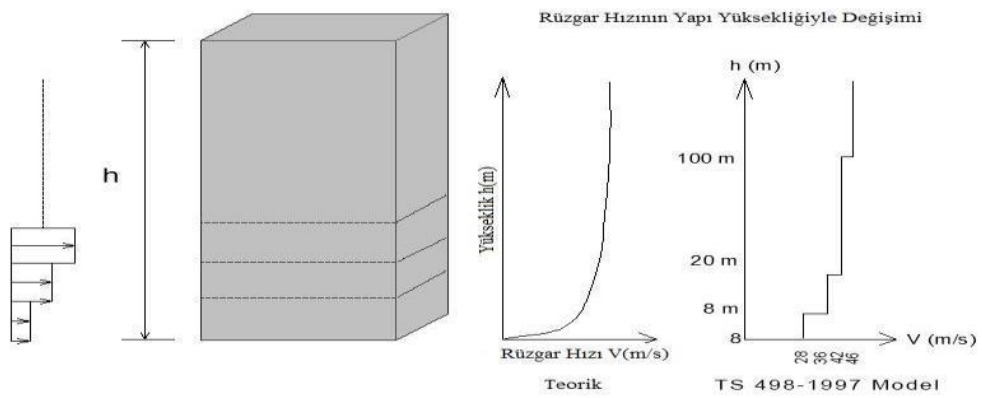
Şekil 3.1 : Bina kabuğu ara yüzünü etkileyen faktörler (Murray, 2009).

3.1.1 Ölü yük performansı

Giydirme cephe mevcut olan ağırlığının yanı sıra ilave gelecek herhangi bir yük de var ise tümünü taşımak için yeterli olmalıdır. Cephelerde statik analiz yapılırken alüminyum konstrüksiyon ağırlığı ve cam ağırlığı dikkate alınmalıdır. Ölü yük hesabında, EN 1991-1-1 normunda verilen bazı yapı malzemelerine ait özgül ağırlıklar kullanılmalıdır. Ana yatay taşıyıcı elemanlardan herhangi birinde düşey yüklerden dolayı oluşacak en büyük sehim $L/500$ değerini aşmamalıdır. Burada L (cm) yatay profil boyunu temsil etmektedir (TS EN 13830, 2005).

3.1.2 Rüzgâr yükü performansı

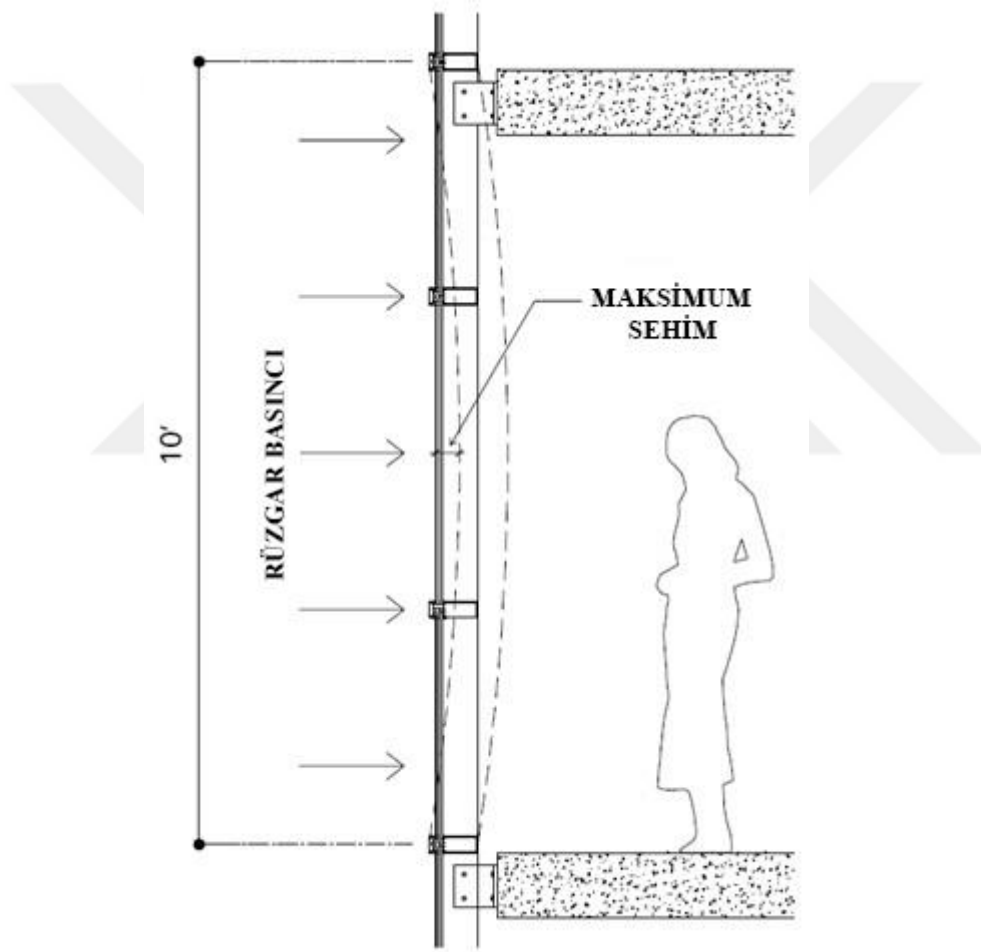
Rüzgâr, anlık değişen doğal bir olgudur. Bu nedenle yoğunluk ve yön gibi özelliklerini tahmin etmek oldukça zordur. Rüzgârların yapıyı dinamik ve statik olarak nasıl etkilediğini analiz etmek karmaşık bir süreçtir. Atmosferin basıncında bölgeler arasında farklılıklar meydana gelmesi rüzgârın oluşmasının temel sebeplerinden biri olarak görülmektedir. Alçak ve yüksek basınç bölgeleri arasında yer değiştirerek ilerleyen hava akımı rüzgârı oluşturur ve her zaman yüksek basınçtan alçak basınca doğru hareket etmesinin sonucunda ortaya çıkmaktadır. Yapılara etki eden rüzgâr yükü, estiği yönde yapı yüzeylerine basınç, aksi yönde ise emme kuvvetinin oluşmasına sebep olur. Bu kuvvetler yapının şekline ve rüzgârın sahip olduğu hıza göre değişim gösterir. Rüzgâr yükünün artmasına rüzgârın hızı sebep olduğu gibi rüzgârın hızlanmasına da yapının yüksekliğinin artması sebep olmaktadır. Şekil 3.2’de yapı yüksekliği ile rüzgâr hızının ilişkisini anlatan grafiklere yer verilmiştir (Cogurcu & Uzun, 2019).



Şekil 3.2 : Yapı yüksekliği ile rüzgâr hızının ilişkisi (Cogurcu & Uzun, 2019).

Giydirme cephe, kullanılabilirlik için beyan edilen hem pozitif hem de negatif rüzgâr yüklerine karşı koyabilecek kadar rijit olmalıdır. Binanın taşıyıcı sistemine temas eden rüzgâr yüklerini, bu yükü aktarmakla görevli bağlantı araçları ile güvenli şekilde aktarmalıdır. Giydirme cephe, EN 12179 normuna uygun olarak test edilmelidir. Tasarım rüzgâr yükü EN 1991-1-4 normuna göre belirlenmelidir. Cephenin sağlamlığı hesap ile de ispatlanmalıdır (TS EN 13830, 2005).

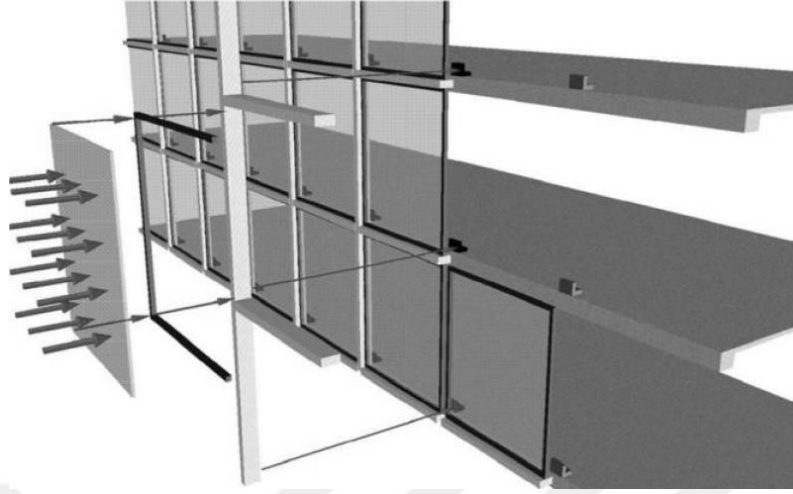
Rüzgâr yüküne karşı giydirme cephelerde sehim oluşmaktadır. Şekil 3.3' te giydirme cephelerde rüzgâr yükü karşısında maksimum sehim miktarını gösteren örnek bir anlatıma yer verilmiştir (Murray, 2009).



Şekil 3.3 : Giydirme cephelerde rüzgâr yükü karşısında maksimum sehim miktarını gösteren örnek anlatım (Murray, 2009).

Temel giydirme cephe yapısında; panel yüzeyi üzerinden rüzgâr yükü akışları öncelikle çerçeveleme elemanlarına yani yatay ve düşey profillere daha sonrasında

ise bu profiller aracılığı ile binanın ana strüktürüne aktarılırlar. Şekil 3.4'te bu gösterime yer verilmiştir (Memari, 2013).

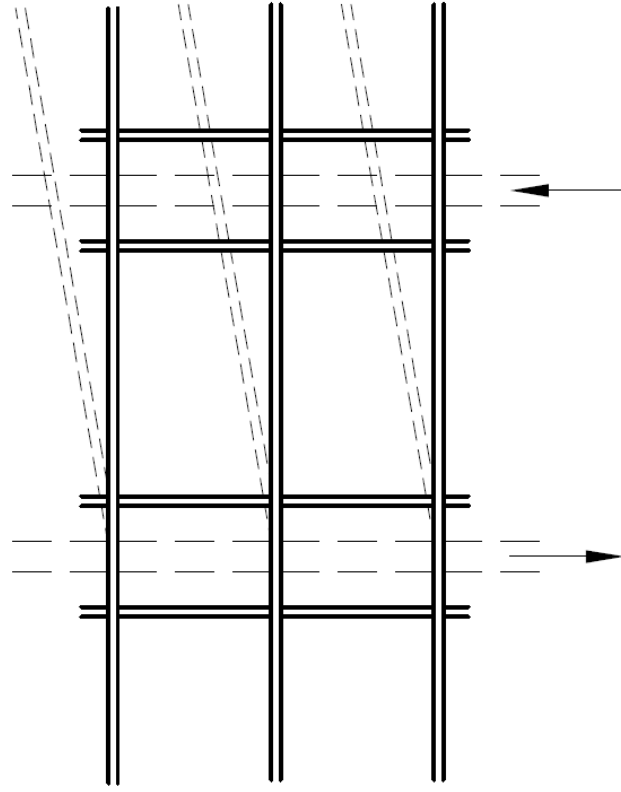


Şekil 3.4 : Giydirme cepheye etkiyen rüzgâr yükü gösterimi (Memari, 2013).

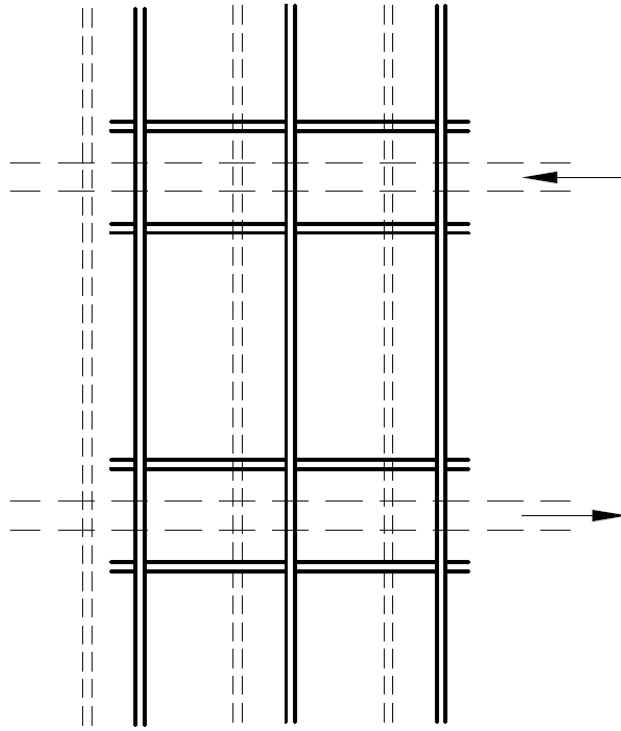
3.1.3 Deprem yükü performansı

Binanın statik hesaplamalarında deprem yükünün önemi bulunduğu coğrafi bölgeye ve deprem etkisine göre değişim gösterebilmektedir. Bu sebeple riskli deprem bölgelerinde çok daha detaylı tasarımlar göz önüne alınmaktadır. Her binanın deprem sırasında yapısal olarak davranışı analiz edilerek hesaplamaları yapılmalı ve maruz kaldığı deprem yükünün ne kadarlık bir kısmını cephesine ileteceği belirlenmelidir. Giydirme cephelerde maruz kalacağı yatay yüklere karşı dayanım gösterebilecek sistem çözümleri kullanılmalıdır. Kalıcı deformasyonlar oluşmadan maruz kaldığı yatay yükleri binaya bağlandığı ankraj sistemleri aracılığıyla binanın taşıyıcı sistemlerine aktarmalıdır.

Sismik bir olay sırasında giydirme cepheler iki etkiye maruz kalmaktadır. Birincisi, kütlesi nedeniyle cephenin kendi içinde oluşan atalet kuvvetleridir. İkincisi ise olay sırasında bina yapısının hareketi veya sallanmasıdır. İzin verilen maksimum yanal harekete izin verecek bir giydirme cephe tasarlamak genellikle beklenmez. Şekil 3.5'te çubuk sistemde ve Şekil 3.6'da panel sistemde deprem sırasında oluşan yanal hareket gösterimine yer verilmiştir (CMHC, 2004).



Şekil 3.5 : Çubuk sistemde oluşan yanal hareket gösterimi (CMHC, 2004).



Şekil 3.6 : Panel sistemde oluşan yanal hareket gösterimi (CMHC, 2004).

Genel olarak, büyükşehirlerde binaların giydirme cephelerinde deprem kaynaklı cam hasarının, yapısal hasar görecek daha küçük bölgelerdeki binalara kıyasla çok daha geniş ölçekte gerçekleşmesi beklenmektedir. Bu tür cam hasarları yalnızca güvenlik tehlikeleri oluşturmakla kalmaz, aynı zamanda iş yeri binalarında iş kesintisine, bina sakinlerinin zarar görmesine ve onarım maliyetleri açısından ekonomik kayıplara da neden olur (Memari, 2013). Şekil 3.7’de Eylül 1985 depreminden sonra Meksika’da bir hastane binasında ağır hasar görmüş giydirme cephe görülmektedir. Cephede bulunan tuğla kaplı spandrel bölgeler, dikme profillerini desteklediği için, tüm katlar arası kaymalar camlı bölümlerde meydana gelmiştir. Açılır kanatların çerçevesi ayrım sağladığı için kanatların camları sabit camdan daha az hasar görmüştür (Charleson, 2007).



Şekil 3.7 : Eylül 1985 depreminden sonra Meksika’da bir hastane binasında ağır hasar görmüş giydirme cephe (Charleson, 2007).

Camın bazı durumlarda kırılma olmaksızın, öngörülenden daha büyük harekete dayanma kabiliyeti vardır ancak garanti edilemez ve birçok değişkene bağlıdır. Sabitlenen cam, köşesinden darbe aldığı veya büyük miktarda eğilmeye maruz kaldığında kırılma meydana gelebilir. Hareket aynı zamanda profillerin birleşim

yerlerinde, köşelerde, eğri yüzeylerde, cumbalı pencerelerde, basamaklarda meydana gelir. Etki, hareket yönüne göre değişir ve önemli ölçüde hasara hatta cam düşmesine neden olabilir. İç köşelerde de benzer problemler yaratır. Şekil 3.8’de ise ofis binasında deprem sonrası oluşan tüm kırılmaların, yer değiştirmenin en fazla olduğu zemin seviyesinin en üstünde olduğuna dikkat çekmiştir (Charleson, 2007).



Şekil 3.8 : Eylül 1985 depreminden sonra Meksika’da bir ofis binasının üç katında da silikon derzli köşe pencerelerinde oluşan cam kırıkları (Charleson, 2007).

3.1.4 Su ile ilgili performansı

Su geçirimsizlik için EN 13830 normuna göre sistem bileşenleri ve derzlerin sızdırmazlığının sağlanması beklenmektedir. Bununla ilgili EN 12155 su sızdırmazlık deneyi yapılmalıdır. Deney sonucundan edinilen bilgileri ise EN 12154 standardına göre değerlendirilmesi sağlanmalıdır (TS EN 13830, 2005).

Bina içerisine suyun girebilmesi için herhangi bir açıklık bulunması, bu açıklığa gelen su olması ve açıklık kısmında suyun hareket etmesine sebep olan bir kuvvetin olması gerekmektedir. Bu şartlardan herhangi biri sağlanmazsa bina içerisine su giremez. Binayı oluşturan malzeme birimleri arasında derz noktaları bulunmaktadır. Bina yaşlandıkça çeşitli bölgelerinde çatlaklar ve delikler oluşabilmektedir. Tüm bu açıklıklar çeşitli şekillerdeki fitiller ve dolgu macunları kullanılarak kapatılmaya

çalışılabilir. Fakat sadece bu şekilde yeterli sızdırmazlık sağlamayabilir. Fitiller, yanlış boyutta veya esneklikteyse ya da temas edilen yüzeyler pürüzlü veya kirliyse güvenli bir şekilde sızdırmaz hale gelmeyebilir. Bir duvardaki veya çatıdaki bir açıklıktan suyu hareket ettirebilen beş kuvvet vardır. Bunlar; yerçekimi, yüzey gerilmesi, kılcal hareket, momentum ve hava basıncı farklarıdır. Çoğu durumda, bu kuvvetlerin beşinin de etkisiz hale getirilmesi için bir bina montajını detaylandırmak önemlidir ve suyu binadan uzak tutmak için en güvenli stratejiler bu yaklaşıma dayanmaktadır (Allen, 1993).

3.1.5 Nem ile ilgili performansı

Isı köprüleri genellikle nem kontrolü açısından da zayıf noktaları temsil eder, çünkü bunlar muhtemelen cephenin kendisinde ve iç yüzeylerde yoğuşma riskinin yüksek olduğu yerlerdir. Bir cephede yüzeyler arasındaki yoğuşma riski, tek tek bileşenlerin buhar geçirgenliği ve özellikle derzlerin etrafındaki sızdırmazlık önlemleri tarafından belirlenir. Yoğuşmaya karşı etkili koruma sağlamak için cephenin dayanıklılığı ve sağlıklı bir iç mekân iklimlendirmesi oluşturmak temel bir gerekliliktir. Örneğin çok katmanlı bir cam cephede, boşluktaki nemli iç hava soğuk yüzeylerle temas ettiğinde yoğuşma oluşabilir. Camın dış katmanındaki ısı yalıtım kalitesinin iyileştirilmesi ve boşluğun havalandırılması bu riski azaltır. Cephe tarafından karşılanması gereken nem kontrol gereksinimleri de büyük ölçüde binanın kullanımına ve kurulan hizmetlere bağlıdır. Örneğin, genellikle yüzme havuzlarında (sadece kış aylarında klimalı binalarda) yüksek iç nem hakimdir ve bu da yoğuşma riskini artırır (Herzog, Krippner, & Lang, 2004).

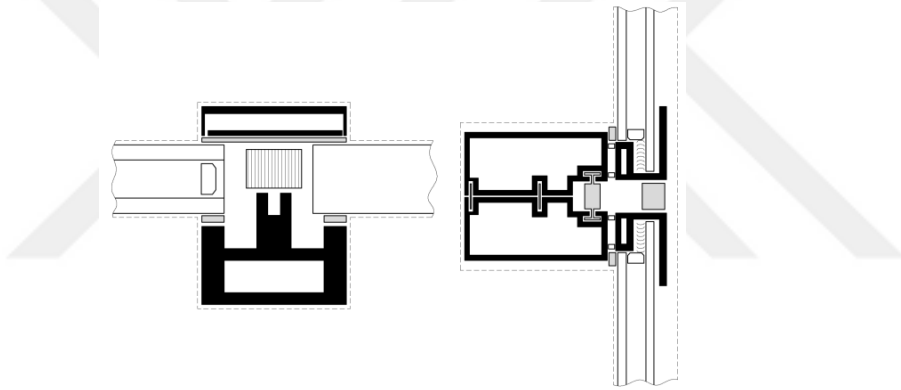
Hava su buharı açısından doyum noktasına ulaştığında daha fazla bünyesinde su tutamayacağı için yoğuşma meydana gelmektedir. Oluşabilecek su buharı sorunundan kurtulmak için alınabilecek önlemler bulunmaktadır. Bunlar; iç yüzeyleri havanın yoğuşma sıcaklığından daha sıcak tutmak ve bu bölgede buhar geciktirici kullanmak, havalandırma sağlamak ve her şeye rağmen oluşabilecek yoğuşmanın sonucunda ortaya çıkan suyun tahliyesini sağlayacak sistemin oluşturulmasıdır (Allen, 1993).

3.1.6 Yangın ile ilgili performansı

Giydirme cepheler tasarım sürecindeyken yangınla ilgili yönetmeliklere uygun özellikte malzemeler seçilmeli ve ilgili önlemler göz önünde bulundurulmalıdır. Seçilen malzemelerin ve sistemi oluşturan tüm bileşenlerin belirli düzeylerde yanmaz özellikte olması beklenmektedir.

Giydirme cephenin kat geçişlerinde ankrajlar aracılığı ile binaya tespit edildiği yerlerde bulunabilecek boşluklardan katlar arasında duman veya yangının geçişini engellemek amacıyla yangın kesicilerin bulunması gerekmektedir (TS EN 13830, 2005).

Eğer giydirme cephenin, "TS EN 13501-1/ Binaların yangından korunması" isimli yönetmeliğe göre yangın sınıflandırması istenirse cephede bulunan Şekil 3.9'da gösterilen kısımlar teste tabi tutulur.



Şekil 3.9 : Cephede yangın performansının test edildiği noktalar

Test edilmesi gereken bileşenler; Profiller, camlar, profil ile cam arasındaki yalıtımlı kısımlardır. Eğer cephe yangın performansı istenilen sınıfı sağlıyorsa; fitiller ve yalıtım silikonları için EN 13501-1 normuna göre E sınıfı olması yeterlidir. Giydirme cephe, EN 1364-4 normuna uygun olarak test edilmelidir (TS EN 13830, 2005).

4. ALÜMİNYUM PANEL VE ÇUBUK GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNİN ÇOK KATLI BİR BİNA ÖRNEĞİ ÜZERİNDEN PERFORMANS KARŞILAŞTIRMASI

Bölüm kapsamında, ilk olarak panel ve çubuk sistemlerin karşılaştırılmasının yapılacağı Amerika’da bulunan One Madison Avenue binasının bulunduğu bölge hakkında bilgi verilmiştir. Bina, Amerika’nın New York şehrinde Manhattan bölgesinde bulunmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri’nin en kalabalık şehridir. 8,3 milyon nüfusa sahip bir göçmen kentidir. 170 farklı dil konuşulmakta olup ağırlıklı olarak İngilizce, İspanyolca, İtalyanca ve Çince konuşulmaktadır. Küresel etkiye sahip şehir olarak anılmasının sebebi; medya, finans, sanat, eğlence, turizm ve ticaret sektörlerinde önemli bir etkiye sahip olmasıdır. Şehirde önemli ilgi çekici mekanlar ve simgeler bulunmaktadır. Bunlardan bazıları için örnek verilirse; Central Park, Times Meydanı, Empire State Binası, Broadway, Özgürlük Heykeli ve Brooklyn Köprüsüdür. New York’un 5 yönetim bölgesi olan Bronx, Brooklyn, Manhattan, Queens ve Staten Island şehirleri 1898 yılında tek şehir olarak birleştirilmiştir. Şekil 4.1’de binanın çevresinde bulunan önemli odak noktaları üst ölçek uydu haritası üzerinde gösterilmektedir (Url-17, 2022).



Şekil 4.1 : One Madison Avenue New York şehrindeki konumu (Uydu Haritası)

One Madison Avenue, New York'un en önemli uyarlanabilir, yeniden kullanım projesi olacak şekilde planlanmıştır. İlk olarak, 1893'te inşa edilen bina şehrin en büyük ofis binalarından biriydi. Savaş sonrası 1953'te bina tamamen yeniden inşa edildi. Şekil 4.2'de One Madison Avenue binasının uydu haritasındaki konumu gösterilmiştir. 22 ve 23. caddeler arasında bulunan binanın yakınlarında Madison meydan parkı bulunmaktadır.



Şekil 4.2 : One Madison Avenue binasının konumu (Uydu Haritası)

Yakın zamanda binanın cephesinde renovasyon yapılarak tamamen yenilenmesine karar verilmiştir. Binanın 26 katı ve 2 tam kat bahçesi bulunmaktadır. Şekil 4.3'de binanın eski ve renovasyon sonrası planlanan yeni haline, Şekil 4.4'te ise planlanan yeni halinin aşamalarına yer verilmiştir (Url-18, 2022).



Şekil 4.3 : One Madison binasının eski ve planlanan yeni hali (Url-18, 2022).



Şekil 4.4 : One Madison binasının planlanan yeni halinin aşamaları (Url-18, 2022).

Proje New York'taki en büyük mimarlık firmalarından biri olan Kohn Pedersen Fox Associates tarafından tasarlanmıştır. AECOM Tishman ise genel yüklenici olarak hizmet vermektedir. Bina için hem WELL hem de LEED GOLD sertifikaları alınması hedeflenmiştir. LEED sertifikası daha çok enerji ve kaynak verimliliği sağlamakla ilgiliyken WELL sertifikası ise daha sağlıklı bir yaşam tarzı için çevreyi iyileştirmeye öncelik vermektedir. Şekil 4.5'te One Madison Avenue binasının çeşitli üç boyutlu oluşturulan görsellerine yer verilmiştir (Url-19, 2022).

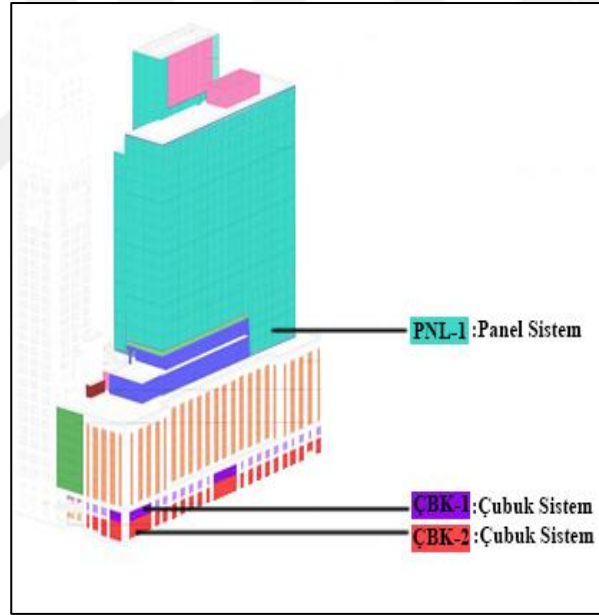


Şekil 4.5 : One Madison Avenue bina görselleri (Url-19, 2022).

4.1 Proje Hakkında Genel Bilgi

Proje kapsamında panel ve çubuk cephe sistemlerinin statik analizine yer verilirken hesaplarda kullanılan ilgili standart ve normların tümü kaynakçada belirtilmiştir. Bu

iki tür sistemin seçilme sebebi binalarda en sık karşılaşılan sistemler olmasıdır. Projenin tüm hesapları ve çizimleri SI ölçü birimi üzerinden yapılmıştır. Projede bulunan camların kalınlık hesabı "SJ Mepla" programında hesaplanmıştır. SJ Mepla programı çeşitli cam türleri üzerinde oluşan gerilmelerin hesaplarının yapılabildiği özellikli bir yazılım programıdır. Projenin statik hesapları ise "SAP2000" programında yapılmıştır. Sap2000 programı sayesinde yapı strüktür tasarımları ve bunların analizlerinin yapılması mümkün olmaktadır. Projede panel ve çubuk sistemler çeşitlilik göstermektedir. Proje kapsamında panel ve çubuk sistemlerin özelliklerini gösteren sistemlerin olduğu bölgelere odaklanılarak örnekler buradan seçilmiştir. Şekil 4.6'da binada incelemesi yapılan panel cephe için PNL-1 sisteminin yeri, çubuk cephe için ise ÇBK-1 ve ÇBK-2 sistemlerinin yerleri gösterilmiştir. ÇBK-1 ve ÇBK-2 sistemleri aynı sistemin farklı ölçülerde olan çeşitlerinden oluşmaktadır. Bununla beraber birbirleriyle bir bütün olarak tasarlanması sebebiyle beraber incelenmiştir.



Şekil 4.6 : Binada incelemeye konu olan farklı cephe sistemlerinin yerlerini gösteren şema

4.2 Yapıda Kullanılan Malzemeler

Projede kullanılan malzemelerin hesaplarda kullanılmak üzere özellikleri bu bölümde sırasıyla belirtilmiştir. Cam hesaplarında ilgili değerler için ASTM E1300 normu baz alınmıştır.

Cam

Elastisite Modülü	:	$E = 69981 \text{ MPa}$
Poisson Oranı	:	$\mu = 0,23$
Lineer Genleşme Katsayısı	:	$\alpha = 9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Yoğunluk	:	$d = 26272 \text{ N/m}^3$

Mulyon ve tranzom alüminyum profillerini oluşturan 6063-T6 alüminyum alaşım malzemesi için ilgili hesaplamalarda bu değerler ADM 2015 baz alınarak kullanılmıştır.

6063-T6 Alüminyum Alaşımı

Elastisite Modülü	:	$E = 69637 \text{ MPa}$
Poisson Oranı	:	$\mu = 0,33$
Kesme Modülü	:	$G = 26200 \text{ MPa}$
Lineer Genleşme Katsayısı	:	$\alpha = 23 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Yoğunluk	:	$d = 26704 \text{ N/m}^3$
Akma Dayanımı	:	$f_y = 172 \text{ MPa}$
Çekme Dayanımı	:	$f_u = 206 \text{ MPa}$

Alüminyum cam taşıyıcı profilini oluşturan 6082-T5 alüminyum alaşım malzemesi için ilgili hesaplamalarda bu değerler ADM 2015 baz alınarak kullanılmıştır.

6082-T5 Alüminyum Alaşımı

Elastisite Modülü	:	$E = 69637 \text{ MPa}$
Poisson Oranı	:	$\mu = 0,33$
Kesme Modülü	:	$G = 26200 \text{ MPa}$
Lineer Genleşme Katsayısı	:	$\alpha = 23 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Yoğunluk	:	$d = 26704 \text{ N/m}^3$
Akma Dayanımı	:	$f_y = 227 \text{ MPa}$
Çekme Dayanımı	:	$f_u = 268 \text{ MPa}$

Alüminyum ankraj profillerini oluşturan 6082-T6 alüminyum alaşım malzemesi için ilgili hesaplamalarda bu değerler ADM 2015 baz alınarak kullanılmıştır.

6082-T6 Alüminyum Alaşımı

Elastisite Modülü	:	$E = 69637 \text{ MPa}$
Poisson Oranı	:	$\mu = 0,33$
Kesme Modülü	:	$G = 26200 \text{ MPa}$
Lineer Genleşme Katsayısı	:	$\alpha = 23 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Yoğunluk : $d = 27176 \text{ N/m}^3$

Akma Dayanımı : $f_y = 262 \text{ MPa}$

Çekme Dayanımı : $f_u = 310 \text{ MPa}$

Çelik ankraj profillerini oluşturan S235 strüktürel çelik malzemesi için ilgili hesaplamalarda bu değerler Eurocode 3 baz alınarak kullanılmıştır.

Strüktürel Çelik S235

Elastisite Modülü : $E = 210000 \text{ MPa}$

Poisson Oranı : $\mu = 0,30$

Kesme Modülü : $G = 80999 \text{ MPa}$

Lineer Genleşme Katsayısı : $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

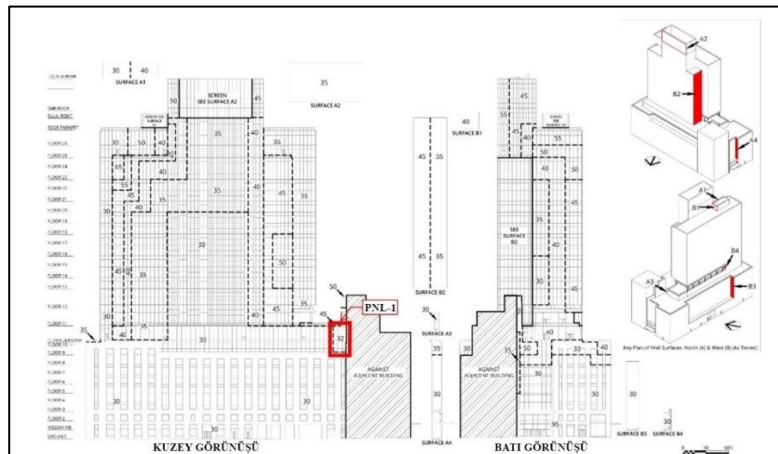
Yoğunluk : $d = 78543 \text{ N/m}^3$

Akma Dayanımı : $f_y = 234 \text{ MPa}$

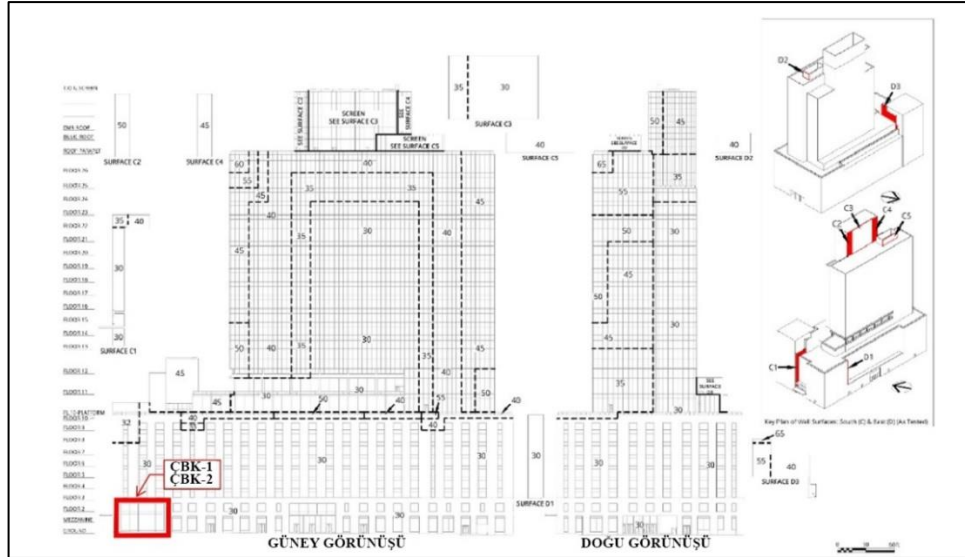
Çekme Dayanımı : $f_u = 358 \text{ MPa}$

4.3 Rüzgâr Yükü

Bina cephesine etkiyen rüzgâr yükünü hesaplamak için rüzgâr tünel testinden faydalanılmıştır. Bina yüksekliği arttıkça rüzgârın binaya etkisi de artmaktadır. Gerçeğe yakın koşullarda yapılacak olan rüzgâr tünellerinde hava ile etkileşime giren binaya etkiyen rüzgâr yükleri hesaplanarak rüzgâr kaynaklı oluşabilecek salınımların kabul edilebilir oranlarda tutulması sağlanmaktadır. Şekil 4.7’de rüzgâr tünel testinde oluşturulan modelde sistemlere etkiyen en büyük rüzgâr yükü PNL-1 sistemi için +/- 1,53 kPa, Şekil 4.8’de en büyük rüzgâr yükü ÇBK-1 ve ÇBK-2 sistemleri için +/- 1,43 kPa olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.7 : PNL-1 panel sistemi üzerine etkiyen en büyük rüzgâr yükü gösterimi



Şekil 4.8 : ÇBK-1 ve ÇBK-2 çubuk sistemlerine etkiyen en büyük rüzgâr yükü gösterimi

4.4 Sehîm Limitleri

Bina elemanlarının zarar görmemesi ve görsel olarak kusur oluşmaması için düşey yer değıştirme, yani diğeri bir deyişle, sehîmin kontrol altında tutulması gerekmektedir. Bu sebeple binanın şartnamesi ve ilgili normlar kullanıcıyı sehîm için sınırlandırmaktadır. Bu proje kapsamında belirlenen bazı kabuller şu şekildedir;

- Eğer cephenin iki mesnet yani ana taşıyıcıya yüklerini aktardığı noktalar arası mesafesi 4,11 m' den az ise $L/175$ veya 19 mm, fazla ise $L/240 + 6$ mm şeklinde sehîm sınırlandırılmıştır.
- Konsol çalışan elemanlarda sehîm, açıklığın %1'ini geçmemelidir.
- Cephe camının açıklık ortasında yapacağı sehîm 25,4 mm ile sınırlandırılmıştır.
- Ekstrem boyutlu camlar için bu sınır 31 mm olarak belirlenmiştir.

4.5 Cam Kalınlık Hesabı

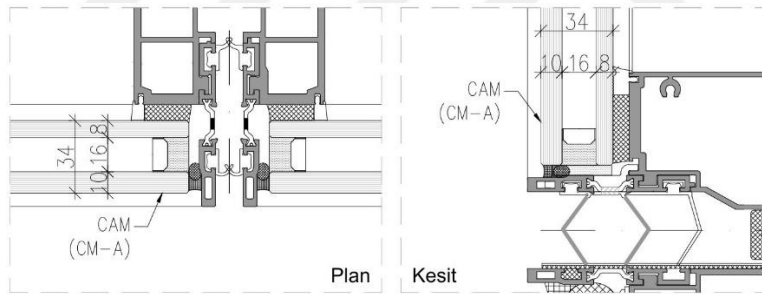
Bu bölümde panel ve çubuk sistem camlarının hesaplarına yer verilmiştir. Panel (PNL-1) sisteme ait camın isimlendirmesi CM-A olarak belirlenmiştir. Çubuk sistemlere (ÇBK-1 ve ÇBK-2) ait camın isimlendirmesi ise CM-B olarak belirlenmiştir.

4.5.1 PNL-1 panel sistemine ait CM-A camının hesabı

Bu hesap SJ Mepla programında yapılmıştır. Hesap için ASTM E1300 normu dikkate alınmıştır. Çizelge 4.1’de PNL-1 panel sisteminin cam ölçü bilgileri özetine yer verilmiştir. Şekil 4.9’da ise PNL-1 sistemine ait CM-A camının plan ve kesit çizimlerine yer verilmiştir.

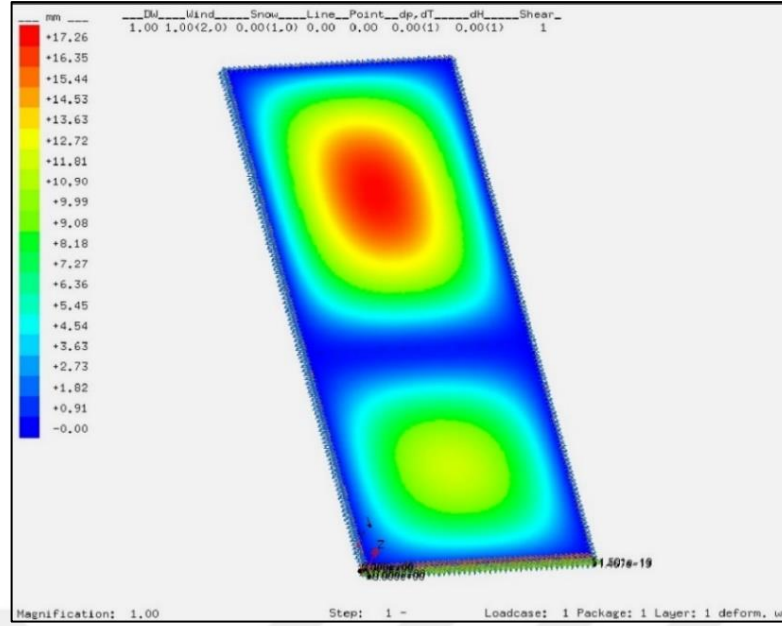
Çizelge 4.1 : PNL-1 panel sisteminin cam ölçü bilgileri özeti.

PNL-1 CAM ÖLÇÜ BİLGİLERİ		
PNL-1	Değerler	ASTM E1300 Limit Değerler
Cam Boyutu (en)	1,8 m	
Cam Boyutu (boy)	4,7 m	
Cam Kombinasyonu	10 mm (Yarı temperli) /16mm (Argon) /8mm (Tam temperli)	
Sehim Limiti		25,4 mm
Rüzgâr Yüğü	+/- 1,53 kPa	



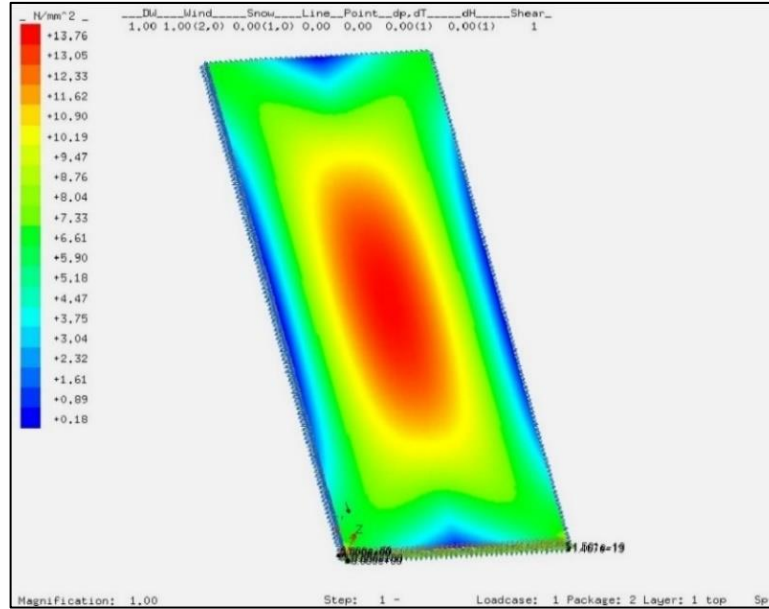
Şekil 4.9 : PNL-1 sistemine ait CM-A camının plan ve kesit çizimleri (mm)

SJ Mepla programında cam boyutları ve hesaplarda kullanılacak ilgili değerler kullanılarak CM-A camının kalınlık hesabı yapılmıştır. Şekil 4.10’da CM-A camındaki sehim gösterimine yer verilmiştir. Hesap sonucunda en fazla oluşan sehim miktarı camın tam ortasında olup 17,26 mm olarak hesaplanmıştır. Çıkan sonuç ASTM E1300 normunda belirtilen sehim limiti 25,4 mm ‘den küçük olduğu için güvenli tarafta kalınmıştır.



Şekil 4.10 : CM-A camındaki sehim gösterimi (mm)

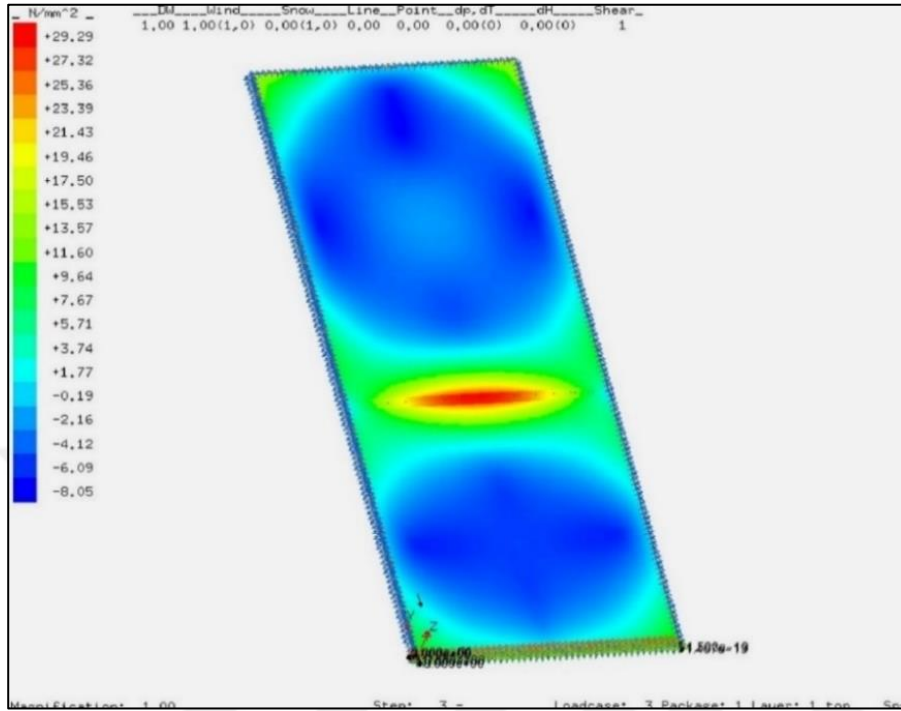
Şekil 4.11’de CM-A camının dış cam katmanında oluşan sehim gösterimine yer verilmiştir. Dış cam katmanında oluşan gerilme dağılımının en yüksek değeri 13,76 MPa olarak programda hesaplanmıştır. ASTM E1300 normunda belirtilen yarı temperli camlar için izin verilebilir gerilme limiti olan 46,6 MPa değerinden küçük çıktığı için güvenli tarafta kalmıştır.



Şekil 4.11 : Dış cam katmanında oluşan gerilme dağılımı (MPa)

CM-A camının iç cam katmanında oluşan sehim gösterimine Şekil 4.12’de yer verilmiştir. İç cam katmanında oluşan gerilme dağılımının en yüksek değeri 29,29

MPa olarak hesaplanmıştır. ASTM E1300 normunda belirtilen tam temperli camlar için izin verilebilir gerilme limiti olan 93 MPa değerinden küçük çıktığı için cam güvenli tarafta kalmıştır.



Şekil 4.12 : İç cam katmanında oluşan gerilme dağılımı (MPa)

Çizelge 4.2’de PNL-1 panel sisteminin cam kalınlık hesap özetine yer verilmiştir. Cam kalınlığı ve katmanlarında oluşan gerilme dağılımları ASTM E1300’ün limit değerlerinin altında güvenli tarafta kalmıştır.

Çizelge 4.2 : PNL-1 panel sisteminin cam kalınlık hesap özeti.

PNL-1 CAM KALINLIK HESABI			
PNL-1	SJ Mepla		ASTM E1300 Limit Değerler
Cam Kalınlık	17,26 mm	<	25,4 mm
Dış Cam Katmanı Gerilme Dağılımı	13,76 MPa	<	46,6 MPa (Yarı Temperli Cam)
İç Cam Katmanı Gerilme Dağılımı	29,29 MPa	<	93 MPa (Tam Temperli Cam)

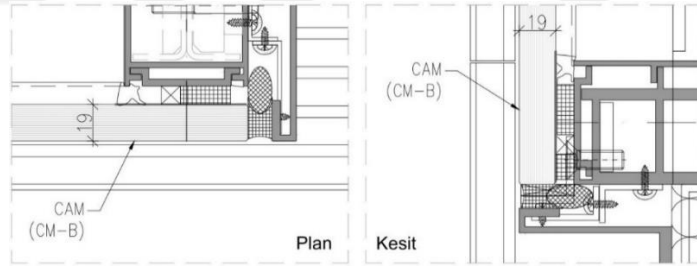
4.5.2 ÇBK-1 çubuk sistemine ait CM-B camının hesabı

Bu hesap SJ Mepla programında yapılmıştır. Hesap için ASTM E1300 normu dikkate alınmıştır. Çizelge 4.3'te ÇBK-1 çubuk sisteminin cam ölçü bilgileri özetine yer verilmiştir.

Çizelge 4.3 : ÇBK-1 çubuk sisteminin cam ölçü bilgileri özeti.

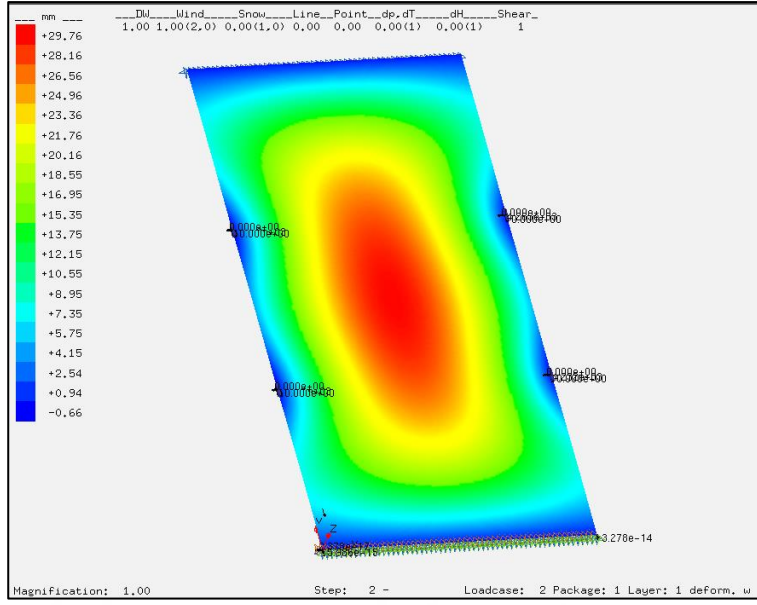
ÇBK-1 CAM ÖLÇÜ BİLGİLERİ		
ÇBK-1	Değerler	ASTM E1300 Limit Değerler
Cam Boyutu (en)	2,7 m	
Cam Boyutu (boy)	2,3 m	
Cam Kombinasyonu	19mm (Tam temperli)	
Sehim Limiti		31 mm
Rüzgâr Yüğü	+/- 1,43 kPa	

Normalde cephe camının açıklık ortasında yapacağı en büyük sehim 25,4 mm ile sınırlandırılmıştır. Fakat burada bulunan çubuk sistemli cephede ekstrem boyutlu camlar kullanıldığı için bu sınır 31 mm olarak belirlenmiştir. Şekil 4.13'de ÇBK-1 sistemine ait CM-B camının plan ve kesit çizimlerini gösteren çizime yer verilmiştir.



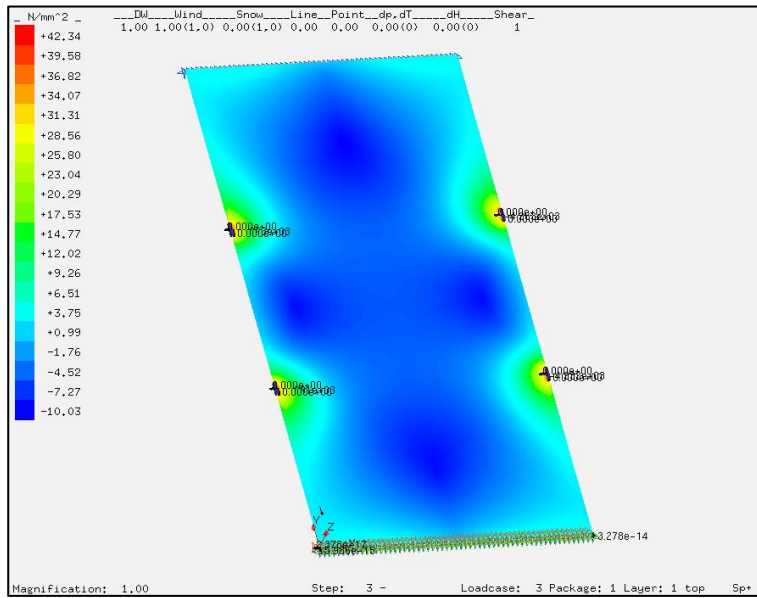
Şekil 4.13 : WT-P-2A sistemine ait CM-B camının plan ve kesit çizimleri (mm)

CM-B camındaki sehim gösterimine Şekil 4.14'te yer verilmiştir. Cam kalınlık hesabı sonucunda en fazla oluşan sehim miktarı camın tam ortasında olup 29,76 mm olarak hesaplanmıştır. Çıkan sonuç ASTM E1300 normunda belirtilen sehim limiti 31 mm 'den küçük olduğu için güvenli tarafta kalınmıştır.



Şekil 4.14 : CM-B camındaki sehim gösterimi (mm)

CM-B camında tek katmanı bulunmaktadır. Camın katmanında oluşan sehim gösterimine Şekil 4.15'te yer verilmiştir. Camda oluşan gerilme dağılımının en yüksek değeri 42,34 MPa olarak hesaplanmıştır. ASTM E1300 normunda belirtilen tam temperli camlar için izin verilebilir gerilme limiti olan 93 MPa değerinden küçük çıktığı için cam güvenli tarafta kalmıştır.



Şekil 4.15 : CM-B camının tek katmanında oluşan gerilme dağılımı (MPa)

Çizelge 4.4'te ÇBK-1 çubuk sisteminin cam kalınlık hesap özeti yer verilmiştir. Camın katmanında oluşan gerilme dağılımları ASTM E1300'ün limit değerlerinin altında kalarak güvenli tarafta kalmıştır.

Çizelge 4.4 : ÇBK-1 çubuk sisteminin cam kalınlık hesap özeti.

ÇBK-1 CAM KALINLIK HESABI			
ÇBK-1	SJ Mepla		ASTM 1300 Limit Değerler
Cam Kalınlık	29,76 mm	<	31 mm
Camın Tek Katmanındaki Gerilme Dağılımı	42,34 MPa	<	93 MPa (Tam Temperli Cam)

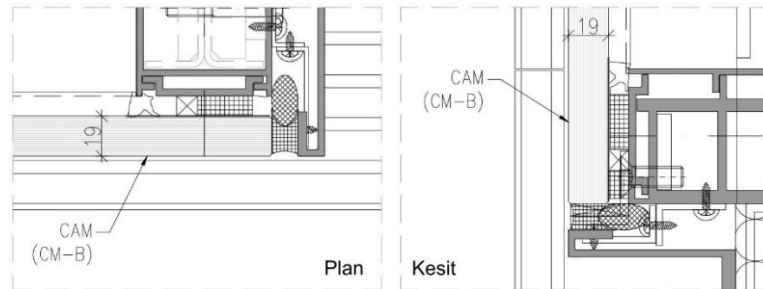
4.5.3 ÇBK-2 çubuk sistemine ait CM-B camının hesabı

Bu hesap SJ Mepla programında yapılmıştır. Hesap için ASTM E1300 normu dikkate alınmıştır. Çizelge 4.5'te ÇBK-2 çubuk sisteminin cam ölçü bilgileri özeti yer verilmiştir.

Çizelge 4.5 : ÇBK-2 çubuk sisteminin cam ölçü bilgileri özeti.

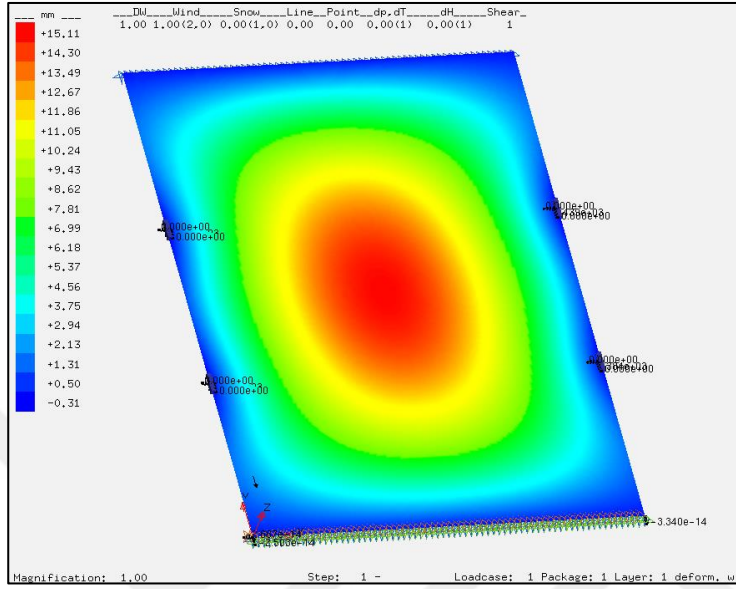
ÇBK-2 CAM ÖLÇÜ BİLGİLERİ		
ÇBK-2	Değerler	ASTM E1300 Limit Değerler
Cam Boyutu (en)	2,7 m	
Cam Boyutu (boy)	5,3 m	
Cam Kombinasyonu	19mm (Tam temperli)	
Sehim Limiti		25,4 mm
Rüzgâr Yüğü	+/- 1,43 kPa	

WT-P-2 sistemindeki CM-B camının plan ve kesit çizimlerini gösteren çizime Şekil 4.16'da yer verilmiştir. Camın tek bir katmanı bulunmaktadır.



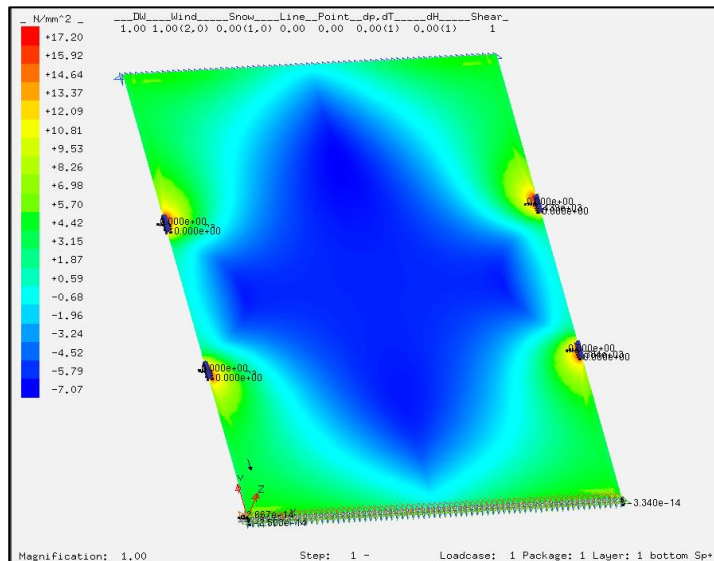
Şekil 4.16 : ÇBK-2 sistemine ait CM-B camının plan ve kesit çizimleri (mm)

CM-B camındaki sehîm gösterimine  ekil 4.17’de yer verilmiştir. Cam kalınlık hesabı sonucunda en fazla oluşan sehîm miktarı camın tam ortasında olup 15,11 mm olarak hesaplanmıştır.  ıkan sonuç ASTM E1300 normunda belirtilen sehîm limiti 25,4 mm ‘den küçük olduğu için güvenli tarafta kalınmıştır.



Şekil 4.17 : CM-B camındaki sehîm gösterimi (mm)

CM-B camının tek katmanında oluşan sehîm gösterimine  ekil 4.18’de yer verilmiştir. Camın tek katmanında oluşan gerilme dağılımının en yüksek değeri 17,20 MPa olarak hesaplanmıştır. ASTM E1300 normunda belirtilen tam temperli camlar için izin verilebilir gerilme limiti olan 93 MPa değerinden küçük çıktığı için cam güvenli tarafta kalmıştır.



Şekil 4.18 : CM-B camının tek katmanında oluşan gerilme dağılımı (MPa)

Çizelge 4.6’da ÇBK-2 çubuk sisteminin cam kalınlık hesap özeti yer verilmiştir. Cam kalınlığı ve katmanında oluşan gerilme dağılımları ASTM E1300’ün limit değerlerinin altında kalarak güvenli tarafta kalmıştır.

Çizelge 4.6 : ÇBK-2 çubuk sisteminin cam kalınlık hesap özeti.

ÇBK-2 CAM KALINLIK HESABI			
ÇBK-2	SJ Mepla		ASTM 1300 Limit Değerler
Cam Kalınlık	15,11 mm	<	25,4 mm
Camın Tek Katmanındaki Gerilme Dağılımı	17,20 MPa	<	93 MPa (Tam Temperli Cam)

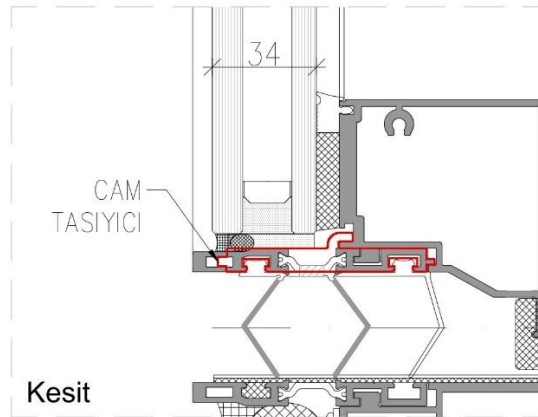
4.6 Cam Taşıyıcı Hesabı

Bu bölümde panel ve çubuk sistemlerin cam taşıyıcı hesaplarına yer verilmiştir. Panel (PNL-1) sistemine ait cam taşıyıcının malzemesi alüminyum alaşımı olarak tasarlanmıştır. Çubuk sistemlere (ÇBK-1 ve ÇBK-2) ait cam taşıyıcının malzemesi ise paslanmaz çelik olarak tasarlanmıştır. Cam taşıyıcılar camın yükünü bağlı olduğu tranzom profiline aktarmakla görevlidirler.

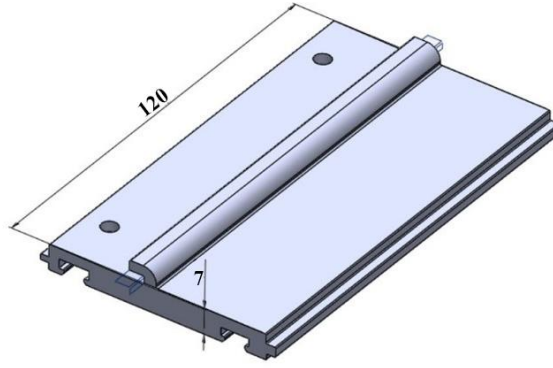
4.6.1 PNL-1 panel sisteminin cam taşıyıcı hesabı

Her panel sistemde camın en ölçüsü L (cm) ise genellikle cam taşıyıcılar camın kenarından L/10 (cm) gibi bir mesafeye konulmaktadır. Şekil 4.19’da PNL-1 sistemindeki cam taşıyıcının kesit gösterimine yer verilmiştir. Şekil 4.20’de ise cam taşıyıcının ölçülerini gösteren üç boyutlu gösterimine yer verilmiştir.

Malzeme: 6082-T5 Alüminyum Alaşımı

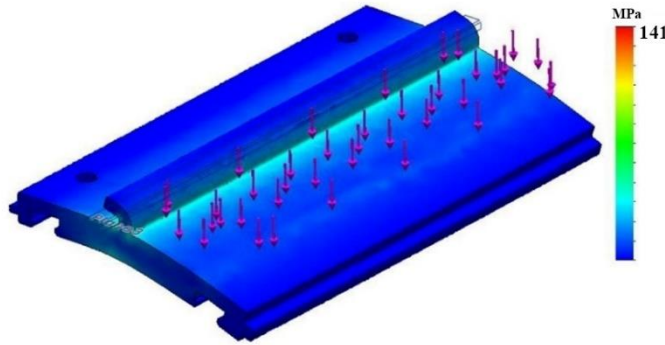


Şekil 4.19 : PNL-1 sisteminde cam taşıyıcının kesit gösterimi (mm)



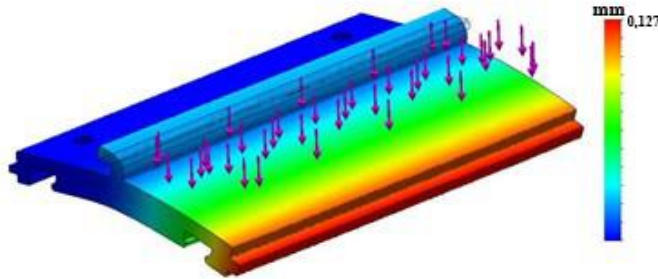
Şekil 4.20 : Cam taşıyıcının ölçüleri ve üç boyutlu gösterimi (mm)

Cam taşıyıcının akma dayanımı 227 MPa' dır. En büyük gerilme 141 MPa olarak belirlenmiştir. 141 MPa, emniyet katsayısı ile çarpılan $227 \text{ MPa} \times 0,9 = 204 \text{ MPa}$ ' dan küçük çıktığı için güvenli tarafta kalınmıştır. Şekil 4.21'de cam taşıyıcının üzerinde oluşan gerilme dağılımı gösterimine yer verilmiştir.



Şekil 4.21 : Gerilme dağılımı (MPa)

Cam taşıyıcı üzerinde oluşan sehim 0,127 mm olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.22'de cam taşıyıcının üzerinde oluşan sehim miktarının gösterimine yer verilmiştir.



Şekil 4.22 : Cam taşıyıcı üzerinde oluşan sehim (mm)

Çizelge 4.7’de PNL-1 panel sisteminin cam taşıyıcı hesap özetine yer verilmiştir. Cam taşıyıcılarda oluşan gerilme dayanımı ASTM E1300’ün limit değerlerinin altında kalarak güvenli tarafta kalmıştır.

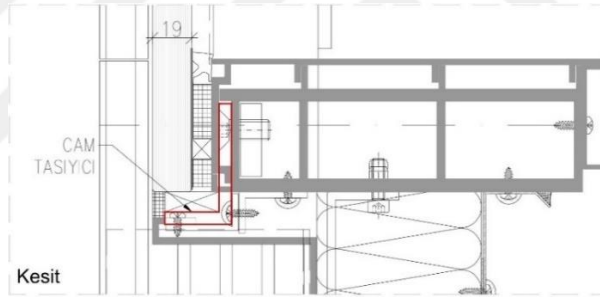
Çizelge 4.7 : PNL-1 panel sisteminin cam taşıyıcı hesap özeti.

PNL-1 CAM TAŞIYICI HESABI			
PNL-1	En büyük gerilme dayanımı		ASTM E1300 akma dayanımı limit değeri
6082 T5 Alüminyum Alaşımı	141 MPa	<	204 MPa

4.6.2 ÇBK-2 çubuk sisteminin cam taşıyıcı hesabı

Her çubuk sistemde de camın boyutuna göre camın ucundan belli bir mesafeye cam taşıyıcılar konulmaktadır. Şekil 4.23’de ÇBK-2 sistemindeki cam taşıyıcının kesit gösterimine yer verilmiştir.

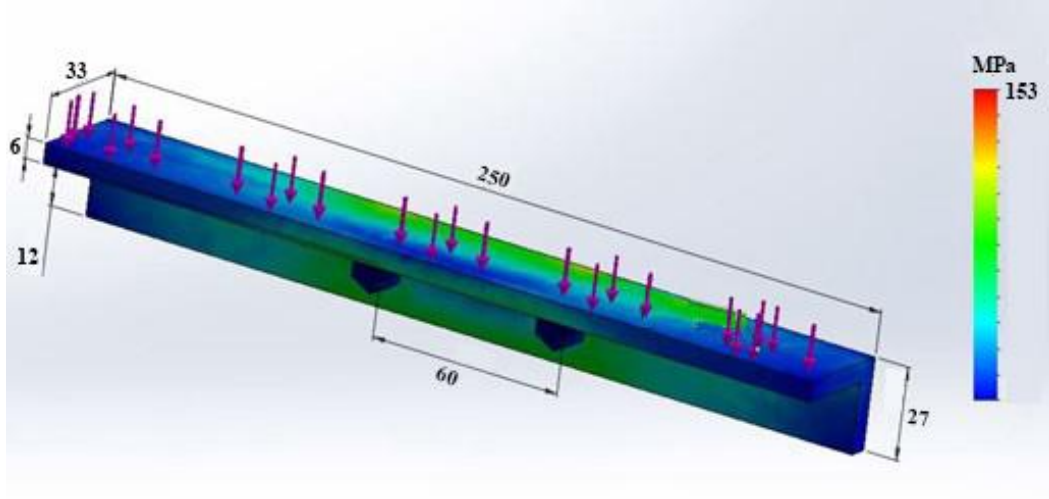
Malzeme: A316 Paslanmaz Çelik



Şekil 4.23 : ÇBK-2 sisteminde cam taşıyıcının kesit gösterimi (mm)

Bu bölümde en büyük cam boyutları baz alınarak en elverişsiz duruma göre hesaplamalar yapılmıştır. Cam ölü yükü için en elverişsiz durumda çıkan hesap sonucu; cam yoğunluğu 2562 kg/m^3 , cam kalınlığı 19mm, cam en boyutu 2,9m, cam uzunluğu 6m kullanılarak 847 kg bulunmuştur. Arttırılarak toplam cam ölü yükü 1,2 emniyet katsayısı ile çarpılarak 1016,4 kg olarak bulunmuştur. Her camda iki adet cam taşıyıcı bulunduğu için tek bir cam taşıyıcının üzerine etkiyen ölü yük bu değer yarısı yani 508,2 kg olarak hesaplanmıştır.

Cam taşıyıcı üzerinde oluşan gerilme dağılımı Şekil 4.24’te gösterilmiştir. En büyük gerilme 153 MPa olarak belirlenmiştir. 153 MPa, emniyet katsayısı ile çarpılan $206 \text{ MPa} \times 0,9 = 185 \text{ MPa}$ ’ dan küçük çıktığı için güvenli tarafta kalmıştır.



Şekil 4.24 : En elverişsiz durumda cam taşıyıcı üzerinde oluşan gerilme dağılımı (MPa)

Çizelge 4.8’de ÇBK-2 çubuk sistemdeki en kritik cam taşıyıcı hesap özetine yer verilmiştir. Cam taşıyıcılarda oluşan gerilme dayanımı ASTM E1300’ün limit değerlerinin altında kalarak güvenli tarafta kalmıştır.

Çizelge 4.8 : Çubuk sistem için en kritik cam taşıyıcı hesap özeti.

ÇBK-2 CAM TAŞIYICI HESABI			
ÇBK-2	En büyük gerilme dayanımı		ASTM 1300 akma dayanımı limit değeri
A316 Paslanmaz Çelik	153 MPa	<	185 MPa

4.7 Strüktürel Analiz

Bu bölümde panel ve çubuk sistemlerin strüktürel analiz hesaplarına yer verilmiştir. Öncelikle iki sistemin plan, kesit, görünüş ve detaylarının görsellerine yer verilmiştir. Sırasıyla sistemlerde bulunan galvaniz levha, alüminyum levha, taş yünü ve cam gibi malzemelerin ağırlıkları hesaplanarak sisteme etkiyen toplam ölü yükün hesabı yapılmıştır. Sonuç olarak profillerde oluşan toplam sehim miktarları bulunmuştur.

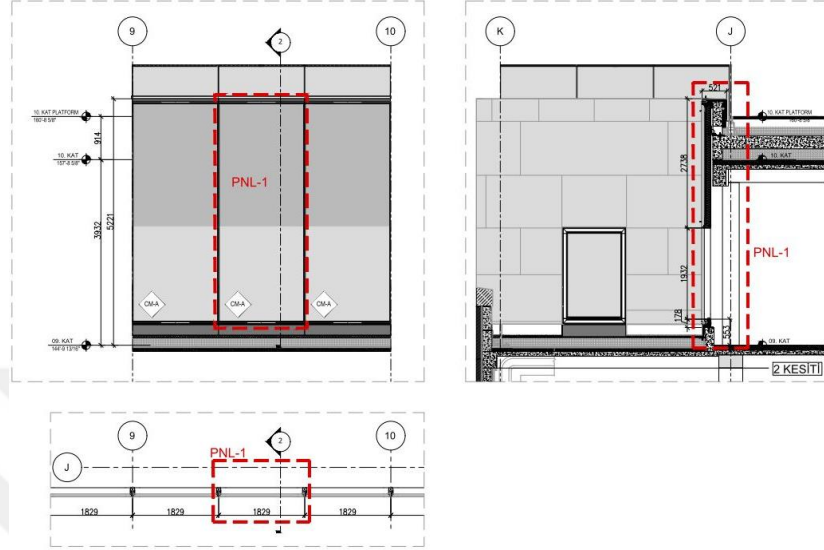
4.7.1 PNL-1 panel sisteminin profil hesabı

Öncelikle panelin görünüş, plan ve kesit gösterimine Şekil 4.25’te yer verilmiştir. Seçilen panel sistem binanın 9. kat kuzey cephe teras bölgesinde bulunmaktadır. Bu bölgede bulunan panel sistemler standart boyutlarda yer almakta olup hesaplar için

herhangi bir tanesi seçilmiştir. Sistem derinliği PNL-1 için 177 mm olarak tasarlanmıştır.

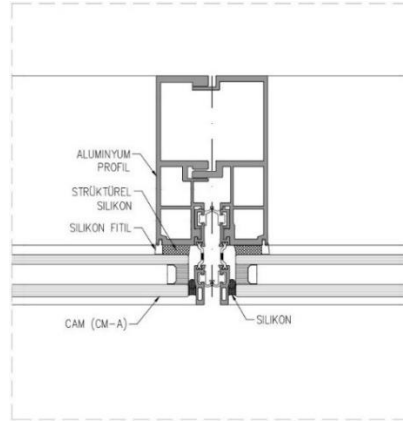
Profil malzemesi : 6063-T6 Alüminyum Alaşımı

Rüzgâr yükü : +/- 1,53 kPa



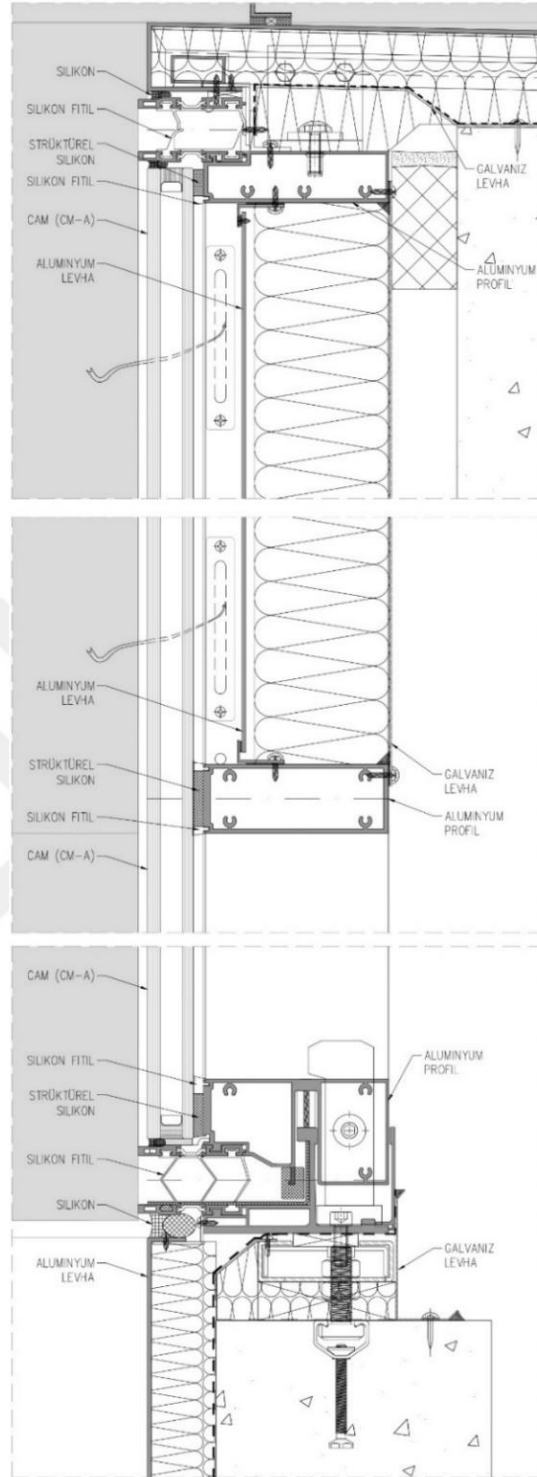
Şekil 4.25 : PNL-1 sisteminin plan, kesit ve görünüşü

Erkek ve dişi profillerden oluşan, strüktürel silikonla camın alüminyum profillere sabitlendiği tipik PNL-1 panel sistemin plan detayına Şekil 4.26’ da yer verilmiştir.



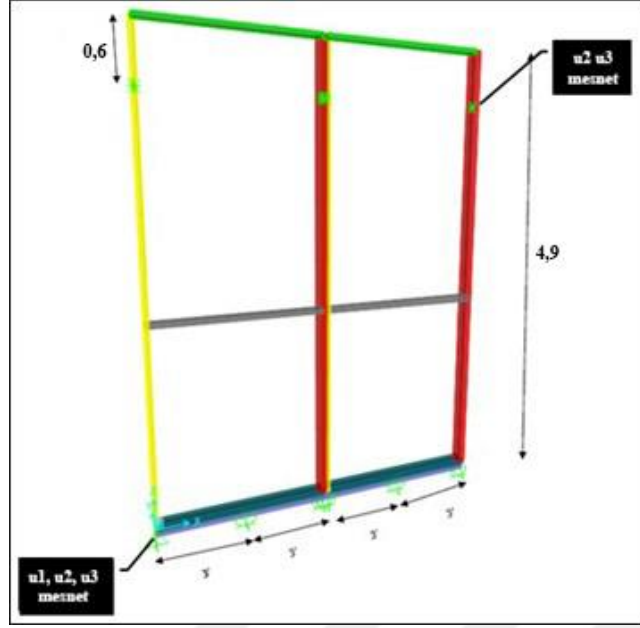
Şekil 4.26 : PNL-1 sisteminin plan detayı

Alt ve üst tranzom profillerinden oluşan, strüktürel silikonla camın alüminyum profillere sabitlendiği tipik PNL-1 panel sistemin kesit detaylarına Şekil 4.27’ de yer verilmiştir.



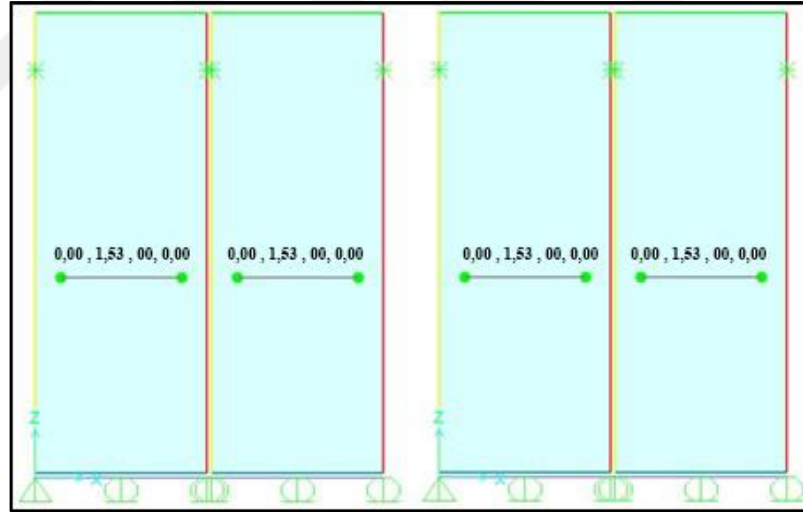
Şekil 4.27 : PNL-1 sisteminin kesit detayı

Öncelikle projenin panel boyut bilgileri SAP2000 programına girilerek panelin modellenmesi oluşturulmuştur. Şekil 4.28’ de sistemin üç boyutlu modellenmesine yer verilmiştir.



Şekil 4.28 : PNL-1 sisteminin üç boyutlu modellemesi (m)

Rüzgâr tünel testi ile bu cephe üstüne etkiyen rüzgâr yükünün +/- 1,53 kPa olduğu hesaplanmıştır. Şekil 4.29’ da gösterilen diyagramda ise cepheye etkisi gösterilmiştir.



Şekil 4. 29 : Rüzgâr yükü dağılımı (kPa)

Sırasıyla öncelikli olarak PNL-1 sistemi üzerine ölü yük aktarımı olan spandrel bölgenin hesabı yapılmıştır. Hesabı yapılan kısmın kesiti Şekil 4.30’da gösterilmiştir.

Taş yünü hesabı için sırasıyla yoğunluğu 128 kg/m^3 , uzunluğu 2,551 m ve kalınlığı 0,1 m ile çarpılarak ağırlığı bulunmuştur.

$$128 \text{ kg/m}^3 \times 2,551 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} = 32 \text{ kg/m}$$

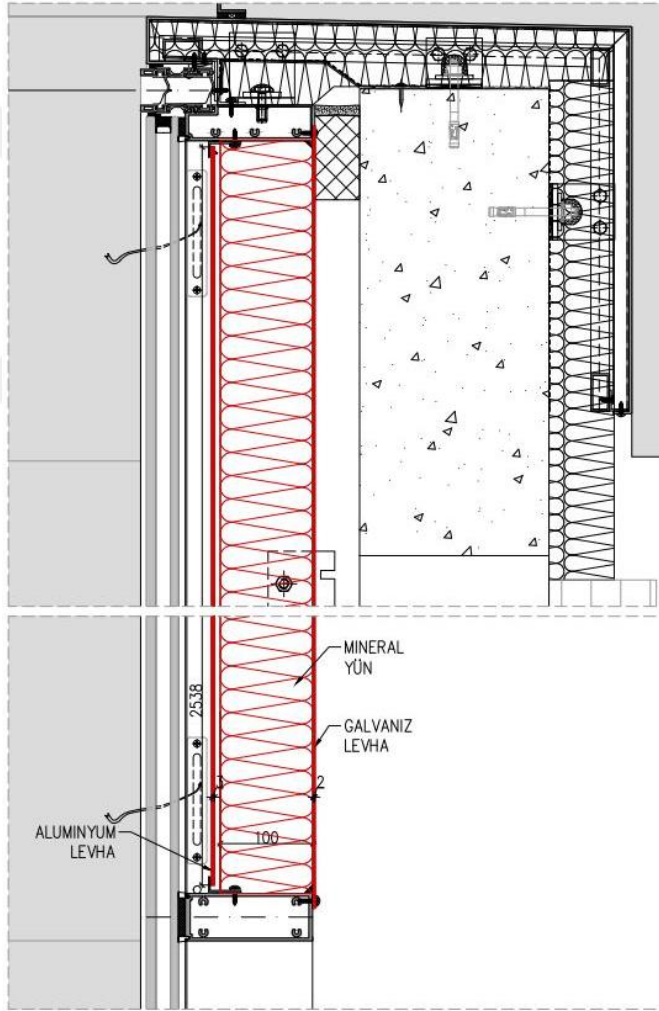
Galvaniz levha hesabı için sırasıyla yoğunluğu 800 kg/m^3 , uzunluğu $2,551 \text{ m}$ ve kalınlığı $0,015 \text{ m}$ ile çarpılarak ağırlığı bulunmuştur.

$$800 \text{ kg/m}^3 \times 2,551 \text{ m} \times 0,015 \text{ m} = 31 \text{ kg/m}$$

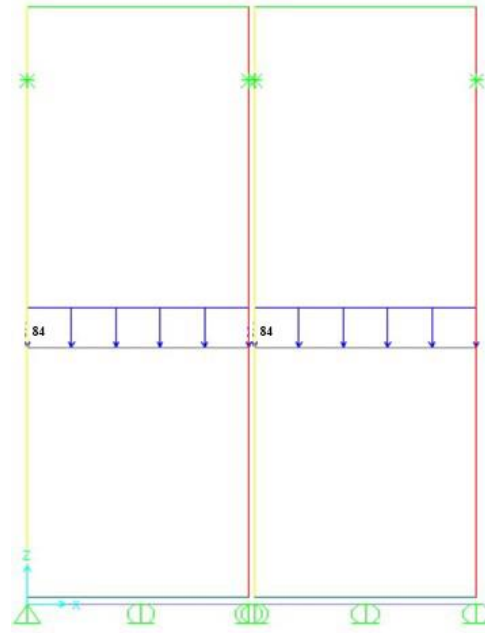
Alüminyum levha hesabı için sırasıyla yoğunluğu 2723 kg/m^3 , uzunluğu $2,551 \text{ m}$ ve kalınlığı $0,003 \text{ m}$ ile çarpılarak ağırlığı bulunmuştur.

$$2723 \text{ kg/m}^3 \times 2,551 \text{ m} \times 0,003 \text{ m} = 21 \text{ kg/m}$$

Sonuç olarak tranzom üzerine etkiyen toplam yayılı ölü yük 84 kg/m olarak bulunmuştur. Hesap sonucunda çıkan spandrel bölgenin ölü yükü program üzerinde Şekil 4.31’de gösterilmiştir.



Şekil 4.30 : PNL-1 sistemleri arasında kalan spandrel alan



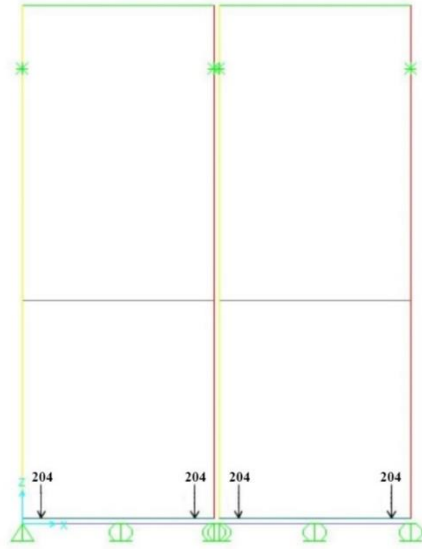
Şekil 4.31 : PNL-1 sistemine etkiyen spandrel bölgenin ölü yük gösterimi (kg/m)

Cam için ölü yük hesabı yapılmıştır. Camın ölü yükü cam taşıyıcıların bulunduğu noktalardan mesnetlere etki etmektedir. Her camda iki adet cam taşıyıcı bulunmaktadır. Bu sebeple toplam bulunan camın ölü yükü 2 eşit parça olarak cam taşıyıcıların bulunduğu noktalardan etki etmektedir. Cam ölü yük hesabında kullanılmak üzere Çizelge 4.9’da PNL-1 panel sisteminin cam ölçü bilgileri özetine yer verilmiştir.

Çizelge 4.9 : PNL-1 panel sisteminin cam ölçü bilgileri özeti.

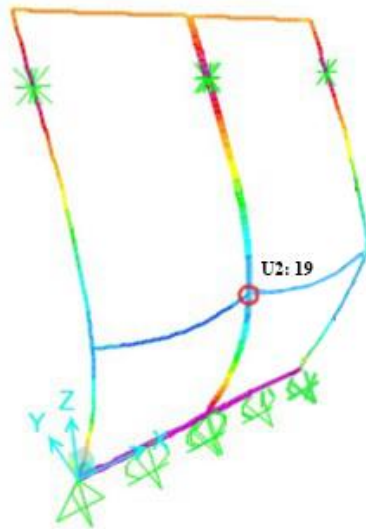
PNL-1 CAM ÖLÇÜ BİLGİLERİ		
PNL-1	Değerler	ASTM E1300
Cam Boyutu (en)	1,8 m	
Cam Boyutu (boy)	4,7 m	
Cam Kombinasyonu	0,018 m	
Cam Yoğunluk		2679 kg/m ³

Camın ölü yükü 408 kg olarak hesaplanmıştır. Bu yük iki eşit parça olarak cam taşıyıcılara etki edeceğinden birinin üzerine etkiyen yük 204 kg olarak bulunmuştur. Şekil 4.32’de PNL-1 sisteminde bulunan camın ölü yükü gösterilmiştir.



Şekil 4.32 : PNL-1 sistemine etkiyen camın ölü yük gösterimi (kg)

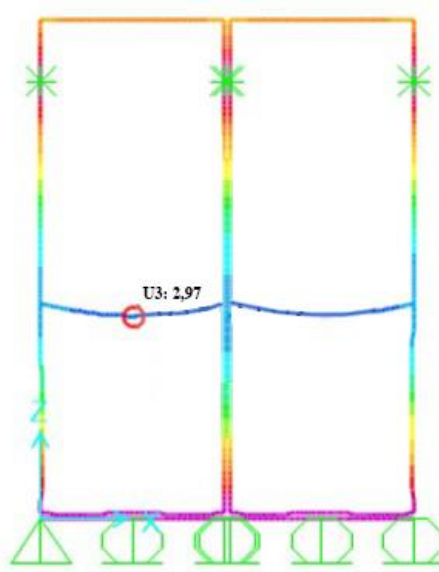
Son olarak sistemin profillerinde oluşan sehim miktarları hesaplanmıştır. Tüm yüklerin etki ettirildiği diyagramda hesapların sonucunda mulyon için rüzgâr doğrultusunda en büyük sehim 19 mm olarak (U2) bulunmuştur. Bu kısımda sehim limiti sınırı $L/240+6$ mm olarak hesaplanmalıdır. 19 mm, 24 mm' den küçük çıktığı ve sehim limitini aşmadığı için güvenli tarafta kalınmıştır. Şekil 4.33'de PNL-1 sisteminde mulyon (düşey) profillerinin rüzgâr doğrultusunda sehimini gösterilmiştir.



Şekil 4.33 : Mulyon profillerinin rüzgâr doğrultusunda sehimini (U2 mm)

Diyagramda hesapların sonucunda tranzom profilleri için rüzgâr doğrultusunda en büyük sehim 2,97 mm olarak (U3) bulunmuştur. Bu kısımda sehim limiti sınırımız $L/360$ inç olarak hesaplanmalıdır. 2,97 mm, 5 mm'den küçük çıktığı ve sehim

limitini aşımadığı için güvenli tarafta kalmıştır. Şekil 4.34'te PNL-1 sisteminde tranzom (yatay) profillerinin rüzgâr doğrultusunda sehim gösterilmiştir.



Şekil 4.34 : Tranzom profillerinin rüzgâr doğrultusunda sehim (U3 mm)

Çizelge 4.10'da PNL-1 panel sisteminin mulyon ve tranzom profillerinde oluşan sehim miktarlarını gösteren hesap özeti yer verilmiştir. Profillerde oluşan sehim miktarları ASTM E1300'ün limit değerlerinin altında kalarak güvenli tarafta kalmıştır.

Çizelge 4.10 : PNL-1 panel sisteminin profil sehim hesap özeti.

PNL-1 PROFİL HESABI			
PNL-1	En büyük sehim miktarı		Sehim miktarı limit değer
Mulyon sehim miktarı	19 mm	<	24 mm
Tranzom sehim miktarı	2,97 mm	<	5 mm

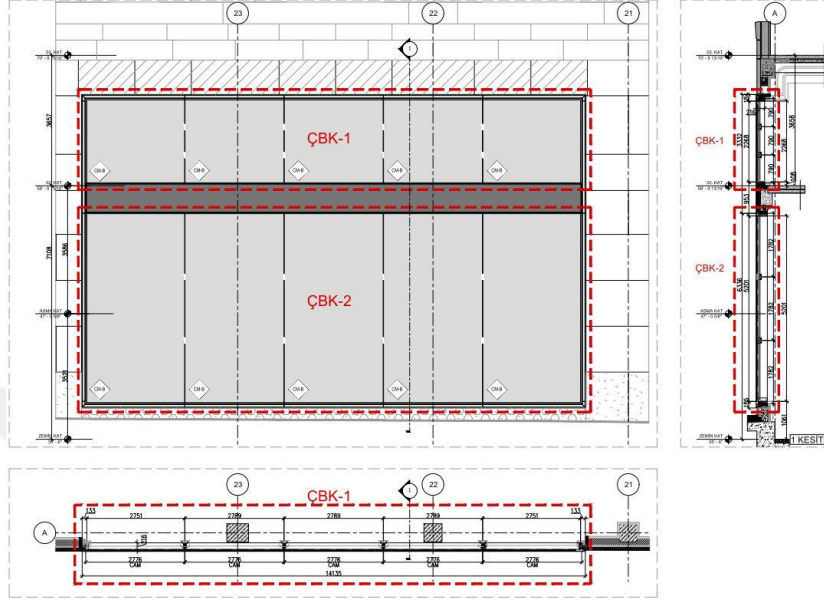
4.7.2 ÇBK-1 ve ÇBK-2 çubuk sisteminin profil hesabı

Seçilen çubuk sistem binanın zemin kat güney cephesinde bulunmaktadır. Sistem ölçüleri sırasıyla ÇBK-1 için 215,9 mm, ÇBK-2 için 292,1 mm olarak belirlenmiştir. ÇBK-1 ve ÇBK-2 sistemlerinde CM-B camı ile vizyon bölge, döşeme önünde ise alüminyum levha ile spandrel bölge oluşturulmuştur. Çubuk sistem zemin kat, asma kat ve 2. katta bulunmaktadır. Planda bulunan aks aralıkları 2,7m olarak çalışılmıştır.

Sistemin planda bulunan cam ölçüleri 5 eşit parçaya bölünmüştür. Çubuk sistemin kesit, plan ve görünüş gösterimine Şekil 4.35'te yer verilmiştir.

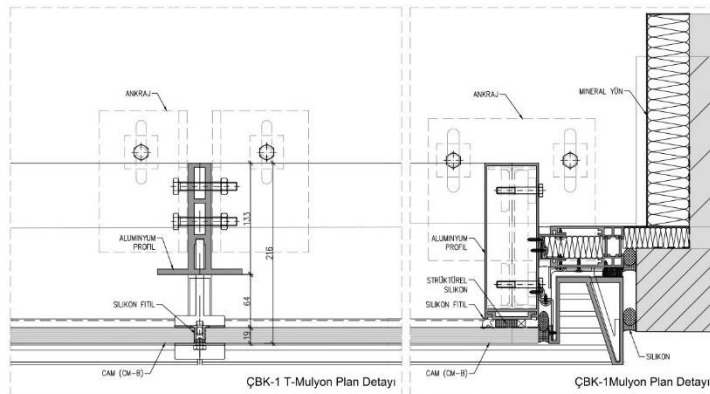
Profil malzemesi: 6063-T6 Alüminyum Alaşımı

Rüzgâr yükü : +/- 1,43 kPa



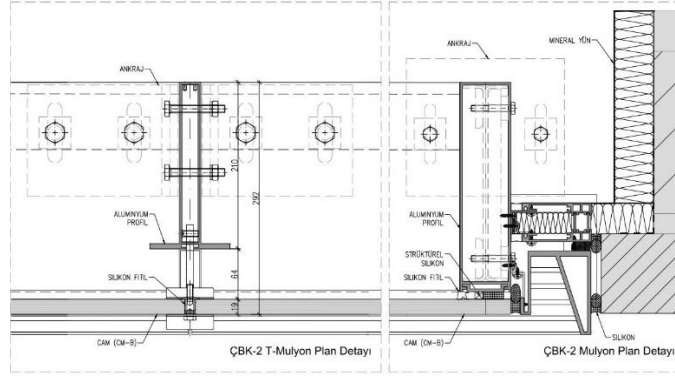
Şekil 4.35 : ÇBK-1 ve ÇBK-2 sisteminin plan, kesit ve görünüşü

ÇBK-1 çubuk sistemin planda duvarla birleşen kısımlarında mulyon ortada camları bölen kısımlarında ise T şekline benzerliğinden dolayı T mulyon ismi verilmiş profillerle çevçevesi oluşturulmuştur. ÇBK-1 çubuk sistemin mulyon ve T mulyon plan detayına Şekil 4.36' da yer verilmiştir. Cam, cam çitası ile mulyon profiline sabitlenmiştir. T mulyonların önünde de kapak profili ile cam sabitlenmiştir. Sistem derinliği 215,9 mm olarak belirlenmiştir.



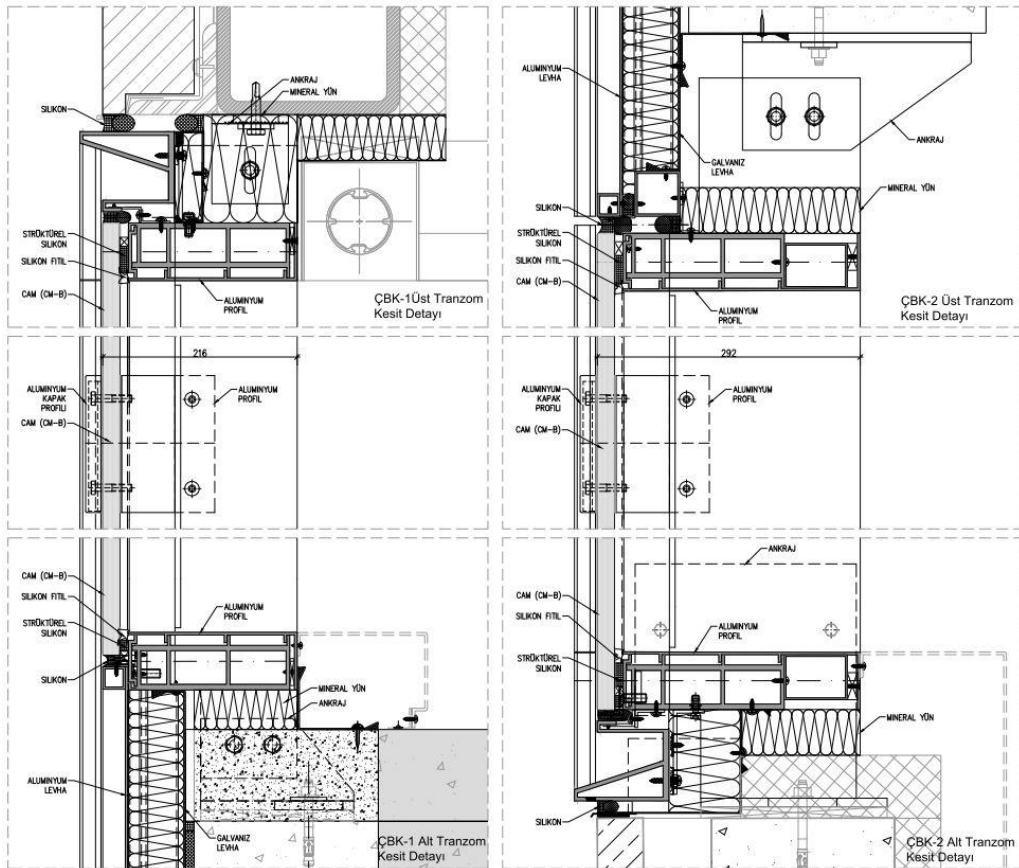
Şekil 4.36 : ÇBK-1 sisteminin plan detayları (mm)

ÇBK-2 çubuk sistemin mulyon ve T mulyon plan detayına Şekil 4.37’ de yer verilmiştir. Cam, cam çitası ile mulyon profiline sabitlenmiştir. T mulyonların önünde de kapak profili ile cam sabitlenmiştir. Sistem derinliği 292,1 mm olarak belirlenmiştir.



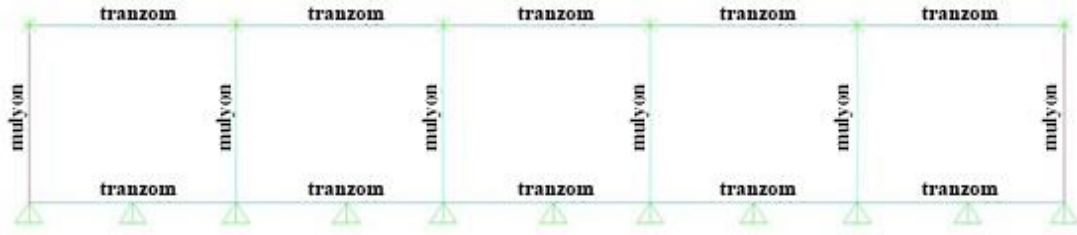
Şekil 4.37 : ÇBK-2 sisteminin plan detayları (mm)

ÇBK-1 ve ÇBK-2 çubuk sistemlerinin tranzom kesit detaylarına Şekil 4.38’ de yer verilmiştir. Mulyon profilleri iki sistemde de alt döşemelere sabitlenerek hareket payı üst ankrajlarda bakla delik kullanılarak sağlanmıştır.

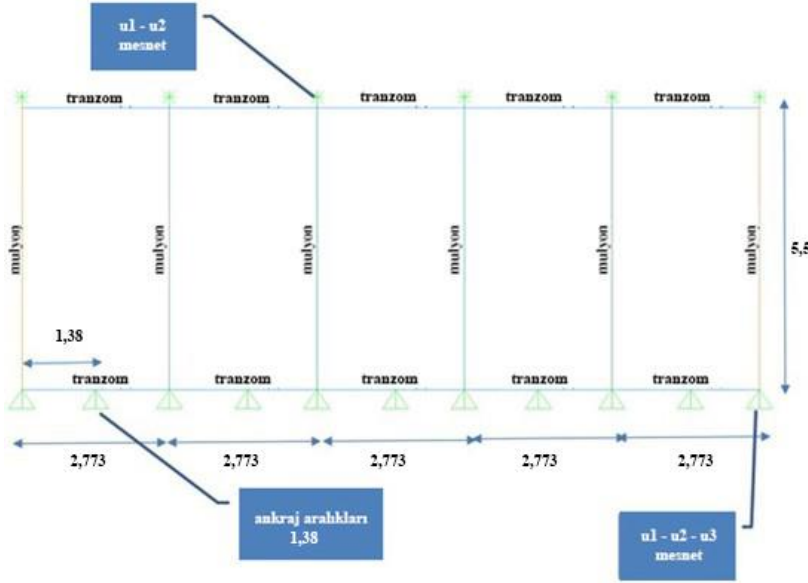


Şekil 4.38 : ÇBK-1 ve ÇBK-2 sistemlerinin kesit detayları (mm)

Öncelikle ÇBK-1 ve ÇBK-2 sistemlerinin yatay profilleri (tranzom) ve düşey profilleri (mulyon) SAP2000 programında modellenmiştir. Cephe boyutları baz alınarak 13,86 m olan yatak açıklık 5 eşit parçaya bölünerek 2,773 m aralıklarla mesnet noktaları diyagram üstünde gösterilmiştir. Daha sonra 2,773 m aralıkların tam ortasına yani 1,38 m açıklığa ek mesnet noktaları yerleştirilmiştir. Şekil 4.39’ da ÇBK-1 sisteminin çerçevesi ve mesnet noktaları model üzerinde gösterilmiştir. Şekil 4.40’ da ise ÇBK-2 sisteminin çerçevesi, mesnet noktaları ve ölçüleri model üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.39 : ÇBK-1 mesnet noktaları



Şekil 4.40 : ÇBK-2 çerçeve boyutları ve mesnet noktaları (m)

Öncelikle ÇBK-2 sistemi üzerine ölü yük aktarımı olan spandrel alanın hesabı yapılmıştır. Şekil 4.41’ de ÇBK-1 ve ÇBK-2 sistemlerinin döşeme önü spandrel alanın kesit detayına yer verilmiştir.

Taş yünü hesabı için sırasıyla yoğunluğu 128 kg/m^3 , uzunluğu 0,835 m ve kalınlığı 0,06 m çarpılarak ağırlığı bulunmuştur.

$$128 \text{ kg/m}^3 \times 0,835 \text{ m} \times 0,06 \text{ m} = 6,41 \text{ kg/m}$$

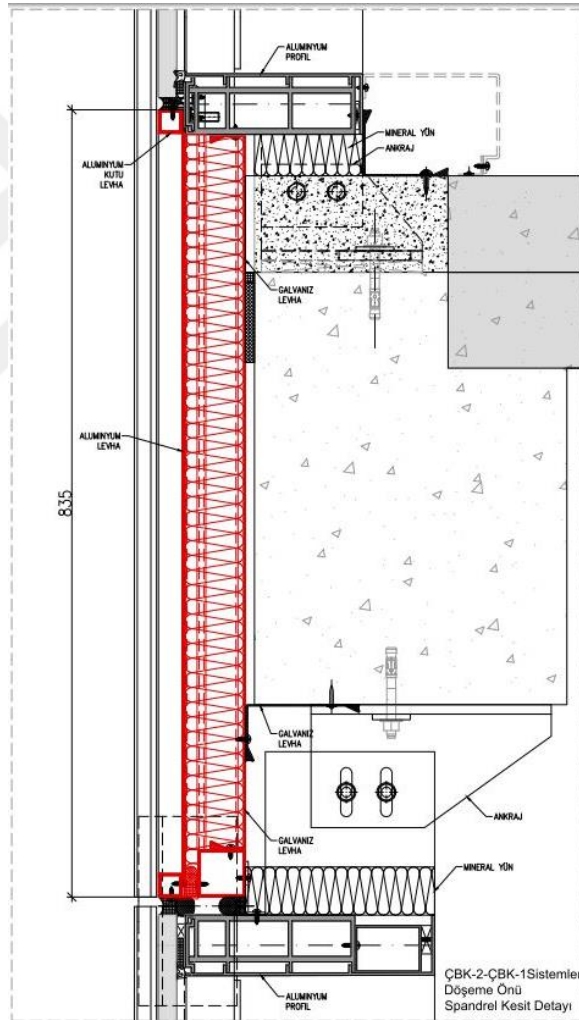
Galvaniz levha hesabı için sırasıyla yoğunluğu $66,10 \text{ kg/m}^3$, uzunluğu $0,835 \text{ m}$ ve kalınlığı $0,179 \text{ m}$ çarpılarak ağırlığı bulunmuştur.

$$66,10 \text{ kg/m}^3 \times 0,835 \text{ m} \times 0,179 \text{ m} = 9,88 \text{ kg/m}$$

Alüminyum levha hesabı için sırasıyla yoğunluğu 2723 kg/m^3 , uzunluğu $0,835 \text{ m}$ ve kalınlığı $0,003 \text{ m}$ çarpılarak ağırlığı bulunmuştur.

$$2723 \text{ kg/m}^3 \times 0,835 \text{ m} \times 0,003 \text{ m} = 6,82 \text{ kg/m}$$

Sonuç olarak tranzom üzerine etkiyen toplam yayılı ölü yük $1,1$ artırımı olarak $1,1 \times 23,11 \text{ kg/m} = 25,42 \text{ kg/m}$ olarak bulunmuştur.



Şekil 4.41 : ÇBK-1 ve ÇBK-2 sistemleri arasında kalan spandrel alan (mm)

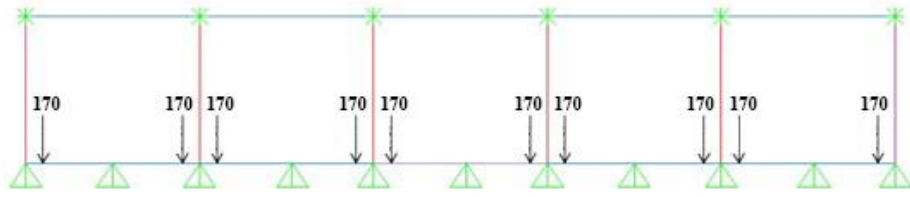
Şekil 4.42’de diyagramda gösterilen ÇBK-1 sisteminde camın ölü yükü gösterilmiştir. Camın ölü yükü cam taşıyıcıların bulunduğu noktalardan mesnetlere

etki etmektedir. Her camda iki adet cam taşıyıcı bulunmaktadır. Cam ölü yük hesabında kullanılmak üzere Çizelge 4.11’de ÇBK-1 çubuk sisteminin cam ölçü bilgileri özetine yer verilmiştir.

Çizelge 4.11 : ÇBK-1 çubuk sisteminin cam ölçü bilgileri özeti.

ÇBK-1 CAM ÖLÇÜ BİLGİLERİ		
ÇBK-1	Değerler	ASTM E1300
Cam Boyutu (en)	2,7 m	
Cam Boyutu (boy)	2,3 m	
Cam Kombinasyonu	0,019 m	
Cam Yoğunluk		2881 kg/m ³

Cam ölü yükü 340 kg olarak hesaplanmıştır. Bu yük iki eşit parça olarak cam taşıyıcılara etki edeceğinden birinin üzerine etkiyen yük 170 kg olarak bulunmuştur.



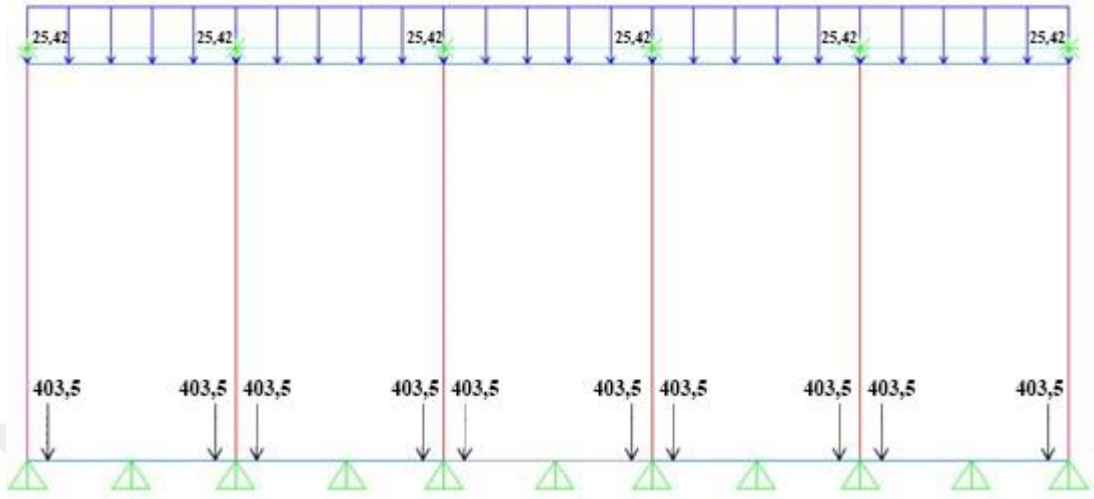
Şekil 4.42 : ÇBK-1 sistemine etkiyen camın ölü yük gösterimi

Şekil 4.43’te diyagramda gösterilen ÇBK-2 sisteminde camın ölü yükü gösterilmiştir. Ayrıca spandrel bölgenin diyagram üzerindeki ölü yük etkisine de yer verilmiştir. Camın ölü yükü cam taşıyıcıların bulunduğu noktalardan mesnetlere etki etmiştir. Her camda iki adet cam taşıyıcı bulunmaktadır. Çizelge 4.12’de ÇBK-2 çubuk sisteminin cam ölçü bilgileri özetine yer verilmiştir.

Çizelge 4.12 : ÇBK-2 çubuk sisteminin cam ölçü bilgileri özeti.

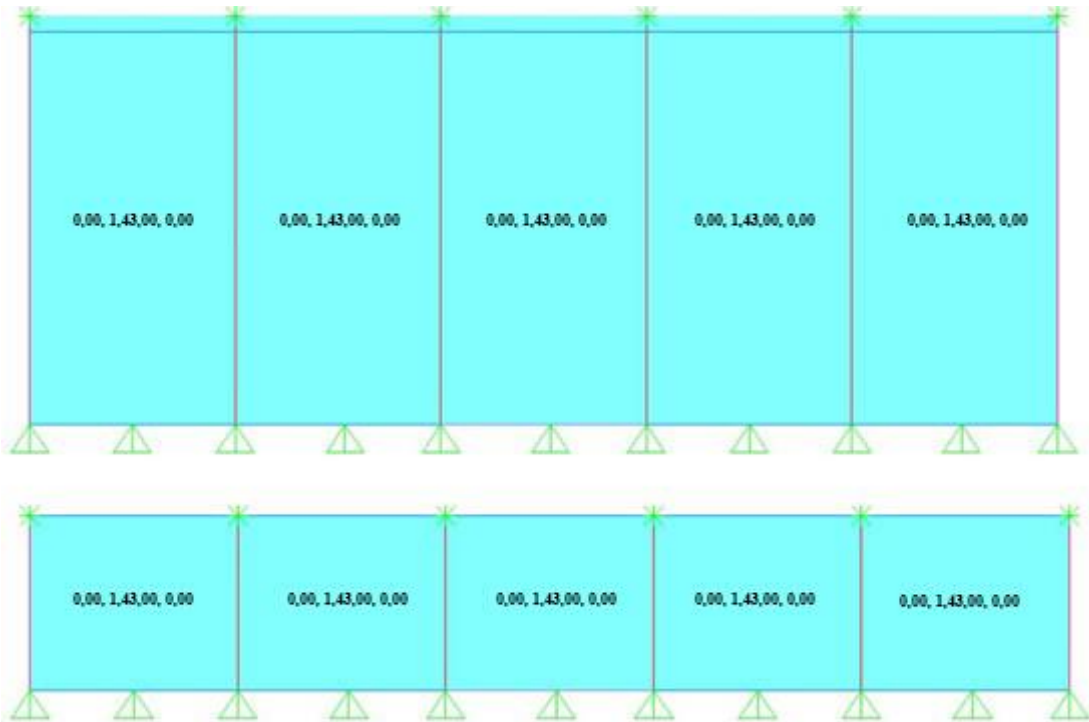
ÇBK-2 CAM ÖLÇÜ BİLGİLERİ		
ÇBK-2	Değerler	ASTM E1300
Cam Boyutu (en)	2,7 m	
Cam Boyutu (boy)	5,3 m	
Cam Kombinasyonu	0,019 m	
Cam Yoğunluk		2968 kg/m ³

Cam ölü yükü 807 kg olarak hesaplanmıştır. Bu yük iki eşit parça olarak cam taşıyıcılara etki edeceğinden birinin üzerine etkiyen yük 403,5 kg olarak bulunmuştur.



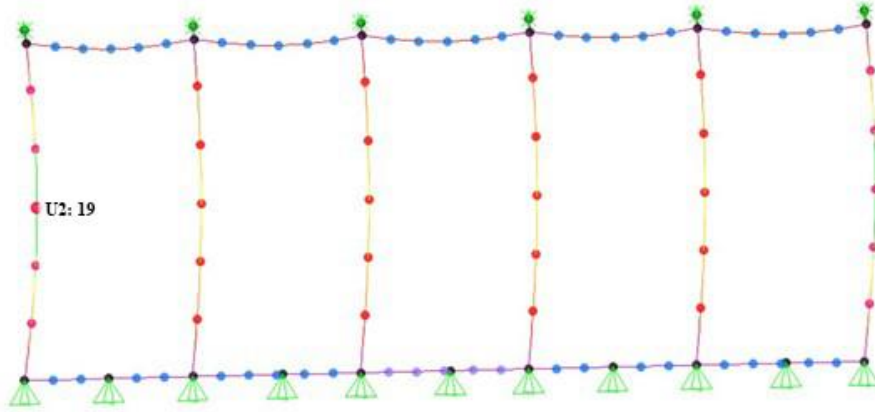
Şekil 4.43 : ÇBK-2 sisteminde cam ve spandrel alandaki ölü yük gösterimi

Rüzgâr tünel testi ile bu cephe üstüne etkiyen rüzgâr yükünün +/- 1,43 kPa olduğu daha önce belirtilmişti. Şekil 4.44'te gösterilen diyagram üzerinde zemin katta bulunan çubuk cephenin programda oluşturulan modelinin üzerine etkiyen rüzgâr yükünün cepheye olan etkisine yer verilmiştir.



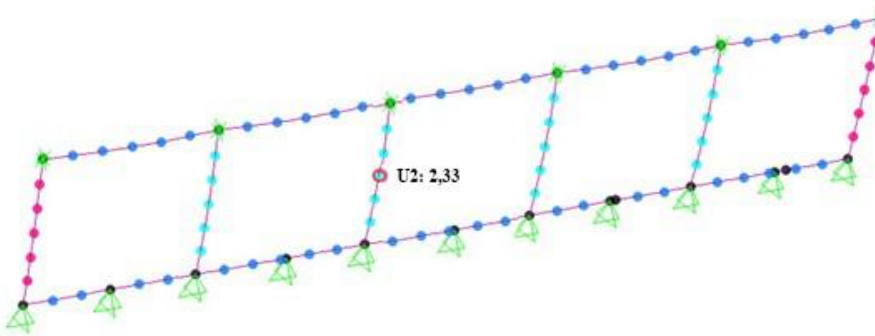
Şekil 4.44 : Rüzgâr yükü dağılımı (kPa)

Sırayla bulunan tüm yükler model üzerine işlenerek profiller üzerindeki etkilerine bakılmıştır. Diyagramda hesapların sonucunda en kenarda bulunan mulyon için en büyük sehim 19 mm (U2) bulunmuştur. Bu kısımda sehim limiti sınırı $L/240+6\text{mm}$ olarak hesaplanmalıdır. 19 mm, 29,2 mm küçük çıktığı ve sehim limitini aşmadığı için güvenli tarafta kalınmıştır. Şekil 4.45'te ÇBK-2 sisteminde bulunan mulyon profillerinin rüzgâr doğrultusunda sehim gösterimine yer verilmiştir.



Şekil 4.45 : Mulyon profillerinin rüzgâr doğrultusundaki sehimini (U2 mm)

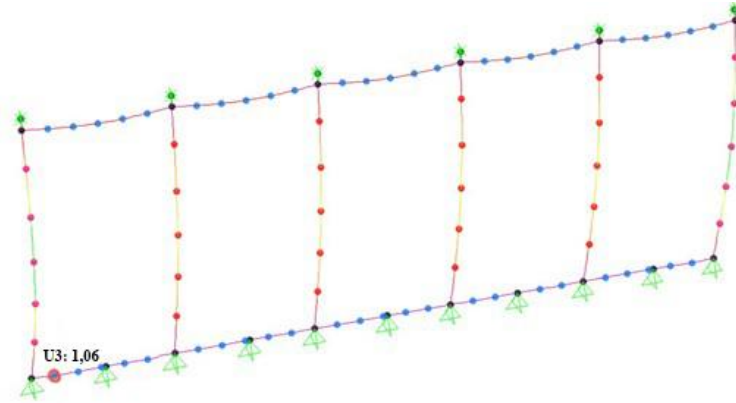
Diyagramda hesapların sonucunda T mulyon için en büyük sehim 2,33 mm (U2) bulunmuştur. Bu kısımda sehim limiti sınırımız $L/175$ ya da 19 mm olarak hesaplanmalıdır. 2,33 mm, 13 mm'den küçük çıktığı ve sehim limitini aşmadığı için güvenli tarafta kalınmıştır. Şekil 4.46'da ÇBK-1 sisteminde bulunan mulyon profillerinin rüzgâr doğrultusunda sehim gösterimine yer verilmiştir.



Şekil 4.46 : Mulyon profillerinin rüzgâr doğrultusundaki sehimini (U2 mm)

Diyagramda hesapların sonucunda tranzom profilleri için en büyük sehim 1,06 mm (U3) bulunmuştur. Bu kısımda sehim limiti sınırı $L/360$ olarak hesaplanmalıdır. 1,06 mm, 7,69 mm'den küçük çıktığı ve sehim limitini aşmadığı için güvenli tarafta

kalınmıştır. Şekil 4.47’de ÇBK-2 sisteminde bulunan tranzom profillerinin rüzgâr doğrultusunda sehim gösterimine yer verilmiştir.



Şekil 4.47 : Tranzom profillerinin yer çekimi doğrultusundaki sehimini (U3 mm)

Çizelge 4.13’te ÇBK-1 ve ÇBK-2 çubuk sistemlerinin mulyon ve tranzom profillerinde oluşan sehim miktarlarını gösteren hesap özetine yer verilmiştir. Profillerde oluşan sehim miktarı ASTM E1300’ün limit değerlerinin altında kalarak güvenli tarafta kalmıştır.

Çizelge 4.13 : ÇBK-1 ve ÇBK-2 çubuk sisteminin profil sehim hesap özeti.

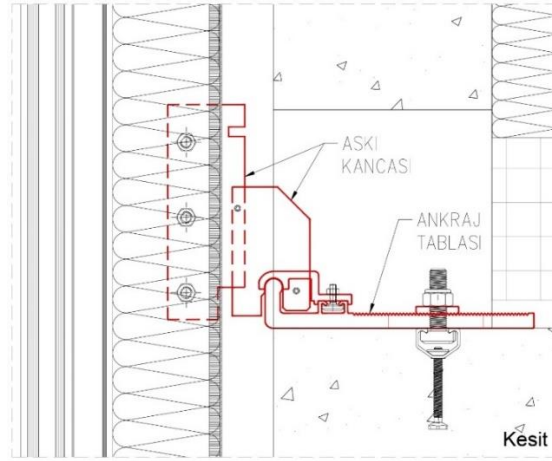
ÇBK-1 ve ÇBK-2 SİSTEMLERİ PROFİL HESABI				
ÇBK-1	ÇBK-2	En büyük sehim miktarı		Sehim miktarı limit değer
Mulyon Sehim Miktarı		2,33 mm	<	13 mm
	Mulyon Sehim Miktarı	19 mm	<	29,2 mm
	Tranzom Sehim Miktarı	1,06 mm	<	7,69 mm

4.8 Ankraj Analizi

Bu bölümde iki sistemde de cephe yüklerini binanın taşıyıcı sistemine aktaran mesnet noktalarında bulunan ankrajların analizlerine yer verilmiştir.

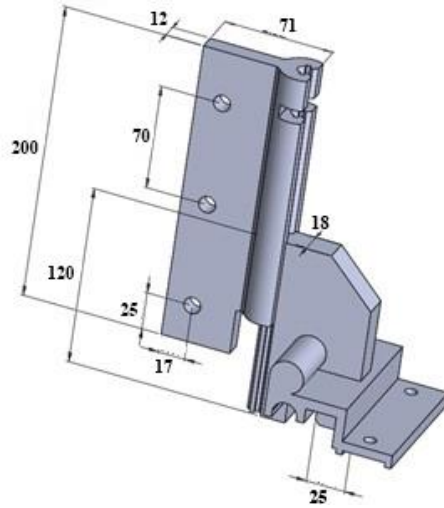
4.8.1 PNL-1 panel sisteminin ankraj hesabı

PNL-1 panel sisteminin ankrajı 2 parçadan oluşmuştur. Öncelikle askı kancası kısmının hesabına daha sonra ise ankraj tablasının hesabına yer verilmiştir. Şekil 4.48’de PNL-1 sisteminde bulunan ankrajın kesit gösterimine yer verilmiştir.



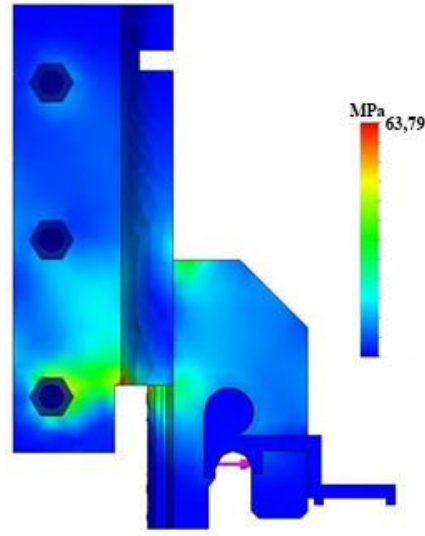
Şekil 4.48 : PNL-1 sistemi ankraj kesit gösterimi

Askı kancasının malzemesi 6082-T6 alüminyum alaşımıdır. Şekil 4.49’da PNL-1 sisteminde bulunan ankrajın askı kancasının ölçülerine ve üç boyutlu gösterimine yer verilmiştir.



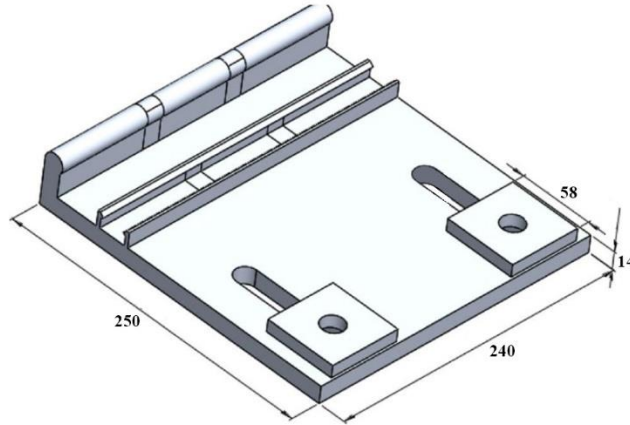
Şekil 4.49 : Askı kancası ölçüleri ve üç boyutlu gösterimi (mm)

Askı kancasının akma dayanımı 262 MPa’ dır. Diyagram üzerinde en büyük gerilme 63,79 MPa olarak ölçülmüştür. $63,79 \text{ MPa}$, $262 \text{ MPa} \times 0,9 = 235,8 \text{ MPa}$ ‘dan küçük olduğu için güvenli tarafta kalmıştır. Şekil 4.50’de PNL-1 sisteminde bulunan ankrajın askı kancasının üzerinde oluşan gerilme dağılımı gösterimine yer verilmiştir.



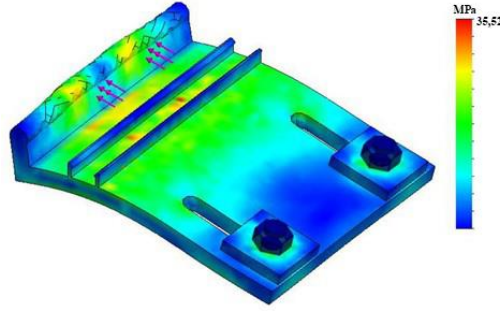
Şekil 4.50 : Gerilme dağılımı (MPa)

Ankraj tablasının malzemesi 6063-T6 alüminyum alaşımıdır. Şekil 4.51’de PNL-1 sisteminde bulunan ankrajın tablasının ölçülerine ve üç boyutlu gösterimine yer verilmiştir.



Şekil 4.51 : Ankraj tablası ölçüleri ve üç boyutlu gösterimi (mm)

Ankraj tablasının akma dayanımı 172 MPa’ dır. Diyagram üzerinde en büyük gerilme 35,52 MPa olarak ölçülmüştür. $35,52 \text{ MPa}$, $172 \text{ MPa} \times 0,9 = 154,8 \text{ MPa}$ ‘dan küçük olduğu için güvenli tarafta kalmıştır. Şekil 4.52’de PNL-1 sisteminde bulunan ankrajın tablasının üzerinde oluşan gerilme dağılımı gösterimine yer verilmiştir.



Şekil 4.52 : Gerilme dağılımı (MPa)

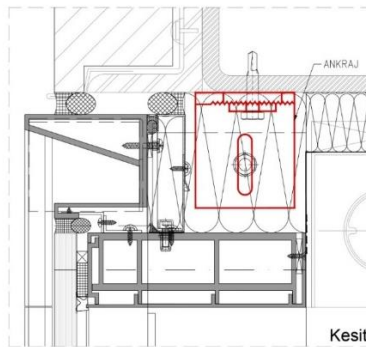
Çizelge 4.14’te PNL-1 panel sisteminin ankrajında oluşan sehım miktarlarını gösteren hesap özetine yer verilmiştir. Ankrajın parçalarında oluşan sehım miktarları ASTM E1300’ün limit değerlerinin altında kalarak güvenli tarafta kalmıştır.

Çizelge 4.14 : PNL-1 panel sisteminin ankraj sehım hesap özeti.

PNL-1 ANKRAJ SEHİM HESABI			
PNL-1 Ankrajı	En büyük sehım miktarı		Sehım miktarı limit değeri
Askı Kancası Sehım Miktarı	63,79 MPa	<	235,8 MPa
Ankraj Tablası Sehım Miktarı	35,52 MPa	<	154,8 MPa

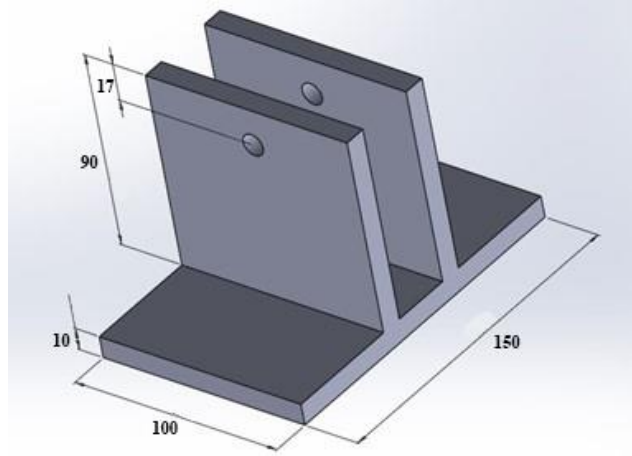
4.8.2 ÇBK-1 ve ÇBK-2 çubuk sisteminin ankraj hesabı

ÇBK-1 ve ÇBK-2 çubuk sisteminde 4 farklı ankraj bulunmaktadır. Öncelikle ÇBK-1 sisteminin üst ankrajının hesabı yapılmıştır. Şekil 4.53’de ÇBK-1 sisteminde bulunan ankrajın kesit gösterimine yer verilmiştir. Üst ankraj 3.katın döşeme altından geçen çelik kirişe bağlanmaktadır. Ankrajın üstünde bulunan bakla delik ile çubuk sistemdeki harekete izin verilmiştir.



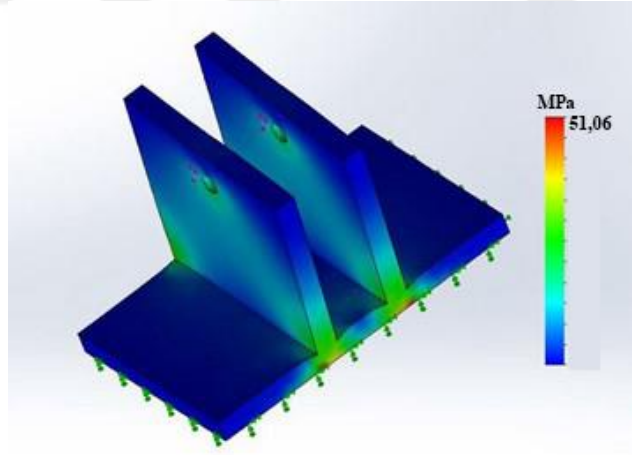
Şekil 4.53 : ÇBK-1 sistemi üst ankraj gösterimi

Ankrajın malzemesi S235 çeliktir. Şekil 4.54'te ÇBK-1 sisteminde bulunan üst ankrajın ölçülerine ve üç boyutlu gösterimine yer verilmiştir.



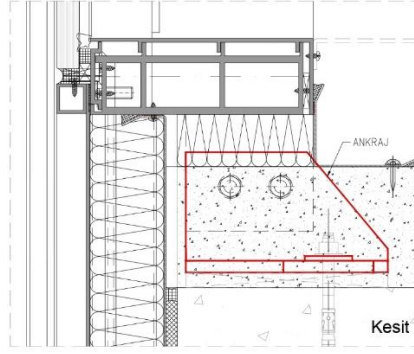
Şekil 4.54 : ÇBK-1 üst ankraj ölçüleri ve üç boyutlu gösterimi (mm)

Ankrajın akma dayanımı 234 MPa' dır. Hesaplar sonucunda en büyük gerilme tasarlanan model üzerinde 51,06 MPa olarak belirlenmiştir. 51,06 MPa, 234 MPa x 0.9=210,6 MPa' dan küçük çıktığı için güvenli tarafta kalınmıştır. Şekil 4.55'te ÇBK-1 sisteminde bulunan çelik ankrajın üzerinde oluşan gerilme dağılımı gösterimine yer verilmiştir.



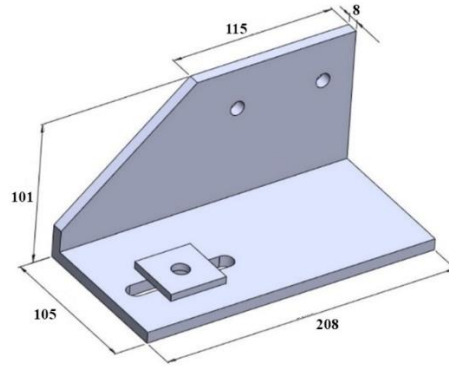
Şekil 4.55 : ÇBK-1 üst ankraj gerilme dağılımı (MPa)

Şekil 4.56'da ÇBK-1 sisteminde bulunan alt ankrajın kesit gösterimine yer verilmiştir. Alt ankraj 2.katın döşeme üstüne bağlanmaktadır. Ankrajın üstünde bulunan ve mulyon bağlantısı için açılan delik yuvarlak yapılarak çubuk sistemdeki hareket sınırlandırılmıştır.



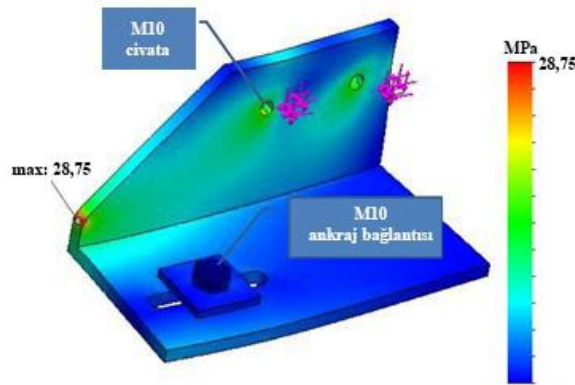
Şekil 4.56 : ÇBK-1 sistemi alt ankraj gösterimi

Ankrajın malzemesi S235 çeliktir. Şekil 4.57’de ÇBK-1 sisteminde bulunan alt ankrajın ölçülerine ve üç boyutlu gösterimine yer verilmiştir.



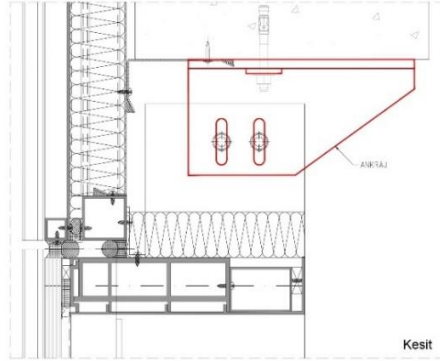
Şekil 4.57 : ÇBK-1 alt ankraj ölçüleri ve üç boyutlu gösterimi (mm)

Ankrajın akma dayanımı 234 MPa’ dır. Hesaplar sonucunda en büyük gerilme tasarlanan model üzerinde 28,75 MPa olarak belirlenmiştir. 28,75 MPa, 234ksi x 0,9=210,6 MPa’ dan küçük çıktığı için güvenli tarafta kalınmıştır. Şekil 4.58’de ÇBK-1 sisteminde bulunan çelik ankrajın üzerinde oluşan gerilme dağılımı gösterimine yer verilmiştir.



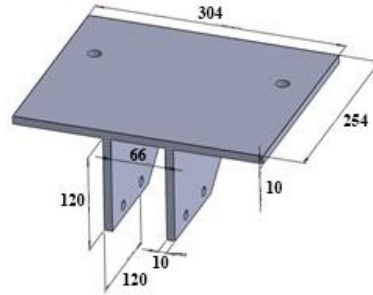
Şekil 4.58 : ÇBK-1 alt ankraj gerilme dağılımı (MPa)

Şekil 4.59’da ÇBK-2 sisteminde bulunan üst ankrajın kesit gösterimine yer verilmiştir. Üst ankraj 2.katın döşeme altına bağlanmaktadır. Ankrajın üstünde bulunan bakla delik ile çubuk sistemdeki harekete izin verilmiştir.



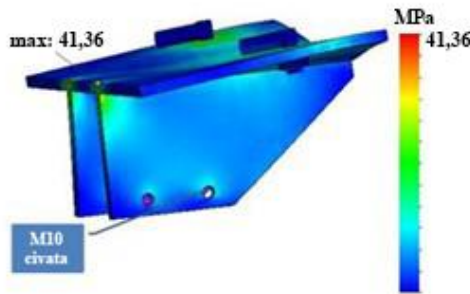
Şekil 4.59 : ÇBK-2 sistemi üst ankraj gösterimi

Ankrajın malzemesi S235 çeliktir. Şekil 4.60’ta ÇBK-2 sisteminde bulunan üst ankrajın ölçülerine ve üç boyutlu gösterimine yer verilmiştir.



Şekil 4.60 : ÇBK-2 üst ankraj ölçüleri ve üç boyutlu gösterimi (mm)

Akma dayanımı ise 234 MPa’ dır. Hesaplar sonucunda en büyük gerilme tasarlanan model üzerinde 41,36 MPa olarak belirlenmiştir. $41,36 \text{ MPa}$, $234 \text{ MPa} \times 0,9 = 210,6 \text{ MPa}$ ’ dan küçük çıktığı için güvenli tarafta kalınmıştır. Şekil 4.61’de ÇBK-2 sisteminde bulunan çelik ankrajın üzerinde oluşan gerilme dağılımı gösterimine yer verilmiştir.



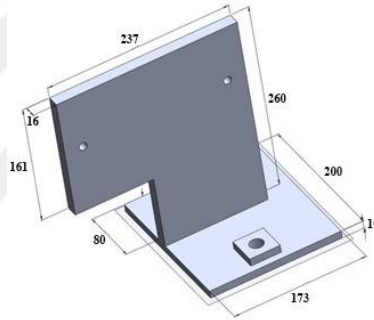
Şekil 4.61 : ÇBK-2 üst ankraj gerilme dağılımı (MPa)

Şekil 4.62’da ÇBK-2 sisteminde bulunan alt ankrajın kesit gösterimine yer verilmiştir. Alt ankraj zemin katta bulunan topuk betonuna bağlanmaktadır. Ankrajın üstünde bulunan yuvarlak delik ile çubuk sistemdeki hareket sınırlandırılmıştır.



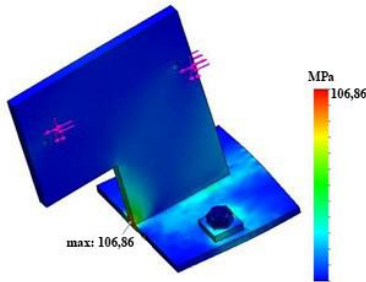
Şekil 4.62 : ÇBK-2 sistemi alt ankraj gösterimi

Ankrajın malzemesi S235 çeliktir. Şekil 4.63’te ÇBK-2 sisteminde bulunan alt ankrajın ölçülerine ve üç boyutlu gösterimine yer verilmiştir.



Şekil 4.63 : ÇBK-2 alt ankraj ölçüleri ve üç boyutlu gösterimi (mm)

Ankrajın akma dayanımı ise 234 MPa’ dır. Hesaplar sonucunda en büyük gerilme tasarlanan model üzerinde 106,86 MPa olarak belirlenmiştir. 106,86 MPa, 234 MPa x 0,9= 210,6 MPa’ dan küçük çıktığı için güvenli tarafta kalınmıştır. Şekil 4.64’te ÇBK-2 sisteminde bulunan çelik ankrajın üzerinde oluşan gerilme dağılımı gösterimine yer verilmiştir.



Şekil 4.64 : ÇBK-2 alt ankraj gerilme dağılımı (MPa)

Çizelge 4.15'te ÇBK-1 ve ÇBK-2 çubuk sisteminin ankrajlarında oluşan sehîm miktarlarını gösteren hesap özetine yer verilmiştir. Ankrajlarda oluşan sehîm miktarları ASTM E1300'ün limit değêrlerinin altında kalarak güvenli tarafta kalmıştır.

Çizelge 4.15 : ÇBK-1 ve ÇBK-2 çubuk sisteminin ankraj sehîm hesap özeti.

PNL-1 ANKRAJ SEHİM HESABI			
PNL-1 Ankrajı	En büyük sehîm miktarı		Sehîm miktarı limit değêr
ÇBK-1 Üst Ankraj Sehîm Miktarı	51,06 MPa	<	210,6 MPa
ÇBK-1 Alt Ankraj Sehîm Miktarı	28,75 MPa	<	210,6 MPa
ÇBK-2 Üst Ankraj Sehîm Miktarı	41,36 MPa	<	210,6 MPa
ÇBK-2 Alt Ankraj Sehîm Miktarı	106,86 MPa	<	210,6 MPa

4.9 İmalat ve Montaj

Bu bölümde iki sistemde de uygulanan imalat ve montaj yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir.

4.9.1 Panel sisteminin imalat ve montajı

Panel sisteminin imalatı için öncelikli olarak sünger bant tranzom profilinin içine silikon doldurmaya müsaade edecek derinlikte yerleştirilmiştir. Sünger bant koyulduktan sonra silikon ile profilin tüm kesiti doldurularak ve bir spatula yardımı ile sıvanarak 3 saat kürlenmeye bırakılmıştır. Profiller birleştirilmeden önce profil kesitinde kuruyan silikon, sıvanma işleminden sonra tekrar uygulanmaktadır. Silikonun temas edeceği yüzey izopropil alkol ile temizlenmektedir. Ardından silikon sürülerek mulyon ve tranzom profilleri birbirine vidalanır. İmalat sırasında hava ve su tahliye delikleri profillerin üstünde açılmaktadır. Şekil 4.65'te fabrika ortamında köşe panel imalat üretiminden bir görsele yer verilmiştir.



Şekil 4.65 : Fabrika ortamında köşe panel imalatı (Url-20, 2022).

Panel sistemin montajı genellikle bina içerisinden yapılmaktadır. Sahada öncelikle ankraj yerleri belirlenerek ankraj montajları yapılmaktadır. Daha sonra kule vinç ile panel ankraja oturtularak ayarlaması yapılmaktadır. Şekil 4.66’da bina içerisinden yapılan panel montaj aşamalarına yer verilmiştir. (Url-21, 2022).



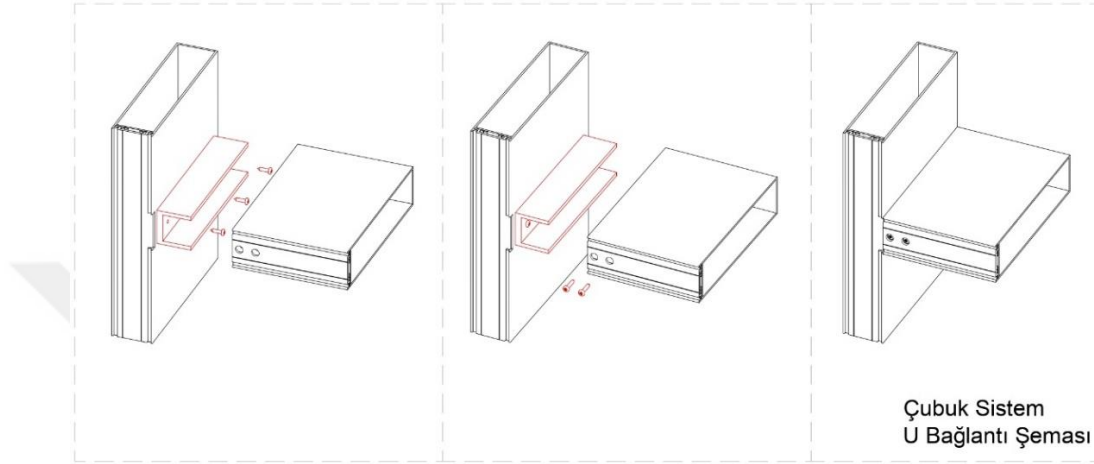
Şekil 4.66 : Bina içerisinden yapılan panel montaj aşamaları (Url-21, 2022).

4.9.2 Çubuk sisteminin imalat ve montajı

İlk olarak sistem bileşenlerinin imalatı yapılmadan önce projenin optimizasyonu yapılmaktadır. Bunun yapılmasındaki amaç minimum düzeyde fire vererek imalatın yapılmasıdır. Çizilen imalat paftaları üretime aktarılır. İmalat paftalarında yapılacak olan tüm kертme ve delikler yer almaktadır. Çizilen montaj paftasındaki öncelik sıralamasına göre sistemdeki imalatların üretimine başlanır.

Genel olarak, öncelikle optimizasyon sonucu çıkan uygun boylarda alüminyum profiller kesilerek sistemin mulyon (dikey) profilleri imal edilmektedir. Bu profiller taşıyıcı rol oynamaktadır. Sonrasında tranzom (yatay) profillerini bağlayabilmek için

mulyon profillerinin üzerine tranzom profil akslarına denk gelen yerlerde U profiller vida ile bağlanır. Mulyon ve tranzom profilleri üretildikten sonra zarar görmemeleri için uygun şekilde paketlenmelidir. Son olarak şantiyede montaja sevk edilirler. Sistemde yer alan diğer bileşenler de ayrıca gönderilerek sahada montaja hazır hale getirilmektedir. Şekil 4.67’de çubuk sistem U profili bağlantı aşamalarını gösteren şemaya yer verilmiştir.



Şekil 4.67 : Çubuk sistem U profili bağlantı şeması

Çubuk sistemlerde montaj genellikle binanın dışından iskele kurularak ya da sepet yardımıyla yapılmaktadır. İmalatı yapılan mulyon ve tranzom profilleri sahada montajı yapılacak yere getirilirler. Daha sonra ankrajlar yerlerine yerleştirilerek öncelikle dikme yani mulyon profili yerleştirilerek sabitlenmektedir. Şekil 4.68’de örnek olarak New York’ta bulunan başka bir projeye ait çubuk sistemin montaj aşamasının görseline yer verilmiştir. Sahaya montajı yapılacak dikmeler getirilerek bunlar uygun akslara ankrajlar yardımıyla yerleştirilmiştir (Url-22, 2022).



Şekil 4.68 : Çubuk sistem montaj aşaması (Url-22, 2022).

Dikme profilleri yerleştirildikten sonra profillerin üstünde fabrika ortamında bağlanmış olan U profili bağlantı parçalarına tranzom profilleri geçirilerek vida ile sabitlenir. Genellikle camlar çubuk sistemlerde kapak kullanılarak sabitlenmektedir. Fakat bu projede montaj işlemi de sahada yapılmıştır. Tüm silikon işleri sahada yapıldığı için mevsim şartları çalışmanın aksamasına sebep olabilmektedir. Örneğin; silikon çekerken belirli bir sıcaklığın sağlanması beklenmektedir. Bu sebeple karlı ve yağışlı günlerde bu işlem için bekleme süresi artmaktadır ve bu da işin süresini uzatabilmektedir. Şekil 4.69’da New York’ta bulunan başka bir projeye ait çubuk sistemde yapılan cam montaj işleminin görseline yer verilmiştir (Url-23, 2022).



Şekil 4.69 : Çubuk sistemde sahada yapılan cam montaj işlemi (Url-23, 2022).

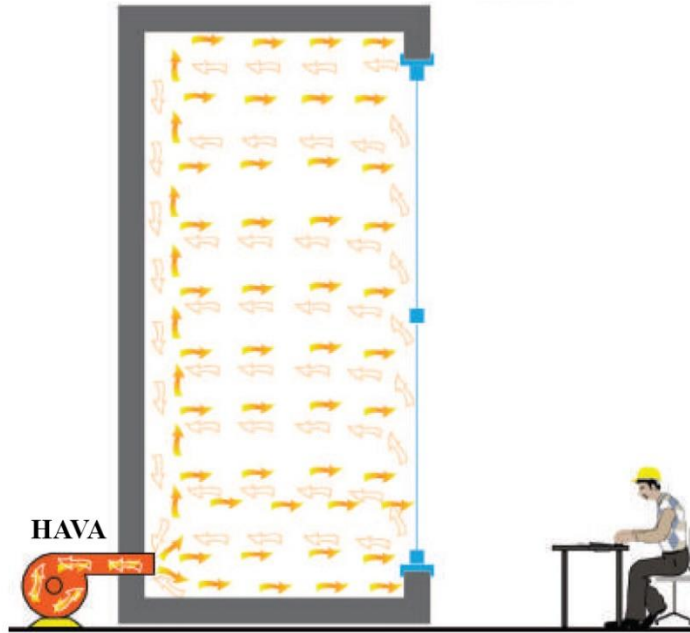
4.10 Sistemlerin Kalite Kontrolü

Projelerin şartnamelerinde her sistem için izin verilebilir tolerans değerleri açıkça belirtilmekte ve bu toleranslara uyum sağlayacak sistem tasarımları yapılmaktadır. Belirlenen bu toleransları panel sistemle çok daha fazla yakalamak mümkün olmaktadır. Bunun sebebi panel sistemlerin fabrika ortamında birleştirildikten sonra test edilmiş ve kalite kontrolünden geçirilmiş bir ürün olarak sahaya gitmesi nedeniyle daha kontrol edilebilir olmasıdır. Çubuk sistemde ise hareket toleransları daha düşüktür. Yapılan ayar ve işçilik ile bu paylarda milimetrik oynamaların olması mümkündür. Ek yeri profilleri kullanılmakta, aksi takdirde oluşan ısı farkları sebebiyle genleşmelerden dolayı camlarda kırılmalar meydana gelebilmektedir.

4.11 Cephe Testleri

Cephe projelerinde çok farklı malzemeler bir arada kullanılabilir. Bu malzemelerin farklı kombinasyonları binanın bulunduğu çevre koşullarına göre bir bütün halinde çalışarak binayı istenilen konfor seviyesinde tutmayı başarmalıdır. Bu sebeple tasarlanan cephe sisteminin mutlaka çeşitli testlerden geçmesi ve sonuçların kabul görmüş uluslararası standartlara göre yeterli bulunması gerekmektedir. Genel olarak bir yüksek bina projesi için yapılabilecek testler; hava geçirimsizlik testi, su geçirimsizlik testi, rüzgâr dayanım testi ve deprem testi olarak sayılabilir. Projenin sistem tasarımı yapıldıktan sonra cephede en çok tekrar eden bölümden küçük bir örnek test modeli üretilerek bu testlere tabi tutulmaktadır. Sonuçta testte sorun çıkan bölgeler olursa gerekli iyileştirme ve revizyonlar yapılarak testten geçene kadar bu çalışmalara devam edilmektedir.

Panel sistemler fabrika ortamında çeşitli testlere tabi tutulurlar. Üretilen panellerin her partisinden belli sayıda seçilen paneller teste girerek panellerde gerekli sızdırmazlığın sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilebilmektedir. Şekil 4.70’te montaj öncesinde yapılması zorunlu olan hava geçirgenlik testinin gösterimine yer verilmiştir. Giydirme cephelerde EN 12153, kapı ve pencere sistemlerinde EN 1026’ya göre uygulanan bu test pozitif ve negatif basınç altında yapılmaktadır.



Şekil 4.70 : Hava geçirgenlik test gösterimi (Url-24, 2022).

Çubuk sistemlerde ise sadece sahada iki yolla bu test yapılabilir. İlk hortum testi de denilen bu test bir hortumla yüksek basınçlı suyun cepheye belli bir süre püskürtülerek gerekli sızdırmazlığın sağlanıp sağlanmadığını anlamak için olmaktadır. İkinci yol ise, binanın dış ve iç ortamı arasında basınç farkı oluşturarak su püskürtülmesi yoluyla yapılmaktadır. Şekil 4.71’de yüksek basınç ile sahada yapılan su sızdırmazlık testinin görseline yer verilmiştir (Url-25, 2022).

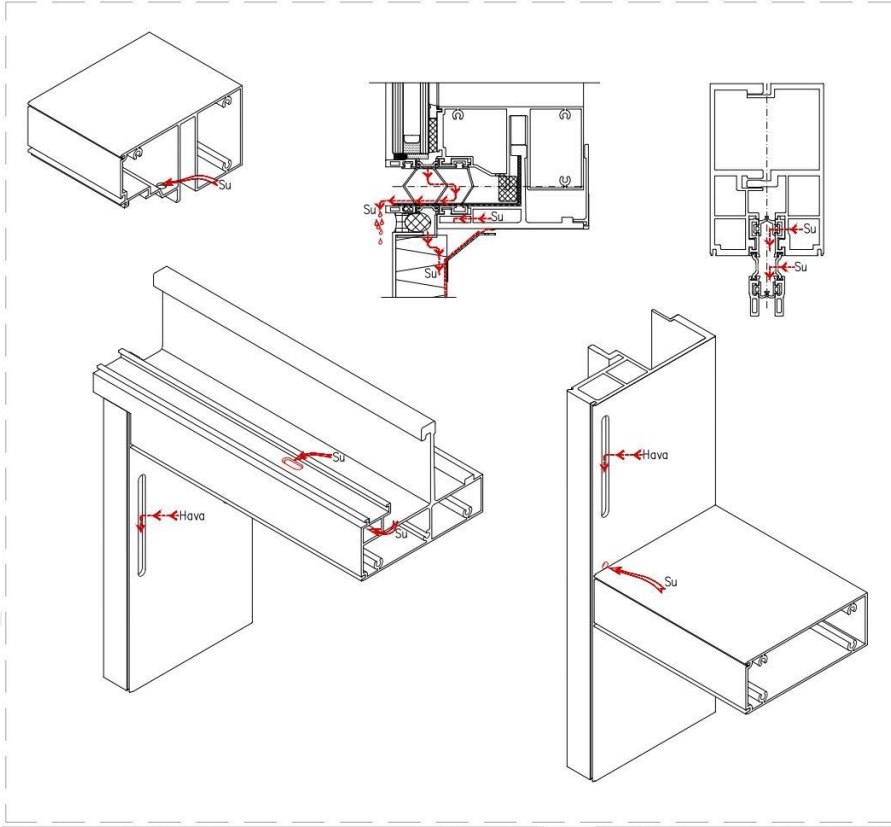


Şekil 4.71 : Su püskürtülerek sahada yapılan su sızdırmazlık testi (Url-25, 2022).

4.12 Su Tahliye Sistemleri

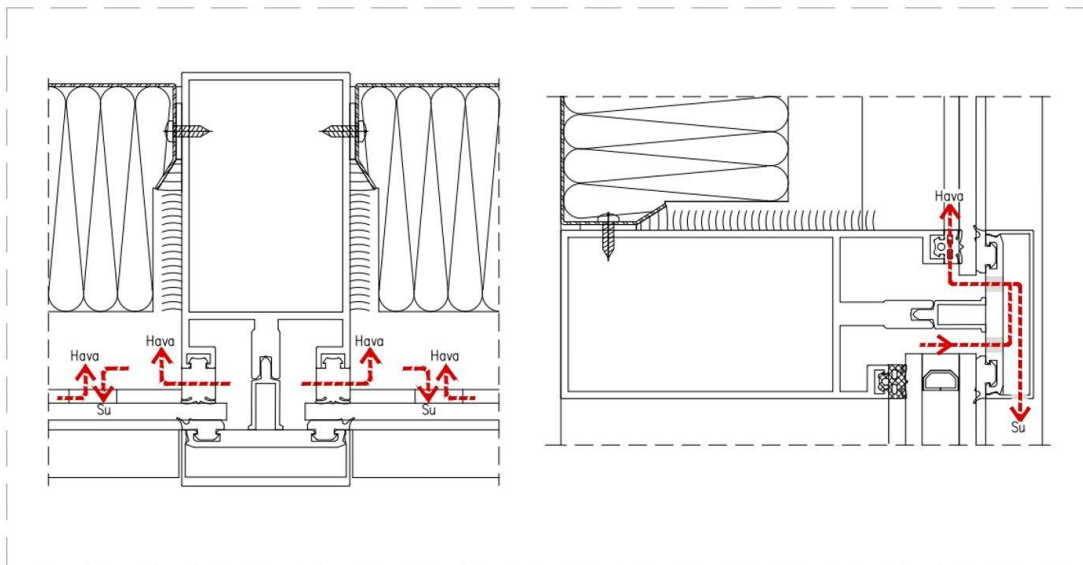
Giydirme cephelerde karşılaşılabilecek en kötü ve ciddi sorunlardan biri de cephenin içine su girerek binanın iç ortamında suyla karşılaşılmasıdır. Bu sebeple suyun tahliye edilmesi için tasarım aşamasına tahliye sistemleri de dahil edilmelidir. Sistem çeşitlerinde su tahliye aşamaları da farklılık göstermektedir.

Panel sistem için çift bariyerli sistem kullanılmıştır. Panel sistemde su, sızdırmazlık hattının önüne düşünce körüklü fitilde açılan tahliye deliğinden dışarı atılmaktadır. Daha geriye su girerse bu sefer ikinci bariyer hattında bulunan fitiller devreye girerek daha da iç kısma su girmesini engeller. Şekil 4.72’de panel sistemin su tahliye şemasına yer verilmiştir.



Şekil 4.72 : Panel sistem su tahliye şeması

Çubuk sistemin su tahliyesi ise tek bariyerli olarak gerçekleşmektedir. Şekil 4.73'te kapaklı çubuk sistemde mulyonun ön hattından giren su tranzom fitilinde bulunun kertmelerden kapağa düşerek burada bulunan su tahliye deliğinden tahliye edilmektedir.



Şekil 4.73 : Çubuk sistem su tahliye şeması

4.13 Güvenlik

Panel sistem için binanın içinden çalışmak işçiler açısından çok daha güvenli bir ortam sağlayabilmektedir. Çubuk sistemde ise, binanın dışından ve eğer yüksek katlarda ise sepet içinde işçiler tüm bileşenleri ayrı ayrı taşıyarak birleştirip silikonlama işlemini yapmak durumunda kalırlar. Bu da güvenlik zafiyeti yaratmaktadır.

4.14 Maliyet Analizi

Alüminyum giydirme cephelerde binada bulunan tüm sistemleri kendi içinde değerlendirerek maliyet analizi daha proje teklif aşamasındayken yapılmaktadır. Örneğin; panel sistemler çok katlı yapılarda tekrar eden modüllerde tasarlandıkları için tek tek tüm cephelerde bulunan panelleri hesaplamak yerine tekrar eden bir adet panelin maliyetini hesaplayarak bunu ilgili adetle çarparak maliyeti çıkarılmaktadır. Analiz yapılırken profiller ayrı diğer aksesuarlar ayrı hesaplanmaktadır. Bunun yanı sıra profillerde yapılacak herhangi bir yüzey işlemi, üretiminde ve sahadaki işçilik, farikadan inşaat alanına olan nakliyat, vergi, belirlenen kâr oranı ve son olarak da genel giderler maliyetin toplamını oluşturmaktadır.

Projeler için maliyet analizi yapılırken yurt içinde ve yurt dışında bulunan projelerdeki maliyet analizlerinde ülkelerin değişik koşullara ve ekonomilere sahip olması sebebiyle genel bir kabul yapılamamaktadır. Yurt içinde yapılan projelerde esas alınacak birim fiyatları belirlerken Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği bakanlığının her yıl yayımladığı inşaat ve tesisat birim fiyatları listesi esas alınmaktadır. Bunun yanı sıra yurt dışında olan projeler için ise RS Means isimli bir veri tabanı maliyet analizlerinde tahmin için baz alınmaktadır.

Alüminyum profiller için metretül (mt) cinsinden hesap yapılmaktadır. Genellikle 6 mt gibi standart sayılan ölçülerde üretildikleri gibi eğer fire oranı yüksek çıkarsa özel boylarda da profil temin edilebilmektedir. Fire yani zayi olan kısım kat yüksekliği ve panellerin aks arası mesafelerine göre değişim göstermektedir. Profillerin toplam fiyatını bulmak için öncelikle kaç metretül profil gerektiği bulunarak sonuç ağırlığı ile çarpılır. Daha sonra ise birim fiyatı ile çarpılarak toplam fiyatı elde edilir. Çizelge 4.16'da profil maliyet analizinin prensipte nasıl hesaplandığını gösteren bir örneğe yer verilmiştir.

Çizelge 4.16 : Profil maliyet analiz örneği.

PROFİL MALİYET ANALİZİ							
Profil	Miktar (mt)		Ağırlık (kg/mt)		Birim Fiyat (Euro)		Toplam Maliyet (Euro)
Mulyon Profili	128	x	2,9	x	6,8	=	2.524,16
Tranzom Profili	85	x	2,3	x	6,8	=	1.329,4

Paneli oluşturan profiller hesaplandıktan sonra aynı şekilde bir modüldeki tüm aksesuarlar da hesaplanmaktadır. Fital veya izolatörler metretül cinsinden hesaplanırken takoz, klips, çam çıtaları ve çeşitli bağlantı elemanları ise adet cinsinden hesaplanmaktadır. Çizelge 4.17’de aksesuar maliyet analizinin prensipte nasıl hesaplandığını gösteren bir örneğe yer verilmiştir.

Çizelge 4.17 : Aksesuar maliyet analiz örneği.

AKSESUAR MALİYET ANALİZİ							
	Miktar		Ağırlık		Birim Fiyat (Euro)		Toplam Maliyet (Euro)
İzolatör	130 mt	x	1	x	0,80	=	104
Cam Fitali	245 mt	x	1	x	0,90	=	220,5
Vida	800 adet	x	1	x	0,20	=	160

Malzeme maliyeti olarak binada çubuk sistemin kullanıldığı yerler panel sisteme göre çok daha az olduğundan çubuk sistemin maliyeti daha düşük çıkmıştır. Ayrıca panellerde kullanılan profiller her projede, projeye özgü ölçülerde ve boyutlarda yapılabilmektedir. Tez kapsamında ele alınan projede de projeye özgü tasarım yapılmıştır. Bu sebeple profil maliyeti yeni kalıp üretimi söz konusu olduğundan ve araştırma-geliştirme gideri de hesaba katıldığından çubuk sisteme göre daha maliyetli olmuştur. Bunun yanı sıra projedeki panel sistem yeni bir sistem olduğundan dolayı ekstra olarak test maliyetleri de genel maliyete eklenmektedir.

Projelerin maliyet analizinde bir diğer kalem de işçiliktir. İşçilik hem uygulama aşamasında çalışanları hem imalat kısmında görev alan personelleri hem de montaj kısmında çalışanları kapsamaktadır. Tez kapsamında ele alınan binanın Amerika’da olduğu göz önüne alındığında tüm kalemlerdeki işçilik ücretinin yurt içine kıyasla çok daha fazla olması sebebiyle maliyetin yükselmesine sebep olmuştur.

Amerika'daki projelerde tasarımdaki onay süreci, yapılan test çeşitleri ve kriterleri, malzeme onay aşamaları, yapılan statik hesaplamaların kontrolleri vb. birçok kalemden yurt içinde yapılan birçok projeye kıyasla süreç daha uzun sürmekte olup daha maliyetli sonuçlanmaktadır. Ayrıca imalat ve montaj işçiliği adam/saat oranı bazında panel sistemlerin çubuk sistemlere göre sayısı daha fazla olduğundan işçilik ücreti daha yüksek bir maliyete neden olmuştur.

Ayrıca panellerin nakliyatı üretilen fabrika ile ilgili projenin bulunduğu ülke düşünülerek planlanmaktadır. Bunlar deniz, hava ya da kara yolu ile yapılmaktadır. Genellikle kara veya deniz yolu tercih edilmekte olup iş programı açısından planlanan tarihlerde geç kalınması veya ilgili ülkeye kara yolu ile ulaşımın sağlanamaması gibi durumlarda hava yolu da kullanılabilir. Bu sebeple nakliyat maliyeti de değişim göstermektedir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz mimarisinde çok katlı yüksek yapılar ile oldukça sık karşılaşılmaktadır. Alüminyum giydirme cepheler gerek yapılarda estetik bir görünümü ön plana çıkarmaları gerekse de kolay ve hızlı montaj avantajı sağlamaları nedeniyle oldukça fazla tercih edilmektedirler. Çok katlı yüksek yapılarda kullanılması için cephede uygun sistemlerin seçimini yapmak büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple hızlı gelişmekte olan teknolojiyi takip ederek bina kullanıcıları için en uygun konfor koşullarını sağlayacak sistemleri seçmek gerekmektedir.

Son zamanlarda yapı sektöründe çokça tercih edilen giydirme cephe sisteminin içinde yer alan panel ve çubuk sistemleriyle sıklıkla karşılaşılmaktadır. Bu sebeple tez kapsamında en sık karşılaşılan bu iki tip sistemin uygulandığı bir proje incelenerek, sistemlerin çok yönlü bir karşılaştırılması yapılmıştır.

Bina örneğin üzerinde panel ve çubuk sistemlerin profil ve ankraj tasarımlarında sehim ve gerilme hesaplamaları açısından incelemesi yapılmıştır. Panel ve çubuk sistemlerin ikisi içinde bulundukları bölgenin izin verilebilir sehim ve gerilme limitlerini aşmayacak şekilde tasarlanabildikleri görülmüştür.

Panel ve çubuk sistemlerin tasarım açısından incelemesi yapıldığında, panel sistemlerde uygulamanın yapılacağı binaya özgü cephe tasarımına uyum sağlayacak profil kalıplarının üretilmesinin yaygın olduğu görülmüştür. Fakat çubuk sistemlerde genellikle standart tasarlanmış sistem bileşenleri kullanılmaktadır. Bu nedenle, tasarım açısından çok daha çeşitlilik ve esneklik sağlayabildiği için panel sistemlerin daha avantajlı olduğu görülmüştür.

Panel ve çubuk sistemlerin imalat açısından incelemesi yapıldığında, panel sistemlerin imal edilirken her aşamasının fabrika ortamında oluşturulup, kontrollü bir şekilde birleştirildiği görülmüştür. Çubuk sistemler de ise profiller ve sistem bileşenlerinin imalatı yapılarak birleştirilmeden sahaya sevk edilmektedir. Bu yüzden

imalat açısından kontrollü bir birleşim yapılabildiği için panel sistemlerin daha avantajlı olduğu görülmüştür.

Panel ve çubuk sistemlerin montaj açısından incelemesi yapıldığında, panel sistemlerin montajının genellikle bina içerisinden yapıldığı görülmüştür. Bu sebeple daha güvenli ve kontrollü bir ortamda çalışma imkânı sağlamaktadır. Fabrikadan hazır halde sahaya sevk edilen paneller vinç yardımıyla önceden yerleştirilen ankrajlara oturtularak sabitlenmektedir. Üretilen panellerin sahaya nakliye süresi daha uzun sürmektedir. Çubuk sistemlerde ise sahaya sevk edilen sistemi oluşturan tüm bileşenler sırasıyla genellikle binanın dışından çalışılarak yerleştirilmektedir. Bazı bileşenlerin mevsim koşullarından etkilenmesi sebebiyle cephenin montajı uzun sürebilmektedir. Üretilen çubuk sistem elemanlarının ise sahaya nakliyesi daha kısa sürmektedir. Sahada yapılan işçilik, üretim hızı, nakliye süresi ve güvenlik açısından panel sistemlerin daha avantajlı olduğu görülmüştür.

Panel ve çubuk sistemlerin toleranslara olan uyum ve kalite kontrolü açısından incelemesi yapıldığında, panel sistemlerin cephe testlerine tabi tutularak fabrika ortamında kalite kontrolünden geçirilerek sahaya sevk edildiği tespit edilmiştir. Bu nedenle de projede belirlenen toleranslara uygun olacak şekilde birleştirilerek gönderilmektedirler. Panelleri oluşturan profillerde tasarım esnekliğine sahip olduğundan deprem ve yatay yer değiştirme gibi herhangi bir harekete karşı özel tasarımlar da yapılabilmektedir. Çubuk sistemlerde ise testler saha ortamında yapılabilmektedir. Cephe birleşimlerinde ise ayarlar sahada işçiler aracılığıyla yapılmaktadır. Tasarımlarda genellikle standart çözümler kullanıldığından hareketlere uyum gösterebilecek özel çözümlere yer verilmemektedir. Bu sebeple toleranslara uyum kabiliyeti ve kalite kontrolünün olması açısından panel sistemlerin daha avantajlı olduğu görülmüştür.

Panel ve çubuk sistemlerin sızdırmazlık performansı açısından incelemesi yapıldığında, panel sistemler imalat çiziminde belirlenen sistemin su tahliye şemasına uygun fabrika ortamında su tahliye delikleri açılarak panel birleşimleri yapıldıktan sonra su sızdırmazlık testlerine tabi tutuldukları görülmektedir. Ayrıca panel sistemlerde çift bariyerli sistemler bulunmakta olup sisteme girebilecek her türlü suyun dışarıya tahliye edilmesi amaçlanmaktadır. Çubuk sistemlerde ise tek

bariyerli bir su tahliyesi görülmektedir. Bu sebeple tam kapsamlı bir sızdırmazlığın sağlanması açısından panel sistemlerin daha avantajlı bir seçenek olduğu açıktır.

Panel ve çubuk sistemlerin sistemsel olarak malzeme maliyet analizi yapıldığında, ele alınan binada çubuk sistemin daha çok binanın zemin katında kullanılması ve çok daha az bir miktarda bulunması sebebiyle panel sisteme göre maliyeti düşük çıkmıştır. Ayrıca panel sistemin projede mimari olarak istenen ölçülere göre özel tasarlanması sebebiyle çubuk sisteme göre daha maliyetli olduğu görülmüştür.

Son olarak panel ve çubuk sistemlerin avantaj ve dezavantajları incelendiğinde panel sistemlerin avantajları cepheye özgü tasarım esnekliği sağlaması, fabrika ortamında kontrollü bir imalat ve montaj imkânı sunması, saha montajının kısa sürmesi, farklı malzemelerle birlikte kullanılabilmesi, bina hareketlerine karşı tolerans sağlaması, bina içinden güvenilir bir çalışma ortamı sunması ve gelişmiş bir su tahliye sisteminin olması olarak söylenebilmektedir. Bunun yanı sıra sahaya geç ulaşması, stok alan ihtiyacının olması, arge, test, imalat ve montaj işçiliklerinin maliyetinin yüksek olması dezavantaj olarak saptanmıştır. Çubuk sistemlerin avantajları arasında maliyetinin panel sisteme göre daha düşük olması, nakliyesinin daha kolay olması, tüm bileşenlerinin sahada birleşmesi sebebiyle sahaya modifikasyonunun daha mümkün olması ve küçük yapılara daha uyumlu olması sayılabilmektedir. Çubuk sistemin dezavantajları arasında ise bina hareketlerine toleransın daha düşük olması, binanın dış cephesinde daha yoğun bir çalışma yapılmasını gerektirmesi, çok sayıda cephe bileşeninin sahada kontrolünün zor sağlanması, işçilik ve montajın süresinin uzun olması ve cephe testlerinin sadece sahada yapılabiliyor olması sayılabilmektedir. Karşılaştırma sonucunda özellikle çok katlı binalarda sunduğu avantajlar sebebiyle panel sistemlerin tercih edildiği görülmüştür.

Bu çalışmanın öncülüğünde gelecekte alüminyum giydirme cephelerin binalarda kullanımının çok daha yaygınlaşacağı göz önünde bulundurularak, tüm diğer cephe sistemlerinin de dahil edildiği karşılaştırmalı bir rehber kitapçık oluşturarak inşaat sektörüne yararlı olunabileceği düşünülmektedir.



KAYNAKÇA

- Allen, E.** (1993). *Architectural detailing; function, constructibility, aesthetics*. Amerika Birleşik Devletleri: John Wiley and Sons.
- Charleson, A.** (2007). *Architectural Design for Earthquake*. New Zealand Society for Earthquake Engineering.
- CMHC.** (2004). *Glass and metal curtain walls - Best practice guide, building technolgy*. Kanada: Corporation, Canada Mortgage and Housing.
- Cogurcu, M. T., ve Uzun, M.** (2019). Prefabrike Yapıların Rüzgâr Yüğü Güvenliğinin Belirlenmesi. *Journal of Engineering Science and Technology*.
- Erkol, E., ve Sayın, S.** (2021). Akıllı Cam Cephe Sistemleri ve Teknolojileri. *Online Journal of Art and Design*.
- Eşsiz, Ö.** (2004). Teknolojinin Cam Cephe Panellere Getirdiği Yenilikler. İstanbul: 1.Ulusal Çatı ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu .
- Herzog, T., Krippner, R., and Lang, W.** (2004). *Facade Construction Manual*. Basel : Birkhauser.
- Kazanasmaz, T., ve Diler, Y.** (2011). Gelişmiş Cam Teknolojileri İle Enerji Etkinliğin Değerlendirmesi. *VI. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu Ve Sergisi Bildirileri*, (s. 84-93). İzmir.
- Kazmierczak, K.** (2010). *Review of Curtain Walls, Focusing on Design Problems and Solutions*. Alındığı tarih: 24.07.2022 <http://karol.us/BEST2.pdf> adresinden alındı
- Memari, A. M.** (2013). *Curtain Wall Systems*. American Society of Civil Engineers .
- Murray, S.** (2009). *Contemporary Curtain Wall Architecture*. New York : Princeton Architectural Press.
- Ruck, N., Aschehoug, Ø., and Aydınli, S.** (2000). *Daylight in Buildings*. California, USA: AECOM Ltd on behalf of the International Energy Agency.

- Sev, A., Gür, V., ve Özgen, A.** (2003). Cephenin Vazgeçilmez Saydam Malzemesi Cam. İstanbul: Ulusal Yapı Malzemeleri Kongresi.
- Sezer, F. Ş.** (2005). Farklı cam türlerinin performans kriterlerinin incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 15-21.
- Şenkal , F.** (2002). Yapıda giydirme cephe sisteminin kullanımında optimal konfor koşullarının sağlanması için performans kriterlerinin araştırılması. *Doktora Tezi*. Trakya, Edirne: Trakya Üniversitesi.
- TDK.** (2011). Güncel Türkçe Sözlük. Türk Dil Kurumu Yayınları.
- Tortu, Ş.** (2006). Alüminyum Giydirme Cephelerde Isıl Performans Durabilite İlişkisinin İncelenmesi. İstanbul: İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- TS EN 13830.** (2005). *Giydirme cepheler- Mamul standardı*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Url-1** <<https://sanat.ykykultur.com.tr/kultur-sanat-hakkinda/mezan#>>, erişim tarihi 10.08.2022.
- Url-2** <<http://www.ictas.com.tr/TR/insaat/ProjeDetay/62>>, erişim tarihi 10.08.2022.
- Url-3** <<https://alugp.com/schuco-fws-50/>>, erişim tarihi 10.08.2022.
- Url-4** <<https://www.architecturaldigest.com/gallery/the-most-innovative-glass-buildings>>, erişim tarihi 11.08.2022.
- Url-5** <<https://insapedia.com/yapilarda-kullanilan-cam-cesitleri/>>, erişim tarihi 23.01.2022.
- Url-6** <<http://www.aluwall.com/pdf/camvecamuniteleri.pdf>>, erişim tarihi 15.08.2022.
- Url-7** <<https://duzcam.sisecam.com/tr/mimari-camlar/profesyoneller-icin-urun-katalogu/flotal-standart>>, erişim tarihi 18.08.2022.
- Url-8** <<https://malzemebilimi.net/temperlenmis-cam-guvenli-cam.html>>, erişim tarihi 18.08.2022.
- Url-9** <<http://www.markacam.com/img/portfolio/temperlicam/temperli-cam-3.jpg>>, erişim tarihi 18.08.2022.
- Url-10** <<http://tr.sdtsglass.com/laminated-glass/clear-colored-laminated-glass/color-laminated-glass.html>>, erişim tarihi 18.08.2022.
- Url-11** <http://funnycam.com.tr/tr/urun/renkli-duz-cam_44>, erişim tarihi 19.08.2022.

- Url-12** <<http://www.camcibulent.com/urun-22-reflekte-cam.html>>, erişim tarihi 19.08.2022.
- Url-13** <<https://architizer.com/blog/product-guides/product-guide/eantka-glazed-facades/>>, erişim tarihi 19.08.2022.
- Url-14** <<https://www.basarancam.com.tr/kaplamali-camlar.html>>, erişim tarihi 19.08.2022.
- Url-15** <<https://www.essentracomponents.com/en-us/news/solutions/general-protection/epdm-vs-silicone-a-simple-guide>>, erişim tarihi 31.10.2022.
- Url-16** <https://www.yapikatalogu.com/kapi-ve-kapi-donanimi/isi-yalitim-bariyeri/technoform-bio-polyamid-isi-yalitim-bariyeri_24395>, erişim tarihi 31.10.2022.
- Url-17** <https://tr.wikipedia.org/wiki/New_York>, erişim tarihi 04.08.2022.
- Url-18** <<https://www.kpf.com/location/americas>>, erişim tarihi 04.08.2022.
- Url-19** <<https://1madisonnyc.com/>>, erişim tarihi 02.07.2022.
- Url-20** <<https://www.sotawall.com/about/assembly/>>, erişim tarihi 11.03.2022.
- Url-21** <<https://www.hoistsdirect.com/>>, erişim tarihi 08.07.2022.
- Url-22** <<https://openlab.citytech.cuny.edu/buildingnewyork/2017/11/17/curtainwall-installation-stick-system/>>, erişim tarihi 11.03.2022.
- Url-23** <<https://openlab.citytech.cuny.edu/buildingnewyork/2017/11/08/stick-system-curtain-wall-installation/>>, erişim tarihi 11.03.2022.
- Url-24** <<https://view.publitas.com/agna-global/fti-brochures/page/1>>, erişim tarihi 12.01.2022.
- Url-25** <<https://tsienergysolutions.com/curtain-walls-leak-testing/aama-503-14/>>, erişim tarihi 11.03.2022.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Mevlüde Melike TURAN

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Yüksek Lisans** : 2018, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Bölümü (Üstün Başarı Bursu)
- **Lisans** : 2015, Okan Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü (Ç.A.P.) (%100 ÖSYM Bursu)
- **Lisans** : 2014, Okan Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü (%100 ÖSYM Bursu)
- **Lise** : 2008, Samiha Ayverdi Anadolu Lisesi, Fen Bilimleri

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2015- halen Metal Yapı- Designer
- 2014- 2015 Erme İmece-Saha Mimarı
- 2014: Okan Üniversitesi Mimarlık Bölümü Üçüncülüğü

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- Turan, B., Turan, M.M. (2022) Kent Yoksullarının Barınma Sorununa Bir Çözüm Modeli Olarak Ortak Konutların Uygulanabilirliği, VII. Kent Araştırmaları Kongresi, 16-17-18 Mayıs 2022, Ankara, cilt.1, ss.1033-1042.