

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE’DE UYGULANACAK EĞİTİM YAPILARININ MİMARİ
TASARIM VE DIŞ CEPHE KAPLAMA MALZEMESİ ÖZELLİKLERİNE
GÖRE ÇEVRESEL ETKİ YÜKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Dilfuz KARA

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

HAZİRAN 2025

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE’DE UYGULANACAK EĞİTİM YAPILARININ MİMARİ
TASARIM VE DIŞ CEPHE KAPLAMA MALZEMESİ ÖZELLİKLERİNE
GÖRE ÇEVRESEL ETKİ YÜKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Dilfuz KARA
(502221504)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Caner GÖÇER

HAZİRAN 2025

ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY ★ GRADUATE SCHOOL

**EVALUATION OF ENVIRONMENTAL IMPACT LOADS BASED ON
ARCHITECTURAL DESIGN AND EXTERIOR CLADDING MATERIAL
CHARACTERISTICS IN EDUCATIONAL BUILDINGS**

M.Sc. THESIS

**Dilfuruz KARA
(502221504)**

Department of Architecture

Environmental Control and Construction Technologies Programme

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Caner GÖÇER

JUNE 2025

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 502221504 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi DİLFURUZ KARA, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “TÜRKİYE’DE UYGULANACAK EĞİTİM YAPILARININ MİMARİ TASARIM VE DIŞ CEPHE KAPLAMA MALZEMESİ ÖZELLİKLERİNE GÖRE ÇEVRESEL ETKİ YÜKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Caner GÖÇER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

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

Prof. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi

Teslim Tarihi : **30 Mayıs 2025**
Savunma Tarihi : **26 Haziran 2025**





Anneme, babama ve eşime,



ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, cephe malzemelerinin gömülü enerji değerleri üzerinden sürdürülebilirlik bağlamında değerlendirilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Araştırma süreci boyunca edindiğim bilgi ve deneyimlerin yanı sıra, bu sürecin zorlu dönemlerinde bana destek olan kişi ve kurumların katkısı yadsınamaz.

Öncelikle, bilgi ve tecrübesiyle çalışmamın her aşamasında yol gösterici olan, sabrı ve yönlendirmeleriyle akademik gelişimime önemli katkılar sağlayan değerli danışmanım Doç. Dr. Caner Göçer'e teşekkürlerimi sunarım. Tez süresince maddi destek sağlayarak çalışmamın sağlıklı bir şekilde yürütülmesine olanak tanıyan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) ve 2210-A Yüksek Lisans Burs Programı'na teşekkür ederim. Ayrıca, lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi, birikim ve yaklaşımlarıyla akademik gelişimime katkıda bulunan tüm değerli hocalarıma da içten teşekkürlerimi sunarım.

Akademik yolculuğum boyunca her zaman yanımda olan, sevgisi, sabrı ve desteğiyle bana güç veren başta annem Ayten ŞAHAR ve babam Osman ŞAHAR olmak üzere, kardeşlerime (Diyarcan, Dilara, Hakkı İbrahim, Dilruba Nur ve Çakır Evran), EŞİM Reşat KARA'ya ve arkadaşlarıma gönülden teşekkür ederim. Onların varlığı bu süreci benim için daha anlamlı ve değerli kılmıştır.

Bu tez, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nde, 2025 yılında tamamlanmıştır. Emeği geçen herkese en içten teşekkürlerimle...

Haziran 2025

Dilfuruz Kara
(Mimar)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
SEMBOLLER	xv
ÇİZELGE LİSTESİ	xvii
ŞEKİL LİSTESİ	xix
ÖZET	xxiii
SUMMARY	xxv
1.GİRİŞ	1
1.1 Amaç	3
1.2 Kapsam	4
1.3 Yöntem	5
1.4 Literatür Araştırması	7
2.TÜRKİYE'DE MEVCUT EĞİTİM YAPILARINA AİT DIŞ DUVAR TASARIMI	13
2.1 Mimari ve Yapısal Özellikler	14
2.2 Dış Duvar Özellikleri	16
2.2.1 Cephe düzenleme	18
2.2.2 Malzeme özellikleri	20
2.2.3 Katmanlaşma düzeni	22
2.3 Dış Duvar Özelliklerine Göre Problemlerin Analizi	24
2.4 Bölüm Sonucu	26
3.EĞİTİM YAPILARININ DIŞ DUVAR TASARIMINDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK	29
3.1 Sürdürülebilirlik Kavramı	30
3.2 Malzeme Üretimi Bakımından Sürdürülebilirlik	31
3.3 Yapım Sürecinde Sürdürülebilirlik	33
3.4 Kullanım Enerjisi Bakımından Sürdürülebilirlik	34
3.5 Bölüm Sonucu	37
4.EĞİTİM YAPILARINDA DIŞ CEPHE KAPLAMA MALZEMELERİ	39
4.1 Alüminyum Kompozit	41
4.2 Masif Ahşap	44
4.3 Ahşap Kompozit	48
4.4 Granit	52
4.5 Seramik	55
4.6 Porselen Levha	59
5.EĞİTİM YAPILARINDA MİMARİ TASARIM VE DIŞ CEPHE KAPLAMA SEÇENEKLERİN BELİRLENMESİ	65
5.1 Mimari Plan Seçenekleri	66
5.2 Cephe Düzenleme Seçenekleri	69

5.3 Malzeme Seçenekleri.....	73
5.4 Seçenek Gruplarının Oluşturulması	75
5.4.1 Değişken gruplarının tanımı.....	75
6.SEÇENEKLERİN ÇEVRESEL ETKİ YÜKLERİNİN HESAPLANMASI ...	81
6.1 Hesap Yöntemleri.....	82
6.2 One Click LCA.....	83
6.3 Hesap Verileri.....	84
7.GENEL DEĞERLENDİRME.....	91
8.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	113
KAYNAKLAR.....	119
EKLER	123
ÖZGEÇMİŞ.....	155



KISALTMALAR

BIM	: Building Information Modeling (Yapı Bilgi Modellemesi)
BREAM	: Building Research Establishment Environmental Assessment Method
EPD	: Environmental Product Declaration (Çevresel Ürün Beyanı)
EPS	: Expanded Polystyrene (Genleştirilmiş Polistiren)
HDPE	: High-Density Polyethylene (Yüksek Yoğunluklu Polietilen)
HPL	: High Pressure Laminate (Yüksek Basıncılı Laminat)
ISO	: International Organization for Standardization
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
LCA	: Life Cycle Assessment (Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi)
PVC	: Polyvinyl Chloride (Polivinil Klorür)
TS	: Türk Standardı
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UNEP	: United Nations Environment Programme
UV	: Ultraviolet (Morötesi) Işın
VOC	: Volatile Organic Compounds (Uçucu Organik Bileşikler)
WCED	: World Commission on Environment and Development
XPS	: Extruded Polystyrene (Ekstrüde Polistiren)



SEMBOLLER

%	: Yüzde (oran birimi)
cm	: Santimetre (uzunluk birimi)
g/cm³	: Gram bölü santimetreküp (yoğunluk birimi)
kgCO₂e	: Kilogram Karbon Dioksit Eşdeğeri (karbon salımı birimi)
kgCO₂e/kg	: Kilogram Karbon Dioksit Eşdeğeri bölü kilogram (karbon salımı birimi)
kgCO₂e/ m²	: Kilogram Karbon Dioksit Eşdeğeri bölü metrekare (karbon salımı birimi)
kg/m²	: Kilogram bölü metrekare (alan yoğunluğu birimi)
kg/m³	: Kilogram bölü metreküp (hacim yoğunluğu birimi)
m²	: Metrekare (alan birimi)
MJ/kg	: Megajoule bölü kilogram (enerji birimi)
mm	: Milimetre (uzunluk birimi)



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 6.1 : Programa girilen cephe alanları(m ²).....	84
Çizelge 6.2 : Malzemeler için programa girilen bilgiler.....	84
Çizelge 6.3 : Alüminyum kompozit için seçenekler ve karbon salımı değerleri.....	85
Çizelge 6.4 : Masif ahşap için kod ve karbon salımı değerleri.....	85
Çizelge 6.5 : Ahşap kompozit için kod ve karbon salımı değerleri.....	86
Çizelge 6.6 : Granit için kod ve karbon salımı değerleri.....	86
Çizelge 6.7 : Seramik için kod ve karbon salımı değerleri.....	87
Çizelge 6.8 : Porselen levha için kod ve karbon salımı değerleri.....	87
Çizelge 6.9 : Malzeme seçeneklerinin cephe düzenleme ve farklı plan türlerine göre m ² başına düşen karbon salımı değerleri (kgCO ₂ e/m ²) ve sürdürülebilirlik bakımından etkinlik düzeyleri.....	90
Çizelge C.1 : Programdan alınan verilerin tümünü gösteren çizelge	130



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Yaygın kullanılan mimari plan tiplerinin genel örneği.	15
Şekil 2.2 : Yaygın kullanılan cephe sistemi kesitinin genel örneği (URL 2).	17
Şekil 2.3 : Türkiye’de bulunan eğitim yapılarının cephe düzenlemesi örnekleri (a) kolonların yansıtıldığı cephe düzeni (b) girişlerin yansıtıldığı cephe düzeni (c) taşıyıcının yansıtılmadığı cephe düzeni (d) köşe taşıyıcı ve girişlerin yansıtıldığı cephe düzeni (e) tüm taşıyıcının yansıtıldığı cephe düzeni (MEB).....	19
Şekil 3.1 : Türkiye bina sektörü karbonsuzlaşma yol haritası (URL 3).	31
Şekil 3.2 : Bir yapının yaşam döngüsünün evreleri ve birbiriyle olan ilişkisi (Simonen, 2017: 22).	35
Şekil 4.1 : AKPA BOND A2 alüminyum kompozit panelin katmanlı yapısı.	41
Şekil 4.2 : Alüminyum kompozit malzeme görseli.	42
Şekil 4.3 : Alüminyum kompozit için kesit, plan ve görünüş çizimi.	43
Şekil 4.4 : Masif ahşap cephe görseli ve detayları (Novawood ürün kataloğu).	45
Şekil 4.5 : Masif ahşap için kesit, plan ve görünüş çizimi.	46
Şekil 4.6 : Masif ahşap için cephe profil çeşitleri (Novawood ürün kataloğu).	47
Şekil 4.7 : Ahşap kompozitin cephede kullanımı (YCD Yapı).	48
Şekil 4.8 : Ahşap kompozit panel için renk seçenekleri (YCD Yapı).	49
Şekil 4.9 : Ahşap kompozit için kesit, plan ve görünüş çizimi.	50
Şekil 4.10 : Granit için cephede kullanım görselleri (CenDekor).	52
Şekil 4.11 : Granit için kesit, plan ve görünüş çizimi.....	54
Şekil 4.12 : Cephede kullanılabilen granit türleri (Uğürel mermer&granit).	54
Şekil 4.13 : Cephede kullanılan seramik türlerinden bazıları (Kalebodur Kataloğu).	56
Şekil 4.14 : Seramik için kesit, plan ve görünüş çizimi.	57
Şekil 4.15 : Porselen levha için ürün kalınlıklarını gösteren görsel (Kalesinterfleks).	60
Şekil 4.16 : Porselen levha için ürün boyutlarını gösteren görsel (Kalesinterfleks).	60
Şekil 4.17 : Porselen levha için kesit, plan ve görünüş çizimi.	61
Şekil 4.18 : Porselen levhaya ait yüzey türleri (Kalesinterfleks).....	62
Şekil 5.1 : Avlulu tip plan düzenlemesi.	67
Şekil 5.2 : L tipi plan düzenlemesi.	67
Şekil 5.3 : Dikdörtgen tipi plan düzenlemesi.	68
Şekil 5.4 : H tipi plan düzenlemesi.	69
Şekil 5.5 : Yatay etki cephe düzenlemesi.	70
Şekil 5.6 : Düşey etki cephe düzenlemesi.	71
Şekil 5.7 : Strüktürel etki cephe düzenlemesi.....	71
Şekil 5.8 : Modüler etki cephe düzenlemesi.	72
Şekil 5.9 : Düz etki cephe düzenlemesi.	73
Şekil 5.10 : Seçenek gruplarının kodlaması.	76
Şekil 5.11 : Avlulu plan tipi için seçenek kodu ve bileşen matris tablosu.	78

Şekil 5.12 : L plan tipi için seçenek kodu ve bileşen matris tablosu.	78
Şekil 5.13 : Dikdörtgen plan tipi için seçenek kodu ve bileşen matris tablosu.	79
Şekil 5.14 : H plan tipi için seçenek kodu ve bileşen matris tablosu.	79
Şekil 6.1 : Kullanılabilecek programların karşılaştırma tablosu.	81
Şekil 7.1 : Avlulu plan tipi için farklı malzeme ve cephe düzenleme seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.	93
Şekil 7.2 : L plan tipi için farklı malzeme ve cephe düzenleme seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.	94
Şekil 7.3 : Dikdörtgen plan tipi için farklı malzeme ve cephe düzenleme seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.	95
Şekil 7.4 : H plan tipi için farklı malzeme ve cephe düzenleme seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.	95
Şekil 7.5 : Yatay etki için farklı plan tipi ve malzeme seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.	96
Şekil 7.6 : Düşey etki için farklı plan tipi ve malzeme seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.	97
Şekil 7.7 : Strüktürel etki için farklı plan tipi ve malzeme seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.	97
Şekil 7.8 : Modüler etki için farklı plan tipi ve malzeme seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.	98
Şekil 7.9 : Düz etki için farklı plan tipi ve malzeme seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.	99
Şekil 7.10 : Alüminyum kompozit için farklı cephe düzenleme ve plan tipi seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.	99
Şekil 7.11 : Masif ahşap için farklı cephe düzenleme ve plan tipi seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.	100
Şekil 7.12 : Ahşap kompozit için farklı cephe düzenleme ve plan tipi seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.	101
Şekil 7.13 : Granit için farklı cephe düzenleme ve plan tipi seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.	101
Şekil 7.14 : Seramik için farklı cephe düzenleme ve plan tipi seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.	102
Şekil 7.15 : Porselen levha için farklı cephe düzenleme ve plan tipi seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.	103
Şekil 7.16 : Farklı cephe düzenlemeleri için plan tipi ve malzeme seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.	106
Şekil 7.17 : Farklı plan tipleri için malzeme ve cephe düzenleme seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.	109
Şekil 7.18 : Farklı malzemeler için cephe düzenleme ve plan tipi seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.	112
Şekil A.1 : Programa girilen malzemelere ait bilgiler.	124
Şekil B.1 : Malzeme modüllerinin yatay etki (C1) cephe düzenleme seçeneğine entegrasyonu-cephe çizimleri.	125
Şekil B.2 : Malzeme modüllerinin düşey etki (C2) cephe düzenleme seçeneğine entegrasyonu-cephe çizimleri.	126
Şekil B.3 : Malzeme modüllerinin strüktürel etki (C3) cephe düzenleme seçeneğine entegrasyonu-cephe çizimleri.	127
Şekil B.4 : Malzeme modüllerinin modüler etki (C4) cephe düzenleme seçeneğine entegrasyonu-cephe çizimleri.	128

Şekil B.5 :Malzeme modüllerinin düz etki (C5) cephe düzenleme seçeneğine entegrasyonu-cephe çizimleri.....	129
Şekil D.1 : Alüminyum kompozit- avlulu plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T1C1M1 (b) T1C2M1 (c) T1C3M1 (d) T1C4M1 (e) T1C5M1.	131
Şekil D.2 : Alüminyum kompozit- L plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T2C1M1 (b) T2C2M1 (c) T2C3M1 (d) T2C4M1 (e) T2C5M1.	132
Şekil D.3 : Alüminyum kompozit- dikdörtgen plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T3C1M1 (b) T3C2M1 (c) T3C3M1 (d) T3C4M1 (e) T3C5M1.	133
Şekil D.4 : Alüminyum kompozit- H plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T4C1M1 (b) T4C2M1 (c) T4C3M1 (d) T4C4M1 (e) T4C5M1.	134
Şekil D.5 : Masif ahşap- avlulu plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T1C1M2 (b) T1C2M2 (c) T1C3M2 (d) T1C4M2 (e) T1C5M2.	135
Şekil D.6 : Masif ahşap- L plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T2C1M2 (b) T2C2M2 (c) T2C3M2 (d) T2C4M2 (e) T2C5M2.....	136
Şekil D.7 :Masif ahşap- dikdörtgen plan tipine ait programa girilen girdiler(a) T3C1M2 (b) T3C2M2 (c) T3C3M2 (d) T3C4M2 (e) T3C5M2.	137
Şekil D.8 : Masif ahşap- H plan tipine ait programa girilen girilen girdiler (a) T4C1M2 (b) T4C2M2 (c) T4C3M2 (d) T4C4M2 (e) T4C5M2.	138
Şekil D.9 :Ahşap kompozit- avlulu plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T1C1M3 (b) T1C2M3 (c) T1C3M3 (d) T1C4M3 (e) T1C5M3.	139
Şekil D.10 : Ahşap kompozit- L plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T2C1M3 (b) T2C2M3 (c) T2C3M3 (d) T2C4M3 (e) T2C5M3.	140
Şekil D.11 : Ahşap kompozit- dikdörtgen plan tipine ait programa girdiler (a) T3C1M3 (b) T3C2M3 (c) T3C3M3 (d) T3C4M3 (e) T3C5M3.	141
Şekil D.12 : Ahşap kompozit- H plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T4C1M3 (b) T4C2M3 (c) T4C3M3 (d) T4C4M3 (e) T4C5M3.	142
Şekil D.13 : Granit - avlulu plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T1C1M4 (b) T1C2M4 (c) T1C3M4 (d) T1C4M4 (e) T1C5M4.....	143
Şekil D.14 :Granit- L plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T2C1M4 (b) T2C2M4 (c) T2C3M4 (d) T2C4M4 (e) T2C5M4.....	144
Şekil D.15 : Granit- dikdörtgen plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T3C1M4 (b) T3C2M4 (c) T3C3M4 (d) T3C4M4 (e) T3C5M4.	145
Şekil D.16 :Granit- H plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T4C1M4 (b) T4C2M4 (c) T4C3M4 (d) T4C4M4 (e) T4C5M4.....	146
Şekil D.17 : Seramik- avlulu plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T1C1M5 (b) T1C2M5 (c) T1C3M5 (d) T1C4M5 (e) T1C5M5.....	147
Şekil D.18 : Seramik- L plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T2C1M5 (b) T2C2M5 (c) T2C3M5 (d) T2C4M5 (e) T2C5M5.....	148
Şekil D.19 : Seramik- dikdörtgen plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T3C1M5 (b) T3C2M5 (c) T3C3M5 (d) T3C4M5 (e) T3C5M5.	149
Şekil D.20 : Seramik- H plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T4C1M5 (b) T4C2M5 (c) T4C3M5 (d) T4C4M5 (e) T4C5M5.....	150
Şekil D.21 : Porselen levha- avlulu plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T1C1M6 (b) T1C2M6 (c) T1C3M6 (d) T1C4M6 (e) T1C5M6.	151
Şekil D.22 : Porselen levha- L plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T2C1M6 (b) T2C2M6 (c) T2C3M6 (d) T2C4M6 (e) T2C5M6.....	152
Şekil D.23 : Porselen levha- dikdörtgen plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T3C1M6 (b) T3C2M6 (c) T3C3M6 (d) T3C4M6 (e) T3C5M6.	153
Şekil D.24 : Porselen levha- H plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T4C1M6 (b) T4C2M6 (c) T4C3M6 (d) T4C4M6 (e) T4C5M6.	154



TÜRKİYE’DE UYGULANACAK EĞİTİM YAPILARININ MİMARİ TASARIM VE DIŞ CEPHE KAPLAMA MALZEMESİ ÖZELLİKLERİNE GÖRE ÇEVRESEL ETKİ YÜKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Yapı sektöründe enerji tüketiminin ve çevresel etkilerin azaltılması, sürdürülebilir tasarımın temel hedeflerinden biridir. Özellikle eğitim yapıları gibi yoğun kullanıcıya sahip kamu binalarında, dış duvarların enerji etkin, düşük karbon salımlı ve çevresel sürdürülebilirlik ilkelerine uygun biçimde tasarlanması; hem yapı performansını artırmak hem de uzun vadeli çevresel etkileri en aza indirmek açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, sürdürülebilir tasarımın temel hedeflerinden biri olarak enerji tüketiminin ve çevresel etkilerin azaltılması, dış duvar sistemlerinin bütüncül bir yaklaşımla ele alınmasını gerektirmektedir.

Türkiye’deki eğitim yapılarında dış duvar sistemleri çoğunlukla maliyet odaklı yaklaşımlarla şekillenmiş; iklime duyarsız, düşük performanslı malzemeler, yetersiz yalıtım sistemleri ve sınırlı cephe organizasyonları tercih edilmiştir. Bu durum hem kullanıcı konforunu hem de yapıların çevresel etkilerini olumsuz yönde etkilemektedir. Betonarme ve yığma taşıyıcı sistemlerde dış duvarların yalnızca dolgu işlevi görmesi, malzeme çeşitliliğini ve katmanlaşma entegrasyonunu sınırlandırmakta; özellikle yalıtım eksiklikleri, yapı ömrünü kısaltmakta ve karbon salımını artırmaktadır. Bu nedenle, dış duvarların sağlık, güvenlik, enerji verimliliği ve çevresel sorumluluk ilkeleri doğrultusunda yeniden ele alınması gerekmektedir.

Konuya ilişkin yapılan literatür inceleme verilerine göre yaşam döngüsü analizi, gömülü enerji hesaplamaları ve malzeme sürdürülebilirliği gibi kavramlar çerçevesinde cephe sistemlerinin değerlendirilmesine yönelik çok sayıda çalışma bulunsa da hazır dış cephe sistemlerinin tüm bileşenleriyle birlikte diğer duvar katmanlarının da dikkate alındığı çok katmanlı, bütüncül bir yaklaşımla yapılan çalışmaların sınırlı olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, öncelikle Türkiye genelinde ortaöğretim binalarının plan tipi, cephe düzeni ve dış cephe kaplama malzemesi özelliklerine bağlı seçenekler belirlenmiştir. Söz konusu seçeneklerin çevresel etkileri bağlamında karbon salınım yükleri One Click LCA yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır. Hesap verilerine göre ilgili binaların mimari tasarım ve dış cephe kaplama malzeme özelliklerine göre çevresel etkilerinin değişimi karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bulgular, mimari ve cephe kaplama malzemesi özelliklerinin belirleyici etkiler yarattığını ortaya koymuştur. Çalışmanın sonuçları mimari ve malzeme özelliklerinin birbirinden bağımsız olarak değil, entegre biçimde ele alınmasının sürdürülebilir tasarım açısından önemli olduğunu göstermektedir.

Çalışmada analiz edilen altı farklı cephe kaplama malzemesi – alüminyum kompozit panel, masif ahşap, ahşap kompozit, granit, seramik ve porselen levha – üretim süreçlerindeki karbon salımı potansiyelleri açısından karşılaştırılmıştır. Alüminyum kompozit yüksek karbon salımı ile en dezavantajlı malzeme olarak öne çıkarken, masif

ahşap düşük karbon salımıyla en çevreci alternatif olarak belirlenmiştir. Ancak malzemelerin iklime, yapım sistemine, bakım gereksinimlerine ve cephe düzenine göre performansları farklılaşmakta; buna bağlı olarak tasarım kararlarının bu bağlamda ele alınması zorunlu hale gelmektedir

Cephe düzenleme biçimleri (düz, yatay, düşey, modüler, strüktürel) ve mimari plan tipleri (dikdörtgen, avlulu, L tipi, H tipi) arasındaki kombinasyonlar, her cephe sisteminin karbon salımı üzerindeki etkisini doğrudan değiştirmektedir. Örneğin, alüminyum kompozit + modüler cephe + avlulu plan tipi bileşimi karbon salımı bazında en yüksek değeri üretirken; masif ahşap + düz cephe + dikdörtgen plan tipi bileşimi salım değeri olarak en düşük değeri göstermiştir. Bu veriler, plan tipi ve cephe düzeninin, malzeme kadar karbon salımını etkileyen yapısal kararlar olduğunu göstermektedir.

Bu bağlamda, dış duvar sistemlerinin tasarımında sadece malzeme seçimi değil; plan tipolojisi ve cephe düzenleme biçimi de karbon salımı açısından kritik öneme sahiptir. Elde edilen veriler, kompakt plan tiplerinin çevresel performans açısından daha avantajlı olduğunu; düz cephe etkisinin ise karbon salımını azaltmada etkili olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, malzeme türleri arasında masif ahşabın tüm kombinasyonlarda düşük karbon salımı değerleri sunduğu; buna karşılık alüminyum kompozitin her senaryoda en yüksek değeri ürettiği görülmüştür. Bu durum, yapı tasarımında çevresel etkileri azaltmaya yönelik kararların yalnızca tekil değil, bütüncül biçimde alınması gerektiğini göstermektedir.

Sürdürülebilir dış duvar tasarımında bu üç temel bileşenin bütünleşik olarak ele alınması, çevresel etkilerin ve karbon salımının azaltılması, enerji verimliliğinin artırılması ve dirençli yapılaşmanın sağlanması bakımından önemlidir.

Gelecek çalışmalarda, bu üçlü tasarım bileşeninin farklı iklim bölgelerinde uzun vadeli performans analizleri, kullanıcı konforu, bakım maliyetleri ve enerji tüketimi ile ilişkilendirilerek modellenmesi; sürdürülebilir mimari tasarıma yönelik daha güçlü karar mekanizmalarının oluşturulması bakımından katkı sağlayacaktır.

EVALUATION OF ENVIRONMENTAL IMPACT LOADS BASED ON ARCHITECTURAL DESIGN AND EXTERIOR CLADDING MATERIAL CHARACTERISTICS IN EDUCATIONAL BUILDINGS

SUMMARY

Reducing energy consumption and mitigating environmental impacts in the construction sector represent fundamental goals of sustainable architectural practice. As buildings account for a significant portion of global energy use and greenhouse gas emissions, enhancing the environmental performance of building envelopes—particularly exterior wall systems—has become increasingly critical. According to global estimates, nearly 40% of energy consumption and around 30% of total greenhouse gas emissions are directly associated with buildings during their construction and operational stages. Consequently, the building envelope, acting as a boundary between internal conditioned spaces and the external environment, plays a crucial role in regulating thermal behavior, air and moisture flow, natural lighting, and overall energy efficiency.

Within this scope, educational facilities stand out as high-priority typologies due to their public character, intense occupancy patterns, large spatial requirements, and extended operational lifespans. These buildings, often in use for decades and serving diverse user groups daily, exhibit considerable environmental impact through their energy consumption and material demand. Therefore, the design of exterior walls in educational buildings must emphasize energy efficiency, low embodied carbon, and sustainable material choices, positioning façade systems as central elements within the broader framework of environmentally responsible design.

To meet these performance goals, a systems-based design approach becomes imperative—one that simultaneously considers thermal insulation, material lifecycle, structural durability, environmental adaptability, and architectural articulation as interconnected design variables. In this integrated framework, exterior wall systems are no longer viewed as isolated surface treatments but rather as composite assemblies that contribute significantly to both building performance and user well-being.

However, in Turkey, the design and construction of façade systems in educational architecture have traditionally been shaped by cost-driven considerations rather than long-term performance-based strategies. This tendency has led to the widespread use of economically accessible yet environmentally underperforming materials, minimal insulation standards, and façade designs that are indifferent to orientation, climatic context, or building usage patterns. As a result, the thermal, visual, and acoustic comfort levels within educational buildings are often compromised, and environmental efficiency targets remain unmet.

Moreover, in most reinforced concrete and masonry structures, exterior walls function merely as non-loadbearing infill elements. This reductive interpretation not only marginalizes the technical potential of walls as multifunctional layers but also restricts the adoption of advanced façade strategies involving thermal zoning, solar control,

moisture management, and renewable energy integration. The oversimplification of the wall's role results in underperforming building envelopes that contribute to higher levels of embodied carbon and prolonged operational energy consumption.

While numerous studies have addressed individual aspects of façade performance—such as material properties, Life Cycle Assessment (LCA), and energy simulations—there remains a noticeable research gap in holistic evaluations that consider façades as integrated systems. These include substructures, cladding layers, insulation materials, fastening techniques, and articulation strategies. The lack of a comprehensive, systemic approach limits architects and engineers in making fully informed, environmentally sound decisions during early design stages, particularly in climate-sensitive geographies like Turkey.

In response to this gap, the current study examines the relationship between environmental performance and design variables such as architectural plan typology, façade articulation, and cladding material alternatives within the context of Turkish secondary education buildings. Four common plan typologies were analyzed: courtyard, L-shaped, H-type, and rectangular configurations. Each was assessed for its surface-to-volume ratio, compactness, and potential impact on material usage and energy loss. Similarly, five façade organization types were included in the analysis: flat, vertical, horizontal, modular, and structural façade arrangements.

To evaluate the environmental footprint of various design combinations, the study employed the One Click LCA platform—a recognized tool for assessing embodied carbon based on Environmental Product Declarations (EPDs). Six cladding materials frequently observed in Turkish educational architecture were selected for analysis: aluminum composite panels, solid wood, wood composite, ceramic tiles, granite, and porcelain panels (formerly referred to as sinterflex). Each material was analyzed in terms of its production-phase carbon emissions, recyclability, sourcing locality, and compatibility with architectural form and plan layout.

The results indicated a wide range of carbon emissions depending on both material and configuration. Aluminum composite panels, while prevalent in current construction practice due to their durability and aesthetic flexibility, yielded the highest embodied carbon emissions across most scenarios—surpassing 450,000 kgCO₂e in courtyard + modular façade combinations. In stark contrast, solid wood emerged as the lowest-emitting material, attributed to its renewable origin, minimal processing energy, and low transportation impact when sourced locally. Porcelain panels and granite displayed intermediate emission profiles, with their environmental favorability heavily dependent on installation complexity and origin of raw materials.

Beyond material data, the study highlighted the significant influence of spatial configuration. For instance, rectangular and H-type plan layouts generated higher emissions compared to compact courtyard or L-shaped buildings due to increased façade surface area and thermal exposure. Likewise, modular façade organizations, though visually dynamic, required more material and substructure support, leading to elevated embodied carbon. The most environmentally favorable outcome was achieved through a compact courtyard plan using solid wood cladding and a flat façade organization—illustrating how the alignment of plan typology, material, and geometry is essential for carbon-conscious design.

These findings affirm that sustainability in exterior wall systems cannot be achieved through material selection alone. Instead, spatial planning, volumetric compactness, construction detailing, and envelope articulation play equally critical roles. Compact

configurations, such as courtyard or L-shaped plans, inherently limit thermal bridges and external exposure, thereby reducing both material requirements and operational energy losses. Additionally, these forms often allow for more controlled orientation strategies, enhancing passive solar gains and daylight utilization. This integrated efficiency becomes particularly valuable in educational buildings, where long-term operational performance directly impacts user comfort and institutional resource management. Simplified façade designs, such as flat systems, further enhance material efficiency and installation speed while minimizing waste and transportation-related emissions.

Notably, solid wood consistently outperformed other materials in low-carbon scenarios, validating its potential as a preferred material for educational building façades. Beyond environmental metrics, solid wood also contributes positively to indoor environmental quality, with studies showing its beneficial effects on cognitive performance, stress reduction, and biophilic engagement—factors of particular relevance in academic settings. In contrast, aluminum composite panels consistently underperformed environmentally, regardless of the plan type or façade articulation, warranting a re-evaluation of their widespread application in light of Türkiye’s national carbon neutrality ambitions.

Ultimately, the study underscores the necessity of integrated design thinking in sustainable architecture. Decisions about form, function, material, and detailing must be considered collectively rather than in isolation. A multidisciplinary approach—linking environmental science, architectural theory, building technology, and policy frameworks—is essential to guide future design practices toward decarbonized and resilient construction.

In conclusion, the integrated assessment of architectural plan typology, façade organization, and cladding material selection presents a comprehensive framework for advancing sustainable exterior wall systems in educational buildings. The findings emphasize that sustainability cannot be achieved through material choice alone; rather, it requires a holistic approach where spatial planning, volumetric compactness, construction detailing, and façade articulation are all addressed in unison. Compact building forms—such as courtyard and L-shaped configurations—not only reduce material use and thermal exposure but also enhance overall energy efficiency. Similarly, simplified façade arrangements like flat systems promote material economy and ease of installation, while minimizing waste and transportation impacts. Among the materials analyzed, solid wood emerged as the most environmentally favorable option, offering both low embodied carbon and additional benefits related to indoor environmental quality—attributes that are especially valuable in academic settings. Conversely, aluminum composite panels consistently demonstrated poor environmental performance across all configurations, suggesting an urgent need to reassess their widespread use in light of Turkey’s carbon neutrality targets. For these sustainable strategies to translate into mainstream practice, however, regulatory frameworks and institutional mechanisms must evolve in parallel. Incorporating LCA metrics into design guidelines, incentivizing the use of environmentally responsible materials, and fostering interdisciplinary collaboration among architects, engineers, and policymakers are critical steps forward. Through such integrated and policy-aligned efforts, educational buildings can be reimagined not just as functional spaces, but as active contributors to a low-carbon, resilient built environment.



1. GİRİŞ

Günümüzde artan nüfus, hızlı kentleşme ve teknolojik gelişmeler ile yapı sektörü, enerji tüketiminde ve doğal kaynakların kullanımında önemli bir paya sahip olmuştur (UNEP, 2020). Bu durum, sürdürülebilirlik kavramının yalnızca çevresel bir kaygıdan ibaret olmadığını, aynı zamanda ekonomik ve sosyal boyutlarıyla da ele alınması gereken bütüncül bir yaklaşım olduğunu ortaya koymaktadır (WCED, 1987).

Özellikle iklim değişikliğinin etkilerinin daha görünür hâle geldiği bu dönemde, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik kavramları yapı tasarımında öncelikli parametreler hâline gelmiştir (Yudelson, 2008). Yapıların tasarımında, çevresel etkilerin en aza indirilmesi, enerji tüketiminin azaltılması, karbon ayak izinin düşürülmesi ve doğal kaynakların daha verimli kullanılması sürdürülebilirlik hedefleri kapsamında değerlendirilmesi gereken unsurlardır.

Yapılar, inşa sürecinden yıkım aşamasına kadar geçen tüm yaşam döngüsü boyunca çeşitli çevresel etkilere neden olmakta; bu nedenle yapı bileşenlerinin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır (Dixit et al., 2010). Özellikle cephe sistemleri, bir yapının hem estetik kimliğini hem de enerji performansını doğrudan etkileyen temel yapı elemanlarındandır.

Dış duvar sistemleri, yapının dış çevre ile olan ilişkisini düzenleyerek ısı yalıtımı, nem kontrolü, ses yalıtımı ve gün ışığı kullanımı gibi performans kriterleri açısından belirleyici rol oynamaktadır. Bu nedenle, dış duvarlarda kullanılan malzemelerin fiziksel, teknik ve çevresel özellikleri tasarım kararlarını doğrudan etkilemektedir. Aynı zamanda bu malzemelerin yaşam döngüsü boyunca doğaya bıraktıkları izler de sürdürülebilir mimarlık anlayışında önemli bir yer tutmaktadır (Cabeza et al., 2014).

Eğitim yapıları özelinde bakıldığında, bu tür yapıların hem kullanıcı sayısının fazla olması hem de kamuya açık yapılar arasında yer alması nedeniyle enerji verimliliği ilkeleriyle uyumlu olarak tasarlanması büyük bir gereklilik arz etmektedir (Gürel & Potur, 2020). Eğitim yapılarının tasarımında enerji tüketimini azaltan çözümler geliştirmek, uzun vadede ekonomik kazanımların yanı sıra çevresel sürdürülebilirliğe

de katkı sağlayacaktır. Dış duvar sistemlerinin bu yapılardaki enerji tüketimi üzerindeki etkisi göz önüne alındığında, duvar tasarımının yalnızca yapısal bir eleman değil, aynı zamanda sürdürülebilirliğe yön veren stratejik bir bileşen olarak değerlendirilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

Türkiye, farklı iklim bölgelerine sahip bir ülke olması nedeniyle, yapı tasarımında iklime duyarlı çözümler geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır (Çakıcı & Yılmaz, 2017). Aynı yapı sistemi farklı iklim bölgelerinde aynı performansı göstermemekte; bu da malzeme seçiminden detay çözümlerine kadar iklime özel tasarım stratejilerinin geliştirilmesini gerektirmektedir.

Bu noktada dış duvar sistemleri; güneş kontrolü, ısı geçişi, nem davranışı gibi parametreler açısından bölgesel koşullara göre optimize edilmelidir. Malzeme seçimi yapılırken sadece estetik ve maliyet değil, aynı zamanda gömülü enerji, karbon salımı, geri dönüşüm potansiyeli ve yerel kaynak kullanımı gibi çevresel etkenler de dikkate alınmalıdır (Zuo & Zhao, 2014).

Bu tez çalışması kapsamında, Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde yer alan eğitim yapıları özelinde genel kabuller yaparak kullanılan dış duvar sistemlerinin enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından incelenmesi hedeflenmektedir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan cephe kaplama malzemelerinin (alüminyum kompozit, ahşap kompozit, masif ahşap, seramik, granit, porselen levha vb.) performansları karşılaştırmalı olarak değerlendirilecek; böylece hem mevcut uygulamalar analiz edilecek hem de gelecekteki projeler için sürdürülebilir alternatifler önerilecektir. Aynı zamanda yapı sistemlerinin çağdaş sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda nasıl yeniden işlevselleştirilebileceği araştırılacaktır.

Bu bağlamda, çalışma; mimarlık ve yapı mühendisliği disiplinlerinde sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarına katkı sağlamayı, uygulayıcılar için teknik ve çevresel açıdan yol gösterici bir kaynak oluşturmayı amaçlamaktadır. Tasarım kararlarının çevresel etkilerini sayısal verilerle ilişkilendirerek, özellikle eğitim yapıları özelinde düşük karbon salımı hedeflerine ulaşmada yol gösterici stratejiler sunmaktadır. Ayrıca, tasarımın erken aşamalarında alınan kararların çevresel performans üzerindeki etkisine dikkat çekilmekte ve bütüncül bir değerlendirme yaklaşımı önerilmektedir. Bu sayede, çevresel sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği kriterlerinin tasarım sürecine etkin şekilde entegre edilmesi hedeflenmektedir.

1.1 Amaç

Eğitim yapılarında dış duvar tasarımı, yalnızca bir yapı elemanı olmanın ötesinde, iklim koşullarına uyum sağlama, enerji tüketimini azaltma, iç mekân konforunu artırma ve çevresel etkileri en aza indirme gibi çok boyutlu hedeflere hizmet eden bir bileşen hâline gelmiştir. Özellikle Türkiye gibi farklı iklim özelliklerine sahip bir coğrafyada, dış duvar sistemlerinin bölgesel gereksinimlere uygun olarak şekillendirilmesi büyük bir önem taşımaktadır. Uygun malzeme seçimi, bu noktada sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada kilit rol üstlenmekte; yalnızca estetik ve ekonomik ölçütlere göre değil, aynı zamanda çevresel etkiler, kullanım ömrü, geri dönüşüm potansiyeli ve kaynak verimliliği gibi kriterlere göre değerlendirilmelidir.

Geleneksel yapı anlayışlarının, günümüzün sürdürülebilirlik ilkeleriyle uyumlu hâle getirilmesi, mevcut yapı stoğunun iyileştirilmesi ve yeni yapılarda çevresel duyarlılığın artırılması açısından fırsatlar sunmaktadır. Bu bağlamda geliştirilecek stratejiler, dış duvar tasarımında malzeme seçimi, detay çözümleri ve yapısal bütünlük gibi unsurları içerecek biçimde ele alınmalı; enerji verimliliğini artırmaya yönelik çözümlerle entegre edilmelidir.

Bu tez çalışmasının temel amacı, Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde yer alan eğitim yapıları özelinde genel kabuller yaparak kullanılan dış duvar tasarımının sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği açısından nasıl optimize edilebileceğini ortaya koymaktır. Dış duvar sistemlerinin, yapıların enerji performansı üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğu dikkate alındığında, bu yapı elemanlarının sadece estetik ve yapısal değil, aynı zamanda çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik boyutlarıyla da ele alınması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu doğrultuda çalışma, aşağıdaki alt amaçlara odaklanarak yapılandırılmıştır:

- Eğitim yapılarında kullanılan dış duvar sistemlerinin karbon salımı üzerindeki etkilerini analiz etmek,
- Farklı cephe kaplama malzemelerinin (örneğin alüminyum kompozit, ahşap kompozit, masif ahşap, seramik, granit, porselen levha vb.) çevresel performanslarını karşılaştırarak sürdürülebilirlik açısından değerlendirmek,
- Türkiye'nin çeşitli iklim bölgelerinde yer alan eğitim yapıları için en uygun malzeme ve sistem kombinasyonlarını belirlemek,

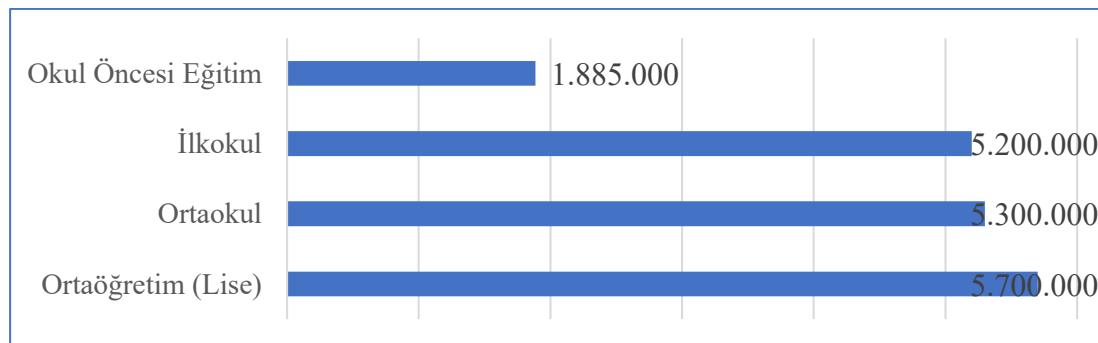
- Hazır cephe kaplama malzemelerinin sürdürülebilir tasarım ilkeleri doğrultusunda nasıl geliştirilebileceğine yönelik öneriler sunmak,
- Dış duvar tasarımını yalnızca estetik ve işlevsel bir unsur olarak değil; aynı zamanda çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik açısından da çok yönlü bir tasarım stratejisi olarak ele almak,
- Eğitim yapılarında sürdürülebilir dış duvar tasarımına yönelik bütüncül bir değerlendirme yaklaşımı ortaya koymak.

Bu kapsamda ortaya konacak veriler, gelecekteki eğitim yapılarının planlama ve tasarım süreçlerinde sürdürülebilirlik ilkelerinin daha bütüncül ve sistematik bir biçimde uygulanmasına katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, dış duvar tasarımında sürdürülebilirliğe bütüncül bir bakış açısıyla yaklaşılması hem çevresel etkilerin azaltılmasına hem de eğitim yapılarının uzun ömürlü, ekonomik ve kullanıcı dostu yapılar hâline gelmesine katkı sağlayacaktır.

1.2 Kapsam

Bu tez çalışması, Türkiye genelinde eğitim yapılarında yaygın olarak kullanılan dış duvar tasarımlarını, karbon salımı açısından bütüncül bir yaklaşımla değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın temel inceleme alanı olarak ortaöğretim düzeyindeki eğitim yapıları (liseler) seçilmiştir. Bu tercihin temel gerekçesi Şekil 1.1’de verilen grafikte görüldüğü üzere Türkiye’de örgün eğitim sisteminde yer alan en yüksek öğrenci nüfusunun ortaöğretim kurumlarında bulunmasıdır. Dolayısıyla bu yapıların enerji tüketimi ve çevresel etkileri, ülke genelinde sürdürülebilirlik hedefleri açısından büyük önem arz etmektedir.



Şekil 1.1 : 2023/2024 döneminde Türkiye'deki eğitim kademelerine göre öğrenci sayıları (TÜİK).

Çalışma, mevcut okul binalarının doğrudan fiziksel verilerine dayanmamaktadır. Bunun yerine, yapı sektöründe yaygın olarak kullanılan dış duvar bileşenlerine ilişkin kabul görmüş teknik özellikler ve malzeme kombinasyonları esas alınarak, temsili duvar tipolojileri üzerinden modellemeler yapılmıştır. Bu yaklaşım, farklı yapı tiplerinde ve iklim koşullarında karşılaşılabilecek çeşitliliği kapsayıcı bir analiz yapılmasını mümkün kılmıştır.

Mekânsal açıdan çalışma, Türkiye'nin yalnızca belirli bir iklim bölgesiyle sınırlandırılmamış, aksine genel geçer iklim koşulları çerçevesinde dış duvar tasarımlarının çevresel etkilerini irdeleyen bir yapıda kurgulanmıştır. Böylece sonuçlar, farklı bölgelere genellenebilir nitelikte sunulmuştur.

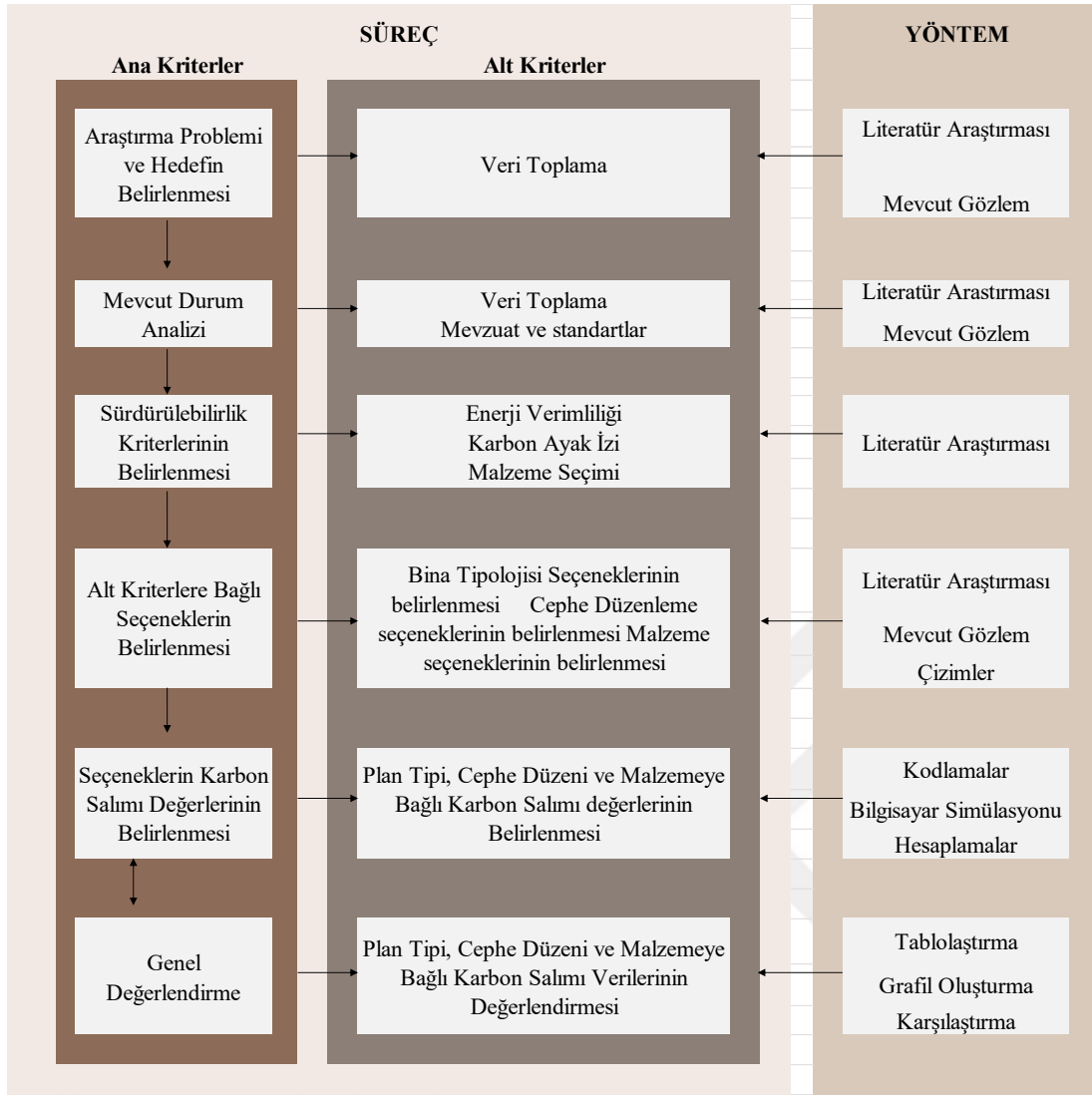
Çalışmanın içeriği yalnızca dış duvar bileşenleri ile sınırlandırılmıştır. Ele alınan duvar sistemi; iç yüzey sıvası, ısı yalıtım tabakası, duvar malzemesi (örneğin gazbeton), kaplama konstrüksiyonu ve dış cephe kaplama malzemesi olmak üzere beş temel katmandan oluşmaktadır.

Değerlendirme ölçütü olarak yalnızca üretim aşaması sırasındaki karbon salımı dikkate alınmıştır. Bu kapsamda, yapı bileşenlerinin üretimi boyunca neden olduğu sera gazı emisyonları, kilogram karbondioksit eşdeğeri (kgCO_2e) cinsinden hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar, uluslararası standartlara uygun şekilde çalışan One Click LCA yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlerle, farklı malzeme türleri ve katmanlaşma düzenlerinin çevresel performansı karşılaştırmalı olarak ortaya konmuş; karbon ayak izi düşük alternatiflerin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Bu kapsam doğrultusunda, çalışma enerji verimliliği hedeflerine katkı sağlayacak dış duvar çözümlerinin geliştirilmesi açısından hem kuramsal hem de uygulamaya dönük önemli bir kaynak oluşturmayı amaçlamaktadır.

1.3 Yöntem

Bu tez çalışmasının yöntemi, nicel ve nitel araştırma adımlarını içeren bütüncül bir yaklaşımla yapılandırılmış olup dört ana aşamada gerçekleştirilmiştir: literatür incelemesi, mevcut uygulamaların analiz edilmesi, sürdürülebilir seçeneklerin geliştirilmesi ve enerji performans simülasyonlarının uygulanması.



Şekil 1.2 : Çalışma metodolojisinin şematik gösterimi.

İlk aşamada, sürdürülebilir dış duvar tasarımına yönelik kuramsal zemin oluşturmak amacıyla, dış cephe sistemleri, yapı malzemeleri, katmanlaşma teknikleri ve cephe elemanlarının enerji performansı üzerindeki etkileri üzerine yapılmış ulusal ve uluslararası akademik yayınlar detaylı biçimde taranmıştır. Bu inceleme kapsamında, özellikle eğitim yapıları özelinde geliştirilen çözümler değerlendirilmiş; Türkiye’deki uygulamalarla örtüşen veya ayrışan yönler tespit edilerek, çalışma için gerekli terminolojik ve kuramsal altyapı oluşturulmuştur.

İkinci aşamada, Türkiye genelinde yaygın olarak kullanılan dış duvar tasarım örüntüleri, malzeme türleri, cephe düzenlemeleri ve katman yapılarına göre sistematik biçimde sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma; kullanım alışkanlıkları, bölgesel farklılıklar ve yönetmelik uygulamaları çerçevesinde değerlendirilmiş; her bir

bileşenin sürdürülebilirlik kriterleri açısından güçlü ve zayıf yönleri belirlenmiştir. Farklı iklim bölgelerinin koşulları dikkate alınarak, dış duvar sistemlerinin enerji performansları ve çevresel etkileri arasındaki ilişkiler analiz edilmiştir.

Üçüncü aşamada, enerji verimliliği yüksek ve çevresel etkisi düşük dış cephe sistemlerinin oluşturulmasına yönelik alternatif tasarım seçenekleri geliştirilmiştir. Bu kapsamda; plan tipi, malzeme seçimi, cephe organizasyonu ve katmanlaşma stratejileri temel alınarak çeşitli kombinasyonlar oluşturulmuş ve bu seçenekler belirli kodlara göre gruplandırılmıştır. Her bir kombinasyon, üretim sürecine ilişkin enerji hesaplamalarına uygun hale getirilerek, analiz edilebilir bir veri seti oluşturulmuştur.

Son aşamada, geliştirilen tüm dış duvar tasarımı senaryolarının enerji performansları detaylı biçimde değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerde One Click LCA yazılımından yararlanılmıştır. Analizler kapsamında her seçeneğin üretim aşamasındaki karbon salımı değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, Türkiye'nin farklı iklimsel koşullarına uygun, çevresel açıdan duyarlı ve enerji bakımından etkin dış cephe çözümleri önerilmiştir.

1.4 Literatür Araştırması

Literatür araştırması, mevcut bilgi birikiminin değerlendirilmesi ve araştırmanın bilimsel temellerinin sağlamlaştırılması açısından kritik bir aşamadır. Bu bölümde, sürdürülebilir mimarlık, enerji verimliliği ve eğitim yapılarında dış duvar tasarımı konularında yapılan akademik çalışmalar sistematik biçimde ele alınmaktadır.

Gömülü enerji (embodied energy), bir malzemenin çıkarılması, işlenmesi, taşınması ve üretimi sırasında tüketilen toplam enerjiyi ifade eder. Sürdürülebilir yapı tasarımı kapsamında, özellikle uzun ömürlü ve düşük işletme enerjisine sahip yapılarda gömülü enerjinin çevresel etkisi giderek daha önemli hale gelmektedir.

Foraboschi, Mercanzin ve Trabucco (2014), yüksek katlı binalarda kullanılan taşıyıcı sistemlerin gömülü enerji performansını değerlendirerek, yapı yüksekliğinin gömülü enerji üzerindeki etkisinin sanıldığı kadar büyük olmadığını, buna karşın döşeme sistemlerinin enerji tüketiminde belirleyici olduğunu göstermiştir. Bu çalışma, betonarme çekirdek ve farklı döşeme tipleriyle tasarlanmış yapılar üzerinden yapılan analizlerle, en düşük ağırlığa sahip sistemin her zaman en düşük gömülü enerjiye sahip olmadığını ortaya koymuştur. Hafif döşeme sistemlerinin (örneğin polipropilen

bloklar veya HDPE küreler kullanılan boşluklu plaklar) gömülü enerji açısından daha avantajlı olduğu saptanmıştır.

Dutil ve arkadaşları (2011), sürdürülebilir binaların yaşam döngüsü analizinde gömülü enerjinin kritik bir bileşen haline geldiğini vurgulamaktadır. Özellikle düşük enerji tüketimli binalarda, kullanılan yalıtım malzemeleri ve teknik donanım nedeniyle gömülü enerji miktarı artabilmektedir. Bu bağlamda, gömülü enerjinin azaltılmasının, sadece işletme enerjisinden tasarruf sağlamanın ötesinde, genel karbon ayak izinin düşürülmesine de katkı sunduğu belirtilmektedir. Çalışma, pasif ev tasarımı gibi yaklaşımların hem gömülü hem de işletme enerjisinde denge kurma potansiyelini ortaya koymaktadır.

Your Home Technical Manual (2013), gömülü enerjiyi yapı sektöründeki operasyonel enerji ile karşılaştırarak değerlendirmekte ve bazı yapı malzemelerinin üretim süreçlerinin oldukça yüksek enerji tüketimine yol açtığını belirtmektedir. Özellikle alüminyum, plastik ve çelik gibi yoğun işlenmiş malzemeler yüksek gömülü enerji değerlerine sahiptir. Buna karşılık, yerel kaynaklı doğal taş, ahşap ve sıkıştırılmış toprak gibi malzemeler düşük gömülü enerji profili sergiler. Aynı kaynak, yapım sistemleri bazında da gömülü enerji karşılaştırmaları yaparak, örneğin hafif çelik çerçeve ile yapılan duvarların geleneksel tuğla duvarlara göre daha düşük enerjiye sahip olabileceğini göstermektedir.

Davutoğlu ve Aydın (2019), dış duvar malzeme seçimlerinin enerji tasarrufu üzerindeki belirleyici rolüne dikkat çekerek, özellikle doğal ve geri dönüştürülebilir yalıtım malzemelerinin bina enerji performansı üzerindeki olumlu etkilerini incelemiştir.

Benzer biçimde Çelik ve Arslan (2020), Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde uygulanan dış duvar tasarımlarının enerji tüketimine etkisini analiz ederek, iklim-temelli tasarım kararlarının gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu çalışmalar, malzeme seçimlerinin yalnızca estetik ya da yapı fiziki değil, aynı zamanda sürdürülebilirlik hedefleri açısından da değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Sürdürülebilir mimarlık yaklaşımı, yapı sektörünün çevresel etkilerini azaltmayı amaçlayarak malzeme seçimi, enerji kullanımı ve doğal kaynak yönetimi gibi kriterleri bütüncül bir çerçevede ele alır. Özellikle eğitim yapıları gibi yoğun kullanıcı trafiğine sahip, uzun ömürlü ve kamuya açık yapılar söz konusu olduğunda, sürdürülebilirlik

yalnızca tasarım süreciyle sınırlı kalmayıp, inşa ve kullanım aşamalarını da kapsayan kapsamlı bir yaklaşıma dönüşmektedir. Bu bağlamda cephe sistemleri hem yapıların enerji performansını hem de çevresel ayak izini belirleyen temel unsurlar arasında yer almaktadır.

Cephe sistemlerinin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesinde iki temel ölçüt ön plana çıkmaktadır: ilki, yapı malzemelerinin üretimden bertarafa kadar olan yaşam döngüsündeki çevresel etkileri; diğeri ise kullanım süresince sağladığı operasyonel enerji verimliliğidir. Bu çerçevede Yaşam Döngüsü Analizi (LCA) ve Gömülü Enerji (Embodied Energy) hesaplamaları, cephe malzemelerinin çevresel etkilerinin karşılaştırılmasında kritik öneme sahiptir. Erdoğan (2005a) ve Erdoğan (2005b), yapı malzemelerinin gömülü enerji değerlerini inceleyerek, doğru malzeme seçiminin toplam çevresel etki üzerindeki belirleyici rolünü vurgulamıştır. Çavdar ve Vural (2024), geleneksel Bağdadi sistemlerle çağdaş prefabrike ahşap panelleri karşılaştırmış ve modern sistemlerin gerek gömülü enerji gerekse operasyonel enerji açısından daha avantajlı olduğunu ortaya koymuştur.

Kara ve Tuna Kayılı (2021), farklı duvar malzemelerinin enerji performanslarını ve çevresel etkilerini karşılaştırmalı olarak analiz ederek, gaz beton, tuğla ve hafif prefabrike sistemlerin bina kabuğu üzerindeki etkilerini detaylı biçimde incelemiştir. Bu analizler, eğitim yapılarında malzeme seçiminin yalnızca teknik ya da ekonomik değil, çevresel sürdürülebilirlik açısından da dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Cephe sistemleri aynı zamanda iç mekân kalitesi, doğal aydınlatma, havalandırma olanakları ve psikolojik kullanıcı deneyimi açısından da önemlidir. Bu çerçevede Yılmaz (2021), İstanbul’da bir özel okulun LEED sertifikasyon sürecinde tercih edilen cephe malzemelerini analiz etmiş ve yerel, geri dönüştürülebilir, düşük gömülü enerjiye sahip malzemelerin kullanımının çevresel etkileri anlamlı biçimde azalttığını göstermiştir.

Cabeza et al. (2014), bina kabuğunun iklimle uyumlu tasarımı üzerine yaptıkları çalışmada, operasyonel enerji performansının iyileştirilmesinde cephe sistemlerinin kütlesi, pencere oranları ve malzeme geçirgenliği gibi parametrelerin belirleyici olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgu, özellikle Türkiye gibi iklimsel çeşitliliğe sahip

ülkelerde, tasarım kararlarının iklim verilerine göre optimize edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Sürdürülebilir inşaat sektörü, özellikle enerji verimliliği ve çevre dostu yapı malzemelerinin kullanımı açısından giderek önem kazanmaktadır. Akpınar ve Günay (2017), Türkiye’de inşaat sektörünün sürdürülebilirlik bağlamında dönüşümünü ve enerji verimliliğinin kritik rolünü vurgulamıştır. Bu bağlamda, binaların yaşam döngüsündeki enerji kullanımı ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesi için yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) ve yaşam döngüsü enerji analizi (LCEA) yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Cabeza, Rincón, Vilarino, Pérez & Castell, 2014; Simonen, 2017). Koç (2017) sürdürülebilir bina tasarımında karşılaşılan zorlukları tartışırken, malzeme seçimindeki çevresel performansın önemi üzerinde durmuştur.

Alüminyum kompozit paneller, hafiflik ve dayanıklılık avantajları ile modern yapıların tercih edilen malzemelerindendir. Ancak üretim aşamasındaki yüksek gömülü enerji nedeniyle çevresel etkilerinin dikkatle incelenmesi gerekmektedir (Aslan & Ceylan, 2019; Mohan & Ramesh, 2018; Yang & Zhang, 2017). Aluminium Association (2021) alüminyumun yapı sektöründeki kullanım alanlarını ve sürdürülebilirlik boyutlarını kapsamlı olarak ele almıştır. Ahşap ve ahşap kompozit malzemeler ise düşük gömülü enerjiye sahip olmaları, doğal özellikleri ve yalıtım performansları nedeniyle sürdürülebilirlik açısından önemli avantajlar sunar (Aydın, 2022; Karadeniz & Yılmaz, 2021; Çelik & Uçar, 2018). Bununla birlikte, yangın dayanımı konusu dikkate alınmalı ve bu alandaki çalışmalar takip edilmelidir (Uzun & Çelik, 2021; Zumer & Stark, 2017). Seramik malzemeler ise dayanıklılık, yangın güvenliği ve estetik özellikleriyle dış cephe kaplamalarında tercih edilmektedir (Erkan & Özdemir, 2019; Uğurlu & Kaya, 2016; Yıldırım, 2015). Sinterflex malzemeler ise estetik ve yapısal özellikleri nedeniyle son yıllarda popülerleşmiştir (Çamlıbel, 2020; Demirtaş, 2021; Öztürk, 2020).

Türkiye’nin farklı iklim bölgelerinde dış cephe tasarımının enerji tüketimine etkisi üzerine yapılan araştırmalar, malzeme seçiminin ve tasarım detaylarının performans üzerindeki kritik rolünü ortaya koymaktadır. Karakaya ve Kaya (2020), farklı iklim bölgelerinde dış duvar tasarımının enerji tüketimini analiz etmiş ve uygun malzeme seçimlerinin enerji verimliliğini artırdığını göstermiştir. Ayrıca, yapıların plan tipolojisi de enerji tüketimi üzerinde etkili olup, bu alanda da kapsamlı değerlendirmeler yapılmaktadır (Kara & Tuna Kayılı, 2021).

Eğitim yapılarının sürdürülebilirlik kriterleri doğrultusunda tasarımı, enerji verimliliği ve çevresel performans açısından büyük önem taşımaktadır. Çelik ve Yılmaz (2019), Gürel ve Potur (2020) ile Yılmaz ve Ertaş (2021) eğitim yapılarında enerji performansını iyileştirmek için cephe malzemesi seçiminde sürdürülebilir stratejilerin gerekliliğini vurgulamışlardır. Ayrıca, LEED sertifikalı eğitim yapılarında malzeme tercihleri üzerine yapılan çalışmalar, sürdürülebilirlik sertifikasyon süreçlerinde cephe malzemelerinin rolünü göstermektedir (Yılmaz, 2021; Yılmaz, 2021).

Son dönem araştırmaları, biyomimetik prensiplerin cephe tasarımında sürdürülebilirlik potansiyelini incelemiş ve doğadan esinlenen tasarım yaklaşımlarının enerji verimliliği üzerindeki olumlu etkilerine dikkat çekmiştir (Fedakar & Yamaçlı, 2022a, 2022b). Ayrıca, akıllı cephe sistemlerinin enerji tüketimine olan etkileri de güncel bir araştırma alanı olarak önem kazanmıştır (Özdemir, 2023).

Türkiye’de yaygın biçimde kullanılan cephe kaplama malzemeleri arasında alüminyum kompozit, ahşap kompozit, masif ahşap, seramik, granit ve porselen levha gibi alternatifler yer almaktadır. Bu malzemeler; termal performans, estetik değeri, bakım gereksinimi ve çevresel etkileri bakımından çeşitlilik göstermektedir. Hammond ve Jones (2011) verilerine göre, alüminyum kompozit panellerin gömülü enerji değeri oldukça yüksekken, ahşap esaslı malzemeler düşük üretim enerjisi ve karbon tutma kapasitesi nedeniyle çevresel açıdan daha sürdürülebilir olarak değerlendirilmektedir.

Eğitim yapılarında kullanılan cephe kaplama sistemleri, yalnızca teknik bir gereklilik değil; sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilmesinde stratejik bir araç niteliğindedir. Türkiye bağlamında sürdürülebilir cephe tasarımı üzerine yapılan akademik çalışmalar artış gösterse de, bu birikimin uygulamalara yansması henüz sınırlıdır. Bu nedenle, sürdürülebilirlik ilkelerinin yaygınlaştırılması adına tasarımcı, uygulayıcı ve politika yapıcılar arasında iş birliği ve bilinç artışı gereklidir.

Buna rağmen, mevcut literatürde hazır cephe kaplama sistemlerinin tüm bileşenlerinin yaşam döngüsü bazlı bütüncül analizlerinin sınırlı kalması, sürdürülebilirlik değerlendirmelerinin kapsamlı ve karşılaştırmalı yapılmasını güçleştirmektedir.



2. TÜRKİYE’DE MEVCUT EĞİTİM YAPILARINA AİT DIŞ DUVAR TASARIMI

Türkiye’de eğitim yapılarının büyük bir bölümü, uzun yıllardır merkezi yönetimlerce geliştirilen ve ülke genelinde uygulamaya konulan tip projeler temel alınarak inşa edilmektedir. Bu uygulama biçimi, projelendirme süreçlerinde hem zaman hem de maliyet açısından önemli avantajlar sağlasa da yerel iklim özellikleri, çevresel veriler, topoğrafik koşullar ve kullanıcı gereksinimlerine uygun, özgün tasarım çözümlerinin sınırlı kalmasına neden olmaktadır. Özellikle yapı kabuğunun önemli bir bileşeni olan dış duvarlar, bu standartlaşmadan doğrudan etkilenmekte ve çoğu zaman sürdürülebilirlik, enerji verimliliği ve iklimsel uyum açısından yeterli performansı gösterememektedir.

Dış duvarlar, yalnızca bir sınır elemanı ya da taşıyıcı olmayan dolgu bileşeni olarak değerlendirilmemelidir. Aksine, yapıların enerji tüketimini, ısı ve akustik konfor düzeyini, iç hava kalitesini, yangın güvenliğini ve dış çevreyle kurduğu ilişkinin niteliğini doğrudan etkileyen çok yönlü bir yapı ögesidir. Özellikle gün boyu yoğun kullanılan, kullanıcı sirkülasyonu yüksek olan eğitim yapılarında bu katman, sağlıklı, güvenli ve konforlu iç mekân koşullarının sağlanması açısından stratejik bir öneme sahiptir.

Türkiye genelinde mevcut eğitim yapılarında yaygın olarak tercih edilen dış duvar sistemleri, çoğunlukla betonarme taşıyıcı sistem üzerine kurgulanan dolgu duvarlardan oluşmaktadır. Bu dolgu duvarlarda, yapı malzemesi olarak sıklıkla tuğla, gazbeton ya da bimsblok kullanılmakta; dış yüzey kaplaması ise çimento esaslı sıva ve boya gibi temel malzemelerle sınırlı kalmaktadır. İç yüzeylerde genellikle alçı sıva ve boya uygulamaları tercih edilmektedir (Şekil 2.1). Ancak bu sistemler, iklim koşullarına göre özel olarak tasarlanmadığı durumlarda; ısı köprüleri, yoğunlaşma kaynaklı nem sorunları, yetersiz yalıtım gibi problemlerle karşı karşıya kalmakta, bu da yapı performansını olumsuz etkilemektedir.

Dış duvar sistemlerinde; katman sayısı, kalınlık, kullanılan yalıtım malzemesinin özellikleri, pencere açıklık oranları, yönlenme ve cephede yer alan pasif tasarım

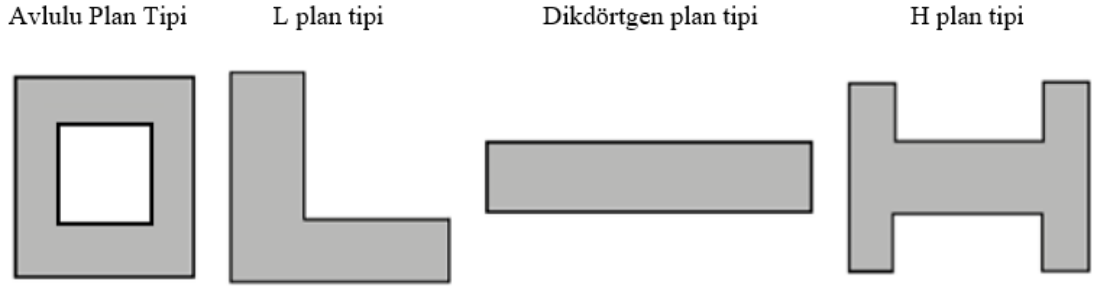
öğeleri gibi kararlar, yapının toplam enerji verimliliği üzerinde doğrudan belirleyicidir. Ancak birçok eğitim yapısında, bütçe kısıtları ve maliyet önceliği sebebiyle bu tür nitelikli kararlar geri planda kalmakta; dolayısıyla dış duvar tasarımı, enerji kayıplarını minimize edecek biçimde şekillendirilememektedir. Her ne kadar güncel yapı yönetmelikleri ve standartlar (örneğin, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği) bu tür yapısal elemanlara ilişkin asgari performans gerekliliklerini tanımlamaya başlamış olsa da uygulamadaki etkileri henüz yaygın ve etkin bir düzeye ulaşmamıştır.

Öte yandan dış duvarlar, yalnızca işlevsel değil; aynı zamanda yapının dışa dönük estetik kimliğini belirleyen mimari bir unsur olarak da değerlendirilmelidir. Cephe organizasyonları, açıklıkların konumlandırılması, malzeme dokusu ve renk kararları gibi tasarım öğeleri, yapıların hem görsel etkisini hem de kullanıcı psikolojisi üzerindeki etkisini doğrudan biçimlendirmektedir. Ancak tip projelere dayalı standart uygulamalarda, bu tür estetik ve mekânsal esnekliklere yeterince yer verilmediği için mimari özgünlük çoğunlukla sınırlı kalmaktadır.

Sonuç olarak Türkiye’deki eğitim yapılarında dış duvar tasarımları, ağırlıklı olarak tekrarlayan çözümler üzerinden ilerlemekte; bu durum da sürdürülebilirlik, enerji etkinliği, kullanıcı konforu, dayanıklılık ve estetik kalite gibi pek çok tasarım kriterinin kapsamlı biçimde sağlanmasını engellemektedir. Bu nedenle dış duvar sistemlerine yalnızca teknik bir gereklilik olarak değil; yapı fiziği, malzeme seçimi, iklim verileri ve kullanıcı ihtiyaçlarını bütüncül bir yaklaşımla ele alan, çok boyutlu bir tasarım alanı olarak yaklaşmak büyük önem taşımaktadır.

2.1 Mimari ve Yapısal Özellikler

Türkiye’de eğitim yapılarının mimari ve yapısal karakteristikleri, büyük oranda devlet eliyle yürütülen tip projelere dayalı uygulamalar çerçevesinde şekillenmektedir. Bu yapım anlayışı, standartlaştırılmış plan tiplerinin farklı coğrafi ve iklimsel koşullara adapte edilmeksizin çeşitli bölgelerde tekrar edilmesini beraberinde getirmiştir (Şekil 2.1). Bu nedenle yapıların yerel ihtiyaçlara, çevresel koşullara ya da kullanıcı profiline göre esneklik sunan bir tasarım mantığıyla değil, merkezî planlama esaslarına göre üretildiği gözlemlenmektedir.



Şekil 2.1 : Yaygın kullanılan mimari plan tiplerinin genel örneği.

Taşıyıcı sistem olarak büyük ölçüde betonarme tercih edilmekte; bu durum hem malzeme temininde kolaylık hem de uygulama sürecinde pratiklik sağlamaktadır. Ancak bu sistem, mimari açıdan sınırlı bir esneklik sunduğundan, hacimlerin biçimlenmesi, cephe düzenlemeleri ve iç mekân kurguları genellikle belirli kalıplar çerçevesinde şekillenmektedir. Betonarme sistemlerin bu hâkimiyeti, yapıların iklim koşullarına göre performans göstermesini engellemekte hem ısı köprüleri hem de yetersiz yalıtım uygulamaları nedeniyle enerji verimliliği açısından dezavantajlar yaratmaktadır.

Eğitim yapıları, gün boyunca yoğun kullanıcı sirkülasyonuna sahip olan ve uzun süreli kullanım gerektiren yapılar oldukları için iç çevre kalitesi bu binalarda hayati önemdedir. Ancak Türkiye’deki uygulamalarda dış duvar sistemlerinin ısı yalıtımı, buhar difüzyonu, nem kontrolü, yangın dayanımı ve akustik performans gibi teknik gereklilikleri karşılamada yeterli düzeye ulaşmadığı görülmektedir. Çoğu zaman, yalnızca minimum yönetmelik değerlerini karşılamaya yönelik çözümler uygulanmakta, bu da sürdürülebilirlik ve uzun vadeli enerji performansı açısından ciddi eksiklikler doğurmaktadır.

Mimari tasarım bağlamında ise dış duvarlar yalnızca yapının çevreyle olan fiziksel sınırını oluşturan elemanlar değil, aynı zamanda estetik değer, kimlik ve aidiyet duygusu oluşturan önemli yüzeylerdir. Ancak Türkiye’deki eğitim yapıları genellikle sade, kutu formu, tekrar eden pencere dizilimleri ve minimum detay içeren cephe anlayışına sahiptir. Bu yaklaşım, özellikle ilköğretim ve ortaöğretim düzeyindeki okullarda oldukça yaygındır. Renk kullanımı ise çoğunlukla gri, beyaz, krem gibi nötr tonlarla sınırlı tutulmakta, yapı cephelerinde estetik hareketlilik yalnızca pencere yerleşimleri ya da parapet hizaları gibi sınırlı detaylarla sağlanmaktadır. Bu standartlaşmış yapı anlayışı, ekonomik uygulanabilirliği artırsa da kullanıcı psikolojisini ve mekânsal konforu doğrudan etkileyen mimari unsurların geri planda

kalmasına neden olmaktadır. Öğrencilerin günün büyük bir kısmını geçirdiği bu yapılar, kullanıcı üzerinde olumlu bir psikolojik etki bırakma, mekânsal aidiyet oluşturma ve öğrenme ortamlarını destekleme açısından sınırlı bir potansiyele sahiptir.

Ancak son yıllarda mimarlıkta sürdürülebilirlik ilkelerinin yaygınlık kazanmasıyla birlikte, dış cephe tasarımlarında da belirli dönüşümler gözlemlenmeye başlanmıştır. Özellikle gün ışığını daha verimli kullanmaya yönelik cephe düzenlemeleri, ısı kayıplarını minimize eden yalıtım katmanları, doğal havalandırmayı destekleyen açıklık sistemleri ve farklı malzemelerin bir arada kullanıldığı çok katmanlı duvar çözümleri bu dönüşümün temelini oluşturmaktadır. Bu gelişmeler, dış duvarların yalnızca yapısal bir zorunluluk değil, aynı zamanda enerji verimliliği, kullanıcı konforu ve estetik kaliteyi birlikte sağlayan bütüncül bir tasarım bileşeni olarak ele alınmasına olanak tanımaktadır.

2.2 Dış Duvar Özellikleri

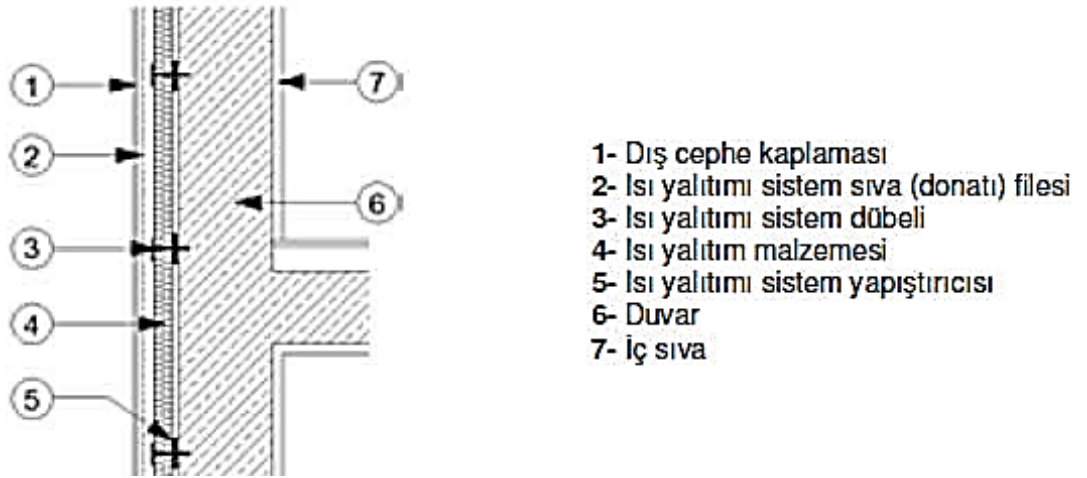
Türkiye’de inşa edilen eğitim yapılarının mimari ve yapısal özellikleri, büyük oranda merkezi yönetimler tarafından hazırlanan tip projelere dayanmaktadır. Bu projeler, hızlı ve maliyet etkin inşaat süreçlerini teşvik etmek amacıyla geliştirilmiş olup, büyük çoğunluğu betonarme taşıyıcı sistemlerle inşa edilmiştir. Bu yaklaşım, uygulamada standartlaşma ve ekonomik avantaj sağlarken, bölgesel iklim koşulları, yerel malzeme olanakları ve çevresel sürdürülebilirlik gibi kriterlerin göz ardı edilmesine neden olmuştur. Türkiye gibi çok çeşitli iklim özelliklerine sahip bir ülkede, tek tip yapı çözümleri ile sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği hedeflerine ulaşmak oldukça güçtür. Bu nedenle, eğitim yapılarının dış duvar sistemleri, çoğu zaman bulundukları iklim bölgesine uyum sağlamaktan uzak, sınırlı performansa sahip çözümler sunmaktadır.

Dış duvar sistemleri, yalnızca yapının fiziksel sınırını oluşturan elemanlar değildir; aynı zamanda yapının ısı ve nem kontrolünü sağlayan, akustik konforu etkileyen, yangına karşı güvenliği destekleyen ve mimari kimliği yansıtan çok işlevli bileşenlerdir. Eğitim yapılarında ise bu işlevsellik daha da kritik hâle gelmektedir. Gün boyunca yüksek kullanıcı yoğunluğuna maruz kalan bu yapılar, iç mekân hava kalitesi, termal konfor ve enerji tüketimi açısından sürekli bir denge arayışı içindedir. Ancak mevcut uygulamalarda, dış duvar tasarımı çoğunlukla sadece yapısal gereklilikler doğrultusunda şekillenmekte; yalıtım performansı, gün ışığı kullanımı veya cephe

yönlenmesi gibi faktörler ikincil plana atılmaktadır. Özellikle pencere yerleşimleri, çoğu zaman estetik veya kullanıcı deneyiminden ziyade, statik ve modüler sistemlerin gereklilikleri çerçevesinde belirlenmektedir.

Dış duvar yüzeyleri genellikle düzlem olarak kurgulanmış, detay bakımından yalın ve sınırlı bir çeşitliliğe sahiptir. Renk paleti çoğunlukla nötr tonlarda tutulmakta, cephe hareketliliği ise pencere açıklıklarıyla sağlanmaktadır. Bu durum, uygulama kolaylığı ve ekonomik kontrol açısından avantajlı olsa da, kullanıcı üzerinde yaratması beklenen olumlu psikolojik etki açısından sınırlı kalmaktadır.

Malzeme seçiminde de benzer bir tekdüzelik gözlemlenmektedir. Dış duvarlarda genellikle gaz beton, tuğla veya briket gibi geleneksel dolgu malzemeleri tercih edilmekte, bu katmanların üzerine ise sıva, boya ya da mantolama uygulamaları yapılmaktadır. Isı yalıtımı amacıyla kullanılan kaplama sistemleri çoğu zaman minimum yönetmelik gerekliliklerini karşılamaya yönelik olup, iklim bölgesine özel çözümler sunmamaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 : Yaygın kullanılan cephe sistemi kesitinin genel örneği (URL 1).

Dış duvar sistemleri yalnızca kullanılan malzeme ile değil, aynı zamanda bu malzemelerin nasıl bir araya getirildiğiyle de şekillenmektedir. Katmanlaşma düzeni olarak tanımlanan bu yapı; taşıyıcı eleman, yalıtım katmanı, hava boşluğu ve dış cephe kaplaması gibi bileşenlerin yerleşim sırasına göre performans göstermektedir.

Doğru bir katmanlaşma düzeni sayesinde hem termal kaçaklar önlenmekte hem de yoğuşma riskleri azaltılarak yapı ömrü uzatılabilmektedir. Ancak mevcut yapılarda bu düzene dair bütüncül bir tasarım anlayışı bulunmamakta, yalıtım uygulamaları

genellikle sonradan eklenmekte ya da görsel bütünlük amacıyla cephe kaplamaları ile gizlenmektedir.

Tüm bu unsurlar bir araya geldiğinde, Türkiye’deki eğitim yapılarında dış duvarların, yapı fiziği açısından yeterli düzeyde optimize edilmediği, iklim koşullarına uyum sağlamadığı ve sürdürülebilirlik kriterlerini sınırlı ölçüde karşıladığı görülmektedir. Ancak son yıllarda artan çevresel duyarlılık ve enerji performansına yönelik yönetmelik baskılarıyla birlikte, bazı yeni eğitim yapılarında daha gelişmiş cephe sistemlerine ve bütünleşmiş çözümlere rastlanmaktadır.

Güneş kırıcı elemanların kullanımı, doğal havalandırmayı teşvik eden pencere sistemleri ve geri dönüştürülebilir kaplama malzemeleri bu yeni eğilimlerin örnekleri arasındadır. Bu gelişmelerin, dış duvar sistemlerinin işlevsel, estetik ve çevresel boyutlarını birlikte ele alan, bütüncül bir yaklaşımla ele alınmasını giderek daha da önemli hâle getirdiği söylenebilir.

2.2.1 Cephe düzenleme

Türkiye'deki eğitim yapılarında cephe düzeni, yalnızca yapının dış görünümünü değil, aynı zamanda mekânsal deneyimi ve işlevselliği şekillendiren önemli bir unsurdur. Eğitim yapıları, toplumsal bağlamda önemli rol oynadığından, cephe düzenlemesi; estetik, işlevsellik, çevresel etkileşim ve kullanıcıların psikolojik ihtiyaçları göz önünde bulundurularak tasarlanmalıdır. Bu nedenle, cephe tasarımı, eğitim yapılarının kullanıcı dostu olmasını sağlarken, aynı zamanda yapının mimari kimliğini ve çevresel sürdürülebilirliğini de yansıtır.

Eğitim yapılarındaki cephe düzenlemeleri, genellikle yapının işlevi ve kullanıcı yoğunluğuna bağlı olarak değişir. Öğrenci sayısının fazla olduğu okullarda, cepheler daha fonksiyonel ve dayanıklı materyallerle tasarlanırken, daha küçük ölçekli yapılar estetik açıdan da ön planda tutulur. Özellikle özel okullar ve üniversiteler, özgün tasarım anlayışlarıyla cephe düzenlemeleri yaparak, öğrencilere ve öğretim üyelerine ilham veren mekanlar sunmayı hedefler. Bu bağlamda, sürdürülebilir malzeme seçimi ve iklime uyumlu tasarım stratejileri, eğitim yapılarının uzun ömürlü, çevre dostu ve işlevsel olmasını sağlayan temel unsurlardır. Böylece, cephe düzenlemeleri sadece estetik bir tercih değil, aynı zamanda çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliği destekleyen kapsamlı bir tasarım sürecinin parçası haline gelmektedir.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Şekil 2.3 : Türkiye’de bulunan eğitim yapılarının cephe düzenlemesi örnekleri (a) kolonların yansıtıldığı cephe düzeni (b) kirişlerin yansıtıldığı cephe düzeni (c) taşıyıcının yansıtılmadığı cephe düzeni (d) köşe taşıyıcı ve kirişlerin yansıtıldığı cephe düzeni (e) tüm taşıyıcının yansıtıldığı cephe düzeni (MEB).

Şekil 2.3, Türkiye'nin farklı eğitim yapılarına ait örnek cephe düzenlemelerini göstermektedir. Cephe düzenlemesinde önemli bir konu, yapının çevreyle uyumudur. Türkiye'nin farklı iklim bölgeleri, cephe tasarımında belirleyici bir rol oynar. Örneğin,

Akdeniz Bölgesi'nde, yoğun güneş ışığına karşı cephelerde güneş kırıcılar ve geniş saçaklar kullanılırken, Karadeniz Bölgesi'nde yoğun yağışlara karşı eğimli çatı sistemleri ve su drenajını hızlandıran cephe çözümleri tercih edilir. İç Anadolu Bölgesi gibi karasal iklimin hâkim olduğu alanlarda ise, cepheler daha az açıklıklı ve kalın yalıtım katmanlarıyla donatılarak ısı kontrolü sağlanır (Ulu, 2020).

Sürdürülebilirlik, modern cephe düzenlemelerinde önemli bir yer tutar. Türkiye'deki eğitim yapılarında kullanılan cephe malzemeleri, çevresel etkilere karşı dayanıklı olmanın yanı sıra, enerji verimliliği sağlayan malzemelerle harmanlanarak sürdürülebilir yapılar inşa edilmektedir. Bu bağlamda, çevre dostu malzemelerin kullanımı, özellikle yalıtım sistemlerinde öne çıkmaktadır. Çift cam sistemleri, güneş enerjisi sistemleri ve doğal havalandırma çözümleri gibi sürdürülebilir tasarım yaklaşımları, eğitim yapılarının enerji tüketimini azaltırken, çevreye olan etkisini minimize eder.

Cephe düzeninde kullanılan malzeme ve yapısal unsurlar da büyük önem taşır. Örneğin, alüminyum kompozit paneller, hafifliği ve dayanıklılığı ile sıkça tercih edilen bir cephe malzemesidir. Bu paneller hem estetik hem de fonksiyonel açıdan önemli avantajlar sunar; ayrıca dış mekan koşullarına karşı dayanıklı olmaları nedeniyle uzun ömürlüdür. Diğer yandan, seramik paneller ve fiber çimento levhalar hem görsel estetik hem de yangın güvenliği açısından önemli birer alternatiftir. Taş ve tuğla gibi geleneksel malzemeler ise, özellikle büyük okul binalarında, yapının sağlamlığı ve güvenliği açısından tercih edilmektedir.

Sonuç olarak, Türkiye'deki eğitim yapılarında cephe düzenlemeleri, sadece dış estetikten ibaret olmayan, aynı zamanda yapının işlevselliği, güvenliği, çevresel sürdürülebilirliği ve sosyal etkileşimi ile doğrudan ilişkili olan bir süreç olmalıdır. Cephe tasarımı, eğitim yapılarının kullanıcılarına daha sağlıklı, güvenli ve verimli bir öğrenme ortamı sunarken, aynı zamanda yapının uzun ömürlü ve çevre dostu olmasını sağlamaktadır. Bu bağlamda, cephe düzenlemeleri hem estetik hem de işlevsel açıdan modern eğitim yapılarının kalitesini belirleyen önemli bir faktör olarak görülmelidir.

2.2.2 Malzeme özellikleri

Eğitim yapılarında cephe malzemeleri, yapının işlevselliği, estetiği, güvenliği ve sürdürülebilirliğini belirleyen temel unsurlardandır. Türkiye'de ise malzeme seçiminde genellikle maliyet odaklı kararlar öne çıkmakta, bu da enerji verimliliği,

çevresel etkiler ve sürdürülebilirlik gibi kriterlerin geri planda kalmasına neden olmaktadır. Bu yaklaşım, zamanla artan bakım-onarım maliyetleri, yüksek enerji tüketimi ve azalan kullanıcı konforu gibi olumsuz sonuçlar doğurmakta; bu nedenle malzeme seçiminde ilk yatırım maliyetinin ötesinde, yaşam döngüsü maliyetleri ve çevresel etkiler birlikte değerlendirilmelidir.

Eğitim yapılarında kullanılan malzemeler arasında beton, tuğla, taş, alüminyum kompozit paneller, fiber çimento levhalar, seramik paneller ve ahşap gibi materyaller bulunur. Bu malzemeler, cephelerin hem estetik hem de fonksiyonel açıdan etkili olmasını sağlayan temel bileşenlerdir. Özellikle dayanıklılık, ısı yalıtımı, ses yalıtımı, yangın güvenliği ve çevresel sürdürülebilirlik gibi özellikler, bu malzemelerin seçiminde kritik rol oynar.

Beton, taş ve tuğla gibi geleneksel malzemeler, genellikle taşıyıcı sistemlerde ve dayanıklılık gereksinimlerinde kullanılır. Beton, yüksek dayanıklılığı ve işlevsel kullanımı ile yaygın olarak tercih edilirken, doğal taşlar ve tuğlalar özellikle estetik açıdan prestijli yapılar için kullanılır. Bu malzemeler, geleneksel yöntemlerle üretildiklerinde yüksek ısı emme kapasiteleri sayesinde iç mekânın sıcaklık kontrolüne katkıda bulunur.

Isı yalıtımı ve enerji verimliliği, özellikle Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde büyük önem taşır. Eğitim yapılarında, EPS, XPS ve taş yünü gibi malzemeler, ısı kayıplarını önlemek ve iç mekân konforunu artırmak için yaygın olarak kullanılır. EPS, hafif ve ekonomik olmasının yanı sıra yüksek ısı yalıtım kapasitesine sahiptir. XPS ise daha yüksek su geçirmezlik ve mekanik dayanıklılık sunar, bu nedenle zemin katlarda tercih edilir. Taş yünü ise özellikle yangına karşı dayanıklılığı ve ses yalıtımı sağlama özelliği ile öne çıkar.

Yangın güvenliği, eğitim yapılarında öncelikli bir gereklilik olarak kabul edilir. Yangına dayanıklı malzemelerin kullanımı, yapı güvenliğini artırırken, aynı zamanda binaların yangın anında güvenli bir şekilde tahliye edilmesini sağlar. Bu noktada, taş yünü gibi yangına dayanıklı malzemeler, dış cephelerde yaygın olarak tercih edilir. Ayrıca, alüminyum kompozit paneller ve fiber çimento levhalar gibi modern malzemeler de yangın güvenliği açısından uygun çözümler sunar. Alüminyum kompozit paneller, hafifliği ve dayanıklılığı ile yangın güvenliği sağlarken, fiber çimento levhalar da yangına dayanıklı ve buhar geçirgen özellikleri ile dikkat çeker.

Türkiye'deki eğitim yapılarında cephe malzemeleri, yalnızca işlevsel gereksinimleri karşılamakla kalmaz, aynı zamanda yapının mimari kimliğini yansıtır. Özellikle özel okullar ve üniversitelerde estetik tercihler ön plandadır. Doğal taşlar, seramik paneller, alüminyum kompozitler ve ahşap kaplamalar, hem iç hem dış mekânlarda estetik katkı sağlarken, çevreyle uyumlu ve sürdürülebilir çözümler sunar.

Kaplama malzemeleri, sadece estetik bir yüzey sunmakla kalmaz, aynı zamanda yapının dış etkenlere karşı korunmasını sağlar. Seramik paneller, su geçirmez özellikleri ve dayanıklılıkları ile dış cephelerde sıklıkla tercih edilir. Ayrıca, alüminyum kompozit paneller, hafifliği ve çok çeşitli renk seçenekleri ile modern eğitim yapılarında estetik bir çözüm sunar. Ahşap kaplamalar ise doğal bir görünüm sunarak sıcaklık ve organik bir atmosfer yaratır. Ahşap görünümlü HPL (yüksek basınçlı laminant) paneller de dış cephelerde ahşap estetiği sunan modern bir alternatiftir.

Sürdürülebilirlik, eğitim yapılarında giderek daha önemli bir konu haline gelmektedir. Çevre dostu malzemelerin kullanımı, enerji verimliliği sağlayarak, yapının ekolojik ayak izini azaltırken, uzun vadeli ekonomik tasarruf da sağlar. Geri dönüştürülebilir malzemeler ve düşük enerji ile üretilen malzemeler, bu doğrultuda öncelikli olarak tercih edilir. Alüminyum kompozit paneller ve seramikler, geri dönüştürülebilir malzemeler olup, sürdürülebilirlik açısından da önemli avantajlar sunar.

Sonuç olarak, Türkiye'deki eğitim yapılarında cephe malzemelerinin seçiminde, sadece estetik ve işlevsel faktörler değil, aynı zamanda güvenlik, dayanıklılık, enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik gibi kriterler de son zamanlarda dikkate alınmaktadır.

2.2.3 Katmanlaşma düzeni

Eğitim yapılarının dış duvar sistemlerinde katmanlaşma düzeni, yapı fiziği ve kullanıcı konforu açısından oldukça kritik bir rol oynar. Her katman, belirli bir işlevi yerine getirir ve yapının genel performansını doğrudan etkiler. Bu düzen, sadece yapısal dayanıklılık sağlamakla kalmaz, aynı zamanda ses yalıtımı, ısı yalıtımı, yangın güvenliği ve nem kontrolü gibi önemli unsurları da içerir. Türkiye'deki eğitim yapılarında genellikle içten dışa doğru şu katmanlar yer alır;

İlk katman olarak, iç yüzey kaplaması yer alır. Bu katman, yapı ile doğrudan etkileşimde olan ilk yüzey olup estetik ve işlevsel özellikler taşır. İç yüzeyde kullanılan

malzemeler, sınıf içi etkinliklerin yapılacağı ortama göre, hijyenik ve kolayca temizlenebilir özelliklere sahip olmalıdır. Alçı sıva, alçıpan gibi malzemeler hem estetik açıdan hoş bir görünüm sunar hem de ses yalıtımı gibi işlevsel faydalar sağlar.

Bir sonraki katman, taşıyıcı yapı katmanıdır. Bu katman, yapının temel yapısal dayanıklılığını sağlayan en önemli katmandır. Taşıyıcı sistem genellikle betonarme, gaz beton veya tuğla gibi malzemelerle oluşturulur. Bu katman, yapının sağlam ve güvenli olmasını sağlayarak deprem güvenliği gibi önemli bir işlevi de yerine getirir. Betonarme, özellikle deprem bölgelerinde eğitim yapılarında sıkça tercih edilir.

Taşıyıcı katmanın ardından gelen buhar dengeleyici membran, iç mekândan gelen buharın duvarın içinde yoğunlaşmasını engelleyerek, yapının uzun ömürlü olmasına yardımcı olur. Nem kontrolü, özellikle kış aylarında iç mekânlardan gelen nemin dışarıya geçişini sağlayarak yapının daha verimli bir şekilde çalışmasını sağlar. Bu katman, özellikle soğuk iklim koşullarına sahip bölgelerde kullanılır.

Isı yalıtım katmanı, eğitim yapılarında oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu katman, yapının enerji verimliliğini artırarak, ısı kayıplarını engeller. EPS (genleştirilmiş polistiren), XPS (ekstrüde polistiren) veya taş yünü gibi malzemeler genellikle bu katmanda tercih edilir. Taş yünü, yangına karşı dayanıklı özellikleriyle dikkat çekerken, EPS ve XPS daha düşük maliyetli ve iyi ısı yalıtımı sağlama avantajına sahiptir. Bu malzemeler, aynı zamanda ses yalıtımını da güçlendirerek, eğitim yapılarını daha konforlu hale getirir.

Katmanlardan bir diğeri, havalandırılmalı boşluktur. Bu katman, özellikle ahşap ve kompozit malzemelerle kaplanmış yapılarda nem ve yoğunlaşmayı engellemek amacıyla kullanılır. Havalandırma boşluğu, duvarların nem ve korozyondan korunmasını sağlar ve yapı malzemelerinin ömrünü uzatır. Ayrıca, doğal havalandırmayı destekleyerek iç mekânın sağlıklı bir şekilde hava almasını sağlar.

Son olarak, dış kaplama yüzeyi yer alır. Dış kaplama, yapının çevreyle doğrudan temas ettiği ve dış etkenlere maruz kaldığı yüzeydir. Türkiye’de eğitim yapılarında genellikle alüminyum kompozit paneller, seramik paneller, doğal taşlar, fiber çimento levhalar ahşap kaplamalar ve porselen levha gibi malzemeler kullanılır. Alüminyum kompozit paneller, hafifliği ve dayanıklılığıyla öne çıkarken, seramik paneller ve doğal taşlar estetik açıdan zenginlik sunar. Ahşap kaplamalar ise sıcak bir görünüm sağlayarak

estetik değeri artırır. Bu malzemeler, yapıların dış çevre koşullarına (yağmur, güneş, rüzgâr) karşı dayanıklı olmasını sağlar ve aynı zamanda yapının bakımını kolaylaştırır.

Eğitim yapılarındaki katmanlaşma düzeni, yapının genel enerji verimliliği, konforu ve uzun ömürlülüğü için kritik öneme sahiptir. Bu katmanların malzeme seçimleri ve yerleşimi, yerel iklim koşullarına ve yapı tipine göre farklılık gösterebilir. Ancak her bir katmanın işlevi, binanın sürdürülebilirliğini, enerji verimliliğini ve kullanıcı konforunu sağlamaya yönelik bir stratejiyle uyumlu olmalıdır.

2.3 Dış Duvar Özelliklerine Göre Problemlerin Analizi

Eğitim yapılarında dış duvarlar ısı, ses, yangın güvenliği, nem kontrolü ve enerji verimliliği gibi çok sayıda parametreyi etkileyen yapısal bileşenlerdir. Türkiye'deki eğitim yapılarında, çeşitli iklimsel, kültürel ve coğrafi faktörlere bağlı olarak, dış duvar özellikleri farklı zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu zorlukların çözülmesi hem yapıların kullanıcı konforunu artırmak hem de sürdürülebilirlik hedeflerini desteklemek açısından büyük önem taşımaktadır.

Türkiye'nin geniş coğrafi yapısı, farklı iklim bölgelerinde eğitim yapılarının dış duvar özelliklerinin çeşitlenmesine yol açmaktadır. İç Anadolu Bölgesi gibi karasal iklimin hâkim olduğu alanlarda, kışın aşırı soğuk hava koşulları ve yazın yüksek sıcaklıklar, yapının iç mekân ısınısını dengelemeyi zorlaştırmaktadır. Bu durum, dış duvarlarda ısı yalıtımını zorunlu kılmaktadır. Ancak, eski eğitim yapılarında çoğunlukla düşük performanslı malzemelerin kullanımı nedeniyle, iç mekanlarda ciddi ısı kayıpları yaşanmaktadır. Bu kayıplar hem enerji verimliliğini düşürmekte hem de eğitim yapılarının işletme maliyetlerini artırmaktadır. Türkiye'deki pek çok okulda kullanılan geleneksel malzemeler, yeterli yalıtım performansı göstermemektedir. Bu da özellikle enerji tüketimi açısından kritik bir konu haline gelmiştir.

Isı yalıtımının iyileştirilmesi, yapının genel enerji verimliliği açısından kritik bir önem taşımaktadır. Eğitim yapılarında dış duvarların EPS (genleştirilmiş polistiren) veya XPS (ekstrüde polistiren) gibi ısı yalıtım levhaları ile güçlendirilmesi hem ısı kaybını hem de ısı kazancını minimize ederek enerji tüketimini azaltmada etkili bir çözüm sunar. Buna ek olarak, çift camlı pencereler ve yalıtımlı kapı sistemleri kullanılarak ısı geçişi kontrol altına alınabilir ve böylece iç mekan konforu artırılır. Ancak, bu tür yalıtım uygulamaları ilk yatırım maliyetlerini artırdığı için, projelendirme sürecinde

çoğu zaman ikincil öncelik olarak değerlendirilmekte; oysa uzun vadede ısınma ve soğutma giderlerinde sağlanan tasarruf, bu maliyetleri dengeleyebilmektedir.

Ses yalıtımı, eğitim yapılarının iç mekânında öğrencilerin öğrenme ve sosyal etkileşim süreçlerini doğrudan etkileyen bir faktördür. Türkiye'nin büyük şehirlerinde yer alan okullar, dışarıdan gelen gürültüye maruz kalmaktadır. Bu durum, özellikle okulların çevresindeki trafiğin yoğun olduğu yerlerde önemli bir sorundur. Eğitim yapılarındaki dış duvarların ses yalıtımı açısından yetersiz olması, iç mekanlardaki gürültü düzeyini artırarak, öğrenci verimliliğini olumsuz etkileyebilir. Türkiye'deki eğitim yapılarında dış duvarlarda kullanılan geleneksel malzemeler, ses yalıtımı açısından düşük performans sergileyebilmektedir.

Ses yalıtımı sağlamak için dış duvarların katman yapısına uygun olarak ses geçirmezlik özellikleri yüksek olan malzemelerin seçilmesi gerekmektedir. Örneğin, taş yünü gibi ses izolasyonunda yüksek verimlilik sağlayan malzemeler, duvarların ses geçişini önemli ölçüde azaltabilir. Ayrıca, dış duvarlarda ses emici özellikleri olan malzemelerin kullanımı, iç mekandaki akustik performansı da iyileştirebilir. Türkiye'deki eğitim yapılarında, ses yalıtımını artırmaya yönelik bu tür uygulamalara henüz yeterince önem verilmediği gözlemlenmektedir. Bu nedenle, eğitim yapılarında ses yalıtımına yönelik çözümler geliştirilmesi, öğrenci sağlığı ve verimliliği açısından önemli bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır.

Yangın güvenliği, özellikle yoğun kullanıcı kitlesine sahip olan eğitim yapılarında, can güvenliğini sağlamak açısından kritik bir öneme sahiptir. Türkiye'deki eski okul binalarında kullanılan dış duvar malzemeleri ise çoğunlukla yangına dayanıklılık açısından yetersizdir. Ahşap, tuğla veya beton gibi geleneksel yapı malzemeleri belirli bir yangın dayanımı sunsa da günümüzün gelişmiş yangın güvenliği standartlarını karşılamamaktadır. Bu durum, olası bir yangın durumunda alevlerin yapı boyunca hızla yayılmasına neden olabilir ve tahliye sürecini ciddi şekilde tehlikeye atabilir. Türkiye'deki eğitim yapılarında, yangın güvenliği önlemlerinin daha etkin hale getirilmesi gerektiği açıkça görülmektedir.

Türkiye'deki eğitim yapılarında dış duvar özelliklerine dayalı olarak karşılaşılan problemler, yalnızca yapıların estetik ve fonksiyonel performansını değil, aynı zamanda öğrencilerin eğitim süreçlerini, güvenliğini ve konforunu da doğrudan etkileyen unsurlardır. Isı yalıtımından ses yalıtımına, yangın güvenliğinden çevresel

sürdürülebilirliğe kadar geniş bir yelpazede ele alınması gereken bu problemler, modern yapı malzemeleri ve yenilikçi tasarım stratejileriyle çözüme kavuşturulabilir.

Bu bağlamda, Türkiye'deki eğitim yapılarının dış duvarlarında kullanılan malzemelerin performansının artırılması ve daha verimli çözümler geliştirilmesi, yapının uzun ömürlü ve sürdürülebilir olmasını sağlamak için kritik öneme sahiptir. Eğitim yapılarındaki dış duvar tasarımının hem yapısal hem de çevresel açıdan optimize edilmesi, öğrenci sağlığı ve güvenliği açısından da büyük katkı sağlayacaktır.

2.4 Bölüm Sonucu

Türkiye'deki eğitim yapılarında dış duvar tasarımına ilişkin yapılan kapsamlı incelemeler, bu yapı bileşenlerinin yalnızca mimari görsellik veya mekânsal sınırlandırma sağlamakla sınırlı olmadığını, aynı zamanda yapının çevresel, fonksiyonel ve yapısal bütünlüğünü doğrudan etkileyen çok katmanlı sistemler olduğunu ortaya koymaktadır.

Eğitim yapıları, kullanıcı profili itibarıyla hem çocukların hem de genç bireylerin uzun süreli kullanımına açık olduğu için, bu yapıların dış duvar sistemlerinde konfor, güvenlik, enerji verimliliği ve sağlık koşullarını bir arada sağlayan çözümler geliştirilmesi kritik öneme sahiptir. Ancak Türkiye'de farklı dönemlerde inşa edilmiş okul binalarına bakıldığında, bu gerekliliklerin çoğu zaman ikincil planda bırakıldığı, özellikle maliyet ve yapım kolaylığı gibi pratik etkenlerin önceliklendirildiği gözlemlenmektedir.

Yapıların mimari ve taşıyıcı sistem kurgusu, dış duvarların biçimsel ve işlevsel özelliklerini doğrudan belirlemektedir. Betonarme karkas sistemlerin yaygın olduğu okul yapılarında, dış duvarlar taşıyıcı unsurdan ziyade dolgu elemanı işlevi görmektedir; bu durum duvar kalınlığı, malzeme seçimi ve yüzey organizasyonunda esneklik sağlarken, aynı zamanda performans odaklı bileşenlerin ihmal edilmesine neden olabilmektedir. Geleneksel yığma sistemli yapılarda ise dış duvarlar hem taşıyıcı hem de sınırlandırıcı rol üstlenmekte, bu da malzeme ve katmanlaşma çeşitliliğini sınırlamaktadır. Her iki sistemde de cephe açıklıkları, çoğunlukla ızgara mantığına göre düzenlenmiş olup, çevresel faktörlere duyarlı tasarım kararları genellikle göz ardı edilmiştir.

Cephe düzenlemeleri açısından değerlendirildiğinde, pencere-boşluk oranları çoğu zaman iç mekân fonksiyonlarına değil, standart proje kalıplarına göre oluşturulmuş; bu da doğal aydınlatma, havalandırma ve ısı kontrolü açısından önemli sorunlara yol açmıştır. Özellikle güneş ışınımına maruz kalan cephelerde, pasif koruma unsurlarının (güneş kırıcılar, çıkmalar, gölgeleme sistemleri) yeterince kullanılmaması, iç mekân sıcaklığının kontrolsüz biçimde yükselmesine neden olmakta, bu da mekanik soğutma ihtiyacını artırarak enerji tüketimini olumsuz etkilemektedir.

Malzeme özellikleri incelendiğinde, dış duvarlarda kullanılan yapı malzemelerinin çoğunlukla tuğla, gaz beton ve sıva gibi geleneksel ürünlerden oluştuğu; ısı, ses, nem ve yangın performansları açısından güncel standartları tam olarak karşılamadığı tespit edilmiştir. Modern ısı yalıtım sistemlerinin sınırlı kullanımı, dış kabuk üzerinden gerçekleşen ısı kayıplarını artırmakta ve iç mekân ısı konforunu olumsuz etkilemektedir. Ses yalıtımı açısından da benzer bir eksiklik söz konusudur; dış kaynaklı gürültünün kontrol altına alınamaması, öğrencilerin dikkat dağınıklığına ve öğrenme verimliliğinde düşüşe yol açmaktadır. Malzeme seçiminde yangın güvenliğini sağlayan nitelikli ürünlerin yeterince tercih edilmemesi ise, yapıların afet risklerine karşı savunmasız kalmasına neden olmaktadır.

Katmanlaşma düzeni, dış duvarların performansını doğrudan etkileyen bir başka kritik parametredir. Türkiye'deki okul binalarında, bu katmanların birbirine entegrasyonu çoğunlukla zayıf düzeyde gerçekleştirilmiştir. Özellikle ısı ve su yalıtımı tabakalarının eksikliği, hatalı konumlandırılması ya da sürekliliğinin sağlanamaması, yapı ömrünü kısaltan, bakım maliyetlerini artıran ve kullanıcı sağlığını riske atan sonuçlar doğurmaktadır. Nem geçişinin kontrol altına alınamaması hem yapı elemanlarında hem de iç ortamda küf ve mantar oluşumuna neden olabilmekte, bu da öğrenci sağlığı açısından ciddi tehditler oluşturmaktadır. Ayrıca, malzeme katmanlarının çevresel etkiler göz önünde bulundurularak seçilmemesi, yapının toplam karbon ayak izini artırmakta ve enerji etkinliği hedefleriyle çelişmektedir.

Bu bağlamda yapılan problem analizleri, Türkiye'deki eğitim yapılarının dış duvarlarında çok boyutlu yapısal, fiziksel ve çevresel eksikliklerin bulunduğunu göstermektedir. İklima duyarsız tasarım kararları, düşük performanslı malzeme kullanımı, eksik yalıtım sistemleri ve yetersiz cephe organizasyonu hem kullanıcı konforunu hem de çevresel sürdürülebilirliği olumsuz etkilemektedir. Mevcut durumun iyileştirilmesi için, dış duvarların yalnızca yapısal gereksinimler üzerinden

değil, aynı zamanda çevresel sorumluluk, sağlık, güvenlik ve enerji yönetimi gibi kriterler doğrultusunda ele alınması kaçınılmazdır.

Sonuç olarak, Türkiye’deki eğitim yapılarında dış duvar sistemlerinin yeniden değerlendirilmesi, yalnızca mevcut problemlerin çözümüne katkı sağlamakla kalmayacak; aynı zamanda çağdaş, sürdürülebilir ve dirençli yapılar inşa etmenin temelini oluşturacaktır. Bu doğrultuda, bir sonraki bölümde dış duvar tasarımında sürdürülebilirlik ilkeleri çerçevesinde geliştirilebilecek tasarım stratejileri, malzeme teknolojileri ve performans artırıcı uygulamalar ele alınarak hem bugünün ihtiyaçlarına hem de gelecek kuşakların çevresel beklentilerine cevap verebilecek bir yapı dili önerilecektir.



3. EĞİTİM YAPILARININ DIŞ DUVAR TASARIMINDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Günümüz yapı sektöründe sürdürülebilirlik, yalnızca çevresel kaygılardan doğan bir gereklilik değil, aynı zamanda ekonomik ve sosyal açıdan da uzun vadeli bir kalkınma stratejisidir. Özellikle kamu yapılarında, sürdürülebilirlik ilkeleri hem kamusal kaynakların verimli kullanımını hem de toplumsal faydanın azami düzeyde sağlanmasını hedeflemektedir. Bu bağlamda eğitim yapıları, sadece öğrencilerin ve öğretmenlerin kullandığı binalar olmanın ötesinde, geleceğin bilinçli bireylerini yetiştiren, toplumu şekillendiren temel kurumsal yapılardır. Bu nedenle, bu yapıların çevresel etkilerini minimize etmek, enerji tüketimlerini azaltmak ve uzun ömürlü performans gösterecek şekilde tasarlanması büyük bir sorumluluk haline gelmiştir.

Türkiye özelinde bakıldığında, özellikle son yirmi yılda devlet eliyle yürütülen büyük çaplı eğitim yapısı inşa projeleri, fiziksel kapasiteyi artırmakla birlikte, niteliksel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma konusunda yetersiz kalmaktadır. Yeni yapılan binalarda dahi sürdürülebilirlik kriterlerinin sistematik bir biçimde uygulanmadığı, malzeme seçiminden yapım yöntemlerine kadar pek çok aşamada çevresel ve enerji verimliliği bağlamında eksiklikler bulunduğu gözlemlenmektedir.

Enerji kayıplarının en fazla yaşandığı bölgelerden biri olan dış duvarların tasarımı; doğru malzeme seçimi, katmanlaşma düzeni, cephe kurgusu ve bakım kolaylığı gibi çok boyutlu değerlendirmelerle ele alınmalıdır. Bunun yanı sıra, dış duvarlar, bir yapının görsel dili ile pasif enerji stratejilerini destekleme kapasitesini de belirleyen unsurlardandır. Bu nedenle, sürdürülebilirlik açısından dış duvar tasarımı, yalnızca ısıtım malzemesi seçimi ile sınırlı olmayan; yaşam döngüsü maliyeti, karbon ayak izi, bakım-onarım ihtiyacı, geri dönüşüm kapasitesi ve kullanıcı sağlığına etkisi gibi kriterlerle birlikte ele alınmalıdır.

Sürdürülebilir dış duvar tasarımı, yapının tüm ömrü boyunca çevresel yükünü minimize ederken, aynı zamanda iç mekân konforunu iyileştirerek kullanıcı performansını artırma potansiyeline sahiptir. Eğitim yapıları söz konusu olduğunda, bu potansiyel doğrudan eğitim kalitesi ile ilişkilidir. Öğrencilerin daha sağlıklı, sessiz

ve termal olarak dengeli ortamlarda eğitim almaları; öğrenme performanslarını ve psikolojik durumlarını olumlu yönde etkileyebilmektedir. Ayrıca, sürdürülebilir dış duvar uygulamaları aracılığıyla, öğrencilere çevre bilincinin erken yaşta kazandırılması mümkün olmakta, bu da sürdürülebilirlik kültürünün yaygınlaşmasına katkı sağlamaktadır.

Bu bağlamda hazırlanan bu bölümde, sürdürülebilirlik ilkeleri çerçevesinde dış duvar tasarımı detaylı olarak ele alınacaktır. İlk olarak sürdürülebilirlik kavramı genel hatlarıyla açıklanacak, ardından yapı malzemelerinin üretim süreçleri, uygulama yöntemleri ve kullanım aşamasındaki enerji performansları doğrultusunda değerlendirmeler yapılacaktır. Türkiye'deki eğitim yapılarının durumu, yerel iklim koşulları, teknik kapasite ve ekonomik sınırlılıklar dikkate alınarak özgün analizler sunulacaktır. Bu analizler doğrultusunda, gelecekteki eğitim yapıları için sürdürülebilir dış duvar tasarımı adına hem teknik hem de stratejik öneriler geliştirilecektir.

3.1 Sürdürülebilirlik Kavramı

Sürdürülebilirlik, genel anlamda doğal kaynakların tükenmesini engelleyen, çevresel dengeyi koruyan, ekonomik kalkınmayı destekleyen ve toplumsal refahı gözeten bütüncül bir yaklaşımı ifade eder. Yapı sektöründe ise sürdürülebilirlik; enerji etkinliğinin sağlanması, kaynak tüketiminin azaltılması, çevresel ayak izinin en aza indirilmesi ve kullanıcı konforunun artırılması gibi hedeflerle ilişkilidir. Bu bağlamda, sürdürülebilir yapı tasarımı yalnızca malzeme seçimiyle sınırlı kalmaz; aynı zamanda yapının tüm yaşam döngüsünü kapsayan, çevreye duyarlı bir yaklaşım gerektirir.

Türkiye'de sürdürülebilir mimari uygulamaları son yıllarda artış gösterse de mevcut eğitim yapılarında bu uygulamaların sistematik biçimde hayata geçirildiğini söylemek zordur. Kamu yatırımı ile inşa edilen pek çok okul binası, hala geleneksel yapı anlayışına göre tasarlanmakta ve inşa edilmektedir. Bu durum hem enerji verimliliği hem de çevresel etkiler açısından ciddi sorunlara neden olmaktadır. Özellikle dış duvar tasarımı, yapının sürdürülebilirliği üzerinde doğrudan etkili olan temel unsurlardan biridir.

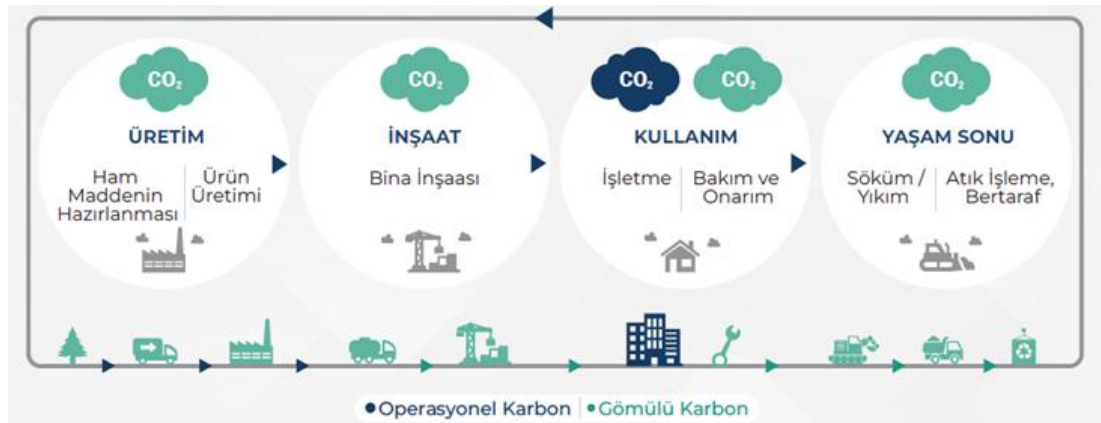
Dış duvarlar, bir yandan iç mekân konforunu ve enerji tüketimini etkilerken, diğer yandan yapı malzemelerinin üretim sürecinden itibaren çevreye olan etkilerini de

yansıtır. Bu nedenle, dış duvar tasarımında sürdürülebilirlik kavramının bütünsel olarak ele alınması, yalnızca çevre için değil, ekonomik ve sosyal boyutlar açısından da önemlidir.

Eğitim yapılarında sürdürülebilirlik, yalnızca bir çevre politikası olarak değil; aynı zamanda öğrencilerin sağlıklı, güvenli ve konforlu ortamlarda eğitim görmesini sağlayan bir sorumluluk anlayışı olarak değerlendirilmelidir. Özellikle Türkiye’de, hızla artan öğrenci nüfusu ve yoğun kentleşme, sürdürülebilir okul tasarımını zorunlu hale getirmektedir. Bu nedenle, sürdürülebilirlik ilkesinin dış duvar sistemlerine entegre edilmesi, yalnızca çevreye duyarlı yapılar üretmekle kalmaz, aynı zamanda ülkenin eğitim altyapısını geleceğe hazırlayan stratejik bir adımdır.

3.2 Malzeme Üretimi Bakımından Sürdürülebilirlik

Yapı sektöründe kullanılan malzemelerin üretim süreçleri, çevresel etkilerin en yoğun olduğu aşamalardan birini oluşturmaktadır. Ham madde çıkarımı, enerji tüketimi, üretim sırasında ortaya çıkan sera gazı emisyonları ve atık miktarı, bir malzemenin çevresel sürdürülebilirliğini belirleyen temel unsurlardır. Bu çerçevede, yapı malzemelerinin çevre üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi, özellikle kamuya ait yapılar olan eğitim binalarında büyük önem taşımaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : Türkiye bina sektörü karbonsuzlaşma yol haritası (URL 3).

Türkiye’de mevcut eğitim yapılarının çoğunda, beton, tuğla ve sıva gibi geleneksel malzemeler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu malzemeler, yerli üretim avantajına sahip olsalar da üretim süreçleri bakımından yüksek enerji tüketimi ve karbon salımı yaratmaktadır.

Özellikle dış duvarlarda kullanılan bu malzemelerin büyük bölümü, fosil yakıtlarla çalışan fabrikalarda üretilmekte ve üretim aşamasında ciddi miktarda sera gazı salımı olmaktadır. Örneğin, çimento ve beton gibi malzemeler hem üretiminde yüksek sıcaklık gerektirmeleri hem de kimyasal süreçlerle karbon salımı yaratmaları nedeniyle sürdürülebilirlik açısından eleştirilen ürünlerdir. Bu malzemelerin çevresel etkileri yalnızca üretim süreciyle sınırlı kalmamakta, nakliye, işçilik ve uygulama aşamalarında da enerji tüketimini artırmaktadır.

Eğitim yapıları gibi kamu yatırımıyla yapılan ve geniş ölçekli inşaatların söz konusu olduğu projelerde, düşük maliyet önceliği genellikle çevresel sürdürülebilirlik kriterlerinin önüne geçmektedir. Bu nedenle, dış duvar sistemlerinde çevre dostu, yerel kaynaklardan temin edilebilen ve üretim sürecinde daha az enerji tüketen alternatif malzemelerin tercih edilmesi büyük önem taşır. Örneğin, doğal taş, ahşap, sıkıştırılmış toprak bloklar ve geri dönüştürülmüş içerikli kompozit paneller hem çevresel ayak izini azaltan hem de yerel ekonomiye katkı sağlayan çözümler sunabilir. Bu tür malzemeler, özellikle düşük karbon salımı, yeniden kullanılabilirlik ve yerel kaynaklı üretim gibi sürdürülebilirlik kriterleri açısından daha avantajlıdır.

Türkiye’de sürdürülebilir malzeme üretimine yönelik altyapı olanakları gelişmekle birlikte, kamuya ait eğitim yapılarında bu potansiyelin yeterince değerlendirilemediği görülmektedir. Çevresel ürün beyanı (EPD), yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) gibi uluslararası sertifikasyon sistemleri, malzemelerin çevresel performansını ölçmede önemli araçlardır; ancak kamu projelerinde bu tür belgeler halen zorunlu hale getirilmiş değildir. Bu durum, malzeme seçimi sürecinde sürdürülebilirlik ilkelerinin göz ardı edilmesine neden olmaktadır.

Sonuç olarak, eğitim yapılarında dış duvar tasarımı için kullanılan malzemelerin üretim süreçlerinin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi, yalnızca çevreye duyarlılık açısından değil, uzun vadeli ekonomik ve sosyal faydalar açısından da kritik öneme sahiptir. Doğru malzeme seçimi ve çevresel etkilerin minimize edilmesi, enerji tüketiminin azaltılmasına ve yapıların ömrünün uzatılmasına katkı sağlar. Bu kapsamda, sürdürülebilir dış duvar sistemleri sadece çevresel performansı iyileştirmekle kalmayıp, aynı zamanda bakım ve işletme maliyetlerini düşürerek ekonomik tasarruflar yaratır. Türkiye'deki kamu yapılarında, özellikle eğitim yapılarında, bu doğrultuda yapılacak her iyileştirme; gelecek nesillere daha sağlıklı, daha yaşanabilir ve daha sorumlu bir çevre bırakma çabasının bir parçası olacaktır.

3.3 Yapım Sürecinde Sürdürülebilirlik

Yapım süreci, sürdürülebilirlik açısından yalnızca yapıların tamamlanma aşaması değil; aynı zamanda çevresel etkilerin somut olarak ortaya çıktığı ve yönetilmesi gereken kritik bir evredir. Bu aşamada kullanılan ekipmanların enerji tüketimi, şantiye yönetiminden kaynaklanan atık üretimi, çalışan sağlığı ve güvenliği, malzeme israfı, taşıma süreçleri ve inşaat süresinin uzunluğu gibi birçok faktör, sürdürülebilir inşaat anlayışını doğrudan etkiler. Türkiye'deki eğitim yapıları bağlamında düşünüldüğünde, özellikle kamu eliyle yürütülen projelerde yapım sürecine dair sürdürülebilirlik kriterlerinin çoğu zaman sınırlı düzeyde dikkate alındığı görülmektedir. Bu durum hem çevresel hem de ekonomik kaynakların verimsiz kullanımına yol açmakta, uzun vadede yapıların performansını da olumsuz etkileyebilmektedir.

Türkiye'de eğitim yapılarının inşasında genellikle geleneksel inşaat yöntemleri tercih edilmektedir. Kalıp-sıva-boya sistemiyle ilerleyen bu yöntemlerde, iş gücü yoğun süreçler, zaman kaybı, malzeme fireleri ve yüksek enerji tüketimi gibi sorunlar oldukça yaygındır. Özellikle dış duvar uygulamalarında, yetersiz planlama ya da kontrolsüz malzeme yönetimi nedeniyle büyük miktarda atık oluşabilmektedir. Bu durum hem çevresel yükleri artırmakta hem de kamusal kaynakların etkin kullanımını engellemektedir. Ayrıca, şantiye alanlarında iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının yetersizliği, sürdürülebilirliğin sosyal boyutunu zayıflatmakta; çalışanların refahı ve güvenliği yeterince sağlanamamakta, bu da sürecin etik yönünü tartışmalı hale getirmektedir.

Sürdürülebilir yapım süreçlerinin benimsenmesi için, malzeme lojistiğinin doğru planlanması, yerinde üretim yerine fabrikada ön üretimli sistemlerin tercih edilmesi, atık yönetiminin etkin bir şekilde yapılması ve şantiye organizasyonunun çevre dostu yöntemlerle yürütülmesi gereklidir. Örneğin, dış duvar panellerinin prefabrike olarak hazırlanıp şantiyede monte edilmesi hem inşaat süresini kısaltmakta hem de işçilik kaynaklı hataları ve atıkları azaltmaktadır. Bu tür sistemlerin kullanımı, aynı zamanda enerji tüketimini düşürmekte ve şantiye kaynaklı karbon emisyonlarını azaltmaktadır.

Türkiye'deki eğitim yapılarında ise, bu tür ön üretimli sistemlerin henüz yaygınlaşmadığı, geleneksel yapım alışkanlıklarının sürdürüldüğü gözlemlenmektedir. Bu durum, sürdürülebilirlik hedeflerinin yapım süreci özelinde gerçekleştirilmesini zorlaştırmaktadır.

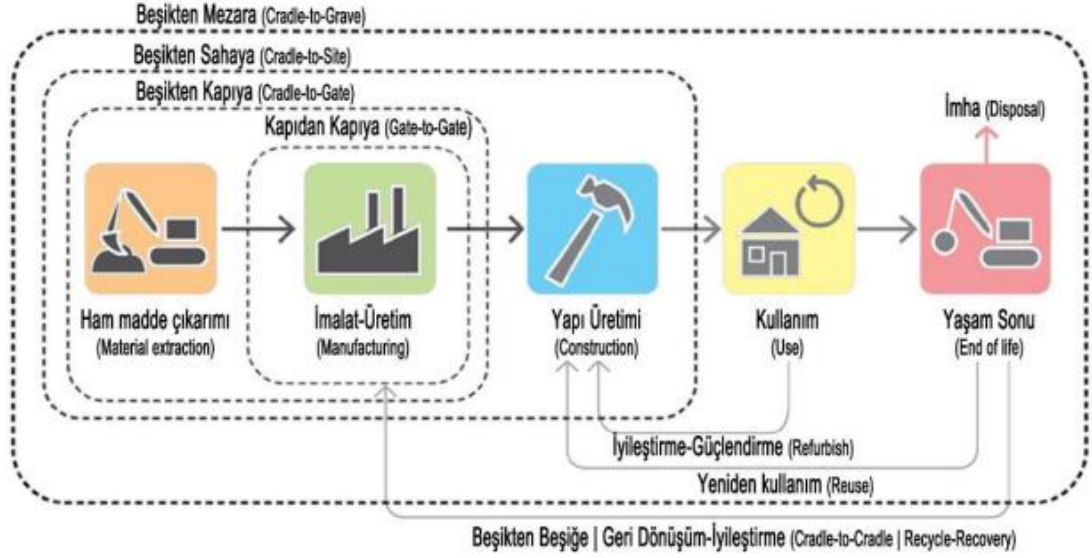
Ayrıca, yapı bilgi modellemesi (BIM) gibi dijital araçların kullanımı, yapım sürecinde verimliliği ve sürdürülebilirliği artıran önemli bir yaklaşımdır. BIM, dış duvarların boyutlandırılması, malzeme seçimi, enerji simülasyonları ve yapım sıralamasının önceden test edilmesini mümkün kılar. Ancak Türkiye’deki kamuya ait eğitim yapılarında bu tür teknolojilerin uygulanması sınırlıdır ve projeler genellikle geleneksel çizimlerle yürütülmektedir. Bu da zaman ve kaynak israfını artırarak sürdürülebilirlik hedeflerinden sapmaya yol açmaktadır.

Sosyal sürdürülebilirlik açısından da yapım süreci oldukça önemlidir. Eğitim yapılarının inşasında yerel iş gücünün istihdam edilmesi, bölgesel kalkınmayı desteklerken, proje sahiplerinin sosyal sorumluluklarını yerine getirmelerini sağlar. Ayrıca, şantiye alanlarında çevre halkını rahatsız etmeyecek biçimde ses, toz ve atık kontrolünün sağlanması da sürdürülebilirlik ilkeleri açısından vazgeçilmezdir. Ne var ki, Türkiye’de özellikle kırsal ve yarı-kentsel bölgelerde inşa edilen okullarda bu tür hassasiyetlerin her zaman yeterli düzeyde gözetilmediği, gözleme dayalı araştırmalarda sıkça vurgulanmaktadır.

Sonuç olarak, Türkiye’deki eğitim yapılarının dış duvar uygulamaları da dâhil olmak üzere tüm yapım süreci, sürdürülebilirlik ilkelerine uygun şekilde yeniden kurgulanmalıdır. Enerji verimliliği, kaynak yönetimi, atık azaltımı, iş sağlığı ve sosyal sorumluluk gibi kriterlerin tümünün dikkate alındığı bütüncül bir yapım anlayışı, yalnızca çevresel değil aynı zamanda ekonomik ve toplumsal sürdürülebilirliğe de katkı sağlayacaktır. Bu anlayışın hayata geçirilmesi, eğitim yapılarının sadece bugünkü nesillere değil, gelecekteki öğrencilere de hizmet verebilecek nitelikte uzun ömürlü ve çevreye duyarlı yapılar haline gelmesini mümkün kılacaktır.

3.4 Kullanım Enerjisi Bakımından Sürdürülebilirlik

Yapının yaşam döngüsü süresince tükettiği enerji, sürdürülebilirlik bağlamında genellikle “kullanım enerjisi” olarak değerlendirilir ve ısınma, soğutma, aydınlatma, havalandırma gibi süreçleri kapsar. Eğitim yapılarında kullanım enerjisinin azaltılması, yalnızca maliyet düşürme değil; karbon salımını azaltma, kaynak verimliliği sağlama ve çevresel etkileri azaltma açısından da kritik önemdedir. Ancak Türkiye’de bu konuda ciddi eksiklikler göze çarpmaktadır.



Şekil 3.2 : Bir yapının yaşam döngüsünün evreleri ve birbiriyle olan ilişkisi (Simonen, 2017: 22).

Şekil 3.2'de bir yapının yaşam döngüsünü etkileyen temel aşamalar şematik olarak gösterilmektedir. Ülke genelindeki okulların büyük bir kısmı, geleneksel yapım teknikleriyle inşa edilmiş ve enerji verimliliği kriterleri göz önüne alınmadan tasarlanmıştır. Bu yapılar genellikle tek kabuklu dış duvar sistemine sahiptir ve çoğunlukla yetersiz yalıtım, niteliksiz pencere doğramaları ve düşük performanslı yapı kabuğu elemanlarıyla donatılmıştır. Sonuç olarak, bu okullarda kış aylarında ısı kayıpları, yaz aylarında ise aşırı ısınma problemi ciddi bir enerji tüketimine yol açmaktadır. Merkezi ısıtma sistemlerinin verimsiz çalıştığı ya da bazı okullarda hiç bulunmadığı durumlarda, bireysel elektrikli ısıtıcılar ve klimalar devreye girmekte; bu da enerji tüketimini düzensiz ve yüksek hale getirmektedir.

Kullanım enerjisinin sürdürülebilirlik bağlamında ele alınması, öncelikle pasif enerji stratejilerinin bina tasarımına entegre edilmesini gerektirir. Türkiye'nin çeşitli iklim bölgelerinde farklı pasif önlemler alınabilir. Örneğin, sıcak ve nemli Akdeniz ikliminde, doğal havalandırma ve gölgeleme sistemlerinin etkinliği artırılabilirken; soğuk iklim bölgelerinde, güneşe yönlendirilmiş cephe tasarımı ve yüksek yalıtım değerlerine sahip dış duvar sistemleriyle ısı kaybı minimize edilebilir. Ancak Türkiye'deki eğitim yapılarında, pasif enerji stratejileri çoğu zaman dikkate alınmamakta, yapıların yönelimi, pencere yerleşimi ve dış duvar katmanlaşması iklimsel verilere göre değil, imar kısıtlarına veya maliyet hesaplarına göre şekillenmektedir.

Enerji verimliliğini artırmak için dış duvarların malzeme özelliklerinin optimize edilmesi gerekir. Düşük ısı iletkenlik katsayısına sahip, yüksek yoğunluklu ısı yalıtım levhalarıyla güçlendirilmiş duvar sistemleri, iç mekandaki ısı dengesinin korunmasına katkı sunar. Özellikle mineral yün veya taş yünü gibi çevre dostu ve yangına dayanıklı malzemeler hem enerji performansı hem de güvenlik açısından sürdürülebilir seçeneklerdir. Aynı şekilde, yansıtıcı dış cephe kaplamaları veya doğal taş yüzeyler kullanılarak güneş ışıınının yapı yüzeyinde birikmesi engellenebilir. Türkiye'deki eğitim yapılarında bu tür uygulamaların yaygınlaştırılması, enerji ihtiyacını önemli ölçüde düşürecektir.

Ayrıca, dış duvarların performansı kadar bina otomasyon sistemleri, sensör kontrollü aydınlatma ve doğal ışık kullanımına olanak sağlayan mimari çözümler de kullanım enerjisi üzerinde doğrudan etkilidir. Eğitim yapılarında genellikle geleneksel floresan aydınlatmalar ve manuel ısıtma sistemleri kullanıldığından, bu yapıların enerji tüketimi gereksiz yere artmaktadır. Oysa gün ışığıyla aydınlatma, bina kullanım saatlerine göre programlanan otomasyon sistemleri ve düşük enerji tüketimli cihazlarla donatılmış sınıflar sayesinde, kullanım enerjisi minimum seviyeye indirilebilir. Türkiye'de bazı özel okullar veya yeni inşa edilen pilot projelerde bu uygulamaların örnekleri görülse de kamuya ait eğitim yapılarında yaygınlaşması için daha kapsamlı bir dönüşüm politikasına ihtiyaç vardır.

Kullanım enerjisinin sürdürülebilir şekilde yönetilmesi yalnızca teknik çözümlerle sınırlı değildir; aynı zamanda kullanıcı alışkanlıklarıyla da ilgilidir. Öğrencilerin, öğretmenlerin ve idari personelin enerji bilinci, sürdürülebilirlik hedeflerinin başarılması açısından önem taşır.

Bu bağlamda, okul içinde enerji tasarrufu konusunda farkındalık kampanyaları düzenlenmesi, enerji tüketiminin izlenebilir hale getirilmesi ve kullanıcıların enerji verimli davranışlara teşvik edilmesi, enerji kullanımını doğrudan etkileyen sosyal stratejiler arasında yer alır. Türkiye'deki eğitim kurumlarında bu tür enerji okuryazarlığına yönelik uygulamalar henüz sistematik hale gelmemiştir; ancak uzun vadede sürdürülebilirliğin yerleşik bir kültür haline gelebilmesi için bu tür yaklaşımlar şarttır.

Sonuç olarak, Türkiye'deki eğitim yapılarında dış duvar tasarımı ile ilişkili kullanım enerjisi tüketimi, sürdürülebilirliğin merkezinde yer almaktadır. Dış kabuğun doğru

tasarlanması, yalıtımın artırılması, pasif tasarım ilkelerinin uygulanması ve kullanıcı farkındalığının geliştirilmesi yoluyla bu yapıların enerji performansları ciddi ölçüde iyileştirilebilir. Bu iyileştirme yalnızca çevresel etkileri azaltmakla kalmayacak, aynı zamanda eğitim kurumlarının ekonomik sürdürülebilirliğini de destekleyecek ve öğrencilere daha sağlıklı, konforlu öğrenme ortamları sunacaktır.

3.5 Bölüm Sonucu

Dış duvar tasarımında sürdürülebilirlik, yapıların sadece çevresel etkilerini azaltmakla kalmayıp; uzun vadede ekonomik fayda, kullanıcı sağlığı ve sosyal sorumluluk açısından da yüksek katma değer sağlayan bütüncül bir yaklaşımdır. Türkiye’deki eğitim yapıları özelinde yapılan değerlendirme, bu yapılarının büyük çoğunluğunun sürdürülebilirlik kriterlerini sınırlı ölçüde karşıladığını ve ciddi bir dönüşüm ihtiyacına sahip olduğunu göstermektedir.

Bu bölümde ele alınan kavramsal çerçevede, sürdürülebilirliğin yalnızca çevreci bir söylemden ibaret olmadığı; malzeme üretiminden yapım sürecine, kullanım döneminden atık yönetimine kadar uzanan kapsamlı bir yaşam döngüsü yönetimi olduğu vurgulanmıştır. Eğitim yapılarında kullanılan yapı malzemelerinin üretim kaynaklı karbon ayak izi, üretimde kullanılan enerji girdileri, tedarik zinciri mesafeleri gibi kriterler, sürdürülebilirlik bakımından dikkatle ele alınmalıdır. Türkiye’de yapı sektöründe hâlâ ağırlıklı olarak enerji yoğun malzemelerin kullanılması, çevresel etkilerin azaltılmasını güçleştirmektedir.

Yapım süreci açısından ise dış duvar sistemlerinin montaj kolaylığı, israfı önleyici uygulamalarla desteklenmesi, iş gücü verimliliği ve zaman tasarrufu gibi faktörler, sürdürülebilir üretim yönetiminin önemli göstergeleri arasında yer almaktadır. Türkiye’de kamuya ait eğitim yapılarının çoğunda hâlâ geleneksel yapım tekniklerinin uygulanması, dış duvar tasarımlarının çevre dostu ve sürdürülebilir olmasını zorlaştırmaktadır.

Kullanım süreci ise enerji verimliliği açısından kritik bir dönemdir. Eğitim yapılarında kullanıcı konforunun sağlanabilmesi, iç mekân hava kalitesinin korunması ve ısı dengesi sağlanması gibi hedefler, dış duvarın fiziksel performansına bağlıdır. Yetersiz yalıtım, kötü yönlendirme, katmanlaşma eksiklikleri ve uygun olmayan malzeme

seçimleri; yapıların aşırı enerji tüketmesine, dolayısıyla hem ekonomik kayba hem de çevresel bozulmalara neden olmaktadır.

Bu bağlamda, sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu dış duvar tasarımı, eğitim yapılarının enerji performansını iyileştirme noktasında temel belirleyici unsurlardan biridir.

Bütün bu değerlendirmeler, sürdürülebilir bir dış duvar tasarımının yalnızca teknik bir mühendislik meselesi değil; aynı zamanda sosyal, çevresel ve ekonomik parametrelerin birlikte yönetildiği disiplinler arası bir konu olduğunu ortaya koymaktadır. Eğitim yapılarında bu tür bir bütünsellik oluşturulmadan sürdürülebilirliğin sağlanması mümkün değildir. Yapı kabuğu tasarımı, özellikle de dış duvar sistemleri, sürdürülebilirliğin yapı ölçeğindeki ilk savunma hattı olarak ele alınmalıdır.

Bu noktada, sürdürülebilir dış duvar tasarımının başarısı doğrudan cephe kaplama malzemeleri ile ilişkilidir. Cephe kaplamaları, yapı kabuğunun hem estetik hem de performans yönünden sürdürülebilirliğini destekleyen en önemli bileşenlerden biridir. Kullanılan kaplama malzemesinin ham madde kaynağı, enerji yoğunluğu, iklim koşullarına uygunluğu, geri dönüştürülebilirliği ve bakım ihtiyaçları, dış duvarların çevresel etkisini doğrudan belirlemektedir. Dolayısıyla bir sonraki bölümde, cephe kaplama malzemelerinin sürdürülebilir dış duvar tasarımı üzerindeki rolü ayrıntılı biçimde incelenecek; Türkiye'deki eğitim yapılarında bu malzemelerin seçimi ve uygulamasına yönelik analizler sunulacaktır.

4. EĞİTİM YAPILARINDA DIŞ CEPHE KAPLAMA MALZEMELERİ

Eğitim yapılarında dış cephe kaplama malzemelerinin seçimi, yalnızca estetik bir karar değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik, enerji verimliliği, dayanıklılık ve uzun ömürlü kullanım açısından önemli bir faktördür. Dış cepheler, bir yapının dış dünyaya açılan yüzeyi olduğu için hem iç mekânların konforunu hem de yapıların genel performansını doğrudan etkileyen unsurlar arasında yer alır. Bu nedenle, dış cephe kaplama malzemelerinin yanı sıra, cephe tasarımının genel yapısı, yapısal dayanıklılığı ve çevresel faktörlere uyumlu olması gerekir. Eğitim yapılarında dış cephe kaplama malzemelerinin seçimi hem görsel çekiciliği artırmalı hem de kullanım ömrünü uzatmalıdır.

Alüminyum kompozit paneller, eğitim yapılarında yaygın olarak kullanılan, hafifliği ve montaj kolaylığı ile öne çıkan metal esaslı cephe kaplama malzemelerindendir. Modern bir görünüm sunmasının yanı sıra, yüksek dayanımı ve düşük bakım gereksinimiyle uzun ömürlü çözümler sağlamaktadır. Ancak üretim süreçlerinin yüksek enerji tüketimi içermesi ve karbon salım düzeyinin görece yüksek olması, çevresel açıdan değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu çalışmada ele alınmasının nedeni, eğitim yapılarında kullanımının çok yaygın olması ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesinin sürdürülebilirlik açısından kritik öneme sahip olmasıdır.

Masif ahşap, doğal ve yenilenebilir bir malzeme olması nedeniyle sürdürülebilir yapı tasarımı bağlamında dikkat çeken bir cephe kaplama alternatifidir. Ahşabın sıcak ve doğal dokusu, özellikle eğitim yapılarında kullanıcı üzerinde olumlu psikolojik etkiler yaratmaktadır. Ancak dış ortam koşullarına karşı hassas olması nedeniyle koruyucu işlemler ve düzenli bakım gerektirir. Bu çalışmada ele alınmasının temel nedeni, doğal yapısı, çevresel sürdürülebilirlik potansiyeli ve eğitsel mekânlarda sunduğu atmosferik katkıların birlikte değerlendirilmek istenmesidir.

Ahşap kompozit malzemeler, doğal ahşap liflerinin bağlayıcılarla birleştirilmesi sonucu elde edilen ve dış cephelerde kullanım için geliştirilmiş modern malzemelerdir. Masif ahşaba göre daha az bakım gerektirmesi ve çevresel etkilere karşı daha dayanıklı olması, bu malzemeyi sürdürülebilirlik açısından cazip hale getirmektedir. Ayrıca

mekan konforunu sağlamak, enerji verimliliğini artırmak ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunmak için önemlidir. Eğitim yapılarındaki dış cephe tasarımı, her açıdan bütünsel bir yaklaşım gerektirir; çevresel sürdürülebilirlik, enerji verimliliği, estetik ve fonksiyonellik bir arada düşünülerek, en uygun çözüm seçilmelidir.

4.1 Alüminyum Kompozit

Alüminyum kompozit malzemeler, çağdaş yapı teknolojilerinin önemli bir ürünü olarak, günümüzde eğitim yapılarının dış cephe kaplamalarında sıklıkla tercih edilen, yüksek performans ve estetik çözümler sunan malzeme sistemleridir. Bu malzeme türü, iki ince alüminyum levha arasında yer alan polietilen veya mineral dolgulu çekirdek tabakadan oluşan çok katmanlı bir yapıya sahiptir (Şekil 4.1). Kompozit sistemin bu özel katman yapısı, malzemeye yalnızca mekanik mukavemet kazandırmakla kalmaz, aynı zamanda ısı geçirgenliği, yangına dayanım, nem etkilerine karşı direnç ve yüzey düzgünlüğü gibi pek çok teknik avantaj da sunar. Eğitim yapıları gibi uzun ömürlü, düşük bakım gerektiren ve yoğun kullanıcı sirkülasyonuna sahip binalarda bu tür malzemelerin tercih edilmesi, sürdürülebilirlik, maliyet etkinliği ve işlevsellik açısından büyük bir önem taşımaktadır.



Şekil 4.1 : AKPA BOND A2 alüminyum kompozit panelin katmanlı yapısı.

Alüminyum kompozit panellerin yoğunluğu, kullanılan çekirdek malzemenin türüne bağlı olarak değişiklik gösterir. Polietilen dolgulu panellerin yoğunluğu genellikle 1.5–2.0 g/cm³ aralığındayken, mineral dolgulu ve yangına dayanıklı versiyonlarda bu değer 2.5 g/cm³'ü geçebilir. Bu özellik, malzemenin taşıyıcı sisteme ek yük getirmeden geniş yüzeylere uygulanmasını sağlar. Özellikle yüksek katlı eğitim

yapılarında, dış cephede kullanılan malzemenin ağırlığı yapının sismik performansını da etkileyebileceğinden, hafifliğiyle öne çıkan alüminyum kompozit paneller bu tür yapılar için büyük avantaj sunar.

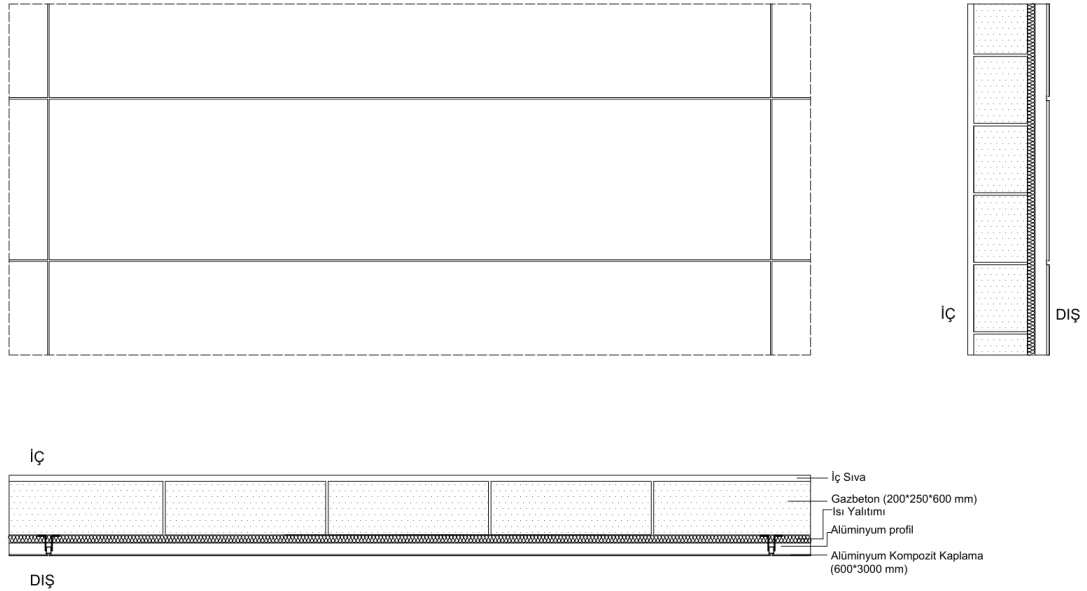
Fiziksel dayanıklılık açısından, alüminyum kompozit paneller eğilme ve burkulmaya karşı yüksek direnç gösterir. Yüzeyleri, PVDF (polyvinylidene fluoride) veya polyester esaslı boya sistemleriyle kaplandığı için güneş ışığına, kimyasallara ve kirleticilere karşı son derece dirençlidir (Şekil 4.2). Renk solmaları, yüzey bozulmaları veya kabuk atmalar gibi sorunlar kalite belgeli ve sertifikalı panellerde minimum seviyeye inmiştir. Ayrıca, panellerin yüzeylerine uygulanan antistatik ve kendini temizleyen kaplamalar, özellikle kirli atmosfer koşullarında cephelerin bakım gereksinimini azaltır ve uzun vadede estetiğin korunmasına yardımcı olur.

Alüminyum kompozit malzemenin yangına dayanıklılığı, özellikle eğitim yapıları gibi yoğun kullanıcı yoğunluğuna sahip alanlarda kritik bir öneme sahiptir. Standart polietilen çekirdekli panellerin yangına karşı direnci sınırlıyken, B1 veya A2 sınıfı yangın dayanımlı mineral dolgulu paneller, yangın güvenliği yönetmeliklerine uygun olarak tasarlanmıştır. Bu paneller, alevin malzeme içinde ilerlemesini engelleyecek şekilde geliştirilmiş olup, duman yoğunluğu ve zehirli gaz salınımı açısından da sınırlı risk taşır. Türkiye'deki yangın yönetmelikleri doğrultusunda, özellikle okul binalarında bu tür yangına dayanıklı panellerin kullanımı önerilmekte ve bazı durumlarda zorunlu hale gelmektedir.



Şekil 4.2 : Alüminyum kompozit malzeme görseli (URL 4).

Uygulama açısından alüminyum kompozit paneller, geniş boyut seçenekleri ve kolay işlenebilirliği sayesinde hızlı ve sistematik bir montaj süreci sağlar. Genellikle 1250x3000 mm, 1500x4000 mm gibi standart üretim ölçülerine sahip olan bu paneller, özel projeler için farklı ebatlarda da üretilebilmektedir. CNC tezgâhlarında işlenerek kolayca kesilebilir, eğilebilir veya kenar bükümleri yapılabilir. Bu özellik, mimari projelerde arzu edilen eğrisel formların, kırıklı yüzeylerin veya modüler panellerin kolayca elde edilmesini sağlar. Montaj sistemi genellikle gizli taşıyıcılı ya da çıtalı sistemler üzerinden yapılır, böylece cephe hem estetik açıdan bütünlük kazanır hem de bakım kolaylığı sağlanır (Şekil 4.3). Panellerin montajı sırasında, doğru genleşme boşluklarının bırakılması, etkin su tahliye kanallarının kullanılması ve havalandırmalı cephe detaylarının uygulanması oldukça önemlidir. Bu detaylar, yapı ömrünü uzatarak bakım gereksinimini de azaltır.



Şekil 4.3 : Alüminyum kompozit için kesit, plan ve görünüş çizimi.

Yalıtım özellikleri bakımından alüminyum kompozit panellerin doğrudan ısı geçirgenlik katsayısı yüksek olmakla birlikte, genellikle mineral yünleriyle desteklenen yalıtım katmanlarıyla birlikte kullanılır. Özellikle havalandırmalı cephe sistemlerinde, kompozit panel ile yalıtım katmanı arasında oluşan hava boşluğu, ısı köprüsü oluşumunu engeller ve doğal hava akışı sağlar. Bu sistem sayesinde kışın ısı kaybı azalırken, yazın aşırı ısınma riski de önlenir. Ayrıca, kompozit panelin yüzeyinden gelen güneş enerjisi, hava boşluğunda dağılarak iç mekâna daha az ulaşır ve böylece soğutma yükü düşer.

Çevresel açıdan alüminyum kompozit panellerin geri dönüştürülebilir olması büyük bir avantaj sunar. Panellerin alüminyum levhaları %100 geri dönüştürülebilirken, çekirdek malzemenin türüne bağlı olarak çevresel etkiler değişiklik gösterebilir. Gelişmiş üretim teknikleri ile karbon ayak izi azaltılmış ve çevre dostu kompozit paneller üretilmiştir. Türkiye’de yerli üreticiler, yeşil bina sertifikalarına uygun ürün portföyleri geliştirmiştir. LEED ve BREEAM gibi uluslararası sertifikalarla uyumlu olan alüminyum kompozit paneller, eğitim yapılarında sürdürülebilirlik hedeflerine önemli katkılar sağlamaktadır.

Alüminyum kompozit paneller, üretim sürecinde oldukça yüksek enerji tüketimi gerektirir. Özellikle alüminyum levhaların işlenmesi ve polietilen çekirdek tabakasının üretimi sırasında ortaya çıkan yüksek gömülü enerji, bu malzemenin karbon salımını artıran temel faktörlerdendir. Geri dönüştürülebilirlik açısından alüminyum levhalar avantaj sunsa da, çekirdek kısmın geri dönüşümü daha sınırlıdır. Bu nedenle, karbon ayak izi açısından diğer malzemelere göre daha yüksek bir çevresel etki oluşturur.

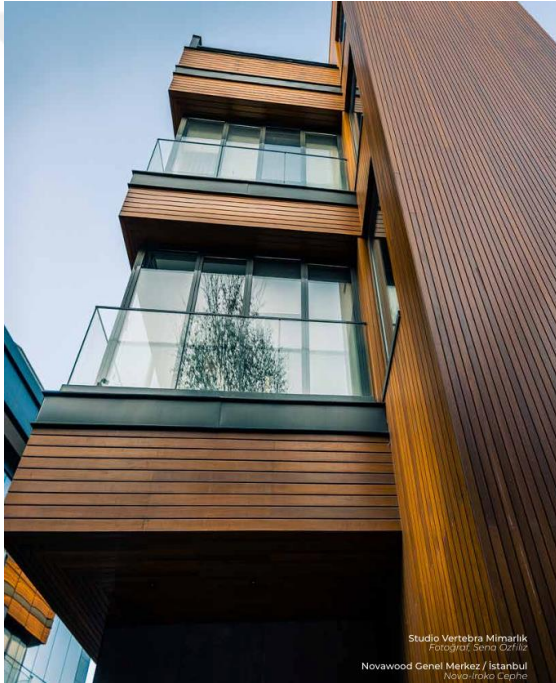
Sonuç olarak, alüminyum kompozit paneller, Türkiye’deki eğitim yapılarının dış cephe kaplamalarında işlevsellik ve estetik açıdan önemli katkılar sunmaktadır. Dayanıklı yapısı, geniş renk ve doku seçenekleri, hızlı montaj imkânı ve uzun ömürlü performansı ile bu malzemeler, özellikle yenileme projeleri ve yeni okul tasarımlarında tercih edilmektedir. Bununla birlikte, doğru malzeme seçimi, yangın güvenliği sınıfına uygunluk, teknik detayların doğru şekilde uygulanması ve sistem bütünlüğünün sağlanması, alüminyum kompozit panellerin avantajlarının en üst düzeye çıkarılması açısından kritik öneme sahiptir. Türkiye’nin çeşitli iklimsel ve bölgesel koşulları göz önünde bulundurulduğunda, alüminyum kompozit paneller, eğitim yapılarında fonksiyonel ve sürdürülebilir çözümler sunmaktadır.

4.2 Masif Ahşap

Masif ahşap, doğrudan ağaç kütesinden elde edilen ve yapay bağlayıcı ya da dolgu malzemesi içermeyen, doğal formunu büyük ölçüde koruyan bir yapı elemanıdır. Diğer ahşap bazlı yapay ürünlerden farklı olarak, tamamen doğaldır ve ahşabın kendine özgü fiziksel, mekanik ve estetik özelliklerini yansıtır. Türkiye’deki eğitim yapılarında son yıllarda sürdürülebilirlik, doğallık ve sağlıklı yapı ortamı taleplerinin artmasıyla birlikte masif ahşap kullanımı yeniden popülerlik kazanmıştır. Özellikle

okul binalarının dış cephe tasarımlarında, sınırlı da olsa bu malzemenin kullanımı artış göstermektedir.

Masif ahşap, genellikle çam, ladin, meşe, kestane ve gürgen gibi yerli ya da ithal ağaç türlerinden elde edilir (Şekil 4.4). Ağaç türüne bağlı olarak yoğunluğu $450\text{--}750\text{ kg/m}^3$ arasında değişir. Bu, masif ahşabın yapısal dayanım açısından güvenli ve mekanik işlenebilirlik açısından uygun bir malzeme olmasını sağlar. Ahşabın doğal lif yapısı, elastikiyet modülünü artırarak darbe emici özelliği ve yüksek enerji yutma kapasitesi sağlar. Bu özellik, özellikle çocukların yoğun kullanımına açık olan eğitim yapılarında, düşme ve çarpma gibi fiziksel etkilerin azaltılmasında önemli bir avantaj oluşturur.



NOVA-İROKO CEPHE

Doğadan elde edilmesi ile başlayan süreçte, uzun biyolojik ömrü ve sadeliği ile ön plana çıkan eğitsel iroko ağacını, thermowood işlemi sayesinde çok daha stabil, buna bağlı olarak sorunsuz ve çalışması minimize edilmiş bir hale kaptırıyoruz.

Cephe tasarımlarınızda şıklığı ile estetik bir görünüme kazandıran Nova-iroko cephe kaplama ürünleri, projelerinizi elit ve modern bir hale getirir.



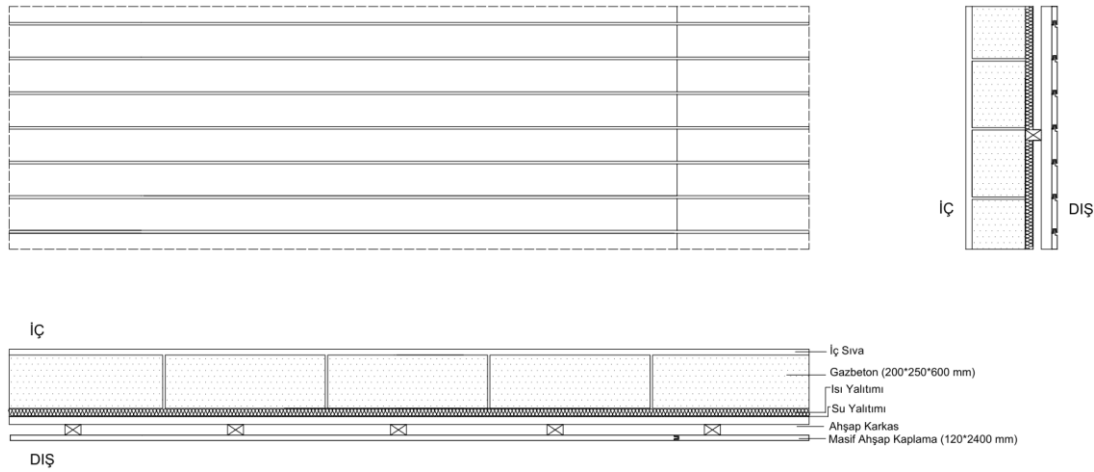
ÖLÇÜLER

Kalınlık (mm)	Genişlik (mm)	Uzunluk (mm)
8 / 10	92	800 - 3000
19	92 / 120	800 - 3000
25	92 / 120	800 - 3000
40	92 / 120	800 - 3000

Şekil 4.4 : Masif ahşap cephe görseli ve detayları (Novawood ürün kataloğu).

Isı yalıtımı açısından da masif ahşap, düşük ısı iletkenlik katsayısına ($\sim 0.13\text{--}0.18\text{ W/mK}$) sahip olduğundan, dış cephe uygulamalarında yapı kabuğunun dış ortamla olan ısı alışverişini yavaşlatarak binanın enerji performansını artırır. Özellikle Türkiye'nin karasal ve soğuk iklim bölgelerinde (örneğin İç Anadolu, Doğu Anadolu) masif ahşap kullanımı, ısı yalıtımı ve iç ortam sıcaklığının konforlu şekilde düzenlenmesine yardımcı olabilir. Bu da enerji verimliliğini hedefleyen kamu yapılarında, özellikle Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı okul projelerinde önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Masif ahşabın dış cephe uygulamalarındaki en önemli kriterlerinden biri, biyolojik bozunma ve iklimsel dayanıklılıktır. Türkiye'nin nemli iklim bölgelerinde (örneğin Karadeniz kıyıları), masif ahşap, yağış, UV ışınları, mantar ve böcek gibi dış etkenlere maruz kalabilir. Bu nedenle, masif ahşap yüzeylerinin emprenye edilmesi, koruyucu vernik veya yağlarla düzenli olarak kaplanması ve bakım aralıklarının titizlikle uygulanması gereklidir. Aksi takdirde, malzeme renk değişimi, yüzey çatlaması veya yapısal bozulma gibi sorunlarla karşılaşabilir. Eğitim yapılarında bu tür bakım süreçlerinin sürdürülebilirliği her zaman sağlanamayabileceğinden, masif ahşap dış cephe kaplamaları genellikle yarı açık alanlarda veya doğrudan yağmura maruz kalmayan alanlarda tercih edilmektedir.



Şekil 4.5 : Masif ahşap için kesit, plan ve görünüş çizimi.

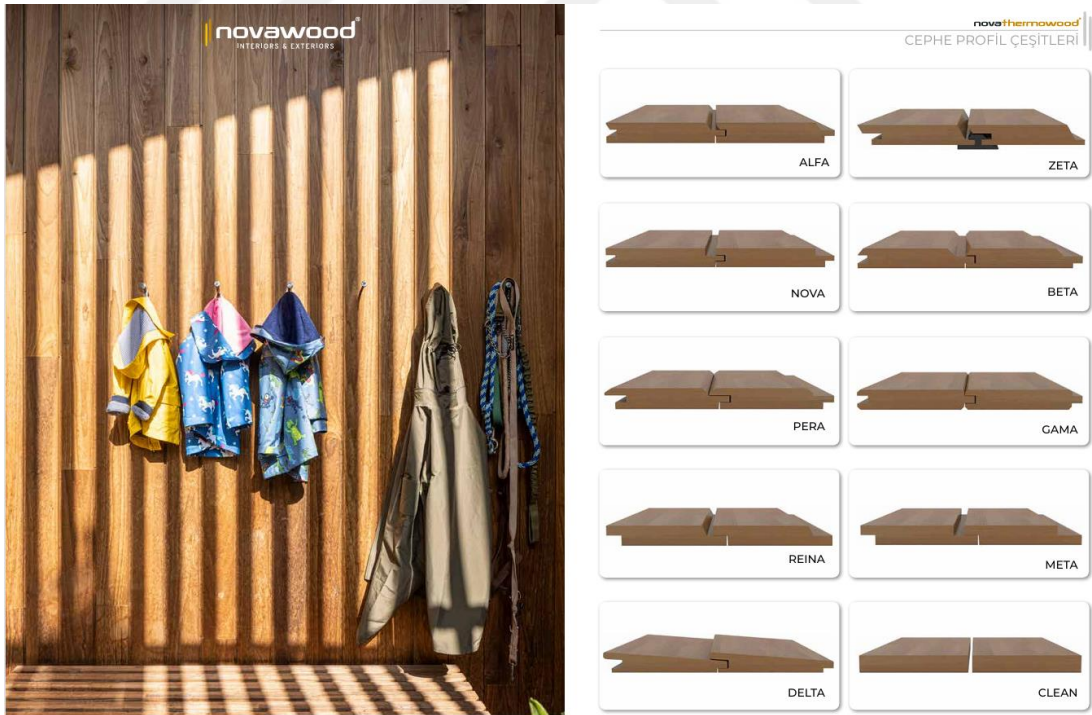
Masif ahşabın ölçüsel sabitliği, özellikle geniş yüzeylerde kullanıldığında büyük önem taşır. Ahşabın nem ile çalışması (genleşme ve büzülme) doğal bir özellik olup, bu hareketlilik bağlantı detaylarının doğru tasarlanmasını zorunlu kılar. Dış cephelerde, genellikle 18–30 mm kalınlığında ve 100–150 mm genişliğinde paneller ya da dikmeler halinde kullanılır. Kurutulmuş ve denge nemine getirilmiş ahşap kullanımı, ölçüsel dalgalanmaları en aza indirger. Ayrıca paneller arasında genleşme boşlukları bırakılmalı ve vida ya da kelepçe gibi bağlantı elemanlarının esnek bir şekilde tasarlanması, cephe ömrü açısından kritik önem taşır (Şekil 4.5).

Yangına dayanım açısından, masif ahşabın halk arasında "kolay yanar" şeklinde algılanması yanlış bir izlenimdir. Kalın kesitli masif ahşaplar, yangın anında yüzeyde kömürleşme oluşturur ve bu kömürleşme tabakası oksijen ile teması keserek alevin ilerlemesini yavaşlatır. Ancak, Türkiye'deki yangın yönetmeliklerine göre, eğitim

yapılarında yangın riski minimuma indirilmeli ve masif ahşap kaplamalarda yangın geciktirici empenye uygulamaları zorunlu tutulmalıdır.

Estetik açıdan, masif ahşap, doğal desenleri, damar yapıları ve sıcak tonları sayesinde eğitim yapılarında güven ve doğallık hissi yaratır. Özellikle okul öncesi ve ilkököl binalarında, ahşabın estetik ve psikolojik etkileri olumlu olarak değerlendirilmiştir. Ahşabın sıcak ve doğal dokusu, öğrencilere huzur verir ve öğrenme ortamını daha verimli hale getirebilir. Bu nedenle, bazı okul projelerinde, özellikle okul girişleri ya da avlular gibi karşılayıcı alanlarda masif ahşap hem estetik hem de işlevsel bir tasarım öğesi olarak kullanılır.

Masif ahşap montajı, deneyimli ekipler ve titiz çalışma gerektirir. Ahşap malzemenin doğal olması nedeniyle her parça kendine özgüdür ve bu farklılıklar uygulama aşamasında dikkatli seçim ve eşleme gerektirir. Cephe alt konstrüksiyonunun ahşaba uygun olarak tasarlanması, genleşme farklılıklarının neden olabileceği sorunları önler (Şekil 4.6). Ayrıca, montaj sırasında paslanmaz çelik bağlantı elemanlarının kullanılması, uzun ömürlü ve estetik açıdan sağlam bağlantılar sağlar.



Şekil 4.6 : Masif ahşap için cephe profil çeşitleri (Novawood ürün kataloğu).

Masif ahşap, doğrudan doğal ağaç kütlesinden elde edildiği için en düşük karbon salımı değerlerinden birine sahiptir. Üretim süreci sırasında enerji tüketimi çok düşüktür ve ahşabın doğal yapısı, karbonu depolama (karbon sekestrasyonu)

kapasitesine sahiptir. Ayrıca yaşam döngüsü boyunca atmosfere salınan karbon miktarını telafi edecek düzeyde karbonu bünyesinde tutar. Bu özelliğiyle karbon dengeleme açısından son derece çevre dostudur.

Sonuç olarak, masif ahşap, eğitim yapılarında sürdürülebilirlik, estetik ve kullanıcı konforu açısından güçlü bir malzeme alternatifidir. Ancak bu malzemenin teknik gereksinimlerinin ve bakım ihtiyaçlarının doğru şekilde analiz edilmesi, doğru yüzeylerde ve doğru detaylarla kullanılması önemlidir. Özellikle kırsal ve düşük yoğunluklu bölgelerdeki okul projelerinde, doğa ile uyumlu ve çevreye duyarlı mimari anlayışla masif ahşap dış cephe kaplamalarının daha yaygın şekilde kullanılması mümkündür.

4.3 Ahşap Kompozit

Ahşap kompozit malzemeler, doğal ahşabın estetik özelliklerini modern yapı teknolojileriyle birleştirerek, çağdaş yapıların dış cephelerinde yenilikçi ve sürdürülebilir çözümler sunan önemli malzeme gruplarındandır. Bu malzemeler, odun bazlı bileşenlerin polimer esaslı bağlayıcılarla birleştirilmesi sonucu elde edilir. Eğitim yapıları özelinde, ahşap kompozitlerin kullanımı son yıllarda önemli ölçüde artmıştır, çünkü hem doğal ahşabın sıcak görünümünü korur hem de geleneksel ahşabın dezavantajlarını ortadan kaldıran bir yapı sunar. Türkiye’deki eğitim yapılarında sürdürülebilirlik anlayışının güçlenmesiyle birlikte, bu malzemelerin dış cephe kaplamalarında kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır (Şekil 4.7 ve 4.8).



Şekil 4.7 : Ahşap kompozitin cephede kullanımı (YCD Yapı).

Ahşap kompozitlerin üretiminde kullanılan odunsu bileşenler genellikle geri dönüştürülmüş malzemeler olup, bu da çevreye duyarlı bir üretim süreci sağlar. Malzeme içeriğinde kullanılan PVC, HDPE veya polipropilen gibi polimerler, doğal

ahşap bileşenleriyle birleşerek malzemenin su emme kapasitesini minimize eder, mantar ve küf oluşumunu engeller, aynı zamanda dış etkenlere karşı direnç gösterir. Bu özellikler, Türkiye'nin farklı iklim koşullarına sahip bölgelerinde dış cephe kaplamalarında önemli avantajlar sağlar. Özellikle nemli iklim bölgelerinde, ahşap kompozitlerin suya karşı olan dayanıklılığı, doğal ahşaba kıyasla büyük bir üstünlük sunar.

Ahşap kompozitlerin yoğunluğu, kullanılan reçine miktarına ve üretim teknolojisine bağlı olarak 1,1–1,4 g/cm³ arasında değişir. Bu özellik, malzemenin taşıyıcı sistemlere ek yük getirmeden geniş yüzeylere uygulanabilmesini sağlar. Ayrıca hafifliği, montaj sürecini kolaylaştırır, işçilik maliyetlerini düşürür ve inşaat sürecini hızlandırır. Mekanik özellikleri, özellikle eğilme direnci, darbe dayanımı ve yüzey sertliği gibi kriterler, geleneksel ahşaba göre çok daha üstün olup, okul gibi yüksek kullanıcı trafiğine sahip binalarda büyük avantaj sağlar. Bu özellikleri, malzemenin uzun ömürlü ve dayanıklı olmasını garanti eder.

Kompakt Renk Kartelası



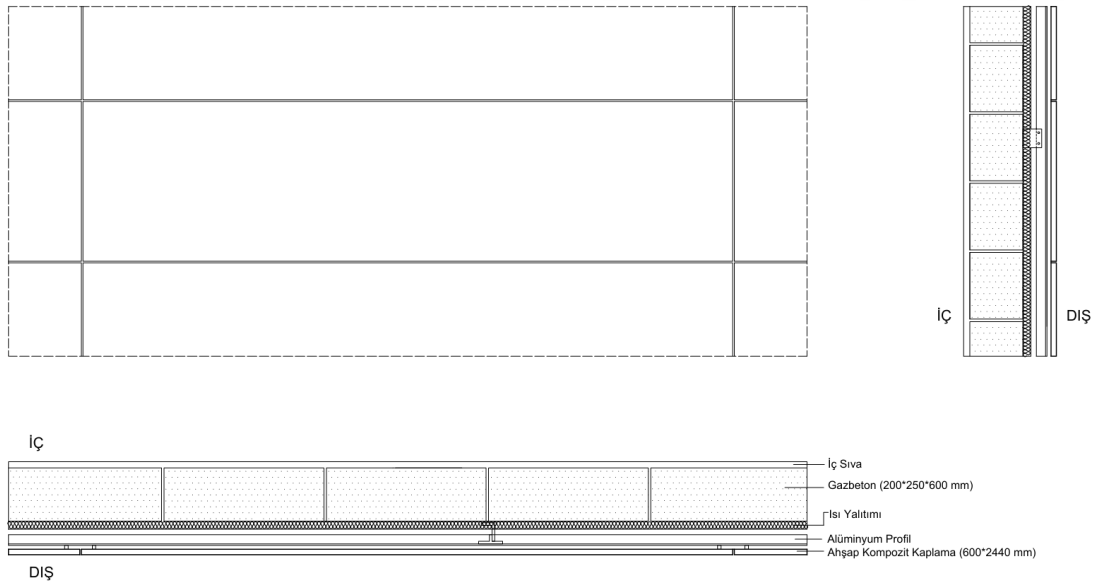
Kompakt 500, 700, 2000 ve 3000 Renk Kartelası



Şekil 4.8 : Ahşap kompozit panel için renk seçenekleri (YCD Yapı).

Ahşap kompozitlerin dış cephedeki performansına yönelik en dikkat çeken özelliklerinden biri de UV dayanımıdır. Doğal ahşap, güneş ışığına uzun süre maruz kaldığında rengini kaybedip griye dönüşürken; ahşap kompozitler UV koruyucu katkı maddeleri sayesinde bu renk değişimini en aza indirir. Ayrıca, dış etkenlere karşı olan dayanıklılıkları, atmosferik kirleticiler, asidik yağmurlar ve sanayi bölgelerinde bulunan kimyasal buharlara karşı gösterdikleri dirençle de kendini gösterir. Özellikle Türkiye'nin büyük şehirlerinde, hava kirliliğinin yüksek olduğu alanlarda, ahşap kompozitlerin dış cephe kaplaması olarak tercih edilmesi, estetik görünümünün yıllarca korunmasına olanak tanır.

Yangına dayanım açısından bakıldığında, ahşap kompozitler belirli bir sıcaklığa kadar direnç gösterse de, eğitim yapılarında kullanılacak malzemelerin B sınıfı yangın dayanımını sağlaması gerektiği unutulmamalıdır. Yangın geciktirici katkı maddeleriyle güçlendirilmiş ahşap kompozitler, yangın yönetmeliklerine uygun olarak kullanılmalıdır. Bu tür malzemeler, yangın geciktirici özellikleriyle okul binalarının güvenliğini artırır. Ayrıca, malzemenin duman üretimi ve toksik gaz salınımı gibi parametreleri, seçilen reçine türüne göre değişiklik gösterebileceğinden, malzeme seçiminde dikkat edilmesi gereken önemli faktörlerdir.



Şekil 4.9 : Ahşap kompozit için kesit, plan ve görünüş çizimi.

Ahşap kompozitlerin boyutsal kararlılığı da oldukça yüksektir. Nem etkisiyle şişme, büzülme veya çatlama gibi problemler, geleneksel ahşap malzemelerde sıklıkla karşılaşılan durumlardır, ancak ahşap kompozitlerde böyle bir sorun söz konusu

değildir. Bu malzemeler genellikle 150 mm genişliğinde ve 15–25 mm kalınlığında paneller olarak üretilir ve modüler sistemlerle kolayca monte edilebilir. Bu sistemler sayesinde, panellerin montajı hızlı ve güvenli bir şekilde yapılabilir. Ayrıca, cepheye sabitlenirken genleşme-boşluk hesaplamaları doğru yapılmalı, dış ortam koşullarına uygun şekilde montaj yapılmalıdır (Şekil 4.9). Bu sayede cephede uzun vadeli deformasyonlar veya kopmalar engellenir.

Ahşap kompozitlerin işlenebilirliği, doğal ahşaba göre çok daha yüksektir. Standart marangozluk ekipmanlarıyla rahatlıkla kesilebilir, delik açılabilir ve geometrik dönüşümler yapılabilir. Bu özellik, eğitim yapılarında farklı mimari tasarımlara sahip cephe yüzeylerinin rahatlıkla kaplanmasına olanak tanır. Düz, eğrisel, kırıklı ya da üç boyutlu yüzeylere uygulanabilmesi hem yenileme projelerinde hem de yeni okul binalarının çağdaş tasarımlarında tercih edilmesini sağlar.

Bakım açısından, ahşap kompozit paneller çok düşük bakım gerektirir. Geleneksel ahşap dış cepheler belirli periyotlarla bakım ve koruma gerektirirken, ahşap kompozitler yalnızca su ve nötr deterjanla temizlenerek ilk günkü görünümünü uzun yıllar boyunca koruyabilir. Bu durum, eğitim yapılarında bakım maliyetlerini önemli ölçüde azaltır. Ayrıca, yüzeyde küf ve yosun oluşumu görülmediğinden, cephe sağlığı açısından da olumlu etkiler sunar.

Çevresel sürdürülebilirlik açısından, ahşap kompozitler geri dönüştürülebilir özellikleri sayesinde çevre dostu malzemelerdir. Hem üretim aşamasında doğaya zarar vermeyen içerikler kullanılması hem de kullanım ömrü sonunda geri dönüştürülebilmesi, bu malzemenin yeşil bina kriterleri açısından yüksek puan almasına yol açar. Ayrıca, düşük VOC (uçucu organik bileşik) salınımı, geri dönüştürülmüş içerik ve uzun ömür gibi faktörler, eğitim yapılarının çevre dostu yapı sertifikalarına uygunluğunu artırır.

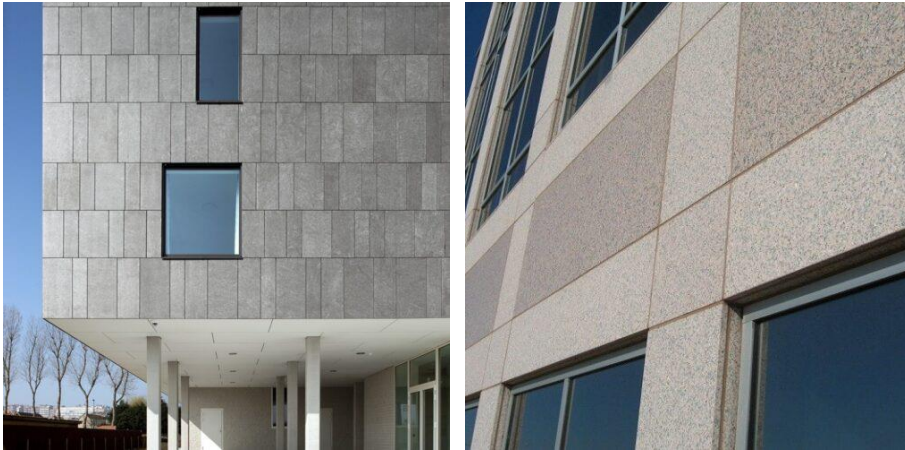
Ahşap kompozitler, içerdiği odunsu bileşenler sayesinde çevresel açıdan doğal malzeme özellikleri taşıırken, polimer esaslı bağlayıcılar üretim sırasında ekstra enerji tüketimine ve CO₂ salımına neden olur. Sentetik katkıların varlığı, karbon salımını masif ahşaba kıyasla artırmaktadır. Ancak bazı üreticilerin geri dönüştürülmüş içerik kullanması, bu etkiyi kısmen dengeleyebilir. Yine de çevresel sürdürülebilirlik açısından orta düzeyde bir malzeme olarak değerlendirilmelidir.

Sonuç olarak, ahşap kompozit malzemeler, eğitim yapılarının dış cephelerinde hem estetik hem de teknik beklentileri karşılayan, dayanıklı, sürdürülebilir ve çağdaş tasarım ilkelerine uygun çözümler sunmaktadır. Türkiye’deki iklimsel çeşitlilik, şehirleşme baskısı ve sürdürülebilirlik kriterleri göz önünde bulundurulduğunda, ahşap kompozitlerin dış cephe sistemlerinde uzun vadeli, güvenli ve estetik çözümler sunduğu açıktır.

4.4 Granit

Granit, doğada bulunan, kristal yapılı ve magmatik kökenli bir kayadır. Sağlam yapısı, düşük su emme oranı ve uzun ömürlü dayanıklılığı sayesinde yapı sektöründe özellikle dış cephe kaplama malzemesi olarak öne çıkmaktadır. Granit, genellikle 2600-2800 kg/m³ arasında bir yoğunluğa sahiptir ve bu özelliğiyle hem sağlamlık hem de estetik açıdan prestijli yapılar için ideal bir tercihtir. Türkiye’de granit, daha çok yüksek kaliteli devlet okulları, özel okullar ve üniversite binaları gibi eğitim yapılarında dış cephe kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır (Şekil 4.10).

Granitin en belirgin özelliği, doğal taşlar arasında en yüksek basınç dayanımına sahip olmasıdır. Bu dayanım, graniti sadece estetik bir malzeme değil, aynı zamanda çevresel etkenlere karşı uzun süreli koruma sağlayan bir yüzey malzemesi haline getirir. Granit, özellikle Türkiye’nin iklimsel çeşitliliği göz önünde bulundurulduğunda, farklı coğrafyalarda gösterdiği yüksek performansla öne çıkar. Karadeniz’in nemli havasından Doğu Anadolu’nun soğuk kışlarına kadar, granit dış cephe kaplamaları bu koşullarda bile yüksek dayanıklılık gösterir. Bu özellik, eğitim yapılarını bakım ve onarım açısından uzun vadede avantajlı kılar.



Şekil 4.10 : Granit için cephede kullanım görselleri (CenDekor).

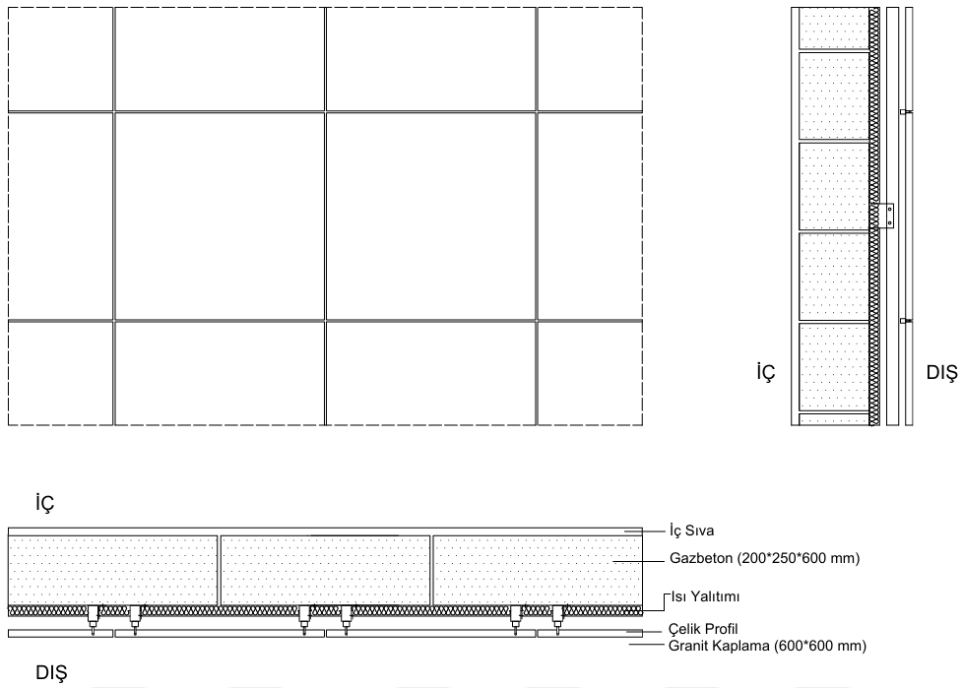
Granitin dış cephelerde tercih edilmesinin bir diğer nedeni de düşük su emme oranıdır. Granit, suyu neredeyse hiç emmez, bu da donma-çözülme döngülerine karşı dayanıklılığını artırır. Kış aylarında sıcaklık farklarının yüksek olduğu bölgelerdeki okul binalarında, bu özellik büyük bir avantaj sağlar. Granit yüzeylerinde zamanla çatlama, pul pul dökülme veya renk değişimi gibi sorunlar yaşanmaz, bu da uzun yıllar boyunca estetik ve yapısal bütünlüğün korunmasını sağlar.

Yangın güvenliği açısından granit tamamen inorganik bir malzeme olup, A1 sınıfı yanmaz malzeme kategorisine girer. Granit, yanma sırasında alev almaz, duman üretmez ve zehirli gaz salınımı yapmaz. Bu özellik, özellikle öğrenci yurtları, anaokulları ve büyük okul binaları gibi yüksek öğrenci yoğunluğu olan yapılarda güvenliği artıran önemli bir faktördür.

Türkiye’de, granit genellikle büyükşehirlerdeki okul binalarında ve özel okul projelerinde kullanılsa da bazı kamu okullarında da bu özellikler dikkate alınarak tercih edilmektedir.

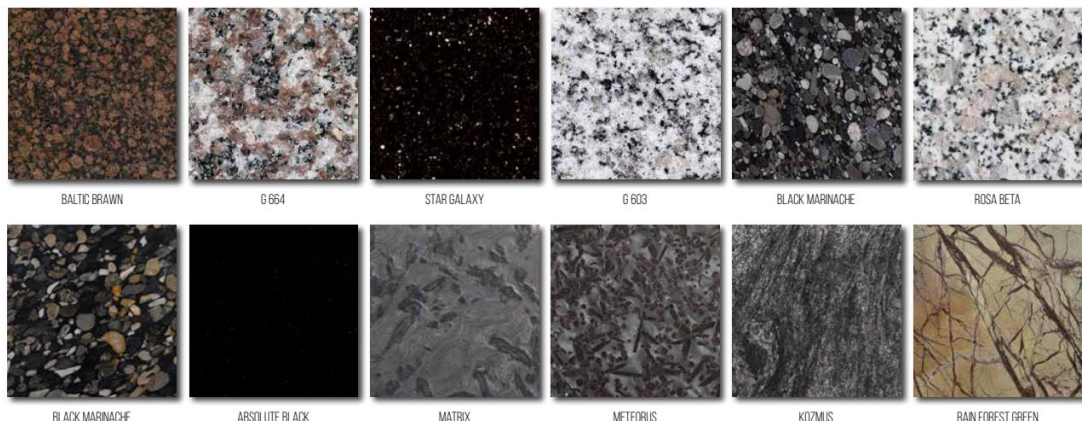
Granit, doğal bir taş olmasına rağmen, çıkarılması, kesilmesi ve yüzey işlemlerine tabi tutulması sırasında yüksek miktarda enerji harcanır. Taş ocaklarında yapılan kesim ve taşıma işlemleri nedeniyle karbon salımı orta ila yüksek aralığında yer alır. Geri dönüşüm potansiyeli düşüktür, ancak malzemenin uzun ömürlü olması ve neredeyse hiç bakım gerektirmemesi, toplam çevresel etkiyi uzun vadede azaltan bir faktör olarak öne çıkar.

Granit paneller, genellikle 2 cm, 3 cm ve özel projelerde 5 cm kalınlıklarında üretilir; standart ölçüler 60x60 cm ve 60x120 cm olmakla birlikte, projeye özel ebatlarda da imal edilebilir. Bu paneller, yapı yüzeyine ankrajlı mekanik sistemlerle monte edilir; taşıyıcı alt konstrüksiyon olarak ise genellikle galvanizli çelik ya da alüminyum profiller tercih edilir. Bu sistem, yüksek taşıma kapasitesi sağlarken, yapı ile kaplama arasında bir hava boşluğu oluşturarak havalandırılabilir cephe sistemi kurulmasına imkân tanır. Bu boşluk, yoğunlaşmayı önleyip cephe yüzeyinin kurummasına katkı sağlayarak hem yapı fiziki açısından avantaj yaratır hem de cephe performansını artırır. Özellikle geniş yüzeyli okul binalarında tercih edilen granit kaplamalar, bu sistem sayesinde ısı köprülerinin azaltılmasına ve dolayısıyla enerji verimliliğine katkı sunar; aynı zamanda granitin dayanıklı yapısı, yoğun kullanımlı kamusal yapılarda uzun ömürlü bir çözüm sağlar. (Şekil 4.11).



Şekil 4.11 : Granit için kesit, plan ve görünüş çizimi.

Uygulama açısından granit, yüksek yoğunluklu bir malzeme olduğu için dikkatli ve uzman işçilik gerektirir. Granit plakaların montajı, taşıma, kesim ve sabitleme işlemleri için özel ekipmanlar kullanmayı gerektirir. Ancak granit, uygulama tamamlandığında uzun yıllar boyunca bakım gerektirmeden dayanıklılığını korur. Bu özelliği, eğitim yapılarında uzun vadeli bakım maliyetlerini düşürür.



Şekil 4.12 : Cephede kullanılabilen granit türleri (Uğurel mermer&granit).

Estetik açıdan granit, doğal desenleri, renk geçişleri ve yüzey çeşitliliği ile mimarların zengin tasarım olanakları sunar (Şekil 4.12). Gri, siyah, kırmızı, yeşil ve mavi tonlarında bulunan granit, cilalı, honlu, yakılmış veya fırçalanmış gibi farklı yüzey işlemleriyle estetik açıdan farklı etkilere ulaşılabilir. Bu da eğitim yapılarında prestijli

ve kurumsal bir görünüm elde edilmesini sağlar. Özellikle üniversite binalarının idari bloklarında veya kampüs içindeki çok amaçlı merkezlerde, granit cepheler binanın kimliğini güçlendiren önemli bir unsur olabilir.

Akustik performans açısından granit, ses yutma özelliği göstermez, ancak yüksek yoğunluğu sayesinde dışarıdan gelen gürültüyü iç mekâna iletmez. Bu nedenle granit, gürültülü şehir ortamlarında, ses yalıtımı sağlamak amacıyla akustik yalıtım malzemeleriyle birlikte kullanıldığında etkili sonuçlar verir.

Çevresel sürdürülebilirlik açısından granit, doğada bolca bulunan ve minimal işleme kullanılabilen bir malzeme olarak öne çıkar. Granit çıkarma sürecinde çevresel etkiler olsa da, yerli üretimin artırılmasıyla ithalata bağımlılık azalır ve karbon ayak izi düşer. Türkiye’de Afyonkarahisar, Balıkesir, Aydın ve Tokat gibi illerde kaliteli granit rezervleri bulunmakta ve yerli üretimle granit paneller temin edilebilmektedir.

Sonuç olarak, granit, dayanıklılığı, estetik çeşitliliği, yangın güvenliği, çevresel dayanıklılığı ve uzun ömürlü performansı ile Türkiye’deki eğitim yapıları için ideal bir dış cephe kaplama malzemesidir. Maliyeti diğer alternatiflere göre daha yüksek olsa da, sunduğu uzun ömürlü performans ve prestijli görünüm, yatırımın geri dönüşünü sağlar. Granit, özellikle prestijli ve uzun ömürlü okul projelerinde kullanılabilecek stratejik bir malzemedir.

4.5 Seramik

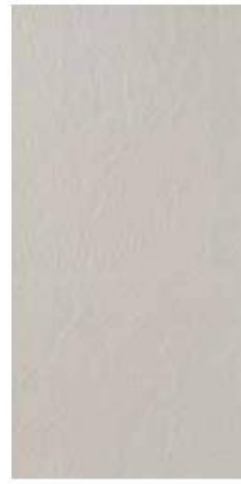
Seramik, inorganik ve metalik olmayan bir malzeme olup, yüksek sıcaklıklarda pişirilmiş killer ve doğal minerallerin birleşiminden oluşur. Sertliği ve dayanıklılığı sayesinde yapı sektöründe uzun yıllardır iç mekânlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda ise teknolojik gelişmeler ve estetik taleplerin artmasıyla birlikte, seramiğin dış cephe kaplamalarında kullanımı hızla yaygınlaşmıştır. Türkiye’de özellikle son 20 yılda modern tasarımlı eğitim yapılarında seramik dış cephe kaplamalarına sıkça rastlanmakta olup, bu malzeme dayanıklılığı, çevresel etkilere karşı direnci ve estetik çeşitliliği ile ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, seramik kaplamalar yangına karşı dayanıklılık ve bakım kolaylığı gibi avantajları sayesinde hem fonksiyonel hem de görsel açıdan tercih edilmektedir. Şekil 4.13’te, cephede kullanılan farklı seramik kaplama türlerine ait örnekler yer almaktadır.



Beige / Bej
GMK-R137
60x120cm



Brown / Kahve
GMK-R131
60x120cm



White / Beyaz
GMK-R133
60x120cm



Grey / Gri
GMK-R134
60x120cm



Dark Grey / Koyu Gri
GMK-R135
60x120cm



Black / Siyah
GMK-R138
60x120cm

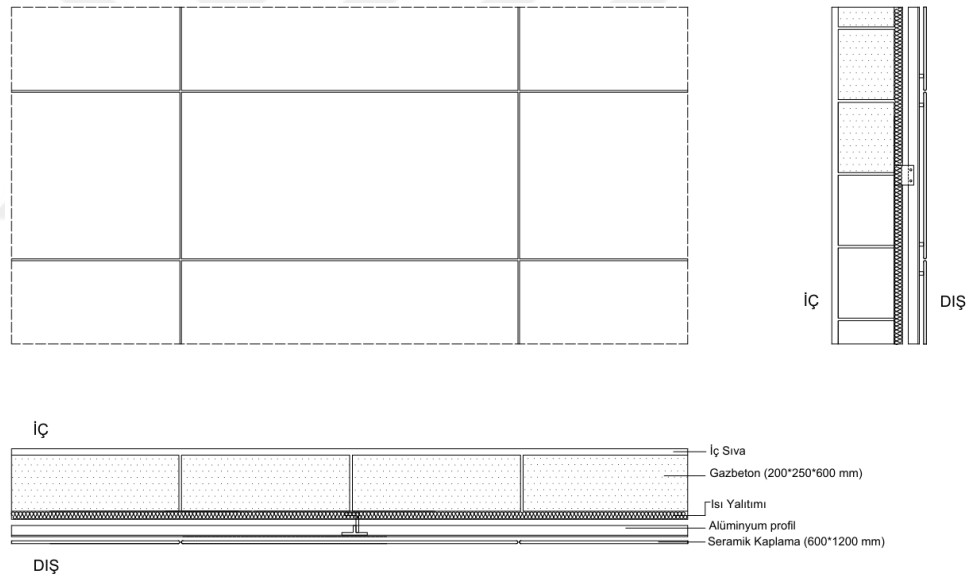
Şekil 4.13 : Cephede kullanılan seramik türlerinden bazıları (Kalebodur Kataloğu).

Seramiğin yoğunluğu 1800–2300 kg/m³ arasında değişir ve yüksek sertlik derecesi ile aşınmaya karşı gösterdiği direnç, dış etkilere açık cephe yüzeylerinde uzun süreli performans göstermesini sağlar. Türkiye'nin farklı iklim koşullarında, seramik yüzeylerin UV ışınlarına karşı renk stabilitesini koruması, yağmur, kar ve rüzgar gibi dış etkilere karşı fiziksel ve kimyasal bozulmalara karşı dayanıklı olması, bu malzemenin tercih edilmesindeki ana nedenlerdendir. Özellikle Akdeniz ve Ege bölgelerinde UV ışınlarına yüksek oranda maruz kalınan yerlerde, seramik yüzeyler uzun yıllar boyunca renklerini koruyabilmektedir.

Seramik panellerin dış cephede kullanımını mümkün kılan önemli özelliklerinden biri düşük su emme oranıdır. Seramiğin su emme oranı genellikle %0.1 ile %0.5 arasında

değişir, bu da malzemenin donma-çözülme çevrimlerine karşı dayanıklı olmasını sağlar. Bu özellik, İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Trakya gibi soğuk iklimlerin etkisinde olan bölgelerdeki okullar için büyük bir avantajdır. Don etkisi nedeniyle yüzeyde çatlama veya ayrılma gibi durumların yaşanmaması, bakım ihtiyacını azaltır ve uzun vadeli maliyetleri düşürür. Bu nedenle devlet okullarında, seramik yüzeyler sıklıkla tercih edilir.

Seramik, aynı zamanda yangına karşı tam dayanıklıdır. A1 sınıfı yanmaz malzeme olarak kabul edilir ve alev almaz, duman üretmez ve zehirli gaz salınımı yapmaz. Eğitim yapılarının yangın güvenliği açısından yüksek standartlara sahip olması gerektiği göz önünde bulundurulduğunda, seramik dış cephe kaplamaları, bu tür yapılar için risk yönetiminde önemli bir rol oynar. Özellikle yatılı okullar, pansiyonlu liseler ve çok katlı okul binalarında, yangın yönetmeliklerine uyum sağlamak amacıyla seramik gibi yanmaz kaplamalar tercih edilmektedir.



Şekil 4.14 : Seramik için kesit, plan ve görünüş çizimi.

Estetik açıdan, seramik paneller, farklı doku, renk ve boyut seçenekleri sunarak dış cephe tasarımına esneklik kazandırır. Eğitim yapılarında, renkli panellerle canlılık sağlanabilir veya monolitik cephelerle bütünlük oluşturulabilir. Ayrıca, seramikler, yüzeylerine uygulanan özel işlemler (sırlama, matlaştırma, dijital baskı vb.) sayesinde doğal taş, beton veya ahşap görünümünde üretilebilmektedir. Bu, tasarımcıların maliyet ve dayanıklılık açısından avantajlı tercihler yapmalarını sağlar. Türkiye'deki yeni nesil okul projelerinde, örneğin İstanbul'daki bazı özel kolejler veya Bursa,

Konya, Antalya gibi illerdeki devlet okullarında, seramik cepheler estetik çeşitlilik ve modern bir görünüm sunmaktadır.

Seramik cephe panelleri genellikle 30x60 cm, 60x120 cm gibi boyutlarla üretilirken, daha büyük boyutlar (120x240 cm gibi) da tercih edilebilmektedir. Büyük ebatlı paneller, kesintisiz ve modern bir yüzey etkisi yaratır. Bu paneller genellikle metal karkas sistemlerine mekanik montaj yöntemiyle sabitlenir. Montaj sırasında paslanmaz çelik bağlantı elemanları kullanılır ve cephe ile ana yapı arasına hava boşluğu bırakılarak havalandırılmalı cephe sistemi oluşturulur. Bu yöntem, nemin seramik yüzeyin altına girmesini engeller ve bina enerjisinin verimli kullanılmasına katkı sağlar (Şekil 4.14).

Seramik cephe kaplamaları, kuru montaj veya yapıştırma yöntemiyle uygulanabilir. Eğitim yapılarında genellikle kuru montaj sistemi tercih edilir. Bu yöntem, montaj süresini kısaltır ve bakım işlemlerini kolaylaştırır. Bir panel hasar gördüğünde yalnızca o panelin değiştirilmesi yeterlidir, bu da okul gibi sürekli kullanılan yapılarda büyük bir avantaj sağlar.

Seramik, sert ve yansıtıcı bir malzeme olduğundan akustik performans açısından doğrudan ses yutumu sağlamaz. Ancak, ses yalıtım katmanları ile birlikte kullanıldığında, cephe sisteminin genel ses geçirgenliğini azaltmaya yardımcı olur. Özellikle gürültülü şehir bölgelerinde bulunan okullarda, ısı ve ses yalıtımının entegrasyonu gereklidir. Bu kombinasyon, dış cephe sisteminin yüksek performans sergilemesini sağlar.

Çevresel sürdürülebilirlik açısından seramik, doğal hammaddelerle üretildiği ve geri dönüştürülebilir olduğu için çevre dostu bir malzemedir. Seramik üretimi enerji yoğun bir süreç olsa da, ürünün uzun ömürlü olması ve bakım gereksinimlerinin düşük olması, çevresel etkilerini azaltır. Türkiye'deki güçlü seramik üretim altyapısı, yerel kaynaklarla üretim yapılmasına olanak tanır, bu da tedarik zincirini kısaltarak ekonomik çözümler sunar. Kütahya, Bilecik ve Eskişehir gibi şehirlerdeki seramik üretim tesisleri, okul projeleri için ekonomik ve çevre dostu alternatifler sunmaktadır.

Seramik kaplama malzemeleri, üretim aşamasında yüksek sıcaklıklarda pişirme işlemi gerektirdiğinden, oldukça enerji yoğun bir sürece sahiptir. Bu durum, malzemenin yüksek gömülü karbon taşımasına neden olur. Ancak kullanım ömrünün uzun olması, bakım gereksiniminin düşük olması ve %100 geri dönüştürülebilir yapısı bu olumsuz

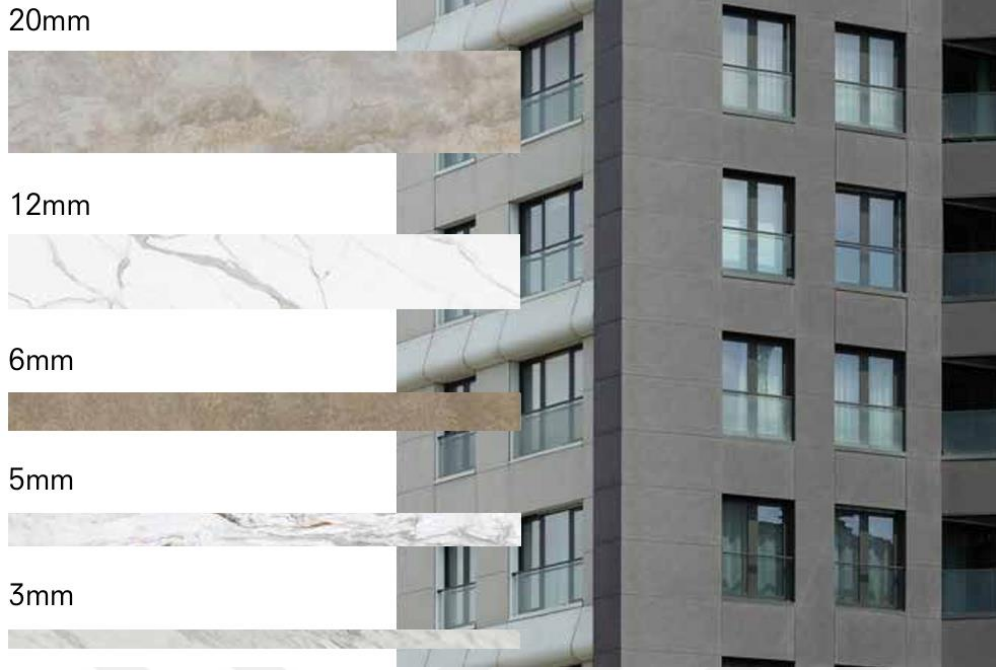
çevresel etkiyi belli ölçüde azaltır. Yine de ilk üretim sırasında oluşan karbon salımı bakımından en yüksek değerlere sahip malzemelerden biridir.

Sonuç olarak,seramik dış cephe kaplamaları, dayanıklılık, yangın güvenliği, estetik çeşitlilik, bakım kolaylığı ve sürdürülebilirlik açısından Türkiye'deki eğitim yapıları için ideal bir seçimdir. Ancak, her malzemenin olduğu gibi, doğru montaj, uygun yerel iklim koşulları ve yerel gereksinimlere göre seçim yapılması önemlidir. Eğitim yapılarındaki uzun ömür, düşük bakım maliyetleri ve dayanıklılık talepleri göz önünde bulundurulduğunda, seramik dış cephe kaplamaları güçlü ve sürdürülebilir bir çözüm sunmaktadır.

4.6 Porselen Levha

Porselen levha, son yıllarda gelişmiş seramik teknolojisinin bir ürünü olarak cephe kaplama sistemlerinde önemli bir yere sahiptir. İnce ve büyük boyutlu porselen esaslı kaplama malzemesi, özellikle 3 mm ila 6 mm kalınlıklarındaki plakalarla üretilir ve 1000°C'nin üzerinde sinterlenerek mukavemetli, hafif ve dayanıklı bir yapıya kavuşturulur (Şekil 4.15). Bu özellikleri sayesinde, geleneksel seramik veya doğal taş kaplamalara göre çok daha düşük ağırlıkla benzer dayanımı sağlar. Türkiye'de, özellikle büyük şehirlerdeki yeni eğitim yapıları ve üniversite kampüslerinde porselen levha malzemesi, estetik ve işlevsel avantajları nedeniyle tercih edilmeye başlanmıştır. Son on yılda, modern cephe sistemlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, porselen levha'nın kullanımı da artmıştır.

Porselen levha paneller, yüksek sıcaklıklarda gerçekleşen sinterleme işlemiyle üretildiğinden, imalat sürecinde yoğun enerji tüketimine ve dolayısıyla yüksek düzeyde karbon salımına neden olur. Ancak bu üretim kaynaklı çevresel yük, malzemenin kullanım aşamasındaki bazı avantajlarıyla dengelenebilir. Oldukça hafif yapısı sayesinde taşıma ve montaj işlemleri sırasında enerji tüketimi azalmakta; montaj süresinin kısa olması da işçilik ve zaman maliyetlerini düşürmektedir. Ayrıca, porselen levhaların geri dönüştürülebilir olması ve dış etkenlere karşı yüksek direnç göstermesi, uzun ömürlü bir kullanım ömrü sunarak yapıdan yapıya taşınabilen ya da yeniden değerlendirilebilen bir sistemin önünü açmaktadır. Bu bağlamda, yüksek üretim enerjisine rağmen porselen levhalar, kullanım sürecinde sağladığı çevresel avantajlarla sürdürülebilir cephe sistemlerine katkı sağlayan malzemeler arasında değerlendirilmektedir.



Şekil 4.15 : Porselen levha için ürün kalınlıklarını gösteren görsel (Kalesinterfleks).

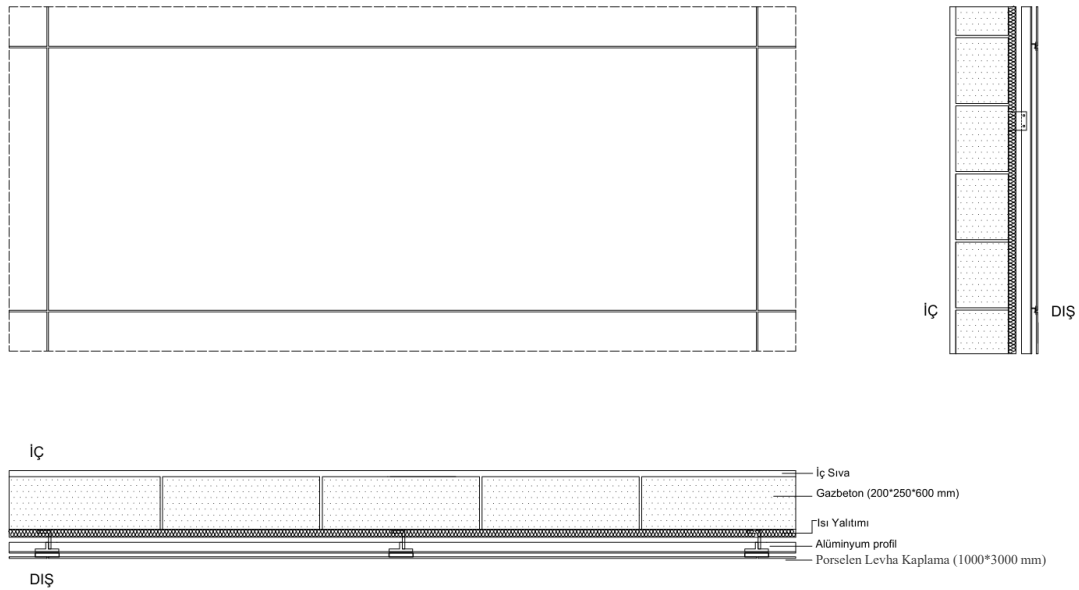
Porselen levha'nın en dikkat çeken özelliklerinden biri, çok büyük boyutlarda üretilebilmesidir. 100x300 cm gibi geniş ölçülerdeki paneller, cephelerde daha az derzle ve daha bütünsel bir görünümle uygulanabilir (Şekil 4.16). Bu da modern mimarinin minimal estetik anlayışıyla uyum sağlar. Ayrıca büyük boyutlu paneller, uygulama sürecini kısaltarak işçilik maliyetlerini azaltır. 3 ila 6 mm kalınlığındaki paneller, yüksek eğilme dayanımına sahip olduklarından, rüzgar yükü ve dış etkilere karşı oldukça dayanıklıdır.



Şekil 4.16 : Porselen levha için ürün boyutlarını gösteren görsel (Kalesinterfleks).

Porselen levha panellerin yoğunluğu 2400–2700 kg/m³ civarındadır; ancak ince yapıları sayesinde, metrekare başına düşen ağırlıkları düşüktür. Bu özellik, mevcut taşıyıcı sisteme fazla yük binmeden cephe yenileme projelerinde de rahatlıkla kullanılmalarını sağlar. Porselen levha'nın fiziksel özelliklerinin yanı sıra kimyasal ve termal dayanıklılığı da oldukça yüksektir. UV ışınlarına karşı mükemmel renk stabilitesi gösterdiği için, dört mevsim koşullarının yaşandığı Türkiye'de bile renk solması ve yüzey bozulması minimum düzeyde olur. Ayrıca asidik yağmurlar, organik çözücüler ve donma-çözülme döngülerine karşı gösterdiği direnç, malzemenin ömrünü uzatır. Bu özellik, özellikle kışın soğuk ve zorlu hava koşullarına sahip bölgelerde (örneğin Erzurum, Van gibi) cephelerin uzun süre sağlam kalmasını sağlar. Porselen levha, hem yeni inşa edilen yapılarda hem de cephe yenileme projelerinde güvenle kullanılabilir bir malzemedir.

Yangına karşı dayanıklılık açısından porselen levha, tamamen inorganik bileşenlerden oluştuğu için A1 sınıfı yanmaz malzeme olarak sınıflandırılır. Eğitim yapılarında, özellikle öğrencilerin bulunduğu alanlarda yangın güvenliği son derece önemlidir. Porselen levha, yanma sırasında duman veya zehirli gaz üretmediği için tahliye süresini tehlikeye atmaz, bu da güvenli bir tahliye sağlamak açısından büyük bir avantaj sunar. Bu nedenle, yatılı okullar, kreşler ve özel eğitim merkezleri gibi güvenliğin ön planda olduğu yapılarda tercih edilmektedir.

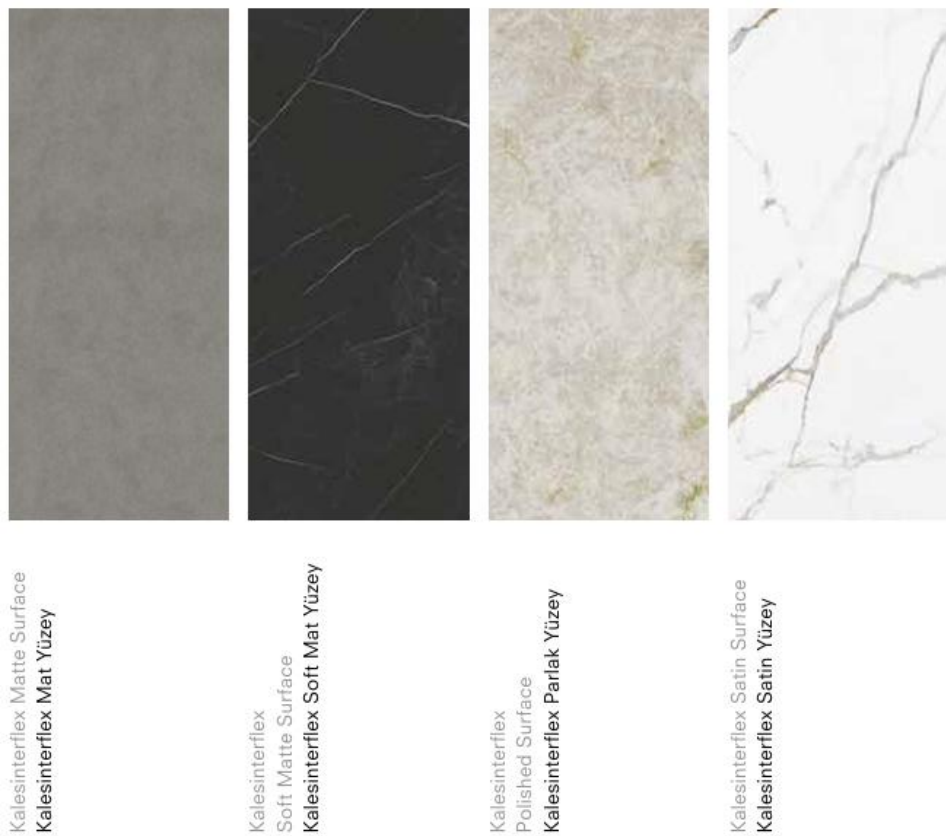


Şekil 4.17 : Porselen levha için kesit, plan ve görünüş çizimi.

Uygulama açısından porselen levha, hem yapıştırma hem de mekanik montaj sistemleriyle uygulanabilir. Ancak dış cephelerde genellikle gizli klipsli alüminyum alt konstrüksiyon sistemleri tercih edilmektedir. Bu montaj yöntemi, panellerin görünür bağlantı elemanları olmaksızın sabitlenmesine olanak tanır, böylece estetik açıdan daha temiz bir görünüm elde edilir (Şekil 4.17).

Porselen levha'nın ince yapısı, taşıyıcı sistemin düzgünlüğüne hassasiyetle bağlıdır; eğer taşıyıcı sistemde hata veya düzensizlik varsa, panellerde de bozulmalar meydana gelebilir. Bu nedenle, porselen levha uygulamaları uzmanlık gerektirir. Eğitim yapılarında özellikle okul tatil dönemlerinde hızlı bir şekilde montaj yapılması gerektiği durumlarda, porselen levha'nın hızlı ve etkili montajı avantaj sağlar.

Porselen levha'nın akustik performansı, ses yalıtımı sağlayan katmanlarla desteklendiğinde daha iyi hale gelir. Çünkü yoğunluğu düşük olduğu için tek başına ses yutucu özellikleri yoktur. Ancak dış cephede ses yalıtım katmanlarıyla birlikte kullanıldığında, özellikle yüksek gürültüye maruz kalan eğitim yapılarında iç mekan konforu artırılabilir. Bu özellik, özellikle sanayi bölgelerine ya da yol kenarına yakın okullarda önem kazanmaktadır.



Şekil 4.18 : Porselen levhaya ait yüzey türleri (Kalesinterfleks).

Sonuç olarak, porselen levha, hafifliği, yüksek dayanıklılığı, geniş ebat seçenekleri, yangın güvenliği ve çevresel sürdürülebilirlik gibi avantajlarıyla Türkiye’deki eğitim yapılarının dış cephe gereksinimlerini karşılamak için uygun bir malzemedir. Estetik tasarım olanakları ve gelişmiş üretim teknolojisiyle porselen levha, günümüz eğitim yapılarında popüler bir tercih olmaktadır (Şekil 4.18). Özellikle enerji verimliliği, düşük bakım maliyetleri ve güvenlik gibi özelliklerin ön plana çıktığı okul projelerinde, porselen levha’nın kullanımı daha da artacaktır. Gelecekte, kamu ve özel sektör yatırımlarında porselen levha’nın daha yaygın şekilde kullanılacağı öngörülmektedir.





5. EĞİTİM YAPILARINDA MİMARİ TASARIM VE DIŞ CEPHE KAPLAMA SEÇENEKLERİN BELİRLENMESİ

Eğitim yapıları, işlevsel süreklilikleri, kullanıcı yoğunlukları ve toplum üzerindeki etkileri açısından şehir dokusunda özel bir yer teşkil etmektedir. Zamanla fiziksel yıpranma, teknolojik gerileme ve çevresel koşullara bağlı olarak bu yapıların dış cepheleri hem işlevsel hem de görsel açıdan yetersiz hale gelebilmekte, bu da yapıların enerji performansını, estetik değerini ve kullanıcı konforunu olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu bağlamda, mevcut eğitim yapılarının dış cephelerinin rehabilitasyonu, sürdürülebilirlik, ekonomik verimlilik ve estetik bütünlük ilkeleri doğrultusunda yeniden ele alınması gereken kritik bir konudur.

Dış cephelerin rehabilitasyonu yalnızca yüzeysel bir yenileme işlemi değil; aynı zamanda mimari, işlevsel, yapısal ve çevresel faktörlerin birlikte değerlendirildiği çok yönlü bir tasarım sürecidir. Bu süreçte, mevcut yapının mimari kurgusu ve cepheyle kurduğu ilişki yeniden gözden geçirilerek, kullanıcı ihtiyaçlarına ve güncel tasarım standartlarına uygun çözümler geliştirilmelidir. Rehabilitasyon kararları yalnızca binaya yeni bir görünüm kazandırmayı değil, aynı zamanda binanın performansını artırmayı ve çevresiyle kurduğu etkileşimi iyileştirmeyi de hedeflemelidir. Bu nedenle tasarım süreci, yapı ölçeğinden başlamak üzere kentsel bağlamı da içeren bütüncül bir bakış açısını gerektirir.

Bu noktada, rehabilitasyon sürecinin kapsamını ve yönünü belirleyen başlıca üç temel karar alanı ortaya çıkmaktadır: mimari plan seçenekleri, cephe düzenleme seçenekleri ve malzeme seçenekleri. Mimari plan seçenekleri, yapının mevcut mekânsal organizasyonunun cepheyle olan ilişkisini gözden geçirerek kaç cephe içerdiği cephelerin yönlenişi ve alanı belirler. Cephe düzenleme seçenekleri, yüzey organizasyonu, taşıyıcı sistemin cepheye yansımaları ve uygulanacak malzemenin alanı gibi konularda belirleyicidir. Malzeme seçenekleri ise yalnızca yüzey kaplamasına dair bir karar olmaktan çok, yapının enerji verimliliği, dayanıklılığı ve çevresel etkisi gibi ölçütlerle ilişkilendirilmelidir. Tüm bu müdahale alanları arasında güçlü ilişkiler bulunduğundan, seçeneklerin tek tek değil, bütüncül şekilde değerlendirilmesi önem

arz etmektedir. Bu nedenle, farklı müdahale türlerinin bir araya getirilmesiyle oluşturulan seçenek grupları, uygulanabilirlik, teknik uygunluk ve sürdürülebilirlik kriterleri doğrultusunda yapı özelinde optimize edilmiş çözümler sunma potansiyeli taşımaktadır.

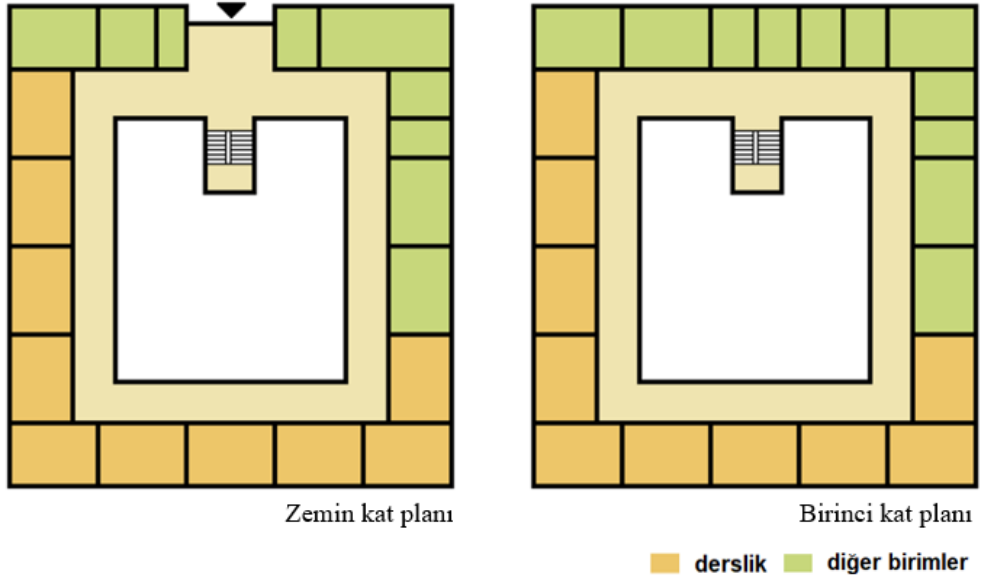
Bu bölümde, yukarıda sözü edilen üç karar alanı üzerinden, eğitim yapılarında dış cephe rehabilitasyonu kapsamında geliştirilebilecek yöntemler sistematik biçimde ele alınacaktır. Sonrasında bu başlıklar üzerinden seçenekler oluşturulacaktır. Her bir seçenek türü hem kavramsal düzeyde hem de uygulamaya dönük yönleriyle tartışılarak, mevcut yapılar için nitelikli ve sürdürülebilir dönüşüm olanaklarının oluşturulmasına katkı sunmayı amaçlamaktadır.

5.1 Mimari Plan Seçenekleri

Dış cephe rehabilitasyonuna yönelik müdahalelerin mimari planla olan ilişkisi, yapı kurgusunun cepheyle kurduğu fiziksel ve görsel bağ üzerinden şekillenir. Bu doğrultuda, rehabilitasyon sürecinde değerlendirilebilecek mimari plan seçenekleri, eğitim yapısının mekânsal organizasyonunu ve dış kabuğa olan etkisini yeniden biçimlendirme potansiyeli taşır.

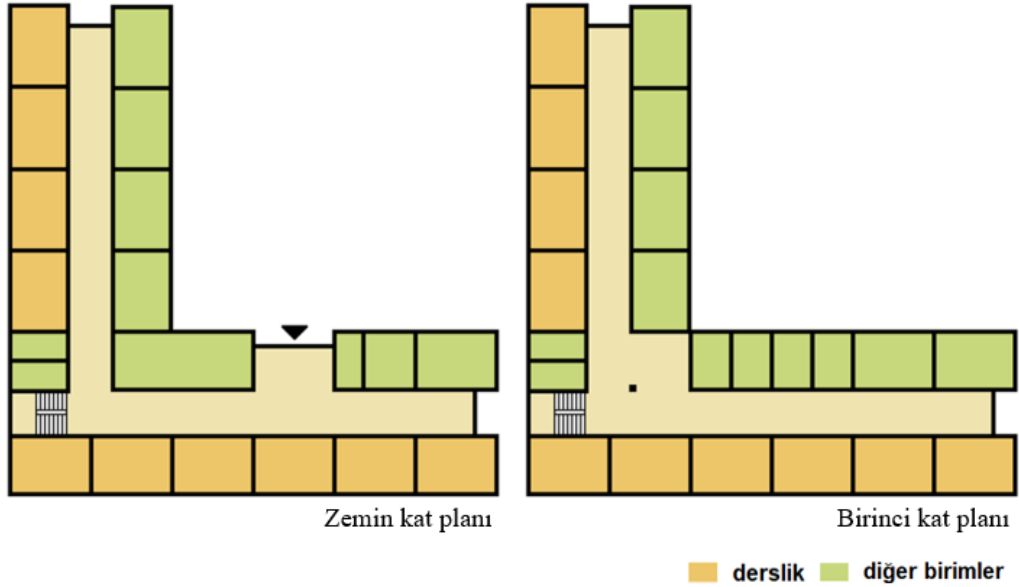
Türkiye'deki ortaöğretim (lise) düzeyindeki okul yapılarında yaygın olarak kullanılan planlama yaklaşımlarından yola çıkılarak, örnek senaryo kapsamında 20 derslikli bir okul yapısı için dört farklı plan tipi belirlenmiştir. Plan tiplerinin değerlendirilmesinde herhangi bir iklim bölgesine özgü tasarım kriteri gözetilmemiş; analizler yalnızca plan tipolojileri bağlamında, genel mimari biçimlenmeler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda analiz edilen plan tipleri; avlulu plan, L biçimli plan, dikdörtgen plan ve H biçimli plan olmak üzere dört farklı yapı tipolojisini içermektedir.

Avlulu plan tipi, yapı kütlesini ortada tanımlı bir boşluk (avlu) etrafında çevreleyerek içe dönük bir kurgu oluşturur. Bu durumda dış kabuk yalnızca yapının çevresine değil, aynı zamanda iç avluya bakan yüzeylere de yayılır. Dolayısıyla cephe uzunluğu ve toplam cephe alanı, diğer tiplere göre daha fazladır. Bu artan cephe alanı, gün ışığı ve doğal havalandırma açısından avantaj sağlasa da ısı kayıplarını artırabilecek bir durum oluşturur. Ayrıca hem dış hem iç cephe yüzeyleri için malzeme seçimi, detay çözümü ve bakım stratejileri açısından daha karmaşık bir tasarım süreci gerektirir (Şekil 5.1).



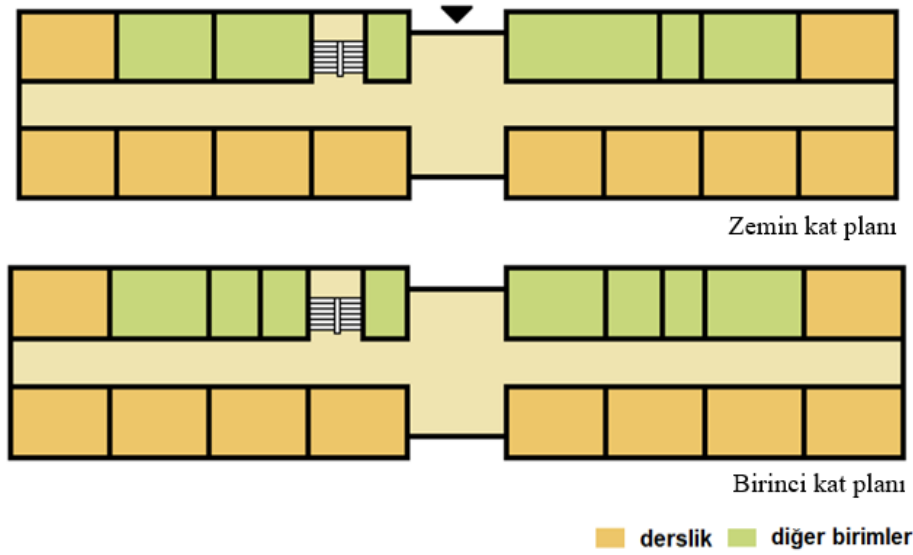
Şekil 5.1 : Avlulu tip plan düzenlemesi.

L tipi plan, iki ana kütlenin dik açıyla birleşmesiyle oluşur ve yapının iki farklı yöne açılmasına olanak tanır. Bu sayede yapı hem daha geniş bir çevresel etkileşim alanına sahiptir hem de pasif güneş kazanımı ve çapraz havalandırma gibi çevresel performans kriterleri açısından optimize edilebilir. Cephe uzunluğu avlulu tipe göre daha kontrollü olmakla birlikte, tek doğrultulu planlara kıyasla daha çeşitlenmiş bir yüzey organizasyonu sunar. L formu, aynı zamanda yapı kütesinin rüzgâr etkilerine ve yönlenme stratejilerine göre biçimlenmesine imkân verirken, cephede açıklık ve kapalı yüzey oranlarının daha dengeli kurulmasına olanak tanır (Şekil 5.2).



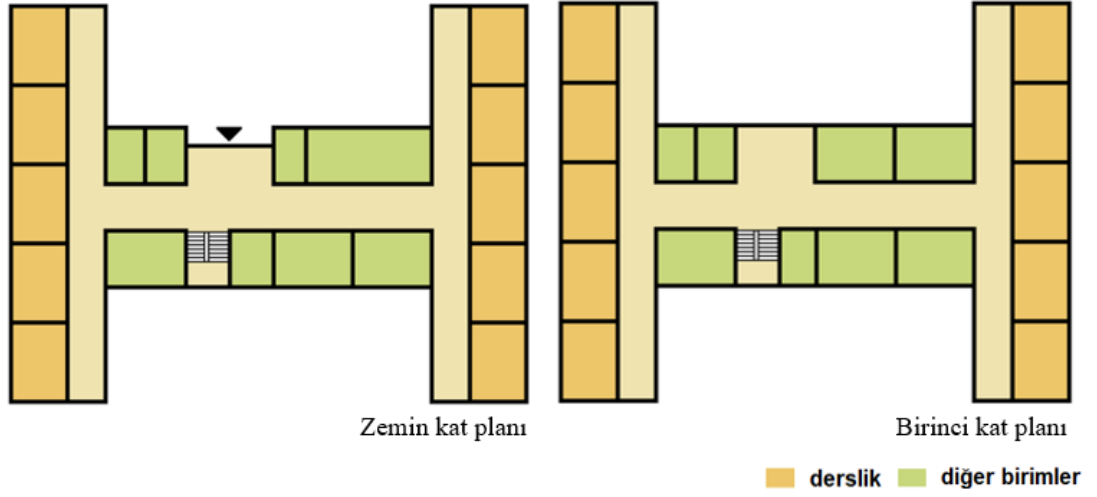
Şekil 5.2 : L tipi plan düzenlemesi.

Dikdörtgen plan tipi, tüm iç mekânların ve dolaşım alanlarının kompakt bir çekirdek etrafında toplandığı, simetrik ve dengeli bir kurguyu temsil eder. Bu tipte cephe uzunluğu sınırlı tutulmakta; cephe yüzeyleri daha az ancak daha yoğun biçimde kullanılmaktadır. Bu durum, hem ısı kaybının azaltılması hem de dış etkilere karşı yapının daha dayanıklı ve dirençli hale getirilmesi açısından önemli avantajlar sunar. Kompakt yapı formu, enerji verimliliğini artırırken, dış etkenlere karşı daha iyi yalıtım ve korunma imkânı tanır. Ayrıca, sınırlı cephe alanı sayesinde malzeme tüketimi ve buna bağlı karbon salımı da azaltılmaktadır; bu da çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine olumlu katkı sağlar. Dikdörtgen plan tipi hem ekonomik hem de ekolojik açıdan etkin ve tercih edilen bir plan düzeni olarak öne çıkmaktadır. (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 : Dikdörtgen tipi plan düzenlemesi.

H plan tipi ise genellikle doğrusal bir ana koridorun iki yanına sıralanan derslik ve servis alanları ile karakterizedir. Bu düzenleme, özellikle prefabrik ya da modüler okul yapılarında yaygın olarak tercih edilir çünkü hızlı ve ekonomik inşaat imkânı sunar. Ayrıca, bu tip yapıların esnek modüler yapısı, ihtiyaçlara göre kolayca genişletilebilme veya değiştirilebilme avantajı sağlar. H planı, diğer plan tiplerine kıyasla en uzun cephe uzunluğunu üretir; çünkü derslikler tek sıra veya çift sıra olarak koridor boyunca lineer biçimde dizilir ve bu da cephe yüzey alanının artmasına neden olur. Bu nedenle, avlulu plan türünden sonra en fazla cephe uzunluğuna sahip plan tipi olarak değerlendirilmiştir ve bu durum, özellikle dış duvar yüzey alanının artması sebebiyle ısı kaybı ve enerji tüketimi açısından önemli bir parametre olarak öne çıkar. (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 : H tipi plan düzenlemesi.

Bu farklı plan tipleri, yalnızca mekânsal organizasyonu değil; cepheyle kurulan ilişkiler, cepheye binen yükler, açıklık-kapalı oranları, malzeme gereksinimi ve enerji verimliliği gibi çok sayıda parametreyi de yeniden tanımlar. Dolayısıyla rehabilitasyon sürecinde bu plan tiplerinin cepheye olan etkileri ayrıntılı biçimde analiz edilmeden yapılacak müdahaleler, yapı performansında istenmeyen sonuçlar doğurabilecektir.

5.2 Cephe Düzenleme Seçenekleri

Cephe rehabilitasyonu sürecinde yalnızca plan tipinin belirlenmesi yeterli olmayıp, aynı zamanda taşıyıcı sistemin cephede nasıl temsil edildiği ve cephe yüzeyine nasıl aktarıldığı da tasarım kararlarını doğrudan etkileyen bir diğer önemli parametredir. Bu bağlamda, daha önce tanımlanan dört ana plan tipi (avlulu, L tipi, dikdörtgen ve H tipi) üzerinde uygulanabilecek beş farklı cephe düzenleme türü geliştirilmiştir. Bu düzenleme türleri, yapının taşıyıcı sistemi olan kolon ve kirişlerin cephe yüzeyine yansıma biçimleri üzerinden sınıflandırılmış; her bir düzenleme türü, hem yapısal ifadeyi hem de cephe malzemesi organizasyonunu doğrudan biçimlendirecek şekilde kurgulanmıştır.

Tüm plan tipleri 20 derslikli tipik bir okul yapısı üzerinden modellenmiş olup, bu kapsamda her senaryoda mekânsal birim sayısı ve iç mekân ihtiyaçları eşit düzeyde korunmuştur. Bu sabit program kurgusu, cephe düzenleme yaklaşımları arasındaki farkların yalnızca taşıyıcı sistemin dış kabuğa yansıma biçimi ve geometrik organizasyonuyla sınırlı kalmasını sağlamıştır. Bu çerçevede cephe açıklıklarının sayısı ve yerleşimi belirlenirken ortalama saydamlık oranı tüm plan tipleri için eşdeğer

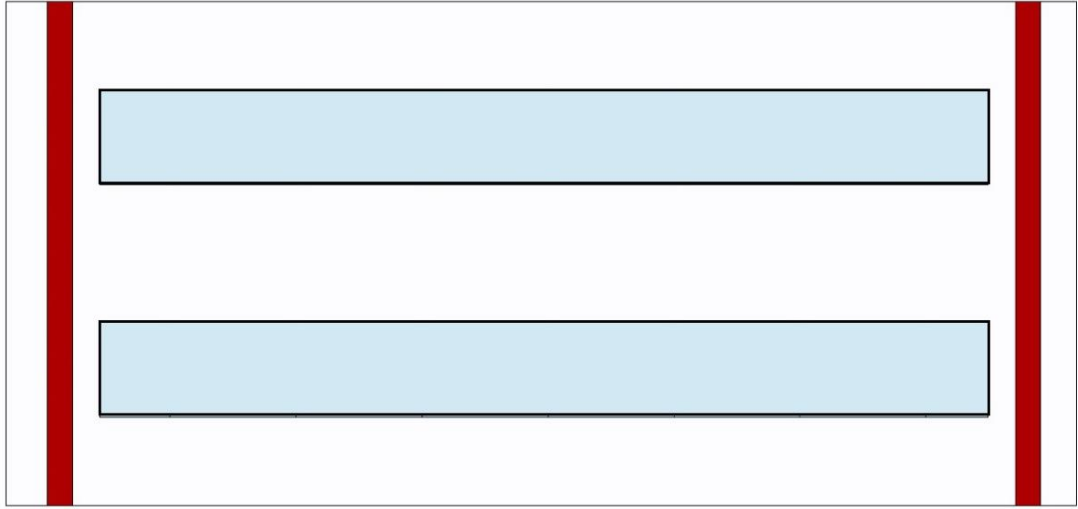
olacak şekilde tasarlanmıştır. Eğitim yapılarında yaygın olarak uygulanan tasarım pratiğine uygun olarak, toplam cephe alanının yaklaşık %20 ila %35'i aralığında saydam yüzeyler (pencere, doğrama vb.) öngörülmüştür. Bu oran, dersliklerin doğal gün ışığından etkin biçimde faydalanmasını sağlarken, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı'na uyumlu olacak şekilde ısı kayıplarını kontrol altında tutar. Ayrıca bu aralık, yangın güvenliği, doğal havalandırma ve kullanıcı mahremiyetine ilişkin mevzuatsal gereklilikleri karşılamaktadır.

İlk düzenleme türü olan yatay etki, yalnızca girişlerin cephe yüzeyine yansıtıldığı durumu temsil eder. Bu yaklaşımla cephe, yatay bantlar hâlinde kurgulanır; yapının kat hizaları girişlerle belirginleşir. Bu düzenlemede cephe, yatay doğrultuda parçalanmış bir izlenim verirken; açıklık yerleşimleri de bu yatay dilimlere bağlı olarak şekillenir. Böylece malzeme uygulaması açısından dengeli bir alan ihtiyacı doğar ama her katta tekrarlanan giriş çıkıntıları, yatay derz detaylarının dikkatli planlanmasını gerektirir bu da orta düzeyde uygulama karmaşıklığına neden olur (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 : Yatay etki cephe düzenlemesi.

Düşey etki düzenlemesinde ise yalnızca kolonlar cepheye yansıtılır; böylece düşey akslar boyunca devam eden bir ritim oluşur. Bu yaklaşım, cepheye bir çeşit düşey modülasyon kazandırır. Kolonların yüzeye yansması cephe boyunca yerel çıkıntılar oluşturur ama bu çıkıntılar, giriş sayısına kıyasla daha az olduğu için kaplama malzemesi ihtiyacı daha sınırlıdır. Düşey derz sürekliliği sağlanabildiği sürece bu sistem uygulama açısından da nispeten kolay bir çözüm sunar (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 : Düşey etki cephe düzenlemesi.

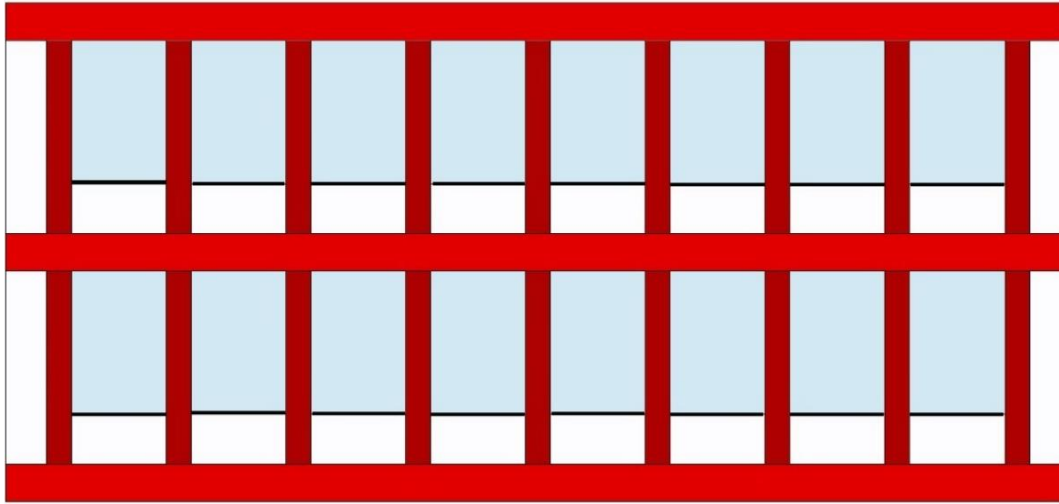
Üçüncü düzenleme olan strüktürel etki, köşe kolonlar ve kirişlerin birlikte cepheye yansıtıldığı bir hibrit yaklaşımdır. Burada taşıyıcı sistem yalnızca yapı köşelerinde vurgulanır; bu da hem yapısal hiyerarşiyi görsel olarak ifade eden hem de sade bir malzeme organizasyonuna izin veren bir ara çözüm olarak öne çıkar. Aynı zamanda bu sınırlı taşıyıcı yansıması sayesinde cephedeki çıkıntılar minimuma iner, dolayısıyla kaplama malzemesi kullanım miktarı düşer. Aynı zamanda detay çözümlmeleri sadece köşe noktalarında yoğunlaşır, bu da uygulama kolaylığı açısından ciddi avantaj sağlar (Şekil 5.7).



Şekil 5.7 : Strüktürel etki cephe düzenlemesi.

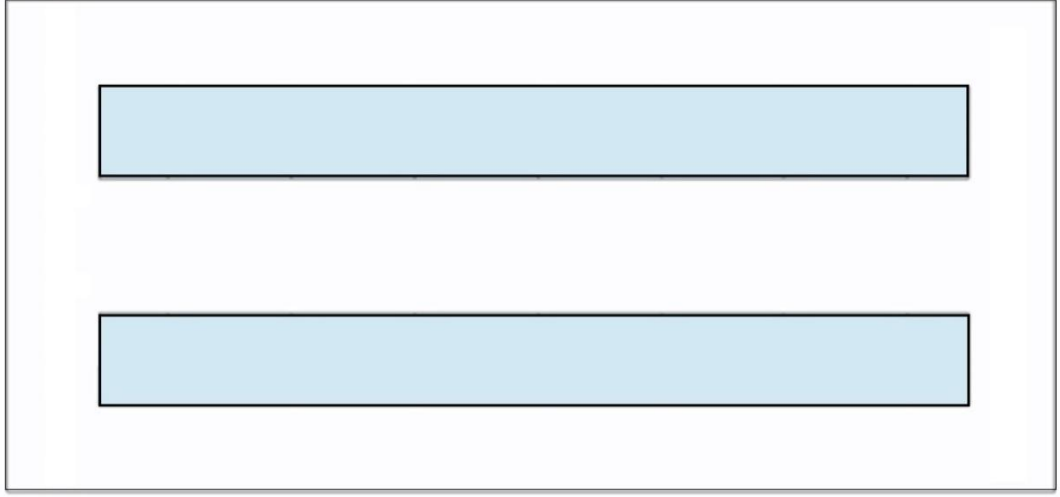
Dördüncü seçenek olan modüler etki, taşıyıcı sistem elemanlarının –kolon ve kirişlerin– cephe yüzeyine düzenli ve belirgin biçimde yansıtıldığı bir cephe düzenleme biçimidir. Bu yaklaşım, yapı-sistem bütünlüğünü ön plana çıkarırken, aynı

zamanda mimari ritmi ve strüktürel ifadeyi de güçlendirir. Cephe yüzeyinde oluşan gridal kurgu, mimari tasarımın hem sistematik hem de okunabilir bir yapıya kavuşmasını sağlar. Ancak bu düzende, çıkıntılı kolon ve kiriş sayısının fazla olması, uygulama sürecinde detay çözümlerini zorlaştırmakta ve işçilik açısından daha yüksek hassasiyet gerektirmektedir. Ayrıca kaplanması gereken yüzey alanı arttığı için, kullanılan kaplama malzemesi miktarı da diğer cephe düzenlemelerine göre belirgin şekilde yükselmektedir. Bu nedenle modüler etki, malzeme tüketimi açısından en yüksek değere sahip düzenleme olarak öne çıkmaktadır (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 : Modüler etki cephe düzenlemesi.

Son düzenleme türü olan düz etki, cephede hiçbir taşıyıcı elemanın görünür olmaması ve yüzeyin tamamen homojen, sade bir biçimde tasarlanması yaklaşımını ifade eder. Bu tür cephelerde, strüktürel sistem bilinçli olarak arka planda bırakılır ve tasarımda yüzey malzemesi ile açıklıkların düzenlenmesi ön plana çıkar. Özellikle taşıyıcı elemanların görünmemesi nedeniyle, cephe yüzeyinde hiçbir çıkıntı veya derinlik olmaması malzeme kullanımını minimize eder ve kaplama malzemesi ihtiyacını en düşük seviyeye indirir. Bu durum, hem maliyet açısından avantaj sağlarken hem de uygulama sürecinde işçiliği kolaylaştırır. Öte yandan, geniş ve düz yüzeylerin sürekli kullanımı, birleşim detaylarının yeterince özenle planlanmaması halinde görsel monotonluğa yol açabilir ve cephede tekdüzelik hissi yaratabilir. Bu nedenle, düz etki yaklaşımı uygulanırken, yüzey dokusu, renk varyasyonları veya aydınlatma gibi unsurların kullanımıyla görsel zenginlik yaratmak önemli bir tasarım gerekliliği olarak karşımıza çıkar (Şekil 5.9).



Şekil 5.9 : Düz etki cephe düzenlemesi.

Bu beş cephe düzenleme türü, farklı plan tipleriyle eşleştirildiğinde ortaya çıkan kombinasyonlar, yapı kabuğunun biçimsel karakterini, strüktürel ifadesini ve özellikle cephe malzemesinin kullanım alanını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle rehabilitasyon sürecinde hem taşıyıcı sistemin ifade biçimi hem de bu ifadenin cepheyle kurduğu ilişki, malzeme seçimi ve uygulama maliyeti açısından kritik bir tasarım karar alanı oluşturmaktadır. Bu etkileşim, yapının estetik bütünlüğü ile performans gereksinimlerinin dengelenmesini zorunlu kılar. Ayrıca, doğru cephe düzenleme türünün seçilmesi, uzun vadeli bakım ve dayanıklılık açısından da önemli avantajlar sağlar.

5.3 Malzeme Seçenekleri

Dış cephe rehabilitasyonu kapsamında ele alınan cephe düzenleme stratejileri, yalnızca taşıyıcı sistem elemanlarının cephe yüzeyine yansıtılma biçimleriyle sınırlı kalmamakta; aynı zamanda bu taşıyıcı organizasyonun üzerine entegre edilecek kaplama malzemeleriyle birlikte, strüktürel, estetik ve işlevsel bileşenlerin bir arada değerlendirildiği bütüncül bir tasarım yaklaşımına dönüşmektedir. Bu çerçevede yapılan analizlerde, Türkiye'deki eğitim yapılarında kullanım sıklığı, farklı üretim teknolojilerini temsil etmesi, farklı montaj gereksinimleri ve fiziksel-mekanik özellikleri göz önünde bulundurularak altı farklı kaplama malzemesi seçilmiştir. Bu malzemeler: alüminyum kompozit panel, masif ahşap kaplama, ahşap kompozit panel, granit plakalar, seramik yüzey kaplamaları ve porselen levhalardır.

Seçilen her bir malzeme, piyasada uygulama karşılığı bulunan en yaygın modül boyutları üzerinden değerlendirilmiştir. Bu bağlamda

- *Seramik yüzey kaplamaları: 60×120 cm*
- *Granit plakalar: 60×60 cm*
- *Porselen levhalar: 100×300 cm*
- *Alüminyum kompozit levhalar: 60×300 cm*
- *Ahşap kompozit paneller: 60×244 cm*
- *Masif ahşap kaplamalar: 12×240 cm*

boyutlarında ele alınmış; her biri, bu ebatlar üzerinden beş farklı cephe düzenleme türü üzerinde uygulanarak analiz edilmiştir. Bu cephe düzenleme türleri; yalnızca kirişlerin yansıtıldığı yatay etki, sadece kolonların yansıtıldığı düşey etki, köşe kolonlar ve kirişlerin birlikte yansıtıldığı strüktürel etki, tüm taşıyıcı elemanların yansıtıldığı modüler etki ve hiçbir taşıyıcı öğenin dışa yansıtılmadığı düz etkidir. Bu yapısal organizasyonlar üzerine her malzemenin entegrasyonu test edilerek; uygulama kolaylığı, taşıyıcı sistemle uyum düzeyi, derz aralıkları, panellerin yerleşim sıklığı, cephe yüzeyinde oluşan görsel etki ve malzeme israfı gibi parametreler detaylı biçimde değerlendirilmiştir. Ek B’de, her bir malzeme türüne ait modüller, farklı cephe düzenleme biçimlerine göre düzenlenmiş ve ilgili görsellerle birlikte detaylı olarak sunulmuştur.

Örneğin, modüler etki gibi çok sayıda çıkıntılı kolon ve kiriş hattının bulunduğu bir düzende, büyük boyutlu panellerin (rneğin porselen levha 100×300 cm veya alüminyum kompozit 60×300 cm gibi) kesintisiz olarak uygulanması zorlaşmakta; taşıyıcı elemanların yüzeye yansımaları, panellerin tam modül yerleşimiyle uyumunu engelleyebilmekte ve fazla sayıda kesim/detay gereksinimi doğurmaktadır. Bu da hem uygulama süresini artırmakta hem de fire oranlarını yükseltmektedir. Bunun tersine, düz etki düzenlemesinde, taşıyıcı sistemin cephe yüzeyine yansıtılmaması sayesinde, bu tür büyük boyutlu paneller daha az kesimle, daha homojen bir yüzey etkisiyle ve daha az fireyle monte edilebilmektedir.

Küçük modüllere sahip malzemeler olan granit (60×60 cm) ve masif ahşap (12×240 cm) ise, modüler ya da strüktürel etkide taşıyıcı çıkıntılar arasında daha esnek biçimde yerleştirilebildiğinden, detay uyumu açısından avantaj sağlar. Ancak, bu avantajın karşılığında artmış derz sıklığı, daha fazla bağlantı elemanı kullanımı ve artmış işçilik

süresi gibi dezavantajlar oluşmakta; dolayısıyla sistemin estetik sürekliliği ve bakım gereksinimi açısından yeni tasarım kararları gerektirebilmektedir. Bu malzemelerin taşıyıcı yansımalarına göre nasıl kesileceği, hangi yatay veya düşey modüller arasında hizalanacağı ve detay çözümlerinin ne şekilde uygulanacağı, her malzeme için ayrı ayrı ele alınmıştır. Bu değerlendirme süreci, yalnızca malzemenin görsel ve fiziksel özelliklerinin değil, aynı zamanda taşıyıcı sistemle olan ilişkisinin, uygulama tekniklerinin, uzun vadeli bakım gereksinimlerinin ve yüzey alanı gereksiniminin sistematik olarak incelenmesini sağlamıştır. Her malzemenin hangi cephe düzenlemeleriyle daha yüksek uyum sağladığı, hangi düzenlerde sınırlayıcı faktörlere sahip olduğu ve nasıl bir montaj süreci gerektirdiği üzerinden çıkarımlar yapılmıştır.

Bu yaklaşım sayesinde, cephe sistemlerinin rehabilitasyonunda yalnızca yapı kabuğu değil; cephe-strüktür-malzeme ilişkisi bütüncül bir sistem mantığıyla analiz edilerek, farklı kombinasyonlara göre uygulanabilirlik kriterleri ortaya konulmuştur.

5.4 Seçenek Gruplarının Oluşturulması

Bu çalışmada dış cephe rehabilitasyonuna yönelik bütüncül bir analiz çerçevesi oluşturabilmek için önceki bölümlerde tanımlanan üç ana değişken grubu bir araya getirilerek çok boyutlu bir seçenek matrisi oluşturulmuştur. Bu üç değişken grubu; mimari plan tipolojileri, cephe düzenleme türleri ve yüzey kaplama malzemeleridir.

5.4.1 Değişken gruplarının tanımı

Mimari Plan Seçenekleri (4 adet):

- Avlulu Plan Tipi
- L Plan Tipi
- Dikdörtgen Plan Tipi
- H Plan Tipi

Bu dört plan tipi, Türkiye'deki eğitim yapılarında sıkça karşılaşılan çözümler arasından seçilmiş olup, her biri 20 derslikli bir okul yapısına göre 1000 m² taban alanı esas alınarak eşit fiziksel koşullarda modellenmiştir. Plan tipleri arasında iç mekân organizasyonu, dolaşım yapısı ve cephe uzunluğu açısından farklılıklar bulunmakla birlikte, karşılaştırmalı analizlerin sağlıklı yürütülebilmesi adına tüm tipler eşit kapalı alanlara göre düzenlenmiştir.

Cephe Düzenleme Seçenekleri (5 adet):

- Yatay Etki (kirişlerin cepheye yansıtılması)
- Düşey Etki (kolonların cepheye yansıtılması)
- Strüktürel Etki (köşe kolon ve kirişlerin birlikte yansıtılması)
- Modüler Etki (tüm taşıyıcıların cepheye yansıtılması)
- Düz Etki (taşıyıcı elemanların cepheye yansıtılmaması)

Bu düzenlemeler taşıyıcı sistemin cepheye hangi oranda ve biçimde yansıtıldığına göre sınıflandırılmış olup, her biri malzeme ile kurulan ilişkiler açısından farklı yüzey organizasyonları ve derz düzenleri oluşturmaktadır.

Kaplama Malzemeleri Seçenekleri (6 adet):

- Alüminyum kompozit panel (60×300 cm)
- Masif ahşap kaplama (12×240 cm)
- Ahşap kompozit panel (60×244 cm)
- Granit plaka (60×60 cm)
- Seramik yüzey kaplaması (60×120 cm)
- Porselen levha (100×300 cm)

Bu malzemeler seçilirken Türkiye’deki eğitim yapılarında kullanım yaygınlığı, modülasyon biçimleri, montaj teknikleri ve strüktürel uyum kriterleri dikkate alınmıştır. Bu üç kriter üzerinden de bir kodlama hazırlanmıştır (Şekil 5.10).



Şekil 5.10 : Seçenek gruplarının kodlaması.

Bu üç değişken grubunun birbiriyle olan olası tüm kombinasyonları, toplamda 4 (plan tipi) $\times$ 5 (cephe düzenleme türü) $\times$ 6 (malzeme türü) = 120 farklı cephe senaryosu oluşturmaktadır. Her bir senaryo, belirli bir mimari plan tipine, belirli bir taşıyıcı yansıma stratejisine ve bir kaplama malzemesine karşılık gelmektedir. Bu kombinasyonların her biri, cephe tasarımı açısından farklı uygulama gereklilikleri, estetik etkiler ve performans çıktıları doğurmaktadır. Dolayısıyla, her tasarım kararı sadece görsel kaygılarla değil, aynı zamanda yapının fonksiyonel ihtiyaçları, çevresel koşullar ve ekonomik parametreler göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir.

Bu sayısal sistematik, ilerleyen bölümlerde ele alınacak olan cephe alanı ve kaplama miktarı hesaplamaları, yapım zorluğu ve detay çözümlemesi karşılaştırmaları ile strüktürel uyum ve görsel süreklilik değerlendirmeleri için sağlam bir altlık teşkil etmiştir. Böylelikle her bir tasarım kararı, yalnızca estetik ölçütler doğrultusunda değil; aynı zamanda nicel veriler, teknik gereklilikler ve ekonomik analizlerle temellendirilmiş biçimde ele alınmıştır. Bu bütüncül yaklaşım, mimari tasarım sürecinde karar verme mekanizmasını destekleyerek, farklı bileşenlerin etkileşimlerinin daha iyi anlaşılmasına olanak vermiştir.

Her kombinasyona ait sonuçlar, yüzey kaplama malzemesinin sadece görsel etki ya da dış yüzey işlevi açısından değil; aynı zamanda taşıyıcı sistemle kurduğu yapısal ilişki, derz aralıklarının düzenlenişi, yüzey sürekliliğinin sağlanması ve genel cephe bütünlüğünün korunması gibi çok boyutlu kriterler doğrultusunda da detaylı bir şekilde analiz edilmesine imkan tanımıştır. Bu kapsamlı değerlendirme modeli, malzeme seçimini mimari tasarım süreci içerisinde bütüncül ve rasyonel bir zemine oturtmayı mümkün kılmış, böylece sürdürülebilirlik, estetik, performans ve maliyet gibi farklı parametrelerin dengeli bir şekilde yönetilmesini sağlamıştır.

Şekil 5.11–Şekil 5.14 arasında, her plan tipi için oluşturulan seçenek kodları ve bunlara karşılık gelen bileşen matris tabloları sunulmuştur. Cephe tasarımında kullanılan seçenek kodları, plan tipi, cephe düzenleme türü ve malzeme seçeneğini temsil eden harflerin birleşiminden oluşur; T plan tipi için C cephe düzenleme türünü ve M malzeme seçeneğini ifade eder. Bu kodlama sistemi, her bileşenin yapıdaki fonksiyonunu ve konumunu tanımlayarak, farklı plan tipleriyle uyumlu çeşitli cephe düzenleme ve malzeme kombinasyonlarının sistematik şekilde sınıflandırılmasını sağlar. Böylece tasarım sürecinde, alternatifler kolayca karşılaştırılabilir ve analiz edilebilir, tasarım kararları daha tutarlı ve rasyonel temellere dayandırılabilir.

	Seçenekler	Cephe düzenleme Seçenekleri					Malzeme Seçenekleri					
		Yatay Etki	Düsey Etki	Strüktürel Etki	Modüler Etki	Düz Etki	Alüminyum Kompozit	Masif Ahşap	Ahşap Kompozit	Granit	Seramik	Porselen Levha
Avlulu plan tipi	T1C1M1	✓					✓					
	T1C2M1		✓				✓					
	T1C3M1			✓			✓					
	T1C4M1				✓		✓					
	T1C5M1					✓	✓					
	T1C1M2	✓						✓				
	T1C2M2		✓					✓				
	T1C3M2			✓				✓				
	T1C4M2				✓			✓				
	T1C5M2					✓		✓				
	T1C1M3	✓							✓			
	T1C2M3		✓						✓			
	T1C3M3			✓					✓			
	T1C4M3				✓				✓			
	T1C5M3					✓			✓			
	T1C1M4	✓								✓		
	T1C2M4		✓							✓		
	T1C3M4			✓						✓		
	T1C4M4				✓					✓		
	T1C5M4					✓				✓		
	T1C1M5	✓									✓	
	T1C2M5		✓								✓	
	T1C3M5			✓							✓	
	T1C4M5				✓						✓	
	T1C5M5					✓					✓	
	T1C1M6	✓										✓
	T1C2M6		✓									✓
	T1C3M6			✓								✓
	T1C4M6				✓							✓
	T1C5M6					✓						✓

Şekil 5.11 : Avlulu plan tipi iin seçenek kodu ve bileşen matris tablosu.

	Seenekler	Cephe dzenleme Seçenekleri					Malzeme Seçenekleri					
		Yatay Etki	Dsey Etki	Strktrel Etki	Modler Etki	Dz Etki	Alminyum Kompozit	Masif Ahap	Ahap Kompozit	Granit	Seramik	Porselen Levha
L plan tipi	T2C1M1	✓					✓					
	T2C2M1		✓				✓					
	T2C3M1			✓			✓					
	T2C4M1				✓		✓					
	T2C5M1					✓	✓					
	T2C1M2	✓						✓				
	T2C2M2		✓					✓				
	T2C3M2			✓				✓				
	T2C4M2				✓			✓				
	T2C5M2					✓		✓				
	T2C1M3	✓							✓			
	T2C2M3		✓						✓			
	T2C3M3			✓					✓			
	T2C4M3				✓				✓			
	T2C5M3					✓			✓			
	T2C1M4	✓								✓		
	T2C2M4		✓							✓		
	T2C3M4			✓						✓		
	T2C4M4				✓					✓		
	T2C5M4					✓				✓		
	T2C1M5	✓									✓	
	T2C2M5		✓								✓	
	T2C3M5			✓							✓	
	T2C4M5				✓						✓	
	T2C5M5					✓					✓	
	T2C1M6	✓										✓
	T2C2M6		✓									✓
	T2C3M6			✓								✓
	T2C4M6				✓							✓
	T2C5M6					✓						✓

Şekil 5.12 : L plan tipi iin seçenek kodu ve bileşen matris tablosu.

	Seenekler	Cephe dzenleme Seçenekleri					Malzeme Seçenekleri					
		Yatay Etki	Dsey Etki	Strktrel Etki	Modler Etki	Dz Etki	Alminyum Kompozit	Masif Aşap	Aşap Kompozit	Granit	Seramik	Porselen Levha
Dikdrtgen plan tipi	T3C1M1	✓					✓					
	T3C2M1		✓				✓					
	T3C3M1			✓			✓					
	T3C4M1				✓		✓					
	T3C5M1					✓	✓					
	T3C1M2	✓						✓				
	T3C2M2		✓					✓				
	T3C3M2			✓				✓				
	T3C4M2				✓			✓				
	T3C5M2					✓		✓				
	T3C1M3	✓							✓			
	T3C2M3		✓						✓			
	T3C3M3			✓					✓			
	T3C4M3				✓				✓			
	T3C5M3					✓			✓			
	T3C1M4	✓								✓		
	T3C2M4		✓							✓		
	T3C3M4			✓						✓		
	T3C4M4				✓					✓		
	T3C5M4					✓				✓		
	T3C1M5	✓									✓	
	T3C2M5		✓								✓	
	T3C3M5			✓							✓	
	T3C4M5				✓						✓	
	T3C5M5					✓					✓	
	T3C1M6	✓										✓
	T3C2M6		✓									✓
	T3C3M6			✓								✓
	T3C4M6				✓							✓
	T3C5M6					✓						✓

Şekil 5.13 : Dikdrtgen plan tipi iin seçenek kodu ve bileşen matris tablosu.

	Seenekler	Cephe dzenleme Seçenekleri					Malzeme Seçenekleri					
		Yatay Etki	Dsey Etki	Strktrel Etki	Modler Etki	Dz Etki	Alminyum Kompozit	Masif Aşap	Aşap Kompozit	Granit	Seramik	Porselen Levha
H plan tipi	T4C1M1	✓					✓					
	T4C2M1		✓				✓					
	T4C3M1			✓			✓					
	T4C4M1				✓		✓					
	T4C5M1					✓	✓					
	T4C1M2	✓						✓				
	T4C2M2		✓					✓				
	T4C3M2			✓				✓				
	T4C4M2				✓			✓				
	T4C5M2					✓		✓				
	T4C1M3	✓							✓			
	T4C2M3		✓						✓			
	T4C3M3			✓					✓			
	T4C4M3				✓				✓			
	T4C5M3					✓			✓			
	T4C1M4	✓								✓		
	T4C2M4		✓							✓		
	T4C3M4			✓						✓		
	T4C4M4				✓					✓		
	T4C5M4					✓				✓		
	T4C1M5	✓									✓	
	T4C2M5		✓								✓	
	T4C3M5			✓							✓	
	T4C4M5				✓						✓	
	T4C5M5					✓					✓	
	T4C1M6	✓										✓
	T4C2M6		✓									✓
	T4C3M6			✓								✓
	T4C4M6				✓							✓
	T4C5M6					✓						✓

Şekil 5.14 : H plan tipi için seçenek kodu ve bileşen matris tablosu.



6. SEÇENEKLERİN ÇEVRESEL ETKİ YÜKLERİNİN HESAPLANMASI

Yapıların çevresel performanslarının değerlendirilmesinde doğru ve kapsamlı veri analizi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, enerji yüklerinin hesaplanması ve yaşam döngüsü analizi (LCA) entegrasyonu, sürdürülebilir tasarım kararlarının temelini oluşturmaktadır. Mevcut çeşitli yazılım araçları; bina enerji analizi, karbon salımı hesaplamaları, malzeme katmanlaşması ve yeşil bina sertifikasyonu entegrasyonu gibi farklı alanlarda destek sağlamaktadır. Ancak, bu araçların sağladığı işlevsellikler arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır.

Yukarıdaki Şekil 6.1’de verilen tabloda yer alan yazılımlar incelendiğinde, EnergyPlus, DesignBuilder ve OpenStudio gibi enerji analizine odaklanan programların, karbon salımı hesaplamaları ve yaşam döngüsü analizini bütüncül şekilde entegre etmekte sınırlı kaldığı görülmektedir. Öte yandan, LCA One Click yazılımı, karbon salımı hesaplamalarından enerji yüklerinin belirlenmesine, malzeme katmanlaşma analizlerinden yeşil bina sertifikasyonuna kadar geniş kapsamlı ve entegre bir çözüm sunmaktadır. Bu çok yönlü yapısı, yapı bileşenlerinin çevresel etkilerini detaylı bir şekilde değerlendirme imkanı sağlaması nedeniyle çalışmada tercih edilmiştir.

	Karbon Salımı	Bina Enerji Analizi	LCA Entegrasyonu	Duvar Malzeme & Katmanlaşma Analizleri	Yeşil Bina Sertifikasyonu Entegrasyonu	Enerji Tüketiminin Optimize Edilmesi
EnergyPlus	x	✓	x	✓	x	x
DesignBuilder	x	✓	x	✓	✓	✓
OpenStudio	x	✓	x	✓	x	✓
LCA One Click	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Şekil 6.1 : Kullanılabilecek programların karşılaştırma tablosu.

LCA One Click programının hem enerji tüketimi verilerini hem de yapı malzemelerinin yaşam döngüsü verilerini aynı platformda analiz edebilmesi, sürdürülebilir dış duvar tasarımına yönelik kapsamlı ve entegre bir değerlendirme yapılmasına olanak tanımaktadır. Bu sayede, farklı tasarım bileşenlerinin çevresel

performans üzerindeki etkileri daha doğru ve tutarlı bir şekilde ortaya konabilmektedir. Bu bütüncül yaklaşım, çalışma kapsamında hedeflenen sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği kriterlerine ulaşmada kritik bir avantaj sağlamaktadır.

6.1 Hesap Yöntemleri

Bu çalışmada, dış duvar tasarımlarının çevresel etkilerinin karşılaştırılmasında yaşam döngüsü analizi (LCA) temelli bir yöntem izlenmiştir. Analiz süreci, yapı bileşenlerine ilişkin üretim aşaması odaklı enerji tüketimini ve karbon emisyonlarını belirlemeye yöneliktir. Analiz kapsamı, yalnızca ürün yaşam döngüsünün A1-A3 aşamaları ile (yani ham madde çıkarımı, taşıma ve üretim süreçlerini kapsayan malzeme üretim aşamalarıyla) sınırlı tutulmuştur; nakliye, kullanım süreci, bakım-onarım veya nihai bertaraf gibi sonraki yaşam döngüsü aşamaları bu çalışmanın değerlendirme kapsamı dışında bırakılmıştır. Bu yaklaşım, özellikle tasarım kararlarının erken aşamasında, malzeme seçimlerinin çevresel etkilerini önceden görebilmek açısından önemlidir.

Analiz süreci kapsamında ilk olarak, her cephe tasarımı için kullanılan kaplama malzemelerine ait fiziksel özellikler belirlenmiştir. Bu veriler arasında malzeme türü, kalınlık, yoğunluk ve birim alan başına düşen ağırlık gibi parametreler yer almakta olup, söz konusu bilgiler güncel literatür kaynakları ve üretici katalogları üzerinden temin edilmiştir. Özellikle uygulama alanı (m^2), tüm hesaplamaların temel girdisi niteliğinde olup, analizin doğruluğu açısından kritik önem arz etmektedir. Kalınlık verisi zorunlu olmamakla birlikte, malzemenin gerçek performansını daha hassas biçimde yansıtabilmek adına dahil edilmesi önerilmiştir. Yoğunluk verisi ise çoğunlukla LCA veri tabanlarından otomatik olarak alınabilmekte, böylece hesaplamalarda tutarlılık sağlanmaktadır.

Fiziksel özelliklerin tanımlanmasının ardından, her bir malzeme için kilogram başına düşen gömülü enerji değeri (MJ/kg), ISO 14040/44 standartlarıyla uyumlu Avrupa menşeli yaşam döngüsü veri tabanlarından (örneğin Ecoinvent, Ökobau.dat) elde edilmiştir. Bu veriler, kaplama malzemelerinin üretim sürecinde harcanan enerji miktarının nicel olarak karşılaştırılmasına olanak tanımaktadır. Sonrasında, her tasarım kombinasyonu özelinde malzemenin cephe üzerindeki uygulama alanı (m^2) hesaplanmış; bu alan büyüklüğü, hem kullanılan plan tipine hem de cephe düzenleme stratejisine göre farklılık göstermiştir.

Karbon emisyonlarının hesaplanmasında ise, LCA metodolojisinde yaygın olarak kullanılan karbon eşdeğeri (kgCO_2e) değerleri esas alınmıştır. Bu değer, birim kütle malzeme üretimi sırasında atmosfere salınan sera gazlarının toplam etkisini ifade eder ve çevresel etki değerlendirmesinde temel bir göstergedir. Hesaplama süreci üç temel adımdan oluşmaktadır: ilk olarak, analiz edilen her bir malzemenin toplam kütlesi (kg), malzeme kalınlığı (m), yoğunluğu (kg/m^3) ve uygulama alanı (m^2) çarpılarak belirlenmiştir. Ardından, her malzeme için EPD belgeleri veya LCA veri tabanlarında tanımlı olan karbon emisyon katsayısı ($\text{kgCO}_2\text{e/kg}$) alınarak modele dahil edilmiştir. Son adımda ise toplam karbon salımı değeri, bu katsayı ile malzeme kütlesinin çarpılması sonucunda elde edilmiştir.

Bu yöntem, dış cephe tasarımına ilişkin malzeme kombinasyonlarının yalnızca estetik ya da yapım kolaylığı açısından değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik ölçütleri doğrultusunda da değerlendirilmesini mümkün kılmıştır. Elde edilen sayısal çıktılar sayesinde, farklı cephe sistemlerinin gömülü enerji tüketimi ve karbon salımı yönünden karşılaştırmalı analizleri yapılmış ve bu sayede sürdürülebilir tasarım ilkelerinin erken karar aşamalarına entegrasyonu sağlanmıştır. Ayrıca, bu yaklaşım mimari tasarım sürecinde malzeme seçiminin çevresel etkilerle birlikte değerlendirilmesine imkân tanıyarak, sürdürülebilirlik temelli planlamalara bilimsel bir zemin oluşturmuştur.

6.2 One Click LCA

Bu çalışmada, enerji yükü hesaplarının doğruluğunu artırmak ve daha geniş bir veritabanına dayalı sonuçlar elde edebilmek için One Click LCA (Life Cycle Assessment) yazılımı kullanılmıştır. Avrupa Birliği destekli veri tabanlarıyla uyumlu çalışan bu araç, Ecoinvent, Ökobau.dat ve Environmental Product Declaration (EPD) veri kümesini temel alarak kapsamlı bir analiz sunmaktadır. One Click LCA'nın başlıca kullanım amaçları şunlardır:

- Malzeme bazlı gömülü enerji (Embodied Energy) ve karbon emisyonu (Global Warming Potential) değerlerini sağlamak.
- Farklı üretim teknolojileri ve menşei bölgelerine göre değişen çevresel etki düzeylerini dikkate almak.

- Seçilen malzemenin kalınlığı, yoğunluğu, kaplama alanı gibi parametreleri girdi olarak alıp, otomatik enerji yükü çıktıları üretmek.
- Her bir malzeme-tasarım kombinasyonu için LCA sonuçlarını karşılaştırmalı şekilde raporlamak.

6.3 Hesap Verileri

Aşağıda verilen çizelge 6.1 ve 6.2’de her malzemeye ait temel fiziksel veriler, gömülü emisyon katsayıları ve girdiler özetlenmiştir. Bu bilgilerle tüm kombinasyonlara yönelik hesaplamalar yapılmış; detaylı sonuçlar EK A ve EK C’de verilmiştir.

Çizelge 6.1 : Programa girilen cephe alanları(m²).

	Avlulu Plan Tipi	L Plan Tipi	Dikdörtgen plan Tipi	H plan Tipi
Yatay Etki	1830 m ²	1204 m ²	1101 m ²	1376 m ²
Düşey Etki	1882 m ²	1261 m ²	1152 m ²	1434 m ²
Strüktürel Etki	1878 m ²	1240 m ²	1125 m ²	1448 m ²
Modüler Etki	2004 m ²	1341 m ²	1226 m ²	1526 m ²
Düz Etki	1702 m ²	1120 m ²	1024 m ²	1280 m ²

Çizelge 6.2 : Malzemeler için programa girilen bilgiler.

Malzeme	Boyut (cm)	Kalınlık (cm)	Yoğunluk (kg/m ³)	Malzeme Ağırlığı (kg/m ²)	Konstrüksiyon Ağırlığı (kg/m ²)
Alüminyum Kompozit	60×300	0.4	-	5.5	5-7
Masif Ahşap	12×240	2.0	550	10-14	8-10
Ahşap Kompozit	60×244	1.2	1200	24	5-7
Granit	60×60	2.0	2700	54	10-15
Seramik	60×120	1.0	2100	20	4-6
Porselen levha	100×300	0.6	2500	15	7-9

Çizelge 6.3’e göre alüminyum kompozit malzemenin karbon salımı değerleri 231.601–453.287 kgCO₂e arasında değişmektedir. En yüksek değer avlulu plan + modüler cephe (453.287 kgCO₂e), en düşük değer ise dikdörtgen plan + düz cephe (231.601 kgCO₂e) kombinasyonunda hesaplanmıştır. Malzemenin yüksek gömülü enerji içeriği, özellikle plan ve cephe etkileşimlerinde çevresel etkileri artırmaktadır.

Çizelge 6.3 : Alüminyum kompozit için seçenekler ve karbon salımı değerleri.

		Avlulu Plan Tipi		L Plan Tipi		Dikdörtgen plan Tipi		H planTipi	
		Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)	Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)	Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)	Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)
Alüminyum Kompozit	Yatay Etki	T1C1M1	413927	T2C1M1	272319	T3C1M1	249019	T4C1M1	311227
	Düşey Etki	T1C2M1	425690	T2C2M1	285213	T3C2M1	260556	T4C2M1	324347
	Strüktürel Etki	T1C3M1	424785	T2C3M1	280462	T3C3M1	254448	T4C3M1	327514
	Modüler Etki	T1C4M1	453287	T2C4M1	303309	T3C4M1	277295	T4C4M1	345159
	Düz Etki	T1C5M1	348972	T2C5M1	253317	T3C5M1	231601	T4C5M1	289511

Çizelge 6.4'te masif ahşap için karbon salımı değerleri 71.338–139.647 kgCO₂e aralığındadır. En yüksek karbon salımı avlulu plan + modüler cephe (139.647 kgCO₂e) ile, en düşük salım ise dikdörtgen plan + düz cephe (71.338 kgCO₂e) ile gerçekleşmiştir. Masif ahşap, düşük karbon salımı değerleri ile sürdürülebilirlik açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Çizelge 6.4 : Masif ahşap için kod ve karbon salımı değerleri.

		Avlulu Plan Tipi		L Plan Tipi		Dikdörtgen plan Tipi		H planTipi	
		Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)	Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)	Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)	Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)
Masif Ahşap	Yatay Etki	T1C1M2	127539	T2C1M2	83884	T3C1M2	76705	T4C1M2	95873
	Düşey Etki	T1C2M2	131143	T2C2M2	87857	T3C2M2	80260	T4C2M2	99916
	Strüktürel Etki	T1C3M2	130865	T2C3M2	86394	T3C3M2	78378	T4C3M2	100892
	Modüler Etki	T1C4M2	139647	T2C4M2	93434	T3C4M2	84420	T4C4M2	106329
	Düz Etki	T1C5M2	118597	T2C5M2	78029	T3C5M2	71338	T4C5M2	89182

Çizelge 6.5'e göre ahşap kompozit malzemenin karbon salımı 185.667–363.393 kgCO₂e arasında değişmektedir. En yüksek salım değeri avlulu plan + modüler cephe (363.393 kgCO₂e), en düşük salım ise dikdörtgen plan + düz cephe (185.667 kgCO₂e) seçeneğinde ortaya çıkmıştır. Değerler, cephe etkisi ile birlikte ciddi oranda farklılaşmakta ve malzeme seçiminde bu değişkenin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Çizelge 6.5 : Ahşap kompozit için kod ve karbon salımı değerleri.

	Avlulu Plan Tipi		L Plan Tipi		Dikdörtgen plan Tipi		H plan Tipi	
	Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)	Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)	Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)	Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)
Ahşap Kompozit	Yatay Etki	T1C1M3 331857	T2C1M3 218310	T3C1M3 199630	T4C1M3 249502			
	Düşey Etki	T1C2M3 341268	T2C2M3 228646	T3C2M3 208879	T4C2M3 260021			
	Strüktürel Etki	T1C3M3 340543	T2C3M3 224838	T3C3M3 203983	T4C3M3 262559			
	Modüler Etki	T1C4M3 363393	T2C4M3 243156	T3C4M3 222299	T4C4M3 276705			
	Düz Etki	T1C5M3 308625	T2C5M3 203076	T3C5M3 185667	T4C5M3 232092			

Çizelge 6.6’da granit kaplamaların karbon salımı değerleri 127.785–250.116 kgCO₂e arasında yer almaktadır. En yüksek değer avlulu plan + modüler cephede (250.116 kgCO₂e), en düşük değer ise dikdörtgen plan + düz cephede (127.785 kgCO₂e) ölçülmüştür. Granitin işlenmiş taş olması ve yüksek taşıma maliyeti, karbon salımı değerlerini artıran temel faktörlerdir.

Çizelge 6.6 : Granit için kod ve karbon salımı değerleri.

	Avlulu Plan Tipi		L Plan Tipi		Dikdörtgen plan Tipi		H plan Tipi	
	Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)	Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)	Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)	Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂)
Granit	Yatay Etki	T1C1M4 228416	T2C1M4 150254	T3C1M4 137599	T4C1M4 171724			
	Düşey Etki	T1C2M4 233639	T2C2M4 157368	T3C2M4 143763	T4C2M4 178781			
	Strüktürel Etki	T1C3M4 234388	T2C3M4 154748	T3C3M4 140391	T4C3M4 180712			
	Modüler Etki	T1C4M4 250116	T2C4M4 167354	T3C4M4 153000	T4C4M4 190448			
	Düz Etki	T1C5M4 212418	T2C5M4 139768	T3C5M4 127785	T4C5M4 159741			

Çizelge 6.7’de seramik malzemenin karbon salımı değerleri 159.119–311.437 kgCO₂e arasında değişmektedir. En yüksek değer avlulu plan + modüler cephe (311.437 kgCO₂e), en düşük değer ise dikdörtgen plan + düz cephe (159.119 kgCO₂e) seçeneğinde elde edilmiştir. Seramik, üretim sürecine bağlı olarak orta düzeyde çevresel yük oluşturmaktadır.

Çizelge 6.7 : Seramik için kod ve karbon salımı değerleri.

		Avlulu Plan Tipi		L Plan Tipi		Dikdörtgen plan Tipi		H planTipi	
		Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)	Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)	Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)	Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)
Seramik	Yatay Etki	T1C1M5	284413	T2C1M5	187096	T3C1M5	171087	T4C1M5	213829
	Düşey Etki	T1C2M5	292475	T2C2M5	195955	T3C2M5	179014	T4C2M5	222844
	Strüktürel Etki	T1C3M5	291853	T2C3M5	192691	T3C3M5	174817	T4C3M5	225020
	Modüler Etki	T1C4M5	311437	T2C4M5	208389	T3C4M5	190515	T4C4M5	237143
	Düz Etki	T1C5M5	264498	T2C5M5	174040	T3C5M5	159119	T4C5M5	198908

Çizelge 6.8’e göre porselen levha malzemenin karbon salımı 182.610–357.411 kgCO₂e arasında değişmektedir. En yüksek salım avlulu plan + modüler cephede (357.411 kgCO₂e), en düşük salım ise dikdörtgen plan + düz cephede (182.610 kgCO₂e) hesaplanmıştır. Bu fark, cephe tipinin karbon ayak izine doğrudan etkisini göstermektedir.

Çizelge 6.8 : Porselen levha için kod ve karbon salımı değerleri.

		Avlulu Plan Tipi		L Plan Tipi		Dikdörtgen plan Tipi		H planTipi	
		Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)	Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)	Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)	Kod	Karbon Salımı (kgCO ₂ e)
Porselen levha	Yatay Etki	T1C1M6	326395	T2C1M6	214716	T3C1M6	196344	T4C1M6	245396
	Düşey Etki	T1C2M6	335650	T2C2M6	223885	T3C2M6	205441	T4C2M6	255741
	Strüktürel Etki	T1C3M6	334937	T2C3M6	221137	T3C3M6	200625	T4C3M6	258238
	Modüler Etki	T1C4M6	357411	T2C4M6	239153	T3C4M6	218640	T4C4M6	272151
	Düz Etki	T1C5M6	303544	T2C5M6	199733	T3C5M6	182610	T4C5M6	228272

Dış cephe kaplama malzemelerinin farklı plan biçimlerine göre karbon salımı düzeylerinin analizi mimari tasarım özelliklerine bağlı sürdürülebilirliğin değerlendirilmesi bakımından önemlidir. Bu amaçla her seçeneğe ait sonuçların metrekare başına düşen değerleri belirlenmiş, bu veriler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Çizelge 6.9’da Malzeme kodunun cephe düzenleme ve farklı plan türlerine göre m² başına düşen karbon salımı değerleri (kgCO₂e/m²) ve sürdürülebilirlik bakımından etkinlik düzeyleri görülmektedir.

EN 15804 standardına göre hazırlanan EPD belgeleri ve ICE veritabanı malzemelerin çevresel etkilerini sunmakla birlikte, bu değerleri doğrudan sınıflandırmamaktadır. Bu nedenle bu çalışma kapsamında tüm seçeneklere ait değerlerin aritmetik ortalaması (123,90 kgCO₂e/m²), bir eşik değer olarak kabul edilmiştir. Sürdürülebilirliğin sağlanması bakımından bu eşik değerinin alt ve üst kademelerinde dört farklı etkinlik derecesi tanımlanmıştır. Söz konusu etkinlik dereceleri yüksek (44,59–84,25 kgCO₂e/m²), orta (84,26–123,90 kgCO₂e/m²), düşük (123,91–180,05 kgCO₂e/m²) ve çok düşük (180,06–236,20 kgCO₂e/m²) şeklindedir. Analiz kapsamında, cephe düzeni, malzeme türü ve plan tipine bağlı olarak elde edilen toplam 120 karbon salımı verisi, plan tiplerinin toplam kat alanları baz alınarak normalize edilmiştir (avlulu 1920 m², L tipi 1700 m², dikdörtgen 1600 m², H tipi 1800 m²). Böylece farklı kombinasyonların karbon salımı birim alanda karşılaştırılabilir hale getirilmiştir.

Çizelge 6.9'daki verilere göre, masif ahşap tüm plan tiplerinde genellikle “yüksek etkinliktedir ve karbon salımı 44,59–72,77 kgCO₂e/m² arasında değişmektedir. Bu değerler, alüminyum kompozit malzemenin karbon salımından yaklaşık %70–80 daha düşüktür. Ahşap kompozit, porselen levha ve seramik malzemeler ise plan tipine bağlı olarak “düşük” ile “çok düşük” etkinlik derecesine sahiptir ve karbon salımları genellikle 130–190 kgCO₂e/m² aralığındadır. Bu değer masif ahşaba göre %80 ila %150 arasında daha yüksek karbon salımı anlamına gelmektedir. Granit malzeme ise “orta” ve “düşük” etkinlik düzeyleri arasında yer almakta; karbon salımı 95–130 kgCO₂e/m² arasında değişerek masif ahşaba kıyasla %50 ila %90 daha yüksek seviyelerdedir. En yüksek karbon salımı ise alüminyum kompozit malzemeye aittir; avlulu ve L tipi planlarda modüler cephe düzeni ile “çok düşük” etkinlik düzeyinde (178–236 kgCO₂e/m²) yer alırken, dikdörtgen ve H tipi planlarda karbon salımı %5–10 oranında düşerek “düşük” etkinlik kategorisine geçmektedir. Bu sonuçlar, malzeme seçiminin yanı sıra plan tipi ve cephe düzeni seçimlerinin karbon salımı üzerinde %5 ila %20 arasında değişen oranlarda belirgin etkisi olduğunu ve sürdürülebilir tasarımda tüm bu parametrelerin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Farklı cephe düzenleri, karbon salımı üzerinde oldukça belirgin etkilere sahiptir. Modüler etki (C4) cephe düzeni, tüm malzeme gruplarında diğer cephe düzenlerine göre ortalama %15–20 daha yüksek karbon salımı üretmektedir. Örneğin, alüminyum kompozit malzeme modüler cephede 236,20 kgCO₂e/m² gibi yüksek bir değere ulaşırken, aynı malzemenin yatay etki (C1) cephe düzenindeki karbon salımı 215,76

kgCO₂e/m²'dir. Bu da modüler cephe düzeninin, yatay cepheye kıyasla yaklaşık %9 daha fazla sera gazı emisyonuna neden olduğunu gösterir. Benzer şekilde, masif ahşap malzeme modüler cephede 72,77 kgCO₂e/m² karbon salımı oluştururken, yatay cephe düzeninde bu değer 66,49 kgCO₂e/m²'dir; bu da %9 oranında bir fark anlamına gelir. Dolayısıyla, cephe düzenleri karbon salımını artıran ya da azaltan önemli bir faktör olup, mimari tasarım aşamasında mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

Plan tipine göre normalize edilen veriler analiz edildiğinde ise, dikdörtgen plan tipi (T3) karbon salımı açısından diğer plan tiplerine göre daha avantajlı konumda bulunmaktadır. Tabloda bu plan tipinde karbon salımı değerleri ortalama olarak L tipi plan tipine (T2) kıyasla %5–10 arasında daha düşük çıkmıştır. Örneğin, alüminyum kompozit malzeme ve yatay etki cephe düzeninde T3 plan tipi 155,64 kgCO₂e/m² karbon salımı ile T2 plan tipinin 160,18 kgCO₂e/m² değerinden %3,1 daha az karbon salımı üretmiştir. Masif ahşap malzemede de benzer şekilde T3 plan tipi 47,94 kgCO₂e/m² ile T2 planındaki 49,34 kgCO₂e/m² değerinden yaklaşık %3 daha düşük karbon salımı sağlamaktadır. Bu farklar küçük gibi görünse de, istikrarlı olarak plan tipine göre karbon salımı performansının iyileşebileceğini ve plan tipi seçiminin çevresel sürdürülebilirlik açısından ihmal edilmemesi gereken bir değişken olduğunu göstermektedir.

Malzeme seçiminde karbon salımını azaltma hedefi varsa, masif ahşabın tercih edilmesi toplam karbon ayak izinde %70'e varan önemli azalmalar yaratabilir. Örneğin, modüler etki cephe düzeninde ve L tipi plan kombinasyonunda alüminyum kompozit malzeme 178,42 kgCO₂e/m² karbon salımı yaparken, masif ahşap aynı koşullarda sadece 54,96 kgCO₂e/m² salım gerçekleştirmektedir. Bu, %69,2 gibi yüksek bir oranla karbon salımının azaltılması anlamına gelir. Ayrıca, cephe düzeni seçiminde modüler etkiden yatay etkiye geçiş yapıldığında, alüminyum kompozit malzemenin karbon salımı %8–10 arasında azalma göstermektedir. Bu veriler, hem malzeme hem de cephe düzeni seçimlerinin karbon salımı optimizasyonunda kritik bir rol oynadığını açıkça ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, sürdürülebilir tasarım stratejilerinde hangi parametrelere öncelik verileceğinin doğru belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Özellikle üretim sürecinde düşük karbon salımı gerçekleştiren masif ahşap gibi malzemelerin tercih edilmesi, yapı ölçeğinde karbon ayak izini anlamlı düzeyde azaltmaktadır. Ancak yalnızca malzeme seçimi yeterli değildir; plan tipi ve cephe düzeni gibi mimari kararlar da karbon salımı

üzerinde %5 ila %20 arasında değişen oranlarda etkilidir. Bu nedenle, malzeme, plan tipi ve cephe düzeninin birlikte değerlendirilerek bütüncül bir yaklaşımla optimize edilmesi gerekmektedir. Böyle bir yaklaşım, çevresel sürdürülebilirliği güçlendirirken, yapı sektöründe düşük karbon stratejilerinin yaygınlaşmasına da katkı sağlayacaktır. Sürdürülebilir mimari hedeflere ulaşmak için, tasarım sürecinin erken aşamalarında çevresel etkilerin dikkate alınması büyük önem taşımaktadır.

Çizelge 6.9 : Malzeme seçeneklerinin cephe düzenleme ve farklı plan türlerine göre m² başına düşen karbon salımı değerleri (kgCO₂e/m²) ve sürdürülebilirlik bakımından etkinlik düzeyleri.

CEPHE DÜZENİ	KOD	MALZEME	PLAN TÜRÜ			
			Avlulu (T1)	L tipi (T2)	Dikdörtgen (T3)	H tipi (T4)
Yatay etki	C1M1	alüminyum kompozit	215.76	160.18	155.64	172.90
	C1M2	masif ahşap	66.49	49.34	47.94	53.26
	C1M3	ahşap kompozit	172.00	128.42	124.77	138.61
	C1M4	granit	119.00	88.38	85.99	95.40
	C1M5	seramik	148.11	110.06	106.93	118.79
	C1M6	porcelain levha	170.20	126.30	122.72	136.33
Düşey etki	C2M1	alüminyum kompozit	221.80	167.77	162.85	180.19
	C2M2	masif ahşap	68.34	51.68	50.16	55.51
	C2M3	ahşap kompozit	177.82	134.50	130.55	144.46
	C2M4	granit	121.87	92.57	89.85	99.32
	C2M5	seramik	152.35	115.27	111.88	123.80
	C2M6	porcelain levha	174.82	131.69	128.40	142.08
Strüktürel etki	C3M1	alüminyum kompozit	221.41	164.98	159.03	181.95
	C3M2	masif ahşap	68.17	50.82	48.99	56.05
	C3M3	ahşap kompozit	177.42	132.25	127.49	145.87
	C3M4	granit	122.15	91.03	87.74	100.40
	C3M5	seramik	152.02	113.35	109.26	125.01
	C3M6	porcelain levha	174.43	130.08	125.39	143.46
Modüler etki	C4M1	alüminyum kompozit	236.20	178.42	173.31	191.76
	C4M2	masif ahşap	72.77	54.96	52.76	59.07
	C4M3	ahşap kompozit	189.37	143.03	138.94	153.73
	C4M4	granit	130.27	98.44	95.63	105.80
	C4M5	seramik	162.22	122.58	119.07	131.75
	C4M6	porcelain levha	186.25	140.68	136.65	151.19
Düz etki	C5M1	alüminyum kompozit	181.82	149.01	144.75	160.84
	C5M2	masif ahşap	61.80	45.90	44.59	49.55
	C5M3	ahşap kompozit	160.84	119.46	116.04	128.94
	C5M4	granit	110.64	82.22	79.87	88.74
	C5M5	seramik	137.76	102.38	99.45	110.50
	C5M6	porcelain levha	158.15	117.49	114.13	126.82
Etkinlik düzeyleri			yüksek (44,59 – 84,25)	orta (84,26 – 123,90)	düşük (123,91 – 180,05)	çok düşük (180,06 – 236,20)

7. GENEL DEĞERLENDİRME

Bu bölümde, dış cephe kaplama malzemelerinin üretim sürecine bağlı karbon salımı değerleri, üç temel tasarım parametresi olan plan tipi, cephe düzenleme biçimi ve malzeme türü çerçevesinde çok boyutlu bir analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Çalışmanın temel amacı, söz konusu parametrelerin çevresel etkilerini yalnızca tekil düzeyde değil, aynı zamanda etkileşimli bir biçimde ele alarak, tasarım kararlarının karbon salımı üzerindeki bileşik etkilerini ortaya koymak ve bu yolla sürdürülebilir dış cephe stratejilerinin belirlenmesine katkı sunmaktır. Bu yaklaşım, yapı tasarımında yalnızca malzeme seçiminin değil, aynı zamanda mekânsal kurgu ve cephe organizasyonunun da çevresel etkiler üzerindeki belirleyici rolünü bütüncül biçimde analiz etmeyi hedeflemektedir. Ek D’de her seçenek için programa girilen katmanlar ve değerleri arayüzden alınan ekran görüntüsü ile detaylıca verimiştir

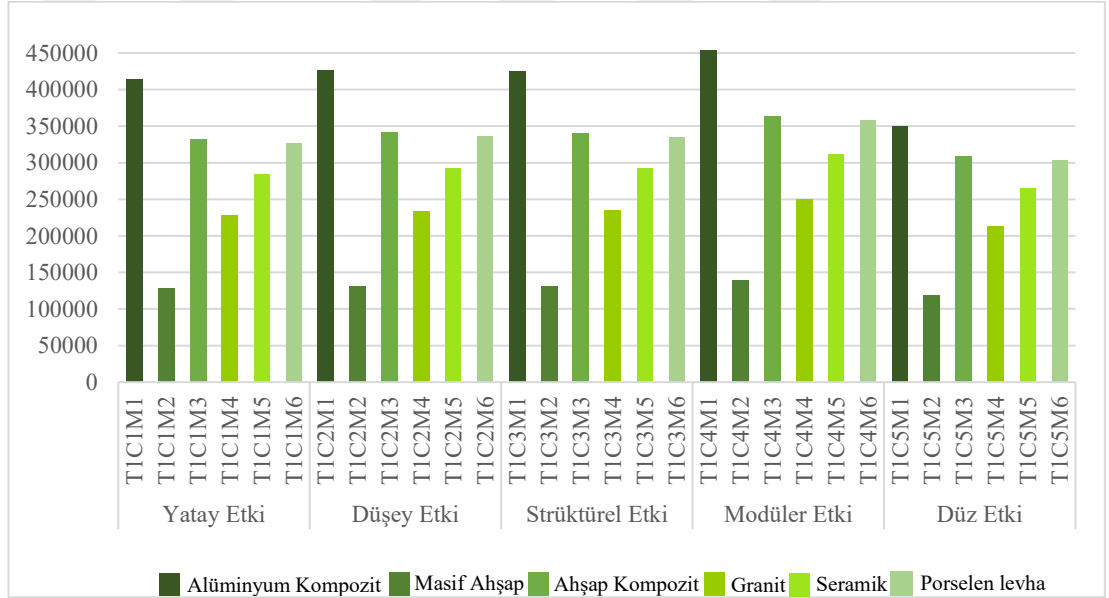
Analiz süreci iki temel aşamada yapılandırılmıştır. İlk aşamada, her bir parametre (plan tipi, cephe düzenleme biçimi, malzeme türü) kendi içinde bağımsız olarak ele alınmış ve bu parametrelerin üretim kaynaklı karbon salımı üzerindeki etkileri grafiksel veriler üzerinden analiz edilmiştir. Bu kapsamda, örneğin yalnızca farklı plan tiplerinin (örneğin dikdörtgen, avlulu, L tipi veya H düzen) karbon salımı üzerindeki etkileri sadeleştirilmiş grafikler aracılığıyla karşılaştırmalı biçimde değerlendirilmiştir. Aynı şekilde, farklı cephe düzenleme biçimlerinin (yatay, dikey, modüler, düz) ya da açıklık-doluluk oranlarının karbon emisyonuna olan etkisi de kendi içinde analiz edilmiştir. Bu analizlerde kullanılan grafikler, tekil parametrelerin üretim süreci kaynaklı çevresel yükler üzerindeki doğrudan etkisini ortaya koymuş ve böylece temel eğilimlerin görselleştirilmesini mümkün kılmıştır. Ayrıca, taş, masif ahşap, ahşap kompozit, alüminyum kompozit gibi farklı kaplama malzemelerinin üretim süreçlerine bağlı karbon ayak izi değerleri, kgCO₂e cinsinden karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Bu karşılaştırmalar, her bir malzemenin çevresel performansını kendi bağlamında değerlendirmek açısından önemlidir ve karar vericilere materyal düzeyinde rehberlik edecek niteliktedir.

İkinci aşamada ise, üç temel parametrenin birbirleriyle olan etkileşimleri üzerinden çok boyutlu bir değerlendirmeye geçilmiştir. Bu kapsamda geliştirilen grafik setlerinde, plan tipi, cephe düzenleme biçimi ve malzeme türü kombinasyonları birlikte analiz edilmiş ve üretim sürecinden kaynaklanan toplam karbon salımı değerleri (kgCO₂e) kapsamlı şekilde sunulmuştur. Bu grafikler aracılığıyla yalnızca tekil değişkenlerin değil, birden fazla tasarım bileşeninin aynı anda değiştirildiği senaryolar değerlendirilmiştir. Örneğin, alüminyum kompozit malzemenin modüler cephe kurgusu ile birlikte avlulu plan tipi içinde kullanıldığı durum ile, masif ahşap kaplamanın düz cephe düzenlemesiyle dikdörtgen plan tipi içinde uygulandığı senaryo karşılaştırılmış ve bu kombinasyonların çevresel etkileri net şekilde analiz edilmiştir. Bu karşılaştırmalar sayesinde, bazı malzeme türlerinin belirli plan kurgularıyla birlikte kullanıldığında daha düşük karbon salımı ürettiği; bazı düzenleme biçimlerinin ise malzeme türünden bağımsız olarak çevresel yükü artırdığı gibi çıkarımlar elde edilmiştir.

Bu çok boyutlu analiz yöntemi, sürdürülebilir mimari kararların sadece malzeme düzeyinde değil, aynı zamanda mekânsal ve strüktürel bileşenlerle birlikte düşünülmesi gerektiğini açık biçimde ortaya koymaktadır. Özellikle grafiksel verilerin desteğiyle yapılan bu analizler, çevresel performans bakımından anlamlı farklar olduğunu göstermekte ve her bir tasarım kararının karbon salımı üzerindeki ağırlığını görsel olarak somutlaştırmaktadır. Böylece, yalnızca daha düşük karbon salımı üreten malzemenin belirlenmesi değil; aynı zamanda bu malzemenin hangi plan tipinde, hangi cephe organizasyonu ile kullanıldığında optimum performans gösterdiği de analiz edilebilmektedir. Bu durum, sürdürülebilir mimarlık pratiğinde teknik çözümlerinin ötesine geçerek, stratejik tasarım kararlarının çevresel etkiler doğrultusunda şekillendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışmada uygulanan çok katmanlı analiz modeli, yapı sektöründe düşük karbon hedeflerine ulaşılması yönünde mimar, mühendis ve karar vericilere anlamlı ve uygulanabilir veriler sunmakta; aynı zamanda sürdürülebilirlik kriterlerinin tasarım sürecine bütüncül biçimde entegre edilmesi için önemli bir metodolojik katkı sunmaktadır. Aşağıda, grafikler üzerinden elde edilen bulgular ayrıntılı olarak yorumlanmış ve çevresel performans açısından öne çıkan kombinasyonlara ilişkin değerlendirmelere yer verilmiştir.

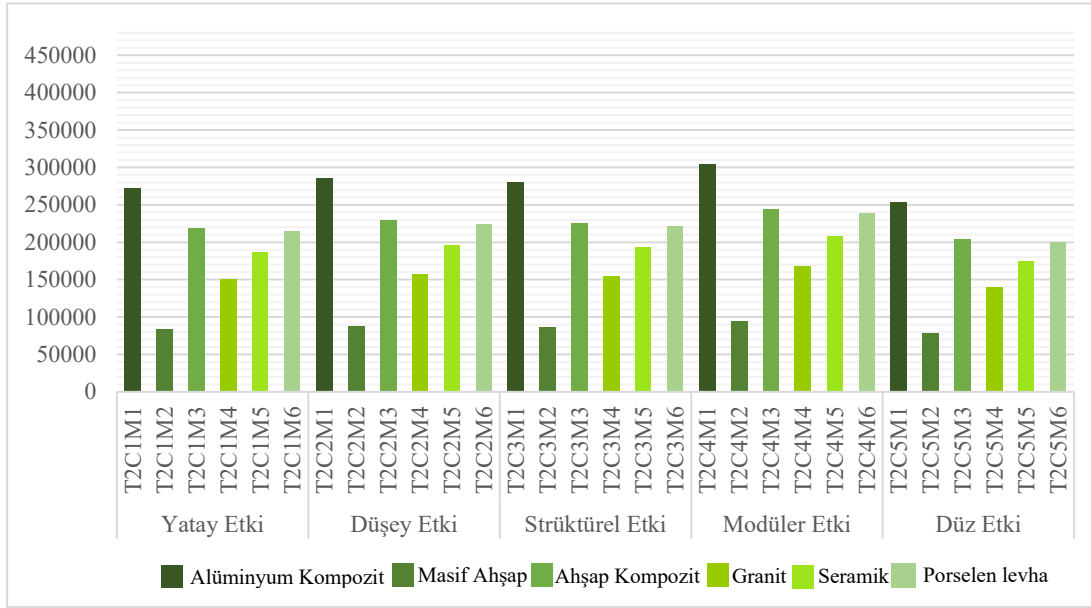
İlk olarak Şekil 7.1 de verilen Grafiğe baktığımızda Avlulu plan tipi için yapılan analizde, karbon salımı açısından en yüksek ve en düşük değerler arasında yaklaşık 325.000 birimlik bir fark gözlemlenmektedir. Özellikle alüminyum kompozit kullanıldığında (örn. T1C1M1 ve T1C2M1), karbon salımı 400.000 birimin üzerine çıkarken; masif ahşap malzeme kullanımıyla (örn. T1C1M2 ve T1C2M2) bu değerler 100.000 birime kadar düşmektedir Buna karşın cephe düzenleme etkileri arasındaki farklar, özellikle aynı malzeme türü içinde incelendiğinde, daha sınırlı kalmaktadır. Örneğin ahşap kompozitte düşey ve düz etkiler arasında yaklaşık 50.000–70.000 birimlik farklar gözlemlenirken, bu fark alüminyum kompozitte 100.000 birimi aşabilmektedir. Bu bağlamda, avlulu plan tipinde enerji performansını belirleyen temel unsur malzeme türü olmakla birlikte, cephe kurgusu da özellikle enerji yoğun malzemelerde tüketimi artırıcı bir rol oynayabilmektedir.



Şekil 7.1 : Avlulu plan tipi için farklı malzeme ve cephe düzenleme seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.

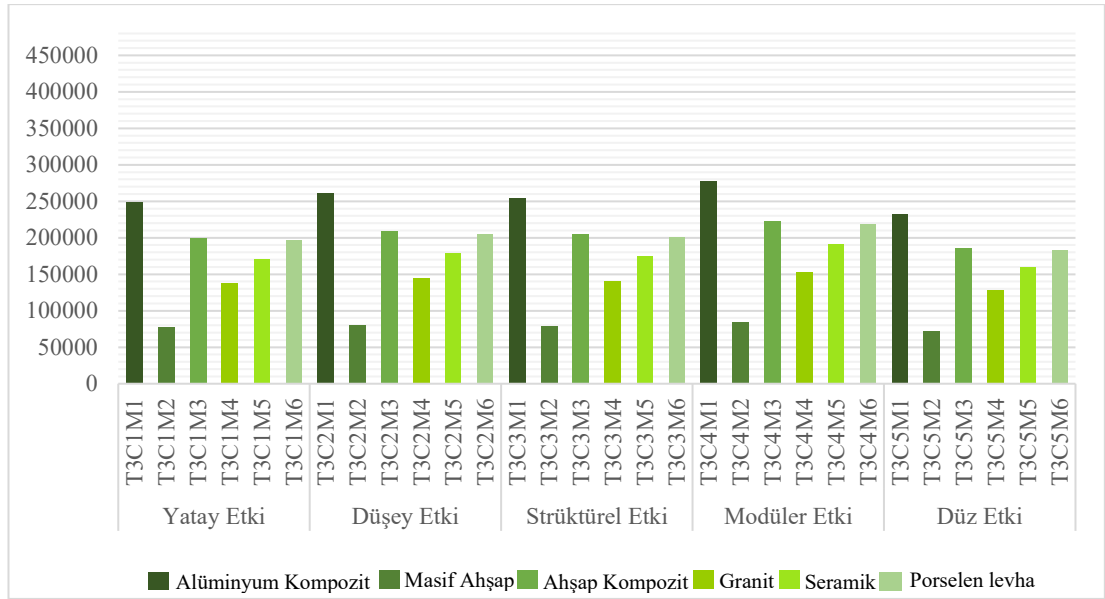
Şekil 7.2' de verilen Grafiğe baktığımızda L plan tipine ilişkin grafik incelendiğinde, en yüksek ve en düşük karbon salımı arasında yaklaşık 280.000 birimlik bir fark bulunmaktadır. En yüksek değer yine alüminyum kompozit ile düşey veya strüktürel etkide görülmekte (örn. T2C2M1), en düşük değer ise masif ahşap ile düz etki (örn. T2C5M2) altında ortaya çıkmaktadır. Ancak bu plan tipinde dikkat çeken asıl unsur, aynı malzeme türü içinde cephe etkileri arasındaki farkların daha belirgin olmasıdır. Özellikle L formundaki yapı organizasyonu, cephelerin çeşitli yönlere açılmasıyla birlikte daha karmaşık cephe çözümlerine zemin hazırlamakta, bu da düzenleme

biçimlerinin karbon salımını farklılaştırmasına neden olmaktadır. Örneğin granit veya seramik malzemede, strüktürel etkiyle düz etki arasında 80.000–100.000 birimi bulan farklar görülmektedir. Bu durum, L plan tipinde cephe etkisinin enerji performansı üzerinde daha belirgin bir faktör olduğunu göstermektedir. Malzeme türü elbette önemli olmakla birlikte, etki biçimi ile olan ilişkisi bu planda daha dengeli bir rol oynamaktadır.



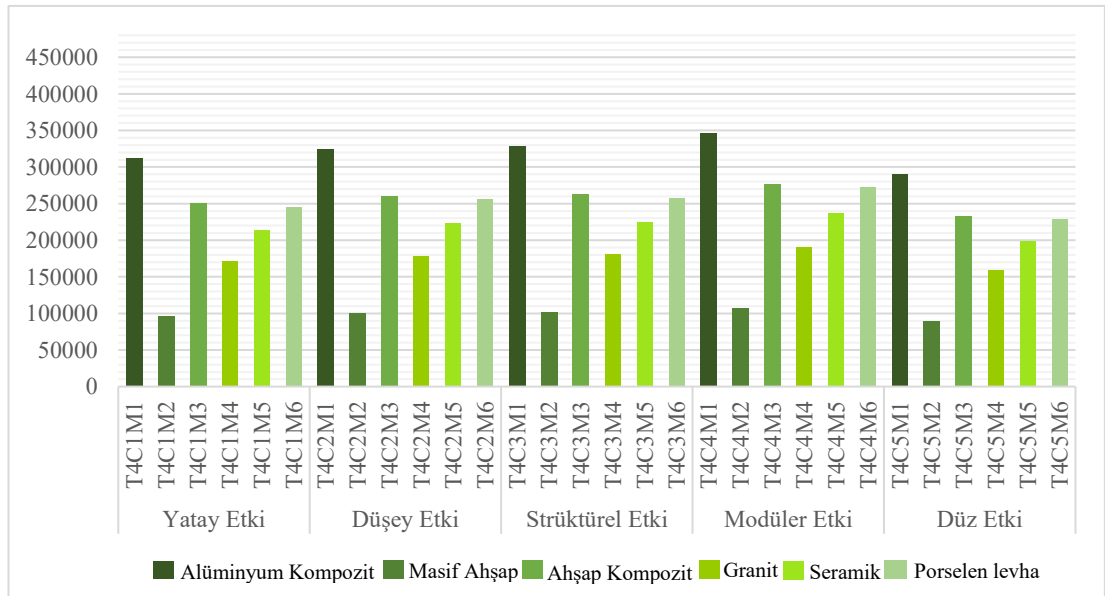
Şekil 7.2 : L plan tipi için farklı malzeme ve cephe düzenleme seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.

Şekil 7.3' de verilen Grafiğe baktığımızda Dikdörtgen plan tipinde en düşük ve en yüksek karbon salımı arasındaki fark yaklaşık 300.000 birimdir. Bu plan tipinde de alüminyum kompozit malzemeyle düşey ve strüktürel etkiler en yüksek değerleri üretirken (örn. T3C2M1), masif ahşap ile düz etki en düşük değerlere sahiptir (örn. T3C5M2). Ancak bu grafik, özellikle orta karbon salımına sahip malzemeler (örneğin ahşap kompozit, granit, seramik) açısından dikkat çekici sonuçlar ortaya koymaktadır. Bu malzemelerle yapılan uygulamalarda, cephe düzenleme biçimleri karbon salımını önemli ölçüde etkilemektedir. Örneğin ahşap kompozit için düşey ve düz etki arasında yaklaşık 70.000 birimlik fark söz konusudur. Dikdörtgen planın, simetrik ve çevresel olarak dengeli cephe yapısı nedeniyle, modüler ve düz etkilerin karbon salımını düşürme konusunda avantaj sunduğu söylenebilir. Bu nedenle dikdörtgen plan tipinde malzeme ve cephe etkisi arasında çift yönlü bir etkileşim olduğu, bu ilişkinin orta enerji grubunda daha hassas şekilde çalıştığı görülmektedir.



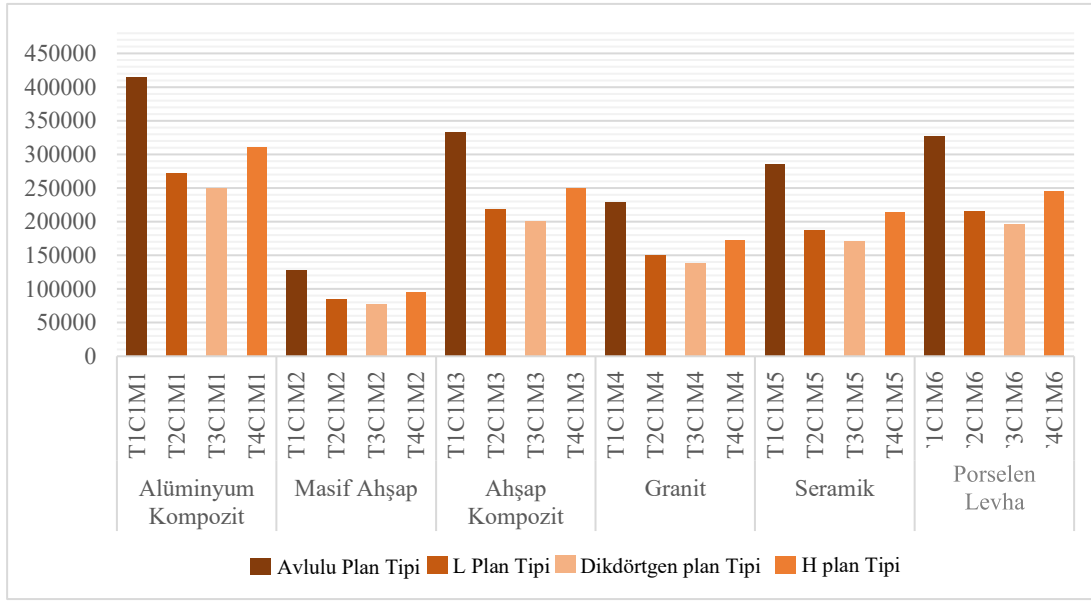
Şekil 7.3 : Dikdörtgen plan tipi için farklı malzeme ve cephe düzenleme seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.

Şekil 7.4'e göre H plan tipinde üretim karbon salımı farkı yaklaşık 275.000 birimdir. En yüksek tüketim ve en düşük tüketim diğer grafiklerdeki seçeneklerle aynıdır. Bu plan tipinde genel olarak daha dengeli ve homojen bir dağılım sergilemektedir. Cephe düzenleme biçimleri arasında belirgin enerji farkları görülmemektedir; örneğin seramik ve porselen levha malzemelerde cephe etkileri benzer düzeylerde kalmıştır. Bu da H planın doğrusal ve tekrarlı yapısının cephe etkilerini sınırladığını göstermektedir.



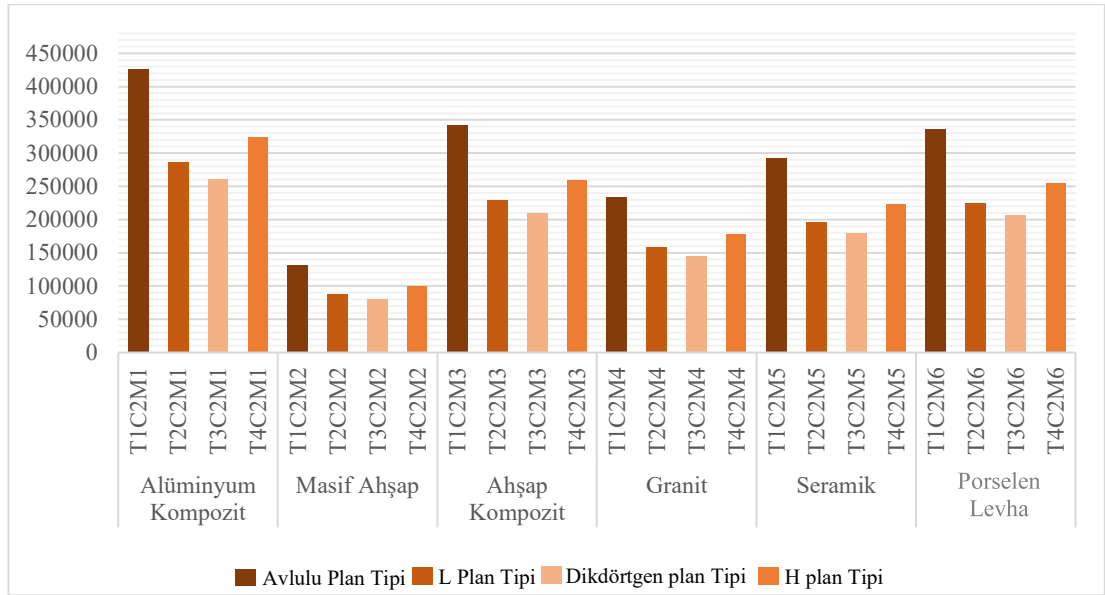
Şekil 7.4 : H plan tipi için farklı malzeme ve cephe düzenleme seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.

Şekil 7.5'te sunulan verilere göre yatay etki düzenlemesinde karbon salımı değerleri arasında yaklaşık 335.000 birimlik bir fark gözlemlenmektedir. En yüksek tüketim değeri, alüminyum kompozit malzemenin Avlulu Plan Tipi ile kullanıldığı durumda ortaya çıkmakta (örn. T1C1M1); masif ahşap malzemenin Dikdörtgen plan Tipi ile kullanıldığı yatay düzenlemede en düşük karbon salımı değerleri görülmektedir (örn. T3C1M2). Plan tipleri arasında Avlulu ve L tipi daha yüksek değerlere sahipken, H ve Dikdörtgen tiplerde karbon salımı daha dengeli seyretmektedir. Bu bağlamda yatay cephe etkisinde hem malzeme hem de plan tipinin belirleyici olduğu söylenebilir.



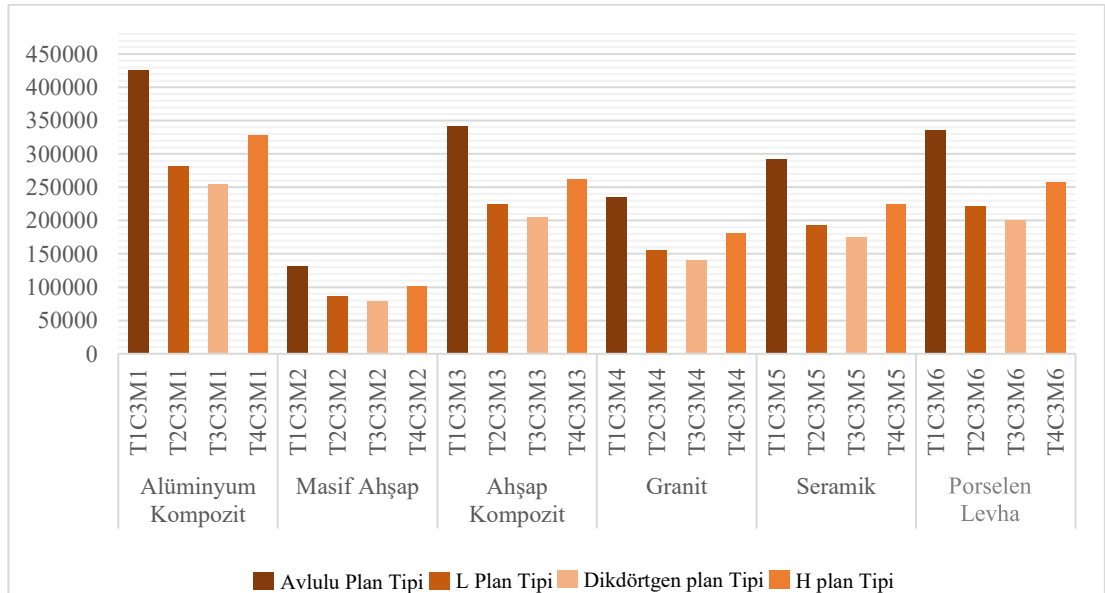
Şekil 7.5 : Yatay etki için farklı plan tipi ve malzeme seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.

Şekil 7.6'da sunulan verilere göre Düşey etki özelinde grafikler incelendiğinde karbon salımı açısından fark yaklaşık 340.000 birim civarındadır. En yüksek değer yine alüminyum kompozit ve Avlulu Plan Tipi birlikteliğinde gözlemlenirken (örn. T1C2M1), en düşük değerler masif ahşap ile Dikdörtgen plan Tipi kombinasyonunda ortaya çıkmaktadır (örn. T3C2M2). Düşey cephe düzenlemesinde özellikle kompozit ve seramik gibi endüstriyel malzemelerle çalışan plan tipleri daha fazla enerjiye ihtiyaç duyarken, ahşap temelli doğal malzemeler bu etkiye daha düşük yanıtlar vermektedir. Plan tipi etkisi özellikle düşey etki söz konusu olduğunda daha baskın hale gelmektedir. Bu durum, düşey hareketin tasarımsal olarak planın kütlesine daha fazla müdahale gerektirmesinden kaynaklanabilir.



Şekil 7.6 : Düşey etki için farklı plan tipi ve malzeme seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.

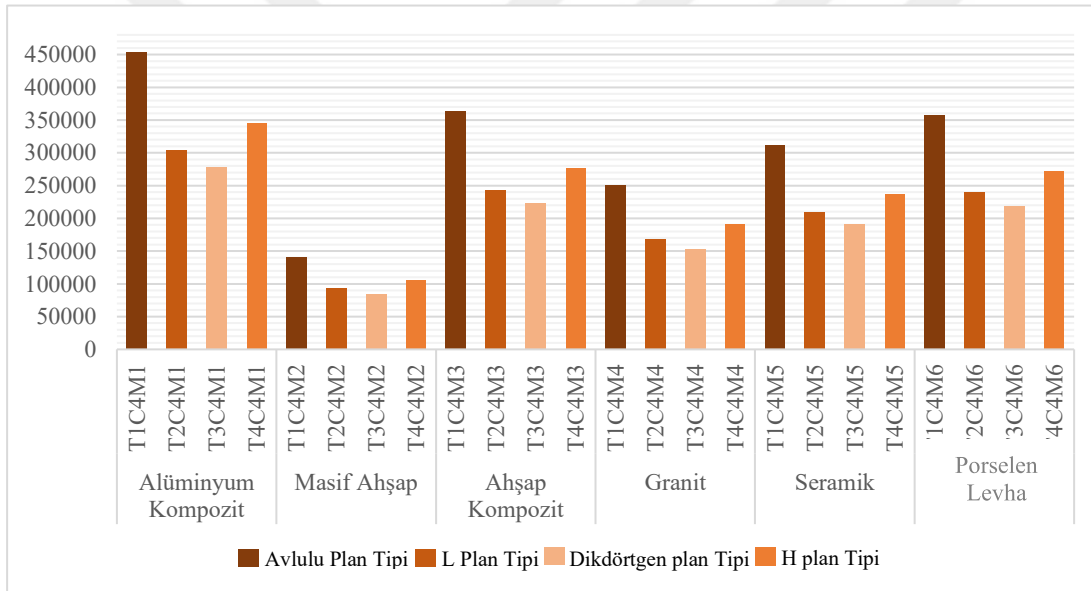
Şekil 7.7’de sunulan verilere göre Strüktürel cephe düzenleme biçiminde malzeme ve plan tipine bağlı olarak karbon salımı değerleri arasında yaklaşık 350.000 birimlik bir fark göze çarpmaktadır. Alüminyum kompozit ve Avlulu Plan Tipi eşleşmesi bu grupta da en yüksek karbon salımını ortaya koymakta (örn. T1C3M1), buna karşın masif ahşap ve Dikdörtgen plan Tipi ile elde edilen değerler enerji açısından oldukça düşüktür (örn. T3C3M2).



Şekil 7.7 : Strüktürel etki için farklı plan tipi ve malzeme seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.

Şekil 7.8’de sunulan verilere göre Modüler cephe düzenlemesinde plan tipleri ve malzemeler arasındaki karbon salımı farkı oldukça belirgindir. Grafiğe göre en yüksek karbon salımı alüminyum kompozit malzemenin Avlulu Plan Tipi ile birlikte kullanıldığı durumda görülmekte ve bu değer yaklaşık 450.000 birim düzeyindedir (örn. T1C4M1). En düşük tüketim ise yine masif ahşap ve Dikdörtgen plan Tipi eşleşmesinde 90.000–100.000 birim civarında seyretmektedir (örn. T3C4M2). Aradaki fark yaklaşık 360.000 birimdir.

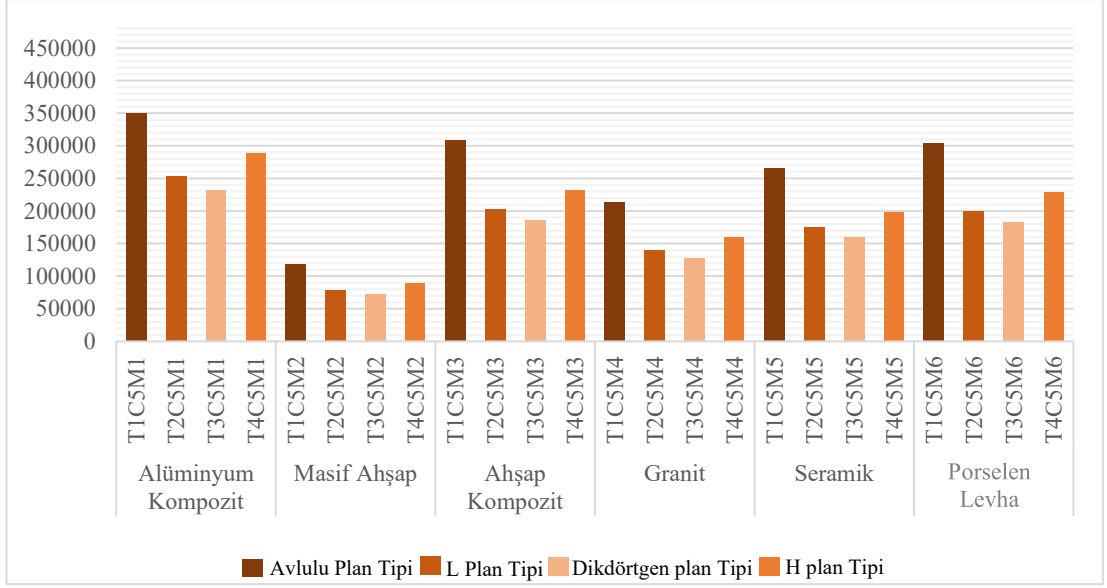
Bu sonuçlar, modüler cephe sistemlerinin malzeme türüne oldukça duyarlı olduğunu göstermektedir. Özellikle endüstriyel ve işlenmiş malzemeler (örneğin kompozitler), modüler sistemlerde karbon salımını ciddi oranda artırırken, doğal malzemelerde bu artış minimum seviyede kalmaktadır. Plan tipi etkisi bu düzende oldukça yüksektir.



Şekil 7.8 : Modüler etki için farklı plan tipi ve malzeme seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.

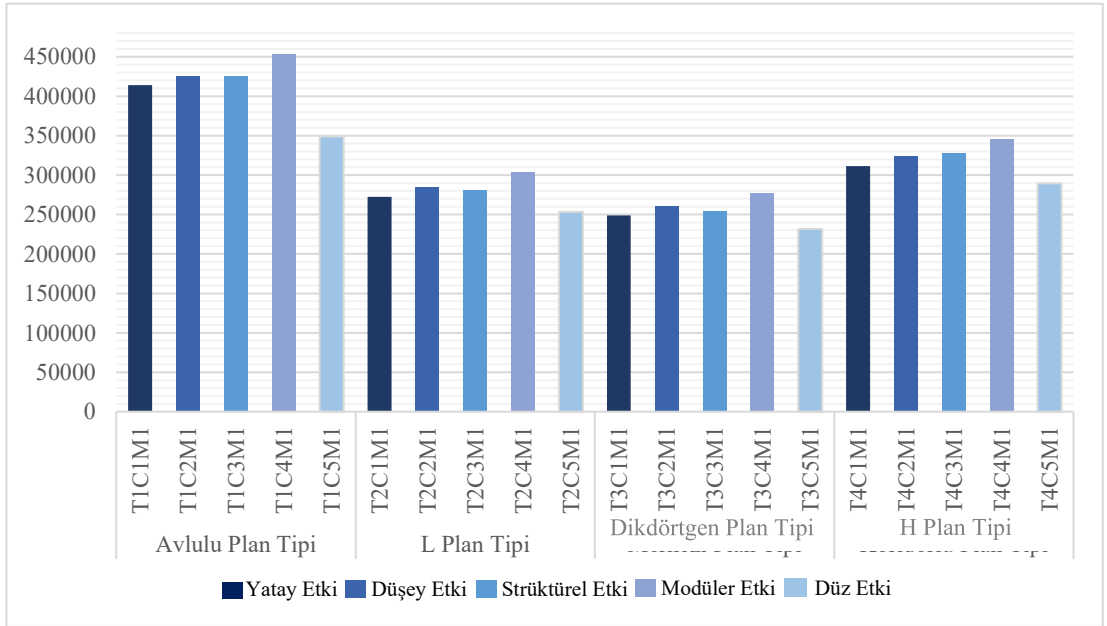
Şekil 7.9’da sunulan verilere göre Düz cephe düzenlemesi, karbon salımı bakımından en dengeli dağılıma sahip düzenlemelerden biridir. Grafik verilerine göre en yüksek (T1C5M1) ve en düşük karbon salımı (T3C5M2) aynı kombinasyonlarda ortaya çıkmıştır. Aradaki fark 280.000 birim civarındadır ve bu değer, diğer cephe etkilerine kıyasla daha düşük bir farklılığa işaret etmektedir.

Bu durum, düz etki düzenlemesinin plan tipinden daha az etkilendiğini ve karbon salımı açısından daha sabit bir yapı sunduğunu göstermektedir. Dolayısıyla burada malzeme türü öncelikli belirleyici unsur olarak öne çıkmaktadır.



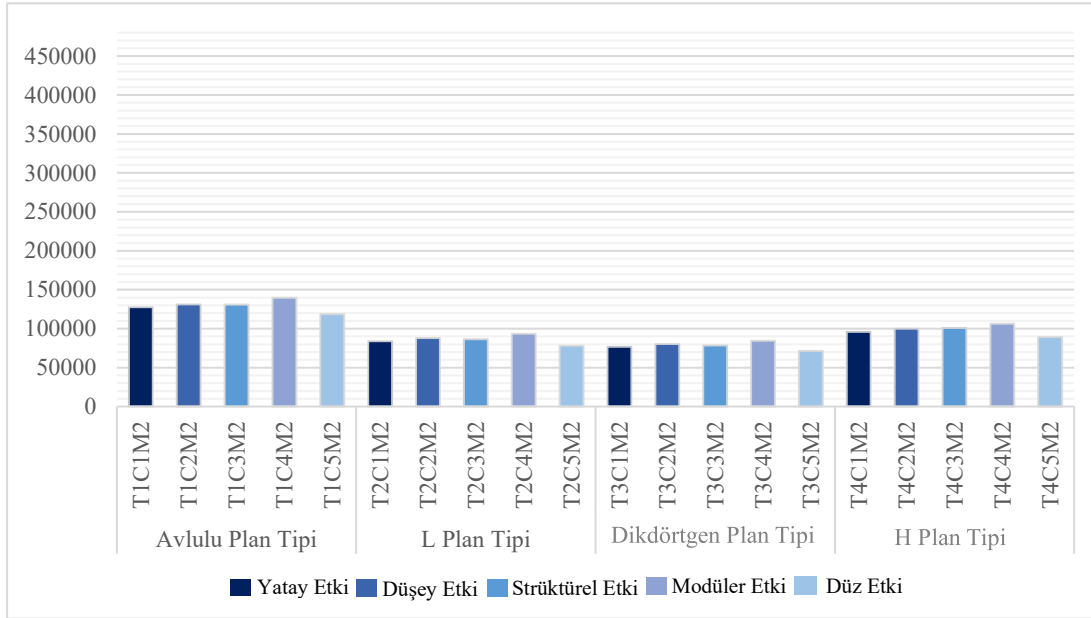
Şekil 7.9 : Düz etki için farklı plan tipi ve malzeme seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.

Şekil 7.10'a göre, karbon salımı açısından en yüksek değerlere Alüminyum Kompozit malzeme sahiptir. En yüksek tüketim, Avlulu Plan ve modüler cephe etkisiyle yaklaşık 450.000 birimde (örn. T1C4M1); en düşük tüketim ise Dikdörtgen plan ve düz cephe etkisiyle yaklaşık 230.000 birimde gözlemlenmiştir (örn. T3C5M1). Yaklaşık 120.000 birimlik fark, cephe etkilerinin karbon salımına olan belirgin etkisini ortaya koymakta; Alüminyum Kompozit'in bu değişkenlerden oldukça etkilendiğini göstermektedir.



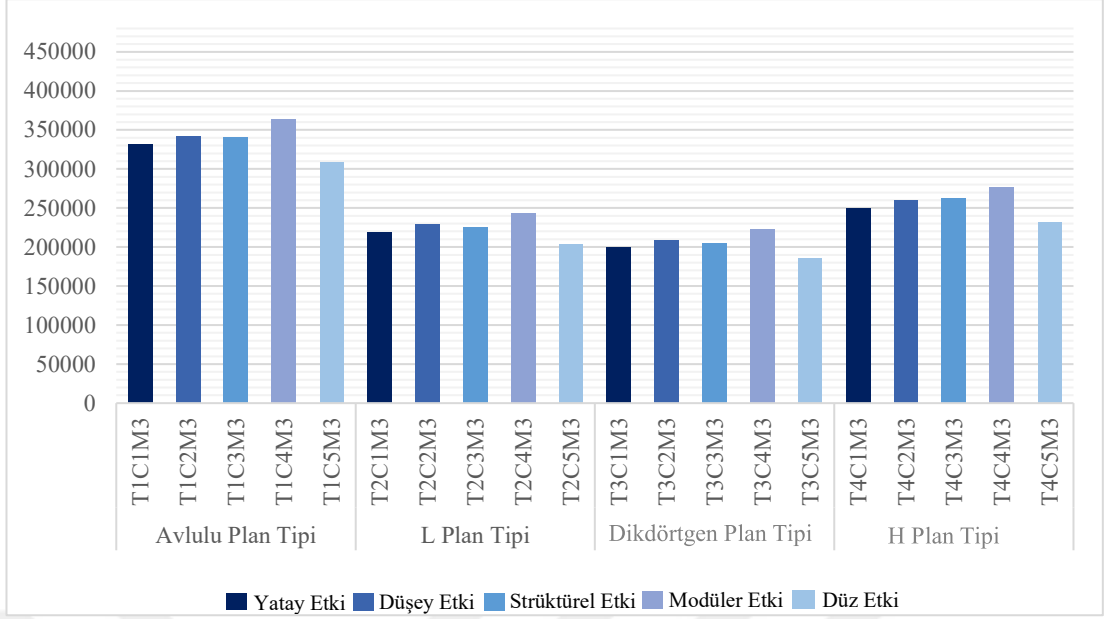
Şekil 7.10 : Alüminyum kompozit için farklı cephe düzenleme ve plan tipi seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.

Şekil 7.11’de sunulan verilere göre Masif Ahşap malzeme karbon salımı bakımından en düşük değerlere sahip malzemedir. Grafik verilerine göre en yüksek karbon salımı yaklaşık 140.000 birimle, Avlulu Plan Tipi ve modüler etki cephe düzeni eşleşmesinde karşımıza çıkmaktadır (örn. T1C4M2). Buna karşılık Dikdörtgen plan ile Düz etki cephe Tipi kombinasyonunda yaklaşık 70.000 birimlik bir tüketim değeri gözlemlenmiştir (örn. T3C5M2). Aradaki fark 70.000 birim civarındadır ve bu değer, diğer cephe etkilerine kıyasla en düşük farka işaret etmektedir. Bu durum, Masif Ahşap’ın karbon salımı açısından en verimli malzemelerden biri olduğunu ve cephe düzeni değişimlerinden en az etkilenen seçeneklerden biri olduğunu ortaya koymaktadır.



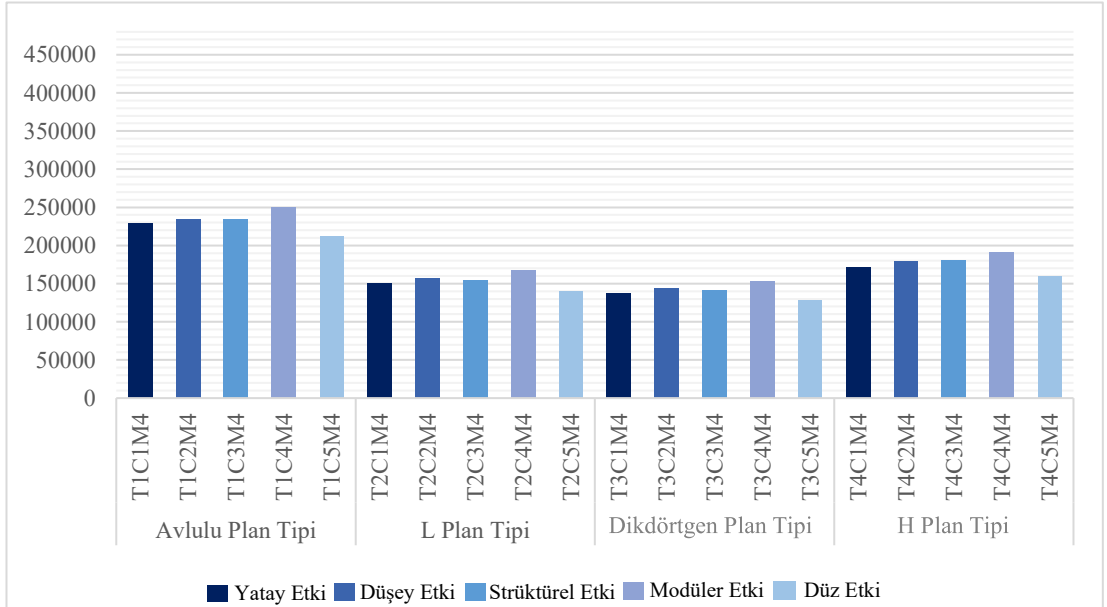
Şekil 7.11 : Masif ahşap için farklı cephe düzenleme ve plan tipi seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.

Şekil 7.12’de sunulan verilere göre Ahşap Kompozit malzeme için grafik verilerine göre en yüksek karbon salımı yaklaşık 360.000 birimle, Avlulu Plan Tipi ve modüler etki cephe düzeni eşleşmesinde karşımıza çıkmaktadır (örn. T1C4M3). Buna karşılık Dikdörtgen plan ile Düz etki cephe Tipi kombinasyonunda yaklaşık 185.000 birimlik bir tüketim değeri gözlemlenmiştir (örn. T3C5M3). Aradaki fark 175.000 birim civarındadır ve bu değer, diğer cephe etkilerine kıyasla en yüksek farklardan birine işaret etmektedir. Bu bulgu, Ahşap Kompozit’in karbon salımı açısından değişken bir performansa sahip olduğunu ve cephe tasarımı kararlarından yüksek oranda etkilendiğini göstermektedir.



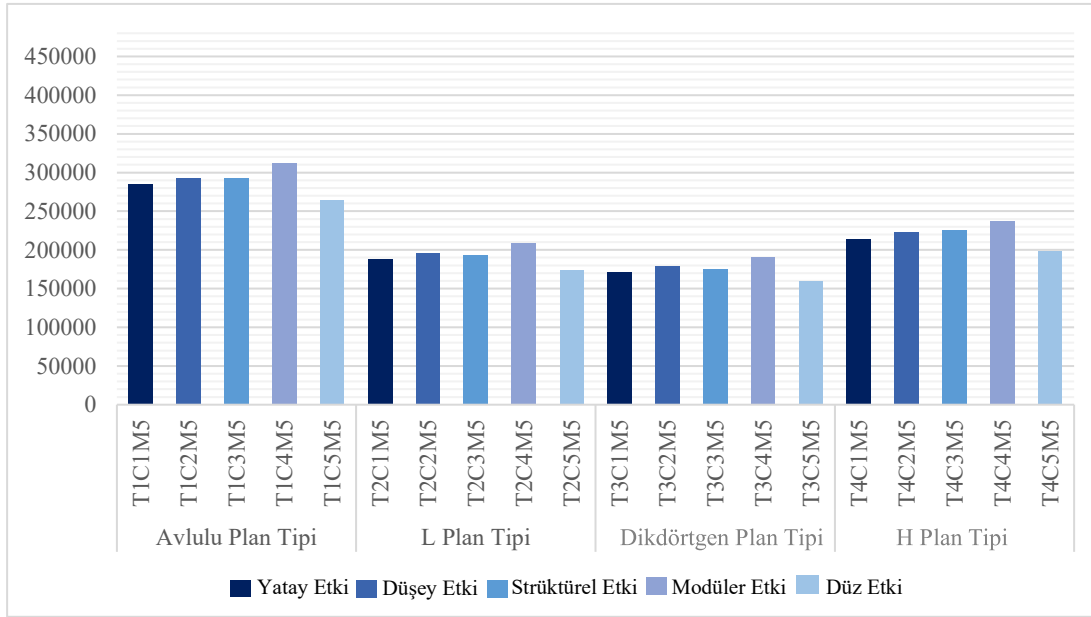
Şekil 7.12 : Ahşap kompozit için farklı cephe düzenleme ve plan tipi seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.

Şekil 7.13'e göre Granit malzemenin en yüksek karbon salımı, Avlulu Plan ve modüler cephe düzeninde yaklaşık 250.000 birimle görülmektedir (örn. T1C4M4); en düşük değer ise Dikdörtgen plan ve düz cephede yaklaşık 125.000 birimdir (örn. T3C5M4). Yaklaşık 125.000 birimlik fark, Granit'in karbon salımı açısından orta düzeyde kaldığını ve cephe düzeninden sınırlı ölçüde etkilendiğini göstermektedir.



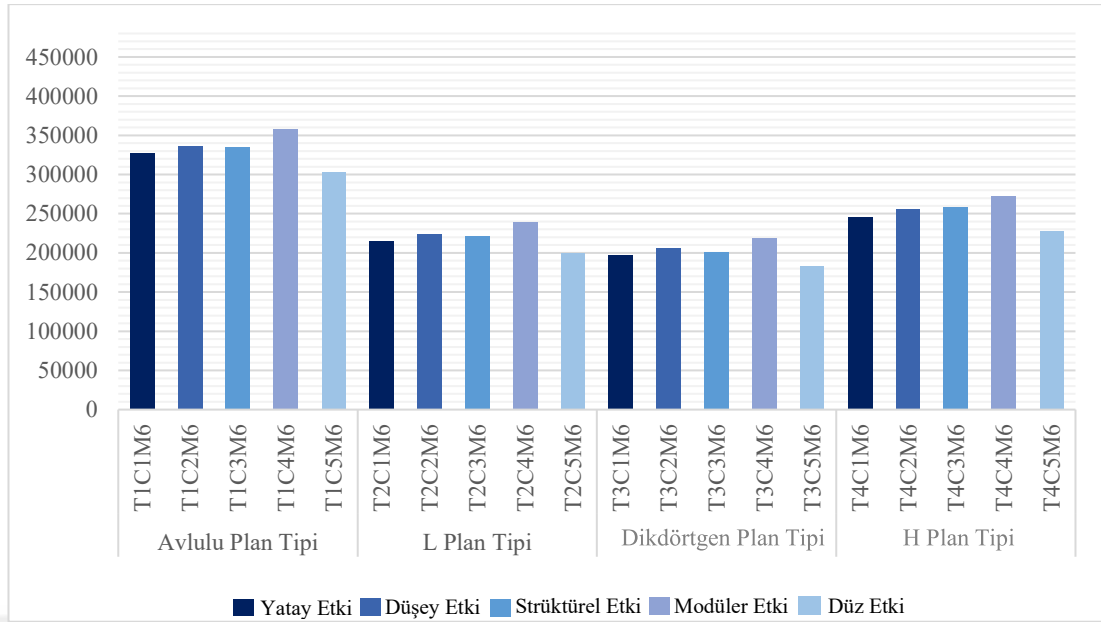
Şekil 7.13 : Granit için farklı cephe düzenleme ve plan tipi seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.

Şekil 7.14'te sunulan verilere göre Seramik malzeme için grafik verilerine göre en yüksek karbon salımı yaklaşık 310.000 birimle, Avlulu Plan Tipi ve modüler etki cephe düzeni eşleşmesinde karşımıza çıkmaktadır (örn. T1C4M5). Buna karşılık Dikdörtgen plan ile Düz etki cephe Tipi kombinasyonunda yaklaşık 160.000 birimlik bir tüketim değeri gözlemlenmiştir (örn. T3C5M5). Aradaki fark 150.000 birim civarındadır. Bu durum, Seramik malzemenin karbon salımı bakımından ortalamanın üzerinde değerlere sahip olduğunu ve cephe düzeninden belirgin şekilde etkilendiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 7.14 : Seramik için farklı cephe düzenleme ve plan tipi seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.

Şekil 7.15'te sunulan verilere göre Porselen levha malzeme için grafik verilerine göre en yüksek karbon salımı yaklaşık 360.000 birimle, Avlulu Plan Tipi ve modüler etki cephe düzeni eşleşmesinde karşımıza çıkmaktadır (örn. T1C4M6). Buna karşılık Dikdörtgen plan ile Düz etki cephe Tipi kombinasyonunda yaklaşık 180.000 birimlik bir tüketim değeri gözlemlenmiştir (örn. T3C5M6). Aradaki fark 180.000 birim civarındadır ve bu değer, diğer cephe etkilerine kıyasla en yüksek farka işaret etmektedir. Bu durum, Porselen levha malzemenin cephe tasarımı kararlarına karşı oldukça duyarlı olduğunu ve karbon salımında geniş bir değişkenlik gösterebildiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 7.15 : Porselen levha için farklı cephe düzenleme ve plan tipi seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.

Şekil 7.16'ya göre, Yatay cephe etkisi altında en yüksek karbon salımı değeri, alüminyum kompozit malzemeyle avlulu plan tipinde 413.927 kgCO_{2e} olarak kaydedilmiştir. Aynı malzemede dikdörtgen plan tipi ile bu değer 249.019 kgCO_{2e}'ye düşerken, bu fark yaklaşık %40'lık bir azalmayı göstermektedir. Yani plan tipinin biçimi ve cephe yüzeyi kullanım oranı, karbon salımı üzerinde oldukça belirleyici olmaktadır. Masif ahşap için ise yatay etki altındaki en düşük değer 76.705 kgCO_{2e} (dikdörtgen plan), en yüksek değer 127.539 kgCO_{2e} (avlulu plan) olarak görülmektedir. Bu fark, %66 seviyesine yaklaşırken, alüminyum kompozite göre toplam karbon salımı %70 daha düşük gerçekleşmektedir. Ahşap kompozit malzemede ise en yüksek değer yine avlulu planla 331.857 kgCO_{2e}, en düşük değer dikdörtgen planla 199.630 kgCO_{2e} olup, aradaki fark yaklaşık %40'tır. Bu, ahşap kompozitin cephe formuna duyarlılığını göstermektedir. Granit ve seramik malzemelerde ise yatay etki altında karbon salımı görece daha düşük kalmaktadır. Örneğin, seramikte avlulu plan tipi 284.413 kgCO_{2e}, dikdörtgen plan tipi 171.087 kgCO_{2e} değerindedir. Porselen levha ise yatay etki için daha yüksek değerler üretmekte olup, avlulu plan tipi ile 326.395 kgCO_{2e}'ye ulaşarak alüminyum kompozite yakındır.

Düşey cephe etkisi altında da en yüksek karbon salımı yine alüminyum kompozit ile kaydedilmiş, avlulu plan tipi için 425.690 kgCO_{2e}, dikdörtgen plan tipi için ise 260.556 kgCO_{2e} değerlerine ulaşılmıştır. Düşey etki, özellikle yüksek açıklıklı cephe

elemanlarının kullanımını artırdığı için karbon salımını yükseltmektedir. Masif ahşap, düşey cephe etkisine en az duyarlı malzemedir. Dikdörtgen plan tipinde sadece 80.260 kgCO_{2e} karbon salımı yapılırken, en yüksek değer olan avlulu plan tipi ile 131.143 kgCO_{2e} görülmektedir; bu fark %63 civarındadır. Ahşap kompozit için düşey etkide avlulu plan ile 341.268 kgCO_{2e}, dikdörtgen plan ile 208.879 kgCO_{2e} salım yapılmakta; bu da %39,6'lık bir farkı ortaya koymaktadır. Seramik ve granit gibi mineral bazlı malzemeler, düşey cephelerde daha düşük yüzey ağırlığıyla uygulanabildiklerinden, karbon salımı daha dengeli dağılmaktadır. Örneğin, seramik ile dikdörtgen plan tipi 179.014 kgCO_{2e}, avlulu plan tipi 292.475 kgCO_{2e}'dir.

Strüktürel etki, taşıyıcı sistemle cephe birleşim detaylarının yoğunlaştığı bir cephe tipi olup, malzeme miktarını ve bağlantı elemanlarının sayısını artırarak karbon salımını etkiler. Alüminyum kompozit, bu etki türünde yine en yüksek karbon salımıyla öne çıkmaktadır. Avlulu plan tipi ile 424.785 kgCO_{2e}, dikdörtgen plan ile 254.448 kgCO_{2e} salım gerçekleştirmiştir. Masif ahşap için bu değerler sırasıyla 130.865 ve 78.378 kgCO_{2e} olup, aradaki fark %66'dır. En düşük karbon salımı yine masif ahşapta gözlenmiştir. Ahşap kompozit ile dikdörtgen plan tipi 203.983 kgCO_{2e}, avlulu plan tipi 340.543 kgCO_{2e}'dir; bu da strüktürel etkide de plan tipinin etkisini göstermektedir. Seramik ve porselen levha malzemelerde bu değerler 140.391–225.020 kgCO_{2e} arasında değişmekte olup, alüminyum ve ahşap türevlere göre daha dengeli seyretmektedir.

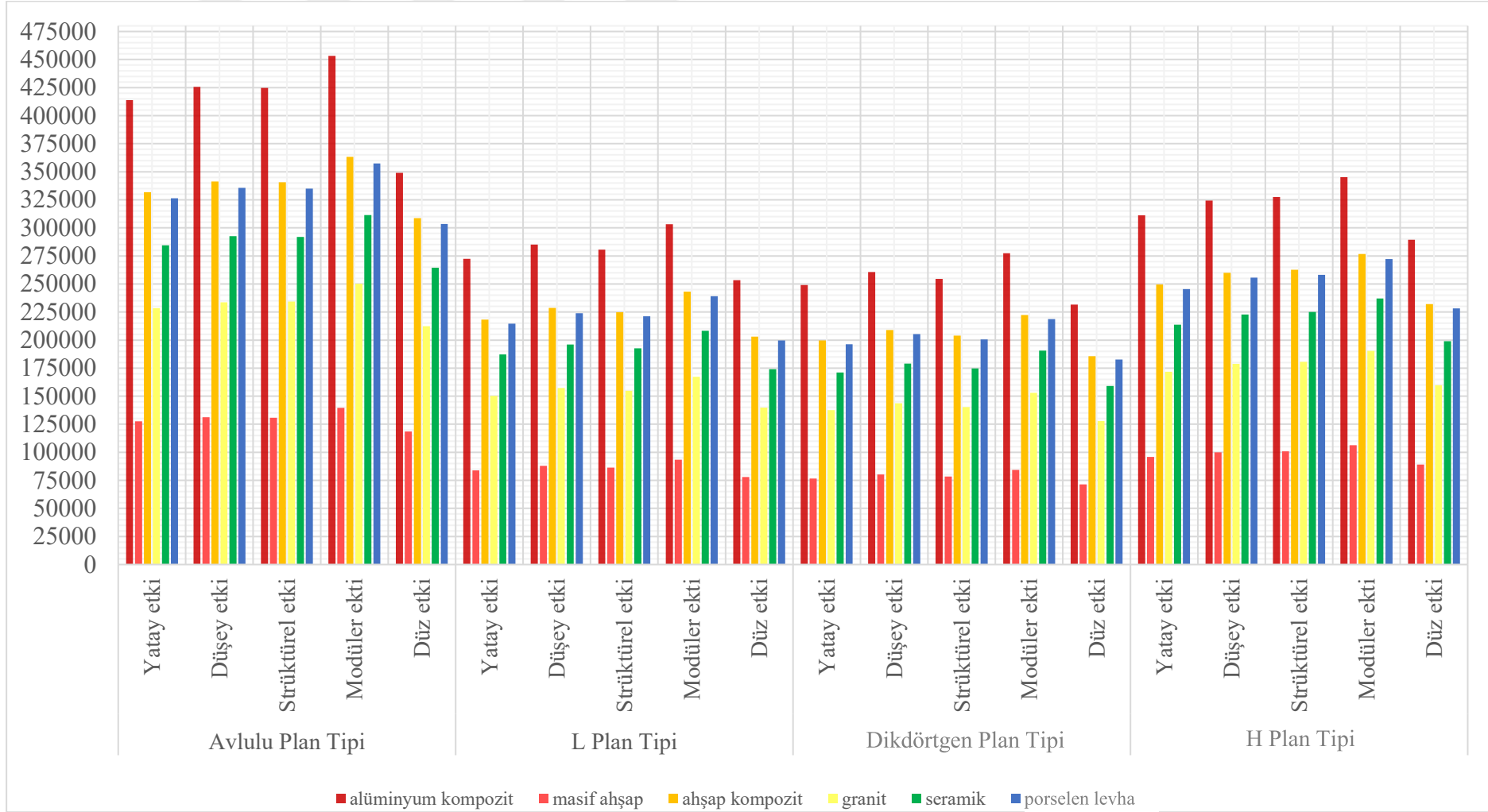
Modüler etkide, cephe yüzeyinde panellerin veya sistem elemanlarının tekrarlı bir biçimde uygulanması söz konusudur. Bu tekrar, özellikle endüstriyel malzemelerde (alüminyum, porselen levha) karbon salımını artırmaktadır. Alüminyum kompozit ile en yüksek değer olan 453.287 kgCO_{2e} avlulu plan tipi altında görülürken, dikdörtgen plan tipi ile 277.295 kgCO_{2e} değerine ulaşılmıştır. Bu etki türü, alüminyumun karbon salımını en çok artıran cephe düzenidir. Masif ahşap modüler etkide en düşük karbon salımına sahip olup, dikdörtgen plan tipi için 84.420 kgCO_{2e}, avlulu plan için 139.647 kgCO_{2e} değerleri gözlemlenmiştir. Ahşap kompozit modüler cephede oldukça yüksek değerlere ulaşmıştır: 363.393 kgCO_{2e} (avlulu plan), 222.299 kgCO_{2e} (dikdörtgen plan). Seramikte ise bu değerler 357.411–218.640 kgCO_{2e} arasında değişmekte olup, yüzey alanı arttıkça karbon salımındaki artış dikkat çekicidir.

Düz cephe, diğer etkilere göre daha sade detaylar ve düşük yüzey karmaşıklığı içerdiğinden, genellikle karbon salımı açısından daha az yoğun olan bir cephe tipidir.

Alüminyum kompozit ile düz cephede avlulu plan tipi 348.972 kgCO_{2e}, dikdörtgen plan tipi ise 231.601 kgCO_{2e}'dir. Bu etki türü, alüminyum için en düşük karbon salımını sağlayan cephe düzenidir. Masif ahşap burada da en düşük karbon salımına sahiptir: 71.338 kgCO_{2e} (dikdörtgen plan), 118.597 kgCO_{2e} (avlulu plan). Ahşap kompozit ise 308.625–185.667 kgCO_{2e} aralığında değişmektedir. Porselen levha için düz cephede avlulu planla 303.544 kgCO_{2e}, dikdörtgen planla 182.610 kgCO_{2e} değerleri kaydedilmiş, bu da %40'a yakın bir fark doğurmuştur.

Cephe düzenleme biçimleri bağlamında yapılan karbon salımı analizleri, cephe etkisi türlerinin çevresel performans üzerinde doğrudan etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle modüler ve strüktürel cephe sistemleri, karbon salımını önemli ölçüde artıran düzenlemeler arasında yer almaktadır. Bu sistemler, yüzey alanını genişletmekte ve bağlantı detaylarını çoğaltmakta; dolayısıyla kullanılan malzeme miktarını ve montaj süreçlerinde harcanan enerjiyi artırarak toplam karbon ayak izini yükseltmektedir. Bu tür cephelerde genellikle taşıyıcı iskelet, panel modülleri ve birleşim elemanları gibi ek yapısal ögeler bulunduğundan, üretim ve uygulama süreçleri daha karmaşık ve enerji yoğundur.

Buna karşılık, düz (kompakt) cephe düzenlemeleri, sade yapıları sayesinde en düşük karbon salımı değerlerine ulaşmaktadır. Yüzey geometrisinin yalın olması, hem malzeme miktarını azaltmakta hem de üretim ve montaj aşamalarında daha az kaynak kullanımını mümkün kılmaktadır. Analiz sonuçları, cephe düzenleme biçiminin değişmesinin karbon salımında ortalama %40 ila %50 arasında fark yarattığını göstermektedir. Bu farklılık, özellikle cephe yüzeyinin karmaşıklığı ve bağlantı elemanı sayısındaki artışla yakından ilişkilidir. Bu nedenle, sürdürülebilir cephe tasarımında sadece malzeme seçimi değil, aynı zamanda cephe sisteminin organizasyonu ve karmaşıklık düzeyi de çevresel etki açısından kritik bir tasarım parametresi olarak değerlendirilmelidir.



Şekil 7.16 : Farklı cephe düzenlemeleri için plan tipi ve malzeme seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.

Şekil 7.17'ye göre, Avlulu plan tipi, tüm malzemeler ve cephe etkileri arasında genel olarak en yüksek karbon salımı değerlerine sahiptir. Özellikle alüminyum kompozit malzemede modüler cephe etkisi altında 453.287 kgCO₂e gibi en yüksek karbon salımı bu plan tipinde gerçekleşmektedir. Bu, diğer plan tiplerine göre %40-60 arasında daha yüksek karbon yükü anlamına gelir.

Yatay ve düşey etkiler altında da benzer şekilde yüksek değerler gözlemlenmekte olup, bu plan tipinde yapıların genellikle daha karmaşık cephe düzenlerine sahip olması ve yüzey alanlarının geniş olması karbon salımını artırmaktadır. Ahşap ve masif ahşap gibi düşük karbonlu malzemelerde dahi, avlulu plan tipi diğerlerine kıyasla %20-30 daha fazla karbon salımı ortaya koymaktadır.

L plan tipi, karbon salımı açısından avlulu plana göre daha düşük ancak dikdörtgen ve H plantiplerinden genellikle yüksektir. Özellikle modüler cephe etkisi altında alüminyum kompozitte 303.309 kgCO₂e, porselen levha malzemede ise 239.153 kgCO₂e gibi yüksek değerler görülür. Bu plan tipinde düşey ve strüktürel cephe etkileriyle karbon salımı genellikle ortalama seviyelerde seyretmektedir. Bunun nedeni, L planlarının genellikle orta düzeyde karmaşık cephe geometrilerine sahip olmasıdır. Masif ahşap ve granit gibi malzemelerde, L plan tipi karbon salımı avlulu plana göre yaklaşık %15-25 daha düşüktür.

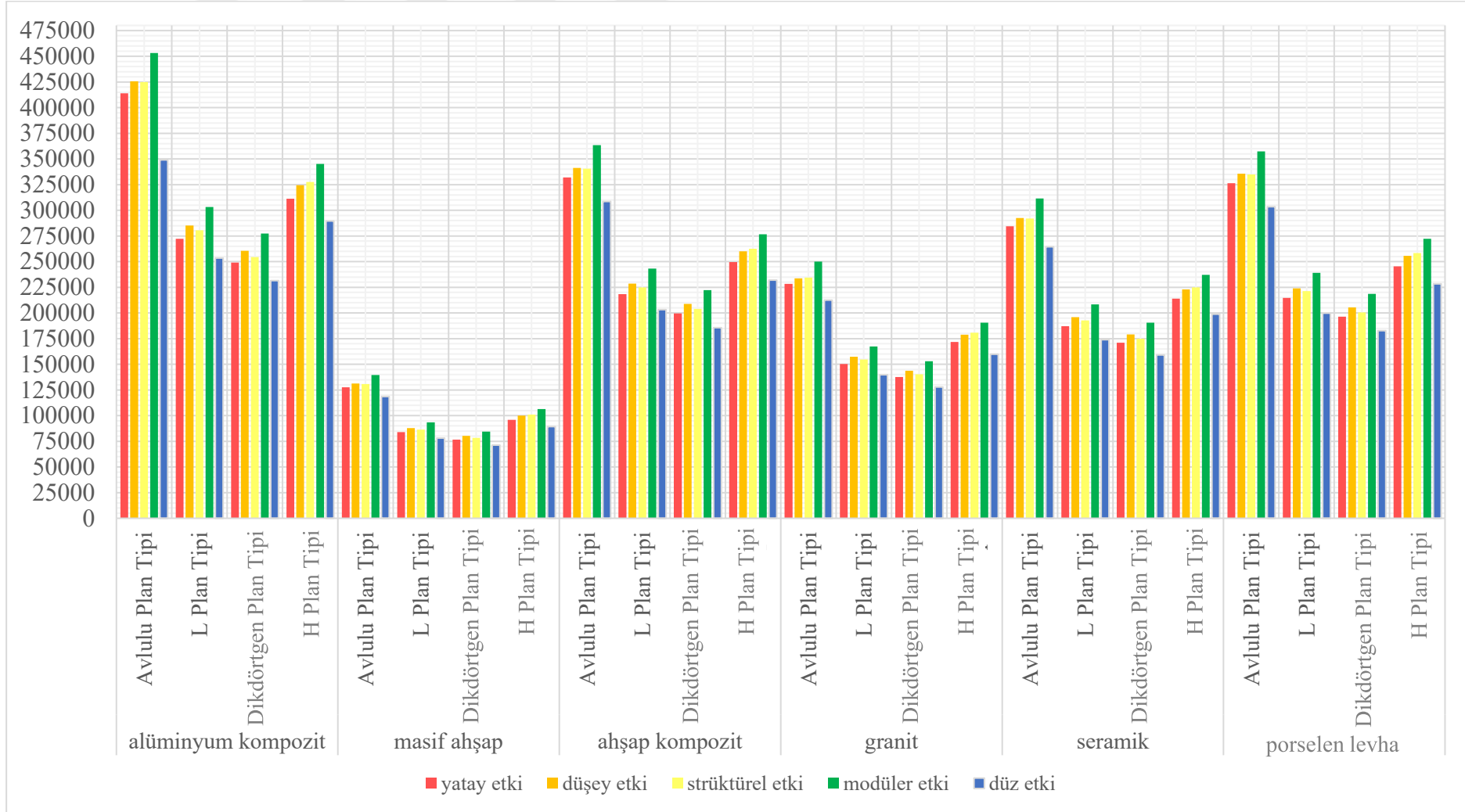
Dikdörtgen plan tipi, analiz edilen plan tipleri arasında en düşük karbon salımı değerlerine sahip olanlardan biridir. Alüminyum kompozitte modüler cephe etkisi altında 277.295 kgCO₂e, masif ahşapta ise 78.338 kgCO₂e gibi düşük değerler görülmektedir. Bu durum, dikdörtgen plan tiplerinin genellikle daha kompakt yapılar olması ve yüzey alanlarının diğerlerine göre daha az olmasından kaynaklanmaktadır. Tüm cephe etkilerinde dikdörtgen plan tipi, karbon salımını ortalama %20-40 oranında azaltmakta, özellikle masif ahşap ve ahşap kompozit gibi düşük karbonlu malzemelerle birleştiğinde sürdürülebilir tasarım için tercih sebebi olmaktadır.

H plan tipi, karbon salımı açısından dikdörtgen plan tipi ile avlulu plan tipi arasında konumlanmaktadır. Alüminyum kompozitte modüler cephe etkisi altında 345.159 kgCO₂e gibi yüksek karbon salımları oluşurken, masif ahşapta 106.329 kgCO₂e seviyelerinde daha düşük değerler gözlenir. Bu plan tipinde özellikle strüktürel ve modüler cephe etkileri karbon salımını artırmakta, cephe yüzey alanının genişliği ve plan düzeninin karmaşıklığıyla ilişkilendirilmektedir. H plan tipi, karbon salımı

açısından ortalama değerler sunmakla birlikte, malzeme seçimi ve cephe tasarımı bu değeri belirgin biçimde etkileyebilir.

Yapının plan tipine bağlı olarak gerçekleştirilen karbon salımı analizleri, yapı geometrisinin ve cephe organizasyonunun çevresel etkiler üzerinde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir. Özellikle avlulu plan tipleri, yüksek dış yüzey alanı ve karmaşık cephe kurguları nedeniyle diğer plan türlerine kıyasla daha fazla karbon salımı üretmektedir. Bu durum, malzeme kullanım miktarının artması ve ısı kaybına açık yüzey oranlarının yükselmesiyle doğrudan ilişkilidir. Buna karşılık, dikdörtgen plan tipi daha kompakt kütsel yapısı ve sade cephe düzeni sayesinde karbon salımı açısından en avantajlı çözümlerden biri olarak öne çıkmaktadır. L ve H tipi planlar ise karbon salımı açısından orta düzeylerde yer almakta olup, kullanılan malzeme türü ve cephe tasarımındaki detaylar bu seviyelerde önemli dalgalanmalara yol açabilmektedir.

Bu bağlamda, sürdürülebilirlik odaklı tasarım stratejilerinde plan tipinin seçim süreci, malzeme tercihi ve cephe detaylandırması ile birlikte bütüncül biçimde ele alınmalıdır. Plan kütselinin şekli, yüzey-hacim oranı ve cephe alanının organizasyonu, yapı kabuğu kaynaklı karbon salımının düzeyini doğrudan etkilemektedir. Nitekim yapılan analizler, yalnızca plan tipindeki değişimin karbon salımında ortalama %35 ile %50 arasında fark yarattığını ortaya koymaktadır. Bu sonuç, yapı tasarımında erken aşamada alınan geometrik kararların, yapı malzemesi seçiminden bağımsız olarak dahi çevresel performans üzerinde önemli etkiler yarattığını göstermekte; bu nedenle enerji etkin ve düşük karbon salımlı tasarımlar için kompakt ve sade plan tiplerinin öncelikli olarak değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır.



Şekil 7.17 : Farklı plan tipleri için malzeme ve cephe düzenleme seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.

Şekil 7.18'e göre, Alüminyum kompozit, tüm malzemeler arasında en yüksek karbon salımına yol açan yapı elemanıdır. Özellikle modüler cephe etkisi ve avlulu plan tipi kombinasyonu ile 453.287 kgCO₂e karbon salımı ile en yüksek değere ulaşmıştır. Bu değer, düz cephe etkisi ve dikdörtgen plan tipi ile elde edilen 231.601 kgCO₂e karbon salımına göre yaklaşık %96 daha yüksektir. Bu fark, plan tipinin ve cephe formunun malzeme performansı üzerindeki belirleyici etkisini vurgulamaktadır. Yatay ve düşey cephe etkilerinde de alüminyum kompozit, sırasıyla 413.927 kgCO₂e ve 425.690 kgCO₂e gibi yüksek salım değerlerine ulaşmaktadır. En düşük karbon salımı düz cephe ve dikdörtgen plan tipinde 231.601 kgCO₂e ile gözlemlenmiş olup, bu bile diğer malzemelerin en yüksek değerlerinden fazladır. Bu durum, alüminyum kompozitin üretim süreçlerinde rafinaj ve yüksek sıcaklık işlemlerinin getirdiği enerji yükünden kaynaklanmaktadır.

Masif ahşap, analiz edilen tüm cephe etkileri ve plan tipleri içinde en düşük karbon salım değerlerini sunan malzeme olmuştur. Özellikle düz cephe etkisi ve dikdörtgen plan tipi kombinasyonunda 71.338 kgCO₂e gibi oldukça düşük bir değer gözlemlenmiştir. Bu oran, alüminyum kompozitin aynı koşullarda ürettiği karbon salımına göre %70'ten fazla daha düşüktür. Avlulu plan tipi ve modüler cephe etkisi ile en yüksek değer 139.647 kgCO₂e olarak kaydedilmiş, bu değer bile diğer malzemelerin ortalamalarının altındadır. Masif ahşap, özellikle düşey ve strüktürel cephe etkilerinde 78.378–131.143 kgCO₂e arasında karbon salımı üreterek doğallığı, düşük enerji ihtiyacı ve sürdürülebilir kaynak kullanımı sayesinde öne çıkmaktadır.

Ahşap kompozit malzeme, karbon salımı açısından masif ahşaba göre daha yüksek değerlere sahip olmakla birlikte, mineral bazlı veya metal bazlı malzemelere kıyasla daha sürdürülebilir bir alternatiftir. Modüler cephe ve avlulu plan tipinde 363.393 kgCO₂e, düz cephe ve dikdörtgen plan tipinde ise 185.667 kgCO₂e karbon salımı gerçekleşmiştir. Bu oranlar, aynı cephe ve plan tipinde alüminyum kompozitten yaklaşık %20-35 daha düşük, masif ahşaptan ise 2-3 kat daha yüksektir. Ahşap kompozit, özellikle strüktürel etkiler altında 203.983–340.543 kgCO₂e aralığında değerler üretmekte olup, bağlantı elemanlarının sayısı ve kaplama katmanları arttıkça karbon salımı da artmaktadır. Ancak geri dönüştürülmüş içerik barındırması ve düşük termal iletkenliği, bu malzemeyi çevresel açıdan kabul edilebilir kılmaktadır.

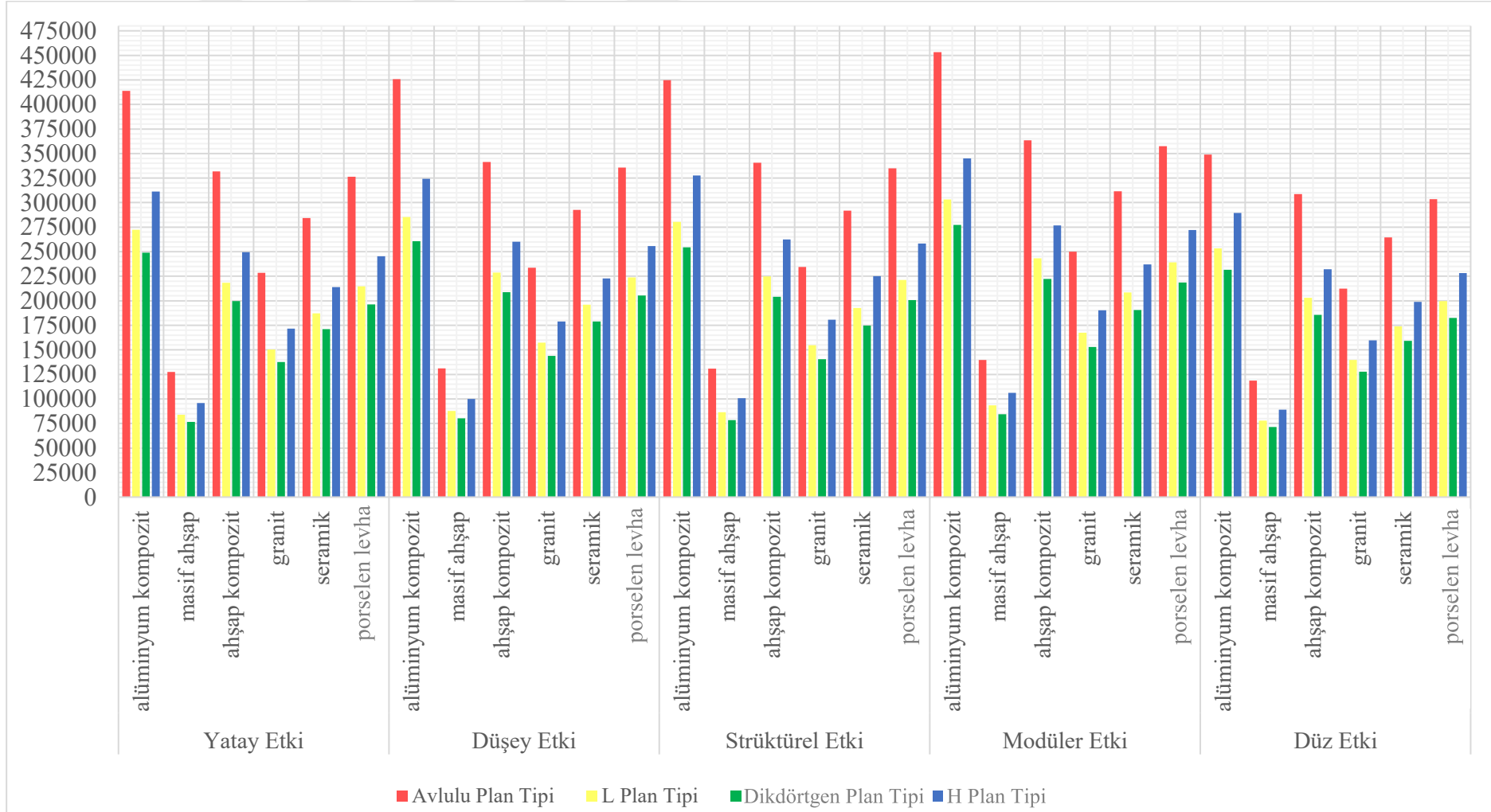
Granit, yoğunluğu ve işlenme süreci nedeniyle karbon salımı açısından yüksek değerlere ulaşabilmektedir. Modüler cephe ve avlulu plan tipiyle 250.116 kgCO₂e, düz

cephe ve dikdörtgen plan tipiyle 127.785 kgCO₂e arasında değerler göstermektedir. Bu fark %95 civarında olup, granitin özellikle yüzey alanının arttığı durumlarda enerji ihtiyacının da arttığını ortaya koymaktadır. Yatay ve düşey cephe etkilerinde 233.639–178.781 kgCO₂e arasında değişen değerler gözlemlenmiş, bu da strüktürel dayanımı için gerekli detayların karbon yükünü artırdığını göstermektedir. Alüminyum ve ahşap kompozit arasında yer alan bu değerler, graniti orta düzeyde karbon salımı yapan bir malzeme konumuna yerleştirmektedir.

Seramik, mineral içerikli olmasına rağmen üretiminde yüksek sıcaklık işlemleri ve fırınlama süreçleri nedeniyle özellikle modüler cephe etkilerinde yüksek karbon salımı üretmektedir. Örneğin, modüler cephe ve avlulu plan tipiyle 311.437 kgCO₂e, düz cephe ve dikdörtgen plan tipiyle 159.119 kgCO₂e değerlerine ulaşılmıştır. Seramikte karbon salımı yatay ve düşey cephe etkileri altında da oldukça değişkendir: 171.087–292.475 kgCO₂e arasında dalgalanma göstermektedir. Bu da seramiğin tasarımda ve uygulama biçimlerinde gösterdiği esnekliğe rağmen enerji maliyetlerinin yüksekliğine işaret eder. Yüzey detayı arttıkça seramik malzemede karbon salımı da belirgin şekilde yükselmektedir.

Porselen levha, ince yapısına ve düşük ağırlığına rağmen üretim sürecinde oldukça yüksek sıcaklıklara maruz kaldığı için karbon salımı yüksektir. Modüler cephe ve avlulu plan tipiyle 357.411 kgCO₂e, düz cephe ve dikdörtgen plan tipiyle 182.610 kgCO₂e gibi yüksek değerler üretmektedir. Bu malzeme, özellikle strüktürel ve düşey etkiler altında 174.817–222.844 kgCO₂e arasında salım değerlerine ulaşmakta olup, karbon salımı açısından ahşap kompozit ile granit arasında bir düzeye sahiptir. Porselen levhanın hafifliği uygulamada avantaj sağlasa da yüksek üretim sıcaklığı ve seramik bazlı yapısı çevresel etkileri artırmaktadır.

Malzeme bazlı karbon salımı analizlerine göre, alüminyum kompozit her koşulda en yüksek karbon salımını üretmektedir. Ardından porselen levha, ahşap kompozit, granit, seramik ve en düşük değerle masif ahşap gelmektedir. Masif ahşap, düz ve modüler cephelerde dahi düşük karbon salımıyla sürdürülebilir yapı tasarımları için en avantajlı malzeme olarak öne çıkmaktadır. Plan tipi ve cephe düzeni ise malzeme seçiminin etkisini artırmakta ya da azaltmaktadır. Özellikle avlulu planlar ve modüler–strüktürel cepheler, tüm malzemelerde karbon salımını ciddi şekilde yükseltmektedir. Malzeme değişimi, karbon salımında %30–70 arasında fark yaratmaktadır.



Şekil 7.18 : Farklı malzemeler için cephe düzenleme ve plan tipi seçeneklerine bağlı karbon salımı grafiği.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapı sektöründe karbon salımının ve çevresel etkilerin azaltılması, sürdürülebilir tasarımın temel hedeflerinden biridir. Bu bağlamda, özellikle eğitim yapılarında dış duvarların iklim koşullarına uygun biçimde tasarlanması hem enerji verimliliğini artırmak hem de karbon salımını azaltmak açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Türkiye genelinden seçilen ortaöğretim binaları üzerinden, plan tipi, cephe düzeni ve malzeme seçimlerinin çevresel etkileri LCA One Click yazılımı kullanılarak yaşam döngüsü analizi (LCA) yöntemiyle değerlendirilmiştir. Yapılan analizler, bu üç tasarım bileşeninin yapıların karbon salımı ve enerji performansı üzerinde belirleyici etkilere sahip olduğunu göstermiştir. Bulgular, sürdürülebilir bina tasarımında söz konusu faktörlerin bütünsel biçimde ele alınmasının çevresel performansı iyileştirmede kritik rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Türkiye'deki eğitim yapılarının dış duvar tasarımları, yalnızca mimari estetik ve mekânsal sınırlandırma bağlamında değil; aynı zamanda yapının çevresel, fonksiyonel ve yapısal performansını etkileyen çok katmanlı sistemler olarak değerlendirilmelidir. Ancak mevcut okul binalarında genellikle maliyet odaklı yaklaşımlar benimsenmiş; iklime duyarsız, düşük performanslı malzemeler, yetersiz ısı, su ve ses yalıtımı ile eksik cephe düzenlemeleri tercih edilmiştir. Bu durum hem kullanıcı konforunu hem de çevresel sürdürülebilirliği olumsuz etkilemektedir. Betonarme ve yığma sistemlerde dış duvarların taşıyıcı ya da dolgu işlevi görmesi, malzeme çeşitliliğini ve katman entegrasyonunu sınırlandırmakta; özellikle yalıtım katmanlarının yetersizliği yapı ömrünü kısaltmakta ve karbon ayak izini artırmaktadır. Bu sorunların aşılabilmesi için dış duvarların sağlık, güvenlik, enerji verimliliği ve çevresel sorumluluk ilkeleri doğrultusunda yeniden tasarlanması gerekmektedir. Böylece, eğitim yapılarında sürdürülebilir ve dirençli yapılaşma mümkün hale gelecektir.

Dış duvar tasarımında sürdürülebilirlik yalnızca çevresel etkileri azaltmakla kalmaz; aynı zamanda ekonomik verimlilik, kullanıcı sağlığı ve sosyal sorumluluk gibi çok yönlü faydalar sağlar. Ne var ki mevcut yapılarda enerji yoğun malzemeler, geleneksel yapım teknikleri ve yetersiz yalıtım sistemleri sürdürülebilirlik hedeflerini

engellemektedir. Bu nedenle, tasarım sürecinde malzemenin üretiminden kullanımına ve atık yönetimine kadar tüm yaşam döngüsü dikkate alınmalı; bu yaklaşım enerji verimliliğini ve iç mekân konforunu artırarak yapıların çevresel ve sosyal performansını iyileştirecektir. Eğitim yapılarında dış duvar sistemlerinin bu kapsamda disiplinler arası bir anlayışla ele alınması gereklidir.

Cephe kaplama malzemeleri, yalnızca estetik bir yüzey elemanı değil; aynı zamanda yapının enerji performansı, çevresel etkisi, uygulama süreci ve yapısal bütünlüğü üzerinde doğrudan belirleyici rol oynayan çok katmanlı bileşenlerdir. Bu çalışmada analiz edilen altı farklı malzeme – alüminyum kompozit panel, masif ahşap, ahşap kompozit, granit, seramik ve porselen levha – üretim süreçleri, montaj teknikleri, fiziksel özellikleri ve gömülü enerji değerleri bakımından farklı çevresel etkilere sahiptir. Alüminyum kompozit panel, yüksek üretim enerjisi ve karbon salımı nedeniyle çevresel açıdan dezavantajlı olsa da hafifliği ve büyük modül boyutları ile uygulama kolaylığı sağlamaktadır. Masif ahşap, düşük karbon salımı ile öne çıkmakta; ancak dış ortam koşullarına karşı daha fazla bakım gerektirdiğinden teknik sürdürülebilirlik açısından dikkatle değerlendirilmelidir. Geri dönüştürülmüş içerik barındıran ahşap kompozit çevre dostu bir alternatif sunarken, detay yoğunluğu nedeniyle işçilik süresini artırmaktadır. Granit ve seramik gibi mineral bazlı malzemeler yangın dayanımı ve estetik süreklilik açısından avantaj sağlarken, ağır yapıları nedeniyle taşıyıcı sistemle uyumlu kullanılmalıdır. Porselen levha, düşük kalınlığı ve büyük panelleri sayesinde çağdaş tasarım olanakları sunmakta; ancak üretimindeki yüksek sıcaklık ihtiyacı nedeniyle enerji yoğun bir malzeme olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, cephe tasarımında sürdürülebilirlik hedefleniyorsa malzeme seçimi yalnızca görsel ya da maliyet odaklı değil; üretim, uygulama, yapısal entegrasyon ve çevresel sorumluluk ilkeleriyle birlikte değerlendirilmelidir.

Eğitim yapılarında cephelerin yenilenmesi yalnızca fiziksel bir müdahale değil; aynı zamanda mimari kalite, enerji verimliliği ve çevresel etki açısından bütüncül bir dönüşüm fırsatıdır. Rehabilitasyon sürecinde mimari plan tipi, cephe düzenleme biçimi ve malzeme seçimi birlikte ele alınmalıdır. Bu faktörler kullanıcı konforu ve sürdürülebilir tasarım hedefleri doğrultusunda bütüncül yaklaşımlarla değerlendirilmelidir. Bu kapsamda, avlulu, L tipi, dikdörtgen ve H olmak üzere dört plan tipinin cephe performansları karşılaştırılmıştır. Avlulu plan tipi gün ışığı ve

havalandırmada avantaj sağlarken, geniş cephe alanı nedeniyle daha yüksek ısı kaybı ve malzeme tüketimine yol açmaktadır. Dikdörtgen plan tipi, kompakt formuyla enerji verimliliği açısından daha avantajlıdır. L tipi plan çevresel adaptasyona uygunluk gösterirken, H plan uzun cephe alanı nedeniyle daha fazla kaplama ihtiyacı doğurmaktadır.

Cephe düzenleme biçimleri ise yatay, düşey, strüktürel, modüler ve düz etki olarak sınıflandırılmıştır. Modüler düzen en fazla malzeme ve detay gerektiren sistemken, düz düzen sade ve düşük maliyetli çözümler sunar. Yatay ve düşey etkiler cepheye ritim kazandırırken, strüktürel etki taşıyıcı sistemi cephe kimliğine entegre eder. Her düzenleme tipi, tercih edilen malzeme türü, bakım gereksinimi ve enerji performansı üzerinde doğrudan etkilidir. Bu çalışmada bahsi geçen altı kaplama malzemesi, bu düzenleme biçimleri ile teknik, estetik ve çevresel açılardan değerlendirilmiştir.

Araştırma kapsamında mimari plan, cephe düzeni ve malzeme türü değişkenlerinden oluşan kombinasyonlarla toplam 120 farklı cephe senaryosu oluşturulmuştur. Bu yapı sayesinde her bileşenin diğerleri üzerindeki etkisi analiz edilebilmiş ve yapı ölçeğinde en uygun tasarım seçenekleri belirlenmiştir. Böylece, tekil malzeme ya da cephe tercihlerinin ötesinde, bütüncül kombinasyonların avantaj ve sınırlılıkları ortaya konmuştur. Bu yöntem, her yapıya özel optimize edilmiş cephe rehabilitasyonuna olanak sağlamıştır.

Dış duvar tasarımında plan tipi, cephe düzeni ve malzeme seçimi gibi temel tasarım kararları, yapıların çevresel performansını doğrudan etkileyen kritik unsurlardır. Yapının karbon ayak izini belirleyen bu parametreler, yalnızca tekil etkileriyle değil, birbirleriyle etkileşimli olarak daha karmaşık ve belirleyici sonuçlar doğurmaktadır. Yaşam döngüsü analizleri (LCA) üzerinden elde edilen veriler, bu üç parametrenin birlikte değerlendirilmesinin sürdürülebilir tasarım açısından zorunlu olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Plan tipi, karbon salımı açısından belirleyici bir rol üstlenmektedir. Özellikle kompakt kütle formuna sahip dikdörtgen plan tipi, daha yüksek yüzey alanına sahip avlulu planlara kıyasla önemli ölçüde daha düşük karbon salımı üretmektedir. Örneğin, alüminyum kompozit malzemenin modüler cephe düzeniyle birlikte kullanıldığı senaryoda, avlulu plan tipi (T1C4M1) 453.287 kgCO₂e karbon salımı üretirken; dikdörtgen plan tipi (T3C4M1) aynı malzeme ve cephe koşullarında yalnızca 277.295

kgCO₂e karbon salımı üretmiştir. Bu durum, dikdörtgen plan tipinin yaklaşık %39 oranında daha düşük karbon salımına neden olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, kütle geometrisinin ve yapı kompozisyonunun çevresel etkiler üzerindeki güçlü etkisini gözler önüne sermektedir.

Cephe düzenleme biçimi de karbon salımı üzerinde önemli düzeyde etkili olmaktadır. Aynı plan ve malzeme koşullarında bile farklı cephe etkileri ciddi farklar yaratmaktadır. Modüler ve strüktürel cephe sistemleri, daha fazla yüzey alanı ve bağlantı elemanı içermeleri nedeniyle karbon salımını artırıcı yönde etki göstermektedir. Örneğin, alüminyum kompozit malzeme ile yapılan modüler cephe düzeninde (T1C4M1) 453.287 kgCO₂e karbon salımı hesaplanırken; düz cephe düzeninde (T1C5M1) bu değer 348.972 kgCO₂e'ye düşmektedir. Bu da sadeleştirilmiş cephe düzeninin yaklaşık %23 oranında daha düşük karbon salımı sağladığını ortaya koymaktadır. Cephe sisteminin yüzey geometrisi ve detaylandırma düzeyi, üretim ve montaj süreçlerinde tüketilen enerji miktarını etkileyerek toplam karbon ayak izi üzerinde doğrudan belirleyici olmaktadır.

Malzeme seçimi ise karbon salımı açısından en kritik belirleyicilerden biri olarak öne çıkmaktadır. Özellikle alüminyum kompozit gibi yüksek gömülü enerjiye sahip malzemeler, aynı plan ve cephe koşullarında bile diğer malzemelere göre çok daha yüksek çevresel yük üretmektedir. Örneğin, dikdörtgen plan tipine ve düz cephe düzenine sahip bir yapıda, alüminyum kompozit malzeme (T3C5M1) 231.601 kgCO₂e karbon salımı üretirken; aynı koşullarda masif ahşap malzeme (T3C5M2) yalnızca 71.338 kgCO₂e karbon salımı oluşturmuştur. Bu da malzeme kaynaklı karbon salımında yaklaşık %69'luk bir azalmaya karşılık gelmektedir. Bu veriler, malzeme seçiminin tasarım kararları içerisindeki ağırlığını vurgulamakta ve sürdürülebilir yapı uygulamaları için düşük gömülü enerjiye sahip malzemelerin tercih edilmesi gerektiğini göstermektedir.

En yüksek karbon salımı üreten senaryo, alüminyum kompozit malzemenin modüler cepheyle birlikte avlulu plan tipinde kullanıldığı T1C4M1 kombinasyonu olurken (453.287 kgCO₂e), en düşük karbon salımı senaryosu masif ahşabın düz cepheyle dikdörtgen plan tipinde kullanıldığı T3C5M2 kombinasyonu olmuştur (71.338 kgCO₂e). Bu iki uç senaryo arasındaki fark %84 oranında olup, tasarım kararlarının toplam karbon salımı üzerindeki etkisini oldukça çarpıcı bir şekilde ortaya koymaktadır.

Bu bağlamda, dış duvarların yalnızca yapısal bir sınır değil, aynı zamanda enerji verimliliği, konfor ve çevresel sürdürülebilirlik açısından optimize edilmesi gereken çok katmanlı bir sistem olarak ele alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır. LCA sonuçları, malzeme seçimi kadar plan tipi ve cephe düzenlemesinin de karbon ayak izine etkili şekilde yön verdiğini göstermektedir. Özellikle kompakt plan tipleri (örneğin dikdörtgen planlar), sadeleştirilmiş cephe düzenlemeleriyle birlikte kullanıldığında karbon salımında %50'yi aşan iyileştirmeler sağlama potansiyeline sahiptir. Aynı şekilde, modüler ve karmaşık cephe kurgularından kaçınarak sade cephe sistemlerine yönelmek, karbon salımını %20'nin üzerinde azaltabilmektedir.

Bu çalışmanın ortaya koyduğu bulgular doğrultusunda, bina tasarımında yalnızca malzeme seçiminin değil; cephe düzenleme biçimi ve plan tipinin de enerji performansı açısından birlikte ve eşgüdümlü olarak değerlendirilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Sürdürülebilir dış duvar tasarımında, bu üç temel bileşenin bütünsel bir yaklaşımla ele alınması; çevresel etkilerin ve karbon salımının azaltılması, enerji verimliliğinin artırılması ve iklim koşullarına dirençli yapıların geliştirilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir.

Gelecek çalışmalarda, bu üç bileşenin farklı iklim bölgelerinde kullanıcı davranışı, bakım maliyetleri ve uzun vadeli enerji tüketimiyle ilişkili performanslarının bütüncül olarak modellenmesi; sürdürülebilir tasarım kararlarının daha kapsamlı verilerle desteklenmesini sağlayacaktır.

Son olarak, cephe rehabilitasyonları yalnızca fiziksel bakım ve onarım süreçleri olarak değil, aynı zamanda çevresel performansı iyileştirme potansiyeli taşıyan stratejik bir dönüşüm alanı olarak değerlendirilmelidir. Gelecek çalışmalarda, farklı iklim bölgeleri, kullanıcı alışkanlıkları, yapı kullanım senaryoları ve bakım/yenileme döngüleri gibi parametreler de analiz sürecine dahil edilerek daha gerçekçi ve uygulanabilir sürdürülebilirlik senaryoları geliştirilebilir.



KAYNAKLAR

- Akpınar, A., & Günay, A.** (2017). *Türkiye’de sürdürülebilir inşaat sektörü: Enerji verimliliği ve çevre dostu yapı malzemelerinin önemi*. İnşaat Mühendisliği Dergisi, 35(2), 12–25.
- Aluminium Association.** (2021). *Aluminum in building and construction*. Aluminium Association.
- Arslan, M., & Demir, F.** (2020). *Modern cephe malzemeleri ve uygulama yöntemleri*. İstanbul: Yapı Yayınları.
- Aslan, S., & Ceylan, M.** (2019). Yapılarda alüminyum kompozit panellerin kullanım özellikleri. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(2), 112–119. <https://doi.org/10.29137/umagd.521175>
- Australian Government Department of Climate Change and Energy Efficiency.** (2013). *Your Home: Australia’s guide to environmentally sustainable homes (5.2 Embodied energy)*.
- Aydın, İ.** (2022). *Masif ahşap ve yapı sektöründeki kullanımı*. Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları.
- Bayraktar, A.** (2019). Yapı malzemeleri seçiminde sürdürülebilirlik kriterleri. *İTÜ Yapı Teknolojisi Dergisi*, 17(2), 45–56.
- Cabeza, L. F., Rincón, L., Vilarino, V., Pérez, G., & Castell, A.** (2014). Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 394–416. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.037>
- Çakıcı, A. C., & Yılmaz, Z.** (2017). Türkiye iklim bölgelerinde sürdürülebilir cephe sistemlerinin tasarımına yönelik bir yaklaşım. *Yapı Dergisi*, 420, 45–56.
- Çamlıbel, E.** (2020). Sinterflex kaplama malzemelerinin cephe sistemleri açısından değerlendirilmesi. *Yapı Teknolojileri ve Malzemeleri Dergisi*, 4(1), 45–59.
- Çavdar, A., & Vural, M.** (2024). Geleneksel ve çağdaş ahşap cephe sistemlerinin gömülü enerji açısından karşılaştırılması. *Mimarlık ve Sürdürülebilirlik Dergisi*, 12(1), 45–60.
- Çelik, A., & Uçar, E.** (2018). Yapılarda kullanılan ahşap kompozitlerin ısı ve ses yalıtımı üzerindeki etkileri. *İnşaat ve Yapı Teknolojileri Dergisi*, 10(3), 55–64.
- Çelik, E., & Arslan, H.** (2020). Türkiye’nin farklı iklim bölgelerinde dış duvar tasarımlarının enerji tüketimine etkisi. *Yapı ve Enerji Araştırmaları*, 8(2), 78–92.

- Çelik, Z., & Arslan, M.** (2020). Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde dış duvar tasarımının enerji tüketimi üzerindeki etkileri. *Mimarlık ve Çevre Bilimleri Dergisi*, 12(3), 145–160.
- Davutoğlu, M., & Aydın, S.** (2019). Dış duvar malzeme seçimlerinin enerji tasarrufu üzerindeki etkileri. *Enerji ve Yapı Dergisi*, 5(1), 23–34.
- Demirtaş, A.** (2021). Sinterflex: Estetik ve dayanıklı cephe kaplama malzemesi. *Journal of Architectural Materials*, 42(3), 125–140.
- Demirtaş, B., & Yılmaz, Z.** (2021). Sürdürülebilir cephe malzemeleri: Seramik ve türevlerinin çevresel performansları. *Mimarlık ve Tasarım Dergisi*, 11(1), 29–44.
- Demirtaş, M., & Bayram, İ.** (2020). Ahşap malzeme ve yapı tasarımında yenilikçi yaklaşımlar. İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları.
- Doğan, M.** (2021). Eğitim yapılarında cephe tasarımı ve öğrenci psikolojisi üzerindeki etkileri. *Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16(3), 115–129.
- Dutil, Y., Rouse, D., & Quesada, G.** (2011). Sustainable buildings: An ever evolving target. *Sustainability*, 3(2), 443–464.
- Erdoğan, E.** (2005a). Yapı malzemelerinin gömülü enerji değerleri ve çevresel etkileri. *Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1), 33–48.
- Erdoğan, E.** (2005b). Yapı malzemelerinin gömülü enerji değerlerinin analizi. *Yapı Teknolojileri Dergisi*, 3(2), 15–27.
- Erkan, D., & Özdemir, H.** (2019). Seramik dış cephe kaplamalarının yapısal performansı ve çevresel etkiler. *Yapı ve Çevre Dergisi*, 32(2), 75–90.
- Fedakar, F., & Yamaçlı, R.** (2022a). Biyomimetik ilkelerin cephe sistemleri tasarımındaki sürdürülebilirlik potansiyeli. *Mimari Tasarım Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 90–108.
- Fedakar, F., & Yamaçlı, R.** (2022b). Biyomimetik prensiplere dayanan cephe tasarımlarının sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi. *Mimarlık ve Doğa Dergisi*, 9(3), 112–125.
- Foraboschi, P., Mercanzin, M., & Trabucco, D.** (2014). Sustainable structural design of tall buildings based on embodied energy. *Energy and Buildings*, 68, 254–269.
- Görmez, F.** (2020). Türkiye'deki okul binalarında seramik kullanımı: Durum analizi ve gelecek beklentileri. *İnşaat Mühendisliği ve Teknolojisi Dergisi*, 22(1), 112–129.
- Güneş, M.** (2019). Sürdürülebilir yapılar ve doğal malzeme kullanımı. *Mimarlık ve Tasarım Dergisi*, 7(3), 45–58.
- Gürel, M. O., & Potur, A. A.** (2020). Sürdürülebilir eğitim yapıları: Enerji verimliliği ve tasarım stratejileri. *Mimarlık ve Tasarım Dergisi*, 8(1), 21–38.
- Hammond, G., & Jones, C.** (2011). *Inventory of Carbon and Energy (ICE)* (Version 2.0). University of Bath.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB).** (2016). *İstanbul'daki okullar için sürdürülebilir yapı tasarım rehberi*. İstanbul Belediyesi Yayınları.

- Kale Seramik. (2025).** *Kalesinterflex cephe kataloğu* [PDF dosyası]. <https://www.kale.com.tr>
- Kalebodur. (2025).** *Kalebodur cephe kataloğu* [PDF dosyası]. <https://www.kalebodur.com.tr>
- Karadeniz, B., & Yılmaz, Z. (2021).** Ahşap kompozit malzemeler ve sürdürülebilirlik. İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları.
- Karakaya, B., & Kaya, A. (2020).** Eğitim yapılarında dış duvar tasarımı: Isı yalıtımı ve sürdürülebilirlik. *Yapı ve Çevre Dergisi*, 8(1), 39–52.
- Kaya, M., & Turan, O. (2020).** Eğitim yapılarında cephe tasarımında sürdürülebilir malzeme seçimi: Bir değerlendirme. *Sürdürülebilir Yapı ve Mimarlık Dergisi*, 5(2), 75–90.
- Kaya, R. (2018).** *Yapı malzemeleri ve çevresel etkileri*. Ankara: Bilim Yayıncılık.
- Koç, İ. (2017).** Sürdürülebilir bina tasarımı ve yapım süreçlerinde karşılaşılan zorluklar. *Yapı Teknolojileri ve Yönetimi*, 11(4), 133–145.
- Kara, M., & Tuna Kayılı, A. (2021).** Farklı duvar malzemelerinin enerji performansları ve çevresel etkileri: Gaz beton, tuğla ve hafif prefabrike sistemler. *Yapı Performansı Dergisi*, 7(4), 89–103.
- Krüger, M., & Wolfram, L. (2020).** Wood composites in architectural applications: Properties and environmental benefits. *Materials Science and Engineering*, 25(4), 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.mse.2020.07.007>
- Mohan, R., & Ramesh, M. (2018).** Aluminium composite materials: Properties, applications, and sustainability. *Materials Today: Proceedings*, 5(1), 1005–1011. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.12.152>
- Novawood. (2025).** *Novawood dış mekan ürün kataloğu* [PDF dosyası]. <https://www.novawood.com>.
- Özdemir, B. (2023).** Akıllı cephe sistemlerinin enerji tüketimine etkisi. *Yapı ve Teknoloji Dergisi*, 10(2), 56–70.
- Öztürk, H. (2020).** Sinterflex malzemelerinin yapısal özellikleri ve uygulama alanları. *Journal of Building and Construction*, 29(5), 78–93.
- Simonen, K. (2017).** Life cycle assessment. Routledge.
- Şahin, S., & Bayraktar, A. (2015).** Sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği açısından dış duvar tasarımı. *İnşaat ve Yapı Mühendisliği Dergisi*, 27(2), 89–101.
- Ulu, M. (2020).** Kamusal yapılar için enerji etkin cephe tasarımı. *Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayını*, 8(2), 67–84.
- Uzun, S., & Çelik, F. (2021).** Ahşap yapı elemanlarının yangın dayanımı üzerine araştırmalar. *Yapı Teknolojileri Dergisi*, 14(2), 102–115.
- Yang, J., & Zhang, H. (2017).** Environmental impact of aluminium composite materials: A life cycle assessment study. *Journal of Cleaner Production*, 141, 1833–1840. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.112>
- Yıldırım, Z. (2015).** Seramik ve diğer dış cephe malzemeleri: Avantajları ve dezavantajları. *Yapı Teknolojileri Dergisi*, 6(1), 50–67.

- Yıldız, B., & Çelik, M.** (2019). Yapılarda yangın güvenliği ve malzeme seçimi. İstanbul: Güvenlik Yayınları.
- Yıldız, D., & Kılıç, C. N.** (2016). Ahşap yapı malzemelerinin mimaride kullanımı ve güncel örnekler. *Mimarlık Araştırmaları ve Uygulamaları Dergisi*, 4(2), 17–30.
- Yılmaz, D.** (2021). İstanbul'daki bir özel okulun LEED sertifikasyon sürecinde cephe malzemesi tercihleri. *Yeşil Bina ve Sürdürülebilirlik Dergisi*, 6(1), 34–47.
- Yılmaz, T.** (2021). LEED sertifikalı bir okul binasında sürdürülebilir cephe malzemesi seçimi üzerine bir inceleme. *Çevre ve Mimarlık Dergisi*, 9(1), 66–82.
- Yılmaz, Z., & Ertaş, A.** (2021). Türkiye'deki eğitim yapılarının enerji performansı ve sürdürülebilir dış duvar tasarımı. *Çevresel Tasarım ve Mimarlık*, 6(2), 108–122.
- Zengin, E., & Tüfekci, T.** (2020). Yapı malzemelerinin çevre dostu üretim süreçleri ve sürdürülebilirlik. *Yapı ve Teknoloji*, 17(4), 59–73.
- Zumer, L., & Stark, R.** (2017). Fire resistance of wood composite materials for construction purposes. *Fire Safety Journal*, 88(1), 101–107.
- URL-1:** <https://www.catikatidekorasyonu.com/cephe-uygulamaları/dis-cephe-mantolama.html> (erişim tarihi 09.05.2025)
- URL-2:** [https:// panel20.vspsteknoloji.com /](https://panel20.vspsteknoloji.com/)(erişim tarihi 15.05.2025)
- URL-3:** <https://wrisehirler.org/icerik/turkiye-bina-sektoru-karbonsuzlasma-yol-haritasi> (erişim tarihi 09.05.2025)
- URL-4:** <https://desenaluminyum.com.tr/galeri/> (erişim tarihi 17.06.2025)

EKLER

EK A: Hesap girdileri

EK B: Malzeme modüllerinin cephe düzenleme seçeneğine entegrasyonu-cephe çizimleri

EK C: Hesap çıktıları

EK D: Program arayüzünden alınan katmanlaşma görselleri

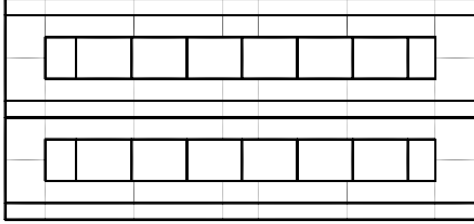
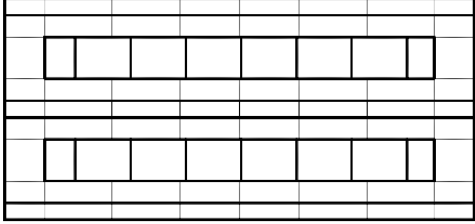
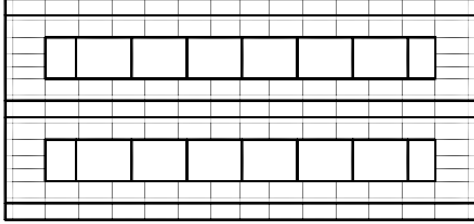
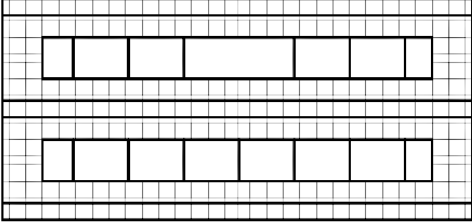
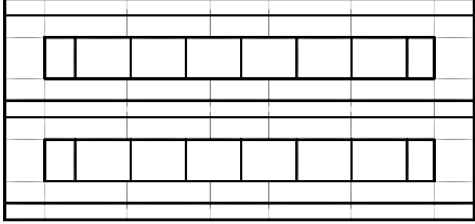


EK A: Hesap girdileri

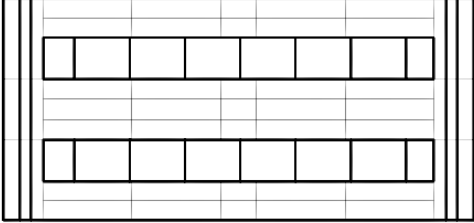
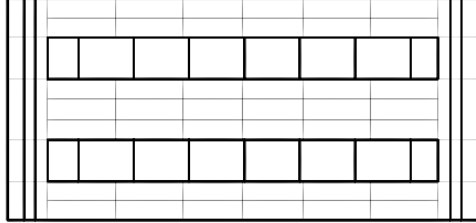
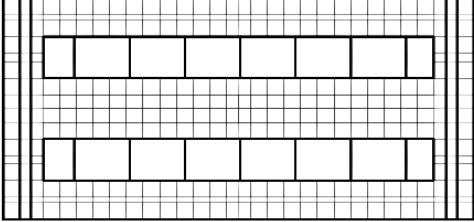
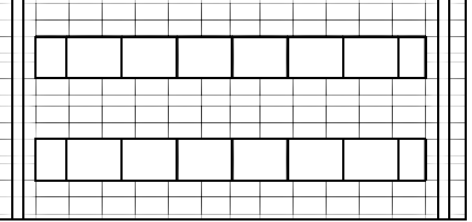
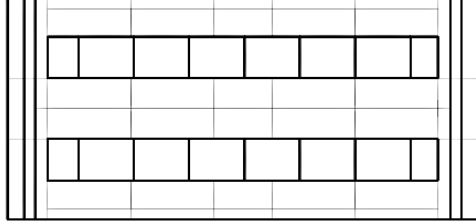
Malzeme	Yoğunluk (kg/m³)	Kalınlık (mm)	Kaplama Ağırlığı (kg/m²)	Konstrüksiyon Ağırlığı (kg/m²)	Toplam Ağırlık (kg/m²)
Ahşap Kompozit	1.200	20	24	5–7	29–31
Masif Ahşap (Çam)	500	20	10	8–10	18–20
Seramik (Klinker)	2.000	10	20	4-6	24–26
Granit	2.700	20	54	10–15	64–69
Alüminyum Kompozit	- (panel tipi)	4	5.5	5–7	10.5–12.5
Porselen levha (6 mm)	2.500	6	15	7–9	22–24

Şekil A.1 : Programa girilen malzemelere ait bilgiler.

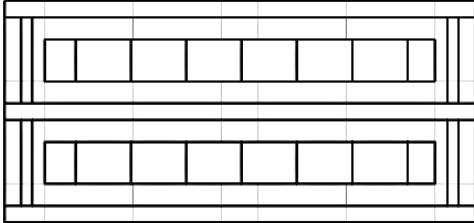
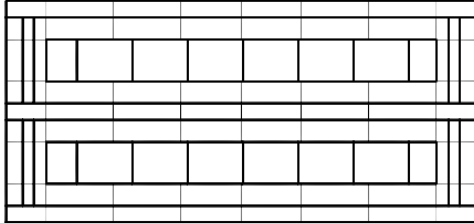
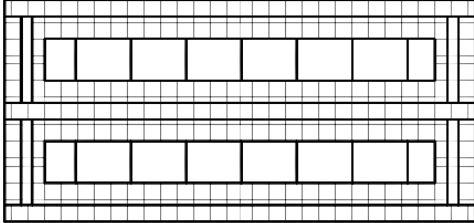
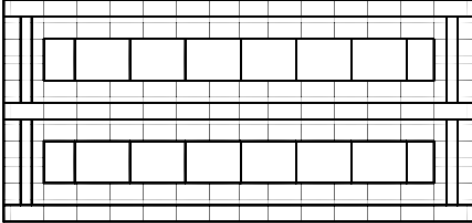
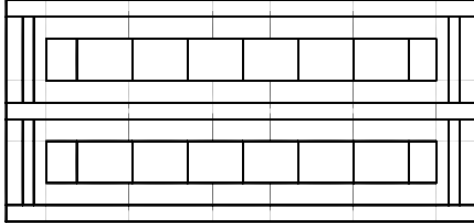
EK B: Malzeme modüllerinin cephe düzenleme seçeneğine entegrasyonu-cephe çizimleri

Alüminyum Kompozit Kaplama (600*3000 mm)	Masif Ahşap Kaplama (120*2400 mm)	Ahşap Kompozit Kaplama (600*2440 mm)
		
Granit Kaplama (600*600 mm)	Seramik Kaplama (600*1200 mm)	Porselen Levha Kaplama (1000*3000 mm)
		

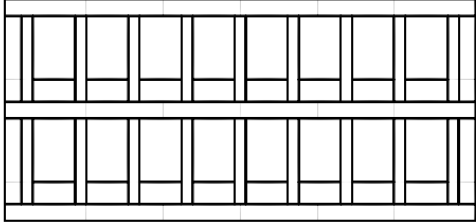
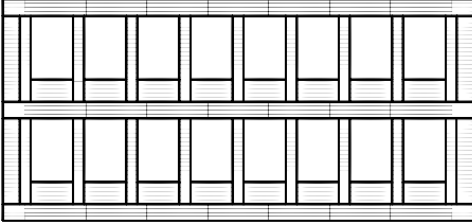
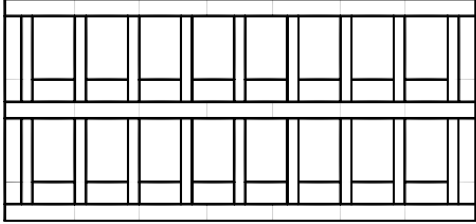
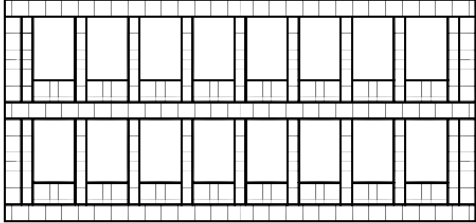
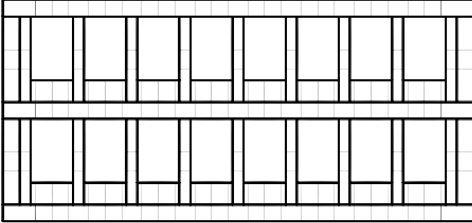
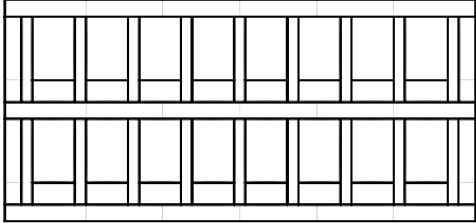
Şekil B.1 : Malzeme modüllerinin yatay etki (C1) cephe düzenleme seçeneğine entegrasyonu-cephe çizimleri.

Alüminyum Kompozit Kaplama (600*3000 mm)	Masif Ahşap Kaplama (120*2400 mm)	Ahşap Kompozit Kaplama (600*2440 mm)
		
Granit Kaplama (600*600 mm)	Seramik Kaplama (600*1200 mm)	Porselen Levha Kaplama (1000*3000 mm)
		

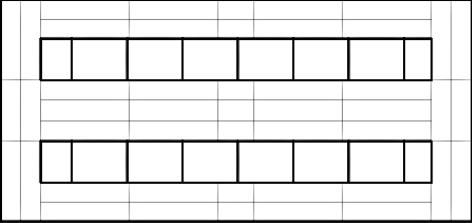
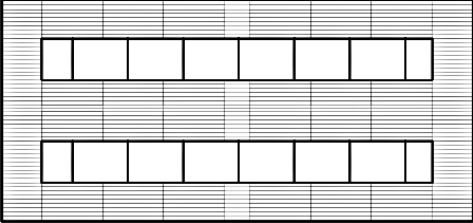
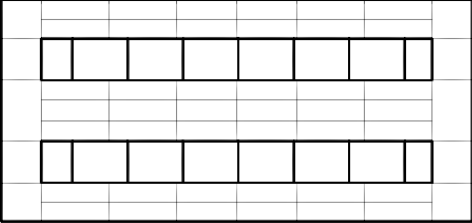
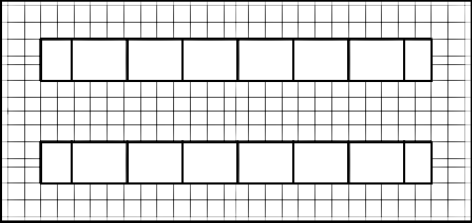
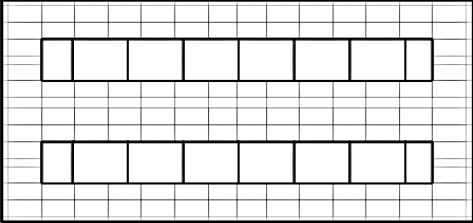
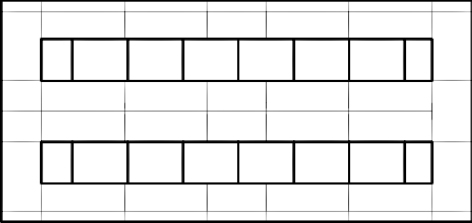
Şekil B.2 : Malzeme modüllerinin düşey etki (C2) cephe düzenleme seçeneğine entegrasyonu-cephe çizimleri.

Alüminyum Kompozit Kaplama (600*3000 mm)	Masif Ahşap Kaplama (120*2400 mm)	Ahşap Kompozit Kaplama (600*2440 mm)
		
Granit Kaplama (600*600 mm)	Seramik Kaplama (600*1200 mm)	Porselen Levha Kaplama (1000*3000 mm)
		

Şekil B.3 : Malzeme modüllerinin strüktürel etki (C3) cephe düzenleme seçeneğine entegrasyonu-cephe çizimleri.

Alüminyum Kompozit Kaplama (600*3000 mm)	Masif Ahşap Kaplama (120*2400 mm)	Ahşap Kompozit Kaplama (600*2440 mm)
		
Granit Kaplama (600*600 mm)	Seramik Kaplama (600*1200 mm)	Porselen Levha Kaplama (1000*3000 mm)
		

Şekil B.4 : Malzeme modüllerinin modüler etki (C4) cephe düzenleme seçeneğine entegrasyonu-cephe çizimleri.

Alüminyum Kompozit Kaplama (600*3000 mm)	Masif Ahşap Kaplama (120*2400 mm)	Ahşap Kompozit Kaplama (600*2440 mm)
		
Granit Kaplama (600*600 mm)	Seramik Kaplama (600*1200 mm)	Porselen Levha Kaplama (1000*3000 mm)
		

Şekil B.5 : Malzeme modüllerinin düz etki (C5) cephe düzenleme seçeneğine entegrasyonu-cephe çizimleri

EK C: Hesap çıktıları

Çizelge C.1 : Programdan alınan verilerin tümünü gösteren çizelge

		Avlulu Plan Tipi		L Plan Tipi		Dikdörtgen Plan Tipi		H Plan Tipi	
		Kod	Üretim Enerjisi (MJ/m ²)	Kod	Üretim Enerjisi (MJ/m ²)	Kod	Üretim Enerjisi (MJ/m ²)	Kod	Üretim Enerjisi (MJ/m ²)
Alüminyum Kompozit	Yatay Etki	T1C1M1	413927	T2C1M1	272319	T3C1M1	249019	T4C1M1	311227
	Düşey Etki	T1C2M1	425690	T2C2M1	285213	T3C2M1	260556	T4C2M1	324347
	Strüktürel Etki	T1C3M1	424785	T2C3M1	280462	T3C3M1	254448	T4C3M1	327514
	Modüler Etki	T1C4M1	453287	T2C4M1	303309	T3C4M1	277295	T4C4M1	345159
	Düz Etki	T1C5M1	348972	T2C5M1	253317	T3C5M1	231601	T4C5M1	289511
Masif Ahşap	Yatay Etki	T1C1M2	127539	T2C1M2	83884	T3C1M2	76705	T4C1M2	95873
	Düşey Etki	T1C2M2	131143	T2C2M2	87857	T3C2M2	80260	T4C2M2	99916
	Strüktürel Etki	T1C3M2	130865	T2C3M2	86394	T3C3M2	78378	T4C3M2	100892
	Modüler Etki	T1C4M2	139647	T2C4M2	93434	T3C4M2	84420	T4C4M2	106329
	Düz Etki	T1C5M2	118597	T2C5M2	78029	T3C5M2	71338	T4C5M2	89182
Ahşap Kompozit	Yatay Etki	T1C1M3	331857	T2C1M3	218310	T3C1M3	199630	T4C1M3	249502
	Düşey Etki	T1C2M3	341268	T2C2M3	228646	T3C2M3	208879	T4C2M3	260021
	Strüktürel Etki	T1C3M3	340543	T2C3M3	224838	T3C3M3	203983	T4C3M3	262559
	Modüler Etki	T1C4M3	363393	T2C4M3	243156	T3C4M3	222299	T4C4M3	276705
	Düz Etki	T1C5M3	308625	T2C5M3	203076	T3C5M3	185667	T4C5M3	232092
Granit	Yatay Etki	T1C1M4	228416	T2C1M4	150254	T3C1M4	137599	T4C1M4	171724
	Düşey Etki	T1C2M4	233639	T2C2M4	157368	T3C2M4	143763	T4C2M4	178781
	Strüktürel Etki	T1C3M4	234388	T2C3M4	154748	T3C3M4	140391	T4C3M4	180712
	Modüler Etki	T1C4M4	250116	T2C4M4	167354	T3C4M4	153000	T4C4M4	190448
	Düz Etki	T1C5M4	212418	T2C5M4	139768	T3C5M4	127785	T4C5M4	159741
Seramik	Yatay Etki	T1C1M5	284413	T2C1M5	187096	T3C1M5	171087	T4C1M5	213829
	Düşey Etki	T1C2M5	292475	T2C2M5	195955	T3C2M5	179014	T4C2M5	222844
	Strüktürel Etki	T1C3M5	291853	T2C3M5	192691	T3C3M5	174817	T4C3M5	225020
	Modüler Etki	T1C4M5	311437	T2C4M5	208389	T3C4M5	190515	T4C4M5	237143
	Düz Etki	T1C5M5	264498	T2C5M5	174040	T3C5M5	159119	T4C5M5	198908
Porselen Levha	Yatay Etki	T1C1M6	326395	T2C1M6	214716	T3C1M6	196344	T4C1M6	245396
	Düşey Etki	T1C2M6	335650	T2C2M6	223885	T3C2M6	205441	T4C2M6	255741
	Strüktürel Etki	T1C3M6	334937	T2C3M6	221137	T3C3M6	200625	T4C3M6	258238
	Modüler Etki	T1C4M6	357411	T2C4M6	239153	T3C4M6	218640	T4C4M6	272151
	Düz Etki	T1C5M6	303544	T2C5M6	199733	T3C5M6	182610	T4C5M6	228272

EK D: Program arayüzünden alınan katmanlaşma görselleri

Building materials*

⌵ Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018		10960	kg		160 t			As building
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018		366	m ³		91 t			As building
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2 t kg/m ² , 70 kg/...		1830	m ²	30	6.9 t			As building
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...		1810	m ²		3.7 t			30
☐	External walls and facade	Aluminium composite panel, curtain walling/facade, mineral filled, 4 mm, 5.85 kg/m ² , B2 (Saray)		1830	m ²	4	153 t			As building

(a)

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018		11292	kg		165 t		As building	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018		376.4	m ³		94 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2 t kg/m ² , 70 kg/...		1832	m ²	30	6.1 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...		1862	m ²		3.8 t		30	
☐	External walls and facade	Aluminium composite panel, curtain walling/facade, mineral filled, 4 mm, 5.85 kg/m ² , B2 (Saray)		1832	m ²	4	157 t		As building	

(b)

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018		11268	kg		164 t		As building	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018		375.6	m ³		94 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2 t kg/m ² , 70 kg/...		1878	m ²	30	6.1 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...		1858	m ²		3.8 t		30	
☐	External walls and facade	Aluminium composite panel, curtain walling/facade, mineral filled, 4 mm, 5.85 kg/m ² , B2 (Saray)		1878	m ²	4	157 t		As building	

(c)

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018		12024	kg		175 t		As building	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018		400.8	m ³		100 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2 t kg/m ² , 70 kg/...		2004	m ²	30	6.5 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...		1994	m ²		4 t		30	
☐	External walls and facade	Aluminium composite panel, curtain walling/facade, mineral filled, 4 mm, 5.85 kg/m ² , B2 (Saray)		2004	m ²	4	168 t		As building	

(d)

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m3, EN15804+A1, ref. year 2018		16212	kg		149 t		As building	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m3, non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018		340.4	m3		85 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m2K/W, 30mm, 2 t kg/m2, 70 kg/...		1792	m2	30	6.5 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m2, 1004.74 kg/m3, Rimano UNI (Saint-Gobain ...		1682	m2		3.4 t		30	
☐	External walls and facade	Aluminium composite panel, curtain walling/facade, mineral filled, 4 mm, 5.85 kg/m2, B2 (Saray)		1792	m2	4	142 t		As building	

(e)

Şekil D.1 : Alüminyum kompozit- avlulu plan tipine ait programa girilen girdiler
(a) T1C1M1 (b) T1C2M1 (c) T1C3M1 (d) T1C4M1 (e) T1C5M1.

Building materials*

Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	 	7224	kg		165 t		As building		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	240.8	m ³		60 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	 	1264	m ²	30	3.9 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...	 	1184	m ²		2.4 t		30		
☐ External walls and facade	Aluminum composite panel, curtain walling/facade, mineral filled, 4 mm, 5.85 kg/m ² , B2 (Saray)	 	1204	m ²	4	101 t		As building		

(a)

Building materials*

Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	 	7566	kg		110 t		As building		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	252.2	m ³		63 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	 	1261	m ²	30	4.1 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...	 	1241	m ²		2.5 t		30		
☐ External walls and facade	Aluminum composite panel, curtain walling/facade, mineral filled, 4 mm, 5.85 kg/m ² , B2 (Saray)	 	1261	m ²	4	105 t		As building		

(b)

Building materials*

Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	 	7440	kg		108 t		As building		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	248	m ³		62 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	 	1240	m ²	30	4 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...	 	1220	m ²		2.5 t		30		
☐ External walls and facade	Aluminum composite panel, curtain walling/facade, mineral filled, 4 mm, 5.85 kg/m ² , B2 (Saray)	 	1240	m ²	4	104 t		As building		

(c)

Building materials*

Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	 	8040	kg		117 t		As building		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	268.2	m ³		67 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	 	1341	m ²	30	4.3 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...	 	1321	m ²		2.7 t		30		
☐ External walls and facade	Aluminum composite panel, curtain walling/facade, mineral filled, 4 mm, 5.85 kg/m ² , B2 (Saray)	 	1341	m ²	4	112 t		As building		

(d)

Building materials*

Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	 	6720	kg		98 t		As building		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	224	m ³		56 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	 	1120	m ²	30	3.6 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...	 	1100	m ²		2.2 t		30		
☐ External walls and facade	Aluminum composite panel, curtain walling/facade, mineral filled, 4 mm, 5.85 kg/m ² , B2 (Saray)	 	1120	m ²	4	94 t		As building		

(e)

Şekil D.2 : Alüminyum kompozit- L plan tipine ait programa girilen girdiler
(a) T2C1M1 (b) T2C2M1 (c) T2C3M1 (d) T2C4M1 (e) T2C5M1.

Building materials*

Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m3, EN15804+A1, ref. year 2018	  	6006	kg		96 t		As building		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m3, non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	229.2	m3		55 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m2KW, 30mm, 2.1 kg/m2, 70 kg/...	  	1101	m2	30	3.5 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m2, 1004.74 kg/m3, Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1081	m2		2.2 t		30		
☐ External walls and facade	Aluminium composite panel, curtain walling/facade, mineral filled, 4 mm, 5.55 kg/m2, B2 (Saray)	  	1101	m2	4	92 t		As building		

(a)

Building materials*

Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m3, EN15804+A1, ref. year 2018	  	6912	kg		101 t		As building		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m3, non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	230.4	m3		57 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m2KW, 30mm, 2.1 kg/m2, 70 kg/...	  	1152	m2	30	3.7 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m2, 1004.74 kg/m3, Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1132	m2		2.3 t		30		
☐ External walls and facade	Aluminium composite panel, curtain walling/facade, mineral filled, 4 mm, 5.55 kg/m2, B2 (Saray)	  	1152	m2	4	96 t		As building		

(b)

Building materials*

Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m3, EN15804+A1, ref. year 2018	  	6750	kg		98 t		As building		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m3, non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	225	m3		56 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m2KW, 30mm, 2.1 kg/m2, 70 kg/...	  	1125	m2	30	3.5 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m2, 1004.74 kg/m3, Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1105	m2		2.2 t		30		
☐ External walls and facade	Aluminium composite panel, curtain walling/facade, mineral filled, 4 mm, 5.55 kg/m2, B2 (Saray)	  	1125	m2	4	94 t		As building		

(c)

Building materials*

Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m3, EN15804+A1, ref. year 2018	  	7356	kg		107 t		As building		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m3, non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	245.2	m3		61 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m2KW, 30mm, 2.1 kg/m2, 70 kg/...	  	1226	m2	30	4 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m2, 1004.74 kg/m3, Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1206	m2		2.5 t		30		
☐ External walls and facade	Aluminium composite panel, curtain walling/facade, mineral filled, 4 mm, 5.55 kg/m2, B2 (Saray)	  	1226	m2	4	103 t		As building		

(d)

Building materials*

Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m3, EN15804+A1, ref. year 2018	  	6144	kg		90 t		As building		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m3, non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	204.8	m3		51 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m2KW, 30mm, 2.1 kg/m2, 70 kg/...	  	1024	m2	30	3.3 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m2, 1004.74 kg/m3, Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1004	m2		2 t		30		
☐ External walls and facade	Aluminium composite panel, curtain walling/facade, mineral filled, 4 mm, 5.55 kg/m2, B2 (Saray)	  	1024	m2	4	86 t		As building		

(e)

Şekil D.3 : Alüminyum kompozit- dikkörtgen plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T3C1M1 (b) T3C2M1 (c) T3C3M1 (d) T3C4M1 (e) T3C5M1.

Building materials*

in Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	8256	kg		120 t		As building		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	275.2	m ³		69 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	  	1376	m ²	30	4.4 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UH1 (Saint-Gobain ...	  	1356	m ²		2.8 t		30		
☐ External walls and facade	Aluminum composite panel, curtain walling/facade, mineral filled, 4 mm, 5.85 kg/m ² , B2 (Saray)	   	1376	m ²	4	115 t		As building		

(a)

Building materials*

in Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	8604	kg		125 t		As building		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	286.8	m ³		72 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	  	1434	m ²	30	4.6 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UH1 (Saint-Gobain ...	  	1414	m ²		2.9 t		30		
☐ External walls and facade	Aluminum composite panel, curtain walling/facade, mineral filled, 4 mm, 5.85 kg/m ² , B2 (Saray)	   	1434	m ²	4	120 t		As building		

(b)

Building materials*

in Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	8688	kg		127 t		As building		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	289.6	m ³		72 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	  	1448	m ²	30	4.7 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UH1 (Saint-Gobain ...	  	1426	m ²		2.9 t		30		
☐ External walls and facade	Aluminum composite panel, curtain walling/facade, mineral filled, 4 mm, 5.85 kg/m ² , B2 (Saray)	   	1448	m ²	4	121 t		As building		

(c)

Building materials*

in Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	9156	kg		133 t		As building		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	305.2	m ³		76 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	  	1526	m ²	30	4.9 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UH1 (Saint-Gobain ...	  	1506	m ²		3.1 t		30		
☐ External walls and facade	Aluminum composite panel, curtain walling/facade, mineral filled, 4 mm, 5.85 kg/m ² , B2 (Saray)	   	1526	m ²	4	128 t		As building		

(d)

Building materials*

in Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	7680	kg		112 t		As building		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	256	m ³		64 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	  	1280	m ²	30	4.1 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UH1 (Saint-Gobain ...	  	1260	m ²		2.6 t		30		
☐ External walls and facade	Aluminum composite panel, curtain walling/facade, mineral filled, 4 mm, 5.85 kg/m ² , B2 (Saray)	   	1280	m ²	4	107 t		As building		

(e)

Şekil D.4 : Alüminyum kompozit- H plan tipine ait programa girilen girdiler
(a) T4C1M1 (b) T4C2M1 (c) T4C3M1 (d) T4C4M1 (e) T4C5M1.

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	 	368	m3		91 t		As building	
☐	External walls and facade	Wooden profile for cladding, 410 kg/m ³ (Moeven Industrier ASA)	  	14640	kg		8.1 t	Actual thickness: 20 mm (nominal) – density 410 ...	As building	
☐	External walls and facade	Stained solid softwood cladding, 19 kg/m ² (One Click LCA)	 	1838	m2		18 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m2KW, 30mm, 2.1 kg/m2, 70 kg/...	 	1838	m2	30	5.9 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m2, 1004.74 kg/m3, Rimano UHI (Saint-Gobain ...)	  	1820	m2		3.7 t		30	

(a)

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	 	376.4	m3		94 t		As building	
☐	External walls and facade	Wooden profile for cladding, 410 kg/m ³ (Moeven Industrier ASA)	  	15056	kg		8.4 t	Actual thickness: 20 mm (nominal) – density 410 ...	As building	
☐	External walls and facade	Stained solid softwood cladding, 19 kg/m ² (One Click LCA)	 	1882	m2		19 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m2KW, 30mm, 2.1 kg/m2, 70 kg/...	 	1882	m2	30	6.1 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m2, 1004.74 kg/m3, Rimano UHI (Saint-Gobain ...)	  	1882	m2		3.8 t		30	

(b)

Building materials*

an Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	 	375.6	m3		94 t		As building	
☐	External walls and facade	Wooden profile for cladding, 410 kg/m ³ (Moeven Industrier ASA)	  	15024	kg		8.4 t	Actual thickness: 20 mm (nominal) – density 410 ...	As building	
☐	External walls and facade	Stained solid softwood cladding, 19 kg/m ² (One Click LCA)	 	1878	m2		19 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m2KW, 30mm, 2.1 kg/m2, 70 kg/...	 	1878	m2	30	6.1 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m2, 1004.74 kg/m3, Rimano UHI (Saint-Gobain ...)	  	1858	m2		3.8 t		30	

(c)

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m3, non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	 	400.8	m3		100 t		As building	
☐	External walls and facade	Wooden profile for cladding, 410 kg/m3 (Moeven Industrier ASA)	  	16032	kg		8.9 t	Actual thickness: 20 mm (nominal) – density 410 ...	As building	
☐	External walls and facade	Stained solid softwood cladding, 19 kg/m2 (One Click LCA)	 	2094	m2		20 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m2KW, 30mm, 2.1 kg/m2, 70 kg/...	 	2094	m2	30	6.5 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m2, 1004.74 kg/m3, Rimano UHI (Saint-Gobain ...)	  	1884	m2		4 t		30	

(d)

Building materials*

in Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	 	340.4	m ³		85 t		As building	
☐	External walls and facade	Wooden profile for cladding, 410 kg/m ³ (Moeven Industrier ASA)	  	13616	kg		7.6 t	Actual thickness: 20 mm (nominal) – density 410 ...	As building	
☐	External walls and facade	Stained solid softwood cladding, 19 kg/m ² (One Click LCA)	 	1782	m ²		17 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	 	1782	m ²	30	5.5 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UHI (Saint-Gobain ...)	  	1682	m ²		3.4 t		30	

(e)

Şekil D.5 : Masif ahşap- avlulu plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T1C1M2 (b) T1C2M2 (c) T1C3M2 (d) T1C4M2 (e) T1C5M2.

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	  	240.8	m ³		60 t		As building	
☐ External walls and facade	Wooden profile for cladding, 410 kg/m ³ (Moelven Industrier ASA)	  	9632	kg		5.4 t	Actual thickness: 20 mm (nominal) – density 410 ...	As building	
☐ External walls and facade	Stained solid softwood cladding, 10 kg/m ² (One Click LCA)	  	1204	m ²		12 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	  	1204	m ²	30	3.9 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...	  	1154	m ²		2.4 t		30	

(a)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	  	252.2	m ³		63 t		As building	
☐ External walls and facade	Wooden profile for cladding, 410 kg/m ³ (Moelven Industrier ASA)	  	10068	kg		5.6 t	Actual thickness: 20 mm (nominal) – density 410 ...	As building	
☐ External walls and facade	Stained solid softwood cladding, 10 kg/m ² (One Click LCA)	  	1261	m ²		13 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	  	1261	m ²	30	4.1 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...	  	1241	m ²		2.5 t		30	

(b)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	  	248	m ³		62 t		As building	
☐ External walls and facade	Wooden profile for cladding, 410 kg/m ³ (Moelven Industrier ASA)	  	9920	kg		5.5 t	Actual thickness: 20 mm (nominal) – density 410 ...	As building	
☐ External walls and facade	Stained solid softwood cladding, 10 kg/m ² (One Click LCA)	  	1240	m ²		13 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	  	1240	m ²	30	4 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...	  	1220	m ²		2.5 t		30	

(c)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	  	268.2	m ³		67 t		As building	
☐ External walls and facade	Wooden profile for cladding, 410 kg/m ³ (Moelven Industrier ASA)	  	10728	kg		6 t	Actual thickness: 20 mm (nominal) – density 410 ...	As building	
☐ External walls and facade	Stained solid softwood cladding, 10 kg/m ² (One Click LCA)	  	1341	m ²		14 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	  	1341	m ²	30	4.3 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...	  	1321	m ²		2.7 t		30	

(d)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	  	224	m ³		56 t		As building	
☐ External walls and facade	Wooden profile for cladding, 410 kg/m ³ (Moelven Industrier ASA)	  	8960	kg		5 t	Actual thickness: 20 mm (nominal) – density 410 ...	As building	
☐ External walls and facade	Stained solid softwood cladding, 10 kg/m ² (One Click LCA)	  	1120	m ²		11 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	  	1120	m ²	30	3.6 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...	  	1100	m ²		2.2 t		30	

(e)

Şekil D.6 : Masif ahşap- L plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T2C1M2 (b) T2C2M2 (c) T2C3M2 (d) T2C4M2 (e) T2C5M2.

Building materials*

☰ Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	🇩🇪 🇦🇹	229.2	m ³		55 t		As building	
☐ External walls and facade	Wooden profile for cladding, 410 kg/m ³ (Moelven Industrier ASA)	🇩🇪 🇩🇰 🇩🇪	8008	kg		4.9 t	Actual thickness: 20 mm (nominal) – density 410 ...	As building	
☐ External walls and facade	Stained solid softwood cladding, 19 kg/m ² (One Click LCA)	🇩🇪 🇦🇹	1191	m ²		11 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	🇩🇪 🇦🇹	1191	m ²	30	3.5 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimaco UNI (Saint-Gobain ...)	🇩🇪 🇩🇰 🇩🇪	1081	m ²		2.2 t		30	

(a)

Building materials*

☰ Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	🇩🇪 🇦🇹	230.4	m ³		57 t		As building	
☐ External walls and facade	Wooden profile for cladding, 410 kg/m ³ (Moelven Industrier ASA)	🇩🇪 🇩🇰 🇩🇪	9216	kg		5.1 t	Actual thickness: 20 mm (nominal) – density 410 ...	As building	
☐ External walls and facade	Stained solid softwood cladding, 19 kg/m ² (One Click LCA)	🇩🇪 🇦🇹	1152	m ²		12 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	🇩🇪 🇦🇹	1152	m ²	30	3.7 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimaco UNI (Saint-Gobain ...)	🇩🇪 🇩🇰 🇩🇪	1132	m ²		2.3 t		30	

(b)

Building materials*

☰ Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	🇩🇪 🇦🇹	225	m ³		56 t		As building	
☐ External walls and facade	Wooden profile for cladding, 410 kg/m ³ (Moelven Industrier ASA)	🇩🇪 🇩🇰 🇩🇪	9009	kg		5 t	Actual thickness: 20 mm (nominal) – density 410 ...	As building	
☐ External walls and facade	Stained solid softwood cladding, 19 kg/m ² (One Click LCA)	🇩🇪 🇦🇹	1125	m ²		11 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	🇩🇪 🇦🇹	1125	m ²	30	3.6 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimaco UNI (Saint-Gobain ...)	🇩🇪 🇩🇰 🇩🇪	1195	m ²		2.2 t		30	

(c)

Building materials*

☰ Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	🇩🇪 🇦🇹	241.2	m ³		60 t		As building	
☐ External walls and facade	Wooden profile for cladding, 410 kg/m ³ (Moelven Industrier ASA)	🇩🇪 🇩🇰 🇩🇪	9908	kg		5.5 t	Actual thickness: 20 mm (nominal) – density 410 ...	As building	
☐ External walls and facade	Stained solid softwood cladding, 19 kg/m ² (One Click LCA)	🇩🇪 🇦🇹	1226	m ²		12 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	🇩🇪 🇦🇹	1226	m ²	30	4 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimaco UNI (Saint-Gobain ...)	🇩🇪 🇩🇰 🇩🇪	1296	m ²		2.5 t		30	

(d)

Building materials*

☰ Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	🇩🇪 🇦🇹	204.8	m ³		51 t		As building	
☐ External walls and facade	Wooden profile for cladding, 410 kg/m ³ (Moelven Industrier ASA)	🇩🇪 🇩🇰 🇩🇪	9192	kg		4.6 t	Actual thickness: 20 mm (nominal) – density 410 ...	As building	
☐ External walls and facade	Stained solid softwood cladding, 19 kg/m ² (One Click LCA)	🇩🇪 🇦🇹	1024	m ²		10 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	🇩🇪 🇦🇹	1024	m ²	30	3.3 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimaco UNI (Saint-Gobain ...)	🇩🇪 🇩🇰 🇩🇪	1054	m ²		2 t		30	

(e)

Şekil D.7 : Masif ahşap- dikdörtgen plan tipine ait programa girilen girdiler
 (a) T3C1M2 (b) T3C2M2 (c) T3C3M2 (d) T3C4M2 (e) T3C5M2.

Building materials*

in Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2010	  	275.2	m3		69.1		As building		
☐ External walls and facade	Wooden profile for cladding, 410 kg/m ³ (Moeven Industrier ASA)	  	11006	kg		6.1	Actual thickness: 20 mm (nominal) – density 410 ...	As building		
☐ External walls and facade	Stained solid softwood cladding, 10 kg/m ² (One Click LCA)	  	1376	m2		14.1		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m2K/W, 30mm, 2.1 kg/m2, 70 kg/...	  	1376	m2	30	4.4		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m2, 1004.74 kg/m3, Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1356	m2		2.8		30		

(a)

Building materials*

in Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2010	  	286.8	m3		72.1		As building		
☐ External walls and facade	Wooden profile for cladding, 410 kg/m ³ (Moeven Industrier ASA)	  	11472	kg		6.4	Actual thickness: 20 mm (nominal) – density 410 ...	As building		
☐ External walls and facade	Stained solid softwood cladding, 10 kg/m ² (One Click LCA)	  	1434	m2		14.1		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m2K/W, 30mm, 2.1 kg/m2, 70 kg/...	  	1434	m2	30	4.6		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m2, 1004.74 kg/m3, Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1414	m2		2.9		30		

(b)

Building materials*

in Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and ...	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2010	  	289.6	m3		72.1		As building		
☐ External walls and ...	Wooden profile for cladding, 410 kg/m ³ (Moeven Industrier ASA)	  	11554	kg		6.4	Actual thickness: 20 mm (nominal) – density 410 ...	As building		
☐ External walls and ...	Stained solid softwood cladding, 10 kg/m ² (One Click LCA)	  	1448	m2		15.1		As building		
☐ External walls and ...	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m2K/W, 30mm, 2.1 kg/m2, 70 kg/...	  	1448	m2	30	4.7		As building		
☐ External walls and ...	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m2, 1004.74 kg/m3, Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1428	m2		2.9		30		

(c)

Building materials*

in Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2010	  	305.2	m3		76.1		As building		
☐ External walls and facade	Wooden profile for cladding, 410 kg/m ³ (Moeven Industrier ASA)	  	12206	kg		6.8	Actual thickness: 20 mm (nominal) – density 410 ...	As building		
☐ External walls and facade	Stained solid softwood cladding, 10 kg/m ² (One Click LCA)	  	1526	m2		15.1		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m2K/W, 30mm, 2.1 kg/m2, 70 kg/...	  	1526	m2	30	4.9		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m2, 1004.74 kg/m3, Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1506	m2		3.1		30		

(d)

Building materials*

in Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2010	  	256	m3		64.1		As building		
☐ External walls and facade	Wooden profile for cladding, 410 kg/m ³ (Moeven Industrier ASA)	  	10240	kg		5.7	Actual thickness: 20 mm (nominal) – density 410 ...	As building		
☐ External walls and facade	Stained solid softwood cladding, 10 kg/m ² (One Click LCA)	  	1280	m2		13.1		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m2K/W, 30mm, 2.1 kg/m2, 70 kg/...	  	1280	m2	30	4.1		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m2, 1004.74 kg/m3, Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1260	m2		2.6		30		

(e)

Şekil D.8 : Masif ahşap- H plan tipine ait programa girilen girilen girdiler
(a) T4C1M2 (b) T4C2M2 (c) T4C3M2 (d) T4C4M2 (e) T4C5M2.

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	 	10980	kg		160 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	366	m ³		91 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	 	1830	m ²	30	5.9 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...	 	1620	m ²		3.7 t		30	
☐ External walls and facade	Wood plastic composite products, 23.24 kg/m ² , 1180 kg/m ³ , WEO 35 (Fiberdeck SAS)	 	42529	kg		71 t		As building	

(a)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	 	11292	kg		165 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	376.4	m ³		94 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	 	1882	m ²	30	6.1 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...	 	1862	m ²		3.8 t		30	
☐ External walls and facade	Wood plastic composite products, 23.24 kg/m ² , 1180 kg/m ³ , WEO 35 (Fiberdeck SAS)	 	43738	kg		73 t		As building	

(b)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	 	11268	kg		164 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	375.6	m ³		94 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	 	1878	m ²	30	6.1 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...	 	1856	m ²		3.8 t		30	
☐ External walls and facade	Wood plastic composite products, 23.24 kg/m ² , 1180 kg/m ³ , WEO 35 (Fiberdeck SAS)	 	43645	kg		73 t		As building	

(c)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	 	12024	kg		175 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	480.8	m ³		106 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	 	2004	m ²	30	6.5 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...	 	1984	m ²		4 t		30	
☐ External walls and facade	Wood plastic composite products, 23.24 kg/m ² , 1180 kg/m ³ , WEO 35 (Fiberdeck SAS)	 	46573	kg		78 t		As building	

(d)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	 	16212	kg		168 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	348.4	m ³		85 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	 	1792	m ²	30	5.5 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...	 	1682	m ²		3.4 t		30	
☐ External walls and facade	Wood plastic composite products, 23.24 kg/m ² , 1180 kg/m ³ , WEO 35 (Fiberdeck SAS)	 	39555	kg		66 t		As building	

(e)

Şekil D.9 : Ahşap kompozit- avlulu plan tipine ait programa girilen girdiler
(a) T1C1M3 (b) T1C2M3 (c) T1C3M3 (d) T1C4M3 (e) T1C5M3.

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	 	7224	kg		165 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	249.8	m ³		60 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	 	1204	m ²	30	3.9 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UHI (Saint-Gobain ...)	 	1164	m ²		2.4 t		30	
☐ External walls and facade	Wood plastic composite products, 23.24 kg/m ² , 1180 kg/m ³ , WEO 35 (Fiberdeck SAS)	 	27981	kg		47 t		As building	

(a)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	 	7366	kg		110 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	252.2	m ³		63 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	 	1261	m ²	30	4.1 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UHI (Saint-Gobain ...)	 	1241	m ²		2.5 t		30	
☐ External walls and facade	Wood plastic composite products, 23.24 kg/m ² , 1180 kg/m ³ , WEO 35 (Fiberdeck SAS)	 	29305	kg		49 t		As building	

(b)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	 	7440	kg		108 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	248	m ³		62 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	 	1240	m ²	30	4 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UHI (Saint-Gobain ...)	 	1220	m ²		2.5 t		30	
☐ External walls and facade	Wood plastic composite products, 23.24 kg/m ² , 1180 kg/m ³ , WEO 35 (Fiberdeck SAS)	 	28817	kg		48 t		As building	

(c)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	 	8046	kg		117 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	268.2	m ³		67 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	 	1341	m ²	30	4.3 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UHI (Saint-Gobain ...)	 	1321	m ²		2.7 t		30	
☐ External walls and facade	Wood plastic composite products, 23.24 kg/m ² , 1180 kg/m ³ , WEO 35 (Fiberdeck SAS)	 	31165	kg		52 t		As building	

(d)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	 	6720	kg		98 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	224	m ³		56 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	 	1120	m ²	30	3.6 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UHI (Saint-Gobain ...)	 	1100	m ²		2.2 t		30	
☐ External walls and facade	Wood plastic composite products, 23.24 kg/m ² , 1180 kg/m ³ , WEO 35 (Fiberdeck SAS)	 	26929	kg		43 t		As building	

(e)

Şekil D.10 : Ahşap kompozit- L plan tipine ait programa girilen girdiler
(a) T2C1M3 (b) T2C2M3 (c) T2C3M3 (d) T2C4M3 (e) T2C5M3.

Building materials*

in Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	6606	kg		96 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	220.2	m ³		56 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	  	1191	m ²	30	3.5 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...	  	1051	m ²		2.2 t		30	
☐ External walls and facade	Wood plastic composite products, 23.24 kg/m ² , 1150 kg/m ³ , WEO 35 (Fiberdeck SAS)	  	25087	kg		43 t		As building	

(a)

Building materials*

in Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	6912	kg		101 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	230.4	m ³		57 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	  	1152	m ²	30	3.7 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...	  	1132	m ²		2.3 t		30	
☐ External walls and facade	Wood plastic composite products, 23.24 kg/m ² , 1150 kg/m ³ , WEO 35 (Fiberdeck SAS)	  	26772	kg		45 t		As building	

(b)

Building materials*

in Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	6750	kg		96 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	225	m ³		56 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	  	1125	m ²	30	3.6 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...	  	1105	m ²		2.2 t		30	
☐ External walls and facade	Wood plastic composite products, 23.24 kg/m ² , 1150 kg/m ³ , WEO 35 (Fiberdeck SAS)	  	26145	kg		44 t		As building	

(c)

Building materials*

in Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	7356	kg		107 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	245.2	m ³		61 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	  	1226	m ²	30	4 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...	  	1206	m ²		2.6 t		30	
☐ External walls and facade	Wood plastic composite products, 23.24 kg/m ² , 1150 kg/m ³ , WEO 35 (Fiberdeck SAS)	  	26492	kg		48 t		As building	

(d)

Building materials*

in Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	6144	kg		90 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	204.8	m ³		51 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	  	1024	m ²	30	3.3 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...	  	1004	m ²		2 t		30	
☐ External walls and facade	Wood plastic composite products, 23.24 kg/m ² , 1150 kg/m ³ , WEO 35 (Fiberdeck SAS)	  	23798	kg		40 t		As building	

(e)

Şekil D.11 : Ahşap kompozit- dikdörtgen plan tipine ait programa girdiler
(a) T3C1M3 (b) T3C2M3 (c) T3C3M3 (d) T3C4M3 (e) T3C5M3.

Building materials*

in Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	8256	kg		120 t		As building		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	275.2	m ³		69 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg...	  	1376	m ²	30	4.4 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UH0 (Saint-Gobain ...	  	1356	m ²		2.8 t		30		
☐ External walls and facade	Wood plastic composite products, 23.24 kg/m ² , 1180 kg/m ³ , WEO 35 (Fiberdeck SAS)	  	31978	kg		53 t		As building		

(a)

Building materials*

in Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	8604	kg		125 t		As building		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	286.8	m ³		72 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg...	  	1434	m ²	30	4.6 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UH0 (Saint-Gobain ...	  	1414	m ²		2.9 t		30		
☐ External walls and facade	Wood plastic composite products, 23.24 kg/m ² , 1180 kg/m ³ , WEO 35 (Fiberdeck SAS)	  	33326	kg		56 t		As building		

(b)

Building materials*

in Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	8686	kg		127 t		As building		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	289.6	m ³		72 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg...	  	1448	m ²	30	4.7 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UH0 (Saint-Gobain ...	  	1426	m ²		2.9 t		30		
☐ External walls and facade	Wood plastic composite products, 23.24 kg/m ² , 1180 kg/m ³ , WEO 35 (Fiberdeck SAS)	  	33651	kg		56 t		As building		

(c)

Building materials*

in Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	9156	kg		133 t		As building		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	305.2	m ³		76 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg...	  	1526	m ²	30	4.9 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UH0 (Saint-Gobain ...	  	1506	m ²		3.1 t		30		
☐ External walls and facade	Wood plastic composite products, 23.24 kg/m ² , 1180 kg/m ³ , WEO 35 (Fiberdeck SAS)	  	35464	kg		59 t		As building		

(d)

Building materials*

in Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	7680	kg		112 t		As building		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	256	m ³		64 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg...	  	1280	m ²	30	4.1 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UH0 (Saint-Gobain ...	  	1260	m ²		2.8 t		30		
☐ External walls and facade	Wood plastic composite products, 23.24 kg/m ² , 1180 kg/m ³ , WEO 35 (Fiberdeck SAS)	  	29747	kg		50 t		As building		

(e)

Şekil D.12 : Ahşap kompozit- H plan tipine ait programa girilen girdiler
(a) T4C1M3 (b) T4C2M3 (c) T4C3M3 (d) T4C4M3 (e) T4C5M3.

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	366	m ³		91 t		As building	
☐	External walls and facade	Galvanized steel profiles, 7550 kg/m ³ (Heoprofil)	 	22875	kg		62 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	 	1830	m ²	30	6.9 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1820	m ²		3.7 t		30	
☐	External walls and facade	Granite products, Thickness: 2 cm, 54 kg/m ² , 2700 kg/m ³ (Savema)	  	1830	m ²	20	66 t		As building	

(a)

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	374.4	m ³		93 t		As building	
☐	External walls and facade	Galvanized steel profiles, 7550 kg/m ³ (Heoprofil)	  	23480	kg		63 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	 	1872	m ²	30	6 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1852	m ²		3.8 t		30	
☐	External walls and facade	Granite products, Thickness: 2 cm, 54 kg/m ² , 2700 kg/m ³ (Savema)	  	1872	m ²	20	67 t		As building	

(b)

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	375.6	m ³		94 t		As building	
☐	Foundation and sub-surface	Galvanized steel profiles, 7550 kg/m ³ (Heoprofil)	  	23475	kg		63 t		Permanent	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	  	1878	m ²	30	6.1 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1858	m ²		3.8 t		30	
☐	External walls and facade	Granite products, Thickness: 2 cm, 54 kg/m ² , 2700 kg/m ³ (Savema)	  	1878	m ²	20	68 t		As building	

(c)

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	400.8	m ³		100 t		As building	
☐	External walls and facade	Galvanized steel profiles, 7550 kg/m ³ (Heoprofil)	 	25950	kg		67 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	 	2004	m ²	30	6.6 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...	 	1984	m ²		4 t		30	
☐	External walls and facade	Granite products, Thickness: 2 cm, 54 kg/m ² , 2700 kg/m ³ (Savema)	 	2004	m ²	20	72 t		As building	

(d)

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	340.4	m ³		85 t		As building	
☐	External walls and facade	Galvanized steel profiles, 7550 kg/m ³ (Heoprofil)	  	21275	kg		57 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	  	1782	m ²	30	5.6 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1682	m ²		3.4 t		30	
☐	External walls and facade	Granite products, Thickness: 2 cm, 54 kg/m ² , 2700 kg/m ³ (Savema)	  	1782	m ²	20	61 t		As building	

(e)

Şekil D.13 : Granit - avlulu plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T1C1M4 (b) T1C2M4 (c) T1C3M4 (d) T1C4M4 (e) T1C5M4.

Building materials*

Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	240.8	m ³		60 t		As building		
☐ External walls and facade	Galvanized steel profiles, 7850 kg/m ³ (Heiprofil)	 	15050	kg		41 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 79 kg/m ³	 	1204	m ²	30	3.9 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...)	 	1104	m ²		2.4 t		30		
☐ External walls and facade	Granite products, Thickness: 2 cm, 54 kg/m ² , 2700 kg/m ³ (Savema)	 	1204	m ²	20	43 t		As building		

(a)

Building materials*

Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	252.2	m ³		63 t		As building		
☐ External walls and facade	Galvanized steel profiles, 7850 kg/m ³ (Heiprofil)	 	15762	kg		42 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 79 kg/m ³	 	1261	m ²	30	4.1 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...)	 	1241	m ²		2.6 t		30		
☐ External walls and facade	Granite products, Thickness: 2 cm, 54 kg/m ² , 2700 kg/m ³ (Savema)	 	1261	m ²	20	46 t		As building		

(b)

Building materials*

Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	240	m ³		62 t		As building		
☐ Foundation and sub-surface	Galvanized steel profiles, 7850 kg/m ³ (Heiprofil)	 	15500	kg		42 t		Permanent		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 79 kg/m ³	 	1240	m ²	30	4 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...)	 	1220	m ²		2.6 t		30		
☐ External walls and facade	Granite products, Thickness: 2 cm, 54 kg/m ² , 2700 kg/m ³ (Savema)	 	1240	m ²	20	46 t		As building		

(c)

Building materials*

Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	260.2	m ³		67 t		As building		
☐ External walls and facade	Galvanized steel profiles, 7850 kg/m ³ (Heiprofil)	 	16762	kg		46 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 79 kg/m ³	 	1341	m ²	30	4.3 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...)	 	1321	m ²		2.7 t		30		
☐ External walls and facade	Granite products, Thickness: 2 cm, 54 kg/m ² , 2700 kg/m ³ (Savema)	 	1341	m ²	20	48 t		As building		

(d)

Building materials*

Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	224	m ³		56 t		As building		
☐ External walls and facade	Galvanized steel profiles, 7850 kg/m ³ (Heiprofil)	 	14000	kg		38 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 79 kg/m ³	 	1120	m ²	30	3.6 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...)	 	1100	m ²		2.2 t		30		
☐ External walls and facade	Granite products, Thickness: 2 cm, 54 kg/m ² , 2700 kg/m ³ (Savema)	 	1120	m ²	20	40 t		As building		

(e)

Şekil D.14 : Granit- L plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T2C1M4 (b) T2C2M4 (c) T2C3M4 (d) T2C4M4 (e) T2C5M4.

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	 	229.2	m ³		55.1		As building	
☐ External walls and facade	Galvanized steel profiles, 7850 kg/m ³ (Heiprofil)	 	13762	kg		37.1		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	 	1181	m ²	30	3.5.1		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...	 	1181	m ²		2.4.1		30	
☐ External walls and facade	Granite products, Thickness: 2 cm, 54 kg/m ² , 2700 kg/m ³ (Savema)	  	1181	m ²	20	40.1		As building	

(a)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	 	235.4	m ³		57.1		As building	
☐ External walls and facade	Galvanized steel profiles, 7850 kg/m ³ (Heiprofil)	 	14480	kg		39.1		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	 	1152	m ²	30	3.7.1		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...	 	1132	m ²		2.3.1		30	
☐ External walls and facade	Granite products, Thickness: 2 cm, 54 kg/m ² , 2700 kg/m ³ (Savema)	  	1152	m ²	20	41.1		As building	

(b)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	 	225	m ³		56.1		As building	
☐ External walls and facade	Galvanized steel profiles, 7850 kg/m ³ (Heiprofil)	 	14962	kg		38.1		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	 	1125	m ²	30	3.6.1		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...	 	1195	m ²		2.2.1		30	
☐ External walls and facade	Granite products, Thickness: 2 cm, 54 kg/m ² , 2700 kg/m ³ (Savema)	  	1125	m ²	20	41.1		As building	

(c)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	 	245.2	m ³		61.1		As building	
☐ External walls and facade	Galvanized steel profiles, 7850 kg/m ³ (Heiprofil)	 	15325	kg		41.1		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	 	1226	m ²	30	4.1		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...	 	1296	m ²		2.6.1		30	
☐ External walls and facade	Granite products, Thickness: 2 cm, 54 kg/m ² , 2700 kg/m ³ (Savema)	  	1226	m ²	20	44.1		As building	

(d)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	 	264.8	m ³		51.1		As building	
☐ External walls and facade	Galvanized steel profiles, 7850 kg/m ³ (Heiprofil)	 	13889	kg		34.1		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/...	 	1024	m ²	30	3.3.1		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...	 	1004	m ²		2.1		30	
☐ External walls and facade	Granite products, Thickness: 2 cm, 54 kg/m ² , 2700 kg/m ³ (Savema)	  	1024	m ²	20	37.1		As building	

(e)

Şekil D.15 : Granit- dikdörtgen plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T3C1M4 (b) T3C2M4 (c) T3C3M4 (d) T3C4M4 (e) T3C5M4.

Building materials*

Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	  	275.2	m ³		69 t		As building		
☐ External walls and facade	Galvanized steel profiles, 7550 kg/m ³ (Heoprolit)	  	17200	kg		46 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2 t kg/m ² , 70 kg...	  	1376	m ²	30	4.4 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UH0 (Saint-Gobain ...	  	1356	m ²		2.8 t		30		
☐ External walls and facade	Granite products, Thickness: 2 cm, 54 kg/m ² , 2700 kg/m ³ (Savema)	  	1376	m ²	20	50 t		As building		

(a)

Building materials*

Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	  	286.8	m ³		72 t		As building		
☐ External walls and facade	Galvanized steel profiles, 7550 kg/m ³ (Heoprolit)	  	17925	kg		48 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2 t kg/m ² , 70 kg...	  	1434	m ²	30	4.6 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UH0 (Saint-Gobain ...	  	1324	m ²		2.7 t		30		
☐ External walls and facade	Granite products, Thickness: 2 cm, 54 kg/m ² , 2700 kg/m ³ (Savema)	  	1434	m ²	20	52 t		As building		

(b)

Building materials*

Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	  	209.6	m ³		72 t		As building		
☐ External walls and facade	Galvanized steel profiles, 7550 kg/m ³ (Heoprolit)	  	18100	kg		49 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2 t kg/m ² , 70 kg...	  	1446	m ²	30	4.7 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UH0 (Saint-Gobain ...	  	1426	m ²		2.9 t		30		
☐ External walls and facade	Granite products, Thickness: 2 cm, 54 kg/m ² , 2700 kg/m ³ (Savema)	  	1446	m ²	20	52 t		As building		

(c)

Building materials*

Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	  	305.2	m ³		76 t		As building		
☐ External walls and facade	Galvanized steel profiles, 7550 kg/m ³ (Heoprolit)	  	19075	kg		51 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2 t kg/m ² , 70 kg...	  	1526	m ²	30	4.9 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UH0 (Saint-Gobain ...	  	1506	m ²		3.1 t		30		
☐ External walls and facade	Granite products, Thickness: 2 cm, 54 kg/m ² , 2700 kg/m ³ (Savema)	  	1526	m ²	20	56 t		As building		

(d)

Building materials*

Drag here to set row groups										
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years		
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15004+A1, ref. year 2018	  	256	m ³		64 t		As building		
☐ External walls and facade	Galvanized steel profiles, 7550 kg/m ³ (Heoprolit)	  	16000	kg		43 t		As building		
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2 t kg/m ² , 70 kg...	  	1200	m ²	30	4.1 t		As building		
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UH0 (Saint-Gobain ...	  	1260	m ²		2.6 t		30		
☐ External walls and facade	Granite products, Thickness: 2 cm, 54 kg/m ² , 2700 kg/m ³ (Savema)	  	1200	m ²	20	46 t		As building		

(e)

Şekil D.16 : Granit- H plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T4C1M4 (b) T4C2M4 (c) T4C3M4 (d) T4C4M4 (e) T4C5M4.

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Glazed porcelain tiles, 10 mm, 22.21 kg/m ² , 2220.5 kg/m ³ (Ege Seramik)	  	1830	m ²	10	24 t		30	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	10900	kg		160 t	As building		
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	366	m ³		91 t	As building		
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	  	1830	m ²	30	6.9 t	As building		
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...)	  	1820	m ²		3.7 t		30	

(a)

Building materials*

an Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name		Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years
☐	External walls and facade	Glazed porcelain tiles, 10 mm, 22.21 kg/m ² , 2220.5 kg/m ³ (Ege Seramik)		 	1882	m ²	10	24 t		30
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018		 	11292	kg		165 t	As building	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018		 	378.4	m ³		94 t	As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³		 	1882	m ²	30	6.1 t	As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...)		 	1862	m ²		3.8 t		30

(b)

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Glazed porcelain tiles, 10 mm, 22.21 kg/m ² , 2220.5 kg/m ³ (Ege Seramik)	  	1876	m ²	10	24 t		30	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	11268	kg		164 t	As building		
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	375.6	m ³		94 t	As building		
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	  	1876	m ²	30	6.1 t	As building		
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...)	  	1858	m ²		3.8 t		30	

(c)

Building materials*

in Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Glazed porcelain tiles, 10 mm, 22.21 kg/m ² , 2220.5 kg/m ³ (Ege Seramik)	  	2004	m ²	10	26 t		30	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	12624	kg		175 t		As building	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	400.8	m ³		100 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	  	2004	m ²	30	6.5 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...)	  	1984	m ²		4 t		30	

(d)

Building materials*

in Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Glazed porcelain tiles, 10 mm, 22.21 kg/m ² , 2220.5 kg/m ³ (Ege Seramik)	  	1762	m ²	10	22 t		30	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	10212	kg		149 t		As building	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	340.4	m ³		85 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	  	1762	m ²	30	5.5 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...)	  	1682	m ²		3.4 t		30	

(e)

Şekil D.17 : Seramik- avlulu plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T1C1M5 (b) T1C2M5 (c) T1C3M5 (d) T1C4M5 (e) T1C5M5.

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Glazed porcelain tiles, 10 mm, 22.21 kg/m ² , 2220.5 kg/m ³ (Ege Seramik)		1204	m ²	10	15 t		30	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2016		7224	kg		195 t	As building		
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2016		240.8	m ³		80 t	As building		
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³		1204	m ²	30	3.9 t	As building		
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UHI (Saint-Gobain ...)		1184	m ²		2.4 t		30	

(a)

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Glazed porcelain tiles, 10 mm, 22.21 kg/m ² , 2220.5 kg/m ³ (Ege Seramik)		1261	m ²	10	16 t		30	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2016		7566	kg		110 t	As building		
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2016		252.2	m ³		83 t	As building		
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³		1261	m ²	30	4.1 t	As building		
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UHI (Saint-Gobain ...)		1241	m ²		2.5 t		30	

(b)

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Glazed porcelain tiles, 10 mm, 22.21 kg/m ² , 2220.5 kg/m ³ (Ege Seramik)		1240	m ²	10	16 t		30	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2016		7440	kg		108 t		As building	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2016		248	m ³		82 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³		1240	m ²	30	4 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UHI (Saint-Gobain ...)		1220	m ²		2.5 t		30	

(c)

Building materials*

on Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Glazed porcelain tiles, 10 mm, 22.21 kg/m ² , 2220.5 kg/m ³ (Ege Seramik)		1341	m ²	10	17 t		30	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2016		8046	kg		117 t		As building	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2016		268.2	m ³		87 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³		1341	m ²	30	4.3 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UHI (Saint-Gobain ...)		1321	m ²		2.7 t		30	

(d)

Building materials*

in Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Glazed porcelain tiles, 10 mm, 22.21 kg/m ² , 2220.5 kg/m ³ (Ege Seramik)		1120	m ²	10	14 t		30	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2016		6720	kg		98 t		As building	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2016		224	m ³		56 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³		1120	m ²	30	3.6 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UHI (Saint-Gobain ...)		1100	m ²		2.2 t		30	

(e)

Şekil D.18 : Seramik- L plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T2C1M5 (b) T2C2M5 (c) T2C3M5 (d) T2C4M5 (e) T2C5M5.

Building materials*

in Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Glazed porcelain tiles, 10 mm, 22.21 kg/m ² , 2220.5 kg/m ³ (Ege Seramik)		1101	m ²	10	14 t		30	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018		6606	kg		90 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018		220.2	m ³		55 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³		1101	m ²	30	3.5 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...)		1001	m ²		2.2 t		30	

(a)

Building materials*

in Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Glazed porcelain tiles, 10 mm, 22.21 kg/m ² , 2220.5 kg/m ³ (Ege Seramik)		1152	m ²	10	15 t		30	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018		6912	kg		101 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018		230.4	m ³		57 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³		1152	m ²	30	3.7 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...)		1152	m ²		2.3 t		30	

(b)

Building materials*

in Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Glazed porcelain tiles, 10 mm, 22.21 kg/m ² , 2220.5 kg/m ³ (Ege Seramik)		1226	m ²	10	14 t		30	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018		6750	kg		90 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018		225	m ³		56 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³		1226	m ²	30	3.6 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...)		1105	m ²		2.2 t		30	

(c)

Building materials*

in Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Glazed porcelain tiles, 10 mm, 22.21 kg/m ² , 2220.5 kg/m ³ (Ege Seramik)		1226	m ²	10	15 t		30	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018		7356	kg		107 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018		245.2	m ³		61 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³		1226	m ²	30	4 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...)		1206	m ²		2.5 t		30	

(d)

Building materials*

in Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Glazed porcelain tiles, 10 mm, 22.21 kg/m ² , 2220.5 kg/m ³ (Ege Seramik)		1024	m ²	10	13 t		30	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018		6144	kg		90 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018		204.8	m ³		51 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³		1024	m ²	30	3.3 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Rimano UNI (Saint-Gobain ...)		1004	m ²		2 t		30	

(e)

Şekil D.19 : Seramik- dikkdörtgen plan tipine ait programa girilen girdiler
(a) T3C1M5 (b) T3C2M5 (c) T3C3M5 (d) T3C4M5 (e) T3C5M5.

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Glazed porcelain tiles, 10 mm, 22.21 kg/m ² , 2220 5 kg/m ³ (Ege Seramik)	  	1376	m ²	10	18 t		30	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	8256	kg		120 t		As building	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	275.2	m ³		69 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	  	1376	m ²	30	4.4 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UHI (Saint-Gobain ...	  	1356	m ²		2.8 t		30	

(a)

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Glazed porcelain tiles, 10 mm, 22.21 kg/m ² , 2220 5 kg/m ³ (Ege Seramik)	  	1434	m ²	10	18 t		30	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	8604	kg		125 t	As building		
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	286.8	m ³		72 t	As building		
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	  	1434	m ²	30	4.6 t	As building		
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UHI (Saint-Gobain ...	  	1414	m ²		2.9 t		30	

(b)

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Glazed porcelain tiles, 10 mm, 22.21 kg/m ² , 2220 5 kg/m ³ (Ege Seramik)	  	1440	m ²	10	19 t		30	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	8688	kg		127 t		As building	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	289.6	m ³		72 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	  	1440	m ²	30	4.7 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UHI (Saint-Gobain ...	  	1420	m ²		2.9 t		30	

(c)

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Glazed porcelain tiles, 10 mm, 22.21 kg/m ² , 2220 5 kg/m ³ (Ege Seramik)	  	1526	m ²	10	20 t		30	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	9156	kg		133 t	As building		
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	305.2	m ³		76 t	As building		
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	  	1526	m ²	30	4.9 t	As building		
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UHI (Saint-Gobain ...	  	1506	m ²		3.1 t		30	

(d)

Building materials*

in Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Glazed porcelain tiles, 10 mm, 22.21 kg/m ² , 2220 5 kg/m ³ (Ege Seramik)	  	1280	m ²	10	16 t		30	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	7680	kg		112 t		As building	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	256	m ³		64 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	  	1280	m ²	30	4.1 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UHI (Saint-Gobain ...	  	1260	m ²		2.6 t		30	

(e)

Şekil D.20 : Seramik- H plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T4C1M5 (b) T4C2M5 (c) T4C3M5 (d) T4C4M5 (e) T4C5M5.

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m3, EN15804+A1, ref. year 2018	  	14840	kg		213 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m3, non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	366	m3		91 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m2K/W, 30mm, 2.1 kg/m2, 70 kg/m3	  	1830	m2	30	5.9 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m2, 1004.74 kg/m3, Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1820	m2		3.7 t		30	
☐ External walls and facade	Ceramic tiles highly sintered glazed and non-glazed, high-density glazed and porous , manufacturer a...	  	1830	m2	6	12 t	Representative material: High-density sintered ce...	30	

(a)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m3, EN15804+A1, ref. year 2018	  	15058	kg		219 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m3, non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	378.4	m3		94 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m2K/W, 30mm, 2.1 kg/m2, 70 kg/m3	  	1832	m2	30	6.1 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m2, 1004.74 kg/m3, Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1882	m2		3.8 t		30	
☐ External walls and facade	Ceramic tiles highly sintered glazed and non-glazed, high-density glazed and porous , manufacturer a...	  	1882	m2	6	13 t	Representative material: High-density sintered ce...	30	

(b)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m3, EN15804+A1, ref. year 2018	  	15024	kg		219 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m3, non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	375.6	m3		94 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m2K/W, 30mm, 2.1 kg/m2, 70 kg/m3	  	1878	m2	30	6.1 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m2, 1004.74 kg/m3, Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1858	m2		3.8 t		30	
☐ External walls and facade	Ceramic tiles highly sintered glazed and non-glazed, high-density glazed and porous , manufacturer a...	  	1878	m2	6	12 t	Representative material: High-density sintered ce...	30	

(c)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m3, EN15804+A1, ref. year 2018	  	16032	kg		234 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m3, non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	400.8	m3		100 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m2K/W, 30mm, 2.1 kg/m2, 70 kg/m3	  	2004	m2	30	6.5 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m2, 1004.74 kg/m3, Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1904	m2		4 t		30	
☐ External walls and facade	Ceramic tiles highly sintered glazed and non-glazed, high-density glazed and porous , manufacturer a...	  	2004	m2	6	13 t	Representative material: High-density sintered ce...	30	

(d)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m3, EN15804+A1, ref. year 2018	  	13616	kg		198 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m3, non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	340.4	m3		85 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m2K/W, 30mm, 2.1 kg/m2, 70 kg/m3	  	1782	m2	30	5.5 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m2, 1004.74 kg/m3, Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1682	m2		3.4 t		30	
☐ External walls and facade	Ceramic tiles highly sintered glazed and non-glazed, high-density glazed and porous , manufacturer a...	  	1782	m2	6	11 t	Representative material: High-density sintered ce...	30	

(e)

Şekil D.21 : Porselen levha- avlulu plan tipine ait programa girilen girdiler
(a) T1C1M6 (b) T1C2M6 (c) T1C3M6 (d) T1C4M6 (e) T1C5M6.

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Aluminum profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	 	9632	kg		140 t		As building	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	240.8	m ³		60 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	 	1204	m ²	30	3.9 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...	 	1104	m ²		2.4 t		30	
☐	External walls and facade	Ceramic tiles highly sintered glazed and non-glazed, high-density glazed and porous, manufacturer a...	  	1204	m ²	6	8 t	Representative material: High-density sintered ce...	30	

(a)

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name		Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years
☐	External walls and facade	Aluminum profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018			10088	kg		147 t		As building
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018			240.2	m ³		62 t		As building
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³			1261	m ²	30	4.1 t		As building
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...			1241	m ²		2.5 t		30
☐	External walls and facade	Ceramic tiles highly sintered glazed and non-glazed, high-density glazed and porous, manufacturer a...			1261	m ²	6	8.4 t	Representative material: High-density sintered ce...	30

(b)

Building materials*

Drag here to set row groups									
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years
☐	External walls and facade	Aluminum profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	 	9920	kg		145 t		As building
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	248	m ³		62 t		As building
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	 	1240	m ²	30	4 t		As building
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...	 	1220	m ²		2.5 t		30
☐	External walls and facade	Ceramic tiles highly sintered glazed and non-glazed, high-density glazed and porous, manufacturer a...	 	1240	m ²	6	8.3 t	Representative material: High-density sintered ce...	30

(c)

Building materials*

in Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment		Service Life years
☐	External walls and facade	Aluminum profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	 	10728	kg		156 t			As building
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	 	268.2	m ³		67 t			As building
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	 	1341	m ²	30	4.3 t			As building
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...	 	1321	m ²		2.7 t			30
☐	External walls and facade	Ceramic tiles highly sintered glazed and non-glazed, high-density glazed and porous, manufacturer a...	 	1341	m ²	6	8.9 t	Representative material: High-density sintered ce...		30

(d)

Building materials*

Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name		Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years
☐	External walls and facade	Aluminum profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018			8960	kg		131 t		As building
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018			224	m ³		56 t		As building
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³			1120	m ²	30	3.6 t		As building
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...			1160	m ²		2.2 t		30
☐	External walls and facade	Ceramic tiles highly sintered glazed and non-glazed, high-density glazed and porous, manufacturer a...			1120	m ²	6	7.5 t	Representative material: High-density sintered ce...	30

(e)

Şekil D.22 : Porselen levha- L plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T2C1M6 (b) T2C2M6 (c) T2C3M6 (d) T2C4M6 (e) T2C5M6.

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminum profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018		8888	kg		128 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018		229.2	m ³		56 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2 t kg/m ² , 70 kg/...		1101	m ²	30	3.6 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...		1081	m ²		2.2 t		30	
☐ External walls and facade	Ceramic tiles highly sintered glazed and non-glazed, high-density glazed and porous , manufacturer a...		1101	m ²	6	7.3 t	Representative material: High-density sintered ce...	30	

(a)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminum profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018		9218	kg		134 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018		230.4	m ³		57 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2 t kg/m ² , 70 kg/...		1152	m ²	30	3.7 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...		1132	m ²		2.3 t		30	
☐ External walls and facade	Ceramic tiles highly sintered glazed and non-glazed, high-density glazed and porous , manufacturer a...		1152	m ²	6	7.7 t	Representative material: High-density sintered ce...	30	

(b)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminum profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018		9090	kg		131 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018		225	m ³		56 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2 t kg/m ² , 70 kg/...		1125	m ²	30	3.6 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...		1195	m ²		2.2 t		30	
☐ External walls and facade	Ceramic tiles highly sintered glazed and non-glazed, high-density glazed and porous , manufacturer a...		1125	m ²	6	7.5 t	Representative material: High-density sintered ce...	30	

(c)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminum profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018		8680	kg		143 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018		245.2	m ³		61 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2 t kg/m ² , 70 kg/...		1226	m ²	30	4 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...		1296	m ²		2.5 t		30	
☐ External walls and facade	Ceramic tiles highly sintered glazed and non-glazed, high-density glazed and porous , manufacturer a...		1226	m ²	6	8.2 t	Representative material: High-density sintered ce...	30	

(d)

Building materials*

Drag here to set row groups									
Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐ External walls and facade	Aluminum profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018		8192	kg		119 t		As building	
☐ External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018		204.8	m ³		51 t		As building	
☐ External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2 t kg/m ² , 70 kg/...		1024	m ²	30	3.3 t		As building	
☐ External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...		1004	m ²		2 t		30	
☐ External walls and facade	Ceramic tiles highly sintered glazed and non-glazed, high-density glazed and porous , manufacturer a...		1024	m ²	6	6.8 t	Representative material: High-density sintered ce...	30	

(e)

Şekil D.23 : Porselen levha- dikkörtgen plan tipine ait programa girilen girdiler
(a) T3C1M6 (b) T3C2M6 (c) T3C3M6 (d) T3C4M6 (e) T3C5M6.

Building materials*

in Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	11000	kg		160 t		As building	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	275.2	m ³		69 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	  	1376	m ²	30	4.4 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1356	m ²		2.8 t		30	
☐	External walls and facade	Ceramic tiles highly sintered glazed and non-glazed, high-density glazed and porous , manufacturer a...	  	1376	m ²	6	9.2 t	Representative material: High-density sintered ce...	30	

(a)

Building materials*

in Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	11472	kg		167 t		As building	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	286.8	m ³		72 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	  	1434	m ²	30	4.6 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1414	m ²		2.9 t		30	
☐	External walls and facade	Ceramic tiles highly sintered glazed and non-glazed, high-density glazed and porous , manufacturer a...	  	1434	m ²	6	9.5 t	Representative material: High-density sintered ce...	30	

(b)

Building materials*

in Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018	  	11594	kg		169 t		As building	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	289.6	m ³		72 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³	  	1445	m ²	30	4.7 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1420	m ²		2.9 t		30	
☐	External walls and facade	Ceramic tiles highly sintered glazed and non-glazed, high-density glazed and porous , manufacturer a...	  	1440	m ²	6	9.6 t	Representative material: High-density sintered ce...	30	

(c)

Building materials*

in Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name	Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years	
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m3, EN15804+A1, ref. year 2018	  	12208	kg		178 t		As building	
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m3, non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018	  	305.2	m3		76 t		As building	
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m2K/W, 30mm, 2.1 kg/m2, 70 kg/m3	  	1526	m2	30	4.9 t		As building	
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m2, 1004.74 kg/m3, Romano UNI (Saint-Gobain ...	  	1506	m2		3.1 t		30	
☐	External walls and facade	Ceramic tiles highly sintered glazed and non-glazed, high-density glazed and porous , manufacturer a...	  	1526	m2	6	10 t	Representative material: High-density sintered ce...	30	

(d)

Building materials*

in Drag here to set row groups										
	Building Part	Resource Name		Details	Quantity	Unit	Thickness mm	CO ₂ e	Comment	Service Life years
☐	External walls and facade	Aluminium profile (updated dataset), 2700 kg/m ³ , EN15804+A1, ref. year 2018			10240	kg		149 t		As building
☐	External walls and facade	Aerated concrete, 500 kg/m ³ , non-reinforced, P4 05, EN15804+A1, ref. year 2018			256	m ³		64 t		As building
☐	External walls and facade	Stone wool (mineral wool) insulation, unfaced, L = 0.03 W/mK, R = 1 m ² K/W, 30mm, 2.1 kg/m ² , 70 kg/m ³			1280	m ²	30	4.1 t		As building
☐	External walls and facade	Gypsum plaster for interior applications, 10 mm, 8 kg/m ² , 1004.74 kg/m ³ , Romano UNI (Saint-Gobain ...			1260	m ²		2.6 t		30
☐	External walls and facade	Ceramic tiles highly sintered glazed and non-glazed, high-density glazed and porous , manufacturer a...			1280	m ²	6	8.6 t	Representative material: High-density sintered ce...	30

(e)

Şekil D.24 : Porselen levha- H plan tipine ait programa girilen girdiler (a) T4C1M6 (b) T4C2M6 (c) T4C3M6 (d) T4C4M6 (e) T4C5M6.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : DİLFURUZ KARA

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2021, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü

YÜKSEK LİSANS TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Kara D, Göçer C.** 2025. Evaluation of Exterior Cladding Materials in Educational Buildings in Terms of Embodied Energy. *4th International Graduate Research Symposium: IGRS'25*, Mayıs 12-14, 2025 HYBRID, Turkey.