

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OPAK DÜŞEY YAPI KABUĞUNUN ENERJİ-EMERJİ PERFORMANSININ
DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR YAKLAŞIM**

FİRUZE İLGİN ERKMEN

**DOKTORA TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YAPI FİZİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. GÜLAY ZORER GEDİK**

İSTANBUL, 2012

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OPAK DÜŞEY YAPI KABUĞUNUN ENERJİ-EMERJİ PERFORMANSININ
DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR YAKLAŞIM**

Firuze İlgin ERKMEN tarafından hazırlanan tez çalışması 15 Kasım 2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Gülay Zorer GEDİK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Gülay Zorer GEDİK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Müjgan Şerefhanoglu SÖZEN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Seda TÖNÜK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Gül Koçlar ORAL
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Demet İrklı ERYILDIZ
Maltepe Üniversitesi

ÖNSÖZ

Yapı kabuğunun üretim ve kullanım aşamalarının her birinde ayrı süreçlerde enerji-enerji tüketimi söz konusudur. Bu açıdan, bu iki aşama birarada değerlendirilerek yapı kabuğunun performansı, enerji korunumu ve çevresel değerlendirme ölçütleri açısından ele alınmalıdır. Bu amaca yönelik olarak “Opak Düşey Yapı Kabuğunun Enerji-Enerji Performansının Değerlendirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım” geliştirilmiştir.

Doktora tez çalışmamın tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. Gülay Zorer Gedik'e, tez izleme komitesi üyeleri Prof. Müjgan Şerefhanoglu Sözen'e ve Prof. Dr. Gül Koçlar Oral'a değerli görüşleri, yönlendirmeleri ve katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Benim bu yolda ilerlemem için her zaman teşvik eden ve beni cesaretlendiren sevgili hocam Prof. Dr. Ayşen Akpınar'a teşekkür ederim.

Ayrıca zorlu tez sürecinde daima yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen canım annem Fergün Erkmen'e ve biricik kızım Begüm Aytaç'a anlayış ve sabırlarından dolayı çok teşekkür ederim.

Kasım, 2012

Firuze İlgin ERKMEN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	viii
KISALTMA LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
ABSTRACT	xvii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	9
1.3 Hipotez	10
BÖLÜM 2	
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE YAPI KABUĞU	12
2.1 Sürdürülebilirliğin Tanımı, Kapsamı, Önemi	12
2.2 Sürdürülebilir Yapı	13
2.2.1 Sürdürülebilirlik Kapsamında Yapı Yaşam Döngüsü	15
2.2.1.1 Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi YDD	15
2.2.1.2 Çevre Etiketleri	18
2.2.2 Yapı Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik Modeller	19
2.2.2.1 LEED Modeli	19
2.2.2.2 BREEAM Modeli	21
2.3 Sürdürülebilir Yapılarda Yapı Kabuğu	24
2.3.1 Yapı Kabuğu Fiziksel Özellikleri.....	24
2.3.2 Yapı Kabuğu Çevresel Performansı.....	25
2.3.3 Yapı Kabuğu ve Yalıtım İlişkisi	27
2.3.3.1 Yalıtım Malzemelerinin Sınıflandırılması.....	28
2.3.3.2 Yalıtım Malzemesi Seçim Süreci.....	30
2.4 Yapı Kabuğunun Çevresel Performansının Belirlenmesi.....	36
2.4.1 Oluşum Enerjisi.....	37
2.4.1.1 İlk Oluşum Enerjisi.....	38
2.4.1.2 Tekrarlanan Oluşum Enerjisi	39
2.4.1.3 Oluşum Enerjisinin Çevresel Etkileri	40

2.4.2	Özgül Enerji.....	43
2.5	Yapı Kabuğu Üretim Aşaması Enerji Analizi ve Enerji Değerlendirmesi ..	44
2.5.1	Üretim Enerjisi Analizi (ÜEA)	44
2.5.2	Üretim Enerjisi Değerlendirmesi (ÜED).....	45
2.5.3	Üretim Bakım- Onarım Enerjisi Analizi ve Enerji Değerlendirmesi ..	50
2.6	Yapı Kabuğu Kullanım Aşaması Enerji Analizi ve Enerji Değerlendirmesi	51
2.6.1	Isıl Analiz (IA)	51
2.6.2	Kullanım Enerjisi Analizi (KEA)	54
2.6.3	Kullanım Enerjisi Değerlendirmesi (KED).....	54
BÖLÜM 3		
OPAK DÜŞEY YAPI KABUĞUNUN ENERJİ-EMERJİ PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN BİR YAKLAŞIM		
3.1	Yaklaşımın Amacı	56
3.2	Yaklaşımın Kapsamı.....	58
3.3	Yaklaşımın Adımları.....	60
BÖLÜM 4		
ÖNERİLEN YAKLAŞIMIN ÖRNEK UYGULAMASI		
4.1	Yaklaşımın Ankara İli İçin Örnek Uygulaması	71
4.1.1	İklim Verilerinin Elde Edilmesi- Ankara.....	71
4.1.2	İklim Bölgesine Göre Opak Düşey Yapı Kabuğu Seçeneklerinin ve Hacmin Fiziksel Özellik ve Büyüklüklerinin Belirlenmesi	72
4.1.2.1	Kesit Seçeneklerinin Belirlenmesi- Ankara	72
4.1.2.2	Hacmin Fiziksel Özellik ve Büyüklüklerin Belirlenmesi	78
4.1.3	Yapı Kabuğu Üretim Enerjisi ve Enerji Değerlendirmesinin Yapılması - Ankara	79
4.1.3.1	İlk Üretim Enerjisinin ve Enerjisinin Bulunması- Ankara.....	80
4.1.3.2	Tekrarlanan Üretim Enerjisi ve Enerjisinin Bulunması- Ankara ..	80
4.1.3.3	Toplam Üretim Enerjisinin ve Enerjisinin Bulunması - Ankara ...	81
4.1.3.4	Yıllık Üretim Enerjisi ve Enerjisinin Bulunması- Ankara	82
4.1.3.5	Kesitlerin Yalın Kesitlere Göre İlave Enerji- Enerji Oranının Saptanması- Ankara	82
4.1.4	Yapı Kabuğu Kullanım Enerjisi Analizi- Enerji Değerlendirmesinin Yapılması- Ankara	87
4.1.4.1	Hacmin Isıtma ve Soğutma Yüklerinin Hesaplanması-Ankara	87
4.1.4.2	Kullanım Enerjisi Analizinin Yapılması - Ankara	89
4.1.4.3	Kullanım Enerjisi Değerlendirmesi Yapılması- Ankara	91
4.1.4.4	Kesitlerin Yalın Kesite Göre Enerji-Emerji Tasarruf Oranlarının Saptanması- Ankara	93
4.1.5	Yapı Kabuğu Kesitlerinin Toplam Tasarruf Oranlarının Belirlenmesi- Ankara	96
4.1.6	Kesitlerin Toplam Enerji-Emerji Tüketiminin Bulunması- Ankara	96
4.1.1	Kesitlerin Etkinlik Yüzdesinin Belirlenmesi - Ankara.....	99
4.2	Yaklaşımın İzmir İli İçin Örnek Uygulaması	100
4.2.1	İklim Verilerinin Elde Edilmesi- İzmir	100
4.2.2	İklim Bölgesine Göre Opak Düşey Yapı Kabuğu Seçeneklerinin ve Hacmin Fiziksel Özellik ve Büyüklüklerinin Belirlenmesi	100

4.2.2.1	Kesit Seçeneklerinin Belirlenmesi- İzmir	100
4.2.2.2	Hacmin Fiziksel Özellik ve Büyüklüklerin Belirlenmesi	101
4.2.3	Yapı Kabuğu Üretim Enerjisi ve Emerji Değerlendirmesinin Yapılması- İzmir	102
4.2.3.1	İlk Üretim Enerjisinin ve Emerjisinin Bulunması- İzmir	102
4.2.3.2	Tekrarlanan Üretim Enerjisinin ve Emerjisinin Bulunması.....	103
4.2.3.3	Toplam Üretim Enerjisinin ve Emerjisinin Bulunması.....	103
4.2.3.4	Yıllık Üretim Enerjisi ve Emerjisinin Bulunması- İzmir	103
4.2.3.5	Kesitlerin Yalın Kesitlere Göre İlave Enerji – Emerji Oranının Saptanması- İzmir	103
4.2.4	Yapı Kabuğu Kullanım Enerjisi Analizi- Emerji Değerlendirmesinin Yapılması- İzmir.....	106
4.2.4.1	Hacmin Isıtma ve Soğutma Yüklerinin Hesaplanması- İzmir.....	106
4.2.4.2	Kullanım Enerjisi Analizinin Yapılması- İzmir.....	108
4.2.4.3	Kullanım Emerjisi Değerlendirmesi Yapılması- İzmir	108
4.2.4.4	Kesitlerin Yalın Kesite Göre Enerji-Emerji Tasarruf Oranlarının Saptanması- İzmir	111
4.2.5	Yapı Kabuğu Kesitlerinin Toplam Tasarruf Oranlarının Belirlenmesi- İzmir	112
4.2.6	Kesitlerin Toplam Enerji-Emerji Tüketiminin Bulunması- İzmir.....	115
4.2.7	Kesitlerin Etkinlik Yüzdesinin Belirlenmesi - İzmir.....	115
4.3	Uygulama Çalışmasının Bulguları.....	117
BÖLÜM 5		
SONUÇ VE ÖNERİLER		121
KAYNAKLAR.....		130
EK-A		
YAPI KABUĞU KESİTLERİ ISI İLETKENLİK KATSAYISI.....		135
A-1	Ankara İli İçin Oluşturulan Yapı Kabuğu Kesitleri	135
A-2	İzmir İli İçin Oluşturulan Yapı Kabuğu Kesitleri.....	138
EK-B		
KESİTİ OLUŞTURAN MALZEMELERİN AĞIRLIKLARI.....		141
B-1	Ankara 3. Bölge İçin Önerilen U Değerlerine Göre Kesiti Oluşturan Malzemelerin Ağırlıkları	141
B-2	İzmir 1. Bölge İçin Önerilen U Değerlerine Göre Kesiti Oluşturan Malzemelerin Ağırlıkları	143
EK-C		
YAPI KABUĞU KESİTLERİNİN ÜRETİM AŞAMASINDA ENERJİ ANALİZLERİ.....		146
C-1	Ankara İli Yapı kabuğu Üretim Aşaması Enerji Analizleri.....	146
C-2	İzmir İli Yapı kabuğu Üretim Aşaması Enerji Analizleri	149
EK-D		
YAPI KABUĞU KESİTLERİNİN ÜRETİM AŞAMASINDA EMERJİ DEĞERLENDİRMESİ		151
D-1	Ankara İli Yapı kabuğu Üretim Aşaması Emerji Değerlendirmesi	151
D-2	İzmir İli Yapı kabuğu Üretim Aşaması Emerji Değerlendirmesi.....	154

EK-E	
ANKARA İLİ İKLİMSEL VERİLER	156
E-1 Ankara İli İklim Verileri.....	156
E-2 İzmir İli İklim Verileri	158
EK-F	
ISITMA-SOĞUTMA YÜKÜ GRAFİKLERİ	159
F-1 Ankara İli Örnek Hacmin Isıtma- Soğutma Yüğü Grafikleri	159
F-2 İzmir İli Örnek Hacmin Isıtma- Soğutma Yüğü Grafikleri	163
EK-G	
DERECE GÜN BÖLGELERİ.....	167
G-1 Türkiye’de TS 825’e göre, Derece Gün Bölgelerine göre İller	167
G-2 Isıtma ve Soğutma Derece Gün Değerlerine Göre Mekanik Ekipman Çalışma Saatleri	168
G-3 Ankara İli, Isıtma –Soğutma Derece-Gün Değerleri	168
G-4 Ankara Isıtma ve Soğutma Derece Gün Değerlerine Göre Mekanik Ekipman Çalışma Saatleri.....	169
G-5 İzmir İli, Isıtma –Soğutma Derece-Gün Değerleri.....	169
G-6 İzmir Isıtma ve Soğutma Derece Gün Değerlerine Göre Mekanik Ekipman Çalışma Saatleri.....	169
ÖZGEÇMİŞ.....	170

SİMGE LİSTESİ

μ	Su buharı difüzyon direnç faktörü
λ	Isıl iletkenlik hesap değeri, W/mK
ε	Verim
$1/\alpha_i$	İç yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci, m ² K/W
$1/\alpha_d$	Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci, m ² K/W
A	Malzemenin kapladığı alan, m ²
d	Yapı bileşeninin kalınlığı, m
Dm	Gün sayısı
e	Enerji etkinlik yüzdesi
h_d	Isıtma / soğutma günlük ekipman çalışma saati
q:	Isı kazanç ve kayıpları, kW
Td	Dış havanın yüzeye temas halinde olduğu sıcaklık, °C
Ti	İç havanın yüzeye temas halinde olduğu sıcaklık, °C
teco	Saydam bileşeni etkileyen günlük ortalama sol-air sıcaklık, °C
teoo	Opak bileşeni etkileyen günlük ortalama sol-air sıcaklık, °C
U	Isı iletkenlik Katsayısı, W/m ² K
Uc	Saydam bileşene ait toplam ısı geçirme katsayısı, W/m ² °C
Uo	Opak bileşene ait toplam ısı geçirme katsayısı, W/m ² °C
x	Saydamlık oranı

KISALTMA LİSTESİ

AP	Acidification Potential (Asidifikasyon Potansiyeli)
ASHRAE	The American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Topluluğu)
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method (Yapı Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Yöntemi)
CO ₂	Karbon Dioksit
GWP	Global-Warming Potential (Sera Etkisi Potansiyeli)
EA	Enerji Analizi (Energy Analysis- EA)
ED	Emerji Değerlendirmesi (Emergy Evaluation- EE)
EPS	Ekspande Polistiren Köpük
E _{top}	Kesitin Yıllık Enerji Toplamı, MJ
E _{mtop}	Kesitin Yıllık Emerji Toplamı, sej
E _{ref}	Referans Kesitin Yıllık Enerjisi
IA	Isıl Analiz (Thermal Analysis-TA)
KE	Kullanım Aşaması Enerjisi
K _{Em}	Kullanım Aşaması Emerjisi
KEA	Kullanım Aşaması Enerji Analizi
KED	Kullanım Aşaması Emerji Değerlendirmesi
LEED	Leadership in Energy and Environment Design (Enerji ve Çevre Tasarımında Lider)
M	Malzemenin Yapıdaki Ağırlığı, Ham Veri, Kg
MÖ	Malzemenin Ömrü, yıl
NRE	Non-Renewable Energy (Yenilenemeyen Enerji)
OE	Malzemenin Oluşum Enerji Değeri , MJ/ kg
Ö _{Em}	Malzemenin Özgül Emerji Değeri, sej/kg
TMMOB	Türkiye Mimarlar ve Mühendisler Odaları Birliği
USGBC	The U. S. Green Building Council (Birleşik Devletler Yeşil Yapı Konseyi)
Ü _E	Toplam Üretim Enerjisi, MJ
Ü _{Eilk}	Malzemenin İlk Üretim Enerjisi, MJ
Ü _{Etkr}	Malzemenin Bakım-Onarımı için Tekrarlanan Üretim Enerjisi, MJ
Ü _{Eyıl}	Yıllık Üretim Enerjisi, MJ
Ü _{Em}	Toplam Üretim Emerjisi, sej
Ü _{Emilk}	Malzemenin İlk Üretim Emerjisi, sej
Ü _{Emtkr}	Malzemenin Bakım-Onarımı için Tekrarlanan Üretim Emerjisi, sej
Ü _{Eyıl}	Yıllık Üretim Emerjisi, sej
Ü _{EA}	Üretim Aşaması Enerji Analizi

ÜED	Üretim Aşaması Enerji Değerlendirmesi
VOCs	Volatile Organic Compounds (Uçucu Organik Bileşikler)
XPS	Ekstrude Polistiren Köpük
Y	Malzemenin Yoğunluğu, Kg/m ³
YDD	Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi(Life Cycle Assessment - LCA)
YDEA	Yaşam Döngüsü Enerji Analizi
YDED	Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi
YYD	Yapı Yaşam Döngüsü
YÖ	Yapı Ömrü, yıl

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Yapı ürünü yaşam döngüsü evreleri	17
Şekil 2.2 Çevre ve yaşam döngüsü süreci bağlantısı	18
Şekil 2.3 Yapıdan kaynaklı enerji – emerji evreleri	37
Şekil 2.4 Genel bir üretim sisteminin emerji sistem şeması	49
Şekil 3.1 Yapı kabuğunun üretim ve kullanım enerjisi analizi - emerji değerlendirmesi	59
Şekil 3.2 Yaklaşımın akış şeması	70
Şekil 4.1 Uygulamanın kesit belirleme adımları	76
Şekil 4.2 Yapı güney ve doğu cepheleri	78
Şekil 4.3 Yapı kuzey ve batı cepheleri	78
Şekil 5.1 Ankara ve İzmir enerji etkinlik yüzdesi	126
Şekil 5.2 Ankara ve İzmir üretim enerjisinin toplam enerjideki payı	128
Şekil 5.3 Ankara ve İzmir üretim enerjisinin toplam enerjideki payı	128
Şekil E.1 Ankara ili aylık iklimsel verileri grafiği	157
Şekil E.2 İzmir ili aylık iklimsel verileri grafiği	158
Şekil F.1 Kesit 1 _{ANK} yalın duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği	159
Şekil F.2 Kesit 2 _{ANK} hava boşluklu yalıtımsız duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği	159
Şekil F.3 Kesit 3 _{ANK} dıştan 6cm eps yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği	160
Şekil F.4 Kesit 4 _{ANK} 6cm eps yalıtımlı sandviç duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği	160
Şekil F.5 Kesit 5 _{ANK} hava boşluklu+5cm eps yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği	160
Şekil F.6 Kesit 6 _{ANK} dıştan 6cm taşıyıcı yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği ..	161
Şekil F.7 Kesit 7 _{ANK} dıştan 6cm XPS yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği	161
Şekil F.8 Kesit 8 _{ANK} dıştan 6cm mantar yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği ..	161
Şekil F.9 Kesit 9 _{ANK} dıştan 6cm selülozik yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği ..	162
Şekil F.10 Kesit 10 _{ANK} dıştan 5cm taşıyıcı yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği	162
Şekil F.11 Kesit 11 _{ANK} dıştan 4cm XPS yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği	162
Şekil F.12 Kesit 12 _{ANK} dıştan 5cm selülozik yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği	163
Şekil F.13 Kesit 1 _{İZM} yalın duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği	163
Şekil F.14 Kesit 2 _{İZM} hava boşluklu yalıtımsız duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği	163
Şekil F.15 Kesit 3 _{İZM} dıştan 3cm. eps yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği	164
Şekil F.16 Kesit 4 _{İZM} 3cm. eps yalıtımlı sandviç duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği	164
Şekil F.17 Kesit 5 _{İZM} hava boşluklu 2cm. eps yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği	164
Şekil F.18 Kesit 6 _{İZM} dıştan 3cm. taşıyıcı yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği	165

Şekil F.19 Kesit 7 _{izM} dıştan 3cm. XPS yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği.....	165
Şekil F.20 Kesit 8 _{izM} dıştan 3cm. mantar yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği.	165
Şekil F.21 Kesit 9 _{izM} dıştan 3cm. selülozik yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği	166
Şekil G.1 Türkiye derece gün bölgeleri.....	167

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Isı yalıtım malzemeleri ve ürün standartları	28
Çizelge 2.2 Isı yalıtım malzemelerinin yapıldığı hammaddeye göre sınıflandırılması..	30
Çizelge 2.3 Isı yalıtım malzemeleri karşılaştırma tablosu	35
Çizelge 2.4 Yapı malzemelerinin üretiminde kullanılan fosil yakıt enerji miktarı	39
Çizelge 2.5 Yapı malzemelerinin üretiminde salınan ve depolanan karbon miktarı....	41
Çizelge 2.6 Bazı yapı bileşenlerinin oluşum enerjisi değerleri	43
Çizelge 2.7 Bazı yapı bileşenlerinin özgül emerji değerleri	44
Çizelge 2.8 Bazı yapı malzemelerinin ömrü	51
Çizelge 4.1 TS 825e göre önerilen U değerleri	73
Çizelge 4.2 Kullanılan yalıtım malzemelerine ait bilgiler.....	73
Çizelge 4.3 Ankara ili için oluşturulan yapı kabuğu kesitleri	77
Çizelge 4.4 Y apı malzemeleri oluşum enerjisi - özgül emerji değerleri.....	79
Çizelge 4.5 Ankara, kesitlerin ilk üretim enerjisi ve emerjisi	80
Çizelge 4.6 Malzemelerin tekrarlanan üretim enerji ve emerji değerleri.....	81
Çizelge 4.7 Ankara, kesitlerin yıllık üretim enerjisi ve emerjisi ve yalın duvara göre ilave enerji-emerji yatırımı ve oranları	86
Çizelge 4.8 Kullanım aşaması enerji ihtiyacı ve emerji harcamaları	87
Çizelge 4.9 Ankara, hacmin aylık ısıtma soğutma yükü hesapları.....	88
Çizelge 4.10 Ankara, yapı kabuğu kullanım enerjisi analizi.....	90
Çizelge 4.11 Ankara, yapı kabuğu kullanım enerjisi değerlendirmesi	92
Çizelge 4.12 Ankara, yapı kabuğu yıllık kullanım enerjisi-emerjisi- tasarruf oranları	94
Çizelge 4.13 Ankara, yapı kabuğu yıllık toplam tasarruf oranları	97
Çizelge 4.14 Ankara, yapı kabuğu kesitleri etkinlik yüzdesi	98
Çizelge 4.15 İzmir, yapı kabuğu kesitleri	101
Çizelge 4.16 İzmir, kesitlerin ilk üretim enerjisi ve emerjisi.....	103
Çizelge 4.17 İzmir, kesitlerin yıllık üretim enerjisi ve emerjisi ve yalın duvara göre ilave enerji-emerji yatırımı ve oranları	105
Çizelge 4.18 İzmir, hacmin aylık ısıtma soğutma yükü hesapları.....	107
Çizelge 4.19 İzmir, yapı kabuğu kullanım enerjisi analizi	109
Çizelge 4.20 İzmir, yapı kabuğu kullanım enerjisi değerlendirmesi.....	110
Çizelge 4.21 İzmir, yapı kabuğu yıllık kullanım enerjisi- emerjisi- tasarruf oranları	113
Çizelge 4.22 İzmir, yapı kabuğu yıllık toplam tasarruf oranları.....	114
Çizelge 4.23 İzmir, yapı kabuğu kesitleri etkinlik yüzdesi	116
Çizelge 4.24 Uygulama sonuçları tablosu	117
Çizelge 4.25 Ankara ili özet tablo	119

Çizelge 4.26 İzmir ili özet tablo	120
Çizelge A.1 Ankara ili yapı kabuğu kesitlerini oluşturan katmanlar ve U değerleri	135
Çizelge A.2 İzmir ili yapı kabuğu kesitlerini oluşturan katmanlar ve U değerleri.....	138
Çizelge B.1 Ankara ili kesitleri oluşturan malzemelerin ağırlıkları	141
Çizelge B.2 İzmir ili kesitleri oluşturan malzemelerin ağırlıkları	143
Çizelge C.1 Ankara, grup 1 yapı kabuğu kesitlerinin üretim enerjisi analizleri	146
Çizelge C.2 Ankara, grup 2 yapı kabuğu kesitlerinin üretim enerjisi analizleri	147
Çizelge C.3 Ankara, grup 3 yapı kabuğu kesitlerinin üretim enerjisi analizleri	147
Çizelge C.4 Ankara, grup 4 yapı kabuğu kesitlerinin üretim enerjisi analizleri	148
Çizelge C.5 İzmir, grup 1 yapı kabuğu kesitlerinin üretim enerjisi analizleri.....	149
Çizelge C.6 İzmir, grup 2 yapı kabuğu kesitlerinin üretim enerjisi analizleri	149
Çizelge C.7 İzmir, grup 3 yapı kabuğu kesitlerinin üretim enerjisi analizleri	150
Çizelge D.1 Ankara, grup 1 yapı kabuğu kesitlerinin üretim enerjisi analizleri.....	151
Çizelge D.2 Ankara, grup 2 yapı kabuğu kesitlerinin üretim enerjisi analizleri.....	152
Çizelge D.3 Ankara, grup 3 yapı kabuğu kesitlerinin üretim enerjisi analizleri	152
Çizelge D.4 Ankara, grup 4 yapı kabuğu kesitlerinin üretim enerjisi analizleri.....	153
Çizelge D.5 İzmir, grup 1 yapı kabuğu kesitlerinin üretim enerjisi analizleri	154
Çizelge D.6 İzmir, grup 2 yapı kabuğu kesitlerinin üretim enerjisi analizleri	154
Çizelge D.7 İzmir, grup 3 yapı kabuğu kesitlerinin üretim enerjisi analizleri	155
Çizelge E.1 Ankara ili iklimsel verileri	156
Çizelge E.2 İzmir ili iklimsel verileri	158
Çizelge G.1 Isıtma ve soğutma derece gün değer aralıklarına göre mekanik ekipman çalışma süresi	168
Çizelge G.2 Ankara, ısıtma ve soğutma derece gün değerleri	168
Çizelge G.3 Ankara, ısıtma ve soğutma derece gün değerlerine göre mekanik ekipman çalışma süresi	169
Çizelge G.4 İzmir, ısıtma ve soğutma derece gün değerleri.....	169
Çizelge G.5 İzmir, ısıtma ve soğutma derece gün değerlerine göre mekanik ekipman çalışma süresi	169

OPAK DÜŞEY YAPI KABUĞUNUN ENERJİ-EMERJİ PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR YAKLAŞIM

Firuze İlgin ERKMEN

Mimarlık Anabilim Dalı
Doktora Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gülay Zorer GEDİK

Günümüzde, yoğun olarak yaşanan çevre ve enerji sorunları, dünyayı ve insan sağlığını tehdit eden en büyük problemlerden birini oluşturmaktadır. Olumsuz etkilerin en aza indirilmesi veya yok edilmesi için, toplam enerji tüketiminin miktarı ve kaynağı dikkate alınması gereken konuların başında gelmektedir.

Yapı sanayisinin, çevre kirliliği ve enerji tüketimindeki payı büyüktür. Dünyada yapılar, CO2 emisyonlarının yaklaşık %50 sinden sorumludur. Yapının çevreye olumsuz etkilerine baktığımızda, tasarım, yapım ve kullanım aşamalarının her birinde sürekli bir kaynak tüketimi vardır. Sürdürülebilir bir çevre ve bir yapı ortaya koymak için; yapıların yaşam döngüsü boyunca, yapım, kullanım, bakım-onarım ve yıkım süreçlerinde sorunların anlaşılması ve bu sorunlara kapsamlı bir yaklaşım getirilmesi gerekmektedir. Bu açıdan, yapı kabuğunun performansı, enerji korunumu ve çevresel değerlendirme ölçütleri açısından birlikte ele alınmalıdır.

Bu çalışmada, düşey yapı kabuğunun performans değerlendirmesi, üretim ve kullanım olmak üzere iki aşamayı kapsamaktadır.

Bu tez çalışmasında;

Birinci bölümde; tezde yararlanılan literatür ile ilgili bilgi verilmiş, tezin amacı ve hipotezi ortaya konmuştur.

İkinci bölümde; sürdürülebilirlik ile ilgili tanımlar ve kavramlar verilmiştir. Sürdürülebilirlik bağlamında yapı kabuğu performansı ve yalıtım ilişkisi açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde; yapı kabuğunun çevresel performansının belirlenmesinde yararlanılan yöntemler, yapı üretim ve kullanım çerçevesinde yer almıştır. Yapı kabuğunun çevresel etki analizinde; üretim aşaması çevresel etkileri ve kullanım aşamalarında enerji gereksinimi ve emerji harcamaları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Yapı

kabuğunu oluşturan malzemelerin elde edilmesi, üretimi, taşınması ve uygulama aşamalarını kapsayan süreçteki toplam enerji olan oluşum enerjisi ve bunun yanı sıra yapılan işi güneş enerjisi cinsinden ölçen özgül emerji değerlerinin yapı üretim ve kullanım aşamalarındaki yerine değinilmiştir.

Dördüncü bölümde; tez kapsamında yapı kabuğu çevresel performansına yönelik bir yaklaşım ve yaklaşımda izlenecek adımlar ortaya konulmuştur. Bu adımlar kısaca;

- Yapı üretim enerjisi analizi (ÜEA) ve emerji değerlendirmesi (ÜED);
yapı kabuğunu oluşturan malzemelerin, üretiminden, yapıya ulaştırılması, yapıda uygulaması ve bakımı sürecinden kaynaklanan yenilenemeyen enerji tüketimi hesaplarını ve
toplam yaşam dönem maliyetinin hesaplanmasında kullanılan çevresel hesap metodu olan emerji değerlendirmesi ile dolaylı veya dolaysız güneş enerjisi miktarı hesaplarını,
- Yapı kullanım enerjisi analizi (KEA) ve emerji değerlendirmesi (KED);
yapı kabuğu yoluyla oluşan ısı kayıp ve kazançlarına bağlı olarak enerji gereksiniminin belirlenmesini ve bu gereksinimin karşılanması için yıl boyunca doğalgaz ve elektrik kullanımının güneş enerjisine eşdeğer emerji tüketimi hesaplarını
kapsamaktadır.

Beşinci bölümde; önerilen yaklaşımın Ankara ve İzmir illeri için uygulaması yapılmıştır. Bu bağlamda, enerji analizi ve emerji değerlendirmesi yapılan yapı kabuğu kesitlerinin, yalın kesite göre ilave enerji emerji yatırımları ve enerji-emerji tasarrufları hesaplanmıştır. Her aşamanın sonuçları hem kendi içinde, hem de üretim ve kullanım aşamalarının sonuçları ile bir arada değerlendirilmiş ve kesitlerin etkinlik yüzdeleri belirlenmiştir.

Sonuç bölümünde; yapı kabuğu kesitlerinin iki iklim bölgesi için karşılaştırılması yapılmış ve tez kapsamında önerilen yaklaşımın sonuçları verilmiştir. Örnek çalışma ile, yapı kabuğunun, yapıldığı bölgenin iklimsel koşullarına ve üretim teknolojilerine bağlı olarak, farklı performanslar gösterdiği belirlenmiştir. Çalışılan iklim bölgelerinde, farklı kabuk kesitlerinin uygunluğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, yapı kabuğu, çevresel performans, enerji analizi, emerji değerlendirmesi

ABSTRACT

AN APPROACH TO THE EVALUATION OF ENERGY- EMERGY PERFORMANCE OF VERTICAL OPAQUE BUILDING ENVELOPE

Firuze İlgin ERKMEN

Department of Architecture
Ph. D. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Gülay Zorer GEDİK

Today, environmental and energy related issues are considered current and important problems that threaten human health and the world. To minimize or eliminate the negative environmental impacts it is required to consider the total energy consumption and the energy sources.

Construction industry has an important role in energy consumption and environmental pollution. Buildings are responsible approximately for 50% of CO₂ emissions. In the examination of the negative effects of buildings on environment it is obvious to see that there is a constant resource consumption during the design, construction and use stages of them.

To put forward a sustainable environment and a sustainable building, it is necessary to understand the problems and to produce comprehensive approaches in terms of solving those of problems throughout the life cycle; construction, operation, maintenance, repair and demolition processes of the buildings. In this respect, the performance of the building envelope in terms of energy conservation and environmental evaluation criteria must be considered together.

In this study, performance evaluation of the vertical building envelope comprises two stages including the production and use of building envelope.

In this thesis;

In the first chapter information on literature utilized in the thesis is given, the aim of the thesis and hypothesis are discussed.

In the second chapter definitions and concepts related to sustainability are explained. Relationships between building envelope and insulation performance described from the point of sustainability.

In the third chapter the methods used in the determination of the environmental performance of the building envelope are given within of the manufacturing and use of the building. The analysis of environmental impacts of the building envelope contains information related to the environmental impacts of the production phase, energy requirement of operation phase, and energy cost. Total energy required for the production, transportation and application of the materials used in the building envelope are also covered as well as the value of specific energy, which defines those of work in terms of quantity of solar energy, in construction and use stages of the building.

In the fourth chapter an approach to the environmental performance of the building envelope and the steps of that approach are determined. These of steps are:

- Energy analysis (EA) and energy evaluation (EE) for production-construction phase of a building: this stage includes the non-renewable energy consumption caused by production, transport, construction and maintenance processes of the building envelope materials and environmental accounting method called energy evaluation which is used in the calculation of the cost of the total life cycle defined as the quantity of solar energy, directly or indirectly.
- Energy analysis (EA) and energy evaluation (EE) for the building use phase; this stage includes the determination of energy requirements due to heat losses and the heat gains through the building envelope, and the energy consumption accounts equivalent of solar energy in use of natural gas and electricity throughout the year.

The fifth chapter covers the application of the proposed approach for Ankara and İzmir cities.

In this context, additional energy and energy investments and savings of the building envelope, which are determined by the energy analysis and energy evaluation during the production and use phases of the building, are calculated considering a simple envelope. The results of each stage are evaluated, and the percentage of activity is determined.

In the final chapter of the thesis, the building envelopes of which energy-energy calculations are done, are compared for both Ankara and İzmir climatic zones, and the results of the proposed approach are indicated. The case study shows that the building envelope performances are different depending on the climatic conditions of the region and production technologies. It is also indicated that different building envelopes are required to comply with those of climatic regions.

Key words: Sustainability, building envelope, environmental performance, energy analyse, energy evaluation

1.1 Literatür Özeti

Günümüzde minimum yapma enerji tüketimiyle yapıda ısıl konforun sağlanması, kabuk yoluyla oluşacak çevresel etkilerin yok edilmesi ve/veya azaltılması temel hedefler arasındadır.

Yapı kabuğu ile ilgili gerek üretim gerekse kullanım aşamalarında ısı kazanç ve kayıpları dolayısıyla maliyet ile ilgili birçok araştırmalar yapılmış ve yaşam döngüsü içindeki yeri farklı aşamalar için ortaya konulmuştur. Bu çalışmalarla ilgili literatür taraması aşağıda sunulmuştur.

- **Yapı kabuğunun üretim ve kullanım döneminde enerji harcamaları üzerine yoğunlaşan çalışmalar:**

Venkatarama ve Jagadish, [1], “Embodied Energy of Common and Alternative Building Materials and Technologies” adlı bildiriye, farklı duvar kuruluşlarının harcadığı enerji üretim aşaması için karşılaştırılmıştır. Bazı yapı malzemelerinin üretiminde harcadıkları enerji hesaba katılmıştır. Malzemenin üretiminden sonra yapım yerine nakliyesi için harcanan enerji ortaya konulmuştur. Yiğma bir bina ile farklı bina yapım teknikleri ve malzemelerle enerji etkin tasarlanmış bir yapı karşılaştırılarak üretim enerjisindeki tasarruf ortaya konmuştur. Bu çalışmada yapı kabuğunun yalnızca üretim aşaması kapsamında değerlendirme yapılmıştır.

Papadopoulos ve Giama, [2], "Environmental Performance Evaluation of Thermal Insulation Materials and Its Impact on The Building", adlı makalede, yalıtım malzemelerinin çevresel etkileri incelenmiş ve yapıdaki etkileri ortaya konulmuştur. Yalıtım malzemelerinin sınıflandırılması yapılarak, Avrupa'da ki kullanım yüzdeleri belirtilmiştir. Bu çalışma yapı kullanım döneminde yalıtım ve malzeme türlerine göre bir incelemedir.

Koçlar Oral ve Manioğlu, [3], "Bina Cephelerinde Enerji Etkinliği ve Isı Yalıtımı" adlı çalışmalarında, bina cephelerinde uygun ısı yalıtımı kullanımı ve enerji etkinliğinin sağlanmasına yönelik örnek bir uygulama çalışması yapılmıştır. Bu bildiri ile ısı yalıtımı kullanımının önemi vurgulanmıştır. Ayrıca kullanılan yalıtım malzemesine bağlı olarak yıllık ısıtma soğutma ve toplam enerji yüklerinde farklılıklar ortaya çıktığı görülmüştür.

Yılmaz ve Koçlar Oral, [4], "Yapı Kabuğu Isı Yalıtım Değerinin Yapı Formuna Bağlı Olarak Belirlenmesi için Bir Yöntem Önerisi" adlı çalışmalarında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde sürdürülmekte olan bir araştırma projesinin tanıtılması amaçlanmıştır. Bu bildiride yapı kabuğunun optik özelliklerinin ısı yalıtım değerini belirleyen özelliklerinden yapı kabuğu ısı geçirme katsayısı ve yapı formu ilişkisi belirlenmiştir. Bina formuna bağlı olarak bina alanından kaybedilen ısı miktarı farklı olacağından V/A (bina hacmi/bina dış cephe alanı) oranına göre yapı alternatifleri oluşturulmuştur. Yapı kabuğunun birim alanından günlük ortalama ısı kaybı (Q) hesaplanmış ve yapı formlarına göre değişim grafikleri analiz edilmiştir. Yapı kabuğundan kaybedilen ısı miktarının yapı formuna bağlı olarak belirlenebilmesi için bir yöntem önerilmiştir. Sonuç olarak bu yöntem ile ortaya konulacak düzeltme katsayısının belirlenmesi ile bundan sonra yapılarda ısıtma ekonomisi ile ilgili konularda yapılacak çalışmalar için yapı formunun oluşturulmasında bir değişkenin hesaplamalara dahil edilmesinin ve düzeltme katsayısı ile de V/A oranına bağlı olarak saydamlık oranını seçme olanağının sağlanması düşünülmektedir.

Berköz, [5], "Güneş Işınımı ve Yapı Dizaynı" adlı çalışmada binanın yönlendiriliş durumu, yapı biçimi ve yapı kabuğu katmanlarının değişimine bağlı olarak, dış yapı kabuğundan kazanılan ve kaybedilen günlük ısı değişimi incelenmiştir. Bu çalışma ile, yapı kabuğunu oluşturan malzemelerin en uygun değerlerinin belirlenmesine yönelik bir yaklaşım ortaya konulmuştur. Edilgen sistem öğelerinin tanımladığı çok sayıda yapı

seçeneğinin, kaybedilen ve kazanılan ısıya bağlı olarak değişim grafikleri oluşturulmuştur. Isıtmanın istenmediği dönemde minimum ısı kazancı ve ısıtmanın istendiği dönemde minimum ısı kaybını gerçekleştiren edilgen sistem öğelerine bağlı olarak oluşturulan yapı kabuğu elemanlarının en uygun performansı göstermesine yönelik analizler yapılmıştır.

Zorer, [6], “Dersliklerde Edilgen Sistemle Isısal Konforun Sağlanmasında Tasar Ölçütü Olarak Bir Değerlendirme Yöntemi Oluşturulması” adlı doktora tezinde, derslik işlevinde yapı kabuğunun ısıtıcı olarak tasarlanmasıyla hacmin ısıtma gereksinimlerinin karşılanmasına yönelik bir yöntem geliştirilmiştir. Bu amaçla, dersliklerin edilgen ısıtma sistemi açısından ortaya koyacakları başarıyı ölçmek için, etkinlik yüzdelerini hesaplayan bir değerlendirme yöntemi oluşturulmuştur. Bu yöntemle en uygun derslik tipleri belirlenmiştir. Yaklaşım aracılığıyla, dersliklerin okul planlamalarındaki konum, boyut ve biçim faktörü, yönlendiriliş ve yapı kabuğundan ısı geçişi ile ilgili fiziksel özelliklerin oluşturduğu farklı seçenekler arasından optimal durumu oluşturan dersliği belirlemek olanaklıdır. Yapı kabuğunun yalıtımlı ve güneş enerjisinden yararlanan ısıtıcı tasarımlarının karşılaştırıldığı, kullanım dönemi enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik bir çalışmadır.

Özel ve Duranay, [7], “Farklı Yönlerde Bakan Bina Duvarlarında Duvar Kalınlığı ile Yalıtım Kalınlığı Arasındaki İlişkinin Isıl Yük Seviyesi Açısından İncelenmesi” adlı makalede, duvar kalınlığının yalıtım kalınlığına oranı ısı yük açısından araştırılmıştır. Farklı yönlerde bakan duvarın dış, iç ve orta bölümüne yalıtım malzemesi uygulaması yapılmıştır. Yalıtım malzemesinin kalınlığı artırılırken duvar kalınlığı da aynı oranda azaltılmıştır. Hesaplamalar MATLAB da geliştirilmiş bir bilgisayar programı yardımıyla yapılmıştır. Sonuçlarda yalıtımın duvardaki oranı arttıkça ısı depolamanın etkili olduğu görülmüştür. Yalıtım malzemelerinin etkinliğinde ısı yayılım katsayılarının önemi ortaya konmuştur. Isı iletim katsayısı düşük, ısı depolama kapasitesi yüksek olan yalıtım malzemelerinin, yalıtım oranları arttıkça yük seviyesi açısından daha iyi olduğu belirlenmiştir. Yapı kabuğunu kullanım aşamasında ısıtma-soğutma yükleri açısından ele alan detaylı bir çalışmadır.

Özel ve Pıhtılı, [8], “Bina Duvarlarına Uygulanan Yalıtımın Farklı Konumlarının Isı Kazanç ve Kayıplarına Olan Etkisinin Araştırılması” adlı makalede, yapı kabuğunda yalıtım

uygulaması duvarın beş farklı yerinde konumlandırılmış ve sıcak dönemde ısı kazancı ve soğuk dönemde ısı kaybını azaltacak yalıtım durumu araştırılmıştır.

Özel ve Pıhtılı, [9], “Isıtma Ve Soğutma Derece-Gün Değerlerini Kullanarak Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi” adlı çalışmada, ısıtma- soğutma derece gün değerleri ele alınarak, optimum yalıtım kalınlığı ile dış duvarlar belirlenmiştir. Dış duvarlara ekstrüde polistren yalıtımı uygulanmış ve Adana, Elazığ, Erzurum, İstanbul ve İzmir illeri için hesaplamalar yapılmıştır. Artan yalıtım kalınlıklarına göre optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi hesaplanmıştır. Yapı kabuğunun yalnızca kullanım aşamasındaki enerji giderlerine yönelik bir çalışmadır.

Oğulata, Yılmaz ve Beğaki, [10], “Periyodik Isı Yüklerine Maruz Binalarda Konfor Şartlarının İncelenmesi” adlı çalışmada yapı kabuğunda kullanılan farklı malzemelerin ve kalınlıklarının ve dış duvarın baktığı yöne bağlı olarak ısı kazançlarına etkisi incelenmiştir. Bu makale yön faktörüne bağlı olarak ısı kazanç ve kayıplarının incelendiği bir çalışmadır.

Şerefhanoglu, [11], “Soğuk Hava Koşullarında Yapıların Dış Duvarlarının iç Yüzey Sıcaklıklarının Belirlenmesi ve Isısal Konfor Yönünden Değerlendirilmesi” adlı çalışmada, yalın ve farklı duvar malzemeleriyle oluşan katmanlı dış duvarlar araştırılmış ve bu duvar kuruluşlarının iç yüzey sıcaklıkları belirlenerek, ısısal konfor açısından uygunluğu ortaya konulmuştur. En olumsuz kesit olarak brüt beton bulunmuş ve ısısal konforun sağlanmasında katmanlı kesitlerin ülkemiz iklim koşulları için uygun seçim olduğu sonucuna varılmıştır.

- **Yapı kabuğunun yaşam döngüsü enerji harcamaları üzerine yoğunlaşan çalışmalar:**

Adalberth, [12], “Energy Use During the Life Cycle of Buildings: a Method” adlı makalesinde binaların ısıtma, soğutma, elektrik, sıcak su vb. giderlerinin enerji etkinliği yanında yaşam döngüsü boyunca tüketilen enerji harcamalarının bulunmasına yönelik bir yöntem ortaya koymuştur. Bu çalışma bina ölçeğinde ısıtma ve soğutmanın yanında elektrik ve sıcak su giderlerini de hesaba katan, yapı kabuğu kuruluşunda detaya inmeyen bir çalışmadır.

Fay ve Treloar [13], "Life-Cycle Energy Analysis - a Measure of The Environmental Impact of Buildings" adlı bildiride bir binanın yapı yaşam döngüsü boyunca harcayacağı enerji değerlendirilmiştir. Enerji harcamaları yapıların çevreye etkilerini ölçmede önemli bir parametredir. Çalışma, yapı yaşamı boyunca operasyonel enerji ve oluşum enerjisinin önemine ışık tutmuştur. Yaşam döngüsü analizi ilk oluşum, operasyonel ve yinelenen oluşum enerjisi açısından ele alınarak örnek bir uygulamayla değerlendirilmiştir. Örnek alınan enerji etkin bir konutun kullanım döneminde alternatif tasarım stratejileri değerlendirilmiştir. Bu çalışmada da örnek bir konut binasının yaşam döngüsü kapsamında enerji harcamaları ortaya konmuş, yapı kabuğu seçenekleri konusunda ayrıntıya girilmemiştir.

Ramesh, Prakash ve Shukla, [14], "Life Cycle Energy Analysis of Buildings: An Overview" adlı çalışmada yapıların yapımdan yıkıma kadar olan yaşam döngüsünü incelemiştir. Yerleşim bölgelerindeki ofis binalarında döngüsü boyunca toplam enerji kullanımını içermektedir. Yapılan örnek hesaplamalarda yaşam döngüsünün %80'ninin operasyonel enerji, %20sinin de oluşum enerjisine bağlı olduğu sonucuna varılmıştır. Sıcak ve soğuk bölgelerin karşılaştırılması yapılmıştır. Yapı ölçeğinde ve tüm yaşam döngüsü süresini ele alan, yapı kabuğu alternatiflerini içermeyen ofis binasını belirlenen bir yapı kabuğu örneklemede çalışılan bir araştırmadır.

Gu, Lin, Zhou ve Zhu, [15], "Analysis of Life Cycle Energy Consumption And Environmental Load of Insulation Design for Residential Buildings In China" adlı makalede, yalıtım kalınlığının artırılması enerji tüketimini ve kullanım aşamasında binanın çevresel etkisini azalttığı ama aynı zamanda yalıtım malzemesini üretim aşamasında gelişen işlemler sonucunda enerji tüketimi ve çevresel etkiyi olumsuz etkilediği bir örnekle ortaya koyulmaktadır. Bu yazıda yaşam döngüsü analizi ve yalıtım malzemesinin üretimdeki çevresel etkisi konut tiplerinde analiz edilmiştir. Analizler ile binaların yapıldıkları bölgelere göre yalıtım kalınlıkları tespit edilmiş ve yıllık enerji tüketimi ve yapı malzemesinin üretiminde harcanan enerji arasındaki geri ödeme süreleri ile değerlendirilmiştir. Bu çalışmada düşey opak yapı kabuk yalnızca yalıtımlı olarak ele alınmış, yalıtımsız kesitler dikkate alınmamıştır.

Canan ve Bakır, [16], "Enerji ve Çevre Etkin Bina Tasarımında Ömür Süreci Analizi Yönteminin Değerlendirilmesi" adlı çalışmada, binaların ömür süreçlerinde enerji

tüketimlerini ve oluşabilecek çevresel etkileri ele alınmıştır. “Ömür süreci analizi” yöntemiyle, bina yaşamı boyunca tükettiği enerji ve bunun sonucunda oluşabilecek çevresel etkiler belirlenmiştir. Konya’da bulunan sosyal konutlar örnek olarak seçilerek analiz edilmiş ve aynı yapı adası için iyileştirme projesi yapılmıştır. Karşılaştırması yapılan iki projenin enerji harcamaları ve çevresel etkileri bina ömür sürecinde değerlendirilmiş ve mimari kararların bu süreçlerde etkisi ortaya konulmuştur.

Gültekin, [17], “Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi Kapsamında Yapı Ürünlerinin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi” adlı tez çalışmasında, yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) yöntemi kapsamında yapı ürünlerinin çevresel etkilerinin yaşam döngüleri boyunca değerlendirilmesine yönelik bir model önerilmiştir. Bir örnek çalışma ile duvar kağıtlarının kullanım evresindeki bakım-onarımı aşamasında sebep olduğu çevresel etkileri değerlendirilmiştir. Yaşam döngüsü süresince çevresel etkileri inceleyen bir tez çalışmasıdır.

Özçuhar, [18], “Sürdürülebilir Çevre İçin Enerji Etkin Tasarımın Yaşam Döngüsü Sürecinde İncelenmesi” adlı yüksek lisans tezinde, yapı sanayisinin tükettiği büyük miktarlardaki enerji sebebiyle bina ölçeğinde toplam enerji tüketimi ele alınmıştır. “Yaşam Döngüsü Değerlendirme” metotlarının sürdürülebilir çevre için daha tasarım aşamasında tasarımcılar tarafından ele alınması gerektiğine değinilmektedir.

Taygun, [19], “Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik Bir Model Önerisi” adlı doktora tezinde YDD’ ye yönelik ‘LEED’, ‘Athena’, ‘BEES’, ‘BRE’ (‘BREEAM’, ‘EcoHomes’, ‘Envest’, ‘Environmental Profiles’, ‘SMARTWaste’), ‘Analytica’, ‘Pre’ (‘SimaPro’, ‘Eco-Indicator’ Etki Değerlendirme Yöntemi, ‘IVAM’ Veritabanı, ‘Eco-Quantum’, ‘Ecoinvent’ Veritabanı), ‘GaBi’, ‘TEAM’, ‘GB Tool’, ‘Woolley’, ‘Curwell ve March’ gibi yaşam döngüsü değerlendirme modelleri etkileyen ürün, etkileme süreci, etkilenen, YD süreçleri, çevre grupları, etkilenim sonuçları açısından irdelenmiştir. Tez çalışmasında ise bunların bir arada bulunduğu bir değerlendirme model önerisi oluşturulmuştur. Yaşam döngüsü değerlendirmesi için önerilen model polivinil klorür doğrama üzerinde örneklenmiştir.

Çakmaklı Zeytin, [20], “Life Cycle Assessment of Building Materials Hotel Refurbishment Projects: A Case Study in Ankara” adlı doktora tezinde Ankara’daki bir çalışma baz alınarak, yenileme projelerindeki bina malzemelerinin hayat döngüleri

değerlendirilmiştir. Birçok yapı malzemesinin kendi ömür süreçlerini tamamlayamadan yenilediği ve her geçen gün yenileme projelerinin arttığı konusuna değinilmektedir. Çalışma kapsamında Ankara’da beş tane otelin hak edişlerinin incelenmesi sonucunda, kullanılan malzemelerin yaşam döngüsü, ATHENA programı ile, birincil enerji tüketimi, katı atık miktarı, hava ve su kirlilik düzeyi, küresel ısınma potansiyeli ve doğal kaynak kullanımı olmak üzere altı çevresel etki göstergelerine göre değerlendirilmiştir.

- **Yapı kabuğunun maliyet hesapları üzerine yoğunlaşan çalışmalar:**

Gieseler, Heidt ve Bier, [21], “Evaluation of The Cost Efficiency of An Energy Efficient Building” adlı bildiriye yalıtımın yapı kabuğunun farklı yerlerinde kullanımının ekonomik boyutu ele alınmıştır. Maliyete dayanan bir çalışma ortaya konmuştur.

Mithraratne ve Vale, [22], “ Life Cycle Analysis Model for New Zealand Houses” adlı makalede, Yeni Zelanda’da bulunan müstakil bir evin yapı ömrü içinde yaşam döngüsü maliyetleri belirlenmiştir. Yapının oluşum enerjisi ve işletme maliyetleri bir arada ele alınarak Yaşam Döngüsü Analizi (LCA) kapsamında Auckland Üniversitesinde geliştirilmiş olan bir metot ortaya konulmuştur.

Aksoy ve Keleşoğlu, [23], “ Bina Kabuğu Yüzey Alanı ve Yalıtım Kalınlığının Isıtma Maliyeti Üzerinde Etkileri” adlı çalışmada, , bina kabuğunun yüzey alanı, yönlendiriliş durumu ve yalıtım kalınlığı dikkate alınarak bina kabuğu opak yüzeylerindeki enerji kayıpları araştırılmıştır. Örnek bir çalışmada Elazığ’ın iklimsel verileri kullanılarak uzun kenarları doğu-batı, kısa kenarları kuzey-güney yönünde olan bir bina ele alınmıştır. Hesaplanan saatlik ısı kayıplarına göre, maksimum ısı kaybı yüzey alanı büyüklüğünden dolayı batı ve doğu yönlerinde gerçekleşmiş ve yalıtım kalınlığına bağlı olarak, %19 ile %77 arasında enerji tasarrufu sağlanmıştır. Yönlendirme ile enerji korunumu üzerine yapılan bir çalışmadır.

- **Enerji- emerji hesapları üzerine yoğunlaşan çalışmalar:**

Pulselli, Simoncini, Pulselli ve Bastiaoni, [24], “Emergy Analysis of Building Manufacturing, Maintenance and Use: Em-Building Indices to Evaluate Housing Sustainability” adlı makalede emerji analizi üzerine çalışılmış ve yapının yapım bakım ve kullanım aşamalarındaki emerji akışları incelenmiştir. Yapı malzemeleri, teknolojileri ve strüktür elemanları ölçülmüş ve etkilerinin ortaya koymak üzere karşılaştırılmıştır.

Sonuçlar, kentsel ve bölgesel ölçekte, gelecekteki çalışmalara yol gösterici kaynak bilgileri sunmaktadır.

Pulselli, Simoncini ve Merchetti, [25], "Energy and Emery Based Cost-Benefits Evaluation of Buildings Envelopes Relative to Geographical Location and Climate" adlı makalede emerji değerlendirmesi diye adlandırılan çevresel hesap yöntemi ile 1000 m² cephesi olan bir yapının çevresel kaynak kullanımının ölçümü yapılmıştır. Yapı ömrü boyunca yapı kabuğunun enerji harcamaları yapı kabuğunun ısısal performansının bağlı olarak yapıda sabit akış olarak değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra kabuk yoluyla oluşacak enerji kayıpları sonucunda konfor şartlarını sağlamakta kullanılacak ısıtma ve soğutma sistemlerinin ısısal etkinliğini sürdürebilmeleri için analizler yapılmıştır. Oluşum enerjisine bağlı olarak bulunan enerji analizi ile sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak enerji harcamaları ve kazançları enerji analizi ve emerji değerlendirmesi ile karşılaştırılarak yapı kabuğu üretimindeki çevresel maliyet ortaya konmuştur.

Pulselli, Simoncini ve Ridolfi, [26], "Specific emery of cement and concrete: An energy-based appraisal of building materials and their transport" adlı makalede çimento ve beton gibi yapı malzemelerinin kullanımı ve üretimi küresel ekolojik sorunların önemli bir nedeni olduğuna değinilmektedir. Bu malzemelerin yenilenemeyen enerji kaynaklarının aşırı kullanımı, üretim sürecinde yüksek ısıya ihtiyaç duymaları, fosil yakıt kullanımı ve geri dönüşümlü malzeme kullanımının olmayışı bunun önemli sebepleridir. Bu çalışmada, çimento ve beton üretiminde çevresel muhasebe yöntemi uygulanmıştır. Üretim sürecinin temel adımları olan çimento üretimi, malzemenin taşınması ve beton yapımında emerji analizi yapılmıştır. Bu çalışma, yapı malzemelerinin çevresel kaynak kullanımının miktarını enerji hiyerarşi ilkesine dayanan eşdeğer güneş enerjisi açısından ölçmek için yapılmıştır. Çimento ve betonun bulunan emery birim değeri sonuçları daha önceki emerji değerlendirmeleri ile karşılaştırılmıştır.

Brown ve Buranakarn, [27], "Emery indices and ratios for sustainable material cycles and recycle options" adlı makalede başlıca yapı malzemelerinin yaşam döngüleri boyunca harcadıkları emerjinin yanısıra atık ve geri dönüşüm sistemlerinin emerji girişleri değerlendirilmiştir. Malzeme ve malzeme kalitesi ile ilgili bazı sonuçlar geliştirilmiştir. Kütle başına yüksek emerji değerindeki malzemelerin daha fazla geri

dönüştürülebilir olduğu görülmüştür. Çalışma yapılan ilkökul binasını oluşturan malzemelerde insan gücünün fazla olduğu malzemelerde düşük ve beton, tuğla gibi malzemelerde yüksek enerji yatırımı bulunmuştur.

Srinivasan, Braham, Campbell ve Curcija, [28], "Building Envelope Optimization Using Energy Analysis" adlı makalede enerji analizinin sürdürülebilir bina uygulamalarının ayrılmaz bir bileşeni olduğu ve enerji analizinin optimizasyon teknikleri ile birleştiğinde, binanın ömründe enerji verimliliği için daha fazla çözümler sunabildiğinden bahsetmektedir. Bu makalede yapı kabuğunda uygun çözümleri belirlemek ve bir yöntem geliştirmek için enerji analizi kullanılmıştır. Bu yöntemle ısıtma ve soğutmada yüksek potansiyel elde etmek için kullanılan enerji kaynakları belirlenmiştir. Önerilen yöntemin, malzemelerin toplam çevresel etkilerine göre yapı kabuğu malzemelerinin seçiminde yardımcı olduğu görülmüştür.

1.2 Tezin Amacı

Yoğun olarak yaşanan çevre ve enerji sorunları günümüzün en büyük problemlerden birini oluşturmaktadır. Doğayı "sınırsız bir kaynak" olarak gören tüketici ekonomisi kontrolsüz endüstrileşmenin ve fosil yakıt kullanımının giderek yükselmesine neden olmuştur. Bu durum ekosistemde bozulmalara yol açmış ve doğa rejenerasyon özelliğini yerine getiremez duruma gelmiştir [29]. Bu aşamada "Sürdürülebilir Çevre Anlayışı"; küreselleşen dünyada varolan çevre ve enerji sorunlarının çözümünde en etkin yoldur.

Tez kapsamında; yapı ölçeğinde, yapıdan kaynaklanan çevre kirliliğinin önüne geçilebilmesi için, yapı üretim ve kullanım sürecinde, yapı kabuğunun çevresel etkilerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Konfor şartlarını sağlayacak yapı kabuğu çözümlerinin, hem üretim hem de kullanım aşamalarında enerji tüketimini ve gereksinimini azaltacak şekilde oluşturulmasıyla, çevresel etki azaltılabilecektir.

Bu amaca yönelik olarak, üst düzey yararlılık gösteren yapı kabuğu performansı, gerek çevresel etki değerlendirmesi ve gerekse enerji korunumu olmak üzere iki farklı ölçüt açısından incelenecektir. Yapı kabuğu performansı, üretim aşamasında çevre kaynaklarının kullanımını ve değerlendirilmesini belirleme amaçlı çevresel hesap yöntemi ve kullanım döneminde enerji gereksinimini ve enerji harcamalarını dikkate

alan enerji analizi ve emerji değerlendirmesi olmak üzere iki aşamada ele alınacaktır. Konunun her iki boyutunu birleştiren özgün bir yaklaşım oluşturulması hedeflenmektedir.

Yukarıda verilen literatür taraması çalışması sonucunda; günümüz koşullarında yapı kabuğunun enerji etkinliğinin saptanmasında, kabuğun opak alanlarına yönelik ayrıntılı ve kolay uygulanabilecek bir yaklaşıma gereksinim olduğu görülmüştür.

Tez çalışmasında, bu gereksinim çerçevesinde, bir iklim bölgesinde ısı yalıtım yönetmelikleri kapsamında uygulanabilecek kesit seçeneklerinin, gerek üretim gerekse kullanım aşamasında enerji ve emerji değerlerini saptayarak enerji etkinliğini belirleyecek bir yöntemin, bir yaklaşımın geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Yaklaşımın aracılığıyla, belirli bir iklim bölgesinde uygulanabilecek kabuk seçenekleri arasından, uygun yapı kabuğu kuruluşunu belirlemek ve/veya herhangi bir tekil kabuk seçeneğinin uygunluğu konusunda, kesitin etkinlik yüzdesini belirleyerek karar verebilmek gerekli görülmüştür.

Çalışmanın sınırlanması gereği ve uygulama projelerine etkisi olacak somut sonuçlara ulaşılabilmesi açısından düşey opak yapı kabuğu konu olarak seçilmiştir.

Yaklaşımın bu özelliğiyle, bina ölçeğinde enerji performansını ölçmek için geliştirilecek güncel çalışmalara, düşey kabuk performansının belirleme basamağı için ayrıntılı bir model oluşturması amaçlanmıştır.

1.3 Hipotez

Günümüzde gelişen teknolojilerle, yapıda enerjinin etkin kullanımı ve düşük enerjili tasarım ve temiz enerji kullanımı temel ilkelerdir.

Yapı sanayisinin yarattığı ekonomik, sosyolojik ve çevresel problemlerin bedelini, insanlar, ülkeler ile birlikte gezegenimizdeki tüm canlılar ödemektedir.

Çevreyi oluşturan öğelerin, süreç içinde niteliklerinin değişmesi ve değer kaybetmeleri sonucunda, insan ve diğer canlıların sağlığını olumsuz etkileyen kirlilik ile çevre sorunlarını giderebilecek, bazı genel yapı değerlendirme ve denetleme modelleri geliştirilmiştir. Bu süreçte ayrıntılı şekilde ele alınması gereken ağırlıklı konu kabuğun çevresel performansıdır.

Günümüzde artık yapı kabuğunun yalnızca enerji korunumu açısından değerlendirilmesi yetersiz kalmakta, kabuğun çevresel değerlendirme açısından başarısının da ele alınması gerekmektedir. Yapı kabuğunu oluşturan yapı ürünlerinin seçimi canlı ve cansız çevreyi etkilemektedir. Olumsuz etkilerden kaçınmak için yapıların çevresel etkilerinin değerlendirildiği, çalışmanın yapılacağı bölgenin koşullarına uygun bir model geliştirilmesi gerekmektedir.

En az maliyet ve üst düzey yararlılık gösteren bir yapı kabuğu incelenirken, bu kavramların bir arada irdelenmesi, gerek enerji korunumu gerekse çevresel değerlendirme performansının birlikte ele alınması sonucunda belirlenmelidir. Bu bağlamda tez çalışması, yapı kabuğu kesitlerinin değerlendirilmesi için, günümüz koşullarının gerektirdiği yeni bir yaklaşım oluşturmayı hedeflemektedir ve çalışma günümüz için önem taşımaktadır. Dolayısıyla bu hedefe ulaşmak için yapı kabuğunun performansı enerji korunumu ve çevresel değerlendirme ölçütleri açısından birlikte ele alınmalıdır.

Kabuğu oluşturan bazı yapı malzemeleri yapı kullanım aşamasında enerji açısından uygun konfor koşullarını sağlarken, diğer yandan üretim aşamasında ve kullanım sonrasında, etkileri nedeniyle çevre ve insan sağlığı açısından olumsuzluk yaratabilmektedir.

Literatür araştırmasından sonra görülmüştür ki, üretim aşamasında enerji harcaması ve çevresel etkileri olumsuz olan yalıtımlı kabuk seçenekleri kullanım dönemindeki enerji tüketimini önemli ölçüde azaltmaları nedeniyle seçenek olarak öne çıkmaktadır.

Yapı kabuğunun üretim ve kullanım aşamalarında enerji analizi ve enerji değerlendirmesini yapabilen bütünlük bir yaklaşım ortaya koymayı amaçlanan bu tez çalışmasında; kabuk bütüncül bir yaklaşımla incelenirse,

- üretim enerji-enerji harcaması düşük olan kesitlerin, hem üretim hem de kullanım enerjisi-enerjisi ile birlikte birlikte ele alınıp değerlendirildiğinde olumlu sonuçlar elde edileceği,
- yalıtımsız ya da farklı tür yalıtım malzemelerinin kullanımıyla, iklim bölgelerine göre farklı sonuçlar elde edileceği öngörülmektedir.

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE YAPI KABUĞU

Teknojinin gelişmesi, kaynakların bilinçsizce kullanımı ve nüfus artışı,

- Giderek artan çevre kirliliği,
- Enerji kaynaklarının azalması,
- CO2 ve çevreye zararlı gaz emisyonlarındaki artış
- Küresel ısınma/ iklim değişikliği

gibi dünyayı ve insan sağlığını tehdit eden çeşitli çevre sorunlarına yol açmaktadır.

Bu olumsuz etkilerin en aza indirilmesi veya yok edilmesi için, toplam enerji tüketiminin miktarı ve kaynağı dikkate alınması gereken konuların başında gelmektedir. Gelişen teknolojilerle yapıda enerji etkin kullanım ve düşük enerjili tasarım için enerji talebini azaltmak ve enerjide verimli ve temiz enerjiyi kullanmak temel prensiplerendir.

Endüstri devrimi sonrası teknoloji ve teknik alanda gelişmeler yapı sektörünü de etkilemiş, 1970'lerden sonra görülen enerji krizi önlemler alınması gerekliliğini gündeme getirmiştir.

Sürdürülebilirlik kavramı; doğal kaynakların korunması ve akılcı bir şekilde kullanılması temeline dayanmaktadır [30].

2.1 Sürdürülebilirliğin Tanımı, Kapsamı, Önemi

Sürdürülebilirlik kavramının en yaygın tanımı:

“Güncel gereksinimleri, gelecek kuşakların kendi gereksinimlerini karşılama olanaklarına zarar vermeden karşılamak” (BM Dünya Çevre Komisyonu “Brundtland Komisyonu”, 1987).

Sürdürülebilirlik felsefesi, hayatın birçok alanında değişimi öngörmektedir. Bu felsefe insanların belli konfor koşulları içinde yaşamlarını sürdürebilmesi için tasarlanan yapılara yeni birçok ölçüt getirmektedir. Sürdürülebilir yapılar her türlü kaynak tüketiminin azaltılması, fosil enerji kullanımının sınırlandırılması, zararlı atıkların denetlenmesi gibi ilkeleri benimsemekte ve temiz enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ile tasarıma yeni açılımlar getirmektedir. Birçok ülkede toplum düzeyinde kabul gören sürdürülebilirlik yaklaşımı, toplam enerji tüketiminde önemli bir paya sahip olan yapıların da yeniden değerlendirilmesine ve tanımlanmasına neden olmaktadır. Sürdürülebilirlik, “sağlamlık, işlevsellik, estetik” olarak özetlenen yapı tanımına “doğa, çevre, enerji korunumu, konfor” gibi konuları da eklemekte ve kapsamının genişleyerek değişmesine neden olmaktadır [31].

Sürdürülebilirlik bağlamında doğal kaynakların tüketilmeden kullanımı ve ekolojik dengenin sağlanması gerekliliği; ülke, bölge, yerel alan planlama süreçlerinde olduğu gibi, her ölçekteki tasarım süreçlerinde ekolojik yaklaşımın temel olarak ele alınmasını gerektirmektedir.

Sürdürülebilir Çevre Anlayışı küreselleşen dünyada varolan çevre ve enerji sorunlarının çözümünde en etkin yoldur.

2.2 Sürdürülebilir Yapı

Yapının çevreye olumsuz etkilerine baktığımızda, tasarım, yapım ve kullanım aşamalarının her birinde sürekli bir kaynak tüketimi vardır. Bu tüketim boyunca atıklar ortaya çıkmakta, çevre kirliliği oluşmakta ve insan sağlığı açısından olumsuz etkiler görülmektedir. Çevresel sorunların bedelini sadece insanlar değil, tüm canlılar ödemektedir. Bu açıdan enerji tüketim miktarının dikkate alınması gereklidir.

Gelişen teknolojiler, yapıda enerjinin etkin kullanımını da beraberinde getirmektedir. Düşük enerjili tasarım prensipleri iki aşamayı içermektedir. Birinci aşama enerji talebini azaltmak, ikinci aşama ise enerjide verimli ve temiz enerjiyi kullanmaya yöneliktir [32].

Sürdürülebilir yapı, tasarımda sadece güneş enerjisi ve iklim özelliklerinden yararlanma dışında; enerji, malzeme ve su kaynaklarının etkin kullanımı, yaşam döngüsü tasarımı, atıkların geri dönüşümü, insanların fiziksel ve ruhsal sağlıklarının korunması konularını da içermektedir. Çevreye duyarlı, aynı zamanda insanların konfor şartlarını koruyan yapıların ortaya konulması açısından önem taşımaktadır [33].

İnsanların gereksinimlerini karşılayabilmeleri için gerekli olan enerji genellikle sanayi, konut ve ulaştırma gibi alanlarda tüketilmektedir. Günümüzde yenilenemeyen enerji kaynaklarının (kömür, petrol, doğalgaz ve nükleer enerji) kullanımı çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Bu açıdan yenilenebilir enerji kaynaklarına (odun, bitki atıkları, jeotermal enerji, güneş, rüzgar, hidrojen, gelgit ve dalga enerjisi) yönelme çevresel etkilerin azaltılmasında önemlidir [34]. Fosil yakıt rezervlerinin azalması yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmenin nedenlerinden biridir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaşmasının istenmesindeki en önemli neden ise çevre sorunları arasında yer alan CO₂ emisyonlarının azaltılması ve bunun sonucunda küresel ısınmanın kontrolüdür. Fosil yakıtların kullanımı sonucu atmosfere salınan CO₂ ve diğer sera gazları küresel ısınmanın faktörlerinden biridir. CO₂ in %25'i endüstri, %25'i ulaşım ve %50'si konutlar tarafından üretilmektedir ve bu nedenle CO₂ gazının üretiminin minimize edilmesi önem taşımaktadır.

Sürdürülebilir Mimarlık, gelecek kuşakları da dikkate alarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik vermeyi hedeflemektedir. Bunun yanı sıra, doğal kaynakların dengeli kullanılması, doğanın kirlenmesinin önlenmesi, zararlı atıkların engellenmesi, insanın yaşam ve konfor şartlarının iyileştirilmesi sürdürülebilir mimarlığın yaklaşımıdır.

Yapılar, yapı malzemesinin hammaddesinin elde edilmesi, yapımı, kullanımı, onarımı ve yapı ömrünün sona ermesi evrelerinin herbirinde çevresel sorunların oluşumunda etkindir. Çünkü yapılar, yapı malzemelerinin üretim aşamasından başlayarak kullanım, onarım, kullanımının sona ermesi ve atık haline gelmesi aşamalarının her birinde sürekli enerji ve kaynak tüketmektedir. Bu durum insan ve çevre sağlığı sorunlarına yol açmakta ve bu bir döngü olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu aşamada, sürdürülebilir mimarlık kavramının ele alınması gerekmektedir.

2.2.1 Sürdürülebilirlik Kapsamında Yapı Yaşam Döngüsü

Çevre, yaşam içinde yer alan ilişkiler ve yaşamın olduğu ortamlar bütünüdür. Yapı, kullanıcının gereksinmelerini gidermek üzere tasarlanmış ve üretilmiş bir yapma çevredir ve kullanıcılarının gereksinmelerini, kendisini oluşturan yapı ürünlerinin özellikleri ile karşılar.

Yapının yaşam döngüsü YYD, yapının üretimi, yapının kullanımı, yapının kullanımının sona ermesi süreçlerini içermektedir. Yapı, bu süreçleri içine alan bir döngü boyunca çevre ile doğrudan ya da dolaylı bir etkileşim içerisinde. Bu süreçler içinde yapı, çevresini olumsuz etkileyebilmekte ve böylece “yapı kaynaklı çevre kirliliği” oluşabilmektedir.

Sürdürülebilir bir çevre için ve sürdürülebilir bir yapı ortaya koymak için; yapıların yaşam döngüsü boyunca, yapım, kullanım, bakım-onarım ve yıkım süreçlerinde sorunların anlaşılması ve bu sorunlara kapsamlı bir yaklaşım getirilmesi gerekmektedir.

Yapı ürünlerinin, yaşam döngüsü süreçlerine ilişkin hızlı ve kolay ulaşılabilen ve algılanabilen bir değerlendirme modeli ile çevre kimliklerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Yapı ürünleri ve çevre sorunları düşünüldüğünde, yapı ürünlerinin yaşam döngüsü süreçlerindeki çevre etkileri önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, ürünün ne kadar çevre dostu olduğunu saptayabilmek için, yapı yaşam döngüsü boyunca doğuracağı çevresel etkileri önceden bilmemiz gerekmektedir.

Yapı ve yapı ürünlerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde; Yaşam döngüsü değerlendirmesi (life cycle assessment) ve çevre etiketi (eco-label) olmak üzere iki ayrı tanımlama bulunmaktadır [19].

2.2.1.1 Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi YDD

Yapı yaşam döngüsü, yapıyı oluşturan ürünlerin, bir döngü boyunca oluşan süreçleri içermektedir.

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinde yapıda kullanılacak malzemelerin yaşam döngüsü süreci; yapım öncesi dönemi, yapım dönemi ve yapım sonrası dönem olmak üzere üç aşamada ele alınabilir [33].

a-Yapım Öncesi Dönemi:

Yapıda kullanılacak ürünün;

- Malzemesinin üretilebilmesi için hammadenin kaynağından çıkarılması ve işleme noktasına ulaştırılması,
- Üretilmesi- işlenmesi,
- Paketlenmesi ve yapım alanına ulaştırılması.

b- Yapım Dönemi:

Yapının kullanım döneminde ürünün;

- Yapıya uygulanması,
- Kullanımı,
- Zaman içindeki bozulmalara karşı bakımı ve onarımı.

c- Yapım Sonrası Dönemi:

Yapının ömrü sona erdikten sonra;

- Ürünün bir kısmının veya bütününün geridönüşümü,
- Ürünün bir kısmının veya bütününün yok edilmesi.

Yapı yaşam döngüsü evreleri Şekil 2.1' de yer almaktadır.

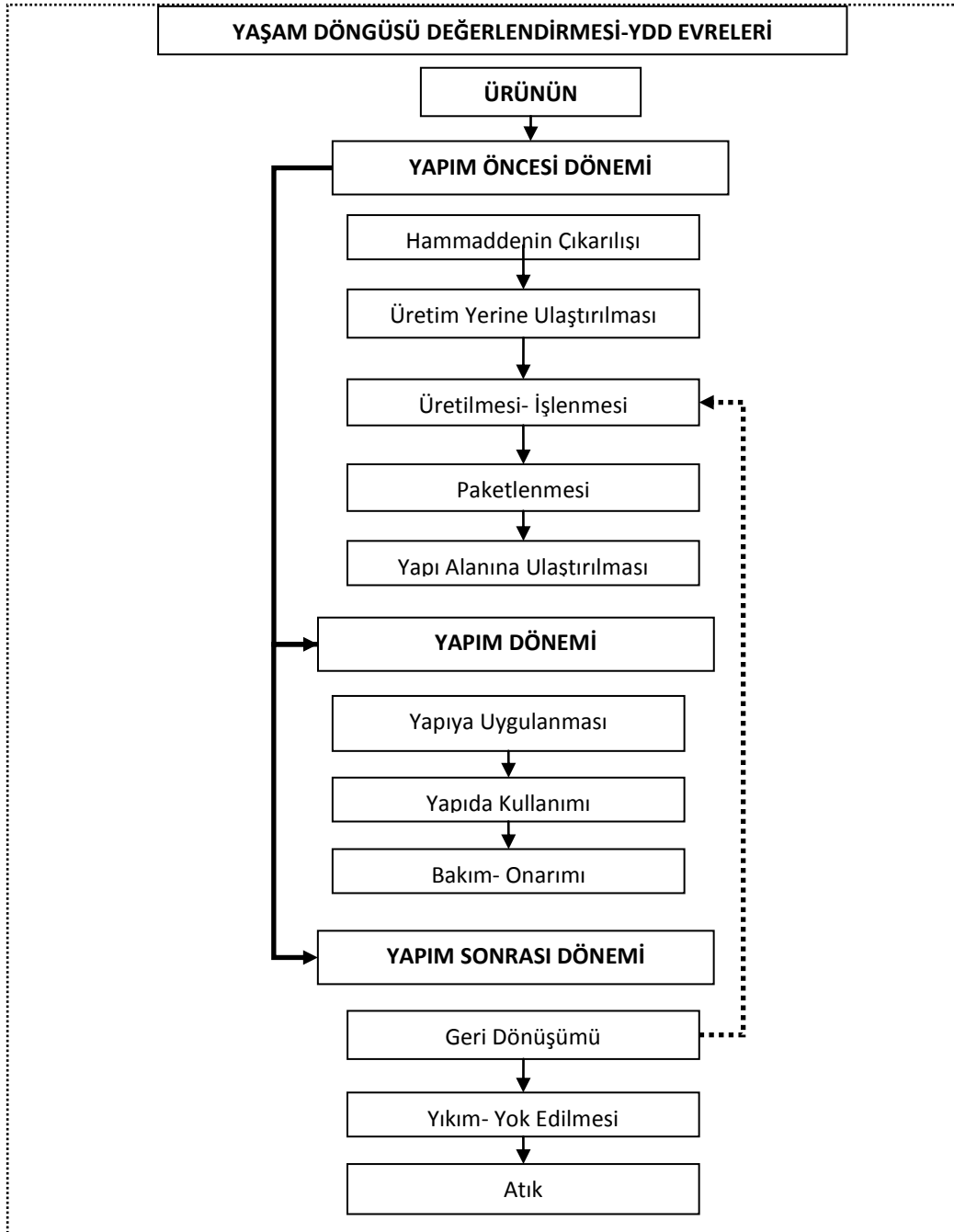
Yaşam Döngüsü Sürecinin çevre ile bağlantısı ve girdiler ve çıktılar Şekil 2.2'de özetlenmiştir. YDD bu döngü boyunca oluşacak çevre etkilerinin değerlendirilmesidir [35]. Yaşam döngüsü değerlendirmesi YDD ilke olarak, ürünlerin çevreye vereceği zararlı etkileri belirleyip, azaltmak ve çevreye en az zarar verebilecek ürünlerin seçimini benimsemektedir.

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi YDD:

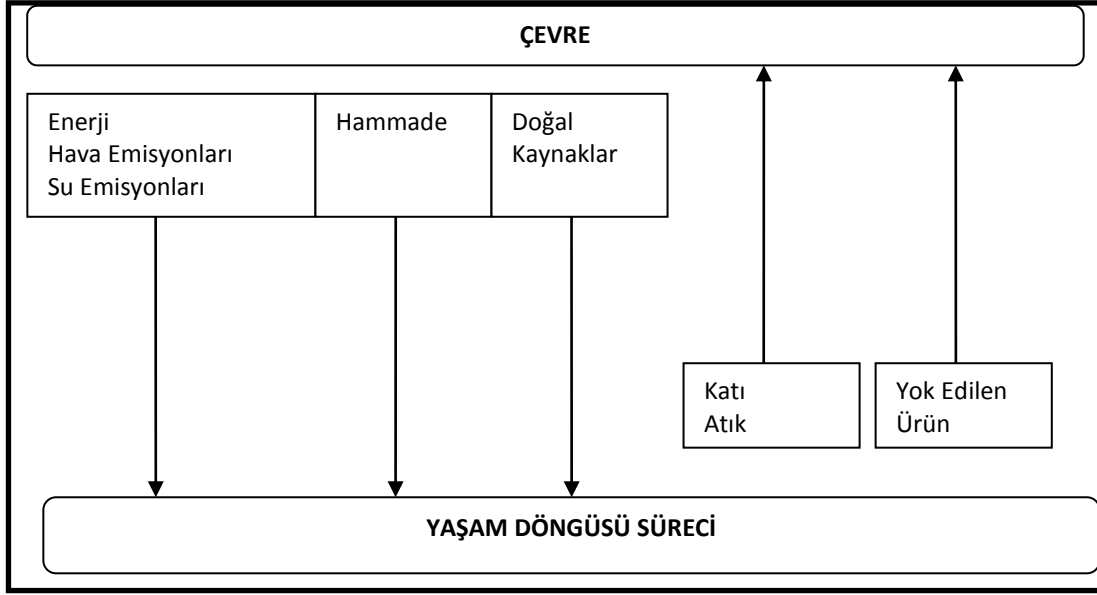
- Doğal Kaynakların Korunmasını,
- Çevre Kirliliğinin Önlenmesini,
- Çevreyi ilgilendiren yasa ve yönetmeliklerin oluşturulmasını,

- Çevre yönetim sistemlerinde çevresel performans değerlendirilmesinin gelişmesini,
- Çevreye duyarlı ürün üretiminin sağlanmasını,
- Ürün kullanımı sonucu oluşan çevre etkilerinin ve insan sağlığı için oluşturdukları risklerin azaltılmasını amaçlamaktadır [19].

YDD, bilgi edinme ve karar verme aşamalarında kullanılmaktadır.



Şekil 2.1 Yapı ürünü yaşam döngüsü evreleri



Şekil 2.2 Çevre ve yaşam döngüsü süreci bağlantısı

2.2.1.2 Çevre Etiketleri

Çevre etiketi düzenlemesi, YDD yaklaşımına çok benzer olarak 23 Mart 1992’ de Avrupa Konseyi tarafından “EEC No: 880/92 Düzenlemesi” olarak oluşturulmuş ve 2000 yılında yenilenmiştir. Bu düzenlemede, bir çevre etiketi; aynı ürün grubu içinde belirli ekolojik ölçütlere uyan ürünlere verilebilmektedir. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) yaklaşımı ile ele alınan ölçütler, düzenlemenin oluşturduğu prosedüre göre ürün grupları tarafından, bir ürünün yaşam döngüsündeki farklı aşamaları ilgilendiren tüm çevresel etkiler göz önünde bulundurularak belirlenmektedir.

Çevre etiketinin amaçları;

- Çevrenin korunması; yaşam döngüleri boyunca çevresel etkileri azaltılmış ürünlerin tasarımının, üretiminin, pazarlamasının ve kullanımının desteklenmesi, yenilenemeyen kaynakların kullanımının sınırlandırılması,
- Çevresel yeniliklerin desteklenmesi; ürünlerin çevreye etkilerinin azaltıldığı yenilikçi ve ilerici çalışmaların özendirilmesi,
- Yapı kullanıcılarının çevresel konulardaki bilincinin artırılması; tüketicilere ürünlerin çevresel etkilerine ilişkin bilimsel ve güvenilir bilgi sağlanması

olarak sayılabilir [19].

2.2.2 Yapı Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik Modeller

Çeşitli ülkelerde, çevreye duyarlı sivil toplum örgütleri tarafından yapı sanayisinin kullanabileceği ürünlerin çevreye olan zararlı etkilerini belirlemek ve azaltmak, ekolojiye en az zarar veren veya hiç vermeyen ürünlerin seçimini sağlamak amacıyla standartlar oluşturulmuş ve geliştirilmiştir. Sürdürülebilir yapılar ve yapı ürünleri ortaya koymak üzere Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine yönelik standartlar, yazılımlar, modeller bulunmaktadır.

Bu değerlendirme modelleri :

a-yapı ürünü ve bileşenlerine ilişkin modeller,

b-yapıyı bir bütün olarak ele alan modeller [33] olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır

Yapı bileşen ve ürünlerine ilişkin standartlara örnek olarak; GreenSpec, Energy Star, Orman Yönetim Konseyi, Küresel Ekoetiketleme Ağı, ASHREA Standartları ve

Yapıyı bir bütün olarak ele alan standartlar ve değerlendirme yöntemlerine örnek olarak; Yapılar için Energy Star Etiket, LEED (Amerika), BREEAM (İngiltere), CASBEE (Japonya), GREEN STAR (Avusturalya) R-2000 verilebilir.

Türkiye'de ise sürdürülebilir yapılar için günümüzde bazı kriterler ve standartlar ortaya koyan yapı değerlendirme modellerinden LEED ve BREEAM modelleri uygulanmakta ve öne çıkmaktadır.

2.2.2.1 LEED Modeli

İlk defa 1998'de binaları sertifikalandırmaya başlayan Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik (LEED) sistemi, ABD'deki Çevre Dostu Binalar Konseyi tarafından geliştirilen bir dizi ölçütler listesidir.

'LEED' (Leadership in Energy and Environment Design), Çevre etiketi ve YDD yöntemlerini bir araya getirerek bir yapının yaşam döngüsünü incelemektedir. Çevresel performansı değerlendirmek amacı ile 'The U. S. Green Building Council (USGBC) tarafından oluşturulmuş bir programdır [36] [37].

LEED Sertifikasyon Sistemi ve Sertifika Türleri

Sürdürülebilir arazi geliştirme, su korunumu, enerji kullanımı, malzeme seçimi, iç hava kalitesi ve enerjinin korunumu, konusunda farklı altı alan üzerinden puanlanarak LEED sertifikası verilmektedir. Bütün binanın tasarımında çevre dostu olmayı desteklemek, bina endüstrisinde çevre dostu olmak konusunda liderlik yapma, çevre dostu olma rekabetini artırma, çevre dostu tüketimde tüketiciyi bilinçlendirme ve bina endüstrisini transfer etmek konularını desteklemek için oluşturulmuştur. LEED Modeli binanın ömrünü tamamlayana dek sürdürülebilirliğine katkıda bulunmak amacıyla, çevre dostu inşaat malzemeleri kullanarak, binalarda enerji verimliliğinin artması ve inşaat, yıkım atıkları yönetimi kullanımına yönelik teşvikler sunmaktadır.

'LEED' Modeli, yapı değerlendirmesini denetim listesi aracılığı ile yapmaktadır. Denetim listesi; altı çevresel etki alanından oluşmaktadır. Her alan, farklı puanlara sahip kredilerden oluşmaktadır. Kredilerin toplam puanı 69' dur. Bu etki alanları, alanlara göre verilebilecek en yüksek puanlar ve alanların karşılaması gereken minimum gereksinimleri aşağıdaki gibi tanımlanmıştır: (LEED Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik [38]).

- Enerji ve Atmosfer - 17 puan

Yetkili komisyon ve min. enerji performans kodu, soğutma sistemlerinin yönetimi, enerji performansının yeni binalarda %14, mevcut binalarda %7 oranlarında optimize edilmesi, yenilenebilir enerji kullanımı, yeşil enerji kullanımı

- Yapı İçinin Çevresel Niteliği -İç Hava Kalitesi - 15 puan

İç hava kalitesi, tütün dumanı kontrol sistemi, havalandırma, iç ortamda kimyasal madde ve kirlilik denetimi, sistemlerin denetlenebilirliği, termal konfor koşulları, gün ışığından faydalanma

- Sürdürülebilir Araziler - 14 puan

İnşaat sırasında kirliliği önleme, arazi seçimi, kalkınma potansiyeli ve toplum ile iletişim, alternatif ulaşım imkanları, çevreye saygılı tasarım, sıcak alanları azaltma, sel suyunun yönetimi planı

- Malzeme ve Kaynaklar - 13 puan

Dönüşebilir malzemelerin stoklanması, inşaat atıklarının geri dönüşümlü olması, yapı malzemelerinin geri dönüşümlü olması, binanın yeniden kullanılabilir olması, lokal olarak üretilen malzemelerin kullanılması, sertifikalı ahşap kullanımı, yenilenebilen malzemelerin kullanılması

- Su Kullanımında Etkinlik- Su Tasarrufu - 5 puan

Su verimli peyzaj, yenilikçi atıksu teknolojisi kullanımı, su kullanımında ekonomiklik

- İnovasyon ve Tasarım Süreci- 4 puan

LEED Kriterlerine göre puan toplamada , kriterlere uygun tasarım, malzeme seçimi ve yönetimi yapmak, kurallara uymak.

Etki alanlarında kredilere ek olarak ön koşullar da yer almaktadır. Ayrıca 26 puanı geçenlerin aldıkları puanlara göre en iyi üç puan derecelendirmesi yapılmaktadır [19]. Bu dercelendirmeler ve puanları aşağıdaki gibidir:

- Gümüş 33-38 puan,
- Altın 39-51 puan,
- Platin 52-69 puan.

2.2.2.2 BREEAM Modeli

İngiltere’de Yapı Araştırma Kurumu tarafından geliştirilen ve Avrupa’da yaygın olarak kullanılan Çevresel Değerlendirme Metodu BREEAM’in (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) amacı binaların çevresel performansları için doğru kriterleri belirlemektir. Özellikle ticari yapıların çevresel performanslarının arttırılmasında etkili olan bir değerlendirme aracıdır [39].

BREEAM kriterlerindeki ana hedefler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Tasarımcıları çevresel konulara karşı daha duyarlı hale getirmek,
- Ürün geliştiricilerin, tasarımcıların ve kullanıcıların çevreyle dost binaları tercih ve talep etmelerini ve bu yönde bir piyasa oluşmasını sağlamak,

- Toplum genelinde, binaların, küresel ısınma, asit yağmurları ve ozon tabakasındaki incelme üzerindeki büyük etkisi konusunda farkındalığı yükseltmek,
- Bağımsız olarak değerlendirilen hedefler ve standartlar belirlemek, bu sayede yanlış talep ve uygulamaları en aza indirmek,
- Binaların çevreye olan uzun vadeli etkilerini azaltmak,
- Gün geçtikçe azalan su ve fosil yakıtlar gibi kaynakların kullanımını azaltmak,
- Bina içi ortam kalitesini ve bu sayede kullanıcıların esenliğini ve konforunu artırmak

BREEAM ile (tümü yeni yapılar olmak üzere),

- Ofisler
- Apartmanlar, yurtlar, bakımevleri
- Çekirdek aileler için ekokonutlar
- Alışveriş merkezleri
- Perakende Hizmet Sağlayıcılar
- Endüstriyel İşletmeler
- Adalet sarayları
- Okullar
- Hastaneler ve hapisane binaları

değerlendirilmektedir [40].

BREEAM Tarafından Dikkate Alınan Sorunlar ve Değerlendirme Alanları

BREEAM Çevresel Değerlendirme sisteminde, Küresel Sorunlar ve Kaynak Kullanımına yönelik olarak yapılan incelemelerin yanında, yerel sorunlara ve yapı içi sorunlara yönelik değerlendirmeler yapılmaktadır. Bu değerlendirme alanlarının kriterlerini ise şöyle sıralanmaktadır [41].

1. Küresel Sorunlar ve Kaynak Kullanımı: Çoğunlukla küresel ekolojik sorunların tetikleyicisi olan gaz salınımları ve doğal kaynakların korunumu, geri dönüşüm aşamalarını dikkate alır. Bunlar:
 - Enerji Tüketimine Bağlı CO2 üretimi,
 - Asit Yağmurları,
 - CFC, HCFC ve Halonlara Bağlı Ozon Tabakası İncelmesi,
 - Doğal Kaynaklar ve Geri Kazanılmış Malzemeler,
 - Geri Dönüştürülebilir Malzemelerin Depolanması.
2. Yerel Sorunlar : Binanın konumlanışına göre farklılık gösteren kendine ve yerleştirildiği araziye yönelik değerlendirilmelerin yapılmasına ilişkin esas kriterleri ortaya koyar.
 - Soğutma Kuleleri Kaynaklı Lejyoner Hastalığı Vakaları,
 - Yerel Rüzgar Etkileri,
 - Gürültü,
 - Diğer Binaların ve Arazinin Gölgelemesi,
 - Su Tasarrufu,
 - Arazinin Ekolojik Değeri,
 - Bisiklet Kullanımı.
3. Yapı İçi Sorunlar : Binanın yapı özelinde tesisat, havalandırma, ısı yalıtımı vb. durumunu ortaya koymaya yönelik değerlendirme aşamalarını kapsar. Bunlar:
 - Bina Su Tesisatından Kaynaklı Lejyoner Hastalığı Vakaları,
 - Havalandırma, Pasif Sigara İçiciliği ve Nem,
 - Zararlı Maddeler,
 - Aydınlatma,
 - Isıl Konfor ve Aşırı Isınma,
 - Yapı İçi Gürültü.

Değerlendirme ve puanlama yukarıdaki performans kategorileri altında tanımlanan kriterlere göre yapılır. BREEAM'e göre değerlendirilen bir yapının çevresel performansının belgelendirilmesi için gösterge puanlarının en az % 30'unu toplaması gerekmektedir. Bunun üzerinde performans gösteren yapılar kademeli olarak;

- Geçer (Pass),

- İyi (Good),
- Çok İyi (Very good),
- Mükemmel (Excellent) ve
- Seçkin (Outstanding)

olmak üzere derecelendirilir. BREEAM sertifikasyon sistemi, özellikle İngiltere dışındaki projelerde, ülkeye, bölgeye ve projeye uygun bazı yeni kurallar getirmektedir. Bu kuralların oluşumu tasarımcı ve BREEAM arasındaki uzun soluklu çalışma ile belirlenmektedir. Bu nedenle, sistemin kısa süreli projelere adaptasyonu zor olabilmektedir [39].

2.3 Sürdürülebilir Yapılarda Yapı Kabuğu

Yapı kabuğu, bina içini, bina dışı çevreden ayıran, yatay, düşey ve eğimli tüm yapı bileşenlerinin oluşturduğu yapı ögesi olup, minimum düzeyde yapma enerji kullanımıyla enerji korunumu ve ısısal konforun sağlanmasında tasarımcının kontrolünde olan en önemli değişkendir. Mimarların ön tasarım ve ayrıntılı tasarım aşamalarında yapı kabuğunun uygun seçimi konusunda doğru karar vermeleri önemlidir [42].

2.3.1 Yapı Kabuğu Fiziksel Özellikleri

“İnsan bir iç mekanda ne tür eylem içinde olursa olsun, kendini saran bir yapı kabuğu içindedir. Bu kabuk, iç mekanla dış mekanı birbirinden ayırdığı gibi, iç mekanda uygun fizik ortamın oluşturulmasını olanaklı kılar” [11].

İnsanların, biyolojik, psikolojik ve sosyo-kültürel gereksinimlerini karşılayabilmek için yarattıkları yapma çevrenin, bu gereksinimlere cevap verecek şekilde olması gerekmektedir.

Yapı kabuğunu oluşturan opak ve saydam alanların iklimsel koşullara göre düzenlenmesi gerekmektedir. Tasarımda, var olan iklimsel özellikleri veri olarak kullanıp, iklimin olumlu etkilerinden yararlanmaya ve olumsuz etkilerinden korunmaya olanak sağlayacak çözümlere gitmek gerekmektedir.

İklimi oluşturan ögeler; hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgar, güneş ışınımları, yağışlar, olarak sıralanabilir. İklimi oluşturan bu ögeler, kişilerin açık mekanlarda ısısal konfor duygusunu doğrudan etkilediği gibi kapalı hacimlerde de dolaylı olarak etkiler [42].

Yapı kabuğu ısıtma ve iklimlendirme işlevi açısından;

- güneş ışınımına karşı; yutuculuk-geçirgenlik -yansıtıcılık gibi optik özelliklere
- toplam ısı iletkenlik katsayısı (U), saydamlık oranı, genlik küçültme faktörü, zaman gecikmesi, sönüm oranı gibi termofiziksel özelliklere sahiptir.

Yapı kabuğunun ısı yalıtım değerini; toplam ısı iletkenlik katsayısı, kabuğu oluşturan malzemelerin ısı iletkenlikleri, dış yüzey malzemelerinin ısı iletkenlikleri ve dış yüzey malzemelerinin güneş ışınımına karşı optik özellikleri belirler [4].

Yapı kabuğunun bu özellikleri; yapı kabuğunun birim alanından, iç ve dış hava sıcaklığı ile güneş ışınımı etkileriyle, kazanılan/kaybedilen ısı belirlenmesinde etkin rol oynar. İç çevre iklimsel durumu yapı kabuğundan kazanılan ve kaybedilen toplam ısı miktarına bağlı olarak değişim gösterir.

Opak ve saydam bileşenlerin oluşturduğu ortalama ısı geçirme katsayısının düşmesi ya da ısı geçirme direncinin artması kabuktan ısı akışını azaltır. Böylece iç hava sıcaklığı korunarak ısıtma ve soğutma enerjisinden tasarruf sağlanmış olur.

2.3.2 Yapı Kabuğu Çevresel Performansı

Kabuğu oluşturan bazı yapı malzemeleri yapı kullanım aşamasında enerji açısından uygun konfor koşullarını sağlarken diğer yandan üretim ve kullanım sonrasında doğada yok olmayışı nedeniyle çevre ve insan sağlığı açısından olumsuzluk yaratmaktadır. Dolayısıyla, yapı kabuğunun performansı enerji korunumu ve çevresel değerlendirme ölçütleri açısından birlikte ele alınmalıdır.

Yapıda kullanılacak malzemelerinin seçimi, bir yapının çevresel etkisine doğrudan etki etmektedir. Bütün yapı malzemeleri üretim aşamalarında bazı işlemlerden geçirilir. Bu işlem, yerel malzemelerle inşa edilmiş geleneksel bir kır evinde minimum ölçüde, ya da gelişmiş yapı tekniği ile yapılmış bir yapıda daha geniş kapsamlı olabilir. Tüm bu malzemelerin işlenmesi enerji kullanımını gerektirmektedir [43].

Kabuğu oluşturan yapı malzemelerinin üretilmesi, taşınması, yapım aşaması, kullanım, onarım aşamalarının her birinde enerji tüketimi ve buna bağlı olarak çevresel etkiler söz konusudur. Verilere bağlı olarak bina sektörü ile doğrudan ilişkili olan çevresel etki faktörleri şunlardır [16]:

- Yenilebilir olmayan enerji tüketimi: NRE, MJ
- Sera Etkisi Potansiyel: GWP, KgCO₂
- Asidifikasyon potansiyeli: AP, KgSO₂

Bu bağlamda kabuğu oluşturan yapı malzemelerinin seçimi bir yapının çevresel etkisi ile doğrudan ilişkilidir. Malzemelerin çevresel etkiye ne kadar etki edeceği sorusu önemlidir. Bu değer, malzemelerin doğal özelliklerinin saptanmasıyla ve bir tasarımda kullanılması yoluyla etki eden faktörler olarak sıralanabilir [43].

Bu faktörler:

- Malzemenin üretilmesi için gerekli enerji,
- Malzemenin üretim aşamasında ortaya çıkan CO₂ emisyonu,
- Malzemenin hammaddesinin çıkarılması sırasında oluşan yerel çevre etki (örneğin, maden ocağı çukuru, ormandan çıkarılmış bir ağaç, petrol kuyusundan çıkan petrol atıkları, v.b.),
- Malzemenin çevreye vereceği zararlar,
- Malzemenin üretimi ve sahaya ulaştırılması sırasında oluşan nakliyelerve etkileri,
- Malzemenin yapı kullanımı sonunda elde edilen kirletme derecesi olarak sıralanabilir.

Malzeme seçimi ve tasarım kararları etkisiyle elde edilen faktörler de şunları içerir;

- Mimari bir elemanın konumu ve detaylandırılması,
- Malzemenin bakımı ve bakım aşamasında malzemelerin önemi,
- Yapının çevresel etkisinin azalmasında malzemenin katkısı,
- Tasarımların zaman geçtikçe kullanım değişikliklerine karşı esnekliği,
- Yapı yıkımına karşı geri kullanım için malzemenin ömrü ve potansiyeli.

Bir malzemenin çevresel etkisi oluşum enerjisi (embodied energy) kavramıyla ölçülebilir. Oluşum enerjisi malzemenin üretimde kullanılan tüm enerji miktarını açıklar. Bir tuğlanın, bir pencerenin ya da tüm bir yapının somut enerjisinden bu yolla söz edilebilir.

Oluşum enerjisi çevresel etkinin azaltılmasında etken olan yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımının belirlenmesinde önemli bir ölçüdür. Çevresel etkinin azaltılması başlıca iki yolla olabilir: Bunlar küresel ısınma nedenlerinden biri olan CO₂ emisyonlarının ve asit yağmurları gibi atmosfer üzerinde etkileri olan emisyonlarının azalması olarak tanımlanmaktadır. Bu etkilerin dışında daha tanımlanamamış birçok etki, enerji kaynaklarının çevresel azalmasına neden olmaktadır [43], [32].

2.3.3 Yapı Kabuğu ve Yalıtım İlişkisi

Yapıyı dış ortamdan koruyan bir yapı elemanı olan yapı kabuğunun, düşük maliyetle oluşturulması ve buna paralel olarak yüksek verim alınması gerekliliği, enerji tasarrufunu dolayısıyla yalıtım kullanımını ortaya koymaktadır. 1999 verilerine göre Türkiye’de enerjinin % 41’ i konutlarda, % 33’ ü sanayide, % 20’ si ulaşımda, % 5’ i tarımda, % 1’ i de diğer alanlarda tüketilmektedir [44].

Yapıların enerji harcamasının büyük bir bölümü ısıtma ve soğutma enerjisi kaynaklıdır. Bu açıdan, yapı kabuğunda alınacak önlemler enerji tüketiminde önemli bir rol oynamaktadır. Enerji tüketiminin konut sektöründe fazla olması, enerji tasarrufunda yalıtımın önemini arttırmaktadır.

Binanın ömrünü uzatmak, aynı zamanda yapıda ısı kazanç ve kayıplarını denetlemek ve en aza indirmek için tasarım aşamasında, uygun konfor şartlarını sağlayacak şekilde yalıtım uygulamasının yapılması gerekir. Yapıda ısı kaybedilen yüzeylerdeki yalıtım, yapının bulunduğu coğrafi konum ve iklim koşullarına uygun yapılmadığında enerji harcamaları doğrultusunda maliyette artışlar olmaktadır. Yapay ısıtma ve soğutmada kullanılan enerji kaynaklarının yetersiz oluşu ve yol açtığı çevre kirliliği ve insan sağlığına verdiği zararlar enerji miktarının azaltılma gerekliliğini ortaya koymaktadır. Yapı kabuğunda yapılacak ısı yalıtımı için seçilen malzemeler minimum ısı kaybı sağlayacak şekilde tasarlanırken, malzemelerin üretim ve yapım aşamasındaki enerji harcamalarını da dikkate almak gerekmektedir.

Dış duvarlar yapı kabuğunda en fazla alana sahip yapı elemanlarıdır. Isı kaybı duvar yüzeyinin artması ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu nedenle yapı kabuğu ısısal konforu sağlamak için öncelikle yalıtılması gereken yapı elemanlarıdır [45]. Dış cephede yapılacak yalıtım, yapıyı atmosferik koşullara karşı koruyacağı gibi ısı köprüsünün de azaltılmasında etkindir.

2.3.3.1 Yalıtım Malzemelerinin Sınıflandırılması

Farklı sıcaklıktaki iki ortam arasında ısı transferini azaltmak için kullanılan ısı yalıtım malzemelerini belirleyen özellik ısı iletim katsayılarıdır. ISO ve CEN Standartlarına göre ısı iletim katsayısı 0,065 W/mK değerinden küçük olan malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak tanımlanır. Diğer malzemeler yapı malzemesi olarak kabul edilir [46].

Aşağıdaki Çizelge 2.1’de Uygulama alanlarına göre kullanılan ısı yalıtım malzemeleri ve bu malzemelerin ürün standartları verilmiştir.

Çizelge 2.1 Isı yalıtım malzemeleri ve ürün standartları

Isı Yalıtım Malzemeleri	Ürün Standardı
Camyünü,	TS 901 EN 13162
Taşyünü,	TS 901 EN 13162
Ekspande Polistiren (EPS),	TS 7316 EN 13163
Ekstrude Polistiren (XPS),	TS 11989 EN 13164
Poliüretan (PUR),	TS EN 13165
Fenol Köpüğü,	TS EN 13166
Cam Köpüğü,	TS EN 13167
Ahşap Lifli Levhalar,	TS EN 13168
Genleştirilmiş Perlit (EPB),	TS EN 13169
Genleştirilmiş Mantar(ICB)	TS EN 13170
Ahşap yünü levhalar,	TS EN 13171
Selülozik Yalıtım	TS EN 13823

Yalıtım Malzemelerinin İç Yapısı

Isı yalıtım malzemeleri yapısal olarak 5 grupta toplanabilir. Bu gruplar aşağıda kısaca özetlenmiştir [46].

- Taneli olanlar

Bu gruba giren malzemeler tanecik halinde olup uygulamada malzemeler arasında hava boşlukları bulunmaktadır. Taneciklerin gelişi güzel sıralanması nedeniyle, tanecikler arasında hava hareketi oldukça yavaştır ve bu nedenle tanecikler arasında taşınım yolu ile ısı transferi azdır.

- Lifli olanlar

Malzemelerin lifleri arasındaki serbest hava kanallarının genişliği ve sayısı nedeniyle, yoğunlukları düşüktür. Lifler arasında oluşan hava filmleri, taşınım yolu ile oluşacak ısı transferine bir direnç oluşturur. Bu nedenle, taşınım yolu ile meydana gelen ısı transferi minimumdur. Lifli yalıtım malzemelerinde serbest hava kanallarının sayısını ve genişliğini azaltmak için dolgu yoğunluğunu arttırmak gerekir. Lifler arasında taşınım yoluyla oluşan ısı transferi, iletim yoluyla oluşan ısı transferinden her zaman daha fazladır. Bu tür malzemeler öncelikle ses yalıtımında tavsiye edilir.

- Hücreli olanlar

Hücreli yapıya sahip olan yalıtım malzemelerinde taşınım yoluyla ısı geçişinin minimum olması için, bu hücrelerin mümkün olduğu kadar küçük olması gerekir. Hücreli yapıya sahip malzemeler öncelikle ısı yalıtımında tercih edilmektedir.

- Reflektif olanlar

Bu gruptaki malzemeler düşük yutma katsayısına sahip olmaları nedeniyle, ısının büyük kısmını yansıtırlar.

- Karma malzemeler

Yukarıda sıralanan 4 grup malzemenin iki veya daha çoğunun bir karışımından meydana gelir [47].

Isı yalıtımı amacı ile kullanılan ürünler açık gözenekli ve kapalı gözenekli olarak da sınıflandırılabilir.

- Açık gözenekli veya elyafli malzemelere; camyünü, taşyünü (mineral yünler), ahşap yünü,seramik yünü, cüruf yünü;

- Kapalı gözenekli malzemelere ise EPS genişletilmiş polistiren, XPS ekstürüde polistiren, elastomerik kauçuk, polietilen köpüğü, cam köpüğü

örnek verilebilir.

Çizelge 2.2 Isı yalıtım malzemelerinin yapıldığı hammaddeye göre sınıflandırılması

Isı Yalıtım Malzemeleri			
Doğada Varolan Malzemeler		Doğada Varolmayan ve Sentetik (Yapay) Malzemeler	
Bitkisel ve Hayvansal Kökenli Malzemeler	Mineral Lifli Malzemeler	Plastik Köpük Malzemeler	Yüksek Performanslı Malzemeler
Mantar	Camyünü	Polietilen	Saydam yapılı yalıtkanlar
Ahşap	Taşyünü	Polivinilklorür köpükleri (PVC)	Vakumlanmış yalıtım panelleri
Talas ve lif	Seramikyünü	Ekspande polistiren köpük (EPS)	Komposit yalıtkanlar
Selüloz	Cam köpüğü	Ekstrüde polistiren köpük (XPS)	Aerojel
Hayvansal dokumalık lifler	Fosil silisler vb.	Poliüretan köpükleri (PUR)	
Bitkisel dokumalık lifler		Fenolformaldehit köpükler vb.	
Saman			
Yosunlar vb.			

2.3.3.2 Yalıtım Malzemesi Seçim Süreci

Malzeme seçiminde, ekolojik kriterlere uygunluk bakımından, doğaya zarar vermeyecek doğal malzemelerin kullanımı önemlidir. Ancak bu noktada, doğal ve doğaya saygılı malzemelerin pek çok kritik noktayı içeren bir seçimi söz konusudur. Azalmakta olan doğal kaynakların zarar görebilmesi söz konusu olabileceğinden yapay malzemelerin seçimi öncelik kazanmaktadır. Ancak çevresel etkilerin azaltılması açısından kullanılacak yapay malzemelerin bazı kriterleri sağlaması gereklidir. Bunlar kısaca;

- dayanıklı,
- bakım maliyeti düşük malzemeler,
- üretim aşamasında az enerji kullanan malzemeler,
- üretimde mümkün olduğu kadar doğaya az zarar verecek madde içeren malzemeler,
- binanın yapımı, kullanımı ve yıkımı aşamalarında doğaya zarar vermeyen malzemeler ve

- özellikle binanın yıkımından sonra geri dönüşümlü olarak kullanılacak malzemeler olarak sıralanabilir [48].

Yalıtım malzemesinin seçiminde birçok parametre dikkate alınmakta ancak ısı performans ve enerji korunumu söz konusu olduğunda ısı iletkenlik katsayısı değeri önem kazanmaktadır.

Isı yalıtım ürünlerinin temel amacı, yapı elemanlarının ısı iletim direncini artırmaktır. Bu nedenle bu ürünlerin yalıtma özelliğini ısı iletim katsayıları belirler. Isı iletim katsayısı ne kadar düşükse, o ürünün yalıtım özelliği artar. Bu nedenle, yalıtım ürünlerinin ısı iletim katsayısının düşük olması istenir. Bunun yanı sıra uygulanacağı detaya göre yalıtım malzemelerinin; ses sönümlenme değerleri, yangın karşısındaki performansları, su emme değerleri, donma çözülme dayanımı, yük altındaki uygulamalar için basma dayanımları malzeme seçiminde önemli rol oynar. Kullanım kolaylığı ve ekonomik olması da ısı yalıtım ürünlerinde aranan diğer özelliklerdir.

Etkin bir ısı yalıtım malzemesinde aranılan özellikler şunlardır:

1. Bünyesine su almamalı ve yalıtım değerini bina ömrü boyunca korumalı,
2. Basınç yüklerine dayanmalı, zamanla çökme, sünme ve yığılma yapmamalı,
3. Isı yalıtım değeri λ düşük olmalı,
4. Buhar kesici gerektirmemeli ancak nefes almalı,
5. Uygulanması ve işçiliği kolay olmalı, fire vermemeli, ekonomik olmalı,
6. Kaşınma ve alerji yapmamalı, kanserojen olmamalı,
7. Zehirli gaz içermemeli ve insan sağlığına ve çevreye zarar vermemeli,
8. Çatı, duvar, döşeme ve bodrumlar için yapı fiziğinin özelliklerine uygun farklı ürünler sunmalı,
10. Yangın dayanımı uluslararası yönetmeliklere uygun olmalı.

Isı Yalıtım Malzemelerinde Uygulamaya Göre Aranması Gereken Özellikler;

- Isı iletim Katsayısı (W/m^2K),

- Yoğunluk (kg/m^3),
- Yangın Sınıfı (DIN 4102, BS476),
- Sıcaklık Dayanımı ($^{\circ}\text{C}$),
- Mekanik Dayanım (kPa),
- Buhar Difüzyon Direnci,
- Su Emme
- Boyutsal Kararlılık

olarak sıralanmaktadır.

Güncel olarak kullanılan ve tez kapsamında uygulanan bazı yapı malzemeleri ve özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Ekspande Polistren-EPS Yalıtım Malzemesi Özellikleri

Ekspande Polistren Sert Köpük (EPS-Genleştirilmiş Polistren Köpük), petrolden elde edilen köpük halindeki termoplastik, kapalı gözenekli bir ısı yalıtım malzemesidir.

Polistren taneciklerinin şişirilmesi ve birbirine kaynaşması ile elde edilen EPS (Genleştirilmiş Potistren Sert Köpük) ürünlerde, taneciklerin şişirilmesi ve köpük elde edilmesi için kullanılan gaz pentandır. Pentan tanecikler çok kısa sürede hava ile yer değiştirir. Böylece EPS levhaların bünyesinde bulunan (1m^3 EPS 'de 3–6 milyar) küçük kapalı gözenekli hücreler içinde durgun hava hapsolür. Malzemenin %98 'i hareketsiz ve durgun havadır. EPS üretiminde son aşama olan şekil verme (kalıplama) aşamasında, taneciklerin birbiri ile sıkıca kaynaşması sağlanır. EPS blok halinde ve kesilmek suretiyle levha haline getirilir veya levha şeklinde kalıp içinde genleştirilerek üretilebilir [45], [46].

Ekstrüde Polistren XPS Yalıtım Malzemesi Özellikleri

Ekstrüde polistren levha, polistiren hammaddesinin ekstrüzyonla levha halinde çekilmesiyle üretilen bir ısı yalıtım malzemesidir.

Ekstrüde polistrenin avantajlarının kaynağı, üretim teknolojisini oluşturan haddeleme (ekstrüzyon) işlemi ve bunun sonucunda ortaya çıkan kapalı gözenekli hücre yapısıdır. Malzemenin hammaddesi olan tanecikler halindeki polistren, üretim hattına girdikten

sonra eritilir, başka katkı maddeleri eklenir ve köpük yapısının sağlanabilmesi için şişirme ajanı ilave edilir. Bu karışım belirli ısı ve basınç koşulları altında bir hat boyunca istenilen kalınlıkta çekilir. Malzemenin boyunun ve yüzey yapısının (kenar binileri, kanallar, pürüzlendirme) ihtiyaçlar doğrultusunda düzenlenmesiyle son ürün elde edilmiş olur. Malzeme homojendir ve kalitesi hep aynı seviyede tutulabilmektedir. Bu sürecin sonucunda bal peteği formunda hücre çeperlerinden oluşmuş, kapalı gözenekli hücre yapısına sahip ekstrüde polistren elde edilmiş olur. Sürekli ve düzenli hücre yapısı ve kanalı, gözenekli ekstrüde polistreni suya ve zamana karşı dayanıklı yapar, yalıtım etkinliğinin ve yüke karşı dayanımının yüksek olmasını sağlar.

Polistren termoplastiktir. İşlendikten sonra yeniden üretim hattına sokulabilir. Bu nedenle ekstrüde polistren tesisleri genellikle zayıtsız çalışırlar. Bir takım nedenlerle kullanılmayan, bini/ kanal açılmasında açığa çıkan malzemeler toplanır, gerekli işlemlerin ardından ilk tanecik formuna getirilir ve yeni imalatlarda kullanılır .

XPS üretiminde şişirici gaz olarak HCFC kullanılmaktadır. Üretimde açığa çıkan HCFC ozon tabakasına zarar vermektedir [45], [46].

Taş Yünü Yalıtım Malzemesi Özellikleri

Taş yünü, bazalt veya diabaz taşının 1350°C - 1400°C'de ergitilerek elyaf haline getirilmesi ile elde edilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Kullanım yerine, amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde, değişik kaplama malzemeleriyle, şilte, levha, dökme, boru şeklinde üretilir. Isı ve ses yalıtımı, akustik düzenleme, yangın yalıtımında kullanılır. Yüksek dayanım sıcaklıkları ve "A" sınıfı yanmaz malzemeler grubunda olmaları, kullanım yerlerinde yangın yalıtımı sağlar. Isı iletkenlik hesap değeri 0,040W/mK, su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu =1$ 'dir.

Taş yünü yalıtım malzemesinin diğer özellikleri :

- % 100 boyutsal kararlılığa sahiptirler.
- Sıcağa ve rutubete maruz kaldığında boyutları değişmez.
- Fiziksel özelliklerim zamana bağlı olarak kaybetmez.
- Zamanla bozulmaz, çürümez, küf tutmaz, korozyon ve paslanma yapmaz.
- Böcekler ve mikroorganizmalar tarafından tahrip edilemez.

- Higroskopik ve kapiler değildir.
- Ergime sıcaklığı >1000 °C dir.
- Kolay kesilmesi ve ziyan olmadan her parçasının değerlendirilmesi, uygulamada fayda sağlar [45], [46].

Mantar Yalıtım Malzemesi Özellikleri

Bitkisel kökenli yalıtım malzemesi olan mantar taneli yapıdadır. Kuzey Afrika kıyıları ile Sicilya, Korsika, Sardunya Adalarında yetisen ağacın kabuklarından elde edilir. Mantar levha, doğal mantarın kırılması veya öğütülmesi ile meydana gelen parçacıkların fırınlanması ve bunların bitümlü, reçine vb, bağlayıcı madde veya kendi yapısındaki doğal yapıştırıcı madde ile ısı ve/veya basınç altında birleştirilmesi ile şekillendirilmesinden elde edilmektedir. Kimyevi maddelere dayanıklı, ancak halojenlere, amonyağa ve eter yağlarına dayanıksızdır.

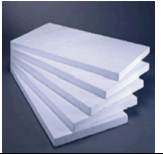

Mantar levhaların kullanım sıcaklığı -180 /+110 °C aralığındadır. Isı iletkenlik hesap değeri 0,04 – 0,055 W/mK, su buharı difüzyon direnç faktörü 10-35 arasındadır. Hidroskopiktir, havanın nemini çeker. Su emmez. Yanma sınıfı BS476 standardına göre Class 3'tür. Yoğunluğu 80-500 kg/m³ aralığındadır [49].

Selülozik Yalıtım Malzemesi Özellikleri

Selüloz esaslı malzemelerden elde edilen ve içerisinde bor tuzları barındıran ısı, ses ve yangın izolasyon malzemesidir. %75 atık kağıtların - gazetelerin %25 oranında bor madeni ile özel işlem sonucunda işlenmesiyle elde edilmektedir. Başta bor olmak üzere içerisindeki malzemelerin tamamı ülkemizde üretilmektedir. Atık kağıtların değerlendirilmesiyle ülke ekonomisine de katkı sağlar. Tamamen doğal malzemelerden üretildiği için çevre dostu bir malzemedir. Nefes alan bir malzemedir. Kimyasal bileşik içermediği için kanserojen değildir [50]. Her yüzeye istenilen kalınlıkta püskürtme tekniği ile uygulanmaktadır. Bu sebeple ek yeri bulunmaz ve böylece ısı ve ses köprülerinin oluşumuna engel olur. Isı iletkenliği düşüktür (0,036W/mK).

Aşağıdaki Çizelge 2.3'de tezde kullanılan yapı yalıtım malzemelerinin özellikleri belirtilmiştir.

Çizelge 2.3 Isı yalıtım malzemeleri karşılaştırma tablosu

Isı İzolasyonu Malzemesi	Isı İletim Katsayısı W/m ² K	Kullanım Sıcaklığı °C	Yoğunluk (kg/m ³)	Yangın Sınıfı (DIN4102, BS476)	Mekanik Dayanım (kPa)	Buhar Difüzyon Direnci	Su Emme
Taş Yünü (TS 901) 	0,035	max. 750	30-200	DIN 4102 'ye göre A sınıfı yanmaz	1,5-6.5 ton/m ² basma dayanımı	=1	% 2,5-10
Ekstrude Polistren (XPS) (TS 11989) yüzeyi pürüzlü levha yüzeyi düzgün levha 	0,031 0,028	-50 - +75/+80	20 30	B1 sınıfı zor alev alan	100 -500 kPa (0 -50 ton/m ²) max. basma dayanımı	80 -250	%0-0.5 max.
Ekspanded Polistren (EPS) (TS 7316) 	0,04	-180 /+75	15 -30	DIN 4102'e göre B1 sınıfı zor alev alan, B2 Sınıfı normal alev alan	50 -150 kPa (5-15 ton/m ²) max. basma dayanımı	20-80	%0-5 max.
Mantar Yalıtım 	0,04	-180/+100	80-500	BS476/ class3		10-35	
Selülozik Yalıtım (püskürtme) 	0,036		15-150	DIN 4102'e göre A2 sınıfı yanmaz		1	%5-15

2.4 Yapı Kabuğunun Çevresel Performansının Belirlenmesi

Yapının üretimi, kullanımı ve yinelenmesi aşamalarında kullanılan malzemedeki kaynaklı olarak tüketilen enerji miktarı yapının toplam enerjisini doğrudan etkilemektedir.

Yapı ömrü boyunca, yapıdan kaynaklı enerji tüketimi üç evreden oluşmaktadır.

- Üretim-yapım evresi (Pre-use phase): Oluşum Enerjisi ve Özgül Enerji
- Kullanım evresi (Use phase): Isıl Enerji
- Kullanım sonrası evresi (Post-use phase)- Yıkım- Geridönüşüm- Yeniden Değerlendirmede Harcanan Enerji: Oluşum Enerjisi ve Özgül Enerji

Ömür sürecini oluşturan evrelerden; hammadde elde edilişi, taşıma, üretim, kullanma, yok etme ve yeniden değerlendirme aşamalarında en temel çevresel etki kaynakları belirlenmeli ve bunların önlenmesine çalışılmalıdır. Bu evrelerin birinde oluşacak olumsuzluklar bir önceki aşamaya tekrar geri dönüp ele alınmasını gerektirmektedir [16].

Yapı kabuğu bileşenlerinin (yapının kullanım evresi dışında- Use phase), üretim-yapım ve kullanım sonrasında, çevresel etki analizi iki temel enerji hesabına dayanmaktadır.

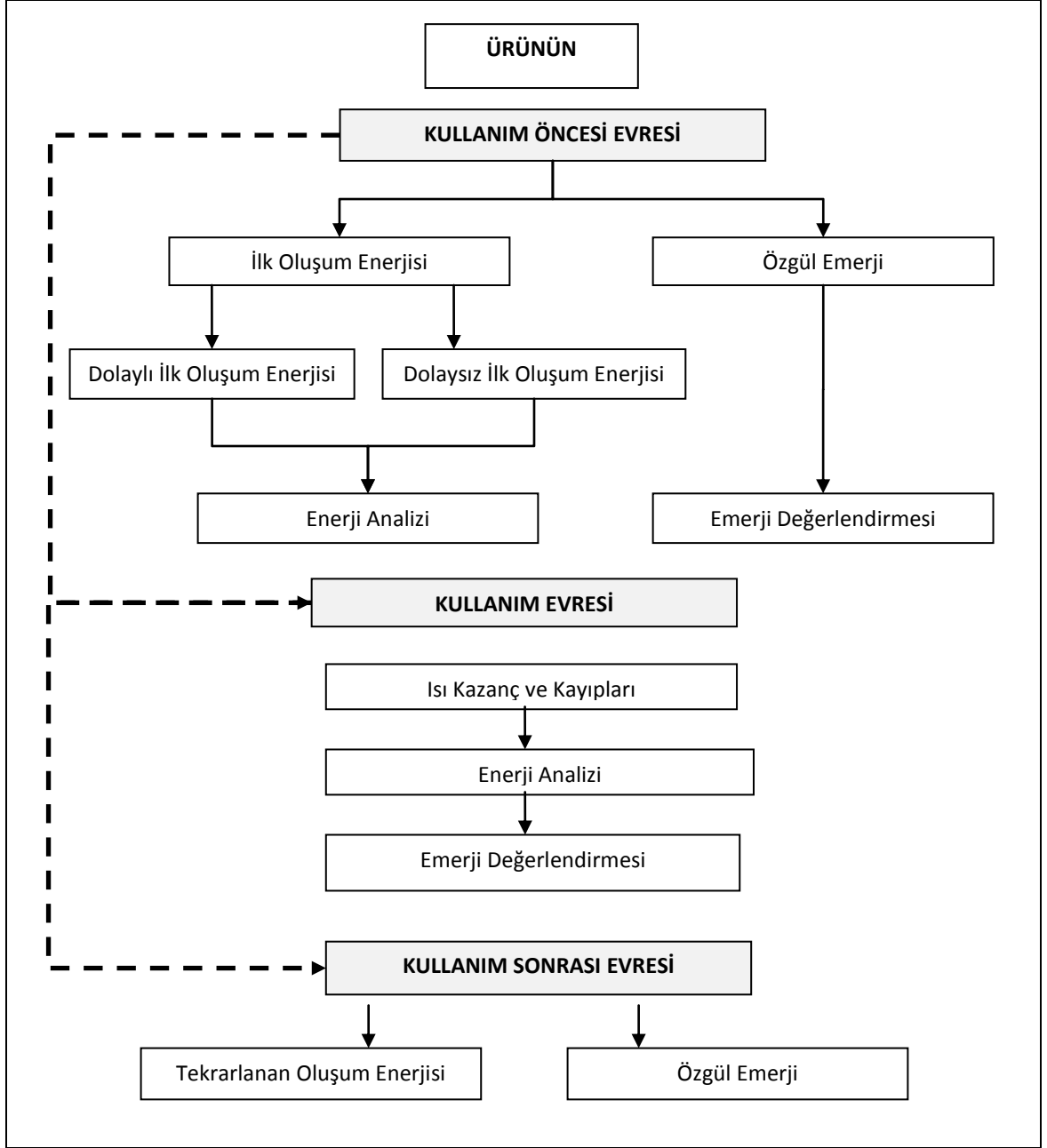
Bunlar:

1. Oluşum Enerjisi (Embodied Energy)

2. Özgül Enerji (Specific Energy)

olarak adlandırılmaktadır.

Yapı malzemesine ilişkin tüm enerji- enerji harcamalarının yaşam döngüsü evrelerinde yerinin belirlenmesi Şekil 2.3 'de gösterilmiştir.



Şekil 2.3 Yapıdan kaynaklı enerji – enerji evreleri

2.4.1 Oluşum Enerjisi

Oluşum enerjisi (Embodied Energy), ham malzemelerin elde edilmesinden, üretim, taşıma ve uygulama aşamalarını kapsayan süreçteki toplam enerjidir [51].

Oluşum enerjisi, yapı kabuğunu oluşturan malzemenin seçimi ile belirlenmektedir. Yapı malzemesinin üretimi için gerekli hammaddenin çıkarılması, üretim alanına taşınması, üretimi, yapım yerine taşınması, kullanımı, bakımı, onarımı aşamalarında kullandığı enerjiyi içeren oluşum enerjisine yapının kullanım sürecinin sona ermesinden sonra

yıkım, geri dönüşüm ve yeniden kullanım aşamalarında harcadığı oluşum enerjisi de eklenirse malzemenin daha tasarım aşamasında seçiminin önemi ortaya çıkmaktadır [52].

Oluşum enerjisi birimi MJ/kg dır. Bu birim 1 kg ürün elde etmek için harcanan enerjiyi belirlemektedir. Oluşum enerjisi atmosfere salınan CO₂ gazı oranlarıyla da örtüşmektedir.

1 kg ürün elde etmek için salınan CO₂ miktarı ise:

$$1 \text{ MJ} = 0.098 \text{ kg CO}_2 = 98 \text{ gr CO}_2$$

$$1 \text{ kg CO}_2 = 10.204 \text{ MJ olarak tanımlanmıştır.}$$

Binalarda kullanım dönemi dışında harcanan, harcanmış olan oluşum enerjisi, yaşam döngüsü boyunca tüketilen enerjinin toplamında önemli bir bölümü oluşturmaktadır. Bu süreçte tüketilen enerji çevresel kirliliğe neden olmaktadır [53]. Oluşum enerjisi ürünleri yüksek çevresel etkilere sahiptir. Bu etki, sera gazlarına ve CO₂ emisyonlarına bağlı olarak malzemenin tükettiği enerjiyle ilişkilidir.

Fosil yakıtlardan üretilen enerji dolaylı veya dolaysız olarak yapılar tarafından tüketilmektedir. Yapılar üretim ve kullanım süreçlerinde farklı miktarlarda oluşum enerjisine gereksinim duyar. Yapılarda oluşum enerjisinin iki bileşeni vardır ve iki ayrı süreçte incelenebilir [54]:

A- İlk oluşum enerjisi (initial embodied energy) ve

B- Tekrar eden oluşum enerjisi (recurring embodied energy)

2.4.1.1 İlk Oluşum Enerjisi

Yapılardaki ilk oluşum enerjisi hammaddenin elde edilmesinde, fabrikalarda üretimde, işlenmesinde, imalatta, malzemenin araziye taşınmasında ve yapımda (konstrüksiyon) harcanan enerji tüketimlerini ve bunun sonucunda çevresel etkileri belirlenmesinde kullanılacak oluşum enerjisi değerleri yenilenebilir olmayan enerjiyi (MJ) simgeler [54].

Yapı malzemesi olarak kullanılan başlıca dört ürünün üretim aşamasında tüketilen fosil yakıt enerji miktarı Çizelge 2. 4'de verilmiştir [55].

Çizelge 2.4 Yapı malzemelerinin üretiminde kullanılan fosil yakıt enerji miktarı

MALZEME	Fosil Yakıt Enerji MJ/kg	Fosil Yakıt Enerji MJ/m3
Kereste	1.5	750
Çelik	35	266000
Beton	2	4800
Alüminyum	435	1100000

Oluşum enerjisi; hammaddenin çıkarılması, ulaştırılması ve işlenmesini, daha sonra da bileşenlerin üretiminde ve ürünün montajında harcanan dolaylı ve dolaysız enerjiden oluşan aşamayı oluştururken, bu aşamalardaki tüketilen enerji net bir şekilde tanımlanabilir ve ölçülebilir.

Başlangıç (ilk) oluşum enerjisinin iki bileşeni vardır:

Dolaylı enerji (indirect energy): Malzemenin elde edilişi, üretimi ve bu aşamalara bağlı olarak yapılan nakliyeler için kullanılan enerjiyi simgeler.

Hammaddenin ve işlenmiş malzemelerin nakliyesi önemli miktarda enerji tüketimine neden olabilir. Taşıma sırasında tüketilen tüm enerji miktarının belirlenmesi, malzemenin ağırlığı, taşındığı mesafeler ve nakliyenin tipi gibi kriterlere bağlı olduğundan, hesaplanması güçtür.

Dolaysız enerji (direct energy): Dolaysız enerji yapının üretim sürecinde kullanılan enerjidir. Bu aşamada fosil yakıt tüketimine gerek duyulmaktadır. Yapı elemanı olarak malzemenin araziye, uygulama alanına taşınması ve yapı konstrüksiyonunda kullanılan enerjiyi de kapsar [54].

Oluşum enerjisinin hesaplanması, yapıda kullanılacak malzemelerin kaynak kullanımından itibaren başlamaktadır.

2.4.1.2 Tekrarlanan Oluşum Enerjisi

Yapılardaki yinelenen, tekrarlanan oluşum enerjisi, yapı yaşam süresi boyunca, malzemelerin tamiratında, restore edilmesinde harcanan yenilenemeyen enerjiyi simgeler. Yapıda kullanılan malzemeler zaman içinde yıpranmakta ve bunun sonucunda onarılmaktadır. Kullanılamaz duruma gelenler ise yıkılarak atık durumuna gelmektedir. Kullanım sonrası evresinde atık durumuna gelen malzeme önemli çevresel etkilere

neden olabilir. Yenelenen oluşum enerjisinde yapının 6mrü g6z 6n6ne alınarak, bu s6reçteki yıpranan malzelerin tamiri için kullanılan yeni malzemelerin enerjisidir.

Farklı malzemelerle inşa edilen yapıların konstrüksiyonunda t6ketlenen enerji 6nemli bir yer tutmaktadır. Yapının 50 yılın 6zerinde bir s6re kullanıldığı d6ř6n6l6rse bakımı için t6ketlenen enerji binanın tasarımına ve inşa edildiği b6lgeye g6re farklılıklar g6stermektedir.

Oluşum enerjisi, yapı sanayisinin çevresel etkilerini hem yerel hem de k6resel 6lekte etkileyebilmektedir.

Enerji etkin tasarım yaparken, enerji t6ketimi ile enerji talebinin birarada 6z6lmesi gerekmektedir. Kullanım aşamasında enerji gereksinimini minimize edecek 6z6mlere gidilirken, maksimum enerji verimliliğini sağlanmak ve enerji t6ketimini de minimumda tutmak gereklidir. Yani verimli bir performans için çıktılar (yarar) ile girdiler (kaynak) arasındaki ilişkiyi doğru kurmak gereklidir [56].

Sonuç olarak;

Mimari tasarım aşamasında alınacak kararlar gerek malzeme seçimi, gerekse str6kt6r seçimi, binanın t6m yaşam s6reci içersinde, enerji t6ketimleri ve buna bağlı olarak oluşacak çevresel etkiler açısından 6nem taşımaktadır.

2.4.1.3 Oluşum Enerjisinin evresel Etkileri

Yapı malzemelerinin, yapının aşamalarının ve bunların çevresel etkilerinin birbirleriyle bağlantıları yıllardır araştırmacılar tarafından incelenmekte ve yapı malzemelerinin oluşum enerjisi ortaya konulmaktadır. Oluşum enerjisinin, tasarım aşamasında, bir 6l6t olarak ele alınması gerekmektedir.

Oluşum enerjisinin çevresel etkileri:

evre Kirliliği [55]

Bazı yapı malzemelerinden, 6retim aşamasında, atmosfere b6y6k miktarda CO₂ ve diğer gazlar salınmaktadır. Bu malzemelerden elik, al6minyum ve beton arasında bu bakımdan bir karşılaştırma yapıldığında,

- Çelik yapımında, yenilenemeyen kaynaklardan elde edilen fosil yakıtlar kullanılmakta ve 1 ton çelik üretiminde atmosfere yaklaşık 2 ton CO₂ salınmaktadır.
- 1 ton çimento üretiminde, 240 gram kadar SO₂ ve 6 kg'ın üzerinde azot oksitlerin atmosfere salınmaktadır.
- Eş büyüklükteki çelik karkas ve ahşap karkas ev karşılaştırıldığında, çelik karkas evin atmosfere 3.5 ton karbon saldığı, ahşap karkas evin ise 3.1 ton karbon depolayabildiği hesaplanmıştır.
- Tomruktan kereste üretimi sırasında, atmosfere salınan karbondioksitin 15 katından daha fazlası, kereste tarafından depolanmakta, çelik ve alüminyumun depoladığı miktar ise sıfır olarak kabul edilmektedir. Çeşitli yapı malzemelerinin üretimleri süresince atmosfere salınan ve depolanan karbon miktarları aşağıdaki Çizelge 2.5'de verilmiştir.

Çizelge 2.5 Yapı malzemelerinin üretiminde salınan ve depolanan karbon miktarı

MALZEME	Salınan Karbon Kg/t	Salınan Karbon Kg/m ³	Depolanan Karbon Kg/m ³
Kereste	30	15	250
Çelik	700	5320	0
Beton	50	120	0
Alüminyum	8700	22000	0

Katı Atıklar

Katı atıklar da çevre kirliliği yaratan önemli problemlerden biridir. Kereste imalatında atmosferde problem yaratan CO₂, CO, SO₂ ve uçucu organik bileşiklerin yayılması, çelik, alüminyum, çimento ve beton üretiminden çok daha düşük olmakla beraber, katı atıkların miktarı fazladır. Ancak bu atıklar da bir üründür, büyük atıklar yonga levha ve lif levha üretiminde, talaş ya da tahta parçaları ise endüstriyel yakıt olarak tekrar kullanılabilir. Demir ve çelik üretiminde CO, SO₂ ve azot oksitlerinin (çelikte toplam 40 kg/t) havaya, ağır metaller ve yağların suya emülsiyonu görülmektedir. Üretim sonucunda büyük miktarda katı atıklar, özellikle cüruf ile az miktarda tehlikeli atıklar ortaya çıkmakta ve atıkların depolanacağı sahalara ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca

her 1 ton çeliğin üretimi sırasında hidrokarbonlar ile diğer organik bileşikler, sülfidler, fenoller, nişadır, metaller, siyanür, sıvı ve katı yağlar içeren kontamine olmuş yaklaşık 150.000 litre su bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yapılarda kullanılan malzemelerin üretimi sırasında çıkan atıklardan başka, hizmet ömürleri sonunda geri dönüşümleri de, yaşam döngüsü analizlerinin inceleme alanları içersine girmektedir. Hizmet ömrü biten binalardan çıkan ağaç malzeme atıkları, başka alanlarda kullanılma imkânı bulunamıyorsa, yakıt olarak değerlendirilebilir ya da çürüyerek doğaya katılabilir. Çelik, alüminyum gibi metallerin geri dönüşüm işlemleri için ilâve bir enerji tüketimi söz konusudur. Ayrıca bu işlemler sırasında çevreye salınan karbondioksit ve çöken katı atıklar ayrı bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yapı malzemelerinin üretim, taşıma ve konstrüksiyon aşamalarında atmosfere CO₂ ve diğer gazlar salınmaktadır. Bunun yanısıra yenilenebilir ve yenilebilir olmayan enerji tüketmektedir. Oluşum enerjisi, malzemelerin yenilenemeyen enerji kullanımını ve bu enerji tüketimine bağlı olarak çevresel etkileri belirlemektedir.

Gizli enerji tüketimi olarak kabul edebileceğimiz oluşum enerjisi, bu aşamalarda önemle ele alınması gereken bir konu olarak karşımıza çıkmıştır. Yapıyı oluşturan tüm malzemelerin, üretim ve uygulama (yapım) aşamalarında harcanan enerjinin toplamını içeren oluşum enerjisi, sürdürülebilir mimarlığın en önemli konularından biridir. Bir ürün/ malzeme oluşumunda kullandığı/harcadığı tüm enerji miktarı oluşum enerjisi ile ifade edilmektedir. Farklı malzeme veya ürünlerin içerdığı oluşum enerjisi miktarlarının üretimde yaklaşık aynı enerjiyi tüketmelerine rağmen ulaşım veya yapım sırasında farklılıkları ortaya çıkabilmektedir. Bu yüzden tüm aşamalar birarada ele alınıp değerlendirilmelidir. Geri dönüşümlü olduğu için çevreye dost olduğu düşünülen bir ürünün oluşum enerjisi çok yüksek olabilir. Öyle ki kaynak tüketimine, harcanan fosil yakıtla küresel ısınmaya sebep olabileceği gibi hammadde ediniminde, üretiminde ve nakliyesinde asit yağmurlarına sebep olabilir [18].

Daha kalıcı ürünler, kullanım süresine bağlı olarak daha düşük oluşum enerjisine sahip olabilir. Örneğin yüksek oluşum enerjisine sahip olan alüminyum, yüksek oranda sağlamlığı ve dayanıklılığı nedeniyle, zamana ve kullanım süresine bağlı olarak çok daha düşük oluşum enerjisine sahip olabilir. Buna ek olarak bazı ürünler geridönüşüme uğradıkları için düşük oluşum enerjisine sahip olabilir.

Aşağıdaki Çizelge 2.6’da bazı yapı malzemelerinin oluşum enerjisi değerleri (MJ/kg) verilmiştir [25].

Çizelge 2.6 Bazı yapı bileşenlerinin oluşum enerjisi değerleri

MALZEME	OLUŞUM ENERJİSİ, MJ/kg
Bakır	71.6
Boya	60.2
Alüminyum	191
PVC	70
Polistren	94.4
Çelik	32
Tuğla	2.7
Harç	0.1
Sıva	7.8
Taş	18.9
Ahşap	10.8
Beton	1.2
Cam	6,8

2.4.2 Özgül Enerji

Özgül Enerji (Specific Energy) bir ürün oluşturmak veya bir hizmet ortaya koymak, vermek için geçmişte yapılan işlerin toplamı, geçmişte kullanılan enerjidir [25]. Farklı enerji çeşitleri için farklı özgül enerji değerleri vardır. Örneğin; güneş enerjisi birimi “güneş emjul”, kömür enerjisinin birimi “kömür emjul”dur.

Oluşum enerjisine (embodied energy) bağlı olarak bulunan özgül enerji, H.Odum tarafından ortaya konulmuş olan enerji dönüşümü (energy transformity) ile açıklanır. Odum’a göre dünyadaki her türlü fiziksel varlık ve yapılan her iş ve ürünün kaynağı güneştir. Güneş enerjisi yeryüzünün ana enerjisi olduğu için diğer tüm enerjilere, güneş enerjisine eşdeğer birimle ortak değer verilebilir. Bu bağlamda yapılan her iş, her ürün güneş cinsinden hesaplanabilmektedir (solar energy Joule-sej) [51].

Özgül enerji hesapları; enerji kullanımını (fosil yakıt gibi) ve malzeme kullanımını içerir. Belirli bir miktar fosil yakıt ve hammadde sağlanmasında, uzun vadede doğa tarafından yapılan işleri ortaya koyar. Oluşum enerjisi (embodied energy) malzemenin çıkışından üretime ve son kullanım aşamasına kadar olan enerjiyi kapsarken, özgül enerji hesaplanmasında kullanılan enerji (fosil yakıt dahil) malzemenin çıkarılmasından

üretimine kadar kullanılan enerjiyi oluşum enerjisi bakımından dikkate alır ve ayrıca kullanılan malzemenin döngü boyunca bütün evrelerini de ortaya koyar.

Bazı yapı malzemelerinin özgül enerji değerleri [25] Çizelge 2.7’de verilmiştir.

Çizelge 2.7 Bazı yapı bileşenlerinin özgül enerji değerleri

MALZEME	ÖZGÜL ENERJİ, 10^{12} sej/kg
Bakır	104
Boya	25.5
Alüminyum	21.3
PVC	9.86
Polistren	8.85
Çelik	6.94
Tuğla	3.68
Harç	3.31
Sıva	3.29
Taş	2.44
Ahşap	2.4
Beton	1.81
Kireçtaşı	1.68
Cam	1.41

2.5 Yapı Kabuğu Üretim Aşaması Enerji Analizi ve Enerji Değerlendirmesi

2.5.1 Üretim Enerjisi Analizi (ÜEA)

Yapı kabuğunun üretim enerjisi analizi (ÜEA) oluşum enerjisi (embodied energy) analizine dayanmaktadır. Yapı malzemeleri, üretim, taşıma ve konstrüksiyon aşamalarında atmosfere CO₂ ve diğer gazlar salınmaktadır. Bunun yanısıra yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketmektedir. Oluşum enerjisi malzemelerin yenilenemeyen enerji kullanımını ve bu enerji tüketimine bağlı olarak çevresel etkilerini belirlemektedir. Oluşum enerjisi (embodied energy) hesaplarına bağlı olarak bulunan enerji analizi, yapının üretim aşaması için gerekli enerjiyi bulmak için yapılan analizlerdir. Yapı ölçeğinde, hammadde ve yapı malzemesi üretiminde kullanılan enerjiyi içeren yapı yaşam döngüsü aşamalarının herbirinde harcanan enerjiyi tanımlar. Bu nedenle, enerji analizi tüm aşamalarda enerji girdilerini oluşturmaktadır. Enerji Analizi-EA tüm bu aşamalardaki enerji girdileri için geçerli enerji analizidir [25].

Özetle; Üretim aşamasında enerji analizi yapıyı oluşturan malzemelerin üretiminde kullanılan enerjiyi içerir ve yapının üretim-yapım ve kullanım aşamalarında gerekli olan enerjinin değerlendirilmesinde kullanılan enerji olarak tanımlanır.

2.5.2 Üretim Enerjisi Değerlendirmesi (ÜED)

Çevre ile ilgili sorunların her geçen gün artması, doğal kaynakların bilinçsizce kullanımı, "Çevre Muhasebesi"- "Environmental Accounting" kavramını ortaya çıkarmıştır. Toplumun gereksinimleri karşılanırken, bir yandan mal ve hizmetler üretilmekte, bir yandan da bu üretim sırasında, doğal kaynaklar kullanılmaktadır. İşletmeler bu kaynakları üretim girdisi olarak kullanmakta, dolayısıyla çevreye zararlı atıklar bırakmaktadırlar [57].

Sürdürülebilir ölçme kriterlerinden biri de "**Emerji Değerlendirmesi-ED**"dir. (Emergy Evaluation-EE)

Emerji Değerlendirmesi-ED, özgül emerji değerlerine bağlı olarak bulununan ve toplam yaşam dönem maliyetinin hesaplanmasında kullanılan çevresel hesap metodudur.

Yapı kabuğunun Emerji Değerlendirmesi ED (Emergy Evaluation- EE) [-emergy "embodied energy - oluşum enerjisi"] Amerikalı ekolojist olan Howard T. Odum (1924-2002) tarafından ortaya konulmuştur.

Enerji kalitesi ve enerji tasarruf önlemleri konusu ile ilgili kavramlar, 1950 lerin başında Odum'un ekosistemlerin enerji akışlarını araştırmasıyla başlar. 1970 lerde ise insanlığın ve net enerji¹ konseptinin de dahil olduğu daha geniş boyutlu sistemler Odum'un dikkatini çeker. 1980 lerde Odum, enerji kalitesini ölçer ve emerjiyi değerlendirme

¹ Net Enerji: Sistem ekolojisiyle ilgili araştırmalar yapan H. Odum güneş enerjisi potansiyelinin sınırlanmasında net enerji kavramını geliştirmiştir. "Toplumlar için enerjinin gerçek anlamı net enerjidir. Net enerji enerjiyi elde etmek ve yoğunlaştırmak için harcanan enerjiyi düştükten sonra geriye elde kalan enerjidir." Üretim ve kullanımda gereksinim duyulan fosil kaynaklı enerji kaynakları arazi veya denizaltıdan çıkarılmaktadır. Ancak kaynakların miktarı kadar bu enerji kaynaklarını kullanılabilir hale getirebilmek için harcanan enerji de önemlidir. Sondaj işlemleri ve işletme giderleri, insan sağlığının korunması, kirliliğin önlenmesi, taşınma, arıtma vb tüm giderler için enerji harcanmaktadır. Kullanılabilir hale gelinceye kadar tüm harcanan toplam enerji gözönünde bulundurup toplam hesaptan düştükten sonra geride ne kadar net enerji kalacağı önemlidir. Bazı durumlarda harcanan giderler (enerji) hesaplandıktan sonra geriye kalan enerji miktarı az olabilmektedir. " ...ham maddenin sisteme konulmasından atık maddelerin güvenli bir şekilde saklanmasına kadar geçen aşamaların her biri, birbirleriyle ve çevreyle "uyumlu" olmak zorundadır." (Odum, H. T., (1983), Systems Ecology, Wiley, New York, NJ)

tekniki olarak tanımlar. 1990 larda enerji kalitesi sözünün yerini daha dar tanım olan "emergy" - enerji tasarruf önlemleri ve "transformity"- transformasyon/dönüşüm kelimeleri alır [58].

Bilindiği gibi tüm canlılar biyosfer denilen büyük bir ekosistem içinde yaşamaktadır. Bu karmaşık sistem içerisinde, su, mineral besin maddeleri, oksijen, karbon ve azot gibi yaşamın sürekliliğini sağlayan ve yaşamın temel öğeleri olan birçok madde, canlı ve cansız çevre arasında düzenli ve sürekli dolaşım içerisinde [59].

Son istatistikler binalardan kaynaklı çevresel sorunların, yenilenemeyen enerji kullanımına bağlı olduğunu göstermektedir. Emerji değerlendirmesi belirli bir süreç ya da ürün için kullanılan çevresel kaynakları ölçmek için termodinamik ilkelerine¹ ve sisteme dayalı "enerji sistemleri dil"ini kullanır. Buna bazen "enerji hafızası" da denir [60].

Güneş enerjisi geliştirmeye yardımcı ve biyosferdeki yaşamı sürdüren bir akıştır, Yeryüzündeki tüm biyofiziksel süreçler bu yüksek kaliteli enerji akışı sayesinde gerçekleşmektedir [24].

ED, süreç ya da ürünün, çevresel kaynaklarını ölçmek için kullanılır. Bu birime bağlı olarak, emerji, son süreci veya ürünü (nihai ürün) elde etmekte kullanılan dolaylı veya dolaysız güneş enerjisi miktarını tanımlar. Emerji değerlendirme yöntemi, farklı tasarımların ve tekniklerin karşılaştırılmasına yardımcı olması açısından çok önemlidir.

Doğa kendi kaynaklarını dengeli ve sürekli bir şekilde yenileyerek, bütün canlıların yaşam temellerini oluşturan ürünleri kullanıma sunmaktadır. İnsan etkisi olmadığı sürece, ekolojik döngüler tüm biyosferde işlevlerini yerine getirmektedir. İnsanlar 1960'lı yıllardan başlayarak, üstün teknik uygulamalarla ekosistemleri çeşitli biçimlerde etkileri altına almıştır. Diğer canlılar, var olan ekolojik koşullara uyum sağlamaktadır. İnsanlar ise, doğal çevre koşullarını kısmen de olsa değiştirerek, denetimleri altına

¹ Termodinamiğin birinci yasası enerji korunumunu ifade eder. Enerji bir şekilden diğerine dönüşebilir. Toplam enerji sabit kalır. Termodinamiğin ikinci yasası enerjinin miktarının yanında enerji kalitesi kavramına dayanmaktadır. Bir enerji kaynağının maksimum iş yapabilme yeteneğini belirler. Enerji sürekli değişmektedir. Tüm süreçlerde kullanılan enerji kalitesini kaybeder. Potansiyel enerjinin harcanması ve azalması entropi ile ifade edilmektedir. (Holmgren, D., www.energybulletin.net/node/832)

almaktadır. Çağın gereksinimlerine karşı, bu uygulamalar gerekli olsa bile, insan çevresiyle karşılıklı ilişkiler içinde yaşamak zorundadır ve geliştirdiği teknolojiler ile çeşitli doğal döngüleri bazen engelleyerek, bazen de doğada bulunmayan maddeleri ortama katarak, dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Örneğin; atmosfere salınan CO₂ gazının sonucu sera etkisi, ozon tabakasının delinmesi, çölleşme ve asit yağmurları gibi evrensel afetlerin hepsi, doğal döngülerin ekolojik dengesinin bozulmasından kaynaklanan sorunlardır [59].

İnsanların alışkanlıkları sonucu, yeryüzüne verdiği bir tahribat sözkonusudur. Bu yöntem ile, çevresel etkilerin değerlendirilmesi, oluşturulması, katı atık yönetimini desteklemek ve katı atık etkilerini değerlendirmek için, emerji değerlendirmesi sunulmaktadır.

Güneş, yağmur, rüzgar gibi doğal kaynakları, maddi kaynakları, hizmetleri ve ürünleri ortak bir birim olarak ifade eden nicel bir analiz metodudur [61]. Emerji birimi kullanılan güneş enerjisi miktarı ile ifade edilir. Kısacası emerji değerlendirmesi fosil yakıt vb enerji kaynaklarının çevresel kaynaklar (güneş enerjisi, rüzgar, gelgit vs) cinsinden ölçümü olarak tanımlanabilir.

Bu aşamada; emerji değerlendirmesi, insan yapımı sistemlerle biosfer arasındaki bağıntının niceliğini enerji cinsinden ele alır. Bu bağıntı yapıya uygulandığında yapının; yapım, bakım ve kullanım aşamalarında kullandığı tüm doğal kaynakları sayısallaştırır, niceler. Burada yenilenemeyen enerji kaynaklarının durumu ve biyosfer tarafından emilen atıkların sınırı önemlidir [58]. ED farklı ürün ve süreci aynı anda ele alabilir ve kullanabilir. Süreç veya ürün oluşumundaki enerji ve malzeme akışını insan ve doğanın iş gücü olarak değerlendirir. Enerji ve kütle miktarlarını eşdeğer miktarlarda enerjiyi güneş enerjisi biçimine dönüştürerek belirli bir süreç ya da ürün için, enerji ve malzeme girişleri açısından insan ve doğanın işini değerlendirmektedir. Bu olayda enerji (J) ve kütle ağırlığı (kg) miktarı tek bir enerji formu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu enerji, güneş enerjisidir. (birimi: solar emergy joule-sej)

Yapıda kullanılan farklı malzemelerin ağırlığını (kg) ve özgül emerji değerini (sej/kg) kullanarak emerji değerlendirme sonuçlarına ulaşabilmekteyiz [25].

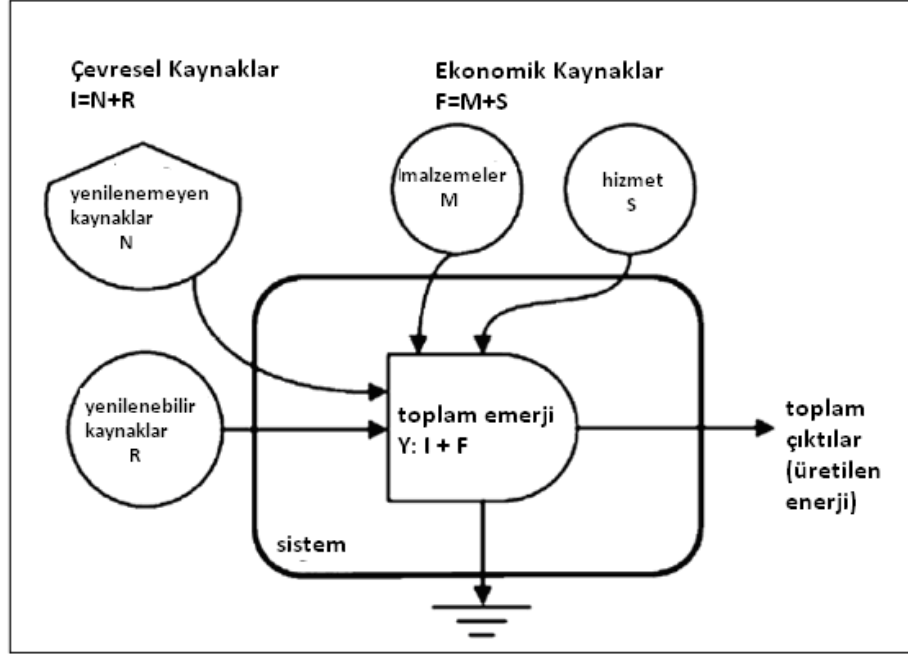
Bu konu ile ilgili çalışma yapan bazı araştırmacıların emerji üzerine tanımları ve bulguları aşağıda sıralanmıştır.

- Belli bir ürünün oluşum-üretim sürecinde, hem entropik¹ girdileri (örneğin madeninde veya taşocağında hammadde halinde iken, insanlar tarafından yapılan çalışmalar) hem de doğal girdileri (örneğin uzun vadede hammadde sağlamak için gerekli olan döngüler) rakamsallaştırır. Böylece ED, çevresel kaynakların bir ölçüsü veya diğer bir deyişle belirli bir ürüne karşılık gelen **doğal sermayenin ölçüsü** olarak düşünülebilir [58].
- ED, yatırım maliyeti ve işletme maliyetlerini dikkate alarak belirlenen aşamada maliyet analizi yapılmasını ve güvenilir sonuçlara ulaşılmasını sağlar.
- ED, alternatif teknolojileri değerlendirmek ve karşılaştırmak için ve onların kaynak kullanımının verimini, çevresel etkilerini ve sürdürülebilirliğini belirlemek için ölçülen oldukça yeni bir yaklaşımdır [62].
- Emerji fonksiyonu herhangi bir madde akışını, enerjiyi (hatta para cinsinden) ortak bir zeminde, ortak bir temelde tanımlamak için kullanılır; bu değer güneş (eşdeğer) enerji joule'dür [61].
- Emerji analizinde güneş dönüşümü (solar transformity) önemli bir kavramdır [51], [63]. Dönüşüm (Transformity sej/J); "Bir hizmet veya bir ürünü "bir Joule" e dönüştürmek için dolaylı veya dolaysız olarak gereken kullanılabilir güneş enerjisidir." Dönüşüm verilen enerjiyi emerjiye dönüştürmek için kullanılır [24]. Dönüşüm (Transformity) arttıkça, üretim ve yapımda harcanan kaynaklar için gerekli güneş enerjisi miktarı ve evrenin hiyerarşik enerji değeri de artmaktadır. Güneş dönüşüm enerjisi (solar transformity) ile de ED hesabı yapılmaktadır. Bunun için malzemelerin dönüşüm katsayıları belirlenmiştir. Kullanılan enerji miktarının (J) dönüşüm katsayısı ile değerlendirilerek farklı ürünlerin emerji değerlerini ortaya koyar. Dönüşüm katsayısı ile emerji değerlendirmesi aşağıdaki gibi hesaplanır ve kullanılabilir enerji, emerji değerine dönüştürülür [25].

Emerji Değerlendirmesi (sej)= Kullanılabilir Enerji (J) x Dönüşüm (Transformity) (sej/J)

¹ Entropi termodinamiğin ikinci yasasına dayanır. İşe dönüştüremeyen enerji miktarının ölçümüdür. Aynı zamanda bir sistemdeki düzensizliğin bir ölçüsüdür. (Holmgren, D., www.energybulletin.net/node/832)

Burada kullanılabilir enerji, ekserji¹ (enerjinin diğer enerji türlerine dönüşebilen kısmı) olarak adlandırılmaktadır. Kullanılabilirlik, sistemin bulunduğu halden ölü hale gelinceye kadarki elde edilen net iş, yani kullanılabilir enerji olarak tanımlanmaktadır. Doğada birçok enerji olmasına rağmen kullanılabilir olanı çok azdır.



	Genel kaynak akışı		Birincil üretim süreci
	Para akışı		Genel süreç
	Sınırlı enerji akışı veya kaynak girişi		Genel tüketici
	Kaynakların depolanması		

Şekil 2.4 Genel bir üretim sisteminin enerji sistem şeması [64]

- Enerji hesapları sonucunda; ürünün yaşam döngüsü içinde kullanılan toplam enerji miktarı elde edilir [26].
- Energy değerlendirmesi sistemlerin analizi için en uygun bütüncül bir yaklaşımdır. Doğa ve insan sistemleri arasında arayüz oluşturmaktadır [61].
- Sistemlerin sürdürülebilirliğini değerlendirmek için kullanılan göstergeleri ortaya koymaktadır. Kullanılan çevresel kaynakların, hem dolaylı hem dolaysız olarak,

¹ Ekserji: Enerjinin belirli termodinamik koşullar altında başka bir enerji şekline dönüşebilen bölümüdür. Enerjinin sadece bir bölümü işe çevrilebilir. Toplam enerjinin kullanılabilen kısmı ekserjidir. Ekserji, bir sistemin sahip olduğu kullanılabilir iş potansiyelidir. Bir kaynaktan elde edilebilecek maksimum işi ifade eder. (<http://web.firat.edu.tr/iats/cd/subjects/Energy/ETE-43.pdf>)

değerini ölçmede etkindir (Şekil 2.4). Sistemi oluşturan elemanların içerdiği toplam enerji miktarı hesaplandığında “elemanın emerji” sini elde etmekteyiz. Bu sistem; hem doğal değerleri hem de ekonomik değerleri kolay ve evrensel bir birim olarak ortaya koymaktadır. Emerji bir sistemdeki farklı enerji akışları ve malzemeler için bir düzen sağlar [25].

“Güncel küresel enerji politikalarına göre, küresel ısınma ile mücadeledeki öncelikleri belirleyen enerji hiyerarşisi; enerji tasarrufu (enerjinin rasyonel kullanımı ve enerji verimliliği), yenilenebilir enerji, fosil yakıtlı enerji teknolojilerinde temiz ve birleşik çevrimli teknolojiler şeklinde oluşmuştur” [65].

2.5.3 Üretim Bakım- Onarım Enerjisi Analizi ve Emerji Değerlendirmesi

Bir malzemenin üretim enerjisi, sadece ilk yapım enerjisi olarak değerlendirilmemelidir. Çünkü yapı kullanım ömrü süresince, yapı kabuğunu oluşturan malzemelerin bakım ve onarıma gereksinimi olacaktır. Bu da, ek üretim enerjisi demektir.

Çalışmalarda, bakım ve onarım için harcanan enerji-emerji, yaşam döngüsü içinde kullanım veya kullanım sonrası harcanan enerji olarak ifade edilmektedir. Oysa bakımda harcanan enerji, malzemenin bozulmalar nedeniyle tamiri veya değişimi ile ilgili olduğundan, üretim enerjisi harcanmış olacaktır. Dolayısıyla bu aşama üretim aşamasına dahil edilmelidir.

Bina ömrünü 50 yıl olarak alırsak; bu süre içinde yapı malzemelerinde yıpranma ve eskime söz konusu olacağı için yapı kabuğunun ısısal etkinliğinde azalma olacaktır. Bu nedenle, kullanım boyunca, bazı yapı malzemelerinin bakımı ve onarımı gereklidir. Yapıda kullanılan bazı yapı malzemelerinin ömrü, yapının ömründen daha kısa olabilir. Bu durumda onarılması veya değiştirilmesi gerekebilir. Bazılarının ise yıllık bakımı yapılabilir. Onarım veya değişim için gerekli olan enerji ve emerji, yapının yaşam süresi boyunca hesaba katılmalıdır. Yapı ömrü boyunca malzemenin ömrüne bağlı olarak kaç kez değişmesinin gerektiği bulunarak oluşum enerjisi ve özgül emerji değerleriyle birlikte ele alınır ve hesaplanır. Bazı yapı malzemelerinin ömrü Çizelge 2.8’de belirtilmiştir [12], [18], [24].

Çizelge 2.8 Bazı yapı malzemelerinin ömrü

Yapı malzemeleri	Ömür (Yıl)
Yapı Çerçevesinin Ömrü (dış ve iç duvarlar, hatıllar, temel, izolasyon)	50
Sıva	15
Yer Döşemeleri	50
Su Boruları ve Elektrik Kabloları	50
Havalandırma Kanalları	50
Ahşap Paneller	30
Kapı ve Pencereleler	28
Dolaplar ve Mutfak Dolapları	30
Kiremitler ve Yağmur Olukları	30
PVC Drenaj Sistemleri	40
Metal - levha İşleri	35
Boya ve Duvar Kağıdı	10
Kaldırım Kaplamaları	33

2.6 Yapı Kabuğu Kullanım Aşaması Enerji Analizi ve Enerji Değerlendirmesi

Enerji etkin tasarım yaparken enerji tüketimi ile enerji talebinin birarada çözülmesi gerekmektedir. Kullanım aşamasında, enerji gereksinimini minimize edecek çözümlere gidilirken, maksimum enerji verimliliğini sağlamak ve enerji tüketimini de minimumda tutmak gereklidir.

Yapı kabuğu performansı, iklimsel koşullara ve buna bağlı olarak yapı kabuğu teknolojisi ve kesit özelliklerine bağlıdır. Yapı yaşam döngüsü boyunca, yapının tüm aşamalarında (üretim, yapım, kullanım, yıkım, geridönüşüm), yüksek oranda enerji tüketimi söz konusudur. Bu yüksek oran, yapı malzemesinin enerji etkinliği ile doğrudan ilişkilidir.

Malzemedan kaynaklı CO₂ emisyonlarının %30'u yapılardan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle yapının toplam maliyetinde sadece yatırım maliyeti etken değildir. Yapı kullanım aşamasında, ısı kazanç ve kayıpları toplam enerji maliyetinde önemli bir etki oluşturmaktadır.

2.6.1 Isıl Analiz (IA)

Günümüzde istatistikler, yüksek çevresel sorunların, yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımından ve yeni yapıların yapım aşamasından kaynaklanan çevresel sürdürülebilirlik sorunlarından dolayı, yapı endüstrisinden kaynaklandığını göstermektedir. Yapıların toplam enerji harcamalarının %50'si ısıtma ve soğutma enerjisinden kaynaklanmaktadır [25]. Yapının kullanım aşamasında, yapı kabuğu

yoluyla sıcak ve soğuk hava koşullarında ısı kazanç ve kayıpları olmaktadır. Soğuk hava şartlarında, yapı içinden dış hacime doğru ısı akışı oluşmaktadır. Bu durumda ısı kaybı söz konusudur [66]. Isı kaybının aza indirilmesinde en önemli etken, yapı kabuğunun ısıl direncinin yüksek olmasıdır. Isıl direncin yüksek oluşu, kabuk kesitini oluşturan ürünlerin ısı iletkenlik katsayısı ve kalınlığı ile doğrudan ilgilidir. Sıcak hava koşullarında ise dış ortamdan yapı içine ısı transferi olmaktadır. Bu durumda yapı kabuğunun yüksek performans göstermesi gerekmektedir. Sağlıklı iç ortam koşullarına ve farklı dış iklim koşullarına bağlı kalarak, yapılardan konfor şartlarını sağlaması beklenmektedir. Buna bağlı olarak, ısıtma ve soğutma için ilave enerji kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır.

Yapı kabuğu yoluyla sağlanacak enerji kazancı ve enerji korunumu, yapının kullanım sürecinde ısıtma, soğutma ve havalandırma aşamalarında, ısı kayıplarının azaltılması ve enerji harcamasını ön plana çıkarmaktadır.

Isıl Analiz (IA), (Thermal Analysis-TA) Yapının kullanım döneminde yapı kabuğu yoluyla ısı kazanç ve kayıplarının belirlenmesi için yapılan analize dayanmaktadır.

Yapı Kabuğunun ısıtma-soğutma- havalandırma hesaplamalarında iki ayrı yöntem kullanılmaktadır.

Birincisi, sürekli durum (sabit rejim) için kullanılan ısı akışı denklemidir. Bu denklem sıcaklıkların zamana bağlı değişmediği durumlarda geçerlidir. İç mekan sıcaklıklarının değişken olarak kabul edildiği durumlarda, bu yöntemin bazı sınırlamaları vardır.

Duvarın ısı depolama yeteneğinin göz önüne alınmadığı sürekli rejimde, ısı geçişi aşağıdaki bağlantı ile hesaplanır.

$$q = U (T_i - T_d) \quad (2.1)$$

q: Isı kazanç ve kayıpları, kW

U: Yapı elemanlarının toplam ısı geçiş katsayısı, W/m^2K

T_i : İç havanın yüzeye temas halinde olduğu sıcaklık, $^{\circ}C$

T_d : Dış havanın yüzeye temas halinde olduğu sıcaklık, $^{\circ}C$

Burada U toplam ısı iletkenlik katsayısı ($U, W/m^2K$) olup aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_d}} \quad (2.2)$$

$1/\alpha_i$: İç yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci, m^2K/W

d : Yapı bileşeninin kalınlığı, m

λ : Isıl iletkenlik hesap değeri, W/mK

$1/\alpha_d$: Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci, m^2K/W

Kabuk elemanının termofiziksel özelliklerinin belirlenmiş değerlerine bağlı olarak birim alanından kaybedilen ve kazanılan günlük ortalama saatlik ısı miktarları (q) aşağıdaki bağıntı aracılığıyla hesaplanabilir [4].

$$q = U_o \cdot (t_i - t_{eoo}) \cdot (1-x) + U_c \cdot (t_i - t_{eco}) \quad (2.3)$$

q : kabuk elemanının birim alanından kaybedilen veya kazanılan günlük ortalama saatlik ısı miktarları, W/m^2

U_o : Opak bileşene ait toplam ısı geçirme katsayısı, $W/m^2\text{°C}$

U_c : Saydam bileşene ait toplam ısı geçirme katsayısı, $W/m^2\text{°C}$

t_i : İç hava sıcaklığı konfor değeri, °C

x : Saydamlık oranı

t_{eoo} : Opak bileşeni etkileyen günlük ortalama sol-air sıcaklık, °C

t_{eco} : Saydam bileşeni etkileyen günlük ortalama sol-air sıcaklık, °C

Diğer bir yöntem olarak, kararsız durumda (periodik rejimde ısı hesapları) ısı akışlarını hesaplamak üzere model geliştirilmiştir. Bu yöntemde değişken rejimde ısı iletimi, ısı akısının 24 saatlik bir periyotla sinüzoidal değişim gösterdiği periyodik rejim şartlarında yapılmaktadır [67]. Gözlenen sinüzoidal değişim opak duvar elemanının termofiziksel özelliklerine bağlı olarak duvar derinliğince giderek azalmakta ve duvarın iç yüzeyine başlangıçtaki değerinden küçülmüş olarak ulaşmaktadır. Yapı kabuğunu oluşturan katmanların kalınlıkları, ısı iletkenlikleri, özgül ısıları ve yoğunlukları kabuğun birim alanından geçen ısıyı etkiler. Yapı kabuğunun opak alanları için geçerli olan zaman

gecikmesi ve genlik küçültme faktörü yapı bileşeninin ısı depolama kapasitesinin bir ölçüsüdür [68].

Bilgisayar programları ile periyodik rejimde ısıtma ve soğutma yükü hesapları yapılarak, yapı kullanım süresinde yapı kabuğu yoluyla oluşan, ısıtma ve soğutma enerjisi ortaya konulabilmektedir.

2.6.2 Kullanım Enerjisi Analizi (KEA)

Yapı Kabuğu Kullanım Enerjisi Analizi (KEA), ısı analiz hesap sonuçları baz alınarak ulaşılmaktadır. Bu aşama, malzemenin kullanım evresinde, ısıtma-soğutma enerjisi ve çevresel etkilerinin azaltılmasına yönelik analizdir.

Bu süreçte, ısıtma ve soğutma döneminde, enerji gereksiniminin hesaplanması gerekmektedir. Yapı kullanım süresinde, ısıtma ve soğutma enerjisinden kaynaklanan aylık/yıllık enerji kullanımı hesapları E, derece gün değeri DG, duvarın toplam ısı tasınım katsayısı U (W/ m² K) ve ısıtma sisteminin verimi olmak üzere aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır [25].

$$E: q \times D_m \times h_d \times 3600 / \epsilon, \text{ MJ} \quad (2.4)$$

q: Isı kazanç ve kaybı , W

D_m : Gün sayısı

h_d: ısıtma / soğutma ekipman çalışma saati

ε: verim

Derece gün yöntemi, ısıtmanın sürekli olduğu küçük ölçekli yapılardaki yakıt gereksiniminin hesaplanmasında daha gerçekçi sonuçlar vermektedir [6].

Isı kayıpları ısıtma sistemi ve ısı kazançları da soğutma sistemi ile karşılanacağı için enerji analizi hesaplarında yapı kabuğu yoluyla oluşacak enerji ihtiyacı değerlendirilmektedir.

2.6.3 Kullanım Enerjisi Değerlendirmesi (KED)

Bir ürün yaşam döngüsü sürecinin her evresinde yenilenemeyen enerji ve kaynak tüketmekte ve olumsuz çevresel etkilere neden olmaktadır. Yaşam döngüsü analizi ile

yapım-bakım ve kullanım aşamalarındaki maliyetleri bulabilmekteyiz. Ancak bu çalışmalarda, biyosfer tarafından sağlanan çevresel kaynakların etkisi fazla değildir. Bu aşamada, çevresel hesap yöntemi (environmental accounting) binaların yaşam döngüsü boyunca tükettikleri enerjiyi ve çevresel etkilerini ölçmek ve değerlendirmek için kullanılan bir analiz yöntemidir.

Çevresel Muhasebe Yöntemi yani emergy değerlendirme (ED), çevresel kaynakların kullanımını (enerji ve malzeme akışı), doğrudan ve dolaylı olarak, değerlendirmek için yapı kabuğu yapımı için gerçekleştirilmektedir.

Soğutma (klima) sisteminin ısı veriminin yanı sıra, yapı kabuğu termal özelliğine bağlı sabit bir akış bina ömrü boyunca enerji kullanımı olarak değerlendirilmektedir.

Emerji Değerlendirmesi ısıtma ve soğutma için kullanılacak ekipmanların ısı verimliliği için enerji analizi sonuçları baz alınarak oluşturulmaktadır. Emerji girdileri yıl boyunca yapı kabuğundan doğal gaz ve elektrik harcamalarını belirler. Yaz döneminde soğutma sistemi için gerekli elektrik harcaması, kış döneminde ise ısıtma sistemi için doğal gaz kullanımı hesaba katılmaktadır.

ED hesapları ile enerji kullanımı güneş enerjisi joule (sej) olarak gaz ve elektrik enerjisinin eşdeğer uev değerine dönüştürülmektedir. Uluslararası kaynaklardan alınan d.gaz ve elektrik harcamasının özgül emerji değerleri [25] aşağıdaki gibidir.

Doğal gaz $6.72 \cdot 10^4$ sej/J

Elektrik $2.07 \cdot 10^5$ sej/J

Kullanım Aşaması Emerji Ddeğerlendirmesi (KED) kış dönemi için doğal gaz gereksinimi ve yaz dönemi için elektrik tüketimi olmak üzere aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$KED_{kış} (sej) = KEA (J) \times \text{doğalgaz harcamasının özgül emerji değeri (sej/J)} \quad (2.5)$$

$$KED_{yaz} (sej) = KEA (J) \times \text{elektrik harcamasının özgül emerji değeri (sej/J)} \quad (2.6)$$

OPAK DÜŞEY YAPI KABUĞUNUN ENERJİ-EMERJİ PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN BİR YAKLAŞIM

3.1 Yaklaşımın Amacı

Günümüzde gelişen bütünleşik yapı tasarımı çalışmaları “green building” genel standart ölçüm kriterlerine dayanmaktadır. Örneğin yeşil yapı değerlendirme sistemlerinden LEED (USA) ve BREEAM (UK) yüksek performanslı sürdürülebilir yapıların gelişiminde, ulusal standartlar ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, bütünleşik çevresel hesap metodları ve genel sürdürülebilirlik göstergeleri, yapıların genel çevresel performanslarının ölçümünde gereklidir [25].

Bütünleşik çevresel hesap yöntemlerinin geliştirilmesinde, ayrıntılı yeni çalışmalara gereksinim vardır. Çünkü yapılar, yenilenemeyen enerji kullanımı, bilinçsiz malzeme kullanımı, kaynak tüketimi ve enerji tüketimine bağlı olarak, çevresel problemlerin kaynağıdır. Bu tez çalışmasında da günümüzdeki gereksinimlere paralel olarak, yapıların enerji tüketiminde, dolayısıyla çevresel performansının ölçümünde, çok ağırlık taşıyan yapı kabuğunun seçimine yönelik bütünleşik bir yaklaşım geliştirmek amaçlanmıştır.

Dünya genelinde CO₂ in %25 i endüstri, %25 i ulaşım ve %50 si konutlar tarafından üretilmektedir. Bunun yanı sıra, inşaat sektörü, tüketilen enerjinin %5'i yapım aşamasında, %45'inden fazlası da işletme, bakım ve onarım aşamalarında harcamaktadır [33]. Yapılarda ısıtma, soğutma ve havalandırma enerjisi fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Aydınlatma vs. için elektrik enerjisi kullanılırken, dolaylı

olarak fosil yakıt kullanılmaktadır. Bu açıdan daha tasarım aşamasında yapıda kullanılacak malzemelerin seçiminde sürdürülebilir bir yaklaşımın ele alınması gerekmektedir. Yapı yaşam döngüsü süreci içinde, malzemelerin çevreye zararları belirlenmeli ve tasarım aşamasında alınacak kararların uygunluğu kontrol edilmelidir.

Dolayısıyla bu tez kapsamında, yapıdan kaynaklanan çevre kirliliğinin önüne geçilebilmesi için yapının gerek üretim gerekse kullanım süresince, yapı kabuğu yoluyla oluşacak çevresel etkilerin; enerji analizi (EA) ve emerji değerlendirmesi (ED) açısından irdelenmesi amaçlanmaktadır. Yapının kullanım süresi boyunca kabuk yoluyla oluşacak ısı kazanç ve kayıplarının belirlenmesine yönelik yapılacak olan ısı analiz değerlendirmesi, çevresel etki analizi ile birarada ele alınarak bütünleşik bir yaklaşım oluşturulacaktır. Bütünleşik bu yaklaşım, yapı kabuğu performansının belirlenmesinde, yeni bir yaklaşım ortaya koymayı hedeflemektedir.

Kapsamı sınırlandırılan bu çalışmada geliştirilen yaklaşımın amacı, bir iklim bölgesinde düşey yapı kabuğunun dolu alanları için belirlenen kesit seçeneklerinin gerek üretim, gerekse kullanım aşamasındaki enerji tüketimi ve emerji değerlerini belirleyerek, kabuğun enerji etkinliğinin belirlenmesi ve değerlendirilmesidir. Yaklaşım aracılığıyla herhangi bir kabuk seçeneğinin performansının uygunluğu konusunda karar verilebilirken aynı zamanda var olan seçenekler arasında karşılaştırmalı bir değerlendirme yapılabilecektir.

Bugüne kadar düşey yapı kabuğunun enerji performansını belirlemeye yönelik yaklaşımlar, ağırlıklı olarak yapının kullanım dönemi ısıtma ve soğutma yüklerini dikkate almaktadır. Isıtma ve soğutma yüklerinin azaltılması yoluyla enerji korunum ilkesinin ağırlık taşıdığı bu yaklaşımlarda, kabuğun üretim aşamasındaki enerji ve emerji kullanımı değerlendirilmelere katılmamaktadır. Bunun yanında, son yıllarda kabuğun üretim aşamasındaki enerji tüketimi ve emerji değeri üzerine ayrı çalışmalar da vardır. Bu tez çalışmasında, kabuğun üretim ve kullanım aşamasında enerji tüketimini ve emerji değerlerini dikkate alarak seçim yaptıran bir yaklaşım geliştirilmesi uygun görülmüştür.

Bu amaç doğrultusunda çalışma aşağıdaki gibi yapılandırılmıştır.

ÇALIŞMANIN YAPISI

PROBLEM	Yapı ürünlerinin/elemanlarının üretim ve kullanım aşamasında yüksek enerji harcamaları,
AMAÇ	Yapı kabuğunun üretim ve kullanım aşamalarında enerji performansının değerlendirilmesi için bütünlük bir yaklaşım oluşturulması,
YAKLAŞIM	Üretim ve kullanım aşaması enerji analizi ve emerji değerlendirmesi yapılması,
YAKLAŞIMIN ÖRNEKLENMESİ	Ankara ve İzmir illeri için önerilen yaklaşımın uygulanması,
SONUÇ	Yapı kabuğu seçeneklerinin üretim ve kullanım aşaması enerji ve emerji performanslarının karşılaştırılması ve herhangi bir iklim bölgesi için toplam enerji ve emerji harcamalarına dayanan etkinlik yüzdesine bağlı olarak uygunluğuna karar verilebilmesi.

3.2 Yaklaşımın Kapsamı

Yaklaşımında enerji analizi ve emerji değerlendirmesi farklı iki aşamada gerçekleştirilecektir (Şekil 3.1).

a-Yapı Kabuğu Üretim Enerjisi Analizi (ÜEA) ve Emerji Değerlendirmesi (ÜED) :
(üretim ve yapımda yapı kabuğunun yenilenemeyen enerji tüketimi ve emerji yatırım hesapları)

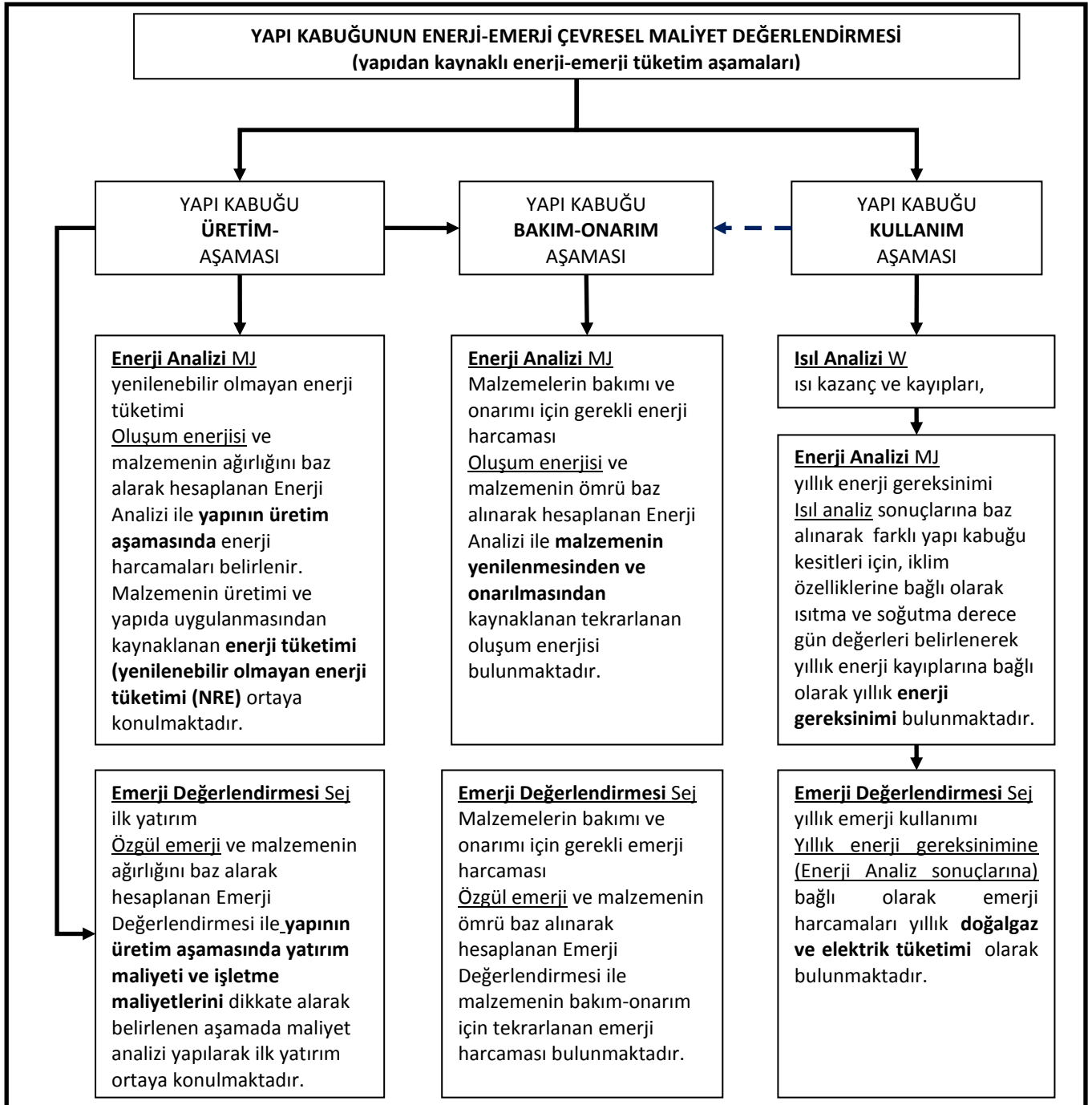
Yapı malzemesinin oluşum enerjisi ve özgül emerji değerlerine bağlı olarak hesaplanacak olan “Enerji Analizi” ve “Emerji Değerlendirmesi” aşamasıdır. Bu aşama; yapı malzemelerinin üretiminden yapıya ulaştırılması, yapıda uygulanması ve yapı kabuğunu oluşturan malzemelerin bakımı sürecini kapsar.

b-Yapı Kabuğu Kullanım Enerjisi Analizi (KEA) ve Emerji Değerlendirmesi (KED):
(kullanımda yapı kabuğu yoluyla oluşan ısı kayıp ve kazançlarına bağlı olan ısıtma ve soğutma için enerji gereksinimi ve emerji tüketimi hesapları)

Yapı malzemesinin fiziksel özelliklerine ve dış iklim koşullarına bağlı olarak

hesaplanacak olan ısıtma ve soğutma yüklerinin belirlenmesi sonucu enerji gereksinimini ortaya koyan “Enerji Analizi” ve enerji gereksiniminden doğan yakıt türüne bağlı enerji harcamalarını içeren “Enerji Değerlendirmesi” aşamasıdır. Bunun yanı sıra kullanım döneminde yapı malzemelerinin onarım-bakım enerjisi ve emerjisi de dikkate alınacaktır.

Bu iki aşama birlikte değerlendirilerek bütünleşik bir yaklaşım ortaya konulacaktır.



Şekil 3.1 Yapı kabuğunun üretim ve kullanım enerjisi analizi - emerji değerlendirilmesi

3.3 Yaklaşımın Adımları

Bu bölümde düşey yapı kabuğunun enerji etkinliğini değerlendirmek için oluşturulan yaklaşımın adımlarının gerçekleşmesinde yapılması gerekli işlemler dizisi aşağıda sıralanmaktadır. Yaklaşımın akış şeması Şekil 3.2’de verilmiştir.

Yaklaşımın ana başlıkları:

A-İklim Verilerinin Elde Edilmesi

B-İklim Bölgesine Göre Opak Düşey Yapı Kabuğu Seçeneklerinin ve Hacmin Fiziksel Özellik ve Büyüklüklerinin Belirlenmesi

C- Yapı Kabuğu Üretim Enerjisi Analizi ve Enerji Değerlendirmesinin Yapılması

C.1 İlk Üretim Enerjisinin ($\dot{U}_{E_{ilk}}$) ve Enerjisinin ($\dot{U}_{Em_{ilk}}$) Bulunması

C.2 Tekrarlanan Üretim Enerjisinin ($\dot{U}_{E_{tkr}}$) ve Enerjisinin ($\dot{U}_{Em_{tkr}}$) Bulunması

C.3 Toplam Üretim Enerjisinin (\dot{U}_E) ve Enerjisinin (\dot{U}_{Em}) Bulunması

C.4 Yıllık Üretim Enerjisinin ($\dot{U}_{E_{yil}}$) ve Enerjisinin ($\dot{U}_{Em_{yil}}$) Bulunması

C.5 Kesitlerin Yalın Kesitlere Göre İlave Enerji – Enerji Oranının Saptanması

D- Yapı Kabuğu Kullanım Enerjisi Analizi ve Enerji Değerlendirmesinin Yapılması

D.1 Hacmin Isıtma ve Soğutma Yüklerinin Hesaplanması

D.2 Kullanım Enerjisi Analizinin (KEA) Yapılması

D.3 Kullanım Enerjisi Değerlendirmesinin (KED) Yapılması

D.4 Kesitlerin Yalın Kesitlere Göre Enerji– Enerji Tasarruf Oranlarının Saptanması

E-Yapı Kabuğu Kesitlerinin Toplam (Üretim+Kullanım) Tasarruf Oranlarının Belirlenmesi

F- Kesitlerin Toplam (Üretim+Kullanım) Enerji-Enerji Tüketiminin Bulunması

G- Kesitlerin Etkinlik Yüzdesinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi

A-İKLİM VERİLERİNİN ELDE EDİLMESİ

Hesaplamanın yapılacağı bölgenin gerçek atmosfer koşullarında geçerli olan;

- saatlik ortalama dış sıcaklık değerleri,
- dış sıcaklığın maksimum ve minimum değerleri,

- bağıl nem değerleri ve
- farklı yönlerden esen rüzgarın hız değerleri,

meteorolojiden yada geçerliliği kanıtlanmış meteorolojik verileri kullanan programlardan elde edilmelidir.

B- İKLİM BÖLGESİNE GÖRE OPAK DÜŞEY YAPI KABUĞU KESİT SEÇENEKLERİNİN VE HACMİN FİZİKSEL ÖZELLİK ve BÜYÜKLÜKLERİNİN BELİRLENMESİ

Yaklaşımın bu adımında, seçilen iklim bölgesinde yönetmeliklere uygun düşey yapı kabuğu kesit seçeneklerinin belirlenmesinde aşağıdaki adımların izlenmesi önerilmektedir. Bu adımlar:

- Dış duvar ana gövde malzemesi seçilmesi ve yalıtımsız kesitlerin belirlenmesi,
- İklim bölgesi için yönetmeliklerde aşılmaması gereken U değerine uygun yalıtımlı kesitlerin oluşturulması,

biçiminde olabilir.

Yalıtımlı kesitler aşağıdaki gibi gruplandırılabilir;

- **Duvar Kuruluşu Farklılığı,**
- **Yalıtım Türünün Farklılığı,**
- **Yalıtım Kalınlığının Farklılığı.**

Bu aşamada, belirlenen yalıtımlı ve yalıtımsız kesitleri oluşturan katmanların yoğunlukları, ısı iletim katsayıları, zaman gecikmesi gibi fiziksel özellikleri belirlenir.

Duvar kesit seçeneklerinin belirlenmesine paralel olarak hacme ilişkin fiziksel özellikler de belirlenir. Bunlar;

- Hesabı yapılacak hacmin boyutları, yönü, saydamlık oranının belirlenmesi,
- Kesitleri oluşturan katmanların yoğunluklarına ve hacimdeki ve kapladıkları hacme (m³) bağlı olarak hacimdeki ağırlıklarının aşağıdaki 3.1 nolu bağıntı ile hesaplanması

$$M = Y \times d \times A \quad (3.1)$$

M=Malzemenin Yapıdaki Ağırlığı, Ham Veri, Kg

Y= Malzemenin Yoğunluğu, Kg/m³

d= Malzemenin Kalınlığı, m

A= Malzemenin Kapladığı Alan, m²

Kesitler belirlendikten sonra, kesitleri oluşturan katmanların, ülkeye özgü çevresel etki değerleri (oluşum enerjisi ve özgül emerji değerleri) saptanır.

C- YAPI KABUĞU ÜRETİM ENERJİSİ VE EMERJİ DEĞERLENDİRMESİNİN YAPILMASI

Üretim enerjisi analizi (ÜEA) ve Emerji Değerlendirmesi (ÜED) duvar kesitinin yapı malzemelerinin üretiminden oluşan enerji tüketimi ve oluşan çevresel etkilerini ve emerji değerini belirler.

Üretim enerjisi ilk üretim ve bakım- onarımdan kaynaklanan tekrarlanan üretim enerjisi ve emerjisi olarak ayrı ayrı hesaplanarak toplam değer bulunmalıdır. Daha sonra yapı ömrüne bölünerek yıllık bazda üretim enerjisi ve emerjisi değerleri elde edilir.

Bu aşamada analizler için aşağıdaki basamaklar uygulanır.

C.1 İlk Üretim Enerjisinin (ÜE_{ilk}) ve Emerjisinin (ÜEm_{ilk}) Bulunması

Oluşum enerjisi ve malzemenin ağırlığı baz alınarak **enerji analizi** (MJ) yapılır ve üretim enerji değeri hesaplanır. **Yapının üretim evresinde** gerekli enerji belirlenerek, malzeme üretiminden ve yapımından kaynaklanan enerji tüketimi (**yenilenebilir olmayan enerji tüketimi-non-renewable energy-NRE**) ortaya konulur. İlk üretim enerjisi (ÜE_{ilk}) aşağıdaki bağıntı ile [25] [14] hesaplanmaktadır.

$$\text{ÜE}_{ilk} = \sum OE \times M \quad (3.2)$$

ÜE_{ilk} = Malzemenin İlk üretim enerjisi, MJ

OE = Malzemenin oluşum enerji değeri , MJ/ kg

M =Yapı malzemesinin ham ağırlığı , kg

Özgül Emerji değeri ve malzemenin ağırlığı baz alarak hesaplanan **Emerji Değerlendirmesi-** (Çevresel Maliyet-Environmental Cost) ile malzemelerin üretim aşamasında gerekli emerji belirlenir. Yapı kabuğunun üretim aşamasındaki **ilk yatırımı** ortaya konulur. İlk üretim emerji değeri aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$\dot{U}Em_{ilk} = \sum \ddot{O}Em \times M \quad (3.3)$$

$\dot{U}Em_{ilk}$ = Malzemenin İlk Üretim Enerjisi, sej

$\ddot{O}Em$ = Malzemenin özgül enerji değeri, sej/kg

M = Yapı malzemesinin ham ağırlığı, kg

C. 2 Tekrarlanan Üretim Enerjisinin ($\dot{U}E_{tkr}$) ve Enerjisinin ($\dot{U}Em_{tkr}$) Bulunması

Zaman içinde yıpranan malzemeler yapı kabuğunun enerji etkinliğinin azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle yapı ömrü boyunca etkinliğin korunabilmesi için malzemelerin onarımı veya bakımı gereklidir. Oluşum enerjine dayanan bakım ve onarım, bu süreçte üretim enerjisi harcaması yaptığından, üretim aşamasıyla birlikte ele alınıp değerlendirilmelidir. Bakım ve onarım enerjisi, yapıdaki yinelenen tekrarlanan oluşum enerjisini simgeler ve aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır [14].

$$\dot{U}E_{tkr} = \sum OE \times M [(Y\ddot{O} / M\ddot{O}) - 1] \quad (3.4)$$

$\dot{U}E_{tkr}$ = Malzemenin Bakım-Onarımı için Tekrarlanan Üretim Enerjisi, MJ

OE = Malzemenin Oluşum Enerjisi, MJ

M = Malzemenin Ham Ağırlığı, kg

Y \ddot{O} = Yapı Ömrü, yıl

M \ddot{O} = Malzemenin Ömrü, yıl

Yapı kullanım süresinde yapı malzemelerinin bakım ve onarım enerji harcamalarının hesapları ise aşağıdaki bağıntıyla yapılır.

$$\dot{U}Em_{tkr} = \sum \ddot{O}Em \times M [(Y\ddot{O} / M\ddot{O}) - 1] \quad (3.5)$$

$\dot{U}Em_{tkr}$ = Malzemenin Bakım-Onarım için Tekrarlanan Üretim Enerjisi, sej

$\ddot{O}Em$ = Malzemenin Özgül Enerjisi, sej

M = Malzemenin Ham Ağırlığı, kg

Y \ddot{O} = Yapı Ömrü, yıl

M \ddot{O} = Malzemenin Ömrü, yıl

C. 3 Toplam Üretim Enerjisinin (ÜE) ve Emerjisinin (ÜEm) Bulunması

Yapı malzemesinin yapı kullanım süresince harcadığı toplam üretim enerjisi ilk ve tekrarlanan üretim enerjisinin toplanmasıyla bulunur.

$$\text{ÜE} = \text{ÜE}_{\text{ilk}} + \text{ÜE}_{\text{tkr}} \quad (3.6)$$

ÜE= Toplam Üretim Enerjisi, MJ

ÜE_{ilk} = Malzemenin İlk Üretim Enerjisi, MJ

ÜE_{tkr} = Malzemenin Bakım-Onarım için Tekrarlanan Üretim Enerjisi, MJ

Yapı malzemesinin toplam üretim emerjisi de ilk ve tekrarlanan üretim emerjisinin toplanmasıyla bulunur.

$$\text{ÜEm} = \text{ÜEm}_{\text{ilk}} + \text{ÜEm}_{\text{tkr}} \quad (3.7)$$

ÜEm= Toplam Üretim Emerjisi, sej

ÜEm_{ilk}= Malzemenin İlk Üretim Emerjisi, sej

ÜEm_{tkr} = Malzemenin Bakım-Onarım için Tekrarlanan Üretim Emerjisi, sej

C. 4 Yıllık Üretim Enerjisi (ÜE_{yıl}) ve Emerjisinin (ÜEm_{yıl}) Bulunması

Bir önceki aşamada bulunan, malzemenin toplam üretim enerjisi ve üretim emerjisi, yapının kullanım ömrüne bölünerek, yıl bazında, yapı elemanının harcadığı üretim enerjisi ve emerjisi bulunur.

$$\text{ÜE}_{\text{yıl}} = \frac{\text{ÜE}}{\text{YÖ}} \quad (3.8)$$

ÜE_{yıl} = Yıllık Üretim Enerjisi, MJ

ÜE= Toplam Üretim Enerjisi, MJ

YÖ= Yapı Ömrü

$$\text{ÜEm}_{\text{yıl}} = \frac{\text{ÜEm}}{\text{YÖ}} \quad (3.9)$$

ÜEm_{yıl} = Yıllık Üretim Emerjisi, sej

ÜEm= Toplam Üretim Emerjisi, sej

YÖ= Yapı Ömrü

C.5 Kesitlerin Yalın Kesitlere Göre İlave Enerji – Emerji Oranının Saptanması

Bu basamakta, katmanlı kesitlerin yalın duvara göre ilave üretim enerjisi ve ilave üretim emerjisi oranları aşağıdaki bağıntılarla ile saptanır.

$$\dot{U}_{ilave} = 1 - \frac{\dot{U}_{YIL\ YALIN_DUVAR}}{\dot{U}_{YIL\ DUVAR}} \quad (3.10)$$

\dot{U}_{ilave} = Kesitlerin Yalın Kesite Göre İlave Enerji Oranı , %

$\dot{U}_{YIL\ YALIN\ DUVAR}$: Yalıtımsız Kesitin Yıllık Üretim Enerjisi, MJ

$\dot{U}_{YIL\ DUVAR}$: Kesitin Yıllık Üretim Enerjisi, MJ

$$\dot{E}_{m\ ilave} = 1 - \frac{\dot{E}_{m\ YIL\ YALIN_DUVAR}}{\dot{E}_{m\ YIL\ DUVAR}} \quad (3.11)$$

$\dot{E}_{m\ ilave}$ = Kesitlerin Yalın Kesite Göre İlave Emerji Oranı , %

$\dot{E}_{m\ YIL\ YALIN\ DUVAR}$: Yalıtımsız Kesitin Yıllık Üretim Emerjisi, sej

$\dot{E}_{m\ YIL\ DUVAR}$: Kesitin Yıllık Üretim Emerjisi, sej

D- YAPI KABUĞU KULLANIM ENERJİSİ ANALİZİ VE EMERJİ DEĞERLENDİRMESİNİN YAPILMASI

Kullanım aşaması analizleri aşağıdaki adımlarda yapılır.

D.1 Hacmin Isıtma ve Soğutma Yüklerinin Hesaplanması

Kullanım aşamasında, ısı kazanç ve kayıplarının ortaya koyulması için iklim bölgesine uygun hesap yöntemi ve bilgisayar programı seçilerek ısıtma ve soğutma yükü hesapları yapılır. Isıtma ve soğutma yüklerinin gerçek atmosfer koşullarında, kabuğun depolama özelliğini hesaba katan dinamik (periodik) ya da yarı dinamik rejimde hesaplanması özellikle sıcak dönem koşullarında gerçeğe yakın yükler elde edilmesi açısından önemlidir.

D.2 Kullanım Enerjisi Analizinin (KEA) Yapılması

Yapı kullanım süresinde, yapı kabuğu yoluyla ısıtma ve soğutma enerjisinden kaynaklanan aylık/yıllık enerji gereksinimi hesapları (KE); saatlik ısı kazanç ve kayıpları, aydaki gün sayısı, derece gün değerine (DGD) bağlı olarak bulunan ekipmanın kullanım

saati (kış döneminde ısıtma, yaz döneminde soğutma sistemlerinin çalışma saatleri), ve ısıtma sisteminin verimi olmak üzere aşağıdaki formülle [25] hesaplanmaktadır.

$$KE = q \times D_m \times h_d \times 3600 \times \epsilon \quad (3.12)$$

KE= Kullanım Enerjisi, MJ

q: Isı Kazanç ve Kaybı , W

D_m : Gün sayısı

h_d : ısıtma / soğutma ekipman çalışma saati

ϵ : etkinlik yüzdesi- Isıtma istenilen günlerde ısıtma sistemi için bu oran %85, soğutma istenilen günlerde %35 alınabilir.

Her ay için bulunan kullanım enerjileri toplanarak, yıllık kullanım enerjisi elde edilir.

Isı kayıpları, ısıtma sistemi ve ısı kazançları da soğutma sistemi ile karşılanacağı için, kullanım enerjisi hesaplarında, yapı kabuğu yoluyla oluşacak yıllık enerji ihtiyacı değerlendirilmektedir.

D.3 Kullanım Enerjisi Değerlenirmesi (KED) Yapılması

Kullanım aşaması enerji değeri (KEm) kış dönemi için doğal gaz gereksinimi ve yaz dönemi için elektrik tüketimini belirlemek üzere aşağıdaki formüllerle hesaplanmaktadır [25].

$$KEm_{kış} = KE_{kış} \times ÖEm_{dgaz} \quad (3.13)$$

$KEm_{kış}$ = Isıtma Dönemi Kullanım Enerjisi, sej

$KE_{kış}$ = Isıtma Dönemi Kullanım Enerjisi, J

$ÖEm_{dgaz}$ = Doğalgaz Harcamasının Özgül Enerji Değeri , sej/J

$$KEm_{yaz} : KE_{yaz} \times ÖEm_{elektrik} \quad (3.14)$$

KEm_{yaz} = Soğutma Dönemi Kullanım Enerjisi, sej

KE_{yaz} = Kullanım Aşaması Soğutma Dönemi Enerjisi, J

$ÖEm_{elektrik}$ = Elektrik Harcamasının Özgül Enerji Değeri , sej/J

D.4 Kesitlerin Yalın Kesite Göre Enerji – Enerji Tasarruf Oranının Saptanması

Bu aşamada katmanlı kesitlerin kullanım aşamasında enerji gereksiniminin yalın kesite göre karşılaştırmasına olanak veren tasarruf oranları aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$KE_{\text{tasarruf}} = 1 - \frac{KE_{\text{DUVAR}}}{KE_{\text{YALIN DUVAR}}} \quad (3.15)$$

KE_{tasarruf} : Kesitlerin Yalın Kesite Göre Enerji Tasarruf Oranı , %

$KE_{\text{YALIN DUVAR}}$: Yalıtımsız Duvarın Kullanım Enerjisi, MJ

KE_{DUVAR} : Duvarın Kullanım Enerjisi, MJ

$$KEm_{\text{tasarruf}} = 1 - \frac{KEm_{\text{DUVAR}}}{KEm_{\text{YALIN DUVAR}}} \quad (3.16)$$

KEm_{tasarruf} : Kesitlerin Yalın Kesite Göre Enerji Tasarruf Oranı , %

$KEm_{\text{YALIN DUVAR}}$: Yalıtımsız Duvarın Kullanım Enerjisi, seJ

KEm_{DUVAR} : Duvarın Kullanım Enerjisi, seJ

E-YAPI KABUĞU KESİTLERİNİN TOPLAM TASARRUF ORANLARININ BELİRLENMESİ

Üretim aşamasında belirlenen yıllık ilave enerji ve enerji oranları ve kullanım aşamasında hesaplanan enerji gereksinimi ve enerji tüketiminden kaynaklanan tasarruf oranları dikkate alınarak kesitlerin yıllık toplam tasarruf oranları bulunur.

$$TO_{\text{enerji}} = KE_{\text{tasarruf}} - \ddot{U}E_{\text{ilave}} \quad (3.17)$$

TO_{enerji} : Toplam Enerji Tasarruf Oranı , %

KE_{tasarruf} : Kesitlerin Yalın Kesite Göre Enerji Tasarruf Oranı , %

$\ddot{U}E_{\text{ilave}}$ = Kesitlerin Yalın Kesite Göre İlave Enerji Oranı , %

$$TO_{\text{enerji}} = KEm_{\text{tasarruf}} - \ddot{U}Em_{\text{ilave}} \quad (3.18)$$

TO_{enerji} : Toplam Enerji Tasarruf Oranı , %

KEm_{tasarruf} : Kesitlerin Yalın Kesite Göre Enerji Tasarruf Oranı , %

$\ddot{U}Em_{\text{ilave}}$ = Kesitlerin Yalın Kesite Göre İlave Enerji Oranı , %

F- KESİTLERİN TOPLAM ENERJİ-EMERJİ TÜKETİMİNİN BULUNMASI

Üretim aşamasında, yıllık üretim enerji ve emerjinin (malzemenin üretimi, nakliyesi, yapı kabuğunun yapımı ve bakımında harcanan üretim enerji ve emerjisi) yıllık kullanım enerjisi (yapı kabuğu yoluyla oluşan enerji gereksinimi ve emerji harcaması) miktarı ile toplanmasıyla toplam enerji ve emerji bulunur. Yapı kabuğunun toplam tüketimi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$E_{top.} = \dot{U}E_{yil} + KE_{yil} \quad (3.19)$$

E_{top} = Kesitin Yıllık Enerji Toplamı, MJ

$\dot{U}E_{yil}$ = Yıllık Üretim Enerjisi, MJ

KE_{yil} = Yıllık Kullanım Enerjisi, MJ

$$Em_{top.} = \dot{U}Em_{yi} + KEm_{yil} \quad (3.20)$$

Em_{top} = Kesitin Yıllık Emerji Toplamı,, sej

$\dot{U}Em_{yil}$ = Yıllık Üretim Emerjisi, sej

KEm_{yil} = Yıllık Kullanım Emerjisi, sej

G- KESİTLERİN ETKİNLİK YÜZDESİNİN BELİRLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu aşamada herhangi bir tekil kesitin uygunluğunu saptayabilmek ya da kesitleri sıralayabilmek için kesitlerin etkinlik yüzdeleri hesaplanır. Kesitlerin etkinlik yüzdesi bir referans kesit belirlenerek, E_{top} değeri ile oranlanarak belirlenir.

Referans Kesitin Belirlenmesi

İklim bölgesine göre yönetmeliğin U minimum sınır değerini sağlayan ve λ değeri en büyük yalıtım malzemesi ile oluşturulan kesit seçeneği referans kesit olarak kabul edilebilir.

Referans kesit ile karşılaştırma yapılacak yapı kabuğu kesiti, aynı iklim verileri, aynı yapı yeri ve yönlendirmesi, aynı yapı geometrisi, aynı plan, kat sayısı ve toplam alan koşullarında karşılaştırılmalıdır. Referans kesit, yasal konuların izin verdiği minimum değerleri sağlayan kesittir.

Etkinlik Yüzdesinin Belirlenmesi

Belirlenen referans kesitin yıllık toplam enerji değerine (E_{top}) bağlı olarak kesitlerin etkinlik yüzdesi aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$e = 100 \frac{E_{top}}{E_{ref}} \quad (3.21)$$

e = Enerji Etkinlik Yüzdesi

E_{top} = Kesitin Yıllık Enerji Toplamı, MJ

E_{ref} = Referans Kesitin Yıllık Enerjisi, MJ

$$e_m = 100 \frac{E_{m_{top}}}{E_{ref}} \quad (3.22)$$

e_m = Enerji Etkinlik Yüzdesi

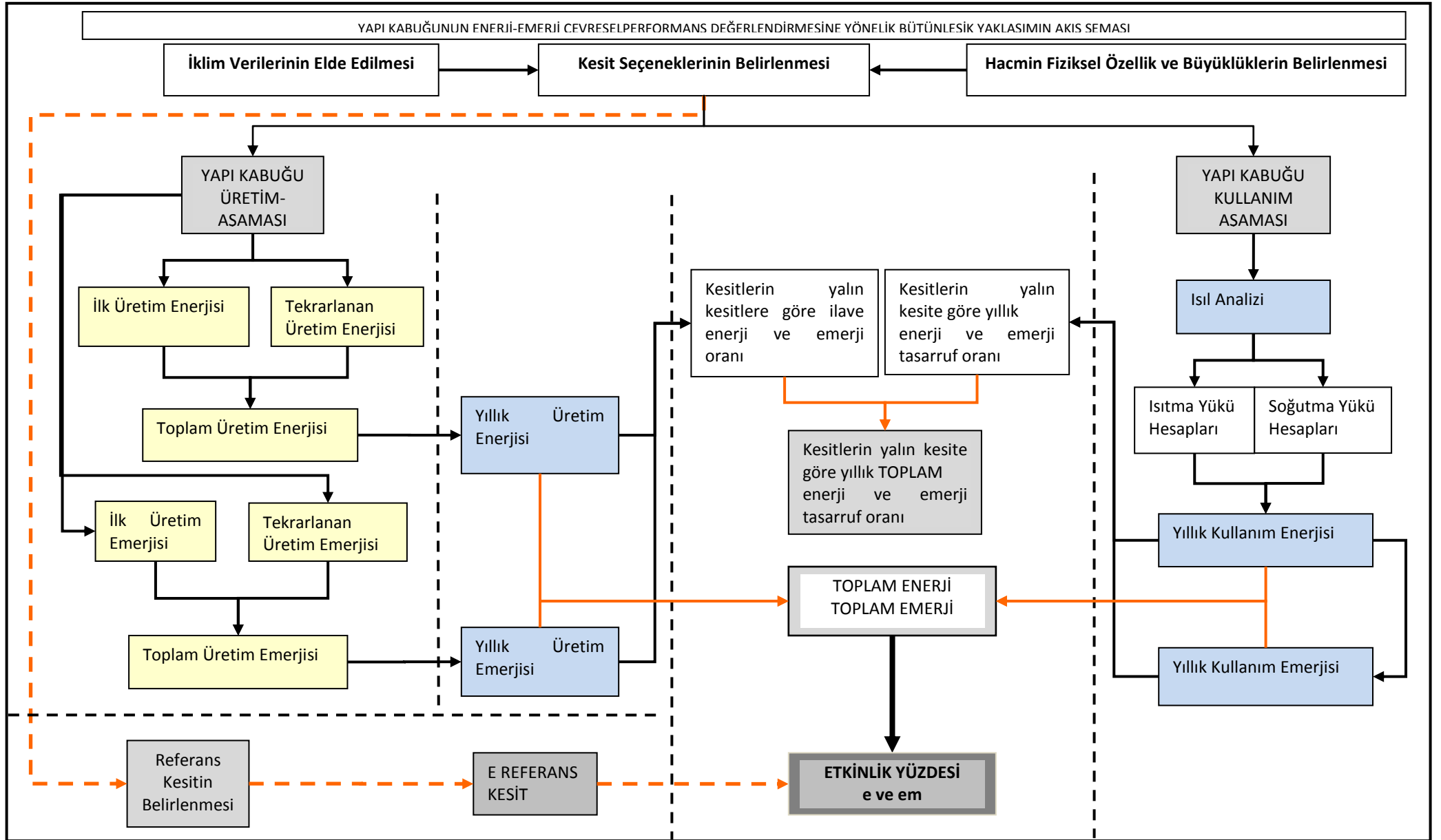
$E_{m_{top}}$ = Kesitin Yıllık Enerji Toplamı, sej

$E_{m_{ref}}$ = Referans Kesitin Yıllık Enerjisi, sej

Belirlenecek etkinlik değeri opak yapı kabuğunun enerji etkinliğinin somut göstergesidir ve bu nedenle gerek tekil kabuk değerlendirilmesinde gerekse karşılaştırmada ana etken olarak ele alınır.

Değerlendirilecek herhangi bir kabuğun toplam enerji ve/veya enerji harcaması referans kesite eşit bulunursa etkinliği 100 olarak kabul edilir.

e değeri 100'ün üzerindeki kesitler uygun değildir. Uygun kesitin e değeri 100 ve 100'ün altında olmalıdır.



Şekil 3.2 Yaklaşımın akış şeması

ÖNERİLEN YAKLAŞIMIN ÖRNEK UYGULAMASI

Bu tezde geliştirilen yaklaşımın örnek uygulaması, Türkiye'nin karasal iklim kuşağında yeralan ve ısıtma enerjisi gereksinimi baskın Ankara ili için ve sıcak iklim kuşağında yer alan ve soğutma enerjisi baskın İzmir ili için yapılmıştır.

Bu çalışmada, farklı yapı kabuğu kesitleri üzerinden enerji analizi ve emerji değerlendirmesi yapılması hedeflenmiştir. Gerek **yapı kabuğu üretim (yapı kabuğunu oluşturan malzemelerin üretimi, yapı kabuğunun yapımı ve yapı kabuğunun bakım-onarımı) aşamasında** gerekse **kullanımda** harcadığı enerjiyi belirlemek amacıyla Enerji Analizi (EA) ve Emerji Değerlendirmesi (ED) hesapları yapılmıştır.

Uygulama çalışmasının amacı, opak düşey yapı kabuğu seçeneklerinin enerji etkinlik yüzdelerinin belirlenerek değerlendirilmesi ve geliştirilen yaklaşımın uygunabilirliğinin kanıtlanmasıdır.

Yaklaşımında, yapının kullanım aşamasında, ısıtma ve soğutma yüklerinin belirlenmesinde "Ecotect" adlı bilgisayar yazılımından yararlanılmıştır.

4.1 Yaklaşımın Ankara İli İçin Örnek Uygulaması

4.1.1 İklim Verilerinin Elde Edilmesi- Ankara

Yaklaşımın uygulanmasında;

- İklimsel analiz verileri için Ecotect'in yardımcı programı olan "WEAtool" kullanılmıştır. Ankara ili için METEONORM programında hazırlanmış iklim verileri kullanılmıştır.
- İklim verisi olarak; max. sıcaklık, ortalama sıcaklık, min sıcaklık, güneş radyasyonu, ısıtma derece gün saatleri, soğutma derece gün saatleri, yağmur miktarı, saat 9.00 ve 15.00 bağıl nem oranı, saat 9.00 ve 15.00 sekiz ayrı yön için rüzgar hızı bilgileri Meteonorm'dan alınmıştır.

4.1.2 İklim Bölgesine Göre Opak Düşey Yapı Kabuğu Seçeneklerinin ve Hacmin Fiziksel Özellik ve Büyüklüklerinin Belirlenmesi

4.1.2.1 Kesit Seçeneklerinin Belirlenmesi- Ankara

- Öncelikle dış duvar ana gövde malzemesi seçilmiştir. 2010 yılında T.M.M.O.B. Mimarlar Odası İstanbul Şubesi'nin desteğiyle ülkemizdeki mimarların hangi yapı malzemelerini tercih ettikleri ve nedenleri üzerine bir anket yapılmıştır [52]. Ankete katılanların % 64'ü konut tasarımında, tuğlayı dış duvarlar için kullandığını belirtmiştir. Nedeni olarak da kolay temin edilebilmesi, fiyatının uygun olması ve kolay uygulanabilmesini göstermişlerdir.

Bu doğrultuda çalışmada dış duvar ana malzemesi olarak yaygın olarak kullanılan tuğla seçilmiştir

- İkinci aşamada, yalıtımsız kesitler ve seçilen iklim bölgesi için yönetmeliklerde aşılması gereken U değerine uygun yalıtımlı kesit seçenekleri belirlenmiştir.

Bu belirlemede aşağıdaki kriterler etken olmuştur.

- TS 825 ısı yalıtım yönetmeliğinde, Ankara 3. bölge için önerilen U değerine (U: 0,50 W/m²K) uygun yalıtımlı yapı kabukları oluşturulmuştur. Bu değeri aşmayan kesitlerin yanısıra, tamamen yalıtımsız yalın kesit ve yalıtımsız hava boşluklu duvar da ayrıca incelemeye katılmıştır.

Çizelge 4. 1 TS 825e göre önerilen U değerleri

	U _D	U _T	U _t	U _P
	(W/m ² K)	(W/m ² K)	(W/m ² K)	(W/m ² K)
1. Bölge	0,7	0,45	0,7	2,4
2. Bölge	0,6	0,4	0,6	2,4
3. Bölge	0,5	0,3	0,45	2,4
4. Bölge	0,4	0,25	0,4	2,4

Opak alanları (dış duvar) tuğla ile oluşturulan yapı kabuğunun yalıtım malzemesi günümüzde en fazla kullanılan ;

- sentetik malzeme olarak
 - polistren ekspande EPS partiküler köpük,
 - polistren ekstrüde XPS sert köpük,
- mineral kökenli malzeme olarak
 - taş yünü (doğal mineral),
- bitkisel kökenli malzeme olarak
 - mantar
- geri dönüşümlü malzeme olarak
 - selülozik yalıtım

TS 825'den dış cephede tercih edilen yoğunluklarda seçilmiştir.

Kullanılan yalıtım malzemelerine ait bilgiler [69] Çizelge 4.2'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.2 Kullanılan yalıtım malzemelerine ait bilgiler

	Sentetik Malzeme		Mineral Kökenli Malzeme	Bitkisel Kökenli Malzeme	Geri Dönüşümlü Malzeme
	EPS (Ekspande Polistiren)	XPS (Ekstrüde Polistiren)	Taş yünü	Mantar	Selülozik Yalıtım
Uygulama yeri	Dış duvar	Dış duvar	Dış duvar	Dış duvar	Dış duvar
Yalıtım amacı	Isı	Isı	Isı, ses, yangın	Isı	Isı, ses, yangın
Isı iletkenliği (W/mK)	0,04	0,028	0,035	0,04	0,036
Yoğunluk Kg/m ³	≥ 15 Kg/m ³	≥ 30 Kg/m ³	150 Kg/m ³	145 Kg/m ³	43 kg/m ³
Yangın sınıfı	B1 zor alevlenici	B1 zor alevlenici	A yanmaz	B1 zor alevlenici	A2 yanmaz

Yalıtımlı kesit seçenekleri farklılığı aşağıdaki gibi gruplandırılmıştır.

- **Duvar Kuruluşu Farklılığı:** Yalıtım malzemesi seçeneklerinden, örneğin λ değeri (ölgül ısı iletkenlik katsayısı) en büyük yalıtım malzemesinin kullanımı ile yönetmeliğin verdiği sınır U değerine en yakın, duvar kuruluşu açısından farklı kesit seçenekleri oluşturulmuştur.
- **Yalıtım Türünün Farklılığı:** Bir önceki adımda belirlenen seçeneklerden oluşum enerjisi en düşük kesit seçeneğine, eş kalınlıkta farklı tür yalıtım malzemelerinin uygulanmasıyla, yeni kesit seçenekleri oluşturulmuştur. Bu adım farklı yalıtım türlerini karşılaştırma olanağını verecektir.
- **Yalıtım Kalınlığının Farklılığı:** Farklı yalıtım türlerinin belirlenen U sınır değerini sağlayacak kalınlıkta uygulanması ile kesit seçenekleri oluşturulmuştur.

Bu durumda yalıtımsız kesitler ile, yapı kabuğunun farklı yerlerinde yalıtımın kullanımı ve farklı yalıtım malzemesi seçimi ile oluşturulan kesit seçenekleri aşağıda özetlendiği gibi, 4 grup halinde düzenlenmiştir.

1. Grup : Yalıtımsız kesit seçenekleri

- Yalıtımsız yalın duvar
- Yalıtımsız hava boşluklu duvar

2. Grup : Farklı duvar kuruluşlarının oluşturduğu yalıtımlı kesit seçenekleri

- Dıştan yalıtımlı duvar
- Sandviç duvar (iki duvar arası yalıtım)
- Hava boşluklu sandviç duvar

3. Grup : Oluşum enerjisi en düşük duvar kuruluşuna eş kalınlıkta ve farklı tür yalıtım malzemelerinin uygulanmasıyla oluşturulan duvar kesitleri

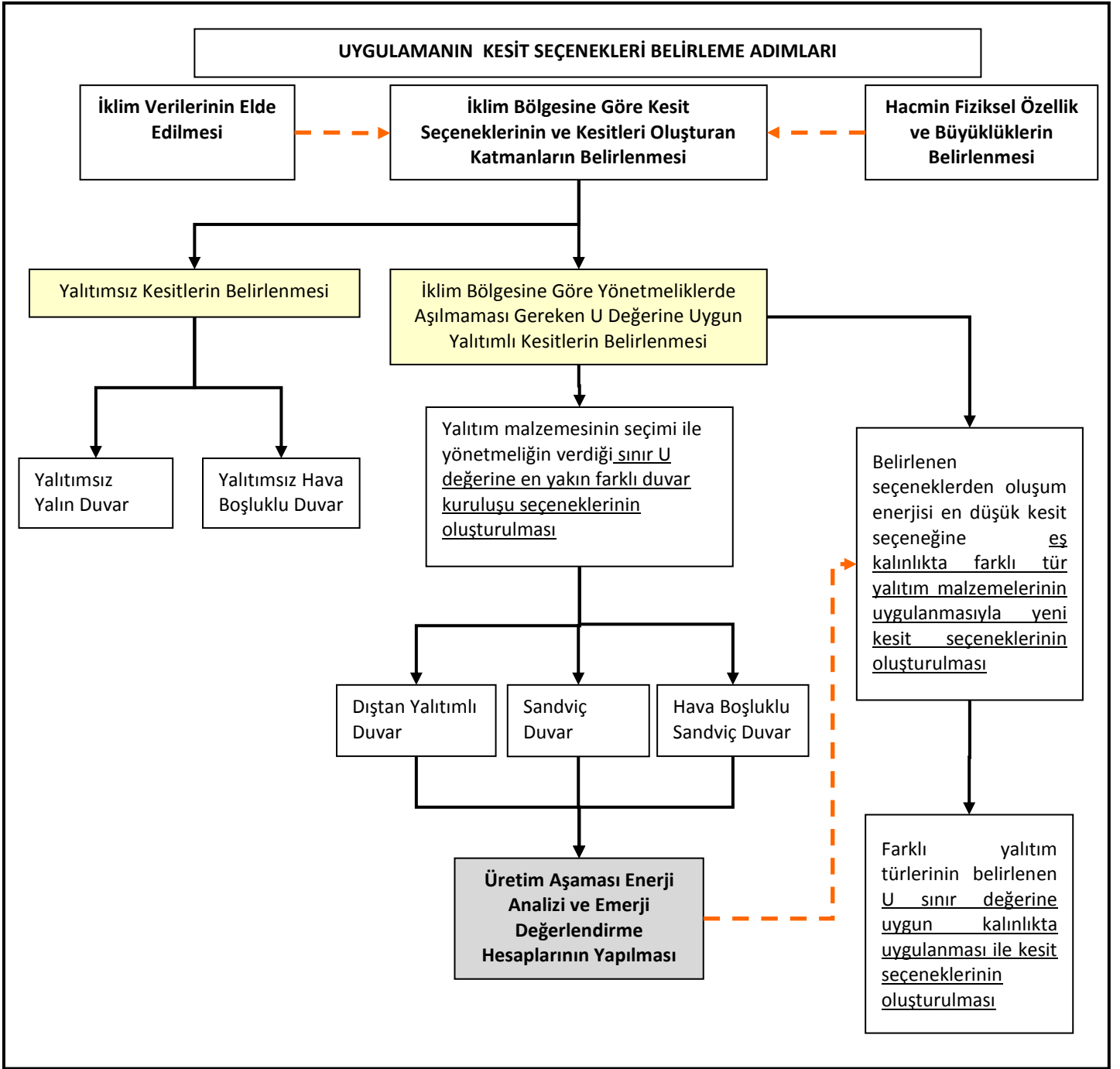
4. Grup : U sınır değerinde, kalınlığı ve türü farklı yalıtım malzemeleriyle oluşturulan duvar kesitleri

Gruplandırma için yalıtımsız kesitler (Grup 1) belirlenmiştir. Yalıtımlı seçeneklerin arasından, ısı iletkenliği büyük olan EPS yalıtım öncelikle seçilmiş ve min U değerine

sahip farklı duvar kuruluşları (Grup 2) oluşturulmuştur. 2. grup kesitlerinden üretim-yapım aşmasında, üretim enerjisi (ÜE) değeri en küçük kesit, yaklaşımın C aşamasında verilen ÜE bağıntısıyla hesaplanarak seçilmiş ve bu kesitte uygulanan yalıtım kalınlığına eşdeğer kalınlıkta farklı yalıtım malzemeleriyle 3. grup duvar kuruluşları oluşturulmuştur. 3. gruptaki kesitlerin yalıtım kalınlıkları, sınır U değerde hesaplanarak grup 4 ortaya konulmuştur.

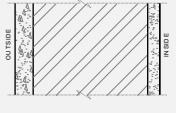

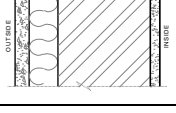
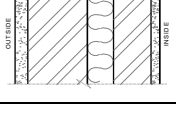
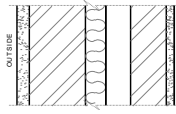
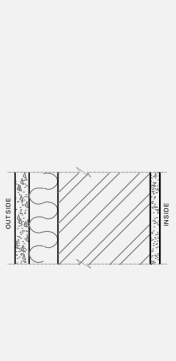
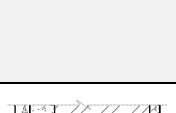
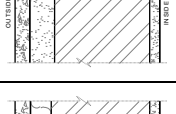

U değerleri birbirine yakın ancak farklı malzemelerle belirlenen kabuk oluşumlarının üretim aşamasındaki oluşum enerjileri farklı olacağı için, gruplandırma, yöntem adımlarının 3. aşamasında yapılan üretim enerjisi hesaplarına paralel olarak yapılmıştır. Uygulamanın kesit seçeneklerinin belirlenmesine yönelik adımları Şekil 4.1'de özetlenmiştir.

Değerlendirme için, belirlenen gruplarda kesitleri oluşturan katmanların; yoğunlukları, ısı iletim katsayıları gibi fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Kesitlerin gruplandırılması ve kesitlerin ısı iletim katsayıları, admittance ve zaman gecikmesi değerleri Çizelge 4.3'de belirtilmiştir. Yapı kabuklarını oluşturan katmanların detayları ve özellikleri EK A'dadır.



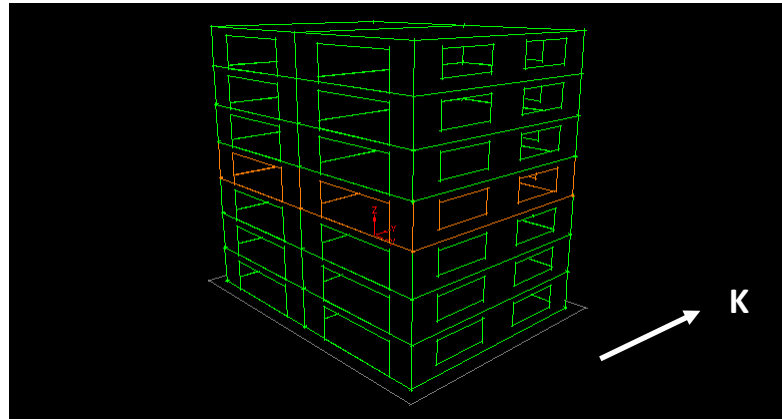
Şekil 4.1 Uygulamanın kesit belirleme adımları

Çizelge 4.3 Ankara ili için oluşturulan yapı kabuğu kesitleri

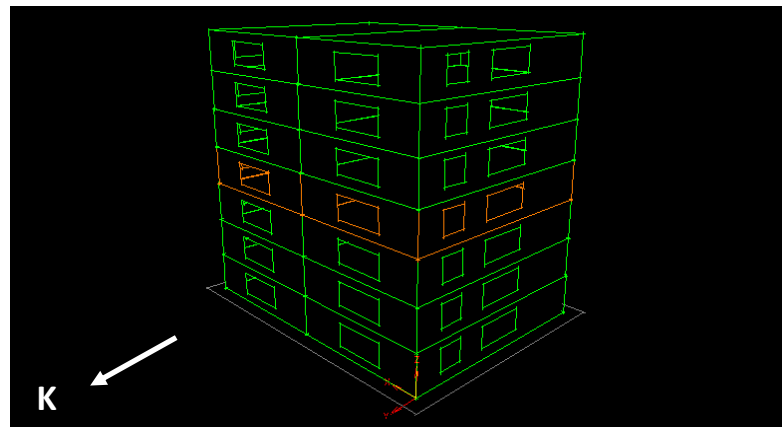
GRUPLAR		YAPI KABUĞU KESİTLERİ		Yapı Elemanı Kalınlığı d, m	Isı İletkenlik Katsayısı U, W/m ² K	Admittance Değeri Y, W/m ² K	Zaman Gecikmesi (Φ) , saat	
GRUP 1	Yalıtımsız kesit seçenekleri	KESİT 1 ANK		YALIN DUVAR	Dış Sıva 0,03 Delikli Tuğla 0,19 İç sıva 0,02	1,54	1,26	6,66
		KESİT 2 ANK		HAVA BOŞLUKLU YALITIMSIZ TUĞLA DUVAR	Dış Sıva 0,03 Delikli Tuğla 0,135 Hava Boşluğu 0,06 Delikli Tuğla 0,85 İç sıva 0,02	1,05	4,28	8,41
GRUP 2	Farklı duvar kuruluşlarının oluşturduğu yalıtımlı kesit seçenekleri	KESİT 3 ANK		DIŞTAN 6cm. EPS YALITIMLI TUĞLA DUVAR	Dış Sıva 0,03 EPS Yalıtım 0,06 Delikli Tuğla 0,19 İç sıva 0,02	0,47	4,37	8,91
		KESİT 4 ANK		6cm. EPS YALITIMLI SANDVIÇ TUĞLA DUVAR	Dış Sıva 0,03 Delikli Tuğla 0,135 EPS Yalıtım 0,06 Delikli Tuğla 0,85 İç sıva 0,02	0,45	4,64	10,02
		KESİT 5 ANK		HAVA BOŞLUKLU 5cm. EPS YALITIMLI TUĞLA DUVAR	Dış Sıva 0,03 Delikli Tuğla 0,135 EPS Yalıtım 0,05 Hava Boşluğu 0,06 Delikli Tuğla 0,85 İç sıva 0,02	0,45	4,78	9,96
GRUP 3	2-grupta oluşum enerjisi en düşük duvar kuruluşuna eş kalınlıkta ve farklı tür yalıtım malzemeleriyle oluşturulan duvar kesitleri	KESİT 6 ANK		DIŞTAN 6cm. TAŞYÜNÜ YALITIMLI TUĞLA DUVAR	Dış Sıva 0,03 Taşyünü yalıtım 0,06 Delikli Tuğla 0,19 İç sıva 0,02	0,42	4,37	9,34
		KESİT 7 ANK		DIŞTAN 6cm. XPS YALITIMLI TUĞLA DUVAR	Dış Sıva 0,03 XPS Yalıtım 0,06 Delikli Tuğla 0,19 İç sıva 0,02	0,36	4,37	9,15
		KESİT 8 ANK		DIŞTAN 6cm. MANTAR YALITIMLI TUĞLA DUVAR	Dış Sıva 0,03 Mantar Yalıtım 0,06 Delikli Tuğla 0,19 İç sıva 0,02	0,5	4,35	9,71
		KESİT 9 ANK		DIŞTAN 6cm. SELÜLOZİK YALITIMLI TUĞLA DUVAR	Panel Tuğla 0,02 Selülozik Yalıtım 0,06 Delikli Tuğla 0,19 İç sıva 0,02	0,43	4,37	8,91
GRUP 4	U sınır değerinde farklı kalınlıkta, farklı yalıtım türleriyle oluşturulan duvar kesitleri	KESİT 10 ANK		DIŞTAN 5cm. TAŞYÜNÜ YALITIMLI TUĞLA DUVAR	Dış Sıva 0,03 Taşyünü yalıtım 0,05 Delikli Tuğla 0,19 İç sıva 0,02	0,48	4,37	9,11
		KESİT 11 ANK		DIŞTAN 4cm. XPS YALITIMLI TUĞLA DUVAR	Dış Sıva 0,03 XPS Yalıtım 0,04 Delikli Tuğla 0,19 İç sıva 0,02	0,48	4,37	8,85
		KESİT 12 ANK		DIŞTAN 5cm. SELÜLOZİK YALITIMLI TUĞLA DUVAR	Panel Tuğla 0,02 Selülozik Yalıtım 0,05 Delikli Tuğla 0,19 İç sıva 0,02	0,49	4,37	8,91

4.1.2.2 Hacmin Fiziksel Özellik ve Büyüklüklerin Belirlenmesi

- Uygulama için taban alanı 300 m^2 ($20\text{m} \times 15\text{m}$ boyutunda), kat yüksekliği 2.70 m olan 7 katlı bir yapı oluşturulmuştur. Hesaplar, yapının orta dairesi (3. kat) için tek zon olarak yapılmıştır.
- İç ortam koşulları için konfor aralığı 18°C - 26°C kuru termometre sıcaklığı olarak alınmıştır. Ekipman çalışma saat aralığı için tüm hafta 24 saat olarak, tam gün çalışma durumunda hesaplanmıştır.
- Kuzey ve batıda %20, doğuda %30, güneyde %50 saydam alana sahip yapı kabuğunun opak alanları hesaplara katılmıştır. Saydam alanlar, ahşap doğramalı çift cam ($U:2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$) olarak tasarlanmıştır.
- Yapı kabuğunda kullanılan malzemelerin yoğunluklarına bağlı olarak hacimdeki ağırlıkları EK B'de hesaplanmıştır.
- Kesitleri oluşturan katmanların çevresel etki değerleri belirlenmiştir.



Şekil 4.2Yapı güney ve doğu cepheleri



Şekil 4.3 Yapı kuzey ve batı cepheleri

- Yapılarda tüketilen enerji miktarı, ülkelere göre farklılıklar göstermektedir. Hesaplamaların sağlıklı yapılabilmesi için, yapının bulunduğu ülkeye ait değerlere ulaşılması gerekmektedir. Malzemenin üretiminde veya taşınmasında harcadığı enerji, çok değişkenlik göstermektedir. Ancak ülkemizde malzemeye ait detaylı veriler olmadığı için uluslararası değerlere başvurulmuştur.
- Çalışmada, yapı kabuğunu oluşturan malzemelerin oluşum enerjisi ve özgül enerji değerleri aşağıdaki Çizelge 4. 4’de gösterilmiştir [25], [54], [58], [70].

Çizelge 4.4 Yapı malzemeleri oluşum enerjisi - özgül enerji değerleri

Malzeme	Oluşum Enerjisi MJ/Kg	Özgül Enerji sejx10 ¹²
Sıva	7,8	3,29
Delikli Tuğla	2,7	3,68
Taş Yünü	16,8	1.5
XPS.	94,4	8,85
Ex. Pol. EPS	94,4	8,85
Mantar	10,8	2,4
Selülozik Yalıtım	3,3	3,61

4.1.3 Yapı Kabuğu Üretim Enerjisi ve Enerji Değerlendirmesinin Yapılması - Ankara

“Çevresel Etki Analizleri”-

Üretim enerjisi analizi (ÜEA) ve üretim enerji değerlendirmesi (ÜED), duvar kesitini oluşturan yapı malzemelerinin, üretiminden kaynaklanan enerji ve enerji tüketimini ve çevresel etkilerini belirler.

Üretim enerjisi, ilk üretim enerjisi ve bakım-onarımdan kaynaklanan tekrarlanan üretim enerjisi olarak ayrı ayrı hesaplanarak toplam değer bulunmuştur. Elde edilen sonuç, yapı ömrüne bölünerek yıllık bazda üretim enerjisi elde edilmiştir.

Ankara ili için seçilen yapı kabuğu kesitlerinin, üretim aşamasındaki çevresel etkilerin belirlenmesi için aşağıdaki işlemler uygulanmıştır.

4.1.3.1 İlk Üretim Enerjisinin ve Emerjisinin Bulunması- Ankara

Belirlenen yapı kabuğu kesitlerinin;

- üretim aşamasında enerji analizi ($\dot{U}E_{ilk}$) ve
- yapı kabuğunun üretiminde ilk yatırım için gerekli olan çevresel yatırımı gösteren emerji değerlendirme hesapları ($\dot{U}Em_{ilk}$)

bir önceki bölümde, yaklaşımın C Basamağında verilen 3.2 ve 3.3 nolu bağıntıyla hesaplanarak tablolar halinde EK C ve EK D’de verilmiştir. İlk üretim enerjisi ve emerji hesap sonuçları özet tablo olarak Çizelge 4.5’de verilmiştir. Sonuçlara genel olarak bakacak olursak, yalıtımlı kesitlerden (kesit 9 ve kesit 12) selülozik yalıtımlı duvarın, üretim aşamasında yalın kesitten daha az enerji- emerji harcaması ile en düşük enerji değerine ulaştığı görülmektedir.

Çizelge 4.5 Ankara, kesitlerin ilk üretim enerjisi ve emerjisi

	Kesitler		İLK ÜRETİM ENERJİSİ $\dot{U}E_{ilk}$, MJ	İLK ÜRETİM EMERJİSİ $\dot{U}Em_{ilk}$, sej 10 ¹²
Grup 1	KESİT 1 _{ANK}	Yalın Duvar	168091,20	128569,41
	KESİT 2 _{ANK}	Hava Boşluklu Yalıtımsız Duvar	178297,20	142479,81
Grup 2	KESİT 3 _{ANK}	Dıştan 6 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	189501,12	130576,59
	KESİT 4 _{ANK}	6 cm. Eps Yalıtımlı Sandviç Duvar	199707,12	144486,99
	KESİT 5 _{ANK}	Hava Boşluklu 5 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	196138,80	144152,46
Grup 3	KESİT 6 _{ANK}	Dıştan 6 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	187142,40	130270,41
	KESİT 7 _{ANK}	Dıştan 6 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	193069,44	130911,12
	KESİT 8 _{ANK}	Dıştan 6 cm. Mantar Yalıtımlı Duvar	179928,00	131199,81
	KESİT 9 _{ANK}	Dıştan 6 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar	122896,76	116631,39
Grup 4	KESİT 10 _{ANK}	Dıştan 5 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	183967,20	129986,91
	KESİT 11 _{ANK}	Dıştan 4 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	184743,36	130130,55
	KESİT 12 _{ANK}	Dıştan 5 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar	122717,97	116435,80

4.1.3.2 Tekrarlanan Üretim Enerjisi ve Emerjisinin Bulunması- Ankara

Yapının ömrü boyunca, yapının ve yapı malzemelerinin zaman içinde yıpranması söz konusudur. Yapı kabuğunun ısısal etkinliğinin sağlanması için, malzemelerin, dolayısıyla yalıtımın korunması gereklidir. Bu sebeple, yapı malzemelerinin, yapı yaşamı süresince,

gereken bakım ve onarım değerleri hesaplanmıştır. Bakımı yapıldığı takdirde, yalıtım malzemelerinin ömrü, yapı ömrü ile aynı olmaktadır. Bu bağlamda hesaplamaları yapılan yalıtımlı kesitlerde, selülozik yalıtımlı kesit dışında, dış sıvanın korunması için bakımı gereklidir. Sıvanın 15 yıllık ömrü olduğundan, bu sürelerde sıva yenilendiğinde, yapı ömrü boyunca yalıtımlı duvar kuruluşları enerji etkinliğini sürdürecektir. Selülozik yalıtımlı duvarda ise sıva yerine tuğla kaplama uygulaması yapılmıştır. Bu duvar kuruluşunda, tuğla kaplamanın bakımı ele alınmalıdır. Ancak, tuğla kaplamanın yaşam ömrü 50 yıl olduğu için ve çalışma da 50 yıllık period için yapıldığından bu duvar kuruluşu için bakım – onarım söz konusu olmamaktadır. Bunun yanı sıra, dış ortamla temas eden ahşap doğramanın bakımı da hesaplamalara katılmıştır. Bakım onarım hesapları, malzemenin üretim enerjisi ile doğrudan bağlantılıdır ve malzemenin ömrüne göre, yaşam süresince, malzemeyi değiştirme- yenileme sayısını dikkate alır. Aynı şekilde, malzemelerin bakım ve onarımında harcanan enerji miktarı da üretim enerjisi ile ilişkilidir.

Duvar kuruluşlarında, bakım-onarımı yapılan malzemelerin enerji-emerji hesapları yapılmış ve tekrarlanan üretim enerjisi ve emerjisi değerleri aşağıda Çizelge 4.6'da belirtilmiştir.

Çizelge 4.6 Malzemelerin tekrarlanan üretim enerji ve emerji değerleri

	Dış sıva	Ahşap Doğrama
Malzeme ömrü, yıl	15	28
(yapı ömrü/malz ömrü)-1	2,33	0,79
Üretim enerjisi, MJ	53071,20	3434,40
Tekrarlanan üretim enerjisi, MJ	123832,80	2698,46
Üretim emerjisi, sej 10 ¹²	22385,16	763,20
Tekrarlanan üretim emerjisi, sej 10¹²	52232,04	599,66

4.1.3.3 Toplam Üretim Enerjisinin ve Emerjisinin Bulunması - Ankara

Ankara ili için oluşturulan kesitlerin üretiminden kaynaklanan toplam enerji (ÜE) ve emerji tüketimi (ÜEm), ilk ve tekrarlanan üretim enerjisinin ve emerjisinin toplanmasıyla bulunmuştur (Çizelge 4.7).

4.1.3.4 Yıllık Üretim Enerjisi ve Emerjisinin Bulunması- Ankara

Yıl bazında toplam üretim enerjisi ($\dot{U}E_{yıl}$) ve yıllık toplam üretim emerjisi ($\dot{U}Em_{yıl}$) hesaplanmış Çizelge 4.7’de gösterilmiştir.

4.1.3.5 Kesitlerin Yalın Kesitlere Göre İlave Enerji– Emerji Oranının Saptanması- Ankara

Üretim aşamasında, kesitlerin enerji- emerji sonuçları doğrultusunda yalıtımlı kesitlerin yalın kesitlere göre ilave enerji- emerji yatırımı belirlenmiş ve ilave enerji – emerji oranı saptanmıştır. Kullanılan malzeme, malzeme yoğunlukları, malzeme ağırlıkları ve yalıtım cinsine bağlı olarak, tüm kesitlerin farklı performanslar gösterdikleri gözlemlenmiş ve birbiriyle karşılaştırmasını yaptığımızda Çizelge 4.7’deki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tüm kesitlerin Kesit 1e göre ilave enerji ve enerji yatırımlarında dikkat çekici sonuçlar bulunmuştur.

Kesitlerin, yıllık üretim enerji-emerji sonuçları ve yalın duvara göre ilave enerji-emerji oranları gruplara göre incelenmiş, aşağıdaki saptamalar yapılmış ve değerlendirilmiştir.

Grup 1:

- Üretim aşamasında, yalıtımsız iki kesit arasından; yalın duvarın yıllık üretim enerjisi (5892,45 MJ) ve emerjisi (3628,02 10^{12} sej) harcaması düşük görülmektedir. Doğal olarak, hava boşluklu çift duvara göre daha az malzemeyle (yalıtımsız) oluşturulan bu duvar kesitinde, yapımda daha az enerji kullanımı görülmektedir.
- Ayrıca, bu kesitte en yüksek oranda olmak üzere, diğer kesitlerde de toplamda yüksek enerji oranının (yaklaşık % 39- EK C) tuğla kullanımına bağlı olduğu görülmektedir. Bu sonuç, malzeme olarak tuğla kullanımının ağırlık ve miktarından kaynaklanmaktadır. Hammadde aşamasında, tuğlanın yüksek enerji harcaması ve üretim evresinde yüksek ısı kullanımı, fosil yakıt harcamasına neden olmaktadır.
- Bakım-onarımdaki tekrarlanan üretim enerjisiyle birlikte, toplam ve yıllık üretim enerjisi ve emerjisi değerlendirildiğinde aynı sonuçları gözlemlemekteyiz.

Grup 2:

- Üretim aşamasında EPS yalıtımın yapı kabuğunun farklı yerlerinde kullanımı ile oluşturulan kesitlerin enerji analizi ve enerji değerlendirmesinde, en düşük değerle Kesit 3 ön plana çıkmaktadır. Dıştan 6 cm EPS ile yalıtımın, EPS'nin yapı kabuğunun farklı yerlerinde kullanımından, daha uygun sonuçlar vermektedir.
- 6 cm EPS ile oluşturulan sandviç duvar (kesit 4), dıştan 6 cm EPS yalıtımlı (kesit 3) duvarla karşılaştırıldığında, yalın duvara göre ilave yatırımının daha fazla olduğu görülmektedir (%7 ve %10). Aynı malzeme ve aynı yalıtım kalınlığı kullanılmasına rağmen, ilave yatırımın farkı, tuğla duvar kullanımının daha fazla oluşundan kaynaklanmaktadır. Ayrıca, birbirine yakın ısı iletkenlik katsayısı değerine sahip olmalarına rağmen, üretim aşamasında kesit 5 ($0.47 \text{ W/m}^2\text{K}$) ve kesit 3 ($0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$) karşılaştırıldığında, kesit 3'ün üretim enerjisi ve enerjisinin düşüklüğü göze çarpmaktadır.

Grup 3:

Yalıtım kalınlığına ve yalıtım yerine bağlı olarak oluşturulan Grup 2'de en uygun sonuca ulaşılan dıştan yalıtımlı duvar kuruluşu için farklı yalıtım malzemeleriyle enerji analizi- enerji değerlendirmesi yapılmıştır.

- Dıştan 6cm EPS (Kesit 3) ile karşılaştırmak amacıyla dıştan 6cm taş yünü (Kesit 6) , 6 cm XPS (Kesit 7) , 6cm mantar (Kesit 8) ve 6 cm selülozik (Kesit 9) yalıtım uygulaması yapılmıştır. Kabuğun toplamda yıllık üretim enerjisi harcamasında, bu kesitlerden selülozik yalıtımla oluşturulan duvar (Kesit 9), 2511,90 MJ gibi bir sonuçla, diğerlerinden daha iyi sonuç vermiştir. Bunu, mantar ile yapılan yalıtım (6129,19 MJ) ve taşyünü ile yapılan yalıtımlı kesit izlemektedir (6273,47 MJ). EPS yalıtımdan sonra XPS gelmektedir. Enerji analizi sonuçlarında, eps ve xps için, nakliyesi ve üretimi için harcanan enerjiye bağlı olarak, yalıtımda yüksek üretim değerleri belirlenmiştir.
- Eş kalınlıkta yalıtım malzemeleriyle oluşturulan kesitlerde, üretim enerjisi en fazla olan XPS yalıtımla (kesit 7) oluşturulan duvar kuruluşudur. Kesit 3 ve 7 karşılaştırıldığında XPS'nin EPS ye göre enerji harcamasının daha fazla olduğu görülmektedir.

- Grup 3 kesitleri içinde, dıştan 6 cm selülozik yalıtımlı duvar kuruluşunun, emerji değerlendirmesinde, en uygun sonuca ulaştığı görülmektedir. Geri dönüşümlü kağıttan üretilen selülozik yalıtım, üretiminde, düşük emerji harcamasına (2344,62 sej 10¹²) gereksinim duymaktadır.

İlave yatırım açısından değerlendirildiğinde;

- Dıştan 6 cm selülozik (Kesit 9) yalıtımlı duvar kuruluşunun, yalın duvara göre ilave yatırım gerektirmediği; aksine üretimde %135 daha az enerji ve %55 daha az emerji harcaması olduğu bulunmuştur.
- EPS ve XPS yalıtımın, yenilenemeyen enerji kullanımına ve oluşum enerjisine bağlı olarak bulunan üretim enerjisi sonuçlarındaki artışının, kabuk kütesinin artması ile de doğru orantılı olduğu görülmektedir. Yapısal olarak üretimde yüksek enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da, yapı kabuğu olarak malzemenin cinsi ve miktarından kaynaklanmaktadır. Dıştan 6 cm EPS yalıtımlı duvar (kesit 3) yalın duvara göre 428,2 MJ ve dıştan 6 cm XPS yalıtımlı duvar(kesit 7) 499,6 MJ ilave enerji yatırımı gerektirmekte ve bu EPS yalıtımda % 7 ve XPS yalıtımda % 8 gibi bir artışa karşılık gelmektedir. Polistrenin üretim aşamalarına bağlı olarak, bu yalıtım malzemesinin üretim enerjisinde yüksek değerler belirlenmiştir.
- Dıştan 6cm taşıyıcı duvar (kesit 6) yalın duvara göre 381 MJ ve dıştan 6 cm mantar yalıtımlı duvar (kesit 8) 236,7 MJ ilave yatırım gerektirirken (Çizelge 4.8), bu iki kesit, üretimde yalın duvara göre % 6 ve % 4 gibi bir artışla, enerjiye gereksinim duymaktadır. Bu sonucun EPS ve XPS ye göre çok daha düşük olduğu görülmektedir.

Grup 4:

3. grupta oluşturulan duvar kuruluşlarında denenen yalıtım malzemelerinin yönetmeliklerde aşılması gereken U değerine uygun kalınlıkta oluşturulmasıyla, aynı ısı iletkenlik katsayısına sahip kesitlerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

- Bu aşamada, bu amaçla, XPS, taşıyıcı ve selülozik yalıtım uygulaması yapılan duvarlarda, yalıtım kalınlıkları azaltılarak sınır U :0.50 W/ m²K değerini aşmayan kesitler oluşturulmuştur. 3.grupta 0.50 W/ m²K değerini sağlayan mantar yalıtımlı duvar kesiti (kesit 8) ve 2. gruptan kesit 2 de değerlendirmeye katılmıştır.

- Minimum U değerini sağlayacak kesit oluşturulduğundan üretim aşaması enerji ve enerji harcaması en az olan kesit 12 olurken, 3. gruptan mantar yalıtımlı kesit 8 ve taşıyıcı yalıtımlı kesit 10 ve EPS yalıtımlı kesit 3 olarak kesitler sıralanmaktadır.
- Dıştan 5 cm taşıyıcı ile yapılan yalıtımlı duvarda 6209,97 MJ ve 4cm XPS ile yapılan yalıtımlı duvarda 6225,49 MJ enerji harcaması bulunmuştur. Bu iki malzemenin birbirine yakın sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Taşıyıcı, 4 cm XPS'ye göre, minimum U değerini sağlamak için, daha kalın kullanılmasına rağmen, üretimde enerji gereksinimi az olmaktadır. Taşıyıcının; doğal, dayanıklı, yerel, düşük oluşum enerjisine sahip, yenilenebilir malzeme olması, üretim aşamasında gerekli enerji ve çevresel kaynak kullanımı açısından, xps ve eps ye göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.
- Ancak diğer doğal malzeme olan mantar ile yapılan hesapların taşıyıcıya göre (6129,19 MJ) daha olumlu olduğu görülmektedir.
- Dıştan yalıtımlı duvar kesitlerinde, enerji harcamasında 5 cm selülozik yalıtım kullanımı 2506,33 MJ ile en iyi sonucu vermektedir. Kağıt atıklarının geri dönüşümü ile elde edilen selülozik malzemenin oluşum enerji değeri düşük olduğu için, üretim aşamasında enerji harcaması da düşük olmaktadır. Dışarıdan 5 cm selülozik yalıtımlı duvar olan kesit 12, üretim aşamasında, diğer kesitlerden önemli ölçüde az üretim enerji-enerjisi harcamasıyla dikkat çekmektedir.
- Sonuç olarak; selülozik yalıtımla yapılan duvar kuruluşu, yalın duvara göre ilave yatırım gerektirmemekte, aksine üretimde yalın duvardan 3384 MJ daha az enerjiye gereksinim duymaktadır. Bu durumda, tüm kesitler içinde üretimde en uygun sonucun selülozik yalıtımla yapılan duvar kuruluşunda gerçekleştiğini ve oran olarak yalın duvardan % 135 daha az enerji ve % 55 daha az enerji harcadığını görmekteyiz.
- Daha sonra hava boşluklu yalıtımsız duvar %3 ilave üretim enerjisiyle dikkat çekmektedir. Bunu % 4 ile mantar yalıtımlı duvar izlemektedir.

Çizelge 4.7 Ankara, kesitlerin yıllık üretim enerjisi ve emerjisi ve yalın duvara göre ilave enerji-emerji yatırımı ve oranları

ÜRETİM AŞAMASI ENERJİ ANALİZİ, MJ ve EMERJİ ANALİZİ, sej10 ¹²	Grup 1		Grup 2			Grup 3				4. Grup		
	KESİT 1 _{ANK}	KESİT 2 _{ANK}	KESİT 3 _{ANK}	KESİT 4 _{ANK}	KESİT 5 _{ANK}	KESİT 6 _{ANK}	KESİT 7 _{ANK}	KESİT 8 _{ANK}	KESİT 9 _{ANK}	KESİT 10 _{ANK}	KESİT 11 _{ANK}	KESİT 12 _{ANK}
	Yalın Duvar	Hava Boşluklu Yalıtımsız Duvar	Dıştan 6 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	6 cm. Eps Yalıtımlı Sandviç Duvar	Hava Boşluklu 5 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Mantar Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar	Dıştan 5 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	Dıştan 4 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 5 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar
İlk Üretim Enerjisi, ÜE _{ilk}	168091,2	178297,2	189501,1	199707,1	196138,8	187142,4	193069,4	179928,0	122896,8	183967,2	184743,4	122718,0
İlk Üretim Emerjisi, ÜEm _{ilk}	128569,41	142479,81	130576,59	144486,99	144152,46	130270,41	130911,12	131199,81	116631,39	129986,91	130130,55	116631,80
Tekrarlanan Üretim Enerjisi, ÜE _{tkr}	126531,26	126531,26	126531,26	126531,26	126531,26	126531,26	126531,26	126531,26	2698,46	126531,26	126531,26	2698,46
Tekrarlanan Üretim Emerjisi, ÜEm _{tkr}	52831,70	52831,70	52831,70	52831,70	52831,70	52831,70	52831,70	52831,70	599,66	52831,70	52831,70	599,66
Toplam Üretim Enerjisi, ÜE	294622,46	304828,46	316032,38	326238,38	322670,06	313673,66	319600,70	306459,26	125595,22	310498,46	311274,62	125416,43
Toplam Üretim Emerjisi, ÜEm	181401,11	195311,51	183408,29	197318,69	196984,16	183102,11	183742,82	184031,51	117231,05	182818,61	182962,25	117231,46
Yıllık Üretim Enerjisi, ÜE _{Yıl}	5892,45	6096,57	6320,65	6524,77	6453,40	6273,47	6392,01	6129,19	2511,90	6209,97	6225,49	2508,33
Yıllık Üretim Emerjisi, ÜEm _{Yıl}	3628,02	3906,23	3668,17	3946,37	3939,68	3662,04	3674,86	3680,63	2344,62	3656,37	3659,25	2344,63
ilave enerji oranı	Kesit 1'e göre	0,03	0,07	0,10	0,09	0,06	0,08	0,04	-1,35	0,05	0,05	-1,35
ilave emerji oranı		0,07	0,01	0,08	0,08	0,01	0,01	0,01	-0,55	0,01	0,01	-0,55

4.1.4 Yapı Kabuğu Kullanım Enerjisi Analizi- Emerji Değerlendirmesinin Yapılması- Ankara

Kullanım aşaması enerji analizi ve emerji değerlendirmesindeki harcamalar aşağıda Çizelge 4.8'deki gibi özetlenebilir.

Çizelge 4.8 Kullanım aşaması enerji ihtiyacı ve emerji harcamaları

İklim Koşulları	Yapıdaki Döngü	Enerji İhtiyacı	Emerji Harcaması
Kış Koşulları	Isı Kaybı	Isıtma Enerjisi	Isıtma Amaçlı Doğalgaz Harcaması
Yaz Koşulları	Isı Kazancı	Soğutma Enerjisi	Soğutma Amaçlı Elektrik Harcaması

4.1.4.1 Hacmin Isıtma ve Soğutma Yüklerinin Hesaplanması-Ankara

Belirlenen yapı kabuğu seçenekleri için, Ankara ilinin güncel saatlik dış hava verileri kullanılarak, aylık ısıtma-soğutma yükleri Ecotect enerji analiz programıyla hesaplanmıştır. Ankara ili için seçilen yapı kabuğu kesitlerinin ısıtma ve soğutma yükü hesapları aşağıdaki tabloda (Çizelge 4.9) gösterilmiştir.

- Yüksek ısı iletkenliğe sahip olan kesit 1-yalın duvar ($U: 1,54 \text{ W/m}^2\text{K}$), kullanım döneminde ısıtma yükü açısından diğer kesitlere göre çok olumsuz etki yaratmaktadır. Yüksek ısıtma yükü değeri (41198 kW) bulunan yalıtımsız oluşturulan bu kesitte, yalıtımın olmayışının, soğutma yüküne fazla etki etmediği de görülmektedir. Hava boşluklu yalıtımsız duvarda ise, ısıtma yükü yüksek çıkarken (38467 kW), soğutma yükü açısından en düşük (263 kW) sonucun bulunduğu kesit olarak görülmektedir. Burada hava boşluğunun soğutma yükünde yalıtımdan daha etken olduğu gözlemlenmektedir.
- Grup 2'de, Kesit 3'ün ısıtma yükü olarak, 33634 kW hesaplanmıştır. Üretim aşamasında grup 2'de en az enerji harcamasıyla en olumlu kesit olan EPS yalıtımlı duvarlardan dıştan 6 cm yalıtımlı duvar kuruluşu, bu aşamada da diğer kesitlere göre en iyi sonucu vermektedir.
- Ancak Grup 3'de EPS ile aynı yalıtım kalınlığında taşıyıcı ve XPS yalıtım olarak dıştan uygulama yapıldığında ise, bu iki malzemenin (33467 kW ve 33226 kW) ısıtma yükü açısından EPSden daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

Çizelge 4.9 Ankara, hacmin aylık ısıtma soğutma yükü hesapları

AYLAR	GRUP 1				GRUP 2				GRUP 3								GRUP 4							
	KESİT 1ANK		KESİT 2ANK		KESİT 3ANK		KESİT 4ANK		KESİT 5ANK		KESİT 6ANK		KESİT 7ANK		KESİT 18NK		KESİT 9ANK		KESİT 10ANK		KESİT 11ANK		KESİT 12ANK	
	Yalın Duvar		Hava Boşluklu Yalıtımsız		Diştan 6 Cm Eps		6 Cm Eps Sandviç		Hava Boşluklu 5 Cm Eps Yalıtımlı		Diştan 6 Cm Taşyünü		Diştan 6 Cm Xps		Diştan 6 Cm Mantar		Diştan 6 Cm Selülozik		Diştan 5 Cm Taşyünü		Diştan 4 Cm Xps		Diştan 5 Cm Selülozik	
	Isıtma Yüklü, kW	Soğutma Yüklü, kW	Isıtma Yüklü, kW	Soğutma Yüklü, kW	Isıtma Yüklü, kW	Soğutma Yüklü, kW	Isıtma Yüklü, kW	Soğutma Yüklü, kW	Isıtma Yüklü, kW	Soğutma Yüklü, kW	Isıtma Yüklü, kW	Soğutma Yüklü, kW	Isıtma Yüklü, kW	Soğutma Yüklü, kW	Isıtma Yüklü, kW	Soğutma Yüklü, kW	Isıtma Yüklü, kW	Soğutma Yüklü, kW	Isıtma Yüklü, kW	Soğutma Yüklü, kW	Isıtma Yüklü, kW	Soğutma Yüklü, kW	Isıtma Yüklü, kW	Soğutma Yüklü, kW
Ocak	7915,4	0,0	7407,3	0,0	6469,9	0,0	6499,8	0,0	6536,8	0,0	6437,8	0,0	6391,1	0,0	6483,03	0,00	6256,92	0,00	6481,4	0,0	6475,7	0,0	6305,93	0,00
Şubat	6479,7	0,0	6082,3	0,0	5343,7	0,0	5368,4	0,0	5397,0	0,0	5318,8	0,0	5281,9	0,0	5354,51	0,00	4973,32	0,00	5353,2	0,0	5348,3	0,0	5008,10	0,00
Mart	6339,5	0,0	5949,3	0,0	5235,9	0,0	5259,2	0,0	5286,9	0,0	5211,7	0,0	5176,3	0,0	5246,07	0,00	5019,00	0,00	5244,8	0,0	5240,4	0,0	5054,63	0,00
Nisan	3169,4	0,0	2943,0	0,0	2558,1	0,0	2568,6	0,0	2583,8	0,0	2544,4	0,0	2525,9	0,0	2562,41	0,00	2403,80	0,00	2561,8	0,0	2560,5	0,0	2422,65	0,00
Mayıs	1396,8	0,0	1275,0	0,0	1120,9	0,0	1120,7	0,0	1128,6	0,0	1113,0	0,0	1104,9	0,0	1120,85	0,00	1024,71	0,00	1120,5	0,0	1121,8	0,0	1034,31	0,00
Haziran	565,8	0,0	498,9	0,0	396,4	0,0	396,5	0,0	402,1	0,0	392,6	0,0	390,0	0,0	400,42	0,00	393,15	0,00	399,1	0,0	399,6	0,0	403,36	0,00
Temmuz	0,0	229,3	0,0	228,7	0,0	272,9	0,0	271,5	0,0	267,6	0,0	272,7	0,0	273,8	0,00	267,15	0,00	364,60	0,0	268,6	0,0	268,7	0,00	355,00
Ağustos	0,0	34,7	0,0	34,5	0,0	98,8	0,0	98,5	0,0	95,7	0,0	99,0	0,0	109,1	0,00	98,49	0,00	229,16	0,0	98,6	0,0	98,8	0,00	214,25
Eylül	367,3	0,0	314,1	0,0	241,3	0,0	239,5	0,0	241,2	0,0	239,4	0,0	233,0	0,0	243,00	0,00	238,71	0,00	240,4	0,0	241,4	0,0	246,71	0,00
Ekim	2674,6	0,0	2480,1	0,0	2167,8	0,0	2176,2	0,0	2188,3	0,0	2156,8	0,0	2142,0	0,0	2171,24	0,00	1985,58	0,00	2170,7	0,0	2169,7	0,0	1999,04	0,00
Kasım	5516,9	0,0	5173,1	0,0	4549,5	0,0	4570,1	0,0	4594,3	0,0	4528,4	0,0	4497,4	0,0	4558,51	0,00	4323,23	0,00	4557,4	0,0	4553,4	0,0	4353,78	0,00
Aralık	6772,8	0,0	6343,4	0,0	5550,5	0,0	5577,1	0,0	5607,7	0,0	5523,8	0,0	5484,2	0,0	5562,13	0,00	5481,79	0,00	5560,8	0,0	5555,5	0,0	5523,24	0,00
TOPLAM	41198,0	264,0	38466,6	263,1	33633,9	371,7	33775,9	370,0	33966,6	363,4	33466,7	371,6	33226,5	382,9	33702,1	365,64	32100,2	593,77	33690,2	367,2	33666,2	367,5	32351,7	569,26
M2 İÇİN	137,3	0,9	128,2	0,9	112,1	1,2	112,6	1,2	113,2	1,2	111,6	1,2	110,8	1,3	112,34	1,22	107,00	1,98	112,3	1,2	112,2	1,2	107,84	1,90

- Dıştan 6 cm ve 5 cm selülozik yalıtımlı duvarda ise (kesit 9 ve kesit 12) diğer kesitlere oranla en düşük ısıtma yükü bulunmuştur.

4.1.4.2 Kullanım Enerjisi Analizinin Yapılması - Ankara

Kullanım Aşamasında Enerji Analizi, ısı analiz hesap sonuçları baz alınarak yapılmıştır. Farklı yapı kabuğu kesitleri için, Ankara ilinde ısıtma ve soğutma derece gün değerleri, ekipman kullanım saati, aylık gün sayısını dikkate alarak, ecotect programı ile hesaplanan ısı kazanç ve kayıpları sonuçları kullanılarak, yapı kullanım süresi boyunca enerji kullanımı aşağıdaki Çizelge 4. 10'da verilmiştir.

Isı kayıpları ısıtma sistemi ve ısı kazançları soğutma sistemi ile karşılanacağı için, kullanım dönemi enerji analizi hesaplarında yapı kabuğu yoluyla oluşacak enerji ihtiyacı değerlendirilmiştir.

Hesaplarda kullanılan Ankara ilinin Isıtma–Soğutma Derece-Gün Değerleri EK G'de belirtilmiştir. Soğuk hava koşullarında, ısı kayıplarının yerine ısıtma sistemi kullanılmakta, sıcak hava koşullarında ise ısı kazançları için elektrikli soğutma sistemleri kullanılmaktadır. Derece- gün değerleri aralığına bağlı olarak, mekanik ekipman çalışma saatleri (hd) günlük çalışma saati (h/d) ve Ankara ili ve ısıtma–soğutma derece-gün değerlerine göre ekipman çalışma saatleri EK G'de görülmektedir.

Kullanım aşaması enerji analizi (KEA, MJ) termal analiz hesaplarına dayanmaktadır.

Çizelge 4.10 Ankara, yapı kabuğu kullanım enerjisi analizi

	Grup 1		Grup 2			Grup 3				4. Grup		
	KESİT 1 _{ANK}	KESİT 2 _{ANK}	KESİT 3 _{ANK}	KESİT 4 _{ANK}	KESİT 5 _{ANK}	KESİT 6 _{ANK}	KESİT 7 _{ANK}	KESİT 8 _{ANK}	KESİT 9 _{ANK}	KESİT 10 _{ANK}	KESİT 11 _{ANK}	KESİT 12 _{ANK}
Kullanım Enerjisi Analizi (KEA), MJ	Yalın Duvar	Hava Boşluklu Yalıtımsız Duvar	Dıştan 6 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	6 cm. Eps Yalıtımlı Sandviç Duvar	Hava Boşluklu 5 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Mantar Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar	Dıştan 5 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	Dıştan 4 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 5 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar
Ocak	28495,48	26666,32	23291,46	23399,24	23532,48	23175,90	23007,82	23338,91	22524,91	23333,08	23312,59	22701,35
Şubat	23326,78	21896,42	19237,32	19326,17	19429,02	19147,57	19014,88	19276,24	17903,95	19271,63	19253,99	18029,16
Mart	22822,06	21417,52	18849,38	18932,98	19032,91	18762,05	18634,61	18885,85	18068,40	18881,42	18865,44	18196,67
Nisan	11409,70	10594,94	9209,20	9246,85	9301,54	9159,88	9093,10	9224,68	8653,68	9222,30	9217,66	8721,54
Mayıs	5028,34	4589,89	4035,10	4034,41	4062,78	4006,84	3977,78	4035,06	3688,96	4033,87	4038,48	3723,52
Haziran	2036,88	1795,97	1426,90	1427,44	1447,67	1413,50	1403,82	1441,51	1415,34	1436,80	1438,56	1452,10
Temmuz	825,62	823,21	982,33	977,40	963,50	981,54	985,72	961,74	1312,56	966,96	967,32	1278,00
Ağustos	124,81	124,02	355,82	354,67	344,66	356,26	392,62	354,56	824,98	354,85	355,61	771,30
Eylül	1322,17	1130,76	868,50	862,09	868,18	861,88	838,66	874,80	859,36	865,33	869,08	888,16
Ekim	9628,60	8928,32	7804,04	7834,14	7878,02	7764,52	7711,09	7816,46	7148,09	7814,59	7810,81	7196,54
Kasım	19860,84	18623,27	16378,20	16452,32	16539,30	16302,28	16190,53	16410,64	15563,63	16406,75	16392,24	15673,61
Aralık	24382,08	22836,28	19981,76	20077,56	20187,72	19885,54	19743,05	20023,67	19734,44	20018,74	19999,62	19883,66
KIŞ	148312,91	138479,69	121081,86	121593,20	122279,62	120479,94	119615,33	121327,81	115560,76	121284,50	121198,46	116466,30
YAZ	950,44	947,23	1338,16	1332,07	1308,17	1337,80	1378,33	1316,30	2137,54	1321,81	1322,93	2049,30
TOPLAM	149263,34	139426,92	122420,02	122925,28	123587,78	121817,74	120993,66	122644,12	117698,29	122606,32	122521,39	118515,60

4.1.4.3 Kullanım Emerjisi Değerlendirmesi Yapılması- Ankara

Kullanım emerjisi değerlendirmesi (KED) ısıtma ve soğutma için kullanılacak ekipmanların ısı verimliliği için enerji analizi sonuçları baz alınarak oluşturulmuştur. Yıl boyunca, yapı kabuğundan doğal gaz ve elektrik harcamaları, emerji girdileri ile belirlenmiştir. Yaz döneminde soğutma sistemi için gerekli elektrik harcaması, kış döneminde ise ısıtma sistemi için doğal gaz kullanımı hesaba katılmıştır.

ED hesapları ile enerji kullanımı, güneş enerjisi joule (sej) olarak, gaz ve elektrik enerjisinin eşdeğer emerji değerine dönüştürülmüştür.

Uluslararası kaynaklardan alınan d.gaz ve elektrik harcamasının özgül emerji değerleri [25] aşığıdaki gibidir:

Doğal gaz $6.72 \cdot 10^4$ sej/J

Elektrik $2.07 \cdot 10^5$ sej/J

Yılın her ayı için emerji hesapları yapılmış ve Çizelge 4.11 'de kış ve yaz dönemi ve toplam emerji sonuçları tablo olarak oluşturulmuştur. Bulunan sonuçlar, yapı kabuğu yoluyla oluşan yıllık emerji tüketimini göstermektedir.

Çizelge 4.11 Ankara, yapı kabuğu kullanım emerjisi değerlendirilmesi

	Grup 1			Grup 2			Grup 3			4. Grup		
	KESİT 1 _{ANK}	KESİT 2 _{ANK}	KESİT 3 _{ANK}	KESİT 4 _{ANK}	KESİT 5 _{ANK}	KESİT 6 _{ANK}	KESİT 7 _{ANK}	KESİT 8 _{ANK}	KESİT 9 _{ANK}	KESİT 10 _{ANK}	KESİT 11 _{ANK}	KESİT 12 _{ANK}
Kullanım Emerjisi Değerlendirmesi (KED), sej x 10 ¹²	Yalın Duvar	Hava Boşluklu Yalıtımsız Duvar	Dıştan 6 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	6 cm. Eps Yalıtımlı Sandviç Duvar	Hava Boşluklu 5 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Mantar Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar	Dıştan 5 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	Dıştan 4 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 5 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar
Ocak	1914,90	1791,98	1565,19	1572,43	1581,38	1557,42	1546,13	1568,37	1513,67	1567,98	1566,61	1525,53
Şubat	1567,56	1471,44	1292,75	1298,72	1305,63	1286,72	1277,80	1295,36	1203,15	1295,05	1293,87	1211,56
Mart	1533,64	1439,26	1266,68	1272,30	1279,01	1260,81	1252,25	1269,13	1214,20	1268,83	1267,76	1222,82
Nisan	766,73	711,98	618,86	621,39	625,06	615,54	611,06	619,90	581,53	619,74	619,43	586,09
Mayıs	337,90	308,44	271,16	271,11	273,02	269,26	267,31	271,16	247,90	271,08	271,39	250,22
Haziran	136,88	120,69	95,89	95,92	97,28	94,99	94,34	96,87	95,11	96,55	96,67	97,58
Temmuz	170,90	170,40	203,34	202,32	199,45	203,18	204,04	199,08	271,70	200,16	200,24	264,55
Ağustos	25,84	25,67	73,66	73,42	71,35	73,74	81,27	73,39	170,77	73,45	73,61	159,66
Eylül	88,85	75,99	58,36	57,93	58,34	57,92	56,36	58,79	57,75	58,15	58,40	59,68
Ekim	647,04	599,98	524,43	526,45	529,40	521,78	518,19	525,27	480,35	525,14	524,89	483,61
Kasım	1334,65	1251,48	1100,62	1105,60	1111,44	1095,51	1088,00	1102,79	1045,88	1102,53	1101,56	1053,27
Aralık	1638,48	1534,60	1342,77	1349,21	1356,61	1336,31	1326,73	1345,59	1326,15	1345,26	1343,97	1336,18
KIŞ	9966,63	9305,84	8136,70	8171,06	8217,19	8096,25	8038,15	8153,23	7765,68	8150,32	8144,54	7826,54
YAZ	196,74	196,08	277,00	275,74	270,79	276,92	285,31	272,47	442,47	273,62	273,85	424,21
TOPLAM	10163,37	9501,91	8413,70	8446,80	8487,98	8373,18	8323,46	8425,70	8208,15	8423,93	8418,38	8250,74

4.1.4.4 Kesitlerin Yalın Kesite Göre Enerji-Emerji Tasarruf Oranlarının Saptanması- Ankara

Kullanım aşaması enerji analizi ve emerji değerlendirmesi hesap sonuçları özet tablo olarak Çizelge 4.12'de verilmiştir. Kullanım aşaması enerji gereksinimi ve emerji gereksinimi sonuçlarına genel olarak bakacak olursak:

- Seçilen yapı kabuğu kesitleri için yapılan hesaplamalar sonucunda seçilen il ve iklim bölgesine (Ankara) bağlı olarak soğutma sistemi için gerekli elektrik enerjisi, ısıtma sistemi için gerekli olan doğal gazdan daha düşük belirlenmiştir (Çizelge 4.11).
- 1.54 W/m²K ısı iletkenliğe sahip yalıtımsız yalın duvar, en yüksek ısıtma ve soğutma yüküne ihtiyaç duymakta, dolayısıyla enerji gereksinimi (Enerji Analizi 149263,34 MJ) ve yakıt ihtiyacı (Emerji Değerlendirmesi 10163,37 sej x 10¹²) de yüksek olmaktadır. Ancak soğutma yükü açısından, diğer yalıtımlı kesitlere göre düşük değerler bulunmuştur.
- Grup 2'de EPS ile yapılan yalıtımlardan dıştan 6cm EPS yalıtımlı duvar çözümünde 122420,02 MJ enerji gereksinimi ve 8413,70 10¹² sej emerji değerlendirmesi bulunmuş olup en uygun kesit olduğu belirlenmiştir. EPS yalıtımlı kesitlerden sandviç duvar ve hava boşluklu yalıtımlı duvarda az da olsa dıştan yalıtıma göre farklılık görülmektedir.
- Ancak Grup 3'de aynı kalınlıkta (6 cm) taşıyıcı ve XPS ile dıştan yalıtım yapıldığında, ısıtma ve soğutma yüküne bağlı olarak mantardan daha düşük enerjiye gereksim duyulduğu görülmektedir (taşıyıcı 21817,74 MJ ve XPS 120993,66 MJ). Grup 3'de aynı yalıtım kalınlığı ile oluşturulan kesitler içinde, kesit 9 ve grup 4'de kesit 12 olan selülozik yalıtımlı duvarın kullanım aşamasında en düşük enerji-emerji gereksinimi olduğu görülmektedir.
- Diğer kesitlerde ise, birbirine yakın sonuçlar çıkmıştır (Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11). Kesit 9'un kış aylarında ısıtmadan kaynaklanan enerji gereksinimi düşük çıkmış, fakat yaz aylarında soğutma yükü yüksek olmasına rağmen, toplamda olumlu sonuca ulaşılmıştır.

Çizelge 4.12 Ankara, yapı kabuğu yıllık kullanım enerjisi-emerjisi- tasarruf oranları

	Grup 1		Grup 2			Grup 3				4. Grup		
	KESİT 1 _{ANK}	KESİT 2 _{ANK}	KESİT 3 _{ANK}	KESİT 4 _{ANK}	KESİT 5 _{ANK}	KESİT 6 _{ANK}	KESİT 7 _{ANK}	KESİT 8 _{ANK}	KESİT 9 _{ANK}	KESİT 10 _{ANK}	KESİT 11 _{ANK}	KESİT 12 _{ANK}
YILLIK	Yalın Duvar	Hava Boşluklu Yalıtımsız Duvar	Dıştan 6 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	6 cm. Eps Yalıtımlı Sandviç Duvar	Hava Boşluklu 5 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Mantar Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar	Dıştan 5 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	Dıştan 4 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 5 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar
Kullanım Enerjisi (KE), MJ	149263,34	139426,92	122420,02	122925,28	123587,78	121817,74	120993,66	122644,12	117698,29	122606,32	122521,39	118515,60
Kullanım Emerjisi (KE _m), sej ¹²	10163,37	9501,91	8413,70	8446,80	8487,98	8373,18	8323,46	8425,70	8208,15	8423,93	8418,38	8250,74
enerji tasarrufu, MJ	Kesit 1e göre	9836,42	26843,33	26338,07	25675,56	27445,61	28269,68	26619,23	31565,05	26657,03	26741,95	30747,74
emerji tasarrufu, sej x 10 ¹²		661,46	1749,67	1716,57	1675,39	1790,19	1839,90	1737,66	1955,21	1739,43	1744,98	1912,63
enerji tasarruf oranı , KE _{tasarruf}		0,07	0,18	0,18	0,17	0,18	0,19	0,18	0,21	0,18	0,18	0,21
emerji tasarruf oranı , KE _{m tasarruf}		0,07	0,17	0,17	0,16	0,18	0,18	0,17	0,19	0,17	0,17	0,19

$$KE_{tasarruf} = 1 - KE_{duvar} / KE_{yalın duvar}$$

$$KE_{m tasarruf} = 1 - KE_{m duvar} / KE_{m yalın duvar}$$

Bu aşamada, kullanım döneminde yıllık enerji ve emerji harcamaları dikkate alınarak yıllık enerji gereksinimi ve yalın kesite göre tasarruf oranları, bölüm 3'de yaklaşımın adımlarındaki denklem 3.15 ve 3.16 ile hesaplanmış ve Çizelge 4.12'deki değerlere ulaşılmıştır.

- Sonuçlara baktığımızda, hava boşluklu yalıtımsız kesitin ($13,9 \cdot 10^4$ MJ) yalın kesite ($14,9 \cdot 10^4$) %7 oranla enerji tasarrufu yaptığı görülmektedir. Hava boşluğunun az da olsa, yalıtım değeri taşıdığını söyleyebiliriz.
- Grup 2'de, dıştan 6 cm.EPS ile yapılan yalıtımlı duvarda $12,24 \cdot 10^4$ MJ enerji harcaması saptanmıştır. Duvar kuruluşunda, EPS yalıtımın dışta, sandviç veya hava boşluklu sandviç duvar olarak kullanılması, yıllık toplam enerji tüketiminde önemli bir fark yaratmamaktadır.
- Burada belirgin fark $11,76 \cdot 10^4$ MJ ve $11,85 \cdot 10^4$ MJ ile selülozik yalıtımlı duvarlarda görülmektedir. Bu da, yalın kesite oranla %18 ve % 21'e varan bir tasarruf oranı demektir. Bu duvar kuruluşunu %19 tasarruf oranıyla XPS , %18 mantar ve taşıyıcı yalıtımlı duvar izlemektedir. Yalıtım kalınlığının azaltılması veya artırılması, birbirine yakın U değeri ile oluşturulan kesitlerde, kullanım aşamasındaki tasarrufta dikkat çekici bir fark yaratmamaktadır. Bu sebeple, iyi bir performans için yalıtım kalınlığını arttırmak yeterli olamayabilir.
- Yapı kabuğu TS 825 standardına uygun bir şekilde yalıtıldığında yıllık ısıtma enerjisi gereksiniminde, yalıtımsız durumdaki dış duvarın ısıtma enerjisi ihtiyacına göre azalma görülmektedir. Bu durumda, aynı oranda yakıt ihtiyacı da azalmaktadır.
- Sonuç olarak, yalıtımlı kesitlerin yalın kesite göre kullanım aşamasındaki tasarruf oranlarına baktığımızda, selülozik yalıtımlı duvar dışında diğer yalıtımlı kesitlerin % 17-18-19 gibi bir tasarruf sağladığını görmekteyiz. Ancak selülozik yalıtım kullandığımızda, tasarruf oranının %21'e çıktığı gözlemlenmektedir.

4.1.5 Yapi Kabuğu Kesitlerinin Toplam Tasarruf Oranlarının Belirlenmesi- Ankara

Yapı kabuğunun yapım ve kullanım aşamalarının bir arada değerlendirilmesi, yapının harcayacağı toplam enerjiyi bilmek açısından önemlidir.

Üretim aşamasında belirlenen yıllık ilave yatırım oranları, kullanım aşamasında hesaplanan yıllık enerji gereksinimi ve enerji tüketiminden kaynaklanan tasarruf oranlarıyla bir arada değerlendirilmiş ve toplam tasarruf oranları denklem 3.17 ve 3.18 kullanılarak (Çizelge 4.13) bulunmuştur.

Yapı kabuğu üretim ve kullanım aşamalarında, kesitlerin toplam enerji harcamasındaki tasarruf oranları sonuçlarında belirgin olarak, selülozik yalıtımlı duvar öne çıkmıştır. Bu duvar kuruluşunda (kesit 12) ve (kesit 9) yalın kesite göre % 156 tasarruf oranını bulunmuştur. Bunu mantar yalıtımlı duvar %14, taşünü yalıtımlı duvar (kesit 6) %12 ve (kesit 10) %13 oranla izlemektedir. Sentetik malzeme olan EPS ve XPS yalıtımlı duvarlar, diğer kesitlere göre, daha düşük tasarruf oranına sahip olduğu görülmektedir.

4.1.6 Kesitlerin Toplam Enerji-Enerji Tüketiminin Bulunması- Ankara

Yapı kabuğu üretim ve kullanım süresince yıllık toplam enerji harcaması ve enerji değerlendirmesi 3.19 ve 3.20 nolu bağlantıdan bulunmuş ve sonuçları Çizelge 4.14'de gösterilmiştir.

E_{toplam} ve Em_{toplam} sonuçlarına baktığımızda,

- Yalın duvar (kesit 1) üretimde az enerji harcamasına rağmen, kullanımda fazla enerji gereksinimi duyduğu için, toplamda en yüksek enerji ve enerji harcamasına sahiptir.
- Gerek üretimde gerekse kullanımda olumlu sonuçlara ulaşılan dıştan selülozik yalıtımlı duvarda (kesit 9 ve 12), en düşük enerji ve enerji harcaması olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.13 Ankara, yapı kabuğu yıllık toplam tasarruf oranları

		Grup 1		Grup 2			Grup 3			4. Grup			
		KESİT 1 _{ANK}	KESİT 2 _{ANK}	KESİT 3 _{ANK}	KESİT 4 _{ANK}	KESİT 5 _{ANK}	KESİT 6 _{ANK}	KESİT 7 _{ANK}	KESİT 8 _{ANK}	KESİT 9 _{ANK}	KESİT 10 _{ANK}	KESİT 11 _{ANK}	KESİT 12 _{ANK}
Yalın Duvar		Hava Boşluklu Yalıtımsız Duvar	Dıştan 6 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	6 cm. Eps Yalıtımlı Sandviç Duvar	Hava Boşluklu 5 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Mantar Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar	Dıştan 5 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	Dıştan 4 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 5 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar	
ÜRETİM AŞAMASINDA YILLIK	ilave enerji oranı, KE_{ilavef} -%	0,03	0,07	0,10	0,09	0,06	0,08	0,04	-1,35	0,05	0,05	-1,35	
	ilave emerji oranı, KE_{ilave} -%	0,07	0,01	0,08	0,08	0,01	0,01	0,01	-0,55	0,01	0,01	-0,55	
KULLANIM AŞAMASINDA YILLIK	enerji tasarruf oranı, KE_{tsf}	0,07	0,18	0,18	0,17	0,18	0,19	0,18	0,21	0,18	0,18	0,21	
	emerji tasarruf oranı, $KE_{m_{tsf}}$	0,07	0,17	0,17	0,16	0,18	0,18	0,17	0,19	0,17	0,17	0,19	
üretim+kullanım toplam tasarruf oranları, %	Enerji	0,03	0,11	0,08	0,09	0,12	0,11	0,14	1,56	0,13	0,13	1,56	
	Emerji	-0,01	0,16	0,09	0,09	0,17	0,17	0,16	0,74	0,16	0,16	0,74	

Çizelge 4.14 Ankara, yapı kabuğu kesitleri etkinlik yüzdesi

Grup 1			Grup 2			Grup 3			4. Grup		
KESİT 1 _{ANK}	KESİT 2 _{ANK}	KESİT 3 _{ANK}	KESİT 4 _{ANK}	KESİT 5 _{ANK}	KESİT 6 _{ANK}	KESİT 7 _{ANK}	KESİT 8 _{ANK}	KESİT 9 _{ANK}	KESİT 10 _{ANK}	KESİT 11 _{ANK}	KESİT 12 _{ANK}
Yalın Duvar	Hava Boşluklu Yalıtımsız Duvar	Dıştan 6 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	6 cm. Eps Yalıtımlı Sandviç Duvar	Hava Boşluklu 5 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Mantar Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar	Dıştan 5 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	Dıştan 4 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 5 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar

ÜRETİM AŞAMASINDA YILLIK	Enerji, MJ	5892,5	6096,6	6320,7	6524,8	6453,4	6273,5	6392,0	6129,2	2511,9	6210,0	6225,5	2508,3
	Emerji ,sej x 10 ¹²	3628,0	3906,2	3668,2	3946,4	3939,7	3662,0	3674,9	3680,6	2344,6	3656,4	3659,2	2344,6
KULLANIM AŞAMASINDA YILLIK	Enerji, MJ	149263,34	139426,92	122420,02	122925,28	123587,78	121817,74	120993,66	122644,12	117698,29	122606,32	122521,39	118515,60
	Emerji ,sej x 10 ¹²	10163,37	9501,91	8413,70	8446,80	8487,98	8373,18	8323,46	8425,70	8208,15	8423,93	8418,38	8250,74
E toplam	Enerji, MJ	155155,80	145523,49	128740,67	129450,05	130041,19	128091,21	127385,68	128773,31	120210,20	128816,29	128746,89	121023,93
Em toplam	Emerji ,sej x 10 ¹²	13791,39	13408,14	12081,86	12393,17	12427,66	12035,21	11998,32	12106,33	10552,77	12080,30	12077,62	10595,37
Enerji etkinlik yüzdesi		120,49	113,01	99,97	100,53	100,98	99,47	98,92	100,00	93,35	100,03	99,98	93,98
Emerji etkinlik yüzdesi		113,92	110,75	99,80	102,37	102,65	99,41	99,11	100,00	87,17	99,79	99,76	87,52
Üretim enerjisinin toplam enerjideki payı %		2,17	2,45	2,94	3,09	3,02	2,92	3,03	2,79	2,04	2,86	2,87	2,03
Üretim emerjisinin toplam emerjideki payı %		18,64	21,25	21,62	23,32	23,20	21,65	21,82	21,67	22,10	21,52	21,55	22,02

4.1.1 Kesitlerin Etkinlik Yüzdesinin Belirlenmesi - Ankara

Kesitlerin etkinlik yüzdesinin belirlenmesi için referans kesit olarak λ değeri en yüksek ve sınır U değerine sahip ($0.50 \text{ W/m}^2\text{K}$) olan 6cm. dıştan mantar yalıtımlı duvar seçilmiş ve belirlenen referans kesitin E_{toplam} ve $E_{m_{\text{toplama}}}$ bağlı olarak etkinlik yüzdesi bağıntı 3.21 ve 3.22 ile hesaplanmıştır. Referans kesit olarak belirlenen dıştan 6cm mantar yalıtımlı duvarla etkinlik yüzdesi bulunacak kesitin toplam enerji harcaması 3.19 ve 3.20'deki formülle belirlenerek Çizelge 4.14'deki sonuçlara ulaşılmıştır.

Referans kesitin (kesit 8) etkinlik yüzdesi %100 olduğundan, bu değer altında yüzdeye sahip duvar kuruluşları, uygun kesitler olarak (kesit 3- 6-7-9 -11 ve 12) belirlenmiştir. Burada, sentetik yalıtımlı duvarlardan dıştan 6 cm XPS kullanılan duvarın, taşıyıcı ve selülozik yalıtımlı duvar kuruluşunun yanında, toplam enerji harcamasına dayalı etkinlik yüzdesiyle (% 98) Ankara için uygun duvar olduğu görülmektedir. Uygun duvar kuruluşunu belirlemek için, kesitleri etkinlik yüzdesine göre sıralayarak seçimin yapılması uygun olacaktır.

4.2 Yaklaşımın İzmir İli İçin Örnek Uygulaması

4.2.1 İklim Verilerinin Elde Edilmesi- İzmir

Yaklaşımın uygulanmasında; İzmir ili için Bölüm 4.1’de belirtilen “Meteonorm” ve “Weatool” programları kullanılarak, iklimsel veriler hazırlanmıştır..

4.2.2 İklim Bölgesine Göre Opak Düşey Yapı Kabuğu Seçeneklerinin ve Hacmin Fiziksel Özellik ve Büyüklüklerinin Belirlenmesi

4.2.2.1 Kesit Seçeneklerinin Belirlenmesi- İzmir


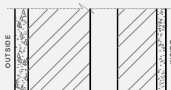
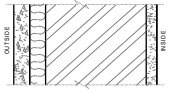

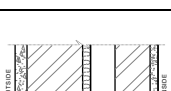
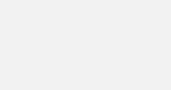

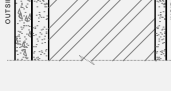
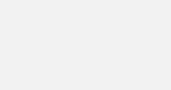
- Bölüm 4.1.2.1’de Ankara ili için oluşturulan yapı kabuğu kesitleri basamakları kullanılmıştır.
- Yalıtımlı kesit seçenekleri farklılığı aşağıdaki gibi gruplandırılmıştır.
 - **Duvar Kuruluşu Farklılığı** (Ankara ili ile aynı kriterler doğrultusunda)
 - **Yalıtım Türünün Farklılığı** (Ankara ili ile aynı kriterler doğrultusunda)
 - **Yalıtım Kalınlığının Farklılığı:** Ankara ilinde, farklı yalıtım türlerinin belirlenen U sınır değerini sağlayacak kalınlıkta uygulanması ile kesit seçeneklerinin oluşturulması İzmir için yapılmamıştır. Çünkü bu farklılığı sağlayacak kesit özellikleri yalıtım türü farklılığında sağlanmaktadır.

Bu durumda yalıtımsız kesitler ile, yapı kabuğunun farklı yalıtım malzemesi seçimi ile oluşturulan kesit seçenekleri bölüm 4.1.2.1’de önerilen ilk 3 grup için düzenlenmiştir.

3. Gruptaki kesitlerin yalıtım kalınlıkları sınır U değerinde sonuçlar verdiği için Ankara ilinde hesaplanan grup 4, bu il için oluşturulmamıştır.

- Bu aşamada, belirlenen gruplarda kesitleri oluşturan katmanların yoğunlukları, ısı iletim katsayıları gibi fiziksel özellikleri belirlenmiştir (Çizelge 4.15). Yapı kabuklarını oluşturan katmanların detayları ve özellikleri EK A’dadır.

Çizelge 4.15 İzmir, yapı kabuğu kesitleri

GRUPLAR		YAPI KABUĞU KESİTLERİ		Yapı Elemanı Kalınlığı d, m	Isı İletkenlik Katsayısı U, W/m ² K	
GRUP 1	Yalıtımsız kesit seçenekleri	KESİT 1 izm		YALIN DUVAR	Dış Sıva 0,03 Delikli Tuğla 0,19 İç sıva 0,02	1,54
		KESİT 2 izm		HAVA BOŞLUKLU YALITIMSIZ TUĞLA DUVAR	Dış Sıva 0,03 Delikli Tuğla 0,135 Hava Boşluğu 0,06 Delikli Tuğla 0,85 İç sıva 0,02	1,05
GRUP 2	Farklı duvar kuruluşlarının oluşturduğu yalıtımlı kesit seçenekleri	KESİT 3 izm		DIŞTAN 3cm. EPS YALITIMLI TUĞLA DUVAR	Dış Sıva 0,03 EPS Yalıtım 0,03 Delikli Tuğla 0,19 İç sıva 0,02	0,7
		KESİT 4 izm		3cm. EPS YALITIMLI SANDVIÇ TUĞLA DUVAR	Dış Sıva 0,03 Delikli Tuğla 0,135 EPS Yalıtım 0,03 Delikli Tuğla 0,85 İç sıva 0,02	0,68
		KESİT 5 izm		HAVA BOŞLUKLU 2cm. EPS YALITIMLI TUĞLA DUVAR	Panel Tuğla 0,02 Delikli Tuğla 0,135 EPS Yalıtım 0,02 Hava Boşluğu 0,06 Delikli Tuğla 0,85 İç sıva 0,02	0,69
GRUP 3	2.grupta oluşum enerjisi en düşük duvar kuruluşuna eş kalınlıkta ve farklı tür yalıtım malzemeleriyle oluşturulan duvar kesitleri	KESİT 6 izm		DIŞTAN 3cm. TAŞYÜNÜ YALITIMLI TUĞLA DUVAR	Dış Sıva 0,03 Taşyünü yalıtım 0,03 Delikli Tuğla 0,19 İç sıva 0,02	0,66
		KESİT 7 izm		DIŞTAN 3cm. XPS YALITIMLI TUĞLA DUVAR	Dış Sıva 0,03 XPS Yalıtım 0,03 Delikli Tuğla 0,19 İç sıva 0,02	0,58
		KESİT 8 izm		DIŞTAN 3cm. MANTAR YALITIMLI TUĞLA DUVAR	Dış Sıva 0,03 Mantar Yalıtım 0,03 Delikli Tuğla 0,19 İç sıva 0,02	0,7
		KESİT 9 izm		DIŞTAN 3cm. SELÜLOZİK YALITIMLI TUĞLA DUVAR	Panel Tuğla 0,02 Selülozik Yalıtım 0,06 Delikli Tuğla 0,19 İç sıva 0,02	0,67

4.2.2.2 Hacmin Fiziksel Özellik ve Büyüklüklerin Belirlenmesi

- Uygulama için oluşturulan hacim Bölüm 4.1.2.2’de Ankara ilinde hesapları yapılan hacim ile aynıdır.
- Yapı kabuğunda kullanılan malzemelerin yoğunluklarına bağlı olarak hacimdeki ağırlıkları EK B’de hesaplanmıştır.
- Bu aşamada kesitleri oluşturan katmanların çevresel etki değerleri belirlenmiştir.

- Çalışmada yapı kabuğunu oluşturan malzemelerin oluşum enerjisi ve özgül emerji değerleri Çizelge 4. 4’de bulunmaktadır.

4.2.3 Yapı Kabuğu Üretim Enerjisi ve Emerji Değerlendirmesinin Yapılması- İzmir “Çevresel Etki Analizleri”

Üretim enerjisi analizi (ÜEA) ve üretim emerji değerlendirmesi (ÜED) hesaplarıyla, duvar kesitinin yapı malzemelerinin üretiminden oluşan İzmir ili enerji ve emerji tüketimi belirlenmiştir.

İzmir için seçilen yapı kabuğu kesitlerinin, üretim aşamasındaki çevresel etkilerinin belirlenmesi için, aşağıdaki işlemler uygulanmıştır.

4.2.3.1 İlk Üretim Enerjisinin ve Emerjisinin Bulunması- İzmir

Belirlenen yapı kabuğu kesitlerinin ilk üretim enerjisi analizi ($ÜE_{ilk}$) ve emerji değerlendirmesi ($ÜEm_{ilk}$) hesapları bir önceki bölümde yaklaşımın C Basamağında verilen 3.2 ve 3.3 bağıntılarıyla hesaplanarak tablolar halinde EK C’de verilmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 4.16’da gösterilmiştir.

Sonuçları genel olarak değerlendirdiğimizde;

- Yalıtımlı kesitlerden, selülozik yalıtımlı duvarın, üretim aşamasında en düşük enerji-emerji değerine ulaştığı görülmektedir.
- Grup 2’de Kesit 4 ve 5’in değerleri yüksek bulunmuştur. Bu sonucu 3. Gruptan Kesit7 izlemektedir. Sentetik yalıtım malzemeleri ile oluşturulan kesitlerin, üretim aşamasında olumsuz, doğal ve geri dönüşümlü yalıtım malzemeler ile oluşturulan kesitlerin olumlu etkileri olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.16 İzmir, kesitlerin ilk üretim enerjisi ve emerjisi

	Kesitler		İLK ÜRETİM ENERJİSİ ÜE _{ilk} , MJ	İLK ÜRETİM EMERJİSİ ÜEm _{ilk} , sej 10 ¹²
Grup 1	KESİT 1 _{İZM}	Yalın Duvar	168091,20	128569,41
	KESİT 2 _{İZM}	Hava Boşluklu Yalıtımsız Duvar	178297,20	142479,81
Grup 2	KESİT 3 _{İZM}	Dıştan 3 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	178796,16	129573,00
	KESİT 4 _{İZM}	3 cm. Eps Yalıtımlı Sandviç Duvar	189002,16	143483,40
	KESİT 5 _{İZM}	Hava Boşluklu 2 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	185433,84	143148,87
Grup 3	KESİT 6 _{İZM}	Dıştan 3 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	177616,80	129419,91
	KESİT 7 _{İZM}	Dıştan 3 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	180580,32	129740,27
	KESİT 8 _{İZM}	Dıştan 3 cm. Mantar Yalıtımlı Duvar	174010,68	129884,85
	KESİT 9 _{İZM}	Dıştan 3 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar	122360,25	116044,48

4.2.3.2 Tekrarlanan Üretim Enerjisinin ve Emerjisinin Bulunması

Ankara ili hesaplarında, bakım-onarım için bulunan tekrarlanan enerji (ÜE_{tkr}) ve emerji değerleri (ÜEm_{tkr}) İzmir ili için de kullanılmıştır.

4.2.3.3 Toplam Üretim Enerjisinin ve Emerjisinin Bulunması

İzmir ili için oluşturulan kesitlerin üretiminden kaynaklanan toplam enerji (ÜE) ve emerji tüketimi (ÜEm) hesaplanarak Çizelge 4.17’de gösterilmiştir.

4.2.3.4 Yıllık Üretim Enerjisi ve Emerjisinin Bulunması- İzmir

Yıl bazında toplam üretim enerjisi tüketimi (ÜE_{yıl}) ve yıllık toplam üretim emerjisi (ÜEm_{yıl}) hesapları Çizelge 4.17’de gösterilmiştir.

4.2.3.5 Kesitlerin Yalın Kesitlere Göre İlave Enerji – Emerji Oranının Saptanması- İzmir

Üretim aşamasında, kesitlerin enerji- emerji sonuçları doğrultusunda, yalıtımlı kesitlerin yalın kesitlere göre ilave enerji- emerji yatırımı belirlenmiştir. İlave enerji – emerji oranı saptanarak Çizelge 4.17’deki sonuçlara ulaşılmıştır.

İzmir ilinde, yapı kabuğu üretim aşaması hesaplarında, yıllık üretim enerji-emerji sonuçları ve yalın duvara göre ilave enerji-emerji oranları incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılarak gruplara göre kesitlerin değerlendirilmesi verilmiştir.

Grup 1:

Ankara ilinin örneklenmesinde, ayrıntılı değerlendirildiği gibi üretim aşamasında; yalın duvarın yıllık enerji ($5892,4 \cdot 10^5$ MJ) ve emerji ($3628,02 \cdot 10^{12}$ sej) harcamasının düşük olduğu görülmektedir.

Grup 2:

- Dıştan 3 cm EPS yalıtımlı duvar (kesit 3) yalın duvara göre 214,1 MJ ve dıştan 3 cm XPS yalıtımlı duvar(kesit 7) 249,8 MJ ilave enerji yatırımı gerektirmekte ve bu EPS ve XPS yalıtımda % 4 lük bir artışa karşılık gelmektedir.
- Üretim aşamasında dıştan 3 cm EPS yalıtımın kullanıldığı kesit 3 üretim enerjisi ve emerjisi en düşük kesittir. Grup2’de 3 cm EPS ile oluşturulan sandviç duvar (kesit 4) yalın duvara göre en fazla ilave enerji ve emerji yatırımı gerektiren duvar kuruluşudur.

Grup 3:

- Grup 3 kesitleri içinde selülozik yalıtımla oluşturulan duvar kuruluşunun yıllık toplan enerji harcaması (2501,18 MJ) ve emerji değerlendirmesi ($2332,88 \cdot 10^{12}$ sej) ile en uygun sonuca ulaştığı görülmektedir.
- Bunu mantar ile yapılan yalıtım (6010,84 MJ) ve taşıyıcı ile yapılan yalıtım izlemektedir (6082,97 MJ). Dıştan 3cm taşıyıcı duvar (kesit 6) yalın duvara göre 190,5 MJ ve dıştan 3 cm mantar yalıtımlı duvarın (kesit 8) 118,4 MJ ilave yatırım gerektirirken, bu iki kesit üretimde, yalın duvara göre %3 ve %2 gibi bir artışla enerjiye gereksinim duymaktadır. Taşıyıcı xps ve eps ye göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Ancak diğer doğal malzeme olan mantar ile yapılan hesaplar, taşıyıcıya göre daha olumlu olduğu görülmektedir.
- Eş kalınlıkta yalıtım malzemeleriyle oluşturulan kesitlerde üretim enerjisi en fazla olan XPSdir (kesit 7- 6142,24 MJ). Kesit 3 ve 7 karşılaştırıldığında XPSnin EPS ye göre enerji harcamasının daha fazla olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.17 İzmir, kesitlerin yıllık üretim enerjisi ve emerjisi ve yalın duvara göre ilave enerji-emerji yatırımı ve oranları

ÜRETİM AŞAMASI ENERJİ ANALİZİ, MJ	Grup 1		Grup 2			Grup 3			
	KESİT 1 _{İZM}	KESİT 2 _{İZM}	KESİT 3 _{İZM}	KESİT 4 _{İZM}	KESİT 5 _{İZM}	KESİT 6 _{İZM}	KESİT 7 _{İZM}	KESİT 8 _{İZM}	KESİT 9 _{ANK}
ÜRETİM AŞAMASI EMERJİ ANALİZİ, Sej 10 ¹²	Yalın Duvar	Hava Boşluklu Yalıtımsız Duvar	Dıştan 3 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	3 cm. Eps Yalıtımlı Sandviç Duvar	Hava Boşluklu 2 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Mantar Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar
İlk Üretim Enerjisi, ÜE _{ilk}	168091,20	178297,20	178796,16	189002,16	185433,84	177616,80	180580,32	174010,68	122360,25
İlk Üretim Emerjisi, ÜEm _{ilk}	128569,41	142479,81	129573,00	143483,40	143148,87	129419,91	129740,27	129884,85	116044,48
Tekrarlanan Üretim Enerjisi, ÜE _{tkr}	126531,5	126531,5	126531,5	126531,5	126531,5	126531,5	126531,5	126531,5	2698,5
Tekrarlanan Üretim Emerjisi, ÜEm _{tkr}	52831,5	52831,5	52831,5	52831,5	52831,5	52831,5	52831,5	52831,5	599,5
Toplam Üretim Enerjisi, ÜE	294622,70	304828,70	305327,66	315533,66	311965,34	304148,30	307111,82	300542,18	125058,75
Toplam Üretim Emerjisi, ÜEm	181400,91	195311,31	182404,50	196314,90	195980,37	182251,41	182571,77	182716,35	116643,98
Yıllık Üretim Enerjisi, ÜE _{yıl}	5892,45	6096,57	6106,55	6310,67	6239,31	6082,97	6142,24	6010,84	2501,18
Yıllık Üretim Emerjisi, ÜEm _{yıl}	3628,02	3906,23	3648,09	3926,30	3919,61	3645,03	3651,44	3654,33	2332,88
ilave enerji oranı,	Kesit 1'e göre	0,03	0,04	0,07	0,06	0,03	0,04	0,02	-1,36
ilave emerji oranı,		0,07	0,01	0,08	0,07	0,00	0,01	0,01	-0,56

- Grup 3’de selülozik yalıtımla yapılan duvar kuruluşunda, yalın duvara göre ilave yatırım olmamaktadır, aksine üretimde yalın duvardan 3391,3 MJ daha az enerjiye gereksinim duymaktadır. Bu durumda, tüm kesitler içinde üretimde en uygun kesitin selülozik yalıtımla yapılan duvar kuruluşu olduğu ve oran olarak yalın duvardan % 136 daha az enerji harcadığı görülmektedir.
- Dıştan 3cm. yalıtımlı duvarları üretim aşamasında en düşük ilave enerji ve enerji harcaması açısından selülozik, mantar, taşıyünü, EPS ve XPS yalıtımlı duvar olarak sıralanmaktadır. Ankara ilinde de olduğu gibi sentetik yalıtımların olumsuz etkisi olduğu açıkça görülmektedir.

4.2.4 Yapı Kabuğu Kullanım Enerjisi Analizi- Enerji Değerlendirmesinin Yapılması- İzmir

4.2.4.1 Hacmin Isıtma ve Soğutma Yüklerinin Hesaplanması- İzmir

Belirlenen yapı kabuğu seçenekleri için, İzmir ilinin güncel saatlik dış hava verileri kullanılarak, aylık ısıtma-soğutma yükleri, Ecotect enerji analiz programıyla hesaplanmıştır.

İzmir için seçilen yapı kabuğu kesitlerinin, ısıtma ve soğutma yükü hesapları, Çizelge 4.18’de gösterilmiştir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde;

Genel olarak kullanım döneminde; İzmir ilinde Ankara’ya göre, soğutma yüklerinin arttığı, ısıtma yüklerinin azaldığı görülmektedir. Ancak, İzmir ilinde de ısıtma yükleri soğutma yüklerinden fazladır.

- Ankara uygulamasında elde edilen sonuçlar gibi; kesit 1-yalın duvar ($U: 1,54 \text{ W/m}^2\text{K}$) kullanım döneminde ısıtma yükü açısından diğer kesitlere göre çok olumsuz durumdadır. Yüksek ısıtma yükü değeri (16815 kW) bulunan bu kesitte, yalıtımın olmayışının, soğutma yüküne fazla etki etmediği görülmektedir. Aksine sıcak hava koşullarında, soğutma yükünün diğer kesitlere oranla daha düşük çıkması (5584 kW), yalıtım malzemesinin soğutma yükünde fazla etken olmadığını göstermektedir.

Çizelge 4.18 İzmir, hacmin aylık ısıtma soğutma yükü hesapları

AYLAR	GRUP 1				GRUP 2						GRUP 3							
	KESİT 1 _{İZM}		KESİT 2 _{İZM}		KESİT 3 _{İZM}		KESİT 4 _{İZM}		KESİT 5 _{İZM}		KESİT 6 _{İZM}		KESİT 7 _{İZM}		KESİT 8 _{İZM}		KESİT 9 _{İZM}	
	Yalın Duvar		Hava Boşluklu Yalıtımsız Duvar		Dıştan 3 cm. Eps Yalıtımlı Duvar		3 cm. Eps Yalıtımlı Sandviç Duvar		Hava Boşluklu 2 cm. Eps Yalıtımlı Duvar		Dıştan 3 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar		Dıştan 3 cm. Xps Yalıtımlı Duvar		Dıştan 3 cm. Mantar Yalıtımlı Duvar		Dıştan 3 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar	
	Isıtma Yükü, kW	Soğutma Yükü, kW	Isıtma Yükü, kW	Soğutma Yükü, kW	Isıtma Yükü, kW	Soğutma Yükü, kW	Isıtma Yükü, kW	Soğutma Yükü, kW	Isıtma Yükü, kW	Soğutma Yükü, kW	Isıtma Yükü, kW	Soğutma Yükü, kW	Isıtma Yükü, kW	Soğutma Yükü, kW	Isıtma Yükü, kW	Soğutma Yükü, kW	Isıtma Yükü, kW	Soğutma Yükü, kW
Ocak	3571,85	0,00	2836,27	0,00	3010,22	0,00	3026,38	0,00	3029,75	0,00	2989,25	0,00	2960,25	0,00	3029,48	0,00	2991,97	0,00
Şubat	3587,71	0,00	2887,88	0,00	3052,17	0,00	3067,31	0,00	3070,59	0,00	3032,23	0,00	3004,83	0,00	3070,33	0,00	3034,88	0,00
Mart	2805,46	0,00	2232,53	0,00	2363,30	0,00	2374,07	0,00	2377,21	0,00	2346,51	0,00	2325,34	0,00	2377,01	0,00	2349,40	0,00
Nisan	1091,74	0,00	844,62	0,00	887,04	0,00	889,73	0,00	891,37	0,00	879,55	0,00	868,50	0,00	891,44	0,00	881,58	0,00
Mayıs	30,55	115,52	13,52	140,44	6,00	156,35	5,87	158,12	5,97	157,98	5,77	160,37	5,72	167,51	5,97	153,61	5,90	160,38
Haziran	0,00	1222,88	0,00	1143,37	0,00	1192,63	0,00	1198,66	0,00	1200,58	0,00	1195,41	0,00	1197,50	0,00	1191,40	0,00	1196,02
Temmuz	0,00	1878,88	0,00	1747,19	0,00	1789,13	0,00	1792,14	0,00	1792,52	0,00	1787,52	0,00	1784,14	0,00	1790,04	0,00	1788,14
Ağustos	0,00	1758,44	0,00	1676,11	0,00	1742,24	0,00	1742,01	0,00	1746,35	0,00	1742,42	0,00	1743,18	0,00	1740,91	0,00	1741,53
Eylül	0,00	609,12	0,00	628,63	0,00	699,21	0,00	703,51	0,00	700,99	0,00	710,82	0,00	733,60	0,00	692,23	0,00	707,24
Ekim	261,34	0,00	186,96	0,00	185,57	0,00	186,48	0,00	185,69	0,00	184,24	0,00	182,06	0,00	186,84	0,00	184,85	0,00
Kasım	2310,21	0,00	1842,36	0,00	1939,11	0,00	1947,23	0,00	1950,87	0,00	1924,43	0,00	1901,34	0,00	1950,80	0,00	1926,18	0,00
Aralık	3156,58	0,00	2518,35	0,00	2667,38	0,00	2680,24	0,00	2683,59	0,00	2648,90	0,00	2624,50	0,00	2683,36	0,00	2651,70	0,00
TOPLAM	16815,46	5584,84	13362,50	5335,73	14110,78	5579,56	14177,32	5594,44	14195,04	5598,43	14010,86	5596,54	13872,53	5625,93	14195,23	5568,19	14026,46	5593,31
M2 İÇİN	56,05	18,62	44,54	17,79	47,04	18,60	47,26	18,65	47,32	18,66	46,70	18,66	46,24	18,75	47,32	18,56	46,75	18,64

- Hava boşluklu yalıtımsız duvar, ısıtma yükü (13362,5 kW) ve soğutma yükü açısından (5335,73 kW) en düşük sonuçların elde edildiği kesit olarak görülmektedir. Burada hava boşluğunun, soğutma yükünde, yalıtımdan çok daha etken olduğu gözlemlenmektedir. İzmir ilinde, kullanım dönemi açısından, kesit 2 bu özelliğiyle öne çıkmakta ve yalıtımlı kesitlerden daha iyi duruma geçmektedir.
- EPS'li kesit 3 (14110 kW) ile aynı yalıtım kalınlığında taşıyıcı kesit 6 (14010 kW) ve XPS kesit 7 (13872 kW) karşılaştırıldığında, dışardan yalıtımda XPS ve taşıyıcının ısıtma yükü açısından EPSden daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

4.2.4.2 Kullanım Enerjisi Analizinin Yapılması- İzmir

İzmir ili için kullanım aşamasında enerji analizi (KEA) Çizelge 4.19'da verilmiştir.

4.2.4.3 Kullanım Enerjisi Değerlendirmesi Yapılması- İzmir

İzmir ili için, yaz döneminde soğutma sistemi için gerekli elektrik harcamasından, kış döneminde ise ısıtma sistemi için doğal gaz kullanımından kaynaklanan yıllık enerji hesapları (KED) yapılmıştır. Çizelge 4.20'de, enerji sonuçları tablo olarak oluşturulmuştur.

Çizelge 4.19 İzmir, yapı kabuğu kullanım enerjisi analizi

	Grup 1		Grup 2			Grup 3			
	KESİT 1 İZM	KESİT 2 İZM	KESİT 3 İZM	KESİT 4 İZM	KESİT 5 İZM	KESİT 6 İZM	KESİT 7 İZM	KESİT 8 İZM	KESİT 9 İZM
Kullanım Enerjisi Analizi (KEA), MJ	Yalın Duvar	Hava Boşluklu Yalıtımsız Duvar	Dıştan 3 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	3 cm. Eps Yalıtımlı Sandviç Duvar	Hava Boşluklu 2 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Mantar Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar
Ocak	12858,66	10210,57	10836,79	10894,97	10907,10	10761,30	10656,90	10906,13	10771,09
Şubat	12915,76	10396,37	10987,81	11042,32	11054,12	10916,03	10817,39	11053,19	10925,57
Mart	10099,66	8037,11	8507,88	8546,65	8557,96	8447,44	8371,22	8557,24	8457,84
Nisan	3930,26	3040,63	3193,34	3203,03	3208,93	3166,38	3126,60	3209,18	3173,69
Mayıs	415,87	505,58	562,86	569,23	568,73	577,33	603,04	553,00	577,37
Haziran	4402,37	4116,13	4293,47	4315,18	4322,09	4303,48	4311,00	4289,04	4305,67
Temmuz	6763,97	6289,88	6440,87	6451,70	6453,07	6435,07	6422,90	6444,14	6437,30
Ağustos	6330,38	6034,00	6272,06	6271,24	6286,86	6272,71	6275,45	6267,28	6269,51
Eylül	2192,83	2263,07	2517,16	2532,64	2523,56	2558,95	2640,96	2492,03	2546,06
Ekim	940,82	673,06	668,05	671,33	668,48	663,26	655,42	672,62	665,46
Kasım	8316,76	6632,50	6980,80	7010,03	7023,13	6927,95	6844,82	7022,88	6934,25
Aralık	11363,69	9066,06	9602,57	9648,86	9660,92	9536,04	9448,20	9660,10	9546,12
KIŞ	60425,60	48056,29	50777,24	51017,18	51080,65	50418,40	49920,55	51081,34	50474,02
YAZ	20105,42	19208,66	20086,42	20139,98	20154,31	20147,54	20253,35	20045,48	20135,92
TOPLAM	80531,03	67264,96	70863,66	71157,17	71234,96	70565,94	70173,90	71126,82	70609,93

Çizelge 4.20 İzmir, yapı kabuğu kullanım emerjisi değerlendirilmesi

	Grup 1		Grup 2			Grup 3			
	KESİT 1 _{İZM}	KESİT 2 _{İZM}	KESİT 3 _{İZM}	KESİT 4 _{İZM}	KESİT 5 _{İZM}	KESİT 6 _{İZM}	KESİT 7 _{İZM}	KESİT 8 _{İZM}	KESİT 9 _{İZM}
Kullanım Emerjisi Değerlendirmesi (KED), $sej \times 10^{12}$	Yalın Duvar	Hava Boşluklu Yalıtımsız Duvar	Dıştan 3 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	3 cm. Eps Yalıtımlı Sandviç Duvar	Hava Boşluklu 2 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Mantar Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar
Ocak	864,10	686,15	728,23	732,14	732,96	723,16	716,14	732,89	723,82
Şubat	867,94	698,64	738,38	742,04	742,84	733,56	726,93	742,77	734,20
Mart	678,70	540,09	571,73	574,34	575,09	567,67	562,55	575,05	568,37
Nisan	264,11	204,33	214,59	215,24	215,64	212,78	210,11	215,66	213,27
Mayıs	86,09	104,66	116,51	117,83	117,73	119,51	124,83	114,47	119,52
Haziran	911,29	852,04	888,75	893,24	894,67	890,82	892,38	887,83	891,27
Temmuz	1400,14	1302,01	1333,26	1335,50	1335,79	1332,06	1329,54	1333,94	1332,52
Ağustos	1310,39	1249,04	1298,32	1298,15	1301,38	1298,45	1299,02	1297,33	1297,79
Eylül	453,92	468,46	521,05	524,26	522,38	529,70	546,68	515,85	527,04
Ekim	63,22	45,23	44,89	45,11	44,92	44,57	44,04	45,20	44,72
Kasım	558,89	445,70	469,11	471,07	471,95	465,56	459,97	471,94	465,98
Aralık	763,64	609,24	645,29	648,40	649,21	640,82	634,92	649,16	641,50
KIŞ	4060,60	3229,38	3412,23	3428,35	3432,62	3388,12	3354,66	3432,67	3391,85
YAZ	4161,82	3976,19	4157,89	4168,98	4171,94	4170,54	4192,44	4149,42	4168,13
TOPLAM	8222,42	7205,58	7570,12	7597,33	7604,56	7558,66	7547,10	7582,08	7559,99

4.2.4.4 Kesitlerin Yalın Kesite Göre Enerji-Emerji Tasarruf Oranlarının Saptanması-İzmir

Bu aşamada, kullanım döneminde, yıllık enerji ve emerji harcamaları dikkate alınarak yalın kesite göre tasarruf oranları hesaplanmış ve Çizelge 4.21'deki değerlere ulaşılmıştır. Enerji ve emerji gereksinimi ve tasarruf oranları sonuçlarını değerlendirdiğimizde;

- Hava boşluklu yalıtımsız duvarın (kesit 2), kullanım aşamasında diğer kesitler içinde en düşük enerji-emerji gereksinimi olduğu görülmektedir. Kullanım döneminde kesitler arasında tasarruf açısından da belirgin fark 13266,07 MJ ve 7205,58 sej 10^{12} ile hava boşluklu yalıtımsız duvardadır. Kesit 2'nin yalın kesite %16 enerji tasarrufu ve %12 emerji tasarrufu yaptığı görülmektedir. Sıcak iklim bölgesinde, hava boşluğunun, diğer yalıtımlı kesitlerden daha etkili olduğu görülmektedir. Hava boşluğunun, sıcak iklim bölgesi için yalıtım değeri taşıdığını söyleyebiliriz.
- Bu duvar kuruluşunu, %13 enerji tasarruf oranıyla XPS yalıtımlı duvar izlemektedir.
- TS 825'in önerdiği sınır U değerinde duvar kuruluşları oluşturulduğu için, grup 2 ve grup 3'de, yalıtımlı kesitlerde kullanım döneminde birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir.
- Seçilen yapı kabuğu kesitleri için yapılan hesaplamalar sonucunda seçilen il ve iklim bölgesine (İzmir) bağlı olarak, yıllık emerji değerlendirmesinde, soğutma sistemi için gerekli elektrik enerjisi ısıtma sistemi için gerekli olan doğal gazdan daha yüksek belirlenmiştir (Çizelge 4.20).
- Grup 2'de farklı duvar kuruluşlarında yalıtım olarak EPS kullanıldığında, dıştan 3cm EPS yalıtımlı duvar çözümünde 70863,66 MJ enerji gereksinimi ve 7570,12 10^{12} sej emerji değerlendirmesi ile bu grup için en düşük sonuç belirlenmiştir. Ankara'da olduğu gibi grup 2 için, dıştan yalıtımlı duvar kuruluşunun daha uygun çözüm olduğu görülmüştür. Ancak bu fark çok küçüktür ve yalın kesite göre

kullanımdaki tasarruf oranını değiştirmemektedir. Bu gruptaki tüm kesitlerin tasarruf oranı % 12'dir.

- Grup 3'de aynı yalıtım kalınlığı ile oluşturulan kesitler içinde toplamda en düşük enerji analizi sonucu 70173,9 MJ ile XPS yalıtımlı kesitdir (kesit 7). Bu grupta, mantar yalıtımlı kesitin (kesit 8), diğerlerinden az da olsa yüksek değerde enerji ve emerji tüketimi olduğu belirlenmiştir.
- Sonuç olarak, katmanlı kesitlerin, yalın kesite göre kullanım aşamasındaki tasarruf oranlarına baktığımızda, hava boşluklu yalıtımsız (kesit 2) duvar dışında diğer yalıtımlı kesitlerin % 12 enerji ve %8 emerji tasarrufu sağladığı görölmektedir.

4.2.5 Yapı Kabuğu Kesitlerinin Toplam Tasarruf Oranlarının Belirlenmesi- İzmir

İzmir ili için, üretim aşamasında belirlenen yıllık ilave yatırım oranları ve kullanım aşamasında hesaplanan yıllık tasarruf oranları doğrultusunda toplam tasarruf oranları bulunmuştur. Çizelge 4.22'de toplam tasarruf oranları % olarak verilmiştir.

Sonuçlarda:

- Selülozik yalıtımlı duvar kuruluşunun (kesit 9), yalın kesite göre % 148 toplam tasarruf oranı ile, en uygun kesit olduğu görölmektedir.
- Bunu, mantar yalıtımlı duvar (kesit 8) %10, taşyünü yalıtımlı duvar (kesit 6) ve xps yalıtımlı duvar (kesit 7), % 9 oranla izlemektedir.
- Kullanım aşamasında öne çıkan hava boşluklu yalıtımsız duvar, üretim aşamasıyla beraber düşünöldüğünde, toplamda yalın duvara göre % 13 tasarruf sağlamıştır.

Çizelge 4.21 İzmir, yapı kabuğu yıllık kullanım enerjisi- emerjisi- tasarruf oranları

KULLANIM AŞAMASI	Grup 1		Grup 2			Grup 3			
	KESİT 1 İZM	KESİT 2 İZM	KESİT 3 İZM	KESİT 4 İZM	KESİT 5 İZM	KESİT 6 İZM	KESİT 7 İZM	KESİT 8 İZM	KESİT 9 İZM
(YILLIK)	Yalın Duvar	Hava Boşluklu Yalıtımsız Duvar	Dıştan 3 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	3 cm. Eps Yalıtımlı Sandviç Duvar	Hava Boşluklu 2 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Mantar Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar
Kullanım Enerjisi, MJ	80531,03	67264,96	70863,66	71157,17	71234,96	70565,94	70173,90	71126,82	70609,93
Kullanım Emerjisi, sej x 10 ¹²	8222,42	7205,58	7570,12	7597,33	7604,56	7558,65	7547,10	7582,08	7559,99
enerji tasarrufu, , MJ	Kesit 1e göre	13266,07	9667,37	9373,86	9296,06	9965,09	10357,13	9404,21	9921,10
emerji tasarrufu, sej x 10 ¹²		1016,85	652,30	625,09	617,86	663,77	675,32	640,34	662,43
enerji tasarruf oranı , KE _{tasarruf}		0,16	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12
emerji tasarruf oranı , KEm _{tasarruf}		0,12	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

Çizelge 4.22 İzmir, yapı kabuğu yıllık toplam tasarruf oranları

Grup 1		Grup 2			Grup 3			
KESİT 1 _{İZM}	KESİT 2 _{İZM}	KESİT 3 _{İZM}	KESİT 4 _{İZM}	KESİT 5 _{İZM}	KESİT 6 _{İZM}	KESİT 7 _{İZM}	KESİT 8 _{İZM}	KESİT 9 _{İZM}
Yalın Duvar	Hava Boşluklu Yalıtımsız Duvar	Dıştan 3cm. Eps Yalıtımlı Duvar	3 cm. Eps Yalıtımlı Sandviç Duvar	Hava Boşluklu 2 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Mantar Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar

ÜRETİM AŞAMASINDA YILLIK	ilave enerji oranı, KE_{ilave}	Kesit 1e göre	0,03	0,04	0,07	0,06	0,03	0,04	0,02	-1,36
	ilave enerji oranı, KE_{ilave}		0,07	0,01	0,08	0,07	0,00	0,01	0,01	-0,56
KULLANIM AŞAMASINDA YILLIK	enerji tasarruf oranı, KE_{tsf}		0,16	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12
	enerji tasarruf oranı, KE_{tsf}		0,12	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
üretim+kullanım toplam tasarruf oranları	enerji		0,13	0,08	0,05	0,06	0,09	0,09	0,10	1,48
	enerji		0,05	0,07	0,00	0,00	0,08	0,08	0,07	0,64

4.2.6 Kesitlerin Toplam Enerji-Emerji Tüketiminin Bulunması- İzmir

Yapı kabuğu üretim ve kullanım süresince yıllık toplam enerji harcaması ve emerji değerlendirme sonuçları Çizelge 4.23'de gösterilmiştir. Etoplam denklem 3.19 ve 3.20'den hesaplanmıştır.

- E toplam ve Em toplam sonuçlarına baktığımızda, yalın duvar (kesit 1), üretimde az enerji harcamasına rağmen, kullanımda fazla enerji-emerji gereksinimi duyduğu için toplamda en yüksek enerji–emerji harcamasına sahiptir.

4.2.7 Kesitlerin Etkinlik Yüzdesinin Belirlenmesi - İzmir

Kesitlerin etkinlik yüzdesinin belirlenmesi için referans kesit belirlenmiştir.

- Referans kesit olarak Ankara ili sonuçları ile karşılaştırabilmek için dıştan 3 cm. mantar yalıtımlı duvar seçilmiştir.
- İzmir ilinde, olumlu etkinlik yüzdesi açısından kesir 2, kesit 3, kesit 6, kesit 7 ve kesit 9 belirlenmiştir.
- Bu kesitler içinde dıştan selülozik yalıtımlı duvar (kesit 9), toplamda en düşük enerji ile, en olumlu kesit olarak bulunmuştur. Etkinlik yüzdesi olarak baktığımızda da, kesit 9'un, %94 etkinlik yüzdesi ile, uygun kesit olduğu görülmektedir. Bu kesiti, %95 ile kesit 2 izlemektedir. Birbirine yakın bulunan bu iki sonuç arasından, hava boşluklu yalıtımsız duvar, üretimde de düşük enerji harcanmasına sahip olduğu için, uygunluk açısından tercih edilmelidir.
- Üretim aşamasında harcanan enerjinin, toplam enerji harcamasında, yaklaşık % 3-5 gibi bir payı olmasına rağmen, toplam sonuçlarında etkili olmaktadır. Üretim emerjisinin toplamdaki yüzdesi ise %21-25 arasındadır. Bu da, üretim aşaması emerjisinin toplamda önemli yeri olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.23 İzmir, yapı kabuğu kesitleri etkinlik yüzdesi

Grup 1		Grup 2			Grup 3			
KESİT 1 _{İZM}	KESİT 2 _{İZM}	KESİT 3 _{İZM}	KESİT 4 _{İZM}	KESİT 5 _{İZM}	KESİT 6 _{İZM}	KESİT 7 _{İZM}	KESİT 8 _{İZM}	KESİT 9 _{İZM}
Yalın Duvar	Hava Boşluklu Yalıtımsız Duvar	Dıştan 3 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	3 cm. Eps Yalıtımlı Sandviç Duvar	Hava Boşluklu 2 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Mantar Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar

ÜRETİM AŞAMASINDA YILLIK	Enerji, MJ	5892,45	6096,57	6106,55	6310,67	6239,30	6082,96	6142,23	6010,84	2501,17
	Emerji ,sej x 10 ¹²	3628,02	3906,23	3648,09	3926,30	3919,61	3645,03	3651,44	3654,33	2332,88
KULLANIM AŞAMASINDA YILLIK	Enerji, MJ	80531,03	67264,96	70863,66	71157,17	71234,96	70565,94	70173,90	71126,82	70609,93
	Emerji ,sej x 10 ¹²	8222,42	7205,58	7570,12	7597,33	7604,56	7558,66	7547,10	7582,08	7559,99
E toplam	Enerji, MJ	86423,48	73361,53	76970,21	77467,84	77474,27	76648,91	76316,14	77137,66	73111,11
Em toplam	Emerji ,sej x 10 ¹²	11850,44	11111,80	11218,21	11523,63	11524,17	11203,69	11198,54	11236,41	9892,87
Enerji etkinlik yüzdesi		112,04	95,10	99,78	100,43	100,44	99,37	98,93	100,00	94,78
Emerji etkinlik yüzdesi		105,46	98,89	99,84	102,56	102,56	99,71	99,66	100,00	88,04
Üretim enerjisinin toplam enerjideki payı %		4,17	5,30	5,05	5,31	5,21	5,03	5,15	4,89	3,47
Üretim emerjisinin toplam emerjideki payı %		21,70	25,64	23,10	24,90	24,84	23,10	23,17	23,12	23,46

4.3 Uygulama Çalışmasının Bulguları

İklim bölgesi 3. bölgeden Ankara ve 1. bölgeden İzmir illeri için, TS 825 ısı yönetmeliğinde önerilen U değerlerine uygun yalıtımlı yapı kabukları ve bu kesitlerin yanı sıra, yalıtımsız kesitler için opak yapı kabuğunun çevresel performansına yönelik önerilen yaklaşımın uygulaması yapılmıştır. Uygulamanın değerlendirmesi Çizelge 4.24'de ve her iki il için elde edilen rakamsal sonuçlar Çizelge 4.25 ve 4.26'da özetlenmiştir.

Çizelge 4.24 Uygulama sonuçları tablosu

	Ankara İli	İzmir İli
ÜRETİM ve KULLANIM AŞAMASI	Grup1	<p>Yalıtımsız duvar kesitlerinin, üretim aşamasında, çevresel etkilerinin az olduğu ve kullanım aşamasında yalıtım uygulaması olmadığı için, en olumsuz kesitler olduğu görülmüştür.</p> <p>Yalıtımsız duvar kesitlerinin, üretim aşamasında çevresel etkileri düşük bulunmuştur.</p> <p>Kullanım aşamasında olumsuz olan yalın duvara karşın, hava boşluklu yalıtımsız duvar kuruluşunun, ısıtma yükü yüksek çıkarken, soğutma döneminde enerji gereksiniminin diğer kesitlerden daha az olduğu görülmüştür</p> <p>Hava boşluğunun sıcak hava koşullarında yalıtım değerinin olduğu belirlenmiştir.</p>
	Grup 2	<p>EPS yalıtımın, duvarın farklı yerlerinde kullanılması ile oluşturulan kesitlerden, dıştan yalıtımlı duvar kuruluşunun, diğerlerinden daha uygun sonuçlar verdiği bulunmuştur.</p> <p>Kullanımda kesit 3'ün enerji-emerji açısından en uygun kesit olduğu görülmektedir.</p> <p>Dıştan yalıtımın uygun çözüm olduğu belirlenmiştir.</p>
	Grup 3	<p>Dıştan yalıtım uygulamasının yapıldığı diğer kesitler içinde en uygun olanının sırasıyla selülozik, mantar ve taşıyıcı yalıtım olduğu görülmüştür.</p> <p>EPS ve XPSnin üretim enerjisinde yüksek değerler belirlenmiştir.</p> <p>Sentetik yalıtım malzemelerinin, üretim aşamasında, olumsuz etkileri olduğu görülmüştür. XPSnin ise EPSye göre enerji harcaması fazla bulunmuştur.</p> <p>Üretim aşamasında, en az enerji harcaması olan selülozik yalıtımlı duvar kuruluşu, soğutma döneminde, yüksek enerjiye gereksinim duymaktadır. Ancak toplam enerji harcamalarında olumlu sonuca ulaşmıştır.</p> <p>Kullanım döneminde, kesitlerin soğutma dönemi emerji gereksinimi, ısıtma için gerekli emerjiden daha yüksek bulunmuştur.</p> <p>Mantar yalıtımlı duvarın kullanım enerjisi ve emerjisi az da olsa diğer kesitlerden daha yüksek bulunmuştur.</p>

	Ankara İli	İzmir İli
Grup 4	<p>Üretim ve kullanım aşamasında, dıştan taşıyünü, mantar ve selülozik yalıtımlı kesitlerin EPS ve XPSye göre daha olumlu sonuçlar verdiği görülmektedir.</p> <p>Bu grupta da, en olumlu kesit olarak selülozik yalıtımlı duvar kuruluşu çıkmıştır.</p>	
DEĞERLENDİRME	<p>Selülozik yalıtımlı duvarın tasarruf oranının, %21 gibi bir değerle, diğer kesitlerden daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.</p> <p>Sentetik malzeme olan EPS ve XPS yalıtımlı duvarlarda, toplam enerji tasarruf oranının daha düşük olduğu görülmektedir.</p> <p>Etkinlik yüzdesi açısından, selülozik yalıtımlı duvar kuruluşu uygun bulunmuştur.</p>	<p>Selülozik yalıtımlı duvarın, yalın duvara göre ilave enerji yatırımı olmamaktadır. Yalın kesite göre, toplam tasarruf oranı çok yüksek çıkmıştır.</p> <p>Kullanım döneminde öne çıkan hava boşluklu yalıtımsız duvar kuruluşunun, toplamda yalın duvara göre %13 gibi bir tasarruf sağlayarak, selülozik yalıtımlı duvar dışında, diğer kesitlerden daha olumlu sonuç verdiği gözlemlenmiştir.</p> <p>Etkinlik yüzdesi açısından, selülozik yalıtımlı ve hava boşluklu yalıtımsız duvar kuruluşu sonuçları birbirine çok yakın çıkmıştır.</p> <p>Kesit seçimi kararında etkinlik yüzdesine göre seçim yaparken, üretim aşamasını dikkate almak gerekmektedir. Dolayısıyla İzmir ili için hava boşluklu duvar önerilir.</p>
	<p>Üretim enerjisinin toplamdaki payı % 2-5 arasındayken, üretim enerjisinde bu oranın%20-25'e kadar çıktığı görülmektedir. Bu açıdan üretim aşamasında harcanan toplam enerjinin önemli bir payı olduğu görülmektedir.</p>	

Çizelge 4.25 Ankara ili özet tablo

		Grup 1			Grup 2			Grup 3			4. Grup		
		KESİT 1 _{ANK}	KESİT 2 _{ANK}	KESİT 3 _{ANK}	KESİT 4 _{ANK}	KESİT 5 _{ANK}	KESİT 6 _{ANK}	KESİT 7 _{ANK}	KESİT 8 _{ANK}	KESİT 9 _{ANK}	KESİT 10 _{ANK}	KESİT 11 _{ANK}	KESİT 12 _{ANK}
		Yalın Duvar	Hava Boşluklu Yalıtımsız Duvar	Dıştan 6 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	6 cm. Eps Yalıtımlı Sandviç Duvar	Hava Boşluklu 5 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Mantar Yalıtımlı Duvar	Dıştan 6 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar	Dıştan 5 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	Dıştan 4 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 5 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar
ÜRETİM AŞAMASI	Toplam Üretim Enerjisi	294622,46	304828,46	316032,38	326238,38	322670,06	313673,66	319600,70	306459,26	125595,22	310498,46	311274,62	125416,43
	Toplam Üretim Emerjisi,	181401,11	195311,51	183408,29	197318,69	196984,16	183102,11	183742,82	184031,51	117231,05	182818,61	182962,25	117231,46
	Yıllık Üretim Enerjisi,	5892,5	6096,6	6320,7	6524,8	6453,4	6273,5	6392,0	6129,2	2511,9	6210,0	6225,5	2508,3
	Yıllık Üretim Emerjisi,	3628,0	3906,2	3668,2	3946,4	3939,7	3662,0	3674,9	3680,6	2344,6	3656,4	3659,2	2344,6
	ilave enerji, MJ	Kesit 1'e göre	204,1	428,2	632,3	561,0	381,0	499,6	236,7	-3380,5	317,5	333,0	-3384,1
	ilave emerji, sej x 10 ¹²		278,2	40,1	318,4	311,7	34,0	46,8	52,6	-1283,4	28,4	31,2	-1283,4
	ilave enerji oranı		0,03	0,07	0,10	0,09	0,06	0,08	0,04	-1,35	0,05	0,05	-1,35
	ilave emerji oranı		0,07	0,01	0,08	0,08	0,01	0,01	0,01	0,01	-0,55	0,01	0,01
KULLANIM AŞAMASI	Enerji, MJ	149263,34	139426,92	122420,02	122925,28	123587,78	121817,74	120993,66	122644,12	117698,29	122606,32	122521,39	118515,60
	Emerji ,sej x 10 ¹²	10163,37	9501,91	8413,70	8446,80	8487,98	8373,18	8323,46	8425,70	8208,15	8423,93	8418,38	8250,74
	enerji tasarrufu, MJ	Kesit 1'e göre	9836,42	26843,33	26338,07	25675,56	27445,61	28269,68	26619,23	31565,05	26657,03	26741,95	30747,74
	emerji tasarrufu, sej x 10 ¹²		661,46	1749,67	1716,57	1675,39	1790,19	1839,90	1737,66	1955,21	1739,43	1744,98	1912,63
	enerji tasarruf oranı		0,07	0,18	0,18	0,17	0,18	0,19	0,18	0,21	0,18	0,18	0,21
	emerji tasarruf oranı		0,07	0,17	0,17	0,16	0,18	0,18	0,18	0,17	0,19	0,17	0,17
TOPLAM Üretim + kullanım	enerji tasarruf oranı	Kesit 1'e göre	0,03	0,11	0,08	0,09	0,12	0,11	0,14	1,56	0,13	0,13	1,56
	emerji tasarruf oranı		-0,01	0,16	0,09	0,09	0,17	0,17	0,16	0,74	0,16	0,16	0,74
	E toplam MJ	155155,80	145523,49	128740,67	129450,05	130041,19	128091,21	127385,68	128773,31	120210,20	128816,29	128746,89	121023,93
	Em toplam sej x 10 ¹²	13791,39	13408,14	12081,86	12393,17	12427,66	12035,21	11998,32	12106,33	10552,77	12080,30	12077,62	10595,37
Enerji etkinlik yüzdesi		120,49	113,01	99,97	100,53	100,98	99,47	98,92	100,00	93,35	100,03	99,98	93,98
Emerji etkinlik yüzdesi		113,92	110,75	99,80	102,37	102,65	99,41	99,11	100,00	87,17	99,79	99,76	87,52
Üretim enerjisinin toplam enerjideki payı %		2,17	2,45	2,94	3,09	3,02	2,92	3,03	2,79	2,04	2,86	2,87	2,03
Üretim emerjisinin toplam emerjideki payı %		18,64	21,25	21,62	23,32	23,20	21,65	21,82	21,67	22,10	21,52	21,55	22,02

Çizelge 4.26 İzmir ili özet tablo

		Grup 1			Grup 2			Grup 3		
		KESİT 1 İZM	KESİT 2 İZM	KESİT 3 İZM	KESİT 4 İZM	KESİT 5 İZM	KESİT 6 İZM	KESİT 7 İZM	KESİT 8 İZM	KESİT 9 ANK
		Yalın Duvar	Hava Boşluklu Yalıtımsız Duvar	Dıştan 3 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	3 cm. Eps Yalıtımlı Sandviç Duvar	Hava Boşluklu 2 cm. Eps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Taşyünü Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Xps Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Mantar Yalıtımlı Duvar	Dıştan 3 cm. Selülozik Yalıtımlı Duvar
ÜRETİM AŞAMASI	Toplam Üretim Enerjisi	294622,70	304828,70	305327,66	315533,66	311965,34	304148,30	307111,82	300542,18	125058,75
	Toplam Üretim Emerjisi,	181400,91	195311,31	182404,50	196314,90	195980,37	182251,41	182571,77	182716,35	116643,98
	Yıllık Üretim Enerjisi,	5892,45	6096,57	6106,55	6310,67	6239,31	6082,97	6142,24	6010,84	2501,18
	Yıllık Üretim Emerjisi,	3628,02	3906,23	3648,09	3926,30	3919,61	3645,03	3651,44	3654,33	2332,88
	ilave enerji, MJ	Kesit 1'e göre	204,1	214,1	418,2	346,9	190,5	249,8	118,4	-3391,3
	ilave emerji, sej x 10 ¹²		278,2	20,1	298,3	291,6	17,0	23,4	26,3	-1295,1
	ilave enerji oranı		0,03	0,04	0,07	0,06	0,03	0,04	0,02	-1,36
	ilave emerji oranı		0,07	0,01	0,08	0,07	0,00	0,01	0,01	-0,56
KULLANIM AŞAMASI	Enerji, MJ	80531,03	67264,96	70863,66	71157,17	71234,96	70565,94	70173,90	71126,82	70609,93
	Emerji ,sej x 10 ¹²	8222,42	7205,58	7570,12	7597,33	7604,56	7558,65	7547,10	7582,08	7559,99
	enerji tasarrufu, MJ	Kesit 1'e göre	13266,07	9667,37	9373,86	9296,06	9965,09	10357,13	9404,21	9921,10
	emerji tasarrufu, sej x 10 ¹²		1016,85	652,30	625,09	617,86	663,77	675,32	640,34	662,43
	enerji tasarruf oranı		0,16	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12
	emerji tasarruf oranı		0,12	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
TOPLAM Üretim + kullanım	enerji tasarruf oranı	Kesit 1'e göre	0,13	0,08	0,05	0,06	0,09	0,09	0,10	1,48
	emerji tasarruf oranı		0,05	0,07	0,00	0,00	0,08	0,08	0,07	0,64
	E toplam MJ	86423,48	73361,53	76970,21	77467,84	77474,27	76648,91	76316,14	77137,66	73111,11
	Em toplam sej x 10 ¹²	11850,44	11111,80	11218,21	11523,63	11524,17	11203,69	11198,54	11236,41	9892,87
Enerji etkinlik yüzdesi		112,04	95,10	99,78	100,43	100,44	99,37	98,93	100,00	94,78
Emerji etkinlik yüzdesi		105,46	98,89	99,84	102,56	102,56	99,71	99,66	100,00	88,04
Üretim enerjisinin toplam enerjideki payı %		4,17	5,30	5,05	5,31	5,21	5,03	5,15	4,89	3,47
Üretim emerjisinin toplam emerjideki payı %		21,70	25,64	23,10	24,90	24,84	23,10	23,17	23,12	23,46

SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde, yapılarda enerji tüketimi değerleri ve çevresel sorunlar dikkate alındığında, yapı kabuğunun performansının önemi, birçok çalışmada ortaya konulmuştur. Bu doğrultuda enerji değerlendirmesine yönelik uluslararası çalışmalar bulunurken, Türkiye’de enerji değerlendirmesi ile ilgili çalışmalara rastlanmamıştır. Bu tez çalışmasının; konu ile ilgili verilmiş bilgiler ve elde edilmiş sonuçları ile, ülkemizde yapılacak teorik çalışmalara ve inşaat sektöründe konu ile ilgili çalışanlara katkı sağlayacağı düşünülmüştür.

Yapı kabuğunu oluşturan teknolojiler ve malzeme seçimleri, farklı çevresel etkilere yol açmaktadır. Enerji korumaya yönelik yeni bina teknolojileri (eko-yapı, bio-mimarlık gibi) çevreye dolaylı ve dolaysız etki eden, yeni, ayrıntılı ve çok yönlü metotları ortaya koydukları ve sürdürülebilir oldukları için rağbet görmektedirler.

Bu tezde, bir iklim bölgesinde toplam enerji harcaması düşük yapı kabuğu seçeneğinin saptanması amacı doğrultusunda;

1- Üretim (malzemenin elde edilmesi, üretilmesi, yapıya ulaşımı, yapımı ve bakım-onarımları) ve kullanım aşamasında, toplam enerji harcamalarını ve enerji gereksinimlerini belirlemek,

2- Kesitleri sıralayabilmek ve belli bir etkinlik yüzdesine bağlı olarak değerlendirebilmek için hesap adımları oluşturulmuştur.

Bu çalışmada enerji ve enerji hesaplarında uluslararası değerlere başvurulmuştur. Ancak hesapların yapılacağı ülke ve iklim bölgesine göre malzemelerin oluşum enerjisi ve özgül enerji değerlerinin belirlenmesi gereklidir. Enerji ve enerji analizi farklı aşamalarda uygulanmıştır. Bu aşamaları değerlendirebilmek için örnek uygulama

yapılmış ve bu bağlamda iki farklı iklim bölgesi seçilmiştir. Ankara ili (TS 825- 3. Bölge) ve İzmir ili için (1. Bölge), yönetmeliğin verdiği sınır U değerleri dikkate alınarak yapı kabuğu kesitleri oluşturulmuştur. Hesapları yapılacak hacmin fiziksel özellik ve büyüklükleri belirlenmiştir. Verilerin elde edilmesinden sonra yapıdan kaynaklı çevresel etkilerin ölçüsünü ortaya koymak amacıyla, yapının üretim ve kullanım aşaması için analizler gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışması, yapı ömrünün bitmesinden sonra yıkım aşamasında yapı kabuğunu oluşturan malzemelerin geri dönüşümü veya yok edilmesi, atık haline gelmesi süreçlerinde harcadığı enerjiyi içermemektedir. Yıkım aşaması ile ilgili veriler yeterli olmadığı ve somut bilgilere ulaşamadığı için incelenmemiştir.

- Birinci aşamada yapı kabuğu üretim aşaması incelenirken, bu evreyi enerji analizi ve enerji değerlendirmesi basamakları oluşturmuştur.
 - Oluşum enerjisi analizine dayanan “Üretim Enerjisi Analizi” (ÜEA) ile, yapı malzemelerinin; üretim, taşıma ve konstrüksiyon aşamalarında, atmosfere salınan CO2 ve yenilebilir olmayan enerji tüketimi ve bu tüketime bağlı olarak çevresel etkileri belirlenmiştir. Bu bağlamda, kesitler oluştururken, malzeme seçiminde, malzemenin üretiminden kaynaklanan enerji tüketimleri ve oluşan çevresel etkileri dikkate alınmıştır.
 - Sürdürülebilir ölçme kriterlerinden biri olan “Üretim Enerjisi Değerlendirmesi” (ÜED) ile de yapı kabuğunu oluşturan malzemelerin elde edilmesinde kullanılan, dolaylı veya dolaysız, güneş enerjisi miktarı tanımlanmıştır. Üretimde kullanılan çevresel kaynakların değeri, güneş enerjisi cinsinden ölçülmüş, bu evrede kullanılan doğal kaynaklar sayısallaştırılmıştır. Sistemlerin sürdürülebilirliğini değerlendirmek için kullanılan göstergeleri ortaya koyan enerji değerlendirme sonuçları ile, yapı kabuğuna bağlı yıllık enerji harcamaları bulunmuştur.
 - Üretim aşamasında yapı kabuklarında kullanılan farklı yalıtım malzemelerinin değişen özgül ısı iletkenlik katsayılarına bağlı olarak, farklı kalınlıklarda bulunan yalıtım malzemelerinin üretim evresindeki çevresel etkisi (üretim enerji ve enerjisi) değerlendirilerek:

- Kesitlerin yalın kesite göre ilave enerji-emerji yatırımları ve oranları saptanmıştır.
 - Üretim aşamasında harcanan enerji, bina kullanım süresi için bir yatırım olduğundan, kullanım boyunca oluşacak enerji kazanç ve kayıplarının bu dönemle beraber karşılaştırılması gerekmektedir. Bu sebeple, üretim aşamasında harcanan enerji-emerji miktarının yani ilk yatırımın yıl bazında ne kadar enerji-emerjiye denk geldiğinin bilinmesi için, yıllık enerji-emerji miktarı tespit edilmiştir.
- İkinci aşamada yapı kabuğu kullanım aşaması incelenmiştir. Bu evreyi ısı analiz, enerji analizi ve emerji değerlendirmesi basamakları oluşturmuştur.
 - Yapının kullanım aşamasında sürekli enerji gereksinimi duyulmaktadır. Bu evrede, yapı kabuğu yoluyla oluşan ısı kazanç ve kayıpları belirlenmiştir.
 - Isıl analiz hesap sonuçları baz alınarak, kullanım aşaması enerjisi sonuçlarına ulaşılmıştır. Bu aşamada, malzemenin kullanım evresinde, ısıtma-soğutma enerjisi ve çevresel etkilerinin azaltılmasına yönelik analizler yapılmıştır. Isı kayıpları, ısıtma sistemi ve ısı kazançları da soğutma sistemi ile karşılanacağı için enerji analizi hesaplarında yapı kabuğu yoluyla oluşacak enerji ihtiyacı değerlendirilmiştir.
 - Kullanım aşaması emerji değerlendirmesi ile (KED), enerji analizi sonuçları ele alınarak, ısıtma ve soğutma için kullanılacak donanımların ısıl verimliliği oluşturulmuştur. Yıl boyunca harcanan doğal gaz ve elektrik harcamaları ile emerji girdileri, belirlenmiştir. Yaz döneminde soğutma sistemi için gerekli elektrik harcaması, kış döneminde ise ısıtma sistemi için doğal gaz kullanımı ortaya konulmuştur.
 - Kullanım aşamasında belirlenen kesitlerin, enerji gereksinimleri (kullanım enerjisi) ve bu gereksinimler doğrultusunda, enerji harcamaları (kullanım emerjisi) bulunarak, yalıtımlı kesitlerin yalın kesite göre enerji ve emerji tasarrufları bulunmuştur. Yapı kabuğu yoluyla

sağlanacak enerji kazancı ve enerji korunumu, yapının kullanım sürecinde, ısıtma ve soğutma aşamalarında, ısı kayıplarının azaltılmasını ve enerji harcamasını ön plana çıkarmaktadır.

Bu çalışmada, önerilen yaklaşımın adımları izlenerek yapılan enerji analizi ve enerji değerlendirilmesinin sonuçları aşağıda verilmiştir.

Üretimde;

- Örnek çalışma ile yapı kabuğu kesitlerinin yapıldığı bölgenin iklimsel koşullarına ve üretim teknolojilerine bağlı olarak farklı performanslar gösterdiği belirlenmiştir.
- Çalışma için seçilen yalıtım malzemelerinin yenilenemeyen enerji (MJ) miktarları ortaya konulmuştur. Oluşum enerjisinin yanısıra malzemelerin yoğunluklarının, dolayısıyla kesitteki ağırlıklarının da sonuçları etkilediği görülmüştür.
- En düşük ilave enerji ve enerji harcaması açısından, yalıtımlı duvarlardan; selülozik, mantar, taşıyıcı, EPS ve XPS yalıtımlı duvar olarak sıralanmaktadır. EPS ve XPS'nin üretim aşamalarına bağlı olarak yalıtımda yüksek üretim enerjisi ve enerji değerleri belirlenmiştir. Burada, sentetik yalıtımların olumsuz etkisi olduğu açıkça görülmektedir.

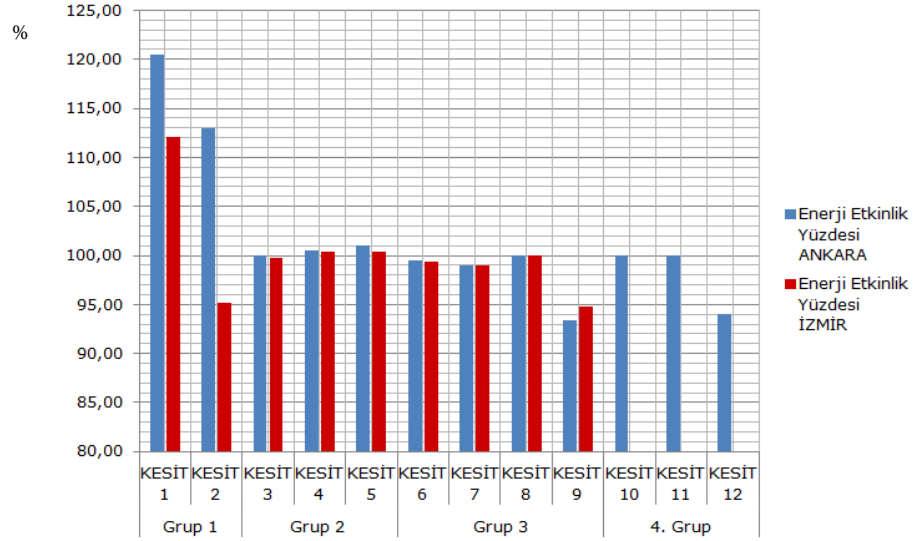
Kullanımda;

- Hava boşluklu yalıtımsız duvarda ısıtma yükü sonuçları yüksek bulunmuş, soğutma yükü açısından en düşük kesit olduğu görülmüştür. Bu sonuçla, hava boşluğunun soğutma yükünde yalıtımdan daha etken olduğu görülmüştür.
- Dıştan selülozik yalıtımlı duvar kuruluşunda ise, en düşük ısıtma yükü bulunmuştur. Bunun yanı sıra, bu kesitte soğutma yükü açısından tüm kesitlerden yüksek değer elde edilmiştir. Toplam harcamada ise diğer kesitlerin önüne geçmiştir. Bu sonuçta, üretim aşamasındaki enerji harcamasının ve kullanım dönemindeki ısıtma yükünün düşüklüğü etken olmuştur.

Üretim ve kullanım aşamaları bir arada değerlendirilerek;

- Toplam tasarruf oranı saptanmış ve uygun yapı kabuğu kesiti ortaya konulmuştur. Yapı kabuğuyla oluşan toplam enerji ve enerji harcamaları belirlenmiştir.

- Yıllık toplam enerji-emerji tüketimi ve referans kesit belirlenerek, kesitlerin etkinlik yüzdesi belirlenmiş ve sıralama yapılmıştır. Bu suretle tekil bir kabuğun uygunluğu konusunda karar verilebilmesi sağlanmıştır.
- Enerji-emerji analizi yaklaşımı ile alternatif teknolojiler değerlendirilmiş ve kullanılan malzemelerin kaynak kullanımının verimi, çevresel etkileri ve sürdürülebilirliği belirlenmiştir.
- Ankara ili için yapılan analiz sonuçlarında yapı kabuğunu oluşturan malzemelerin geri dönüşümlü olmasının bazı olumlu özelliklerinin olduğu görülmektedir. İlk olarak bu malzemeler daha az doğal kaynak gereksinimi duymaktadır. Buna paralel olarak üretimde daha az oluşum-üretim enerjisine sahiptirler. Ayrıca katı atıkların başka bir malzemeye dönüşebilmesi ile atık miktarında azalmaya neden olmaktadır.
 - Geri dönüşümlü malzemelere en iyi örnek olarak, %75'i kullanılmış kağıttan ve %25'i yangın önleyici ve bağlayıcı malzemelerden üretilen, selülozik yalıtım malzemesini görmekteyiz. Bu malzemeyi, doğal kaynaklardan ve mineral yün içeriğinin %75'i ise sanayi atıklarından elde edilen, taşıyıcı yalıtım izlemektedir.
 - Genelde soğuk iklim bölgelerinde ısısal performansı arttırmak için yalıtım kalınlığını arttırma yoluna gidilmektedir. Bu durum üretim aşamasında enerji tüketimini ve maliyeti de arttırmaktadır. Oysa yönetmeliklerin verdiği sınır U değerine uygun kesitler oluşturup, üretim ve kullanım aşamalarında harcanan enerjinin toplamı değerlendirildiğinde, kalınlığı arttırmadan da enerji etkin kesitler belirlenebilmektedir.
 - Etkinlik yüzdesi açısından kesitleri değerlendirdiğimizde de, selülozik yalıtımlı duvarın uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Duvar kuruluşu kararlarının alınmasında, etkinlik yüzdesine göre seçimin yapılması uygun olacaktır (Şekil 5.1). Enerji etkinlik yüzdesi referans kesite göre belirlendiğinden, etkinlik yüzdesi referans kesitine eşit yani 100 ve 100'ün altında olan kesitler uygun bulunmuştur.



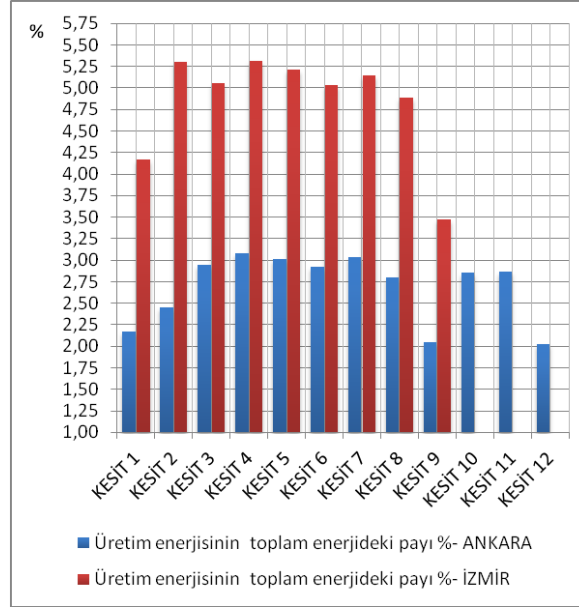
Şekil 5.1 Ankara ve İzmir enerji etkinlik yüzdesi

- İzmir ili için seçilen kesit seçeneklerinin üretim ve kullanım aşamaları enerji analizi ve enerji değerlendirme hesaplarında ortaya çıkan sonuçlar, Ankara ilinden oldukça farklılık göstermektedir.
 - Sıcak iklim bölgesinde kullanım aşamasını göz önünde bulundurduğumuzda soğutma için harcanan enerji, ısıtmada harcanan enerjiden yüksek bulunmuştur. Sıcak iklim kuşağında kullanım aşamasında yalıtımın etkisi azalmış, hava boşluklu yalıtımsız duvar seçeneği ön plana çıkmıştır. Bu bölgelerde, yapı kabuğunda yalıtımın soğutma yüküne etkisinin önemini yitirdiği görülmüştür.
 - Isıtma ihtiyacı baskın bölgelerde, hem üretim, hem de kullanım aşamasında enerji-enerji ihtiyacı düşük olan yalıtımlı kesitler olumlu sonuçlar vermiştir. Ama soğutma yükü baskın iklim bölgelerinde, yapı kullanım döneminde, yalıtımdan çok, hava boşluklu yalıtımsız duvar kesitinin daha olumlu olduğu gözlenmiştir.
 - Ancak üretim aşaması ile birlikte düşünüldüğünde, toplam enerji-enerji harcamasında, selülozik yalıtımlı duvarın az da olsa hava boşluklu yalıtımsız duvar kuruluşundan olumlu olduğu görülmektedir. Üretim aşamasında harcanan enerji miktarı, kullanım aşaması enerji harcamasının % 4-5'i kadar olmasına rağmen, toplam sonuçları etkileyebilmektedir. Sonuçta sıcak bölgelerde, yalıtımlı kesitler içinde

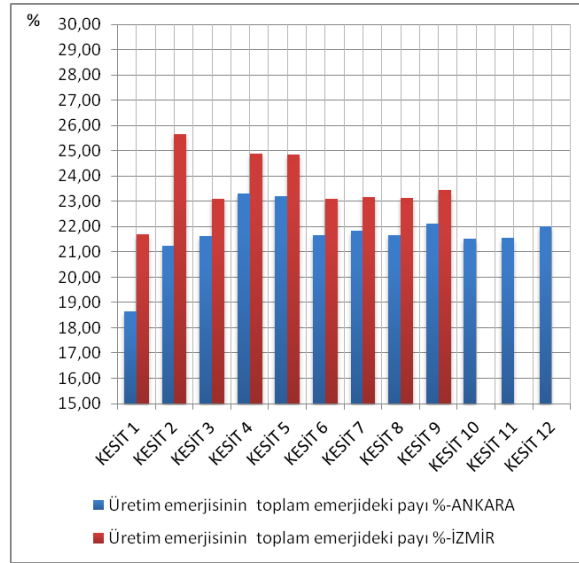
hem üretim, hem de kullanım enerjisi ve emerjisi harcamaları açısından geri dönüşümlü yalıtım malzemeleri öne çıkmaktadır.

- Bu ilde, etkinlik yüzdesi açısından selülozik yalıtımlı duvar ve yakın bir sonuçla, hava boşluklu yalıtımsız duvar, en uygun kesitler olarak belirlenmiştir (Şekil 5.1).
- Soğutmanın etkin olduğu bölgelerde, selülozik yalıtımlı duvar kuruluşu ile hava boşluklu yalıtımlı duvar sonuçlarında az da olsa farklılık olması, kesit seçiminde alınacak kararlarda üretim aşamasının dikkate alınmasını gerektirmektedir.
- Günümüzde, yapı kullanım aşaması enerji harcamalarının azaltılmasında, yalıtım kullanımı ön plana çıkarılmaktadır. Özellikle sentetik esaslı yalıtım malzemeleriyle mantolama sistemi önerilmektedir. Analizler göstermektedir ki, yalıtımla ilgili kararların alınmasında, iklim bölgesine göre analizlerin yapılarak belirlenmesi gerekmektedir.
- Bu doğrultuda, yapım aşamasında seçilecek kesitlerin katmanları önem taşımaktadır. Yalıtım etkinliğini arttırmak için yalıtım kalınlığını arttırmak yerine kabukta farklı çözümlere gitmek çevresel performansın etkinliği için uygun olmaktadır.
- Malzemenin üretim ve yapım aşamasında oluşan çevresel maliyetler ele alındığında, hammadde elde edilme aşamasında, iklim bölgesine göre farklı hammadde, farklı malzeme ve farklı üretim teknolojisi yöntemlerinin seçilmesi gerekebilir.
- Sürdürülebilirlik bağlamında, üretim ve kullanım aşamalarında, yapı kabuğu performansının değerlendirilmesinde, yapı kabuğunu oluşturan malzemelerin kullandığı kaynaklarla, malzemelerin enerji etkinliği arasındaki ilişkiyi doğru kurmak gereklidir.

Tez çalışmasının uygulama aşamasında, enerji ve emerji tüketimlerinin toplam enerji- emerji harcamasındaki payı karşılaştırıldığında, dikkat çekici farklar elde edilmiştir.



Şekil 5.2 Ankara ve İzmir üretim enerjisinin toplam enerjideki payı



Şekil 5.3 Ankara ve İzmir üretim enerjisinin toplam enerjideki payı

- Üretim enerjisinin toplam enerji harcamalarındaki payı % 2-5 arasında iken, üretim enerjisinin toplamdaki yeri %25'e yakın bulunmuştur (Şekil 5.3 ve Şekil 5.4). Bu da üretim enerjisinin toplam emerji harcamasının dörtte biri kadar olduğunu göstermektedir. Bu önemli oran, üretim aşamasındaki çevresel etkilerin toplamda önemli bir payı olduğunu göstermektedir.

Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar doğrultusunda, aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir.

- Bu çalışmada, hesapların yapıldığı hacim, tek bir zon olarak kabul edilerek değerlendirilmiştir. Kullanım döneminde, ısıtma ve soğutma yüklerinin belirlenmesinde, farklı yönlere bakan zonlar ele alınarak çalışılabilir.
- Uygulama sonuçlarında hava boşluklu yalıtımsız duvar kesitinin soğutma yükü açısından olumlu olduğu gözlemlendiğinden, başka iklim bölgeleri için de uygulama çalışması tekrarlanabilir. Zaman gecikmesi ve ısı depolama özelliği olan duvar kesitlerinin sıcak iklim bölgesindeki sonuçlarının da elde edilmesi önerilmektedir.
- Yapı kabuğunda, yalıtım malzemesi kullanımı dışında, pasif sistemler de kullanılarak çalışma yapılabilir. Ana gövde malzemesi değiştirilerek, yeni yapı kabuğu teknolojileri ile uygulama sonuçları değerlendirilebilir.
- Elde edilen sonuçlara bakıldığında, toplamdaki yüzdesiyle, üretim enerjisi dikkate alınması gereken konulardan biridir. Bu açıdan Türkiye’de de malzemelerin üretim enerjisi ve enerjisi değerlerinin bulunmasına yönelik çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Sonuç olarak bu yaklaşım; yapı kabuğu seçeneklerinin, üretim ve kullanım aşamasında enerji ve enerji performanslarının karşılaştırılmasını ve herhangi bir iklim bölgesi için, toplam enerji ve enerji harcamalarına dayanan etkinlik yüzdesinin uygunluğuna karar verilebilmesini olanaklı kılmaktadır.

Malzemelerin, üretim ve kullanım aşamalarında harcadığı enerji sonuçları doğrultusunda, daha tasarım aşamasında malzeme seçiminin önemi ortaya çıkmaktadır. Yaklaşımın bu özelliğiyle, bina ölçeğinde enerji performansını ölçme amaçlı geliştirilecek güncel çalışmalara, düşey kabuk performansının belirleme basamağı için, bir model oluşturacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Venkatarama Reddy, B.V. ve Jagadish, K.S. (2003). "Embodied Energy of Common and Alternative Building Materials and Technologies", *Energy and Buildings*, 35:129–137.
- [2] Papadopoulos, A.M. ve Giama E., (2007). "Environmental Performance Evaluation Of Thermal İnsulation Materials and İts İmpact on the Building", *Building And Environment*, 42:2178-2187.
- [3] Koçlar Oral, G. ve Manioğlu, G., (2010). "Bina Cephelerinde Enerji Etkinliği ve Isı Yalıtımı", 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, 15 -16 Nisan 2010, İzmir.
- [4] Yılmaz, Z. ve Oral, G., K., "Yapı Kabuğu Isı Yalıtım Değerinin Yapı Formuna Bağlı Olarak Belirlenmesi İçin Bir Yöntem Önerisi" http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/29b38f160f87ae8_ek.pdf?dergi=188, 28 Ekim 2010.
- [5] Berköz, E., (1983). Güneş Işınımı ve Yapı Dizaynı, İTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul.
- [6] Zorer, G., (1995). Dersliklerde Edilgen Sistemle Isısal Konforun Sağlanması Tasar Ölçütü Olarak Bir Değerlendirme Yöntemi Oluşturulması, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [7] Özel, M. ve Duranay, M., (2005). "Farklı Yönlerde Bakan Bina Duvarlarında Duvar Kalınlığı ile Yalıtım Kalınlığı Arasındaki İlişkinin Isıl Yük Seviyesi Açısından İncelenmesi", *F. Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17 (1):181-189.
- [8] Özel, M. ve Pıhtılı, K., (2005) "Bina Duvarlarına Uygulanan Yalıtımın Farklı Konumlarının Isı Kazanç ve Kayıplarına Olan Etkisinin Araştırılması" *DEÜ Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(1):87-97.
- [9] Özel, M. ve Pıhtılı, K., (2008). "Isıtma Ve Soğutma Derece-Gün Değerlerini Kullanarak Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi" *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 26(3):191-197.
- [10] Oğulata, R.T., Yılmaz, T. ve Beğaki, H.R., (1992). "Periyodik Isı Yüklerine Maruz Binalarda Konfor Şartlarının İncelenmesi", *Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 7(2):43-51.

- [11] Şerefhanoglu, M., (1983). Soğuk Hava Koşullarında Yapıların Dış Duvarlarının İç Yüzey Sıcaklıklarının Belirlenmesi ve Isısal Konfor Yönünden Değerlendirilmesi, Yıldız Üniversitesi Basımevi, İstanbul.
- [12] Adalberth, K., (1997). "Energy Use During the Life Cycle of Buildings: a Method", Building and Environment, 32(4): 317-320.
- [13] Fay, M.,R. ve Treloar, G., (1998). "Life Cycle Energy Analysis - A Measure of the Environmental Impact of Buildings", BEDP Environment Design Guide, 22:1-7.
- [14] Ramesh, T., Prakash, R. ve Shukla, K. K. (2010). "Life Cycle Energy Analysis of Buildings: An Overview", Energy and Building (42): 1592-1600.
- [15] Gu, L., Lin, B., Zhou, X., ve Zhu, Y., (2009). "Analysis Of Life Cycle Energy Consumption and Environmental Load of Insulation Design For Residential Buildings in China" Eleventh International IBPSA Conference Glasgow, p: 1846, July 27-30, Scotland.
- [16] Canan F. ve Bakır, İ., (2008). "Enerji ve Çevre Etkin Bina Tasarımında Ömür Süreci Analizi Yönteminin Değerlendirilmesi", Selçuk Üniversitesi, Teknik-Online Dergisi, 7(2):56-77.
- [17] Gültekin, A., B., (2006). Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi Kapsamında Yapı Ürünlerinin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [18] Özçuhadar, T., (2007). Sürdürülebilir Çevre İçin Enerji Etkin Tasarımın Yaşam Döngüsü Sürecinde İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [19] Taygun, G. T., (2005). Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik Bir Model Önerisi, Doktora Tezi, YTÜ FBE, İstanbul
- [20] Zeytun Çakmaklı, A., B., (2007). Life Cycle Assessment of Building Materials in Hotel Refurbishment Projects: A Case Study in Ankara, Doktora Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [21] Gieseler, U., D., J., Heidt, F., D. ve Bier, W., (2004). "Evaluation of The Cost Efficiency of an Energy Efficient Building", Renewable Energy, 29(3):369-376.
- [22] Mithraratne, N. ve Vale, B.,(2004) " Life Cycle Analysis Model for New Zealand Houses", Building And Environment, 39: 483 – 492.
- [23] Aksoy, T. ve Keleşoğlu, Ö., (2007). "Bina Kabuğu Yüzey Alanı ve Yalıtım Kalınlığının Isıtma Maliyeti Üzerinde Etkileri", Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, 22(1).
- [24] Pulselli, M. R., Simoncini, E., Pulselli, F. M. ve Bastiaoni, S., (2007). "Energy Analyseis of Building Manufacturing, Maintenance and Use: Em- Building Indices to Evaluate Housing Sustainability", Energy and Building, 39: 620-628.
- [25] Pulselli, M. R., Simoncini, E. ve Merchetti, N., (2009). "Energy and Emery Based Cost-Benefits Evaluation of Buildings Envelopes Relative to Geographical Location and Climate", Building and Environment, 44(5): 920-928

- [26] Pulselli, R., M., Simoncini, E. ve Ridolfi, R., (2008). "Specific emergy of cement and concrete: An energy-based appraisal of building materials and their transport", *Ecological Indicators*, 8(5): 647-657.
- [27] Brown, M., T. ve Buranakarn, V., (2003) "Emergy Indices and Ratios for Sustainable Material Cycles and Recycle Options", *Resources, Conservation and Recycling*, 38 (1): 1-22.
- [28] Srinivasan,R.,S., Braham, W.,W., Campbell, D.,E. ve Curcija, D., C., (2011). "Building Envelope Optimization Using Emergy Analysis" *Proceedings of Building Simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association*, , 14-16 November, Sydney.
- [29] Aytıs, S. ve Polatkan, I., (2010). "Sürdürülebilir Tasarım Kavramında Temel İlkeler & Yapı ve Toplum Ölçeğinde Değerlendirilmesi", *YTÜ Yapı Fiziği ve Sürdürülebilir Tasarım Kongresi*, 4-5 Mart 2010, İstanbul.
- [30] Çelikyay, S., (2006). "Sürdürülebilirlik İçin Tasarıma Ekolojik Yaklaşım", 3. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi 15-17 Kasım 2006, İstanbul.
- [31] Sakınç, E., (2006). Sürdürülebilirlik Bağlamında Mimaride Güneş Enerjili Etken SistemlerinTasarım Ögesi. Olarak Değerlendirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, YTÜ, FBE, İstanbul.
- [32] Kuşcu, A., C., (2006). Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Geleneksel Konya Evi Üzerine Bir İnceleme, YL Tezi, YTÜ, FBE, İstanbul.
- [33] Sev, A., (2009). Sürdürülebilir Mimarlık, YEM Yayın, İstanbul.
- [34] Ertürk, F., Akkoyunlu A. ve Varınca K. B., (2006). "Enerji Üretimi ve Çevresel Etkileri", *TASAM, Stratejik Rapor*.
- [35] Taygun, G. T. ve Vural, S. M. (2007). Yapıların Çevresel Etkilerini Değerlendiren Modeller, Eko Teknolojiler ve Ekolojik Yerleşimler, YTÜ Mim Fak. Üniversite Yayın No: YTÜ.MF.SM.-07.0773, İstanbul.
- [36] Scheuer, C.W., Keoleian, G.A., (2002). Evaluation of LEEDTM Using LCA Methods,*National Institute of Standards and Technology, NIST GCR 02-836*.
- [37] USGBC, The U. S. Green Building Council, LEED Rating System version 2.0,Including the Project Checklist, <http://www.usgbc.org/>, 20 Mayıs 2008
- [38] LEED Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik <http://www.izoder.org.tr/izolasyon/PDF/LEED%20Enerji%20ve%20%C3%87evre%20Tsar%C4%B1m%C4%B1nda%20Liderlik.pdf>, 14 Eylül 2012
- [39] Sev, A. ve Canbay, N., Dünya Geneline Uygulanan Yeşil Bina Değerlendirme ve Sertifika Sistemleri, <http://www.epy.com.tr/files/SertifikaSistemleri.pdf>, 7 Temmuz 2010
- [40] BREEAM (BRE Environmental Assessment Method), <http://www.bre.co.uk/>, 20 Mayıs 2008
- [41] BREEAM Sertifikası, http://www.yesilbina.com/BREEAM-Sertifikasi_a14.html, 20 Mayıs 2008.
- [42] Gedik Z. G., (1992), Yapılarda Isısal Tasarım İlkeleri, YTÜ, İstanbul.

- [43] Roaf, S., Fuentes M. ve Thomas, S., (2007). Ecohouse: a Design Guide, third edition, Elsevier, Architectural Pres, Oxford.
- [44] Dilmaç, Ş. ve Eğrican, N., (1994). "Binalarda Isı Konforu Amaçlı Enerji Tüketimi Üzerine Malzeme Seçiminin Etkisi", Energy with All Aspects in 21st. Century Symposium, Bildiri Kitapçığı, 674-682, İstanbul.
- [45] Aydın, Ö., (2011). "Yapı Düşey Kabuğu Isı Yalıtım Uygulamaları ile Enerji Verimliliği Arasındaki İlişkinin İncelenmesi", Doktora Tezi, KTÜ, FBE, Trabzon.
- [46] Candan, N., (2007). "Isı Yalıtım Sistemleri ve Özelliklerinin Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- [47] Isı Yalıtımı Giriş, http://www.izoder.org.tr/isiyalitimi/ISIYALITIMI_GIRIS.pdf, 10 Mart 2011 .
- [48] Tönük, S., (2001), Bina Tasarımında Ekoloji, Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi, İstanbul.
- [49] Bayer, G., (2006). Binalarda Uygulanan Isı Yalıtım Sistemleri ve Örnek Bir Projede Isı Yalıtım Maliyet Analizi, YL Tezi, Sakarya Üniversitesi, FBE, Sakarya.
- [50] Yalıtım e-Dergi, <http://www.yalitim.net/?pid=9049>, 10 Mart 2011
- [51] Odum, H., T., (1996). Environmental Accounting: Energy and Environmental Decision Making, Chichester Wiley, New York, NJ, 1996.
- [52] Yılmaz, Z. ve Ciravoğlu, A., (2010). "Ülkemizde Mimarların Yapı Malzemesi Tercihlerinin Yaşam Döngüsü Açısından Değerlendirilmesi", Yapı Fiziği ve Sürdürülebilir Tasarım Kongresi, YTÜ, 4-5 Mart 2010.
- [53] Thormark C., (2002). "A Low Energy Building in a Life Cycle - its Embodied Energy, Energy Need for Operation and Recycling Potential" Building and Environment 37: 429 – 435
- [54] Measures of Sustainability
http://www.canadianarchitect.com/asf/perspectives_sustainability/measures_of_sustainability/measures_of_sustainability_embodied.htm, 7 Mart 2008
- [55] Erdin, N., Ağaç Malzeme Kullanımı ve Çevreye Etkisi, TMH, Türkiye Mühendislik Haberleri, 427 (2003/5), <http://www.ekutuphane.imo.org.tr/pdf/227.pdf>, 22 Eylül 2010.
- [56] Çakmanus, İ., Binalarda Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesi, <http://www.cakmanus.com.tr/doc/yesi-bina-dergisi.pdf>, 15 Ekim 2010.
- [57] Melek, Z., (2001). Çevre Muhasebesi ve Çevresel Maliyetlerin Üretim Maliyetlerine Etkileri Üzerine Bir Araştırma, Mustafa Kemal Üniv., Sosyal B.E., YL Tezi, Hatay.
- [58] Brown, M.T. ve & Ulgiati, S. (2002). "Energy Evaluations And Environmental Loading Of Electricity Production Systems", Journal of Cleaner Production, 10: 321-334.

- [59] Erdin, N., (1995), "Malzeme Seçiminde Ekolojik Kriterler", Yapı Dergisi, 164: 95-97.
- [60] Bastianoni, S., Facchini, A., Susani, L. ve Tiezzi, E., (2007), "Emergy as a Function of Exergy", Science Direct, Energy 32:1158–1162.
- [61] Bastianoni, S., Pulselli, M. F. ve Castellini, C., (2007). "Emergy Evaluation and The Management of Systems Towards Sustainability: a Response to Sholto Maud", Science Direct, Agriculture, Ecosystems and Environment 120: 472–474.
- [62] Mummaneni, A., (2009). "Emergy Analysis of Desalination Systems a Thesis Submitted to the Graduate School in partial fulfillment of the requirements for the degree Master of Science, New Mexico State University Las Cruces, New Mexico.
- [63] Odum, H. T., (1983), Systems Ecology, Wiley, New York, NJ.
- [64] Voora, V. ve Thrift, C., (2010), Using Emergy to Value Ecosystem Goods and Services, IISD, Internatioal Institute for Sustainable Development, http://www.iisd.org/pdf/2010/using_emergy.pdf, 4 Kasım 2010.
- [65] Saygın, H., Sürdürülebilir Enerji Politikalarında Nükleer Enerji'nin Yeri ve Türkiye, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü http://eppamtr.weebly.com/uploads/5/6/2/5/5625734/surdurulebilir_enerji_politikalarinda_nukleer_enerjinin_yeri_ve_turkiye.pdf, 9 Aralık 2011.
- [66] Zorer Gedik, G., (1999). "Soğuk İklim Bölgesinde Yalıtımlı Yapı Kabuğu Kesitlerinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi: Erzurum Örneği", Tesisat Mühendisliği Dergisi, 51: 43-47, Mayıs-Haziran 1999.
- [67] Umaroğulları, F., Gedik, Z., G. ve Mıhlayanlar, E.,(2011). "Periyodik Rejimde Yalıtımlı ve Yalıtımsız Betonarme Duvarlarda Yoğuşma Denetimi: Edirne Örneği", Megaron 6 (1): 13-2.0
- [68] Yılmaz, Z., Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji <http://arsiv.mmo.org.tr/pdf/12067.pdf>, 11 Ocak 2009.
- [69] Yalıtım Malzemeleri, <http://www.izocam.com.tr/tr-tr/urunler/yalitim-malzemeleri.aspx>, 10 Mart 2011.
- [70] Holtzhausen, H., J., Embodied Energy and its İmpact on Architectural Decisions, <http://library.witpress.com/pages/PaperInfo.asp?PaperID=17275>, 17 Şubat 2011
- [71] Harputlugil G, U., Çetintürk, N., (2005). "Geleneksel Türk Evi'nde Isıl Konfor Koşullarının Analizi: Safranbolu Hacı Hüseyinler Evi", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der, 20(1): 77-84.

YAPI KABUĞU KESİTLERİ ISI İLETKENLİK KATSAYISI

A-1 Ankara İli İçin Oluşturulan Yapı Kabuğu Kesitleri

Ankara 3. Bölge için tavsiye edilen U değerinde (0,50 W/m²K) oluşturulan düşey yapı kabuğu kesitlerinin katmanları, malzeme bilgileri, yapı elemanı kalınlığı ve ısı iletkenlik değerleri doğrultusunda kesitlerin ısı iletkenlik katsayıları hesaplanmış ve Çizelge A.1'de gösterilmiştir.

Çizelge A.1 Ankara ili yapı kabuğu kesitlerini oluşturan katmanlar ve U değerleri

Kesitler	Yapı Elemanı	Malzeme	Yapı Elemanı Kalınlığı d, m	Isı İletkenlik Hesap Değeri, W/mK	Isı İletkenlik Katsayısı U , W/m ² K
KESİT 1 ANK YALIN TUĞLA T.DUVAR	1/α				0,13
	Dış Siva	Çimento harçlı şap	0,03	0,87	0,034
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,19	0,45	0,422
	İç Siva	Çimento harçlı şap	0,02	0,87	0,023
	1/α				0,04
	R (toplam)				0,650
	U (Toplam)				1,54
KESİT 2 ANK HAVA BOŞLUKLU YALITIMSIZ T. DUVAR	1/α				0,13
	Dış Siva	Çimento harçlı şap	0,03	0,87	0,034
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,135	0,45	0,300
	Hava Boşluğu		0,06	0,25	0,240
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,085	0,45	0,189
	İç Siva	Çimento harçlı şap	0,02	0,87	0,023
	1/α				0,04
	R (toplam)				0,956
U (Toplam)				1,05	

Çizelge A.1 Ankara ili yapı kabuğu kesitlerini oluşturan katmanlar ve U değerleri
(Devam)

Kesitler	Yapı Elemanı	Malzeme	Yapı Elemanı Kalınlığı d, m	Isı İletkenlik Hesap Değeri, W/mK	Isı İletkenlik Katsayısı U, W/m ² K
KESİT 3 ANK DIŞTAN 6 cm EPS YALITIMLI T. DUVAR	1/α				0,13
	Dış Sıva	Çimento harçlı şap	0,03	0,87	0,034
	Yalıtım	Polistren ekspande EPS partiküler köpük	0,06	0,04	1,500
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,19	0,45	0,422
	İç Sıva	Çimento harçlı şap	0,02	0,87	0,023
	1/α				0,04
	R (toplam)				2,150
	U (Toplam)				0,47
KESİT 4 ANK 6 cm EPS YALITIMLI SANDVIÇ T. DUVAR	1/α				0,13
	Dış Sıva	Çimento harçlı şap	0,03	0,87	0,034
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,135	0,45	0,300
	Yalıtım	Polistren ekspande EPS partiküler köpük	0,06	0,04	1,500
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,085	0,45	0,189
	İç Sıva	Çimento harçlı şap	0,02	0,87	0,023
	1/α				0,04
	U (Toplam)				0,45
KESİT 5 ANK HAVA BOŞLUKLU EPS YALITIMLI T. DUVAR	1/α				0,13
	Dış Sıva	Çimento harçlı şap	0,03	0,87	0,034
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,135	0,45	0,300
	Hava Boşluğu		0,06	0,25	0,240
	Yalıtım	Polistren ekspande EPS partiküler köpük	0,05	0,04	1,250
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,085	0,45	0,189
	İç Sıva	Çimento harçlı şap	0,02	0,87	0,023
	U (Toplam)				0,45
KESİT 6 ANK DIŞTAN 6 cm TAŞ YÜNÜ YALITIMLI T. DUVAR	1/α				0,13
	Dış Sıva	Çimento harçlı şap	0,03	0,87	0,034
	Yalıtım	Taş Yünü	0,06	0,035	1,714
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,19	0,45	0,422
	İç Sıva	Çimento harçlı şap	0,02	0,87	0,023
	1/α				0,04
	R (toplam)				2,364
	U (Toplam)				0,42

Çizelge A.1 Ankara ili yapı kabuğu kesitlerini oluşturan katmanlar ve U değerleri
(Devam)

Kesitler	Yapı Elemanı	Malzeme	Yapı Elemanı Kalınlığı d, m	Isı İletkenlik Hesap Değeri, W/mK	Isı İletkenlik Katsayısı U, W/m ² K
KESİT 7 ANK DIŞTAN 6 cm XPS YALITIMLI T. DUVA	1/α				0,13
	Dış Sıva	Çimento harçlı şap	0,03	0,87	0,034
	Yalıtım	Polistren ekstrüde XPS sert köpük	0,06	0,028	2,143
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,19	0,45	0,422
	İç Sıva	Çimento harçlı şap	0,02	0,87	0,023
	1/α				0,04
	R (toplam)				2,793
	U (Toplam)				0,36
KESİT 8 ANK DIŞTAN 6 CM. MANTAR YALITIMLI DUVAR	1/α				0,13
	Dış Sıva	Çimento harçlı şap	0,03	0,87	0,034
	Yalıtım	Mantar	0,06	0,045	1,333
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,19	0,45	0,422
	İç Sıva	Çimento harçlı şap	0,02	0,87	0,023
	1/α				0,04
	R (toplam)				1,983
	U (Toplam)				0,50
KESİT 9 ANK DIŞTAN 6 CM. SELÜLOZİK YALITIMLI DUVAR	1/α				0,13
	Kaplama	Panel Tuğla	0,02	0,45	0,044
	Yalıtım	Selülozik Yalıtım	0,06	0,036	1,667
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,19	0,45	0,422
	İç Sıva	Çimento harçlı şap	0,02	0,87	0,023
	1/α				0,04
	R (toplam)				2,326
	U (Toplam)				0,43
KESİT 10 ANK DIŞTAN 5 cm TAŞ YÜNÜ ALITIMLI T. DUVAR	1/α				0,13
	Dış Sıva	Çimento harçlı şap	0,03	0,87	0,034
	Yalıtım	Taş Yünü	0,05	0,035	1,429
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,19	0,45	0,422
	İç Sıva	Çimento harçlı şap	0,02	0,87	0,023
	1/α				0,04
	R (toplam)				2,078
	U (Toplam)				0,48

Çizelge A.1 Ankara ili yapı kabuğu kesitlerini oluşturan katmanlar ve U değerleri
(Devam)

Kesitler	Yapı Elemanı	Malzeme	Yapı Elemanı Kalınlığı d, m	Isı İletkenlik Hesap Değeri, W/mK	Isı İletkenlik Katsayısı U, W/m ² K
KESİT 11 ANK DIŞTAN 4 cm XPS YALITIMLI T. DUVAR	1/α				0,13
	Dış Sıva	Çimento harçlı şap	0,03	0,87	0,034
	Yalıtım	Polistren ekstrüde XPS sert köpük	0,04	0,028	1,429
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,19	0,45	0,422
	İç Sıva	Çimento harçlı şap	0,02	0,87	0,023
	1/α				0,04
	R (toplam)				2,078
	U (Toplam)				0,48
KESİT 12 ANK DIŞTAN 5 CM. SELÜLOZİK YALITIMLI DUVAR	1/α				0,13
	Kaplama	Panel Tuğla	0,02	0,45	0,044
	Yalıtım	Selülozik Yalıtım	0,05	0,036	1,389
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,19	0,45	0,422
	İç Sıva	Çimento harçlı şap	0,02	0,87	0,023
	1/α				0,04
	R (toplam)				2,049
	U (Toplam)				0,49

A-2 İzmir İli İçin Oluşturulan Yapı Kabuğu Kesitleri

İzmir 1. Bölge için tavsiye edilen U değerinde(0,70 W/m²K) oluşturulan düşey yapı kabuğu kesitlerinin katmanları, malzeme bilgileri, yapı elemanı kalınlığı ve ısı iletkenlik değerleri doğrultusunda kesitlerin ısı iletkenlik katsayıları hesaplanmış ve Çizelge A.2'de gösterilmiştir.

Çizelge A.2 İzmir ili yapı kabuğu kesitlerini oluşturan katmanlar ve U değerleri

Kesitler	Yapı Elemanı	Malzeme	Yapı Elemanı Kalınlığı d, m	Isı İletkenlik Hesap Değeri, W/mK	Isı İletkenlik Katsayısı U W/m ² K
KESİT 1 İZM YALIN TUĞLA T.DUVAR	1/α				0,13
	Dış Sıva	Çimento harçlı şap	0,03	0,87	0,034
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,19	0,45	0,422
	İç Sıva	Çimento harçlı şap	0,02	0,87	0,023
	1/α				0,04
	R (toplam)				0,650
	U (Toplam)				1,54

Çizelge A.2 İzmir ili yapı kabuğu kesitlerini oluşturan katmanlar ve U değerleri (Devam)

Kesitler	Yapı Elemanı	Malzeme	Yapı Elemanı Kalınlığı d, m	Isı İletkenlik Hesap Değeri, W/mK	Isı İletkenlik Katsayısı U W/m ² K
KESİT 2 İZM HAVA BOŞLUKLU YALITIMSIZ T. DUVAR	1/α				0,13
	Dış Sıva	Çimento harçlı şap	0,03	0,87	0,034
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,135	0,45	0,300
	Hava Boşluğu		0,06	0,25	0,240
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,085	0,45	0,189
	İç Sıva	Çimento harçlı şap	0,02	0,87	0,023
	1/α				0,04
	R (toplam)				0,956
	U (Toplam)				1,05
KESİT 3 İZM DIŞTAN 3 cm EPS YALITIMLI T. DUVAR	1/α				0,13
	Dış Sıva	Çimento harçlı şap	0,03	0,87	0,034
	Yalıtım	Polistren ekspande EPS partiküler köpük	0,03	0,04	0,750
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,19	0,45	0,422
	İç Sıva	Çimento harçlı şap	0,02	0,87	0,023
	1/α				0,04
	R (toplam)				1,400
	U (Toplam)				0,71
	KESİT 4 İZM 3 cm EPS YALITIMLI SANDVIÇ T. DUVAR	1/α			
Dış Sıva		Çimento harçlı şap	0,03	0,87	0,034
Tuğla		Düşey delikli tuğla	0,135	0,45	0,300
Yalıtım		Polistren ekspande EPS partiküler köpük	0,03	0,04	0,750
Tuğla		Düşey delikli tuğla	0,085	0,45	0,189
İç Sıva		Çimento harçlı şap	0,02	0,87	0,023
1/α					0,04
R (toplam)					1,466
U (Toplam)					0,68
KESİT 5 İZM HAVA BOŞLUKLU EPS YALITIMLI T. DUVAR	1/α				0,13
	Dış Sıva	Çimento harçlı şap	0,03	0,87	0,034
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,135	0,45	0,300
	Hava Boşluğu		0,06	0,25	0,240
	Yalıtım	Polistren ekspande EPS partiküler köpük	0,02	0,04	0,500
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,085	0,45	0,189
	İç Sıva	Çimento harçlı şap	0,02	0,87	0,023
	1/α				0,04
	R (toplam)				1,456
U (Toplam)				0,69	

Çizelge A.2 İzmir ili yapı kabuğu kesitlerini oluşturan katmanlar ve U değerleri (Devam)

Kesitler	Yapı Elemanı	Malzeme	Yapı Elemanı Kalınlığı d, m	Isı İletkenlik Hesap Değeri, W/mK	Isı İletkenlik Katsayısı U, W/m ² K
KESİT 6 İZM DIŞTAN 3 cm TAŞ YÜNÜ YALITIMLI T. DUVAR	1/α				0,13
	Dış Sıva	Çimento harçlı şap	0,03	0,87	0,034
	Yalıtım	Taş Yünü	0,03	0,035	0,857
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,19	0,45	0,422
	İç Sıva	Çimento harçlı şap	0,02	0,87	0,023
	1/α				0,04
	R (toplam)				1,507
	U (Toplam)				0,66
KESİT 7 İZM DIŞTAN 3 cm XPS YALITIMLI T. DUVAR	1/α				0,13
	Dış Sıva	Çimento harçlı şap	0,03	0,87	0,034
	Yalıtım	Polistren ekstrüde XPS sert köpük	0,03	0,028	1,071
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,19	0,45	0,422
	İç Sıva	Çimento harçlı şap	0,02	0,87	0,023
	1/α				0,04
	R (toplam)				1,721
	U (Toplam)				0,58
KESİT 8 İZM DIŞTAN 3 CM. MANTAR YALITIMLI DUVAR	1/				0,13
	Dış Sıva	Çimento harçlı şap	0,03	0,87	0,034
	Yalıtım	Mantar	0,03	0,045	0,667
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,19	0,45	0,422
	İç Sıva	Çimento harçlı şap	0,02	0,87	0,023
	1/α				0,04
	R (toplam)				1,316
	U (Toplam)				0,76
KESİT 9 İZM DIŞTAN 3 CM. SELÜLOZİK YALITIMLI DUVAR	1/α				0,13
	Kaplama	Panel Tuğla	0,02	0,45	0,044
	Yalıtım	Selülozik Yalıtım	0,03	0,036	0,833
	Tuğla	Düşey delikli tuğla	0,19	0,45	0,422
	İç Sıva	Çimento harçlı şap	0,02	0,87	0,023
	1/α				0,04
	R (toplam)				1,493
	U (Toplam)				0,67

KESİTİ OLUŞTURAN MALZEMELERİN AĞIRLIKLARI

B-1 Ankara 3. Bölge İçin Önerilen U Değerlerine Göre Kesiti Oluşturan Malzemelerin Ağırlıkları

Çizelge B.1 Ankara ili kesitleri oluşturan malzemelerin ağırlıkları

		Malzemenin				Malzemenin Yapıdaki Ağırlığı, Ham Veri Kg
		Yoğunluk Kg/m ³	Kalınlık m	Alan m ²	Hacim m ³	
KESİT 1 ANK YALIN DUVAR	Dış Sıva	1800	0,03	126	3,78	6804
	Delikli Tuğla	1000	0,19	126	23,94	548,1
	İç Sıva	1800	0,02	126	2,52	23940
						4536
KESİT 2 ANK HAVA BOŞLUKLU YALITIMSIZ DUVAR	Dış Sıva	1800	0,03	126	3,78	6804
	Delikli Tuğla	1000	0,135	126	17,01	17010
	Hava Boşluğu					
	Delikli Tuğla	1000	0,085	126	10,71	10710
	İç Sıva	1800	0,02	126	2,52	4536
						39060
KESİT 3 ANK DIŞTAN 6 CM. EPS YALITIMLI DUVAR	Dış Sıva	1800	0,03	126	3,78	6804
	EPS	30	0,06	126	7,56	226,8
	Delikli Tuğla	1000	0,19	126	23,94	23940
	İç Sıva	1800	0,02	126	2,52	4536
						35506,8

Çizelge B.1 Ankara ili kesitleri oluşturan malzemelerin ağırlıkları (Devam)

		Malzemenin				Malzemenin Yapıdaki Ağırlığı, Ham Veri Kg
		Yoğunluk Kg/m ³	Kalınlık m	Alan m ²	Hacim m ³	
KEŞİT 4 ANK 6 CM. EPS YALITIMLI SANDVIÇ DUVAR	Dış Sıva	1800	0,03	126	3,78	6804
	Delikli Tuğla	1000	0,135	126	17,01	17010
	EPS	30	0,06	126	7,56	226,8
	Delikli Tuğla	1000	0,085	126	10,71	10710
	İç Sıva	1800	0,02	126	2,52	4536
						39286,8
KEŞİT 5 ANK HAVA BOŞLUKLU EPS YALITIMLI DUVAR	Dış Sıva	1800	0,03	126	3,78	6804
	Delikli Tuğla	1000	0,135	126	17,01	17010
	Hava Boşluğu					
	EPS	30	0,05	126	6,3	189
	Delikli Tuğla	1000	0,085	126	10,71	10710
	İç Sıva	1800	0,02	126	2,52	4536
						39249
KEŞİT 6 ANK DIŞTAN 6 CM. TAŞYÜNÜ YALITIMLI DUVAR	Dış Sıva	1800	0,03	126	3,78	6804
	TAŞ YÜNÜ	150	0,06	126	7,56	1134
	Delikli Tuğla	1000	0,19	126	23,94	23940
	İç Sıva	1800	0,02	126	2,52	4536
						36414
KEŞİT 7 ANK DIŞTAN 6 CM. XPS YALITIMLI DUVAR	Dış Sıva	1800	0,03	126	3,78	6804
	XPS	35	0,06	126	7,56	264,6
	Delikli Tuğla	1000	0,19	126	23,94	23940
	İç Sıva	1800	0,02	126	2,52	4536
						35544,6
KEŞİT 8 ANK DIŞTAN 6 CM. MANTAR YALITIMLI DUVAR	Dış Sıva	1800	0,03	126	3,78	6804
	MANTAR	145	0,06	126	7,56	1096,2
	Delikli Tuğla	1000	0,19	126	23,94	23940
	İç Sıva	1800	0,02	126	2,52	4536
						36376,2
KEŞİT 9 ANK DIŞTAN 6 CM. SELÜLOZ YALITIMLI DUVAR	Panel Tuğla Kaplama	1000	0,02	126	2,52	2520
	Selüloz Yalıtım	43	0,06	126	7,56	325,08
	Delikli Tuğla	1000	0,19	126	23,94	23940
	İç Sıva	1800	0,02	126	2,52	4536
						31321,08

Çizelge B.1 Ankara ili kesitleri oluşturan malzemelerin ağırlıkları (Devam)

		Malzemenin				Malzemenin Yapıdaki Ağırlığı, Ham Veri Kg
		Yoğunluk Kg/m ³	Kalınlık m	Alan m ²	Hacim m ³	
KESİT 10 ANK DIŞTAN 5 CM. TAŞYÜNÜ YALITIMLI DUVAR	Dış Sıva	1800	0,03	126	3,78	6804
	TAŞ YÜNÜ	150	0,05	126	6,3	945
	Delikli Tuğla	1000	0,19	126	23,94	23940
	İç Sıva	1800	0,02	126	2,52	4536
						36225
KESİT 11 ANK DIŞTAN 4 CM. XPS YALITIMLI DUVAR	Dış Sıva	1800	0,03	126	3,78	6804
	XPS	35	0,04	126	5,04	176,4
	Delikli Tuğla	1000	0,19	126	23,94	23940
	İç Sıva	1800	0,02	126	2,52	4536
						35456,4
KESİT 12 ANK DIŞTAN 5 CM. SELÜLOZ YALITIMLI DUVAR	Panel Tuğla Kaplama	1000	0,02	126	2,52	2520
	Selüloz Yalıtım	43	0,05	126	6,3	270,9
	Delikli Tuğla	1000	0,19	126	23,94	23940
	İç Sıva	1800	0,02	126	2,52	4536
						31266,9

B-2 İzmir 1. Bölge İçin Önerilen U Değerlerine Göre Kesiti Oluşturan Malzemelerin Ağırlıkları

Çizelge B.2 İzmir ili kesitleri oluşturan malzemelerin ağırlıkları

		Malzemenin				Malzemenin Yapıdaki Ağırlığı, Ham Veri Kg
		Yoğunluk Kg/m ³	Kalınlık m	Alan m ²	Hacim m ³	
KESİT 1 İZM YALIN DUVAR	Dış Sıva	1800	0,03	126	3,78	6804
	Delikli Tuğla	1000	0,19	126	23,94	548,1
	İç Sıva	1800	0,02	126	2,52	23940
						4536
KESİT 2 İZM HAVA BOŞLUKLU YALITIMSIZ DUVAR	Dış Sıva	1800	0,03	126	3,78	6804
	Delikli Tuğla	1000	0,135	126	17,01	17010
	Hava Boşluğu					
	Delikli Tuğla	1000	0,085	126	10,71	10710
	İç Sıva	1800	0,02	126	2,52	4536
						39060

Çizelge B.2 İzmir ili kesitleri oluşturan malzemelerin ağırlıkları (Devam)

		Malzemenin				Malzemenin Yapıdaki Ağırlığı, Ham Veri Kg
		Yoğunluk Kg/m3	Kalınlık m	Alan m2	Hacim m3	
KESİT 3 İZM DIŞTAN 3 CM. EPS YALITIMLI DUVAR	Dış Sıva	1800	0,03	126	3,78	6804
	EPS	30	0,03	126	3,78	113,4
	Delikli Tuğla	1000	0,19	126	23,94	23940
	İç Sıva	1800	0,02	126	2,52	4536
						35393,4
KESİT 4 İZM 3CM. EPS YALITIMLI SANDVIÇ DUVAR	Dış Sıva	1800	0,03	126	3,78	6804
	Delikli Tuğla	1000	0,135	126	17,01	17010
	EPS	30	0,03	126	3,78	113,4
	Delikli Tuğla	1000	0,085	126	10,71	10710
	İç Sıva	1800	0,02	126	2,52	4536
						39173,4
KESİT 5 İZM HAVA BOŞLUKLU EPS YALITIMLI DUVAR	Dış Sıva	1800	0,03	126	3,78	6804
	Delikli Tuğla	1000	0,135	126	17,01	17010
	Hava Boşluğu					
	EPS	30	0,02	126	2,52	75,6
	Delikli Tuğla	1000	0,085	126	10,71	10710
	İç Sıva	1800	0,02	126	2,52	4536
						39135,6
KESİT 6 İZM DIŞTAN 3 CM. TAŞYÜNÜ YALITIMLI DUVAR	Dış Sıva	1800	0,03	126	3,78	6804
	TAŞ YÜNÜ	150	0,03	126	3,78	567
	Delikli Tuğla	1000	0,19	126	23,94	23940
	İç Sıva	1800	0,02	126	2,52	4536
						35847
KESİT 7 İZM DIŞTAN 3 CM. XPS YALITIMLI DUVAR	Dış Sıva	1800	0,03	126	3,78	6804
	XPS	35	0,03	126	3,78	132,3
	Delikli Tuğla	1000	0,19	126	23,94	23940
	İç Sıva	1800	0,02	126	2,52	4536
						35412,3

Çizelge B.2 İzmir ili kesitleri oluşturan malzemelerin ağırlıkları (Devam)

		Malzemenin				Malzemenin Yapıdaki Ağırlığı, Ham Veri Kg
		Yoğunluk Kg/m ³	Kalınlık m	Alan m ²	Hacim m ³	
KESİT 8 İZM DIŞTAN 3 CM. MANTAR YALITIMLI DUVAR	Dış Sıva	1800	0,03	126	3,78	6804
	MANTAR	145	0,03	126	3,78	548,1
	Delikli Tuğla	1000	0,19	126	23,94	23940
	İç Sıva	1800	0,02	126	2,52	4536
						35828,1
KESİT 9 İZM DIŞTAN 3 CM. SELÜLOZ YALITIMLI DUVAR	Panel Tuğla Kaplama	1000	0,02	126	2,52	2520
	Selüloz Yalıtım	43	0,03	126	3,78	162,54
	Delikli Tuğla	1000	0,19	126	23,94	23940
	İç Sıva	1800	0,02	126	2,52	4536
						31158,54

YAPI KABUĞU KESİTLERİNİN ÜRETİM AŞAMASINDA ENERJİ ANALİZLERİ

C-1 Ankara İli Yapı kabuğu Üretim Aşaması Enerji Analizleri

Çizelge C.1 Ankara, grup 1 yapı kabuğu kesitlerinin üretim enerjisi analizleri

GRUP 1	Malzeme	Ham Veri Kg	Oluşum Enerjisi MJ/Kg	Enerji Analizi MJ	%
YALIN DUVAR	Dış siva	6804	7,8	53071,20	31,57
	Delikli Tuğla	23940	2,7	64638,00	38,45
	İç Siva	4536	7,8	35380,80	21,05
	Ahşap Doğrama	318	10,8	3434,40	2,04
	Çift Cam	1701	6,8	11566,80	6,88
	Toplam	37299		168091,20	100,00
HAVA BOŞLUKLU YALITIMSIZ DUVAR	Dış siva	6804	7,8	53071,20	29,77
	Delikli Tuğla	17010	2,7	45927,00	25,76
	Hava Boşluğu				
	Delikli Tuğla	10710	2,7	28917,00	16,22
	İç Siva	4536	7,8	35380,80	19,84
	Ahşap Doğrama	318	10,8	3434,40	1,93
	Çift Cam	1701	6,8	11566,80	6,49
	Toplam	41079		178297,20	100

Çizelge C.2 Ankara, grup 2 yapı kabuğu kesitlerinin üretim enerjisi analizleri

GRUP 2	Malzeme	Ham Veri Kg	Oluşum Enerjisi MJ/Kg	Enerji Analizi MJ	%
DIŞTAN 6 CM. EPS YALITIMLI DUVAR	Diş siva	6804	7,8	53071,20	28,01
	Ex. Pol. EPS 6 cm.	226,8	94,4	21409,92	11,30
	Delikli Tuğla	23940	2,7	64638,00	34,11
	İç Siva	4536	7,8	35380,80	18,67
	Ahşap Doğrama	318	10,8	3434,40	1,81
	Çift Cam	1701	6,8	11566,80	6,10
	Toplam	35506,8		189501,12	100
6 CM. EPS YALITIMLI SANDVIÇ DUVAR	Diş siva	6804	7,8	53071,20	26,57
	Delikli Tuğla	17010	2,7	45927,00	23,00
	Ex. Pol. EPS 6 cm.	226,8	94,4	21409,92	10,72
	Delikli Tuğla	10710	2,7	28917,00	14,48
	İç Siva	4536	7,8	35380,80	17,72
	Ahşap Doğrama	318	10,8	3434,40	1,72
	Çift Cam	1701	6,8	11566,80	5,79
Toplam	41305,8		199707,12	100	
HAVA BOŞLUKLU 5 CM. EPS YALITIMLI SANDVIÇ DUVAR	Diş siva	6804	7,8	53071,20	27,06
	Delikli Tuğla	17010	2,7	45927,00	23,42
	Hava Boşluğu				
	Ex. Pol. EPS 5 CM.	189	94,4	17841,60	9,10
	Delikli Tuğla	10710	2,7	28917,00	14,74
	İç Siva	4536	7,8	35380,80	18,04
	Ahşap Doğrama	318	10,8	3434,40	1,75
	Çift Cam	1701	6,8	11566,80	5,90
Toplam	41268		196138,80	100	

Çizelge C.3 Ankara, grup 3 yapı kabuğu kesitlerinin üretim enerjisi analizleri

GRUP 3	Malzeme	Ham Veri Kg	Oluşum Enerjisi MJ/Kg	Enerji Analizi MJ	%
DIŞTAN 6 CM. TAŞYÜNÜ YALITIMLI DUVAR	Diş siva	6804	7,8	53071,20	28,36
	TAŞ YÜNÜ 6 cm.	1134	16,8	19051,20	10,18
	Delikli Tuğla	23940	2,7	64638,00	34,54
	İç Siva	4536	7,8	35380,80	18,91
	Ahşap Doğrama	318	10,8	3434,40	1,84
	Çift Cam	1701	6,8	11566,80	6,18
	Toplam	38433		187142,40	100
DIŞTAN 6 CM. XPS YALITIMLI DUVAR	Diş siva	6804	7,8	53071,20	27,49
	Ex. Pol. XPS 6 cm.	264,6	94,4	24978,24	12,94
	Delikli Tuğla	23940	2,7	64638,00	33,48
	İç Siva	4536	7,8	35380,80	18,33
	Ahşap Doğrama	318	10,8	3434,40	1,78
	Çift Cam	1701	6,8	11566,80	5,99
Toplam	37563,6		193069,44	100	

DIŞTAN 6 CM. MANTAR YALITIMLI DUVAR	Dış siva	6804	7,8	53071,20	29,50
	MANTAR 6 cm.	1096	10,8	11836,80	6,58
	Delikli Tuğla	23940	2,7	64638,00	35,92
	İç Siva	4536	7,8	35380,80	19,66
	Ahşap Doğrama	318	10,8	3434,40	1,91
	Çift Cam	1701	6,8	11566,80	6,43
	Toplam	38395		179928,00	100
DIŞTAN 6 CM. SELÜLOZ YALITIMLI DUVAR	Dış Tuğla Kaplama	2520	2,7	6804,00	5,54
	SELÜLOZ 6 cm.	325,08	3,3	1072,76	0,87
	Delikli Tuğla	23940	2,7	64638,00	52,60
	İç Siva	4536	7,8	35380,80	28,79
	Ahşap Doğrama	318	10,8	3434,40	2,79
	Çift Cam	1701	6,8	11566,80	9,41
	Toplam	33340,08		122896,76	100

Çizelge C.4 Ankara, grup 4 yapı kabuğu kesitlerinin üretim enerjisi analizleri

GRUP 4	Malzeme	Ham Veri Kg	Oluşum Enerjisi MJ/Kg	Enerji Analizi MJ	%
DIŞTAN 5 CM. TAŞYÜNÜ YALITIMLI DUVAR	Dış siva	6804	7,8	53071,20	28,85
	TAŞ YÜNÜ 5 cm.	945	16,8	15876,00	8,63
	Delikli Tuğla	23940	2,7	64638,00	35,14
	İç Siva	4536	7,8	35380,80	19,23
	Ahşap Doğrama	318	10,8	3434,40	1,87
	Çift Cam	1701	6,8	11566,80	6,29
	Toplam	38244		183967,20	100
DIŞTAN 4 CM. XPS YALITIMLI DUVAR	Dış siva	6804	7,8	53071,20	28,73
	Ex. Pol. XPS 4 cm.	176,4	94,4	16652,16	9,01
	Delikli Tuğla	23940	2,7	64638,00	34,99
	İç Siva	4536	7,8	35380,80	19,15
	Ahşap Doğrama	318	10,8	3434,40	1,86
	Çift Cam	1701	6,8	11566,80	6,26
	Toplam	37475,4		184743,36	100,00
DIŞTAN 5CM. SELÜLOZ YALITIMLI DUVAR	Dış Tuğla Kaplama	2520	2,7	6804,00	5,54
	SELÜLOZ 5 cm.	270,9	3,3	893,97	0,73
	Delikli Tuğla	23940	2,7	64638,00	52,67
	İç Siva	4536	7,8	35380,80	28,83
	Ahşap Doğrama	318	10,8	3434,40	2,80
	Çift Cam	1701	6,8	11566,80	9,43
	Toplam	33285,9		122717,97	100

C-2 İzmir İli Yapı kabuğu Üretim Aşaması Enerji Analizleri

Çizelge C.5 İzmir, grup 1 yapı kabuğu kesitlerinin üretim enerjisi analizleri

GRUP 1	Malzeme	Ham Veri Kg	Oluşum Enerjisi MJ/Kg	Enerji Analizi MJ	%
YALIN DUVAR	Dış siva	6804	7,8	53071,20	31,57
	Delikli Tuğla	23940	2,7	64638,00	38,45
	İç Siva	4536	7,8	35380,80	21,05
	Ahşap Doğrama	318	10,8	3434,40	2,04
	Çift Cam	1701	6,8	11566,80	6,88
	Toplam	37299		168091,20	100,00
HAVA BOŞLUKLU YALITIMSIZ DUVAR	Dış siva	6804	7,8	53071,20	29,77
	Delikli Tuğla	17010	2,7	45927,00	25,76
	Hava Boşluğu				
	Delikli Tuğla	10710	2,7	28917,00	16,22
	İç Siva	4536	7,8	35380,80	19,84
	Ahşap Doğrama	318	10,8	3434,40	1,93
	Çift Cam	1701	6,8	11566,80	6,49
	Toplam	41079		178297,20	100

Çizelge C.6 İzmir, grup 2 yapı kabuğu kesitlerinin üretim enerjisi analizleri

GRUP 2	Malzeme	Ham Veri Kg	Oluşum Enerjisi MJ/Kg	Enerji Analizi MJ	%
DIŞTAN 3 CM. EPS YALITIMLI DUVAR	Dış siva	6804	7,8	53071,20	29,68
	Ex. Pol. EPS 3 cm.	113,4	94,4	10704,96	5,99
	Delikli Tuğla	23940	2,7	64638,00	36,15
	İç Siva	4536	7,8	35380,80	19,79
	Ahşap Doğrama	318	10,8	3434,40	1,92
	Çift Cam	1701	6,8	11566,80	6,47
	Toplam	37412,4		178796,16	100
3 CM. EPS YALITIMLI SANDVIÇ DUVAR	Dış siva	6804	7,8	53071,20	28,08
	Delikli Tuğla	17010	2,7	45927,00	24,30
	Ex. Pol. EPS 3 cm.	113,4	94,4	10704,96	5,66
	Delikli Tuğla	10710	2,7	28917,00	15,30
	İç Siva	4536	7,8	35380,80	18,72
	Ahşap Doğrama	318	10,8	3434,40	1,82
	Çift Cam	1701	6,8	11566,80	6,12
Toplam	41192,4		189002,16	100	
HAVA BOŞLUKLU 2 CM. EPS YALITIMLI SANDVIÇ DUVAR	Dış siva	6804	7,8	53071,20	28,62
	Delikli Tuğla	17010	2,7	45927,00	24,77
	Hava Boşluğu				
	Ex. Pol. EPS 2 CM.	75,6	94,4	7136,64	3,85
	Delikli Tuğla	10710	2,7	28917,00	15,59
	İç Siva	4536	7,8	35380,80	19,08
	Ahşap Doğrama	318	10,8	3434,40	1,85
	Çift Cam	1701	6,8	11566,80	6,24
Toplam	41154,6		185433,84	100	

Çizelge C.7 İzmir, grup 3 yapı kabuğu kesitlerinin üretim enerjisi analizleri

GRUP 3	Malzeme	Ham Veri Kg	Oluşum Enerjisi MJ/Kg	Enerji Analizi MJ	%
DIŞTAN 3 CM. TAŞYÜNÜ YALITIMLI DUVAR	Diş siva	6804	7,8	53071,20	29,88
	TAŞ YÜNÜ 3 cm.	567	16,8	9525,60	5,36
	Delikli Tuğla	23940	2,7	64638,00	36,39
	İç Siva	4536	7,8	35380,80	19,92
	Ahşap Doğrama	318	10,8	3434,40	1,93
	Çift Cam	1701	6,8	11566,80	6,51
	Toplam	37866		177616,80	100
DIŞTAN 3 CM. XPS YALITIMLI DUVAR	Diş siva	6804	7,8	53071,20	29,39
	Ex. Pol. XPS 3 cm.	132,3	94,4	12489,12	6,92
	Delikli Tuğla	23940	2,7	64638,00	35,79
	İç Siva	4536	7,8	35380,80	19,59
	Ahşap Doğrama	318	10,8	3434,40	1,90
	Çift Cam	1701	6,8	11566,80	6,41
	Toplam	37431,3		180580,32	100
DIŞTAN 3 CM. MANTAR YALITIMLI DUVAR	Diş siva	6804	7,8	53071,20	30,50
	MANTAR 3 cm.	548,1	10,8	5919,48	3,40
	Delikli Tuğla	23940	2,7	64638,00	37,15
	İç Siva	4536	7,8	35380,80	20,33
	Ahşap Doğrama	318	10,8	3434,40	1,97
	Çift Cam	1701	6,8	11566,80	6,65
	Toplam	37847,1		174010,68	100
DIŞTAN 3 CM. SELÜLOZ YALITIMLI DUVAR	Diş Tuğla Kaplama	2520	2,7	6804,00	5,56
	SELÜLOZ 3 cm.	162,5	3,3	536,25	0,44
	Delikli Tuğla	23940	2,7	64638,00	52,83
	İç Siva	4536	7,8	35380,80	28,92
	Ahşap Doğrama	318	10,8	3434,40	2,81
	Çift Cam	1701	6,8	11566,80	9,45
	Toplam	33177,5		122360,25	100

YAPI KABUĞU KESİTLERİNİN ÜRETİM AŞAMASINDA EMERJİ DEĞERLENDİRMESİ

D-1 Ankara İli Yapı kabuğu Üretim Aşaması Emerji Değerlendirmesi

Çizelge D.1 Ankara, grup 1 yapı kabuğu kesitlerinin üretim emerjisi analizleri

GRUP 1	Malzeme	Ham Veri Kg	Özgül Emerji 10^{12} sej/kg	Emerji Analizi $sej \times 10^{12}$	%
YALIN DUVAR	Dış siva	6804	3,29	22385,16	17,41
	Delikli Tuğla	23940	3,68	88099,20	68,52
	İç Siva	4536	3,29	14923,44	11,61
	Ahşap Doğrama	318	2,4	763,20	0,59
	Çift Cam	1701	1,41	2398,41	1,87
	Toplam	35280		128569,41	100
HAVA BOŞLUKLU YALITIMSIZ DUVAR	Dış siva	6804	3,29	22385,16	15,71
	Delikli Tuğla	17010	3,68	62596,80	43,93
	Hava Boşluğu				
	Delikli Tuğla	10710	3,68	39412,80	27,66
	İç Siva	4536	3,29	14923,44	10,47
	Ahşap Doğrama	318	2,4	763,20	0,54
	Çift Cam	1701	1,41	2398,41	1,68
	Toplam	41079		142479,81	100

Çizelge D.2 Ankara, grup 2 yapı kabuğu kesitlerinin üretim emerjisi analizleri

GRUP 2	Malzeme	Ham Veri Kg	Özgül Emerji 10 ¹² sej/kg	Emerji Analizi sejx10 ¹²	%
DIŞTAN 6 CM. EPS YALITIMLI DUVAR	Dış siva	6804	3,29	22385,16	17,14
	Ex. Pol. EPS 6 cm.	226,8	8,85	2007,18	1,54
	Delikli Tuğla	23940	3,68	88099,20	67,47
	İç Siva	4536	3,29	14923,44	11,43
	Ahşap Doğrama	318	2,4	763,20	0,58
	Çift Cam	1701	1,41	2398,41	1,84
	Toplam	35506,8		130576,59	100
6 CM. EPS YALITIMLI SANDVIÇ DUVAR	Dış siva	6804	3,29	22385,16	15,49
	Delikli Tuğla	17010	3,68	62596,80	43,32
	Ex. Pol. EPS 6 cm.	226,8	8,85	2007,18	1,39
	Delikli Tuğla	10710	3,68	39412,80	27,28
	İç Siva	4536	3,29	14923,44	10,33
	Ahşap Doğrama	318	2,4	763,20	0,53
	Çift Cam	1701	1,41	2398,41	1,66
Toplam	41305,8		144486,99	100	
HAVA BOŞLUKLU 5 CM. EPS YALITIMLI SANDVIÇ DUVAR	Dış siva	6804	3,29	22385,16	15,53
	Delikli Tuğla	17010	3,68	62596,80	43,42
	Hava Boşluğu				
	Ex. Pol. EPS 5 CM.	189	8,85	1672,65	1,16
	Delikli Tuğla	10710	3,68	39412,80	27,34
	İç Siva	4536	3,29	14923,44	10,35
	Ahşap Doğrama	318	2,4	763,20	0,53
	Çift Cam	1701	1,41	2398,41	1,66
	Toplam	41268		144152,46	100

Çizelge D.3 Ankara, grup 3 yapı kabuğu kesitlerinin üretim emerjisi analizleri

GRUP 3	Malzeme	Ham Veri Kg	Özgül Emerji 10 ¹² sej/kg	Emerji Analizi sejx10 ¹²	%
DIŞTAN 6 CM. TAŞYÜNÜ YALITIMLI DUVAR	Dış siva	6804	3,29	22385,16	17,18
	TAŞ YÜNÜ 6 cm.	1134	1,5	1701,00	1,31
	Delikli Tuğla	23940	3,68	88099,20	67,63
	İç Siva	4536	3,29	14923,44	11,46
	Ahşap Doğrama	318	2,4	763,20	0,59
	Çift Cam	1701	1,41	2398,41	1,84
	Toplam	38433		130270,41	100
DIŞTAN 6 CM. XPS YALITIMLI DUVAR	Dış siva	6804	3,29	22385,16	17,10
	Ex. Pol. XPS 6 cm.	264,6	8,85	2341,71	1,79
	Delikli Tuğla	23940	3,68	88099,20	67,30
	İç Siva	4536	3,29	14923,44	11,40
	Ahşap Doğrama	318	2,4	763,20	0,58
	Çift Cam	1701	1,41	2398,41	1,83
	Toplam	37563,6		130911,12	100

DIŞTAN 6 CM. MANTAR YALITIMLI DUVAR	Dış siva	6804	3,29	22385,16	17,06
	MANTAR 6 cm.	1096	2,4	2630,40	2,00
	Delikli Tuğla	23940	3,68	88099,20	67,15
	İç Siva	4536	3,29	14923,44	11,37
	Ahşap Doğrama	318	2,4	763,20	0,58
	Çift Cam	1701	1,41	2398,41	1,83
	Toplam	38395		131199,81	100
DIŞTAN 6 CM. SELÜLOZ YALITIMLI DUVAR	Dış Tuğla Kaplama	2520	3,68	9273,60	7,95
	SELÜLOZ 6 cm.	325,08	3,61	1173,54	1,01
	Delikli Tuğla	23940	3,68	88099,20	75,54
	İç Siva	4536	3,29	14923,44	12,80
	Ahşap Doğrama	318	2,4	763,20	0,65
	Çift Cam	1701	1,41	2398,41	2,06
	Toplam	33340,08		116631,39	100

Çizelge D.4 Ankara, grup 4 yapı kabuğu kesitlerinin üretim emerjisi analizleri

GRUP 4	Malzeme	Ham Veri Kg	Özgöl Emerji 10 ¹² sej/kg	Emerji Analizi sejx10 ¹²	%
DIŞTAN 5 CM. TAŞYÜNÜ YALITIMLI DUVAR	Dış siva	6804	3,29	22385,16	17,22
	TAŞ YÜNÜ 5 cm.	945	1,5	1417,50	1,09
	Delikli Tuğla	23940	3,68	88099,20	67,78
	İç Siva	4536	3,29	14923,44	11,48
	Ahşap Doğrama	318	2,4	763,20	0,59
	Çift Cam	1701	1,41	2398,41	1,85
	Toplam	38244		129986,91	100
DIŞTAN 4 CM. XPS YALITIMLI DUVAR	Dış siva	6804	3,29	22385,16	17,20
	Ex. Pol. XPS 4 cm.	176,4	8,85	1561,14	1,20
	Delikli Tuğla	23940	3,68	88099,20	67,70
	İç Siva	4536	3,29	14923,44	11,47
	Ahşap Doğrama	318	2,4	763,20	0,59
	Çift Cam	1701	1,41	2398,41	1,84
	Toplam	37475,4		130130,55	100
DIŞTAN 5CM. SELÜLOZ YALITIMLI DUVAR	Dış Tuğla Kaplama	2520	3,68	9273,60	7,96
	SELÜLOZ 5 cm.	270,9	3,61	977,95	0,84
	Delikli Tuğla	23940	3,68	88099,20	75,66
	İç Siva	4536	3,29	14923,44	12,82
	Ahşap Doğrama	318	2,4	763,20	0,66
	Çift Cam	1701	1,41	2398,41	2,06
	Toplam	33285,9		116435,80	100

D-2 İzmir İli Yapı kabuğu Üretim Aşaması Emerji Değerlendirmesi

Çizelge D.5 İzmir, grup 1 yapı kabuğu kesitlerinin üretim emerjisi analizleri

GRUP 1	Malzeme	Ham Veri Kg	Özgül Emerji 10 ¹² sej/kg	Emerji Analizi sejx10 ¹²	%
YALIN DUVAR	Dış siva	6804	3,29	22385,16	17,41
	Delikli Tuğla	23940	3,68	88099,20	68,52
	İç Siva	4536	3,29	14923,44	11,61
	Ahşap Doğrama	318	2,4	763,20	0,59
	Çift Cam	1701	1,41	2398,41	1,87
	Toplam	35280		128569,41	100
HAVA BOŞLUKLU YALITIMSIZ DUVAR	Dış siva	6804	3,29	22385,16	15,71
	Delikli Tuğla	17010	3,68	62596,80	43,93
	Hava Boşluğu				
	Delikli Tuğla	10710	3,68	39412,80	27,66
	İç Siva	4536	3,29	14923,44	10,47
	Ahşap Doğrama	318	2,4	763,20	0,54
	Çift Cam	1701	1,41	2398,41	1,68
	Toplam	41079		142479,81	100

Çizelge D.6 İzmir, grup 2 yapı kabuğu kesitlerinin üretim emerjisi analizleri

GRUP 2	Malzeme	Ham Veri Kg	Özgül Emerji 10 ¹² sej/kg	Emerji Analizi sejx10 ¹²	%
DIŞTAN 3 CM. EPS YALITIMLI DUVAR	Dış siva	6804	3,29	22385,16	17,28
	Ex. Pol. EPS 3 cm.	113,4	8,85	1003,59	0,77
	Delikli Tuğla	23940	3,68	88099,20	67,99
	İç Siva	4536	3,29	14923,44	11,52
	Ahşap Doğrama	318	2,4	763,20	0,59
	Çift Cam	1701	1,41	2398,41	1,85
	Toplam	37412,4		129573,00	100
3 CM. EPS YALITIMLI SANDVIÇ DUVAR	Dış siva	6804	3,29	22385,16	15,60
	Delikli Tuğla	17010	3,68	62596,80	43,63
	Ex. Pol. EPS 3 cm.	113,4	8,85	1003,59	0,70
	Delikli Tuğla	10710	3,68	39412,80	27,47
	İç Siva	4536	3,29	14923,44	10,40
	Ahşap Doğrama	318	2,4	763,20	0,53
	Çift Cam	1701	1,41	2398,41	1,67
Toplam	41192,4		143483,40	100	
HAVA BOŞLUKLU 2 CM. EPS YALITIMLI SANDVIÇ DUVAR	Dış siva	6804	3,29	22385,16	15,64
	Delikli Tuğla	17010	3,68	62596,80	43,73
	Hava Boşluğu				
	Ex. Pol. EPS 2 CM.	75,6	8,85	669,06	0,47
	Delikli Tuğla	10710	3,68	39412,80	27,53
	İç Siva	4536	3,29	14923,44	10,43
	Ahşap Doğrama	318	2,4	763,20	0,53
	Çift Cam	1701	1,41	2398,41	1,68
Toplam	41154,6		143148,87	100	

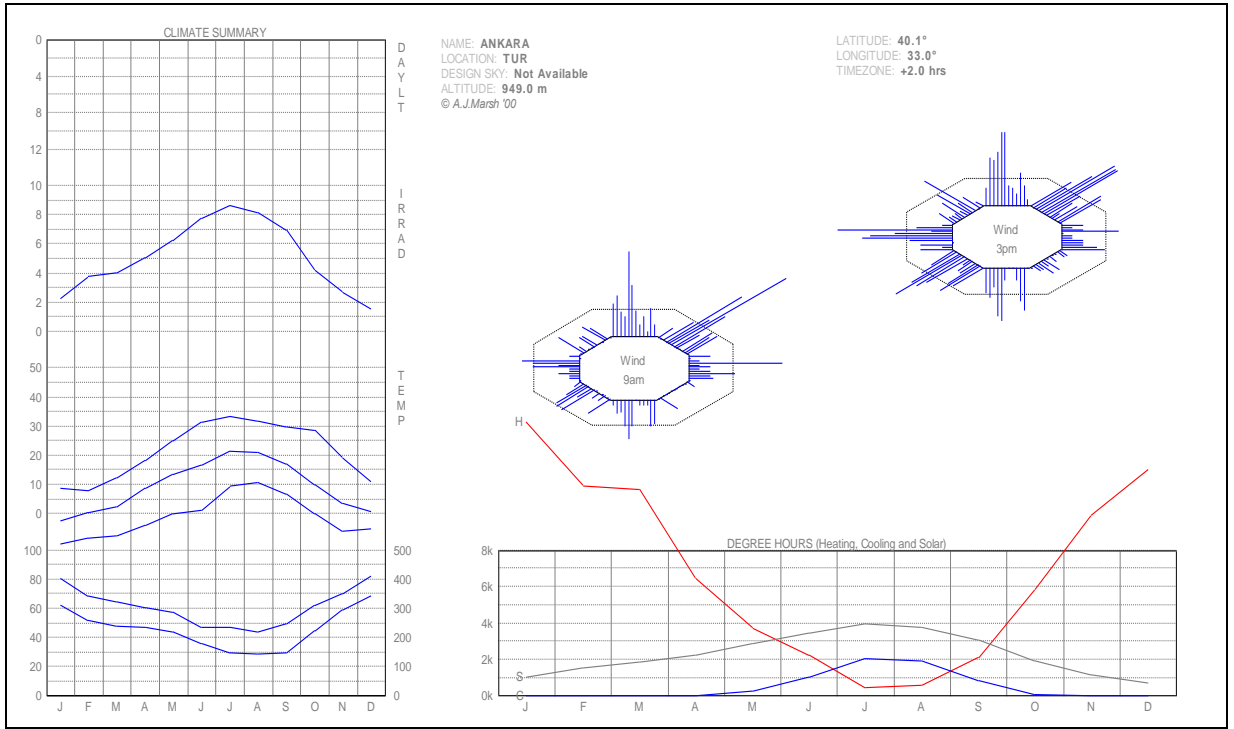
Çizelge D.7 İzmir, grup 3 yapı kabuğu kesitlerinin üretim emerjisi analizleri

GRUP 3	Malzeme	Ham Veri Kg	Özgül Emerji 10 ¹² sej/kg	Emerji Analizi sejx10 ¹²	%
DIŞTAN 6 CM. TAŞYÜNÜ YALITIMLI DUVAR	Dış siva	6804	3,29	22385,16	17,30
	TAŞ YÜNÜ 3 cm.	567	1,5	850,50	0,66
	Delikli Tuğla	23940	3,68	88099,20	68,07
	İç Siva	4536	3,29	14923,44	11,53
	Ahşap Doğrama	318	2,4	763,20	0,59
	Çift Cam	1701	1,41	2398,41	1,85
	Toplam	37866		129419,91	100
DIŞTAN 3 CM. XPS YALITIMLI DUVAR	Dış siva	6804	3,29	22385,16	17,25
	Ex. Pol. XPS 3 cm.	132,3	8,85	1170,86	0,90
	Delikli Tuğla	23940	3,68	88099,20	67,90
	İç Siva	4536	3,29	14923,44	11,50
	Ahşap Doğrama	318	2,4	763,20	0,59
	Çift Cam	1701	1,41	2398,41	1,85
	Toplam	37431,3		129740,27	100
DIŞTAN 3 CM. MANTAR YALITIMLI DUVAR	Dış siva	6804	3,29	22385,16	17,23
	MANTAR 3 cm.	548,1	2,4	1315,44	1,01
	Delikli Tuğla	23940	3,68	88099,20	67,83
	İç Siva	4536	3,29	14923,44	11,49
	Ahşap Doğrama	318	2,4	763,20	0,59
	Çift Cam	1701	1,41	2398,41	1,85
	Toplam	37847,1		129884,85	100
DIŞTAN 3 CM. SELÜLOZ YALITIMLI DUVAR	Dış Tuğla Kaplama	2520	3,68	9273,60	7,99
	SELÜLOZ 3 cm.	162,5	3,61	586,63	0,51
	Delikli Tuğla	23940	3,68	88099,20	75,92
	İç Siva	4536	3,29	14923,44	12,86
	Ahşap Doğrama	318	2,4	763,20	0,66
	Çift Cam	1701	1,41	2398,41	2,07
	Toplam	33177,5		116044,48	100

ANKARA İLİ İKLİMSEL VERİLER**E-1 Ankara İli İklim Verileri**

Çizelge E.1 Ankara ili iklimsel verileri

ANKARA					
Aylar	Bağıl nem 9.00, %	Bağıl nem 15.00, %	Ortalama Sıcaklık	Maksimum Sıcaklık	Minimum Sıcaklık
Ocak	81	62	-2,3	8,8	-10,3
Şubat	69	52	0,5	8,1	-8,1
Mart	65	48	2,5	12,6	-7,3
Nisan	61	47	8,8	18,4	-3,7
Mayıs	58	44	13,6	25,0	0,0
Haziran	47	36	16,9	31,3	1,2
Temmuz	47	30	21,4	33,3	9,8
Ağustos	44	29	21,0	31,7	11,0
Eylül	50	30	17,0	30,0	7,0
Ekim	62	45	10,2	28,6	0,0
Kasım	70	59	3,7	19,2	-6,0
Aralık	82	69	0,8	10,7	-5,2

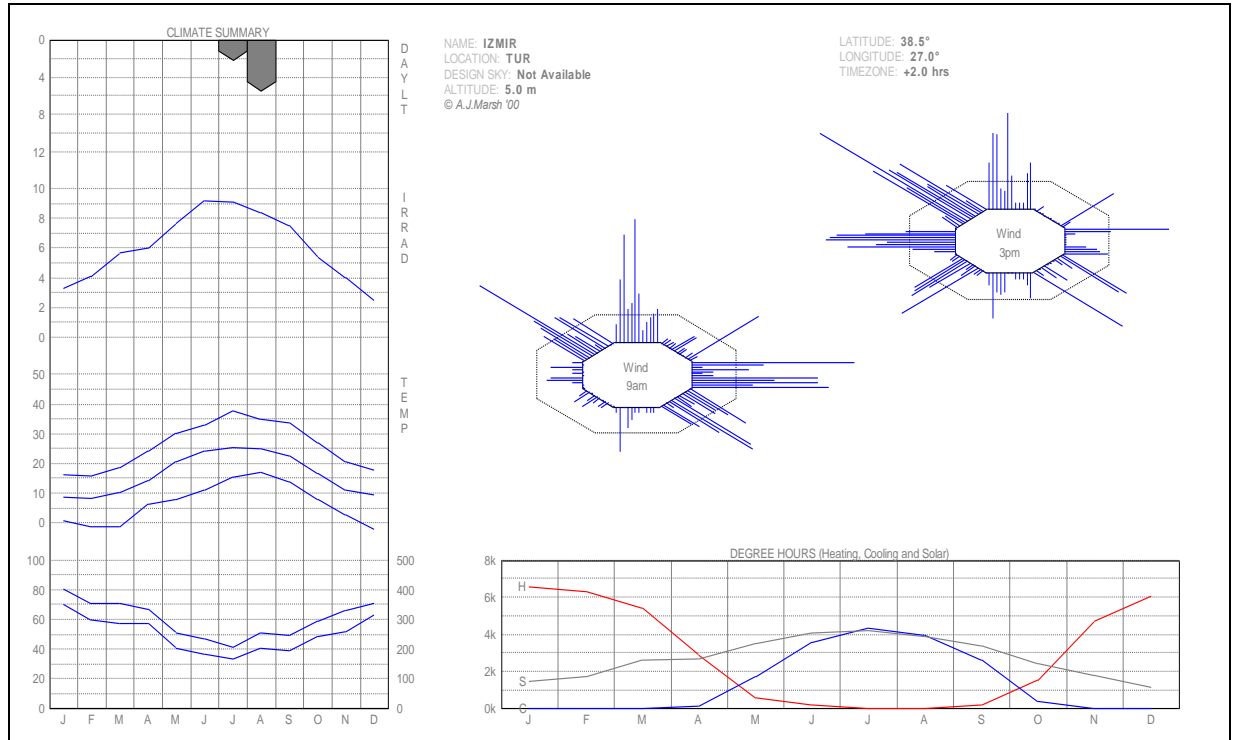


Şekil E.1 Ankara ili aylık iklimsel verileri grafiği

E-2 İzmir İli İklim Verileri

Çizelge E.2 İzmir ili iklimsel verileri

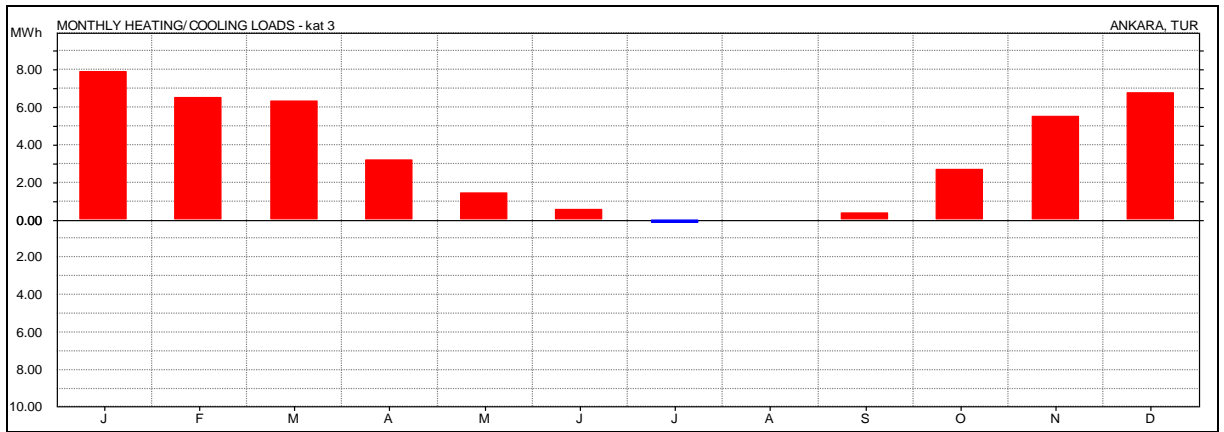
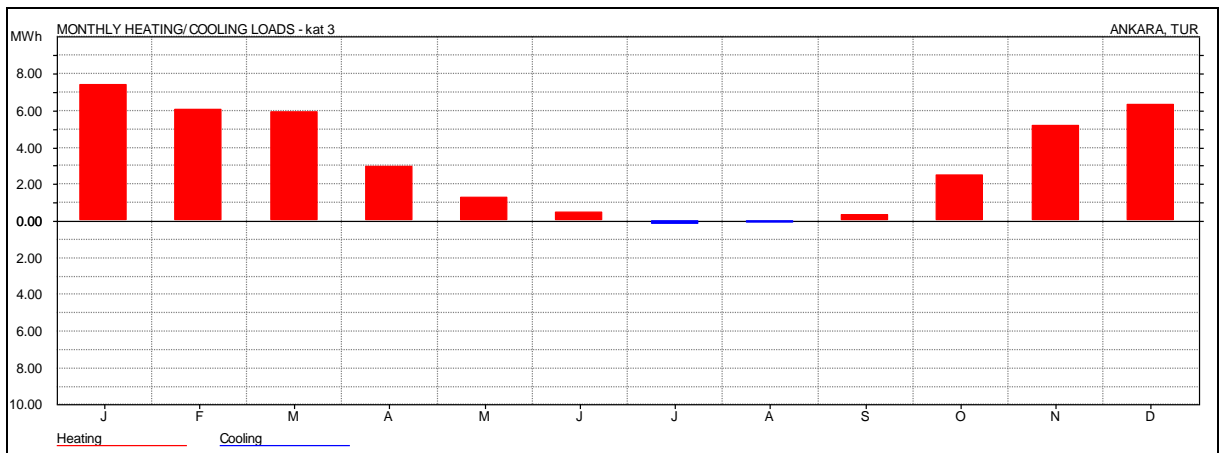
İzmir					
Aylar	Bağıl nem 9.00, %	Bağıl nem 15.00, %	Ortalama Sıcaklık	Maksimum Sıcaklık	Minimum Sıcaklık
Ocak	81	70	8,8	16,2	0,9
Şubat	71	60	8,3	15,9	-1,2
Mart	71	58	10,6	18,8	-1,2
Nisan	67	58	14,3	24,3	6,5
Mayıs	51	41	20,9	30,1	7,9
Haziran	41	37	24,4	33,0	11,3
Temmuz	42	34	25,7	37,7	15,4
Ağustos	51	41	25,3	35,0	17,2
Eylül	50	39	22,9	33,6	14,1
Ekim	59	49	16,9	27,2	8,1
Kasım	66	52	11,4	20,9	3,0
Aralık	71	63	9,7	17,9	-1,8

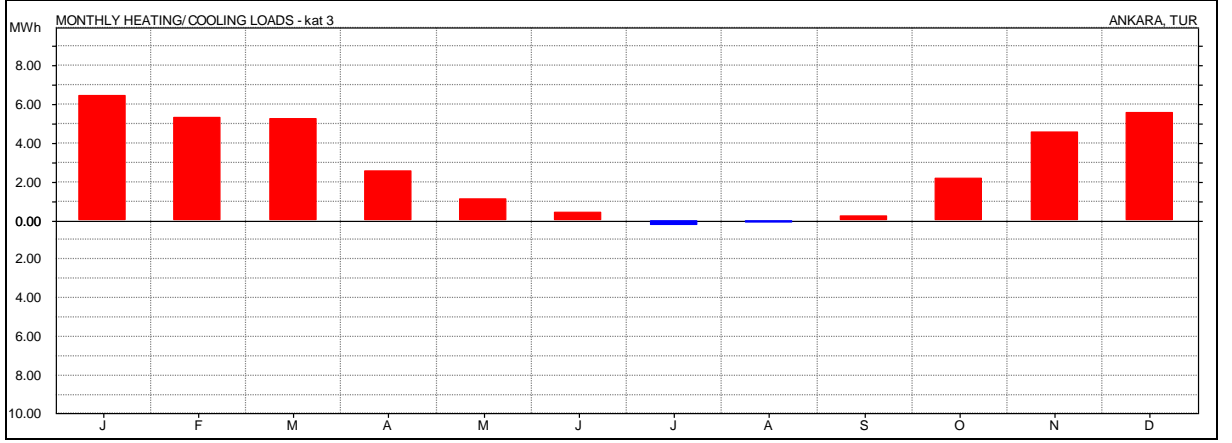


Şekil E.2 İzmir ili aylık iklimsel verileri grafiği

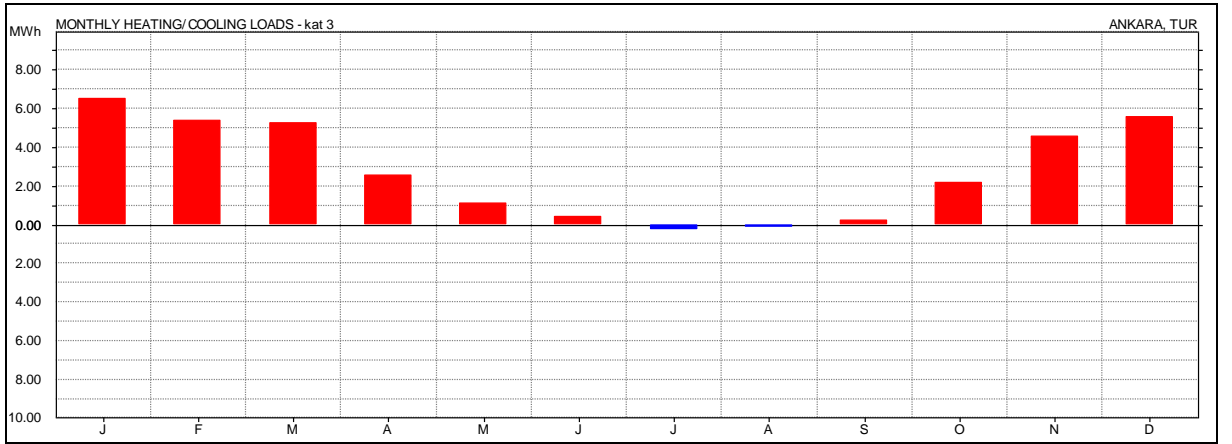
ISITMA-SOĞUTMA YÜKÜ GRAFİKLERİ

F-1 Ankara İli Örnek Hacmin Isıtma- Soğutma Yükü Grafikleri

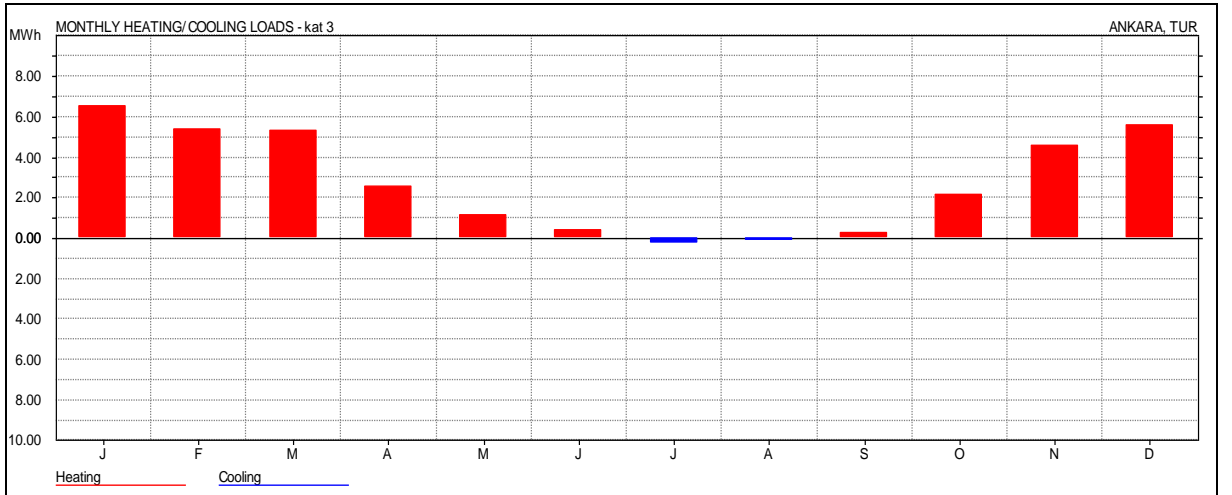
Şekil F.1 Kesit 1_{ANK} yalın duvar ısıtma-soğutma yükü grafiğiŞekil F.2 Kesit 2_{ANK} hava boşluklu yalıtımsız duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği



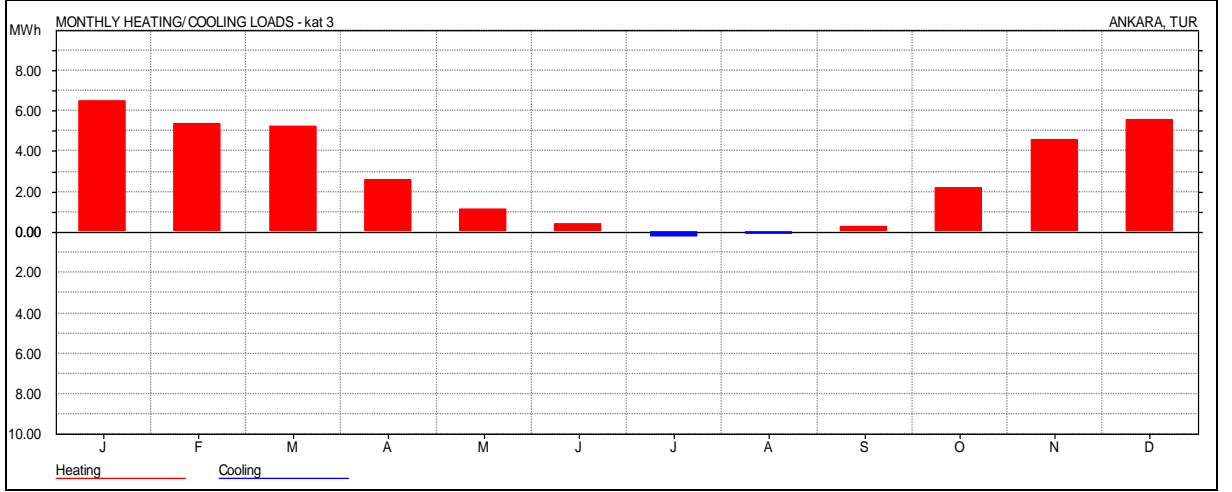
Şekil F.3 Kesit 3_{ANK} dıştan 6cm EPS yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği



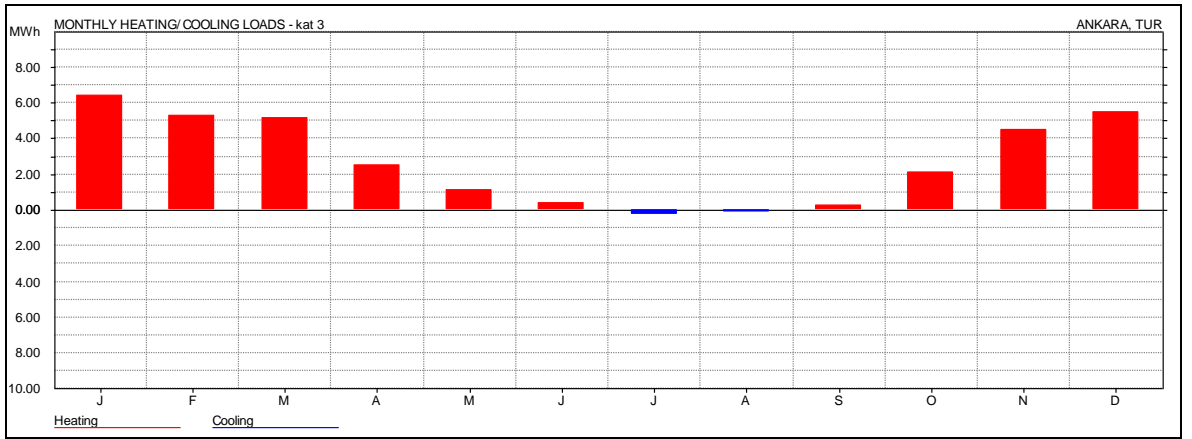
Şekil F.4 Kesit 4_{ANK} 6cm EPS yalıtımlı sandviç duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği



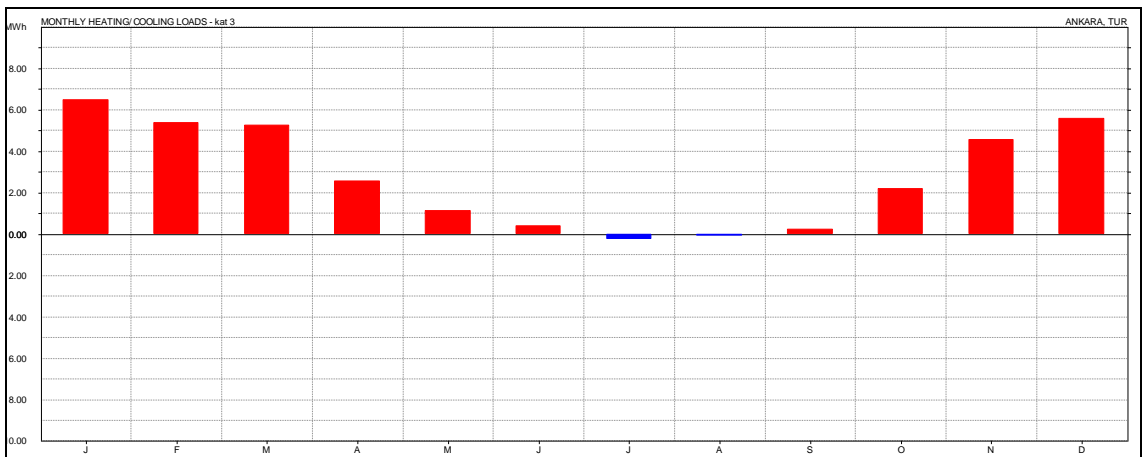
Şekil F.5 Kesit 5_{ANK} hava boşluklu+5cm EPS yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği



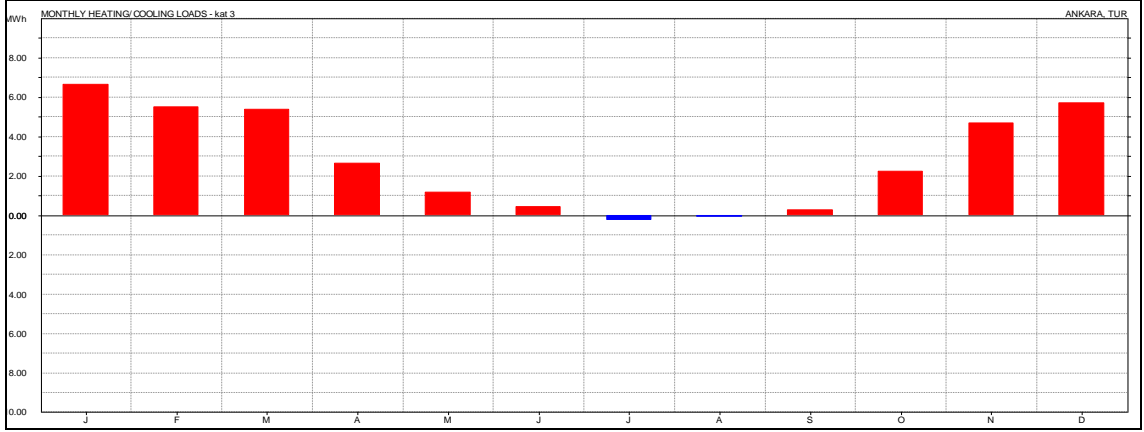
Şekil F.6 Kesit 6_{ANK} dıştan 6cm taşıyıcı yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği



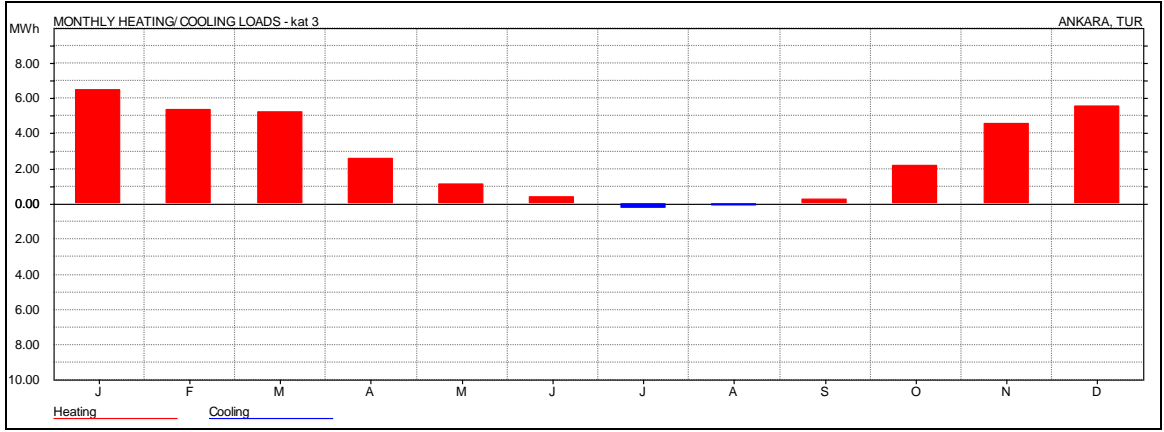
Şekil F.7 Kesit 7_{ANK} dıştan 6cm XPS yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği



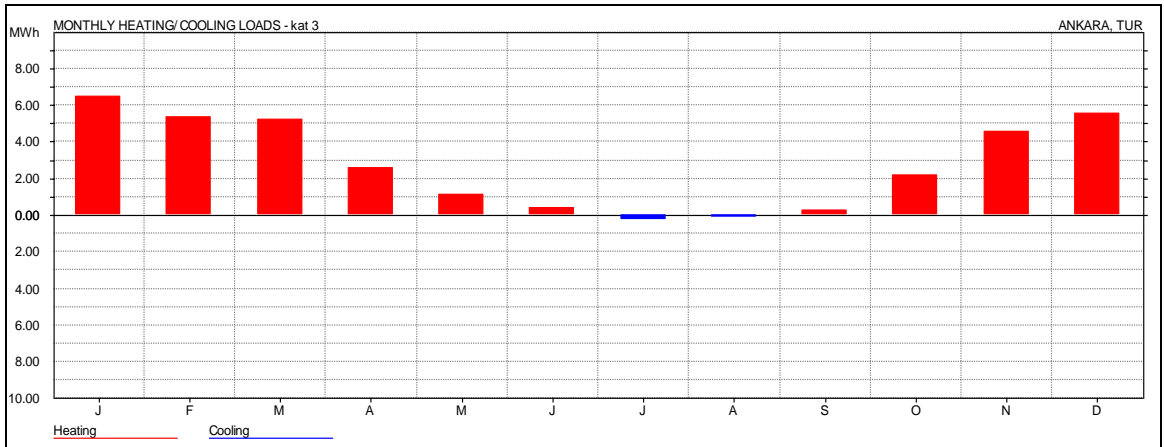
Şekil F.8 Kesit 8_{ANK} dıştan 6cm mantar yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği



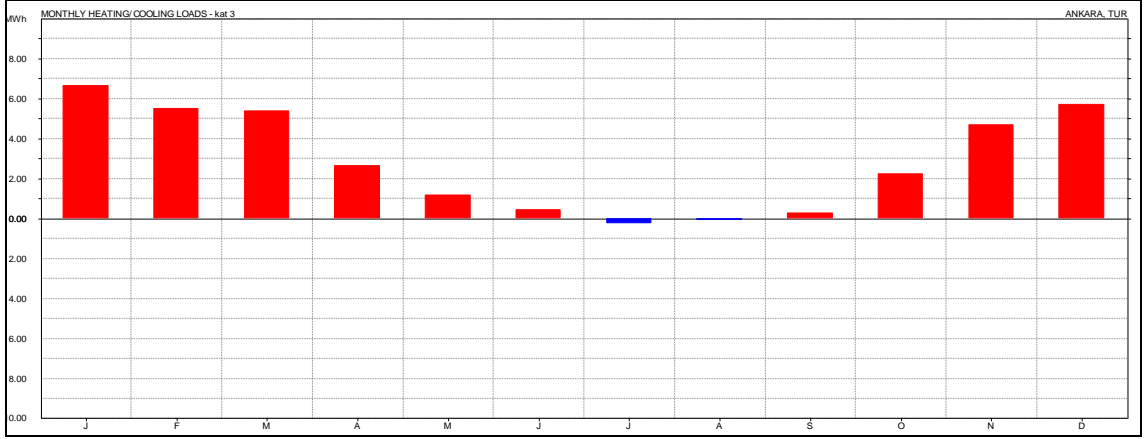
Şekil F.9 Kesit 9_{ANK} dıştan 6cm selülozik yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği



Şekil F.10 Kesit 10_{ANK} dıştan 5cm taşyünü yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği

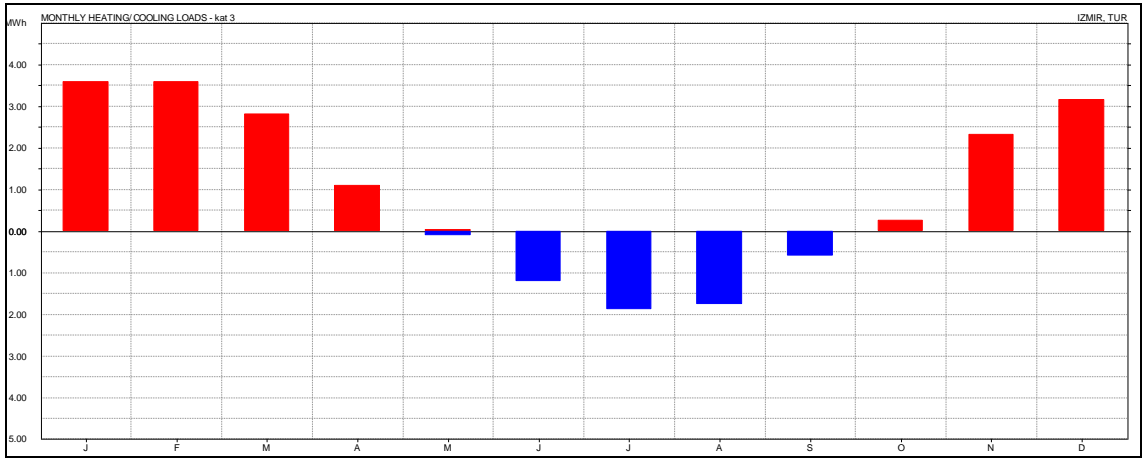


Şekil F.11 Kesit 11_{ANK} dıştan 4cm XPS yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği

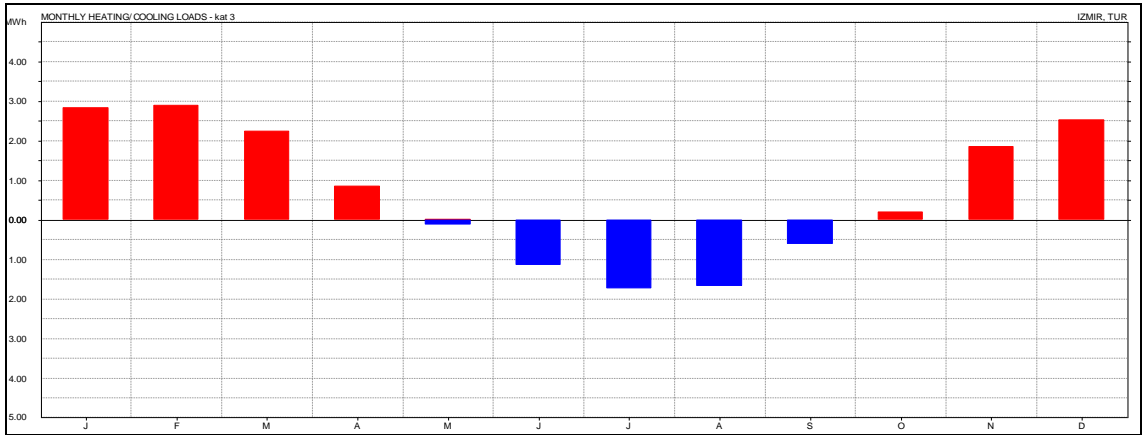


Şekil F.12 Kesit 12_{ANK} dıştan 5cm selülozik yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği

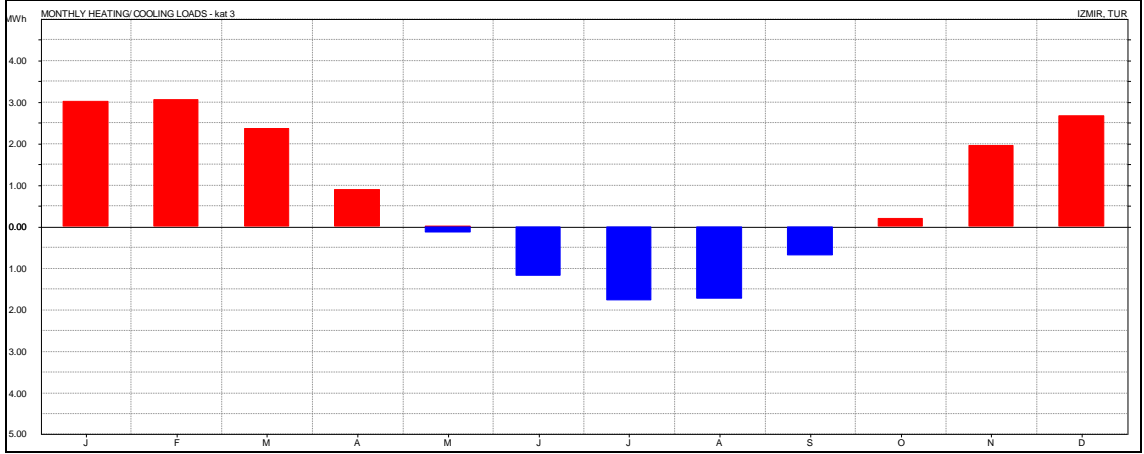
F-2 İzmir İli Örnek Hacmin Isıtma- Soğutma Yükü Grafikleri



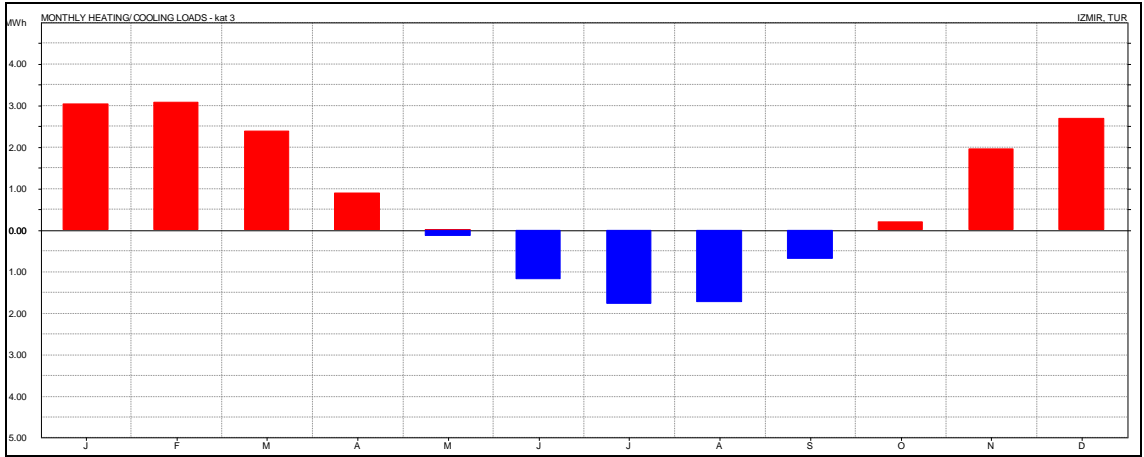
Şekil F.13 Kesit 1_{İZM} yalın duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği



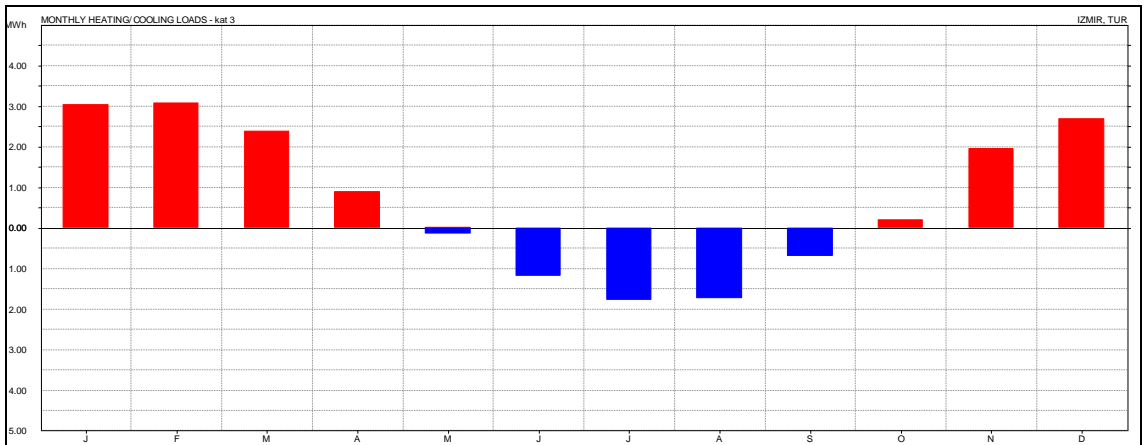
Şekil F.14 Kesit 2_{İZM} hava boşluklu yalıtımsız duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği



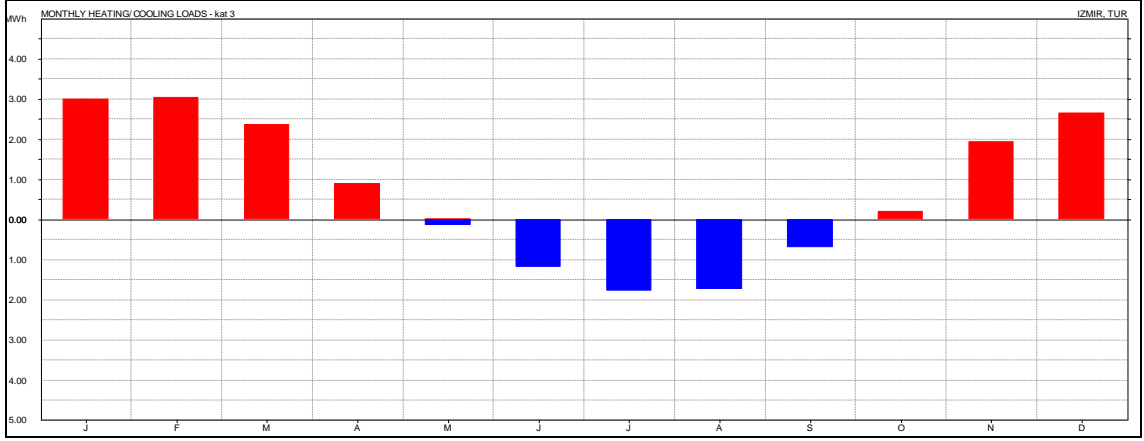
Şekil F.15 Kesit 3_{IZM} dıştan 3cm. eps yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği



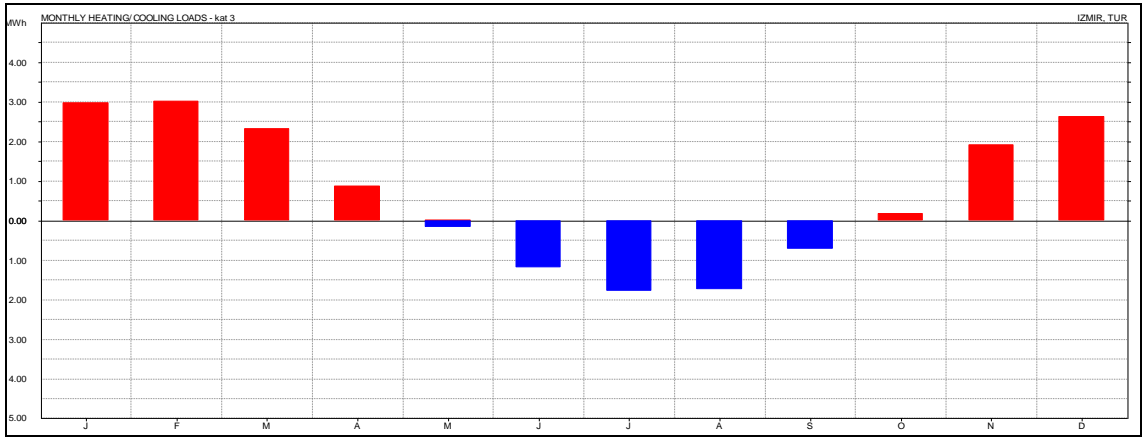
Şekil F.16 Kesit 4_{IZM} 3cm. eps yalıtımlı sandviç duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği



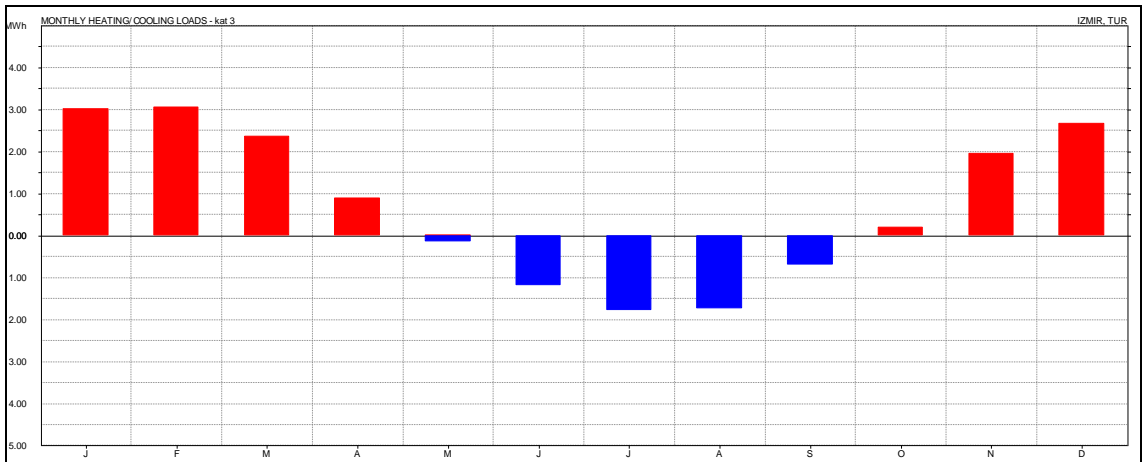
Şekil F.17 Kesit 5_{IZM} hava boşluklu 2cm. eps yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği



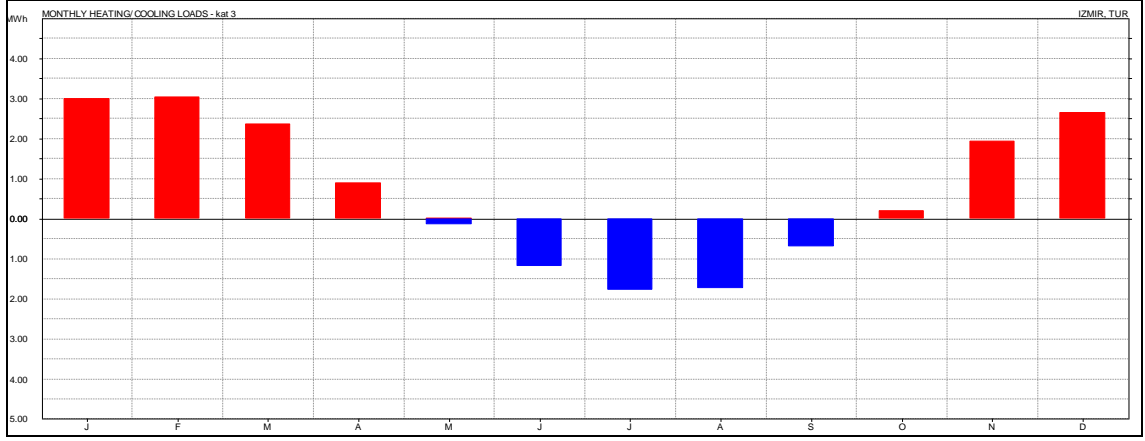
Şekil F.18 Kesit 6_{İZM} dıştan 3cm. taşünü yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği



Şekil F.19 Kesit 7_{İZM} dıştan 3cm. XPS yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği



Şekil F.20 Kesit 8_{İZM} 3cm. mantar yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği

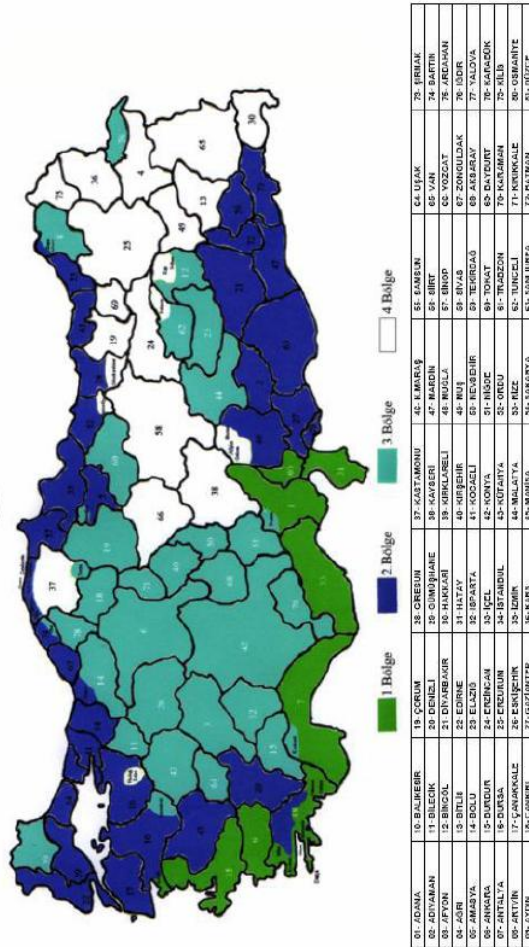


Şekil F.21 İzmir, Kesit 9_{İZM.} selülozik yalıtımlı duvar ısıtma-soğutma yükü grafiği

DERECE GÜN BÖLGELERİ

G-1 Türkiye’de TS 825’e göre, Derece Gün Bölgelerine göre iller

Türkiye dört derece gün bölgesine ayrılmıştır. Şekil G.1’de Türkiye’de TS 825’e göre derece gün bölgelerine göre iller, harita üzerinde gösterilmiştir [71].



Şekil G.1 Türkiye derece gün bölgeleri

G-2 Isıtma ve Soğutma Derece Gün Değerlerine Göre Mekanik Ekipman Çalışma Saatleri

Isıtma ve soğutma için kullanılan Mekanik ekipmanın günlük çalışma saati, ısıtma ve soğutma derece gün değerleri aralıklarına göre, Çizelge G.1’de verilmiştir [25].

Çizelge G.1 Isıtma ve soğutma derece gün değer aralıklarına göre mekanik ekipman çalışma süresi

DDh ve DDc Aralığı	Ekipman Çalışma Saati
DDh > 500	H d= 20 h/d
500 > DDh > 400	H d= 18 h/d
400 > DDh > 300	H d= 16 h/d
300 > DDh > 250	H d= 14 h/d
250 > DDh > 200	H d= 12 h/d
200 > DDh > 150	H d= 10 h/d
150 > DDh > 100	H d= 8 h/d
100 > DDh > 50	H d= 6 h/d
50 > DDh > 30	H d= 4 h/d
DDh < 30	H d= 0 h/d
DDc < 50	H d= 0 h/d
50 < DDc < 100	H d= 4 h/d
100 < DDc < 150	H d= 6 h/d
150 < DDc < 200	H d= 8 h/d
200 < DDc < 250	H d= 10 h/d
250 < DDc < 300	H d= 12 h/d
300 < DDc < 350	H d= 14 h/d
350 < DDc < 400	H d= 16 h/d
DDc > 400	H d= 18 h/d

G-3 Ankara İli, Isıtma –Soğutma Derece-Gün Değerleri

Çizelge G.2 Ankara, ısıtma ve soğutma derece gün değerleri

Ankara Isıtma –Soğutma Derece-Gün Değerleri		
	HDD	CDD
Ocak	554.8	0.0
Şubat	419.1	0.0
Mart	402.2	0.0
Nisan	207.5	0.1
Mayıs	107.1	8.9
Haziran	59.8	36.6
Temmuz	7.6	73.0
Ağustos	8.5	71.2
Eylül	52.8	26.1
Ekim	185.4	3.1
Kasım	353.3	0.0
Aralık	455.7	0.0

G-4 Ankara Isıtma ve Soğutma Derece Gün Değerlerine Göre Mekanik Ekipman

Çalışma Saatleri

Ankara ilinin ısıtma ve soğutma derece gün değerlerine göre, Şekil G.2’de belirlenen aralıklar doğrultusunda, ısıtma ve soğutma için gerekli mekanik ekipmanın çalışma saatleri Çizelge G.3’de belirlenmiştir.

Çizelge G. 3 Ankara, ısıtma ve soğutma derece gün değerlerine göre mekanik ekipman çalışma süresi

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
h_d (saat)	20	18	18	12	8	6	4	4	6	10	16	18

G-5 İzmir İli, Isıtma –Soğutma Derece-Gün Değerleri

Çizelge G.4 İzmir, ısıtma ve soğutma derece gün değerleri

İzmir Isıtma –Soğutma Derece-Gün Değerleri		
	HDD	CDD
Ocak	205.7	0.0
Şubat	201.4	0.0
Mart	161.0	0.2
Nisan	71.1	4.0
Mayıs	10.7	60.8
Haziran	1.7	132.3
Temmuz	0.0	159.9
Ağustos	0.0	144.8
Eylül	2.5	95.0
Ekim	33.6	11.6
Kasım	138.2	0.0
Aralık	179.0	0.0

G-6 İzmir Isıtma ve Soğutma Derece Gün Değerlerine Göre Mekanik Ekipman Çalışma Saatleri

İzmir ili ısıtma ve soğutma derece gün değerlerine göre, Şekil G.2’de belirlenen aralıklar doğrultusunda, ısıtma ve soğutma için gerekli mekanik ekipmanın çalışma saatleri Çizelge G.5’de belirlenmiştir.

Çizelge G. 5 İzmir, ısıtma ve soğutma derece gün değerlerine göre mekanik ekipman çalışma süresi

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
h_d (saat)	12	12	10	6	4	6	8	6	4	0	6	8

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Firuze İlgin ERKMEN
Doğum Tarihi ve Yeri :1963, İstanbul
Yabancı Dili :Fransızca
E-posta :ierkmen@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Yapı Fiziği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2005
Lisans	Mimarlık	Yıldız Üniversitesi	1987
Lise	Fen	Saint Michel Fransız Lisesi	1983

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2004 - halen devam ediyor.	İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü	Uzm. Öğretim Görevlisi
2002-2004	Gusto Mimarlık-Siska İnşaat, İstanbul	Mimarlık ve İç Mimarlık Tasarımı Avan ve Uygulama Projeleri, İmalat Projeleri Şantiye Takibi,
2000-2001	Hakan Kıran Mimarlık, İstanbul	İç Mimarlık Uygulama Projeleri, Şantiye Takibi

1995-2000	LT Mimarlık A.Ş. İstanbul	Mimarlık ve İç Mimarlık Tasarımı, Avan ve Uygulama Projeleri, İmalat Projeleri, Şantiye Takibi, Proje Koordinatörlüğü
1987-1995	İlgin Erkmen Aytaç Mimarlık Mühendislik Bürosu, Zonguldak	Mimari Tasarım Avan ve Uygulama Projeleri Proje Kontrollükleri, TUS
1987-1988	LT Mimarlık A.Ş., İstanbul	Mimari Tasarım
1985-1986	Ümit Onay Mimarlık Bürosu, İstanbul	Staj ve staj sonrası mimari çizim

YAYINLARI

Makale

1. Erkmen, F. İ., Gedik, G. Z. “Örnek Bir Konutun Farklı Yöntemlerle Hesaplanan Soğutma Yüklerinin Karşılaştırılması (Antalya ve Diyarbakır Örneği), İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Yıl:6 Sayı: 11, ISSN 1305-7820, İstanbul, Bahar 2007
2. Erkmen, F.İ., Gedik, G.Z, Sözen, M.Ş. “Sıcak İklim Bölgelerinde Yapıların Soğutma Yüklerinin Karşılaştırılması”, Megaron Mart-Haziran 2006, Y.T.Ü Mimarlık Fakültesi E-Dergisi, Cilt:1, Sayı: 2-3, ISSN 1305-5798, İstanbul, 2006

Bildiri

1. Akpınar, A., Edgü, E., Erkmen, F. İ., “Grup Kimliğine Yönelik Temel Tasarım Stüdyosu Yöntemi” İç Mimarlık Eğitimi, I. Ulusal Kongresi, İTÜ Mimarlık Fakültesi, Taşkılla, İstanbul, 25-26 Ekim 2007
2. Akpınar, A., Edgü, E., Erkmen, F. İ., “Mekan Tasarımı Eğitiminde Süreç İzleme” İç Mimarlık Eğitimi, I. Ulusal Kongresi, İTÜ Mimarlık Fakültesi, Taşkılla, İstanbul, 25-26 Ekim 2007
3. Erkmen, F. İ., Gedik, G. Z., “Üretim ve Yapım Aşamasında Yapı Kabuğunun Çevresel Performansı” Çevre Tasarım Kongresi, YTÜ, İstanbul, 8-9 Aralık 2011

Diğer

1. Erkmen, F.İ., “Sıcak İklim Bölgelerinde Yapıların Soğutma Yüklerinin Karşılaştırılması (Antalya, Diyarbakır Örneği)”, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2005
2. Erkmen, F., İ., “Türkiye’de Sürdürülebilir Mimariye Doğru”, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Müh. ve Tasarım Fakültesi, Küçükalyalı, Konferans, 30 Mart 2011

3. Erkmen, F., İ., "Towards_Sustainable_Architecture_in_Turkey",
[https://elearning.fhsalzburg.ac.at/lms/file.php/577/
Istanbul_Commerce_University/Towards_Sustainable_Architecture_in_Turkey.
pdf](https://elearning.fhsalzburg.ac.at/lms/file.php/577/Istanbul_Commerce_University/Towards_Sustainable_Architecture_in_Turkey.pdf), 16 Mart 2011

Proje

1.

1995-2004 Okmeydanı-Tekno İnşaat Genel Müdürlüğü, İç Mimarlık Projesi
İstanbul – Perpa-Tekno İnşaat Genel Müdürlüğü, İç Mimari Projesi
Nişantaşı-Superfresh Pizza Fast, İç Mimari Projesi ve Mobilya Tasarımları
Etiler-Superfresh Pizza Fast İç Mimari Projesi ve Mobilya Tasarımları
Akmerkez-Tuğra-2, İç Mimari Projesi
Galatasaray-Triko Mısırlı, İç Mimari Projesi
Tuzla-Özgün Evi, Mimari Projesi
Yeşilköy-2 Blok Apartman, Mimari Projesi
Levent-Org Tekstil, İç Mimari Projesi ve Mobilya Tasarımları
Levent-Little Caesars Pizza, İç Mimari Projesi
Tarabya-İntes A25 ve B4 Villa, İç Mimari ve Çevre Tasarımı Projeleri
Metrocity Tanıtım Ofisi, İç Mimari Projesi ve Mobilya Tasarımları
Arnavutköy-Gürel Evi, İç Mimari Projesi
Medico sitesi-Garan Evi, İç Mimari projesi
Kemercountry-Gülerşen Evi, İç Mimari ve Çevre Tasarımı Projesi
Çamlıca-Gantek, İç Mimari Projesi ve Mobilya Tasarımları
Levent Gloria Jeans Cafe, İmalat Projeleri
Levent-Hakan Kıran Ofis, İmalat Projeleri
Hadımköy-Oğuz Mukavva, Ofis Katı, İç Mim. Projesi ve Mobilya Tas.
PizzaHut Atakule, İç Mimari Projesi ve Mobilya Tasarımları
Ulus-Başol Evi, İç Mimari Projesi ve Mobilya Tasarımları

2.

1988-1995, Zonguldak Merkez ve çevre ilçelerinde çeşitli konut projeleri
Zonguldak Zonguldak-İbrahim İlkbahar, Emirgan Oteli Mimari Projesi
Zonguldak Merkez Çarşı Ayşen Belli İşhanı, Mimari Projesi

İsmail Zilan, Zilan İş Hanı, Mimari Projesi
Özcan Nalbantoğlu, Nalbant İş Hanı, Mimari Projesi
Zonguldak Renault Servisi, Mimari Projesi
Akçakoca 4 Adet Fevzi Öztürk Villaları, Mimari projeleri
Turyapı İnşaat-Göbü Villaları, Mimari Projesi
Volkan Halı Saha ve Tesisleri Mimari Projesi

ÖDÜLLERİ

1. 1985 IAESTE - Yurt Dışı Staj Bursu