

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETON ESASLI PREFABRİKE İLKÖĞRETİM BİNALARINDA ISITMA
ENERJİSİNE BAĞLI ENERJİ KAZANIMI, ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE ISITMA
EKONOMİSİ KRİTERLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**DOKTORA TEZİ
Y. Mimar Caner GÖÇER**

Anabilim Dalı : MİMARLIK

Programı : YAPI BİLİMLERİ

ŞUBAT 2006

**BETON ESASLI PREFABRİKE İLKÖĞRETİM BİNALARINDA ISITMA
ENERJİSİNE BAĞLI ENERJİ KAZANIMI, ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE ISITMA
EKONOMİSİ KRİTERLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**DOKTORA TEZİ
Y. Mimar Caner GÖÇER
(502972206)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19 Eylül 2005
Tezin Savunulduğu Tarih : 22 Şubat 2006**

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Bilge IŞIK
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Hakkı ÖNEL (Y.T.Ü.)
Doç.Dr. Murat AYGÜN (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Zerrin YILMAZ (İ.T.Ü.)
Prof. Dr. Halit Yaşa ERSOY (M.S.Ü.)

ŞUBAT 2006

ÖNSÖZ

Eğitim yapılarının değişen eğitim sistemine ve süresine bağlı olarak hızla inşa edilmesi zorunluluğu, prefabrike sistemlerin kullanımını ve bu sistemlerin birçok açıdan geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Sekiz yıllık eğitim sistemimde yaklaşık 300.000 derslik kapasiteli eğitim yapılarının yapımı söz konusu olmakta ve enerji tüketimini çok az düzeyde azaltacak bir çözümün geliştirilmesiyle yapı toplamında büyük oranda enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Bu çalışmada yapı kabuğunun büyük bir yüzdesini oluşturan dış duvarların betonarme prefabrike sistemlerle oluşturulması durumunda olası sistemlerin duvar tiplerinin problem noktalarına ait ısıtma enerjisi etkinlik değerlerine bağlı olarak, enerji kazanımı, çevre kirliliği ve ısıtma ekonomisi bakımından değerlendirmeler yapılmıştır. Betonun ısı geçirgenlik direncinin düşük oluşu ve prefabrike sistemlerde birleşimlerde meydana gelen ısı köprüleri büyük miktarda enerji kayıplarına neden olmaktadır. Özellikle ülkemizde prefabrikasyonun gerektiği düzeyde disiplinler arası bir çalışma şekline sahip olmayışı prefabrike sistemlerin birleşim yerlerinde ısı kayıplarına neden olan çözümlerin uygulandığı gerçeğini ortaya koymaktadır.

Tez çalışmam sırasında değerli katkılarıyla beni yönlendiren, cesaretlendiren ve olanaklarını sunan danışman hocam Doç. Dr. Bilge IŞIK'a, tez izleme sınavları esnasında birçok kez biraraya gelip görüşleriyle beni aydınlatan Prof. Hakkı ÖNEL ile Doç. Dr. Murat AYGÜN'e, kirlitici emisyonları hesap yöntemi konusunda bana yardımcı olan Prof. Dr. Olcay TUNAY'a, prefabrikasyonun üretim olanakları ile uygulamalar konusunda beni bilgilendiren GÖK İnşaat genel müdürü Günkut BARKA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Manevi desteğiyle her zaman yanımda olan sevgili eşim Alev ERARSLAN'a, tecrübelerini bana sürekli aktaran Deniz POLAT'a, bugünlere gelene kadar her anımda sevgi, anlayış ve hoşgörülerini eksik etmeyen anne ve babama teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tez çalışmamın önemli bir sürecinde sunduğu burs olanağıyla bana maddi bakımdan büyük katkı sağlayan Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği'ne teşekkürlerimi sunarım.

Eylül, 2005

Caner GÖÇER

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç	1
1.2. Kapsam	2
1.3. Varsayım	3
1.4. Yöntem	4
2. PREFABRİKE YAPIM SİSTEMLERİNİN TÜRKİYE’DE UYGULANAN SEKİZ YILLIK İLKÖĞRETİM BİNALARINA UYGULANABİLİRLİĞİ	6
2.1. İlköğretim Yapıları ve Gereksinimler	6
2.1.1. İlköğretim Yapılarının Gelişimi	7
2.1.1.1. İlköğretim Yapılarının Dünyadaki Gelişimi	7
2.1.1.2. İlköğretim Yapılarının Türkiye’deki Gelişimi	10
2.1.2. Sekiz Yıllık Temel Eğitim Projesi	12
2.1.2.1. İlköğretim Ortamı	13
2.1.2.2. Tasarım İlkeleri	13
2.2. İlköğretim Yapılarının Prefabrike Yapım Sistemleri ile Yapımında Olanakların İncelenmesi	18
2.2.1. Genel Yarar	18
2.2.2. İskelet Sistemler	19
2.2.3. Panel Sistemler	20
2.2.4. Hücre Sistemler	20
2.3. Prefabrike Yapım Sistemlerinin İlköğretim Binaları İle Uygulanabilirliğine İlişkin Kriterlerin Değerlendirilmesi	21
2.3.1. Bina Tasarımı Bakımından Değerlendirme	21
2.3.2. Malzeme Bakımından Değerlendirme	23
2.4. Bölüm Sonucu	26
3. BETON ESASLI PREFABRİKE DIŞ DUVAR SEÇENEKLERİNİN SINIFLANDIRILMASI VE ISITMA ENERJİSİ BAKIMINDAN ETKİNLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	28
3.1. Beton Esaslı Prefabrike Dış Duvar Elemanlarının Genel Sınıflandırılması	28
3.2. Eğitim Yapılarının Yapımında Kullanılacak Beton Esaslı Dış Duvar Seçenekleri	30
3.3. Seçeneklerin Isıtma Enerjisi Bakımından Etkinlik Kriterlerinin Belirlenmesi	32
3.3.1. Enerji Etkinlik Kavramı	32

3.3.2. Dış Kabuk Elemanlarının Isı Yüklerine Bağlı Değerlendirme Kriterleri	34
3.3.2.1. Doğal Çevreye Bağlı Etkenler	34
3.3.2.2. Yapay Çevreye Bağlı Etkenler	34
3.3.3. Dış Duvar Elemanlarının Performans Kriterleri	35
3.4. Dış Duvarın Isıtma Enerjisi Bakımından Etkinliğinin Denetlenmesinde Problem Noktalarının Belirlenmesi	37
3.5. Isıtma Enerjisi Etkinliğe Bağlı Bina Tipolojilerinin ve Dış Duvar Seçeneklerinin Belirlenmesi	39
3.5.1. Bina Tipolojilerinin Belirlenmesi	39
3.5.2. Dış Duvar Seçeneklerinin Belirlenmesi	40
4. SEÇENEKLERİN ENERJİ TÜKETİMİNİN HESAPLANMASI VE ISITMA ENERJİSİ ETKİNLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	46
4.1. Seçeneklerin Isı Yüklerinin Hesaplanması	49
4.1.1. Bilgisayar Programı	50
4.1.2. Bilgisayar programı Girdileri	50
4.1.3. Hesap Sonuçları	51
4.2. Seçeneklerin Isıtma Enerjisi Tüketiminin Değerlendirilmesi	57
4.2.1. Bina Ölçeğinde Değerlendirme	57
4.2.1.1. Cephe Düzenleme Gurubuna Bağlı Değerlendirme	57
4.2.1.2. Panel Genişliği Gurubuna Bağlı Değerlendirme	58
4.2.1.3. Taşıyıcılık Gurubuna Bağlı Değerlendirme	59
4.2.1.4. Genel Değerlendirme	59
4.2.2. Tüm Bina Tipolojileri Ölçeğinde Değerlendirme	61
4.2.2.1. Cephe Düzenleme Gurubuna Bağlı Değerlendirme	62
4.2.2.2. Panel Genişliği Gurubuna Bağlı Değerlendirme	63
4.2.2.3. Taşıyıcılık Gurubuna Bağlı Değerlendirme	63
4.2.2.4. Genel Değerlendirme	64
5. SEÇENEKLERE AİT ATMOSFERİK KİRLETİCİ EMİSYONLARININ HESAPLANMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ	72
5.1. Atmosferik Kirlenme	73
5.2. Seçeneklere Ait Kirlenme Emisyonlarının Hesaplanması	77
5.2.1. Yakıt Türlerinin Belirlenmesi	77
5.2.2. Emisyonların Hesaplanması	78
5.3. Guruplara Bağlı Değerlendirme	88
5.3.1. Cephe Düzenleme Gurubuna Bağlı Değerlendirme	88
5.3.2. Panel Genişliği Gurubuna Bağlı Değerlendirme	89
5.3.3. Taşıyıcılık Gurubuna Bağlı Değerlendirme	89
5.3.4. Genel Değerlendirme	89
6. SEÇENEKLERİN ENERJİ ETKİNLİĞİNE BAĞLI OLARAK ISITMA ENERJİSİ MALİYETİ BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ	91
6.1. Seçeneklerin Toplam Isıtma Enerjisi Maliyetlerinin Hesaplanması	91
6.2. Seçeneklerin Isıtma Enerjisi Ekonomisinin Değerlendirilmesi	94
6.2.1. Cephe Düzenleme Gurubuna Bağlı Değerlendirme	94
6.2.2. Panel Genişliği Gurubuna Bağlı Değerlendirme	95
6.2.3. Taşıyıcılık Gurubuna Bağlı Değerlendirme	95
6.2.4. Genel Değerlendirme	96
7. SEÇENEKLERİN ENERJİ KAZANIMI, ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE EKONOMİ KRİTERLERİNE GÖRE FAYDA DEĞERİNİN ANALİZİ	98
7.1. Fayda Değeri Analizi	98

7.1.1. Değer Kriterlerinin Belirlenmesi	99
7.1.2. Değer Kriterlerinin Değerlendirilmesi	99
7.2. Değerlendirme Kriterlerine Bağlı Seçeneklerin Toplam	
Fayda Değerinin Bulunması	101
7.2.1. Önemlilik Derecesinin Belirlenmesi	103
7.2.2. Aralıklı Ölçek Sistemi ile Seçenek	
Değerinin Yarar Puanına Dönüşümü	105
7.2.2.1. Enerji Kazanımına İlişkin Yarar Puanının Belirlenmesi	105
7.2.2.2. Çevre Kirliliğine İlişkin Yarar Puanının Belirlenmesi	105
7.2.2.3. Ekonomi Kriterine İlişkin Yarar Puanının Belirlenmesi	106
7.2.3. Fayda Değeri Analizi	107
7.3. Karşılaştırma ve Seçim	114
8. SONUÇLAR	116
KAYNAKLAR	119
EKLER	124
ÖZGEÇMİŞ	164

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1	Dünyada İlköğretim Binalarının Yapısal Gelişimi 9
Tablo 3.1	Milli Eğitim Bakanlığı'nın Belirlemiş Olduğu Sekiz Yıllık İlköğretim Binalarının Büyüklüklerine İlişkin Bilgiler 39
Tablo 3.2	T1 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Tanımlama Tablosu 44
Tablo 4.1	T1 Kodlu Binanın Seçeneklerine Ait 2. İklim Bölgesi İçin m ² Başına Düşen Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı ve Etkinlik Yüzdeleri 52
Tablo 4.2	T2 Kodlu Binanın Seçeneklerine Ait 2. İklim Bölgesi İçin m ² Başına Düşen Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı ve Etkinlik Yüzdeleri 53
Tablo 4.3	T3 Kodlu Binanın Seçeneklerine Ait 2. İklim Bölgesi İçin m ² Başına Düşen Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı ve Etkinlik Yüzdeleri 54
Tablo 4.4	T4 Kodlu Binanın Seçeneklerine Ait 2. İklim Bölgesi İçin m ² Başına Düşen Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı ve Etkinlik Yüzdeleri 55
Tablo 4.5	T5 Kodlu Binanın Seçeneklerine Ait 2. İklim Bölgesi İçin m ² Başına Düşen Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı ve Etkinlik Yüzdeleri 56
Tablo 4.6	İklim Bölgelerine Bağlı Olarak T1 Kodlu Binanın Isıtma Enerjisi Tüketim Değerleri ve Etkinlik Yüzdeleri 60
Tablo 4.7	Isı Köprüsüz İdeal Panel Seçeneklerine Ait Öğrenci Başına Düşen Yıllık Toplam Isıtma Enerjisi Tüketimi 66
Tablo 4.8	Derz Bünyesinde Isı Köprüsüne Sahip Panel Seçeneklerine Ait Öğrenci Başına Düşen Yıllık Toplam Isıtma Enerjisi Tüketimi 67
Tablo 4.9	Panel Bünyesinde Isı Köprüsüne Sahip Seçeneklere Ait Öğrenci Başına Düşen Yıllık Toplam Isıtma Enerjisi Tüketimi 68
Tablo 5.1	Atmosferik Kirlenmede Önemli Olaylar 74
Tablo 5.2	Doğalgazın Diğer Yakıt türleri ile İçeriğinin Karşılaştırılması 77
Tablo 5.3	T5 Kodlu Binanın Cephe Seçeneklerine Ait Isıtma Sistemi Doğalgaz Yakıt Tüketim Değerleri 80
Tablo 5.4	T5 Kodlu Binanın Cephe Düzenleme Seçeneklerine Bağlı Yıllık Kirlenici Emisyon Oranları 82
Tablo 5.5	T5 Kodlu Binanın Panel Genişliğine Bağlı Yıllık Kirlenici Emisyon Oranları 83
Tablo 5.6	T5 Kodlu Binanın Panel Taşıyıcılığına Bağlı Yıllık Kirlenici Emisyon Oranları 84
Tablo 6.1	T5 Kodlu Binanın Cephe Seçeneklerinin Bina Kullanım Ömrü Boyunca Toplam Isıtma Enerjisi Maliyet Değerleri 93
Tablo 7.1	Problem Noktalarına Bağlı Olarak Seçeneklerin Enerjisi Kazanımı, Çevre Kirliliği Ve Ülke Ekonomisi Bakımından Toplam Fayda Değerinin Hesaplanabilmesine İlişkin Süreç Yaklaşımı 102
Tablo 7.2	Amaç Kriterlerine Bağlı Temel Ölçütler 103

Tablo 7.3	Temel Ölçütlere Bağlı önemlilik derece değerleri	104
Tablo 7.4	Enerji Kazanımı Kriterine Bağlı Seçenek Değerlerinin Aralıklı Ölçek Sisteminde Yarar Puanı Değişim Aralığı	105
Tablo 7.5	Çevre Kirliliği Kriterine Bağlı Seçenek Değerlerinin Aralıklı Ölçek Sisteminde Yarar Puanı Değişim Aralığı	106
Tablo 7.6	Ekonomi Kriterine Bağlı Seçenek Değerlerinin Aralıklı Ölçek Sisteminde Yarar Puanı Değişim Aralığı	107
Tablo 7.7	Aralıklı Ölçek Skalasında Amaç Kriterlerine Bağlı Seçeneklerin Yararlılık Düzeyi	108
Tablo 7.8	Enerji Kazanımı Kriteri Ölçütünün Ağırlıklı Olması Durumunda Seçeneklerin Fayda Değerleri	109
Tablo 7.9	Çevre Kirliliği Kriteri Ölçütünün Ağırlıklı Olması Durumunda Seçeneklerin Fayda Değerleri	110
Tablo 7.10	Ekonomi Kriteri Ölçütünün Ağırlıklı Olması Durumunda Seçeneklerin Fayda Değerleri	111
Tablo 7.11	Tüm Kriterlerin Eşit Ağırlıkta Olması Durumunda Seçeneklerin Fayda Değerleri	112
Tablo 7.12	Tüm Amaç Kriterlerinin Önemlilik Derecelerine Göre Fayda Değeri	113
Tablo C.1	T1 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı	159
Tablo C.2	T2 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı	160
Tablo C.3	T3 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı	161
Tablo C.4	T4 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı	162
Tablo C.5	T5 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı	163

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1	Isıtma Enerjisi Bakımından Etkinliğin Değerlendirilmesinde Genel Süreç	4
Şekil 1.2	Isıtma Enerjisi Etkinliğin Değerlendirilmesinde Genel Süreç Girdi ve Çıktıları	4
Şekil 1.3	Problem Noktalarına Bağlı Olarak Seçeneklerin Amaç Kriterine Bağlı Fayda Değerinin Hesaplanabilmesine İlişkin Süreç	5
Şekil 2.1	1, 2 ve 3 Derslikli Tip Köy İlkokulu	11
Şekil 2.2	5 Derslikli Tip Köy İlkokulu	11
Şekil 2.3	10 Derslikli Tip Şehir-Kasaba İlkokulu	12
Şekil 2.4	Koridorlu Plan Şemaları	16
Şekil 2.5	Avlulu Plan Şemaları	17
Şekil 2.6	Küme Plan Şemaları	17
Şekil 2.7	İlköğretim Binalarındaki Öğretim Mekanları ile Servis ve Sirkülasyon Mekan Guruplarının 120 cm 'lik Planlama Modülüne Göre Tasarlanması	23
Şekil 2.8	Eğitim Yapılarının Üretiminde Kullanılabilecek Prefabrike Dış Duvar Seçenek Kesitleri	26
Şekil 3.1	Beton Esaslı Prefabrike Cephe Panellerinde Isıl Performansı Etkileyen Problem Noktaları	38
Şekil 3.2. a)	Yatay Etkiye Sahip Cephe Düzeni	40
Şekil 3.2. b)	Düşey Etkiye Sahip Cephe Düzeni	41
Şekil 3.2. c)	Yatay-Düşey Etkiye Sahip Cephe Düzeni	41
Şekil 3.2. d)	Düz Etkiye Sahip Cephe Düzeni	41
Şekil 3.3	Panel Genişliğine Bağlı Alt Gurup Elemanları	42
Şekil 3.4	Panel Taşıyıcılığına Bağlı Alt Gurup Elemanları	42
Şekil 3.5	Panel Bünyesinde Isı Köprüsüne Sahip Panel Seçeneği	45
Şekil 4.1	Isıtma Enerjisi Bakımından Etkinliğin Değerlendirilmesinde Genel Süreç	47
Şekil 4.2	Isıtma Enerjisi Bakımından Etkinliğin Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım	48
Şekil 4.3	İdeal Panel Seçeneklerine Ait Öğrenci Başına Düşen Yıllık Toplam Isıtma Enerjisi Tüketimi	69
Şekil 4.4	Derz Bünyesinde Isı Köprüsüne Sahip Seçeneklere Ait Öğrenci Başına Düşen Yıllık Toplam Isıtma Enerjisi Tüketimi	70
Şekil 4.5	Panel Bünyesinde Isı Köprüsüne Sahip Panel Seçeneklerine Ait Öğrenci Başına Düşen Yıllık Toplam Isıtma Enerjisi Tüketimi	71
Şekil 5.1	T5 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Karbondioksit (CO ₂) Emisyonları	85
Şekil 5.2	T5 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Kükürtdioksit (SO ₂) Emisyonları	85
Şekil 5.3	T5 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Azotoksit (NO) Emisyonları	86

Şekil 5.4	T5 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Karbonmonoksit (CO) Emisyonları	86
Şekil 5.5	T5 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Partikül Madde (PM) Emisyonları	87
Şekil 5.6	T5 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Toplam Organik Madde (TOM) Emisyonları	87
Şekil 6.1	İdeal Seçeneklerin İdeal Seçeneklere Oranla Bina Kullanım Ömrü Boyunca Ek Isıtma Maliyet Yüzdeleri	96
Şekil 6.2	Derzlerde Isı Köprüsüne Sahip Seçeneklerin En İdeal Seçeneklere Oranla Bina Kullanım Ömrü Boyunca Ek Isıtma Maliyet Yüzdeleri	97
Şekil 6.3	Panellerde Isı Köprüsüne Sahip Seçeneklerin En İdeal Seçeneklere Oranla Bina Kullanım Ömrü Boyunca Ek Isıtma Maliyet Yüzdeleri	97
Şekil A.1	1 Nolu Türkiye Örneği	125
Şekil A.2	2 Nolu Türkiye Örneği	126
Şekil A.3	3 Nolu Türkiye Örneği	127
Şekil A.4	4 Nolu Türkiye Örneği	128
Şekil A.5	5 Nolu Türkiye Örneği	129
Şekil A.6	6 Nolu Türkiye Örneği	130
Şekil A.7	1 Nolu Almanya Örneği	131
Şekil A.8	2 Nolu Almanya Örneği	132
Şekil A.9	3 Nolu Almanya Örneği	133
Şekil A.10	4 Nolu Almanya Örneği	134
Şekil A.11	5 Nolu Almanya Örneği	135
Şekil A.12	1 Nolu Amerika Örneği	136
Şekil A.13	2 Nolu Amerika Örneği	137
Şekil A.14	3 Nolu Amerika Örneği	138
Şekil A.15	4 Nolu Amerika Örneği	139
Şekil A.16	1 Nolu Fransa Örneği	140
Şekil A.17	2 Nolu Fransa Örneği	141
Şekil A.18	3 Nolu Fransa Örneği	142
Şekil A.19	4 Nolu Fransa Örneği	143
Şekil A.20	5 Nolu Fransa Örneği	144
Şekil A.21	6 Nolu Fransa Örneği	145
Şekil A.22	7 Nolu Fransa Örneği	146
Şekil A.23	8 Nolu Fransa Örneği	147
Şekil A.24	9 Nolu Fransa Örneği	148
Şekil A.25	10 Nolu Fransa Örneği	149
Şekil A.26	11 Nolu Fransa Örneği	150

SEMBOL LİSTESİ

T	: Bina tipolojisi
Q	: Isıtma enerjisi miktarı
1/Δ	: Su buharı difüzyon direnci
1/Λ	: Isı geçirgenlik direnci
1/Δ	: Su buharı difüzyon direnci
1/Λ	: Isı geçirgenlik direnci
CO₂	: Karbondioksit
SO₂	: Kükürtdioksit
NO_x	: Azotoksit
CO	: Karbonmonoksit
PM	: Partikül madde
TOM	: Toplam organik madde
M₁	: Seçeneğe ait yıllık ısıtma enerjisi maliyeti
M₂	: İdeal seçeneğe ait yıllık ısıtma enerjisi maliyeti
M_{B1}	: Doğalgaz birim fiyatı
M_{B2}	: Isı yalıtımı malzeme maliyeti
V₁	: Seçeneğe ait yıllık doğalgaz tüketim değeri
V₂	: İdeal Seçeneğe ait yıllık doğalgaz tüketim değeri
A	: Seçeneğe ait ısı köprüsü alanı
T_i	: Aylık ortalama iç sıcaklık
T_d	: Dış sıcaklık
nh	: Hava değişim katsayısı
ri, gi	: Gölgeleme katsayıları
h	: Bina yüksekliği
A_n	: Binanın kullanım alanı
A_t	: Binanın döşeme alanı
AT	: Binanın tavan alanı
A_p	: Binanın pencere alanı
AD	: Toplam dış duvar alanı
V_{brüt}	: Binanın hacmi
d	: Yapı elemanı kalınlığı
Hh	: Havalandırma yolu ile gerçekleşen ısı kaybı
H	: Yapının özgül ısı kaybı
KKO	: Kazanç kullanım oranı

BETON ESASLI PREFABRİKE İLKÖĞRETİM BİNALARINDA ISITMA ENERJİSİNE BAĞLI ENERJİ KAZANIMI ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE ISITMA EKONOMİSİ KRİTERLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Değişen eğitim sistemine ve süresine bağlı olarak eğitim yapılarının hızla inşa edilmesi zorunluluğu, prefabrike sistemlerin kullanımını ve bu sistemlerin birçok açıdan geliştirilmesi gereğini ortaya koymaktadır. Eğitim yapılarının beton esaslı prefabrike sistemlerle yapılması durumunda üretim maliyeti, hızı ve yapım kolaylıklarına ilişkin sistemlerin değerlendirilmesi zorunluluğunun yanında, sistemlere ait kabuk bileşenlerinin ısıtma enerjisi kapsamında etkinliğinin değerlendirilmesi, problem noktalarının belirlenmesi ve çözüm önerilerinin sunulması gerekmektedir. Sekiz yıllık eğitim sistemimde yaklaşık 300.000 derslik kapasiteli eğitim yapılarının yapımı söz konusu olmakta ve ısıtma enerjisi tüketimini çok az düzeyde azaltacak bir çözümün geliştirilmesiyle bile yapı toplamında büyük oranda enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Yapı kabuğunun büyük bir yüzdesini oluşturan dış duvarların betonarme prefabrike sistemlerle oluşturulması durumunda olası sistemlerin duvar tiplerinin problem noktalarının ısıtma enerjisi bakımından etkinlik, kirlletici emisyonları ve ısıtma enerjisi tüketim maliyetleri verilerine bağlı olarak değerlendirmelerin yapılması bu çalışmanın ana konusunu oluşturmaktadır. Çünkü betonun ısı geçirgenlik direncinin düşük oluşu ve prefabrike sistemlerde birleşimlerde meydana gelen ısı köprüleri büyük miktarda enerji kayıplarına neden olmakta ; bunun sonucunda da binanın yaşam dönemi maliyetleri artmaktadır. Bunlara ek olarak, yüksek yakıt tüketimi nedeniyle karbondioksit emisyonlarının artması çevre kirliliğine neden olmaktadır. Bu nedenle bina tasarımında ısıtma enerjisi bakımından etkin sistemlerin araştırılması ve çözümlerin geliştirilmesi zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Enerji etkinlik kavramı, en az enerji, işgücü, malzeme ve sermaye ile çözüme ulaşmayı hedeflemektedir. Özellikle ülkemizde prefabrikasyonun gerektiği düzeyde disiplinler arası bir çalışma şekline sahip olmayışı prefabrike sistemlerin birleşim yerlerinde ısı kayıplarına neden olan çözümlerin uygulandığı gerçeğini ortaya koymaktadır.

Çalışmanın birinci bölümünde ısıtma enerjisi bakımından etkinliğin değerlendirilmesindeki genel süreç ile genel sürece ilişkin girdi ve çıktı kriterleri ortaya konulmuştur. Ayrıca çalışmanın amacı, kapsamı, varsayımları ve yöntemi kısaca açıklanmıştır. Isıtma enerjisi bakımından etkinliğin değerlendirilmesindeki genel süreç adımlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz :

- Gereksinme
- Olanaklar
- Problem noktaları
- Çözüm yaklaşımı
- Çözüm

İkinci bölümde prefabrike yapım sistemlerinin Türkiye’de uygulanan sekiz yıllık ilköğretim yapılarına uygulanabilirliğine ilişkin yapı tipolojilerinin gereksinim kriterleri, prefabrike yapım sistemleri ile yapımda olanakların incelenmesi ve prefabrike yapım

sistemlerinin ilköğretim binalarına uygulanabilirliğine ilişkin kriterlerin değerlendirilmesi konuları incelenmiştir.

Üçüncü bölümde genel olarak beton esaslı prefabrike dış duvar seçeneklerinin sınıflandırılması ve ısıtma enerjisi bakımından etkinliğin değerlendirilmesine ilişkin problem noktaları ortaya koyulmuştur. Öncelikle beton esaslı prefabrike dış duvar elemanlarının genel sınıflandırılması ve eğitim yapılarının yapımında kullanılacak beton esaslı dış duvar seçenekleri belirlenmiştir. Daha sonra seçeneklere ait ısıtma enerjisi etkinlik kriterleri belirlenmiş ve dış duvarın bu kriterlere göre denetlenmesinde problem noktaları ortaya koyulmuştur. Bölüm sonucunda bina tipolojileri ve bunlara bağlı olarak dış duvar seçenekleri belirlenmiştir. Beş bina tipolojisine bağlı olarak değerlendirilecek dış duvar seçenekleri genel gruplar ve genel gruplara bağlı alt gruplar düzeninde sıralanmıştır.

Bina taşıyıcı sistem düzeni olarak adlandırılan genel grup, yatay etki, düşey etki, yatay-düşey etki ve düz etki olmak üzere dört alt guruba ayrılmıştır. Genişliğe bağlı genel grup dar, orta boy ve geniş olmak üzere üç farklı alt guruba sahiptir. Taşıyıcılığa bağlı genel grup da kendini taşıyan, taşınan ve taşıyıcı olmak üzere üç farklı alt guruba sahiptir. Prefabrike dış duvar panellerinde enerji etkinliği değiştiren temel kriterlere göre de her alt grup seçeneğine bağlı olarak iki problemlili ve bir ideal seçenektir oluşan üçlü duruma bağlı kombinasyonlar oluşturulmuştur.

Dördüncü bölümde dış duvar seçeneklerinin ısıtma enerjisi tüketiminin hesaplanması ve değerlendirmesi yapılmıştır. Değerlendirme tek bina ölçeğinde ve tüm bina tipolojileri ölçeğinde yapılmıştır.

Beşinci bölümde seçeneklerin atmosferik kirlenici emisyonlarının hesaplanması ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Cephe düzenine, panel genişliğine ve taşıyıcılığa bağlı olarak oluşturulan seçeneklere ait kirlenici emisyonlarının değerlendirilmesinde bina taşıyıcı sistem elemanlarının tamamen örtüldüğü "ön konumlu", derzlerde ve panel bünyelerinde ısı yalıtımının kesintisiz uygulandığı cephe panelleri en düşük ısıtma enerjisi tüketim değeriyle minimum düzeyde kirlenici emisyonlarına sahiptir.

Altıncı bölümde seçeneklerin ısıtma enerjisi tüketimine bağlı olarak ısıtma enerjisi maliyeti bakımından değerlendirmesi yapılmıştır. Hesaplamalar kırk yıl olarak kabul edilen bina kullanım ömrü boyunca oluşan ısıtma enerjisi tüketim maliyetleri olarak düşünülmüş ve değerlendirmeler bu verilere göre yapılmıştır. Karşılaştırmalar ise ideal seçeneklere oranla problemlili seçeneklerin ek maliyet yüzdeleri üzerinden yapılmıştır.

Yedinci bölümde seçeneklerin enerji kazanımı, çevre kirliliği, ve ekonomi kriterlerine göre fayda değerinin analizi yapılmıştır. Öncelikle belirlenen amaç kriterlerine göre seçenek değerleri belirlenerek amaç kriterlerine bağlı seçenek değerleri ortaya koyulmuştur. Daha sonra amaç kriterlerinin önemlilik derecesi belirlenmiştir. Aralıklı ölçek sistemi ile seçenek değerinin yarar puanı belirlenmiş ve buna bağlı olarak seçeneklerin önemlilik derecesine göre ağırlık değeri belirlenerek, her amaç kriterlerinin ağırlık değeri toplanmış ve seçeneğe ait toplam fayda değeri bulunmuştur. Seçeneklerin fayda değerleri dört farklı önemlilik durumuna göre yapılmıştır.

Sekizinci bölümde ise çalışmada varılan sonuçlar özetlenmiştir.

EVALUATION OF ENERGY GAINS, POLLUTION AND HEATING ECONOMY CRITERIA RELATED TO THE HEATING ENERGY OF PREFABRICATED, CONCRETE-BASED ELEMENTARY SCHOOL BUILDINGS

SUMMARY

The necessity quickly build educational buildings due to the changes in the education system and education periods punctuates the necessity of using prefabricated systems and development in these systems in many aspects. In case educational buildings are made via concrete based prefabricated systems, systems regarding production costs, speed and building eases should be evaluated along with the evaluation of heating energy efficiency of the external components of such systems, determination of problematic points and presentation of solution proposals. Eight year primary education requires the construction of educational structures with over 300,000 classrooms in total and even the minimum level of decrease in the energy consumption shall provide high degrees of energy savings in total.

In case the external coverings which is highly made of external walls, are made of concrete prefabricated systems, evaluation of problematic points of wall types of possible systems in view of energy efficiency, pollution emissions and heating energy consumption costs is the main subject of this study. Because, the low heat permeability resistance of concrete and the heat bridges occurring in the joints of the prefabricated systems cause great energy losses; and thus active costs of the building increase. Additionally, increase in carbon dioxide emissions due to high fuel consumption causes pollution. Therefore researching energy efficient systems and developing solutions has become necessary. Energy efficiency concept aims to find solution in minimum energy, labor, capital and material. Especially the lack of interdisciplinary studies required by prefabrication in our country, reveals that solutions that result in heat losses in joints of prefabricated systems are used.

The first chapter of the study general process in evaluation of heating energy efficiency and input out criteria regarding said process are revealed. Also, aim and scope of the study is briefly explained. General process steps in energy efficiency can be listed as below:

- Requirement
- Possibilities
- Problem Points
- Solution Approach
- Solution

The second chapter focuses into requirement criteria of structure typologies regarding feasibility of prefabricated construction systems in the eight year elementary school buildings as well as evaluation of possibilities in construction, and evaluation of the criteria for feasibility of prefabricated construction systems in elementary school buildings.

Third chapter generally reveals the problem points in the classification of concrete based prefabricated external wall options and evaluation of heating energy efficiency. Primarily general classification of concrete based prefabricated external wall elements and external wall options to be used in the construction of educational structures have been determined. Thereafter, heating energy efficiency criteria for the options have been determined and problem points in inspection of energy efficiency of the outer wall have been discussed. At the end of the chapter, building typologies and related external wall options have been listed. External wall options to be evaluated related to the building typology has been classified in general groups and sub groups under those general groups.

The general group called structure bearing system setup has been divided into four subgroups namely; horizontal effect, vertical effect, horizontal-vertical effect and straight effect. Width based general group consists of three subgroups named, narrow, average and wide subgroups. General group related to bearing is divided into self bearing, borne and bearing subgroups. Regarding to the basic criteria the change heating energy efficiency in prefabricated external wall panels combinations depending on triple conditions consisting of one ideal and two problematic options in relation to every subgroup.

The fourth chapter includes calculation and evaluation for energy consumption of external wall options. Evaluation of heating energy consumptions of the options has been made on single building scale and in all building typologies scale.

The fifth chapter is devoted to calculation and evaluation of atmospheric pollutant emissions of the options. In evaluation of the pollutant emissions of the options established according to the surface layout, panel width and bearing status, the surface panels in which seamless heat insulation is applied in “pre-positioned” pointings and panel bodies that completely cover the bearing system elements have the lowest heating energy consumption and therefore cause minimum level of pollutant emissions.

In the sixth chapter, the options are evaluated according to their heating energy costs in relation to heating energy efficiency. The calculations are made on the heating energy consumption costs for forty years, which constitute the economic life of the buildings and evaluations are made based on these data. Comparisons are made over the additional costs between the problematic solutions and ideal options.

In the seventh chapter, benefit values of the options according to criteria of energy savings, pollution and economics have been made. Primarily option values have been determined according to the criteria of the defined aim. Later, aim criteria has been prioritized. With intermittent scale system, benefit points of the option value has been determined and weighed values of the options of each aim criteria has been summed up and total benefit for the option has been found. Benefit values of the options have been made according to four different priorities.

The eighth chapter summarizes the results of the study.

1. GİRİŞ

1.1. Amaç

Eğitim yapılarının değişen eğitim sistemine ve süresine bağlı olarak hızla inşa edilmesi zorunluluğu, yapımda geleneksel sistemlerin yerine prefabrike sistemler seçilebilir. Bu nedenle ilköğretim yapılarının üretiminde prefabrike sistemlerin birçok açıdan değerlendirilmesi ve uygun çözümlerin geliştirilmesi gereği ortaya çıkmıştır. Eğitim yapılarının beton esaslı prefabrike sistemlerle yapılması durumunda üretim maliyeti, hızı ve yapım kolaylıklarına ilişkin sistemlerin değerlendirilmesinin yanında, sistemlere ait kabuk bileşenlerinin de ısı kayıplarının değerlendirilmesi, problem noktalarının belirlenmesi ve çözüm önerilerinin sunulması uygun olacaktır. Sekiz yıllık eğitim sistemimde yaklaşık 300.000 derslik kapasiteli eğitim yapılarının yapımı söz konusu olmaktadır [1, s.2]. Özellikle ülkemizde prefabrikasyonun gerektiği düzeyde disiplinler arası bir çalışma şekline sahip olmayışı prefabrike sistemlerin birleşim yerlerinde ısı kayıplarına neden olan detayların uygulandığı gerçeğini ortaya koymaktadır. Enerji tüketimini az düzeyde azaltacak çözümün geliştirilmesiyle yapı toplamında büyük oranda enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Dünyada enerji kaynaklarının giderek azalmasıyla enerji maliyetlerinin artması ve yüksek yakıt tüketimine bağlı atık gaz emisyonlarının artmasının getirdiği çevre kirliliği nedeniyle bina tasarımında ısıtma enerjisi tüketimi bakımından etkin sistemlerin araştırılması ve çözümlerin geliştirilmesi zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Enerji etkinlik kavramı, en az enerji, işgücü, malzeme ve sermaye ile çözüme ulaşmayı hedeflemektedir. Enerji etkin yapı tasarımında etkinliğin sağlanabilmesi, enerji kayıp ve kazançların denetlenmesi ve enerji kullanımının denetlenmesi yöntemleri ile gerçekleştirilebilmektedir.

Bu çalışmada yapı kabuğunun büyük bir yüzdesini oluşturan dış duvarların betonarme prefabrike sistemlerle oluşturulması durumunda olası sistemlerin duvar tiplerinin problem noktalarının ısı yükleri, kirlетici emisyonları ve ısıtma enerjisi tüketim maliyetleri verilerine bağlı olarak değerlendirmeler yapılmıştır. Beton esaslı

prefabrike dış duvar tasarımında dış duvar elemanlarının üretim veya uygulama kaynaklı ısı problem noktalarına bağlı olarak ısıtma enerjisi, çevre kirliliği ve ısıtma ekonomisi kriterlerinin çeşitli koşullar altında karar kriterleri olarak kullanılabilirliğini sorgulayan bir süreç izlenmiştir.

1.2. Kapsam

Bu çalışmada öncelikle temel eğitim projesi kapsamında yeni programa göre oluşan 300.000 derslik ihtiyacını karşılaması varsayılan prefabrike yapım sistemlerinin tasarıma getirdiği olanak ve kısıtlamalar değerlendirilmiş ve bunun sonucunda uygun sistem ve sistemlere bağlı dış duvar seçenekleri ortaya koyulmuştur. Türkiye’de beton esaslı prefabrike yapı elemanı üreten mevcut fabrikaların büyük miktardaki talebi hızla karşılayabilecek durumda olması nedeniyle malzeme yönünden sadece beton esaslı prefabrike yapım sistemleri ele alınmıştır.

Beton esaslı prefabrike dış duvar panelleri uygulandıkları taşıyıcı sisteme ve kuruluşlarına göre birçok açıdan sınıflandırılmaktadır. Bu çalışmada ısı kayıplarına neden olacak problem noktalarının panel türlerine bağlı olarak seçenekleri oluşturulmuştur. Bu seçenekler aşağıdaki gibi belirlenmiştir :

- Genel guruplara ait seçeneklerin belirlenmesi
- Genel guruplara bağlı alt gurup seçeneklerinin belirlenmesi

Yukarıda belirlenen seçenekler problem noktaları için çözüm önerisi geliştirilmiş ve geliştirilmemiş seçenekler olarak alt seçenek guruplarına ayrılmıştır. Her bina tipolojisi (büyüklüğe bağlı) için her seçeneğe ait yıllık toplam enerji tüketim değerleri bilgisayar programı aracılığı ile hesaplanmıştır.

Değerlendirme bölümünde ise seçeneklerin ısıtma enerjisi tüketimine ait hesap verileri ideal seçenek için kabul edilen % 100 etkinlik derecesine bağlı olarak yüzdelenirilmiş ve her seçeneğe ait etkinlik yüzdesi hesaplanmıştır. Sonuç olarak seçenekler, etkinlik yüzdelereine bağlı olarak aşağıdaki başlıklar altında değerlendirilmiştir :

- Genel guruplara bağlı alt gurupların ısıtma enerjisi etkinliğinin değerlendirilmesi,
- Genel gurupların ısıtma enerjisi etkinliğinin değerlendirilmesi,

- Bina tipolojilerine bağlı ısıtma enerjisi etkinliğin değerlendirilmesi.

Seçeneklere ait ısıtma enerjisi tüketime değerlerine bağlı olarak atmosferik kirlenmeye yol açacak gazların emisyonları hesaplanmış ve gerekli karşılaştırmalar yapılmıştır. Bunlara ek olarak seçenekler ait bina kullanım ömrü ısıtma enerjisi maliyetleri hesaplanmış ve karşılaştırmalı değerlendirmeler yapılmıştır.

Seçeneklerin enerji kazanımı, çevre kirliliği, ve ekonomi kriterleri kapsamında fayda değeri analizi yapılmıştır. Problem noktalarına bağlı olarak oluşturulan seçeneklerin amaç kriterlerindeki önemlilik derecelerine ve aralıklı ölçek skalasındaki yararlılık puanlarına bağlı olarak fayda değerinin hesaplanmasında öncelikle tüm seçeneklerin yarar düzeyleri belirlenmiş ve dört farklı önemlilik ölçütüne göre seçeneklerin fayda değerleri hesaplanmıştır. Bunların sonucunda da dört farklı önemlilik ölçütüne bağlı karşılaştırmaların yapılmasına olanak sağlayacak tüm amaç kriterlerine ait fayda değeri ortaya koyulmuştur.

1.3. Varsayım

Temel eğitim projesi kapsamında sekiz yıllık ilköğretim yapılarının beton esaslı prefabrike sistemlerle üretimi bu çalışmanın temel varsayımıdır. Uygun sistemlere bağlı olarak dış duvar seçenekleri ve dış duvarda ısı kayıplara neden olacak olası problem noktaları dış duvar seçeneklerini oluşturmaktadır.

Dış duvar seçeneklerinde ısı kayıplara neden olabilecek saydam kısımlarda olası hava sızıntılarının oluşmadığı varsayılarak bu noktalarda problem noktalarının oluşmadığı, sadece dış duvar panelleri arası birleşimler ve panel bünyesindeki ısı köprülerinin ele alındığı bir sınırlamaya gidilmiştir. Dış duvar panellerinde ve paneller arası birleşimlerinde ısı akımının yüzeye dik doğrultuda ve tek yönlü olduğu varsayılarak, oluşabilecek yanıl ısı akımları bu çalışmada ihmal edilmiştir.

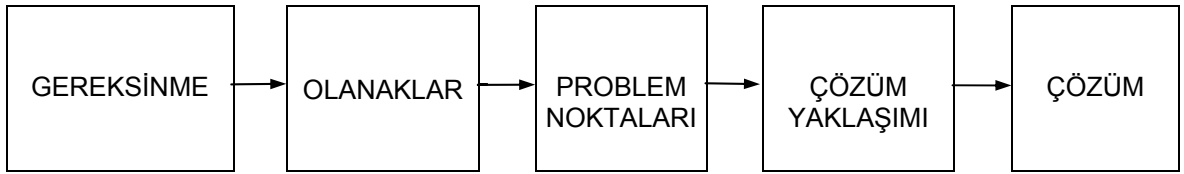
Seçeneklerin ısıtma enerjisi tüketimine bağlı olarak oluşturduğu kirlenici emisyonları altı ana kısımda hesaplanmıştır. Isıl kayıplara bağlı olarak oluşacak ek ısıtma enerjisi maliyetleri de kırk yıllık bina kullanım ömrüne göre hesaplanmıştır.

Dış duvar seçeneklerinin ısıtma enerjisi kazanımı, çevre kirliliği ve ekonomi kriterlerine göre fayda değerinin analizinde bu üç kriterin ayrı ayrı ve eşit derecede

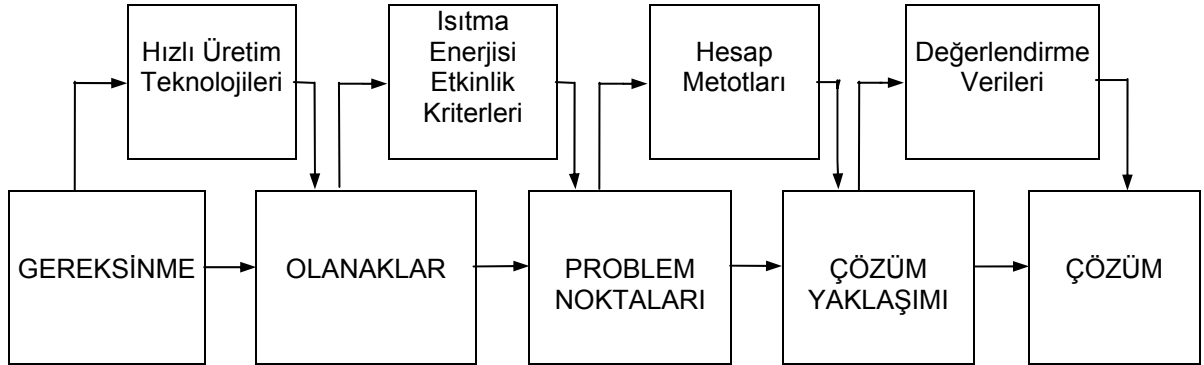
olmak üzere dört farklı şekilde önemlilik derecesine sahip olduğu durumların dikkate alındığı sınırlamayla gerekli değerlendirmeler yapılmıştır.

1.4. Yöntem

Tezde izlenen genel süreç aşağıdaki Şekil 1.1’de özetlenmiştir. Her sürecin çıktıları bir sonraki sürecin girdilerini oluşturmuştur. Eğitim yapılarının yapımında uygulanabilecek yapım sistemlerine ait beton esaslı dış duvar sistemlerine ait seçenekler belirlenmiş ve bunlara bağlı ısıtma enerjisi tüketimini etkileyebilecek problem noktaları ve çözüm önerileri geliştirilmiştir (Şekil 1.2).

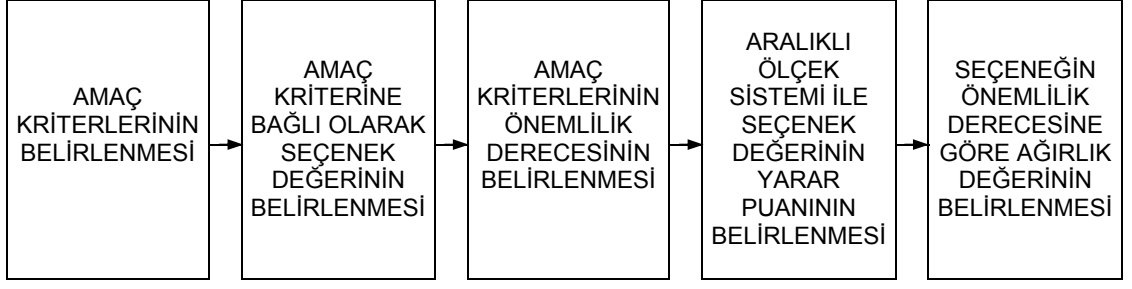


Şekil 1.1. Isıtma Enerjisi Bakımından Etkinliğin Değerlendirilmesinde Genel Süreç



Şekil 1.2. Isıtma Enerjisi Etkinliğinin Değerlendirilmesinde Genel Süreç Girdi ve Çıktıları

Seçeneklerin enerji kazanımı, çevre kirliliği, ve ekonomi kriterlerine göre fayda değerinin analizi yapılmıştır. Öncelikle belirlenen amaç kriterlerine göre seçenek değerleri belirlenerek amaç kriterlerine bağlı seçenek değerleri ortaya koyulmuştur. Daha sonra amaç kriterlerinin önemlilik derecesi belirlenmiştir.



Şekil 1.3. Problem Noktalarına Bağlı Olarak Seçeneklerin Amaç Kriterine Bağlı Fayda Değerinin Hesaplanabilmesine İlişkin Süreç

Aralıklı ölçek sistemi ile seçenek değerinin yarar puanı belirlenmiş ve buna bağlı olarak seçeneklerin önemlilik derecesine göre ağırlık değeri belirlenerek, her amaç kriterlerinin ağırlık değeri toplanmış ve seçeneğe ait toplam fayda değeri bulunmuştur. Seçeneklerin fayda değerleri dört farklı önemlilik durumuna göre yapılmıştır. Şekil 1.3’de beton esaslı prefabrike dış duvar sistemlerinde problem noktalarına bağlı olarak amaç kriteri seçeneğinin fayda değerinin hesaplanmasına yönelik süreç görülmektedir.

2. PREFABRİKE YAPIM SİSTEMLERİNİN TÜRKİYE’DE UYGULANAN SEKİZ YILLIK İLKÖĞRETİM YAPILARINA UYGULANMASI

2.1. İlköğretim Yapıları ve Gereksinimler

Toplumların önde gelen sorunlarından birisi eğitimidir. Sosyal, ekonomik ve teknolojik gelişmelere paralel olarak eğitim sistemi de yenilenmek zorundadır. Sanayileşme ve teknolojik gelişmeler, eğitimin biçim ve içeriğinde yüzyıllar boyunca değişikliklere yol açmıştır. Bilgi teknolojisindeki gelişmeler, yeni meslek dallarının ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Teknolojik, sosyal ve kültürel gelişime bağlı olarak değişen eğitim sisteminde eğitimin süresi de uzamaktadır. Ülkemizde de bu gelişmelere paralel olarak, 1994 yılında, Milli Eğitim Bakanlığı, İlköğretim Genel Müdürlüğü tarafından Dünya Bankası kredi desteğini de alarak, sekiz yıllık ilköğretime geçişi amaçlayan Temel Eğitim Projesi hazırlanmıştır [2,s.3]. Temel Eğitim Projesinin temel hedeflerini aşağıdaki gibi özetleyebiliriz :

- Eğitimde fırsat eşitsizliğinin kaldırılmasıyla bölgesel farklılıkların giderilmesi,
- Bilgi teknolojilerinin gelişimiyle, araştırmacı ve daha üretken bir öğrenci modelinin geliştirilmesi,
- Kişilerin mesleki bilgi ve yeteneklerle donatılmış bir yapıya kavuşturulması.

Yeni eğitim programı yeni ve daha büyük bina tipolojilerinin de gelişimini zorunlu kılmıştır. Mevcut eğitim binalarının değişen programa cevap verememesi yeni projelerin gelişimini zorunlu kılmıştır. Bu nedenle, Temel Eğitim Projesi kapsamında, yayınlanan İlköğretim Yapıları El Kitabında üç yıllık bir dönemde, Türkiye’de yaklaşık 300.000 derslik kapasiteli ilköğretim yapılarının inşaa edilmesi planlanmıştır.

2.1.1. İlköğretim Yapılarının Gelişimi

2.1.1.1. İlköğretim Binalarının Dünyadaki Gelişimi

16. yy.'da gelişen Protestan ve Katolik reformları sırasında kutsal kitabı okumanın Hristiyanlar için önemli olduğu inancının ortaya atılması ve yaygınlaşmasıyla birlikte devletlerin eğitim sistemlerinin oluşturulması düşüncesiyle, bu dönemde herkesin okuma yazma öğrenebileceği okullar kurulmuştur. 15 ve 16. yüzyıllar mimari anlamda okul binalarının ilk ortaya çıktığı dönemdir. 17. yy'da eğitim konusunda birçok kuramcı ortaya çıkmış ve eğitimin gelişmesinde önemli roller üstlenmişlerdir. 18. yy.'da Fransa, Almanya ve İngiltere'de ulusal eğitim sistemleri konusu büyük bir gelişim göstermiştir [3, s.10].

İlköğretim binaları, özellikle 19.yy'dan başlayarak toplumsal değişimlere paralel olarak, tasarım ve yapısal özellikler bakımından büyük değişiklikler göstermiştir. Bu dönemdeki gelişmeler İngiltere ve Amerika'nın öncülüğünde gerçekleşmiştir. Bu ülkelerde herkesin okuma yazma öğrenebilmesi için zorunlu eğitim konusu yürürlüğe koyulmaya çalışılmıştır [4].

Endüstrileşme Devrimi ile birlikte kentlerde oluşan yeni iş kolları nedeniyle kırsal bölgelerden kentlere doğru büyük göçler gerçekleşmiştir. Büyüyen şehirlerle birlikte sosyal sınıfların oluşumu daha belirginleşmiş, özellikle işçi sınıfının artan nüfusuyla birlikte çocuklarının sayısı da artmıştır. Bu dönemde kiliselerde yürütülen eğitimler tek mekanlı, yığma yapılarda verilmeye başlanmıştır [5, s.15]. İlk defa 1811 yılında İngiltere'de uygulanan bu sistem "Milli Okullar" olarak tanımlanmıştır. Amerika'da ise bu dönemde büyüyen şehir merkezlerinde 2-3 katlı okullar inşa edilmeye başlanmıştır [4, s.8].

20. yüzyılda birinci dünya savaşı sonrası Avrupa'da meydana gelen ekonomik kriz nedeniyle geleneksel yığma konstrüksüyondan uzaklaşıp, ucuz, hafif ve kısa sürede uygulanan inşaat teknolojileri kullanılmaya başlanmıştır [6, s.175-190]. 1930'lu yıllarda Fonksiyonalizm'in etkisiyle hafif konstrüksüyonlu, geniş cam giydirme cepheli, teras çatılı olarak inşa edilmiştir. Eğitim binalarının yapımında endüstriyel teknikler bu dönemde başlamıştır. 1930'ların sonunda betonarmenin kullanımı yaygınlaşmış ve hafif çelik strüktürlü, cam giydirme cepheli okullar inşa edilmeye başlanmıştır. 1940'lı yıllarda ikinci dünya savaşı sonrası ortaya çıkan ekonomik sıkıntı eğitim yapılarında ekonomik sayılabilecek konstrüksiyonların kullanımını zorunlu kılmıştır. Ayrıca savaş sonrası yıkılan veya hasar gören konut ve

eğitim yapılarının hızla yenilenmesi zorunluluğu, prefabrike yapım sistemlerinin araştırılmasına yönelik çalışmaları artırmıştır. 1960-1970 yılları arasında Almanya ve Fransa’da eğitim yapılarının prefabrike olarak üretilmesine ilişkin sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemler çelik ile betonarme panel, iskelet ve karma sistemlerdir. 1970 ve 1980 yılları arasında bu ülkelerde endüstrileşmiş yapım sistemleri ile uygulanan pek çok eğitim yapısı inşa edilmiştir. Bu konuda birçok firma rekabete girmiş ve araştırma geliştirme bölümleri kurmuştur. Planlamada tasarım esnekliğini kısıtlayan panel sistemler yerine iskelet sistemler üzerine çalışmalar yapılmış, farklı geometriye sahip mekansal formlar oluşturulmuş ve bu konuda kataloglar düzenlenmiştir. 1990’lı yıllarda Amerika’da “Hücre Modül” olarak tanımlanan, çelik veya betonarme olarak fabrikada tüm strüktürün üretildiği sistemler eğitim yapılarının üretiminde kullanılmıştır [7, s.62-63].

Dünyada eğitim yapılarının ;

- Tipleştirilmiş bir planlama biçimine sahip olması,
- Eşdeğer yapım kalitesine sahip olması,
- Özellikle nüfus artışının hızlı olduğu veya eğitim sistemindeki değişikliklerin meydana geldiği toplumlarda hızla karşılanabilecek talep yaratması,
- Esnek tasarımın gerektirdiği demontabl yapım sistemine sahip olması,
- Çok sayıdaki rasyonel üretimlerinin ekonomik olması gibi nedenlerle prefabrike sistemlerle uygulanması giderek yaygınlık kazanmaktadır.

OECD bünyesinde elli yıldır çalışmalarını sürdüren PEB Komitesi’nin son raporunda 21. yüzyıl ilköğretim binalarının inşasında prefabrike sistemlerin kullanılması hususu tavsiye edilmiştir [8, s.74-76].

Tablo 2.1. Dünyada İlköğretim Binalarının Yapısal Gelişimi [1, s.58 ; 9, s.35].

Tarihsel Dönem	Sistem Türü	Sistemin Uygulanmasını Gerektiren Faktörler	Uygulama Yeri
1949-1954	Çelik İskelet	Savaş Sonrası Yapımına İhtiyaç Duyulan Yeni Okul Binalarının Ucuz Ve Hızlı Bir Şekilde Yapımının Gerekliliği	İngiltere
1955-1959	Çelik İskelet Betonarme Portal Çerçeve	- Maden Bölgelerindeki Zemin Sorunları Nedeniyle Hafif Ve Yükleri Karşılayabilecek, Esnek Ve Ucuz Yapım Sistemlerine Duyulan İhtiyaç - Okul Binaları İnşaatlarının Merkezi Yönetimlerce Organize Edilen Konsorsiyumlar Tarafından Ortak Standartlarda Yapımın Sağlanması Kolay Denetlenebilmesi	İngiltere
1960-1969	Çelik İskelet Betonarme Panel Betonarme İskelet Geniş Açıklıklı Çelik İskelet+Uzay Kafes	- İlköğretim Binaları Yapımının Merkezi Yönetimlerce Belirlenen Standartlarda, Hazır Bileşenlerden Oluşan Ekonomik Yapım Sistemleri İle Yapımının Kararlaştırılması - Hızlı Nüfus Artışı Nedeniyle Kısa Sürede, Çok Sayıda Ve Ucuz Okul Binasının Yapımının Gerekliliği - Açık Planlı Okul Türlerine Yönelik Geniş Açıklıklı Yapım Sistemlerine Duyulan Gereksinim	İngiltere Almanya Fransa Amerika
1970-1979	Çelik İskelet Betonarme Blok Betonarme Panel Betonarme İskelet	- Merkezi Otoriteler Tarafından Örgütlenen Üretici Firmaların Desteklenmesi - Birbirleriyle Uyumlu Standart Bileşenlerin Çoğalması Ve Sistemlerin Birlikte Kullanılabilirliği - İlköğretim Yapılarına Özgü Sistemlerin Geliştirilmesi - Bileşen Üretim Uygulamalarında Kalite Yüksekliği Gereksinimi - Kısa İnşaat Süresinin Temini - Düşük Maliyet Amacı	İngiltere Almanya Fransa Amerika
1980-2000	Çelik İskelet Betonarme Blok Betonarme İskelet Çelik+Betonarme Hücre Modül	- Mevcut Okul Kapasitelerinin Arttırılması Veya Yeni Mekanlara Duyulan Acil İhtiyacın Karşlanması İçin Hazır Ünitelere Duyulan İhtiyaç - Esnek Ve Eğitim Programları Paralelinde Değişebilir Okul Binalarına Duyulan İhtiyaç Nedeniyle Sökülüp Takılabilir Hazır Bileşenlerden Oluşan Sistemlerin Kullanımının Gerekliliği	İngiltere Almanya Fransa Amerika

2.1.1.2. İlköğretim Yapılarının Türkiye’deki Gelişimi

Türkiye’de ilköğretim sisteminin geliştirilmesine ilişkin ilk girişim 1824 yılında kurulan sıbyan mektepleri ile olmuştur. Daha sonra 1940’lı yıllarda rüştiyeler kurulmuş ve ilköğretim programı ile yönetmelikleri hazırlanmıştır. 1876 yılında Kanuni Esasi ile temel eğitim zorunlu kılınmıştır [10, s.109].

İlköğretim binalarının ilk örnekleri olan sıbyan mektepleri, külliyeler içindeki “taş mektepler “ adıyla tanımlanan , genellikle iki katlı ve tek derslikli kagir yapılarıdır. Alt katta tuvalet, çeşme veya sundurma bulunurdu. Üst katta ise kubbe ile örtülü salon ve buna bağlı küçük öğretmen odası bulunuyordu. Bu dönemde taş mekteplerin yanında, evden bozma ahşap yapılarda da eğitim gerçekleştirilmiştir.

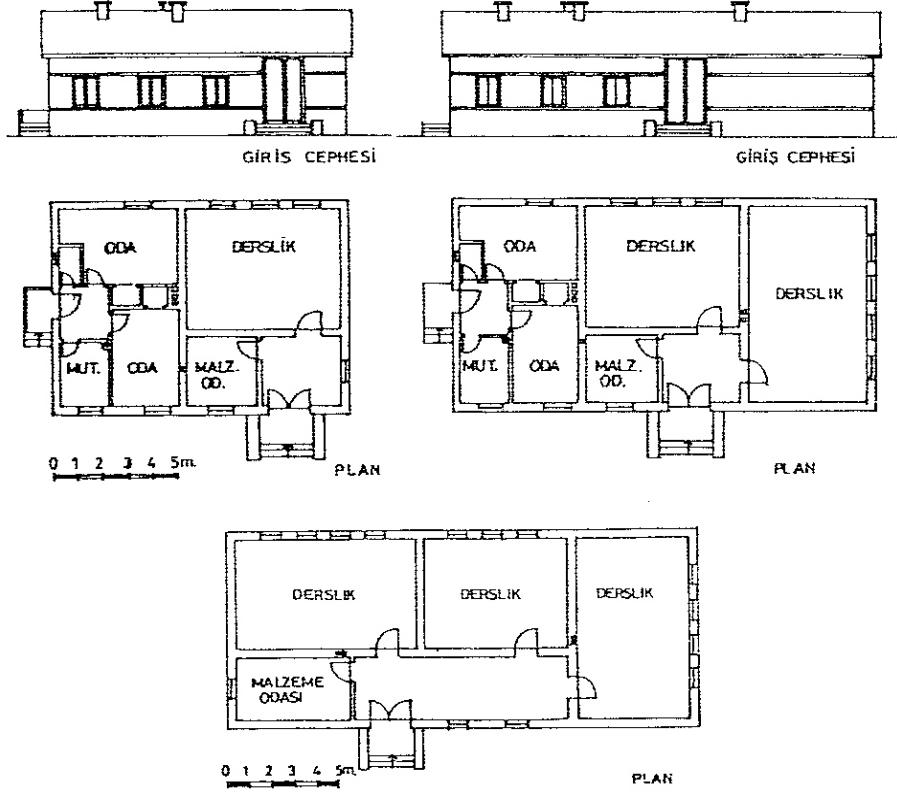
Cumhuriyet’in ilanından sonra çıkarılan Tevhid-i Tedrisat Kanunu ile eğitim tamamen Milli Eğitim Bakanlığı’na bağlanmıştır. İlkokulların beş, ortaokulların üçer yıl olarak düzenlendiği eğitim sistemi bu döneme rastlamaktadır. Bu dönemde din öğretimi eğitim sisteminin dışına çıkarılmıştır. 1945 yılında düzenlenen ve uygulanan eğitim seferberliği planı ile tüm köylerin okula ve öğretmene kavuşturulması sağlanmıştır [10, s.109].

İlköğretim binalarının yapımında tip proje uygulamaları ise 1950 yıllarında başlamıştır. İlk uygulamalar 1, 2, ve 3 derslikli tip projelerin uygulanmasıdır. Milli Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanan ihtiyaç programına bağlı ilköğretim binalarının yapımı Bayındırlık Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmüştür. Tip projelerdeki standartlaşma birçok sorunu ortadan kaldırabilecek bir çözüm sunarken, arsa durumu, çevre özellikleri, iklim, yöresel ve diğer şartlar düşünülmemiş ve Türkiye’nin her bölgesinde aynı projeler uygulanmıştır. İklim bölgelerine ilişkin farklılıklar ise sadece duvar kalınlıklarının ve çatı eğimlerinin farklılığı ile düşünülmüştür [11, s.21].

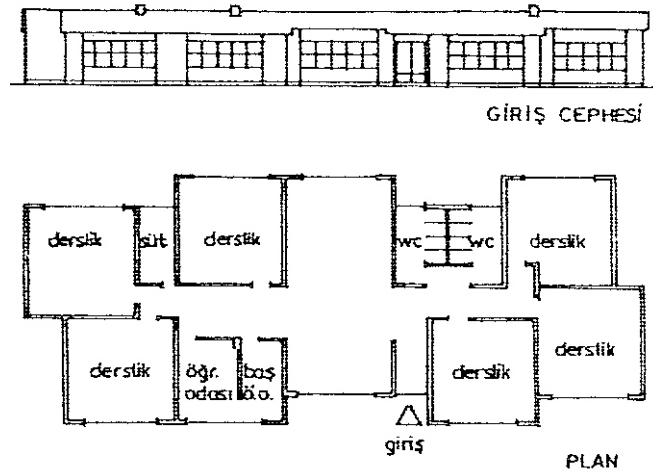
1960’lı yıllara gelindiğinde 5 derslikli ve bunu takiben iki katlı 10 derslikli tip okul projeleri şehirlerde ve kasabalarda uygulanmaya başlanmıştır.

1970’li yılların sonuna kadar tip projelerde bir miktar yapısal gelişim görülmektedir. Taş ve tuğla duvardan oluşan yığma yapım sisteminde çatıda betonarme plak, çatı örtüsü kiremit ve karlı bölgelerde oluklu galvanize sac kullanılmıştır. Bir başka

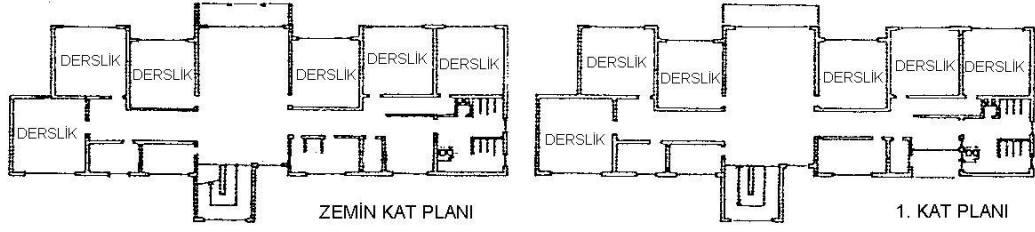
değişiklik ise yığma duvarların üzerine ön yapımlı çelik makasların yerleştirilmesiyle oluşturulan yarı prefabrike binalardır.



Şekil 2.1. 1, 2 ve 3 Derslikli Tip Köy İlkokulu [11, s.160].



Şekil 2.2. 5 Derslikli Tip Köy İlkokulu [11, s.161].



Şekil 2.3. 10 Derslikli Tip Şehir-Kasaba İlkokulu [11, s.166].

16 Ağustos 1997 yılında yürürlüğe giren 4306 sayılı kanun ile sekiz yıllık kesintisiz eğitim konusu gündeme gelmiş ve yasallaştırılarak uygulanmaya başlanmıştır. Bu amaçla, Milli Eğitim Bakanlığı İlköğretim Genel Müdürlüğü tarafından sekiz yıllık ilköğretime geçiş çalışması kapsamında bir Temel Eğitim Projesi hazırlanmıştır [1, s.3].

2.1.2. Sekiz Yıllık Temel Eğitim Projesi

İlköğretim, 1983 yılında kabul edilen 1739 sayılı Milli Eğitim Temel Kanunu'nu değiştiren 2842 sayılı kanunda "6-14 yaşları arasında bulunan zorunlu öğrenim çağı çocuklarının üst öğrenime yada işe ve mesleğe yönelmelerini sağlayan en az sekiz yıllık bir temel eğitim veren; temel eğitim görmeyen yetişkinlere ise, gelişmelerine ve gereksinmelerine uygun bir süre eğitim hizmeti sunan bir kademe" olarak tanımlanmaktadır. Milli Eğitim Bakanlığı tarafından benimsenen ilköğretim eğitim ve öğretim ilkelerinin 5. ve 7. maddesi " çocuğun bir bütün olarak gelişeceğini, yalnız başına bir zihin, beden veya duygu gelişiminin söz konusu olamayacağı belirtilmektedir. Örneğin, geniş bir dünya görüşüne sahip olma, kendini ifade edebilme, topluma karşı sorumluluk duyma, başkaları ile işbirliği yapabilme, yapıcı, yaratıcı, araştırmacı, girişimci ve verimli olma, yeteneklerini ve ilgilerinin farkında olma, kendini geliştirmeye çalışma ve başkalarını anlama ve iletişim kurabilme gibi özellikler verilebilir.

Gelişmiş ülkelerde, farklı özelliklere sahip özel eğitime muhtaç çocuk ve gençlerin gelişimi ile eğitimi, ailelere rehberlik hizmeti verilmesi, bireylerin toplumun içinde üretken bireyler olarak yer almaları da ilköğretim sürecinin çok önemli bir unsuru durumundadır. Mevcut eğitim sistemimiz farklı özelliğe sahip çocukları, gençleri ve bireyleri içine almamakta, topluma kaynaştırma çabaları yetersiz kalmaktadır. Toplum ve eğitim kurumlarımız olarak, farklı özellikteki kişilerle nasıl ilişki kuracağımızı ve onların gelişimine katkıda bulunacağımızı saptamak ve

gerekliklerini uygulamak öncelikli görevler arasında yer almaktadır. Bu bağlamda ilköğretimin amaçları aşağıdaki gibi özetlenebilir :

- Öğrencilerin kendilerini ifade edebilecekleri, toplumu ve kendilerini kuvvetli ve zayıf yönleri ile tanıyıp sorumluluklarını geliştirebilecekleri araştırmacı, yapıcı, yaratıcı, etkili bir eğitim ortamı yaratmak,
- Öğrencilerin geniş bir dünya görüşüne sahip olmalarına olanak sağlayıcı ders içi ve ders dışı ortamları yaratmak,
- Öğrencilerin bilgi teknolojileri, sosyal, kültürel alanlarında gelişmiş, çok yönlü, sosyal, akademik ve kişisel gelişim içinde olmalarına dönük programlar hazırlamak,
- Çocuklara, içinde yaşadıkları topluma, kültüre ve doğaya uyum sağlayabilmelerine olanak veren becerileri kazandırmak,
- Ailenin ve çevrenin eğitim sisteminin bir parçası olduğu yaklaşımından yola çıkarak, aile ve çevre katılımını destekleyen programlar hazırlamak
- Farklı özellikleri olan öğrencilerin de gereksinimlerine ve diğer öğrencilerle bir arada eğitim almalarına dönük çalışmalar yapmak [12, s.59-67].

2.1.2.1. İlköğretim Ortamı

İlköğretim okullarının fiziksel ortamı, öncelikle bilgi kaynaklarına kolay ulaşılabilir, uyarıcı bir nitelikte olmalıdır. Fiziksel çevre sürekli bir etkileşim ortamı olmalıdır. Öğretmenler bu ortamlarda eğitim programını en etkin biçimde gerçekleştirme çabası içinde olmalı ve sağlanacak çalışma mekanları buna izin verebilmelidir.

Derslik, işlik gibi öğretim ve uygulama mekanlarının yanı sıra kütüphane, spor salonu gibi mekanların boyutları, mekansal ilişkiler, genel olarak okulun büyüklüğü, şekli, yerleşim biçimi, mobilya ve donanım kalitesi, duvar-tavan-döşeme malzeme renkleri, ışıklandırma, binanın akustiği ve mekansal düzenlemeleri ile okul inşaat malzemeleri fiziksel ortamın ve dolayısıyla eğitimin kalitesini belirlemektedir.

2.1.2.2. Tasarım İlkeleri

1995 yılında Milli Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanan ve 1997-98 öğretim yılı için güncelleştirilen İlköğretim Okulu Programına dayandırılarak hazırlanan İlköğretim Yapıları Elkitabında temel varsayımlar ve ilkeler bulunmaktadır. Temel varsayımları aşağıdaki gibi özetleyebiliriz :

- İlköğretim kesintisiz sekiz yıldır. İlköğretim okulu bünyesinde okulöncesi sınıfı bulunur.
- 1-5. yıl eğitim süresi boyunca her sınıfın bir sınıf öğretmeni vardır. Ancak 4. yıldan itibaren özel mekan gerektiren dersler mümkün olduğunca özel dersliklerde ve branş öğretmenleri tarafından verilir.
- 6-8. yıl öğretim süresi boyunca tüm dersler branş öğretmenlerine tahsis edilmiş özel mekanlarda verilir.
- Derslikler, eğitim kalitesini sağlamak ve koruyabilmek amacıyla en fazla 30 kişiliktir. Dersliklerde her öğrenci için ayrı çalışma masası ve sandalye bulunur.
- İlköğretim okulu aynı zamanda çevreye açık bir sosyal, kültürel, sportif etkinlikler ve hizmet-içi eğitim merkezidir. Okul binaları, öğretim saatleri dışında da ve tüm yıl boyunca kullanıma açıktır.
- İlköğretim okulu içinde tüm kullanıcılara açık mekanların yanı sıra, dört farklı yaş gurubu için özel mekanlar bulunur.
- Okul mekanları, programları ve süreleri öğrencinin akademik, sosyal ve kişisel gelişimini sağlayacak şekilde planlanır.
- Kırsal kesim okullarında ek olarak okul alanı içinde lojman sağlanır.

İlköğretim binalarının tasarımındaki temel ilkeleri aşağıdaki gibi özetleyebiliriz:

- İlköğretim okul binalarının planlama, tasarım ve uygulaması;
 - a. kaynakların en etkin ve verimli kullanımını sağlamalı;
 - b. yörenin coğrafi, iklimsel ve kültürel özelliklerini dikkate almalı;
 - c. yerel malzeme ve işçiliğe ağırlık verilmeli;
 - d. çevreyle bütünleşen çözümlere olanak sağlamalı;
 - e. farklı yaş gurupları ve kullanıcıların gereksinimlerine karşı duyarlı, esnek, dinamik, değişim ve dönüşüme açık olmalıdır.
- İlköğretim okulu içinde tanımlanan tüm fonksiyonlar (eğitim, öğretim, spor, idari, sosyal ve kültürel) için o fonksiyonun gerektirdiği mekansal özellikler sağlanmalı ve bu mekanların birbirleriyle ilişkisi farklı yaş gurupları ve kullanıcıların özellikleri ile gereksinimleri dikkate alınarak planlanmalıdır.

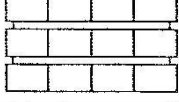
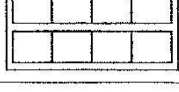
- Mümkün olduğunca çok katlı çözümlerden ve düşey dolaşımdan kaçınılmalı; i ve dış mekan ilişkisi, öğrencilerin sık sık hava ve doğa ile karşılaşacağı biçimde, olabildiğince kesintisiz ve doğrudan olmalıdır.
- Okulun yapı ve evre düzenlemesi açısından evre ile ilişkiye/etkileşime kontrollü bir biçimde açık olması sağlanmalı; okul, çocukların eğlenerek-öğrenerek bir arada büyüdüğü, çevredeki yetişkinlerin çocuklarla ve birbirleri ile etkileşimlerine zemin sunan etkinlik merkezleri olarak geliştirilmelidir.
- evre düzenlemesi, yerel gereksinimlere uygun olarak; oyun alanlarını, açık hava spor tesislerini ve doğal durumun korunduğu bölgeleri içerecek biçimde alabildiğince geniş tutularak gerçekleştirilmelidir.
- Yapı ve evre düzenlemesinde ve tüm donanımda dayanıklı, en az bakım ve onarım gerektiren ve gereksinime en iyi cevap verebilen malzemeler seçilmelidir.
- Eğitim programının uygulanacağı tüm mekanlar bedensel engellilerin de erişebileceği biçimde düzenlenmelidir.
- Okul binalarında yangın, deprem ve sele karşı özel güvenlik önlemleri alınmalı; malzeme seçimi ve tasarımda güvenlik ile ilgili özellikler dikkate alınmalıdır [2, s.9].

Mimari İhtiyaç Programı:

İlköğretim binaları ihtiyaç programı, Milli Eğitim Bakanlığı tarafından kabul edilmiş ilköğretim eğitim programları, haftalık ders dağılımları, yurt içi ve yurt dışı uygulama ve standartlar dikkate alınarak oluşturulmuştur. Yayınlanmış olan İlköğretim Yapıları Elkitabında 1, 2, 3, 4 ve 5 derslikli olmak üzere beş farklı büyüklükte ele alınmış ve gerekli mekan sayıları ile büyüklükleri tanımlanmıştır. Bunlara ek olarak, yapı alt sistemleri, yapım ilkeleri, yer seçimi, yapı özellikleri, sismik tasarım ilkeleri, enerji bilincine dayalı tasarım, ısıtma-soğutma-havalandırma-klima sistemleri vb birçok sistem bu yayında detaylı olarak analiz edilmiş ve gerekli şartnameler hazırlanmıştır.

Plan şemaları :

İlköğretim binalarının tasarımımda  tür plan şeması söz konusu olmaktadır. Bu plan şemaları, koridorlu, avlulu, küme plan şemaları olarak üç grupta toplanmaktadır.

A - K O R İ D O R L U P L A N Ş E M A L A R I	☐ Derslikler
1- Tek Koridorlu, Tek Taraflı Derslikli	
2- Tek Koridorlu, Çift Taraflı Derslikli	
3- Paralel Çift Koridorlu	
4- Paralel Çift Koridorlu, Ara Koridor Bağlantılı	
5- Çember Oluşturan İç Koridorlu	
6- Çember Oluşturan İç Koridorlu, Ara Koridor Bağlantılı	
7- Çember Oluşturan Dış Koridorlu	
8- Çember Oluşturan Dış Koridorlu, Ara Koridor Bağlantılı	

Şekil 2.4. Koridorlu Plan Şemaları [1, s.130].

B - A V L U L U P L A N Ş E M A L A R I		☐ Derslikler ☒ Avlu
1- Paralel Çift Koridorlar ile Çevrili Açık Avlulu		
2- Paralel Çift Koridorlar ile Çevrili Kapalı Avlulu		
3- Çember Oluşturan Koridorlarla Çevrili Kapalı Avlulu		
4- Çember Oluşturan Koridorla Çevrili Kapalı Avlulu, Ara Koridor Bağlantılı		
5- Çember Oluşturan Koridor ve Dersliklerle Çevrili Kapalı Avlulu		
6- Dersliklerle Çevrili Kapalı Avlulu		

Şekil 2.5. Avlulu Plan Şemaları [1, s.131].

C - K Ü M E P L A N Ş E M A L A R I		☐ Derslikler ☒ Sirkülasyon alanları
1- Organik Küme Plan		
2- Orta Hollü, Düzgün Küme Plan		
3- Bitişik Derslikli Küme Plan		

Şekil 2.6. Küme Plan Şemaları [1, s.131].

2.2. İlköğretim Yapılarının Prefabrike Yapım Sistemleri İle Yapımında Olanakların İncelenmesi

2.2.1. Genel Yarar

Yapıyı meydana getiren elemanların fabrikada üretilmesi, taşınması ve şantiyede montajıyla gerçekleştirilen yapım sistemine prefabrike yapım sistemi denilmektedir. Prefabrikasyonda standartlaşmış, çok sayıda, hızlı mevsim şartlarından etkilenmeyen ve kalite kontrolünün yüksek düzeyde olduğu bir üretim biçimi söz konusudur.

Ülkemizde endüstrileşmiş yapı üretiminde genellikle betonarme prefabrike sistemler kullanılmaktadır. Prefabrike yapım teknolojisi ülkemizde toplu konut ve endüstri yapılarının üretiminde kullanılmaktadır. Diğer yapı tipolojilerinde prefabrikasyonun kullanımı nadiren görülmektedir. Birçok yönden olumlu özelliklere sahip bu sistemlerin yaygınlaşmama nedeni bazı koşulların yerine getirilmemiş olmasından kaynaklanmaktadır. Bu koşulları ülke ve proje düzeyinde incelemek mümkündür. Ülke düzeyindeki koşullar şu şekilde özetlenebilir :

- Talebin yeterli olması,
- Talebin planlanması ve sürekliliğin sağlanması,
- Yasal temellerin oluşturulması,
- Finansman akışının hızlı sağlanması.

Proje düzeyindeki koşullar ise şu şekilde özetlenebilir :

- Tekrar eden eleman sayısının kitlesele üretim için yeterli olması,
- Etkin bir boyutsal düzenleme ile, eleman tip sayısının en aza indirilmesi,
- Eleman biçim ve boyutlarının saptanması sırasında, “üretim-taşıma-montaj evrelerinde rasyonelliğin sağlanması” ilkesinin ön planda tutulması,
- Statik-konstrüktif sorunların, büyük maliyet artışları getirmeyecek şekilde çözümlenmesi,
- Yapım süreci içerisinde, malzeme, ekip ve sürelerin, planlama, koordinasyon ve denetiminin, çağdaş yöntemlere uygun bir şekilde gerçekleştirilmesi,
- Tasarımın özgün olması ve estetik beklentilere cevap verebilmesi,
- Bina fonksiyonlarına uygun bileşenler kullanılması,
- Tasarım ve kullanım esnekliği sağlayan bileşenlerin kullanılması [13, s.6].

Prefabrike yapım sistemleri çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır. Bunlar :

- Üretim yerlerine göre,
 - Şantiyede üretim
 - Fabrikada üretim [14, s.12]
- Üretim biçimine göre,
 - Sabit kalıplarla üretim
 - Bant üretimi [15, s.72-73]
- Pazarlanış biçimine göre,
 - Açık sistem
 - Kapalı sistem
 - Yarı açık sistem [16, s.13-14]
- Yapı bileşenine göre,
 - İskelet sistemler
 - Panel sistemler
 - Hücre sistemler olarak sıralanabilir [17, s.55].

Bu çalışmada ilköğretim binalarının prefabrike sistemlerle uygulanabilirliğine ilişkin sistem düzeyinde bir analiz yapılacağı için, sistemler yapı bileşeni düzeyinde ele alınacaktır. Bu nedenle yapı bileşenlerine bağlı prefabrike sistemlerden kısaca bahsetmenin yararlı olacağı kanısındayız.

2.2.2. İskelet Sistemler

Taşıyıcı strüktürün doğrusal elemanlarla oluşturulduğu sistemlerdir. Burada yapını tüm yükleri kolon, kiriş ve döşeme elemanlarıyla iletilmesi söz konusudur. Yapı ya ait tüm yükler bir iskelet vasıtasıyla temellere aktarılmaktadır. İskelet sistemler de kendi içinde üç farklı biçimde incelenir.

- Kolon-Kiriş Sistemleri : Yapı yüklerinin döşemelerden kirişler aracılığıyla kolonlara aktarıldığı sistemlerdir. Burada kolonlar bir kat yüksekliğinde süreksiz (eklentili) bir şekilde veya birkaç kat yüksekliğinde sürekli (eklentisiz) olarak iki farklı şekilde uygulanır.

- Çerçeve Sistemler : Taşıyıcı elemanları çerçeveler ve döşeme panellerinden oluşan, yüklerin döşemelerden çerçevelere iletildiği sistemlerdir. Çerçevelerin biçimleri moment etkisine uyumlu olacak şekilde yapılmaktadır.
- Kolon-Döşeme (Mantar) Sistemleri : Kolon ve döşemelerin bütünleşmiş biçimde üretildiği sistemlerdir. Burada yükler döşemeler aracılığıyla doğrudan kolonlara iletilmektedir [18, s.200-239].

2.2.3. Panel Sistemler

Fabrikada üretilen panellerin şantiyede biraraya getirilmesiyle oluşturulan yapım sistemleridir. Bu sistemde döşeme ve duvar elemanları hacmi sınırlayan alanların büyüklüğü veya daha küçük panellerle olmak üzere iki farklı şekilde üretilmektedir.

- Büyük Paneller : sistem elemanlarının boyutları, hacmi sınırlayan yapı elemanlarının boyutlarına eşit olduğu sistemlerdir. Bu uygulamada daha rijit bir yapı kabuğu oluşturulmaktadır.
- Küçük Paneller : Düşey ve yatay birçok yapı elemanının birleşimiyle hacmin oluşturulduğu uygulamalardır [19, s.3].

2.2.4. Hücre Sistemler

Fabrikada üretimi yapılan ve şantiyede sadece montajı yapılan, bitmişlik düzeyleri yüksek, mekan boyutlu birimlerle oluşturulan sistemlerdir. Bu sistemlerde binanın birimleri olan mekanların tamamen ön üretimi söz konusudur. Hücre sistemler kapalı ve açık hücre olmak üzere iki farklı biçimde üretilirler.

- Kapalı Hücre : Mekan birimlerinin tek hücreyle oluşturulduğu sistemlerdir. Bu sistemde tasarımda sınırlı bir esneklik söz konusudur.
- Açık Hücre : Mekan birimlerinin birden çok sayıda hücrelerle oluşturulduğu sistemlerdir. Bu sistemde karşılıklı iki yüzeyi açık olan hücreler biraraya getirilerek mekan oluşturulur.

2.3. Prefabrike Yapım Sistemlerinin İlköğretim Binalarına Uygulanabilirliğine İlişkin Kriterlerin Değerlendirilmesi

2.3.1. Bina Tasarımı Bakımından Değerlendirme

Prefabrike yapım sistemlerinin teknolojik özelliklerinin tasarıma getirdiği olanak ve kısıtlamaların birçok yönden değerlendirilmesi gerekmektedir. İlköğretim binalarında da seçilen yapım sisteminin birçok amaca hizmet etmesi, gereksinimleri en uygun şekilde karşılaması öncelikli beklentidir. Bir ilköğretim binasının yapım sisteminin seçiminde genel olarak aşağıdaki kriterlerin değerlendirilmesi gerekmektedir :

- Bina fonksiyonlarına uygunluk
- Çevreye uyum
- Tasarım ve kullanım esnekliği sağlayabilme
- Yapım ve kullanım maliyetinin uygunluğu
- Estetik beklentilere cevap verebilme
- Depreme dayanıklılık [20, s.7]

Ön planlama aşamasında ilköğretim binalarına ait yapım sistemi seçimi yapılabilmektedir. Öncelikle ekonomi. Yasalar ve arsa özelliklerine bağlı sınırlamalar değerlendirilerek, öngörülen yapım sisteminin ilköğretim binası için uygun olup, olmadığı belirlenmelidir. Ayrıca, eğitim sistemindeki olası değişikliklere bağlı olarak, seçilen yapım sisteminin buna karşılık verebilmesi gerekmektedir.

Prefabrike yapım sisteminde yapı bileşenlerinin tasarım düzenine uyum gösterebilmesi için planlamada modüler koordinasyon esaslarına uyulması gerekmektedir. Yapı elemanlarının standartlaşmasının ön koşullarından birisi olan modüler koordinasyonda desimetrik modülün çok katları olan temel modül $M= 10$ cm olarak belirlenmiştir. Bu birime bağlı olarak 120 cm 'lik planlama modülü prefabrike yapım sistemlerinin bina tipolojisine entegrasyonunda kullanılmaktadır. Bunun nedeni planlamada bu oranla uygun bölünebilirliğin sağlanabilmesidir [21, s.135].

Prefabrike yapım sistemlerinin ilköğretim binalarına uygulanmasında bina fonksiyonlarına uygunluğunu incelediğimizde, iskelet ve panel sistemlerin geniş açıklık geçebilen ve yüksek mekan boyutlarına uygun sistem çözümleri sunan olanaklara sahip olduğunu görmekteyiz. Hücre sistemler için ise aynı özelliklerden

söz etmek mümkün değildir. Bunun nedeni mekan boyutundaki yapı elemanlarının taşınmasına ilişkin getirilen boyutsal kısıtlamalardır.

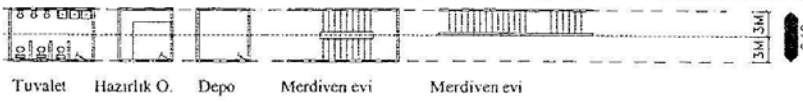
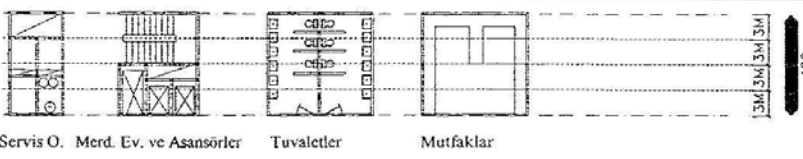
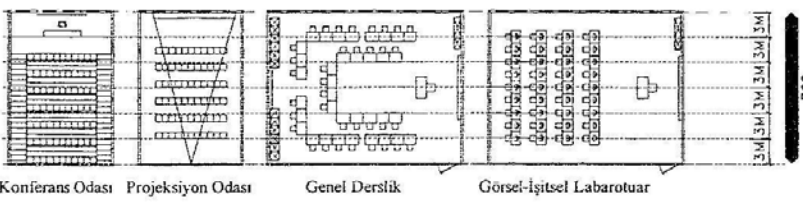
Çevreye uyum açısından prefabrike sistemleri incelediğimizde, prefabrikasyon teknolojisinin sunduğu olanaklara bağlı olarak zengin çözüm örneklerine rastlamaktayız. İnşa edilecek yapının bulunduğu bölge şartlarına bağlı olarak, çevreye uyum sağlayabilecek uygun çözüm sağlanabilmektedir.

Tasarım ve kullanım esnekliği sağlayabilmesi bakımından prefabrike sistemleri incelediğimizde, panel ile hücre sistemlerde açıklıkların sınırlı, mekan içerisinde belirli aralıklarla düşey taşıyıcı yüzeysel elemanların düzenlenmesi gereği iç mekan düzenlemelerini ve bu mekanlarda değişiklik yapılmasını kısıtlamaktadır. İskelet sistemlerde bu tür kısıtlamalar düşük düzeydedir [22, s.13].

Prefabrike sistemler gelişmiş tekniklerle uygulandığı için üretim miktarı düşük olduğu durumlarda geleneksel yapım sistemlerine oranla daha pahalı olmakla birlikte, üretim miktarının yüksek olduğu durumlarda yapım maliyeti önemli oranda azalan yapım sistemleridir. Kullanım maliyeti bakımından prefabrike sistemleri incelediğimizde, teknolojinin getirdiği uygulama ve malzeme kalitesi nedeniyle geleneksel sistemlere oranla daha az bakım gerektiren düşük maliyetli bir yapım sistemi olduğunu görmekteyiz. Malzeme bakımından prefabrike sistemlerin yapım ve kullanım maliyetini incelendiğimizde hammadde temini kolay ve üretim hacmi arttırılabilir durumdaki betonun en ucuz malzeme olduğunu görmekteyiz.

Estetik beklentilere cevap verebilmesi bakımından prefabrike sistemleri incelediğimizde, panel ve hücre sistemlerin kısıtlı seçeneklere sahip olduğunu, iskelet sistemlerin ise kitlesel düzenleme bakımından daha zengin çözümler sunabildiğini söyleyebiliriz. Ayrıca cephe yüzeyleri malzeme , renk ve doku bakımından birçok seçeneğe sahiptir [23, s.19-26].

Deprem dayanımı bakımından prefabrike sistemleri incelediğimizde, kalite kontrolü yüksek üretim ve uygulama nedeniyle geleneksel sistemlere oranla daha dayanıklı sistemler olduğunu söyleyebiliriz.

A Bölgesi	Sabit Mekanlar	
B Bölgesi	Servis Mekanları	
C Bölgesi	Genel Amaçlı Öğretim Mekanları	
D Bölgesi	Özel Amaçlı Öğretim Mekanları	

Şekil 2.7. İlköğretim Binalarındaki Öğretim Mekanları ile Servis ve Sirkülasyon Mekan Guruplarının 120 cm 'lik Planlama Modülüne Göre Tasarlanması [1, s.140].

2.3.2. Malzeme Bakımından Değerlendirme

İlköğretim binalarının prefabrike sistemlerle oluşturulmasında malzeme seçim kararlarının en doğru şekilde verilmesi gerekmektedir. Bunun için tüm yapı elemanlarının sistem ile malzeme yönünden değerlendirilmesinde öncelikle her yapı elemanına ait performans ölçütleri belirlenmelidir. Daha sonra bu ölçütlere göre olası seçeneklerin değerlendirilmesi ve uygunluk derecelerine göre en ideal çözümler ortaya koyulmalıdır. Bundan önceki bölümde eğitim binalarının üretiminde prefabrike sistemlerin değerlendirilmesinde bina fonksiyonlarına uygunluğu ve esneklik sağlayabilmesi gibi temel kriterlere en çok uyan sistemin iskelet sistem olduğundan söz etmiştik. Malzeme yönünden iskelet sistemler betonarme, çelik ve ahşap olmak üzere üç grupta incelenir. Çelik malzeme diğer iki seçeneğe oranla daha yüksek üretim maliyeti getirmesi ve kaliteli çelik işçiliğinin her yerde bulunamaması gibi nedenler yüzünden olumsuz özelliklere sahiptir. Ahşap ise yangın dayanımının düşük oluşu ve hızlı üretimle büyük miktarlardaki bina talebini karşılayabilecek düzeyde üretim hacmine sahip olmaması nedeniyle eğitim binalarının üretimi için uygun değildir. Betonarme ağır olması nedeniyle bazı durumlarda dezavantajlı bir malzeme olmakla birlikte, Türkiye’de beton esaslı prefabrike yapı elemanı üreten mevcut fabrikaların büyük miktarlardaki talebi hızla

karşılayabilmesi nedeniyle önemli bir avantaja sahiptir. Ayrıca yapımda kalite kontrolünün ve standardın sağlanabilmesi bakımından beton esaslı prefabrike sistemler büyük öneme sahiptir.

Eğitim yapılarının beton esaslı prefabrike sistemlerle yapılmasında seçilecek dış duvar sistemi ve malzemesine ait özelliklerin de incelenmesi gerekmektedir. Öncelikle bir dış duvardan beklenen özelliklerin belirlenmesi gerekmektedir. Prefabrike bir dış duvardan beklenen özellikleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz :

- Mekanik, kimyasal etkenlere ve dona karşı dayanıklı olması,
 - Yağmur ve rüzgara karşı geçirimsizlik sağlayabilmesi,
 - Yeterli ısı geçirgenlik direncine sahip olması,
 - İç yüzeyde “terleme”, gövdede “buhar yoğunlaşma” sorunları getirmemesi,
 - Isısal deformasyonlardan hasar görmemesi,
 - Yapımının kolay, maliyetinin düşük olması,
 - Bakım azlığı ve kolaylığı sağlaması,
 - Yüzeyinin kirlenme sorunları getirmemesi,
 - Estetik bakımdan yeterli olması,
 - Kalıp yapımında ve üretimde kolaylık getirmesi,
 - Aynı kalıbın farklı boyutlardaki bileşenlerin üretimi için kullanılabilmesi,
 - Panelin en az sayıda bağlantı ve yalıtımlı derz yapımını sağlayacak şekilde olması,
 - Taşıma giderlerini arttırmayacak biçim, boyut ve ağırlıkta olması,
 - Boyutsal sapmaların birleşimlerde zorluk çıkarmayacak şekilde olması,
 - Birleşim sistemi ve malzemesinin yeterli dayanıklılık ve geçirimsizlik sağlaması, ısısal hareketlere imkan verebilmesi,
 - Gerek panelin kendi içerisinde, gerekse birleşimlerde ısı köprülerinin olmaması,
 - Sıva (özellikle dışta) ve iskele gerektirmemesi,
 - İstenildiğinde değiştirilerek yerine başka bir panelin takılabilmesi
- [24, s.15 ; 25, s.16].

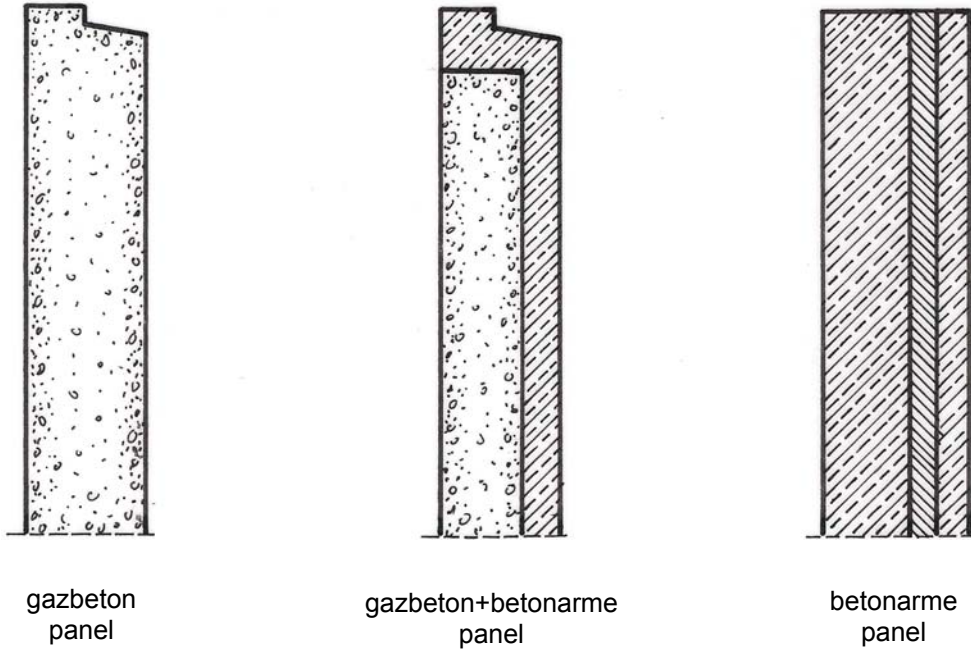
Yukarıda sıralanan performans özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, beton esaslı prefabrike sistemlerle üretilecek eğitim yapılarında olası dış duvar malzeme seçeneklerinin minimum bir kat yüksekliğinde üretilen rijit panellerden oluşması gerektiği öncelikli temel kriter olarak söylenebilir. Diğer betonarme yapı elemanları

ile uyumluluğun kolaylıkla sağlanabilmesi bakımından olası dış duvar malzemelerinin betonarme ve gazbeton elemanlardan oluşabileceği söylenebilir [26, s.32]. Bunlara ek olarak iki malzemenin kombinasyonundan oluşan çok katmanlı duvar türü uygulamalarına da rastlamaktayız.

Öncelikle gazbetonun olumlu özelliklerinden söz edecek olursak, yapı fiziği bakımından uygun bir çözüm olması, ısı köprülerinin olmaması, hafif, kolay üretilir ve ucuz oluşunu sıralayabiliriz. Gazbetonun olumsuz özelliklerini incelediğimizde yeterli mukavemeti olmadığını ve bu yüzden panel elemanlarının taşıma kapasitesinin çok düşük olduğunu söyleyebiliriz. Bu nedenle gazbeton dış duvar elemanlarında iki kattan fazla üretilen bina tipolojilerinde taşıyıcı olarak kullanılamamakta, yeterli taşıma kapasitesinin oluşturulması için kalınlığının çok artırılması gerektiği söylenebilir. Ayrıca dayanıksız bir malzeme olması nedeniyle nakliye, taşıma ve montaj sırasında kenarlarında kırılmalar olabilmektedir. Gazbetonun diğer en önemli olumsuzluğu su geçiriminin yüksek oluşudur. Bu nedenle özellikle dış yüzeyde sıva, boya gibi uygulamaları gerektirdiğinden yapımda iskele kullanımı kaçınılmaz olur.

Gazbeton ile betonun birlikte kullanıldığı bütünleşik dış duvar sistemlerinde iki katmanlı dış duvar örneklerini görmekteyiz. Bu uygulamada ısı yalıtımını sağlayan gazbeton tabakasının taşıyıcı betonarme bir tabaka ile dıştan korunması esasına dayanır. Burada gazbetonun kalınlığı iklim bölgelerine göre değişir. Uygulamanın olumlu özelliği dış etkenlere dayanıklı bir dış kabuk oluşturulmasıdır. Olumsuz yönler ise ısısal genleşmeler sonucunda betonarme dış katmanın daha fazla gerilmesiyle oluşabilecek deformasyonlar ve iki katman arasında oluşabilecek yoğunlaşma suyunun dışarı atılamaması nedeniyle gazbetonun ıslanması sonucu ısı geçirgenliğinin azalması şeklinde sıralanabilir.

Betonarme dış duvar elemanları yukarıda sıralanan çoğu olumsuz özelliklere sahip bir dış duvar malzemesi değildir. Betonarme dış duvar panellerinin yukarıda sıralamış olduğumuz prefabrike bir dış duvardan beklenen performans özelliklerine en çok yanıt veren dış duvar türü olduğunu söyleyebiliriz. Isı geçirgenlik değerinin çok yüksek olması betonarme dış duvarı diğerlerinden ayıran olumsuz temel özelliğidir. Ancak ek bir ısı yalıtımı yaparak betonarme esaslı dış duvarın olumsuz özelliklerini iyileştirmek mümkün olabilmektedir. Bu haliyle betonarme esaslı prefabrike dış duvar seçenekleri olası seçenekler arasında eğitim yapılarının üretilmesinde kullanılabilecek en ideal dış duvar seçenekleri olmaktadır.



Şekil 2.8. Eğitim Yapılarının Üretiminde Kullanılabilecek Prefabrike Dış Duvar Seçenek Kesitleri

2.4. Bölüm Sonucu

Dünyada eğitim yapılarının prefabrike sistemlerle uygulanması giderek yaygınlık kazanmıştır. Bunun temel nedenleri arasında eğitim binalarının tipleştirilmiş bir planlama biçimine sahip olması, standartlaşmış yapım kalitesi, hızlı nüfus artışı, esnek tasarımın gerektirdiği demontabl yapım sistemi, çok sayıdaki rasyonel üretimlerin ekonomik olması gibi etkenleri sıralayabiliriz. Temel Eğitim Projesi kapsamında, Türkiye’de yaklaşık 300.000 derslik kapasiteli ilköğretim yapısının kısa sürede inşa edilmesi zorunluluğuna bağlı olarak 21. yüzyıl ilköğretim binalarının inşasında prefabrike sistemlerin kullanılması gereği doğmuştur.

İlköğretim binalarının prefabrike sistemlerle uygulanmasında, tekrar eden eleman sayısının kitlesel üretim için yeterli olması, eleman tip sayısının en aza indirilmesi, üretim-taşıma-montaj evrelerinde rasyonelliğin sağlanması, bina fonksiyonlarına uygunluğun gerçekleştirilmesi, çevreye uyumun sağlanması, yapım-kullanım maliyetinin en aza indirilmesi, estetik beklentilere cevap verilebilmesi ve depreme dayanıklılık kriterlerinin değerlendirilmesi gerekmektedir.

Türkiye koşullarında hammadde temininin kolay ve ucuz olması, yüksek miktarda üretimin sağlanabilmesi, mevcut üretim tesislerinin üretim biçimi gibi nedenler göz önünde bulundurulduğunda ilköğretim binalarının beton esaslı prefabrike sistemlerle inşa edilmesi en rasyonel çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada beton esaslı prefabrike sistemler kapsamında bir sınırlandırma söz konusudur.

Beton esaslı prefabrike sistemleri ilköğretim binalarının uygulanması kapsamında değerlendirdiğimizde, bina fonksiyonlarına uygunluk, çevreye uyum, tasarım-kullanım esnekliği sağlayabilme, yapım-kullanım maliyetinin uygun oluşu ile estetik beklentilere cevap verebilme kriterleri bakımından hücre sistemlerin uygun olmadığını; iskelet ve panel sistemlerin yapısal kuruluş özellikleri ile sahip olduğu birçok çözüm seçeneği nedeniyle uygun yapım sistemleri olduğunu söyleyebiliriz.

3. BETON ESASLI PREFABRIKE DIŞ DUVAR SEÇENEKLERİNİN SINIFLANDIRILMASI VE ISITMA ENERJİSİ BAKIMINDAN ETKİNLİĞİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Beton esaslı dış duvar sistemleri yapı taşıyıcı sistemi ve dış duvarın fonksiyonuna bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. Yapıdaki taşıyıcı sistem ile dış duvar elemanlarının bir araya getiriş şeklinde ve elemanların üretim teknolojisindeki farklılıklar, birçok birleşim seçenekleri sunmaktadır. Bu bölümde eğitim yapılarına uygulanacak beton esaslı dış duvar elemanlarının ısı yüklerinin denetlenmesi amacıyla duvar elemanları ve birleşimlerindeki problem noktalarının ortaya koyulması ve çözüm yaklaşımının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle eğitim yapılarına uygulanacak dış duvar seçeneklerinin oluşturulması ve dış duvara ait performans kriterlerinin ısı yükleri ile ilişkisinin belirlenmesi gerekmektedir. Öncelikle dış duvar seçeneklerinin oluşturulmasına yardımcı olacak olan beton esaslı prefabrike dış duvar elemanlarının genel sınıflandırılmasının yapılmasının yararlı olacağı kanısındayız.

3.1. Beton Esaslı Prefabrike Dış Duvar Elemanlarının Genel Sınıflandırılması

Beton esaslı prefabrike dış duvar elemanları, biçimleri, boyutları, kesit kuruluşlarındaki katmanlaşma düzeni ve bina taşıyıcı sistemleri ile ilişkileri bakımından çeşitli açılardan büyük bir çeşitliliğe sahiptir. Dış duvarda sağlanan bu çeşitlilik cephe çözümlerinde birçok seçenek sunmaktadır. Cephe sisteminin tasarımında, tasarımcı bir taraftan estetik beklentilere cevap vermek isterken, diğer taraftan da aşağıdaki genel kriterleri göz önünde bulundurarak tasarım kararları vermelidir :

- Üretim, depolama, taşıma, montaj araç ve olanakları,
- Duvar elemanı temel fonksiyonu,
- Çevresel şartlar,
- Duvar elemanlarının birbirleri ve bina taşıyıcı sistemi ile konumu,
- Yapı alt sistem elemanları ile duvar ilişkisi.

Prefabrike sistemlere uygulanan dış duvar panelleri, birçok açıdan sınıflandırılırlar. Bu sınıflandırma aşağıda özetlenmiştir :

- Genişliklerine bağlı olarak dış duvar panellerinin sınıflandırılması
 - Dar paneller (30-100 cm)
 - Orta boy paneller (100-200 cm)
 - Büyük boy paneller (200 cm den büyük) [26, s.4]
- Kesit kuruluşundaki katmanlaşma düzenine bağlı olarak dış duvar panellerinin sınıflandırılması
 - Tek katmanlı paneller
 - Çift katmanlı paneller
 - Üç veya daha fazla katmanlı paneller [27, s.80]
- Biçimsel çeşitliliğine bağlı olarak dış duvar panellerinin sınıflandırılması
 - Boşluksuz paneller
 - Kapalı boşluklu paneller
 - Açık boşluklu paneller [13, s.74]
- Boyutsal çeşitliliğe bağlı olarak dış duvar panellerinin sınıflandırılması
 - Kat yüksekliğinde dar veya geniş paneller
 - Birkaç kat yüksekliğinde paneller
 - Parapet elemanları
 - Küçük parçalı elemanlar [13, s.75]
- Bina taşıyıcı sistemi ile konumsal çeşitliliğe göre dış duvar panellerinin sınıflandırılması
 - Ön konumlu
 - Yarı ön konumlu
 - Ara konumlu [13, s.76]

- Taşıyıcılık bakımından dış duvarların sınıflandırılması
 - Kendini taşıyan
 - Taşınan
 - Taşıyıcı [26, s.32]

3.2. İlköğretim Yapılarında Kullanılacak Beton Esaslı Dış Duvar Seçenekleri

Daha önceki bölümlerde prefabrike dış duvardan beklenen özellikler kapsamında gereklilikleri sıralamış ve ilköğretim yapılarının üretiminde beton esaslı dış duvar sistemlerinin en uygun çözüm olduğundan söz etmiştik. İlköğretim yapılarının beton esaslı prefabrike yapım sistemleri ve buna bağlı olarak beton esaslı prefabrike dış duvar sistemleri ile uygulanmasında duvar konstrüksiyonuna etki eden etkenler aşağıdaki gibi sıralanabilir :

- Bina fonksiyonuna ve binada yer alan eylemlere bağlı etkenler,
- Tasarım ve yapım sistemine bağlı etkenler,
- Yasalara bağlı etkenler,
- Doğal ve yapay çevreye bağlı etkenler,
- Zemin koşulları ve deprem yüklerine bağlı etkenler,
- Yapı fiziği sorunlarına bağlı etkenler,
- Statik yüklere bağlı etkenler,
- Maliyet ile ilgili etkenler [1, s.147].

Bir önceki bölümde sözü edilen beton esaslı prefabrike dış duvara ait sınıflandırma biçimine bağlı olarak ilköğretim yapılarının üretiminde kullanılabilecek dış duvar seçeneklerini ve bunlara gelebilecek kısıtlamaları belirleyebiliriz.

Genişlikleri bakımından beton esaslı prefabrike dış duvarları incelediğimizde, dar, orta boy ve geniş panel seçeneklerinin tümünün kullanılabileceğini söyleyebiliriz. Geniş paneller taşıma ve montaj aşamalarında zorluk yaşanmaması için 720 cm'den büyük olmamalıdır.

Kesit kuruluşlarındaki katmanlaşma düzeni bakımından beton esaslı prefabrike dış duvarları incelediğimizde, tek katmanlı panellerin yalıtımsız olmasından dolayı hiçbir

durumda kullanılamayacağını söyleyebiliriz. Çift katmanlı paneller ise ısı yalıtımından oluşan iç veya dış katman ile betonarme taşıyıcı katmandan meydana gelir. Çift katmanlı prefabrike duvar sistemleri ısı yalıtım katmanının sıva gerektirmesi nedeniyle en uygun seçenek olma özelliğini taşımamaktadır. Üç katmanlı dış duvar sistemlerini incelediğimizde, sandviç duvar olarak adlandırılan bu tür duvarların her katmanının temel bir işlevi olması ve bu nedenle bir dış duvardan beklenen performans özelliklerinin en üst düzeyde karşılanması söz konusu olmaktadır. Sandviç duvarları daha detaylı olarak incelediğimizde, dış etkenlere karşı koruma görevi gören ve estetik açıdan istenilen yüzey dokusunu taşıyan “dış katman”, ısı yalıtımı görevini üstlenen “iç katman” ile duvar veya bina yüklerini taşıyan “iç katman” olarak tanımlanan kısımlar söz konusu olmaktadır.

Kat yüksekliği bakımından ilköğretim yapılarında kullanılacak dış duvar sistemlerini incelediğimizde, tercihen bir katlı cephe panellerinin kullanılmasının taşıma ve montaj kolaylığı bakımından daha uygun olduğunu, iki kat yüksekliğindeki panellerin de bazı durumlarda kullanılabileceğini söyleyebiliriz. Parapet elemanlar ile küçük parçalı bileşenler çok fazla birleşim yerine sahip olmaları nedeniyle montaj ve derz işçiliğini arttırmaktadır. Bu durumda yapım süresi ve maliyeti de artmaktadır. Bunlara ek olarak derzlerde ve birleşimlerde hatalı uygulama veya zamanla oluşabilecek bozulmaların riski de artacaktır [28, s.34].

Bina taşıyıcı sistemi ile olan konumsal çeşitliliğe göre ilköğretim yapılarında beton esaslı prefabrike dış duvar sistemlerini incelediğimizde, ön, yarı ön ve ara konumlu üç seçeneğin de teknik açıdan uygulanabileceğini; ancak en ideal seçeneğin montaj sistemi nedeniyle ısı yalıtımını kesintiye uğratmayacak ön konumlu seçenek olduğunu söyleyebiliriz. Yarı ön konumlu sistemlerde de ısı yalıtımı kesintiye uğratılmadan veya ek bir yalıtım yapılarak ısı köprüsüz çözümler oluşturulabilmektedir. Ancak ara konumlu dış duvarlarda bina taşıyıcı sistem elemanları olan kolon, döşeme veya iç duvar alınlarının dış ortamla temas etmeleri nedeniyle oluşabilecek ısı köprüleri önlenememektedir. Sonradan yapılacak ısı yalıtımı ise iskele ve sıva gerektirdiği için prefabrike yapım sistemine uygun olmayan bir çözümle karşılaşılmış olunacaktır.

Taşıyıcılık bakımından ilköğretim yapılarında kullanılacak beton esaslı prefabrike dış duvar sistemlerini incelediğimizde, kendini taşıyan, taşınan ve taşıyıcı üç duvar türünün

de kullanılabileceğini söyleyebiliriz. Beton esaslı prefabrike yapım sistemlerinde daha çok taşıyıcı ve taşınan duvar sistemlerinin kullanıldığını görmekteyiz. Kendini taşıyan duvar sistemleri de iki katı geçmeyen uygulamalarda kullanılmaktadır.

Yukarıda kısaca incelemiş olduğumuz ilköğretim yapılarının üretiminde kullanılacak beton esaslı prefabrike dış duvar sistemlerine ait olası seçeneklerin özellikleri ve sınırlamalarına dayalı olarak enerji etkinliğin denetlenmesine ilişkin problem noktalarını ortaya koymadan önce enerji etkinlik kavramı ve buna bağlı kriterlerin incelenmesi yararlı olacaktır.

3.3. Seçeneklerin Isıtma Enerjisi Bakımından Etkinlik Kriterlerinin Belirlenmesi

3.3.1. Enerji Etkinlik Kavramı

Yapılarda kullanım süreleri boyunca ısıtılıp soğutulmaları ve yapay sistemlerle aydınlatılmaları nedeniyle enerji gereksinimine ihtiyaç duyulmaktadır. Fiziksel konfor koşullarının en ideal şekilde sağlanması ve aynı zamanda da enerji tüketiminin en az düzeyde olması beklenmektedir.

Dünyada enerji kaynaklarının giderek azalmasıyla enerji maliyetlerinin artması ve yüksek yakıt tüketimi nedeniyle karbondioksit emisyonlarının artmasının getirdiği çevre kirliliği nedeniyle bina tasarımında enerji etkin sistemlerin araştırılması ve çözümlerin geliştirilmesi zorunluluğu ortaya çıkmıştır [29, s.5]. Enerji etkinlik kavramı, en az enerji, işgücü, malzeme ve sermaye ile çözüme ulaşmayı hedeflemektedir. Enerji etkin yapı tasarımında etkinliğin sağlanabilmesi, enerji kayıp ve kazançların denetlenmesi ve enerji kullanımının denetlenmesi yöntemleri ile gerçekleştirilebilmektedir.

Enerji etkinliğin sağlanmasında öncelikle güneş kontrolünün gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Kışın ısıtma yükünün azaltılması bakımından güneş ışığının en fazla düzeyde yapı içerisine girebildiği çözümler geliştirilirken, yazın soğutma yükünün azaltılması bakımından da güneş ışığının en az düzeyde yapı içerisine girebildiği çözümlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Enerji etkinliğin sağlanmasındaki en önemli etkenlerden birisi de dış kabuğu oluşturan dış duvar, çatı ve dış ortam ile ilişkili döşemelerdir. Dış kabuk elemanları opak veya saydam bileşenlerden oluşmaktadır. Burada enerji etkinliğin denetimi saydamlık oranını optimizasyonu, saydam ve opak

kısımların ısı geçirgenlik direncinin yükseltilmesi ile aralarındaki hava sızıntısı (enfiltasyon) ve ısı köprülerinin önlenmesine bağlı olarak sağlanmaktadır.

Bu çalışmada yapı kabuğunun büyük bir yüzdesini oluşturan dış duvarların betonarme prefabrike sistemlerle oluşturulması durumunda olası sistemlere ait duvar tiplerinin sadece ısıtma enerji bakımından etkinliğin denetlenmesi amaçlanmıştır. Betonun ısı geçirgenlik direncinin düşük oluşu ve prefabrike sistemlerde birleşimlerde meydana gelen ısı köprüleri büyük miktarda ısıtma enerjisi kayıplarına neden olmakta ; bunun sonucunda da binanın yaşam dönemi maliyetleri artmaktadır. Özellikle ülkemizde prefabrikasyonun gerektiği düzeyde disiplinler arası bir çalışma şekline sahip olmayışı prefabrike sistemlerin birleşim yerlerinde ısı kayıplarına neden olan çözümlerin uygulandığı gerçeğini ortaya koymaktadır.

Daha önceki bölümlerde de bahsetmiş olduğumuz gibi, eğitim yapılarının değişen eğitim sistemine ve süresine bağlı olarak hızla inşa edilmesi zorunluluğu, prefabrike sistemlerin kullanımını ve bu sistemlerin birçok açıdan geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle son yıllarda eğitim yapılarının prefabrike sistemlerle yapılmasına ve eğitim yapılarının ısı yalıtımına ilişkin birçok çalışma yapılmıştır. Bunlara ek olarak, eğitim yapılarının ısı yalıtımına ilişkin proje yarışmaları düzenlenmektedir. Eğitim yapılarının beton esaslı prefabrike sistemlerle yapılması durumunda üretim maliyetini, hızını ve yapım kolaylıklarına ilişkin sistemlerin değerlendirilmesi zorunluluğunun yanında, sistemlere ait kabuk bileşenlerinin de ısı yüklerinin değerlendirilmesi, problem noktalarının belirlenmesi ve çözüm önerilerinin sunulması gerekmektedir. Çünkü sekiz yıllık eğitim sistemimde yaklaşık 300.000 derslik kapasiteli eğitim yapılarının yapımı söz konusu olmakta ve enerji tüketimini çok az düzeyde azaltacak bir çözümün geliştirilmesiyle bile yapı toplamında büyük oranda enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

3.3.2. Dış Kabuk Elemanlarının Isı Yüklerine Bağlı Değerlendirme Kriterleri

3.3.2.1. Doğal Çevreye Bağlı Etkenler

Bina kabuğuna ait ısı kayıp ve kazançların hesaplanmasında doğal çevreye ait çevresel etkenleri :

- Güneş ışıınımı
- Dış hava sıcaklığı
- Toprak sıcaklığı gibi iklimsel verilere gereksinim vardır.

3.3.2.2. Yapay Çevreye Bağlı Etkenler

Yapay çevreye bağlı temel hesap kriterlerini iç hava sıcaklığı ve İç yüzey sıcaklığı olarak sıralayabiliriz. Bu değişkenlerin kontrolünde yapma çevre değişkenleri etkili olmaktadır. Yapma çevre değişkenlerinin seçimi ısı kayıp ve kazançların kontrolünde etkili olmaktadır. Seçilen doğru çözümler ısı kaybını minimuma indirerek enerjinin etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır. Yapma çevre değişkenlerini aşağıdaki gibi özetleyebiliriz:

- Binanın Yeri : Binanın bulunduğu iklimsel koşullar ve arazi özellikleri gibi verileri kapsamaktadır.
- Binanın Boyutları ve Biçimi: Bina yüksekliğine bağlı dış atmosferik şartlardan etkilenme derecesini ve kat yüksekliğine bağlı iç mekanda oluşabilecek ısı kayıplarını ifade etmektedir.
- Binanın Konumu : Binanın diğer binalarla arasındaki konumu, mesafesi, diğer binaların yüksekliği gibi durumlar güneş ışığı yoluyla ısınmayı veya rüzgarın şiddetine bağlı soğumayı etkilemektedir.
- Binanın Yönlendiriliş Durumu : Güneş ışıınımından kazanılan ısı miktarı binanın yönlendirilişine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

- Bina Kabuğuna Ait Termofiziksel Özellikler : Bina kabuğuna ait termofiziksel özelliklerin belirlenmesinde kabuğa ait opak ve saydam kısımların incelenmesi gerekmektedir. Opak kısımlara ait renklerin açık veya koyu olmasına bağlı olarak güneş ışıınımı yutuculuk katsayısı belirlenmelidir. Ayrıca opak kısmı oluşturan malzemeler ısı kayıp ve kazançların kontrolünde etkili olmaktadır. Seçilen ısı yalıtım malzemesinin türü, özellikleri ve ısı geçirme katsayısı önemli kriterler durumundadır. Ayrıca yüzey alanı ve iç-dış sıcaklık farklılıkları da ısı geçiş oranını etkiler [30, s.43]. Saydam kısımlara ait özellikler ise saydamlık oranı ve saydam kısımlara ait termofiziksel özellikler olarak sıralanabilir.
- Bina Kabuğuna Ait Katmanlaşma Düzeni : Enerjinin etkin bir şekilde kullanımının sağlanmasında seçenekler arasından en uygun katmanlaşma düzeninin belirlenmesi gerekmektedir [31, s.15-22 ; 32, s.61].

3.3.3. Dış Duvar Elemanlarının Performans Kriterleri

Dış duvar elemanlarına ait performans kriterlerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz :

- Isı ve Enerji Korunumu : Isı geçişleri; iletim, taşınım, ve ışıınım yoluyla gerçekleşmektedir. Cephenin iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkları azaltılarak iç mekandaki konfor koşulları sağlanmaktadır. Isı geçişlerinin denetlenmesiyle de enerji korunumu sağlanmaktadır. Dış kabuğa ait ısı ve enerji korunumunun sağlanmasında birçok kriter söz konusu olmaktadır.
- Hava Sızdırmazlık : Hava sızdırmazlığı ısı kayıp ve kazançların azaltılması ve su sızdırmazlığın sağlanması bakımından önemli bir performans kriteridir. Rüzgar hızı, iç ve dış cephe yüzeyi arasındaki sıcaklık ve basınç farkına bağlı olarak sızıntı oranı değişmektedir [33, s.29].
- Su Sızdırmazlığı : Yerçekimi, kinetik enerji, kılcallık, rüzgar basıncı ve hidrostatik basınç yapı kabuğunda su sızıntısını etkilemektedir. Sızdırmazlığın kontrolünde cephe yüzeyinin ve cephe elemanları arasındaki derzlerin incelenmesi gerekmektedir. Cephe yüzeyi geçirimsiz bir yapıda olmalı; cephe elemanları arasındaki derzlere dolgu uygulanmalıdır. Ayrıca iç yüzey ve derz aralığındaki suyun drenaj kanalı ile uzaklaştırılması sağlanmalıdır [34, s.57 ; 35, s.71].

- Rüzgara Dayanıklılık : Rüzgara dayanıklılık kriteri özellikle çok parçalı cephe sistemlerinde önemli bir kriter durumundadır. Rüzgar basıncına karşı cephe elemanın sehim yapmaması gerekmektedir. Aksi taktirde oluşabilecek aralıklar dış kabuk için sıraladığımız tüm kriterler açısından olumsuz sonuçlar doğuracaktır [36, s.639].
- Doğal Havalandırma : Doğal havalandırma, iç mekandaki taze hava ihtiyacının karşılanması ve soğutma için gerekli enerji tüketiminin azaltılması bakımından önemli bir kriterdir [37, s.9].
- Doğal Aydınlatma : Doğal aydınlatma saydamlık oranına ve cephe elemanlarının biçimlenişine bağlı olarak oluşturulmaktadır ve yapay aydınlatma için gerekli enerji tüketimini en aza indirilmesinde önemli bir kriter durumundadır.
- Ses Geçirimsizliği : Darbe ve mekan sesi olarak incelenmesi gereken ses kriteri dış kabukta mekan sesi olarak incelenmelidir. Dış kabuğun ses geçirimsizliğinin denetlenmesinde opak ve saydam kısım bileşenleri ayrı ayrı incelenmelidir. Ağırlıkla doğru orantılı olan ses geçirimsizlik, opak kısımlar için ağır veya kalın malzeme kullanımıyla, saydam kısımlar için çift cam seçimiyle gerçekleştirilmektedir [38, s.152].
- Yangın Dayanımı : Çok parçalı cephe sistemlerinde yangına karşı dayanıklılık üç farklı kritik noktada önlemlerin alınmasıyla gerçekleştirilmektedir. Bunlar şu şekilde sıralanabilir:

- Malzeme bünyesi
- Derz dolgu sistemleri
- Bağlantı elemanları

Yangın dayanımının kontrolünde dikkat edilmesi gereken önemli bir konu da yangın esnasında zehirli gazlar çıkarabilecek olan ısı yalıtım tabakasının alevlerden korunmasını sağlamaktır. Sandviç panel uygulamaları bu tehlike için ideal bir çözüm oluşturmaktadır [39, s.295].

- Dayanıklılık : Dayanıklılığın sağlanması malzeme özellikleriyle ilgili olduğu kadar, diğer performans kriterlerinin sağlanmasıyla da sağlanabilmektedir.
- Estetik : Dış kabuğun estetik açıdan tatmin edici veya zengin seçenekler sunması malzeme özellikleri ve üretim teknolojilerine bağlı olarak sağlanabilmektedir[40, s.10].
- Ekonomi : Dış kabuğun ekonomik olması, ısıtma ve soğutma için harcanan enerji miktarına, cephe sistemi ve malzemesinin özelliklerine, uygulama tekniği, araç ve işçiliğe bağlı olarak değişmektedir. Buradan da anlaşılacağı gibi, bir cephe sisteminin ekonomik olması, yapım ve kullanım maliyetlerinin bir bütün olarak ele alınmasıyla sağlanmaktadır.

3.4. Dış Duvarın Isıtma Enerjisi Bakımından Etkinliğinin Denetlenmesinde Problem Noktalarının Belirlenmesi

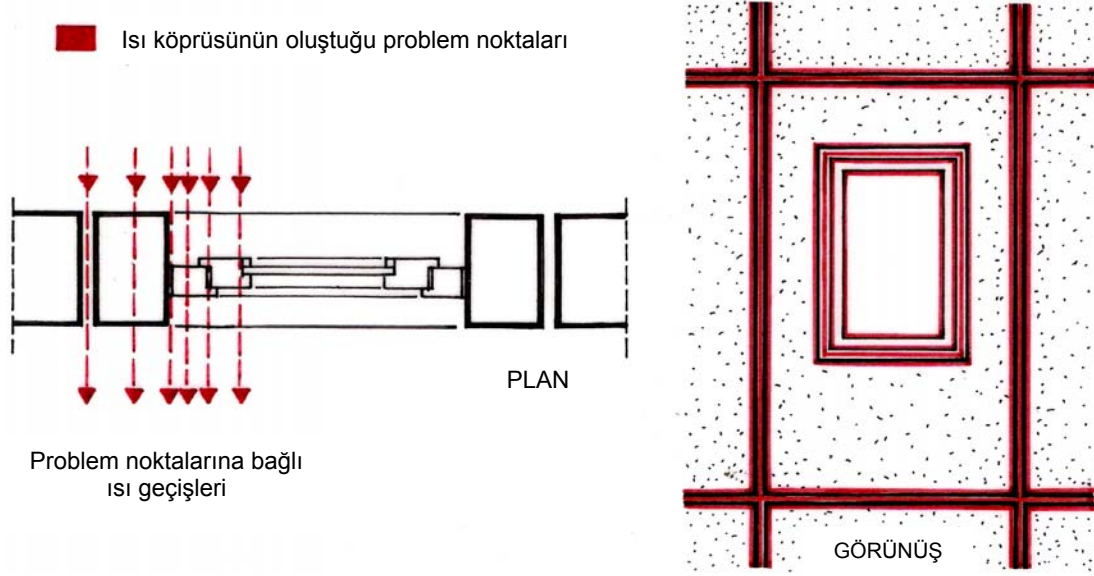
Beton esaslı prefabrike bir dış duvarda duvarın toplam ısı geçirgenliğini arttırabilecek birçok kritik nokta bulunmaktadır. Bu kritik noktaları problem noktaları olarak adlandırabiliriz. Bu durumda dış duvar elemanını opak ve saydam kısımlar iki grupta incelemek daha yararlı olacaktır. Opak kısımlara ilişkin toplam ısı geçirgenliği etkileyebilecek problem noktalarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz :

- Dış duvar panellerinin birleşim noktalarında (derzler) oluşabilecek ısı köprüleri ve hava sızıntısı [41, s.20]
- Panel bünyelerinde panellerin konstrüktif olarak birbirine bağlanmasını sağlayan firketeler veya donatılar nedeniyle oluşabilecek ısı köprüleri [42]

Saydam kısımlar olarak adlandırdığımız pencerelere ilişkin toplam ısı geçirgenliğini etkileyebilecek problem noktaları ise aşağıdaki gibi sıralanabilir :

- Doğrama - duvar birleşimindeki ısı köprüleri ve hava sızıntısı,
- Doğrama - doğrama birleşimlerindeki ısı köprüleri ve hava sızıntısı,
- Doğrama bünyesindeki ısı köprüleri,

- Doğrama - cam birleşimlerindeki ısı köprüleri ve hava sızıntısı (şekil 3.1) [43, s. 1.15 ; 44].



Şekil 3.1. Beton Esaslı Prefabrike Cephe Panellerinde Isıl Performansı Etkileyen Problem Noktaları

Beton ısı geçirgenlik değeri çok yüksek bir malzemedir ve bu nedenle bina dış kabuk elemanlarında yalıtılmadığı durumlarda veya yalıtımın kesintiye uğradığı durumlarda büyük enerji kayıplarına neden olur. Beton esaslı prefabrike dış duvar elemanları üretim teknolojisine veya birleşim sistemlerine bağlı olarak panel bünyesinde ısı köprüsü meydana getirecek şekilde yapıya uygulanır. Bunlara ek olarak beton esaslı prefabrike dış duvar panellerinin arasındaki derz olarak tanımlanan boşluklar da yalıtılmadığı zaman büyük oranda ısı kayıplar meydana gelmektedir [45, 46].

Diğer dış Duvar uygulamalarında olduğu gibi, beton esaslı prefabrike dış duvar sistemlerinde de saydam kısımları oluşturan pencerelerde ısı performansını etkileyen ve yukarıda sıralanan problem noktaları oluşabilmektedir.

Yukarıda sözü edilen problem noktalarının çözümünü sağlamak veya bir başka deyişle doğru uygulama seçeneklerini oluşturmak mümkündür. Bu nedenle, bu çalışmada, saydam kısımların ısı performans bakımından problem oluşturmadığı ve hiçbir problem noktasında hava sızıntısı meydana gelmediği varsayılarak, sadece beton esaslı

prefabrike dış duvar seçenekleri ve bunlara bağlı problem noktalarına dayalı olarak ısıtma enerjisi bakımından etkinliğin incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, seçeneklere ait problem noktalarında ısı akımının dik doğrultuda ve tek yönlü olduğu varsayılarak, oluşabilecek yanal ısı akımları ihmal edilmiştir [47, s.2-3].

3.5. Isıtma Enerjisi Etkinliğe Bağlı Bina Tipolojilerinin ve Dış Duvar Seçeneklerinin Belirlenmesi

3.5.1. Bina Tipolojilerinin Belirlenmesi

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından yayınlanmış olan İlköğretim Yapıları Elkitabında sekiz yıllık ilköğretim yapılarına ilişkin şube sayısına bağlı olarak beş büyüklük belirlenmiştir. Bir, iki, üç, dört ve beş şubeli bina tipolojilerine ilişkin büyüklükler aşağıdaki tabloda özetlenmiştir. Burada kat sayısı olarak iki ve üç katlı çözümlerin önerildiğini görmekteyiz [2, s.31 ; 48].

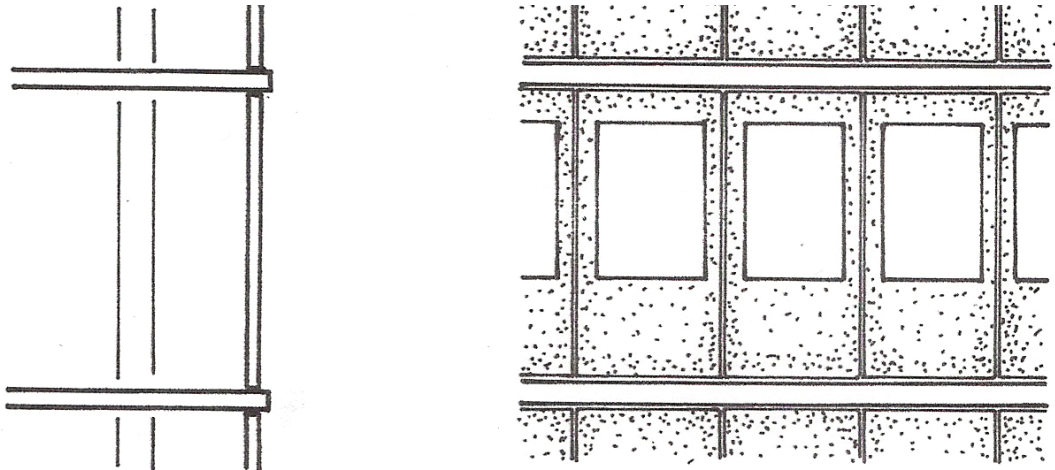
Tablo 3.1. Milli Eğitim Bakanlığı'nın Belirlemiş Olduğu Sekiz Yıllık İlköğretim Binalarının Büyüklüklerine İlişkin Bilgiler [2, s.31]

	1 ŞUBELİ	2 ŞUBELİ	3 ŞUBELİ	4 ŞUBELİ	5 ŞUBELİ
Kat sayısı	2	3	3	3	3
Toplam inşaat alanı (m ²)	2558	3831	6625	7445	8465
İşlevsel alanlar toplamı (m ²)	1535-%60	2299-%60	3975-%60	4467-%60	5079-%60
Dolaşım alanları toplamı (m ²)	1023-%40	1532-%40	2650-%40	2978-%40	3586-%40
Toplam öğrenci sayısı	260	520	760	1000	1240
Öğrenci başına düşen işlevsel alan (m ²)	5.9	4.4	5.2	4.5	4.1
Öğrenci başına düşen dolaşım alanı (m ²)	3.9	2.9	3.5	3.0	2.7
Öğrenci başına düşen toplam inşaat alanı (m ²)	9.8	7.4	8.7	7.4	6.8
Gereksinim duyulan arsa büyüklüğü (m ²)	3000-4000	5000-6000	7000-8000	9000-11000	12000-15000
İnşaat taban alanı/açık alan oranı	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3
Öğrenci başına düşen açık alan (m ²)	10	8.0	8.0	8.0	8.0

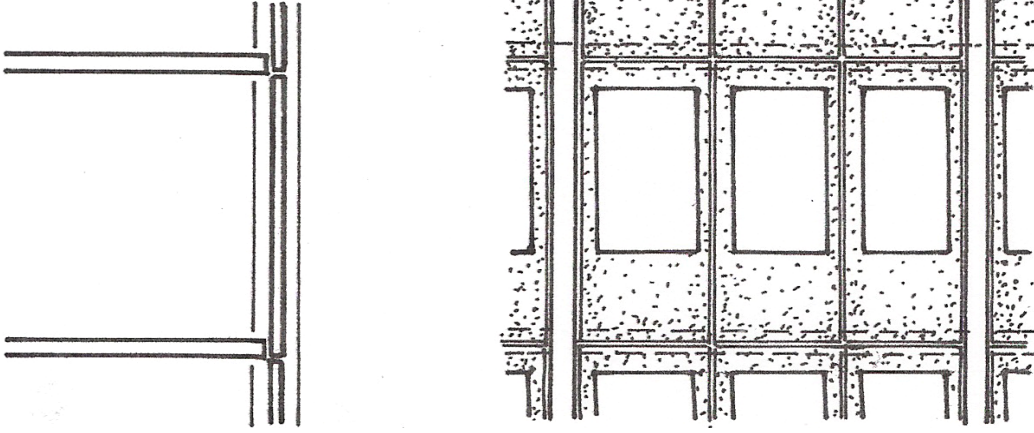
Bölüm 3.2’de kısaca incelemiş olduğumuz ilköğretim yapılarının üretiminde kullanılacak beton esaslı prefabrike dış duvar sistemlerine ait olası seçeneklerin özellikleri ile bölüm 3.4’de ortaya koymuş olduğumuz ısıtma enerjisi bakımından etkinliğin denetlenmesine ilişkin problem noktalarına bağlı olarak bu bölümde dış duvar seçenekleri belirlenecektir. Seçenekler belirlenirken beton esaslı dış duvar panellerinin :

- Genel guruplar üç kısımda toplanmıştır. Genel gurupları aşağıdaki gibi özetleyebiliriz:

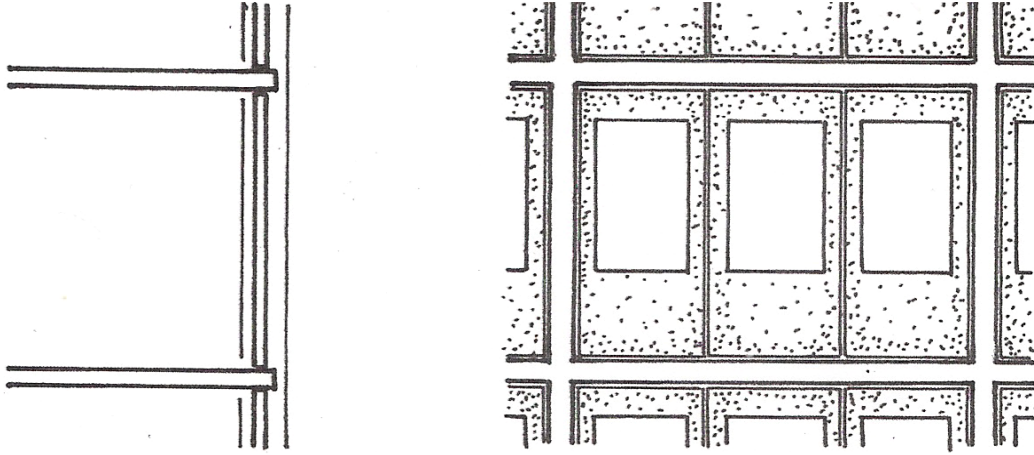
- Bina taşıyıcı sistem düzeni olarak adlandırılan genel gurup, yatay etki, düşey etki, yatay-düşey etki ve düz etki olmak üzere dört alt guruba ayrılmıştır. Genişliğe bağlı genel gurup dar, orta boy ve geniş olmak üzere üç farklı alt guruba sahiptir. Taşıyıcılığa bağlı genel gurup da kendini taşıyan, taşınan ve taşıyıcı olmak üzere üç farklı alt guruba sahiptir [49, s.148 ; 50, s.49].



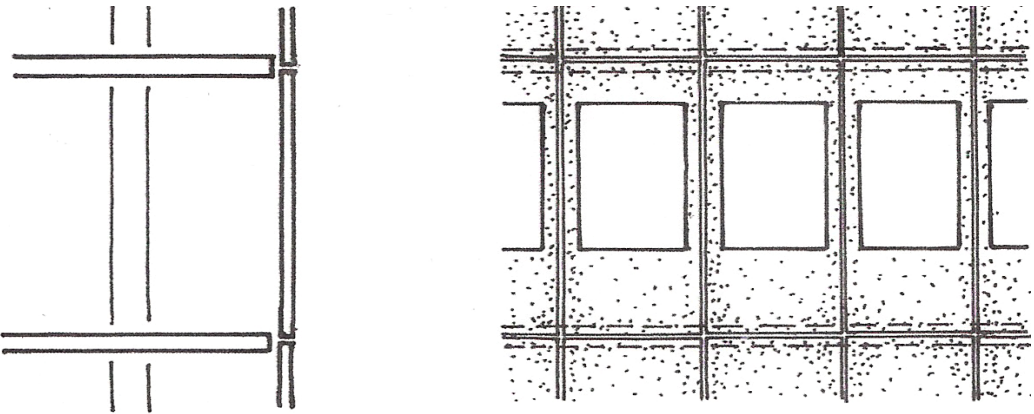
40



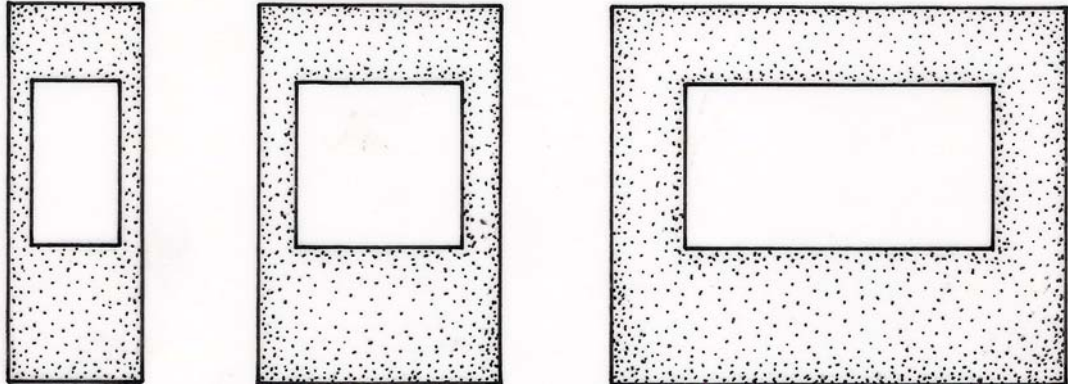
Şekil 3.2. b) Düşey Etkiye Sahip Cephe Düzeni



Şekil 3.2. c) Yatay-Düşey Etkiye Sahip Cephe Düzeni



Şekil 3.2. d) Düz Etkiye Sahip Cephe Düzeni

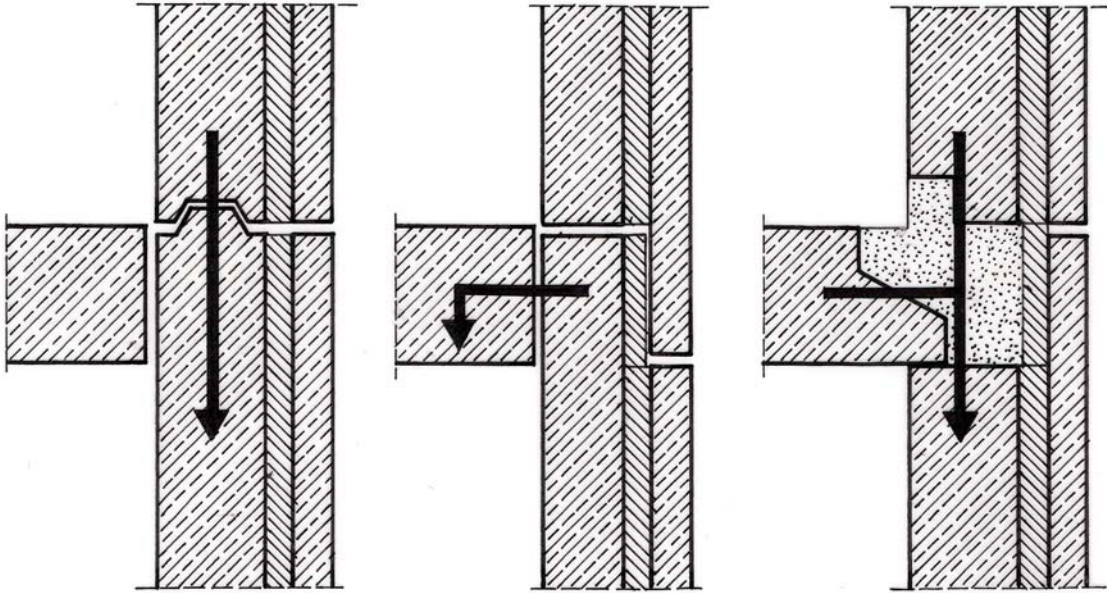


DAR PANEL
(90 cm)

ORTA BOY PANEL
(180 cm)

GENİŞ PANEL
(360 cm)

Şekil 3.3. Panel Genişliğine Bağlı Alt Gurup Elemanları



KENDİNİ TAŞIYAN

TAŞINAN

TAŞIYICI

Şekil 3.4. Panel Taşıyıcılığına Bağlı Alt Gurup Elemanları [26, s.32 ; 51 ; 52, s.41]

Bölüm 3.4’de belirlemiş olduğumuz prefabrike dış duvar panellerinde enerji etkiliği değiştiren temel kriterlere göre de her alt gurup seçeneğine bağlı olarak iki problemlili ve bir ideal seçenekten oluşan üçlü duruma bağlı kombinasyonlar oluşturulmuştur. Alt gurup seçeneklerine bağlı olarak oluşturulan iki problemlili seçenek derzlerde ve panellerde meydana gelen ısı köprülerine bağlı olarak oluşturulmuştur. Alt seçenek guruplarına bağlı olarak oluşturan üçlü durumu aşağıdaki gibi özetleyebiliriz :

- İdeal çözüm (ısı köprüsüz),
- Derz bünyesinde ısı köprüsü,
- Panel bünyesinde ısı köprüsü.

Derzlerdeki ısı köprülerinin derz boşluklarının yalıtılmaması, panellerdeki ısı köprülerinin panel kenarlarında betonarme iç ve dış katmanın birbirine çelik donatılarla bağlanması sonucunda meydana geldiği varsayılmıştır. Çünkü uygulanmış beton esaslı prefabrike bina örneklerinde ısı köprüsüne sahip örneklerin çoğu panellerin birbirine bağlantısını sağlayan donatılarla ısı yalıtımının kesintiye uğratılmasından kaynaklanan konstrüktif nedenlere dayanmaktadır.

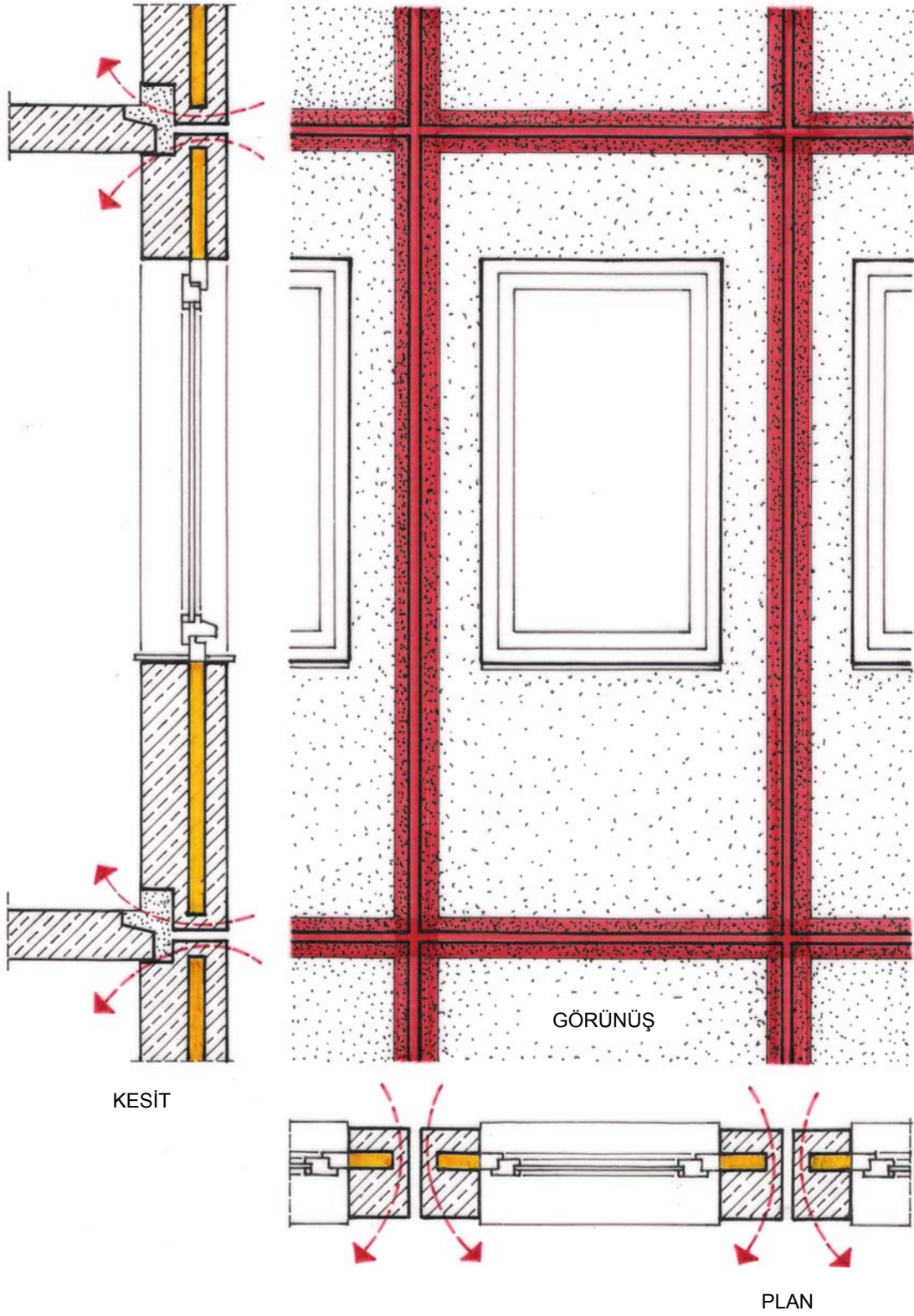
Bu bölümde oluşacak seçenek sayısını belirlemek amacıyla toplam beş binadan oluşan tipolojilerin kodlama tanımının yapılması gereği doğmuştur. Büyüklük sırasına göre bina tipolojileri T1, T2, T3, T4 ve T5 olmak üzere beş kısımda incelenmiştir.

Genel guruplara bağlı on alt gurup ve bunlara bağlı üçlü durum her binaya ait otuz, toplam beş binaya ait yüzelli seçeneği karşımıza çıkarmaktadır. Bu çalışmada bina ölçeğinde otuz, tüm bina tipolojileri ölçeğinde yüzelli seçeneğe ait enerji tüketim değeri hesaplanacak ve bu oranlara bağlı olarak gerekli değerlendirmeler yapılacaktır.

Seçeneklere ait kodlama sisteminden bahsetmek değerlendirme bölümünde algılamının kolaylaştırılması bakımından yararlı olacaktır. Toplam beş basamaklı kodlama sisteminde ilk basamak tipolojiyi, ikinci basamak bina numarasını, üçüncü basamak genel gurup türünü, dördüncü basamak alt gurup satır numarasını, beşinci basamak ısı köprüsünü tanımlayan durum sütununu ifade etmektedir. Buna göre T1 kodlu bina tipolojisinde, seçeneklere ait genel gurup, alt gurup ve ısı köprüsü durumuna bağlı tabloyu ve seçenek kodlarını aşağıdaki gibi şekillendirebiliriz :

Tablo 3.2. T1 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Tanımlama Tablosu.

GENEL GURUPLAR	ALT GURUPLAR	İDEAL ÇÖZÜM ISI KÖPRÜSÜZ	DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ	PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ
		KOD	KOD	KOD
CEPHE DÜZENİ	YATAY ETKİ	T5C11	T5C12	T5C13
	DÜŞEY ETKİ	T5C21	T5C22	T5C23
	YATAY-DÜŞEY ETKİ	T5C31	T5C32	T5C33
	DÜZ ETKİ	T5C41	T5C42	T5C43
PANEL GENİŞLİĞİ	DAR	T5G11	T5G12	T5G13
	ORTA	T5G21	T5G22	T5G23
	GENİŞ	T5G31	T5G32	T5G33
TAŞIYICILIK	KENDİNİ TAŞIYAN	T5T11	T5T12	T5T13
	TAŞINAN	T5T21	T5T22	T5T23
	TAŞIYICI	T5T31	T5T32	T5T33



Şekil 3.5. Panel Bünyesinde Isı Köprüsüne Sahip Panel Seçeneği.

4. SEÇENEKLERİN ISITMA ENERJİSİ TÜKETİMİNİN HESAPLANMASI VE ISITMA ENERJİSİ ETKİNLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

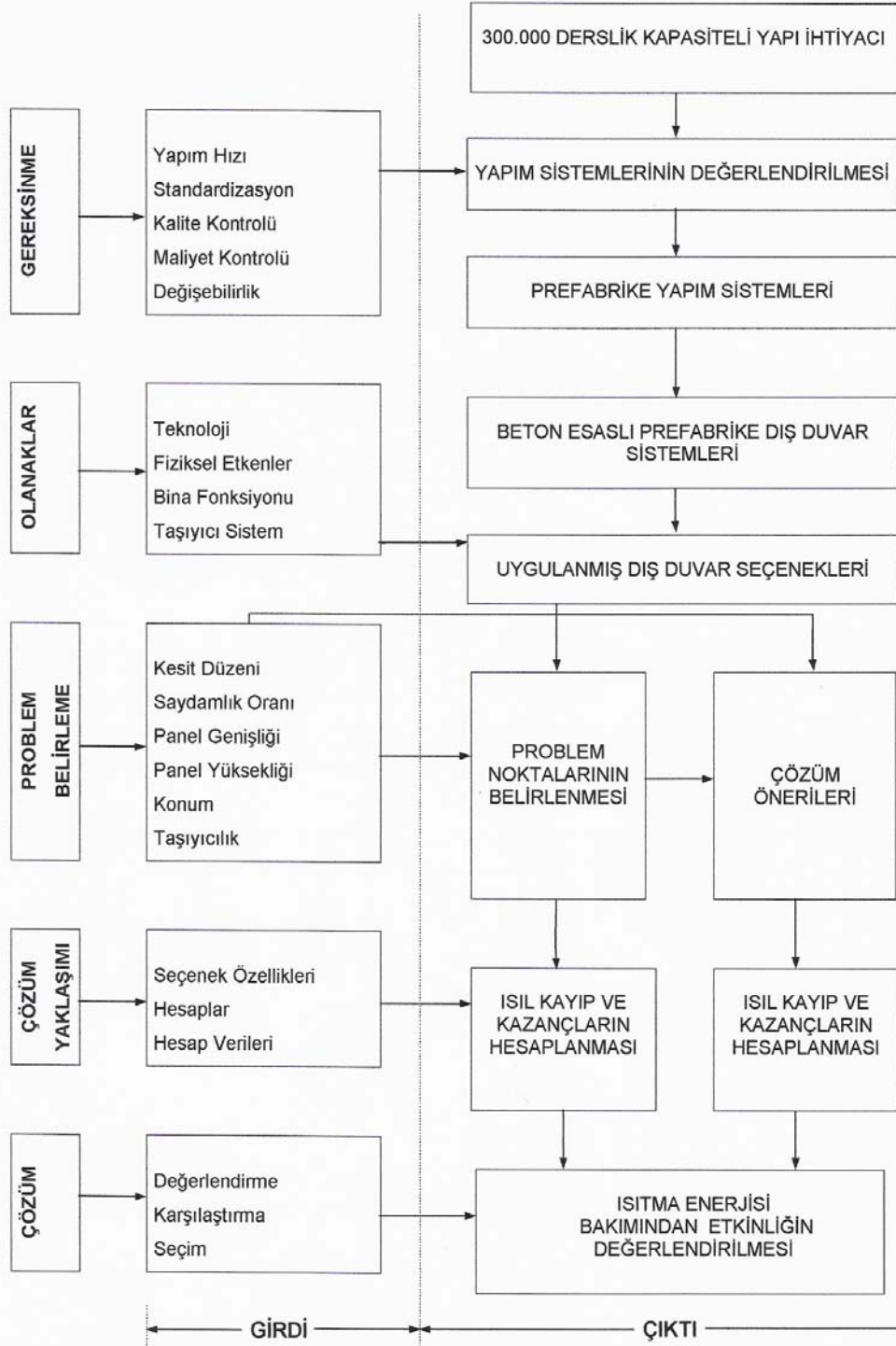
Isıtma enerjisi bakımından etkinliğin değerlendirilmesinde genel süreç çalışmanın başında da belirtmiş olduğumuz gibi;

- Gereksinme,
- Olanaklar,
- Problem noktaları,
- Çözüm yaklaşımları ve
- Çözüm aşamalarından oluşmaktadır.

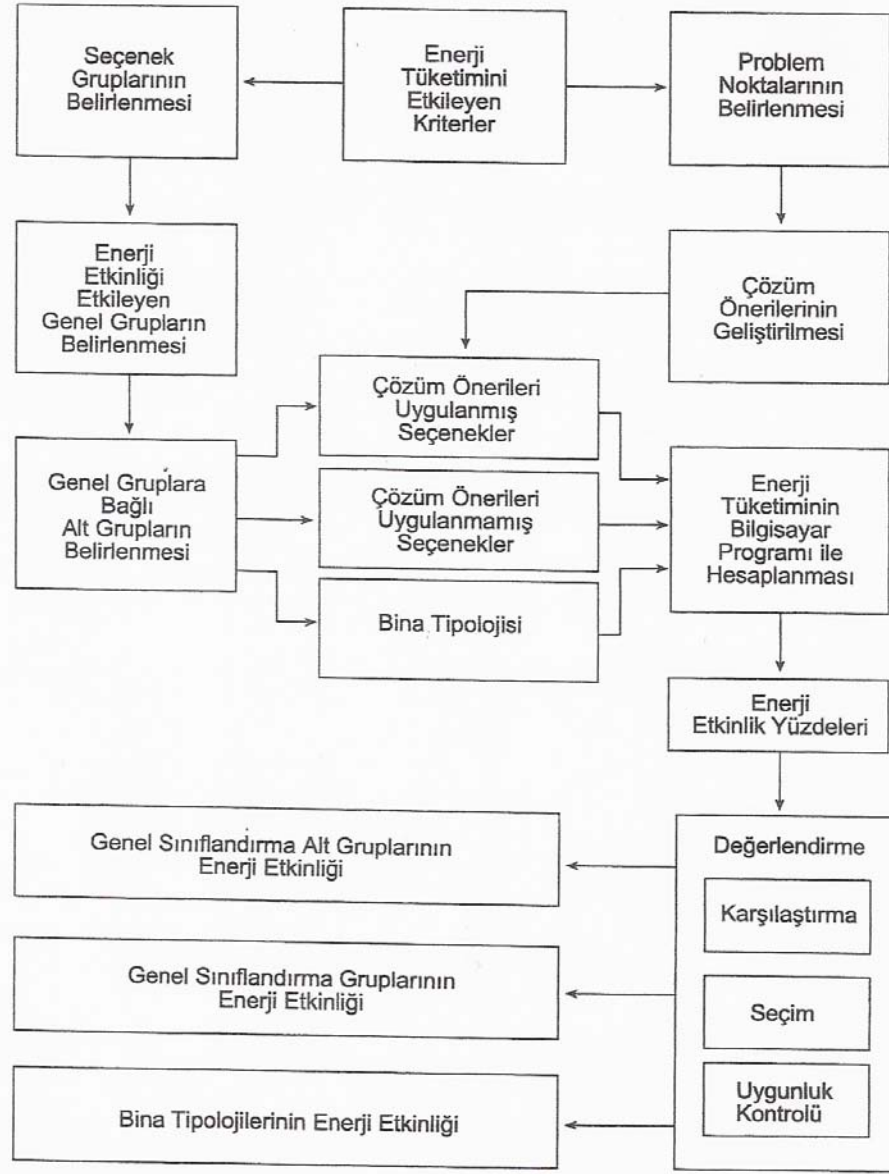
Genel süreç ve buna bağlı girdi kriterleri ile kriterlere ait çıktılar Şekil 4.1’de görülmektedir. Bu çalışmanın önemli bir bölümünü oluşturan ve genel süreçte temel bir konu olan ısıtma enerjisi etkinliğin değerlendirilmesi konusundaki yaklaşım ve buna bağlı süreç adımları Şekil 4.2’de görülmektedir.

Bu bölümde beş bina tipolojisine ait yıllık toplam ısıtma enerjisi tüketim değerleri hesaplanarak gerekli değerlendirmeler yapılacaktır. Öncelikle tüm genel gruplara ait seçeneklerin boyutsal çeşitliliğine uyabilecek modüler bina büyüklüklerinin tanımlaması yapılacaktır. Daha sonra hesaplamalarda kullanılacak aracın tanımlanması ve buna bağlı girdiler sıralanacaktır.

Hesaplamalarda yıllık toplam ısıtma enerjisi değerleri ve bunlara bağlı enerji etkinlik yüzdeleri hesaplanarak değerlendirmelere veri teşkil edeceklerdir. Hesap verilerine bağlı olarak yapılacak olan değerlendirmeler tek bina ölçeğindeki ve tüm bina ölçeğindeki seçenek kombinasyonlarına göre ayrı ayrı yapılacaktır. Yapılacak her değerlendirme genel gruplara dayalı alt grupların kendi içlerinde ve tüm alt gruplar kapsamında olacaktır.



Şekil 4.1. Isıtma Enerjisi Bakımından Etkinliğin Değerlendirilmesinde Genel Süreç



Şekil 4.2. Isıtma Enerjisi Bakımından Etkinliğin Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım

4.1. Seçeneklerin Isı Yüklerinin Hesaplanması

İlköğretim yapılarının beton esaslı prefabrike yapım sistemleri ile uygulanmasında oluşabilecek problem noktalarına dayalı olarak genel guruplar ve bunlara bağlı alt gurup seçeneklerinin ısıtma enerjisi tüketim değerlerinin hesaplanması sonucu belirlenen tüketim değerlerine göre ısıtma enerjisi bakımından etkinlik konusu değerlendirilecektir. Seçenekler arası etkinliğin değerlendirilmesinde karşılaştırma yapabilmek amacıyla en düşük düzeyde ısıtma enerjisi tüketim değerine sahip olan seçenek veya seçenek gurubu en etkin seçenek kabul edilip, diğer seçeneklerin etkinlik yüzdeleri belirlenecektir.

Seçeneklere ait bina tipolojileri ısıtma enerjisi tüketim değerlerinin hızlı ve hatasız bir şekilde hesaplamak amacıyla bilgisayar programı aracılığıyla yapılacaktır. Bu nedenle tüm bina tipolojisi kapsamında seçeneklerin ısı yüklerinin doğru bir şekilde karşılaştırmasını yapmak amacıyla her bina tipolojisi aynı plan geometrisine ve bodrumsuz bir şekilde düşünülmüştür. Yönlendirmede ise dersliklerin güney yönde konumlandırıldığı bir yön söz konusudur [53, s. 6-17]. Ayrıca kat yüksekliğinin mümkün olduğunca düşük tutulmasının ısıtma enerjisi tüketimini olumlu yönde etkilemesi nedeniyle hesaplamalarda 2.60 m. Yükseklik düşünülmüştür [54, s.7]. Genel guruba bağlı alt gurup seçeneklerine ait boyutsal çeşitliliğin tümünün tek bir bina boyutunda uyumlu olduğu modüler büyüklüklere göre bina boyutları belirlenmiştir. Milli Eğitim Bakanlığı tarafından belirlenen toplam bina alanları ile hemen hemen örtüşecek bina boyutları aşağıda sıralanmıştır :

- T1 Binası : 2 katlı, 18.00 – 72.00 m.
- T2 Binası : 3 katlı, 18.00 – 72.00 m.
- T3 Binası : 3 katlı, 18.00 – 115.20 m.
- T4 Binası : 3 katlı, 18.00 – 136.80 m.
- T5 Binası : 3 katlı, 18.00 – 151.20 m.

Seçeneklere ait enerji ısıtma enerjisi tüketim değerlerinin hesaplanmasında kullanılacak bilgisayar programından kısaca söz etmek yararlı olacaktır. EK B'de T5C41 kodlu dış duvar seçeneğine ait bilgisayar programı hesap örneği görülmektedir.

4.1.1. Bilgisayar Programı

Isıtma enerjisi tüketim değerlerinin hesaplanmasında MS EXCEL 97 tablolama programı kullanılmıştır. Bu programda, yapının geometrik özellikleri ve dış kabuk katmanlaşma düzenine ait verilerin girilerek dört iklim bölgesi için gerekli ısıtma enerjisi tüketim değeri çok hızlı ve doğru bir şekilde hesaplanabilmektedir. Programda yanlışlığı önlemek için sadece başlangıç değerlerinin girilmesine izin verilmekte; diğer değerler TSE 825'e uygun bir şekilde otomatik olarak hesaplanmaktadır. Bilgisayar programı için gerekli girdileri tanımlamak gerekmektedir [55].

4.1.2. Bilgisayar Programı Girdileri

Bilgisayar programında seçeneklerin ısıtma enerjileri gereksinimini hesaplamak için birtakım girdi verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu veriler, bina çevresine ilişkin iklimsel veriler ve binaya ilişkin veriler olarak sıralanabilir.

Bina çevresine ilişkin iklimsel veriler aşağıdaki gibi sıralanır :

- Aylık ortalama iç sıcaklık,
- Birim iç ısı kazancı,
- Hava değişim katsayısı,
- Gölgeleme katsayıları.

Binaya ilişkin veriler aşağıdaki gibi sıralanır :

- Binanın eni,
- Binanın boyu,
- Binanın yüksekliği,
- Binanın yönü,
- Her yön için pencere alanı,
- Pencere ısı geçiş katsayısı,
- Duvar, zemin döşemesi ve tavan elemanlarına ilişkin ;
 - Kalınlık,
 - Yoğunluk,
 - Su buharı difüzyon direnç katsayısı,
 - Isı iletkenlik hesap değeri.

4.1.3. Hesap Sonuçları

Seçeneklere ait ısıtma enerjisi tüketime değeri yıllık olarak belirtilmiştir. Isıtma enerjisi etkinliğinin en doğru bir şekilde değerlendirilmesi, karşılaştırmalı bir seçim yapabilmesi ve problem noktalarının yarattığı enerji kaybının tanımlayabilmesi amacıyla değeri kullanım alanı başına düşen ısıtma enerjisi ihtiyacı değeri olarak tanımlanmıştır. Kullanım alanı başına düşen ısıtma enerjisi kwh/m^2 cinsinden ifade edilmiştir. Tüm iklim bölgelerine ilişkin hesap sonuçları çalışmanın diğer kısımlarında tabloleştirilmekle birlikte, bina ve tüm bina tipolojileri bazında yapılan değerlendirmelerin hepsi 2. iklim bölgesine ait tüketim değerleridir. Bunun nedeni Türkiye ölçeğinde uygulanması önerilen beton esaslı prefabrikte ilköğretim binalarının çoğunun 2. iklim bölgesi kuşağında olmasıdır.

Beş bina tipolojisine ait genel guruplara bağlı alt gurup seçeneklerinin kullanım alanı başına düşen ısıtma enerjisi tüketim değeri ve bunlara bağlı etkinlik yüzdeleri aşağıdaki tablolarda görülmektedir.

Tablo 4.1. T1 Kodlu Binanın Seçeneklerine Ait 2. İklim Bölgesi İçin m² Başına Düşen Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı ve Etkinlik Yüzdeleri (kwh/m²)

Q :enerji tüketimi % : etkinlik yüzdesi		İDEAL ÇÖZÜM ISI KÖPRÜSÜZ			DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ			PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ		
CEPHE DÜZENLEME	ALT GURUPLAR	KOD	Q	%	KOD	Q	%	KOD	Q	%
	YATAY ETKİ	T1C11	69,97	85	T1C12	71,39	83	T1C13	75,28	79
	DÜŞEY ETKİ	T1C21	63,66	93	T1C22	64,71	92	T1C23	69,09	86
	YATAY-DÜŞEY ETKİ	T1C31	72,92	81	T1C32	74,34	80	T1C33	78,13	76
	DÜZ ETKİ	T1C41	59,50	100	TC42	60,59	98	T1C43	64,94	91

Q :enerji tüketimi % : etkinlik yüzdesi		İDEAL ÇÖZÜM ISI KÖPRÜSÜZ			DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ			PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ		
PANEL GENİŞLİĞİ	ALT GURUPLAR	KOD	Q	%	KOD	Q	%	KOD	Q	%
	DAR	T1G11	59,50	100	T1G12	61,35	97	T1G13	68,33	87
	ORTA	T1G21	59,50	100	T1G22	60,39	98	T1G23	64,94	91
	GENİŞ	T1G31	59,50	100	T1G32	60,25	99	T1G33	63,26	94

Q :enerji tüketimi % : etkinlik yüzdesi		İDEAL ÇÖZÜM ISI KÖPRÜSÜZ			DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ			PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ		
TAŞIYICILIK	ALT GURUPLAR	KOD	Q	%	KOD	Q	%	KOD	Q	%
	KENDİNİ TAŞIYAN	T1T11	59,50	100	T1T12	60,25	98	T1T13	63,08	94
	TAŞINAN	T1T21	59,50	100	T1T22	60,08	99	T1T23	66,34	89
	TAŞIYICI	T1T31	59,50	100	T1T32	60,42	98	T1T33	64,01	93

Tablo 4.2. T2 Kodlu Binanın Seçeneklerine Ait 2. İklim Bölgesi İçin m² Başına Düşen Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı ve Etkinlik Yüzdesleri (kwh/m²)

Q :enerji tüketimi % : etkinlik yüzdesi		İDEAL ÇÖZÜM ISI KÖPRÜSÜZ			DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ			PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ		
CEPHE DÜZENLEME	ALT GURUPLAR	KOD	Q	%	KOD	Q	%	KOD	Q	%
	YATAY ETKİ	T2C11	64,82	84	T2C12	66,22	82	T2C13	70,09	78
	DÜŞEY ETKİ	T2C21	58,58	93	T2C22	59,61	91	T2C23	63,95	85
	YATAY-DÜŞEY ETKİ	T2C31	67,74	80	T2C32	69,15	79	T2C33	72,91	75
	DÜZ ETKİ	T2C41	54,46	100	T2C42	55,54	98	T2C43	59,84	91

Q :enerji tüketimi % : etkinlik yüzdesi		İDEAL ÇÖZÜM ISI KÖPRÜSÜZ			DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ			PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ		
PANEL GENİŞLİĞİ	ALT GURUPLAR	KOD	Q	%	KOD	Q	%	KOD	Q	%
	DAR	T2G11	54,46	100	T2G12	56,28	97	T2G13	63,20	86
	ORTA	T2G21	54,46	100	T2G22	55,54	98	T2G23	59,84	91
	GENİŞ	T2G31	54,46	100	T2G32	55,20	99	T2G33	58,19	94

Q :enerji tüketimi % : etkinlik yüzdesi		İDEAL ÇÖZÜM ISI KÖPRÜSÜZ			DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ			PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ		
TAŞIYICILIK	ALT GURUPLAR	KOD	Q	%	KOD	Q	%	KOD	Q	%
	KENDİNİ TAŞIYAN	T2T11	54,46	100	T2T12	55,22	99	T2T13	58,00	94
	TAŞINAN	T2T21	54,46	100	T2T22	55,03	99	T2T23	61,23	89
	TAŞIYICI	T2T31	54,46	100	T2T32	55,37	98	T2T33	58,92	92

Tablo 4.3. T3 Kodlu Binanın Seçeneklerine Ait 2. İklim Bölgesi İçin m² Başına Düşen Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı ve Etkinlik Yüzdeleri (kwh/m²)

Q :enerji tüketimi % : etkinlik yüzdesi		İDEAL ÇÖZÜM ISI KÖPRÜSÜZ			DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ			PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ		
CEPHE DÜZENLEME	ALT GURUPLAR	KOD	Q	%	KOD	Q	%	KOD	Q	%
	YATAY ETKİ	T3C11	62,84	85	T3C12	64,13	83	T3C13	67,67	79
	DÜŞEY ETKİ	T3C21	56,90	94	T3C22	57,91	92	T3C23	61,87	86
	YATAY-DÜŞEY ETKİ	T3C31	65,77	81	T3C32	67,04	79	T3C33	70,56	76
	DÜZ ETKİ	T3C41	53,29	100	T3C42	54,31	98	T3C43	58,24	92

Q :enerji tüketimi % : etkinlik yüzdesi		İDEAL ÇÖZÜM ISI KÖPRÜSÜZ			DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ			PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ		
PANEL GENİŞLİĞİ	ALT GURUPLAR	KOD	Q	%	KOD	Q	%	KOD	Q	%
	DAR	T3G11	53,29	100	T3G12	55,09	97	T3G13	61,34	87
	ORTA	T3G21	53,29	100	T3G22	54,31	98	T3G23	58,24	92
	GENİŞ	T3G31	53,29	100	T3G32	53,98	99	T3G33	56,71	94

Q :enerji tüketimi % : etkinlik yüzdesi		İDEAL ÇÖZÜM ISI KÖPRÜSÜZ			DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ			PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ		
TAŞIYICILIK	ALT GURUPLAR	KOD	Q	%	KOD	Q	%	KOD	Q	%
	KENDİNİ TAŞIYAN	T3T11	53,29	100	T3T12	53,96	99	T3T13	56,57	94
	TAŞINAN	T3T21	53,29	100	T3T22	53,84	99	T3T23	59,42	90
	TAŞIYICI	T3T31	53,29	100	T3T32	54,14	98	T3T33	57,45	93

Tablo 4.4. T4 Kodlu Binanın Seçeneklerine Ait 2. İklim Bölgesi İçin m² Başına Düşen Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı ve Etkinlik Yüzdeleri (kwh/m²)

Q :enerji tüketimi % : etkinlik yüzdesi		İDEAL ÇÖZÜM ISI KÖPRÜSÜZ			DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ			PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ		
CEPHE DÜZENLEME	ALT GURUPLAR	KOD	Q	%	KOD	Q	%	KOD	Q	%
	YATAY ETKİ	T4C11	62,33	85	T4C12	63,99	83	T4C13	67,07	79
	DÜŞEY ETKİ	T4C21	56,45	94	T4C22	57,41	92	T4C23	61,31	86
	YATAY-DÜŞEY ETKİ	T4C31	65,25	81	T4C32	66,48	80	T4C33	69,93	76
	DÜZ ETKİ	T4C41	52,99	100	T4C42	53,97	98	T4C43	57,84	92

Q :enerji tüketimi % : etkinlik yüzdesi		İDEAL ÇÖZÜM ISI KÖPRÜSÜZ			DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ			PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ		
PANEL GENİŞLİĞİ	ALT GURUPLAR	KOD	Q	%	KOD	Q	%	KOD	Q	%
	DAR	T4G11	52,99	100	T4G12	54,64	97	T4G13	60,87	87
	ORTA	T4G21	52,99	100	T4G22	53,97	98	T4G23	57,84	92
	GENİŞ	T4G31	52,99	100	T4G32	53,67	99	T4G33	56,35	94

Q :enerji tüketimi % : etkinlik yüzdesi		İDEAL ÇÖZÜM ISI KÖPRÜSÜZ			DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ			PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ		
TAŞIYICILIK	ALT GURUPLAR	KOD	Q	%	KOD	Q	%	KOD	Q	%
	KENDİNİ TAŞIYAN	T4T11	52,99	100	T4T12	53,63	99	T4T13	56,21	94
	TAŞINAN	T4T21	52,99	100	T4T22	53,51	99	T4T23	59,01	90
	TAŞIYICI	T4T31	52,99	100	T4T32	53,81	98	T4T33	57,07	93

Tablo 4.5. T5 Kodlu Binanın Seçeneklerine Ait 2. İklim Bölgesi İçin m² Başına Düşen Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı ve Etkinlik Yüzdeleri (kwh/m²)

Q :enerji tüketimi % : etkinlik yüzdesi		İDEAL ÇÖZÜM ISI KÖPRÜSÜZ			DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ			PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ		
CEPHE DÜZENLEME	ALT GURUPLAR	KOD	Q	%	KOD	Q	%	KOD	Q	%
	YATAY ETKİ	T5C11	62,07	85	T5C12	63,32	83	T5C13	66,74	79
	DÜŞEY ETKİ	T5C21	56,21	94	T5C22	57,18	92	T5C23	61,04	87
	YATAY-DÜŞEY ETKİ	T5C31	64,94	81	T5C32	66,17	80	T5C33	69,57	76
	DÜZ ETKİ	T5C41	52,83	100	T5C42	53,81	98	T5C43	57,63	92

Q :enerji tüketimi % : etkinlik yüzdesi		İDEAL ÇÖZÜM ISI KÖPRÜSÜZ			DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ			PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ		
PANEL GENİŞLİĞİ	ALT GURUPLAR	KOD	Q	%	KOD	Q	%	KOD	Q	%
	DAR	T5G11	52,83	100	T5G12	54,17	97	T5G13	59,48	89
	ORTA	T5G21	52,83	100	T5G22	53,81	98	T5G23	57,63	92
	GENİŞ	T5G31	52,83	100	T5G32	53,64	99	T5G33	56,70	93

Q :enerji tüketimi % : etkinlik yüzdesi		İDEAL ÇÖZÜM ISI KÖPRÜSÜZ			DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ			PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ		
TAŞIYICILIK	ALT GURUPLAR	KOD	Q	%	KOD	Q	%	KOD	Q	%
	KENDİNİ TAŞIYAN	T5T11	52,83	100	T5T12	53,46	99	T5T13	56,01	94
	TAŞINAN	T5T21	52,83	100	T5T22	53,36	99	T5T23	58,78	90
	TAŞIYICI	T5T31	52,83	100	T5T32	53,64	99	T5T33	56,87	93

4.2. Seçeneklerin Isıtma Enerjisi Tüketiminin Değerlendirilmesi

Seçeneklerin ısıtma enerjisi tüketiminin değerlendirilmesi bina ölçeğinde ve bina tipolojilerine (büyüklüğüne) bağlı olarak yapılacaktır. Öncelikle Genel guruplara bağlı alt gurup seçeneklerinin değerlendirmesini yapmak faydalı olacaktır.

4.2.1. Bina Ölçeğinde Değerlendirme

Bina ölçeğinde yapılan değerlendirmede, Isı yalıtımının derzlerde ve panel bünyesinde kesintisiz uygulandığı ve dış duvar panellerinin bina taşıyıcı elemanlarını tam olarak örttüğü cephe sistemlerine ait seçeneklerin yıllık toplam ısıtma enerjisi tüketim değeri % 100 etkinlik yüzdesi kabul edilip; diğer seçeneklerin etkinlik yüzdesi de ideal olan bu değere bağlı olarak hesaplanmıştır. Bina tipolojisi bazında yapılan değerlendirme her genel gurup için ayrı ayrı aşağıdaki gibi yapılacaktır :

- Genel guruplara bağlı alt gurupların kendi içinde etkinlik yüzdelerinin değerlendirilmesi
- Alt gurupların birbirleri ile karşılaştırılarak her guruba ait etkinliğin değerlendirilmesi
- Gurupların birbirleri ile karşılaştırılmasından oluşan genel değerlendirme

Bir önceki bölümde beş bina tipolojisine ilişkin tablo 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 ve 4.5'de açıklanan ısıtma enerjisi tüketim değerlerine bağlı etkinlik yüzdelerini incelediğimizde, her bina tipolojisine ait seçenek guruplarının problem noktalarına bağlı olarak eşit oranda ısıtma enerjisi kayıplarına sahip olduğunu görmekteyiz. Bu nedenle bina ölçeğinde yapılacak değerlendirmede her bina tipolojisini esas alabilecek, T1 kodlu binanın seçenekleri göz önünde bulundurulmuştur.

4.2.1.1. Cephe Düzenleme Gurubuna Bağlı Değerlendirme

Cephe düzenleme gurubunda, bina taşıyıcı sistem elemanlarını bir bütün olarak örten " düz etki " görünümüne sahip, derzlerde ve panel bünyesinde kesintisiz ısı yalıtımının uygulandığı T1C41 kodlu seçenek, en az ısıtma enerjisi tüketim değerine sahip olduğu için %100 etkin seçenek olarak kabul edilmiştir. Buna bağlı olarak düz etkili cephe düzenlerinde derzlerin ısı yalıtımı ile yalıtılmaması % 2 'lik (T1C42), Panel bünyesinde meydana gelen ısı köprüsü ise %9'luk bir ısıtma enerjisi kaybına yol açmaktadır (T1C43).

Yatay etkili seçeneklerde giriş elemanlarının oluşturduğu alın hatlarının yalıtılmamasından dolayı %15'lik bir enerji kaybı meydana gelmektedir (T1C11). Yatay etkili cephe seçeneklerinde derzlerin yalıtılmaması % 2'lik bir enerji kaybına yol açarken (T1C12), panel bünyesinde oluşan ısı köprüleri % 6 oranında enerji kaybına neden olmaktadır (T1C13). Bu durumda etkinlik yüzdesi en yüksek olan seçenek ile aradaki fark % 21 oranında olmaktadır (T1C41-T1C13).

Düşey etkili seçeneklerde kolonların yalıtılmamasından meydana gelen ısıtma enerjisi kaybı % 7 oranındadır (T1C21). Derzlerin yalıtılmaması ile meydana gelen enerji kaybı %1 iken (T1C22), panel bünyesinde oluşan ısı köprüleri % 6'lık bir enerji meydana getirmekte (T1C23), en etki seçenek ile aradaki fark % 14 oranında olmaktadır (T1C41-T1C23).

Yatay ve düşey etkiye sahip seçeneklerde kolon ve girişlerin oluşturduğu ısı köprüleri % 9'luk bir ısıtma enerjisi kaybına yol açmaktadır (T1C31). Derzlerin yalıtılmamasından meydana gelen ısı köprüleri % 1'lik enerji kaybı meydana getirirken (T1C32), panellerin bünyesindeki ısı köprüleri % 4'lük bir enerji kaybı meydana getirmektedir (T1C33). Bu durumda en etkin seçeneğe göre % 24'lük bir enerji kaybı söz konusu olmaktadır (T1C41-T1C33).

4.2.1.2. Panel Genişliğine Bağlı Değerlendirme

Panel genişliğine bağlı olarak oluşturulan seçeneklerin tümü bina taşıyıcı sistemini bütün olarak örten “ön konumlu” seçeneklerdir. Burada dar olarak belirlenen seçenekler 90 cm, orta genişlikte belirlenen seçenekler 180 cm, geniş olarak belirlenen seçenekler ise mekan boyutundaki 720 cm büyüklüğündedir. Burada ısı yalıtımının derzlerde ve panel bünyesinde kesintisiz olarak uygulandığı dar, orta, geniş büyüklükte her üç seçenek aynı oranda en düşük enerji tüketimine sahiptir ve % 100 etkin seçenek olarak kabul edilmiştir. Toplam derz uzunluğu en yüksek olan dar panelli T1G12 kodlu seçenekte derzlerde oluşan ısı köprüleri nedeniyle %3'lük düzeyde en yüksek kayıp meydana gelmektedir. Panel bünyesinde oluşan ısı köprüleri dar panellerde % 10 'luk (T1G13), orta boy panellerde % 9'luk (T1G23), geniş panellerde % 6'lık bir enerji kaybı meydana getirmektedir (T1G33). Panel genişliği azaldıkça, toplam derz ve panel bünyelerinde oluşan ısı köprüsü uzunluğu artmakta; bu durum da ısıtma enerjisi tüketimi artmaktadır. Burada dar panelli, derzlerde ve panel bünyesinde ısı köprüsüne sahip T1G13 kodlu seçenekte en etkin

seçeneğe oranla % 13'lük bir ısı kaybı meydana gelmektedir. Geniş panellerde bu oran % 6 düzeyindedir (T1G31-T1G33).

4.2.1.3. Taşıyıcılığa Bağlı Değerlendirme

Taşıyıcı, taşınan ve kendini taşıyan üç alt guruptan oluşan bu grupta, seçenekler bina taşıyıcı elemanlarını bir bütün olarak örten "ön konumlu" bir yapıdadır. Isı yalıtımını derzlerde ve panel bünyesinde kesintisiz olarak uygulandığı üç alt guruptaki her seçeneğin ısıtma enerjisi tüketimi en düşük ve aynı değerdedir. Bu nedenle her üç alt guruptaki üç seçeneğin ısıtma enerjisi etkinlik yüzdesi % 100 olarak kabul edilmiştir. Buna bağlı olarak derzlerde oluşan ısı köprüleri % 2'lik oranda kendini taşıyan ve taşıyıcı seçeneklerde meydana gelmektedir (T1T12-T1T31). Taşınan seçeneklerde bu oran % 1 oranındadır (T1T22). Panel bünyelerindeki ısı köprüleri nedeniyle oluşan ısıtma enerjisi kayıpları kendini taşıyan panellerde % 4 (T1T13), taşınan panellerde % 10 (T1T23), taşıyıcı panellerde % 5 düzeyinde olmaktadır (T1T33). Derzlerde ve panel bünyelerinde oluşan ısı köprüsüne bağlı enerji kaybı en çok T1T23 kodlu seçenekte %11 düzeyinde olmaktadır.

4.2.1.4. Genel Değerlendirme

Cephe düzenine, panel genişliğine ve taşıyıcılığa bağlı olarak oluşturulan seçeneklere ait enerji etkinliğin değerlendirilmesinde bina taşıyıcı sistem elemanlarının tamamen örtüldüğü "ön konumlu" , derzlerde ve panel bünyelerinde ısı yalıtımının kesintisiz uygulandığı cephe panelleri en düşük ısıtma enerjisi tüketim değerine sahiptir ve % 100 etkinlik değerine sahiptir.

En yüksek enerji kaybı % 24'lük bir oranla yatay ve dikey cephe görünümüne sahip, derzlerde ve panel bünyesinde ısı köprülerinin olduğu T1C33 kodlu seçenektir. Derzlerde ve panellerde oluşan ısı köprülerine sahip seçenekler kapsamında en düşük enerji kaybı % 4'lük oranla T1T13 kodlu kendini taşıyan panel ile T1G33 kodlu geniş panel seçeneğidir.

Karşılaştırmanın yapıldığı tüm seçeneklerin aynı kalınlıkta ısı yalıtımı ile yalıtılması gerçeği göz önünde bulundurulduğunda, sadece ısı köprülerinden kaynaklanan ve % 24'lere varan oranda ısıtma enerjisi kaybı söz konusu olmaktadır (T1C41-T1C33).

Tablo 4.6. İklim Bölgelerine Bağlı Olarak T1 Kodlu Binanın Isıtma Enerjisi Tüketim Değerleri ve Etkinlik Yüzdesi

GENEL GURUPLAR	ALT GURUPLAR	SEÇENEKLER (KOD NO)	M ² OLARAK YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI (KWH/M ²)				ISITMA ENERJİSİ ETKİNLİK YÜZDESİ
			1. BÖLGE	2. BÖLGE	3. BÖLGE	4. BÖLGE	
CEPHE DÜZENLEME SEÇENEKLERİ	yatay	T1C11	36,80	69,97	93,85	153,60	85
		T1C12	37,60	71,39	95,71	156,49	83
		T1C13	39,81	75,28	100,82	164,43	79
	düşey	T1C21	33,23	63,66	85,56	140,68	93
		T1C22	33,82	64,71	86,94	142,83	92
		T1C23	36,30	69,09	92,70	151,80	86
	Yatay- düşey	T1C31	38,47	72,92	97,72	159,61	81
		T1C32	39,27	74,34	99,58	162,50	80
		T1C33	41,43	78,13	104,55	170,23	76
	düz	T1C41	30,90	59,50	80,08	132,11	100
		T1C42	31,51	60,59	81,52	134,37	98
		T1C43	33,95	64,94	87,24	143,30	91
PANEL GENİŞLİĞİNE BAĞLI SEÇENEKLER	dar	T1G11	30,90	59,50	80,08	132,11	100
		T1G12	31,93	61,35	81,07	135,91	97
		T1G13	35,87	68,33	91,70	150,24	87
	orta	T1G21	30,90	59,50	80,08	132,11	100
		T1G22	31,51	60,59	81,52	134,37	98
		T1G23	33,95	64,94	87,24	143,30	91
	geniş	T1G31	30,90	59,50	80,08	132,11	100
		T1G32	31,32	60,25	81,07	133,66	98
		T1G33	33,01	63,26	85,03	139,84	94
TAŞIYICILIĞA BAĞLI SEÇENEKLER	Kendini taşıyan	T1T11	30,90	59,50	80,08	132,11	100
		T1T12	31,32	60,25	81,07	133,66	98
		T1T13	32,91	63,08	84,80	139,49	94
	taşınan	T1T21	30,90	59,50	80,08	132,11	100
		T1T22	31,22	60,08	80,84	133,30	99
		T1T23	34,74	66,34	89,08	146,17	89
	taşıyıcı	T1T31	30,90	59,50	80,08	132,11	100
		T1T32	31,42	60,42	81,29	134,01	98
		T1T33	33,43	64,01	86,02	141,39	93

4.2.2. Tüm Bina Tipolojileri Ölçeğinde Değerlendirme

Daha önce de bahsetmiş olduğumuz gibi, bu bölümde öğrenci sayısına bağlı olarak beş tip eğitim binasına ait değerlendirme yapılacaktır. 1260 öğrenci kapasiteli T5 kodlu bina türü öğrenci başına düşen en az alana sahip olması nedeniyle, öğrenci başına düşen en az ısıtma enerjisi tüketim değerlerine de sahiptir. Kesintisiz olarak ısı yalıtımının sağlandığı ısı köprüsüz ve bünyesinde ısı köprüsüne sahip panel seçeneklerinin tümünde bina tipolojisine bağlı olarak eşit oranda enerji tüketimi değişimi görülmektedir. Buna göre, 1000 öğrenci kapasiteli T4 kodlu bina türü, en düşük enerji tüketim değerine sahip, en etkin bina türü olan 1260 kapasiteli T5 kodlu bina türüne oranla % 11 oranında daha fazla enerji tüketim değerine sahiptir. 520 öğrenci kapasiteli T2 kodlu bina türüne ait enerji tüketim değeri en etkin bina türüne göre %18 oranında daha yüksek bir düzeydedir. 760 öğrenci kapasiteli T3 kodlu bina türüne ait enerji tüketim değeri en etkin bina türüne göre % 27 oranında daha fazla olmaktadır. 260 öğrenci kapasitesine sahip T1 kodlu bina türü ise en düşük enerji tüketim değerine sahip olan T5 kodlu bina türüne oranla % 71 oranında daha fazla enerji tüketim değerine sahip olmaktadır.

Yukarıda yapmış olduğumuz beş bina türüne ilişkin karşılaştırmalarda bina büyüklüğüne bağlı olarak öğrenci başına düşen ısıtma enerjisi tüketim değerlerinin % 71'lere varan oranlarda değiştiğini görmekteyiz. T1 kodlu bina türünün en etkin bina türüne oranla böylesi yüksek bir oranda öğrenci başına düşen tüketim değerine sahip olmasının temel nedeni iki kat olmasıdır. Diğer dört seçenek ise üç katlı olduğu için ara kata sahiptir ve tüketim oranı daha düşük düzeyde olmaktadır. % 27'lere varan orandaki enerji tüketim değişimini de yüksek düzeyde bir değişim olarak yorumlayabiliriz. Bunun birinci nedeni binanın hacimsel olarak büyümesinin metrekare başına düşen enerji tüketimini azaltmasıdır. İkinci nedeni ise yüksek öğrenci kapasiteli binanın öğrenci başına düşen metrekare oranının düşük oluşudur. Bu nedenlerden dolayı öğrenci başına düşen ısıtma enerjisi tüketim değeri bina tipolojileri arasında ciddi oranlarda değişim göstermektedir.

Bina tipolojisine bağlı olarak yapmış olduğumuz değerlendirmeye ek olarak genel gruplar ile bina tpolojileri arasındaki tabloya göre de ısıtma enerjisi tüketiminin değişimini değerlendirmek yararlı olacaktır. Tablo 4.7, 4.8 ve 4.9'da metrekare düzeyinde öğrenci başına düşen yıllık toplam tüketim değerleri görülmektedir.

4.2.2.1. Cephe Düzenleme Gurubuna Bağlı Değerlendirme

Cephe düzenleme guruplarına ve bina büyüklüğüne bağlı olarak ısıtma enerjisi tüketimini incelediğimizde, en etkin seçenek “düz etki”ye sahip, T5 kodlu binanın cephe sistemini oluşturan T5C43 kodlu seçenektir. En çok ısıtma enerjisi tüketimi ise yatay-düşey etkiye sahip, T1 kodlu binanın cephe sistemini oluşturan T1C31 kodlu seçenektir. Kesintisiz bir şekilde ısı yalıtımına sahip panellere ve en çok enerji tüketimine sahip seçenek, en etkin T5C43 kodlu seçeneğe oranla % 110 oranında daha fazla enerji tüketimine sahiptir. Panel bünyesinde ısı köprüsü olması durumunda bu oran % 125 düzeyine çıkmaktadır. Bu yüksek oranın temel nedeni T1 seçeneğinin iki, diğer seçeneklerin üç katlı olmasıdır. Ayrıca T1 seçeneği  ğrenci başına düşen en yüksek alana sahiptir. En yüksek enerji tüketimine sahip üç katlı T3 binasına ait T3C32 kodlu seçenek, en etkin seçeneğe oranla % 44 oranında daha fazla enerji tüketimine sahiptir. Panel bünyesinde ısı köprüsünün olması durumunda bu oran % 56 düzeyinde olmaktadır.

Yatay etkiye sahip cephe düzeninde, en çok ısıtma enerjisi tüketimi T1 kodlu binanın cephe sistemini oluşturan T1C11 kodlu seçenektir. Kesintisiz bir şekilde ısı yalıtımına sahip panellere sahip olan bu seçenek, en etkin T5C43 kodlu seçeneğe oranla % 102 oranında daha fazla enerji tüketimine sahiptir. Panel bünyesinde ısı köprüsü olması durumunda bu oran % 117 oranında olmaktadır.

Düşey etkiye sahip cephe düzeninde, en çok enerji tüketimi T1 kodlu binanın cephe sistemini oluşturan T1C21 kodlu seçenektir. Kesintisiz bir şekilde ısı yalıtımına sahip panellere sahip olan bu seçenek, en etkin T5C43 kodlu seçeneğe oranla % 84 oranında daha fazla ısıtma enerjisi tüketimine sahiptir. Panel bünyesinde ısı köprüsü olması durumunda bu oran % 99 düzeyine çıkmaktadır.

Düz etkiye sahip cephe düzeninde, en çok ısıtma enerjisi tüketimi T1 kodlu binanın cephe sistemini oluşturan T1C31 kodlu seçenektir. Kesintisiz bir şekilde ısı yalıtımına sahip panellere sahip olan bu seçenek, en etkin T5C43 kodlu seçeneğe oranla % 72 oranında daha fazla ısıtma enerjisi tüketimine sahiptir. Panel bünyesinde ısı köprüsü olması durumunda bu oran % 87 oranında olmaktadır.

4.2.2.2. Panel Genişliği Gurubuna Bağlı Değerlendirme

Panel genişliğine ve bina büyüklüğüne bağlı olarak ısıtma enerjisi tüketimini incelediğimizde, en etkin seçenek değerine sahip, T5 kodlu binanın cephe sistemini oluşturan T5G11, T5G21 ve T5G31 kodlu seçenekler olduğunu görmekteyiz. En çok ısıtma enerjisi tüketimi ise “dar genişlikte”, T1 kodlu binanın cephe sistemini oluşturan T1G13 kodlu seçenektir. Panel bünyesinde ısı köprüsüne sahip bu seçenekte enerji tüketimi en etkin seçenek değerine oranla % 97 daha yüksektir. Kesintisiz bir şekilde ısı yalıtımına sahip panellere ve en çok enerji tüketimine sahip seçenekler, en etkin seçenek değerine oranla % 72 oranında daha fazla enerji tüketimine sahiptir.

Orta genişlikteki cephe panellerinde, en çok ısıtma enerjisi tüketimi T1 kodlu binanın cephe sistemini oluşturan T1G23 kodlu seçeneğe aittir. Panel bünyesinde ısı köprüsüne sahip olan bu seçenek, en etkin seçenek değerlerine oranla % 87 oranında daha fazla enerji tüketimine sahiptir.

Geniş cephe panellerinde, en çok enerji tüketimi T1 kodlu binanın cephe sistemini oluşturan T1G33 kodlu seçeneğe aittir. Panel bünyesinde ısı köprüsüne sahip olan bu seçenek, en etkin seçenek değerlerine oranla % 82 oranında daha fazla ısıtma enerjisi tüketimine sahiptir.

4.2.2.3. Taşıyıcılık Gurubuna Bağlı Değerlendirme

Bina taşıyıcılığına ve bina büyüklüğüne bağlı olarak ısıtma enerjisi tüketimini incelediğimizde, en etkin seçenek değerine sahip, T5 kodlu binanın cephe sistemini oluşturan T5T11, T5T21 ve T5T31 kodlu seçenekler olduğunu görmekteyiz. En çok enerji tüketimi ise “taşınan”, T1 kodlu binanın cephe sistemini oluşturan T1T23 kodlu seçenektir. Panel bünyesinde ısı köprüsüne sahip bu seçenekte enerji tüketimi en etkin seçenek değerine oranla % 91 daha yüksektir. Kesintisiz bir şekilde ısı yalıtımına sahip panellere ve en çok enerji tüketimine sahip seçenekler, en etkin seçenek değerine oranla % 72 oranında daha fazla enerji tüketimine sahiptir.

Taşıyıcı cephe panellerinde, en çok enerji tüketimi T1 kodlu binanın cephe sistemini oluşturan T1T33 kodlu seçeneğe aittir. Panel bünyesinde ısı köprüsüne sahip olan bu seçenek, en etkin seçenek değerlerine oranla % 85 oranında daha fazla enerji tüketimine sahiptir.

Kendini taşıyan cephe panellerinde, en çok enerji tüketimi T1 kodlu binanın cephe sistemini oluşturan T1T13 kodlu seçeneğe aittir. Panel bünyesinde ısı köprüsüne sahip olan bu seçenek, en etkin seçenek değerlerine oranla % 82 oranında daha fazla enerji tüketimine sahiptir.

4.2.2.4. Genel Değerlendirme

Daha önceki bölümde tek bir bina tipolojisi kapsamında, cephe düzenine, panel genişliğine ve taşıyıcılığa bağlı olarak seçeneklerin ısıtma enerjisi bakımından değerlendirmesi yapılmıştı. Buna bağlı olarak, bina taşıyıcı sistem elemanlarının tamamen örtüldüğü "ön konumlu", derzlerde ve panel bünyelerinde ısı yalıtımının kesintisiz uygulandığı cephe panellerinin en düşük ısıtma enerjisine sahip olduğu belirtilmişti. Bu özellikteki seçenek en etkin seçenek olarak kabul edilip, %100 etkin olarak tanımlanmıştı. En yüksek enerji kaybı ise yatay - düşey cephe görünümüne sahip, derz ile panel bünyesinde ısı köprülerinin olduğu seçenek olarak belirlemiş ve en etkin seçeneğe oranla %24'lük bir enerji kaybı meydana geldiğinden söz etmiştik. Bu bölümde, aşağıdaki değişkenlere bağlı olarak metrekare başına düşen enerji tüketim değerleri hesaplanmış ve gerekli değerlendirmeler yapılmıştır :

- Öğrenci sayısına bağlı beş bina tipolojisi,
- Bina tipolojisine bağlı öğrenci başına düşen alan,
- Kesintisiz ısı yalıtımına sahip cephe seçenekleri ile derz ve panel bünyelerinde ısı köprüsüne sahip cephe seçenekleri.

Yukarıdaki kriterlere bağlı olarak 150 seçeneğe ait öğrenci başına düşen ısıtma enerjisi tüketiminin hesaplanması sonucunda yapılan genel değerlendirmeyi aşağıdaki gibi özetleyebiliriz :

- Öğrenci başına düşen ısıtma enerjisi tüketimi bakımından bina taşıyıcı sistemini tamamen örten ve derz ile panel bünyesinde kesintisiz yalıtım uygulandığı seçenekler en düşük değere sahiptir ve en etkin seçeneklerdir.
- Öğrenci başına en düşük alana sahip T5 kodlu bina tipolojisi en düşük ısıtma enerjisi tüketim değerleriyle en etkin cephe seçeneklerine sahiptir.

- Öğrenci başına en yüksek alana sahip T1 kodlu bina tipolojisi en etkin seçeneklere göre % 125'lik oranlara varan düzeyde daha yüksek ısıtma enerjisi tüketim değerlerine sahiptir. Bunun nedenleri yüksek alan oranı ve T1 kodlu bina türünün iki katlı oluşudur. Diğer bina türleri üç katlı olduğu için T1 kodlu bina türü yüksek tüketim değerleriyle dikkat çekmektedir. Üç katlı bina türleri arasında en yüksek tüketim değeri T3 binasına aittir ve en etkin seçeneğe göre %44 oranında daha yüksek tüketim değerine sahiptir.
- Öğrenci sayısının azlığı ve Temel Eğitim Projesi kapsamında mümkün olduğunca az katlı bina çözümlerinin tavsiye edilmesi nedeniyle T1 kodlu bina türünün iki katlı olmasını gerektirmiştir. Bu nedenle farklı kat sayısına sahip bina türleri aynı değerlendirme matrisi içerisinde ele alınmıştır.

Tablo 4.7. Isı Köprüsüz İdeal Panel Seçeneklerine Ait Öğrenci Başına Düşen Yıllık Toplam Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh/m²)

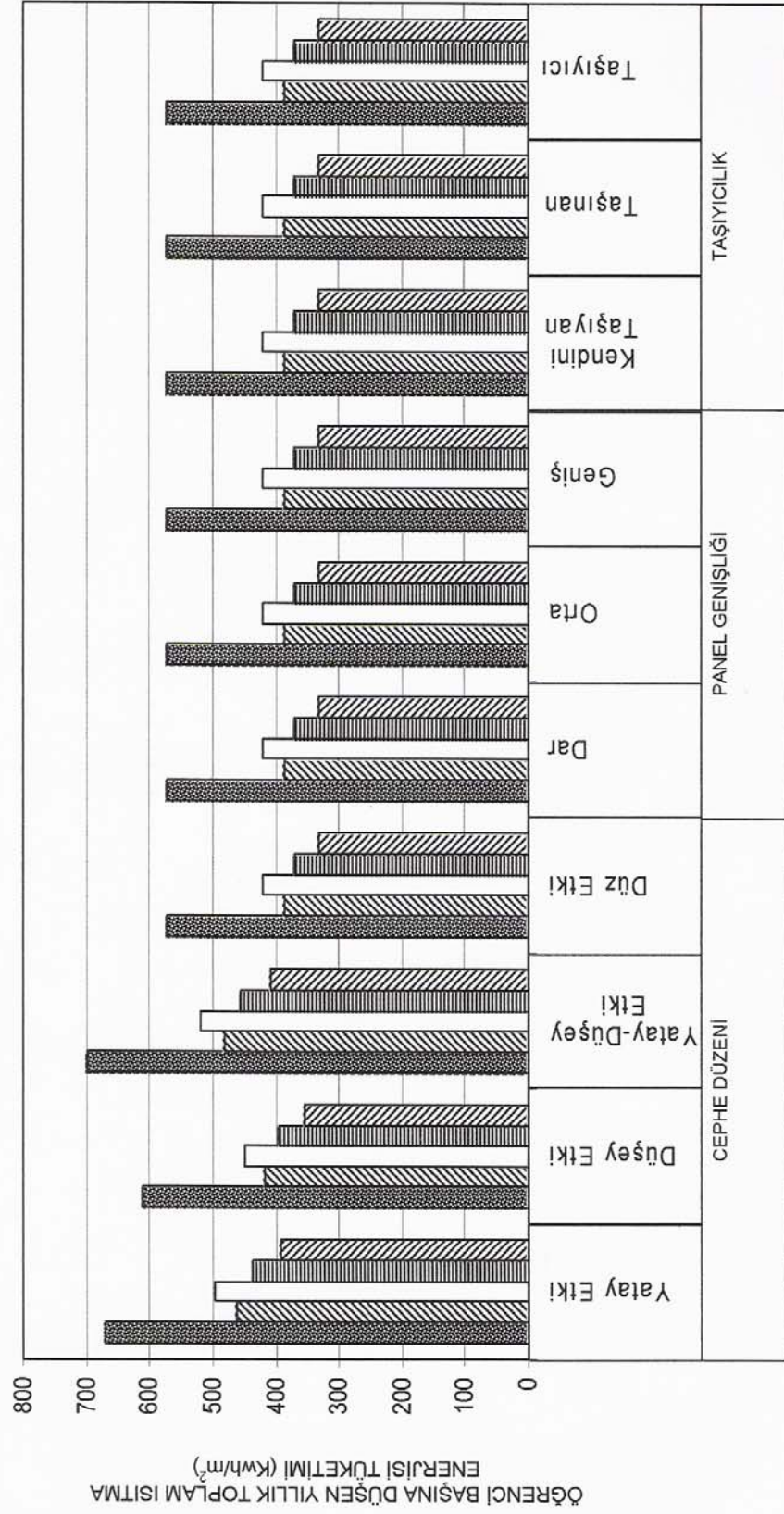
BİNA TİPOLOJİSİ PANEL SEÇENEKLERİ		T1 (260 öğr)	T2 (520 öğr)	T3 (760 öğr)	T4 (1000öğr)	T5 (1260 öğr)
CEPHE DÜZENİ	YATAY ETKİ	T1C11 671,7	T2C11 460,2	T3C11 496,4	T4C11 436,3	T5C11 391,0
	DÜŞEY ETKİ	T1C21 611,1	T2C21 415,9	T3C21 449,5	T4C21 395,1	T5C21 354,1
	YATAY-DÜŞEY ETKİ	T1C31 700,0	T2C31 480,9	T3C31 519,5	T4C31 456,7	T5C31 409,1
	DÜZ ETKİ	T1C41 571,2	T2C41 386,6	T3C41 420,9	T4C41 370,9	T5C41 332,8
PANEL GENİŞLİĞİ	DAR	T1G11 571,2	T2G11 386,6	T3G11 420,9	T4G11 370,9	T5G11 332,8
	ORTA	T1G21 571,2	T2G21 386,6	T3G21 420,9	T4G21 370,9	T5G21 332,8
	GENİŞ	T1G31 571,2	T2G31 386,6	T3G31 420,9	T4G31 370,9	T5G31 332,8
TAŞIYICILIK	KENDİNİ TAŞIYAN	T1T11 571,2	T2T11 386,6	T3T11 420,9	T4T11 370,9	T5T11 332,8
	TAŞINAN	T1T21 571,2	T2T21 386,6	T3T21 420,9	T4T21 370,9	T5T21 332,8
	TAŞIYICI	T1T31 571,2	T2T31 386,6	T3T31 420,9	T4T31 370,9	T5T31 332,8

Tablo 4.8. Derz Bünyesinde Isı Köprüsüne Sahip Panel Seçeneklerine Ait Öğrenci Başına Düşen Yıllık Toplam Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh/m²)

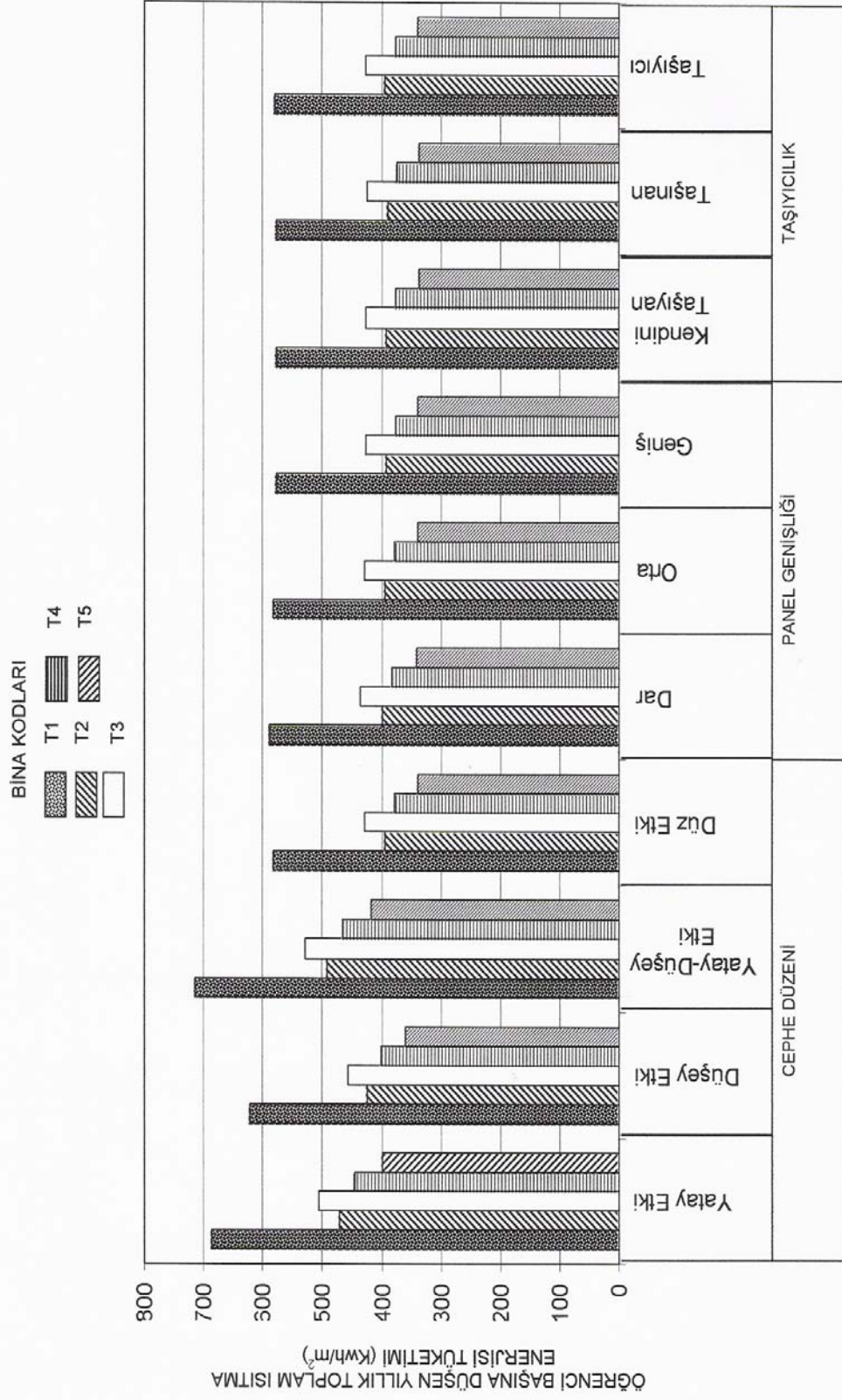
BİNA TİPOLOJİSİ PANEL SEÇENEKLERİ		T1 (260 öğr)	T2 (520 öğr)	T3 (760 öğr)	T4 (1000öğr)	T5 (1260 öğr)
CEPHE DÜZENİ	YATAY ETKİ	T1C12 685,3	T2C12 470,1	T3C12 506,6	T4C12 445,1	T5C12 398,9
	DÜŞEY ETKİ	T1C22 621,2	T2C22 423,2	T3C22 457,4	T4C22 401,8	T5C22 360,2
	YATAY-DÜŞEY ETKİ	T1C32 713,6	T2C32 490,9	T3C32 529,6	T4C32 465,3	T5C32 416,8
	DÜZ ETKİ	T1C42 581,6	T2C42 394,3	T3C42 429,0	T4C42 377,9	T5C42 339,0
PANEL GENİŞLİĞİ	DAR	T1G12 588,9	T2G12 399,5	T3G12 435,2	T4G12 382,4	T5G12 341,2
	ORTA	T1G22 581,6	T2G22 394,3	T3G22 429,0	T4G22 377,9	T5G22 339,0
	GENİŞ	T1G32 578,4	T2G32 391,9	T3G32 426,4	T4G32 375,6	T5G32 337,9
TAŞIYICILIK	KENDİNİ TAŞIYAN	T1T12 578,4	T2T12 392,0	T3T12 426,2	T4T12 375,4	T5T12 336,7
	TAŞINAN	T1T22 576,7	T2T22 390,7	T3T22 425,3	T4T22 374,5	T5T22 336,1
	TAŞIYICI	T1T32 580,0	T2T32 393,1	T3T32 427,7	T4T32 376,6	T5T32 337,9

Tablo 4.9. Panel Būnyesinde Isı Köprüsüne Sahip Seçeneklere Ait  ğrenci Başına D   en Yıllık Toplam Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh/m²)

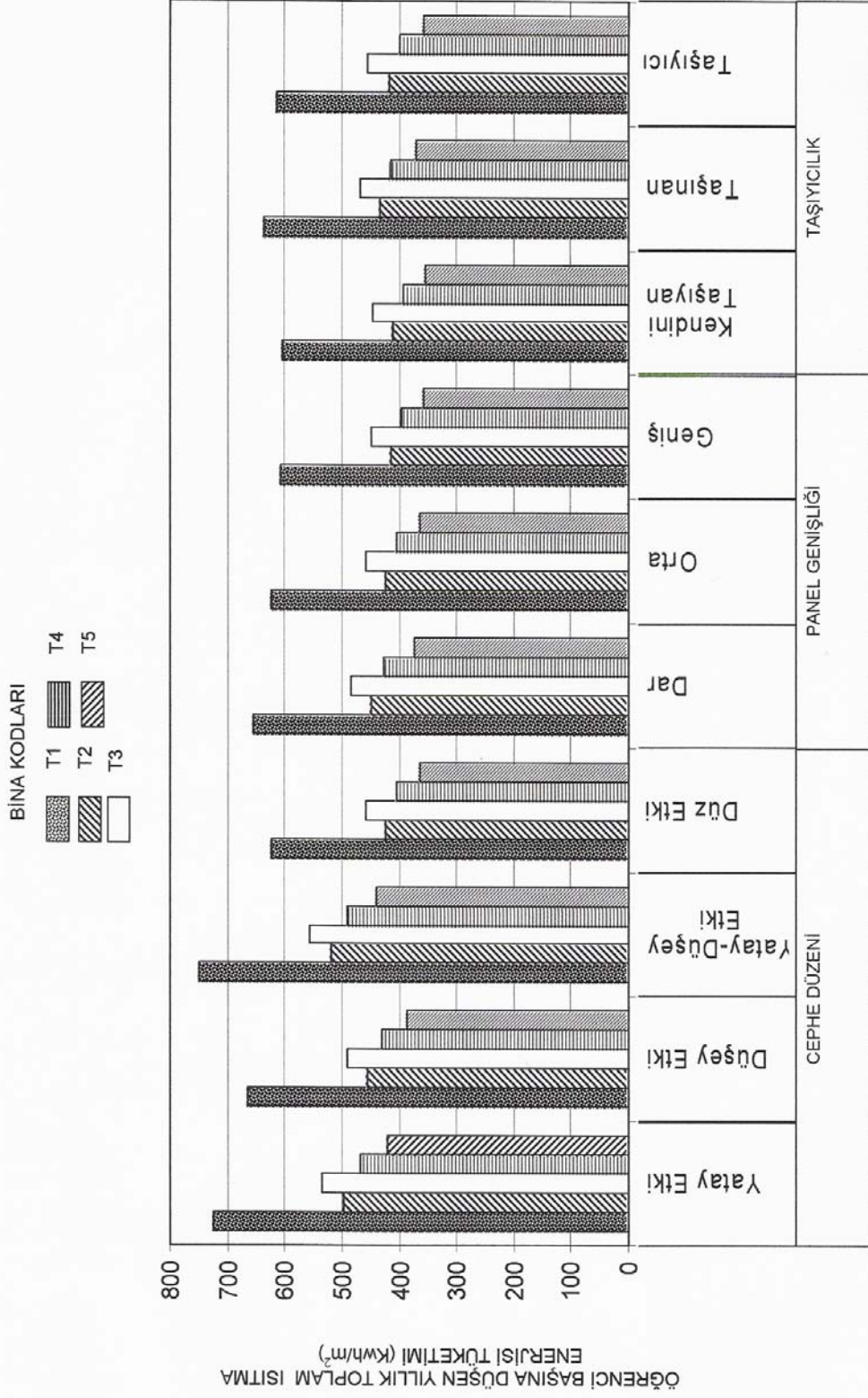
B�NA T�POLOJ�S� PANEL SE�ENEKLER�		T1 (260 �ğr)	T2 (520 �ğr)	T3 (760 �ğr)	T4 (1000�ğr)	T5 (1260 �ğr)
CEPHE D�ZEN�	YATAY ETK�	T1C13 722,6	T2C13 497,6	T3C13 534,5	T4C13 469,4	T5C13 420,4
	D���EY ETK�	T1C23 663,2	T2C23 454,0	T3C23 488,7	T4C23 429,1	T5C23 384,5
	YATAY-D���EY ETK�	T1C33 750,0	T2C33 517,7	T3C33 557,4	T4C33 489,5	T5C33 438,2
	D��Z ETK�	T1C43 623,4	T2C43 424,8	T3C43 460,0	T4C43 404,8	T5C43 363,0
PANEL GEN���L�ğ�	DAR	T1G13 655,9	T2G13 448,7	T3G13 484,5	T4G13 426,0	T5G13 374,7
	ORTA	T1G23 623,4	T2G23 424,8	T3G23 460,0	T4G23 404,8	T5G23 363,0
	GEN���	T1G33 607,2	T2G33 413,1	T3G33 448,0	T4G33 394,4	T5G33 357,2
TA���YICILIK	KEND��N� TA���YAN	T1T13 605,5	T2T13 411,8	T3T13 446,9	T4T13 393,4	T5T13 352,8
	TA���INAN	T1T23 636,8	T2T23 434,7	T3T23 469,4	T4T23 413,0	T5T23 370,3
	TA���YICI	T1T33 614,4	T2T33 418,3	T3T33 453,8	T4T33 399,4	T5T33 358,2



Şekil 4.3. İdeal Panel Seçeneklerine Ait Öğrenci Başına Düşen Yıllık Toplam Isıtma Enerjisi Tüketimi (Kwh/m²)



Şekil 4.4. Derz Bünyesinde Isı Köprüsüne Sahip Seçeneklere Ait Öğrenci Başına Düşen Yıllık Toplam Isıtma Enerjisi Tüketimi (kwh/m²)



Şekil 4.5. Panellerde Isı Köprüsüne Sahip Panel Seçeneklerine Ait Öğrenci Başına Düşen Yıllık Toplam Isıtma Enerjisi Tüketimi (kwh/m²)

5. SEÇENEKLERE AİT ATMOSFERİK KİRLETİCİ EMİSYONLARININ HESAPLANMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Enerji kavramının günümüz dünyasında ekonomik gelişim ve sosyal yaşam kalitesi üzerinde büyük rol oynamaktadır. Buna karşın, artan enerji tüketimi ve buna bağlı çevre problemlerinin yaşam kalitesini kabul edilebilir ölçülerin ötesinde olumsuz etkilemesinin de önüne nasıl geçileceği halen tartışılan ve ileriye yönelik arayışların devam ettiği bir konudur. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre bugünkü enerji üretim ve tüketim alışkanlıklarının aynen devam etmesi durumunda, 2020 yılında dünya enerji ihtiyacının 1995 yılına göre %65 artacağı ve bu ihtiyacın %92'sinin fosil yakıtlardan karşılanacağı tahmin edilmektedir. Bu senaryoya göre aynı dönemde atmosferdeki karbon emisyonları %70 artacaktır.

Yukarıdaki artış eğiliminin sürmesi durumunda ise, 2100 yılına kadar küresel ortalama sıcaklığın 1 ile 3,5 oC arasında yükselmesi ve buna bağlı olarak deniz seviyesinin yükselip, küçük adalar ile sahil şehirlerinin su altında kalması ve sıra dışı iklim değişimlerinin oluşması ile tarım ve insan yerleşiminin olumsuz etkilenmesi söz konusu olacaktır. Bu durumda asıl üzerinde durulması gereken konu artan enerji talebini karşılamak için hangi enerji kaynaklarının kullanılması gerektiğidir. Japonya'nın Kyoto kentinde Aralık 1997'de düzenlenen ve "Sera Gazları Emisyonları Konusunda Kyoto İklim Değişim Protokolü" olarak adlandırılan toplantının katılımcı ülkeleri bugünkü ve gelecek nesillerin enerji üretim ve tüketim alışkanlıklarını değiştirmeye yönelik uzun vadeli bir süreci başlatmış oldular. Küresel ısınmanın gerçek ve ciddi bir sorun olduğunu kabul eden katılımcı ülkeler, 2008-2012 yılları arasında sera gazları emisyonlarını 1990'lı yıllardaki seviyesinden %5 daha aşağıya çekme konusunda bağlayıcı karar almışlardır. 2010 yılının çok yakın bir gelecektir. Enerji kullanımını kişisel alışkanlıkları değiştirerek veya bunlar üzerinde kısıtlamalar getirerek azaltmak kolay değildir. Bu nedenle, kısa vadede doğalgaz gibi daha az karbon yoğun yakıtlara geçilmesi eğiliminin artarak devam edileceği düşünülmektedir [56].

5.1. Atmosferik Kirlenme

Yerküreyi çevreleyen gaz tabakası olarak tanımlanan atmosfer, yaklaşık iki milyar yıldan günümüze kadar birçok değişikliğe uğramıştır. Hızlı nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşme sonucunda meydana gelen kirlenme, tüm canlıların yaşamsal aktiviteleri için doğal bir ortam olan atmosferin doğal yapısının bozulmasına sebep olmuştur. Fosil içerikli enerji kullanımı ile ortaya çıkan hava kirliliği ve etkileri sadece canlıları değil, yapı ve yapı malzemeleri üzerinde de önemli değişimler meydana getirmiştir. Bunların sonucunda “Atmosferik Kirlilik”, “Hava Kirliliği” kavramları ortaya çıkmıştır. Atmosferik kirliliğin en genel anlamda tanımı “atmosferde, belirli fiziksel şekillerde, yabancı maddelerin insan sağlığına, diğer canlılara, ekolojik dengeye ve eşyalara zararlı olabilecek konsantrasyonda ve sürelerde bulunmasıdır” şeklinde tanımlayabiliriz [57, s.1]. Hava kirliliğinin yeryüzündeki yaşamsal faaliyetler açısından büyük bir öneme sahip olması, canlı ve cansız bütün öğelere olan etkilerinin bilinmesini gerekli kılmış ve bu gereklilik hava kirliliğinin, birçok meslek disiplini içinde olduğu gibi, mimarlık disiplini içerisinde de ele alınmasını zorunlu kılmıştır.

Atmosferik kirlenmeye neden olan kirleticiler, atmosferde değişik şekillerde bulunmaktadır. Kirlenmeye neden olan kaynaklardan atmosfere doğru yayılan kirleticiler, birincil kirleticiler, atmosferde bulunan birincil kirleticiler ile atmosferik faktörler arasındaki kimyasal reaksiyonlar sonucunda meydana gelen kirleticiler de ikincil kirleticiler olarak tanımlanır. Birincil kirleticiler kükürtdioksitler, azotoksitler, karbonoksitler ve partiküllerden oluşmaktadır. İkincil kirleticiler ise asit yağmurları, nitrikasit ve smogdan oluşmaktadır [58].

Atmosferik kirlenme ile ilgili dünyada çok sayıda yaşanmış olay ve bunlara karşı alınmış önlemler mevcuttur. Bu olaylar atmosferik kirlenmenin tarihçesinde büyük önem taşımaktadır (Tablo 5.1) [59, s.19].

Tablo 5.1. Atmosferik Kirlenmede Önemli Olaylar

OLAY	YER	YIL	ETKİ/ÖNLEM
Kömür Yakılması	Londra	1272	Kral I Edward Kömür Yakılmasını Yasakladı
Artan Kirlenme	Londra	1661	John Evelyn Hava Kirlenmesi İle İlgili İlk Kitabı Yazdı
Buharlı Otomobil Kirlenmesi	A.B.D.	1895	Otomobillerden Görünür Duman Çıkması
So ₂ Kirlenmesi	Belçika	1930	63 Ölüm ve Solunum Yolu, Göz Tahrişi Şikayetleri
So ₂ ve PM Kirlenmesi	A.B.D.	1948	20 Ölüm ve Çok Sayıda Hasta
H ₂ S Kirlenmesi	Meksika	1950	22 Ölüm ve 320 Hastane Vakası
So ₂ ve PM Kirlenmesi	Londra	1952	4000 Ölüm
So ₂ ve PM Kirlenmesi	New York	1966	168 Ölüm

Atmosferik Kirlenme Kaynakları : Atmosferik kirlenmeye neden olan kaynaklar doğal ve antropojenik olmak üzere iki kısımda incelenir. Bu kaynaklardan kısaca söz etmek yararlı olacaktır.

- Doğal Kaynaklar : Orman yangınları, tozlar, okyanus aerosolleri, volkanlar ve buharlaşma gibi nedenlere bağlı olarak partikül emisyon miktarları artmaktadır. Yerkabuğundaki değişimlere bağlı olarak oluşan volkanik patlamalar, büyük miktarda partikülün ve kükürtdioksitin atmosfere karışmasına sebep olmaktadır. Tozlar ise rüzgarın yer yüzeyindeki kum, polen, vb parçacıkları taşımasıyla oluşan kirleticilerdir. Orman yangınları sırasında da partikül maddeleri atmosfere karışmaktadır. Okyanusların ve denizlerin üzerlerindeki tuz aerosolleri oluşumlarının rüzgar ve buharlaşma ile atmosfere karışması ve orman alanlarındaki fotokimyasal reaksiyonlar sonucunda hidrokarbonların açığa çıkması da atmosferik kirlenmeye neden olan önemli doğal etmenlerdir [60, 61].
- Antropojenik Kaynaklar : Antropojenik (insanların neden olduğu) kirlenme kaynakları, konumlarına göre alansal, çizgisel,ve noktasal olmak üzere üç kısımda incelenir. Yerleşim bölgeleri, iş merkezleri, hastaneler ve okullar gibi ısınma nedeniyle oluşan kirlenmeler alansal kaynaklı kirlenmelerdir. Çizgisel kaynaklar ise araç emisyonlarının oluşturduğu kaynaklardır. Noktasal kaynaklar ise enerji santralleri, petrol rafinerileri ve uzun bacalı fabrikalar olarak nitelendirilir [62].

Kirleticilerin Tanımı ve Özellikleri : Kirleticiler atmosferik ortamda gazlar ve partiküller halinde bulunur. Partiküler maddeler çok farklı şekil ve yapılarıdadır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanır :

- Aerosol : Katı ve sıvı partiküllerin oluşturduğu mikroskobik dispersiyonlar
- Toz : Kolloid boyutundan büyük ve askı halinde bulunan katı maddeler, yer çekimi etkisiyle havadan ayrılır.
- Duman : Tam olmayan yanmadan oluşan ince dağılmış aerosol, karbon ve diğer yanma ürünlerinden oluşur.
- Kurum : Karbonlu maddelerin tam olmayan yanmasından oluşan ve katran karışmış karbon tanelerinin birleşmesiyle oluşan kaba parçacıklardır.
- Uçucu kül : Baca gazlarından havaya verilen çok ince dağılmış kül taneleridir.
- İs : Gazların kondensasyonu, sublimasyon veya kimyasal reaksiyon ile oluşan, bir mikrondan küçük boyutlu partiküllerdir.
- Mist : İri sıvı danelerinin oluşturduğu düşük konsantrasyondaki ve havadan ayrılabilen dispersiyonlardır.
- Damlacık : Hareketsiz havada kolayca düşen, türbülanslı havada askıda kalabilen sıvı daneciklerdir.
- Sis : Yoğunlukla kondansasyonla oluşan, görünür aerosollerdir.

Atmosferik kirlenmeye sebep olan gazların başlıcalarını sıralamak ve genel özelliklerinden kısaca bahsetmek yararlı olacaktır. Kirletici gazlar ve genel etkilerini aşağıdaki gibi özetleyebiliriz [63, s.14] :

- Karbondioksit (CO_2) : Yakıcı türlerine bağlı olarak ağırlıkça en çok oluşan atık gaz türüdür. Atmosferde sera etkisi yaratarak dünyanın ısınmasına sebep olmaktadır.
- Kükürtdioksit (SO_2) : Renksiz, yanıcı ve patlayıcı olmayan, hafif kokulu bir gazdır. Suda çözünür ve havanın iki katı kadar bir ağırlığa sahiptir. İnsanlar için zehirleyici etkisi vardır. Bitkilerde klorofil üretimini engelleyerek kurumaya neden olur. Su ile birleşerek asit teşkil eder ve yapılar ile metal yüzeylerde korozyona neden olur.
- Azotoksit (NO_x) : Altı farklı gazın karışımıdır ve topluca NO_x olarak gösterilirler. Hava kirliliğinde azot oksit (NO) ve azot dioksit (NO_2) büyük

önem taşırlar ve sadece bu iki azot oksit türü atmosfere büyük miktarlarda karışır. Ciğerleri tahrip eder, belirli ölçülerde bronşite, daha yüksek dozlara maruz kalındığında ise ölümlere neden olur. Güneş yardımıyla atmosfer reaksiyonlarına sebep olur ve mevcut ozon dengesini bozar. Bitki örtüsüne, ağaçlara zarar verir ve çöl etkisi yaratır.

- **Karbonmonoksit (CO)** : Renksiz, kousuz ve tatsız karbonmonoksit gazı normal şartlarda kimyasal olarak inerttir ve ortalama ikibuçuk aylık atmosferik yarılanma ömrüne sahiptir. Toplam karbon monoksit emisyonunun yüzde 53'ünü antropojenik kirletici kaynaklar oluşturmuştur. Karbonmonoksit gazı atmosferde bitki ve diğer malzemeler üzerinde belirgin bir etkiye yol açmayacak konsantrasyonlarda bulunur. Yüksek konsantrasyonlarda kandaki alyuvarları tahrip ederek ölümlere neden olacak kadar zehirleyici bir madde haline dönüşür.
- **Partiküler Maddeler (PM)** : Tek molekül boyutundan (0.0002 mikron) büyük, 500 mikrondan küçük katı ve sıvı daneciklerdir. Havada asılı kalma süreleri büyüklükleri ile ters orantılıdır. Partiküler maddelerin kimyasal yapı ve özellikleri çok değişkendir. Organik ve inorganik yapıda olabilirler. Hava kirlenmesinde önem taşıyan inorganik bileşenler sülfat, nitrit, kurşun, demir, mangan, çinko ve vanadyum ; organik bileşenler ise çeşitli hidrokarbonlar ile fenoller, organik asitler ve alkollerdir. Partiküler maddelerin bir kısmı biyolojik partiküller olarak adlandırılan mikroorganizmalardır. Protozoa, bakteriler, virüsler, mantarlar, sporlar, algler ve polenler biyolojik partiküllerin başlıca örnekleridir. Biyolojik partiküllerden bazıları, örneğin sporlar atmosferde uzun süre kalıp etkili olabilirler. Besin eksikliği ve ultraviyole ışınları nedeniyle önemli bir kısmı ölür ve etkisini kaybeder. Partiküler maddeler insanlarda özellikle solunum yolu hastalıklarına neden olur. Aynı şekilde bitkilerde de yaprakları kaplayarak solunumu engeller ve kurumaya neden olur. Özellikle kalitesiz kömür yakılması sonucu oluşur.
- **Toplam Organik Madde (TOM)** : Organik maddeler daha çok karbon ve hidrojenden meydana gelen, “ hidrokarbon” olarak adlandırılan bileşiklerdir. Hidrokarbonların bazılarının insan sağlığı üzerinde belirgin bir etki görülmezken, bazılarının göz yaşartıcı, üst solunum yollarını ve cildi tahriş edici özellikleri saptanmıştır. Aromatik hidrokarbonlar biyokimyasal ve biyolojik olarak aktif ve bir kısmı ise potansiyel kanserojen madde durumundadır. Aromatik hidrokarbonlar en çok fuil oil yakıcıların atıklarıyla oluşmaktadır.

5.2.Seçeneklere Ait Kirletici Emisyonlarının Hesaplanması

5.2.1.Yakıt Türlerinin Belirlenmesi

Daha önce de bahsetmiş olduğumuz gibi, Japonya'nın Kyoto kentinde Aralık 1997'de düzenlenen ve "Sera Gazları Emisyonları Konusunda Kyoto İklim Değişim Protokolü" olarak adlandırılan toplantıda kısa vadede doğalgaz gibi daha az karbon yoğun yakıtlara geçilmesi eğiliminin artması zorunluluğu vurgulanmıştır.

Organik teoriye göre, diğer fosil yakacaklar gibi doğalgaz da milyonlarca yıl önce yaşamış bitki ve hayvan artıklarından oluşmuştur. Yeryüzü kabukları arasına gömülen bu artıklar, basınç ve sıcaklık etkisiyle, kimyasal değişimlere uğrayarak doğalgazı meydana getirmiştir. Doğalgaz genellikle sıradağ yamaçlarında, petrol yatakları ile birlikte veya serbest olarak bulunmaktadır. Doğalgaz esas olarak metan (CH_4) ve daha az oranda etan (CH_{10}) ve propan (C_3H_8) gibi hidrokarbonlardan meydana gelir. Ayrıca bileşiminde azot (N_2), karbondioksit (CO_2), hidrojen sülfür (H_2S) ile helyum (He) gazları da bulunabilir. Ancak H_2S zararlı bir bileşen olduğundan, doğalgaz üretim noktasında bu bileşenden temizlenerek boru hattına pompalanır. Doğalgaz renksiz ve kokusuz bir gazdır. Doğalgazın ısınma enerjisi sağlayan diğer yakıtlarla olan içerik karşılaştırması aşağıdaki tabloda sıralanmaktadır.

Tablo 5.2. Doğalgazın Diğer Yakıt türleri ile İçeriğinin Karşılaştırılması [64]

	Kömür	Fuill Oil	Doğalgaz
Karbon Oranı %	77.4	84.58	73.98
Hidrojen Oranı %	1.4	10.90	24.57
Kükürt Oranı %	1.0	4.00	0.01
Kül Oranı %	8.0	-	-
Nem Oranı %	7.0	-	-
Isıl Değer Kj/kg (kcal/kg)	29.600 (7080)	39.220 (9380)	49.085 (11780)
Baca Gazındaki Buhar Oranı %	1.8	8.1	16.9

Yukarıdaki tablodan da anlaşıldığı gibi, doğalgazın diğer alternatif yakıt türlerine oranla içerdiği zehirli gaz oranının düşük oluşuna ek olarak, sahip olduğu diğer avantajlardan bahsedecek olursak öncelikle yakıldıkları kazanların veriminin yüksek

oluşundan söz edebiliriz. Özellikle kömür yakılması halinde çevreye yayılan katı parçacıklar kazan yüzeylerini kaplayarak verimi ve ısı kapasiteyi düşürür. Ayrıca bir kazanın ısı veriminin yüksek olması kazanı terk eden duman gazlarının sıcaklığının düşük olmasına bağlıdır. Fuel oil veya kömür yakılması durumunda, kükürtoksitlere bağlı asit korozyonu nedeniyle duman sıcaklıkları fazla düşemez ve verim kaybı meydana gelir. Doğalgaz yakıcıları tamamen otomatik kontrolle, insana gerek duyulmadan emniyetli bir şekilde çalışırlar. Devreye çabuk girip, devreden çabuk çıkabilirler. Ekonomik açıdan yakıt türlerini karşılaştırdığımızda, temizlik, depolama, yakıt hazırlama ve kül atma maliyetleri göz önüne alınırsa doğalgaz kullanımının gerek yatırım, gerekse işletme maliyetlerinde önemli kazançlar sağladığını söyleyebiliriz.

5.2.2. Emisyonların Hesaplanması

Beton esaslı prefabrike sistemlerle üretilen eğitim yapılarında emisyon oranlarının belirlenmesinde öncelikle ısıtma sisteminin hangi yakıt türleri ile çalıştırılacağı ve hangi bina tipolojisinin model olarak seçileceğini belirlemek yararlı olacaktır.

Yukarıda bahsetmiş olduğumuz gibi, doğalgaz birçok yönüyle diğer yakıcı türlerine oranla olumlu özelliklere sahiptir. Doğalgaz Türkiye'ye 1987 yılında gelmiştir. Öncelikle Ankara, İstanbul ve Bursa şehirlerinde kullanılmaya başlanmış ve yoğun doğalgaz kullanılan bölgelerde kış mevsiminde görülen hava kirliliğinde önemli ölçüde düşüşler gözlenmiştir. Günümüzde doğalgaz bütün şehirlerde bulunmasa da hızla yaygınlaşmakta ve gelecekte doğalgazın tüm şehirlere ulaştırılmasına yönelik hazırlık çalışmaları yapılmaktadır. Yakın gelecekte doğalgazın ulaştığı ve hava kirliliği bakımından riskli bölgelerde doğalgazın kullanılmaması durumunda ceza uygulamalarının başlatılacağı bile şimdiden gündem oluşturmıştır. Kullanım kolaylığı, ekonomik oluşu ve ekolojiye olumlu katkısı gibi temel nedenlerle bu çalışmada kirlletici emisyonlarının hesaplanmasında ısıtma sisteminin yakıcısı olarak sadece doğalgaz esas alınmıştır. Bu bölümdeki temel amaç problem noktaları ve türlerine bağlı olarak oluşan seçeneklerin birbirleri ile karşılaştırmalarına olanak sağlayacak verileri oluşturmaktır.

Kirlletici emisyonlarının hesaplanmasında seçilecek bina tipolojisinde temel kriter öğrenci başına düşen en düşük enerji tüketim değerlerine sahip olan bina türünün seçilmesidir. T5 kodlu bina bu bakımdan en uygun tipoloji olmaktadır. Ayrıca T5 kodlu bina en büyük bina türü olması nedeniyle eleman sayısının yüksek oluşunun

getirdiği düşük maliyet ve kaynakların rasyonel kullanılması hedeflerini en çok sağlayan bina türü olmaktadır.

Bu çalışmada 5.4.1.2.'de sözü edilen kirletici emisyonları hesaplanmıştır. Öncelikle T5 kodlu binanın seçeneklerine ait yıllık ısıtma enerjisi tüketim değerleri kwh biriminden kcal birimine çevrilmiş, daha sonra her seçenek türü için m³ olarak yıllık doğalgaz tüketim değerleri hesaplanmıştır. Doğalgazın içeriğindeki madde miktarı bulunduğu kaynağa göre değişik oranlarda olmaktadır ve bu durum da doğalgazın verimini, yani birim hacmine göre ürettiği kalori miktarını etkilemektedir. Türkiye'de kullanılan BOTAŞ' ın açıkladığı doğalgaza ait içerik ve verim durumuna bağlı olarak üretilen kalori miktarı maksimum 10427 Kcal/m³, minimum 8100 Kcal/m³ oranında olmaktadır [64]. Bu çalışmada hesap değeri her seçenek için ortalama değer olan 9000 Kcal/m³ değer kullanılmıştır. Bu yaklaşıma göre T5 kodlu bina seçeneklerine ait yıllık toplam doğalgaz tüketimi aşadıdaki tabloda görölmektedir.

Tablo 5.3.T5 Kodlu Binanın Cephe Seçeneklerine Ait Isıtma Sistemi Doğalgaz Yakıt Tüketim Değerleri (M³/Yıl)

GENEL GURUPLAR	ALT GURUPLAR	İDEAL ÇÖZÜM ISI KÖPRÜSÜZ		DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ		PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ	
		KOD	DOĞALGAZ TÜKETİMİ (m ³ /yıl)	KOD	DOĞALGAZ TÜKETİMİ (m ³ /yıl)	KOD	DOĞALGAZ TÜKETİMİ (m ³ /yıl)
CEPHE DÜZENİ	YATAY ETKİ	T5C11	46485	T5C12	47424	T5C13	49988
	DÜŞEY ETKİ	T5C21	42103	T5C22	42825	T5C23	45714
	YATAY-DÜŞEY E.	T5C31	48641	T5C32	49557	T5C33	52107
	DÜZ ETKİ	T5C41	39570	T5C42	40299	T5C43	43166
PANEL GENİŞLİĞİ	DAR	T5G11	39570	T5G12	40570	T5G13	44547
	ORTA	T5G21	39570	T5G22	40299	T5G23	43166
	GENİŞ	T5G31	39570	T5G32	40178	T5G33	42470
TAŞIYICILIK	KENDİNİTAŞIYAN	T5T11	39570	T5T12	40043	T5T13	41953
	TAŞINAN	T5T21	39570	T5T22	40178	T5T23	44027
	TAŞIYICI	T5T31	39570	T5T32	40178	T5T33	42593

Kirletici emisyonlarına ilişkin çarpan değerleri İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi evre Mühendisliği Bölümü danışmanlığında oluşturulmuştur. Çarpanların oluşturulmasında girdi verileri BOTAş 'ın açıkladığı doğalgaz özelliklerine ve piyasadaki doğalgaz yakıcı sistemlerinin performans değerlerine bağlı olarak belirlenmiştir [65]. Buna göre altı temel kirletici emisyonuna ait çarpanlar aşağıda sıralanmıştır :

- KARBONDİOKSİT (CO₂) :1.92 kg /m³
- KÜKÜRTDİOKSİT (SO₂) : 0.00000384 kg /m³
- AZOTOKSİT (NO_x) :0.001504 kg /m³
- KARBONMONOKSİT (CO) : 0.00064 kg /m³
- PARTİKÜL MADDE (PM) : 0.0000304 kg /m³
- TOPLAM ORGANİK MADDE (TOM) : 0.000176 kg /m³

Yukarıdaki arpanlara göre T5 kodlu binanın seçenek guruplarına bağlı kirletici emisyon oranları Tablo 5.4, 5.5 ve 5.6'da görülmektedir.

Tablo 5.4. T5 Kodlu Binanın Cephe Düzenleme Seçeneklerine Bağlı Yıllık Kirletici Emisyon Oranları

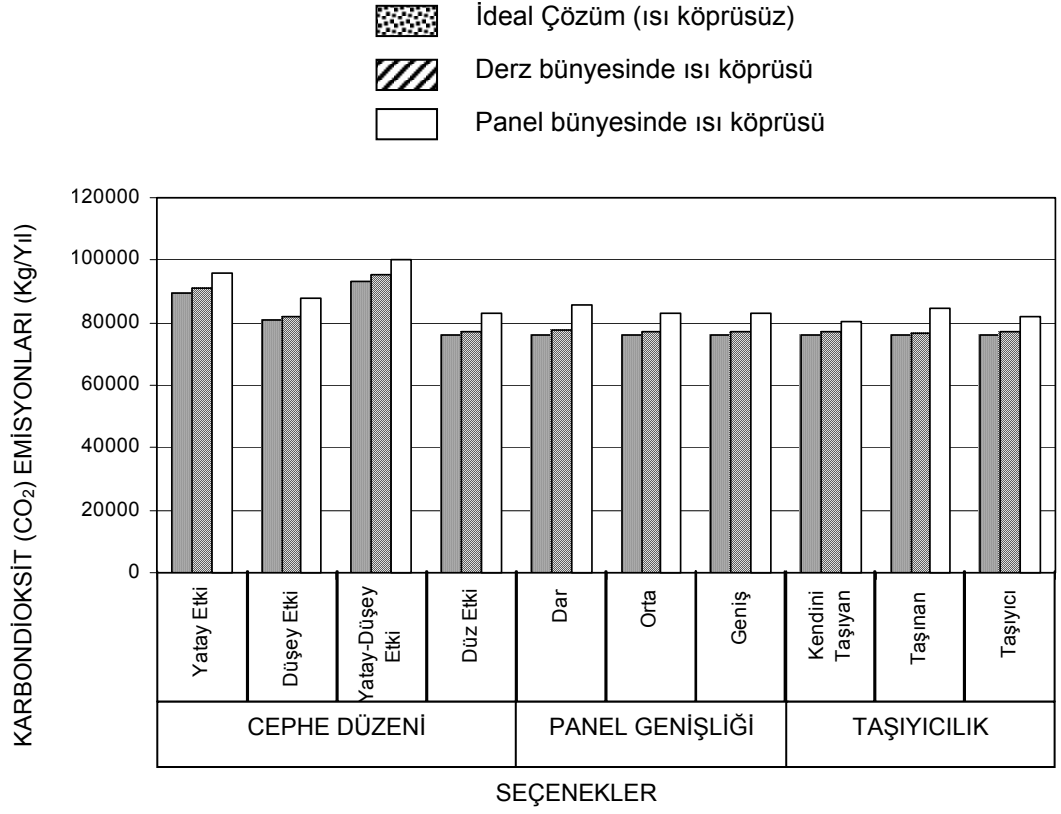
CEPHE DÜZENLEME ALT GURUPLARI	KİRLETİCİLER	İDEAL ÇÖZÜM (ISI KÖPRÜSÜZ)		DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ		PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ	
		KOD	KİRLETİCİ EMİSYON ORANLARI (kg/yıl)	KOD	KİRLETİCİ EMİSYON ORANLARI (kg/yıl)	KOD	KİRLETİCİ EMİSYON ORANLARI (kg/yıl)
YATAY ETKİ	KARBONDİOKSİT (CO ₂)	T5C11	89251	T5C12	91054	T5C13	95977
	KÜKÜRTDİOKSİT (SO ₂)		0.178		0.182		0.192
	AZOTOKSİT (NO _x)		70		71.3		75.1
	KARBONMONOKSİT (CO)		29.7		30.3		32
	PARTİKÜL MADDE		1.4		1.44		1.52
	TOPLAM ORGANİK MADDE		8.2		8.35		8.8
DÜŞEY ETKİ	KARBONDİOKSİT (CO ₂)	T5C21	80837	T5C22	82224	T5C23	87770
	KÜKÜRTDİOKSİT (SO ₂)		0.161		0.164		0.175
	AZOTOKSİT (NO _x)		63.3		64.4		68.8
	KARBONMONOKSİT (CO)		26.9		27.5		29.3
	PARTİKÜL MADDE		1.28		1.3		1.4
	TOPLAM ORGANİK MADDE		7.4		7.53		8.04
YATAY-DÜŞEY ETKİ	KARBONDİOKSİT (CO ₂)	T5C31	93390	T5C32	95149	T5C33	100045
	KÜKÜRTDİOKSİT (SO ₂)		0.186		0.19		0.2
	AZOTOKSİT (NO _x)		73.2		74.5		78.4
	KARBONMONOKSİT (CO)		31.2		31.8		33.4
	PARTİKÜL MADDE		1.48		1.5		1.58
	TOPLAM ORGANİK MADDE		8.56		8.72		9.17
DÜZ ETKİ	KARBONDİOKSİT (CO ₂)	T5C41	75975	T5C42	77374	T5C43	82878
	KÜKÜRTDİOKSİT (SO ₂)		0.152		0.154		0.166
	AZOTOKSİT (NO _x)		59.5		60.6		64.9
	KARBONMONOKSİT (CO)		25.3		25.8		27.7
	PARTİKÜL MADDE		1.2		1.22		1.31
	TOPLAM ORGANİK MADDE		6.96		7.1		7.6

Tablo 5.5. T5 Kodlu Binanın Panel Genişliğine Bağlı Yıllık Kirletici Emisyon Oranları

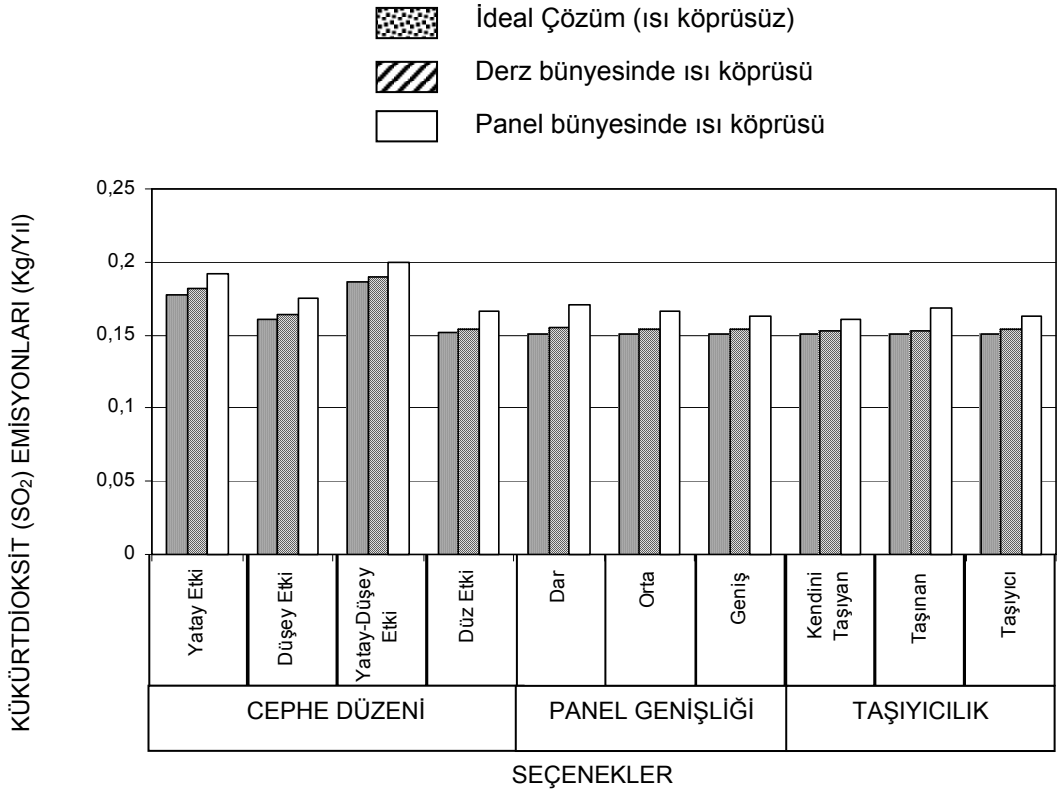
PANEL GENİŞLİĞİ ALT GURUPLARI	KİRLETİCİLER	İDEAL ÇÖZÜM (ISI KÖPRÜSÜZ)		DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ		PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ	
		KOD	KİRLETİCİ EMİSYON ORANLARI (kg/yıl)	KOD	KİRLETİCİ EMİSYON ORANLARI (kg/yıl)	KOD	KİRLETİCİ EMİSYON ORANLARI (kg/yıl)
DAR	KARBONDİOKSİT (CO ₂)	T5G11	75974	T5G12	77894	T5G13	85530
	KÜKÜRTDİOKSİT (SO ₂)		0.151		0.155		0.171
	AZOTOKSİT (NO _x)		59.5		61		67
	KARBONMONOKSİT (CO)		25.3		26		28.6
	PARTİKÜL MADDE		1.2		1.23		1.35
	TOPLAM ORGANİK MADDE		6.96		7.14		7.84
ORTA	KARBONDİOKSİT (CO ₂)	T5G21	75974	T5G22	77374	T5G23	82878
	KÜKÜRTDİOKSİT (SO ₂)		0.151		0.154		0.166
	AZOTOKSİT (NO _x)		59.5		60.6		65
	KARBONMONOKSİT (CO)		25.3		25.8		27.6
	PARTİKÜL MADDE		1.2		1.22		1.31
	TOPLAM ORGANİK MADDE		6.96		7.1		7.6
GENİŞ	KARBONDİOKSİT (CO ₂)	T5G31	75974	T5G32	77374	T5G33	82878
	KÜKÜRTDİOKSİT (SO ₂)		0.151		0.154		0.163
	AZOTOKSİT (NO _x)		59.5		60.5		63.9
	KARBONMONOKSİT (CO)		25.3		25.7		27.1
	PARTİKÜL MADDE		1.2		1.22		1.29
	TOPLAM ORGANİK MADDE		6.96		7.07		7.47

Tablo 5.6. T5 Kodlu Binanın Panel Taşıyıcılığına Bağlı Yıllık Kirletici Emisyon Oranları

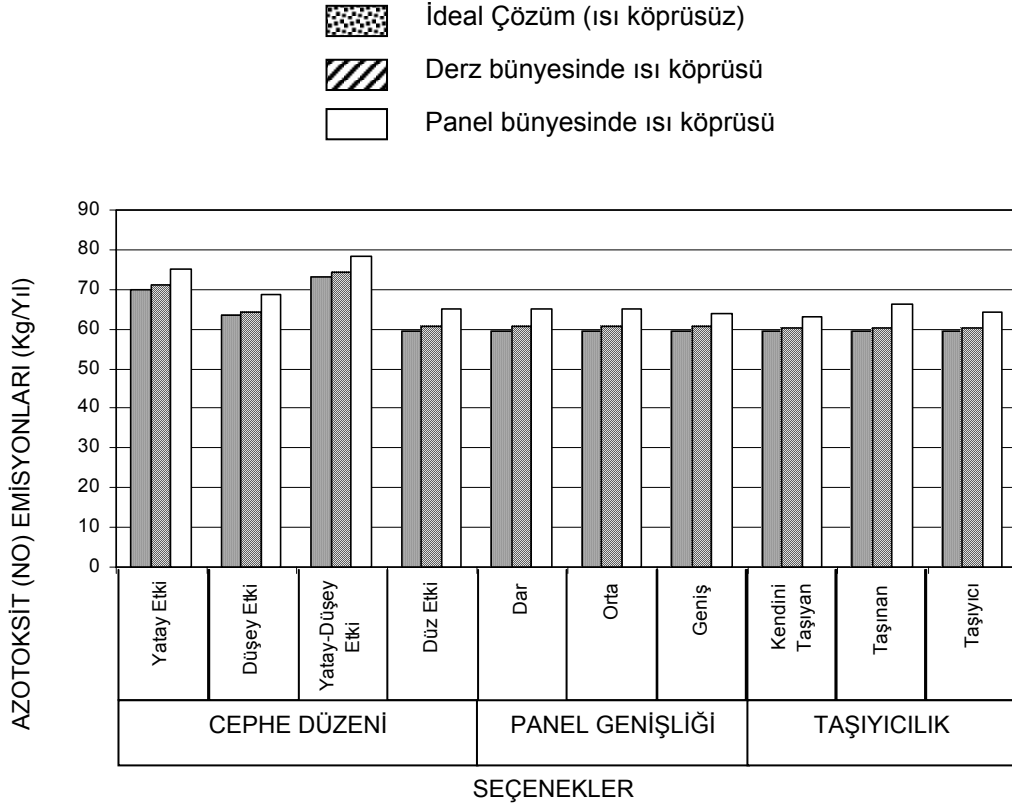
PANEL TAŞIYICILIĞI ALT GURUPLARI	KİRLETİCİLER	İDEAL ÇÖZÜM (ISI KÖPRÜSÜZ)		DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ		PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ	
		KOD	KİRLETİCİ EMİSYON ORANLARI (kg/yıl)	KOD	KİRLETİCİ EMİSYON ORANLARI (kg/yıl)	KOD	KİRLETİCİ EMİSYON ORANLARI (kg/yıl)
KENDİNİ TAŞIYAN	KARBONDİOKSİT (CO ₂)	T5T11	75974	T5T12	76882	T5T13	80549
	KÜKÜRTDİOKSİT (SO ₂)		0.151		0.153		0.161
	AZOTOKSİT (NO _x)		59.5		60.22		63.1
	KARBONMONOKSİT (CO)		25.3		25.6		26.9
	PARTİKÜL MADDE		1.2		1.21		1.28
	TOPLAM ORGANİK MADDE		6.96		7.05		7.4
TAŞINAN	KARBONDİOKSİT (CO ₂)	T5T21	75974	T5T22	76727	T5T23	84531
	KÜKÜRTDİOKSİT (SO ₂)		0.151		0.153		0.169
	AZOTOKSİT (NO _x)		59.5		60.2		66.2
	KARBONMONOKSİT (CO)		25.3		25.6		28.2
	PARTİKÜL MADDE		1.2		1.21		1.34
	TOPLAM ORGANİK MADDE		6.96		7.03		7.75
TAŞIYICI	KARBONDİOKSİT (CO ₂)	T5T31	75974	T5T32	77141	T5T33	81778
	KÜKÜRTDİOKSİT (SO ₂)		0.151		0.154		0.163
	AZOTOKSİT (NO _x)		59.5		60.4		64.1
	KARBONMONOKSİT (CO)		25.3		25.7		27.3
	PARTİKÜL MADDE		1.2		1.22		1.3
	TOPLAM ORGANİK MADDE		6.96		7.07		7.5



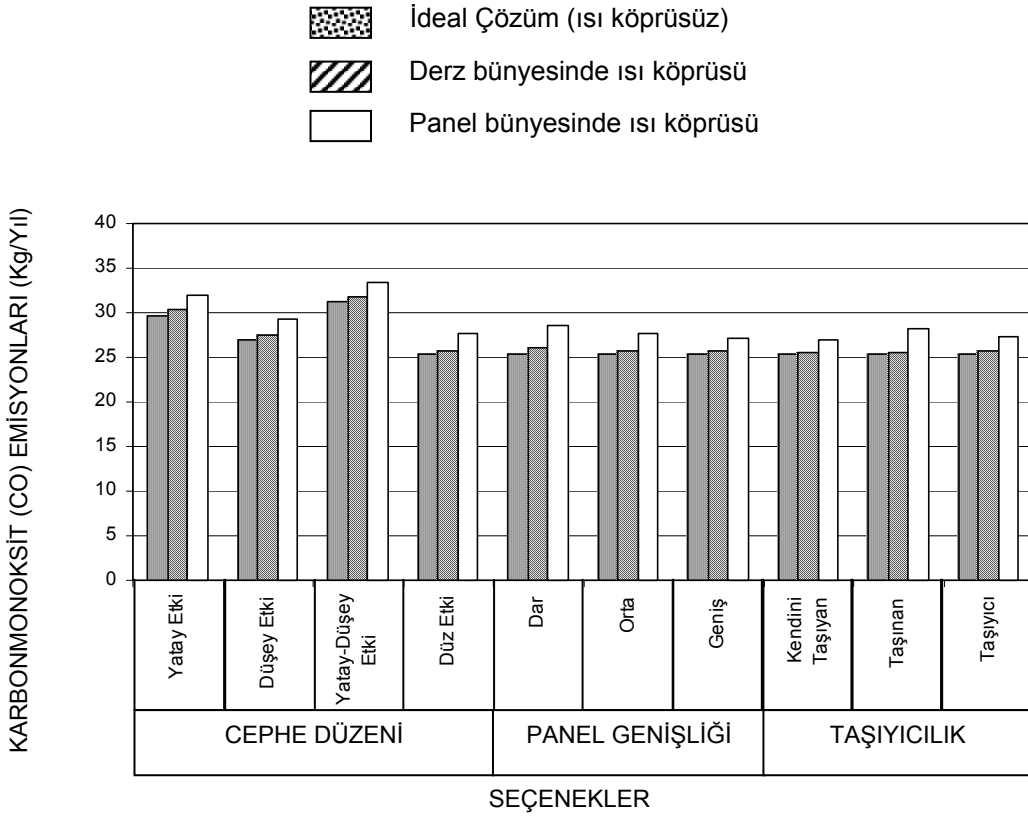
Şekil 5.1. T5 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Karbondioksit (CO₂) Emisyonları



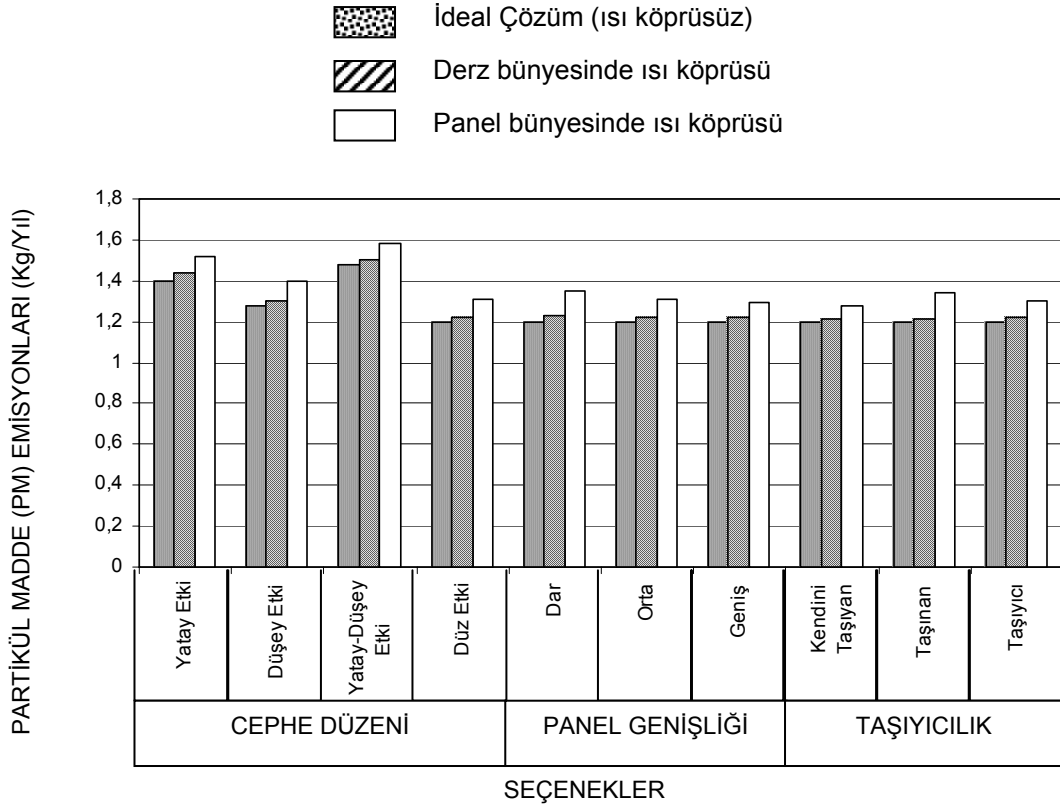
Şekil 5. 2. T5 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Kükürtdioksit (SO₂) Emisyonları



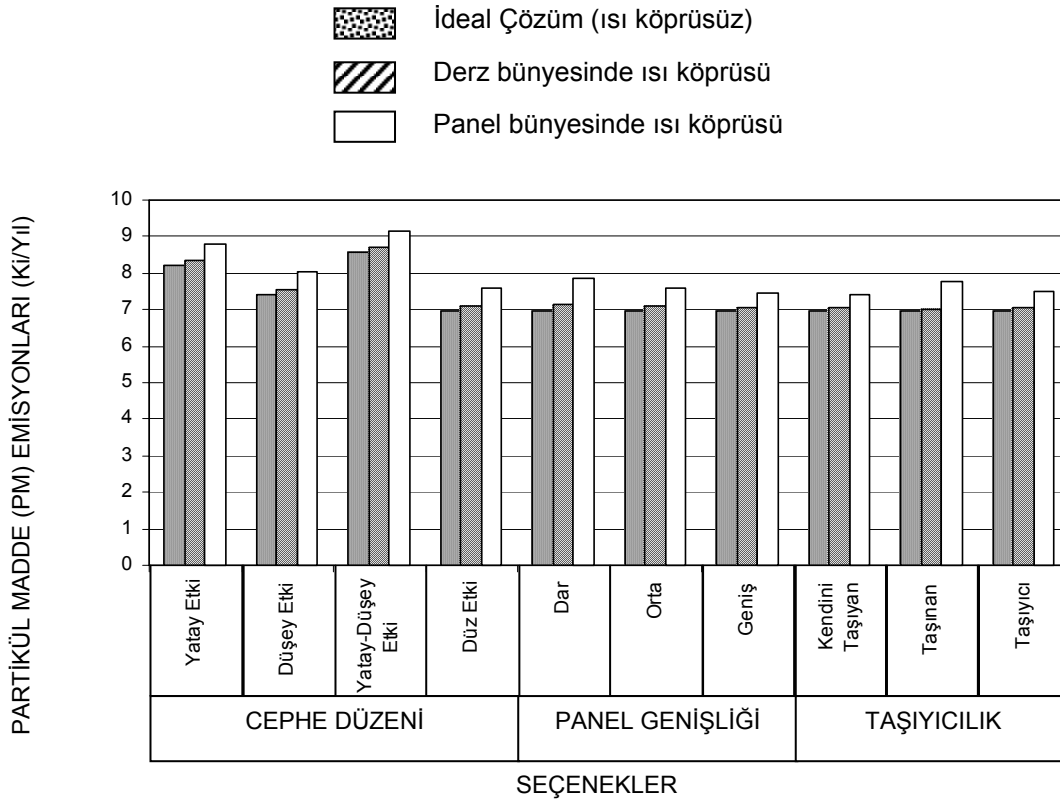
Şekil 5.3. T5 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Azotoksit (NO) Emisyonları



Şekil 5. 4. T5 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Karbonmonoksit (CO) Emisyonları



Şekil 5.5. T5 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Partikül Madde (PM) Emisyonları



Şekil 5.6. T6 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Toplam Organik Madde (TOM) Emisyonları

5.3. Guruplara Bağlı Değerlendirme

5.3.1. Cephe Düzenleme Gurubuna Bağlı Değerlendirme

Cephe düzenleme gurubunda, bina taşıyıcı sistem elemanlarını bir bütün olarak örten “ düz etki ” görünümüne sahip, derzlerde ve panel bünyesinde kesintisiz ısı yalıtımının uygulandığı T5C41 kodlu seçenek, en az ısıtma enerjisi tüketim değerine sahip olduğu için en düşük kirletici emisyon oranlarına sahip seçenektir. Buna bağlı olarak düz etkili cephe düzenlerinde derzlerin ısı yalıtımı ile yalıtılmaması % 2 (T5C42) , Panel bünyesinde meydana gelen ısı köprüsü ise %9 oranında daha fazla kirletici emisyonu oluşmasına yol açmaktadır (T5C43).

Yatay etkili seçeneklerde kiriş elemanlarının oluşturduğu alın hatlarının yalıtılmamasından dolayı T5C41 nolu en ideal seçeneğe oranla %15 daha fazla kirletici emisyonu oluşmaktadır (T5C11). Yatay etkili cephe seçeneklerinde derzlerin yalıtılmaması % 2’lik bir kirletici emisyonu üretirken (T5C12), panel bünyesinde oluşan ısı köprüleri % 6 oranında kirletici emisyonu oluşturmaktadır (T5C13). Bu durumda etkinlik yüzdesi en yüksek olan seçenek ile aradaki fark % 21 oranında olmaktadır (T5C41-T5C13).

Düşey etkili seçeneklerde kolonların yalıtılmamasından meydana gelen kirletici fazlalığı% 7 oranındadır (T5C21). Derzlerin yalıtılmaması ile meydana gelen kirletici fazlalığı %1 iken (T5C22), panel bünyesinde oluşan ısı köprüleri % 6 oranında daha fazla kirletici üretmektedir (T5C23). En ideal seçenek ile T5C23 seçeneği arasındaki fark % 14 oranında olmaktadır.

Yatay ve düşey etkiye sahip seçeneklerde kolon ve kirişlerin oluşturduğu ısı köprüleri % 9 oranında kirletici oluşturmaktadır (T5C31). Derzlerin yalıtılmamasından meydana gelen ısı köprüleri % 1’likkirletici fazlalığı oluştururken (T5C32), panellerin bünyesindeki ısı köprüleri % 4’lük kirletici fazlası meydana getirmektedir (T5C33). Bu durumda en ideal seçeneğe göre % 24’lük bir kirletici fazlalığı söz konusu olmaktadır.

5.3.2. Panel Genişliği Gurubuna Bağlı Değerlendirme

Panel genişliğine bağlı seçenek gurubunda ısı yalıtımının derzlerde ve panel bünyesinde kesintisiz olarak uygulandığı dar, orta, geniş büyüklükte her üç seçenek aynı oranda kirletici emisyonuna sahiptir.Toplam derz uzunluğu en yüksek olan dar

panelli T5G12 kodlu seçenekte derzlerde oluşan ısı köprüleri nedeniyle %3'lük düzeyde kirletici fazlalığı oluşmaktadır. Panel bünyesinde oluşan ısı köprüleri dar panellerde % 10 'luk (T5G13), orta boy panellerde % 9'luk (T5G23), geniş panellerde % 6'lık (T5G33)kirletici fazlalığı oluşmaktadır. Panel genişliği azaldıkça, toplam derz ve panel bünyelerinde oluşan ısı köprüsü uzunluğu artmakta; bu durum da kirletici emisyonlarını artırmaktadır. Burada dar panelli, derzlerde ve panel bünyesinde ısı köprüsüne sahip T5G13 kodlu seçenekte en etkin seçeneğe oranla % 13'lük kirletici fazlalığı meydana gelmektedir. Geniş panellerde bu oran % 6 düzeyindedir (T5G33).

5.3.3. Taşıyıcılık Gurubuna Bağlı Değerlendirme

Isı yalıtımının derzlerde ve panel bünyesinde kesintisiz olarak uygulandığı üç alt guruptaki her seçeneğin enerji tüketimi en düşük ve aynı değerdedir. Bu nedenle her üç alt guruptaki üç seçeneğin kirletici emisyonları aynı ve en düşük seviyededir. Buna bağlı olarak kendini taşıyan ve taşıyıcı seçeneklerde derzlerde oluşan ısı köprüleri % 2'lik oranda kirletici oranını artırmaktadır (T5T12ve T5T32). Taşınan seçeneklerde bu oran % 1 düzeyindedir(T5T22). Panel bünyelerindeki ısı köprüleri nedeniyle oluşan kirletici oranı kendini taşıyan panellerde % 4 (T5T13), taşınan panellerde % 10 (T5T23), taşıyıcı panellerde % 5 düzeyinde olmaktadır (T5T33). Derzlerde ve panel bünyelerinde oluşan ısı köprüsüne bağlı kirletici fazlalığı en çok T5T23 kodlu seçenekte %11 düzeyinde olmaktadır.

5.3.4. Genel Değerlendirme

Cephe düzenine, panel genişliğine ve taşıyıcılığa bağlı olarak oluşturulan seçeneklere ait kirletici emisyonlarının değerlendirilmesinde bina taşıyıcı sistem elemanlarının tamamen örtüldüğü "ön konumlu" , derzlerde ve panel bünyelerinde ısı yalıtımının kesintisiz uygulandığı cephe panelleri en düşük ısıtma enerjisi tüketim değerine sahip olması nedeniyle en düşük düzeyde kirletici emisyonu üretmektedir.

En ideal seçeneğe oranla en yüksek kirletici emisyonu fazlalığı % 24'lük bir oranla yatay ve düşey cephe görünümüne sahip, derzlerde ve panel bünyesinde ısı köprülerinin olduğu T5C33 kodlu seçeneğe aittir. Derzlerde ve panellerde oluşan ısı köprülerine sahip seçenekler kapsamında en düşük kirletici emisyon artışı % 4'lük oranla T5T13 kodlu kendini taşıyan panel ile T5G33 kodlu geniş panel seçeneğidir.

Isı köprülerine bağı problem noktalarına bağı kirletici emisyonlarının artışı genellikle ısıtma enerjisi tüketim artışıyla doğru bir orantı sergilemektedir. İlköğretim yapılarının beton esaslı prefabrike sistemlerle uygulanması durumunda öğrenci başına düşen kirletici emisyonunu oranı cephe elemanlarında oluşacak ısı köprülerine bağı olarak seçilen cephe düzeni, panel genişliği ve panel taşıyıcılığı ile bina tipolojisine ve kat sayısına bağı olarak ısıtma enerjisi tüketim değerlerinde olduğu gibi en ideal seçenikle en olumsuz seçeneğin kirletici oranlarının %125 gibi yüksek oranda farklılaştığını görmekteyiz.

6. SEÇENEKLERİN ENERJİ ETKİNLİĞİNE BAĞLI OLARAK ISITMA ENERJİSİ MALİYETİ BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Seçeneklerin ısıtma ekonomisi bakımından değerlendirilmesi için ısı kayıp ve kazançlarından kaynaklanan enerji tüketimi maliyetlerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu konuda öncelikle her seçeneğe ait yıllık toplam ısıtma enerjisi tüketim değerlerinin ve buna bağlı yıllık doğalgaz tüketim değerlerinin belirlenmesi gerekir. Bu değerle yıllık ortalama doğalgaz birim fiyatı ile çarpılarak yıllık toplam ısıtma enerjisi maliyeti bulunur.

Isıtma enerjisi maliyetinin hesaplanmasında seçilecek bina tipolojisinde temel kriter kirletici emisyonları hesabında olduğu gibi öğrenci başına düşen en düşük enerji tüketim değerlerine sahip olan bina türünün seçilmesidir. T5 kodlu bina bu bakımdan en uygun tipoloji olmaktadır. Ayrıca T5 kodlu bina daha önceki bölümde de belirtmiş olduğumuz gibi en büyük bina türü olması nedeniyle eleman sayısının yüksek oluşunun getirdiği düşük maliyet ve kaynakların rasyonel kullanılması hedeflerini en çok sağlayan bina türü olmaktadır.

Beton esaslı prefabrike yapım teknolojisi kullanılan beton ve elemanlar arası birleşim sistemi türüne bağlı olarak kullanım ömrü uzun binalar üretebilmektedir. Bu çalışmada uzun vadede eğitim sisteminde yapılacak değişiklikler ve buna bağlı olarak yeni bina tipolojileri gereksinimi göz önünde bulundurularak ortalama bina kullanım ömrü kırk yıl olarak düşünülmüştür. Ayrıca alternatif enerji kaynaklarının bulunması ve geliştirilmesi olasılığı ile ısıtma sisteminde kullanılan yakıcı sistemleri teknolojisinin geliştirilmesi ısıtma maliyetlerini etkileyeceği için daha yüksek bir ömür öngörmekten kaçınılmıştır.

6.1. Seçeneklerin Toplam Isıtma Enerjisi Maliyetlerinin Hesaplanması

Seçeneklere ait daha önce hesaplanan yıllık toplam ısıtma enerjisi yükleri ve bunlara bağlı yıllık toplam doğalgaz tüketimi oranlarına bağlı olarak hesaplamalar yapılmıştır. Bu bölümdeki amaç, ilköğretim yapılarının beton esaslı prefabrike sistemlerle yapılmasında problem noktalarına bağlı olarak kullanım ömrü boyunca

ortaya çıkacak toplam ısıtma enerjisi maliyetlerinin bulunması ve gerekli karşılaştırmaların yapılmasıdır. Bu nedenle binaya ait ilk yatırım, bakım-onarım-yenileme gibi maliyetleri üzerinde durulmamıştır. Isıtma enerjisi maliyetlerinin hesaplanmasında kullanılacak çeşitli kriterlere ait gösterimler aşağıda sıralanmıştır.

M_1	:Seçeneğe ait yıllık ısıtma enerjisi maliyeti (TL)
M_2	:İdeal seçeneğe ait yıllık ısıtma enerjisi maliyeti (TL)
M_{B1}	:Doğalgaz birim fiyatı (423.000 TL/m ³ 2005 yılı)
M_{B2}	:Isı yalıtımı malzeme maliyeti (5cm ext. polistren levha=9.8 milyon TL)
V_1	:Seçeneğe ait yıllık doğalgaz tüketim değeri (m ³)
V_2	:İdeal Seçeneğe ait yıllık doğalgaz tüketim değeri (m ³)
A	:Seçeneğe ait ısı köprüsü alanı (m ²)

Buna göre her seçeneğe ait kırk yıllık bina kullanım ömrü boyunca oluşacak toplam ısıtma enerjisi maliyeti aşağıdaki gibi formüle edilebilir.

$$M_T = (\text{Bina Ömrü} \times V_1 \times M_{B1}) - (A \times M_{B2})$$

$$\text{Maliyet Farkı} = M_2 - M_1$$

M_{B2} olarak tanımlanan ısı yalıtımı malzemesi birim maliyeti değeri ile seçeneklere ait ısı köprüsü alanının çarpımının toplam ısıtma enerjisi maliyet değerinden düşülmesinin nedeni özellikle panel bünyesinde ısı köprüsü olması durumunda büyük boyutlara ulaşan ilk yatırım maliyeti azalmasıdır. İlk yatırım maliyetleri bu çalışmada kapsam dışı tutulmuş olsa da ülke ekonomisini etkilemesi bakımından bu değer göz önünde bulundurulmuştur.

Seçeneklerin ısıtma enerjisi maliyetleri genel gruplar ve bunlara bağlı alt gruplara dayalı olarak yapılmıştır. Tablo 6.1 'de T5 kodlu binanın seçeneklerine ait kırk yıllık kullanım ömrüne bağlı olarak 2005 yılı doğalgaz birim fiyatları baz alınarak bugünkü değerinden hesaplanan toplam ısıtma enerjisi maliyetleri görülmektedir. Burada her seçeneğe ait kırk yıllık toplam ısıtma enerjisi maliyetlerine ek olarak, en ideal seçeneğe oranla ısı köprüsü seçeneklerin kırk yıllık dönemdeki ısıtma enerjisi maliyet farkları görülmektedir. Şekil 6.1, 6.2 ve 6.3' de ise en etkin seçeneğe oranla maliyet farklarına bağlı enerji tüketim yüzdesi farkları görülmektedir.

Tablo 6.1. T5 Kodlu Binanın Cephe Seçeneklerinin Bina Kullanım Ömrü Boyunca Toplam Isıtma Enerjisi Maliyet Değerleri

GENEL GURUPLAR	ALT GURUPLAR	İDEAL ÇÖZÜM ISI KÖPRÜSÜZ			DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ			PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ		
		KOD	TOPLAM ISITMA ENERJİSİ MALİYETİ (milyar TL/40 yıl)		KOD	TOPLAM ISITMA ENERJİSİ MALİYETİ (milyar TL/40 yıl)		KOD	TOPLAM ISITMA ENERJİSİ MALİYETİ (milyar TL/40 yıl)	
			TOPLAM MALİYET	MALİYET FARKI		TOPLAM MALİYET	MALİYET FARKI		TOPLAM MALİYET	MALİYET FARKI
CEPHE DÜZENİ	YATAY ETKİ	T5C11	786.5	112	T5C12	802.4	127.3	T5C13	845.8	168.8
	DÜŞEY ETKİ	T5C21	712.4	41	T5C22	724.6	52.7	T5C23	773.5	99.5
	YATAY-DÜŞEY ET.	T5C31	823	147	T5C32	838.5	161.8	T5C33	881.6	203.2
	DÜZ ETKİ	T5C41	669.5	-	T5C42	681.9	11.8	T5C43	730.3	58.2
PANEL GENİŞLİĞİ	DAR	T5G11	669.5	-	T5G12	686.4	16.2	T5G13	753.7	80.6
	ORTA	T5G21	669.5	-	T5G22	681.9	11.8	T5G23	730.3	58.2
	GENİŞ	T5G31	669.5	-	T5G32	679.8	9.8	T5G33	718.6	47
TAŞIYICILIK	KENDİNİ TAŞIYAN	T5T11	669.5	-	T5T12	677.5	7.7	T5T13	709.8	38.6
	TAŞINAN	T5T21	669.5	-	T5T22	676.1	6.3	T5T23	744.9	72.2
	TAŞIYICI	T5T31	669.5	-	T5T32	679.8	9.9	T5T33	720.7	49

6.2. Seçeneklerin Isıtma Enerjisi Ekonomisinin Değerlendirilmesi

6.2.1. Cephe Düzenleme Gurubuna Bağlı Değerlendirme

Cephe düzenleme gurubunda, bina taşıyıcı sistem elemanlarını bir bütün olarak örten “ düz etki ” görünümüne sahip, derzlerde ve panel bünyesinde kesintisiz ısı yalıtımının uygulandığı T5C41 kodlu seçenek, en az ısıtma enerjisi tüketim değerine sahip olduğu için en düşük ısıtma enerjisi maliyetine sahip seçenektir. Genel guruba bağlı alt guruplar içerisinde de diğer guruplardaki altı seçenek gibi bu seçeneğe ait kırk yıllık bina kullanım ömrü boyunca toplam ısıtma enerjisi maliyeti 2005 yılı doğalgaz birim fiyatlarına göre 669.524 milyar Türk Lirasıdır. Buna bağlı olarak düz etkili cephe düzenlerinde derzlerin ısı yalıtımı ile yalıtılmaması bina kullanım ömrü boyunca toplam 11.805 milyar TL oranında ek ısıtma maliyeti gerektirirken (T5C42), Panel bünyesinde meydana gelen ısı köprüsü ise 58.247 milyar TL oranında daha fazla ısıtma enerjisi maliyeti oluşmasına yol açmaktadır (T5C43).

Yatay etkili seçeneklerde kiriş elemanlarının oluşturduğu alın hatlarının yalıtılmamasından dolayı T5C41 nolu en ideal seçeneğe oranla %17 daha fazla ısıtma enerjisi maliyeti ortaya çıkmaktadır ve bu oran 112.033 milyar TL düzeyindedir (T5C11). Yatay etkili cephe seçeneklerinde derzlerin yalıtılmaması % 3'lük bir ek ısıtma enerjisi maliyeti ortaya koyarken (T5C12), panel bünyesinde oluşan ısı köprüleri % 9 oranında ek ısıtma enerjisi maliyeti oluşturmaktadır (T5C13). Bu durumda etkinlik yüzdesi en yüksek olan seçenek ile aradaki fark % 26 oranında olmaktadır ve bu oranın maliyet olarak karşılığı 168.824 milyar TL düzeyindedir (T5C41-T5C13).

Düşey etkili seçeneklerde kolonların yalıtılmamasından dolayı bina kullanım ömrü boyunca meydana gelen ek ısıtma maliyeti % 6 oranındadır ve 41.026 milyar TL tutarındadır (T5C21). Derzlerin yalıtılmaması ile meydana gelen ek ısıtma maliyeti %2 iken (T5C22), panel bünyesinde oluşan ısı köprüleri % 9 oranında daha fazla ek ısıtma maliyeti ortaya koymaktadır (T5C23). En ideal seçenek ile T5C23 seçeneği arasındaki fark % 15 oranında olmaktadır ve bu durumun bina kullanım ömrü boyunca maddi karşılığı 99.536 milyar TL düzeyindedir.

Yatay ve düşey etkiye sahip seçeneklerde kolon ve kirişlerin oluşturduğu ısı köprüleri % 23 oranında ek ısıtma maliyeti oluşturmaktadır (T5C31). Derzlerin yalıtılmamasından meydana gelen ısı köprüleri % 2'lik ek maliyet oluştururken

(T5C32), panellerin bünyesindeki ısı köprüleri % 8'lik ek maliyet meydana getirmektedir (T5C33). Bu durumda en ideal seçeneğe göre % 31 gibi çok yüksek bir oranda ek ısıtma maliyeti ortaya çıkmaktadır. Bina kullanım ömrü boyunca bu durumun maddi karşılığı 203.189 milyar TL düzeyindedir.

6.2.2. Panel Genişliği Gurubuna Bağlı Değerlendirme

Panel genişliğine bağlı seçenek gurubunda ısı yalıtımının derzlerde ve panel bünyesinde kesintisiz olarak uygulandığı dar, orta, geniş büyüklükte her üç seçenek aynı oranda ısıtma enerjisi tüketimine sahiptir. T5G11, T5G21 ve T5G31 olarak kodlandırılan bu seçeneklerin bina kullanım ömrü boyunca toplam ısıtma enerjisi maliyetleri 669.524 milyar TL oranındadır. Toplam derz uzunluğu en yüksek olan dar panelli T5G12 kodlu seçenekte derzlerde oluşan ısı köprüleri nedeniyle % 2.5'lik düzeyde ek ısıtma enerjisi maliyeti oluşmaktadır. Panel bünyesinde oluşan ısı köprüleri dar panellerde % 12'lik (T5G13), orta boy panellerde % 9'luk (T5G23), geniş panellerde % 7.3'lük (T5G33) oranda ek ısıtma enerjisi maliyeti oluşmaktadır. Panel genişliği azaldıkça, toplam derz ve panel bünyelerinde oluşan ısı köprüsü uzunluğu artmakta; bu durum da kirlenici emisyonlarında olduğu gibi ısıtma enerjisi maliyetlerini artırmaktadır. Bina kullanım ömrü boyunca dar panelli, derzlerde ve panel bünyesinde ısı köprüsüne sahip T5G13 kodlu seçenekte en etkin seçeneğe oranla % 12'lik ek ısıtma enerjisi maliyeti meydana gelmektedir. Geniş panellerde bu oran % 7.3 düzeyindedir (T5G33). Panel genişliğine bağlı alt gurup seçeneklerinde en çok enerji tüketimine sebep olan dar panellerin bina kullanım ömrü boyunca meydana getirdiği ek ısıtma enerjisi maliyeti 80.624 milyar TL düzeyinde olmaktadır.

6.2.3. Taşıyıcılık Gurubuna Bağlı Değerlendirme

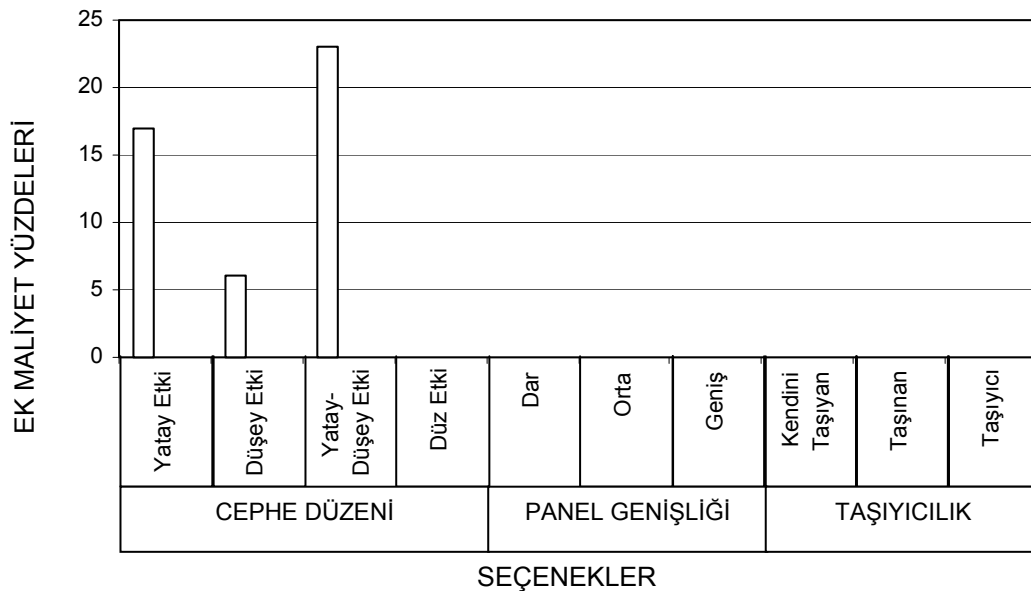
Isı yalıtımının derzlerde ve panel bünyesinde kesintisiz olarak uygulandığı üç alt guruptaki her seçeneğin kullanım ömrü boyunca toplam ısıtma enerjisi tüketim maliyeti en düşük ve aynı değerdedir. Bu nedenle her üç alt guruptaki üç seçeneğin toplam ısıtma enerjisi maliyetleri 669.524 milyar TL 'dir. Buna bağlı olarak seçeneklerin derzlerinde oluşan ısı köprüleri kendini taşıyan seçenekte % 1.2'lik, taşıyıcı seçenekte % 1.5'lik oranda ısıtma enerjisi maliyeti artmaktadır (T5T12 ve T5T32). Taşınan seçenekte bu oran % 1 düzeyindedir (T5T22). Panel bünyelerindeki ısı köprüleri nedeniyle oluşan ek maliyet oranı kendini taşıyan panellerde % 6 (T5T13), taşınan panellerde % 11.2 (T5T23), taşıyıcı panellerde % 7.6 düzeyinde olmaktadır (T5T33). Derzlerde ve panel bünyelerinde oluşan ısı köprüsüne bağlı kirlenici fazlalığı en çok T5T23 kodlu seçenekte %11.2 düzeyinde

olmaktadır ve bu oranın bina kullanım ömrü boyunca maddi tutarı 72.198 milyar TL olmaktadır.

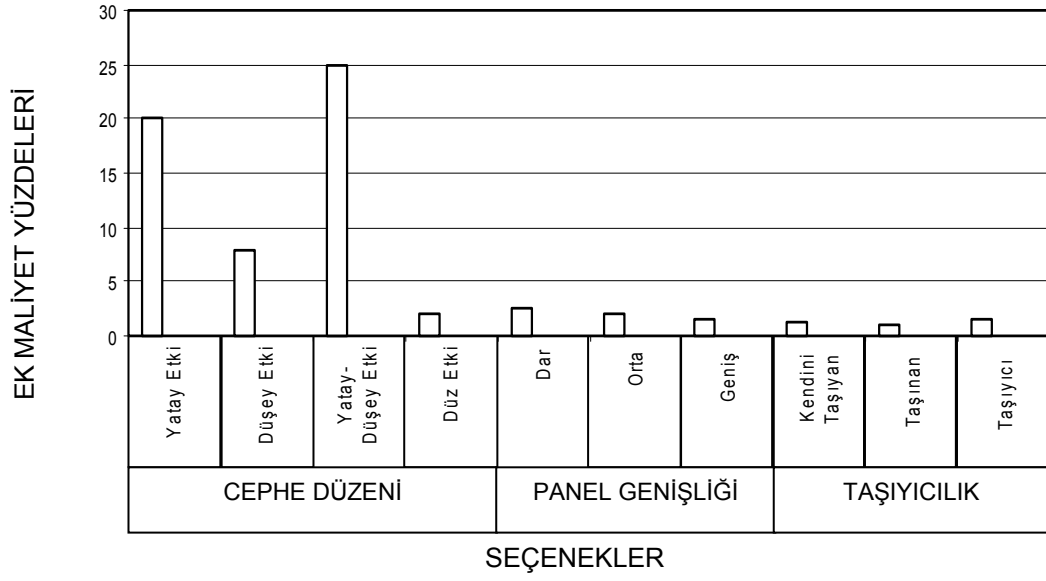
6.2.4. Genel Değerlendirme

Cephe düzenine, panel genişliğine ve taşıyıcılığa bağlı olarak oluşturulan seçeneklere ait bina kullanım ömrü boyunca toplam ısıtma enerjisi tüketim maliyetlerinin değerlendirilmesinde, bina taşıyıcı sistem elemanlarının tamamen örtüldüğü “ön konumlu” , derzlerde ve panel bünyelerinde ısı yalıtımının kesintisiz uygulandığı cephe panellerinin en düşük ısıtma enerjisi tüketim maliyetine değerine sahip olduğunu görmekteyiz.

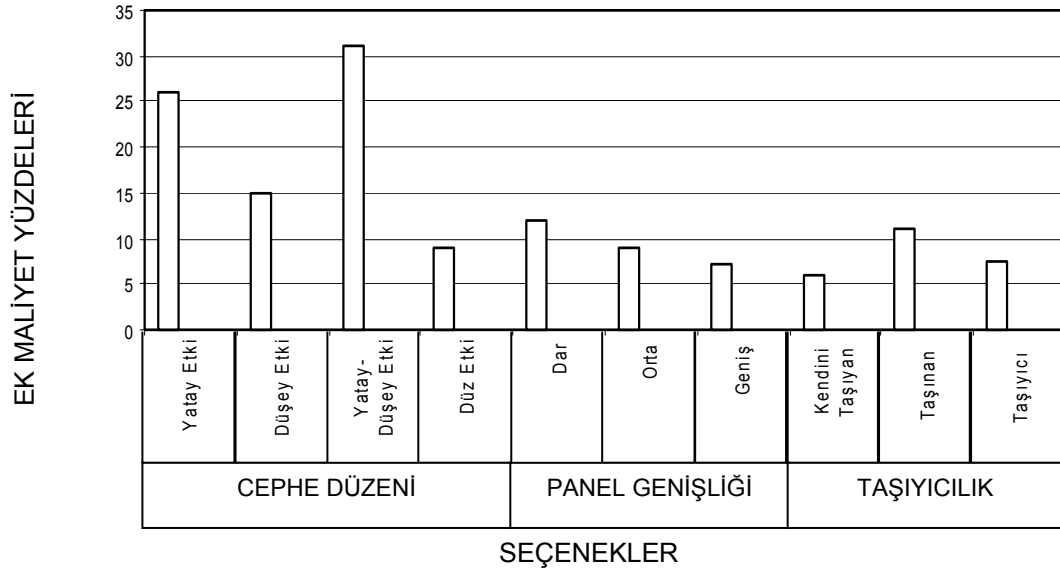
En ideal seçeneğe oranla en yüksek ısıtma enerjisi tüketimine sahip olan seçenek arasında %31 oranında maliyet farkının oluştuğunu görmekteyiz. Bu oranın bina kullanım ömrü boyunca maliyet tutarı 203.189 milyar TL düzeyindedir. Bu değer yatay ve düşey cephe görünümüne sahip, derzlerde ve panel bünyesinde ısı köprülerinin olduğu T5C33 kodlu seçeneğe aittir. Derzlerde ve panellerde oluşan ısı köprülerine sahip seçenekler kapsamında en düşük ısıtma enerjisi maliyet artışı % 6’lık oranla T5T13 kodlu kendini taşıyan panel seçeneğine aittir.



Şekil 6.1. İdeal Seçeneklerin İdeal Seçeneklere Oranla Bina Kullanım Ömrü Boyunca Ek Isıtma Maliyet Yüzdeleri



Şekil 6.2. Derzlerde Isı Köprüsüne Sahip Seçeneklerin En İdeal Seçeneklere Oranla Bina Kullanım Ömrü Boyunca Ek Isıtma Maliyet Yüzdeleri



Şekil 6.3. Panellerde Isı Köprüsüne Sahip Seçeneklerin En İdeal Seçeneklere Oranla Bina Kullanım Ömrü Boyunca Ek Isıtma Maliyet Yüzdeleri

7. SEÇENEKLERİN ENERJİ KAZANIMI, ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE EKONOMİ KRİTERLERİNE GÖRE FAYDA DEĞERİNİN ANALİZİ

Daha önceki bölümlerde bina tipolojisi bazında guruplar ve alt guruplara ilişkin seçeneklerin enerji etkinlik, kirletici emisyonu ve bina kullanım ömrü boyunca ısıtma enerjisi maliyetleri kriterlerine bağlı olarak değerlendirmesi yapılmıştı. Bu bölümde bu üç kritere bağlı olarak bina tipolojisi bazında her seçeneğin toplam etkinlik derecesine, başka bir deyişle " toplam kullanım değeri" ne bağlı olarak değerlendirmeler yapılacaktır.

Seçeneklere ait toplam kullanım değerinin hesaplanmasında birden fazla değerler sistemini çeşitli yaklaşımlarla tek bir skalada toplayabilen ve çok boyutlu değerlendirmeye olanak sağlayan "fayda-değeri analizi"ne bağlı değerlendirme yöntemleri kullanılacaktır. Öncelikle fayda değeri analizi ve buna bağlı değerlendirme yöntemlerinden kısaca söz etmek yararlı olacaktır.

7.1. Fayda Değeri Analizi

Mimarlık disiplininde bugüne kadar birçok analiz yapılmış ve bunlara bağlı değerlendirme yöntemleri geliştirilmiştir. Bu tür değerlendirme yöntemleri genel olarak iki grupta toplanır. Bunlardan birincisi hareket noktaları maliyet değerleri olan analizlerden oluşmaktadır. Bunlara örnek olarak Kullanım Maliyeti (Cost-in-use), Maliyet-Etkililik (Cost-Effectiveness), Maliyet-Fayda (Cost-Benefit) ve Değer (Value) gibi temel analiz yöntemlerini örnek verebiliriz. Maliyet analizlerindeki amaç, sosyo-ekonomik zorunluluklara bağlı olarak değerlendirme sınırları içinde bir denge kurmaktır. Fayda değeri analizinde ise temel ilkesi özne ile nesne arasında gelişen değer olgusuna dayanan ve her türlü faydayı hareket noktası olarak kabul eden bir yaklaşım söz konusu olmaktadır [66, s.13].

Fayda değeri iktisatta bir malın öznel, belli bir ihtiyacı karşılamasıyla ilgili saptanan değeridir. Başka bir deyişle kullanım değeridir. Bu tanımlama değerın içeriğı ve ölçüsü hakkında fikir vermemekte; ancak fayda değeri tanımının amaç ve tercihlerle olan ilgisini karakterize edebilmektedir. Fayda değeri analizinde, faydaların

maksimize edilmesi ilkesi esas alınarak , karmaşık alternatiflerin analizi yapılabilmekte ve bu alternatifleri oluşturan elemanlar çok boyutlu bir amaç sistemiyle ilgili olarak ve karar vericilerin tercihlerine bağlı olarak sınıflandırılır. Fayda değerleri bir alternatifin tüm amaç verimlerinin değerlendirilmesinin bir sonucudur. Bir amaca bağlı olarak kazancın somut bir büyüklüğü olarak görülmemesi gereken fayda değeri amaç sistemi ve karar vericinin tercihleri ile ilgili bir değer sistemine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır [67, s. 62].

Fayda değeri analizinde, analizin esası değer sistemine dayanmaktadır. Burada alternatifler , bir başka deyişle seçenekler kriterlere dayanarak değerlendirilirler. Değerlendirmede kriterler göreceli olarak önemlilik derecelerine göre ağırlıklar verilerek, bir sentez süreci içerisinde bir araya getirilirler. Kriterlerin değerlendirilmesiyle kazanılan değerler bir değer sentezinde seçeneklerin fayda değeridir. Yani problemin çözümüyle ilişkili olmak üzere seçeneklerin bir kriteri gerçekleştirme derecesidir [67, s. 63].

Değerlendirme genel olarak üç aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamaları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz :

- Değer kriterlerinin belirlenmesi,
- Değer kriterlerinin değerlendirilmesi,
- Tüm sistem değerinin hesaplanması [67, s. 30].

Değerlendirme genel aşamaları ve değerlendirme tekniklerinden kısaca söz etmenin yararlı olacağı kanısındayız.

7.1.1. Değer Kriterlerinin Belirlenmesi

Değerlendirme kriterleri genel amaca bağlı olarak alt amaçlardan oluşmaktadır. Örneğin bir yapının değerlendirilmesinde karar vericiler tarafından belirlenen yatırım maliyeti, ulaşım, arazinin kullanılması, çevre kontrolü kriterleri gibi alt amaç kriterleri aynı zamanda değer kriterleri olmaktadır.

7.1.2. Değer Kriterlerinin Değerlendirilmesi

Değer kriterlerinin değerlendirilmesi değer kriterlerinin ölçülmesi, ağırlıklarının belirlenmesi ve değerlendirme aşamalarından oluşmaktadır. Değer kriterlerinin ölçülendirilmesinde amaç ürünün performansının sayısal olarak tanımlamasını

sağlamaktır. Ayrıca, sayısal olarak tanımlanan her değer kriteri ürün seçiminde eşit ağırlıkta olmamaktadır. Bu nedenle, her kriterin ürün seçiminde hangi oranda ağırlıklı olacağının da belirlenmesi gerekmektedir. Değer kriterlerinin değerlendirilmesi için çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Bu teknikleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz :

- Ölçeklere (skalalara) göre değerlendirme teknikleri,
- Maliyete göre değerlendirme teknikleri,
- Değer analizi [68, s. 39].

Toplam fayda değerinin doğru bir şekilde bulunabilmesi için değer kriterlerinin değerlendirilmesine yönelik bugüne kadar geliştirilen tekniklerin incelenmesi gerekmektedir. Bu çalışmadaki temel amaç, enerji kazanımı, çevre kirliliği ve ekonomi kriterlerinin önemlilik derecelerine göre seçeneklerin toplam fayda değerini bulmaktır. Fayda değeri analizinde yukarıda da değinmiş olduğumuz gibi, her türlü faydayı hareket noktası olarak kabul eden bir yaklaşım söz konusu olduğu için, hareket noktaları maliyet değerleri olan ‘maliyete göre değerlendirme teknikleri’ ve ‘değer analizi’ teknikleri konusuna burada değinilmeyecektir. Toplam fayda değerinin bulunmasına yardımcı olabilecek ‘ölçeklere göre değerlendirme tekniklerinden’ bu çalışmada kullanılabilecek ölçek türünün belirlenmesi bakımından kısaca söz etmek yararlı olacaktır.

Ölçeklere göre değerlendirme teknikleri kriterlere bağlı seçeneklerin sahip olduğu özelliklerin çeşitli ölçekler yardımı ile sayısal ifadelendirilebilmesi durumunda kullanılır. Bu tür teknikler kriterlerin önemlilik derecelerine bağlı olarak ağırlık verildiği toplam kullanım değerinin hesaplandığı fayda değeri analiz yöntemlerinde kullanılmaktadır [69]. Söz konusu ölçekler dört kısımda incelenmektedir. Bunları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz :

- Sınıflandırma veya gruplandırma ölçeği,
- Sıralama ölçeği,
- Aralıklı ölçek,
- Oransal ölçek [70, s. 195].

Aralıklı ölçek yönteminde aynı grupta veya sınıfa giren seçeneklerin özellikleri sayısal olarak biliniyorsa aralıklı ölçek ile sıralanıp, nicelik farkları tanımlanabilmektedir [68, s.41]. Hem değer kriterlerinin, hem de alt amaçların ağırlık kazandığı aralıklı ölçek yöntemi sıklıkla kullanılan bir değerlendirme biçimidir. Aralıklı ölçekte kriterlere ait seçeneklerin ölçülmesinde ölçme yöntemi değerlendiricilerin bilgi birikimlerine ve karar verme niteliklerine göre saptanarak yapılmaktadır. Her değer kriterinin veya alt amacın niteliğine göre bir skala türü seçilmektedir. Skala üzerinden en iyi çözümün sayısal değeri ile belirli bir toleransla kabul edilecek en kötü değeri okunabilir.

7.2. Değerlendirme Kriterlerine Bağlı Seçeneklerin Toplam Fayda Değerinin Bulunması

İlköğretim yapılarının beton esaslı prefabrike sistemlerle üretilmesinde dış duvardaki problem noktalarına bağlı olarak ısıtma enerjisinin etkinliği, kirletici gaz emisyonu ve ısıtma enerjisi tüketimine bağlı olarak oluşan ek maliyet kriter değerlerine bağlı olarak her seçeneğin toplam fayda değerinin bulunması ve diğer seçeneklerle karşılaştırılması esasına dayanan bu bölümde öncelikle yaklaşım adımlarını ve her adımın genel süreçteki yerini belirlemek gerekmektedir. Bunun yapılabilmesi için öncelikle kriter seçeneklerine ait değerlerin hangi ölçekte değerlendirileceği bilinmelidir. Daha önce bahsetmiş olduğumuz gibi, hem değer kriterlerinin, hem de alt amaçların ağırlık kazanması bakımından ‘aralıklı ölçek yöntemi’ en uygun görünen ve en sık kullanılan bir değerlendirme biçimidir ve bu çalışmada da değerlendirmeler için aralıklı ölçek sistemi kullanılacaktır. Aşağıdaki tabloda beton esaslı prefabrike dış duvar sistemlerinde problem noktalarına bağlı olarak amaç kriterleri seçeneklerinin toplam fayda değerinin hesaplanmasına yönelik süreç yaklaşımı görülmektedir.

Tablo 7.1. Problem Noktalarına Bağlı Olarak Seçeneklerin Enerjisi Kazanımı, Çevre Kirliliği Ve Ülke Ekonomisi Bakımından Toplam Fayda Değerinin Hesaplanabilmesine İlişkin Süreç Yaklaşımı.

AMAÇ KRİTERİ NUMARASI	1.AŞAMA	2.AŞAMA	3.AŞAMA	4.AŞAMA	5.AŞAMA
	AMAÇ KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ	AMAÇ KRİTERİNE BAĞLI OLARAK SEÇENEK DEĞERİNİN BELİRLENMESİ	AMAÇ KRİTERLERİNİN ÖNEMLİLİK DERECESİNİN BELİRLENMESİ	ARALIKLI ÖLÇEK SİSTEMİ İLE SEÇENEK DEĞERİNİN YARAR PUANININ BELİRLENMESİ	SEÇENEĞİN ÖNEMLİLİK DERECESİNE GÖRE AĞIRLIK DEĞERİNİN BELİRLENMESİ
1	ENERJİ KAZANIMI (ISITMA)	ısıtma enerjisi etkinlik yüzdesi	ısıtma enerjisi kazanç önem katsayısı	ısıtma enerjisi etkinlik yüzdesine bağlı yarar puanı	enerji kazanımı ağırlık değeri
2	ÇEVRE KİRLİLİĞİ	kirletici emisyonu oranı	çevre kirliliği önem katsayısı	kirletici emisyonu oranına bağlı yarar puanı	çevre kirliliği ağırlık değeri
3	EKONOMİ	bina kullanım ömrü boyunca ek ısıtma enerjisi maliyet yüzdesi	Ekonomi önem katsayısı	ek maliyet yüzdesine bağlı yarar puanı	ekonomi ağırlık değeri
					↓

$$\text{SEÇENEĞE AİT TOPLAM FAYDA DEĞERİ} = \sum_{i=1}^3$$

7.2.1. Önemlilik Derecesinin Belirlenmesi

Amaç kriterinin birden fazla olması durumunda, kriter seçeneklerinin ölçülmesinde ve toplum sistem değerinin bulunmasında karşılaşılan başlıca zorluklardan biri de sistemin hedefine varmasında farklı etkilere sahip değer taşıyıcılarının önem derecelerinin veya başka bir deyişle rölatif değerlerinin nasıl saptanacağıdır [67, s.55]. Amaç kriterlerinin ilişkilerinin ve önemlilik derecelerinin belirlenmesinde genellikle başvurulacak iki yol vardır. Bunlar;

- Geçmişteki deneyler,
- Kişisel yargılar olarak sıralanır.

Bu çalışma kapsamında kriterlere ilişkin önemlilik derece değerleri belirlenirken ilkin öncelikli kriterin ne olduğu ve önem derecesinin diğer kriterlere göre hangi oranda olduğu ortaya koyulmalıdır. Öncelikli kriter aslında bir fayda değeri analizinin temel sorgulaması durumundadır. Örneğin arsa maliyeti çok yüksek olan bir bölgede arazi kullanım oranı kriteri diğer kriterlerden daha önemli olması gibi. Her kriter öncelikli olmasını belirleyen ölçütlere sahiptir. Bu ölçütlerde çok çeşitli ve birbirlerine göre farklı gereksinim derecesine sahip olabilir. Bu çalışmadaki amaç kriterlerine ilişkin önem derecesini belirleyen ölçütler aşağıdaki tabloda sıralanmıştır :

Tablo 7.2. Amaç Kriterlerine Bağlı Temel Ölçütler

AMAÇ KRİTERLERİ	TEMEL ÖLÇÜTLER
enerji kazanımı	enerji rezervlerinin azalması
çevre kirliliği	yüksek yerleşim yoğunluğu
ekonomi	ekonomik kaynakların rasyonel kullanımı

İlköğretim binalarının prefabrike yapım sistemleri ile uygulanmasında problem noktalarına bağlı fayda değeri analizinin yapılmasında amaç kriterine ilişkin önemlilik derecesi belirlenirken binanın ısıtma sisteminde kullanılan yakıt türü, bina ve çevresine ilişkin koşullar ve ısıtma enerjisi tüketimine ayrılan bütçe durumu etkili olmaktadır. Bu tür önemlilik sorgulaması herhangi bir kriterin temel ölçüt kabul

edilmediği durumlarda daha da önemli hale gelmektedir. Ancak genelde fayda değeri analizinde temel bir ölçüt söz konusu olmaktadır. Temel bir ölçüt kabulü ile yapılacak fayda değeri analizinde diğer ölçüt kriterlerinin önem derecesi hiçbir zaman sıfır kabul edilemez. Çünkü her kriterin kendi skalasında kabul edilebilir bir üst sınır değeri olacaktır. Buna göre bu çalışmada dört farklı türden ölçüt kabulü yapılacaktır. Bu dört farklı önem derecesi aşağıdaki durumlarla özetlenebilir :

- Enerji kazanımının önemli olması,
- Çevre kirliliğinin önemli olması,
- Ekonominin önemli olması,
- Eşit önemlilik durumu.

Kriterlerin temel ölçütlere göre önemlilik dereceleri ve buna bağlı değerler aşağıdaki tabloda sıralanmıştır.

Tablo 7.3. Temel Ölçütlere Bağlı önemlilik derece değerleri.

AMAÇ KRİTERLERİ	ÖNEMLİLİK ÖLÇÜT GURUPLARI							
	ENERJİ REZERVLERİNİN AZALMASI		YÜKSEK YERLEŞİM YOĞUNLUĞU		RASYONEL KAYNAK KULLANIMI		EŞİT ÖNEMLİLİK	
	önem yüzdesi	önemlilik derece değeri	önem yüzdesi	önemlilik derece değeri	önem yüzdesi	önemlilik derece değeri	önem yüzdesi	önemlilik derece değeri
ENERJİ KAZANIMI	60	0.6	20	0.2	20	0.2	33.3	0.33
ÇEVRE KİRLİLİĞİ	20	0.2	60	0.6	20	0.2	33.3	0.33
EKONOMİ	20	0.2	20	0.2	60	0.6	33.3	0.33

7.2.2. Aralıklı Ölçek Sistemi ile Seçenek Değerinin Yarar Puanına Dönüşümü

Amaç kriterlerine bağlı seçenek değerlerinin yarar puanına dönüştürülmesinde 0-5 aralığındaki skalalar kullanılacaktır. Skala puanı değişim aralığının belirlenmesinde her amaç kriteri kendi içinde değerlendirilip en uygun yarar puanı ölçeklendirilmesi yapılacaktır.

7.2.2.1. Enerji Kazanımına İlişkin Yarar Puanının Belirlenmesi

Aralıklı ölçek sistemi ile enerji kazanımı kriterine bağlı seçeneklerin değerlerinin yarar puanlarının belirlenmesinde enerji etkinlik yüzdesi değişim aralığı ve skala üzerindeki yarar puanı TSE 825'de açıklanan, bölgelere göre maksimum ısıtma enerjisi tüketim değerine göre yapılacaktır. Buna göre 2. bölge için izin verilen maksimum ısıtma enerjisi tüketim değeri 56,07 kwh/m² düzeyindedir. Bu değer seçeneklerin %94'lük enerji etkinlik yüzdesine karşılık gelmektedir. Bu durumda 0-5 yarar puanı değişim aralığına sahip skalada orta derecede yarar puanına sahip olan 3 değeri %94 enerji etkinlik yüzdesine sahip olan seçeneğe aittir. Aşağıdaki tabloda enerji kazanımı kriterine bağlı seçenek değerlerinin skala üzerindeki karşılık değerleri görülmektedir.

Tablo 7.4. Enerji Kazanımı Kriterine Bağlı Seçenek Değerlerinin Aralıklı Ölçek Sisteminde Yarar Puanı Değişim Aralığı.

YARAR PUANI	0	1	2	3	4	5
YARAR DÜZEYİ	yarar değeri yok	çok kötü	kötü	iyi (TSE 825 yönetmelik değeri)	çok iyi	mükemmel
ENERJİ ETKİNLİK YÜZDESİ DEĞİŞİM ARALIĞI	0 - 84	85 - 89	90 - 93	94 - 95	96 - 99	100

7.2.2.2. Çevre Kirliliğine İlişkin Yarar Puanının Belirlenmesi

Aralıklı ölçek sistemi ile çevre kirliliği kriterine bağlı seçeneklerin değerlerinin yarar puanlarının belirlenmesinde kirlетici emisyon oranlarına bağlı olarak belirlenen havanın temizlik yüzdesi değişim aralığı baz alınmıştır. Kirlетici emisyonlarına ilişkin ülkemizde bir yönetmelik olmadığı için aralıklı ölçek skalasında temizlik yüzdesi

aralığına göre yarar puanını enerji kazanımındaki yapmak mümkün olamayacaktır. Bu durumda temizlik yüzdesinin aralıklı ölçek skalasında değişim aralığı enerji etkinlik yüzdesi değişim aralığına yakın olması en uygun çözüm gibi görünmektedir. Ancak ısıtma sisteminde kullanılan yakıtın kirletici emisyonları en düşük olan doğalgaz olması nedeniyle ölçek skalasında temizlik yüzdesi değişim aralığı biraz daha geniş tutulmuştur. Temizlik yüzdesi 75 ile 100 arasındaki seçenek değerleri yarar puanına sahip olacak şekilde derecelendirilmiştir. Aşağıdaki tabloda çevre kirliliği kriterine bağlı seçenek değerlerinin skala üzerindeki karşılık değerleri görülmektedir.

Tablo 7.5. Çevre Kirliliği Kriterine Bağlı Seçenek Değerlerinin Aralıklı Ölçek Sisteminde Yarar Puanı Değişim Aralığı.

YARAR PUANI	0	1	2	3	4	5
YARAR DÜZEYİ	yarar değeri yok	çok kötü	kötü	iyi	çok iyi	mükemmel
TEMİZLİK YÜZDESİ DEĞİŞİM ARALIĞI	0 - 74	75 - 80	81 - 85	86 - 90	91 - 95	96 - 100

7.2.2.3. Ekonomi Kriterine İlişkin Yarar Puanının Belirlenmesi

Aralıklı ölçek sistemi ile ekonomi kriterine bağlı seçeneklerin değerlerinin yarar puanlarının belirlenmesinde bina kullanım ömrü boyunca toplam ısıtma enerjisi ek maliyet yüzdesi değişim aralığı ve skala üzerindeki yarar puanı enerji kazanımı kriterine bağlı seçenek değerlerinde olduğu gibi TSE 825'de açıklanan, bölgelere göre maksimum ısıtma enerjisi tüketim değerine göre yapılacaktır. Buna göre 2. bölge için izin verilen maksimum ısıtma enerjisi tüketim değeri 56,07 kwh/m² düzeyindedir. Bu değer seçeneklerin %6'lık ısıtma enerjisi ek maliyet yüzdesine karşılık gelmektedir. Bu durumda 0-5 yarar puanı değişim aralığına sahip skalada orta derecede yarar puanına sahip olan 3 değeri %6'lık ek ısıtma enerjisi tüketim değerine sahip olan seçeneğe aittir. Aşağıdaki tabloda ekonomi kriterine bağlı seçenek değerlerinin skala üzerindeki karşılık değerleri görülmektedir.

Tablo 7.6. Ekonomi Kriterine Bağlı Seçenek Değerlerinin Aralıklı Ölçek Sisteminde Yarar Puanı Değişim Aralığı.

YARAR PUANI	0	1	2	3	4	5
YARAR DÜZEYİ	yarar değeri yok	çok kötü	kötü	iyi (TSE 825 yönetmelik değeri)	çok iyi	mükemmel
EK ISITMA ENERJİSİ TÜKETİM YÜZDESİ DEĞİŞİM ARALIĞI	> 15	15 - 11	10 - 7	6 - 4	3 - 2	1 - 0

7.2.3. Fayda Değeri Analizi

Problem noktalarına bağlı olarak oluşturulan seçeneklerin amaç kriterlerindeki önemlilik derecelerine ve aralıklı ölçek skalasındaki yararlılık puanlarına bağlı olarak fayda değerinin hesaplanmasında öncelikle tüm seçeneklerin yarar düzeylerinin genel bir tablo üzerinde bütünlenmesi yararlı olacaktır. Daha sonra 7.2’de sıralamış olduğumuz dört farklı önemlilik ölçütüne göre seçeneklerin fayda değerleri hesaplanacaktır. Bunların sonucunda da dört farklı önemlilik ölçütüne bağlı karşılaştırmaların yapılmasına olanak sağlayacak tüm amaç kriterlerine ait fayda değeri tablosu ortaya koyulacaktır.

Tablo 7.7. Aralıklı Ölçek Skalasında Amaç Kriterlerine Bağlı Seçeneklerin Yararlılık Düzeyi

PROBLEM NOKTALARI ►		İDEAL ÇÖZÜM				DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ				PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ			
▼GENEL GURUPLAR	ALT GURUPLAR ▼	KODLAR	AMAÇ KRİTERLERİ			KODLAR	AMAÇ KRİTERLERİ			KODLAR	AMAÇ KRİTERLERİ		
			ENERJİ KAZANIMI	ÇEVRE KİRLİLİĞİ	EKONOMİ		ENERJİ KAZANIMI	ÇEVRE KİRLİLİĞİ	EKONOMİ		ENERJİ KAZANIMI	ÇEVRE KİRLİLİĞİ	EKONOMİ
CEPHE DÜZENİ	YATAY ETKİ	T5C11	çok kötü	kötü	yararsız	T5C12	yararsız	kötü	yararsız	T5C13	yararsız	çok kötü	yararsız
	DÜŞEY ETKİ	T5C21	iyi	çok iyi	iyi	T5C22	kötü	çok iyi	kötü	T5C23	çok kötü	iyi	çok kötü
	YATAY-DÜŞEY ETKİ	T5C31	yararsız	kötü	yararsız	T5C32	yararsız	çok kötü	yararsız	T5C33	yararsız	çok kötü	yararsız
	DÜZ ETKİ	T5C41	mükemmel	mükemmel	mükemmel	T5C42	çok iyi	mükemmel	çok iyi	T5C43	kötü	çok iyi	kötü
PANEL GENİŞLİĞİ	DAR	T5G11	mükemmel	mükemmel	mükemmel	T5G12	çok iyi	mükemmel	çok iyi	T5G13	çok kötü	iyi	çok kötü
	ORTA	T5G21	mükemmel	mükemmel	mükemmel	T5G22	çok iyi	mükemmel	çok iyi	T5G23	kötü	çok iyi	kötü
	GENİŞ	T5G31	mükemmel	mükemmel	mükemmel	T5G32	çok iyi	mükemmel	çok iyi	T5G33	kötü	çok iyi	kötü
TAŞIYICILIK	KENDİNİ TAŞIYAN	T5T11	mükemmel	mükemmel	mükemmel	T5T12	çok iyi	mükemmel	çok iyi	T5T13	iyi	çok iyi	iyi
	TAŞINAN	T5T21	mükemmel	mükemmel	mükemmel	T5T22	çok iyi	mükemmel	mükemmel	T5T23	kötü	iyi	çok kötü
	TAŞIYICI	T5T31	mükemmel	mükemmel	mükemmel	T5T32	çok iyi	mükemmel	çok iyi	T5T33	kötü	çok iyi	kötü

Tablo 7.8. Enerji Kazanımı Kriteri Ölçütünün Ağırlıklı Olması Durumunda Seçeneklerin Fayda Değerleri

PROBLEM NOKTALARI►		İDEAL ÇÖZÜM					DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ					PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ				
◄GENEL GURUPLAR	ALT GURUPLAR ▼	KODLAR	AMAÇ KRİTERLERİ AĞIRLIK DEĞERİ			SEÇENEKLERİN FAYDA DEĞERİ	KODLAR	AMAÇ KRİTERLERİ AĞIRLIK DEĞERİ			SEÇENEKLERİN FAYDA DEĞERİ	KODLAR	AMAÇ KRİTERLERİ AĞIRLIK DEĞERİ			SEÇENEKLERİN FAYDA DEĞERİ
			ENERJİ KAZANIMI	ÇEVRE KİRLİLİĞİ	EKONOMİ			ENERJİ KAZANIMI	ÇEVRE KİRLİLİĞİ	EKONOMİ			ENERJİ KAZANIMI	ÇEVRE KİRLİLİĞİ	EKONOMİ	
CEPHE DÜZENİ	YATAY ETKİ	T5C11	0.6	0.4	0	1	T5C12	0	0.4	0	0.4	T5C13	0	0.2	0	0.2
	DÜŞEY ETKİ	T5C21	1.8	0.8	0.6	3.2	T5C22	1.2	0.8	0.8	2.8	T5C23	0.6	0.6	0.2	1.4
	YATAY-DÜŞEY ETKİ	T5C31	0	0.4	0	0.4	T5C32	0	0.2	0	0.2	T5C33	0	0.2	0	0.2
	DÜZ ETKİ	T5C41	3	1	1	5	T5C42	2.4	1	0.8	4.2	T5C43	1.2	0.8	0.4	2.4
PANEL GENİŞLİĞİ	DAR	T5G11	3	1	1	5	T5G12	2.4	1	0.8	4.2	T5G13	0.6	0.6	0.2	1.4
	ORTA	T5G21	3	1	1	5	T5G22	2.4	1	0.8	4.2	T5G23	1.2	0.8	0.4	2.4
	GENİŞ	T5G31	3	1	1	5	T5G32	2.4	1	0.8	4.2	T5G33	1.2	0.8	0.4	2.4
TAŞIYICILIK	KENDİNİ TAŞIYAN	T5T11	3	1	1	5	T5T12	2.4	1	0.8	4.2	T5T13	1.8	0.8	0.6	3.2
	TAŞINAN	T5T21	3	1	1	5	T5T22	2.4	1	1	4.4	T5T23	1.2	0.6	0.2	2
	TAŞIYICI	T5T31	3	1	1	5	T5T32	2.4	1	0.8	4.2	T5T33	1.2	0.8	0.4	2.4

Tablo 7.9. Çevre Kirliliği Kriteri Ölçütünün Ağırlıklı Olması Durumunda Seçeneklerin Fayda Değerleri

PROBLEM NOKTALARI►		İDEAL ÇÖZÜM					DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ					PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ				
◀GENEL GURUPLAR	ALT GURUPLAR ▼	KODLAR	AMAÇ KRİTERLERİ AĞIRLIK DEĞERİ			SEÇENEKLERİN FAYDA DEĞERİ	KODLAR	AMAÇ KRİTERLERİ AĞIRLIK DEĞERİ			SEÇENEKLERİN FAYDA DEĞERİ	KODLAR	AMAÇ KRİTERLERİ AĞIRLIK DEĞERİ			SEÇENEKLERİN FAYDA DEĞERİ
			ENERJİ KAZANIMI	ÇEVRE KİRLİLİĞİ	EKONOMİ			ENERJİ KAZANIMI	ÇEVRE KİRLİLİĞİ	EKONOMİ			ENERJİ KAZANIMI	ÇEVRE KİRLİLİĞİ	EKONOMİ	
CEPHE DÜZENİ	YATAY ETKİ	T5C11	0.2	1.2	0	1.4	T5C12	0	1.2	0	1.2	T5C13	0	0.6	0	0.6
	DÜŞEY ETKİ	T5C21	0.6	2.4	0.6	3.6	T5C22	0.4	2.4	0.4	3.2	T5C23	0.2	1.8	0.2	2.2
	YATAY-DÜŞEY ETKİ	T5C31	0	1.2	0	1.2	T5C32	0	0.6	0	0.6	T5C33	0	1.2	0	1.2
	DÜZ ETKİ	T5C41	1	3	1	5	T5C42	0.8	3	0.8	4.6	T5C43	0.4	2.4	0.4	3.2
PANEL GENİŞLİĞİ	DAR	T5G11	1	3	1	5	T5G12	0.8	3	0.8	4.6	T5G13	0.2	1.8	0.2	2.2
	ORTA	T5G21	1	3	1	5	T5G22	0.8	3	0.8	4.6	T5G23	0.4	2.4	0.4	3.2
	GENİŞ	T5G31	1	3	1	5	T5G32	0.8	3	0.8	4.6	T5G33	0.4	2.4	0.4	3.2
TAŞIYICILIK	KENDİNİ TAŞIYAN	T5T11	1	3	1	5	T5T12	0.8	3	0.8	4.6	T5T13	0.6	2.4	0.6	3.6
	TAŞINAN	T5T21	1	3	1	5	T5T22	0.8	3	1	4.8	T5T23	0.4	1.8	0.2	2.4
	TAŞIYICI	T5T31	1	3	1	5	T5T32	0.8	3	0.8	4.6	T5T33	0.4	2.4	0.4	3.2

Tablo 7.10. Ekonomi Kriteri Ölçütünün Ağırlıklı Olması Durumunda Seçeneklerin Fayda Değerleri

PROBLEM NOKTALARI►		İDEAL ÇÖZÜM					DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ					PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ				
◀GENEL GURUPLAR	ALT GURUPLAR ▼	KODLAR	AMAÇ KRİTERLERİ AĞIRLIK DEĞERİ			SEÇENEKLERİN FAYDA DEĞERİ	KODLAR	AMAÇ KRİTERLERİ AĞIRLIK DEĞERİ			SEÇENEKLERİN FAYDA DEĞERİ	KODLAR	AMAÇ KRİTERLERİ AĞIRLIK DEĞERİ			SEÇENEKLERİN FAYDA DEĞERİ
			ENERJİ KAZANIMI	ÇEVRE KİRLİLİĞİ	EKONOMİ			ENERJİ KAZANIMI	ÇEVRE KİRLİLİĞİ	EKONOMİ			ENERJİ KAZANIMI	ÇEVRE KİRLİLİĞİ	EKONOMİ	
CEPHE DÜZENİ	YATAY ETKİ	T5C11	0.2	0.4	0	0.6	T5C12	0	0.4	0	0.4	T5C13	0	0.2	0	0.2
	DÜŞEY ETKİ	T5C21	0.6	0.8	1.8	3.2	T5C22	0.4	0.8	1.2	2.4	T5C23	0.2	0.6	0.6	1.4
	YATAY-DÜŞEY ETKİ	T5C31	0	0.4	0	0.4	T5C32	0	0.2	0	0.2	T5C33	0	0.2	0	0.2
	DÜZ ETKİ	T5C41	1	1	3	5	T5C42	0.8	1	2.4	4.2	T5C43	0.4	0.8	1.2	2.4
PANEL GENİŞLİĞİ	DAR	T5G11	1	1	3	5	T5G12	0.8	1	2.4	4.2	T5G13	0.2	0.6	0.6	1.4
	ORTA	T5G21	1	1	3	5	T5G22	0.8	1	2.4	4.2	T5G23	0.4	0.8	1.2	2.4
	GENİŞ	T5G31	1	1	3	5	T5G32	0.8	1	2.4	4.2	T5G33	0.4	0.8	1.2	2.4
TAŞIYICILIK	KENDİNİ TAŞIYAN	T5T11	1	1	3	5	T5T12	0.8	1	2.4	4.2	T5T13	0.6	0.8	1.8	3.2
	TAŞINAN	T5T21	1	1	3	5	T5T22	0.8	1	3	4.8	T5T23	0.4	0.6	0.6	1.6
	TAŞIYICI	T5T31	1	1	3	5	T5T32	0.8	1	2.4	4.2	T5T33	0.4	0.8	1.2	2.4

Tablo 7.11. Tüm Kriterlerin Eşit Ağırlıkta Olması Durumunda Seçeneklerin Fayda Değerleri

PROBLEM NOKTALARI►		İDEAL ÇÖZÜM					DERZ BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ					PANEL BÜNYESİNDE ISI KÖPRÜSÜ				
◀GENEL GURUPLAR	ALT GURUPLAR ▼	KODLAR	AMAÇ KRİTERLERİ AĞIRLIK DEĞERİ			SEÇENEKLERİN FAYDA DEĞERİ	KODLAR	AMAÇ KRİTERLERİ AĞIRLIK DEĞERİ			SEÇENEKLERİN FAYDA DEĞERİ	KODLAR	AMAÇ KRİTERLERİ AĞIRLIK DEĞERİ			SEÇENEKLERİN FAYDA DEĞERİ
			ENERJİ KAZANIMI	ÇEVRE KİRLİLİĞİ	EKONOMİ			ENERJİ KAZANIMI	ÇEVRE KİRLİLİĞİ	EKONOMİ			ENERJİ KAZANIMI	ÇEVRE KİRLİLİĞİ	EKONOMİ	
CEPHE DÜZENİ	YATAY ETKİ	T5C11	0.33	0.66	0	0.99	T5C12	0	0.66	0	0.66	T5C13	0	0.33	0	0.33
	DÜŞEY ETKİ	T5C21	0.99	1.32	0.99	3.3	T5C22	0.66	1.32	0.66	2.64	T5C23	0.33	0.99	0.33	1.65
	YATAY-DÜŞEY ETKİ	T5C31	0	0.66	0	0.66	T5C32	0	0.33	0	0.33	T5C33	0	0.33	0	0.33
	DÜZ ETKİ	T5C41	1.65	1.65	1.65	4.95	T5C42	1.32	1.65	1.32	4.29	T5C43	0.66	1.32	0.66	2.64
PANEL GENİŞLİĞİ	DAR	T5G11	1.65	1.65	1.65	4.95	T5G12	1.32	1.65	1.32	4.29	T5G13	0.33	0.99	0.33	1.65
	ORTA	T5G21	1.65	1.65	1.65	4.95	T5G22	1.32	1.65	1.32	4.29	T5G23	0.66	1.32	0.66	2.64
	GENİŞ	T5G31	1.65	1.65	1.65	4.95	T5G32	1.32	1.65	1.32	4.29	T5G33	0.66	1.32	0.66	2.64
TAŞIYICILIK	KENDİNİ TAŞIYAN	T5T11	1.65	1.65	1.65	4.95	T5T12	1.32	1.65	1.32	4.29	T5T13	0.99	1.32	0.99	3.3
	TAŞINAN	T5T21	1.65	1.65	1.65	4.95	T5T22	1.32	1.65	1.65	4.62	T5T23	0.66	0.99	0.33	1.98
	TAŞIYICI	T5T31	1.65	1.65	1.65	4.95	T5T32	1.32	1.65	1.32	4.29	T5T33	0.66	1.32	0.66	2.64

Tablo 7.12. Tüm Amaç Kriterlerinin Önemlilik Derecelerine Göre Fayda Değeri



TSE 825 yönetmelik
değerine uygun enerji
etkinlik yüzdesi



TSE 825 yönetmelik
değerinin biraz altındaki
enerji etkinlik yüzdesi



TSE 825 yönetmelik
değerinin çok altındaki
enerji etkinlik yüzdesi

SIRALAMA ▼	ÖNEMLİLİK DERECELERİNE GÖRE AMAÇ KRİTERLERİ							
	ENERJİ KAZANIMI		ÇEVRE KİRLİLİĞİ		EKONOMİ		EŞİT ÖNEMLİLİK	
	SEÇENEK KODLARI	FAYDA DEĞERLERİ	SEÇENEK KODLARI	FAYDA DEĞERLERİ	SEÇENEK KODLARI	FAYDA DEĞERLERİ	SEÇENEK KODLARI	FAYDA DEĞERLERİ
1	T5C41	5.0	T5C41	5.0	T5C41	5.0	T5C41	5.0
2	T5G11	5.0	T5G11	5.0	T5G11	5.0	T5G11	5.0
3	T5G21	5.0	T5G21	5.0	T5G21	5.0	T5G21	5.0
4	T5G31	5.0	T5G31	5.0	T5G31	5.0	T5G31	5.0
5	T5T11	5.0	T5T11	5.0	T5T11	5.0	T5T11	5.0
6	T5T21	5.0	T5T21	5.0	T5T21	5.0	T5T21	5.0
7	T5T31	5.0	T5T31	5.0	T5T31	5.0	T5T31	5.0
8	T5T22	4.4	T5T22	4.8	T5T22	4.8	T5T22	4.7
9	T5C42	4.2	T5C42	4.6	T5C42	4.2	T5C42	4.3
10	T5G12	4.2	T5G12	4.6	T5G12	4.2	T5G12	4.3
11	T5G22	4.2	T5G22	4.6	T5G22	4.2	T5G22	4.3
12	T5G32	4.2	T5G32	4.6	T5G32	4.2	T5G32	4.3
13	T5T12	4.2	T5T12	4.6	T5T12	4.2	T5T12	4.3
14	T5T32	4.2	T5T32	4.6	T5T32	4.2	T5T32	4.3
15	T5C21	3.2	T5C21	3.6	T5C21	3.2	T5C21	3.3
16	T5T13	3.2	T5T13	3.6	T5T13	3.2	T5T13	3.3
17	T5C22	2.8	T5C22	3.2	T5C22	2.4	T5C22	2.7
18	T5C43	2.4	T5C43	3.2	T5C43	2.4	T5G43	2.7
19	T5G23	2.4	T5G23	3.2	T5G23	2.4	T5G23	2.7
20	T5G33	2.4	T5G33	3.2	T5G33	2.4	T5G33	2.7
21	T5T33	2.4	T5T33	3.2	T5T33	2.4	T5T33	2.7
22	T5T23	2.0	T5T23	2.4	T5T23	1.6	T5T23	2.0
23	T5C23	1.4	T5C23	2.2	T5C23	1.4	T5C23	1.7
24	T5G13	1.4	T5G13	2.2	T5G13	1.4	T5G13	1.7
25	T5C11	1.0	T5C11	1.4	T5C11	0.6	T5C11	1.0
26	T5C31	0.4	T5C31	1.2	T5C31	0.4	T5C31	0.7
27	T5C12	0.4	T5C12	1.2	T5C12	0.4	T5C12	0.7
28	T5C13	0.2	T5C33	1.2	T5C32	0.2	T5C32	0.3
29	T5C32	0.2	T5C32	0.6	T5C13	0.2	T5C13	0.3
30	T5C33	0.2	T5C13	0.6	T5C33	0.2	T5C33	0.3

7.3. Karşılaştırma ve Seçim

Enerji kazanımı, çevre kirliliği ve ekonomi kriterlerine göre yapılan ve dört farklı önemlilik derecesine sahip fayda değeri analizinde, seçeneklerin fayda değerlerini Tablo 7.12'deki önemlilik derecelerine bağlı olarak grupta bazında değerlendirmek gerekmektedir.

Enerji kazanımı ölçütünün önemli ve diğer ölçütlerin eşit derecede daha az önemli olması durumunda otuz seçenekten oluşan grupta yedi seçenek 'mükemmel', yedi seçenek 'çok iyi', iki seçenek 'iyi' olarak nitelendirilebilecek yararlılık düzeyine sahiptir. Onbeş seçenek 'TSE 825 yönetmeliğine uygun' olarak nitelendirilebilecek fayda değerine sahiptir. Bir seçeneğin enerji etkinliği izin verilen yönetmelik sınırlarının biraz dışında kalırken, çevre kirliliği ve ekonomi kriterlerinin ağırlık değerleri nedeniyle toplam fayda değeri 'iyi' olarak nitelendirilmektedir. Kesintisiz ısı yalıtımının yapıldığı, ideal çözüme sahip yedi duvar seçeneği tam puanlı fayda değerine sahiptir. En yüksek fayda değeri en düşük fayda değerinin yirmibeş katı düzeyindedir.

Çevre kirliliği ölçütünün önemli ve diğer ölçütlerin eşit derecede daha az önemli olması durumunda otuz seçenekten oluşan grupta 'mükemmel', 'çok iyi' ve 'iyi' olarak nitelendirilebilecek yararlılık düzeyine sahip yedişer seçenek bulunmaktadır. Bu grupta onaltı seçenek TSE 825 yönetmelik sınır değerleri içerisinde kalmaktadır. Beş seçeneğin enerji etkinliği izin verilen yönetmelik sınırlarının biraz dışında kalırken, çevre kirliliği ve ekonomi kriterlerinin ağırlık değerleri nedeniyle toplam fayda değeri 'iyi' olarak nitelendirilmektedir. Kesintisiz ısı yalıtımının yapıldığı, ideal çözüme sahip yedi duvar seçeneği tam puanlı fayda değerine sahiptir. En yüksek fayda değeri en düşük fayda değerinin sekiz katı kadardır.

Ekonomi ölçütünün önemli ve diğer ölçütlerin eşit derecede daha az önemli olması durumunda otuz seçenekten oluşan grupta yedişer seçenek 'mükemmel' ve 'çok iyi', iki seçenek 'iyi' olarak nitelendirilebilecek fayda değerine sahiptir. Bu grupta onaltı seçenek TSE 825 yönetmelik sınır değerleri içerisinde kalmaktadır. Kesintisiz ısı yalıtımının yapıldığı, ideal çözüme sahip yedi duvar seçeneği tam puanlı fayda değerine sahiptir. En yüksek fayda değeri en düşük fayda değerinin yirmibeş katı düzeyindedir.

Tüm seçenekler için eşit önemliliğin söz konusu olması durumunda otuz seçenekten oluşan grupta yedişer seçenek 'mükemmel' ve 'çok iyi', iki seçenek 'iyi' olarak nitelendirilebilecek fayda değerine sahiptir. Bu grupta da onaltı seçenek TSE 825 yönetmelik sınır değerleri içerisinde kalmaktadır. Kesintisiz ısı yalıtımının yapıldığı, ideal çözüme sahip yedi duvar seçeneği tam puanlı fayda değerine sahiptir. En yüksek fayda değeri en düşük fayda değerinin onbeş katı düzeyindedir.

8. SONUÇLAR

Eğitim yapılarının değişen eğitim sistemine ve süresine bağlı olarak hızla inşa edilmesi zorunluluğu, prefabrike sistemlerin kullanımını ve bu sistemlerin birçok açıdan geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Eğitim yapılarının beton esaslı prefabrike sistemlerle yapılması durumunda üretim maliyetini, hızını ve yapım kolaylıklarına ilişkin sistemlerin değerlendirilmesi zorunluluğunun yanında, sistemlere ait kabuk bileşenlerinin de ısıtma enerjisi etkinliğinin değerlendirilmesi, problem noktalarının belirlenmesi ve çözüm önerilerinin sunulması gerekmektedir. Sekiz yıllık eğitim sistemimde yaklaşık 300.000 derslik kapasiteli eğitim yapılarının yapımında ısıtma enerjisi tüketimini çok az düzeyde azaltacak bir çözümün geliştirilmesiyle yapı toplamında büyük oranda enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Bu çalışmada yapı kabuğunun büyük bir yüzdesini oluşturan dış duvarların betonarme prefabrike sistemlerle oluşturulması durumunda olası sistemlerin duvar tiplerinin problem noktalarının enerji (ısıtma) etkinlik, kirletici emisyonları ve ısıtma enerjisi tüketim maliyetleri verilerine bağlı olarak değerlendirmeler yapılmıştır. Betonun ısı geçirgenlik direncinin düşük oluşu ve prefabrike sistemlerde birleşimlerde meydana gelen ısı köprüleri büyük miktarda enerji kayıplarına neden olmakta ; bunun sonucunda da binanın yaşam dönemi maliyetleri artmaktadır. Bunlara ek olarak, yüksek yakıt tüketimi nedeniyle atık gaz emisyonlarının artması çevre kirliliğinin artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle bina tasarımında ısıtma enerjisi kapsamında etkin sistemlerin araştırılması ve çözümlerin geliştirilmesi zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Enerji etkinlik kavramı, en az enerji, işgücü, malzeme ve sermaye ile çözüme ulaşmayı hedeflemektedir. Özellikle ülkemizde prefabrikasyonun gerektiği düzeyde disiplinler arası bir çalışma şekline sahip olmayışı prefabrike sistemlerin birleşim yerlerinde ısı kayıplarına neden olan çözümlerin uygulandığı gerçeğini ortaya koymaktadır.

Dünyada eğitim yapılarının tiplleştirilmiş plan biçimine, standartlaşmış yapım kalitesine, esnek tasarıma cevap verebilen demontabl yapım sistemine sahip olması önemli ölçüde yarar sağlayacaktır. Türkiye’de de temel eğitim projesi kapsamında, yaklaşık 300.000 derslik kapasiteli ilköğretim yapısının kısa sürede

inşa edilmesi zorunluluğuna bağlı olarak 21. yüzyıl ilköğretim yapılarının inşasında prefabrike yapım sistemlerinin kullanılmasının rasyonel bir çözüm olacağı söylenebilir. Türkiye koşullarında hammadde temininin kolay ve ucuz olması, yüksek miktarda üretimin sağlanabilmesi, mevcut üretim tesislerinin üretim biçimi gibi nedenler göz önünde bulundurulduğunda ilköğretim binalarının beton esaslı prefabrike sistemlerle inşa edilmesi en rasyonel çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Beton esaslı prefabrike sistemleri ilköğretim binalarının uygulanması kapsamında değerlendirdiğimizde, bina fonksiyonlarına uygunluk, çevreye uyum, tasarım-kullanım esnekliği sağlayabilme, yapım-kullanım maliyetinin uygun oluşu ile estetik beklentilere cevap verebilme kriterleri bakımından hücre sistemlerin uygun olmadığı; iskelet ve panel sistemlerin yapısal kuruluş özellikleri ile birçok çözüm seçeneği nedeniyle uygun yapım sistemleri olduğu söylenebilir.

Dış duvar seçeneklerinin ısıtma enerjisi tüketiminin hesaplanması sonucu bu çalışmada cephe düzenine, panel genişliğine ve taşıyıcılığa bağlı olarak oluşturulan seçeneklere ait değerlendirilmeler yapılmış ve bina taşıyıcı sistem elemanlarının tamamen örtüldüğü "ön konumlu" , derzlerde ve panel bünyelerinde ısı yalıtımının kesintisiz uygulandığı cephe panelleri en düşük ısıtma enerjisi tüketim değerine, bir başka deyişle % 100 etkinlik derecesine sahip olduğu varsayılmıştır. En yüksek enerji kaybı % 24'lük bir oranla yatay ve düşey cephe görünümüne sahip, derzlerde ve panel bünyesinde ısı köprülerinin olduğu T1C33 kodlu seçenektir. Derzlerde ve panellerde oluşan ısı köprülerine sahip seçenekler kapsamında en düşük enerji kaybı % 4'lük oranla T1T13 kodlu kendini taşıyan panel ile T1G33 kodlu geniş panel seçeneğidir.

Dış duvar seçeneklerinin atmosferik kirletici emisyonlarının hesaplanması ve buna bağlı değerlendirmeler cephe düzenine, panel genişliğine ve taşıyıcılığa bağlı olarak yapılmıştır. Bina taşıyıcı sistem elemanlarının tamamen örtüldüğü "ön konumlu" , derzlerde ve panel bünyelerinde ısı yalıtımının kesintisiz uygulandığı cephe panelleri en düşük ısıtma enerjisi tüketim değerine sahip olması nedeniyle en düşük düzeyde kirletici emisyonu üretmektedir. En ideal seçeneğe oranla en yüksek kirletici emisyonu fazlalığı % 24'lük bir oranla yatay ve düşey cephe görünümüne sahip, derzlerde ve panel bünyesinde ısı köprülerinin olduğu T5C33 kodlu seçeneğe aittir. Derzlerde ve panellerde oluşan ısı köprülerine sahip seçenekler kapsamında en düşük kirletici emisyon artışı % 4'lük oranla T5T13 kodlu kendini taşıyan panel ile T5G33 kodlu geniş panel seçeneğidir.

Seçeneklerin ısıtma enerjisi tüketime bağlı olarak kırk yıl olarak kabul edilen bina kullanım ömrü boyunca oluşan ısıtma enerjisi tüketim maliyetlerini değerlendirdiğimizde en ideal seçeneğe oranla en yüksek ısıtma enerjisi tüketime sahip olan seçenek arasında %31 oranında maliyet farkının oluştuğunu görmekteyiz. Bu oranın bina kullanım ömrü boyunca maliyet tutarı 203.189 milyar TL düzeyindedir. Bu değer yatay ve düşey cephe görünümüne sahip, derzlerde ve panel bünyesinde ısı köprülerinin oluştuğu T5C33 kodlu seçeneğe aittir. Derzlerde ve panellerde oluşan ısı köprülerine sahip seçenekler kapsamında en düşük ısıtma enerjisi maliyet artışı % 6'lık oranla T5T13 kodlu kendini taşıyan panel seçeneğine aittir.

Seçeneklerin enerji kazanımı, çevre kirliliği, ve ekonomi kriterlerine göre fayda değerinin analizi dört farklı önemlilik durumuna göre yapılabilir. Kesintisiz ısı yalıtımının yapıldığı, ideal çözüme sahip yedi duvar seçeneği 'mükemmel' olarak nitelendirilen tam puanlı fayda değerine sahip iken, en yüksek fayda değeri en düşük fayda değerinin enerji kazanımı ile ekonomi kriterinin önemli olduğu grupta yirmibeş, çevre kirliliği kriterinin önemli olduğu grupta sekiz, eşit önemliliğin ele alındığı grupta onbeş katı düzeyindedir.

Genel olarak çalışmadaki bulgu sonuçlarını değerlendirdiğimizde beton esaslı prefabrike dış duvarlarda ısı köprülerinin oluşumuna neden olacak problem noktalarının ısıtma enerjisi tüketimini önemli ölçüde arttırmaktadır. Ancak sorunun sadece enerji kaynaklarının azalmasına yol açan tek boyutlu bir konu olmadığı; kirlenici atık gaz oranını arttıran ve ekonomik kaynakların rasyonel kullanımını önleyen sorunlar zincirini oluşturduğu söylenebilir. Beton esaslı prefabrike dış duvar tasarımında, dış duvar elemanlarının üretim veya uygulama kaynaklı ısı problem noktalarına bağlı olarak ısıtma enerjisi, çevre kirliliği ve ısıtma ekonomisi kriterleri çeşitli koşullar altında karar kriterleri olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Mert, İ.**, 2001. Betonarme Prefabrike Yapım Sistemlerinin İlköğretim Binalarına Uyabilirlik Olanaklarının Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi, *Doktora Tezi*, M.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [2] **İlköğretim Yapıları El Kitabı**, 1997. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, İlköğretim Genel Değerlendirme Önerileri, Cilt 2 , Kuriş Matbaası, İstanbul.
Design And Construction, ASTM Publication, Philadelphia.
Müdürlüğü, Ankara.
- [3] **Castaldi, B.**, 1982. Educayional Facilities/Planning Modernization and Management, Allyn And Bacon , Inc., Boston.
- [4] **Clark, R., and Seaborne, M.**, 1995. Beacons of Learning/Urban Schools in England and Wales, Save Britains Heritage, London.
- [5] **Brubaker, W. C.**, 1998. Plannig and Designing Schools, McGraw-Hill, Quebecor/Kingsport Press, New York.
- [6] **Saint, A.**, 1987. Towarda A Social Architecture/The Role of School-Building in Post-War England, Yale University Press, London.
- [7] <http://www.spmmag.com>, 1998, İnternet.
- [8] **Providing for Future Change**, 1976. Oecd Programme on Educational Building, OECD, Paris.
- [9] **Reingshall, R., Miles, D. M. and Kelsall, F.**, 1983. The Urban School/Building for Education in London 1870-1980, Greather London Council, the Architectural Press, London.
- [10] **Ana Britanica**, 1994. Hürriyet Ofset Matbaacılık ve Gazetecilik A.Ş., İstanbul.
- [11] **Elgiz, C.**, 1978. Türkiye’de İlkokul Binalarında Endüstrileşme Olanakları, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [12] **Valiant, B.**, 1995. Planning Your School’s Technoogy Future, MEEK, Designing Places For Learning, CEFPI The Council of Educational Facility Planners, ASCD, Virginia.
- [13] **Ayaydın, Y.**, 1992. Betonarme Çok Katlı Prefabrike İskelet Sistemler –
- [14] **Yazıcıoğlu, Ö., Ö.**, 1981. Bina Yapımında Endüstrileşme ve Türkiye Açısından İrdelenmesi, *TÜBİTAK, Y.A.E. 85*, Ankara.

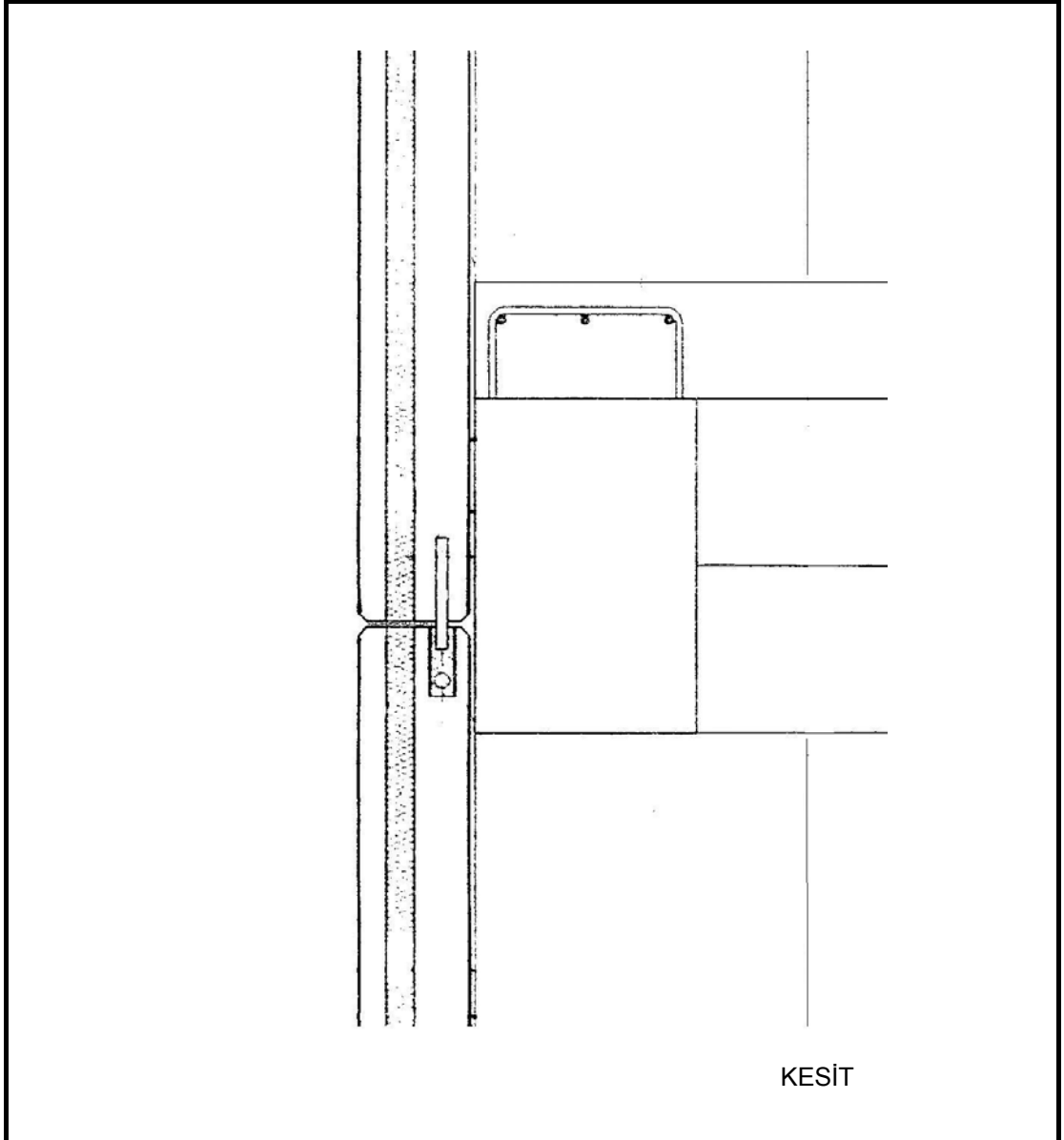
- [15] **Cansun, O.**, 1979. Türkiye’de Prefabrike Yapı Parçaları Üretmek Üzere Kurulacak Fabrikaların Dağılımı ve Bireysel Üretim Kapasiteleri, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [16] **Tapan, M.**, 1973. Betonarme Büyük Boyutlu Prefabrike Elemanlarla Çok Katlı Konut Üretiminde Tasarım Kısıtlamaları Üzerine Bir Araştırma, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [17] **Kulaksızoğlu, E.**, 1980. Endüstrileşmiş Binada Mimari Planlama Araştırması, Profesörlük Tezi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [18] **Eser, L.**, 1982. Ön Yapım – Endüstrileşmiş Yapı, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul.
- [19] **Sey, Y. ve Tapan, M.**, 1987. Toplu Konut Üretiminde Türkiye’de ve Yabancı Ülkelerde Uygulanan Yapım Sistemleri Tanıtma Kataloğu, *TÜBİTAK, Y.A.E. U.7*, İstanbul.
- [20] **Şener, H.**, 1981. Endüstrileşmiş Bina Tasarımında Uyuşumlu Bileşenler Yaklaşımı Üzerine Bir İnceleme, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [21] **Kulaksızoğlu, E.**, 1973. Mimarlık Alanında Çağdaş İnşaat Sistemleri Gelişimi ve İlgili Tasarım Olanakları, Doçentlik Tezi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [22] **Özbil, B.**, 1981. Türkiye’de İlkokul Sorununun Çözümü İçin Prefabrike Bir Modelin Geliştirilmesi Ve Tasarıma Etkisi, *Doktora Tezi*, Yıldız Üniversitesi, İstanbul.
- [23] **Warszawski, A.**, 1999. Industrialization and Robotics in Building, A Managerial Approach, National Building Research Institute, Technion-Israel Institute of Technology, New York.
- [24] **Işık, B.**, 1991. Pano Yapı Elemanlarında Boyut Hatası, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [25] **Dinçer, K.**, 1987. İlkokul Yapıları, Y.T.Ü., İstanbul.
- [26] **Ayaydın, Y.**, 1987. Taşıyıcı Duvar Perdeli Prefabrike Betonarme Yapılar, Yılmaz Ofset Matbaası, İstanbul.
- [27] **Koncz, T.**, 1979. Prefabrikasyona Giriş, Yapı Merkezi, İstanbul.
- [28] **Freedman, S.**, 1991. Architectural Precast Concrete : A Material for the 21. Century, Exterior Wall Systems : Glass and Concrete Technology Design and Construction, ASTM Publication, Philadelphia.
- [29] **Çetiner, İ.**, 2002. Çift Kabuk Cam Cephelerin Enerji ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [30] **Watson, D. and Labs, K.**, 1983. Climatic Building Design Design-Energy Efficient Building Principles and Practices, Mc Graw-Hill, USA.
- [31] **İklimlendirme (Berköz, E., Yılmaz Aygün, Z., Kocaaslan, G., Yıldız, E., Ak, F.) ve Aydınlatma Gurubu (Küçükdoğu, M., Enarun, D., Ünver, R., Köknel Yener, A., Yıldız, D.)**, 1995. Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı, Proje No : İntag 201, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, İnşaat Teknolojileri Araştırma Gurubu, İstanbul.
- [32] **Manioğlu, G.**, 2002. Isıtma Enerjisi Ekonomisi ve Yaşam Dönemi Maliyeti Açısından Uygun Bina Kabuğu ve İşletme Biçimi Seçeneğinin Belirlenmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [33] **Brookes, A. J.**, 1990. Cladding of Buildings, Longman Group U.K. Limited, London.
- [34] **Josey, B.**, 1986. Curtain Walls, The Architects' Journal, July 1986, Architectural Press.
- [35] **Reid, E.**, 1984. Understanding Buildings, a Multidisciplinary Approach, Construction Press, London.
- [36] **Allen, E.**, 1999. Fundamentals of Building Construction : Materials and Methods, John Wiley & Sons. Inc. , New York.
- [37] **Meyer – Bohe, W., Griese, H. and Hoffmann, K.**, 1975. Designing Architectural Facades, Watson-Guptill Publications, New York.
- [38] **Donaltson, B.**, 1991. Exterior Wall Systems: Glass and Concrete Technology
- [39] **Anonim**, 1989. Architectural Precast Concrete, Prestressed Concrete Institute, USA.
- [40] **Aygün, M., Çetiner, İ. ve Göçer, C.**, 1999. Yapı Elemanlarında Seçenek Üretimi Ve Değerlendirilmesi, *TÜBİTAK, İNTAG 108*, İstanbul.
- [41] **Özkan, E.**, 1995. Dış Kabuk Sistemleri, Katmanlaşma ve Birleşim Olanakları, *Yapıda Dış Kabuk Sempozyumu*, Yapı Endüstri Merkezi, İstanbul, Mart, s. 1-23.
- [42] **Barka, G.**, 2002. Kişisel Görüşme.
- [43] **Özkan, E., Altun, C., Tavit, A. ve Şahal, N.**, 1997. Mevcut Konutların Rehabilitasyonunda Yapı Dış Kabuğunun Enerji Etkin Yenilenerek Geliştirilmesi, *TÜBİTAK, İNTAG/TOKİ 223*, İstanbul.
- [44] **Anonim**, 1995. Thermal Bridge Solutions, R.M.C. Panel Products Limited, England.
- [45] **Yücesoy, L.**, 1989. Isı Köprüsü Olarak İskelet Yapı Elemanları, İskelet Yapılarda Dış Duvarlar Sempozyumu, Yapı Endüstri Merkezi, İstanbul.

- [46] **Anonim**, 1994. Thermal Insulation : Avoiding Risks, Building Research Establishment Report, London, England.
- [47] **Yaşar, Y.**, 1989. Paralel Yüzeyli Isı Köprüsü İçeren Yapı Elemanında Yüzey Sıcaklıklarının Hesaplanmasında Kullanılabilecek Bir Yöntem, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [48] **Anonim**, 2000. İlköğretim Yapıları, M.E.B. Yatırımlar ve Tesisler Daire Başkanlığı, Ankara.
- [49] **Chudley, R.**, 1999. Construction Technology, Addison Wesley Longman Limited, Essex.
- [50] **Işık, B. ve Göçer, C.**, 2000. Beton Esaslı Prefabrike Cephe Elemanları ile Giydirilen İskelet Yapılarda Birleşim Yerlerinin Yatay Kuvvetleri Karşılama, *Deprem ve Prefabrikasyon, 10. Prefabrikasyon Sempozyumu*, Türkiye Prefabrik Birliği, İstanbul, 4 Mayıs, s. 47-56.
- [51] **Anonim**, 1995. Beton Prefabrike Elemanların Birleşim Detayları – Döşeme Birleşimleri, Türkiye Prefabrik Birliği, Ankara.
- [52] **Karaesmen, E. ve Boyacı, N.**, 1993. Prefabrike Sistemlerin Birleşme ve Düğümleme Biçimlerine Göre Guruplandırılması, Prefabrike Yapı Sistemleri ve Düğüm Noktaları, *7. Prefabrikasyon Sempozyumu*, Türkiye Prefabrik Birliği, İstanbul, 22 Ekim, s. 17-34.
- [53] **O'Sullivan, P. E. and Cole, R. J.**, 1974. The Thermal Performance of School Buildings, *Journal of Architectural Research*, 3/2, May, s. 6-7.
- [54] **Yılmaz, Z.**, 1988. Hazır Cephe Elemanlarının Boyutlarının İklimsel Konfor ve Enerji Tasarrufuna Etkisi, *Beton Hazır Elemanlar Sempozyumu*, Yapı Endüstri Merkezi, İstanbul, 14 Nisan, s. 1-7.
- [55] **TSE 825**, 1998. Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [56] <http://www.igdas.com.tr>, 2005, İnternet.
- [57] **Tünay, O. ve Alp, K.**, 1996. Hava Kirlenmesi Kontrolü, İstanbul Ticaret Odası, İstanbul.
- [58] **Gökaltun, E.**, 2001. Atmosferik Kirleticilerin Kireçtaşı Mermerleri Üzerindeki Parlaklık Kaybına Etkisi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- [59] **Gürses, Ç., Ülkü, S. ve Toksoy, M.**, 1987. Enerji Tasarrufu ve Sağlık, *5. Enerji Tasarrufu Semineri*, Tüyp Ticaret Merkezi, İstanbul, 14-15 Ocak, s. 19-25.
- [60] **Bodkin, D.B. and Keller, E.A.**, 1982. Environmental Studies, Charles E. Merrill Publishing Company, Columbus, Ohio.
- [61] **Anonim**, 1990 Atmospheric Pollution Effects, Environmental Engineering Vol. 3, No : 3.

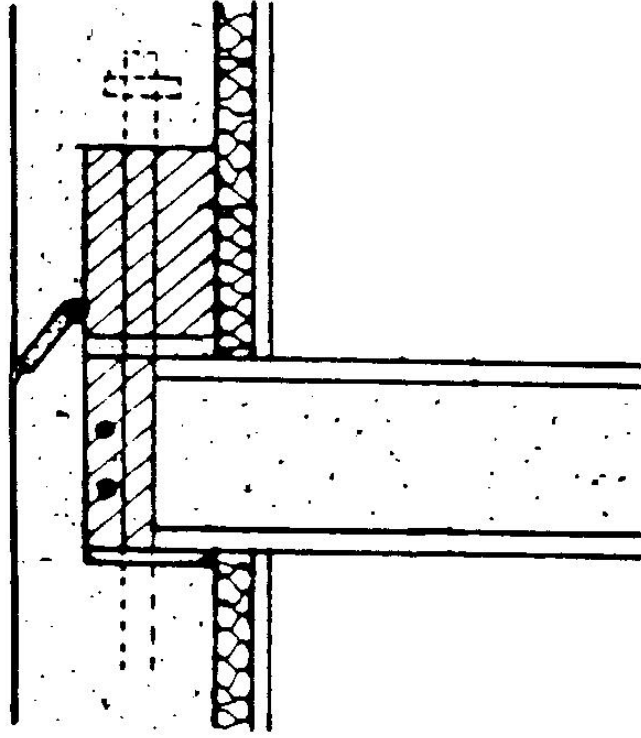
- [62] **İncecik, S.**, 1994. Hava Kirliliği, İ.T.Ü. Yayınları, İstanbul.
- [63] **Işık, B. ve Göçer, C.**, 1997. Konut Sektöründe Dış Duvar – Çevre İlişkisi, *Yalıtım'97 Sempozyumu*, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 15-16 Mayıs, s. 6-17.
- [64] <http://www.botas.gov.tr>, 2005, İnternet.
- [65] **Anonim**, 1998. Emission Factors, External Combustion Sources, A. P. – 42, 5. Edition, USEPA, U.S.A.
- [66] **Tapan, M.**, 1980. Mimarlıkta Değerlendirme Aracı Olarak Fayda-Değeri Analizi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [67] **Sey, Y. ve Tapan, M.**, 1976. Değerlendirmede Temel Sorunlar ve Mimarlıkta Değerlendirme, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [68] **Arioğlu, N.**, 1993. Yapı Ürünlerinin Seçimi İçin Bir Yöntem, *Doktora Tezi*, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [69] **Arıcı, H.**, 1972. İstatistik, Yöntemler ve Uygulama, H.Ü. Basımevi, Ankara.
- [70] **Özkan, E.**, 1976. Yapım Sistemlerinin Seçimi İçin Bir Yöntem, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

EK A Türkiye’de ve Dünyada Uygulanmış Beton Esaslı Prefabrike Dış Duvar ile Birleşimlerine Ait Örnekler



ÜLKE	Türkiye (Eğitim Binası)
TAŞIYICILIK	Kendini Taşıyan
KONUM	Ön
KATMANLAŞMA DÜZENİ	Üç Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	Ortadan
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Yok

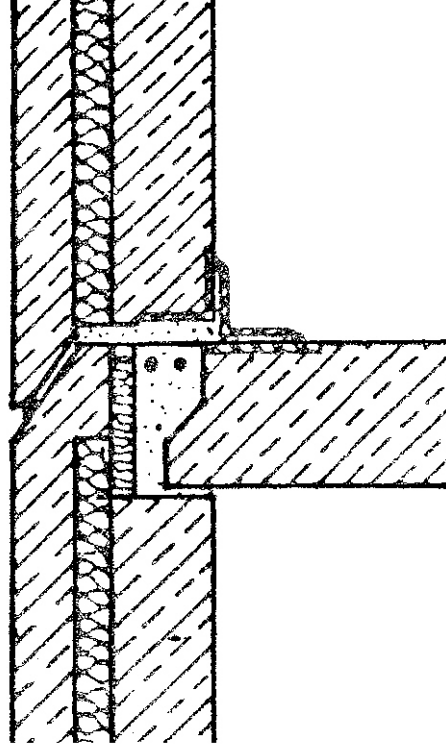
Şekil A.1. 1 Nolu Türkiye Örneği



KESİT

ÜLKE	Türkiye
TAŞIYICILIK	Taşınan
KONUM	Yarı-Ön
KATMANLAŞMA DÜZENİ	İki Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	İçten
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Var, Panel Bünyesinde

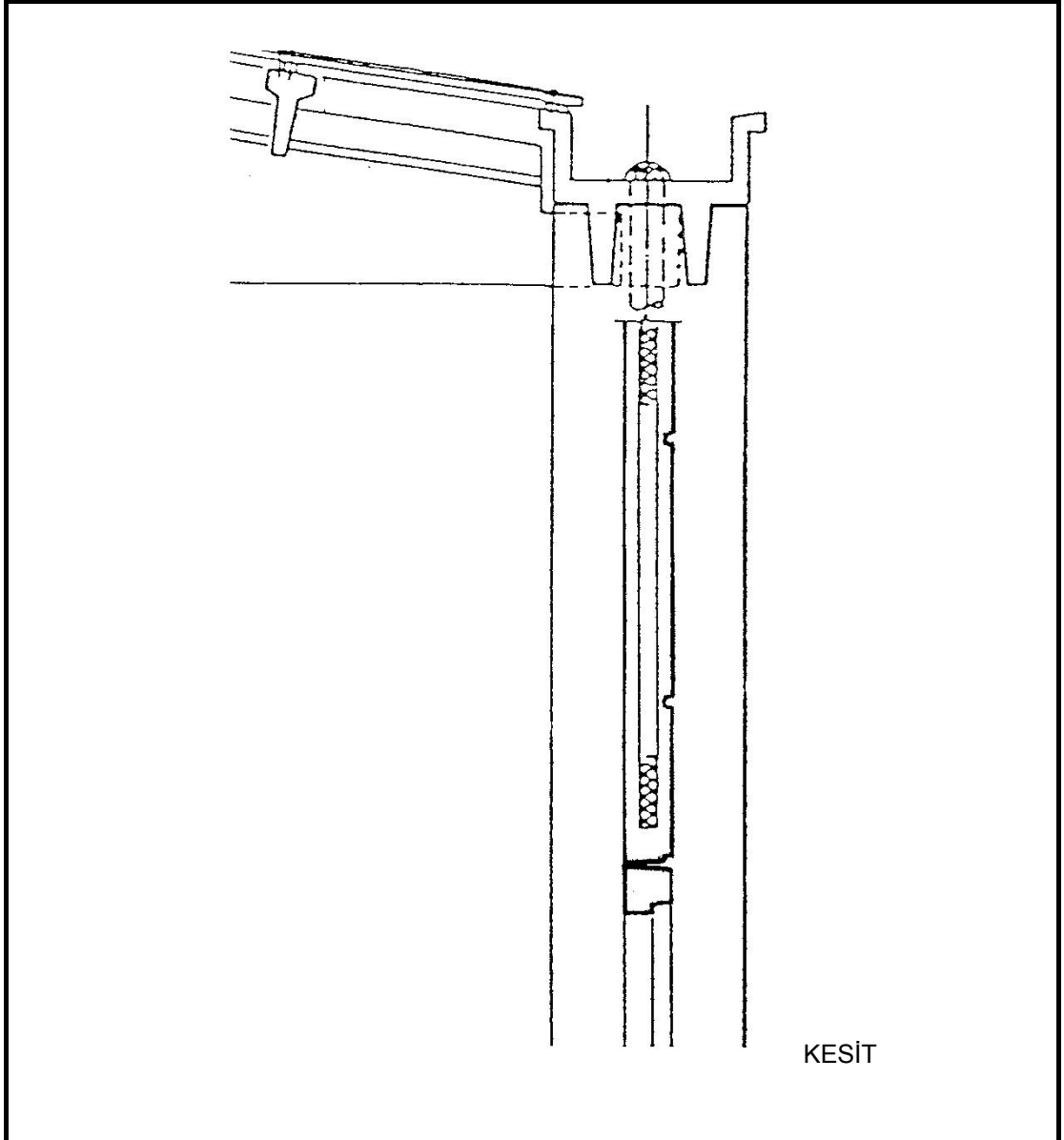
Şekil A.2. 2 Nolu Türkiye Örneği



KESİT

ÜLKE	Türkiye
TAŞIYICILIK	Taşıyıcı
KONUM	Ön
KATMANLAŞMA DÜZENİ	Üç Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	Ortadan
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Var, Derzlerde

Şekil A.3. 3 Nolu Türkiye Örneği



ÜLKE	Türkiye
TAŞIYICILIK	Taşınan
KONUM	Ara
KATMANLAŞMA DÜZENİ	Üç Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	Ortadan
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Var, Panel Bünyesinde

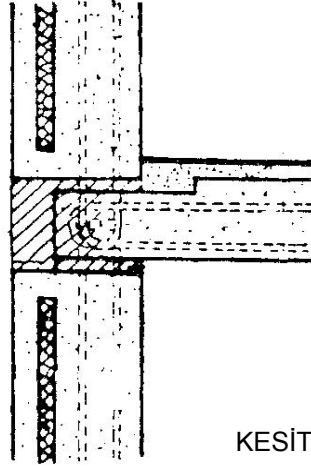
Şekil A.4. 4 Nolu Türkiye Örneği



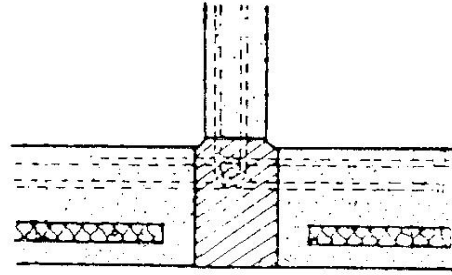
KESİT

ÜLKE	Türkiye
TAŞIYICILIK	Taşınan
KONUM	Ara
KATMANLAŞMA DÜZENİ	Üç Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	Ortadan
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Var, Panel Bünyesinde

Şekil A.5. 5 Nolu Türkiye Örneği



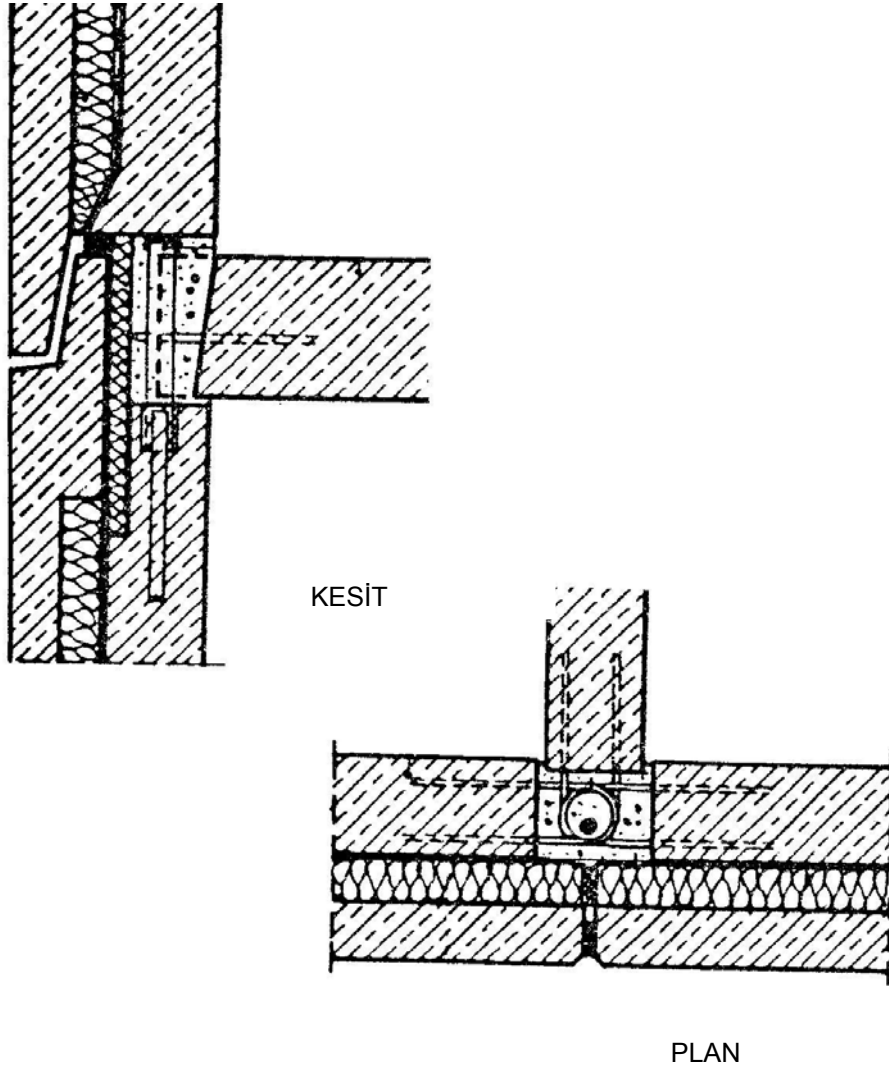
KESİT



PLAN

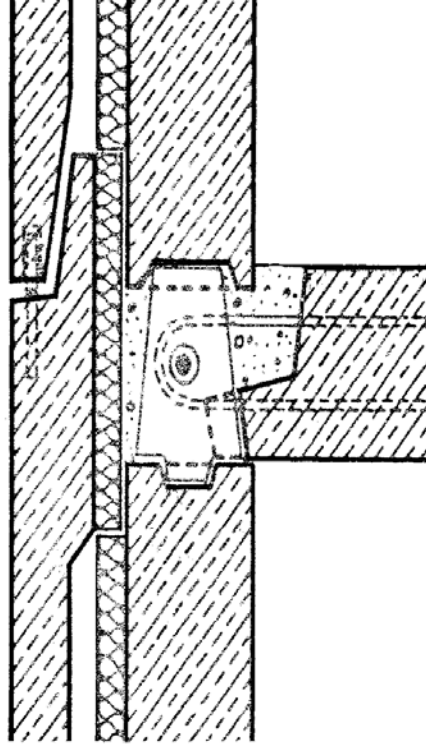
ÜLKE	Türkiye
TAŞIYICILIK	Taşıyıcı
KONUM	Ara
KATMANLAŞMA DÜZENİ	Üç Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	Ortadan
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Var, Panel Bünyesinde

Şekil A.6. 6 Nolu Türkiye Örneği



ÜLKE	Almanya
TAŞIYICILIK	Taşıyıcı
KONUM	Ön
KATMANLAŞMA DÜZENİ	Üç Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	Ortadan
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Yok

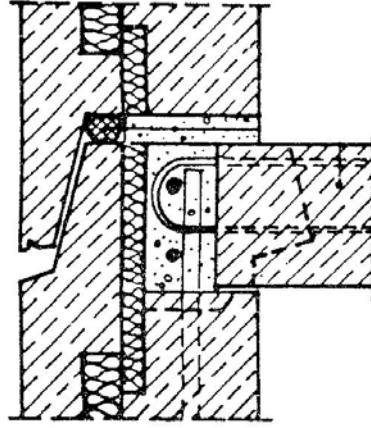
Şekil A.7. 1 Nolu Almanya Örneği



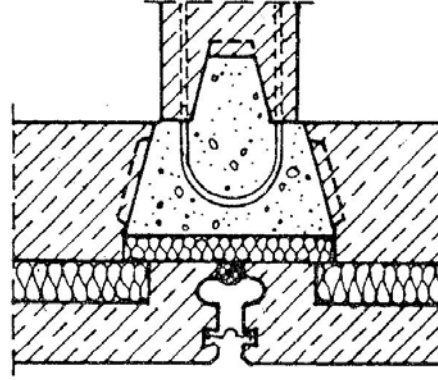
KESİT

ÜLKE	Almanya
TAŞIYICILIK	Taşıyıcı
KONUM	Ön
KATMANLAŞMA DÜZENİ	Üç Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	Ortadan
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Yok

Şekil A.8. 2 Nolu Almanya Örneği



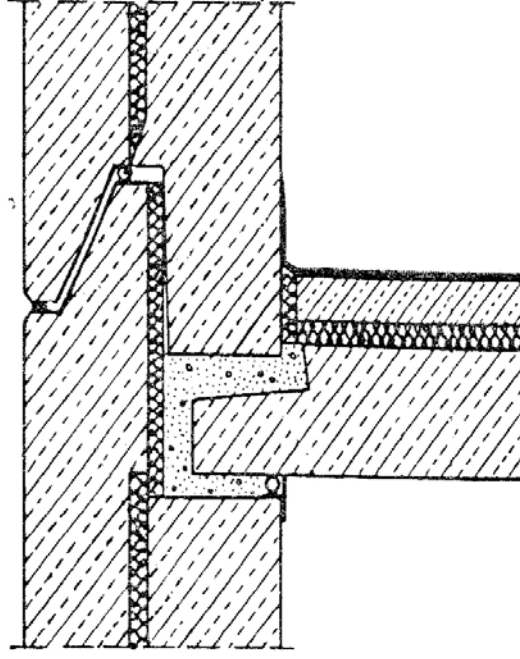
KESİT



PLAN

ÜLKE	Almanya
TAŞIYICILIK	Taşıyıcı
KONUM	Ön
KATMANLAŞMA DÜZENİ	Üç Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	Ortadan
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Yok

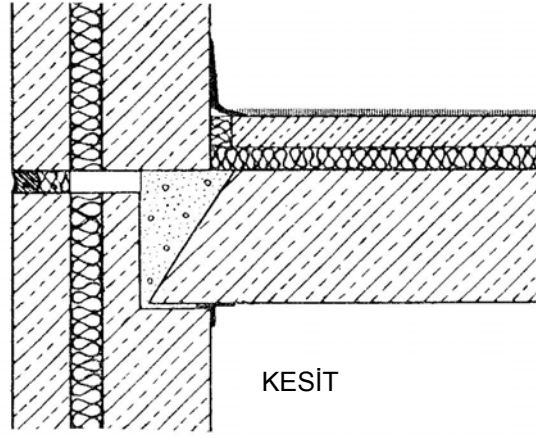
Şekil A.9. 3 Nolu Almanya Örneği



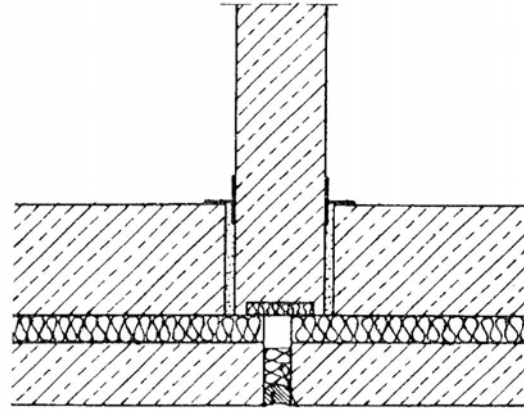
KESİT

ÜLKE	Almanya
TAŞIYICILIK	Taşıyıcı
KONUM	Ön
KATMANLAŞMA DÜZENİ	Üç Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	Ortadan
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Var, Yatay Derzlerde

Şekil A.10. 4 Nolu Almanya Örneği



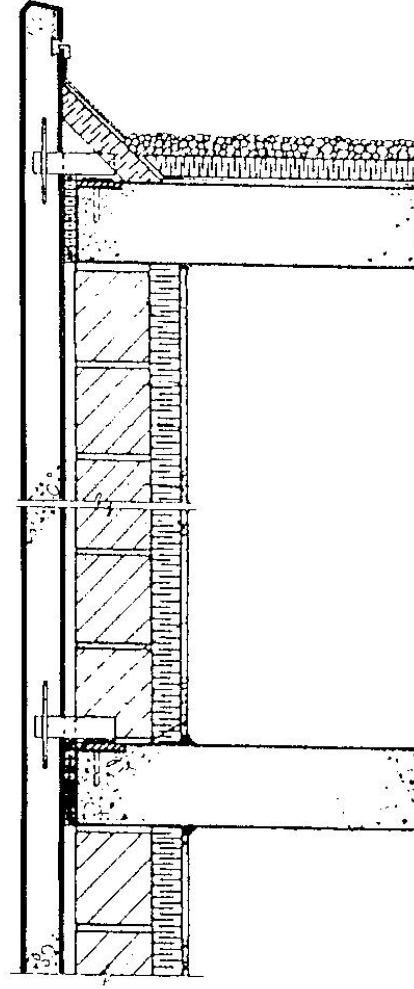
KESİT



PLAN

ÜLKE	Almanya
TAŞIYICILIK	Taşıyıcı
KONUM	Ön
KATMANLAŞMA DÜZENİ	Üç Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	Ortadan
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Yok

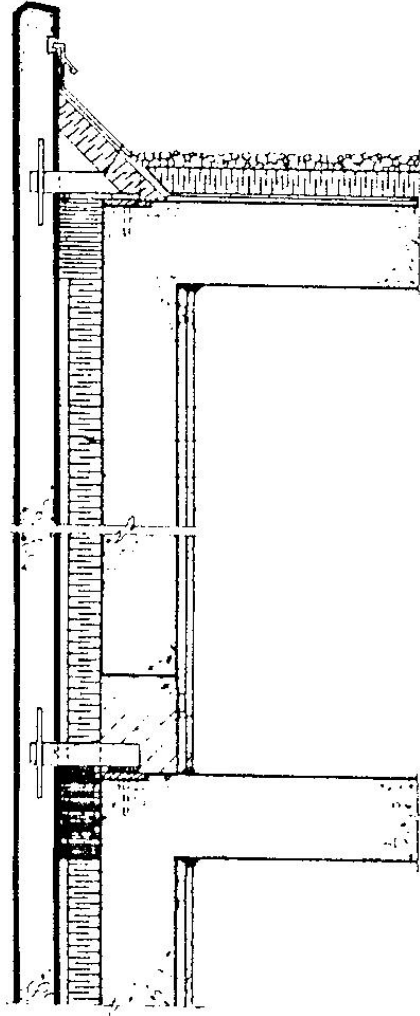
Şekil A.11. 5 Nolu Almanya Örneği



KESİT

ÜLKE	Amerika
TAŞIYICILIK	Taşınan
KONUM	Ön
KATMANLAŞMA DÜZENİ	Üç Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	İçten
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Var, Döşeme Alnı

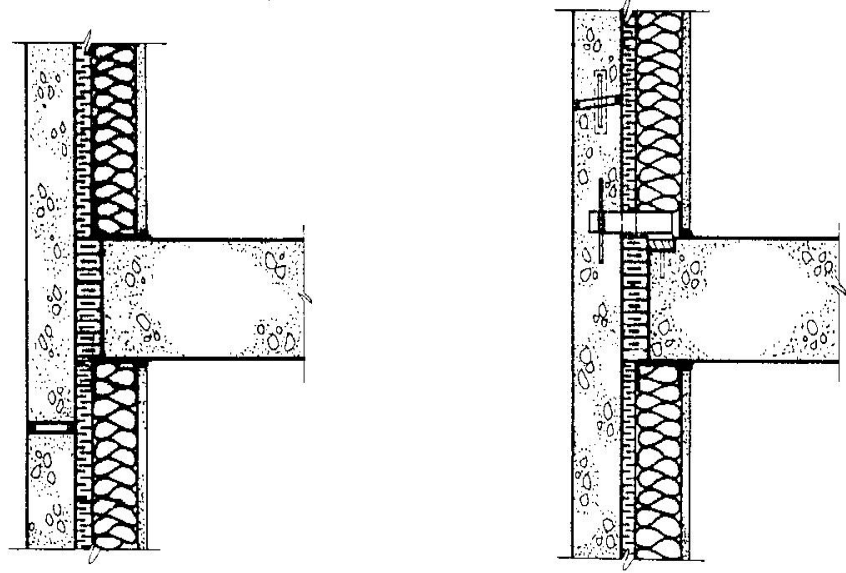
Şekil A.12. 1 Nolu Amerika Örneği



KESİT

ÜLKE	Amerika
TAŞIYICILIK	Taşınan
KONUM	Ön
KATMANLAŞMA DÜZENİ	Üç Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	Ortadan
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Yok

Şekil A.13. 2 Nolu Amerika Örneği

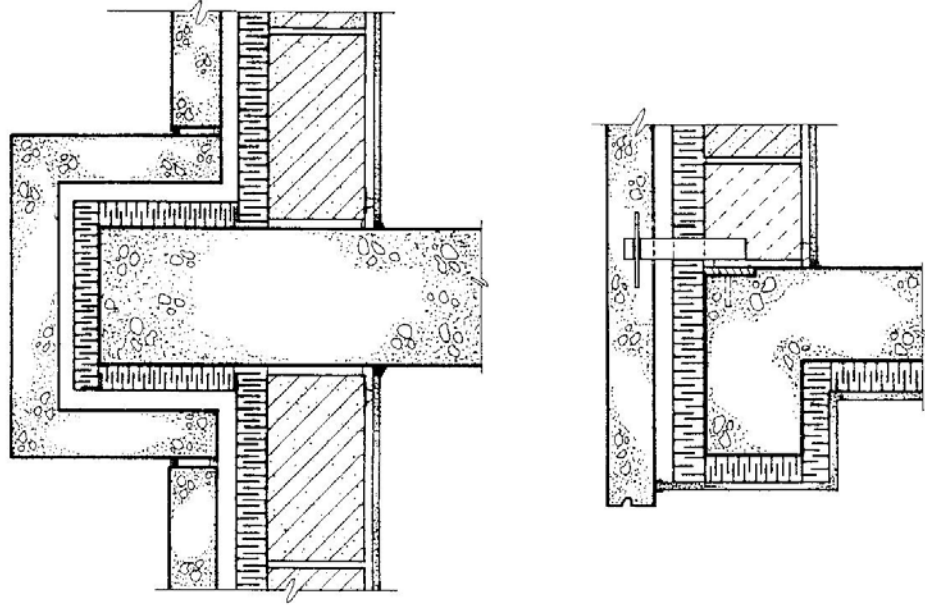


PLAN

KESİT

ÜLKE	Amerika
TAŞIYICILIK	Taşınan
KONUM	Ön
KATMANLAŞMA DÜZENİ	İki Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	İçten
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Yok

Şekil A.14. 3 Nolu Amerika Örneği

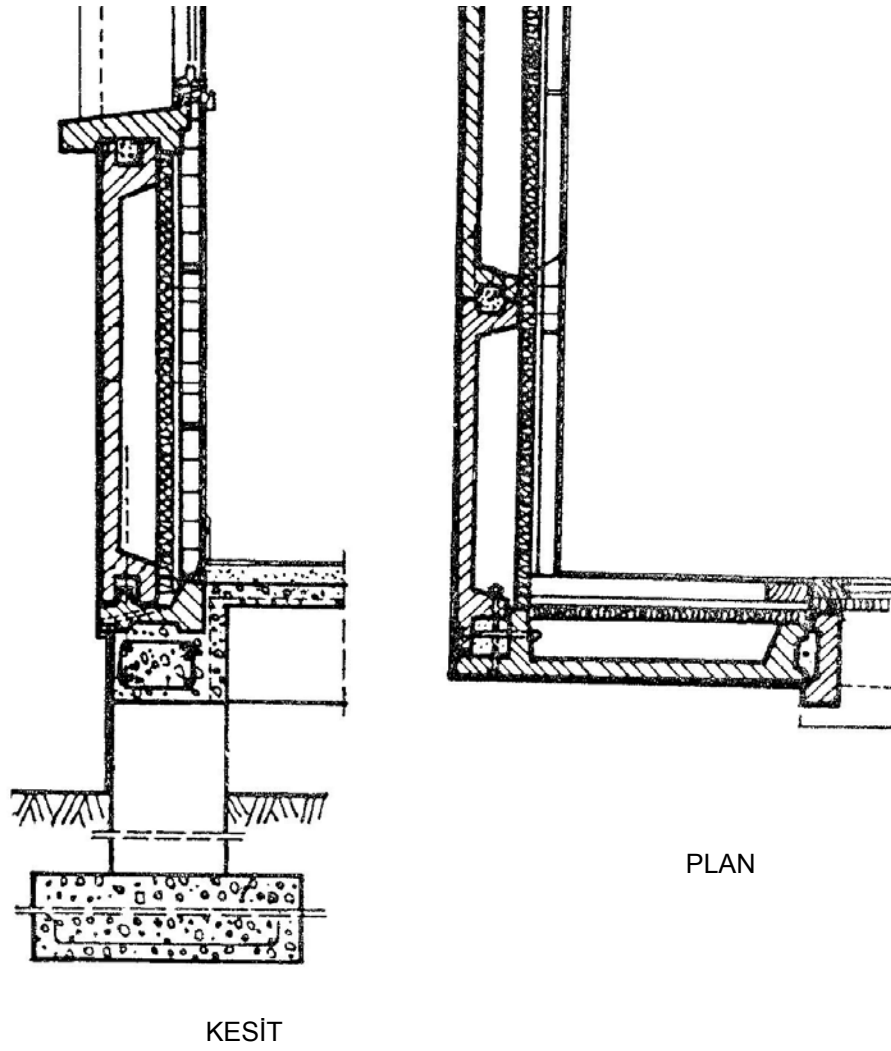


PLAN

KESİT

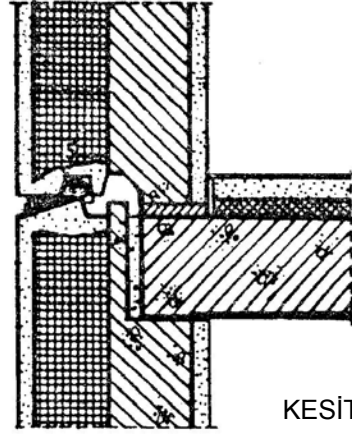
ÜLKE	Amerika
TAŞIYICILIK	Taşınan
KONUM	Ön
KATMANLAŞMA DÜZENİ	Üç Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	Ortadan
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Yok

Şekil A.15. 4 Nolu Amerika Örneği

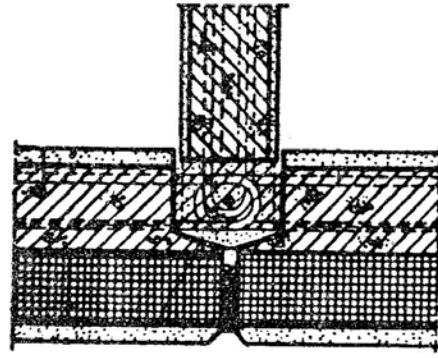


ÜLKE	Fransa
TAŞIYICILIK	Taşınan
KONUM	Ara
KATMANLAŞMA DÜZENİ	İki Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	İçten
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Denizlik Bünyesinde

Şekil A.16. 1 Nolu Fransa Örneği



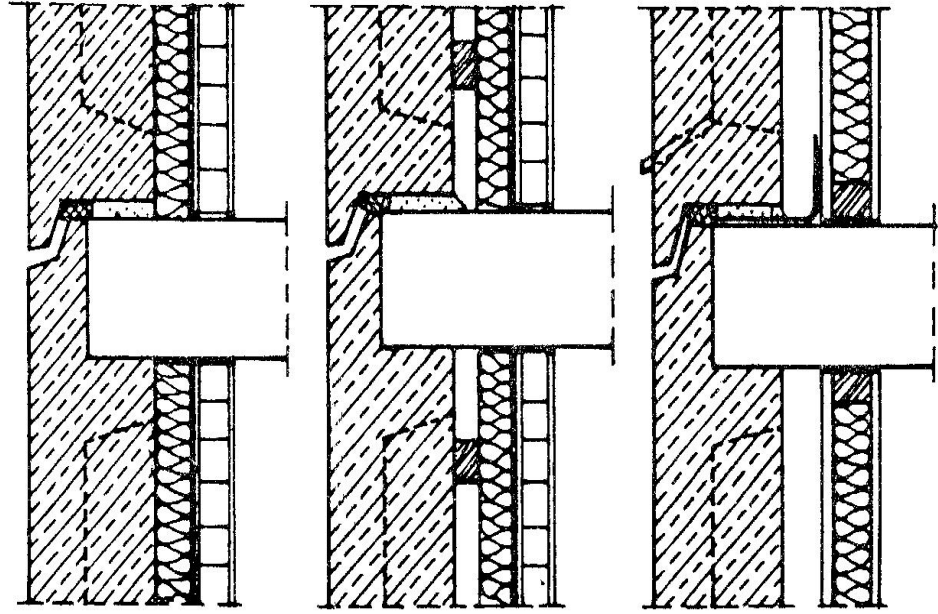
KESİT



PLAN

ÜLKE	Fransa
TAŞIYICILIK	Taşıyıcı
KONUM	Yarı-Ön
KATMANLAŞMA DÜZENİ	İki Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	Dıştan
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Var, Yatay Derzlerde

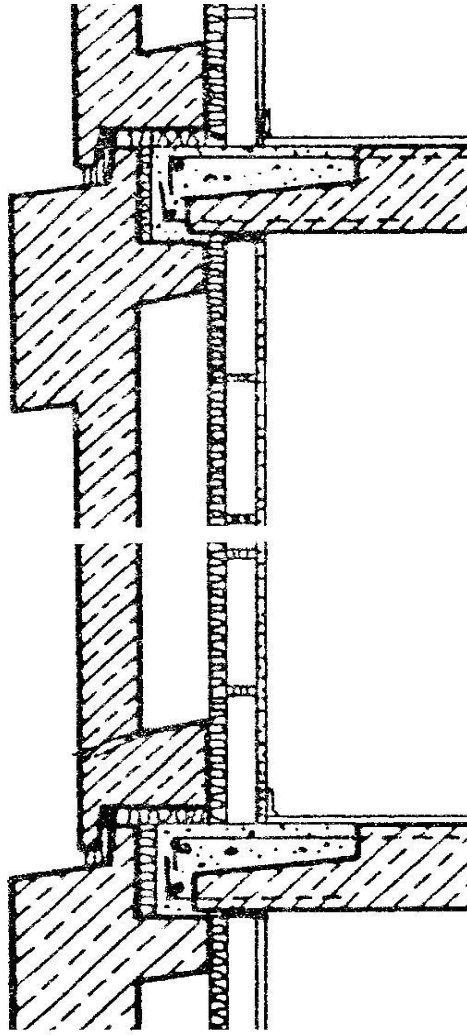
Şekil A.17. 2 Nolu Fransa Örneği



KESİT

ÜLKE	Fransa
TAŞIYICILIK	Taşınan
KONUM	Ara
KATMANLAŞMA DÜZENİ	İki Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	İçten
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Var, Döşeme Alnı

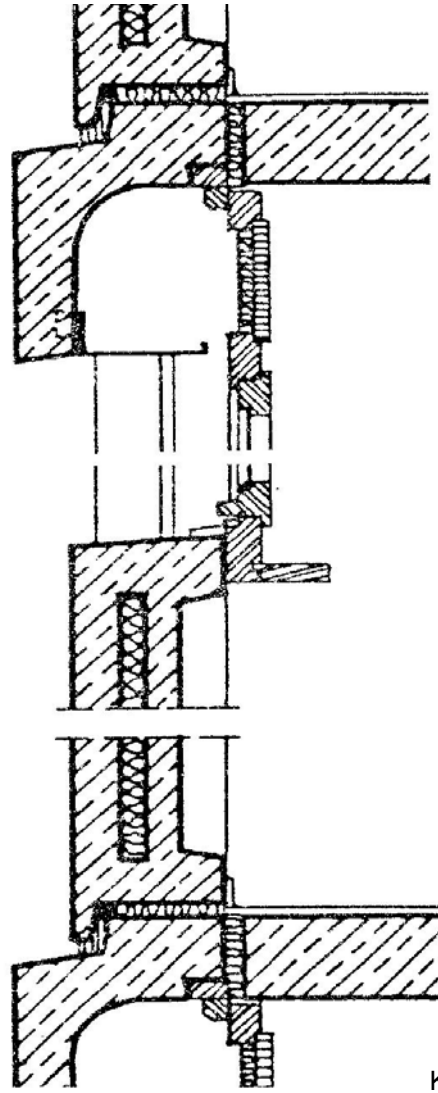
Şekil A.18. 3 Nolu Fransa Örneği



KESİT

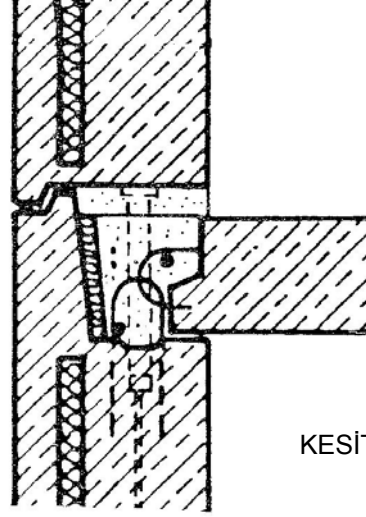
ÜLKE	Fransa
TAŞIYICILIK	Taşıyıcı
KONUM	Ön
KATMANLAŞMA DÜZENİ	İki Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	İçten
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Var, Döşeme- Panel Birleşiminde

Şekil A.19. 4 Nolu Fransa Örneği

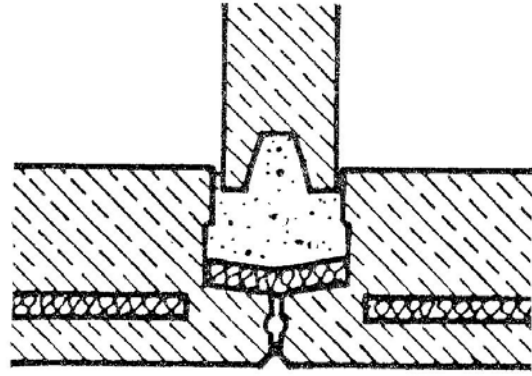


ÜLKE	Fransa
TAŞIYICILIK	Taşınan
KONUM	Ön
KATMANLAŞMA DÜZENİ	Üç Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	Ortadan
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Var, Panel Bünyesinde

Şekil A.20. 5 Nolu Fransa Örneği



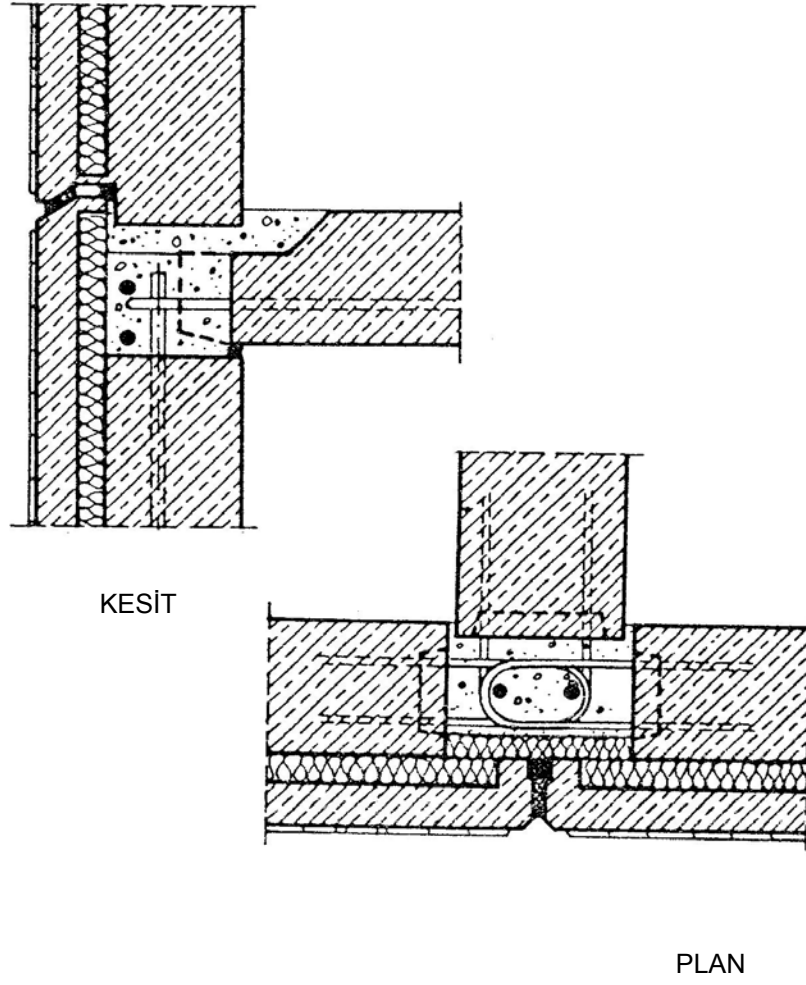
KESİT



PLAN

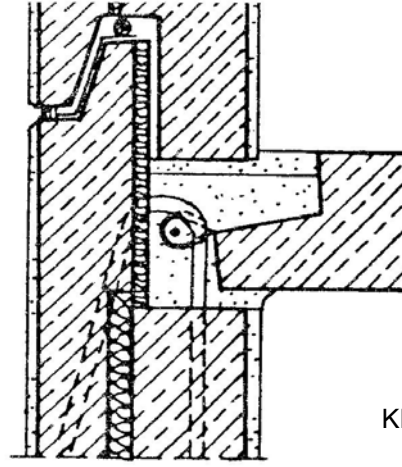
ÜLKE	Fransa
TAŞIYICILIK	Taşıyıcı
KONUM	Ön
KATMANLAŞMA DÜZENİ	Üç Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	Ortadan
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Var, Panel Bünyesinde

Şekil A.21. 6 Nolu Fransa Örneği

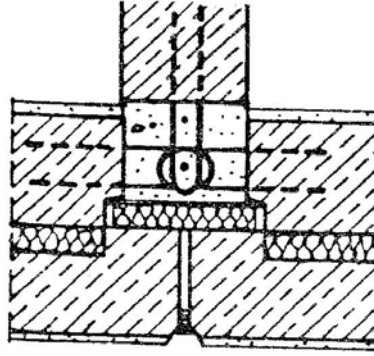


ÜLKE	Fransa
TAŞIYICILIK	Taşıyıcı
KONUM	Ön
KATMANLAŞMA DÜZENİ	Üç Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	Ortadan
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Var, Yatay Derzlerde

Şekil A.22. 7 Nolu Fransa Örneği



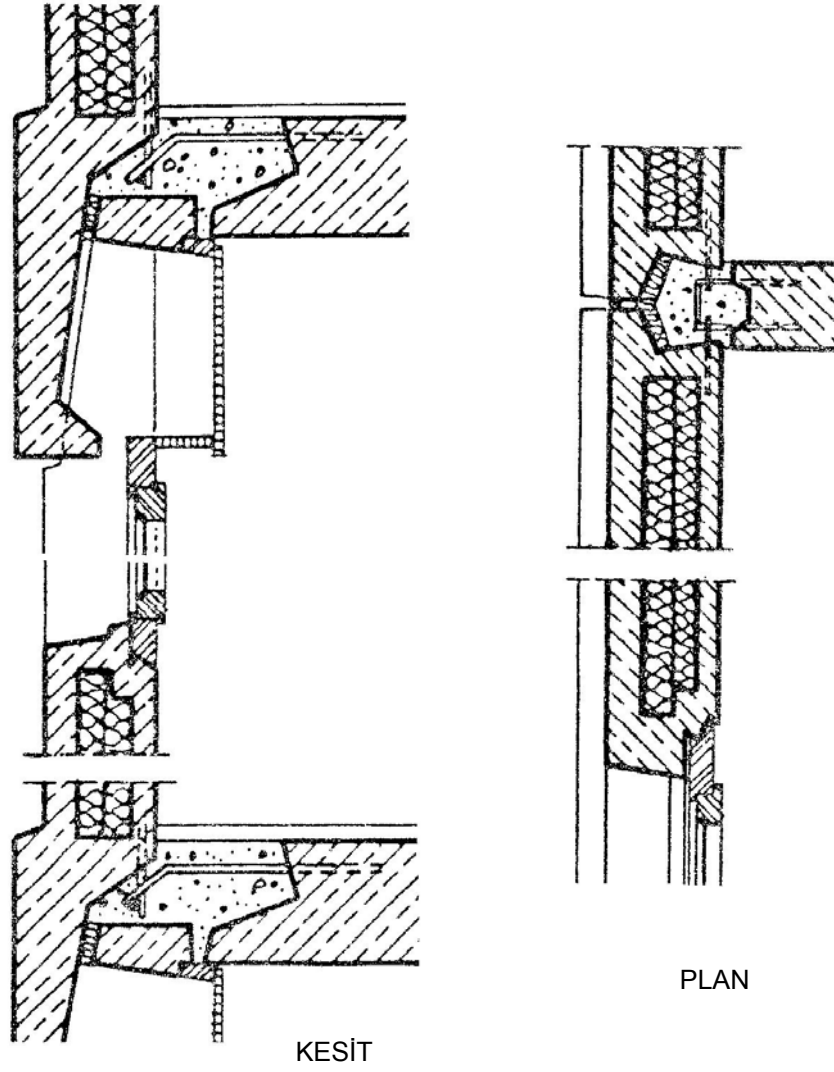
KESİT



PLAN

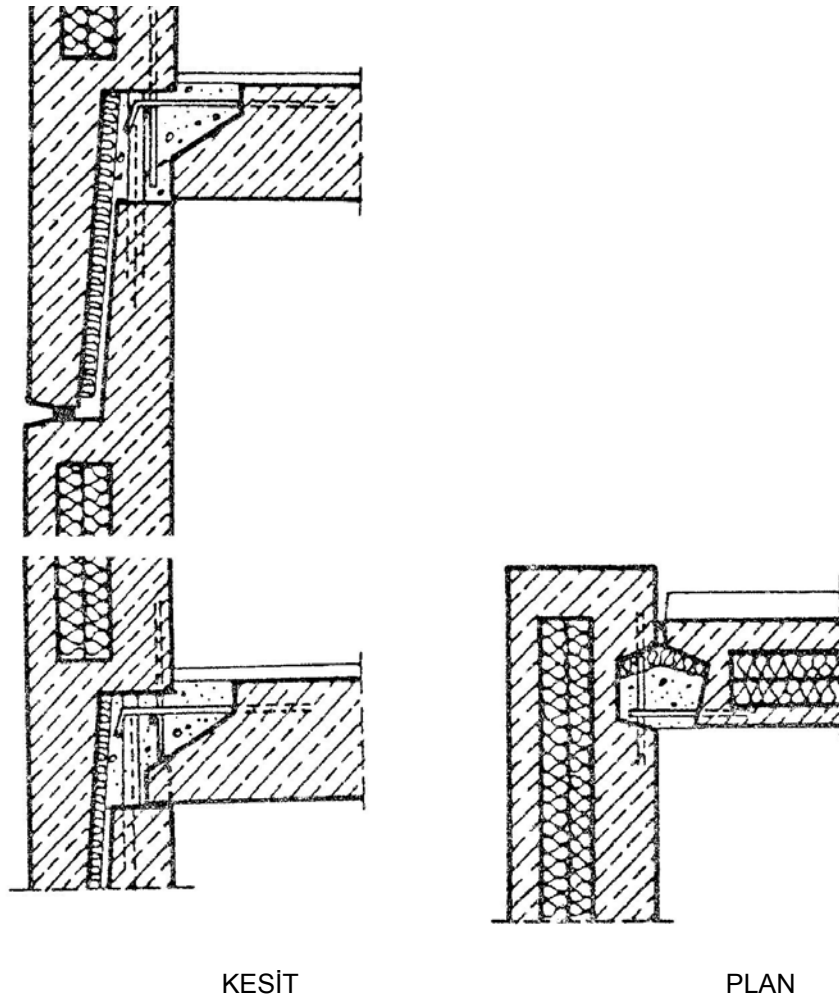
ÜLKE	Fransa
TAŞIYICILIK	Taşıyıcı
KONUM	Ön
KATMANLAŞMA DÜZENİ	Üç Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	Ortadan
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Var, Yatay Derzlerde

Şekil A.23. 8 Nolu Fransa Örneği



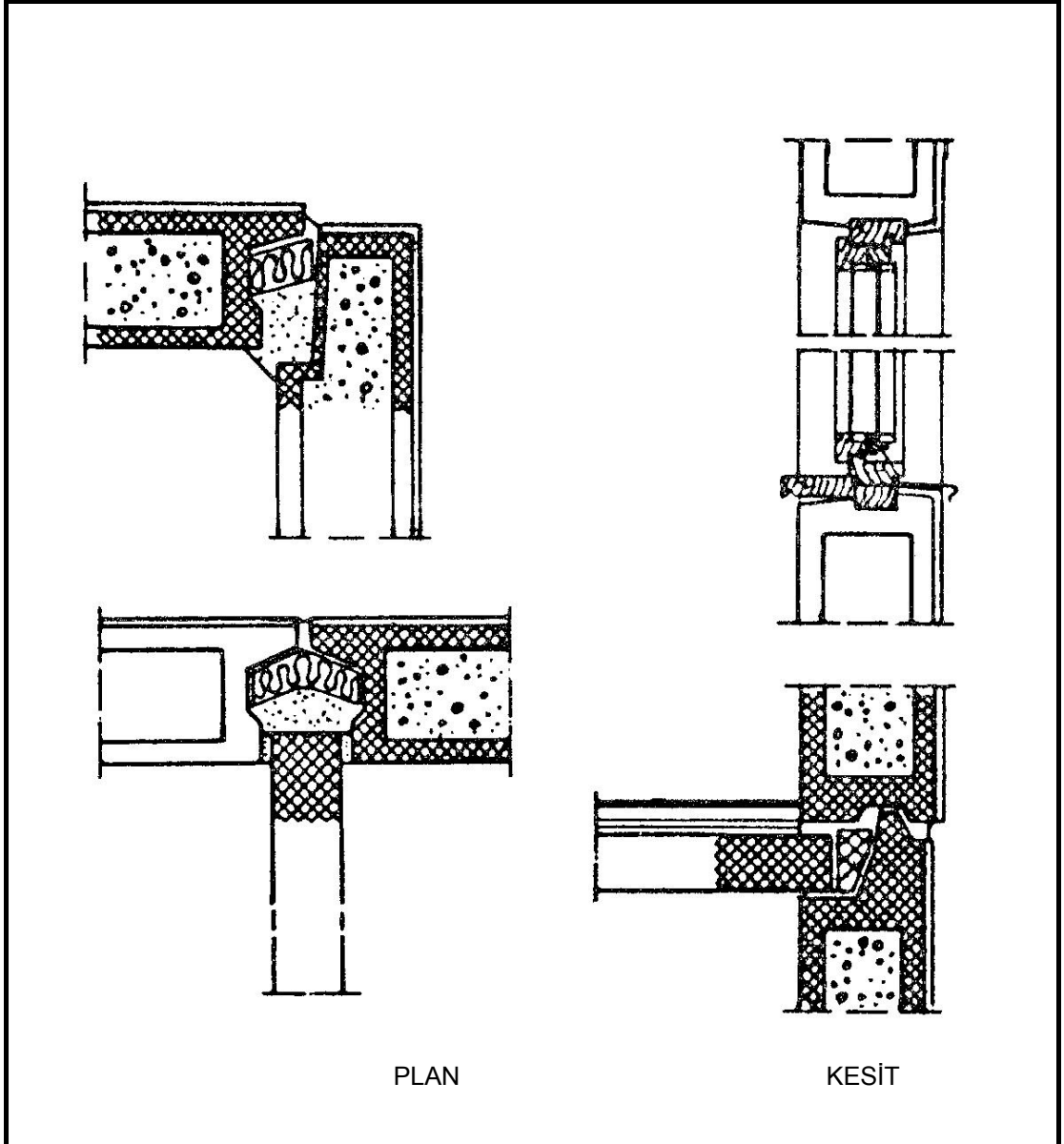
ÜLKE	Fransa
TAŞIYICILIK	Taşınan
KONUM	Ön
KATMANLAŞMA DÜZENİ	Üç Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	Ortadan
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Var, Panel Bünyesinde

Şekil A.24. 9 Nolu Fransa Örneği



ÜLKE	Fransa
TAŞIYICILIK	Taşıyıcı
KONUM	Ön
KATMANLAŞMA DÜZENİ	Üç Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	Ortadan
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Var, Panel Bünyesinde

Şekil A.25. 10 Nolu Fransa Örneği



ÜLKE	Fransa
TAŞIYICILIK	Taşıyıcı
KONUM	Ön
KATMANLAŞMA DÜZENİ	Üç Tabakalı
ISI YALITIM TÜRÜ	Ortadan
ISIL PERFORMANSI ETKİLEYEN PROBLEM NOKTALARI	Var, Panel Bünyesinde

Şekil A.26. 11 Nolu Fransa Örneği

**EK B T5C41 Kodlu Örnek Seçeneğe Ait Isıtma Enerjisi Tüketim Değerlerinin
Hesaplandığı Bilgisayar Programı**

BİNA BİLGİLERİ :

Binanın eni = 18,00 (m)
Binanın boyu = 151,20 (m)
Binanın Yüksekliği = 9,00 (m)

Aylık ortalama iç sıcaklık: T_i = 19,00 (°C)

Birim iç ısı kazancı: = 5,00 (W / m²)

Hava Değişim Sayısı : n_h = 1,00 (1/h) [min=1; max=2 alınabilir]

Kat yüksekliği = 2,60 (m)

HER YÖN İÇİN TOPLAM PENCERE ALANLARI	
K	9 (m ²)
G	9 (m ²)
D	378 (m ²)
B	378 (m ²)

GÖLGELEME FAKTÖRLERİ	
(r _i) ay	0,60
(g _i) ay	0,60

0,8 ile çarparak yazıldı

BİNA ÖLÇÜLERİ		
Binanın Hacmi	Vbrüt = 24494,40	(m3)
Binanın kullanım alanı An =	7838,21	(m2)
Binanın Döşeme Alanı At =	2721,60	(m2)
Binanın Tavan Alanı AT =	2721,60	(m2)
Binadaki Toplam kapı ve pencere alanı Ap =	774,00	(m2)
Binadaki Toplam Dış Duvar Alanı AD =	2271,00	(m2)
Binadaki Toplam Dış Duvar Alanı AD =	0,00	(m2)

BINADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanı Kalınlığı	Yapı Elemanının Yoğunluğu	Sı Buhan Difüzyon Direnç Katsayısı	Isı İletkenlik Hesap Değeri	d / lambda	Isı Geçiş Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey alanı	Yüzey çarpım katsayısı	ISI KAYBI
		d			lambda	m2 / K. W	W / m2. K	m2	-	W / K
DUVAR BİLEŞENLERİ	İç Isı Taşınım Katsayısı					0,130				
	ba dış katman	0,050	2400,000	100,0	2,100	0,029				
	polistren sert köpük	0,050	15,000	150,0	0,040	1,250				
	ba iç katman	0,140	2400,000	100,0	2,100	0,067				
						0,000				
						0,000				
						0,000				
						0,000				
	Dış Isı Taşınım Katsayısı					0,040				
	T O P L A M =					1,515	0,6600	2271,00	1,00	1498,77
TABAN-ÇÖŞEME BİLEŞENLERİ	İç Isı Taşınım Katsayısı					0,130				
	ba dış katman					0,000				
						0,000				
						0,000				
	Dış Isı Taşınım Katsayısı					0,040				
	T O P L A M =					0,170	5,8824	0,00	1,00	0,00
	İç Isı Taşınım Katsayısı	0,040	2800,000	3,500	0,011					
	İsli beton	0,040	2000,000	20,0	1,400	0,029				
TAVAN BİLEŞENLERİ	polistren sert köpük	0,080	15,000	150,0	0,040	2,000				
						0,000				
						0,000				
						0,000				
						0,000				
	Dış Isı Taşınım Katsayısı					0,130				
	T O P L A M =					2,300	0,43	2721,60	0,50	591,65
	İç Isı Taşınım Katsayısı					0,130				
	polistren sert köpük	0,080	15,000	150,0	0,040	2,000				
	ba döşeme	0,150	2400,000	100,0	2,100	0,071				
PENCERE	İç Isı Taşınım Katsayısı	0,020	1800,000	20,0	0,870	0,023				
						0,000				
						0,000				
						0,000				
						0,000				
	Dış Isı Taşınım Katsayısı					0,040				
	T O P L A M =					2,264	0,44	2721,60	0,80	961,52
							2,80	774,00	1,00	2167,20
YAPI ELEMANLARINDAN GERÇEKLEŞEN ISI KAYBI TOPLAMI =										5219,15

BINADAKİ ISI KAYBEDEN YÜZEYLER TOPLAMI: Atoplam = 8488,20 (m2)

HAVALANDIRMA YOLU İLE GERÇEKLEŞEN ISI KAYBI: (Hh)	
Hh = [Yoğunluk x Özgül Isı x Hava değişim sayısı x Havalandırılan hacim] formülü ile hesaplanır	
Binanın havalandırma hesabında kullanılacak hacmi : Vh = 19595,52 (m3) [0.8 x Vbrüt]	
Hava Değişim Sayısı : nh = 1,00 (1/h)	
HAVALANDIRMA YOLU İLE GERÇEKLEŞEN ISI KAYBI: Hh = 6466,52 (W/K)	

BİNANIN TOPLAM ÖZGÜL ISI KAYBI: H = 11685,67 (W/K)

Aylık Ortalama İç Sıcaklık: $T_i = 19,00$ (°C)
Toplam bina hacmi: $V_{bina} = 24494,40$ (m ³)
Toplam inşaat alanı: $A_n = 0,32 \times V_{bina} = 7839,21$ (m ²)
Birim İç İsi Kazancı: $5,00$ (W / m ²)
Isı Kaybeden yüzeyler toplamı: $A_{toplam} = 8488,20$ (m ²)
Özgül Isı Kaybı: $H = 11685,67$ (W / K)

Aİ DEĞERLERİ	
K	9,00 (m ²)
G	9,00 (m ²)
D	378,00 (m ²)
B	378,00 (m ²)

GÖLGELEME FAKTÖRLERİ	
(n) ay	0,50
(g) ay	0,50

0,8 ile çarpılarak yazıldı.

YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI																	
AYLAR	Birim Güneş Enerjisi Kazancıları				DİŞ SICAKLIKLAR Td	H Özgül Isı Kaybı H	SICAKLIK FARKI Ti - Td	ISI KAYIPLARI H x (Ti - Td)	İÇ İSİ KAZANÇLARI	Birim Güneş Enerjisi Kazancıları (g i x r i x Q g x A i)				Güneş enerjisi İs i Kazancı	TOPLAM	KAZANÇ KULLANIM FAKTÖRÜ	AYLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI
	güney	kuzey	batı	doğu						güney	kuzey	batı	doğu				
OCAK	72,00	26,00	43,00	43,00	3,30	15,70	183464,97		233,28	84,24	5851,44	5851,44	12020,40	51211,44	0,28	346402142,66	
ŞUBAT	84,00	37,00	57,00	57,00	4,50	14,50	169442,17		272,16	119,88	7756,56	7756,56	15905,16	55096,20	0,33	302976516,93	
MART	95,00	52,00	77,00	77,00	7,20	11,80	137890,67		307,90	169,48	10478,16	10478,16	21432,60	60623,64	0,44	216437246,99	
NİSAN	83,00	66,00	90,00	90,00	12,60	6,40	74789,27		268,92	213,84	12247,20	12247,20	24977,16	64169,20	0,86	79381315,68	
MAYIS	92,00	79,00	114,00	114,00	17,80	1,20	14022,60		299,08	255,96	15513,12	15513,12	31560,28	70771,32	5,05	3374446,69	
HAZİRAN	95,00	83,00	122,00	122,00	21,90	0,00		39191,04	307,90	268,92	16601,76	16601,76	32678,64	71869,68	0,00	0,00	
TEMMUZ	93,00	81,00	118,00	118,00	24,40	-5,40			301,32	262,44	16057,44	16057,44	32678,64	71869,68	0,00	0,00	
AĞUSTOS	89,00	73,00	106,00	106,00	23,80	-8,80			301,32	236,52	14424,48	14424,48	29386,80	68577,84	0,00	0,00	
EYLÜL	89,00	57,00	81,00	81,00	19,60	-0,60			288,36	184,68	11022,48	11022,48	22618,00	61709,04	0,00	0,00	
EKİM	82,00	40,00	59,00	59,00	14,10	4,90	57269,77		265,68	129,60	8028,72	8028,72	16452,72	55643,76	0,97	55728667,38	
KASIM	67,00	27,00	41,00	41,00	9,10	9,90	119688,10		217,08	87,48	5579,28	5579,28	11463,12	50654,16	0,44	181945421,51	
ARALIK	64,00	22,00	37,00	37,00	4,90	14,10	164767,91		207,36	71,28	5034,96	5034,96	10348,96	49539,60	0,30	303286338,23	
TOPLAM YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI =															1489624096,47 kJ/oule		
															414115,60 kWh		

KULLANIM ALANI BAŞINA DÜŞEN ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI = **52,83 kWh/m²**

Atoplam / Vbütü = **0,35**

OLMASI GEREKEN EN BÜYÜK İSİ KAYBI = **55,07 kWh/m²**

2. İKLİM BÖLGESİ

Aylık Ortalama İç Sıcaklık: $T_i = 19,00$ (°C)
Toplam bina hacmi: $V_{brüt} = 24494,40$ (m ³)
Toplam inşaat alanı: $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 7838,21$ (m ²)
Birim İç İsi Kazancı: $5,00$ (W / m ²)
Isı Kaybı yüzeyler toplamı: $A_{toplam} = 8488,20$ (m ²)
Özgül Isı Kaybı: $H = 11685,67$ (W / K)

AI DEĞERLERİ	
K	9,00 (m ²)
G	9,00 (m ²)
D	378,00 (m ²)
B	378,00 (m ²)

GÖĞELEME FAKTÖRLERİ	
(i) ay	0,60
(j) ay	0,60

0,6 ile çarparak yazıldı

YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI																		
AYLAR	Birim Güneş Enerji Kazancıları				DİŞ SICAKLIKLAR Td	H Özgül Isı Kaybı H	SICAKLIK FARKI T _i - T _d	ISI KAYIPLARI H x (T _i - T _d)	İÇ İSİ KAZANÇLARI	Birim Güneş Enerji Kazancıları (g x r x Q _g x A)				TOPLAM	KKO	KAZANÇ KULLANIM FAKTÖRÜ	AYLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI	
	güney	kuzey	batı	doğu						güney	kuzey	batı	doğu					
OCAK	72,00	26,00	43,00	43,00	-5,20	11685,67	24,20	282793,14	233,28	84,24	5851,44	5851,44	12020,40	51211,44	0,18	1,00	600790413,99	
ŞUBAT	84,00	37,00	57,00	57,00	-4,10		23,10	269938,91	272,16	119,68	7756,56	7756,56	15905,16	50966,20	0,20	0,99	557936373,56	
MART	95,00	52,00	77,00	77,00	-1,30		20,30	237219,04	307,80	168,48	10478,16	10478,16	21432,60	60623,64	0,26	0,98	460875008,74	
NISAN	93,00	66,00	90,00	90,00	5,10		13,90	162430,77	288,92	213,64	12247,20	12247,20	24977,16	64168,20	0,40	0,92	28798208,01	
MAYIS	92,00	79,00	114,00	114,00	10,10		8,90	104002,44	298,08	255,96	15513,12	15513,12	31580,28	70771,32	0,68	0,77	128331136,56	
HAZİRAN	95,00	95,00	122,00	122,00	13,50		5,50	64271,17	307,80	268,92	16601,76	16601,76	33780,24	72971,28	1,14	0,59	55841339,54	
TEMMUZ	93,00	81,00	118,00	118,00	17,20		1,80	21034,20	301,32	262,44	16057,44	16057,44	32678,64	71869,68	3,42	0,25	725377,93	
AĞUSTOS	93,00	73,00	106,00	106,00	17,20		1,80	21034,20	301,32	236,52	14424,48	14424,48	29386,80	68577,84	3,26	0,26	7568156,82	
EYLÜL	89,00	57,00	81,00	81,00	13,20		5,80	67776,87	288,36	184,68	11022,48	11022,48	22518,00	61709,04	0,91	0,67	69059464,61	
EKİM	82,00	40,00	59,00	59,00	6,90		12,10	141396,57	265,68	129,60	8028,72	8028,72	16452,72	55643,76	0,39	0,92	233633532,28	
KASIM	87,00	27,00	41,00	41,00	1,30		17,70	208936,31	217,08	87,48	5579,28	5579,28	11453,12	50654,16	0,24	0,88	407036681,58	
ARALIK	84,00	22,00	37,00	37,00	-3,00		22,00	257084,68	207,36	71,28	5034,96	5034,96	10348,56	49539,60	0,19	0,99	538672694,20	
TOPLAM YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI =															3334928787,81			KJoule
															927109,66			kWh

KULLANIM ALANI BAŞINA DÜŞEN ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI = **118,28 kWh/m²**

Atoplam / Vbrüt = **0,35**

OLMASI GEREKEN EN BÜYÜK ISI KAYBI = **116,40 kWh/m²**

4. İKLİM BÖLGESİ

EK C Dört İklim Bölgesine Bağlı Olarak Seçeneklerin Isıtma Enerjisi Tüketim Değerleri

Tablo C.1. T1 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

GENEL GURUPLAR	ALT GURUPLAR	SEÇENEKLER (KOD NO)	M ² OLARAK YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI (KWH/M ²)			
			1. BÖLGE	2. BÖLGE	3. BÖLGE	4. BÖLGE
CEPHE DÜZENLEME SEÇENEKLERİ	yatay	T1C11	36,80	69,97	93,85	153,60
		T1C12	37,60	71,39	95,71	156,49
		T1C13	39,81	75,28	100,82	164,43
	düşey	T1C21	33,23	63,66	85,56	140,68
		T1C22	33,82	64,71	86,94	142,83
		T1C23	36,30	69,09	92,70	151,80
	Yatay- düşey	T1C31	38,47	72,92	97,72	159,61
		T1C32	39,27	74,34	99,58	162,50
		T1C33	41,43	78,13	104,55	170,23
	düz	T1C41	30,90	59,50	80,08	132,11
		T1C42	31,51	60,59	81,52	134,37
		T1C43	33,95	64,94	87,24	143,30
PANEL GENİŞLİĞİNE BAĞLI SEÇENEKLER	dar	T1G11	30,90	59,50	80,08	132,11
		T1G12	31,93	61,35	81,07	135,91
		T1G13	35,87	68,33	91,70	150,24
	orta	T1G21	30,90	59,50	80,08	132,11
		T1G22	31,51	60,59	81,52	134,37
		T1G23	33,95	64,94	87,24	143,30
	geniş	T1G31	30,90	59,50	80,08	132,11
		T1G32	31,32	60,25	81,07	133,66
		T1G33	33,01	63,26	85,03	139,84
TAŞIYICILIĞA BAĞLI SEÇENEKLER	Kendini taşıyan	T1T11	30,90	59,50	80,08	132,11
		T1T12	31,32	60,25	81,07	133,66
		T1T13	32,91	63,08	84,80	139,49
	taşınan	T1T21	30,90	59,50	80,08	132,11
		T1T22	31,22	60,08	80,84	133,30
		T1T23	34,74	66,34	89,08	146,17
	taşıyıcı	T1T31	30,90	59,50	80,08	132,11
		T1T32	31,42	60,42	81,29	134,01
		T1T33	33,43	64,01	86,02	141,39

Tablo C.2. T2 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

GENEL GURUPLAR	ALT GURUPLAR	SEÇENEKLER (KOD NO)	M ² OLARAK YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI (KWH/M ²)			
			1. BÖLGE	2. BÖLGE	3. BÖLGE	4. BÖLGE
CEPHE DÜZENLEME SEÇENEKLERİ	yatay	T2C11	33,89	64,82	87,09	143,06
		T2C12	34,68	66,22	88,92	145,93
		T2C13	36,86	70,09	94,00	153,84
	düşey	T2C21	30,38	58,58	78,86	130,21
		T2C22	30,96	59,61	80,23	132,34
		T2C23	33,40	63,95	85,94	141,27
	Yatay- düşey	T2C31	35,53	67,74	90,92	149,04
		T2C32	36,33	69,15	92,97	151,92
		T2C33	38,46	72,91	97,71	159,61
	düz	T2C41	28,09	54,46	73,44	121,70
		T2C42	28,69	55,54	74,87	123,94
		T2C43	31,09	59,84	80,53	132,82
PANEL GENİŞLİĞİNE BAĞLI SEÇENEKLER	dar	T2G11	28,09	54,46	73,44	121,70
		T2G12	29,11	56,28	75,84	125,48
		T2G13	32,97	63,20	84,95	139,72
	orta	T2G21	28,09	54,46	73,44	121,70
		T2G22	28,69	55,54	74,87	123,94
		T2G23	31,09	59,84	80,53	132,82
	geniş	T2G31	28,09	54,46	73,44	121,70
		T2G32	28,50	55,20	74,41	123,23
		T2G33	30,17	58,19	78,36	129,42
TAŞIYICILIĞA BAĞLI SEÇENEKLER	Kendini taşıyan	T2T11	28,09	54,46	73,44	121,70
		T2T12	28,51	55,22	74,44	123,27
		T2T13	30,06	58,00	78,11	129,02
	taşınan	T2T21	28,09	54,46	73,44	121,70
		T2T22	28,41	55,03	74,19	122,88
		T2T23	31,87	61,23	82,35	135,67
	taşıyıcı	T2T31	28,09	54,46	73,44	121,70
		T2T32	28,60	55,37	74,64	123,09
		T2T33	30,58	58,92	79,32	130,92

Tablo C.3. T3 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

GENEL GURUPLAR	ALT GURUPLAR	SEÇENEKLER (KOD NO)	M ² OLARAK YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI (KWH/M ²)			
			1. BÖLGE	2. BÖLGE	3. BÖLGE	4. BÖLGE
CEPHE DÜZENLEME SEÇENEKLERİ	yatay	T3C11	32,78	62,84	84,47	138,94
		T3C12	33,51	64,13	86,16	141,59
		T3C13	35,51	67,67	90,82	148,85
	düşey	T3C21	29,46	56,90	76,66	126,72
		T3C22	30,02	57,91	77,98	128,79
		T3C23	32,24	61,87	83,20	136,96
	Yatay- düşey	T3C31	34,43	65,77	88,33	144,96
		T3C32	35,15	67,04	89,99	147,55
		T3C33	37,14	70,56	94,61	154,75
	düz	T3C41	27,46	53,29	71,89	119,25
		T3C42	28,02	54,31	73,24	121,36
		T3C43	30,21	58,24	78,42	129,48
PANEL GENİŞLİĞİNE BAĞLI SEÇENEKLER	dar	T3G11	27,46	53,29	71,89	119,25
		T3G12	28,46	55,09	74,77	122,98
		T3G13	31,99	61,34	82,50	135,87
	orta	T3G21	27,46	53,29	71,89	119,25
		T3G22	28,02	54,31	73,24	121,36
		T3G23	30,21	58,24	78,42	129,48
	geniş	T1G31	27,46	53,29	71,89	119,25
		T3G32	27,84	53,98	72,80	120,67
		T3G33	29,36	56,71	76,40	126,33
TAŞIYICILIĞA BAĞLI SEÇENEKLER	Kendini taşıyan	T3T11	27,46	53,29	71,89	119,25
		T3T12	27,82	53,96	72,77	120,62
		T3T13	29,28	56,57	76,22	126,03
	taşınan	T3T21	27,46	53,29	71,89	119,25
		T3T22	27,76	53,84	72,61	120,38
		T3T23	30,87	59,42	79,97	131,90
	taşıyıcı	T3T31	27,46	53,29	71,89	119,25
		T3T32	27,93	54,14	73,02	121,01
		T3T33	29,77	57,45	77,38	127,85

Tablo C.4. T4 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

GENEL GURUPLAR	ALT GURUPLAR	SEÇENEKLER (KOD NO)	M ² OLARAK YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI (KWH/M ²)			
			1. BÖLGE	2. BÖLGE	3. BÖLGE	4. BÖLGE
CEPHE DÜZENLEME SEÇENEKLERİ	yatay	T4C11	32,50	62,33	83,80	137,89
		T4C12	33,21	63,59	85,46	140,48
		T4C13	35,17	67,07	90,03	147,61
	düşey	T4C21	29,21	56,45	76,05	125,77
		T4C22	29,75	57,41	77,32	127,76
		T4C23	31,93	61,31	82,46	135,80
	Yatay- düşey	T4C31	34,14	65,25	87,64	143,87
		T4C32	34,84	66,48	89,25	146,39
		T4C33	36,79	69,93	93,79	153,46
	düz	T4C41	27,29	52,99	71,49	118,61
		T4C42	27,83	53,97	72,78	120,63
		T4C43	29,99	57,84	77,88	128,63
PANEL GENİŞLİĞİNE BAĞLI SEÇENEKLER	dar	T4G11	27,29	52,99	71,49	118,61
		T4G12	28,21	54,64	73,68	122,04
		T4G13	31,68	60,87	81,87	134,88
	orta	T4G21	27,29	52,99	71,49	118,61
		T4G22	27,83	53,97	72,78	120,63
		T4G23	29,99	57,84	77,88	128,63
	geniş	T4G31	27,29	52,99	71,49	118,61
		T4G32	27,67	53,67	72,59	120,01
		T4G33	29,16	56,35	75,92	125,56
TAŞIYICILIĞA BAĞLI SEÇENEKLER	Kendini taşıyan	T4T11	29,29	52,99	71,49	118,61
		T4T12	27,64	53,63	72,33	119,93
		T4T13	29,08	56,21	75,74	125,27
	taşınan	T4T21	27,29	52,99	71,49	118,61
		T4T22	27,58	53,51	72,18	119,68
		T4T23	30,64	59,01	79,42	131,04
	taşıyıcı	T4T31	27,29	52,99	71,49	118,61
		T4T32	27,74	53,81	72,57	120,30
		T4T33	29,56	57,07	76,87	127,05

Tablo C.5. T5 Kodlu Bina Seçeneklerine Ait Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

GENEL GURUPLAR	ALT GURUPLAR	SEÇENEKLER (KOD NO)	M ² OLARAK YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI (KWH/M ²)			
			1. BÖLGE	2. BÖLGE	3. BÖLGE	4. BÖLGE
CEPHE DÜZENLEME SEÇENEKLERİ	yatay	T5C11	32,35	62,08	83,45	137,33
		T5C12	33,06	63,32	85,10	139,91
		T5C13	34,99	66,74	89,60	146,93
	düşey	T5C21	29,08	56,21	75,74	125,28
		T5C22	29,62	57,18	77,01	127,27
		T5C23	31,78	61,04	82,09	135,22
	Yatay-düşey	T5C31	33,97	64,94	87,23	143,24
		T5C32	34,66	66,17	88,84	145,75
		T5C33	36,59	69,57	93,31	152,71
	düz	T5C41	27,21	52,83	71,29	118,28
		T5C42	27,75	53,81	72,57	120,30
		T5C43	29,87	57,63	77,61	128,21
PANEL GENİŞLİĞİNE BAĞLI SEÇENEKLER	dar	T5G11	27,21	52,83	71,29	118,28
		T5G12	27,95	54,17	73,05	121,05
		T5G13	30,90	59,48	80,04	132,01
	orta	T5G21	27,21	52,83	71,29	118,28
		T5G22	27,75	53,81	72,57	120,30
		T5G23	29,87	57,63	77,61	128,21
	geniş	T5G31	27,21	52,83	71,29	118,28
		T5G32	27,66	53,64	72,36	119,96
		T5G33	29,36	56,70	76,39	126,29
TAŞIYICILIĞA BAĞLI SEÇENEKLER	Kendini taşıyan	T5T11	27,21	52,83	71,29	118,28
		T5T12	27,56	53,46	72,12	119,59
		T5T13	28,97	56,01	75,48	124,87
	taşınan	T5T21	27,21	52,83	71,29	118,28
		T5T22	27,50	53,36	71,98	119,36
		T5T23	30,52	58,78	79,13	130,58
	taşıyıcı	T5T31	27,21	52,83	71,29	118,28
		T5T32	27,66	53,64	72,36	119,96
		T5T33	29,45	56,87	76,61	126,63

ÖZGEÇMİŞ

1971 yılında Antalya’da doğdu. 1988 yılında Antalya Gazi Lisesi’nden mezun oldu. 1989 yılında İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü’nde başladığı lisans öğrenimini 1993 yılında tamamladı. Bir yıl özel bir kuruluştaki çalıştıktan sonra 1994 yılında başladığı yüksek lisans öğrenimini 1997 yılında tamamladı. 1995 yılında İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, Yapı Bilgisi Ana Bilim Dalı, Yapı Elemanları Birimi’nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Halen bu görevine devam etmektedir.