

## ÖZET

21.yüzyıl insanoğlunun çevresi ile uyumlu bir bütün olduğu yaşam tarzını gerektirmektedir. Kaynakların etkin bir şekilde kullanılması açısından binaların ve çevrelerinin, tasarım, yapım, işletim, kullanım, bakım-onarım, yıkım ve yeniden işlev kazandırma süreçlerinde, ekolojiye duyarlı bir bakış açısıyla hareket etmek gerekmektedir. Bu sebeple enerji, su, malzeme, arsa, sermaye gibi kaynak ve girdilerin verimli kullanımı sağlanmalıdır. Binaların etkin olarak enerji tasarrufu sağlayacak şekilde yapılması, disiplinler arası işbirliği ile tasarım aşamasından başlayarak çözümlenmesi gereken bir konudur.

Enerji korunumu pek çok sektör ile beraber yapı sektöründe de büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla küreselleşen dünya üzerinde, ülkemiz açısından enerji kazanımlı yapılar tasarlamak, uygulamak ve işletmek gerekmektedir. Giderek azalan enerji kaynakları dünyadaki pek çok ülkenin bu konuda tedbirler almasını sağlamıştır. Özellikle enerji kaybı açısından büyük bir orana sahip olan yapı sektöründe alınan tedbirler bunların başında gelmektedir. Binalarda ısının etkin kullanımı son derece önemlidir. Bununla birlikte kalite, zaman, maliyet ve estetik kaygılar değişik sistemlerin araştırılıp bulunmasını doğurmuştur.

Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Sistemi bu arayışların sonucu olarak dünyanın pek çok ülkesinde yıllardır kullanılmaktadır. Çalışmada bu sistem literatür araştırmaları ile beraber incelenmiş ve Türkiye iklim koşulları üzerinde uygulanabilirliği TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Yönetmeliği’ne göre “konut ölçeğinde” incelenmiştir. Sistemin yurt dışı ısıl performans test sonuçları değerlendirilmiş ve Türkiye uygulamaları, Bursa İli’nde seçilen örnek konut üzerinde TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Yönetmeliği’ne göre enerji ihtiyacı, ısı kaybı, yoğuşma ve buharlaşma grafikleri ile beraber irdelenmiştir. Sistemin ısıl performansını daha iyi irdelemek amacı ile seçilen örnek konutun duvarlarının tuğla sandviç ve gazbeton sandviç olması durumları için Türkiye’nin dört gün bölgesinde ayrı ayrı hesaplamalar yapılmış ve birbirleri ile tablolar ve grafikler halinde karşılaştırılmıştır. Yapılan hesaplamalar Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Sistemi’nin Türkiye iklim koşullarında “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Yönetmeliği’ne uygun olduğunu, bununla birlikte yoğuşma problemlerine karşı tedbirler alınması gerektiğini ortaya koymuştur.

Çalışmada Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Sistemi’nin Türkiye iklim koşullarında uygulanabilirliği ısıl performans açısından incelenmiş ve bu sistemin Türkiye’de uygulanabilirliği konusunda öneriler getirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sandviç Duvar, Beton Panel, Isı Yalıtımı

## ABSTRACT

21 st century requires a life style which constitutes a harmonious whole with its environment. For the effective use of sources, in terms of design, construction, operation usage, maintenance, demolition and restoration processes of buildings and their environments, it is necessary to adopt a perspective which is sensitive to ecology. For this reason, sources and inputs such as power, water, material, land and capital, must be used effectively. Buildings must be constructed in such a way that they can provide effective energy saving. This is an issue which should be solved in a cooperation between disciplines and this cooperation must begin from the of design stage.

Conservation of energy is a very important factor in reconstruction sector like many others. For this purpose, in a world which is in the process of globalization, it is necessary to design, construct and manage buildings so as to recover energy. Because of the gradually decreasing energy sources, some countries have taken measures against this issue. Most important of these are the measures taken in the construction sector, which are responsible for the considerable rate of energy loss. However, quality, time cost and aesthetic concerns have led to search and invention of various systems. As result of this search for many years, isolated concrete sandwich panel system is used in number of country of the world. In this study this system are examined with literature research and its applicability is investigated in the housing scale according to the Regulations of TS825 Rules of Isolations in Buildings. Foreign country thermal performance test results about this system are evaluated and its applications in Turkey are examined. For this aim, a sample house has been chosen in Bursa and its energy requirement, heat loss, condensation and evaporation have been examined with related graphic according to the Regulations of TS 825 Rules of Isolation in Buildings. In order to perform perfect examination of the thermal performance of sample house, different calculations have been carried out for brick sandwich wall and gas concrete sandwich wall in terms of for day regions of Turkey and they were compared as tables and graphics. Calculations show that Isolated Concrete in Buildings. They also show that measures must be taken against condensation problem. In this study, applicability of Isolated Concrete Sandwich Panel System has been investigated in terms of thermal performance and proposals have been introduced about its applicability in Turkey.

Keywords: Sandwich Wall, Concrete Panel, Thermal Isolation

## Ç NDEK LER

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>Ç NDEK LER</b> .....	<b>iii</b>
<b>S MGELER D Z N</b> .....	<b>vi</b>
<b>EK LLER D Z N</b> .....	<b>vii</b>
<b>Ç ZELGELER D Z N</b> .....	<b>xi</b>
<b>1-G R</b> .....	<b>1</b>
1.1.Amaç.....	2
1.2.Kapsam.....	3
1.3.Yöntem.....	5
<b>2. KONUTLARDA KULLANILAN HAZIR CEPHE ELEMANLARI</b> .....	<b>5</b>
2.1. Beton Esaslı Hazır Cephe Elemanları.....	8
2.1.1. Tek Katmanlı Beton Cephe Elemanları.....	13
2.1.2 Çift Katmanlı Beton Cephe Elemanları.....	15
2.2. Beton Sandviç Panel Duvar Sistemi.....	17
2.2.1. Beton Sandviç Panel Duvar Sisteminin Tanımı ve Tarihçesi.....	19
2.2.2. Sistemi Olu turan Elemanlar.....	20
2.2.3. Beton Sandviç Panel Duvarların Özellikleri .....	28
2.2.4. Beton Sandviç Panel Duvarların Üretimi ve Uygulanması .....	31
2.2.5. Beton Sandviç Panel Duvar Sisteminin Kullanım Yeri ve ekli.....	40
<b>3. KONUTLARDA UYGULANAN BETON SANDV Ç PANEL DUVAR S STEM N N PERFORMANS KR TERLER N N NCELENMES</b> .....	<b>57</b>
3.1. Ta ıyıcı Sistemin Stati i ve Birle im Detayları.....	59
3.2. Isı Yalıtımı ve Yo u ma.....	75
3.3. Güne kontrolü.....	80
3.4. Yangın Korunumu ve Güvenlik.....	82
3.5. Ses Yalıtımı.....	87
3.6. Temizlik ve Bakım.....	90
3.7. Deprem Güvenli i.....	91

<b>4. SEÇ LEN ÖRNEK KONUT ÜZER NDE YALITIMLI BETON SANDV Ç PANEL DUVARLARIN UYGULAMA VE ISIL KONFOR AÇISINDAN NCELENMES</b> .....	<b>95</b>
4.1. Uygulama Süreci Açısından ncelenmesi.....	95
4.2. Isıl Konfor Açısından ncelenmesi.....	105
<b>5. ARA TIRMA SONUÇLARI</b> .....	<b>113</b>
5.1. T.S. 825 Isı Yalıtım Yönetmeli i'ne Göre Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Duvar Uygulamalarının De erlendirilmesi.....	113
5.2. Sistemin Türkiye Uygulamaları için Öneriler.....	142
<b>6. SONUÇLAR</b> .....	<b>144</b>
KAYNAKLAR.....	147
EKLER.....	155
TE EKKÜR.....	173
ÖZGEÇM .....	174

## TE EKKÜR

Yüksek Lisans çalı mam süresince çok de erli bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren ve her türlü yardımını esirgemeyen saygıde er danı man hocam Prof. Dr. Nilüfer AKINCITÜRK'e, çalı mam süresince de erli bilgileri ve yardımları ile her zaman yanımda olan ve hem bir akademisyen, hem de birey olarak her zaman örnek aldı ım saygıde er hocam Ö r.Gör.Dr. Filiz ENKAL SEZER'e, Uluda Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde bulunan bütün hocalarıma, tez çalı mamın ba ından sonuna kadar yardımlarını ve desteklerini benden esirgemeyen n . Müh. Sayın Satu KÜÇÜKKAYALAR'a, n . Müh. Sayın Ülkü KÜÇÜKKAYALAR'a, Mimar Sayın Dicle AKA'ya ve tüm Ka Yapı San. Ve Tic. Ltd. ti. çalı anlarına sonsuz te ekkürlerimi ve saygılarımı sunuyorum.

Ayrıca hayatım boyunca benden maddi ve manevi hiçbir deste i esirgemeyip her zaman yanımda olan, te vik eden, emek veren babam Hasan YÜCEDA 'a, annem Semiha YÜCEDA 'a, karde im Tolga YÜCEDA 'a ve ablam Hep en SARIO LU'na sonsuz te ekkür ediyorum.

## SİMGELER DİZİNİ

$\mu$	Su buharı difüzyon direnci katsayısı	Birimsiz
	Bağıl nem	Birimsiz
ay	Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü	Birimsiz
g	Güneş enerjisi kazancı	W
h	Isı iletkenlik hesap değeri	W/mK
i	Çıkarış ısı kazancı	W
	Yüzey ısı yalıtım katsayısı	W/m <sup>2</sup> K
1/ $\lambda$ , d/	Malzemenin ısı direnci, yüzey ısı iletim direnci	m <sup>2</sup> K/W
Ap	Toplam pencere alanı	m <sup>2</sup>
Atop	Binanın ısı kaybeden yüzeylerinin toplam alanı	m <sup>2</sup>
d	Yapı bileşeninin kalınlığı	m
H	Binanın özgül ısı kaybı	W / K
Hi	İletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı	W / K
Hh	Havalandırma yolu ile gerçekleşen ısı kaybı	W / K
(KKO)	Kazanç / kayıp oranı	Birimsiz
Ps	T sıcaklığındaki doymuş su buharı basıncı	Pa
q	Isı akı yoğunluğu m <sup>2</sup> K	
Qay	Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı	Joule
Qyıl	Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı	Joule
Sd	Su buharı difüzyonu eşdeğer hava tabakası kalınlığı	m
T	Sıcaklık	C, K
Ti	Çıkarış yüzey sıcaklığı	C, K
Td	Dış yüzey sıcaklığı	C, K
Vbrüt	Hacim	m <sup>3</sup>

**EK LLER D Z N**

ekil 2.1. Büyük duvar bloklı bir sistemin kurulu perspektifi.....	10
ekil 2.2. Dar veya orta boy panelli sistemlerin kurulu perspektifi .....	10
ekil 2.3. Ta ıyıcı duvar perdeli sistemlerde ta ıyıcı duvarların düzenleni ekileri.....	12
ekil 2.4. Beton esaslı cephe panellerinde biçimsel çe itlilik.....	13
ekil 2.5. Beton esaslı cephe panellerinde boyutsal çe itlilik.....	13
ekil 2.6. Tek tabakalı, beton esaslı panel kesit ve perspektifi .....	14
ekil 2.7. Çift tabakalı, beton esaslı panel kesitleri.....	16
ekil 2.8. Fabrikada tek parça halinde üretilen sandviç cephe panelleri .....	16
ekil 2.9. Ta ıyıcı katmanlı sandviç paneller.....	16
ekil 2.10. Beton sandviç panel duvar sistemi ile üretilen cephe panelinin kalıptan çıkarılıp, istiflenmeden önceki durumu.....	19
ekil 2.11. Cephe panelinin istiflenece i yere ta ınması.....	19
ekil 2.12. Isı yalıtımlı beton sandviç panel duvar sisteminin ba layıcı elemanı “konektör”	22
ekil 2.13. Geleneksel çelik ba lantılı elemanlı ısı yalıtımlı sandviç panel de ısı geçi i .....	22
ekil 2.14. Isı yalıtımlı beton sandviç panelde ısı geçi i .....	22
ekil 2.15. Türkiye Jokey Klubü için imal edilen yalıtımlı beton sandviç duvar panelinde konektörlerin yerle imi.....	23
ekil 2.16. Tilt-up ve prekast uygulamaları için konektör boyutları.....	24
ekil 2.17. Konektörlerin xps ‘e yerle imi.....	24
ekil 2.18. Konektörlerin panele yerle imi.....	25
ekil 2.19. Extrude polistren köpük ısı yalıtım malzemesi .....	25
ekil 2.20. Isı dalgasının sönmelenmesi ve kayması.....	29
ekil 2.21. Yalıtımlı beton sandviç panellerin çekme mukavemeti.....	30
ekil 2.22. Yalıtımlı beton sandviç panellerin basma mukavemeti.....	31
ekil 2.23. Yalıtımlı beton sandviç panellerin kesme mukavemeti .....	31
ekil 2.24. Aynı kalıbın birden çok kez kullanılması.....	33
ekil 2.25. Ayarlanabilir kalıp sistemi.....	34
ekil 2.26. Yalıtımlı beton sandviç panellerin prekast / öngerilmeli yapımı Mansfield Rehabilitasyon Merkezi, Ohio.....	34

ekil 2.27. Yalıtımlı beton sandviç panelleri ile prekast / modüler olarak üretilen Philadelphia, Pennsylvania Curran-Fromhold Correctional Facility Binası.....	35
ekil 2.28. Yalıtımlı beton sandviç panellerin yerinde düküm kalıba dökülmesi .....	35
ekil 2.29. Marmara Zeytin Birli i için üretilen beton sandviç paneller duvarın tilt-up sistemi ile yerde yatay dökülüp aya a kaldırılması.....	35
ekil 2.30. Megablok teknik ile üretilen panellerin istiflenmesi.....	36
ekil 2.31. Yalıtımlı beton sandviç panellerin konstrüktif detayları.....	36
ekil 2.32. Yalıtımlı beton sandviç panellerin kullanıldı ı yere göre detaylar.....	37
ekil 2.33. Tilt-up panellere beton dökülmesi .....	38
ekil 2.34. Tilt-up panelerin aya a kaldırılması .....	38
ekil 2.35. Tilt-up panellerin yerine sabitlenmesi .....	38
ekil 2.36. Tilt-up panellerin desteklenmesi.....	38
ekil 2.37. Modüler hücre ekinde üretilen bina bölümünün yerine montajı.....	39
ekil 2.38. Prekast modüler olarak üretilen yapı elemanları .....	39
ekil 2.39. Ludlow, Massachusetts'te Cezaevi Binası.....	39
ekil 2.40. Yerinde döküm olarak üretilen sandviç duvar paneli.....	39
ekil 2.41. Canlı kesim tesisi üretimi temel a aması.....	46
ekil 2.42. Sandviç panel duvar üretim kalıbı.....	47
ekil 2.43. Isı yalıtım malzemesi üzerindeki konektörler.....	47
ekil 2.44. Konektörlerin kilitlenmesi .....	48
ekil 2.45. Vibratör ile sıkı tırılması.....	48
ekil 2.46. Donatı yerlerimi .....	48
ekil 2.47. Beton dökümü.....	48
ekil 2.48. Betonun düzeltilmesi .....	48
ekil 2.49. Kalıptan çıkarılan panel.....	48
ekil 2.50. Panelin ta nması.....	48
ekil 2.51. Panelin istiflenmesi.....	48
ekil 2.52. Panellerin yerine yerle imi ve dükümde rijitlenmesi.....	49
ekil 2.53. Panellerin çaprazlamalarla desteklenmesi.....	49
ekil 2.54 Kapı lentosunun yerle imi.....	49
ekil 2.55. Dökümde yerle imimi içeriden görünümü .....	49
ekil 2.56.Dökümde panelinin yerle imi.....	49
ekil2.57.Panellerin düküm arıdan desteklenmesi.....	49



ekil 2.58.Canlı üretim tesisleri idari bölüm iç mekandan görülen panel duvarlar .....	50
ekil 2.59.Canlı üretim tesisleri idari bölüm dış görünüm .....	50
ekil 2.60. Panelin kalıp içinde beton dökümünden önceki durumu.....	51
ekil 2.61. Panelin kalıp içinde beton dökümünden sonraki durumu .....	51
ekil 2.62. Betona deliklerin açılması.....	51
ekil 2.63. Panelde xps yerleştirilmesi.....	51
ekil 2.64. Betona koruyucu tabaka püskürtülmesi.....	52
ekil 2.65. Panelin granit ile kaplanması.....	52
ekil 2.66. Sandviç panel duvarların yerine montajı.....	52
ekil 2.67. Sandviç panel duvarların teras çatı ile birleştirilmesi.....	52
ekil 2.68. Bursa Jokey Klubü Seyis Kır Kahvesi dış görünüm .....	52
ekil 2.69. Panel duvarın yüksekliği fazla olduğu için, donatıların kalıba demesinin engellenmesi.....	53
ekil 2.70. Donatıları yerleştirilen panel kalıbı beton dökümüne hazır.....	53
ekil 2.71. Beton dökümü için .....	54
ekil 2.72. Sandviç panelin iki beton yüzeyi arasına xps'lerin yerleştirilmesi .....	54
ekil 2.73. Tilt-up panele xps'lerin yerleştirilmesi.....	54
ekil 2.74. Konektörlerin kendi ekseninde döndürülerek kilitlemesi .....	54
ekil 2.75. Sandviç panelin taıyıcı olan tabakasının demirlerinin yerleştirilmesi .....	54
ekil 2.76. Sandviç panelin betonunun dökülmesi.....	54
ekil 2.77. Beton dökülen tilt-up paneller.....	55
ekil 2.78.Tilt-up panelin vinç yardımı ile kaldırılması.....	55
ekil 2.79. Tilt-up panelin yerine montajı.....	55
ekil 2.80. Tilt-up sandviç panellerin temel montajı.....	55
ekil 2.81. Konferans salonu ön cephe.....	56
ekil 2.82. Konferans salonu yan cephe.....	56
ekil 3.1 Enlemesine yerleştirilen taıyıcı duvar perdeli “açık” taıyıcı sistemlerde perde zemin seviyesi.....	61
ekil 3.2. Enlemesine duvarların büyük aralıklarla düzenlenmesi için bir “açık” taıyıcı sistem...62	62
ekil 3.3. Statik hesaplarda boşluklu bir perdenin kabul edilme koşulları.....	63
ekil 3.4. Bir konut planında çözümlenmesi gereken duvarbaşıların yatay kesitte gösterilmesi.....	64

ekil 3.5. Bir konut planında çözümlenmesi gereken yatay ba lantuların dü ey kesitte gösterilmesi.....	64
ekil 3.6. Düzlemsel elemanların arasındaki ba lantuların kurulmasında, kuvvet etki tiplerine göre alınması gereken bazı önlemler.....	65
ekil 3.7. Dü ey ba lantulara gelebilecek çekme ve kesme kuvvetlerine karşı, duvar panellerinin kenarlarında alınabilecek önlemler.....	68
ekil 3.8. Dö eme elemanlarının taşıyıcı ve rijitle tirici duvar panelleri arasında “rüzgar ba lantısı” görevini üstlenmesi.....	69
ekil 3.9. Üst üste gelen duvar panellerinin donatı filizlerinin yer yer (genelde iki noktada) çelik plakaların yardımı ile kaynaklanması ile yapılan deprem ba lantısı.....	70
ekil 3.10. Cephe panellerindeki fugaların yalıtımı için yapılabilen detay çözümleri.....	72
ekil 3.11. ki kademede yalıtımlı dü ey fuga (yatay kesit) .....	73
ekil 3.12. ki kademede yalıtımlı bir yatay fuga örne i (dü ey kesit).....	73
ekil 3.13. Derz dolgu malzemesinin uygulanmasında do ru ve yanlış çözümler .....	74
ekil 3.14 Beton esaslı sandviç cephe paneli.....	76
ekil 3.15. ç ortamdan dış ortama nem geçi ini önleyen panel geçi i.....	77
ekil 3.16. Yo u ma (kondensasyon) oluşu.....	77
ekil 3.17 Çelik ba lantılı sandviç panelde ısı geçi i .....	80
ekil 3.18. Yalıtımlı panelde ısı geçi i.....	81
ekil 3.19. Beton esaslı cephe panellerinde yatay gölgeleme sistemi ile güne korunumunun elde edilmesi.....	81
ekil 3.20. Derz dolgu sistemlerinde yangından korunum.....	86
ekil 4.1. Örnek konutun araziye uygulaması.....	96
ekil 4.2. Örnek konut temel a masası.....	96
ekil 4.3. Sandviç panel duvarların üretimi için hazırlanan kalıp.....	96
ekil 4.4. Üretimi tamamlanan sandviç panellerin antiyeye götürülmek üzere istiflenmesi..	97
ekil 4.5. Üretimi tamamlanan sandviç panellerin antiyeye götürülmek üzere araca yerle tirilmesi.....	97
ekil 4.6. Araçtan indirilen panellerin antiyede yerine yerle tirilmesi.....	97
ekil 4.7. Panellerin kapı üstü bölümlerinin vinçle montajı.....	98
ekil 4.8. Panellerin vinç yardımı ile yerle tirilmesi .....	98
ekil 4.9. Sandviç panellerin yerine montajı .....	98
ekil 4.10. Çatı çelik kiri lerinin içeriden görünümü.....	99

ekil 4.11. Isıtma tesisatının iç mekan duvarına yerleşimi.....	99
ekil 4.12. Binanın iç mekan görünümü.....	99
ekil 4.13. Binanın kaba inaat güney cephesi .....	100
ekil 4.14. Binanın bugünkü giri (kuzey) cephesi perspektif görünümü.....	101
ekil 4.15. Binanın kuzey rüzgarına karşı korunaklı oluturulmuş giri.....	101
ekil 4.16. Binanın garaj yönünden görünümü.....	101
ekil 4.17. Güney cephesi görünümü.....	102
ekil 4.18. Binanın güney cephesi, iç ve dış havuz bağlantısı.....	102
ekil 4.19. Örnek binanın batı cephesi .....	103
ekil 4.20. Örnek binanın doğu cephesi .....	103
ekil 4.21. Örnek bina iç havuz görünümü .....	103
ekil 4.22. Örnek bina iç mekan bağlantıları.....	103
ekil 4.23. Örnek binanın salonundan görünüm.....	104
ekil 4.24. Örnek binanın salon, mutfak ve yatak odaları bağlantısı.....	104
ekil 4.25. Örnek konut dış duvarlarına ait ısı akım diyagramı.....	107
ekil 4.26. Örnek konut dış duvarlarına ait buhar difüzyon diyagramı.....	109
ekil 4.27. Örnek konut dış duvarlarına ait ematik yoğunlaşma ve buharlaşma dönemlerinin buhar difüzyon diyagramları.....	109
ekil 5.1. Örnek konutun dış duvarlarının tuğla olması durumunda ısı akım diyagramı.....	116
ekil 5.2. Örnek konutun dış duvarlarının tuğla sandviç olması durumunda çizilen buhar – difüzyon diyagramı.....	116
ekil 5.3. Örnek konutun dış duvarlarının tuğla olması durumunda çizilen ematik yoğunlaşma-buharlaşma grafikleri.....	117
ekil 5.4. Örnek konutun dış duvarları gazbeton sandviç olması durumunda ısı akım diyagramı.....	120
ekil 5.5. Örnek konutun dış duvarlarının gazbeton sandviç olması durumunda çizilen buhar difüzyon diyagramı.....	120
ekil 5.6. Örnek konutun dış duvarlarının gazbeton sandviç olması durumunda çizilen ematik yoğunlaşma-buharlaşma grafikleri.....	121
ekil 5.7. Minneapolis kışartlarında beton sandviç duvarda ısı akımı - yoğunlaşma diyagramı.....	136
ekil 5.8. Minneapolis yazartlarında beton sandviç duvarda ısı akımı- yoğunlaşma diyagramı.....	137

ekil 5.9.Orta A ırlıkta içi bo , izolasyonsuz blok R de eri ölçümü.....	139
ekil 5.10. zolasyonsuz duvar R de eri ölçümü.....	139
ekil 5.11. Orta a ırlıkta içi bo luklu, arasında i irilmi perlit bulunan beton blok duvar R de eri ölçümü.....	140
ekil 5.12. ki beton yüzey arası fiberglas ısı yalıtımlı duvar R de eri ölçümü.....	140
ekil 5.13. Teste tabii tutulan tüm duvarlardaki dinamik ısı dönemi uygulaması.....	140

## Ç ZELGELER D Z N

Çizelge 2.1. Konektörün teknik özellikleri.....	23
Çizelge 2.2. Xps'in boyutları.....	26
Çizelge 2.3. Xps'in teknik özellikleri.....	27
Çizelge 2.4. Eps ve Xps Kar ıla tırılması.....	27
Çizelge 2.5. Yalıtımlı beton sandviç sistem yurt dı ı uygulamaları.....	40
Çizelge 2.6. Yalıtımlı beton sandviç sistemin Türkiye uygulamaları.....	45
Çizelge 3.1. Kalınlıklarına ba lı olarak beton esaslı cephe panellerinin ısı geçirgenlik katsayıları.....	76
Çizelge 3.2. Panel kalınlı ına ve agrega türüne ba lı yangın dayanım süreleri.....	85
Çizelge 3.3. 1.5 cm kalınlı ındaki alçı levha kaplama panellerin yangın dayanım süreleri.....	86
Çizelge 3.4. Beton cephe panellerinde ses yalıtım özellikleri.....	90
Çizelge 4.1. Örnek konutun yalıtımlı beton sandviç duvarları için hesaplamalarda kullanılan sınırlandırma artları.....	106
Çizelge 4.2. Örnek konut için hesaplanan U de eri.....	108
Çizelge 4.3. Örnek konutun yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	110
Çizelge 4.4. Örnek konut iç ortamının on gün süre ile ölçülen iç ısı ve nem de erleri.....	111
Çizelge 5.1. Örnek konutun duvarlarının tu la sandviç olması durumunda hesaplanan U de eri .....	115
Çizelge 5.2. Örnek konutun dı duvarlarının tu la sandviç olması halinde hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	117
Çizelge 5.3. Örnek konutun dı duvarlarının gazbeton sandviç olması durumu için hesaplanan U de eri.....	119
Çizelge 5.4. Örnek konutun dı duvarlarının çift gazbeton duvar arası ısı yalıtımlı olması durumunda yıllık ısıtma enerjisi.....	121
Çizelge. 5.5. Örnek konut üzerinde yapılan hesaplamalara göre üç duvar tipinin bulunan U de erleri.....	123
Çizelge 5.6. Örnek konut üzerinde ikinci derece gün bölgesinde üç duvar tipinin yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının kar ıla tırılması.....	124
Çizelge 5.7. Beton sandviç duvar sisteminin örnek konut üzerinde birinci derece gün bölgesi olan Antalya'da yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	126

Çizelge 5.8. Beton sandviç duvar sisteminin örnek konut üzerinde üçüncü derece gün Bölgesi olan Ankara’da yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	127
Çizelge 5.9. Beton sandviç duvar sisteminin örnek konut üzerinde dördüncü derece gün bölgesi olan A rı’da yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	128
Çizelge 5.10. İkinci derece gün bölgesi’nde üç duvar sisteminin hesaplanan ve izin verilen enerji ihtiyaçları.....	129
Çizelge 5.11. Birinci derece gün bölgesi’nde üç duvar eklinin yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları.....	130
Çizelge 5.12. Üçüncü derece gün bölgesi’nde üç duvar eklinin yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları.....	130
Çizelge 5.13. Üçüncü derece gün bölgesi’nde üç duvar sisteminin hesaplanan ve izin verilen enerji ihtiyaçları.....	130
Çizelge 5.14. Dördüncü derece gün bölgesi’nde üç duvar sisteminin hesaplanan ve izin verilen Qyıl de erleri.....	131
Çizelge 5.15. Dördüncü derece gün bölgesi’nde üç duvar sisteminin hesaplanan ve izin verilen enerji ihtiyaçları.....	132
Çizelge 5.16. Yalıtımlı beton sandviç panel duvar sisteminin hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının dört derece gün bölgesinde kar ıla tırılması.....	132
Çizelge 5.17. Dört derece gün bölgesine göre beton sandviç duvar sisteminin hesaplanan ve izin verilen enerji ihtiyaçları .....	132
Çizelge 5.18. Yalıtımlı beton sandviç panel duvar sistemi için kullanılan ısı yalıtım malzemesinin dört derece gün bölgesindeki kalınlıkları.....	133
Çizelge5.19. Dört derece gün bölgesine göre üç duvar sisteminin de erlendirilmesi.....	134
Çizelge 5.20. Seçilen örnek konut üzerinde üç duvar sisteminin kaba in aat maliyetlerinin kar ıla tırılması.....	135
Çizelge 5.21. ç ve dı hava tabakalarının sıcaklık ve nem durumu.....	135
Çizelge 5.22. Beton sandviç duvara ait yo u ma de erleri (kı ).....	136
Çizelge 5.23. ç ve dı hava tabakalarının sıcaklık ve nem durumu.....	137
Çizelge 5.24. Beton sandviç duvara ait yo u ma de erleri (yaz).....	137
Çizelge 5.25. Seçilen duvar tipleri için test sonucunda bulunan R de erleri.....	138
Çizelge 5.26. Yapılan test sonucu be farklı duvar tipi için bulunan ısı geçirgenlik direnç de eri (R).....	138
Çizelge 5.27. Dinamik ısı testi sonuçları.....	139

## 1.GİRİŞ

Bir yapı tasarımının, amacına uygun, sağlam, estetik ve ekonomik olması şeklinde özetlenebilecek özellikleri, projelendirme ve uygulama olarak iki aşamada gerçekleştirilmektedir. Tasarımın oluşum ve kullanma sürecindeki biçimlenişini sağlayan malzemenin, 19. yüzyıla kadar kontrüksiyon ve forma etkisini ayrı ayrı değerlendirmesinin zor olduğu görülmüştür. Çünkü Form, tasarımın kontrüksiyon olanaklarından doğmuştur.

19. yüzyıldan sonra endüstri devrimi ile beraber gelişen ekonomik ve sosyal değişimler malzeme teknolojisinin önemini arttırmış ve tasarımlarda tek bir malzeme yerine birden fazla malzemenin kullanıldığı çözümler görülmeye başlanmıştır. Endüstri devrimi ile tüm dünyada büyük bir hızla gerçekleşen makinalaşma, zaman içinde büyük bir enerji problemini ortaya çıkarmıştır. Özellikle sanayide kullanılan fosil yakıtlar atmosferde oluşturdukları zararlı etkile ile çevresel felaketlerin oluşmasına sebebiyet vermiştir. Bilinçsiz sanayileşme her geçen gün yerkürenin sahip olduğu enerji stoğunun azalmasını sağlamıştır. Bu sebeple dünyanın pek çok ülkesi var olan enerjisini en verimli şekilde kullanabilmesinin çözüm yollarını aramıştır. Kullanılan enerji kaynaklarının fosil yerine güneş, rüzgar ve su şeklinde temiz enerji kaynakları olması için gerekli çalışmaları hayatın tüm alanlarına yaymıştır. Pek çok sektörde olduğu gibi yapı sektöründe de enerji korunumu bu sebeple çok önemlidir.

Bir yapının tasarımından, uygulanıp işletmeye açılmasına kadar geçen süreçler içerisinde mekan oluşumu, yönlendirme, cephedeki doluluk boşluk oranları, taşıyıcı sistemin belirlenmesi, yan yana gelen malzemelerin birbirine etkisi ve daha pek çok konu enerji korunumu açısından çok önemlidir. Tüm bunlar yapı içinde yaşayan insanların konfor koşullarının istenilen düzeyde olmasını sağlamaktadır. Yapı sağlığını etkileyen mekanik deformasyonlar, aşınma, deprem, ısısal etkiler, su ve nem etkileri, akustik sorunlar, güneş ve atmosfer etkileri, yangın gibi faktörlerin hepsi yapı fiziği açısından değerlendirilmesi gereken konular olarak saptanmıştır. Ama öncelikle yapıda kullanılan malzemelerin içyapısının bilinmesi, tanınması ve doğru inşaat sistemi ve doğru malzeme seçimlerin yapılması gerekmektedir. Malzemede görülen deformasyonlar basınç, çekme, kayma, burulma, eğilme, burkulma, yorulma, çarpma, sertlik, aşınma gibi durumlar olarak sayılabilmektedir.

Isısal sorunlar yapı içinde yaşayan insanın sağlıklı ve üretken olmasını sağlayan konfor koşullarını etkilemekle birlikte, ısısal deformasyonlar nedeni ile yapının yıpranmasına yol açmaktadır. Bu sebeple kullanılan malzemenin yapı fiziği kurallarına uygun olmasının yanında enerji tasarrufu sağlaması da çok önemlidir.

Yapının bileşenlerinin malzemesi, kullanım şekli, doğru detaylandırılması ve uygulanması yukarıda anlatılan yapı fiziği kuralları ve enerji korunumu açılarından çok önemlidir. Sürekli gelişen yapı teknolojisi ile prefabrik olarak üretilen yapı elemanlarının da yukarıda sayılan performans kriterlerine uygunluğunu sağlamak gereklidir.

Bu amaçla tüm dünya ile birlikte ülkemizde de uygulanmaya başlanan ısı geçirim düzeyi minimum, beton sandviç panel duvarlar özellikle incelenmesi ve ülkemiz iklim koşullarında uygulanma şekillerinin araştırılması gereken bir konudur.

Isı Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Duvar Sistemi dünyanın birçok ülkesinde yıllardır kullanılmaktadır. Bu sistem hızlı üretilmesi, sağlamlığı, ısı depolama yeteneği ile ideal bir ısı yalıtımı sağlaması, ısı köprüleri oluşumuna izin vermemesi, yoğuşma ve buharlaşma oluşturmaması gibi özellikleri ile tercih edilmektedir.

Çalışma bu sistemin dünyada çeşitli ülkelerde uygulandığı binaların oluşum süreci, her türlü teknik detayı, bitmiş hallerinin tespiti, yurtdışında bu sistem hakkında var olan düşünceler ile ısısal performans açısından yapılan testler ele alınmış ve Türkiye’de Beton Sandviç Panel Duvar Sistemi’nin uygulandığı binaların ısısal performans ve yoğuşma kontrolü değerleri TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”Yönetmeliği’ne uygunluğu açısından değerlendirilmiştir.

### **1.1. Amaç**

Bu çalışmanın amacı, endüstrileşmiş yapım sürecince geliştirilen “Beton Sandviç Panel Duvar Sistemi’nin ” yukarıda belirtilen yapı fiziği kurallarına, enerji tasarrufu ilkelerine, yapının ısısal konfor standartlarına uygun olup olmadığını tespit etmek ve tüm dünyada yıllardır uygulanan bu sistemin ülkemizin iklim koşullarına ne derece uygun olduğunu ortaya koymaktır.

Farklı gün bölgelerinde uygulanması gereken yalıtım kalınlığı ve malzemelerin taşımaları gereken ısı geçirgenlik direnç değerleri TS 825’te verilmiştir.



Isı Yalıtımlı Cephe Panelleri'nin en uygun kesitte projelendirilmesi ve uygulanması önemlidir. Uygulama aşamasında detayların doğru oluşturulması gereklidir.

Bu çalışmada amaç, Isı Yalıtımlı Beton Sandviç Cephe Panelleri'nin, ülkemiz iklim koşullarında TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Yönetmeliği'ne göre sağlamaları gereken ısı yalıtım değerlerine ulaşmaları için gerekli olan yalıtım malzemesi kalınlıklarının bulunması, dört derece gün bölgesi için ısı akım ve yoğunlaşma kontrolü hesaplarının yapılarak Isı Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Duvar Türkiye uygulamaları için öneriler getirilebilmesidir.

## **1.2. Kapsam**

Yeryüzünde mevcut enerjinin her geçen gün biraz daha azalması ile birlikte pek çok sektör ile birlikte yapı sektörü de enerji korunumlu binalara yönelmiştir. Bu bakış açısı ile oluşturulan Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Sistemi'nin diğer beton sandviç panellerden ayıran özelliklerinin ve performans kriterlerinin belirlenmesi için bu sisteme ait teorik bilgilerle birlikte Türkiye ve Dünya uygulamalarının incelenmiş ve ısıl konfor koşulları açısından olumlu ve olumsuz özellikleri belirtilmiştir. Bu amaçla TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Yönetmeliği'ne göre ısı yalıtım hesaplamaları yapılmış ve sistemin Türkiye uygulamaları için öneriler getirilmiştir.

Çalışmaya öncelikle Beton Sandviç Duvar Sistemi'nin literatür içerisinde yerinin nerede olduğunu belirlemek için endüstrileşmiş yapım sistemleri ile birlikte gelişen hazır cephe elemanlarının kullanım alanları, tabakalaşma düzenleri, malzemeleri gibi özellikleri incelenerek başlanmıştır. Bu aşamada sistemin Türkiye ve ABD'de uygulayıcıları ile temasa geçilmiş ve Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Duvarların özellikleri ve uygulamaları hakkında bilgi alınmıştır. Sistemin tanımı, tarihçesi, sistemi oluşturan elemanlar, sistemin özellikleri, üretimi, uygulanması, kullanım yeri ve şekli ile ilgili bilgiler bir araya getirilmiştir.

Özellikle yurt dışında sanayi yapıları, depolar, okul ve hastahaneler, hapishane binaları, konutlar gibi kullanım amacı çok farklı yapılarda kullanılan bu sistemin ısıl konfor koşulları açısından daha sağlıklı incelenebilmesi için "konut ölçeğinde" ele alınması gerekliliğine karar verilmiştir.

Konutlarda uygulanan Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Duvar Sistemi'nin performans kriterlerinin incelenmesi aşamasında taşıyıcı sistemin statığı ve birleşim detayları, ısı yalıtımı ve yoğuşma, güneş kontrolü, yangın korunumu ve güvenlik, ses yalıtımı, temizlik ve bakım, deprem güvenliği konuları ele alınmış ve incelenmiştir.

Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Duvar Sistemi'nin Türkiye'de uygulanabilirliğini incelemek amacı ile 2. Derece Gün Bölgesi olan Bursa İli'nde bu sistem ile yapılmış örnek bir konut seçilerek uygulama ve ısıl konfor koşulları açılardan değerlendirmeler yapılmıştır.

Sistemin ısıl konfor koşulları açısından incelenmesi aşamasında seçilen örnek konutun TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Yönetmeliği'ne göre ısı akım ve yoğuşma kontrolü yapılarak standarda uygun olup olmadığı bulunmuştur. Sistemin ısıl konfor koşullarına uygunluğunu değerlendirilirken, örnek konutun duvarları gazbeton sandviç ve tuğla sandviç olma durumları ayrı ayrı ele alınmış ve aynı hesaplama yöntemleri kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar dört derece gün bölgelerinde seçilen iller üzerinde de yapılmış ve bulunan sonuçlar grafikler ve tablolar halinde verilerek birbirleri ile karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Duvar Sistemi'nin 1987 yılı şubat ayında Amerika "Construction Technology Laboratories" de ASTM C303-82, ASTM D162-73, ASTM C518-76, ASHRAE Handbook – 1985, ASHRAE / IES 90.1-1989 standartlarına uygun olup olmaması açısından Minneapolis iklim koşullarına (yaz ve kış) göre ısısal performans testlerine tabii tutulmuştur. Testler sonucunda elde edilen bulgular grafikler ve tablolar halinde aşağıda verilmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen bulgular ışığında sistemin Türkiye uygulamaları için öneriler getirilmiştir.

### **1.3. Yöntem**

Çalışmada izlenen yöntem; literatür araştırmalarının yanı sıra, yerinde yapılan gözlemler, kullanıcılarla gerçekleştirilen görüşmeler ve TS 825'te belirtilen hesaplama yöntemiyle birlikte değerlendirilmesi ile elde edilen bilgilerin belirli bir düzen içerisinde sunulması ve bu sistemin Türkiye'de uygulanmasına yönelik çözüm önerilerinin getirilmesi şeklindedir.

## 2. KONUTLARDA UYGULANAN HAZIR CEPHE ELEMANLARI

Hazır cephe elemanlarının üretiminde genel olarak beton ve metal malzemeler kullanılmakla birlikte, ahşap ve plastik malzemelerin de kullanıldığı da görülmektedir.

Metal Esaslı Hazır Cephe Elemanlarının üretiminde alüminyum, çelik ve çelik alaşımları kullanılır. Herhangi bir firmanın ürettiği bileşenler veya sipariş üzerine üretilir.

Metal malzemeli giydirme cephe sistemlerinde metal elemanlar strüktürü oluşturan çubuk şeklinde profiller ya da dış kabuğu oluşturan yüzey kaplaması dolgu panolarında levha olarak karşımıza çıkar.

Metal bileşenlerin ısı geçirgenlik direnç değerleri düşük olduğu için, özellikle levha şeklinde olanları ısı yalıtım malzemesi ile birlikte çok katmanlı olarak kullanılmalıdır. Ayrıca strüktürü oluşturan çubuk şeklindeki elemanların da ısı köprüsü oluşumuna sebebiyet vermesinden dolayı, ısı bariyerleri kullanılması gerekmektedir.

Metal malzemeler istenilen şekilde ses yalıtımı sağlamayan ve yangına karşı dayanımı da son derece düşük olan bileşenlerdir. Su ve nem karşısında korozyona uğramaması için gerekli tedbirler alınmalıdır (Göçer, 1997).

Metal sandviç paneller dünya inşaat sektöründe son 40 yıl içinde, ülkemizde ise son 20 yılda kullanılmaya başlanmıştır. Bu paneller çoğunlukla endüstri tesislerinde kullanılmaktadır. 2 Metal levha arasına çeşitli kalınlık ve yoğunlukta ısı yalıtım malzemesinin yerleştirilmesi ile oluşturulur. Genel olarak çelik metal levhalar, bazen de 0.5-0.7mm kalınlığındaki alüminyum kullanılmaktadır. Bu levhalar değişik ölçülerde ama genel olarak 1m. genişliğinde üretilmektedir. Levhalar arasında ısı yalıtım malzemesi olarak poliüretan ve camyünü kullanılmaktadır. Uzunlukları genellikle 5-20m arasında olmaktadır ( Sezer, 2004).

Endüstriyel tesislerde kullanılan panellerin kolay temizlenmeleri ve hijyen olmaları önemlidir. Bu yüzde çelik yüzeyler korozyona karşı sıcak galvaniz daldırmaya tabi tutulmakta ve daha sonra üzeri genellikle beyaz isteğe bağlı olarak renkli PVC ile kaplanmaktadır. Çelik alüminyumdan iki-üç kez daha güçlüdür ve ısıdan 585 °C'de etkilenir. Alüminyumun etkilenme ısısı 100 °C-225 °C'dir. Dolgu maddesi genellikle metal yüzeylere temas noktalarında yangını geciktirici bir yapıstırıcı ile bağlanır.

Metal sandviç levhaların seçiminde; ısı, su, ses ve nem geçirmezlik, yük taşıma özellikleri, montaj kolaylığı, depolama, metal özellikleri, renk ve kaplama özellikleri, yangın korunumu, korozyon, istenilen konstrüksiyona uygun detay çözümlerinin olup olmadığı gibi noktalar önemle üzerinde durulmalıdır.

Üretim aşamasında bir uçtan üretim hattına giren metal levhaların şekillendirilmesi ile panelin alt ve üst bitimini oluşturan forma sokulmaktadır. Şekillendirilmiş metal levhaların arasına yalıtım malzemesinin yerleştirilmesi ile kompozit bir panel oluşturulmaktadır. Daha sonra paneller istenilen ölçüde kesilmektedirler. Metal sandviç panellerin özel fırın boya ile boyanarak istenilen her renkte hazırlanması mümkündür. Nakliye ve montaj aşamalarında panellerin zarar görmesini engellemek amacı ile panellerin dış yüzeylerine koruyucu etilen folyo uygulanmaktadır.

Metal sandviç paneller ısı yalıtım malzemesine ve yüzey kaplama malzemesi açısından iki gruba ayrılır.

#### A-Isı Yalıtım Malzemesine Açısından

##### a) Mineral Yün İzolasyonlu Metal Sandviç Paneller

Alüminyum veya galvanize sac dış kabuk arasına yoğunluğu 100-110 kg/m<sup>3</sup> taşıyünü ve yoğunluğu 60-70 kg/m<sup>3</sup> arasında değişen camyünü izolasyon tabakası kullanılan sandviç panellerdir. Mineral yün panelin içine birbirine şaşırtmalı olarak yerleştirilir. Taşıyünü dolgulu sandviç paneller diğerlerine nazaran daha ağır oldukları için nakliye ve şantiye aşamalarında rahat taşınmaları için önerilen ölçüler; 50mm kalınlıktaki paneller için 6 metre, 80mm için 5 metre, 100mm kalınlık için ise 4 metredir. Panellerin üretiminde kullanılan yalıtım malzemelerinin DIN 4102'ye göre ( Fire Behaviour of Building Materials and Building Component-Part 2) A sınıfı yanmaz malzeme olması ve DIN 4109'a uygun ses yalıtımı sağlaması gerekmektedir.

##### b) Poliüretan İzolasyonlu Metal Sandviç Paneller

İki metal levha arasına yoğunluğu 38-42 kg/m<sup>3</sup> olan poliüretan sert köpük malzemenin enjekte edilmesi ile üretilen panellerdir.

Poliüretanın ısı iletkenlik katsayısı (U değeri) 0,035 W/mK 'dir. 4cm poliüretan köpük, 4,5 cm polistren köpük, 4,5 cm mineral lifli yalıtım malzemeleri, 30 cm gazbeton, 50 cm tuğla duvar ve 240cm betonarme duvarın ısı iletkenlik katsayıları (U değeri) eşittir.

Bu yüzde metal sandviç panel duvarlar, diğer dış kabuk malzemelerine göre deha ince kullanılabilir. Uygulandığı bölge şartları dikkate alınarak 3,5-10 cm arasında değişen kalınlıkta metal sandviç panel üretimi yapılabilir.

#### B- Yüzey Kaplama Malzemesi Açısından

##### a) Gofrajlı veya düz alüminyumlu

Kullanılan alt ve üst yüzey malzemesinin tipine göre 0,4-0,7 mm kalınlıklarda değişen, isteğe bağlı olarak gofrajlı yani; trapez, tırtıl, fugalı, veya düz desenli oluşturulan levhalardır. Kullanılacak alüminyum malzemelerin DIN 1725 ve TSE 412 standartlarına uygunluk göstermesi gerekmektedir

##### b) Galvanizli Sac

Bu paneller, polyester, plastiol veya PVdF adı verilen özel boyalarla boyanmak sureti ile dış hava koşullarına dayanım sağlamaları ve daha uzun ömürlü olmaları sağlanmaktadır. Bu tip panellerin DIN 1725 ve TSE 412 standartlarına uygunluk göstermesi gerekmektedir

##### c) Karma (Panelin bir yüzeyi boyalı galvaniz sac, diğer yüzeyi alüminyum)

Bu tip paneller iki yüzeyi de galvaniz sac veya bir yüzeyi galvaniz sac, diğer yüzeyi alüminyum olarak üretilirler.

##### d) Membran örtülü (panelin bir yüzeyi alüminyum, diğer yüzeyi özel PVC membranlı)

Genel olarak teras çatı uygulamalarında kullanılan ve panelin bir yüzeyi metal, diğer yüzeyi özel PVC membran kaplamalı olarak üretilen panellerdir.

Metal sandviç paneller yapılarda çatı, cephe, soğuk hava depoları gibi iç mekanda ısı yalıtımı uygulaması gereken yerlerde kullanılır (Sezer, 2004).

Ahşap malzemedan oluşan hazır cephe elemanları “Çerçevesiz Hafif Panel Duvar Sistemlerinde” giydirmeye cephe elemanının taşıyıcı çerçevesini meydana getirirler. Panel duvarlar ise tek veya çift cidarlı ahşap paneller tarafından oluşturulur. Kullanılan levhaların boyutları ahşap çerçeve bileşenlerin aralıklarını belirler.

Ahşap panellerde iki levha arasına ısı yalıtım malzemesi konularak ısı geçirgenliğinin azaltılması yoluna gidilir. Ayrıca suya karşı hassas olmalarından dolayı tedbir alınmalıdır. Kolay yanmaları ve deforme olmaları olumsuz, kolay şekil almaları ve görsel etkilerinin güçlü olması olumlu özellikleridir (Göçer, 1997).

Plastik malzemeler giydirmeye cephe sistemlerinde konstrüksiyonu oluşturan çerçeve bileşenleri ve opak kısımlara ait dolgu bileşenleri olarak görev yaparlar. Plastik malzemelerle oluşturulan giydirmeye cephelerin montajları korozyondan korunmuş hafif çelik profiller ve galvanizli vidalar ile yapılır. Plastik levhalar hafiftir ve işlenebilir özelliğine sahiptirler. Isıl genişleme özellikleri yüksek olduğu için, diğer cephe elemanlarına genişlemesine izin veren birleşimlerle bağlanırlar.

Plastik esaslı hazır cephe elemanları , bükülmelere, sert darbelere, suya ve rutubete karşı dayanıklıdır. Bunun yanında yangına karşı dayanıklı değildirler.

## **2.1. BETON ESASLI HAZIR CEPHE ELEMANLARI**

Günümüzde prefabrikasyon üretim sürecinin sağladığı avantajlar beton esaslı cephe panellerinin kullanılmasını yaygınlaştırmıştır. Bu paneller tek tabakalı, çift veya daha çok tabakalı olmak üzere iki türlü üretilirler.

Hazır dış duvar elemanın ısısal direncinin artırılması amacı ile iki katmanlı düzenlemeye gidilmektedir. Genel olarak beton tabaka ile birlikte ısı yalıtım malzemesi içte ve dışta düzenlenir. Isı yalıtımının duvarın dış yüzeyine yakın olarak düzenlenmesi durumunda yoğuşma ihtimalinde ısı yalıtımının nemlenmesi önlenmekte ve duvarın ısı depolama kapasitesi artırılmış olmaktadır.

Çok katmanlı elemanlarda katmanların birleşmesi imalat sırasında veya sonradan şantiyede gerçekleştirilebilir. İmalat sırasında yapılan paneller “sandviç”, şantiyede yapılanlar ise “kompozit” panel adını almaktadır.

Sandviç paneller dış ve iç beton katmanlarının bağlantı biçimlerine ve çalışma ilkelerine göre iki türdür.

İç ve dış beton katmanlarının birbirlerine sıkı donatı veya hem donatı hem de betonla bağlanan türlerinde ısı köprüleri oluşur. Ayrıca dış beton tabakasının ısı yalıtımı ile birleştiği yüzde yoğuşma olma ihtimali yüksektir. Bu problem ısı yalıtım tabakasının iç yüzüne buhar kesici tabakanın konulması ile önenebilir.

Ama yine de yoğuşma suyunun dışarıya atılması zordur. Bu sebeple hava boşluklu sandviç paneller üretilmektedir.

Ayrı çalışan taşıyıcı katmanlı sandviç paneller taşıyıcı katman, yalıtım, dış koruyucu katman ve gerekirse hava boşluğu olarak üç veya dört katmandan oluşmaktadır.

Burada hava boşluğu yoğuşma olasılığında suyu dışarı atmak için bırakılmakta ve ısı yalıtım malzemesi iç beton katmanında ısı depolanmasını sağlamaktadır.

Tek tabakalı cephe panelleri homojen bir yapıya sahiptir. Hafif olmasının getirdiği üretim, taşıma ve montaj kolaylıklarının yanında, ısı iletkenlik değerinin yüksek olması ve büyük gerilmelere maruz kalması olumsuz özelliğidir.

Çift tabakalı cephe panellerinde taşıyıcılık ve fiziksel etkilere karşı koruyuculuk farklı katmanlar tarafından üstlenilir. Üretimi kolay ve hızlıdır.

Üç veya daha fazla tabakalı cephe panelleri betonarme iki katman arasına ısı yalıtım özelliği gösteren üçüncü bir tabakanın yerleştirilmesi ile oluşturulur. Bu tür paneller “Sandviç Paneller” olarak adlandırılır. Genellikle iç katmanlar panelin strüktürünü oluştururken, iç tabakaya göre daha ince olan dış tabaka yağmur vb. gibi dış etkenlere karşı koruma görevi üstlenir.

Beton esaslı hazır cephe panelleri; kesit kuruluşlarındaki katmanlaşma düzenleri, genişlik ve yükseklikleri, biçimleri, bina taşıyıcı sistemi ile konumsal çeşitliliklerine bağlı olarak değerlendirilebilmektedir.

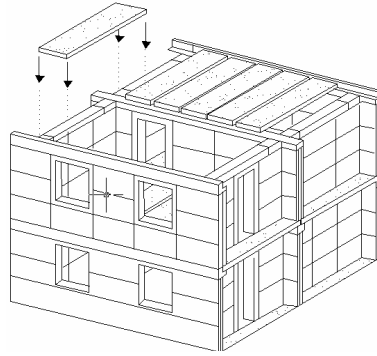
Beton esaslı cephe panelleri daha önceden üretilip yerine montaj edildiği için giydirme cephe kavramı içinde değerlendirilebilir. Giydirme cepheler kullanılan panellerin ağırlıklarına bağlı olarak; ağırlığı  $100\text{kg/m}^2$  den büyük ise “Ağır Asma Giydirme Cephe”, ağırlığı  $100\text{kg/m}^2$  den küçük ise “Hafif Asma Giydirme Cephe” olarak isimlendirilir (Göçer, 1997).

Beton esaslı cephe panelleri Ağır Asma Giydirme Cephe grubuna girmektedir. Kalıp kullanımının istenilen şekilde yapılabilmesi nedeni ile betona istenilen şekil verilebilir ve yüzey dokusu da ayarlanabilir. Ağır Asma Giydirme Cephe elemanları kendi ağırlıkları ve rüzgar yükü karşısındaki gerekli stabiliteyi sağlamaları nedeni ile en az 6cm kalınlıkta yapılmalıdır. Panelin içinde kullanılan donatı aralarındaki mesafe en az 10cm olan çelik ızgara şeklinde olmalıdır. Böylelikle elemanın bünyesinde oluşacak çatlamlar azaltılabilir. Çok katmanlı sandviç panellerde katmanlar arasındaki bağlantının sistemin ağırlık merkezinde bulunması önemlidir.

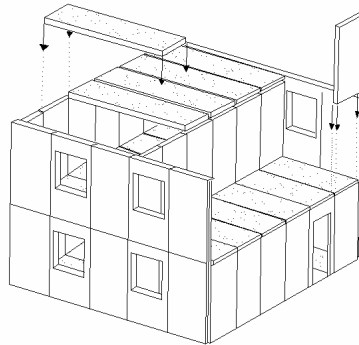
Beton, ısı geçirgenlik direnci düşük, ısı iletkenlik katsayısı yüksek bir malzeme olduğu için, beton esaslı ağır asma giydirme cephe sistemlerinde ısı yalıtımı uygulaması gerekmektedir. Bunun yanında beton, yangın dayanımı yüksek ve yeterli seviyede ses yalıtımı sağlayan bir malzemedir.

Büyük Duvar Bloklı sistemler; duvar öğeleri kat yüksekliğinin 1/2 'si ya da 1/3''ü yüksekliğinde olan beton, hafif beton, tuğla bloklardır (Şekil 2.1.). Genişlikleri 75-120 cm., kalınlıkları 20-25cm., ağırlıkları ise 0.5-1.5 ton civarındadır. Kaldırma halkalarının dışında donatısı yoktur. Kenarları genellikle bir harç yuvasına olanak verecek şekilde düzenlenir. Öğelerinin bitmişlik düzeyinin yüksekliği şantiye işçiliğinin azlığı, stabilitesinin artması, ağırlığı sebebi ile ses yalıtımı yönünden güçlü olması olumlu, sistemin amortisman süresinin fazlalığı, tasarımda esnekliği azaltması olumsuz özellikleridir.

Dar ve orta boy duvar panelli sistemde, konut başına 50-100 bileşen düşmekte ve eleman ağırlıkları 2-5 ton arasında olmaktadır. Duvar panelleri kat yüksekliğindedir. Dar paneller 30-80 cm, orta boy paneller 100-180 cm genişliğindedir(Şekil 2.2.). Bina içinde uygulanan paneller dolu, boşluklu, betonarme plaklar şeklinde yapılmakta, alçak yapılarda çeşitli şekillerde hafif beton paneller de uygulanabilmektedir. Kitlesel olarak üretilen standart elemanların üretiminde gelişmiş teknolojilerin kullanılabilmesi nedeni ile kuru türde (blonlu, yapıştırmalı vs.) bağlantılar olarak vermektedir (Ayaydın, 1987).



Şekil 2.1. Büyük duvar bloklı bir sistemin kuruluğu



Şekil 2.2. Dar veya orta boy panelli sistemlerin kuruluğu (Ayaydın,1987)



Bileşenlerin çok amaçlı olarak üretilmesi, açık endüstrileşmeye olanak vermektedir. Taşıma ve montaj basit araçlarla gerçekleştirilmekte, modüler çalışmak şartı ile tasarım esnekliği sağlanmakta ama bunlarla beraber; bağlantılar sık olduğu için şantiye işçiliği artmakta, stabilite azalmakta, bu da yalıtım ve görünüş sorunları oluşturmaktadır. Beton esaslı cephe panelleri genişliklerine göre; dar (30-80 cm genişliğinde), orta boy (100-180 cm genişliğinde), büyük boy paneller (200 cm'den daha geniş) olmak üzere üç gruba ayrılarak sınıflandırılabilir. (Göçer, 1997) Döşeme elemanlarının doğrultusuna göre sınıflandıracak olursak; Tek doğrultuda taşıyıcı olan döşeme elemanlı sistemler, (döşemeler binanın uzun eksenine paralel veya dik olarak yerleştirilebilir) iki doğrultuda taşıyıcı olan döşeme elemanlı sistemler şeklinde bir düzenleme yapabiliriz.

Taşıyıcı duvarların düzenleniş şekline göre ,aynı zamanda döşemenin taşıma yönünü de belirleyen sınıflandırmaya göre ise,

- a) Her doğrultuda düzenlenen taşıyıcı duvarlarla kurulan çapraz sistem (iki doğrultuda çalışan döşeme) (Şekil 2.3.a.)
- b) Binanın kısa eksenine paralel olarak düzenlenen taşıyıcı duvarlarla kurulan “enlemesine sistem” (Tek doğrultuda çalışan döşeme) (Şekil 2.3.b.) (Ayaydın, 1987)
- c) Binanın uzun eksenine paralel olarak düzenlenen taşıyıcı cephe ve iç duvarlarla kurulan “boylamasına sistem” (Tek doğrultuda çalışan döşeme) (Şekil 2.3.c.)

Statik olarak yerine getirdikleri görevlere göre hazır cephe panelleri üç grupta incelenebilir.

1. Üzerlerindeki duvar ve döşemelerden gelen yükleri temellere ileten taşıyıcı dış duvar panelleri, aynı zamanda yanal kuvvetlere karşı direnerek, yapının stabilitesinde önemli rol oynarlar. Bu tür paneller, “çapraz” ve “boylamasına” sistemlerin cephelerinde ve “enlemesine” sistemlerin kalkan duvarlarında uygulanmaktadır

2.Kendini taşıyabilen (otoportör) dış duvar panelleri, kendi ağırlıklarını ve üzerlerine oturtulan diğer panellerin oluşturduğu düşey yükleri kendi temellerine, yatay yükleri ise kat döşemelerine iletirler. Bu panellerin yapının öteki strüktürel elemanları ile birleşmeleri, noktasal ve elastiki bağlantılarla olmaktadır.

Cephe panelleri arasındaki düşey fugalar, aynı zamanda dilatasyon derzleri görevini de görmektedir.

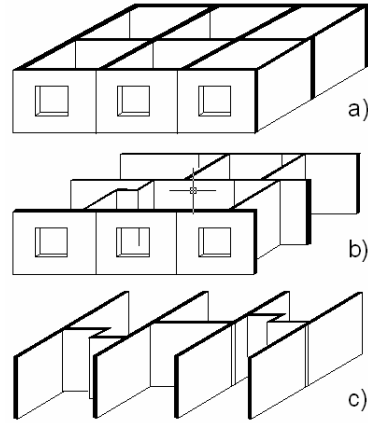
Böylelikle 5-10 kata kadar yükselebilen ve bağımsız olarak hareket edebilen cephe dilimleri oluşabilmektedir ( Ancak bu tür çözümlerin deprem kuşağı olan ülkelerde uygulanması sakıncalı olduğu söylenmektedir.).

Taşıyıcı olmayan dış duvar panelleri kendi ağırlıklarını ve kendilerini etkileyen rüzgar kuvvetlerini direkt olarak yapının strüktürel iç duvar ve döşeme elemanlarına aktarırlar. Genel olarak “enlemesine sistemler” in cephelerinde uygulanan bu tür sistemler, bir çeşit “ağır” perde duvarı oluştururlar (Ayaydın, 1987).

Cephe panelleri kesit kuruluşlarındaki katmanların sayısına göre 3’e ayrılır. Bunlar; tek katmanlı (dolu kesitli) cephe panelleri, çift katmanlı cephe panelleri, üç veya daha çok katmanlı cephe panelleri olmak üzere sayılabilir. Cephe panellerinin biçimleri kullanıcı için gerekli olan fiziksel konfor koşullarını ve estetik beklentileri karşılayabilecek şekilde düzenlenir. Panellerin strüktürel görevleri dikkate alındığında üç tür biçimsel çeşitlilikten söz edebiliriz (Şekil 2.4.).

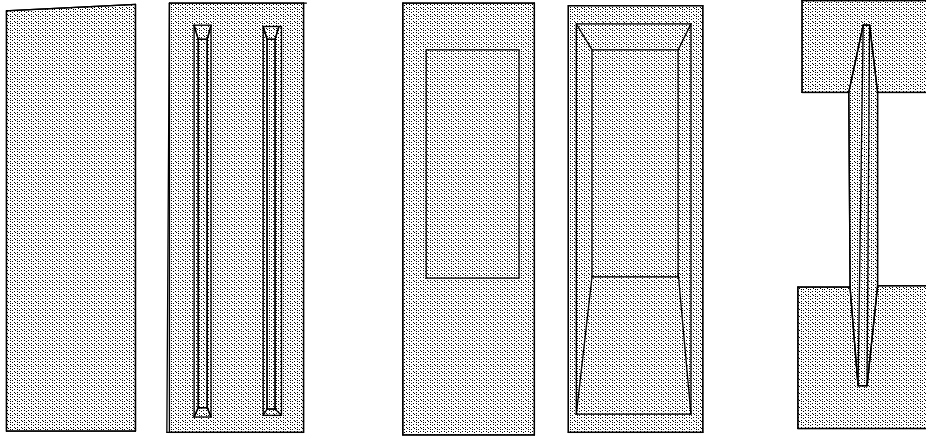
Beton esaslı cephe panellerinin depolama, taşıma ve montaj aşamalarında oluşan sınırlamalar, boyutsal çeşitliliklerini belirler. Buna göre cephe panelleri; kat yüksekliğinde dar veya geniş paneller, birkaç kat yüksekliğinde paneller, parapet elemanları olmak üzere sınıflandırılabilirler.

Küçük parçalı elemanlar olarak sınıflandırılabilirler (Şekil 2.5.).

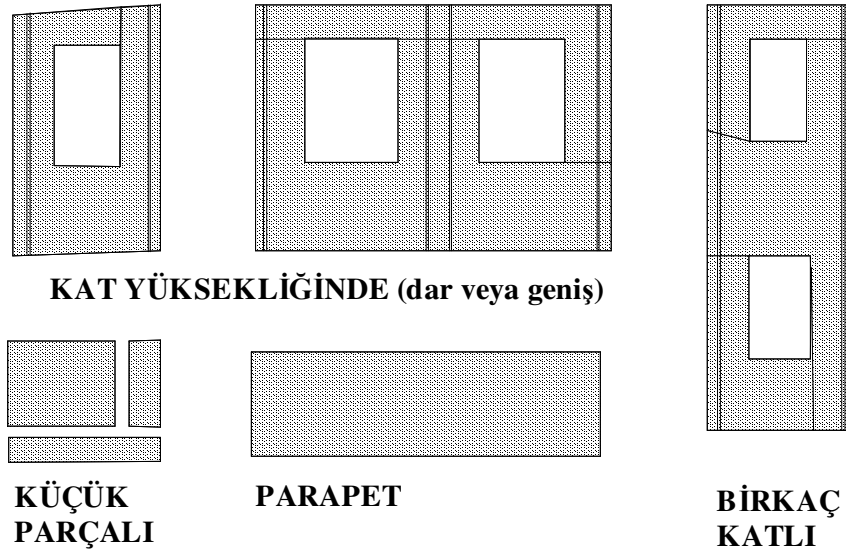


Şekil 2.3. Taşıyıcı duvar perdeli sistemlerde taşıyıcı duvarların düzenleniş şekilleri. (Ayaydın, 1987)

- a)Boşluksuz cephe panelleri
- b) Kapalı boşluklu cephe panelleri
- c)Açık boşluklu cephe panelleri



Şekil 2.4. Beton esaslı cephe panellerinde biçimsel çeşitlilik



Şekil 2.5. Beton esaslı cephe panellerinde boyutsal çeşitlilik (Göçer, 1987)

### 2.1.1. Tek Katmanlı (Dolu Kesitli) Beton Cephe Elemanları

Bu elemanlar yüzeyleri sıvalı hafif beton veya dolu kesitli normal beton olarak üretilirler ve bünyeleri homojen yapıdadır.(Şekil 2.6.) Homojen dağılmayan küçük hava gözenekleri kılcal emme olayının oluşmasına, bu da yapı elemanlarının nemlenmelerine ve ısı geçirgenliklerinin artmasına neden olur. Tek katmanlı hazır beton dış duvar elemanları hafif olmaları nedeni ile üretim, taşıma ve montaj kolaylığı sağlamakla birlikte, ısı iletkenlik değerleri yüksek olduğu için büyük gerilmelere maruz kalmaktadır.

Tek katmanlı hafif beton elemanlar kolay üretilirler ama, kırılmaya karşı dirençleri azdır ve suya karşı koruyucu boya ile önlem alınması gerekmektedir.

Normal betondan üretilen elemanlar kırılmaya karşı dirençlidirler ve taşıyıcı olarak görev alabilirler.Ama yeterli ısı yalıtımı sağlayamazlar.Genellikle bu elemanlarda montajdan sonra içeriden ısı yalıtımı uygulanır bu da yalıtım malzemesi ile beton yüzey arasında yoğunlaşmaya sebep olmaktadır. (Göçer, 1987)

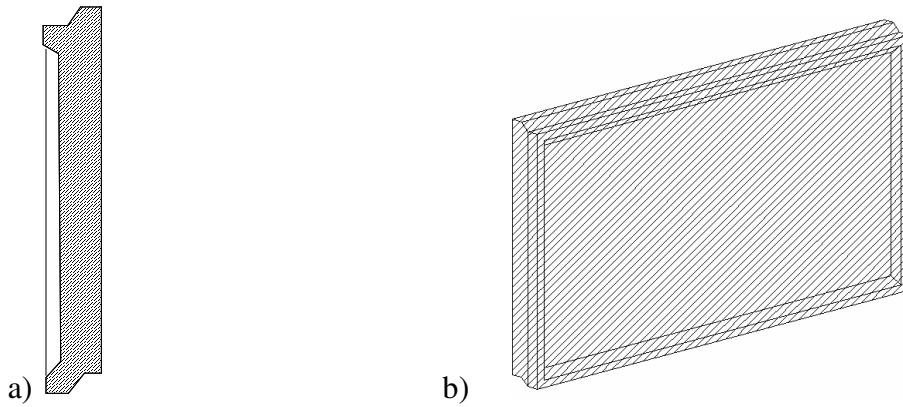
Tek tabakalı dış duvarlar homojen ve yüzeyleri sıvalı hafif betondan oluşur.

Bu tür duvarlar, iki kata kadar taşıyıcı, iki kattan yüksek yapılarda kendini taşıyan yada taşınan duvar olarak uygulanırlar. Şayet taşıma kapasitesinin artırılması isteniliyorsa, yoğunluğunu arttırarak ısı geçirgenlik direncinde düşüş yada kalınlıkta artış gibi sonuçları göze almak gerekmektedir.

Tek katmanlı beton dış duvarların olumlu özellikleri; malzemenin tek tür olması, hafif olması, üretiminin kolaylığı, ucuzluk olarak sayılabilir.

Tek katmanlı beton dış duvarların mukavemetinin az olmasından dolayı panelin taşıma kapasitesi azdır ve çok büyük boyutlandırma yapılması sakıncalıdır. Bunun yanında nakliye ve montaj sırasında kenarlarda kırılmalar olabilir. Malzemenin su geçirimsizliği fazla olduğu için, donatı korozyondan korunmalı ve dış yüzey sıva yada boya ile su geçirimsiz hale getirilmelidir.

Panelin büyük ısı gerilmelere maruz kalması bağlantılarda dikkat edilmesi gereken bir konudur.



Şekil 2.6. Tek tabakalı, beton esaslı panel kesit ve perspektifi

### 2 .1.2. Çift Katmanlı Hazır Beton Cephe Elemanları (Sandviç Paneller)

Hazır dış duvar elemanın ısısal direncinin artırılması amacı ile iki katmanlı düzenlemeye gidilir.Genel olarak beton tabaka ile birlikte ısı yalıtım malzemesi içte ve dışta düzenlenir.(Şekil 2.7.)

Isı yalıtımının duvarın dış yüzeyine yakın olarak düzenlenmesi durumunda yoğuşma ihtimalinde ısı yalıtımının nemlenmesi önlenir ve duvarın ısı depolama kapasitesi artırılmış olur.

Çok katmanlı elemanlarda katmanların birleşmesi imalat sırasında veya sonradan şantiyede gerçekleştirilebilmektedir. İmalat sırasında yapılan paneller “sandviç”, şantiyede yapılanlar ise “kompozit” panel adını almaktadır.

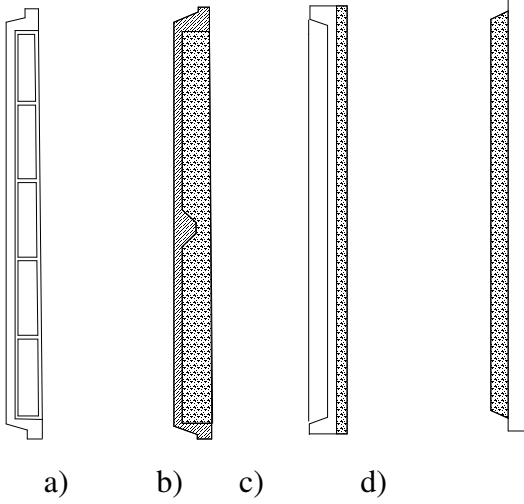
Sandviç paneller genel olarak beton ve metal malzemelerden üretilirler. İki duvar tabakası arasına ısı yalıtım malzemesinin yerleştirilmesi ile oluşturulan sandviç paneller bina cephelerinde kullanılırlar. (Göçer, 1997)

Beton sandviç paneller iki beton tabakası arasına ısı yalıtım malzemesi yerleştirilmesi, veya hem ısı yalıtım malzemesi yerleştirilmesi hem de hava boşluğu oluşturulması ile üretilen cephe elemanlardır.

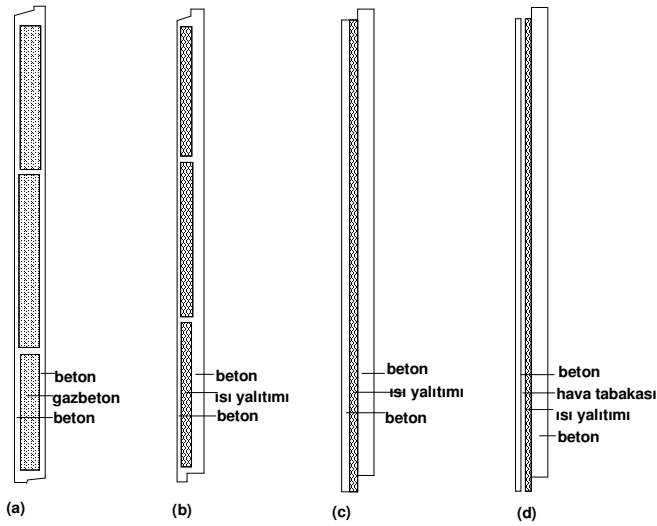
Sandviç paneller dış ve iç beton katmanlarının bağlantı biçimlerine ve çalışma ilkelerine göre iki türdür. İç ve dış beton katmanlarının birbirlerine sıkı donatı ile bağlanan veya hem donatı hem de betonla bağlanan türlerinde ısı köprüleri oluşmaktadır .

Ayrıca dış beton tabakasının ısı yalıtımı ile birleştiği yüzde yoğuşma olma ihtimali yüksektir.Bu problem ısı yalıtım tabakasının iç yüzüne buhar kesici tabakanın konulması ile önenebilir. Ama yine de yoğuşma suyunun dışarıya atılması zordur. Bu sebeple hava boşluklu sandviç paneller üretilmektedir. (Şekil 2.8.)

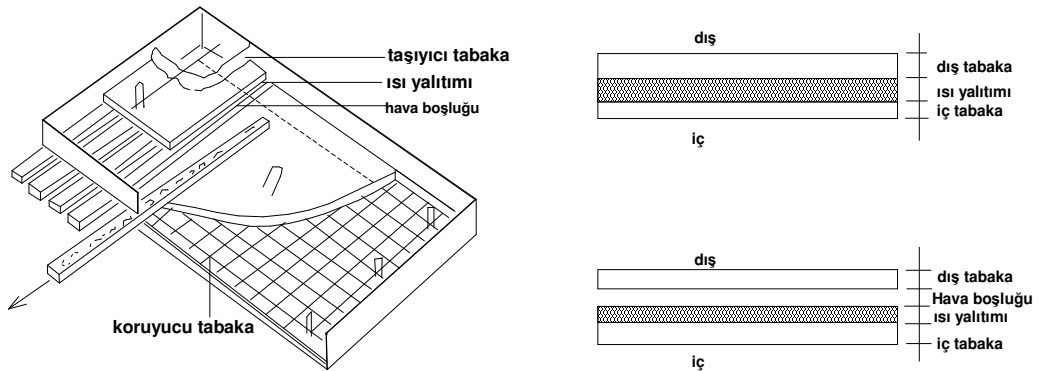
Ayrı çalışan taşıyıcı katmanlı sandviç paneller taşıyıcı katman, yalıtım, dış koruyucu katman ve gerekirse hava boşluğu olarak üç veya dört katmandan oluşur. (Şekil 2.9.) Burada hava boşluğu yoğuşma olasılığında suyu dışarı atmak için bırakılır. Ayrıca ısı yalıtım malzemesi iç beton katmanında ısı depolanmasını sağlar. Bu tür panellerde koruyucu beton katman ile taşıyıcı beton katman arasında donatı bağlantısı yoktur.



Şekil 2.7. Çift tabakalı, beton esaslı panel kesitleri a) Beton-tuğladan oluşan cephe paneli. b,c,d) Beton- gaz betondan oluşan cephe paneli



Şekil 2.8. Fabrikada tek parça halinde üretilen sandviç cephe panelleri



Şekil 2.9. Taşıyıcı katmanlı sandviç Paneller

Günümüzde prefabrikasyon üretim sürecinin sağladığı avantajlar beton esaslı cephe panellerinin kullanılmasını yaygınlaştırmıştır. Bu paneller tek tabakalı, çift veya daha çok tabakalı olmak üzere iki türlü üretilmektedirler.

Tek tabakalı cephe panelleri homojen bir yapıya sahiptir. Hafif olmasının getirdiği üretim, taşıma ve montaj kolaylıklarının yanında, ısı iletkenlik değerinin yüksek olması ve büyük gerilmelere maruz kalması olumsuz özelliğidir.

Çift tabakalı cephe panellerinde taşıyıcılık ve fiziksel etkilere karşı koruyuculuk farklı katmanlar tarafından üstlenilir. Üretimi kolay ve hızlıdır. Üç veya daha fazla tabakalı cephe panelleri betonarme iki katman arasına ısı yalıtım özelliği gösteren üçüncü bir tabakanın yerleştirilmesi ile oluşturulur. Bu tür paneller “Sandviç Paneller” olarak adlandırılır. Genellikle iç katmanlar panelin strüktürünü oluştururken, iç tabakaya göre daha ince olan dış tabaka yağmur vb. gibi dış etkenlere karşı koruma görevi üstlenir.

## **2.2. BETON SANDVIÇ PANEL DUVAR SİSTEMİ**

Dünyanın pek çok ülkesinde son yıllarda oldukça yaygın olarak kullanılan ve ısı köprüsü oluşumunu minimuma indirip, ısıyı duvar bünyesinde tutarak kütle etkisi oluşturmasını sağlayan beton sandviç panel duvar sistemi üzerinde önemle durularak incelenmesi gereken bir konudur.

### **2.2.1. Beton Sandviç Panel Sisteminin Tanımı ve Tarihçesi**

İster beton ister metal olsun, zaman içinde sandviç panellerin hızlı ısı kaybı, yoğunlaşma, ısı köprüsü oluşması gibi problemleri ortaya çıkırmıştır. Bu nedenle bu problemlerin çözümünü sağlayabilecek bir sistemin arayışına gidilmiş ve “ısısal kütle” etkisi olan “beton sandviç panel duvar sistemi” geliştirilmiştir.

“Isı yalıtımlı beton sandviç panel duvar sistemi”nin 1973 enerji krizinin tüm sektörleri olduğu gibi inşaat sektörünü de olumsuz etkilemesi sonucu ortaya çıktığı bilinmektedir. Özellikle ABD’de enerji korunması sanayi ve hükümet meselesi olarak ele alınmıştır. Portland çimento ortaklığı ve diğer organizasyonlarla, binaların beton ve duvar yüzeylerinin yalıtılarak daha az enerji ile daha etkin ısınma değerlerine ulaşılması sağlanmıştır.

1997 yılında Avrupa ile birlikte aynı anda ülkemize de girmiş olan bu yapı sisteminde, kolon, kiriş gibi yapı elemanları yoktur. Kolon ve kirişlerden oluşan bir iskelet sistem kurulmadığı için, oluşan duvar boşluklarını sıvalı tuğla veya gazbeton gibi herhangi bir duvar malzemesi ile doldurma durumu yoktur. Dolayısı ile bina cephesinde bulunan kolon ve kirişlerin ısı köprüsü oluşturması ihtimali de ortadan kalkmaktadır. Bu malzemelerin yerine yekpare, ısı yalıtımlı beton sandviç duvar paneli kullanılmaktadır. (Şekil 2.10., Şekil 2.11.) Sistemde panel duvarlar taşıyıcılık özelliği göstermektedir ve duvarların diğer yapı elemanları ile birleşimi ile ilgili detaylar çözülmüştür. Panellerin çekirdek malzemesi ısı yalıtım malzemesi XPS, iç ve dış beton tabakaları birbirine bağlayan ısı geçirgenliği çok düşük olan (binde 3) ve uzay çalışmaları sırasında geliştirilmiş olan fiber kompozit konektördür. (Anonim 2, 1998, USA)

Beton esaslı cephe panellerinin tasarımında panellerden beklenen özellikler, panellerin mekanik, kimyasal etkilere ve dona karşı dayanıklı olması, yağmur ve rüzgara karşı geçirimsizlik sağlaması, ısı iletkenlik değerinin düşük olması, iç yüzeyde terleme ve gövdede buhar yoğunlaşması sorunlarının oluşmaması, ısısal deformasyonlardan zarar görmemesi, üretiminin kolay ve maliyetinin düşük, bakımının az olması, yüzeyinin kolay kirlenmemesi, estetik olması, kalıp yapımında ve üretiminde kolaylık sağlaması gerekmektedir.

Bununla birlikte aynı kalıbın farklı boyutlardaki bileşenlerin üretimi için kullanılabilmesi, az sayıda bağlantı ve fuganın olması, boyutlarının, biçiminin ve ağırlığının taşıma masraflarını arttırmayacak şekilde olması, bileşim sistemlerinin ve malzemesinin yeterli dayanıklılık ve geçirimsizlik sağlaması, ısısal hareketlere imkan vermesi, panelin kendi içinde ve birleşimlerinde ısı köprülerinin olmaması, sıva ve iskele gerektirmemesi, istenildiğinde değiştirilip yerine yenisinin takılabilmesi olarak sayılabilir. Ayrıca tasarım aşamasında üretim, depolama, taşıma, montaj evrelerinin de irdelenmesi çok önemlidir.

Bu elemanları binadaki yerlerine yerleştirilinceye kadar geçen evrede kullanılan araçların en rasyonel biçimde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Tasarım esnasında binanın farklı fonksiyonlarına ait bir tek eleman türünün mü, yoksa birden çok eleman türünün mü kullanılacağı belirlenmelidir.



Ana panel elemanları ile birlikte paneller arasındaki bağlantı çözümleri önemli bir tasarım kriteridir. Cephe panellerinin biçimlenişini elektrik, su ısıtma vb. tesisat sistemleri etkilemektedir. Bu yüzden tasarımcının bu sistemler ile cephe panelleri arasındaki uyumu sağlamalıdır. (Göçer, 1997)

Yapı fiziği açısından, paneli oluşturan tabakaların ısı ve buhar geçirgenlikleri, birbirlerine göre konumları önemlidir. Panelin ısı geçirgenlik direnci TS 825 veya uygun şartnamelerde belirtilen değerlerde ise, cephe panellerinin iç yüzeyinde yoğuşma olmaz. **Duvar gövdesinin içerisinde yoğuşma olmasının önlenmesi için, duvarı kuran tabakaların difüzyon dirençlerinin içten dışa doğru azalması gerekmektedir.** Isı yalıtım tabakasının dış yüze yakın yerleştirilmesi, yoğuşmanın önlenmesi, ısının depolanması ve duvar gövdesinin büyük ısısal gerilmelerden korunması açılarından olumlu sonuçlar doğurmaktadır. Ancak teknolojik ve ekonomik sebepler ile duvarı kuran tabakaların difüzyon dirençlerinin içten dışa doğru azalması durumu gerçekleştirilemezse, binanın bulunduğu iklim bölgesi ve kullanım şekline göre, uygulanacak cephe panellerinin ısı akışını, doymuş buhar basıncını ve su buharı kısmi basıncını gösteren diyagramların çizilmesi gerekmektedir.

Kolon ve kirişli çerçeve sisteminde değil, betonarme perde duvarlarla kapalı bir kutu şeklinde üretildiğinden, depreme ve yangına karşı "dayanıklı" olduğu düşünülmektedir.



Şekil 2.10. (Anonim 1)



Şekil 2.11. (Anonim 1)

Şekil 2.10. Beton sandviç panel duvar sistemi ile üretilen cephe panelinin kalıptan çıkarılıp, istiflenmeden önceki durumu, Şekil 2.11. Cephe panelinin istifleneceği yere taşınması.

Şantiye ortamında, bina zemin betonu üzerinde, basit bir kalıpla üretimin söz konusu olmasından dolayı " düşük maliyetli" dir. "Yapımı kolay" dır ve "hızlı üretilir".

Isı köprülerini ortadan kaldırdığından ve içe bakan beton kütleinin ısı deposu olarak davranarak enerji kullanımını düzenlediğinden ve pik enerji ihtiyaçlarını elimine ettiğinden enerji tasarrufu sağladığı ve ilk yatırım ve işletme maliyetlerini düşürdüğü görülmektedir.

Yapı fiziği kuralları göz önünde tutularak ve sıvasız brüt beton olarak imal edildiğinden "uzun ömürlü" dür. "Bakım gerektirmez" isteğe göre boya yapılabilir. Yangın sırasında iç ve dış beton kütle erimesi zaman alacağı için aradaki XPS ısı yalıtım malzemesinin yangına katkısı minimumdur. Bu da yangın emniyeti sağlar. (İçinde poliüretan köpük bulunan sandviç metal panellerin yangına karşı olan direnci 15 dakikadır. Isı yalıtımlı beton sandviç panel duvar sisteminde bu süre 4 saattir.) (Anonim 2, 1998, USA)

### **2.2.2. Sistemi Oluşturan Elemanlar**

Beton Sandviç Duvar Sistemini oluşturan elemanlar, konektör, ısı yalıtım tabakası, taşıyıcı iç duvar beton tabakası ve dış beton tabakasıdır.

Konektör:

Fiber liflerin özel bir reçine ile bağlanması ile elde edilmektedir. (Şekil 2.12.) Yurt dışında yapılan kontrol deneylerinde konektörlerin alkali ve korozyona karşı dayanıklı olduğu görülmüştür. (Çizelge 2.1.) Uzay çalışmalarında kullanılan bu elemanlar,ısı köprüleri oluşumuna izin vermezler. (Şekil 2.13.) Çünkü bu elemanların ısı iletkenlik değeri  $\lambda=0.3$  W/mK'dir ve beton sandviç panellerdeki çelik çubuklara göre çok daha elverişlidir. Geleneksel çelik bağlantı elemanlı ısı yalıtımlı sandviç panellerde panel eklem yerleri veya çelik bağlantı elemanlarının bulunduğu bölgelerde ısı köprüleri oluşur. (Şekil 2.14)

Çelik ve betonun ısı iletkenlik değeri çok yüksek olduğu için ısı köprülü bir paneldeki ortalama ısı kaybı, yapının tümünün ısı yalıtım performansının çok azalmasına neden olmaktadır.

Yapılan ısı geçişi hesaplamalarında bulunan sonuçlar karşılaştırıldığında, elik bağlantı elemanlı iyi yalıtılmış bir sandviç paneldeki ortalama ısı geçişinin konektör bağlayıcı sandviç bir paneldeki ısı geçişinin daha fazla olduğu görülmüştür. Konektörlerin Isı Yalıtım Performansına Etkisi şöyle hesaplanmıştır. (Anonim 2, 1998, USA)

#### Geleneksel elik Bağlantı Elemanlı Isı Yalıtımlı Sandviç Panel

- \* Dış beton panelin kalınlığı .....( $\lambda=2.08$  W/mK) 5cm
- \* Isı yalıtım tabakasının kalınlığı ...( $\lambda=0.032$  W/mK) 5cm
- \* İç beton panelin kalınlığı .....( $\lambda=1.91$  W/mK) 10cm
- \* İç ortam sıcaklığı.....20°C
- \* Dış ortam sıcaklığı.....-8 °C ( $\lambda=2.08$  W/mK)
- \* elik Bağlantı Elemanı ile bağlanan tabakalar ( $\lambda=2.08$  W/mK)

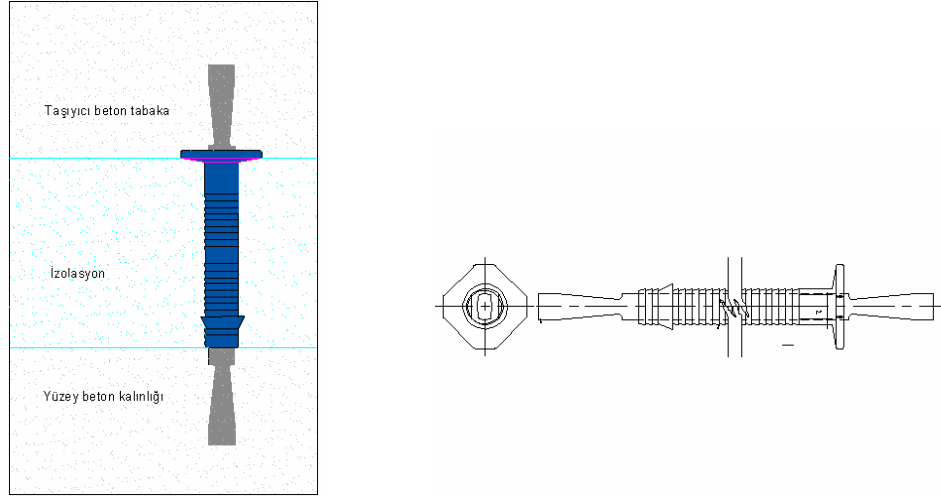
#### Sonuç;

- \* Yalıtımlı alandaki ısı geçişi..... $U=0.55$  W/m<sup>2</sup>K
- \* Bağlantı elmanı çevresindeki ısı geçişi  $U=4.10$  m<sup>2</sup>K
- \* Paneldeki ortalama ısı geçişi.....  $U=1.58$  W/m<sup>2</sup>K

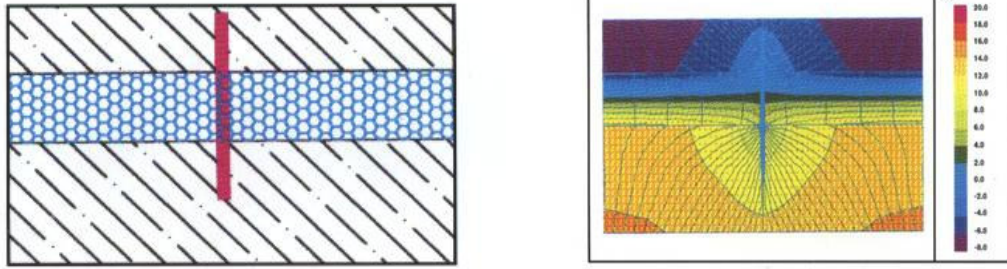
#### Isı Yalıtımlı Sandviç Panel

- \* Yalıtımlı alandaki ısı geçişi..... $U=0.55$  W/m<sup>2</sup>K
- \* Bağlantı elmanı çevresindeki ısı geçişi  $U=1.86$  W/m<sup>2</sup>K
- \* Paneldeki ortalama ısı geçişi.....  $U=0.60$ W/m<sup>2</sup>K
- \* Metal bağlantı elemanlarının yerini 0.3 W/mk ısı geçirgenlik değerine sahip bağlayıcı konektörlerin alması ile ısı yalıtım performansında büyük iyileşme sağlanmaktadır.

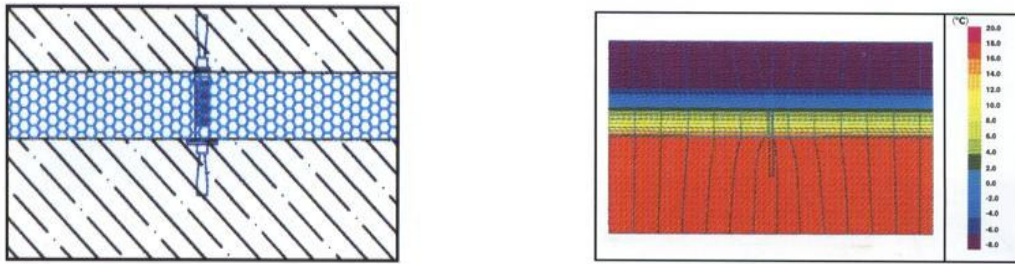
**Sonuç; elik bağlantı elemanlı iyi yalıtımlı bir sandviç paneldeki ortalama ısı geçişinin iki buçuk katından daha fazladır.**



Şekil 2.12. Isı Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Duvar Sisteminin Bağlayıcı Elemanı “Konektör”



Şekil 2.13. Geleneksel çelik bağlantılı elemanlı ısı yalıtımlı sandviç panel de ısı geçişi

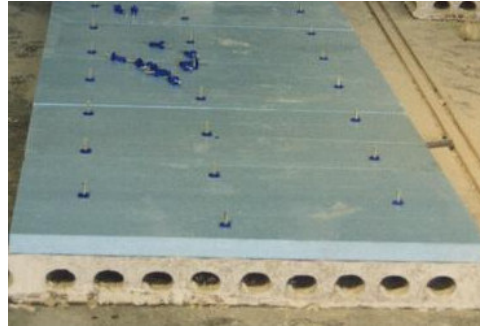


Şekil 2.14. Isı Yalıtımlı Beton Sandviç Panelde ısı geçişi ([www.thermomass.com](http://www.thermomass.com))

Çizelge 2.1. Konektörün teknik özellikleri ( Anonim 2, 1998, USA)

Özellik	Değer
Çekme Mukavemeti	848 N/mm <sup>2</sup>
Kopmada uzama	% 2.1
Elastisite Modülü	49.600 N/mm <sup>2</sup>
Bükülme Mukavemeti Kuvvetli Eksende	37.2 N/mm <sup>2</sup>
Bükülme Mukavemeti Zayıf Eksende	33.4 N/mm <sup>2</sup>
Basma Mukavemeti	49.600 N/mm <sup>2</sup>
Kesme Mukavemeti	400 N/mm <sup>2</sup>
Burkulma Elastisite Modülü	30.000 N/mm <sup>2</sup>
Çekme Elastisite Modülü	40.000 N/mm <sup>2</sup>

Konektörler düzenli bir dağılım göstermeleri için tabloda gösterilen kriterde delikleri açılmış XPS levhaları içine yerleştirilir. (Şekil 2.15.) Panel kenarlarından 20 cm uzaklıkta, Konektörler arasında 40 cm mesafe olacak şekilde yerleştirme yapılır. (Şekil 2.16.)



Şekil 2.15. Türkiye Jokey Klubü için imal edilen Yalıtımlı Beton sandviç Duvar

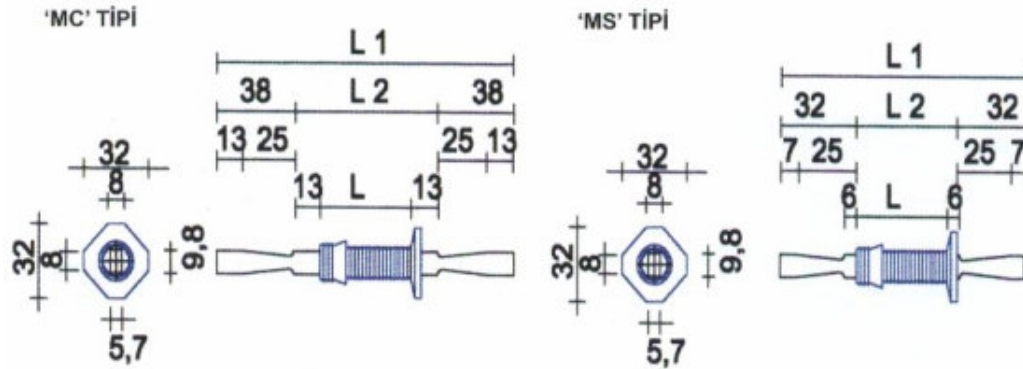
Panelinde konektörlerin yerleşimi

Not: MC Tipi dış beton yüzeyi kalınlığının 50 mm'nin üzerinde olduğu durumlarda

MS tipi dış beton yüzeyi kalınlığının 50 mm'nin altında olduğu durumlarda

P-I-P uygulamalarında konektörler ölçüye göre yapılır

## Konektör Pozisyonu



İzolasyon	“MC” Tipi		“MS” Tipi	
L	L2	L1	L2	L1
mm	mm	mm	mm	mm
40	66	142	34	98
50	76	152	44	108
60	86	162	54	118
90	116	192	84	148
100	128	202	94	158
130	156	229	124	188
140	166	242	134	198
150	176	252	144	208
180	206	282	174	238
190	216	292	184	248
200	226	302	194	258

Şekil 2.16. Tilt-Up ve Prekast Uygulamaları İçin Konektör Boyutları (Anonim 1)



Şekil 2.17. Konektörlerin XPS 'e Yerleşimi



Şekil 2.18. Konektörlerin panele yerleşimi

XPS ( Haddelenmiş Polistren Sert Köpük- Extruded Polystyrene Foam)

Kısaca XPS olarak adlandırılan haddelenmiş polistren sert köpük, öncelikle II. Dünya Savaşı'ndan hemen sonra Amerika'da DOW Chemical Company tarafından köpürtme yöntemi ile üretilmiştir. Hammaddesi, öncelikle strem olmak üzere talk, boya, alev geciktirici ve geri döndürülmüş, haddelenmiş polistren köpük idi. Hammaddelerin ekstrüzyon adı verilen sert köpüğün banttardan çekilmesi yöntemi ile işlenmesi sonucu haddelenmiş polistren sert köpük (XPS ) oluşmaktadır. Genel olarak mavi, pembe ve sarı renkleri bulunmakla birlikte, pek çok farklı firma değişik renkleri kullanmaktadır.



Şekil 2.19. Extrude Polistren Köpük Isı Yalıtım Malzemesi (Anonim 3, 2005)

Çizelge 2.2. XPS'in Boyutları (Anonim 3, 2005)

Kalınlık (cm)	3-8
En x Boy (cm)	60 x 125

Haddeden çekilmiş polistren köpüğü, kapalı hücreli hücreleri altıgen yapılı, basınç dayanımı yüksek (30 Mpa), ısı geçirimsiz, buhar geçirgenliği çok az, yangına karşı dayanıklı (B1 sınıfı) olan bir ısı yalıtım malzemesidir. Dayanım sıcaklığı alt sınırı – 50°C, üst sınırı 75°C'dir. Su geçirgenliği düşük, buhar geçirgenlik direnci yüksektir. (Çizelge 2.3.)

Genleştirilmiş polistren köpükten (XPS) farklı olarak HCFC karışımından oluşan köpürtücü gazların ermiş haldeki hammaddeye sonradan eklenmektedir. Bu köpürtücü gazlar sayesinde %85 oranından daha fazla kapalı hücre oluşmaktadır. Bu sebeple su alma durumu hacminin %'i kadardır. Hücre yapısı dağılımı homojendir. Hücre boyutları talk oranı ile ters orantılı olarak değişmektedir. Talk oranı büyüdükçe hücrelerin hücre çapları küçülmekte, böylelikle malzemenin kırılma mukavemeti azalmakta, basınç mukavemeti de artmaktadır.

Genleştirilmiş polistren köpük üretimi kalıba dökülerek genleştirme şeklinde olurken, haddelenmiş polistren sert köpük kalıptan çıkarılarak genleştirilmektedir.

Genleştirilmiş polistren köpük üretiminde su buharı ve pentan gazı kullanılırken, haddelenmiş polistren sert köpük üretiminde HFCKW, HFCW-152 gazları kullanılmaktadır.

Isı iletim katsayısı 0,028 – 0,035 W/Mk arasında değişmekte ve genleştirilmiş polistren köpüğe oranla biraz daha düşüktür.

Ultraviyole ışınlarına karşı dayanımı çok düşüktür. Plastik esaslı yapısı nedeni ile pek çok kimyasala karşı duyarlıdır. Bazı yapıştırıcı maddeler ve tiner gibi çözücüler ile kullanması sakıncalıdır.

Haddelenmiş polistren köpük, yapılarda ısı yalıtımı sağlaması için duvarlarda, betonarme taşıyıcı yüzeylerde, döşemelerde, kırma ve teras çatılarda, soğuk hava depolarında ve tavuk kümeslerinde kullanılmaktadır. (Karagöz, 2004) Yalıtım standartları TS 11989 ve EN 13164'tür.



Çizelge 2.3. XPS'in teknik özellikleri (Anonim 3, 2005)

Isı İletkenlik değeri (10 °C, 90.gün,azami)	$\lambda=0,031$ W/mK
Isı İletkenlik değeri (10 °C, azami) Ek C:25 Yıllık yaşlandırılmış değerlerin ortalamasına göre	$\lambda=0,033$ W/mK
Basma dayanımı (min.) % 10 deformasyonda	$\leq 150$ kPa CS(10/Y)100
Yüzeyle dik Çekme Dayanımı	$\leq 100$ kPa TR 100
Difüzyonla uzun sürede su emme	WD(V)5
Belirtilen Basma yükü ve sıcaklık şartlarında deformasyon	DLT(1) 5ve DLT(2) 5 (<%5)
Donma-Çözülme Dayanımı	FT1( $\leq$ % 2)
Su Buharı Difüzyon Direnci, (en az)	$\mu=$ MU90
Yangın Mukavemeti Sınıfı	B1
Karesellik (Gönyeden sapma)	$\pm 5$ mm/m
Düzlemsellik	$\pm 7$ mm
Boy Toleransı	$\pm 2$ mm
En Toleransı	$\pm 2$ mm
Kalınlık Toleransı	T2/T3

Çizelge 2.4. EPS ve XPS Karşılaştırılması (Gürdal, 2004)

Özellikler	EPS	XPS
Hammadde	Polistren	Polistren
Üretim şekli	Kaliba dökülerek genişletme	Kalıptan çıkarılarak genişletme
Kullanılan gazlar	Su buharı, pentan	HFCKW, HFCW-152
Isı iletkenlik değeri	0,031-0,040	HFCW-134, CO2 0,030-0,040
Isı yalıtım kararlılığı	Sabit	5 yıl sonra sabit
Yanma durumu	Yanmaz	Yanmaz
Su buharı difüzyon direnci	40 ve üzeri	100 ve üzeri
Tehlikeli gaz çıkarma	Yok	HFCKW
Sıkışma gücü	Fazla	Az
Su emme	% 1,1-2,5	%1-2
Üretim yoğunlukları(kg/m <sup>3</sup> )	11,2-48	25,6-30,4

### 2.2.3. Beton Sandviç Panel Duvarların Özellikleri

Bu bölümde beton sandviç panel duvarların ısı depolama, yangın mukavemeti, çekme mukavemeti, basma mukavemeti, kesme mukavemeti gibi özellikleri üzerinde durulacaktır.

#### Isı Depolama Özellikleri:

\* Bu sistemde betonun ısıyı depolama kapasitesi kullanılır. Binanın kullanım amacına göre sıcak ya da soğuk hava, panelin iç beton tabakasında depolanır ve sıcaklık azaldıkça veya arttıkça iç ortama yavaş yavaş verilir.

Böylelikle yapı kabuğunun iç yüzey sıcaklıkları homojen bir yapıya sahip olur ki bu da yapı içi ısısal konforu etkileyen önemli bir faktördür.

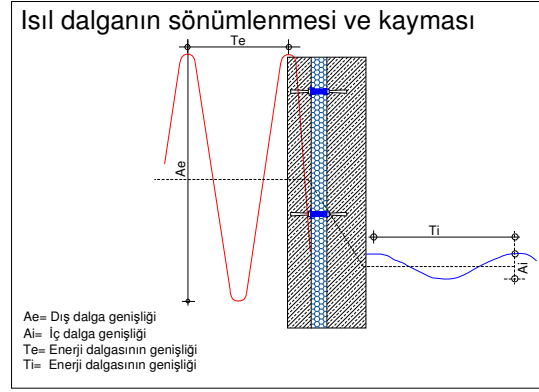
\* Bu sistem, iki beton duvar paneli ve aralarında bulunan XPS ısı yalıtım levhasının birleşmesinden oluşur. İki beton duvarı ve ısı yalıtım levhasını konektör adı verilen bağlantı çubukları birleştirir. Bu çubuklar ısı köprüsü oluşumuna izin vermedikleri için sistem bütün bir kütle halini alır ve bünyesine aldığı sıcaklığı veya soğukluğu hızlı değil, ihtiyaca göre yavaş yavaş ortama verir.(Şekil 2.20.) Böylece hızlı ısınıp soğumanın oluşturduğu dezavantajlar önlenmiş olur.

\* Bu sistemde Isı ya da soğukluk üniteleri panelin iç beton tabakasında depolanmakta ve sıcaklık azaldıkça veya arttıkça iç ortama verilmektedir.

Sistem böylece ısıtma, havalandırma, iklimlendirme ekipmanının en verimli şekilde çalışmasını sağlar, aynı zamanda buhar geçişini ve yoğunlaşma oluşumunu kontrol altına alır.

Her biri  $R=6.5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$  değerinde ısı geçirgenlik direncine sahip iki sandviç panelin soğuk depolamadaki performansını hesap etmek için Eicler metodu kullanıldığında panelin 5368 ünitelik bir ısı emme kapasitesine sahip olduğu ve bu ısıyı 26 saatte salıverdiği görülmektedir. Metal yüzey sadece 109 ünite emebilmekte ve bunu 10 saatte salmaktadır.(Iowa State University Laboratoies’de test edilmiştir.)

\* Isı yalıtımlı beton sandviç panel duvar sistemi ısı kontrolünün yanında buhar geçişini ve yoğunlaşma oluşumunu da kontrol eder.



Şekil 2.20. Isı dalgasının sönümlenmesi ve kayması (Anonim 2, 2005,USA)

### Yangın Mukavemeti:

Isı yalıtımlı beton sandviç panel duvar sistemi sistemi Underwriters Laboratory (A.B.D.)’de yangın mukavemeti testlerine tabi tutulmuş ve 4 saat güvenlik testini rahatlıkla geçmiştir. Test edilen numune 140 mm beton (iç), 50mm XPS ve yine 50 mm beton (dış) ‘dan oluşmuştur. Bu elemanlar birbirlerine aralarında 40 cm mesafe olan fiber kompozit bağlayıcılar ile tutturulmuştur. Testin başlangıcında dış yüzey sıcaklığı 20 °C olarak kaydedilmiştir. Bir saat sonra iç test odası 925 °C ısınmış ve ikinci saatin sonunda iç test odası 1010 °C ulaşmıştır. 4 saatin sonunda sıcaklık 1090°C ’yi aşmıştır.

Test sona erdiğinde 140 mm’lik iç beton tabakasının sıcaklığı bağlayıcıların çevresindeki alanda 392°C , XPS’nin bitişiğindeki yüzey sıcaklığı 206 °C ölçülmüştür. 50 mm’lik dış beton tabakasının ortalama yüzey sıcaklığı 4 saat lik testin sonunda aranılan kabul edilebilir sıcaklığın 118 °C aşağısı olan 41°C olmuştur. Dört saatin sonunda test edilen panelin iç yüzeyinde 1090 °C ’nin üzerinde sıcaklık okunurken, dış sıcaklık artışının sadece 20 °C olduğu görülmüştür. (Anonim 2. 2005. USA )

### Çekme Mukavemeti:

Sandviç paneller kalıptan çıkarılırken, kaldırılırken, taşınırken, montaj esnasında yüksek çekme gerilmelerine uğrarlar. Testin amacı bu gerilmelere dayanacak konektörlerin kapasitesini belirlemektir.

Testin sonucunda, dış genişliği 80 mm. Olan paneli kalıptan ayırıp ayağa dikerken her bir konektöre 0.5 KN. civarında yük gelmektedir.Konektörler 11.27 kN'nun üzerinde çekme kapasitesini rahatlıkla geçmiştir. (Şekil 2.21.)

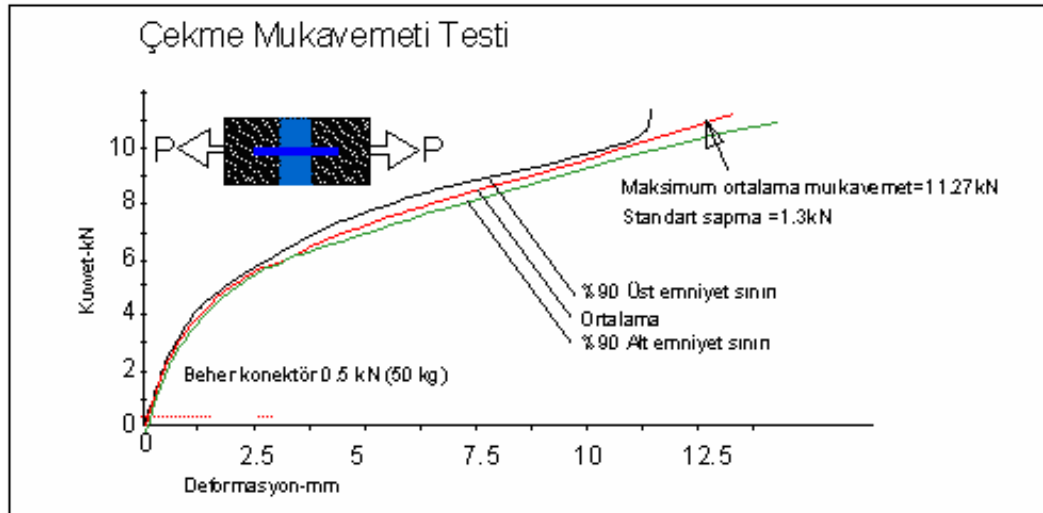
### Basma Mukavemeti:

Paneller yatay olarak istiflendiklerinde ısı yalıtım malzemesine ve konektörlere dağılan basma gerilmesine maruz kalırlar. Testlerin sonucunda XPS kullanılarak yapılan paneller stroporla yapılanlara oranla, eşit deformasyonda, basma yüklerine karşı iki kat fazla mukavemet göstermiştir. (Şekil 2.22.)

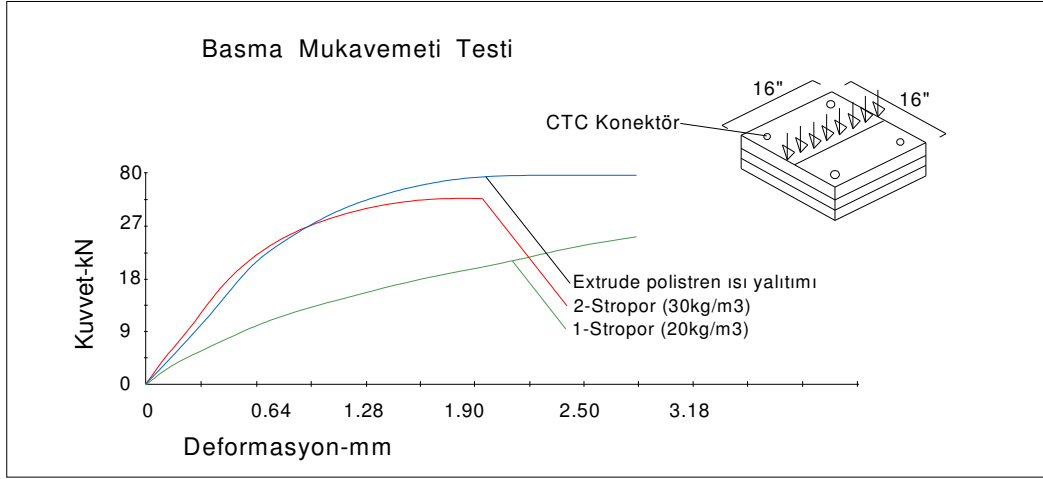
XPS 'nin basma mukavemeti, konektörlere gelen basıncın büyük miktarda azalmasına sebep olmakta ve konektörler yükün sadece % 22'sini karşılamaktadır.

### Kesme Mukavemeti:

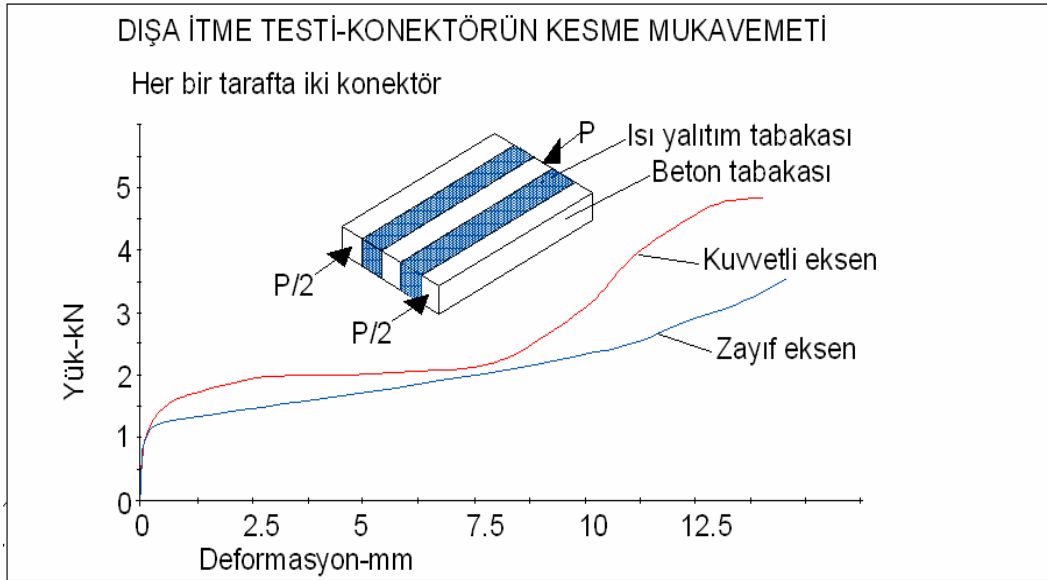
İki beton yüzeyi birleştiren konektörün kesme mukavemetini görmek için sandviç panel tabloda görülen testlerden geçirilmiştir. Testlerin sonucunda konektörün kesme mukavemeti ekseninin düşey veya yatay olduğuna bakılmadan 413 kg olup, maksimum deformasyon da 18 mm civarındadır. (Şekil 2.23.) Bu da konektör ekseninin yerleşiminin mukavemet üstünde önemi olmadığını göstermiştir.



Şekil 2.21. Yalıtımlı beton sandviç panellerin çekme mukavemeti (Anonim 2, 2005 sf:67, USA)



Şekil 2.22. Yalıtımlı beton sandviç panellerin basma mukavemeti (Anonim 2, 2005 sf:68, USA)



Şekil 2.23. Yalıtımlı beton sandviç panellerin kesme mukavemeti (Anonim 2, 2005 sf:69, USA)

#### 2.2.4. Beton Esaslı Cephe Panellerinin Üretimi ve Uygulanması

##### Beton Sandviç Panel Duvarların Üretimi

Isı yalıtımlı beton sandviç panel duvar sistemi ile üretilen yalıtımlı beton panel duvarların üretim aşamasında öncelikle, içine panel donatısı yerleştirilen kalıp beton dökümü için hazırlanır. Dış beton duvar dökülür ve düzeltilir.

Diğer taraftan XPS ısı yalıtım tabakasının üzerine daha önceden belirtildiği mesafelere göre fiber bağlantı çubukları saplanır.. Sertleşmemiş betonun üzerine ısı yalıtım levhaları yerleştirilir. Betonun içine yerleştirmek için kendi çevresinde bir tur döndürülüp kilitlenir. İkinci katman (taşıyıcı) için gerekli donatıların yerleştirilmesinden sonra betonun dökülmesi ile işlem tamamlanır.

Böylece dıştan içe doğru beton tabakası, ısı yalıtımı, taşıyıcı beton tabakasından oluşan duvar panel üretilmiş olur.

Betona yönelik uygulamalarda sistem; yerinde üretim dikilerek kaldırma (tilt-up), prefabrik prekast, öngerilmeli modüler prekast ve yerinde düşey döküm (poured-in place) üretim şekillerinden biri ile çözülür. “Questions & Answers About the Thermomass Building System USA” ’nın yaptığı araştırmalar ve deneysel çalışmalar, konektörlerin alkali ve korozyona karşı dayanıklı olduğunu göstermiştir.

Konektörler; üzerine önceden delikler açılmış ısı yalıtım levhaları üzerine yerleştirilir ve çelik bağlantı elemanlarına nazaran ısı köprülerini etkin bir şekilde yok ederler. Çünkü yalıtım tabakası, iletken bağlantı elemanları, derzler ya da metal ankraj çubukları ile bölünmemiş bir şekilde süreklilik gösterirler.

Bu sistem, **tilt-up, megablok, prekast, modüler prekast** veya **yerinde döküm** olarak uygulanabilmektedir.

Beton esaslı cephe panelleri üretilirken; zaman, ekonomi, kalite gibi konular açısından maksimum verimlilik aranmaktadır.

Beton esaslı cephe panelleri şantiyede yada fabrikada üretilmektedir. Şantiyede gerçekleştirilen üretimde paneller monte edilecek zemin üzerinde veya şantiyede kurulan üstü kapalı veya yarı açık olan fabrikada üretilirler. Eğer nakliye ve depolama işlemleri sorun oluyorsa, paneller monte edilecek zemin üzerinde üretilir. Burada seri üretimden çok seri ve düşük maliyet hedeflenmektedir.

Bu uygulamada kaldırma ve montaj evrelerinde zorluklar oluşmakla birlikte hatalı üretim çokluğu dikkat çekmektedir.

Sabit fabrikalar şantiyeye uzak ve üretilmesi gereken seri çok ise paneller fabrikada kurulan geçici bir fabrikada üretilmektedir. Üretim ve montajın bitmesi durumunda fabrika tamamen sökülüp başka bir yerde başka amaçlar için kullanılabilir.

Bu tip makinalaşma oranı az ve kolayca taşınan fabrikalara “Gezici Fabrikalar” denilmektedir.

Makinalaşma oranı ve kalite kontrolü yüksek düzeyde olan sabit fabrikalarda yapılan üretimde fabrika-şantiye arasında nakliyede yaşanan problemler panel boyutlarının sınırlandırılmasına neden olmaktadır.

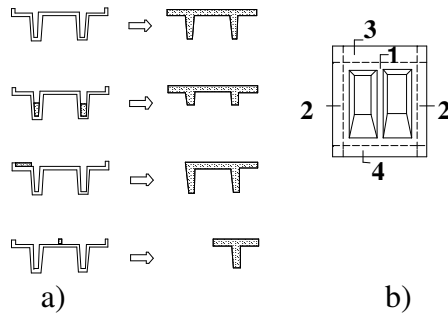
Beton esaslı cephe panellerinin üretiminde önemli konulardan birisi de üretim aracı olan **kalıbın rasyonel kullanımı**dır.

Kalıbın rasyonel kullanılması Aynı kalıbın birden çok kez kullanılması, panel biçim ve boyutlarının kalıp olanaklarına göre düşünülmesi ile sağlanır.

Aynı kalıpta farklı tip elemanların üretilebilmesini sağlayan bu sistemde, aynı tipte elemanların sayısı fazla ise kalıp birden çok kez kullanılabilir. (Şekil 2.24.) Eğer aynı tipte çok sayıda eleman yoksa, mevcut kalıplarda üretilen farklı tipteki elemanlara göre tasarım kararları verilmektedir. Eğer tek bir binaya özgü uygulama varsa, normal(dolu, boşluklu), çatı, sokl, köşe elemanlarını kapsayacak kadar büyük bir ana master kalıp sistemi düşünülmelidir. Böylece aynı kalıbın çeşitli bölümleri kullanılarak farklı tipteki elemanlar üretilebilir. Bunun yanında tek bir kalıpla gerçekleştirilen üretimde yapım süresi uzar. Bu sebeple kalıp sayısının artırılması gerekmektedir.

Panel biçim ve boyutlarının kalıp olanaklarına göre düşünülmesi.

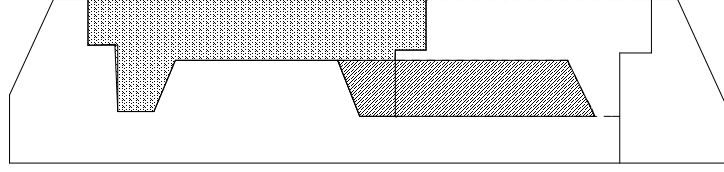
Kalıplar, yüzeylerini oluşturan malzemeler, kalıbın hareketi ve konumu açısından çeşitlidirler. Kendilerinden beklenen; biçimsel özellikler (yüzeylerinde düzenlenen çıkıntılar, profiller), çok katmanlı kesit kuruluşları, değişik yüzey dokuları, dakik üretim şartları, üretim serileri çok büyük olmadığı için beton esaslı cephe panelleri genelde çelik sac yüzeyli, yatay konumlu, durağan kalıplarda gerçekleştirilmektedir.



Şekil 2.24. Aynı kalıbın birden çok kez kullanılması

1) Normal elemanı, 2) Köşe elemanı, 3) Çatı elemanı, 4) Sokl elemanı

a) Aynı tip kalıpla üretilen farklı tipteki elemanlarla b) Tek bir binaya özgü "Ana (master) kalıp sistemi ile



Şekil 2.25. Ayarlanabilir Kalıp Sistemi

Profillendirilmiş kalıba oranla düz yüzeyle kalıp ve kalıba bağlı işlemler daha ucuz mal olur çünkü temizleme, sökölme, elemanın kalıptan çıkartılması daha kolaydır. Ayrıca eleman kenarlarına istenilen profillendirme yapılabilmektedir. Şekil 2.25’de görölen “Ayarlanabilir Kalıp Sistemi ile aynı kalıp farklı boyutlardaki elemanların üretilmesinde kullanılabilir. Panellerin kalıp içindeki durumu tasarım kararlarını etkileyen önemli bir konudur. (Göçer, 1997)

Yalıtımlı beton sandviç panel duvar sistemi ile; konutlar, gıda üretim, şoklama ve depolama tesisleri, soğuk hava depoları, şarap-bira imalathaneleri, tekstil fabrikaları, tavukhane-kuluçkahane-piliç kesim şoklama ve depolama tesisleri, oklular veya klimatize edilmek istenilen herhangi bir mekan üretilebilir.

Bu sistem prekast modüler (Şekil 2.26.- Şekil 2.27.- Şekil 2.28.), yerinde döküm (Şekil 2.29.), tilt-up (Şekil 2.30.) veya megablok (Şekil 2.31.) tekniklerinde yapılmaktadır.



Şekil 2.26. Yalıtımlı beton sandviç panellerin prekast / öngerilmeli yapımı Mansfield Rehabilitasyon Merkezi, Ohio (Anonim 5, USA)





Şekil 2.27. Yalıtımlı beton sandviç panelleri ile prekast / modüler olarak üretilen Philadelphia, Pennsylvania Curran-Fromhold Correctional Facility Binası (Anonim 5, USA)



Şekil 2.28. Yalıtımlı beton sandviç panellerin yerinde düşey kalıba dökülmesi



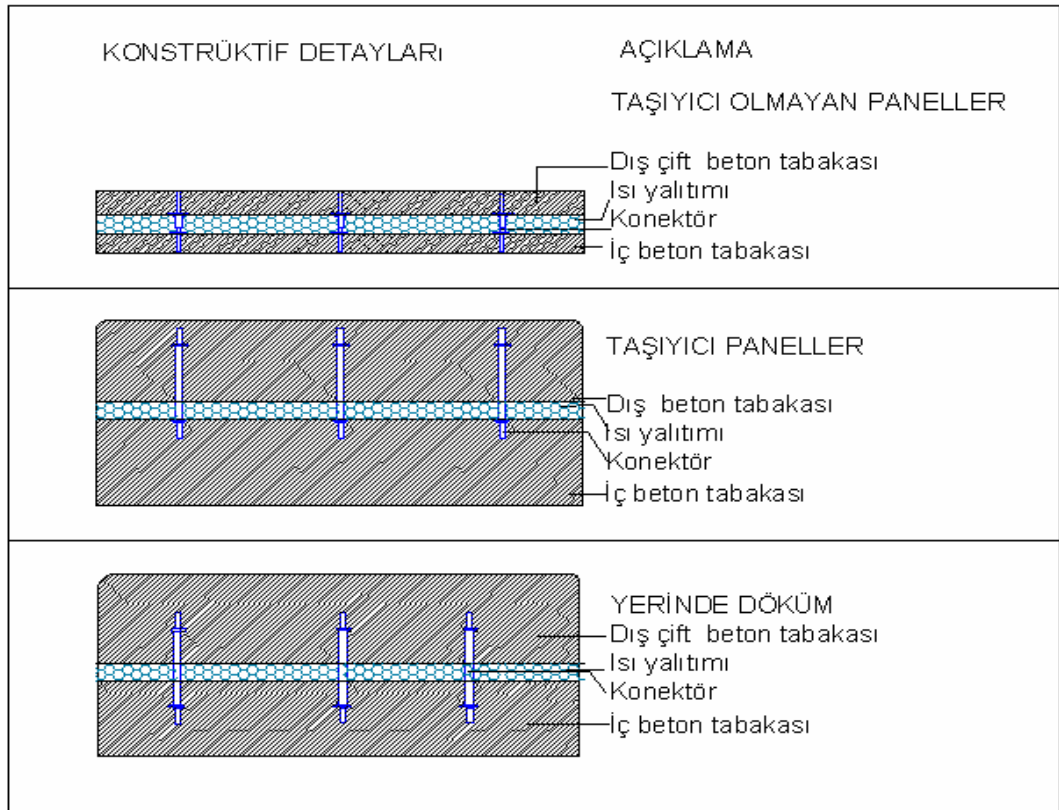
Şekil 2.29. Marmara Zeytin Birliği için üretilen Beton Sandviç paneller duvarın tilt-up sistemi ile yerde yatay dökülüp ayağa kaldırılması



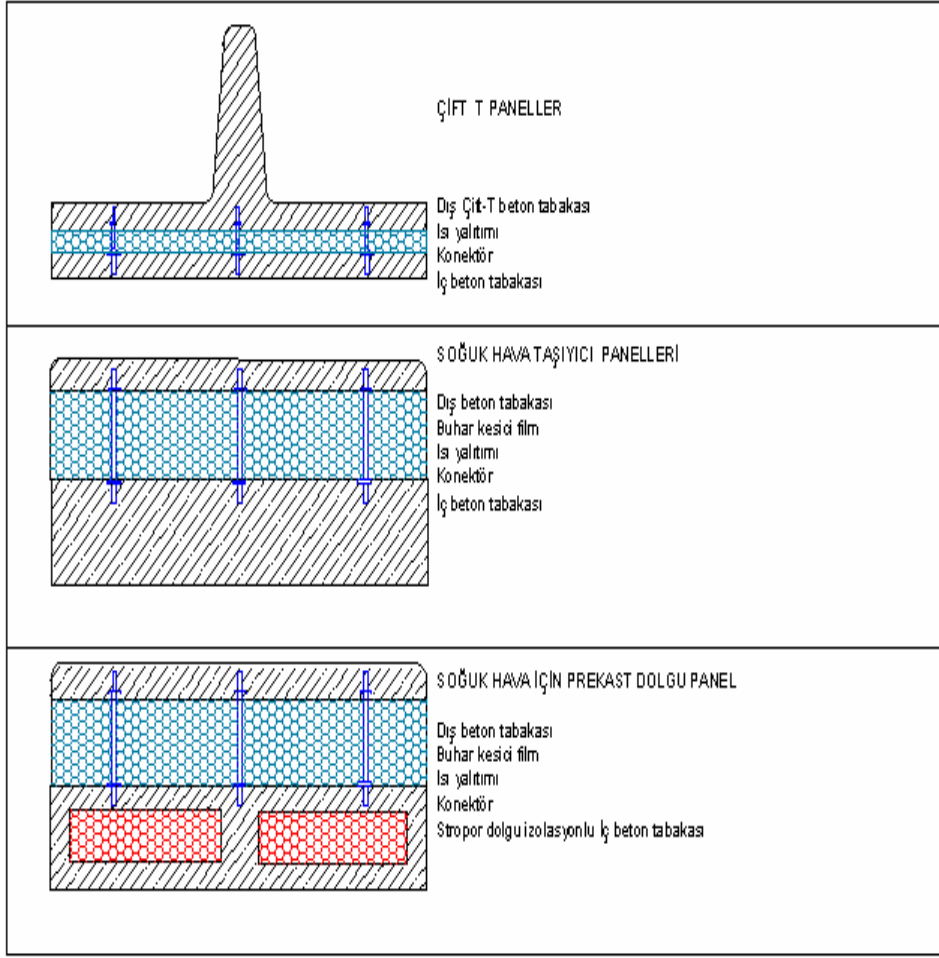
Şekil 2.30. Megablok teknik ile üretilen panellerin istiflenmesi

### Yalıtımlı Beton San

dvîç panellere ait detaylar Şekil 32’de görüldüğü gibi, panelin taşıyıcı olup olmaması ya da yerinde döküm olup olmaması gibi faktörler dikkate alınarak farklı kesit boyutları oluşturacak şekilde düzenlenmektedir.



Şekil 2.31. Yalıtımlı beton sandviç panellerin konstrüktif detayları



Şekil 2.32. Yalıtımlı beton sandviç panellerin kullanıldığı yere göre detaylar

#### Yerinde Döküm Yüksek Duvar Panelleri (Tilt-Up Sistem).

Yüksek duvar panellerinin fabrikada üretilip yapı yerine getirilmesi, nakliye araçlarının büyüklüklerinin sınırlı olması nedeni ile büyük sorun olmaktadır. Elemanın bir kenarı taşıt genişliği olan 3 m.'yi geçmemeli, eğer düşeyine taşınacaksa da köprülerden geçerken sorun olmaması için, taşıt yüksekliği ile beraber 4m.'yi geçmemesine dikkat etmek gereklidir. Bu sebeple yüksek duvar panelleri şantiyede, yapı yerinde, yerinde döküm yöntemi ile üretilmektedir. Yüksek panel duvarların yerinde yapılıp kaldırılması ve yapıya montajı ile gerçekleşen bu sistem hızlı ve ekonomiktir. İnşaatın taban yüzeyinin ilk beton yüzeyi olarak kullanılması ile duvar panelleri şantiyede hiçbir taşıma maliyeti olmadan üretilir.( Şekil 2.33.)

Kür uygulandıktan sonra bu paneller yerine dikilir ve geçici olarak desteklenir. Panellerin yerden kaldırılması esnasında oluşabilecek yanlış gerilmeleri önlemek amacı ile, paneli kaldıracak olan vincin kaldırma kancalarının yerlerini tespit ederken, statik değerlendirmeler ön planda tutulmalıdır. (Şekil 2.34.)

Yalıtımlı bir paneli oluşturmada önemli olan başlangıç ve bitişir. Burada sadece panel daha uzundur. Böylelikle yüksek duvar panellerinin seri olarak üretilip yerine yerleştirilmesi sayesinde, zamandan kazanç sağlanmasının yanında panel birleşimlerinden kaynaklanabilecek problemler ortadan kaldırılmaktadır.



Şekil 2.33. Tilt-up panellere beton dökülmesi



Şekil 2.34. Tilt-up panellerin ayağa kaldırılması



Şekil 2.35. Tilt-up panellerin yerine sabitlenmesi  
Megablok Sistem



Şekil 2.36. Tilt-up panellerin desteklenmesi

Beton sandviç panel duvar sistemi üretilirken, iki beton tabaka ve ısı yalıtımı arasında hava boşluğu bırakılıyorsa, megablok sistem sandviç panel duvar elde edilmiştir. Bu sistemde arada bırakılan hava boşluğu sayesinde daha ideal bir ısı yalıtımı sağlanırken, sandviç duvar kalınlığının artması sebebi ile planda yer kaybı artmaktadır. Üretim aşamasında diğer tekniklerden farklı olarak panelde kullanılan konektör elemanı daha uzun olmaktadır.

Şekil 2.37.'de Modüler hücre şeklinde üretilen bina bölümünün yerine montajı, Şekil 2.38.'de prekast modüler olarak üretilen yapı elemanları görülmektedir.

Şekil 2.39.'da Ludlow, Massachusetts'te Mimar Monacelli Associates'in projelendirdiği ve beton sandviç duvar sistemi ile üretilen Cezaevi Binası, Şekil 2.40.'de Yerinde döküm olarak üretilen sandviç duvar paneli görülmektedir.



Şekil 2.37 (Anonim 5, USA)



Şekil 2.38. (Anonim 5, USA)



Şekil 2.39. (Anonim 5, USA)



Şekil 2.40. (Anonim 5, USA)





### 2.2.5. Isı Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Sisteminin Kullanım Yeri ve Şekli

Isı yalıtımlı beton sandviç panel duvar sistemi dünyanın çeşitli bölgelerindeki ülkelerde ve Türkiye’de de uygulanmaktadır. Bu sistem ile inşa edilen binaların kullanım amaçları örneklerde de görüldüğü gibi, depolar, çeşitli iş merkezleri, kültür merkezleri, hastahaneler, okullar, fabrikalar, hapisane binaları ve konutlar olarak sayılabilmektedir.

Çalışmanın bu aşamasında sistemin öncelikle dünyanın çeşitli bölgelerindeki uygulama örnekleri (Çizelge 2.5.), daha sonra da Türkiye’deki uygulama örnekleri (Çizelge 2.6.) verilecektir.





Çizelge 2.5. Yalıtımlı Beton Sandviç Sistem Yurt Dışı Uygulamaları





Kullanım Amacı	Yapım tekniği- Yeri
<b>Soğuk Depolar</b>	
Coors Golden Dağıtım_12 Haftada üretilen binada tit-up sistemi kullanılmıştır. İnşaat alanı : 2570m <sup>2</sup>	tilt-up- Golden, Colorado 
<u>Dole Fresh Cut Flowers</u> (Çiçek deposu) Yaklaşık 18 dönüme yayılan proje, The Dennis Group tarafından tasarlanıp, tilt-up sistemi ile kullanılmıştır. İnşaat alanı : 3030 m <sup>2</sup>	tilt-up-Miami, Florida 
<u>Taylor Farms</u>	Prekast-Salinas, California 

(Çizelge2.5.Devam) <b>Çeşitli Merkez binaları</b>	
<p>George R. Vierno Center          Prekast modüler olarak inşa edilen binada yalıtımlı sandviç panel sistemi kullanılarak enerji tasarrufu sağlanmıştır.</p>	<p>Rikers island, New York, modular</p> 
<p>Metro batı merkezi          Prekast olarak üretilen binada Estetik görünümün yanı sıra enerji verimliliği de sağlanmıştır.</p>	<p>Prekast-Miami, Florida</p> 
<p>Güney hapishanesi          1997 yılında yapılan binada yalıtımlı beton sandviç panel sistemi ustaca kullanılmıştır. Prefabrik Modüller kullanılmış, dayanıklı ve termal performans açısından sağlıklı bir bina elde edilmiştir.</p>	<p>Modular-Bridgeton, New Jersey</p> 
<b>Kültür Merkezleri</b>	
<p>Tilt-up sistem kullanılarak dayanıklılık ve esneklik sağlanmıştır.</p>	<p>Tilt-up -          Huntersville, Kuzey Carolina</p> 




<p>(Çizelge2.5.Devam) İlçe Hastahanesi 13 ana bölümden oluşan binada , yalıtımlı beton sandviç paneller ile sessiz bölümler ve enerji verimliliği sağlanmıştır.</p>	<p>Precast-Chicago, Illinois</p> 
<p>Cumberland ilkokulu Geleneksel metodlarla yapılan binalara kıyasla %58 enerji tasarrufu sağlayan bina, 4580 m<sup>2</sup> inşaat alanına sahiptir. Tilt-up sistem ile yapılmıştır.</p>	<p>Precast-Ottawa, Ontario, Canada</p> 
<p>DDD koleji;1999 yılında, Lemuel Ramos &amp; Associates tarafından projelendirilen bina, tilt-up sistemi ile yapılmıştır.</p>	<p>Tilt-up, Miami, Florida</p> 
<p>Kuzey koleji</p>	<p>Precast Lee's Summit, Missouri</p> 



<p>(Çizelge2.5.Devam)</p> <p>Aziz Augustine Okulu</p>	<p>St. Augustine, Florida, tilt-up</p>  A photograph of a two-story, light-colored building with a red roof and a small steeple, identified as St. Augustine, Florida, tilt-up. A red van is parked in front of the building.
<p>The Giumarra Companies</p>	<p>Dinuba, California</p>  An aerial photograph of a large, long industrial building with a white roof, located in Dinuba, California. The building is surrounded by a parking lot and some greenery.
<p>Gıda deposu</p>	<p>Hanover, Pennsylvania, tilt-up</p>  A photograph of a large, light-colored industrial building with a tilt-up roof, identified as a food warehouse in Hanover, Pennsylvania. A white truck is parked in front of the building.
<p>Elektrik Santrali</p>	<p>Macaristan, Tilt-up</p>  A photograph of a large, modern industrial building with a tilt-up roof, identified as an electrical power plant in Macaristan. The building has a distinctive yellow and white facade.

<p>(Çizelge2.5.Devam)</p> <p>Hempden Eyalet Hapishanesi</p>	<p>Prekast modüler</p> 
<p>Fa.Rudolf Nigrin-Mühldorf,</p>	<p>Almanya,Prefabrik prekastÖngerilmeli üretim</p> 
<p>Sieger GmbH+Co Lichtenau</p>	<p>Almanya, Prefabrik-prekast Öngerilmeli üretim</p> 
<p>Thermohouse</p> <p>Fransa Uluslararası Greenway Society Green Building tasarım yarışmasında gümüş madalya alan Thermohouse, Mimar Chris de Campo tarafından tasarlanmıştır.</p>	<p>Melbourne, Australia, Precast</p> 

Çizelge 2.6. Yalıtımlı Beton Sandviç Sistemin Türkiye Uygulamaları

Kullanım Amacı	Yapım Yeri, Yapım tekniği
Marmara Zeytin Birliği Konferans salonu	<p>Tilt-up, BURSA</p> 
Bursa Jokey Kulübü Seyis Kır Kahvesi	<p>Prekast-modüler, BURSA</p> 
Canlı Kesim Tesisi	<p>Prekast-modüler, BANDIRMA</p> 
Fantezi İplik San. Fabrika Binası	<p>Prekast-modüler, BURSA</p> 

<p>(Çizelge 2.6. devam)</p> <p>Konut</p>	<p>Prekast-modüler, BURSA</p> 
--	--

Türkiye’de Isı yalıtımlı Beton Sandviç Panel Duvar Sistemi kullanılarak üretilen binaların üretim aşamalarını inceleyerek sistem hakkında fikir edinmek daha doğru olacaktır.

#### Megablok Sistem İle Üretilen Canlı Kesim Tesisi İnşaatı (Bandırma)

Yalıtımlı beton sandviç panel duvar sistemi ile üretilen canlı kesim tesisinde binanın üzerine yerleştirileceği temeller, prefabrik sandviç panel duvarlar –döşeme ve temel birleşim detayları göz önünde tutularak inşaa edilmiştir. Temeller prefabrik sistem şeklinde soket elemanları ile oluşturulabileceği gibi, klasik sistem ile de imal edilebilir. (Şekil 2.41.) Burada önemli olan, panel duvarların temel ile birleşimini sağlayacak boşlukların ve donatıların bırakılmasıdır. Sandviç duvarı oluşturan beton tabakaların bina içine doğru bakanı taşıyıcı donatıyı bulundurduğu için, bu sistemde kolon ve kiriş yoktur.

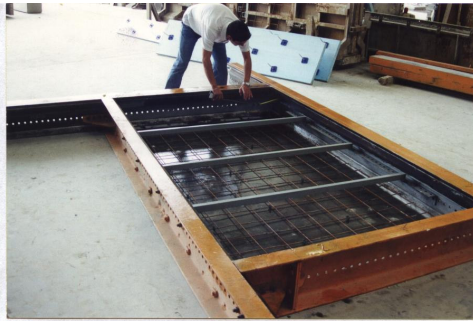


Şekil 2.41. Canlı Kesim Tesisi Üretimi Temel Aşaması

Sandviç duvarın üretim aşamasının önemli bir bölümü olan kalıbın doğru tasarlanıp ölçülendirilmesi ve donatıların doğru yerleştirilmesi çok önemlidir. Bu sebeple çelik kalıplar özenle hazırlanır.

Megablok sistem ile üretilen sandviç panel duvarlarda tabaklaşma dış ortamdan iç ortama doğru, binanın dış ortam yüzeyinde taşıyıcı olmayan ince beton duvar tabakası, hava boşluğu, ısı yalıtım tabakası, binanın iç ortam yüzeyine bakan ve asıl taşıyıcılık özelliği gösteren perde duvar tabakası şeklinde sayılabilmektedir. Megablok sistem sandviç panel duvar duvarlarda dış ve iç beton tabakalarını birbirine bağlayan konektör uzunluğu prekast modüler ve tilt-up sistemlere kıyasla daha fazla olmaktadır. Çünkü iki beton duvar arasında bırakılan hava boşluğu sandviç panel duvarın kalınlığını arttırmaktadır. Bu sebeple megablok sistem sandviç panel beton duvarlar ısı yalıtımı açısından olumlu özellik göstermekle birlikte planda daha fazla yer kapladığı için bina kullanım alanını azaltmaktadır.

Taşıyıcı tabakanın donatısı yerleştirildikten sonra, (Şekil 2.42.) betonu dökülür. Daha sonra henüz beton ıslakken, önceden üzerine konektör yerleştirilen XPS'ler taşıyıcı beton tabakanın üzerine yerleştirilir. Şekil 2.43.'de görüldüğü gibi ısı yalıtım malzemesinin üzerine daha önce belirtilen aralıklarla dizilen konektörlerin sabitlenmesi için konektör plakaları kullanılmaktadır. Yerleştirilen yalıtım malzemesinin üzerindeki konektörler, kendi ekseninde bir tur döndürülerek kilitlenir. (Şekil 2.44) Vibratör ile sıkıştırılarak XPS ve konektörlerin iyice yerleşmesi sağlanır.(Şekil 2.45.)



Şekil 2.42. Sandviç Panel Duvar Üretim Kalıbı



Şekil 2.43. Isı yalıtım malzemesi üzerindeki konektörler

Daha sonra sandviç panel duvarı ikinci tabakasının donatısı yerleştirilir (Şekil 2.46.) ve betonu dökülür.( Şekil 2.48.) Dökülen betonun üzeri düzeltilir.( Şekil 2.48.)



Şekil 2.44. konektörlerin kilitlemesi



Şekil 2.45. Vibratör ile sıkıştırılması



Şekil 2.46. Donatı yerlerimi



Şekil 2.47. Beton dökümü



Şekil 2.48. Betonun düzeltilmesi



Şekil 2.49. Kalıptan çıkarılan panel



Şekil 2.50. Panelin taşınması



Şekil 2.51. Panelin istiflenmesi

Şekil 2.50.'de görüldüğü gibi, üretimi tamamlanan sandviç beton panel duvar kalıptan düzgün olarak çıkartıldıktan sonra şantiyeye götürülmeden önce istifleneceği yerde üst üste dizilir.( Şekil 2.51.)

Şantiyede yerine monte edilen sandviç panel duvarların yatay ve düşey doğrultularının düzgün ve hatasız olarak sabitlenmesi önemli bir noktadır. Bu sebeple çapraz destekler ile panellerin hareketi önlenir.



Şekil 2.52. Panellerin yerine yerleşimi  
Ve düşeyde rijitlenmesi



Şekil 2.53. Panellerin çaprazlamalarla  
desteklenmesi



Şekil 2.54 Kapı lentosunun yerleşimi



Şekil 2.55. Döşeme yerleşimini içeriden  
Görünüşü



Şekil 2.56. Döşeme panelinin yerleşimi



Şekil 2.57. Panellerin dışarıdan  
desteklenmesi



Şekil 2.58.Canlı Üretim Tesisleri İdari Bölüm İç Mekandan Görülen Panel Duvarlar



Şekil 2.59.Canlı Üretim Tesisleri İdari Bölüm Dış Görünüm

Megablok sistem sandviç panel duvarlar, kuruluşlarındaki hava boşluğu ile daha fazla ısı yalıtımı sağlamaları nedeni ile soğuk hava depoları, canlı kesim tesisleri veya sanayi amaçlı kullanılan ve yaz-kış daha fazla ısı yalıtımı gerektiren binalarda kullanılır.

#### Prekast Modüler Olarak Üretilen Seyis Kır Kahvesi İnşaatı (Bursa)

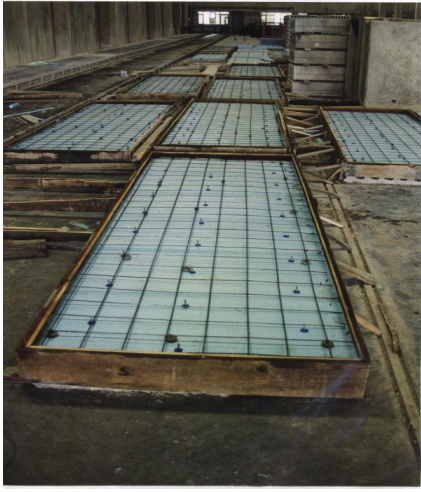
Bursa-Karacabey Yolu üzerinde bulunan Kır Kahvesi için kullanılan sandviç panel beton duvarlar prekast modüler olarak üretilmiştir. Binanın tasarımı aşamasında duvar genişlikleri belirlenirken, tekrar edilecek modül büyüklüğü belirlenir. Yatayda ve düşeyde tekrar edilmesi mümkün olan panel modülasyonu, bina estetiği ile birlikte oluşturulabilir. Prekast modüler sistem ile üretilen beton sandviç panel duvarların oluşturduğu binaların üretiminin hızlı olması olumlu bir özellik iken, cephe genelinde çok parçalı bir oluşum olmasından dolayı birleşim derzlerinin sayısının artması olumsuz bir özelliktir. Çünkü cephe genelinde panel duvar birleşim derzlerinin sayısı arttıkça su girişi ve derz malzemelerinin oluşturabileceği problemlerin de sayısı artmaktadır.

Şekil 2.60.ve Şekil 2.61.'de seri olarak üretilen duvar panellerinin ikinci beton tabakasının beton dökülmeden önceki ve sonraki durumu görülmektedir.



Duvar panellerinin taşıyıcı olan tabakası içerisinde bırakılan daire kesitli boşluklardan donatı geçirilerek ısı yalıtımı bakımından daha olumlu bir katmanlaşma oluşturulabilmektedir. Şekil 2.62’te yalıtım tabakası üzerindeki konektörlerin yerleşebilmesi için beton tabakaya deliklerin açılması, Şekil 2.63.’te ise ısı yalıtım tabakalarının beton tabakasına yerleştirilmesi görülmektedir.

Sandviç duvar panelleri, istenilirse granit gibi bir kaplama malzemesi ile kaplanabilmektedir. (Şekil 2.65.)



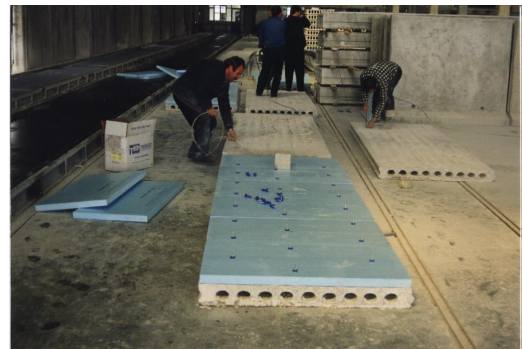
Şekil 2.60. panelin kalıp içinde beton dökümünden önceki durumu



Şekil 2.61. panelin kalıp içinde beton dökümünden sonraki durumu



Şekil 2.62. Betona deliklerin açılması



Şekil 2.63. Panele XPS yerleşimi

Prekast- modüler olarak üretilen beton sandviç panel duvarlar insanların yaşamlarını devam ettirdikleri okul, iş merkezleri, hastahaneler, Alışveriş Merkezleri, konutlar ve pek çok sosyal amaçlı binada kullanılmaktadır.



Şekil 2.64. Betona koruyucu  
Tabaka püskürtülmesi



Şekil 2.65. Panelin granit ile  
kaplanması



Şekil 2.66. Sandviç Panel Duvarların  
Yerine Montajı



Şekil 2.67. Sandviç Panel Duvarların  
Teras Çatı İle Birleşimi



Şekil 2.68. Bursa Jokey Klubü Seyis Kır Kahvesi Dış Görünüm

## Tilt-Up (Yerinde Döküm Yüksek Panel) Tekniği İle Üretilen Konferans Salonu Bursa

Yüksek duvar panellerinin yerinde hazırlanarak, ayağa kaldırıldığı ve projesinde olması gereken yere monte edildiği bu teknik, 8-9 m yüksekliğindeki duvar panellerine uygulanmaktadır. Modüler prekast veya megablok boşluklu olarak üretilen sandviç duvar panellerinden farklı olarak panel yüksekliği fazladır. Özellikle konut amaçlı olarak kullanılmayan, sanayi yapıları, iş merkezleri veya kültürel amaçlı binalarda kullanılması, zaman kazancı ve paneller arası birleşim derzlerinin azalması nedeni ile olumludur. Bunun yanında yüksek duvar panellerinin kalıptan kaldırılması ve yerine doğru monte edilebilmesi çok önemlidir. Yerine monte edilen duvar panelleri düşey ekseninde hareket etmemesi için, belirli bir süre çelik payandalarla desteklenir.



Şekil 2.69. Panel duvarın yüksekliği fazla olduğu için, donatıların kalıba değmesinin engellenmesi



Şekil 2.70. Donatıları yerleştirilen panel kalıbı beton dökümüne hazır.



Şekil 2.71. Beton döküm işlemi



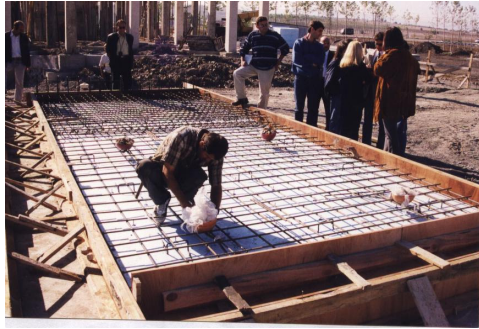
Şekil 2.72. Sandviç panelin iki beton yüzeyi arasında XPS'lerin yerleştirilmesi



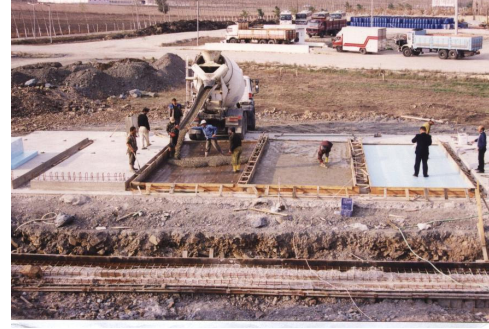
Şekil 2.73. Tilt-up panele XPS'lerin yerleşimi



Şekil 2.74. Konektörlerin kendi ekseninde döndürülerek kilitlemesi



Şekil 2.75. Sandviç panelin taşıyıcı olan tabakasının demirlerinin yerleştirilmesi



Şekil 2.76. Sandviç panelin betonunun dökülmesi

Tilt-up panellerin üretim aşamasında demirlerin yerleştirilmesi ve betonunun dökülmesi işlemleri, panel boyunun yüksek olması nedeni ile oluşabilecek deformasyonların önlenmesi açısından önem göstermektedir.



Şekil 2.77. Beton dökülen tilt-up paneller



Şekil 2.78. Tilt-up panelin vinç Yardımı ile kaldırılması



Şekil 2.79. Tilt-up panelin yerine montajı



Şekil 2.80. Tilt-up sandviç panellerin temele montajı

Yerinde üretilip, vinçler yardımı ile ayağa kaldırılan yüksek beton sandviç panel duvarların prekast modüler ve megablok sistemler ile üretilen beton sandviç panel duvarlardan farkı, duvar yüksekliğinin fazla olması nedeni ile montajında karşılaşılan problemlerdir. Sandviç panel duvarın içine yerleştirilen donatılar oluşması muhtemel gerilmeleri karşılayabilecek şekilde olduğu sürece, kısa zamanda daha fazla duvar yüzeyinin imal edilebilmesi ve birleşim derzlerinin sayısının daha az olması nedeni ile tilt-up paneller olumlu özellikler göstermektedir.



Şekil 2.81. Konferans Salonu ön cephe



Şekil 2.82. Konferans Salonu yan cephe

### 3. KONUTLARDA UYGULANAN BETON SANDVIÇ PANEL DUVAR SİSTEMİNİN PERFORMANS KRİTERLERİNİN İNCELENMESİ

Yapı kabuğu, sürekli değişen atmosfer koşullarının yapı iç ortamının konfor koşullarını etkilememesini sağlamalıdır. Bunun yanında ısısal etkilere bağlı olarak malzeme birleşimlerinde oluşan yüzeysel terleme, iç yoğuşma, donma gibi sorunların ortaya çıkmasını önlemek amacı ile tedbir almak gerekmektedir. Bu tedbirlerin başında yapı kabuğunda yalıtım uygulamaları gelmektedir. Isı yalıtımı ile ilgili olarak 1977 yılında TS 825 “Binalarda Isı Etkilerinden Korunma Kuralları” yürürlüğe girmiştir. Isı yalıtımında yapısal planlama önlemleri ve malzeme seçimi çok önemlidir. Yapılar sürekli sıcaklık değişimlerine maruz kaldıklarından, özellikle dış cephede ısısal genişlemeye karşı önlem alınması gerekmektedir. Malzemede oluşan iç gerilmeler, sıcaklık değişim hızı, malzemenin ısı iletkenlik değeri ısısal genişleme ile yakından ilgilidir. Malzemede görülen hızlı ve büyük sıcaklık değişimleri, yavaş ve küçük sıcaklık değişimlerinden daha zararlı olmaktadır. Bir yapının ısı etkilerinden korunması, yapıyı çevreleyen yapı bileşenlerinin ısı depolama özelliklerine bağlıdır.

Yapı bileşenlerinin ısı depolama özellikleri ısı geçirgenlik direnci ile ortaya çıkmaktadır. Bu dirençte, kullanılan malzemenin cinsine, kalınlığına ve ısı iletkenlik katsayısına bağlıdır. Isı depolama yeteneği malzemenin ağırlığı ve özgül ısısı ile orantılıdır. Yapının iç hava sıcaklığı ve yapı kabuğunu oluşturan elemanların iç yüzey sıcaklıkları belirli bir değerde ve birbirine yakın olmalıdır. Çeşitli tabakalardan yapılmış yapı bileşenlerinde (duvarlar ve döşemeler) tabakaların hatalı oluşturulması, yoğuşma olayının meydana gelmesine yol açar ki, bu da bileşenin ısı yalıtma yeteneğini azaltmakla beraber yapısal hasarlara yol açabilmektedir.

Malzeme seçiminde boşluklu veya aralarında hava boşluğu bulunanlar yan yana getirilmeli ve ısı yalıtım malzemesinin soğuk yüzeye yakın olarak yerleştirilmesi gerekmektedir. Eğer yalıtım malzemesi ortak ise de yoğuşma kontrolleri yapılmalı ve kalınlığı saptanmalıdır.

Malzemede görülen deformasyonlar basınç, çekme, kayma, burulma, eğilme, burkulma, yorulma, çarpma, sertlik, aşınma gibi durumlar olarak sayılabilmektedir.

Isısal sorunlar yapı içinde yaşayan insanın sağlıklı ve üretken olmasını sağlayan konfor koşullarını etkilemekle birlikte, ısısal deformasyonlar nedeni ile yapının yıpranmasına yol açmaktadır. Bu sebeple kullanılan malzemenin yapı fiziği kurallarına uygun olmasının yanında enerji tasarrufu sağlaması da çok önemlidir.

Soğuk hava koşullarında yapı içinden dışına doğru (sıcaktan soğuğa doğru) ısı kaybı olmaktadır. Bu ısı kaybının azaltılması için yapı kabuğunun ısısal direncinin yüksek olması gerekmektedir. Yapı kabuğunu oluşturan katmanlar düzenlenirken, buhar yalıtım özelliği fazla olan katmanlar sıcak ortam yüzeyine yakın, ısı yalıtım özelliği yüksek olan katmanlar sıcak ortam yüzeyinden uzağa yerleştirilmelidir. Duvarı oluşturan katmanların buhar difüzyon dirençlerinin içten dışa doğru azalması ve duvarın sıcak tutulması önemlidir. Böylelikle daha sıcak ortamdan daha soğuk ortama doğru yayılan su buharı ilk katmanlarda tutulacak ve sıcak ortam havasında bulunan nem, ısı yalıtım özelliği olan katmanlara etki etmeyecektir.

Binaların taşıyıcı sistemlerinde (kolon- kiriş) bulunan donatılar nedeni ile kolon ve kiriş yüzeylerinde ısı köprüleri oluşmaktadır. Isı daima sıcak ortamdan soğuk ortama doğru aktığı için binanın iç yüzeyinde bulunan ısıtılmış hava ısı köprüleri yolu ile dış ortama verilir. Ayrıca mekanın tüm yüzey sıcaklıklarının homojen yapıda olmasına engel olduğu için ısısal konfor koşullarının bozulmasına neden olur. Bu nedenle yapıda ısı köprüleri oluşumu istenmeyen bir durumdur. (Sezer, 2004)

Sürekli gelişen yapı teknolojisi ile birlikte yapı kabuğunun tek katmanlı olan eski yapısı değişmiş, katmanlardan oluşan duvar kesitleri gündeme gelmiştir. Katmanlı duvar oluşumunun örneklerinden birisi de hazır beton dış duvar elemanlarıdır. Bu elemanlar hızlı üretilmeleri ve kolay takılmaları nedeni ile tercih edilmektedirler.

Tek katmanlı hafif beton elemanlar yüzeyleri sıvalı hafif beton veya dolu kesitli normal beton olarak üretilirler. Eğer hafif betondan üretiliyorlarsa düzenli dağılmış küçük hava gözeneklerinin homojen bir yapıda olması, ısı iletkenlik değerinin düşük ve kalınlığının yeterli olması gerekmektedir.

Homojen dağılmayan küçük hava gözenekleri kılcal emme olayının oluşmasına, bu da yapı elemanlarının nemlenmelerine ve ısı geçirgenliklerinin artmasına neden olmaktadır.



Tek katmanlı hafif beton elemanlar kolay üretilirler ama, kırılmaya karşı dirençleri azdır ve suya karşı koruyucu boya ile önlem alınması gerekmektedir. Normal betondan üretilen elemanlar kırılmaya karşı dirençlidirler ve taşıyıcı olarak görev alabilirler. Ama yeterli ısı yalıtımı sağlayamamaktadırlar. Genellikle bu elemanlarda montajdan sonra içeriden ısı yalıtımı uygulanır, bu da yalıtım malzemesi ile beton yüzey arasında yoğunlaşmaya sebep olmaktadır.

### **3.1. TAŞIYICI SİSTEMİN STATİĞİ VE BİRLEŞİM DETAYLARI**

Her yapı, yapım şekli, boyutları ve malzemesi ne olursa olsun, çeşitli yükleri etkisi altında kalmaktadır. Bu yükleri uygun biçimde taşıyıp, zemine aktaran elemanların tümü, yapının taşıyıcı sistemini oluşturmaktadır.

Yapının sağlamlığı, çevre koşullarının ve maruz kaldığı yüklerin zamana bağlı bileşik etkileri altında yapının her yönden tasarlandığı şekli ve sağlamlığını koruyabilmesidir.

Yapının hizmet ömrü boyunca, maruz kalması muhtemel etkiler altında, malzemenin kararlı ve sağlam bir davranış göstererek hacim sabitliğini koruması “malzeme stabilitesi” olarak tanımlanabilir.

Betonarme sandviç panel duvarlarda taşıyıcı sistem olarak kolon-kiriş bağlantıları ile kurulmuş bir çerçeve sistem yerine, kendi kendini taşıyan sandviç panellerden söz edilmektedir. Bu sistemde kolon ve kiriş yoktur. Çatı ve döşemelerden gelen yükler taşıyıcı duvarlar aracılığı ile temellere, oradan da zemine aktarılır. Bu yük aktarımı ve yapıya dışarıdan gelmesi muhtemel yükler, yapı stabilitesini ve yapının sağlamlığın doğrudan etkilemektedir.

Büyük boy panelli yapı sistemlerinde stabilite problemleri ve ana bileşenler arasındaki bağlantılar üzerinde önemle durulması gereken konulardır.

Prefabrik bir yapıda iki türlü stabilite vardır.

1. Bileşen stabilitesi ( Elemanların tek tek stabilitesi)

2. Uzay stabilite (Tüm yapının stabilitesi)

1. Bileşen stabilitesi, yapı elemanının imalat yerinden yerleştirilinceye kadar, kendini etkileyecek iç ve dış kuvvetleri, zararlı deformasyonlara uğramadan karşılayabilmesini sağlar.

Bu sebeple bileşen tasarımı sırasında, kalıptan çıkarma, istifleme, nakliye, montaj gibi aşamaların her biri göz önünde tutulur. Yerleştirilen elemanın stabilitesi, diğer yapı elemanları ile olan ilişkisine de bağlıdır.

Kendilerine fazla miktarda düşey yük etkileyen duvar panellerinde “burkulma”(flambaj) oluşabilir. Böyle durumlarda, kalınlaştırma, malzeme ve donatıda değişiklik yapma, kenarları destekleme şeklinde önlemler alınabilir.

Eğer yatay kuvvetler fazla ise, duvarlarda “devrilme” ya da “eğilme(sehim)” oluşabilir. Böyle durumlarda, kenarların desteklenmesi, hatıl bağlantılarının yapılması, malzemenin özünde değişiklik yapılması şeklinde önlemler alınabilir.

Döşemelerde düşey kuvvetler sebebi ile oluşan sehim, açıklığın azaltılması, konstrüktif yüksekliğin artırılması, malzeme, donatıda ve mesnet durumunda değişiklik yapılması ile önlenir.

Yatay kuvvetler ince bir döşeme üzerinde burkulmaya sebep olabilmektedir.

2. Yapının uzaysal stabilitesi, yapıyı etkileyen iç ve dış kuvvetlerin zararlı deformasyonlar oluşmadan önlenmesini sağlar.

Büyük boy panelli sistemler, birbirlerine dik yüzeylerin bileşmesinden oluşan bir uzaysal ve prizmatik katlanmış plak olarak kabul edilebilmektedir. Ama buna göre yapılan hesaplar oldukça zor olduğu için, genel olarak düşey kuvvetlerin(ölü ve servis yükleri) yapı yüksekliğince devam ettiği ve duvar perdeleri tarafından temellere iletiildiği kabul edilmekte, rijit olduğu kabul edilen döşemelerden gelen yatay kuvvetlerin duvar perdelerine dağılımı hesaplanmaktadır.

Burada binaya etkileyen yatay kuvvetler; rüzgar, deprem, patlama kuvvetleridir.

Bunlardan rüzgar kuvvetleri bina yüksekliği arttıkça, deprem kuvvetleri ise, bina ağırlığı arttıkça artar. Patlama kuvvetlerinin şiddeti önceden tahmin edilememektedir.

Taşıyıcı duvarların düzenleniş şekline göre, yapının bu kuvvetlere karşı davranışı değişiklik göstermektedir.

Eğer cephe duvarlarının taşıyıcı olduğu bir yapı söz konusu ise, (çapraz ve boylamasına sistemler) “kapalı” bir taşıyıcı strüktürden söz edilmektedir.

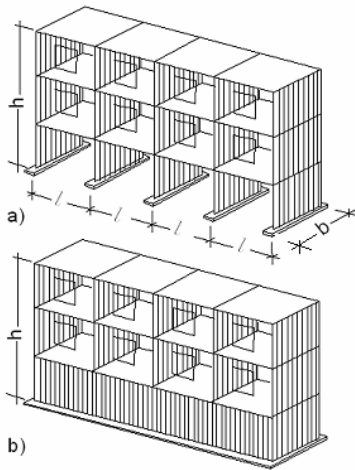
Böyle bir durumda yapı, kat döşemeleri ve duvarları ile rijitleştirilmiş, temele ankastre bir delikli veya prizmatik tüp gibi ele alınır; veya iki doğrultuda düzenlenmiş olan taşıyıcı duvarları “T”, “I”, “U” kesitli perdeler meydana getirdiği kabul edilir.

Atalet momentleri yüksek olan bu “bileşik” perdeler, döşemeler tarafından iletilen yatay kuvvetleri, ankastre oldukları kabul edilen temel ya da bodrum bölümüne aktarmaktadırlar.

Kapalı sistemlerin burulma etkisine karşı mukavemetinin fazla olduğu görülmüştür ve cephelere dik doğrultuda düzenlenen taşıyıcı duvarların sıklığı da yanal stabiliteyi etkilemektedir. Mekanları çevreleyen duvarların taşıyıcı olduğu bir çapraz sistemde, duvarlar birbirlerini rijitleştirerek düşey kutular oluşturmaktadır. Böyle bir durumda döşemelerin rolü azalmış olmaktadır. Eğer boylamasına bir sistem söz konusu ise, uzun cepheye dik duvarların aralıkları artmış olacağı için döşemelerin ve rijitleştirici ana duvarların rolü önem kazanmaktadır.

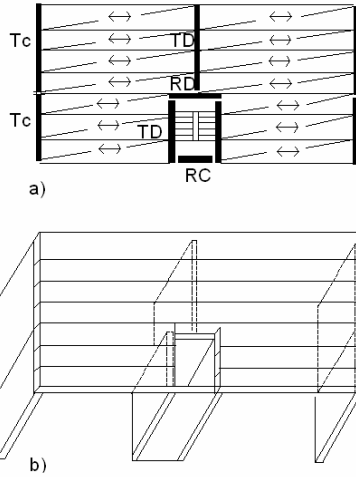
Taşıyıcı sistemin açık olduğu farz edilen ve cephe duvarlarının taşıyıcı olmadığı enlemesine sistemlerde, düşey duvar perdeleri yatay döşeme diyaframları ile kendi aralarında bağlanmaktadır. (Şekil 3.1.) Bu duvarların simetrik düzende olması yatay kuvvetler altında burulma tehlikesi oluşmasını önlemek açısından önemlidir.

Düşey perdelerin farklı temellere oturtulduğu durumlarda, duvarlar zemine elastik olarak ankastre edilmiş konsol perdeler gibi deforme olduğu için, hesaplar yapılırken zemin elastikiyeti de göz önünde tutulmaktadır. Temellerin rijit bir çerçeve veya kutu oluşturabilmesi durumunda (mütemadi ya da radye jeneral temeller, yerinde dökme bodrum), taşıyıcı duvarların bu çerçeve ya da kutuya rijit olarak ankastre edilmiş konsol perdeler olduğu varsayılmaktadır.



Şekil 3.1 Enlemesine yerleştirilen taşıyıcı duvar perdeli “açık” taşıyıcı sistemlerde perde zemin ilişkileri a) Zemine elastik olarak ankastre olan perdeler

b) Rijit bir temel veya bodrum bölümüne ankastre olan perdeler



Şekil 3.2. Enlemesine duvarların büyük aralıklarla düzenlendiği bir ‘açık’ taşıyıcı sistem için

a) bir plan çözüm örneği

b) Yatay perde gibi etkimesi sağlanan döşemenin, kuvvetleri bağımsız duvar perdelerine aktarması ile oluşan taşıyıcı sistem.

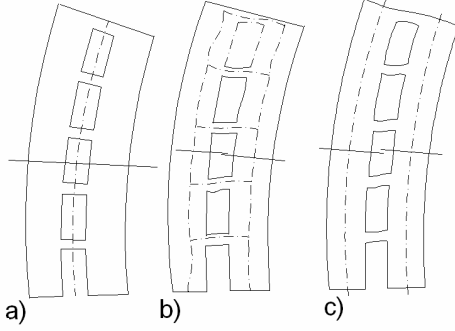
Bu çözüm, hesapları kolaylaştırdığı ve zemindeki farklı oturumları büyük oranda önlediği için tercih edilmektedir.

Enlemesine bir konut planında olduğu gibi duvar aralıklarının az tutulduğu durumlarda, stabilite, üç duvarın bir döşeme elemanı ile birleşmesi sureti ile oluşturduğu ‘masa’ hücrelerle sağlanmaktadır. Böyle bir durumda döşemelerde mütemadilik yapılması önemli değil iken, uzun döşeme dilimleri ile kurulan büyük açıklıklı enlemesine sistemlerde döşemelerin mütemadilik kazanması ve monolitik bir yatay perde gibi davranması önem göstermektedir. (Şekil 3.2.) Yatay kuvvetler bu rijit diaframlar tarafından birbirinden bağımsızlık gösteren duvar perdelerine iletilirler. Böyle bir durumda ise, duvarlara ve döşeme ile bağlantılarına büyük kuvvetler etkimektedir.

Bir yapının stabilitesinin ‘yeterli’ sayılabilmesi için, yatay kuvvetlerin etkisi altında üst ucunda oluşması muhtemel yatay yer değiştirmenin, binanın yüksekliğinin  $H$  olarak kabul edilmesi durumunda  $H/2000$ 'den az olması gerektiği belirtilmektedir.

Duvar perdelerinde doğrama boşluklarının olmadığı durumlarda, hesaplar basit eğilme teorisine göre yapılmaktadır. Ancak perdeler genellikle doğrama boşlukları yüzünden ‘delikli’ olmaktadır.

Söz konusu delikler küçük ise, perdedeki gerilme durumuna etkileri önemsizdir. Bunun yanında deliklerin büyük olması durumunda, perdeler ya çok katlı bir çerçeve olarak düşünülür, ya da boşlukların yanındaki duvar dilimlerinin birbirinden bağımsız perdeler oluşturduğu kabul edilir. (Şekil 3.3.)



Şekil 3.3. Statik hesaplarda boşluklu bir perdenin kabul edilme şekilleri

- a) Boşluklu, homojen bir konsol perde olarak, b) Çok katlı bir çerçeve olarak  
c) Birbirlerinden bağımsız perdeler olarak

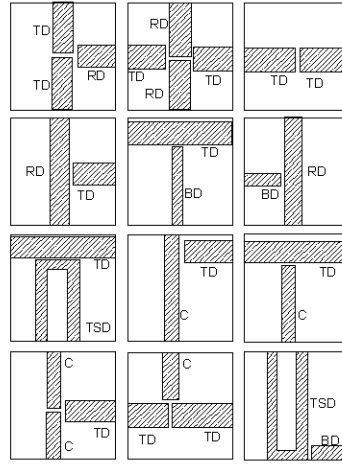
Prefabrik olarak üretilmiş “taşıyıcı duvar perdeli” panellerle kurulan yapılarda, paneller arasında kurulan bağlantı son derece önem kazanmaktadır. Bu bağlantılarda önemli olan, sonradan birleştirilen elemanlar arasında yeterli sürekliliğin sağlanabilmesidir. Aynı düzlem içinde yan yana gelen taşıyıcı duvar panellerinin birleşiminde kesme kuvvetlerine karşı önlem alınmadığı durumlarda, yatay kuvvetler karşısında panellerin her biri diğerinden bağımsız bir konsol perde davranışı göstermekte, bu da yapının stabilitesini azaltmaktadır. Bağlantılarda kesme kuvvetlerine karşı önlemlerin alındığı durumlarda ise, yan yana ve üst üste gelen duvar panellerinin tek bir “kompozit perde” olarak etki ettiği görülmektedir.

Avrupa ülkelerinde kabul edilen kurallara göre, yüksek ya da yatay kuvvetlerin büyük olacağı tahmin edilen yapılarda, paneller arasındaki düşey ve yatay derzlerin kesiştiği köşe noktalarında, yatay hatılın içerisinde ya da biraz üzerinde olmak üzere, rijit kilit ya da düğüm bağlantıları düzenlenmektedir. Yatay kuvvetler karşısında panellerin bu noktalar arasında yer alan basınç çubukları gibi davranacağı beklenmektedir.

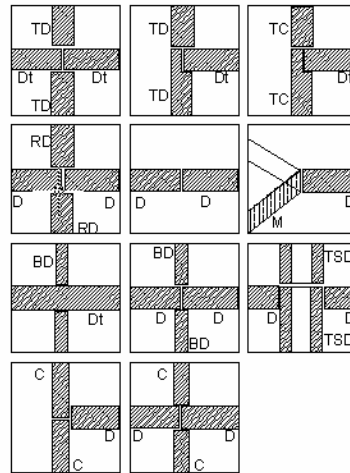
Büyük boy panellerin birleştirilmesi ile oluşan yapı kuruluşlarında, yapının “ısısal gerilmeler” karşısındaki stabilitesi düşünülerek belirli aralıklarla “genleşme derzleri” düzenlenmelidir.

Bu aralıklar bazı şartnamelere göre 45-60 m. civarında tutulabilmekte, ancak böyle durumlarda çatı katlarında ayrıca önlem alınması gerekmektedir. Avrupa ülkelerinde geçerli olan CEB yönergesinde, büyük ısısal farkların olduğu kuru iklim bölgelerinde genişleme derzleri arasındaki aralığın 25 m. olarak alınabileceği, rutubetli ve ısı farklarının çok olmadığı yörelerde bu aralığın 50m.'ye kadar yapılabileceği belirtilmektedir. (Ayaydın, 1987)

Büyük boy panelli bir sistemde ana bileşenler arasında detaylandırılması gereken bağlantılar; a) Düşey (Şekil 3.4.) b) Yatay olmak üzere iki grupta değerlendirilmektedir.(Şekil 3.5.)



Şekil 3.4. Bir konut planında çözümlenmesi gereken düşey bağlantıların yatay kesitte gösterilmesi TD: Taşıyıcı iç veya dış duvar, RD: Rijitleştirici duvar, BD: Bölme duvarı, TSD: Tesisat duvarı, C: Taşıyıcı olmayan cephe duvarı



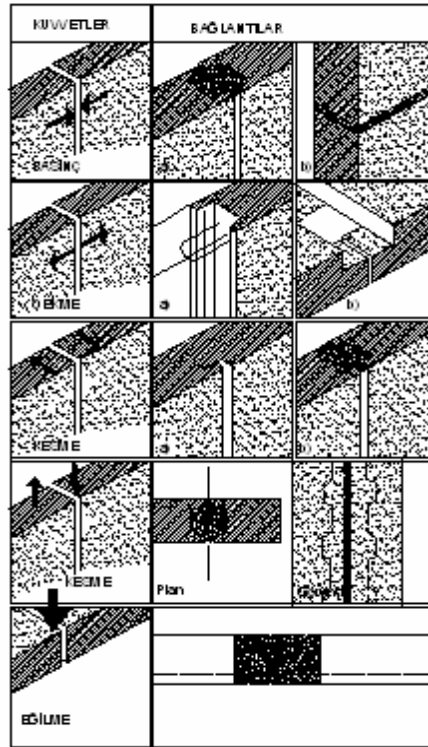
Şekil 3.5. Bir konut planında çözümlenmesi gereken yatay bağlantıların düşey kesitte gösterilmesi

TD: Taşıyıcı iç duvar, TC: Taşıyıcı cephe duvarı, RD: Rijitleştirici duvar, BD: Bölme duvarı, TSD: Tesisat duvarı, C: “Taşınan” cephe, D: Taşıma doğrultusuna dik döşeme kesiti, Dt: Taşıma doğrultusuna paralel döşeme kesiti, M: Merdiven

Düzlemsel elemanların yatay veya düşey birleşimlerinin detaylandırılmasında, bağlantıya etkiyecek kuvvetin türünün ve şiddetinin saptanması üzerinde önemle durulması gereken bir konu olmaktadır. (Şekil 3.6.)

Bağlantıya sadece basınç kuvvetleri etki ediyorsa, iyi yapılmış bir beton veya harç dolgu yeterli olmaktadır. Beton içindeki donatı veya ankrajlı çelik plakaların ek öğelerin yardımı ile kaynaklanması sureti ile çekme kuvvetleri karşılanabilmektedir. (Ayaydın, 1987)

Kesme kuvvetlerine karşı betonla doldurulmuş cepler yapılması kolay bir çözüm iken, ek donatı veya kaynaklı plakalar gerekebilmektedir. Döşemelerde mütemadilik sağlanmak istendiğinde eğilme momentlerinin aktarılması gerekmektedir. Bu durumda yaygın olarak üst donatı filizlerinin bağlanması ve enlemesine ek donatı düzenlenmesi şeklinde bir çözüme gidilmektedir.



Şekil 3.6. Düzlemsel elemanların arasındaki bağlantıların kurulmasında, kuvvet etki tiplerine göre alınması gereken bazı önlemler.

Bileşenler arasında bağlantılar şu şartları da gerçekleştirmelidir.

Yapılan bağlantı:

- \* Bileşen türleri, birleşim yerleri, plan çözümleri, kat yükseklikleri değişse bile, aynen veya ufak değişikliklerle uygulanabilmeli,
- \* Üretim, taşıma, montaj güçlükleri çıkaran kenar biçimleri gerektirmemeli,
- \* Montaj sırasında destekleme ve ayarlama sorunlarını en aza indirmeli,
- \* Yapımı kolay ve çabuk olmalı, bekleme süreleri olmadan kuvvet aktarıcı duruma gelebilmeli,
- \* Şantiyedeki kontrolü kolay yapılabilmesi,
- \* Üretim ve montajı pahalılaştıracak ölçüde bir dakiklik gerektirmemeli ve belirli sınırlar içerisindeki ölçü sapmalarının giderilebilmesine olanak vermeli,
- \* Binada veya bileşenlerde oluşabilecek küçük şekil değişikliklerine (zeminde farklı oturumlar, ısısal hareketler, sünme vb.) imkan vermeli
- \* Yeterli bir ses yalıtımı ve yangına karşı direnç sağlayabilmeli,
- \* Dış ortamda yer alıyorsa su ve hava geçirimsizliği sağlamalı ve ısı köprüleri oluşturmamalıdır.

Bu şartların hepsini birden sağlayabilecek bir birleşim şekli henüz bulunmamıştır. En çok gerçekleştirilen bağlantı türleri; ıslak bağlantılar, yarı ıslak bağlantılar, kaynaklı “kuru” bağlantılar olarak sayılabilmektedir.

Günümüzde gerçekleştirilen bağlantıların büyük çoğunluğu yerinde döküm betona dayanan ıslak birleşim şeklinde olmaktadır. Avrupa ülkelerinin çoğunda geçerliliğini sürdüren bu tür bağlantılarda, elemanlardan çıkan donatı filizleri ve ek donatı ile kesme ve çekme kuvvetlerinin karşılanmasını sağlayacak şekilde detaylandırma yapılabilmektedir. Islak bağlantıların olumlu özellikleri; geleneksel yapıya yakın bir çözüm getirmesi, yangına dayanım ve ses yalıtım özelliklerinin iyi olması, ölçü sapmalarının kolay giderilebilmesi, korozyon sorunları yaratmaması olarak sayılabilmektedir.

Islak bağlantıların olumsuz özellikleri ise, betonun sertleşmesinin beklenmesi sebebi ile yapım sürelerinin uzaması, farklı betonların çatlama ve görünüm gibi sorunlar getirmesi, bileşen yüzeylerinin kirlenmesi, elemanların bitmişlik düzeyinin olamaması nedeni ile şantiyede ayrıca bitirme işlemleri gerektirmesidir.



Deprem kuşağı yapılarında oldukça sık uygulanan yarı ıslak bağlantılarda, yerinde dökülen betonun yanı sıra, birleşimin kesme ve çekme kuvvetlerine karşı direncini arttırmak için yer yer donatı filizlerinin kaynaklanması yoluna gidilmektedir.

Yarı ıslak bağlantılarda mukavemetin artması gibi olumlu bir özelliğin yanında, kaynaklı noktaların kontrolündeki güçlükler, yapım sürelerindeki uzama, kaynak yapılabilmesi için, birleşim genişliğinin büyümesi gibi olumsuz özellikler de oluşmaktadır. Kaynaklı “kuru” bağlantılar uygulama şekilleri itibarı ile daha çok “yarı ıslak bağlantılar” grubuna girmektedir. Çünkü genellikle havayı kesmek, yeterli bir ses yalıtımı ve yangına direnç sağlamak için, bileşenler arasında kalan derz harçla ya da betonla doldurulmaktadır. (Çünkü çimento harcın yerine geçebilecek ve maliyeti onun kadar düşük olabilen bir derz dolgu malzemesi henüz bulunmamaktadır.) Birleşimde oluşabilecek çekme ve kesme kuvvetlerini karşılamak üzere, üretim sırasında bileşenlere ankrajı yapılan çelik plakaların, yapı yerinde çelik çubuk, plaka veya profillerin yardımı ile kaynaklanması yaygın olarak kullanılan bir çözümdür. Kaynaklı çözümlerin olumlu özellikleri üretimi zorlaştıran donatı filizleri gerektirmemesi, bağlantıların bekleme olmadan kuvvet aktarıcı duruma gelebilmesi iken; olumsuz özellikleri ise, korozyon tehlikesi, şantiyedeki kontrol güçlükleri, daha dakik bir üretim ve montajı gerektirmesi harç veya beton dolguya yer vermesi şeklinde sayılabilmektedir.

İç ortamlarda yapılan bağlantılarda genel olarak su geçirmezlik ve ısı yalıtımı gibi sorunlar bulunmadığı için, bağlantılarda ses ve yangına karşı direnç gibi özelliklerin önemini koruması ile birlikte, konstrüktif açıdan yeterli olması önem kazanmıştır.

Bağlantılar yatay ve düşey olarak incelenebilir.

A.) Düşey Bağlantılar; duvarların düşey kenarları arasındaki birleşimler olup, duvar perdeleri arasındaki monolitik etkiyi sağlamak görevini üstlenirler. Bu sebeple, rüzgar bağlantılarını oluşturmak ve rijitliği arttırmak açısından önemleri büyük olmaktadır.

Farklı oturmalar, aksenal olmayan yüklemeler sebebi ile, binaya etkiyen yatay kuvvetler düşey bağlantılar sırasında basınç, çekme ve kesme kuvvetleri oluşturabilmektedir.

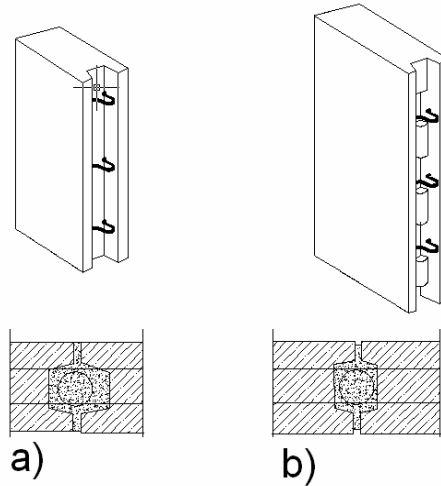
Genel olarak basınç ve çekme kuvvetlerinin karşılanabilmesi için, elemanların kenarlarından çıkarılan firkete filizlerinin iç içe geçirilmesi ve birleşimin betonlanması yeterli olmaktadır. Ancak kesme kuvvetlerinin de etkimesi durumunda, duvar kenarlarında ayrıca cepler ve dişler yapılmaktadır. (Şekil 3.7.)

B) Yatay bağlantılar strüktrel kuruluş içinde, düşey yüklerin duvardan duvara aktarılmasını sağlamak ve döşemeyi etkileyen yatay kuvvetleri duvar perdelerine iletmek şeklinde görev almaktadırlar.

Genelde bağlantının içinde yer alan, binanın çevresinde ve taşıyıcı duvarların altında düzenlenen ve birbirleri ile bağlantılı olan hatıllar bu görevi üstlenmişlerdir. Bu hatıllar ayrıca, montaj sapmalarından dolayı oluşan gerilmelerin dengelenmesini sağlayacak ve perdelerin düşey birleşimlerinde meydana gelebilecek çekme gerilmelerini karşılayabilecek şekilde detaylandırılmaktadır.

Hatılların, genişliklerinin en az 8cm olması, aralıkları 50 cm'i geçmeyen montaj etriyelerini içermesi, içlerinden kendilerine paralel olarak tesisat bağlantılarının geçirilmemesi, içlerine yerleştirilen ayar tertibatlarının beton dökümünü engellememesi, donatılarında yer biçim değişiklikleri yapılmaması gerekmektedir.

Yatay bağlantılarda, hatıllar, döşemelerin kendi aralarındaki birleşimleri, üst üste yerleştirilen duvar panellerinin hatılla ve kendi aralarındaki ilişkileri sayılabilmektedir.



Şekil 3.7. Düşey bağlantılara gelebilecek çekme ve kesme kuvvetlerine karşı, duvar panellerinin kenarlarında alınabilecek önlemler;

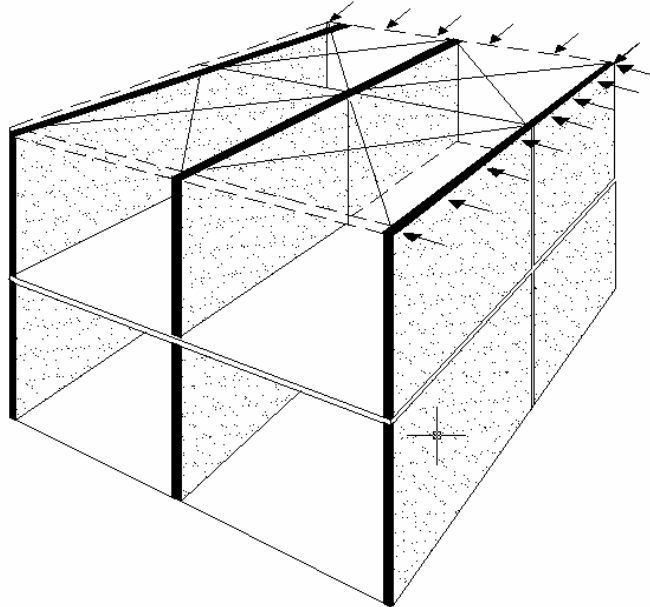
a) Beton dolgu + donatı filizleri + ilave donatı ile, b) Kenarlarında diş yaparak. Şeklinde sayılabilmektedir. (Ayaydın, 1987)

Döşemelerin kendi aralarındaki ve mesnet üzerindeki bağlantıları: Döşemeler yüzeylerine dik gelen kuvvetler nedeni ile eğilmeye çalışmaktadırlar. Bu sebeple döşeme elemanlarının her birinin, istenmeyen sehimler oluşturmayacak bir stabiliteye kavuşturulmaları gerekmektedir. Genel olarak mahal boyutlarında olan bu plaklar, taşıyıcı ve rijitleştirici duvarların arasında “rüzgar bağlantısı” görevini de üstlenmektedir. (Şekil 3.8.)

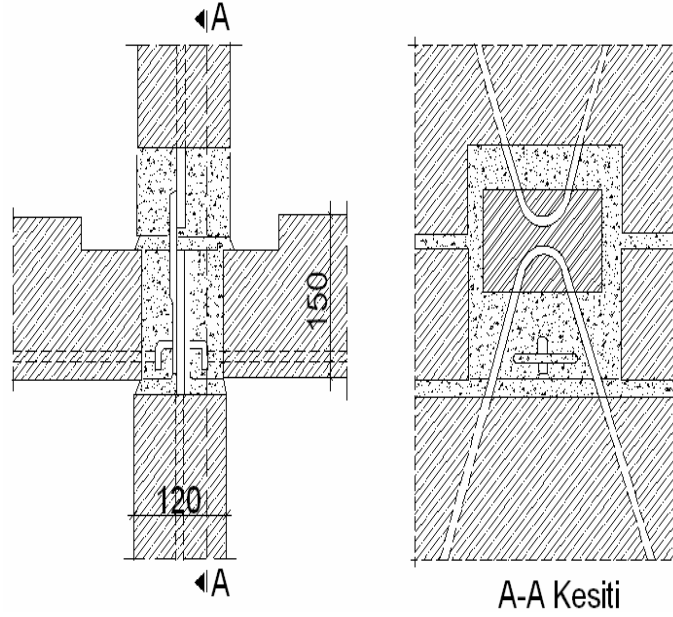
Deprem kuşağı yapılarında, üst üste gelen duvar panelleri arasında büyük çekme kuvvetleri oluşabileceği düşünülerek, bu duvar panellerinin de birbirlerine bağlanması istenmektedir. Böyle bir durum için geliştirilen çeşitli çözümler vardır.

Bu çözümler; üst ve alt duvarlardan çıkan yer yer çelik plakaların veya ek profillerin yardımı ile kaynaklanması (Şekil 3.9.), alt duvardan çıkan ayar bulonlarının üst duvardaki ankrajlı plakalara vidalanması, duvar panelleri içerisinde bırakılan spiral donatı kanallarından donatı çubukları geçirilmesi ve bunların daha sonra betonlanması... olarak sayılabilmektedir.

(Ayaydın, 1987)



Şekil 3.8. Döşeme elemanlarının taşıyıcı ve rijitleştirici duvar panelleri arasında “rüzgar bağlantısı” görevini üstlenmesi.



Şekil 3.9. Üst üste gelen duvar panellerinin donatı filizlerinin yer yer (genelde iki noktada) çelik plakaların yardımı ile kaynaklanması ile yapılan deprem bağlantısı.

1968 yılında Londra yakınlarındaki “Ronan Point” binasında gerçekleşen bir patlama, binanın büyük bir bölümünde zincirleme çökmeye (progressive collapse) yol açtığından beri, çeşitli Avrupa ülkelerinde deprem kuşağında olmasa bile, büyük boy panelli yapıların bağlantılarında bazı ek önlemler getirebilecek çalışmalar yapılmış ve bir duvarın yıkılması ile oluşabilecek çökmeye karşı bazı önlemler getirilmeye çalışılmaktadır.

Bu önlemlerden bazıları, taşıyıcı duvarın yok olması halinde, döşemelerde mütemadilik sağlanması sureti ile döşemenin bir konsol plak olarak çalışabilmesi, alt duvar yıkıldığı zaman, bağlantıların çökmeye çalışarak döşemenin çökmesini önlemesi için, yer yer döşemenin üst duvara bağlanması, gerektiği zaman döşeme yüklerinin “taşınan” veya “kendini taşıyan” duvarlara geçebilmesi, şeklinde sayılabilmektedir.

Büyük boy panelli sistemlerde duvar panellerinin temellerle olan bağlantısı bir iki katlı yapılarda panellerin çanak temellere sokulması, araya yerleştirilen kamalarla gerekli ayarların yapılması ve sonra aralığın betonlanarak kamaların çıkarılması şeklinde gerçekleştirilen bağlantı yeterli olmaktadır.

Çok katlı yapılarda ise, duvarların temellere ankrajı daha çok kaynaklı bağlantılarla yapılmaktadır. Dış ortamda yer alan bağlantıların içerisinde iki ayrı bölümün oluştuğu görülmektedir.

1. Bağlantıları dış ortama yakın olan bölümü, dış etkenler yüzünden oluşabilecek sorunlara çözüm getirmek için detaylandırılır. Bu sorunlar; su-rüzgar geçirimsizliği sağlamak, ısı köprüleri oluşturmamak ve ısısal hareketlere izin vermemektir.

2. İç ortamda kalan bölüm ise, konstrüktif bağlantıyı sağlamak görevini üstlenmiştir. Yapılan detaylandırmalar, duvar panelinin “taşıyıcı”, “kendini taşıyan”, veya “taşınan” türde olmasına göre değişiklik gösterir.

Tıpkı iç ortamda yapılan bağlantılarda olduğu gibi, bu birleşimlerde de üretim ve montaj toleranslarının belirli sınırlar içerisinde karşılanması sağlanmalı, üst panellerin ekstenel yerleştirilebilmeleri ve ayarlanabilmeleri için önlemlerin alınması gerekmektedir.

Cephe elemanlarının boyutları büyüdükçe deformasyonlar ve ısısal hareketlerden doğan sorunlar artmakta ve bu yüzden geleneksel harçlı fuga artık yeterli olmamaktadır. Büyük boy cephe panellerinin birleşiminde hacimsel deformasyonlara ve ısısal genleşmelere olanak sağlayan “esnek” çözümlere gidilmektedir. Su ve hava geçirmezliği sağlayan bu detaylar üç grupta toplanabilmektedir. 1. Açık fuga, 2. İki kademedede yalıtılmış fuga, 3. Tek kademedede yalıtılmış fuga (Şekil 3.10.).

1. Alçı Fuga, suya karşı yalıtımın, başka bir malzemeye başvurulmadan, biçimsel önlemlerle karşılanması kuralına dayanır. Fuganın dibinde düzenlenen rutubet kesici bir dolgu malzemesi rüzgar girişine mani olmaktadır. Bileşenlerin yan taraflarında üretim ve montajı güçleştiren karmaşık bir profillendirme gerektirdiği için bu çözüm şekli düşey fugalarda nadiren uygulanmaktadır. Üst üste panellerin yatay birleşiminin bir bini ya da eşik oluşturacak şekilde detaylandırılması daha kolay olmaktadır.(Şekil 3.10.) Açık yatay fuganın iki kademedede yalıtılmış düşey fuga ile birlikte uygulanması genelde uygulanan çözüm şeklidir.

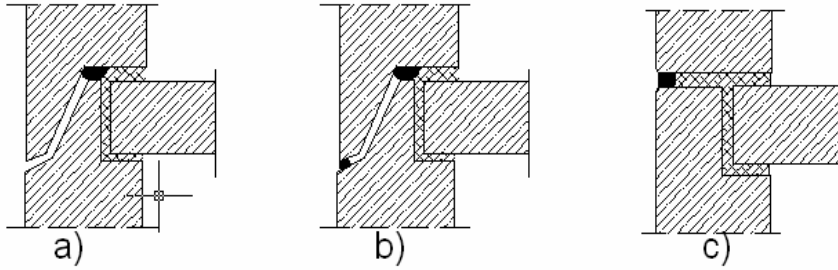
Bu detaylandırmada önemli olan nokta, paneller arasındaki “bindirme” veya “eşik” yüksekliğinin, rüzgar basıncına ve binanın yüksekliğine göre doğru belirlenmiş olmasıdır. Yapılan deneyler, 8-12 cm’ lik yüksekliğin yeterli olduğunu göstermektedir.

2. İki kademede yalıtılmış fuga. Bu detaylandırma, rüzgarın ince bir yarıktan girip, daha geniş bir odacıkta basıncını kaybetmesi ilkesine dayanır. “Yağmur kesici” görevini yüklenmiş olan ilk yalıtım kademesini geçebilen su yüklü rüzgar, yer yer hava ile irtibatlı olan küçük bir boşlukla karşılaştığında, kinetik enerjisini ve bunun sonucunda su taşıma kapasitesini kaybetmekte, yüklenmiş olduğu su zerrecikleri, bu kanal içinde drene edilerek, yatay fugalarda, yalıtım malzemesi içerisinde bırakılan yer yer delikler aracılığı ile tekrar dışarıya atılmaktadır. (Şekil 3.11. ve Şekil 3.12.)

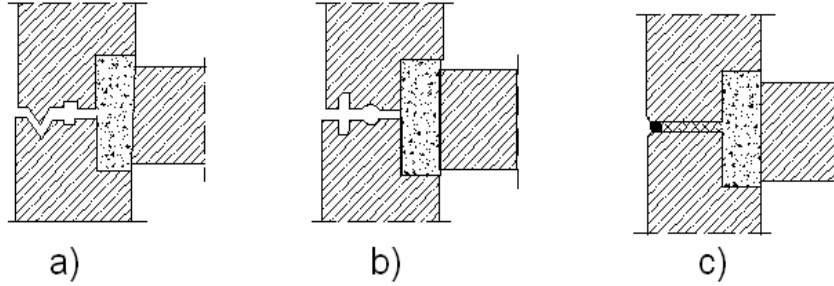
En yaygın uygulama, düşey fuganın iki kademede yalıtılması, yatay fugada ise açık çözümün gerçekleştirilmesidir.

Böylelikle düşey kanallardan aşağı süzülen su, dışarıya kolaylıkla atılabilmektedir. Bu detaylarda yağmur kesici malzeme olarak çeşitli macunlar ya da profiller, rüzgar kesici olarak ta macun ve profillere ek olarak kapalı hücreli (neopren, pvc vb.) süngerler, plastik veya bitüm esaslı pestiller kullanılabilmektedir.

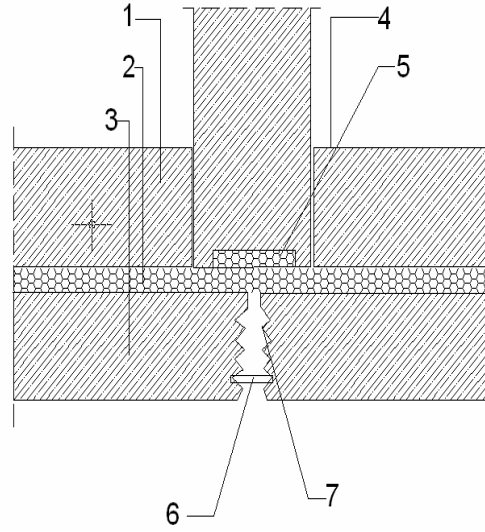
### DÜŞEY KESİTLER



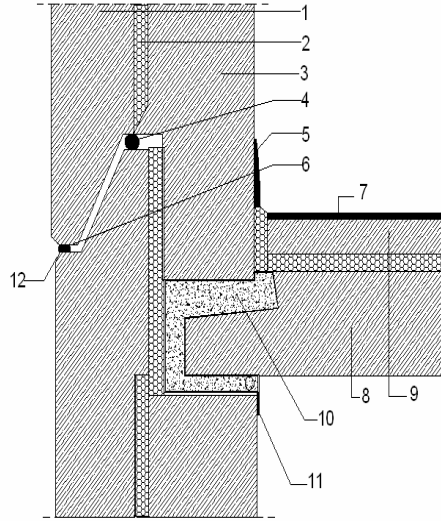
### YATAY KESİTLER



Şekil 3.10. Cephe panellerindeki fugaların yalıtımı için yapılabilen detay çözümleri. Düşey kesitlerde yatay fugalar, yatay kesitlerde düşey fugalar görülmektedir. a) Açık fuga, b) İki kademede yalıtılmış fuga, c) Tek kademede yalıtılmış fuga



Şekil 3.11. İki kademedede yalıtılmış düşey fuga örneği(yatay kesit) Fugaya girebilen sular dışa doğru eğimli yivler aracılığı ile dışarıya akıtılmaktadır. İç duvar yerinde dökme beton olup, cephe paneli ile bağlantısı gösterilmektedir. 1.2. ve 3. sandviç cephe panelinin tabakaları, 4. esnek örtme çıtası, 5. rüzgar kesici sünger bant, 6. metal veya PVC bant, 7. eğimli yivler

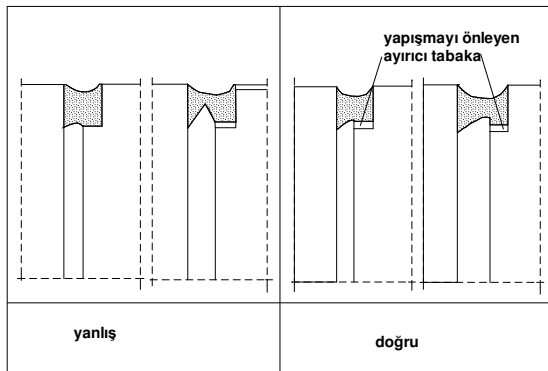


Şekil 3.12. İki kademedede yalıtılmış bir yatay fuga örneği (düşey kesit) Yağmur kesici içerisinde bırakılan yer yer delikler ile, düşey fugaya sızabilen suyun akması sağlanmıştır. (Döşeme bağlantısı gösterilmemiştir.) 1.2.ve3. sandviç cephe panelinin tabakaları, 4. elastiki profil (rüzgar kesici) 5. esnek süpürgelik, 6. yağmur kesici yalıtım macunu, 7. döşeme kaplaması, 8.döşeme, 9. yüzer şap, 10.harç, 11. esnek örtme çıtası, 12. pahlama.

İlk kademeyi oluşturan su geçirmezlik malzemesinde aranılan özellikler; maliyetinin fazla olmaması, kolay uygulanabilmesi, dış etkenlere karşı uzun süre hasara uğramadan dayanabilmesi, (eriyip çatlamaması, taşıp akmaması), sık sık bakım gerektirmemesi, fuga genişliğinin %20 veya %30'u kadar genişleme ve daralmalara olanak vermesi, üretim ve montajda pahalılık yaratacak bir dakiklik ve profillendime ihtiyacı gerektirmemesi, kolay değiştirilebilmesi, estetik olması şeklinde sayılabilmektedir.(Ayaydın, 1987) Genellikle su sızdırmayan özellikte dolgu malzemesi ve dolgu malzemesini destekleyen, bir tıkaç görevi gören köpük, bant veya plastik boru türündeki malzemelerden oluşmaktadır. (Şekil 3.13.) Dolgu malzemesinin; su geçirimsizliğini sağlamak, u.v. Işınlara karşı dayanıklı olmak, sıcaklık farklarından dolayı panellerde ve panellerin birleşim aralıklarında meydana gelecek boyutsal farklılıklar sonucu panel yüzlerinden ayrılmamak, kopmamak, sadece derz genişliği doğrultusunda (2 yönde) basınç ve gerilme kuvvetlerine maruz kalacak çalışma prensiplerine sahip olmak gibi özelliklere sahip olması gerekmektedir.

Panellerin birleşim sistemleri değerlendirilirken çok sayıda kriter dikkate alınır. Bunlar;

- Derz boyutları (paneller arası birleşim boyutları)
- Panellerin üretim, montaj, deformasyon toleransları
- Panellerin ısı genleşme katsayıları
- Derz dolgu sisteminin uygulama prensipleri
- Dolgu malzemesinin büyüklüğü
- Dolgu malzemesinin türü
- Dolgu malzemesinin uygulandığı ortam sıcaklığı şeklinde sayılabilir.



Şekil 3.13. Derz dolgu malzemesinin uygulanmasında doğru ve yanlış çözümler



Paneller arası birleşim aralık boyutları (Derz genişlikleri)

Derz genişlikleri şöyle hesaplanır

$$J=100A/X+B$$

J=Minimum derz genişliği

X= Derz dolgu malzemesinin yüzdelik olarak esneklik değeri (% olarak kabul edilir)

A= Sıcaklık farklılığına bağlı olarak panellerde oluşan boyutsal farklılık değeri

B= Montaj tolerans değeri

İki panel arasında ısı hava ve su geçişine karşı uygulanacak olan derz dolgu

sisteminin performansını etkilemesi açısından paneller arası birleşim aralığı önemli bir kriterdir.

### 3.2. ISI YALITIMI VE YOĞUŞMA

Bir insanın sağlıklı ve üretken olabileceği ısı parametrelerin sağlanması ısı konfor olarak tanımlanmaktadır. Isıl konfor, kişisel faktörler ve iç ortama ait olan faktörlerden etkilenmektedir. Kişisel faktörler insanın hareket düzeyi, giyim tarzı, metabolizma hızına bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Isıl konforu etkileyen iç ortama ait faktörler; ortam hava sıcaklığı, ortalama raydan sıcaklık, hava hareketleri ve hava rutubetidir. Ortam hava sıcaklığı, birimi °C yada Kelvin ile ifade edilen ve kuru termometre sıcaklığı olan değerdir. Yüzey sıcaklıklarının alansal ortalaması ise, ortalama raydan sıcaklığı verir. Doğru uygulanmış bir ısı yalıtımı yüzey sıcaklığının artırılmasını sağlayabilmektedir.

Hava hareketleri insanın çevresi ile ısı alış-verişini etkileyen bir faktördür. Hava hareketlerinin hızının artması insanın çevresindeki hareketsiz hava tabakasının kalınlığının azalmasına ve üşüme hissinin artmasına neden olmaktadır.

Bir hacmin rutubet miktarı arttıkça konforsuzluk oluşmaktadır. Bağıl nem miktarının %50 - %60 olması ideal olarak kabul edilmektedir. Bunun yanında rutubet oranının % 20'nin altında olması solunum problemleri oluştururken, %75'in üzerine çıkması durumunda da mantar, küf gibi bakteri üremesi olmaktadır.

Isı, maddeyi oluşturan moleküllerin hareketlerinin bir ölçüsüdür.

Sıcak maddeleri molekülleri hızlı hareket ederken, soğuk maddelerin molekülleri daha yavaştır. Sıcaklık ise bir maddenin bize hissettirdiği değerdir.

Isı iletimi her zaman sıcak maddeden soğuk maddeye doğrudur (Şenkal, 2002).

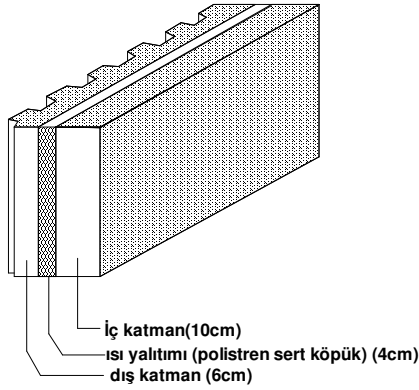
Dış hava sıcaklık değerleri +3 °C ile -24 °C arasında ise, ısı konforu sağlanabilmesi için kabul edilebilir sıcaklık değerleri 18 °C - 20 °C – 22 °C arasında olmaktadır. Isı konforu sağlanabilmiş olması için yapı içindeki kullanıcıların aktivitelerine bağlı olarak; bağıl nem, hava hareketleri, sıcaklık ve mekan oluşturucu öğelerin iç yüzey sıcaklıkları kabul edilebilir sınırlar içerisinde olmalıdır.

Isı yalıtımının yapı konforuna etkisi büyüktür. Isı yalıtımının yetersiz olduğu durumlarda konforsuzluk ve enerji savurganlığı oluşmaktadır. Isı yalıtımı iyi yapılmış bir binanın kolay ısınması ve geç soğuması ile birlikte mekanlardaki sıcaklık değişimi fazla olmadığı için, konfor oluşumu daha kolay ve yüksek düzeyde olmaktadır.

Isı geçirgenlik direnci düşük düzeyde olan beton yalın hali ile yapıda dış kabuk malzemesi olarak kullanıldığında, ısı geçirgenlik direncinin çok düşük düzeyde olması sebebi ile büyük ısı kayıplarına neden olmaktadır. Çizelge 3.1.'de normal yoğunlukta betonarme tek katmanlı dış duvarın kalınlığına bağlı ısı geçirgenlik katsayıları verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kalınlıklarına bağlı olarak beton esaslı cephe panellerinin Isı Geçirgenlik Katsayıları

Duvar Kalınlığı (cm)	Isı geçirgenlik katsayısı (Kcal/m <sup>2</sup> h °C)
6	4.35
8	4.12
10	3.9
12	3.7
14	3.53
16	3.38



Şekil 3.14 Beton esaslı sandviç cephe paneli

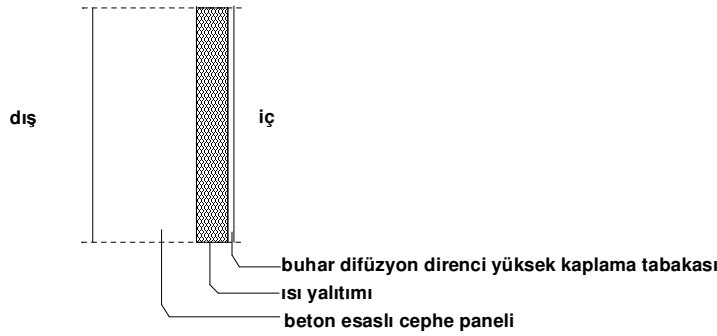
Sandviç panelin ısı geçirgenlik katsayısı 0.68 kcal/m<sup>2</sup>h'tir.

Beton esaslı cephe panellerinde ısı yalıtım uygulaması yalıtım malzemesinin panele kuruluş aşamasında veya sonradan yerleştirilmesi ile gerçekleştirilir.

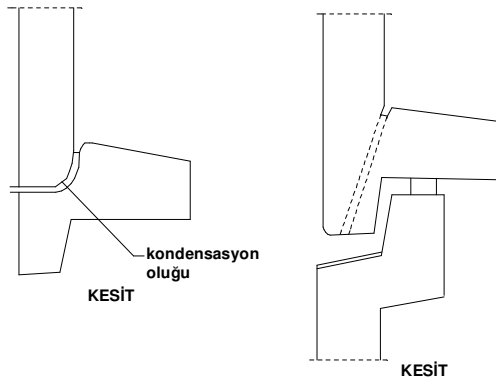
Hava içindeki su buharının taşınamayacak hale gelerek sıvalaşması ya da su buharının yapı elemanının içinde sıvı faza dönüşmesi olayını yoğunlaşma olarak tanımlayabiliriz.

Beton esaslı cephe panellerinin kesit düzenleri yoğuşma problemleri oluşturmayacak şekilde ayarlanmalıdır. Isı izolasyonu dış duvarın iç yüzünde bulunuyorsa, gerekli ısı yalıtımı sağlanabiliyorsa ve ısı yalıtım malzemesi su buharını geçiriyorsa, izolasyon tabakası içine ya da hemen arkasında yoğuşma (kondensasyon) problemi oluşabilmektedir. Bu durum hem ısı yalıtım malzemesinin hem de bina dış kabuğunun zarar görmesine neden olmaktadır ki, bu durumda ısı yalıtım performansı olumsuz yönde etkilenir.

Isı yalıtım malzemesi, önüne buhar difüzyon direnci yüksek bir katmanın yerleştirilmesi ile buhar geçirmez bir duruma getirilmiş durumda ise, dış kabuk bünyesinde yoğuşma meydana gelmez. (Şekil 3.15.)



Şekil 3.15. İç ortamdan dış ortama nem geçişini önleyen panel geçişi



Şekil 3.16. Yoğuşma (Kondensasyon) oluşu

Hava içindeki su buharının temas ettiği yüzeyin sıcaklığı, yoğuşma noktası sıcaklığının (çığ noktası sıcaklığının) altına düşerse, yüzeyde su zerrecikleri oluşur, yani su buharı yapı elemanının iç yüzeyinde sıvı faza dönüşür. Bu olaya terleme denir. Yalıtım malzemesi yerleştirilen duvarlarda ısı geçirgenlik katsayısı (U değeri) belirlenirken, yoğuşma kontrolü yapılmazsa duvarlarda küf, mantar üremesi gibi sorunlar çıkabilir. Yalıtım malzemesi ile birlikte yalıtım malzemesinin sıcak olan iç yüzeyine buhar kesici bir malzeme yerleştirilmesi ile buhar geçişinin yapıya zarar vermesi önlenebilir.

Panel gövdesinin içerisinde yoğuşma olmasının önlenmesi için, duvarı oluşturan katmanların difüzyon dirençlerinin içten dışa doğru azalması gerekir. Isı yalıtım tabakasının panelin dış yüzüne yakın tutulması ile yoğuşmanın önlenmesi ve ısının depolanması bakımından en iyi sonuçlar alınmaktadır. Ayrıca duvar gövdesinin büyük ısısal gerilmelerden korunması sağlanmaktadır. Panellerin yapı fiziği açısından sakıncalı olabilecek kuruluşlarına imkan vermemek için, binanın bulunduğu iklim bölgesi ve mahallerin kullanım şekli göz önünde tutularak, cephe panellerindeki ısı akışını, doymuş buhar basıncını ve su buharı kısmi basıncını gösteren diyagramların çizilmelidir. Kısa süreli yoğuşmalara karşı ısı yalıtımının bir buhar kesici ile korunmasının yanında panellerin belirli noktalarında yoğuşma olukları oluşturulmalıdır. (Şekil 3.16.)

Kapalı bir ortamda ısıtma sisteminin çalıştırılmadığı durumlarda cephe panelinin boyutlarına bağlı olarak iç ortam sıcaklığı değişmektedir. Örneğin cephe panelinin plandaki boyutu sabit olsa bile yüksekliği 2.50m'den 3.25 m'ye çıkarıldığı takdirde iç ortam sıcaklığında +3 °C'ye varan bir değişim görülmektedir.

Kullanılacak ısıtma sistemi için harcanacak enerji miktarı da yüksekliğe bağlı olarak değişir. Bu yüzden hazır cephe panellerinin boyutları, bina iklimsel konfor ve enerji harcamaları yönünden analiz edilmeli, en az sıcak dönem ve en sıcak dönemde iç ortamın maksimum konfor alanı sağlayacak şekilde optimum düzeyde tespit edilmelidir.

Binalarda kullanılan enerjinin büyük bir kısmı ısıtma ve soğutma amaçlı olarak tüketilmektedir. Söz konusu bu enerjinin; etkin kullanılması, ısı yalıtımı ile sağlanabilir.

Bina kabuğu, binanın iç ortamını dış ortamdaki ayıran yapı elemanlarını kapsar. Duvarlar, pencereler, kapılar, döşeme, tavan ve çatı, bina kabuğunu oluşturur.

Isı yalıtımı yapılmamış veya yanlış yapılmış olan binalarda yoğun bir şekilde ısı kayıpları olmaktadır. Bu kayıplar yapı kabuğunu oluşturan duvarlar, pencereler, kapılar, döşeme, tavan ve çatı aracılığı ile olmaktadır.

Enerji verimliliği için ısı kaybeden duvarlara ısı yalıtımı yapılmalıdır. Duvarlarda yalıtım içten (duvarın iç yüzünden) veya dıştan (duvarın dış yüzünden) yapılabilir.

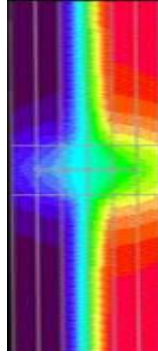
Pencerelerde ısı kaybı açısından en önemli özellik, ısı geçirgenlik katsayısı olan U değeridir. Binalarda kullanılacak pencerelerin ısı geçirgenlik katsayıları TS 825'e uygun olmalıdır. Pencereler, kış mevsiminde güneşin mahal içerisine girişini arttırmalı, yaz mevsiminde azaltmalıdır. Bunun için pencere sistemlerinde çift camlar, low-e kaplı çift camlar, güneş kontrol kaplamalı camlar ile yalıtımlı Doğramalar kullanılmalıdır.

Binalarda duvarlar ve pencerelerden sonra en fazla ısı kaybı/kazancı olan bölümler, tavan/çatı ve döşemelerdir. Bu bölümlere de ısı yalıtımı yapılmalıdır.

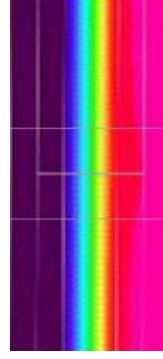
Isı akışı daima sıcaktan soğuğa doğrudur ve yapı kabuğunun yalıtımsız bölümlerinde çok hızlı ısı kayıpları olmaktadır. Her malzemenin ısıyı iletme katsayısı birbirinden farklıdır. Genel olarak metal malzemeler ısıyı daha hızlı iletirler. Beton malzemenin ısı geçirgenlik direnci çok düşüktür. Bu sebeple betonarme sistem ile inşaa edilmiş ve ısı yalıtımı yapılmamış bir binada ısı kayıpları duvarlar, pencereler, kapılar, döşeme, tavan ve çatı aracılığı ile olmakla birlikte, dış ortama bakan kolon ve giriş yüzeyleri de bünyelerindeki donatı şiddetli ısı kayıpları olmaktadır.

Prefabrik olarak üretilen sandviç duvar panellerinde iki tabaka arasında bulunan ısı yalıtım tabakası ısı iletimini azaltmaktadır. Ancak, bu sistemlerde, sıcak ortamdaki soğuk ortama doğru geçen ısı, çelik bağlantı elemanlarının köprü oluşturması nedeniyle iç ortamdaki dış ortama doğru kaçır. Bu da büyük oranda enerji kaybına neden olmaktadır. (Şekil 3.17)

Isı yalıtımlı beton sandviç panel duvar sisteminde iki beton tabakasını çelik yerine, fiber kompozit konektör adı verilen bağlantı çubukları birleştirdiği için ısı köprüleri oluşmaz. Çünkü konektörlerin ısıyı iletme katsayıları çok düşüktür. (Şekil 3.18)



Şekil 3.17 Çelik bağlantılı sandviç panelde ısı geçişi



Şekil 3.18. Yalıtımlı panelde ısı geçişi

(Anonim 2, 2005, sf:80, USA)

### 3.3. GÜNEŞ KONTROLÜ

Beton esaslı cephe panellerinde oluşturulan biçimsel çeşitlilik, güneş ışınlarından kış aylarında yararlanmayı, yaz aylarında da korunmayı sağlaması açısından bina dış kabuğunun istenilen yöne doğru konumlandırılmasını sağlar. Beton esaslı cephe paneli ile cam düzlemi gün ışığının optimum kullanılmasını sağlayacak şekilde düzenlenmelidir. Cama doğrudan gelen güneş ışınlarının reflekte camlarla yansıtılması, opak (beton) yüzeye gelen yansıtılıp dolaylı yoldan iç ortama girmesi sağlanarak güneş kontrolü sağlanabilmektedir.

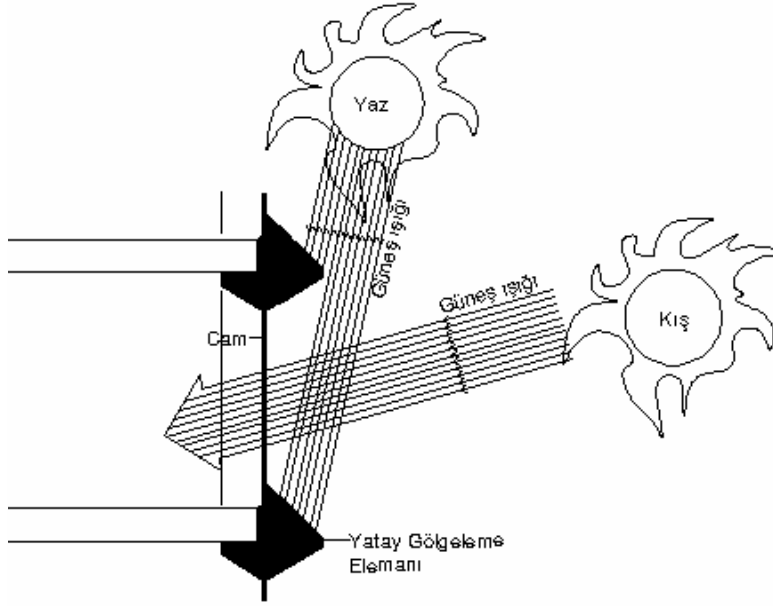
Saydamlık oranı yüksek olan cephe sistemlerinde güneş kontrolü camın renk ve ışık yansıtması, ışık geçirimi, güneş enerji aktarımı, ısı geçirgenlik katsayısı ve gölgeleme parametreleri ile belirlenir.

Camda güneş kontrolü, cam bünyesinde bulunan renk verici maddelerin cins ve miktarlarına bağlı olarak güneş radyasyonunun emilmesi ilkesine dayanmaktadır. Camın bünyesine katılan metal oksitler yardımı ile camlar gri, bronz veya yeşil renkte oluşturulur.

Renkli camlarda % 5'ten % 55'e kadar yansıma gerçekleşmektedir. Ancak düşük düzeyde ışık geçirimi gün boyunca, hatta yazın bile suni aydınlatma gerektirecektir. Bu da enerji kullanımını arttırmakla birlikte, suni aydınlatmanın oluşturacağı ısı etkisi ile soğutma yükü artacaktır. Bu yüzden iç ortamdaki aydınlatma gereksinimi ile cam seçimi arasında önemli bir ilişki vardır. Renkli camlar ışık geçirgenliklerine göre yeşil, bronz ve gri olarak sıralanırlar.

Yaz mevsiminde güneş ışınlarının iç ortamda oluşturduğu sıcaklık artışını ve yüksek ışınım değerinden dolayı oluşan parlaklığı önlemek için cephelerde gölgeleme sistemleri düşünülmelidir.

Kış aylarında güneş ışınlarının açısı yaz aylarına oranla daha düşük olması sebebi ile, gölgeleme sistemi kışın güneş ışınlarının iç ortama girmesini sağlarken, yaz aylarında ışınların iç ortama girmesini önleyecek bir yapıda olmalıdır. (Şekil 3.19.)



Şekil 3.19. Beton esaslı Cephe Panellerinde Yatay Gölgeleme Sistemi ile Güneş korunumunun elde edilmesi

Beton esaslı cephe panellerinin biçimsel çeşitliliği, güneş ışınlarından yaz aylarında korunmayı, kış aylarında ise yararlanmayı sağlayabilecek şekilde bina dış kabuğunun istenilen yöne doğru konumlandırılmasını sağlayabilmektedir.

Gün ışığının optimum kullanılmasını sağlayacak şekilde cephe paneli ile cam düzlemi ayarlanabilmektedir.

Cama direkt gelen güneş ışınlarının reflekte camlarla yansıtılması, opak (beton) yüzeye gelen ışınların da yansiyarak dolaylı yoldan iç ortama girmesi ile güneş kontrolü sağlanabilmektedir.

Camlardaki güneş kontrolünün etkin olup olmadığı, güneş ışınlarının  $30^\circ$  eğimle geldiği kabul edilerek bulunan; “ Toplam Güneş Radyasyon Isısı Geçirgenliği”(solar faktör) ile değerlendirilmektedir.

Solar faktör yani toplam güneş enerjisinin içeriği etkileyen yüzdesi ne kadar düşükse, camın o oranda iyi bir güneş kontrol camı olduğu ortaya çıkar. Camın güneş kontrol performansının 3 mm renksiz camla karşılaştırılması sonucu bulunan “Gölgeleme Katsayısı” değeri ne kadar küçükse, o ortamda daha verimli ve rahat bir yaşama ortamının yanında daha düşük soğutma giderlerinden söz edilebilir.

Güneş ışınımının ısısal ve ışıksal etkilerinin istenilen standartlara getirilmesi ile yaşanılan ortamlarda iklimsel ve görsel konforun sağlanması mümkün olmaktadır.

### **3.4. YANGIN KORUNUMU VE GÜVENLİK**

Binalarda yangın sorununa karşı dikkate alınması gereken başlıca etkenler; konstrüksiyonun yanabilirliği, planlama hataları, yetersiz-işlemeyen çıkışlar ve yangın bölmeleri, geç kalan veya işlemeyen alarm sistemleri, gerektiği gibi çalışmayan havalandırma sistemleri, sprinkler sisteminin, yangın söndürme cihazlarının yetersiz kalması, işçilik ve kullanımdan kaynaklanan hatalar, bilinçsiz davranış ve dalgınlıklar, otomasyonun tam çalışmaması, dikkatsiz malzeme seçimi, döşeme ve son kat malzemeleri, yanıcı malzemelerin gözardı edilen davranışları (cila, v.b.) olarak sayılabilmektedir.

Tasarım ve yapım aşamasında alınması gerekli önlemler alınmadan, yangın söndürme sistemlerinin kurulmuş olduğu binaların yangın güvenliğine sahip olduğu söylenemez.

Yangın güvenlik önlemleri, aktif yangın önlemleri ve pasif yangın önlemleri olmak üzere ikiye ayrılır.

Aktif yangın güvenlik önlemleri, yapı tamamlandıktan sonra kurulan alarm ve yağmurlama sistemleri gibi mekanik savunma ve önleme sistemleridir.

Pasif yangın güvenlik önlemleri ise, tasarım aşamasında başlayan ve pek çok tasarım değişkenini etkileyen bir takım önlemler dizisidir.

Bu tasarım değişkenlerini yapının yerleşimdeki yeri, yapıdaki pencere büyüklükleri, mekanların birbirlerine göre konumlandırılması, çıkışların, kaçış noktalarının boyut ve özellikleri olarak sayılabilmektedir.



Bir yapının mimari tasarımı, oda planları, giriş-çıkışlar, boya ve kaplama maddelerinin cinsi ve alt yapı tesisleri, yangın güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Yapıların fonksiyon tipleri, taşıyıcı sistemleri, kullanılan malzemeler ve kullanım yoğunlukları birbirinden farklı özellikler göstermektedir. Yangın insanlar üzerinde panik etkisini oluşturur. Özellikle toplu yerlerde, acil durumlarda psikolojik etkilere bağlı insan davranışları, fiziksel boyutların ve kaçış yönlerinin tayininde büyük önem taşır. Boyutlandırmayı yatay ve düşey sirkülasyon, yapı kullanımı ve tasarımı yönlendirir.

Konstrüktif sınırlamalar, yapıda kullanılan malzeme ve strüktürel bileşenlerin saat açısından yangına dayanıklılık gösterebilmesidir.

“NFPA 220- Bina konstrüksiyon Tip Standartları”na göre yangın mukavemeti ve sınıflandırmaları Romen rakamı ile şöyle yapılmıştır.

Tip I: Yangına Dayanıklı İnşaattır. Duvarlar, kolonlar, kirişler, döşemeler ve çatılar tutuşmaz yada kısmen tutuşan malzemelerin oluşmuştur.

Tip II: Tutuşmaz yada sınırlı olarak tutuşan inşaattır.

Tip III: Tutuşmaz yada sınırlı olarak tutuşan, kısmen ahşap öğeleri bulunan inşaattır.

Tip IV: Ağır ahşap inşaattır.

Tip V: Ahşap çerçeve inşaattır.

Binalarda kolon, kiriş, döşeme gibi esas taşıyıcı öğeleri oluşturan yapı malzeme ve bileşenlerinin yangına karşı dayanıklı olmak zorunluluğu vardır. Bu elemanlar ısınmış yüzeyleri yönünde sehim yaparlar.

Sistem içinde bağlı oldukları elemanlar ile rijitlik derecesine göre birbirlerini zorlarlar. Çerçeve sisteminde kolon narınlığı veya yük durumu ve sehimleri değiştirebilir.

Kaplama ve bitirme malzemeleri ile taşınabilir eşya ve mobilyaların oluşturduğu bina içi “ ısı yük yoğunluğu” yangının başlaması ve gelişmesini etkileyebilecek düzeye geldiği zaman, dayanıklı olarak düşündüğümüz yapı malzeme ve bileşenlerinin yangına karşı olan dayanımları düşülebilmektedir. Taşıyıcı sistem elemanlarının direnç süresi kısalarak bina beklenilenden daha kısa sürede çökebilmektedir.

Taşıyıcı elemanlarda kullanılan ana yapı malzemelerinden biri olan beton, 750 santigrat dereceye kadar ısıtılırsa, büyük miktarda ısı enerjisi ortaya çıkar. Ancak yanma belirtisi göstermediği için yanmayan malzemeler sınıfına girer.

Betonun yangına karşı dayanımında ateş etkisinin cins ve süresi, çimento ve agrega cinsi, betonun yaşı, yangın başlangıcındaki rutubet miktarı, ısı etkisi sırasında statik yükün değeri, eleman boyutları, yapımsal değerlerin etkileri olmaktadır. Parça ve dökülmeler, mukavemet kaybına neden olabilir. Betonun içinde bulunan yapı çeliği de ısı etkisi ile taşıyıcılık özelliğini kaybetmektedir. Eğer hiçbir önlem alınmazsa çelik taşıyıcılar 5-10 dakikada taşıyıcılık özelliğini kaybedebilmektedir.

Beton malzeme çimento hamuru ve agrega türüne bağlı olarak yüksek sıcaklıktan etkilenmektedir.

Çimento hamurunun 100 santigrat derecede ısıl genleşmeye uğradığı, 530 derecede ise kimyasal bağlı suyun tamamen ayrıldığı ve büzüşme olayının olduğu tespit edilmiştir.

Alçı, saf ve susuz olduğu zaman iyi bir su tutucudur. Yeterince kurumuş olan kerpiç ve kil, yangın sırasında daha da sertleşerek ısıyı tutar.

Çakıl ve iri kumlar ise, 575 santigrat derecede %7 ile %1.4 arasında bir genleşme göstermektedir. Bu sebeple yangın riski yüksek yerlerde kullanılması sakıncalıdır.

Harç ve betonlarda sıcaklığın çok yükselmesi durumunda agreganın genleşmesi ve bağlayıcı hamurun büzüşmesi neticesinde bünyesel bozulmalar, mukavemetin ve elastisite modülünün hızla düşmesi gibi sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

Ayrıca betonda ısı artışı ile birlikte, pembe, kırmızı, gri ve sarıya doğru renk değişimi olmaktadır. 300 - 1200 santigrat derecelerde görülen bu durum ısıtma süresine göre değişkenlik gösterirken, 550 – 700 santigrat derecelerde beton mukavemetinde hızla düşme görülmektedir.

Yapının her tarafında farklı ısınmalar olması sebebi ile, itfaiyenin su ile söndürme işlemi sırasında hacmin % 44 oranında artması, betonda çatlakların oluşmasına sebep olmaktadır.

Betonarme ve öngerilmeli betonun yangına dayanımı içinde bulunan sıcaklığa karşı hassas çeliklerin oluşabilecek yüksek sıcaklığa karşı korunması ile orantılıdır.

Kolonlardaki ve düğüm noktalarındaki çeliklerin korunması konusunda yeterli paspayının bırakılmış olması çok önemlidir.

Beton esaslı cephe panelleri yangına karşı dayanım göstermesi için beton bünyesinde, derz dolgu sistemlerinde, bağlantı elemanlarında düzenleme yapılmaktadır.

Beton esaslı cephe panellerinin yangına karşı dayanım süresi, panelin kalınlığına, beton karışımındaki agreganın türüne ve yalıtım sistemine bağlıdır. (Çizelge 3.2.) Sandviç panel uygulamalarında ısı yalıtım katmanı iki tabakanın arasında kaldığı için alevle doğrudan temas etmediği için zehirli gazların yayılması görülmez.

Çizelge 3.2. Panel kalınlığına ve agrega türüne bağlı yangın dayanım süreleri

Agrega Türü	Yangın dayanım sürelerine bağlı panel kalınlıkları (mm)			
	1 saat	2 saat	3 saat	4 saat
Hafif Agregalar	62	90	110	129
Kum	66	94	115	135
Karbonat agregaları (minerallerin kalsiyum ve magnezyum karbonatlarından oluştuğu)	80	116	144	165
Silisli Agregalar	87	125	154	176

Sıcak gazların ve alevlerin panel birleşim aralıklarından geçişini önleyecek dolgu sistemleri düşünülmelidir. Yangın sırasında panellerdeki boyutsal genişlemeden dolayı birleşim aralıkları küçülmektedir.

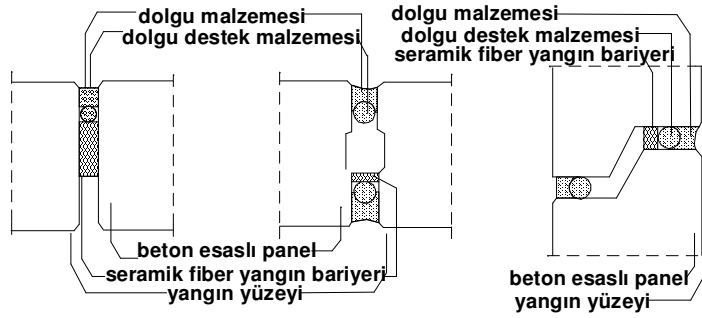
Bu sebeple panel birleşim aralıklarına fiber, seramik gibi esnek ve yanmaz malzemeler uygulanmalıdır. Böylelikle ısı, alev ve duman geçişi önlenebilmektedir. (Şekil 3.20.)

Yangın sırasında bağlantı elemanları alevlerin etkisi ile ısınıp yüksek bir sıcaklığa ulaşır ve cephe panelinin bina taşıyıcı sisteminden uzaklaşmasına neden olur.

Bu yüzden bağlantı elemanları mutlaka yangına karşı korunmalıdır. Bunun yanında katlar arası duman geçişini önlemek için döşeme kenarları metal elemanlarla kapatılmalıdır.

Çizelge 3.3. 1.5 cm kalınlığındaki alçı levha kaplama panellerin yangın dayanım süreleri

Agrega Türü	Yangın dayanım sürelerine bağlı panel kalınlıkları (mm)	
	2 saat	3 saat
Kum	63	90
Karbonat Agregaları	70	100
Silisli Agregalar	73	105



Şekil 3.20. Derz dolgu sistemlerinde yangından korunum

Yalıtımlı Beton sandviç panel duvar sistemi, 1987 yılında A.B.D. Underwriters Laboratory'nda dört saat süre ile yangın mukavemeti testine tabii tutulmuştur.

Test edilen numune 140 mm beton (iç), 50mm XPS ve yine 50 mm beton (dış) tabakalarından oluşmuştur. Bu elemanlar birbirlerine aralarında 40 cm mesafe olan fiber kompozit bağlayıcılar ile tutturulmuştur. Testin başlangıcında dış yüzey sıcaklığı 20 °C olarak kaydedilmiştir.

Bir saat sonra iç test odası 925 °C ısınmış ve ikinci saatin sonunda iç test odası 1010 °C ulaşmıştır. 4 saatin sonunda sıcaklık 1090°C 'yi aşmıştır. Test sona erdiğinde 140 mm'lik iç beton tabakasının sıcaklığı bağlayıcıların çevresindeki alanda 392°C , XPS'nin bitişiğindeki yüzey sıcaklığı 206 °C ölçülmüştür. 50 mm'lik dış beton tabakasının ortalama yüzey sıcaklığı 4 saat lik testin sonunda aranılan kabul edilebilir sıcaklığın 118 °C aşağısı olan 41°C olmuştur.

Dört saatin sonunda test edilen panelin iç yüzeyinde 1090 °C 'nin üzerinde sıcaklık okunurken, dış sıcaklık artışının sadece 20 °C olduğu görülmüştür. (Anonim 2)

### 3.5. SES YALITIMI

Yapı kabuğu dikkate alınarak işitsel konforun sağlanması için, “hacim akustiği” ve gürültü denetimi” denilen iki konunun üzerinde durulması gerekir. Yapı kabuğunun iç yüzeylerinin hacmi tümü ile sardığı durumlarda sesin yansımaları ve yutulması durumu ortaya çıkmaktadır. (Şenkal, 2002)

Ses yalıtımı ve ses yutumu birbirine karıştırılan kavramlardır. Ses yalıtımı, bir binada ses kaynağından çıkıp mekanlar arasında yayılarak bina sakinlerini rahatsız eden sesin yayıldığı yolları yok etmek ya da herhangi bir mekana (konser salonu, sinema, kütüphane vb.) dışarıdan gelen sesi azaltmak için yapılır.

Ses yutumu; ses enerjisinin tamamının ısıya dönüşmesi ya da bir kısmının dönüşüp bir kısmının ses yutucu malzemeye geçmesi sonucunda oluşur. Bu yüzde iyi ses yutucular tek başlarına iyi ses azaltması yapamazlar. Ses yalıtımı ve ses yutumu farklı kavramlar olmakla beraber ses yutucuların kullanıldıkları yerlerde ses yalıtımının da gerçekleştiği görülür. Ses yutumu iyi ses yalıtımı başarısının temeli değildir.

Ses, katı maddelerin yapısında, toplu hava sütunları içinde, havanın basınç değişimleriyle ve titreşen teller sonucu olmak üzere dört şekilde oluşmakta ve bir kaynaktan çıktıktan sonra küresel bir yayılım göstermektedir. (Eriç, 1994) Ses şiddeti yayılım mesafesi (r) (m) ve gücüne (M) ( $\mu$ watt) göre değişir.  $I = M / 4\pi r^2$  ( $\mu$ watt/cm<sup>2</sup>)

Yayılma süresi içinde, bir yüzeye çarpması ile meydana gelen yansıma olayında ses, çarpıldığı yüzeyin normali ile eşit açı yaparak kırılır ve yön değiştirerek yayılımına devam eder. Sesler kulağımıza 1/15 sn farkla geldiği zaman birbirinden ayrılabilirler. Aynı kaynaktan çıkan ve bir noktada birleşen iki ses ışını arasında 22.66 (340/15)'den daha büyük bir fark varsa yankı meydana gelecektir. (Eriç, 1994)

Ses ışınlarının kaynaktan çıktıktan sonra bir noktada birleşmeleri odaklanmaları oluşturur. Bu da sesin niteliğini ve anlaşılabilirliğini etkiler.

Ses ısıya dönüşen bir mekanizma tarafından yutulur. Genel olarak malzemelerin yutuculuğu gözenekleri ile bağlantılıdır. Taşyünü gibi birçok malzemenin derin delikli, içten bağlantılı hücreleri vardır.

Bu hücrelerin içinde yayılan ses enerjisinin bir kısmı, hücreler içindeki direnç ve sürtünme ile malzemenin küçük liflerinin titreşimleri ile ısı enerjisine dönüşür. Eğer malzeme yeterince delikli ve kalın ise, gelen ses dalgasının % 95'i yutulabilir.

Ses yutuculuk katsayısı malzemenin ses yutabilme değerinin gücünü ifade eder. Yapı malzemelerinin ses yutuculukları normal olarak 0.01- 0.99 arasında değişir. Yüksek ses yutuculuk katsayısına sahip malzemeler (0.20 'den büyük), "ses yutucu malzeme" olarak adlandırılır. Düşük katsayılı malzemeler ise "ses yansıtıcı" özelliindedir.

Bir yüzey sesin % 85'ini yansıtıyorsa, o yüzeyin ses yutma katsayısı  $\alpha = 0.15$  'dir. Açık bir boşlukta ses tamamen dış ortama geçeceğinden tutuculuk değeri 1'dir. Gözenekli malzemelerde, frekansın yükselmesi ses yutuculuk değerinin de artmasına yol açar.

Gürültü denetimi, gereksiz gürültülerin yok edilmesi, gürültünün kaynağında azaltılması, kaynağına hapsedilmesi, yayılmasının önlenmesi, bir bölüme girmesinin önlenmesi gibi, gürültü kaynağından kulağına uzanan yolun belirli bir plana göre adım adım incelenmesi ve buna göre önlem alınması anlamına gelir.

Ses kaynağından yayılan ses titreşimleri buldukları mekanda homojen olarak yayılmıyorsa, kaynaktan çıkan sesin yayılma hızı olması gerektiği gibi değil ise, o mekanda gürültü oluşur. Bu nedenle mekanları kullanım amaçlarına uygun olacak akustik konfor standartlarına ulaşmak amacı ile ses yalıtımı yapılır.

Akustik konforun en önemli şartı gürültü denetimidir. Fazla gürültülü bir ortam; davranış bozuklukları, konsantrasyon eksikliği, stres, alınganlık, yorgunluk, uykusuzluk gibi rahatsızlıkları oluşturmaktadır.

Ayrıca araştırmalar, uzun süre gürültü düzeyi yüksek ortamlarda bulunan kişilerde kalıcı işitme değişimlerinin olduğunu göstermektedir.

Son yıllarda, gürültünün insan sağlığı üzerindeki etkilerinin farkında olan WHO (World Health Organization) ve OECD (Organization for Economic Cooperation) gibi uluslar arası - ulusal kurum ve kuruluşlar gürültü ile mücadele etmektedir.

Ülkemizde geçerli olan Gürültü Kontrol Yönetmeliği'ne göre yapı elemanı konstrüksiyonu seçilirken; dış cephenin 100 m dışında mevcut ya da gelecek için tahmin edilen gürültü seviyeleri dikkate alınarak bir tercih yapılması gerekmektedir.

Desibel; ses ve sesin rahatsız edici boyutlara ulaşması sonucu ortaya çıkan gürültü düzeyi birimidir. Gürültü düzeyi 10-50 dB arasında ise “huzurlu ortam”, 90-110 dB arasında ise “rahatsız edici ortam”, 120-150 dB arasında ise “ağrı verici ortam” oluşumu görülmektedir. Bir ortamda ses konforunda söz edebilmek için gürültü düzeyinin hastahane hacimlerinde 20-25 Db, yaşam hacimlerinde 25-30 Db, umuma açık yerlerde 35-40 dB, büro hacimleride 35-40 dB arasında olmalıdır. (Şenkal, 2002)

Cephe yüzeyinin gözenekliliği, pürüzlülüğü, ağırlığı, tabakalı veya masif oluşu, tabaka boşluğu, aradaki yalıtım malzemesinin türü, tabakaların birbirine ve diğer strüktürel elemanlara bağlantı şekilleri, sayıları, pencere yüzeyinin alanı, cephe üzerindeki yeri, cam kalınlığı, cam cinsi, doğrama detayları ve duvar bağlantıları, yapı elemanının toplam alanı gibi faktörler dikkate alınmak zorundadır.

Ses geçirimsizlik değeri(R) (dB ) malzemenin  $m^2$  ağırlığı (m),tespit şekli (k), yüzeyi(F), kalınlığı(d), homojenliği(h) ve titreşimi (v) ile ilgilidir.Bu değer kısaca malzemenin kitle ağırlığı ile hesaplanabilir.Önemli olan ses dalgalarının malzemedan geçebilme özelliğidir.Eğer iki malzeme arasında bir hata boşluğu varsa geçirimsizlik değeri bir hayli artar. (Eriç, 1994)

Frekansların ( $f_s$ ) belirli sınırlar içinde bulunması ses geçirimsizlik değerinin tam anlamıyla sağlanmasını sağlar.Bu malzemenin birim ağırlığı ( $\Delta$ )( $gr/cm^3$ ), elastiklik modülü(E) ( $kg/cm^2$ ) ve kalınlığı (d)ile ilgilidir.

Çift malzeme kuruluşunda bir tabakanın titreşime uğraması, ses tutuculuk değerini düşürmekte ve sesin daha etkin biçimde geçişini sağlamaktadır.Bu yüzden çift tabakalı malzeme kuruluşlarında titreşim frekansı ( $f_t$ ) hesaplanmalıdır.

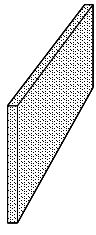
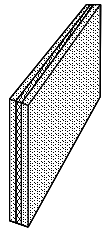
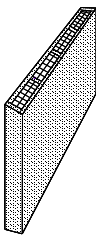
Ses enerjisi malzeme yüzeylerine çarparak ısı enerjisine dönüşür ve sonunda malzemeler tarafından yutularak etkisiz hale getirilmektedir.

Yansıyan ses enerjisinin başlangıçtaki ses enerjisinin milyonda birine düşmesi ile reverberasyon süresi (eko) T(sn) sona erer.Bir hacimde en iyi işitme koşulu için, bunun  $1 < T < 2$  sn değerleri arasında olması arzu edilmektedir.

Gürültü analizi; çeşitli malzemelerin gürültü yalıtım değerlerinin saptanması için önemlidir.Bir malzemenin ağırlığı ile ses geçirimsizliği doğru orantılıdır.Bu yüzden beton malzemenin kendisi yeteri kadar ses yalıtımı sağlayabilir niteliktedir (Çizelge 3.4.).

Beton sandviç panel duvarlar ikisi de ağır olan beton tabakalarının arasına dolu özellik gösteren XPS'in getirilmesi ile oluşturulması ve özellikle megablok sistemde aralarında hava boşluğu bırakılması nedeni ile ses geçiriminin çok olmaması gereğini ortaya koymaktadır. Ancak, yapının kullanım amacına bağlı olarak maruz kalması muhtemel seslerin göz önüne alınması ile yapılması gereken hesaplamalar sonucunda bulunan ses geçirimsizlik düzeyinin ihtiyaca cevap verip vermemesi belirleyici etken olacaktır.

Çizelge 3.4. Beton cephe panellerinde ses yalıtım özellikleri

			
SES YALITIMI	YETERLİ	iyi	ORTA
KALINLIK	20cm	d1=7cm d2=10cm d3=4cm	25cm

a) Tek tabakalı panel, b) Isı yalıtımlı sandviç panel, c) Asmolen dolgulu panel

### 3.6. TEMİZLİK VE BAKIM

Binalar kullanım ömrü boyunca atmosferden gelen etkiler ya da kullanıcıların etkileri ile kirlenir ve eskir.

Özellikle trafiğin yoğun olduğu bölgelerde araçlar tarafından atmosfere verilen zehirli gazlar, çeşitli tozlar, yağmur ve rüzgarın da etkisi ile özellikle bina cephelerinin kirlenmesine sebep olmaktadır.

Bina cephelerinin girintili olması, bu girintilere daha fazla tozun girmesine neden olmaktadır. Bu nedenle bina cephelerinin tasarımında mümkün olduğu kadar girinti sayısını azaltmak cephe temizliğinin uzun sürmesi açısından önemlidir.

Cephe temizliği açısından önemli olan bir başka konu da cephede kullanılan malzemedir.



Cam ve alüminyum malzeme kullanılarak üretilen cephelerde 3-4 ay ara ile cephe temizliği yapmak gerekirken, betonarme ve taş malzemelerden oluşan cephelerde bu periyot daha uzun tutulabilmektedir.

Sandviç panellerin arasındaki derz dolgu malzemelerinin zamanla eskiyip dökülmesini önlemek amacı ile düzenli olarak kontrol edilmesi gerekmektedir.

Betonarme sandviç panel duvarlar sıva üzeri boyanarak kullanılabilmesi için, boyanın eskimesi durumunda boyanarak uzun yıllar boyunca temiz ve sağlıklı olarak kullanılabilir.

### **3.7. DEPREM GÜVENLİĞİ**

Yerkabuğunun belirli bir derinliğinde, bir dış merkezden başlayarak oluşan ani devinim ya da sarsıntı “deprem” olarak tanımlanır.(Akıncıtürk, 2003) Deprem olayında yer içinde birikmiş olan gerilme enerjisi levha hareketleri sebebi ile aniden boşalır.

Deprem türlerini doğal ve yapay olarak tektonik, volkanik, çöküntü, tsunami depremler ve yapay depremler olmak üzere 5 grupta toplamak mümkündür.

Deprem yapılarında birtakım ek kuvvetler, yan itkilerle oluşan değişik etkiler oluşturmaktadır. Bu etkilere karşı dirençli olamayan yapılar tamamen yıkılmakta hafif, orta, ağır hasar görmektedir.

Depremlerin büyüklükleri ortaya çıkardıkları enerjiye bağlı olarak belirlenir. Derin ve şiddetli depremlerin sayısı azdır ve çok sık olmazlar.

Yapıların güvenle taşınması gereken yatay yüklerden olan deprem ve rüzgar yükleri yapıya kısa zamanda etki eder ve dinamik özellik gösterirler. Taşıyıcı sistem daha önce yatay yükleme altında değil iken, ani olarak bir yatay itki ile karşılaşır. Taşıyıcı sistemdeki bozulmalar ani olarak ortaya çıktığı için yüklemeye etki etmek mümkün olamaz.

Daha önce kayıtlara geçmiş olan depremlerin ve yer yüzünün tektonik yapısının incelenmesi ile deprem tehlikesi olan bölgeleri tespit etmek oldukça kolay olmasına rağmen, yapının ömrü boyunca karşılaşması muhtemel en büyük depremi tahmin etmek zordur.

Eleman kesitlerinde deprem kuvvetlerinin oluşturacağı gerilmelerin elastik bölgede kalması, donatı akma durumu ve beton ezilmelerinin sınırının kontrolü yada yönetmelikte öngörülen kuvvetlerden daha büyük etki oluşturabilecek hallerde, yapı içinde bulunanların hayatını kurtaracak şekilde göçme mekanizmasının kontrol edilmesi üzerinde önemle durulması gereken konulardır.

Donatı akma durumuna gelirken, yapı elemanında onarılması gerekli olan geniş çatlaklar oluşabilir. Bazı yerlerde temizlenip yenilenmesi gereken beton ezilmeleri oluşabilir. Yönetmelikte öngörülen kuvvetlerden daha büyük etki oluşturabilecek bir depremin oluşma olasılığı düşüktür.

Depreme karşı dayanıklı yapı tasarımında sünek taşıyıcı sistemler önerilmektedir. Bununla birlikte yatay ve düşey kesitlerde düzenli taşıyıcı sistemin seçimi ve elemanların birleşim yerlerinde yapılan uygulamaların önemi çok büyüktür.

Ayrıca taşıyıcı sistemde yatay yer değiştirmeleri sınırlandıracak rijitliğin oluşturulması ve taşıyıcı olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarların azaltılmasının üzerinde durulması gerekmektedir.

Bir yapı elemanının, deprem sırasında açığa çıkan enerjinin büyük bir kısmını büyük amplitütlü, dönüşümlü deformasyonlar altında elastik sınırın ötesinde elastik olmayan davranışları ile mukavemetinden büyük kayba uğramadan yutma yeteneğine süneklilik (düktülite) denir.

Mal ve can kaybına neden etkiler, genellikle taşıyıcı sistem, yapım kuralları, malzeme seçimi ve uygulama hatalarından dolayı oluşmaktadır.

Deprem bölgelerinde üretilecek olan yapılarda taşıyıcı sistem seçimi önemli bir konudur. Deprem sonrası yapılan araştırmalar, taşıyıcı sistemin deprem yüklerine direnç göstermemesi sonucu hasarların ortaya çıktığını göstermektedir. Zemin yumuşaklığı arttıkça betonarme yapılarda hasar büyümektedir.

Yapı tasarımı sırasında taşıyıcı sistemin depreme karşı dayanıklı olarak oluşturulması gerekmektedir.

Deprem dalgaları kaynağından çıktıktan sonra zemin içinde yayılırken, zemin tabakalarını ileri-geri, aşağı-yukarı, burkulma, döndürme şeklinde etkilerken, bu etkiler yapıya temeller aracılığı ile iletilir ve temelleri titreştirerek zaman aralığı-dalga boyu içeriğinde salınma zorlarlar.

Duran yada sabit hızla hareket eden bir cismin, kendisini harekete geçiren ve hızını değiştiren dış kuvvete karşı ağırlığı sebebi ile gösterdiği direnç atalet olarak tanımlanmaktadır. Bu direnç, etkiye karşı ters yönde oluşturulan tepki kuvvetleridir. Deprem kuvvetleri tarafından zeminde oluşturulan hareketler yapıyı bir yöne doğru çekmeye başlar. Yapı ağırlığı, sistem bağlantı ve rijitlikleri ile bu hareketlere karşı koyarak eski konumunu korumaya çalışır. Deprem yükleri karşısında sağa sola gidip gelmek sureti ile salınırlar. Oluşan atalet kuvvetleri ile deprem kuvvetleri yapıyı iki uçtan etkisi altına alır. Taşıyıcı sistem bu kuvvetlere karşı direnç sınırlarını aşınca, yapı yıkılma tehlikesi ile karşı karşıya kalır. Bitişik nizam ve dilatasyonları yetersiz olan yapılar deprem esnasında birbirleri ile etkileşime girerek birbirlerine zarar verebilecek davranışların oluşumuna sebep olabilir. Deprem yükleri, yer kabuğunda oluşan sismik dalgaların yer yüzeyinde bulunan yapıya ulaştıkları zaman, yapının o noktasına etki eden yatay yük etkisi olarak yapıda oluşturdukları titreşimlerdir. Deprem sonrası yapıda oluşan eylemsizlik kuvvetlerinin şiddeti, deprem dalgası ile birlikte yapının dinamik özellikleri ile de ilgilidir. Yapıların dinamik özellikleri, yapının kütlesi, kütlelerin yatay ve düşey düzlemde dağılımı, yapının genel geometrik formu, yapı elemanlarının yapı sistemi içerisindeki düzeni ve malzeme özelliklerine göre değişiklikler göstermektedir. Farklı ülkelerde uygulanan deprem yönetmeliklerine göre depreme dayanıklı yapı tasarımında dikkat edilmesi gereken konular şu şekilde sayılabilir.

- \* Yapı, planda mümkün olduğu kadar **basit** olmalıdır.
- \* Deprem bölgelerinde yer alan yapıların simetri, kütle ve rijitlik merkezi dağılımı **üniform** olmalıdır.
- \* Karmaşık ve düzensiz şekilli yapılar ile farklı yükseklikli bölümler içeren yapılarda **dilatasyon derzleri** bırakılmalıdır.

Yapıda yeterli miktarda **dayanım**, **süneklik** ve **yanal rijitliğin** sağlanması ve yapının genel davranışının kontrol edilmesi ile yapının deprem sırasında olumlu davranış göstermesi sağlanabilir.

Depreme karşı dayanıklılık açısından incelendiğinde yapının **hafif**, **simetrik** ve **düzenli** olması önemli tasarım kriterleridir.

Eğer eksik tasarım kararları alınmış olursa, bina ve zemin arasında rezonans, burulma, farklı salınımlar, dilatasyonla ilgili çarpışmalar, deprem kuvvetlerine bağlı olarak bazı bina bölümlerinin zayıflaması, deprem yüklerinin bazı taşıyıcı elemanlar üzerinde yoğunlaşması gibi sonuçlar ortaya çıkar.

Dikdörtgenlerden kurulmuş bir betonarme yapı temelde ankastre olduğu için, deprem anında aksi yönde harekete geçer ve bu yapıda açılar kolayca 90derece ile ayrılabilir. Üçgenlere ayrılmış çerçevelerde ise, köşelerin rijit ve stabil olması sebebi ile kenarlar kırılmadan şekil değiştirebileceklerdir.

Betonarme prefabrik yapılarda titiz detaylandırma olasılığı ile hatalar en aza indirilebilir. Ek yerlerinin şantiyede yapılmasına özen gösterilmelidir. Rijitliğin ve sünekliliğin sağlanması prefabrik yapılar için de önemlidir. Monolitik sistemlerin dışında kalan ve elemanların birleştirilmesi ile oluşturulan prefabrike sistemlerde birleşim; kuru (kaynaklı, bulonlu), geçmeli birleşimler (kolon filizleri özel açılan deliklere epoksi veya özel harç ile bağlanır.), ön gerilmeli birleşimler şeklinde uygulanmaktadır.

Prefabrike panolu yapılarda deprem enerjisinin tüketilmesi; panoların boşluklu olması, kapı, pencere, boşluk üstü levhaların ana elemanlara bağlanması ile yapılmalıdır. Deprem hasarları, birleşim noktalarında hatalı tasarım ve uygulama sonucunda elemanlarda birbirinden ayrılma, kopma, kırılma ve dağılma ile şekil değiştirme ve ağır hasar olarak sayılabilmektedir.

Prefabrike betonarme panel sistemler mükemmel davranışları nedeni ile tercih edilmelidir

Beton sandviç panel duvar sistemi, kendi içerisinde birbiri ile bütünleşmiş ve birisi taşıyıcı perde olan iki ayrı panelin oluşturduğu bir duvar sistemidir. Bu sistem ile inşaa edilecek olan bina, bir bütün olarak ele alınır, perde duvarlardan oluşması sebebi ile rijit özellik gösterir ve depreme karşı dayanıklıdır diyebiliriz.

#### **4. SEÇİLEN ÖRNEK KONUT ÜZERİNDE YALITIMLI BETON SANDVIÇ PANEL DUVARLARIN UYGULAMA VE ISIL KONFOR AÇISINDAN İNCELENMESİ**

Çalışmanın bu aşamasında Yalıtımlı Beton Sandviç Duvar Sisteminin uygulanma aşamaları ve kullanımında ısı konfor şartlarını sağlatıp sağlamaması açısından değerlendirilmesi yapılacaktır.

##### **4.1. UYGULAMA SÜRECİ AÇISINDAN İNCELENMESİ**

İkinci Derece gün bölgesi olan Bursa İli, Bademli mevkiinde bulunan ve konut amaçlı olarak kullanılan örnek bina, yalıtımlı beton sandviç duvar sistemi ile üretilmek üzere projelendirilmiş ve inşaa edilmiştir. Binanın zemin kat inşaat alanı 324.34 m<sup>2</sup>, birinci kat inşaat alanı 267.55 m<sup>2</sup> olmak üzere toplam inşaat alanı 591.89 m<sup>2</sup>'dir. Şekil 4.1.'de binanın araziye aplikasyonu, Şekil 4.2.'de temel aşamasında donatıların yerleşimi görülmektedir.

Beton sandviç duvar sistemi kendi içerisinde betonarme perde duvarlardan oluşan bir sandviç duvar sistemi olduğu için, statik projelendirmede deprem açısından yapılan hesaplamalar ile birlikte oluşturulan temellerin sistem yükünü zemine düzgün olarak iletebilmesi yeterlidir. Bu sebeple Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Duvar Sistemi'nin temelleri prefabrik veya yerinde döküm olarak istenilen tipte yapılabilmektedir. Seçilen örnek bina için sürekli temel tipi projelendirilmiş ve uygulanmıştır.

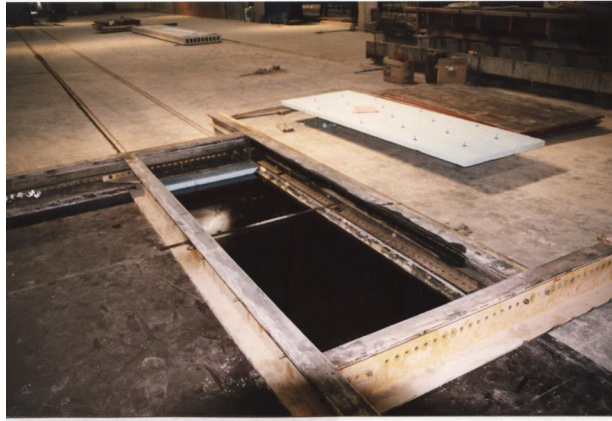
Beton sandviç duvar sistemi, örnek konut üzerinde megablok duvar panelleri ile uygulanmıştır. Duvar kalınlığı 32 cm, panel yüksekliği 3m.'dir. Beton sandviç panel duvarların üretiminde kalıp aşaması çok önemlidir. Çelik kalıplar ve BS30 dozlu beton malzeme kullanıldığı için üretilen paneller son terece pürüzsüz ve temiz yüzeyli olmuştur. İki beton duvar tabakası arasına hava boşluğu bırakıldığı için plan düzleminde duvar kalınlığı artmakla birlikte, ısı yalıtımı yönünden daha olumlu bir tabakalaşma düzeni oluşmuştur.



Şekil 4.1. Örnek konutun araziye aplikasyonu (Anonim 1)



Şekil 4.2. Örnek konut temel aşaması (Anonim 1)



Şekil 4.3. Sandviç panel duvarların üretimi için hazırlanan kalıp (Anonim 1)

Yalıtımlı Beton Sandviç Panellerin üretimi için hazırlanan çelik kalıp, panellerin birbirleri ile birleşim detayları düşünülerek tasarlanmış ve boyutlandırılmıştır.



Şekil 4.4. Üretimi tamamlanan sandviç panellerin şantiyeye götürülmek üzere istiflenmesi (Anonim 1)

Beton Sandviç panel duvarların şantiyeye nakledilmesi aşaması önemlidir. Duvarların yerine montajı vinçler yardımı ile yapılmıştır.( Şekil 4.5.)



Şekil 4.5. Üretimi tamamlanan sandviç panellerin şantiyeye götürülmek üzere araca yerleştirilmesi (Anonim 1)



Şekil 4.6. Araçtan indirilen panellerin şantiyede yerine montajı (Anonim 1)



Şekil 4.7. Panellerin kapı üstü bölümlerinin vinçle montajı (Anonim 1)



Şekil 4.8. Panellerin vinç yardımı ile yerleştirilmesi (Anonim 1)



Şekil 4.9. Sandviç panellerin yerine montajı (Anonim1)





Şekil 4.10. Çatı çelik kirişlerinin içeriden görünümü (Anonim 1)

Seçilen örnek konutun ısıtma tertibatı, borular yardımı ile duvar yüzeyine yerleştirilmiştir. (Şekil 4.11.)



Şekil 4.11. Isıtma tesisatının iç mekan duvarına yerleşimi (Anonim 1)



Şekil 4.12. Binanın iç mekan görünümleri (Anonim 1)



Şekil 4.13. Binanın kaba inşaat güney cephesi (Anonim 1)

Yalıtımlı beton sandviç panel duvar sistemi ile üretilen örnek konut, kaba inşaat aşamasının tamamlanmasından sonra, ince işçilik detaylarına önem verilerek bugünkü durumuna getirilmiştir.

Binanın girişi, kuzey rüzgarına karşı, cephe bütünündeki düzeni bozmayacak şekilde korunaklı ama dikkat çekici şekilde tasarlanmıştır.( Şekil 4.15.)

Binanın pencere yüzeylerinde reflekte çift cam, dış cephe kapı ve pencere doğramalarında ise metal malzeme kullanılmıştır. Dış cephe boyası olarak silikon esaslı boya tercih edilmiştir. (Şekil 4.14.)

Çatı taşıyıcı sistemi çeliktir. Çelik profillerin arasına ısı yalıtım malzemesi olarak XPS yerleştirilmiştir. Oluşması muhtemel su problemlerini önlemek amacı ile bitüm esaslı membran su yalıtım malzemesi, onun üzerine ışınım önleyici iki tarafı alüminyum folyo kaplı malzeme, en üste de çatı örtüsü yerleştirilmiştir.

Binanın zemin kat döşemesi altında, toprak yüzeyinden gelmesi muhtemel su ve nem problemlerine karşı 35 cm yüksekliğinde bir hava boşluğu bırakılırken, aynı zamanda binanın zemin yolu ile ısı kaybetmesinin de önüne geçilmiştir. Zemin kat döşemesi altında bırakılan boşluğa açılan ve binanın çevresinde yer yer yukarı çıkan hava kanalları aracılığı ile oluşması muhtemel rutubet problemlerinin önüne geçilmiştir. (Şekil 4.19.) Bina temelleri belirli bir seviyeye kadar dıştan bohçalama sureti ile suya karşı yalıtılmıştır.



Şekil 4.14. Binanın bugünkü giriş (kuzey) cephesi perspektif görünüşü (G.Yücedağ arşivi, 2005)



Şekil 4.15. Binanın kuzey rüzgarına karşı korunaklı oluşturulmuş girişi.



Şekil 4.16. Binanın garaj yönünden görünüşü (G.Yücedağ arşivi, 2005)

Binanın pencere yüzey alanı en büyük olan ve manzaraya yönelen güney cephesi yer yer tek katlı ve iki katlı kütlelerden oluşmaktadır. (Şekil 4.17.) Binanın iç havuzunun bulunduğu bölüm sürme cam kapılar ile dış mekan ile bütünleştirilmiştir.

(Şekil 4.18.) İç ve dış havuz bölümleri içlerinde taşıdıkları su yükü nedeni ile bina genelinden dilatasyon derzleri ile kopartılarak ayrı ayrı çalıştırılmıştır.

Çatıdan yağmur sularının uzaklaştırılması amacı ile oluşturulan yağmur inişleri, pek çok yerde bina köşesinde gizlenmekle birlikte bunun mümkün olmadığı durumlarda cepheden verilmiştir.( Şekil 4.17.)



Şekil 4.17. Güney cephesi görünüşü (G.Yücedağ arşivi, 2005)



Şekil 4.18. Binanın güney cephesi, iç ve dış havuz bağlantısı (G.Yücedağ arşivi, 2005)

Binanın zemin kat doğu cephesinde oluşturulan kış bahçesi, mutfak hacminin daha aydınlık olmasını sağlarken, dış mekana açılan kapı mekanların akıcılığını sağlamıştır. (Şekil 4.20.)

Bina iç havuzunun bulunduğu hacmin üzeri oluşması muhtemel su buharının binaya yayılmasını önlemek amacı ile emici bir tabaka ile kaplanmış ve havuzun üzerindeki döşemeye havalandırma tertibatı yerleştirilmiştir. Böylelikle kışın ısıtılacak, yazın güneş etkisi ile ısınması muhtemel olan suyun oluşturacağı buhar mekana yayılmadan uzaklaştırılacaktır.( Şekil 4.21.)



Şekil 4.19. Örnek binanın batı cephesi



Şekil 4.20. Örnek binanın doğu cephesi



Şekil 4.21. Örnek bina iç havuz görünümü



Şekil 4.22. Örnek bina iç mekan bağlantıları

Binanın iinin ince yapı malzemeleri ile kaplanması aşamasında yalnızca ıslak hacimler seramik ile kaplanmış, diğer hacimler ahşap malzeme ile kaplanmıştır. (şekil 4.22.)İç duvar boyası olarak silikon esaslı iç cephe boyası tercih edilmiştir. ( şekil 4.23.)



şekil 4.23. rnek binanın salonundan görünüm (G.Yücedağ arşivi, 2005)



şekil 4.24. rnek binanın salon, mutfak ve yatak odaları bağlantısı (G.Yücedağ arşivi, 2005)

#### 4.2. Isıl Konfor Açısından İncelenmesi

Yalıtımlı beton sandviç sistemi ile üretilen örnek konut, sistemin ülkemiz iklim şartlarında ısı konfor açısından değerlendirilebilmesi amacı ile seçilmiştir ve iki katlıdır.

Binada kolon ve kiriş yoktur. Betonarme perde duvarlar kendi kendini taşır. Döşeme ve çatıdan gelen yükler doğrudan perde duvarlara aktarılır ve duvarlardan temeller aracılığı ile zemine iletilir.

Binanın kuzeye yönelen giriş cephesindeki pencere yüzey alanları toplamı, manzaraya yönelen güney cephesine nazaran daha küçüktür. Kuzey cephesi pencere alanı 31.08 m<sup>2</sup>, doğu cephesi pencere yüzey alanı 19.53 m<sup>2</sup>, güney cephesi pencere yüzey alanı 67.39 m<sup>2</sup>, batı cephesi pencere yüzey alanı 18.625 m<sup>2</sup> olmak üzere bina genelindeki toplam pencere yüzey alanı 136.625 m<sup>2</sup>'dir.

Binanın dört cephesindeki duvar alanlarını ise, kuzey cephesi toplam duvar alanı 84.845 m<sup>2</sup>, doğu cephesi toplam duvar alanı 74.03 m<sup>2</sup>, güney cephesi toplam duvar alanı 85.46 m<sup>2</sup>, batı cephesi toplam duvar yüzeyi alanı 93.62 m<sup>2</sup> olarak sayabiliriz. Binanın dört cephesindeki toplam duvar alanı 337.955 m<sup>2</sup>'dir. Toplam pencere alanının toplam duvar alanına oranı ise % 28.78'dir.

Binanın duvar bileşenleri içten dışa doğru; iç cephe boyası, 1cm iç sıva, 10 cm taşıyıcı betonarme duvar, 11 cm hava boşluğu, 5 cm XPS ısı yalıtım malzemesi, 6 cm taşıyıcı olmayan betonarme duvar, 2cm dış sıva, silikon esaslı dış cephe boyası olarak sıralanabilmektedir. Tabii iç ve dış beton tabakaları fiber kompozit konektör malzeme ile bağlanmış durumdadır.

Binanın taban bileşenleri en üstten aşağı doğru; 1 cm kalınlığında ahşap kaplama, 0.02 cm kalınlığında asfalt yapıştırıcı, 15 kalınlığında betonarme döşeme, 35 cm kalınlığında hava boşluğu, 1 cm kalınlığında bitüm esaslı su yalıtım malzemesi, 10 cm kalınlığında grobeton, 15 cm kalınlığında blokaj ve sıkıştırılmış toprak şeklinde dizilmiştir.

Çatı taşıyıcı sistemi çeliktir. Kullanılan bileşenleri aşağıdan yukarı doğru; tavan boyası, 1cm tavan sıvası, 1 cm alçıpan kapatıcı tavan, taşıyıcı çelik profiller arası 5 cm kalınlığında XPS ısı yalıtım malzemesi, 10 cm kalınlığında betonarme tavan döşemesi, 1 cm kalınlığında bitüm esaslı su yalıtım malzemesi, ışınım önleyici alüminyum folyo, en üstte de çatı örtü malzemesidir.

Binanın taban alanı 324 m<sup>2</sup>, tavan alanı 260 m<sup>2</sup>, brüt hacmi 1775 m<sup>3</sup>'tür.

Bu bina ile ilgili ısı yalıtım, yoğuşma kontrolü, yıllık gerekli enerji ihtiyacı gibi niteliklerin TS 825'e uygunluğunu kontrol etmek amacı ile İzoder'in hazırladığı bilgisayar hesap programı kullanılmıştır Hesaplamalarda dikkate alınan sınırlandırma şartları Çizelge 4.1.'de belirtilmektedir. (TS 825 1998)

Çizelge 4.1. Örnek konutun yalıtımlı beton sandviç duvarları için hesaplamalarda kullanılan sınırlandırma şartları.

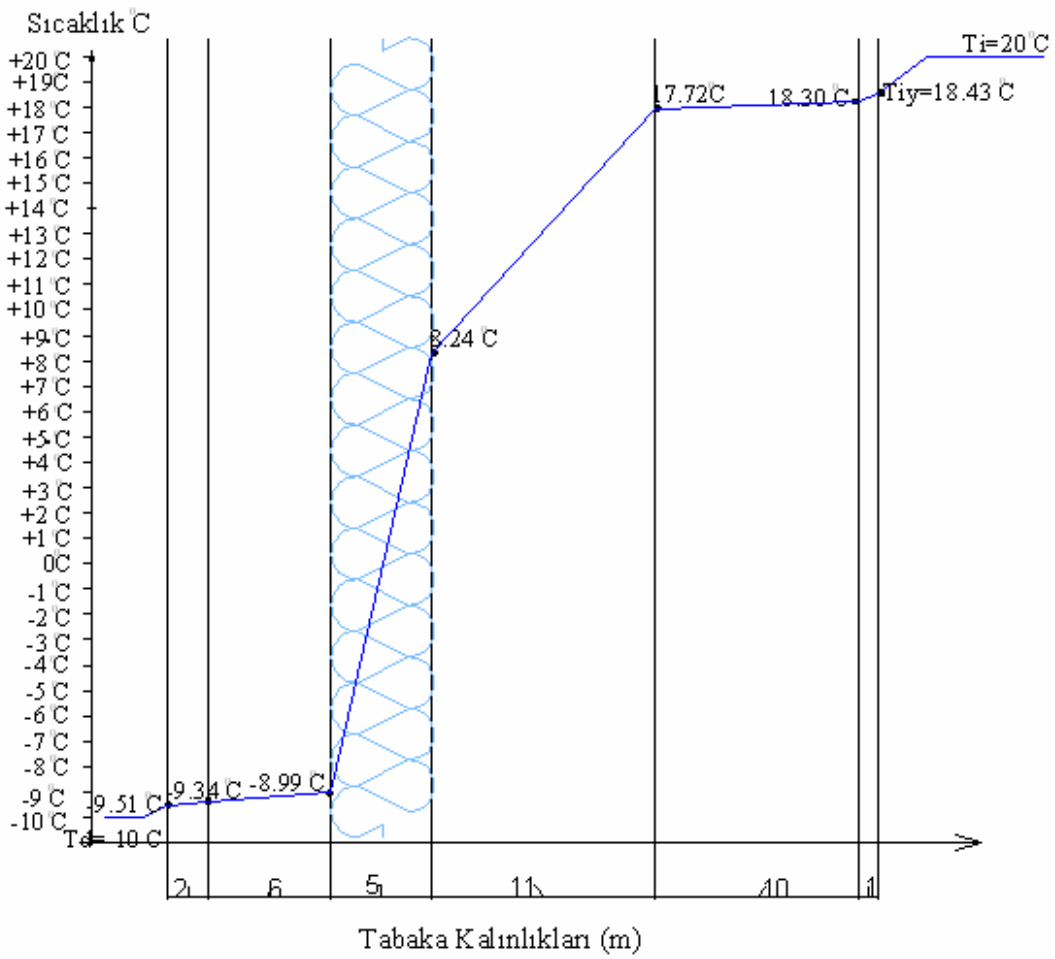
	İç iklim şartları	Dış iklim şartları
Yoğuşma periyodu		
Hava sıcaklığı (°C)	20	- 10
Bağıl nem (%)	50	80
Doymuş su buharı basıncı (Pa)	2340	260
Su buharı kısmi basıncı (Pa)	1170	208
Yoğuşma süresi (h)	1440	
Buharlaştırma periyodu		
Hava sıcaklığı (°C)	12	12
Bağıl nem (%)	70	70
Doymuş su buharı basıncı (Pa)	1403	1403
Su buharı kısmi basıncı (Pa)	982	982
Buharlaştırma süresi (h)	2160	

Çizelge 4.2.'de yalıtımlı beton sandviç duvar sistemi ile imal edilmiş olan örnek konut için İzoder'in hazırladığı "TS 825 Isı Yalıtım Hesabı" programı ile hesaplanmış olan U değeri, Şekil 4.25.'de ise aynı konut için oluşturulan ısı akım diyagramı verilmiştir. Bu diyagramda  $T_i=20$  °C,  $T_{iy}= 18.54$  °C olduğu, iç ortam sıcaklığı ile iç yüzey sıcaklığı arasındaki farkın 2-3 °C'yi çok aşmadığı görülmektedir. Böyle bir durumda seçilen örnek konutun iç ortamında uygun bir ısıl konforun sağlanabildiği söylenebilmektedir.

Şekil 4.26. ve Şekil 4.27'de örnek konut için hesaplanmış ve çizilmiş olan buhar difüzyon diyagramları görülmektedir. Bu diyagramlarda ortaya koymaktadır ki,



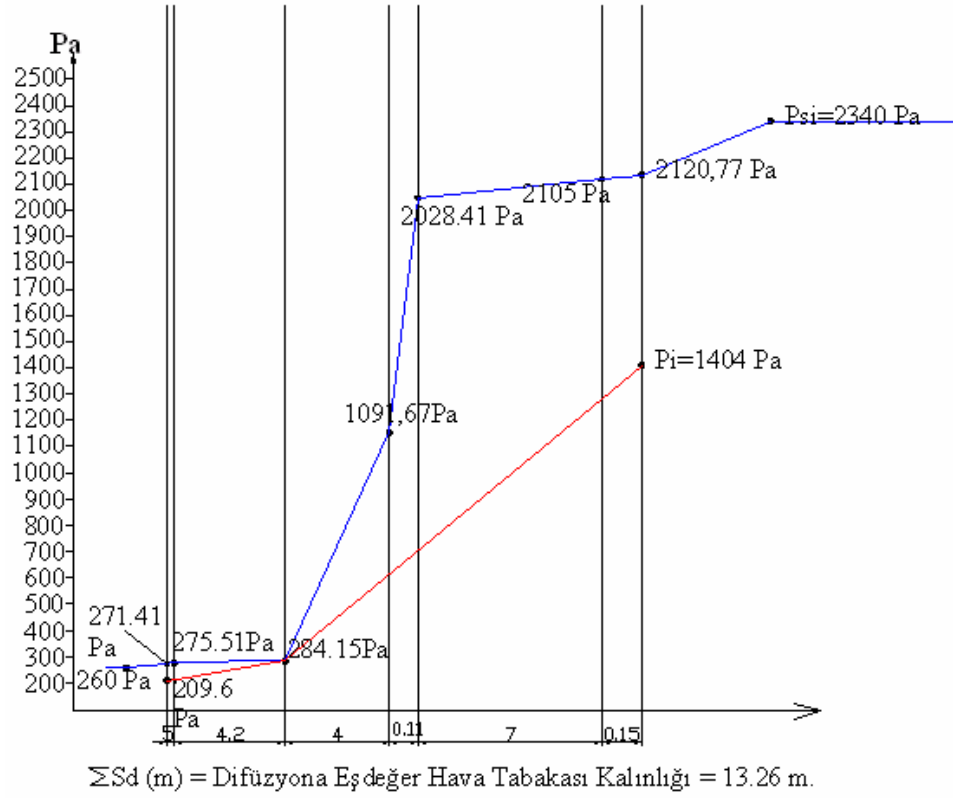
örnek konutun dış duvarlarında 11 cm kalınlığındaki düşey hava tabakası ile 5 cm kalınlığındaki XPS ısı yalıtım tabakasının kesişme yüzeyinde yoğuşma meydana gelmektedir. İzoder'in hesap programı ile bulunan sonuca göre, yoğuşan suyun kütlesi  $0.001 \text{ kg/m}^2$  olup, TS 825'de sınırlandırılan değer olan  $1 \text{ kg/m}^2$  'den ve buharlaşan suyun kütlesinden küçüktür. Buna göre, standarda uygundur. Yapılan hesaplamalar sonucu dış duvarlar için difüzyona eşdeğer hava tabakası kalınlığı 13.26 m., ısı geçirgenlik katsayısı (U)  $0.402 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ , ısı akış yoğunluğu (q)  $12.06 \text{ W/m}^2$  bulunmuştur( Çizelge 4.2.).



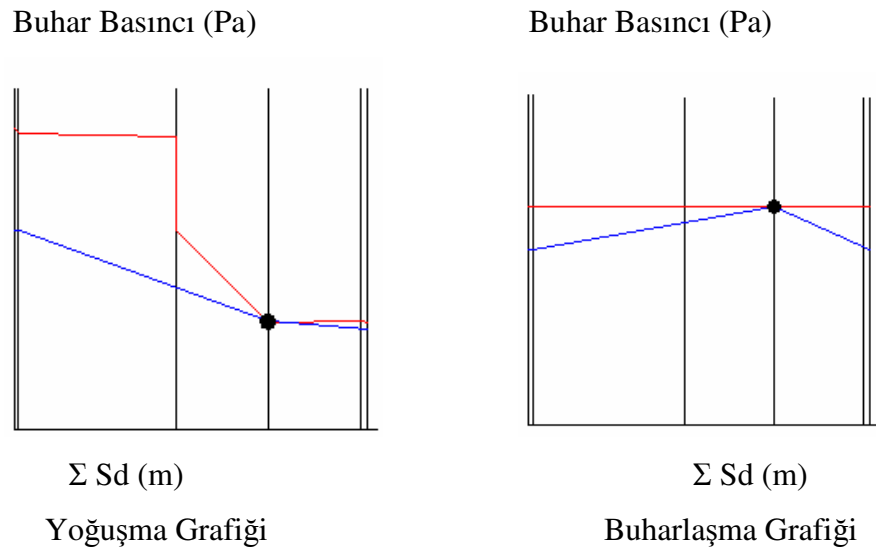
Şekil 4.25. Örnek konut dış duvarlarına ait ısı akım diyagramı

Çizelge 4.2. Örnek konut için hesaplanan U değeri

TABAKA	Tabaka kalınlığı d (m)	Su Buharı Difüzyon katsayısı $\mu$	Difüzyon Dengi Hava tabaka kalınlığı Sd(m)	Isı İletkenlik Hesap Değeri $\lambda h$ (W/mK)	Yüzeysel Isı iletim Direnci D/ $\lambda$ , 1/ $\alpha$ (m <sup>2</sup> K/W)	Sıcaklık T °C	Doymuş Su buharı basıncı Ps(Pa)
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	-	-	-	-	0.13	20 °C	2340
						18.43	2120.77
Kireç harcı, kireç çimento harcı	0.01	15	0.15	0.87	0.011	18.3	2105
Normal beton(TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0.10	70	7	2.1	0.048	17.72	2028.41
						8.24	1091,67
Hava tabakası (Düşey)	0.11	1	0.11	0.14	0.786	8.24	1091,67
Poliüretan sert köpük levhalar (PUR)(TS2193)	0.05	30	1.5	0.035	1.429	-8.99	284.15
						-9.34	275.51
Normal beton(TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatısız)	0.06	70	4.2	2.1	0.029	-9.34	275.51
						-9.51	271.41
Çimento harcı	0.02	15	0.3	1.4	0.014	-9.51	271.41
Yüzeysel ısı iletim katsayısı(dış)	-	-	-	-	0.04	-10	260
$\Sigma Sd = 13.26 \text{ m}$			$U = 0.402 \text{ W/m}^2 \text{ K}$			$q = 12,06 \text{ W/m}^2$	



Şekil 4.26. Örnek konut dış duvarlarına ait buhar difüzyon diyagramı



Şekil 4.27. Örnek konut dış duvarlarına ait şematik yoğuşma ve buharlaşma dönemlerinin buhar difüzyon diyagramları

Çizelge 4.3. Örnek Konutun Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

Aylar	Isı Kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma Enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	H=Hi+Hh (W/K)	Ti-Td K,C	H(Ti-Td) (W)	Φi (W)	Φg (W)	ΦT=Φi+Φg (W)			
OCAK	1.13654	16.7	18.980	2.840	3.513	6.353	0.33	0.95	33.552.532
ŞUBAT		15.5	17.616		4.322	7.162	0.41	0.91	28.767.519
MART		12.8	14.547		5.267	8.107	0.56	0.83	20.264.748
NİSAN		7.4	8.410		5.321	8.161	0.97	0.64	8.260.600
MAYIS		2.2	2.500		6.241	9.081	3.63	0.00	0
HAZİRAN		0.0	0		6.542	9.382	0.00	0.00	0
TEMMUZ		0.0	0		6.375	9.215	0.00	0.00	0
AĞUSTOS		0.0	0		6.039	8.879	0.00	0.00	0
EYLÜL		0.4	454		5.219	8.059	17.75	0.00	0
EKİM		5.9	6.705		4.339	7.179	1.07	0.61	6.028.499
KASIM		10.9	12.388		3.330	6.170	0.50	0.86	18.356.025
ARALIK		15.1	17.161		3.084	5.924	0.35	0.94	30.074.604
							Qy1 l= ΣQay=145.277.527		

Yapılan hesaplamalar binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının  $Q_{y1} = \Sigma Q_{ay} = 145.277.527$  kWh olduğunu göstermiştir. (Çizelge 4.2.)

$$Q_{y1} = 0.278 \times 145.277.527 = 40.387 \text{ kWh}$$

$$\text{Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı} \quad Q' = 23.55 \text{ kWh / m}^3$$

$$\text{Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı} \quad Q = 22.75 \text{ kWh / m}^3$$

$Q < Q'$  olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi standarda uygundur.

Çizelge 4.4. Örnek Konut iç ortamının on gün süre ile ölçülen iç ısı ve nem değerleri

Tarih	Dış Hava Sıcaklığı	İç Ortam Sıcaklığı	İç Ortam Nem miktarı (%)	Saat	Yerinde Yapılan Gözlemler
12.01.2006	3.5 °C	24 °C	44	9.00	Kazan Yanmıyor
12.01.2006	7.0 °C	26 °C	48	13.00	Kazan Yanmıyor
12.01.2006	5.5 °C	23 °C	49	18.00	Kazan Yanmıyor (Sabah ve öğle güneşli)
13.01.2006	4.0 °C	21 °C	46	9.00	Kazan Yanmıyor
13.01.2006	5.0 °C	22 °C	46	13.00	Kazan Yanmıyor
13.01.2006	5.5 °C	22 °C	43	18.00	Kazan Yanmıyor (Yağmur var)
14.01.2006	5.0 °C	20 °C	38	9.00	Kazan Yanıyor
14.01.2006	7.5 °C	25 °C	38	13.00	Kazan Yanıyor
14.01.2006	4.0 °C	22 °C	33	18.00	Kazan Yanıyor (Güneş var)
15.01.2006	4.0 °C	22 °C	37	9.00	Kazan Yanmıyor
15.01.2006	6.5 °C	25 °C	34	13.00	Kazan Yanmıyor
15.01.2006	5.0 °C	22 °C	38	18.00	Kazan Yanmıyor (Öğle güneşli)
16.01.2006	-0.5 °C	21 °C	45	9.00	Kazan Yanıyor
16.01.2006	3.0 °C	23 °C	46	13.00	Kazan Yanıyor
16.01.2006	1.0 °C	22 °C	43	18.00	Kazan Yanıyor
17.01.2006	0.0 °C	22 °C	44	9.00	Kazan Yanıyor
17.01.2006	4.0 °C	25 °C	44	13.00	Kazan Yanıyor
17.01.2006	2.0 °C	23 °C	46	18.00	Kazan Yanıyor
18.01.2006	0.5 °C	22 °C	44	9.00	Kazan Yanıyor
18.01.2006	4.0 °C	23 °C	48	13.00	Kazan Yanıyor
18.01.2006	3.0 °C	21 °C	49	18.00	Kazan Yanıyor

Çizelge4.4(Devam)					
19.01.2006	8.0 °C	22 °C	46	9.00	KazanYanıyor
19.01.2006	11.0 °C	22 °C	46	13.00	KazanYanıyor
19.01.2006	6.0 °C	21 °C	43	18.00	KazanYanıyor (Yağmurlu)
20.01.2006	5.0 °C	23 °C	44	9.00	KazanYanıyor
20.01.2006	9.0 °C	23 °C	48	13.00	KazanYanıyor
20.01.2006	4.0 °C	23 °C	49	18.00	KazanYanıyor
21.01.2006	3.0 °C	22 °C	45	9.00	KazanYanıyor
21.01.2006	6.0 °C	22 °C	46	13.00	KazanYanıyor
21.01.2006	4.0 °C	21 °C	43	18.00	KazanYanıyor

## 5 . ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Isı yalıtımlı beton sandviç panel duvar sisteminin ısısal performansını incelemek amacı ile 2. Derece Gün Bölgesi olan Bursa İli, Bademli Bölgesi'nde bu sistem ile yapılmış ve konut amaçlı olarak kullanılan bir örnek bina seçilmiştir.

Seçilen örnek binanın İzoder ve Püd'ün hazırladığı TS 825 Isı Yalıtım Hesabı programları yapılan hesaplamalar sonucunda, binanın yalıtımlı beton sandviç duvarlardan oluşan şimdiki durumunda yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı **145.277.527 kWh** bulunmuştur. Binanın dışa duvarlarındaki ısı akış yoğunluğu  $q = 12.06 \text{ W/m}^2$ , ısı geçirenlik katsayısı  $U = 0.402 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Difüzyona eşdeğer hava tabakası kalınlığı  $\Sigma Sd = 13.26 \text{ m}$ . bulunmuştur. Binanın iç ortam sıcaklığı  $+ 20 \text{ }^\circ\text{C}$ , dış ortam sıcaklığı ise  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$  kabul edilerek dış duvarlara ait ısı akım diyagramı çizilmiştir. Binanın iç ortam sıcaklığı ile duvarın iç yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı 2-3 dereceyi aşmadığı için **iç ortamda ısı konfor koşullarının sağlanmış olduğunu söyleyebiliriz.** Çizilen yoğuşma ve buharlaşma grafikleri, duvar tabakalarından 5cm kalınlığındaki xps ısı yalıtım malzemesi ile 6 cm kalınlığındaki beton tabakası kesişme yüzeyinde yoğuşma meydana geldiğini göstermiştir. Ancak, yoğuşan suyun kütlesi  $0.001 \text{ kg/m}^2$  olup, TS 825'de sınırlandırılan değer olan  $1 \text{ kg/m}^2$  'den ve buharlaşan suyun kütlesinden küçüktür. Buna göre, standarda uygundur.

Yalıtımlı Beton Sandviç duvar sisteminin uygulandığı örnek binada yapılan hesaplamalar sonucu, bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı  $Q' = 23.55 \text{ kWh/m}^3$ , hesaplanmış olan enerji ihtiyacı ise  $Q = 22.75 \text{ kWh/m}^3$  olarak bulunmuştur.

**$Q < Q'$  olduğu için bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi standarda uygundur.**

### 5.1. T.S. 825 Isı Yalıtım Yönetmeliği'ne Göre Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Duvar Uygulamalarının Değerlendirilmesi.

Yalıtımlı beton sandviç panel sistemini ısı konfor açısından incelerken, bu sistemi ikinci derece gün bölgesinde bulunan örnek konut üzerinde, dış duvarların çift tuğla ve gazbeton arası ısı yalıtım malzemesinden oluştuğu farz edilerek ayrı ayrı hesaplanmış ve hesap sonuçları karşılaştırılmıştır. Çizelge 4.1.'de örnek konutun dış duvarlarının tuğla olduğu kabul edilerek yapılan hesaplamalar sırasında dikkate alınması gereken sınırlandırma şartları verilmektedir.

Seçilen örnek konutun dış duvarlarının içten dışa doğru sıra ile 1 cm kalınlığında iç sıva, 8,5 cm kalınlığında AB sınıfı tuğla, 5 cm kalınlığında extrude Polistren Köpük Isı Yalıtım Malzemesi (XPS), 8.5 cm kalınlığında AB sınıfı tuğla, 2cm kalınlığında dış sıva olduğu farz edilerek yapılan hesaplamalar sonucunda, binanın dış duvarlarında ısı akış yoğunluğu (  $q$  değeri) = 14.79 W/m<sup>2</sup> bulunmuştur. Isı geçirgenlik katsayısının (U değeri) = 0.493 W/m<sup>2</sup> K, difüzyona eşdeğer hava tabakası kalınlığının ( $\Sigma S_d$ ) ise, 2.8 m. olduğu görülmüştür (Çizelge 5.1.)

Şekli 5.1.'de binanın dış duvarlarının iki tuğla duvar arası ısı yalıtımı yerleştirilerek oluşturulması durumuna göre hesaplanmış olan ısı akım diyagramı verilmektedir. Diyagramda  $T_i=20$  °C,  $T_{iy}= 18.08$  °C olduğu, iç ortam sıcaklığı ile iç yüzey sıcaklığı arasındaki farkın 2-3 °C'yi aşmadığı görülmektedir. Böyle bir durumda konutun iç ortamında uygun bir ısıl konforun sağlanabildiği söylenebilir.

Yapılan hesaplamalar binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının  $Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay} = 133.184.499$  kWh olduğunu göstermiştir.

$$Q_{yıl} = 0.278 \times 133.184.499 = 37.025 \text{ kWh}$$

Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı  $Q' = 23.55$  kWh / m<sup>3</sup>

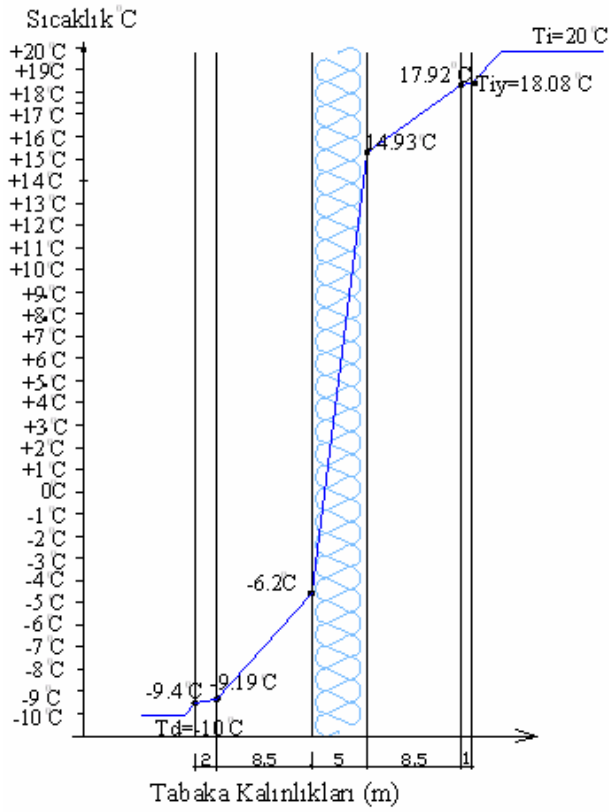
Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı  $Q = 20.86$  kWh / m<sup>3</sup>

$Q > Q'$  olduğundan bu bina için dış duvarlarının çift tuğla arası ısı yalıtımı uygulanması ile oluşturulan sandviç olması durumunda yapılmış olan ısı yalıtım projesi standarda uygun değildir.

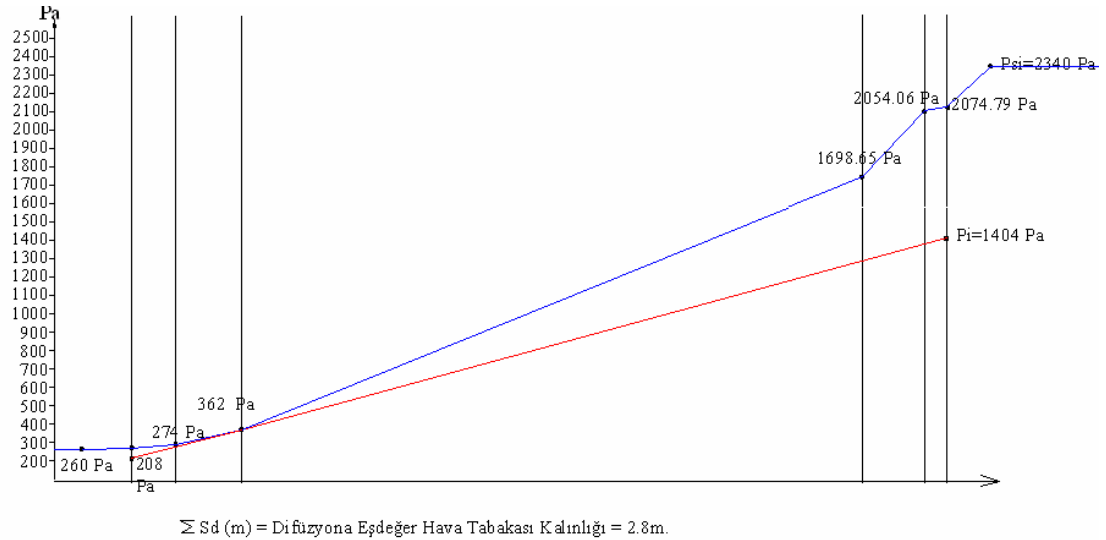


Çizelge 5.1. Örnek konutun dış duvarlarının tuğla sandviç olması halinde hesaplanan U değeri

TABAKA	Tabaka kalınlığı d (m)	Su Buharı Difüzyon katsayısı $\mu$	Difüzyon Dengi Hava tabaka kalınlığı Sd(m)	Isı İletkenlik Hesap Değeri $\lambda h$ (W/mK)	Yüzeysel Isı iletim Direnci D/ $\lambda$ , 1/ $\alpha$ (m <sup>2</sup> K/W)	Sıcaklık T °C	Doymuş Su buharı basıncı Ps(Pa)
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	-	-	-	-	0.13	20 °C	2340
						18.08	2074.79
Kireç harcı, kireç çimento harcı	0.01	15	0.15	0.87	0.011	17.92	2054.06
Normal harç kullanılarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	0.085	5	0.425	0.42	0.202	14.93	1698.65
Poliüretan sert köpük levhalar (PUR)(TS2193)	0.05	30	1.5	0.035	1.429	-6.2	362
Normal harç kullanılarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	0.085	5	0.425	0.42	0.202	-9.19	279.19
Çimento harcı	0.02	15	0.3	1.4	0.014	-9.4	274
Yüzeysel ısı iletim katsayısı(dış)	-	-	-	-	0.04	-10	260
$\Sigma Sd = 2.8 \text{ m}$			<b>U= 0.493 W/m<sup>2</sup> K</b>			<b>q= 14.79 W/m<sup>2</sup></b>	



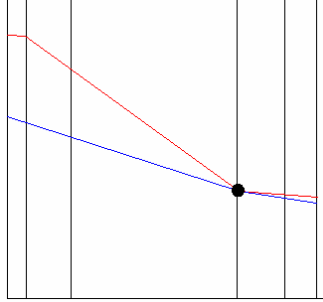
Şekli 5.1. Örnek konutun dış duvarlarının çift tuğla duvar arası ısı yalıtımlı olması durumunda ısı akım diyagramı



Şekil 5.2. Örnek konutun dış duvarlarının çift tuğla duvar arası ısı yalıtımı olması durumunda çizilen buhar – difüzyon diyagramı

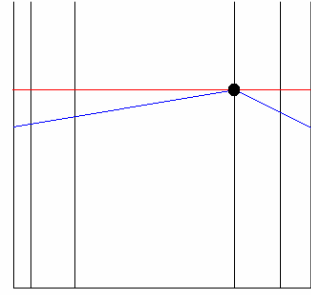
Şekil 5.3.'te tuğla dış duvarlara ait şematik buhar yoğuşma – buharlaşma ve buhar difüzyon grafikleri görülmektedir. Yapılan hesaplamalar binanın dış duvarlarında dış tuğla duvar ile ısı yalıtımı arasında yoğuşma olayının gerçekleştiğini göstermektedir.

Buhar Basıncı (Pa)



Yoğuşma Grafiği  $\Sigma Sd$  (m)

Buhar Basıncı (Pa)



Buharlaşma Grafiği  $\Sigma Sd$  (m)

Şekil 5.3. Örnek konutun dış duvarlarının tuğla olması durumunda çizilen şematik yoğuşma-buharlaşma grafikleri

Çizelge 5.2. Örnek konutun dış duvarlarının tuğla sandviç olması halinde hesaplanan Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

Aylar	Isı Kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma Enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i-T_d$ K,C	$H/(T_i-T_d)$ (W)	$\Phi_i$ (W)	$\Phi_g$ (W)	$\Phi_T=\Phi_i+\Phi_g$ (W)			
OCAK	1.166.63	15.7	18.316	2.840	3.513	6.353	0.35	0.94	31.966.114
ŞUBAT		14.5	16.916		4.322	7.162	0.42	0.91	26.953.119
MART		11.8	13.766		5.267	8.107	0.59	0.82	18.45.529
NİSAN		6.4	7.466		5.321	8.161	1.09	0.60	6.659.884
MAYIS		1.2	1.399		6.241	9.081	6.49	0.00	0
HAZİRAN		0.0	0		6.542	9.382	0.00	0.00	0
TEMMUZ		0.0	0		6.375	9.215	0.00	0.00	0
AĞUSTOS		0.0	0		6.039	8.879	0.00	0.00	0
EYLÜL		0.0	535		5.219	8.059	0.00	0.00	0
EKİM		4.9	5.716		4.339	7.179	1.26	0.55	4.581.489
KASIM		9.9	11.549		3.330	6.170	0.53	0.85	16.341.264
ARALIK		14.1	16.449		3.084	5.924	0.36	0.94	28.202.100
Q <sub>y1</sub> = $\Sigma Q_{ay}$ = 133.184.499									

Çalışmanın bu aşamasında beton sandviç duvar sisteminin ısısal performansını incelemek amacı ile, seçilen örnek konutun dış duvarlarının iki gazbeton duvar arası ısı yalıtımı yerleştirilmesi ile oluşturulduğu kabul edilerek hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre kullanılan malzemeler içten dışa doğru, 1 cm kalınlığında iç sıva, 8.5 cm kalınlığında gazbeton, 5 cm kalınlığında extrude Polistren Köpük Isı Yalıtım Malzemesi (XPS), 8.5 cm kalınlığında gazbeton, 2cm dış sıva olarak sıralanmıştır.

Hesaplamalarda kullanılan sınırlandırma şartları Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Binanın gazbeton sandviç dış duvarlarında ısı akış yoğunluğu (qdeğeri)= 12.51 W/m<sup>2</sup>, ısı geçirgenlik katsayısı (U değeri) = 0.417 W/m<sup>2</sup> K , difüzyona eşdeğer hava tabakası kalınlığı (Σ Sd) = 2.8 m. bulunmuştur.

Yapılan hesaplamalar binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının;

$Q_{yıl} = \Sigma q_{ay} = 129.213.633 \text{ kWh}$  olduğunu göstermiştir

$Q_{yıl} = 0.278 \times 129.213.633 = 35.921 \text{ kWh}$

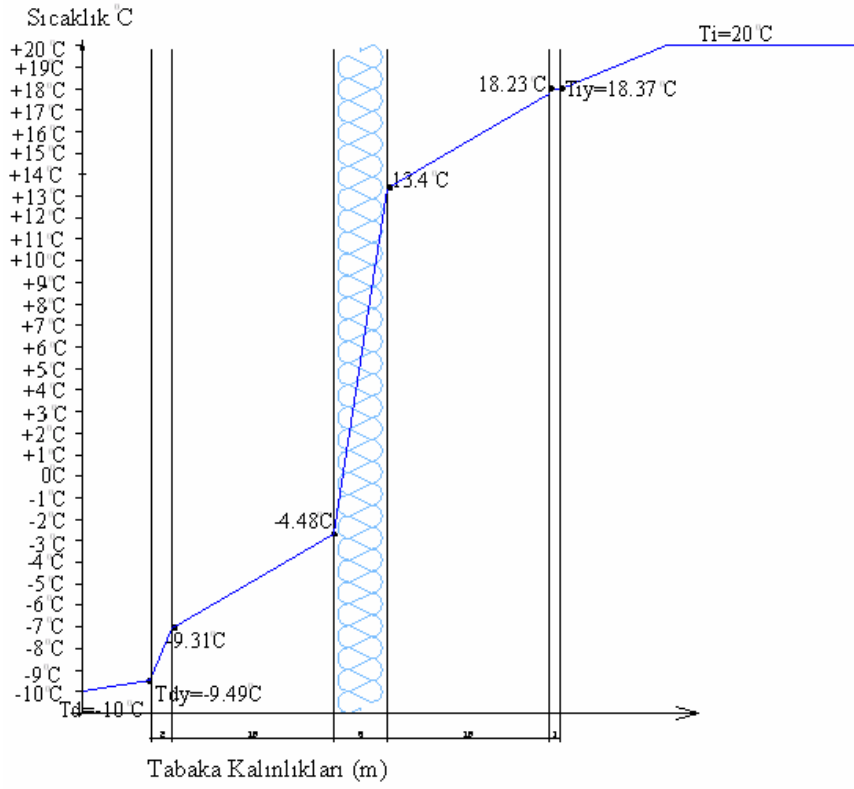
Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı  $Q' = 23.55 \text{ kWh / m}^3$

Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı  $Q = 20.24 \text{ kWh / m}^3$

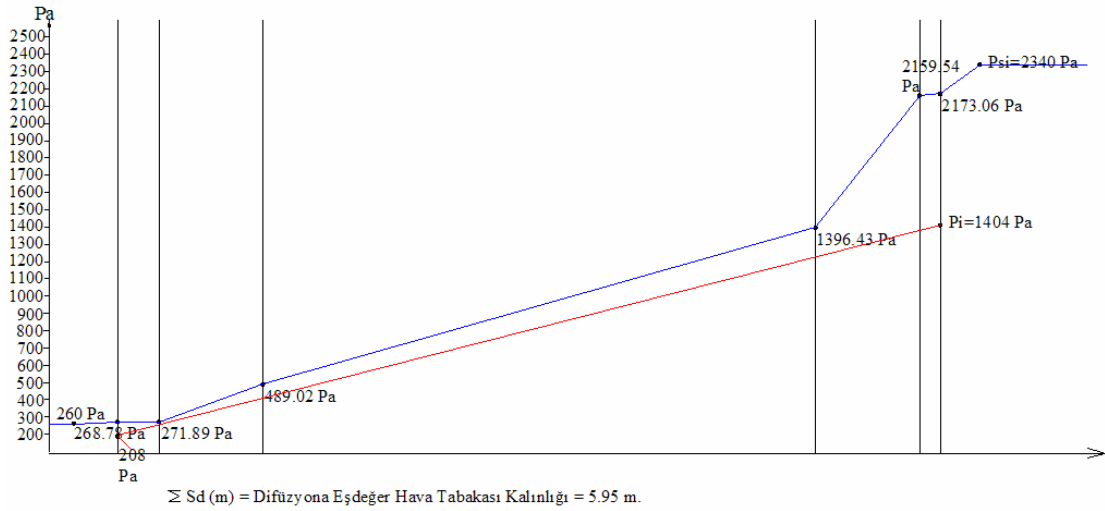
$Q < Q'$  olduğundan bu bina için dış duvarlarının gazbeton sandviç olması durumunda yapılmış olan ısı yalıtım projesi standarda uygundur.

Çizelge 5.3. Örnek konutun dış duvarlarının gazbeton sandviç olması durumu için hesaplanan U değeri

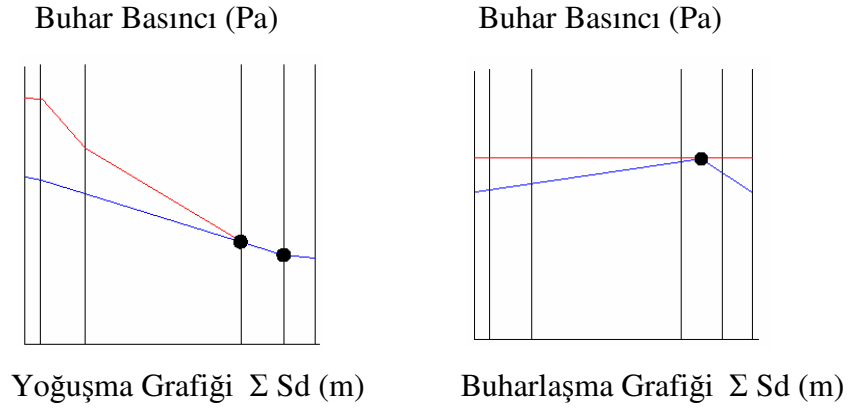
TABAKA	Tabaka kalınlığı d (m)	Su Buharı Difüzyon katsayısı $\mu$	Difüzyon Dengi Hava tabaka kalınlığı Sd(m)	Isı İletkenlik Hesap Değeri $\lambda h$ (W/mK)	Yüzeysel Isı iletim Direnci D/ $\lambda$ , 1/ $\alpha$ (m <sup>2</sup> K/W)	Sıcaklık T °C	Doymuş Su buharı basıncı Ps(Pa)
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	-	-	-	-	0.13	20 °C	2340
						18.37	2112.82
Kireç harcı, kireç çimento harcı	0.01	15	0.15	0.87	0.011	18.23	2094.39
Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilen levhalar	0.085	5	0.425	0.22	0.386	13.4	1538
Poliüretan sert köpük levhalar (PUR)(TS2193)	0.05	30	1.5	0.035	1.429	-4.48	420.13
Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilen levhalar	0.085	5	0.425	0.22	0.386	-9.31	276.25
Çimento harcı	0.2	15	0.3	1.4	0.014	-9.49	271.89
Yüzeysel ısı iletim katsayısı(dış)	-	-	-	-	0.04	-10	260
$\Sigma Sd = 2.8 \text{ m}$			$U = 0.417 \text{ W/m}^2 \text{ K}$			$q = 12.51 \text{ W/m}^2$	



Şekil 5.4. Örnek konutun dış duvarları gazbeton sandviç olması durumunda ısı akım diyagramı



Şekil 5.5. Örnek konutun dış duvarlarının gazbeton sandviç olması durumunda çizilen buhar difüzyon diyagramı



Şekil 5.6. Örnek konutun dış duvarlarının gazbeton sandviç olması durumunda çizilen şematik yoğuşma-buharlaşma grafikleri

Çizelge 5.4. Örnek konutun dış duvarlarının çift gazbeton duvar arası ısı yalıtımlı olması durumunda yıllık ısıtma enerjisi

Aylar	Isı Kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma Enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i-T_d$ K,C	$H(T_i-T_d)$ (W)	$\Phi_i$ (W)	$\Phi_g$ (W)	$\Phi_T=\Phi_i+\Phi_g$ (W)			
OCAK	1.141.29	15.7	17.918	2.840	3.513	6.353	0.35	0.94	30.964.498
ŞUBAT		14.5	16.548		4.322	7.162	0.43	0.90	26.184.902
MART		11.8	13.467		5.267	8.107	0.60	0.81	17.885.655
NİSAN		6.4	7.304		5.321	8.161	1.12	0.59	6.451.513
MAYIS		1.2	1.369		6.241	9.081	6.63	0.00	0
HAZİRAN		0.0	0		6.542	9.382	0.00	0.00	0
TEMMUZ		0.0	0		6.375	9.215	0.00	0.00	0
AĞUSTOS		0.0	0		6.039	8.879	0.00	0.00	0
EYLÜL		0.0	0		5.219	8.059	17.29	0.00	0
EKİM		4.9	5.592		4.339	7.179	1.28	0.54	4.446.161
KASIM		9.9	11.298		3.330	6.170	0.55	0.84	15.850.598
ARALIK		14.1	16.092		3.084	5.924	0.37	0.93	27.430.306
$Q_{y1} = \Sigma Q_{ay} = 129.213.633$									

Seçilen örnek konutun aynı mimari planı üzerinden duvarların beton sandviç yerine çift tuğla duvar arası yalıtımlı sandviç olması durumunda yapılan hesaplamalarda, kolon ve kirişlerden oluşan betonarme iskelet taşıyıcı sistem oluşturulmuş ve kolon - kiriş yüzeylerinin aralarındaki açıklıklar duvar kabul edilmiştir. Bu durumda kolon ve kirişlerin ısı köprüsü oluşturması sebebi ile bu bölgelerde enerji kaybı oluşmuştur.

Yapılan hesaplamalar sonucunda, binanın dış duvarlarında ısı akış yoğunluğu ( $q$  değeri) = 14.79 W/m<sup>2</sup> bulunmuştur. Isı geçirgenlik katsayısının ( $U$  değeri) = 0.493 W/m<sup>2</sup> K, difüzyona eşdeğer hava tabakası kalınlığının ( $\Sigma S_d$ ) ise, 2.8 m. olduğu görülmüştür.

Çizilen yoğuşma ve buharlaşma diyagramları göstermektedir ki, bu binanın dış duvarlarında dış tuğla tabakası ile ısı yalıtımı arasında yoğuşma meydana gelmektedir. Binanın iç ortam sıcaklığı + 20 °C, dış ortam sıcaklığı ise -10 °C kabul edilerek dış duvarlara ait ısı akım diyagramı çizilmiştir. Binanın iç ortam sıcaklığı ile duvarın iç yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı 2-3 dereceyi aşmadığı için iç ortamda ısı konfor koşullarının sağlanmış olduğunu söyleyebiliriz.

Yapılan hesaplamalar binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının

$$Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay} = 133.184.499 \text{ kWh olduğunu göstermiştir}$$

$$Q_{yıl} = 0.278 \times 133.184.499 = 37.025 \text{ kWh}$$

$$\text{Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı } Q' = 23.55 \text{ kWh / m}^3$$

$$\text{Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı } Q = 20.86 \text{ kWh / m}^3$$

$Q > Q'$  olduğundan bu bina için dış duvarlarının tuğla sandviç olması durumunda yapılmış olan ısı yalıtım projesi standarda uygun özellikler göstermektedir.

Seçilen örnek konutun aynı mimari planı üzerinden duvarların beton sandviç yerine gazbeton sandviç olması durumunda yapılan hesaplamalarda, tuğla sandviç duvar hesaplamalarında olduğu gibi kolon ve kirişlerden oluşan betonarme iskelet taşıyıcı sistem oluşturulmuş ve kolon - kiriş yüzeylerinin aralarındaki açıklıklar duvar kabul edilmiştir. Bu durumda kolon ve kirişlerin yüzeylerinde ısı köprüsü oluşturması nedeni ile büyük enerji kayıpları oluşmaktadır.

Binanın iç ortam sıcaklığı + 20 °C, dış ortam sıcaklığı ise -10 °C kabul edilerek dış duvarlara ait ısı akım diyagramı çizilmiştir. Binanın iç ortam sıcaklığı ile duvarın iç yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı 2-3 dereceyi aşmadığı için iç ortamda uygun ısı konfor koşullarının sağlanmış olduğunu söyleyebiliriz.



Binanın gazbeton sandviç dış duvarlarında ısı akış yoğunluğu ( $q$  değeri) = 12.51 W/m<sup>2</sup>, ısı geçirgenlik katsayısı (U değeri) = 0.417 W/m<sup>2</sup> K , difüzyona eşdeğer hava tabakası kalınlığı ( $\Sigma S_d$ ) = 2.8 m. bulunmuştur.

Yapılan hesaplamalar binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının  $Q_{yıl} = \Sigma q_{ay} = 129.213.633$  kWh olduğunu göstermiştir  $Q_{yıl} = 0.278 \times 129.213.633 = 35.921$  kWh

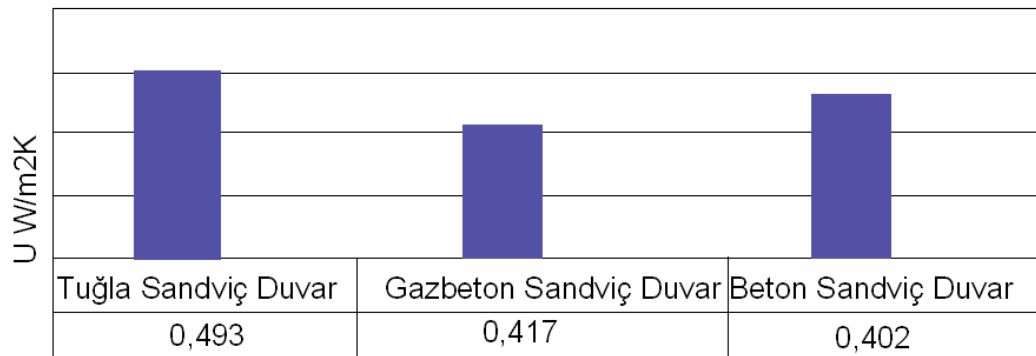
Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı  $Q' = 23.55$  kWh / m<sup>3</sup>

Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı  $Q = 20.24$  kWh / m<sup>3</sup>

$Q < Q'$  olduğundan bu bina için dış duvarlarının gazbeton sandviç olması durumunda yapılmış olan ısı yalıtım projesi standarda uygun özellikler göstermektedir..

Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Duvar Sistemi'nin TS 825 Isı Yalıtım Yönetmeliği'ne uygun olup olmadığını değerlendirmek üzere Bursa İli'nde seçilen örnek konut üzerinde yapılan hesaplamalar göstermiştir ki, beton sandviç panel duvar sistemi ısıl performans açısından tuğla ve gazbeton sandviç duvarlar ile mukayese edilirse, ısı geçirgenlik katsayısı en düşük değere sahip duvar tipi U değeri = 0.417 W/m<sup>2</sup> K ile gazbeton sandviç duvar, daha sonra U = 0.402 W/m<sup>2</sup>K ile beton sandviç panel duvar sistemi daha sonra da U= 0.493 W/m<sup>2</sup>K ile tuğla sandviç duvarlar olarak sıralanmaktadır. (Çizelge. 5.5.)

Çizelge. 5.5. Örnek Konut üzerinde yapılan hesaplamalara göre üç duvar tipinin bulunan U değerleri



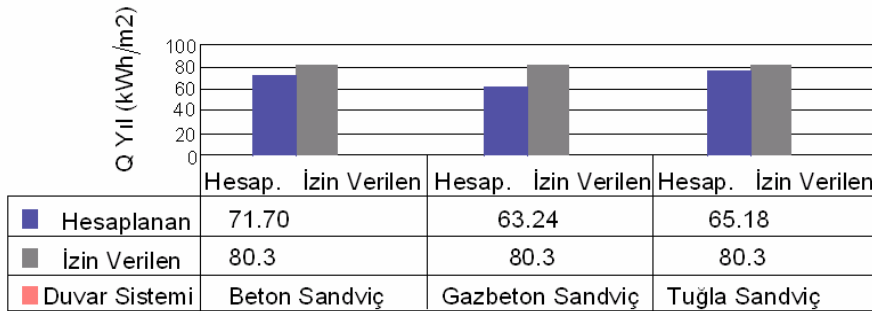
Ancak beton sandviç panel sisteminin kolon ve kiriş olmadan ve ısı köprüsü oluşumu en aza indirilmiş duvar sistemi olması ve tuğla ile gazbeton sandviç duvar uygulamalarında iskelet taşıyıcı sistemin oluşturduğu ısı köprüleri dikkate alındığı zaman, binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı üç değişik malzemede şöyle sıralanmaktadır.

İkinci gün bölgesi için yapılan hesaplamalarda yalıtımlı beton sandviç panel duvar sistemi ile oluşturulan örnek konutun yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı  $Q_{yıl}=71.10$  kWh/m<sup>2</sup>, gazbeton sandviç duvar + betonarme iskelet taşıyıcı sistem ile oluşturulan binada yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı  $Q_{yıl}= 63.24$  kWh/m<sup>2</sup>, tuğla sandviç duvar+betonarme iskelet taşıyıcı sistem ile oluşturulan binada yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı  $Q_{yıl}= 65.18$  kWh/m<sup>2</sup> olduğu görülmüştür. Buna göre enerji tasarrufu açısından üç duvar tipini mukayese edecek olursak, en olumlu duvar tipi çift gazbeton arası ısı yalıtımı ile oluşturulan sandviç duvar tipi, daha sonra yalıtımlı beton sandviç panel duvar sistemi ve en sonra da çift tuğla duvar arası yalıtım uygulanması ile oluşturulan sandviç duvar tipinin geldiğini görürüz (Çizelge 5.6.).

Yoğuşma ve buharlaşma grafikleri, yalıtımlı beton sandviç panel duvar sisteminde ısı yalıtım malzemesi ile 6 cm'lik duvar tabakası arasında yoğuşma meydana geldiğini göstermiştir. Ancak, yoğuşan suyun kütlesi 0.001 kg/m<sup>2</sup> olup, TS 825'de sınırlandırılan değer olan 1 kg/m<sup>2</sup> 'den ve buharlaşan suyun kütlesinden küçüktür. Buna göre, standarda uygundur.

Çift sıra gazbeton arası ısı yalıtımlı duvarda ve çift sıra tuğla arası ısı yalıtımlı duvarda dış duvar tabakası ile ısı yalıtımı arasında yoğuşma olayının gerçekleştiği görülmüştür.

Çizelge 5.6. Örnek konut üzerinde İkinci Derece Gün Bölgesinde üç duvar tipinin Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının karşılaştırılması



Yalıtımlı Beton Sandviç duvar sisteminin uygulandığı örnek binada yapılan hesaplamalar sonucu, bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı  $Q' = 23.55$  kWh/m<sup>3</sup>, hesaplanmış olan enerji ihtiyacı ise  $Q= 22.75$  kWh/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.  $Q < Q'$  olduğu için bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi TS 825 Isı Yalıtım Standardına uygundur.

Seçilen örnek binanın duvarlarının tuğla sandviç olması durumuna göre yapılan hesaplamalar sonucu için sınırlandırılan enerji ihtiyacı  $Q' = 23.55 \text{ kWh / m}^3$ , hesaplanmış olan ısı ihtiyacı  $Q = 20.86 \text{ kWh / m}^3$  olarak bulunmuştur.  $Q > Q'$  olduğundan bu bina için dış duvarlarının tuğla sandviç olması durumunda yapılmış olan ısı yalıtım projesi TS 825 Isı Yalıtım Standardına uygun değildir.

Seçilen örnek binanın duvarlarının gazbeton sandviç olması durumuna göre yapılan hesaplamalar sonucu için sınırlandırılan enerji ihtiyacı  $Q' = 23.55 \text{ kWh / m}^3$ , hesaplanmış olan ısı ihtiyacı  $Q = 20.86 \text{ kWh / m}^3$  olarak bulunmuştur.  $Q < Q'$  olduğundan bu bina için dış duvarlarının gazbeton sandviç olması durumunda yapılmış olan ısı yalıtım projesi TS 825 Isı Yalıtım Standardına uygundur.

Yapılan hesaplamalar, üç duvar tipinin de TS 825 Isı Yalıtım Standardına uygun özellikler gösterdiğini ortaya çıkarmıştır. Binanın iç ortam hava sıcaklığı ile duvar yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı üç duvar tipinde de 2-3 °C'yi aşmamakta ve iç ortamda uygun ısıl konfor koşullarını oluşturmaktadır.

Beton Sandviç Duvar Sisteminin TS 825 Isı Yalıtım Yönetmeliği'ne uygunluğu ve Türkiye'de uygulanabilirliğinin incelendiği bu çalışmada, bu sistem ile inşaa edilmiş olan örnek konut, Türkiye'nin birinci, üçüncü ve dördüncü gün bölgelerinde belirlenen iller üzerinde de ayrıca değerlendirilmiştir. Bu amaçla birinci derece gün bölgesi olan illerimizden Antalya, üçüncü derece gün bölgesi olan illerimizden Ankara ve dördüncü derece gün bölgesi olan illerimizden de Ağrı seçilmiştir. Yalıtımlı Beton sandviç Panel Duvar Sistemi'nin Türkiye'ye uygulanabilirliğinin incelenmesi için örnek konutun, Antalya, Ankara ve Ağrı İlleri'nde bulunduğu varsayılarak hesaplamalar yapılmış ve bu iller üzerinde tuğla sandviç duvarlar ve gazbeton sandviç duvarlar ile mukayesesi yapılmıştır.

Çizelge 5.7. Beton Sandviç Duvar Sisteminin Örnek Konut Üzerinde Birinci Derece Gün Bölgesi olan Antalya'da Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

Aylar	Isı Kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma Enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	H=Hi+Hh (W/K)	Ti-Td K.C	H(Ti-Td) (W)	Φi (W)	Φg (W)	ΦT=Φi+Φg (W)			
OCAK	1.135.54	11.0	12.490	2.840	3.513	6.353	0.51	0.86	18.212.480
ŞUBAT		9.7	11.014		4.322	7.162	0.65	0.79	13.882.803
MART		7.5	8.516		5.267	8.107	0.95	0.65	8.414.798
NİSAN		3.3	3.747		5.321	8.161	2.18	0.37	1.885.498
MAYIS		0.0	0		6.241	9.081	0.00	0.00	0
HAZİRAN		0.0	0		6.542	9.382	0.00	0.00	0
TEMMUZ		0.0	0		6.375	9.215	0.00	0.00	0
AĞUSTOS		0.0	0		6.039	8.879	0.00	0.00	0
EYLÜL		0.0	0		5.219	8.059	0.00	0.00	0
EKİM		0.9	1.021		4.339	7.179	7.03	0.00	0
KASIM		5.7	6.472		3.330	6.170	0.95	0.65	6.922.739
ARALIK		9.6	10.901		3.084	5.924	0.54	0.84	15.357.185
Qy1 l= ΣQay=64.132.972									

$$Q_{y1} = 0.278 \times 1/1000 \times 64.132.972 = 17.828 \text{ kWh}$$

Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı  $Q' = 14.54 \text{ kWh/m}^3$

Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı  $Q = 10.04 \text{ kWh/m}^3$

$Q < Q'$  olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi standarda uygundur.

Çizelge 5.8. Beton Sandviç Duvar Sisteminin Örnek Konut Üzerinde Üçüncü Derece Gün Bölgesi olan Ankara'da Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

Aylar	Isı Kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma Enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	H=Hi+Hh (W/K)	Ti-Td K.C	H(Ti-Td) (W)	Φi (W)	Φg (W)	ΦT=Φi+Φg (W)			
OCAK	1.135.54	17.7	20.099	2.840	3.513	6.353	0.32	0.96	36.288.311
ŞUBAT		17.0	19.304		4.322	7.162	0.37	0.93	32.771.537
MART		14.0	15.897		5.267	8.107	0.51	0.86	23.133.548
NİSAN		9.2	10.446		5.321	8.161	0.78	0.72	11.845.647
MAYIS		4.9	5.564		6.241	9.081	1.63	0.46	3.594.430
HAZİRAN		0.9	1.021		6.542	9.382	9.19	0.00	0
TEMMUZ		0.0	0		6.375	9.215	0.00	0.00	0
AĞUSTOS		0.0	0		6.039	8.879	0.00	0.00	0
EYLÜL		2.5	2.838		5.219	8.059	2.84	0.00	0
EKİM		7.7	8.743		4.339	7.179	0.82	0.70	9.636.278
KASIM		12.5	14.194		3.330	6.170	0.43	0.90	22.397.472
ARALIK		16.4	18.622		3.084	5.924	0.32	0.96	33.527.416
Qy1 l= ΣQay=173.194.636									

$$Q_{y1} = 0.278 \times 1/1000 \times 161.318.844 = 48.148 \text{ kWh}$$

Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı  $Q' = 29.14 \text{ kWh/m}^3$

Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı  $Q = 27.13 \text{ kWh/m}^3$

$Q < Q'$  olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi standarda uygundur.

Çizelge 5.9. Beton Sandviç Duvar Sisteminin Örnek Konut Üzerinde Dördüncü Derece Gün Bölgesi olan Ağrı'da Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

Aylar	Isı Kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma Enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	H=Hi+Hh (W/K)	Ti-Td K.C	H(Ti-Td) (W)	Φi (W)	Φg (W)	ΦT=Φi+Φg (W)			
OCAK	1.135.54	24.2	27.480	2.840	3.513	6.353	0.23	0.99	54.925.853
ŞUBAT		23.1	26.230		4.322	7.162	0.27	0.98	49.795.534
MART		20.3	23.051		5.267	8.107	0.35	0.94	39.995.648
NİSAN		13.9	15.784		5.321	8.161	0.52	0.85	22.931.812
MAYIS		8.9	10.106		6.241	9.081	0.90	0.67	10.424.324
HAZİRAN		5.5	6.245		6.542	9.382	1.50	0.49	4.271.149
TEMMUZ		1.8	2.043		6.375	9.215	4.51	0.00	0
AĞUSTOS		1.8	2.043		6.039	8.879	4.35	0.00	0
EYLÜL		5.8	6.586		5.219	8.059	1.22	0.56	5.373.112
EKİM		12.1	13.740		4.339	7.179	0.52	0.85	19.797.37
KASIM		17.7	20.099		3.330	6.170	0.31	0.96	36.743.673
ARALIK		22.0	24.981		3.084	5.924	0.24	0.98	49.702.844
Qy1 l=ΣQay=293.961.256									

$$Q_{y1} = 0.278 \times 1/1000 \times 293.961.256 = 81.721 \text{ kWh}$$

$$\text{Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı } Q' = 44.01 \text{ kWh/m}^3$$

$$\text{Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı } Q = 46.04 \text{ kWh/m}^3$$

$Q < Q'$  olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi standarda uygundur.

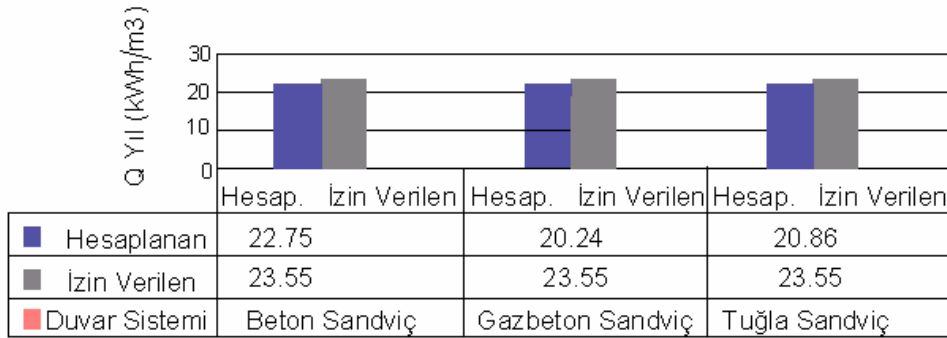
Yapılan hesaplamalarda Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Duvar Sistemi'nin Türkiye'nin Dört Derece Gün Bölgesi iklim koşullarına göre yıllık enerji ihtiyacı açısından TS 825 Isı Yalıtım Yönetmeliği'ne uygun olduğunu göstermiştir.

İkinci Derece Gün Bölgesi olan Bursa İli'nde Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Duvar Sistemi ile inşaa edilen örnek konut üzerinde, dış duvarların gazbeton ve tuğla sandviç duvar olma durumları için de ayrıca yapılan hesaplamalar sonucu bulunan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları Çizelge 5.12.'de verilmektedir.

Buna göre en fazla ısıtma enerjisine ihtiyaç duyan yalıtımlı beton sandviç panel duvar sistemi ( $71.10 \text{ kWh/m}^2$ ), daha sonra çift sıra tuğla duvar arası ısı yalıtımı ile oluşturulan sandviç duvar ( $65.18 \text{ kWh/m}^2$ ), ve en az ısıtma enerjisine ihtiyaç duyan duvar tipi ise çift sıra gazbeton sandviç duvar arası ısı yalıtımı yerleştirilmesi ile oluşturulan gazbeton sandviç duvar ( $63.24 \text{ kWh/m}^2$ ) olmaktadır.

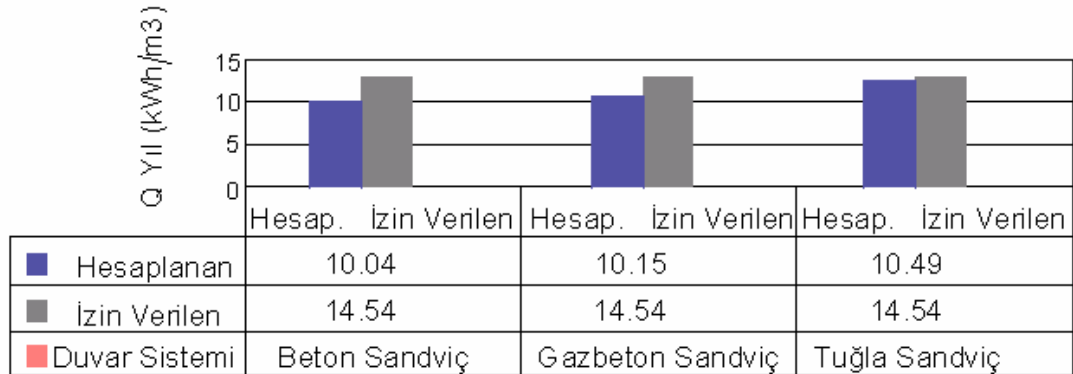
Yapılan hesaplamalarda İkinci Derece Gün Bölgesi'nde üç duvar tipi için ayrı ayrı TS 825'in izin verdiği ve bulunan enerji ihtiyaçları karşılaştırılmıştır (Çizelge 5.10.) . Buna göre, yalıtımlı beton sandviç duvar sistemi için hesaplanan enerji ihtiyacı TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği'nin sınırladığı enerji ihtiyacından daha az olduğu için standarda uygundur.

Çizelge 5.10. İkinci Derece Gün Bölgesi'nde üç duvar sisteminin Hesaplanan ve İzin Verilen Enerji İhtiyaçları



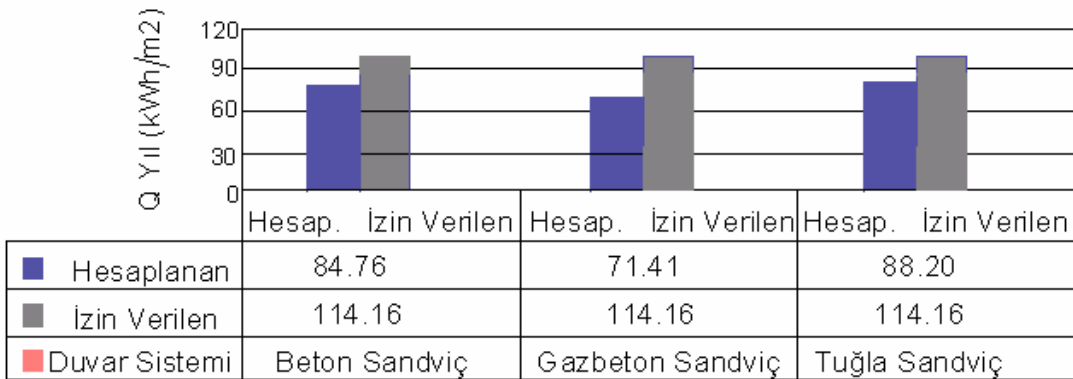
Yapılan hesaplamalarda Birinci Derece Gün Bölgesi'nde üç duvar tipi için ayrı ayrı TS 825'in izin verdiği ve bulunan enerji ihtiyaçları karşılaştırılmıştır. (Çizelge 5.11.) Buna göre, yalıtımlı beton sandviç duvar sistemi çift sıra tuğla duvar arası ısı yalıtımı yerleştirilmesi ile oluşturulan sandviç duvar ve çift sıra gazbeton arası ısı yalıtımı yerleştirilmesi oluşturulan sandviç duvar için hesaplanan enerji ihtiyacı TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği'nin sınırladığı enerji ihtiyacından daha az olduğu için bu duvarlar standarda uygundur.

Çizelge 5.11. Birinci Derece Gün Bölgesi'nde üç duvar şeklinin Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyaçları

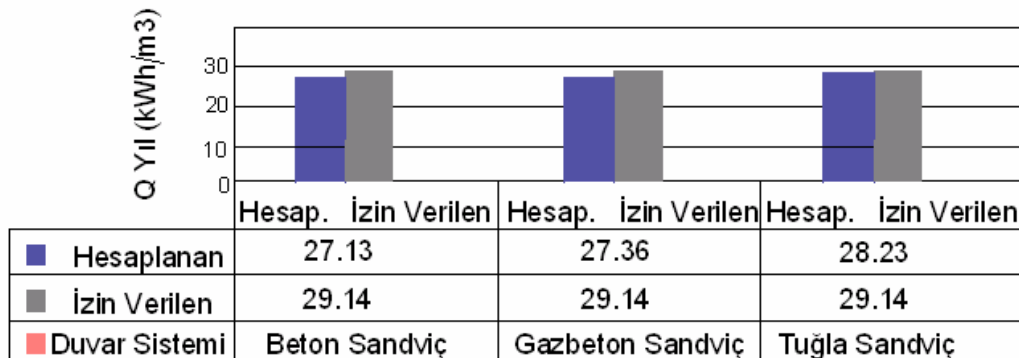


Üçüncü Derece Gün Bölgesi'nde yapılan hesaplamalarda üç duvar tipi içerisinde yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı en fazla olanın tuğla sandviç duvar (89.14 kWh/m<sup>2</sup>), daha sonra gazbeton sandviç duvar (85.570 kWh/m<sup>2</sup>), yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı en az olanın ise yalıtımlı beton sandviç panel duvar olduğu (78.954 kWh/m<sup>2</sup>) görülmüştür. (Çizelge 5.12.)

Çizelge 5.12. Üçüncü Derece Gün Bölgesi'nde üç duvar şeklinin Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyaçları



Çizelge 5.13. Üçüncü Derece Gün Bölgesi'nde üç duvar sisteminin Hesaplanan ve İzin Verilen Enerji İhtiyaçları

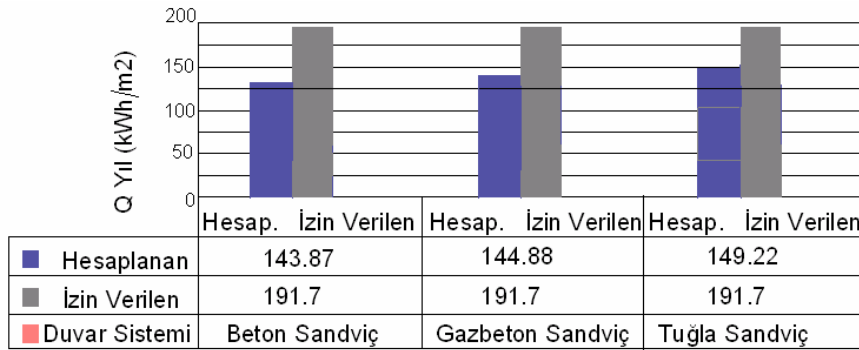




Yapılan hesaplamalarda Üçüncü Derece Gün Bölgesi'nde üç duvar tipi için ayrı ayrı TS 825'in izin verdiği ve bulunan enerji ihtiyaçları karşılaştırılmıştır. Buna göre, yalıtımlı beton sandviç duvar sistemi için hesaplanan enerji ihtiyacı TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği'nin sınırladığı enerji ihtiyacından daha az olduğu için bu duvarlar standarda uygundur. Bununla birlikte gazbeton ve tuğla sandviç duvarlar için hesaplanan enerji ihtiyacı TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği'nin sınırladığı enerji ihtiyacından daha az olduğu için gazbeton ve tuğla sandviç duvarlar da standarda uygundur (Çizelge 5.13.).

Dördüncü Derece Gün Bölgesi'nde yapılan hesaplamalarda üç duvar tipi içerisinde yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı en fazla olanın tuğla sandviç duvar (149.22 kWh/m<sup>2</sup>), daha sonra gazbeton sandviç duvar (144.88 kWh/m<sup>2</sup>), yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı en az olanın ise yalıtımlı beton sandviç panel duvar olduğu (143.87 kWh/m<sup>2</sup>) görülmüştür. (Çizelge 5.14.)

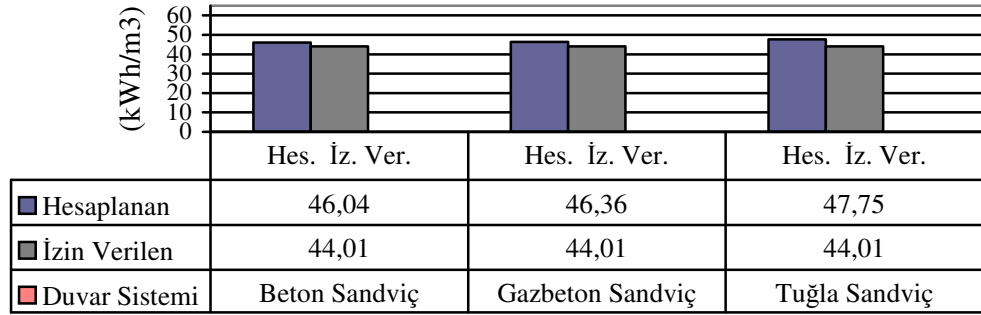
Çizelge 5.14. Dördüncü Derece Gün Bölgesi'nde üç duvar sisteminin hesaplanan ve izin verilen Q<sub>yıl</sub> değerleri



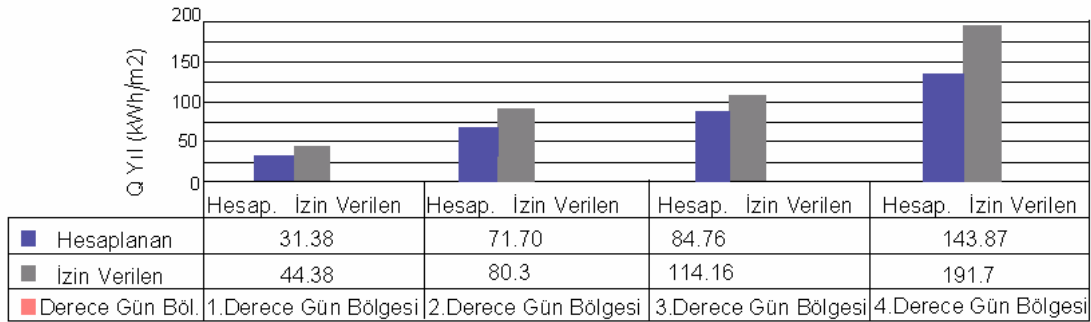
Yapılan hesaplamalarda Dördüncü Derece Gün Bölgesi'nde üç duvar tipi için ayrı ayrı TS 825'in izin verdiği ve bulunan enerji ihtiyaçları karşılaştırılmıştır.

Bun3a göre, yalıtımlı beton sandviç duvar sistemi için hesaplanan enerji ihtiyacı TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği'nin sınırladığı enerji ihtiyacından daha az olduğu için bu duvarlar standarda uygundur. Bununla birlikte gazbeton ve tuğla sandviç duvarlar için hesaplanan enerji ihtiyacı TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği'nin sınırladığı enerji ihtiyacından daha az olduğu için gazbeton ve tuğla sandviç duvarlar da standarda uygundur (Çizelge 5.15.).

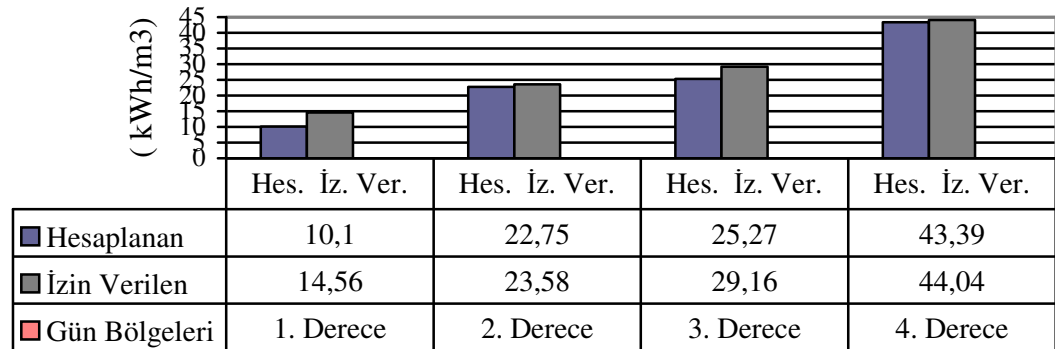
Çizelge 5.15. Dördüncü Derece Gün Bölgesi'nde üç duvar sisteminin Hesaplanan ve İzin Verilen Enerji İhtiyaçları



Çizelge 5.16. Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Duvar Sisteminin Hesaplanan Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Dört Derece Gün Bölgesinde karşılaştırılması



Çizelge 5.17. Dört Derece Gün Bölgesine Göre Beton Sandviç Duvar Sisteminin Hesaplanan ve İzin verilen enerji ihtiyaçları

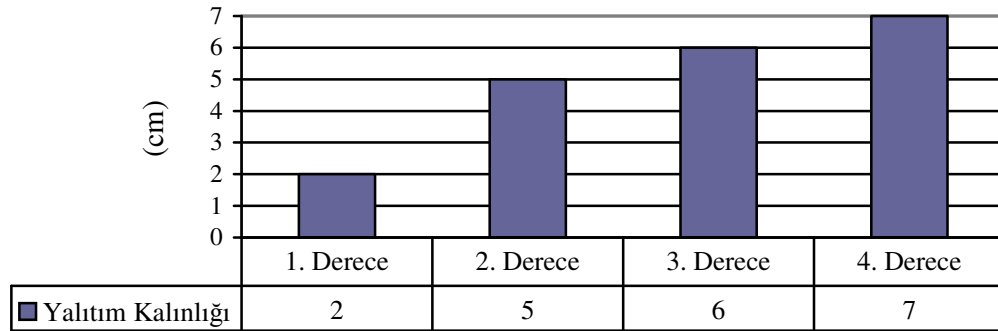


Bu sonuçlar **Yalıtımlı Beton Sandviç Duvar Sistemi'nin ısıl geçirgenlik katsayısının soğuk iklim bölgelerinde, sıcak iklim bölgelerine göre daha az olduğunu ve böylece bu sistemin enerji korunumuna katkısı olduğunu göstermektedir.**

Yalıtımlı Beton Sandviç Duvar Sistemi üzerinde yapılan hesaplamalar sonucu, dört derece gün bölgesi üzerinde TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği'ne göre bulunan ve izin verilen enerji ihtiyaçları karşılaştırılmıştır. Buna göre dört gün bölgesinde de, Yalıtımlı Beton Sandviç Duvar Sistemi TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği'ne uygundur. Bununla birlikte enerji ihtiyacı, güneşi en fazla gören birinci derece gün bölgelerinde en az iken, 2. derece gün bölgesinde daha fazla, 3. derece gün bölgesinde daha da fazla ve en az güneş ışığı alan 4. derece gün bölgesinde en fazladır. (Çizelge 5.17.)

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği'ne göre dört derece gün bölgesi için Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Duvar Sistemi için kullanılması gereken extrude polistren ısı yalıtım malzemesi kalınlığı hesaplanmıştır. Buna göre, 1. Derece Gün Bölgesi'nde 2 cm ısı yalıtım malzemesi, 2. Derece Gün Bölgesi'nde 5 cm ısı yalıtım malzemesi, 3. Derece Gün Bölgesi'nde 6 cm ısı yalıtım malzemesi, 4. Derece Gün Bölgesi'nde ise 7 cm ısı yalıtım malzemesi kullanılması yeterlidir. (Çizelge 5.20.)

Çizelge 5.18. Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Duvar Sistemi için kullanılan ısı yalıtım malzemesinin Dört Derece Gün Bölgesindeki kalınlıkları.



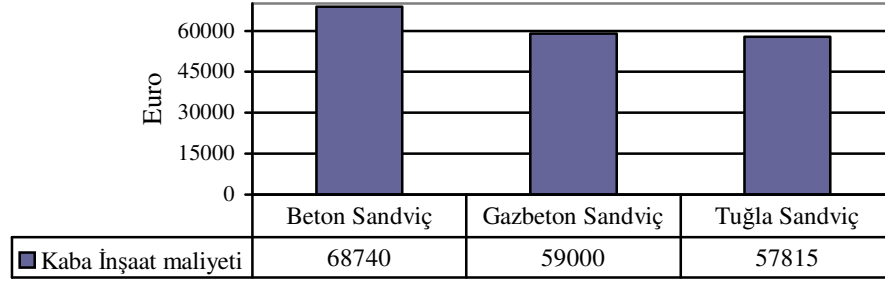
Dört Derece Gün Bölgesi'nde yapılan hesaplamalar sonucu yalıtımlı Beton Sandviç Panel Duvar Sistemi, gazbeton sandviç duvarlar ve tuğla sandviç duvarlar karşılaştırılmıştır. Buna göre, derece gün bölgelerine göre extrude polistren (XPS) ısı yalıtım malzemesi kalınlığı, U değerleri, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları, hesaplanan ve izin verilen enerji ihtiyaçları ve TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği'ne uygunluğu Çizelge 5.19.'da verilmektedir.

Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Duvar Sistemini iki tuğla sırası arasına ısı yalıtımı yerleştirilerek ve iki gazbeton sırası arasına yalıtım yerleştirilerek oluşturulmuş duvar tipleri ile karşılaştırılırken üretim maliyetleri açısından da ele alarak değerlendirmek gerekmektedir. Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi yalıtımlı beton sandviç duvar sistemini ile üretilen binaların taşıyıcı sisteminde kolon ve kiriş yoktur. Bina kendi kendini taşır. Bu sebeple kolon ve kiriş oluşturulması için gerekli olan kalıp, beton, demir ve işçilik masrafları yoktur. Bunun yanında kullanılan konektörler ve plakaları ile sistemin yerine montajı aşamasında gerekli olan aparatlar, kalıp, beton ve işçilik masrafları genel olarak kaba yapı maliyetini ortaya çıkarır.

Çizelge 5.19. Dört Derece Gün Bölgesine Göre Üç Duvar Sisteminin Değerlendirilmesi

Duvar Sistemi	Derece Gün Bölgeleri	Exstrude Polistren (XPS) Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı (cm)	U Değeri (W/m <sup>2</sup> K)	Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Qyıl (kWh/m <sup>2</sup> )	Hesaplanan Enerji İhtiyacı Q(kWh/m <sup>3</sup> )	İzin Verilen Enerji İhtiyacı Q(kWh/m <sup>3</sup> )	TS 825'e Uygunluğu
Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Duvar Sistemi	1.Derece Gün Böl.	2cm (XPS)	0.402	31.37	10.04	14.54	Uygundur.
	2.Derece Gün Böl.	5cm (XPS)	0.402	71.70	22.75	23.55	Uygundur.
	3.Derece Gün Böl.	6cm (XPS)	0.402	84.76	27.13	29.14	Uygundur.
	4.Derece Gün Böl.	7cm (XPS)	0.402	143.87	46.04	44.01	Uygun değildir.
Gazbeton Sandviç Duvar	1.Derece Gün Böl.	2cm (XPS)	0.417	31.73	10.15	14.54	Uygundur.
	2.Derece Gün Böl.	5cm (XPS)	0.417	63.24	20.24	23.58	Uygundur.
	3.Derece Gün Böl.	6cm (XPS)	0.417	85.49	27.36	29.14	Uygundur.
	4.Derece Gün Böl.	7cm (XPS)	0.417	144.88	44.01	44.36	Uygundur.
Tuğla Sandviç Duvar	1.Derece Gün Böl.	2cm (XPS)	0.493	32.78	10.49	14.54	Uygundur.
	2.Derece Gün Böl.	5cm (XPS)	0.493	65.18	20.86	23.55	Uygundur.
	3.Derece Gün Böl.	6cm (XPS)	0.493	88.20	28.23	29.14	Uygundur.
	4.Derece Gün Böl.	7cm (XPS)	0.493	149.2	47.75	44.01	Uygun değildir.

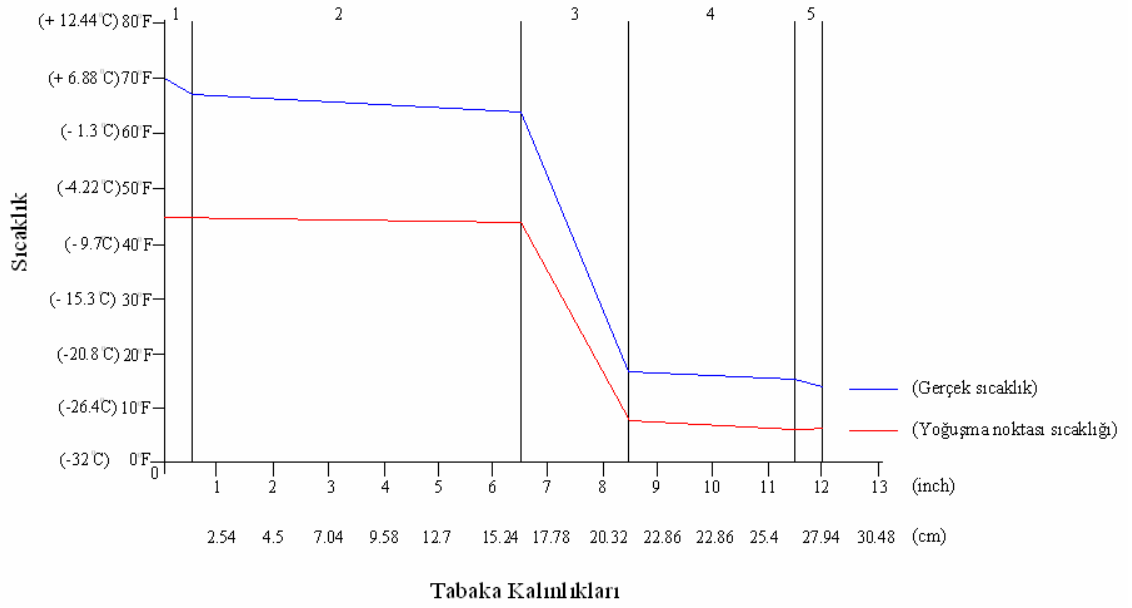
Çizelge 5.20. Seçilen Örnek konut üzerinde üç duvar sisteminin kaba inşaat maliyetlerinin karşılaştırılması



Yalıtımlı beton sandviç duvar sistemini ısısal performansını incelerken, uzun yıllardır dünyanın değişik ülkelerinde ve değişik iklim koşullarında uygulanan bu sistemin, 1987 yılı şubat ayında Amerika “ Construction Technology Laboratories ‘de ASTM C303-82, ASTM D162-73, ASTM C518-76, ASHRAE Handbook – 1985, ASHRAE / IES 90.1-1989 standartlarına uygun olup olmaması açısından Minneapolis iklim koşullarına (yaz ve kış) göre ısısal performans testlerine tabii tutulmuştur. Testler sonucunda elde edilen bulgular grafikler ve tablolar halinde aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.21. İç ve dış hava tabakalarının sıcaklık ve nem durumu

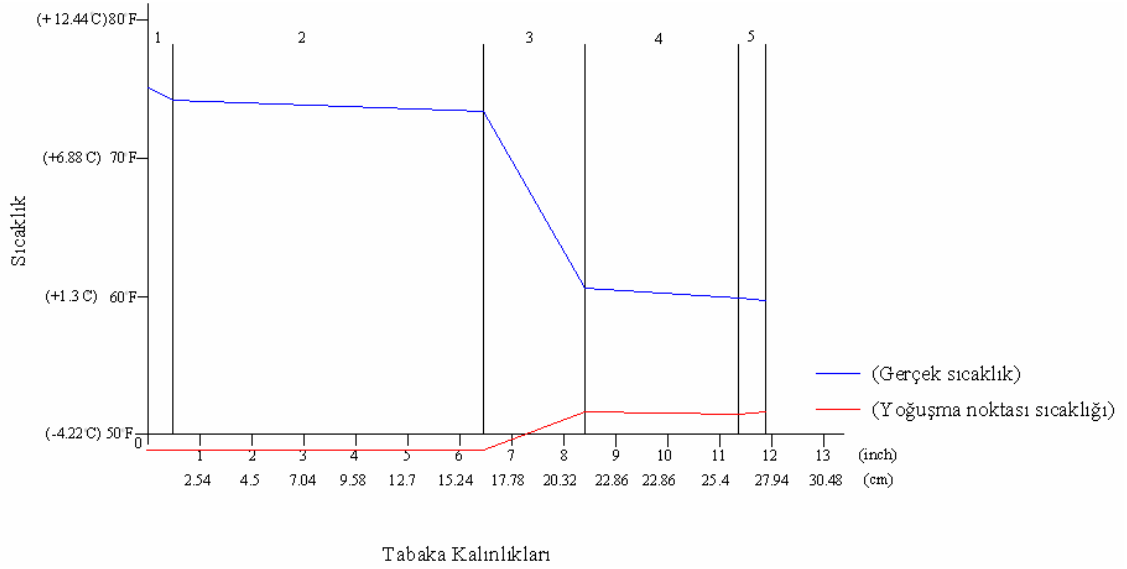
	Sıcaklık	Nem Oranı
İç Hava Tabakası	6.88 °C	% 40
Dış Hava Tabakası	-23.6°C	% 70



Şekil 5.7. Minneapolis kış şartlarında beton sandviç duvarda ısı akımı - yoğuşma diyagramı

Çizelge 5.22. Beton Sandviç Duvara Ait Yoğuşma Değerleri (kış)

Duvar Bileşeni	Isı Geçirgenlik Direnci (R) m <sup>2</sup> K/W	Yüzeysel ısı iletim direnci değeri m <sup>2</sup> K/W	Gerçek Sıcaklık (°C)	Yoğuşma Noktası Sıcaklığı (°C)
1- İç Hava Tabakası	0.680	0.010	+6.88	- 6.227
2- Beton tabakası (15.25 cm)	0.720	1.860	+5.305	-7.25
3- İzolasyon tabakası (5.08 cm)	11.200	99.000	+3.627	-7.45
4- Beton tabakası (7.62 cm)	0.360	0.930	-22.43	-27.52
5- Dış Hava Tabakası	0.170	0.010	-23.27	-27.92
Toplam	13.130	101.810	-23.66	-27.8



Şekil 5.8. Minneapolis yaz şartlarında beton sandviç duvarda ısı akımı- yoğuşma diyagramı

Çizelge 5.23. İç ve dış hava tabakalarının sıcaklık ve nem durumu

	Sıcaklık	Nem Oranı
İç Hava Tabakası	6.88 °C	% 40
Dış Hava Tabakası	-23.6°C	% 70

Çizelge 5.24. Beton Sandviç Duvara Ait Yoğuşma Değerleri (yaz)

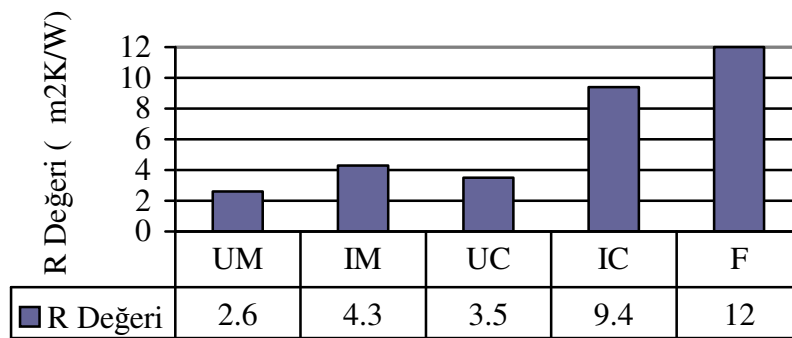
Duvar Bileşeni	Isı Geçirgenlik Direnci (R) m <sup>2</sup> K/W	Gerçek Sıcaklık (°C)	Yoğuşma Noktası Sıcaklığı (°C)
1- İç Hava Tabakası	0.680	+9.66	-4.75
2- Beton tabakası ( 15.25 cm)	0.720	+9.23	-4.75
3- İzolasyon tabakası (5.08 cm)	11.200	+8.77	-4.75
4- Beton tabakası (7.62 cm)	0.360	+1.66	-3.194
5- Dış Hava Tabakası	0.170	+1.43	-3.194
Toplam	13.130	+1.33	-3.11

Çizelge 5.25. Seçilen duvar tipleri için test sonucunda bulunan R değerleri

Duvar tanımı	Duvar düzeni	Ağırlık ölçümü psf	Kalınlık ölçümü (cm)	Isı geçirgenlik direnci (R) ( $m^2K/W$ )
UM	Orta ağırlıkta içi boş beton blok	40.1	19.304	2.6
IM	Orta ağırlıkta içi boşluklu, arasında şişirilmiş perlit bulunan beton blok	40.9	19.304	4.3
UC	İzolasyonsuz boş duvar (birleşme yerlerinde köprü boşluk bulunan)	81.0	30.734	3.5
IC	Harçla birleşme bölümünde şişirilmiş perlit ayırıcı bulunan izolasyonlu duvar	82.0	30.734	9.4
F	İki beton yüzey arasında fiberglas ısı yalıtımı bulunan duvar	5.3	12.192	12.0

Yapılan testlerin sonucunda beş farklı duvar tipi için R değeri bulunmuştur. Buna göre R değeri en yüksek olan duvar tipi  $12.0 m^2K/W$  ile iki beton yüzey arasında fiberglas ısı yalıtımı bulunan duvar, daha sonra  $9.4 m^2K/W$  ile harçla birleşme bölümünde şişirilmiş perlit ayırıcı bulunan izolasyonlu duvar, daha sonra  $4.3 m^2K/W$  ile Orta ağırlıkta içi boşluklu, arasında şişirilmiş perlit bulunan beton blok, daha sonra  $3.5 m^2K/W$  ile İzolasyonsuz boş duvar (birleşme yerlerinde köprü boşluk bulunan) ve R değeri en küçük olan duvar tipi ise,  $2.6 m^2K/W$  ile Orta ağırlıkta içi boş beton blok olarak bulunmuştur.

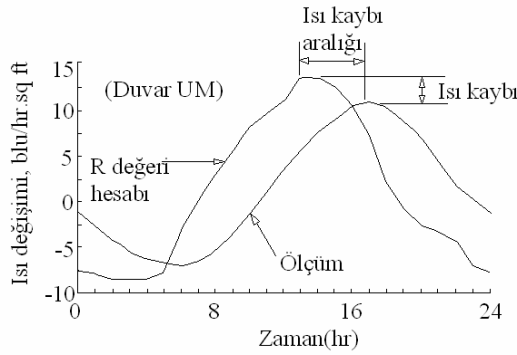
Çizelge 5.26. Yapılan Test Sonucu Beş farklı Duvar Tipi için Bulunan Isı Geçirgenlik Direnç Değeri (R)



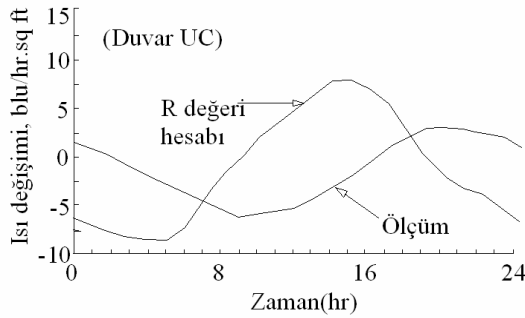


Çizelge 5.27. Dinamik ısı testi sonuçları

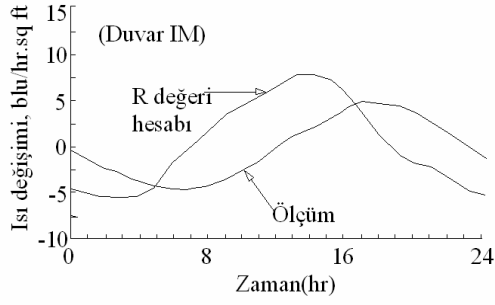
Duvar tanımı	Duvar düzeni	Isı gecikmesi	Kayıp miktarı (%)	Toplam sıcaklık akışı Btu/ft <sup>2</sup>		
				I Ölçü miktarı	II Hesap miktarı	I+II %
UM	Orta ağırlıkta içi boş beton blok	3.0	18	133	169	79
IM	Orta ağırlıkta içi boşluklu, arasında şişirilmiş perlit bulunan beton blok	3.5	28	72	101	72
UC	İzolasyonsuz boş duvar (birleşme yerlerinde köprü boşluk bulunan)	5.5	43	70	121	57
IC	Harçla birleşme bölümünde şişirilmiş perlit ayırıcı bulunan izolasyonlu duvar		50	22	39	57
F	İki beton yüzey arasında fiberglas ısı yalıtımı bulunan duvar	1.5	75	38	43	89



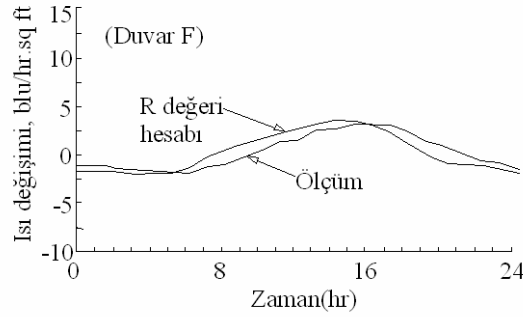
Şekil 5.9.Orta Ağırlıkta içi boş, izolasyonsuz blok R değeri ölçümü



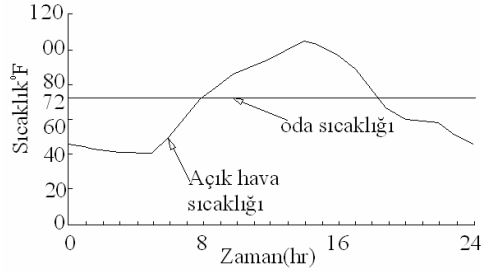
Şekil 5.10. İzolasyonsuz duvar R değeri ölçümü



Şekil 5.11. Orta ağırlıkta içi boşluklu, arasında şişirilmiş perlit bulunan beton blok duvar R değeri ölçümü



Şekil 5.12. İki beton yüzey arası fiberglas ısı yalıtımlı duvar R değeri ölçümü



Şekil 5.13. Teste tabii tutulan tüm duvarlardaki dinamik ısı dönemi uygulaması

Yapılan deneylerde Minneapolis iklim koşulları (yaz ve kış) dikkate alınmıştır. Buna göre deneylerde kullanılan iç hava tabakası sıcaklığı 70 °F (6.88 °C), dış hava tabakası sıcaklığı 15° F (-23.6 °C), iç ortamdaki bağıl nem oranı % 40, dış ortamdaki bağıl nem oranı % 70 kabul edilmiştir.

Yapılan deneyler ve hesaplamalar sonucu Isı Geçirgenlik Direnci (R değeri) 13.130 m<sup>2</sup>K/W ve iç hava tabakasında yoğuşma noktası sıcaklığı -7.22°C, 15.24 cm kalınlığındaki beton tabakasında yoğuşma noktası sıcaklığı -7.25°C, 5.08 cm kalınlığında İzolasyon tabakasında yoğuşma noktası sıcaklığı -7.45°C, 15.24 cm kalınlığında beton tabakasında yoğuşma noktası sıcaklığı -27.52°C, dış hava tabakasında yoğuşma noktası sıcaklığı -27.9 °C bulunmuştur.

Farklı duvar oluşumları ağırlıkları, kalınlıkları ve ısı geçirgenlik dirençleri açısından değerlendirilmiştir. Buna göre;

\* Orta ağırlıkta içi boş beton bloğun ağırlığı 40.1 psf, kalınlığı 19.34 cm, ısı geçirgenlik direnci 2.6 m<sup>2</sup>K/W,

\* Orta ağırlıkta içi boşluklu, arasında şişirilmiş perlit bulunan beton bloğun ağırlığı 40.9 psf, kalınlığı 19.34 cm, ısı geçirgenlik direnci 4.3 m<sup>2</sup>K/W,

\* İzolasyonsuz boş duvarın (birleşme yerlerinde köprü boşluk bulunan) ağırlığı 81.90 psf, kalınlığı 12.1 inç, ısı geçirgenlik direnci 3.5 m<sup>2</sup>K/W,

\* Harçla birleşme bölümünde şişirilmiş perlit ayırıcı bulunan izolasyonlu duvarın ağırlığı 82.0 psf, kalınlığı 30.73 cm, ısı geçirgenlik direnci 9.4 m<sup>2</sup>K/W,

\* İki beton yüzey arasında fiberglas ısı yalıtımı bulunan duvarın ağırlığı 5.3 psf, kalınlığı 12.54 cm, ısı geçirgenlik direnci 12.0 m<sup>2</sup>K/W olarak bulunmuştur.

Dinamik ısı testi sonuçlarına göre;

\* Orta ağırlıkta içi boş beton bloğun ısı kazancı %18,

\* Orta ağırlıkta içi boşluklu, arasında şişirilmiş perlit bulunan beton bloğun ısı kazancı %28,

\* İzolasyonsuz birleşme yerlerinde köprü boşluk bulunan boş duvarın ısı kazancı %43,

\* Harçla birleşme bölümünde şişirilmiş perlit ayırıcı bulunan izolasyonlu duvarın ısı kazancı %50,

\* İki beton yüzey arasında fiberglas ısı yalıtımı bulunan duvarın ısı kazancı %75 olarak bulunmuştur.

Değişik duvar tiplerinin standartlara uygun olarak taşımaları gereken ve deney sonucunda ortaya çıkan R değerleri grafikler ile ortaya konulmuştur. Buna göre zamana bağlı olarak ısı geçirgenlik direnci standartlara en yakın olan, iki beton yüzey arasında fiberglas ısı yalıtımı bulunan duvar tipidir.

## 5.2. Sistemin Türkiye Uygulamaları İçin Öneriler.

Beton sandviç duvar sisteminin Türkiye uygulamalarında planlama kararlarının doğru alınması sistemin doğru uygulanması, depreme karşı dayanıklılığının sağlanması, ısısal performans açısından verimliliğin düşmemesi ve daha değişik problemlere yol açmaması için yoğuşmaya karşı tedbirlerin alınması, panellerin birleşim detaylarının doğru çözülmesi, kullanılan derz malzemelerinin doğru seçilmesi gerekmektedir.

Yapıda yeterli miktarda dayanım, süneklilik ve yanal rijitliğin sağlanması ve yapının genel davranışının kontrol edilmesi ile yapının deprem sırasında olumlu davranış göstermesi sağlanabilir.

Beton sandviç duvar panellerinin kesit düzenleri yoğuşma problemleri oluşturmayacak şekilde ayarlanmalıdır. Isı izolasyonu dış duvarın iç yüzünde bulunuyorsa, gerekli ısı yalıtımı sağlanabiliyorsa ve ısı yalıtım malzemesi su buharını geçiriyorsa, izolasyon tabakası içine ya da hemen arkasında yoğuşma (kondensasyon) problemi oluşabilmektedir. Isı yalıtım malzemesi, önüne buhar difüzyon direnci yüksek bir katmanın yerleştirilmesi ile buhar geçirmez bir duruma getirilmiş durumda ise, dış kabuk bünyesinde yoğuşma meydana gelmez.

Panel gövdesinin içerisinde yoğuşma olmasının önlenmesi için, duvarı oluşturan katmanların difüzyon dirençlerinin içten dışa doğru azalması gerekir. Isı yalıtım tabakasının panelin dış yüzüne yakın tutulması ile yoğuşmanın önlenmesi ve ısının depolanması bakımından en iyi sonuçlar alınmaktadır. Ayrıca duvar gövdesinin büyük ısısal gerilmelerden korunması sağlanmaktadır.

Panellerin yapı fiziği açısından sakıncalı olabilecek kuruluşlarına imkan vermemek için, binanın bulunduğu iklim bölgesi ve mahallerin kullanım şekli göz önünde tutularak, cephe panellerindeki ısı akışını, doymuş buhar basıncını ve su buharı kısmi basıncını gösteren diyagramların çizilmelidir. Kısa süreli yoğuşmalara karşı ısı yalıtımının bir buhar kesici ile korunmasının yanında panellerin belirli noktalarında yoğuşma olukları oluşturulmalıdır. Kullanılacak ısıtma sistemi için harcanacak enerji miktarı da yüksekliğe bağlı olarak değişmektedir.

Bu yüzden hazır cephe panellerinin boyutları, bina iklimsel konfor ve enerji harcamaları yönünden analiz edilmeli, en az sıcak dönem ve en sıcak dönemde iç ortamın maksimum konfor alanı sağlayacak şekilde optimum düzeyde tespit edilmelidir.

Panellerin birleşme bölgelerinin detaylandırılmasına su problemleri, deprem yükleri, iklim koşulları gibi açılardan özellikle dikkat edilmelidir. Kullanılan malzemelerin kaliteli olması yapı ömrünün uzamasını sağlamaktadır.

Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Duvar Sistemi'nin Türkiye uygulamalarının dört derece gün bölgesi için TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği'ne izin verilen Enerji İhtiyacı ve uygun U değerinin elde edilebilmesi için kullanılacak ısı yalıtım malzemesi kalınlıkları şu şekilde olmalıdır. 1. Derece Gün Bölgesi'nde 2 cm kalınlığında, 2. Derece Gün Bölgesi'nde 5 cm kalınlığında, 3. Derece Gün Bölgesi'nde 6 cm kalınlığında ve 4. Derece Gün Bölgesi'nde 7 cm kalınlığında extrude polistren ısı yalıtım malzemesi kullanılmalıdır.

**Beton Sandviç Panel Duvar Sistemi dünya sıcak iklim kuşağı üzerinde bulunan Türkiye'de ısı konfor koşulları açısından 4 derece gün bölgesinde TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği'ne uygun sonuçlar oluşturmaktadır. Üretiminin sağlam ve hızlı olması da bir başka olumlu özelliğidir.**

**Bununla birlikte yoğuşma kontrollerinin yapılması ve gerekli tedbirlerin alınması, bina zemin ve çatısında kullanılan malzemelerin kararlaştırılması aşamalarında da ısı ve suya karşı önlemlerin alınması gerekmektedir.**

## 6.SONUÇLAR

Endüstri devriminden bu yana hızla artan enerji tüketimi, enerji rezervlerinin her geçen gün daha da azalmasına sebep olmuştur. Bu sebeple dünya genelindeki ülkelerin mevcut enerji kaynaklarını daha verimli kullanabilmenin yolunu aradıklarını görmekteyiz.

Enerji korunumu pek çok sektör ile beraber yapı sektöründe de büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla küreselleşen dünya üzerinde, ülkemiz açısından enerji kazanımlı yapılar tasarlamak, uygulamak ve işletmek gerekmektedir.

Hayata geçirilecek olan yapıların kullanım amacına, bulunduğu iklim bölgesine ve arazi şartlarına bağlı olarak, disiplinler arası ortaklaşa alınması gereken tasarım kararları büyük önem taşır.

Yapının mimari tasarımı aşamasında, yönlendirme, mekan oluşumu, cephedeki doluluk boşluk oranları, kullanılan malzemeler, taşıyıcı sistem seçimi gibi konularda alınan kararlar yapı kullanım süreci içerisinde enerji korunumunu doğrudan ilgilendirmektedir.

Yapılan araştırmalar ülkemiz yapı stoğunun enerji korunumu açısından ciddi önlemlere ihtiyaç duyduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada uzun yıllardır yurt dışında enerji tasarruflu binaların oluşturulmasını sağlayan beton sandviç duvar sisteminin TS 825 “ Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Yönetmeliği’ne göre Türkiye’de uygulanabilirliği “konut ölçeğinde” incelenmiştir.

Çalışmada öncelikle konutlarda kullanılan hazır cephe elemanları ele alınmış, beton sandviç duvar sisteminin bu elemanlar içerisindeki yeri ortaya konulmuştur. Daha sonra yalıtımlı beton sandviç duvar sisteminin performans kriterleri ele alınmış ve Bursa İli’nde seçilen örnek konut üzerinde TS 825 “ Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Yönetmeliği’ne göre enerji ihtiyacı, ısı kaybı, yoğuşma ve buharlaşma grafikleri ile beraber irdelenmiştir.

Buna göre;

\* Konutlarda kullanılan hazır cephe elemanları içerisinde “yalıtlı beton sandviç panel sistemi”, mekanik, kimyasal etkilere ve dona karşı dayanıklı olması, yağmur ve rüzgara karşı geçirimsizlik sağlaması, ısı iletkenlik değerinin düşük olması, bu sebeple hızlı ısı kaybı oluşturmaması ve ısısal kütle etkisinin olması, üretiminin kolay ve bakımının az olması, sistemin kendi kendini taşıması sebebi ile kolon-kiriş bulundurmaması ve bağlantı elemanlarının çelik olmaması sebebi ile ısı köprüsü oluşturmaması, , kalıp yapımında ve üretiminde kolaylık sağlaması, aynı kalıbın farklı boyutlardaki bileşenlerin üretimi için kullanılabilmesi, az sayıda bağlantı ve fuganın olması, boyutlarının, biçiminin ve ağırlığının taşıma masraflarını arttırmayacak şekilde olması, bileşim sistemlerinin ve malzemesinin yeterli dayanıklılık ve geçirimsizlik sağlaması, ısısal hareketlere imkan vermesi, sıva ve iskele gerektirmemesi, istenildiğinde değiştirilip yerine yenisinin takılabilmesi özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir.

\* Yalıtlı Beton Sandviç Panel Duvar Sistemi, TS 825 “ Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Yönetmeliği’ne göre İkinci derece gün bölgesi olan Bursa İli’nde seçilen örnek konut üzerinde yapılan hesaplamalara göre ısısal performans açısından ideal sonuçları ortaya koymuştur. Ülkemiz için son derece önemli olan enerji korunumu ilkesine uygun bir sistemdir.

\* Ülkemizde kullanılan tuğla ve gazbeton sandviç duvarlar ile yalıtlı beton sandviç duvar sistemi mukayese edildiği zaman şu sonuçlar ortaya çıkmıştır. Seçilen örnek binanın iç ortam hava sıcaklığı ile duvar yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı beton sandviç duvar sistemi ve gazbeton sandviç duvarda 2-3 °C’yi aşmamakta ve iç ortamda uygun ısı konfor koşullarını oluşturmaktadır. Ancak tuğla sandviç duvarlar üzerinde yapılan hesaplamalar binanın iç ortam hava sıcaklığı ile duvar yüzeyi arasındaki sıcaklık farkının 2-3 °C’yi aştığını ve iç ortamda uygun ısı konfor koşullarını oluşturmadığını göstermiştir.

Bunun yanında beton sandviç panel sisteminin kolon ve kiriş olmadan ve ısı köprüsü oluşumu en aza indirilmiş duvar sistemi olması ve tuğla ile gazbeton sandviç duvar uygulamalarında iskelet taşıyıcı sistemin oluşturduğu ısı köprüleri dikkate alındığı zaman, seçilen örnek bina için TS 825 Isı Yalıtım Standardına göre sınırlandırılan enerji ihtiyacı açısından üç değişik duvar tipi üzerinde yapılan hesaplamalar, üç duvar tipinin de TS 825 Isı Yalıtım Standardına uygun sonuç verdiğini göstermiştir.

\* Yalıtımlı Beton Sandviç Duvar Sistemi – Gazbeton Sandviç Duvarlar ve Tuğla Sandviç Duvarlar buhar difüzyon- yoğuşma ve buharlaşma grafikleri ile beraber “yoğuşma kontrolü” açısından incelendiğinde, Yalıtımlı Beton Sandviç Duvar Sistemi’nde düşey hava boşluğu ile ısı yalıtım malzemesi arasında yoğuşma meydana geldiğini göstermiştir. Ancak, yoğuşan suyun kütlesi  $0.001 \text{ kg/m}^2$  olup, TS 825’de sınırlandırılan değer olan  $1 \text{ kg/m}^2$  ‘den ve buharlaşan suyun kütlesinden küçüktür. Buna göre, standarda uygundur. Bununla beraber duvarı oluşturan katmanların difüzyon dirençlerinin içten dışa doğru azalması, kısa süreli yoğuşmalara karşı ısı yalıtımının bir buhar kesici ile korunmasının yanında panellerin belirli noktalarında yoğuşma olukları oluşturulması konularına dikkat edilmesi gerekmektedir.

\* Binalardaki ısı kayıpları duvar, döşeme ve çatı konstrüksiyonları ile baca, pencere kapı gibi yapı elemanları yolu ile gerçekleşmektedir. Yapıların kullanım amacına, bulunduğu iklim bölgesine ve arazi şartlarına bağlı olarak, disiplinler arası ortaklaşa alınması gereken tasarım kararları aşamasında yönlendirme, mekan oluşumu, cephedeki doluluk boşluk oranları, kullanılan malzemeler, taşıyıcı sistem seçimi gibi konularda alınan kararlar yapı kullanım süreci içerisinde enerji korunumunu doğrudan ilgilendirmektedir. Bu sebeple yalnızca binalara ısı yalıtımı uygulayarak enerjinin verimli kullanılmasını beklemek doğru değildir. Enerji korunumu birçok disiplinin bir arada alması ve uygulaması gereken kararları gerektirmektedir.

\* “Yalıtımlı Beton Sandviç Duvar Sistemi” ısısal performans kriterleri açısından Türkiye uygulamalarında TS 825 Isı Yalıtım Standardına uygun sonuçlar vermiştir. Bununla birlikte sistemin tasarım ve uygulama aşamalarında detayların doğru çözülmesi ve uygulanması, kullanılan malzemelerin birbiri ile uyumu, binanın çatı ve zemininde oluşan malzeme tabakalaşmasında ısı ve suya karşı tedbirlerin alınması gerekmektedir.



## KAYNAKLAR

AKKAYA, Ş. 1995. “Giydirme Cephe Sistemleri ve Bunların Tasarım ve Uygulamalarında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar”, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. s. 1-60.

ALTUN, C. 1997. “Buhar Difüzyonunun Dış Duvarların Nem ile ilgili ve Isıl Performansına Etkilerinin Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım”, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul. s. 80-100.

AKINCITÜRK, N. 1999. “ An Evaluation of the Application of Prefabricated Concrete Elements İn The Construction of Buildings” 16 TH BIBM International Congress, May 25-28, Ref:101, Venezia. s. 1-3, 1-8.

AKINCITÜRK, N. 2001. “Yapılarda Yangın Güvenliği Kapsamında Taşıyıcı Sistem ve Malzemeye yönelik Sorunların Mimari Açıdan İncelenmesi”, Yangın Güvenlik ve Koruma Sistemleri Dergisi, Mayıs- Haziran,s.56, s. 58-63.

AKINCITÜRK, N. 2001. “ Yapılarda Isı Kaybının Yalıtımla Azaltılmasının Enerji Tüketimindeki Olumlu Etkilerinin İncelenmesi”, Yalıtım 2001- Kongre, Bildiriler Kitabı, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, ISBN:975-395-441-7, Mart 2001, Eskişehir, s. 163-168.

AKINCITÜRK, N. 2002. “Güvenlikli Yapı Tasarımında Eleman ve Malzeme Boyutu”, Balıkesir Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi, IV. Mühendislik Mimarlık Sempozyumu, 11-12-13 Eylül, Balıkesir. s. 57-58.

AKINCITÜRK, N. 2002. “ New Approaches About The Prefabricated and Reinforced Concrete Building Elements İn 21. st. Century”, BIBM 2002, 17 th BIBM International Congress of the Precast Concrete Industry, 1-4 Mayıs, İstanbul.

AKINCITÜRK, N. 2002. “ Mimarlık ve Güvenlikli Yapı Tasarımında Betonun Yeri ve Önemi”, Mimarlıkta Beton Uygulamaları Sempozyumu, TMMOB Bursa Şubesi + Türkiye Hazır Beton Birliği İşbirliği, 15 Mayıs, Teyyare Kültür Merkezi, Bursa.

AKINCITÜRK, N. 2003. “ Yapı Tasarımında Mimarın Deprem Bilinci”, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt:8, Sayı:1, Bursa. s. 189-201.

AKINCITÜRK, N. Erbil, N. 2003. “Tünel Kalıp Sistemi Yalıtım Gerektirir”, İnşaat Dünyası İnşaat Malzemeleri ve Teknolojileri Dergisi, Ekim, İstanbul. s.114-120.

AKINCITÜRK, N. 2003. “Deprem ve Betonarme Yapılar” Bildiri Özet, No:89, Türkiye Hazır Beton Birliği, Beton 2004 Kongresi, İstanbul.

AKINCITÜRK, N. SEZER, F., 2004. “ Farklı Derece gün Bölgelerinde İnşa edilen - Konutlarda T.S. 825’e Göre Isıl Konforun Sağlanması Optimal Cam Malzeme Seçimi Üzerine Bir Araştırma”, ( Özet Kabul), 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi, 6-7-8 Ekim 2004, İstanbul.

AKINCITÜRK, N., 2003. “Ülkemizdeki Deprem Etkileri ve Yapısal Tasarımda Alınması Gereken Önlemler”, Bursa. s. 93-132.

ALLEN, H.G.,1969. “Analysis and design of structural sandwich panels”, İTÜ , İstanbul, s. 1-47.

ANONİM 1., 2004. Ka Yapı Prekast SAN. ve Tic.Ltd.Şti.

ANONİM 2., 2005. “Questions & Answers About the THERMOMASS Building System”, 1888, USA.

ANONİM 3., 2005. İzocam Ticaret ve Sanayi A.Ş. İstanbul

ANONİM 4., 2004. ASSAN Prefabrik Yapı Elemanları Pazarlama ve İnşaat A.Ş., İstanbul.

ANONİM 5, 2005. “ Composite Technologies Corporation tanıtım Cd., USA”

ANONİM 6, European recommendations for sandwich panels/ prep.European Convention for Constructional Steelworks : European recommendations for sandwich panels / prep.European Convention for Constructional Steelworks. s.25-28.

ARPACIOĞLU, Ü. 2004. “ Cephe Yangınları ve Cephe Kaplamalarının Yangın Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi”, 1. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu Bildiriler kitabı, İstanbul. s. 33-40.

ASIMGİL, A. 2000. Balıkesir Üniversitesi, Müh. Mim. Fak. Mimarlık Bölümü, Endüstrileşmiş Yapım Sistemleri Ders Notları, Balıkesir.

ATAYILMAZ, B. 2000 “Binalarda Zorunlu Isı Yalıtım Kurallarının Uygulanabilirliğinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi. Y.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

AYAYDIN, Y. 1987. “ Taşıyıcı Duvar Perdeli Prefabrike Yapılar”, Yılmaz Ofset, s. 3-60, İstanbul.

BAUTECHNIK – Fachkunde Bau – Für Maurer Beton und Stahlbetonbauer Zimmerer und Bauzeichner 7. Auflage, Grüiten, s. 343-417.

BAYÜLKE, N. 1991. “ Depremlerde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi”, İzmir . s. 71-86.

BAYÜLKE, N. 1979. “ Deprem Açısından Mimari Tasarım”, Ankara. s. 237-259.

BAYÜLKE, N. 1989. “ Çok Katlı Yapılar ve Deprem”, İnş. Müh. Odası İzmir Şubesi Çok Katlı Yapılar Sempozyumu, İzmir. sayfa 189-226.

BERKMEN, G. 2001. “Dış Cephe Yalıtım Sistemleri ve Uygulama Prensipleri”, Yalıtım Kongresi ve Sergi Bildirileri, TMOOB Yayını, 23-25 Mart, s. 25-30.

Betonflächen und schalungshaut : kommentar zur DIN 18217/Jürgen Schmidt-Morsbach. : Betonflächen und schalungshaut : kommentar zur DIN 18217 / Jürgen Schmidt-Morsbach.,1985, İTÜ, İstanbul. s. 130-162.

ÇİÇEK, A. 2002. “ Yapı Düşey Dış Kabuk Bileşenlerinin Performans Belirlenmesi Sürecinde Isı ve Nem Geçişi Ölçümünde Kullanılabilecek Bir Yöntem Önerisi”, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul. s. 7-30.

ÇOLAK, M. 1987. “Takı Cepheler ve Türkiye’deki Uygulamaları Üzerine Bir Araştırma”, Y.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. s.10-127.

DAVİES, J. 2001. Lightweight sandwich construction , İTÜ, İstanbul, s.1-61,112-141.

DOEBBER Ian Roos, Dr. CHAIR Michael W. Ellis, Dr. BELIVEAU Yvan J., Dr. NELSON Douglas J., 2004. “Investigation Of Concrete Wall Systems For Reducing Heating and Cooling Requirements İn Single Family Residences”, Virginia Polytechnic Institute and State University, Mechanical Engineering, Virginia. s. 25-60

ERCAN, C. 2004. “Poliüretan Esaslı Derz Dolgu Malzemeleri”, 1. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu Bildiriler kitabı, İstanbul, s. 165-169.

ERİÇ M. 1994. “Yapı Fiziği ve Malzemeleri”, Literatür Yayınları, İstanbul. sayfa 47-167.

ERSOY, U., TANKUT, T., 1987. “Depreme Dayanıklı Prefabrik Yapılar Temel İlkeler”, Türkiye İnşaat Mühendisliği IX. Teknik Kongre Bildiriler Kitabı Cilt 1, Ankara. s. 89-103.

ESER, L., 1982, “Ön Yapım Endüstrileşmiş Yapı 4.”, İ.T.Ü., Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

FREDMANN Sidney ,2005. “Loadbearing Architectural Precast Concrete Wall Panels”, Prestressed Concrete Institute, Cihicago, İllinois. s.1-7.

FREDMANN Sidney , 2005. “StoneVeneer-Faced Precast Concrete Panels”, Prestressed Concrete Institute, Cihicago, İllinois. s.1-5.

GAGE Michael, KIRKBRIDE Tom, 1976. Beton duvar : Design in blockwork , İTÜ, İstanbul.s. 7-89.

GEDİK, G. 2001. “Hazır Beton Dış Duvar Elemanlarının Oluşumu ve Uygulama Örnekleri” ,Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fak. Hazır Beton Dergisi Mart-Nisan, s. 66-67-68.

GÖÇER,C. 1997. “Beton Esaslı Giydirme Cephe Sistemleri”, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enst.Yüksek Lisans tezi, İstanbul. s.4-109.

GÖĞÜŞ, A. 1975. “Hafif Prefabrik Panoların Isı Geçirgenlikleri, Isı Tepkileri ve Hava Sızdırma Özellikleri”, Tübitak Yapı Araştırma Enstitüsü, Ankara.

GÜRDAL, E., ACUN, S. 2004. “Yapı Üretim Sistemi İçinde Polistren Sert Köpük Malzemenin Kullanım Çeşitliliğinin İrdelenmesi”, 1. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu Bildiriler kitabı, İstanbul, s.63-71.

HASOL D. 1988. Aniklopedik Mimarlık Sözlüğü, YEM Yayınları, İstanbul. s.368-369.

İŞİK, B., 1985. “Betonarme Hazır Yapı Elemanlarında Boyut Toleransı”, Yapı Dergisi, Sayı161, İstanbul.

İTÜ İnş. Fak., “Betonarme Çalışma Grubu, Betonarme Elemanlarda Kalıp”

JAMES, R. 1993. “Tilt-up Touts Thermal Bonuses”, Redefining The Way We Construct Buildings, The Energy Policy Act Of 1992, Reprinted By Permission of Con/Steel Tilt-Up Systems-“The Tilt-Up Times, s. 162-183.

J. Bäcklund, D. Zenkert, B. T. Åström, 1997. “Composites and sandwich structures : proceedings of the Second North European Engineering and Science Conference (NESCO II)”, held in Stockholm, Sweden, 22-23 October, İTÜ, İstanbul.

KANDEMİR, N. 1990. “Isı Enerjisi Tasarrufu Açısından Yapı Kabuğu Teşkili ve Malzeme Seçimi İlkeleri”, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. s. 1-110.

KARAESMEN, E., ERKAY, Ç., BOYACI, N., ÖZKAN, G., NAYEF, A., 1989. “Taşıyıcı Perde Duvar Tasarımının Çeşitli Yönlerine İrdelenmeli Bir Bakış”, İnş. Müh. Odası İzmir Şubesi Çok Katlı Yapılar Sempozyumu, İzmir, s. 265-283.

KARAGÖZ, N. 2004. “ Konutlarda Çift Duvar Arası Isı Yalıtım Uygulamalarının İncelenmesi ve Değerlendirilmesi”, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans 2004 Tezi, Bursa. S. 59-146.

KARAMAN, Ö. 2004. “Ülkemizde Kullanılan Dış Duvar Elemanlarının Ses Yalıtım Performansı / Isı Grçirgenlik Katsayısı / Maliyet Açısından Değerlendirilmesi”, ”, 1.

Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu Bildiriler kitabı, İstanbul. s. 111-118.

Mechanics of sandwich structures : proceedings of the EUROMECH 360 Colloquium held in Saint-Étienne, 1997. France, 13-15 May, ed.A. Vautrin, 1998. İTÜ, İstanbul.

MEYER C. 1998. Seymon Shimanovich, Gregor Vilkner “Precast concrete wall panels with glass concrete”, Columbia University, Columbia. p. 46-53.

OKUR, İ. 1987. “Türkiye Şartlarında Kentlerdeki En Ekonomik Duvar Kalınlıklarının Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. sayfa 45-68.

ÖZŞEN, G., YAMANTÜRK, E. 1991. Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü Yapı Ana Bilim Dalı “Taşıyıcı Sistem Tasarımı”, İstanbul. s. 9-49.

PERÇİNEL, Ö. 1988. “Beton Hazır Elemanlarda Montaj Elemanları”, Beton Hazır Elemanlar Sempozyumu, Y.E.M., İstanbul.

Petros P. Xanthakos., 1994. “Slurry walls as structural systems”, Petros P., İTÜ, İstanbul. s. 72-84.

PLANTEMA, F. 1966. “Sandwich construction : the bending and buckling of sandwich beams, plates, and shells” / by Frederik J. Plantema , İTÜ, İstanbul. p. 51-59.

Sandwich construction for aircraft / [Prepared by Forest Products Laboratory, Forest Service, U. S. Dept. of Agriculture and by ANC-23 Pa : Sandwich construction for aircraft / [Prepared by Forest Products Laboratory, Forest Service, U. S. Dept. of Agriculture and by ANC-23 Panel on Sandwich Construction for Aircraft, Subcommittee on Air Force-Navy-Civil Aircraft Design Criteria, Aircraft Committee, Munitions Board] ,1951, İTÜ, İstanbul. p. 115-121.

Symposium on structural sandwich constructions : presented at the second Pacific area national meeting, Los Angeles, Calif., September 20, 1956. : Symposium on structural sandwich constructions : presented at the second Pacific area national meeting, Los Angeles, Calif., September 20, 1957. 1966. İTÜ, İstanbul.p. 120-137.

SZELL M. and TOHT P. 1998. “Precast Concrete Insulated Sandwich Panels”, Owens Corning World Headquarters Technical University of Budapest, Department of Building Structures, “The Application of Transparent Heat Insulation on Facades of Panel Buildings”, Budapeşte.

SEV, A., ŞAHİN, B. 2004. “ Çok Katlı Yapılarda Beton Ön Üretimli Cephe Sistemleri”, 1. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu Bildiriler kitabı, İstanbul. s. 51-62.

SEZER, F. 2003. “Yapı Kabuğunda Isısal Sorunlar Ders Notları”, Uludağ Üniversitesi , Bursa.

SEZER, F. 2004. “Metal Sandviç Panellerin Çatı ve Cephe Kaplama Malzemesi Olarak Yapıda Uygulanışı ve Görülen Uygulama Hataları”, 1.Ulusal Çatı ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojileri Sempozyumu Bildirileri kitabı, İstanbul. s.131-138.

SÖZEN, Ş. 1999. “Yapı Kabuğunda Isı ve Ses Yönünden Denetim – Konfor İlişkisi”, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Yapıda Yalıtım Konferansı Bildiriler kitabı, 11-22 Şubat, İstanbul.

SUNGUROĞLU, İ. 1973. “Yüzey Özelliklerine Bağlı Olarak Örtüsüz Beton Duvarlarda Rasyonel Kesit Tayini”, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi , İstanbul. s. 1-105.

TAPAN, M. 1973. “Betonarme Büyük Boyutlu Prefabrik Elemanlarda Çok Katlı Konut Üretiminde Tasarım Kısıtlamaları Üzerine Bir Araştırma”, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul. s. 137-161.

“Thermal Waht R-Values Neglect”, The Construction Specifier,1987. “Europa-Lehrmittel Bautechnik” 7. Auflage. p. 70-77.

Thermal Bridges in Wall Construction”, National Concrete Masonry Association, 1985. Virginia.

TS 825, 1998, “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”

UTKUTUĞ Z., GÜLTEKİN T. 2004. “Bileşen Tasarımı ve Konstrüksiyonu Bağlamında Panel Uygulamaları Analizi”, Gazi Üniv.Müh. Mim. Fak. Der.Cilt 19, No:4, Ankara.

UTKUTUĞ, G., "Yeni Bin Yıla Girerken Sürdürülebilir Bir Gelecek İçin Ekolojik ve Enerji Etkin Hedeflerle Bina Tasarımı ve İşletimi" Enerji 2000 Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi, ETKB-EİE, Ocak 2000, Ankara. s:135-153.

ÜNİVAR, L., 1998. “Yapı Fiziği Açısından Isısal Sorunların Yönetmelik ve Standartlar Çerçevesinde İrdelenmesi”, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. s. 1-50.

VINSON Jack R., 1999. The behavior of sandwich structures of isotropic and composite materials , Jack R. Vinson : The behavior of sandwich structures of isotropic and composite materials , İTÜ, İstanbul. p.30-48.

WHITCHER D. J., 1984. “Cast-in-place walls / ACI Committee E-703”, ed., İTÜ, İstanbul .p. 28-42.

YILDIRIM, B., 1998. “Sandviç kompozitler ve mimarlıkta kullanım olanakları” , İTÜ, İstanbul. s. 75-118.

[www.kayapi.com/thermomass.html](http://www.kayapi.com/thermomass.html)

[www.BPprefabrik.com.tr](http://www.BPprefabrik.com.tr)

[www.compositesystems.com.au/TheThermomassSecret.html](http://www.compositesystems.com.au/TheThermomassSecret.html)

[www.thermomass.com](http://www.thermomass.com)

[www.dow.com/styrofoam/europe/uk/case](http://www.dow.com/styrofoam/europe/uk/case)

[www.composite-nzco.nz](http://www.composite-nzco.nz)

[www.clantonconst.com](http://www.clantonconst.com)

[www.infolik.com.au](http://www.infolik.com.au)

[www.sitecast.ca](http://www.sitecast.ca)

[www.innovest.com.au](http://www.innovest.com.au)

[www.bcmconstruction.com](http://www.bcmconstruction.com)

[www.productselector.co.uk](http://www.productselector.co.uk)

[www.fulcrumcomposites.com](http://www.fulcrumcomposites.com)

[www.cdc.com](http://www.cdc.com)

[www.opmg.com](http://www.opmg.com)

[www.aecinfo.com](http://www.aecinfo.com)

[www.processfood.com](http://www.processfood.com)

[www.orml.gov](http://www.orml.gov)

[www.mapaprecast.org](http://www.mapaprecast.org)

[www.beverage\\_retailer.com](http://www.beverage_retailer.com)

[www.tilt-up.org](http://www.tilt-up.org)

[www.wiley\\_vch.de](http://www.wiley_vch.de)

[www.chalcraft.co.uk](http://www.chalcraft.co.uk)

[www.biz.uiowa.edu](http://www.biz.uiowa.edu)

[www.orcangroup.com](http://www.orcangroup.com)

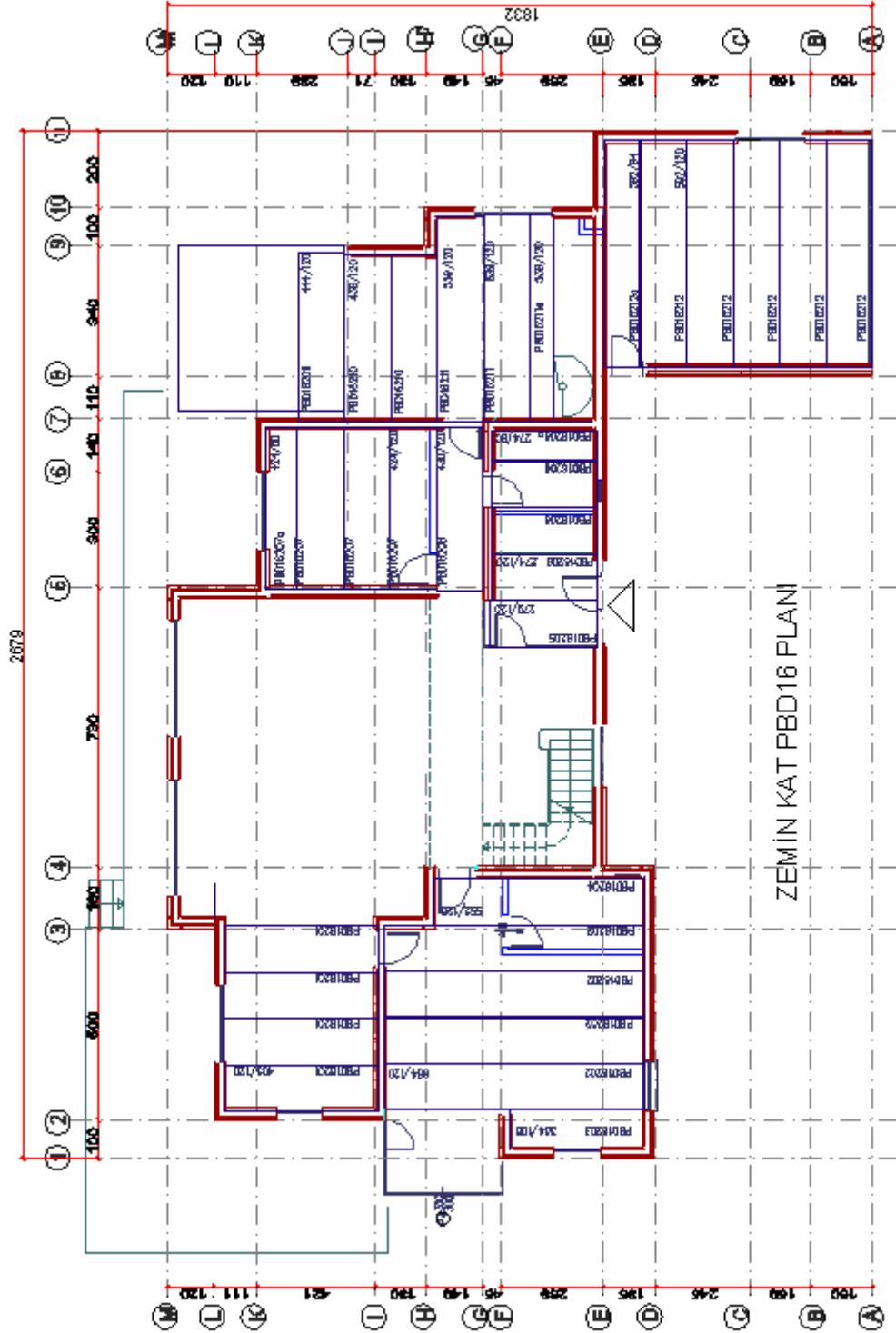
[www.püd.org.tr](http://www.püd.org.tr)

[www. İea.org/pubs/newslett/eneeff/table.htm](http://www.İea.org/pubs/newslett/eneeff/table.htm)

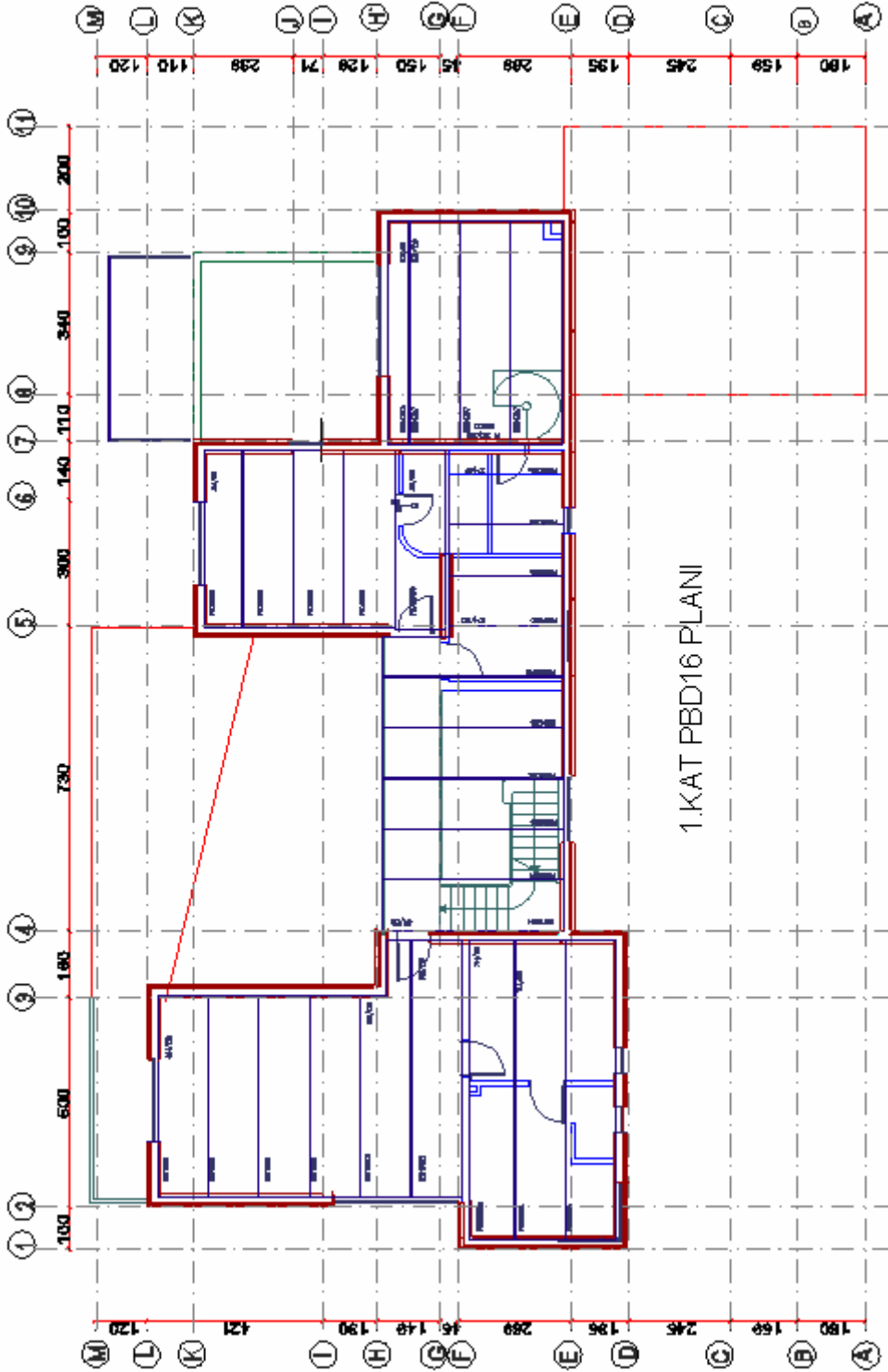


## EKLER

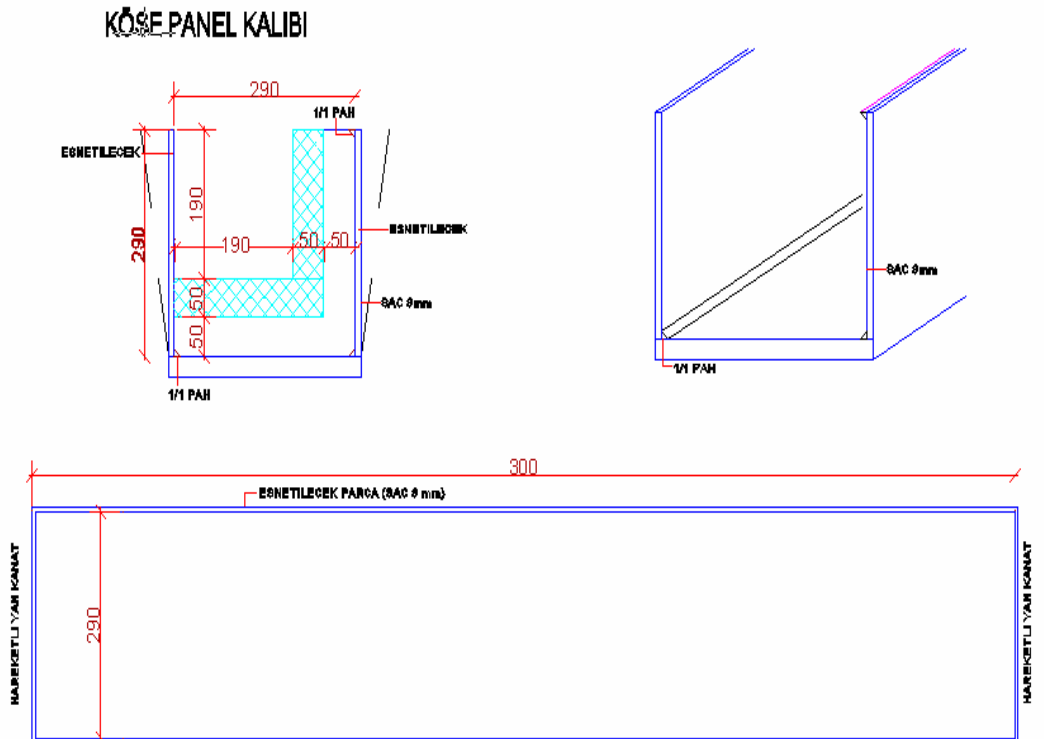
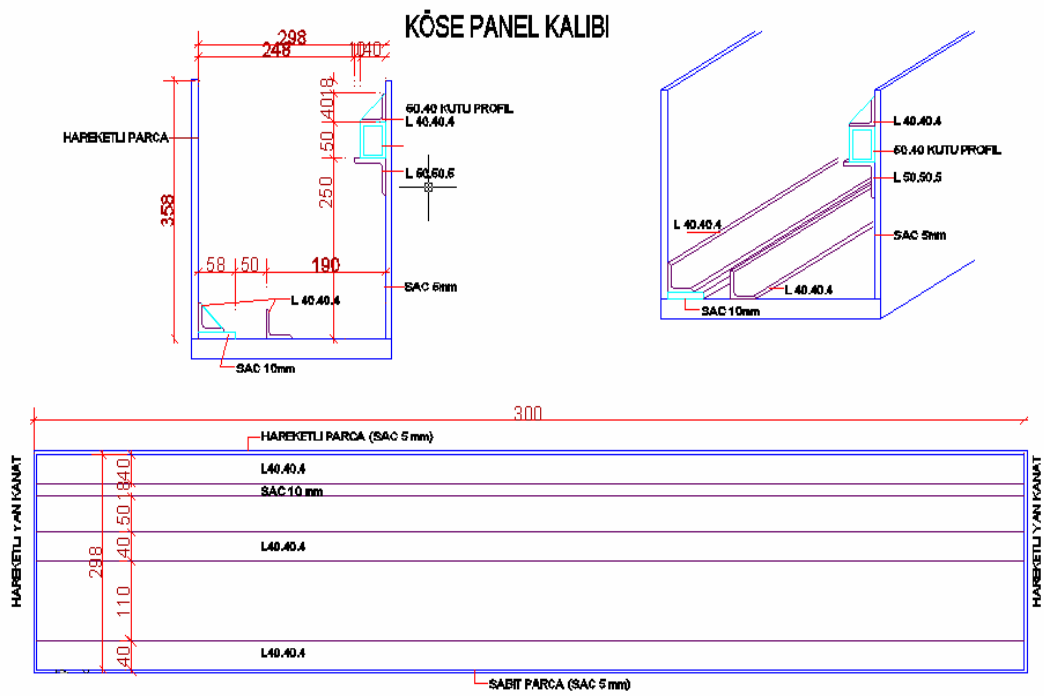
EK 1 Yalıtımlı beton sandviç panel sisteminin ısısal performansını değerlendirmek için seçilen örnek konutun zemin kat planı.



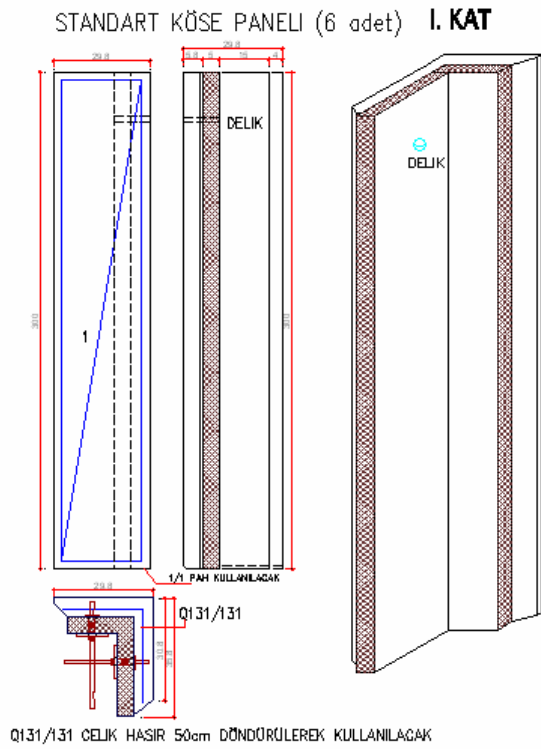
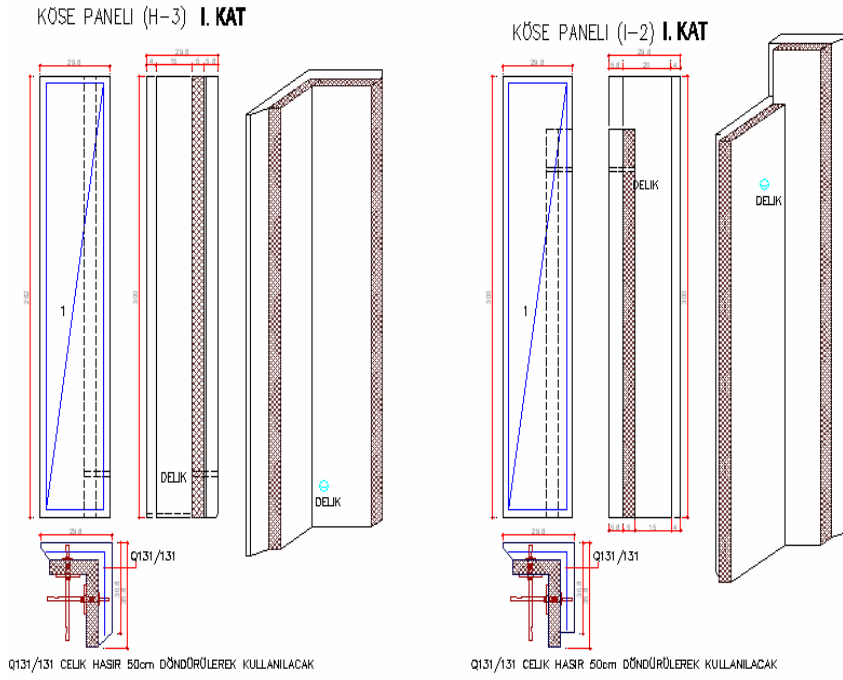
EK 2 Yalıtımlı beton sandviç panel sisteminin ısısal performansını değerlendirmek için seçilen örnek konutun birinci kat planı.



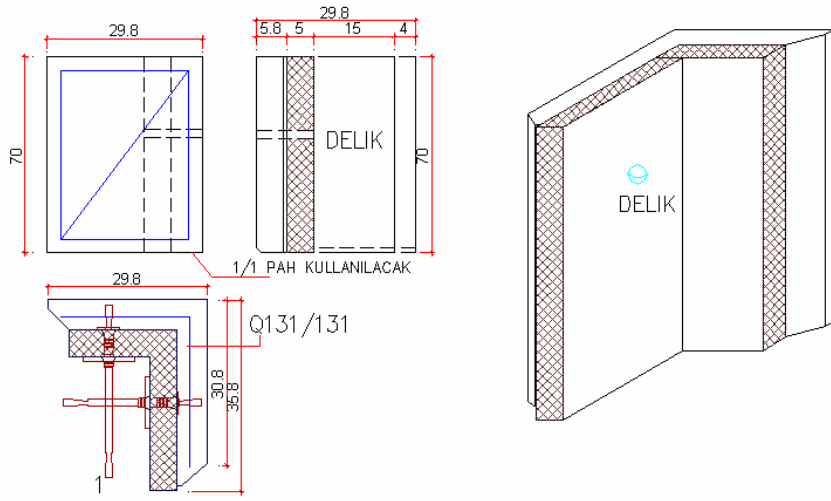
EK 3 Yalıtımlı beton sandviç panel sisteminin üretim aşamasında kullanılan köşe kalıplarının plan, kesit ve perspektifleri.



EK 4 Yalıtımlı beton sandviç panel sisteminin ısısal performansını değerlendirmek için seçilen örnek konutun köşe panellerin plan, kesit, görünüş ve perspektifleri

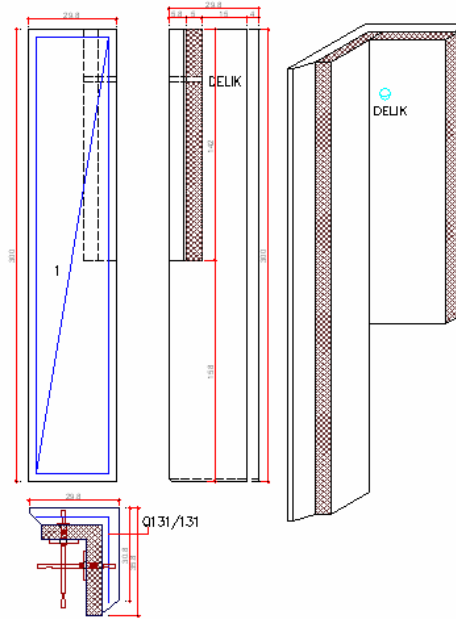


## KÖŞE PANELİ (D-2) I. KAT



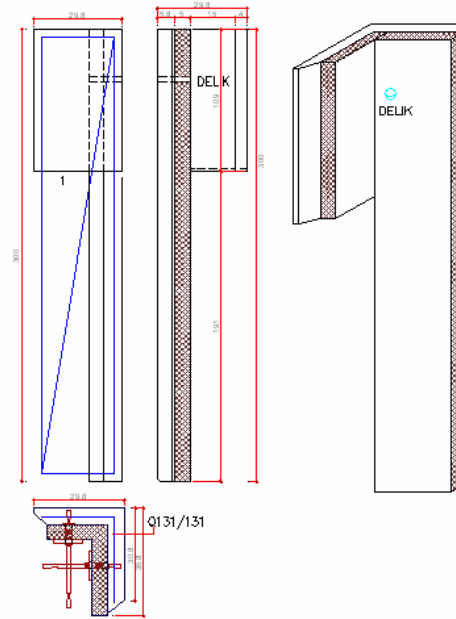
Q131/131 ÇELİK HASIR 50cm DÖNDÜRÜLEREK KULLANILACAK

## KÖŞE PANELİ (L-3) I. KAT



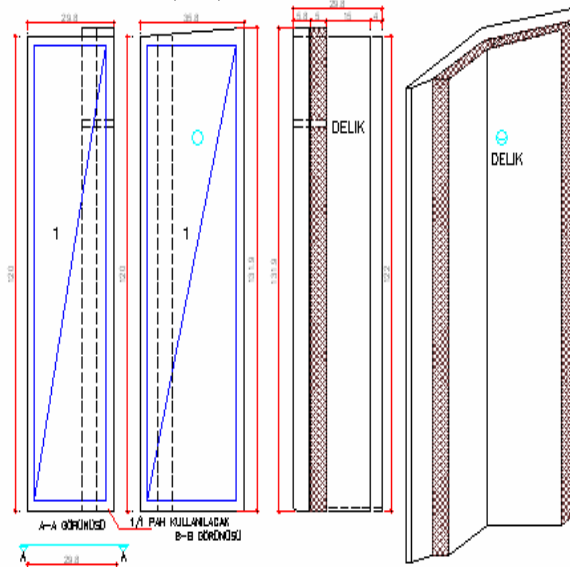
Q131/131 ÇELİK HASIR 50cm DÖNDÜRÜLEREK KULLANILACAK

## KÖŞE PANELİ (K-5) I. KAT



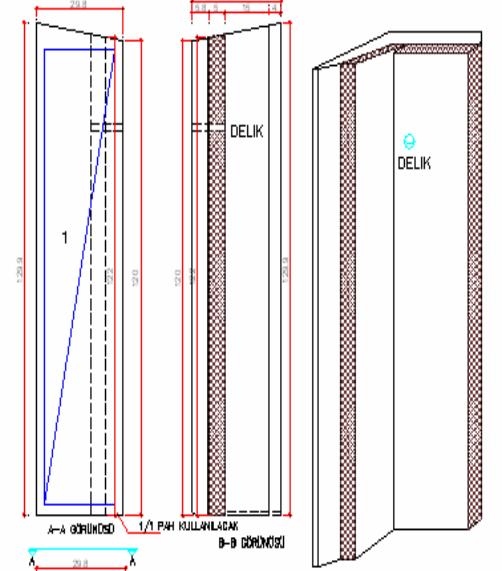
Q131/131 ÇELİK HASIR 50cm DÖNDÜRÜLEREK KULLANILACAK

## KÖŞE PANELİ (M-3)



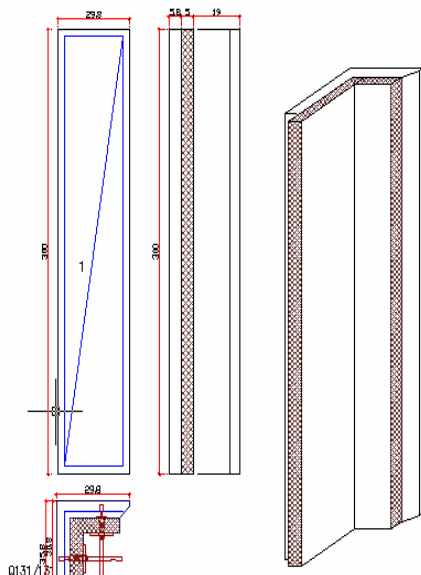
Q131/131 ÇELİK HASIR 50cm DÖNDÜRÜLEREK KULLANILACAK

## KÖŞE PANELİ (M-5)



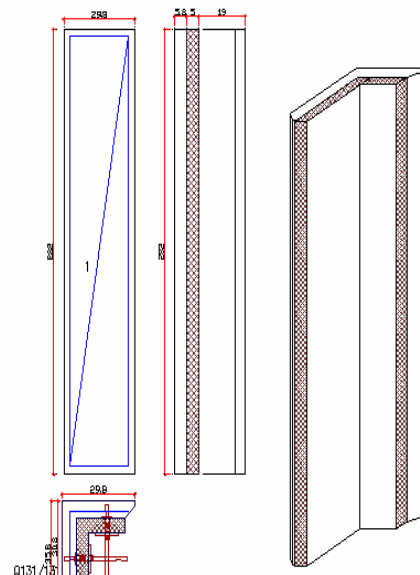
Q131/131 ÇELİK HASIR 50cm DÖNDÜRÜLEREK KULLANILACAK

## ZEMİN KAT, KÖŞE PANELİ (I-1)

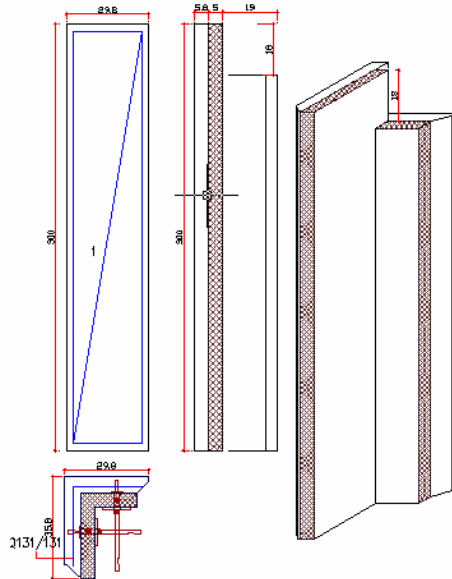


Q131/131 ÇELİK HASIR 50cm DÖNDÜRÜLEREK KULLANILACAK

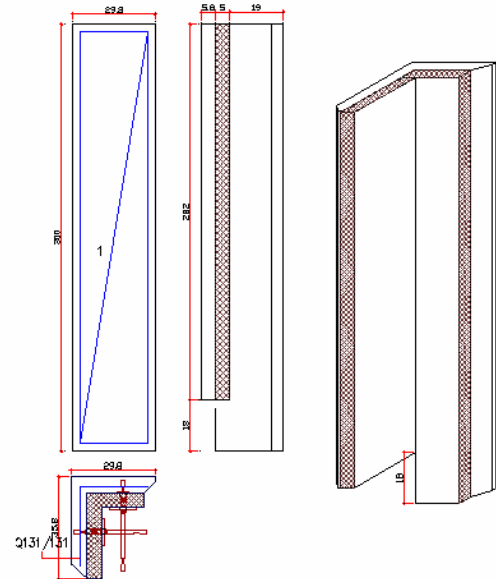
## ZEMİN KAT, KÖŞE PANELİ (G-7+H-3+H-9)



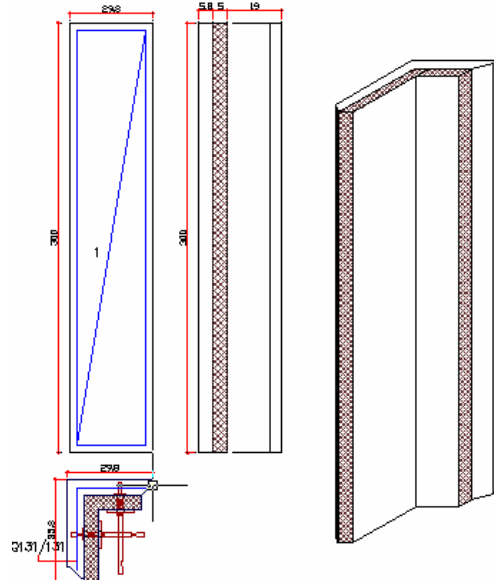
Q131/131 ÇELİK HASIR 50cm DÖNDÜRÜLEREK KULLANILACAK

**ZEMİN KAT, KÖŞE PANELİ (L-2)**

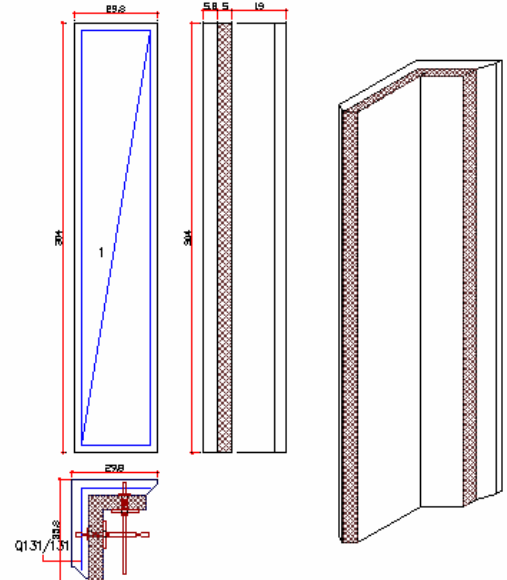
Ø131/131 ÇELİK HASIR 50cm DÖNDÜRÜLEREK KULLANILACAK

**ZEMİN KAT, KÖŞE PANELİ (L-3)**

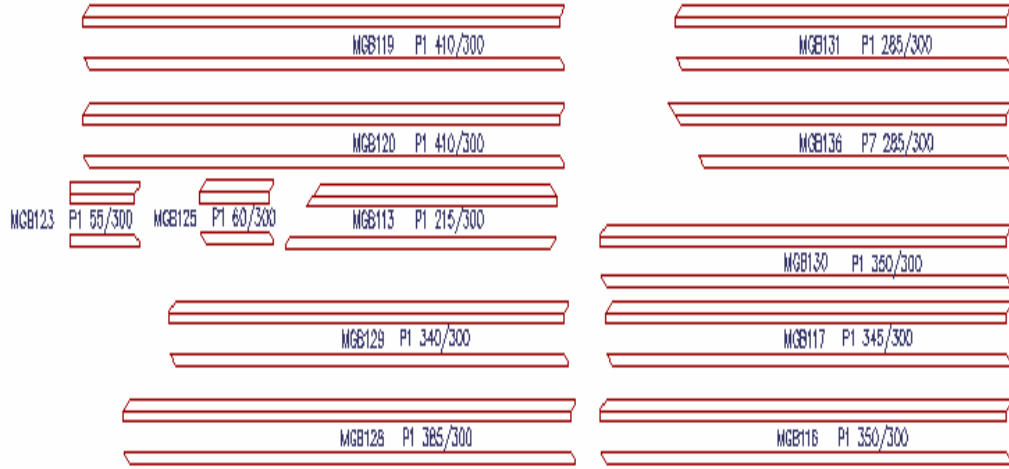
Ø131/131 ÇELİK HASIR 50cm DÖNDÜRÜLEREK KULLANILACAK

**ZEMİN KAT, STANDART KÖŞE PANELİ (7 adet)**

Ø131/131 ÇELİK HASIR 50cm DÖNDÜRÜLEREK KULLANILACAK

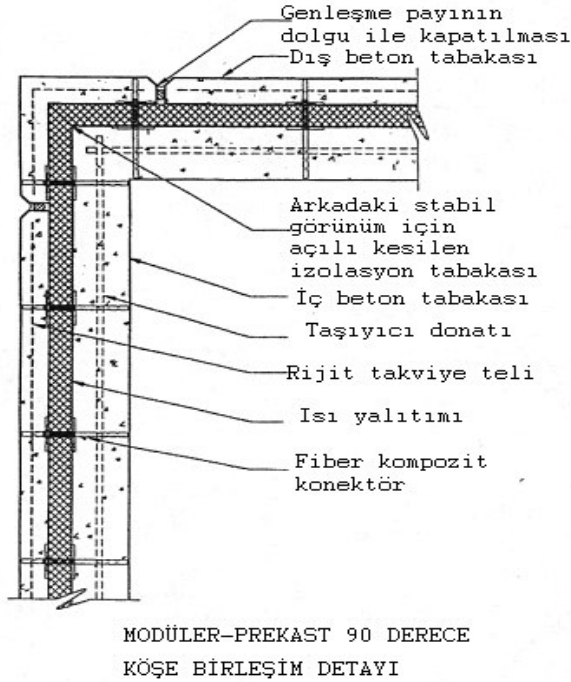
**ZEMİN KAT, KÖŞE PANELİ (E-11)**

Ø131/131 ÇELİK HASIR 50cm DÖNDÜRÜLEREK KULLANILACAK



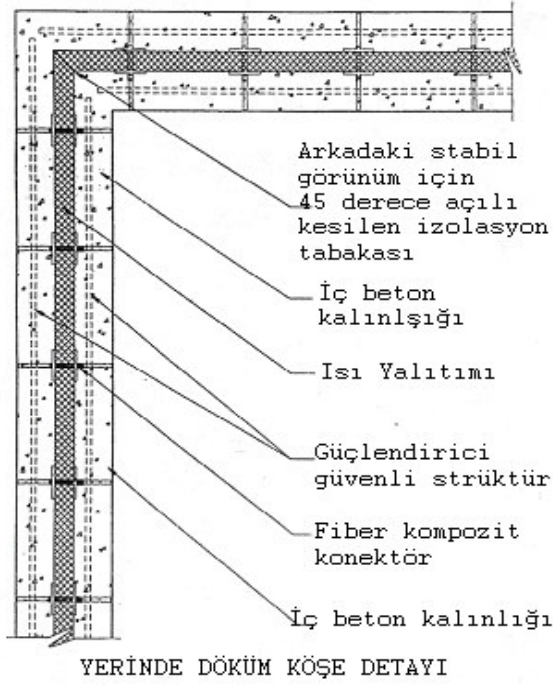
Seçilen örnek konuta ait duvar panellerinin plan düzlemindeki durumu

## EK 5 BETON SANDVIÇ PANEL DUVARLARIN UYGULAMA DETAYLARI

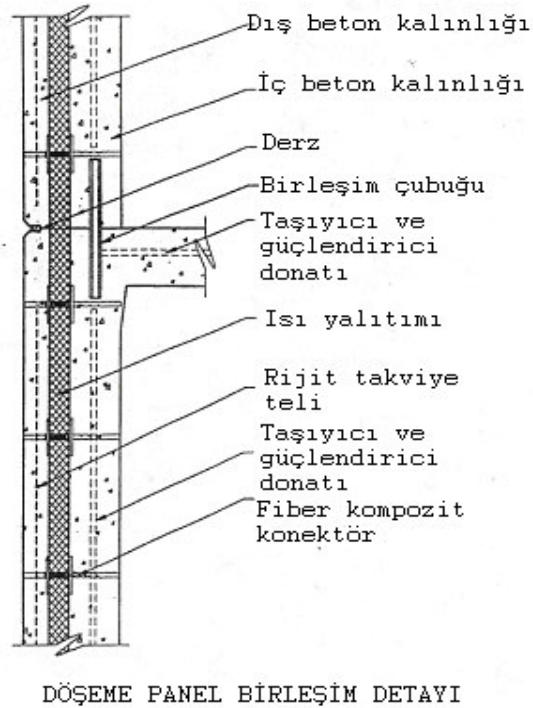


Modüler Prekast 90° Köşe Birleşim Detayı

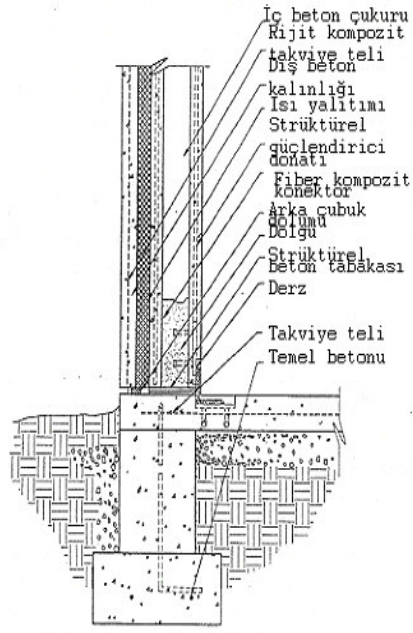




Yerine Döküm Duvar Panelleri 90° Köşe Birleşim Detayı

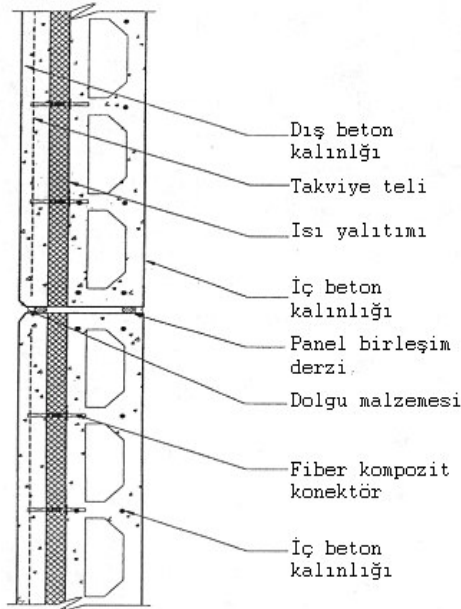


Modüler Prekast Döşeme-Panel Birleşim Detayı



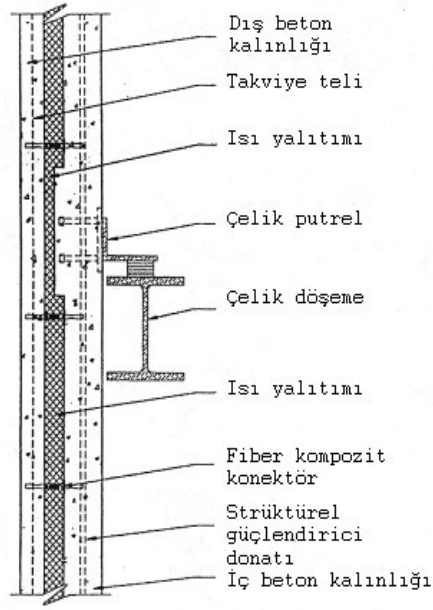
DUVAR PANELİ-TEMEL BİRLEŞİM DETAYI

## Modüler Prekast Duvar Paneli-Temel Birleşim Detayı



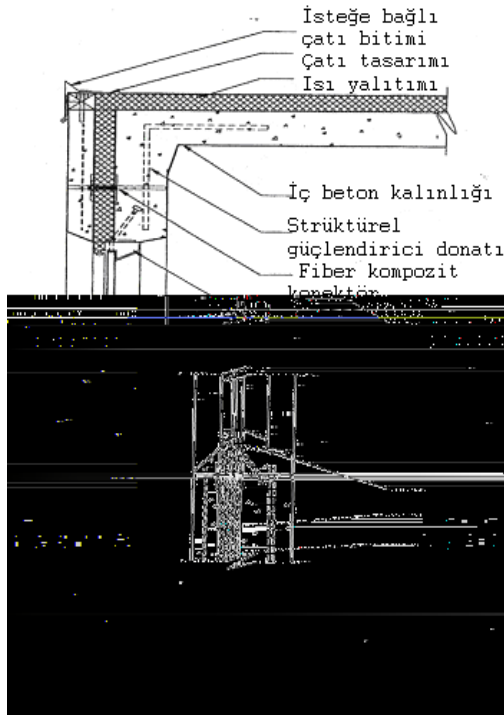
BOŞLUKLU DUVAR PANELLERİ BİRLEŞİM DETAYI

## Boşluklu Duvar Panelleri Birleşim Detayı

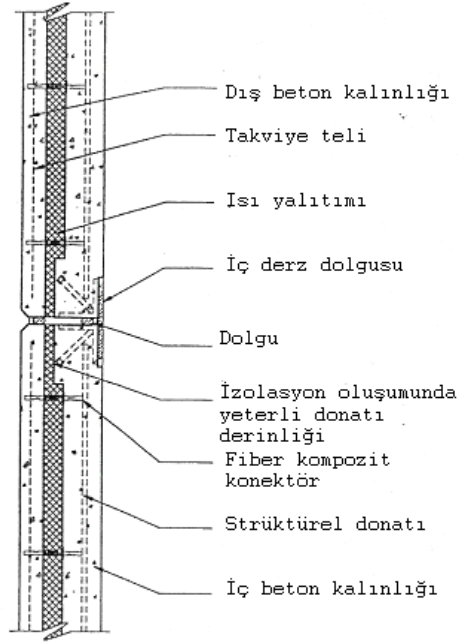


DUVAR PANELİ-ÇELİK DÖŞEME BİRLEŞİM DETAYI

## Prekast Duvar Paneli- Çelik Döşeme Birleşim Detayı

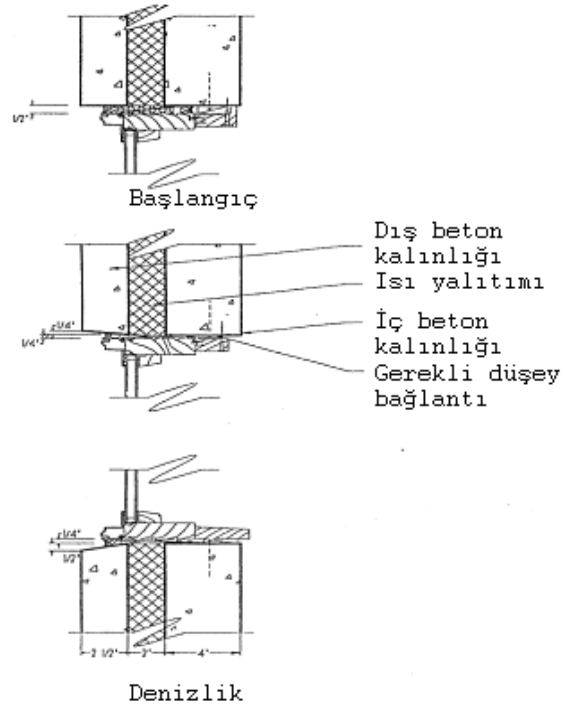


Modüler Prekast Çatı / Pencere Birleşim Detayları

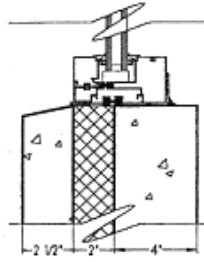
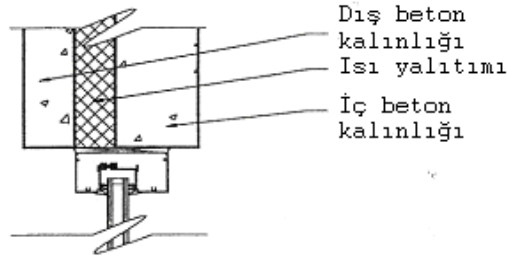


PREKAST DUVAR PANELLERİ BİRLEŞİM DETAYI

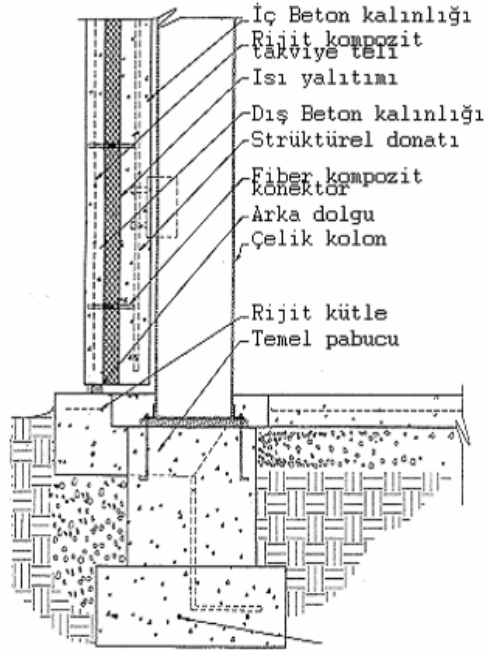
## Prekast Duvar Panelleri Birleşim Detayı



## Prekast Duvar Paneli-Ahşap Pencere Doğraması Birleşim Detayları

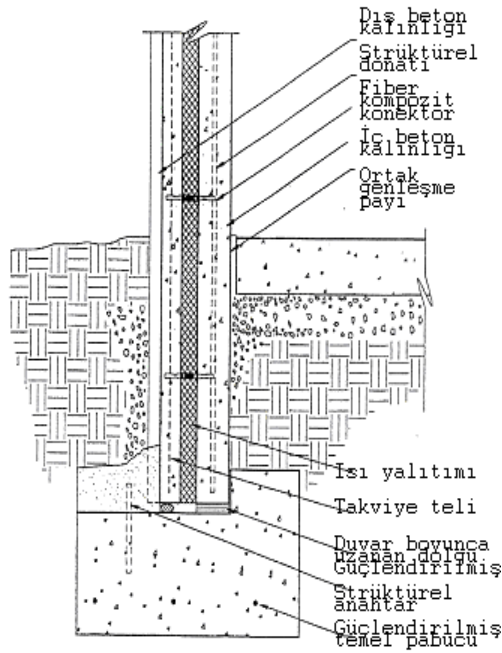


### Prekast Duvar Paneli-Alüminyum Pencere Doğraması Birleşim Detayları



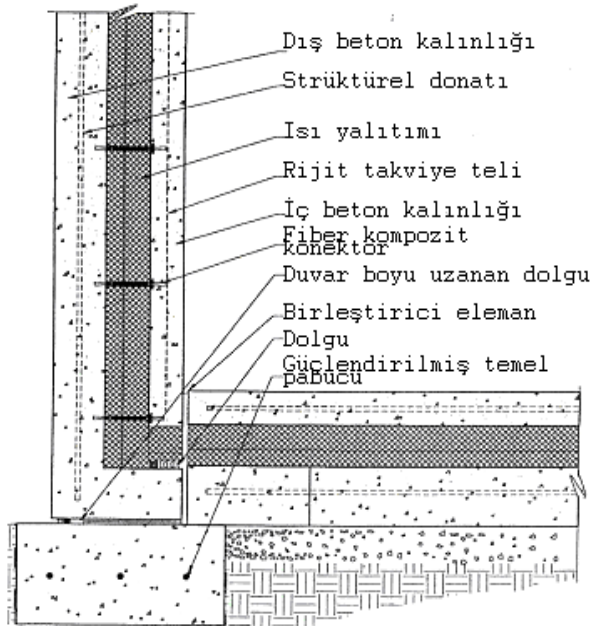
PREKAST DUVAR PANELİ-ÇELİK KOLON  
TEMEL BİRLEŞİM DETAYI

### Prekast Duvar Paneli-Çelik Kolon-Temel Birleşim Detayları



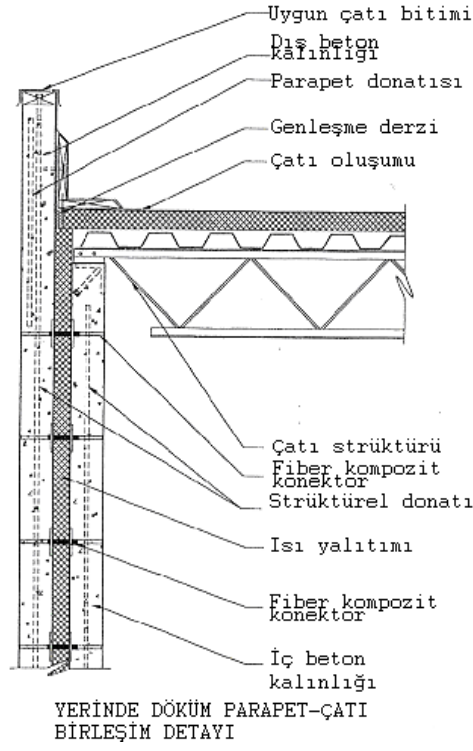
PREKAST DUVAR PANELİ-BETONARME DÖŞEME-  
TEMEL BİRLEŞİMİ

### Prekast Duvar Paneli-Betonarme Döşeme-Temel Birleşim Detayları

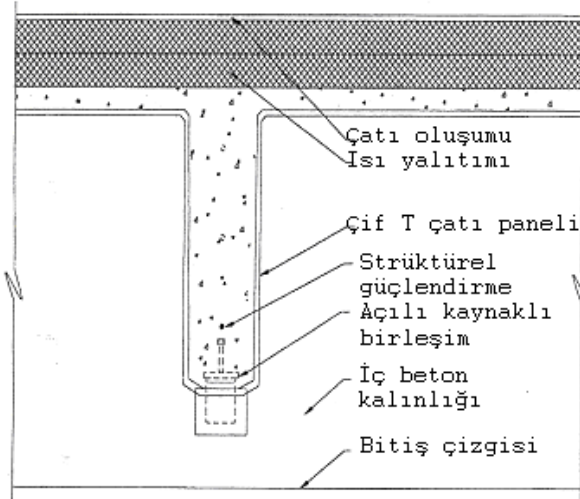


YALITIMLI DUVAR PANELİ-YALITIMLI DÖŞEME  
TEMEL BİRLEŞİM DETAYI

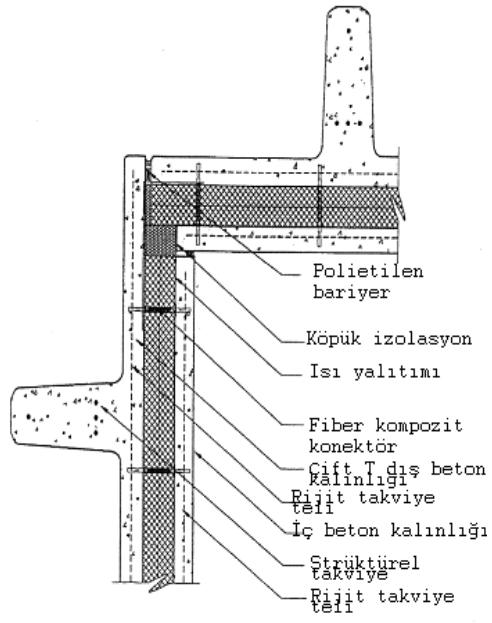
### Yalıtımlı Duvar Paneli-Yalıtımlı Döşeme-Temel Birleşim Detayı



Yerinde Döküm Parapet- Çatı Birleşim Detayı

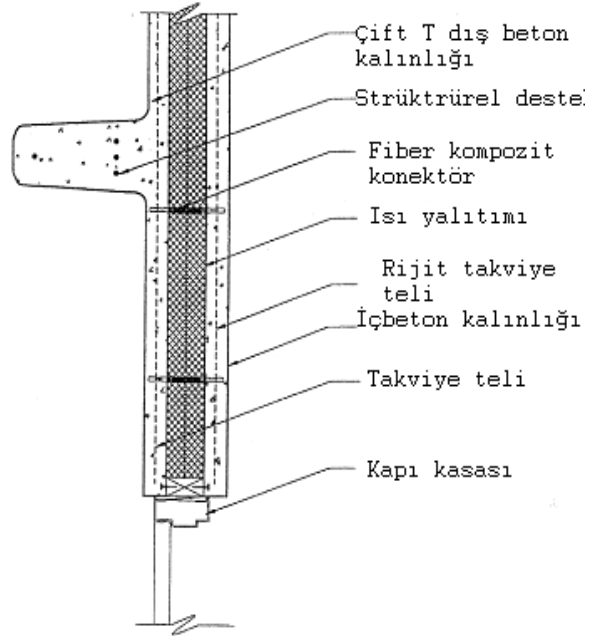


Çift T Çatı Paneli Detayı



ÇİFT T DUVAR PANELİ KÖŞE BİRLEŞİM DETAYI

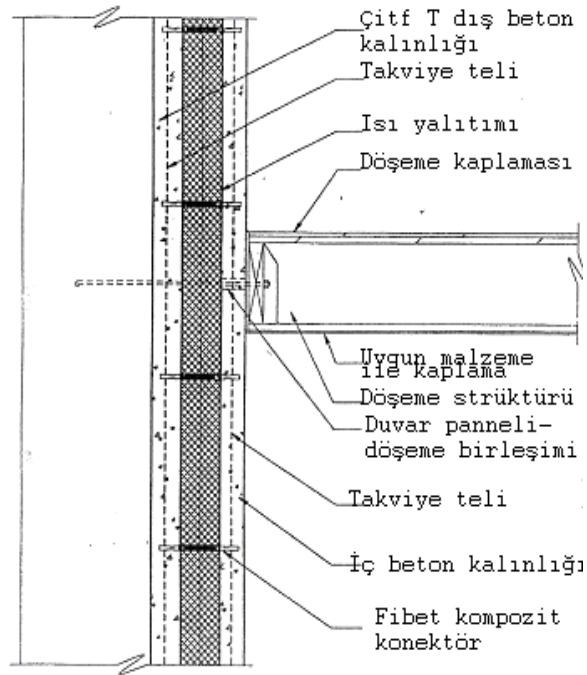
### Çift T Duvar Paneli Köşe Birleşim Detayı



ÇİFT T DUVAR PANELİ-KAPI BİRLEŞİM DETAYI

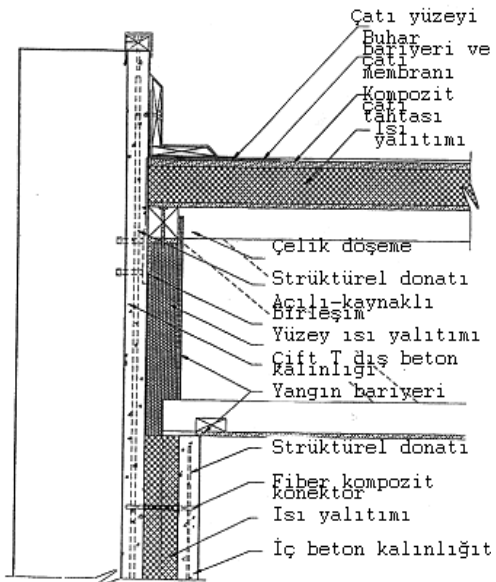
### Çift T Duvar Paneli-Kapı Birleşim Detayı





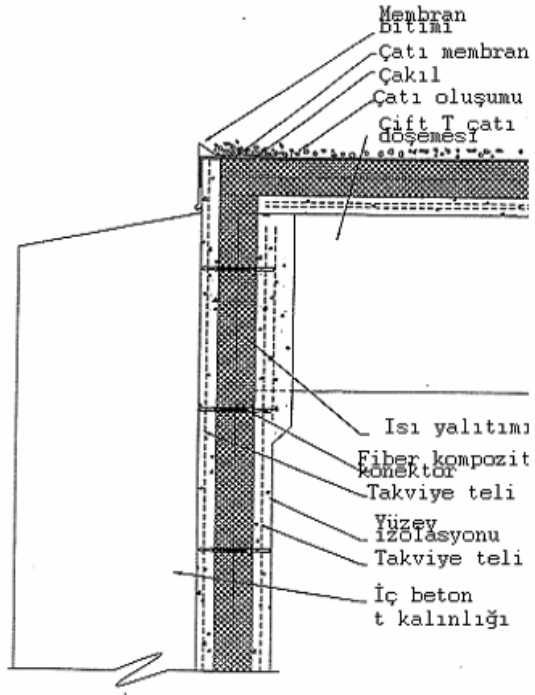
ÇİFT T DUVAR PANELİ-DÖŞEME BİRLEŞİMİ

Çift T Duvar Paneli-Döşeme Birleşim Detayı



ÇİFT T DUVAR PANELİ-PARAPET BİRLEŞİM DETAYI

Çift T Duvar Paneli- Parapet Detayı



ÇİFT T DUVAR PANELİ PARAPET DETAYI

Çift T Duvar Paneli- Teras Çatı Birleşim Detayı

**TEŞEKKÜR**

Yüksek Lisans çalışmam süresince çok değerli bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren ve her türlü yardımını esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Nilüfer AKINCITÜRK'e, çalışmam süresince değerli bilgileri ve yardımları ile her zaman yanımda olan ve hem bir akademisyen, hem de birey olarak her zaman örnek aldığım saygıdeğer hocam Öğr.Gör.Dr. Filiz ŞENKAL SEZER'e, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde bulunan bütün hocalarıma, tez çalışmamın başından sonuna kadar yardımlarını ve desteklerini benden esirgemeyen İnş. Müh. Sayın Satuğ KÜÇÜKKAYALAR'a, İnş. Müh. Sayın Ülkü KÜÇÜKKAYALAR'a, Mimar Sayın Dicle AKA'ya ve tüm Ka Yapı San. Ve Tic. Ltd. Şti. çalışanlarına sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunuyorum.

Ayrıca hayatım boyunca benden maddi ve manevi hiçbir desteği esirgemeyip her zaman yanımda olan, teşvik eden, emek veren babam Hasan YÜCEDAĞ'a, annem Semiha YÜCEDAĞ'a, kardeşim Tolga YÜCEDAĞ'a ve ablam Hepşen SARIOĞLU'na sonsuz teşekkür ediyorum.

## ÖZGEÇMİŞ

Gökşen YÜCEDAĞ 1975 Ankara doğumlu olup, ilk, orta ve lise öğrenimini Bursa'da tamamladıktan sonra 2001 yılında Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nden mezun olmuştur. 2003 yılında Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde yüksek lisans çalışmalarına başlamıştır. 2001 yılından itibaren çeşitli özel şirketlerde şantiye ve büro çalışmalarını sürdürmüştür. Halen bir kamu kuruluşunda mimar olarak görev yapmaktadır.