

154277

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EPS - BLOKLU, ÇELİK DONATILI BETON TAŞIYICI DUVARLI
BİNANIN ISIL PERFORMANSI**

M. Timur CİHAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇORLU MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ YÖNETİCİSİ: Prof. Dr. ŞÜKRAN DİLMAÇ

2004
ÇORLU/TEKİRDAĞ



**EPS - BLOKLU, ÇELİK DONATILI
BETON TAŞIYICI DUVARLI BİNANIN
ISIL PERFORMANSI**

M. Timur CİHAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
TEZ YÖNETİCİSİ : PROF. DR. ŞÜKRAN DİLMAÇ
ÇORLU/TEKİRDAĞ - 2004**

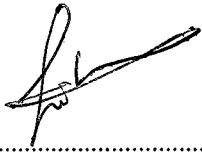
T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EPS - BLOKLU, ÇELİK DONATILI BETON TAŞIYICI DUVARLI
BİNANIN ISIL PERFORMANSI**

M. Timur CİHAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇORLU MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

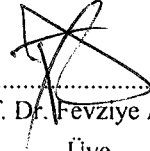
Bu tez ¹⁰Eylül 2004 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Şükran DİLMAÇ
Tez Yöneticisi



Prof. Dr. Abdurrahman GÜNER
Üye



Prof. Dr. Fevziye AKÖZ
Üye

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EPS - BLOKLU, ÇELİK DONATILI BETON TAŞIYICI DUVARLI
BİNANIN ISIL PERFORMANSI**

M. Timur CİHAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇORLU MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ YÖNETİCİSİ: Prof. Dr. ŞÜKRAN DİLMAÇ

2004
ÇORLU/TEKİRDAĞ

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye’de geleneksel ısı yalıtım sistemlerine alternatif olarak sunulan EPS - Bloklı Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvar Sistemi’nin örnek bir bina için ısı performansını ilgili standartlara (kış konforu, TS 825; yaz konforu, ISO 13786) göre incelenmiş ve geleneksel ısı yalıtım sistemleriyle karşılaştırılmıştır.

Çalışma kapsamında giriş bölümünden sonra, sıcaklık, ısı, ısı iletim mekanizmaları ve ısı iletim rejimleri genel bilgiler kısmında (Bölüm 2) açıklanmıştır. Bölüm 3’de EPS - Bloklı Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvar Sistemi ve bu sistemde kullanılan malzemeler tanıtılmıştır.

Çalışmanın dördüncü bölümünde kış konforu ve TS 825’de açıklanan hesap yöntemi, Bölüm 5’de ise yaz konforu ve ISO 13786’da açıklanan hesap yöntemi ile ilgili kapsamlı bilgi verilmiştir. Bölüm 6’da, hesaplamalar için gerekli verilerin elde edildiği örnek binanın özellikleri açıklandıktan sonra; örnek binaya ait kış ve yaz konforu için gerekli hesaplamalar, EPS - Bloklı Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvar Sistemi ve geleneksel ısı yalıtım sistemleri için yapılmıştır. Hesaplamalar TS 825’de belirtilen tüm Derece Gün bölgeleri için ayrı ayrı yapılmıştır. Yaz konforu ile ilgili değerlendirmeler ise, örnek bina için TS 825’e uygunluk sağlayan kesitler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Yedinci bölümde, EPS - Bloklı Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvar Sistemi’nin ısı davranışı ve geleneksel ısı yalıtım sistemlerin kullandıkları duvar kesitlerinin ısı davranışları ile ilgili hesap sonuçlarının değerlendirilmesi yapılmıştır. Böylece, hesap sonuçlarına dayanarak EPS -Bloklı Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvar Sistemi’nin Türkiye şartlarına uygunluğu incelenmiş ve diğer geleneksel ısı yalıtım sistemleri ile mukayesesi yapılmıştır.

Sekizinci bölümde ise genel sonuçlar açıklanmıştır. Isıl konfor açısından, dışardan yalıtım sistemi tüm derece gün bölgelerinde en uygun sonucu vermektedir. EPS -Bloklı

Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvar Sistemi, özellikle soğuk iklimlerde (3. ve 4. derece gün bölgeleri) içerden yalıtım ve çift duvar arası yalıtım sistemlerine göre daha uygun sonuçlar verebilecek bir alternatif oluşturmaktadır.



SUMMARY

In this study, one of the alternatives to conventional heat insulating systems in Turkey, namely “EPS - Block Reinforced Concrete Wall System” is analyzed according to the standards regarding thermal performance (winter comfort, TS 825; summer comfort, ISO 13786) for a sample building comparing the thermal performance with conventional heat insulating systems.

In the contents, after introduction, temperature, heat, heat transfer modes and heat transfer regimes are explained in Chapter 2. In Chapter 3, EPS - Block Reinforced Concrete Wall System and materials used are presented.

In Chapter 4, winter comfort and calculation methods used in TS 825 and in Chapter 5, summer comfort and calculation methods presented in ISO 13786 is explained in detail. In Chapter 6, properties of sample building used for the calculations are explained first and then calculations are performed for its winter and summer comforts for the EPS - Block Reinforced Concrete Wall System and the conventional heat insulation systems separately. Calculations are repeated for each degree day regions stated in TS 825. Examination of summer comfort is done for the cross sections defined in TS 825 of the sample building.

In Chapter 7, calculation results regarding the thermal behavior of EPS - Block Reinforced Concrete Wall System and the conventional heat insulation systems are examined. Based on the results of the calculations, the suitability and advantages/disadvantages of EPS - Block Reinforced Concrete Wall System are examined for climatic conditions in Türkiye, and are compared with the other conventional heat insulation systems.

In Chapter 8, general results are explained. Concerning thermal comfort, outside heat insulation system always gives the most suitable results for each degree day regions. Especially in cold climates (3rd and 4th degree day regions) EPS - Block Reinforced Concrete Wall System gives convenient results compared to inside heat insulation system and sandwich wall heat insulation system as notable alternatives.

TEŞEKKÜR

Sayın hocam Prof. Dr. Şükran DİLMAÇ’a bana güvenerek benimle çalışmayı kabul etmelerinden dolayı minnettarım. Çalışmam sırasında daima beni hoşgörü ile karşılayarak yardımlarını esirgemedikleri için kendilerine en derin şükranlarımı sunarım. Ayrıca çalışmanın hazırlanmasında maddi ve manevi katkısı olan tüm dost ve arkadaşlarıma en derin şükranlarımı sunarım.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	Sayfa No i
SUMMARY	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ	xi
RESİM LİSTESİ	xiii
SEMBOL LİSTESİ	xiv
 1. GİRİŞ	 1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1) Isı İletim Mekanizmaları	4
2.2) Isı İletim Rejimleri	7
2.2.1) Sabit rejim	7
2.2.2) Değişken rejim	9
3. EPS - BLOKLU, ÇELİK DONATILI BETON TAŞIYICI DUVARLAR	20
3.1) EPS-Bloklu, Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvarlarda Kullanılan Sistem	20
3.2) Sistemde Kullanılan Malzemeler	21
3.2.1) EPS bloklar	21
3.2.2) Beton ve donatı	23
4. KIŞ KONFORU VE TS 825	26
5. YAZ KONFORU VE ISO 13786	32
5.1) ISO 13786’da Verilen Tarifler	33
5.2) Çok Tabakalı Elemanın İletim Matrisinin Hesaplanması (Transfer Matrix of a Multi – layer Component)	37
5.3) Periyodik Isıl Karakteristiklerin Hesabı	40
6. ÖRNEK BİNA TANIMI VE HESAPLAMALAR	44
6.1) Örnek Bina Tanımı	44

6.1.1) Örnek binada, EPS - bloklı çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşan sistem uygulandığında oluşan kesitler	45
6.1.2) Örnek binada, geleneksel yalıtım sistemleri uygulandığında oluşan kesitler	49
6.2) Kış Konforu İle İlgili Hesaplamalar	56
6.2.1) Örnek binada, EPS - bloklı çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşan sistem uygulandığında kış konforu ile ilgili hesaplamalar	56
6.2.2) Örnek binada, geleneksel yalıtım sistemleri uygulandığında, kış konforu ile ilgili hesaplamalar	67
6.3) Yaz Konforu İle İlgili Hesaplamalar	69
6.3.1) Örnek binada, EPS - bloklı çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşan sistem uygulandığında yaz konforu ile ilgili hesaplamalar	69
6.3.2) Örnek binada, geleneksel yalıtım sistemleri uygulandığında yaz konforu ile ilgili hesaplamalar	73
7. HESAP SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	84
7.1) Kış Konforu İle İlgili Hesap Sonuçlarının Değerlendirilmesi	84
7.2) Yaz Konforu İle İlgili Hesap Sonuçlarının Değerlendirilmesi	90
8. GENEL SONUÇLAR	106
KAYNAKLAR	109
EKLER	112
EK 1) Örnek bina ile ilgili plan ve görünüşler	112
EK 2) DY-1, DY-3, DY-5 ve DY-6 kodlu kesitler için binanın özgül ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (CÖ'de)	120
EK 3) İY-1, İY-3, İY-5 ve İY-6 kodlu kesitler için binanın özgül ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (CÖ'de)	140
EK 4) ÇDY-3, ÇDY-7, ÇDY-9-UD-1 ve ÇDY-10-UD-2 kodlu kesitler için binanın özgül ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (CÖ'de)	160
EK 5) DY-2 ve DY-4 kodlu kesitler için binanın özgül ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (CÖ'de)	180
EK 6) İY-2 ve İY-4 kodlu kesitler için binanın özgül ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (CÖ'de)	190

EK 7)	ÇDY-1, ÇDY-2, ÇDY-4, ÇDY-5, ÇDY-6 ve ÇDY-8 kodlu kesitler için binanın özgül ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ($\mathcal{L}^{\circ}\text{de}$)	200
EK 8)	DY-2, DY-3, DY-4, DY-5 ve DY-6 kodlu kesitlere ait özellikler, matris değerleri ve periyodik ısı karakteristikler	230
EK 9)	İY-2, İY-3, İY-4, İY-5 ve İY-6 kodlu kesitlere ait özellikler, matris değerleri ve periyodik ısı karakteristikler	239
EK 10)	ÇDY-1, ÇDY-2, ÇDY-4, ÇDY-5, ÇDY-6, ÇDY-7 ve ÇDY-8 kodlu kesitlere ait özellikler, matris değerleri ve periyodik ısı karakteristikler	254



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. Sabit rejim şartlarında çok katmanlı elemanda kesit içinde sıcaklık Değişimi	9
Şekil 2.2. Periyodik rejimde sıcaklığın zamanla değişimini gösteren Sin ve Cos grafikleri	10
Şekil 2.3. Farklı faz açıları için sinüs eğrileri (aynı periyotta fakat faz farkı ile gerçekleşen dairesel hareketlerin zaman eksenini üzerinde gösterimi)	11
Şekil 2.4. Farklı genlikler için sinüs eğrileri (aynı periyotta fakat farklı genlikteki dairesel hareketlerin zaman eksenini üzerinde gösterimi)	11
Şekil 2.5. Periyodik rejim ile ilgili eleman özelliklerinin (sönüm oranı ve zaman ötelenmesi - faz kayması) gösterimi	12
Şekil 2.6. Periyodik rejim şartlarında kompleks sayıların kullanımı ile ilgili açıklamalar	14
Şekil 2.7. Yarı sonsuz dilim	14
Şekil 2.8. Yapı elemanında meydana gelen ısı kabul ve periyodik ısı iletkenliğinin şematik gösterimi	18
Şekil 3.1. EPS - bloklu, çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminin düşey ve yatay kesiti	20
Şekil 3.2. EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminde taşıyıcı duvarlarda kullanılan çelik çubuklar a) Normal yuvarlak çelik b) Nervürlü tor çelik	25
Şekil 6.1. Örnek binada kullanılan kesitler	45
Şekil 6.2. EPS bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlarda oluşan farklı kesitler ..	48
Şekil 6.3a. Dışardan yalıtım uygulamasında kullanılan kesitler	50
Şekil 6.3b. İçerden yalıtım uygulamasında kullanılan kesitler	52
Şekil 6.3c. Çift duvar arası yalıtım uygulamasında kullanılan kesitler	54

Şekil 7.1. Geleneksel ısı yalıtım sistemleri için kullanılan toplam ısı yalıtım malzemesi miktarı ve hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının, EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlarla oluşturulan sistemde kullanılan toplam ısı yalıtım malzemesi miktarı ve hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına oranı	86
Şekil 7.2. Geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde kullanılan toplam ısı yalıtım malzemesi miktarının ve hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının, EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlarla oluşturulan sistemde kullanılan toplam ısı yalıtım malzemesi miktarı ve hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına oranının DG bölgelerine göre değişimi	87
Şekil 7.3. Geleneksel ısı yalıtım sistemleri ve EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemlerinde ısı yalıtım kalınlığına bağılı olarak Δt_{11} , Δt_{22} , $Abs[Y_{22}]$, Δt_{Y22} , χ_2 ve C_2 'nin değişimi	92
Şekil 7.4. Geleneksel ısı yalıtım sistemleri ve EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemlerinde ısı yalıtım kalınlığına bağılı olarak f , $Abs[Y_{12}]$, Δt_{Y12} ve U 'nun değişimi	93
Şekil 7.5. Farklı geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde ısı yalıtım malzemesi kalınlığına ve duvar malzemesine bağılı olarak Δt_{11} 'in değişimi	94
Şekil 7.6. Farklı geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde ısı yalıtım malzemesi kalınlığına ve duvar malzemesine bağılı olarak Δt_{22} 'nin değişimi	94
Şekil 7.7. Farklı geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde ısı yalıtım malzemesi kalınlığına ve duvar malzemesine bağılı olarak $Abs[Y_{22}]$ 'nin değişimi	95
Şekil 7.8. Farklı geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde ısı yalıtım malzemesi kalınlığına ve duvar malzemesine bağılı olarak Δt_{Y22} 'nin değişimi	95
Şekil 7.9. Farklı geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde ısı yalıtım malzemesi kalınlığına ve duvar malzemesine bağılı olarak χ_2 'nin değişimi	96
Şekil 7.10. Farklı geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde ısı yalıtım malzemesi kalınlığına ve duvar malzemesine bağılı olarak C_2 'nin değişimi	96
Şekil 7.11. Farklı geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde ısı yalıtım malzemesi kalınlığına ve duvar malzemesine bağılı olarak f 'in değişimi	97

Şekil 7.12. Farklı geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde ısı yalıtım malzemesi kalınlığına ve duvar malzemesine bağlı olarak $Abs[Y_{12}]$ 'nin değişimi	97
Şekil 7.13. Farklı geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde ısı yalıtım malzemesi kalınlığına ve duvar malzemesine bağlı olarak Δt_{Y12} 'nin değişimi	98
Şekil 7.14. Farklı geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde ısı yalıtım malzemesi kalınlığına ve duvar malzemesine bağlı olarak U 'nun değişimi	98



TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1. Malzemelere ait ısı özellikler	17
Tablo 3.1. Betonarme donatı çeliği sınıfları ve özellikleri	25
Tablo 4.1. Yıllık net ısıtma enerji ihtiyacı ($Q_{yıl}$) için izin verilen en büyük değerler	31
Tablo 6.1. EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşturulan örnek binaya ait özellikler	57
Tablo 6.2. Binanın özgül ısı kaybı (1., 2. ve 3. DG bölgeleri için uygun olan)	58
Tablo 6.3. Tablo 6.2’de verilen kesitler için örnek binaya ait yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (1. DG)	61
Tablo 6.4. Tablo 6.2’de verilen kesitler için örnek binaya ait yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (2. DG)	62
Tablo 6.5. Tablo 6.2’de verilen kesitler için örnek binaya ait yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (3. DG)	62
Tablo 6.6. Tablo 6.2’de verilen kesitler için örnek binaya ait yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (4. DG)	63
Tablo 6.7. Binanın özgül ısı kaybı (4. DG bölgesi için uygun olan)	64
Tablo 6.8. Tablo 6.7.’de verilen kesitler için örnek binaya ait yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (4. DG)	67
Tablo 6.9. Örnek binada geleneksel yalıtım sistemleri kullanıldığında değişen özellikler	68
Tablo 6.10. EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşan sistem kesitlerinin katmam matrisleri ve ilgili diğer özellikler	70
Tablo 6.11. EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşan sistem kesitlerinin matris değerleri	71
Tablo 6.12. EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşan sistem kesitlerinin dinamik ısı karakteristikleri	72
Tablo 6.13. Yaz konforunun incelendiği duvar kesitleri için yalıtım kalınlıklarının değişimi	73

Tablo 6.14. DY-1 ile belirtilen kesitlere ait özellikler	75
Tablo 6.15. DY-1 ile belirtilen kesitlere ait matris değerleri	76
Tablo 6.16. DY-1 ile belirtilen kesitlerin dinamik ısı karakteristikleri	77
Tablo 6.17. İY-1 ile belirtilen kesitlere ait özellikler	78
Tablo 6.18. İY-1 ile belirtilen kesitlerin matris değerleri	79
Tablo 6.19. İY-1 ile belirtilen kesitlerin dinamik ısı karakteristikleri	80
Tablo 6.20. ÇDY-3 ile belirtilen kesitlere ait özellikler	81
Tablo 6.21. ÇDY-3 ile belirtilen kesitlerin matris değerleri	82
Tablo 6.22. ÇDY-3 ile belirtilen kesitlerin dinamik ısı karakteristikleri	83
Tablo 7.1. EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlarda kullanılan ısı yalıtım malzemesi kalınlıkları ve $Q_{yıl}$ değerleri	84
Tablo 7.2. Farklı ısı yalıtım sistemleri için kullanılan ısı yalıtım malzemesi oranı ve binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı oranının değişimi	85
Tablo 7.3. EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşan sistem kesitlerinin periyodik ısı karakteristikleri	91
Tablo 7.4. Geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde oluşan kesitlerin periyodik ısı karakteristikleri	91
Tablo 8.1. Kış konforu açısından sistemlerin karşılaştırılması	106

RESİM LİSTESİ

	Sayfa No
Resim 1.1. EPS - bloklı, elik donatılı beton taşıyıcı duvarlar	2
Resim 3.1. EPS bloklar	22



SEMBOL LİSTESİ

Sembol	Açıklama	Birim
A	Yapı elemanının alanı	m ²
A _n	Binanın net kullanım alanı	m ²
a	Yayınım katsayısı = $\lambda/\rho c$	m ² /s
b	Isı köprüsü genişliği	m
C	Toplam ısı kapasitesi	J/K
c	Özgül ısı	J/kgK
d	Katman kalınlığı	m
E _c	Betonun elastisite modülü	MPa
f	Azaltma faktörü	-
f _{ck}	Betonun karakteristik silindir basınç mukavemeti	MPa
f _{ctk}	Betonun karakteristik çekme mukavemeti	MPa
g _{i,ay}	i yönüne bakan saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü	-
G _c	Betonun kayma modülü	MPa
H	Binanın özgül ısı kaybı	W/K
H _i	İletimle özgül ısı kaybı	W/K
H _h	Havalandırma ile özgül ısı kaybı	W/K
I	Bina önem katsayısı	-
I _{i,ay}	i yönüne bakan saydam elemanlara düşen aylık ortalama güneş ışınlamı şiddeti	W/m ²
j	Kompleks sayıların sanal eksen birimi = $\sqrt{-1}$	-
KKO _{ay}	Kazanç/kayıp oranı	-
L _{mn}	Periyodik ısıl geçirgenlik	W/m ² K
l	Isı köprüsü uzunluğu	m
n _h	Hava değişim sayısı (h ⁻¹)	-
q	Isı akısı	W/m ²

$Q_{\text{yıl}}$	Yıllık net ısıtma enerji ihtiyacı	Joule
Q_{ay}	Aylık net ısıtma enerji ihtiyacı	Joule
P	Periyod	s
R_a	Hava tabakasının gösterdiği toplam direnç	$\text{m}^2\text{K/W}$
R_s	Sınır hava tabakasının gösterdiği toplam direnç	$\text{m}^2\text{K/W}$
$r_{i,\text{ay}}$	i yönüne bakan saydam yüzeylerin (aylık ortalama) gölgeleme faktörü	-
t	Zaman	s
T, θ	Sıcaklık	$^{\circ}\text{C}, \text{K}$
$T_{iç}$	İç hava sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}, \text{K}$
T_d	Dış hava sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}, \text{K}$
$T(x,t), \theta(x,t)$	x mesafesinde, t zamanındaki sıcaklık	$^{\circ}\text{C}, \text{K}$
U	Isı geçirgenliği (ortamdan ortama)	$\text{W/m}^2\text{K}$
U_l	Isı köprüsünün doğrusal U-değeri	W/mK
U_{lk}	Isı köprüsünün U-değeri	$\text{W/m}^2\text{K}$
V_h	Havalandırılan hacim	m^3
$V_{\text{bürüt}}$	Dış ölçülerle bürüt hacim	m^3
x	Mesafe	m
Y_{mm}	Isıl kabul	$\text{W/m}^2\text{K}$
Y_{mn}	Periyodik ısıl iletkenlik	$\text{W/m}^2\text{K}$
Z	Isı iletim matrisi	-
Z_{mn}	Isı iletim matris elemanı	-
$\alpha_{iç}, \alpha_{dış}$	İç ve dış film katsayıları	$\text{W/m}^2\text{K}$
α_t	Betonun ısıl genleşme katsayısı	$1/^{\circ}\text{C}$
Δt	Zaman ötelenmesi	s
δ	Periyodik nüfuziyet derinliği	m
η_{ay}	Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü ($-<1$)	-
Λ	Isıl geçirgenlik (yüzeyden yüzeye), dalga boyu	$\text{W/m}^2\text{K}, \text{m}$
λ	Isı iletkenliği	W/mK
μ_c	Betonun poisson oranı	-
ξ	Isı köprüsüne bağlı bir faktör, kalınlığın periyodik nüfuziyet derinliğine oranı (d/δ)	-

ρ	Yoğunluk	kg/m ³
$\Phi_{i,ay}$	Aylık ortalama iç kazançlar	W
$\Phi_{g,ay}$	Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı	W
φ	Faz açısı	radyan
χ	Isı kapasitesi	J/m ² K
ω	Açısal hız = $2\pi/T$	rad/s ⁻¹
d/λ	Isıl direnç	m ² K/W
$\frac{dT}{dx}$	Sıcaklık gradyanı	K/m
$\emptyset$	Donatı çapı	mm
Arg	Kompleks sayıların argümanı	radyan
Abs	Kompleks sayıların modülü	-

Alt Simgeler

D, P, Ç, Z, d, d _{sic}	Duvar, pencere, çatı, zemin, dışa açık döşeme (çıkma), düşük sıcaklıktaki mekanları ayıran elemanlar
m, n	Isıl bölgeler

Matematiksel Simgeler

$\wedge$	Kompleks genlik (amplitude)
$ $	Modül
—	Ortalama

Kısaltmalar

B1	Betonarme, kiriş - 0.25 m
B2	Betonarme, kolon - 0.30 m
ÇDY	Çift duvar arası yalıtım

DG	Derece gün
DSB	Duvarda seri bileşen
DSOASB	Düşük sıcaklıktaki ortamları ayıran seri bileşen
DY	Dışardan yalıtım
EPS	Genleştirilmiş polistren köpük
IKSB	Isı köprüsünde seri bileşen
İY	İçerden yalıtım
T	Tuğla
UD	Uygun değil



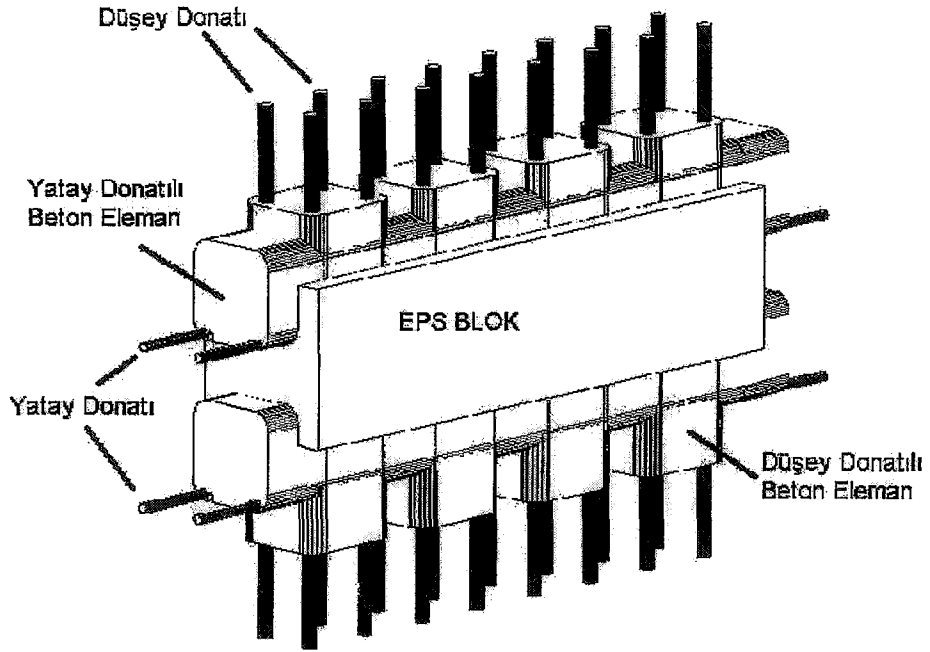
1. GİRİŞ

Günümüzde gelişen teknolojiler sonucu, inşaat sektöründe de yeni malzeme ve sistemler kullanıcıların hizmetine sunulmaktadır. Konut açığı olan ülkemiz açısından önemli bir hedef, ekonomik, hızlı inşa edilebilen ve deprem açısından güvenilir olmasının yanında kış ve yaz şartlarında ısı performansını da yüksek olan (ısı konforu için daha az enerji tüketimi gerektiren) yapı sistemlerinin geliştirilmesidir.

Yukarıdaki şartları sağlayacak yapı sistemlerinin geliştirilmesi için, uluslararası düzeyde de yoğun çalışmalar yapılmaktadır [1, 2]. Bu açıdan dikkat çeken bir sistem, EPS - bloklu, çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardır (Resim 1.1) [3]. Bu duvarların iki tarafında bulunan “Genleştirilmiş Polistiren Köpük - (EPS)” malzemesi, hem yalıtım görevi ve hem de iç kısımda bulunan beton için kalıp görevi görmektedir.

EPS - bloklu, çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlar, küçük farklılıklarla yurt dışında geniş bir kullanım alanına sahiptirler [4-7]. Ülkemizde ise firmaların broşürlerinde önerilmekte ise de, henüz sistemin performansı ülkemiz şartları için tanımlı olmadığından kullanımı gelişmemiştir [8, 9]. Ancak, sistemin ülkemiz şartları için ısı performansının değerlendirildiği herhangi bir çalışma mevcut değildir.

EPS - bloklu, çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşan sistemde, fabrikada üretilmiş EPS blokların üst üste konmasıyla hızlı bir duvar inşası mümkün olurken; kalıp işçiliğinde sağlanacak ekonomi ile de, maliyette önemli bir düşüş sağlanması beklenir. Resim 1.1’de görüldüğü üzere, çelik donatılı beton çekirdeğin oluşturduğu rijit-sürekli perdelerden dolayı, deprem yükleri karşısındaki güvenilirliğinin de yeterli olabileceği düşünülmektedir. Ancak bu konunun kesin hesap sonuçları ile değerlendirilmesi ülkemiz açısından hayati önem taşımaktadır. Isı performanstan çok daha farklı olduğundan ve birlikte incelenmesi halinde tez çalışması içeriğini çok genişleteceğinden; sistemin deprem yükleri karşısındaki davranışı, bu tez çalışmasının kapsamı dışında bırakılmıştır ve “EPS - Bloklu, Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvar Sistemi” konulu bir başka Yüksek Lisans Tezi olarak incelenmektedir [3].



Resim 1.1. EPS - bloklu, çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlar [3]

İki taraftaki EPS yalıtım katmanının, binanın ısı iletimini ve dolayısıyla enerji gereksinimini azaltması ve kış konforu açısından yeterli olması beklenmektedir. Ancak iç taraftaki EPS yalıtım katmanı dolayısıyla, sistemin yaz konforu açısından verimliliği şüphelidir. Bu tez kapsamında, EPS - bloklu, çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşan sistemin, ısı performansını kış ve yaz şartları için ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Yaz ve kış şartlarında meydana gelen ısı iletim rejimleri ve konfor şartları üzerindeki etkili malzeme özellikleri farklıdır. Bir sistemin ısı verimi ise tabiatıyla tüm yıl içindeki performansı ile belirlidir. Ülkemizde, “TS 825 - Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”, kış şartları için ısı performansını değerlendirmektedir [10]. prEN 33786 (1993)’dan tercüme edilmiş olan “TS prEN 33786 - Yapı Elemanlarının Isıl Performansı-Isıl eylemsizlik Karakteristikleri-Hesaplama Metotları”, içeriği açısından yaz şartları için değerlendirme yapmaya imkân tanımaktadır [11]. Tez çalışmasında, önce TS prEN 33786 esas alınmıştır. Ancak yapılan kaynak taraması sonucu bu standardın EN haline gelmediği ve yerine “ISO 13786 - Thermal Performance of Building Components - Dynamic Thermal Characteristics - Calculation Methods”ın kullanıldığı ve içerikleri benzer olmakla birlikte TS prEN 33786’da önemli eksiklerin mevcut olduğu belirlenmiştir [12, 11]. Bu

sebeple tez çalışması kapsamında yaz konforu ile ilgili değerlendirmeler ISO 13786'ya göre yapılmıştır.

Bu çalışmada, sistemin kış konforu açısından yeterliliği örnek bir proje üzerinde TS 825'de tarif edilen hesap yöntemine göre belirlenmiş ve binanın ısıtma amaçlı enerji gereksiniminin standarda uygunluğu irdelenmiştir. EPS - bloklu, çelik donatılı beton taşıyıcı duvarların kullanılması durumunda hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, aynı binanın geleneksel sistemlerle (içerden, dışardan, çift duvar arası yalıtım) yalıtılması halinde hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları ile karşılaştırılmıştır. Hesaplamalar TS 825'de verilen dört farklı iklim bölgesi için tekrarlanmıştır. Ülkemizde EPS - bloklu, çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlar hakkında gerçekleştirilmiş başka yayın ve/veya araştırma bulunamamıştır. İleri çalışmalarda farklı bina tipleri için benzer karşılaştırmaların yapılması faydalı olacaktır.

ISO 13786 ve periyodik rejimde binaların ısı davranışı ile ilgili Türkçe araştırma da mevcut değildir. Ancak uluslararası yayınlara bakıldığında, bu konu ile ilgili araştırmaların 1973'lerde başladığı ve günümüze kadar gelişerek devam ettiği görülmektedir [13-24]. Tez kapsamında incelenen sistemin yaz konforu açısından değerlendirilmesi ISO 13786'ya göre yapılmış ve yine geleneksel yalıtım sistemleri için ISO 13786'ya göre gerçekleştirilen hesap sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Standardın değerlendirilmesi sırasında özellikle [16, 22] kaynaklarından faydalanılmıştır.

Sonuçlardan faydalanarak, geleneksel uygulamalara alternatif olarak sunulan, EPS - bloklu, çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşan sistemin ülkemiz iklim şartlarındaki ısı verimliliği ve ülkemiz şartlarındaki kullanılabilirliği karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında; hesap sonuçlarının ve değerlendirmelerin verildiği bölümlerden önce, sabit ve periyodik ısı iletim rejimleri ile ilgili genel bilgiler verilmiş; TS 825 ve ISO 13786'daki hesap metodları açıklanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Isıl konfor, kullanıcıların sağlıklı ve üretken olmaları için gerekli olan ısı şartların sağlanmasıdır. Isıl konforun sağlanması ve/veya bu amaçla daha az enerji tüketiminin gerekli olması ise, sistemin ısı performansının uygun olduğunu gösterecektir. Isıl performansın değerlendirilmesinde kullanılan iki önemli terim sıcaklık ve ısı, ülkemizde genellikle yanlış şekilde birbirinin yerine kullanılmaktadır. Öncelikle bu farkın belirlenmesi tercih edilmiştir.

Sıcaklık, sisteme ait, sistemin kütesinden bağımsız ve ısı alış verişine sebep olan bir özelliğidir. Sistemi oluşturan maddelerin atomsal titreşimlerinin hızını (kinetik enerjisini) ifade eden bir niceliktir. Bir maddenin sıcaklığı, bu maddeyi meydana getiren atomların titreşim hızı ile (ortalama kinetik enerjisiyle) doğru orantılıdır. SI sisteminde birimi K veya °C'dır.

Isı ise, sistemlerin sıcaklık farkları nedeniyle oluşan ve iletim halindeki enerjiyi ifade eden bir büyüklüktür. Sisteme ait bir özellik değildir. Dolayısıyla duvarın, havanın vb. madde ve maddeler topluluğunun ısısından bahsedilemez. Ancak sıcak ve soğuk ortamlar/malzemeler arasında iletilen ısıdan veya ısı alışverişinden bahsedilebilir. SI sisteminde birimi Joule'dür.

2.1. Isı İletim Mekanizmaları

Sıcaklık farkları nedeniyle kütle değişimi olmadan meydana gelen enerji alışverişi olayına ısı iletimi denir. Bilindiği üzere ısı iletimi için üç farklı yol tanımlanır. Ancak binalarda buharlaşma -yoğuşma çevrimi ile de önemli miktarda ısı iletimi gerçekleştiğinden bu mekanizmayı da dördüncü bir iletim şekli olarak tarifleyen kaynaklara da rastlanmaktadır [25]:

- Kondüksiyonla (İletimle) ısı iletimi
- Konveksiyonla (Taşınım) ısı iletimi
- Radyasyonla (Işınım) ısı iletimi
- Buharlaştırma - yoğunlaşma çevrimi ile ısı iletimi

Kondüksiyonla ısı iletimi, bir cismi meydana getiren atomların bulundukları konumda gerçekleştirdikleri titreşim hareketleri sırasında birbirleriyle çarpışmaları sonucu gerçekleşen enerji alışverişidir. Sıcak bölgedeki atomların ortalama kinetik enerjileri dolayısıyla titreşim hızları, sıcaklığın daha düşük olduğu bölgelerdeki atomların ortalama kinetik enerjilerinden dolayısıyla titreşim hızlarından fazladır. Sonuç olarak sıcaklığın yüksek olduğu bölgedeki atom, yüksek titreşim hızıyla komşu atoma çarptığında; kendi titreşim hızı biraz azalırken komşu atomun titreşim hızı biraz artar. Tekrarlı bir şekilde gerçekleşen çarpışmalar sonucunda, sıcak bölgedeki atomların kinetik enerjilerindeki azalma dolayısıyla bölgenin sıcaklığı düşerken; soğuk bölgedeki atomların kinetik enerjilerindeki artış dolayısıyla bölgenin sıcaklığı artar. Kesit içindeki atomların kinetik enerjileri eşit olduğunda, sıcaklık (atomların titreşim hızları) tüm kütlede aynı değere ulaşır ve enerji iletimi durur. Bu şekildeki ısı iletiminde atomların diziliş sıklığı önemlidir. Bu nedenle kondüksiyonla ısı iletiminin büyüklüğü açısından, katılar > sıvılar > gazlar şeklinde bir sıralanma gerçekleşir. Hatta, gazlarda atomlararası mesafe çok büyük olduğundan kondüksiyonla ısı iletimi çok küçüktür ve bazı uygulamalarda, gazlardaki kondüksiyonla ısı iletimi ihmal edilir.

Eğer ortamda serbest elektron var ise ısı iletimi, yüksek enerjili (yüksek sıcaklıktaki) elektronların düşük enerjili (düşük sıcaklıktaki) bölgeye hareketi ile gerçekleşir. Serbest elektronu mevcut olan bir maddenin ısı iletimi, atomların titreşimi ile gerçekleşecek ısı iletiminden 10 veya 100 kat daha yüksek olur [26]. Bu nedenle katılar içinde metallerin ısı iletimi en yüksektir.

Konveksiyonla (taşınım) ısı iletimi, atom veya moleküllerin uzun mesafeli hareketleri sonucu gerçekleşen ısı iletimidir. Konveksiyonla ısı iletimi sadece akışkan malzemelerde (sıvı ve gazlarda) gerçekleşir. Katılarda konveksiyonla ısı iletimi gerçekleşmez.

Konveksiyonla ısı iletim miktarı, gazlarda sıvılardan daha fazladır. Ancak akışkanın bulunduğu hacim çok küçülürse (gözenek çapı ≤ 4 mm) konveksiyonla ısı iletimi gerçekleşmez; gözenek çapı ≤ 6 mm olduğunda, konveksiyonla ısı iletimi ihmal edilir [27]. Gazın hareket edebileceği hacim arttıkça konveksiyonla ısı iletimi artar.

Radyasyonla ısı iletimi, elektromanyetik dalgalarla gerçekleşen ısı iletimidir. Elektromanyetik dalgalar, birbirine dik iki düzlemde sinüzoidal olarak ilerleyen elektrik ve manyetik alanlar ile bu dalgalara eşlik eden kütsüz enerji parçacıklarından (foton) oluşur. Dalga boyu küçüldükçe elektromanyetik dalganın enerjisi artar; tersine dalga boyu büyüdüğü ise elektromanyetik dalganın enerjisi azalır. Kondüksiyonla ve konveksiyonla ısı iletiminden farklı olarak, radyasyonla ısı iletimi için arada herhangi bir madde bulunması gerekmez. Elektromanyetik dalgalar boşlukta da ilerlerler. Bu nedenle farklı sıcaklıklara sahip ve birbirleri aralarında engelleyici bir ortam olmadan gören iki malzeme arasında radyasyonla ısı iletimi gerçekleşir. Engellenmesi mümkün değildir.

Buharlaşıma - yoğuşma çevrimi ile ısı iletimi, suyun sıvı fazdan buhar fazına geçerken çevresinden bir miktar ısı alıp, tekrar sıvı faza geçerken aldığı ısıyı çevresine vermesiyle gerçekleşir. Bu çevrim özellikle binalar için önemli olmaktadır. Çünkü yüzme havuzu gibi yoğun su kütsünün bulunduğu hacimlerde buharlaşan suyun, hacmin çok farklı uzaklıklarında yoğuşması mümkündür ve ihmal edilemeyecek kadar büyük ısı iletimi gerçekleşebilir. Ayrıca, eleman kesitindeki küçük gözeneklerin sıcak yüzeylerinde buharlaşan suyun soğuk yüzeylerde yoğuşması ile de eleman kesitinde (malzeme içinde) önemli miktarda ısı iletimi gerçekleşebilmektedir. Bu sebeple bina ile ilgili çalışmalarda ısı iletim çeşitleri arasında buharlaşma - yoğuşma çevriminin de sayıldığı görülmektedir.

2.2. Isı İletim Rejimleri

Isı iletimi zamana bağlı bir büyüklüktür ve ısı iletiminin zamana bağlı davranışları ısı iletim rejimleri olarak incelenmektedir. En genel haliyle ısı iletim rejimleri sabit rejim ve değişken rejim olarak ikiye ayrılır.

2.2.1. Sabit rejim

Sabit rejim, sabit sıcaklıklar etkisinde meydana gelen ısı iletimidir; herhangi iki eşit zaman aralığında iletilen ısı enerjisi miktarı aynıdır. Sabit rejim şartlarında sadece elemanın ısı iletimine karşı gösterebildiği ısı direnç önemlidir. Bu direnç, elemanı oluşturan katmanlardaki malzemelerin ısı iletkenlik değerleri (λ) ve katman kalınlıklarından (d) faydalanılarak bulunur. Her katmanın ısı direnci d/λ ile hesaplanır ve bunların toplamı elemanın sıcak ve soğuk yüzeyleri arasındaki toplam ısı direncini verir. Katmanların sıralanmasının, elemanın ısı davranışı üzerine bir etkisi yoktur. Bu rejimde, sadece elemandan iletilen ısı enerjisi miktarı ve kesit sıcaklıkları hesaplanır [28] (Şekil 2.1).

Sabit rejim şartlarında, homojen bir malzemedeki ısı akısı en genel haliyle eşitlik (1) ile ifade edilir [29].

$$q = -\lambda \cdot \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

Eşitlik (1)'de;

q : Isı akısını (birim alandan birim zaman da iletilen ısı enerjisi miktarını) (W/m^2),

λ : Isı iletkenliğini (W/mK),

$\frac{dT}{dx}$: Sıcaklık gradyanını (sıcaklık değişimi eğrisinin eğimini) (K/m),

T : Sıcaklığı ($^{\circ}C$, K),

x : Kalınlığı (m) göstermektedir.

d kalınlığında, iki yüzü arasındaki sıcaklık farkı ($T_2 - T_1$) olan homojen bir elemanda ısı akısı:

$$q = \frac{\lambda}{d} \cdot (T_2 - T_1) \text{ 'dır.} \quad (2)$$

d kalınlığında, çok tabakalı ve ayırdığı ortamlar arasındaki sıcaklık farkı ($T_2 - T_1$) olan elemanda ise ısı akısı aşağıdaki eşitliklerden faydalanılarak hesaplanır.

$$q = U \cdot (T_2 - T_1), \quad (3)$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_{dış}}}, \quad (4)$$

$$\frac{1}{\Lambda} = \sum \frac{d}{\lambda} \quad (5)$$

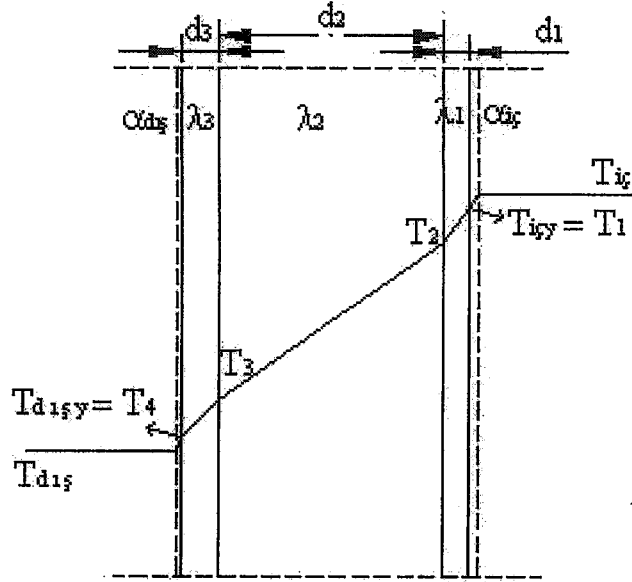
Kesit sıcaklıkları (6) nolu, iç yüzey ve dış yüzey sıcaklıkları ise sırasıyla (7) ve (8) nolu eşitlikler ile belirlenir (Şekil 2.1):

$$T_n = T_{n-1} - q \cdot (d_{n-1} / \lambda_{n-1}) \quad (6)$$

$$T_{içy} = T_{iç} - q \cdot (1 / \alpha_{iç}) \quad (7)$$

$$T_{dış} = T_{dışy} - q \cdot (1 / \alpha_{dış}) \quad (8)$$

Sabit rejim şartlarında (kış şartlarında) binaların ısı performansının incelenmesi TS 825'deki kurallara göre yapılmaktadır. TS 825 ile ilgili detaylı açıklamalar Bölüm 4'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Sabit rejim şartlarında çok katmanlı elemanda kesit içinde sıcaklık değişimi

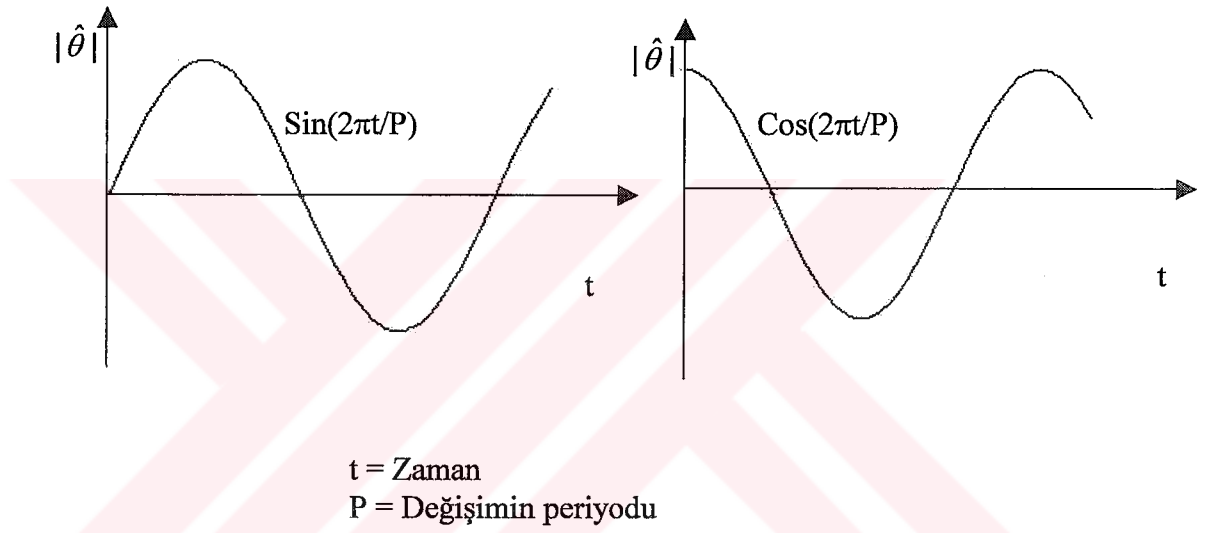
2.2.2. Değişken rejim

Değişken rejim, değişken sıcaklıklar etkisi altında meydana gelir. Herhangi iki eşit zaman aralığında iletilen ısı enerjisi miktarı farklıdır. Değişken rejim şartlarında, elemanın ısıl direncinin yanında, elemandan ısının geçiş hızı ve elemanda ısının depolanabilme kapasitesi de önemlidir. Bu özellikler üzerinde, elemanı oluşturan malzemelerin ısıl iletkenliğinin yanında özgül ısılarının ve yoğunluklarının da büyük önemi vardır. Ayrıca değişken rejim şartlarında, elemanın ısıl davranışı üzerinde, katmanların sıralanışı da etkilidir. Bu rejimde, ısı iletimi miktarı ve kesit sıcaklıklarının yanında, ortam ve/veya yüzey sıcaklıklarının değişim genliklerinin oranı (sönüm oranı) ve dış sıcaklığın iç ortamı etkilemesi için geçen süre (faz kayması - zaman ötelenmesi) de hesaplanır [28]. Faz kaymasının (zaman ötelenmesinin) daha genel tanımı için “bir olayın en büyük genliği ile bu olayın etkisinin en büyük genliği arasındaki zaman farkıdır” ifadesi kullanılmaktadır [11].

Binalar için değişken şartlardaki ısı iletimi, değişken rejimin özel hali olan, sıcaklığın ve ısı akısının 24 saatlik bir periyotla sinüzoidal değişim gösterdiği periyodik rejim

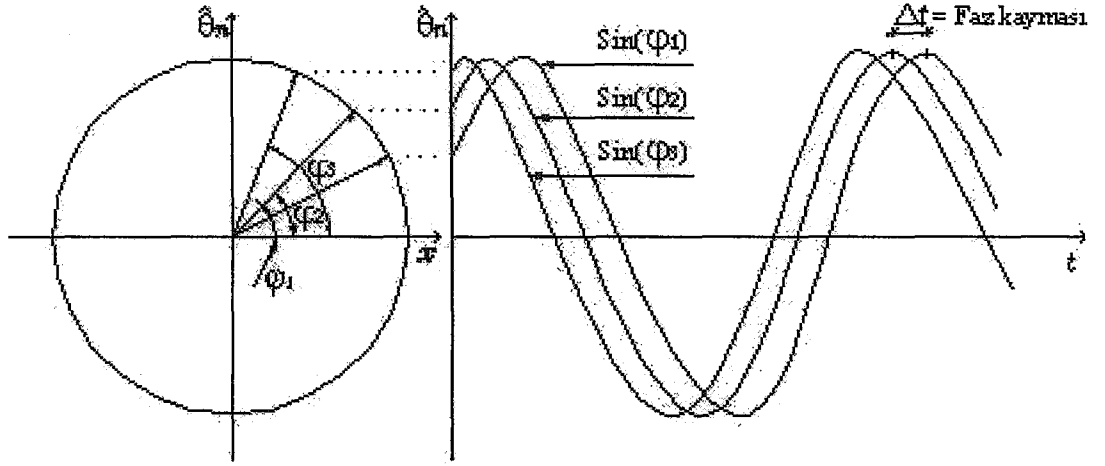
şartlarında incelenmektedir ve sıcaklık, genellikle T yerine θ sembolü ile ifade edilmektedir. $\hat{\theta}$ ise sinüzoidal değişimin kompleks genliğini göstermektedir (Şekil 2.2). Sinüzoidal değişim, sıcaklığın maksimum ve minimum değerler arasında $\sin(2\pi t/P)$ veya $\cos(2\pi t/P)$ 'ye bağlı olarak değişmesidir [16].

Binaların ısı davranışı incelenirken kullanılan periyod yukarıda belirtildiği gibi 24 saattir. Günü hangi saatinin başlangıç olarak alınacağı önemli değildir; t sıfır (0)'dan başlatılır [16].

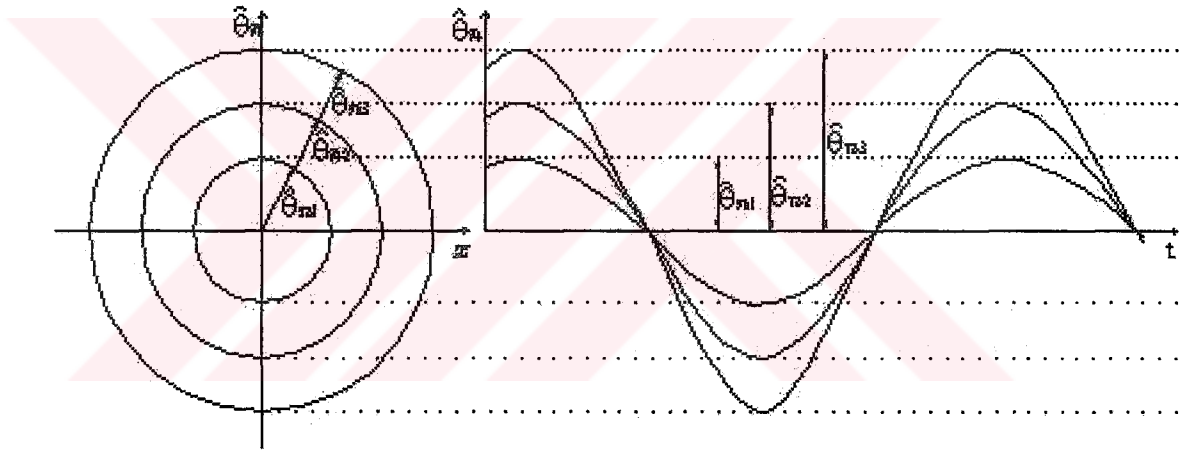


Şekil 2.2. Periyodik rejimde sıcaklığın zamanla değişimini gösteren Sin ve Cos grafikleri

Genlik azalması ve faz kayması genel anlamda dairesel harekette, farklı açı ve genlikle meydana gelen hareketlerin zamana göre değişimlerinin incelenmesi sonucu ortaya çıkan büyüklüklerdir. Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı üzere, genlik azalması, dairesel hareketteki en büyük genlikteki azalma; faz kayması ise aynı genliğin meydana geldiği zamandaki ötelenme olmaktadır. Şekil 2.3'de faz kayması Şekil 2.4'de ise genlik azalmasının bu açıdan ifadesi gösterilmiştir.

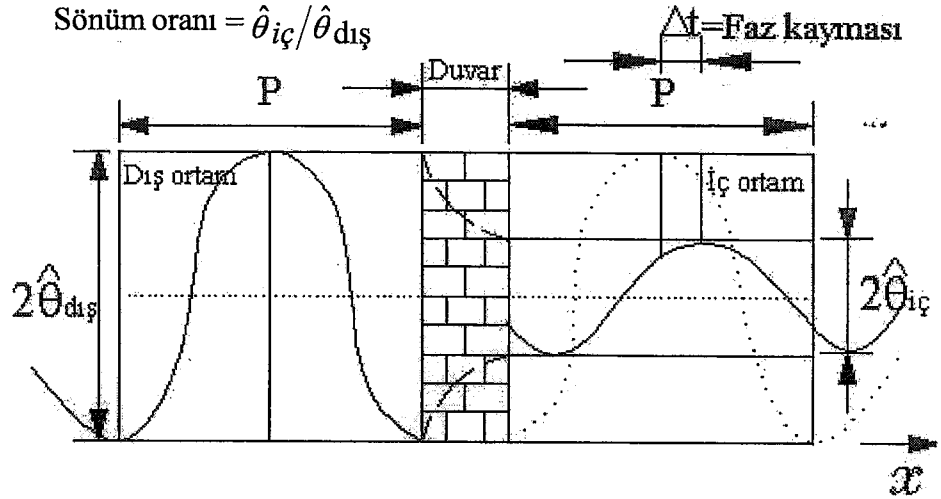


Şekil 2.3. Farklı faz açıları için sinüs eğrileri (aynı periyotta fakat faz farkı ile gerçekleşen dairesel hareketlerin zaman ekseninde gösterimi)



Şekil 2.4. Farklı genlikler için sinüs eğrileri (aynı periyotta fakat farklı genlikteki dairesel hareketlerin zaman ekseninde gösterimi) -

Yukarıda genel olarak verilen açıklamaların bina elemanlarındaki (duvarlarda) ifadesi ise Şekil 2.5’de gösterilmiştir. Özellikle yaz konforu için periyodik rejim değerlendirmesi yapıldığından Şekil 2.5’de; duvarın dış yüzünde çok daha büyük genlikle oluşan sıcaklık değişiminin, duvarın iç yüzünde aynı periyod fakat daha küçük genlik ve zaman ötelenmesi ile meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 2.5. Periyodik rejim ile ilgili eleman özelliklerinin (sönüm oranı ve zaman ötelenmesi - faz kayması) gösterimi

Uluslararası standartlarda, genel anlamda verilen zaman ötelenmesi ($\equiv$ time shift), faz açısının negatif (incelenen durumun gecikmeli olarak meydana gelmesi) veya pozitif (incelenen durumun önce meydana gelmesi) olmasına göre farklı şekilde isimlendirilmektedir [12]. Faz açısının negatif olması durumu “time lag” olarak isimlendirilirken; pozitif olması durumu “time lead” olarak tanımlanmaktadır. Ancak, uluslararası makalelerde bu ayırım henüz yapılmamaktadır. Ülkemizde de genel olarak zaman ötelenmesi ($\equiv$ faz kayması veya faz farkı) tanımları “time shift”in yerine kullanılmakta; başka terimler belirtilmemektedir.

Değişken rejim şartlarında bir boyutlu ısı iletiminin zamana bağlı davranışını ifade etmek üzere;

$$\frac{dT}{dt} = a \cdot \frac{d^2T}{dx^2} \quad (9)$$

eşitliği kullanılır (Fourier formülü) [29].

Eşitlik (9)’da;

a : yayılım katsayısı = $\lambda/\rho c$ (m^2/s),

λ : ısı iletkenliği (W/mK),

ρ : yoğunluğu (kg/m^3),

c : özgül ısı (J/kgK)'yı göstermektedir.

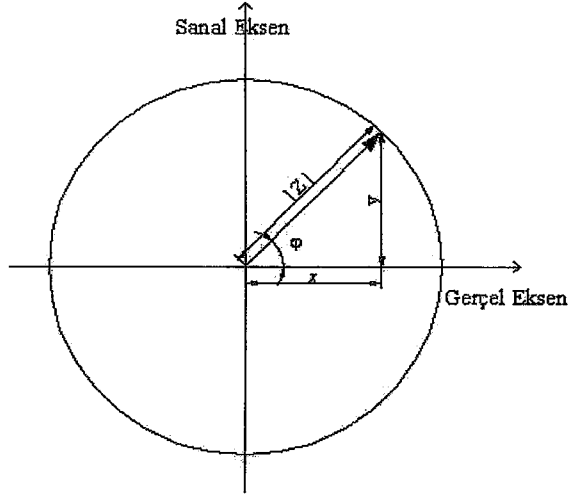
Bu eşitliğe göre herhangi bir kesitteki sıcaklığın zamana göre değişimi, sıcaklığın x 'e göre ikinci türevi ile orantılıdır. a katsayısı incelendiğinde ise, sıcaklığın zamana göre değişiminin ısı iletkenliği ile doğru, özgül ısı ve yoğunluk ile ters orantılı olarak etkilendiği görülmektedir.

Hesaplarda sinüs ve kosinüslü ifadeler yerine, eksponansiyel gösterimin kullanılması tercih edilir [16]. $\exp(j\phi)$ yatayla ϕ radyan açısı yapan birim uzunluktaki vektörü ifade eder [16] (Şekil 2.6). Yukarıda belirtilen vektör fiziksel olarak anlamlı bir büyüklüğü açıklamak için kullanıldığında; vektörün yataydaki izdüşümünün $[\equiv \cos(\phi)]$, gözlemlenebilir bir büyüklüğe karşılık geldiği kabul edilir [16]. $\exp(j\phi)$ ϕ üzerinde periyodiktir:

$$\exp(j(\phi+\pi)) = -\exp(j\phi) \text{ ve } \exp(j(\phi+2\pi)) = \exp(j\phi) \text{ [16].}$$

Isı iletiminin periyodik değişimi için bu yaklaşım kullanıldığında, yüzey sıcaklığının değişiminin sinüzoidal olduğu kabulü ile ve $\hat{\theta}_n$ yüzeydeki sıcaklık değişiminin kompleks genliğini ifade etmek üzere, yüzey sıcaklık değişimi $\hat{\theta}_n \exp(j2\pi t/P)$ şeklinde yazılabilir [16]. Yüzey sıcaklığı $t = 0, P/4, P/2, 3P/4, P$ zamanlarında sırasıyla $\hat{\theta}_n, 0, -\hat{\theta}_n, 0, \hat{\theta}_n$ olacaktır [16]. Şekil 2.6'da periyodik rejim şartlarında kompleks sayıların kullanılışı ile ilgili açıklamalar verilmiştir.

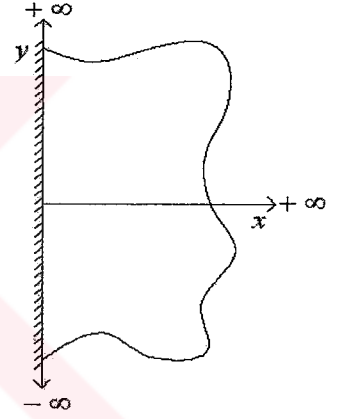
Binalarda periyodik rejimde ısı iletimi veya bu rejimin deforme olmuş şekliyle ilgili uluslararası çalışma ve yayın mevcuttur [30]. Uluslararası standartlarda periyodik rejim esas alınmış ve hesaplar bu rejim için yapılmıştır. Aşağıda ISO 13786 standardında tanımlanan hesaplamalarda kullanılan büyüklüklerle ilgili genel açıklamalar verilmiştir. Ayrıca [16] nolu kaynakta verilen detaylı açıklamaların bir özeti sunulmuştur.



$$\begin{aligned}
 Z &= x + jy \\
 j &= \sqrt{-1} \\
 Z &= |Z| \cdot \exp(j \varphi) \\
 Z &= |Z| \cdot (\cos \varphi + j \sin \varphi) \\
 |Z| &= \sqrt{x^2 + y^2} \\
 y &= |Z| \cdot \sin \varphi \\
 x &= |Z| \cdot \cos \varphi \\
 \varphi &= \arctan(y/x) : \text{Faz Açısı (radyan)}
 \end{aligned}$$

Şekil 2.6. Periyodik rejim şartlarında kompleks sayıların kullanımı ile ilgili açıklamalar

Periyodik rejim için, yarı sonsuz kalınlıktaki dilimde (bir tarafı açık yüzeye sahip, x doğrultusundaki diğer yüzeyi sonsuza uzanan bir katı) ısı iletiminin dalga hareketi yalnızca pozitif doğrultuda mümkün olur [16] (Şekil 2.7). Yüzeyden x mesafesinde ve t zamanında ölçülen sıcaklık ISO 13786'da ve genellikle diğer uluslararası yayınlarda $\theta(x, t)$ ile gösterilmektedir. Katı içerisindeki herhangi bir kesitte gerçekleşen ısı akısı, $q(x, t)$, (10) nolu eşitlikle; katı içindeki sıcaklık, $\theta(x, t)$, ise (11) nolu eşitlikle verilmektedir [16].



Şekil 2.7. Yarı sonsuz dilim

$$q(x, t) = -\lambda \frac{\partial \theta(x, t)}{\partial x} \quad (10)$$

$$\begin{aligned}
 \theta(x, t) &= \hat{\theta}_n \exp \left[- \left(\frac{\pi \rho c x^2}{P \lambda} \right)^{1/2} \right] \exp \left[-j \left(\frac{\pi \rho c x^2}{P \lambda} \right)^{1/2} \right] \exp \left[j \frac{2\pi t}{p^-} \right] \\
 (11i) \quad (11ii) \quad (11iii) \quad (11iv)
 \end{aligned} \quad (11)$$

(11) nolu eşitliğin ilk terimi (11i), etkili olan değişimin genliğini ifade eder. İkinci (11ii) terimi, katı içinde genlikteki eksponansiyel azalmayı belirtir. Üçüncü (11iii) terimi,

t 'nin herhangi bir sabit değerinde, $\theta(x,t)$ 'nin " x " üzerinde periyodik olduğunu belirtir ve dalga boyunun (Λ) aşağıdaki (12) nolu eşitlik ile hesaplanabileceği belirtilmektedir [16].

$$\Lambda = \left(\frac{4\pi P \lambda}{\rho c} \right)^{1/2} \quad (12)$$

Üçüncü (11iii) ve dördüncü (11iv) terimler aşağıdaki eşitliği verecek şekilde birleştirilebilirler [16].

$$\theta(x,t) = \hat{\theta}_n \exp \left[- \left(\frac{\pi \rho c x^2}{P \lambda} \right)^{1/2} \right] \cos \left[2\pi \left(\frac{t}{P} - \frac{x}{\Lambda} \right) \right] \quad (13)$$

(11i) (11ii) (13v)

(13v) nolu terim dalganın hareketi için standart matematiksel ifadenin bir parçasıdır [17]. "P" dalga hareketinin zaman periyodikliğini, " Λ " uzay periyodikliğini gösterir ve " $a = \lambda/\rho c$, yayılım katsayısına" bağlıdır [16].

Dalga oldukça yüksek bir sönümlenmeyle ilerler. Sadece bir dalga boyu derinliğinde ($x = \Lambda$) ikinci (11ii) genlik terimi $\exp(-2\pi)$ veya 1/535 değerini alır [16]. Örneğin tuğlalar için $\lambda = 0.84$ W/mK, $\rho = 1700$ kg/m³ ve $c = 800$ J/kgK olması durumunda $\Lambda = 0.82$ m'dir ve bu derinlikte sıcaklık değişimi, gün boyunca yüzeydeki değişimin yalnız 1/535'de biri kadar olacaktır [16]. Ülkemizde yatay delikli tuğlalar kullanılmaktadır. Malzeme özellikleri olarak, $\lambda = 0.45$ W/mK [10], $\rho = 700$ kg/m³ [10] ve $c = 921.6$ J/kgK [31] alınırsa dalga boyu $\Lambda = 0.76$ m olur ve genlikte 1/535 oranında bir azalma meydana gelmesi için 0.82 m yerine 0.76 m gerektiği anlaşılmaktadır.

Yapı elemanının ısı davranışı, ayırdığı ortamlardaki değişimden ziyade yüzeylerindeki değişimlerle ifade edilir. Bu durumda (14) nolu eşitlik ile yüzeydeki birim sıcaklık değişimi için, sonsuz kalınlıktaki bir elemanın yüzeyinden gerçekleşen ısı akısının hesaplandığı düşünülebilir ve bu oran, karakteristik kabul (characteristic admittance)

olarak isimlendirilmektedir. Vektörel bir büyüklük olan karakteristik kabul kalınlıktan bağımsızdır [16].

$$\frac{q(0,t)}{\theta(0,t)} = \left(\frac{2\pi\lambda\rho c}{P} \right)^{1/2} \exp\left(j\frac{\pi}{4}\right) = \vec{a} \quad (14)$$

(14i)
(14ii)

Eşitlik (14)'deki (14i) terimi karakteristik kabulün büyüklüğünü gösterir [16]. Bu terimde $\lambda/\rho c$ (veya $\rho c/\lambda$) yerine, $\lambda\rho c$ ifadesi bulunmaktadır. $\lambda\rho c$ çarpımı malzemenin, yüzeyinden temas eden ısıyı içeri doğru yönlendirme ve bu yüzeyin arkasında depolama kabiliyetini gösterir [16]. $\lambda/\rho c$ 'den farklı olarak, $\lambda\rho c$ malzemeden malzemeye büyük değişim gösterir. Sonuç olarak tuğla veya beton, yalıtım malzemelerinden çok daha yüksek karakteristik kabul değerine (admittance) sahip olacaktır [16]. Tablo 2.1'de bazı malzemeler için bu büyüklüklerin değerleri gösterilmiştir.

Malzemenin ısı kapasitesi veya depolama kabiliyeti (ρc), yalnızca zaman içinde değişen rejimde anlamlı olur. Ayrıca, periyodik ısı akısı durumunda ısı kapasite, daima periyodik zamanla birlikte görülür. Yani $\rho c/P$ şeklinde ifade edilir. P büyüdükçe (kararlı rejim şartlarına yaklaştıkça), tabiatıyla yüzeydeki birim sıcaklık değişimini takip eden ısı akısı da sıfıra yönelecektir [16].

Günlük sinüzoidal değişime maruz tuğla için ($\lambda = 0.84$ W/mK, $\rho = 1700$ kg/m³, $c = 800$ J/kgK) karakteristik kabulün büyüklüğü 9.1 W/m²K'dir. Yoğun normal beton daha büyük değerlere, hafif malzemeler ise daha küçük değerlere sahiptir [16]. Ülkemizde kullanılan boşluklu tuğlayı göz önüne alırsak ($\lambda = 0.45$ W/mK [10], $\rho = 700$ kg/m³ [10] ve $c = 921.6$ J/kgK [31]) karakteristik kabul değeri 4.59 W/m²K bulunur.

Tekrar (14) nolu eşitliğe dönülürse, (14ii) terimi, θ ve q 'nun sinüzoidal olarak değişmesi durumunda, maksimum değerlerinin aynı zamanda meydana gelmediğini göstermektedir. Ortamla yüzey arasındaki ısı alışverişi söz konusu olduğunda q fazının, sıcaklığın önünde olduğunu ve bu zaman farkının açısı olarak $\pi/4$ radyan ($= 45^\circ$, zaman olarak çevrimin 1/8'i veya 24 saatlik çevrimde 3 saatlik bir süre) olduğunu

göstermektedir [16]. Eğer dilim tamamen direnç olarak düşünülürse, q sıcaklıkla aynı fazda olacaktır. Eğer dilim tamamen kapasitans olarak düşünülürse, q sıcaklığın 90° önünde olacaktır, yani ısı akısı önde olmak üzere q ile θ zıt fazlı olurlar. Bu durum elektriksel yüklü kondansatöre benzetilebilir. Kondansatör yükle dolu iken voltaj maksimumdur, fakat akım sıfırdır. Kondansatörün iki yüzünün iletkenle birleştirilmesi sonucu akım maksimum olurken voltaj sıfır olur [16].

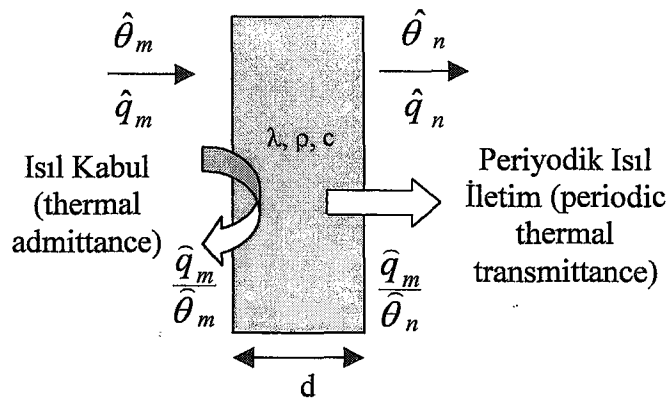
Tablo 2.1. Malzemelere ait ısı özellikler

Malzemeler	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	c (J/kgK)	$\lambda/\rho c$ (m ² /s) *10 ⁻⁵	$\lambda \rho c$ (kg ² /s ² K ²)
Demir, saf*	72.7	7987	452	2	262456014.8
Demir***	-	7900	452	-	-
Dökme demir, C %4*	51.9	7272	419	1.7	158137639.2
Karbon çeliği, C %0,5*	53.7	7833	465	1.5	195593926.5
Çelik**	58	7800	460.8	1.614	208465920
Çelik***	-	7840	465	-	-
Mermer*	2.77	2499	808	0.14	5593161.84
Mermer**	2.33	2700	882	0.13	6058699.12
Karo fayans**	1.05	1700	882	0.098	5548662
Beton***	-	2000	880	-	-
Beton*	0.814	1906	879	0.07	1574370
Beton plaklar**	1.45	2400	961.2	0.05	1363754.436
Kumlu, çakıllı, demirli, çeşitli yoğunlukta ağır beton veya betonarme elemanlar**	0.96	1800	921.6	0.063	3344976
	1.16	2000		0.058	1592524.8
	1.39	2200		0.063	2138112
	1.63	2400		0.069	2818252.8
	1.74	2500		0.074	3605299.2
Gaz beton GS 50**	0.38	640	1051.2	0.076	4008960
Gaz beton GS 75**	0.41	780	1051.2	0.056	255651.84
Köptük beton duvar****	0.18	500	1000	0.05	336173.76
Sıva, alçı taşı*	0.485	1442	837	0.036	90000
Çimento – kireç sıva**	0.87	1900	1051.2	0.04	585372.69
Kireç sıva**	0.81	1600	961.2	0.043	1737633.6
Çimento harcı**	1.4	2100	1051.2	0.053	1245715.2
Çimento şap**	1.4	2200	1000.8	0.063	3090528
Tuğla***	-	1800	837	0.064	3082464
Tuğla, adi*	0.692	1602	837	-	-
Tuğla (Dolu Mz)**	0.52	1200	921.6	0.052	927884.808
	0.79	1800		0.047	575078.4
Delikli Tuğla**	0.52	1200	921.6	0.048	1310515.2
Tuğla duvar****	0.84	1700	840	0.047	575078.4
Çam yünü*	0.0398	200	670	0.059	1199520
Sarı çam odunu*	0.147	641	2805	0.03	5333.2
Çam odunu*	0.109	417	2721	0.008	264306.735
Çam parke**	0.14	520	1681.2	0.01	123677.613
Ahşap***	-	700	2390	0.016	122391.36
Ahşap****	0.13	630	1360	-	-
Kil***	-	1458	879	0.015	11384
Kil duvar****	0.81	1400	1100	-	-
Su***	-	988	4182	0.053	1247400
* [29]					
** [31], ρ kuru yoğunluktur					
***[32]					
****[33]					

Bir başka deyişle bu durum, kapasite bir sıcaklık göstermeden önce, ısı kapasiteye girmelidir şeklinde ifade edilebilir [16]. Yarı sonsuz dilim durumunda, q 'nın zaman ötelenmesi, duvarın tamamen direnç veya tamamen kapasite olması durumundaki zaman ötelenmesinin yarısıdır [16].

Periyodik rejimde elemanın ısı davranışını belirleyen malzeme özellikleri yukarıda belirtildiği gibi λ , ρ ve c 'dir ve elemanın ısı davranış ile ilgili büyüklüklerde “ $\lambda\rho c$ ” olarak veya “ $\lambda/\rho c$ ” olarak görülür.

Sonlu kalınlıktaki bir dilim için aynı yüzeydeki kabul değeri (admittance) incelendiği zaman ise, diğer yüzeydeki etki (sıcaklık) sıfır olduğunda; ısı akısının o yüzeyde meydana gelen birim sıcaklık değişimi için değeri esas alınır ve $\left(\frac{\hat{q}_m}{\hat{\theta}_m}\right)_{\hat{\theta}_n=0}$ oranı ile hesaplanarak yapı elemanının ısı kabulü (thermal admittance) olarak ifade edilir [16] (Şekil 2.8). Sonlu kalınlıktaki bir dilim için farklı yüzeyler incelendiğinde ise, iki yüzey arasındaki sıcaklık farkı sebebiyle, etkileyen yüzeyden etkilenen yüzeye doğru periyodik bir ısı iletimi gerçekleşir (Şekil 2.8). Bu durumda iletkenlik “periodic thermal transmittance” olarak isimlendirilmektedir ve $\left(\frac{\hat{q}_m}{\hat{\theta}_n}\right)_{\hat{\theta}_m=0}$ oranı ile hesaplanmaktadır [16, 22]. Bu konular ile ilgili ayrıntılı bilgi ISO 13786’ya uygun olarak Bölüm 5’de verilmiştir.



Şekil 2.8. Yapı elemanında meydana gelen ısı kabul ve periyodik ısı iletkenliğinin şematik gösterimi

Yarı sonsuz kalınlıktaki dilimde ısı iletimini sağlayan dalga hareketinin yalnızca pozitif doğrultuda mümkün olabileceği yukarıda belirtilmişti (Eşitlik 11). Halbuki sonlu kalınlıktaki bir dilim içindeki ısı alan her iki doğrultudaki dalganın bileşiminden meydana gelebilir. Bu durumda $\hat{\theta}_{n+}$ ve $\hat{\theta}_{n-}$ her iki doğrultulardaki dalgaların genliği olarak alındığında, (11) nolu eşitlik aşağıdaki şekilde ifade edilecektir [16]:

$$\frac{\theta(x,t)}{\exp(j2\pi t / P)} = \hat{\theta}_{n+} \exp \left[- \left(\frac{\pi \rho c}{P \lambda} \right)^{1/2} (x + jx) \right] + \hat{\theta}_{n-} \exp \left[+ \left(\frac{\pi \rho c}{P \lambda} \right)^{1/2} (x + jx) \right] \quad (15)$$

(15) nolu eşitlik biraz daha farklı bir yaklaşımla ISO 13786'da da kullanılmıştır. ISO 13786'da açıklanan hesap metodu ile ilgili olarak kapsamlı açıklamalar, Bölüm 5'de verilmiştir.

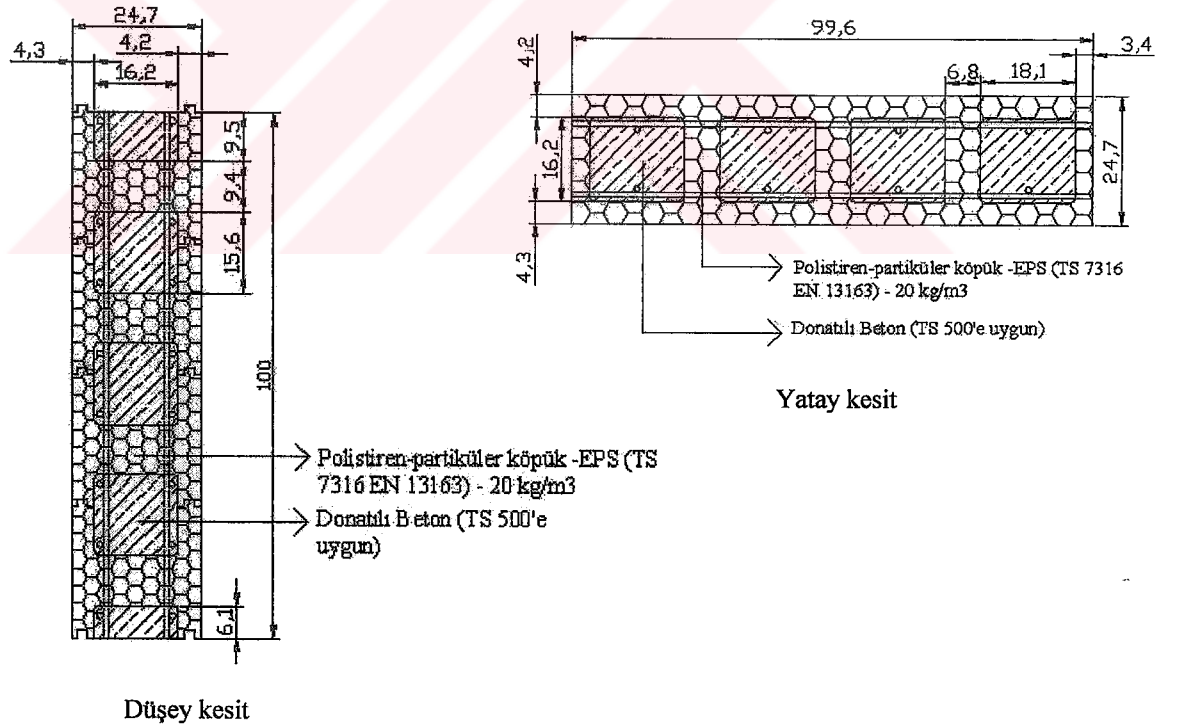


3. EPS - BLOKLU, ÇELİK DONATILI BETON TAŞIYICI DUVARLAR

EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlar, EPS bloklar, beton ve çelik donatılardan meydana gelmektedir. Aşağıda bu şekilde üretilen duvarlar ve kullanılan bileşenler ile ilgili açıklamalar verilmiştir.

3.1. EPS - Bloklu, Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvarlarda Kullanılan Sistem

Tez kapsamında incelenen sistem (EPS – Bloklu, Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvarlar), üst üste konan EPS bloklar içerisine çelik donatı yerleştirildikten sonra; donatının yerleştirildiği boşluklara beton malzemesi doldurularak elde edilir. Sistemin düşey ve yatay kesitleri Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. EPS - bloklu, çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminin düşey ve yatay kesiti

3.2. Sistemde Kullanılan Malzemeler

Sistemde EPS (Genleştirilmiş polistiren köpük), beton ve çelik (donatı) malzemeleri kullanılmıştır. Bu malzemeler aşağıda detaylı olarak anlatılmıştır.

3.2.1. EPS bloklar

EPS bloklar, genleştirilmiş polistiren köpük (Expanded polystyrene foam)'den yapılmıştır. Genleştirilmiş polistiren köpük (EPS), stiren monomerinin polimerizasyon süreci sonunda oluşan polistiren taneciklerinin pentan gazıyla şişirilip birbirleriyle kaynaşması sonucu elde edilir. Stiren monomeri ise, vinil benzen'dir ve benzen ile etilenden meydana gelmiştir [34].

Polimerizasyon, bilindiği gibi stiren monomerindeki çift bağların açılıp, monomerlerin ardarda eklenmesiyle meydana gelmektedir.

Polistirenin kapalı formülü - $(CH_2 - CH)$ _n - şeklinde gösterilebilir [34].



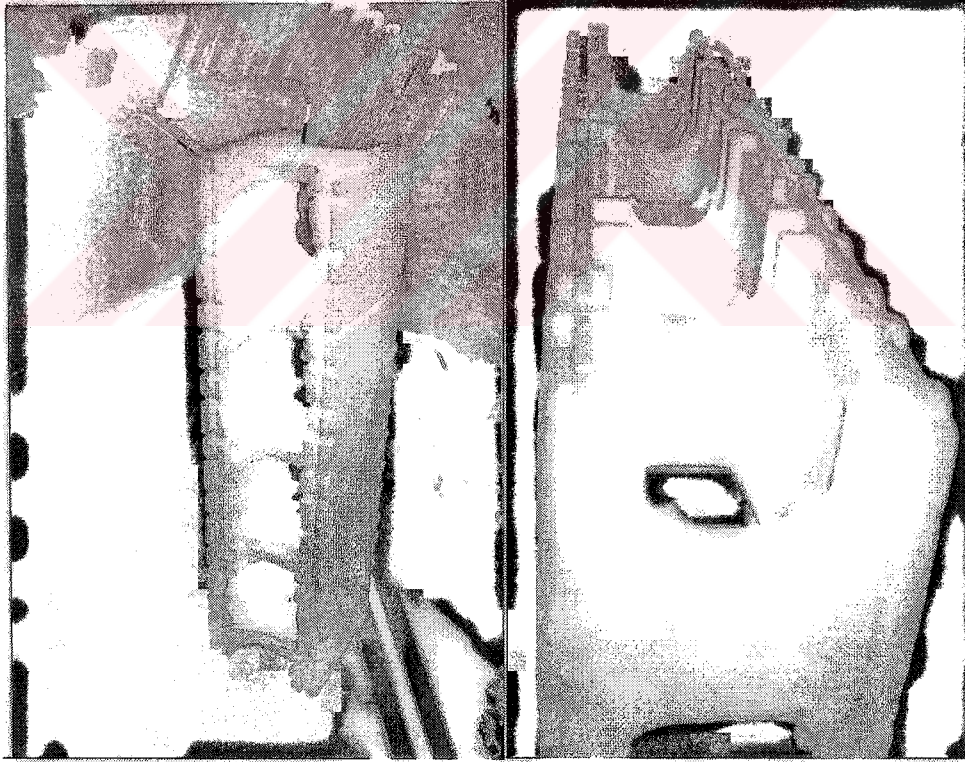
Polistiren, termoplastik gurubuna giren bir polimer malzemedir. Molekül birimleri kovalan bağlarla bir boyutta zincir şeklinde dizilmiştir ve moleküller arası bağlar zayıf Van der Waals bağlarıdır. Isıtılınca molekül zincirleri arasındaki zayıf bağlar koptuğundan kolayca yumuşarlar, soğuyunca bu bağlar tekrar kurulduğu için sertleşirler. Dolayısı ile geri dönüşümü (tekrar kullanılabilen) olan malzemelerdir [26].

EPS elde edilmesi için, polistirene bir kabartma maddesinin ilavesi (Pentan) gerekmektedir. Ayrıca ilave edilen katkı maddesi ve/veya maddelerinin özellikleri, nihai ürünün bazı özelliklerini iyileştirebilir veya istenilirse başka özellikler sağlanabilir. Ancak bu katkı maddelerinin cinsini ve miktarını belirlerken nihai ürünün temel

özelliklerinin bozulmamasına dikkat edilmesi gerekir [35]. Bugün için ülkemizde EPS'in hammaddesi, büyük bir çoğunlukla yurt dışından ithal edilmektedir.

Çapları ϕ 0.14 - 2.4 mm arasındaki hammadde tanecikleri kuru doygun buhar kullanılarak şişirilir (ön şişirme aşaması) ve tanecik zarında iç ve dış basınçların eşitlenmesi için beklendikten (olgunlaşma aşaması) sonra kalıplarda yine kuru doygun buhar kullanılarak belli bir biçimi alacak şekilde tanelerin kaynaşması sağlanır (kalıplama aşaması). Kütlenin biçimi tamamen kalıbın biçimine uyar ve dolayısıyla istenilen boyut ve biçimde EPS ürünlerin üretilmesi mümkün olur. Ön şişirme aşamasının kontrolü ile de istenilen yoğunlukta (birim ağırlıkta) ürün üretilebilir.

Resim 3.1'de, tez kapsamında incelenen duvar sisteminde kullanılan EPS bloklar görülmektedir.



Resim 3.1. EPS bloklar

3.2.2. Beton ve donatı

EPS bloklar üst üste konduktan sonra boşluklara donatı yerleştirilir ve daha sonra beton doldurularak sistemin ana taşıyıcı iskeleti oluşturulur. Ana taşıyıcı iskeleti oluşturan beton ve donatı ile ilgili açıklamalar aşağıda verilmiştir.

Beton günümüzde en yaygın kullanılan bir yapı malzemesi olup çimento, iri agrega, kum, su ve gerektiğinde bazı katkı maddelerinin bir araya getirilmesiyle üretilir. Çimento su ile karışınca bağlayıcı madde vazifesi görür. Esas taşıyıcı iskelet iri agrega tarafından oluşturulur. Kum, iri agrega arasındaki boşlukları doldurur. Beton üretimi kendine özgü kuralları olan bir teknolojidir. Beton karışımının özelliklerini iyileştirmek için çeşitli katkı maddeleri kullanılabilir. Günümüzde uluslararası uygulamalarda katkısız beton üretimi ender rastlanan bir durumdur. Katkı maddeleri iyi bir betonun özelliklerini iyileştirmek amacıyla taze betona çok az miktarda katılan organik ve inorganik kökenli kimyasallardır. Özellikle işlenebilirliği arttıran katkı maddeleri (akışkanlaştırıcı) kullanımı çok yaygındır.

Sistemde kullanılacak betonun ülkemizdeki ilgili yönetmelikler gereği BS16 (C16) ve daha yüksek dayanımlı beton olması gerekir. Ancak birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde taşıyıcı sistemi sadece süneklik düzeyi yüksek çerçevelerden oluşan binalarda ve bina önem katsayısı $I = 1.5$ ve $I = 1.4$ olan tüm binalarda BS20 (C20) ve daha yüksek dayanımlı beton kullanılması gerekmektedir. Beton sınıfının yönetmeliklerin izin verdiği sınırlar içerisinde düşük tutulması maliyetin ekonomik sınırlar içinde kalmasına katkı sağlayacaktır. İncelenen sistemde yeterli dayanım ve ekonomikle birlikte iyi bir işlenebilirlik de önemlidir. Sistemin uygulanması sırasında kullanılacak olan beton karışımına, kohezyonu ve akışkanlığı arttırıcı katkıları kullanılması gerekecektir. Beton kıvamının, yerleştirmeyi kolaylaştırmak için “TS 11222 - Beton - Hazır Beton - Sınıflandırma, Özellikler, Performans, Üretim ve Uygunluk Kriterleri” standardında tanımlı K5 kıvamda olması gerekir [36]. Yerleştirmek için vibratör kullanılmamalıdır.

Betonun karakteristik çekme mukavemeti $f_{ctk} = 0.35 \cdot \sqrt{f_{ck}}$ (MPa) bağıntısı ile hesaplanır. Burada; f_{ck} karakteristik silindir basınç mukavemetidir. Normal ağırlıktaki betonlar için “j” günlük betonun elastisite modülü $E_{cj} = 3250 \cdot \sqrt{f_{ckj}} + 1400$ (MPa) bağıntısı ile hesaplanır. Betonun poisson oranı, $\mu_c = 0.20$ kabul edilebilir. Betonun kayma modülü, yaklaşık olarak $G_{cj} = (0.40) \cdot E_{cj}$ bağıntısı ile hesaplanabilir. Hesaplarda betonun ısı genleşme katsayısı $\alpha_t = 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ kabul edilir.

Çelik (Demir - karbon alaşımı) malzemedan üretilen donatılar, dairesel kesitli düz yüzeyli veya üzeri yivli olarak (nervürlü) üretilirler. Ayrıca hasır çelikler de, imal edilmektedir. Hasır çelikler, muhtelif çap ve aralıktaki donatıların iki doğrultuda nokta kaynağı ile tesbit edilmesi sonucu üretilirler. Sistemde duvarlarda düz veya nervürlü donatılar kullanılır (Şekil 3.2 a, Şekil 3.2 b). Döşemelerde ise hasır çelikler kullanılabilir. Beton donatısı olarak kullanılan çelikler TS 708’e uygun olmalıdır [37]. Çelik çubukların boyları yaklaşık olarak 12 m, yoğunlukları (ρ) ise 78.5 N/mm^3 ’tür. Beton çeliğinin elastisite modülü (E) $2 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$ olarak kabul edilebilir. Isıl genleşme katsayısı (α_t) 0.000012’dir. Kayma modülü (G) için $8 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$ değeri alınır. Çelik donatılar malzemenin özelliği dolayısıyla çekme ve basınç gerilmeleri altında aynı davranışı gösterirler.

Donatı işlenme durumuna göre doğal sertlikte işlem görmüş ve soğukta işlem görmüş olmak üzere ikiye ayrılır. Sıcakta haddelenmiş çeliğin soğukta işlem görmüş çeliğe oranla kopma birim uzaması daha büyüktür. Böylece enerji yutma kapasitesi de daha büyük olmaktadır. Dinamik yükler altında sıcakta haddelenmiş çelik daha sünek olduğundan, soğukta işlem görmüş çeliklere tercih edilir.

TS 500’de sıcak haddelemeden sonra kullanılan doğal sertlikte çeliklere BÇIa, BÇIIIa, BÇIVa; sıcak haddelemeden sonra soğukta işlem görmüş çeliklere BÇIIIb, BÇIVb adı verilir [38]. Soğukta işlem görmüş çeliklere kaynak yapılamaz. Donatı sınıfları ve özellikleri TS 500’e göre Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Betonarme donatı çeliği sınıfları ve özellikleri [38]

Mekanik özellikler	Donatı Çubukları			Hasır Donatı		
	Doğal Sertlikte			Soğukta İşlem Görmüş		
	S220a (BÇIa)	S420a (BÇIIIa)	S500a (BÇIVa)	S420b (BÇIIIb)	S500bs (BÇIVbs)	S500bk (BÇIVbk)
Minumum akma dayanımı f_{yk} (Mpa)	220	420	500	420	500	500
Minumum Çekme Dayanımı f_{su} (Mpa)	340	500	550	500	550	550
$\varnothing \leq 32$ Minumum Kopma Dayanımı E_{su} (%)	18	12	12	10	8	5
$32 < \varnothing \leq 50$ Minumum Kopma Uzaması E_{su} (%)	18	10	10	10	8	5



Şekil 3.2. EPS - bloklı çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminde taşıyıcı duvarlarda kullanılan çelik çubuklar [3]
a) Normal yuvarlak çelik b) Nervürlü tor çelik

4. KIŞ KONFORU VE TS 825

Binalarda kış konforu ile ilgili ulusal ve uluslararası standartlarda, hesap kolaylığı açısından ve sonuçların kabul edilebilir sapmalar içinde kaldığı düşünülerek, ısı iletimi ile ilgili büyüklükler sabit rejim şartlarında hesaplanmaktadır [10]. Ülkemizde binaların kış konforu ile ilgili olan Türk Standardı TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”dır [10]. Kış konforu için binalarda ısı yalıtımı uygulayarak ısı kaybının azaltılması ve iç yüzey sıcaklıklarının yükseltilmesi genel anlamda yeterli olmaktadır.

TS 825 standardı, binalarda ısıtma enerjisi ihtiyaçlarını hesaplama kurallarına ve binalarda izin verilebilir en yüksek yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının sınırlandırılmasına dairdir. Bu standardın revizyonu, ilgili uluslararası yönetmeliklerle uyum sağlayacak şekilde gerçekleştirilmiştir. TS 825 revizyonunda esas alınan uluslararası standartlar, “ISO 9164 - Thermal Insulation - Calculation of Space Heating Requirements for Residential Buildings”, ve “EN 832 - Thermal Performance of Buildings, Calculation of Energy Use for Heating, Residential Buildings”dir [39, 40].

Yeni TS 825 standardının ısı yalıtımına yaklaşımı, eski standart ve yönetmeliklere göre önemli ölçüde farklılıklar göstermektedir. Yeni Standardın en önemli özelliği, binanın bir bütün olarak ele alınması ve sınır değeri olarak yapı elemanlarının (duvar, çatı, vb.) U değeri yerine, binanın yıllık toplam ısıtma enerjisi ihtiyacı ($Q_{yıl}$)’ın belirlenmesi ve sınırlandırılmasıdır. $Q_{yıl}$ değeri, binanın toplam ısı kaybından hareketle ve binanın enerji kazançları da dikkate alınarak hesaplanmaktadır.

Isı kaybı, gece gündüz arasındaki büyük sıcaklık farklarının etkisinde meydana gelmektedir. Halbuki standartlardaki hesaplar sabit sıcaklık farkları için yapılmaktadır. Eski standartta olduğu gibi, iklim verilerinin tüm sezonu temsil etmek üzere ortalama tek bir değer ile belirtilmesi, sonuçların gerçek değerlerden büyük sapmalar göstermesine sebep olmaktadır. Bundan kaçınmak için, ısıtma sezonunun küçük dilimlere ayrılması (gün veya ay) ve iklim verilerinin bu dilimlere ait ortalama değer olarak girilmesi gerçeğe daha yakın değerlerin elde edilmesini sağlar. TS 825’de bir

binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, aylık ortalama değerlerin ayrı ayrı hesaplanıp, bunların toplanması ile bulunmaktadır [10]. Hesap metodu aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

$Q_{yıl}$ ve Q_{ay} değerleri (16) ve (17) nolu eşitliklerle hesaplanır.

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} \quad (16)$$

$$Q_{ay} = [H \cdot (T_{iç} - T_{dış,ay}) - \eta_{ay} \cdot (\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay})] \cdot t \quad (17)$$

$Q_{yıl}$: Yıllık net ısıtma enerji ihtiyacı (Joule)

Q_{ay} : Aylık net ısıtma enerji ihtiyacı (Joule)

H : Binanın özgül ısı kaybı (W/K)

$T_{iç}$: Aylık ortalama iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$, K)

$T_{dış,ay}$: Aylık ortalama dış sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$, K)

$\Phi_{i,ay}$: Aylık ortalama iç kazançlar (W)

$\Phi_{g,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W)

η_{ay} : Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü ($- < 1$) (-)

t : Zaman, (saniye olarak bir ay = $60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 30$), (s)

$Q_{yıl}$ ve Q_{ay} değerlerinin hesaplanması için gerekli olan binanın özgül ısı kaybı (H) (18) nolu eşitlikle hesaplanır.

$$H = H_i + H_h \quad (18)$$

H_i : İletimle özgül ısı kaybı (W/K)

H_h : Havalandırma ile özgül ısı kaybı (W/K)

İletimle özgül ısı kaybı (H_i), ısı köprüsü nedeniyle gerçekleşen kayıplar ile diğer toplam yüzeylerden gerçekleşen ısı kayıplarının toplamıdır ve (19) nolu eşitlikle hesaplanır.

$$H_i = \sum A \cdot U + \sum l \cdot U_l \quad (19)$$

A : Yapı elemanının alanı (m^2)

U : Yapı elemanının ısı geçirgenliği (W/m^2K)

l : Isı köprüsünün uzunluğu (m)

U_l : Isı köprüsünün doğrusal ısı geçirgenliği (W/mK)

Isı köprüsünün doğrusal ısı geçirgenliği (U_l), ısı köprüsünün U - değerinin ısı köprüsünün genişliği ile çarpımına ξ faktörünün eklenmesiyle (20) nolu eşitlikteki gibi hesaplanır [41]. (19) ve (20) nolu eşitliklerde görüldüğü üzere, ısı köprüsü ile ilgili hesaplamalarda yüzeye dik doğrultudaki bir boyutlu ısı iletimine ilave olarak yanal kayıplar da dikkate alınmaktadır.

$$U_l = b \cdot U_{fk} + \xi \quad (20)$$

b : Isı köprüsünün genişliği (m)

U_{fk} : Isı köprüsünün U - değeri (W/m^2K)

ξ : Isı köprüsüne bağlı bir faktör (-)

$\sum A \cdot U$ değeri ile, iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı $1^\circ C$ iken, homojen tabakalı düzlem kesitlere sahip elemanların yüzeyine dik doğrultudaki bir boyutlu ısı iletiminden kaynaklanan toplam ısı kayıpları belirlenmektedir. Bu toplamın içindeki terimler, (21) nolu eşitlikte açık olarak gösterilmiştir.

$$\sum AU = A_D \cdot U_D + A_P \cdot U_P + 0,8 \cdot A_{\check{C}} \cdot U_{\check{C}} + 0,5 \cdot A_Z \cdot U_Z + A_d \cdot U_d + 0,5 \cdot A_{dsic} \cdot U_{dsic} \quad (21)$$

Burada $D, P, \check{C}, Z, d, dsic$ indisleri sırasıyla duvar, pencere, çatı, zemin, dışa açık döşeme (çıkma) ve düşük sıcaklıktaki mekanları ayıran elemanları göstermektedir. Çatı eğer teras çatı ise “0.8” katsayısı “1” olarak alınır.

H değerinin belirlenebilmesi için H_h değerinin de belirlenmesi gerekir. Havalandırma ile özgül ısı kaybı (H_h), (22) nolu eşitlikle bulunur.

$$H_h = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h \quad (22)$$

n_h : Hava değişim sayısı (h^{-1})

V_h : Havalandırılan hacim (m^3) = $0,8 \cdot V_{b\ddot{u}r\ddot{u}t}$

$V_{b\ddot{u}r\ddot{u}t}$: Dış ölçülerle bürüt hacim (m^3)

0.33 birimsiz bir katsayı değildir. Havanın birim hacim kütlesi ile özgül ısısının çarpılıp saat birime getirilmesi ile elde edilir.

Buraya kadar olan çalışmalar ve yapılan hesaplamalar binanın toplam ısı kaybını hesaplamak içindir. Yalıtımlı binalarda, iç kazançlar ve direkt güneş enerjisinden elde edilen kazançlar, ısı kayıplarının önemli bir bölümünü karşılar. Dolayısı ile, ısıtma sisteminden sağlanması gereken net kazancı belirlerken, toplam kayıplardan bu kazançların çıkarılması gerekir. Kazançların hesaplanması ve takip edilmesi gereken işlemler aşağıda açıklanmıştır.

Aylık ortalama iç kazançlar ($\Phi_{i,ay}$), sabit kabul edilir ve eşitlik (23) ile hesaplanır. Burada önemli olan binanın kullanım amacıdır. Normal binalarda iç kazançlar 5 W/m^2 kabul edilir. Sadece yapay aydınlatma yapılan binalar, yemek fabrikaları vb yoğun enerji üretimi olan binalarda ise 10 W/m^2 alınması gerekir.

$$\begin{aligned} \Phi_{i,ay} &= 5 \cdot A_n \text{ (Konutlarda)} \\ &= 10 \cdot A_n \text{ (Yoğun enerji üretimi olan binalar, yemek fabrikası vb)} \end{aligned} \quad (23)$$

A_n : Binanın net kullanım alanı = $0,32 \cdot V_{b\ddot{u}r\ddot{u}t}$

Diğer bir doğal kazanç, yukarıda belirtildiği gibi direkt güneş enerjisi kazancının aylık ortalama değerleridir. Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı ($\Phi_{g,ay}$), (24) nolu eşitlikle hesaplanır.

$$\Phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \cdot g_{i,ay} \cdot I_{i,ay} \cdot A_i \quad (24)$$

A_i : i yönüne bakan toplam pencere alanı (m^2)

$I_{i,ay}$: i yönüne bakan saydam elemanlara düşen aylık ortalama güneş ışınlamı şiddeti (W/m^2)

$g_{i,ay}$: i yönüne bakan saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü (-)

$r_{i,ay}$: i yönüne bakan saydam yüzeylerin (aylık ortalama) gölgeleme faktörü (-)

“i” yönüne bakan saydam elemanların aylık ortalama güneş enerjisi geçirme faktörü ($g_{i,ay}$), laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışınlar için güneş enerjisi geçirme faktörü ($g_{\perp}$)’nün %80’i alınarak hesaplanır:

$$g_{i,ay} = 0.80 \cdot g_{\perp} \quad (25)$$

Standard, “r” ve “g” değerlerinin aylar arasında veya yönler arasında değişebileceğini kabul etmiştir. Ancak gerçek şartlara uygun olduğunda, sabit alınmasında da bir mahzur yoktur. Bu değerler için üçer farklı durum tanımlanmıştır. “ $r_{i,ay}$ ”, ayırık (müstakil) ve az katlı (3 kata kadar) binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için 0.8, ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmeye maruz kalan yerleşim bölgelerinde 0.6, bitişik nizam ve/veya çok katlı binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için 0.5 olarak verilmektedir. “ $g_{\perp}$ ” ise, tek cam için 0.85, çok katlı cam (berrak) için 0.75, ısı geçirgenlik değeri $2 W/m^2K$ olan ısı yalıtım birimleri için 0.50 olarak verilmektedir.

(24) nolu eşitlikteki “T” değeri, iklim bölgesinden bağımsız kabul edilmiş ve sadece yönlerle bağlı olarak TS 825’de Tablo halinde verilmiştir.

İç kazançlar ve güneş enerjisi kazançlarının toplamının, enerji ihtiyacının azaltılmasında olduğu gibi kullanılması uygun olmaz. Çünkü, elemanların ısı depolaması ve pencerelerin açılması sonucu, elde edilen kazançlardan %100 verimle faydalanmak mümkün değildir. Dolayısıyla iç kazançlar ve güneş enerjisi kazançları, (26) nolu eşitlikle hesaplanan aylık ortalama kazanç kullanım faktörü ile azaltılır.

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})} \quad (26)$$

$$KKO_{ay} : \text{Kazanç/Kayıp oranı} = (\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay}) / [H \cdot (T_i - T_{d,ay})] \quad (27)$$

Standartta, binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının müsaade edilebilir üst sınır değerleri verilerek, enerji tüketimi ve dolaylı olarak çevre kirliliği sınırlandırılmaktadır. İlgili değerler Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Yıllık net ısıtma enerji ihtiyacı (Q_{yl}) için izin verilen en büyük değerler [10]

	$A_{top}/V_{brüt} \leq 0,2$ için	$A_{top}/V_{brüt} \geq 1,05$ için	$A_{top}/V_{brüt}$ oranlarına bağlı olarak ara değerler	*
1. DG Bölgesi için izin verilen en büyük Q' değerleri	27	66	$46.62 A_{top}/V_{brüt} + 17.38$	kWh/m^2
	8.5	21	$14.92 A_{top}/V_{brüt} + 5.56$	kWh/m^3
2. DG Bölgesi için izin verilen en büyük Q' değerleri	48	104	$68.59 A_{top}/V_{brüt} + 32.30$	kWh/m^2
	14.7	33	$21.95 A_{top}/V_{brüt} + 10.34$	kWh/m^3
3. DG Bölgesi için izin verilen en büyük Q' değerleri	64	121	$67.29 A_{top}/V_{brüt} + 50.16$	kWh/m^2
	20.4	39	$21.74 A_{top}/V_{brüt} + 16.05$	kWh/m^3
4. DG Bölgesi için izin verilen en büyük Q' değerleri	104	175	$82.81 A_{top}/V_{brüt} + 87.70$	kWh/m^2
	33.4	56	$26.5 A_{top}/V_{brüt} + 28.06$	kWh/m^3
*Alansal ve hacimsel oranlara bağlı olarak bulunan ara değerler, birim hacim başına veya birim döşeme alanı başına hesaplanabilir				

TS 825’de verilen hesap metodu kullanılarak hesaplanan Q_{yl} değerleri, Tablo 4.1’deki izin verilen Q_{yl} değerlerini aşmadığında, binanın kış konforu yeterli düzeyde sağlanmış olmaktadır. Hesaplamalarda sadece ısıtma gerektiren aylar dikkate alındığı ve ısıtma için gerekli net enerji gereksinimi hesaplandığı için, TS 825’e uygunluk sadece kış konforunu belirlemektedir. TS 825’e uygun olan bir binanın yaz konforu açısından fevkalâde yetersiz olmasının mümkün olduğu yapılan yayınlarda görülmektedir [42]. Tez çalışması kapsamında yaz şartlarındaki yeterlilik ISO 13786’ya göre incelenmiştir. ISO 13786’da açıklanan hesap metodu Bölüm 5’de açıklanmıştır.

5. YAZ KONFORU VE ISO 13786

Yaz konforu için sabit rejim şartlarının kullanılması, bu mevsimde yapı elemanlarını büyük ölçüde etkileyen güneş ışınlarının yoğun enerjisi ve bu enerjinin 24 saatlik periyotlarla değişmesi sebebiyle mümkün değildir. Yaz mevsiminde güneş enerjisinin etkisiyle hem hava sıcaklığı ve hem de elemanın dış yüzey sıcaklığı, gündüz ve gece arasında büyük değişim gösterir. Bu değişimi sinuzoidal olarak kabul etmek genellikle tercih edilmektedir. Ancak, yaz şartlarında sıcaklık değişimi tam bir sinüs eğrisi değildir; havadaki bulutlanmalar sebebiyle sapmalar gösterir. Bu sapmaların hesaplamalarda sebep olduğu yanlışlıklarla ilgili araştırmalar yapılmaktadır [30]. Fakat halen uluslararası standartlarda, yaz şartlarında sıcaklık ve ısı akısının değişimi sinuzoidal kabul edilmekte ve hesaplar sinuzoidal değişim gösteren periyodik rejim şartları için gerçekleştirilmektedir. Bu konudaki uluslararası standard, “ISO 13786 - Thermal Performance of Building Components-Dynamic Thermal Characteristics - Calculation Methods”dır. Tez çalışması kapsamında yaz konforu ile ilgili değerlendirmeler ISO 13786’ya göre yapılmıştır.

ISO 13786’ya göre bir elemanın periyodik rejim şartlarında performansını değerlendirebilmek için, penetrasyon derinliğinden hareketle elemanın iletim matrisleri, periyodik ısı iletkenliği, ısı kabul değeri, ısı kapasitesi, azaltma faktörü ve zaman ötelenmeleri hesaplanmaktadır.

Bir elemanın iletim matrisinin bilinmesi halinde, elemanın bir yüzeyinde (veya ayırdığı ortamlardan birinde) sıcaklık ve ısı akısının kompleks genliklerinin bilinmesi durumunda, diğer yüzeydeki (veya diğer ortamdaki) sıcaklık ve ısı akısının kompleks genliklerinin hesaplanması mümkün olmaktadır. ISO 13786’ın içeriği aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

5.1. ISO 13786’da Verilen Tarifler

Standardda geçen önemli tarifler aşağıda verilmiştir. Birimler ise Notasyon Listesi’nde görülmektedir.

- Düzlem eleman (Plane component): Duvar, döşeme veya çatı gibi, binanın bir bölümü; veya bu elemanların bir bölümü.
- Binanın ısıl bölgesi (Thermal zone of a building), m veya n: Sıcaklığının üç boyutta değişmediği veya değişmediğinin kabul edildiği bölge (iç ortam veya dış ortam gibi).
- Sinüzoidal koşullar (Sinusoidal conditions): Sıcaklık ve ısı akılarının uzun dönem ortalamalarının etrafındaki değişimlerinin, zamana bağlı sinüs fonksiyonu olarak tariflendiği şartlar. Kompleks sayılar kullanılarak “n” bölgesindeki sıcaklık ve ısı akısı (28) ve (29) nolu eşitliklerle belirlenir.

$$\theta_n(t) = \bar{\theta}_n + |\hat{\theta}_n| \cos(\omega t + \psi) = \bar{\theta}_n + \frac{1}{2} [\hat{\theta}_{+n} e^{j\omega t} + \hat{\theta}_{-n} e^{-j\omega t}] \quad (28)$$

$$\phi_n(t) = \bar{\phi}_n + |\hat{\phi}_n| \cos(\omega t + \varphi) = \bar{\phi}_n + \frac{1}{2} [\hat{\phi}_{+n} e^{j\omega t} + \hat{\phi}_{-n} e^{-j\omega t}] \quad (39)$$

$\bar{\theta}_n$: sıcaklığın ortalama değerini (ortalama sıcaklık),

$\bar{\phi}_n$: ısı akısının ortalama değerini (ortalama ısı akısı),

$|\hat{\theta}_n|$: sıcaklık değişimlerinin genliğini,

$|\hat{\phi}_n|$: ısı akısı değişimlerinin genliğini,

ω : değişimlerin açısal frekansını,

$\hat{\phi}_{\pm n}$ ve $\hat{\theta}_{\pm n}$: kompleks genlikleri ifade ederler. Kompleks genlikler (30) nolu eşitlikler kullanılarak hesaplanır.

$$\hat{\theta}_{\pm n} = |\hat{\theta}_n| e^{\pm j\psi} \text{ ve } \hat{\phi}_{\pm n} = |\hat{\phi}_n| e^{\pm j\varphi} \quad (30)$$

- Periyodik ısıl geçirgenlik (Periodic thermal conductance, L_{mn}): Sinüzoidal koşullar altında (31) nolu eşitlikteki şekilde tanımlanan kompleks sayıdır.

$$\hat{\phi}_m = -\sum_n L_{mn} \cdot \hat{\theta}_n \quad (31)$$

Burada “m” ve “n” bölgeleri aynı veya farklı olabilir.

- Toplam ısı kapasitesi (Heat capacity, C_m): Elemanın bir tarafına ait periyodik ısıl geçirgenliğin tersinin sanal kısmının tersi alındıktan sonra açısal frekansa bölünmesi ile elde edilen büyüklüktür (Eşitlik (32)).

$$C_m = \frac{1}{\omega \Im \left(\frac{1}{L_{mm}} \right)} = \frac{T}{2 \pi \Im \left(\frac{\hat{\theta}_m}{\hat{\phi}_m} \right)} \quad (32)$$

- Zaman ötelenmesi (Time shift, Δt): Sebebin maksimum genliği ile sonucun maksimum genliği arasındaki zaman farkıdır.

Yukarıdaki tarifler bütün şartlar için geçerlidir. Standardda ayrıca sadece tek boyutlu ısı akışı için geçerli tarifler de verilmiştir. Bunlar aşağıda gösterilmiştir.

- Düzlem eleman (Plane component): En küçük eğrilik yarıçapı, kalınlığının en az beş katı olan eleman.
- Homojen malzeme katmanı (Homogeneous material layer): Homojen olmayan bölgenin en büyük boyutu, kalınlığının beşte birinden daha fazla olmayan malzeme katmanı.

- Isıl kabul (Thermal admittance, Y_{mn}) ve periyodik ısı iletkenlik (Periodic thermal transmittance, Y_{mn}): “m” bölgesine komşu bileşenin yüzeyi boyunca gerçekleşen ısı akısı yoğunluğunun kompleks genliğinin, “n” bölgesindeki sıcaklığın kompleks genliğine bölümü olarak tariflenen kompleks büyüklüktür. Isı akısı, bileşenin yüzeyine girdiği zaman pozitif kabul edilir. Aynı yüzey için hesaplandığında ısı kabul, farklı yüzeyler için hesaplandığında periyodik ısı iletkenlik olarak tanımlanmaktadır (Eşitlik 33).

$$Y_{mn} = \frac{L_{mn}}{A} = -\frac{\hat{q}_m}{\hat{\theta}_n} \quad (33)$$

Y_{mm} : Isıl kabul

Y_{mn} ($m \neq n$) : Periyodik ısı iletkenlik

$$\frac{\hat{\phi}_m}{A} = \hat{q}_m$$

- Isı kapasitesi (Areic heat capacity, χ_m): Toplam ısı kapasitesinin, elemanın alanına bölünmesi ile elde edilir ve (34) nolu eşitlik ile hesaplanır.

$$\chi_m = \frac{C_m}{A} = \frac{1}{\omega \Im \left(\frac{1}{Y_{mm}} \right)} = \frac{T}{2 \pi \Im \left(\frac{\hat{\theta}_m}{\hat{q}_m} \right)} \quad (34)$$

Not: İki bölgeyi ayıran bir bileşen için iki tane ısı kabul ve ısı kapasite vardır. Bunlardan biri elemanın bir bölgeyi ayıran yüzüne, diğeri diğer bölgeyi ayıran yüzüne aittir ve hepsi ısı değişimlerin periyoduna bağlıdır.

- Azaltma faktörü (Decrement factor, f): Periyodik ısı iletkenliğin, sabit rejim şartlarındaki ısı iletkenliğe (U) oranıdır ve (35) nolu eşitlik ile hesaplanır. Bu büyüklük, sıcaklık genliklerinin oranı ile hesaplanan sönüm oranından farklıdır.

$$f = \frac{|\hat{q}_m|}{|\hat{\theta}_n| U} = \frac{|L_{mn}|}{AU} \quad m \neq n \text{ ile} \quad (35)$$

- Periyodik nüfuziyet derinliği (Periodic penetration depth, δ): Yüzeyinde sinüzoidal sıcaklık değişimlerinin etkili olduğu sonlu kalınlıktaki homojen bir malzemede sıcaklık değişimlerinin genliğinin, “e” ($e = 2.718$, doğal logaritma tabanı) faktörü ile azaldığı derinliktir ve (36) nolu eşitlik ile hesaplanır.

$$\delta = \sqrt{\frac{\lambda P}{\pi \rho c}} \quad (36)$$

- Isı iletim matrisi (Heat transfer matrix): Bir bileşenin bir tarafındaki sıcaklık ve ısı akısının kompleks genliği ile diğer taraftaki sıcaklık ve ısı akısı kompleks genliği arasındaki bağıntıyı sağlayan matristir.

$$\begin{pmatrix} \hat{\theta}_2 \\ \hat{q}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \hat{\theta}_1 \\ \hat{q}_1 \end{pmatrix} \quad (37)$$

“2 yüzeyinin kompleks genliklerinin matrisi” “İletim matrisi” “1 yüzeyinin kompleks genliklerinin matrisi”

İletim matrisinin elemanlarının (modül ve argümanlarının) fiziksel anlamları aşağıda açıklanmıştır.

$|Z_{11}| \rightarrow$ Sıcaklık genlik faktörü, birinci taraftaki 1 K’lik genliğe sahip periyodik sıcaklık değişimi sonucu ikinci taraftaki sıcaklık değişimlerinin genliğidir.

$|\varphi_{11}| \rightarrow$ Bileşenin iki tarafındaki sıcaklıklar arasındaki faz farkıdır.

$|Z_{21}| \rightarrow$ Birinci taraftaki 1 K’lik genliğe sahip periyodik sıcaklık değişimi sonucu ikinci taraftan geçen ısı akısı genliğidir.

$|\varphi_{21}| \rightarrow$ İkinci taraftan geçen ısı akısı ile birinci taraftaki sıcaklık arasındaki faz farkıdır.

$|Z_{12}| \rightarrow$ Birinci taraftaki 1 W/m^2 genliğindeki periyodik ısı akısı değişimi sonucu ikinci taraftaki sıcaklık değişimlerinin genliğidir.

$|\varphi_{12}| \rightarrow$ Birinci taraftan geçen ısı akısı ile ikinci taraftaki sıcaklık arasındaki faz farkıdır.

$|Z_{22}| \rightarrow$ Isı akısı genlik faktörü, birinci taraftan geçen 1 W/m^2 'lik genliğe sahip ısı akısı değişimi sonucu ikinci taraftan geçen ısı akısı değişiminin genliğidir.

$|\varphi_{22}| \rightarrow$ Bileşenin her iki tarafından geçen ısı akısı arasındaki faz farkıdır.

- Isıl değişimlerin periyodu (Period of the thermal variations): Dinamik ısı karakteristیکlerin tarifi ve onların hesaplanması için kullanılan eşitliklerin geçerli olduğu, ısı değişkenlerinin herhangi bir periyodudur. Uygulamada kullanılan periyotlar aşağıda belirtilmiştir;

- Bir saat (3600 s), çok kısa zaman değişimlerine tekabül eder. Örneğin, sıcaklık kontrol sistemlerinde olduğu gibi.
- Bir gün (86400 s), günlük meteorolojik değişimler ve otomatik sıcaklık ayarlarında olduğu gibi.
- Bir hafta (604800 s), binanın uzun dönem ortalamasına karşılık gelir.
- Bir yıl (31556926 s), zemin boyunca ısı iletiminin davranışı için faydalıdır.

5.2. Çok Tabakalı Elemanın İletim Matrisinin Hesaplanması (Transfer Matrix of a Multi - layer Component)

Çok tabakalı, homojen ve anlamlı düzeyde etkili olacak ısı köprüsü ihtiva etmeyen bir yapı elemanının iletim matrisinin elde edilmesinde takip edilecek işlemler sırasıyla aşağıda belirtilmiştir

- Yapı elemanının katmanlarını oluşturan malzemelerin ve bu katmanların kalınlıklarının tanımlanması ve malzemelerin ısı karakteristiklerinin (d, λ, ρ, c) belirlenmesi.
- Yüzeydeki değişimlerin periyodunun (P) belirlenmesi.
- Her tabaka malzemesi için periyodik nüfuziyet derinliğinin (δ) hesaplanması.
- Kalınlığın, periyodik nüfuziyet derinliğine oranının (ξ) hesaplanması.
- Her tabaka için ısı iletim matrisinin elemanlarının (Z_{mn}) hesaplanması.
- Bileşenin ısı iletim matrisini elde etmek için, sınır tabakaların ısı iletim matrisinin de belirlendikten sonra, tabaka iletim matrislerinin doğru düzende çarpılması.

Yukarıdaki işlemlerle ilgili olarak kullanılması gereken eşitlikler aşağıda gösterilmiştir:

$$\xi = \frac{d}{\delta} \quad (38)$$

$$Z_{11} = Z_{22} = \cosh(\xi) \cos(\xi) + j \sinh(\xi) \sin(\xi) \quad (39)$$

$$Z_{12} = -\frac{\delta}{2\lambda} \{ \sinh(\xi) \cos(\xi) + \cosh(\xi) \sin(\xi) + j [\cosh(\xi) \sin(\xi) - \sinh(\xi) \cos(\xi)] \} \quad (40)$$

$$Z_{21} = -\frac{\lambda}{\delta} \{ \sinh(\xi) \cos(\xi) - \cosh(\xi) \sin(\xi) + j [\sinh(\xi) \cos(\xi) + \cosh(\xi) \sin(\xi)] \} \quad (41)$$

Çok katmanlı elemanda eğer sürekli bir hava boşluğu (düzlemsel hava boşluğu) varsa; düzlemsel hava boşluklarının aktarma matrisi oluşturulurken, hava tabakasının özgül ısı kapasitesi ihmal edilir. Böylece R_a değeri, eğer hava tabakasının konveksiyon, kondüksiyon ve radyasyonla ısı iletimine gösterdiği toplam direnci ifade ediyorsa, düzlemsel hava boşluğu tabakasının iletim matrisi aşağıdaki şekilde oluşturulur. R_a değeri, EN ISO 6946'ya göre hesaplanır [43].

$$Z_a = \begin{pmatrix} 1 & -R_a \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Çok katmanlı yapı elemanının, yüzeyden yüzeye iletim matrisinin oluşturulması için kullanılması gereken eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$Z = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix} = Z_N \cdot Z_{N-1} \cdots Z_3 \cdot Z_2 \cdot Z_1 \quad (42)$$

Burada, $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_N$ çok katmanlı yapı elemanının, çeşitli katmanlarının birinci katmandan başlayarak numaralandırılmış matrisleridir. Birinci tabaka en iç tabakayı göstermektedir.

Çok katmanlı yapı elemanının ortamdan ortama iletim matrisi (43) nolu eşitlikte verilmiştir.

$$Z_{00} = Z_{S2} \cdot Z \cdot Z_{S1} \quad (43)$$

Burada, Z_{S2} ve Z_{S1} sınır tabakalarının (iç ve dış yüzey film -hareketsiz hava- tabakası) aktarma matrisleridir. Bu büyüklükler, (44) nolu eşitliğe uygun olarak belirlenir.

$$Z_S = \begin{pmatrix} 1 & -R_S \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (44)$$

R_s ; yüzeye fiziksel olarak bağlı hareketsiz hava tabakasının konveksiyon ve radyasyonla ısı iletimine gösterdiği dirençlerin toplamıdır; sınır tabakasının yüzey direnci olarak da ifade edilir.

Standartda belirtilmemekle birlikte, [12,16,22] numaralı kaynakların incelenmesinden, iç veya dış taraftaki büyüklüklerin aranmasına göre çarpım sırasının aşağıdaki gibi olmasının uygun olacağı tez çalışması kapsamında belirlenmiştir.

$$\begin{pmatrix} \hat{\theta}_d \\ \hat{q}_d \end{pmatrix} = \underbrace{Z_{sdış} \cdot Z_n \cdot Z_{n-1} \cdots Z_1 \cdot Z_{s iç}}_{Z_{00}} \cdot \begin{pmatrix} \hat{\theta}_i \\ \hat{q}_i \end{pmatrix} \quad (45)$$

Bu durumda, iç ortama ait sıcaklık ve ısı akısı değişimlerine bağlı olarak, dış taraftaki sıcaklık ve ısı akısı değişimleri belirlenir. Ancak dış ortam iklim parametrelerinin iç ortamdan kaynaklanan ısı iletimi sonucu değişmeyeceği hatırlanmalıdır.

$$\begin{pmatrix} \hat{\theta}_i \\ \hat{q}_i \end{pmatrix} = Z_{oo}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} \hat{\theta}_d \\ \hat{q}_d \end{pmatrix} \quad (46)$$

Bu durumda ise, dış ortama ait sıcaklık ve ısı akısı değişimlerine bağlı olarak, iç ortamdaki sıcaklık ve ısı akısı değişimleri belirlenir. Elemanın yaz şartlarındaki davranışının incelenmesi sırasında (46) numaralı eşitliğin kullanılması uygun görülmüştür.

5.3. Periyodik Isıl Karakteristiklerin Hesabı

Daha önce de belirtildiği gibi, bir elemanın ısıl davranışının incelenmesi için, periyodik ısıl karakteristiklerinin belirlenmesi gerekir. Herhangi bir bileşen için periyodik ısıl karakteristikler, periyodik ısıl iletkenlik “ Y_{mn} ” veya periyodik ısıl geçirgenlik “ L_{mn} ” ve toplam ısı kapasitesi “ C_m ” dir. Sınır tabakaların iletim matrisleri, ısı kapasitelerinin hesaplanmasında dikkate alınmaz.

Standartta düzlemsel ve homojen tabakalardan oluşmuş bileşenler için Y_{mn} ’lerin nasıl hesaplanacağı tarifli değildir. Bunun yerine Y_{mm} ve Y_{nn} ısıl kabul değerlerinin hesap formülleri (47) nolu eşitlikte görüldüğü şekilde verilmiştir.

$$Y_{11} = \frac{Z_{11} - 1}{Z_{12}} \quad \text{ve} \quad Y_{22} = \frac{Z_{22} - 1}{Z_{12}} \quad (47)$$

Y_{mm} değerlerinin hesabı sırasında yapılan farklı kabuller vardır. Birincisinde yüzeyin adyabatik olduğu ($\hat{q}_m = 0$ veya $\hat{q}_n = 0$) kabul edilir ki bu durum iç bölme elemanlarını temsil eder [16]. Diğerinde yüzeyde sıcaklığın izotermal olduğu ($\hat{\theta}_m = 0$ veya $\hat{\theta}_n = 0$) kabul edilir ki bu durum da dış kabuk elemanlarını temsil eder [16]. Son olarak da

$\hat{\theta}_1 = \hat{\theta}_2$ kabulü yapılabilir. Satırdarda verilen (47) nolu eşitlik $\hat{\theta}_1 = \hat{\theta}_2$ için geçerlidir. $\hat{\theta}_2 = 0$ veya $\hat{\theta}_1 = 0$ olması durumunda;

$$Y_{11} = \left[\frac{\hat{q}_1}{\hat{\theta}_1} \right]_{\hat{\theta}_2=0} = \frac{Z_{11}}{Z_{12}}, \quad Y_{22} = \left[\frac{\hat{q}_2}{\hat{\theta}_2} \right]_{\hat{\theta}_1=0} = \frac{Z_{22}}{Z_{12}} \quad (48)$$

eşitlikleri geçerli olmaktadır [17].

Standard, açıklamalarında (47) nolu eşitliği tanımlarken; örnek çözümünde, (48) nolu eşitliklerle hesap yapmıştır.

Y_{mn} değerleri ise [16] nolu yayına göre (49) eşitliğiyle hesaplanır.

$$\left[\frac{\hat{q}_m}{\hat{\theta}_n} \right]_{\hat{\theta}_m=0} = \left[\frac{\hat{q}_n}{\hat{\theta}_m} \right]_{\hat{\theta}_n=0} = -\frac{1}{Z_{12}} \quad (49)$$

Bundan sonraki açıklamalarda tekrar ISO 13786 esas alınmıştır. Periyodik ısıl geçirgenlik L_{mn} 'nin veya periyodik ısıl kabul Y_{mn} 'nin zaman ötelenmesi (time lead), argümanın 0 ila π arasında değerlendirilmesi ile aşağıdaki (50) nolu eşitlikle hesaplanır.

$$\Delta t_Y = \frac{T}{2\pi} \arg(Y_{mn}) \quad (50)$$

Toplam ısı kapasiteleri, (51) ve (52) nolu eşitliklerle hesaplanır.

$$C_1 = A \frac{P}{2\pi \Im \left(\frac{Z_{12}}{Z_{11}-1} \right)} = \frac{A \cdot (\Re(Z_{11}) - 1)^2 + \Im(Z_{11})^2}{\omega \left((\Re(Z_{11}) - 1) \cdot \Im(Z_{12}) - \Re(Z_{12}) \cdot \Im(Z_{11}) \right)} \quad (51)$$

$$C_2 = A \frac{P}{2\pi \Im \left(\frac{Z_{12}}{Z_{22}-1} \right)} = \frac{A \cdot (\Re(Z_{22}) - 1)^2 + \Im(Z_{22})^2}{\omega \left((\Re(Z_{22}) - 1) \cdot \Im(Z_{12}) - \Re(Z_{12}) \cdot \Im(Z_{22}) \right)} \quad (52)$$

A: Bina bileşeninin alanı (m^2)

$\Im$: Sanal (imajiner) kısım

$\Re$: Gerçekel (real) kısım

Azaltma faktörü ise, (53) nolu eşitlikle hesaplanır:

$$f = \frac{1}{|Z_{12}| \cdot U} \quad (53)$$

Burada ısı iletkenlik U, sabit rejim şartlarındaki tek boyutlu ısı akımı için tanımlanan U - değeridir ve EN ISO 6946'ya göre hesaplanır [43]. Azaltma faktörü, her zaman birden küçüktür.

Azaltma faktörünün zaman ötelenmesi (time lag - faz kayması), argümanın değeri 0, π aralığında değişecek şekilde aşağıdaki (54) nolu eşitlikle hesaplanır.

$$\Delta t_f = \frac{T}{2\pi} \arg(Z_{12}) \quad (54)$$

En genel anlamıyla zaman ötelenmesinin hesabı için (55) nolu eşitlik verilmektedir:

$$\Delta t_{ij} = \frac{T}{2\pi} \varphi_{ij} = \frac{T}{2\pi} \arg(Z_{ij}) \quad (55)$$

Elde edilen verilerin rapor olarak sunulması sırasında, bina bileşeninin tanımı, normal kullanımı (bina kabuğunun bir parçası veya iç bileşen) ve onunla temas halindeki bölgelerin ayrıntılı listesi istenmektedir. Ayrıca, eleman ve elemanda kullanılan malzemelerin tanımı (ısı iletkenlikleri) ve boyutlarının da açıkça belirtilmesi gerekmektedir.

Rapor, her elemanın periyodik ısı iletkenliklerini ve ısı kapasitelerini, P periyodu ile beraber istemektedir.

Buna ek olarak, elemanların alanı, katmanların sıralanışı, Z_{mn} değerlerinin kompleks sayıları, modülleri ve açısal birimde argümanları ile bu argümanlara karşılık gelen zaman ötelenmeleri, ısıt kabüllerin kompleks sayıları, modülleri ve argümanları, azaltma faktörü ve U - değeri de belirtilmek zorundadır.



6. ÖRNEK BİNA TANIMI VE HESAPLAMALAR

EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminin, ülkemiz iklim şartlarındaki yeterliliğini ve geleneksel yalıtım sistemleri ile karşılaştırmasını yapmak üzere, örnek bir proje üzerinde gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Aşağıdaki bölümlerde, ilgili açıklamalar verilmiştir.

6.1. Örnek Bina Tanımı

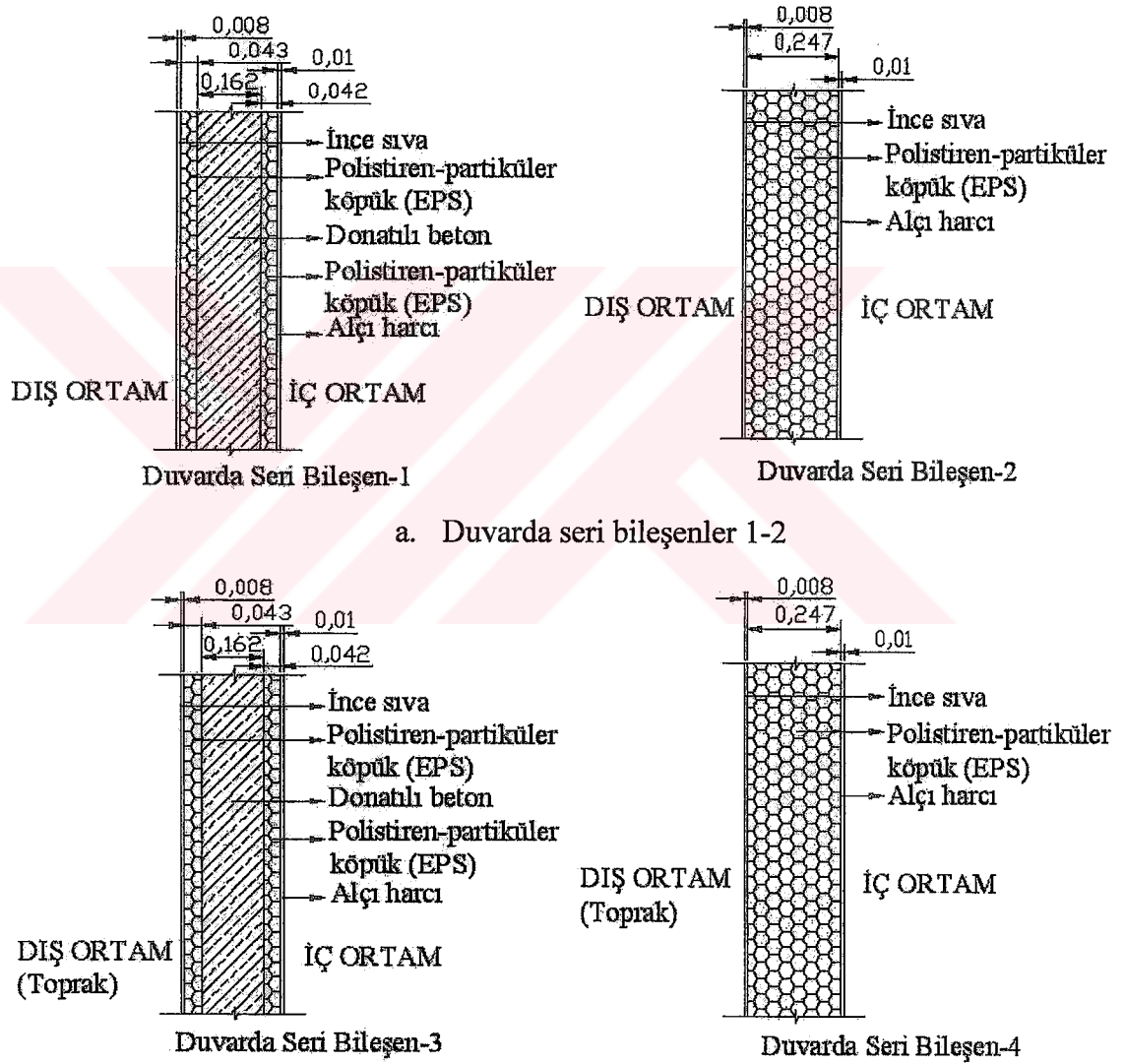
Isıl performans hesapları için örnek bina olarak ikiz villa tipi bir bina kullanılmıştır. Örnek bina, kat yüksekliği 3 m olan toplam üç kattan ve bir çatı katından oluşmuştur. Bina ile ilgili projeler EK 1’de verilmiştir.

Çatı katındaki ısıtılan hacmi çevreleyen duvarların bir kısmı dış havaya açıkken, diğer kısımları ise düşük sıcaklıklı ortamlara komşudur. Çatı, teras çatı ve örtülü çatı uygulamalarından oluşmaktadır. Örtülü çatı bölgesinde ısı yalıtımı, küçük bir alanda çatı arası döşemesine, daha geniş bir alanda ise (ısıtılan hacimlerin tavanı) mertek seviyesine uygulanmıştır.

Bodrum katı duvarlarının ve zemin katı döşemesinin bir bölümü düşük sıcaklıklı ortamları ayırmaktadır. Bodrum katında, zemine oturan döşemelerin yanında, kot farkından dolayı duvarlarının bir kısmı da toprakla temas halindedir. Normal kat döşemelerinin bir kısmı ise, çıkma olarak tasarlanmıştır.

6.1.1. Örnek binada, EPS - bloklı çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşan sistem uygulandığında oluşan kesitler

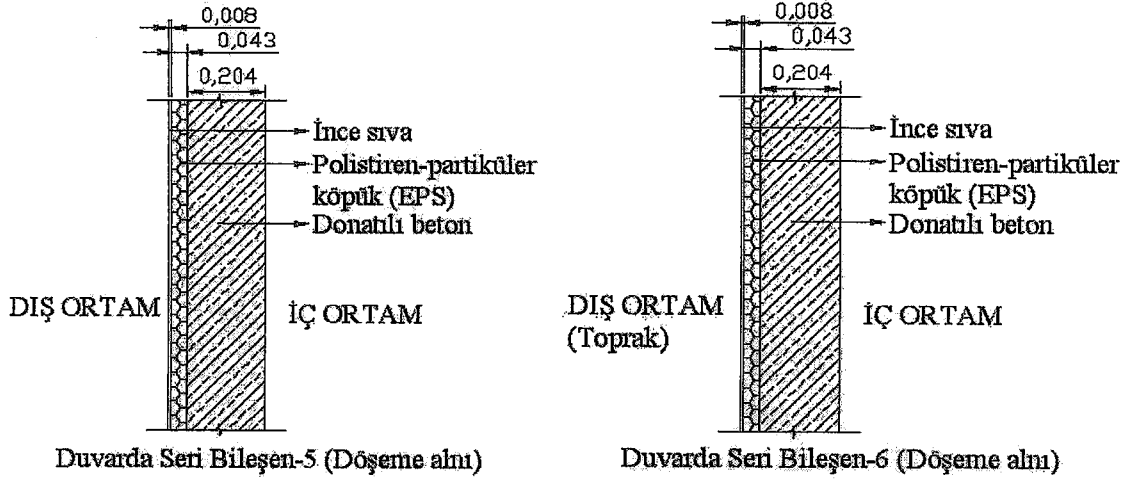
EPS - bloklı çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşan sistem, örnek projeye uygulandığı zaman, duvarların birleşim yerleri ile döşeme ve duvarların birleşim noktalarında, sistemi oluşturan duvar kesitinden farklı kesitler ortaya çıkmaktadır. Tüm kesitler ve tez içinde bu kesitlere karşılık kullanılan tanımlar Şekil 6.1’de gösterilmiştir.



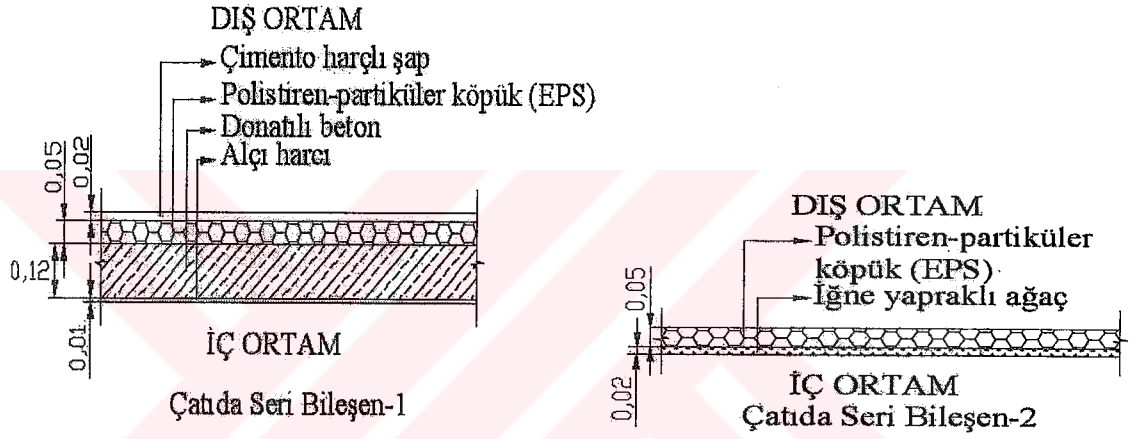
a. Duvar seri bileşenler 1-2

b. Duvar seri bileşenler 3-4

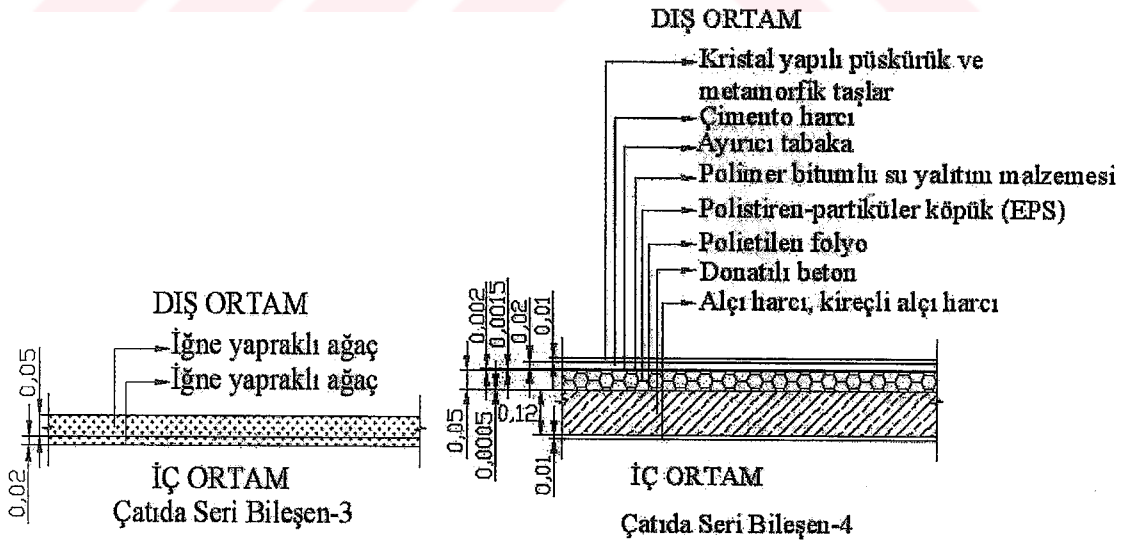
Şekil 6.1. Örnek binada kullanılan kesitler



c. Duvarda seri bileşenler 5-6

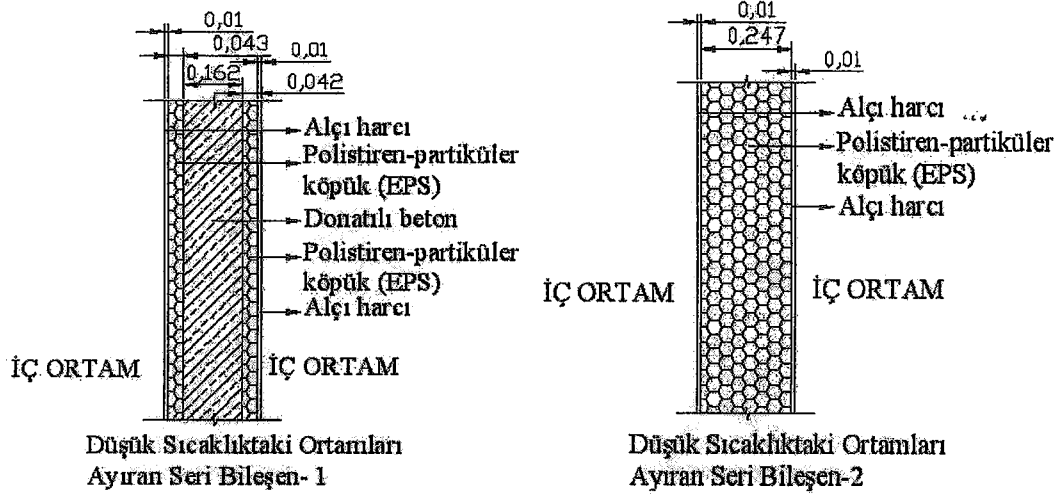


d. Çatıda seri bileşenler 1-2

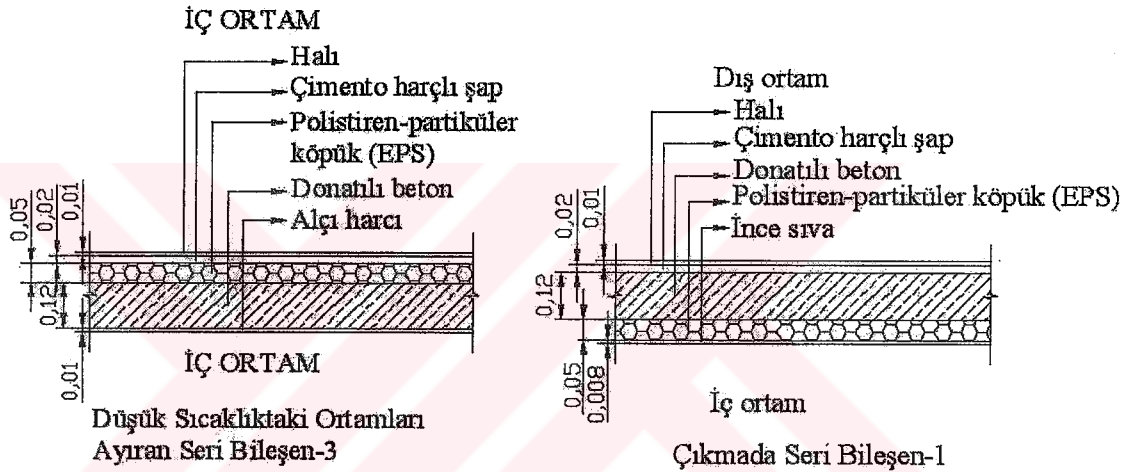


e. Çatıda seri bileşenler 3-4

Şekil 6.1. Örnek binada kullanılan kesitler (devam)

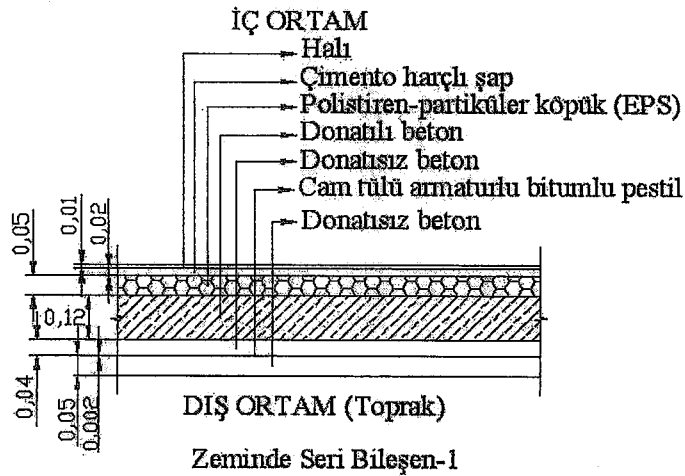


f. Düşük sıcaklıktaki ortamları ayıran seri bileşenler 1-2



g. Düşük sıcaklıktaki ortamları ayıran seri bileşenler 3

h. Çıkmada seri bileşenler 1



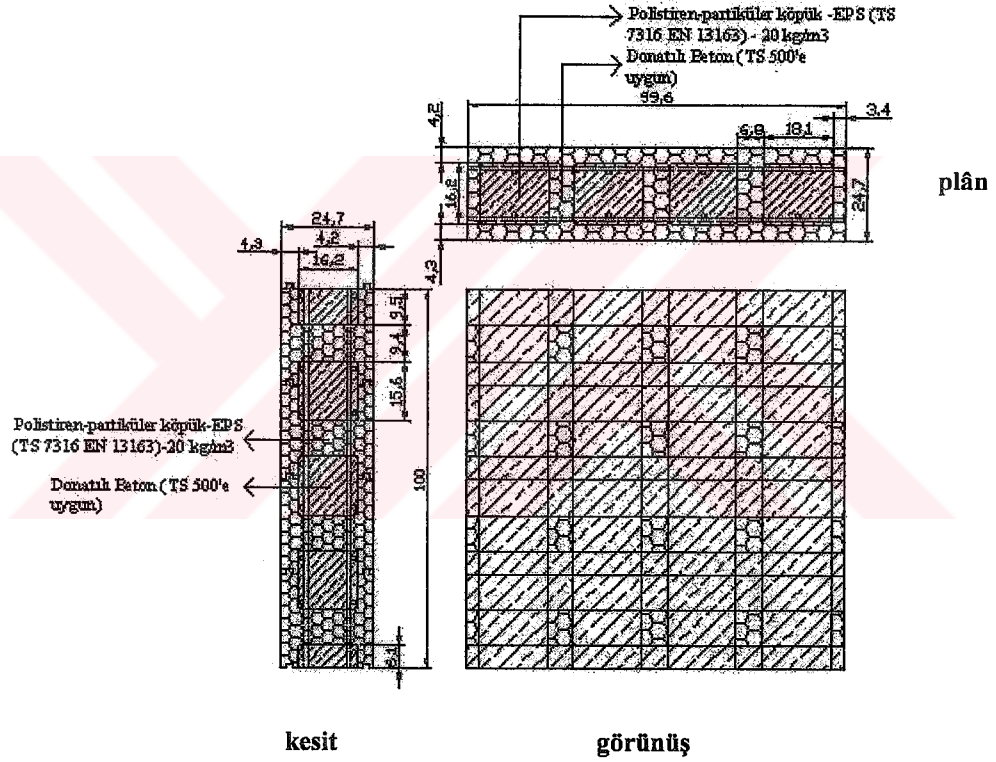
i. Zeminde seri bileşenler 1

Şekil 6.1. Örnek binada kullanılan kesitler (devam)

Sistemi oluşturan duvar kesitinde de, EPS bloklar içinde yine EPS'den oluşan bağlantı köprüleri sebebiyle farklı kesitler oluşmaktadır. Bu kesitlerdeki malzemeler ve ölçüler Şekil 6.2'de gösterilmiştir. Bu ölçüler kullanılarak, EPS bloklı çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlarda oluşan farklı kesitlerle ilgili alan hesapları aşağıda açıklanmıştır.

Şekil 6.2'de de görüldüğü üzere, duvar kesitinde iki farklı bölge mevcuttur:

- İç sıva+EPS+donatılı beton+EPS+dış sıva
- İç sıva+EPS+dış sıva (Blokler arasındaki EPS bağlantı köprüleri)



Şekil 6.2. EPS bloklı çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlarda oluşan farklı kesitler

Bir EPS bloğun boyu 0.996 m'dir. Dolayısıyla hesaplar (1.00×0.996) m²'lik alanı oluşturan bağıl birim yüzey için yapılmıştır.

Planda EPS+donatılı beton+EPS'in bulunduğu bölgenin toplam alanı:

$$= 4 \cdot [(15.6 \cdot 99.6) - (4 \cdot 15.6 \cdot 18.1)]$$

$$= 1697.28 \text{ cm}^2 = 0.1697 \text{ m}^2,$$

Kesitte EPS+donatılı beton+EPS'in bulunduğu bölgenin toplam alanı:

$$= 4 \cdot 18.1 \cdot 100$$

$$= 7240 \text{ cm}^2 = 0.724 \text{ m}^2 \text{ dir.}$$

Planda ve kesitte EPS+donatılı beton+EPS'den oluşan toplam alan

$$= 0.1697 + 0.724$$

$$= 0.894 \text{ m}^2 \text{ olmaktadır.}$$

EPS bağlantı köprüleri sebebiyle sadece EPS'den oluşan toplam alan ise

$$= 4 \cdot [(9.4 \cdot 99.6) - (4 \cdot 9.4 \cdot 18.1)] = 1022.72 \text{ cm}^2 = 0.102 \text{ m}^2 \text{ dir.}$$

Bu sonuçlara göre,

Toplam EPS+donatılı beton+EPS kesit alanı/ bağıl birim yüzey alan oranı

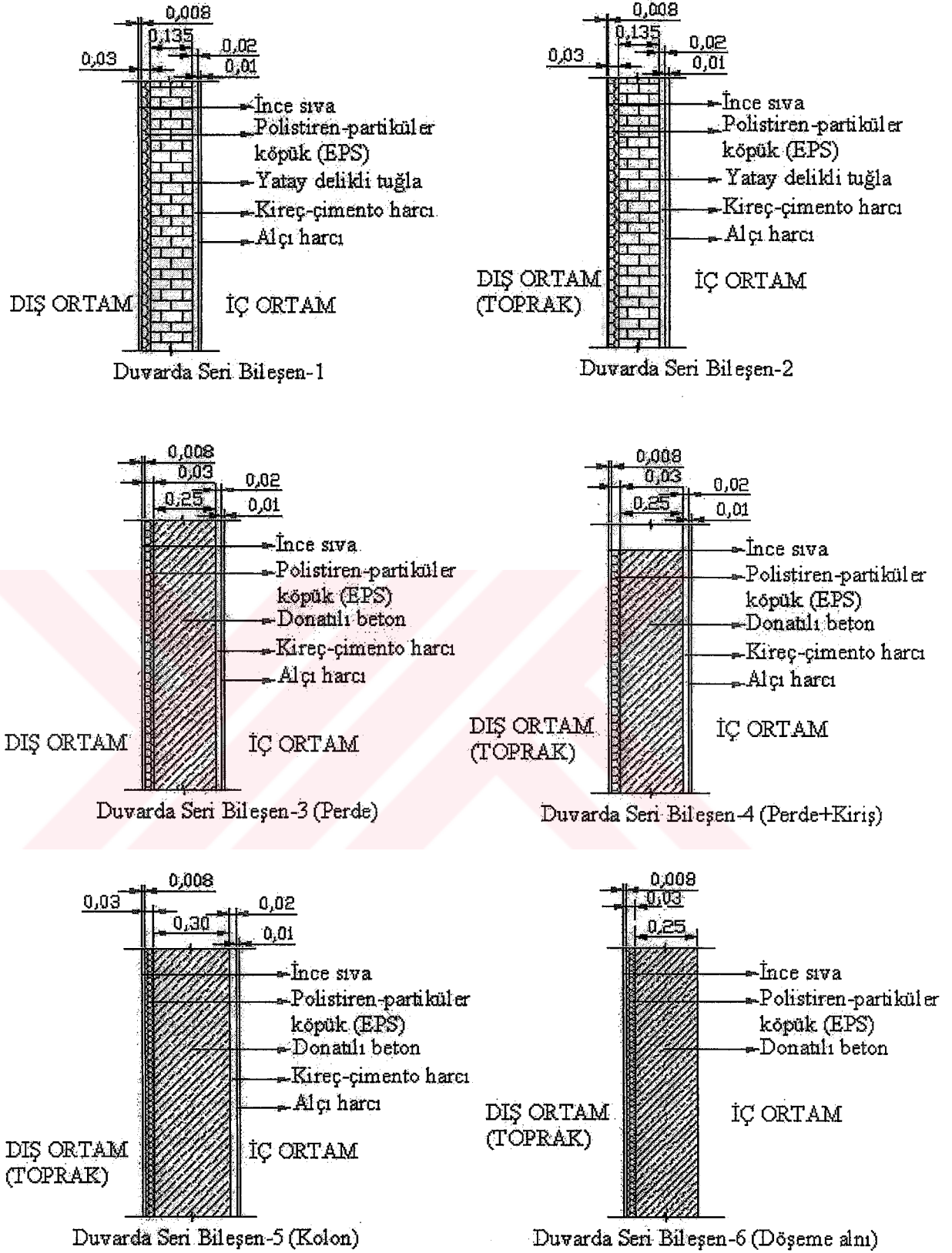
$$= 0.894 / 0.996 = 0.8976,$$

Toplam EPS kesit alanı/ bağıl birim yüzey alan oranı ise

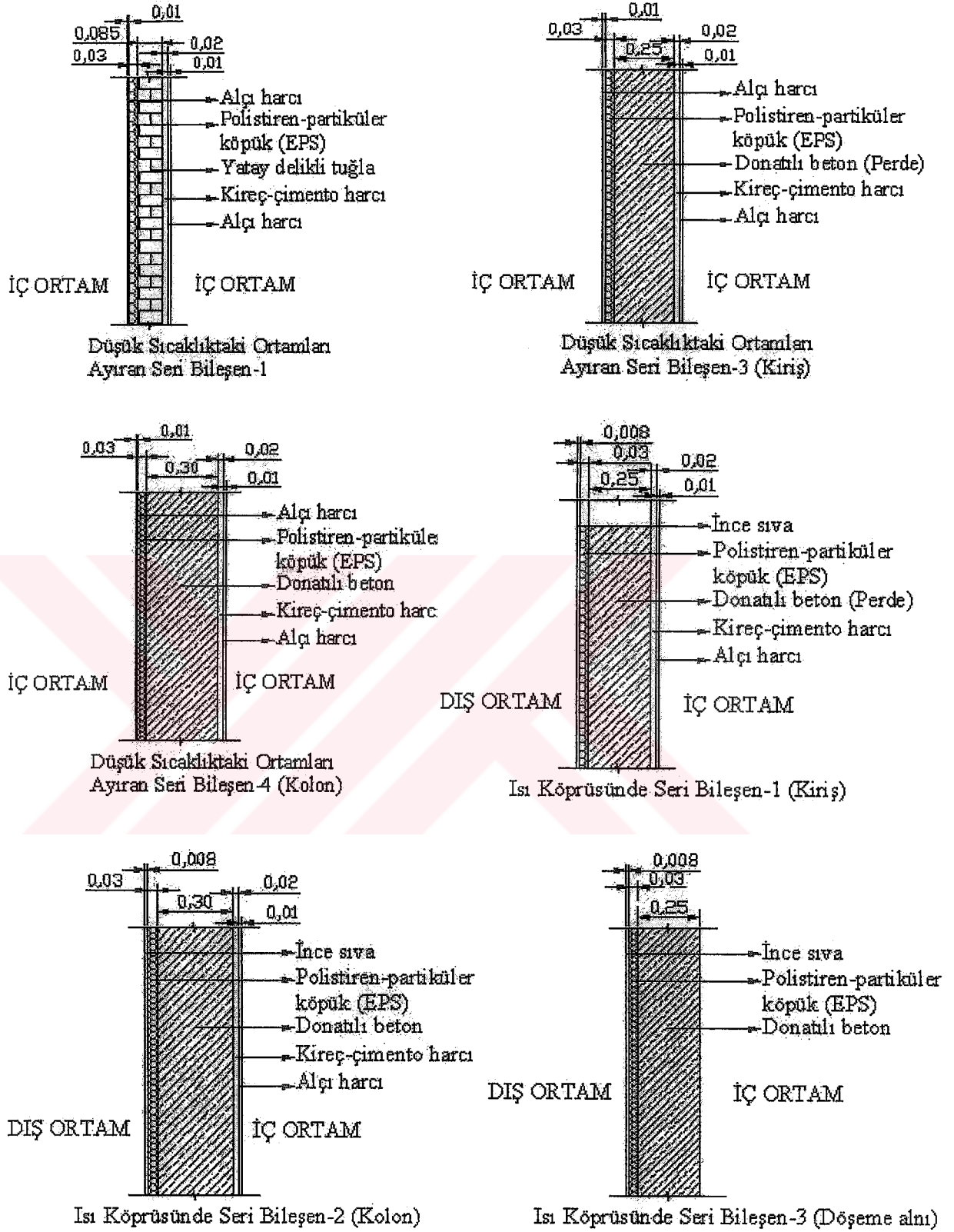
$$= 0.102 / 0.996 = 0.1024 \text{ olmaktadır.}$$

6.1.2. Örnek binada, geleneksel yalıtım sistemleri uygulandığında oluşan kesitler

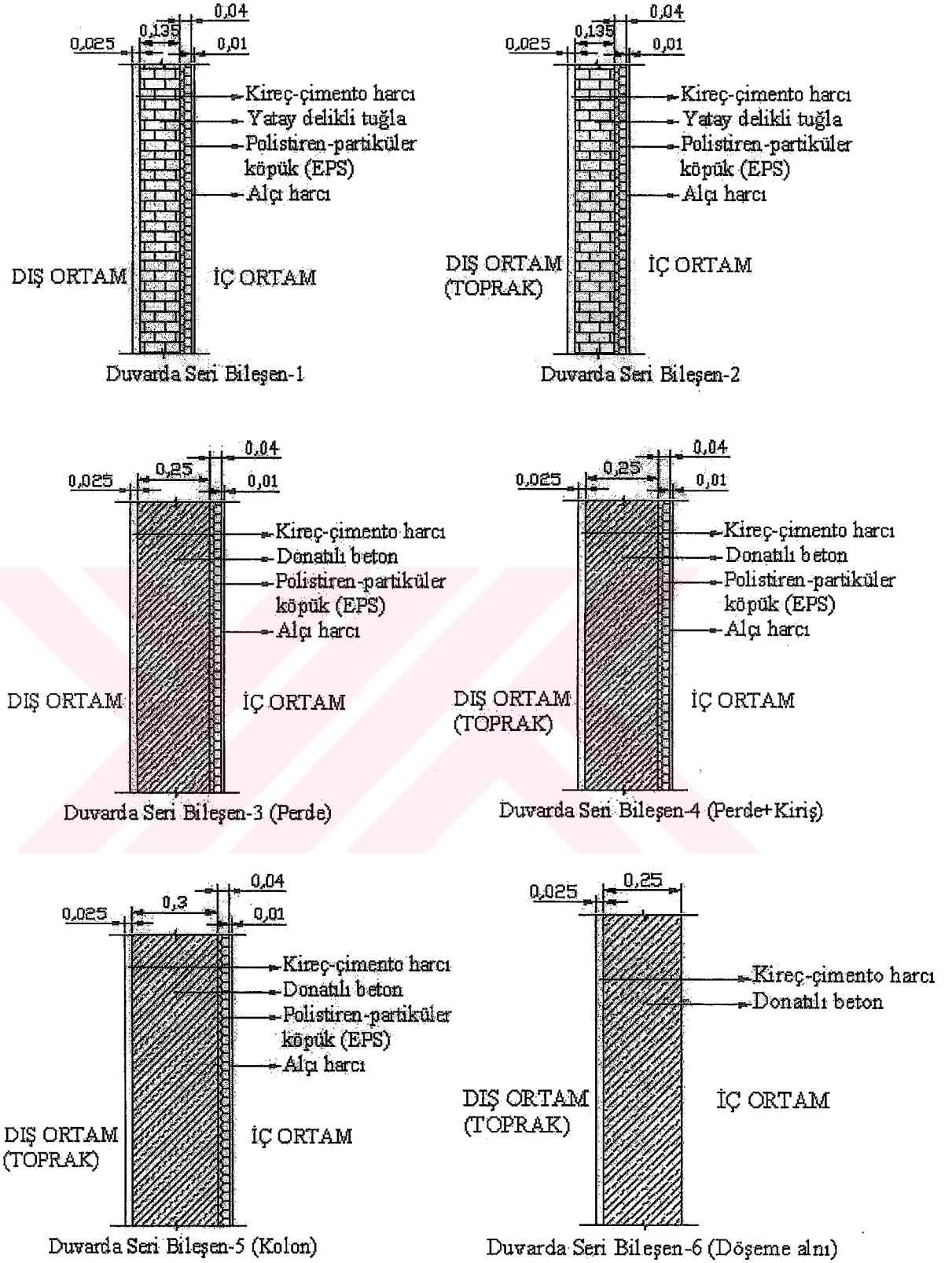
Geleneksel yalıtım sistemlerinde, EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşan sistemdeki kesitlerden farklı kesitler oluşmaktadır. Geleneksel yalıtım sistemlerinde (dışardan, içerden ve çift duvar arası yalıtım uygulaması) oluşan farklı kesitler ve bu kesitlere karşılık kullanılan tanımlar sırasıyla Şekil 6.3a, Şekil 6.3b ve Şekil 6.3c'de verilmiştir.



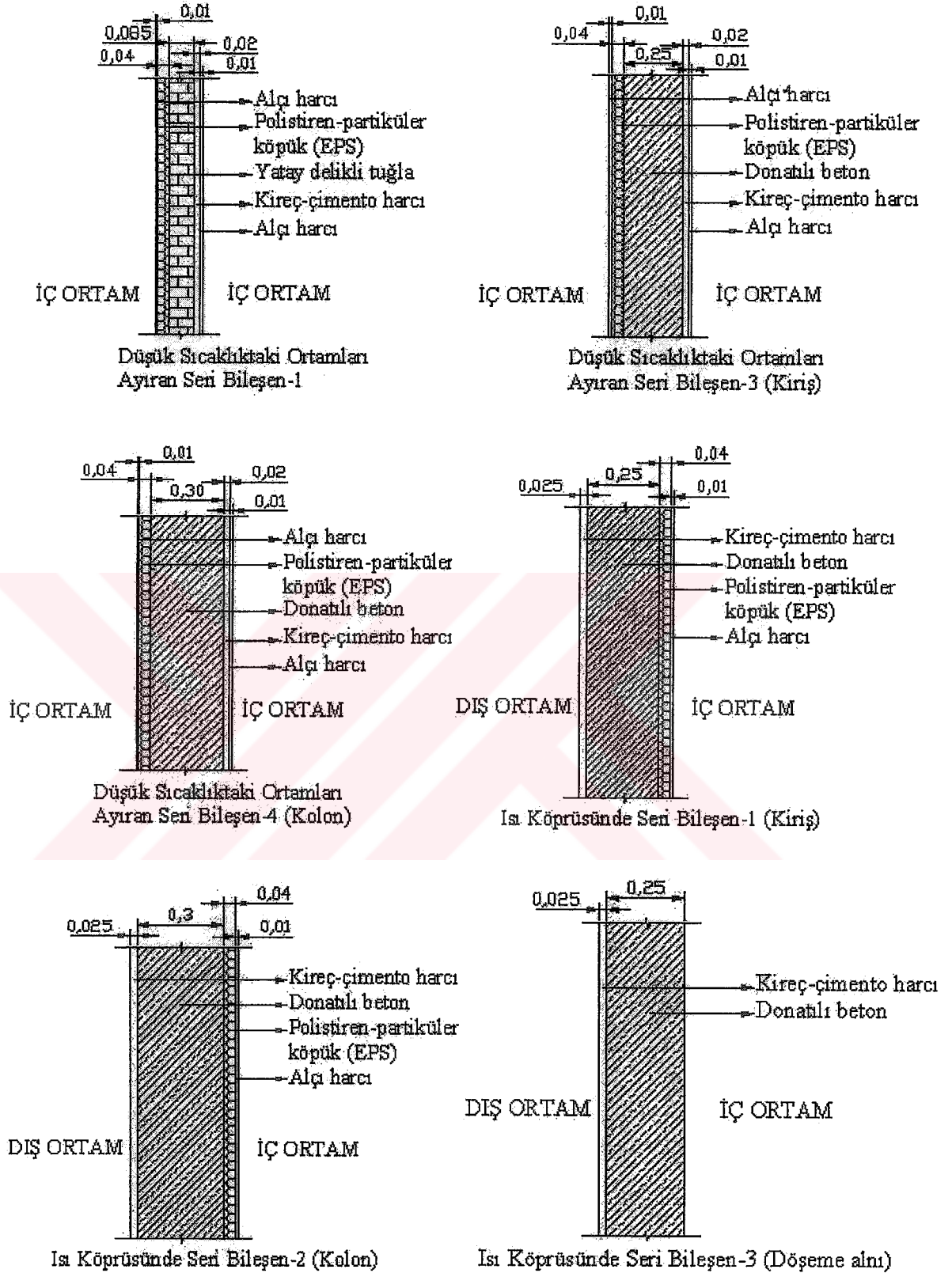
Şekil 6.3a. Dışardan yalıtım uygulamasında kullanılan kesitler



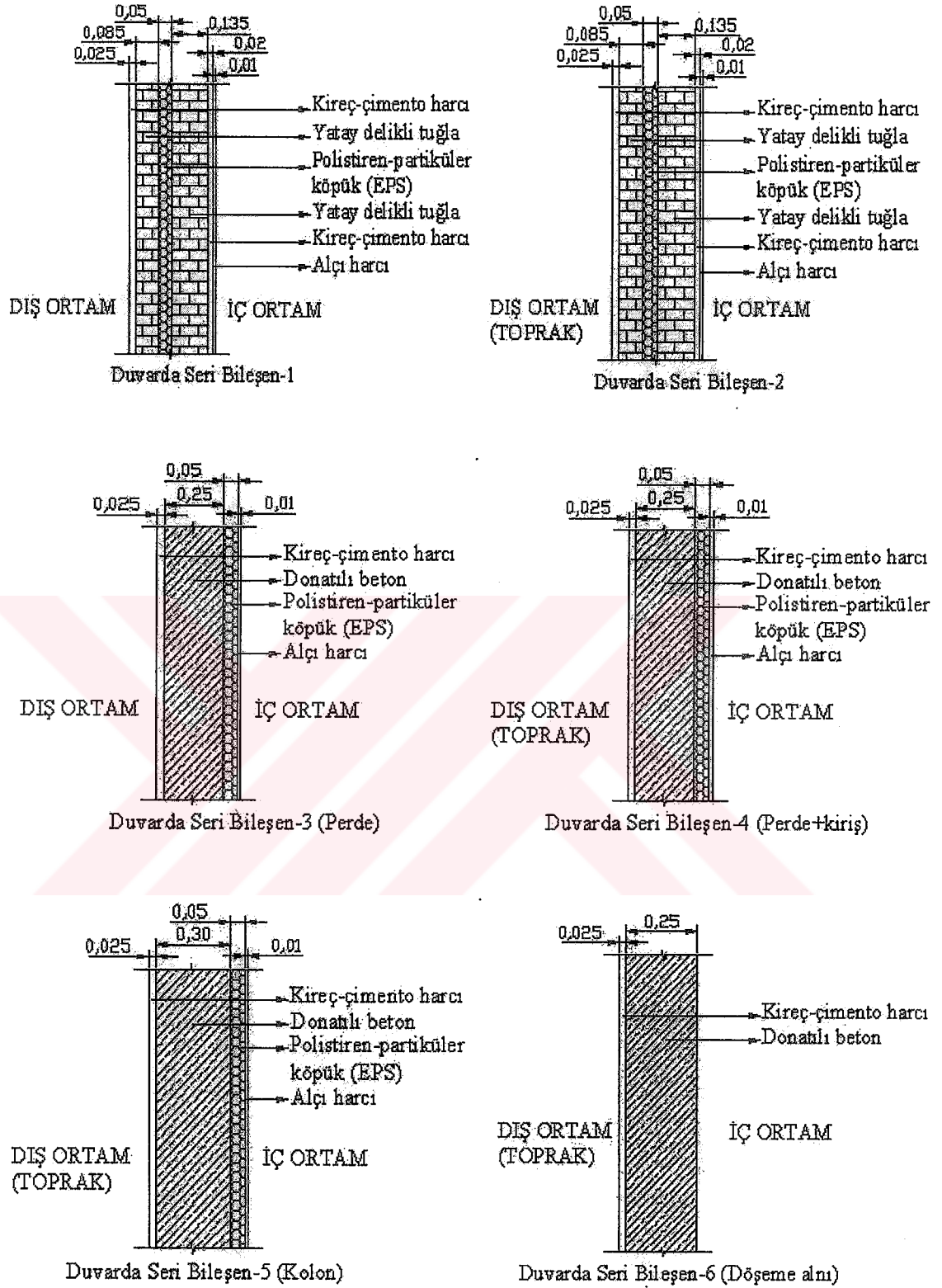
Şekil 6.3a. Dışardan yalıtım uygulamasında kullanılan kesitler (devam)



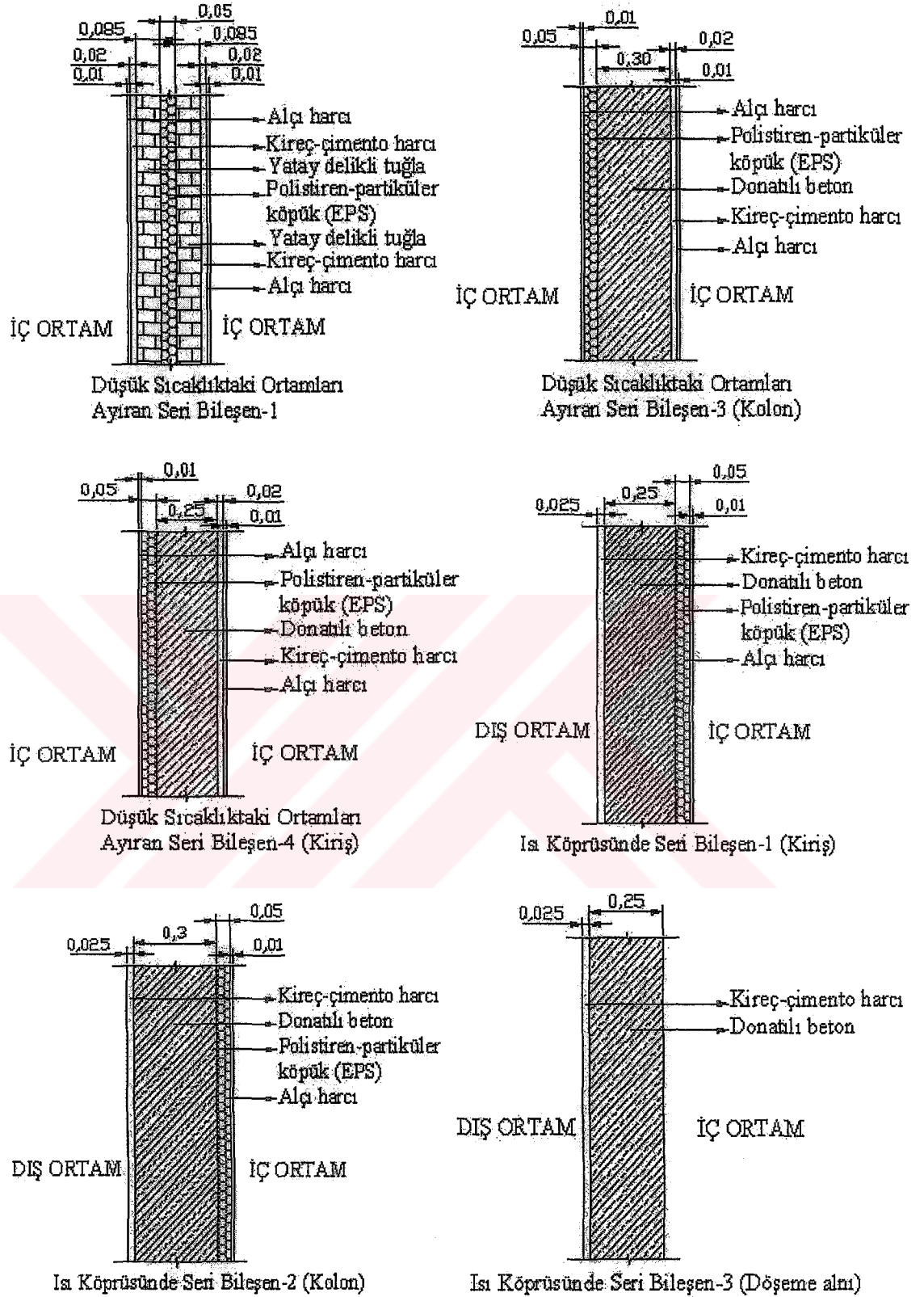
Şekil 6.3b. İçerden yalıtım uygulamasında kullanılan kesitler



Şekil 6.3b. İçerden yalıtım uygulamasında kullanılan kesitler (devam)



Şekil 6.3c. Çift duvar arası yalıtım uygulamasında kullanılan kesitler



Şekil 6.3c. Çift duvar arası yalıtım uygulamasında kullanılan kesitler (devam)

6.2. Kış Konforu İle İlgili Hesaplamalar

Kış konforu ile ilgili hesaplamalar, EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşan sistem ve geleneksel yalıtım sistemleri için yapılmıştır. Hesaplamalar için, Polistren Üreticiler Derneği tarafından kullanıma sunulmuş olan Excel programı kullanılmıştır. Bu programın tercih edilmesinin nedeni, TS 825'te belirtilen ısı köprüleri ile ilgili hesaplamaları da dikkate alıyor olmasıdır. Hesaplamalar TS 825'de tanımlanan tüm “Derece Gün (DG)” bölgeleri için yapılmıştır. Hesap sonuçları aşağıda verilmiştir.

6.2.1. Örnek binada, EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşan sistem uygulandığında kış konforu ile ilgili hesaplamalar

EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşan sistem uygulandığında, örnek binaya ait özellikler Tablo 6.1’de gösterilmiştir.

Hesaplamalar sonucu elde edilen ve TS 825’de istenen, binanın özgül ısı kaybı ile ilgili bilgiler Tablo 6.2’de verilmiştir. Bu değerler 1., 2. ve 3. DG bölgeleri için aynen geçerlidir. Ancak 4. DG bölgesinde yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, izin verilenden yüksek çıktığı için kullanılan kesitin yetersiz kaldığı tespit edilmiştir (Tablo 6.6). Bu sebeple, EPS kalınlıklarında değişiklik yapılması gerekmiştir. 4. DG bölgesinde geçerli olan kesitler ve özellikleri Tablo 6.7’de gösterilmiştir. Binanın Tablo 6.2’de belirtilen özelliklere sahip olması durumunda 1., 2. ve 3. DG bölgeleri için belirlenen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları Tablo 6.3 ile 6.5 arasında; değiştirilen kesite (Tablo 6.7) göre 4. DG bölgesi için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ise Tablo 6.8’de verilmiştir.

Tablo 6.1. EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşturulan örnek binaya ait özellikler

Toplam brüt bina hacmi ($V_{\text{brüt}}$)	m^3	1995.042	
Toplam bina kabuk alanı (A_{toplam})	m^2	1262.386	
$V_{\text{brüt}} / A_{\text{toplam}}$	-	1.58	
Saydam alan (cam) / Toplam düşey alan (cam+duvar)	-	0.180	
Kullanılan alan (A_n) = $0,32 \cdot V_{\text{brüt}}$	m^2	638.413	
Zemin döşeme alanı	m^2	162.6	
Hesaplamalarda kullanılan alanlar			
Duvar alanları			
Dış havaya temas eden			
Döşeme+EPS+dış sıva	m^2	27.95	461.45
İç sıva+EPS+dış sıva	m^2	47.252	
İç sıva+EPS+donatılı beton+EPS+dış sıva	m^2	414.198	
Toprağa temas eden			
Döşeme+EPS+dış sıva	m^2	1.52	38.38
İç sıva+EPS+dış sıva	m^2	3.93	
İç sıva+EPS+donatılı beton+EPS+dış sıva	m^2	34.45	
Düşük sıcaklıklı			
İç sıva+EPS+dış sıva	m^2	14.876	144.876
İç sıva+EPS+donatılı beton+EPS+dış sıva	m^2	130	
Pencere, kapı alanları			
Pencere	m^2	58.776	
Sürme kapı+çift kapı	m^2	89.2	
Düşük sıcaklıklı kapı	m^2	5.94	
Dış kapı	m^2	5.28	
Çatı alanları			
Teras çatı	m^2	10.4	
Havalandırma boşluğu olan örtülü çatı	m^2	88.88	
Eğimli çatı (yalıtlımlı)	m^2	112.644	118.574
Eğimli çatı (merteklerin geçtiği bölgeler)	m^2	5.93	
Çıkma altı alanları			
Çıkma altı	m^2	8.8	
Döşeme alanları			
Zemin kat	m^2	162.6	
Düşük sıcaklıklı	m^2	39.76	
Yönlere göre saydam elemanların alanları			
Doğu (arka)	m^2	93.216	
Batı (ön)	m^2	14.08	
Kuzey (sağ)	m^2	18.84	
Güney (sol)	m^2	21.84	

Tablo 6.2. Binanın özgül ısı kaybı (1., 2. ve 3. DG bölgeleri için uygun olan)

BİNANIN ÖZGÜL ISI KAYBI						
Binadaki yapı elemanları		Yapı elemanı kalınlığı	Isı iletkenlik hesap değeri		Isı geçirgenliği	Isı kaybedilen yüzey
		d	λ_h	$d/\lambda_h, 1/\alpha$	U	A
		m	W/mK	m^2K/W	m^2K/W	m^2
Duvarda Seri Bileşen-1	$1/\alpha_{ic}$			0.13		
	İnce sıva*	0.008	0.800	0.010		
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.043	0.037	1.162		
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.162	2.100	0.077		
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.042	0.037	1.135		
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014		
	$1/\alpha_{dis}$			0.04		
TOPLAM				2.569	0.389	414.2
Duvarda Seri Bileşen-2	$1/\alpha_{ic}$			0.13		
	İnce sıva*	0.008	0.800	0.010		
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.247	0.037	6.676		
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014		
	$1/\alpha_{dis}$			0.04		
TOPLAM				6.870	0.146	47.25
Duvarda Seri Bileşen-3	$1/\alpha_{ic}$			0.13		
	İnce sıva*	0.008	0.800	0.010		
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.043	0.037	1.162		
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.162	2.100	0.077		
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.042	0.037	1.135		
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.070	0.143		
	$1/\alpha_{dis}$			0		
TOPLAM				2.657	0.376	34.45
Duvarda Seri Bileşen-4	$1/\alpha_{ic}$			0.13		
	İnce sıva*	0.008	0.800	0.010		
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.247	0.037	6.676		
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014		
	$1/\alpha_{dis}$			0		
TOPLAM				6.830	0.146	3.930
Duvarda Seri Bileşen-5	$1/\alpha_{ic}$			0.13		
	İnce sıva*	0.008	0.800	0.010		
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.043	0.037	1.162		
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.204	2.100	0.097		
	$1/\alpha_{dis}$			0.04		
TOPLAM				1.439	0.695	27.950

* İnce sıva TS 825'de tanımlı olmadığı için üretici firmaların önerdiği (belirttiği) değerler kullanılmıştır

Tablo 6.2 devam

Duvarda Seri Bileşen-6	$1/\alpha_{ig}$			0.13			
	İnce sıva*	0.008	0.800	0.010			
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.043	0.037	1.162			
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.204	2.100	0.097			
	$1/\alpha_{dis}$			0			
TOPLAM				1.399	0.715	1.52	1.086
DUVAR TOPLAM							202.17
Pencerede Seri Bileşen-1					2.300	89.200	205.160
Pencerede Seri Bileşen-2					2.300	5.940	13.662
Pencerede Seri Bileşen-3					3.500	5.280	18.480
Pencerede Seri Bileşen-4					2.800	58.776	164.573
PENCERE TOPLAM							401.87
Çatıda Seri Bileşen-1	$1/\alpha_{ig}$			0.13			
	4.6 Cimento harçlı şap	0.02	1.400	0.014			
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.05	0.037	1.351			
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.12	2.100	0.057			
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.01	0.700	0.014			
$1/\alpha_{dis}$				0.08			
TOPLAM				1.647	0.607	88.88	43.17
Çatıda Seri Bileşen-2	$1/\alpha_{ig}$			0.13			
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.05	0.037	1.351			
	8.1.1 Çam vb. igne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0.02	0.130	0.154			
	$1/\alpha_{dis}$			0.08			
TOPLAM				1.715	0.583	112.64	52.54
Çatıda Seri Bileşen-3	$1/\alpha_{ig}$			0.13			
	8.1.1 Çam vb. igne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0.10	0.130	0.769			
	8.1.1 Çam vb. igne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0.02	0.130	0.154			
	$1/\alpha_{dis}$			0.08			
TOPLAM				1.133	0.883	5.93	4.19
Çatıda Seri Bileşen-4	$1/\alpha_{ig}$			0.13			
	1.1 Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, ...)	0.010	3.500	0.003			
	4.2 Cimento harcı	0.020	1.400	0.014			
	9.14 Halı vb. kaplamalar	0.0015	0.007	0.021			
	9.2.2.1 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0.002	0.190	0.011			
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük- EPS(TS7316 EN13163)-30kg/m3	0.050	0.034	1.471			
	9.2.3 Polietilen folyo	0.0005	0.190	0.003			
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.120	2.100	0.057			
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014			
	$1/\alpha_{dis}$			0.04			
TOPLAM				1.764	0.567	10.40	5.90
ÇATI TOPLAM							105.79

Tablo 6.2 devam

Zeminde Seri Bileşen-1	$1/\alpha_{ic}$			0.17			
	9.1.4 Halı vb. kaplamalar	0.010	0.070	0.143			
	4.6 Cimento harçlı şap	0.020	1.400	0.014			
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük- EPS(TS7316 EN13163)-30kg/m3	0.050	0.034	1.351			
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.120	2.100	0.057			
	5.1 Betonlar - Donatısız (TS 500'e uygun)	0.040	1.740	0.023			
	9.2.2.1 Cam tulu armaturlu bitümlü pestil	0.002	0.190	0.011			
	5.1 Betonlar - Donatısız (TS 500'e uygun)	0.050	1.740	0.029			
	$1/\alpha_{dis}$			0			
TOPLAM				1.917	0.522	162.60	42.41
ZEMİN TOPLAM							42.41
Çıkma Seri Bileşen-1	$1/\alpha_{ic}$			0.17			
	9.1.4 Halı vb. kaplamalar	0.010	0.070	0.143			
	4.6 Cimento harçlı şap	0.010	1.400	0.007			
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.120	2.100	0.057			
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.050	0.037	1.351			
	İnce sıva*	0.008	0.800	0.010			
	$1/\alpha_{dis}$			0.04			
	TOPLAM			1.776	0.560	8.80	4.93
ÇIKMA TOPLAM							4.93
Düşük Sıcaklıktaki Ortamları Ayıran Seri Bileşen-1	$1/\alpha_{ic}$			0.13			
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014			
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.043	0.037	1.162			
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.162	2.100	0.077			
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.042	0.037	1.135			
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014			
	$1/\alpha_{dis}$			0.13			
	TOPLAM			2.663	0.376	130.00	24.41
Düşük Sıcaklıktaki Ortamları Ayıran Seri Bileşen-2	$1/\alpha_{ic}$			0.13			
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014			
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.247	0.037	6.676			
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014			
	$1/\alpha_{dis}$			0.13			
TOPLAM				6.964	0.144	14.88	1.07

Tablo 6.2. devam

Düşük Sıcaklıktaki Ortamları Ayıran Seri Bileşen-3	$1/\alpha_{ic}$			0.17		
	9.1.4 Halı vb. kaplamalar	0.010	0.070	0.143		
	4.6 Cimento harçlı şap	0.020	1.400	0.014		
	10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.050	0.037	1.351		
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.120	2.100	0.057		
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014		
	$1/\alpha_{dis}$			0.17		
TOPLAM			1.920	0.521	39.76	10.35
DÜŞÜK SICAKLIKLI ORTAMLARI AYIRAN TOPLAM						35.83
YAPI ELEMANLARINDAN İLETİM YOLUYLA GERÇEKLEŞEN ISI KAYBI TOPLAMI =						793.00

Tablo 6.3. Tablo 6.2’de verilen kesitler için örnek binaya ait yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (1. DG)

YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI									
Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanımı faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Toplam ısı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam ısı kazançları			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (K, °C)	$H(T_i - T_d)$ (W)	Φ_i (W)	Φ_g (W)	$\Phi_T=\Phi_i+\Phi_g$ (W)			
OCAK	1319.7	11	14516.6	3192.1	3204.5	6396.6	0.44	0.8966	2.2761E+10
ŞUBAT		9.7	12801.0		4150.8	7342.9	0.57	0.8251	1.7477E+10
MART		7.5	9897.7		5431.8	8623.9	0.87	0.6826	1.0396E+10
NİSAN		3.3	4355.0		6102.1	9294.2	2.13	0.3741	2275756158
MAYIS		-1.6			7550.1	10742.2			
HAZİRAN		-6.4			8029.7	11221.8			
TEMMUZ		-9			7784.7	10976.7			
AĞUSTOS		-8.2			7094.3	10286.4			
EYLÜL		-4.3			5620.1	8812.2			
EKİM		0.9	1187.7		4260.0	7452.0	6.27	0.1473	
KASIM		5.7	7522.2		3058.1	6250.2	0.83	0.6999	8159508008
ARALIK		9.6	12669.1		2775.5	5967.5	0.47	0.8803	1.9221E+10
$Q_{ay}=[H(T_i - T_d) - \eta_{ay} (\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay})].t$ (J) (1kJ = 0,278 x 10 ⁻³ kWh)							$Q_{yıl}= \Sigma Q_{ay}=$	8.0291E+10	
Toplam ısı kaybı, $Q_{yıl} =$		22321		kWh					
Kullanım alanı, $A_n =$		0,32.V _{brüt}		638.4134 m ²		$A_{top} =$		1262.4 m ²	
Hesaplanan $Q_{yıl} =$		34.9629 kWh/m ²		$A_{top}/V_{brüt}= 0.63$					
İzin verilen $Q_{yıl} =$		46.88 kWh/m ²		STANDARDA UYGUN					

Tablo 6.4. Tablo 6.2’de verilen kesitler için örnek binaya ait yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (2. DG)

YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI									
Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Toplam ısı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam ısı kazançları			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (K, °C)	$H(T_i - T_d)$ (W)	Φ_i (W)	Φ_g (W)	$\Phi T=\Phi_i+\Phi_g$ (W)			
OCAK	1319.7	15.7	20719.2	3192.1	3204.5	6396.6	0.31	0.9608	3.7774E+10
ŞUBAT		14.5	19135.5		4150.8	7342.9	0.38	0.9262	3.1972E+10
MART		11.8	15572.4		5431.8	8623.9	0.55	0.8356	2.1684E+10
NİSAN		6.4	8446.0		6102.1	9294.2	1.10	0.5970	7510786586
MAYIS		1.2	1583.6		7550.1	10742.2	6.78	0.1371	
HAZİRAN		-2.9			8029.7	11221.8			
TEMMUZ		-5.4			7784.7	10976.7			
AĞUSTOS		-4.8			7094.3	10286.4			
EYLÜL		-0.6			5620.1	8812.2			
EKİM		4.9	6466.5		4260.0	7452.0	1.15	0.5801	5556046778
KASIM		9.9	13065.0		3058.1	6250.2	0.48	0.8764	1.9667E+10
ARALIK		14.1	18607.7		2775.5	5967.5	0.32	0.9558	3.3448E+10
$Q_{ay}=[H(T_i - T_d) - \eta_{ay} (\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay})].t$ (J) (1kJ = 0,278 x 10 ⁻³ kWh)							$Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay} =$	1.5761E+11	
Toplam ısı kaybı, $Q_{yl} =$				43816		kWh			
Kullanım alanı, $A_n =$				0,32.V _{brüt} = 638.4134		m ²		$A_{top} = 1262.4$ m ²	
Hesaplanan $Q_{yl} =$				68.6327		kWh/m ²		$A_{top}/V_{brüt} = 0.63$	
İzin verilen $Q_{yl} =$				75.70		kWh/m ²		STANDARDA UYGUN	

Tablo 6.5. Tablo 6.2’de verilen kesitler için örnek binaya ait yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (3. DG)

YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI									
Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Toplam ısı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam ısı kazançları			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (K, °C)	$H(T_i - T_d)$ (W)	Φ_i (W)	Φ_g (W)	$\Phi T=\Phi_i+\Phi_g$ (W)			
OCAK	1319.7	17.7	23358.6	3192.1	3204.5	6396.6	0.27	0.9741	4.4396E+10
ŞUBAT		17	22434.8		4150.8	7342.9	0.33	0.9529	4.0015E+10
MART		14	18475.7		5431.8	8623.9	0.47	0.8826	2.816E+10
NİSAN		9.2	12141.2		6102.1	9294.2	0.77	0.7292	1.3903E+10
MAYIS		4.9	6466.5		7550.1	10742.2	1.66	0.4523	4168281451
HAZİRAN		0.9	1187.7		8029.7	11221.8	9.45	0.1004	
TEMMUZ		-2.1			7784.7	10976.7			
AĞUSTOS		-1.6			7094.3	10286.4			
EYLÜL		2.5	3299.2		5620.1	8812.2	2.67	0.3123	
EKİM		7.7	10161.6		4260.0	7452.0	0.73	0.7443	1.1963E+10
KASIM		12.5	16496.2		3058.1	6250.2	0.38	0.9286	2.7714E+10
ARALIK		16.4	21643.0		2775.5	5967.5	0.28	0.9734	4.1042E+10
$Q_{ay}=[H(T_i - T_d) - \eta_{ay} (\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay})].t$ (J) (1kJ = 0,278 x 10 ⁻³ kWh)							$Q_{yıl}= \Sigma Q_{ay}=$	2.1136E+11	
Toplam ısı kaybı, $Q_{yıl} =$			58758	kWh					
Kullanım alanı, $A_n =$			0,32.V _{brüt} =	638.4134	m ²	$A_{top} =$ 1262.4		m ²	
Hesaplanan $Q_{yıl} =$			92.0383	kWh/m ²		$A_{top}/V_{brüt}= 0.63$			
İzin verilen $Q_{yıl} =$			92.74	kWh/m ²		STANDARDA UYGUN			

Tablo 6.6. Tablo 6.2’de verilen kesitler için örnek binaya ait yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (4. DG)

YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI									
Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanımı faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Toplam ısı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam ısı kazançları			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (K, °C)	$H(T_i - T_d)$ (W)	Φ_i (W)	Φ_g (W)	$\Phi T=\Phi_i+\Phi_g$ (W)			
OCAK	1319.7	24.2	31936.6	3192.1	3204.5	6396.6	0.20	0.9932	6.6312E+10
ŞUBAT		23.1	30484.9		4150.8	7342.9	0.24	0.9843	6.0284E+10
MART		20.3	26789.8		5431.8	8623.9	0.32	0.9552	4.8086E+10
NİSAN		13.9	18343.7		6102.1	9294.2	0.51	0.8611	2.6804E+10
MAYIS		8.9	11745.3		7550.1	10742.2	0.91	0.6649	1.193E+10
HAZİRAN		5.5	7258.3		8029.7	11221.8	1.55	0.4763	4959928783
TEMMUZ		1.8	2375.4		7784.7	10976.7	4.62	0.1946	
AĞUSTOS		1.8	2375.4		7094.3	10286.4	4.33	0.2062	
EYLÜL		5.8	7654.2		5620.1	8812.2	1.15	0.5805	6581346250
EKİM		12.1	15968.3		4260.0	7452.0	0.47	0.8827	2.434E+10
KASIM		17.7	23358.6		3058.1	6250.2	0.27	0.9762	4.4731E+10
ARALIK		22	29033.2		2775.5	5967.5	0.21	0.9923	5.9906E+10
$Q_{ay}=[H(T_i - T_d) - \eta_{ay} (\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay})].t \text{ (J)}$ (1kJ = 0,278 x 10 ⁻³ kWh)							$Q_{yil} = \sum Q_{ay} =$		3.5393E+11
Toplam ısı kaybı, $Q_{yil} = 98394$				kWh					
Kullanım alanı, $A_n = 0,32.V_{brüt} =$				638.4134 m ² $A_{top} = 1262.4 \text{ m}^2$					
Hesaplanan $Q_{yil} = 154.122$				kWh/m ² $A_{top}/V_{brüt} = 0.63$					
İzin verilen $Q_{yil} = 140.10$				kWh/m ² STANDARDA UYGUN DEĞİL					

Tablo 6.7. Binaın özgül ısı kaybı (4. DG bölgesi için uygun olan)

BİNANIN ÖZGÜL ISI KAYBI						
Binadaki yapı elemanları	Yapı elemanı kalınlığı	Isı iletkenlik hesap değeri		Isı geçirgenliği	Isı kaybedilen yüzey	Isı kaybı
	d	λ_h	$d/\lambda, 1/\alpha$	U	A	A*U
	m	W/mK	m ² K/W	m ² K/W	m ²	W/K
Duvarda Seri Bileşen-1	$1/\alpha_{ic}$		0.13			
	İnce sıva*	0.008	0.800	0.010		
	10.2.1.1Polistiren-partiküller köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.043	0.037	1.162		
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.162	2.100	0.077		
	10.2.1.1Polistiren-partiküller köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.042	0.037	1.135		
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014		
	$1/\alpha_{dis}$		0.04			
TOPLAM			2.569	0.389	414.2	161.25
Duvarda Seri Bileşen-2	$1/\alpha_{ic}$		0.13			
	İnce sıva*	0.008	0.800	0.010		
	10.2.1.1Polistiren-partiküller köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.247	0.037	6.676		
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014		
	$1/\alpha_{dis}$		0.04			
TOPLAM			6.870	0.146	47.252	6.88
Duvarda Seri Bileşen-3	$1/\alpha_{ic}$		0.13			
	İnce sıva*	0.008	0.800	0.010		
	10.2.1.1Polistiren-partiküller köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.043	0.037	1.162		
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.162	2.100	0.077		
	10.2.1.1Polistiren-partiküller köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.042	0.037	1.135		
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.070	0.143		
	$1/\alpha_{dis}$		0			
TOPLAM			2.657	0.376	34.45	12.964
Duvarda Seri Bileşen-4	$1/\alpha_{ic}$		0.13			
	İnce sıva*	0.008	0.800	0.010		
	10.2.1.1Polistiren-partiküller köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.247	0.037	6.676		
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014		
	$1/\alpha_{dis}$		0			
TOPLAM			6.830	0.146	3.930	0.575
Duvarda Seri Bileşen-5	$1/\alpha_{ic}$		0.13			
	İnce sıva*	0.008	0.800	0.010		
	10.2.1.1Polistiren-partiküller köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.043	0.037	1.162		
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.204	2.100	0.097		
	$1/\alpha_{dis}$		0.04			
TOPLAM			1.439	0.695	27.95	19.419

* İnce sıva TS 825'de tanımlı olmadığı için üretici firmaların önerdiği (belirttiği) değerler kullanılmıştır

Tablo 6.7 devam

Duvarda Seri Bileşen-6	$1/\alpha_{ic}$			0.13			
	İnce sıva*	0.008	0.800	0.010			
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.043	0.037	1.162			
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.204	2.100	0.097			
	$1/\alpha_{dis}$			0			
TOPLAM				1.399	0.715	1.52	1.086
DUVAR TOPLAM							202.17
Pencerede Seri Bileşen-1					2.300	89.20	205.160
Pencerede Seri Bileşen-2					2.300	5.940	13.662
Pencerede Seri Bileşen-3					3.500	5.280	18.480
Pencerede Seri Bileşen-4					2.800	58.77	164.573
PENCERE TOPLAM							401.87
Çatıda Seri Bileşen-1	$1/\alpha_{ic}$			0.13			
	4.6 Cimento harçlı şap	0.02	1.400	0.014			
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.20	0.037	5.405			
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.12	2.100	0.057			
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.01	0.700	0.014			
$1/\alpha_{dis}$				0.08			
TOPLAM				5.701	0.175	88.88	12.47
Çatıda Seri Bileşen-2	$1/\alpha_{ic}$			0.13			
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.200	0.037	5.405			
	8.1.1 Çam vb. igne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0.020	0.130	0.154			
	$1/\alpha_{dis}$			0.08			
TOPLAM				5.769	0.173	112.64	15.62
Çatıda Seri Bileşen-3	$1/\alpha_{ic}$			0.13			
	8.1.1 Çam vb. igne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0.100	0.130	0.769			
	8.1.1 Çam vb. igne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0.100	0.130	0.769			
	$1/\alpha_{dis}$			0.08			
TOPLAM				1.133	0.883	5.93	4.19
Çatıda Seri Bileşen-4	$1/\alpha_{ic}$			0.13			
	1.1 Kristal yapılı püskürtük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, ...)	0.010	3.500	0.003			
	4.2 Cimento harcı	0.020	1.400	0.014			
	9.1.4 Halı vb. kaplamalar	0.0015	0.07	0.021			
	9.2.2.1 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0.002	0.190	0.011			
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük- EPS(TS7316 EN13163)-30kg/m3	0.200	0.034	5.882			
	9.2.3 Polietilen folyo	0.0005	0.19	0.003			
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.120	2.100	0.057			
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014			
	$1/\alpha_{dis}$			0.04			
TOPLAM				6.146	0.162	10.40	1.68
ÇATI TOPLAM							33.96

Tablo 6.8. Tablo 6.7’de verilen kesitler için örnek binaya ait yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (4. DG)

YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI									
Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KK O	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Toplam ısı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam ısı kazançları			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (K, °C)	$H(T_i - T_d)$ (W)	Φ_i (W)	Φ_g (W)	$\Phi T=\Phi_i+\Phi_g$ (W)			
OCAK	1229.5	24.2	29752.8	3192.1	3204.5	6396.6	0.21	0.9905	6.0698E+10
ŞUBAT		23.1	28400.4		4150.8	7342.9	0.26	0.9791	5.4979E+10
MART		20.3	24957.9		5431.8	8623.9	0.35	0.9446	4.3575E+10
NİSAN		13.9	17089.4		6102.1	9294.2	0.54	0.8410	2.4036E+10
MAYIS		8.9	10942.2		7550.1	10742.2	0.98	0.6389	1.0573E+10
HAZİRAN		5.5	6762.0		8029.7	11221.8	1.66	0.4526	4362346789
TEMMUZ		1.8	2213.0		7784.7	10976.7	4.96	0.1826	
AĞUSTOS		1.8	2213.0		7094.3	10286.4	4.65	0.1936	
EYLÜL		5.8	7130.8		5620.1	8812.2	1.24	0.5548	5811140908
EKİM		12.1	14876.4		4260.0	7452.0	0.50	0.8642	2.1868E+10
KASIM		17.7	21761.4		3058.1	6250.2	0.29	0.9692	4.0703E+10
ARALIK		22	27048.0		2775.5	5967.5	0.22	0.9892	5.4807E+10
$Q_{ay}=[H(T_i - T_d) - \eta_{ay} (\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay})] \cdot t$ (J) (1kJ = 0,278 x 10 ⁻³ kWh)							$Q_{yl} = \Sigma Q_{ay} =$		3.2141E+11
Toplam ısı kaybı, $Q_{yl} =$			89353	kWh					
Kullanım alanı, $A_n =$			0,32. $V_{brüt} =$	638.4134	m ²	$A_{top} =$	1262.4	m ²	
Hesaplanan $Q_{yl} =$			139.96	kWh/m ²		$A_{top}/V_{brüt} =$		0.63	
İzin verilen $Q_{yl} =$			140.10	kWh/m ²		STANDARDA UYGUN			

6.2.2. Örnek binada, geleneksel yalıtım sistemleri uygulandığında, kış konforu ile ilgili hesaplamalar

Kış konforu ile ilgili hesaplamalar, dışardan, içerden ve çift duvar arası yalıtım uygulamaları için ayrı ayrı yapılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan örnek binaya ait değişen özellikler Tablo 6.9’da gösterilmiştir.

Geleneksel yalıtım sistemlerinde, duvarların haricinde, EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvarların kullanıldığında oluşturulan eleman kesitleri aynı tutulmuş, sadece gerekli hallerde yalıtım kalınlıkları değiştirilmiştir. Duvar kesitlerinde ise, incelenen

geleneksel yalıtım sisteminin özelliklerine uygun olarak, hem malzemeler hem de yalıtım kalınlıkları değiştirilmiştir.

Kış konforu için standarda uygunluk, öncelikle çatı, zemin döşemesi kesit ve yalıtım kalınlıkları ve pencere tipleri Bölüm 6.1.1’de verilen kesitler sabit tutulup, duvar kesitlerindeki yalıtım kalınlığının değiştirilmesiyle sağlanmıştır. Bu hesaplamalar ve sonuçları 1., 2., 3. ve 4. DG bölgeleri için dışardan yalıtım uygulaması halinde (DY-1, DY-3, DY-5, DY-6 kodlu kesitler) EK 2, içerden yalıtım uygulaması halinde (İY-1, İY-3, İY-5, İY-6 kodlu kesitler) EK 3 ve çift duvar arası yalıtım uygulaması halinde (ÇDY-3, ÇDY-7, ÇDY-9-UD-1, ÇDY-10-UD-2 kodlu kesitler) EK 4’de verilmiştir. Bu hesaplamalardan sonra, çatı ve zemin döşeme kesitlerindeki yalıtım kalınlıkları değiştirilerek uygun duvar yalıtım kalınlıkları üç farklı yalıtım uygulaması için yapılmıştır. Sonuçlar ilgili EK’lerde gösterilmiştir (“EK 5; DY-2, DY-4”, “EK 6; İY-2, İY-4”, “EK 7; ÇDY-1, ÇDY-2, ÇDY-4, ÇDY-5, ÇDY-6, ÇDY-8” kodlu kesitler). Bölüm 7’de, bu sonuçların karşılaştırılması yapılarak, EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlar ile alternatif oluşturabilecek geleneksel yalıtım sistemleri belirlenmiştir.

Tablo 6.9. Örnek binada geleneksel yalıtım sistemleri kullanıldığında değişen özellikler

Hesaplamalarda kullanılan alanlar				
Duvar alanları				
Dış havaya temas eden				
İç siva+tuğla+dış siva	m ²	286.88		
İç siva+perde duvar+dış siva	m ²	46.66		
Toprağa temas eden				
İç siva+tuğla+dış siva	m ²	7.30		
İç siva+ (perde duvar+kiriş)+dış siva	m ²	23.63		
İç siva+kolon+dış siva	m ²	6.90		
Döşeme alını+dış siva	m ²	1.52		
Düşük sıcaklıklı				
İç siva+tuğla+dış siva	m ²	135.486		
İç siva+kolon+dış siva	m ²	2.59		
İç siva+kiriş+dış siva	m ²	6.80		
Isı köprüleri				
Döşeme alını+dış siva	m ²	27.948	l = 232.9 m	b = 0.12 m
İç siva+kiriş+dış siva	m ²	63.31	l = 166.6 m	b = 0.38 m
İç siva+kolon+dış siva	m ²	64.8	l = 216.0 m	b = 0.30 m

6.3. Yaz Konforu İle İlgili Hesaplamalar

Yaz konforu ile ilgili hesaplamalar, EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvar kesiti ve geleneksel yalıtım sistemlerinde kullanılan dış duvar kesitlerinde, ISO 13786 “Thermal performance of building components - Dynamic thermal characteristics - Calculation methods” standardında belirtilen hesaplama yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Bu hesaplamalarla ilgili hesap sonuçları aşağıda verilmiştir.

6.3.1. Örnek binada, EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşan sistem uygulandığında yaz konforu ile ilgili hesaplamalar

Hesap sonuçları Tablolar halinde gösterilmiştir. Bulunan katman matrisleri ve ilgili diğer özellikler Tablo 6.10’da, elemanın yüzeyden yüzeye (Z_{yy}) ve ortamdan ortama (Z_{oo}) iletim matrisleri ve bu matrislerin inversleri Tablo 6.11’de verilmiştir. Elemanın yüzeyden yüzeye ve ortamdan ortama iletim matrislerinin inversleri kullanılarak bulunan, matris elemanlarının “argümanları” ve “modülleri”; ortamdan ortama iletim matrisinin inversi kullanılarak bulunan, zaman ötelenmeleri, ısı kabülleri ve azaltma faktörü; yüzeyden yüzeye iletim matrisinin inversi kullanılarak bulunan, ısı kapasiteleri ve toplam ısı kapasiteleri ile sabit rejim şartlarında oluşacak ısı iletkenlik (U) Tablo 6.12’de verilmiştir.

Tablo 6.10. EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşan sistem kesitlerinin katman matrisleri ve ilgili diğer özellikler

Kesitler	Kalınlık	Isıl iletkenlik	Isıl direnç	Yoğunluk	Özgü ısı kapasitesi	Periyodik nüfuziyet derinliği	Oran	Katman ısı iletim matrisi
	d, m	λ , W/mK	d/λ , 1/ α , m ² /K/W	ρ , kg/m ³	C, J/kgK	δ , m	$\xi = d/\delta$, -	$Z = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix}$
			0.13					$\begin{pmatrix} 1 & -0.13 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$
İnce sıva*	0.008	0.800	0.010	450	1000	0.221	0.0362	$\begin{pmatrix} 1.00000 + 0.001309 j & -0.01 - 4.36332 \times 10^{-6} j \\ 0.000114 - 0.261799 j & 1.00000 + 0.001309 j \end{pmatrix}$
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.043	0.037	1.162	20	1296.67	0.198	0.2171	$\begin{pmatrix} 0.99963 + 0.047122 j & -1.16208 - 0.018255 j \\ 0.001274 - 0.081089 j & 0.99963 + 0.047122 j \end{pmatrix}$
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.162	2.100	0.077	2400	1000	0.155	1.0443	$\begin{pmatrix} 0.802333 + 1.07618 j & -0.074089 - 0.027885 j \\ 10.2203 - 27.1551 j & 0.802333 + 1.07618 j \end{pmatrix}$
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPS (TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.042	0.037	1.135	20	1295	0.198	0.2120	$\begin{pmatrix} 0.999663 + 0.044956 j & -1.13506 - 0.017010 j \\ 0.001187 - 0.079204 j & 0.999663 + 0.044956 j \end{pmatrix}$
4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888	$\begin{pmatrix} 0.99999 + 0.00789 j & -0.014286 - 0.000038 j \\ 0.002905 - 1.10465 j & 0.99999 + 0.00789 j \end{pmatrix}$
			0.04					$\begin{pmatrix} 1 & -0.04 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$
			0.13					$\begin{pmatrix} 1 & -0.13 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$
İnce sıva*	0.008	0.800	0.010	450	1000	0.221	0.0362	$\begin{pmatrix} 1.00000 + 0.001309 j & -0.01 - 4.36332 \times 10^{-6} j \\ 0.000114 - 0.261799 j & 1.00000 + 0.001309 j \end{pmatrix}$
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.247	0.037	6.676	20	1296.67	0.198	1.2469	$\begin{pmatrix} 0.599392 + 1.51316 j & -6.13944 - 3.4201 j \\ 0.238653 - 0.428406 j & 0.599392 + 1.51316 j \end{pmatrix}$
4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888	$\begin{pmatrix} 0.99999 + 0.00789 j & -0.014286 - 0.000038 j \\ 0.002905 - 1.10465 j & 0.99999 + 0.00789 j \end{pmatrix}$
			0.04					$\begin{pmatrix} 1 & -0.04 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$

* İnce sıva TS 82.5'de tanımlı olmadığı için üretici firmaların önerdiği (belirttiği) değerler kullanılmıştır

Tablo 6.11. EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşan sistem kesitlerinin matris değerleri

Kesitler	Yüzeyden yüzeye iletim matrisi = Z_{yy} , Yüzeyden yüzeye iletim matrisinin inversi = Z_{yy}^{-1}	Ortamdan ortama iletim matrisi = Z_{oo} , Ortamdan ortama iletim matrisinin inversi = Z_{oo}^{-1}
Duvarda Sert Bileşen-1		
$1/\alpha_{dış}$		
İnce siva		
10.2.1.1 Polistiren- partiküller köpük- EPS (TS7316 EN13163)- 20kg/m ³	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -55.8872 + 17.6995 j & 13.4894 - 38.667 j \\ 52.2395 + 2.75796 j & -23.4216 + 28.0599 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -57.9768 + 17.5892 j & 21.9633 - 42.076 j \\ 52.2395 + 2.75796 j & -30.2127 + 27.7014 j \end{pmatrix}$
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -23.4216 + 28.0599 j & -13.4894 + 38.667 j \\ -52.2395 - 2.75796 j & -55.8872 + 17.6995 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -30.2127 + 27.7014 j & -21.9633 + 42.076 j \\ -52.2395 - 2.75796 j & -57.9768 + 17.5892 j \end{pmatrix}$
10.2.1.1 Polistiren- partiküller köpük- EPS (TS7316 EN13163)- 20kg/m ³		
4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı		
$1/\alpha_{dış}$		
Duvarda Sert Bileşen-2		
$1/\alpha_{dış}$		
İnce siva		
10.2.1.1 Polistiren- partiküller köpük- EPS (TS7316 EN13163)- 20kg/m ³	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -3.2384 + 8.29647 j & -6.12216 - 3.5134 j \\ 4.08661 - 0.240829 j & -0.332392 + 3.1268 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -3.40187 + 8.3061 j & -5.66662 - 4.71827 j \\ 4.08661 - 0.240829 j & -0.863651 + 3.15811 j \end{pmatrix}$
4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -0.332392 + 3.1268 j & 6.12216 + 3.5134 j \\ -4.08661 + 0.240829 j & -3.2384 + 8.29647 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -0.863651 + 3.15811 j & 5.66662 + 4.71827 j \\ -4.08661 + 0.240829 j & -3.40187 + 8.3061 j \end{pmatrix}$
$1/\alpha_{dış}$		

6.3.2. Örnek binada, geleneksel yalıtım sistemleri uygulandığında yaz konforu ile ilgili hesaplamalar

“Duvarda Seri Bileşen - 1”, “Duvarda Seri Bileşen - 3”, “Isı Köprüsünde Seri Bileşen - 1” ve “Isı Köprüsünde Seri Bileşen - 2” dış duvar kesitlerinin periyodik ısı karakteristikleri, ISO 13786 standardında belirtilen hesaplama yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Duvarda Seri Bileşen - 3 ve Isı Köprüsünde Seri Bileşen -1 kesitleri tüm geleneksel yalıtım sistemleri için aynı olduğundan hesaplamalarda, iki kesitin toplamı kullanılmıştır.

Geleneksel yalıtım sistemlerinin yaz konforu açısından değerlendirilmesi sırasında, kış konforu için TS 825’e uygunluk sağlayan kesitlerin tamamı incelenmiştir. TS 825’de uygunluk değerlendirmesi yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına göre belirlendiği için, aynı $Q_{yıl}$ değerinin dış duvar vb. elemanlarda farklı yalıtım kalınlıkları ile sağlanması mümkündür (çatıdaki yalıtım kalınlığının kabul edilebilir sınırlar içinde arttırarak duvardaki yalıtım kalınlığının azaltılması vb). Yaz konforu incelenen kesitlerde yalıtım kalınlığının değiştiği durumların listesi Tablo 6.13’de verilmiştir. Ayrıca değerlendirme sırasında gerekli olacak bilgiler de aynı Tabloda gösterilmiştir.

Tablo 6.13. Yaz konforunun incelendiği duvar kesitlerinin ilgili özellikleri

Yalıtım Sistemi	Duvar ısı yalıtım malz. kalınlığı, m	Çatı ısı yalıtım malz. kalınlığı, m	Zemin ısı yalıtım malz. kalınlığı, m	DSOASB ısı yalıtım malz. kalınlığı, m	Uygun olduğu DG Bölgesi	İzin verilen $Q_{yıl}$ kWh/m ²	Hesaplanan $(Q_{yıl})_{ib}$ kWh/m ²	Kesit kodu -
Dışardan yalıtım	0.03	0.05	0.05	0.03	1	46.87	46.08	DY-1
	0.05	0.10	0.05	0.03	2	75.69	74.98	DY-2
	0.06	0.05	0.05	0.04	2	75.69	74.98	DY-3
		0.15	0.05	0.05	3	92.73	92.61	DY-4
	0.08	0.05	0.05	0.07	3	92.73	92.30	DY-5
		0.20	0.10	0.08	4	140.08	139.76	DY-6

Tablo 6.13 devam

Yalıtım Sistemi	Duvar ısı yalıtım malz. kalınlığı, m	Çatı ısı yalıtım malz. kalınlığı, m	Zemin ısı yalıtım malz. kalınlığı, m	DSOASB ısı yalıtım malz. kalınlığı, m	Uygun olduğu DG Bölgesi	İzin verilen Q_{yi} kWh/m ²	Hesaplanan $(Q_{yi})_h$ kWh/m ²	Kesit kodu
İçerden yalıtım	0.04	0.05	0.05	0.04	1	46.87	46.00	İY-1
	0.06	0.15	0.05	0.06	2	75.69	75.64	İY-2
	0.08	0.05	0.05	0.09	2	75.69	75.5	İY-3
	0.09	0.020	0.05	0.09	3	92.73	92.01	İY-4
	0.14	0.05	0.05	0.13	3	92.73	92.59	İY-5
	0.15	0.20	0.10	0.13	4	140.08	139.68	İY-6
Çift duvar arası yalıtım	0.04	0.10	0.05	0.04	1	46.87	46.61	ÇDY-1
		0.15	0.05	0.03	1	46.87	46.27	ÇDY-2
	0.05	0.05	0.05	0.05	1	46.87	46.07	ÇDY-3
	0.09	0.10	0.05	0.08	2	75.69	75.66	ÇDY-4
		0.15	0.05	0.05	2	75.69	75.33	ÇDY-5
	0.10	0.07	0.05	0.10	2	75.69	75.61	ÇDY-6
	0.12	0.05	0.05	0.10	2	75.69	75.61	ÇDY-7
		0.20	0.10	0.08	3	92.73	92.63	ÇDY-8
	0.15	0.05	0.05	0.15	3	92.73	97.68	ÇDY-9-UD-1
		0.20	0.10	0.15	4	140.08	148.81	ÇDY-10-UD-2

Dışardan, içerden ve çift duvar arası yalıtım uygulamaları için, DY-1, İY-1 ve ÇDY-3 kodları ile gösterilen kesitlere ait malzeme ve eleman özellikleri sırasıyla Tablo 6.14, Tablo 6.17 ve Tablo 6.20’de, elemanların yüzeyden yüzeye (Z_{yy}) ve ortamdan ortama (Z_{oo}) iletim matrisleri ve bu matrislerin inversleri sırasıyla Tablo 6.15, Tablo 6.18 ve Tablo 6.21’de, elemanın yüzeyden yüzeye ve ortamdan ortama iletim matrislerinin inversleri kullanılarak bulunan, matris elemanlarının “argümanları” ve “modülleri”; ortamdan ortama iletim matrisinin inversi kullanılarak bulunan, zaman ötelenmeleri, ısıl kabüller ve azaltma faktörü; yüzeyden yüzeye iletim matrisinin inversi kullanılarak bulunan, ısı kapasiteleri ve toplam ısı kapasiteleri ile sabit rejim şartlarında oluşacak ısı geçirgenlik (U) ise sırasıyla Tablo 6.16, Tablo 6.19 ve Tablo 6.22’de verilmiştir. Diğer kesitlerle ilgili benzer Tablolar EK 8, EK 9 ve EK 10’da verilmiştir.

Tablo 6.14. DY-1 ile belirtilen kesitlere ait özellikler

Kesitler	Kalınlık d, m	Isıl iletkenlik λ_w , W/mK	Isıl direnç d/λ_w , 1/ α , m ² K/W	Yoğunluk ρ , kg/m ³	Özgül ısı kapasitesi C, J/kgK	Periyodik nüfuziyet derinliği δ , m	Oran $\xi = d/\delta$, -
Duvarda Serf Bileşen-1							
Ince siva*	0.008	0.800	0.010	450	1000	0.221	0.0362
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m ³	0.030	0.037	0.811	20	1296.67	0.198	0.1515
7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	0.135	0.450	0.300	1000	960	0.113	1.1890
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.020	0.870	0.023	1800	835	0.126	0.1585
4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
Duvarda Serf Bileşen-2							
Ince siva*	0.008	0.800	0.010	450	1000	0.221	0.0362
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m ³	0.030	0.037	0.811	20	1296.67	0.198	0.1515
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.250	2.100	0.119	2400	1000	0.155	1.6116
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.020	0.870	0.023	20	1295	0.126	0.1585
4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
Isı Köprüsünde Serf Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Serf Bileşen-2							
Ince siva*	0.008	0.800	0.010	450	1000	0.221	0.0362
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m ³	0.030	0.037	0.811	20	1296.67	0.198	0.1515
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.300	2.100	0.143	2400	1000	0.155	1.9339
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.020	0.870	0.023	20	1295	0.126	0.1585
4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
Isı Köprüsünde Serf Bileşen-1							
Ince siva*	0.008	0.800	0.010	450	1000	0.221	0.0362
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m ³	0.030	0.037	0.811	20	1296.67	0.198	0.1515
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.250	2.100	0.119	2400	1000	0.155	1.6116
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.020	0.870	0.023	20	1295	0.126	0.1585
4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888

* İnce siva TS 82.5'de tanımlı olmadığı için üretici firmaların önerdiği (belirttiği) değerler kullanılmıştır

Tablo 6.15. DY-1 ile belirtilen kesitlere ait matris değerleri

Kesitler	Yüzeyden yüzeye iletim matrisi = Z_{yy} , Z_{yy}^{-1} Yüzeyden yüzeye iletim matrisinin inversi = Z_{yy}^{-1}	Ortamdan ortama iletim matrisi = Z_{oo} , Z_{oo}^{-1} Ortamdan ortama iletim matrisinin inversi = Z_{oo}^{-1}
Duvarla Sert Bileşen-1		
$1/\alpha_{ef}$		
Ince siva		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m ³	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -7.82957 + 11.0007 j & -0.61168 - 1.65582 j \\ 12.7465 - 8.39621 j & -0.07468 + 1.93479 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -8.33943 + 11.3366 j & 0.47543 - 3.20697 j \\ 12.7465 - 8.39621 j & -1.73172 + 3.02629 j \end{pmatrix}$
7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -0.07468 + 1.93479 j & 0.61168 + 1.65582 j \\ -12.7465 + 8.39621 j & -7.82957 + 11.0007 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -1.73172 + 3.02629 j & -0.47543 + 3.20697 j \\ -12.7465 + 8.39621 j & -8.33943 + 11.3366 j \end{pmatrix}$
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
4.3 Alçı harcı, kirec alçı harcı		
$1/\alpha_{dis}$		
Duvarla Sert Bileşen-2		
$1/\alpha_{ef}$		
Ince siva		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m ³	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -38.9878 + 27.9766 j & 1.30571 - 3.16487 j \\ 54.5845 - 20.0047 j & -2.56785 + 3.25828 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -41.1712 + 28.7768 j & 6.76068 - 7.03619 j \\ 54.5845 - 20.0047 j & -9.66384 + 5.85889 j \end{pmatrix}$
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -2.56785 + 3.25828 j & -1.30571 + 3.16487 j \\ -54.5845 + 20.0047 j & -38.9878 + 27.9766 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -9.66384 + 5.85889 j & -6.76068 + 7.03619 j \\ -54.5845 + 20.0047 j & -41.1712 + 28.7768 j \end{pmatrix}$
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
4.3 Alçı harcı, kirec alçı harcı		
$1/\alpha_{dis}$		
Duvarla Sert Bileşen-3		
$1/\alpha_{ef}$		
Ince siva		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m ³	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -62.0715 + 19.5511 j & 3.09842 - 3.62071 j \\ 78.671 - 2.54663 j & -4.80349 + 3.20312 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -65.2183 + 19.6529 j & 11.7689 - 6.30372 j \\ 78.671 - 2.54663 j & -15.0307 + 3.53418 j \end{pmatrix}$
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -4.80349 + 3.20312 j & -3.09842 + 3.62071 j \\ -78.671 + 2.54663 j & -62.0715 + 19.5511 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -15.0307 + 3.53418 j & -11.7689 + 6.30372 j \\ -78.671 + 2.54663 j & -65.2183 + 19.6529 j \end{pmatrix}$
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
4.3 Alçı harcı, kirec alçı harcı		
$1/\alpha_{dis}$		

Tablo 6.16. DY-1 ile belirtilen kesitlerin periyodik ısı karakteristikleri

Kesitler	Duvarda seri bileşen-1		Duvarda Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1		Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	
Argüman Arg	Arg[Z _{lyy11}] 1.609	Arg[Z _{loo11}] 2.091	Arg[Z _{lyy11}] 2.238	Arg[Z _{loo11}] 2.597	Arg[Z _{lyy11}] 2.553	Arg[Z _{loo11}] 2.911
Radyan	Arg[Z _{lyy12}] 1.217	Arg[Z _{loo12}] 1.718	Arg[Z _{lyy12}] 1.962	Arg[Z _{loo12}] 2.336	Arg[Z _{lyy12}] 2.279	Arg[Z _{loo12}] 2.650
	Arg[Z _{lyy21}] 2.559	Arg[Z _{loo21}] 2.559	Arg[Z _{lyy21}] 2.790	Arg[Z _{loo21}] 2.790	Arg[Z _{lyy21}] 3.109	Arg[Z _{loo21}] 3.109
	Arg[Z _{lyy22}] 2.189	Arg[Z _{loo22}] 2.205	Arg[Z _{lyy22}] 2.519	Arg[Z _{loo22}] 2.532	Arg[Z _{lyy22}] 2.836	Arg[Z _{loo22}] 2.849
Modül Abs	Abs[Z _{lyy11}] 1.936	Abs[Z _{loo11}] 3.487	Abs[Z _{lyy11}] 4.149	Abs[Z _{loo11}] 11.301	Abs[Z _{lyy11}] 5.774	Abs[Z _{loo11}] 15.441
-	Abs[Z _{lyy12}] 1.765	Abs[Z _{loo12}] 3.242	Abs[Z _{lyy12}] 3.424	Abs[Z _{loo12}] 9.758	Abs[Z _{lyy12}] 4.765	Abs[Z _{loo12}] 13.351
	Abs[Z _{lyy21}] 15.263	Abs[Z _{loo21}] 15.263	Abs[Z _{lyy21}] 58.135	Abs[Z _{loo21}] 58.135	Abs[Z _{lyy21}] 78.712	Abs[Z _{loo21}] 78.712
	Abs[Z _{lyy22}] 13.503	Abs[Z _{loo22}] 14.074	Abs[Z _{lyy22}] 47.987	Abs[Z _{loo22}] 50.231	Abs[Z _{lyy22}] 65.078	Abs[Z _{loo22}] 68.115
Zaman ötelenme- si Δt	-	Δt ₁₁ = 7.985 (Time lead)	-	Δt ₁₁ = 9.918 (Time lead)	-	Δt ₁₁ = 11.118 (Time lead)
	-	Δt ₁₂ = 6.562 (Time lead)	-	Δt ₁₂ = 8.924 (Time lead)	-	Δt ₁₂ = 10.122 (Time lead)
Saat	-	Δt ₂₁ = 9.775 (Time lead)	-	Δt ₂₁ = 10.658 (Time lead)	-	Δt ₂₁ = 11.876 (Time lead)
	-	Δt ₂₂ = 8.423 (Time lead)	-	Δt ₂₂ = 9.670 (Time lead)	-	Δt ₂₂ = 10.882 (Time lead)
Isıl kabuller Abs[Y ₁₁], Abs[Y ₂₂], Δt _{y11} , Δt _{y22} W/m ² K, Saat	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 1.0469+0.6966 j Abs[Y ₁₁] = 1.258, Δt _{y11} = 2.243 θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 3.8814+2.3368 j Abs[Y ₂₂] = 4.531, Δt _{y22} = 2.070 θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 1.0017+0.3915 j Abs[Y ₁₁] = 1.075, Δt _{y11} = 1.423 θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 3.8362+2.0317 j Abs[Y ₂₂] = 4.341, Δt _{y22} = 1.860	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 1.1901+0.3720 j Abs[Y ₁₁] = 1.247, Δt _{y11} = 1.157 θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 5.1209+1.0731 j Abs[Y ₂₂] = 5.232, Δt _{y22} = 0.789 θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 1.1191+0.2981 j Abs[Y ₁₁] = 1.158, Δt _{y11} = 0.994 θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 5.0499+0.9992 j Abs[Y ₂₂] = 5.148, Δt _{y22} = 0.746	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 1.1835+0.3336 j Abs[Y ₁₁] = 1.230, Δt _{y11} = 1.049 θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 5.0672+1.0442 j Abs[Y ₂₂] = 5.174, Δt _{y22} = 0.776 θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 1.1174+0.2982 j Abs[Y ₁₁] = 1.157, Δt _{y11} = 0.996 θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 5.0012+1.0089 j Abs[Y ₂₂] = 5.102, Δt _{y22} = 0.760
Isı kapasite χ kJ/m ² K	χ ₁ -22.733 χ ₂ -128.162	-	χ ₁ -45.618 χ ₂ -363.791	-	χ ₁ -54.493 χ ₂ -357.347	-
Toplam ısı kapasite C kJ/K	C ₁ -6521.67 C ₂ -36767.1	-	C ₁ -5016.56 C ₂ -40006.1	-	C ₁ -3531.13 C ₂ -23156.1	-
Azaltma faktörü f -	-	0.410	-	0.118	-	0.088
Periyodik ısı geçirgenlik Y ₁₂ , Δt _{y12} W/m ² K, Saat	-	Abs[Y ₁₂] = 0.308 Δt _{y12} = 5.435	-	Abs[Y ₁₂] = 0.102 Δt _{y12} = 3.076	-	Abs[Y ₁₂] = 0.075 Δt _{y12} = 1.878
Isı geçirgenliği, U W/m ² K	-	0.753	-	0.872	-	0.854

Tablo 6.17. İY-1 ile belirtilen kesitlere ait özellikler

Kesitler	Kalınlık d, m	Isıl iletkenlik λ , W/mK	Isıl direnç d/λ , $1/\alpha$, m^2/KW	Yoğunluk ρ , kg/m ³	Özgül ısı kapasitesi c , J/kgK	Periyodik nüfuziyet derinliği δ , m	Oran $\xi = d/\delta$, -
Duvarda Seri Bileşen-1	$1/\alpha_{ic}$		0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126
	7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	0.135	0.450	0.300	1000	960	0.114
	10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.040	0.037	1.081	20	1296.67	0.198
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113
	$1/\alpha_{dis}$			0.04			
Isi Köprüsünde Seri Bileşen-3 +	$1/\alpha_{ic}$		0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.250	2.100	0.119	2400	1000	0.155
	10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.040	0.037	1.081	20	1296.67	0.198
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113
	$1/\alpha_{dis}$			0.04			
Duvarda Seri Bileşen 2	$1/\alpha_{ic}$		0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.300	2.100	0.143	2400	1000	0.155
	10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.040	0.037	1.081	20	1296.67	0.198
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113
	$1/\alpha_{dis}$			0.04			
Isi Köprüsünde Seri Bileşen 3 +	$1/\alpha_{ic}$		0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.300	2.100	0.143	2400	1000	0.155
	10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.040	0.037	1.081	20	1296.67	0.198
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113
	$1/\alpha_{dis}$			0.04			

Tablo 6.18. İY-1 ile belirtilen kesitlerin matris değerleri

Kesitler	Yüzeyden yüzeye iletim matrisi = Z_{yy} , Z_{yy}^{-1} Yüzeyden yüzeye iletim matrisinin inversi = Z_{yy}^{-1}		Ortamdan ortama iletim matrisi = Z_{oo} , Z_{oo}^{-1} Ortamdan ortama iletim matrisinin inversi = Z_{oo}^{-1}	
	$1/\alpha_{dg}$			
Duvarda Seri Bileşen-1	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -1.8274 + 2.5646 j & -0.7744 - 2.0343 j \\ 23.8685 + 0.2722 j & -9.4923 + 13.365 j \end{pmatrix}$ $Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -9.4923 + 13.365 j & 0.7744 - 2.0343 j \\ -23.8685 - 0.2722 j & -1.8274 + 2.5646 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -2.7822 + 2.5537 j & -0.033 - 2.9009 j \\ 23.8685 + 0.2722 j & -12.5952 + 13.3296 j \end{pmatrix}$ $Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -12.5952 + 13.3296 j & 0.033 + 2.9009 j \\ -23.8685 - 0.2722 j & -2.7822 + 2.5537 j \end{pmatrix}$	
	7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)			
	10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3			
	4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı			
	$1/\alpha_{dg}$			
Duvarda Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen-1	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -5.6213 + 1.8127 j & 1.3884 - 3.8255 j \\ 86.5426 + 24.4881 j & -50.055 + 36.706 j \end{pmatrix}$ $Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -50.055 + 36.706 j & -1.3884 + 3.8255 j \\ -86.5426 - 24.4881 j & -5.6213 + 1.8127 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -9.083 + 0.8332 j & 4.5714 - 5.4021 j \\ 86.5426 + 24.4881 j & -61.3056 + 33.5225 j \end{pmatrix}$ $Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -61.3056 + 33.5225 j & -4.5714 + 5.4021 j \\ -86.5426 - 24.4881 j & -9.083 + 0.8332 j \end{pmatrix}$	
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)			
	10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3			
	4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı			
	$1/\alpha_{dg}$			
Isı Köprüsünde Seri Bileşen-2	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -8.2425 - 0.0455 j & 3.5115 - 4.4666 j \\ 100.984 + 68.1359 j & -79.9206 + 26.1372 j \end{pmatrix}$ $Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -79.9206 + 26.1372 j & 3.5115 + 4.4666 j \\ -100.984 - 68.1359 j & -8.2425 - 0.0455 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -12.2819 - 2.771 j & 8.3049 - 5.1518 j \\ 100.984 + 68.1359 j & -93.0486 + 17.2796 j \end{pmatrix}$ $Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -93.0486 + 17.2796 j & -8.3049 + 5.1518 j \\ -100.984 - 68.1359 j & -12.2819 - 2.771 j \end{pmatrix}$	
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)			
	10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3			
	4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı			
	$1/\alpha_{dg}$			

Tablo 6.19. İY-1 ile belirtilen kesitlerin periyodik ısı karakteristikleri

Kesitler	Duvar da seri bileşen-1		Duvar da Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1		Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	
Argüman Arg Radyan	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]
	2.188	2.328	2.509	2.641	2.826	2.958
	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]
	1.207	1.560	1.919	2.273	2.237	2.586
	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]
	-3.130	-3.130	-2.866	-2.866	-2.548	-2.548
	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]
	2.190	2.399	2.830	3.050	-3.136	-2.920
Modül Abs -	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]
	16.393	18.339	62.071	69.872	84.086	94.639
	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]
	2.177	2.901	4.070	7.077	5.682	9.773
	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]
	23.87	23.870	89.940	89.940	121.821	121.821
	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]
	3.149	3.776	5.906	9.121	8.243	12.591
Zaman ötelenme- si Δt Saat	-	Δt ₁₁ = 8.892 (Time lead)	-	Δt ₁₁ = 10.089 (Time lead)	-	Δt ₁₁ = 11.299 (Time lead)
		Δt ₁₂ = 5.957 (Time lead)		Δt ₁₂ = 8.683 (Time lead)		Δt ₁₂ = 9.879 (Time lead)
		Δt ₂₁ = -11.956 (Time lag)		Δt ₂₁ = -10.947 (Time lag)		Δt ₂₁ = -9.733 (Time lag)
		Δt ₂₂ = 9.163 (Time lead)		Δt ₂₂ = 11.651 (Time lead)		Δt ₂₂ = -11.152 (Time lag)
Isıl kabuller Abs[Y ₁₁], Abs[Y ₂₂], Δt _{y11} , Δt _{y22} W/m ² K, Saat	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 4.5411+4.7382 j Abs[Y ₁₁] = 6.563, Δt _{y11} = 3.081	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 9.3034+3.6608 j Abs[Y ₁₁] = 9.998, Δt _{y11} = 1.432	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 9.1096+3.5704 j Abs[Y ₁₁] = 9.784, Δt _{y11} = 1.427
		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 0.8654+1.3136 j Abs[Y ₂₂] = 1.573, Δt _{y22} = 3.775		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 1.0103+1.0116 j Abs[Y ₂₂] = 1.430, Δt _{y22} = 3.002		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 1.0054+0.9573 j Abs[Y ₂₂] = 1.388, Δt _{y22} = 2.906
		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 4.5450+4.3935 j Abs[Y ₁₁] = 6.321, Δt _{y11} = 2.935		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 9.2121+3.5529 j Abs[Y ₁₁] = 9.874, Δt _{y11} = 1.406		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 9.0227+3.5164 j Abs[Y ₁₁] = 9.684, Δt _{y11} = 1.420
		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.8693+0.9690 j Abs[Y ₂₂] = 1.302, Δt _{y22} = 3.207		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.9190+0.9037 j Abs[Y ₂₂] = 1.289, Δt _{y22} = 2.968		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.9185+0.9034 j Abs[Y ₂₂] = 1.288, Δt _{y22} = 2.968
Isı kapasite χ kJ/m ² K	χ ₁ -125.262	-	χ ₁ -376.664	-	χ ₁ -368.756	-
	χ ₂ -25.895		χ ₂ -28.407		χ ₂ -28.345	
Toplam ısı kapasite C kJ/K	C ₁ -35935.2	-	C ₁ -41421.7	-	C ₁ -23895.4	-
	C ₂ -7428.73		C ₂ -3123.91		C ₂ -1836.78	
Azaltma faktörü f -	-	0.549	-	0.200	-	0.147
Periyodik ısı geçirgenlik Y ₁₂ , Δt _{y12} W/m ² K, Saat	-	Abs[Y ₁₂] = 0.345 Δt _{y12} = 6.043	-	Abs[Y ₁₂] = 0.141 Δt _{y12} = 3.317	-	Abs[Y ₁₂] = 0.102 Δt _{y12} = 2.121
Isı geçir- genliği, U W/m ² K	-	0.627	-	0.708	-	0.696

Tablo 6.20. ÇDY-3 ile belirtilen kesitlere ait özellikler

Kesitler	Kalınlık d, m	Isıl iletkenlik λ , W/mK	Isıl direnç d/λ , $\frac{1}{\alpha}$, $\frac{m^2}{K/W}$	Yoğunluk ρ , kg/m ³	Özgül ısı kapasitesi c , J/kgK	Periyodik nüfuziyet derinliği δ , m	Oran $\xi = d/\delta$, -
Duvar-1	$1/\alpha_{ig}$		0.13				
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	0.085	0.450	0.189	1000	960	0.114	0.7486
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m ³	0.050	0.037	1.351	20	1296.67	0.198	0.2524
7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	0.135	0.450	0.300	1000	960	0.114	1.1890
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.020	0.870	0.023	1800	835	0.126	0.1585
4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
$1/\alpha_{dış}$			0.04				
Duvar-2	$1/\alpha_{ig}$		0.13				
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.250	2.100	0.119	2400	1000	0.155	1.6116
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m ³	0.050	0.037	1.351	20	1296.67	0.198	0.2524
4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
$1/\alpha_{dış}$			0.04				
Duvar-3	$1/\alpha_{ig}$		0.13				
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.250	2.100	0.119	2400	1000	0.155	1.6116
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m ³	0.050	0.037	1.351	20	1296.67	0.198	0.2524
4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
$1/\alpha_{dış}$			0.04				
Duvar-4	$1/\alpha_{ig}$		0.13				
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.250	2.100	0.119	2400	1000	0.155	1.6116
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m ³	0.050	0.037	1.351	20	1296.67	0.198	0.2524
4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
$1/\alpha_{dış}$			0.04				

Tablo 6.21. ÇDY-3 ile belirtilen kesitlerin matris değerleri

Kesitler	Yüzeyden yüzeye iletim matrisi = Z_{yy} , Yüzeyden yüzeye iletim matrisinin inversi = Z_{yy}^{-1}	Ortamdan ortama iletim matrisi = Z_{oo} , Ortamdan ortama iletim matrisinin inversi = Z_{oo}^{-1}
Duvarda Serf Bileşen-1		
1/α _{dg}		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS (TS7316 EN13163)-20kg/m3		
7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı		
1/α _{dg}		
Duvarda Serf Bileşen-2 +		
1/α _{dg}		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPS (TS7316 EN13163)-20kg/m3		
4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı		
1/α _{dg}		
Duvarda Serf Bileşen-3		
1/α _{dg}		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPS (TS7316 EN13163)-20kg/m3		
4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı		
1/α _{dg}		

Tablo 6.22. ÇDY-3 ile belirtilen kesitlerin periyodik ısı karakteristikleri

Kesitler	Duvarda seri bileşen-1		Duvarda Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1		Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	
Argüman	Arg[Z _{yy11}]	Arg[Z _{loo11}]	Arg[Z _{yy11}]	Arg[Z _{loo11}]	Arg[Z _{yy11}]	Arg[Z _{loo11}]
Arg	3.110	-2.688	2.523	2.658	2.839	2.975
Radyan	Arg[Z _{yy12}]	Arg[Z _{loo12}]	Arg[Z _{yy12}]	Arg[Z _{loo12}]	Arg[Z _{yy12}]	Arg[Z _{loo12}]
	1.954	2.673	1.934	2.290	2.251	2.603
	Arg[Z _{yy21}]	Arg[Z _{loo21}]	Arg[Z _{yy21}]	Arg[Z _{loo21}]	Arg[Z _{yy21}]	Arg[Z _{loo21}]
	-2.208	-2.208	-2.753	-2.753	-2.435	-2.435
-	Arg[Z _{yy22}]	Arg[Z _{loo22}]	Arg[Z _{yy22}]	Arg[Z _{loo22}]	Arg[Z _{yy22}]	Arg[Z _{loo22}]
	2.920	-3.131	2.943	-3.120	-3.023	-2.807
	Abs[Z _{yy11}]	Abs[Z _{loo11}]	Abs[Z _{yy11}]	Abs[Z _{loo11}]	Abs[Z _{yy11}]	Abs[Z _{loo11}]
	25.904	46.089	76.917	84.898	104.164	114.961
-	Abs[Z _{yy12}]	Abs[Z _{loo12}]	Abs[Z _{yy12}]	Abs[Z _{loo12}]	Abs[Z _{yy12}]	Abs[Z _{loo12}]
	3.578	7.311	5.042	8.598	7.039	11.873
	Abs[Z _{yy21}]	Abs[Z _{loo21}]	Abs[Z _{yy21}]	Abs[Z _{loo21}]	Abs[Z _{yy21}]	Abs[Z _{loo21}]
	201.011	201.011	103.897	103.897	140.701	140.701
-	Abs[Z _{yy22}]	Abs[Z _{loo22}]	Abs[Z _{yy22}]	Abs[Z _{loo22}]	Abs[Z _{yy22}]	Abs[Z _{loo22}]
	27.800	31.904	6.819	10.533	9.518	14.540
Zaman	-	$\Delta t_{11} = -10.268$	-	$\Delta t_{11} = 10.151$	-	$\Delta t_{11} = 11.362$
ötelenme-		(Time lag)		(Time lead)		(Time lead)
si		$\Delta t_{12} = 10.208$		$\Delta t_{12} = 8.747$		$\Delta t_{12} = 9.943$
Δt		(Time lead)		(Time lead)		(Time lead)
Saat	-	$\Delta t_{21} = -8.433$	-	$\Delta t_{21} = -10.515$	-	$\Delta t_{21} = -9.301$
		(Time lag)		(Time lag)		(Time lag)
		$\Delta t_{22} = -11.958$		$\Delta t_{22} = -11.917$		$\Delta t_{22} = -10.721$
		(Time lag)		(Time lag)		(Time lag)
Isıl	-	$\theta_2 = \theta_1$ için, $Y_{11} = 3.9287+5.0871 j$ $Abs[Y_{11}] = 6.428,$ $\Delta t_{Y11} = 3.488$	-	$\theta_2 = \theta_1$ için, $Y_{11} = 9.2907+3.6363 j$ $Abs[Y_{11}] = 9.977,$ $\Delta t_{Y11} = 1.425$	-	$\theta_2 = \theta_1$ için, $Y_{11} = 9.0946+3.5573 j$ $Abs[Y_{11}] = 9.766,$ $\Delta t_{Y11} = 1.424$
kabuller		$\theta_2 = \theta_1$ için, $Y_{22} = 3.9926+2.0776 j$ $Abs[Y_{22}] = 4.501,$ $\Delta t_{Y22} = 1.833$		$\theta_2 = \theta_1$ için, $Y_{22} = 0.8634+1.0265 j$ $Abs[Y_{22}] = 1.341,$ $\Delta t_{Y22} = 3.329$		$\theta_2 = \theta_1$ için, $Y_{22} = 0.8587+0.9820 j$ $Abs[Y_{22}] = 1.304,$ $\Delta t_{Y22} = 3.255$
Abs[Y ₁₁],		$\theta_2 = 0$ için, $Y_{11} = 3.8067+5.0253 j$ $Abs[Y_{11}] = 6.304,$ $\Delta t_{Y11} = 3.524$		$\theta_2 = 0$ için, $Y_{11} = 9.2141+3.5488 j$ $Abs[Y_{11}] = 9.874,$ $\Delta t_{Y11} = 1.404$		$\theta_2 = 0$ için, $Y_{11} = 9.0222+3.5141 j$ $Abs[Y_{11}] = 9.682,$ $\Delta t_{Y11} = 1.419$
Abs[Y ₂₂],		$\theta_2 = 0$ için, $Y_{22} = 3.8706+2.0158 j$ $Abs[Y_{22}] = 4.364,$ $\Delta t_{Y22} = 1.834$		$\theta_2 = 0$ için, $Y_{22} = 0.7868+0.9390 j$ $Abs[Y_{22}] = 1.225,$ $\Delta t_{Y22} = 3.336$		$\theta_2 = 0$ için, $Y_{22} = 0.7864+0.9388 j$ $Abs[Y_{22}] = 1.225,$ $\Delta t_{Y22} = 3.336$
$\Delta t_{Y11},$	-	-	-	-	-	-
Δt_{Y22}						
W/m ² K,	-	-	-	-	-	-
Saat						
Isı	χ_1	-	χ_1	-	χ_1	-
	-112.933		-377.387		-368.605	
kapasite	χ_2	-	χ_2	-	χ_2	-
χ	-133.764		-24.754		-24.441	
kJ/m ² K	C_1	-	C_1	-	C_1	-
	-32398.2		-41501.2		-23885.6	
Toplam ısı	C_2	-	C_2	-	C_2	-
kapasite	-38374.2		-2722.21		-1583.77	
C						
kJ/K						
Azaltma	-	0.284	-	0.196	-	0.144
faktörü						
f						
-						
Periyodik	-	Abs[Y ₁₂] = 0.137 $\Delta t_{Y12} = 1.791$	-	Abs[Y ₁₂] = 0.116 $\Delta t_{Y12} = 3.253$	-	Abs[Y ₁₂] = 0.084 $\Delta t_{Y12} = 2.057$
ısı						
geçirgenlik						
Y ₁₂ , Δt_{Y12}						
W/m ² K,						
Saat						
Isı geçir -	-	0.482	-	0.594	-	0.586
genliği,						
U						
W/m ² K						

7. HESAP SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Hesap sonuçlarının değerlendirilmesi aşamasında, diğer Bölümlerde olduğu gibi kış ve yaz konforu ayrı olarak incelenmiş ve sonuçlar aşağıdaki alt bölümlerde açıklanmıştır.

7.1. Kış Konforu İle İlgili Hesap Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Kış konforu açısından önerilen sistemin geleneksel ısı yalıtım sistemleri ile karşılaştırılması yapılırken dikkate alınabilecek büyüklükler:

- Isı yalıtım malzemesinin kalınlığı ve toplam miktarı
- Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ($Q_{yıl}$)
- Maliyeti
- Uygulama kolaylığı
- Çevresel etkiler
- Vb.

Bu faktörler arasında karşılaştırma açısından en etkili olanlar ilk iki faktördür ve bu çalışmada karşılaştırma için bu büyüklüklerin değerleri kullanılmıştır. Tablo 6.13’de, EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlara seçenek oluşturan geleneksel ısı yalıtım sistemleri için kullanılan yalıtım kalınlıkları ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları gösterilmiştir. Tablo 7.1’de ise önerilen sistem için aynı büyüklüklerin değerleri görülmektedir. Bölüm 6.1.1’de belirtildiği üzere sistemde EPS kalınlığı iki farklı değer almaktadır. Bu sebeple duvar yalıtım kalınlığı iki ayrı sütun olarak gösterilmiştir.

Tablo 7.1. EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlarda kullanılan ısı yalıtım malzemesi kalınlıkları ve $Q_{yıl}$ değerleri

Duvar ısı yalıtım malz. kalınlığı, m		Çatı ısı yalıtım malz. kalınlığı, m	Zemin ısı yalıtım malz. kalınlığı, m	Uygun olduğu DG	İzin verilen $Q_{yıl}$, kWh/m ²	Hesaplanan ($Q_{yıl}$) _{ıs} , kWh/m ²
0.085	0.247	0.05	0.05	1	46.88	34.96
0.085	0.247	0.05	0.05	2	75.70	68.63
0.085	0.247	0.05	0.05	3	92.74	92.04
0.085	0.247	0.20	0.10	4	140.10	139.96

Tablo 6.13 ile Tablo 7.1 karşılaştırıldığında, dışardan yalıtım uygulaması durumunda gerekli duvar ısı yalıtım malzemesi kalınlığı daima EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemine göre daha küçük olmaktadır. Doğru bir karşılaştırma yapabilmek için, Tablo 7.2’de, geleneksel ısı yalıtım sistemleri için kullanılan toplam yalıtım malzemesi miktarı, EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlarla oluşturulan sistemde kullanılan toplam ısı yalıtım malzemesi miktarına oranlanarak her kesit durumu için bulunan değerler üçüncü sütunda gösterilmiştir. Isı yalıtım malzemesi kalınlığının değişmesi, kaçınılmaz olarak yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacında da değişikliğe sebep olmaktadır. Tablo 7.2’nin son sütununda, her kesit için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının, aynı DG bölgesi değerlerine göre EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemi için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına oranı gösterilmiştir.

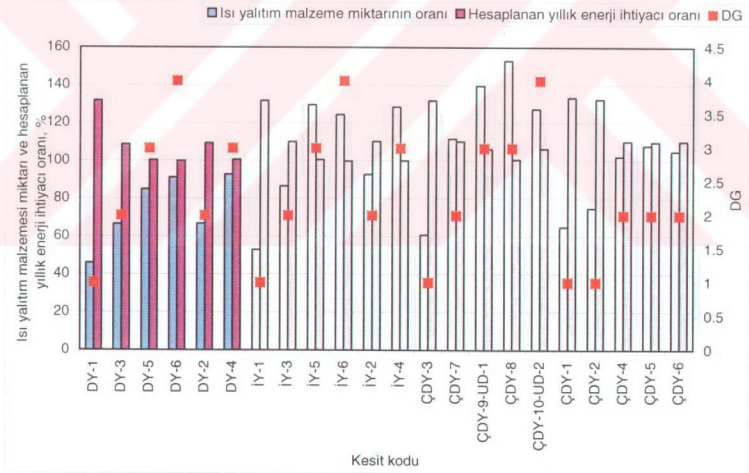
Tablo 7.2. Farklı ısı yalıtım sistemleri için kullanılan ısı yalıtım malzemesi oranı ve binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı oranının değişimi

Kesit kodu	Uygun DG bölgesi	Isı yalıtım malzemesi oranı,* %	Isıtma enerjisi ihtiyacı oranı,** %
DY-1	1	45.9	131.8
DY-3	2	66.4	108.6
DY-5	3	84.9	100.3
DY-6	4	91.1	99.9
DY-2	2	66.7	109.3
DY-4	3	92.6	100.6
İY-1	1	52.8	131.6
İY-3	2	86.4	110.0
İY-5	3	129.5	100.6
İY-6	4	124.3	99.8
İY-2	2	92.7	110.2
İY-4	3	128.4	100.0
ÇDY-3	1	60.7	131.8
ÇDY-7	2	111.5	110.2
ÇDY-9-UD-1	3	139.5	106.1
ÇDY-8	3	152.9	100.6
ÇDY-10-UD-2	4	127.2	106.3
ÇDY-1	1	64.9	133.3
ÇDY-2	1	74.8	132.4
ÇDY-4	2	102.2	110.2
ÇDY-5	2	107.9	109.8
ÇDY-6	2	104.9	110.2

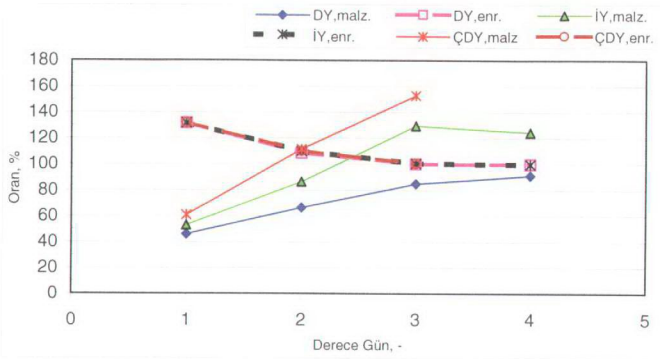
* Her sistem için kullanılan ısı yalıtım malzemesi miktarının EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminde kullanılan ısı yalıtım malzemesi miktarına oranı

**Her sistem için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi miktarının EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemi için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi miktarına oranı

Tablo değerleri kullanılarak çizilen Şekil 7.1 ve 7.2'de sonuçlar daha rahat değerlendirilebilmektedir. 3. Derece Gün Bölgesi kritik bir noktayı göstermektedir. Bu iklim şartlarında, bütün sistemler aynı miktar enerji tüketir duruma gelmektedir. Ancak kullanılan ısı yalıtım malzemesi miktarları değişmektedir. Dışardan ısı yalıtım (DY) sisteminde EPS blokları sisteme göre %15 daha az malzeme kullanılmaktadır. Dolayısıyla dışardan ısı yalıtım sistemi daha verimli olmaktadır. Tablo 6.13 ve Tablo 7.1 incelendiğinde, duvar yalıtım kalınlığı DY sisteminde 0.08 m iken, EPS blokları sisteminde blok et kalınlığı sabit olduğu için 0.085 m olmaktadır. Ayrıca, EPS - blokları çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminde bloğun stabilitesi için blok yüzeylerini birleştiren EPS köprü elemanları bulunmaktadır ve bu bölgede EPS kalınlığı 0.247 m olmaktadır. Isı yalıtım kalınlığının, belli bir değerden sonra binanın enerji ihtiyacı üzerindeki etkisinin giderek azaldığı bilinen bir durumdur. Dolayısıyla EPS blokları sistemin, blok tasarımındaki aşırı kalınlıklar sebebiyle DY sisteme göre verimliliği daha düşük olmaktadır.



Şekil 7.1. Geleneksel ısı yalıtım sistemleri için kullanılan toplam ısı yalıtım malzemesi miktarı ve hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının, EPS - blokları çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlarla oluşturulan sistemde kullanılan toplam ısı yalıtım malzemesi miktarı ve hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına oranı



Şekil 7.2. Geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde kullanılan toplam ısı yalıtım malzemesi miktarının ve hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının, EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlarla oluşturulan sistemde kullanılan toplam ısı yalıtım malzemesi miktarı ve hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına oranının DG bölgelerine göre değişimi

Yine üçüncü derece gün bölgesinde, içerden (İY) ve çift duvar arası ısı yalıtım (ÇDY) sistemlerine göre, EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemi daha verimli olmaktadır. İY ve ÇDY sistemlerinde aynı enerji tüketimini sağlamak için daha fazla ısı yalıtım malzemesi kullanılması gerekmektedir. İY sisteminde %30 fazla malzeme kullanılırken, ÇDY sisteminde %53 daha fazla yalıtım malzemesi kullanılmaktadır.

İkinci derece gün bölgesinin iklim şartlarında, daha farklı durum oluşmaktadır. ÇDY sisteminde hem kullanılan ısı yalıtım malzemesi fazla olmakta, hem de enerji tüketimi daha yüksektir. Dolayısıyla, ÇDY sistemi EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemine göre daha verimsizdir. İY ve DY sistemlerinde ise, malzeme tüketimi daha az (İY için %14, DY için %34 daha az) görülmekle beraber, enerji tüketimi yüksek çıkmaktadır. EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminde sağlanan enerji tasarrufunun, malzeme maliyetindeki fazlalığı kaç senede geri ödeyeceği incelendikten sonra sistemlerin değerlendirilmesi mümkün olacaktır.

Birinci Derece Gün bölgesinde, tüm geleneksel sistemlerde kullanılan ısı yalıtım malzemesi miktarı, EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminde kullanılan ısı yalıtım malzemesi miktarına nazaran daha azdır (ÇDY için %39, İY için

%47, DY için %54). Bunun sebebi, yukarıda belirtildiği üzere blok ölçülerindeki değerlerin sabit ve kış şartlarındaki ısı konfor için gereğinden yüksek olmasıdır. Blokların farklı derece gün bölgeleri için farklı ölçülerde tasarlanması düşünülebilir. Isı yalıtım malzemesinin kalınlığının artması sonucu tabiatıyla, enerji tüketimi azalmaktadır. Geleneksel sistemlerdeki enerji tüketimi, EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemine göre oldukça yüksek değerler almaktadır. Bütün geleneksel sistemlerde, EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemine göre %30 fazla enerji tüketimi gerçekleşmektedir. Dolayısıyla, yine enerji tüketimindeki fazlalık ile ısı yalıtım malzemesindeki fazlalığın geri ödeme sürelerinin de incelenmesi ve birinci DG bölgesi için karşılaştırmanın bu verilere göre yapılması gerekmektedir.

Dördüncü DG bölgesinde ÇDY sisteminde, duvarda 0.15 m, zeminde 0.10 m, çatıda 0.20 m ısı yalıtım kalınlığı kullanıldığı halde, TS 825'in gerektirdiği $Q_{yıl}$ değeri sağlanamamıştır. TS 825'e uygunluk sağlanmadığı halde, bu kesit özellikleri ile tüm binada kullanılan yalıtım malzemesi, EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminde kullanılan ısı yalıtım malzemesinin 1.27 katı fazladır ve ısı yalıtım malzemesi kalınlığının daha fazla artırılması, uygulama açısından da sorunlar çıkaracaktır. Dolayısıyla, 4. DG bölgesi için ÇDY sisteminin kullanılması uygun değildir. İY sistemi uygulandığında ise, aynı enerji tüketimi için 1.24 katı fazla ısı yalıtım malzemesi kullanılması gerekmektedir. Dolayısıyla 4. DG bölgesinde İY sisteminin verimi EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemine göre daha düşüktür. DY sisteminde ise, hala aynı enerji tüketimi biraz daha az malzeme (%9) ile sağlanabilmektedir. Bu durum yine EPS blokların tasarımından kaynaklanmaktadır.

Genel sonuçların incelenmesi sırasında dikkati çeken önemli bir konu ısı köprülerinin etkisidir. Geleneksel sistemleri ısı yalıtım malzemesi tüketimi açısından karşılaştırdığımızda, en az malzeme DY sistemi için, daha sonra İY sistemi için ve en yüksek malzeme tüketimi ÇDY sistemi için hesaplandığı görülmektedir. Bunun sebebi, DY sisteminde ısı yalıtımının sürekli olması, İY sisteminde döşeme alınlılarının yalıtımı kesmesi, ÇDY sisteminde ise döşemelere ilave olarak kolon ve kirişlerin de yalıtımı kesmesidir. Bu çalışmada ÇDY sisteminde duvarlara ilave olarak perde, kolon ve kirişler de içerden yalıtılmıştır. Eğer yalnız duvarlarda ÇDY ve perdelerde İY

uygulanırsa, binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı 1. DG bölgesi için bile, TS 825'de izin verilenin üstüne çıkmaktadır.

Şekil 7.2'de görüldüğü gibi, ısı köprüleri ve yalıtımın kesilmesi, izin verilen $Q_{yıl}$ değerine ulaşmak için binada kullanılması gereken toplam yalıtım malzemesi miktarını arttırmaktadır. 1. ve 2. DG bölgelerinde yaklaşık eşit oranlarda artış görülürken, 3. DG bölgesinde, İY sisteminde kullanılan malzeme miktarında, DY sisteminde kullanılan malzeme miktarına oranla büyük bir artış meydana gelmekte; ÇDY ile İY sistemleri arasındaki malzeme artışı ise daha az olmaktadır. Ancak bu bölgede ÇDY sisteminde çatı ve zemin yalıtım kalınlıklarının diğer sistemlerle aynı tutulması mümkün olmamıştır. Çünkü bu şekilde istenen $Q_{yıl}$ değeri sağlanamamıştır.

4. DG bölgesinde, ÇDY sisteminde yukarıda belirtilen ısı köprülerinin etkisi ile kabul edilebilir ısı yalıtım kalınlıkları ile izin verilen enerji tüketimini elde etmek mümkün değildir. Diğer yandan, bu bölgede izin verilen $Q_{yıl}$ değerini elde etmek için, hem EPS blokları sisteminde hem de DY ve İY sistemlerinde zemin yalıtım kalınlığı 0.05 m'den 0.10 m'e, çatı yalıtım kalınlığı ise 0.05 m'den 0.20 m'e çıkarılmıştır.

1., 2., 3. ve 4. DG bölgeleri için çatı ve zemin ısı yalıtım kalınlıkları ve pencere tipleri sabit tutularak elde edilen sonuçlarda, DY uygulaması 1., 2., ve 3. DG bölgeleri açısından (DY-1, DY-3, DY-5), EPS - blokları çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşturulan sisteme göre çok daha olumlu sonuçlar verirken, 4. DG bölgesinde (DY-6) yaklaşık olarak aynı sonuç elde edilmektedir. İY uygulamasında, 1. ve 2. DG bölgelerinde (İY-1, İY-3) daha olumlu sonuçlar verirken, 3. ve 4. DG bölgelerinde (İY-5, İY-6) EPS bloklardan oluşturulan sisteme göre daha olumsuz olmaktadır. ÇDY uygulamasında ise, 1. DG bölgesinde (ÇDY-3) daha olumlu sonuç verirken, 2. DG bölgesinde (ÇDY-7) daha olumsuz sonuç vermekte, 3. ve 4. DG bölgelerinde (ÇDY-9-UD-1, ÇDY-10-UD-2; duvar yalıtım kalınlığı max 0.15 m alınmıştır) kış konforu açısından standardda belirtilen $Q_{yıl}$ değerini sağlamamaktadır. Bu sistem için ayrıca çatı ve zemin ısı yalıtım malzemesi kalınlıkları değiştirilip yapılan hesaplamalarda, 3. DG bölgesinde (ÇDY-8) standardda belirtilen $Q_{yıl}$ değeri sağlanırken, 4. DG bölgesinde bu değer kabul edilebilir değerlerle sağlanamamaktadır.

Geleneksel sistemlerde, izin verilen $Q_{yıl}$ değerini sağlayacak şekilde duvar-zemin-çatı-düşük sıcaklıktaki ortamları ayıran elemanların yalıtım kalınlıkları değiştirilerek de kesitler oluşturulmuş ve bunların EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemiyle karşılaştırılması yapılmak istenmiştir. Ancak Tablo 7.2 ve Şekil 7.1’de de görüldüğü gibi, DY ve İY sistemlerinde farklı elemanların yalıtım kalınlıklarının değiştirilmesi (DY-2, DY-4, İY-2, İY-4) toplam ısı yalıtım malzemesi kullanımı ve enerji tüketimi üzerinde anlamlı bir değişiklik meydana getirmemektedir. Bu müdahale ancak 2. ve 3. DG bölgeleri için yapılabilmektedir. 1. DG bölgesinde zaten en düşük değerler, 4. DG bölgesinde ise zaten en yüksek değerler kullanıldığı için, herhangi bir makul değişiklik önerisi söz konusu olamamaktadır. ÇDY sisteminde durum farklıdır. ÇDY sistemde (duvar-zemin-çatı-vb.), EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminden farklı ısı yalıtım kalınlıkları kullanılarak gerçekleştirilen hesaplarda bulunan $Q_{yıl}$ değerleri ile kullanılan toplam ısı yalıtım malzemesi miktarlarında anlamlı farklılıklar görülmektedir. Tablo 7.2’de görüldüğü üzere, ÇDY sisteminde 1. DG bölgesi iklim şartlarında, elemanlar arasında ısı yalıtım kalınlıkları değiştirildiğinde (ÇDY-3, ÇDY-1 ve ÇDY-2) kullanılan toplam ısı yalıtım malzemesi miktarı arttığı halde, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hemen hemen aynı kalmaktadır. 2. DG bölgesinde durum farklıdır (ÇDY-7, ÇDY-4, ÇDY5 ve ÇDY-6). Kullanılan ısı yalıtım malzemesi kalınlığı azalırken, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacında anlamlı bir artış görülmemektedir.

7.2. Yaz Konforu İle İlgili Hesap Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yaz konforu açısından önerilen sistemin geleneksel ısı yalıtım sistemleri ile karşılaştırılması yapılırken dikkate alınabilecek büyüklükler, sıcaklık ve ısı akısı zaman ötelenmeleri (Δt_{11} ve Δt_{22}), iç yüzeye ait ısı kabul (Y_{22}), iç yüzeyin ısı kapasitesi (χ_2), toplam ısı kapasitesi (C_2), azaltma faktörü (f), periyodik ısıl geçirgenlik (Y_{12}) ve ısı geçirgenliği (U) değerleridir. Bu değerler EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemi için Tablo 7.3’de, geleneksel sistemler için ise Tablo 7.4’de verilmiştir.

Tablo 7.3. EPS - bloklı çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlardan oluşan sistem kesitlerinin periyodik ısı karakteristikleri

Kesit kodu	Yalıtım kalınlığı, m	Zaman ötelenmesi, Δt		Isıl kabul		Isı kapasite, χ	Toplam ısı kapasite, C	Azaltma faktörü, f	Periyodik ısı geçirgenlik		Isı geçirgenliği, U
		Δt_{11}	Δt_{22}	Abs[Y ₂₂]	Δt_{Y22}	χ_2	C ₂		Abs[Y ₁₂]	Δt_{Y12}	
		Saat	Saat	W/m ² K	Saat	kJ/m ² K	kJ/K		W/m ² K	Saat	W/m ² K
DSB-1*	0.085	9.166	10.875	1.277	3.055	24.89	10309.70	0.054	0.021	4.162	0.389
DSB-2**	0.247	7.020	7.485	1.217	4.833	18.17	858.61	0.932	0.136	9.348	0.146

*DSB-1, duvarda seri bileşen 1

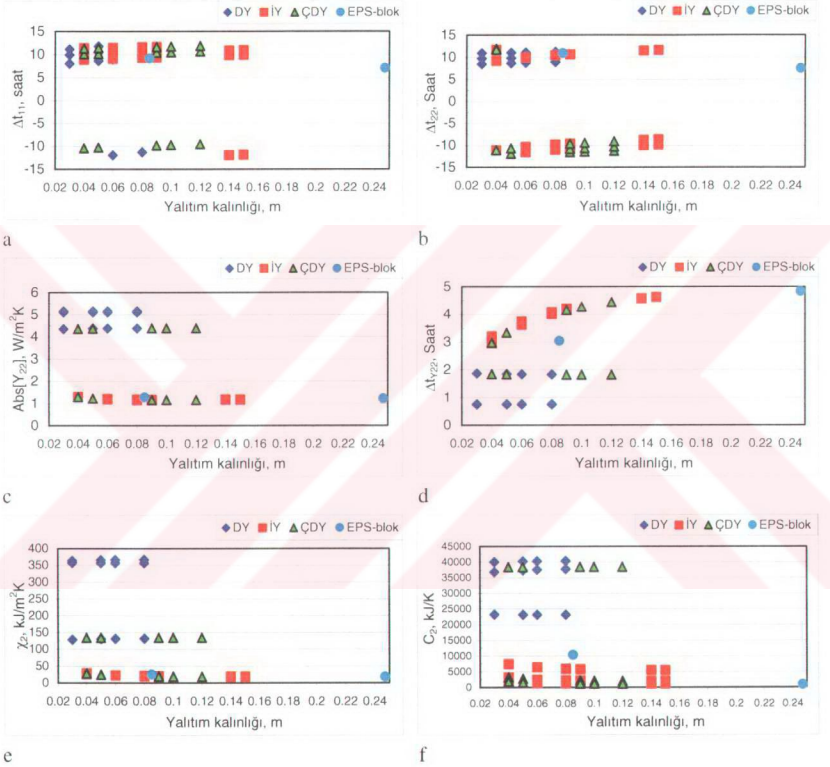
**DSB-2, duvarda seri bileşen 2

Tablo 7.4. Geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde oluşan kesitlerin periyodik ısı karakteristikleri

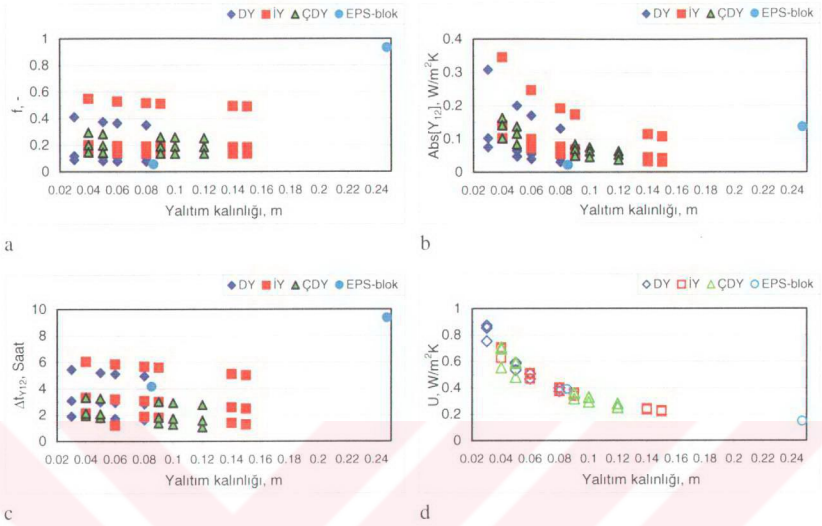
Kesit kodu	Kesit bileşenleri*	Yalıtım kalınlığı, m	Zaman ötelenmesi, Δt		Isıl kabul		Isı kapasite, χ	Toplam ısı kapasite, C	Azaltma faktörü, f	Periyodik ısı geçirgenlik		Isı geçirgenliği, U
			Δt_{11}	Δt_{22}	Abs[Y ₂₂]	Δt_{Y22}	χ_2	C ₂		Abs[Y ₁₂]	Δt_{Y12}	
			Saat	Saat	W/m ² K	Saat	kJ/m ² K	kJ/K		W/m ² K	Saat	W/m ² K
DY-1	DSB-1	0.03	7.985	8.423	4.341	1.860	128.16	36767.1	0.410	0.308	5.435	0.753
	DSB-3+IKSB-1		9.918	9.670	5.148	0.746	363.79	40006.1	0.118	0.102	3.076	0.872
	IKSB-2		11.118	10.882	5.102	0.760	357.35	23156.1	0.088	0.075	1.878	0.854
DY-3	DSB-1	0.06	8.913	8.724	4.370	1.833	130.86	37540.6	0.364	0.170	5.109	0.468
	DSB-3+IKSB-1		10.868	9.834	5.147	0.743	366.05	40254.3	0.105	0.054	2.909	0.511
	IKSB-2		-11.932	11.048	5.100	0.759	356.79	23119.9	0.078	0.039	1.711	0.505
DY-5, DY-6	DSB-1	0.08	9.516	8.880	4.376	1.824	131.63	37762.3	0.350	0.131	4.945	0.373
	DSB-3+IKSB-1		11.489	9.947	5.147	0.742	366.65	40320.1	0.102	0.041	2.795	0.400
	IKSB-2		-11.310	11.162	5.100	0.759	356.63	23109.7	0.075	0.030	1.597	0.396
IY-1	DSB-1	0.04	8.892	9.163	1.302	3.207	25.90	7428.73	0.549	0.345	6.043	0.627
	DSB-3+IKSB-1		10.089	11.651	1.289	2.968	28.41	3123.91	0.200	0.141	3.317	0.708
	IKSB-2		11.299	-11.152	1.288	2.968	28.35	1836.78	0.147	0.102	2.121	0.696
IY-3	DSB-1	0.08	9.243	10.411	1.175	4.081	20.78	5960.71	0.515	0.192	5.670	0.374
	DSB-3+IKSB-1		10.337	-11.051	1.162	4.013	20.29	2231.74	0.189	0.076	3.064	0.401
	IKSB-2		11.549	-9.855	1.162	4.014	19.86	1286.75	0.138	0.055	1.869	0.397
IY-5	DSB-1	0.14	9.789	11.473	1.174	4.582	19.09	5475.86	0.492	0.114	5.109	0.233
	DSB-3+IKSB-1		10.825	-10.008	1.167	4.567	18.29	2011.08	0.183	0.044	2.575	0.243
	IKSB-2		-11.96	-8.813	1.167	4.567	17.94	1162.65	0.133	0.032	1.380	0.242
IY-6	DSB-1	0.15	9.896	11.626	1.177	4.627	18.99	5446.65	0.489	0.107	5.001	0.219
	DSB-3+IKSB-1		10.925	-9.859	1.171	4.615	18.19	2000.06	0.182	0.042	2.474	0.228
	IKSB-2		-11.86	-8.664	1.171	4.615	17.86	1157.14	0.133	0.030	1.279	0.227
QDY-3	DSB-1	0.05	-10.268	-11.958	4.364	1.834	133.76	38374.2	0.284	0.137	1.791	0.482
	DSB-3+IKSB-1		10.151	-11.917	1.225	3.336	24.75	2722.21	0.196	0.116	3.253	0.594
	IKSB-2		11.362	-10.721	1.225	3.336	24.44	1583.77	0.144	0.084	2.057	0.586
QDY-7, QDY-8	DSB-1	0.12	-9.508	-11.256	4.382	1.814	133.93	38421.2	0.251	0.063	1.070	0.252
	DSB-3+IKSB-1		10.641	-10.316	1.159	4.443	18.61	2046.25	0.185	0.052	2.759	0.280
	IKSB-2		11.835	-9.121	1.159	4.443	18.23	1181.25	0.135	0.037	1.564	0.278

*DSB: Duvarda Seri Bileşen, IKSB: Isı Köprisinde Seri Bileşen

Tablo 7.3 ve Tablo 7.4'de görüldüğü gibi, periyodik ısı özellikler yalıtımın kalınlığı, yalıtımın yeri ve duvar malzemesi ile değişim göstermektedir. Geleneksel sistemlerde ve EPS Bloklı sistemde yalıtım kalınlığının değişmesi ile Δt_{11} , Δt_{22} , $Abs[Y_{22}]$, Δt_{Y22} , χ_2 . ve C_2 'nin değişimi Şekil 7.3'de, f, $Abs[Y_{12}]$, Δt_{Y12} ve U'nun değişimi ise Şekil 7.4'de gösterilmiştir.

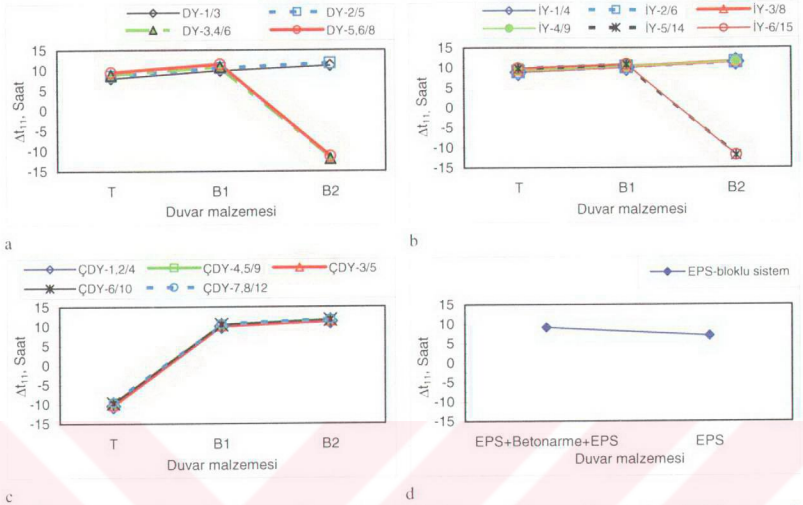


Şekil 7.3. Geleneksel ısı yalıtım sistemleri ve EPS - bloklı çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemlerinde ısı yalıtım kalınlığına bağlı olarak Δt_{11} , Δt_{22} , $Abs[Y_{22}]$, Δt_{Y22} , χ_2 . ve C_2 'nin değişimi

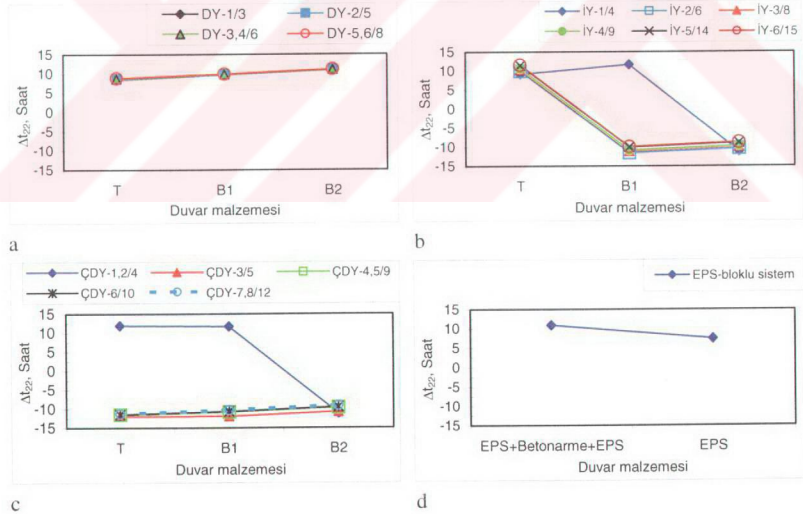


Şekil 7.4. Geleneksel ısı yalıtım sistemleri ve EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemlerinde ısı yalıtım kalınlığına bağlı olarak f_{-} , $Abs[Y_{12}]$, ΔT_{12} ve U 'nun değişimi

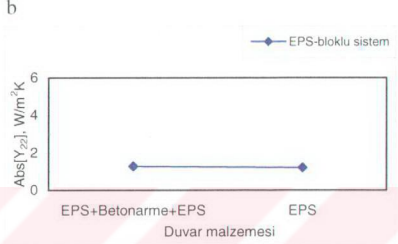
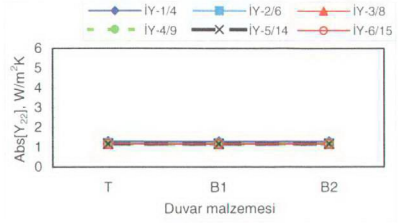
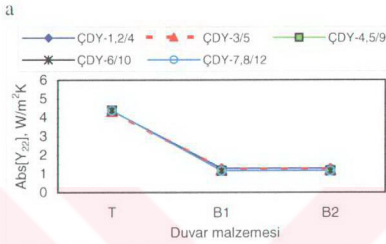
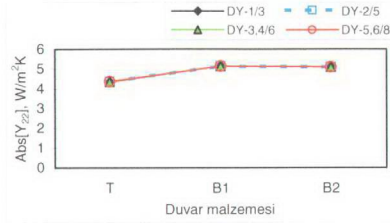
Periyodik ısı özellikler üzerine, yalıtımın yeri ve duvar malzemesinin etkisinin geleneksel sistemler ve EPS bloklü sistemle karşılaştırılması ise, Şekil 7.5 ile Şekil 7.14 arasında gösterilmiştir. Her şekilde bir periyodik ısı özellik alınmış ve farklı yalıtım sistemleri için ayrı grafikler çizilmiştir. Dolayısıyla her şekilde dört grafik (DY, İY, ÇDY, EPS blok için) bulunmaktadır. Her grafikte ise, incelenen yalıtım sistemine ait, farklı kesitler için (T:duvar malzemesi tuğla, B1:duvar malzemesi betonarme-0.25m ve B2:duvar malzemesi betonarme-0.30m), yalıtım kalınlığının değişmesi ile periyodik özelliğin değişimi görülmektedir.



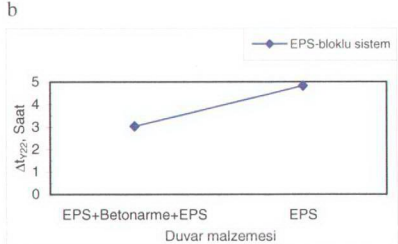
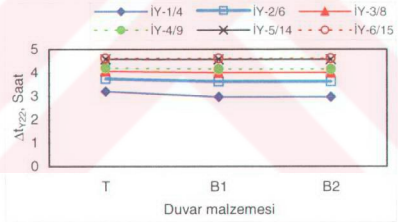
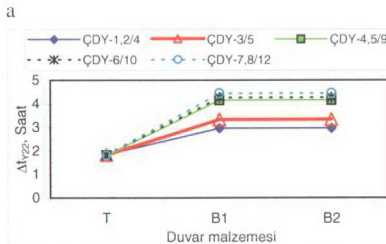
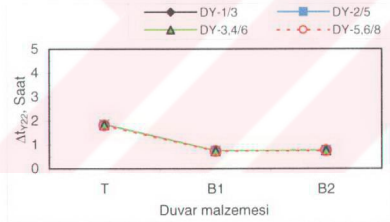
Şekil 7.5. Farklı geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde ısı yalıtım malzemesi kalınlığına ve duvar malzemesine bağlı olarak Δt_{11} 'in değişimi



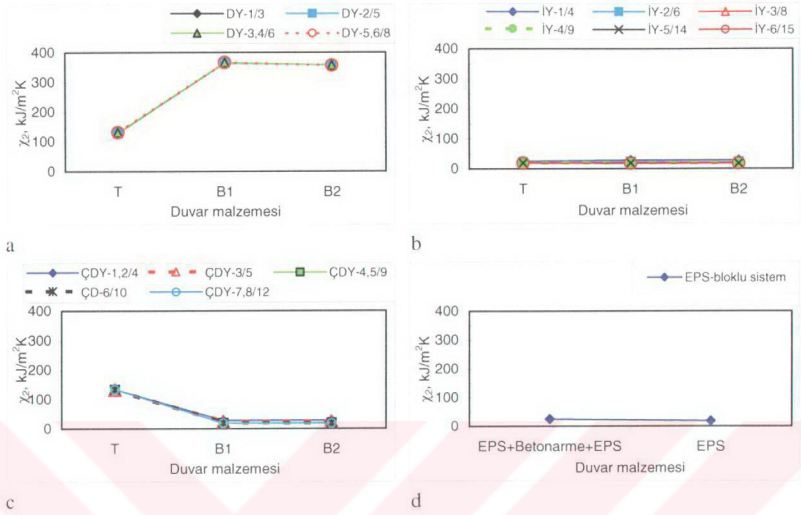
Şekil 7.6. Farklı geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde ısı yalıtım malzemesi kalınlığına ve duvar malzemesine bağlı olarak Δt_{22} 'nin değişimi



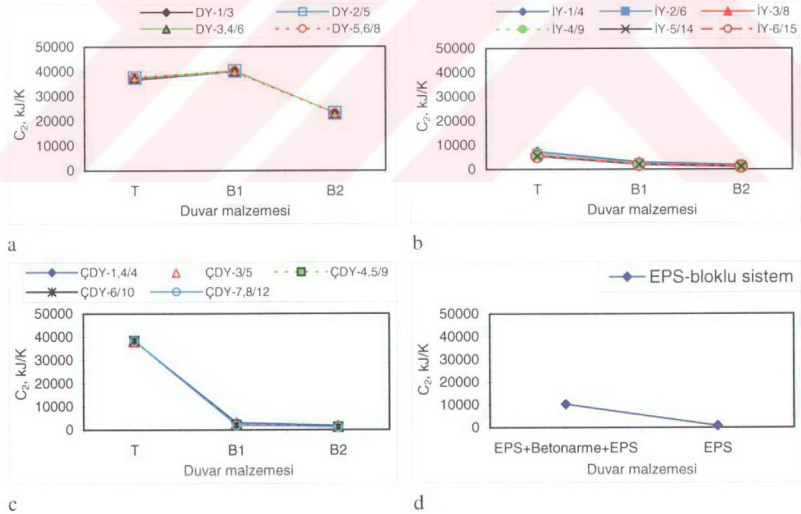
Şekil 7.7. Farklı geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde ısı yalıtım malzemesi kalınlığına ve duvar malzemesine bağlı olarak Abs[Y₂₂]'nin değişimi



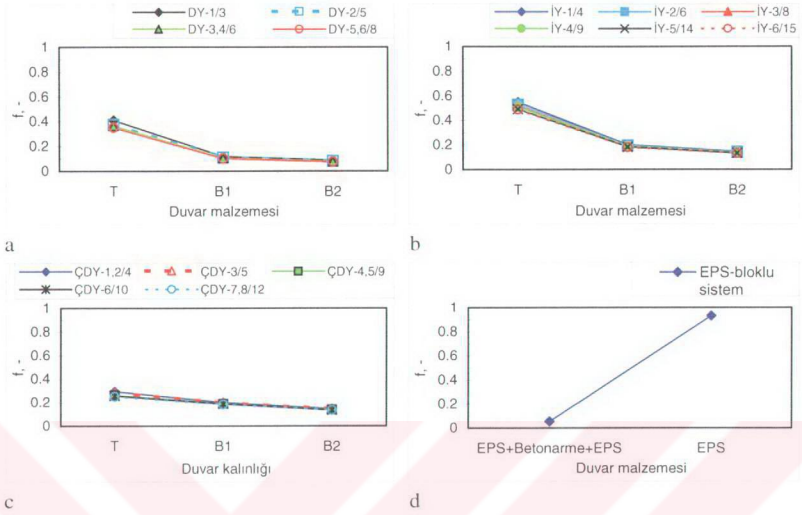
Şekil 7.8. Farklı geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde ısı yalıtım malzemesi kalınlığına ve duvar malzemesine bağlı olarak Δt_{Y22}'nin değişimi



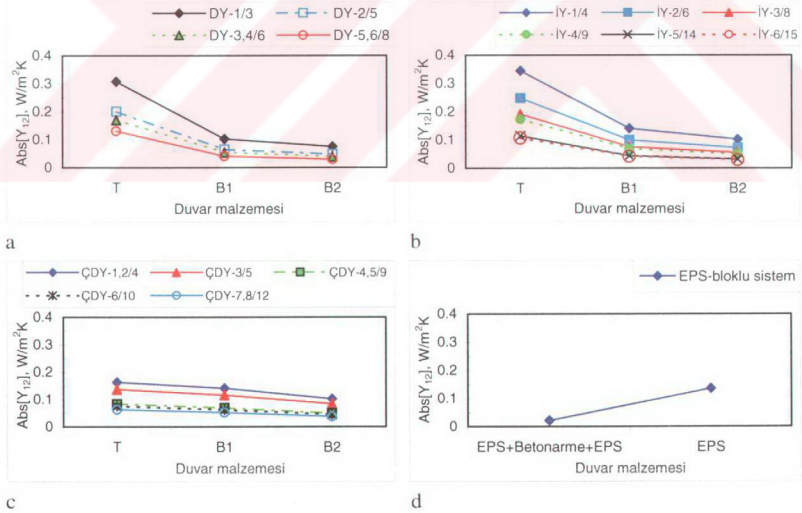
Şekil 7.9. Farklı geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde ısı yalıtım malzemesi kalınlığına ve duvar malzemesine bağlı olarak χ_2 'nin değişimi



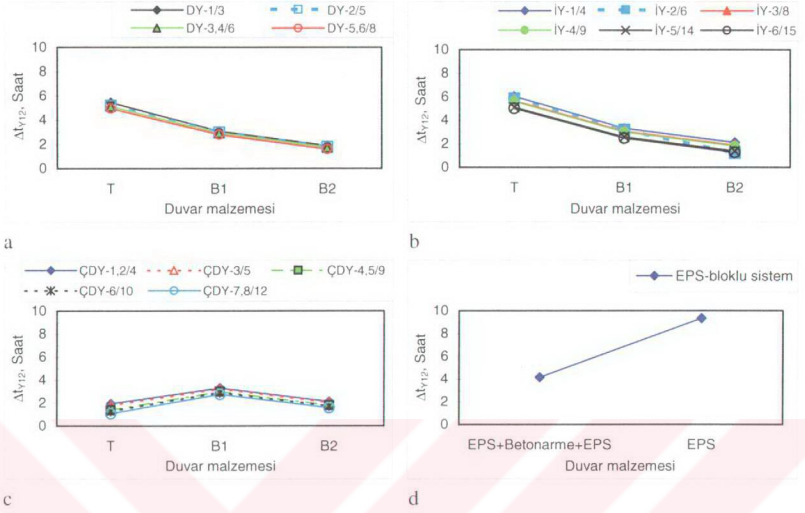
Şekil 7.10. Farklı geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde ısı yalıtım malzemesi kalınlığına ve duvar malzemesine bağlı olarak C_2 'nin değişimi



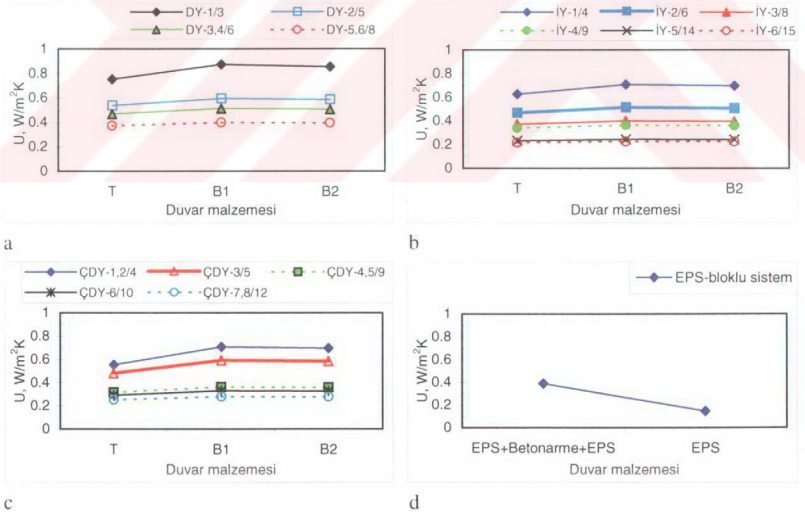
Şekil 7.11. Farklı geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde ısı yalıtım malzemesi kalınlığına ve duvar malzemesine bağlı olarak f' in değişimi



Şekil 7.12. Farklı geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde ısı yalıtım malzemesi kalınlığına ve duvar malzemesine bağlı olarak $Abs[Y_{12}]$ nin değişimi



Şekil 7.13. Farklı geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde ısı yalıtım malzemesi kalınlığına ve duvar malzemesine bağlı olarak ΔT_{Y12} 'nin değişimi



Şekil 7.14. Farklı geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde ısı yalıtım malzemesi kalınlığına ve duvar malzemesine bağlı olarak U 'nın değişimi

Şekil 7.3.a incelendiğinde, Δt_{11} için önemli olan iki özellik bu büyüklüğün mutlak değeri, yani dış ortamdaki sıcaklık değişiminin iç ortamda sıcaklık değişimini etkilemesi için geçen süre ve iç ortamdaki periyodik değişimin zaman ötelenmesinin dış ortamdaki periyodik değişimin önünde gitmesi veya gecikmesidir. Δt_{11} 'in mutlak değeri küçüldükçe dış ortam iç ortamı daha çabuk etkileyeceğinden yaz konforu için olumsuz görülmektedir. İdeal olan dış ortamın yüksek sıcaklığının iç ortamdaki etkisinin gece saatlerinde ortaya çıkmasıdır ki bu da yaklaşık olarak 8 saat'e karşılık gelmektedir [33].

Δt_{11} için en küçük değer EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvar siteminde ve tüm blok kesitinin EPS olduğu durum için görülmektedir. EPS, hafif ve depolama kabiliyeti düşük bir malzeme olduğundan bu sonuç beklenen bir durumdur. Hatta Δt_{11} 'in daha küçük olmasını engelleyen iç sıva bulunması ve kalınlığın yüksek olmasıdır (0.247 m). Diğer kesitler yaklaşık 10 saatlik bir zaman ötelenmesi sağlamaktadır. Δt_{11} 'in mutlak değeri üzerinde yalıtım sisteminin veya yalıtım kalınlığının çok anlamlı bir etkisi görülmemektedir. Belirleyici olan yalıtımın haricindeki duvar malzemesinin varlığıdır. Ancak, Δt_{11} 'in işareti üzerinde (iç ortam sıcaklık değişimlerinin dış ortam sıcaklık değişimlerinin önünde veya arkasında kalması) geleneksel sistemlerde duvar malzemesinin ve yalıtım kalınlığının etkisinin olduğu gözlenmektedir (Şekil 7.3.a ve Şekil 7.5). Geleneksel sistemlerde Δt_{11} 'in işareti bazı kesitlerde (-) olurken EPS bloklu sistemde daima (+)'dır.

Δt_{22} 'in değişimi Şekil 7.3.b ve Şekil 7.6'da verilmiştir. EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemi ile diğer yalıtım sistemleri arasında anlamlı bir fark görülmemektedir. Noktaların genel dağılımı da bütün sistemler için Δt_{11} 'e benzerdir (Şekil 7.3.a). Ancak daha fazla kesitte (-) işaretli değerler görülmektedir. Şekil 7.6 incelendiğinde Δt_{22} 'nin işaret değiştirmesi ile ilgili davranışının Δt_{11} 'den farklı olduğu ve her yalıtım sistemi için farklı bir davranış gösterdiği görülmektedir. Yalnız EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminde Δt_{11} ve Δt_{22} 'nin davranışı hemen hemen aynıdır. Pozitif değerlerdir ve 7 ile 10 saat (Tablo 7.3) arasında değişmektedir. Kesitin hafif malzemeden (EPS) oluşması halinde yaklaşık 7 saate düşen Δt değerleri kesitte ağır malzeme (betonarme) olması halinde yükselmekte ve yaklaşık 10 saate

çıkılmaktadır. Geleneksel ısı yalıtım sistemlerinde, DY sistemi için Δt_{22} 'nin işareti ve mutlak değeri üzerinde yalıtım kalınlığının etkisi görülmemektedir. Uygulamada kullanılan kalınlıklar dikkate alındığında duvar malzemesinin değişimi ise (yoğunluk/kalınlık artışı) Δt_{22} 'nin yaklaşık 3 saat artmasına sebep olabilmektedir. Aynı yalıtım sistemi şartlarında duvar kesitindeki betonarme malzeme kalınlığının 0.05 m artması ve yalıtım kalınlığının 0.05 m'nin üstüne çıkması Δt_{11} 'nin işaret değiştirmesine sebep olmuştur (Şekil 7.5). İY sisteminde yalıtım kalınlığının, duvar malzemesinin değişimi Δt_{11} ve Δt_{22} işareti üzerinde farklı etkiler oluşturmaktadır. Tuğla için davranışlar aynıdır, fakat kesit içinde 0.25 m kalınlıkta betonarme bulunması halinde, Δt_{22} , sadece 0.04 m'lik yalıtım kalınlığı için (+) olmakta, diğer yalıtım kalınlıklarında (-) olmaktadır (Şekil 7.6). Halbuki Δt_{11} , bu kesitte de tüm yalıtım kalınlıkları için (+)'dir (Şekil 7.5). Kesit içindeki betonarme kalınlığının 0.05 m artması ile, Δt_{22} tüm yalıtım kalınlıklarında (-) değerler vermektedir. Δt_{11} ise, hala 0.12 m'lik yalıtım kalınlığına kadar (+) değerlerdedir. 0.14 m ve üzerindeki yalıtım kalınlıklarında (-) değerler elde edilmiştir. ÇDY sisteminde B1 ve B2 elemanları içerden yalıtılmak zorunda kaldığı için, İY sisteminin değerlendirilmesi sırasında dikkate alınmıştır. Tuğla duvar söz konusu olduğunda, yalıtım kalınlığının 0.04 m olması halinde Δt_{22} (+) değer verirken, 0.05 m ve üzerindeki yalıtım kalınlıklarında daima (-) değerler elde edilmiştir (Şekil 7.6.c). Δt_{11} için ise tüm yalıtım kalınlıkları (-) değer vermektedir (Şekil 7.5.c).

Y_{22} ile ilgili grafiklerin değerlendirilmesine geçmeden önce Y_{22} 'nin özelliklerini tekrar hatırlatmakta fayda görülmüştür. Y_{22} , tez kapsamında, iç ortamdaki ısı akısı değişim genliğinin yine iç ortamdaki sıcaklık değişim genliğine oranıdır. Bu sırada dış yüzeyde sadece ısı akısı değişimi olduğu kabul edilmektedir. Yani, $Abs[Y_{22}]$ ile dışardaki ısı akısı değişim genliğinin etkisi ile iç yüzeydeki birim sıcaklık değişimi başına ısı akısı değişiminin büyüklüğü incelenmektedir. Bu özellik üzerinde ısı yalıtım sisteminin etkin bir etkisi olduğu görülmektedir. DY sisteminde tüm yalıtım kalınlıkları ve duvar malzemesi seçenekleri için $Abs[Y_{22}]$ 4 ile 5 W/m²K arasında değerler almaktadır. EPS - blokluk çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminde de İY sistemine benzer değerler belirlenmiştir. Bunun sebebi EPS blokluk sistemde her iki tarafta yalıtım olması sonucu, bu büyüklük üzerinde içerdeki yalıtımın etkisi belirleyici olmuştur. Diğer kesit ise zaten sıvalar hariç tamamen yalıtım malzemesidir. ÇDY sisteminde ise, duvarlarda DY

sistemine benzer davranış görülmektedir. Kiriş ve kolonlar ise içerden yalıtılmak zorunda kalındığından, bekleneceği üzere İY sistemi ile aynı davranışı göstermektedir.

Δt_{Y22} , dış ortamdaki ısı akısı değişimlerinin sonucu iç ortamda oluşan sıcaklık ve ısı akısı değişimleri arasındaki zaman ötelenmesini göstermektedir. Şekil 7.3.d ve Şekil 7.8'den görüldüğü üzere bu büyüklük de, yalıtım sisteminden, yalıtım kalınlığından ve duvar malzemesinden etkilenebilmektedir. Abs[Y₂₂]'de olduğu gibi, EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemiyle İY sistemi benzer davranış göstermekte, DY ile ÇDY sistemi ise benzer davranış göstermektedir. İçerdeki yalıtımın varlığı Δt_{Y22} 'nin mutlak değerini artırmakta ve yalıtım kalınlığının artması da bu değer artmasına sebep olmaktadır. İY ve EPS bloklü sistemlerde 3 saat mertebesinde başlayan Δt_{Y22} 'nin değeri yalıtım kalınlığı arttıkça 5 saate doğru çıkmaktadır. EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminin ilk noktası 0.085 m'de görülmekte ise de bu kalınlığın 0.042 m'si iç tarafta, 0.043 m'si dış taraftadır. Şekil 7.3.d'deki grafiğe bakıldığında EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemi için hesaplanan değer İY sisteminde 0.04 m yalıtım kalınlığı için hesaplanan değerle aynıdır. EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemi ile İY sistemi özdeş davranmaktadır. EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminde dış taraftaki yalıtımın bu özellik üzerinde etkisi olmamaktadır. Ayrıca Şekil 7.8.a'da görüldüğü üzere Δt_{Y22} üzerinde DY sistemi incelendiğinde yalıtım kalınlığının bir etkisi olmadığı fakat duvar malzemesinin anlamlı bir etki oluşturduğu görülmektedir. İY sisteminde ise, yalıtım kalınlığı etkili olmakta fakat duvar malzemesinin anlamlı bir etkisi görülmemektedir. Benzer durumun EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemi için de geçerli olabileceği söylenebilir. ÇDY sisteminde de yalıtım kalınlığının etkili olmadığı Şekil 7.3'de ve Şekil 7.8'de T kesiti ile ilgili değerlerin üst üste çakışmasından anlaşılmaktadır.

Isı kapasitesi (χ_2) ile ilgili grafikler Şekil 7.3.e ve Şekil 7.9'da görülmektedir. Şekil 7.3.e, ısı depolama ile ilgili davranışların beklenen bir grafiğini vermektedir. Isı kapasitesi (ısı depolama kabiliyeti) üzerinde iç taraftaki malzemenin yoğunluğu, yani ısı depolama kabiliyeti etkindir. Grafikte üç farklı değerlerde toplanma (tabakalanma) görülmektedir. En küçük değerler yaklaşık 25 - 30 kJ/m²K mertebelerindedir (Tablo 7.4). Bu değerler İY ve EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemlerine ait

değerlerdir. Çünkü bu sistemlerde iç taraftaki sıvanın altında hafif ısı yalıtım malzemesi bulunmaktadır. Orta büyüklükteki değerlerde (yaklaşık $125 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ mertebelerinde, Tablo 7.4) ÇDY sistemi ile tuğla üzerine gerçekleştirilen DY sistemi görülmektedir. En büyük değerler ise $250 - 365 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ değerleri ile dışardan yalıtılmış betonarme elemanlarda görülmektedir. Bu sonuçlar, iç yüzey ısı kapasitesi üzerinde iç sıvanın fazla etkili olmadığını, yalıtım sisteminin dolaylı olarak etkileyen ama asıl belirleyici kesit özelliğinin iç sıvanın altındaki duvar malzemesi olduğunu göstermektedir. Bu sonuçların yansıması Şekil 7.9'da da görülmektedir.

C_2 ile ilgili grafikler Şekil 7.3.f ve Şekil 7.10'da görülmektedir. C_2 'nin χ_2 'den farkı, incelenen binadaki yüzey alanlarının da C_2 'de hesaba katılmasıdır. χ_2 , birim alan başına hesaplandığından kesitin özelliğini tanımlamaktadır ve her bina için sabit kalacaktır. Ancak C_2 değerleri binanın projesine bağlıdır ve her bina için az veya çok fark edecektir. Tez kapsamında incelenen bina için χ_2 grafiğindeki kesitlerin, binadaki alansal oranlarına bağlı olarak üç farklı tabaka içindeki yerlerinin değiştiğini görüyoruz. Şekil 7.3.e ve 7.3.f'de açık şekilde görülen orta tabakadaki Δ ile gösterilen değerlerin üst tabakaya geçmesi; EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminde farklı kesitlere ait değerlerin birbirinden açılmasıdır. Şekil 7.9.a'da DY sistemi için tuğla duvarın χ_2 değerleri en küçük değerler iken, Şekil 7.10.a'da en yüksek değerler seviyesine çıkmıştır. Kiriş ve perdeler için durum aynı kalmış; kolonlar için ise χ_2 değerleri en yüksek düzeyde iken C_2 değerleri en düşük düzeye düşmüştür. İY sisteminde tabakalarda farklılık oluşmamıştır. ÇDY sisteminde ise, tuğla duvarların χ_2 değerleri orta düzeyde iken, alanları fazla olduğu için, C_2 değerleri en üst düzeye çıkmıştır. EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminde de EPS+betonarme+EPS kesiti ile yalnız EPS'den oluşan kesitin C_2 değerleri alansal oranlarındaki farklılık sebebiyle önemli miktarda açılmıştır. Sonuç olarak, binanın ısıl konforu ile ilgili değerlendirme yaparken C_2 değerlerinin esas alınması gerektiği görülmektedir. Yaz konforu açısından iç yüzeylerin depolama kabiliyetinin yüksek olması önemlidir. Bu noktadan değerlendirildiğinde, χ_2 için sistemlerin olumludan olumsuzuna doğru sıralanması,

- DY
- ÇDY

- EPS - bloklı çelik donatılı beton taşıyıcı duvar ve İY

Ancak bina özellikleri dikkate alındığında bu sıralama değişebilecektir. Dolayısıyla toplam C_2 değerlerini hesaplayıp, değerlendirmenin bu sonuçlara göre yapılması gerekir. Örnek bina için, ΣC_2 değerleri arasında sıralamanın değişmediği ancak İY sisteminin EPS - bloklı çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminden daha iyi olabildiği görülmektedir. Buna göre olumludan olumsuz doğru sıralama aşağıdaki şekilde gerçekleşir;

- DY
- ÇDY
- İY
- EPS - bloklı çelik donatılı beton taşıyıcı duvar

Azaltma faktörü (f) ile ilgili grafikler Şekil 7.4.a ve Şekil 7.11'de görülmektedir. Periyodik ısı geçirgenliği, sabit rejimdeki ısı geçirgenliğine oranının belirlendiği f değerinin küçük olması periyodik rejimde geçirgenliğin daha az olacağını göstermesi şeklinde yorumlanabilir. Bu durumda yaz konforu açısından f 'nin küçük olması dış etkilerin iç tarafı daha az etkilemesi anlamına gelecektir, bu olumlu durumdur. Şekil 7.4.a'yı incelediğimizde, oldukça büyük bir dağılım dikkati çekmektedir. Farklı yalıtım sistemlerine ait değerler birbirinin içine girmiştir. En büyük fark EPS - bloklı çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminde görülmektedir. Kesit içinde 0.162 m betonarme bulunması halinde 0.054 ile en düşük f faktörü elde edilirken, kesitin EPS olması halinde 0.932 ile en yüksek f değeri hesaplanmaktadır. Bu sonuçlar f üzerinde kesit içinde ağır malzeme bulunmasının büyük bir önem arz ettiğini göstermektedir. Geleneksel sistemlerle ilgili ayrıntılı grafikleri incelediğimizde (Şekil 7.11), f üzerinde yalıtım kalınlığının etkisinin olmadığı görülmektedir. Aynı duvar malzemesi kullanılan yalıtım sistemleri için f değerleri arasındaki farklılık ise, azaltma faktörü üzerinde yalıtımın yerinin etkili olduğunu göstermektedir. Kesit içinde betonarme olması, tuğla olmasına göre daha olumlu sonuç verirken; yalıtım yerinin tuğla duvarlarda ortada olması, betonarme duvarlarda da dışarıda olması geleneksel sistemler içinde daha olumlu sonuç elde edilmesine sebep olmaktadır. Ancak EPS - bloklı çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminde betonarme elemanın iki tarafının da yalıtılmış olması

halinde, dışardan yalıtımlı durumdan daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Sistemde EPS malzemenin oluşan kesit alanı çok küçük olduğundan (~%10) ihmal edilirse azaltma faktörü açısından yalıtım sistemleri olumludan olumsuzu doru aşağıdaki şekilde sıralanırlar;

- EPS - bloklı çelik donatılı beton taşıyıcı duvar
- DY veya ÇDY
- İY

Periyodik ısı geçirgenlik (Y_{12}) ile ilgili grafikler Şekil 7.4.b ve 7.4.c ile Şekil 7.12 ve 7.13'de gösterilmiştir. Öncelikle $Abs[Y_{12}]$ değerleri açısından değerlendirme yapılmıştır. Periyodik şartlarda da geçirgenliğin az olması isteneceğinden $Abs[Y_{12}]$ 'nin de küçük olması olumlu olarak yorumlanabilir. Şekil 7.4.b'de hesaplanan değerlerin geniş bir dağılım gösterdiği fakat yalıtım kalınlığı arttıkça $Abs[Y_{12}]$ değerinde tüm geleneksel sistemlerde tekrarlanan bir azalma görüldüğü dikkat çekmektedir. Ancak EPS - bloklı çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminde, EPS'den oluşan kesitte yalıtım malzemesi kalınlığı önemli ölçüde artmasına rağmen $Abs[Y_{12}]$ değerinde azalma değil artış görülmektedir. Bu durum, $Abs[Y_{12}]$ üzerinde f değerinde olduğu gibi, kesit içinde ağır malzeme bulunmasının önemini göstermektedir. $Abs[Y_{12}]$, f 'den farklı olarak ağır malzemeye ilave yalıtım kalınlığından da önemli ölçüde etkilenmektedir. Yalıtım kalınlığı arttıkça, $Abs[Y_{12}]$ değerleri azalmaktadır. Azaltma faktörü değeri ise $Abs[Y_{12}] = -1/Z_{12}$ 'nin sabit rejimdeki ısı geçirgenliğine bölünmesi ile elde edildiğinden U -değerleri etkisi ile $Abs[Y_{12}]$ 'de görülen yalıtım kalınlığı büyüklüğü ihmal edilebilecek kadar azalmaktadır. Sadece $Abs[Y_{12}]$ değerleri açısından yalıtım sistemlerini olumludan olumsuzu doru aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür.

- EPS - bloklı çelik donatılı beton taşıyıcı duvar
- DY ve ÇDY
- İY

Yalıtım sistemlerinin $Abs[Y_{12}]$ değerleri betonarme elemanlarda birbirine çok yaklaşmakta; ayırım tuğla duvarlarda kendini göstermektedir.

Δt_{Y12} ile ilgili grafikler Şekil 7.4.c ve 7.13'de görülmektedir. Şekil 7.4.c'deki dağılım, Δt_{Y12} 'nin yalıtım kalınlığından çok az etkilendiğini ve yalıtım kalınlığı arttıkça Δt_{Y12} 'de küçük bir azalma meydana geldiğini göstermektedir. EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemi incelendiğinde, EPS'den oluşan kesitin diğer kesitlerden oldukça farklı olarak en yüksek değeri verdiği görülmektedir (Şekil 7.4.c). Ağır malzemenin hiç bulunmadığı bu kesit, yaz konforu açısından diğer özelliklerde daima en olumsuz kesit olarak belirmiştir. Bu noktadan hareketle Δt_{Y12} 'nin yüksek olmasının yaz konforu açısından olumsuz olacağı düşünülebilir. Kesit içinde ağır malzeme (betonarme) bulunması halinde yalıtımın yerinin etkisi azalmaktadır (Şekil 7.13.a,b,c). Tuğla duvarlar için ise yalıtımın yeri önem kazanmaktadır. Yalıtımın ortada olması halinde Δt_{Y12} bütün sistemler içinde en küçük değeri vermektedir. Yalıtımın içerde veya dışarda olması Δt_{Y12} üzerinde anlamlı bir etki oluşturmamaktadır. Çift duvar arası yalıtımın daha düşük Δt_{Y12} değerleri vermesi üzerinde yalıtımın yerinin yanında toplam tuğla kalınlığının artmasının da etkisi olabileceği unutulmamalıdır.

Tez kapsamında sistemler karşılaştırılırken, uygulamada kullanılan kalınlıklar esas alınarak karşılaştırılmıştır.

EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminde de, yalıtımın iki tarafta olması ve betonarme kalınlığının küçük olması ile birlikte Δt_{Y12} değerlerinde artış görülmektedir (Tablo 7.3).

Sabit rejim şartlarındaki U-değerlerinin grafikleri ise Şekil 7.4.d ve Şekil 7.14'de görülmektedir. Yalıtım kalınlığı arttıkça beklendiği üzere U-değerlerinde eğrisel bir azalma görülmektedir. Yalıtımın belli bir kalınlığına kadar, U-değerlerinde kalınlıkla orantılı bir düşüş görülürken; bu değerden sonra kalınlığın artması ile U-değerindeki düşüş azalmaktadır. Hatta belli bir noktadan sonra (yaklaşık olarak 0.05 m) yalıtım kalınlığının artması U-değeri üzerinde anlamlı bir düşüş sağlayamamaktadır. Diğer bir beklenen durum ise, U-değeri üzerinde yalıtımın yerinin (yalıtım sisteminin) etkisinin olmadığı, duvar malzemesi etkisinin ise yalıtım kalınlığı etkisinin yanında çok küçük olduğu, özellikle yalıtımın kalınlığı arttıkça duvar malzemesi etkisinin hemen hemen sıfırlandığı görülmektedir.

8. GENEL SONUÇLAR

Ülkemiz şartları için önerilen yapı sistemlerinin ısı konfor açısından yeterli, depreme dayanıklı, hızlı inşa edilebilen ve maliyetinin düşük olması gerekmektedir. Bu hedefleri sağlayacak sistemlerden bir tanesi de EPS - Bloklu, Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvarlar'dır. Söz konusu sistemin ısı performansının (kış ve yaz konforu) ülkemiz iklim şartları için değerlendirilmesi ve geleneksel ısı yalıtım sistemleri ile karşılaştırılması bu tez kapsamını oluşturmaktadır.

Hesaplamalar, örnek bir proje üzerinde yapılmıştır. Kış konforu TS 825'de belirtilen hesap yöntemi kullanılarak yapılırken yaz konforu ISO 13786'da belirtilen hesap yöntemine göre yapılmıştır.

EPS - bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemi kış ve yaz konforunu yönetmelikler kapsamında sağlamaktadır. Sistemin kullanılmasında kış ve yaz konforu açısından belirgin bir sakınca yoktur. Sistemlerin birbirleriyle karşılaştırmalarından elde edilen sonuçlar ise aşağıda belirtilmiştir.

Kış konforu açısından sistemlerin DG bölgelerine göre verimliliği değişim göstermektedir. Sistemlerin karşılaştırılması, her yalıtım sisteminde kullanılan toplam ısı yalıtım malzemesi miktarı ve bunun sonucunda elde edilen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Genel olarak sistemlerin, DG bölgeleri için olumludan olumsuz doğru (yukarıdan aşağıya doğru) sıralanması Tablo 8.1'de gösterilmiştir.

Tablo 8.1. Kış konforu açısından sistemlerin karşılaştırılması

DG bölgesi	1. DG	2. DG	3. DG	4. DG
Yalıtım sistemleri	DY	DY	DY	DY
	İY	İY	EPS-blok	EPS-blok
	ÇDY	EPS-blok	İY	İY
	EPS-blok	ÇDY	-	-

Bütün DG bölgeleri için en olumlu sistem DY sistemi olurken, ÇDY sistemi 3. ve 4. DG bölgeleri için kış konforu açısından yetersiz kalmaktadır. Birinci Derece Gün Bölgesinde yalıtımın kesikli olmasının fazla bir etkisi olmadığı Tablo 8.1'den görülmektedir. Ancak 2. DG bölgesinde ÇDY'daki yalıtımın kesikliliği etkisini göstermekte ve en olumsuz sistem olarak ÇDY görülmektedir. İY sisteminde sadece döşemelerde kesiklik olduğu kabulüne göre hesaplar yapıldığından, 2. DG bölgesinde de uygun değerler vermiş; ancak 3. DG bölgesinden itibaren yalıtımın kesilmesinden kaynaklanan olumsuzluk kendini göstermiş ve İY sistemi üçüncü sıraya düşmüştür. EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminin 1. ve 2. DG'lerde olumsuz görülmesinin sebebi, EPS blokların et kalınlıklarının büyük olması sebebiyle fazla yalıtım malzemesi kullanılmasına sebep olmaktadır. Buna karşılık, $Q_{yıl}$ değerleri TS 825'de izin verilen $Q_{yıl}$ değerlerinden (dolayısıyla diğer sistemler için hesaplanan $Q_{yıl}$ değerlerinden) daha düşük olmaktadır. Dolayısıyla 2. DG bölgesinde, Tablo 8.1'deki sıralamanın EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemi açısından doğru olarak belirlenebilmesi için, EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminde sağlanan daha düşük enerji tüketiminin, bu sistemde kullanılan fazla yalıtım malzemesini kaç senede karşılayacağı; veya EPS blokların daha ince et kalınlıkları ile kullanılmasının sistem açısından mümkün olup olmayacağı incelenmelidir. Ancak 1. DG bölgesi için EPS bloklü sistem, kış konforu açısından geleneksel sistemlere bir seçenek oluşturmamaktadır.

Yaz konforu açısından, sistemler kış konforunu sağlayan kesitler dikkate alınarak sadece kesit ölçeğinde incelenmiş; ancak toplam ısı kapasitesi (C_2) için, bina ölçeğinde bir değerlendirme yapılmıştır.

Yaz konforu ile ilgili olarak gerçekleştirilen hesap sonuçlarının gösterdiği kesin bir sonuç, ağır ve hafif malzemenin beraber kullanılmasının gerekliliğidir. Hafif malzeme kalınlığının değişiminin yaz konforu üzerinde etkisi çok az olmaktadır. Buna rağmen hafif malzemenin bulunduğu yüzeyin etkisi oldukça fazladır. Hafif malzemenin dış yüzeyde kullanılması en iyi sonucu vermektedir. Kesitin her iki yüzeyinde hafif malzeme kullanılması bazı özelliklerde olumlu sonuç verirken, genelde yaz konforu

açısından yetersiz kalmaktadır. Bu sonuçlara göre sistemleri yaz konforu açısından olumludan olumsuz doğru aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

- DY
- ÇDY ve EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemi
- İY

Kış konforu açısından dışa açık elemanlarda, sadece hafif ısı yalıtım malzemesi kullanarak U-değerini düşürmek, yaz konforu açısından yetersizliğe neden olabilmektedir. Kesitte ağır malzemelerle hafif malzemeleri birlikte kullanarak U ve Abs[Y₁₂] değerlerinin optimum düzeyde tutulması gerekmektedir.

Yukarıda sadece kesit özelliklerine göre bir karşılaştırma yapılmıştır. Binanın özellikleri de dikkate alınarak ve yaz konforu açısından önemli bir etken olan C₂ toplam ısı kapasitesi açısından incelendiğinde de, en iyi sonucu DY sistemi sağlamaktadır (99929.3 kJ/K). Diğer sistemler olumludan olumsuz doğru sırasıyla ÇDY (43309.39), İY (12389.42) ve EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemleri (11168.31) şeklinde sıralanmaktadır.

Isıl konfor (kış ve yaz konforu) açısından bakıldığında, en uygun sistem DY sistemi olmaktadır. Sonuç olarak EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemi, DY sistemine alternatif oluşturamamaktadır. Ülkemizde geleneksel sistemlere alternatif olarak sunulan EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemi, özellikle soğuk iklim şartlarında tüm yıl için, İY ve ÇDY sistemlerinden daha olumlu olmaktadır. Sadece ısı konfor açısından değerlendirildiğinde, DY sistemi bütün iklim bölgelerinde, EPS - bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sisteminin ise özellikle 3. ve 4. DG bölgelerinde kullanılması tavsiye edilir.

Daha detaylı bir değerlendirme yapabilmek için sistemlerin diğer özelliklerinin de (hızlı inşa edilmesi, uygulama kolaylığı, fayda/maliyet karşılaştırması vb) dikkate alındığı, daha kapsamlı bir çalışmanın yapılması önerilir.

KAYNAKLAR

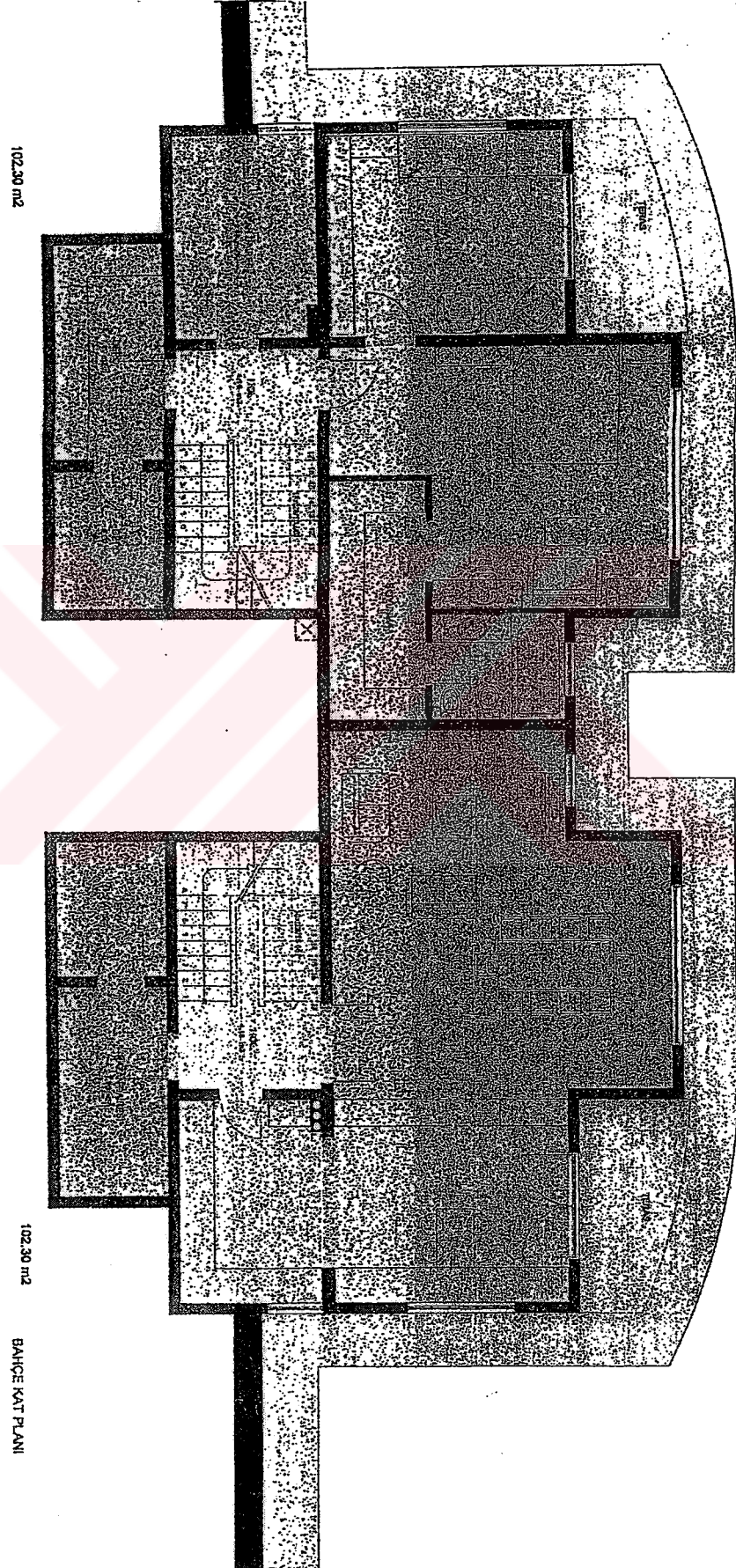
1. Anonim, 1998, "Technical Report", NAHB Research Center Inc., Maryland, "www.amvic-pacific.com"
2. Anonim, 1998, "Technical Report", NAHB Research Center Inc., Maryland, "www.risingeagle.com"
3. ÖZŞAHİN B., 2004, "EPS Bloklı Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvar Sistemi", Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ
4. Advantage Wall System İnternet Sitesi, "www.advantagewall.com"
5. Armopanel Concrete Wall System İnternet Sitesi, "www.armopanel.com"
6. Eco-Blok, LLC Commercial ICF Specification Sheet, "www.eco-block.com"
7. OAK Ridge National Laboratory, "www.ornl.gov"
8. SISMO Building Technology, "www.sismo.be"
9. EROTEZ Yapı Sistemleri İnşaat ve Tic. Ltd. Şti., "www.erotez.com"
10. Anonim, 1998, "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları", Türk Standardları Enstitüsü, Ankara
11. Anonim, 1997, "TS PrEN 33786 Yapı Elemanlarının Isıl Performansı-Isıl Eylemsizlik Karakteristikleri Hesaplama Metodu", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
12. Anonim, 1999, "ISO 13786 Thermal Performans of Building Components_Dynamic Thermal Characteristics_Calculation Methods", International Organization for Standardization, Switzerland
13. DAVİES M.G., 1973, "The Thermal Admittance of Layered Walls", Building Science, 8, 21, pp 207-220
14. DAVİES M.G., 1978, "On the Basis of the Environmental Temperature Procedure", Building and Environment, 13, pp 29-46
15. DAVİES M.G., 1983, "Optimum Design of Resistance and Capacitance Elements in Modelling a Sinusoidally Excited Building Wall", Building and Environment, 18, 1/2, pp 19-37

16. DAVIES M.G., 1994, "The Thermal Response of an Enclosure to Periodic Excitation : The CIBSE Approach", *Building and Environment*, 29, 2, pp 217-235
17. MATHEWS E. H., RICHARDS P. G., LOMBARD C., 1994, "A First-Order Thermal Model for Building Design", *Energy and Buildings*, 21, pp 133-145
18. DAVIES M.G., 1995, "Solutions to Fourier's Equation and Unsteady Heat Flow Through Structures", *Building and Environment*, 30, 3, pp 309-321
19. ASAN H., SANCAKTAR Y. S., 1998, "Effects of Wall's Thermophysical Properties on Time Lag and Decrement Factor", *Energy and Buildings*, 28, pp 159-166
20. DAVIES M.G., 1997, "Wall Transient Heat Flow Using Time-Domain Analysis", *Building and Environment*, 32, 5, pp 427-446
21. LOMBARD C., MATHEWS E. H., 1999, "A Two – Port Envelope Model for Building Heat Transfer", *Building and Environment*, 34, pp 19-30
22. AKANDER J., 2000, "The ORC Method-Effective Modelling of Thermal Performance of Multilayer Building Components", Doctoral Dissertation, Department of Building Sciences, Kungl Tekniska Högskolan, Stockholm
23. CHUNLU Z., GUOLIANG D., 2003, "A Stable Series Expansion Method for Calculating Thermal Response Factors of Multi-Layer Walls", *Building and Environment*, 38, pp 699-705
24. DAVIES M.G., 2003, "A Rationale for Nodal Placement for Heat Flow Calculations in Walls", *Building and Environment*, 38, pp 247-260
25. ROULET C., 1980, "Introduction à l'Inertie Thermique Dans le Bâtiment", Chantiers, Chroniques de LMP Lausanne
26. ONARAN K., 2000, "Malzeme Bilimi", Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul
27. SKOCHDOPOLE R. E., "The Thermal Conductivity of Foamed Plastics", *Foamed Organics*
28. DİLMAÇ Ş., "Yapıların Yalıtımı ve Korunumu", Ders Notları, Yayınlanmamış
29. YÜNCÜ H., KAKAÇ S., 1999, "Temel Isı Transferi", Bilim Yayıncılık, Ankara
30. ANTONOPOULOS K. A., DEMOCRİTOU F., 1993, "Correlations for the Maximum Transient Non – Periodic Indoor Heat Flow Through 15 Typical Walls", *Energy*, 18, pp 705-715
31. YÜCESOY L., 1984, "Yapılarda Isı ve Buhar Etkisi", İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul

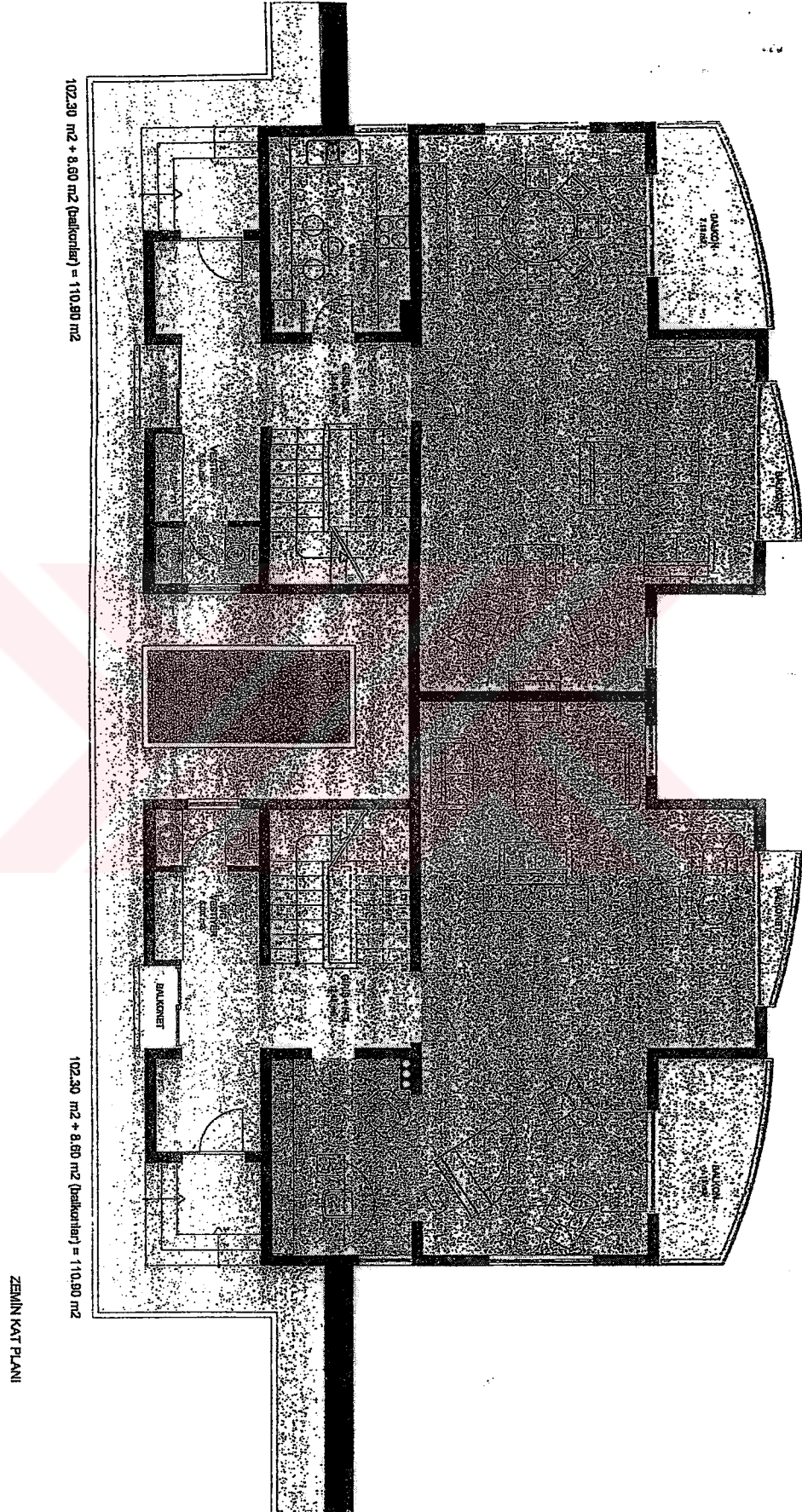
32. DİNÇER İ., 2002, "On Thermal Energy Storage Systems and Applications in Buildings", Energy and Buildings, 34, pp 377-388
33. MARKO A., BRAUN P. O. (Scientific Direction), 1994, "Thermal Use of Solar Energy in Buildings", Course Book Prepared as a Part of the Comett Project "SUNRISE", Fraunhofer Institute for Solar Systems, Freiburg
34. BILLMEYER JR. F. W., 1984, "Textbook of Polymer Science-Third Edition", John Wiley & Sons, Singapore
35. NEUFERT E., Çev. TEKELİOĞLU Ü., 1971, "Styropor - Handbuch", Banverlag gmbh, Wiesbaden
36. Anonim, 2001, "TS 11222 Beton-Hazır Beton-Sınıflandırma, Özellikler, Performans, Üretim ve Uygunluk Kriterleri", Türk Standardları Enstitüsü, Ankara
37. Anonim, 1996, "TS 708 Beton Çelik Çubukları", Türk Standardları Enstitüsü, Ankara
38. Anonim, 2000, "TS 500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları", Türk Standardları Enstitüsü, Ankara
39. Anonim, 1989, "ISO 9164-Thermal Insulation – Calculation of Space Heating Requirements for Residential Buildings", International Organization for Standardization, Switzerland
40. Anonim, 1998, "EN 832 - Thermal Performance of Buildings, Calculation of Energy Use for Heating, Residential Buildings", European Committee for Standardization, Brussels
41. Anonim, 1990, "TS 8441 Isı Yalıtımı Hesaplama Metotları – Düzlem Yapı Yüzeylerinde Dikdörtgen Kesitli Isı Köprüleri", Türk Standardları Enstitüsü, Ankara
42. DİLMAÇ Ş., KESEN N., 2003, "A Comparision of New Turkish Thermal Insulation Standard (TS 825), ISO 9164, EN 832 and German Regulation", Energy and Buildings, 35, pp 161-174
43. Anonim, 1996, "ISO 6946 Building Components and Building Elements –Thermal Resistance and Thermal Transmittance – Calculation Method", International Organization for Standardization, Switzerland

EK 1

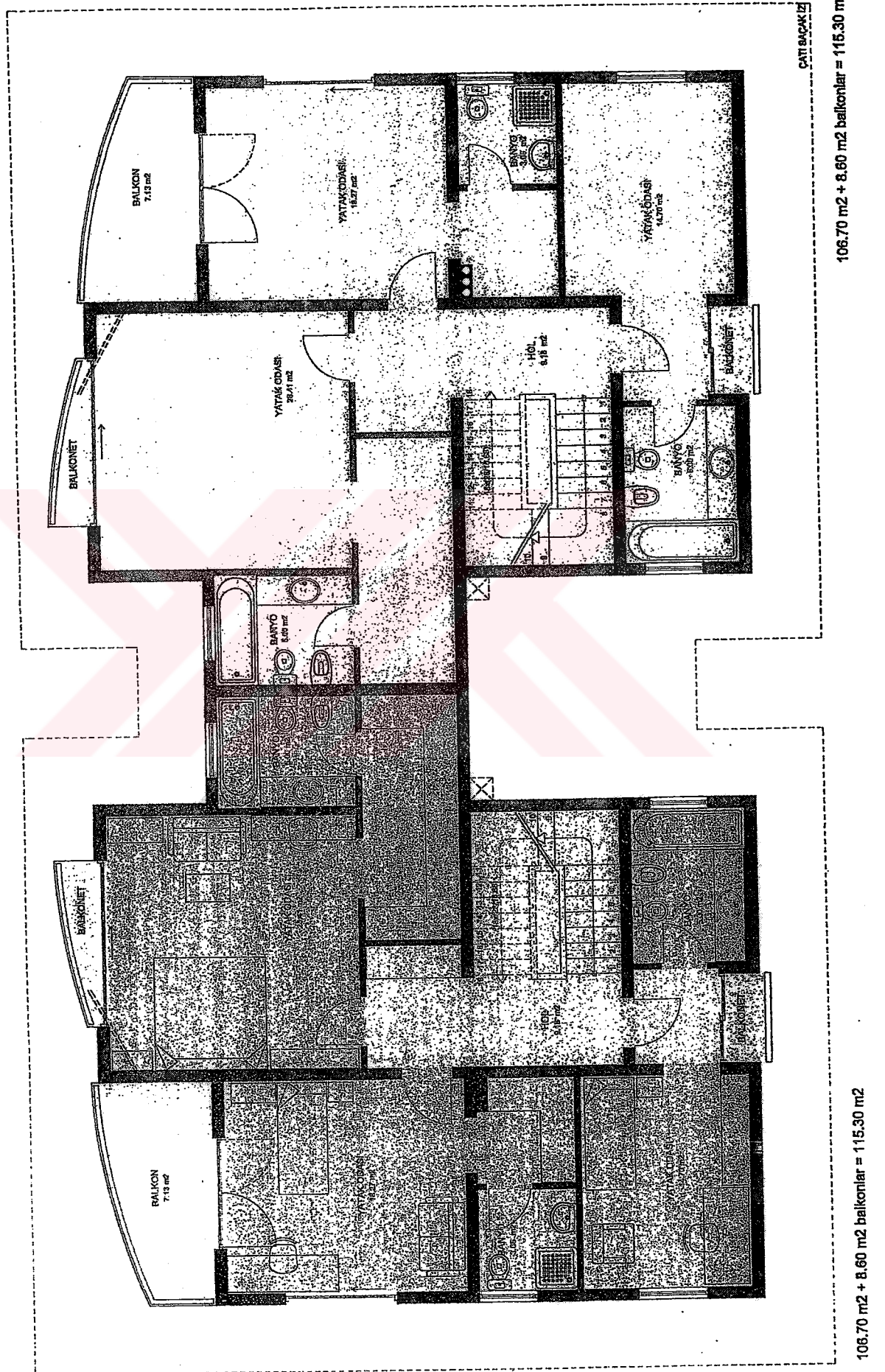
EK 1.1. Örnek binaya ait bahçe kat planı



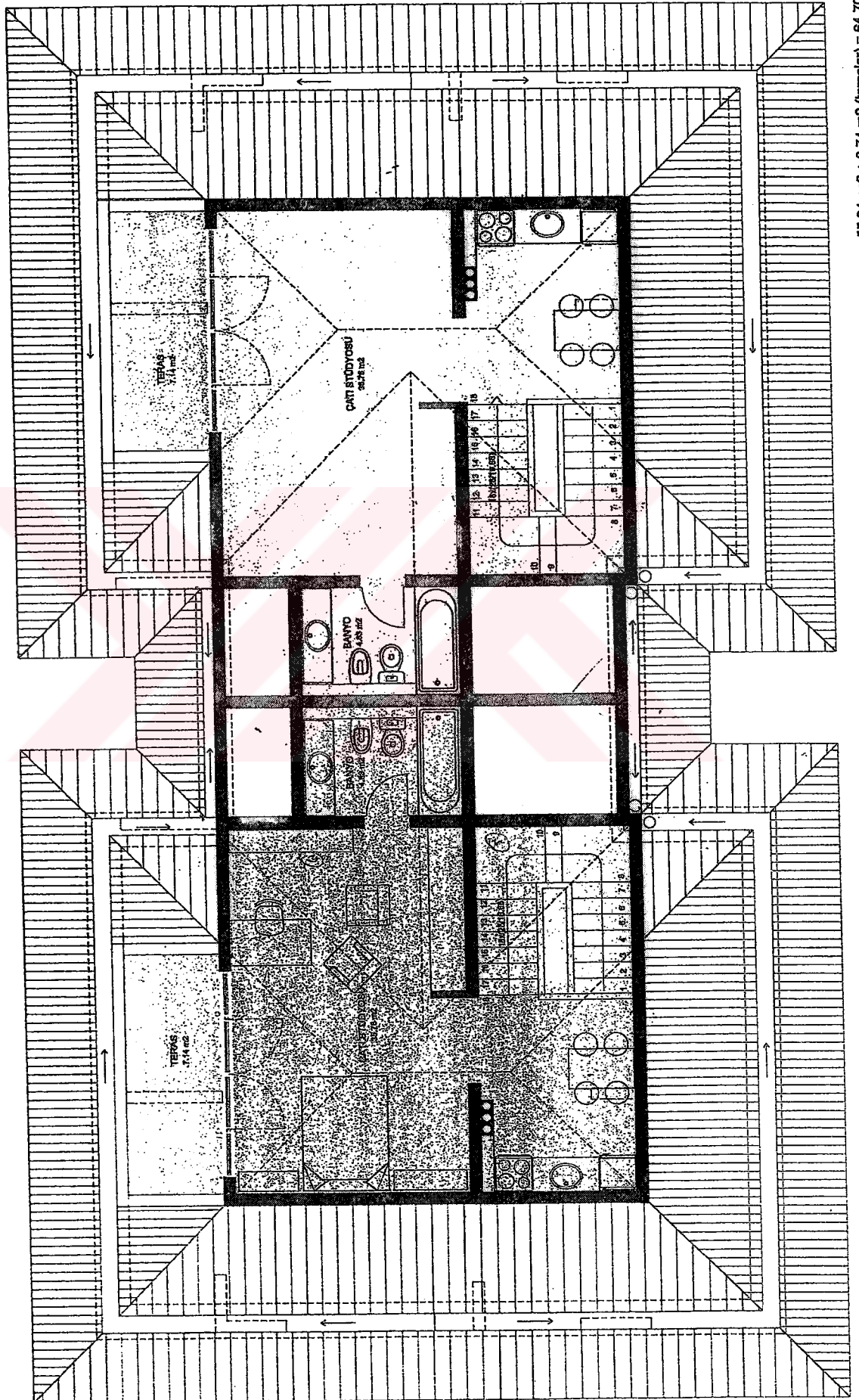
EK 1.2. Örnek binaya ait zemin kat planı



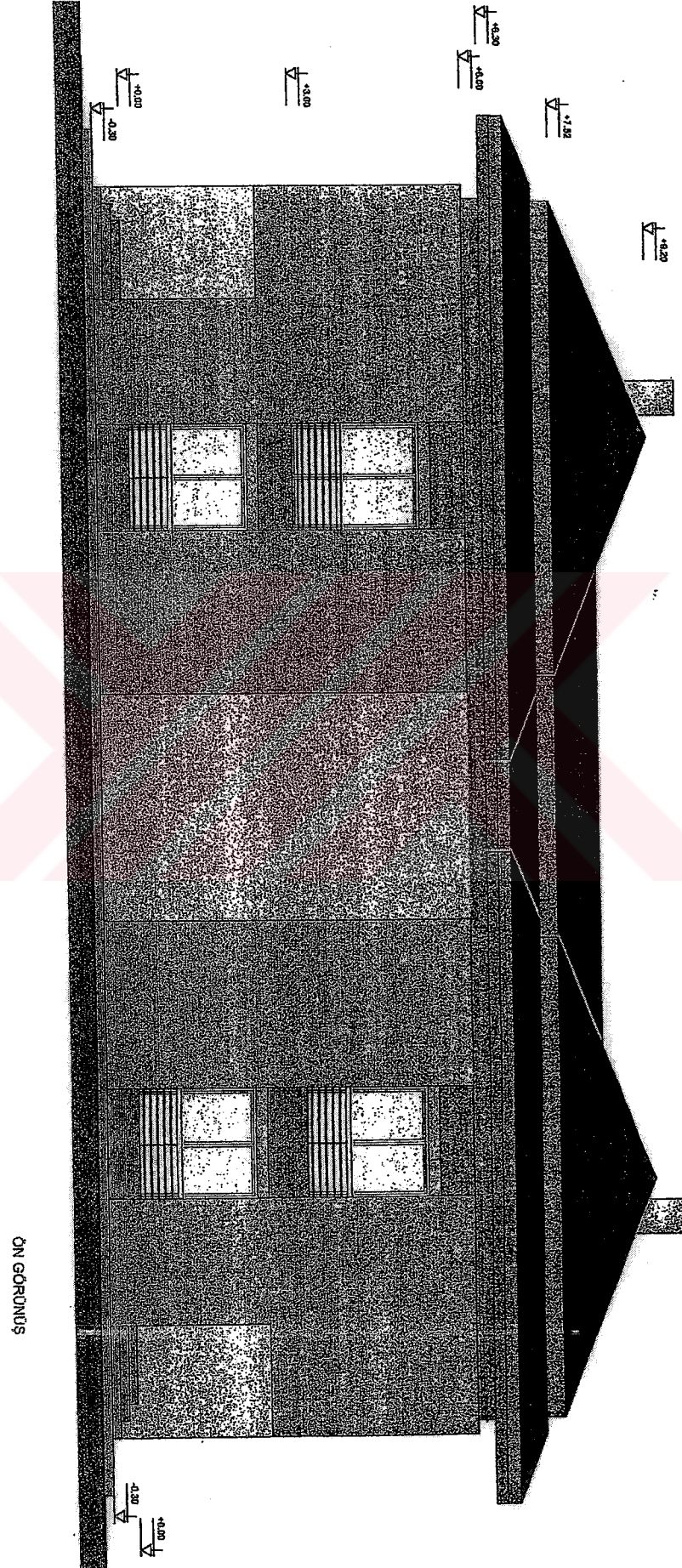
EK 1.3. Örnek binaya ait normal kat planı



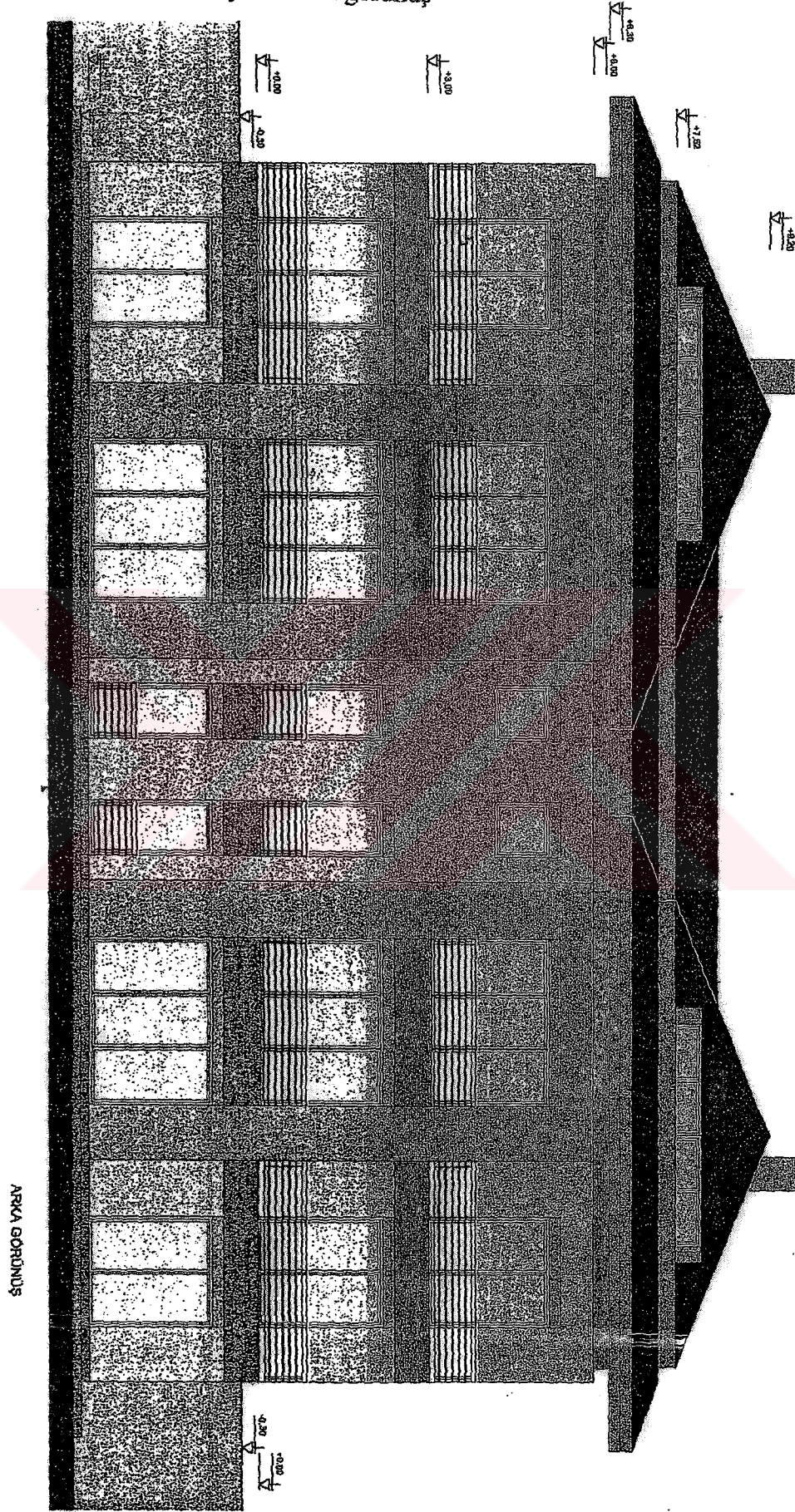
EK 1.4. Örnek binaya ait çatı kat planı



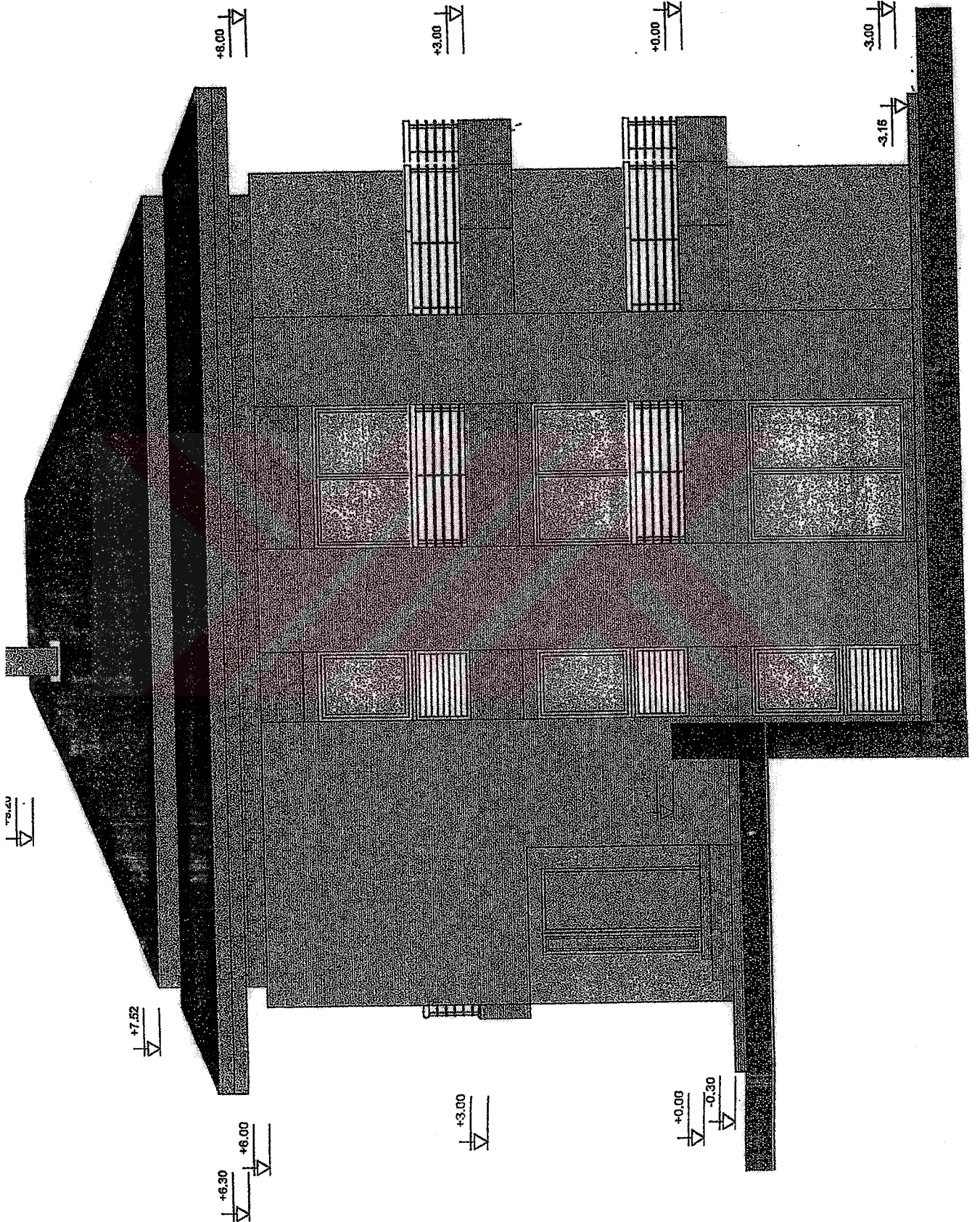
EK 1.5. Örnek binaya ait ön görünüş



EK 1.6. Örnek binaya ait arka görünüş



EK 1.7. Örnek binaya ait sağ yan görünüş



EK 1.7. Örnek binaya ait sol yan görünüş



EK 8

EK 8.1.1. DY-2 ile belirtilen kesitlere ait özellikler

Kesitler		Kalınlık	Isıl iletkenlik	Isıl direnç	Yoğunluk	Özgül ısı kapasitesi	Periyodik nüfuziyet derinliği	Oran
		d, m	λ , W/mK	d/λ , $1/\alpha$, m ² K/W	ρ , kg/m ³	c, J/kgK	δ , m	$\xi = d/\delta$, -
Duvar da Seri Bileşen-1	$1/\alpha_{iç}$			0.13				
	İnce sıva*	0.008	0.800	0.010	450	1000	0.221	0.0362
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.050	0.037	0.811	20	1296.67	0.198	0.2524
	7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	0.135	0.450	0.300	1000	960	0.113	1.1890
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.020	0.870	0.023	1800	835	0.126	0.1585
	4.3 Alcı harcı, kireçli alcı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dış}$			0.04				
Duvar da Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1	$1/\alpha_{iç}$			0.13				
	İnce sıva*	0.008	0.800	0.010	450	1000	0.221	0.0362
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.050	0.037	0.811	20	1296.67	0.198	0.2524
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.250	2.100	0.119	2400	1000	0.155	1.6116
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.020	0.870	0.023	20	1295	0.126	0.1585
	4.3 Alcı harcı, kireçli alcı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dış}$			0.04				
Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	$1/\alpha_{iç}$			0.13				
	İnce sıva*	0.008	0.800	0.010	450	1000	0.221	0.0362
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.050	0.037	0.811	20	1296.67	0.198	0.2524
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.300	2.100	0.143	2400	1000	0.155	1.9339
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.020	0.870	0.023	20	1295	0.126	0.1585
	4.3 Alcı harcı, kireçli alcı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dış}$			0.04				

* İnce sıva TS 825'de tanımlı olmadığı için üretici firmaların önerdiği (belirttiği) değerler kullanılmıştır

EK 8.1.2. DY-2 ile belirtilen kesitlere ait matris değerleri

Kesitler	Yüzeyden yüzeye iletim matrisi = Z_{yy} , Yüzeyden yüzeye iletim matrisinin inversi = Z_{yy}^{-1}	Ortamdan ortama iletim matrisi = Z_{oo} , Ortamdan ortama iletim matrisinin inversi = Z_{oo}^{-1}
Duvarda Seri Bileşen-1		
$1/\alpha_{dg}$		
Ince siva		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m ³	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -13.3118 + 16.5308 j & -0.7823 - 2.6225 j \\ 14.7126 - 6.5696 j & -0.4076 + 2.0062 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -13.9003 + 16.7935 j & 1.0411 - 4.8859 j \\ 14.7126 - 6.5696 j & -2.3202 + 2.8602 j \end{pmatrix}$
7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -0.4076 + 2.0062 j & 0.7823 + 2.6225 j \\ -14.7126 + 6.5696 j & -13.3118 + 16.5308 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -2.3202 + 2.8602 j & -1.0411 + 4.8859 j \\ -14.7126 + 6.5696 j & -13.9003 + 16.7935 j \end{pmatrix}$
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı		
Duvarda Seri Bileşen-2 + Bileşen 1		
$1/\alpha_{dg}$		
Ince siva		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m ³	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -64.9218 + 43.7374 j & 2.2908 - 5.0910 j \\ 60.0664 - 11.2830 j & -3.2270 + 2.9344 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -67.3245 + 44.1888 j & 11.1721 - 10.9529 j \\ 60.0664 - 11.2830 j & -11.0356 + 4.4011 j \end{pmatrix}$
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -3.2270 + 2.9344 j & -2.2908 + 5.0910 j \\ -60.0664 + 11.283 j & -64.9218 + 43.7374 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -11.0356 + 4.4011 j & -11.1721 + 10.9529 j \\ -60.0664 + 11.283 j & -67.3245 + 44.1888 j \end{pmatrix}$
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı		
Isi Köprüsünde Seri Bileşen 2		
$1/\alpha_{dg}$		
Ince siva		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m ³	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -102.088 + 28.8136 j & 5.2334 - 5.7448 j \\ 82.024 + 10.9916 j & -5.5359 + 2.4898 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -105.369 + 28.3739 j & 19.1528 - 9.5330 j \\ 82.024 + 10.9916 j & -16.1990 + 1.0609 j \end{pmatrix}$
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -5.5359 + 2.4898 j & -5.2334 + 5.7448 j \\ -82.024 - 10.9916 j & -102.088 + 28.8136 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -16.1990 + 1.0609 j & -19.1528 + 9.5330 j \\ -82.024 - 10.9916 j & -105.369 + 28.3739 j \end{pmatrix}$
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı		

EK 8.1.3. DY-2 ile belirtilen kesitlerin periyodik ısı karakteristikleri

Kesitler	Duvar da seri bileşen-1		Duvar da Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1		Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	
Argüman	Arg[Z _{yy11}]	Arg[Z _{loo11}]	Arg[Z _{yy11}]	Arg[Z _{loo11}]	Arg[Z _{yy11}]	Arg[Z _{loo11}]
Arg	1.771	2.252	2.404	2.762	2.719	3.076
Radyan	Arg[Z _{yy12}]	Arg[Z _{loo12}]	Arg[Z _{yy12}]	Arg[Z _{loo12}]	Arg[Z _{yy12}]	Arg[Z _{loo12}]
	1.281	1.781	1.994	2.366	2.310	2.680
	Arg[Z _{yy21}]	Arg[Z _{loo21}]	Arg[Z _{yy21}]	Arg[Z _{loo21}]	Arg[Z _{yy21}]	Arg[Z _{loo21}]
	2.723	2.722	2.956	2.956	-3.008	-3.008
	Arg[Z _{yy22}]	Arg[Z _{loo22}]	Arg[Z _{yy22}]	Arg[Z _{loo22}]	Arg[Z _{yy22}]	Arg[Z _{loo22}]
	2.249	2.262	2.549	2.561	2.867	2.879
Modül	Abs[Z _{yy11}]	Abs[Z _{loo11}]	Abs[Z _{yy11}]	Abs[Z _{loo11}]	Abs[Z _{yy11}]	Abs[Z _{loo11}]
Abs	2.047	3.683	4.362	11.881	6.070	16.234
-	Abs[Z _{yy12}]	Abs[Z _{loo12}]	Abs[Z _{yy12}]	Abs[Z _{loo12}]	Abs[Z _{yy12}]	Abs[Z _{loo12}]
	2.737	4.996	5.583	15.646	7.771	21.394
	Abs[Z _{yy21}]	Abs[Z _{loo21}]	Abs[Z _{yy21}]	Abs[Z _{loo21}]	Abs[Z _{yy21}]	Abs[Z _{loo21}]
	16.113	16.113	61.117	61.117	82.757	82.757
	Abs[Z _{yy22}]	Abs[Z _{loo22}]	Abs[Z _{yy22}]	Abs[Z _{loo22}]	Abs[Z _{yy22}]	Abs[Z _{loo22}]
	21.224	21.800	78.280	80.531	106.076	109.122
Zaman		$\Delta t_{11} = 8.603$ (Time lead)		$\Delta t_{11} = 10.551$ (Time lead)		$\Delta t_{11} = 11.750$ (Time lead)
ötelenme-		$\Delta t_{12} = 6.802$ (Time lead)		$\Delta t_{12} = 9.038$ (Time lead)		$\Delta t_{12} = 10.236$ (Time lead)
si		$\Delta t_{21} = 10.396$ (Time lead)		$\Delta t_{21} = 11.291$ (Time lead)		$\Delta t_{21} = -11.491$ (Time lag)
Δt		$\Delta t_{22} = 8.641$ (Time lead)		$\Delta t_{22} = 9.781$ (Time lead)		$\Delta t_{22} = 10.995$ (Time lead)
Saat						
Isıl		$\theta_2 = \theta_1$ için, $Y_{11} = 0.6985 + 0.5307 j$ $Abs[Y_{11}] = 0.877$, $\Delta t_{Y11} = 2.482$		$\theta_2 = \theta_1$ için, $Y_{11} = 0.7463 + 0.3377 j$ $Abs[Y_{11}] = 0.819$, $\Delta t_{Y11} = 1.623$		$\theta_2 = \theta_1$ için, $Y_{11} = 0.7418 + 0.3138 j$ $Abs[Y_{11}] = 0.805$, $\Delta t_{Y11} = 1.529$
kabuller		$\theta_2 = \theta_1$ için, $Y_{22} = 3.9095 + 2.2167 j$ $Abs[Y_{22}] = 4.494$, $\Delta t_{Y22} = 1.970$		$\theta_2 = \theta_1$ için, $Y_{22} = 5.0957 + 1.0404 j$ $Abs[Y_{22}] = 5.201$, $\Delta t_{Y22} = 0.769$		$\theta_2 = \theta_1$ için, $Y_{22} = 5.0420 + 1.0281 j$ $Abs[Y_{22}] = 5.146$, $\Delta t_{Y22} = 0.768$
Abs[Y ₁₁],		$\theta_2 = 0$ için, $Y_{11} = 0.6568 + 0.3349 j$ $Abs[Y_{11}] = 0.737$, $\Delta t_{Y11} = 1.801$		$\theta_2 = 0$ için, $Y_{11} = 0.7006 + 0.2929 j$ $Abs[Y_{11}] = 0.759$, $\Delta t_{Y11} = 1.513$		$\theta_2 = 0$ için, $Y_{11} = 0.6999 + 0.2930 j$ $Abs[Y_{11}] = 0.759$, $\Delta t_{Y11} = 1.514$
Abs[Y ₂₂],		$\theta_2 = 0$ için, $Y_{22} = 3.8678 + 2.0209 j$ $Abs[Y_{22}] = 4.364$, $\Delta t_{Y22} = 1.839$		$\theta_2 = 0$ için, $Y_{22} = 5.050 + 0.9956 j$ $Abs[Y_{22}] = 5.147$, $\Delta t_{Y22} = 0.744$		$\theta_2 = 0$ için, $Y_{22} = 5.0001 + 1.0073 j$ $Abs[Y_{22}] = 5.101$, $\Delta t_{Y22} = 0.759$
Δt_{Y11} , Δt_{Y22}						
W/m ² K, Saat						
Isı	χ_1		χ_1		χ_1	
kapasite	-15.699		-24.606		-27.436	
χ						
	χ_2		χ_2		χ_2	
kJ/m ² K	-130.277		-365.586		-356.912	
Toplam ısı	C_1		C_1		C_1	
kapasite	-4503.78		-2705.87		-1777.86	
C						
	C_2		C_2		C_2	
kJ/K	-37373.8		-40203.4		-23127.9	
Azaltma						
faktörü						
f	-	0.374	-	0.108	-	0.080
-						
Periyodik						
ısı						
geçirgenlik						
Y ₁₂ , Δt_{Y12}	-	Abs[Y ₁₂] = 0.200 $\Delta t_{Y12} = 5.198$	-	Abs[Y ₁₂] = 0.064 $\Delta t_{Y12} = 2.962$	-	Abs[Y ₁₂] = 0.047 $\Delta t_{Y12} = 1.764$
W/m ² K, Saat						
Isı geçir -						
genliği,						
U	-	0.535	-	0.593	-	0.584
W/m ² K						

EK 8.2.1. DY-3 ve DY-4 ile belirtilen kesitlere ait özellikler

Kesitler		Kalınlık	Isıl İletkenlik	Isıl direnç	Yoğunluk	Özgül ısı kapasitesi	Periyodik nüfuziyet derinliği	Oran
		d, m	λ , W/mK	d/λ , $1/\alpha$, m ² K/W	ρ , kg/m ³	c, J/kgK	δ , m	$\xi = d/\delta$, -
Duvarda Seri Bileşen-1	$1/\alpha_{iç}$			0.13				
	İnce sıva*	0.008	0.800	0.010	450	1000	0.221	0.0362
	10.2.1.1 Polistiren-partiküler köpük- EPS (TS7316 EN13163)-20kg/m ³	0.060	0.037	0.811	20	1296.67	0.198	0.3029
	7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	0.135	0.450	0.300	1000	960	0.113	1.1890
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.020	0.870	0.023	1800	835	0.126	0.1585
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dış}$			0.04				
Duvarda Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1	$1/\alpha_{iç}$			0.13				
	İnce sıva*	0.008	0.800	0.010	450	1000	0.221	0.0362
	10.2.1.1 Polistiren-partiküler köpük- EPS (TS7316 EN13163)-20kg/m ³	0.060	0.037	0.811	20	1296.67	0.198	0.3029
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.250	2.100	0.119	2400	1000	0.155	1.6116
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.020	0.870	0.023	20	1295	0.126	0.1585
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dış}$			0.04				
Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	$1/\alpha_{iç}$			0.13				
	İnce sıva*	0.008	0.800	0.010	450	1000	0.221	0.0362
	10.2.1.1 Polistiren-partiküler köpük- EPS (TS7316 EN13163)-20kg/m ³	0.060	0.037	0.811	20	1296.67	0.198	0.3029
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.300	2.100	0.143	2400	1000	0.155	1.9339
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.020	0.870	0.023	20	1295	0.126	0.1585
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dış}$			0.04				

* İnce sıva TS 825'de tanımlı olmadığı için üretici firmaların önerdiği (belirttiği) değerler kullanılmıştır

EK 8.2.2. DY-3 ve DY-4 ile belirtilen kesitlere ait matris değerleri

Kesitler	Yüzeyden yüzeye iletim matrisi = Z_{yy} , Yüzeyden yüzeye iletim matrisinin inversi = Z_{yy}^{-1}	Ortamdan ortama iletim matrisi = Z_{oo} , Ortamdan ortama iletim matrisinin inversi = Z_{oo}^{-1}
Duvarla Seri Bileşen-1		
1/ölç		
İnce siva		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m ³	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -16.1724 + 19.201 j & -0.8488 - 3.1116 j \\ 15.7482 - 5.5463 j & -0.5893 + 2.0392 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -16.8023 + 19.4229 j & 1.3591 - 5.7181 j \\ 15.7482 - 5.5463 j & -2.6366 + 2.7602 j \end{pmatrix}$
7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -0.5893 + 2.0392 j & 0.8488 + 3.1116 j \\ -15.7482 + 5.5463 j & -16.1724 + 19.201 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -2.6366 + 2.7602 j & -1.3591 + 5.7181 j \\ -15.7482 + 5.5463 j & -16.8023 + 19.4229 j \end{pmatrix}$
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı		
1/ölç		
Duvarla Seri Bileşen-3 + Bileşen 1		
1/ölç		
İnce siva		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m ³	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -78.2033 + 51.1546 j & 2.8199 - 6.0377 j \\ 62.9049 - 6.470 j & -3.5794 + 2.7486 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -80.7195 + 51.4134 j & 13.4566 - 12.8314 j \\ 62.9049 - 6.470 j & -11.757 + 3.5897 j \end{pmatrix}$
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -3.5794 + 2.7486 j & -2.8199 + 6.0377 j \\ -62.9049 + 6.470 j & -78.2033 + 51.1546 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -11.757 + 3.5897 j & -13.4566 + 12.8314 j \\ -62.9049 + 6.470 j & -80.7195 + 51.4134 j \end{pmatrix}$
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı		
1/ölç		
İsı Köprüsünde Seri Bileşen 2		
1/ölç		
İnce siva		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m ³	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -122.305 + 32.7154 j & 6.3421 - 6.7695 j \\ 83.6339 + 18.3836 j & -5.922 + 2.0918 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -125.650 + 31.980 j & 22.9135 - 11.0106 j \\ 83.6339 + 18.3836 j & -16.7944 - 0.2981 j \end{pmatrix}$
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -5.922 + 2.0918 j & -6.3421 + 6.7695 j \\ -83.6339 - 18.3836 j & -122.305 + 32.7154 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -16.7944 - 0.2981 j & -22.9135 + 11.0106 j \\ -83.6339 - 18.3836 j & -125.650 + 31.980 j \end{pmatrix}$
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı		
1/ölç		

EK 8.2.3. DY-3 ve DY-4 ile belirtilen kesitlerin periyodik ısı karakteristikleri

Kesitler	Duvar da seri bileşen-1		Duvar da Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1		Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	
Argüman	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]
Arg	1.852	2.333	2.487	2.845	2.802	-3.124
Radyan	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]
	1.305	1.804	2.008	2.380	2.324	2.694
	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]
	2.803	2.803	3.039	3.039	-2.925	-2.925
	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]
	2.271	2.284	2.5623	2.574	2.880	2.892
Modül	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]
Abs	2.123	3.817	4.513	12.293	6.281	16.797
-	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]
	3.225	5.877	6.664	18.594	9.276	25.422
	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]
	16.696	16.696	63.237	63.237	85.631	85.631
	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]
	25.104	25.682	93.448	95.703	126.605	129.656
Zaman	-	Δt ₁₁ = 8.913 (Time lead)	-	Δt ₁₁ = 10.868 (Time lead)	-	Δt ₁₁ = -11.932 (Time lag)
ötelenme-		Δt ₁₂ = 6.891 (Time lead)		Δt ₁₂ = 9.091 (Time lead)		Δt ₁₂ = 10.289 (Time lead)
si		Δt ₂₁ = 10.707 (Time lead)		Δt ₂₁ = 11.608 (Time lead)		Δt ₂₁ = -11.174 (Time lag)
Δt		Δt ₂₂ = 8.724 (Time lead)		Δt ₂₂ = 9.834 (Time lead)		Δt ₂₂ = 11.048 (Time lead)
Saat						
Isıl	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 0.600+0.4934 j Abs[Y ₁₁] = 0.777, Δt _{y11} = 2.629	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 0.6298+0.3338 j Abs[Y ₁₁] = 0.713, Δt _{y11} = 1.861	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 0.6258+0.3137 j Abs[Y ₁₁] = 0.700, Δt _{y11} = 1.775
kabuller		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 3.9155+2.1827 j Abs[Y ₂₂] = 4.483, Δt _{y22} = 1.942		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 5.0889+1.0318 j Abs[Y ₂₂] = 5.192, Δt _{y22} = 0.764		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 5.0353+1.0239 j Abs[Y ₂₂] = 5.138, Δt _{y22} = 0.766
Abs[Y ₁₁], Abs[Y ₂₂], Δt _{y11} , Δt _{y22}		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 0.5606+0.3278 j Abs[Y ₁₁] = 0.649, Δt _{y11} = 2.021		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 0.5908+0.2966 j Abs[Y ₁₁] = 0.661, Δt _{y11} = 1.777		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 0.5904+0.2967 j Abs[Y ₁₁] = 0.661, Δt _{y11} = 1.779
W/m ² K, Saat		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 3.8762+2.0171 j Abs[Y ₂₂] = 4.370, Δt _{y22} = 1.833		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 5.050+0.9947 j Abs[Y ₂₂] = 5.147, Δt _{y22} = 0.743		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 4.9998+1.0069 j Abs[Y ₂₂] = 5.100, Δt _{y22} = 0.759
Isı	χ ₁	-	χ ₁	-	χ ₁	-
kapasite	-13.768		-19.713		-21.405	
χ	χ ₂	-	χ ₂	-	χ ₂	-
kJ/m ² K	-130.858		-366.048		-356.788	
Toplam ısı	C ₁	-	C ₁	-	C ₁	-
kapasite	-3949.73		-2167.78		-1387.01	
C	C ₂	-	C ₂	-	C ₂	-
kJ/K	-37540.6		-40254.3		-23119.9	
Azaltma	-	0.364	-	0.105	-	0.078
faktörü						
f						
-						
Periyodik	-	Abs[Y ₁₂] = 0.170 Δt _{y12} = 5.109	-	Abs[Y ₁₂] = 0.054 Δt _{y12} = 2.909	-	Abs[Y ₁₂] = 0.039 Δt _{y12} = 1.711
ısı						
geçirgenlik						
Y ₁₂ , Δt _{y12}						
W/m ² K, Saat						
Isı geçir-	-	0.468	-	0.511	-	0.505
genliği,						
U						
W/m ² K						

8.3.1. DY-5 ve DY-6 ile belirtilen kesitlere ait özellikler

Kesitler		Kalınlık	Isıl İletkenlik	Isıl direnç	Yoğunluk	Özgül ısı kapasitesi	Periyodik nüfuziyet derinliği	Oran
		d, m	λ , W/mK	d/λ , 1/ α , m ² K/W	ρ , kg/m ³	c, J/kgK	δ , m	$\xi = d/\delta$, -
Duvarda Seri Bileşen-1	1/ α_{ig}			0.13				
	İnce sıva*	0.008	0.800	0.010	450	1000	0.221	0.0362
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.080	0.037	0.811	20	1296.67	0.198	0.4039
	7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	0.135	0.450	0.300	1000	960	0.113	1.1890
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.020	0.870	0.023	1800	835	0.126	0.1585
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	1/ α_{dis}			0.04				
Duvarda Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1	1/ α_{ig}			0.13				
	İnce sıva*	0.008	0.800	0.010	450	1000	0.221	0.0362
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.080	0.037	0.811	20	1296.67	0.198	0.4039
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.250	2.100	0.119	2400	1000	0.155	1.6116
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.020	0.870	0.023	20	1295	0.126	0.1585
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	1/ α_{dis}			0.04				
Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	1/ α_{ig}			0.13				
	İnce sıva*	0.008	0.800	0.010	450	1000	0.221	0.0362
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.080	0.037	0.811	20	1296.67	0.198	0.4039
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.300	2.100	0.143	2400	1000	0.155	1.9339
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.020	0.870	0.023	20	1295	0.126	0.1585
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	1/ α_{dis}			0.04				

* İnce sıva TS 825'de tanımlı olmadığı için üretici firmaların önerdiği (belirttiği) değerler kullanılmıştır

EK 8.3.2. DY-5 ve DY-6 ile belirtilen kesitlere ait matris değerleri

Kesitler	Yüzeyden yüzeye iletim matrisi = Z_{yy} , Yüzeyden yüzeye iletim matrisinin inversi = Z_{yy}^{-1}	Ortamdan ortama iletim matrisi = Z_{oo} , Ortamdan ortama iletim matrisinin inversi = Z_{oo}^{-1}
Duvarda Seri Bileşen-1		
$1/\alpha_{lg}$		
Ince siva		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m ³	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -22.2001 + 24.279 j & -0.9316 - 4.103 j \\ 17.8986 - 3.2535 j & -0.9841 + 2.0952 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -22.916 + 24.4092 j & 2.0868 - 7.360 j \\ 17.8986 - 3.2535 j & -3.3109 + 2.5182 j \end{pmatrix}$
7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -0.9841 + 2.0952 j & 0.9316 + 4.103 j \\ -17.8986 + 3.2535 j & -22.2001 + 24.279 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -3.3109 + 2.5182 j & -2.0868 + 7.360 j \\ -17.8986 + 3.2535 j & -22.916 + 24.4092 j \end{pmatrix}$
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı		
$1/\alpha_{dış}$		
Duvarda Seri Bileşen-3 +		
$1/\alpha_{lg}$		
Ince siva		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPS(TS7316 EN13163)- 20kg/m ³	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -105.584 + 64.7237 j & 3.975 - 7.8853 j \\ 68.6543 + 4.1326 j & -4.3252 + 2.3204 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -108.33 + 64.5584 j & 18.2309 - 16.3707 j \\ 68.6543 + 4.1326 j & -13.2502 + 1.7831 j \end{pmatrix}$
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -4.3252 + 2.3204 j & -3.975 + 7.8853 j \\ -68.6543 - 4.1326 j & -105.584 + 64.7237 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -13.2502 + 1.7831 j & -18.2309 + 16.3707 j \\ -68.6543 - 4.1326 j & -108.33 + 64.5584 j \end{pmatrix}$
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı		
$1/\alpha_{dış}$		
Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2		
$1/\alpha_{lg}$		
Ince siva		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPS(TS7316 EN13163)- 20kg/m ³	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -163.255 + 38.5446 j & 8.668 - 8.7162 j \\ 86.5323 + 34.454 j & -6.7241 + 1.2031 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -166.716 + 37.1665 j & 30.6101 - 13.5959 j \\ 86.5323 + 34.454 j & -17.9733 - 3.276 j \end{pmatrix}$
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -6.7241 + 1.2031 j & -8.668 + 8.7162 j \\ -86.5323 - 34.454 j & -163.255 + 38.5446 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -17.9733 - 3.276 j & -30.6101 + 13.5959 j \\ -86.5323 - 34.454 j & -166.716 + 37.1665 j \end{pmatrix}$
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı		
$1/\alpha_{dış}$		

EK 8.3.3. DY-5 ve DY-6 ile belirtilen kesitlerin periyodik ısı karakteristikleri

Kesitler	Duvar da seri bileşen-1		Duvar da Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1		Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	
Argüman Arg	Arg[Z _{lyy11}] 2.010	Arg[Z _{loo11}] 2.491	Arg[Z _{lyy11}] 2.649	Arg[Z _{loo11}] 3.008	Arg[Z _{lyy11}] 2.965	Arg[Z _{loo11}] -2.961
Radyan	Arg[Z _{lyy12}] 1.348	Arg[Z _{loo12}] 1.847	Arg[Z _{lyy12}] 2.038	Arg[Z _{loo12}] 2.410	Arg[Z _{lyy12}] 2.353	Arg[Z _{loo12}] 2.724
	Arg[Z _{lyy21}] 2.962	Arg[Z _{loo21}] 2.962	Arg[Z _{lyy21}] -3.081	Arg[Z _{loo21}] -3.081	Arg[Z _{lyy21}] -2.763	Arg[Z _{loo21}] -2.763
	Arg[Z _{lyy22}] 2.311	Arg[Z _{loo22}] 2.325	Arg[Z _{lyy22}] 2.592	Arg[Z _{loo22}] 2.604	Arg[Z _{lyy22}] 2.910	Arg[Z _{loo22}] 2.922
Modül Abs	Abs[Z _{lyy11}] 2.315	Abs[Z _{loo11}] 4.160	Abs[Z _{lyy11}] 4.908	Abs[Z _{loo11}] 13.370	Abs[Z _{lyy11}] 6.831	Abs[Z _{loo11}] 18.269
-	Abs[Z _{lyy12}] 4.207	Abs[Z _{loo12}] 7.650	Abs[Z _{lyy12}] 8.831	Abs[Z _{loo12}] 24.502	Abs[Z _{lyy12}] 12.293	Abs[Z _{loo12}] 33.494
	Abs[Z _{lyy21}] 18.192	Abs[Z _{loo21}] 18.192	Abs[Z _{lyy21}] 68.779	Abs[Z _{loo21}] 68.779	Abs[Z _{lyy21}] 93.139	Abs[Z _{loo21}] 93.139
	Abs[Z _{lyy22}] 32.899	Abs[Z _{loo22}] 33.481	Abs[Z _{lyy22}] 123.843	Abs[Z _{loo22}] 126.108	Abs[Z _{lyy22}] 167.743	Abs[Z _{loo22}] 170.809
Zaman ötelenme- si Δt	-	$\Delta t_{11} = 9.516$ (Time lead)	-	$\Delta t_{11} = 11.489$ (Time lead)	-	$\Delta t_{11} = -11.311$ (Time lag)
Saat	-	$\Delta t_{12} = 7.055$ (Time lead)	-	$\Delta t_{12} = 9.205$ (Time lead)	-	$\Delta t_{12} = 10.403$ (Time lead)
	-	$\Delta t_{21} = 11.313$ (Time lead)	-	$\Delta t_{21} = -11.770$ (Time lag)	-	$\Delta t_{21} = -10.553$ (Time lag)
	-	$\Delta t_{22} = 8.880$ (Time lead)	-	$\Delta t_{22} = 9.947$ (Time lead)	-	$\Delta t_{22} = 11.162$ (Time lead)
Isıl kabuiller Abs[Y ₁₁], Abs[Y ₂₂], Δt_{Y11} , Δt_{Y22}	-	$\theta_2 = \theta_1$ için, $Y_{11} = 0.4704 + 0.4523 j$ Abs[Y ₁₁] = 0.653, $\Delta t_{Y11} = 2.925$	-	$\theta_2 = \theta_1$ için, $Y_{11} = 0.4813 + 0.3344 j$ Abs[Y ₁₁] = 0.586, $\Delta t_{Y11} = 2.319$	-	$\theta_2 = \theta_1$ için, $Y_{11} = 0.4780 + 0.3193 j$ Abs[Y ₁₁] = 0.575, $\Delta t_{Y11} = 2.250$
W/m ² K, Saat	-	$\theta_2 = \theta_1$ için, $Y_{22} = 3.9225 + 2.1373 j$ Abs[Y ₂₂] = 4.467, $\Delta t_{Y22} = 1.906$	-	$\theta_2 = \theta_1$ için, $Y_{22} = 5.0803 + 1.0208 j$ Abs[Y ₂₂] = 5.182, $\Delta t_{Y22} = 0.757$	-	$\theta_2 = \theta_1$ için, $Y_{22} = 5.0267 + 1.019 j$ Abs[Y ₂₂] = 5.129, $\Delta t_{Y22} = 0.764$
	-	$\theta_2 = 0$ için, $Y_{11} = 0.4347 + 0.3266 j$ Abs[Y ₁₁] = 0.544, $\Delta t_{Y11} = 2.461$	-	$\theta_2 = 0$ için, $Y_{11} = 0.4510 + 0.3072 j$ Abs[Y ₁₁] = 0.546, $\Delta t_{Y11} = 2.284$	-	$\theta_2 = 0$ için, $Y_{11} = 0.4507 + 0.3072 j$ Abs[Y ₁₁] = 0.545, $\Delta t_{Y11} = 2.285$
	-	$\theta_2 = 0$ için, $Y_{22} = 3.8868 + 2.0115 j$ Abs[Y ₂₂] = 4.376, $\Delta t_{Y22} = 1.824$	-	$\theta_2 = 0$ için, $Y_{22} = 5.0500 + 0.9935 j$ Abs[Y ₂₂] = 5.147, $\Delta t_{Y22} = 0.742$	-	$\theta_2 = 0$ için, $Y_{22} = 4.9995 + 1.0064 j$ Abs[Y ₂₂] = 5.100, $\Delta t_{Y22} = 0.759$
Isı kapasite χ	χ_1 -11.345	-	χ_1 -14.160	-	χ_1 -14.769	-
kJ/m ² K	χ_2 -131.631	-	χ_2 -366.646	-	χ_2 -356.631	-
Toplam ısı kapasite C	C ₁ -3254.58	-	C ₁ -1557.16	-	C ₁ -957.038	-
kJ/K	C ₂ -37762.3	-	C ₂ -40320.1	-	C ₂ -23109.7	-
Azaltma faktörü f	-	0.350	-	0.102	-	0.075
Periyodik ısı geçirgenlik Y ₁₂ , Δt_{Y12}	-	Abs[Y ₁₂] = 0.131 $\Delta t_{Y12} = 4.945$	-	Abs[Y ₁₂] = 0.041 $\Delta t_{Y12} = 2.795$	-	Abs[Y ₁₂] = 0.030 $\Delta t_{Y12} = 1.597$
W/m ² K, Saat	-	-	-	-	-	-
Isı geçir- genliği, U	-	0.373	-	0.400	-	0.396
W/m ² K	-	-	-	-	-	-

EK 9

EK 9.1.1. İY-2 ile belirtilen kesitlere ait özellikler

Kesitler		Kalınlık	Isıl İletkenlik	Isıl direnç	Yoğunluk	Özgül ısı kapasitesi	Periyodik nüfuziyet derinliği	Oran
		d, m	λ , W/mK	d/λ , $1/\alpha$, m ² /KW	ρ , kg/m ³	c , J/kgK	δ , m	$\xi = d/\delta$, -
Duvarla Seri Bileşen-1	$1/\alpha_{iç}$			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	0.135	0.450	0.300	1000	960	0.114	1.1890
	10.2.1.1 Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.060	0.037	1.081	20	1296.67	0.198	0.3029
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dış}$			0.04				
Duvarla Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1	$1/\alpha_{iç}$			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.250	2.100	0.119	2400	1000	0.155	1.6116
	10.2.1.1 Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.060	0.037	1.081	20	1296.67	0.198	0.3029
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dış}$			0.04				
Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	$1/\alpha_{iç}$			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.300	2.100	0.143	2400	1000	0.155	1.9339
	10.2.1.1 Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.060	0.037	1.081	20	1296.67	0.198	0.3029
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dış}$			0.04				

EK 9.1.2. İY-2 ile belirtilen kesitlere ait matris değerleri

Kesitler	Yüzeyden yüzeye iletim matrisi = Z_{yy} , Yüzeyden yüzeye iletim matrisinin inversi = Z_{yy}^{-1}	Ortamdan ortama iletim matrisi = Z_{oo} , Ortamdan ortama iletim matrisinin inversi = Z_{oo}^{-1}
Duvarda Seri Bileşen-1		
1/α _{dis}		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -2.9464 + 2.8084 j & -0.9593 - 2.9643 j \\ 30.339 + 6.3581 j & -14.6318 + 18.647 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -4.1599 + 2.5541 j & 0.1667 - 4.0422 j \\ 30.339 + 6.3581 j & -18.5759 + 17.8205 j \end{pmatrix}$
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS (TS7316 EN13163)-20kg/m ³	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -14.6318 + 18.647 j & 0.9593 + 2.9643 j \\ -30.339 - 6.3581 j & -2.9464 + 2.8084 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -18.5759 + 17.8205 j & -0.1667 + 4.0422 j \\ -30.339 - 6.3581 j & -4.1599 + 2.5541 j \end{pmatrix}$
4.3 Alçı harcı, kireci alçı harcı		
1/α _{dis}		
Duvarda Seri Bileşen-3 +		
1/α _{dis}		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -7.7552 + 0.8472 j & 2.2168 - 5.5928 j \\ 105.538 + 54.7813 j & -75.4675 + 52.2275 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -11.9767 - 1.3441 j & 6.7895 - 7.5071 j \\ 105.538 + 54.7813 j & -89.1874 + 45.1059 j \end{pmatrix}$
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS (TS7316 EN13163)-20kg/m ³	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -75.4675 + 52.2275 j & -2.2168 + 5.5928 j \\ -105.538 - 54.7813 j & -7.7552 + 0.8472 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -89.1874 + 45.1059 j & -6.7895 + 7.5071 j \\ -105.538 - 54.7813 j & -11.9767 - 1.3441 j \end{pmatrix}$
4.3 Alçı harcı, kireci alçı harcı		
1/α _{dis}		
İsi Köprüsünde Seri Bileşen 2		
1/α _{dis}		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -10.6538 - 2.2558 j & 5.376 - 6.4525 j \\ 112.595 + 115.088 j & -119.130 + 35.3425 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -15.1576 - 6.8593 j & 12.1117 - 6.9745 j \\ 112.595 + 115.088 j & -133.768 + 20.3811 j \end{pmatrix}$
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS (TS7316 EN13163)-20kg/m ³	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -119.130 + 35.3425 j & -5.376 + 6.4525 j \\ -112.595 - 115.088 j & -10.6538 - 2.2558 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -133.768 + 20.3811 j & -12.1117 + 6.9745 j \\ -112.595 - 115.088 j & -15.1576 - 6.8593 j \end{pmatrix}$
4.3 Alçı harcı, kireci alçı harcı		
1/α _{dis}		

EK 9.1.3. İY-2 ile belirtilen kesitlerin periyodik ısı karakteristikleri

Kesitler	Duvarda seri bileşen-1		Duvarda Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1		Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	
Argüman Arg Radyan	Arg[Z _{ıyy1}]	Arg[Z _{ıoo11}]	Arg[Z _{ıyy1}]	Arg[Z _{ıoo11}]	Arg[Z _{ıyy1}]	Arg[Z _{ıoo11}]
	2.236	2.377	2.536	2.673	2.853	2.990
	Arg[Z _{ıyy12}]	Arg[Z _{ıoo12}]	Arg[Z _{ıyy12}]	Arg[Z _{ıoo12}]	Arg[Z _{ıyy12}]	Arg[Z _{ıoo12}]
	1.258	1.612	1.948	2.306	2.265	2.619
	Arg[Z _{ıyy21}]	Arg[Z _{ıoo21}]	Arg[Z _{ıyy21}]	Arg[Z _{ıoo21}]	Arg[Z _{ıyy21}]	Arg[Z _{ıoo21}]
	-2.935	-2.935	-2.663	-2.663	-2.345	-2.345
	Arg[Z _{ıyy22}]	Arg[Z _{ıoo22}]	Arg[Z _{ıyy22}]	Arg[Z _{ıoo22}]	Arg[Z _{ıyy22}]	Arg[Z _{ıoo22}]
	2.380	2.591	3.033	-3.030	-2.933	-2.717
Modül Abs -	Abs[Z _{ıyy1}]	Abs[Z _{ıoo11}]	Abs[Z _{ıyy1}]	Abs[Z _{ıoo11}]	Abs[Z _{ıyy1}]	Abs[Z _{ıoo11}]
	23.702	25.742	91.777	99.945	124.263	135.312
	Abs[Z _{ıyy12}]	Abs[Z _{ıoo12}]	Abs[Z _{ıyy12}]	Abs[Z _{ıoo12}]	Abs[Z _{ıyy12}]	Abs[Z _{ıoo12}]
	3.116	4.046	6.015	10.122	8.399	13.976
	Abs[Z _{ıyy21}]	Abs[Z _{ıoo21}]	Abs[Z _{ıyy21}]	Abs[Z _{ıoo21}]	Abs[Z _{ıyy21}]	Abs[Z _{ıoo21}]
	30.998	30.998	118.908	118.908	161.006	161.006
	Abs[Z _{ıyy22}]	Abs[Z _{ıoo22}]	Abs[Z _{ıyy22}]	Abs[Z _{ıoo22}]	Abs[Z _{ıyy22}]	Abs[Z _{ıoo22}]
	4.070	4.881	7.801	12.052	10.890	16.637
Zaman ötelenme- si Δt Saat	-	Δt ₁₁ = 9.079 (Time lead)	-	Δt ₁₁ = 10.212 (Time lead)	-	Δt ₁₁ = 11.423 (Time lead)
		Δt ₁₂ = 6.157 (Time lead)		Δt ₁₂ = 8.808 (Time lead)		Δt ₁₂ = 10.004 (Time lead)
		Δt ₂₁ = -11.211 (Time lag)		Δt ₂₁ = -10.171 (Time lag)		Δt ₂₁ = -8.958 (Time lag)
		Δt ₂₂ = 9.897 (Time lead)		Δt ₂₂ = -11.573 (Time lag)		Δt ₂₂ = -10.377 (Time lag)
Isıl kabuller Abs[Y ₁₁], Abs[Y ₂₂], Δt _{y11} , Δt _{y22} W/m ² K, Saat	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 4.6005+4.6531 j Abs[Y ₁₁] = 6.543, Δt _{y11} = 3.022	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 9.2816+3.6192 j Abs[Y ₁₁] = 9.962, Δt _{y11} = 1.420	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 9.0839+3.5482 j Abs[Y ₁₁] = 9.752, Δt _{y11} = 1.422
		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 0.6833+1.2483 j Abs[Y ₂₂] = 1.423, Δt _{y22} = 4.087		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 0.7615+1.0399 j Abs[Y ₂₂] = 1.289, Δt _{y22} = 3.586		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 0.7569+1.0022 j Abs[Y ₂₂] = 1.256, Δt _{y22} = 3.529
		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 4.5903+4.4062 j Abs[Y ₁₁] = 6.363, Δt _{y11} = 2.922		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 9.2154+3.5459 j Abs[Y ₁₁] = 9.874, Δt _{y11} = 1.403		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 9.0219+3.5124 j Abs[Y ₁₁] = 9.682, Δt _{y11} = 1.418
		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.6732+1.0014 j Abs[Y ₂₂] = 1.207, Δt _{y22} = 3.739		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.6952+0.9666 j Abs[Y ₂₂] = 1.191, Δt _{y22} = 3.618		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.6949+0.9665 j Abs[Y ₂₂] = 1.190, Δt _{y22} = 3.619
Isı kapasite χ kJ/m ² K	χ ₁	-126.763	χ ₁	-377.88	χ ₁	-368.498
	χ ₂	-22.416	χ ₂	-22.594	χ ₂	-22.188
Toplam ısı kapasite C kJ/K	C ₁	-36365.7	C ₁	-41555.5	C ₁	-23878.7
	C ₂	-6430.55	C ₂	-2484.61	C ₂	-1437.78
Azaltma faktörü f -	-	0.528	-	0.193	-	0.141
Periyodik ısı geçirgenlik Y ₁₂ , Δt _{y12} W/m ² K, Saat	-	Abs[Y ₁₂] = 0.247 Δt _{y12} = 5.843	-	Abs[Y ₁₂] = 0.099 Δt _{y12} = 3.192	-	Abs[Y ₁₂] = 0.072 Δt _{y12} = 1.196
Isı geçir- genliği, U W/m ² K	-	0.468	-	0.512	-	0.506

EK 9.2.1. İY-3 ile belirtilen kesitlere ait özellikler

Kesitler		Kalınlık	Isıl İletkenlik	Isıl direnç	Yoğunluk	Özgül ısı kapasitesi	Periyodik nüfuziyet derinliği	Oran
		d, m	λ , W/mK	d/λ , 1/ α , m ² /K/W	ρ , kg/m ³	c, J/kgK	δ , m	$\xi = d/\delta$, -
Duvarda Seri Bileşen-1	1/ α_{ig}			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	0.135	0.450	0.300	1000	960	0.114	1.1890
	10.2.1.1 Polistiren-partiküler köpük-EPs(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.080	0.037	1.081	20	1296.67	0.198	0.4039
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	1/ α_{dis}			0.04				
Duvarda Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1	1/ α_{ig}			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.250	2.100	0.119	2400	1000	0.155	1.6116
	10.2.1.1 Polistiren-partiküler köpük-EPs(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.080	0.037	1.081	20	1296.67	0.198	0.4039
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	1/ α_{dis}			0.04				
Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	1/ α_{ig}			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.300	2.100	0.143	2400	1000	0.155	1.9339
	10.2.1.1 Polistiren-partiküler köpük-EPs(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.080	0.037	1.081	20	1296.67	0.198	0.4039
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	1/ α_{dis}			0.04				

EK 9.2.2. İY-3 ile belirtilen kesitlere ait matris değerleri

Kesitler	Yüzeyden yüzeye iletim matrisi = Z_{yy} , Yüzeyden yüzeye iletim matrisinin inversi = Z_{yy}^{-1}	Ortamdan ortama iletim matrisi = Z_{oo} , Ortamdan ortama iletim matrisinin inversi = Z_{oo}^{-1}
Duvarda Seri Bilgeşen-1	$1/\alpha_{dış}$ 4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı 7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563) 10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3 4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -4.1224 + 2.9921 j & -1.0839 - 3.9137 j \\ 36.679 + 13.0623 j & -20.1511 + 23.630 j \end{pmatrix}$ $Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -20.1511 + 23.630 j & 1.0839 + 3.9137 j \\ -36.679 - 13.0623 j & -4.1224 + 2.9921 j \end{pmatrix}$ $Z_{oo} = \begin{pmatrix} -5.5896 + 2.4697 j & 0.4488 - 5.180 j \\ 36.679 + 13.0623 j & -24.9194 + 21.9319 j \end{pmatrix}$ $Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -24.9194 + 21.9319 j & -0.4488 + 5.180 j \\ -36.679 - 13.0623 j & -5.5896 + 2.4697 j \end{pmatrix}$
Duvarda Seri Bilgeşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bilgeşen-1	$1/\alpha_{dış}$ 4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı 5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun) 10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3 4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -9.9061 - 0.2764 j & 3.1531 - 7.3147 j \\ 123.412 + 87.2244 j & -101.942 + 66.2085 j \end{pmatrix}$ $Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -101.942 + 66.2085 j & -3.1531 + 7.3147 j \\ -123.412 - 87.2244 j & -9.9061 - 0.2764 j \end{pmatrix}$ $Z_{oo} = \begin{pmatrix} -14.8426 - 3.7654 j & 9.1604 - 9.4735 j \\ 123.412 + 87.2244 j & -117.986 + 54.8694 j \end{pmatrix}$ $Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -117.986 + 54.8694 j & -9.1604 + 9.4735 j \\ -123.412 - 87.2244 j & -14.8426 - 3.7654 j \end{pmatrix}$
Isı Köprüsünde Seri Bilgeşen 2	$1/\alpha_{dış}$ 4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı 5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun) 10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3 4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -13.0187 - 4.6831 j & 7.3719 - 8.3285 j \\ 121.856 + 164.332 j & -159.057 + 42.1177 j \end{pmatrix}$ $Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -159.057 + 42.1177 j & -7.3719 + 8.3285 j \\ -121.856 - 164.332 j & -13.0187 - 4.6831 j \end{pmatrix}$ $Z_{oo} = \begin{pmatrix} -17.8929 - 11.2564 j & 16.0602 - 8.5499 j \\ 121.856 + 164.332 j & -174.898 + 20.7546 j \end{pmatrix}$ $Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -174.898 + 20.7546 j & -16.0602 + 8.5499 j \\ -121.856 - 164.332 j & -17.8929 - 11.2564 j \end{pmatrix}$

EK 9.2.3. İY-3 ile belirtilen kesitlerin periyodik ısı karakteristikleri

Kesitler	Duvar da seri bileşen-1		Duvar da Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1		Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	
Argüman Arg Radyan	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]
	2.277	2.420	2.566	2.706	2.883	3.023
	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]
	1.301	1.657	1.978	2.339	2.295	2.652
	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]
	-2.799	-2.799	-2.526	-2.526	-2.209	-2.209
	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]
	2.514	2.726	-3.114	-2.893	-2.796	-2.580
Modül Abs -	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]
	31.056	33.196	121.556	130.120	164.539	176.125
	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]
	4.061	5.199	7.965	13.178	11.123	18.194
	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]
	38.935	38.935	151.125	151.125	204.582	204.582
	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]
	5.094	6.111	9.910	15.313	13.835	21.139
Zaman ötelenme- si Δt Saat		Δt ₁₁ = 9.243 (Time lead)		Δt ₁₁ = 10.337 (Time lead)		Δt ₁₁ = 11.549 (Time lead)
		Δt ₁₂ = 6.330 (Time lead)		Δt ₁₂ = 8.936 (Time lead)		Δt ₁₂ = 10.131 (Time lead)
		Δt ₂₁ = -10.693 (Time lag)		Δt ₂₁ = -9.650 (Time lag)		Δt ₂₁ = -8.437 (Time lag)
		Δt ₂₂ = 10.411 (Time lead)		Δt ₂₂ = -11.051 (Time lag)		Δt ₂₂ = -9.855 (Time lag)
Isıl kabuller Abs[Y ₁₁], Abs[Y ₂₂], Δt _{y11} , Δt _{y22} W/m ² K, Saat		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 4.6328+4.6024 j Abs[Y ₁₁] = 6.530, Δt _{y11} = 2.987		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 9.2696+3.5966 j Abs[Y ₁₁] = 9.943, Δt _{y11} = 1.414		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 9.0699+3.5362 j Abs[Y ₁₁] = 9.735, Δt _{y11} = 1.420
		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 0.5826+1.2217 j Abs[Y ₂₂] = 1.353, Δt _{y22} = 4.300		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 0.6303+1.0629 j Abs[Y ₂₂] = 1.236, Δt _{y22} = 3.956		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 0.6259+1.0341 j Abs[Y ₂₂] = 1.209, Δt _{y22} = 3.921
		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 4.6162+4.4108 j Abs[Y ₁₁] = 6.385, Δt _{y11} = 2.913		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 9.2169+3.5421 j Abs[Y ₁₁] = 9.874, Δt _{y11} = 1.401		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 9.0214+3.5103 j Abs[Y ₁₁] = 9.680, Δt _{y11} = 1.417
		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.5660+1.030 j Abs[Y ₂₂] = 1.175, Δt _{y22} = 4.081		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.5775+1.0083 j Abs[Y ₂₂] = 1.162, Δt _{y22} = 4.013		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.5774+1.0083 j Abs[Y ₂₂] = 1.162, Δt _{y22} = 4.014
Isı kapasite χ kJ/m ² K	χ ₁ -127.594		χ ₁ -378.519		χ ₁ -368.363	
	χ ₂ -20.778		χ ₂ -20.294		χ ₂ -19.857	
Toplam ısı kapasite C kJ/K	C ₁ -36604.3		C ₁ -41625.8		C ₁ -23869.9	
	C ₂ -5960.71		C ₂ -2231.74		C ₂ -1286.75	
Azaltma faktörü f -	-	0.515	-	0.189	-	0.138
Periyodik ısı geçirgenlik Y ₁₂ , Δt _{y12} W/m ² K, Saat	-	Abs[Y ₁₂] = 0.192 Δt _{y12} = 5.670	-	Abs[Y ₁₂] = 0.076 Δt _{y12} = 3.064	-	Abs[Y ₁₂] = 0.055 Δt _{y12} = 1.869

EK 9.3.1. İY-4 ile belirtilen kesitlere ait özellikler

Kesitler		Kalınlık	Isıl İletkenlik	Isıl direnç	Yoğunluk	Özgül ısı kapasitesi	Periyodik nüfuziyet derinliği	Oran
		d, m	λ , W/mK	d/λ , 1/ α , m ² K/W	ρ , kg/m ³	c, J/kgK	δ , m	$\xi = d/\delta$, -
Duvarda Seri Bileşen-1	$1/\alpha_{ic}$			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	0.135	0.450	0.300	1000	960	0.114	1.1890
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.090	0.037	1.081	20	1296.67	0.198	0.4543
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dis}$			0.04				
Duvarda Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1	$1/\alpha_{ic}$			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.250	2.100	0.119	2400	1000	0.155	1.6116
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.090	0.037	1.081	20	1296.67	0.198	0.4543
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dis}$			0.04				
Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	$1/\alpha_{ic}$			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.300	2.100	0.143	2400	1000	0.155	1.9339
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.090	0.037	1.081	20	1296.67	0.198	0.4543
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dis}$			0.04				

EK9.3.2. İY-4 ile belirtilen kesitlere ait matris değerleri

Kesitler	Yüzeyden yüzeye iletim matrisi = Z_{yy} , Z_{yy}^{-1} Yüzeyden yüzeye iletim matrisinin inversi = Z_{yy}^{-1}	Ortamdan ortama iletim matrisi = Z_{oo} , Ortamdan ortama iletim matrisinin inversi = Z_{oo}^{-1}
Duvarda Seri Bileşen-1		
1/ α_{dis}		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -4.7331 + 3.054 j & -1.1174 - 4.3965 j \\ 39.7577 + 16.6867 j & -23.0851 + 25.9746 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -6.3234 + 2.3865 j & 0.6280 - 5.7458 j \\ 39.7577 + 16.6867 j & -28.2536 + 23.8053 j \end{pmatrix}$
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPS (TS7316 EN13163)-20kg/m3	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -23.0851 + 25.9746 j & 1.1174 + 4.3965 j \\ -39.7577 - 16.6867 j & -4.7331 + 3.054 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -28.2536 + 23.8053 j & -0.6280 + 5.7458 j \\ -39.7577 - 16.6867 j & -6.3234 + 2.3865 j \end{pmatrix}$
4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı		
Duvarda Seri Bileşen-2		
1/ α_{dis}		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -10.9809 - 0.9112 j & 3.6765 - 8.1527 j \\ 131.724 + 104.367 j & -115.668 + 72.4535 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -16.2499 - 5.0859 j & 10.4157 - 10.3897 j \\ 131.724 + 104.367 j & -132.792 + 58.8859 j \end{pmatrix}$
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPS (TS7316 EN13163)-20kg/m3	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -115.668 + 72.4535 j & -3.6765 + 8.1527 j \\ -131.724 - 104.367 j & -10.9809 - 0.9112 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -132.792 + 58.8859 j & -10.4157 + 10.3897 j \\ -131.724 - 104.367 j & -16.2499 - 5.0859 j \end{pmatrix}$
4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı		
Duvarda Seri Bileşen-3		
1/ α_{dis}		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -14.1685 - 5.9933 j & 8.4312 - 9.2128 j \\ 125.293 + 189.874 j & -179.334 + 44.3402 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -19.1802 - 13.5883 j & 18.0979 - 9.2199 j \\ 125.293 + 189.874 j & -195.622 + 19.6566 j \end{pmatrix}$
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPS (TS7316 EN13163)-20kg/m3	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -179.334 + 44.3402 j & -8.4312 + 9.2128 j \\ -125.293 - 189.874 j & -14.1685 - 5.9933 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -195.622 + 19.6566 j & -18.0979 + 9.2199 j \\ -125.293 - 189.874 j & -19.1802 - 13.5883 j \end{pmatrix}$
4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı		

EK9.3.3. İY-4 ile belirtilen kesitlerin periyodik ısı karakteristikleri

Kesitler	Duvarda seri bileşen-1		Duvarda Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1		Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	
Argüman	Arg[Z _{ıyy1}]	Arg[Z _{ıoo11}]	Arg[Z _{ıyy11}]	Arg[Z _{ıoo11}]	Arg[Z _{ıyy11}]	Arg[Z _{ıoo11}]
Arg	2.297	2.441	2.582	2.724	2.899	3.041
Radyan	Arg[Z _{ıyy12}]	Arg[Z _{ıoo12}]	Arg[Z _{ıyy12}]	Arg[Z _{ıoo12}]	Arg[Z _{ıyy12}]	Arg[Z _{ıoo12}]
	1.322	1.680	1.994	2.357	2.312	2.670
	Arg[Z _{ıyy21}]	Arg[Z _{ıoo21}]	Arg[Z _{ıyy21}]	Arg[Z _{ıoo21}]	Arg[Z _{ıyy21}]	Arg[Z _{ıoo21}]
	-2.744	-2.744	-2.472	-2.472	-2.154	-2.154
	Arg[Z _{ıyy22}]	Arg[Z _{ıoo22}]	Arg[Z _{ıyy22}]	Arg[Z _{ıoo22}]	Arg[Z _{ıyy22}]	Arg[Z _{ıoo22}]
	2.569	2.781	-3.059	-2.838	-2.741	-2.525
Modül	Abs[Z _{ıyy11}]	Abs[Z _{ıoo11}]	Abs[Z _{ıyy11}]	Abs[Z _{ıoo11}]	Abs[Z _{ıyy11}]	Abs[Z _{ıoo11}]
Abs	34.751	36.945	136.487	145.263	184.734	196.607
-	Abs[Z _{ıyy12}]	Abs[Z _{ıoo12}]	Abs[Z _{ıyy12}]	Abs[Z _{ıoo12}]	Abs[Z _{ıyy12}]	Abs[Z _{ıoo12}]
	4.536	5.780	8.943	14.712	12.488	20.311
	Abs[Z _{ıyy21}]	Abs[Z _{ıoo21}]	Abs[Z _{ıyy21}]	Abs[Z _{ıoo21}]	Abs[Z _{ıyy21}]	Abs[Z _{ıoo21}]
	43.118	43.118	168.059	168.059	227.488	227.488
	Abs[Z _{ıyy22}]	Abs[Z _{ıoo22}]	Abs[Z _{ıyy22}]	Abs[Z _{ıoo22}]	Abs[Z _{ıyy22}]	Abs[Z _{ıoo22}]
	5.633	6.759	11.019	17.027	15.384	23.506
Zaman		Δt ₁₁ = 9.326 (Time lead)		Δt ₁₁ = 10.406 (Time lead)		Δt ₁₁ = 11.618 (Time lead)
ötelenme-		Δt ₁₂ = 6.416 (Time lead)		Δt ₁₂ = 9.005 (Time lead)		Δt ₁₂ = 10.200 (Time lead)
si		Δt ₂₁ = -10.482 (Time lag)		Δt ₂₁ = -9.441 (Time lag)		Δt ₂₁ = -8.228 (Time lag)
Δt		Δt ₂₂ = 10.623 (Time lead)		Δt ₂₂ = -10.841 (Time lag)		Δt ₂₂ = -9.646 (Time lag)
Saat						
Isıl		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 4.6441+4.5837 j Abs[Y ₁₁] = 6.525, Δt _{y11} = 2.975		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 9.2654+3.5887 j Abs[Y ₁₁] = 9.936, Δt _{y11} = 1.412		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 9.0650+3.5320 j Abs[Y ₁₁] = 9.729, Δt _{y11} = 1.419
kabuller		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 0.5481+1.2147 j Abs[Y ₂₂] = 1.333, Δt _{y22} = 4.381		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 0.5860+1.0728 j Abs[Y ₂₂] = 1.222, Δt _{y22} = 4.090		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 0.5816+1.0471 j Abs[Y ₂₂] = 1.198, Δt _{y22} = 4.063
Abs[Y ₁₁],		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 4.6253+4.4117 j Abs[Y ₁₁] = 6.392, Δt _{y11} = 2.910		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 9.2173+3.5407 j Abs[Y ₁₁] = 9.874, Δt _{y11} = 1.401		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 9.0211+3.5096 j Abs[Y ₁₁] = 9.680, Δt _{y11} = 1.417
Abs[Y ₂₂],		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.5293+1.0427 j Abs[Y ₂₂] = 1.169, Δt _{y22} = 4.206		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.5379+1.0248 j Abs[Y ₂₂] = 1.157, Δt _{y22} = 4.154		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.5377+1.0248 j Abs[Y ₂₂] = 1.157, Δt _{y22} = 4.154
Δt _{y11} ,						
Δt _{y22}						
W/m ² K,						
Saat						
Isı	χ ₁		χ ₁		χ ₁	
kapasite	-127.89		-378.742		-368.318	
χ						
	χ ₂		χ ₂		χ ₂	
kJ/m ² K	-20.275		-19.651		-19.224	
Toplam ısı	C ₁		C ₁		C ₁	
kapasite	-36689.2		-41650.3		-23867.0	
C						
	C ₂		C ₂		C ₂	
kJ/K	-5816.4		-2161.0		-1245.7	
Azaltma						
faktörü						
f		0.510		0.188		0.137
-						
Periyodik						
ısı						
geçirgenlik						
Y ₁₂ , Δt _{y12}		Abs[Y ₁₂] = 0.173 Δt _{y12} = 5.584		Abs[Y ₁₂] = 0.068 Δt _{y12} = 2.995		Abs[Y ₁₂] = 0.049 Δt _{y12} = 1.800
W/m ² K,						
Saat						
Isı geçir-						
genliği,						
U		0.340		0.362		0.359
W/m ² K						

EK 9.4.1. İY-5 ile belirtilen kesitlere ait özellikler

Kesitler		Kalınlık	Isıl iletkenlik	Isıl direnç	Yoğunluk	Özgül ısı kapasitesi	Periyodik nüfuziyet derinliği	Oran
		d, m	λ , W/mK	d/λ , $1/\alpha$, m ² K/W	ρ , kg/m ³	c, J/kgK	δ , m	$\xi = d/\delta$, -
Duvarda Seri Bileşen-1	$1/\alpha_{iç}$			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	0.135	0.450	0.300	1000	960	0.114	1.1890
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m ³	0.140	0.037	1.081	20	1296.67	0.198	0.7068
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dış}$			0.04				
Duvarda Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1	$1/\alpha_{iç}$			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.250	2.100	0.119	2400	1000	0.155	1.6116
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m ³	0.140	0.037	1.081	20	1296.67	0.198	0.7068
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dış}$			0.04				
Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	$1/\alpha_{iç}$			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.300	2.100	0.143	2400	1000	0.155	1.9339
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m ³	0.140	0.037	1.081	20	1296.67	0.198	0.7068
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dış}$			0.04				

EK 9.4.2. İY-5 ile belirtilen kesitlere ait matris değerleri

Kesitler	Yüzeyden yüzeye iletim matrisi = Z_{yy} , Yüzeyden yüzeye iletim matrisinin inversi = Z_{yy}^{-1}	Ortamdan ortama iletim matrisi = Z_{oo} , Ortamdan ortama iletim matrisinin inversi = Z_{oo}^{-1}
Duvarda Seri Bileşen-1		
$1/\alpha_{lg}$		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -8.0215 + 2.9362 j & -0.8987 - 6.8952 j \\ 53.4669 + 38.1447 j & -39.9564 + 35.6074 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -10.1602 + 1.4104 j & 2.0204 - 8.5028 j \\ 53.4669 + 38.1447 j & -46.9071 + 30.6486 j \end{pmatrix}$
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS (TS7316 EN13163)-20kg/m3	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -39.9564 + 35.6074 j & 0.8987 + 6.8952 j \\ -53.4669 - 38.1447 j & -8.0215 + 2.9362 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -46.9071 + 30.6486 j & -2.0204 + 8.5028 j \\ -53.4669 - 38.1447 j & -10.1602 + 1.4104 j \end{pmatrix}$
4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı		
$1/\alpha_{dis}$		
Duvarda Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen-1		
$1/\alpha_{lg}$		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -16.2096 - 5.0332 j & 6.9985 - 12.0004 j \\ 163.429 + 200.889 j & -190.357 + 93.3644 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -22.7467 - 13.0687 j & 17.5699 - 14.0361 j \\ 163.429 + 200.889 j & -211.603 + 67.2488 j \end{pmatrix}$
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPS (TS7316 EN13163)-20kg/m3	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -190.357 + 93.3644 j & -6.9985 + 12.0004 j \\ -163.429 - 200.889 j & -16.2096 - 5.0332 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -211.603 + 67.2488 j & -17.5699 + 14.0361 j \\ -163.429 - 200.889 j & -22.7467 - 13.0687 j \end{pmatrix}$
4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı		
$1/\alpha_{dis}$		
Isı Köprüsünde Seri Bileşen-2		
$1/\alpha_{lg}$		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -19.3116 - 13.7383 j & 14.5133 - 12.8721 j \\ 125.238 + 327.321 j & -284.154 + 39.6322 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -24.3211 - 26.8312 j & 29.0412 - 10.9694 j \\ 125.238 + 327.321 j & -300.435 - 2.9196 j \end{pmatrix}$
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPS (TS7316 EN13163)-20kg/m3	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -284.154 + 39.6322 j & -14.5133 + 12.8721 j \\ -125.238 - 327.321 j & -19.3116 - 13.7383 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -300.435 - 2.9196 j & -29.0412 + 10.9694 j \\ -125.238 - 327.321 j & -24.3211 - 26.8312 j \end{pmatrix}$
4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı		
$1/\alpha_{dis}$		

EK 9.4.3. İY-5 ile belirtilen kesitlerin periyodik ısı karakteristikleri

Kesitler	Duvar da seri bileşen-1		Duvar da Seri Bileşen-3 + ısı Köprüsünde Seri Bileşen 1		Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	
Argüman Arg Radyan	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]
	2.414	2.563	2.686	2.834	3.003	-3.132
	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]
	1.441	1.804	2.099	2.468	2.416	2.780
	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]
	-2.522	-2.522	-2.254	-2.254	-1.936	-1.936
	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]
	2.791	3.004	-2.841	-2.620	-2.523	-2.307
Modül Abs -	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]
	53.520	56.032	212.020	222.032	286.905	300.449
	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]
	6.954	8.740	13.892	22.488	19.399	31.044
	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]
	65.679	65.679	258.970	258.970	350.462	350.462
	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]
	8.542	10.258	16.973	26.234	23.670	36.214
Zaman ötelenme- si Δt Saat	-	Δt ₁₁ = 9.789 (Time lead)	-	Δt ₁₁ = 10.825 (Time lead)	-	Δt ₁₁ = -11.963 (Time lag)
		Δt ₁₂ = 6.891 (Time lead)		Δt ₁₂ = 9.425 (Time lead)		Δt ₁₂ = 10.621 (Time lead)
		Δt ₂₁ = -9.633 (Time lag)		Δt ₂₁ = -8.609 (Time lag)		Δt ₂₁ = -7.396 (Time lag)
		Δt ₂₂ = 11.473 (Time lead)		Δt ₂₂ = -10.008 (Time lag)		Δt ₂₂ = -8.813 (Time lag)
Isıl kabuller Abs[Y ₁₁], Abs[Y ₂₂], Δt _{y11} , Δt _{y22} W/m ² K, Saat	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 4.6791+4.5225 j Abs[Y ₁₁] = 6.507, Δt _{y11} = 2.935	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 9.2529+3.5644 j Abs[Y ₁₁] = 9.916, Δt _{y11} = 1.405	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 9.0504+3.5190 j Abs[Y ₁₁] = 9.710, Δt _{y11} = 1.416
		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 0.4522+1.2051 j Abs[Y ₂₂] = 1.287, Δt _{y22} = 4.629		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 0.4623+1.1131 j Abs[Y ₂₂] = 1.205, Δt _{y22} = 4.496		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 0.4576+1.0968 j Abs[Y ₂₂] = 1.188, Δt _{y22} = 4.490
		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 4.6527+4.4111 j Abs[Y ₁₁] = 6.411, Δt _{y11} = 2.898		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 9.2182+3.5366 j Abs[Y ₁₁] = 9.873, Δt _{y11} = 1.399		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 9.0202+3.5076 j Abs[Y ₁₁] = 9.678, Δt _{y11} = 1.417
		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.4258+1.0938 j Abs[Y ₂₂] = 1.174, Δt _{y22} = 4.582		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.4276+1.0854 j Abs[Y ₂₂] = 1.167, Δt _{y22} = 4.567		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.4275+1.0854 j Abs[Y ₂₂] = 1.167, Δt _{y22} = 4.567
Isı kapasite χ kJ/m ² K	χ ₁ -128.819	-	χ ₁ -379.434	-	χ ₁ -368.208	-
	χ ₂ -19.088		χ ₂ -18.288		χ ₂ -17.942	
Toplam ısı kapasite C kJ/K	C ₁ -36955.6	-	C ₁ -41726.3	-	C ₁ -23859.8	-
	C ₂ -5475.86		C ₂ -2011.08		C ₂ -1162.65	
Azaltma faktörü f -	-	0.492	-	0.183	-	0.133
Periyodik ısı geçirgenlik Y ₁₂ , Δt _{y12} W/m ² K, Saat	-	Abs[Y ₁₂] = 0.114 Δt _{y12} = 5.109	-	Abs[Y ₁₂] = 0.044 Δt _{y12} = 2.575	-	Abs[Y ₁₂] = 0.032 Δt _{y12} = 1.380
Isı geçir- genliği, U W/m ² K	-	0.233	-	0.243	-	0.242

EK 9.5.1. İY-6 ile belirtilen kesitlere ait özellikler

Kesitler		Kalınlık	Isıl İletkenlik	Isıl direnç	Yoğunluk	Özgül ısı kapasitesi	Periyodik nüfuziyet derinliği	Oran
		d, m	λ , W/mK	d/λ , $1/\alpha$, m ² /K/W	ρ , kg/m ³	c, J/kgK	δ , m	$\xi = d/\delta$, -
Duvarda Seri Bileşen-1	$1/\alpha_{ig}$			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	0.135	0.450	0.300	1000	960	0.114	1.1890
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.150	0.037	1.081	20	1296.67	0.198	0.7572
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dis}$			0.04				
Duvarda Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1	$1/\alpha_{ig}$			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.250	2.100	0.119	2400	1000	0.155	1.6116
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.150	0.037	1.081	20	1296.67	0.198	0.7572
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dis}$			0.04				
Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	$1/\alpha_{ig}$			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.300	2.100	0.143	2400	1000	0.155	1.9339
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.150	0.037	1.081	20	1296.67	0.198	0.7572
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dis}$			0.04				

EK 9.5.2. İY-6 ile belirtilen kesitlere ait matris değerleri

Kesitler		Yüzeyden yüzeye iletim matrisi = Z_{yy} , Yüzeyden yüzeye iletim matrisinin inversi = Z_{yy}^{-1}	Ortamdan ortama iletim matrisi = Z_{oo} , Ortamdan ortama iletim matrisinin inversi = Z_{oo}^{-1}
Duvarda Seri Bileşen-1	1/ α_{dg}		
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı 7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -8.7254 + 2.8037 j & -0.7599 - 7.4102 j \\ 55.7187 + 43.2013 j & -43.8397 + 36.9957 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -10.9541 + 1.0757 j & 2.4178 - 9.0299 j \\ 55.7187 + 43.2013 j & -51.0832 + 31.3795 j \end{pmatrix}$
	10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük- EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -43.8397 + 36.9957 j & 0.7599 + 7.4102 j \\ -55.7187 - 43.2013 j & -8.7254 + 2.8037 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -51.0832 + 31.3795 j & -2.4178 + 9.0299 j \\ -55.7187 - 43.2013 j & -10.9541 + 1.0757 j \end{pmatrix}$
	4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı		
	1/ α_{dg}		
Duvarda Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri	1/ α_{dg}		
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -17.1968 - 6.0844 j & 7.8314 - 12.6778 j \\ 167.111 + 222.582 j & -206.656 + 94.9509 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -23.8812 - 14.9877 j & 19.2022 - 14.5274 j \\ 167.111 + 222.582 j & -228.380 + 66.0152 j \end{pmatrix}$
	10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -206.656 + 94.9509 j & -7.8314 + 12.6778 j \\ -167.111 - 222.582 j & -17.1968 - 6.0844 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -228.380 + 66.0152 j & -19.2022 + 14.5274 j \\ -167.111 - 222.582 j & -23.8812 - 14.9877 j \end{pmatrix}$
	4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı		
	1/ α_{dg}		
Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	1/ α_{dg}		
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -20.1638 - 15.5629 j & 15.9131 - 13.4083 j \\ 120.798 + 356.758 j & -305.772 + 34.7785 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -24.9957 - 29.8332 j & 31.3934 - 10.9211 j \\ 120.798 + 356.758 j & -321.476 - 11.600 j \end{pmatrix}$
	10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -305.772 + 34.7785 j & -15.9131 + 13.4083 j \\ -120.798 - 356.758 j & -20.1638 - 15.5629 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -321.476 - 11.600 j & -31.3934 + 10.9211 j \\ -120.798 - 356.758 j & -24.9957 - 29.8332 j \end{pmatrix}$
	4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı		
	1/ α_{dg}		

EK 9.5.3. İY-6 ile belirtilen kesitlerin periyodik ısı karakteristikleri

Kesitler	Duvarda seri bileşen-1		Duvarda Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1		Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	
Argüman Arg Radyan	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]
	2.441	2.591	2.711	2.860	3.028	-3.106
	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]
	1.469	1.832	2.124	2.494	2.441	2.807
	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]
	-2.482	-2.482	-2.215	-2.215	-1.897	-1.897
	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]
	2.831	-3.044	-2.802	-2.581	-2.484	-2.268
Modül Abs -	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]
	57.364	59.951	227.426	237.73	307.744	321.685
	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]
	7.449	9.348	14.902	24.078	20.809	33.239
	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]
	70.505	70.505	278.332	278.332	376.654	376.654
	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]
	9.165	11.007	18.242	28.195	25.471	38.921
Zaman ötelenme- si Δt Saat	-	Δt ₁₁ = 9.896 (Time lead)	-	Δt ₁₁ = 10.925 (Time lead)	-	Δt ₁₁ = -11.862 (Time lag)
		Δt ₁₂ = -9.481 (Time lag)		Δt ₁₂ = 9.526 (Time lead)		Δt ₁₂ = 10.721 (Time lead)
		Δt ₂₁ = -9.481 (Time lag)		Δt ₂₁ = -8.460 (Time lag)		Δt ₂₁ = -7.247 (Time lag)
		Δt ₂₂ = 11.626 (Time lead)		Δt ₂₂ = -9.859 (Time lag)		Δt ₂₂ = -8.664 (Time lag)
Isıl kabuller Abs[Y ₁₁], Abs[Y ₂₂], Δt _{y11} , Δt _{y22} W/m ² K, Saat	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 4.6837+4.5138 j Abs[Y ₁₁] = 6.505, Δt _{y11} = 2.929	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 9.2513+3.5612 j Abs[Y ₁₁] = 9.913, Δt _{y11} = 1.404	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 9.0485+3.5173 j Abs[Y ₁₁] = 9.708, Δt _{y11} = 1.416
		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 0.4419+1.2055 j Abs[Y ₂₂] = 1.284, Δt _{y22} = 4.658		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 0.4485+1.1199 j Abs[Y ₂₂] = 1.206, Δt _{y22} = 4.545		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 0.4438+1.1047 j Abs[Y ₂₂] = 1.190, Δt _{y22} = 4.541
		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 4.6560+4.4105 j Abs[Y ₁₁] = 6.413, Δt _{y11} = 2.897		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 9.2182+3.5361 j Abs[Y ₁₁] = 9.873, Δt _{y11} = 1.399		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 9.0201+3.5074 j Abs[Y ₁₁] = 9.678, Δt _{y11} = 1.417
		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.4142+1.1022 j Abs[Y ₂₂] = 1.177, Δt _{y22} = 4.627		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.4154+1.0948 j Abs[Y ₂₂] = 1.171, Δt _{y22} = 4.615		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.4154+1.0948 j Abs[Y ₂₂] = 1.171, Δt _{y22} = 4.615
Isı kapasite χ kJ/m ² K	χ ₁	-	χ ₁	-	χ ₁	-
	-128.941		-379.525		-368.196	
	χ ₂	-	χ ₂	-	χ ₂	-
	-18.986		-18.187		-17.857	
Toplam ısı kapasite C kJ/K	C ₁	-	C ₁	-	C ₁	-
	-36990.7		-41736.4		-23859.1	
	C ₂	-	C ₂	-	C ₂	-
	-5446.65		-2000.06		-1157.14	
Azaltma faktörü f -	-	0.489	-	0.182	-	0.133
Periyodik ısı geçirgenlik Y ₁₂ , Δt _{y12} W/m ² K, Saat	-	Abs[Y ₁₂] = 0.107 Δt _{y12} = 5.001	-	Abs[Y ₁₂] = 0.042 Δt _{y12} = 2.474	-	Abs[Y ₁₂] = 0.030 Δt _{y12} = 1.279
Isı geçir- genliği, U W/m ² K	-	0.219	-	0.228	-	0.227

EK 10

EK 10.1.1. ÇDY-1 ve ÇDY-2 ile belirtilen kesitlere ait özellikler

Kesitler		Kalınlık	Isıl İletkenlik	Isıl direnç	Yoğunluk	Özgül ısı kapasitesi	Periyodik nüfuziyet derinliği	Oran
		d, m	λ , W/mK	d/λ , $1/\alpha$, m ² K/W	ρ , kg/m ³	c, J/kgK	δ , m	$\xi = d/\delta$, -
Duvarda Seri Bileşen-1	$1/\alpha_{iç}$			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	0.085	0.450	0.189	1000	960	0.114	0.7486
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.040	0.037	1.351	20	1296.67	0.198	0.2019
	7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	0.135	0.450	0.300	1000	960	0.114	1.1890
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.020	0.870	0.023	1800	835	0.126	0.1585
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dış}$			0.04				
Duvarda Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1	$1/\alpha_{iç}$			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.250	2.100	0.119	2400	1000	0.155	1.6116
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.040	0.037	1.351	20	1296.67	0.198	0.2019
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dış}$			0.04				
	Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	$1/\alpha_{iç}$			0.13			
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)		0.300	2.100	0.143	2400	1000	0.155	1.9339
10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3		0.040	0.037	1.351	20	1296.67	0.198	0.2019
4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı		0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
$1/\alpha_{dış}$				0.04				

EK 10.1.2. ÇDY1 ve ÇDY-2 ile belirtilen kesitlere ait matris değerleri

Kesitler	Yüzeyden yüzeye iletim matrisi = Z_{yy} , Z_{yy}^{-1} Yüzeyden yüzeye iletim matrisinin inversi = Z_{yy}^{-1}		Ortamdan ortama iletim matrisi = Z_{oo} , Z_{oo}^{-1} Ortamdan ortama iletim matrisinin inversi = Z_{oo}^{-1}	
	$1/\alpha_{dış}$			
Duvarda Seri Bileşen-1	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı			
	7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)			
	10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPs(TS7316 EN13163)-20kg/m ³			
	7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)			
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı			
Duvarda Seri Bileşen-3 +	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı			
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)			
	10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPs(TS7316 EN13163)-20kg/m ³			
	4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı			
İsı Köprüsünde Seri Bileşen 2	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı			
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)			
	10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPs(TS7316 EN13163)-20kg/m ³			
	4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı			

$$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -22.5076 + 5.8442 j & 1.0296 - 2.8236 j \\ 104.540 + 129.896 j & -21.5331 + 1.5814 j \end{pmatrix}$$

$$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -21.5331 + 1.5814 j & -1.0296 + 2.8236 j \\ -104.540 - 129.896 j & -22.5076 + 5.8442 j \end{pmatrix}$$

$$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -26.6892 + 0.6483 j & 5.3606 - 2.9712 j \\ 104.540 + 129.896 j & -35.1233 - 15.3051 j \end{pmatrix}$$

$$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -35.1233 - 15.3051 j & -5.3606 + 2.9712 j \\ -104.540 - 129.896 j & -26.6892 + 0.6483 j \end{pmatrix}$$

$$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -5.6213 + 1.8127 j & 1.3884 - 3.8255 j \\ 86.5426 + 24.4881 j & -50.055 + 36.706 j \end{pmatrix}$$

$$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -50.055 + 36.706 j & -1.3884 + 3.8255 j \\ -86.5426 - 24.4881 j & -5.6213 + 1.8127 j \end{pmatrix}$$

$$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -9.083 + 0.8332 j & 4.5714 - 5.4021 j \\ 86.5426 + 24.4881 j & -61.3056 + 33.5225 j \end{pmatrix}$$

$$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -61.3056 + 33.5225 j & -4.5714 + 5.4021 j \\ -86.5426 - 24.4881 j & -9.083 + 0.8332 j \end{pmatrix}$$

$$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -8.2425 - 0.0455 j & 3.5115 - 4.4666 j \\ 100.984 + 68.1359 j & -79.9206 + 26.1372 j \end{pmatrix}$$

$$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -79.9206 + 26.1372 j & -3.5115 + 4.4666 j \\ -100.984 - 68.1359 j & -8.2425 - 0.0455 j \end{pmatrix}$$

$$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -12.2819 - 2.771 j & 8.3049 - 5.1518 j \\ 100.984 + 68.1359 j & -93.0486 + 17.2796 j \end{pmatrix}$$

$$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -93.0486 + 17.2796 j & -8.3049 + 5.1518 j \\ -100.984 - 68.1359 j & -12.2819 - 2.771 j \end{pmatrix}$$

EK 10.1.3. ÇDY-1 ve ÇDY-2 ile belirtilen kesitlerin periyodik ısı karakteristikleri

Kesitler	Duvarda seri bileşen-1		Duvarda Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1		Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	
Argüman Arg Radyan	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]
	3.068	-2.731	2.509	2.641	2.826	2.958
	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]
	1.920	2.635	1.919	2.273	2.237	2.586
Radyan	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]
	-2.248	-2.248	-2.866	-2.866	-2.548	-2.548
	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]
	2.888	3.117	2.830	3.050	-3.136	-2.920
Modül Abs	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]
	21.591	38.313	62.071	69.872	84.086	94.639
	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]
	3.006	6.129	4.070	7.077	5.682	9.773
-	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]
	166.738	166.738	89.940	89.940	121.821	121.821
	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]
	23.254	26.697	5.906	9.121	8.243	12.591
Zaman ötelenme- si Δt Saat	-	Δt ₁₁ = -10.430 (Time lag)	-	Δt ₁₁ = 10.089 (Time lead)	-	Δt ₁₁ = 11.299 (Time lead)
		Δt ₁₂ = 10.067 (Time lead)		Δt ₁₂ = 8.683 (Time lead)		Δt ₁₂ = 9.879 (Time lead)
		Δt ₂₁ = -8.588 (Time lag)		Δt ₂₁ = -10.947 (Time lag)		Δt ₂₁ = -9.733 (Time lag)
		Δt ₂₂ = 11.907 (Time lead)		Δt ₂₂ = 11.651 (Time lead)		Δt ₂₂ = -11.152 (Time lag)
Isıl kabuller Abs[Y ₁₁], Abs[Y ₂₂], Δt _{y11} , Δt _{y22} W/m ² K, Saat	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 3.9445+5.0414 j Abs[Y ₁₁] = 6.401, Δt _{y11} = 3.464	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 9.3034+3.6608 j Abs[Y ₁₁] = 9.998, Δt _{y11} = 1.432	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 9.1096+3.5704 j Abs[Y ₁₁] = 9.784, Δt _{y11} = 1.427
		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 4.0027+2.0976 j Abs[Y ₂₂] = 4.519, Δt _{y22} = 1.844		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 1.0103+1.0116 j Abs[Y ₂₂] = 1.430, Δt _{y22} = 3.002		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 1.0054+0.9573 j Abs[Y ₂₂] = 1.388, Δt _{y22} = 2.906
		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 3.8017+4.9623 j Abs[Y ₁₁] = 6.251, Δt _{y11} = 3.503		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 9.2121+3.5529 j Abs[Y ₁₁] = 9.874, Δt _{y11} = 1.406		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 9.0227+3.5164 j Abs[Y ₁₁] = 9.684, Δt _{y11} = 1.420
		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 3.860+2.0185 j Abs[Y ₂₂] = 4.356, Δt _{y22} = 1.840		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.9190+0.9037 j Abs[Y ₂₂] = 1.289, Δt _{y22} = 2.968		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.9185+0.9034 j Abs[Y ₂₂] = 1.288, Δt _{y22} = 2.968
Isı kapasite χ kJ/m ² K	χ ₁ -113.172	-	χ ₁ -376.664	-	χ ₁ -368.756	-
	χ ₂ -133.675		χ ₂ -28.407		χ ₂ -28.345	
Toplam ısı kapasite C kJ/K	C ₁ -32466.8	-	C ₁ -41421.7	-	C ₁ -23895.4	-
	C ₂ -38348.7		C ₂ -3123.91		C ₂ -1836.78	
Azaltma faktörü f -	-	0.295	-	0.200	-	0.147
Periyodik ısı geçirgenlik Y ₁₂ , Δt _{y12} W/m ² K, Saat	-	Abs[Y ₁₂] = 0.163 Δt _{y12} = 1.933	-	Abs[Y ₁₂] = 0.141 Δt _{y12} = 3.317	-	Abs[Y ₁₂] = 0.102 Δt _{y12} = 2.121
Isı geçir- genliği, U W/m ² K	-	0.554	-	0.708	-	0.696

EK 10.2.1. ÇDY-4 ve ÇDY-5 ile belirtilen kesitlere ait özellikler

Kesitler		Kalınlık	Isıl iletkenlik	Isıl direnç	Yoğunluk	Özgül ısı kapasitesi	Periyodik nüfuziyet derinliği	Oran	
		d, m	λ , W/mK	d/λ , 1/ α , m ² K/W	ρ , kg/m ³	c, J/kgK	δ , m	$\xi = d/\delta$, -	
Duvarda Seri Bileşen-1	1/ α_{ig}			0.13					
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)		0.085	0.450	0.189	1000	960	0.114	0.7486
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3		0.090	0.037	1.351	20	1296.67	0.198	0.4543
	7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)		0.135	0.450	0.300	1000	960	0.114	1.1890
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		0.020	0.870	0.023	1800	835	0.126	0.1585
	4.3 Alcı harcı, kireçli alcı harcı		0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	1/ α_{dis}			0.04					
Duvarda Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1	1/ α_{ig}			0.13					
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)		0.250	2.100	0.119	2400	1000	0.155	1.6116
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3		0.090	0.037	1.351	20	1296.67	0.198	0.4543
	4.3 Alcı harcı, kireçli alcı harcı		0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	1/ α_{dis}			0.04					
	1/ α_{ig}			0.13					
Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)		0.300	2.100	0.143	2400	1000	0.155	1.9339
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3		0.090	0.037	1.351	20	1296.67	0.198	0.4543
	4.3 Alcı harcı, kireçli alcı harcı		0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	1/ α_{dis}			0.04					
	1/ α_{ig}			0.13					

EK 10.2.2. ÇDY-4 ve ÇDY-5 ile belirtilen kesitlere ait matris değerleri

Kesitler	Yüzeyden yüzeye iletim matrisi = Z_{yy} , Yüzeyden yüzeye iletim matrisinin inversi = Z_{yy}^{-1}	Ortamdan ortama iletim matrisi = Z_{oo} , Ortamdan ortama iletim matrisinin inversi = Z_{oo}^{-1}
Duvarde Seri Bileşen-1		
1/ α_{1g}		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPs(TS7316 EN13163)-20kg/m3		
7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
4.3 Alçı harcı, kirec cıltı harcı		
1/ α_{1g}		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPs(TS7316 EN13163)-20kg/m3		
4.3 Alçı harcı, kirec cıltı harcı		
Duvarde Seri Bileşen-3 + İsl Köprüsünde Seri Bileşen 1		
1/ α_{1g}		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPs(TS7316 EN13163)-20kg/m3		
4.3 Alçı harcı, kirec cıltı harcı		
Duvarde Seri Bileşen 2 İsl Köprüsünde Seri Bileşen 2		
1/ α_{1g}		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPs(TS7316 EN13163)-20kg/m3		
4.3 Alçı harcı, kirec cıltı harcı		

EK 10.2.3. ÇDY-4 ve ÇDY-5 ile belirtilen kesitlerin periyodik ısı karakteristikleri

Kesitler	Duvarda seri bileşen-1		Duvarda Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1		Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	
Argüman	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]
Arg	-3.055	-2.569	2.582	2.724	2.899	3.041
Radyan	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]
	2.059	2.783	1.994	2.357	2.312	2.670
	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]
	-2.092	-2.092	-2.472	-2.472	-2.154	-2.154
	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]
	3.021	-3.023	-3.059	-2.838	-2.741	-2.525
Modül	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]
Abs	43.478	77.780	136.487	145.263	184.734	196.607
-	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]
	5.899	12.114	8.943	14.712	12.488	20.311
	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]
	340.480	340.480	168.059	168.059	227.488	227.488
	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]
	46.219	53.040	11.019	17.027	15.384	23.506
Zaman	-	Δt ₁₁ = -9.812 (Time lag)	-	Δt ₁₁ = 10.406 (Time lead)	-	Δt ₁₁ = 11.618 (Time lead)
ötelenme-		Δt ₁₂ = -7.992 (Time lag)		Δt ₁₂ = 9.005 (Time lead)		Δt ₁₂ = 10.200 (Time lead)
si		Δt ₂₁ = 10.632 (Time lead)		Δt ₂₁ = -9.441 (Time lag)		Δt ₂₁ = -8.228 (Time lag)
Δt		Δt ₂₂ = -11.549 (Time lag)		Δt ₂₂ = -10.841 (Time lag)		Δt ₂₂ = -9.646 (Time lag)
Saat						
Isıl	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 3.9111+5.1792 j Abs[Y ₁₁] = 6.490, Δt _{y11} = 3.529	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 9.2654+3.5887 j Abs[Y ₁₁] = 9.936, Δt _{y11} = 1.412	-	θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 9.0650+3.5320 j Abs[Y ₁₁] = 9.729, Δt _{y11} = 1.419
kabuller		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 3.9683+2.0364 j Abs[Y ₂₂] = 4.460, Δt _{y22} = 1.811		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 0.5860+1.0728 j Abs[Y ₂₂] = 1.222, Δt _{y22} = 4.090		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 0.5816+1.0471 j Abs[Y ₂₂] = 1.198, Δt _{y22} = 4.063
Abs[Y ₁₁], Abs[Y ₂₂], Δt _{y11} , Δt _{y22}		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 3.8338+5.1502 j Abs[Y ₁₁] = 6.421, Δt _{y11} = 3.556		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 9.2173+3.5407 j Abs[Y ₁₁] = 9.874, Δt _{y11} = 1.401		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 9.0211+3.5096 j Abs[Y ₁₁] = 9.680, Δt _{y11} = 1.417
W/m ² K, Saat		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 3.8910+2.0074 j Abs[Y ₂₂] = 4.378, Δt _{y22} = 1.819		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.5379+1.0248 j Abs[Y ₂₂] = 1.157, Δt _{y22} = 4.154		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.5377+1.0248 j Abs[Y ₂₂] = 1.157, Δt _{y22} = 4.154
Isı	χ ₁	-	χ ₁	-	χ ₁	-
kapasite	-112.701		-378.742		-368.318	
χ	χ ₂	-	χ ₂	-	χ ₂	-
kJ/m ² K	-133.895		-19.651		-19.224	
Toplam ısı	C ₁	-	C ₁	-	C ₁	-
kapasite	-32331.8		-41650.3		-23867.0	
C	C ₂	-	C ₂	-	C ₂	-
kJ/K	-38411.8		-2161.0		-1245.7	
Azaltma	-	0.261	-	0.188	-	0.137
faktörü						
f						
Periyodik	-	Abs[Y ₁₂] = 0.083 Δt _{y12} = 1.368	-	Abs[Y ₁₂] = 0.068 Δt _{y12} = 2.995	-	Abs[Y ₁₂] = 0.049 Δt _{y12} = 1.800
ısı						
geçirgenlik						
Y ₁₂ , Δt _{y12}						
W/m ² K, Saat						
Isı geçir-	-	0.317	-	0.362	-	0.359
genliği,						
U						
W/m ² K						

EK 10.3.1. ÇDY-6 ile belirtilen kesitlere ait özellikler

Kesitler		Kalınlık	Isıl iletkenlik	Isıl direnç	Yoğunluk	Özgül ısı kapasitesi	Periyodik nüfuziyet derinliği	Oran
		d, m	λ , W/mK	d/λ , 1/ α , m ² K/W	ρ , kg/m ³	c , J/kgK	δ , m	$\xi = d/\delta$, -
Duvarda Seri Bileşen-1	1/ α_{ig}			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	0.085	0.450	0.189	1000	960	0.114	0.7486
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.100	0.037	1.351	20	1296.67	0.198	0.5048
	7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	0.135	0.450	0.300	1000	960	0.114	1.1890
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.020	0.870	0.023	1800	835	0.126	0.1585
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	1/ α_{dis}			0.04				
Duvarda Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1	1/ α_{ig}			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.250	2.100	0.119	2400	1000	0.155	1.6116
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.100	0.037	1.351	20	1296.67	0.198	0.5048
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	1/ α_{dis}			0.04				
Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	1/ α_{ig}			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.300	2.100	0.143	2400	1000	0.155	1.9339
	10.2.1.1Polistiren-partiküler köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.100	0.037	1.351	20	1296.67	0.198	0.5048
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	1/ α_{dis}			0.04				

EK 10.3.2. ÇDY-6 ile belirtilen kesitlere ait matris değerleri

Kesitler	Yüzeyden yüzeye iletim matrisi = Z_{yy} , Yüzeyden yüzeye iletim matrisinin inversi = Z_{yy}^{-1}	Ortamdan ortama iletim matrisi = Z_{oo} , Ortamdan ortama iletim matrisinin inversi = Z_{oo}^{-1}
Duvarda Seri Bileşen-1		
1/ $\alpha_{dış}$		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -50.6498 + 4.8934 j & 3.1833 - 5.6531 j \\ 178.855 + 330.612 j & -47.6377 - 5.4196 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -57.804 - 8.3313 j & 12.6034 - 4.3532 j \\ 178.855 + 330.612 j & -70.8888 - 48.3999 j \end{pmatrix}$
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPs(TS7316 EN13163)-20kg/m3		
7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -47.6377 - 5.4196 j & -3.1833 + 5.6531 j \\ -178.855 - 330.612 j & -50.6498 + 4.8934 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -70.8888 - 48.3999 j & -12.6034 + 4.3532 j \\ -178.855 - 330.612 j & -57.804 - 8.3313 j \end{pmatrix}$
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
4.3 Alçı harcı, kirecili alçı harcı		
1/ $\alpha_{dış}$		
Duvarda Seri Bileşen-2		
1/ $\alpha_{dış}$		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -12.0510 - 1.6020 j & 4.2415 - 8.9720 j \\ 139.504 + 122.181 j & -129.763 + 78.1088 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -17.6312 - 6.4893 j & 11.7241 - 11.2528 j \\ 139.504 + 122.181 j & -147.899 + 62.2254 j \end{pmatrix}$
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPs(TS7316 EN13163)-20kg/m3		
4.3 Alçı harcı, kirecili alçı harcı	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -129.763 + 78.1088 j & -4.2415 + 8.9720 j \\ -139.504 - 122.181 j & -12.0510 - 1.6020 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -147.899 + 62.2254 j & -11.7241 + 11.2528 j \\ -139.504 - 122.181 j & -17.6312 - 6.4893 j \end{pmatrix}$
1/ $\alpha_{dış}$		
Duvarda Seri Bileşen-3		
1/ $\alpha_{dış}$		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı		
5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	$Z_{yy} = \begin{pmatrix} -15.2877 - 7.3757 j & 9.5373 - 10.0540 j \\ 127.762 + 216.055 j & -199.836 + 45.6486 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo} = \begin{pmatrix} -20.3981 - 16.0179 j & 20.1826 - 9.7976 j \\ 127.762 + 216.055 j & -216.445 + 17.5614 j \end{pmatrix}$
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPs(TS7316 EN13163)-20kg/m3		
4.3 Alçı harcı, kirecili alçı harcı	$Z_{yy}^{-1} = \begin{pmatrix} -199.836 + 45.6486 j & -9.5373 + 10.0540 j \\ -127.762 - 216.055 j & -15.2877 - 7.3757 j \end{pmatrix}$	$Z_{oo}^{-1} = \begin{pmatrix} -216.445 + 17.5614 j & -20.1826 + 9.7976 j \\ -127.762 - 216.055 j & -20.3981 - 16.0179 j \end{pmatrix}$
1/ $\alpha_{dış}$		

EK 10.3.3. ÇDY-6 ile belirtilen kesitlerin periyodik ısı karakteristikleri

Kesitler	Duvarda seri bileşen-1		Duvarda Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1		Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	
Argüman Arg Radyan	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]	Arg[Z _{lyy11}]	Arg[Z _{loo11}]
	-3.028	-2.542	2.600	2.743	2.917	3.061
	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]	Arg[Z _{lyy12}]	Arg[Z _{loo12}]
	2.084	2.809	2.012	2.377	2.330	2.690
Radyan	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]	Arg[Z _{lyy21}]	Arg[Z _{loo21}]
	-2.067	-2.067	-2.422	-2.422	-2.105	-2.105
	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]	Arg[Z _{lyy22}]	Arg[Z _{loo22}]
	3.045	-2.998	-3.009	-2.789	-2.692	-2.476
Modül Abs	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]	Abs[Z _{lyy11}]	Abs[Z _{loo11}]
	47.945	85.836	151.458	160.456	204.984	217.157
	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]	Abs[Z _{lyy12}]	Abs[Z _{loo12}]
	6.488	13.334	9.924	16.251	13.858	22.435
-	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]	Abs[Z _{lyy21}]	Abs[Z _{loo21}]
	375.895	375.895	185.444	185.444	251.004	251.004
	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]	Abs[Z _{lyy22}]	Abs[Z _{loo22}]
	50.886	58.401	12.157	18.788	16.974	25.936
Zaman ötelenme- si Δt Saat		Δt ₁₁ = -9.712 (Time lag)		Δt ₁₁ = 10.479 (Time lead)		Δt ₁₁ = 11.691 (Time lead)
		Δt ₁₂ = 10.730 (Time lead)		Δt ₁₂ = 9.078 (Time lead)		Δt ₁₂ = 10.274 (Time lead)
		Δt ₂₁ = -7.894 (Time lag)		Δt ₂₁ = -9.253 (Time lag)		Δt ₂₁ = -8.040 (Time lag)
		Δt ₂₂ = -11.453 (Time lag)		Δt ₂₂ = -10.653 (Time lag)		Δt ₂₂ = -9.457 (Time lag)
Isıl kabuller Abs[Y ₁₁], Abs[Y ₂₂], Δt _{y11} , Δt _{y22} W/m ² K, Saat		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 3.9109+5.1911 j Abs[Y ₁₁] = 3.534, Δt _{y11} = 2.975		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 9.2620+3.5822 j Abs[Y ₁₁] = 9.931, Δt _{y11} = 1.410		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₁₁ = 9.0610+3.5285 j Abs[Y ₁₁] = 9.724, Δt _{y11} = 1.418
		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 3.9644+2.0304 j Abs[Y ₂₂] = 4.454, Δt _{y22} = 1.808		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 0.5506+1.0820 j Abs[Y ₂₂] = 1.214, Δt _{y22} = 4.202		θ ₂ = θ ₁ için, Y ₂₂ = 0.5462+1.0588 j Abs[Y ₂₂] = 1.191, Δt _{y22} = 4.181
		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 3.840+5.166 j Abs[Y ₁₁] = 6.437, Δt _{y11} = 3.559		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 9.2176+3.5396 j Abs[Y ₁₁] = 9.874, Δt _{y11} = 1.400		θ ₂ = 0 için, Y ₁₁ = 9.0209+3.5091 j Abs[Y ₁₁] = 9.679, Δt _{y11} = 1.417
		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 3.8936+2.0059 j Abs[Y ₂₂] = 4.380, Δt _{y22} = 1.817		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.5062+1.0394 j Abs[Y ₂₂] = 1.156, Δt _{y22} = 4.269		θ ₂ = 0 için, Y ₂₂ = 0.5061+1.0394 j Abs[Y ₂₂] = 1.156, Δt _{y22} = 4.269
Isı kapasite χ kJ/m ² K	χ ₁ -112.707	-	χ ₁ -378.926	-	χ ₁ -368.285	-
	χ ₂ -133.909	-	χ ₂ -19.191	-	χ ₂ -18.778	-
Toplam ısı kapasite C kJ/K	C ₁ -32333.4	-	C ₁ -41670.5	-	C ₁ -23864.8	-
	C ₂ -38415.8	-	C ₂ -2110.37	-	C ₂ -1216.84	-
Azaltma faktörü f -	-	0.257	-	0.188	-	0.136
Periyodik ısı geçirgenlik Y ₁₂ , Δt _{y12} W/m ² K, Saat	-	Abs[Y ₁₂] = 0.075 Δt _{y12} = 1.270	-	Abs[Y ₁₂] = 0.062 Δt _{y12} = 2.922	-	Abs[Y ₁₂] = 0.045 Δt _{y12} = 1.726
Isı geçir- genliği, U W/m ² K	-	0.292	-	0.330	-	0.327

EK 10.4.1. ÇDY-7 ve ÇDY-8 ile belirtilen kesitlere ait özellikler

Kesitler		Kalınlık	Isıl iletkenlik	Isıl direnç	Yoğunluk	Özgül ısı kapasitesi	Periyodik nüfuziyet derinliği	Oran
		d, m	λ , W/mK	d/λ , $1/\alpha$, m^2K/W	ρ , kg/m^3	c , J/kgK	δ , m	$\xi = d/\delta$, -
Duvarda Seri Bileşen-1	$1/\alpha_{iç}$			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	0.085	0.450	0.189	1000	960	0.114	0.7486
	10.2.1.1Polistiren-partiküller köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.120	0.037	1.351	20	1296.67	0.198	0.6058
	7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)	0.135	0.450	0.300	1000	960	0.114	1.1890
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.020	0.870	0.023	1800	835	0.126	0.1585
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dış}$			0.04				
Duvarda Seri Bileşen-3 + Isı Köprüsünde Seri Bileşen 1	$1/\alpha_{iç}$			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.250	2.100	0.119	2400	1000	0.155	1.6116
	10.2.1.1Polistiren-partiküller köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.120	0.037	1.351	20	1296.67	0.198	0.6058
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dış}$			0.04				
Isı Köprüsünde Seri Bileşen 2	$1/\alpha_{iç}$			0.13				
	4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı	0.025	0.870	0.029	1800	835	0.126	0.1981
	5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)	0.300	2.100	0.143	2400	1000	0.155	1.9339
	10.2.1.1Polistiren-partiküller köpük-EPS(TS7316 EN13163)-20kg/m3	0.120	0.037	1.351	20	1296.67	0.198	0.6058
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.010	0.700	0.014	1400	1085	0.113	0.0888
	$1/\alpha_{dış}$			0.04				

EK 10.4.2. ÇDY-7 ve ÇDY-8 ile belirtilen kesitlere ait matris değerleri

Kesitler	Yüzeyden yüzeye iletim matrisi = Z_{yy} , Yüzeyden yüzeye iletim matrisinin inversi = Z_{yy}^{-1}	Ortamdan ortama iletim matrisi = Z_{oo} , Ortamdan ortama iletim matrisinin inversi = Z_{oo}^{-1}
Duvarda Sert Bileşen-1		
1/ $\alpha_{diş}$		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı 7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPs(TS7316 EN13163)-20kg/m ³		
7.1.6 Tuğla duvarlar-yatay delikli (TS 4563)		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı 4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı		
Duvarda Sert Bileşen-2		
1/ $\alpha_{diş}$		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı 5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPs(TS7316 EN13163)-20kg/m ³		
4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı		
Duvarda Sert Bileşen-3 + İsi Köprüsünde Sert Bileşen 1		
1/ $\alpha_{diş}$		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı 5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPs(TS7316 EN13163)-20kg/m ³		
4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı		
Duvarda Sert Bileşen 2 + İsi Köprüsünde Sert Bileşen 2		
1/ $\alpha_{diş}$		
4.1 Kirec harcı, kirec-cimento harcı 5.1 Betonlar - Donatılı (TS 500'e uygun)		
10.2.1.1 Polistiren-partiküller köpük-EPs(TS7316 EN13163)-20kg/m ³		
4.3 Alçı harcı, kirecli alçı harcı		

ÖZGEÇMİŞ

İnş. Müh. M. Timur CİHAN 01. 01. 1979 tarihinde Artvin ilinin Hopa ilçesinde doğmuştur. Orta ve Lise öğrenimini Artvin Anadolu Lisesi'nde 1997 yılında tamamladıktan sonra aynı yıl Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi'ne girmiş ve 2001 yılında mezun olmuştur. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde 2001-2002 güz döneminde yüksek lisans eğitime başlamıştır. Halen Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

