



**ISPARTA YÖRESİNDE ÜRETİLEN  
YAPI MALZEMELERİ İLE  
BÖLGE ŞARTLARINA UYGUN  
DIŞ KONSTRÜKSİYON DETAY ÖNERİLERİ**

**Cengiz ÖZEL**  
Yüksek Lisans Tezi  
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI  
Isparta 2001

**YAPILAR VE İNŞAAT MÜHÜRÜ**  
**İNŞAAT MÜHÜRÜ**  
**İNŞAAT MÜHÜRÜ**

T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ISPARTA YÖRESİNDE ÜRETİLEN YAPI MALZEMELERİ İLE  
BÖLGE ŞARTLARINA UYGUN  
DIŞ KONSTRÜKSİYON DETAY ÖNERİLERİ

106048

CENGİZ ÖZEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

106048

ISPARTA 2001

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Başkan

: Prof. Dr. M. Arslan TEKİNSOY

Üye

: Prof. Dr. Ahmet APAY

Üye

: Yrd. Doç. Dr. Celalettin BAŞYİĞİT (Danışman)

ONAY

Bu tez 02/02/2001 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

 02/02/2001  
S.D.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Çizelge 3.4. Isparta iline ait yıllara göre aylık ortalama nem oranları (%) (Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müd.)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1990	61.1	62.8	52.4	57.6	58.7	52.1	49.8	45.7	54.8	58.2	64.8	70.6
1991	66.0	69.8	63.4	65.5	61.4	52.0	50.2	51.9	51.2	66.1	67.1	73.2
1992	69.8	61.3	65.3	59.3	58.6	57.4	51.4	48.1	49.0	55.3	61.9	69.7
1993	68.2	60.8	56.5	54.8	66.2	45.9	40.7	41.2	45.7	47.6	58.8	71.8
1994	70.6	63.9	61.8	56.1	52.2	43.7	44.5	44.1	46.6	65.7	62.4	69.1
1995	68.3	61.6	65.9	56.8	49.6	47.9	49.1	47.8	50.5	51.3	68.5	68.6
1996	70.9	66.5	64.7	55.9	55.0	45.7	49.5	50.4	58.7	68.4	67.2	80.2
1997	70.2	67.6	63.5	68.3	59.2	61.0	51.3	59.8	55.6	70.9	72.6	77.9
1998	74.2	63.2	68.9	67.0	66.5	58.0	52.0	52.0	64.5	63.5	76.0	78.6
1999	76.1	73.9	68.2	64.5	57.0	60.1	55.7	57.3	59.3	63.6	67.3	75.5
Ort	69.5	65.1	63.0	60.5	58.4	52.3	49.4	49.8	53.6	61.1	66.7	73.5

Isparta'ya ait Halk Sağlığı Laboratuvarı'ndan alınan on yıllık aylık ortalama SO<sub>2</sub> ve partikül madde değerleri Çizelge 3.5'da verilmiştir. Bu maddeler yanma olayı sonucu oluşan ve insan sağlığını tehdit eden en belirgin hava kirliliği parametreleridir.

Çizelge 3.5. Isparta'ya ait Kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) ve Partikül Madde (Duman) Miktarı (Isparta Halk Sağlığı Laboratuvarı Müdürlüğü)

Yıl	Madde (µg/m <sup>3</sup> )	Ocak	Şub.	Mart	Nis.	May.	Hazi.	Tem.	Ağu.	Eylül	Ekim	Kas.	Ara.
1990	SO <sub>2</sub>	176	149	99	87	41	39	35	30	35	29	80	146
	Duman	136	73	62	61	25	22	15	18	19	21	59	115
1991	SO <sub>2</sub>	152	121	94	87	53	35	36	31	23	40	89	190
	Duman	98	61	55	66	39	28	38	19	14	25	73	149
1992	SO <sub>2</sub>	202	149	131	62	40	20	25	27	32	62	124	157
	Duman	175	110	72	46	35	12	16	17	19	50	60	75
1993	SO <sub>2</sub>	270	155	103	77	46	42	27	34	30	39	137	202
	Duman	130	64	64	58	19	19	14	15	19	21	61	81
1994	SO <sub>2</sub>	186	165	152	74	60	33	40	26	33	63	90	170
	Duman	70	67	53	26	24	15	16	11	16	29	43	83
1995	SO <sub>2</sub>	173	128	89	66	43	41	*	*	*	*	200	203
	Duman	85	45	29	22	18	20	*	*	*	*	76	54
1996	SO <sub>2</sub>	236	125	89	126	72	*	*	*	*	40	150	179
	Duman	90	57	34	46	24	*	*	*	*	25	72	61
1997	SO <sub>2</sub>	240	206	94	118	85	*	*	*	*	97	115	115
	Duman	102	87	37	51	33	*	*	*	*	35	77	55
1998	SO <sub>2</sub>	164	72	106	85	120	74	19	26	44	71	115	349
	Duman	93	39	46	40	32	24	9	10	11	23	78	130
1999	SO <sub>2</sub>	405	343	*	332	24	17	16	12	12	28	153	124
	Duman	116	78	79	69	56	54	64	69	73	65	83	126

\* Bu aylarda cihaz arızalı olduğu için ölçüm yapılamamıştır.

## ISPARTA YÖRESİNDE ÜRETİLEN YAPI MALZEMELERİ İLE BÖLGE ŞARTLARINA UYGUN DIŞ KONSTRÜKSİYON DETAY ÖNERİLERİ

**Cengiz ÖZEL**

Yapı Eğitimi, Yüksek Lisans Tezi, 104 s., 2001.

Anahtar Kelimeler: Isı yalıtımı, buhar difüzyonu, dış duvarlar.

Bu çalışmada Isparta bölgesinde üretilen genleştirilmiş polistrenin ısı iletim katsayısı belirlenip, bölgede üretilen bims ürünleri ile yöre iklimi göz önüne alınarak, 8 Mayıs 2000 tarihli "Isı Yalıtım Yönetmeliği"ne ve Nisan 1998 tarihli "Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları" TS 825'e göre dış duvarlar için yalıtım kalınlıkları belirlenmiştir. Bulunan kesitler için aynı yönetmeliklere göre su buharı difüzyonu kontrolü yapılmıştır. Uygun kesitler için maliyet, kalınlık ve ağırlık analizleri yapılmıştır. Ayrıca örnek bir binaya ait ısı kaybı analizleri yapıp, hava kirliliği için değerlendirmeler yapılmıştır. Bölge şartları için optimum duvar kalınlığının maliyet, kalınlık ve yoğunluğa göre değiştiği tespit edilmiştir.

Örnek binada yalıtım yapıldığında %66'ya kadar enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Bims ürünleriyle yapılan dış duvarlarda bu oranın %15~%39'unu, betonarme ile yapılan dış duvarlarda %59'unu yalıtım malzemesi (polistren) sağlamaktadır. Yalıtım yapıldığında ve aynı tür yakıtların kullanılmasıyla, kış döneminde ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinde de aynı oranlarda azalma olacağı tahmin edilmektedir.

Jüri: Prof. Dr. M.Arslan TEKİNSOY

Prof. Dr. Ahmet APAY

Yrd. Doç. Dr. Celalettin BAŞYIĞIT (Danışman)

**PRODUCED STRUCTURE MATERIAL IN ISPARTA REGION AND  
SUITABLE OUTSIDE CONSTRUCTION  
FOR REGION CONDITION**

**Cengiz ÖZEL**

Building Education, Master Thesis, 104 pg., 2001.

Key Words: Heat insulation, vapour diffusion, outside wall.

In this study, heat transmission coefficient and insulation thickness for outside wall expanded polystyrene produced in Isparta region was determined according to "Heat Insulation Regulation" May 8, 2000 dated and "Thermal Insulation in Buildings" April 1998 published. According to same regulations, diffusion of water vapour for the obtained cross section of pumice products was tested. For suitable cross section, analyses of cost, thickness and weight were made. In addition heat lose analyses and evaluation for air pollution for a model building were made. For the regional conditions wall thickness was determined that it changed according to cost, thickness and density.

In model building, if thermal insulation is made, energy saving can be as high as 66%. Polystyrene can supply between 15%~39% of this ratio in the outside walls made with pumice products and 59% of the ration in the reinforced concrete. It is estimated that the same ratios mentioned above of the air pollution caused by heating can be obtained when proper insulation is made and same kinds of fuels are used in winter.

Jury: Prof.Dr. M. Arslan TEKİNSOY

Prof. Dr. Ahmet APAY

Yrd. Doç. Dr. Celalettin BAŞYIĞIT (Supervisor)

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR .....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	v
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Kuramsal Temeller .....	2
1.2. Malzemeden Isı Geçişi .....	5
1.3. Isı Geçişinin Teorik Esasları .....	6
1.3.1. Kondüksiyon (Isı İletimi) .....	7
1.3.2. Konveksiyon (Isı Taşınımı) .....	10
1.3.3. Radyasyon (Isı Işınımı) .....	12
2. KAYNAK BİLGİSİ .....	15
3. MATERYAL VE METOD .....	23
3.1. Materyal .....	23
3.1.1. Pomza (Bims) .....	23
3.1.2. Polistren (Polistren Sert Köpük) .....	27
3.1.3. Isparta'ya İklim Ait Verileri .....	32
3.2. Metot .....	35
3.2.1. Isı İletim Katsayısının Tespiti .....	35
3.2.1.1. TS 388'e Göre Isı İletkenliğinin Tayini .....	36
3.2.1.2. TS 415'e Göre Isı İletkenliği ve Isı Geçirgenlik Direncinin Yapıda Kullanılması İçin Hesap Değerinin Bulunması (Plaka Metodu İle) ...	42
3.2.1.3. Yapılan Deneysel Çalışma .....	45
3.2.2. Duvar Detaylarının Belirlenmesi .....	49
3.2.3. Kondansasyon Kontrolü .....	51
3.2.4. Isıtma Enerjisi İhtiyacı ve Isı Kaybı Hesabı .....	53
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA .....	57
4.1. Polistrene Ait Isı İletim Katsayısının Tespiti .....	57
4.2. Yalıtım Kalınlıklarının Bulunması .....	59

	<u>Sayfa</u>
4.2.1. Betonarme Duvar İçin Gerekli Yalıtım Kalınlığı .....	59
4.2.2. Bimsblok İçin Seçilen Duvar Kesiti ve Gerekli Yalıtım Kalınlıkları .....	60
4.2.3. Polistren Panelden Yapılan Duvar İçin Gerekli Yalıtım Kalınlığı .....	63
4.3. Belirlenen Kesitler İçin Yoğuşma Kontrolü .....	64
4.4. Duvar Maliyetlerin Hesaplanması .....	68
4.5. Örnek Binaya Ait Isı Kaybı Hesabı .....	77
4.6. Hava Kirliliği Analizleri .....	83
5. SONUÇ ve ÖNERİLER .....	85
6. KAYNAKLAR .....	87
7. EKLER .....	92
8. ÖZGEÇMİŞ .....	95





## ÖZET

Bu çalışmada, Isparta bölgesinde üretilen genişletilmiş polistrenin ısı iletim katsayısı belirlenip, bölgede üretilen bims ürünleri ile yöre iklimi göz önüne alınarak, 8 Mayıs 2000 tarihli “Isı Yalıtım Yönetmeliği”ne ve Nisan 1998 tarihli “Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları” TS 825’e göre dış duvarlar için yalıtım kalınlıkları belirlenmiştir. Bulunan kesitler için aynı yönetmeliklere göre su buharı difüzyonu kontrolü yapılmıştır. Uygun kesitler için maliyet, kalınlık ve ağırlık analizleri yapılmıştır. Ayrıca örnek bir binaya ait ısı kaybı analizleri yapıp, hava kirliliği için değerlendirmeler yapılmıştır. Bölge şartları için optimum duvar kalınlığının maliyet, kalınlık ve yoğunluğa göre değiştiği tespit edilmiştir.

Örnek binada yalıtım yapıldığında %66’ya kadar enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Bims ürünleriyle yapılan dış duvarlarda bu oranın %15~39’unu, betonarme ile yapılan dış duvarlarda %59’unu yalıtım malzemesi (polistren) sağlamaktadır. Yalıtım yapıldığında ve aynı tür yakıtların kullanılmasıyla, kış döneminde ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinde de aynı oranda azalma olacağı tahmin edilmektedir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Isı yalıtımı, Buhar Difüzyonu, Dış Duvarlar.

## ABSTRACT

In this study, heat transmission coefficient and insulation thickness for out side wall expanded polystyrene produced in Isparta region was determined according to “Heat Insulation Regulation” May 8, 2000 dated and “Thermal Insulation in Buildings” April 1998 published. According to same regulations, diffusion of water vapour for the obtained cross section of pumice products was tested. For suitable cross section, analyses of cost, thickness and weight were made. In addition heat lose analyses and evaluation for air pollution for a model building were made. For the regional conditions wall thickness was determined that it changed according to cost, thickness and density.

In model building, if thermal insulation is made, energy saving can be as high as 66%. Polystyrene can supply between 15%~39% of this ratio in the outside walls made with pumice products and 59% of the ration in the reinforced concrete. It is estimated that the same ratios mentioned above of the air pollution caused by heating can be obtained when proper insulation is made and same kinds of fuels are used in winter.

**Key Words:** Heat Insulation, Vapour Diffusion, Outside Walls.

## ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Enerji hayatımızın her aşamasında giderek daha çok ihtiyaç duyduğumuz bir gereksinim olmuştur. Üretilen enerjiyi her ne kadar güvenli ve temiz yöntemlerle de elde etmiş olsak yinede doğanın dengesini bir şekilde bozmaktayız. Gelecek nesillere daha güvenli ve sağlıklı bir çevre bırakmak için gerektiği kadar enerji üretmemiz gerekir. Üretilen enerji de yine doğanın dengesini bozmadan ve maksimum faydayı sağlayacak şekilde tüketilmelidir.

Bu tez çalışması Süleyman Demirel Üniversitesi Araştırma Fonunca desteklenen 211'nolu "Isparta Yöresinde Üretilen Yapı Malzemeleri İle Bölge Şartlarına Uygun Dış Konstrüksiyon Detay Önerileri" adlı proje kapsamında gerçekleştirmiştir.

Tez çalışmasının gerçekleştirilmesi için gerekli ortamın hazırlanması, çalışanın sonuca ulaştırılması ve karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında yön gösterici olmasından dolayı Yrd.Doç.Dr. Celalettin BAŞYİĞİT'e (tez danışmanı), çalışmam sırasında konunun ve kavramların daha iyi anlaşılmasında gösterdiği yardımlardan dolayı Makina Eğitimi Bölümü Arş.Gör. Arzu ŞENCAN'a, gösterdikleri ilgi ve sabırdan dolayı tüm Teknik Eğitim Fakültesi öğretim elemanlarına ve bugünlere gelmemde yardım ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme içtenlikle teşekkür ederim.

Cengiz ÖZEL

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Duvar içinden ısı, nem ve su hareketleri .....	4
Şekil 1.2. Kondüksiyonla ısı iletimi .....	7
Şekil 1.3. Tek levha halinde ısı iletimi .....	7
Şekil 1.4. Paralel levhalar halindeki ısı iletimi .....	9
Şekil 1.5. Konveksiyonla ısı iletimi .....	10
Şekil 1.6. Konveksiyonla ısı iletiminde ısı geçişi .....	11
Şekil 1.7. Radyasyonla ısı iletimi .....	12
Şekil 3.1. EPS'nin sıcaklık farkına göre ısı iletkenliği .....	28
Şekil 3.2. EPS'nin yoğunluğa göre ısı iletkenliği.....	29
Şekil 3.3. EPS'nin yoğunluğa ve %2-%10 deformasyona göre basınç dayanımı ..	30
Şekil 3.4. Çeşitli yoğunluktaki EPS'nin tamamen suya batırılmış olarak hacimce su alma miktarları.....	31
Şekil 3.5. Tek numuneli ve iki numuneli cihaz .....	37
Şekil 3.6. Plaka metodu ile ısı iletkenliğini ölçme cihazının şeması .....	45
Şekil 3.7. Güç basamağı tespit diyagramı .....	47
Şekil 4.1. EPS'ye ait ısı iletim katsayısı hesap değerinin yoğunluğa göre değişimi .....	58
Şekil 4.2. Betonarmeden yapılan dış duvar detayı .....	59
Şekil 4.3. Bimsbloktan yapılan duvar detayı .....	60
Şekil 4.4. Polistren panel detayı .....	63
Şekil 4.5. Betonarme duvar için kondansasyon grafiği .....	65
Şekil 4.6. Bimsblok duvar için kondansasyon grafiği .....	65
Şekil 4.7. Polistren duvar için kondansasyon grafiği .....	66
Şekil 4.8. Opak bileşeni oluşturan bimsblok ve polistrenin 1 m <sup>2</sup> maliyeti .....	75
Şekil 4.9. Yalıtımlı bimsblok duvarın toplam ağırlık ve toplam kalınlık değişimi	76
Şekil 4.10. Örnek binaya ait kat planı .....	78
Şekil 4.11. Yalıtımlı, yalıtımsız ve kısmen yalıtımlı binada ısı kaybı miktarı .....	81
Şekil 4.12. Yalıtımlı, yalıtımsız ve kısmen yalıtımlı binada ısı ihtiyacı .....	82
Şekil 4.13. Partikül madde (duman) miktarlarının değişimi .....	84
Şekil 4.14. Kükürdioksit (SO <sub>2</sub> ) miktarlarının değişimi .....	84

**ÇİZELGELER DİZİNİ**

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Bimsbloğun üretim boyutları ve ısı iletim katsayıları .....	26
Çizelge 3.2. Polistrenden mamul maddelerinin fiziksel özellikleri .....	30
Çizelge 3.3. Isparta iline ait yıllara göre aylık max. ve min. sıcak ortalamaları ....	33
Çizelge 3.4. Isparta iline ait yıllara göre aylık ortalama nem oranları (%) .....	34
Çizelge 3.5. Isparta'ya ait Kükürtdioksit ve Partikül Madde miktarı .....	34
Çizelge 3.6. Numune ölçüleri .....	37
Çizelge 3.7. Yapı ve yalıtım malzemeleri deneyinde müsaade edilebilecek en çok nem miktarları ve pratik nem miktarları .....	39
Çizelge 3.8. Isı iletkenlik birimleri .....	42
Çizelge 3.9. Isı geçirgenlik direnci birimleri .....	42
Çizelge 3.10. Isı iletkenliği hesap değerinin (h) bulunması için eklenecek miktarlar .....	44
Çizelge 3.11. Güç basamağı ve Ki katsayıları .....	46
Çizelge 3.12. i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti	56
Çizelge 4.1. EPS numunelere ait deneyde bulunan değerler .....	57
Çizelge 4.2. EPS'nin ısı iletkenlik hesap değerleri .....	57
Çizelge 4.3. Duvar kesitlerine ait değerler ve yoğuşan su miktarları .....	66
Çizelge 4.4. Bimsbloklara ait fiyat ve ağırlıklar .....	68
Çizelge 4.5. Gerekli yalıtım kalınlıkları için Polistren'e ait fiyatlar .....	72
Çizelge 4.6. Opak bileşene ait fiyat, kalınlık ve ağırlıkları .....	73
Çizelge 4.7. Yalıtımlı ve yalıtımsız binaya ait bina özgül ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı değerleri .....	78

## 1. GİRİŞ

Hızla büyüyen dünya nüfusu ve teknolojik gelişmeler son yüzyılda enerjiye olan ihtiyacı bir kat daha arttırmıştır. Bu ihtiyacın artışı karşısında enerji kaynaklarının sınırlı ve üretiminin masraflı oluşu insanları mevcut enerjiyi optimum kullanımı konusunda arayışlara yönlendirmiştir.

İhtiyaç duyulan enerji çeşitlerinden en ilkeli ve en çok gereksinim duyulanı ısı enerjisidir. Bu yüzden üretilen enerjinin büyük bir kısmı ısınma amacıyla tüketilir. Son yıllarda gelişen teknoloji soğutma alanında da ilerlemeler kaydetmiş olmasına rağmen soğutma için ihtiyaç duyulan enerji, ısınma için gerekenden üç kat daha fazladır.

Enerji tüketimi, ülkelerin gelişmişlik düzeyleri ile doğru orantılıdır. Fakat tüketilen enerjiden maksimum faydayı ve ülke ekonomisine en fazla katma değeri sağlamak enerji kullanımının temel ilkesini oluşturmaktadır.

Tüketilen toplam enerjinin yarısından fazlasını ithal eden ülkemizde enerjinin ekonomik kullanımı ve tasarrufu oldukça önemlidir. Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin 1999 verilerine göre (Anonymous, 1997) tüketilen toplam enerjinin %35'i konutlarda kullanılmaktadır. Ekinci ve Eminel (1995)'e göre konutta kullanılan enerjinin %60'ı ise ısınma amaçlı olarak tüketilmektedir.

Fazla yakıt tüketiminin bir sonucu da hava kirliliğidir. Son yıllarda büyük şehirlerimizde başlayan ve hemen hemen tüm illerimizi tehdit eden bu sorunun ana kaynaklarından biri de, yapılarda ısınma amaçlı tükettiğimiz enerjinin kalitesiz ve tüketiminin fazla oluşudur. Her ne kadar kaliteli yakıtlara yönelinirse yönelinsin, hava kirliliği devam edecek sadece hızı kesilecektir. Ancak kullanılan enerji miktarı azaltılırsa soruna kesin çözümler getirilebilir. Aynı ısı kaybıyla daha az yakıt tükettiğimizde de konfor şartları sağlanmayacağından bunun tek çözümü ısı kaybını azaltmaktır.

Dış duvarlar, yapıda en fazla alana sahip olan, dış ortam ile direkt temas halinde bulunmasından dolayı ısı değişimine en çok maruz kalan ve en fazla ısı kaybına neden olan yapı elemanlarıdır. Dağsöz (1995)'e göre yapılarda ısı kayıpları; tek katlı binalarda toplam ısı kaybının %25'i, çok katlı yapılarda ise %40'ı dış duvarlardan kaynaklanmaktadır.

Ülkemiz her ne kadar enerji kaynakları yönünden sınırlı kaynaklara sahipse de yalıtım malzemeleri yönünden oldukça zengin kaynaklara sahiptir. Yapılarda bu kaynakların değerlendirilmesi ile ülke, bölge ve aile ekonomilerine fayda sağlanacağı gibi konfor şartlarının kontrolü sağlanacak ve yapı formunda ısı, nem ve rutubetten kaynaklanan arızalar önlenecektir.

Bu sebeplerden dolayı, Isparta bölgesinde bol miktarda bulunan bimssten üretilen, hafifliğinin yanı sıra yalıtım özelliği bulunan bimsbloklar ile bölgede tamamen bina yalıtımına yönelik olarak üretilen polistren sert köpük levhalarla bölge şartları için dış duvar katmanlaşma alternatiflerinin geliştirilmesi, daha sağlıklı bina imalinin yanı sıra, enerji tüketimi ve hava kirliliği miktarlarını düşürecek ve kullanımının artması üretimi de geliştireceğinden bölgeye ekonomik getiriler sağlayacaktır.

### **1.1. Kuramsal Temeller**

İçinde yaşadığımız yapılarda taşıyıcı sistemlerin değişmesi (yığma yapılardan karkas yapılara geçiş) ve kalınlıklarının azalması bazı yapı fiziği olaylarını da (ısı, su, ses, nem, gürültü vb.) beraberinde getirerek yapısal arızalara yol açmaya başlamıştır. Hem ısının optimum kullanımı hem de yapısal arızaların önlenmesi için yeni malzemeler ve dış duvar detayları geliştirmek gerekmektedir. Ancak yapıda kullanılacak her türlü yapı malzemesinin istenilen bazı şartları sağlaması gerekmektedir. Özellikle duvar elemanlarının mukavemet, hafiflik vb. özelliklerinin yanında ısı ve nem gibi olaylar karşısındaki davranışlarının bilinmesi gerekmektedir (Dağsöz, 1995).

Tüm bu özelliklerinin belirlenebilmesi ve yeterlilik şartlarının sağlanabilmesi için bazı temel tanım ve kavramların bilinmesi ve ısı iletim katsayılarının doğru yöntemlerle tespit edilmesi gerekmektedir. Böylece bina elemanlarından geçiş yapan ısı miktarı azaltılarak enerjinin verimli kullanımı sağlandığı gibi, yapısal arızaların da önlenmesi mümkün olacaktır. Bu sebeplerden dolayı bir çok bilim adamı bu konuyla ilgilenmiş, ısı iletiminin matematiksel modellerini hazırlayıp ısı enerjisini iletim şekillerine göre incelemiştir. Isının optimum kullanımı ve konfor şartlarının sağlanabilmesi için ısı hareketlerinin ve bu matematiksel modellerin veya kısaca ısı iletim prensiplerinin bilinmesi gerekmektedir.

Isı üreten bir varlık olan insan ile, onu çevreleyen yapı kabuğu iç yüzeyleri arasında ışıınım yolu ile sürekli ısı alışverişi gerçekleşir. Soğuk hava koşullarında iç yüzey sıcaklıklarının belli değerlerin altında olması, kişiden ışıınım yolu ile ısı kaybı nedeniyle konforsuzluğa yol açar. İç yüzey sıcaklığı ile, iç hacmin hava sıcaklığı arasındaki fark, konfor koşulları yönünden  $\pm 3$  °C sınırlarında olmalıdır (Eriç, 1982).

Sıcaklık değişimi, yapı elemanında termik şekil değiştirmeye (deformasyon) neden olduklarından, yıpranma olaylarının en belirleyici özelliklerinden birisidir. Yapı kabuğunda artan bir nemlenme istenmediğinden, yapı elemanına giren su buharı diğer taraftan çıkmalıdır. Difüzyon olayı için kritik mevsim olan kış mevsiminde, su buharı hareket yönü içten dışa doğru olduğundan, su buharını yapı kabuğunun iç yüzeyinde engellemek, buna karşın çıkışta dış havaya geçişi mümkün olduğunca kolaylaştırmak gerekir (Kavas, 1997).

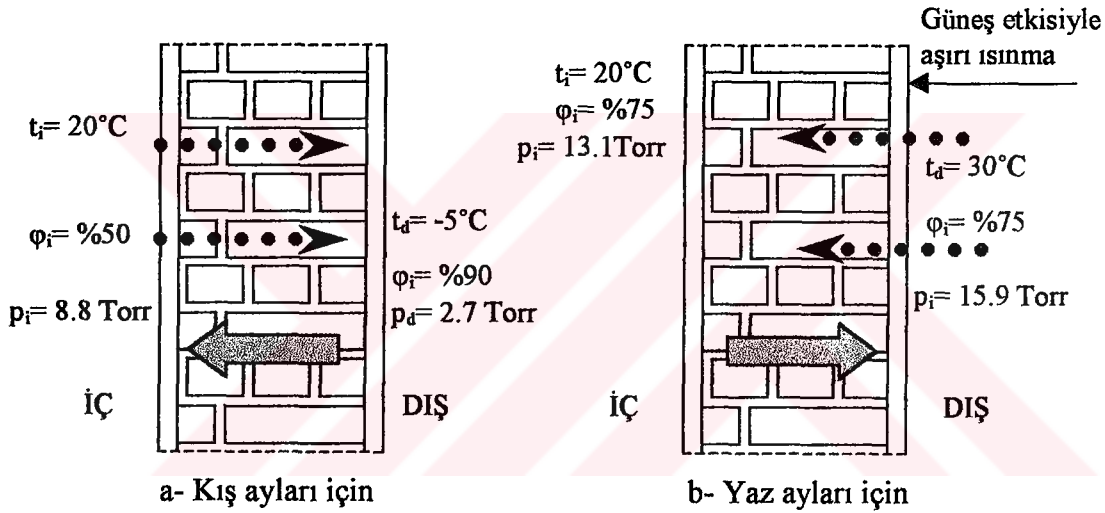
Pratikte de çoğunlukla rastlandığı gibi nem ve ısı etkilerinin ikisi bir arada görülürse yapı malzemesi daha fazla bir etkiye uğrar ve daha çabuk yıpranır.

Soğuk hava ısıtılırsa içindeki nem azalır ve yapıda kuruma başlar, sıcak hava soğutulursa yoğunlaşma suyu oluşması tehlikesini gösterir ve havanın doyma noktası aşılsa daha ciddi durumlar ortaya çıkar.



Dış ortamın sıcaklığı iç ortamın sıcaklığından düşük olduğu takdirde (Şekil 1.1.a) ısı akımı dışarı doğru olur. Su buharı difüzyonu da buhar basıncı farkına bağlı olarak aynı yöndedir. Dış havanın rölatif nemi iç havaninkinden farklı olduğu için duvardaki su, ısıtma sistemi sayesinde buharlaşabileceği ortamın içine doğru ilerler (Orhan, 1996).

Dış ortamın sıcaklığı iç ortam sıcaklığından fazla olduğu ve özellikle güneşten kaynaklanan ( $60^{\circ}\text{C}$ ) aşırı ısınma olduğunda (Şekil 1.1.b), ısının bir bölümü ( $30^{\circ}\text{C}$  kadar) daha soğuk olan dış havaya geri yansıtılır. Buhar basıncı farkı küçük olduğundan su buharı difüzyonu zayıftır. Sıvı nem hareketi de pek büyük olmayan iç ve dış hava nemi kapiler güçlerle belirlenir.



Şekil 1.1. Duvar içinden ısı, nem ve su hareketleri (Özer, 1982).

İç hava nemli ve sıcaksa (oda havasının rölatif nemi dışarıdan büyükse) duvar ters tepki gösterir. Buhar difüzyonu ve kapiler su hareketi aynı yönde hareket eder. Bu durumda dış kaplamanın arkasında kondansasyon yüzeyine nem iletilir ve ara yüzeyde su birikebilir. Bu su hem ısı iletim katsayısını yükselteceği gibi donma sonucu yapı formunda çatlaklara da neden olabilmektedir. Nem alma özelliği olmayan malzemeler, sadece sıcaklığa bağlı form değişikliğine uğrar.

Hava içindeki su buharı miktarı, havanın doymuş su buharı miktarına eşit olacak sıcaklığa kadar soğutulursa doymuş duruma gelir. Su buharı ile doymuş durumdaki hava daha da soğursa içindeki su buharını tutamaz ve en yakın yüzeye su olarak bırakır. Yani su buharının gaz halinden sıvı hale dönüşümü (Kondansasyon) oluşur. Bu olaya yoğuşma, olayın gerçekleştiği sıcaklığa ise yoğuşma sıcaklığı denir. Ancak kondanse su kavramıyla bir konstrüksiyon içinde oluşan su, yoğuşma suyu kavramıyla yüzeyde biriken (görünebilir) su anlaşılmalıdır (Orhan, 1996).

## 1.2. Malzemedeki Isı Geçişi

Isı geçişiyle ilgili konularda uğraşan bilim dalına Isı Geçişi (Isı Transferi) adı verilmektedir (Dağsöz, 1995).

Kullanılan malzemelerin ısı karakteristیکlerinin bilinmesi ısı aktarımında oldukça önemlidir. Her ısıtma soğutma sisteminin tasarımında kullanılan malzemelerin ısı iletim katsayılarının bilinmesi gerekir. Yapı malzemelerinin ısı iletim katsayıları yapıların ısı yüklerini etkiler. Etkili bir yalıtım için malzemenin ısı iletim katsayısına ihtiyaç vardır (Özkaya, 1991).

İletim yolu ile ısı geçişindeki ifadeler cismin levha, silindirik, boru veya küresel formda olmalarına göre değişir. Isı iletim katsayısı Fourier kanuna göre;

$$q_n = -\lambda \frac{\partial \theta}{\partial n} \quad (1.1)$$

ifadesiyle tanımlanır. Bu ifadeye göre birim büyüklükteki yüzeyin normali doğrultusundaki birim uzunluk başına sıcaklık değişimi ile bu doğrultuda geçen ısı miktarı orantılıdır. Orantı katsayısı  $\lambda$  (bazı literatürde  $k$  ile gösterilir) ısı iletim katsayısı olarak adlandırılır ve kcal/mh°C veya W/mK birimindedir (Dağsöz, 1995).

$$\lambda = -\frac{q_x / A_x}{\partial T / \partial x} \quad (1.2)$$

Bu formüldeki  $q_x$ ,  $x$  yönünde birim zamanda iletilen ısı enerjisi,  $A_x$  ısı iletimi  $\partial T / \partial x$  yönüne dik alan ve ısı iletimi yönündeki sıcaklık değişimidir. Denklemin integrali alınarak ısı iletim katsayısı;

$$\lambda = \frac{q_x L}{A_x (T_1 - T_2)} \quad (1.3)$$

şeklinde ifade edilir. Bir katı ortamın ortalama iletkenliği, C (W/m<sup>2</sup>K)

$$C = K/L \quad (1.4)$$

şeklinde tanımlanırsa bu tanım denkleminde kullanılarak C için;

$$C = \frac{d_x}{A_x (T_1 - T_2)} \quad (1.5)$$

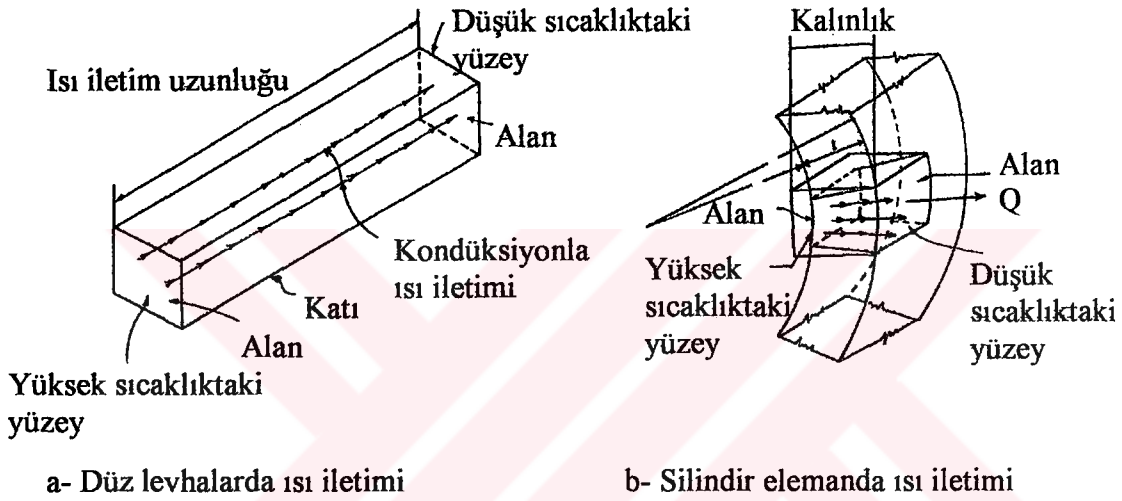
ifadesi elde edilir. Bu bağıntı sürekli rejim şartlarında bir katı ortamın ortalama iletkenliğinin, katının iki yüzü arasında birim zamanda iletilen ısı enerjisinin, katının yüzeylerinin ortalama sıcaklıkları arasındaki farka ve ısı iletimine dik kesit alana bölümüne eşit olduğunu gösterir. Malzemelerin ısı iletim katsayıları denklem 1.3 kullanılarak deneysel olarak belirlenebilir. Çevre sıcaklığında gazlar için gazların kinetik teorisi kullanılarak ısı iletim katsayısı teorik olarak hesaplanabilir. Bazı şartlarda sıvıların ve katıların ısı iletim katsayılarının teorik olarak hesaplanmasında kullanılacak teoriler mevcuttur (Özkaya, 1991).

### 1.3. Isı Geçişinin Teorik Esasları

İki malzeme arasındaki ısısal fark nedeniyle sıcaklık, bir enerji olarak sıcak cisimden soğuk cisme doğru geçer. Isı geçişini elektrik akımına benzetebiliriz. Her iletken akım geçişinde bir direnç gösterirse ısı transferi sırasında her malzeme bünye özelliğine bağlı bir direnç gösterir. Yapı gereçleri ve yapı bileşenleri oluşturan tabakalar kimyasal yapıları, gözeneklilik, yoğunluk, sıcaklık, nemlilik gibi etkenlere bağlı olarak ısıyı farklı miktarlarda yavaş veya hızlı geçirirler. İki malzeme arasındaki ısısal geçirimsizlik malzemelerin bulunduğu ortamlara göre; konduksiyon (ısı iletimi), konveksiyon (ısı taşınımı) ve radyasyon (ısı ışınımı) olmak üzere üç şekilde olur (Eriç, 1982). Problemin cinsine göre bu üç şekildeki ısı geçişi iki ve hatta üçü bir arada olmak üzere de meydana gelebilir (Dağsöz, 1995).

### 1.3.1. Kondüksiyon (Isı İletimi)

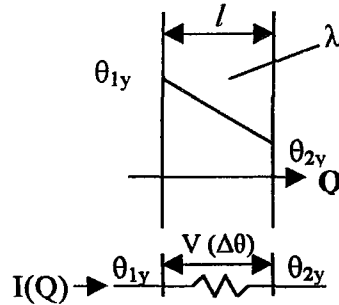
Bir malzemenin yapısı içinde veya bağlantılı bulunduğu farklı ısıdaki bir malzeme ile moleküler yapıdaki kinetik enerji iletişimidir. Özellikle katı cisimlerde, hareket etmeyen sıvı ve gaz akışkanlarda görülür (Eriç, 1982). Malzemenin bünyesi içinde veya temas halinde olduğu, diğer madde arasında, sıcak ve yüksek kinetik enerji sahibi moleküller, kinetik enerjileri daha küçük olan komşu moleküllere, doğrudan moleküller tesiri ile ısı enerjilerini aktarırlar. Şekil 1.2’de belirtilen ısı aktarımına “Kondüksiyon - Isı İletimi” denir (Yavuz, 1994).



Şekil 1.2. Kondüksiyonla ısı iletimi (Strother ve Turner, 1990)

a-) **Tek Levha Hali:** Şekil 1.3’de görüldüğü gibi  $F$  ( $m^2$ ) yüzeyinde olan levhanın yüzey sıcaklıkları  $\theta_{1y}$  ve  $\theta_{2y}$  iseler büyük sıcaklıktaki yüzeyden küçük sıcaklıktaki yüzeye doğru ısı geçişi olur (Dağsöz, 1995).

$$R = \left( \frac{l}{\lambda} \right)$$



Şekil 1.3. Tek levha halinde ısı iletimi (Dağsöz, 1995)

Birim zaman (t saat) sürede geçen ısı miktarı Fourier kanunundan hareketle bulunan ifadesiyle belirlenir. Bu ifadede;

$$Q = \lambda F \frac{\theta_{1y} - \theta_{2y}}{l} t \quad (1.6)$$

$\lambda$	:	ısı iletim katsayısı	(kcal/mh°C) ; (W/mK)
F	:	yüzey büyüklüğü	(m <sup>2</sup> )
$\theta_{1y}$	:	sıcak yüzeyin sıcaklığı	(°C)
$\theta_{2y}$	:	soğuk yüzeyin sıcaklığı	(°C)
l	:	levha kalınlığı	(m)
t	:	zaman	(h)

olmaktadır.

Pratikte duvar, tavan, döşeme ve düz levhalarla kolaylıkla tatbik edilebilen bu ifadeler yardımıyla ısı kaybı hesaplanır. Verilen her iki ifadeye dikkat edilirse elektrikteki  $V=IR$  Ohm kanununa benzetilebilir. Şayet  $F=1\text{m}^2$  alınır ise;

$\Delta\theta = \theta_{1y} - \theta_{2y}$  : sıcaklık farkı gerilme -V-

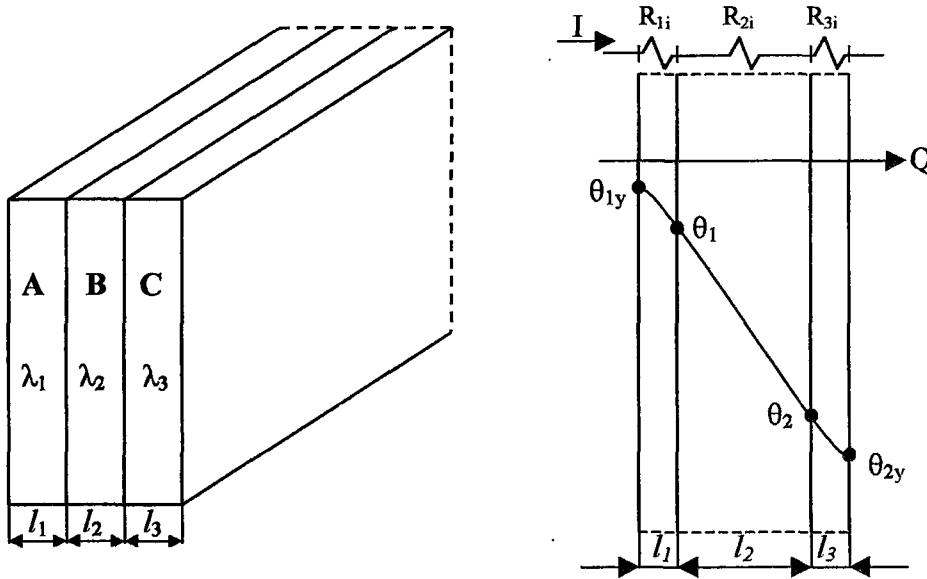
Q : ısı miktarı akım şiddetine -I-

$1/\lambda$  : oranına ise direnç-R-

tekabül etmektedir. Yani  $1/\lambda$  oranı ifadelerimizde bir direnç olarak karşımıza çıkmakta olup Isı İletimi Direnci olarak adlandırılır.

$$\frac{1}{\lambda} = R_i \left( \frac{m^2 h^\circ C}{kcal} \right); \left( \frac{m^2 K}{W} \right) \quad (1.7)$$

**b-) Paralel Levhalar Hali:** Şekil 1.4'de görüldüğü gibi levhalar genellikle yan yana getirilmiş paralel tabakalardan oluşmaktadır. Şayet bu tabakaların ısı iletim katsayıları  $\lambda_1, \lambda_2$  gibi farklı değerde ve tabakalar  $l_1, l_2$  gibi farklı kalınlıkta iseler içlerindeki sıcaklık değişimini gösteren doğrular farklı eğimlerde olacaktır (Dağsöz, 1991; 1995).



Şekil 1.4. Paralel levhalar halindeki ısı iletimi (Dağsöz, 1995)

Bütün levhalar aynı F yüzey büyüklüğünde ve yüzey sıcaklıkları büyükten küçüğe doğru  $\theta_{1y}$ ,  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ,  $\theta_{2y}$  iseler t saat zarfında geçen Q ısı miktarı;

$$Q = \Lambda F (\theta_{1y} - \theta_{2y}) t \quad (\text{kcal}); (\text{wh}) \quad (1.8)$$

Bu ifadelerde;

$\Lambda$	:	toplam ısı geçiş katsayısı	(kcal/mh°C); (W/m²K)
F	:	yüzey büyüklüğü	(m²)
$\theta_{1y}$	:	sıcak yüzeyin sıcaklığı	(°C); K
$\theta_{2y}$	:	soğuk yüzeyin sıcaklığı	(°C); K
$\theta_1, \theta_2$	:	ara yüzey sıcaklıkları	(°C); K
t	:	zaman	(h)

olmaktadır (Dağsöz, 1991; 1995).

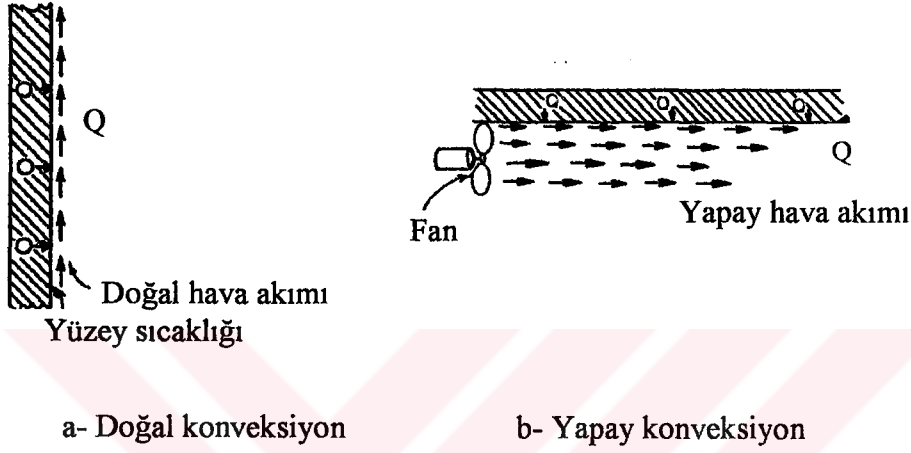
- $\Lambda$ - toplam ısı geçiş katsayısı ise

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{l_3}{\lambda_3} \quad \left( \frac{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}}{\text{kcal}} \right) \quad (1.9)$$

ifadesi ile belirlidir.  $l_1, l_2, l_3$  (m) cinsinden levhanın kalınlıklarını  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  ise (kcal/mh°C) cinsinden levhaların ısı iletim katsayılarını göstermektedir (Dağsöz, 1991; 1995).

### 1.3.2. Konveksiyon (Isı Taşınımı)

Molekülleri serbestçe hareket edebilen, sıvı veya gaz (hava) içinde, ısı enerjileri fazla olan moleküllerin, özgül ağırlıklarının düşük olması sebebiyle yer değiştirmesi, sıvı veya gaz (hava) içinde, ısının bir noktadan başka bir noktaya gitmesini sağlar. Şekil 1.5’de belirtildiği gibi sıcak moleküllerin, daha soğuk moleküllere yer değiştirmesi suretiyle ısının aktarılması olayına “Konveksiyon-Isı Taşınımı” denir.



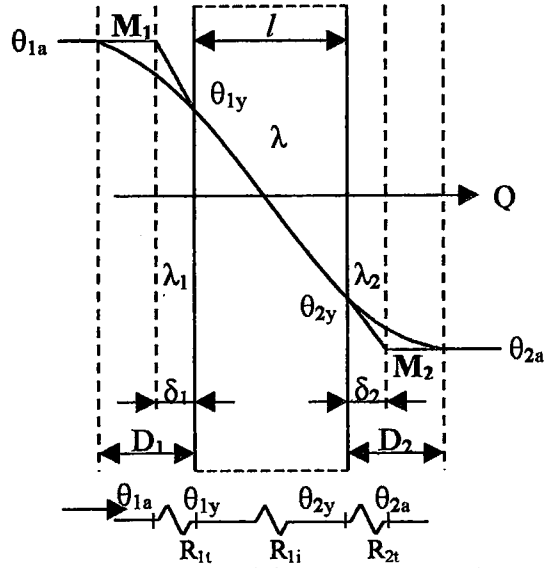
a- Doğal konveksiyon

b- Yapay konveksiyon

Şekil 1.5. Konveksiyonla ısı iletimi (Strother ve Turner, 1990)

Isı taşınım (konveksiyon) katsayısı aşağıdaki şekilde hesaplanır. Levhaların her iki yanında bulunan akışkanlar gaz veya sıvı halde bulunabilir.

Şekil 1.6’da görüldüğü gibi levhanın bir tarafında bulunan  $\theta_{1a}$  ve diğer tarafında bulunan akışkanda da daha küçük  $\theta_{2a}$  sıcaklığında olsun.  $\theta_{1a} > \theta_{2a}$  olduğuna göre ısı geçiş yönü okla belirtildiği gibidir ve  $\theta_{1a}$  sıcaklığındaki akışkan ile temas eden levha yüzeyinin sıcaklığı daha düşük  $\theta_{1y}$  değerindedir. Bu bölgede sıcaklık değişimi de şekilde belirtildiği üzere eğriseldir. Levha içindeki sıcaklık düşmesi ise önceki bölümde izah edildiği şekilde olur. Levhanın diğer yüzeyindeki  $\theta_{2y}$  sıcaklığı ise akışkanın  $\theta_{2a}$  sıcaklığından daha büyük olup bu bölgedeki sıcaklık değişimi de eğriseldir. Levhanın yüzeyleri ile temasta olan akışkanların levha yüzey sıcaklıklarına kadar olan sıcaklık değişimleri  $D_1$  ve  $D_2$  kalınlıklarındaki bölgelerde meydana gelir.



Şekil 1.6. Konveksiyonla ısı iletiminde ısı geçişi (Dağsöz, 1995)

Düsey ekseninde sıcaklık değişimleri Şekil 1.6'da belirtildiği gibi  $\theta_{1y}$ ,  $\theta_{2y}$  sıcaklıklarının buldukları seviyelerden bu eğrilere çizilen teğetlerle  $\theta_{1a}$  ve  $\theta_{2a}$  sıcaklıklarına tekabül eden yatay doğruların kesim noktaları olan  $M_1$  ve  $M_2$  noktalarının yüzeylere olan  $\delta_1$  ve  $\delta_2$  mesafeleri içinde akışkanların hareketsiz oldukları kabul edilebilir. Bu hareketsiz tabakalar katı cisim gibi düşünülürse ve ısı iletim katsayıları da  $\lambda_1$  ve  $\lambda_2$  ise;

$$Q = F \frac{\lambda_1}{\delta_1} (\theta_{1a} - \theta_{1y}) \quad (1.10)$$

$$Q = F \frac{\lambda_2}{\delta_2} (\theta_{2y} - \theta_{2a}) \quad (1.11)$$

$$\alpha_1 = \frac{\lambda_1}{\delta_1}, \alpha_2 = \frac{\lambda_2}{\delta_2} \quad (1.12)$$

ifadeleri yazılabilir. Son ifadelerdeki  $l/d$  oranına Isı Taşınım Katsayısı denilir ve  $\alpha$  ile gösterilir. (Bazı literatürde  $h$  olarak gösterilir.) Bu tarife göre levhanın her iki yüzü için ısı geçişi ifadeleri,

$$Q = F \alpha_1 (\theta_{1a} - \theta_{1y}) \quad (1.13)$$

$$Q = F \alpha_2 (\theta_{2y} - \theta_{2a}) \quad (1.14)$$

şeklinde yazılabilir ve bu ifadeler Newton Soğutma ifadesi olarak adlandırılır. Son iki ifadeye geçen  $Q$  ısı miktarını  $\theta_{1a}$ ,  $\theta_{1y}$  veya  $\theta_{2y}$ ,  $\theta_{2a}$  cinsinden vermektedir. Geçen ısı miktarı sadece  $\theta_{1a}$  ve  $\theta_{2a}$  sıcaklıkları cinsinden,

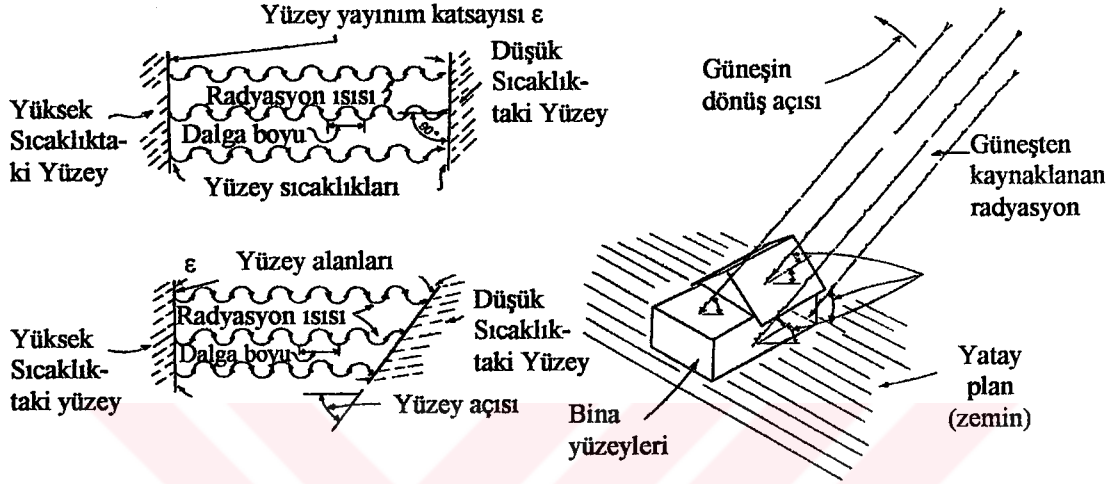
$$Q = F \Lambda (\theta_{1a} - \theta_{2a}) \quad (1.15)$$

ifadesi ile hesap etmek mümkündür (Dağsöz, 1991; 1995).



### 1.3.3. Radyasyon (Isı Işınımı)

Isı enerjisinin herhangi bir ara taşıyıcıya ihtiyaç olmadan (Şekil 1.7), ışınım yoluyla (dalga boyları ışığınkinden daha büyük olan elektro-magnetik dalgalar halindeki ısı geçiş şekline) bir maddeden diğer maddeye nakline “Radyasyon-Isı Işınımı” denir (Dağsöz, 1995).



Şekil 1.7. Radyasyonla ısı iletimi (Strother ve Turner, 1990)

Isı Işınımı (Radyasyon) Eşdeğer Isı Taşınımı Katsayısı ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

Yüzeylerdeki veya akışkanlardaki sıcaklık yükseldikçe ortam aralarında ışınım (radyasyon) yolu ile ısı alışverişi olur. Stephan – Boltzmann kanununa göre;

$T$  : mutlak sıcaklık °K, ( $T = t + 273^{\circ}\text{C}$ )

$C$  : ısı ışınım (radyasyon) katsayısı ( $\text{kcal/m}^2\text{hK}^4$ )

$Q_1$  : saate yutulan veya yayılan ışınım ısısı

olmak üzere,

$$Q_1 = C \left( \frac{T}{100} \right)^4 \quad (1.16)$$

yazılabilir.  $C$  ısı ışınımı (radyasyon) katsayısı,  $\sigma$  Stephan – Boltzmann katsayısı,  $\varepsilon$  yutma (emissiyon) katsayısı olmak üzere;

$$C = \sigma \varepsilon (100)^4 \quad (1.17)$$

(Dağsöz, 1991; 1995)

ifadesiyle belirlidir. Pratikte farklı sıcaklıktaki iki veya daha fazla cisim karşılıklı ve muhtelif geometrilere bulunur. En genel hal olan karşılıklı paralel iki cisim hali gözönüne alınır ve bunların ışıınımı (radyasyon) katsayıları  $C_1$  ile  $C_2$  olmak üzere farklı değerlerde, sıcaklıkları da  $T_1$  ve  $T_2$  ise, aralarında alınıp verilen  $Q$  ısı miktarı;

$$Q_1 = C \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad (1.18)$$

ifadesi ile belirlidir. Son ifadelerdeki  $C$ , her iki cismin  $C_1$ ,  $C_2$  sayılarına bağlı olup,

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_s} \quad (1.19)$$

ifadesi ile belirlidir.  $C_s$  ise siyah cismin ısı ışıınımı (radyasyon) katsayısıdır ve burada,  $C_s = 4.965$  değerindedir.

Bilhassa ısı geçişi problemlerinde sıcaklığın dördüncü kuvvetleri ile orantılı olan terimler olduğu zaman lineer olmayan ifadelerle karşılaşmakta ve çözümlerin çıkartılmaları zorlaşmaktadır. Bu sebeple eşdeğer ısı taşınım katsayıları tarif edilerek çözümler kolaylaştırılır ve daha pratik kullanma imkanı sağlanır.  $\alpha_1$  eşdeğer ısı ışıınım katsayısı ise;

$$\alpha_1 = a.C \quad (1.20)$$

A sıcaklık faktörü bazı literatürlerde tablo olarak verilmiştir. Pratik duvar ve borular için  $C$ ;

$$C = 4 \frac{kcal}{m^2 h^\circ K^4}$$

değeri alması uygundur (Dağsöz, 1991; 1995).

Kondüksiyon ve Konveksiyon'la ısı iletimi madde ile ilgili olup maddenin bünyesinde meydana gelir. Radyasyonla ısı iletimi ise madde ile ilgili olmayıp herhangi bir ara taşıyıcıya ihtiyaç göstermeden meydana gelmektedir.

Bazı durumlarda, ışınsal ısı alış verişi o kadar azdır ki ya hesaba katılmaz ya da iletken ısı transferi içinde yer alır. Işınsal enerji yayılım hızı ise yüzeyin mutlak sıcaklığına bağlıdır (Yavuz, 1994).

Kondüksiyon yolu ile malzemede meydana gelen ısı geçirimsizlik olayında malzemenin ısı geçirimsizliği kalınlığına ( $d$ ) ve kendi iç yapı özelliklerine bağlı ısısal iletkenlik katsayısına ( $\lambda$ ) bağlıdır. Isı iletimi iç yapı ile ilişkili olduğundan, birim ağırlığı az olan malzemelerde ısı iletkenlik katsayısının da düşük olduğu görülür (Eriç, 1982).

Çeşitli malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları nem artışı ile değişikliğe uğrar. Örneğin organik esaslı malzemelerde ısı iletkenlik katsayıları nemin ağırlıkça her %1 artışında %1.25 oranında yükselir. İnorganik esaslı malzemelerde ise %1 nem artışında %32 oranında bir artış göstermesine rağmen nem yüzdesi arttıkça bu değer %6.2'ye kadar düşebilmektedir. Dolayısıyla yapı bileşeni içinde oluşan kondansasyon (yoğuşma) etkisini göz önüne almadan ve bu konuda gerekli hesaplama yöntemlerine başvurmadan, tek başına malzemeler bileşenin ısı kaybını hesaplamak sağlıklı sonuç vermemektedir. Bu yüzden ısı yalıtımı problemlerinde yoğuşma göz önünde tutulması gereken önemli bir etkidir (Eriç, 1982).

Ayrıca ısının iletim yoluyla geçtiği ortamlardaki sıcaklıkların zamanla değişmesi hali Değişken Rejim, sabit kalması hali ise Sabit Rejim olarak adlandırılır. Isı yalıtımının söz konusu olduğu haller genellikle sabit rejim olarak karşımıza çıkar (Yavuz, 1994).

## 2. KAYNAK BİLGİSİ

Kökyar (1962), yapı ve yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayılarını belirlemek için farklı düzenekler kullanmış ve plaka yöntemi için hazırladığı düzeneklerde ölçümler yapmıştır. Dairesel ve kare şeklinde imal edilen bu deney düzeneklerinde farklı yapıya sahip betonun ısı iletim katsayısını ölçüp ısı iletim katsayısının ölçümündeki hatayı  $\pm 0.68$  olarak belirlemiştir. Kökyar'a göre yoğunluk, sıcaklık ve porozite ısı iletim katsayısını etkileyen faktörlerdir. Deneyler sırasında numunenin nemini, dolayısıyla yoğunluğunu kontrol etmenin mümkün olmadığını belirten Kökyar, deneylerinden elde edilen sonuçların gerçek problemlerde kullanılabilirliğinin tartışabileceğini belirtmiştir (Özkaya 1991).

Rogers (1964), yapıyı; konfor gereksinimlerine, iklim ve yer (mekiden) etkilenmelerine, kondansasyon problemleri ve önlenmesine göre incelemiştir. Yapı malzemelerinin ısıl özelliklerinden, ısı yalıtımının maliyetinden, çatı ve tavan yalıtımı tasarımından, duvar ve döşeme yalıtımı tasarımından, saydamlık oranına göre gerekli tasarımdan ve bu tasarımlara ait detaylardan bahsedip, örnekler vermiştir.

Close (1966), binalarda uygulanan ısı yalıtımının amaçlarını belirleyip tarihsel gelişiminden bahsetmiştir. Yalıtım malzemelerini düşük, orta ve yüksek yalıtım özelliklerine göre gruplandırıp özelliklerini belirtmiştir. Yalıtımın yapı maliyetine getirdiği ek maliyeti hesaplayıp ekonomik yalıtımın nasıl hesaplanacağı yaklaşımlarını vermiştir. Yalıtım maliyetinin, her ısıtma döneminde en az %30'unun geri kazanılabileceğini belirtmiştir.

Sertçelik (1969), plaka yöntemi için bir deney düzeneğinin tasarımını ve imalini yapmış ve bu deney düzeneğini kullanarak değişik eğimlerde kompozit malzemelerin ısı iletim katsayılarını belirlemiştir. Sertçelik, numunenin yatayla yaptığı eğim açısı arttıkça numunenin ısı iletim katsayısının arttığını belirlemiştir (Özkaya, 1991).

Turner ve Malloy (1981), ısı transferinin temel ilkelerinden, yapıda yalıtım ihtiyacından, ısı yalıtımının görevlerinden, ısı yalıtımının özelliklerinden, ekonomik ısı yalıtımından, hava ve buhar kesicilerden, ısı yalıtımı için kullanılan malzemelerin özelliklerinden, yalıtım sistemlerinin tasarımından, endüstriyel yalıtım sistemlerinin tasarımından ve yalıtıma ait standartlardan bahsetmiştir.

Southern (1982), dış duvarda uygulanan yalıtım sistemlerinin pratik uygulanması hakkında bilgi vermiştir.

Rees (1982), dış duvarlarda uygulanan yalıtımlardan, tasarım ilkelerinden, detaylarından ve denetiminden bahsetmiştir.

Özer (1982), yapı fiziksel olaylarını tanımlayıp, ısı transferi ile ilgili temel prensipleri ve hesap esaslarından bahsetmiştir. Bir çok farklı duvar kesitini ekonomiklik ve ısı korunumu açısından incelemiştir. Isı korunumunu asgari, tam ve ekonomik olarak gruplandırıp hesaplama metotlarını anlatmıştır. Buhar difüzyonunun önemini, oluşumunu ve engelleme prensiplerinden bahsetmiştir.

Diamont (1986), ısı köprülerinin etkilerinin geniş bir duvar alanına yayılabileceğini ve duvarın ısı geçirme katsayısı değerini yükselteceğini belirtmiştir (Yöntem, 1993).

Brand (1990), yapıda kullanılan malzemelere göre katmanlaşma alternatifleri ve bunlara ait detaylardan bahsetmiştir. Malzemelere ve yapı elemanlarına göre katmanlaşma örnekleri vermiştir.

Strother ve Turner (1990), ısı ve nem transferinin temel ilkelerinden, ısı transferinde iklimin etkilerinden, ısı nedeniyle yapı elemanındaki genişleme ve küçülmelerden, ısı yalıtımının işlevinden, temel özelliklerinden, yapı bileşenlerinde ısı transferi denklemlerinden, konutlarda ısı davranışından ve hesap ilkelerinden, enerji kaybı ve ekonomisinden bahsetmiştir.

LaCosse (1990), dış duvarlarda ve çatıda yoğuşma hesabı yaparak buhar kesiciler hakkında bilgi vermiştir.

McLeister (1990), ısı değişimine maruz duvarların deney metotlarından bahsetmiştir.

Labs (1991), mevsimlere göre dış duvarlar için detaylar ve yapım tekniklerinden bahsetmiştir.

Özkaya (1991), iki numuneli plaka metodu ile yapı ve yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayılarının ölçülmesi için bir deney düzeneği tasarımı ve imalini yapmış, styropor ve camyünü ile yaptığı testlerde sonuçların literatürdeki bilgilere uygunluğunu belirlemiştir.

Ünal (1991), giydirme cephelerin fiziksel ve fiziko-kimyasal problemlerini incelemiş ve problemleri mekanik bağlama, su geçirimsizlik, ısı, akustik, yangın ve dayanım problemleri (prensipleri) olarak incelenmesi gerektiğini belirtmiştir. Bu prensiplerle 6 farklı yapı malzemesi ile inşa edilen giydirme cephelerinin özelliklerini incelemiştir.

Frauenhoffer (1992), tuğladan yapılan dış duvarlar ile pencerelerde ısı taşınımından bahsetmiş, bu elemanlar için uygulamada kullanılan yapı detaylarını inceleyip, problemleri (ısı köprüsü oluşturan) detaylar için çözüm önerilerinde ve tavsiyelerde bulunmuştur.

Hekkanen vd. (1993), binaların ve bina bölümlerinin enerji ekonomisi yönünden gelişimini, 1940 öncesi ahşap çerçeveli evler, 1945-1959 yılları arasında yapılan evler ve 1960 dan sonra yapılan evlerde enerji ekonomisinin gelişimini incelemiştir.

Yöntem (1993)'e göre; inşaat mühendisliği açısından enerji tasarrufu konusunda alınabilecek önlemlerin başında yapıların ısı kayıplarının azaltılması gelmektedir. Isı yalıtımında amaçlananın ise en uygun yalıtım malzemesinin seçilmesi sonucunda daha az yakıt tüketerek ekonomik yönden kazanç sağlamak, hava kirliliği

problemlerinin çözümüne yardımcı olmak ve daha konforlu iç ortamlar oluşturmaktır. Isı yalıtımında başarılı olabilmek için ise, kullanılabilir mevcut malzemeleri tanımak ve bunların ekonomik analizlerinin yapılması gerektiğini belirtmiştir. Bu amaçla Eskişehir'de toplu konut şeklinde inşa edilen çok katlı bir bina için yapılan örnek uygulamada çeşitli yalıtım ve duvar bileşeni malzemeleri seçilerek belirlenen sistemlerde toplam ısı kayıpları ve değişik yakıtlarla mevsimlik yakıt tüketimi hesaplanmış kullanılan yakıtların hava kirleticilik özellikleri ve yalıtım uygulama maliyetleri arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. 19 cm tuğla ile 2 cm'lik polistrenden oluşturulan duvar kesitinin 16 Ocak 1985 tarihli ısı yalıtım yönetmeliğine göre en ekonomik duvar kesiti olarak belirlemiştir.

Ak (1993), ısıtma ve iklimlendirme enerjisi korunumuna bağlı olarak Gümüşhane yöresi için bina kabuğu termofiziksel özellikleri, yönlendiriliş durumu ve bina aralıklarına ait uygun değerler kombinezonları için yaklaşım belirlemiştir. Bu yaklaşım ile mimari dizayn değişikliklerinin ısıtma yüklerini nasıl etkilediğini araştırmış ve uygun bina kabuğu tasarımı için bu parametrelerin göz önünde bulundurulması gerektiğini belirtmiştir.

Dikici (1993)'ye göre; yapılarda kullanılan enerji sektörüne göre %40'lık bir paya sahiptir. Bu oran kış aylarında %70'lere ulaşmaktadır. Yapılacak yalıtım ise yapıya ek bir maliyet getirmektedir. Ancak bu durum yapının kullanım süreci içinde düşünüldüğünde kaçınılmaz bir durumu oluşturmaktadır. Yapılarda ısısal tedbirleri inceleyerek bunların imalat maliyetlerini atırcı olumsuz etkileri ile kullanım maliyetleri üzerindeki olumlu etkilerini karşılaştırmıştır.

Hillemeier (1993)'e göre; doğaya atılan fazla miktardaki CO<sub>2</sub> miktarını azaltmak için yapılarda doğal yollarla veya üretilerek elde edilen enerjinin korunması gereklidir. Bunun için dış duvarlarda ve çatılarda ısı yalıtımı yapılmalı, nem korunması yapılmalı, çatlaklar önlenmeli, bağlantı noktaları ve pencerelerin iyi tasarlanması gereklidir. Yapının gelişimi ve yeni tasarımların yapılması, yaşam ortamlarının geliştirilmesi için bu noktalara dikkat edilmesi gereklidir.



Cadsawan (1993)'a göre; dış hava ile temas halinde bulunan duvarlar, gerekli esneklikte, rüzgara, yağmura, morötesi ışınlara, alkaliye ve mantarlaşıma özelliklerine karşı uygun dirençli olmalıdır.

Stazi ve D'Orazio (1994)'e göre; bina kabuğunun higrotermik davranışı, iklim verileri, kondansasyon ve duvar malzemesine bağlıdır. Farklı tiplerdeki dış duvarların higrotermik davranışlarını incelemiş ve dış duvarlarda havalandırma yapıldığı takdirde kabuğun higrotermik performansının artırılabilirliğini belirtmişlerdir.

Yavuz (1994), yapılarda ısısal ve nemsel kavramları açıklayıp yapı kabuğunda ısı ve nem etkileri ve fonksiyonları tanımlanmıştır. Dış duvar sistemlerinin karşılaması gereken yapı fiziği sorunlarını belirlemiştir. Ayrıca 16.01.1985 tarihli ısı yönetmeliği ısı ve buhar kontrolü açısından her ısı bölgesi için değerlendirilmiş ve bu yönetmeliğin ısı kaybı olarak tutarsız olduğu, buhar difüzyonunu dikkate almadığı ve bunun ısı kaybını ve yapı fiziği sorunlarını arttırdığı sonucuna varmıştır.

Berköz vd. (1995), ısıtma, iklimlendirme ve aydınlatma enerjisi korunumu açısından İstanbul, Ankara, Erzurum, Diyarbakır ve Antalya yörelerine ait yöresel, iklimsel ve dış aydınlık koşullarına bağlı olarak enerji etkin konut ve yerleşme tasarımı yapmıştır.

Can ve Avcı (1995), Bursa bölgesinde farklı yalıtım kalınlıkları için ekonomik analiz, yalıtım - enerji ilişkisi ve hava kirliliğine olan etkilerini inceleyip optimum yalıtım kalınlığı hesabı yapmıştır. Yalıtım maliyetinin, tesisat malzemelerindeki azalma ve enerji tasarrufu ile en çok iki ısıtma mevsiminde kendini karşılayacağını belirtmiştir.

Akalın (1995), Yıldız Teknik Üniversitesi'nin A Blok binasının "Isı Kaybı Azaltılması Etüdünü" yapmış ve mevcut durum ile Bayındırlık ve İskan Bakanlığının 16 Ocak 1985 tarihli yönetmeliğine göre yalıtımın uygulandığı durum arasındaki ısı kayıplarını hesaplamıştır. Yalıtımlı durumda CO<sub>2</sub> ve SO<sub>2</sub> kirlenmesinin az olacağı,



ısıtma tesisatı yatırımı ve yakıt tüketiminde tasarruf sağlanabileceği sonucuna varmıştır.

Sullivan (1995), soğuk iklimli bölgelerde yapılan konutlar için duvar sistemlerinden ve detaylarından bahsetmiştir.

Munsell (1995), bina tipi ve duvar sistemlerine göre dış duvarları incelemiş püskürtülmüş polistrenin (XPS) yararlarından bahsetmiştir.

Aygün ve Kuş (1997)'a göre; yapı elemanları ısı, su, ses yalıtımı, ısı köprüsü, yoğuşma, güneş ışınımı kontrolü, ısı depolama, havalandırma ve yapım kolaylıkları bakımından ele alınmalıdır. Türkiye'de konut binalarında yalıtım işlevlerine bağlı olarak dış kabuk seçeneklerinin belirlenmesi için detay önerilerinde bulunmuştur.

Bayazıt (1997), enerji korunumu ve iklimsel konfor açısından uygun ısı iletim katsayısına göre tasarlanmış kabuk alternatiflerinin ilk yatırım maliyetlerine göre seçilmesinin gerek işletme, gerekse de ilk yatırım maliyeti açısından inşaat maliyetini minimuma düşürmeye yönelik olduğunu belirtmiş ve bu amaçla İstanbul Yeşilköy'deki bir bina için çeşitli yapı malzemeleri arasında maliyet analizleri yaparak kabuk alternatifleri arasındaki farkları incelemiştir. Yapılan tasarımlarda iklimsel konfor ve enerji korunumu açısından yedi farklı alternatifin yeterli olmasına karşılık ilk yatırım maliyetlerindeki farkların %132 arasında değiştiğini belirlemiştir.

Edremit (1997), plastik ve sert gözenekli (polietilen esaslı) yalıtım malzemelerinin fiziksel özelliklerini Türk Standardları'nda belirtilen deney yöntemi ve hesaplamalarına göre belirleyip, bu malzemeler arasında maliyet ve ısı iletim katsayısı karşılaştırmalarını yapmıştır. Polistren malzemenin seçilen diğer yalıtım malzemelerine göre aynı ısı geçirgenlik direnci için daha ekonomik olduğunu belirtmiştir. Yapılan deneyler sonucunda ilgili standartların sınırlılıklarını belirtip çözüm önerilerinde bulunmuştur.

Yılmaz vd. (1997), geliştirilmiş polistrenden yapılmış panellere ait özelliklerden, uygulama şekillerinden, kullanım yerleri ve avantajlarından ve yapım detaylarından bahsetmiştir.

Bryant ve Lume (1997)'e göre; bu gün uygulanmakta olan yalıtım projeleri istenen seviyede değildir. Daha ekonomik çözümler için dış duvar elemanını oluşturan ana kütleden de faydalanmak gerektiğini ve duvar detaylarının daha hassas çözümlenmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Isı köprüsü oluşumunu engelleyen ve detay çözümlerini daha kolay hale getirmek için prefabrik panelden dış duvar tasarımı yapmışlardır. Yalıtımın polistrenle sağlandığı bu detayın ısı yönünden olumlu, binaya monte ederken vinç gerektirdiği için olumsuz olduğunu belirtmişlerdir.

Matsumoto vd. (1997)'ya göre; yapı duvarlarının higroskopik özellikleri yapı iç sıcaklığında, oluşan nemi buharlaşma döneminde dışarı atmada ve yoğuşma oluşmasında önemli bir etkiye sahiptir. Özellikle duvar kesitinde nemin oluşmasından sonra radyasyonla ısı transferinin konveksiyonla ısı transferine yakın olduğunu belirtmişlerdir.

Opitz vd. (1997)'ne göre; dış duvarlarda yapılacak yalıtım ile enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Değişik duvar detayları üzerinde yaptıkları çalışmalarda %60'a varan oranlarda enerji tasarrufunun sağlanabileceğini belirtmişlerdir. Yalıtım ile ısı sistemlerinin gereksinimlerinin ve hava sızıntılarının da azaltılabileceğinden bahsetmişlerdir.

Kavas (1997), ısı yalıtım yönetmeliğinde belirtilen ve güncel yalıtım malzemeleri ile oluşturulmuş saydamsız duvar kesitlerini Erzurum örneği ile inceleyip ısısal konfor açısından değerlendirmesini yapmıştır.

Taylor ve Imbabi (1998)'ye göre; dış duvarlarda kullanılan malzemeler iç ortamdaki konforu ve ısı kayıpları ile doğrudan ilgilidir. Isı yalıtımı ile yapılan enerji tasarrufu ve geleneksel yöntemlerle ısı toplama yöntemleri ile elde edilen enerji miktarlarını hesaplayıp, ısı yalıtımı ile yapılan enerji tasarrufunun daha fazla olduğu sonucuna

varmışlardır. Bu tip çalışmaların, özellikle soğuk iklimlerde yapılan dış duvar tasarımlarının etkin ve ekonomik gelişimini sağlayacağını belirtmişlerdir.

Gedik (1999), yapı dış duvarlarını (opak bileşenler) inceleyerek ısısal konfor yönünden değerlendirmiştir. Çeşitli yalıtım malzemeleri ile Erzurum ili sıcaklık verilerine göre ısı ve yoğuşma hesabı yapıp, soğuk iklimli bölgelerde konfor şartının gerçekleştiren bazı duvar kesitlerinin yoğuşma açısından uygun olmadığını belirtmiştir.

Lynch (1999), polistirenin ekonomik fiyatı ve kolay uygulanabilirliği ve çevreye zararsız olduğundan dolayı çok kullanılan yalıtım malzemesi olduğunu belirtmiş, üretim şekillerine göre polistreni, genişletilmiş ve püskürtülmüş olmak üzere ikiye ayırmıştır. Genleştirilmiş ve püskürtülmüş polistren sert köpüklerin farklı özelliklere sahip olduğunu belirleyip, bunların farklı kombinasyonlarda kullanılabileceğini saptamıştır.

Allder (1999)'e göre; yalıtılmamış dış duvarlar ısı kayıpları için en önemli bölgelerdir. Dış duvarlarda yapılacak ısı yalıtımı ile toplam ısı kaybının %70'inin engellenebileceğini belirtmiştir.

### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. Materyal

Bu çalışmada, Türkiye’de ve Isparta bölgesinde geniş rezervleri olan pomza (bims) madeninden elde edilen ve yapıda duvar elemanı olarak kullanılan bloklar ile son yıllarda üretimi ülkemizde hızla artan ve Isparta bölgesinde üretilmekte olan polistren sert köpükten elde edilen yalıtım levhaları incelenmiştir. Hesaplamalarda bölgeye ait iklim ve sıcaklık verileri kullanılmıştır.

##### 3.1.1. Pomza (Bims)

Pomza veya ponza adı İtalyanca’dan gelir. Değişik dillerde farklı adlandırılır. Almanca’da ise iri taneli olanlara bimsstein, küçük taneli olanlara bims adı verilmektedir. Türkçe’de ise süngertaşı, nasır taşı, topuktaşı, haşır taşı gibi adlarla bilinmektedir (Çankıran, 1998).

Pomza tane boyutlarına göre dörde ayrılır. Bunlar; ortalama tane boyutları 1-3 cm olan pomza (Fransızca’da ponce, İngilizce’de pumice), tane boyutları 4 mm den küçük olan ince pomza (pumicite), volkan bacasından çıkıp uzaklara taşınan pomzanın alt ve üst seviyelerinde pekişmemiş toz halinde olanlara volkanik kül (volcanic cinder) ve volkan bacasından çıkan küllerin, kızgın halde yüzeye düşerek kaynaşması ve katılaşması sonucu oluşan kayalar olan İgnimbirit’dir.

Pomza volkanik bir kayaç türü olup asidik ve bazik karakterli volkanik faaliyetlerle oluşmuştur. Volkan bacasının tıkanması sonucunda oluşan yüksek basınç asidik veya bazik malzeme ile birlikte magmadaki erimiş gazlar büyük patlamalar şeklinde bacadan hızla dışarı çıkarlar. Patlamanın da etkisiyle boşluklu bir yapı kazanarak yüzeye çıkan ürünler, ağırlıklarına göre yatay ve düşey yönde dizilerek pomza yataklarını oluştururlar. Pomza; volkanik malzemenin cinsine göre asidik ve bazik pomza olmak üzere ikiye ayrılır (Şener, 1999).

Volkanik olarak yeryüzüne çıkan magma çözeltilisi, bünyesinde içerdiği yüksek miktardaki flor, klor ve su buharını bünyesinden atarak gözenekli yapıdaki kompleks İgnimbirit petrografik yapıdaki pomza şekillenmektedir. Asidik magma çözeltilisinden şekillenen pomzada silis miktarı %62'nin üzerine çıkmaktadır. Bazik magma çözeltilisinden oluşan pomza oluşumlarında ise silis oranı %56'nın altına düşmektedir. Isparta yöresi pomzalarının kimyasal analiz değerlerine genel olarak bakıldığında, magma çözeltilisinin asidik karakterli olduğu gözlenmektedir (Çankıran, 1998).

Asidik Pomza; Riyolit, Trakit gibi asidik karakterli volkanizma ürünüdür. Büyük yataklar oluştururlar. Silis oranları yüksektir. Renkleri; beyaz, kirli beyaz, gri ve bej'dir. Yoğunluğu 0.5-1 gr/cm<sup>3</sup> arasında değişir. Kayseri, Nevşehir, Bitlis, Van, Ağrı, Kars, Ankara ve Isparta yörelerinde önemli yataklar vardır.

Bazaltik Pomza (Bazik Pomza); Bazik karakterli volkanizma ürünüdür. (Andezit, Bazalt). Silis oranları düşük, demir, kalsiyum ve magnezyum oranları yüksektir. Renkleri; siyah, koyu kahve, kiremit kırmızısı ve bunların tonlarındadır. Yoğunlukları asidik pomzaya oranla fazla olup 1-2 gr/cm<sup>3</sup> arasındadır. Manisa (Kula, Demirci), Van (Çaldıran), Bitlis (Tatvan), Şanlıurfa (Siverek), Mardin (Derik), Kayseri (Tomarza) bilinen bazik pomza yataklarıdır (Şener, 1999).

Pomza ürünleri hafif betonda kullanılıp ortalama yoğunlukları 720-1440 kg/m<sup>3</sup> arasındadırlar. Pomza diğer hafif beton çeşitlerinden daha iyi ısı izolasyonu sağlayan bir malzemedir. Pomza taşı agregası yaklaşık %70 boşluk içermektedir. Doğada incesi, irisinden daha fazla bulunmaktadır. Pomza taşının basınç mukavemeti, kalkerin %5-10'u, elastisite modülü ise %2'si mertebesindedir (Çankıran, 1998).

Pomzanın fazla gözenekliğinden dolayı ısı ve ses geçirgenliği oldukça düşüktür. Sertliği Mohs skalasına göre 5-6'dır. Bünyesinde kristal suyu yoktur. Pomza taşının 24 saatlik su emme yüzdeleri ince agregada %20, iri agregada %30 civarındadır. Bu değerler agreganın sağlandığı yere, granülometrisine, tane biçimi ve yüzey yapısına göre değişir. Normal depolama şartlarındaki nem yüzdesi genellikle su emme kapasitesinin 2/3'ünü geçmez (Şener, 1999).

Pomzanın ülkemizdeki toplam rezervi 2.836.006.584 m<sup>3</sup> olup Isparta yöresinde 30.983.250 m<sup>3</sup> bir rezerve sahiptir (Şener, 1999). Ülkemizde ve dünyada geniş anlamda inşaat sanayiinde kullanılmaktadır. Ülkemizde üretilen pomzanın %90'ı yurt içinde inşaatlarda kullanılmaktadır. Pomza, perlitin kullanıldığı alanların genellikle tümünde kullanılır. Perlit gibi genişletmek için enerji ve yatırım gerektirmediğinden, inşaat sektöründeki kullanımını son yıllarda hızla artış göstermektedir. Genellikle hafif agrega olarak kullanılan pomza, aşındırıcı olarak kullanıldığı gibi, ziraat ve filtre sanayiinde de kullanım alanı bulur. Ülkemizde hafif beton briketlerin imalinde ve Blue-jean kumaşların beyazlatılmasında kullanılmaktadır (Çankıran, 1998).

Pomza örneklerinin makroskobik ve mikroskobik incelemelerine göre, yapısal matrisin bütünü camdan oluşmuş olup yoğun gaz boşlukludur. Cam içersinde kristal ve kristallitlerin bulunduğu ayrıca örneklerin yoğun gözenek içerdiği gözlenmektedir. Örneklerde, feldspat (oligoklas, andezit, sanidin), proksen (ejirin, ojit), amfibol, biyotit ve opak mineraller gözlenmektedir. Örneklerde, başlıca bulunan minerallerden feldspat (oligoklas, sanidin) karlspat ve albit ikizli gözlenirken öz şekilli ve yarı öz şekilli izlenmektedir. Piroksen ve amfibol mineralleri örneklerde daha az oranda bulunmakta olup, öz şekilli ve yarı öz şekilli geliştiği gözlenmektedir (Çankıran vd., 1999).

Isparta bölgesinde, volkanik kayalar olarak değerlendirilen pomza taşı, Gölcük ve yöresinde en altta yer aldığından ilk aşamada lavların sakin bir ortamda yeryüzüne yükseldiği ve kraterin ağzından dışarıya taşıdığı anlaşılmaktadır. İkinci aşamada ise baca içinde çok şiddetli oluşan patlamalar sonucu birden genişleyen gazların etkisiyle küller havaya savrulur ve kültürler ve pomza taşları püskürmüştür. Genellikle kültürlerin içinde ortalama on metre kalınlıkta, bazen de sıkı tüflerin üzerindeki kültürlerin içinde ince seviyeler halindeki pomza taşları 1.0-1.5 cm çapındaki çakıllardan ibaret olup, bir bakıma lapilliler şeklindedir. Bu çakılların püskürme sırasında volkanın bacasından koparıldığı sanılmaktadır. Isparta ve yöresinde çıkartılan pomza üzerinde yapılan araştırmalarda ince madde oranları çok azdır ve bu oranlar standart değerleri aşmamaktadır. Organik madde yok denecek kadar az olup,

boşluklu bir agrega türü olduğu için kısa zamanda çok miktarda su emmektedir. Üretimi sırasında pomza agregasının su emdirilmiş olarak ve tane büyüklüğü belirtilen değerden fazla olan tanelerin kırılarak kullanılması gerekir.

İlk işletme aşaması olarak ocaktan ham pomza elde edilmesi çok büyük yatırım gerektirmez. Ocağın konumu, nitelikleri, cevher yerlerinin belirlenmesi aşamalarından sonra üretime kolaylıkla geçilebilir. En önemli problem pomza içindeki volkanik kayaç parçacıklarıdır. Havuzda yüzdürülen pomza dibe çöken kayaç parçalarından kolaylıkla ayrılabilir. Pomza taşı ocaklardan alınarak üretim yeri olan fabrikaya getirildikten sonra küçük parçalara ayrılmak üzere kırıcılara gönderilir. Kırılan pomzalar sınıflandırılmak üzere eleklerden geçirilerek bimsblok agregası olarak hazır duruma getirilir ve silolara gönderilir. Silolarda hazır bulunan sınıflandırılmış pomza agregası ve bağlayıcı olarak çimentonun su ile homojen olarak karıştırılması için mikser alınır. Meydana getirilen karışım kalıplara vibrasyon ve basınç ile sıkıştırılır. Kalıp içerisinde istenen şekle giren pomza, prizini kazanmak üzere alınarak kamaralara yerleştirilir (Çankıran, 1998).

Bimsblokların ısı iletim katsayısı, üretimde kullanılan bims agregasının boşluk oranına, boşlukların birbirleri ile olan bağlantısına, üretim harcında kullanılan bimsin tane büyüklüğü dağılımına, bağlayıcı ve diğer maddelerin oranına ve preslenme esnasında kullanılan güç ile bims agregasındaki şekil değişimi ile bimsbloğun yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Genel olarak Isparta yöresinden elde edilen blokların ısı iletim katsayısı Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Bimsbloğun üretim boyutları ve ısı iletim katsayıları (Gündüz vd., 1998)

Ürün	Ebatlar	Birim hacim kütle (kg/m <sup>3</sup> )	Isı iletkenlik değeri (kcal/mh°C)
Tek sıra boşluklu Bimsblok	15x39x18.5	0.7-0.8	0.21-0.23
	19x39x18.5		
İki sıra boşluklu Bimsblok	10x39x18.5	0.8-0.10	0.19-0.22
	15x39x18.5		
Üç sıra boşluklu Bimsblok	19x39x18.5	0.9-0.10	0.17-0.21
	25x39x18.5		
Bims tuğla	8.5x19x19	0.8-0.9	0.23-0.26
	13.5x19x19		



### 3.1.2. Polistren (Polistren Sert Köpük)

Polistren, en eski sentetik reçinelerden biridir. Üretim hacmi bakımından polietilen ve vinillerden sonra üçüncü sırayı alan plastik malzemedir. Bu malzemenin ticari üretimi yaklaşık 1937 yılında Dow Chemical Co. tarafından başlatılmıştır. II. Dünya savaşı süresince çeşitli stren türevleri ve kopolimerleri piyasaya çıkarılmıştır. Stren reçineleri, %99.5 saflıkta stren, paslanmaz çelik bir kaptan 80-85°C sıcaklığa kadar ısıtıldığı zaman, 40-60 saatlik sürede %35-40 dönüşüm sağlayan polimerleşme oluşur. Vizkoz çözelti sıcaklığı 200°C ye kadar yükselen bölümlere sahip bir kulede, yukarıdan aşağıya doğru geçilir. Bunun sonucunda dönüşmemiş monomer kulenin baş kısmından ve erimiş haldeki polimer de taban kısmından alınır. Haddelenmiş ürün soğutulur ve granül hale getirilir (Shreve ve Brink, 1985). Bu sentetik yalıtım malzemelerin avantajı sıkı hücre yapıları, dezavantajları ise, işletme sıcaklıklarının ve kimyasal etkilere karşı dirençlerinin düşük olmasıdır (Anonymous, 1997).

Polistren, genişleme kabiliyetine sahip maddeler içeren Stren polimerizasyon ürünüdür. Polistren parçacıkların kuvvetli bir şekilde şişirilmeleri sonucu sert bir köpük malzemesi elde edilir ki buna "Polistren Sert Köpük" denir (Edremit, 1997). Genleşme ya da püskürtme yolu ile imal edilir.

Püskürtülmüş polistren köpüğü; polistrenin basınç altında püskürtme makinasında kaynatılmasıyla imal edilir. Bu karışım atmosferik basınçta genişlemenin yapıldığı bir deliğe basılır. Buna püskürtülmüş polistren (extrude polystyren-XPS) denilmektedir.

Genleştirilmiş polistren; buhar yada sıcak su içinde genleştirilmiş olan polistren taneciklerinden imal edilir. Elde edilen polistren tanecikleri kullanım amacına göre biçimlendirmek üzere preslenir. Buna ise genleştirilmiş polistren (expanded polystyren-EPS) denir (Anonymous, 1997).

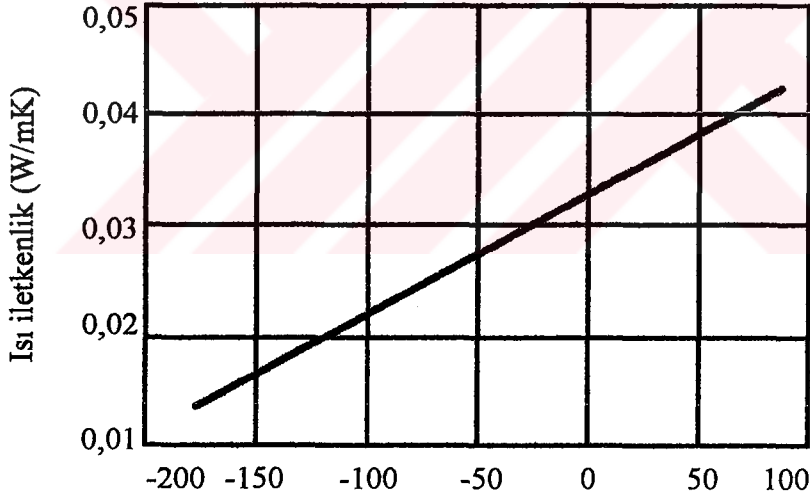
Bunun yanında standart köpük, zor alev alan köpük, doymuş karbonhidratlara dayanıklı köpük, zor alev alan ve doymuş karbonhidratlara dayanıklı köpük ve renkli köpük şeklinde kimyasal katkılı çeşitleri de bulunmaktadır.



Polistren piyasaya yuvarlak veya çubuk şeklinde arz edilir. Yuvarlak şekillilerinin çapı 0.2-0.3 mm arasında değişir, çubuk şeklinde olanların ise uzunluğu takriben 2.5 mm, çapı 0.6 mm dir. Polistren genellikle ön şişirme, dinlendirme ve son şişirme olarak üç safhada işlenmektedir. Çeşitli polistren köpük grupları mevcuttur. Her bir grupta bulunan tipler tane büyüklüğü, işlenme özellikleri ve kullanma maksatlarına göre değişiklik gösterir (Edremit, 1997). Bina yalıtımında kullanılan polistren sert köpük madde ise piyasaya 100x50 cm'lik levhalar halinde arz edilmektedir.

Sıcaklığa karşı maksimum dayanımı sıcaklığın süresine ve derecesine bağlıdır. Kısa süreli olarak 100°C'ye kadar dayanıklı olmasına karşın (Şekil 3.1), uzun sürede yoğunluğa bağlı olarak 75-85°C'ye kadar kullanılabilir (Yılmaz vd., 1997).

Yanıcı bir malzeme olan polistrenin kolay alev almaması için özel katkıları kullanılır. Polistren, soğutucularda, soğutma tesislerinde ve binalarda yalıtım malzemesi olarak kullanılır (Anonymous, 1997).

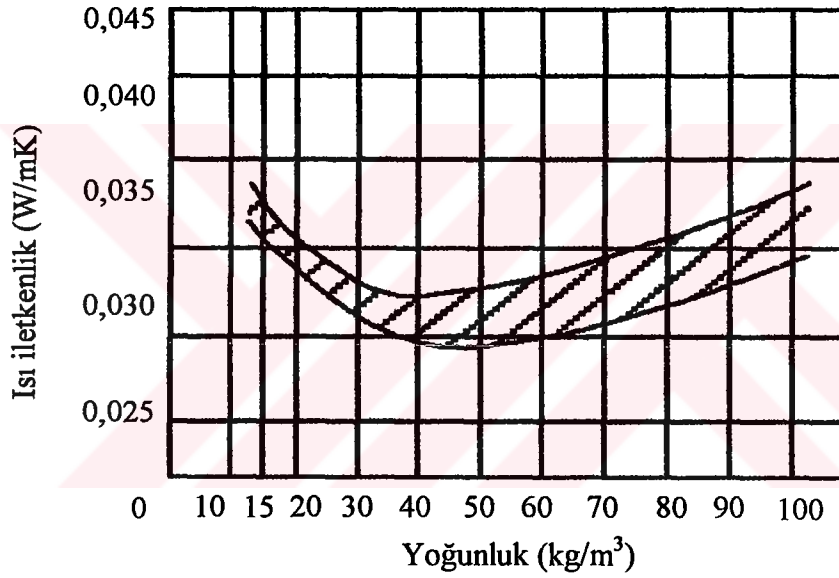


Şekil 3.1. EPS'nin sıcaklık farkına göre ısı iletkenliği (20 kg/m<sup>3</sup>) (Anonymous, 1995)

Hareketsiz haldeki hava son derece düşük ısı iletkenliği olan bir maddedir. Polistren'den mamul köpük maddeleri ise takriben %98 hacminde havadan oluşur. Geniş çaptaki sıcaklığın iletilmesini sağlayacak olan madde (köpük iskeleti) toplam hacmin %2'sini teşkil etmektedir. Kaldı ki köpüğün iskeletini teşkil eden polistren maddesi ise oldukça az iletken bir maddedir. Polistren köpük maddesi 0.01-0.1 mm

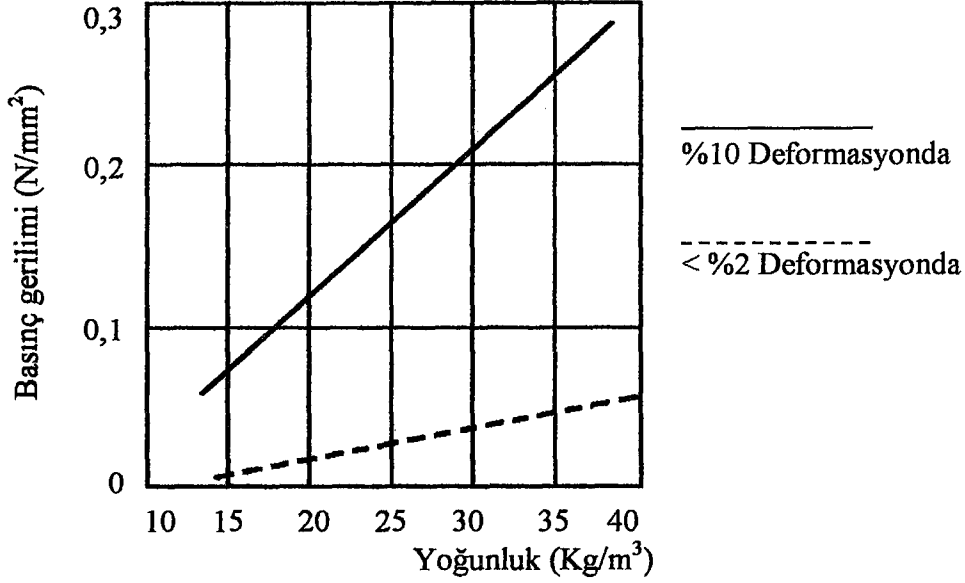
çapındaki çok küçük kapalı hücrelerden meydana geldiğinden hava hareketi ile iletilen sıcak veya soğuk her bir hacmin küçüklüğü oranında azalır, dolayısıyla yalıtım tekniği yönünden gayet uygun bir yapıya sahiptir. Isı ışınları en iyi şekilde üst üste gelmiş tabakaların sayısındaki fazlalık ile önlenir. Her şeyden önce dikkati çeken husus polistren köpük maddesi yoğunluğunun azlığıdır.

Ön şişirme işlemlerindeki çeşitli metotlarla elde edilen köpük maddelerinin ağırlığı 10-100 kg/m<sup>3</sup> arasında değişir. Isıl iletkenlik değeri de üretim yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir (Şekil 3.2). İnşaatlarda genel olarak 10-30 kg/m<sup>3</sup> ağırlığında olan standart köpük malzemesi kullanılmaktadır (Edremit, 1997).



Şekil 3.2. EPS'nin yoğunluğa göre ısı iletkenliği (+10 °C'de) (Anonymous, 1995)

Diğer maddelere kıyasla son derece düşük olan yoğunluğu dikkate alındığında polistren'den mamul köpük maddesinin önemli derecede basınca dayanıklı olduğu görülür (Şekil 3.3). Basınç mukavemeti ve ısı altında şekil koruma mukavemeti (Çizelge 3.2) artan yoğunluk ile paralel olarak yükselir (Edremit, 1997).



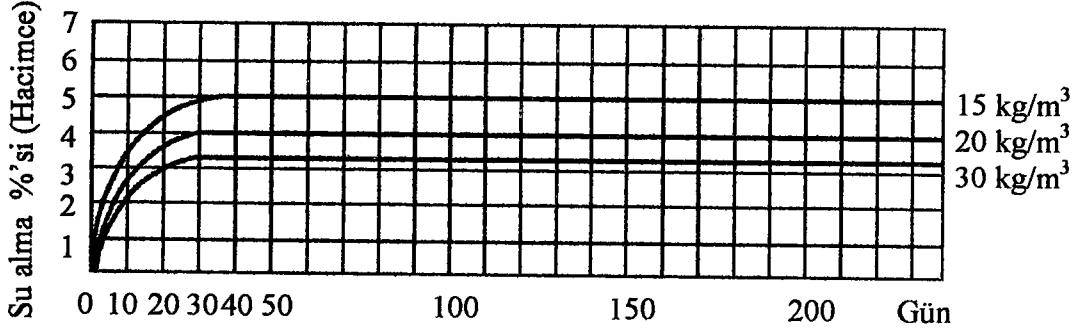
Şekil 3.3. EPS'nin yoğunluğa ve %2-%10 deformasyona göre basınç dayanımı (Anonymous, 1995)

Çizelge 3.2. Polistrenden mamul maddelerinin fiziksel özellikleri (Edremit, 1997)

Özellik	Birim	Polistren		
		15	20	30
Hacim ağırlığı	Kg/m <sup>3</sup>	15	20	30
Basınç gerilimi	Kpa	60-100	100-140	180-250
Makaslama mukavemeti	Kpa	470-540	600-800	850-1200
Bükülme mukavemeti	Kpa	(1.7-2.2)10 <sup>6</sup>	(2.5-3.0)10 <sup>6</sup>	(4.2-5.0)10 <sup>6</sup>
Çekme mukavemeti	Kpa	(1.7-2.4)10 <sup>6</sup>	(2.5-3.2)10 <sup>6</sup>	(3.7-5.2)10 <sup>6</sup>
Kısa süreli	°C	100	100	100
Uzun süreli 500 Kg/M <sup>2</sup>	°C	85	85	85
2000 Kg/M <sup>2</sup>	°C	75-80	80-85	80-85
Su buharı sızdırma derecesi 3 cm kalınlığında plaka, 20°C'de %85 oranındaki hava neminde	g/m <sup>2</sup> h	1.5	1.0	0.6

Genleştirilmiş polistren, çimento, beton, kireç, ahşap ve metal gibi malzeme ve bileşenlerine karşı tepkisizdir. Sıvadan ve betondan etkilenmezler. Polistreni meydana getiren stiren, suda çözülme ve erimeyen bir yapıda olduğundan gözeneklerin çeperleri suyu geçirmez. Fakat gözenekler birbirine iyi kaynayıp

yapışmamışsa gözenek aralarına az bir miktar su sızabilir (Şekil 3.4). Akışkan haldeki suya karşılık havada bulunan nem, buhar basıncı yoluyla malzemeye nüfuz edebilir, gerekli soğukluğa inince kondansasyona uğrayarak yoğunlaşır ve akışkan su haline dönüşür (Yılmaz vd., 1997).



Şekil 3.4. Çeşitli yoğunluktaki EPS'nin tamamen suya batırılmış olarak hacimce su alma miktarları (Anonymous, 1995)

Polistrenin gerek işlenmesinde, gerekse köpük maddesinin kullanmasında sağlığa zarar verecek bir durum ortaya çıkmamıştır ve bu madde, böcekler tarafından besin maddesi olarak yenmediği gibi mantarlar ve bakteriler için de müsait bir yaşama ortamı teşkil etmez (Edremit, 1997).

Polistrenden elde edilen köpük maddeleri çok çeşitli yerlerde kullanılır. İnşaatlarda; duvarlarda, tavanlarda, çatılarda prefabrik inşaat elemanlarında sıcağa karşı yalıtım maddesi olarak polistrenden yapılmış köpük maddesinin en büyük kullanma alanını teşkil eder. Diğer kullanma alanı olarak ses yalıtımı, dekoratif tavan plakları ve beton kalıplarında boşluk elemanı özellikle sayılabilir. Ön şişirmeye tabi tutulmuş olan polistren hafif beton ve hafif tuğla imalinde kullanılır. İnşaatlarda kullanılma sebebi sıcağa ve soğuğa karşı önleyici etkisidir.

Isı yalıtımı duvar içi, duvar dışı ve iki duvar arasında olmak üzere üç şekilde yapılabilir. Düz damlar zaman zaman yüke maruz kalabilir. Bu da sadece dam kaplamasının altındaki yalıtım maddesinin sağlam olması halinde gerçekleştirilebilir. Bu nedenle düz damlarda en az 20 kg/m<sup>3</sup> yoğunluklu sert köpük maddesi (styropor) kullanılmalıdır. Özellikle yüksek mekanik zorlamalara maruz düz damlarda örneğin sanayi yapılarındaki düz damlarda bu noktaya dikkat edilmelidir.

Soğutma tekniğinde polistren köpük maddesi soğuk hava depolarının her türlü soğutucularının frigorifik vagon, gemi ve kamyonların ve boruların yalıtımında mükemmeliyetini ispatlamıştır.

Soğuk hava depolarının, boruların, kapların, apareylerin sığağa karşı yalıtımında ekonomik sebeplerden dolayı makul bir yalıtım tabakası kalınlığı ile sığağın nüfuz etmesine karşı mümkün merteye yüksek bir mukavemet elde edebilmek çok önemlidir.

Bu sadece yüksek değerli yalıtım maddelerinin kullanılması sayesinde gerçekleşebilir. Bu sebeple polistrenden mamul sert köpük tabakaları daima yalıtım tabakatında tercih edilmiştir (Edremit, 1997).

Isparta yöresinde geliştirilmiş polistren (EPS) üretimi yapılmakla beraber, piyasaya levha halinde ve inşaat sektöründe kullanım amacıyla sunulmaktadır. Ayrıca dekoratif amaçlı ve ambalaj işleri için az da olsa üretim yapılmaktadır. Üretim yoğunluğu 10-30 kg/m<sup>3</sup> arasında olup üretim şekli 10-12, 12-14, 14-16, 16-18, 18-20, 20-22, 22-24, 24-26, 26-28, 28-30 kg/m<sup>3</sup> lük gruplar şeklindedir. Üretim kapasitesi günlük ortalama 100 m<sup>3</sup> olup şu anda yaklaşık günlük üretimi 20 m<sup>3</sup> dür. Üretim boyutu 400x100x50 cm olup sıcak tel düzeneği kullanılarak (minimum 1 cm) istenilen kalınlıklarda piyasaya arz edilebilmektedir.

Türkiye'deki polistren ısı yalıtım malzemelerinin tüketimi 1995 verilerine göre; geliştirilmiş polistren (EPS) 550.000 m<sup>3</sup>, püskürtülmüş polistren (XPS) 50.000 m<sup>3</sup> dir (Turan, 1995).

### **3.1.3. Isparta'ya Ait Veriler**

Isparta Nisan 1998 tarihli TS 825'e göre 3. Derece Gün Bölgesinde bulunmakta olup Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden (Enlem 30° 33' doğu, Boylam 37° 45' kuzey) alınan Isparta'ya ait aylık minimum-maksimum sıcaklık ortalaması Çizelge 3.3'de ve aylık nem ortalaması Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Isparta iline ait yıllara göre aylık maksimum ve minimum sıcaklık ortalamaları

	Ocak		Şubat		Mart		Nisan		Mayıs		Haziran		Temmuz		Ağustos		Eylül		Ekim		Kasım		Aralık	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1990	11.9	-11.8	14.6	-7.4	20.8	-7.0	26.6	-1.7	31.0	0.2	32.0	4.8	35.6	13.5	32.8	10.4	32.0	4.0	29.2	-1.7	24.6	-5.2	14.2	-6.6
1991	12.7	-13.0	14.9	-14.6	25.2	-4.4	23.2	0.8	26.2	2.0	33.6	4.5	34.6	11.2	34.4	10.4	32.4	6.9	30.2	-3.4	17.8	-3.8	8.0	-9.3
1992	7.0	-10.7	10.2	-14.8	16.0	-5.8	23.8	-1.6	25.6	1.0	30.2	9.6	33.2	8.8	34.2	11.8	33.4	2.8	30.0	1.6	23.4	-7.2	11.5	-10
1993	8.8	-11.9	11.2	-10.7	20.4	-5.0	26.8	-3.4	29.4	3.8	35.0	7.8	35.0	10.4	35.0	10.2	32.1	6.4	28.0	2.2	23.8	-5.8	12.5	-5.5
1994	14.9	-5.6	14.8	-8.0	19.2	-6.1	25.9	2.0	32.0	3.2	33.0	8.2	34.0	11.6	36.6	11.6	34.0	9.2	29.3	2.6	22.0	-8.0	13.0	-9.2
1995	13.0	-8.4	17.0	-5.0	18.4	-3.8	22.0	-1.6	30.2	1.4	33.0	9.0	32.0	13.0	33.4	10.4	32.0	5.6	24.4	-0.2	17.0	-11.5	12.1	-7.0
1996	8.9	-13.0	14.0	-7.5	17.3	-3.3	22.4	-1.2	29.3	6.0	35.0	7.6	37.0	11.4	34.8	12.0	30.2	3.4	27.3	-2.4	20.0	-2.4	14.0	-2.4
1997	13.0	-7.0	13.6	-13.5	14.9	-8.0	21.6	-7.7	29.7	5.0	34.8	6.4	34.6	11.6	32.0	10.2	29.6	5.0	24.3	3.3	19.0	-1.9	13.7	-8.2
1998	13.4	-8.3	16.0	-5.4	18.0	-7.9	27.4	-1.0	25.6	4.8	33.0	8.8	35.6	11.6	35.8	14.2	33.0	7.0	29.5	0.7	22.7	-1.0	13.8	-6.5
1999	12.4	-5.2	14.0	-7.2	19.0	-3.0	23.6	1.4	29.0	4.8	30.7	9.6	35.0	11.6	36.5	10.6	31.0	8.0	30.1	3.4	20.4	-6.0	14.6	-6.4
Ort.	11.6	-9.5	14.1	-9.4	18.9	-5.4	24.3	-1.4	28.8	3.2	33.0	7.6	34.7	11.5	34.6	11.2	32.0	5.8	28.2	0.6	21.1	-5.3	12.7	-7.1

### 3.2. Metot

#### 3.2.1. Isı İletim Katsayısının Tespiti

Isı iletim problemlerinin çözümünde bilhassa endüstride, ısıtma-havalandırma ve soğutma tekniğinde pratik hesaplar için çeşitli malzemelerin, özellikle ısı yalıtkanların ısı iletim katsayılarının bilinmesi birinci derecede önem taşır. Memleketimizde çeşitli inşaat malzemeleri ve ısı yalıtkan malzemeleri geliştirilmektedir. Isıl hesaplarda, bu malzemelerin benzerleri için yabancı literatürde verilmiş olan ısı iletim katsayısı değerini kullanmak hatalı sonuçlara götürebilir. Bu bakımdan her yeni malzemenin yoğunluk, vizkozite, özgül ısı, ısı iletim katsayısı gibi fiziki özelliklerin tayini gerekir. Isı iletim katsayısının mutlak değeri veya ısı iletim katsayısı bilinen standart bir malzemenin ısı iletim katsayısına göre göreceli değeri ölçülür. Isı iletim katsayısının ölçülmesinde çeşitli yöntemlerden hangisinin kullanılacağı denenecek malzemeye ve beklenen hassasiyet derecesine bağlıdır (Kakaç, 1998).

Literatürde katıların ısı iletim katsayılarının belirlenmesi için pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda farklı yöntemler kullanılmıştır. Kullanılacak deney metodu ısı özelliği belirlenecek maddenin şekline ve ölçüm hassasiyetine göre değişmektedir. Katı cisimler için en önemli ve en çok kullanılan metotlar ise; Koruyucu Isıtıcı Levha Yöntemi, Küresel Zarf, Silindirik, Geçici Rejim ve Plaka Yöntemi'dir.

Bu çalışmada, ilgili Türk Standartlarının kabul ettiği deney sistemi olan Plaka Yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin en büyük avantajları; yapımının kolay olması, kullanılan numunelerin küp şeklinde olması ve ölçüm işlemlerinde yatayla tam paralellik sağlanabilmesidir. En büyük dezavantajı ise, numunelerin nemli durumda ısı iletkenliklerinin belirlenememesi ve kondisyonlamaya ihtiyaç duyulmasıdır.



### 3.2.1.1. TS 388'e Göre Isı İletkenliğinin Tayini

Bu standart, plakalı deney cihazı ile düz levha halindeki homojen veya homojene yakın gözenekli, lifli, taneli, bir veya çok tabakalı numunelerde ısı iletkenlik ve ısı geçirgenlik tayinini kapsar. Isı iletkenliği 2 kcal/mh°C (2.3 W/mK) den büyük malzemeler bu standart kapsamı dışındadır. Yapıdaki uygulama için ısı iletkenliği ve ısı geçirgenlik direncinin saptanmasında TS 415 göz önünde tutulmalıdır.

Bir numunenin birim ağırlığı her noktasında aynı ise numune kütle olarak homojen kabul edilir. Bu, ölçüm hataları sınırlarında kalmak şartı ile numunenin her noktasındaki birim ağırlığının, ortalama birim ağırlığına eşit olması gerekir.

#### a-) Deney cihazları

Plakalı deney cihazında kenar boyu 500 mm olan kare ısıtıcı plaka vardır. Yeterli derecede homojen malzemelerde daha küçük ısıtıcı plakalarda kullanılabilir. Kenar boyu 120 mm'den az olmamalıdır (Şekil 3.5).

Isıtıcı çemberin genişliği ısıtıcı plakanın kenar boyutunun en az 1/4'ü olmalıdır. Bu genişlik genellikle 125 mm dir. Isıtıcı çember ile ısıtıcı plaka arası kenar boyutu 500 mm olan cihazlarda genellikle en fazla 5 mm, daha küçük ısıtıcı plakalı cihazlarda en fazla 2 mm olmalıdır.

Soğutucu levha, ısıtıcı, ısıtıcı levha ve ısıtıcı çemberi örtecek ölçüde olmalıdır. Isıtıcı plaka olarak ısı iletkenliği yüksek malzemeler olmalıdır (örneğin bakır, hafif metaller gibi). Isıtıcı ve soğutucu plakaların yüzeyleri ışımaya katsayısı en az 0.8 olacak şekilde işlem görmelidir. Isıtıcı plaka ve ısıtıcı çember elektrik enerjisi ile ısıtılmalıdır.

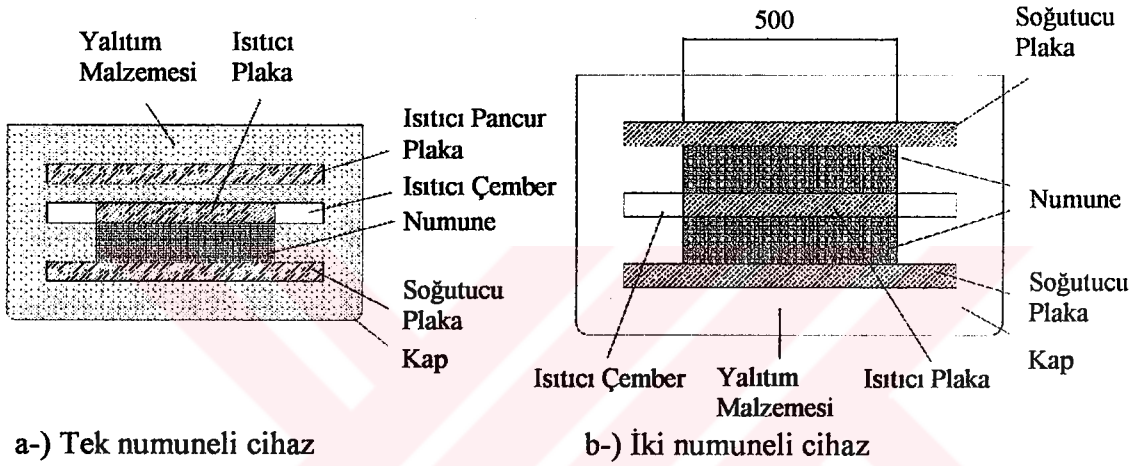
Sıcaklık ölçümü termometreler ve direnç termometreleri ile yapılmalıdır. Sayıları ve yüzeye dağılımları numunenin büyüklüğüne ve homojenliğine göre değişir (TS 388, 1977).



Sıcaklık Ölçme Düzeni;

- a-) Numunelerin her iki yüzünün yüzey sıcaklığını,
- b-) Isıtıcı plaka ve ısıtıcı çember arasındaki sıcaklık farkını,
- c-) Bir numuneli cihazlarda ayrıca ısıtıcı plaka serbest yüzü ile ısıtıcı panjur plaka arasındaki sıcaklık farkını saptayacak şekilde olmalıdır.

Plaka halindeki numunelerin ısı iletkenliğinin saptanması, plaka deney cihazlarında, numunelerde kararlı durumdaki ısı akımının ve sıcaklık farklarının ölçülmesi ile yapılır.



Şekil 3.5. Tek numuneli ve iki numuneli cihaz (TS 388, 1977)

### b-) Numuneler

Numunelerin kenar boyutları en az ısıtıcı plakanın kenar boyutlarında olmalıdır. Bu boyut genellikle 500 mm'dir. Bu takdirde numuneler 125 mm'den kalın ve 10 mm'den daha ince olmamalıdır. Daha küçük ısıtıcı plakalı cihazlarda ölçüler Çizelge 3.6'ya uygun olmalıdır.

Çizelge 3.6. Numune Ölçüleri (TS 388, 1977)

Isıtıcı Plakanın Kenar Uzunluğu (mm)	Numunenin En Büyük Kalınlığı (mm)	Numunenin En Küçük Kalınlığı (mm)
200	20	5
120	10	5

Levha halindeki numunelerin yüzeyleri pürüzsüz, düzgün ve birbirlerine paralel olmalıdır. Numune levhalar cihazda desteksiz olarak tabakalanmalıdır.

Deneyden önce numuneler normal atmosfer basıncı altında değişmez ağırlığa kadar 105°C sıcaklıkta kurutulmalıdır. Değişmez ağırlık hali ağırlıkça numunenin 105°C kurutma sıcaklığında 6 saatlik bir süre içinde %0.2 den az bir değişme göstermesi veya bir kurutma maddesi (örneğin silikajel) üzerinde yeterli bir ön kurutmadan sonra 40°C kurutma sıcaklığında veya müsaade edildiği takdirde 35 saatlik vakum uygulamasıyla ağırlıkça değişimin %0.1'den az olmamalıdır.

Bitkisel yalıtım malzemeleri, kuru ağırlığının (m) saptanmasında numunenin tartılmadan önce havanın nemini alması nedeniyle önemli hatalar olabilir. Numune doğrudan doğruya kurutma dolabından tartıma alınamıyorsa, bir desikatör içinde soğutulmalıdır.

Deney sırasında numunelerin olabildiği kadar havadan az nem almaları sağlanmalıdır (Örneğin buhar kesici bir tabaka ile örtülmeleri gibi). Deney sonrası numuneler tartılarak nem miktarlarının Çizelge 3.7'deki en yüksek değeri aşp aşmadığı kontrol edilmelidir. Bu durum varsa deney yeniden kurutma yapılarak tekrarlanmalıdır. En yüksek nem miktarı daima Çizelge 3.7'deki verilen pratik nem miktarlarından küçük olmalıdır. Zorunlu halde Çizelge 3.7'deki değerler içinde kalmak kaydı ile numuneler havada kurutularak da deney yapılabilir.

### **c-) Numunelerin Cihaza Yerleştirilmesi**

Numune levhalar cihaza yerleştirilmeden önce tartılmalı ve ölçülmelidir. Ortalama bir değer için yeterli sayıda deney yapılmalıdır. Isıtıcı ve soğutucu plakalar ile numuneler arasında hava tabakası kalmasından mutlaka kaçınılmalıdır. Isıtıcı ve soğutucu plaka yüzeylerinin numune yüzlerine tam değmediği hallerde, arada kalan hava tabakaları özel ara tabakalarından yararlanmak suretiyle ölçülür (Örneğin 2 mm kalınlığında doğal yumuşak kauçuk tabakaları gibi) (TS 388, 1977).

Çizelge 3.7. Yapı ve yalıtım malzemeleri deneyinde müsaade edilebilecek en çok nem miktarları ve pratik nem miktarları (TS 388, 1977)

Sıra No.	Malzeme Cinsi	Müsaade Edilebilecek En Çok Nem Miktarı		Pratik Nem Miktarı	
		Hacimce <sup>1)</sup>	Ağırlıkça	Hacimce	Ağırlıkça
		n <sub>v</sub> %	n <sub>g</sub> %	n <sub>v</sub> %	n <sub>g</sub> %
1	Tuğla	0.5	-	2	-
2	Beton; Agregası dolu beton (yoğun) veya agregaları boşluklu (ince agregası olmayan) agregası; Çakıl, curuf, bims, yüksek fırın curufu, tuğla kırığı, pişmiş kil, şişirilmiş taş granülleri vb. malzemelerden	2	-	5	-
	Kireç Kumtaşı				
3	Gaz ve Köpük Beton	2	-	3.5	-
4	Talaş Betonu, organik agregalı betonlar, Ksilolit	2	-	2)	2)
5	Alçı	1	-	2	-
6	Asfalt ve bitümler	-	0.2	2)	2)
7	Serbest serilmiş anorganik malzemeler	-	0 <sup>2</sup>	-	5
	Şişirilmemiş taşlar (perlit gibi)				
	Diğer malzemeler				
8	Mineral lifli yalıtım malzemeleri	-	3	-	5
	Cam, taş, yüksek fırın curufu, elyafından				
	Diğer lif çeşitleri (çimento ile bağlananlar dahil)				
9	Cam köpüğü	-	0.2	2)	2)
10	Ahşap yonga levhaları, odun lifi levhalar, ahşap rende talaşı levhaları, kamış levhalar ve hasırlar, organik elyafli yalıtım malzemeleri	-	10	-	20
11	Bitkisel lifli yalıtım malzemesi	-	10	-	20
	Saz, yosun, odun lifi ve diğer liflerden				
12	Mantar mamulleri	-	5	-	10
13	Sentetik köpükler	-	1	-	5
	Polistrenden				
	Sert Poliüretandan				
	Diğer sentetik malzemeden				

1) Delikli yapı taşları gibi yapısında büyük boşluklar bulunan yapı elemanlarında volumetrik nem miktarlarından boşluklar dikkate alınmadan, yalnız malzemenin nem miktarları anlaşılmalıdır.

2) Pratik nem miktarları verilememiştir.

Deneyin çevre şartlarından etkilenmesi ısı yalıtımı ile önlenmelidir. Bu özellikle ısıtıcı plaka ile soğutucu plaka için önemlidir.

Cihazın içinde soğutucu ve ısıtıcı plakalarla numunelerden arta kalan bütün boşluklar olabildiği kadar en düşük ısı iletkenliğindeki yalıtkan ve gevşek durumda bir malzeme ile doldurulmalıdır (TS 388, 1977).

Özellikle ısıtıcı çember ile soğutucu plakalar arasında halka biçimindeki boşluk (koruyucu halka), bu yalıtkan malzeme ile iyice doldurulmalı ve bu şekilde ısıtıcı ve soğutucu plakalarla deney numunelerindeki ısı kaybı azaltılmalıdır.

Isı iletkenliği düşük olan malzemenin deneyinde, koruyucu halkanın deneyi yapılan malzemedan oluşturulmalıdır.

Bu durumda numuneler ısıtıcı plaka ve ısıtıcı çemberi, tümüyle örtecek boyutlarda hazırlanmalıdır.

Deney yapılırken;

1. Numunelerin yüzey sıcaklıkları farkı yaklaşık olarak 10°C den az olmamalıdır.
2. Deney en az 3 ayrı kademelerdeki ortalama sıcaklıkta yapılmalı ve kademeler arasındaki sıcaklık farkı en az 8°C olmalıdır.
3. Deney ortalama sıcaklığının daima malzemenin uygulamada karşılaştığı sıcaklık bölgesi içinde olmasına dikkat edilmelidir. Yapı malzemeleri için bu genellikle +10 °C ile +40°C arasındadır.
4. Gözenekleri, +10°C da durgun havadan daha düşük ısı iletkenliğine sahip bir gaz ile kısmen veya tamamen dolu bulunan suni köpük numuneler, deneyden önce en az 6 hafta  $\approx +20^\circ\text{C}$  sıcaklıkta tutulmalıdır. Bunun sonunda örnek kurutulmadan deneyden geçirilir (TS 388, 1977).

#### d-) Deney Sonuçları

Isı iletkenliği  $\lambda$  aşağıdaki formüllerle hesaplanır:

$$\lambda = \frac{Q \cdot d_o}{2A \cdot (t_{so} - t_{co})} \quad (\text{iki numuneli deneyde}) \quad (3.1)$$

$$\lambda = \frac{Q \cdot d}{A \cdot (t_s - t_c)} \quad (\text{bir numuneli deneyde}) \quad (3.2)$$

Burada;

Q= Kararlı durumda numune yüzeyine dik yönde, numuneden geçen ısı miktarı (kcal/h)

A= Isıtıcı plakanın alanı (m<sup>2</sup>)

$d_1, d_2$  = Numune 1 veya 2 nin ortalama kalınlığı (m)

$d_o = \frac{1}{2} \cdot (d_1 + d_2)$

$t_{s1}, t_{s2}$  = Numune 1 veya 2 nin sıcak yüzeyleri ortalama sıcaklığı (°C)

$t_{c1}, t_{c2}$  = Numune 1 veya 2 nin soğuk yüzeyleri ortalama sıcaklığı (°C)

$t_{so} = \frac{1}{2} \cdot (t_{s1} + t_{s2})$

$t_{co} = \frac{1}{2} \cdot (t_{c1} + t_{c2})$

Nem Miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$\text{Ağırlıkça nem miktarı \%} \quad n_g = \frac{G_r - G_k}{G_k} \cdot 100 \quad (3.3)$$

$$\text{Hacimce nem miktarı \%} \quad n_v = \frac{n_g - q_{\ddot{o}}}{q_s} \cdot 100 \quad (3.4)$$

Burada;

$G_k$  = Numunenin kuru ağırlığı (kg),

$G_r$  = Numunenin kurutulmadan önceki ağırlığı (kg),

$q_s$  = Su özgül ağırlığı 20°C de (kg/m<sup>3</sup>),

$q_{\ddot{o}}$  = Numunenin kuru özgül ağırlığı (kg/m<sup>3</sup>) dir.

Bütün ölçüm kurallarına uyulduğunda ısı iletkenliğinin saptanmasında tekrarlanan ölçüm sonuçlarında farklılık en çok  $\pm$  %5 olmalıdır.

#### e-) Isı birimleri ve deney raporu

Bu standarda göre yapılacak ölçmelerde ve raporun hazırlanmasında kullanılacak ısı birimleri şunlardır: Isı iletkenliği  $\lambda$  kcal/mh°C veya W/mK,

Isı geçirgenlik direnci  $\frac{1}{\Lambda} = \frac{m^2 h^\circ C}{kcal}$  veya  $\frac{m^2 K}{W}$  dir. Bu birimlerin başka birimlere çevrilmesi zorunluluğunda Çizelge 3.8 ve Çizelge 3.9'dan yararlanılmalıdır (TS 388, 1977).

Çizelge 3.8. Isı iletkenlik birimlerin (TS 388, 1977)

	Kcal/mh°C	Cal/cms°C	W/cmK	W/mK
Kcal/mh°C	1	0.002778	0.01163	1.163
Cal/cms°C	360	1	4.1868	418.68
W/cmK	85.98	0.2388	1	100
W/mK	0.8598	0.002388	0.01	1

Çizelge 3.9. Isı geçirgenlik direnci birimleri (TS 388, 1977)

	m <sup>2</sup> h°C/kcal	m <sup>2</sup> K/W
m <sup>2</sup> h°C/kcal	1	0.8598
m <sup>2</sup> K/W	1.163	1

### 3.2.1.2. TS 415'e Göre Isı İletkenliği ve Isı Geçirgenlik Direncinin Yapıda Kullanılması İçin Hesap Değerinin Bulunması (Plaka Metodu İle)

Bu standart, plaka metodu ile ölçülen homojen malzemelerin ısı iletkenliğinin yapıda uygulanması için gerekli hesap değerinin bulunmasını ve ısı akımı doğrultusuna dik yönde farklı ısı iletkenlik değeri olan malzeme tabakalarından oluşan homojen olmayan yapı bileşenlerinin yapıda uygulanacak ısı geçirgenlik hesap değerinin bulunmasını kapsar. Deney cihazları, numuneler ve deneyin yapılışı TS 388'e uygun olmalıdır. Isı iletkenliği aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$\lambda = \frac{Q.d}{A.z.(t_1 - t_2)} \quad (3.5)$$

Q= Geçen toplam ısı miktarı (kcal),

d= Malzeme içinde ısının aktığı kısmın uzunluğu, malzeme kalınlığı (m),

A= Isının akış yönüne dik olan gerçek yüzey alanı (m<sup>2</sup>),

z= Isının akış süresi (saat),

t<sub>1</sub>= Sıcak yüzeyin sıcaklığı (°C),

t<sub>2</sub>= Soğuk yüzeyin sıcaklığı (°C) dir.

Isı iletkenliği malzemenin cinsine, birim hacim ağırlığına, gözenek durumuna, nem miktarına, sıcaklığa ve benzeri etkenlere göre değişir. Hesap değerinin deneyle bulunması için önce TS 388'e göre 10°C ortalama sıcaklıkta ( $\lambda_{10,\delta}$ ) ısı iletkenliği saptanır.

Deney kuru numune üzerinde yapıldığı takdirde ölçülen ısı iletkenliğine Çizelge 3.10'da gösterildiği kadar bir ek, aşağıdaki formüle göre yapılacak ısı iletkenliğinin (h) hesap değeri bulunur (TS 415, 1977).

$$h = 10.k \left( 1 + \frac{z}{100} \right) \quad (3.6)$$

Örnek tam kuru durumda değilse, laboratuarda ölçülen  $\lambda_{10,k}$  ısı iletkenliği değerinden faydalanarak aşağıdaki formüllerle kuru durumdaki malzemenin  $\lambda_{10,k}$  ısı iletkenliği değeri hesaplanır ve bundan sonra Çizelge 3.10'dan alınan katsayıya göre ilave yapılarak (h) ısı iletkenliğinin hesap değeri elde edilir. Kuru ısı iletkenliği kuru değeri;

$$\text{Anorganik malzemelerde} \quad \lambda_{10,k} = \frac{\lambda_{10,\delta}}{\Lambda + \frac{6.n_v}{100}} \quad (3.7)$$

$$\text{Organik malzemeler ve mineral lifli yalıtım malzemesinde} \quad \lambda_{10,k} = \frac{\lambda_{10,\delta}}{\Lambda + \frac{6.n_g}{100}} \quad (3.8)$$

Burada;

$\lambda_{10,k}$  = 10°C ortalama sıcaklıkta ve kuru durumda malzeme ( $n_g$  veya  $n_v$  miktarlarındaki malzemenin) ısı iletkenliği, Kcal/mh°C veya W/mK

$n_g$  = Ağırlıkça nem miktarı (%)

$n_v$  = Hacimce nem miktarı (%)

Yukarıda verilen formüller ancak TS 388 Çizelge 3.7'de verilen deney sırasında müsaade edilen en yüksek nem miktarlarının aşılmaması halinde uygulanır. Isı akımına dik yönde farklı ısı iletkenlik değeri olan tabakalardan oluşan numunelerin ısı geçirgenlik dirençleri saptanmalıdır (TS 415, 1977).

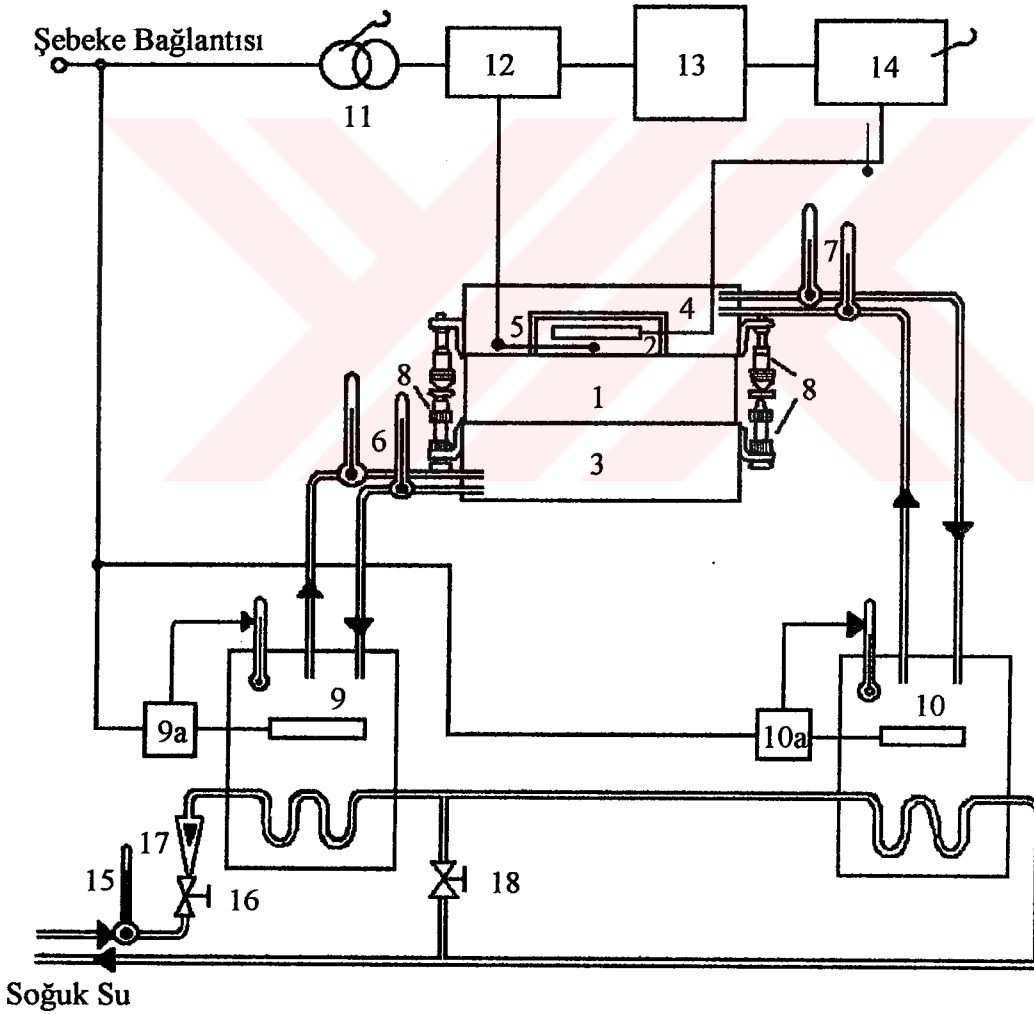
Çizelge 3.10. Isı iletkenliği hesap değerinin (h) bulunması için eklenecek miktarlar (TS 415, 1977)

Sıra No.	Malzeme Cinsi	Kuru Isı İletkenliğine Eklenecek Miktarlar %Z
1	Tuğla	20
2	Beton; Agregası dolu beton (yoğun) veya agregalar arası boşluklu (ince agregası olmayan); Çakıl, curuf, bims, yüksek fırın curufu, tuğla kırığı, pişmiş kil, şişirilmiş taş granülleri vb. malzemeler	10.k Isı İletkenlik Değerinde Kcal/mh°C    W/mK 0.10    ≤0.12 0.20    0.23 0.30    0.35 0.40    0.46
	Kireç Kumtaşı	≥ 0.50    ≥0.58
3	Gaz ve Köpük Beton 10,k Isı İletkenlik Değerinde	Kcal/mh°C    W/mK 0.08    0.093 0.12    0.14 0.16    0.19
4	Talaş Betonu, organik agregalı betonlar, Ksilolit	
5	Alçı	
6	Asfalt ve bitümler	
7	Serbest serilmiş anorganik malzemeler şişirilmemiş taşlar (perlit gibi)	20 40
8	Mineral elyafli yalıtım malzemeleri Cam, taş, yüksek fırın curufu, elyafından Diğer elyaf çeşitleri (çimento ile bağlananlar dahil)	10 20
9	Cam köpüğü	10
10	Ahşap yonga levhaları, odun lifi levhalar, ahşap rende talaşı levhaları, kamış levhalar ve hasırlar, organik elyafli yalıtım malzemeleri	20
11	Bitkisel lifli yalıtım malzemesi, saz, yosun, odun lifi ve diğer liflerden	20
12	Mantar mamulleri	10
13	Sentetik köpükler	10
	Polistyrolden:	
	Sert Poliüretandan:	
	Buhar kesici tabakasız 10.k değerinde Kcal/mh°C <sup>1)</sup> , W/mK <sup>1)</sup>	0.020    0.023    50 0.023    0.027    30
	Buhar kesici tabakalı <sup>2)</sup>	10
	Diğer sentetik malzemedir	
1) Ara değerler için eklenecek miktarlar orantı ile bulunur.		
2) Kaplama tabakaları, en az 50 m kalınlığında boşluksuz metal olmalıdır.		



### 3.2.1.3. Yapılan Deneysel Çalışma

Isı iletim katsayısının tespitinde Feutron marka TİP-4110 nolu plaka metodu ile ısı iletkenliğini tayin eden cihaz kullanılmış olup (Şekil 3.6) her deney süresi boyunca bir numune ölçebilen bir cihazdır. Isıtıcı plaka boyutu 250 mm x 250 mm olup 70 mm kalınlığa kadar ölçüm yapabilmektedir. Cihazında sıcak plaka şebeke elektriği ile soğutucu plaka ise yine şebekeye ait su tesisatından çekilen bağlantı ile sağlanmaktadır. Dört ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar; sabit olan alt plaka, hareketli olan üst plaka, koruyucu levha ve ölçüm parametreleridir. Ölçüm parametrelerini ise üç ana kısımda toplamak mümkündür. Bunlar; termometreler, elektrik sayacı ve kalınlık ölçen mikrometrelerdir.



Şekil 3.6. Plaka metodu ile ısı iletkenliğini ölçme cihazının şeması (Feutron marka TİP-4110 cihazın kullanım kılavuzu)

- |  |                                  |
|--|----------------------------------|
| 1- Numune                              | 10- Koruyucu Plaka Termostatı    |
| 2- Sıcak Plaka                         | 10a- 10 için Sıcaklık Regülatörü |
| 3- Soğuk Plaka                         | 11- Değişken Transformatör       |
| 4- Koruyucu Sıcak Plaka                | 12- İki Nokta Ayarlayıcısı       |
| 5- Termokapul                          | 13- Elektrik Sayacı              |
| 6- Soğuk Plaka Termometreleri          | 14- 12 Basamaklı Gerilim Ölçer   |
| 7- Koruyucu Sıcak Plaka Termometreleri | 15- Soğuk Su Termometresi        |
| 8- Kalınlık Ölçme Mikrometreleri       | 16- Soğuk Su Ventili             |
| 9- Soğuk Plaka Termostatı              | 17- Debi Ölçer                   |
| 9a- 9 için Sıcaklık Regülatörü         | 18- Kısa Dolaşım Ventili         |

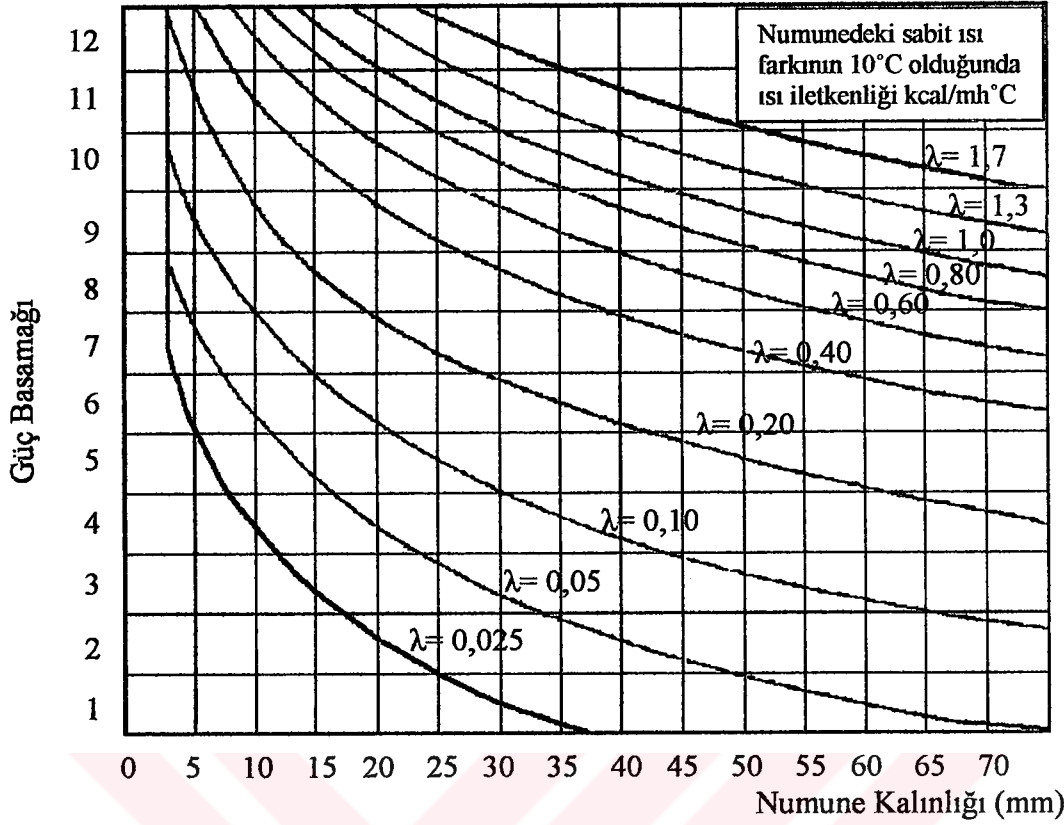
Isıtıcı plaka elektrik akımıyla ısıtılmakta olup sıcaklık derecesi ayarlanabilmektedir. Soğutucu plaka ise şebeke suyu ile soğutulmakta ve sıcaklık derecesi bir vana yardımıyla ayarlanan suyun debisi sayesinde sağlanmaktadır. Şebeke suyunun sıcaklığını bir termometre yardımıyla ölçmek mümkündür. Ayrıca ısıtıcı ve soğutucu plakada bulunan termometreler yardımıyla bu plakalarında sıcaklığı kontrol edilmektedir.

Deneye başlamadan önce cihazın çalıştırılacağı güç ayarının belirlenmesi gerekmektedir. Güç basamağı numune kalınlığına ve yaklaşık olarak ısı iletim katsayısına bağlıdır. Şekil 3.7’de verilen diyagramda, numunenin yaklaşık olarak ısı iletim katsayısı TS 825’den, kalınlığı ise ölçüm sonucunda bulunan değerlerle tespit edilir ve bu değerler yardımıyla güç basamağı belirlenip Çizelge 3.11’den  $K_i$  katsayısı tespit edilir.

Çizelge 3.11. Güç basamağı ve  $K_i$  katsayıları (Feutron marka TİP-4110 cihazın kullanım kılavuzu)

Güç Kaynağı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$K_i$	96.5	139.6	210	307.2	466.3	694.2	1031	1533	2232	3243	4691	6686

$K_i$  Güç basamağı sabitesi, ölçülen yüzeyin büyüklüğünü, C sayaç sabitesini ve wh’i kcal’ye çevirme katsayılarını içine alır.



Şekil 3.7. Güç basamağı tespit diyagramı (Feutron marka TİP-4110 cihazın kullanım kılavuzu)

Gerekli ayarlamalar yapıldıktan sonra deneye ait ölçüm okumaları yapılarak deney föyüne (Ek 1) işlenir ve hesaplamalar aşağıdaki gibi yapılır. (Bu hesaplamalar Feutron marka TİP-4110 cihazın kullanım kılavuzundan alınmıştır.) Burada;

$\Delta E$ : İki okuma arasında kullanılan elektrik miktarı

$\Delta Z$ : İki okuma arasında geçen zaman (1/2 saat)

Kuru yoğunluk: Numunenin birim hacim ağırlığı

Yüzeysel yoğunluk: Kuru yoğunlukla, kalınlığın çarpımıdır

$m$ = Yapılan okuma sayısı

$t_{w1}, t_{w2}$ = Koruyucu ısıtma levhasına giriş ve çıkış sıcaklıkları

$t_{k1}, t_{k2}$ = Soğutma levhasına giriş ve çıkış sıcaklıkları

Termometre hataları: Bu değerler termometrelerin ayar belgelerinden alınmaktadır.

$a$ = Koruyucu ısıtma giriş sıcaklıkları ortalamasından termometre hatasının çıkartılmasıyla bulunur.

$$a = \frac{\sum t_{w1}}{m} - \text{hata } t_{w1} \quad (3.9)$$

b= Koruyucu ısıtma levhasından çıkış sıcaklıklarının ortalamasından termometre hatalarının çıkartılmasıyla bulunur.

$$b = \frac{\sum t_{w2}}{m} - \text{hata } t_{w2} \quad (3.10)$$

c= Soğutma levhası giriş sıcaklıklarının ortalamasından termometre hatasından çıkartılmasıyla bulunur.

$$c = \frac{\sum t_{k1}}{m} - \text{hata } t_{k1} \quad (3.11)$$

e= Soğutma levhası çıkış sıcaklıklarının ortalamasından termometre hatasının çıkartılmasıyla bulunur.

$$e = \frac{\sum t_{k2}}{m} - \text{hata } t_{k2} \quad (3.12)$$

$\Delta t$ = Isıtıcı levha ile soğutucu levha arasındaki sıcaklık farkı ortalaması ( $^{\circ}\text{C}$ )

$$\Delta t = \frac{(a+b) - (c+e)}{2} \quad (3.13)$$

$t_m$ = Isıtıcı ve soğutucu termometreleri ortalaması  $^{\circ}\text{C}$ .

$$t_m = \frac{a+b+c+e}{4} \quad (3.14)$$

$K_i$ = Güç basamağı sabitesi (Çizelge 3.12 'den 1 Nolu güç basamağı için 96.50)

$q$ = Akım, birim zamanda tüketilen elektrik miktarının güç sabitesi ile çarpımı

$$q = \frac{\sum \Delta E}{\sum Z} \cdot K_i \quad (3.15)$$

$d$ = Deney öncesi ve deney sonrası numene kalınlıklarının ortalaması

$$d = \frac{d' a + d' e}{2} \quad (3.16)$$

$\omega$ = Isı İletim katsayısını ölçen cihaz için düzeltme sabiti, cihazın kullanım kılavuzundan  $0.0022 \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}/\text{kcal}$

Isı İletim katsayısının hesabı ( $\lambda_{10.5}$ ) formül 3.5'e cihazın düzeltme sabiti ve güç basamağı sabiti eklenerek yapılır.

$$\lambda_{10.5} = \frac{q \cdot d}{\Delta t - q \cdot \omega} \text{ kcal / mh}^{\circ}\text{C} \quad (3.17)$$

Kuru İletkenliğinin Hesaplanması ( $\lambda_{10,k}$ )

$$\lambda_{10,k} = \lambda_{10.5} / [1 + (n_g/100)] \quad (3.18)$$

### 3.2.2. Duvar Detaylarının Belirlenmesi

Literatürde dış duvar tasarımlarının yapılabilmesi için bir çok farklı etken belirtilmektedir. Bu etkenler yapılacak olan hesaplamalar için farklı yaklaşımlar ve hesaplamalar içerir. Genel olarak duvar tasarımında etkili olan parametreler şunlardır;

1. İklimsel etmenler; güneş ışınımı, dış hava sıcaklığı, dış hava nemliliği ve rüzgardır.
2. Yapma çevreye ilişkin tasarım parametreleri; Yer (arazi parçasının baktığı yön, eğimi, konumu, örtüsü veya güneş ışınımını yansıtma özelliği), bina aralıkları (birbirleri arasındaki uzaklıklar, bina yükseklikleri ve konumlarına göre güneş ışınımı ve rüzgar engelleri), yönlendiriliş durumu veya yön (güneş ışınımının ısıtıcı ve rüzgarın serinletici etkisi), bina formu (biçim faktörü, plandaki bina uzunluğu bina derinliğine oranı, çatı türü, çatı eğimi, cephe eğimi), bina kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri (güneş ışınımına ait yutuculuk, geçirgenlik, yansıtıcılık gibi optik özellikler, ısı iletkenlik katsayıları, kalınlıklar, yoğunluklar, özgül ısılar ve dolayısıyla ısı kapasiteleri, saydamlık oranı) ve yoğuşmaya bağlıdır (Bayazıt, 1997; Ak, 1993; Berköz vd., 1995).

Isı yalıtımı kalınlığı ise başlıca; uygulanacak duvar veya çatının yapısına, ısı yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısına, ısı yalıtım malzemesinin fiyatına, ısı yalıtım malzemesinin ömrüne (amortisman), ısıtma sürecindeki dış ortam (hava) sıcaklıklarına, ısıtma sürecinin uzunluğuna, ısıtma sürecinde günlük çalışma sürecine, yakıtın fiyatına, yakıtın ısı değerine, kazanın verimine, sistemin verimine, senelik fiyat artışına, enflasyona ve banka faizine bağlı olarak değişir (Dağsöz, 1995).

Tüm bu hususlar arasında opak bileşeni birinci derecede etkileyen parametreler (dış ve iç sıcaklık, nem etkisi, kalınlık, ısı iletim katsayısı, derece gün bölgesi, güneş ışınımı kazancı) haricindeki tüm sistemle veya yapıyla ilgili parametreler sabit kabul edilmiştir.

Bu çalışmada 29 Nisan 1998 tarihli, TSE'de onaylanmış ve yürürlüğe girmiş, 14 Haziran 1999 tarihinde Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından Resmi Gazetede yayınlanan ve yayımlandıktan bir yıl sonra 14 Haziran 2000'de mecburi standart olan TS 825'e göre "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" ve 8 Mayıs 2000 tarihli 24043 sayılı Resmi gazetede yayınlanan "Isı Yalıtım Yönetmeliği"nde sunulan yöntem ve hesaplamalar kullanılacaktır.

Gerekli ısı yalıtım kalınlığının hesabı;

TS 825'de belirtilen III. İklim bölgesinde Dış Duvarlar için belirlenen tavsiye edilen Isı Geçirgenlik Direnci  $U_D = 0.50 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'dir. Buradan hareketle yalıtım kalınlıklarını aşağıdaki formül ile hesaplayabiliriz.

$$U_D = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_d}} \Rightarrow 0,50 = \frac{1}{0,13 + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + 0,04} \quad (3.19)$$

$1/\alpha_i$  : İç yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci [ $1/\alpha_i = 0.13 \text{ m}^2\text{W/K}$  (TS 825, 1998)]

$1/\alpha_d$  : Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci [ $1/\alpha_d = 0.04 \text{ m}^2\text{W/K}$  (TS825, 1998)]

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$  Malzeme kalınlıkları

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$  Malzemelerin ısı iletim katsayıları

Sıva için  $d = 0.02 \text{ m}$  seçilmiş olup  $\lambda = 0.87 \text{ W/m}^2\text{K}$  (TSE 825, 1998) her kesit için sabit kabul edilmiştir.

Opak bileşenin katmanlaşma alternatifleri seçilirken minimum katmanlar göz önüne alınmıştır. Yapılacak diğer kaplamalar (fayans, lambri v.b.) hesaba dahil edilmemiştir. Eğer yapılacaksa bu gibi kaplamaların da hesaba katılması gereklidir.

Yalıtım malzemesi duvar elemanının dış tarafına konmuştur. Bunun nedeni ise;

- Yapıya ait betonarme elemanlarının da (kolon ve kirişlerin) yalıtımının sağlanmasıdır. Aksi takdirde yapıya ait bu elemanlar ısı köprüsü oluşturacak ve yapıya ait ısı kaybını arttıracaktır.
- Yalıtım içten yapıldığında opak bileşen içindeki sıcaklık dağılımı iç tarafta yakın aralıklarda düşeceğinden bu noktalarda doymuş su buharı basıncı da düşecektir. Bu da opak bileşen içinde kondansasyon açısından kritik bölgelerin oluşmasını sağlayacaktır.

### 3.2.3. Kondansasyon Kontrolü

Kondansasyonun (yoğuşma) oluşması halinde opak bileşenin arakesitlerinde su birikmesi olur. Oluşan su yapı elemanı için zararlı olduğu gibi suyun ısı iletim katsayısının fazla oluşundan dolayı duvar sisteminin de ısı iletkenliğini artırır. Bu yüzden belirlenen duvar kesitlerinde kondansasyon kontrolünün yapılması gereklidir. Böylece yapı elemanında nem nedeniyle istenmeyen hacim genişmesi önlenir ve yapılan yalıtım sürekli aktif kalır.

Bu tez çalışmasında esas alınan TS 825'in son düzenlemesiyle yoğuşma hesabının da yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu standarda göre ara kesitlerde oluşan yoğuşmanın buharlaşma döneminde dışarı atılabilme hesabının yapılması gerekmektedir. Bunun nedeni ise özellikle kış döneminde oluşan yoğuşma miktarının sınır şartlarından az olduğu halde buharlaşma periyodunda dışarı atılamayınca duvar elemanları üzerinde fiziksel zararlara neden olacağıdır. Belirlenen duvar kesitlerinde yapılan kondansasyon (yoğuşma) hesabı aşağıda belirtilen hesap yöntemiyle yapılmıştır. Buhar difüzyonu direnç katsayısı ( $\mu$ ) TS 825'de çok geniş bir aralıkta alındığı için bu katsayılar PrEN 12524'den TS 825'in kabul ettiği ölçüde olmak koşuluyla alınmıştır. TS 825'in verdiği aralıkta olmayanlar için ise TS'nin belirttiği en yakın değerler alınmıştır.

Gerekli yalıtım kalınlıklarının hesabı yapıldıktan sonra, bulunan yeni kalınlıklara göre duvar elemanının (U) ısı geçirme katsayısının hesabı formül 3.21'e göre tekrar yapılır. Duvar elemanlarının yüzey ve ara sıcaklıkların hesabında;

- $t_{ih}$ = İç hava sıcaklığı (19°C, TS 825)
- $t_{dh}$ = Dış hava sıcaklığı °C'dir (Çizelge 3.3)
- Isı akış yoğunluğu  $q = U (T_i - T_d)$  (3.20)

- İç yüzey sıcaklığı  $T_{yi} = T_i - \frac{1}{\alpha_i} q$  (3.21)

- Dış yüzey sıcaklığı  $T_{yd} = T_d + \frac{1}{\alpha_d} q$  veya  $T_{yd} = T_{n-1} - \frac{1}{\Lambda_n} q$  (3.22)

- Ortak yüzeylerin sıcaklığı;

$$T_1 = T_{yi} - \frac{1}{\Lambda_1} q \quad (3.23)$$

$$T_2 = T_1 - \frac{1}{\Lambda_2} q \quad (3.24)$$

$$T_n = T_{n-1} - \frac{1}{\Lambda_n} q \quad (3.25)$$

Duvar kesitine ait yüzey sıcaklıklarının hesabından sonra difüzyon hesaplamalarına geçilir. Bir yapı malzemesi tabakasının, su buharı difüzyon direnci ( $1/\Delta$ ), 10°C referans sıcaklığında aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

$$\frac{1}{\Delta} = RD \cdot \frac{T}{D} \cdot \mu \cdot d \quad (3.26)$$

$RD \cdot \frac{T}{D} = 1,5 \cdot 10^6$  olarak alınacak olup birimi m.h.Pa/kg'dir.

$$\frac{1}{\Delta} = 1,5 \cdot 10^6 \cdot \mu \cdot d \quad (3.27)$$

$1/\Delta$  : Su buharı difüzyon direnci ( $m^2 \cdot h \cdot Pa/kg$ )

$\mu$  : Su buharı difüzyon direnci kat sayısı (Birimsiz)

(Sıva için  $\mu = 15$ , Betonarme için  $\mu = 130$ , Bimsblok için  $\mu = 10$  ve Polisren için  $\mu = 60$ )

$d$  : Yapı malzemesinin kalınlığı (m)

Su Buharı Difüzyonu Eş Değer Hava Tabakası Kalınlığı

$$S_d = \mu \cdot d \quad (3.28)$$

$S_d$  : Su buharı difüzyonu eşdeğer hava tabakası kalınlığı (m)

$\mu$  : Su buharı difüzyon direnci katsayısı (m)

$d$  : Yapı malzemesi tabakası kalınlığı (m)

Kısmi Su Buharı Basıncı

$$p = \varphi \cdot p_s \quad (3.29)$$

$p$  : Kısmi su buharı basıncı (Pa)

$\varphi$  : Bağıl nem (Birimsiz)

$p_s$  : "T" sıcaklığındaki doymuş su buharı basıncı (Pa), (Ek 2)

İç sıcaklık için;

19°C ve %50 Bağıl nem (konfor şartı için seçilen)



Yoğuşma Kütlesi

$$1/\Delta_1 = 1/\Delta_1 + 1/\Delta_2 \quad (3.30)$$

$$1/\Delta_d = 1/\Delta_3$$

Yoğuşma Dönemi Periyodu;  $W_T$  (kg/m<sup>2</sup>)

$$W_T = t_T \cdot \left( \frac{P_{a,iç} - P_{a,k}}{1/\Delta_i} - \frac{P_2 - P_{a,dış}}{1/\Delta_d} \right) \quad (3.31)$$

$t_T$  = Yoğuşma dönemi süresi (saat)

$P_{a,iç}$  = İç sıcaklık için su buharı kısmi basıncı

$P_{a,dış}$  = Dış sıcaklık için su buharı kısmi basıncı

$P_{a,k}$  = Çiğlenme noktası için su buharı kısmi basıncı

Buharlaştırma Dönemi Periyodu;  $W_V$  (kg/m<sup>2</sup>), TS 825 (1998)'e göre 12°C de buharlaştırma döneminin başladığı kabul edilmektedir.

$$W_V = t_V \cdot \left( \frac{P_{a,iç} - P_{a,k}}{1/\Delta_i} + \frac{P_2 - P_{a,dış}}{1/\Delta_d} \right) \quad (3.32)$$

$t_V$  = Buharlaştırma dönemi süresi (saat)

$P_{a,iç}, P_{a,dış}$  = İç ve dış sıcaklık için su buharı kısmi basıncı

$P_{a,k}$  = Çiğlenme noktası için su buharı kısmi basıncı

Bulunan  $W_T$  (Yoğuşma - Su kütlesi), TS 825'de Madde 9.2.5'de verilen sınırlar için kontrol edilir. Kullanılan malzeme için belirlenen sınırlar dahilinde ise tüm arakesitlerde bulunan  $W_T$ ;

$W_T < \text{her } W_T \text{ ve } W_V > W_T$  olmalıdır. (TS 825, 1998).

### 3.2.4. Isıtma Enerjisi İhtiyacı ve Isı Kaybı Hesabı

Eğer binanın tamamı aynı derecede ısıtılıyorsa veya ortamlar arası sıcaklık farkı 4 K' den küçük ise binanın tamamı tek bölge olarak ele alınır ve ısı ihtiyacı hesabı aşağıdaki gibi hesaplanır. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, binanın kullanım alanı ( $A_N$ ) veya ısıtılacak yapı hacmi ( $V_{brüt}$ ) ile ilişkilidir. Yıllık ısıtma enerjisi hesabında, oda yükseklikleri 2.60'm veya daha az olan binalarda  $A_N$  ile, 2.60'm den yüksek olan binalarda  $V_{brüt}$  ile ilişkili değerler kullanılacaktır.

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay}$$

$$Q_{ay} = (H(T_i - T_d) - \eta_{ay} (\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay})) \cdot t \quad (3.33)$$

- $Q_{ay}$  : Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı  
 $H$  : Binanın özgül ısı kaybı  
 $T_i, T_d$  : Aylık ortalama iç ve dış sıcaklıklar  
 $\eta_{ay}$  : Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü  
 $\Phi_{i,ay}, \Phi_{g,ay}$  : Aylık ortalama iç ve güneş enerjisi kazançları  
 $t$  : Zaman

Binanın Özgül Isı Kaybı (H)

$$H = H_i + H_h \quad (3.34)$$

İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı ( $H_h$ )

$$H_i = \sum (A \cdot U) + I \cdot U_I \quad (3.35)$$

$$\sum (A \cdot U) = U_D A_D + U_P A_P + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_t A_t + U_d A_d + 0.5 U_{dsic} A_{dsic} \quad (3.36)$$

$U_D$  dış duvarın,  $U_P$  pencerenin,  $U_T$  tavanın,  $U_t$  zemine oturan tabanın (döşemenin),  $U_d$  dış hava ile temas eden tabanın,  $U_{dsic}$  düşük sıcaklıklardaki iç ortamlarla temas eden yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı olup aynı alt indisli A sembolü bu elemanlara ait alanlardır.

*Not: Çatı döşemesi doğrudan dış hava ile temas ediyorsa  $U_T$  nin önündeki 0.8 katsayısı yerine 1 alınır.*

$I$  ısı köprüsü uzunluğu  $U_I$  ısı köprüsünün doğrusal geçirgenliğidir (TS 825, 1998).

Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı ( $H_h$ )

$$H_h = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h \quad (3.37)$$

Doğal havalandırma için;

$n_h$  = Milli ve milletler arası yetki kuruluşlarından verilmiş uygunluk belgesine sahip firmaların penceresi kullanılması halinde  $1.0 \text{ h}^{-1}$ , diğerlerinde  $2.0 \text{ h}^{-1}$

$$V_h = 0.8 \cdot V_{brüt} \quad (3.38)$$

Aylık Ortalama İç Kazançlar ( $\Phi_{i,ay}$ )

$$\text{Konutlarda.....}\Phi_{i,ay} = 5 \times A_N$$

$$\text{Ticari binalarda.....}\Phi_{i,ay} = 10 \times A_N$$

$$A_N = 0.32 \times V_{\text{brüt}} \quad (3.39)$$

## Aylık Ortalama Kazanç Kullanım Faktörü

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})} \quad (3.40)$$

$$KKO_{ay} = (\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay}) / H(T_i - T_d) \quad (3.41)$$

## Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Kazançları

$$\Phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \cdot g_{i,ay} \cdot I_{i,ay} \cdot A_i \quad (3.42)$$

$r_{i,ay}$  : i yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü

Hesaplanmış değerler yoksa  $r_{i,ay}$ 'ın ısıtma periyodu boyunca sabit kaldığı kabul edilir ve binanın bulunduğu veya inşa edileceği yerleşim bölgesinin özelliğine göre aşağıdaki değerlerden biri seçilir.

Ayrık (müstakil) ve az katlı (3 kata kadar) binanın bulunduğu yerleşim bölgeleri için

$$r_{i,ay} = 0.8$$

Ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmeye maruz kalıyorsa

$$r_{i,ay} = 0.6$$

Bitişik nizam ve/veya çok katlı binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için

$$r_{i,ay} = 0.5$$

$g_{i,ay}$  : i yönünde saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü

$$g_{i,ay} = 0.80 \cdot g_{\perp}$$

$g_{\perp}$  = Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörüdür. Ölçü değerlerinin olmaması halinde aşağıdaki değerler kullanılabilir (TS 825, 1998).

Tek cam için

$$g_{\perp} = 0.85$$

Çok katlı cam (berrak için)

$$g_{\perp} = 0.75$$

Isı geçirgenlik değeri  $\leq 2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$  olan ısı yalıtımlı birimler için

$$g_{\perp} = 0.50$$

$I_{i,ay}$  : i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti  
(Çizelge 3.12)

$A_i$  : i yönündeki toplam pencere alanı

Çizelge 3.12. i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti  
(TS 825, 1998)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Hazi.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
$I_{güneş}$	72	84	95	83	92	95	93	93	89	82	67	64
$I_{kuzey}$	26	37	52	66	79	83	81	73	57	40	27	22
$I_{batı/doğu}$	43	57	77	90	114	122	118	106	81	59	41	37

Binanın aylık ve yıllık ısıtma enerjisi miktarları hesaplandıktan sonra sınırlandırıcı şartlar olan  $Q'$  (ısı kaybı) ile karşılaştırılması yapılır ve  $Q < Q'$  ise bina ısı kaybı açısından standarda uygundur,  $Q > Q'$  ise bina ısı kaybı açısından standarda uygun değildir, yalıtım yapılması gereklidir.

Bölgelere göre  $A_{top}/V_{brüt}$  oranlarına bağlı olarak müsaade edilen ısı kaybı miktarının ( $Q'$ ) hesaplanması:

- Derece-Gün bölgesi için;  $A_N$  ile ilişkili  $Q'_{1,DG} = 46.62.A/V + 17.38 \text{ kWh/m}^2$   
 $V_{brüt}$  ile ilişkili  $Q'_{1,DG} = 14.92.A/V + 5.56 \text{ kWh/m}^3$
  - Derece-Gün bölgesi için;  $A_N$  ile ilişkili  $Q'_{2,DG} = 68.59.A/V + 32.30 \text{ kWh/m}^2$   
 $V_{brüt}$  ile ilişkili  $Q'_{2,DG} = 21.95.A/V + 10.34 \text{ kWh/m}^3$
  - Derece-Gün bölgesi için;  $A_N$  ile ilişkili  $Q'_{3,DG} = 67.29.A/V + 50.16 \text{ kWh/m}^2$   
 $V_{brüt}$  ile ilişkili  $Q'_{3,DG} = 21.74.A/V + 16.05 \text{ kWh/m}^3$
  - Derece-Gün bölgesi için;  $A_N$  ile ilişkili  $Q'_{4,DG} = 82.81.A/V + 87.70 \text{ kWh/m}^2$   
 $V_{brüt}$  ile ilişkili  $Q'_{4,DG} = 26.5.A/V + 28.06 \text{ kWh/m}^3$
- (TS 825, 1998).

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

##### 4.1. Polistrene Ait Isı İletim Katsayısının Tespiti

Genleştirilmiş polistrenin ısı iletim katsayısının tespitinde kullanılan numuneler 240 x 240 mm olup kalınlıkları (d') Çizelge 4.1'de verilmiştir. Diğer parametreler ve hesaplamalar Bölüm 3'de anlatılmıştır. Bulunan değerler Çizelge 4.1 ve 4.2'de verilmiştir.

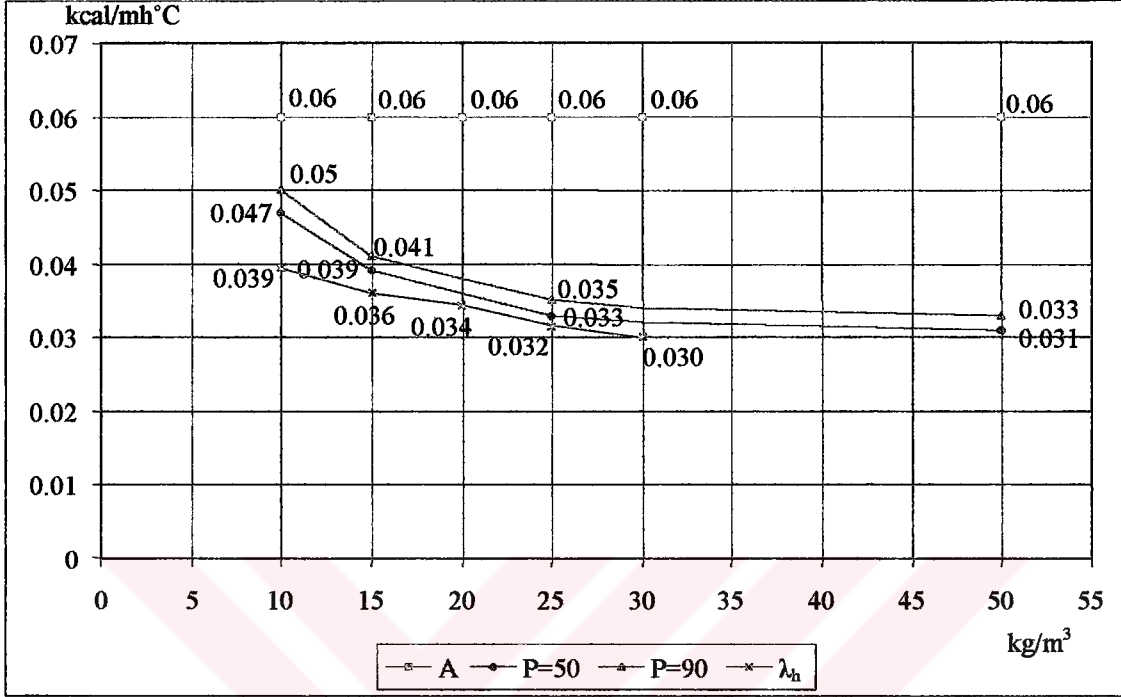
Çizelge 4.1. EPS numunelere ait deneyde bulunan değerler

Yoğunluk Grubu (kg/m <sup>3</sup> )	Numunenin Kuru Ağırlığı		Yüzeysel Yoğunluk (kg/m <sup>2</sup> )	ΣΔE	ΣΔZ	Δt	q	d'	λ <sub>10,0</sub>
	Kg	Kg /m <sup>3</sup>							
30	0.06907	29.92	1.199	0.282	4	9.69	6.80325	0.04007875	0.0282
	0.06962	30.03	1.209	0.296	4	10.2	7.1410	0.04025	0.0282
	0.06927	29.94	1.212	0.294	4	10.12	7.09275	0.040167	0.0282
25	0.05752	25.12	0.999	0.303	4	9.985	7.309875	0.03975	0.0291
	0.05805	25.05	1.008	0.297	4	9.915	7.165125	0.04023	0.0291
	0.05828	24.97	1.012	0.297	4	9.99	7.165125	0.04052	0.0291
20	0.04588	20.04	0.797	0.314	4	9.805	7.57525	0.039745	0.0307
	0.04637	20.10	0.805	0.317	4	9.975	7.647625	0.04005	0.0307
	0.04523	19.95	0.785	0.321	4	9.94	7.744125	0.03936	0.0307
15	0.03445	15.05	0.598	0.342	4	9.885	8.25075	0.039735	0.0332
	0.03423	14.88	0.594	0.339	4	9.865	8.178375	0.03994	0.0332
	0.03467	15.09	0.602	0.343	4	9.96	8.274875	0.039885	0.0332
10	0.02334	10.08	0.405	0.366	4	9.85	8.82975	0.0402	0.0361
	0.02337	10.02	0.406	0.366	4	9.9	8.82975	0.0404835	0.0361
	0.02287	9.96	0.397	0.375	4	9.99	9.02275	0.039855	0.0361

Çizelge 4.2. EPS'nin ısı iletkenlik hesap değerleri

10°C Ort. Sıcaklıkta Kuru Durumda Isı İletkenliği (λ <sub>10,k</sub> )		Çizelge 3.10 Sıra 13'e göre ekleme (Z)	λ <sub>10,k</sub> Değerine eklenen (Z) ile birlikte	Deney Sonucu Bulunan Isı İletkenlik Hesap Değeri (λ <sub>h</sub> )	
Kg/m <sup>3</sup>	Kcal/mh°C			%	Kcal/mh°C
30	0.0281	10	0.03091	0.030	0.036
25	0.0290	10	0.0319	0.032	0.037
20	0.0306	10	0.03366	0.034	0.039
15	0.0331	10	0.03641	0.036	0.042
10	0.0360	10	0.0396	0.039	0.046

Deneylerde bulunan ( $\lambda_h$ ) ısı iletim katsayısı hesap değerinin değişimi Şekil 4.1'de verilmiştir. Yoğunlukla ısı iletim katsayısının ters ilişkili olarak değiştiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.1. EPS'ye ait ısı iletim katsayısı hesap değerinin yoğunluğa göre değişimi

A: PrEN 12524'de belirtilen ve hiç deney yapılmamış ürünler (EPS) için kullanılacak ısı iletim katsayısı hesap değeri

P= 50 : PrEN 12524'de belirtilen ve %50 güvenilirli seviyedeki ürünler (EPS) için kullanılacak ısı iletim katsayısı hesap değeri

P= 90 : PrEN 12524'de belirtilen ve %90 güvenilirli seviyedeki ürünler (EPS) için kullanılacak ısı iletim katsayısı hesap değeri

$\lambda_h$  : Deneylerde bulunan ısı iletim katsayısı hesap değeri

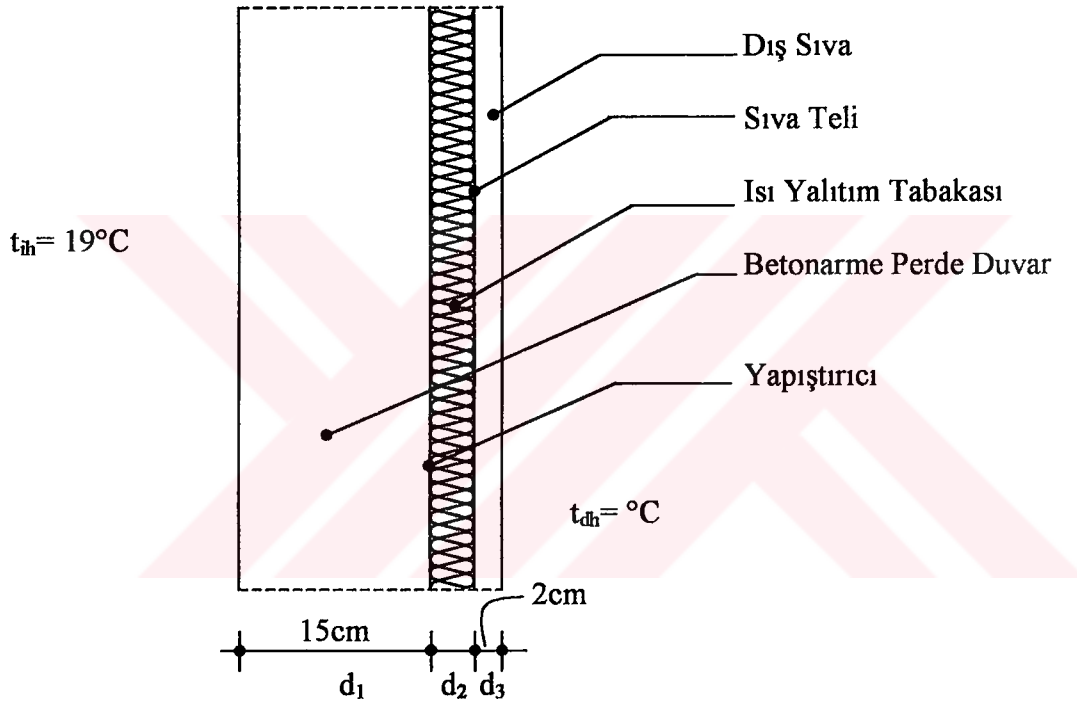
TS 825 ve DIN 4108'de genişletilmiş polistren sert köpük levhalar için tek bir değer verilmiş olup ( $\geq 15 \text{ kg/m}^3$  için  $0.040 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) diğer yoğunluklar için her hangi bir değer verilmemiştir. PrEN 12524'de ise üzerinde hiç deney yapılmamış ürünler için  $0.060 \text{ W/mK}$ , deney sayısına bağımlı olarak değişen %50 ve %90 güvenilirlik seviyeleri için ayrı ısı iletim katsayısı hesap değeri verilmiştir (Şekil 4.1). PrEN 12524'e göre bu değerler  $23^\circ\text{C}$ 'de %50 ve %80 bağıl nem için aynıdır.

## 4.2. Yalıtım Kalınlıklarının Bulunması

Bölüm 4.1. de polistrene ait tespit edilen değerler ile Çizelge 3.1’de bimsbloklara ait verilen değerlerin ortalaması alınarak Bölüm 3.2.2’de belirtilen metotla yapılan hesaplamalara göre bulunan değerler aşağıda verilmiştir.

$$U_D = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_d}} \Rightarrow 0,50 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_d}}$$

### 4.2.1. Betonarme Duvar İçin Gerekli Yalıtım Kalınlığı



Şekil 4.2. Betonarmeden yapılan dış duvar detayı

Burada;

$d_1$  = Betonarme duvar kalınlığı

$\lambda_1$  = Betonarme duvarın ısı iletim katsayısı (TS 825, sıra 5.1)

$d_2$  = EPS kalınlığı

$\lambda_2$  = EPS'nin ısı iletim katsayısı (Çizelge 4.2)

$d_3$  = Dış sıva kalınlığı

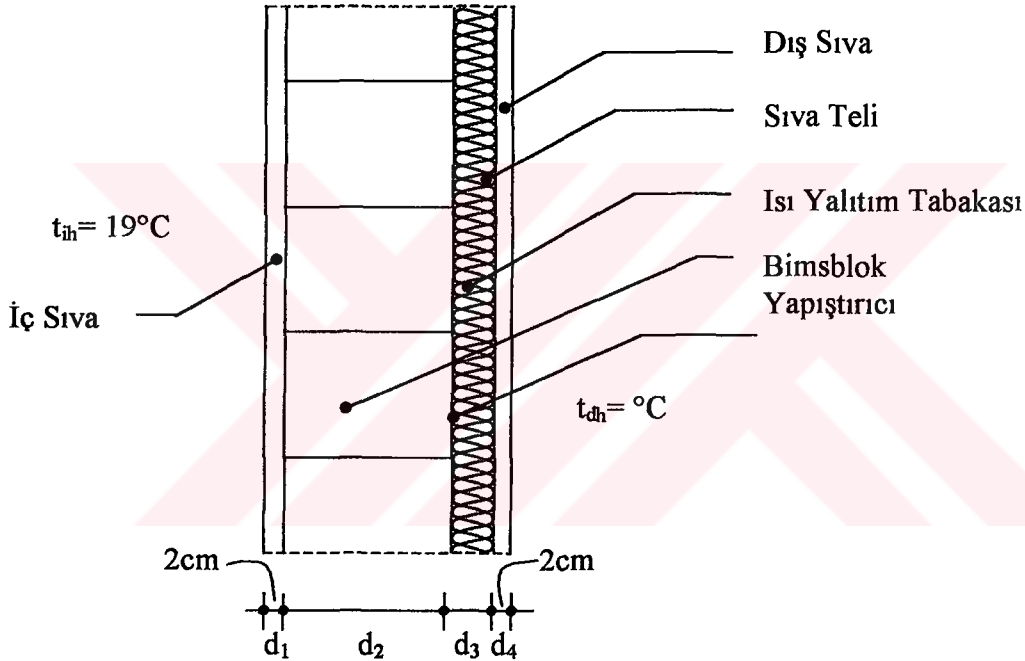
$\lambda_3$  = Dış sıvanın ısı iletim katsayısı (TS 825, sıra 4.1)

$$0,50 = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,87} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{0,15}{2,10} + 0,04}$$

Gerekli işlemler yapıldığında polistren için gerekli kalınlıklar;

30 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_2/0.036 = 1.74 \Rightarrow$	$d = 0.063$ m ise	$d \approx 6.5$ cm
25 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_2/0.037 = 1.74 \Rightarrow$	$d = 0.064$ m ise	$d \approx 6.5$ cm
20 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_2/0.039 = 1.74 \Rightarrow$	$d = 0.068$ m ise	$d \approx 7$ cm
15 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_2/0.042 = 1.74 \Rightarrow$	$d = 0.073$ m ise	$d \approx 7.5$ cm
10 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_2/0.046 = 1.74 \Rightarrow$	$d = 0.080$ m ise	$d \approx 8$ cm

#### 4.2.2. Bimsblok İçin Seçilen Duvar Kesiti ve Gerekli Yalıtım Kalınlıkları



Şekil 4.3. Bimsbloktan yapılan duvar detayı

Burada;

$d_1$  = İç sıva kalınlığı

$\lambda_1$  = İç sıvanın ısı iletim katsayısı (TS 825, sıra 4.1)

$d_2$  = Bimsblok kalınlığı

$\lambda_2$  = Bimsbloğun ısı iletim katsayısı (Çizelge 3.1)

$d_3$  = EPS kalınlığı

$\lambda_3$  = EPS'nin ısı iletim katsayısı (Çizelge 4.2)

$d_4$  = Dış sıva kalınlığı

$\lambda_4$  = Dış sıvanın ısı iletim katsayısı (TS 825, sıra 4.1)



- 8.5 cm'lik Bims Tuğladan yapılan duvar için gerekli yalıtım kalınlığı;

$$0,50 = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,085}{0,29} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{0,02}{0,87} + 0,04}$$

- 30 kg/m<sup>3</sup> için →  $d_3/0.036 = 1.537 \Rightarrow d = 0.055$  m ise  $d \approx 5.5$  cm
- 25 kg/m<sup>3</sup> için →  $d_3/0.037 = 1.537 \Rightarrow d = 0.057$  m ise  $d \approx 6$  cm
- 20 kg/m<sup>3</sup> için →  $d_3/0.039 = 1.537 \Rightarrow d = 0.060$  m ise  $d \approx 6$  cm
- 15 kg/m<sup>3</sup> için →  $d_3/0.042 = 1.537 \Rightarrow d = 0.065$  m ise  $d \approx 6.5$  cm
- 10 kg/m<sup>3</sup> için →  $d_3/0.046 = 1.537 \Rightarrow d = 0.070$  m ise  $d \approx 7$  cm

- 13.5 cm'lik Bims Tuğladan yapılan duvar için gerekli yalıtım kalınlığı;

$$0,50 = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,135}{0,29} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{0,02}{0,87} + 0,04}$$

- 30 kg/m<sup>3</sup> için →  $d_3/0.036 = 1.319 \Rightarrow d = 0.047$  m ise  $d \approx 5$  cm
- 25 kg/m<sup>3</sup> için →  $d_3/0.037 = 1.319 \Rightarrow d = 0.048$  m ise  $d \approx 5$  cm
- 20 kg/m<sup>3</sup> için →  $d_3/0.039 = 1.319 \Rightarrow d = 0.051$  m ise  $d \approx 5.5$  cm
- 15 kg/m<sup>3</sup> için →  $d_3/0.042 = 1.319 \Rightarrow d = 0.055$  m ise  $d \approx 6$  cm
- 10 kg/m<sup>3</sup> için →  $d_3/0.046 = 1.319 \Rightarrow d = 0.061$  m ise  $d \approx 6.5$  cm

- 15 cm'lik Tek Sıra Boşluklu Bimsbloktan yapılan duvar için gerekli yalıtım kalınlığı;

$$0,50 = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,15}{0,25} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{0,02}{0,87} + 0,04}$$

- 30 kg/m<sup>3</sup> için →  $d_3/0.036 = 1.18 \Rightarrow d = 0.042$  m ise  $d \approx 4.5$  cm
- 25 kg/m<sup>3</sup> için →  $d_3/0.037 = 1.18 \Rightarrow d = 0.043$  m ise  $d \approx 4.5$  cm
- 20 kg/m<sup>3</sup> için →  $d_3/0.039 = 1.18 \Rightarrow d = 0.046$  m ise  $d \approx 5$  cm
- 15 kg/m<sup>3</sup> için →  $d_3/0.042 = 1.18 \Rightarrow d = 0.049$  m ise  $d \approx 5$  cm
- 10 kg/m<sup>3</sup> için →  $d_3/0.046 = 1.18 \Rightarrow d = 0.054$  m ise  $d \approx 5.5$  cm

- 19 cm'lik Tek Sıra Boşluklu Bimsblok'dan yapılan duvar için gerekli yalıtım kalınlığı;

$$0,50 = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,19}{0,25} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{0,02}{0,87} + 0,04}$$

30 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.036= 1.024 \Rightarrow$	$d= 0.037$ m ise	$d \approx 4$ cm
25 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.037= 1.024 \Rightarrow$	$d= 0.038$ m ise	$d \approx 4$ cm
20 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.039= 1.024 \Rightarrow$	$d= 0.040$ m ise	$d \approx 4$ cm
15 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.042= 1.024 \Rightarrow$	$d= 0.043$ m ise	$d \approx 4.5$ cm
10 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.046= 1.024 \Rightarrow$	$d= 0.047$ m ise	$d \approx 5$ cm

- 10 cm'lik Çift Sıra Boşluklu Bimsblok'dan yapılan duvar için gerekli yalıtım kalınlığı;

$$0,50 = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,10}{0,24} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{0,02}{0,87} + 0,04}$$

30 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.036= 1.367 \Rightarrow$	$d= 0.049$ m ise	$d \approx 5$ cm
25 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.037= 1.367 \Rightarrow$	$d= 0.051$ m ise	$d \approx 5.5$ cm
20 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.039= 1.367 \Rightarrow$	$d= 0.053$ m ise	$d \approx 5.5$ cm
15 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.042= 1.367 \Rightarrow$	$d= 0.057$ m ise	$d \approx 6$ cm
10 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.046= 1.367 \Rightarrow$	$d= 0.062$ m ise	$d \approx 6.5$ cm

- 15 cm'lik Çift Sıra Boşluklu Bimsblok'dan yapılan duvar için gerekli yalıtım kalınlığı;

$$0,50 = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,15}{0,24} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{0,02}{0,87} + 0,04}$$

30 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.036= 1.159 \Rightarrow$	$d= 0.041$ m ise	$d \approx 4.5$ cm
25 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.037= 1.159 \Rightarrow$	$d= 0.043$ m ise	$d \approx 4.5$ cm
20 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.039= 1.159 \Rightarrow$	$d= 0.046$ m ise	$d \approx 5$ cm
15 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.042= 1.159 \Rightarrow$	$d= 0.049$ m ise	$d \approx 5$ cm
10 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.046= 1.159 \Rightarrow$	$d= 0.053$ m ise	$d \approx 5.5$ cm

- 19 cm'lik Üç Sıra Boşluklu Bimsblok'dan yapılan duvar için gerekli yalıtım kalınlığı;

$$0,50 = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,19}{0,22} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{0,02}{0,87} + 0,04}$$

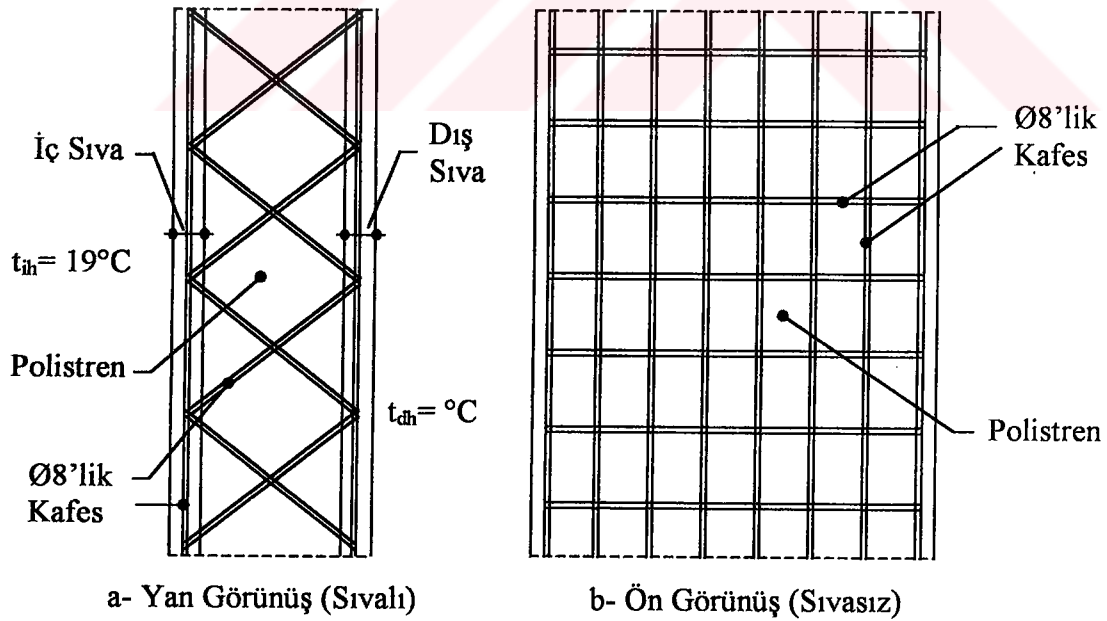
30 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.036=0.920 \Rightarrow$	$d=0.033$ m ise	$d \approx 3.5$ cm
25 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.037=0.920 \Rightarrow$	$d=0.034$ m ise	$d \approx 3.5$ cm
20 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.039=0.920 \Rightarrow$	$d=0.036$ m ise	$d \approx 4$ cm
15 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.042=0.920 \Rightarrow$	$d=0.039$ m ise	$d \approx 4$ cm
10 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.046=0.920 \Rightarrow$	$d=0.042$ m ise	$d \approx 4.5$ cm

- 25 cm'lik Üç Sıra Boşluklu Bimsblok'dan yapılan duvar için gerekli yalıtım kalınlığı;

$$0,50 = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,25}{0,22} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{0,02}{0,87} + 0,04}$$

30 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.036=0.648 \Rightarrow$	$d=0.023$ m ise	$d \approx 2.5$ cm
25 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.037=0.648 \Rightarrow$	$d=0.024$ m ise	$d \approx 2.5$ cm
20 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.039=0.648 \Rightarrow$	$d=0.025$ m ise	$d \approx 3$ cm
15 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.042=0.648 \Rightarrow$	$d=0.027$ m ise	$d \approx 3$ cm
10 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_3/0.046=0.648 \Rightarrow$	$d=0.029$ m ise	$d \approx 3$ cm

#### 4.2.3. Polistren Panelden Yapılan Duvar İçin Gerekli Yalıtım Kalınlığı



Şekil 4.4. Polistren panel detayı

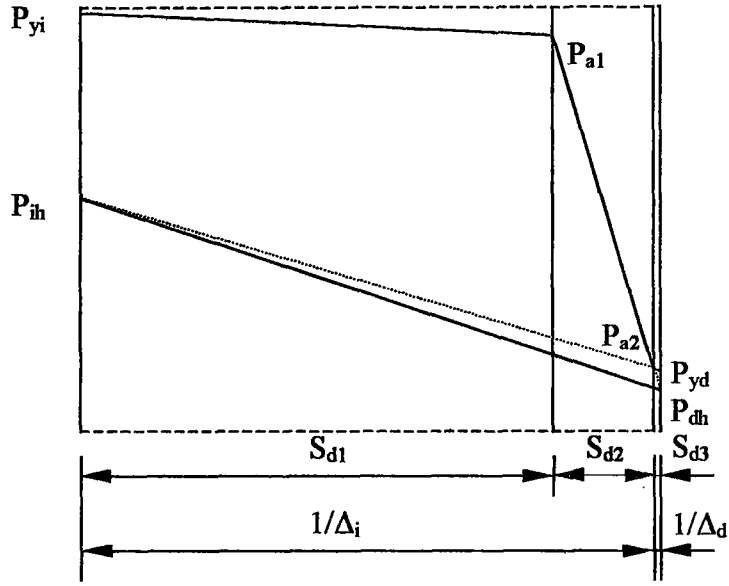
$$0,50 = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,87} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{0,02}{0,87} + 0,04}$$

30 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_2/0.036 = 1.784 \Rightarrow$	$d = 0.065$ m ise	$d \approx 7$ cm
25 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_2/0.037 = 1.784 \Rightarrow$	$d = 0.066$ m ise	$d \approx 7$ cm
20 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_2/0.039 = 1.784 \Rightarrow$	$d = 0.070$ m ise	$d \approx 7$ cm
15 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_2/0.042 = 1.784 \Rightarrow$	$d = 0.075$ m ise	$d \approx 7.5$ cm
10 kg/m <sup>3</sup> için →	$d_2/0.046 = 1.784 \Rightarrow$	$d = 0.082$ m ise	$d \approx 8.5$ cm

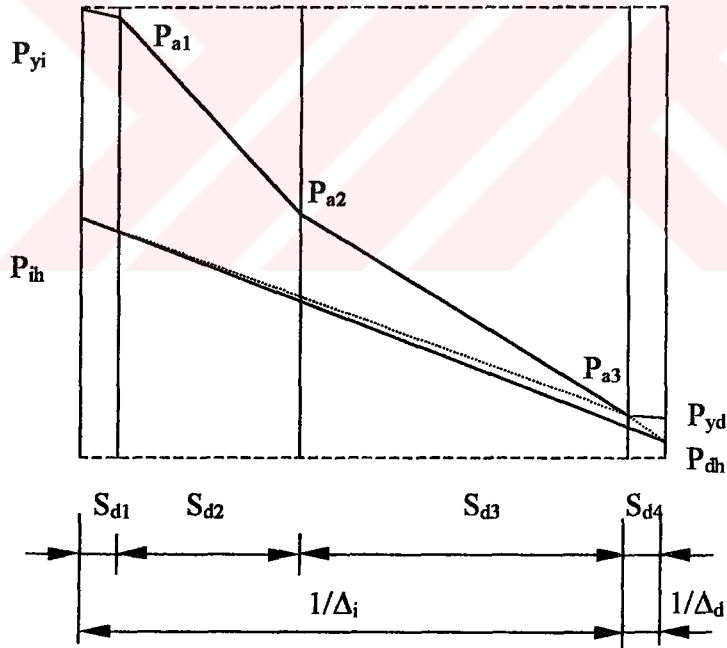
Yalıtım kalınlıkları, duvar elemanının ısı iletim katsayısına ve duvara ait istenen ısı geçirgenlik direncine göre değişmektedir. Yalıtım kalınlıklarında genişletilmiş polistrenden üretilen yalıtım malzemesinde kalınlık minimum 1 cm olmaktadır. Bu kalınlığın üstündeki tüm değerlerde polistren hazırlanabilir. Ancak üretim kolaylığı açısından, minimum değer üstündeki yalıtım kalınlıkları için 0.5 cm'nin katları alınmıştır.

#### 4.3. Belirlenen Kesitler İçin Yoğuşma Kontrolü

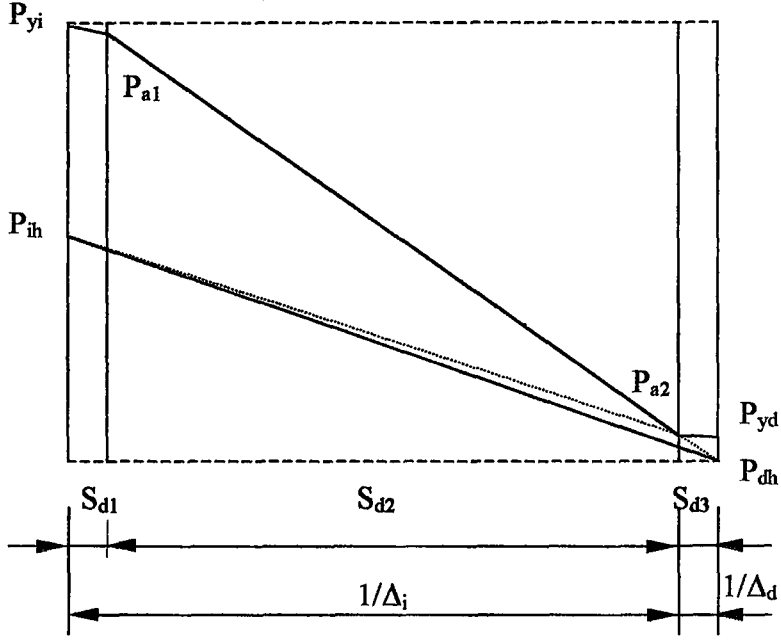
Yapılan yoğuşma hesabı ile ilgili formüller Bölüm 3.2.3'de verilmiştir. Her kesit için yapılan hesaplarda kritik bölge ( $P_{a,k}$ ) betonarme için (Şekil 4.5) ve polistren panel için (Şekil 4.6) ikinci arakesitte, bimsblok'dan yapılan duvar için ise (Şekil 4.7) üçüncü ara kesitdedir. Diğer bölgelerde sınırsal kondansasyon oluşuma ihtimali yoktur. Başka bir deyişle yapı bileşenindeki kısmi buhar basıncı bileşenin her noktasındaki muhtemel doymuş su buharı basıncından düşüktür. Bu yüzden hesaplamalarda bu arakesitlere ait sıcaklıklar ve yoğuşan su miktarı (Çizelge 4.3) değerlendirilmiştir.



Şekil 4.5. Betonarme duvar için kondansasyon grafiği



Şekil 4.6. Bimsblok duvar için kondansasyon grafiği



Şekil 4.7. Polistren duvar için kondansasyon grafiği

Çizelge 4.3. Duvar kesitlerine ait değerler ve yoğuşan su miktarları

Duvar Elemanı		Yalıtım Malzemesi (Polistren-EPS)			Duvar Detayının ve Kritik Bölgeye Ait Değerler					
Malzeme	cm	Kesit No.	Yoğ. Kg/m <sup>3</sup>	Kal. cm	U <sub>D</sub> (W/mK)	q	T <sub>k</sub> (°C)	P <sub>ak</sub>	W <sub>t</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	W <sub>v</sub> (kg/m <sup>2</sup> )
Bims tuğla	8.5	1	30	5.5	0.491	13.994	-8.6	294	-0.174	2.157
		2	25	6	0.469	13.367	-8.6	294	-0.163	2.148
		3	20	6	0.488	13.908	-8.6	294	-0.174	2.148
		4	15	6.5	0.486	13.851	-8.7	291	-0.173	2.140
		5	10	7	0.493	14.051	-8.6	291	-0.192	2.134
	13.5	6	30	5	0.483	13.776	-8.6	294	-0.170	2.151
		7	25	5	0.492	14.022	-8.6	294	-0.170	2.151
		8	20	5.5	0.478	13.623	-8.7	291	-0.170	2.143
		9	15	6	0.474	13.509	-8.7	291	-0.179	2.136
		10	10	6.5	0.477	13.595	-8.6	294	-0.197	2.130
Tek sıra boşluklu	15	11	30	4.5	0.484	13.794	-8.7	291	-0.154	2.414
		12	25	4.5	0.492	14.022	-8.6	294	-0.165	2.414
		13	20	5	0.477	13.595	-8.7	291	-0.165	2.147
		14	15	5	0.498	14.193	-8.5	296	-0.182	2.147
		15	10	5.5	0.497	14.165	-8.5	296	-0.191	2.139
	19	16	30	4	0.479	13.652	-8.7	291	-0.158	2.152
		17	25	4	0.486	13.851	-8.6	294	-0.168	2.152
		18	20	4	0.500	14.250	-8.5	296	-0.175	2.152
		19	15	4.5	0.488	13.908	-8.6	294	-0.173	2.144
		20	10	5	0.485	13.823	-8.6	294	-0.187	2.137

Çizelge 4.3.(devam)

Duvar Elemanı		Yalıtım Malzemesi (Polistren-EPS)			Duvar Detayının ve Kritik Bölgeye Ait Değerler					
Malzeme	cm	Kesit No.	Yoğ. Kg/m <sup>3</sup>	Kalı. cm	U <sub>D</sub> (W/mK)	q	T <sub>k</sub> (°C)	P <sub>ak</sub>	W <sub>T</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	W <sub>V</sub> (kg/m <sup>2</sup> )
İki sıra boşluklu	10	21	30	5	0.495	14.108	-8.6	294	-0.156	2.161
		22	25	5.5	0.472	13.452	-8.7	291	-0.158	2.152
		23	20	5.5	0.490	13.965	-8.6	294	-0.168	2.152
		24	15	6	0.485	13.823	-8.7	291	-0.168	2.144
		25	10	6.5	0.489	13.937	-8.6	294	-0.187	2.137
	15	26	30	4.5	0.478	13.623	-8.7	291	-0.154	2.155
		27	25	4.5	0.486	13.851	-8.7	291	-0.154	2.155
		28	20	5	0.471	13.424	-8.7	291	-0.165	2.147
		29	15	5	0.492	14.022	-8.6	294	-0.175	2.147
		30	10	5.5	0.491	13.994	-8.6	294	-0.185	2.139
Üç sıra boşluklu	19	31	30	3.5	0.487	13.880	-8.6	294	-0.156	2.160
		32	25	3.5	0.494	14.079	-8.6	294	-0.156	2.160
		33	20	4	0.475	13.538	-8.7	291	-0.158	2.152
		34	15	4	0.492	14.022	-8.6	294	-0.168	2.152
		35	10	4.5	0.486	13.851	-8.7	291	-0.168	2.144
	25	36	30	2.5	0.488	13.908	-8.6	294	-0.156	2.161
		37	25	2.5	0.493	14.051	-8.6	294	-0.156	2.161
		38	20	3	0.471	13.424	-8.5	296	-0.175	2.152
		39	15	3	0.484	13.794	-8.7	291	-0.158	2.152
		40	10	3	0.499	14.222	-8.6	294	-0.168	2.152
B.A. duvar	15	41	30	6.5	0.483	13.766	-8.7	291	-0.293	2.045
		42	25	6.5	0.495	14.108	-8.6	294	-0.303	2.045
		43	20	7	0.486	13.851	-8.7	291	-0.294	2.046
		44	15	7.5	0.488	13.908	-8.6	294	-0.304	2.046
		45	10	8	0.499	14.222	-8.5	296	-0.165	2.046
Polistren Panel		46	30	7	0.463	13.196	-8.7	291	-0.154	2.155
		47	25	7	0.474	13.509	-8.7	291	-0.154	2.155
		48	20	7	0.447	14.165	-8.6	294	-0.164	2.155
		49	15	7.5	0.500	14.250	-8.6	294	-0.175	2.147
		50	10	8.5	0.485	13.823	-8.7	291	-0.183	2.133

W<sub>T</sub> değerleri negatif olduklarından dolayı bu kesitlerde kondansasyon ve yoğuşma olmaz. Oluşması halinde ise W<sub>V</sub> > W<sub>T</sub> olduğu için buharlaşma periyodunda dışarı atılabilecek düzeydedir (Kesitler TS 825 Madde 9.2.5'de belirtilen yoğuşma sınırları içindedir). W<sub>V</sub> < W<sub>T</sub> olsaydı, bu kesitler ancak buhar kesici kullanılmasıyla uygun hale getirilebilir.

#### 4.4. Duvar Maliyetlerin Hesaplanması

Bimsbloklardan yapılan duvarın imali için gerekli olan malzeme ve işçilik giderleri için Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 2000 yılı birim fiyatları, bims ürünleri için (Çizelge 4.4.) ve polistren için (Çizelge 4.5) piyasa fiyatları kullanılmıştır. Aşağıda 1 m<sup>2</sup> bimsblok, polistren ve betonarme duvar kesitleri için gerekli malzemeler verilmiştir. Belirlenen kesitlere ait 1 m<sup>2</sup> maliyetler, kalınlıklar ve ağırlıklar Çizelge 4.6'da verilmiştir.

- Betonarme perde duvar için fiyat analizi;

Poz No.	Tanım	Birim	Miktar	Ücret (TL)	Karsız (TL)	Karlı (TL)
	Satın alınan ve beton					
16.0581	pompasıyla basılan hazır beton	M <sup>3</sup>	0.15	25.751.580	3.862.737	4.828.421
23.002	Çapı 14-50 lik beton çelik çubukların projesine göre bükülmesi ve yerine konulması	TN	0.0105	237.136.000	2.489.928	3.112.410
21.011	Düz yüzeyli beton ve betonarme kalıbı	M <sup>2</sup>	2.0000	3.249.190	6.498.380	8.122.975
	<b>Toplam</b>				12.851.045	16.063.806

Çizelge 4.4. Bimsbloklara ait fiyat ve ağırlıklar

Çeşidi	Boyutları (cm)	Fiyatı		Ağırlık	
		Adet (TL)	TL/M <sup>2</sup>	Kg/Adet	Kg/m <sup>2</sup>
Bims Tuğla	8.5x19x19	45.000	1.246.537	3	83.102
	13.5x19x19	50.000	1.385.040	4	110.803
Tek Sıra Boşluklu Bimsblok	15x39x18.5	100.000	1.386.000	9	124.740
Bimsblok	19x39x18.5	115.000	1.593.900	10.5	145.530
Çift Sıra Boşluklu Bimsblok	10x39x18.5	78.000	1.081.080	8	110.880
Bimsblok	15x39x18.5	105.000	1.455.300	11.5	159.390
Üç Sıra Boşluklu Bimsblok	19x39x18.5	130.000	1.801.800	13	180.180
Bimsblok	25x39x18.5	160.000	2.217.600	15	207.900



- 10 cm'lik Bimsbloklar için;

Poz No.	Tanım	Birim	Miktar	Ücret (TL)	Karsız (TL)	Karlı (TL)
04.0062	Kum (Elenmiş, yıkanmış)	M <sup>3</sup>	0.0080	2.947.840	23.583	29.479
04.0081	Portland çimentosu	TN	0.0016	21.000.000	33.600	42.000
04.015	Sönmemiş parça kalker kireç	KG	0.6800	17.000	11.560	14.450
04.031	Su	M <sup>3</sup>	0.0030	700.000	2.100	2.625
01.013	Duvar ustası	SA	0.5000	804.320	402.160	502.700
01.501	Düz işçi	SA	1.0360	526.400	545.350	681.688
	Bimsblok (10x39x18.5)	M <sup>2</sup>	1.0000	1.081.081	1.081.081	1.351.351
	<b>Toplam</b>			<b>2.099.434</b>	<b>2.099.434</b>	<b>2.624.293</b>

- 15 cm'lik Bimsbloklar için;

Poz No.	Tanım	Birim	Miktar	Ücret (TL)	Karsız (TL)	Karlı (TL)
04.0062	Kum (Elenmiş, yıkanmış)	M <sup>3</sup>	0.0120	2.947.840	35.374	44.218
04.0081	Portland çimentosu	TN	0.0024	21.000.000	50.400	63.000
04.015	Sönmemiş parça kalker kireç	KG	1.0200	17.000	17.340	21.675
04.031	Su	M <sup>3</sup>	0.0044	700.000	3.080	3.850
01.013	Duvar ustası	SA	0.5000	804.320	402.160	502.700
01.501	Düz işçi	SA	1.1542	526.400	607.571	759.464
	<b>Ara Toplam</b>			<b>1.115.925</b>	<b>1.115.925</b>	<b>1.394.907</b>

Çift sıra boşluklu bimsblok	M <sup>2</sup>	1.0000	1.455.301	1.455.301	1.819.126
1 m <sup>2</sup> (15x39x18.5) Bimsblok'dan duvar için Genel Toplam				<b>2.571.226</b>	<b>3.214.033</b>

Tek sıra boşluklu bimsblok	M <sup>2</sup>	1.0000	1.386.000	1.386.000	1.732.500
1 m <sup>2</sup> (15x39x18.5) Bimsblok'dan duvar için Genel Toplam				<b>2.501.925</b>	<b>3.127.407</b>

- 19 cm'lik Bimsbloklar için;

Poz No.	Tanım	Birim	Miktar	Ücret (TL)	Karsız (TL)	Karlı (TL)
04.0062	Kum (Elenmiş, yıkanmış)	M <sup>3</sup>	0.0160	2.947.840	47.165	58.956
04.0081	Portland çimentosu	TN	0.0032	21.000.000	67.200	84.000
04.015	Sönmemiş parça kalker kireç	KG	1.3600	17.000	23.120	28.900
04.031	Su	M <sup>3</sup>	0.0059	700.000	4.130	5.163
01.013	Duvar ustası	SA	0.5000	804.320	402.160	502.700
01.501	Düz işçi	SA	1.2722	526.400	669.686	837.108
<b>Ara Toplam</b>					1.213.461	1.516.827

Üç sıra boşluklu bimsblok	M <sup>2</sup>	1.0000	1.801.801	1.801.801	2.252.251
1 m <sup>2</sup> (19x39x18.5) Bimsblok'dan duvar için Genel Toplam				3.015.262	3.769.078

Tek sıra boşluklu bimsblok	M <sup>2</sup>	1.0000	1.593.900	1.593.900	1.992.375
1 m <sup>2</sup> (19x39x18.5) Bimsblok'dan duvar için Genel Toplam				2.807.361	3.509.202

- 25 cm'lik Bimsbloklar için analizler enterpolasyonla;

Poz No.	Tanım	Birim	Miktar	Ücret (TL)	Karsız (TL)	Karlı (TL)
04.0062	Kum (Elenmiş, yıkanmış)	M <sup>3</sup>	0.0220	2.947.840	64.853	81.066
04.0081	Portland çimentosu	TN	0.0042	21.000.000	88.200	110.250
04.015	Sönmemiş parça kalker kireç	KG	1.8700	17.000	31.790	39.738
04.031	Su	M <sup>3</sup>	0.0083	700.000	5.810	7.263
01.013	Duvar ustası	SA	0.5500	804.320	442.376	552.970
01.501	Düz işçi	SA	1.4992	526.400	789.179	986.474
	Bimsblok (25x39x18.5)	M <sup>2</sup>	1.0000	2.217.602	2.217.602	2.772.002

- 13.5 cm Bims tuğla için enterpolasyonla;

Poz No.	Tanım	Birim	Miktar	Ücret (TL)	Karsız (TL)	Karlı (TL)
04.0062	Kum (Elenmiş, yıkanmış)	M <sup>3</sup>	0.0056	2.947.840	16.508	20.635
04.0081	Portland çimentosu	TN	0.0011	21.000.000	23.100	28.875
04.015	Sönmemiş parça kalker kireç	KG	0.4472	17.000	7.602	9.502
04.031	Su	M <sup>3</sup>	0.0019	700.000	1.330	1.663
01.013	Duvar ustası	SA	0.5000	804.320	402.160	502.700
01.501	Düz işçi	SA	1.1187	526.400	588.884	736.105
	Bimsblok (13.5x19x19)	M <sup>2</sup>	1.0000	1.385.041	1.385.041	1.731.301
	1 m <sup>2</sup> Bimsblok'dan duvar			<b>Toplam</b>	<b>2.424.625</b>	<b>3.030.781</b>

- 8.5 cm Bims tuğla için enterpolasyonla;

Poz No.	Tanım	Birim	Miktar	Ücret (TL)	Karsız (TL)	Karlı (TL)
04.0062	Kum (Elenmiş, yıkanmış)	M <sup>3</sup>	0.0032	2.947.840	9.433	11.791
04.0081	Portland çimentosu	TN	0.0007	21.000.000	14.700	18.375
04.015	Sönmemiş parça kalker kireç	KG	0.2816	17.000	4.787	5.984
04.031	Su	M <sup>3</sup>	0.0013	700.000	910	1.138
01.013	Duvar ustası	SA	0.5000	804.320	402.160	502.700
01.501	Düz işçi	SA	1.0000	526.400	526.400	658.000
	Bimsblok (8.5x19x19)	M <sup>2</sup>	1.0000	1.246.537	1.246.537	1.558.171
	1 m <sup>2</sup> Bimsblok'dan duvar			<b>Toplam</b>	<b>2.204.927</b>	<b>2.756.159</b>

- Polistren için maliyet hesabı

Poz No.	Tanım	Birim	Miktar	Ücret (TL)	Karsız (TL)	Karlı (TL)
01.010	Yalıtım ustası	SA	0.5000	804.320	402.160	502.700
01.501	Düz işçi	SA	1.0000	526.400	526.400	658.000
	Yapıştırıcı (Arkalik esası)	KG	2.0000	320.000	640.000	800.000
	Sıva filesi	M <sup>2</sup>	1.0000	50.000	250.000	312.500
	Dübel	ADET	9	20.000	180.000	225.000
				<b>Ara Toplam</b>	<b>1.998.560</b>	<b>2.498.200</b>

Çizelge 4.5. Gerekli yalıtım kalınlıkları için Polistrene ait fiyatlar

Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )		30	25	20	15	10	
Fiyatı (m <sup>3</sup> /milyon TL)		41.850	34.875	27.900	20.295	13.950	
Yalıtım için gerekli kalınlıklara göre fiyatı (TL)	2.5 cm	Karsız	1.046.250	871.875	697.500	507.375	348.750
		Karlı	1.307.813	1.089.844	871.875	634.219	435.938
	3 cm	Karsız	1.268.181	1.056.818	845.454	615.000	422.727
		Karlı	1.585.226	1.321.023	1.056.818	768.750	528.409
	3.5 cm	Karsız	1.494.642	1.245.535	996.428	724.821	498.214
		Karlı	1.868.303	1.556.919	1.245.535	906.026	622.768
	4 cm	Karsız	1.674.000	1.395.000	1.116.000	811.800	558.000
		Karlı	2.092.500	1.743.350	1.395.000	1.014.750	697.500
	4.5cm	Karsız	1.902.272	1.575.227	1.268.181	922.500	634.090
		Karlı	2.377.840	1.969.034	1.585.226	1.153.125	792.613
	5 cm	Karsız	2.092.500	1.743.750	1.395.000	1.014.750	697.500
		Karlı	2.615.625	2.179.688	1.743.750	1.268.438	871.875
	5.5 cm	Karsız	2.325.000	1.937.500	1.550.000	1.127.500	775.000
		Karlı	2.906.250	2.421.875	1.937.500	1.409.375	968.750
	6 cm	Karsız	2.165.625	2.179.687	1.743.750	1.268.437	871.875
		Karlı	2.707.031	2.724.609	2.179.688	1.585.546	1.089.844
	6.5 cm	Karsız	2.790.000	2.325.000	1.860.000	1.353.000	930.000
		Karlı	3.487.500	2.906.250	2.325.000	1.691.250	1.162.500
	7 cm	Karsız	2.989.285	2.491.071	1.992.857	1.449.642	996.428
		Karlı	3.736.606	3.113.840	2.491.071	1.812.053	1.245.535
7.5 cm	Karsız	3.219.230	2.682.692	2.146.153	1.561.153	1.073.076	
	Karlı	3.911.538	3.353.365	2.682.691	1.951.441	1.341.345	
8 cm	Karsız	3.487.500	2.906.250	2.325.000	1.691.250	1.162.500	
	Karlı	4.359.375	3.632.813	2.906.250	2.114.063	1.453.125	
8.5 cm	Karsız	3.804.545	3.170.454	2.536.363	1.845.000	1.268.181	
	Karlı	4.755.681	3.963.181	3.170.454	2.306.250	1.585.226	

- Çelik hasır için maliyet analizi

Poz No.	Tanım	Birim	Miktar	Ücret (TL)	Karsız (TL)	Karlı (TL)
	Ø8 lik çelikten yapılan 10x10 cm gözlü hasır	Kg	11	222.300	2.445.300	3.056.625
01.021	Kaynak Ustası	SA	0.5000	804.320	402.160	502.700
01.501	Düz işçi	SA	0.5000	526.400	526.400	658.000
<b>Ara Toplam</b>				<b>3.373.860</b>	<b>4.217.325</b>	

Çizelge 4.6. Opak bileşene ait fiyat, kalınlık ve ağırlıkları

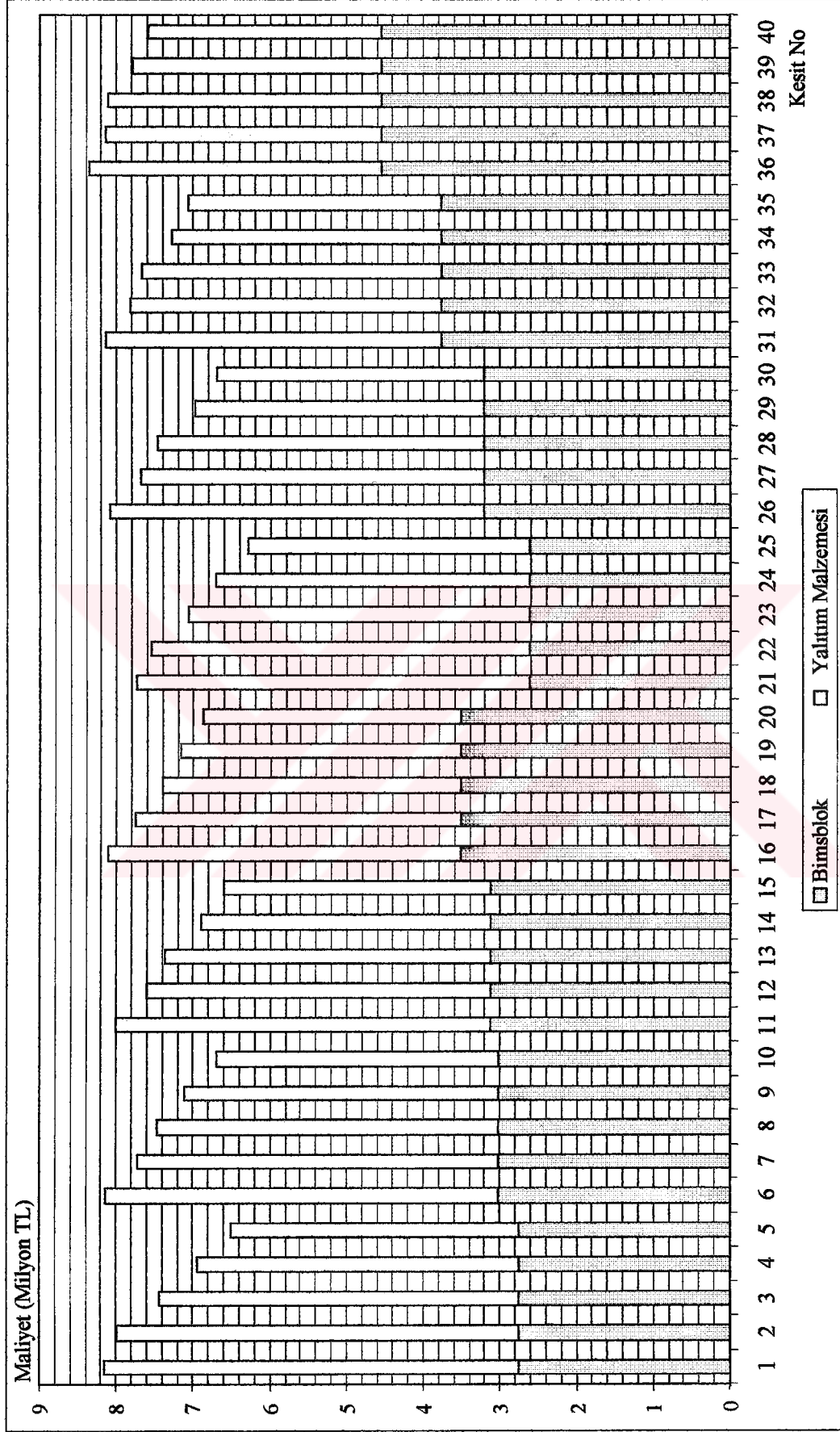
Duvar elemanı	Kesit No.	Duvar elemanı (TL)	Yalıtım (TL)	Toplam fiyat (TL)	Toplam kalınlık (cm)	Toplam ağırlık (kg/m <sup>2</sup> )	
Bims Tuğla	8.5	1	2.756.159	5.404.450	8.160.609	14	84.75
		2	2.756.159	5.222.809	7.978.968	14.5	84.60
		3	2.756.159	4.677.888	7.434.047	14.5	84.30
		4	2.756.159	4.189.450	6.945.609	15	84.08
		5	2.756.159	3.743.735	6.499.894	15.5	83.80
	13.5	6	3.030.781	5.113.825	8.144.606	18.5	112.30
		7	3.030.781	4.677.888	7.708.669	18.5	112.05
		8	3.030.781	4.435.700	7.466.481	19	111.90
		9	3.030.781	4.083.746	7.114.527	19.5	111.70
		10	3.030.781	3.660.700	6.691.481	20	111.45
Tek Sıra Boşluklu	15	11	3.127.407	4.876.040	8.003.447	19.5	126.09
		12	3.127.407	4.467.234	7.594.641	19.5	125.87
		13	3.127.407	4.241.950	7.369.357	20	125.74
		14	3.127.407	3.766.638	6.894.045	20	125.49
		15	3.127.407	3.466.950	6.594.357	20.5	125.29
	19	16	3.509.202	4.590.700	8.099.902	23	146.73
		17	3.509.202	4.241.950	7.751.152	23	146.53
		18	3.509.202	3.893.200	7.402.402	23	146.33
		19	3.509.202	3.651.325	7.160.527	23.5	146.21
		20	3.509.202	3.370.075	6.879.277	24	146.03
İki Sıra Boşluklu	10	21	2.624.293	5.113.825	7.738.118	15	112.38
		22	2.624.293	4.920.075	7.544.368	15.5	112.26
		23	2.624.293	4.435.700	7.059.993	15.5	111.98
		24	2.624.293	4.083.746	6.708.039	16	111.78
		25	2.624.293	3.660.700	6.284.993	16.5	111.53
	15	26	3.214.033	4.876.040	8.090.073	19.5	160.74
		27	3.214.033	4.467.234	7.681.267	19.5	160.52
		28	3.214.033	4.241.950	7.455.983	20	160.39
		29	3.214.033	3.766.638	6.980.671	20	160.14
		30	3.214.033	3.466.950	6.680.983	20.5	159.94
Üç Sıra Boşluklu	19	31	3.769.078	4.366.503	8.135.581	22.5	181.23
		32	3.769.078	4.055.119	7.824.197	22.5	181.06
		33	3.769.078	3.893.200	7.662.278	23	180.98
		34	3.769.078	3.512.950	7.282.028	23	180.78
		35	3.769.078	3.290.813	7.059.891	23.5	180.63
	25	36	4.549.763	3.806.013	8.355.776	27.5	208.65
		37	4.549.763	3.588.044	8.137.807	27.5	208.53
		38	4.549.763	3.555.018	8.104.781	28	208.50
		39	4.549.763	3.226.950	7.776.713	28	208.35
		40	4.549.763	3.026.609	7.576.372	28	208.20
B.A. Duvar	15	41	16.063.806	5.288.200	21.352.006	21.5	2404
		42	16.063.806	4.823.200	20.887.006	21.5	2403.7
		43	16.063.806	4.491.057	20.554.863	22	2403.5
		44	16.063.806	4.059.353	20.123.159	22.5	2403.2
		45	16.063.806	3.660.700	19.724.506	23	2403

Çizelge 4.6. (devam)

Duvar elemanı	Kesit No.	Duvar elemanı (TL)	Yalıtım (TL)	Toplam fiyat (TL)	Toplam kalınlık (cm)	Toplam ağırlık (kg/m <sup>2</sup> )
Polistren Panel	46	4.217.325	3.736.606	7.953.931	7	12.63
	47	4.217.325	3.113.840	7.331.165	7	12.28
	48	4.217.325	2.491.071	6.708.396	7	11.93
	49	4.217.325	1.951.441	6.168.766	7,5	11.66
	50	4.217.325	1.585.226	5.802.551	8,5	11.38

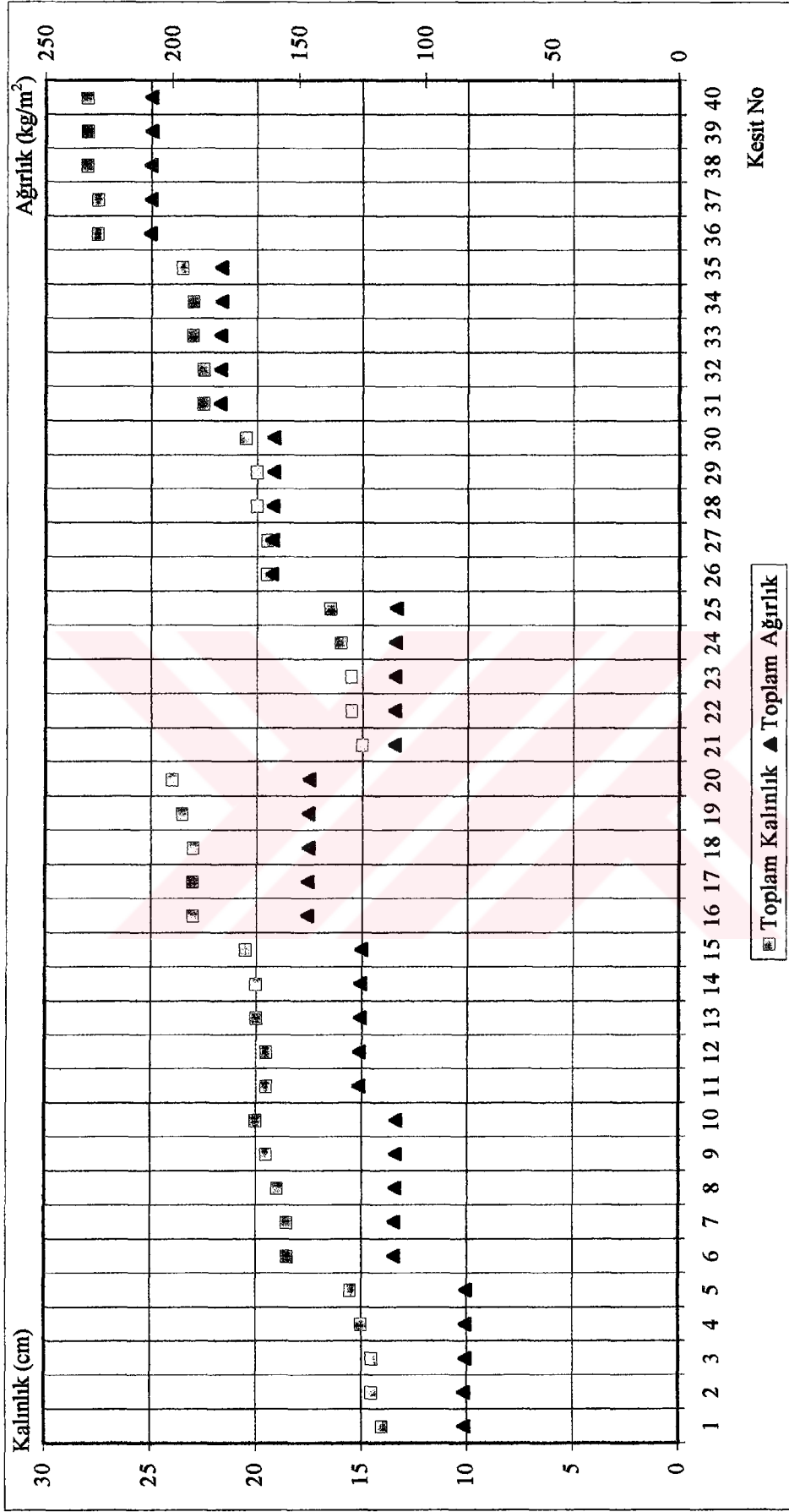
Hesaplanan duvar kesitlerinde en düşük maliyet ve ağırlık polistren panele ait 50 nolu kesitte çıkmasına rağmen en düşük kalınlık 46, 47 ve 48 nolu kesitlerden elde edilmektedir. EPS'nin yoğunluğuna paralel basınç gerilimi, makaslama mukavemeti, bükülme mukavemeti ve çekme mukavemeti de arttığı düşünülürse (Çizelge 3.2) polistren panel uygulamalarında bu kesitlerin yapılması daha sağlıklı olacaktır.

Bimsbloklarla yapılacak opak bileşen alternatiflerinde en düşük toplam maliyet (Şekil 4.8) 25 nolu kesit olan 10'luk iki sıra boşluklu bimsblok olmasına rağmen en düşük kalınlık ve ağırlık 8.5'luk bimsblokla yapılan kesitlerde çıkmıştır (Şekil 4.9). Opak bileşen için maksimum dayanım faktörü de düşünüldüğünde ve dış etkilere daha dayanıklı olması bakımından 10'luk iki sıra boşluklu bimsblok ile 20 kg/m<sup>3</sup> yoğunluklu polistrenden elde edilen opak bileşen katmanı bölge şartı için en ideal duvar kesitini oluşturmaktadır.



Şekil 4.8. Opak bileşeni oluşturan bimsblok ve polistrenin 1 m<sup>2</sup> maliyetleri





Şekil 4.9. Yalıtımlı bimsblok duvarın toplam ağırlık ve toplam kalınlık değişimi



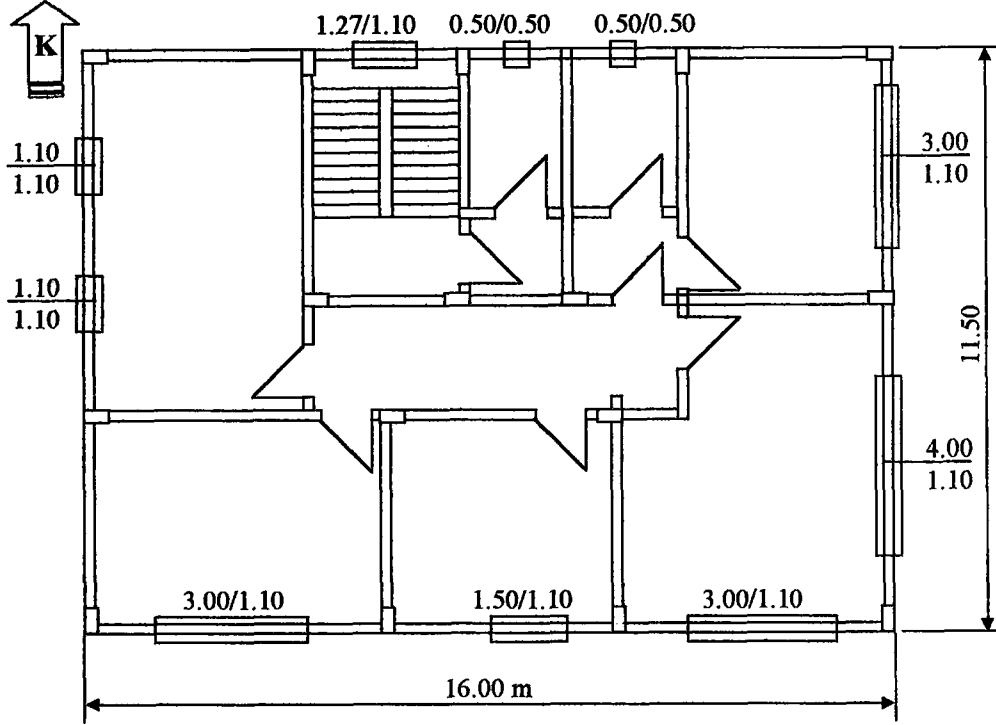
#### 4.5. Örnek Binaya Ait Isı Kaybı Hesabı

Isparta bölgesi için yapılan bu örnek bina hesabında bölge verileri Bölüm 3.1.3'de, ısı kaybı hesabı için gerekli formüller Bölüm 3.2.4'de verilmiştir. Hesabı yapılan binaya ait parametreler aşağıda verilmiştir. Dış duvar kesiti olarak Bölüm 4.2'de bulunan kesitler kullanılmış olup, TS 825 binanın tümündeki ısı kaybını göz önüne aldığı için tavan ve toprağa temas eden döşemede, yalıtımsız durumda iken ısı kaybı çok fazla ve dış duvardaki yalıtım kalınlığı çok fazla olmaktadır. Yalıtımlı kesitlere çatı için 4 cm ( $10 \text{ kg/m}^3$ ), döşeme için 3 cm ( $30 \text{ kg/m}^3$ ) polistren ilave edilmiştir. Tamamen yalıtımsız bina "A", tavan ve toprağa temas eden döşemesi yalıtımlı dış duvarlarında yalıtım uygulanmamış bina (kısmen yalıtımlı) "B" ile gösterilmiş olup binaya ait ısı kayıpları ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları Çizelge 4.7'de verilmiştir.

##### Örnek binaya ait veriler

- Bina Boyutları: 11.5 m x 16.00 m (Opak yüzeyin toplam alanı:  $333.97 \text{ m}^2$ )
  - Kat Yüksekliği: 2.60 m
  - Pencere Alanı:  $61.03 \text{ m}^2$
- (Doğu=  $23.38 \text{ m}^2$ , Batı=  $7.32 \text{ m}^2$ , Kuzey=  $5.69 \text{ m}^2$ , Güney=  $24.64 \text{ m}^2$ )
- Tavan (A=  $184 \text{ m}^2$ )  
Sıva (2 cm) + B.A. Plak Döşeme (12 cm),
  - Toprağa Temas Eden Döşeme (A=  $184 \text{ m}^2$ )  
Ahşap Kaplama (2.5 cm) + Tesviye Beton (3 cm) + Asfalt Kaplama (1 cm) + Grebeton (15 cm) + Blokaj (15 cm)
  - $I_{i,ay}$  = "i" yönünde yüzeye dik gelen aylık güneş ışınlama şiddeti  
(Doğu= 0.8, Batı= 0.6, Kuzey= 0.5, Güney= 0.8)
  - Bina konut amaçlı kullanılacak ve çatılı yapılacaktır.
  - Kullanılan camlar, çok katlı berrak cam ve binada doğal havalandırma yapılacaktır.

Havalandırma yolu ile ısı kaybı her sistem için sabit olup  $H_h = 631.5 \text{ W/K}$ 'dir.



Şekil 4.10. Örnek binaya ait kat planı

Çizelge 4.7. Yalıtımlı ve yalıtımsız binaya ait bina özgül ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı değerleri

Duvar Elemanı	Kesit No.	İletim yoluyla ısı kaybı $H_i$ (W/K)	Binanın özgül ısı kaybı $(H_i+H_b)$ $H$ (W/K)	Sınırlanmış ısı ihtiyacı $Q'$ (kWh/m <sup>2</sup> )	Hesaplanmış ısı ihtiyacı $Q$ (kWh/m <sup>2</sup> )	Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı $Q_{YL}$ (kWh)	TS 825'e göre
8.5'lik Bims Tuğla	A	1334.05	1965.52	71.69	144.34	110.480	Uygun değil
	B	982.76	1614.23	71.69	112.18	85.967	Uygun
	1	490.49	1121.96	71.69	67.86	52.458	Uygun
	2	483.47	1114.95	71.69	67.86	51.943	Uygun
	3	489.82	1121.29	71.69	68.47	52.480	Uygun
	4	489.15	1120.62	71.69	68.40	52.358	Uygun
13.5'lik Bims Tuğla	5	491.16	1122.62	71.69	68.60	52.505	Uygun
	A	1168.07	1799.53	71.69	129.11	98.823	Uygun değil
	B	816.78	1448.24	71.69	97.12	74.341	Uygun
	6	488.15	1119.61	71.69	68.31	52.285	Uygun
	7	490.82	1122.29	71.69	68.56	52.481	Uygun
	8	486.48	1117.96	71.69	68.15	52.164	Uygun
Tek Sıra 15'lik Bimsblok	9	484.81	1116.29	71.69	67.99	52.040	Uygun
	10	489.15	1117.61	71.69	68.12	52.138	Uygun
	A	1087.25	1718.72	71.69	121.70	93.154	Uygun değil
	B	735.96	1367.43	71.69	89.94	68.840	Uygun
	11	488.48	1119.96	71.69	68.34	52.310	Uygun
	12	491.16	1122.62	71.69	68.60	52.505	Uygun
	13	485.81	1117.29	71.69	68.09	52.115	Uygun
14	493.16	1124.62	71.69	68.72	52.604	Uygun	
15	492.83	1124.29	71.69	68.69	52.581	Uygun	

Çizelge 4.7. (devam)

Duvar Elemanı	Kesit No.	İletim yoluyla ısı kaybı $H_i$ (W/K)	Binanın özgül ısı kaybı $(H_i+H_b)$ H (W/K)	Sınırlanmış ısı ihtiyacı $Q'$ (kWh/m <sup>2</sup> )	Hesaplanmış ısı ihtiyacı $Q$ (kWh/m <sup>2</sup> )	Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı $Q_{YIL}$ (kWh)	TS 825'e göre
Tek Sıra 19'luk Bimsblok	A	1020.12	1651.60	71.69	115.66	88.531	Uygun
	B	668.83	1300.30	71.69	84.01	64.305	değil
	16	486.81	1118.29	71.69	68.18	52.187	Uygun
	17	489.15	1120.62	71.69	68.40	52.358	Uygun
	18	493.49	1124.97	71.69	68.76	52.630	Uygun
	19	489.82	1121.29	71.69	68.47	52.408	Uygun
İki Sıra 10'luk Bimsblok	20	480.79	1111.93	71.69	67.57	51.720	Uygun
	A	1205.81	1837.27	71.69	132.50	101.423	Uygun
	B	854.51	1485.98	71.69	100.56	76.976	değil
	21	491.82	1123.29	71.69	68.60	52.508	Uygun
	22	484.14	1115.61	71.69	67.93	51.992	Uygun
	23	490.15	1121.62	71.69	68.50	52.432	Uygun
İki Sıra 15'lik Bimsblok	24	488.82	1120.29	71.69	68.37	52.334	Uygun
	25	489.82	1121.29	71.69	68.47	52.408	Uygun
	A	1075.23	1706.70	71.69	120.60	92.312	Uygun
	B	723.93	1355.40	71.69	88.84	68.003	değil
	26	486.48	1117.96	71.69	68.15	52.164	Uygun
	27	489.15	1120.62	71.69	68.40	52.358	Uygun
Üç Sıra 19'luk Bimsblok	28	484.14	1115.61	71.69	67.93	51.992	Uygun
	29	491.16	1122.62	71.69	68.60	52.505	Uygun
	30	490.82	1122.29	71.69	68.56	52.481	Uygun
	A	987.39	1618.86	71.69	112.63	86.208	Uygun
	B	636.10	1267.57	71.69	81.14	62.110	değil
	31	489.49	1120.96	71.69	68.44	52.383	Uygun
Üç Sıra 25'lik Bimsblok	32	491.49	1122.96	71.69	68.63	52.531	Uygun
	33	485.48	1116.95	71.69	68.05	52.089	Uygun
	34	491.16	1122.62	71.69	68.60	52.505	Uygun
	35	488.82	1120.29	71.69	68.37	52.334	Uygun
	A	924.94	1556.40	71.69	106.99	81.891	Uygun
	B	575.65	1205.11	71.69	75.66	57.916	değil
B.A. Perde Duvar	36	489.82	1121.29	71.69	68.47	52.408	Uygun
	37	491.49	1122.96	71.69	68.63	52.531	Uygun
	38	484.14	1115.61	71.69	67.93	51.992	Uygun
	39	488.15	1119.61	71.69	68.31	52.285	Uygun
	40	493.16	1124.62	71.69	68.72	52.604	Uygun
	A	1940.88	2572.34	71.69	200.98	153.837	Uygun
Polistren Panel	B	1589.58	2221.05	71.69	168.15	128.706	değil
	41	488.15	1119.61	71.69	68.31	52.285	Uygun
	42	491.82	1123.29	71.69	68.60	52.508	Uygun
	43	488.82	1120.29	71.69	68.37	52.334	Uygun
	44	489.49	1120.96	71.69	68.44	52.383	Uygun
	45	493.49	1124.97	71.69	68.76	52.630	Uygun
Polistren Panel	46	481.14	1112.60	71.69	67.64	51.770	Uygun
	47	485.14	1116.61	71.69	68.02	52.063	Uygun
	48	492.83	1124.29	71.69	68.69	52.581	Uygun
	49	493.49	1124.97	71.69	68.76	52.630	Uygun
	50	488.48	1119.96	71.69	68.34	52.310	Uygun

A Yalıtımsız bina

B Sadece dış duvarlar yalıtımsız (tavan ve toprağa temas eden döşeme yalıtımlı)

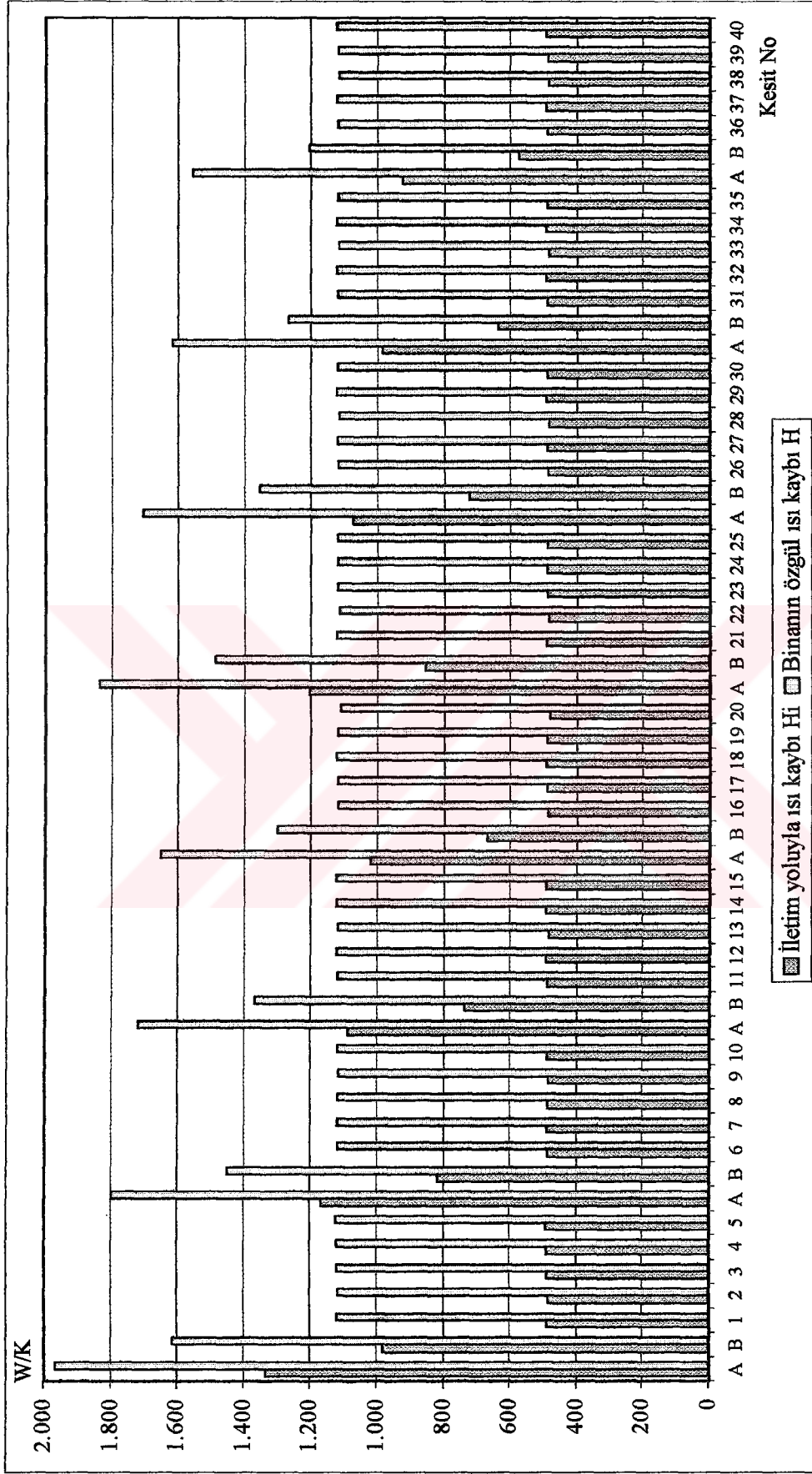
Yalıtımlı duvar kesitlerinde  $Q < Q'$  olduğundan bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altında olduğu görülmektedir. Bir başka deyişle TS 825'de belirtilen sınırlar içinde kaldığından dolayı bu kesitler uygulanabilir.

Yalıtımsız bina ile yalıtımlı binanın ısı tüketim oranları karşılaştırıldığında, bims ürünleri ile yapılan yalıtımlı duvar kesitlerinde gerekli ısı enerjisi miktarında %36 ile %53 arasında azalma olduğu, betonarme perde duvarda ise %66 bir azalma olduğu saptanmıştır.

Yalıtımsız bina ile sadece tavan ve toprağa temas eden döşemesi yalıtımlı (dış duvarlar yalıtımsız) binaları karşılaştırırsak; bims ürünleri ile yapılan binada %24~39 oranında ısı kaybı önlenirken, betonarme binada bu oran %16'dır. Genleştirilmiş polistren ile dış duvar ısı yalıtımı sağlanan tamamen yalıtımlı binada, kısmen yalıtımlı binaya göre; bims ürünleri ile yapılan dış duvar kesitlerinde %15~39 ve betonarme ile yapılan dış duvar kesitlerinde %59 oranında ısı kaybı önlenmektedir.

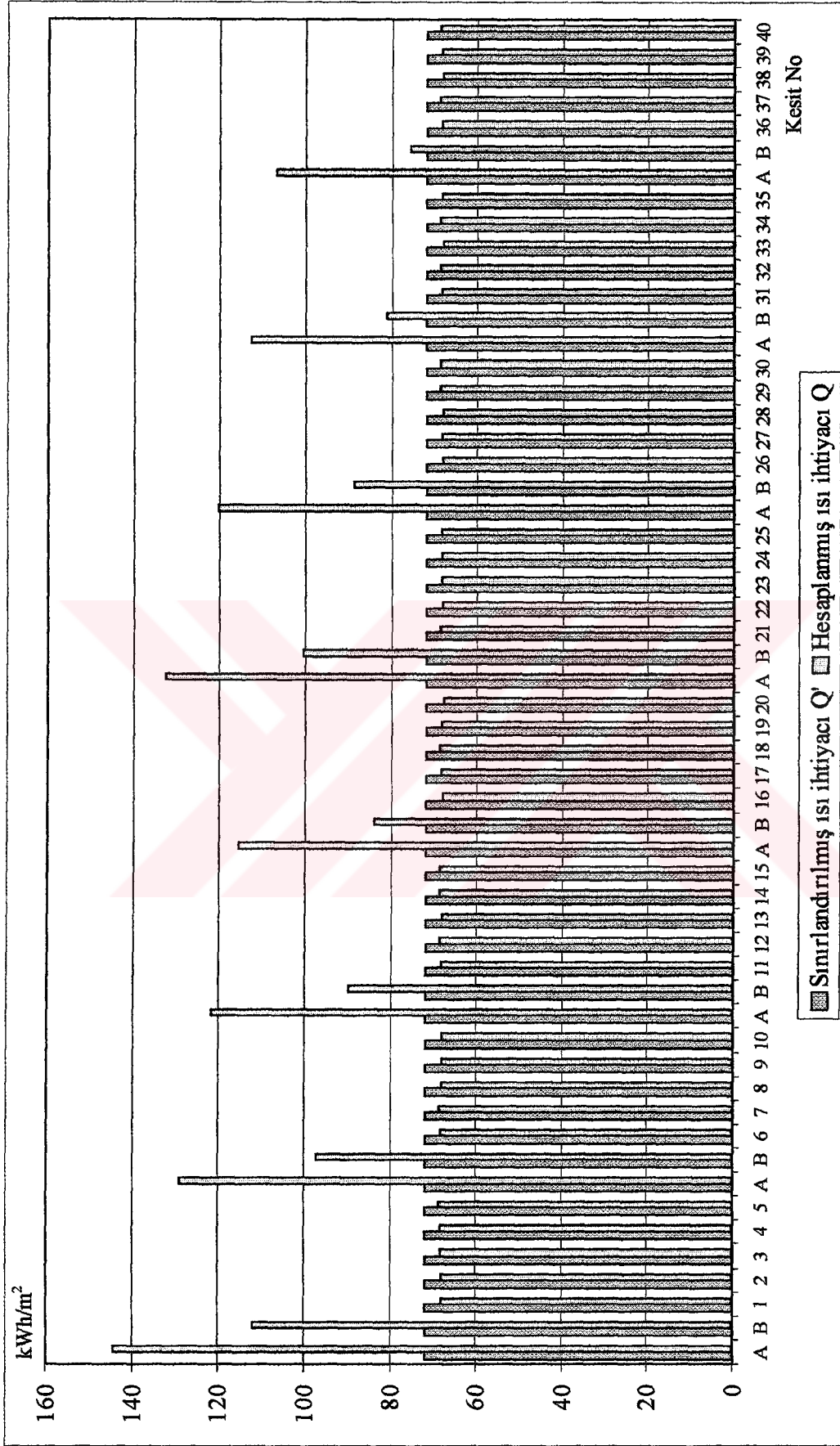
Tüm yalıtımlı kesitlerde en az yıllık ısı kaybı 20 nolu kesitte (51.720 kWh) olurken, en çok ısı kaybı 18 ve 49 nolu kesitlerde (52.630 kWh) olmaktadır. Yalıtımlı kesitlerin kendi aralarında ısı tüketiminde %1.66'lık fark olduğu tespit edilmiştir.

Örnek binaya ait saydamlık oranında ve havalandırma sisteminde değişiklik olmadığı için havalandırma yoluyla ısı kaybı (631.5 W/K) sabittir. Toplam ısı kaybının değişimini ise iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı sağlamaktadır. Şekil 4.11'da kesitlerdeki iletim yolu ve özgül ısı kaybı değişimi verilmiştir. Bu değişim bina için gerekli ısı ihtiyacını da direkt olarak etkilemektedir (Şekil 4.12).



Şekil 4.11. Yalıtımlı, yalıtımsız ve kısmen yalıtımlı binada ısı kaybı miktarları





Şekil 4.12. Yalıtımlı, yalıtımsız ve kısmen yalıtımlı binada ısı ihtiyacı

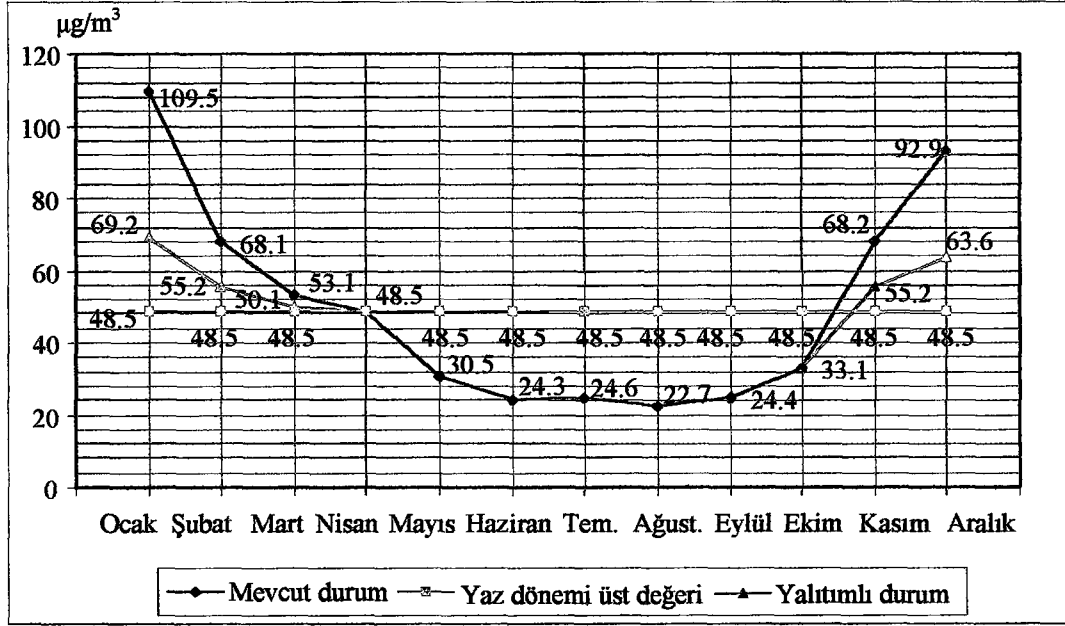
#### 4.6. Hava Kirliliği Analizleri

Son yıllarda ülkemiz gündemine giren bu kavram insan sağlığını önemli derecede etkilemektedir. Birleşmiş Milletler Sağlık Örgütü özel temsilcisi Joltio Espino (07.12.1994 tarihli Milliyet gazetesi)'a göre kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) oranı metreküpte 50 mikrogram olan bir ortamda 1 saat, 500 mikrogram olan bir ortamda 10 dakikadan fazla kalınmasının tehlikeli olduğunu bildirmiştir (Tülbentçi, 1995).

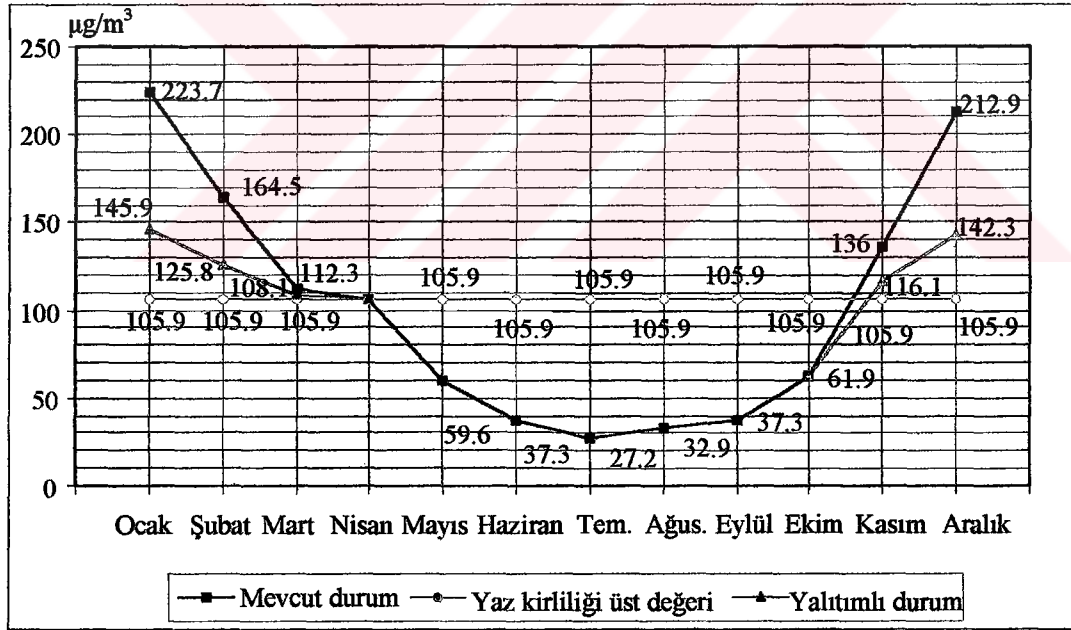
Hava kalitesinin korunması yönetmeliği (Resmi Gazete, 02.11.1986 tarih ve 19269 sayılı)'ne göre, kış dönemi (ısıtma dönemi) Ekim ve Mart ayları arasındadır. Isparta Halk Sağlığı Laboratuvarı Müdürlüğü'nden alınan kış dönemi günlük ortalama SO<sub>2</sub> miktarı değeri 697 µg/m<sup>3</sup>'e kadar çıkmaktadır. 1990-1999 yılları arası aylık ortalama Partikül madde ve SO<sub>2</sub> değişimi Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Nisan ve Eylül ayları arasındaki yaz periyodunda görülen partikül madde ve kükürtdioksit kirliliği; sanayi, taşıt ve yaşayan insanlar vb. nedenlerden kaynaklanan hava kirliliği olup, ısınma amaçlı yakıt tüketimi yapılmamaktadır. Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'de verilen yaz dönemindeki en yüksek hava kirliliği değerleriyle, kış dönemindeki hava kirliliği değerleri arasındaki fark Isparta ilinde ısınma amaçlı tüketilen yakıtlardan kaynaklanan hava kirliliği değerleridir.

Binaların yalıtımlı durumdaki enerji tasarrufu göz önüne alındığında daha az yakıt tüketiminin sonucu olarak partikül madde (Şekil 4.13) ve kükürtdioksit değerlerinde de (Şekil 4.14) %66'lık bir azalma sağlanabilir. Bu değerler kaliteli yakıtların kullanılmasıyla da daha düşük seviyelere çekilebilecektir.



Şekil 4.13. Partikül madde (duman) miktarlarının değişimi

Şekil 4.14. Kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) miktarlarının değişimi



## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Isı iletim katsayısı, malzemelerin boşluk yapılarına bağımlı olarak değişmektedir. Özellikle volkanik kökenli yapı malzemelerinde, malzeme içinde homojen bir dağılım oluşmadığından ısı iletim katsayıları değişken özellik göstermektedir. Bu yüzden ısı iletim miktarları katsayı olarak değil fonksiyon olarak tanımlanmalıdır.

8 Mayıs 2000 tarihli ısı yalıtım yönetmeliğinde mamül maddelerin ısı iletim katsayılarının belirlenmesi ve hesap değeri olarak kullanılmasına ait açıklama (8 Mayıs 2000 tarih, 24043 sayılı Resmi Gazete, sayfa 5, Madde 16) yeni duvar malzemelerinin ve kesitlerinin geliştirilmesini önlemektedir. Bu maddenin numune sayısına bağlı olarak, deneylerde belirlenen ısı iletim katsayısının belirli bir güvenlik katsayısı ile çarpılması ile bulunan sonucun kullanımı olarak değiştirilmesi daha uygun olacaktır.

Duvar gibi çok katmanlı elemanlardan oluşturulan yapı elemanlarında, ısı iletim miktarları gerçek elemanlar üzerinden tespit edilmelidir. Analitik yoldan yapılan hesaplamalarda malzemelerin bir birlerine yapışma özellikleri, blok elemanları birleştirici malzemelerin ve yapımdan kaynaklanabilecek olası hatalar göz ardı edilmektedir.

Isı iletim katsayı tespit edilen geliştirilmiş polistren numunelerinde ısı iletim katsayısının yoğunlukla ters orantılı değiştiği tespit edilmiştir. TS 825'de ve 8 Mayıs 2000 tarihli ısı yalıtım yönetmeliğinde geliştirilmiş polistren için tek bir ısı iletim katsayısı verilmiş olup (Ek 5, sıra 10.2.1.1.'de,  $\geq 15\text{kg/m}^3$  için  $0.040\text{ W/mK}$ ) diğer yoğunluklar ve çeşitleri için nasıl bir yöntem izleneceği belirtilmemiştir.

Dıştan giydirme cephe olarak yapılan tasarımlarda yoğunlaşma için kritik bölge, dış yüzeye yakın kesitler arasında olduğu için iç katmanlarda olası kondansasyon problemleri de önlenmiştir. Belirlenen tüm kesitlerde yoğunlaşma ve kondansasyon olmadığı tespit edilmiş olup, bölgemiz şartları için hepsinin kullanımı uygundur.

Ayrıca belirlenen tüm kesitlerde İç yüzey sıcaklığı ile, iç hacmin hava sıcaklığı arasındaki fark  $\pm 3$  °C sınırları içinde olduğu için konfor şartı için uygundur.

Isparta bölgesi için hesaplanan duvar kesitlerinin kalınlıklarında en düşük kalınlık polistren panelde 7 cm ve en yüksek kalınlık 25'lik üç sıra boşluklu bims blokla yapılan kesitte 28 cm'dir. En ucuz maliyet ve en düşük yoğunluk polistren panel uygulamasında 5.802.551 TL ve  $11.38 \text{ kg/m}^3$  olduğu belirlenmiştir. Maliyet ve yoğunluk analizlerinde en düşük değeri polistren panelde 50 nolu kesitin sağlamasına karşılık, en düşük kalınlık 46, 47 ve 48 nolu kesitlerden elde edilmektedir. Yalnız bu kesitlerin basınç ve kesme mukavemeti gibi değerleri bilinmediğinden bunların saptanmasından sonra kullanılması daha faydalı olacaktır. Eğer basınç ve kesme mukavemetleri istenilen değerlerde olursa kullanılan sıva yerine bimssten yapılan sıva kullanılmasıyla ısı kaybı oranı daha da düşürülebilir.

Bimsbloklardan yapılan opak bileşen katmanlarında en uygun maliyet 10'luk iki sıra boşluklu bimsblokla  $10 \text{ kg/m}^3$  yoğunluklu polistrenle yapılan kesitte çıkmasına rağmen dış etkilere daha dayanıklı olması bakımından yalıtımın  $20 \text{ kg/m}^3$  yoğunluklu polistrenle yapıldığı 23 nolu duvar kesiti bölge şartları için önerilen kesittir.

Yalıtımsız binada ısı kaybı, yalıtımlı bina göre iki kat daha fazladır. Yani yalıtım yapıldığı takdirde aynı ısıyı elde edebilmek için kullandığımız yakıtta %36~%66'ya kadar tasarruf sağlanabilir. Genleştirilmiş polistren ile dış duvar ısı yalıtımının sağlandığı tamamen yalıtımlı binada, kısmen yalıtımlı binaya göre; bims ürünleri ile yapılan dış duvar kesitlerinde %15~39 ve betonarme ile yapılan dış duvar kesitlerinde %59 oranında enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Bu oranda az yakıtın tüketilmesi ısınmak için tüketilen enerjide tasarruf sağlayacağı gibi, ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğini de aynı oranda azaltacaktır. Kaliteli yakıtların tüketimi ile bu oran daha düşük seviyelere çekilebilir.

Bu çalışmada belirlenen, aynı ısı kaybında ve farklı malzemelerden yapılmış duvar kesitlerinde optimum duvarın; maliyet, kalınlık ve yoğunluğa göre değiştiği tespit edilmiştir. Tasarımcı öncelik sırasına göre bunlardan birini seçmeli ve duvar kesitlerini bu öncelik sırasına göre belirlemelidir.

**KAYNAKLAR**

- Ak, F., 1993. Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Birimi Dizaynında Uygulanabilecek Bir Yaklaşım. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, 168s., İstanbul.
- Akalın, T., 1995. Yıldız Teknik Üniversitesi A Blok Binasının Isı Kaybı Azaltılması Etüdü. Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, 70s., İstanbul.
- Allder, G., 1999. 21<sup>st</sup> Century Challenge. Computer Graphics (ACM), 33(3), 19-22.
- Anonymous, 1995. Isı Yalıtımında Sert Köpük-EPS "Styropor". EPS Üreticileri Birliği, 14s., Ankara.
- Anonymous, 1997 (I. Revizyon Eylül 1999). Sanayide Enerji Yönetimi Esasları. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi, Cilt III, 132s., Ankara.
- Aygün, M., Kuş, H., 1997. Türkiye'deki Konut Binalarında Yalıtım İşlevlerine Bağlı Olarak Dış Kabuk Seçeneklerinin Belirlenmesi. II. Isı-Su-Ses Yalıtımı Sempozyumu ve Sergisi, 16-22, İstanbul.
- Bayazıt, M. O., 1997. Enerji Korunumu, İklimsel Konfor ve İnşaat Maliyetleri Açısından Uygun Bina Kabuğunun Seçilmesi. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.lisans Tezi, 97s., İstanbul.
- Berköz, E., Aygün, Y., Z., Küçükdoğu, M., Enarun, D., Ünver, R., Kocaaslan, G., Yıldız, E., Ak, F., Yener, A. K., Yıldız, D., 1995. Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı. TÜBİTAK, Proje No : İNTAG 201, 549s., İstanbul.
- Brand, R., 1990. Architectural Details For Insulated Buildings. Carleton University Ottawa, Ontario Canada, Van Nostrand Reinhold, 238 p., USA.
- Bryant, S., Lume, E., 1997. The Bryant Walling System. Concrete '97 for the future 18<sup>th</sup> biennial conference, Adelaide Convention Centre, 641-649.
- Cadsawan, N., 1993. Weathering the Storm. Concrete Repair Digest, 119 p., The Aberdeen Group, United States.
- Can, M., Avcı A., 1995. Bursa Bölgesi Konut Duvarlarının Optimum Isı Yalıtım Kalınlığının Hesabı Ülke Ekonomisi ve Hava Kirliliğine Etkileri. I. Isı-Su-Ses Yalıtımı Sempozyumu ve Sergisi, 179-187, İstanbul.
- Close, P. D., 1966. Sound Control and Thermal Insulation of Buildings. Chapman&Hall Reinhold., New York, 502 p., USA.
- Çankıran, O., 1998. Pomza Agregalı Hafif Betonun Mekanik Özellikleri ve Kimyasal Katkılarla Dayanımının Araştırılması. S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, 82s., Isparta.

- Çankıran, O., Başıyigit, C., Sarı, D., Sarıışık, A., 1999. Effects of Chemical Admixture on Properties of Lightweight Concrete With Pumice as Aggregate. Darmstadt Concrete Journal, (14), 181-193, Darmstadt, Germany.
- Dağsöz, A. K., 1991. Yapılarda Isı Yalıtımı ve Buhar Geçişi. İ.T.Ü. Makina Fakültesi Isı Transferi ve Ekonomisi, Alp Teknik Yayınları, 191s., İstanbul.
- Dağsöz, A. K., 1995. Türkiye’de Derece-Gün Sayıları Ulusal Enerji Tasarruf Politikası, Yapılarda Isı Yalıtımı. İ.T.Ü. Makine Fakültesi Isı Geçişi ve Ekonomisi Birimi, Alp Teknik Yayınları, 270s., İstanbul.
- DIN 4108, 1981. Heat Insulation in Buildings. (DIN-Normen), Berlin, 48 p., Germany
- Dikici, A., 1993. Yapı Tasarımında Isısal Tedbirler İle Kullanım Maliyetinin Denetlenmesi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, 147s., Edirne.
- Eriç, M., 1982. Malzeme Bilimi ve Yapı Fiziği Sorunları. Devlet Güzeli Sanatlar Akademisi Mimarlık Fakültesi, Maket Kitabevi Yayınları, Cilt I, 132s., İstanbul.
- Edremit, A., 1997. Yalıtım Malzemelerine Ait Fiziksel Özelliklerin Belirlenerek Ekonomi Analizlerinin Yapılması. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, 114s., İstanbul.
- Ekinci, C. E., ve Eminel, E., 1995. Kalitesiz Yalıtım Uygulamalarının Maliyeti. I. Isı-Su-Ses Yalıtımı Sempozyumu ve Sergisi, 73-79, İstanbul.
- Frauenhoffer, J., 1992. Masonry Wall System Leakage Investigation For University Building. Journal of Performance of Constructed Facilities, American Society of Civil Engineers, New York, 107 p., United States.
- Feutron Marka (TİP-4110. Isı İletkenlik Katsayısı Tespit Cihazının Kullanım Kılavuzu.
- Gedik, G., Z., 1999. Soğuk İklim Bölgesinde Yalıtımlı Yapı Kabuğu Kesitlerinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi: Erzurum Örneği, Yapıda Yalıtım Konferansı, Bildiri No: 13, Makina Mühendisleri Odası Yayın No: 213, 145-151, İstanbul.
- Gündüz, L., Sarıışık A., Tozaçan B., Davraz, M., Uğur, İ., Çankıran O., 1998. Pomza Teknolojisi (İnşaat Sektöründe Pomza), Cilt II, 203s. Isparta.
- Hekkanen, M., Hakkila, A., Sallinen, U., 1993. Renovation Concepts For Private Houses In Finland. Government Printing Centre, (3), Commissioned by the Finnish Ministry of Trade and Industry, Helsinki, 105 p., Finland.

- Hillemeier, B., 1993. Zukunft Der Plattenbauten. Erneuerung, Modernisierung, Werterhaltung= Future With Slab Constructions. Renewal, Modernization Preservation of Value. Betonwerk Und Fertigteil Technik, 59(3), 59-62, Germany.
- Kakaç, S., 1998. Isı Transferine Giriş I (Isı İletimi). Tıp&Teknik Yayıncılık, 310s., Ankara.
- Kavas, E., 1997. Doğu Anadolu Bölgesinde Isı Korunumlu Duvar Kesitleri Oluşturulması ve Yoğuşma Kontrolü (Erzurum Örneği). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, 182s., İstanbul.
- Labs, K., 1991. Technics. Slabs For All Seasons. Progressive Architecture, (2), 30-36, United States.
- LaCosse, B., 1990. The Effects of Water Vapor In Buildings. Contractors Guide, 6 p., Century Communications Inc., United States.
- Lynch, G., 1999. Combat Cold. Computer Graphics (ACM), 33(3), 24-25.
- Matsumoto, M., Hokoi, S., Ka, E., 1997. Analysis Of Coupled Heat And Moisture Transfer In Buildings Considering The Influence Of Radiant Heat Transfer. ASHRAE Transactions, 103(1), Proceedings of the 1997 ASHRAE Winter Meeting, Philadelphia, 573-583, USA.
- McLeister, D., 1990. Dynamic Wall Breathers With Controlled Leakage of Air. Professional Builder, Cahners Publishing Company, 87 p., United States.
- Munsell, W. K., 1995. Stay in Place Wall Forms Revolutionize Home Construction. Concrete Construction, The Aberdeen Group, 12 p., United States.
- Opitz M.W., Norford L.K., Matrosov Y., Butovsky I., 1997. Energy consumption and conservation in the Russian apartment building stock. Energy and Buildings, 25(1), 75-92, Russia.
- Orhan, M., 1996. Yapı Fiziği Temel Kavramlar ve Binalarda Isı Yalıtımı. TEKEV Yayınları, 73s., Ankara.
- Özer, M., 1982. Yapılarda Isı-Su Yalıtımları. Özer Yayınları : 3, Met/Er Matbaası, 336s., İstanbul.
- Özkaya, M. G., 1991. Plaka Metodu İle Yapı ve Yalıtım Malzemelerinin Isı İletim Katsayılarının Ölçülmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, 59s, Ankara.
- PrEn 12524, 1996. Building Materials and Products, Energy Related Properties, Tabulated Design Values. European Committee for Standardization, 12 p., Central Secretariat: Rue De Stassart 36, Brussels.

- Rees, M., 1982. External Insulation. Design, Detailing And Supervision. Architects Journal, 175(4), London, 61-67, United Kingdom.
- Rogers, T. S., 1964. Thermal Design of Buildings. John Wiley&Sons, Inc., New York, 196 p., USA.
- Shreve, N., Brink, A. J., (Çevr. Çataltaş, İ. A.), 1985. Kimyasal Proses Endüstrileri. İnkılâp Kitapevi, 350s. İstanbul
- Stazi, A., D'Orazio, M., 1994. Hygrothermic Quality Evaluation Of Different Types of Building External Walls. International Conference on Building Envelope Systems and Technology: Proceedings, Nanyang Technological University Centre for Continuing Education, 419-425, Singapore.
- Strother, E. F., Turner, W. C., 1990. Thermal Insulation Building Guide. Robert E. Krieger Publishing Company, Malabar Florida, 499 p., USA.
- Southern, J. R., 1982. Practical Applications of External Insulation Systems. Insulation Journal, 26(4), 17- 20, United Kingdom.
- Sullivan, B., 1995. Wall Details For Cooling Climates. Journal of Light Construction, Richmond, Builderburg Partners Ltd., 66 p., United States.
- Şener F., 1999. Yalıtımlı Hafif Yapı Hammaddeleri. Enerji Tasarrufunda Jeotermal Enerjinin ve Yalıtımlı Hafif Yapı Malzemelerinin Önemi Sempozyumu, MTA Müdürlüğü, 31-37, Ankara.
- Taylor B.J., Imbabi M.S., 1998. Application of Dynamic Insulation In Buildings. Renewable Energy. Proceedings of the 1998 World Renewable Energy Congress V. Part 1 (of 2), 15(1-4), pt.1, 377-382, Florence, Italy.
- TSE 388, 1977. Plaka Metodu İle Isı İletkenliğinin Tayini. Türk Standardları Enstitüsü, 9s., Ankara.
- TSE 415, 1977. Isı iletkenliği ve Isı Geçirgenlik Direncinin Yapıda Kullanılması İçin Hesap Değerinin Bulunması (Plaka Metodu İle). Türk Standardları Enstitüsü, 10s., Ankara.
- TS 825, 1998. Binalarda ısı yalıtım kuralları. Türk Standardları Enstitüsü, 62s., Ankara.
- Turan, O., 1995. Gümrük Birliğine Girerken Türkiye'deki Isı Yalıtım Sektörünün Durumu ve Genel Enerji Tasarrufu Politikamız. I. Isı-Su-Ses Yalıtımı Sempozyumu ve Sergisi, 16-38, İstanbul.
- Turner, W. C., Malloy, J. F., 1981. Thermal Insulation Handbook. Robert E. Krieger Company Malabar Florida and McGraw-Hill Book Company New York, 629 p., USA.

- Tülbentçi, K., 1995. Kentsel Hava Kirliliğinin Azaltılmasında Isı Yalıtımının Önemi. I. Isı-Su-Ses Yalıtımı Sempozyumu ve Sergisi, 189-195, İstanbul.
- T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (Elektronik Bilgi İşlem Müdürlüğü). Aylık Sıcaklık ve Nem Miktarı Dökümü.
- T.C. Sağlık Bakanlığı Isparta İli Sağlık Müdürlüğü (Halk Sağlığı Lab. Müdürlüğü). Aylık Hava Kirliliği Ölçüm Sonuçları.
- Ünal, Z. P., 1991. Physical and Physico-Chemical Problems of Curtain Walls. ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, 137s., Ankara.
- Yavuz, A. C., 1994. Dış Duvarlarda Isı Korunumu ve 16.01.1985 Tarihli Isı Yalıtım Yönetmeliği'nin Isı ve Buhar Kontrolü Açısından Değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, 205s, Ankara.
- Yılmaz, K., Kolip, A., Kasap, H., 1997. Çelik Hasır Örgü İçine Yerleştirilen Üstün Yalıtımlı Taşıyıcı Polistren Paneller. Yalıtım'97 Sempozyumu, 75-82s., Elazığ.
- Yöntem, Y., 1993. İnşaat Mühendisliği Açısından Hava Kirliliğinin Azaltılması İçin Alınabilecek Önlemler. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, 46s., Eskişehir.



**EKLER**





TS 388'e Göre Polistrenin Isı İletim Katsayısının Tespitinde Kullanılan Deney Föyü  
(Feutron marka TİP-4110 cihazın kullanım kılavuzu)

Örnek : Polistren sert köpük 15 kg/m <sup>3</sup>										Örnek No. : 1
Okuma No		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Saati	Z	09:05	09:35	10:05	10:35	11:05	11:35	12:05	12:35	13:05
Sayaçtan okunan	E	782.732	.776	.819	.869	.905	.947	.989	783.031	.073
Koruyucu ısıtma levhasına giriş	tw <sub>1</sub>	29.4	30	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9
Koruyucu ısıtma levhasından çıkış	tw <sub>2</sub>	29.4	29.8	29.8	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.8
Soğutma levhasına giriş	tk <sub>1</sub>	20.2	19.8	19.9	19.9	19.9	19.8	19.8	19.8	19.9
Soğutma levhasından çıkış	tk <sub>2</sub>	20.2	19.8	19.8	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9
Güç Basamağı No		1	1	1	1	1	1	1	1	1
ΔE		0.044	0.043	0.043	0.043	0.043	0.042	0.042	0.042	0.042
ΔZ		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
No. 1 den 9 a kadar olan m= 9 ölçümünün değerlendirilmesi										
Kalınlık ölçme mikrometreleri	Okunan değerler			Sıfırlama hatası <sup>2)</sup>	Düzeltilmiş değerler <sup>3)</sup>					
	başlangıçta da	ölçme sonunda de	başlangıçta d'a		ölçme sonunda d'e					
d <sub>1</sub>	mm	39.81	39.74	0.09	39.72	39.65				
d <sub>2</sub>	mm	39.84	40.05	0.02	39.82	40.03				
d <sub>3</sub>	mm	40.01	39.83	0.07	39.94	39.76				
d <sub>4</sub>	mm	39.60	39.61	0.10	39.50	39.51				
Düzeltilmiş değerler toplamı					158.98	158.95				
Ortalama değerler (kalınlıklar)					39.74	39.73				
d = (d'a + d'e) / 2 = 39.735										
Numune Normal Atmosfer Basıncı Altında 23°C de 24 Saat Kondisyonlanmıştır.										
Kütle (kg)	önce: 0.03448			Yoğunluk	Kuru yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> ) = 15.05					
	sonra: 0.03445				Yüzeysel yoğunluk (kg/m <sup>2</sup> ) = 0.598					
V= 240x240x(39.735) = 0.002288736				%n <sub>s</sub> = 0.087		%n <sub>v</sub> = 0.087x15.05/1= 1.309				
Σtw <sub>1</sub> = 268.7		Σtw <sub>1</sub> /m = $\bar{t}w_1$ = 29.85		a = $\bar{t}w_1$ - hata tw <sub>1</sub>		a + b = 59.53	(a + b) - (c + e) = 19.77			
<sup>1)</sup> Termometre hatası tw <sub>1</sub> = 0.11				a = 29.74						
Σtw <sub>2</sub> = 268.3		Σtw <sub>2</sub> /m = $\bar{t}w_2$ = 29.81		b = $\bar{t}w_2$ - hata tw <sub>2</sub>		Δt = [(a + b) - (c + e)] / 2 = 9.885				
<sup>1)</sup> Termometre hatası tw <sub>2</sub> = 0.02				b = 29.79						
Σtk <sub>1</sub> = 179		Σtk <sub>1</sub> /m = $\bar{t}k_1$ = 19.88		c = $\bar{t}k_1$ - hata tk <sub>1</sub>		c + e = 39.76	tm = (a + b + c + e) / 4 = 24.82			
<sup>1)</sup> Termometre hatası tk <sub>1</sub> = 0.02				c = 19.86						
Σtk <sub>2</sub> = 179.2		Σtk <sub>2</sub> /m = $\bar{t}k_2$ = 19.91		d = $\bar{t}k_2$ - hata tk <sub>2</sub>						
<sup>1)</sup> Termometre hatası tk <sub>2</sub> = 0.01				e = 19.90						
ΣΔE = 0.342		(ΣΔE) / (ΣΔZ)		<sup>4)</sup> K <sub>i</sub> = 96.50		ω = 0.0022m <sup>2</sup> h°C/kcal				
ΣΔZ = 4		= 0.08525		q = (ΣΔE) / (ΣΔZ) . K <sub>i</sub> = 8.226625		q . ω = 0.018098575				
$\lambda_{10.6} = \frac{q \cdot d}{\Delta t - q \cdot \omega}$ [kcal / mh°C]				$\lambda_{10.6} = \frac{8,25075 \times 0,039735}{9,885 - 0,018098575} = 0,0332 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$						
1) Bu hatalar için termometrelerin ayar belgelerine bakınız.										
2) Kalınlık ölçme vidalarındaki sıfırlama hatalarının tayini için kullanma rehberine bakın.										
3) Düzeltilmiş değer = Okunan değer - Sıfırlama hatası										
4) K <sub>i</sub> Güç basamağı sabitesi, ölçülen yüzeyin büyüklüğünü, C sayaç sabitesini ve wh'yi kcal'ye çevirme katsayılarını içine alır. Kullanma rehberine bakınız.										

## 30.9–20°C Arasındaki Sıcaklıklarda Doymuş Su Buharı Basıncı (TS 825, 1998)

Sıcaklık (°C)	Doymuş Su Buharı Basıncı (Pa)									
	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
30	4244	4269	4294	4319	4344	4369	4394	4419	4445	4469
29	4006	4030	4053	4077	4101	4124	4148	4172	4196	4219
28	3781	3803	3826	3848	3871	3894	3916	3939	3961	3984
27	3566	3588	3609	3631	3652	3674	3695	3717	3793	3759
26	3362	3382	3403	3423	3443	3463	3484	3504	3525	3544
25	3169	3188	3208	3208	3246	3266	3284	3304	3324	3143
24	2985	3003	3021	3021	3059	3077	3095	3114	3132	3151
23	2810	2827	2845	2845	2880	2897	2915	2932	2950	2968
22	2645	2661	2678	2678	2711	2727	2744	2761	2777	2794
21	2487	2504	2518	2518	2551	2566	2582	2598	2613	2629
20	2340	2354	2369	2384	2399	2413	2428	2443	2457	2473
19	2197	2212	2227	2241	2154	2268	2283	2297	2310	2324
18	2065	2079	2091	2105	2119	2132	2145	2158	2172	2185
17	1937	1950	1963	1976	1988	2001	2014	2027	2039	2052
16	1818	1830	1841	1854	1866	1878	1889	1901	1914	1926
15	1706	1717	1729	1739	1750	1762	1773	1784	1795	1806
14	1599	1610	1621	1631	1642	1653	1663	1674	1684	1695
13	1498	1508	1518	1528	1538	1548	1559	1569	1578	1588
12	1403	1413	1422	1431	1441	1451	1470	1470	1479	1488
11	1312	1321	1330	1340	1349	1358	1375	1375	1385	1394
10	1228	1237	1245	1254	1262	1270	1279	1287	1296	1304
9	1148	1156	1163	1171	1179	1187	1195	1203	1211	1218
8	1073	1081	1088	1096	1103	1110	1117	1125	1133	1140
7	1002	1008	1016	1023	1030	1038	1045	1052	1059	1066
6	935	942	949	955	961	968	975	982	988	995
5	872	878	884	890	896	902	907	913	919	925
4	813	819	825	831	837	843	849	854	861	866
3	759	765	770	776	781	787	793	798	803	808
2	705	710	716	721	727	732	737	743	748	753
1	657	662	667	672	677	682	687	691	696	700
0	611	616	621	626	630	635	640	645	648	653
-0	611	605	600	595	592	587	582	577	572	567
-1	562	557	552	547	543	538	534	531	527	522
-2	517	514	509	505	501	496	492	489	484	480
-3	476	472	468	464	461	456	452	448	444	440
-4	437	433	430	426	423	419	415	412	408	405
-5	401	398	395	391	388	385	382	379	375	372
-6	368	365	362	359	356	353	350	347	343	340
-7	337	336	333	330	327	324	321	318	315	312
-8	310	306	304	301	298	296	294	291	288	286
-9	284	281	279	276	274	272	269	267	264	262
-10	260	258	255	253	251	249	246	244	242	239
-11	237	235	233	231	229	228	226	224	221	219
-12	217	215	213	211	209	208	206	204	202	200
-13	198	197	195	193	191	190	188	186	184	182
-14	181	180	178	177	175	173	172	170	168	167
-15	165	164	162	161	159	158	157	155	153	152
-16	150	149	148	146	145	144	142	141	139	138
-17	137	136	135	133	132	131	129	128	127	126
-18	125	124	123	122	121	120	118	117	116	115
-19	114	113	112	111	110	109	107	106	105	104
-20	103	102	101	100	99	98	97	96	95	94

**ÖZGEÇMİŞ**

Adı Soyadı : Cengiz ÖZEL

Doğum Yeri : Fatsa/ORDU

Doğum Yılı : 01.01.1975

Medeni Hali : Evli

**Eğitim ve Akademik Durumu:**

Lise 1988-1992 Samsun Atakum İnşaat Teknik Lisesi

Lisans 1994-1998 Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim  
Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü

Yabancı Dil : İngilizce

**İş Deneyimi:**

1998- ..... Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi  
Yapı Eğitimi Bölümü Araştırma Görevlisi

1998- ..... Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi  
Yapı Eğitimi Bölümü Araştırma Görevlisi