

**T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİNALARDA ISI YALITIM KURALLARINA UYGUN YAPI  
ÜRETİMİNDE DUVAR MALZEMESİ SEÇİMİNE YÖNELİK  
ÖNERİLER**

**Funda ALYANAK KAYA**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Neşe DİKMEN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MİMARLIK ANABİLİM DALI  
ISPARTA - 2010**

## TEZ ONAYI

Funda ALYANAK KAYA tarafından hazırlanan “**Binalarda Isı Yalıtım Kurallarına Uygun Yapı Üretiminde Duvar Malzemesi Seçimine Yönelik Öneriler**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Neşe DİKMEN (İmza)  
Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri :  
Prof. Dr. Ilgar KIRZIOĞLU (İmza)  
Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Anabilim Dalı

Doç. Dr. Celalettin BAŞYİĞİT (İmza)  
Süleyman Demirel Üniversitesi Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

**Prof. Dr. Mustafa KUŞCU**  
**Enstitü Müdürü**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	iv
TEŞEKKÜR .....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vii
SİMGELER DİZİNİ .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	3
2.1. Dolgu Duvar Malzemeleri .....	3
2.1.1. Gazbeton.....	3
2.1.2. Bimsblok.....	8
2.1.3. Tuğla.....	14
2.2. Isı Yalıtımı ve Isı Yalıtım Malzemeleri .....	19
2.2.1. Isı yalıtımı.....	19
2.2.2. Isı yalıtım malzemeleri .....	21
2.2.2.1. EPS .....	21
2.2.2.2. XPS.....	22
2.2.2.3. Cam yünü.....	23
2.2.2.4. Taş yünü.....	25
2.3. Malzeme Seçim Kriterleri .....	26
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	32
3.1. Materyal.....	32
3.2. Yöntem .....	37
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	39
4.1. Ankette Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi.....	39
4.2. Malzeme Seçim Kriterleri .....	46
4.2.1. Dolgu Duvar Malzemeleri .....	46
4.2.2. Isı Yalıtım Malzemeleri.....	48
4.3. Maliyet Analizi .....	51

5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	58
6. KAYNAKLAR.....	61
EKLER.....	66
ÖZGEÇMİŞ.....	72

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### BİNALARDA ISI YALITIM KURALLARINA UYGUN YAPI ÜRETİMİNDE DUVAR MALZEMESİ SEÇİMİNE YÖNELİK ÖNERİLER

Funda ALYANAK KAYA

Süleyman Demirel Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Neşe DİKMEN

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları' na uygun yapı üretiminde dış duvar sistemini oluşturan malzemelerin seçimi önemli bir unsurdur. Dış duvar sistemini oluşturan iki ana öge ise dolgu duvar malzemesi ve ısı yalıtım malzemesidir. Bu çalışmanın amacı mimarların dış duvar malzemesi seçim sürecinde hangi kriterleri göz önünde bulundurduğu ve ısı yalıtımına ne kadar önem verdiğini araştırmak ve malzeme seçimine yönelik öneriler verebilmektir. Çalışmada Antalya'da mimari tasarım ve uygulama yapan 20 mimara anket uygulanmıştır. En çok tercih edilen dolgu duvar malzemelerinin ve yalıtım malzemelerinin özellikleri incelenerek malzemelerin avantaj ve dezavantajları tespit edilmiştir. En uygun duvar sistemini tespit edebilmek için TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları' na göre 1. Derece-Gün Bölgesi' nde bulunan Antalya'da tuğla, bimsblok ve gazbeton kullanılması durumunda ısıl konfor koşullarını sağlayan dış duvar sistemleri ve optimum yalıtım malzemesi kalınlıkları incelenmiştir ve ek olarak oluşturulan dış duvar sistemlerinin maliyet analizleri yapılarak, 1. Derece-Gün Bölgesi' nde kullanılması uygun olan dış duvar sistemleri belirlenmiştir. Yapılan incelemelere göre uygulama yapan mimarların malzemeler ile ilgili yeterli bilgiye sahip olmadıkları görülmüştür. Yapılan analizler sonucunda gazbeton ve bimsbloğun tuğladan daha üstün özelliklere sahip olduğu görülmüştür. Sistemlerin maliyet analizinde ise bimsblok ile oluşturulan sistemlerin, gazbetonla oluşturulan sistemlerden daha ekonomik olduğu görülmüştür. Ancak 1. Derece-Gün Bölgesi' nde tek bir dış duvar sistemi önermek doğru bir yaklaşım değildir. Malzeme seçiminde önemli olan malzemelerin özelliklerini, malzemenin kullanılacağı bölgenin iklimsel verilerini, oluşturulacak dış duvar sisteminin gereksinimlerini bilmek ve dış duvar sistemini bu bilgiler doğrultusunda oluşturmaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Dış duvar sistemi, dolgu duvar malzemeleri, ısı yalıtım malzemeleri, malzeme seçim kriterleri.

2010, 72 sayfa

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **SUGGESTIONS FOR THE SELECTION OF WALL MATERIALS FOR BUILDING PRODUCTION IN CONFORMITY WITH THERMAL INSULATION IN BUILDINGS.**

**Funda ALYANAK KAYA**

**Süleyman Demirel University  
Graduate School of Applied and Natural Sciences  
Department of Architecture**

**Supervisor: Asst. Prof. Dr. Neşe DİKMEN**

Choosing the exterior wall materials appropriate to thermal insulation rules in construction of TS 825 buildings is very important. Two main items of exterior wall system is wall filling material and thermal insulation material. The aim of this study is to research which criterias the architects considered in the selection process of the wall material and how much they give importance to thermal insulation, and to provide suggestions for the selection of materials. 20 architects who does architectural design and construction in Antalya, were applied a questionnaire in the study. Advantages and disadvantages of the materials were determined by examining the characteristics of the most preferred wall filling materials and thermal insulation materials. To find the best suitable exterior wall system which is appropriate to thermal insulation rules in construction of TS 825 buildings 1st Degree-Day Zone Antalya, exterior wall system and optimum thickness of thermal insulation materials that provide thermal comfort conditions is defined in case of using brick, bimsblock and autoclaved aerated concrete. Exterior wall systems which are appropriate to use in the 1st Degree-Day Zone were identified by making cost analysis of the created exterior wall systems. According to investigations the architects do not have enough information about the materials. But systems created by bimsblock are found to be more economical than the systems created by autoclaved aerated concrete in the cost analysis. However, determining the only one exterior wall systems in 1st Degree-Day Zone is not a accurate approach. The important point in the selection of material is to know the characteristics of the materials, climatic data of the region where the materials are going to be used, requirements of exterior wall system, and composing exterior wall system through this informations.

**Key Words:** Exterior wall system, wall filling materials, thermal insulation materials, criterias for the selection of materials.

**2010, 72 pages**

## TEŐEKKÖR

Yüksek Lisans çalışmalarımda beni yönlendiren, bilgi ve tecrübesi ile her konuda yardımcı olan Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Neşe DİK MEN' e teőekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca her türlü maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, sevgili eőime ve aileme teşekkür ederim.

Funda ALYANAK KAYA

ISPARTA, 2010

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Gazbeton duvar bloğu .....	3
Şekil 2.2. Gazbeton üretimi aşamaları .....	4
Şekil 2.3. 3 Sıra boşluklu bimsblok bloğu .....	8
Şekil 2.4. Genelleştirilmiş bimsblok üretim prosesi akım şeması .....	10
Şekil 2.5. Yatay delikli tuğla .....	15
Şekil 2.6. Genelleştirilmiş tuğla üretim prosesi akım şeması.....	16
Şekil 3.1. Dış havaya açık duvar katmanları .....	32
Şekil 3.2. Toprağa temas eden duvar katmanları.....	32
Şekil 3.3. Teras çatı katmanları .....	32
Şekil 3.4. Bodrum kat planı.....	33
Şekil 3.5. 1. Kat planı.....	34
Şekil 3.6. 3. Kat planı.....	34
Şekil 3.7. Çatı katı planı .....	35



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Gazbetonun mekanik özellikleri .....	5
Çizelge 2.2. Gazbetonun kuru birim hacim ağırlığı ve ısı iletkenlik değeri arasındaki ilişki .....	7
Çizelge 2.3. Bimsblok birim hacim kütlesi ve ısı iletkenlik değeri arasındaki ilişki .....	12
Çizelge 2.4. Polistrenin karakteristik özellikleri .....	21
Çizelge 2.5. XPS'nin fiziksel özellikleri.....	23
Çizelge 2.6. Cam yününün fiziksel özellikleri .....	24
Çizelge 2.7. Taş yününün fiziksel özellikleri .....	25
Çizelge 2.8. Yapıların ses sönümlenme değerleri .....	29
Çizelge 4.1. Dolgu duvar ve ısı yalıtım malzemeleri için kullanıcı tercihleri .....	39
Çizelge 4.2. Seçim kriterlerine göre malzeme tercih sıralaması .....	42
Çizelge 4.3. Cephe kaplama malzemesi tercihlerini gösteren tablo .....	43
Çizelge 4.4. "Yalıtım uygulamalarında malzeme seçimine kim karar veriyor?" sorusuna verilen cevaplar .....	44
Çizelge 4.5. "Yalıtım uygulamalarında malzeme kalınlığına kim karar veriyor?" sorusuna verilen cevaplar .....	44
Çizelge 4.6. "Yalıtım uygulamalarında uygulama detayına seçimine kim karar veriyor?" sorusuna verilen cevaplar .....	45
Çizelge 4.7. Dolgu duvar malzemelerinin mekanik dayanım değerleri.....	46
Çizelge 4.8. Dolgu duvar malzemelerinin su buharı difüzyon direnç katsayısı.....	48
Çizelge 4.9. Dolgu duvar malzemelerinin kapiler etkiyle su emme değerleri .....	48
Çizelge 4.10. Isı yalıtım malzemelerinin % 10 deformasyondaki basınç dayanım değerleri .....	49
Çizelge 4.11. Isı yalıtım malzemelerinin ısıl iletkenlik değerleri.....	49
Çizelge 4.12. Isı yalıtım malzemelerinin su buharı difüzyon direnç katsayıları .....	50
Çizelge 4.13. Isı yalıtım malzemelerinin birim hacim ağırlıkları.....	50
Çizelge 4.14. 1. Derece-Gün Bölgesinde dolgu duvar malzemesi olarak tuğla kullanılması durumunda gerekli yalıtım kalınlıkları .....	52
Çizelge 4.15. Tuğla ile oluşturulan dış duvar sistemlerinin U değerleri .....	52
Çizelge 4.16. 1. Derece-Gün Bölgesinde dolgu duvar malzemesi olarak bimsblok kullanılması durumunda gerekli yalıtım kalınlıkları .....	53

Çizelge 4.17. Bimsblok ile oluşturulan dış duvar sistemlerinin U değerleri .....	53
Çizelge 4.18. 1. Derece-Gün Bölgesinde dolgu duvar malzemesi olarak gazbeton kullanılması durumunda gerekli yalıtım kalınlıkları .....	54
Çizelge 4.19. Gazbeton ile oluşturulan dış duvar sistemlerinin U değerleri.....	54
Çizelge 4.20. Tuğla ile oluşturulan dış duvar sistemleri maliyet analizi .....	55
Çizelge 4.21. Bimsblok ile oluşturulan dış duvar sistemleri maliyet analizi .....	56
Çizelge 4.22. Gazbeton ile oluşturulan dış duvar sistemleri maliyet analizi .....	56
Çizelge 5.1. Dış duvar sistemlerinin maliyet analizi .....	60

## SİMGELER DİZİNİ

$\mu$	Buhar Difüzyon Direnç Faktörü
EPS	Genleştirilmiş Polistren Köpük
XPS	Haddeden Çekilmiş Polistren Köpük
TS	Türk Standartları
dB	Desibel
TL	Türk Lirası
U	Yapı elemanının ısı geçirgenlik katsayısı
$1/\alpha_i$	Yapı elemanı iç yüzeyinin yüzeysel ısı taşınım direnci
$1/\alpha_d$	Yapı elemanı dış yüzeyinin yüzeysel ısı taşınım direnci
$d_n$	Yapı elemanı bileşeninin kalınlığı
$\lambda_n$	Yapı elemanı bileşeninin ısı iletkenlik hesap değeri

## 1. GİRİŞ

Bir binanın ana görevi, içerisinde yaşayanların sağlıklı bir hayat sürdürebilmeleri için gerekli olan iç ortam şartlarını sağlamaktır. Bu şartlardan en önemlisi ısı konfordur. Binalarda ısı konforun sağlanmasında ısıtma ve soğutma amacıyla kullanılan enerjinin çoğu kömür, petrol, doğalgaz, LPG gibi geri dönüşümü olmayan maddelerin tüketilmesiyle elde edilmektedir. Mevcut fosil yakıtların gün geçtikçe azalması ve aşırı kullanılması sonucu ekolojik dengenin bozulması ve oluşan çevre kirliliği dünyanın karşı karşıya kaldığı en büyük problemlerdendir (Bektaş ve Aksoy, 2005). Bu problemlerin çözümü için yapma ısıtma enerjisi harcamalarının minimum düzeye indirilmesi, ısı kayıplarının azaltılması ve dolayısıyla ısı yalıtımı kullanımı gerekli olmaktadır (Koçlar Oral, 2007). Yapılara uygulanan ısı yalıtımı; ısıtma için kullanılan yakıt tüketiminin azaltılması, yazın soğutma giderlerinin azalması, ısı konforun sağlanması, yapıların ömrünün uzaması, çevre kirliliğinin azalması ve en önemlisi sağlıklı yaşam alanları yaratması, gibi avantajlar sağlamaktadır.

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları' na uygun yapı üretiminde dış duvar sistemini oluşturan malzemelerin seçimi önemli bir unsurdur. Dış duvar sistemini oluşturan iki ana öge ise dolgu duvar malzemesi ve ısı yalıtım malzemesidir. Bu malzemelerin bilinçli seçimi, iç mekan koşullarını doğrudan etkilemektedir. Günümüzde en çok kullanılan dolgu duvar malzemeleri tuğla, bimsblok ve gazbetondur. Dolgu duvar malzemesi ve ısı yalıtım malzemesi seçimini etkileyen birçok kriter bulunmaktadır. Bu kriterler mekanik dayanım ve stabilite, yangın durumunda emniyet, hijyen-sağlık-çevre, kullanım emniyeti, gürültüye karşı koruma, enerji tasarrufu ve ısı muhafazası, maliyet, birim hacim ağırlığı, su buharı difüzyon direnç faktörü, kapiler emicilik ve CE işaretidir.

Çalışmada öncelikle Antalya'da hem mimari proje, hem uygulama yapan 20 adet mimara anket uygulayarak ne tür projeler uyguladıkları, en çok tercih ettikleri dolgu duvar malzemesi ve ısı yalıtım malzemeleri, bu malzemeleri seçerken hangi kriterlere dikkat ettikleri, dış duvar sistemlerini nasıl oluşturduklarını tespit etmeye yönelik sorular sorulmuştur. En çok tercih edilen dolgu duvar malzemelerinin ve yalıtım malzemelerinin özellikleri incelenerek malzemelerin avantaj ve

dezavantajları belirlenmiştir. En uygun duvar sistemini bulabilmek için 1. Derece Gün Bölgesi' nde bulunan Antalya'da tuğla, bimsblok ve gazbeton kullanılması durumunda ısı konfor koşullarını sağlayan dış duvar sistemleri ve en iyi yalıtım malzemesi kalınlıkları belirlenmiştir. Oluşturulan dış duvar sistemlerinin maliyet analizleri yapılarak, 1. Derece-Gün Bölgesi' nde kullanılması uygun dış duvar sistemleri belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda dolgu duvar malzemelerinin ve ısı yalıtım malzemelerinin seçimine yönelik öneriler yapılmıştır.

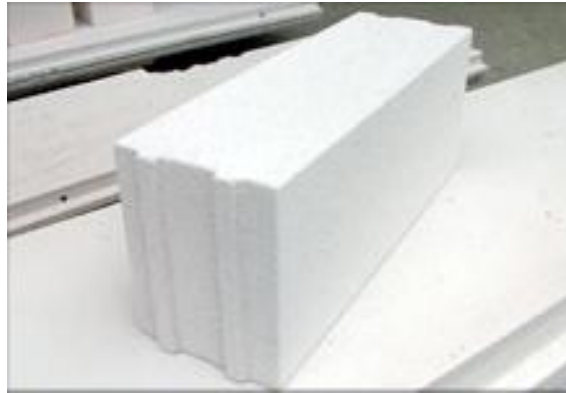
## 2.KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1.Dolgu Duvar Malzemeleri

TS 825 Binalarda Isı yalıtım Kurallarına uygun yapı üretiminde dış duvar sistemini oluşturan malzemelerin seçimi önemli bir unsurdur. Dış duvar sistemini oluşturan iki ana öge ise dolgu duvar malzemesi ve ısı yalıtım malzemesidir. Günümüzde en çok tercih edilen dolgu duvar malzemeleri ise gazbeton, bimsblok ve tuğladır.

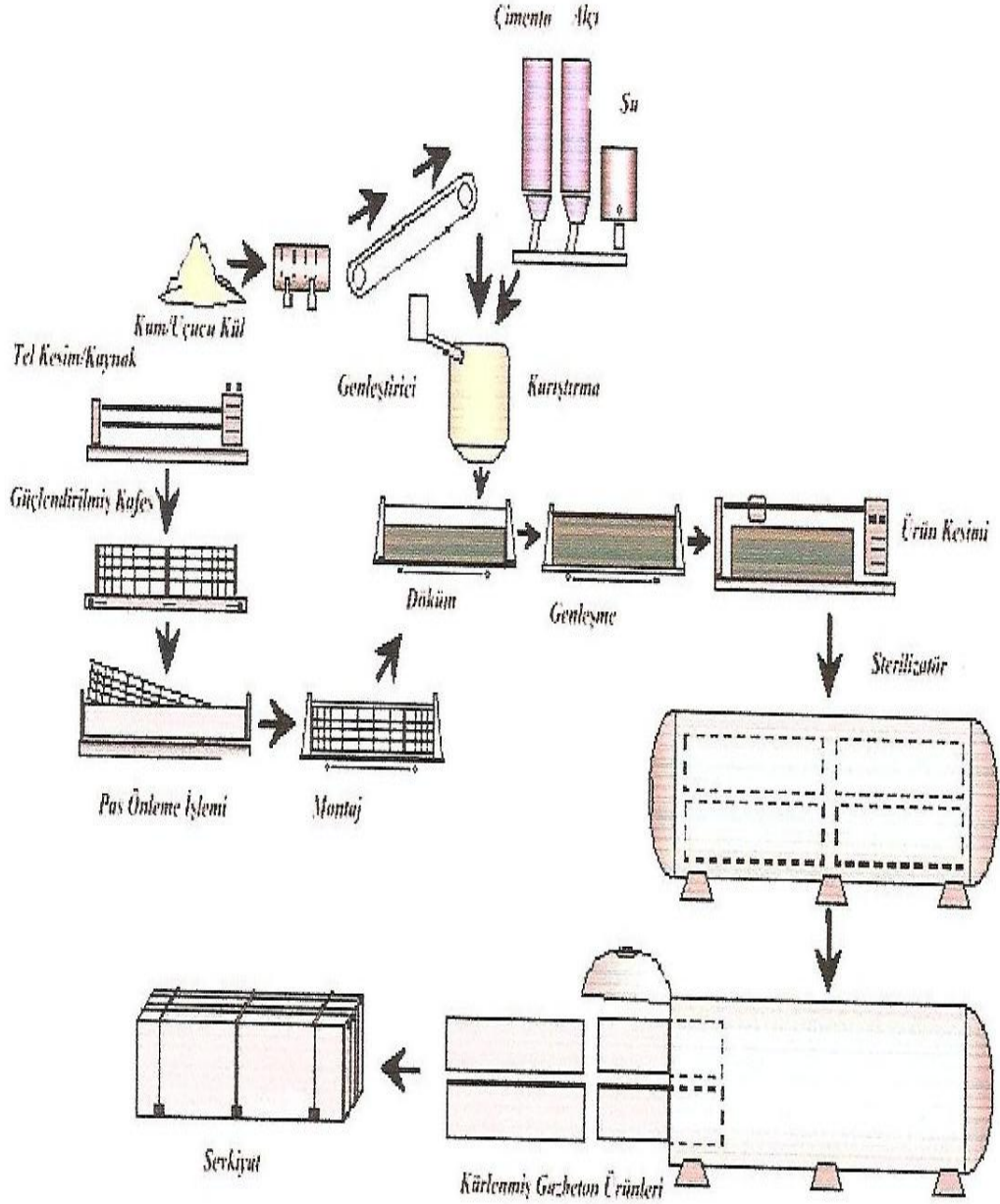
#### 2.1.1.Gazbeton

Gazbeton ince öğütülmüş silisli bir agrega ve inorganik bir bağlayıcı madde ile hazırlanan karışımın gözenek oluşturu bir madde ilavesi ile hafifletilmesi ve buhar kürü ile sertleştirilmesiyle elde edilen gözenekli hafif betondur (Anonim, 2005) (Şekil 2.1.). Gazbetondaki gözenek oluşumu metodu, mikro yapısına tesir eder ve bu da gazbetonun özelliklerini etkiler. Gazbetonun içsel yapısı; katı mikro gözenek matrisi ve makro gözenekler olarak tanımlanabilir. Makro gözenekler maddenin içinde sürüklenen hava kabarcıklarından etkilenen kütleli genişmeden meydana gelmektedir ve mikro gözenekler ise bu makro gözenekler arasındaki duvarlarda oluşmaktadır. Makro gözenekler çapları 60 µm'den daha büyük boşluklar olarak tanımlanabilir. Bu boşluklar ve boşlukların boyutları ve dağılımı betonun dayanım, geçirgenlik ve rötre gibi fiziksel özelliklerinde belirleyicidir (Ünverdi, 2006).



Şekil 2.1. Gazbeton duvar bloğu (Ytong, 2006)

Kum, kireç, çimento, alçıtaşı, su ve genişletirici bir maddenin belirli oranlarda karıştırılmasıyla oluşturulan gazbetonun üretim şeması şekil 2.2.'deki gibidir:



Şekil 2.2. Gazbeton üretimi aşamaları (Akg-Gazbeton, 2002)

**Mekanik Dayanım ve Stabilité:** Hava boşluklarının gözenek yapısı, gözenek kabuklarının mekanik durumu basınç dayanımını doğrudan etkiler. Genellikle basınç dayanımı yoğunluk artışıyla lineer olarak artar. Bunun sebebi, gözeneklerin azalması

sonucu yoğunluğun artmasıdır. Gazbetonun mekanik dayanım değerleri 15-40 kg/cm<sup>2</sup> arasındadır (Gündüz, 2005). Gazbetonun mekanik özellikleri çizelge 2.1.'deki gibidir:

Çizelge 2.1. Gazbetonun mekanik özellikleri (Ünverdi, 2006)

Kuru Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Basınç Dayanımı (MPA)	Elastisite Modülü (kN/mm <sup>2</sup> )	Termik Geçirgenlik (W/m°C)
400	1.3-2.8	0.18-1.17	0.07-0.11
500	2.0-4.4	1.24-1.84	0.08-0.13
600	2.8-6.3	1.76-2.64	0.11-0.17
700	3.9-8.5	2.42-3.58	0.13-0.21

**Yangın Durumunda Emniyet:** Pratikte gazbetonun yangına dayanıklılığı sıradan betonlardan daha iyidir ya da en az sıradan betonlar kadardır ve yangına maruz kaldığında alevler gazbetonu kuşatamaz. Bu davranışın önemli bir sebebi bu malzemenin sıradan betona göre daha homojen olmasıdır, bu sebeple sıradan betondaki kaba agreganın farklı oranlarda genleşme, çatlama ve parçalanmalara öncülük etmesidir. Radyasyon, içinden geçen sıcaklık transferi, hava-katı yüzeylerin sayısının ters bir fonksiyonu olduğu için gazbetonun yangına dayanıklılık özelliği, kapalı gözenekli yapısının büyük boşluklarının olduğu kısımlarda gerçekleşir. Bununla birlikte gazbetonun düşük termik geçirgenliği ve yayması gazbetonun yangına daha iyi dayanıklılık özelliklerine sahip olmasını sağlar (Narayanan, 2000). Gazbeton inorganik olmasından dolayı yanmaz. Erime noktası 1600 °C'dir ki bu değer tipik bir şekilde yanan bir binanın içindeki sıcaklık olan 650 °C' nin 2 katından daha fazladır (Anonymous, 2004).

**Hijyen Sağlık Çevre:** Gazbeton, kuvarsit veya kum ile çimento, kireç ve suyun karışımından elde edilmektedir. Bu malzemelerden elde edilmesi nedeniyle tamamen çevre dostu bir malzemedir. Yapısındaki milyonlarca gözenek sayesinde yapının nefes almasını sağlayarak, rutubetlenmeyi önleyici yönü vardır. Gazbetonda pH



derecesi 10-11 arasında olduğundan alkali miktarı betondan biraz daha düşüktür. Bununla birlikte insan sağlığı açısından her hangi bir zararı söz konusu değildir. Çevresel ve sağlık açısından bir yapı malzemesindeki ağır metallerin içeriğini bilmek gerekir. Gazbeton ağır metaller bakımından zararsızdır ve standartların koşullarını sağlamaktadır (Lo, 2004).

Gazbetonun çevre için diğer bir avantajı da, 1 m<sup>3</sup> hammadde ile yaklaşık 4 m<sup>3</sup>'lük mamül elde edilmesidir. Çünkü gazbetonun yaklaşık olarak % 80 'i hava boşluğudur. Böylece üretimde daha az hammadde tüketilmektedir. Bu malzemenin üretiminde çevresel bakımdan diğer bir üstünlük de hammaddelerin önemli bölümünün silisli kum ve kireç olmasından dolayı tarımsal alanlardaki toprağın harcanmasının önlenmesidir (Topçu vd., 2005).

**Kullanım Emniyeti:** Gazbeton yangın sırasında hiçbir zehirli gaz çıkarmaz. Bundan dolayı da ısı yalıtımı ve yangın faktörleri bir arada değerlendirildiğinde yapının dış kabuğundaki duvarların gazbeton ile yapılması önemle tavsiye edilmektedir. Böylece yangınlarda, yayılan gazların neden olduğu zehirlenmeden kaynaklanan ölümlerin önüne geçebilmek mümkün olmaktadır (TGÜB, 2010).

**Gürültüye Karşı Koruma:** Gazbeton malzemelerin yüksek gözenekli bir yapıya sahip olmasından ve bu gözeneklerde ses enerjisinin kolaylıkla ısı enerjisine dönüşebilmesinden dolayı, birim alan ağırlıklarına göre ortalama ses yalıtım değerlerinin, gazbeton malzemelerde diğer bazı yapı malzemelerine göre 2 dB daha yüksektir. Gazbeton gözenekli yüzeyi ve yüksek porozitesi nedeniyle ses yutma özelliği bakımından iyi bir malzemedir. Frekansın 125–4000 Hz arasındaki değişiminde, gazbeton 0,10-0,27 arasında bir ses yutma kapasitesine sahiptir (Çiçek, 2002).

**Enerji Tasarrufu ve Isı Muhafazası:** Gazbetonun %80' ini oluşturan mikro ve makro gözenekler, malzemeye düşük bir ısı iletkenlik değeri sağlamaktadır. Isı iletkenlik katsayısı, malzemenin kuru hacim ağırlığı ve nem içeriğine bağlı olarak

değişim göstermektedir. Çizelge 2.2.'de gazbetonun kuru birim hacim ağırlığı ve ısı iletkenlik değeri arasındaki ilişki gösterilmektedir (Çiçek, 2002).

**Maliyet:** Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 2010 yılı birim fiyatlarına göre hafif gaz beton tutkalı ile 19 cm kalınlığındaki teçhizatsız hafif gaz beton duvar blokları (G2 sınıfı) ile duvar yapılmasının m<sup>2</sup> birim fiyatı 39.10 TL'dir (Anonim, 2010).

Çizelge 2.2. Gazbetonun kuru birim hacim ağırlığı ve ısı iletkenlik değeri arasındaki ilişki (Çiçek, 2002)

Kuru Birim Hacim Ağırlığı (kg/m <sup>3</sup> )	Isı İletkenlik Değeri (W/mK)
300	0,08
400	0,09
500	0,12
600	0,14
700	0,16
800	0,19

**Birim Hacim Ağırlığı:** Gazbeton kagir elemanlarının birim hacim ağırlığı 300-1000 kg/m<sup>3</sup> arasındadır (Gündüz, 2005).

**Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörü:** Gazbeton gözenekli yapısı sayesinde düşük bir buhar geçirgenlik direncine ( $\mu$ :5-7) sahiptir. Bu özellik malzemenin yapıda kolaylıkla nefes almasını sağlamaktadır. Ancak özellikle don bölgelerinde gazbeton duvar çıplak bırakıldığı durumlarda bu özelliğin malzemenin bünyesine büyük zarar verdiği gözlemlenmiştir (Çiçek, 2002).

**Kapiler Emicilik:** Gazbeton üretiminde açığa çıkan suyun az olması, üretme sırasında kurutma ve pişirme işlemi olmayıp, tersine yoğun su buharında kimyasal sertleştirme işlemi olmasından ileri gelmektedir. Bunun sonucunda zayıf bir kılcal yapı oluşmakta ve suyun hareketi gözenekler dolayısıyla engellenmektedir (Çiçek, 2002). Gazbetonun kapiler etkiyle su emme katsayısı  $10^{-1}$ - $10^{-2}$ 'dir (Gündüz, 2005).

**CE İşareti:** Donatısız gazbeton yapı malzemeleri TS EN 771-4 standartlarına uygun olmak zorundadır.

### 2.1.2. Bimsblok

Sadece pomza (bims taşı) kullanılarak bimsbetondan üretilen kagir birimlere “bimsblok” adı verilmektedir. Pomzadan imal edilen yapı malzemelerinin en önemlisi ve en yaygın olanı bimsbloklardır (Gündüz, 2005) (Şekil 2.3.). Bimsbetondan mamul donatısız bloklar boyut, şekil, ve geometrik durumlarına göre beş gruba ayrılabilir (Anonim, 1996).

- Boşluklu duvar blokları
- Boşlukları dolgulu duvar blokları
- Dolu duvar blokları
- Özel yarıklı dolu duvar blokları
- Asmolen bloklar



Şekil 2.3. 3 Sıra Boşluklu bimsblok bloğu (Tokyap Bims, 2009)

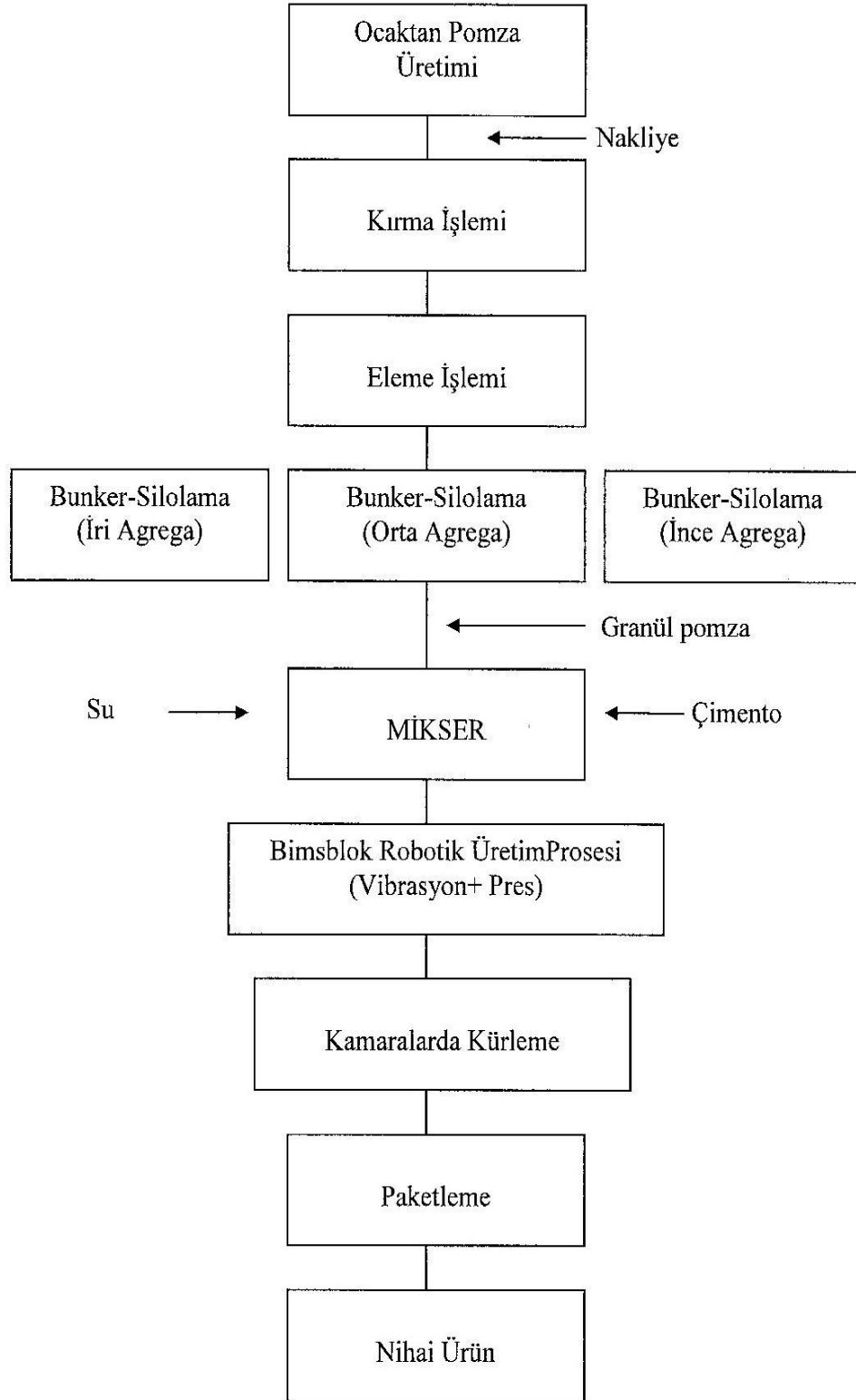
Bimsbloğun boşluklu yapısı ve içinde kullanılan pomzanın gözenekli yapısı sayesinde hammadde tüketimi azalmakta ve ayrıca ısı yalıtım özelliği artmaktadır.

Bimsblokların boşluklu yapısı da hem malzeme kullanımını azaltmakta hem de ısı yalıtım özelliğini arttırmaktadır. Böylece bimsbloğun enerji etkin yapı üretiminde oldukça verimli bir malzeme olduğu görülmektedir (Uzun, 2008).

Bimsblok üretim tesisleri genellikle pomza madeninin çıkarılma sahalarına yakındır. Pomza ocaktan genellikle bir lastik yükleyici ile kazılarak kamyonlara yüklenir. Açık işletme metoduyla üretilen pomza madeni bu kamyonlarla bimsblok üretim süreci için fabrikalara sevk edilir. Fabrikalarda uygun kırma, eleme sistemlerinde boyutları küçültüldükten sonra sınıflandırılır ve blok yapımı için üretim ambarlarına taşınır (Kaytancı vd., 1996).

Bimsblok üretimi genel olarak yedi aşamada gerçekleşir. Bu aşamalar; pomzanın ocaktan çıkarılması, karışım hazırlama, kalıplama, kurutma, paketlenme, depolama ve dağıtımdır. Karışım reçetesine göre uygun oranlarda pomza agregası, su ve çimento mikserlerde karıştırılarak yaş ürün hazırlanır. Hazırlanan karışım, yüksek basınç ve vibrasyon altında boşluk kalmayacak şekilde kalıplara preslenir. Daha sonra elevatöre yüklenen yaş ürün taşıyıcı robot vasıtası ile ilk prizini kazanmak üzere priz kamaralarına stoklanır. Bloklar kurutma odasında 72 saat kalır. Yaz aylarında bloklar doğal yollarla kurutulurken kışın kurutma odası ısısı minimum 15 °C olacak şekilde ısıtılır (Kuş vd., 2007). Kuruyan bloklar daha sonra paketlenme kısmına taşınır. Paketlenme işlemine geçmeden önce kırılan bloklar temizlenir. Ardından bloklar römorklar üzerine istif edilir. Römorklara istif edilen bloklar 28 günlük son mukavemetini kazanmak üzere depolara taşınır. Mukavemetini kazanan bloklar satışa arz edilir ve kullanılmak üzere şantiyelere gönderilir. Genelleştirilmiş bimsblok üretim şeması Şekil 2.4.'teki gibidir;

**Mekanik Dayanım ve Stabilite:** Bimsblok elemanlarının mekanik dayanımı, bloğun boyutlandırılmasına göre basınç dayanımı ya da eğilmede çekme dayanımı olarak tanımlanmaktadır (Gündüz, 2005). Bimsblokların basınç mukavemet değerlerinin minimum 20 kgf/cm<sup>2</sup>, ortalama 25 kgf/cm<sup>2</sup> veya üzerinde bir değerde olması gerekmektedir.



Şekil 2.4. Genelleştirilmiş bimsblok üretim süreci akım şeması (Gündüz, 2005)

**Yangın Durumunda Emniyet:** Yapı malzemelerinin bazılarının bünyesinde bulunan kristal suyu nedeniyle yangına karşı dayanıksız olmaktadır. Yanma esnasında meydana gelen yüksek ısıdan dolayı, yapısal bozulmalar, hacimsel değişimler ve parçalanmalar meydana gelmektedir. Bimsblok pomza madeninden imal edildiği için yüksek sıcaklıklara karşı mükemmel dayanım göstermektedir. Özellikle 760 °C' ye kadar hacimsel değişimlere uğramadığı için bu sıcaklıktan sonra ise liflerde büzüşme görülmesine rağmen deforme olmamaktadır (Erdoğan, 2007). Bimsblok üretiminde ilave olarak herhangi bir organik madde kullanılmadığından, bimsblok elemanları da dolayısıyla organik madde içermemektedir. Bu nedenle bimsblok elemanları bu sınıflama sistemine göre, yanmaz ve duman oluşturmaz ürünler kategorisinde 'yangın sınıfı A1' olarak tanımlanabilmektedir (Gündüz, 2005).

**Hijyen Sağlık Çevre:** Bimsblok gözenekli ve doğal yapısından ötürü nefes alan, sağlıklı ve koku yapmayan ortamlar oluşturmaktadır. Gözeneklerin sayılamayacak derecede çok oluşu, bu gözeneklerin birbirinden camsı bir zarla yalıtılmış olması yani kılcal bağlantılar içermemesi, petrografik yapısının volkanik cam liflerinden oluşması sebebiyle bünyesinde suyu tutmaz (Serin, 1999). Bimsblok bina ıslanınca daha çabuk kururken diğer yapay gözenekli malzemeler bazen birkaç yıl nemli kalabilmektedir. Bu yüzden, bimsbloklarda diğer ürünlerde görülen duvarlardaki terleme ve dolap arkalarındaki küf oluşumlarıyla karşılaşılmaz (Köse vd, 1997).

**Kullanım Emniyeti:** Bimsblok diğer duvar örme birimleri ile karşılaştırıldığında üretiminde harcanan enerji ve dolayısıyla havaya salınan zararlı gaz miktarı oldukça düşüktür. Bunun başlıca nedeni herhangi bir fırınlama işlemine maruz kalmamasıdır (Uzun, 2008).

**Gürültüye Karşı Koruma:** Ülkemizde 39x19x18.5 cm. boyutlarındaki bir blok üzerinde Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü' nde yapılmış olan bir deneyde; sıvalı yüzey ağırlığı 229 kg/cm<sup>2</sup> olan bir numunenin ortalama ses sönümlenme değeri 45 dB olarak belirlenmiştir. Yine aynı yerde yapılan deneyde, 39x19x15 cm. boyutlarında ve sıvalı yüzey ağırlığı 194 kg/cm<sup>2</sup> olan bir numunenin

ortalama yalıtım değeri 44 dB bulunmuştur. İtalya'da yapılan deneylere göre ise ses sönümleme değeri ortalama 47 dB olarak belirlenmiştir (PumexSp.A., 1989). Almanya'da Rhenotherm Ltd. Şti. tarafından yapılan deneylerde ise R'w değeri 44 dB olarak belirlenmiştir. Ancak, bu değer 0.5 gr/cm<sup>3</sup> yoğunluktaki malzeme için bulunmuştur. Bilindiği üzere malzemenin yoğunluğu artırılırsa; ısı direnci düşmekle birlikte sese karşı yalıtımı artmaktadır. Örneğin; 36.5x24.5x2308 cm'lik ve yoğunluğu 0.9 gr/cm<sup>3</sup> olan bir numunenin R'w değeri 52 dB olarak bulunmuştur. (Köse vd., 1997).

**Enerji Tasarrufu ve Isı Muhafazası:** Dış duvarın ısı performansını, duvarı oluşturan bileşenlerin performansı ile doğru orantılıdır (Anonim, 2008). Doğal gözenekli yapısı olan ve bu yapısı sayesinde ısı yalıtım özelliğine sahip olan pomzadan üretilen bimsblok boşluklu yapısı sayesinde oldukça iyi bir ısı geçirgenlik direncine sahiptir. Ayrıca bimsblokların boşluklarında şaşırtma yapılarak da bu ısı yalıtım özelliği artırılmıştır. Çok çeşitli boyutlarda üretilen bimsblokların boyutları arttıkça ısı yalıtım özelliği de artmaktadır (Uzun, 2008). Sadece pomza taşı kullanılmış (kuvars kumu katılmaksızın) boşluklu kagir birimlerin birim hacim kütlesi ve ısı iletkenlik değerleri çizelge 2.3.'deki gibidir;

Çizelge 2.3. Bimsblok birim hacim kütlesi ve ısı iletkenlik değeri arasındaki ilişki (Gündüz, 2005)

Birim Hacim Kütlesi (kg/m <sup>3</sup> )	Isı İletkenlik Değeri, $\lambda$ (W/mk)
400	0,13
500	0,15
600	0,18
700	0,21
800	0,24
900	0,28
1000	0,32

**Maliyet:** Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 2010 yılı birim fiyatlarına göre (19x39x18.5/19 cm) boyutlarında boşluklu bimsbeton blokla duvar yapılmasının (10.043 harcı ile) m<sup>2</sup> birim fiyatı 22.31 TL'dir (Anonim, 2010).

**Birim Hacim Ağırlığı:** Üretilen malzemenin tiplerine göre birim hacim ağırlıkları farklılık göstermektedir. Tek sıra boşluklu bimsbloklar için birim hacim ağırlık 800 kg/cm<sup>3</sup>, iki sıra boşluklu bimsbloklar için 900 kg/cm<sup>3</sup>, üç sıra boşluklu bimsbloklar için ise 1000 kg/cm<sup>3</sup>'dür (Uzun, 2008). Bims agregası aynı hacimdeki kumun ve çakılın 1/3-2/3' ü kadar bir ağırlığa sahip olduğu için bims ile yapılan betonlar daha hafiftir. Bimsblokların ise yine düşük yoğunluklarından ötürü nakliyeleri kolaydır ve işçilik ile zamandan büyük ölçüde ekonomi sağlar. Ayrıca zemin mekaniği açısından da temele iletilen yük azalacağından, inşaat demirinden % 17-30 oranında bir tasarruf sağlanır (Anonim, 1992).

**Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörü:** Bimsblok ortamdaki nemi dengeler, bu nemi kesinlikle bünyesinde tutmaz. Ortamda nem azalınca geri verir. Bu da buhar difüzyon kabiliyetinin iyi olduğunu gösterir. Pomzadan mamül bimsblokların buhar difüzyon direnç faktörü  $\mu$ :5-10'dur (Gündüz, 2005).

**Kapiler Emicilik:** Kapiler emicilik ise malzeme yüzeyinin su ile temasa geldiği zaman, suyun yüzeysel gerilimi nedeniyle, malzeme boşluklarında ve kılcal kanallarında suyun yükselmesidir (Gündüz, 2005). Su buharı ile teması bulunan bimsblok elemanlarında, tamamı veya bir kısmı su içerisinde bulunan bloklarda su emme, yüzeysel olarak su ile temasta bulunan bloklarda ise su geçirimsizlik oluşmaktadır. Su emme olayında malzemenin boşluğu önemli bir etkendir. Bimsbloğun kapiler etkiyle su emme katsayısı  $10^{-4}$ -  $10^{-6}$  olarak bulunmuştur (Gündüz, 2005).

**CE İşareti:** Bimsblok yapı malzemeleri TS EN 771-4 ve TS EN 1745 standartlarına uygun olmak zorundadır.



### 2.1.3. Tuğla

Tuğla, dünya tarihinde imalatı yapılan ilk yapı malzemesidir. Konut ve diğer binaların yapımında kullanılan tuğla on beş bin yıllık bir geçmişe sahiptir (Görçiz, 2000). Tuğlalar "Seramik" olarak tanımlanan bir malzeme türüdür. Bunlar inorganik, yüksek ısılarda işlem görmüş silikatlar ve metal oksitlerdir. Oksitlenmiş bir malzeme olmaları kimyasal bakımdan denge noktasında olan ve yeni bir kimyasal işleme girmeyen bir malzeme olmaları demektir. Fiziki olarak sert, gevrek ve ısıya dayanıklıdır. Tuğla malzemenin içindeki kuartz kaolinit ve mika ısı etkisi ile kuartz kristobalit, mullit ve bunları bağlayan bir camsı malzeme oluştururlar, inşaatlarda kullanılan tuğlaların pişirme ısıları 950-1200 °C civarındadır (Aydın, 2007) (Şekil 2.5.).

TS 705'e göre pişmiş toprak tuğla (fabrika tuğlası), kil, killi toprak ve balçığın ayrı ayrı veya harman edilip, gerektiğinde su, kum, öğütülmüş tuğla ve kiremit tozu, kül ve benzerleri karıştırılarak makinelerle şekillendirildikten ve kurutulduktan sonra fırınlarda pişirilmesi ile elde edilen ve duvar yapımında kullanılan bir malzemedir (Çiçek, 2002).

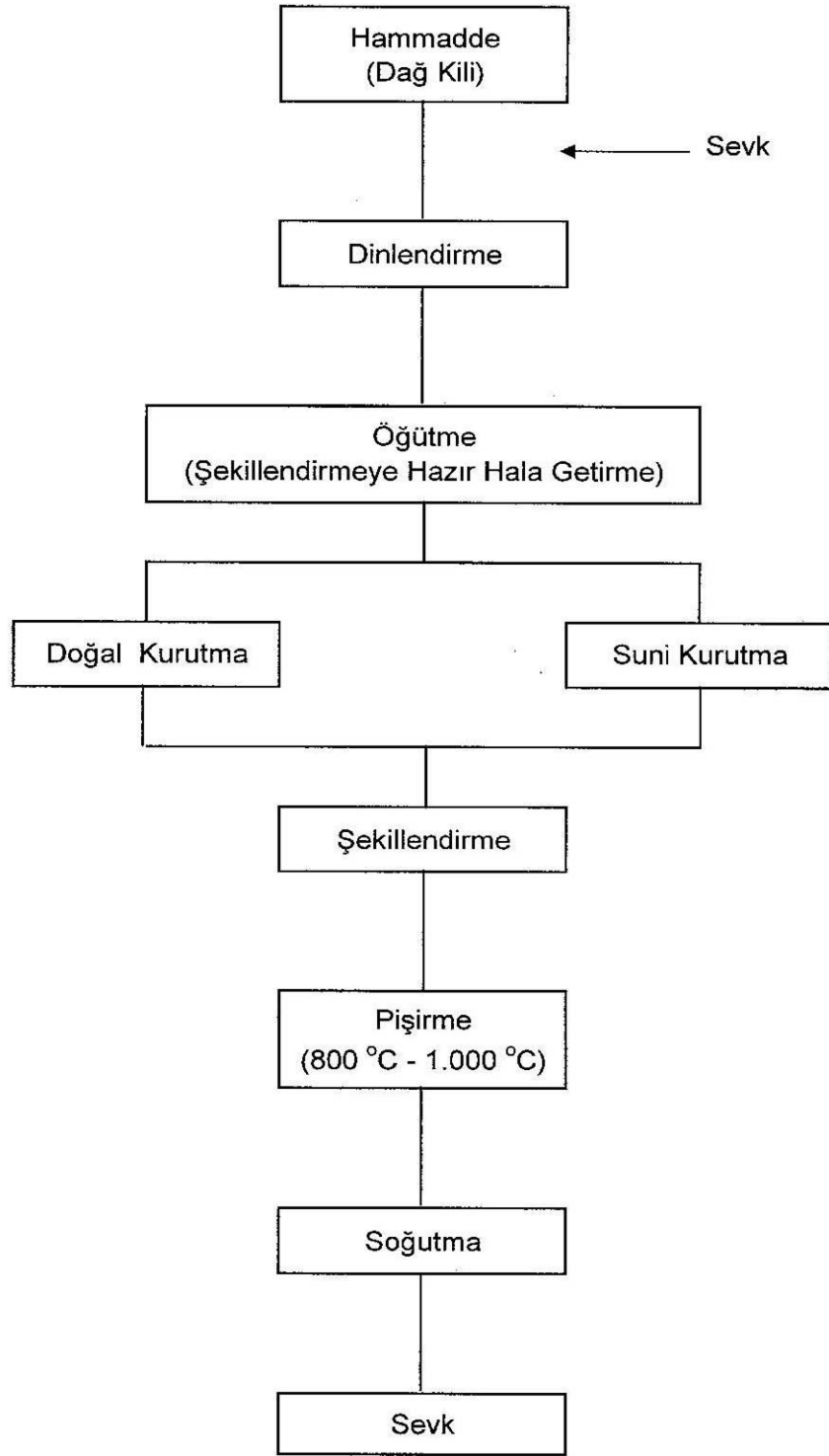
Tuğla üretimi genel olarak hammaddenin hazırlanması, şekillendirme, kurutma ve pişirme aşamalarından oluşmaktadır. Hammaddenin hazırlanması aşamasında, tuğla üretiminde kullanılan killerin gerek boyut gerekse bileşim olarak uygun özelliklere sahip olması için bir dizi ön hazırlık aşamasıdır. Bu aşamada, hammaddenin işlenebilirlik özelliği kazanabilmesi, homojen bir malzeme olması, plastiklik ve kohezyon özelliklerinin gerçekleştirilmesi için iri taşlar ve çöpler ayıklandıktan sonra istenilen tane çapına kadar öğütülmesi gerekir. Öğütme işleminin ardından harmanlama (tebeşir, kireç, kum, kömür külü gibi) ve su ilave edilerek istenilen kıvama kadar yoğurma yapılır. Yoğrulan hammadde dinlendirilerek, çamurun bir miktar direnç kazanması sağlanır. Dinlendirme, malzemenin kalitesini etkileyen önemli bir unsur olduğu için hammadde hazırlama aşamalarının en önemlisidir. Ancak günümüzde dinlendirme sadece kaplama tuğlaları için yapılmaktadır (Dönmez,1993).

Tuğlanın özellikleri tuğla toprağının karışım oranına (kum-kil), üretim tekniğine, pişirilme şekline ve pişirildiği sıcaklık derecesine göre değişir. Ülkemizde tuğla üretimi el ile harman tuğlası veya fabrika tuğlası olarak üretilmektedir. Genel olarak harman tuğlası düşük dayanımları sebebiyle az katlı yapılarda bölme duvarların yapımında, fabrika tuğlası ise hem bölme hem de taşıyıcı duvarlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Fabrika tuğlaları da üretim aşamalarındaki farklı ham madde ve karışım oranı, farklı pişirme sıcaklığı ve farklı tip fırınlama teknikleri sebebiyle çok değişik dayanımlar gösterir (Özçelik, 1975). Genelleştirilmiş tuğla üretim prosesi akım şeması şekil 2.6.'daki gibidir.



Şekil 2.5. Yatay delikli tuğla (Tukder, 2005)

**Mekanik Dayanım ve Stabilité:** Basınç dayanımı tuğlanın en önemli özelliğidir. Pek çok faktöre bağımlıdır. Tuğlanın porozitesi, pişirilme ısısı, üretim biçimi. delikli tuğla ise deliklerin miktarı, yeri, kenarlarının biçimi, yükleme yönü, vb. basınç dayanımı üzerinde etkili olan faktörlerdir. Tuğlanın yapıldığı toprağın cinsinin de tuğla basınç dayanımı üzerinde etkisi vardır. Bugün bazı ülkelerde 500-600 kg/cm<sup>2</sup> basınç dayanımı olan tuğlalar üretilebilmektedir. Türkiye' de üretilen tuğlaların basınç dayanımları genellikle düşüktür. Üretilen tuğlaların üzerinde sistemli bir basınç dayanımı saptama deneyleri yapılmamaktadır, özellikle harman tuğlalarında basınç dayanımları genellikle düşük olduğu gibi aynı ocaktan gelen tuğlalarda çok büyük basınç dayanımı farklılıkları görülebilmektedir. Daha kontrollü olarak üretilen fabrika tuğlalarında bile basınç dayanımlarında %50' nin üzerinde farklılıkları olabilmektedir (Aydın, 2007). Tuğlanın mekanik dayanım değerleri 5-25 kg/cm<sup>2</sup> arasındadır (Gündüz, 2005).



Şekil 2.6. Genelleştirilmiş tuğla üretim prosesi akım şeması

**Yangın Durumunda Emniyet:** Tuğla üretim safhasındaki pişirme esnasında yaklaşık olarak 1000 °C' de pişmektedir, ayrıca yangına dayanıklı bir malzeme olması ile birlikte oluşabilecek yangın esnasında doğal bir malzeme olması sayesinde çevreye zehirli gaz vermemektedir. Bu sebepten yangın esnasında uzun bir süre problemsiz bir dayanım sergilemektedir (Turgutlu Tuğla ve Kiremit Sanayicileri Derneği, 2010).

**Hijyen, Sağlık, Çevre:** Açık hava şartlarına bırakılan bir tuğla kapilarite yoluyla açık gözeneklerine % 2 ile % 8 arasında suyu emebilir. Tuğlanın farklılığı ise nefes alabilen bir malzeme olarak, bu emdiği suyu geriye verebilmesidir (Aksin, 2007).

**Kullanım Emniyeti:** Tuğla doğal bir malzeme olması nedeniyle yangın sırasında herhangi bir zehirli gaz ortaya çıkarmaz.

**Gürültüye Karşı Koruma:** Yapılan deneylere göre yatay delikli 19x13.5x19 cm boyutlarında yatay delikli fabrika tuğlası (TS 4563) ile yapılan duvarın ses yalıtımı açısından Avrupa Birliği ülkelerince minimum değer olarak kabul edilen 48 dB hava sesi direncini sağlamaktadır (Yılmaz Karaman, 2004).

**Enerji Tasarrufu ve Isı Muhafazası:** Bir yapıda kullanıcı konforu açısından, özellikle duvarlarda kullanılan malzemelerin ısı iletkenlik katsayısının mümkün olduğunca düşük olması istenir. Bu nedenle üreticiler, tuğlaların porozitesini artırarak (birim hacim ağırlığını küçülterek), içine bazı katkı maddeleri katarak ve delikleri şaşırtmalı yaparak, ısı iletkenlik katsayısını olabildiğince düşük düzeylere getirmeye çalışmaktadır. Örneğin dolu tuğlada 0.87 W/mK olan bu katsayı, birim ağırlığı daha düşük olan az delikli tuğlada 0.37 W/mK' e kadar inebilmektedir (Çiçek, 2002).

**Maliyet:** Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 2010 yılı birim fiyatlarına göre düşey delikli fabrika tuğlası (19x19x13,5 cm) ile 250 doz çimento harçlı yarım tuğla duvar yapılmasının m<sup>2</sup> birim fiyatı 14.09 TL'dir (Anonim, 2010).

**Birim Hacim Ağırlığı:** Tuğlalarda ısı yalıtımı, yapının hafifliği, taşıma ve duvar örme işlerinin kolaylığı bakımından mümkün olduğu kadar küçük birim hacim ağırlık aranır. Hafifliği artırmak için delikli tuğlalar ve boşluklu blok tuğlalar geliştirilmiştir (Çiçek, 2002). Kuru birim hacim kütlenin artması durumunda mekanik dayanım artarken, genel bir olgu olarak blok elemanlarının ısı geçirgenlik değeri düşecektir. Bu iki özellik arasında en iyi bir optimum değer bulunması en ideal olanıdır. Tuğlanın kuru birim hacim ağırlığı 1000-2400 kg/m<sup>3</sup> değerleri arasındadır (Gündüz, 2005).

**Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörü:** 19x19x13,5 cm boyutlarındaki düşey delikli fabrika tuğlasının buhar difüzyon direnç faktörü ( $\mu$ ) 5-10'dur (Pehlevan, 2001).

**Kapiler Emicilik:** Tuğlanın normal koşullar altında belli bir miktar su emmesi bilinen bir gerçektir. Emilen su miktarına göre, tuğlada çeşitli hasarlar oluşabilmektedir. Bunun yanında, özellikle ısı yalıtım işlevine sahip olan tuğlalarda porozitenin yüksek olması ve dolayısıyla su emmesinde fazla olması istenmektedir. Eğer malzeme bünyesine suyun girişi engellenemiyorsa malzemenin suya karşı dayanıklılığı artırılmalıdır (Çiçek, 2002). Tuğlanın kapiler etkiyle su emme miktarı  $10^{-2}$ - $10^{-4}$  cm<sup>2</sup>/sn (Gündüz, 2005).

**CE İşareti:** Cumhuriyet döneminde Türk Standartları Enstitüsü'nün (TSE) 1960 yılında kurulmasının ardından diğer sektörlerde olduğu gibi tuğla ve kiremit hakkında standart hazırlama çalışmaları başlatılmış ve ilk tuğla standardı olan TS 704 - Harman Tuğlası (Duvarlar için) 1979 yılında hazırlanmıştır. Bu standardı takiben sektörün ihtiyacına binaen 1985 yılında TS 705 Fabrika Tuğlaları - Duvarlar İçin Dolu ve Düşey Delikli, TS 4377 Fabrika Tuğlaları - Duvarlar İçin Düşey Delikli, Hafif ve TS 4563 Fabrika Tuğlaları - Duvarlar için - Yatay delikli standartları hazırlanmıştır (Aydın, 2007).

## 2.2. Isı Yalıtımı ve Isı Yalıtım Malzemeleri

Farklı sıcaklıktaki iki ortam arasında ısı transferini azaltmak için yapılan işleme ısı yalıtımı denir. Bunu sağlayan malzemelere ısı yalıtım malzemesi adı verilir. Isı yalıtım malzemelerinin en temel özelliği ısı iletim katsayısıdır. ISO ve CEN Standartlarına göre ısı iletim katsayısı 0,065 W/mK değerinden küçük olan malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak tanımlanır (Candan, 2007). Günümüzde en çok tercih edilen ısı yalıtım malzemeleri EPS, XPS, cam yünü ve taş yünüdür.

### 2.2.1. Isı Yalıtımı

Isı yalıtımı, kapalı mekânların iç sıcaklıklarını istenilen düzeyde tutabilmek için, dış iklim koşullarına karşı yapılan ısıtma-soğutma işlemlerinde kullanılan enerji tasarrufu sağlamak, çevre sorunlarını çözmek ve hava kirliliğini azaltmak için yapılarda alınan her türlü önlemler bütünüdür. Yalıtım aynı zamanda yapıyı dış etkilerden koruyarak ömrünü uzatmakta ve yapı fiziği şartlarını yerine getirildiği için de işletme maliyetlerini düşürmektedir (Koçu, 2000).

Binalarda enerjinin etkin kullanımı ve korunumu açısından, yapı kabuğunun (ve yapı kabuğunda en fazla alana sahip olan duvarların) üstlendiği görev; sürekli değişen dış atmosfer koşullarından olumsuz etkilendiği ve gün içinde farklılaşan dış sıcaklığa bağlı olarak farklı ısı geçişleri ile karşılaştığı için oldukça önemlidir. Bu bağlamda kullanıcının ısıl konforunu sağlamak için yapı kabuğuna yapılacak ısı yalıtımı yatırımı öne çıkararak, optimum ısı yalıtım kalınlıkları önemli hale gelmektedir (Ünalın vd., 2006).

Yalıtım sayesinde, ısı kayıp ve kazançları azaltılarak enerji tasarrufunun sağlanması, çevrenin korunması, ısıl konfor ve gürültü denetiminin sağlanması, yapı elemanlarında ve yüzeylerinde yoğuşmanın önlenmesi ve yapı elemanlarının dış etkilerden korunması mümkün olabilmektedir. Bina içinde konfor koşullarının oluşturulması insan sağlığı için önem taşırken; yapının dış etkenlere karşı korunması da yapıların kutuplardaki buzulların erimesine ve iklim değişikliklerine yol açmakta;

buna bağlı olarak doğal hayat giderek yok olmaktadır. Isı yalıtımı, binaların daha az yakıtla ısıtılmasını sağlayacağından; atmosfere yayılan karbondioksit, kükürt dioksit ve diğer zararlı gazları azaltacak; böylece atmosferde oluşan sera etkisi, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi sorunlar ile mücadeleye katkıda bulunacaktır (Ş.Sezer, 2005).

Binalarda ısı yalıtım kalınlığının optimum şekilde seğilmesi, ısıl konforun sağlanması en önemli etkenlerden biridir. Ancak ısı yalıtım uygulamalarında, sistemin yerine getirmesi gereken ana görevler de mevcuttur. Bu amaçla, yalıtım sistemi seğilirken; yeterli yalıtım düzeyinin sağlanıp sağlanmadığı, yapı elemanında katman sırasının doğru seğilip seğilmediği, bütün ısı köprülerinin yalıtılıp yalıtılmadığı, yoğuşma sorununun oluşup oluşmayacağı, seğilen yalıtım malzemesi ve yalıtım tipinin kullanıldığı yapı elemanında meydana gelebilecek mekanik gerilmelere dayanabilecek özellikte olup olmadığı ve yangın açısından gerekli tedbirlerin alınıp alınmadığı mutlaka kontrol edilmelidir (Ş.Sezer, 2005). Isı yalıtım malzemelerinin seçiminde göz önünde alınması gereken başlıca özellikler şunlardır: (Candan, 2007).

- Isı geçişine karşı yüksek direnç, ( Düşük ısı iletkenlik katsayısı)
- Yeterli basınç mukavemetine sahip olması, zamanla çökme yapmaması,
- Yeterli çekme mukavemetine sahip olması,
- Kullanılan sıcaklıkta bozulmaması,
- Özelliklerini zaman içinde kaybetmemesi ve çürümemesi,
- Birlikte kullanılan malzemelerle reaksiyona girmemesi ve bozulmaması, (Kimyasal kararlılık ve dayanıklılık)
- Yanmazlık ve alev geçirmezlik,
- Suya ve neme karşı yüksek dayanım,
- Uygulama ve işçilik kolaylığı,
- Boyutsal kararlılık,
- Kokusuz olması,
- İnsan sağlığına ve çevreye zarar vermemesi, kaşıntı ve alerji yapmaması,
- Detay bazında ekonomik olması,
- Hafiflik.

### 2.2.2. Isı Yalıtım Malzemeleri

Yapılara uygulanan ısı yalıtımı; ısıtma için kullanılan yakıt tüketiminin azaltılması, yazın soğutma giderlerinin azalması, ısı konforunun sağlanması, yapıların ömrünün uzaması, çevre kirliliğinin azalması ve en önemlisi sağlıklı yaşam alanları yaratması, gibi avantajlar sağlamaktadır. Günümüzde en çok tercih edilen ısı yalıtım malzemeleri EPS (Genleştirilmiş Polistiren Sert Köpük), XPS (haddeden çekilmiş polistiren köpük), cam yünü ve taş yünüdür.

#### 2.2.2.1. EPS - Genleştirilmiş Polistiren Sert Köpük

EPS, petrolden elde edilen ve taneciklerin şişirilmesi ve füzyonu (yapışması) ile köpük halinde ürünler elde edilen, termoplastik, kapalı gözenekli, tipik olarak beyaz renkli ısı yalıtım malzemesidir. Günümüzde ısı ışınları yansıtarak ısı iletkenliğini azaltıldığı gri tonlarındaki ürünler de mevcuttur (Candan, 2007). Petrolden elde edilen bir hidrokarbon olan EPS' in % 98'i havadan oluşmaktadır. Styrene monomerin polimerizasyonu ile elde edilir. Bu polimerizasyonda katalizör olarak peroksit, şişirme maddesi olarak da pentan kullanılır. Bünyesinde bulunan çok sayıda küçük gözenekli hücrelerde durgun hava hapsolmüştür. Bir m<sup>3</sup> stiropor yaklaşık olarak 3-6 milyar küçük gözenekli hücre içerir. Bu gözenekli yapı ısı ve ses yalıtımı sağlar. Büyük bir kısmı havadan oluştuğu için de çok hafif bir malzemedir. İşlenmesi ve taşınması kolaydır (Ateş, 2000). Polistirenin karakteristik özellikleri çizelge 2.4.' teki gibidir.

Çizelge 2.4. Polistirenin karakteristik özellikleri (Akıncı, 2007)

Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	13-40
Isı iletkenlik katsayısı (W/mK)	0,035
Basınç gerilimi (N/mm <sup>2</sup> )	0,1-0,4
Bükülme dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	0,16-0,50
Su absorpsiyon (1 yıl hacimce)	% 5,0-3,5
Su buharı difüzyon direnci (μ)	20/50-40/100
Kullanılabilir ısı sınır değeri °C arası	-180°C ,+100



EPS' nin başlıca tercih edilme nedenleri şunlardır; (Akıncı, 2007).

- Yüksek ısı yalıtımı sağlar.
- En ekonomik yalıtım malzemesidir.
- Üstün teknik özelliklere sahiptir.
- Basınca çok dayanıklıdır. Yoğunluk arttıkça basınç dayanımı artar.
- Kapalı gözenekli olduğu için pratik olarak ıslanmaz, yalıtımı sürekli yapar.
- Kapiler ve higroskopik değildir.
- Kalınlığı zamanla incelmez, sabit kalır.
- Çevre dostu bir malzemedir. İçinde ozon tabakasına zarar verici CFC (kloroflorokarbon) yoktur. Geri dönüşümlü (Recycle) bir malzeme olup, üretim sonrası çevreyi kirletecek atık çıkarmaz.
- Sonsuz ömürlüdür. Bina durdukça yalıtım görevine devam eder.
- Çok hafiftir, kolay taşınır, kolay uygulanır.
- Buhar geçirimsizliği yüksektir. Yoğunluk arttıkça buhar geçirimsizliği de artar.

#### **2.2.2.2. XPS - Haddeden Çekilmiş Polistren Köpük**

XPS levha, polistiren hammaddesinin ekstrüzyonla levha halinde çekilmesiyle üretilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Üretim tekniği dolayısıyla kapalı gözenekli ve bünyesine su almayan bir ısı yalıtım malzemesidir. Kullanım yeri ve amacına göre farklı boyut ve yoğunlukta değişik kenar ve yüzey şekillerinde levha olarak üretilmektedir (İşbilir, 2009). Malzeme çok sıkı kapalı gözenekli bir yapıya sahip olduğundan dolayı su alma durumu fevkalade düşüktür. Tüm yoğunluklar için su alma yüzdesi hacminin % 1'i kadardır. Bu nedenle teras çatı sistemleri için iyi bir yalıtım malzemesidir. Malzeme higroskopik veya kapiler değildir (Akıncı, 2007). XPS'ler plastik esaslı olduğu için birçok kimyasal maddeye karşı duyarlıdır. Özellikle tiner gibi çözücü maddelerle ve bazı yapıştırıcılarla birlikte kullanılmamalıdır (Karaca, 2001). XPS üretiminde şişirici gaz olarak HCFC kullanılmaktadır. Üretimde açığa çıkan HCFC ozon tabakasına zarar vermektedir (Candan, 2007). XPS' in fiziksel özellikleri çizelge 2.5.'teki gibidir.

Çizelge 2.5. XPS'nin fiziksel özellikleri (İşbilir, 2009)

Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	25-48
Isıl İletkenlik Hesap Değeri (W/m.K)	0.030
Basınç Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	0.15-0.35
Makaslama Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	60
Bükülme Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	60
Sıcaklık Dayanımı (°C)	-50/+75
Boyca Isısal Genleşme Katsayısı (1/°C)	0.07
Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı (μ)	80-225

EPS ve XPS, petrol türevi polistren hammaddesi kullanılarak imal edilen yalıtım malzemeleri olup maksimum kullanım sıcaklıkları 75 °C' dir. Bu dezavantajları nedeni ile yurtdışında yangın riskinin yüksek olduğu bitişik nizam veya çok katlı binalarda bu ürünler belli sınırlar dâhilinde kullanılmaktadır. Ülkemizde de 2002 yılı sonunda Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Yangında Korunma Yönetmeliği gereğince söz konusu malzemelerin kullanım alanları sınırlandırılmıştır. Bu malzemeler DİN 4102 standardına göre yanıcı malzemeler olup B1 sınıfı malzemelerdir. İmalatları sırasında kullanılan yanma geciktirici maddeler, bu malzemelerin yangınlık sınıflarını bir miktar iyileştirmekle birlikte yanmaz malzeme haline getirmemektedir (Candan, 2007).

### 2.2.2.3. Cam Yünü

İnorganik hammadde olan silis kumunun 1200 °C - 1500 °C sıcaklıkta elyaf hale getirilmesi sonucu yerli olarak üretilen bir ısı ve ses yalıtımı malzemesidir. Kullanım yeri ve amacına göre farklı boyut ve yoğunlukta değişik kaplama ve katkı malzemesi ile şilte, levha, boru ve dökme şeklinde üretilmektedir. Zamanla bozulmaz, çürümez, küf tutmaz, korozyon ve paslanma yapmaz, böcekler ve mikroorganizmalar tarafından tahrip edilemez. Çatı şiltesi olarak her türlü ahşap oturtma çatılarda, metal çatılar ve sandviç çatılarda kullanılır (Özer, 2006).

Cam; yüksek sıcaklıkta değişik malzemelerin bir arada erimesi ve aralarında kimyasal bir bağ bulunmaması esasına dayanır. Hammadde olarak değişik cinsleri için S<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (kuvars kumu), Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (soda), K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (potas), Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub> (dolomit) CaO, MgO, PbO, Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, metal oksitleri, fosfat, çinko oksit, arsenik değişik oranlarda kullanılır (Akıncı, 2007). Cam yünü, açık gözenekleri sebebiyle, özel olarak tedbir alınmaz ise, su emmesi çok yüksek bir malzemedir. (Hacimce cam yünü % 3-10) ( Candan, 2007). Cam yününün fiziksel özellikleri çizelge 2.6.'daki gibidir:

Çizelge 2.6. Cam yününün fiziksel özellikleri (Özer, 2006)

Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	14-100
Isıl İletkenlik Hesap Değeri (W/mK)	0.040
Sıcaklık Dayanımı (°C)	-50/+ 250 °C
Su Emme Değeri (%) Hacimce	%3-10 (5 cm kalınlık için)
Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı (μ)	1

Diğer yalıtım malzemelerine göre pratikte oldukça geniş kullanma sahası bulunan cam yünü aşağıdaki özelliklere sahiptir;

- Yanıcı değildir.
- Dış kuvvetler tesiri ile kolayca deformatsyona uğrar.
- Higroskopik değildir.
- Kimyasal olarak nötrdür.
- Atmosferik şartlara dayanıklıdır.
- Asitlere karşı ( hidroflorik asit hariç ) dayanıklıdır.
- Küf tutmaz
- Haşerelerin yuvası olmaz.
- Bıçakla kolayca istenilen şekilde kesilebilir.
- İşçiliği kolaydır.
- Vana gibi çok girintili parçaların yalıtımlarına uygundur.
- Deri ile temas edince kaşındırır, bu sebeple eldiven kullanılması tavsiye edilir.
- Sarsıntı ve ufalanmaya karşı dayanıklıdır (Akıncı, 2007).

#### 2.2.2.4. Taş Yünü

Bazalt veya diabez taşının yüksek sıcaklıklarda ergitilerek elyaf haline getirilmesi ile elde edilen bir ısı yalıtım malzemesidir. İlk defa 1897'de Amerika'da yapılmış, yalıtım amacı ile 1927'de kullanılmaya başlanmıştır (Anonim, 2010). Elyaf haline getirme işleminde hammadde, kireç taşı ile karıştırılır ve 1600 °C'de ergitilir. Eriyik kaya çok hızlı dönen bir diskin üzerine damlatılır. Buradan çok uzun iplikler halinde çıkar. Lif çapları 5 mikron civarındadır. İplikler toplandıktan sonra yapıştırıcı özellikteki sentetik reçine ve yağ ilavesi ile kaya yünü malzemeleri şilte şekline getirilir. Rengi koyu gri renkli olup şiltelerin özellikleri şekillerine bağlı olarak değişmektedir (Akıncı, 2007). Taş yünü kullanım yeri ve amacına göre farklı boyut ve yoğunlukta değişik kaplama malzemeleri ile şilte, levha, boru ve dökme şeklinde üretilmektedir. Sıcağa ve rutubete maruz kalması halinde dahi boyutlarında bir değişim olmaz (Özer, 2006). Taş yünü'nün fiziksel özellikleri çizelge 2.7.'deki gibidir;

Çizelge 2.7. Taş yünü'nün fiziksel özellikleri (Özenç, 2007)

Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	30-150
Isıl İletkenlik Hesap Değeri (W/m.K)	0.040
Basınç Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Yüklenemez
Sıcaklık Dayanımı (°C)	650-1000
Higroskopik Denge Nemliliği	≤0.2
Su Emme Değeri (%) Hacimce	%2-3(5 cm kalınlık için)
Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı (μ)	1

Taş yünü, açık gözenekleri sebebiyle, özel olarak tedbir alınmaz ise, su emmesi çok yüksek bir malzemedir (Hacimce taş yünü % 2,5-10). Yapı fiziğinin büyük önem kazandığı günümüzde, bu çalışmaların önemli bir bölümünü yapı kesitlerinin nefes alabilir şekilde dizaynı oluşturmaktadır. Buhar difüzyon direnci düşük malzemelerin kullanılması, arzu edilen bu özelliği yapı kabuğuna kazandırmaktadır. Bu nedenle taş yünü levhalar ile yapılan mantolama uygulamaları ile diğer ürünlere oranla daha düşük buhar difüzyon direncine sahip kesitler elde edilebilir. Taş yünü açık

gözenekli ve lifli yapısı ile iyi bir ses yalıtım malzemesidir. Bu nedenle ses yalıtımın önemli olduğu mantolama uygulamalarına en uygun ürün taş yünü mantolama levhalarıdır (Candan, 2007).

### **2.3. Malzeme Seçim Kriterleri**

Günümüzde, yapım ve yapı alanında işleve ve performansa dayalı düzenlemeler yapılmaktadır. Bu çalışmalardan biri Avrupa Birliği tarafından yayımlanan Yapı Ürünleri Direktifidir (Construction Products Directive-CPD). Ülkemizde Yapı Malzemesi Yönetmeliği adı altında uygulamaya konulmuştur. Yapı Ürünleri Direktifi'ne göre yapıların karşılaması gereken temel gerekler mevcut olup, bunlar yapı malzemelerinin teknik özelliklerini etkilemektedir. Yapı Ürünleri Direktifi'nde yapı ürünlerinin karşılaması istenen altı temel gereksinim aşağıdaki gibidir (Anonim, 2006).

- Mekanik dayanım ve kararlılık,
- Yangın durumunda emniyet,
- Hijyen, sağlık ve çevre,
- Kullanım emniyeti,
- Gürültüye karşı koruma,
- Enerjiden tasarruf ve ısı korunumu

Bu temel gereksinimlerin yanında malzeme seçimlerini etkileyen çeşitli kriterler mevcuttur. Bu kriterler aşağıdaki gibidir:

- Maliyet
- Birim hacim ağırlığı
- Su buharı difüzyon direnç faktörü
- Kapiler emicilik
- CE işaretidir.

**Mekanik Dayanım ve Stabilité:** Yapı işleri, yapım ve kullanım sırasında maruz kalacakları yüklerden dolayı aşağıdaki durumlara yol açmayacak şekilde tasarlanıp, yapılmalıdır (Anonim, 2006).

- a) Yapılan işin tamamı veya bir kısmının çökmesi,
- b) Kabul edilemeyecek boyutta büyük deformasyonlar,
- c) Taşıyıcı sistemde önemli boyutta deformasyon oluşması sonunda yapı işinin diğer kısımlarında veya teçhizat yada tesis edilen ekipmanlarda hasar meydana gelmesi,
- d) Sebebini oluşturan olayın boyutlarına oranla çok büyük hasarlar meydana gelmesi.

**Yangın Durumunda Emniyet:** Yapı işleri, yangın çıkması halinde aşağıdaki hususları sağlayacak şekilde tasarlanıp, yapılmalıdır:

- İnşa edilen yapının yük taşıma kapasitesi belli bir süre azalmamalıdır,
- Yapı içinde yangın çıkması, yangının ve dumanın yayılması sınırlı olmalıdır,
- Yangının etraftaki yapı içlerine yayılması sınırlı olmalıdır,
- Yapı sakinleri binayı terk edebilmeli veya başka yollarla kurtarılabilir,
- Kurtarma ekiplerinin emniyeti göz önüne alınmalıdır (Anonim, 2006).

Yapı malzemelerinin yangına karşı direnç değerleri ile farklı sınıflama sistemlerini görmek mümkündür. Bunlardan en yaygın olarak kullanılan iki sınıflama sistemi şu şekildedir.

1. TS EN 13501-1 Standardında öngörülen sınıflama sistemi,
2. DIN 4102 Standardında öngörülen sınıflama sistemi.

TS EN 13501-1 Standardında öngörüldüğü gibi, kütle veya hacim olarak (hangisi daha yüksek ise) bünyesinde en fazla % 1 oranında düzgün dağılmış organik madde ihtiva eden yapı elemanları, herhangi bir deneye ihtiyaç duyulmaksızın Yangın Sınıfı A1 olarak tanımlanabilmektedir.

DIN-4102 Standardında öngörülen sınıflama sistemi olup, yapı mamullerinin yüksek sıcaklık etkisindeki (yaklaşık 1100° C) dayanım süresi, bu süreye bağlı olarak yapılan tanımsal ölçekli bir sınıflandırılma prensibine dayanmaktadır (Gündüz, 2005).

**Hijyen Sağlık Çevre:** Yapı işleri ikamet edecek kişiler veya komşuları için aşağıdaki nedenlerden dolayı hijyen ve sağlık açısından tehdit oluşturmayacak şekilde tasarlanıp, yapılmalıdır (Anonim, 2006).

- Zehirli gaz çıkması,
- Havada tehlikeli partikül veya gazların bulunması,
- Tehlikeli boyutlarda radyasyon yayılması,
- Su veya toprağın kirletilmesi, zehirlenmesi,
- Atık su, duman, katı ve sıvı atıkların hatalı şekilde uzaklaştırılması,
- İnşaat işinin bazı kısımlarında veya içindeki yüzeylerde rutubet oluşması.

**Kullanım Emniyeti:** Yapı işleri, kullanma veya çalışma sırasında kayma, düşme, çarpma, yanma, elektrik çarpması, patlama sonucu yaralanma gibi kabul edilemeyecek kaza risklerine meydan vermeyecek şekilde tasarlanıp, yapılmalıdır (Anonim, 2006).

**Gürültüye Karşı Koruma:** Yapı işleri, gürültünün binada bulunanların ve çevredeki insanların sağlığını tehdit etmeyecek, onların yeterli koşullarda uyuma, dinlenme ve çalışmalarına izin verecek seviyede tutulacağı bir şekilde tasarlanıp, yapılmalıdır. İnsanlar, gerek çalışma gerekse dinlenme ortamlarında ses etkilerinden korunmak için kendilerini rahatsız etmeyecek ve üzerlerinde stres yaratmayacak bir mekanı arzu ederler. Ses izolasyonunda dikkate alınan kriter "ses sönümlenme değeri-R'w" dir. DIN 4109'a göre; gürültü seviyesi ve yapıların dış duvarlarında aranan ses sönümlenme değerleri çizelge 2.8.'de verilmiştir (Köse vd., 1997).

Çizelge 2.8. Yapıların ses sönümleme değerleri (Köse vd., 1997)

Gürültü Sınıfı	Dış Gürültü Seviyesi (dB)	Yatak Odası Hastane (dB)	Oturma Odası Dersane Otel (dB)	Bürolar (dB)
I	<50	30	30	30
II	51-55	35	30	30
III	56-60	40	35	30
IV	61-65	45	40	30
V	66-70	50	45	35
VI	>70	55	50	45

**Enerji Tasarrufu ve Isı Muhafazası:** Yapı işleri ile bu işlerde kullanılan ısıtma, soğutma ve havalandırma tesisatları, yerel iklim koşulları ve ikamet edenlerin durumlarını dikkate alarak az bir enerji kullanımı gerektirecek şekilde tasarlanıp, yapılmalıdır (Anonim, 2006).

Kararlı halde bulunan homojen bir malzemenin birbirine paralel iki yüzeyi arasında 1°C sıcaklık farkı olduğunda 1 m alan ve bu alana dik 1 m. kalınlıktan geçen ısı miktarına "ısı iletkenliği" denir. Dolayısıyla bir malzemenin ısı iletkenliği ne kadar küçük olursa, malzeme ısı yalıtımını o kadar iyi yapar. Önemli bir malzeme özelliği olan ısı iletkenliği, başlıca şu 3 faktöre bağlıdır (Köse vd., 1997).

- Yoğunluk
- Gözeneklerin büyüklüğü ve dağılımı
- Denge rutubeti

**Maliyet:** Bir malın üretilmesi için gerekli olan girdilere yapılan ödemelerin toplamıdır (Türk Dil Kurumu, 2010).

**Birim Hacim Ağırlığı:** Genel anlamda yalıtım malzemelerinin birim hacim ağırlıklarının (yoğunluklarının) düşük olması (10-1000 kg/m<sup>3</sup>) istenir. Çünkü yalıtımı yapan esas etmen malzeme içinde bulunan hava boşluklarıdır. Yani birim hacim



ağırlıkları düşük olan malzemelerin ısı yalıtım özelliği, birim hacim ağırlıkları fazla olan malzemelere göre daha iyidir (Akıncı, 2007).

Birim hacim ağırlığının artması, birim yüzey ağırlığını da artırarak duvarın ses yalıtım performansını olumlu etkilemekle birlikte, bu ağırlık artışının bina strüktürüne getireceği yükler de göz önünde bulundurulmalıdır. Diğer yandan da gözenekli ve hafif malzemeler ısı yalıtım performansları açısından tercih edilmekle birlikte, duvar elemanı seçiminde ses yalıtımı kriteri de hiçbir zaman göz ardı edilmemelidir (Yılmaz Karaman, 2004). Malzemelerin kuru birim hacim ağırlıklarındaki değişiklikler hafif blok elemanlarının özellikle mekanik ve termik özelliklerini etkilemektedir. Kuru birim hacim ağırlığının yükselmesi durumunda, dayanım artarken hafif blok elemanlarının ısı geçirgenlik dayanımları azalmaktadır (Yıldırım, 2007).

**Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörü:** Su buharı sıcaklığa ve bağıl neme bağlı olarak, kısmi buhar basıncı yüksek olandan düşük olana doğru ilerler ve ilerlerken de bir direnç ile karşılaşır. Her malzeme, kalınlığına bağlı olarak buhar difüzyonuna karşı koyar. Bu direncin, havanın su buharı difüzyon direncine oranı ‘su buharı difüzyon direnç katsayısıdır. Malzemenin su buharını tamamen geçirmesi halinde  $\mu:1$ , hiç geçirmemesi halinde ise  $\mu:\infty$ ’dur.  $\mu:10.000-100.000$  arasındaki malzemelere de ‘buhar kesici’ malzeme denir (Akıncı, 2007). Buhar direncinin hangi seviyede olacağı ısı yalıtım malzemesinin kullanılacağı yerin koşullarına bağlı olarak belirlenir. Bazı koşullarda ısı yalıtım malzemesinin su buharını tamamen geçirmesi istenileceği gibi, bazı koşullarda ise hiç geçirmemesi istenebilir. Bu durum o yapı elemanın çevrelediği mekânın koşullarından ve o yapı elemanın yapı tipinden kaynaklanır. Ancak ısı yalıtım malzemelerinde genellikle buhar difüzyon direncinin yüksek olması idealdir (Akıncı, 2007).

Bir malzemenin buhar difüzyon direnç faktörü o malzemenin su buharı geçişine karşı olan direncinin, aynı kalınlık ve sıcaklık derecesinde hava tabakasının direncine olan oranı olup “ $\mu$ ” ile gösterilir. Örneğin;  $\mu:8$  olması halinde malzeme aynı sıcaklık ve kalınlıktaki hareketsiz bir hava tabakasına oranla buhar geçişine karşın 8 misli direnç

göstermekte veya buhar miktarının ancak 1/8 kadarının geçmesine müsaade etmektedir (Ekinci ve Yıldırım, 2004).

**Kapiler Emicilik:** Kapiler emicilik ile iç mekandaki havanın nem oranı sürekli değişmekte ve bunun sonucu olarak ta yapı malzemeleri ile burada yaşayan canlılar genelde olumsuz yönde etkilenmektedir. Gözenek oranı fazla olan gaz beton ve bims betonda fazla su emme tespit edilmiştir (Özdemir, 2002). Malzemenin bünyesindeki kılcal su hattının ilerlemesi zamana bağlı olarak tespit edildiğinde, yapı malzemesinin özelliklerine bağlı olarak bu hareketin belli bir katsayıya göre gerçekleştiği görülmektedir. Doğal şartlarda kılcal su emme şantiyelerde kuru numunelerin suya daldırılması ve bir süre beklenmesi suretiyle gözlenebilir (Yıldırım, 2007).

**CE İşareti:** a) Malzemenin, standart numaraları Avrupa Birliği Resmi Gazetesi'nde yayımlanmış olan uyumlaştırılmış standartlara denk gelen Türk standardına uygun olduğunu;

b) Üçüncü bölümde yer alan prosedür çerçevesinde verilen Avrupa teknik onayına uygun olduğunu veya,

c) Uyumlaştırılmış standartların bulunmaması durumunda, beşinci fıkrada belirtilen ulusal düzeydeki standartlara uyduğunu gösterir (Anonim, 2006).

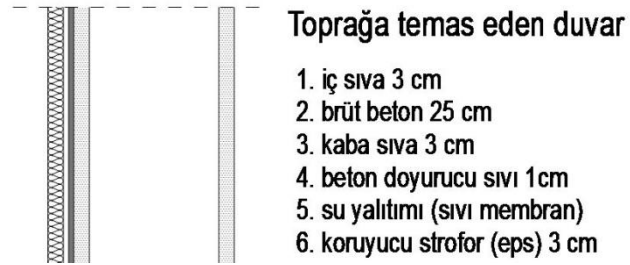
### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

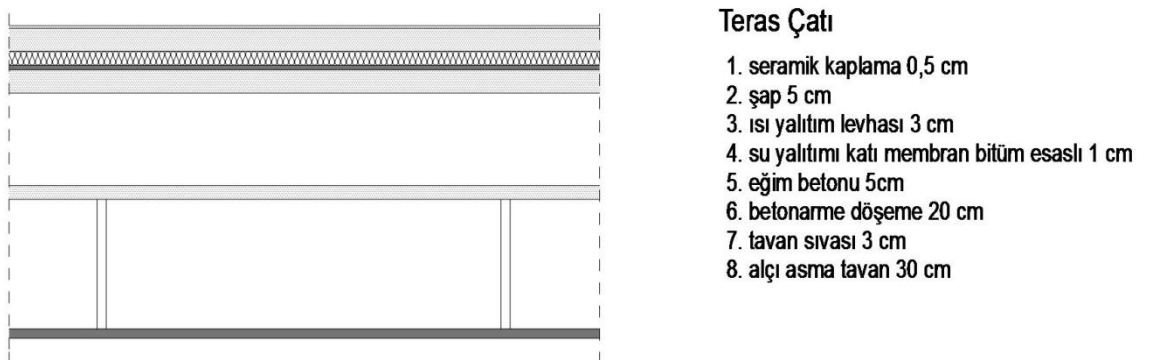
Bu çalışmada yapılan hesaplamalarda kullanılmış yapı O&B Mimarlık tarafından 2006 yılında Antalya' da tamamlanan 20174 ada 4 parselde bulunan Uluç Evleri A Blok'tur. 5 katlı olan yapı TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kurallarına göre 1. Derece-Gün bölgesinde yer almaktadır. Yapıda her katta 2 daire olmak üzere toplam 8 daire bulunmaktadır, ve son kat dubleks olarak çözümlenmiştir. Yalıtım hesaplamaları için kullanılan duvar katmanları aşağıdaki gibidir (Şekil 3.1., Şekil 3.2., Şekil3.3.).



Şekil 3.1 Dış havaya açık duvar katmanları

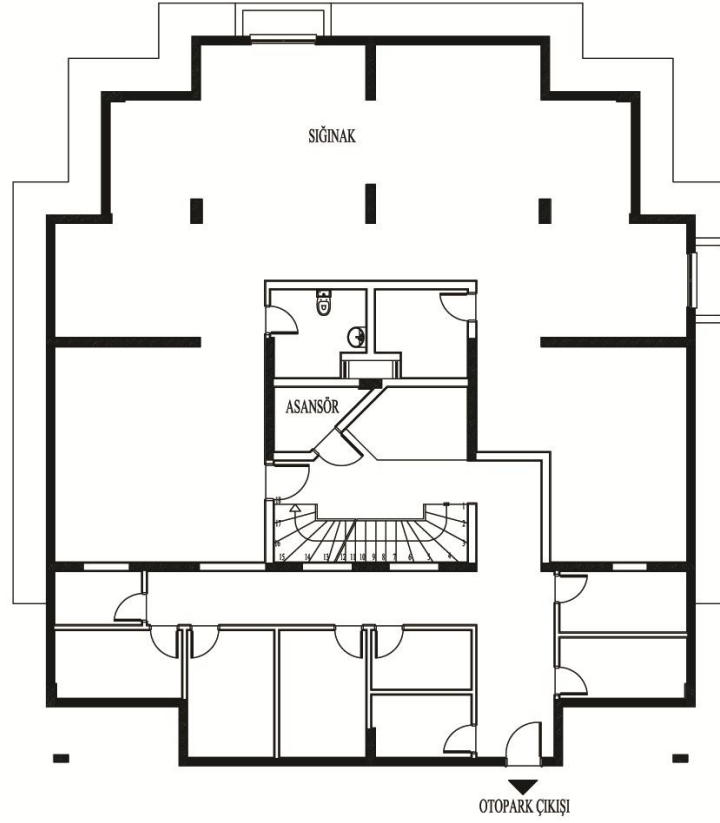


Şekil 3.2 Toprağa temas eden duvar katmanları

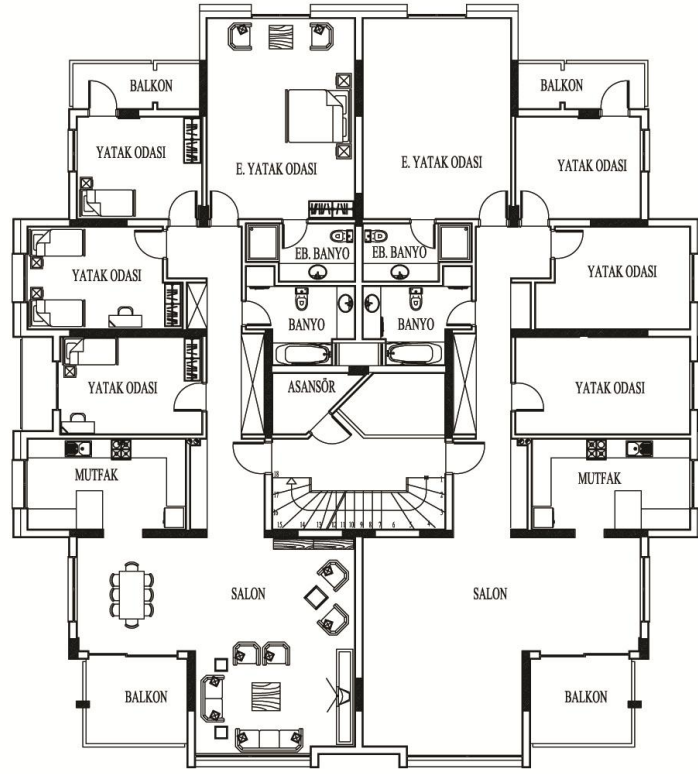


Şekil 3.3 Teras çatı katmanları

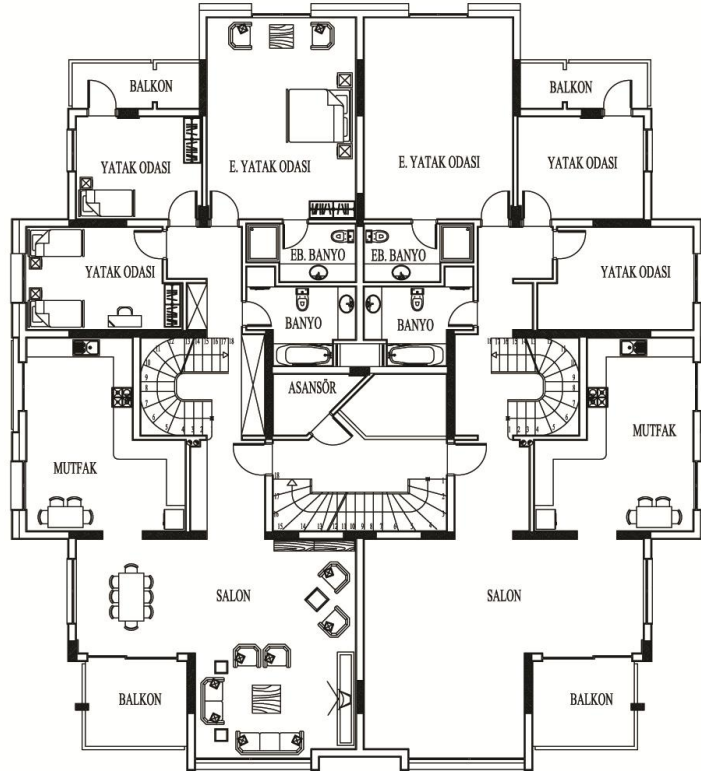
Yapı betonarme karkas sistemle inşa edilmiştir. Penceler alüminyum doğramalı çift camlı ve 3 odacıklıdır. Yapı kombi ile doğalgazla ısınmaktadır. Dış kapılar ise yalıtımlı ahşap kapılardır. Bodrum katında her daire için depo ve sığınak yer almakta olan yapının kat planları aşağıdaki gibidir (Şekil 3.4., Şekil 3.5., Şekil 3.6., Şekil 3.7.).



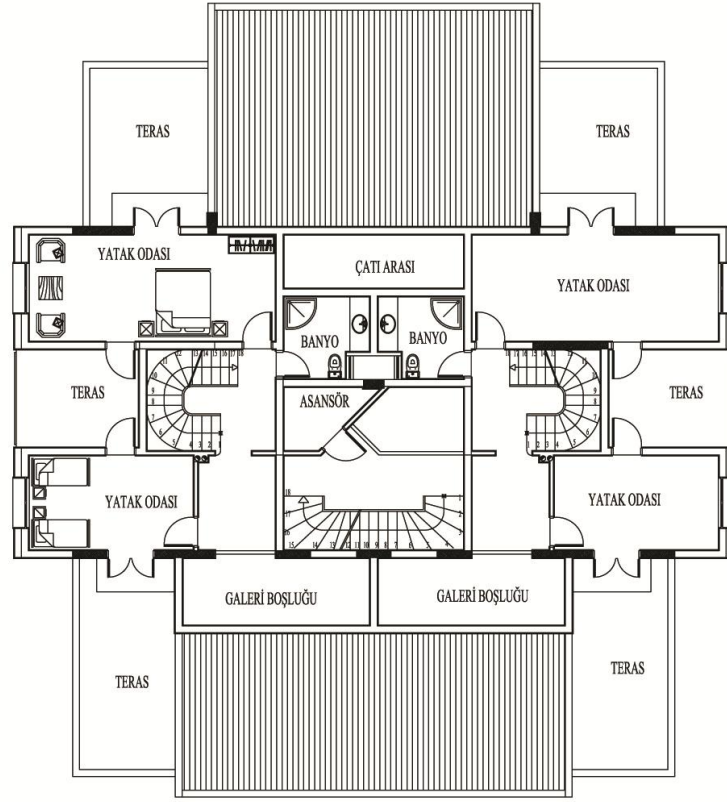
Şekil 3. 4. Bodrum Kat Planı



Şekil 3. 5. 1. Kat Planı



Şekil 3. 6. 3. Kat Planı



Şekil 3. 7. Çatı Katı Planı

### **TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı;**

Ülkemizde binalarda ısı konforunun sağlanmasına yönelik standart, TS (Türk Standartları) 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları'dır. İki 1979 tarihli olan bu standart, yeniden düzenlenerek 29 Nisan 1998 tarihinde yürürlüğe girmiş ve Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından da 14 Haziran 1999 tarih ve 23725 sayılı Resmi Gazete'de mecburi standart tebliği olarak yayınlanmıştır. 14 Haziran 2000 tarihinden itibaren zorunlu olarak uygulanmaya başlamış olan TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları son olarak 2008 yılında revize edilmiştir (Dağsız vd., 2002).

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı; yeni yapılacak bir binaya ait çeşitli tasarım seçeneklerine bu standartta açıklanan hesaplama metodunu ve değerlerini uygulayarak, ideal enerji performansını sağlayacak tasarım seçeneğini belirlemek, mevcut binaların net ısıtma enerjisi tüketimlerini belirlemek, mevcut bir binaya

yenileme projesi uygulamadan önce, uygulanabilecek enerji tasarruf tedbirlerinin sağlayacağı tasarruf miktarlarını belirlemek, konut sektörünü temsil edebilecek binaların enerji ihtiyacını hesaplayarak konut sektöründe gelecekteki enerji ihtiyacını tahmin etmek amaçları için de kullanılabilir. Bu standart ile yeni inşa edilecek binalar ile mevcut binaların tümünde veya bağımsız bölümlerinde yapılacak olan tamir, tadil ve eklemelerdeki (mevcut binaların oturma alanının %15'i oranında ve üzerinde yapılacak tadilatlardaki) ısıtma enerjisi ihtiyacını hesaplama kurallarını, izin verilebilecek en yüksek ısı kaybı değerlerini ve hesaplama ile ilgili bilgilerin sunuş şeklini kapsamakta ve binalarda ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanmasına yönelik bir metot belirlemektedir. Binaların ısıtma amacı dışındaki diğer amaçlar için gerekli olan enerji ihtiyaçları bu standardın kapsamı dışındadır (Şişman, 2005).

TS 825 standardı, binalarda yıllık ısıtma enerjisi miktarlarının hesaplanması ve hesaplanan değerlerin yönetmelikçe bölgelere göre belirlenmiş sınır değerleriyle karşılaştırılarak yıllık ısıtma harcamalarının sınırlandırılmasını hedeflemektedir (Oral ve Akşit, 2001). Bir binanın ısıtılması için gerekli olan enerji ihtiyacında, yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı ( $U$ ,  $W/m^2 K$ ) en önemli parametredir. Isı geçirgenlik katsayısı, çeşitli kalınlıklardaki katmanlardan (iç sıva+delikli tuğla+dış sıva gibi) oluşan yapı bileşeninin  $1 m^2$ 'sinden  $1 ^\circ C$ ' lik sıcaklık farkı bulunması durumunda saatte kJ cinsinden geçen ısı miktarını vermektedir. TS 825' te Türkiye dört derece gün bölgesine ayrılmış ve her bölge için farklı  $U$  değerleri belirlenmiştir. Isıl konforun sağlanması açısından, yapı elemanlarının belirtilen  $U$  değerini sağlayacak şekilde detaylandırılması gerekmektedir (Aksoy, 2008).

Ülkemiz enerji tüketiminin %27'si konutların ısıtılması amacıyla gerçekleşmektedir. Bu değer, enerjisinin %61,5'ini (1996 istatistiklerine göre) ithal eden ülkemiz için çok büyüktür. Dolayısıyla bu değer azaltılması gerektiği şüphe götürmez bir gerçektir. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları standardının uygulamaya geçmesiyle birlikte binalarda enerji tüketimi sınırlandırılarak enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Bunun yanı sıra petrol, doğalgaz ve kömür gibi yenilenemez enerji kaynaklarının tüketilmesi azalmakta ve bu yakıtların yanması sonucu açığa çıkan çevreye zararlı maddelerin miktarı da azalmaktadır. Böylece bu standardın ekonomik

yararlarının yanında çevresel yararlarının da olduğu bilinmektedir. Bunların dışında; yapı bileşenlerinde buhar geçişi sınırlandırıldığından konutların konfor düzeyi artmakta ve binalar daha uzun ömürlü olmaktadır (Ertaş, 2000).

### **3.2. Yöntem**

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları' na uygun yapı üretiminde dış duvar sistemini oluşturan malzemelerin seçimi önemli bir unsurdur. Bu nedenle dolgu duvar, ısı yalıtım ve cephe kaplama malzemesi seçim kriterlerini ve en çok tercih edilen malzemeleri belirlemek amacıyla Antalya'da mimari tasarım ve uygulama yapan 20 mimara anket uygulanmıştır. Yüz yüze görüşülerek yapılan ankette mimarlara ne tür projeler uyguladıkları, dolgu duvar malzemesi ve ısı yalıtım malzemesi seçerken hangi kriterlere dikkat ettikleri, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları standardı hakkındaki bilgilerini ve dış duvar sistemlerini nasıl oluşturduklarını tespit etmeye yönelik sorular sorulmuştur.

TS 825'e göre Türkiye dört farklı derece-gün bölgesine sahiptir. İklim şartları binalardaki enerji ihtiyaçlarını belirleyen önemli faktörlerdendir. Türkiye'nin en sıcak derece-gün bölgesi 1. Bölgedir (Dombaycı, 2009). Antalya bu bölgede yer almaktadır (Anonim, 2008). İzoder TS 825 hesap programı kullanılarak anket sonuçlarına göre en çok tercih edilen dış duvar sistemlerinin ısı geçirgenlik katsayıları (U değerleri) hesaplanmış ve bu değerlerin TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları'nda 1. Derece-Gün Bölgesi için belirtilen duvar U değerlerini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilip, maliyet analizi yapılmıştır.

Günümüzde en çok tercih edilen dolgu duvar malzemeleri tuğla, bimsblok ve gazbetondur. En çok tercih edilen ısı yalıtım malzemeleri ise EPS, XPS, cam yünü ve taş yünüdür. Bu malzemelerin Yapı Malzemeleri Yönetmeliği' ne göre sağlamaları gereken çeşitli özellikleri incelenmiş, malzemelerin avantajlı ve dezavantajlı olduğu özellikler belirlenmiştir.



Dış duvar sistemini oluşturmada en önemli unsurlardan biri kullanılacak malzemelerin optimum kalınlıklarda kullanılmasıdır. Optimum kalınlıkta dolgu duvar ve ısı yalıtımı malzemesi seçimi ısı konforunun sağlanmasında çok önemli bir etkidir. 1. Derece-Gün Bölgesi'nde bulunan Antalya'da dolgu duvar malzemesi olarak tuğla, bimsblok ve gazbeton kullanılması durumunda, dış duvar sistemi olasılıkları oluşturulmuştur. Oluşturulan dış duvar sistemi olasılıkları şöyledir;

- 19x19x13,5 cm Boyutlarında düşey delikli fabrika tuğlası - EPS
- 19x19x13,5 cm Boyutlarında düşey delikli fabrika tuğlası - XPS
- 19x19x13,5 cm Boyutlarında düşey delikli fabrika tuğlası - Cam Yünü
- 19x19x13,5 cm Boyutlarında düşey delikli fabrika tuğlası - Taş Yünü
  
- 19x39x18.5/19 cm Boşluklu bimsblok duvar bloğu - EPS
- 19x39x18.5/19 cm Boşluklu bimsblok duvar bloğu - XPS
- 19x39x18.5/19 cm Boşluklu bimsblok duvar bloğu - Cam Yünü
- 19x39x18.5/19 cm Boşluklu bimsblok duvar bloğu - Taş Yünü
  
- 19 cm Hafif gazbeton duvar bloğu - EPS
- 19 cm Hafif gazbeton duvar bloğu - XPS
- 19 cm Hafif gazbeton duvar bloğu - Cam Yünü
- 19 cm Hafif gazbeton duvar bloğu - Taş Yünü

Belirlenen bu olasılıklara göre ısı konfor koşullarını sağlayacak şekilde optimum ısı yalıtım malzemesi kalınlıkları belirlenmiş ve maliyet analizi yapılmıştır.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1. Ankette Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi

Anket sonuçlarına göre, en çok konut projesi uygulanmaktadır. Ankete katılan 20 kişiden 18'i betonarme karkas yapım sistemini uygulama kolaylığı, tedarikçi sıkıntısı olmaması, ekonomik olması, yapılan projelere uygun olması nedeniyle tercih etmektedir. Tüm katılımcılar tasarım ve malzeme seçim aşamalarında bölgenin iklimsel verilerini dikkate aldıklarını belirtmişlerdir.

Tuğla ve bimsblok 9 kişinin tercihi ile en çok kullanılan dolgu duvar malzemeleridir. En çok tercih edilen malzeme kalınlığı ise 20 cm' dir. Taş yünü en çok tercih edilen ısı yalıtım malzemesi, 3 cm en çok tercih edilen ısı yalıtım malzemesi kalınlığıdır. (Çizelge 4.1.) Katılımcılar taş yünü ısı iletkenlik katsayısının düşük olması, yangın dayanımı, ses yalıtımı özellikleri nedeniyle tercih etmektedir. Katılımcıların yarısı polistren köpük ısı yalıtım malzemesi kullanırken yangına karşı önlem aldığını, 9 kişi herhangi bir önlem almadığını 1 kişi ise fikri olmadığını belirtmiştir. Anket uygulanan 20 kişiden 14'ü konut yapılarında dış duvar yüzeyine ısı yalıtımı uygulamaktadır. Yalıtım uygulama sistemlerinden mantolama 11 kişinin tercihi ile en çok kullanılan sistemdir. Katılımcılar tercih nedenlerinin ısı köprülerini ve yoğunlaşmayı önlemek olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 4.1. Dolgu duvar ve ısı yalıtım malzemeleri için kullanıcı tercihleri

Malzeme	Dolgu Duvar Malzemesi				Isı yalıtım Malzemesi				
	Tuğla	Bimsblok	Gazbeton	İzo Tuğla	Taş Yünü	Cam Yünü	EPS	XP S	Diğer (Yalıtım Sıvası)
Kişi Sayısı	9	9	5	3	7	3	3	6	2
Kalınlık	20	20	20	20	3	5	3	3	

Yapı malzemeleri yönetmeliğine göre; malzemelerin kullanılacağı yapı işlerinin (tamamı veya tek tek kısımları) amaçlanan işlevleri görmeye uygun olmaları

yanında, ekonomik yönü gözetmeleri ve bu açıdan bazı temel şartları yerine getirmeleri gerekmektedir (Anonim, 2006). Bu şartlar:

1. Mekanik Dayanım ve Stabilite
2. Yangın Durumunda Emniyet
3. Hijyen, Sağlık, Çevre
4. Kullanım Emniyeti
5. Gürültüye Karşı Koruma
6. Enerji Tasarrufu ve Isı Muhafazası
7. CE İşaretidir.

Yukarıda belirtilen şartların yanı sıra maliyet, birim hacim ağırlığı, su buharı difüzyon direnç faktörü ve kapiler emicilik te malzeme seçimini etkileyen önemli unsurlardır. Buna göre anket yapılmış olan 20 mimara dolgu duvar ve yalıtım malzemesi seçerken en çok önem verdikleri kriterleri sorulmuştur. Mimarların dolgu duvar malzemesi seçerken en çok önem verdikleri kriter mekanik dayanım ve stabilite; yalıtım malzemesi seçerken en önem verdikleri kriter ise enerji tasarrufu ve ısı muhafazasıdır. Diğer kriterler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

Dolgu duvar malzemesi için seçim Yalıtım malzemesi için seçim kriterleri:  
kriterleri:

- |   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| 1. Enerji tasarrufu ve ısı muhafazası   | 1. Mekanik dayanım ve stabilite       |
| 2. Yangın durumunda emniyet             | 2. Enerji tasarrufu ve ısı muhafazası |
| 3. Mekanik dayanım ve stabilite         | 3. Maliyet                            |
| 4. Maliyet                              | 4. Yangın durumunda emniyet           |
| 5. Gürültüye karşı koruma               | 5. Gürültüye karşı koruma             |
| 6. Kullanım emniyeti                    | 6. Kullanım emniyeti                  |
| 7. Su buharı ve difüzyon direnç faktörü | 7. Hijyen, sağlık, çevre              |
| 8. Hijyen, sağlık, çevre                | 8. Birim hacim ağırlığı               |
| 9. Kapiler emicilik                     | 9. Su buharı difüzyon direnç faktörü  |
| 10. Birim hacim ağırlığı                | 10. Kapiler emicilik                  |
| 11. CE işareti                          | 11. CE işareti                        |

Görüşülen mimarlara hangi kritere göre hangi malzemeyi tercih ettikleri sorulmuştur. Mimarların dolgu duvar malzemeleri tercih sıralaması şöyledir: Mekanik dayanım stabilite açısından 9 kişi, yangın durumunda emniyet açısından ise 6 kişi bimsblok'u tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Hijyen, sağlık ve çevreye baktığımızda 8 kişinin ilk tercihi olarak gazbetonu görmekteyiz. Kullanım emniyetinde 5 kişi ile bimsblok, gürültüye karşı korumada 9 kişi ile gazbeton, enerji tasarrufu ve ısı muhafazasında 13 kişi ile gazbeton en çok tercih edilen dolgu duvar malzemesidir. 14 kişinin tercihi ile tuğla en ekonomik malzemedir. Malzemelerin birim hacim ağırlıklarına göre tercih yapmaları istendiğinde 14 kişi ilk tercih olarak gazbetonu belirtmiştir. Kullanıcılar su buharı difüzyon direnç faktörü ve kapiler emicilikte doğal bir malzeme olması nedeniyle tuğlayı tercih etmektedirler (Çizelge 4.2.).

Yalıtım malzemesi tercih sıralaması incelendiğinde ise mekanik dayanım ve stabilite, yangın durumunda emniyet, hijyen, sağlık, çevre, kullanım emniyeti, gürültüye karşı koruma ve enerji tasarrufu ve ısı muhafazasına göre taş yünü ilk sırada yer almaktadır. Maliyet ve birim hacim ağırlığı en uygun EPS, su buharı difüzyon direnç faktörü, kapiler emiciliğe göre ise XPS en çok tercih edilen dolgu duvar malzemesidir (Çizelge 4.2.).

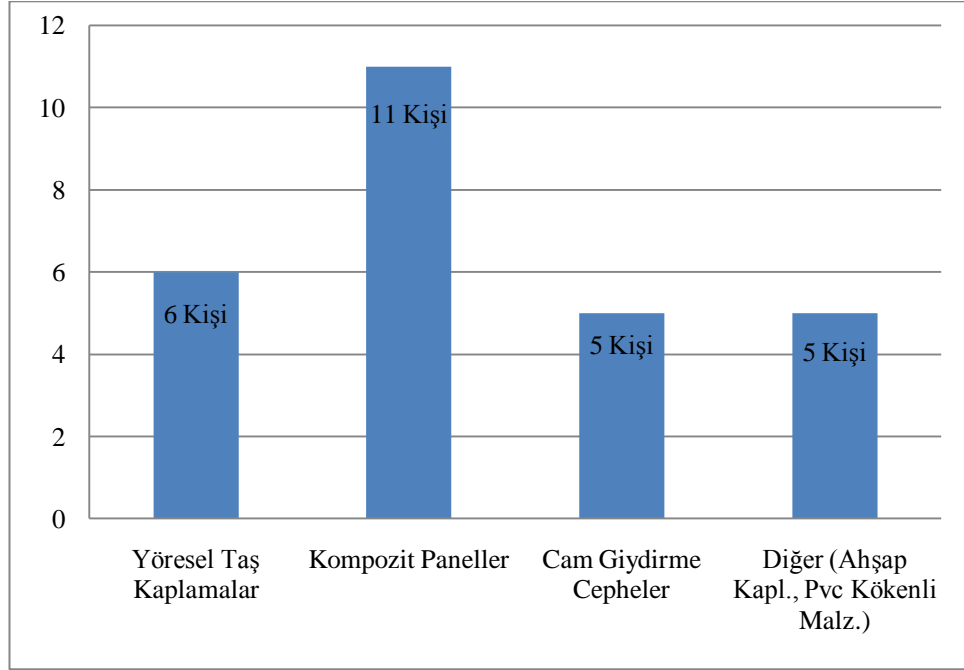
Katılımcılardan 15 kişi dış duvar yüzeyine cephe kaplama malzemesi uygulamaktadır. Cephe kaplama malzemesi olarak en çok tercih edilen malzeme kompozit paneldir (Çizelge 4.3.). Cephe kaplama malzemesi seçerken dikkat edilen en önemli kriter tasarımı etkileyen estetik kaygılardır.

Çizelge 4.2. Seçim kriterlerine göre malzeme tercih sıralaması

(1: seçim kriterine göre en çok tercih edilen malzeme, 2:seçim kriterine göre daha az tercih edilen malzeme, 3: seçim kriterine göre en az tercih edilen malzeme)

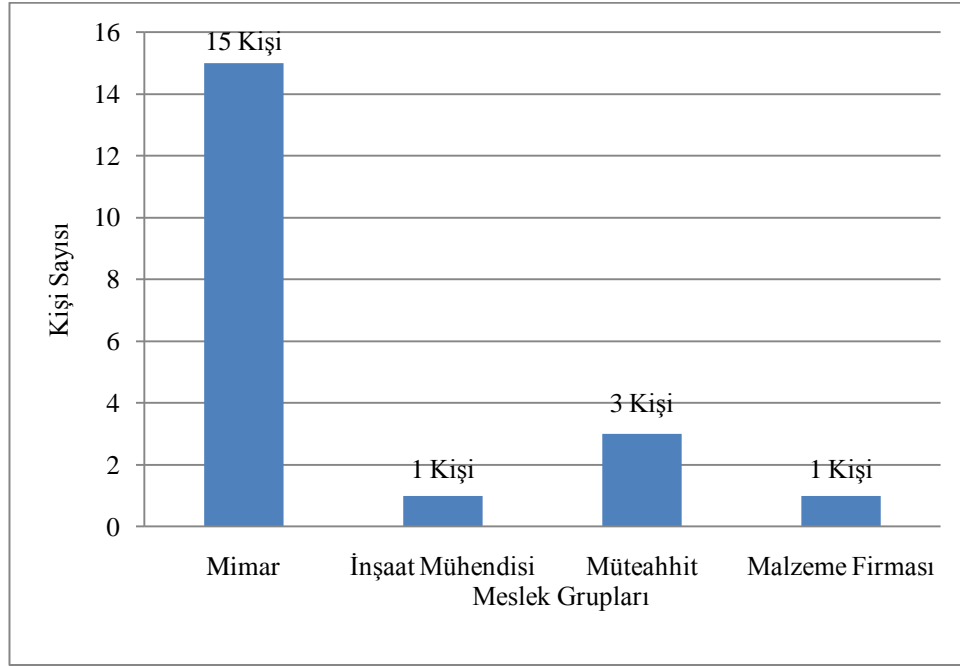
Seçim kriterleri	Dolgu duvar malzemeleri				Isı yalıtım malzemeleri			
	Tuğla	Bimsblok	Gazbeton	Taş Yünü	Cam Yünü	EPS	XPS	
Mekanik Dayanım ve Stabilitate	2	1	3	1	3	4	2	
Yangın Durumunda Emniyet	2	1	3	1	2	4	3	
Hijyen Sağlık Çevre	3	2	1	1	2	3	4	
Kullanım Emniyeti	3	1	2	1	4	3	2	
Gürültüye Karşı Koruma	3	2	1	1	2	4	3	
Enerji Tasarrufu ve Isı Muhafazası	3	2	1	1	2	4	3	
Maliyet	1	2	3	3	2	1	4	
Birim Hacim Ağırlığı	3	2	1	4	2	1	3	
Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörü	1	3	2	3	4	2	1	
Kapılar Emicilik	1	2	3	4	3	2	1	
CE İşareti	3	2	1	2	3	4	1	

Çizelge 4.3. Cephe kaplama malzemesi tercihlerini gösteren tablo

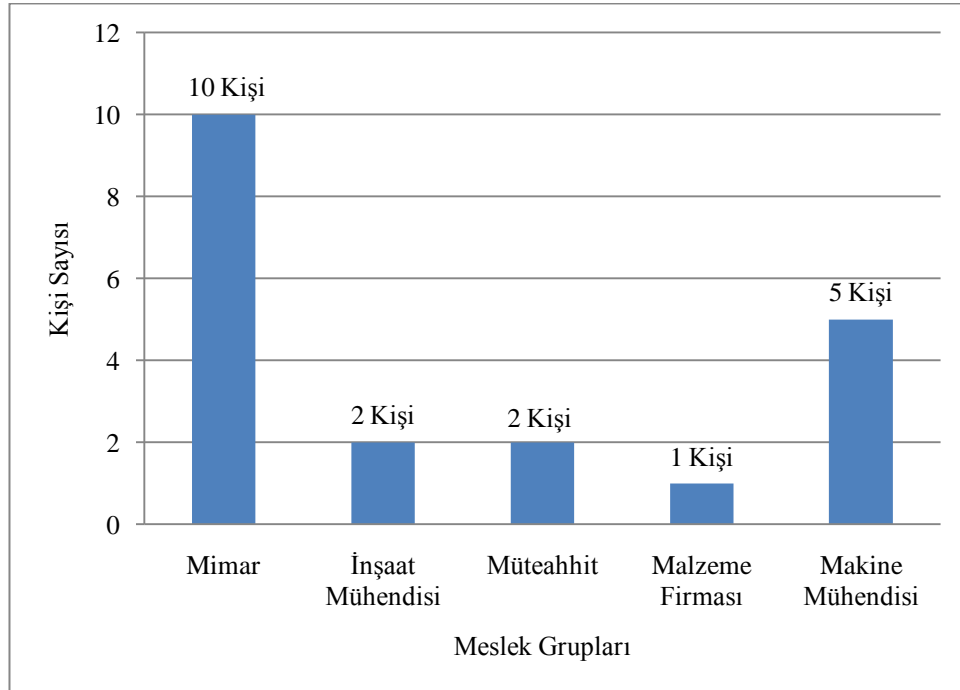


Görüşülen mimarların yarısı TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları' nı bildiğini belirtmiştir. 20 kişiden 16'sı oluşturdukları dış duvar sisteminin TS 825 standardını sağlayıp sağlamadığını kontrol ettiğini, 2 kişi kontrol etmediğini, 2 kişi ise konu hakkında fikri olmadığını belirtmiştir. Ankete katılan mimarlar, ısı ve ses yalıtımlı duvar blokları için çeşitli fikirlere sahiptir. Uzun süre kullanım da sonuçlarının bilinmemesi, eksik detay çözümleri, uygulayıcı sıkıntısı, yaygın olarak kullanılmaması, ısı konfor koşullarını sağlamadığı düşüncesi ve maliyeti nedeniyle yeni malzemelerin kullanımında tereddüt edilmektedir. Yalıtım uygulamaları konusunda görüşülen 20 kişiden 15'i malzeme seçimi ve uygulama detayına, 10 kişi ise malzeme kalınlığına mimarın karar verdiğini belirtmiştir (Çizelge 4.4., 4.5. ve 4.6.).

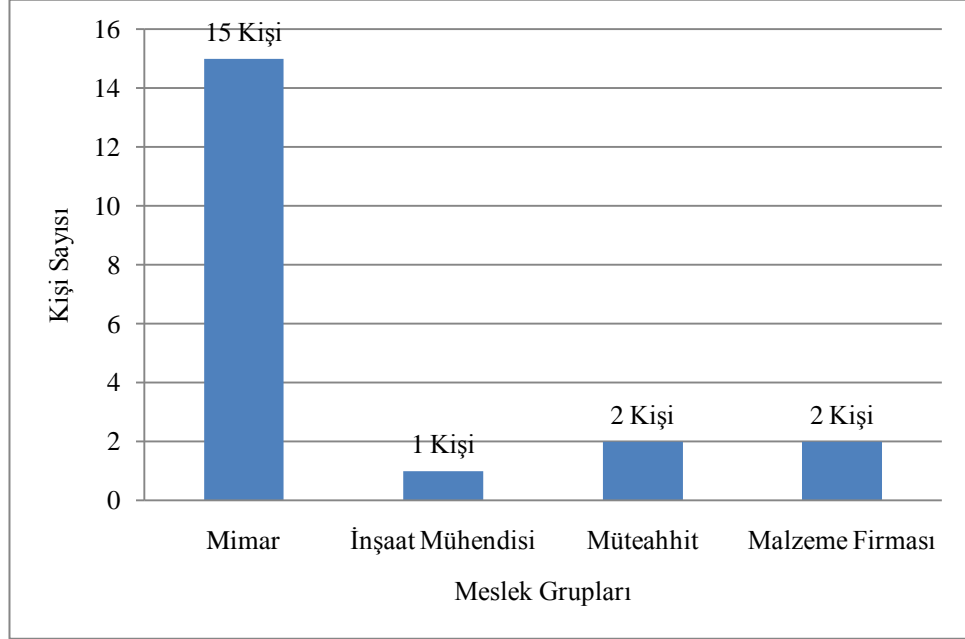
Çizelge 4.4. "Yalıtım uygulamalarında malzeme seçimine kim karar veriyor?" sorusuna verilen cevaplar



Çizelge 4.5. "Yalıtım uygulamalarında malzeme kalınlığına kim karar veriyor?" sorusuna verilen cevaplar



Çizelge 4.6. “Yalıtım uygulamalarında uygulama detayına seçimine kim karar veriyor?” sorusuna verilen cevaplar



TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kurallarına göre Antalya 1. İklim bölgesinde yer almaktadır. 1 iklim bölgesinde sağlanması gereken duvar U değeri 0,7'dir (Anonim, 2008). Anket sonuçlarına bakıldığında ortaya çıkan ;

1. cephe sistemi:

- Dolgu duvar malzemesi olarak 20 cm tuğla duvar
- Isı yalıtım malzemesi 3 cm taş yünü
- Cephe kaplama malzemesi kompozit paneldir.

2. cephe sistemi :

- Dolgu duvar malzemesi olarak 20 cm bimsblok duvar
- Isı yalıtım malzemesi 3 cm XPS
- Cephe kaplama malzemesi yöresel taş kaplamalardır.

En çok tercih edilen malzemelerle oluşturulan 2 farklı dış duvar sisteminin U değerleri hesaplanmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:



1. Duvar sistemi 20 cm tuğla duvar, 3 cm taş yünü ve kompozit panel cephe kaplamasıdır. Bu sistemin U değeri, 0,484 olarak hesaplanmıştır.
2. Duvar sistemi 20 cm bimsblok, 3 cm xps ve yöresel taş kaplama cephe kaplamasıdır. Bu sistemin U değeri, 0,562 olarak hesaplanmıştır.

## 4.2. Malzeme Seçim Kriterleri

Mekanik dayanım ve stabilitesi, yangına karşı gösterdiği direnç, hijyen, sağlık, çevre, kullanım emniyeti, gürültüye karşı koruma, enerji tasarrufu ve ısı muhafazası, maliyeti, birim hacim ağırlığı, su buharı difüzyon direnç faktörü, kapiler emiciliği ve CE işareti gibi özellikleri incelenen dolgu duvar ve ısı yalıtım malzemelerinin performansları incelenmiştir ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

### 4.2.1. Dolgu Duvar Malzemeleri

Blok elemanların mekanik dayanım ve stabilitesi bloğu oluşturan malzemeler ve üretim sırasındaki koşullara göre farklılıklar gösterir. Bimsblok ve gazbetonun mekanik dayanım değeri tuğlaya göre oldukça yüksektir. (Çizelge 4.7.)

Çizelge 4.7. Dolgu duvar malzemelerinin mekanik dayanım değerleri  
(Gündüz, 2005)

Dolgu Duvar Malzemeleri	Mekanik Dayanım Değerleri (kg/cm <sup>2</sup> )
Gazbeton	15-40
Bimsblok	20-55
Tuğla	5-25

Yapı malzemelerinin yangına karşı gösterdiği direnci üretiminde kullanılan malzemeler etkilemektedir. Gazbeton ve bimsblok inorganik malzemelerden üretildiği için yanmaz ve duman oluşturmaz ürünler kategorisinde yangın sınıfı A1 olarak tanımlanmaktadır. Ancak tuğla organik bir malzeme olması nedeniyle yangına karşı gösterdiği direnç bimsblok ve gazbetondan düşüktür.

Avrupa Birliği ÷lkelerinde kabul edilen minimum hava sesi direnci 48 dB'dir. Yılmaz Karaman (2004)'a g÷re 19x19x13.5 boyutlarındaki dñşey delikli fabrika tuğlası ile ÷r÷len duvarlarda ses ge÷iç kaybı 49 dB, 60x20x25 boyutlarındaki gazbeton blokla ÷r÷len duvarda ses ge÷iç kaybı 46 dB, 19x39x19 boyutlarındaki bimsblok blokla ÷r÷len duvarda ses ge÷iç kaybı 47dB 'dir (Yılmaz Karaman, 2004). Bu sonuçlara g÷re bimsblok ve gazbetonun Avrupa Birliği ÷lkelerince kabul edilen minimum hava sesi direnci 48 dB'i sağlayamadığı g÷r÷lmektedir.

Gazbetonun % 80' ini oluşturan mikro ve makro g÷zenekler malzemenin ısı geçirgenlik direncini artırmaktadır. Bimsblokların da g÷zenekli yapısı olmasına rağmen gazbeton, tuğla ve bimsbloktan daha iyi bir ısı performansına sahiptir.

Bayındırlık ve İşkan Bakanlığı inşaat ve tesisat analiz ve birim fiyatlarına g÷re tuğla ilk yatırım maliyeti en dñřük yapı malzemesidir. Gazbeton ise ilk yatırım maliyeti en y÷ksek dolgu duvar malzemesidir.

Dolgu duvar malzemelerinin birim hacim ağırlıkları o malzemenin birçok ÷zelliğini doğrudan etkilemektedir. Örneğin mekanik dayanımı, ısı geçirgenliği, yapıya getireceği y÷k nedeniyle deprem dayanımını, nakliye ve işçiliğini etkilemektedir. Bu nedenle seçilecek malzemenin birim hacim ağırlığı oldukça önemlidir. İncelenen dolgu duvar malzemeleri arasında birim hacim ağırlığı en dñřük olan gazbeton, en y÷ksek olan ise tuğla'dır.

Bir malzemenin buhar dif÷zyon direnç fakt÷r÷ o malzemenin su buharı geçişine karşı olan direncinin, aynı kalınlık ve sıcaklık derecesinde hava tabakasının direncine oranıdır (Ekinci vd., 2004). Malzemelerin su buharı dif÷zyon direnci incelendiğinde gazbetonun, bimsblok ve tuğladan daha iyi performans g÷sterdiği saptanmıştır. Oluşturulacak dış duvar sisteminde buhar dif÷zyon direnci dñřük yapı malzemeleri kullanmak yapı fiziği açısından su buharı geçişine izin veren duvar kesitleri oluşturmamızı sağlamaktadır (izelge 4.8.).

Kapiler emicilik ise malzeme yüzeyinin su ile temasa geldiği zaman, suyun yüzeysel gerilimi nedeniyle, malzeme boşluklarında ve kılcal kanallarında suyun yükselmesidir (Gündüz, 2005). Gözenekli yapı ısı geçirgenliğinde avantaj sağlasa da kapiler etkiyle su emme de önemli bir dezavantajdır. Bu nedenle de % 80'i gözeneklerden oluşan gazbeton kapiler etkiyle en çok su emen malzemedir. Bünyesine en az su çeken malzeme ise bimsbloktur (Çizelge 4.9.).

Çizelge 4.8. Dolgu duvar malzemelerinin su buharı difüzyon direnç katsayısı ( Çiçek, 2002) (Gündüz, 2005) ( Pehlevan, 2001)

Dolgu Duvar Malzemeleri	Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı ( $\mu$ )
Gazbeton	5-7
Bimsblok	5-10
Tuğla	5-10

Çizelge 4.9. Dolgu duvar malzemelerinin kapiler etkiyle su emme değerler (Gündüz, 2005)

Dolgu Duvar Malzemeleri	Kapiler Etkiyle Su Emme Katsayısı ( $\text{cm}^2/\text{sn}$ )
Gazbeton	$10^{-1}-10^{-2}$
Bimsblok	$10^{-4}-10^{-6}$
Tuğla	$10^{-2}-10^{-4}$

#### 4.2.2. Isı Yalıtım Malzemeleri

Malzemelerin mekanik dayanım ve stabiliteleri incelendiğinde XPS en yüksek değerlere sahiptir. XPS'i EPS izlemektedir. Mineral kökenli ısı yalıtım malzemeleri ise dış etkenler altında kolayca deformasyona uğrayabilmektedir. Isı yalıtım malzemelerinin % 10 deformasyondaki basınç dayanımı çizelge 4.10.' da görülmektedir.

EPS ve XPS petrol türevi olan polistrenden üretildikleri için maximum dayanabileceği sıcaklık 75 °C'dir. Bu malzemeler DIN 4102 standardına göre B1 sınıfı yanıcı malzemelerdir. Duvarın dış kısmında kullanılmaları durumunda yangının yayılmasını önleyici ek önlemler almak gereklidir. Cam yünü ve taş yünü ise DIN 4102 standardına göre A sınıfı yanmaz malzemelerdir.

Çizelge 4.10. Isı yalıtım malzemelerinin % 10 deformasyondaki basınç dayanım değerleri (Candan, 2007)

Isı Yalıtım Malzemeleri	Mekanik Dayanım Değerleri (kPa)
EPS	30-500
XPS	100-1000
Cam Yünü	0,5-500
Taş Yünü	0,5-500

Polimer esaslı malzemeler olan EPS ve XPS' in ısı iletkenlik değeri yoğunlukları ile doğrudan bağlantılıdır. Isı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik değerleri çizelge 4.11.' de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Isı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik değerleri (Candan, 2007)

Isı Yalıtım Malzemeleri	Isıl İletkenlik Değerleri (W/mK)
EPS	0,033-0,040
XPS	0,030-0,045
Cam Yünü	0,040
Taş Yünü	0,040

Cam yünü ve taş yününün su buharı direnç faktörleri çok küçüktür, havaya eşdeğerdir. EPS ve XPS' e baktığımızda ise neredeyse geçirimsiz malzemelerdir. Su buharı difüzyon direnci değerleri göz önüne alındığında cam yünü ve taş yünü dolgu duvarların dış kısmına uygulamak için uygundur. Polimer kökenli ısı yalıtım malzemeleri ise dolgu duvarlara içten yalıtım uygulamak için uygundur. EPS ve

XPS' in dış duvarda kullanılması durumunda ise yoğuşmanın olabileceği düşünülerek buhar kesici ile birlikte uygulanmalıdır (Çizelge 4.12.).

Cam yünü ve taş yünü açık gözenekli yapıları nedeniyle özel bir önlem alınmadığı takdirde kapiler etkiyle su emme oranı çok yüksek olan malzemelerdir. EPS ve XPS ise kapalı gözenekli olması nedeniyle kapiler etkiyle su emme oranları oldukça düşüktür. Gözenekli yapının etkilediği diğer bir özellik ise ses yalıtımıdır. Kapalı gözenekli olan EPS ve XPS ses yalıtımı yapamazlar, ancak gözenekli ve lifli yapısı sayesinde cam yünü ve taş yünü iyi bir ses yalıtım malzemesidir.

Çizelge 4.12. Isı yalıtım malzemelerinin su buharı difüzyon direnç katsayıları (Candan, 2007)

Isı Yalıtım Malzemeleri	Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı ( $\mu$ )
EPS	20-100
XPS	80-200
Cam Yünü	1
Taş Yünü	1

Polimer kökenli ısı yalıtım malzemeleri olan EPS ve XPS, mineral kökenli ısı yalıtım malzemeleri olan cam yünü ve taş yününden daha düşük yoğunluk değerlerine sahiptir (Çizelge 4.13.)

Çizelge 4.13. Isı yalıtım malzemelerinin birim hacim ağırlıkları (Akıncı, 2007) (İşbilir, 2009) (Özer, 2006) (Özenç, 2007)

Isı Yalıtım Malzemeleri	Birim Hacim Ağırlığı ( $\text{kg/m}^3$ )
EPS	13-40
XPS	25-48
Cam Yünü	14-100
Taş Yünü	30-150

### 4.3. Maliyet Analizi

Isı kayıpları, ısı kazançları ve ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamalarında, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı ve bu standard doğrultusunda İZODER (Isı, su, ses ve yangın yalıtımcıları derneği) tarafından hazırlanan bilgisayar paket programı kullanılmıştır. Binanın dış ortam ile arasındaki sınırlarını belirleyen zemin kat tabanı, dış duvarlar, çatı altı tavan döşemesi, dış kapı ve pencereler arasında kalan iç hacmi dikkate alınarak tek bir bölge için ısı kayıpları, ısı kazançları ve ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamaları yapılmıştır (Usta, 2009).

1.Derece-Gün Bölgesi' nde olan Antalya için yapılacak hesaplamalarda ısı konfor koşullarını sağlamak şartıyla dolgu duvar malzemesi olarak tuğla, bimsblok ve gazbeton, ısı yalıtım malzemesi olarak ise EPS, XPS, cam yünü ve taş yünü seçilmiştir. 1.Derece-Gün Bölgesi' nde sağlanması gereken U değeri 0,7' dir. U değeri aşağıdaki denklemden (1.1) hesaplanmaktadır (Usta, 2009).

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_d}} \quad (1.1)$$

U : Yapı elemanının ısı geçirgenlik katsayısı (W/m<sup>2</sup>.K)

1/α<sub>i</sub> : Yapı elemanı iç yüzeyinin yüzeysel ısı taşınım direnci (m<sup>2</sup>.K/W)

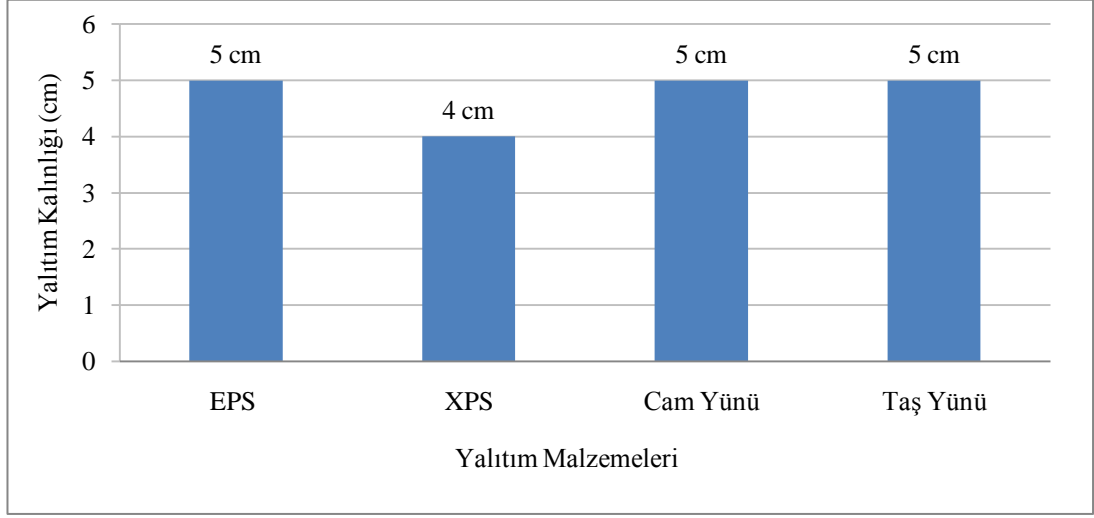
1/α<sub>d</sub> : Yapı elemanı dış yüzeyinin yüzeysel ısı taşınım direnci (m<sup>2</sup>.K/W)

d<sub>n</sub> : Yapı elemanı bileşeninin kalınlığı (m)

λ<sub>n</sub> : Yapı elemanı bileşeninin ısı iletkenlik hesap değeri (W/m.K)

1. Aşamada 19x19x13,5 cm boyutlarında düşey delikli fabrika tuğlası ile oluşturulan duvarlar incelenmiştir. Dolgu duvar malzemesi olarak tuğla kullanılması durumunda optimum ısı yalıtım malzemesi kalınlıkları çizelge 4.7.'deki gibidir;

Çizelge 4.14. 1.Derece Gün Bölgesinde dolgu duvar malzemesi olarak tuğla kullanılması durumunda gerekli yalıtım kalınlıkları



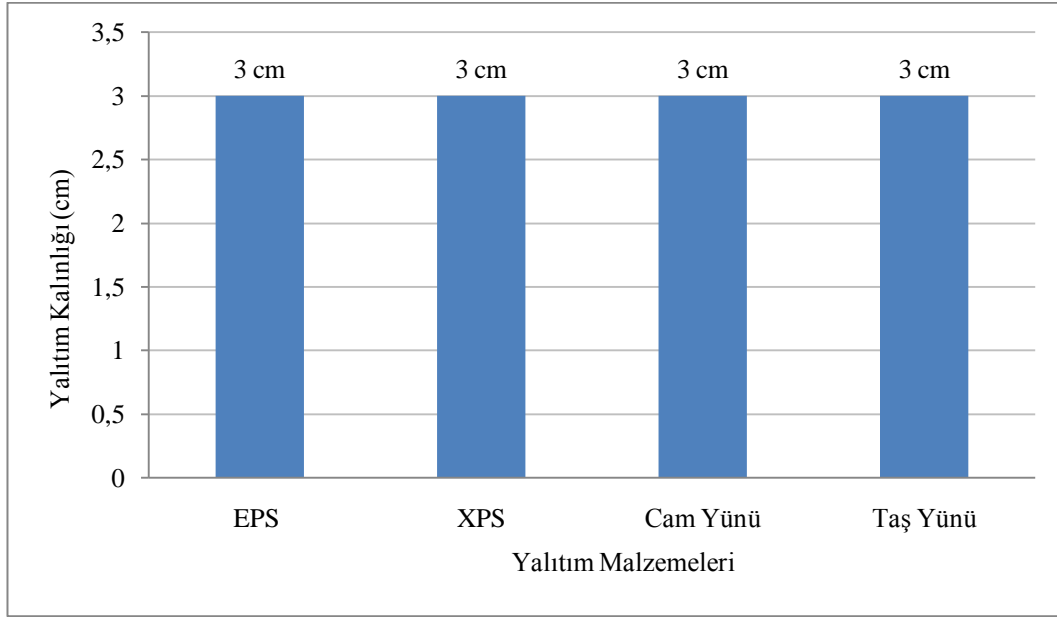
Tuğla ile oluşturulan sistemlerde aynı kalınlıkta EPS ve mineral kökenli ısı yalıtım malzemesi kullanılması gerekmektedir. Ancak EPS ile oluşturulan sistemin U değeri 0.618, cam yünü ve taş yününde ise 0.676' dır (Çizelge 4.15.).

Çizelge 4.15. Tuğla ile oluşturulan dış duvar sistemlerinin U değerleri

Dolgu Duvar Malzemeleri	Isı Yalıtım Malzemeleri	U Değerleri
19x19x13,5 cm Boyutlarında düşey delikli fabrika tuğlası	5 cm EPS	0.618
	4 cm XPS	0.662
	5 cm Cam Yünü	0.676
	5 cm Taş Yünü	0.676

2. Aşamada 19x39x18.5/19 cm boşluklu bimsblok duvar bloğu ile oluşturulan duvarlar incelenmiştir. Optimum ısı yalıtım malzemesi kalınlıkları çizelge 4.16.'daki gibidir.

Çizelge 4.16. 1. Derece Gün Bölgesinde dolgu duvar malzemesi olarak bimsblok kullanılması durumunda gerekli yalıtım kalınlıkları



Bimsblok ile oluşturulan dış duvar sistemlerinde ısı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik değerleri farklı olmasına rağmen 3 cm kalınlığında kullanılmaları gerekmektedir. Ancak U değerlerini incelediğimizde XPS ile oluşturulan dış duvar sisteminin en düşük değere sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 4.17.).

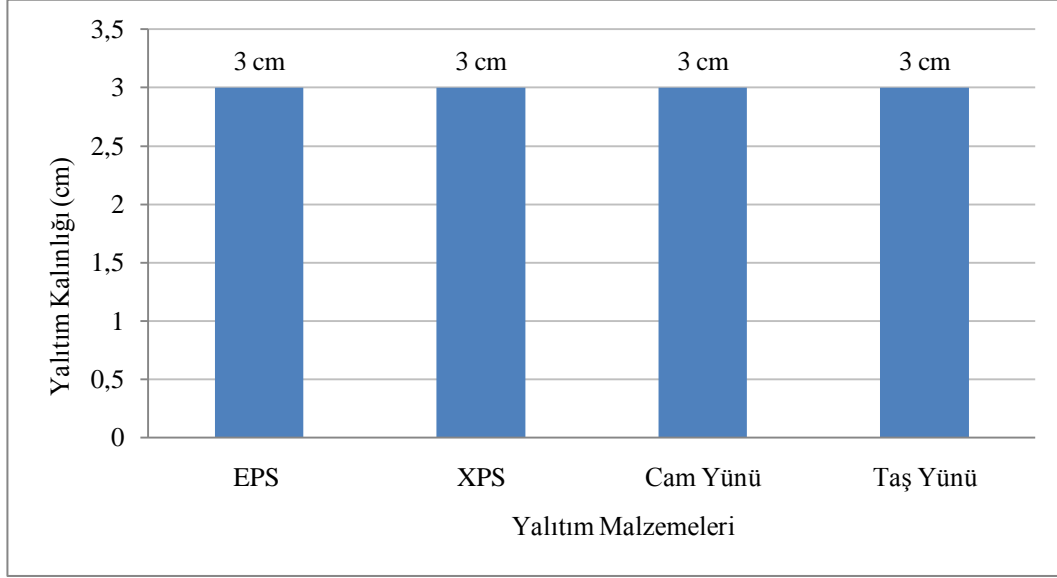
Çizelge 4.17. Bimsblok ile oluşturulan dış duvar sistemlerinin U değerleri

Dolgu Duvar Malzemeleri	Isı Yalıtım Malzemeleri	U Değerleri
19x39x18.5/19 cm Boşluklu bimsblok duvar bloğu	3 cm EPS	0.661
	3 cm XPS	0.617
	3 cm Cam Yünü	0.699
	3 cm Taş Yünü	0.699

3. Aşamada 19 cm hafif gazbeton duvar bloğu ile oluşturulan duvarlar incelenmiştir. Optimum ısı yalıtım malzemesi kalınlıkları çizelge 4.18.'daki gibidir;



Çizelge 4.18. 1. Derece Gün Bölgesinde dolgu duvar malzemesi olarak gazbeton kullanılması durumunda gerekli yalıtım kalınlıkları



Gazbeton ile oluşturulan sistemlerde de 3 cm ısı yalıtım malzemesi kalınlığı yeterli gelmektedir. 3cm XPS ile oluşturulan dış duvar sisteminin U değeri en düşük değere sahiptir (Çizelge 4.19.).

Çizelge 4.19. Gazbeton ile oluşturulan dış duvar sistemlerinin U değerleri

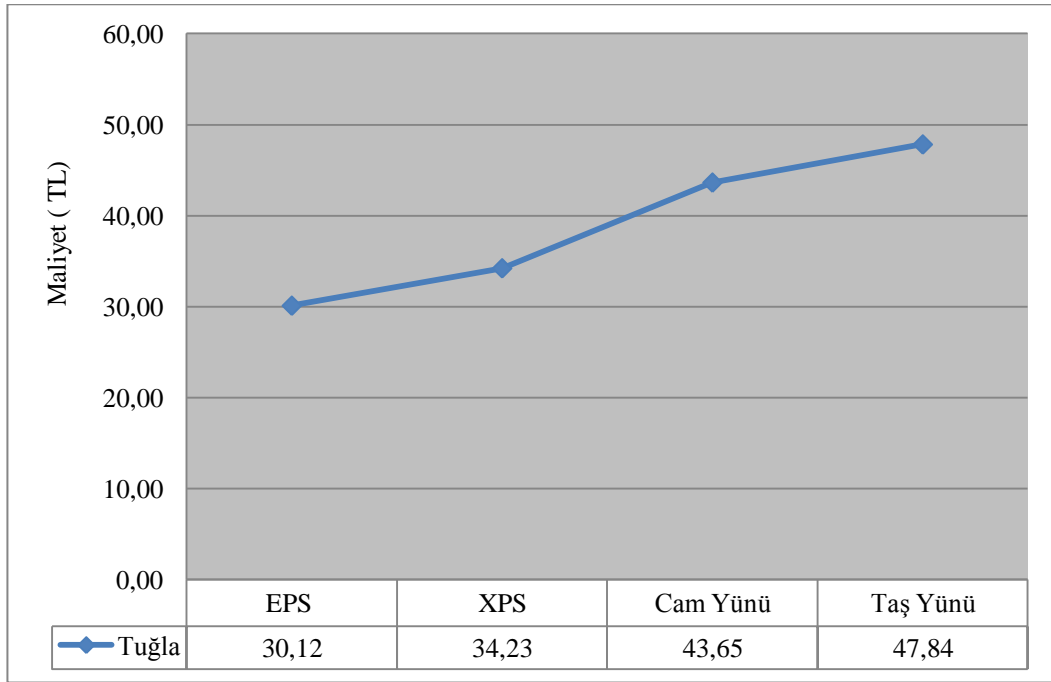
Dolgu Duvar Malzemeleri	Isı Yalıtım Malzemeleri	U Değerleri
19 cm hafif gazbeton duvar bloğu	3 cm EPS	0.635
	3 cm XPS	0.594
	3 cm Cam Yünü	0.670
	3 cm Taş Yünü	0.670

1.Derece gün bölgesi Antalya'da dolgu duvar malzemeleri ile kullanılması gereken optimum yalıtım kalınlıklarını incelediğimizde bimsblok ve gazbeton ile kullanılan ısı yalıtım malzemesi kalınlıkları daha az, tuğla ile kullanılması gereken ısı yalıtım malzemesi kalınlıkları daha fazladır. Bunun nedeni bimsblok ve gazbetonun enerji tasarrufu ve ısı muhafazası konusunda tuğladan daha yüksek performans göstermesidir. Gazbetonun daha düşük ısıl iletkenlik değerine sahip olmasına rağmen bimsblokla aynı kalınlıkta ısı yalıtım malzemesine ihtiyaç duymasının nedeni U

değerlerindeki farklılıktır. 19 cm gazbeton ve 3 cm EPS ile oluşturulan dış duvar sisteminin U değeri 0,635 iken, bimsblok ve 3 cm EPS ile oluşturulan duvarın U değeri 0,661'dir. İki sistemde gerekli koşulları sağladığı halde gazbeton daha düşük U değerine sahiptir.

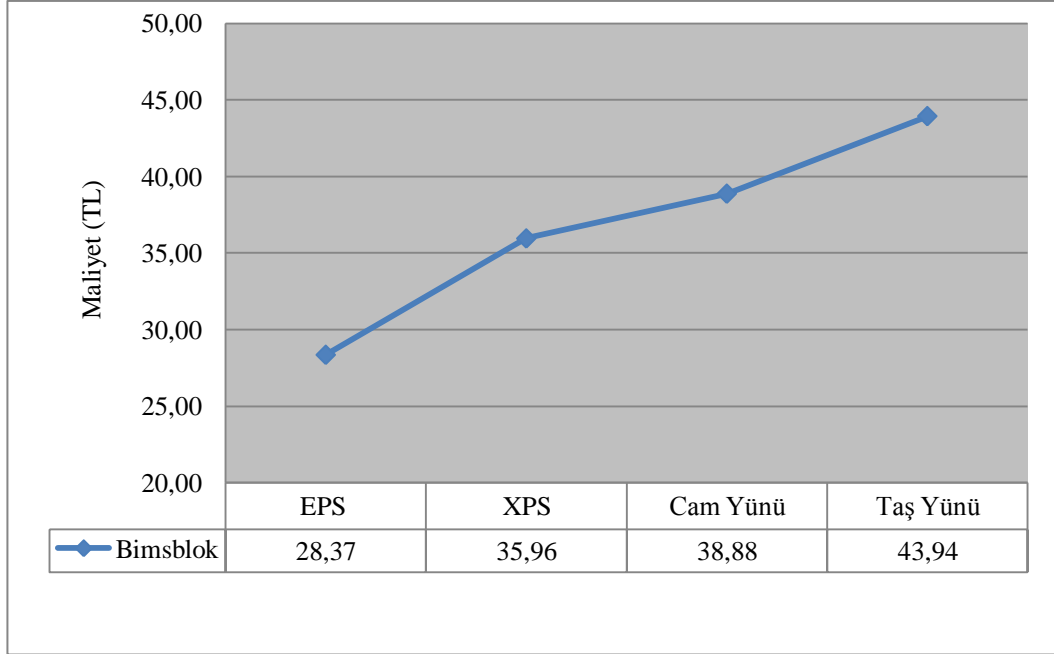
Isıl konfor koşullarını sağlayacak şekilde 19x19x13,5 cm boyutlarında düşey delikli fabrika tuğlası ile oluşturulan dış duvar sistemlerinin maliyetleri çizelge 4.20.'deki gibidir;

Çizelge 4.20. Tuğla ile oluşturulan dış duvar sistemleri maliyet analizi



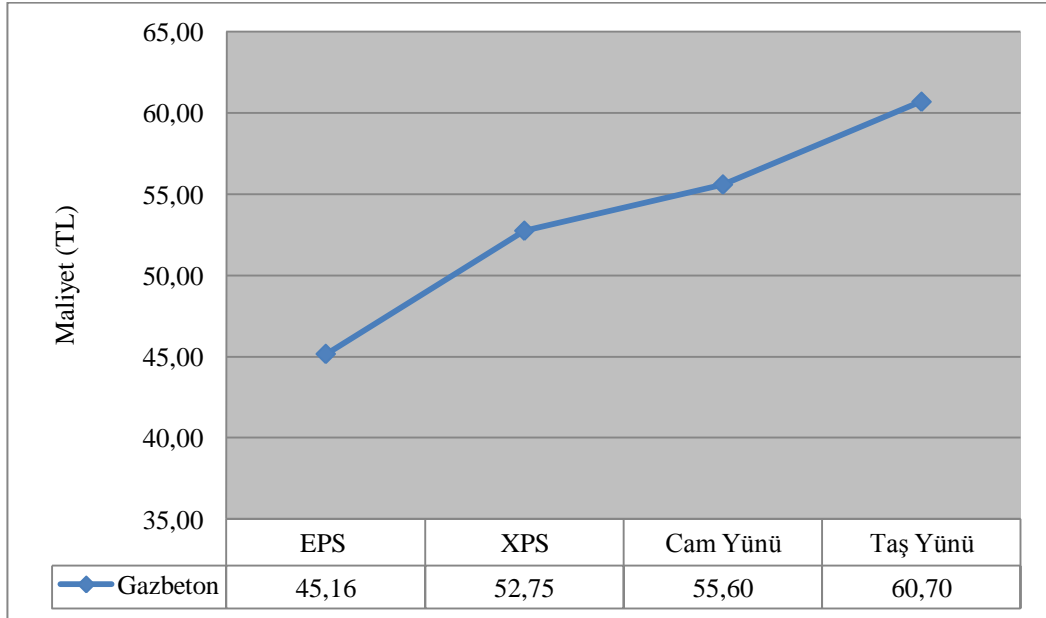
Isıl konfor koşullarını sağlayacak şekilde 19x39x18.5/19 cm boşluklu bimsblok duvar bloğu ile oluşturulan dış duvar sistemlerinin maliyetleri çizelge 4.21.'deki gibidir;

Çizelge 4.21. Bimsblok ile oluşturulan dış duvar sistemleri maliyet analizi



Isıl konfor koşullarını sağlayacak şekilde 19 cm hafif gazbeton duvar bloğu ile oluşturulan dış duvar sistemlerinin maliyetleri çizelge 4.22' deki gibidir;

Çizelge 4.22. Gazbeton ile oluşturulan dış duvar sistemleri maliyet analizi



Isıl konfor koşullarını sağlayacak şekilde oluşturulan dış duvar sistemlerinin maliyeti incelendiğinde tuğla ve bimsblok ile oluşturulan duvar sistemi maliyetinin yakın

değerlerde, gazbetonla oluşturulan duvar sisteminin ise en yüksek değere sahip olduğu görülmüştür. Isı yalıtım malzemesi kalınlığı düşük olmasına rağmen maliyetin yüksek olması gazbetonun ilk yatırım maliyetinin tuğla ve bimsbloktan yüksek olmasıdır. Maliyet açısından en uygun dış duvar sistemi olan 19x39x18.5/19 cm boşluklu bimsblok duvar bloğu ve EPS ile oluşturulan sistemdir.

## 5.TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan anket çalışmasına göre dış duvar sistemini oluştururken dolgu duvar malzemesi seçiminde mekanik dayanım ve stabilite, ısı yalıtım malzemesi seçiminde, kullanım amacıyla doğrudan bağlantılı olarak enerji tasarrufu ve ısı muhafazası, cephe kaplama malzemesi seçerken de tasarımı etkileyen estetik kaygılar en önemli kriterlerdir. Dolgu duvar malzemesi olarak tuğlayı tercih eden mimarlar, su buharı difüzyon direnç faktörü, kapiler etkiyle su emme miktarı, maliyeti ve doğal malzeme olması nedeniyle tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Bimsblok ise mekanik dayanım ve stabilite, yangın durumunda emniyet ve kullanım emniyeti nedeniyle tercih edilmektedir. Gazbeton, hijyen, sağlık ve çevre, gürültüye karşı koruma, enerji tasarrufu ve ısı muhafazası, birim hacim ağırlığı ve CE işareti gibi kriterlerde ilk tercihtir. Ancak katılımcılar sıva ile uyumunda yaşanan sıkıntı nedeniyle gazbetonu kullanmaktan kaçınmaktadır. Ankette elde edilen verilere göre malzeme seçimi, malzeme kalınlığı ve uygulama detayına çoğunlukla mimarlar karar vermektedir. Anket çalışmasında görüşülen 20 mimardan 9'u polistren köpük kullanırken yangına karşı önlem almadığını, 1 kişi ise fikrinin olmadığını belirtmiştir.

Anket sonuçlarına göre uygulama yapan mimarların büyük bir çoğunluğunun dolgu duvar ve ısı yalıtım malzemelerinin özelliklerini bilmeden seçtikleri gözlemlenmiştir. Maliyeti nedeniyle tercih edilen tuğla tüm dış duvar sistemi oluşturulduğunda maliyeti en düşük sistem olmamaktadır. Su buharı difüzyon direnci düşük olması nedeniyle tuğlayı tercih eden mimarlar su buharı difüzyon direnci en düşük malzemenin gazbeton olduğunu bilmemektedir. Gürültüye karşı koruma yönüyle en çok tercih edilen gazbeton aslında yeterli ses yalıtımını sağlayamamaktadır. Polistren köpük ısı yalıtım malzemesi kullanıldığı halde yangına karşı önlem alınmaması da polimer kökenli ısı yalıtım malzemelerinin yanıcı olduğunun bilinmemesinden kaynaklanmaktadır.

Yapılan araştırmalara göre gazbeton enerji tasarrufu ve ısı muhafazasında en iyi performansa sahiptir ve aynı zamanda birim hacim ağırlığı en düşük dolgu duvar

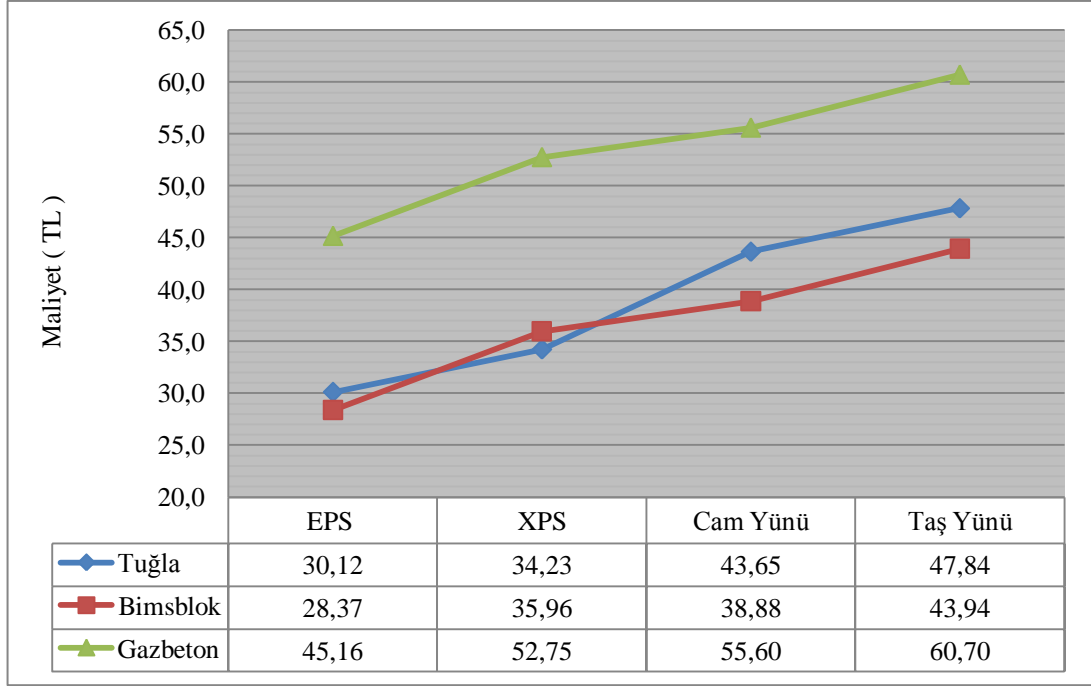
malzemesidir. Ancak gözenekli yapısı nedeniyle kapiler etkiyle en çok su emen malzemedir. İnorganik malzemelerden üretildikleri için gazbeton ve bimsblok yanmaz ve duman oluşturmaz malzemeler sınıfındadır. Bunun yanında gürültüye karşı koruma konusunda tuğla en iyi malzemedir. 3 yapı malzemesinin mekanik dayanımları incelendiğinde bimsblok ve gazbetonun tuğladan daha dayanıklı olduğu görülmektedir. Yapı fiziği açısından önemli olan, buhar difüzyon direnç faktörü bakımından ise gazbetonun, bimsblok ve tuğladan daha üstün olduğu anlaşılmıştır.

Isı yalıtım malzemelerinin mekanik dayanım ve stabiliteleri incelendiğinde XPS en yüksek değere sahiptir. Mineral kökenli ısı yalıtım malzemeleri ise dış etkenler altında kolayca deformasyona uğrayabilmektedir. EPS ve XPS' in DIN 4102 standardına göre B1 sınıfı yanıcı malzemeler olması nedeniyle yangına karşı ek bir önlem alınarak kullanılması gerekmektedir. Cam yünü ve taş yünü ise DIN 4102 standardına göre A sınıfı yanmaz malzemelerdir. Cam yünü ve taş yünü açık gözenekli malzemeler olduğu için kapiler etkiyle su emme oranları çok yüksektir ve iyi bir ses yalıtım malzemesidir ancak birim hacim ağırlığı polimer kökenli malzeme olan EPS ve XPS' ten daha yüksektir.

1. Derece-Gün bölgesinde ekonomik ve uygun dış duvar sistemlerini belirlemek amacıyla oluşturulan dış duvar sistemlerinden tuğla ile oluşturulan sistemlerde ısı yalıtım malzemesi kalınlıkları daha fazladır. Çünkü tuğlanın ısı iletkenlik değeri bimsblok ve gazbetondan daha yüksektir.

Oluşturulan dış duvar sistemlerinin maliyetleri incelendiğinde tuğla ve bimsblok ile oluşturulan duvar sistemi maliyetlerinin yakın değerlerde, gazbetonla oluşturulan duvar sisteminin ise en yüksek değere sahip olduğu görülmüştür. Isı yalıtım malzemesi kalınlığı düşük kullanılmasına rağmen maliyetin yüksek olmasının nedeni gazbetonun ilk yatırım maliyetinin tuğla ve bimsbloktan yüksek olmasıdır. Maliyet açısından en uygun dış duvar sistemi olan 19x39x18.5/19 cm boşluklu bimsblok duvar bloğu ve EPS ile oluşturulan sistemdir. Oluşturulan dış duvar sistemlerinin maliyet analizi çizelge 5.1.'deki gibidir;

Çizelge 5.1. Dış duvar sistemlerinin maliyet analizi



Özellikleri incelenen dolgu duvar malzemeleri ve ısı yalıtım malzemelerinin avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. 1. Derece-Gün Bölgesi' nde tek bir dış duvar sistemi önermek doğru bir yaklaşım değildir. Malzeme seçiminde önemli olan malzemelerin özelliklerini, malzemenin kullanılacağı bölgenin iklimsel verilerini, oluşturulacak dış duvar sisteminin gereksinimlerini bilmek ve dış duvar sistemini bu bilgiler doğrultusunda oluşturmaktır.

## 6. KAYNAKLAR

- Akg-Gazbeton, 2002. İnternet Sitesi: <http://www.akg-gazbeton.com/default.asp?L=TR&mid=151>. Erişim Tarihi: 08.02.20210.
- Akıncı, H., 2007. Günümüzde Uygulanan Isı Yalıtım Malzemeleri, Özellikleri, Uygulama Teknikleri ve Fiyat Analizleri. Sakarya Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 225s, Sakarya.
- Aksin, E., 2007. Endüstriyel Atıklarının Tuğla Ve Kiremit Üretiminde Değerlendirilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 89s, İzmir
- Aksoy, U. T., 2008. Sandviç ve Gazbeton Duvar Uygulamalarının Ortalama Isı Geçirgenlik Katsayısı ve Isı Kaybı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 24 (1-2): 277- 290s.
- Anonim. 1992. Yapı Endüstrisi Hammaddeleri. T.C. DPT Müsteşarlığı, 189s. Ankara.
- Anonim. 1996. TS - 2823 Bimsbetondan Mamul Yapı Elemanları. Türk Standartları Enstitüsü, 27s. Ankara.
- Anonim. 2000. Taş ve Toprağa Dayalı Ürünler Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Devlet Planlama Teşkilatı 2530- ÖİK:546, Ankara.
- Anonim. 2005. TS 453 Ön Yapımlı Donatılı Gazbeton Yapı Elemanları. Türk Standartları Enstitüsü, 22s. Ankara.
- Anonim. 2006. Yapı Malzemeleri Yönetmeliği 89/106/EEC. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 9s. Ankara.
- Anonim. 2008. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Yönetmeliği. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 13s. Ankara.
- Anonim. 2010. Bayındırlık Bakanlığı İnşaat ve Tesisat Analiz ve Birim Fiyatları. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Anonymous. 2004. What is Autoclaved Concrete. Budwell International Ltd, Amsterdam.
- Ateş, E., 2000. Styropor Hafif Betonun ve Betonarme Çatı Plak Elemanları Üzerine Araştırma, Bitirme Ödevi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi.
- Aydın, O., 2007. Termik Santral Atığı Küllerin Yapı Tuğlası Üretiminde Kullanılmasının Araştırılması. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 89s, Afyon.



- Bektaş, B., Aksoy, U.T., 2005. Soğuk İklimlerdeki Binalarda Pencere Sistemlerinin Enerji Performansı. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17 (3): 499-508s.
- Candan, N., 2007. Isı Yalıtım Sistemleri Ve Özelliklerinin Karşılaştırılması. Sakarya Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 133s, Sakarya.
- Çiçek, Y., 2002. Pişmiş Toprak Tuğla, Bimsbeton, Gazbeton ve Perlitli Yapı Malzemelerinin, Fiziksel, Kimyasal ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 112s, İstanbul
- Dağsız, A.K., Bayraktar, K., Ünveren, H., 2002. Enerji Tasarrufu Yönünden Standartların Yetersizliği, Mühendis ve Makine, 504.
- Dombaycı, Ö.A., 2009. Türkiye'nin En Sıcak İklim Bölgesindeki Kentleri İçin Aylık Soğutma Derece-Gün Sayılarının Belirlenmesi. Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 27, 218-218s.
- Dönmez, S., 1993. Yapı Bilgisi 3. (Çeviri) Yüksek Öğretim Kurulu Yayını, Ankara, 149-173s.
- Ekinci, C.E., Yıldırım, S.T., 2004. Teras Çatılarda Su Ve Isı Yalıtımının Önemi. Doğu Anadolu Bölge Araştırmaları, 39-43s.
- Erdoğan, Y., 2007. Asidik ve Bazik Pomzadan Üretilen Yapı Malzemelerinin Mühendislik Özelliklerinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi, 300s, Adana.
- Ertaş, K., 2000. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Hesap Metodunun Bilgisayar Programı Vasıtasıyla Uygulanması, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 53-64s.
- Ertaş, K., 2000. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 81-90s.
- Görçüz, G., 2000. Ülkemizde Tuğla ve Kiremit Endüstrisi, TUKDER yay. Yıl: 3, Sayı:9, Sayfa: 26-32s, Manisa.
- Gündüz, L., 2005. İnşaat Sektöründe Bimsblok. Süleyman Demirel Üniversitesi, Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi, 928s, Isparta.
- İşbilir, D., 2009. Binalarda Isı Yalıtımı Uygulamaları ve Sorunlarının Araştırılması. Selçuk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 113s, Konya.
- Karaca, T., 2001. Ekstrüde Polistren Köpük Levhaların Dış Duvarlarda Kullanımı. Yıldız Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 118s, İstanbul.
- Kaytancı, A., Sahin, O., Kartal, G., 1996. Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri, Cilt 2, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel 105

Hammaddeler Alt Komisyonu Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri Çalışma Grubu Raporu, 189s, Ankara.

- Koçlar Oral, G., Akşit, Ş.F., 2001. TS 825 Isı Yalıtım Yönetmeliği'nin Konutlarda Isı Korunumu Açısından Değerlendirilmesi. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 14-18s.
- Koçlar Oral, G., 2007. Sağlıklı Binalar için Enerji Verimliliği ve Isı Yalıtımı, VIII Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 253–263s.
- Koçu, N., 2000. “Yapılarda Isı Yalıtımının Enerji Tasarrufuna ve Hava Kirliliğine Etkisi”, İpek Yolu, K.T.O. Yıl.13. Sayı.145, Mart, Konya, 25-29s.
- Köse, H., Pamukçu, Ç., Yalçın, N., Seçer, T., 1997. Pomza ve Yapı Malzemesi Olarak Kullanım Olanakları. 2.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 97-105s.
- Kuş, H., Edis, E., Özkan, E., 2007, Environmental Profiling of Masonry Wall Products Regarding the Manufacture and Construction Phases, Sustainable Building Conference, Hong Kong.
- Lo, T. Y., Cui, H. Z., 2004. Effect of porous lightweight aggregate on strength of concrete, Materials Letters, Vol.58, pp. 916-919s.
- Narayanan N., K.Ramamurthy ,Structure and perties of Aerated Concrete: A Review, Cement and Concrete Composites, 22 (2000), 321-329s.
- Özçelik, N., 1975. İnşaat Bilgisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 211, İstanbul.
- Özdemir, A., 2002. Bazı Yapı Malzemelerin Kapiler Su Emme Potansiyelleri. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 26, 19-32s.
- Özenç, A. 2007. Edirne'deki Isı Yalıtım Uygulamaları. Trakya Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi. 129s, Edirne.
- Özer, M. 2006. Yapılarda Isı ve Su Yalıtımlar, İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi, İstanbul.
- Pehlevan, A., 2001. Difüzyon Tekniği Açısından Ortadan Isı Yalıtımlı Dış Duvarlar. V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Ve Sergisi, 429-439s.
- Serin, G., 1999. Pomzanın Hafif Beton Blok Duvar Elemanı Olarak Kullanılmasının Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 106s, Isparta.
- Ş.Sezer, F., 2005. Türkiye'de Isı Yalıtımının Gelişimi Ve Konutlarda Uygulanan Dış Duvar Isı Yalıtım Sistemleri. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 10-2, 79-85s.

- Şişman, N., 2005. Derece Gün Bölgeleri İçin Bina Dış Duvarlarında Farklı Yalıtım Malzemesi Ve Duvar Yapı Bileşenleri Kullanılması Halinde Ekonomik Analiz Yöntemi İle En İyi Yalıtım Kalınlığının Tespiti. Osmangazi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 107s, Eskişehir.
- TGÜB, 2010. İnternet Sitesi: <http://www.tgub.org.tr/default.asp?L=TR&mid=248> Erişim Tarihi: 14.04.2010.
- Tokyp Bims, 2009. İnternet Sitesi: <http://www.bims.tk/>. Erişim Tarihi: 10.02.2010.
- Topçu, İ. B., Demir, A., Karakurt, C., 2005. Gazbeton Kırıklarının Betonda Agregata Olarak Kullanılması. Deprem Sempozyumu, 857-863s.
- Tukder, 2005. İnternet Sitesi: <http://www.tukder.org>. Erişim Tarihi: 05.01. 2010.
- Turgutlu Tuğla ve Kiremit Sanayicileri Derneği, 2010. İnternet Sitesi: <http://www.turgutlutuglasi.org/index.asp?mode=Static&id=41>. Erişim Tarihi: 14.03.2010.
- Türk Dil Kurumu, 2010. İnternet Sitesi: <http://www.tdk.gov.tr>. Erişim Tarihi: 10.02.2010.
- Türker, A., 2003. Soğuk Hat Yalıtımında Elastomerik Kauçuk Köpüğü. V1. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Ve Sergisi, 1-14s.
- Ünalın, H., Gökaltın, E., Uğurlubilek, R., 2006. Yapı Kabuğunda Isı Kayıplarının Azaltılması Ve Bir İyileştirme Projesi Örneği. VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 401-410s.
- Ünverdi, A., 2006. Yüksek Sıcaklık Altında Gazbeton Kırıklı Betonların Dayanımlarının İncelenmesi. Osmangazi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 49, Eskişehir.
- Usta, S., 2009. TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardına Göre İkinci Bölgede Bulunan Bir Binanın Yalıtımsız ve Yalıtımlı Durumlarının Enerji Verimliliği Bakımından Karşılaştırılması. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 5, No: 1, 1-24s.
- Uzun, Ö., 2008. Bimsblok İle Örülen Dış Duvarların Yapısal Performansının Değerlendirilmesi Üzerine Bir Alan Araştırması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 107s, İstanbul.
- Yardımlı, S., 2007. Edirne'deki Isı Yalıtım Uygulamaları. Trakya Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 137s, Edirne.
- Yıldırım, A.N., 2007. Pomza Ve Uçucu Kül Kullanılarak İmal Edilen Hafif Betonların Agresif Su Ortamlarında Mekanik Özelliklerinin Araştırılması. Selçuk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 103s, Konya.

Yılmaz Karaman, Ö., 2004. Ülkemizde Kullanılabilecek Dış Duvar Elemanlarının Ses Yalıtım Performansı / Isı Geçirgenlik Katsayısı/Maliyet Açısından Değerlendirilmesi, Çatı Cephe Sempozyumu, 8s.

Ytong, 2006. İnternet Sitesi: <http://www.ytong.com.tr/index.asp?contentid=24>. Erişim Tarihi: 15.03.2010.

# **EKLER**

## EK - 1

Firma Adı :

Mimar :

### Malzeme Bilgi Anketi

1\_En çok ne tür projeler uygulamaktasınız?

- a) Konut
- b) Sanayi Yapıları
- c) Büyük Ölçekli Projeler (alışveriş merkezi, otel, konut grubu)
- d) Diğer

2\_ Projelerinizde en çok tercih ettiğiniz yapım sistemi nedir?

- a) Betonarme Karkas Yapım Sistem
- b) Çelik Yapım Sistemi
- c) Ahşap Karkas Yapım Sistemi
- d) Diğer (Tünel Kalıp,Prefabrik).....

Neden.....

3\_Tasarım aşamasında yapının yapılacağı bölgenin iklimsel verilerini göz önünde bulunduruyor musunuz?

- a) Evet
- b) Hayır

4\_En çok kullandığınız dolgu duvar, ısı yalıtım malzemelerini ve kalınlıklarını belirtir misiniz?

	Dolgu Duvar Malzemeleri					Isı Yalıtım Malzemeleri					
	Tuğla	Bimsblok	Gazbeton	Diğer	Fikrim yok	Taş Yünü	Cam Yünü	EPS	XPS	Diğer	Fikrim Yok
Kalınlık											

Neden?

Dolgu duvar malzemesi

.....

Isı Yalıtım malzemesi

.....

5\_Konut yapılarında dış duvar yüzeyine ısı yalıtım malzemesi uyguluyor musunuz?

- a) Evet
- b) Hayır

6 \_Yukarıda çeşitli özellikleri verilen dolgu duvar malzemeleri ve yalıtım malzemelerini tercih ettiğiniz sırada derecelendirir misiniz?

(1: en çok tercih edilen, 2:tercih edilen, ( - ): tercih etmiyorum)

	Dolgu Duvar Malzemeleri					Isı Yalıtım Malzemeleri					
	Tuğla	Bimsblok	Gazbeton	Diğer	Fikrim yok	Taş Yünü	Cam Yünü	EPS	XPS	Diğer	Fikrim Yok
Mekanik Dayanım ve Stabilite											
Yangın Durumunda Emniyet											
Hijyen Sağlık Çevre											
Kullanım Emniyeti											
Gürültüye Karşı Koruma											
Enerji Tasarrufu ve Isı Muhafazası											
Maliyet											
Birim Hacim Ağırlığı											
Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörü											
Kapiler Emicilik											
CE İşareti											

7 \_Dolgu duvar malzemesi ve yalıtım malzemesi seçerken dikkat ettiğiniz kriterleri (rakamlarla) derecelendirir misiniz?

	Dolgu Duvar Malzemeleri					Isı Yalıtım Malzemeleri				
Mekanik Dayanım ve Stabilite										
Yangın Durumunda Emniyet										
Hijyen Sağlık Çevre										
Kullanım Emniyeti										
Gürültüye Karşı Koruma										
Enerji Tasarrufu ve Isı Muhafazası										
Maliyet										
Birim Hacim Ağırlığı										
Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörü										
Kapiler Emicilik										
CE İşareti										



8\_Konut yapıları için özellikle tercih ettiğiniz ısı yalıtım malzemeleri var mı?

- a) Taş yünü
- b) EPS
- c) XPS
- d) Cam yünü
- d) Diğer

Neden.....

9\_Köpük malzemeleri uygularken yangına karşı herhangi bir önlem alıyor musunuz?

- a) Evet
- b) Hayır

10\_ Özellikle tercih ettiğiniz yalıtım uygulama sistemi var mı?

- a) Mantolama
- b) Çift duvar arası yalıtım
- c) Duvara içten yapılan yalıtım
- d) Diğer

Neden?.....

11\_Yalıtım uygulamalarında malzeme seçimi, malzeme kalınlığı ve uygulama detaylarına kimin karar verdiğini aşağıdaki tablodan işaretler misiniz?

	Malzeme Seçimi	Malzeme Kalınlığı	Uygulama Detayı
Mimar			
İnşaat Mühendisi			
Makine Mühendisi			
Müteahhit			
Malzeme Firması			
Diğer			

12\_Dış duvar yüzeyine cephe kaplama malzemesi kullanıyor musunuz?

- a) Evet
- b) Hayır

13\_ Cephe kaplama malzemesi olarak en çok tercih ettiğiniz malzemeler hangileridir?

- a) Yöresel Taş Kaplamalar
- b) Kompozit Paneller
- c) Cam Giydirme Cepheler
- d) Diğer (Ahşap Kaplama,PVC kökenli malzemeler.....vb.

14\_ Cephe kaplama malzemesi seçerken dikkat ettiğiniz kriterler nelerdir?

- a) Yalıtım Özellikleri
- b) Tasarımı etkileyen estetik kaygılar
- c) Uygulama kolaylığı
- d) Maliyet
- e) Diğer.....

15\_ TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standartlarını biliyor musunuz?

- a) Evet
- b) Hayır

16\_ Oluşturduğunuz cephe sisteminin Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardını sağlayıp sağlamadığını kontrol ediyor musunuz?

- a) Evet
- b) Hayır
- c) Konu hakkında bilgim yok. Nasıl kontrol edeceğimi bilmiyorum.

17\_ Yeni geliştirilen malzemeleri takip ediyor musunuz?

- a) Evet
- b) Hayır

18\_ Kendinden yalıtımlı dolgu duvar malzemeleri hakkındaki görüşleriniz nelerdir?

.....

.....

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Funda ALYANAK KAYA

Doğum Yeri ve Yılı: Gelendost / Isparta 1984

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce



Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Hacı Malike Mehmet Bileydi Anadolu Lisesi 1994 - 2001

Lisans : Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü  
2001- 2006

Yüksek Lisans :

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

1. Tiba Mimarlık	02.2005- 06.2005	Bursa
2. Atb Mimarlık	08.2005-01.2007	Bursa
3. Ob Mimarlık	01.2007-01.2009	Antalya
4. S // M Construction	01.2009-06.2009	Bakü
5. Ob Mimarlık	07.2009-02.2010	Antalya

Yayımları (SCI ve diğer makaleler)

- 1- "1. Derece Gün Bölgesi İçin Dış Duvar Sistemlerinde Malzeme Seçim Kriterleri"  
5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, 2010.