

# HAFİF VE ISI YALITIMI GELİŞTİRİLMİŞ YAPI TUĞLASI ÜRETİMİNDE KİL-GENLEŞTİRİLMİŞ PERLİT KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

An Investigation of the Usage of Expanded Perlite and Clay Mixture  
Bearing Light and Heat Isolated Brick Manufacturing

Ali CEYLAN\*  
M. Faruk EBEOĞLUGİL\*

## ÖZET

Bu çalışmada hafif ve ısı yalıtımı yüksek yapı tuğlası üretimi, kil ve genişletilmiş perlit katkıları ile araştırılmıştır. Kil bünye içerisindeki perlit oranı ağırlıkça %5-35 arasında değişmektedir. Karışımlar tek eksenli pres ile  $150 \text{ kg/cm}^2$  basınç altında şekillendirilmiş ve doğal ortamda kurutulmuştur. Malzemelerin pişirilmesi endüstriyel ölçekli kamara fırınlarında  $950^\circ\text{C}$  sıcaklık altında yapılmıştır. Tuğla bileşiminde ki perlit oranı %35 olduğunda ısı iletkenliği  $0,12 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$  ve birim hacim ağırlığı  $508 \text{ gr/cm}^3$  olan tuğlalar üretilmiştir.

## ABSTRACT

In this study, the production of light and high heat isolation brick was searched by clay and expanded perlite. Perlite additions were changed 5%-35% weight percent in clay structure. Mixtures were shaped by applying  $150 \text{ kg/cm}^2$  pressure and dried in natural atmosphere. Firing of materials was performed in furnace at  $950^\circ\text{C}$ . When the amount of perlite in the structure was 35% the heat conduction was found  $0,12 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$  and unit volume weight was found  $508 \text{ gr/cm}^3$ .

**Anahtar Kelimeler:** Tuğla, Genleştirilmiş Perlit

**Key Words:** Brick, Expanded Perlite

\* Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Seramik Mühendisliği, Kütahya.

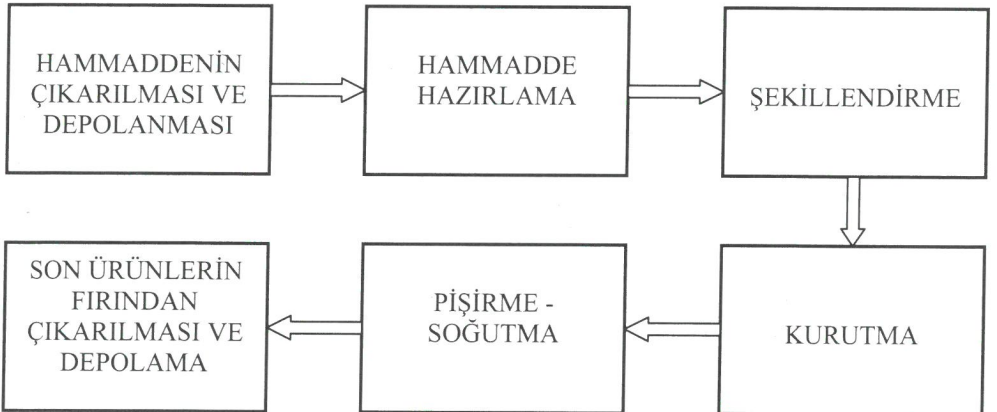
## 1.GİRİŞ

Bir yapının dayanıklı olması ve sağlık koşullarını yerine getirebilmesi yapının imalatında kullanılan malzemelerle direkt ilişkilidir. Kullanılan malzemelerin fiziksel ve kimyasal etkilere karşı direnci yapının ömrünü uzatmaktadır. Ayrıca yapıda kullanılacak malzemenin hafif olması betonarmede kullanılacak donatı miktarını azaltacağı için yapının maliyetini de düşürecektir. Kullanılan malzemenin ses ve ısı yalıtımında iyi olması o ortamda yaşayan insanların sağlık ve konforları açısından önem taşımaktadır.

İlk çağlardan 19. asra kadar tuğla imalatı tahta kalıplarda şekillendirme, güneşte kurutma ve son olarak geleneksel fırınlarda pişirme şeklinde yapılmıştır. Bugünde Türkiye’de harman tuğlası adı altında bu teknik oldukça yaygındır. 19. asır başlarından itibaren tuğla- kiremit imalatı bir el sanatı olmaktan çıkarak bir endüstri kolu haline gelmiş, bunun sonucu tuğla-kiremit topraklarında aranan şartlar da değişmiştir. Makinalarda kalıplama, preslerde şekillendirme, modern fırınlarda pişirme ve kurutma tekniği üstün kaliteli tuğla-kiremit imalatını mümkün kılmış, tuğla-kiremit topraklarının jeolojik ve teknolojik etütlerini mecbur hale getirmiştir. Böylelikle hammaddeyi doğrudan doğruya kullanmaya imkan kalmamış, muhtelif cevher hazırlama metotlarının uygulanması gerekmiştir, aynı hammaddeden hem muhtelif cins kiremit hem de çeşitli tuğla imalatı imkansız hale gelmiştir (Ishikawa, 1991).

Esas olarak tuğla; öğütülmüş kilin suyla karıştırılıp istenilen şeklin verilmesi, daha sonra da kurutulup pişirilmesi ile de üretilir. Eski zamanlarda, bütün şekillendirmeler elle yapılırdı. Ancak 19. yüzyılın sonlarında tuğla yapım makineleri icat edildiğinden dolayı bilhassa A.B.D.’de bu modern makineler kullanılarak tuğla üretimi sağlanmıştır. Tuğla imalat işlemleri altı genel safhada gerçekleştirilir. Bunları gösteren imalat akım şeması şekil 1 de gösterilmektedir (Işık,1995)

Yapı sektöründe kullanılan malzemenin hafifliği ve ısı yalıtımı oldukça önemlidir. Son zamanlarda ülkemizde meydana gelen doğal afetlerden dolayı hafif yapı malzemesi üretimi üzerine birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmada patlatılmış perlit ilavesi ile hafif ve ısı yalıtımı sağlayan tuğla üretimi amaçlanmıştır.



Şekil 1. Tuğla İmalat Proses Akım Şeması (Işık, 1995).

Perlit 700-1200 C° arasında bünyesindeki suyu buhar basıncıyla 4-20 kez genişleme özelliğine sahip genişlediğinde hafif ve gözenekli bir yapı oluşturan, genellikle %70-75 SiO<sub>2</sub>, %12-20 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve az miktarda diğer mineralleri içeren asidik özellikli püskürtük, camsı kayalara verilen genel addır. Perlitin camsı sistemlerinin kristalleşmiş yapılardan farklı olarak erime noktası yoktur. Söz konusu sistemler sıcaklığın etkisi ile önce yumuşar sonra yapışkan daha sonra da akışkan bir hal alırlar. Perlit 750-1000 C° arasında yumuşar ve plastik bir özellik kazanır. Eğer bu sıcaklığa aniden ısıtılırsa içerdiği su birden buharlaşır ve buharın basıncı ile perlit taneleri ilk hacimlerininin 30 katına kadar genişleyebilir. Bu çalışmada kullanılan perlit geliştirilmiş perlit olup birim ağırlığı 90 kg/m<sup>3</sup>, tür (Yücelan,1986).

Perlit, fiziksel yapısı itibarı ile gözenekli, hafif, ısı yalıtım özelliğine sahip, kimyasal pasifliği bulunan ateşe son derece dayanıklı bir malzemedir. Gözeneklilik özelliği perlit taneciklerindeki boşluk hacminin toplam tanecik hacmine oranının ortalaması olarak tanımlanır. Gözeneklilik perlitte emicilik ve yüzeyde soğurma özellikleri kazandırmakta ve bu nedenle bu özellikler gerekli uygulama alanlarında önem kazanmaktadır. Hafiflik, ısı ve ses yalıtkanlığı gözenekli bir yapıya sahip olmanın sonucu olarak belirlenmektedir. Genleştirilmiş perlit dolgusunun 24 C°' deki ısı iletkenliği 0,04 W/mK' dir. Bu çalışmada kullanılan geliştirilmiş perlitin elek analizleri yapılmış ve granüloetri eğrisi TS 3681'e göre hazırlanmıştır. Ses emicilik ve ses yalıtıcılık konusunda perlit, ve perlitli ürünlerin önemli üstünlükleri vardır. 5 cm kalınlığındaki bir perlit gevşek dolgu 1000 Hz frekansta 13 dB düzeyinde ses yalıtımı sağlar. Bu değer aynı kalınlıktaki cam yünü için 12 dB, stropar için 13 dB'dir (Yücelan,1986).

## 2.MALZEME ve YÖNTEM

Bu çalışmada Akdemirler Tuğla-Kiremit fabrikasından alınan Eskişehir Mihalicçık yöresi killeri tuğla üretiminde kullanılmıştır. Hafif yapı malzemesi üretimine yönelik olarak ilave edilen perlit Etibank Aydın Menderes işletmelerinden temin edilmiştir.

Kullanılan kil örneğinde HCL asidi ile yapılan deneyde köpürme gözlenmemiştir. Kullanılan kilin karakterizasyonu için aşağıda belirtilen çalışmalar yapılmıştır.

Kile ait tane birim hacim ağırlığı piknometre ile yapılan deneyler sonucunda 2,69 g/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Kullanılan kilin plastiklik limiti %28,3; likit limiti %78'dir. Kullanılan kilin plastisite özelliği kazanabilmesi için muhakkak surette su ile karıştırılması gerekir. Kil pişmeden önce kirli sarı renktedir. Kil, rengini metal oksitler ve organik maddelerden almış olup piştikten sonraki rengi kirli sarıdan koyu kırmızıya kadar sıcaklık arttıkça değişmektedir. Bu çalışmada kullanılan kilin kimyasal analizi için soda çözünürleştirme işlemi uygulanmıştır. Soda çözünürleştirme yöntemi ile elde edilen çözeltiden arta kalan madde oranı ile SiO<sub>2</sub> miktarı belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan kilin kimyasal analizi Çizelge 1' de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Mihalicçık Kilinin Kimyasal Bileşimi (Uz,1999)

SiO <sub>2</sub>	%52.09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%9.06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%2.27
CaO	%2.44
MgO	%12.11
K <sub>2</sub> O	%1.75
SO <sub>4</sub>	%0.10
TiO <sub>2</sub>	%0.27
Na <sub>2</sub> O	%6.38
A.Z.	%13,68

Bu çalışmada kullanılan perlitin kimyasal analizi Çizelge 2’de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Perlitin Kimyasal Analizi (Yücelan, 1986)

SiO <sub>2</sub>	%71-75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%12.5-18
Na <sub>2</sub> O	%2.9-4
CaO	%0.5-2
MgO	%0.1-1.5
K <sub>2</sub> O	%4-5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%0.5-1.5
TiO <sub>2</sub>	%0.03-0.2
MnO <sub>2</sub>	%0.03-0.1
SO <sub>3</sub>	%0-0,2
FeO	%0-0,1

Kullanılan perlit miktarına göre karışım reçeteleri Çizelge 3’te verilmiştir.

**Çizelge 3.** Hazırlanan Reçeteler

REÇETE	PERLİT (Ağırlıkça %)	KİL (Ağırlıkça %)
Standart Reçete	0	100
Reçete 1	5	95
Reçete 2	10	90
Reçete 3	15	85
Reçete 4	20	80
Reçete 5	25	75
Reçete 6	30	70
Reçete 7	35	65

Hazırlanan numunelerde su oranı %8 olarak sabit tutulmuştur. Üretilen karışım kile ağırlıkça 0,05-0,10-0,15-0,20-0,25-0,30-0,35 oranlarında ayrı ayrı genişletilmiş perlit agregası katılarak hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler 950 C°'de pişirime tabi tutulmuştur.

Pişirilen numunelere hacim küçülmesi, basınç dayanımı birim ağırlık ölçümü ve ısı iletkenlik deneyleri uygulanmıştır. Hacim küçülme yüzdesi aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\% H.K = \frac{H_s - H_i}{H_i} \times 100$$

Burada ;

- $H.K$  : % Hacim küçülmesi  
 $H_s$  : Pişme sonrası hacim  
 $H_i$  : Yaş bünye hacmi

Basınç mukavemeti aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$fb = \frac{Pk}{Ao} \times k$$

Burada;

- $fb$  : Numunenin basınç mukavemeti (N/mm<sup>2</sup>)  
 $Pk$  : Kırılma anındaki yük (kg)  
 $Ao$  : Yüzey alanı (mm<sup>2</sup>)  
 $K$  : Numune şekil parametresi (0,5)

Perlit ilavesi ile üretilmiş tuğlaların ısı iletkenlik değeri aşağıdaki karışım formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

$$k_m = k_c \times \frac{1 - V_d}{1 + V_d}$$

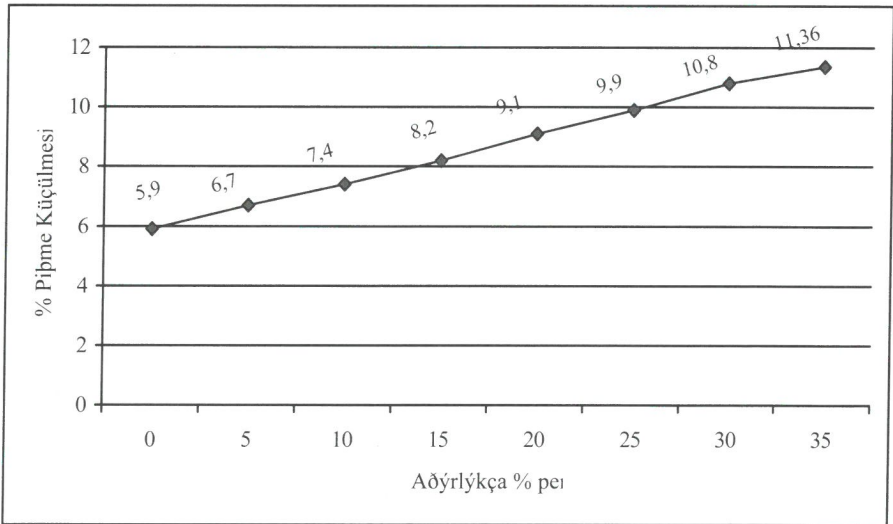
Burada;

- $k_m$  : Sistemin ısı iletkenlik değeri  
 $k_c$  : Sürekli fazın ısı iletkenliği  
 $V_d$  : Dağılmış fazın hacim oranı

### 3.TARTIŞMA ve SONUÇ

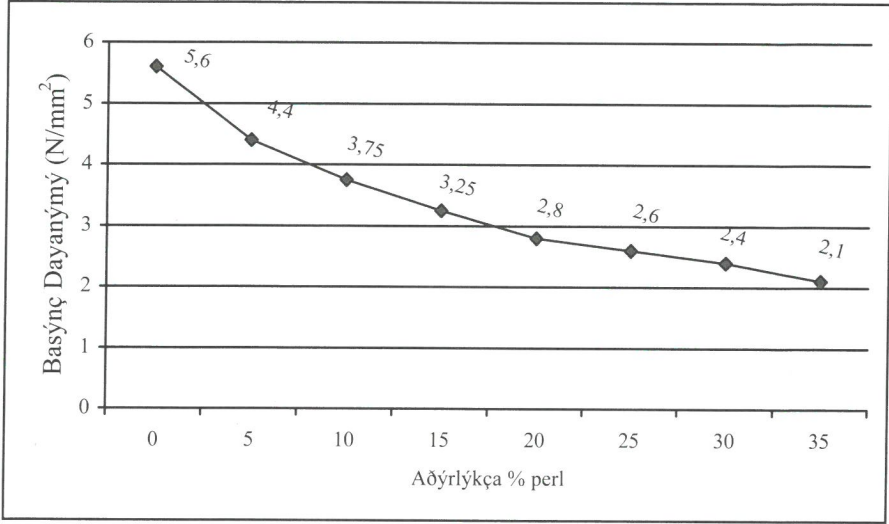
Bu bölümde yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar bileşim özellik ilişkileri yönünden incelenmiştir.

Perlitsiz numunede pişme küçülmesi %5,9 civarında iken perlit ilavesi ile bu oran % 6,7 den %11,36 ya kadar değişmektedir. Karışımındaki perlit yüzdesi %35'e ulaştığında pişme küçülmesi oranı %11,36'ya ulaşmıştır. Perlit miktarındaki artışın pişme küçülmesine olan etkisi perlitin 900 C° kilden daha fazla hacim küçülmesine maruz kalmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 2'de perlit oranı ile pişme küçülmesinin doğru orantılı olarak değişimi görülmektedir.



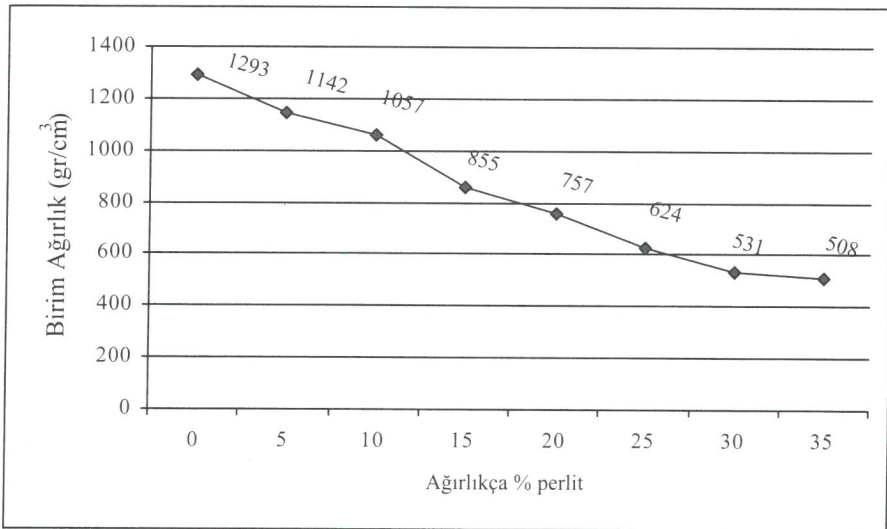
Şekil 2. Artan Perlit Yüzdesi İle Pişme Küçülmesindeki Doğru Orantıyı Gösterir.

Perlitsiz numunede basınç dayanımı 5,6 N/mm<sup>2</sup> civarında iken perlit ilavesi ile basınç dayanımında düşüşler meydana gelmiştir. Perlit miktarı %35'e ulaştığında basınç dayanımı değeri 2,1 N/mm<sup>2</sup>'ye düşmektedir. Hafif düşey delikli tuğla duvarlar için ön görülen minimum basma dayanımı değeri 2,4 N/mm<sup>2</sup>'dir. Standartlara uygun tuğla üretebilmek için maksimum %30 perlit ilavesi gerekmektedir. Şekil 3'te artan perlit ilavesi ile basınç dayanımı değerlerinin ters orantılı olarak değişimi görülmektedir.



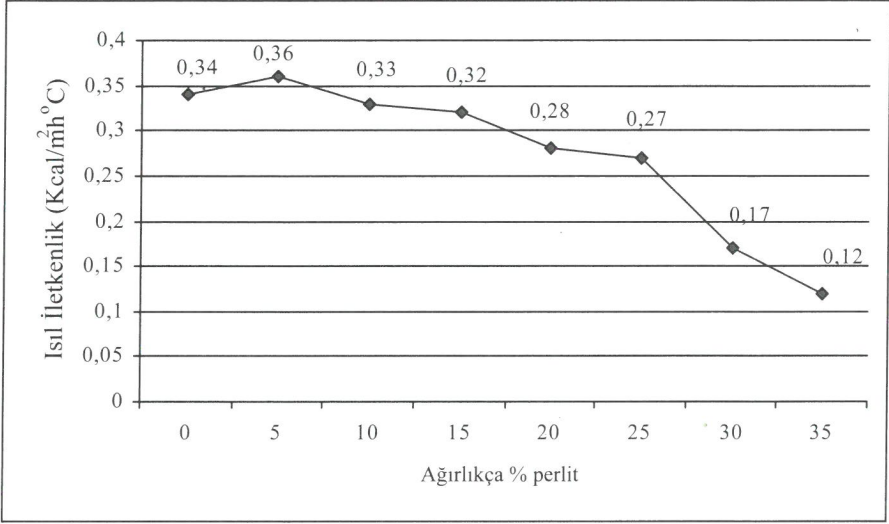
**Şekil 3.** Artan Perlit Yüzdesi İle Basınc Dayanımındaki Ters Orantıyı Gösterir.

Perlitsiz numunede birim ağırlık  $1293 \text{ gr/cm}^3$  olarak bulunmuştur. Perlit ilavesi ile birim ağırlıkta azalma meydana gelmektedir. Bir yapı malzemesinin standartlara göre hafif yapı malzemesi olarak tanımlanması için ağırlığı  $1000 \text{ gr/cm}^3$ 'den küçük olması gerekir (Budnikov,1964). Şekil 4 perlit ilavesi ile birim ağırlıktaki ters orantılı olarak azalmayı göstermektedir.



**Şekil 4.** Artan Perlit Yüzdesi İle Birim Ağırlığın Ters Orantılı Değişimi.

Perlit ilavesi ile ısı iletkenlik değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. Şekil 5 perlit ilavesi ile ısı iletkenlik değişimini göstermektedir.



**Şekil 5.** Perlit İlavesi İle Isıl İletkenliğin %5 İlaveli Numunelerden İtibaren Ters Orantılı Olarak Değişimini Gösterir.

Perlit 950 C° de kilden daha fazla pişme küçülmesine maruz kaldığı için daha düşük sıcaklıklarda sinterleme çalışmaları yapılabilir.

Perlit doğadan elde edildikten sonra geliştirilme işlemine tabi tutulduğu için maliyeti artmaktadır. Hafif tuğla üretiminde birim maliyeti azaltmak için perlitin daha ucuz geliştirilmesinin imkanları araştırılmalıdır.

#### 4.KAYNAKLAR

**Arcasoy. A., 1983.** “Seramik Teknolojisi” Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Anasanat Dalı Yayınları, No.2, İstanbul, s 55.

**Budnikov. P. P., 1964.** “The Technology of Ceramic and Refractories” Massachusetts. pp. 160.

**İşık. İ.,1995.** “Tuğla ve Kiremit Üretim Teknolojisi” Ders Notları (yayınlanmamış), Dumlupınar Üniversitesi Seramik Mühendisliği Bölümü, Kütahya.

**İshikawa. T., 1991.** “Japan Patented” Patent No cp 1453-517, Yokohama, Japan.

**Tanaçan. L., 1996.** “Tuğla Kiremit Endüstrisi Dergisi” Eylül-Ekim, s 10-13.

**Toydemir. N., 1976.** “Seramik Yapı Malzemeleri” İTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları, İstanbul, s 95-98.

**Uz. V., 1999.** “Sivrihisar Yenidoğan Sepiyolitinin Seramik Sektöründe Kullanım Olanaklarının Araştırılması” Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış), Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, s 75.

**Yücelan. C., 1986.** “Perlit Ürünleri İle Yalıtım Detayları TÜBİTAK Bilgi Profili” TÜBİTAK Yayınları, No 55, Ankara, s 76-77.