

---

---

# TARİHİ YAPILARDA KULLANILAN TUĞLA MALZEMELERİN, TERMAL İLETKENLİK, FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN SAPTANMASI

Kemal Tuşat YÜCEL<sup>1\*</sup>

Şeref KORKMAZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Isparta, tusat2001@hotmail.com, (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7961-4950>)

\*Sorumlu Yazar

ARAŞTIRMA MAKALESİ – TÜRKÇE

---

---

## Özet

Tarihi yapı malzemeleri üzerine yapılan bu çalışma, geçmiş dönemlerde Bölgemiz illeri (Isparta ve Burdur) içerisinde yer alan Kremna, İncirlihan Kervansarayı, Adada, Sığırlık Harabesi, Zorzila ve Psidia Antiokya gibi ören yerlerinde kullanılmış taş, tuğla ve harç yapı malzemelerinin deneysel çalışmalarını içermektedir. İncelenen bu tarihi yapılar; Helenistik, Roma, Bizans ve Selçuklu periyotlarının, bir ya da birkaç dönemini bir arada kapsamaktadır.

Yapılan deneysel çalışmalar laboratuvar ortamında bu tarihi yerlerdeki yapılardan alınan yapı malzemeleri üzerinde Termal İletkenlik (Isıl İletim) uygulanmıştır. Yapılan deneylerden elde edilen veriler; numunelerin termal iletkenlik özelliklerinin ortaya çıkmasını olanak sağlamıştır. Bu tez çalışmasında weka (model) denklemleri oluşturularak birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve Isıl İletim' in birbirleri ve deney değerleri arasındaki ilişkiler uygun olarak belirlenmiştir. Bu karakteristik özellikler; geçmiş zamanlarda tarihi yapılarda kullanılan taş, tuğla ve harç malzemelerinin

kronolojik tarih sırasına göre imalatları, kullanılan yapı malzemelerinin birleşenleri ve inşaat teknikleri hakkında bilgi sahibi olmamıza olanak sağlamıştır. Böylece tarihsel kavimlerin teknolojik davranışları ve üretim teknikleri hakkında da bilgiler elde edilmiştir. Çıkarılan bu sonuçlar ileriki aşamalarda tarihi yapıların güçlendirilmesi açısından uygulanacak yenileme ve iyileştirme konularına ışık tutabilecektir. Sonuç olarak tarihi yapılarda kullanılan malzemelerin incelenmesi, bize geçmiş, günümüz ve gelecek arasında köprü kurarak, tarihi yapıların günümüze kadar ayakta kalmasının teknik ve detayını ortaya çıkarmada önemli katkılar sağlayabilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Tuğla, tarihi yapılar, termal iletkenlik, yoğunluk, ısı iletim katsayısı, ölçme cihazı, restorasyon.

## Determination Of Thermal Conductivity, Physical And Mechanical Properties Of Brick Materials Used In Historical Buildings

### Abstract

This study on historical building materials includes experimental works of stone, brick and mortar building materials used in ruins such as Kremna, Incirlihan Caravanserai, Adada, Cattle Crusade, Zorzila and Psidia Antioch, which were located in the provinces of our region (Isparta and Burdur) in the past. These historical structures examined; It covers one or more periods of Hellenistic, Roman, Byzantine and Seljuk periods.

Thermal conductivity (Thermal Conduction) was applied on the building materials taken from the buildings in these historical places in the laboratory. The data obtained from the experiments; thermal conductivity properties of the samples. In this thesis, weka (model) equations were formed and the relations between unit volume weight, specific gravity, compressive strength, flexural strength and thermal conductivity were determined. These characteristic features are; It has enabled us to have knowledge about the manufacturing of stone, brick and mortar materials used in historical buildings in the past times according to chronological history order, components of the building materials used and construction techniques. Thus, information about technological behaviors and production techniques of historical tribes was obtained. These conclusions may shed light on the renewal and improvement issues that will be applied in order to strengthen the historical structures in the future. As a result, the examination of the materials used in the historical buildings will provide us with important contributions in revealing the technical and detail of the historical structures surviving to the present

day by establishing a bridge between the past, present and future.

**Keywords:** Brick, historical buildings, thermal conductivity, density, heat transmission coefficient, measuring device, restoration.

### 1. Giriş

Bu çalışma, Isparta ve Burdur illeri içerisinde yer alan kültür mirasımız olarak bilinen ve günümüze kadar ayakta kalmayı başarmış, yapının bulunduğu zemin özellikleri, hatalı yapı malzemelerinin kullanımı, yapı tasarımındaki hatalar gibi iç nedenlerden ve/veya yangın, deprem, savaş gibi dış nedenlerden ötürü bozulmaya uğramış yapılar incelenmiştir. Tarihi yapıların korunması, onarımı ve güçlendirilmesi, evrensel nitelikteki kültür mirasının korunması bakımından önemlidir.

Tarihimizin bir parçası olan ve deneysel çalışmalarımızın numune kaynağı olan ören yerlerimizin (Adada, Sığırlık Harabesi, Zorzila, Kremna, İncirlihan Kervansarayı ve Psidia Antiochia) yapımında yapı malzemesi olarak kullanılmış tuğla gibi yapı malzemelerinin deneysel çalışmalarını içermektedir. Kronolojik olarak ören yerlerindeki tarihi yapılar; Helenistik, Roma, Bizans ve Selçuklu periyotlarının, bir ya da birkaç dönemini bir arada kapsamaktadır.

Deneysel çalışmamız, laboratuvar ortamında gerçekleşmiştir. Bu tarihi yerlerdeki yapılardan alınan yapı malzemeleri (tuğla) üzerinde termal iletkenlik deneyi uygulanmıştır. Yapılan deneylerden elde edilen veriler; numunelerin termal (ısı) iletkenlik özelliklerinin ortaya çıkmasını olanak sağlamıştır. Bu karakteristik özellikler; geçmiş zamanlardaki inşaatçıların

tarihi yapılarda kullandıkları taş, tuğla ve harç malzemelerinin kronolojik tarih sırasına göre imatları, kullanılan yapı malzemelerinin birleşenleri ve inşaat teknikleri hakkında bilgi sahibi olmamıza olanak sağlamıştır. Böylece tarihsel kavimlerin teknolojik davranışları ve üretim teknikleri hakkında da bilgiler elde edilmiştir. Elde edilen aşamalarda tarihi yapıların güçlendirilmesi açısından uygulanacak yenileme ve iyileştirme konularına ışık tutabilecektir. Bu çalışmalar bilimsel ilkeler ışığında yapıların estetik ve tarihi değerlerini korumaya yönelik, yapının sistemine ve özgün malzemelerine en az müdahale ile olmalıdır.

Sonuç olarak tarihi yapılarda kullanılan malzemelerin incelenmesi, bize geçmiş, günümüz ve gelecek arasında köprü kurarak, tarihi yapıların günümüze kadar ayakta kalmasının nedenlerini ortaya çıkarmada önemli ölçüde bilgi sağlayabilecektir.

## 2. Materyal ve Metot

Tarihi yapılar üzerinde araştırma yapabilmek için, Kültür Bakanlığı'ndan ve çalışma yapılacak Tarihi kentin Kazı Başkanından izin alınması gerekmektedir. Bu nedenle, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü'nün 15.07.2004 tarih ve 016157 No'lu izinleriyle Burdur ve Isparta illeri içerisinde yer alan Adada, Antiokya, Kremna, Sığırlık Harabeleri, Zorzila, İncirlihan gibi Tarihi kentler ve harabelerde yüzey çalışmalarına başlanmıştır.

Çalışmalar Isparta, Burdur ve Yalvaç Müze Müdürlükleriyle ortak yapılmıştır. Ayrıca kazı başkanlarından mevcut gruplara katılmak ve çalışmak için gerekli izinler temin edilmiştir.

Tarihi yerlerdeki yapılarda kullanılan tuğla yapı malzemeleri üzerinde; termal iletkenlik deneyleri gerçekleştirilmiştir (Çankıran, 2000; Çağlayan vd., 2001; Kocataşkın, 1984; Sömer, 2014; Sözbir, 2014; Selver & Varol, 2002; Selver vd., 2007; Uyan, 1975; TSE 699, 1987; TSE 704, 1979; Yücel, BAP 3970).

### *Termal İletkenlik*

Bir yapı malzemesinin kullanılabilirlik ölçütü onun mekanik davranışı kadar bina ısı yüküne getireceği iyileştirmelerdir. Bunun tespiti ise ancak yapı malzemelerin ısı performansının tümüyle tanımlanmasıyla mümkündür. Bir malzemenin ısı performansını tanımlayan parametreler; ısı iletim katsayısı, özgül ısı ve ısı difüzyon katsayısı şeklinde sıralanabilmektedir (Benavente vd., 2004;).

Enerji kavramı termodinamikte bir sistemin konumunu belirlemek için kullanılır, Bilindiği üzere enerji yoktan var edilemez veya yok edilemez ancak bir formdan diğer bir forma geçebilir. Termodinamik bilimi ısı ve enerjinin formları ile ilgilenirken, ısı transferi bilimi ise, sistem içinde yer alan ısı geçişi ile ilgilenir. Isı akışı ile olan enerji transferi doğrudan ölçülmez fakat ölçülebilen bir büyüklük olan sıcaklık ile ilişkilendirildiğinde anlam kazanır. Bir sistemde sıcaklık farkı olduğunda, ısı yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru akar. Sistem içinde bir sıcaklık farkı olduğunda bir ısı akışı söz konusu olduğundan, sistemin sıcaklık dağılımının bilinmesi önem kazanır. Sıcaklık dağılımı bilindiğin de, birim zamanda birim alana düşen ısı akışı hesaplanabilir. Isı geçişinin üç ana formu vardır; iletim, taşınım ve

ışınım. Yapılacak olan deney ısı iletimi ile ilişkili olduğuna göre burada sadece iletimden bahsedilecektir.

### Isı İletim Katsayısının Tayini

Isı iletimi; bir katı malzeme veya durgun akışkan içerisindeki sıcak bir bölgeden daha soğuk bir bölgeye doğru ısının geçmesidir. Bir katı cisim içinde sıcaklık farkları varsa yüksek sıcaklık bölgesinden düşük sıcaklık bölgesine ısı, iletim yolu ile geçer. İletimle ısı geçişi deneysel gözlemlere dayanan Fourier kanunu ile belirlenir. Fourier kanununa göre herhangi bir yönde (örneğin x yönünde) geçen ısı miktarı, x yönündeki sıcaklık gradyanı (sıcaklık değişim miktarı)  $dT/dx$  ve ısı geçiş yönüne dik alan A ile orantılıdır.

Ölçüm sisteminin ortasında her bir yanı izole edilmiş ısıtıcı yer almaktadır. Isıtıcının tüm yönlerinde termokupl yerleştirilmiştir ve elektrik kaynağı ile desteklenmiştir. Isıtıcının, altına ve üstüne ölçüm yapılan numune yerleştirilmekte, numunelerin diğer yüzeyleri ise soğutucu ile temas ettirilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Isı İletim Katsayısı Ölçme Deney Cihazı görünüşü.

Isıtıcıdan, akışın sağlanması sonucunda ısı akışı, numunenin sıcak ve soğuk yüzeyleri arasındaki sıcaklık farklarının tespitinden sonra hesaplamalar Denklem 1'e göre yapılmaktadır. Fourier kanununun matematiksel ifadesi;

$$Q_x = -kA \frac{dT}{dx} \quad [W] \quad (1)$$

Şeklindedir.

Burada;

Q = Birim zamanda ısı miktarı (W)

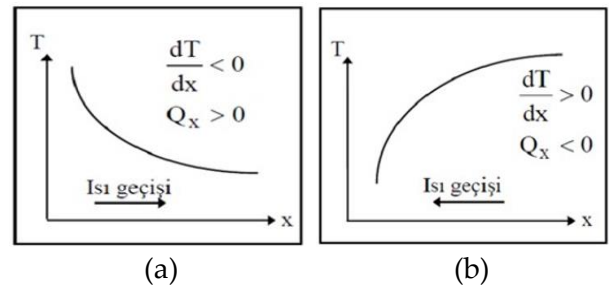
A = Isı akımına dik yüzey alanı ( $m^2$ )

k = Isı iletim katsayısı ( $W/(m \cdot ^\circ C)$ )

L = Levhanın kalınlığı (m)

T = Sıcaklık ( $^\circ C$ )

$Q_x$ , x yönünde ve bu x yönüne dik A alanı üzerinden geçen ısı miktarıdır. Orantı sabiti k, ısı iletim katsayısı olarak adlandırılır ve madde- nin bir özeliğidir. Eşitlikteki (-) işareti ısı geçiş yönünü belirler. Şekil 2.a'da görüldüğü gibi eğer sıcaklık x yönünde azalıyor ise  $dT/dx$  negatiftir ve ısı geçişi pozitif x yönünde olmalıdır. Şekil 2.b'de görüldüğü gibi eğer  $dT/dx$  pozitifse  $Q_x$  negatif olur ve bu durumda da ısı akışı negatif x yönündedir.



x yönündeki sıcaklık değişimi ise;

$$\frac{dT}{dx} = \lim_{\Delta x} \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Şekil 2. Sıcaklığın değişimine bağlı olarak ısı geçişi.

### 3. Araştırma Bulguları ve Değerlendirme

Isparta ve Burdur illeri içerisinde yer alan Kremna, Sığırlık Harabesi, Zorzila, İncirlihan Kervansarayı, Adada ve Psidia Antiokya Tarihi kentler ve harabelerdeki yapılarda yapı malzemesi olarak kullanılan tuğla malzemeler tez kapsamında incelenmiştir.

#### 3.1. Tuğla Örneklerin Termal İletkenlik Özelliklerinin İncelenmesi

Bu çalışmada öncelikli olarak Tarihi kentler ve harabelerdeki yapılardan alınan tuğla örneklerinin termal (ısı) iletkenlik, fiziksel (birim ağırlık, porozite, kompasite, su emme, özgül ağırlık, doygunluk derecesi ve kılcal su emme) ve mekanik (basınç dayanımı, eğilme dayanımı, noktasal yük indeksi, schmidt, ultrases hızı, elastisite modülü ve dinamik elastisite modülü) özellikleri incelenerek aralarındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır. Daha sonraki aşamada tuğla örneklerinde termal iletkenlik özelliklerinin weka programı kullanılarak farklı fonksiyonlar geliştirilmiş, nihai aşamada elde edilen weka fonksiyonları (model sonuçlar) deney değerleri ile karşılaştırılarak geliştirilen modellerin uygunluğu gözlemlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmamızın bu kısmında Tarihi kentler ve harabelerdeki yapılardan alınan Tuğla numunelerin termal (ısı) iletkenlik katsayıları ve bölgesel değerlendirmeleri yapılmıştır. Bununla beraber Excel çizimleri yapılarak regresyon (determinasyon) kat sayıları hesaplanmıştır.

#### Tuğla Örneklerinin Isıl İletim Katsayılarının İncelenmesi

Isıl iletkenlik katsayısı deneyleri 2-3 cm çapında ve 1.5 – 3 cm yüksekliğindeki tuğla numuneler üzerinde (Şekil 3), SDÜ Makine Mühendisliği laboratuvarında Isıl İletkenlik Katsayısı Tayini cihazında yapılmıştır. Tuğla numunelerinden T2 numunesinde yapılan deney verileri aşağıdaki gibidir.

$$Q \text{ (W)} = 19.20 \text{ W}$$

$$\text{Numune Çapı} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Yükseklik} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Okunan Sıcaklık (T2)} = 24.70 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Okunan Sıcaklık (T5)} = 30.00 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q = k \times A \times (T_{\text{son}} - T_{\text{ilk}}) / (X_{\text{son}} - X_{\text{ilk}})$$

$$k = (Q/A) \times (\Delta L/\Delta T)$$

$k = 0.5734 \text{ W/mk}$ , olarak bulunmuş ve çıkan değerler Tablo 1 ve Şekil 4'te verilmiştir.

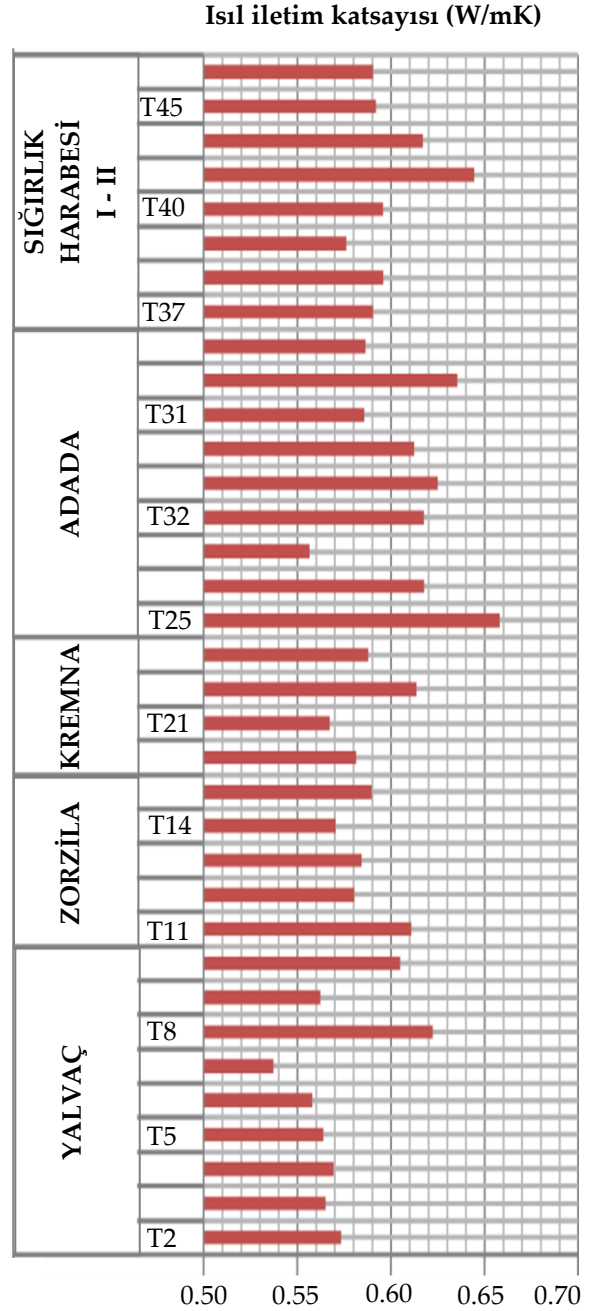


Şekil 3. Isıl iletkenlik katsayısı ölçülen tuğla numune.

Burada Tablo 1 incelendiğinde ısı iletkenlik değerinin  $0.50-0.80\lambda$  arasında değiştiği görülmüştür. En yüksek değer  $0.5372\lambda$  ile T7 numunesi olup, bu numune Yalvaç bölgesinden Merkezi Kilise yapısından alınmıştır. En düşük değer  $0.6580\lambda$  ile T25 numunesi olup, bu numune ise Adada bölgesinden Forum yapısından alınmıştır.

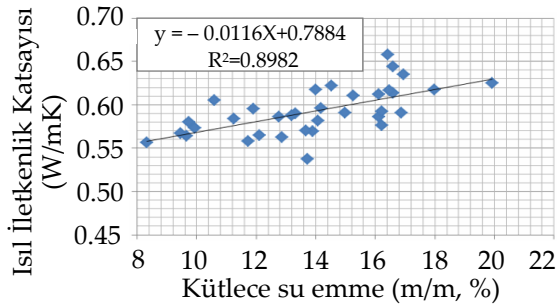
**Tablo 1.** Tuğla numunelerin ısı iletim deneyi analiz sonuçları

Sıra No	Sembol	Isı İletkenliği ( $\lambda$ ) [W/mK]
1	T2	0.5734
2	T3	0.5650
3	T4	0.5692
4	T5	0.5639
5	T6	0.5580
6	T7	0.5372
7	T8	0.6222
8	T9	0.5622
9	T10	0.6049
10	T11	0.6108
11	T12	0.5803
12	T13	0.5842
13	T14	0.5704
14	T15	0.5897
15	T17	0.5814
16	T21	0.5672
17	T23	0.6135
18	T24	0.5878
19	T25	0.6580
20	T26	0.6176
21	T27	0.5565
22	T28	0.6176
23	T30	0.6250
24	T31	0.6124
25	T32	0.5858
26	T33	0.6353
27	T34	0.5863
28	T37	0.5904
29	T38	0.5959
30	T39	0.5761
31	T40	0.5956
32	T43	0.6444
33	T44	0.6170
34	T45	0.5919
35	T46	0.5904

**Şekil 4.** Tuğla numunelerin ısı iletkenlik değışim grafiği

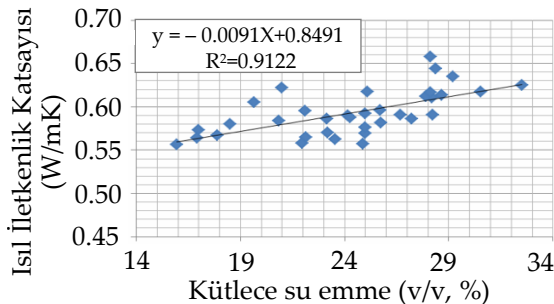
### 3.2. Tuğla numunelerinin regresyon (determinasyon) katsayıları ve Excel grafikleri

Kütlece su emme ve ısı iletkenlik değerleri arasındaki ilişki Şekil 5'te verilmiştir. Şekil 5 incelendiğinde tuğla numunelerinde  $R^2 = 0.8982$  olarak bulunmuştur. Regresyon katsayısı yüksek değerdedir. Bu verilerden elde edilen denklem;  
 $y = -0.0116X + 0.7884$  olarak bulunmuştur.



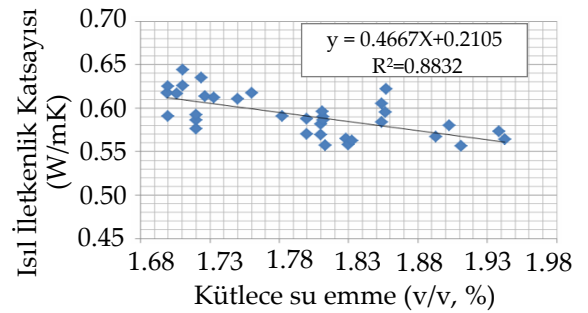
Şekil 5. Tuğla numunelerin kütlece su emme ve ısı iletkenlik grafiği.

Hacimce Su Emme ve Isıl İletkenlik değerleri arasındaki ilişki Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6 incelendiğinde tuğla numunelerinde  $R^2 = 0.9122$  olarak bulunmuştur. Regresyon katsayısı yüksek değerdedir. Bu verilerden elde edilen denklem;  
 $y = -0.0091X + 0.8491$  olarak bulunmuştur.



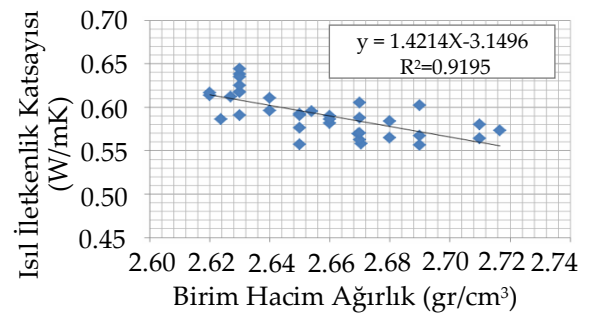
Şekil 6. Tuğla numunelerin hacimce su emme ve ısı iletkenlik grafiği.

Hacim Birim Ağırlık ve Isıl İletkenlik değerleri arasındaki ilişki Şekil 7'de verilmiştir. Şekil 7 incelendiğinde tuğla numunelerinde  $R^2 = 0.8832$  olarak bulunmuştur. Regresyon katsayısı yüksek değerdedir. Bu verilerden elde edilen denklem;  
 $y = 0.4667X + 0.2105$  olarak bulunmuştur.



Şekil 7. Tuğla numunelerin birim hacim ağırlık ve ısı iletkenlik grafiği.

Özgül Ağırlık ve Isıl İletkenlik değerleri arasındaki ilişki Şekil 8'de verilmiştir. Şekil 8 incelendiğinde tuğla numunelerinde  $R^2 = 0.9195$  olarak bulunmuştur. Regresyon katsayısı yüksek değerdedir. Bu verilerden elde edilen denklem;  
 $y = 1.4214X - 3.1496$  olarak bulunmuştur.



Şekil 8. Tuğla numunelerin birim hacim ağırlık ve ısı iletkenlik grafiği.



#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Isparta ve Burdur illeri içerisinde yer alan Sığırlık Harabesi, Zorzila, Kremna, İncirlihan Kervansarayı, Adada ve Psidia Antiokya Tarihi kentler ve harabelerdeki yapılardan alınan Tuğla numuneleri üzerine termal (Isıl) iletkenlik deneyleri uygulanmıştır. Deney sonuçlarından elde edilen veriler bize bu bölgelerde kullanılan Tuğla yapı malzemelerinin mühendislik özellikleri hakkında fikir vermiştir.

Tuğla numuneleri bölgesel olarak ele alındığında fiziksel olarak çok büyük farklar olmadığı tespit edilmiştir.

Isıl iletkenlik değerlerinin  $0.50\lambda$  ile  $0.80\lambda$  arasında değişmektedir. Malzemenin birim ağırlıkları arttıkça, basınç dayanımları, elastisite modülleri ve ısı iletkenlik katsayıları artmaktadır. Tuğla malzemelerinin yoğunluğu (Ağırlık/Hacim) arttıkça, ısı iletkenlik değeri azalmaktadır. Sıcaklığın etkisi yoğunluk kadar olup, sıcaklık arttıkça ısı iletim katsayısı düşmektedir.

Tez çalışmasında Tuğla numuneleri üzerinde yapılan termal iletkenlik, fiziksel ve mekanik deney sonuçları kullanılarak weka model denklemleri belirlenmiştir. Tuğla numunelerin termal iletkenlik, özgül ağırlık, basınç dayanımı, birim hacim ağırlık ve özgül ağırlık weka (model) denklemleri ile deneysel değerler arasındaki ilişkinin regresyon kat sayıları oldukça yüksektir.

Dolayısıyla Tuğla numunelerin termal iletkenlik, özgül ağırlık, basınç dayanımı, birim hacim ağırlık ve özgül ağırlık değerlerinin bu

yüksek regresyon katsayılı formüller kullanılarak birbirleri cinsinde elde edilmesi uygun sonuçlar verebilecektir.

#### 5. Teşekkür

Bu çalışma SDÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 3970-YL2-14 numaralı proje olarak desteklenmiştir.

#### 6. Kaynakça

- Benavente D., Garcia del Cura M.A., Fort R., Ordonez S., 2004. Durability estimation of porous building stones from pore structure and strength, *Engineering Geology*, 74, p: 113-127
- Çankıran O., 2000. Yapıların Depremden Önce ve Sonrasında Tahribatsız Deney Yöntemleriyle İncelenmesi, *Yapı Malzeme – İnşaat Malzemeleri İhtisas Dergisi*, Sayı: 47, 136-141s, İstanbul
- Çağlayan M., Haberveren S., Taşdemir M.A., 2001. Strength and Permeability Properties of Concretes Used in Street Furnitures, *First International Symposium for Street Furnitures*, p:1-10, İstanbul
- Kocataşkın F., 1984. Malzeme Bilimi, *İTÜ İnşaat Fakültesi Ders Notları*, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, s: 26, 27, 77, İstanbul
- Sömer S., 2014. Antik Yapılarda Kullanılan Tuğla Malzemelerin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Saptanması, Isparta
- Sözbir N., 2014. Makina Mühendisliği Laboratuvarı II Dersi – Isı İletim Katsayısının Belirlenmesi Deneyi, Sakarya
- Selver R. & Varol R., 2002. Polystyren Malzemenin Isıl ve Bazı Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi, *DEÜ Mühendislik Fak. Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt: 4, Sayı: 1, Sayfa: 71-78



Selver R., Katı E., Çırak Ç., 2007. Silindirik Sabit Sıcaklık Konfigürasyonunda Farklı Soğuk Duvar Sıcaklık Etkisi Altında Kararlı Yüzey Gerilimli Akıştan Osilasyonlu Yüzey Gerilimli Akışa Geçişin Araştırılması, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Cilt: 4, Sayı: 3, Sayfa: 1-12

TSE 699, 1987. Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotları, *Türk Standartları Enstitüsü*, s: 1- 70, Ankara

TSE 704, 1979. Harman Tuğlası (Duvarlar İçin), *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara

Uyan M., 1975. Beton ve harçlarda kılcallık olayı, *İTÜ İnşaat Fakültesi, Doktora Tezi*, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası s: 27-64, İstanbul

Yücel Kemal T., SDÜ BAP 3970 YL2-14