



## Development of boric acid added pumice based insulation material

Yüksel Palacı\*

Naval Architecture and Marine Engineering, Yildiz Technical University, Istanbul, 34906, Turkey

### Highlights:

- Boric acid addition decreased thermal conductivity
- Temperature higher than 700 °C provides lower conductivity
- The addition of perlite and cenosphere increased the thermal conductivity of pumice

### Keywords:

- Pumice
- Boric Acid
- Perlite
- Cenosphere
- Thermal Conductivity

### Article Info:

Research Article  
Received: 13.03.2021  
Accepted: 13.06.2021

### DOI:

10.17341/gazimmfd.896310

### Acknowledgment:

This manuscript is based upon work supported with a project (BAP-FBA-2020-3644) by the Yildiz Technical University.

### Correspondence:

Author: Yüksel Palacı  
e-mail: ypalaci@yildiz.edu.tr  
phone: +90 212 383 3439

### Graphical/Tabular Abstract

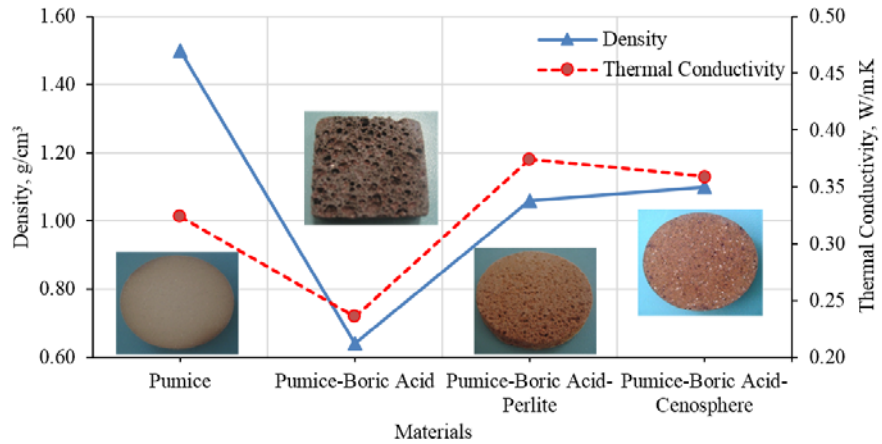


Figure A. The effect of the materials mixed at 700 °C on the density and thermal conductivity of pumice

**Purpose:** This study investigates the effects of additives on the thermal conductivity and density of pumice-based ceramic foams.

### Theory and Methods:

Composition preparation was carried out by grinding the dried pumice, boric acid, perlite, and cenosphere in porcelain jars for 2 hours. Dry pressing of all samples was carried out using uniaxial pressing at a pressure of 1000 kg/cm<sup>2</sup> in steel molds. It was pressed using a circular die of 80 mm diameter and 20 mm thickness to measure thermal conductivity. Samples were heated with a heating rate of 5 °C/min to temperatures between 500 °C and 700 °C. When the specified temperatures were reached, they were kept for 24 hours in a furnace. Sintered densities were measured according to ASTM C518 by applying the Archimedes principle. The heat flow meter was used to measure the thermal conductivity. Density measurements were carried out with a scale with 0.1 gr sensitivity.

### Results:

The temperature increase decreased the thermal conductivity of the Pumice-Boric acid mixture. The addition of boric acid to pumice, with sintering at 700 °C, decreased the thermal conductivity by 42%, decreasing it to 0.236 W/m.K, and the density by 44.8%, reducing it to 0.64 g/cm<sup>3</sup>. As expected, adding boric acid lowered the melting temperature of pumice. Sintering performed at 700 °C, adding perlite and fly ash to the pumice boric acid mixture in addition to the mixture increased the thermal conductivity and density. Perlite addition increased the thermal conductivity by 0.374 W/m.K, while the addition of fly ash decreased it to 0.359 W/m.K. While the density decreased to 1.06 g/cm<sup>3</sup> with the addition of perlite, it decreased to 1.1 g/cm<sup>3</sup> with the addition of the cenosphere.

### Conclusion:

In order to decrease thermal conductivity further, higher temperatures of sintering and a higher amount of boric acid addition to pumice could be investigated in future studies.



## Borik asit katkılı pomza esaslı izolasyon malzemesi geliştirilmesi

Yüksel Palacı\*<sup>ID</sup>

Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Bölümü, 34906, Besiktas, İstanbul, Türkiye

### ÖNEÇIKANLAR

- Borik asit ilavesi ısı iletkenliği azalmıştır
- 700°C'den yüksek sıcaklıklar ısı iletkenliği düşürmüştür
- Perlit ve uçucu kül ilavesi pomzanın ısı iletkenliğini artırmıştır

### Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi  
Geliş: 13.03.2021  
Kabul: 13.06.2021

### DOI:

10.17341/gazimmfd.896310

### Anahtar Kelimeler:

Pomza,  
borik asit,  
perlit,  
uçucu kül,  
ısı iletkenlik

### ÖZ

Bu çalışmada, seramik köpük üretimi için borik asit katkısının pomzanın ısı iletkenliğine etkisi incelenmiştir. Ayrıca; bu karışıma %20 oranında perlit ve uçucu kül ilavesiyle ısı iletkenlik değişimine etkisi araştırılmıştır. Pomza içerisine %50 oranında borik asit eklenmiş, 500, 600 ve 700°C sinterleme sıcaklıklarının, karışım yoğunluğuna ve ısı iletkenliğe etkisi ölçülmüştür. Ayrıca, pomza için en düşük ısı iletkenliğin elde edildiği 700°C'de sinterleme yapılarak, perlit ve uçucu külün, pomza-borik asit karışımının ısı iletkenliğine etkisi incelenmiştir. Sıcaklık artışı pomza-borik asit karışımının ısı iletkenliğini düşürmüştür. Pomzaya borik asit katkısının, 700°C de yapılan sinterleme ile ısı iletkenliği %42 düşürerek, 0,236 W/m.K ve yoğunluğu da %44,8 düşürerek, 0,64 g/cm<sup>3</sup> değerine indirdiği ve pomzanın erime sıcaklığını düşürdüğü belirlenmiştir. Beklendiği üzere borik asit eklenmesi pomzanın erime sıcaklığını düşürmüştür. 700°C de yapılan sinterleme, Perlit ve uçucu külün, pomza borik asit karışımına ilave olarak eklenmesi ısı iletkenliğini ve yoğunluğunu yükseltmiştir. Pomza borik asit karışımına, perlit ilavesi, ısı iletkenliği 0,236 W/m.K'den 0,374 W/m.K yükseltirken uçucu kül ilavesi ise 0,359 W/m.K değerine yükseltmiştir. Perlit ilavesi ile yoğunluk, 0,64 g/cm<sup>3</sup>'den 1,06 g/cm<sup>3</sup> değerine yükselirken, uçucu kül ilavesi ile 1,10 g/cm<sup>3</sup> değerine yükselmiştir.

## Development of boric acid added pumice based insulation material

### HIGHLIGHTS

- Boric acid addition decreased thermal conductivity
- Temperature higher than 700°C reduced thermal conductivity
- The addition of perlite and cenosphere increased the thermal conductivity of pumice

### Article Info

Research Article  
Received: 13.03.2021  
Accepted: 13.06.2021

### DOI:

10.17341/gazimmfd.896310

### Keywords:

Pumice,  
boric acid,  
perlite,  
cenosphere,  
thermal conductivity

### ABSTRACT

In this study, the effect of boric acid additive on the thermal conductivity and density of pumice for ceramic foam production was investigated. In addition, 20% perlite and cenosphere were added to this mixture, and its effect on thermal conductivity variation was examined. Boric acid was added to the pumice at a rate of 50% and the effect of sintering temperatures of 500, 600 and 700°C on the mixture density and thermal conductivity was measured. In addition, the effect of perlite and cenosphere on the thermal conductivity of the pumice-boric acid mixture was investigated by sintering at 700°C, where the lowest thermal conductivity was obtained for pumice. The increase in temperature decreased the thermal conductivity of the Pumice-Boric acid mixture. The addition of boric acid to pumice, with sintering at 700°C, reduced the thermal conductivity by 42%, 0.236 W/ m.K and the density by 44.8%, reduced to 0.64 g/cm<sup>3</sup>. As expected, boric acid addition lowered the melting temperature of pumice. The addition of perlite and cenosphere to the pumice-boric acid increased the thermal conductivity and density when the mixture was sintered at 700°C. Perlite addition increased the thermal conductivity to 0.374 W/m.K, while the addition of cenosphere decreased to 0.359 W/m.K. While the density decreased to 1.06 g/cm<sup>3</sup> with the addition of perlite, it decreased to 1.10 g/cm<sup>3</sup> with the addition of cenosphere.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde, enerji tüketimi sürekli olarak artmaktadır. Sanayide ve konutta artan enerji tüketimini azaltmak için alternatif çözüm arayışları güncelliğini korumaktadır. Bu alternatifler arasında enerji kayıplarını minimize edecek yalıtkan malzeme geliştirilmesi için yapılan Ar-Ge çalışmaları önemli bir yer kaplamaktadır [1-3]. Mevcut yalıtkan malzemeler yanmazlık, su emme, özellikleri sağlık ve maliyet birlikte değerlendirildiğinde uygun bir malzeme henüz mevcut değildir. Sanayi ve konut sektöründe yeni yalıtım teknolojileri için yalıtım malzemesi geliştirilmesinde uygun maliyette temin edilen doğal hammaddelerden kapalı gözenekli, su emmez ve yanmaz malzemelerle ilgili çalışmalar ön plana çıkmaktadır.

Birçok malzemenin karşılaştırıldığı çalışmada, Anand vd. [4] bina mantolaması için dört farklı koşulda detaylı bir analiz gerçekleştirmiştir. Bu koşullar; yalıtımsız duvar ve çatı, kurutulmuş odun ile yalıtım, poliüretan köpük ve cam lifi ile yalıtım koşullarıdır. Yazarlar yaptıkları çalışmada, poliüretan köpüğün diğer malzemelere göre, en iyi ısı yalıtım özelliklerine sahip olduklarını öne sürmüşlerdir. Ancak organik malzemelerin yanmazlık sağlamadığı bir gerçektir. Yanmazlık gereksinimini de sağlayan doğal hammaddelerden bir yalıtkan malzeme geliştirilmesi için Bilgil ve Özdel [5] Nevşehir bölgesi pomzası ile ignimbiritini birlikte kullanarak hafif yapı malzemesi geliştirme çalışması yürütmüştür. İgnimbiritinin katkı oranına bağlı olarak pomza malzemesinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin değiştiği gözlenmiştir. İgnimbirit katkılı numuneler, %100 pomzalı numunelere göre %26 daha ağır olmakla birlikte, tek eksenli basma dayanımının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Pomza ile yapılan diğer bir çalışmada, Kuru [6] farklı yoğunluğa sahip köpük betonlarının -10°C ile +50°C arasındaki sıcaklıklarda ısı iletkenlik katsayılarını belirlemiştir. Isıl iletkenlik katsayısının sıcaklık ve yoğunluğa göre ne olacağını tahmin eden bir denklem geliştirmiştir. Köpük beton ısı iletkenliğinin sıcaklık ve yoğunluk ile arttığı, yalıtım amaçlı en düşük ısı iletkenliğe sahip olan betonun 309 kg/m<sup>3</sup> yoğunluktaki köpük beton olduğu tespit edilmiştir. Kılıncarslan vd. [7] Karaman, Nevşehir, Kayseri ve Isparta yörelerine ait pomza örneklerinden ürettikleri köpük betonların ısı ve ses yalıtım özelliklerini araştırmışlardır. Farklı bölgelere ait pomzaların kullanılmasıyla elde edilen köpük betonların özelliklerinin de değiştiği çalışma sonucunda belirlenmiştir. Karaman pomzası ile üretilen köpük betonun, en iyi ısı yalıtım özelliklerine sahip olduğu gözlenmiştir. Ören ve Gençel [8] köpük beton hakkında genel bilgiler vermiştir. Köpük betonun bileşenleri, üretim yöntemleri ve köpük betonun özellikleri gibi konulara değinilmiş, köpük betonun yeni kullanım alanlarını incelemiştir. Bektaş vd. [9] cam yünü, taş yünü, ekstrude polistren köpük, şişirilmiş polistren köpük, poliüretan, odun talaşı levhası, cam köpüğü, fenol köpüğü, mantar levha gibi malzemelerin kalınlıklarının ısı yalıtımı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Tekin [10] amonyum hepta-molibdat kullanarak sepiyolit ve perlitin yüzey modifikasyonunu

gerçekleştirmiş ve elektro kinetik özelliklerini değiştirmiştir. Uluer vd. [11] perlitin yapı sektöründe yalıtım malzemesi olarak doğrudan veya diğer yapı elemanlarına takviye olarak kullanım imkanlarını araştırmıştır. Çalışmada, perlitin ısı iletim katsayısının 0,040-0,065 W/m.K arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda, ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliğinin, TS 825'in bildirmiş olduğu 0,065 W/m.K değerinden düşük olmasıyla sağlandığı gözlenmiştir. Palacı [12, 13] yalıtım malzemesi geliştirilmesi ile ilgili 700°C'de yapmış olduğu sinterleme çalışmalarında borik asit- perlit ve borik asit-sepiyolit karışımlarını kullanmıştır. %30 Borik asit-%70 Sepiyolit karışımı ile termal iletkenlik 0.249 W/m.K olurken, %30 Alümina-%40 Borik asit ve %30 Perlit karışımında ise termal iletkenlik 0.180 W/m.K olarak ölçülmüştür. Ma vd. [14] baca külünden cam seramik köpük geliştirilmesi çalışmalarında bulunmuşlardır. 1150°C'de yapılan sinterleme çalışmalarından %6 CaCO<sub>3</sub> içeren baca külü, 80,3 MPa eğilme dayanımında en iyi bileşimi vermiştir. Yüksek ve Sıvacılar [15] Türkiye'nin bölgesel özelliklerine ve TS 825'e uygun ısı yalıtım kalınlıklarının ne olması gerektiği ile ilgili çalışma yapmışlardır. Yoğuşma tahkikleri yapılarak, istenmeyen yoğuşmadan kaçınılmasını sağlayan ve gerekli ısı yalıtımını sağlayan kesitler belirlenmiştir. Günay [16] ağırlıkça %3'e kadar bor oksit eklenmesinin, sepiyolit bazlı kordierit seramiklerin sinterlenme davranışına etkisini incelemiştir. Bor oksit eklenmesi kordierit oluşma sıcaklığını 100°C düşürmüştür. 1100°C'ye kadar kordieritin yoğunluğu artmış, daha yüksek sıcaklıklarda ergime meydana gelmiştir. Bu çalışmada, Türkiye'deki mevcut doğal hammaddelerden yola çıkarak uygun maliyette kapalı gözenekli, su emmeyen ve yanmazlık özelliğine sahip yalıtım malzemesi geliştirilmesi hedeflenmiştir. Türkiye; pomza, perlit, bor mineralleri ve atık olarak termik santral atığı uçucu kül yönünden zengin kaynaklara sahiptir. Yapılan çalışmada literatürde sınırlı sayıda bulunan, pomza hammaddesinden yola çıkarak, borik asit ilave katkısının erime sıcaklığı düşürme etkisi ile perlit ve uçucu külün de ilave olarak bu karışıma katılmasının çalışılan yalıtım malzemesinin yalıtkanlık değerine etkisi incelenmiştir. Sinterleme sıcaklığı olarak 500°C ile 700°C sıcaklık aralığı çalışılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Çalışmanın materyalini borik asit (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>), Curuftek Ltd. Şti'den temin edilen uçucu külden ve Plustechno Ltd. Şti'den temin edilen perlit ve pomzadan oluşmaktadır. Tablo 1 ve 2'de, çalışmada kullanılan malzemelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiştir.

**Tablo 1.** Malzemelerin fiziksel özellikleri  
(Physical properties of the materials)

Malzeme	Ergime sıcaklığı (°C)	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Toz boyutu (µm)
Pomza	1260	0,7	1600
Perlit	1315–1390	2,2 - 2,4	175
Borik asit	171	1,44	<125
Uçucu kül	1350	0,8-1,4	10-2000

**Tablo 2.** Malzemelerin kimyasal özellikleri (Chemical properties of the materials)

	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	LOI
Pomza	0,64	15,43	71,15	0,94	1,62		5,52	3,73		1,16
Perlit	1,04	13,23	71,58	2,12	1,83		3,36	4,02		2,5
Borik asit									56,25	43,75
Uçucu kül	2,61	23,91	57,84	0,95	6,42	1,03	1,16	4,43		0,21

Kurutulmuş ham maddelerin 2 saat süreyle porselen kavanozlarda öğütülmesiyle kompozisyon hazırlığı gerçekleştirilmiştir. Tüm numunelerin kuru preslenmesi, çelik kalıplarda 1000 kg/cm<sup>2</sup> basınçla tek eksenli presleme ile yapılmıştır. Kullanılan kalıp ve pres Şekil 1’de gösterilmiştir.



**Şekil 1.** Şekillendirmede kullanılan kalıp ve pres makinesi (Die set and press machine used in forming)

Isıl iletkenliğin ölçülebilmesi için numuneler, 80 mm çapında ve 20 mm kalınlığında dairesel kalıp şekli kullanılarak basılmıştır. Sinterleme deneyleri, 5°C/dakika ısıtma hızıyla 500°C ile 700°C arasında gerçekleştirilmiştir. Belirlenen sıcaklıklara ulaşıldığında yerleştirme biçimi Şekil 2’de verilen numuneler 24 saat fırında bekletilmiştir.



**Şekil 2.** Numunelerin fırındaki yerleştirme biçimi (Placement of samples in the furnace)

Arşimet prensibi uygulanarak sinterlenmiş yoğunluklar ölçülmüştür. Isı iletkenliğini ölçmek için Şekil 3’de gösterilen, TA instruments şirketinin Laser Comp Fox 50 marka cihazı kullanılmıştır. Cihazın ölçüm belirsizliği %0,5 olarak cihaz üreticisi tarafından verilmiştir. Yoğunluk ölçümleri ise 0,1 gr hassasiyetli terazi ile gerçekleştirilmiştir. Yoğunluğa yansıyan hata oranı ise 0,1 g/cm<sup>3</sup>’tür.



**Şekil 3.** TA instruments şirketinin Laser Comp Fox 50 marka ısı iletkenlik ölçüm cihazı (Laser Comp Fox 50 brand thermal conductivity measuring instrument from TA instruments)

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)







Borik asit ile pomza aynı miktarlarda karıştırılarak 500°C, 600°C ve 700°C sinterleme sıcaklıklarında sinterlenmiştir. En iyi izolasyon değeri 700°C’de elde edildiği için, perlit ve uçucu kül, bunların karışımına %20 oranda ilave edilip 700°C sinterlenerek yoğunluğuna ve ısı izolasyonu amaçlı seramik köpük oluşumuna etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular Tablo 3’te sunulmuştur.

En düşük yoğunluk ve ısıl iletkenlik P4 numunesinde elde edilmiştir. P4 numunesinde pomza ve borik asit eşit miktarda katıldığına parça 700°C’de sıvı faz sinterlemesinin ötesine geçerek jel kıvamına gelen karışım kabın şeklini almıştır. Sıvı faz sinterlemesinin doğası gereği aşırı sıcaklık yapıyı yumuşattığı için ısıl genleşme ile birlikte boşluklardaki gazlar yapıyı şişirmektedir. Pomza’ya borik asit katkısının yoğunluğu düşürdüğü ve artan gözenekli yapı ile birlikte ısıl iletkenliğin yaklaşık olarak yarı yarıya düştüğü ve kapalı

gözenekli köpük yapı oluşturduğu görülmektedir. Şekil 4 ve Tablo 3'te görüldüğü gibi sıcaklık artışı Pomza-Borik asit karışımının yoğunluğunu ve ısı iletkenliğini düşürmektedir. Pomzaya borik asit ilavesi 600°C'deki sinterleme sıcaklığında 500°C'ye göre %3,5 yoğunluk azalmasına neden olurken, bu oran 700°C için %44,8'e çıkmaktadır.

Termal iletkenliğin sıcaklığa bağlı değişimi incelendiğinde, benzer değişimin gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Borik asit ilavesi, 600°C yapılan sinterlemede 500°C'ye göre %6,4 ısı iletkenlik azalmasına neden olurken, bu oran 700°C için %42,0'e çıkmaktadır. Beklendiği üzere borik asit ilavesi, pomzanın erime sıcaklığını düşürmüştür.

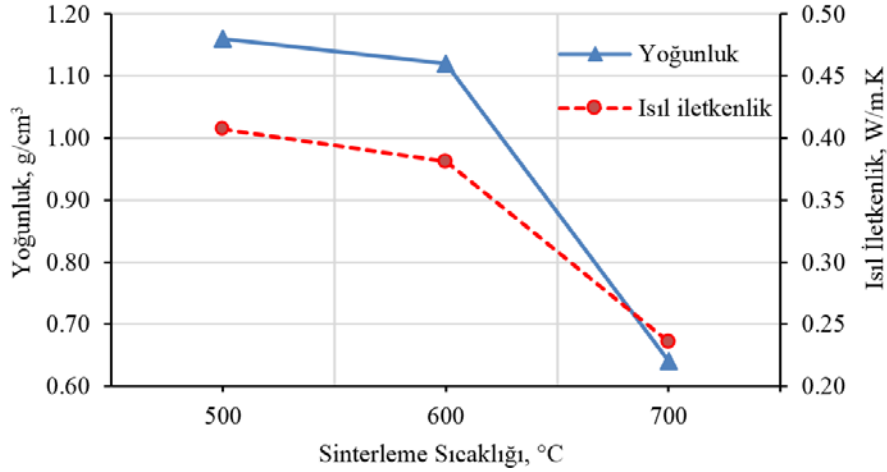
**Tablo 3.** Borik asit katkısı ve sinterleme sıcaklığının pomzanın ısı iletkenliğine etkisi  
(The effect of boric acid addition and sintering temperature on the thermal conductivity of pumice)

Kod	Numune fotoğrafı	% Reçete oranı	Sinterleme sıcaklığı (°C)	Isı iletkenlik değeri (W/mK)	Numune yoğunluğu (g/cm <sup>3</sup> )
P1		Saf Pomza	700	0,324	1,5
P2		%50 Pomza %50 H3BO3	500	0,407	1,16
P3		%50 Pomza %50 H3BO3	600	0,381	1,12
P4		%50 Pomza %50 H3BO3	700	0,236	0,64
P5		%40 Pomza %40 H3BO3 %20 Uçucu Kül	700	0,359	1,1
P6		%40 Pomza %40 H3BO3 %20 Perlit	700	0,374	1,06

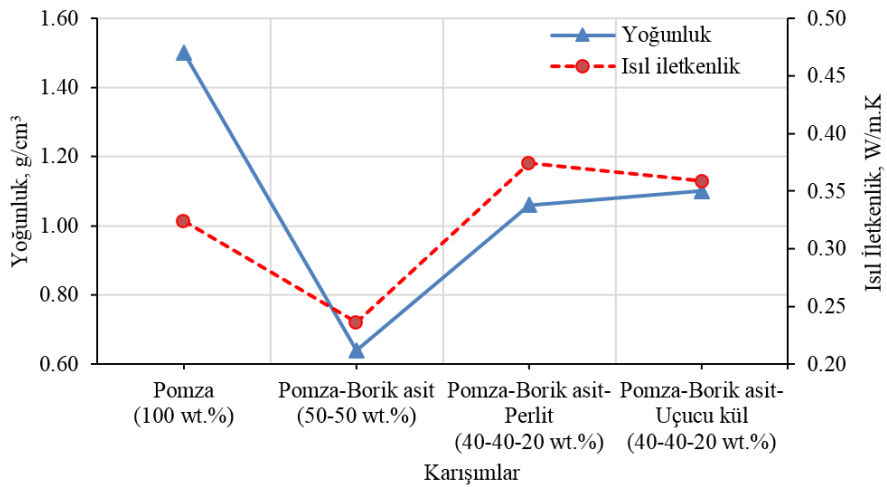
En düşük pomza yoğunluğu ve ısıl iletkenliği 700°C'de yapılan sinterlemede görüldüğünden, katkıların sinterlenen pomzanın yoğunluğu ve ısıl iletkenliğine etkisi bu sıcaklıkta yapılan sinterlemelerle incelenmiştir. Katkıların etkisinin gösterildiği Şekil 5 incelendiğinde, borik asit katkısı pomzanın yoğunluğu ve ısıl iletkenliğini önemli ölçüde düşürürken perlit ve uçucu kül katkısı aynı oranda etki göstermemiştir. Perlitte göre kıyaslandığında, uçucu kül daha büyük ölçüde düşüşe sebep olmuştur. 700°C'de sinterlenen saf pomzanın yoğunluğu 1,5 gr/cm<sup>3</sup> ölçülmüşken, pomzanın içerisine borik asit katılması yoğunluğu 0,64 gr/cm<sup>3</sup>'e kadar düşürmüştür. Perlit ilavesiyle, bu yoğunluğun 1,06 gr/cm<sup>3</sup>, uçucu kül ile 1,01 gr/cm<sup>3</sup>'e düştüğü tespit edilmiştir. 700°C'de sinterlenen saf pomzanın ısıl iletkenliği 0,324 W/m.K ölçülmüşken, pomzanın içerisine borik asit katılması ısıl iletkenliği 0,236 W/m.K'e kadar düşürmüştür. Perlit eklendiğinde bu değer 0,374 W/m.K olarak ölçülmüşken, uçucu kül eklenmesi ile 0,359 W/m.K'e düştüğü tespit edilmiştir. Perlit ve uçucu külün ergime sıcaklıkları birbirine

yakınken, yoğunluklarının farklı olmasından dolayı, pomza içerisine eklenmeleri farklı şekilde yoğunluk ölçülmesine sebep olmuştur.

Uçucu külün, perlitte kıyasla yoğunluğunun düşük olması ısıl iletkenliği de daha fazla düşürmüştür. Ancak ilave olarak %20 oranında perlit ve uçucu kül eklenmesi olumsuz etki yapmıştır. Bu katkıların, borik asit eklenmesinin yoğunluk ve ısıl iletkenlik değerlerindeki azalma etkisini sınırlandırdığı gözlemlenmiştir. Palacı [12-13] borik asidi perlit ve sepiyolite ekleyerek oluşturduğu karışımlarla en düşük ısıl iletkenliğini 0,249 W/m.K olarak, %30 borik asit+%70 Sepiyolit içeren malzemenin 700°C'de sinterlenmesi ile elde etmiştir. Aynı sıcaklıkta, %30 borik asit- %30 alümina- %40 perlit karışımının termal iletkenliğini 0.180 W/mK olarak elde etmiştir. Lardizabal vd. [17] pomza, cam ve kireçtaşı atıklarından hazırladığı karışımını 800°C'de 20 dakika sinterleme ile 0,44 g/cm<sup>3</sup> yoğunluk ve 0,096 W/mK termal iletkenlik katsayısı



**Şekil 4.** Sıcaklık değişiminin Pomza-Borik asit karışımının yoğunluk ve ısıl iletkenliğe etkisi  
(The effect of temperature change on the density and thermal conductivity of the pumice-boric acid mixture)



**Şekil 5.** Pomzanın yoğunluk ve ısıl iletkenliğine katkıların etkisi (700°C'de sinterlenmiş)  
(The effect of additives on the density and thermal conductivity of pumice (sintered at 700°C))

değerini elde etmiştir. Termal iletkenliği düşürmek için sinterleme sıcaklığının yükseltilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Elde edilen verilere göre, sıcaklık artışının Pomza-Borik asit karışımının yoğunluğunu düşürdüğü belirlenmiştir. Termal iletkenliğin sıcaklığa bağlı değişimi incelendiğinde, benzer değişim eğiliminin gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Pomzanın içerisine borik asit katılması 700°C'de önemli ölçüde yoğunluğu ve ısıl iletkenliği düşürürken ilave olarak perlit ve uçucu kül eklenmesi bu düşüş oranını azaltmıştır. Pomza-borik asit karışımına ilave olarak perlit ve uçucu kül eklenmesi olumsuz etki yapmıştır. Perlit ve uçucu kül katkılarının, pomza-borik asit karışımına nazaran daha yüksek yoğunluk ve ısıl iletkenlik değerlerine neden olduğu gözlemlenmiştir.

#### TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma, FBA-2020-3644 proje numarasıyla, Yıldız Teknik Üniversitesi, Bilimsel Araştırmalar Proje Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir. Maddi desteklerinden dolayı YTÜ-BAP'a, malzeme teminindeki desteklerinden dolayı, CURUFTEK firmasına kuruma teşekkürlerimi sunarım.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Ertürk M., Calculation amount of carbon dioxide and sulfur dioxide per capita area per unit area for the heating period: Example of Izmir, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 36 (1), 319-332, 2020.
2. Ekşi Kılıçaslan A., Kus H., Evaluation of the hygrothermal performance of external thermal insulation applications on the outer walls of existing buildings, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 36 (1), 89-104, 2020.
3. Altun M., Meral Akgül, Ç., Akçamete A., Effect of envelope insulation on building heating energy requirement, cost and carbon footprint from a life-cycle perspective, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 35 (1), 147-164, 2019.
4. Anand Y., Anand S., Gupta A., Tyagi, S. K., Building envelope performance with different insulating materials - An exergy approach. J. Therm. Eng., 1 (4), 433-439, 2015.
5. Bilgil A., Özdel H., Investigation of physical and mechanical properties of pumice based or ignimbrite mixed lightweight construction materials, Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences, 6 (2), 475-482, 2017.
6. Kuru M., Determination of thermal conductivity of foam concrete with heat flow meter method depending on density and temperature, Süleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Sciences, 21 (2), 614-622, 2017.
7. Kiliçarslan Ş., Davraz M., Akça M., Investigation of properties of foam concrete with pumice, Journal of Engineering Sciences and Design, 6 (1), 148-153, 2018.
8. Kaştan A., Oral O., Effect of nanoparticle polymers on melting ( $t_m$ ) and glass transition ( $t_g$ ) temperatures, Journal of Bartın University Engineering and Technological Science, 5 (2), 137-142, 2017.
9. Bektaş V., Çerçevik A. E., Kandemir S. Y., Importance of thermal insulation in buildings and effect of thermal insulation material thickness on insulation, Bilecik Şeyh Edebali University Journal of the institute of sciences, 4 (1), 36-42, 2017.
10. Tekin G., Modification of Perlite and sepiolite by ammoniumheptamolibdate (AHM) and their electrokinetic properties, Balıkesir University Journal of the institute of sciences, 6 (2), 35-49, 2004.
11. Uluer O. et al. An investigation of usability of expanded perlite in heat insulation Technologies, Pamukkale Univ. J. Eng. Sci., 24 (1), 36-42, 2018.
12. Palacı Y. Effects of boric acid addition and sintering temperature on the thermal conductivity of perlite-based insulation materials. Mater. Test., 62 (4), 408-412, 2020.
13. Palacı Y., Investigation of the effect of boric acid addition and sintering temperature on the thermal conductivity of alumina and sepiolite, Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences, 9 (1), 488-493, 2020.
14. Ma Q., Wang Q., Luo L., Fan C., Preparation of high strength and low-cost glass ceramic foams with extremely high coal fly ash content, IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., 397 (1), 1-6, 2018.
15. Yüksek İ., Sıvacılar S., Thermal efficiency of different wall type a comparative study on the scope TS 825 in Turkey Conditions, Journal of Polytechnic, 20 (2), 291-302, 2017.
16. Günay E., Sintering behavior and properties of sepiolite-based cordierite compositions with added boron oxide, Turkish J. Eng. Environ. Sci., 35 (2), 83-92, 2011.
17. Lardizabal G.D., Guel I., Montes J.A., Balderrama K.A., Figueroa C., Santos R., Synthesis and characterization of low-cost glass-ceramic foams for insulating applications using glass and pumice wastes, Journal of Applied Research and Technology, 18 (2), 44-50, 2020.

