

**T.C.**  
**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**SERAMİK ANASANAT DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**POMZANIN**  
**SIR BÜNYESİNDE (1200 °C) KULLANIMI**

**Hazırlayan**  
**Erdal TUSUN**

**Danışman**  
**Doç. Dr. Münevver ÇAKI**

**AFYONKARAHİSAR 2011**

**Bu Tez Çalışması TÜBİTAK'ça Desteklenmiştir. Proje No: "1100M797**

## YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak “Pomzanın Sır Bünyesinde (1200 °C) Kullanımı” adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel olarak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Kaynakça’da gösterilen eserlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğumu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

14/ 09/ 2011

Erdal TUSUN

## TEZ JÜRİSİ KARARI VE ENSTİTÜ ONAYI

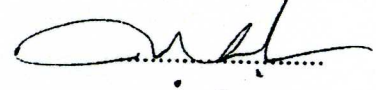
### JÜRİ ÜYELERİ

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Münevver ÇAKI

Jüri Üyeleri : Doç.Dr. İsmail YARDIMCI

: Doç.Dr. Soner GENÇ

İmza



Seramik Ana Sanat Dalı Tezli Yüksek Lisans öğrencisi Erdal TUSUN'un "**Pomzanın Sır bünyesinde (1200 C) Kullanımı**" başlıklı tezini değerlendirmek üzere 14.09.2011 tarihinde, saat 13:00'da Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıda isim ve imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek kabul edilmiştir

  
Prof.Dr.Mehmet KARAKAŞ  
MÜDÜR

# **YÜKSEK LİSANS TEZ ÖZETİ**

## **POMZANIN SIR BÜNYESİNDE (1200 °C) KULLANIMI**

**Erdal TUSUN**

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**

**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**SERAMİK ANASANAT DALI**

**Eylül 2011**

**TEZ DANIŞMANI: Doç. Dr. Münevver ÇAKI**

Pomza, volkanik olaylar sonucunda oluşmuş, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, süngerimsi, bol gözenekli camsı volkanik bir kayadır. Çok poröz olan volkanik taş camı olarak da tanımlanır. Geçmişte genellikle termal banyoların ve tapınakların yapımında kullanılmıştır. Günümüzde bu örnekleri görmek mümkündür. Pomza, gerek kimyasal ve fiziksel özellikleri, gerekse doğada bol miktarda bulunması ve dolayısıyla ucuz maliyeti nedeniyle inşaat, tekstil, tarım ve kimya'dan kuyumculuk, metal ve cam sanayine kadar değişen çok çeşitli alanlarda, kullanılmaktadır. Asidik ve bazik türüne bağlı olarak doğal rengi; beyazdan, gri, kahverengi ve siyaha değişir.

Bu çalışmada pomzanın 1200°C'de sır bünyesinde hammadde olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bitlis-Tatvan ve Manisa-Gökçeören illerinden temin edilen pomza örneklerinin ilk aşamada karakterizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiş, kimyasal analizleri (XRF), optik dilatometre, ısı mikroskobu ile ergime dayanımı analizleri yapılmış, 1200 °C'deki renk ve ergime özellikleri belirlenmiştir. Pomza örnekleri önce tek başlarına sır hammaddesi olarak kullanılmışlar, daha sonra farklı ergiticilerle birlikte sır reçetesi içinde yer almışlardır. 1200

°C’de yapılan sır pişirimleri sonrası açık kremden, açık kahverengi, kırmızımsı ve koyu kahverengiye değişen mat ve parlak sırlı yüzeylerin oluştuğu gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Pomza, sır, ergitici

## **ABSTRACT**

### **UTILIZATION OF PUMICE IN GLAZE BODY (1200 °C)**

**Erdal TUSUN**

**AFYON KOCATEPE UNIVERSITY**

**THE INSTITUTE OF SOCIAL SCIENCES**

**DEPARTMENT of CERAMIC ART**

**September 2011**

**ADVISOR: Associated Prof. Dr. Münevver ÇAKI**

Pumice is a volcanic, spongy, glassy and pore-rich rock, which consists of volcanic reactions and is resistant against physical and chemical factors. It is also known as a very porous volcanic glass stone. In the past it was usually used in the construction of thermal baths and temples. Nowadays good examples of that can be seen .Pumice is because of its chemical and physical features and also because of its high availability in the nature, which make it very economical in handle, used in buildings, textile industry, agriculture and in chemistry and also in a lot of different areas like in jewelry as well as in the metal and glass industry. Dependent on the acidic and alkaline type of pumice, the natural colour varies from white to grey, brown and black.

In this study, utilization of pumice were investigated as a raw material in glaze body at 1200 °C. At first stage works of characterization from examples of pumice, taken in the different provinces Bitlis-Tatvan, and Manisa-Gökçeören were achieved, chemical analyses (XRF) so as colour and melting characteristics were identified. Firstly examples of pumices are used as raw materials then later on they are mixed with different meltings together with a glaze recipe and get involved to. After firing the glazes at 1200 °C, changing colours from light cream, brown, red to dark brown with matte and glossy changing surfaces were obtained.

**Key Words:** Pumice, stoneware glaze, flux

## ÖNSÖZ

“Pomzanın sır bünyesinde (1200 °C) kullanımı” isimli tez çalışması boyunca maddi ve manevi her konuda bilgi ve desteğini esirgemeyen, çalışmalarımın baştan sona kadar verdiği her türlü destek için danışmanım Sayın Doç. Dr. Münevver ÇAKI'ya en içten dileklerle teşekkür ederim.

Yakın ilgi katkılarında dolayı ve ayrıca atölye çalışmalarımın bana sağlamış oldukları imkanlardan dolayı Afyon Kocatepe Üniversitesi G.S.F. Dekanı Sayın Prof. Dr. Recep ASLAN'a, Seramik Bölümü Başkanı Hasan ŞAHBAZ'a ve her biri birbirinden değerli hocalarıma, yardımlarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi borç bilirim.

“TÜBİTAK” projesinde bana verdikleri katkılardan dolayı Sayın Doç.Dr. Ali SARIŞIK'a, Yrd. Doç. Gencay SARIŞIK'a ve Sayın Fazilet GÜNGÖR'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım esnasında bana her konuda destek olan başta sevgili annem, babam olmak üzere bütün aileme, yakınlarıma ve arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Erdal TUSUN

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

YEMİN METNİ.....	ii
TEZ JÜRİSİ VE ENSİTİTÜ MÜDÜRLÜĞÜ ONAYI.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
TABLOLAR LİSTESİ.....	ix
RESİMLER LİSTESİ.....	x
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
GİRİŞ.....	1

## BİRİNCİ BÖLÜM

### SERAMİK SIRLARININ TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI

1. SIRIN TANIMI, ÖZELLİKLERİ VE TARİHÇESİ.....	3
1.1. TANIM VE ÖZELLİKLER.....	3
1.2. TARİHÇE.....	5
2. SERAMİK SIRLARININ SINIFLANDIRILMASI.....	10
2.1. ALKALİLİ SIRLAR.....	11
2.2. KURŞUNLU SIRLAR.....	12
2.3. BORLU SIRLAR.....	13
2.4. HAM VE FRİTLİ SIRLAR.....	14



<b>3. SIRLARA ERİTİCİ OLARAK ETKİ EDEN OKSİTLER .....</b>	<b>15</b>
3.1. SODYUM OKSİT.....	15
3.2. POTASYUM OKSİT.....	15
3.3. LİTYUM OKSİT.....	16
3.4. KURŞUN OKSİT.....	16
3.5. BOR OKSİT.....	17

## **İKİNCİ BÖLÜM**

### **POMZA, TANIMI, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI**

<b>1. POMZANIN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ.....</b>	<b>18</b>
<b>2. POMZANIN KULLANIM ALANLARI.....</b>	<b>23</b>
2. 1. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE POMZA KULLANIMI .....	23
2. 2. TEKSTİL SEKTÖRÜNDE POMZA KULLANIMI .....	25
2. 3. TARIM SEKTÖRÜNDE POMZANIN KULLANIMI .....	26
2. 4. KİMYA SEKTÖRÜNDE POMZA KULLANIMI .....	28
2.5. DİĞER ENDÜSTRİYEL VE TEKNOLOJİK ALANLARDA POMZANIN KULLANIMI .....	29
<b>3. POMZA ÜZERİNE YAPILAN ARAŞTIRMALAR.....</b>	<b>29</b>

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SERAMİK UYGULAMALAR

<b>1. POMZA VE DİĞER HAMMADDELERİN FİZİKSEL, KİMYASAL VE MİNERALOJİK ÖZELLİKLERİ.....</b>	<b>31</b>
1.1. KİMYASAL ANALİZ.....	34
1.2. ISI MİKROSKOBU ANALİZİ.....	35
1.3. DİLATOMETRE (LİNEER ISIL GENLEŞME KATSAYISI TAYİNİ) ANALİZİ.....	39
<b>2. POMZA KATKILI SIR REÇETESİ ARAŞTIRMALARI .....</b>	<b>42</b>
<b>3. SERAMİK UYGULAMALARDAN ÖRNEKLER.....</b>	<b>55</b>
<b>SONUÇ .....</b>	<b>78</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>79</b>

## RESİMLER LİSTESİ

### Sayfa

<b>Resim 1</b> : Eski Yunan ve Roma Dönemi Terra Sigillata Örnekleri.....	7
<b>Resim 2</b> : Eski Yunan ve Roma Dönemi Terra Sigillata Örnekleri.....	7
<b>Resim 3</b> : Eski Yunan ve Roma Dönemi Terra Sigillata Örnekleri.....	7
<b>Resim 4</b> : Eski Yunan ve Roma Dönemi Terra Sigillata Örnekleri.....	7
<b>Resim 5</b> : Pomzanın Doğal Görüntüsü.....	18
<b>Resim 6</b> : Pomzanın Doğal Görüntüsü.....	18
<b>Resim 7</b> : Pomzanın Doğal Görüntüsü.....	18
<b>Resim 8</b> : Pomzanın Doğal Görüntüsü.....	18
<b>Resim 9</b> : Pomza Tuğla.....	19
<b>Resim 10</b> : İtalya’da Bir Pomza Maden Ocağı.....	20
<b>Resim 11</b> : Pomzanın Doğal Görüntüsü.....	21
<b>Resim 12</b> : Pomza Yapı Tuğlası.....	23
<b>Resim 13</b> : Isı Yalıtımında Pomza.....	24
<b>Resim 14</b> : Tekstil Alanında Pomzanın Kullanımı.....	25
<b>Resim 15</b> : Tarım Alanında Pomzanın Kullanımı.....	26
<b>Resim 16</b> : Tarım Alanında Pomzanın Kullanımı.....	27
<b>Resim 17</b> : Kimya Alanında Pomzanın kullanımı.....	28
<b>Resim 18</b> : Bitlis Tatvan Pomza Ocağı (1).....	31
<b>Resim 19</b> : Bitlis Tatvan Pomza Ocağı (2).....	32
<b>Resim 20</b> : Gökçeören Pomza Ocağı.....	32
<b>Resim 21</b> : Bitlis-Tatvan Yöresi Pomzası.....	33
<b>Resim 22</b> : Tatvan Bazik Pomzası.....	41
<b>Resim 23</b> : Tatvan Bazik Pomzası.....	42

<b>Resim 24</b> : Gökçeören A Bazik Pomzası.....	42
<b>Resim 25</b> : Gökçeören A Bazik Pomzası.....	42
<b>Resim 26</b> : Gökçeören K Bazik Pomzası.....	42
<b>Resim 27</b> : Gökçeören K Bazik Pomzası.....	42
<b>Resim 28</b> : Tatvan Bazik Pomzasının 1200 °C'deki Pişirimi.....	42
<b>Resim 29</b> : Gökçeören K Pomzasının 1200 °C'deki Pişirimi.....	43
<b>Resim 30</b> : Gökçeören A Pomzasının 1200 °C'deki Pişirimi.....	43
<b>Resim 31</b> : Gökçeören A Pomzasının 1250 °C'deki Pişirimi.....	44
<b>Resim 32</b> : Gökçeören A Pomzasının 1400 °C'deki Pişirimi.....	44
<b>Resim 33</b> : Gökçeören K Pomzasının 1250 °C'deki Pişirimi.....	45
<b>Resim 34</b> : Gökçeören K Pomzasının 1400 °C'deki Pişirimi.....	45
<b>Resim 35</b> : Tatvan Bazik Pomzasının, 1250 °C'deki Pişirimi .....	46
<b>Resim 36</b> : Tatvan Bazik Pomzasının, 1400 °C'deki Pişirimi .....	46
<b>Resim 37</b> : Tatvan Bazik Pomzası ve Üleksitle Oluşturulan Sırların 1200 °C'deki Pişme Renkleri.....	48
<b>Resim 38</b> : Tatvan Bazik Pomzası ve Sülyenle Oluşturulan Sırların 1200 °C'deki Pişme Renkleri.....	49
<b>Resim 39</b> : Gökçeören A Pomzası ve Üleksit ile Oluşturulan Sırların 1200 °C'deki Pişme Renkleri.....	50
<b>Resim 40</b> : Gökçeören A Pomzası ve Üleksit ile Oluşturulan Sırların 1200 °C'deki Pişme Renkleri.....	52
<b>Resim 41</b> : Gökçeören K Pomzası ve Üleksit ile Oluşturulan Sırların 1200 °C'deki Pişme Renkleri.....	53
<b>Resim 42</b> : Gökçeören K Pomzası ve Sülyen ile Oluşturulan Sırların 1200 °C'deki Pişme Renkleri.....	54

## RESİMLER LİSTESİ

<b>Resim 43</b> : Tatvan Bazik Pomzası İle Sırlanmış Seramik Form.....	56
<b>Resim 44</b> : Tatvan Bazik Pomzası İle Sırlanmış Seramik Form.....	57
<b>Resim 45</b> : Tatvan Bazik Pomzası İle Sırlanmış Seramik Form.....	58
<b>Resim 46</b> : Gökçeören K pomzası ile Sırlanmış Seramik Form.....	58
<b>Resim 47</b> : Gökçeören A Pomzası ile Sırlanmış Seramik Form.....	59
<b>Resim 48</b> : Karışık Teknik, Döküm Yöntemi, 1200 °C.....	60
<b>Resim 49</b> : (Detay).....	61
<b>Resim 50</b> : Tatvan Bazik Pomzası İle Sırlanmış Seramik Form, 1200 °C.....	62
<b>Resim 51</b> : Karışık Teknik, 1200 °C.....	62
<b>Resim 52</b> : Gökçeören K Pomzası ile Sırlanmış Seramik Form, 1200 °C.....	63
<b>Resim 53</b> : Karışık Teknik, Döküm Yöntemi, 1200 °C.....	63
<b>Resim 54</b> : Gökçeören K ve A ile Sırlanmış Seramik Form, 1200 °C.....	64
<b>Resim 55</b> : Karışık Teknik, Döküm Yöntemi, 1200 °C.....	65
<b>Resim 56</b> : Karışık Teknik, Döküm Yöntemi, GK ve GA 1200 °C.....	66
<b>Resim 57</b> : (Detay).....	67
<b>Resim 58</b> : Gökçeören K Pomzası ile Sırlanmış Seramik Form, 1200 °C.....	68
<b>Resim 59</b> : Karışık Teknik, Döküm Yöntemi, 1200 °C.....	69
<b>Resim 60</b> : : “Üst görünüş, 1200°C.....	69
<b>Resim 61</b> : Gökçeören K Pomzası ile Sırlanmış Seramik Form, 1200 °C.....	70
<b>Resim 62</b> “Yan Görünüş”, 1200 °C.....	70
<b>Resim 63</b> : Düzenleme, Döküm Yöntemi, 1200 °C.....	71
<b>Resim 64</b> : Düzenleme, Döküm Yöntemi, 1200 °C.....	72
<b>Resim 65</b> : Düzenleme, Döküm Yöntemi GK, 1200 °C.....	73
<b>Resim 66</b> : El dekoru, Döküm Yöntemi, 1200 °C .....	74

<b>Resim 67 :</b> Gökçeören K Pomzası ile Sırlanmış Seramik Form, 1200 °C.....	75
<b>Resim 68 :</b> (Detay).....	76
<b>Resim 69 :</b> Karışık Teknik, Döküm Yöntemi, 1200 °C.....	77
<b>Resim 70:</b> Karışık Teknik, Döküm Yöntemi, 1200 °C.....	77
<b>Resim 71 :</b> Döküm Yöntemi, El dekoru, 1200 °C.....	78

## TABLULAR LİSTESİ

### Sayfa

Tablo 1. Pomza örneklerinin isimlendirilmesi ve bölgelerinin dağılımı.....	33
Tablo 2. Pomza örneklerinin kimyasal analizi (ağırlıkça %).....	34
Tablo 3. Pomza örneklerinin ısı mikroskobu sonuçları.....	39
Tablo 4. Tatvan bazik pomzası ve üleksit ile hazırlanan sırların reçete bileşimleri.....	48
Tablo 5. Tatvan bazik pomzası ve sülyen ile hazırlanan sırların reçete bileşimleri.....	49
Tablo 6. Gökçeören A pomzası ve üleksit ile hazırlanan sırların reçete bileşimleri.....	51
Tablo 7. Gökçeören A pomzası ve sülyen ile hazırlanan sırların reçete bileşimleri.....	52
Tablo 8. Gökçeören K pomzası ve üleksit ile hazırlanan sırların reçete bileşimleri.....	53
Tablo 9. Gökçeören K pomzası ve sülyen ile hazırlanan sırların reçete bileşimleri.....	54

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Pomza örneklerinin alındığı bölgeler.....	31
Şekil 2. GK (Gökçeören K) pomza örneğinin ısı mikroskobu eğrisi.....	35
Şekil 3. GK (Gökçeören K) pomza örneğinin ısı mikroskobu görüntüsü.....	36
Şekil 4. GA (Gökçeören A) pomza örneğinin ısı mikroskobu eğrisi.....	36
Şekil 5. GA (Gökçeören A) pomza örneğinin ısı mikroskobu görüntüsü.....	37
Şekil 6. TB (Tatvan bazik) pomza örneğinin ısı mikroskobu eğrisi.....	38
Şekil 7. TB (Tatvan bazik) pomza örneğinin ısı mikroskobu görüntüsü.....	38
Şekil 8. Pomza örneklerine ait dilatometre eğrisi.....	40



## **SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**

GK : Gökçeören Bazık Koyu pomza.

GA: Gökçeören Bazık Açık pomza

GKÜ : Gökçeören Koyu/Üleksit

GKS : Gökçeören Koyu/Sülyen.

GAÜ : Gökçeören Açık/Üleksit.

GAS : Gökçeören Açık/Sülyen.

TB : Tatvan Bazık pomza.

TBÜ : Tatvan Bazık/Üleksit.

TBS : Tatvan Bazık/Sülyen.

MTA : Maden Teknik Araştırma Merkezi

M.Ö. : Milattan Önce

SAM : Seramik Araştırma Merkezi.

XRF : Kimyasal Analiz

Vd : Ve diğerleri.

Vb : Ve benzeri

## GİRİŞ

Sır kullanımına uygun hale getirilecek olan en zor malzemeler; granit, bazalt gibi sert magmatik kayalardır. Hazırlanıp seramik yüzeylere uygulandıklarında zengin yüzey görüntüsüne sahip stoneware sırlar yapabilirler. Volkanik oluşumlarından dolayı, tek aşamada eriyerek sır oluşturabilirler. 18 ve 19.yy.'da Avrupa porselen üretiminde bu basit yaklaşımın örnekleri vardır. Örneğin, diğer reçetelerle sayısız denemeler sonrası Sevr porseleni için en iyi yüksek sıcaklık sırnın, çok basit olarak düşük demirli, beyaz pişen % 100 limoj pegmatiti olduğu bulunmuştur. Cornish taşı'da (İngiltere'de Cornwall bölgesinde bulunan bir feldspat) 1300 °C'nin üzerinde tamamiyle bir sır malzemesi olarak davranabilir. Magmatik kayalarla çalışmada malzemenin sır haline getirilinceye kadar geçirdiği çok aşamalı süreç oldukça zordur. İlk önce küçük parçalar haline getirilirler, daha sonra kaba öğütmeyi ince öğütme takip eder. Pek çok öncü çömlekçi bu zorluklarla karşı karşıya kalmış ve bu nedenle çeneli kırıcılar, kaba ve ince öğütme değirmenleri kurulmuştur. Granül veya parçalar halindeki magmatik kayalar bir ön hazırlık işlemi gerektirir. Sır hammaddesi olarak kullanılabilmeleri için öncelikle parçalanmaları ve öğütülmeleri gerekir (Brian, 2005).

Pomza; açık renkli, boşluklu, süngerimsi, volkanik olaylar neticesinde oluşmuş, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, gözenekli, silisli volkanik bir kayadır. Bir başka deyişle, pomza çok poröz olan volkanik cam taşıdır. Gözenekli yapısı, hafifliği, yüksek izolasyon etkileri, atmosferik şartlara olağanüstü direnci ve yüksek puzolanik aktivesi nedeniyle insanoğlunun kullana geldiği en eski doğal ve volkanik kökenli yapı malzemelerinden biridir. Pomza ilk olarak Yunanlılar ve daha sonra da Romalılar tarafından kullanılmıştır. Antik Yunan ve Roma dönemlerinde pomzanın, amfi tiyatrolar, tapınaklar, su kemerleri, hamamlar, mahzenler ve konut inşaatlarında yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir. Bu yapılar geçmişten günümüze kadar, değişen ortam şartlarına rağmen bozulmaya uğramadan ayakta kalabilmiştir (Tuncer ve Özkan, 2001, Gündüz, Şapçı ve Davraz, 2005).

Pomzanın dünyada ve ülkemizde en yaygın kullanım alanı inşaat sektörüdür. Bununla beraber dünyada pek çok endüstri alanının vazgeçilmez hammadde kaynağı olmasına rağmen, ülkemizde tekstil sektörü haricindeki diğer endüstri alanlarında durum farklılık göstermektedir. Türkiye, pomza rezervleri bakımından oldukça önemli bir potansiyele sahiptir. MTA kaynaklarına göre, araştırılmış alanlarda yaklaşık 3 milyar metreküp pomza rezervi olduğu tahmin edilmektedir (Gündüz vd. 2005).

Son yıllarda pomzanın tuğla, yer ve duvar karosu gibi seramik sektöründe hammadde olarak kullanımına yönelik çalışmaların olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada kullanılan pomza örnekleri, Bitlis-Tatvan ve Manisa-Gökçeören'den temin edilmiştir. Volkanik bir kayaç olan ve kimyasal analizinde toplam alkali oksit oranları % 4,77, % 8,29 ve % 8,19 arasında belirlenen, ülkemizin iki ayrı bölgesine ait pomza hammaddelerinin; 1200 °C'de gelişen sırlarda ergitici ve camlaştırıcı bileşen olarak kullanımı amaçlanmıştır. Tek başına ve farklı sır hammaddeleriyle birlikte sır oluşturabilme özellikleri incelenmiş, belirlenen sistemlerde sır reçeteleri hazırlanmıştır. Bu tez çalışmasında, seramik sırlarının tanımı, tarihçesi, çeşitleri ve sırlarda eritici olarak görev yapan metal oksitler hakkında bilgiler verilmiş, pomzanın tanımına, özelliklerine ve kullanım alanlarına örnekler ile yer verilmiş, farklı sektörlerde bu malzeme ile ilgili yapılan araştırmalara değinilmiştir. Son bölümde; pomzanın ana bileşen olarak kullanıldığı sır araştırmalarını içeren deneysel çalışmalar, olumlu sonuç veren pomza katkılı sırlarla sırlanan eserler yer almaktadır.

## BİRİNCİ BÖLÜM

### SERAMİK SIRLARININ TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI

#### 1.SIRIN TANIMI, ÖZELLİKLERİ VE TARİHÇESİ

##### 1.1.TANIM VE ÖZELLİKLER

Seramik bünye üzerine uygulanan camsı tabaka sır olarak tanımlanır. Diğer bir ifadeyle, seramik çamurunu ince bir tabaka şeklinde kaplayarak onun üzerinde eriyen cam veya camsı oluşumdur. Bu oluşumların ergime noktaları her zaman uygulandıkları bünyeden daha düşüktür. Bazen sır terimi; farklı malzemelerden hazırlanan karışımın (toz veya sulu süspansiyon halinde) seramik ürün üzerine daldırma veya püskürtme gibi yöntemlerle uygulanmasını da ifade eder. Seramik ürünlere sır uygulanmasının birinci nedeni; çoğu durumda gerekli bünye ve yüzey özelliklerinin tek malzemede oluşmamasıdır.

Yüzeje kaplama uygulamasıyla, bünye ve yüzey özellikleri ayrı ayrı optimize edilebilir (en uygun hale getirilebilir). Isıl işlem sonrası bu karışım, camlaşmaya başlar ve ürün yüzeyine istenilen özellikleri oluşturacak şekilde bağlanır. Dolayısıyla, bünye ve kaplama arasında oluşan ara yüzey önemlidir. Alt bünye metal ise, kaplama porselen emaye, seramik ise sır olarak tanımlanır. Burada esas olan alttaki bünyeden çok farklı özelliklerde bir kaplamayı yüzeje uygulamaktır. Sır belirli bir silikat karışımının, bu karışımın gerektirdiği sıcaklıkta eritilmesi sonucu elde edilir. Pişirme sırasında sırın erimesi tek bir noktada olmayıp, sırı oluşturan silikat karışımının sinterleşmesine bağlı olarak, kimyasal bir reaksiyon boyunca yavaş yavaş olur. Artan sıcaklıkla birlikte sinterleşme giderek cama dönüşür ve bunun sonucunda sır artık akışkan olur. Sırın, akışkan halden donmuş ve katı duruma gelebilmesi için de soğutma işlemi gereklidir. Tasarlanmış (bileşimi belirlenmiş) bir seramik sırı ile ilgili iki önemli özellik vardır.

Birincisi; sırın yüzeje uygulanmış olması ve bünye ile bir bağ (aratabaka) oluşturmasıdır. Sır bileşimi az veya çok erimiş, belirlenen sıcaklıkta viskos bir sıvı oluşturmaldır. Bu sıcaklık, sırın uygulandığı bünyenin sinterleşme sıcaklığıyla uyumlu veya bisküvi pişirimi yapılmış bünyede deformasyon olmaması için daha düşük olmalıdır. Ergime esnasında veya sonrasında kaplama (sır) bünye ile reaksiyona girer ve bir ara tabaka oluşur. Sır-bünye arasındaki etkileşimin oranı önemlidir. Etkileşim az ise, sır dökülür. Çok fazla ise, bünye ve sırın bileşiminin niteliği bozulur. Soğuma sırasında seramik parçanın boyutunda küçülme meydana gelir. Eğer sırın ve bünyenin sıcaklıkla boyutlarındaki değişim (termal genleşme

katsayısı) yakın değilse, basma ve çekme gerilimleri oluşur. Genleşmeler yakın olabilir, ancak eşit değildir. Seramiklerin basma mukavemetleri, çekme mukavemetlerinden daha fazladır. Sonuç olarak kaplama yani sır, düşük çekme gerilimine sahip olmalı ve bünye yüzeyine homojen olarak deliklenme oluşturmayacak şekilde yayılmalıdır.

Sırların diğer özellikleri, ürünün kullanımıyla ilgilidir. Sır seramik ürünü sıvılara, gazlara, her türlü kimyasal reaktiflere, mekanik olarak aşınmaya, çizilmeye, darbelere karşı dayanıklı hale getirir. Kısacası teknik, estetik ve sağlık ile ilgili konularda olumlu özellikler kazandırır. Fonksiyonel olarak; tüm camı kaplamalardan (sırlardan) homojen, pürüzsüz ve sert olmaları beklenir. Pürüzsüz ve sert yüzey aşınma ve çizilme direnci için önemlidir. Seramik sırlarının kimyasal dayanıklılığı, boya vb. diğer malzemelere göre seramik sırlarını seçmenin en önemli nedenlerindedir.

Sırlar pek çok reaktiflere (sıcak su, asitler, alkaliler ve diğer organik maddeler) dayanıklı olacak şekilde formüle edilmelidir. Tek istisna tüm silikatlarla reaksiyona giren hidroflorik asittir. Bazı uygulamalarda ürün kullanım esnasında oldukça yüksek sıcaklıklara maruz kalmaktadır. Dolayısıyla bu sıcaklıklara karşı dayanıklı olmak sırlardan istenen özelliktir. Özellikle endüstriyel ve askeri uygulamalarda önemlidir. Herhangi bir yüzey kaplama malzemesi ile ilgili olarak seramik sanatçıları ve ürün tüketicileri için en önemli kaygılardan biri görsel özelliklerdir. Seramik ürünün estetik ve fonksiyonel olarak istenen özelliklere sahip olması gerekir. Bu açıdan seramik sanatçılarının pek çok olasılığı vardır. Ürünlere uygulanan sırlar; opak, saydam, saten, mat, dokulu (artistik), renkli veya renksiz olabilir (Arcasoy, 1983: 162-163, Eppler ve Obstler, 2005:1-3).

## 1.2.TARİHÇE

İnsanlık tarihinde 8000 yıl içerisinde üretilen seramik eşyalarının değerlendirilmesi ve gelişmesini anlamak için, çoğunlukla seramiğin içindeki zengin ve çeşitli sanat formlarına anlam veren altyapı hakkında bilgimizin olması çokça fayda sağlayacaktır. İlkel pişirimden porselene kadar olan geçiş, ilk zamanlarda ki kaza ile yapılan çömleklerden 20. yy.daki uzay işlerinde kullanılan seramiğin hayat verici bilimsel ilerlemelerine kadar geçen zamanda yol gösterici olmuştur. Örneklemlerde, bir kültürün, diğer bir kültürden gelişmeleri öğrenmesiyle seramik tarihindeki gibi, zigzag yolunu takip etmiştir (Hopper, 2001: 10).

Çömlekler üzerine uygulanan sırların oluşumuna dair bilgilerin M.Ö. 5000 yıllarına dayandığı ifade edilmektedir. Bilimsel kimya bilgilerinden çok önceleri bu sırlar dünyanın

pek çok yerinde yapılmaktaydı ve muhtemelen kolay bulunan hammaddeler ve oldukça basit bir proses ile üretilmekteydiler (Rhodes, 1973: 81).

İlk sırlar, kil-su süspansiyonundan ibaret olan, daha çok kül veya tuzun akışkanlaştırıcı olarak kullanıldığı astarlardan yapılmıştır. Camsı kaplama uygulanmış (sırlı) seramik eşyalar büyük bir olasılıkla başlangıçta şans eseri üretildi. M.Ö. 4000-3100'de Mısırda opak sırlı boncuklar, amforalar üretilmekteydi. M.Ö. 1600-1500 'lerde Çin'de CaO ve odun külü içeren stoneware sırları, birkaç yüzyıl sonrada yüksek pişirimli feldspatik sırlar görülmüştür. Han hanedanı (M.Ö. 206-200) döneminde, sırların kurşun oksit içerdiği görülmektedir. M.S. 900 civarında, opaklaştırıcı kalay oksit içeren beyaz opak sırlar İslam çömlekçileri tarafından yeniden keşfedilmiştir. 1900'lerde seramik sırları, çok iyi gelişmiş bir sanat haline gelmişti (Eppler vd. 2005:1-2).

Arkeologlar genelde insanlığın önemli keşifleri gibi, çömleklerin de, büyük ihtimalle tesadüfen ortaya çıktığını kabul ederler. Bu, kilin (çamur) çukurdaki ateşle pişmesinin gözlenmesiyle ve çömleğin pişirilmesini takip eden bir süreçle oluşmuştur. Kil (çamur), açık havada pişirildiği zaman, su geçirmeyen sert cisim olacak şekilde küçülmeye ve erimeye yetecek kadar ısınmaz. Birçok kültürdeki gözenekli kil kaplar, (halen) suyu depolamak için kullanılsa da, buharlaşma sonucunda suyu soğuk tutmasını sağlasa da, daha sonraları sudaki azalmayı önlemek için kullanılan bazı yöntemler kabul edilmiştir. Büyük olasılıkla ilk su geçirmezlik özelliği, ateşten yeni çıkmış, ağaçların yapraklarından yapılmış reçinemsiz malzemelerin bazı biçimleriyle veya çömleğin deliklerini tıkamak için kullanılan hayvan yağlarıyla sağlanmıştır. Çakıl taşlarıyla çömleğin perdahlanması, çok kaygan ve düzgün su geçirmeyen yüzey yapımına yardımcı olmuştur. Bu teknikler hala eski usulle yapılan çömlek yapımında çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Dünyadaki çömleklerin kayda değer, büyük bir kısmı bu yolla yapılmış olsa da, ne yazık ki, çamsakızıyla ve hayvan yağlarıyla sıvayan yüzeyler günlük kullanımda dirençli olamamış ve kap yapımında diğer su geçirmez özellikler aranmıştır. Sızdırmaz yüzeylerin gelişmesindeki bir sonraki adım, çok ince tane boyutuna getirilmiş çamur tabakasının (astar) çömleklerin yüzeylerine uygulanması olmuştur. Pişme sonrası ürünlerin yüzeyleri sıırımsı bir görünüm kazanmaktadır.

Bu astarlar genellikle açık kahverengi, koyu kahverengi veya siyah renklerde ve genellikle Latince "Sızdırmaz toprak" anlamına gelen "terra sigillata" olarak bilinir. Su geçirmez terra sigillata yüzeyi çoğu kültürler tarafından, bazen çok renkli şekillerde kullanılmışlardır. Latin ismi olmasına rağmen Yunanlılar tarafından geliştirilmiştir. İlk zamanlardan itibaren klasik Yunan çömlekçiliğinin üzerindeki ana dekorasyon örneklerini

şekillendirmiş, siyah ve kırmızı dekorasyon eşyalarının ana malzemesi olmuştur. İnceltmiş kilden geliştirilmiş ve Yunan efsanelerinin ve geleneklerinin kaydedilmesinde çok büyük örnekler üretmiş olan Yunan toplumuna, sanatçılar tarafından sunulmuştur.

Terra sigillata Romalılar tarafından özellikle Papazlara yapılan çömleklerde, Samian ve Arrentine adıyla da bilinen eşyalarda da kullanılmıştır.



*Resim 1-2: Eski Yunan ve Roma Dönemi Terra sigillata Örnekleri*



*Resim 3-4 : Eski Yunan ve Roma Dönemi Terra sigillata Örnekleri*

Kaynak: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Roemerhalle\\_Kreuznach\\_Sigillata.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Roemerhalle_Kreuznach_Sigillata.jpg)

Diğer kültürler, özellikle Kolombiya kültürleri ve Amerika'nın merkez ve güney kültürleri bu tekniği kullanmışlardır. Terra sigillata astarları binlerce yıllardan beri kullanımdadır.

İlk sırlı gerçek yüzeyler, büyük olasılıkla tesadüfen, Mısır veya Suriye bölgelerinde yaklaşık 5000 yıl önce meydana gelmiştir. İlk sırlı gelişmesinin genel teorisi şömine yapımında

kullanılan, önemli miktarda sodyum ve potasyum içeren, natron denilen, kumtaşının kullanımından gelmektedir. Natronun çok düşük erime noktası vardır ve taşın yüzeyi ateşi görmesiyle çok çabuk şekilde erimiş sıra dönüşür. Bu noktada ki en önemli aşama bu kum taşlarından, küçük heykeller yapılması ve ısıtılmasıyla, çömlekçilikte ki ilk sıranın ortaya çıkmasıdır. Natron, kum ve çamur karıştırılmış ve kalıp içine karışımların preslenmesiyle figürler yapılmıştır. Malzeme kurutulduğunda, çözülebilen sodyum parçaları curufumsu bir görüntü oluşturacak şekilde yüzeye doğru yayılır. Düşük ısıda pişirildiğinde, ürün sırsı bir yapı kazanır. Genellikle bakır, manganez, demir veya kobalt gibi metal oksitlerle renklendirilir.

Bu işin oluşması birkaç yüzyıl olsa da, teknik olarak bu malzemedan, benzer malzemeleri suyla karıştırıp, bu çözeltiyle çömleği kaplayarak, sıra geçmek küçük bir adımdı. Böylece çömlekçilikte ki ilk sır geliştirilmiş oldu. Bu Buluşun fonksiyonel çömlekçilikte biraz zaman aldığı görülmüştür. Mısırlı aristokratlar genellikle kendi fonksiyonel ihtiyaçları için altın veya alabaster (sert kalsit) ve günlük hayatta basit sırsız köy tabaklarını ve koruma kaplarını kullanmışlardır. Su geçirmeyen sırlı yüzeylerden yemek yenebileceğinin ve sıvıların muhafaza edebilecekleri gerçeğinin farkında değillerdi. Özellikle Alkalin sırların, pişirme sonrası, özellikle yemekle beraber tekrar piştiğinde çözünmesiyle baş edilmesi çok zor bir dezavantajdı. Ayrıca uygulamada kuvvetli çatlama eğilimi gibi zorluklar vardı. Bununla birlikte tüm dezavantajlara rağmen, önceki yıllardaki sırsız eşyalardan daha iyi bir teknikti. Daha sonraları farklı gelişmelere ihtiyaç duyuldu. Bir sonraki önemli gelişme, çömlekçiler tarafından kullanılan malzemelerin içine kurşun bileşiklerinin girmesiyle gelmiştir. Kurşun bileşikleri oldukça yaygındı ve kurşun sülfid veya galena olarak bulunuyordu. Sırın yüzeyine uygulandıklarında kolaylıkla eriyor, parlak, yumuşak bir yüzey meydana getiriyorlardı. Bu uygulama büyük ihtimalle Babil de veya Suriye’de M.Ö. 3000 ve 2500 arasında görülmüştür. Kurşun ve alkali maddelerinin her ikisi de renkli sırların yapımında kullanılmıştır.

Kurşunun en basit kullanımındaki seramik tarihi dönemi, ortaçağda İngiltere çömlekçiliğinde ortaya çıkmıştır. Bu dönemde ateşe atıldığında eriyerek sırlanmış olması için, toz galenayla çömleklerin yüzeyleri kaplanmıştır.

Günümüzde bu sırların potansiyel tehlike olduğunu bilinmektedir, fakat birkaç yüzyıl renkli ve saydam, basit kurşunlu sırlar; çömleklerin yapımında kullanılmıştır. Bugün dünyanın birçok yerinde ve birçok ülkede kurşunun kullanımı ya tamamıyla, ya da kısmi olarak kısıtlanmıştır. Kullanımı az olmasına rağmen, basit kurşun sırlar birçok bölgede kolay bulunabilirliği ve eriyebilirliğinden dolayı çok kullanılmıştır.



Asurlular, kurşunlu sıra metalik oksitleri katarak renkli sır yapmayı öğrenmişler ve bu sırları; tuğlalarda ve kiremitlerde, büyük mimari yapılarda dekorasyon olarak kullanmışlardır. Bu, sır yapımında çok büyük bir gelişme olarak ele alınmıştır.

Sırlarda kurşun kullanımı Çin'e kadar yayılmış, özellikle Han hanedanı döneminde çömleklerin yüzeylerinde kurşun kullanılmıştır. Kurşun sırlarına bakır ilavesi, bronzaya yakın renkler oluşturmuştur. Kurşun sırları daha sonraları çömlekçiliğin basit kullanımında geliştirilmiş ve çok farklı renklerde sırlar elde edilmiştir.

Düşük sıcaklıkta gelişen sırlar, bir sonra ki sır teknolojisinden önce insanlığın ihtiyaçlarını fazlasıyla (birçok yüzyıl) yerine getirmiştir. Bu aşama, daha önceki kullanılanlardan daha yüksek sıcaklığa çıkabilen fırınların gelişmesine bağlıdır. Fırın yapımında kullanılabilen, ısıya daha dayanıklı hammaddelerin keşfiyle Stoneware olarak tanımlanan, çömleğin daha sert ve yoğun halinin üretimi, mümkün hale gelmiştir. Stoneware killeri kırmızı pişen düşük sıcaklıktaki killere göre daha büyük avantajlara sahiptir. Pişirildiklerinde daha sert olurlar ve dayanıklıdırlar.

Odun külü, yüksek sıcaklıkta çamurla beraber eriyebilen ve başka materyallere ihtiyaç duymadan yüzeyde sır olarak biçimlenen bir maddedir. Başka bir katkıya ihtiyaç duymadan, yüksek sıcaklık sırlarının temelini oluşturan bir diğer materyal, çömleklerin kendi yapımında bu zamana kadar kullanılan kırmızı kildir. Bu killer, bir sırn oluşabilmesi için gerekli her şeyi (ergitici, cam oluşturucu, alumina vb.) içermektedir. İnce taneli sulu çamur halinde stoneware bünyenin üzerine uygulanarak yüksek sıcaklıklarda pişirildiğinde camsı bir yüzeye dönüşür. Odun külünün ve kilin farklı oranlarda karışımı çok farklı çeşitlerde sır yapımında kullanılmıştır. Hammaddeler üzerine bilgilerin artmasıyla, yüksek sıcaklık sırlarını üretmek için kayaçlar, toz haline getirilip sır hammaddesi olarak kullanılmıştır.

İslam dünyasının sınırlarında düşük sıcaklıktaki sırlarda farklı renklerin kullanılmasıyla oluşan süsleme sanatı çeşitleri görülmüştür. Sırlı pişirimi yapılmış ürün üzerine iki dekorasyon prosesi kullanılmıştır. Birincisi; dumanlı lüster, ağır metalik tuzun azaltılmasıyla, eritilmiş ince metal parçasının inceltilmiş sırlı yüzeyine uygulanmasıyla yanardöner görüntünün oluşturulmasıdır. İkincisi, çok fazla renkli, sır üstü emaye olarak tanımlanır. Bir önemli gelişme; diğer kültürlerle hiçbir bağı olmayan, 15 ve 16 y.y.'da Almanya'da ortaya çıkan tuz sıradır. Bu, çömleğe çok sıcak bir fırında tuz atılmasıyla ve yeni bir yüzeyin getirilmesiyle oluşan tepkinin bağımsız gelişmesi gibi görünmektedir. Tuz, fırının içine atıldığında uçar ve içerisi dumanla kaplanır. Meydana gelen reaksiyonlarla, yüzeyde bir tür cam ve doku oluşturulur. Genellikle renksiz gri veya kahverengi renkte, geleneksel

görünüşünden çok az farklı olarak ortaya çıkar. İngiltere ve Fransa'da izole edilmiş bölgeler haricinde, yenilenmiş bir gelişme olarak ta ki 19 y.y. başlarında Kuzey Amerika'nın doğusuna göç eden Alman çömlekçiler bu tekniği getirene kadar yöresel bir gelenektir.

17 y.y. sonlarında çömlekçilikteki ana teknik avantajlarının büyümesi ve gelişmesi görülmüş ve birçok durumda, gelişmeleri moda olarak kabul edilmiştir. Ancak gerçek gelişme; uzun deneyimsel tarihin, bilimsel içeriklere yerleştirilme ihtiyacı duymasıydı. Alman kimyager Dr. Hermann Seger 19 y.y. sonlarına doğru sıra bilimsel bir yaklaşımla, Seger Formülünü geliştirmiştir. Bu karşılaştırılmalı sistem seramikteki farklı sır formülleri arasındaki karşılaştırmayı kolaylaştırmak için sanayide çok yaygın olarak kullanılmıştır (Hopper, 2001:10-12).

## 2. SERAMİK SIRLARININ SINIFLANDIRILMASI

Seramik ürünlere uygulanan sırlarının sınıflandırılması, sıra dair pek çok özelliği yansıtır. Sırların kimyasal bileşimleri, sırlanacak ürünün cinsi, Sırlı pişmiş ürünün yüzey özellikleri, sırların üretim yöntemleri, pişirim sıcaklıkları, fırın atmosferinin tipi, sırlın erime özelliği, sırlın üretildiği bölge veya sırlı keşfeden kişi, hazırlanma ve uygulama şekli gibi faktörlere bağlı olarak çok çeşitli şekillerde sınıflandırılabilirler.

Aşağıda bileşim, pişirim sıcaklığı ve ürün tipini içine alan bir sınıflandırmaya göre sır çeşitlerinden bazıları hakkında bilgiler verilmiştir.

### 2.1. ALKALİLİ SIRLAR

Seramikçiler tarafından kullanılan alkaliler; sodyum, potasyum ve lityum bileşikleridir. Doğada suda çözünmeyen bileşikler olarak veya diğer kompleks silikatlarla birlikte çok yaygın olarak bulunurlar. Kloritler, karbonatlar ve nitratlar doğal olarak bulunabilirler veya endüstriyel olarak hazırlanırlar. Çözünbilir karakterdedirler. Özellikle frit yapımında kullanılırlar. Alkaliler kuvvetli ergiticilerdir. Sırlın akışkanlığını arttırırlar (Tanışan, Mete, 1986:186-187).

Alkalili sırlar düşük sıcaklıkta ve yüksek sıcaklıkta gelişen sırlar olarak iki grupta incelenebilir. Düşük sıcaklı alkalili sırları, çömlekler üzerinde renkli dekoratif yüzeyler elde etmek için yüzyıllar boyunca kullanılmıştır. En güzel örneklerinin çok renkli Çin seramiklerinin yanı sıra, Mısır, Pers ve Mezapotamya'da görüldüğü en genel sır tipidir. Bu gruptaki sırların karakteristikleri; akışkan bir ergime ve camsı görünüme doğru bir eğilim,

yumuşaklık, çatlama eğilimi, sıra renklendirici oksit ilave edildiğinde parlak ve canlı renk özellikleridir.

Soda ve potas çok kuvvetli ergitici oldukları için sır içinde belirgin miktarda bulunmaları ergimeyi kolaylaştırır, ayrıca renklendiricilerin etkisini artırır. Parlak ve canlı renkler üretirler. Alkalili sırlarda bakır oksit; mavi, turkuaz ve mavi-yeşilin en güzel tonlarını verir. Eski Mısır seramiklerinde görülen ünlü “Mısır Mavisi”, bakırla renklendirilen alkalili bir sırdır. Kobalt, bu sırlarda yoğun bir mavi verir. Demir; saman rengi ve kahverenginin tonlarını, mangan; menekşe ve üzüm morunun renklerini oluşturur. Bu renklendirici oksitlerin renkleri, diğer sırlara göre alkalili sırlarda daha yoğun, parlak ve göz alıcıdır. Ancak bazı dezavantajları vardır. Bunlardan birincisi; yüksek alkali oranının çatlama neden olmasıdır. İkincisi; Feldspatların dışında, çözünmeyen sodyum ve potasyum kaynaklarının az olmasıdır. Düşük sıcaklık alkalili sırlarında feldspatlar önemli miktarda alümina ve silika içerdikleri için alkali kaynağı olarak kullanılmazlar. Soda külü, boraks bileşikleri veya sodyum ve potasyum içeren fritler kullanılır. Bu hammaddelerin suda çözünme özelliği söz konusu olduğu için genellikle friteleştirilmiş malzemelerin kullanımı en iyi çözümdür.

Yüksek alkalili sırlar yumuşaktır ve kolaylıkla çizilebilirler. Bu nedenle yüksek sertlik gerektiren ürünlerde kullanılmaları uygun değildir. Bu sırlarda pişirildikten sonra çok az çözünürlük gösterebilir. Başka bir oksit olmaksızın yalnızca soda ve silikadan oluşan camsı yapı çözünür özelliktedir. Sırlarda; hava, su veya zayıf asitlerle temasta sır yüzeyinde bozunmaya neden olduğu için çözünme istenmeyen bir özelliktir. Bu nedenle alkalili sırlarda çözünmeyi engellemek için mutlaka, yeterli miktarda toprak alkali oksit veya alüminanın bileşimde yer alması gerekir.

Alkalili sırlar sır bileşimine bağlı olarak saydam veya opak olabilirler. Eğer aşırı oranda silika içeriyorsa, şekere benzer, opak bir yüzey dokusu oluşur. Alkali oranı yüksek sırlar yüksek yüzey gerilimine sahip oldukları için, ergidiklerinde toplanma gösterebilirler (Rhodes, 1973:170-172).

## 2.2. KURŞUNLU SIRLAR

Kurşunlu sırların pek çok avantajları vardır. Erime aralığı geniştir. Güvenilir, kolay kontrol edilebilir, canlı ve parlak renkler üreten sırlardır. Yakın Doğuda M.Ö. 1000’lerde kurşunlu sırların keşfedilmesi, seramik tarihi için pratik olarak sırlı ürünlerin üretilebileceğini göstermesi açısından bir kilometre taşı olmuştur. O zamandan beri dünyanın her yerinde sırlı earthenware ürünlerin çoğu kurşunlu sırla sırlanmıştır (Rhodes, 1973:172).

Kurşun, günümüzde de hala popüler olan ve yaygın olarak kullanılan bir ergiticidir. İlk olarak ham haliyle (galena) ortaçağ boyunca Avrupa'da yaygın olarak kullanılmıştır. PbO'nun ergime noktası 880 °C'dir. Silikat karışımları için iyi bir eritici olan PbO, renk veren oksitler için iyi bir çözücüdür. Kırınım katsayısının yüksekliğinden dolayı, sıra yüksek parlaklık verir, Alkalilerle karşılaştırıldığında sıranın genleşme katsayısını ve viskozitesini düşürür. Kurşun bileşiklerinin çoğu zehirlidir.

Gıda maddeleri için üretilen seramik kapların sırlarının içinde PbO kullanılacak ise; bu gereksinim kesinlikle, sülyen, mürdesenk veya kurşun karbonat bileşiklerinden kaçınılmalıdır. Bunun yerine kurşun oksidin SiO<sub>2</sub> ile sırcalaştırıldığı ve zehirsiz olan kurşunlu sırcalar kullanılmalıdır. 1888 yılından itibaren geçerli olan kanunlarla, kurşunlu sırların çözünürlüğünü sınırlayan kurallar ortaya konmuştur. 1931 yılında, Haffner ve Pawletta tarafından yeniden yorumlanan ve düzenlenen kurşun çözünürlüğü ve sağlığa etkisi kanunu, bugünde çoğu ülkede geçerlidir. Bu kanuna göre, % 4'lük sirke asidinde en az 24 saat tutulan kurşunlu sır ile sırlanmış parçanın, her 100 cm<sup>2</sup> si için litrede en çok 3 mg kurşun açığa çıkmasına izin verilir. Kurşun silikat kökenli sırlarda sıırı oluşturan camın rengi sarıdır. Bunun nedeni, diğer hiçbir maddeye bağlanmadan çözünen kurşunun, sır içindeki serbest moleküllerinin konsantrasyonudur. Sarı rengin giderilmesi için, PbO'nun kısmen SiO<sub>2</sub> ve B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile bağlanması önerilebilir. Ayrıca, kurşun oksidin bir kısmının alkalilerle yer değiştirmesi de sıranın sarı rengini değiştirebilir (Parmelee, Cullen, 1951: 166–167).

Düşük sıcaklık sırlarında kurşunun miktarı, hemen hemen sırdaki bazik oksit oranının tamamıdır. SK 4-6 (1160-1200 °C) sıcaklık aralığında PbO oranı genellikle 0,3 mol'dür. 1200 °C'nin üzerinde kurşun, buharlaşma noktasına ulaştığı için, iyi sonuçlar alınmaz. Çünkü sırdaki kurşun içeriği buharlaşma ile yok olur. Yüzey sırlanmamış gibi (sırsız pişirilmiş) bir görünüm alabilir. Kurşunlu sırların renk alanı geniştir. Çoğu renklendirici oksit sıra ilave edildiğinde, yumuşak, parlak ve hoş renkler verir. Bakır; zengin, güzel çimen yeşillerini, manganez, yumuşak kahverengimsi morları üretir. Kahverengi ve kırmızımsı kahverengileri üretir. Demir % 2'ye kadar; devetüyü, bal ve amber renklerini, daha yüksek oranlarda; koyu amber, kahverengi ve kırmızımsı kahverengileri verir. Kurşunlu sırlar redüksiyon atmosferine dayanıklı değildir. Kolaylıkla metalik kurşuna indirgenebilirler ve rengi gri ya da siyaha dönüştürürler (Rhodes, 1973:172-179).

### 2.3. BORLU SIRLAR

Bor oksit kuvvetli bir akışkanlaştırıcıdır. Çözünmeyen birkaç doğal kaynağı vardır. Bu nedenle, genellikle sır reçetelerine frit formunda girer. Kolemanit; pratik olarak çözünmeyen bor oksit kaynağıdır. Dolayısıyla özellikle artistik çalışmalarda tercih edilen oldukça popüler bir sır malzemesidir. Ergime noktası çok düşük (yaklaşık 600 °C) olduğu için, çok düşük sıcaklık sırları borik oksit ile yapılır. Bor, kurşun ve soda kombinasyonları çok akışkan sırlar üretir. Bor içeren sırlar, renk açısından alkalili sırlara benzer sonuçlar verirler. Bor oranı yüksek olan sırlarda bakır bileşikleri, parlak yeşilimsi turkuaz, kobalt bileşikleri zengin koyu maviler oluştururlar. Bor oksit sırlara sütsü bir opaklık verir. Bu opaklık sıranın optik özellikleri nedeniyle oluşur. Sırda demir izleri (emprüte halinde) varsa sır renginde mavilik olabilir. Sıra bakır, rutil ve ilmenit gibi renklendiricilerin katkısıyla, bu sütsü mavilik farklı renk tonlarının oluşturulmasıyla avantaja dönüştürülebilir. Sonuçta çok cazip, ilgi çekiçi sırlı yüzeyler elde edilebilir. Yüksek oranda bor içeren sırlar, ergime esnasında kaynama eğilimi gösterebilirler. Kaynama fazının kalıntıları, benekli lekeler veya timsah derisi desenleri gibi dokular oluşturur. Bu yüzey dokusu, rutil ve çinko oksit ile zenginleştirilebilir. Renk dağılmasına rağmen, düz bir yüzey üzerinde çok dikkat çekici görünebilir (Rhodes, 1973: 180).

### 2.4. HAM VE FRİTLİ SIRLAR

Ham sırlar, frit içermeyen karışımlardır. Porselen, sağlık gereçleri, stoneware, earthenware ve farklı düşük genleşmeye sahip bünyelerde kullanılırlar. Esas olarak, feldspatlar, kil, kaolin, kuvars, kalsiyum karbonat bileşikleri, dolomit, çinko oksit ve zirkonyum silikat gibi hammaddelerden oluşurlar. Petalit, düşük genleşmeli ham sırlarda fluks olarak kullanılır. Bu sırlar, önceden oluşturulmuş herhangi bir camsı faz içermez. Bu nedenle, hammaddelerden gelen gazların (CO<sub>2</sub>, su buharı, CO vb.) bünyeden uzaklaşması, hatasız, düzgün bir sır yüzeyi elde etmek için, pişirim çevrimi esnasında gerekli zamanın verilmesi gereklidir. Ham sır (fritsiz sır), değişik özgül ağırlığa ve tane büyüklüğüne sahip olup, ayrı ayrı çökelp ayrışan çeşitli maddelerden meydana gelmiştir ( Taylor, Bull, 1986: 101-102).

Frit, sırda kullanılan ve önceden eritilip hazırlanarak sıra ilave edilen camdır. Sır reçetesine suda çözünebilir maddeleri ilave edebilmek ve zehirli maddeleri etkisiz hale getirmek, fritleştirilmenin iki önemli nedenidir. Fritleştirilmiş sırda ise bütün maddeler homojendir. Sır değirmenlerinde ilave edilen; kaolin, bentonit ve bazı organik maddelerle sıranın çökmesi engellenir. Böylece bünyeye daha kolay ve eşit kalınlıkta uygulanması sağlanır.

Piştirme sırasında fritleştirilmiş sır, daha düşük sıcaklıkta ve daha kısa zamanda olgunlaşır. Fritleştirilmiş sırlar; soda, potas, küherçile, borik asit, boraks vb. suda çözünen maddelerin beraberce eritilmesi ve bir kısım suda çözünmeyen maddelerin (kil, kaolin) daha sonra değirmende ilavesi ile meydana gelirler. Bu maddelere değirmen ilavesi denir. Amaç, fritin çökmesini engelleyip, süspansiyon halinde kalmasını sağlamaktır. Fritleştirilmiş sırlarda, sırtı oluşturan maddelerin büyük bir kısmı daha evvel erimiş ve zaman alan kimyasal reaksiyonlar önceden meydana gelmiş olduğundan sırlanmış parça üzerinde gelişmesi aynı bileşimdeki ham sırdan daha düşük sıcaklıktadır. Kurşunlu sırlara borik oksidin ilavesi, sırtın kimyasal ve fiziksel özelliklerini olumlu yönde değiştirir. Bu şekilde kurşunlu sırlarda görülen hafif sarılık tamamen kaybolur. Renksiz, saydam, sıcaklık değişimlerine, çizilmeye dayanıklı, parlak ve düşük sıcaklıklarda gelişebilen sırlar üretilir (Tanışan vd. 1986: 186-187).

### **3. SIRLARA ERİTİCİ OLARAK ETKİ EDEN OKSİTLER**

Ergiticiler (akışkanlaştırıcılar) yalnızca sırtın ergime özelliğinde değil, reçetedeki diğer bileşenler ve renklendiricilerle reaksiyona girerek, aynı zamanda sırtın yüzey kalitesi, rengi ve tekstürü üzerinde de önemli rol oynarlar. Bazı ergiticiler sır içinde tek başlarına çok iyi etki verirlerken, bazıları diğer bileşenlerle daha iyi etki verdiği için, ikincil veya yardımcı ergitici (veya akışkanlaştırıcı) olarak tanımlanır. Genelde bazik oksitler veya kimyasal sembollerinden dolayı alkali oksitler olarak bilinirler.

#### **3.1. SODYUM OKSİT ( $\text{Na}_2\text{O}$ )**

Sırlarda akışkanlaştırıcı ve ergitici olarak etki yapar, kimyasal olarak çok aktiftir. Düşük ve yüksek sıcaklıklarda gelişen tüm sırlarda kullanılan bir oksittir. Sodyum oranı yüksek olan sırlara renklendirici metal oksit katkısıyla parlak sırlar elde edilir. Sodyumun varlığı sırtlı yüzeyin renk ve parlaklığını artırır. Yüksek sodalı bir sır bakır oksit ilavesiyle oluşan turkuaz mavisi, bunun en belirgin örneklerindedir. Bu bileşimle üretilen renk, Mısır mavisi olarak bilinir. Alkali oksitler genel olarak çok yüksek genleşme katsayısına sahiptir. Sodyum, genleşme katsayısı en yüksek olanıdır. Bu nedenle, sodyum oranı yüksek olan sırlarda çatlama eğiliminin yüksek olduğu gözlenir. Ayrıca bu tip sırlar, yumuşaktır, aşınma ve çizilme eğilimleri yüksektir. Sodyum feldspatın (albit) dışında diğer doğal soda kaynakları çözünme özelliği gösterirler (Rhodes, 1973: 89).

### 3.2. POTASYUM OKSİT ( $K_2O$ )

Sodyum ve lityum ile birlikte üç kuvvetli alkalidendir. 800-1300 °C sıcaklık aralığında güçlü bir akışkanlaştırıcı ve ergitici etkisine sahiptir. Saf formlarında, ( $K_2CO_3$ ,  $KNO_3$ ) suda çözülebilir özellik gösterir. Bu hammaddeler düşük sıcaklık sırları için kullanılacaksa, fritleştirilmiş halde olmalıdırlar. Frit hammaddesi olarak kullanılırlar. Yüksek sıcaklık sırları için potasyum kaynağı olarak, çözünme özelliği olmayan potasyum feldspat (ortoglas) kullanılır. Potasyum, sırlarda iyi renklenme özelliği ve parlaklık sağlar. Erime aralığı sodyuma göre daha yüksektir. Isısal genişleme katsayısı sodyumdan daha düşüktür. Ancak yinede potasyumlu sırlarda da çatlama eğilimi vardır.

### 3.3. LİTYUM OKSİT ( $Li_2O$ )

Seramik çamur ve sırlarında kullanılan üçüncü kuvvetli alkalidir. Ancak, pahalı olması ve kolay bulunan bir hammadde olmaması nedeniyle daha az kullanılır. Sırlarda potasyum ve sodyum gibi davranış gösterir. Lityum oksit, aktif bir akışkanlaştırıcı ve ergitici olarak faydalıdır. Sodyum ve potasyuma benzer renk etkileri gösterir (bakırla, turkuaz maviler, az miktarda kobalt ile çok güzel pembe renk). Ancak soğuma esnasında daha fazla kristaller üretecek şekilde davranır. Yüksek lityumlu sırlarda, düşük genişmeden dolayı, çatlamanın tam tersi bir etki yaşanır. Sır alttaki bünyeden daha az genişler. Sırda toplanma etkisini artırır (Rhodes 1973: 89, Scott, 1998:65).

### 3.4. KURŞUN OKSİT ( $PbO$ )

Ergitici olarak her zaman geniş bir biçimde sır bileşimlerinde yer almıştır ve günümüzde hala popülerliğini devam ettirmektedir. İlk olarak, galena olarak bilinen ham formlarında kullanılmıştır. Kurşun içeren sırlar; düşük yüzey gerilimi, düşük viskozite, geniş pişirim aralığı, yüksek kırınım indisi ile karakterize edilir. Ucuz ve kolay temin edilebilmesinin yanı sıra pek çok özelliği ile tercih edilen ergiticilerden biridir.  $PbO$ 'in erime noktası 880 °C'dir. Kurşun oksit, kırınım katsayısı yüksek olduğu için sırlara parlaklık verir, alkali oksitlerle karşılaştırıldığında sırnın genişleme katsayısını düşürür. Ayrıca sırnın viskozitesini düşürür. Renk veren oksitler için iyi bir çözücüdür. Düşük sıcaklıklarda silika ile reaksiyona giren  $PbO$ , orta sıcaklıklarda da kullanılabilir. En büyük dezavantajı, zehirli olmasıdır. Gıda maddeleri için üretilen seramik kapların sırlarında  $PbO$  kullanılacaksa, gerekli olan  $PbO$  kesinlikle sülyen ( $Pb_3O_4$ ), mürdesenk ( $PbO$ ) veya kurşun karbonattan ( $PbCO_3$ ) alınmaz. Bunun yerine  $PbO$ 'in silikat haline getirildiği zehirsiz kurşunlu fritler (sırça)

kullanılır. Ya da ham kurşun içeren sırların kullanılmadan önce sırcalaştırılması gerekir (Arcasoy, 1983:154-166, Tanışan ve Mete, 1986:154).

### 3.5. BOR OKSİT ( $B_2O_3$ )

Borik oksit tek başına bir cam oluşturabilir. Ergitici ve ağ oluşturucu olarak çift taraflı kullanım özelliğine sahiptir. Ergitici olarak borun değeri, uzun zaman önce kabul edilmiştir. Sodyum ve kurşun okside göre düşük ergime noktasına sahip, güçlü bir ergiticidir. Sırlarda, düşük sıcaklıktan yüksek sıcaklıklara kadar farklı sıcaklık aralıklarında, ana bileşen veya yardımcı bileşen olarak günümüzde de halen yaygın olarak kullanılır. Yüksek oranlarda “Bor Tülü” adı verilen beyaz örtücülük yapar. Çeşitli renklendirici oksitlerle, zengin renk ve doku etkileri oluşturur. Metal oksitlerin renklendirici etkisini artırır, bu konuda sodyum ve potasyuma benzer bir etki gösterir. Bor oksit çözünmeyen saf halde bulunmaz. Sırlarda  $B_2O_3$  kaynağı olarak, tinkal, boraks, üleksit, kolemanit gibi bor mineralleri kullanılır.

Düşük genleşme katsayısından dolayı sahip olduğu için sırlarda çatlama engelleme rol oynar. CaO ile birlikte; çizilmelere karşı dirençli, parlak yüzeyli ve geniş erime aralığına sahip sırlar üretir.



## İKİNCİ BÖLÜM

### POMZA, TANIMI, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI

#### 1. POMZANIN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ

Pomza; gözenekli yapısı, hafifliği, yüksek izolasyon etkileri, atmosferik şartlara olağanüstü direnci ve yüksek puzzolanik aktivesi nedeniyle insanoğlunun geçmişten bugüne kullandığı en eski, doğal ve volkanik kökenli yapı malzemelerinden biridir (Resim:5-6). Pomza, İtalyanca *ponza*. Almanca *bimsstein*, İngilizce *pumice* olarak adlandırılır. Dilimizde süngertaşı, kisir, köpüktaşı, topuktaşı, hışırtaşı olarak da adlandırıldığı gibi bilimsel terminolojide dünyaca kabul görmüş pümis (pumice), pümisit (pumicite) olarak da adlandırılmaktadır. Genellikle, iri çakıl boyutuna *pümis*, kum ve daha düşük tane boyutlarına da *pümisit* denilmektedir. (Gündüz vd. 2005).



**Resim 5-6: Pomzanın Doğal Görüntüsü**



**Resim 7-8: Pomzanın Doğal Görüntüsü**

Kaynak: <http://www.alternatifarim.com/pomza.htm>,

<http://www.eoearth.org/article/Pumice>

Pomza; açık renkli, boşluklu, süngerimsi, volkanik olaylar neticesinde oluşmuş, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, gözenekli, silisli volkanik bir kayadır. Bir

başka deyişle, pomza çok poröz olan volkanik cam taşıdır. Ortalama ergime noktası 1343 °C'dir. 760 °C'nin altında herhangi bir hacim değişikliğine uğramaz. Bu sıcaklıkta dış yüzeydeki lifler buruşur, çekilir.

Pomza, ilk olarak milattan önce Yunanlılar ve daha sonra da Romalılar tarafından kullanılmıştır. Eski Yunanlılar ve Romalıların görkemli yapılarının birçoğunda hala gözlemlenebilmektedir. Roma duvarlarının inşaatında, su kanallarında ve daha pek çok anıtsal yapılarda kullanılmıştır. A.B.D'de kalıplaştırılmış pomza California'da 1851 yılından beri inşaatlarda kullanılmaktadır. Bu tarihten 1963 yılına kadar A.B.D'deki pomza endüstrisi 15 eyalette 103 işletmeye kadar genişlemiştir. San Fransisco yakınlarındaki Mercet Gölü'nde aşındırıcı pomza olarak kullanılmak üzere 1983'te 70 bin ton kadar üretilmiştir. Pomza, çimento ile karıştırılarak Los Angeles su kemerinin yapımında 1908'den 1918'e kadar kullanılmıştır. A.B.D'de hafif-yalıtımlı beton agregası olarak 1935'te kullanılmaya başlanmış ve kullanım oranı bundan sonra da düzenli bir artış göstermiştir.



**Resim 9: Pomza Tuğla**

Kaynak: <http://philippe.berger2.free.frBoisSystemes/Constructifs/Isolan/Isolants.htm>

Puzzolanik aktivitesinin yüksek oluşu sebebi ile puzzolan ve portland çimentoları ile karıştırılarak A.B.D'deki çeşitli barajlarda, su kanallarında ve baraj gövde inşaatında kullanılmıştır. A.B.D'de pomza yerli inşaat endüstrisinde yaygın olarak kullanılmasına rağmen diğer ülkelere nazaran geri kalmıştır. Almanya, II. Dünya Savaşından önce hafif bina yapım ünitelerinde sağlam bir dış ticarete sahip olmuştur. M.S. IV. yüzyıldan 1800'lere kadar Almanya'nın Ren Bölgesindeki şehirlere pomza kullanıldığı bilinmektedir. Almanya'da

1980 yılından önce önemli bir pomza üretimi söz konusuken son yıllarda üretimde önemli düşüşler görülmüştür (Tuncer vd. 2001: 269-276).

Sertliği mohs skalasına göre 5-6'dır. Kimyasal olarak % 75'e varan silis içeriği bulunabilmektedir. Pomzanın genel kimyasal bileşimi ; % 60-75 SiO<sub>2</sub>, % 13-17 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 1-3 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 1-2 CaO, % 7-8 Na<sub>2</sub>O - K<sub>2</sub>O ve eser miktarda TiO<sub>2</sub> ve SO<sub>3</sub>'den oluşmaktadır. Kayacın içerdiği SiO<sub>2</sub> oranı kayaca aşındırma özelliği kazandırmaktadır. Bu özelliğinden dolayı çeliği rahatlıkla aşındırabilecek bir kimyasal yapı sergileyebilmektedir. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bileşimi ise ateşe ve ısıya yüksek dayanım özelliği kazandırmaktadır. Na<sub>2</sub>O ve K<sub>2</sub>O tekstil sanayiinde reaksiyon özellikleri veren mineraller olarak bilinmektedir. Asidik ve bazik volkanik faaliyetler neticesinde iki tür pomza oluşumu mevcuttur: Bunlar asidik pomza ve bazik pomzadır. Diğer bir deyişle bazik pomzaya bazaltik pomza veya scoria da denilmektedir. Bazaltik pomza koyu renkli, kahverengimsi siyahımsı olabilmektedir.

Özgül ağırlığı 1-2 gr/cm<sup>3</sup> civarındadır. Yeryüzünde en yaygın olarak bulunan ve kullanılan türü olan asidik pomza beyaz kirli görünümde ve grimsi beyaz renktedir.



**Resim 10: İtalya'da Bir Pomza Maden Ocağı**

Kaynak: <http://www.panoramio.com/photo/25089584>

Asidik magma, bazik magmaya nazaran daha viskozdur ve yüksek silis içerir. Bazik magmanın sıvı olduğu sıcaklıklarda asidik magma katı halde bulunur. Bu nedenle volkanik aktivitenin durduğu zamanlarda magma akışı da durarak asidik kayaç ve kütleler oluşur. Volkanik baca içinde tıkanma sonucu doğal basınç birikimleri oluşur. Bu olay bir volkanın genel aktivite karakteristiğini sergiler. Basıncın artmasıyla asidik malzeme ile birlikte magmadaki erimiş gazlar büyük patlamalar şeklinde bacadan püskürmeye başlar. Ani basınç serbestleşmesi ani genişlemeleri oluşturur. Bu esnada bünyedeki uçucu bileşenlerin ani olarak

kaçmasına neden olur. Uçucuları takiben, arkada kalan erimiş küresel parçalar, atmosferle temas eder etmez hızla soğurlar.



***Resim 11: Pomzanın Doğal Görüntüsü***

Kaynak: <http://ithinkmining.com/2008>

Böylelikle pomza oluşur ve volkan aktivitesi sonrasında genellikle volkan krateri zamanla bir krater gölü şekline dönüşebilmektedir. Burada pomza oluşumunu kontrol eden faktörler;

- Püskürme süresi,
- Ara süreler,
- Magmanın ısısı,
- Magmadaki erimiş gaz miktarı,
- Püsküren malzemenin soğuma zamanıdır.

Bu oluşan pomza parçaları volkan bacalarının yakınından itibaren uzaklara doğru hava akımının da etkisiyle, eski yüzey şekline uygun olarak depolanır. Bu şekilde oluşmuş pomza yatakları zamanla akarsular tarafından taşınarak uygun havzalarda depolanabilir. Bu yatakların içeriğinde % 1-3 oranında andezit, traki-andezit, bazalt, obsidyen gibi volkanik kayaç parçaları bulunur. İkincil durumda oluşan pomza yataklarında ise yabancı maddeler daha fazla olabilmektedir. Pomzada taşınma mekaniği, basitleştirilmiş olarak üç ana grupta ele alınabilmektedir.

1. Düşme (Buluttan çökme) ile yığılma

## 2. Fırlatma ile yığılma

## 3. Akma ile yığılma

Düşme ile yığılmada sınıflandırma iyi bir değişim sergilemekte, tane büyüklükleri de dar aralıklarda kalmaktadır. Pomza oluşum tabaka kalınlıkları çok ince olup, cm ve dm ile simgelenebilmektedir. Ayrıca, tabaka kalınlıkları tepelerde ve düzlüklerde aynı kalınlığı göstermektedir. Fırlatma ile yığılma şeklinde oluşmuş pomza oluşumlarında ise, bazen düzgün ve yer yer birbiri içine itilmiş tabakalar ve arada bazaltik kayaç sokulumları ve patlama, çarpmanın etkisi ile yapıda parçalanma ve sıkışma görülmektedir. Akma ile yığılma şeklinde oluşmuş pomza yataklarında ise, genel olarak masif strüktür, tabakalarda yoğun kötü bir ayrışma ve boyut sınıflandırması yok denilecek kadar az bir olgu izlenebilmektedir. Bu oluşumun en açık göstergesi ise gang mineralleri alt katmanda kalırken, pomzanın ise serbest halde üst katmanda yer almasıdır (Tuncer vd. 2001: 269-276).

Asidik karakterli pomzalarda silis oranı daha yüksek olup, inşaat sektöründe yaygın kullanım alanı bulabilmektedir. Diğer taraftan bazik karakterli pomzalar da alüminyum, demir, kalsiyum ve magnezyum bileşenleri daha yüksek oranda bulunması nedeniyle diğer endüstriyel alanlarda (örneğin gübre sanayiinde kek maddesi olarak, toprak ıslahı amacıyla tarımda vs.) kullanım alanı bulabilmektedir.

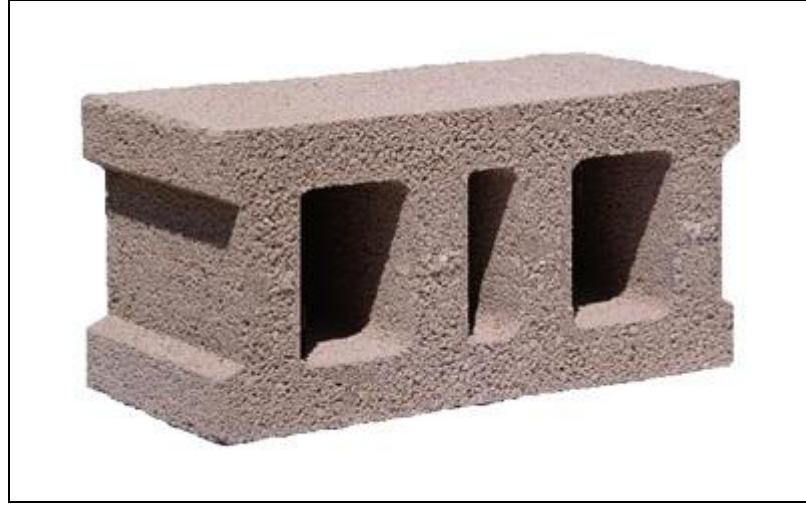
## **2. POMZANIN KULLANIM ALANLARI**

Pomza başlıca şu alanlarda kullanılmaktadır:

- İnşaat alanı
- Tekstil alanı
- Tarım alanı
- Kimya alanı
- Diğer endüstriyel ve teknolojik alanları

## 2. 1. İNŞAAT ALANINDA POMZA KULLANIMI

Pomza, ülkemizde ve dünyada geniş anlamda inşaat sanayiinde kullanılmaktadır. Ülkemizde üretilen pomzanın % 80'i iç piyasada inşaat endüstrisinde hafif beton agregası olarak tüketilmektedir. Pomza, genellikle perlitin kullanım alanı bulduğu alanlarda kullanılabilir. Perlit gibi genişletmek ve dolayısıyla enerji ve yatırım gerekmediğinden, inşaat alanında son yıllarda kullanımını hızla yaygınlaşmaktadır. Bu artışın elbette somut nedenleri vardır.



**Resim 12: Pomza Yapı Tuğlası**

Kaynal: <http://www.tuzunleryapi.com/ponzablok>

Pomza normal kum ve çakılın 1/3-2/3'ü kadar yoğunluğa sahiptir. Aynı durum pomza ile yapılan betonlarda da görülür. Pomza betonu normal betondan hafif olması nedeniyle zaman ve işçilikten tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca zemin mekaniği açısından, temele binen yükler dikkate alındığında % 17 civarında inşaat demirinden tasarruf sağlar. Pomzanın ısı iletkenlik katsayısı dikkate alındığında, normal betondan 6 kat daha fazla yalıtım sağladığı tespit edilmiştir. Bu özelliğinden dolayı yaşam ve iş mekânlarında kullanımını ile büyük çapta enerji tasarrufu sağlamaktadır. Pomza, her geçen gün yeni bir kullanım alanı bulan bir hammaddedir. Pomza adı verilen ve bazen de volkan külü, volkan tozu olarak adlandırılan ince taneli olanları çimentoda katkı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Pomza için bu alanda kullanım imkânı veren özelliği, onun yüksek puzolonik aktivite göstermesidir.

Geçmiş yıllarda yapılan bir çalışmada; pomza kullanılarak, kumlu karışımlarla karşılaştırmalı dayanım, yanma, donma ve ısı iletkenlik deneyleri yapılmıştır. Bu deney sonuçlarından pomza yapılan sıvanın;

- Kum ile yapılan sıvaya göre 2 kat fazla basınç dayanımına sahip olduğu,
- Yangından sonra kum sıvaya göre 5 kat fazla basınç dayanımı gösterdiği,
- Dondan sonra kum sıvaya göre 3 kat fazla basınç dayanımına sahip olduğu,
- Kum sıvaya göre ısı iletkenliğinin yarı yarıya düşük olduğu ve yaklaşık 3-4 kat ısı ve ses tasarrufu sağladığı saptanmıştır.



***Resim 13: Isı Yalıtımında Pomza***

Kaynak: <http://www.alternatifmantolama.com/tag/pomza>

Pomza, ülkemizde ve pek çok Avrupa ülkesinde yaygın olarak hafif yapı elemanı üretiminde kullanılmaktadır. Hafif tuğlalar, bloklar, paneller ve diğer kullanım şekilleri inşaatta kullanılan harç ve inşaat demirinden tasarruf sağladığı gibi inşaatlarda önemli oranda ısı ve ses izolasyonu sağlamaktadır. Ayrıca yangına dayanıklılık açısından da normal betona kıyasla daha dayanıklıdır.

## 2.2. TEKSTİL ALANINDA POMZA KULLANIMI

Tekstil alanı, günümüzde ülkemiz endüstrisinde en önemli paya sahip alan olma konumuna gelmiştir. Tekstil alanının bazı dallarında pomza, aranan ve azımsanmayacak miktarlarda tüketilen önemli girdi hammaddelerinden biri olmuştur. Kot taşlama olarak bilinen bu işlemden kot kumaşlarının renklerinin açılması (ağartılması) ve kumaşın yumuşatılması yapılmaktadır.



**Resim 14: Tekstil Alanında Pomzanın Kullanımı**

Kaynak: <http://www.blokbimsmadencilik.com/tek.html>

Kot taşlama işleminde 0.5 kg/giysi miktarında pomza tüketilmektedir. Bu sektörde kullanılan pomzanın belirli fiziko-kimyasal özellikleri taşınması istenir. Bu özellikler şu şekildedir;

- Pomza orta sertlikte olmalı ve kırılmadan ezilmelidir,
- Minerolojik yapısında pomzadan sert mineral olmamalıdır, (kumaşı çizmemelidir)
- Yabancı madde içermemeli, kimyasal yapısında içerdiği  $Fe_2O_3$ ,  $K_2O$  ve  $Na_2O$  miktarları istenilen limitlerde olmalıdır, (kumaşı boyamamalıdır)
- Kuru, yüksek poroziteli ve yuvarlatılmış olmalıdır,
- Kullanılan pomzanın kalitesi standart olmalıdır,
- Beyaz renkte ve suda belirli süre yüzme kabiliyetine sahip olmalıdır,
- Su emme miktarı, istenilen limitlerde olmalıdır.

### 2.3. TARIM ALANINDA POMZANIN KULLANIMI

Pomza, gelişmiş ülkelerin çoğunda tarımda kuraklığa çare olarak başvurulan seçeneklerden bir tanesidir. Bünyesine aldığı suyu uzun müddet muhafaza ederek sürekli olarak nemli bir ortamın oluşmasını sağlar. Su tüketimini azalttığından yaygın şekilde kullanılmaktadır.





***Resim 15: Tarım Alanında Pomzanın Kullanımı***

Kaynak: <http://www.alternatiftarim.com/topraksiz.htm>

Bugün su kaynakları yetersiz olan İsrail, Suudi Arabistan, Kuveyt gibi ülkelerde, iklimin sıcak olması ve sulama suyunun da aşırı buharlaşmasından kaynaklanan su kaybının önüne geçilebilmesi için toprağın altında belirli bir derinlikte ve belirli bir kalınlıkta serilen pomza tabakası içerisine (yastıklama), toprak altından su verilerek, bitkilerin ihtiyacı olan suyun direkt olarak köklere ulaşması sağlanmakta ve buharlaşmadan kaynaklanan su kaybının önüne geçilmektedir.

Toprağın su tutma özelliğinin iyileştirilmesi (hidrokültür) özellikle su problemi olan bölgeler için çok önemlidir. Perlit 600-1200 °C arasında; kil 1200 °C'de genişletilerek tarımda kullanılmaya uygun hidrokültür hammaddesi haline dönüştürülmektedir. Pomza ise, doğal halde bir hidrokültür hammaddesi olduğundan maliyeti genişletilmiş perlit ve kile kıyasla çok daha düşüktür. Son yıllarda bu konuda bazı Avrupa ülkeleri (Hollanda, İsveç, vb) ve Japonya bu tip araştırmaları kapsamlı bir şekilde yürüten ülkelerin başında gelip bu ülkelerde topraksız -veya çok az toprakla- ve çok az su ile bitki yetiştirilmektedir.



***Resim 16: Tarım Alanında Pomzanın Kullanımı***

Kaynak: <http://www.teknolojidersi.com/2010/02/07/pomzada-tarim>

Ülkemizde bu alandaki çalışmalar henüz daha deneme safhasındadır. Pomza, tarımda hem ucuz hem de özellikleri açısından bitkiler için önemli bir hammadde durumundadır. Tuttuğu suyu, nemi, içinde bulunduğu ortama göre ayarlayarak gerektiğinde bitkiye verebilen pomzanın bu alanda kullanılabilmesi için, bazı özelliklerinin uygun olup olmadığının (su tutma faktörü, besin emme özelliği, gözenek durumu, granül-parça yoğunluğu, tane boyutu vb) analizi gerekmektedir. Öte yandan sıvı gübre kullanımı söz konusu olduğunda pomza gübre kaybını minimuma indirdiği gibi, yeraltı su kaynaklarının kirlenmesinin de önüne geçmektedir.

#### 2.4. KİMYA ALANINDA POMZA KULLANIMI

Günümüzde pomza aşağıda sunulan kimya endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır;

- Tarım ilaçları ve kibritle sanayiinde taşıyıcı olarak,
- Gübre sanayiinde gübrenin topaklaşmasının önlenmesinde antikek maddesi olarak,
- Diş macunlarında ve dişçilikte parlatma keki ve tozu olarak,
- Birçok alanda absorban malzeme olarak,
- Temizlik ve deterjan sanayiinde katkı malzemesi olarak,
- Özel tip boyalarda (akustik ve yalıtımlı boyalarda, pürüzlü duvar kaplamalarında, trafik boyalarında, kaymaz tip boyalarda) katkı malzemesi olarak kullanılmaktadır.



**Resim 17: Kimya Alanında Pomza Kullanımı**

Kaynak:

<http://www.google.com.tr/imgresq/bimsstein/chemie&hl/tr&sa/X&biw/1366&bih/665&tbn/isc&prmd/imvns&tbnid>

## 2.5. DİĞER ENDÜSTRİYEL VE TEKNOLOJİK ALANLARDA POMZANIN KULLANIMI

- Kuyumculuk, metal, cam ve plastik sanayinde abrasif (aşındırıcı),
- Televizyon tüpleri, elektronik devre ve çiplerin üretiminde hassas temizleme maddesi,
- Yol tutucu-kaymaz tip oto lastikleri üretiminde katkı,
- Asfalt kaplamalarda (özellikle sıcak iklimli bölgelerde yüzey bitüm kusmayı engelleyici katkı maddesi)
- Karayollarında; buzlanmaları kontrol altına almada,

Dekoratif ve yalıtımlı hafif tavan kaplama malzemelerinin imali gibi pek çok sektörde kullanım imkânı bulmaktadır. Ayrıca günümüzde seramik malzemelerin sır tabakalarının yapımında refrakter malzeme, hafifizo-akustik sıva imalinde, biyo teknoloji alanlarında absorban malzeme olarak ve su arıtım teknolojisi gibi pek çok alanda kullanımına ilişkin çalışmaların da sürdürüldüğü bilinmektedir (Tuncer vd. 2001: 269-276).

### 3. POMZA ÜZERİNE YAPILAN ARAŞTIRMALAR

Pomza çok farklı sektörlerde kullanım alanı bulan hammadde olduğu için, bu malzeme ile ilgili olarak geçmişten bu yana pek çok araştırma yapılmıştır. Günümüzde de pomza ile ilgili araştırmalar devam etmektedir.

Ulusoy, pomzayı, genleştirilmiş perlit ve diyatomit ile portland çimentosu içeren monolitik refrakter malzemelerin geliştirilmesinde kullanmıştır (Ulusoy, 2004: 89-96).

İ. Demir ve M. Orhan; Afyon bölgesi killeri ile pomza kumu karışımının, tuğla üretiminde kullanım olanaklarını incelemiştir. Bu amaçla üç farklı karışım hazırlanmış ve bunlardan elde edilen laboratuvar örneklerine T.S.E. standartlarına göre testler uygulanmıştır. Test sonuçları standart değerlerle karşılaştırılarak üretilen örneklerin inşaat sektörü açısından uygunluğu araştırılmıştır. Deneysel çalışmalar sonucunda: (B) serisi örneklerde su emme oranının arttığı ve basınç mukavemetinin düştüğü saptanmıştır. Ayrıca tuğlanın birim hacim ağırlığında düşme gözlenmiş, hafif ve yalıtkan yapı malzemesi üretiminde değerlendirilebileceği saptanmıştır. (C) serisi örneklerinde tuğlanın su emme oranı artarak olumsuz etkilendiği, buna karşı basınç mukavemeti bakımından olumlu yönde geliştiği saptanmıştır.

Pomzanın kapalı gözenekli yapısının tuğla ürünün bünyesinde de gözenekli bir yapı oluşturacağı ve tuğlanın ısı yalıtım değerinin artacağı, bu nedenle pomza katkılı tuğlada ısı yalıtım değerinin araştırılması konusunda ayrı bir çalışmanın yapılmasının yararlı olacağı ifade edilmektedir (Demir, Orhan 2001).

Demir, Kibici ve Yıldız; Osmaniye-Ceyhan Yöresi bazik pomzasının, yapı tuğlası üretiminde kullanılması, Aksay ve ark. İse İzmir- Menderes Yöresi Asidik pomzasının tuğla olarak değerlendirilmesi konusunda çalışmalar yapmışlardır.

Yersel, Töre ve Tomsuk; yer karosu kompozisyonlarındaki ergitici feldspata alternatif olarak pomza hammaddesinin farklı oranlarda yer karosu çamur reçetesine ilave edilerek standart albitli reçeteyle karşılaştırmak suretiyle kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Genel olarak pomzanın, bileşiminde  $K_2O$  ve  $Na_2O$  bulunması nedeniyle, albit ile karşılaştırıldığında daha düşük sıcaklıklarda ergime davranışı gösterdiği, dolayısıyla buna bağlı olarakta sinterleme sıcaklığının düşürülmesiyle enerji tasarrufunun sağlanacağı ifade edilmektedir. Nevşehir ve Isparta pomzalarının yer karosu bünyesinin fiziksel ve mekanik özelliklerini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir (Yersel, Töre, 2001:91-96).

Poyraz ve diğeri; Isparta pomzasının, sırlı tuğla kiremit ürünlerin sır bileşimlerinde kullanılması üzerine yaptıkları çalışmalarda başarılı sonuçlar almışlardır (Poyraz, Töre, Erginel, Ay 2003:244-250).

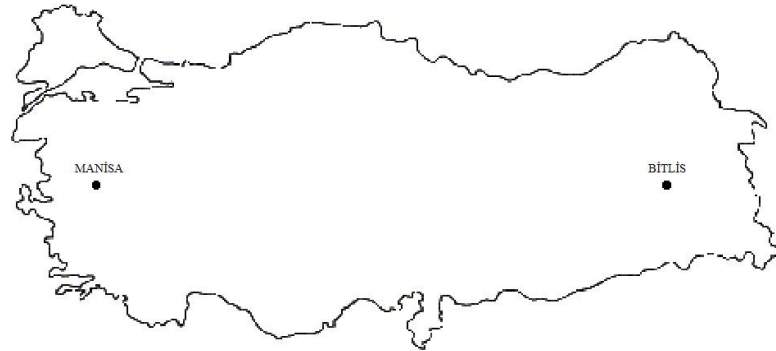
Özmen, pomzanın vitrifiye seramik üretiminde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Vitrifiye seramik çamuruna sodyum ve potasyum feldspata alternatif ergitici olarak düşük ergime sıcaklığına sahip pomza ilave edilerek yeni reçetelerden elde edilen çamur, yarı mamul ve mamullerin özellikleri incelenerek pomzanın mamule etkileri incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda pomza ilavesi ile bünyelerin mekanik özelliklerinin olumlu yönde geliştiği, sinterleme sıcaklığının düşürülebileceği ve daha az ergitici kullanarak hammadde tasarrufu sağlanacağı sonuçlarına ulaşılmıştır ( Özmen, 2007).

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SERAMİK UYGULAMALAR

#### 1. POMZANIN KİMYASAL, MİNERALOGİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada kullanılan pomza örnekleri; Bitlis-Tatvan ve Manisa-Gökçeören'den temin edilmiştir. Bu ocakların konumları Şekil 1'de verilen yerbulduru haritasında, ocaklara ait görüntüler resim 18-20 arasında gösterilmektedir.



*Şekil 1. Pomza örneklerinin alındığı bölgeler*



*Resim 18: Bitlis Tatvan Pomza Ocağı (1)*



*Resim 19: Bitlis Tatvan Pomza Ocağı (2)*



**Resim 20: Gökçeören Pomza Ocağı**

Çalışmada kullanılan pomza örneklerinin kodları, örnek alım lokasyonları ve petrografik adları Tablo 1’de yer almaktadır.

**Tablo 1. Pomza örneklerinin isimlendirilmesi ve bölgelerinin dağılımı**

Örnek Kodları	Lokasyon Kodu	Örnek Lokasyonu	Örnek Adı
GK	1 Nolu	Gökçeören	Bazik Pomza (Koyu Renk)
GA	2 Nolu	Gökçeören	Bazik Pomza (Açık Renk)
TB	2 Nolu	Bitlis-Tatvan	Bazik Pomza

Numuneler parçacık çapları 0,3-1,5 cm aralığında değişen irili ufaklı pomza taşlarından seçilmiştir. Pomza taşlarından 500 gr tartılarak değirmende 2 saat sulu öğütülme işlemine alınmıştır. Daha sonra numune 100 meşlik elekten geçirilerek deneye hazır hale getirilmiştir (Resim:21).



*Resim 21: Bitlis-Tatvan Yöresi Pomzası*

Arazi çalışmaları sırasında toplanan örnekler; kurutma, kırma ve öğütme gibi bazı ön işlemlerden geçirildikten sonra kimyasal analiz (XRF), ısı mikroskobu ve dilatometre analizleri yapılmış, 1200 °C’ deki ergime ve renk davranışları belirlenmiştir.

### **1.1. KİMYASAL ANALİZ**

Pomza örnekleri, kırılıp öğütüldükten sonra 100 meşlik elekte bakiye bırakmayacak tane boyutuna getirilmiştir. Kimyasal incelemeler için hazırlanan pomza örneklerinin kimyasal analizi XRF (Rigaku ZSX Primus) cihazında yapılmıştır.

Pomza örneklerinin kimyasal analizinde, oksit bileşenleri belirlenmiştir. En önemli bileşenlerden SiO<sub>2</sub> ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarı sırasıyla % 44,07-45,20 ve % 16,11-17,90, toplam alkali oksit miktarı % 4,78-8,30 arasındadır. Silikanın yüzdesi ne kadar yüksekse pomzanın saflığı da o oranda yüksektir denebilir. Ayrıca demir oksit miktarının fazla olması hem renk olarak pomzanın rengini koyulaştırır ve hem de pomzanın yoğunluğunu artırır ki, bu yüksek dereceli sıklarda rengin daha doymuş olmasına neden olmaktadır.



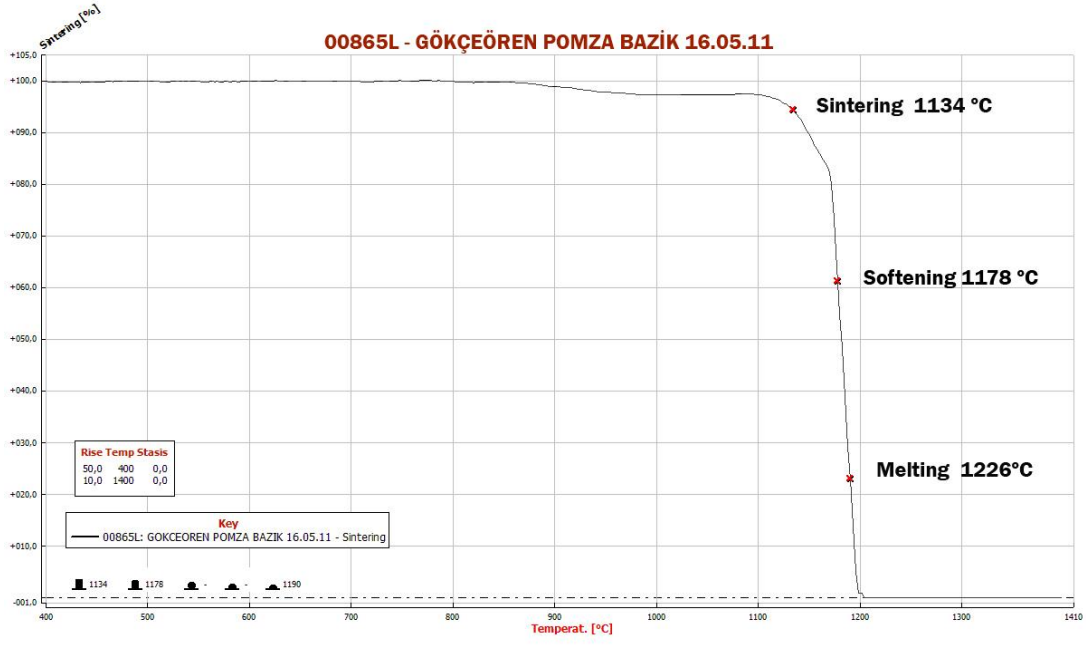
**Tablo 2. Pomza örneklerinin kimyasal analizi (ağırlıkça %)**

<b>Kimyasal Bileşen (% Ağırlık)</b>	<b>GK</b>	<b>GA</b>	<b>TB</b>
SiO <sub>2</sub>	44,07	44,10	45,20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,11	17,90	16,47
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,86	9,80	12,82
CaO	9,40	9,45	10,11
MgO	7,96	5,16	7,42
Na <sub>2</sub> O	5,45	5,75	3,98
K <sub>2</sub> O	2,85	2,44	0,80
TiO <sub>2</sub>	2,16	2,25	2,12
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,93	1,11	0,29
MnO	0,19	0,19	0,19
Kızdırma Kaybı	0,98	1,81	0,58
Toplam	99,96	99,96	99,98

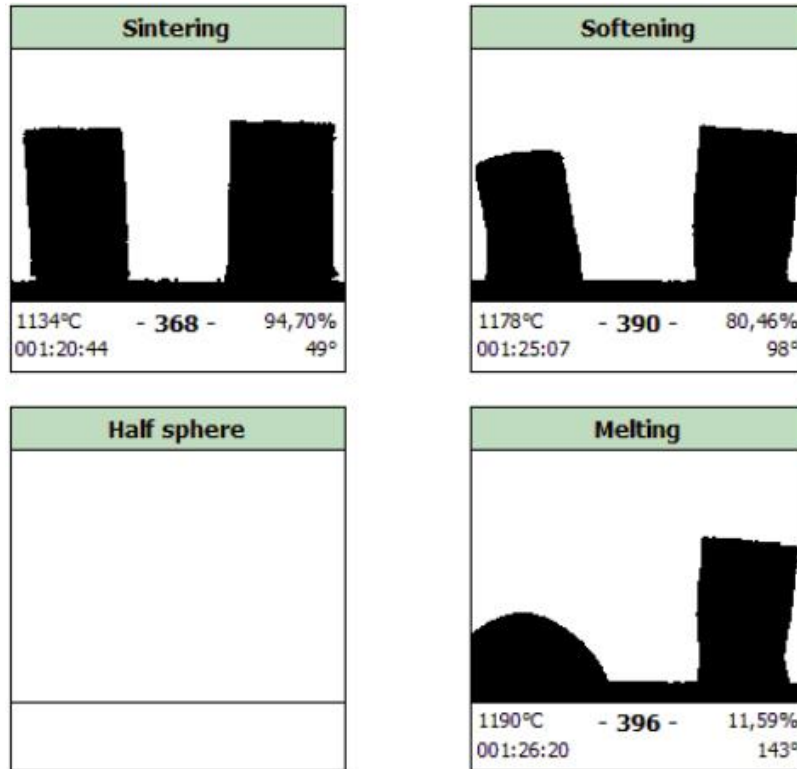
## **1.2. ISI MİKROSKOBU ANALİZİ**

Pomza örneklerinin optik dilatometre ve ısı mikroskobu analizi Misura 3.32/ODHT-HSM 1600/80 model cihazıyla Seramik Araştırma Merkezinde (SAM) yapılmıştır. Analiz optik dilatometre ve ısı mikroskobu cihazı 80K/d ısıtma hızıyla 1400°C' de, 5,0×5,0×15,0 mm boyutlu örnekler ile gerçekleştirilmiştir. Bu analizle farklı sıcaklıklarda fırınlanan örneklerin fiziksel değişimleri gözlenmiştir.

Manisa-Gökçeören bölgesi pomza ocağından alınan ve GK olarak kodlanan pomza örneğinin ısı mikroskobu sonuçları Şekil 2 ve 3'de verilmiştir. Buna göre GK örneğinin sinterleme sıcaklığı 1134 °C, yumuşama sıcaklığı ise 1178 °C ve ergime noktası sıcaklığı 1190 °C'dir.

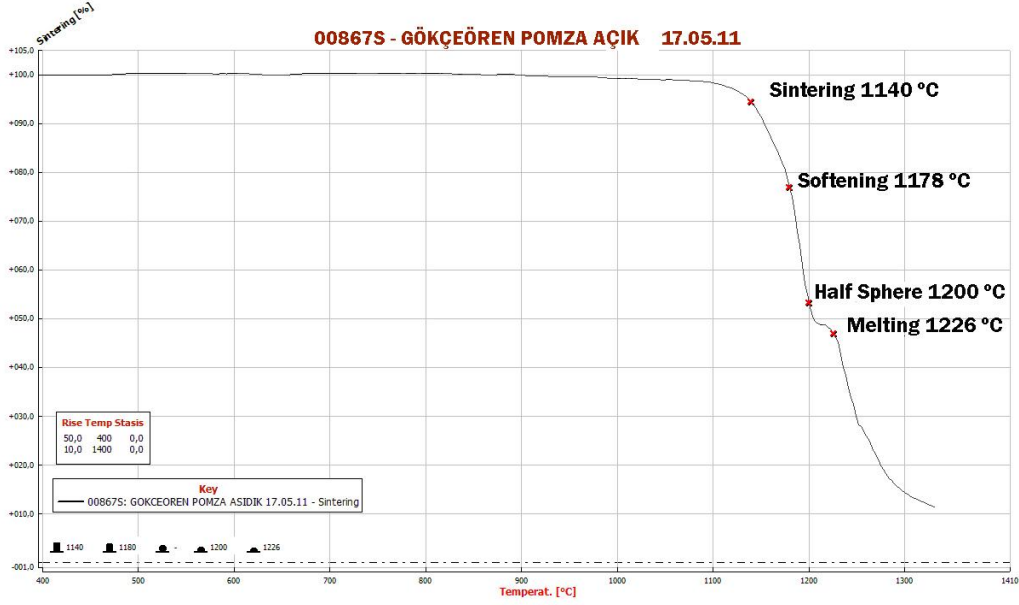


*Şekil 2. GK (Gökçeören K) pomza örneğinin ısı mikroskobu eğrisi*

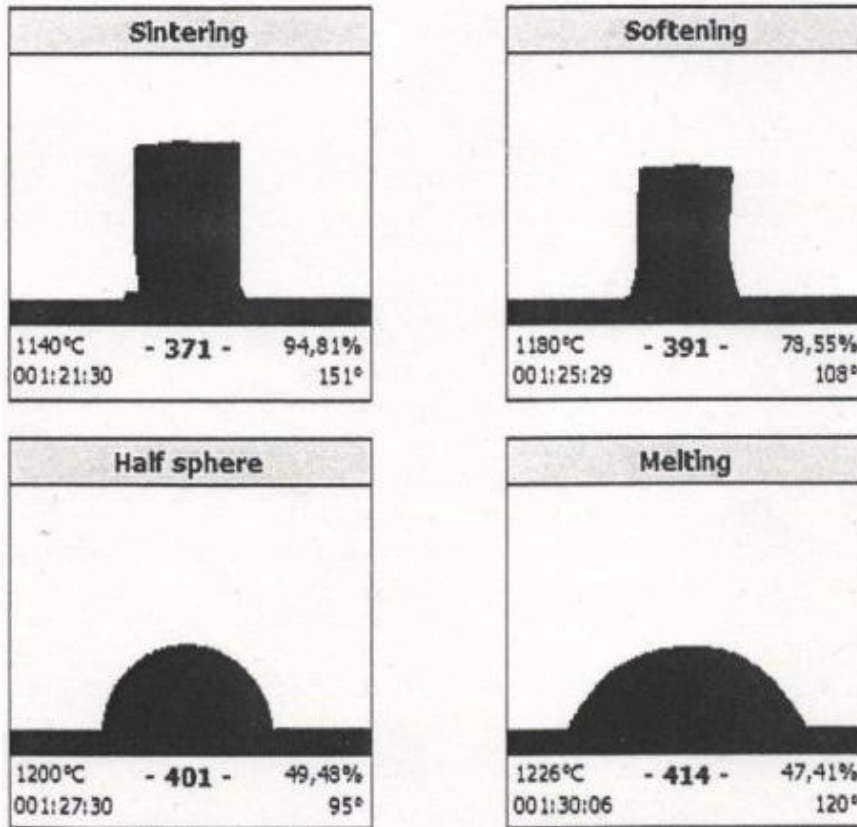


*Şekil 3. GK pomza örneğinin ısı mikroskobu görüntüsü*

Manisa-Gökçeören bölgesi pomza ocağından alınan, GA olarak kodlanan pomza örneğinin ısı mikroskobu sonuçları Şekil 4 ve 5’da verilmiştir. Buna göre GA pomzası, sinterleme sıcaklığı 1140 °C, yumuşama sıcaklığı ise 1180 °C, yarım küre sıcaklığı 1200 °C ve ergime noktası sıcaklığı 1226 °C’dir.

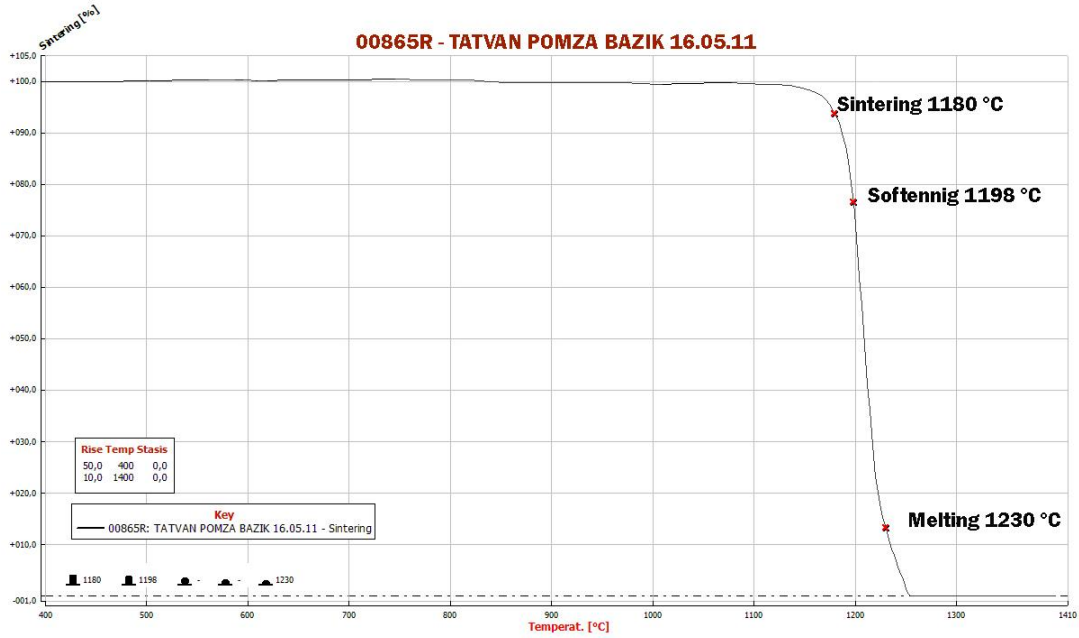


Şekil 4. GA (Gökçeören A) pomza örneğinin ısı mikroskop eğrisi

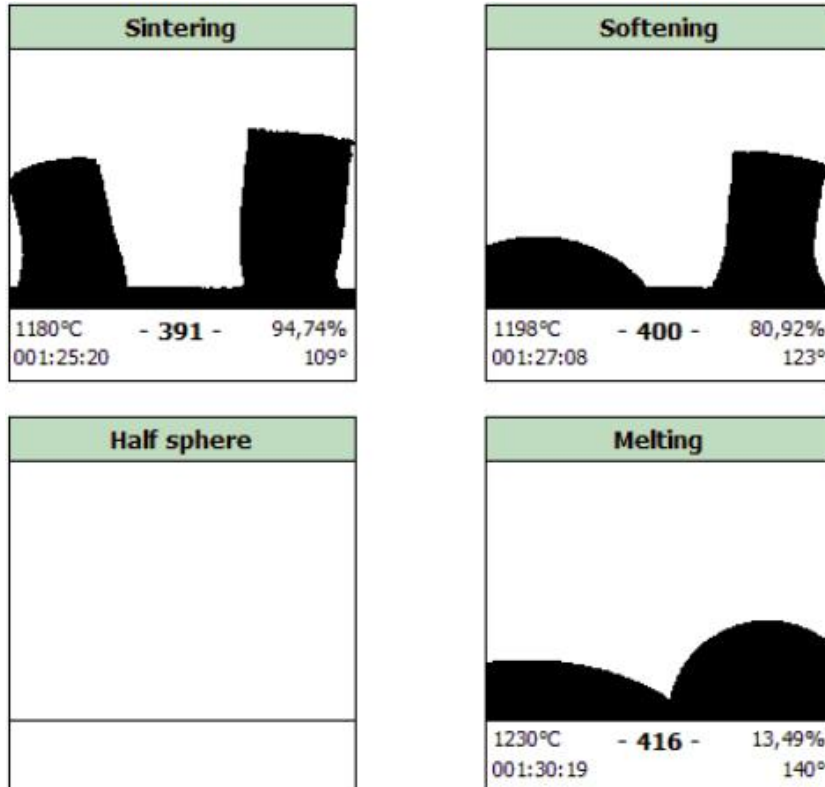


Şekil 5. GA (Gökçeören A) pomza örneğinin ısı mikroskobu görüntüsü

Bitlis-Tatvan bölgesi pomza ocağından alınan, TB olarak kodlanan pomza örneğinin ısı mikroskobu sonuçları Şekil 6 ve 7’de verilmiştir. Buna göre TB pomza örneğinin sinterleme sıcaklığı 1180 °C, yumuşama sıcaklığı ise 1198 °C ve ergime noktası sıcaklığı 1230 °C’dir.



Şekil 6. TB (Tatvan bazık) pomza örneğinin ısı mikroskop eğrisi



### **Şekil 7. TB (Tatvan bazik) pomza örneğinin ısı mikroskobu görüntüsü**

Pomza örneklerinin termal özelliklerini karşılaştırdığımızda en düşük sinterleşme 1134 °C ile GK örneğinde görülürken en yüksek sinterleşme 1180 °C ile TB örneğinde gerçekleşmiştir (Tablo 3).

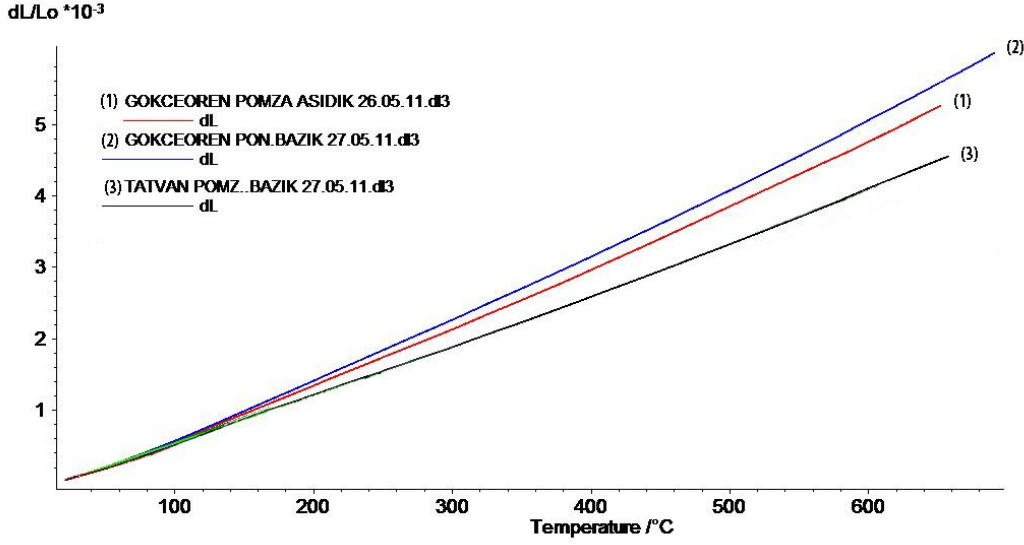
**Tablo 3. Pomza örneklerinin ısı mikroskobu sonuçları**

Pomza Kodlar	Sinterleme Sıcaklığı (°C)	Yumuşama Sıcaklığı (°C)	Yarım Küre Sıcaklığı (°C)	Ergime Sıcaklığı (°C)
GK	1134	1178	-	1190
GA	1140	1180	1200	1226
TB	1180	1198	-	1230

### **1.3.DİLATOMETRE (LİNEER ISIL GENLEŞME KATSAYISI TAYİNİ) ANALİZİ**

Pomza örneklerinde 0–1000 °C aralığında Dilatometre analizi, LINSEIS L-75/1000 model cihazıyla Seramik Araştırma Merkezinde (SAM) gerçekleştirilmiştir. Bu analizde pomzanın sıcaklık karşısında bünyesinde meydana gelen boyutsal değişimlerin (genleşme ve büzülme) ölçümleri yapılmıştır. Tamamen bilgisayar kontrollü dilatometre cihazı 20 °C/dk ısıtma hızıyla 700 °C’de gerçekleştirilmiştir. Analizde 30-38 mm boyutlarında örnekler kullanılmıştır.

Sır ve çamur bünyeleri arasında uyum sağlanmasında, en önemli faktörlerden biri de her iki bünyenin ısı genleşme katsayılarının birbiri ile uyumlu olmasıdır. Bu amaçla ısı işlem öncesi normal pomza örnekler üzerinde, oda sıcaklığı ile 700 °C arasında ısı genleşme davranışı ölçülmüştür.



**Şekil 8. Pomza örneklerine ait dilatometre eğrisi**

Dilatometrik eğrisine bakıldığında TB örneğinin 400 °C'deki lineer genişleme katsayısı ( $\alpha$ )  $6,79 \times 10^{-6}$  (1/K), GK örneğinin 400 °C'deki lineer genişleme katsayısı ( $\alpha$ )  $8,31 \times 10^{-6}$  (1/K) ve GA örneğinin 400 °C'deki lineer genişleme katsayısı ( $\alpha$ )  $7,81 \times 10^{-6}$  (1/K) olarak hesaplanmıştır (Şekil 8).

Bundan sonraki aşamada pomza hammaddeleri, pişme sonrası fiziksel olarak (renk, ergime) gösterdikleri değişimleri belirlemek amacıyla pişirilmiştirlerdir. Resim 22 ve 27 arasında pomzaların doğal ve 1200 °C' deki pişme renkleri ve ergime özellikleri görülmektedir.

Bitlis-Tatvan bazik ve Gökçeören bazik koyu (GK) pomza örnekleri pişirim öncesi koyu gri renkte, Gökçeören A bazik pomzası ise pempeksi gri renktedir. 1200 °C'de pişirildiklerinde tüm pomza örneklerinin tamamen eridiği, birbirine yakın koyu kahverengi renk tonları aldıkları gözlenmiştir.



*Doğal*

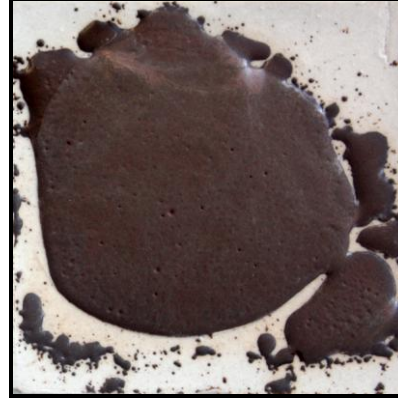


*1200 °C*

*Resim 22-23: Tatvan Bazik Pomzası*



*Doğal*



*1200 °C*

*Resim 24-25: Gökçeören A Bazik Pomzası*



*Doğal*



*1200 °C*

*Resim 26-27: Gökçeören K Bazik Pomzası*

## 2. POMZA KATKILI SIR REÇETESİ ARAŞTIRMALARI

İlk aşamada başka malzemelerle karıştırılmaksızın, 100 meşh elek üstünde bakiye bırakmayacak şekilde sulu olarak öğütülmüş olan pomza numuneleri, stoneware plakalar üzerine uygulanmış, 1200 °C'lerde pişirilmiştir. İpek matı parlaklığında, kahverengi tonlarında, bünye ile uyumlu hatasız sır yüzeylerinin oluştuğu gözlenmiştir (Resim 28-30). 1200 °C'de daha camsı özellik gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca fabrika ortamında porselen bünye üzerine uygulanarak 1250-1400 °C'de pişirilmişlerdir (31-36).



*Resim 28: Tatvan Bazik Pomzasının 1200 °C'deki Pişirimi*





*Resim 29: Gökçeören K Pomzasının 1200 °C'deki Pişirimi*



*Resim 30: Gökçeören A Pomzasının 1200 °C'deki Pişirimi*



*Resim 31: Gökçeören A Pomzasının 1250 °C'deki Pişirimi*



*Resim 32: Gökçeören A Pomzasının 1400°C'deki Pişirimi*



*Resim 33: Gökçeören K Pomzasının 1250 °C 'deki Pişirimi*



*Resim 34: Gökçeören K Pomzasının 1400 °C'deki Pişirimi*



*Resim 35: Tatvan Bazik Pomzasının, 1250 °C'deki Pişirimi*

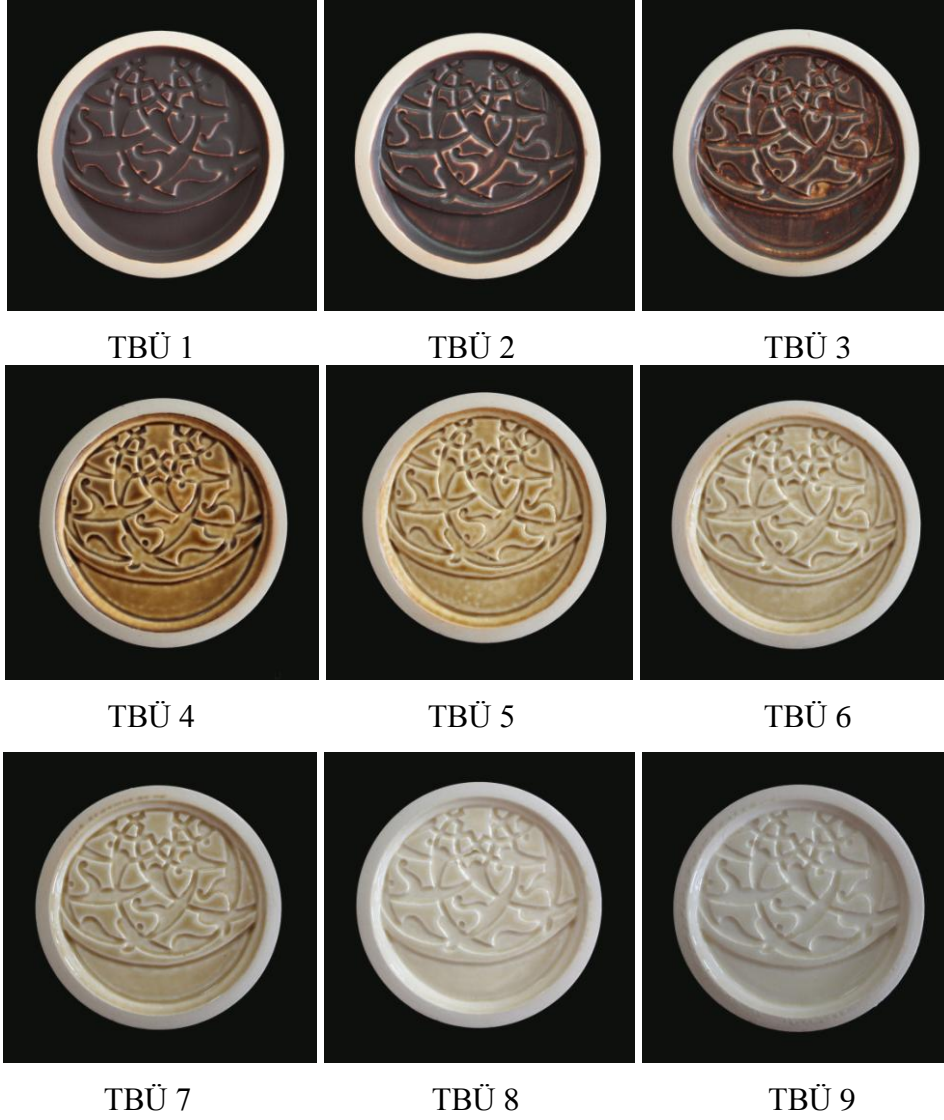


*Resim 36: Tatvan Bazik Pomzasının, 1400 °C'deki Pişirimi*

İkinci aşamada; pomza numuneleri, üleksit ve sülyen ile ikili sisteme uygun olarak sır reçeteleri hazırlanmıştır. Sır bileşimini oluşturan hammaddeler, belirlenen oranlarda tartıldıktan sonra, her bir karışım 100 gr. kuru madde kapasiteli bilyalı değirmenlerde 15 dk. homojen olarak sulu öğütülmüş, 100 meşlik elekten geçirilmiştir. Sırların litre ağırlığı 1450 gr. olarak ayarlanıp, 1000 °C’de bisküvi pişirimi yapılmış plakalar üzerine akıtma yöntemiyle uygulanmıştır. Sırlı pişirim 1200 °C’de yapılmıştır. Üleksit ve sülyen (Tablo 4-9) ile çalışılan ikili sistemlerde pomzalar; % 10 ve % 90 arasında artan oranlarda kullanılmıştır. Tatvan bazik pomza TB, ve Manisa-Gökçeören pomzaları GA, GK olarak kodlanmıştır.

**Tablo 4. Tatvan bazik pomzası ve üleksit ile hazırlanan sırların reçete bileşimleri**

Hammadde	Bileşim (%)								
	TBÜ 1	TBÜ 2	TBÜ 3	TBÜ 4	TBÜ 5	TBÜ 6	TBÜ 7	TBÜ 8	TBÜ 9
TB	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Üleksit	10	20	30	40	50	60	70	80	90



**Resim 37: Tatvan Bazik Pomzası (TB) ve Üleksitle Oluşturulan Sırların 1200 °C'deki Pişme Renkleri**

**Tablo 5. Tatvan bazik pomzası ve sülyen ile hazırlanan sırların reçete bileşimleri**

Hammadde	Bileşim (%)								
	TBS 1	TBS 2	TBS 3	TBS 4	TBS 5	TBS 6	TBS 7	TBS 8	TBS 9
TB	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Sülyen	10	20	30	40	50	60	70	80	90



TBS 1

TBS 2

TBS 3



TBS 4

TBS 5

TBS 6



TBS 7

TBS 8

TBS 9

**Resim 38: Tatvan Bazik Pomzası (TB) ve Sülyenle Oluşturulan Sırların 1200 °C'deki Pişme Renkleri**

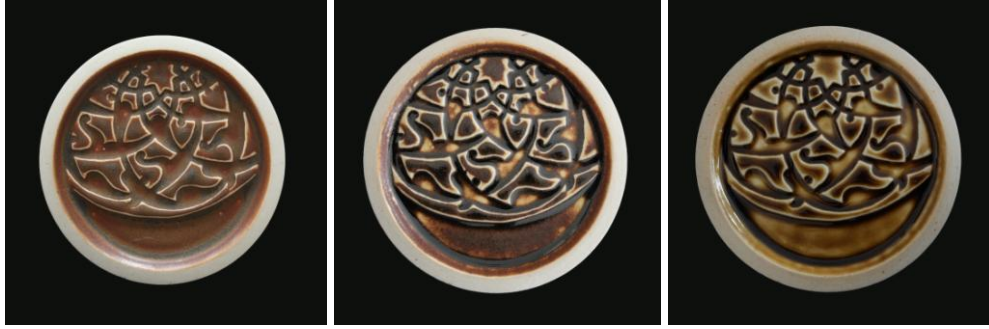
Tatvan bazik pomza örneklerinin üleksit ile %90-10 arasında değişen oranlarda kullanılmasıyla elde edilen sırlarda, pomza miktarına bağlı olarak, sır renginin koyu kahverengiden saydam sır rengine doğru değiştiği gözlenmiştir. %90 Tatvan bazik pomzasını içeren sırda (TBÜ1) 1200 °C'de, mat, koyu kahverengi sır yüzeyi oluşmuştur. Sırasıyla %80 (TBÜ2) ve %70 (TBÜ3) oranlarında sır içinde yer alan pomzanın renk etkisinin çok kuvvetli olduğu, %60'tan (TBÜ4) sonra, %50'de (TBÜ5) açık bal renginin meydana geldiği, renkte belirgin bir açılma olduğu tespit edilmiştir.

Tatvan bazik pomzası ve sülyen ile hazırlanan sır reçetelerinde, üleksit yerine aynı oranlarda sülyen kullanılmasıyla oluşturulan TBS1 - TBS9 arasındaki sırlarda renk tonlarının farklılaştığı, gözlenmektedir. Tatvan bazik pomzası-Üleksit sırlarında, %40 pomza, %60 üleksit içeren (TBÜ6) reçetesinde renk; açık krem iken, üleksit yerine aynı oranda (%40) sülyen kullanıldığında (TBS6) turuncumsu koyu bal renginin hakim olduğu görülmektedir. Benzer değişim %30 ve %20 pomza katkılı sırlarda da görülmektedir. Pomza miktarı arttıkça açık bal renginden, koyu kahverengiye değişen bir renk geçişi olmuştur (resim 38). Üleksitli ve kurşunlu sırların pişme renkleri arasındaki farklılığının Tatvan bazik pomzasının XRF analizinde belirlenmiş olan ağırlıkça %12,82 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 'in, kurşun oksit ile etkileşiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kurşun silikat kökenli sırlarda, sıırı oluşturan camın rengi sarıdır. Bunun nedeninin diğer hiçbir maddeye bağlanmadan çözünen kurşunun, sıırı oluşturan camın içindeki serbest moleküllerinin konsantrasyonlarıdır. (1PbO. 1SiO<sub>2</sub> ) bileşimindeki sır sarı renklidir. Bol kurşunlu sırlarda Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, sarıdan kahverengiye dönüşen renkler üretir. Sır ve bünye arasında herhangi bir çatlama, kavlama, toplanma vb. hatalar gözlenmemiştir.



**Tablo 6. Gökçeören A pomzası ve üleksit ile hazırlanan sırların reçete bileşimleri.**

Hammadde	Bileşim (%)								
	GAÜ 1	GAÜ 2	GAÜ 3	GAÜ 4	GAÜ 5	GAÜ 6	GAÜ 7	GAÜ 8	GAÜ 9
GA	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Üleksit	10	20	30	40	50	60	70	80	90



GAÜ 1

GAÜ 2

GAÜ 3



GAÜ 4

GAÜ 5

GAÜ 6



GAÜ 7

GAÜ 8

GAÜ 9

**Resim 39: Gökçeören A Pomzası ve Üleksit İle Oluşturulan Sırların 1200 °C'deki Pişme Renkleri**

**Tablo 7. Gökçeören A Pomzası ve Sülyen ile Hazırlanan Sırların Reçete Bileşimleri.**

Hammadde	Bileşim ( %)								
	GAS 1	GAS 2	GAS 3	GAS 4	GAS 5	GAS 6	GAS 7	GAS 8	GAS 9
GA	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Sülyen	10	20	30	40	50	60	70	80	90



GAS 1

GAS 2

GAS 3



GAS 4

GAS 5

GAS 6



GAS 7

GAS 8

GAS 9

**Resim 40: Gökçeören A Pomzası ve Sülyen ile oluşturulan sırların 1200 °C'deki Pişme Renkleri**

**Tablo 8. Gökçeören K pomzası ve üleksit ile hazırlanan sırların reçete bileşimleri.**

Hammadde	Bileşim (%)								
	GKÜ 1	GKÜ 2	GKÜ 3	GKÜ 4	GKÜ 5	GKÜ 6	GKÜ 7	GKÜ 8	GKÜ 9
GK	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Üleksit	10	20	30	40	50	60	70	80	90



GKÜ 1

GKÜ 2

GKÜ 3



GKÜ 4

GKÜ 5

GKÜ 6



GKÜ 7

GKÜ 8

GKÜ 9

**Resim 41: Gökçeören K Pomzası ve Üleksit ile Oluşturulan Sırların 1200 °C'deki Pişme Renkleri**

**Tablo 9. Gökçeören K pomzası ve sülyen ile hazırlanan sırların reçete bileşimleri.**

Hammadde	Bileşim ( %)								
	GKS 1	GKS 2	GKS 3	GKS 4	GKS 5	GKS 6	GKS 7	GKS 8	GKS 9
GK	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Sülyen	10	20	30	40	50	60	70	80	90



GKS 1

GKS 2

GKS 3



GKS 4

GKS 5

GKS 6



GKS 7

GKS 8

GKS 9

**Resim 42: Gökçeören K Pomzası ve Sülyen ile oluşturulan sırların 1200 °C'deki Pişme Renkleri**

### 3.SERAMİK UYGULAMALARDAN ÖRNEKLER

Tatvan Bazık (TB), Gökçeören açık, (GA) ve Gökçeören koyu, (GK) pomzalarının karakterizasyon testlerinin yapılması ve bu hammaddelerin sır bileşeni olarak tek başlarına ve diğer ergiticilerle birlikte kullanılması sonrası elde edilen sırlar; döküm yöntemiyle şekillendirilmeye uygun, stoneware çamurundan üretilen farklı boyutlardaki formlar üzerine uygulanmıştır.



*Resim 43: Tatvan Bazık Pomzası İle Sırlanmış Seramik Form, Döküm Yöntemi,  
El Dekorü, (15,5x18x4) 1200 °C, Erdal Tusun-2011*



*Resim 44: Tatvan Bazik Pomzası İle Sırlanmış Seramik Form, Döküm Yöntemi, (16,5x18,5x4) 1200 °C, Erdal Tusun-2011*



*Resim 45: Tatvan Bazik Pomzasi İle Sırlanmış Seramik Form, Döküm Yöntemi, (24x14x4,5) 1200 °C, Erdal Tusun-2011*



*Resim 46: Gökçeören K pomzasi ile Sırlanmış Seramik Form, Döküm Yöntemi, El Dekorlu Form (19x18x4) 1200 °C, Erdal Tusun-2011*



*Resim 47: Gökçeören A Pomzası ile Sırlanmış Seramik Form, Döküm Yöntemi, 1200 °C,  
(11x25x7,5) Erdal Tusun-2011*





*Resim:48: Karışık Teknik, Döküm Yöntemi, 1200 °C, (12x28x7,5)*

*Erdal Tusun-2011*



*Resim 49: (Detay) , Erdal Tusun-2011*



*Resim 50: Tatvan Bazik Pomzasi ile Sırlanmış Seramik Form, Döküm Yöntemi, 1200°C,  
(11x12x3,5) Erdal Tusun-2011*



*Resim 51: Karışık Teknik, Döküm Yöntemi, 1200°C, (14x19x10,5)  
Erdal Tusun-2011*



*Resim 52: Gökçeören K Pomzası ile Sırlanmış Seramik Form, Döküm Yöntemi, 1200°C,  
(18x11,5x4) Erdal Tusun-2011*



*Resim 53: Karışık teknik, Döküm Yöntemi, 1200°C, (15x18x3,5)  
Erdal Tusun-2011*



*Resim 54: Gökçeören K ve A ile Sırlanmış Seramik Form ,Döküm Yöntemi, 1200°C, (7,5x27x3)*

*Erdal Tusun-2011*



*Resim 55: Karışık Teknik, Döküm Yöntemi, 1200°C, (7x28x1)*

*Erdal Tusun-2011*



*Resim 56: Karışık Teknik, Döküm Yöntemi, 1200°C, (13x47x8)*

*Erdal Tusun-2011*



*Resim 57: (Detay)*



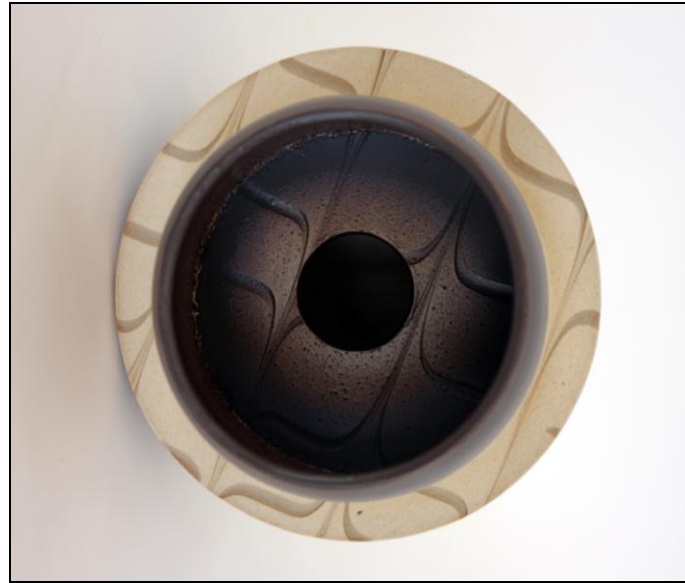


*Resim 58: Gökçeören K Pomzası ile Sırlanmış Seramik Form, Döküm Yöntemi, 1200°C,  
(15x48x8)*

*Erdal Tusun-2011*



*Resim 59: Karışık Teknik, Döküm Yöntemi, 1200°C, (16x22x4) Erdal Tusun-2011*



*Resim : 60: "Üst görünüş", Erdal Tusun-2011*



*Resim 61: Gökçeören K Pomzastı ile Sırlanmış Seramik Form, Döküm Yöntemi, 1200°C,  
(9x21x4.5) Erdal Tusun-2011*



*Resim 62: "Yan Görünüş", 1200°C*



*Resim 63: Düzenleme, Döküm Yöntemi, 1200 °C, Erdal Tusun-2011*



*Resim 64: Düzenleme, Döküm Yöntemi, 1200°C, Erdal Tusun-2011*



*Resim 65: Düzenleme, Döküm Yöntemi GK 1200°C, (8x35x1, 7x29x1, 8x26x1)*

*Erdal Tusun-2011*



*Resim 66: El dekoru, Döküm Yöntemi, (12x13x3) 1200°C, (12x13x3)  
Erdal Tusun-2011*



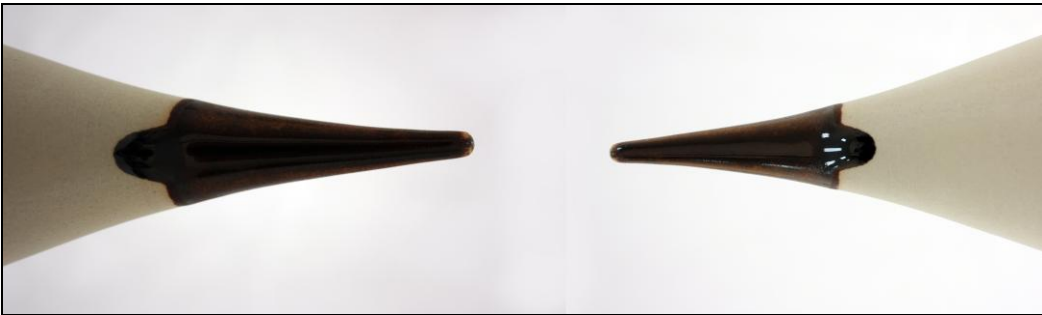
*Resim 67: Gökçeören K Pomzası ile Sırlanmış Seramik Form, Döküm Yöntemi, 1200 °C,  
(16x48,5x8)*

*Erdal Tusun-2011*





*Resim 68: (Detay)*



*Resim 69-70: Karışık Teknik, Döküm Yöntemi, 1200 °C, (8x34x1) Erdal Tusun-2011*



*Resim 71: Döküm Yöntemi, El dekoru, 1200 °C, (14,5x47,5x8)*

*Erdal Tusun-2011*

## SONUÇ

Bu çalışmada Bitlis-Tatvan ve Manisa-Gökçeören bölgelerinden temin edilen bazik pomza örneklerinin, kimyasal ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi ve bu hammaddelerin stoneware sırlarında ana bileşen olarak kullanılabilirliği üzerine araştırmalar yapılmıştır. Bitlis-Tatvan bazik pomzası, ham halde gri renkte iken artan sıcaklıkla birlikte koyu, siyahımsı kahverengiye doğru giden bir renk değişimi göstermiştir. Manisa-Gökçeören'den alınan GA ve GK kodlu pomzaların ise pembemsi gri ve koyu gri renklerden, koyu kahverengiye doğru değiştiği gözlenmiştir. Öğütme sonrası, tek başlarına stoneware bünye üzerine uygulanarak 1200 °C'de pişirildiklerinde farklı kahverengi (kızıl kahve, sarımtırak dokulu ve koyu kahve) tonlarında mat sırlar, 1250 °C'de ipeksi mat metalik sırlar, 1400 °C'de ise parlak ve bal rengi tonlarında akışkan sırlar meydana gelmiştir.

Pomzaların, ergitici ve akışkanlaştırıcı özellikteki üleksit, ve sülyen, ile birlikte belirlenen oranlarda sır reçetesi içinden kullanımı sonucu elde edilen sırlı yüzeylerin renk ve erime özelliklerini etkilediği görülmüştür.

Üleksit, Sülyen ve pomza karışımlarında herhangi bir renklendirici katkısı olmadığı halde, pomzanın üleksitli reçetelerde %90 - % 40, sülyenli reçetelerde ise, %90 - %20 arasında kremden, bal, sarımsı kahverengi, koyu ve kızıl kahverengiye değişen, dokulu, zengin görsel etkisi olan renkli yüzeyler oluşturduğu, farklı ergime, camlaşma, akışkanlık, matlık özellikleri meydana getirdiği gözlenmiştir. Bitlis-Tatvan bazik pomzasının (TB) % 12,82 demir oksit ve toplam % 4,77 alkali oksit, Gökçeören Açık pomzasının (GA) % 9,80 demir oksit ve toplam % 10,19 alkali oksit, Gökçeören Koyu pomzasının (GK) % 9,86 demir oksit, % 8,29 alkali oksit içeriklerinin renk, ergime ve camlaşma gibi diğer özelliklerde etkili olduğu düşünülmektedir.

Alınan sonuçlar iki ayrı bölgeden temin edilmiş pomza örneklerinin sır içinde, ergitici ve renklendirici malzeme olarak davrandığını göstermektedir. Alkali ve demir oksit içeriğinin yüksek olmasından faydalanılarak pomzanın farklı bünye ve sır bileşimlerinde, renk çalışmalarıyla artistik anlamda etkiler oluşturabilmek için değerlendirilebileceği ve üretimde hammadde maliyetlerini düşürerek ekonomik anlamda bu malzemenin önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKÇA

- Arcasoy, A, (1983) “*Seramik Teknolojisi*”, Marmara Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Anasanat Dalı Yayınları, No: 2, İstanbul.
- Brian sutherland, (2005) “*Glazes from natural sources*”, A&C Black Ltd., London.
- David Scott, “*Clays and Glazes in Studio Ceramics*”, The Crowood Pres Ltd., 1998, England].
- Demir İ., Orhan, M., (2001)“*Pomza Hammaddesinin Tuğla Üretiminde Kullanılması*”, Türkiye 17 Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi-TUMAKS
- Demir, İ., Kibici, Y., ve Yıldız, A., (2004) “*Bazik Pomzanın (Osmaniye-Ceyhan Yöresi) Yapı Tuğlası Üretiminde Kullanılması*”, 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, Türkiye
- E. Kılınç Aksay, A. Akar, E. Kaya & E. Yaşar, (2004) “*İzmir-Menderes Yöresi Asidik Pomzanın Tuğla Olarak Değerlendirilmesi*”, 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, Türkiye
- Eppler, R.A. and Obstler M., (2005) “*Understanding Glazes*”, The American Ceramic Society, p. 1-3, USA.
- Gündüz, L, N. Şapçı, M. Davraz (2005) “*Pomza Madenciliği Endüstrisi ve Türkiye Açısından Önemi*” Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı,IMCET , Izmir, Türkiye.
- Gündüz, L., Şapçı, N., Davraz, M., (2005) “*Pomza Madenciliği, Endüstrisi ve Türkiye Açısından Önemi, Gelişen Yeni Bir Sektör*”, Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı, IMCET2005 İzmir, Türkiye.
- Hopper, R., (2001) “*The Ceramic Spectrum, A Simplified Approach to Glaze &Color Development*”, Krause Publications, p. 14, USA.
- Özmen K., “*Pomzanın Vitrifiye Seramik Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması*”, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi, Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı Şubat - 2007

- Parmelee, Cullen W., (1951) “*Ceramic Glazes*”, Cahners Publishing Company, Inc., p. 11, Chicago, USA,
- Poyraz H. B., Töre İ., Erginel N., Ay N., (2003) “*Sırlı Tuğla Kiramit Ürünlerde Isparta Pomzasının Kullanımı*”, III. Uluslararası Pişmiş Kil Sempozyumu, Bildiriler Kitabı.
- Poyraz H. B., Erginel N., Ay N., (2006) “*The Use of Pumice (Pumicite) in Transparent Roof Tile Glaze Composition*”, Journal of The European Ceramic Society.
- Rhodes, D.,( 1973) “*Clay and Glazes For The Potter*”, Chilton Book Company, Radnor, Pennsylvania, USA.
- Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, DPT: 2617 - ÖİK: 628, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, Yapı Malzemeleri, (Pomza-Perlit-Vermikülit-Flogopit-Genleşen Killer) Çalışma Grubu Raporu, Ankara 2001
- Taylor, J.R., Bull, A.C., (1986) “*Ceramics Glaze Technology*”, Pergamon Press, UK,
- Tanişan, H.H., Mete, Z., (1988) “*Seramik Teknolojisi ve Uygulaması*”, Söğüt, Birlik Matbaası
- Tuncer Güngör, Şafak G. Özkan (2001) “*Pomza Madenciliğine Genel Bir Bakış*”, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mühendislik bilimleri Dergisi, cilt 7, sayı 2
- Ulusoy, G., (2004) “*Pomzanın İzole Monolitik Malzeme İmalinde Kullanılması*” MTA Dergisi
- Yersel, G., Töre, İ., (2001) “*Pomzanın Yer Karosu Bünyesinde Ergitici Olarak Kullanımı*”, Uluslar arası Katılımlı V. Seramik Kongresi, Bildiriler Kitabı, İstanbul, Türkiye.

<http://www.alternatiftarim.com/pomza.htm>

<http://www.eoearth.org/article/Pumice>

<http://philippe.berger2.free.fr/BoisSystemes/Constructifs/Isolan/Isolants.htm>

<http://www.panoramio.com/photo/25089584>

<http://ithinkmining.com/2008>

<http://www.tuzunleryapi.com/ponzablok>

<http://www.alternatifmantolama.com/tag/pomza>

<http://www.blokbimsmadencilik.com/tek.html>

<http://www.alternatiftarim.com/topraksiz.htm>

<http://www.teknolojidersi.com/2010/02/07/pomzada-tarim>

<http://www.google.com.tr/imgresq/bimsstein/chemie&hl/tr&sa/X&biw/1366&bih/665&tbn/isch&prmd/imvns&tbnid>