

**T.C.
ADYAMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MİKRONİZE POMZA TOZU KATKILI SİLİKON DIŞ CEPHE KAPLAMA
ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONUN İNCELENMESİ**

Taha OĞUZ

METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADYAMAN, 2019

**T.C.
ADYAMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MİKRONİZE POMZA TOZU KATKILI SİLİKON DIŞ CEPHE
KAPLAMA ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONUN
İNCELENMESİ**

TAHA OĞUZ

METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADYAMAN, 2019

**T.C.
ADYAMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MİKRONİZE POMZA TOZU KATKILI SİLİKON DIŞ CEPHE KAPLAMA
ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONUN İNCELENMESİ**

Taha OĞUZ

Yüksek Lisans Tezi

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Seramik Bilim Dalı

Bu tez / /2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Mehtap DEMİR

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Şerif ÇİTİL

Üye

Dr. Öğr. Üyesi M. Salih EYĞİ

Üye

Prof. Dr. Murat KOCA

Enstitü Müdürü

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

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MİKRONİZE POMZA TOZU KATKILI SİLİKON DIŞ CEPHE KAPLAMA ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONUN İNCELENMESİ

Taha OĞUZ

Adıyaman Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Mehtap DEMİR
Yıl : 2019, Sayfa Sayısı: 71

Jüri : Dr. Öğr. Üyesi Mehtap DEMİR
Dr. Öğr. Üyesi Şerif ÇİTİL
Dr. Öğr. Üyesi M. Salih EYGİ

Pomza tozu, çoğunlukla inşaat sektörünün farklı alanlarında kullanılmasına rağmen diğer sektörlerde kullanımı çok azdır. Özellikle bu çalışmada, malzemenin parçacık boyutu analiz edilerek pomza tozu katkı malzemelerin endüstriyel kullanımının farklı sektörlerde de yayılması amaçlandı. Adıyaman ili Organize Sanayi Bölgesi'nde yerleşik yapı kimyasalları üreten bir firmanın talebini karşılamak üzere üretilen yapı malzemesinin belirlenen analizleri yapılarak incelendi. Alınan sonuçlar doğrultusunda Ar-Ge ve inovasyon katkısı sunmak amacıyla mikronize pomza tozunun elek analizi, yoğunluk değerlendirmesi ve diğer deneysel süreçleri firma işbirliği ile yapıldı. Elde edilen örneklerin mikroyapı ve karakterizasyonu, FE-SEM cihazı kullanılarak incelendi. Örneklerin SEM görüntüleri alınarak morfolojik özellikleri, EDS yöntemi ile de elementlerin elektron dağılımı incelenip sonuçlar ve olası durumlar üzerinde önerilerde bulunuldu.

Anahtar Kelimeler: Pomza; Mikroyapı; Karakterizasyon; FE-SEM; EDS

ABSTRACT

MSc Thesis

MICRONIZE PUMICE POWDER ADDED SILICONE FACADE COATING PRODUCTION AND CHARACTERIZATION

Taha OĞUZ

Adıyaman University
Institute of Science and Technology
Department of Metallurgical and Materials Engineering

Supervisor : Asist. Prof. Dr. Mehtap DEMİR
Year : 2019, Number of Papers 71

Jury : Asst. Prof. Dr. Mehtap DEMİR
: Asst. Prof. Dr. Şerif ÇİTİL
: Asst. Prof. Dr. M. Salih EYĞİ

Although pumice powder is mostly used in different areas of the construction sector, its use in other sectors is very low. Particularly in this study, the particle size of the material was analyzed and it was aimed to spread the industrial use of pumice-doped materials to different sectors.

In order to meet the demand of a company producing building chemicals located in the Organized Industrial Zone of Adıyaman, the analysis of the building material produced was examined. According to the results, pumice powder production, micronization, density evaluation and other experimental processes were carried out in cooperation with the company in order to provide R & D and innovation contribution. Microstructure and characterization of the obtained samples were examined by using FE-SEM device. Morphological properties of samples by taking SEM images, also with EDS method electron distribution of elements and results and suggestions were made on possible situations.

Keywords: Pumice; Microstructure; Characterization; FE-SEM; EDS

DESTEKLER

Bu tez çalışması Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi birimi tarafından MÜFYL/2018-0004 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

BEYAN

“Mikronize Pomza Tozu Katkılı Silikon Dış Cephe Kaplama Üretimi ve Karakterizasyonun İncelenmesi” başlıklı tezimde çalışmalarım tamamen akademik kurallara ve etik değerlere sadık kalınarak yürütüldüğünü ve yazımda yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ayrıca alıntılardan bilimsel etiğe uygun atıf yaparak yararlanmış olduğumu beyan ederim.

Taha OĞUZ

TEŐEKKÖR

Yüksek lisans eğitimim süresinin tüm aşamalarında, engin bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, karşılaştığım her türlü sorunun çözümünde desteğini esirgemeyen, çalışmalarım için bütün imkânları sağlayan, kendisi ile çalışmaktan büyük onur duyduğum değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Mehtap Demir'e ve ayrıca Adıyaman Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği bölüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Deneyleri yaptığım Novelart Yapı Kimyasalları ve Cephe Yalıtım Aksesuarları firma yetkililerine ve çalışanlarına, SEM cihazında kullanılan örnekleri hazırlayan Çukurova Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı (CUMERLAB) uzman ekibine teşekkür ederim

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
DESTEKLER.....	III
BEYAN.....	IV
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
RESİMLER DİZİNİ.....	X
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XI
Simgeler.....	XI
Kısaltmalar.....	XII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	7
3.1. Pomza ve Oluşumu.....	7
3.1.1. Pomza.....	7
3.1.2. Pomza Taşının Oluşumu.....	7
3.1.3. Pomza Taşının Üretimi.....	9
3.1.4. Pomzanın Sınıflandırılması.....	11
3.1.5. Pomzanın Kimyasal Bileşimi.....	11
3.1.6. Ülkelerin Pomza Rezervine Göre Üretim Miktarları.....	12
3.1.7. Pomzanın Önemi.....	12
3.1.8. Pomzanın Fiziksel Özellikleri.....	13
3.1.9. Pomzanın Genel Özellikleri.....	13
3.1.10. Pomzanın Kullanım Alanları.....	14

3.2.	Fabrikada Yapılan Analizler ve Deneysel Süreçler.....	15
3.2.1.	Elek Analizi.....	15
3.2.2.	Örnek Malzemenin Hazırlanması.....	18
3.2.3.	Yoğunluk Değerlendirmesi	20
3.2.4.	Pomza Tozu Katkılı Silikon Esaslı Dış Cephe Kaplama Malzemesinin Zebra Kartlarına Aplikatör ile Çekilmesi.....	25
3.3.	Malzemelerin Karakterizasyonu ve Kullanılan Yöntemler	26
3.3.1.	Karakterizasyon Yöntemleri Sınıflandırılması.....	27
4.	BULGULAR ve TARTIŞMA	36
4.1.	Fabrikasyon Süreci	36
4.1.1.	Elek Analizi Bulguları.....	36
4.1.2.	Pomza Tozunun Silikon Esaslı Dış Cephe Boyasına Katkılanması ve Etkileri	36
4.2.	Mikroyapısal Gözlemler.....	37
4.2.1.	SEM Görüntüleri ve EDS Analiz Bulguları	37
4.2.2.	Asidik Pomza ile Bazik Pomzanın Karşılaştırılması.....	38
4.2.3.	Pomza Katkısının Silikon Dış Cephe Boyasına Etkileri	39
5.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	46
	KAYNAKLAR	48
	KİŞİSEL BİLGİLER.....	51
	EKLER.....	52
	Ek 1. Ülkelerin pomza rezervlerine göre miktarı [16, 20, 21]	53
	Ek 2. Türkiye Pomza Rezervleri [22]	54
	Ek 3. Ülkelerin yıllara göre pomza üretimi (bin ton)[31, 32]	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Asidik ve bazik pomzanın kimyasal bileşimi[1]	11
Çizelge 3.2 Pomzanın fiziksel özellikleri [23].....	13
Çizelge 3.3 Elek analizi deneysel sonuçlar	18
Çizelge 3.4 Silikon esaslı dış cephe boyasının yoğunluk değerlendirilmesi	23
Çizelge 3.5 Pomza katkılı silikon esaslı dış cephe boyasının yoğunluk değerlendirilmesi	24
Çizelge 4.1 Pomzanın, silikon esaslı dış cephe boyasının yoğunluğuna etkisi.....	37

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Pomza oluşumu [16]	9
Şekil 3.2 Taramalı elektron mikroskopunun çalışma prensibi.....	30
Şekil 3.3 Elektron demetinin örnek ile çarpışması, yayılan elektron ve ışınlar.....	32
Şekil 4.1 0,25 mm'lik pomzanın EDS analizi.....	40
Şekil 4.2 0.50 mm'lik beyaz pomzanın EDS analizi	41
Şekil 4.3 0,71 mm'lik asidik pomzanın EDS analizi	42
Şekil 4.4 0,71 mm'lik bazik pomzanın EDS analizi	43
Şekil 4.5 Silikon Esaslı Dış Cephe Malzemesinin EDS analizi.....	44
Şekil 4.6 0,09 mm'lik Pomza katkılı silikon esaslı dış cephe malzemesinin EDS analizi	45

RESİMLER DİZİNİ

Resim 3.1 Tipik bir pomza görünüşü	7
Resim 3.2 Bazik pomza (a) [19] ve asidik pomza (b).....	11
Resim 3.3 Karışımları farklı ölçüklere ayırmada kullanılan elekler, mikronize hale getirilen 710 μ , 500 μ , 250 μ ve 90 μ pomza tanecikleri	17
Resim 3.4 Katkılamanın yapılmasını sağlayan hidrolik çırpıcı	19
Resim 3.5 Yoğunluk değerlendirmek için kullanılan 100 cc'lik kap.....	21
Resim 3.6 Hassas tartı	22
Resim 3.7 Hassas tartıda ölçülen silikon esaslı dış cephe boyası	23
Resim 3.8 Hassas tartıda ölçülen pomza katkılı silikon esaslı dış cephe boyası	24
Resim 3.9 Dört yüzlü aplikatörün üstten yandan görünüşleri	25
Resim 3.10 a-zebra kartı (örtme gücü test kartonu) b- dört yüzlü aplikatör ile zebra kartına çekilmiş pomza tozu katkılı silikon esaslı dış cephe kaplama malzemesi	26
Resim 3.11 Çalışmada kullanılan taramalı elektron mikroskobu [29].....	35
Resim 4.1 0,25 mm'lik pomzanın SEM görüntüsü.....	40
Resim 4.2 0,50 mm'lik beyaz pomzanın SEM görüntüsü	41
Resim 4.3 0,07 mm'lik beyaz (a) ve siyah (b) pomzanın SEM görüntüsü	42
Resim 4.4 Silikon esaslı dış cephe malzemesinin SEM görüntüsü.....	42
Resim 4.5 0,09 mm'lik pomza katkılı silikon esaslı dış cephe malzemesinin SEM görüntüsü	44

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Å	: Angström
Al ₂ O ₃	: Alüminyum oksit
Au	: Altın
C	: Karbon
CaO	: Kalsiyum oksit
cm	: Santimetre
cm ³	: Santimetreküp
cc	: Cubic centimeter
dB	: Desibel
eV	: Elektronvolt
g	: Gram
K	: Kelvin
K ₂ O	: Potasyum oksit
kV	: Kilovolt
kg	: Kilogram
m	: Metre
m ³	: Metreküp
MgO	: Magnezyum oksit
mm	: Milimetre
Na ₂ O	: Sodyum oksit
nA	: Nanoamper
nm	: Nanometre
Pd	: Paladyum
SiO ₂	: Silisyum dioksit
W	: Watt
Ω	: Ohm
μ	: Mikron
%	: Yüzde
<	: Küçük
°C	: Santigrat

Kısaltmalar

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BSE	: Back Scattered Electron
EDS	: Energy Dispersive Spectrometry
EDX	: Energy Dispersive X-Rays
HRTEM	: High-Resolution Transmission Electron Microscopy
MTA	: Maden Tetkik ve Arama
PVC	: Poli Vinil Clorür
SE	: Secondary Electron
SEM	: Scanning Electron Microscope
STEM	: Scanning Transmission Electron Microscopy
TEM	: Transmission Electron Microscopy
X-RD	: X-Ray Diffractometers

1. GİRİŞ

Pomza farklı kültürlerde farklı kullanıma sahip olduğu için her kültürde farklı bir terimle adlandırılmaktadır. Yapılan araştırmalar neticesinde pomzanın ilk kullanım yeri İtalya olarak tespit edilmiştir. Bu nedenle pomza ismi İtalyanca'dan gelmektedir. İngilizce kaynaklarda, pomza ile yapılan çalışmalarda, ince taneli pomzalar *pumicite*, daha büyük taneli pomzalar *pumice* olarak adlandırılmıştır. Fransızca kaynaklarda pomza ismi *ponce*, Almanca kaynaklarda ince taneli olanlara *bims*, daha büyük tane yapısına sahip olanlara *bimsstein* denilmiştir. Türkçe'de ise pomza görünür bir boşluklu yapıya sahip olması sebebiyle sünger taşı olarak adlandırılır. Pomza kozmetik sanayide geniş bir kullanım alanına sahiptir; nasır taşı veya topuk taşı olarak da bilinmektedir [1].

Pomzanın, suyu emdiği ve ayrıca hijyenik olduğunu belirten Vitruvio'lular, pomzanın öz kütlelerinin sudan hafif olması sebebiyle pomza için "sudan hafif" ve "yüzücü" olarak tanımlar kullanmıştır. Milattan önce 1. yüzyılda Vitruvio'ya ait mimari yapılarda Vitruvio'lular pomzayı kullanmıştır. Roma döneminde, pomza, termal havuz yapımında ve ibadethane yapımında kullanılmıştır. Roma'daki Pantheonu ve İstanbul'daki Ayasofya, bu dönemin en meşhur yapılarıdır. Avrupa genelinde pomza taşına yakın zamanlarda daha yeni yeni önem verilmesine rağmen 19. yüzyılda Almanya'nın bazı şehirlerinde pomza taşı kullanılmıştır. ABD'nin California şehrinde, 1750'li yıllarda bazı yapılarda pomza kullanımı görülmüştür [2].

Pomza; boşluklu, süngerimsi yapıda olan, volkanik olaylar neticesinde oluşmuş, fiziksel ve kimyasal bir etkene karşı dayanıklı, gözenekli camsı volkanik bir kayadır. Oluşumu esnasında, ani soğuma ve gazların bünyeyi ani olarak terk etmesi sonucu, makro ölçekten mikro ölçeğe kadar sayısız ve oldukça gözenekli bir yapı kazanmıştır. Gözenekler arası genelde bağlantısız boşluklu olduğundan hafif, suda uzun süre yüzebilen, geçirgenliği düşük ve ısı-ses yalıtımı oldukça yüksektir. Sertliği Mohs Skalası'na göre 5-6'dır. Kimyasal olarak dörtte üç oranında Silis içeriği bulunabilmektedir [2, 1].

Pomza volkanik bir kayaç türü olup asidik ve bazik karakterli volkanik faaliyetlerle oluşmuştur. Volkanik bir cam yapısındadır. Yeryüzünde en yaygın olarak bulunan ve kullanılan türü olan *asidik pomza*, beyaz-kirli renktedir. Kimyasal bileşiminde; Silisyum, Alüminyum, Potasyum ve Sodyum ihtiva eder ve bu bileşimler nedeni ile açık renkli görünüm sergiler. *Bazik pomza* ise *scoria (maden posası)* denilen kahverengimsi siyahımsı renkteki pomza türüdür [2].

MTA (Maden Tetkik ve Arama) Genel Müdürlüğü tarafından yapılmış araştırmalara göre Türkiye'de toplam 2.6 milyar m³ civarında pomza rezervi bulunmakta olup bu değer Dünya pomza rezervinin 1/7'sine yakındır [1].

Ek 1'deki ve Ek 3'deki istatistiklere baktığımızda rezerv olarak Türkiye, dünya rezervinde ikinci sırada olmasına rağmen pomza üretiminde birinci sıralarda yer almaktadır. Pomza üretimi bazı ülkeler için yüksek maliyetli olabilir fakat aynı durum Türkiye için söz konusu değildir. Türkiye pomza rezervi bakımından zengindir. Ek 3'deki güncel istatistiklere baktığımızda Türkiye'de pomza üretiminin yıllara göre giderek arttığı, özellikle 2002 yılından sonra sıçrayışa geçtiği ve bu sebeple Türkiye'de pomzaya gerekli önemin verildiği anlaşılmaktadır. Fakat Türkiye'de pomza kullanımı çoğunlukla inşaat ve tekstil sektöründe direkt olarak kullanılmaktadır.

Pomzanın bazı sektörlerde direkt olarak kullanılması, pomzanın çoğunlukla verimsiz kullanıldığına işaret etmektedir. Bu şekilde kullanımın sebebi mikronize haldeki pomzanın özellikleri ve kullanılabilirliği hakkında yeterli çalışma bulunmamasıdır. Malzeme bilimi ve mühendisliği alanında pomza ile yapılan çalışmaların artması, pomzanın daha verimli kullanılması için bir basamak olacağı düşünülmektedir. Pomzanın verimli kullanılmamasının sebeplerden biri pomza hakkında birçok araştırma yapılmış fakat mikronize haldeki pomzanın özellikleri hakkında yeterli ve güncel araştırmaların olmadığı düşünülmektedir. Bu da bu çalışma ile doldurulması gereken boşluk olarak görülmektedir. Bu konunun çalışılmasının başlıca nedenleri; mikronize halde pomza taşı hakkındaki akademik araştırmaların azlığından kaynaklanan verimsiz pomza kullanımı, Türkiye'deki pomza üretiminin pomza rezervine oranla daha da arttırılması ve pomza taşının modern teknoloji içerisindeki payının arttırılmasıdır. Bu bağlamda, üniversite sanayi işbirliğini arttırmak adına üniversitemizin bulunduğu ildeki firma talebi değerlendirilerek

kurumsallaşmasına ve Ar-Ge çalışmalarına hem altyapı hem destek sağlamaktır ve böylece yerli ve milli üretimine yönelimdir.

Pomza taşı, yine yukarıda bahsedildiği gibi endüstride teknolojik araştırmaların az yapılmasından kaynaklanan sebeplerden dolayı yoğun olarak inşaat sektöründe kullanılmaktadır. Diğer alanlarda ise çok dar bir kısımda pomza kullanımına yer verilmektedir. Pomza taşının çok sayıdaki özelliğinden dolayı geniş bir kullanım alanına sahip olması, birçok ülkede pomza rezervinin kısıtlı olmasına rağmen aksine endüstrinin birçok alanında pomza taşının yaygın olarak kullanılması ve geliştirilmesi, kendi ülkemizde de pomza kullanımı diğer alanlara yayılarak daha verimli kullanılması gerektiği, bu ve bunun gibi nedenler bu çalışmayı zorunlu kılmıştır. Böylelikle, bilginin pratiğe dönüşüp ürün haline gelmesi, pomza taşının daha verimli ve tasarruflu kullanılması öngörülmüştür.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Pomza bakımından zengin olan İtalya'nın Napoli ilindeki toprakların karakteristiği üzerine L. Esposito ve F. M. Guadagno çalışmalar yapmıştır. Bu bölgede çıkan pomza kayacının geoteknik özelliklerinin belirlenmesine yönelik bazı testler uygulanmıştır. Çalışmanın neticesinde, pomzanın hem iç kısımlarında hem de boşlukları birleştiren kısımlarda boşlukların olduğu kanısına varılmıştır [3].

Pomza, yüksek miktarda gaz boşluğundan oluşan ve aynı zamanda camsı (amorf) bir özellik gösteren bir kayaç türüdür. Bu kayaç türüne genellikle kraterler etrafında daha yoğun bir şekilde rastlamak mümkündür. Bunun sebebi rüzgâr veya akarsu erozyonu gibi atmosferik olaylar neticesinde birikmesinden kaynaklanmaktadır. M. L. Cummings ve diğerleri pomzanın yapısı hakkında ve pomzanın nerede yoğunlaştığı ve bunların nedenleri hakkında çalışmalar yapmıştır [4].

Yeni Zelanda Kuzey Adası'nın çeşitli bölgelerinde bulunan pomza kumunun özellikleri ile ilgili K. J. Hind tarafından bir çalışma yapılmıştır. Daha çok pomza tozunun yoğunluğu üzerine bir kalibrasyon (ölçümleme) odasında bir dizi test yapılmıştır. Yoğunluğun yanında pomzanın sıkışma miktarı hakkında da çalışmalar yapılmıştır [5].

Pomzada bulunan gözeneklerin birbirleri ile bağlantılı olup olmadığını tespit etmek için A. G. Whitham ve R. S. J. Sparks tarafından, pomzanın su emilimi ilişkisinden yararlanılarak pomzanın içerisinde bulunan boşlukların bağlantılı olduğu kanısına vardıkları bir dizi çalışmalar yapılmıştır [6].

C. Klug, K. V. Cashman ve C. R. Bacon çalışmalarında, pomzaya yoğun bir şekilde rastlanılan bir krater gölünde pomzanın oluşumunu inceleyerek, pomzanın farklı örneklerinden farklı geçirgenlikler tespit etmişler ve pomzanın boşluklu yapısını geçirgenliği ile karşılaştırmışlardır [7].

Pomza malzemesinin boşluklu yapısı ve bu yapıların yoğunluğu, L. Wesley tarafından araştırılmıştır. Wesley araştırmasında, geleneksel yöntemler ile ölçülen

yoğunluk ve boşluk oranının yetersiz kaldığını görmüş bu sebeple pomza malzemesinin özgül ağırlığının ölçülmesi için sapma oranı daha düşük farklı yöntemler üzerinde çalışmıştır [8].

L. D. Wesley ve diğerleri, pomza tozu ve kuvars tozunun mühendislik özelliklerinin karşılaştırılmasına yönelik çalışmalar yapmıştır. Pomza tozunun bünyesinde barındırdığı gözeneklerden dolayı daha fazla sıkıştığını tespit etmişlerdir [9].

M. Polacci, P. Papale ve M. Rosi Filipinler tarafından Lozan Adası'nda, aktif bir yanardağda bulunan pomza kayacı ile ilgili yapılan başka bir çalışmada ise beyaz ve gri pomzanın oluşumu ve bazı özelliklerinin benzerlikleri ve farklılıkları araştırılmıştır. Viskozite sebebi ile özelliklerin farklılık gösterdiği belirtilmiştir [10].

S. A. Marks ve arkadaşları tarafından pomza tozunun gerilmelere karşı gösterdiği direnç ile alakalı çalışma yapılmıştır. Yapılan testler sonucunda pomza ve kuvars tozunun bazı özellikleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda pomza ile kuvars tozunun bazı mühendislik özellikleri benzerlik gösterirken bazı özellikleri ise net farklılıklar göstermiştir. Tozların yoğunlukları benzer olmasına rağmen gerilmeye karşı deforme olmama direncinde dikkate değer bir farklılık söz konusu olduğu sonucuna varılmıştır [11].

W. Okada ve arkadaşları tarafından, oran olarak fazla miktarda pomza içeren bölgelerde ulaşım için kullanılan yolların deprem anında olası yıkıcı kuvvetlerin karşılanmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu konu ile alakalı çalışmaların kısıtlı olduğu fark edilmiş ve bu konun gelişimine katkı ve öneriler için bazı deneysel testler uygulanmıştır. Bu tür çalışmalarda kullanılan yöntemler ilkel kaldığından ihtiyacı karşılama noktasında yetersiz kalmıştır. Çalışmanın sonucunda dolguların deprem yükleri altında performansının belirlenmesinde kullanılan bir yöntemin uygun olduğu neticesine varılmıştır [12].

C. A. Fleischer ve M. Zupan tarafından yapılan çalışmada, pomza yaklaşık olarak bir cm'lik taneler haline getirilip bu tanecikler, epoksi kullanılarak bir arada

tutulmuştur. Epoksi-pomza karışımından dikdörtgen prizması şeklinde bir düzgün geometrik şekil oluşturulmuştur. Oluşturulan örnekler bazı gerilmelere maruz bırakılmış ve bu gerilmeler sonucunda oluşan şekil değişimleri incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda pomzanın boşluklu yapısından faydalanılarak daha hafif bir kütle oluşturulmuştur. Örneklerin gerilmeler sonucu oluşan şekil değişimleri yorumlanmıştır. Gerilmelere dayanıklı kompozitlere alternatif bir malzemeyi araştırmak için örneklerde ana malzeme olarak kullanılan pomzayı incelemek amaçlanmıştır [13].

N. Thomas, C. Jaupert ve S. Vergniolle tarafından pomzanın bünyesinde barındırdığı boşlukların nedenleri üzerine yapılan başka bir çalışmada pomzanın yapısına değinilmiştir. Yoğunluk, boşluk ve viskozite gibi parametreler incelenmiştir. Bu parametreler kullanılarak pomzanın özelliklerinin belirlenmesi için denklemler üzerinde çalışılmıştır [14].

M. Taherishargh ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, yeni bir dolgu malzemesi için pomza kullanılmıştır. Dolgu malzemesi olarak kullanılan pomza asidik karakterlidir. Yaklaşık 4 mm'lik pomza tanecikleri paketleme öncesi yabancı materyallerden arındırılması için bazı evrelerden geçirilmiştir. Paketleme için matris malzemesi olarak alüminyum kullanılmıştır. Alüminyum yaklaşık 700 °C'de ergime sonrası vakumlu bir ortamda pomza taneciklerine dökülmüştür. Soğuma işlemi oda şartlarında yapılmıştır. Bu şekilde birkaç örnek oluşturulmuştur. Örneklerin SEM görüntüleri incelenmiştir. Görüntülerde çok düşük oranda matris malzemesi ile reaksiyon gerçekleştiği görülmüştür. Bunun neticesinde pomzanın kararlı bir malzeme olduğu belirtilmiştir. Paketleme için kullanılan pomza taneciklerinin malzemenin yoğunluğunu azalttığı görülmüştür. Pomza malzemesinin uygun bir dolgu malzemesi olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir [15].

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Kullanılan malzemenin teorik alt bilgisi, Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 2018 yılı tez yazım klavuzuna bağlı alınarak bu bölümde verildi. İki bölüm halinde, ilk olarak malzemenin genel tanıtımı ve sonrasında kullanılan malzemenin nerden ve nasıl temin edildiği, deney süreçleri anlatıldı. İkinci bölümde ise kullanılan yöntemlerin genel teorik bilgisi, malzemenin karakterizasyonu ve analizlerin nasıl yapıldığı anlatıldı.

3.1. Pomza ve Oluşumu

3.1.1. Pomza

Pomza boşluklu, süngerimsi, volkanik olaylar neticesinde oluşmuş, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, gözenekli camsı volkanik bir kayadır. Oluşumu sırasında, bünyedeki gazların, ani olarak bünyeyi terk etmesi ve ani soğuma nedeni ile makro ölçekten mikro ölçeğe kadar Resim 3.1’de görüldüğü gibi sayısız gözenek içerir. Gözenekler, özellikle de mikro gözenekler arasında bağlantısız boşluk olduğundan ısı ve ses yalıtımı oldukça yüksektir.



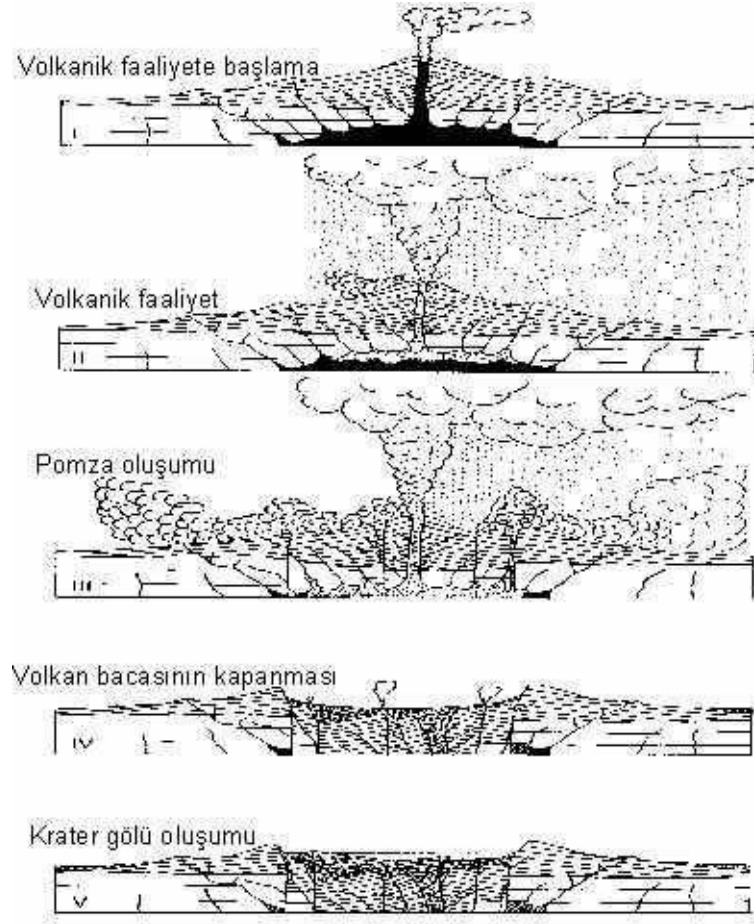
Resim 3.1 Tipik bir pomza görünüşü

3.1.2. Pomza Taşının Oluşumu

Pomzanın oluşumu genel olarak Şekil 3.1’de şematik olarak ifade edildiği gibidir. Asidik magma içerdiği silis miktarından dolayı bazik magmaya göre akışkanlık oranı daha yüksektir. Bu da volkanik faaliyetler durgunluk gösterdiği

zamanlarda asidik malzeme birikmesi ve asidik malzeme oluşmasına sebep olur. Volkanik aktivite tekrar faal olduğu zaman basınç yükselir ve asit karakterli kayalar ile birlikte magmanın bünyesinde barındırdığı erimiş uçucular infilak olur ve bacadan püskürülür. Basıncıdaki farklılık, sıcaklığı hızlıca değiştirir. Bu da gazların hızlıca atmosfere yayılmasına sebep olur. Magma içerisindeki bu gazların atmosfere yayılım öncesinde magmanın içerisinde kapladığı hacim, ani soğuma sonucu atmosfere yayılması ve ardından bu hacimlerin tekrar dolmasına yeterli zaman olmadığı için boşluklar meydana getirir. Pomzanın gözenekli bir yapıya sahip olmasının sebebi bundan kaynaklanır.

Pomza oluşumundaki parametreler; uçucuların magma içerisindeki miktarı, magmanın ısı, püskürme süresi, püskürülen magmanın soğuma hızı ve ara süreler şeklindedir [1].



Şekil 3.1 Pomza oluşumu [16]

Pomza parçacıkları volkan bacasına yakın olan kısımlarda yoğun merkez kabul edilen bölgeden uzaklaştıkça daha seyrek bir şekilde depolanır. Pomza yataklarının oluşumu bu şekildedir. Pomzanın havzalara birikmesi ise genellikle akarsular ile gerçekleşir. Havzalarda biriken pomza yatakları akarsu taşınımı ile gerçekleştiği için bünyesinde birçok yabancı madde barındırır [1].

3.1.3. Pomza Taşının Üretimi

Pomza üretim teknolojisi, genellikle mekanik kazı yöntemleriyle açık ocak işletmeciliği şeklinde yapılmaktadır [17]. Pomzanın gözenekli yapıda olması iri boyutlu ufalama işlemlerinde avantaj sağlarken, ince boyutlarda öğütülmesi diğer tüm cevherlerde olduğu gibi zordur. Yapısındaki silis miktarının fazlalığı nedeniyle kırma, eleme ve öğütmede aşınma problemi yaratmaktadır. Bu nedenle çift istinat kollu, konik

ve merdaneli kırıcıların kullanılması daha uygundur [18]. Pomza nakliyatı, uzun mesafelerde karayolu taşımacılığı ile yapılmaktadır. Bu da maliyeti önemli ölçüde arttırmaktadır. Doğu Anadolu'da kaliteli pomza olmasına rağmen bazen maliyet çok fazla yükseldiğinden pomza ihtiyacı bu bölgelerden temin edilmemektedir. Pomzanın cevher halinden makro veya mikro ölçeğe kadar küçük boyutlara indirilmesinde genellikle mekanik ufalanma yöntemleri uygulanır. Pomza malzemesinin eldesi hazırlanırken tarım arazilerinin tekrar tarım için kullanılabilir olması için açık, yani toprağın üstü tıraşlanacak şekilde kayaç toplanır. Bu yöntemin dezavantajı zenginleştirilecek cevherin içerisinde yüksek miktarda yabancı madde (toprağın barındırdığı kil ve benzeri materyaller) bulundurmasıdır. Bu da pomza üretimini daha maliyetli kılar.

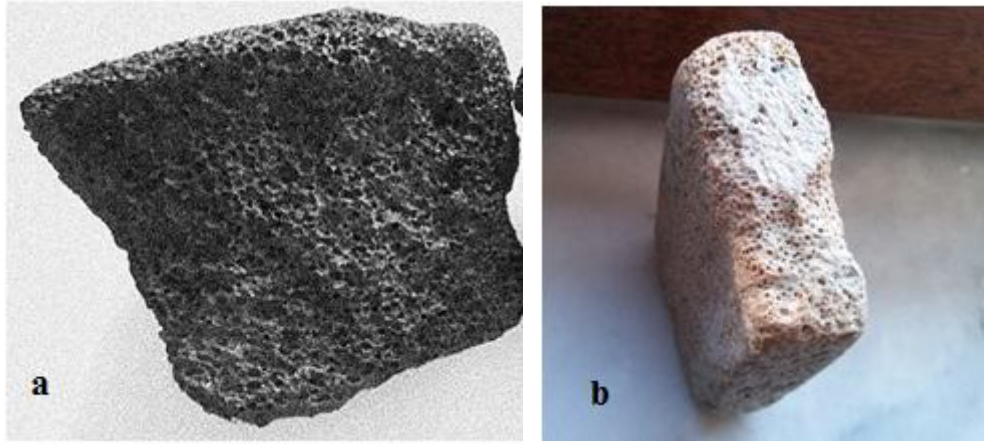
Pomzanın verimli olarak inşaat sektöründe kullanılması için tanecik boyutunun birbirine yakın olması yani homojen olması gerekmektedir. Pomzanın boyutsal olarak homojenleştirilmesi, eleklerin yabancı materyallerden arındırılması için havalı jiglerden kullanılır. Bu şekilde kalitesi arttırılan pomza maliyet yükseldiği için genellikle tercih edilmemektedir. Bunun yerine pomza rast gele ufalanarak veya yabancı materyallerden arıtılmadan inşaat yapı malzemeleri olarak kullanılmaktadır.

Tekstil sektöründe de kullanılan pomza genellikle 5 cm boyutunda ve taşlanmanın amacına yönelik daha verimli kullanılması için küreselleştirilmiştir.

Ülkemizde bazı pomza işletmelerinin üretim yönteminde ise eğer pomza toplama alanı seyrek örtülü ise kamyon ve dozer kullanılarak cevher toplanır ve zenginleştirme işlemi için fabrikalara gönderilir. Eğer cevher örtüsü kalın ise basamaklı bir cevher toplama yöntemi söz konusudur ve bu birkaç aşamada gerçekleşir. Bu şekilde toplanan pomza cevheri tesise araçlar ile gönderilir. Bu tesiste pomza öğütülür ve farklı sektörler veya aynı sektörün farklı alanları için farklı ölçeklerde ufalanır ve gruplandırılarak depolanır. Fabrikalara depolanan pomza elenir. Kırma ve daha ince eleme ile istenilen boyutlara (0,3-2 mm) hazırlanır.

3.1.4. Pomzanın Sınıflandırılması

Pomza yeryüzünde asit karakterli ve bazik karakterli olmak üzere iki çeşit olarak bilinir. Farklı şekillerde oluşmasının birçok nedeni vardır. Genellikle volkanik faaliyetler esnasında atmosfer sıcaklığı, magmanın karakteristik özelliği, soğuma hızı, yoğunluk, viskozite gibi parametreler oluşan pomzanın karakteristiğini belirler. Asidik pomza yoğunluğu bazik pomzaya göre daha düşüktür. Resim 3.2’de gösterildiği gibi asidik pomza açık renktedir, bazik pomza ise daha koyu renklidir.



Resim 3.2 Bazik pomza (a) [19] ve asidik pomza (b)

Netice itibari ile iki çeşidin ortak özelliği, oluşum esnasında ani soğuma ve gazların bünyeyi ani olarak terk etmesi sonucu pomzanın en önemli özelliklerinden biri olan boşluklu bir yapıya sahip olmasıdır [1].

3.1.5. Pomzanın Kimyasal Bileşimi

Pomzanın yoğunluğu yaklaşık $0,5-1 \text{ g/cm}^3$ civarındadır. Yapısında Silisyum, Alüminyum, Potasyum ve Sodyum içerir ve bu bileşimler nedeni ile de açık renkli görünüm sergilemektedirler. Çizelge 3.1’de asidik ve bazik pomzanın kimyasal bileşimi görülmektedir [1].

Çizelge 3.1 Asidik ve bazik pomzanın kimyasal bileşimi [1]

Bileşen (%)	Asidik Pomza	Bazik Pomza
SiO ₂	70	45

Al_2O_3	14	21
Fe_2O_3	2.5	7
CaO	0.9	11
MgO	0.6	7
Na_2O+K_2O	9	8
Ateş Kaybı	3	1

3.1.6. Ülkelerin Pomza Rezervine Göre Üretim Miktarları

Dünyada net olarak ne kadar pomza rezervi olduğu bilinmemekle birlikte rezerv miktarının en çok olduğu ülke ABD'dir. Rezerv bolluğu açısından ABD ülkesini takip eden diğer ülkeler Türkiye, İtalya, Dominik, Martinik, İzlanda, Bağımsız Devletler Topluluğu şeklinde sıralanabilir. Pomza ülkelerin rezerv miktarı hakkındaki tahmini oran Ek 1'de gösterildi [16, 20, 21].

3.1.7. Pomzanın Önemi

Ek 1'deki ve Ek 3'deki istatistiklerde görüldüğü gibi rezerv olarak Türkiye, Dünya rezervinde ikinci sırada olmasına rağmen pomza üretiminde birinci sıralarda yer almaktadır. Pomza üretimi bazı ülkeler için yüksek maliyetli olabilir fakat aynı durum Türkiye için söz konusu değildir. Türkiye pomza rezervi bakımından zengindir. Bu istatistiklerden, Türkiye'de pomzaya gerekli önemin verildiği anlaşılmaktadır.

MTA (Maden Tetkik ve Arama) Genel Müdürlüğü'nün Ek 2'de gösterilen istatistik verilerine göre Türkiye; orta ve doğu Anadolu bölgelerinde daha yoğun olmak üzere yaklaşık olarak 2.4- 2.8 milyar m³ arasında pomza rezervine sahiptir. Türkiye'nin pomza rezervi dünya pomza rezervinin yaklaşık %14.28'ne tekabül etmektedir. Ek 2'de Türkiye pomza rezervleri görülmektedir [22].

Ülkemizin 2023 Stratejik Vizyon hedeflerinde, binalarda enerji tasarrufu sağlanmasında ve ses yalıtımı sistemlerinin üretiminde pomza stratejik ve teknolojik ürün olarak yerini almalıdır.

3.1.8. Pomzanın Fiziksel Özellikleri

Pomzanın genel olarak fiziksel özellikleri, bileşiminde bulunan seramik bazlı elementlerden kaynaklanmaktadır. Pomzanın ihtiva ettiği SiO_2 oranı, kayaca aşındırıcı özelliği kazandırmaktadır. Yine pomzanın içeriğinde bulunan Al_2O_3 bileşimi ateşe ve ısıya yüksek dayanım özelliği kazandırır. Pomza yapısında bulunan yüksek oranda boşluk ise pomzaya çok düşük oranlarda özgül ağırlık ve yüksek oranda yalıtkanlık özelliği kazandırmaktadır [1]. Çizelge 3.2’de pomzanın fiziksel özellikleri gösterilmektedir.

Çizelge 3.2 Pomzanın fiziksel özellikleri [23]

Pomzanın Fiziksel Özellikleri	
Renk	Açık griden kirli beyaza
Kristal Şekli	Amorf
Kristal Suyu	Yok
Sertlik (MOHS)	5,5 – 6,0
Kuru Birim Hacim Ağırlığı (g/cm^3)	0,32 – 0,97
Gerçek Özgül Ağırlığı (g/cm^3)	2,15 – 2,65
Porozite (%)	45 – 90
Rötire (mm/m)	< 1
Isı İletkenlik Katsayısı (W/mK)	0,08 – 0,20
Isınma Isısı (cal /g.°C)	0,24 – 0,28
Ses Yalıtımı (dB)	40 – 55
Su Emme (Ağırlıkça %)	30 – 70
Buhar Difüzyon Katsayısı	5– 10

3.1.9. Pomzanın Genel Özellikleri

Pomza, özgül ağırlığına göre çok yüksek gerilmelere dayanıklıdır. Yapısında barındırdığı aşındırıcılardan dolayı iyi bir aşındırıcıdır. Bünyesinde barındırdığı boşluklardan dolayı çok iyi bir ısı ve ses yalıtımı malzemesidir. Kimyasal reaksiyonlara karşı çok dayanıklıdır. Yanma sıcaklığı çok yüksektir bu sebeple ateşe karşı dirençlidir. Gözeneklerden dolayı çok hafiftir bu avantajlı yönüyle yüksek ağırlık istenmeyen çalışmalarda çok tercih edilir.

3.1.10. Pomzanın Kullanım Alanları

Pomzanın kimyasal içeriğindeki element ve bileşiklerin oranlarının farklılık göstermesi, farklı kullanım alanları sağlayabilir. Örneğin pomzanın içerdiği SiO_2 oranı, kayaca aşındırma özelliği kazandırmaktadır ki bu özelliği sebebiyle tekstil sektöründe kot taşlama işinde yaygın olarak pomza kullanılmaktadır. Yine pomzanın içeriğinde bulunan Al_2O_3 bileşimi, ateşe ve ısıya yüksek dayanım özelliği kazandırır. Na_2O ve K_2O bileşikleri, tekstil sanayisinde reaksiyon özellikleri veren mineraller olarak bilinmektedir.

Günümüzde pomzanın kullanım alanları çok geniş olmakla birlikte en çok inşaat sektörünün değişik alanlarında kullanılır. Pomza kullanıldıkları yerlere göre beş ayrı grupta değerlendirilebilir. Bunlar;

- i. Kimya sektöründe
- ii. İnşaat sektöründe
- iii. Tarım sektöründe
- iv. Tekstil sektöründe [24]
- v. Diğer endüstriyel ve teknolojik alanlarda;
 - PVC kaplamada dolgu malzemesi olarak,
 - Uzay teknolojisinde yüksek ısıya dayanıklı seramik ve kabin camı üretiminde,
 - Hafif termoplastik reçine esaslı kalıpların yapımında,
 - Otomobil endüstrisinde, ısı ve ses yalıtımında dolgu malzemesi olarak,
 - Hafif fakat yüksek basınç mukavemeti istenen malzemelerde

kullanılmaktadır.

Bu çalışmada hedeflenen amaçlardan bir tanesi de pomzanın diğer endüstriyel ve teknolojik alanlarda kullanımının artırılması ve bu alanlarda ilerlemesine katkıda bulunmaktır.

3.2. Fabrikada Yapılan Analizler ve Deneysel Süreçler

Başlangıç olarak, Adıyaman Organize Sanayi Bölgesi'nde yerleşik yapı kimyasalları üreten Novel Art Firması'ndan alınan karışık(siyah ve beyaz) halde bulunan farklı ölçeklerdeki pomza tanecikleri elek analizi ile ayrıştırıldı. Daha sonra ticari ürün olarak bilgilerinin mevcut olduğu silikon esaslı cephe boyası, uygun ölçekteki pomza tanecikleri ile katkılandı. Oluşan pomza katkılı silikon esaslı cephe boyasının yoğunluğu ölçüldü ve yoğunluğunda gerçekleşen değişim tespit edildi. Daha sonra elde edilen pomza katkılı silikon esaslı cephe boyasından belli miktarda, aplikatör (sürmeye yarayan alet) yardımı ile zebra kartlarına çekildi.

3.2.1. Elek Analizi

Elek analizine başlamadan önce Resim 3.3'de görülen elekler, testin başarılı bir şekilde yapılması ve istenmeyen maddeleri barındırmamak için arındırıldı (sterilize edildi). Analiz oda sıcaklığında gerçekleştirildi. Net ölçüm için Resim 3.6'da gösterilen hassas tartı da tozlardan arındırıldı ve sıfırlandı. Elek analizi, üst üste geçirilmiş 10 adet farklı ölçekli elek ile gerçekleştirildi. Analiz için farklı ölçeklerde karışık olarak fabrikadan alınan pomza tozu hassas tartıda tartıldı. Karışım 342 g olarak kaydedildi. Daha sonra elek analizine en büyük ölçekten, 3 mm olarak, başlandı.

Mikronize hale getirilen 710 μ , 500 μ , 250 μ ve 90 μ pomza taneciklerinin gerçek görüntüleri Resim 3.3'de gösterildi. Çizelge 3.3'te ise eleklerden elde edilen mikronize pomza tozlarının miktarları ve yüzdeleri verildi. Değerlerin hesaplanması için tüm eleklerin üzerinde kalanlar toplanıp

$$3,5 + 8,14 + 5,25 + 6,06 + 3,03 + 4,22 + 157,52 + 8,06 + 40,52 = 250,8 \text{ g}$$

olarak bulundu. Bulunan bu değer, 342 g olan başlangıçtaki toplam pomza miktarından çıkarıldı ve

$$342 - 250,8 = 91,2 \text{ g}$$

elde edildi. Elde edilen bu değer yaklaşık 90 µ ve daha küçük boyutlarda olan pomza tozunun Çizelge 3.3’de de gösterildiği gibi (91,2 g), ayrıştırma işlemi yapılmadan önceki pomza miktarına (342 g) bölündü ve sonucun (0,266) yüzdesinin alınması için 100 ile çarpıldı. Böylece farklı boyutlarda olan pomza karışımının içindeki, 90 µ ve daha küçük boyutlarda olan pomza miktarının yüzdesi

$$\frac{91,2}{342} \times 100 = \%26,66$$

olarak hesaplandı.



Resim 3.3 Karışımları farklı ölçüklere ayırmada kullanılan elekler ve mikronize hale getirilen 710 μ , 500 μ , 250 μ ve 90 μ pomza tanecikleri

Çizelge 3.3 Elek analizi deneysel sonuçlar

Elek Analizi			
Elek Ölçeği (mm)	Elek Ölçeği (μ)	Elek Üzerinde Kalan Miktar (g)	Yüzdesi (%)
3	3000	3,5	1,076
2	2000	18,14	5,304
1,6	1600	5,25	1,535
1,25	1250	6,06	1,772
1	1000	3,03	0,886
0,71	710	4,22	1,234
0,5	500	4,5	1,316
0,25	250	157,52	46,05
0,125	125	8,06	2,357
0,09	90	40,52	11,85
Tüm eleklerin üzerinde kalan net pomza miktarı		250,8	73,33
Başlangıçtaki pomza miktarı		342	100
Başlangıçtaki pomza miktarı ile tüm eleklerin üzerinde kalan net pomza miktarı farkı (342-250,8= 91,2)		91,2	26,66

3.2.2. Örnek Malzemenin Hazırlanması

Bu bölümde, önceki bölümde elde edilen 90 μ ve daha küçük boyutlardaki pomza tozunun katkılanması anlatılmaktadır.

Deneyin bu aşamasına, çırpıcı bıçağı sıkı bir şekilde, çırpıcıya sabitlenerek başlandı. Çırpıcı kullanım talimatı okundu ve bu talimata bağlı kalındı. Karıştırma kabı, çırpıcı bıçağını ortalayacak şekilde sıkıştırma mandalları ile sıkı bir şekilde sabitlendi. Çırpıcıda elektrik kaçağı olmamasına dikkat edildi. Yeşil renkli “POWER” tuşuna basıldı ve çırpıcı çalıştırıldı. Kontrol panelindeki düğme sağa çevrilerek devir arttırıldı, sola çevrilerek devir azaltıldı. Sol tarafta bulunan kol yardımı ile çırpıcı ucunun yukarı-aşağı hareketi sağlandı. Sağ tarafta bulunan mandal yardımı ile de

çırpıcının yukarı-aşağı hareketi sabitlendi. Çırpıcının durdurulması için kırmızı renkli “STOP” düğmesine basıldı.

Katkılamanın homojen bir şekilde gerçekleşebilmesi için Resim 3.4’de gösterilen hidrolik çırpıcı kullanıldı. Katkılama yapılmadan önce çırpıcının karıştırma periyodu 1600 d/dk şeklinde ayarlandı (1 dakikada 1600 devir). Karıştırıcı ucu uygun katkılama ve karıştırma kabına uyumlu olması gerektiği için çırpıcının karıştırıcı koluna 100 mm’lik çapında karıştırıcı ucu eklendi. Çırpıcı ve karıştırıcı ucu katkılama öncesi yabancı maddelerden arındırıldı.



Resim 3.4 Katkılamanın yapılmasını sağlayan hidrolik çırpıcı

Katkılama için 3 kg silikon esaslı dış cephe boyası fabrikadan hazır olarak alındı. TS 5808 standartlı Novel Piento cephe boyası, arındırılmış karıştırma kabına yerleştirildi. Karıştırma kabı çırpıcının sabit tutucu kollarıyla sabitleştirilerek hidrolik çırpıcıya yerleştirildi. Çırpıcının karıştırıcı kolu silikon esaslı dış cephe boyasının içine yerleştirildi. Hidrolik çırpıcı, 1600 d/dk ile çalıştırıldı. Çırpıcı çalıştırdıktan sonra 90 µ ve daha küçük boyutlarda olan pomza katkı malzemesi, silikon esaslı dış cephe

boyasına takviye edildi ve sonrasında 3 dakika boyunca karıştırma işlemine devam edildi. Üç dakikanın sonunda karıştırma işlemi durduruldu ve çırpıcının karıştırma ucu kabın içinden çıkarılarak manüel olarak (elle) karıştırma çubuğu ile 2 dakika karıştırıldı. Böylece bu işlem sayesinde daha homojen bir karışım elde edildi. Daha sonra kaba çırpıcı kolu yerleştirilerek aynı devirde karışım yapıldı ve bu işlem iki defa daha tekrarlandı. Toplam 9 dakika çırpıcıyla, 6 dakika manüel olarak, karıştırma çubuğu ile 15 dakika sonunda katkılama işlemi tamamlandı. Katkılama laboratuvar ortamında oda sıcaklığında yapıldı.

2015’de Taherishargh ve diğerleri tarafından ergimiş alüminyuma pomza tanecikleri katkılanan ve bu katkılama neticesinde örneklerin mekanik ve karakteristik özellikleri incelenen çalışmada katkılama vakumlu ortamda yapılmasına rağmen pomza takviyesi, bu tez çalışmasından farklı olarak, yüksek sıcaklıklarda yapıldığından dolayı pomza ile alüminyum arasında sınırlı sayıda reaksiyon gerçekleştiği gözlemlenmiştir.

3.2.3. Yoğunluk Değerlendirmesi

3.2.3.1. Yoğunluk Değerlendirmesi için Kullanılan Araç ve Gereçler

Yoğunluk Kabı

Yoğunluk kabı başka bir deyişle piknometre, boyaların, yağların veya benzer akışkanların özgül ağırlıklarını ya da yoğunluklarını belirlemeye yarayan alettir. Yoğunluk belirli bir sıcaklıkta birim hacim başına ağırlık olarak tanımlanır. Yoğunluk kaplarının ya da piknometrelerin alüminyum ya da paslanmaz çelik olarak 100 cc ve 50 cc hacimlerinde farklı tipleri mevcuttur. Tüm modeller belirli bir kalite standardında üretilir ve bir kalibrasyon sertifikasıyla birlikte alınmaktadır. Bu çalışmada yapılan yoğunluk deneylerinde Resim 3.5’te görülen 100 cc’lik paslanmaz çelikten yapılmış yoğunluk kabı kullanıldı.



Resim 3.5 Yoğunluk değerlendirmek için kullanılan 100 cc'lik çelik piknometre

Hassas Tartı

Hassas tartı, laboratuvar, ilaç ve kimya sanayisi gibi hassasiyet isteyen değerli materyallerin ölçümlerinde kullanılan elektronik terazidir. Hassas tartının kullanım alanları hassasiyet isteyen mesleklerdir. Hassas tartının birçok kullanım alanı vardır. En yaygın kullanım alanlarını; Ar-Ge laboratuvarları, ilaç sanayileri, eczacılık, tıp, kozmetik, kalite kontrol laboratuvarları, biyoteknoloji şeklinde sıralayabiliriz. Bu çalışmada yapılan tartı ölçümlerinde Resim 3.6'da görülen hassas tartı kullanıldı.



Resim 3.6 Hassas Tartı

3.2.3.2. Silikon esaslı dış cephe boyasının yoğunluk değerlendirilmesi

Bu bölümde, ilk olarak yoğunluk kabı, tamamen boş iken, hassas tartıda ölçüldü ve bu değer m_1 kütle değeri 45,53 g olarak kaydedildi. Sonra TS 5808 standartlı Novel Piento cephe boyası kaba konuldu, malzeme kaba konulurken kapta boş yer kalmamasına dikkat edildi. TS 5808 standartı, piyasaya kullanılmaya hazır şekilde sunulan su bazlı (emülsiyon esaslı) iç ve dış cephe yapı son kat boyalarını kapsar. Dış cephe kaplama malzemelerini, su ile inceltilebilen fakat bağlayıcısı emülsiyon polimerizasyonuna göre imal edilmemiş boyalar ile sentetik boyaları kapsamaz.

Silikon esaslı dış cephe kaplama malzemesi 100 cc'lik kap tamamen Silikon esaslı dış cephe kaplama malzemesi ile dolduruldu. Daha sonra dolu kap hassas tartıda Resim 3.7'de gösterildiği gibi tekrardan tartıldı ve 175,61 g olan bu değer m_2 kütlesi olarak kaydedildi. Kabın içindeki net Silikon esaslı dış cephe boyasının kütlesini belirlemek için ölçülen iki kütle arasındaki fark

$$m_2 - m_1 = m_3$$

$$= 130,08 \text{ g}$$

olarak bulundu. Bulunan bu net kütle değeri, kabın hacmine bölünerek net yoğunluk

$$d = m/v$$

$$= 1,3008 \text{ g/cm}^3$$

olarak elde edildi. Bu işlemler Çizelge 3.4’de ayrıca belirtildi.

Çizelge 3.4 Silikon esaslı dış cephe boyasının yoğunluk değerlendirilmesi

Silikon esaslı dış cephe boyasının yoğunluk değerlendirilmesi		
Yoğunluk kabının kütlesi	$m_1(\text{g})$	45,53
Silikon esaslı dış cephe kaplama malzemesi ile doldurulmuş kabın kütlesi	$m_2(\text{g})$	175,61
Kabın içindeki net Silikon esaslı dış cephe boyasının kütlesi	$m_2 - m_1 = m_3(\text{g})$	130,08
Silikon esaslı dış cephe boyasının yoğunluk hesabı	$d=m_3/V (\text{g/cm}^3)$	1,3008



Resim 3.7 Hassas tartıda ölçülen Silikon esaslı dış cephe boyası

3.2.3.3. Pomza katkılı Silikon esaslı dış cephe boyasının yoğunluk değerlendirilmesi

Silikon esaslı dış cephe boyasının yoğunluk değerlendirilmesi yapıldıktan sonra, pomzanın etkisini görebilmek için yeni elde edilen bu malzemenin yoğunluk

değerlendirilmesi yapıldı. Önceki bölümdeki benzer işlemler tekrarlandı. Yoğunluk kabı tamamen boş iken hassas tartıda 45,53 g olarak ölçüldü ve m_1 kütlesi olarak kaydedildi. Sonrasında pomza katkılı silikon esaslı dış cephe boyası kaba konuldu, kapta boş yer kalmamasına özen gösterildi. 100 cc'lik kap tamamen pomza katkılı silikon esaslı dış cephe boyası ile dolduruldu. Resim 3.7'de görüldüğü gibi 174,35 g olarak tartılan dolu kap m_2 kütlesi olarak kaydedildi. Kabın içindeki net pomza katkılı silikon esaslı dış cephe boyasının ağırlığını belirlemek için ölçülen iki kütle arasındaki fark alınarak net kütle m_3 , 128,82 g olarak kaydedildi ve bu değer kabın hacmine bölünerek $1,2882 \text{ g/cm}^3$ olan net yoğunluk bulundu. Bu işlem Çizelge 3.5'de detaylı bir şekilde, çizelge halinde verildi.

Çizelge 3.5 Pomza katkılı silikon esaslı dış cephe boyasının yoğunluk değerlendirilmesi

Pomza katkılı silikon esaslı dış cephe boyasının yoğunluk değerlendirilmesi		
Yoğunluk kabının kütlesi	m_1 (g)	45,53
Pomza katkılı silikon esaslı dış cephe kaplama malzemesi ile doldurulmuş kabın kütlesi	m_2 (g)	174,35
Kabın içindeki net pomza katkılı silikon esaslı dış cephe boyasının kütlesi	$m_2 - m_1 = m_3$ (g)	128,82
Silikon esaslı dış cephe boyasının yoğunluk hesabı	$d=m_3/V$ (g/cm^3)	1,2882



Resim 3.8 Hassas tartıda ölçülen pomza katkılı silikon esaslı dış cephe boyası

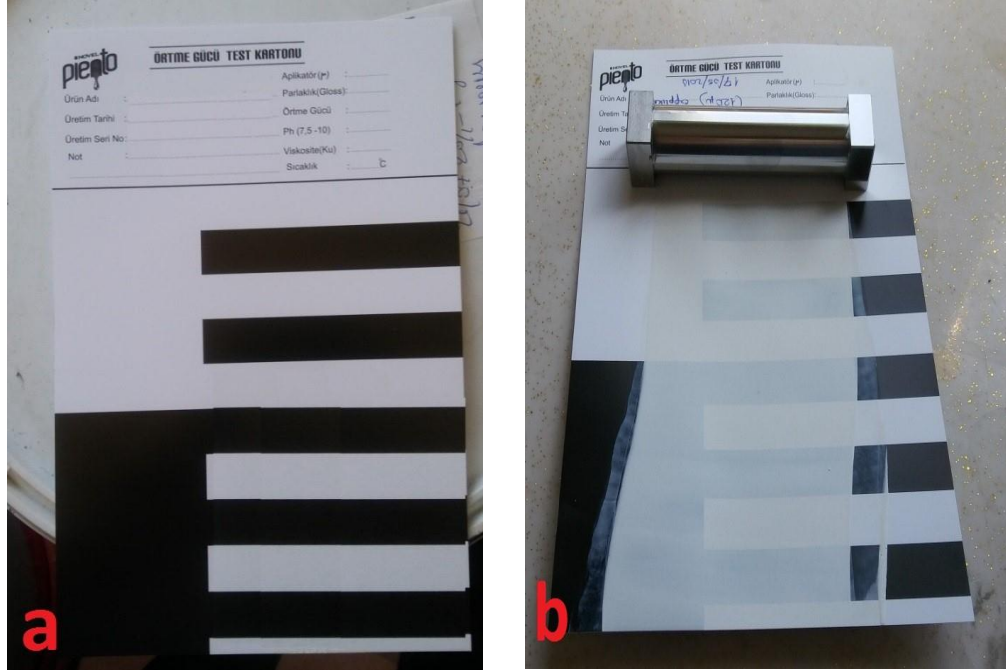
3.2.4. Pomza Tozu Katkılı Silikon Esaslı Dış Cephe Kaplama Malzemesinin Zebra Kartlarına Aplikatör ile Çekilmesi

Bu bölümde yeni olan pomza katkılı Silikon esaslı dış cephe kaplama malzemesinin örtme gücünü bulmak için deneyler yapıldı. Bu amaçla, aplikatör kullanıldı. Aplikatör, kullanım talimatı okundu ve bu talimatlar doğrultusunda kullanıldı. Ayrıca aplikatör, kullanım öncesi istenmeyen maddelerden ve safsızlıklardan steril su ile arındırıldı, sonrasında ise oda sıcaklığında 30 dakika boyunca bekletildi. Böylelikle istenmeyen reaksiyonlar minimum seviyeye indirildi.

Aplikatör (sürmeye yarayan alet), belirli bir et kalınlığında örtme gücü test kartonuna malzeme çekilmesi için kullanılan bir alettir. Kullanım amacına göre çeşitleri vardır. Bu çalışmada 30, 60, 90 ve 120 μ olmak üzere Resim 3.9'da gösterilen dört yüzlü aplikatör kullanıldı. Deneyin hassasiyeti için aplikatör kullanım talimatına bağlı kalınarak boya, film oluşturmaya yetecek miktarda zebra kartı üzerine sürüldü. Resim 3.10 (a)'da örnek zebra kartı görülmektedir. Aplikatör üzerinden boya filminin çekileceği film kalınlığı ayarlandı. Çekilecek yüzeyin düz ve temiz bir zemin olmasına dikkat edildi. Devamında, daha önce kullanılmamış ve başka bir yüzey ile temas etmemiş yeni bir zebra kartı örnek alma tezgâhına yerleştirildi. Zebra kartı üzerinden boya filmi Resim 3.10 (b)'de gösterildiği gibi dikkatlice çekildi. Son olarak işlem bitiminde aplikatör iyice temizlendi.



Resim 3.9 Dört yüzlü aplikatörün üstten yandan görünümüleri



Resim 3.10 a-Zebra kartı (örtme gücü test kartonu) b- Dört yüzlü aplikatör ile zebra kartına çekilmiş pomza tozu katkılı silikon esaslı dış cephe kaplama malzemesi

Örnek alma işlemi iki aşamalı olarak gerçekleştirildi. Önce pomza tozu katkılı silikon esaslı dış cephe kaplama malzemesi 50 g olacak şekilde hassas tartıda tartıldı. Daha sonra alınan pomza tozu katkılı silikon esaslı dış cephe kaplama malzemesi zebra kartının üzerine konuldu ve aplikatörün 120 mikronluk yüzeyi ile çekme işlemi gerçekleştirildi. Aplikatörün 120 mikronluk yüzeyinin kullanılmasının sebebi pomza tozu katkılı silikon esaslı dış cephe kaplama malzemesinin içerisinde 90 mikron boyutlarda mikronize pomza taneciklerinin bulunmasıdır. Yani en büyük pomza taneciği ile aplikatör yüzeyi arasında en az 20 mikronluk bir katmanı pratikte uygun bir ölçümdür.

3.3. Malzemelerin Karakterizasyonu ve Kullanılan Yöntemler

Bu bölümde fabrikada elde edilen yeni malzemenin mikroyapısının incelenmesi için kullanılan yöntemler ve yapılan analizler anlatıldı. Öncesinde yine Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 2018 tez yazım klavuzuna bağlı kalınarak öncelikle kullanılan yöntemlerin teorik bilgisi verildi. Sonra analizlerin anlatılmasına geçildi.

Karakterizasyon, malzemelerin genel olarak fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi için yapılır. Birçok karakterizasyon yöntemi vardır. Uygulama alanına bağlı olarak, bir veya birden fazla karakterizasyon yöntemi uygulanabilir.

3.3.1. Karakterizasyon Yöntemleri Sınıflandırılması

- i. Termal Karakterizasyon Yöntemleri
- ii. Mekanik Karakterizasyon Yöntemleri
- iii. Kimyasal Karakterizasyon Yöntemleri
- iv. Mikroyapısal Karakterizasyon Yöntemleri
- v. Yapısal Karakterizasyon Yöntemleri
- vi. Reolojik (Yük Altındaki Malzemenin Form Parametresi)
Karakterizasyon Yöntemleri
- vii. Fiziksel Karakterizasyon Yöntemleri

3.3.1.1. Mikroyapısal Karakterizasyon Yöntemleri

Mikroyapısal karakterizasyon yöntemleri elektron demetinin kristalin (veya kristalin olmayan) madde ile etkileşiminin fiziğini temel almaktadır. Çeşitli analiz yöntemleri de aynı ilkeyi temel almaktadır. Kullanılan enerjinin kaynağı ampül ışığınınkinden çok daha fazla miktarda üretilen elektron demetleridir. İnce bir rezistans teli elektrik akımına bağlanmıştır. Bu rezistans madde elektrik enerjisini ışık enerjisine dönüştürmektedir. Sapan elektronlar elektromagnetler ile demetler biçiminde incelenecek materyale doğru yönlendirilirler. Elektron mikroskoplarda ayırım (çözünürlük gücü) Taramalı Elektron Mikroskobu'nda (SEM'de) 25 Å, Geçirimli Elektron Mikroskobu'nda (TEM'de) 1-1.9 Å iken, optik mikroskoplarda 2000 Å düzeyindedir. Diğer taraftan SEM yöntemindeki odaklama derinliği optik mikroskoplara göre 300-600, alan derinliği ise 30 kat daha iyidir [25].

Yaygın olarak kullanılan Mikroyapısal Karakterizasyon Yöntemleri;

- i. Yüksek Çözünürlüklü Geçirimli Elektron Mikroskop Yöntemi (HRTEM)
- ii. Elektron Mikroskop Yöntemi
- iii. Geçirimli Elektron Mikroskop (TEM-Transmission Electron Microscopy)

iv. Taramalı Elektron Mikroskop (SEM-Scanning Electron Microscope)

olarak bilinmektedir.

Bu çalışmada örneklerin karakterizasyonunu tespit etmek için mikroyapısal karakterizasyon yöntemlerinden Taramalı Elektron Mikroskop (SEM-Scanning Electron Microscope) yöntemi kullanıldı.

3.3.1.1.1. Taramalı Elektron Mikroskop-SEM (Scanning Electron Microscope)

Taramalı Elektron Mikroskobu, Manfred von Ardenne öncülüğünde, 1930'lu yıllarda geliştirilmiştir. Adından da anlaşılacak üzere bu yöntemde elektron demeti kullanılır. Taramalı Elektron Mikroskobu çok küçük bir alana odaklanan yüksek enerjili elektronlarla yüzeyin taranması prensibi ile çalışır. SEM topografi, morfoloji, kimyasal analiz, şekil-boyut analizi gibi sıvı olmayan malzemelerin özelliklerinin belirlenmesinde geniş bir kullanıma sahiptir [26].

SEM olarak bilinen bu mikroskop, bilim ile uğraşan insanların pusulası olarak bilinmektedir. Son yıllarda geliştirilen teknolojisi ile hatasız sonuç ve çok kısa sürede analiz gibi özellikleri bünyesinde barındırmaktadır. İşleyişi kısaca; bir elektron tabancasından (filament'den) elektronlar gönderilerek magnetik alanların yönlendirmesi ile incelenecek örneğe çarptırılır. Buradan seken elektronların yardımı ile görüntümüz elde edilir.

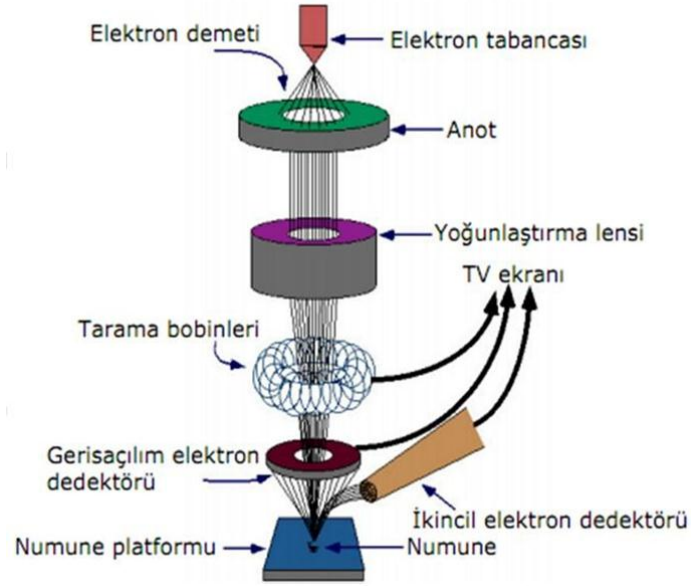
SEM cihazının şekli genelde büyük bir termos kılığında bulunan reaksiyonun gerçekleştiği yer ve buna bağlı X-RD (X-Ray Diffractometers) arka tarafında ise soğutucu bulunmaktadır.

Monitörlerden birincisi incelenen örneğin yansımasıdır, ikinci monitörde karşılaştırılacak diğer görüntü, kaydedilecek dosyalar, duruma göre gözden kaçmaması gereken bilgiler vardır. Üçüncü monitör ise ilk monitörde gördüğümüz şekillerin X-ışını analizlerini yaparak periyodik tablodaki isimlerini ve işaretlediğimiz yerdeki oranlarını bize veren monitördür.

3.3.1.1.2. Taramalı Elektron Mikroskobunun Çalışma Prensibi

Temel olarak Taramalı Elektron Mikroskobu, Tungsten veya Lantan Hekzaborit katottan ortaya çıkan elektronların, kullanımı incelenecek malzeme yüzeyine gönderilmesi sonucu oluşan etkileşmelerden yararlanılması esasına dayanır. SEM'lerin genel olarak elektron enerjisi 200-300 eV'dan 100 keV'a kadar değişebilir. Bu amaçla, elektromagnetik yoğunlaştırıcı mercekte (condenser lense) toplanan, objektif mercekte ise odaklanan elektron demeti, yine elektromanyetik saptırıcı bobinler ile örnek yüzeyinde tarama işlemini (scanning) gerçekleştirir [25].

Şekil 3.2'de şematize edildiği gibi bir taramalı elektron mikroskobunda görüntü oluşumu temel olarak; elektron demetinin incelenen örneğin yüzeyi ile yaptığı fiziksel etkileşmelerin(esnek, esnek olmayan çarpışmalar ve diğerleri) sonucunda ortaya çıkan sinyallerin toplanması ve incelenmesi prensibine dayanır. Bunlardan ilki, gelen elektron demetindeki elektronların, malzemedeki atomlarla yapmış olduğu esnek olmayan çarpışma sonucu (yani, örnek yüzeyindeki atomlardaki elektronlara enerjilerini transfer ederek) ortaya çıkan ikincil elektronlardır (secondary electrons). Bu elektronlar örnek yüzeyinin yaklaşık 10 nm'lik bir derinliğinden ortaya çıkarlar ve bunların tipik enerjileri en fazla 50 eV civarındadır. İkincil elektronlar foto çoğaltıcı tüp yardımıyla toplanıp, örneğin tarama sinyali konumuyla ilişkilendirilerek yüzey görüntüsü elde edilir [27].



Şekil 3.2 Taramalı elektron mikroskobunun çalışma prensibi [26]

Elektron demeti ile incelenen örnek yüzeyindeki malzeme arasındaki etkileşimde ortaya çıkan diğer bir elektron grubu ise geri saçılma elektronları (back scattered electrons) adı verilen elektronlardır. Bu elektronlar, yüzeye gelen elektron demeti ile yaklaşık 180° açı yapacak biçimde saçılırlar. Geri saçılma elektronları, yüzeyin derin bölgelerinden (yaklaşık 300 nm'ye kadar) gelen daha yüksek enerjili elektronlardır. Bu enerjideki elektronlar bir foto çoğaltıcı tüp tarafından tespit edilemeyecek kadar yüksek enerjiye sahip olduklarından, genellikle quadrant foto dedektörlerle (yani katı hal dedektörleri) yardımıyla tespit edilir. Bilindiği üzere bu tür dedektörler üzerine gelen elektronların indüklediği elektrik akımının şiddetine göre çıkış sinyali verirler. İncelenecek örnekteki yüksek atom numarasına sahip bir atomdan saçılan elektronun enerjisi, küçük atom numaralı bir atomdan saçılana göre daha yüksektir. Sonuç olarak ikincil elektronlar incelenen örneğin bileşimi hakkında bilgi verir [27].

Gelen elektron demetinin incelenen örnek yüzeyi ile yapmış olduğu diğer bir etkileşime ise (yaklaşık 1000 nm derinlik civarında), karakteristik X-ışınlarının çıktığı durumdur, enerjileri keV mertebesinde. Buna göre örneğe çarpan elektron, örnekteki atomun iç yörüngesinden bir elektron kopmasına neden olunca, enerji

dengelenmesi gereği bir üst yörüngedeki elektron bu seviyeye geçer ve geçerken de ortama bir X-ışını yayar ve buna da *karakteristik X-ışını* adı verilir. Bu X ışını, mesela 10 mm² çapındaki bir Si(Li) dedektörle algılanır, ortaya çıkan sinyal yükselticiye, oradan çok kanallı analizöre ve daha sonra da SEM sisteminin bilgisayarına gönderilir. Sonuçta ortaya çıkan karakteristik X-ışını (ki bu ışının enerjisi her atoma özgüdür), SEM’de incelenen malzemenin element bakımından içeriğinin nitel ve nicel olarak tespit edilmesine yardımcı olur [27].

3.3.1.1.3. İletken ve İletken Olmayan Malzemelerde Örnek Hazırlama

İletkenler

Metaller ve yarı-iletkenler olmak üzere iki gruba ayrılabilirler. Metallerin, genellikle mükemmel iletkenlikleri vardır ve bu nedenle örnek için pek bir hazırlık yapılmaz. Yarı-iletken örnekler ise 10⁻¹⁰ ohm'dan daha az bir rezistans ile hazırlıksız incelenebilir [25].

İletken Olmayanlar

Bu grup, elektriksel iletkenliği olmayan tüm örnekleri içine alır. Fiberler, plastikler, polimerler, 10⁻¹⁰ ohm'dan daha büyük bir rezistans ile yarı-iletken gibi malzemeler örnek olarak gösterilebilir. Bu gruptaki malzemeler vakumlu bir ortamda ince iletken tabaka ile kaplanır. Vakum, sistemi, ortam atmosferinden korur. İletken olmayan malzemeler genellikle Au, C, Au/Pd, Al gibi ince iletken tabakası ile kaplanır. Bu tabaka tipik olarak 20-30 nm kalınlığındadır. Bunların iletkenler ile kaplanmasının sebebi; örneğin iletkenliğinin artırılması, örneğe deney esnasında uygulanan elektron demetinin başka yere yansımaması ve son görüntünün kötü çıkmamasıdır [27].

Örnek genellikle Altın ile kaplanır. Altının iletkenliği, oksitlenme direnci, yüksek ikincil yayılma (co-efficient) ve ayrıca elektronların ve ısının yüksek kolaylığı sebeplerinden dolayı örnek kaplamalarda çoğunlukla altın tercih edilir.

3.3.1.1.4. Örnek ile Etkileşim

Elektron tabancasından çıkan elektron demeti bir malzemeye çarptığı zaman, Şekil 3.3'te şematik olarak ifade edildiği gibi, elektronlar ve ışınlar yayılır. Elektron-malzeme çarpışması sonucu yayılan ışınların (radyasyonun) ve elektronların kaynakları ve işlevleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

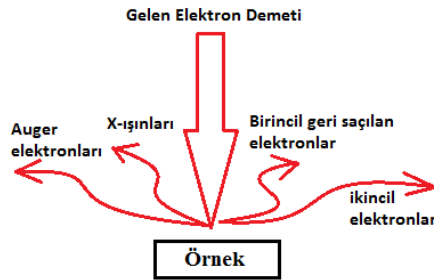
X-ışınları: Malzeme atomlarının iç kabuk elektronlarının geçişleri sonucunda oluşan ışınlardır, malzeme atomlarının bileşimi (cinsleri) hakkında bilgi verir.

Katot ışıması: Malzeme atomlarının valans (dış kabuk) elektronlarının geçişleri sonucunda oluşan ışınlardır, malzeme atomlarının elektronik yapısı hakkında bilgi verir.

Auger elektronları: Malzeme atomlarının iç kabuklarından gelen elektronlardır, malzeme atomlarının bileşimi hakkında bilgi verir.

Birincil geri saçılan elektronlar: Elektron demetine ait elektronlardır, malzeme atomları ve yüzey şekli hakkında bilgi verir.

İkincil elektronlar: Malzeme atomlarından gelen elektronlardır, malzeme yüzey şekli hakkında bilgi verir [25].



Şekil 3.3 Elektron demetinin örnek ile çarpışması, yayılan elektron ve ışınlar

Yüksek enerjili demet elektronları, örnek atomlarının dış yörünge elektronları ile esnek olmayan girişimi sonucunda düşük enerjili Auger elektronları oluşur. Bu elektronlar örnek yüzeyi hakkında bilgi taşır ve Auger Spektroskopisinin çalışma prensibini oluşturur. Yine yörünge elektronları ile olan girişimler sonucunda yörüngelerinden atılan veya enerjisi azalan demet elektronları örnek yüzeyine doğru

hareket ederek yüzeyde toplanırlar. Bu elektronlar ikincil elektron (seconder electrons) olarak tanımlanır. İkincil elektronlar örnek odasında bulunan sintilatörde (göze görünür ışık yayan kristal, parıldayıcı) toplanarak ikincil elektron görüntüsü sinyaline çevrilir. İkincil elektronlar örnek yüzeyinin 10 nm veya daha düşük derinlikten geldiği için örneğin yüksek çözünürlüğe sahip topografik görüntüsünün elde edilmesinde kullanılır [25].

3.3.1.1.5. Taramalı Elektron Mikroskobunda EDX (Energy Dispersive X-rays) Analizi

Elektron mikroskopta görüntü elde etmek için elektron demeti kullanılır. Örneğin atomları ile elektron demeti arasında esnek olmayan girişimler sonucu örnekte karakteristik X-ışınları ve sürekli ışımlar da meydana gelmektedir. Eğer spektrometre varsa kimyasal analiz mümkündür. Karakteristik ışımlar, dalga boyu veya enerji dağılımlı X-ışını analitik sistemlerde değerlendirildiğinde, örneğin kimyasal bileşimi hakkında bilgi vermektedir. Esas olarak iki sorunun cevabı aranmaktadır. Örneğin küçük bir bölgesinde ne tür elementler mevcut ve bir elementin miktarı bölgeden bölgeye nasıl bir değişim sergiliyor. Böylece örnekteki kalıntılar, tanecikler tanımlanabilir, konsantrasyon (yoğunlaşma) değişimleri tespit edilebilir. Bu yöntem Elektron Mikroskop Analizi olarak bilinir [28].

3.3.1.1.6. Taramalı Elektron Mikroskobunda EDS (Energy Dispersive Spectrometry)

Örneğin yüzeyine yüksek enerjili elektronlar çarptığından dolayı örneğin yüzeyinde bazı elektron kopmaları meydana gelir. Eğer bu kopan elektronlar merkezdeki yörüngelerden (orbitlerden) koparılmışsa atomlar kararlılığını kaybeder. Kararlılığını kaybeden bu atomlar tekrar kararlı hale gelebilmek için dış yörüngelerdeki elektronları merkezde oluşan boşluklara alır. Dış yörüngelerdeki (orbitallerdeki) elektronların iç yörüngedeki elektronlara nazaran daha yüksek enerji miktarına sahip olduğu için dış yörüngelerdeki elektronlar iç yörüngelerdeki boşluğu doldurmak için enerji kaybına uğrar. Bu kaybedilen enerji *X-ışını* olarak meydana

gelir. Meydana gelen X- ışınının enerjisi ve dalga boyu sadece atomlar ile ilgili olmayıp o atomun alış verişte bulunan yörüngeleri ile ilgili karakteristik bir özelliktir. Örneğin üzerine yüksek enerjili elektronlar çarpmasından kaynaklanan ve daha sonrasında yüksek enerjili elektronların iç kısımlara geçmesi sonucu ortaya çıkan enerji farkı olarak bilinen X-ışınları yarı iletken dedektörler tarafından algılanır. İletkenlik bandına geçen elektronlar elektrik sinyaline dönüştürülür. Örnek içindeki elementlerin yüzdeleri elementlerin piklerinin altındaki alanlar ile orantılıdır [26]. Taramalı Elektron Mikroskobu'nda kimyasal analiz bu şekilde x-ışınları spektrometre (EDS) tekniği ile yapılır.

3.3.1.1.7. Çalışmada Kullanılan Taramalı Elektron Mikroskobunun Teknik Özellikleri

Cihazın Markası: FEI

Cihazın Modeli: Quanta 650 Field Emission SEM

Cihaza ait teknik özellikler aşağıda verildi:

- Mikroskobun çözüm gücü ;

Yüksek Vakumda;

30 kV'da 1.2 nm (SE)

1 kV'da 2.3 nm (SE)

1 kV'da 3.0 nm (Elektron yavaşlatma olmadan) (SE)

Düşük Vakumda;

30kV'da 2.0 nm (SE)

- Yüksek vakum SE ve geri çağrılabilir 4 segmentli BSE dedektörü
- Enerji Dağılım X-Işını Spektrometresi (EDXS)
- GSED (ESEM modu için) dedektörü
- Geri çağrılabilen STEM dedektör
- Düşük vakumda çalışabilen BSE dedektörü
- Hızlandırma voltajı; 100 V-30 kV
- Probe akımı 100 nA
- Büyütme; 6 -1.000.000x
- Navigasyon Kamerası



Resim 3.11 Çalışmada kullanılan Taramalı Elektron Mikroskobu [29]

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu bölümde, ilk olarak mikronize hale getirilen farklı ölçeklerdeki pomza taneciklerinin fabrikasyon sürecinde elek analizi sonucu sınıflandırılması, yoğunluk hesabının bulguları ve değerlendirilmesi yapıldı. Devamında ise pomza taneciklerinin SEM görüntüleri ve EDS analizi bulguları incelenerek mikroyapı karakterizasyonu yapıldı. Son olarak, pomza katkılanan dış cephe malzemesinin SEM görüntüleri ve EDS analizi bulguları ele alınıp önceki çalışmalarla karşılaştırıldı.

4.1. Fabrikasyon Süreci

4.1.1. Elek Analizi Bulguları

Fabrikadan alınan pomza tozu, elek analizinden önce 342 g olarak tartıldı. Fabrikada mevcut bulunan elek vasıtasıyla elde edilebilecek en küçük yapıda yaklaşık 0.09 mm boyutunda pomza tozu elde edildi. Kalan pomza tozu miktarının yüzdesi 26.66 olarak kaydedildi.

4.1.2. Pomza Tozunun Silikon Esaslı Dış Cephe Boyasına Katkılanması ve Etkileri

Kütlesi 3 kg olan silikon esaslı dış cephe boyasına; 90,2 g 90 µ ve daha küçük boyutlardaki pomza tanecikleri katkılı. Katkılanan pomza kütle olarak karışımın yüzde 3,006'lık kısmına tekabül etti.

Silikon esaslı dış cephe boyası ve pomza katkılı silikon esaslı dış cephe kaplama malzemesi için yoğunluk değerlendirmesi yapıldı. Yoğunluk değerlendirmesi için ilk önce Resim 3.8'de gösterilen yoğunluk kabı sterilize edildi. Net bir yoğunluk değerlendirmesi için yoğunluk kabının her şeyden arındırılması oldukça önemlidir. Bu nedenle hassas tartı da, artık tozlardan arındırıldı. Yoğunluk değerlendirmesi yapılırken en net sonuçları elde etmek için laboratuvar ortamının temiz olmasına ve deneylerin temiz şartlarda yapılmasına dikkat edildi.

Silikon esaslı dış cephe boyasının yoğunluğu ile pomza katkılı silikon esaslı dış cephe boyasının yoğunluğunun farkı hesaplandı. Bu fark silikon esaslı dış cephe

boyasının yoğunluğuna bölündü. Böylece karışıma eklenen pomzanın yoğunluğa etki yüzdesi bulundu. Elde edilen bulgular Çizelge 4.1’de detaylı bir şekilde verildi.

Çizelge 4.1 Pomzanın, silikon esaslı dış cephe boyasının yoğunluğuna etkisi

Silikon Esaslı Dış Cephe Boyasının Yoğunluğu (g/cm ³)	1,3008
Pomza Katkılı Silikon Esaslı Dış Cephe Boyasının Yoğunluğu (g/cm ³)	1,2882
Karışıma Eklenen Pomzanın Yüzdesi (%)	3,006
Karışıma eklenen pomzanın yoğunluğa etki yüzdesi (%)	0,9686

Pomzanın yoğunluğu yaklaşık 0,5-1 gr/cm³ civarındadır. Çizelgedeki bulgulardan, pomza tozunun bünyesinde barındırdığı gözeneklerden dolayı daha fazla sıkıştığı tespit edilir. Pomzanın yapısında bulunan bu yüksek orandaki boşluklar pomzaya çok düşük oranlarda özgül ağırlık özelliği kazandırır. Gözeneklerden dolayı çok hafiftir, bu avantajlı yönüyle de yüksek ağırlık istenmeyen çalışmalarda çok tercih edilir.

Mevcut çalışmada, daha hassas bulgular elde etmek için, pomza boyutsal olarak homojenleştirildi ve elekler yabancı materyallerden arındırıldı. Bu çalışma yerine pomzanın önceki kullanımlarında, özellikle inşaat sektöründe, pomza rast gele ufalanarak veya yabancı materyallerden arıtılmadan inşaat yapı malzemeleri olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada hedeflenen amaçlardan bir tanesi de pomzanın diğer endüstriyel ve teknolojik alanlarda kullanımının artırılması ve bu alanlarda ilerlemesine katkıda bulunmaktır.

4.2. Mikroyapısal Gözlemler

Bu bölümde, örnekler üzerinde yapılan SEM ve EDS analizleri sonucu elde edilen bulgular değerlendirildi. Silisyum ve pomza parçacıkları arasında önemsiz miktarda reaksiyon olduğu görüldü.

4.2.1. SEM Görüntüleri ve EDS Analiz Bulguları

Resim 4.1’de karışık haldeki 250 mikronluk pomza tozunun SEM görüntüleri ve Şekil 4.1’de aynı pomzanın EDS analizi bulgusu görülmektedir.

SEM cihazı kullanılırken örnek genellikle Altın(Au) ile kaplanır. Altının iletkenliği, oksitlenme direnci, yüksek ikincil yayılma (co-efficient) ve ayrıca elektronların ve ısının yüksek kolaylığı sebeplerinden dolayı örnek kaplamalarda çoğunlukla Altın tercih edilir. Bu çalışmadaki bulgularda, Au çıkmasının sebebi budur. Resim 4.2’de ise 500 mikronluk beyaz pomza tozunun SEM görüntüleri ve Şekil 4.2’de aynı pomzanın EDS analizi bulgusu görülmektedir. Pomzanın gözenekli yapıda olması iri boyutlu ufalama işlemlerinde avantaj sağlarken, ince boyutlarda öğütülmesi diğer tüm cevherlerde olduğu gibi zordur. Yapısındaki silis miktarının fazlalığı nedeniyle kırma, eleme ve öğütmede aşınma problemi yaratmaktadır.

4.2.2. Asidik Pomza ile Bazik Pomzanın Karşılaştırılması

Resim 4.3’ de, 710 mikron siyah pomza tozu ve 710 mikron beyaz pomza tozu SEM görüntüleri verildi. Bu bulgular ile beyaz pomza ile siyah pomza karşılaştırılması yapıldı. Şekil 4.3’te ve Şekil 4.4’te bu pomza tozlarının EDS analizi bulguları görülmektedir. Bu bulgularla, örneğin element içeriği belirlendi. Silikon oranı arttıkça, pomza taşı renginin beyaza yakın olduğu açıktır. Pomza taneciklerinin temel bileşimini gösteren her bir çizelge, ilgili mikrografta verildi.

Asidik pomza yoğunluğu bazik pomzaya göre daha düşüktür. Asidik pomza açık renktedir, bazik pomza ise daha koyu renklidir. Netice itibari ile iki çeşidin ortak özelliği, oluşum esnasında ani soğuma ve gazların bünyeyi ani olarak terk etmesi sonucu pomzanın en önemli özelliklerinden biri olan boşluklu bir yapıya sahip olmasıdır. Yapısında Silikon, Alüminyum, Potasyum ve Sodyum içerir. Silikon oranı arttıkça, pomza taşının rengi beyaza yakındır.

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de 710 mikronluk pomza taneciklerinde ağırlıklı olarak O, Na, Al, Si, K ve Fe elementleri bulunmaktadır. Asidik pomzada O ve Na element oranlarının daha yüksek olduğu, Al, Si ve K elementlerinin miktarı ise siyah pomzada daha yüksek olduğu tespit edildi. Bunların dışında beyaz pomzada Ca elementi olmamasına rağmen siyah pomzada %1.88 oranında Ca elementinin olduğu tespit edildi. İki ayrı pomza örneğinde renklerin farklı olması pomzanın ağırlıklı olarak

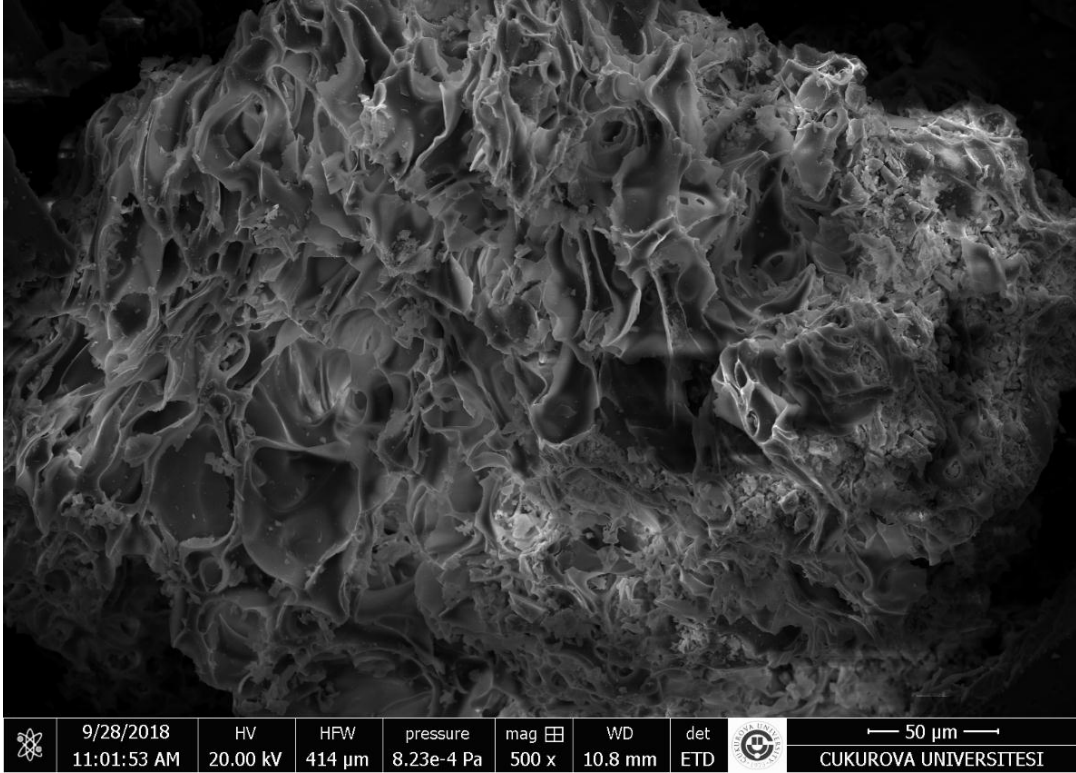
bünyesinde barındırdığı elementlerin (O, Na, Si, K ve Fe) yüzdesel olarak miktarlarının değişmesinden kaynaklanır.

4.2.3. Pomza Katkısının Silikon Dış Cephe Boyasına Etkileri

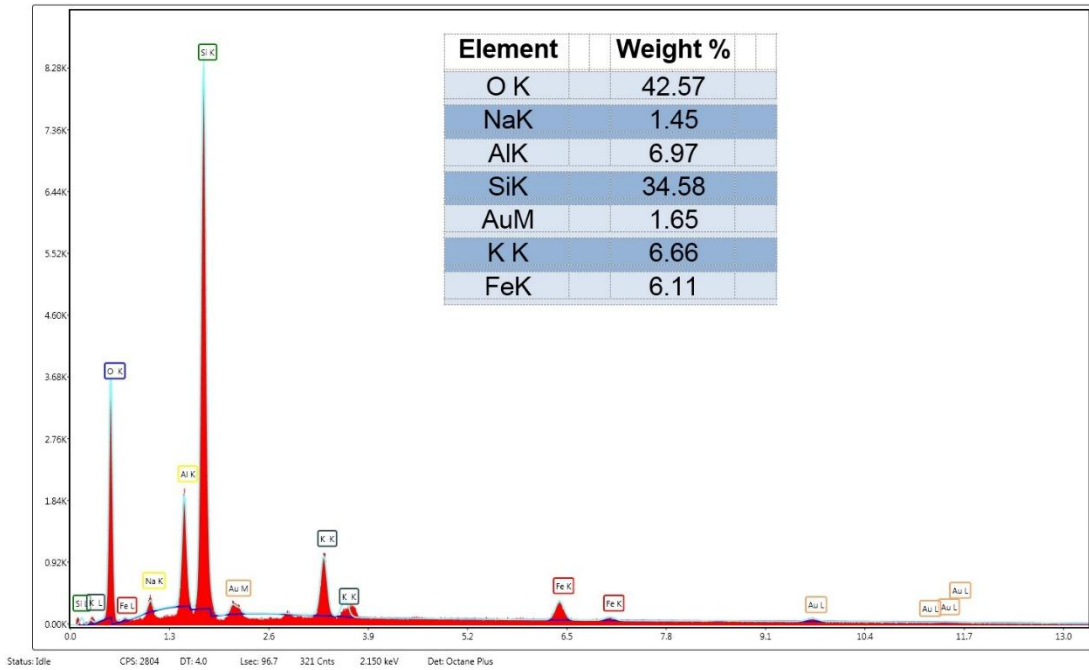
Resim 4.4 ve Resim 4.5’de, pomza katkısı var iken ve yok iken silikon dış kaplama malzemesinin SEM görüntüleri ve Şekil 4.5’de ve Şekil 4.6’da EDS analizi bulguları verildi. Bu bulgulardaki değişimi daha net görebilmek için, 5000x büyütme yaptırıldı.

SEM görüntüleri incelendiğinde, dış kaplama malzemesine pomza katkılı olduğunda, malzemedeki gözenekli yapının azaldığı görüldü. EDS analizi bulgularındaki Silisyum oranlarına baktığımızda ise, silisyum saf halde ağırken, pomza katkılı silisyumla elde edilen yeni malzemenin daha hafif olduğu görüldü. Bu, daha önce verilen Resim 4.1’de ve Resim 4.2’de net bir şekilde görülen pomzadaki gözenekli yapı nedeniyledir. Bu bulgularda, pomzanın gözenekli ve süngerimsi yapısından dolayı, pomza tanecikleri ve silikon arasındaki maksimum ıslanabilirlik görülmektedir. Böylece yeni malzemenin pomza parçacıkları ve silikon arasındaki ıslaklığının iyi olduğu kanıtlandı. Bunun avantajı, binalarda oluşabilecek dış çatlakların, pomza katkılı silikonun esnekliği nedeniyle ortadan kaldırılmasıdır. Bu yeni binalarda oldukça avantajlı bir durumdur ve ilgili firma için bir inovasyon (yenilik) katkısıdır.

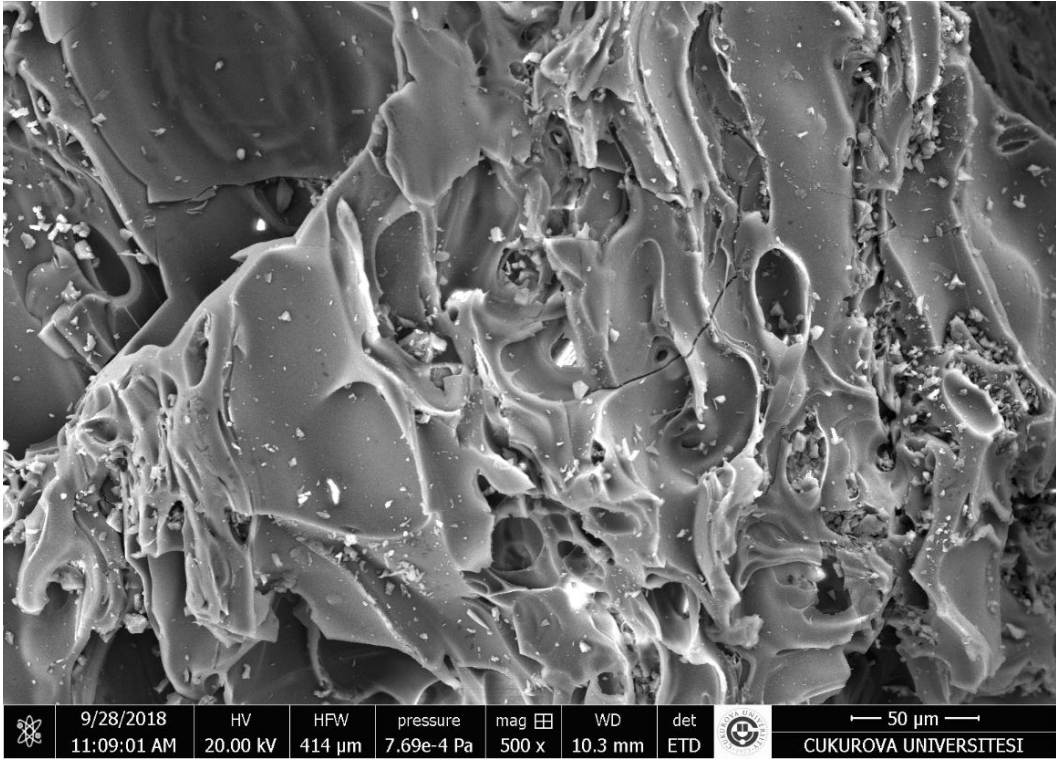
Bu çalışmada, L. D. Wesley ve diğerleri tarafından, 1999’da yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlara benzer olarak pomzanın gözenekli yapısı ve bu boşlukların birbiriyle bağlantılı oldukları tespit edildi. Bunun su emilimini kolaylaştırıldığı kanısına varıldı. Ayrıca C. A. Fleischer ve M. Zupan tarafından, 2010 yılında yapılan çalışmada, pomza yaklaşık olarak bir cm’lik taneler haline getirilmiştir. M. Taherishargh ve arkadaşları tarafından, 2015’de yapılan çalışmada ise yaklaşık 4 mm’lik pomza tanecikleri elde edilmiştir. Bu çalışmada ise 0,09 mm’lik pomza tanecikleri elde edildi.



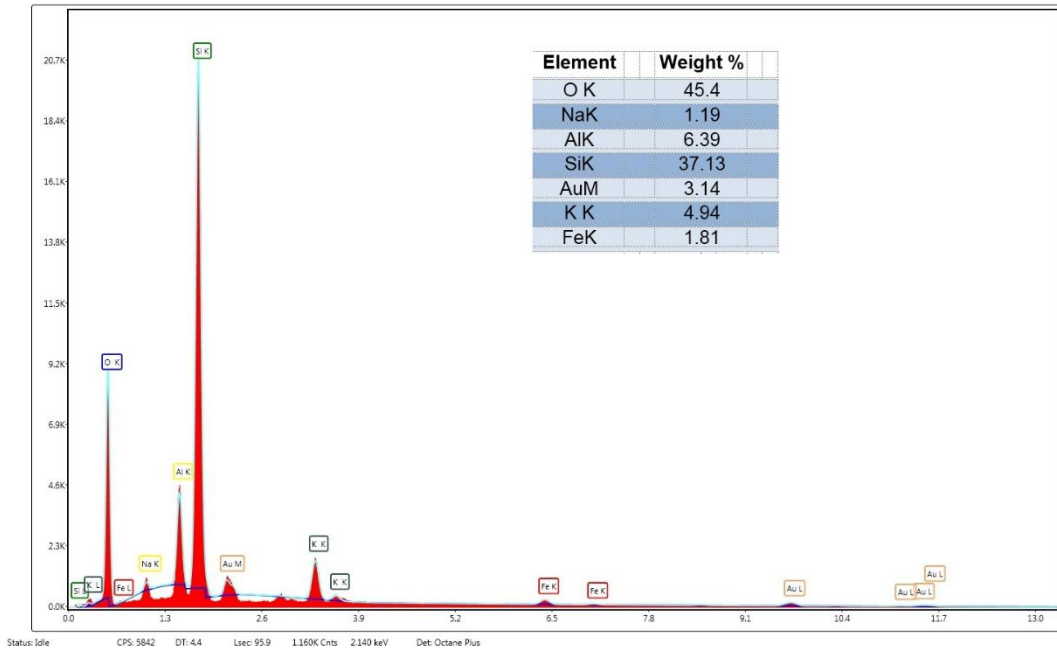
Resim 4.1 0,25mm'lik pomzanın SEM görüntüsü



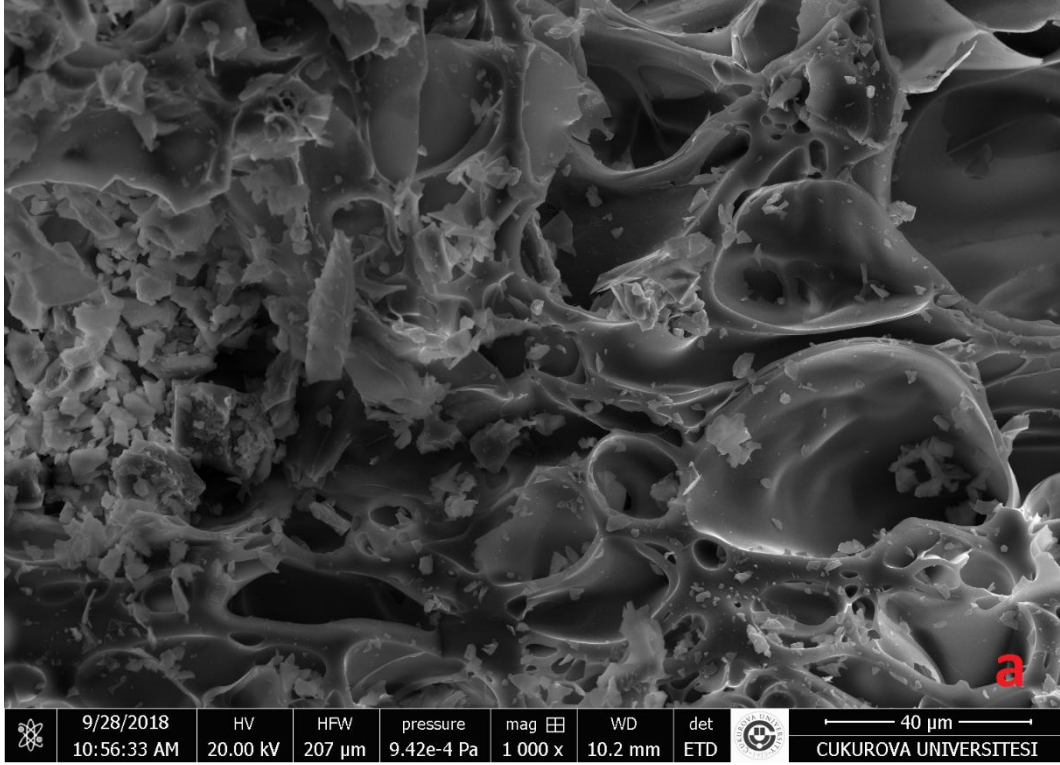
Şekil 4.1 0,25 mm'lik pomzanın EDS analizi



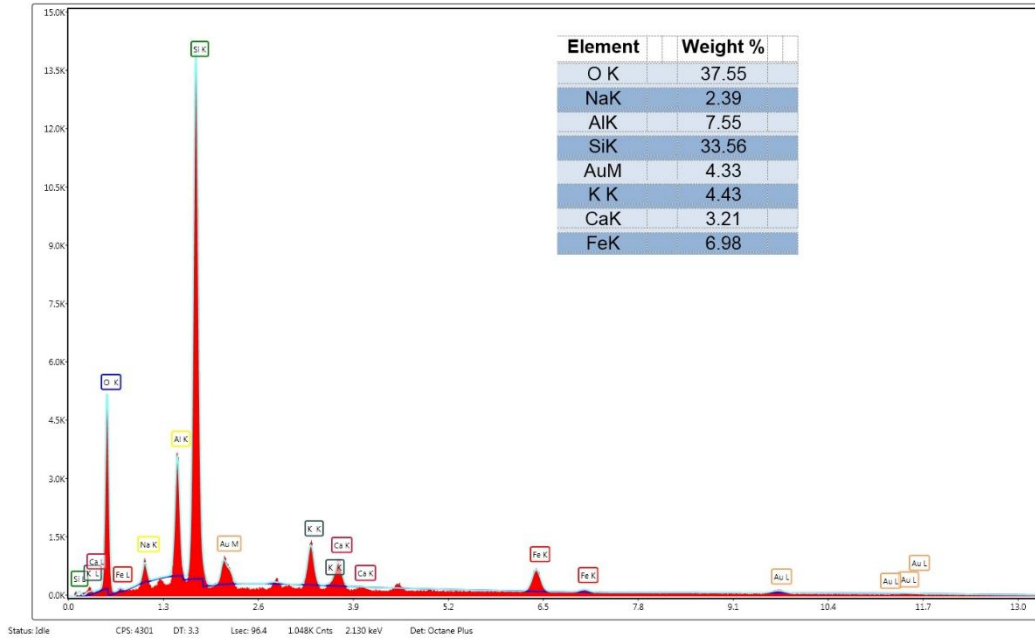
Resim 4.2 0,50 mm'lik beyaz pomzanın SEM görüntüsü



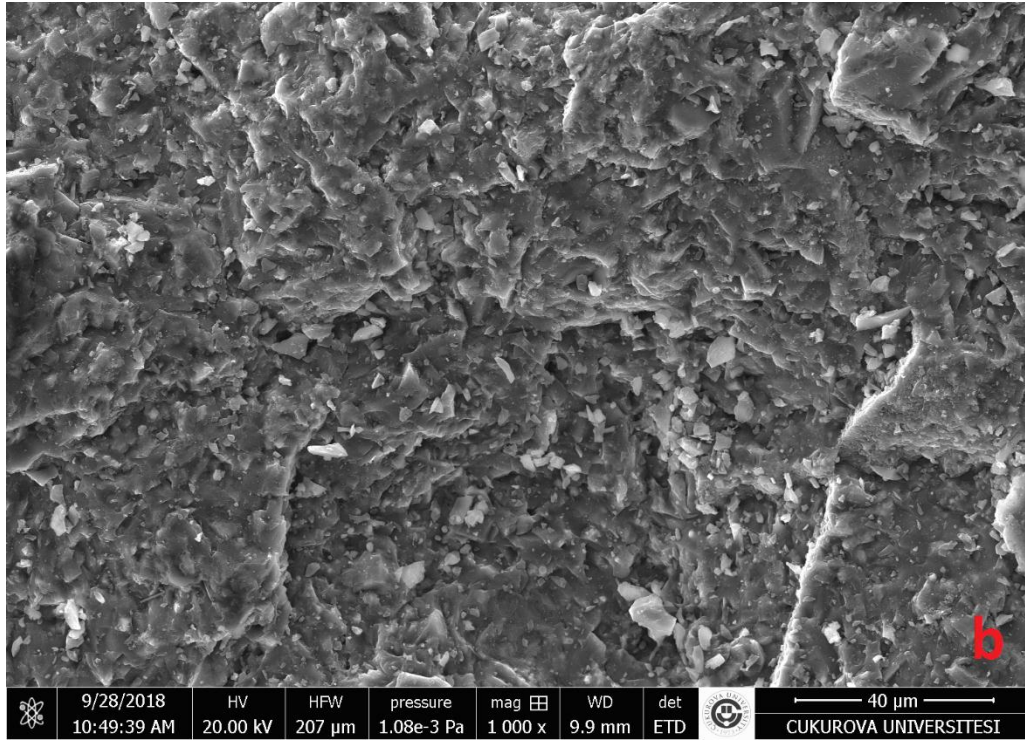
Şekil 4.2 0.50 mm'lik beyaz Pomzanın EDS analizi



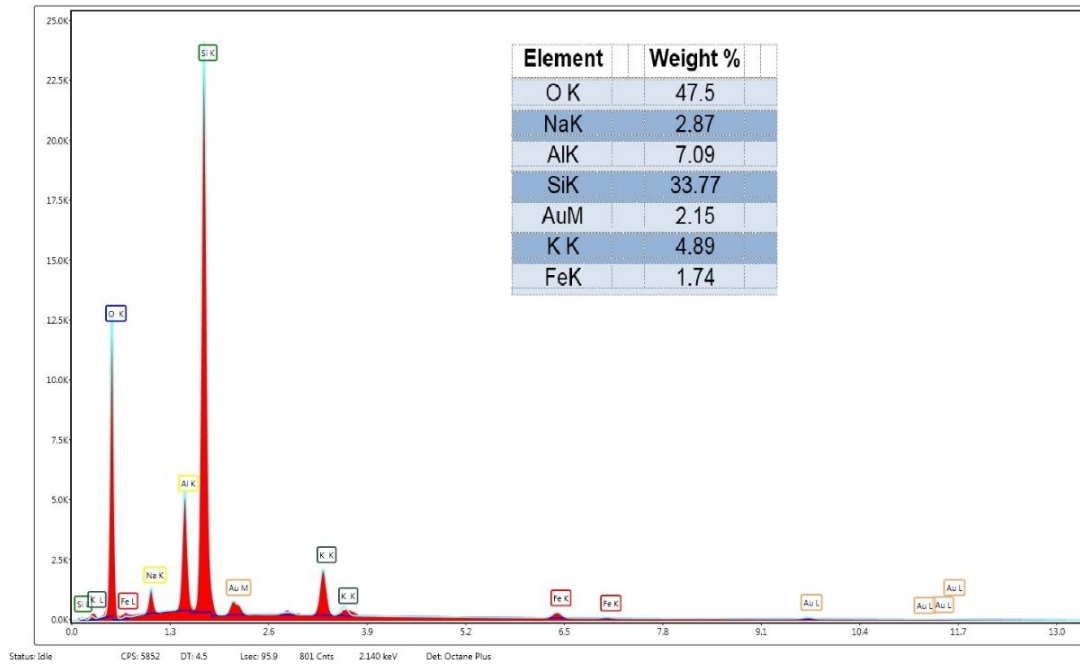
Resim 4.3 0,71 mm'lik beyaz (a) pomzanın SEM görüntüsü



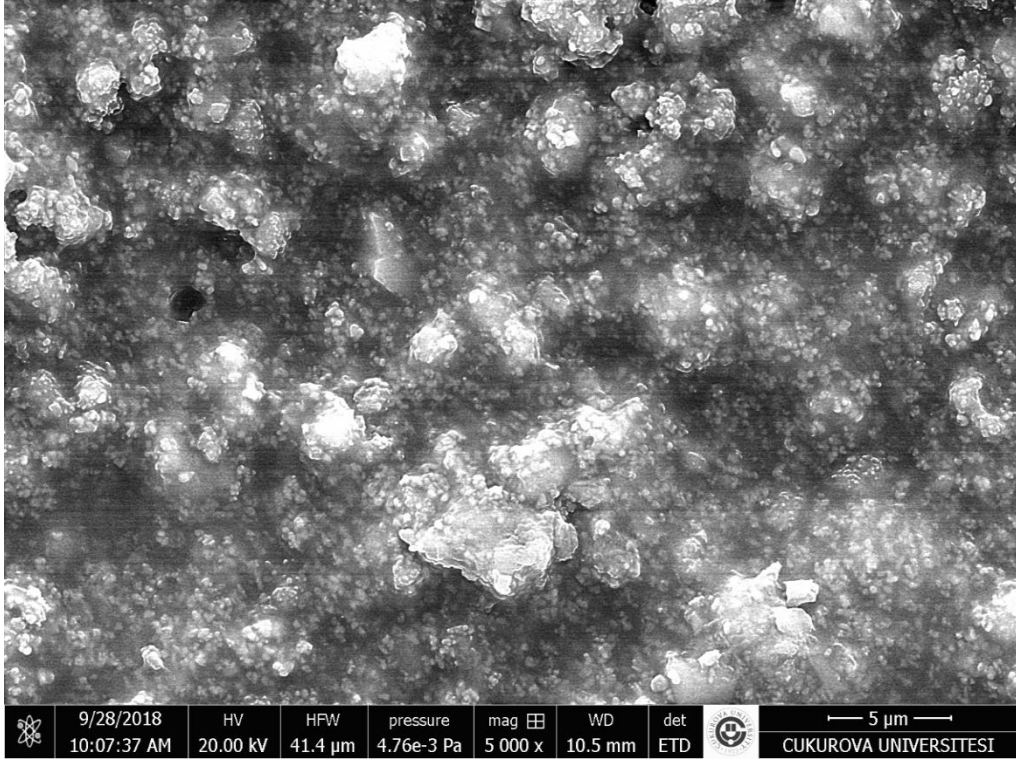
Şekil 4.3 0,71 mm'lik asidik Pomzanın EDS analizi



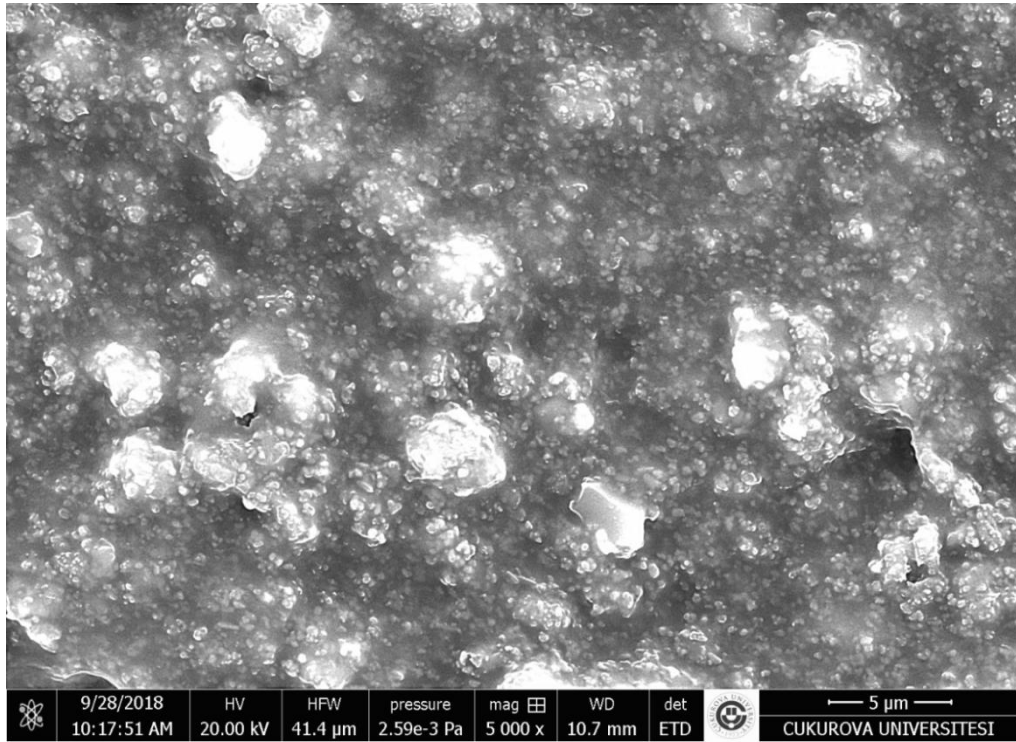
Resim 4.4 0,71 mm'lik siyah (b) pomzın SEM görüntüsü



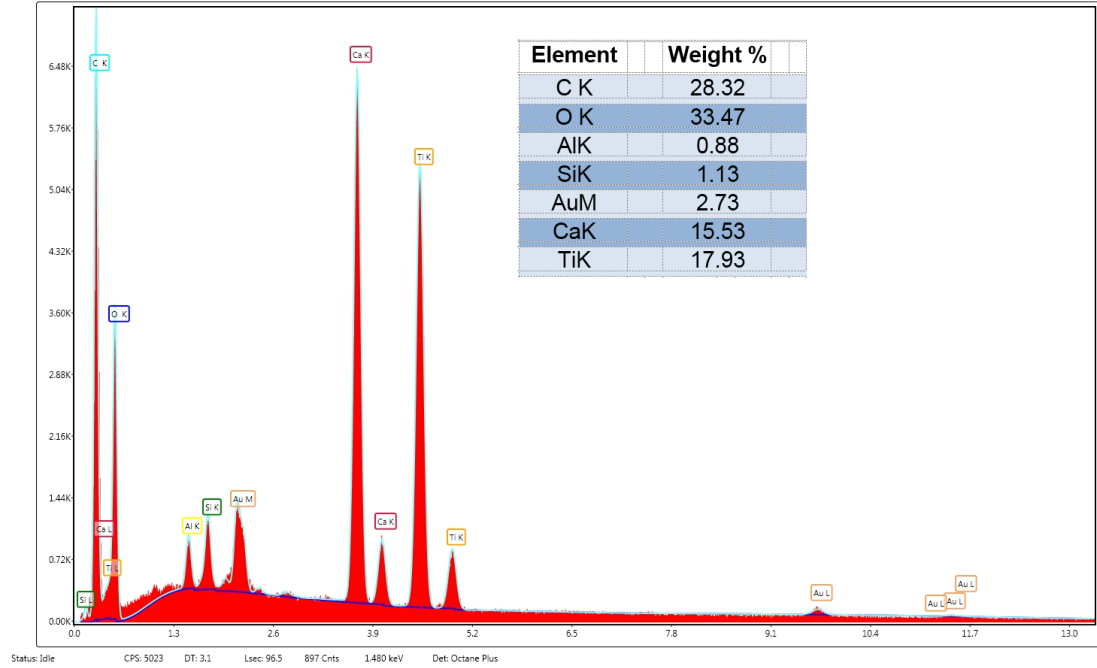
Şekil 4.4 0,71 mm'lik bazık pomzın EDS analizi



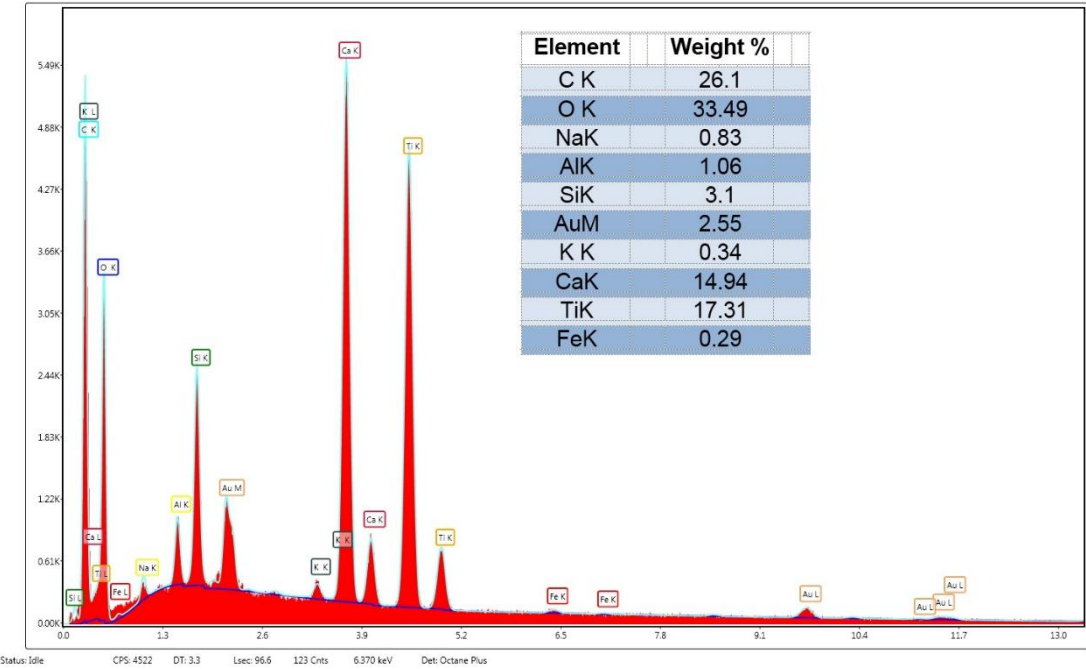
Resim 4.5 Silikon esaslı dış cephe malzemesinin SEM Görüntüsü



Resim 4.6 0,09 mm'lik pomza katkılı silikon esaslı dış cephe malzemesinin SEM görüntüsü



Şekil 4.5 Silikon esaslı dış cephe malzemesinin EDS analizi



Şekil 4.6 0,09 mm'lik pomza katkılı silikon esaslı dış cephe malzemesinin EDS analizi

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada pomzanın direkt kütleler halinde değil de mikronize halde analizlerinin yapılarak daha verimli kullanılması amaçlandı. Malzeme bilimi ve mühendisliği alanında, pomza taşı hakkındaki akademik araştırmaların yetersizliğinden kaynaklı pomza taşına olan ekonomik ilgisizliğinin giderilmesi, pomzanın mikroyapı karakterizasyonu yapılarak sahip olduğu özelliklerin en verimli şekilde kullanılması ve böylece ülke ekonomisine kazandırılması hedeflendi. Bunun sonucunda Türkiye'deki pomzanın endüstride kullanımı, pomza rezervine oranla arttırılacak ve pomza taşı, modern teknoloji içerisindeki olması gereken yerini alacaktır.

Pomza taşı, yoğun olarak inşaat sektöründe kullanılmaktadır. Diğer alanlarda ise çok dar bir kısımda pomza kullanımına yer verilmektedir. Pomza taşının çok sayıdaki özelliğinden dolayı geniş bir kullanım alanına sahip olması, birçok ülkede pomza rezervinin kısıtlı olmasına rağmen aksine endüstrinin birçok alanında pomza taşının yaygın olarak kullanılması ve geliştirilmesi, kendi ülkemizde de pomza kullanımını diğer alanlara yayılarak daha verimli kullanılması gerektiği, bu ve bunun gibi nedenler bu çalışmayı zorunlu kılmıştır. Böylelikle, bilginin pratiğe dönüşüp ürün haline gelmesi, pomza taşının daha verimli ve tasarruflu kullanılması öngörülmüştür.

Teorik bilginin daha hızlı ürün haline gelebilmesi, sanayideki firmaların kurumsallaşmasına ve ayrıca sanayideki Ar-Ge kültürünün de gelişmesine bir katkı sağlamak için sanayideki bir firma talebi karşılanarak firma ile iş birliği yapıldı.

Adıyaman İli, Organize Sanayi Bölgesi'nde, yapı kimyasalları üreten Novelart Yapı Kimyasalları ve Cephe Yalıtım Aksesuarları firmasının ürettiği yapı malzemesinin analizleri ile elde edilen sonuçlar ışığında, Ar-Ge ve inovasyon katkısı sağlandı. Bu bağlamda, fabrika ile işbirliği içinde pomzanın mikronize hale getirilmesi, katkılanması, yapı kimyasalı üretim süreçleri ve SEM cihazı kullanılarak üretilen malzemenin karakterizasyonu incelendi.

Katkılama, laboratuvar ortamında ve oda sıcaklığında yapıldı. Bu işlemi oda sıcaklığında yapmak, bu çalışmayı ayrıcalıklı kılan özelliklerden biridir. Böylelikle hem enerji tasarrufu sağlandı hem de istenmeyen reaksiyonları en aza indirdi.

Mikroyapı analizlerinde, Çukurova Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarı, FEI Quanta 650 model Alan Emisyon Taramalı Elektron Mikroskobu (FE-SEM) ve BSD dedektörü kullanıldı. Örneğin element içeriği belirlendi. SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) ve EDS (Enerji Dağıtıcı Spektrometresi) / EDX (Enerji Dağıtıcı X-ışını) analizleri yapıldı ve analiz sonuçları incelendi.

Mevcut araştırmada yapılan mikroyapı gözlemleri neticesinde, pomza yapısının makro ölçekten mikro ölçeye kadar çok sayıda gözenekli yapıya sahip olduğu görüldü. Bu özelliğinden dolayı pomza çok hafiftir ve ağırlık istenmeyen işlerde çok fazla tercih edilebilir.

İleriki çalışmalarda, pomza katkılı silikon dış cephe kaplama malzemesinin yüksek yalıtım özelliklerini bulmak için başka araştırmalar yapılabilir.

Türkiye'nin pomza rezervi dünya pomza rezervinin yaklaşık olarak %14.28'ne tekabül etmektedir. Ülkemizin Vizyon 2023 Strateji belgesinde "Sınai Üretimde Rekabet Üstünlüğünün Sağlanması Hedefi Doğrultusunda" bahsi geçen *Temiz Üretim Yapabilme Yeteneği Kazanma* [30] maddelerinde belirtilen hedeflere ulaşmak için pomza stratejik ve teknolojik ürün olarak yerini almalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Ş. G. Özkan ve G. Tuncer, “Pomza Madenciliğine Genel Bir Bakış”, in *4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir, 2001, pp. 200-207.
- [2] S. N. Çınar, “Doğadan Gelen Performans Pomza Taşı”, *Ekoyapı Yapı ve Yerleşimler Dergisi* 33. Sayı, ISSN No. 2146-9636, pp. 110-113, 2016.
- [3] L. Esposito ve F. M. Guadagno, “Some special geotechnical properties of pumice deposits”, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, vol. 57, no. 1, pp. 41-50, 1998.
- [4] M.L. Cummings, J.M. Weatherford ve L.A. Mowbray, “Hydrogeology of Pumice-Hosted Fens in the Winema-Fremont National Forest, Oregon, USA”, *Journal of Water Resource and Protection*, vol. 6, pp. 1762-1780, 2014.
- [5] K.J. Hind, “Predicting axial performance of piles in pumiceous materials”, in *18th NZGS Geotechnical Symposium on Soil-Structure Interaction*, Auckland, 2008.
- [6] A. G. Witham ve R. S. J Sparks, “Pumice”, *Bulletin of Volcanology*, vol. 48, no. 4, pp. 209-224, 1986.
- [7] C. Klug, K.V. Cashman ve C.R. Bacon, “Structure and physical characteristics of pumice from the climactic eruption of Mount Mazama (Crater Lake), Oregon”, *Bulletin of Volcanology*, vol. 64, no. 7, pp. 486-501, 2002.
- [8] L. D. Wesley, "Determination of Specific Gravity and Void Ratio of Pumice Materials," *Geotechnical Testing Journal*, vol. 24, no. 4, pp. 418-422, 2001.
- [9] L. D. Wesley, V. M. Meyer, S. Pranyoto, M. J. Pender, T. J. Larkin ve G.C. Duske, in *8th Australia New Zealand Conference on Geomechanics*, Hobart, 1999, pp. 901-907.
- [10] M. Polacci, P. Papale ve M. Rosi, “Textural heterogeneities in pumices from the climactic eruption of Mount Pinatubo, 15 June 1991, and implications for magma ascent dynamics”, *Bulletin of Volcanology*, vol.63, no. 2-3, pp. 83–97, 2001.
- [11] S. Marks, T. Larkin, M. Pender, “The dynamic properties of a pumiceous sand”, *Bulletin of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering*, 1998, pp. 86-102.
- [12] W. Okada, S. Terzaghi, J. Q. Cooper, M. A. Patel ve T. P. “Adhikary Seismic design of a highway in pumiceous land”, in *2003 Pacific Conference on Earthquake Engineering*, Auckland, 2003, pp. 119-128.

- [13] C. A. Fleischer ve M. Zupan, “Mechanical Performance of Pumice-reinforced Epoxy Composites”, *Journal of Composite Materials*, vol. 44, no. 23, pp. 2679-2696, 2010.
- [14] N. Thomas, C. Jaupert ve S. Vergniolle, “On the vesicularity of pumice”, *Journal of Geophysical Research*, vol.99, no. B8, pp. 633-644, 1994.
- [15] M. Taherishargh, I.V. Belova, G.E. Murch, ve T.Fiedler “Pumice/aluminium syntactic foam”, *Materials Science and Engineering: A*, Vol. 635, pp. 102-108, 2015.
- [16] Anonymous, “Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri” *Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri Çalışma Grubu Raporu*, DPT, Cilt II, Ankara, 1996, pp. 3-50.
- [17] H. Erkoyun, “Pomzanın Türkiye’deki Yeri ve Önemi”, in 2. *Pomza Sempozyumu*, Isparta, 2005, pp. 1-8,
- [18] E. K. Aksay, A. Akar ve İ. Cöcen, “Pomza Cevherinin Hazırlanması ve Zenginleştirilmesi”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* vol. 16. pp. 384-390, 2016.
- [19] “Bazaltik Pomza & Bazalt”, *Bereketlimadencilik.com*, [http://www.bereketlimadencilik.com/Sayfa/bazaltikpomza%20bazalt/13/#!](http://www.bereketlimadencilik.com/Sayfa/bazaltikpomza%20bazalt/13/#!prettyPhoto) [Erişim tarihi: 05- Nisan- 2018].
- [20] O. Akarsu, ”Endüstriyel Minerallerin Pazarlama ve Ekonomisi”, Diploma Projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, 1999.
- [21] W. P. Bolen, *Pumice and Pumicite*, Virginia: U.S. Geological Survey, Minerals Yearbook, 2000.
- [22] H. Köse, Ç. Pamukçu, N. Yalçın, T. Seçer, “Pomza ve Yapı Malzemesi olarak Kullanım Olanakları”, in 2. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir, 1997, pp. 97-105.
- [23] “Teknik Veriler”, *Pomza.net*, <http://www.pomza.net/teknik-veriler> [Erişim Tarihi: 03-08-2018].
- [24] L. Gündüz, *Pomza Teknolojisi*, Isparta: Cilt 1, 1998.
- [25] M. Bengisu, *Seramik Bilimi ve Mühendisliği*. Nobel, 2006.
- [26] “Taramalı Elektron Mikroskobu”, *slideshare.net*, <https://www.slideshare.net/iuslu/taramal-elektron-mikroskobu>. [Erişim tarihi: 19- Şubat- 2019].
- [27] F. Köksal, R. Köseoğlu, *Nanobilim ve Nanoteknoloji*. İstanbul: Nobel, 2019.

[28] Ş. Erkoç, *Nanobilim ve nanoteknoloji*, ODTÜ yayıncılık, 2012.

[29] “Çukurova Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı”, *cumerlab.cu.edu.tr*, <https://cumerlab.cu.edu.tr/cu/laboratuvarlar/cihazlar-listesi/sem> [Erişim tarihi: 23-Temmuz- 2018].

[30] “Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi”, Tubitak.gov.tr, https://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/Vizyon2023_Strateji_Belgesi.pdf [Erişim tarihi: 02- Şubat- 2018].

[31] N. Elmastaş, “Türkiye Ekonomisi için Önemi Giderek Artan Bir Maden: Pomza (Süngertaşı)” *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, vol. 5, no. 23, pp. 197-206. 2012.

[32] U. S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, *Mineral Commodity Summaries*, 2002-2012.

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Taha OĞUZ
Doğum Yeri : Batman
Doğum Tarihi : 05.02.1990
Medeni Hali : Bekâr
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : th.oguz@hotmail.com

Eğitim Durumu

Derece	Alan	Üniversite	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Metalurji ve Malzeme Mühendisliği	Adıyaman Üniversitesi	2017-Devam
Lisans	Metalurji ve Malzeme Mühendisliği	Selçuk Üniversitesi	2014
Lise	Sayısal	Batman Gazi Lisesi	2009

Projeler:

- 1- Araştırmacı,** Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, “Mikronize Pomza Tozu Katkılı Silikon Dış Cephe Kaplama Üretimi ve Karakterizasyonun İncelenmesi”, MÜFYL/2018-0004, 2018 - Devam.

EKLER

Ek 1. Ülkelerin pomza rezervlerine göre miktarı [16, 20, 21]

KITALAR VE ÜLKELER	Miktar (Milyon ton)
KUZEY AMERİKA	
ABD	11.500
Diğerleri	500
Toplam	12.000
ORTA AMERİKA	
Dominik	25
Guatemala	25
Guadelouphe	15
Diğerleri	15
Toplam	80
GÜNEY AMERİKA	
Şili	60
Diğer	20
Toplam	80
AVRUPA	
Yunanistan	500
İtalya	2.000
Türkiye	2.836
Toplam	5.336
Okyanusya	500
DÜNYA TOPLAMI	17.996

Ek 2. Türkiye Pomza Rezervleri [22]

YER	REZERV MİKTARI(m³)
Nevşehir-Avanos-Urgüp	400.412.834
Kayseri-Talas-Tomarza	724.651.251
Bitlis-Tatvan	1.100.000.000
Bitlis-Ahlat	210.000.000
Van-Erciş-Kocapmar	154.625.000
Diğer	24.286.000
Toplam	2.613.975.085

Ek 3. Ülkelerin yıllara göre pomza üretimi (bin ton)[31, 32]

Ülkeler	Yıllar											
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011*
ABD	697	920	956	870	1.490	1.270	1.540	1.270	791	410	390	380
Almanya	600	500	500	500								
Cezayir			400	400	400	500	500	450	575	500	450	450
Kamerun						600	600	600	600	600	600	600
Şili	650	800	750	830	1.250	1.620	1.620	1.400	1.100	919	915	950
Ekvator		350	280	90	710	830	640	710	750	600	680	680
Fransa	450	450	450	450	450	450	450	250				
Etiyopya									280	35		
Yunanistan	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	2.250	2.250	2.250	2.250	1.210	1.280	1.300
Guatemala		420	260	270	270						400	400
İran			700	1.200	1.200	1.200	1.600	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
İtalya	4.600	4.600	4.600	4.600	4.600	4.600	4.600	4.020	3.020	3.020	3.020	3.000
Yeni Zelanda		500							350	200	160	160
S. Arabistan									700	800	800	800
İspanya	600	600	600	600	600	600	900	600	600	600	600	600
Suriye						650	650	650	901	958	950	900
Türkiye	734	754	820	2.167	2.426	1.860	3.516	3.995	3.450	4.323	4.000	4.100
Diğer Ülkeler	2.200	1.260	1.210	2.110	2.210	1.000	2.600	2.400	1.900	2.250	1.570	1.320
Dünya Toplamı	12.131	12.754	13.126	15.687	17.206	17.430	21.466	20.095	18.767	17.925	17.315	17.000