

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İZMİR-MENDERES YÖRESİ POMZA
CEVHERİNİN KULLANIMINA YÖNELİK
TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Ece KILINÇ AKSAY

Aralık, 2005

İZMİR

**İZMİR-MENDERES YÖRESİ POMZA
CEVHERİNİN KULLANIMINA YÖNELİK
TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

Maden Mühendisliği Bölümü, Cevher Hazırlama Anabilim Dalı

Ece KILINÇ AKSAY

Aralık, 2005

İZMİR

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

Ece KILINÇ AKSAY, tarafından Prof. Dr. Ali AKAR yönetiminde hazırlanan “İZMİR-MENDERES YÖRESİ POMZA CEVHERİNİN KULLANIMINA YÖNELİK TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ali AKAR

Danışman

Prof. Dr. İlknur CÖCEN

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Prof. Dr. Uğur İNCİ

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Prof. Dr. Hüseyin ÖZDAĞ

Jüri Üyesi

Doc..Dr. Erol KAYA

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Doktora çalışmamı yaptığım süre boyunca, çalışmalarına ve mesleki gelişimime, bilgi ve tecrübesiyle büyük katkı sağlayan; kişiliğiyle, ilişkileriyle, enerjisiyle, Maden Mühendisliği mesleğine olan sevgisi ve bağlılığı ile örnek aldığım saygıdeğer danışmanım Prof. Dr. Ali AKAR'a teşekkür ederim.

Doktora çalışmalarım boyuca, çalışmalarımı yönlendiren ve katkı koyan doktora tez izleme komitesi üyeleri Prof. Dr. İlknur CÖCEN ve Prof. Dr. Uğur İNCİ'ye teşekkür ederim.

Ayrıca doktora çalışmamı, Dokuz Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projesi kapsamında (03.KB.FEN.039) maddi olarak destekleyen DEÜ Rektörlüğüne ve birimlerine teşekkür ederim.

Doktora çalışmalarım süresince, mesleğime duyduğu saygı ve bana olan inancı ile her zaman yanımda olan, her konuda beni destekleyen, yardımcı olan ve doktora çalışma ve yazma aşamalarımda, sevgi ve sabır gösteren, değerli ve sevgili eşim Mehmet AKSAY'a; sevgileri ve ilgileriyle beni bugünlere getiren, eğitimim boyunca yapmış oldukları maddi ve manevi katkıların yanında mesleki eğitimimde de beni destekleyen, her zaman her konuya samimiyetle danışıp, bana yol göstereceklerini bildiğim sevgili annem Atike KILINÇ ile sevgili babam Muammer KILINÇ'a teşekkür ederim.

Ayrıca doktora araştırmamın;

- ✓ Numune alma aşamasında her türlü imkanı büyük bir titizlikle sağlayan Pomza Export Madencilik San. ve Tic A.Ş. (İzmir)'den Düzgün ÜRÜN, Hakan ÜRÜN, Mustafa ŞİŞMAN ve Ümit ÜRÜN'e,
- ✓ Sahanın incelenmesi ve alınan örneklerin minerolojik olarak tanımlanmasında büyük katkı koyan DEÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümünden Yard.Doç.Dr.Cüneyt AKAL'a, alınan örneklerin mineral içeriğinin belirlenmesinde (XRD) ve örneklerin yüzey özelliklerinin (SEM) tanımlanması ve

görüntülenmesinde DEÜ Maden Mühendisliği Bölümünden Prof. Dr. Uğur KÖKTÜRK ve Uzm. Dr. Hatice YILMAZ'a,

✓ Zenginleştirilen pomza örneklerimin öğütülmesinde laboratuvar imkanlarından yararlanmamı sağlayan DEÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümünden Yard.Doç.Dr.Ersin KOROLAY'a, zenginleştirme ürünlerimin kimyasal analizlerinin tamamını yapan Gürbüz Madencilik San. ve Tic. A.Ş.'den Ali DÜNDAR, Birol ÖZKAN ve Görkem SINAV'a,

✓ Seramik çalışmalarımın tamamının yapımında laboratuvar olanaklarını açan ve çalışmalarımın yapılmasında bilgi ve tecrübeleriyle büyük katkı sağlayan Seramiksan Turgutlu Seramik San. ve Tic. A.Ş. (Manisa)'den Celal YILDIZ ve Engin AKGÜN'e,

✓ Seramik örneklerinin SEM analizlerinin yapılmasında yardımcı olan DEÜ Malzeme Mühendisliği Bölümünden Araş. Gör. Esra DOKUMACI'ya,

✓ Kil numunelerinden Turgutlu yöresi kilini temin eden Bloksan A.Ş.'den Ali İhsan DEMİRDÖVER'e ve Sart yöresi kilini temin eden Pomza Eksport Madencilik San. ve Tic.A.Ş.'den Mustafa ŞİŞMAN'a,

✓ Çalışmalarında kullandığım mermer örneklerinin temini ve boyutlandırılmasını sağlayan DEÜ Torbalı MYO Mermer Bölümünden Prof. Dr. Burhan ERDOĞAN ve Yard. Doç. Dr. Bahadır YAVUZ'a,

✓ Sıvı filtrasyonu çalışmalarında, karasu örneklerinin tüm analizlerini yapan DEÜ Çevre Mühendisliği Bölümünden Öğr.Gör.Dr. Zihni YILMAZ'a

✓ Gaz filtrasyonu çalışmalarımın her aşamasında, teknik imkanlarını, laboratuvar olanaklarını ve bilgi birikimlerini sunan İzmir Motor Meslek Yüksek Okulu'na,

✓ Çalışmalarımın çeşitli aşamalarında, çeşitli numunelerimin kimyasal analizleri, DTA-TGA analizleri ve tane boyut analizlerini yapan ve viskozite ölçümleri sırasında laboratuvar imkanlarını kullanmama olanak sağlayan KaleMaden End.Ham.San. ve Tic. A.Ş. (Çanakkale)'den Hürriyet DEMİRHAN'a ve Elif DEMİR BAYKAL'a,

✓ Pomza örneklerimin katyon değişim kapasitesi analizlerinin yapılmasını sağlayan EÜ Ziraat Mühendisliği Toprak Bölümü Başkanı Prof. Dr. Dilek ANAÇ'a,

- ✓ Tuğla rneklerinin ısı iletim katsayısının belirlenmesinde laboratuvar olanaklarını kullanmamı sağlayan DEÜ Makine Mühendisliği Bölümünden Yard.Doç.Dr. Dilek KUMLUTAŞ'a
- ✓ Genleştirme çalışmalarımnda, laboratuvar imkanlarını kullanmama olanak sağlayan Etiper Perlit İşletmeleri A.ř. (İzmir)'den Burhanettin DERELİ ve İsmail KAYHAN'a,
- ✓ Deneysel çalışmalarımnda bana yardımcı olan arkadaşım ve meslektaşım Engin TURGAY'a,
- ✓ çalışmalarımın deneysel araştırma aşamalarında, DEÜ Maden Mühendisliği Bölümünde, sorumlusu olduğu Cevher Hazırlama-Zenginleştirme laboratuvarını haftasonları dahil günün her saatinde kullanma imkanını sağlayan ve özellikle doktora tezimin yazımı sırasında, bazı idari ve eğitimsel görevlerimde bana yardımcı olan arkadaşım ve meslektaşım Araş. Gör. V.Taylan ENGİN'e,
- ✓ çalışmalarımın özellikle aşındırma ile ilgili kısmında araştırmalarımna bilgi ve görüşleri ile katkı sağlayan arkadaşım ve meslektaşım Araş. Gör. Kerim KÜÇÜK'e,
- ✓ çalışmalarımın çeşitli aşamalarında, ilgilerini ve yardımlarını esirgemeyen DEÜ Maden Mühendisliği Kimya Laboratuvarı alışanları M.Emin SOLAK, Necmettin AYÇELİK ve Fatih TURAN'a,
- ✓ çalışmalarım sırasında bana çeşitli imkanları ve yardımları sunan DEÜ Maden Mühendisliği Bölümüne, hocalarıma, çalışanlarına ve asistan arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ece KILINÇ AKSAY

İZMİR-MENDERES YÖRESİ POMZA CEVHERİNİN KULLANIMINA YÖNELİK TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZ

İzmir-Menderes yöresi pomza cevherinin kullanımına yönelik teknolojik özelliklerin araştırıldığı bu doktora tezi kapsamında, Pomza Export Madencilik San. ve Tic. A.Ş. ye ait Menderes pomza sahasında alınan alt, orta ve üst tabaka pomzalarının fiziksel, kimyasal, mineralojik, yapısal, termal özellikleri ve ısı işlemler karşısında yapısal özelliklerindeki değişimler detaylı olarak tanımlanarak, pomza cevherinin kullanıldığı alanlara uygunluğu yanında, yeni tüketim alanlarında kullanımı ve etkinliği belirlenmiştir. Önemli ölçüde çevre sorunu yaratması yanında insan sağlığını da tehdit eden, zeytinyağı atığı karasudaki organik bileşiklerin ve fenollerin uzaklaştırılmasında ayrıca dizel yakıttaki zararlı emisyonlar ile katı partiküllerin Menderes pomzaları kullanılarak arıtılması araştırılmış ve filtrasyona olan etkileri belirlenmiştir. Ayrıca, Menderes pomzaları kullanılarak iki farklı tip mermer örneğinin aşındırılabilirliği araştırılmış, Menderes pomzalarının doğal taşlarda aşındırıcı olarak kullanılabilirliği ve kullanım ölçütleri belirlenmiştir. Menderes pomzalarının tuğla ve seramik sektöründe katkı maddesi olarak kullanımı yanında tuğla ile seramik bünyesindeki etkileri araştırılmış ve bu sektörlerde uygulanabileceği koşullar belirlenmiştir. Deneysel bulgulara göre, alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka Menderes pomzalarının farklı karakteristik özellikleri nedeniyle farklı alanlarda kullanılabilirliği belirlenmiştir. Menderes alt tabaka pomzasının aşındırıcı ve filtrasyon sektöründe, orta tabaka pomzasının seramik ile filtrasyon sektöründe, üst tabaka pomzasının ise tuğla sektöründe kullanımının uygun olacağı belirlenmiştir.

Alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka Menderes pomzaları, serbestleşme tane boyutuna bağlı olarak çeşitli gravite ve manyetik zenginleştirme yöntemleri ile zenginleştirilerek, en iyi koşullarda nitelikli pomza üretim olanakları araştırılmıştır. Deneysel bulgulara dayalı olarak, Menderes pomzalarından ince boyutlu ve nitelikli pomza konsantresi ile kristal kuvars konsantresinin üretilebileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Pomza, abrasif, filtrasyon, tuğla, seramik, zenginleştirme

DETERMINATION OF THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF THE IZMIR-MENDERES PUMICE ORES AS AN INDUSTRIAL MINERAL

ABSTRACT

Within this doctorate thesis, in which technological properties regarding the pumice ore has been investigated, the upper, intermediate and lower layer pumice samples have been taken from the fields belonging to Pomza Export Mining Inc. and their chemical, physical, mineralogical, structural and thermal properties have been analysed. Also, their uses in brand new fields have been determined. The removal of organic compounds in olive oil waste and phenols that are environment threatening by means of Menderes pumice and besides the removal of harmful emissions in diesel and solid particles have been investigated and their influences over the filtration have been observed. Moreover, by using Menderes pumice, the abrasivity of two different types of marbles have been investigated and the applicability of Menderes pumice as abrasives in natural stones have been discussed and their usage criteria have been set forward. The effect of Menderes pumice on brick and ceramic bodies have been explored and the conditions pertaining to these sectors have been constrained. According to experimental findings, lower (P1), intermediate (P2) and upper (P3) layer Menderes pumice has been found suitable for their use in diverse sectors because of their different characteristics. While the Menderes lower layer pumice is suitable to use in abrasive and filtration sector, the intermediate part is eligible for ceramic and again filtration sectors and the upper layer can be used in brick sector.

Lower, intermediate and upper layer pumices of Menderes have been dressed by means of several gravity and magnetic methods depending on the liberation size and thus opportunities of high quality pumice at optimal conditions have been investigated. Relying upon the experimental findings, fine-grained pumice concentrate and crystal quartz concentrate can be produced from Menderes pumice.

Keywords: Pumice, abrasive, filtration, brick, ceramic, dressing

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ	vi
ABSTRACT	vii
BÖLÜM BİR GİRİŞ	1
BÖLÜM İKİ POMZANIN ÖZELLİKLERİ, KULLANIM ALANLARI VE EKONOMİSİ	4
2.1. Pomzanın Tanımı	4
2.2. Pomzanın Özellikleri.....	4
2.3. Pomzanın Oluşumu	7
2.4. Pomzanın Üretimi ve Zenginleştirilmesi	12
2.4.1. Pomza Madenciliği.....	12
2.4.2. Pomzanın Ufalanması ve Sınıflandırılması.....	12
2.4.3. Pomzanın Zenginleştirilmesi	13
2.5. Pomzanın Kullanım Alanları.....	19
2.5.1. Pomzanın İnşaat Sektöründe Kullanımı	20
2.5.2. Pomzanın Tuğla Sektöründe Kullanımı	22
2.5.3. Pomzanın Seramik Sektöründe Kullanımı	27
2.5.4. Pomzanın Tekstil Sektöründe Kullanımı	31
2.5.5. Pomzanın Tarım Sektöründe Kullanımı.....	33
2.5.6. Pomzanın Kimya Sektöründe Kullanımı.....	34
2.5.7. Pomzanın Filtrasyon Sektöründe Kullanımı	35
2.5.7.1. Su ve Atık Su Arıtmada Pomza Kullanımı	35
2.5.7.1.1. Zeytinyağı Endüstri atıklarının arıtılması	38
2.5.7.2. Hava Temizleme Teknolojisinde Pomza Kullanımı	40
2.5.8. Pomzanın Abrasif Sektöründe Kullanımı	41
2.6. Pomzanın Ekonomisi	43
2.6.1. Dünyada ve Türkiye’de Pomza Rezervleri	43
2.6.2. Dünyada ve Türkiye’de Pomza Üretimi ve Tüketimi	47

BÖLÜM ÜÇ İZMİR-MENDERES YÖRESİ POMZA SAHASI VE SAHADAN

NUMUNE ALMA	55
3.1. Pomza Maden Sahasının Yeri	55
3.2. Pomza Maden Sahasının Genel Jeolojisi	56
3.3. Pomza Maden Sahası ve Sahadan Numune Alma	57

BÖLÜM DÖRT İZMİR-MENDERES YÖRESİ POMZA CEVHERİNİN

YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI	59
4.1. Menderes Pomzalarının Minerolojik Yapısı	59
4.1.1. İnce Kesit Yöntemi ile Minerolojik Yapının Belirlenmesi	59
4.1.2. X-Işını Difraksiyonu (XRD) Yöntemi ile Minerolojik Yapının Belirlenmesi	62
4.2. Menderes Pomzalarının Binoküler ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri	63
4.3. Menderes Pomzalarının Kimyasal Yapısı	65
4.4. Menderes Pomzalarının Tane Boyut Dağılımları	66
4.5. Menderes Pomzalarının Elek Analizi Tane Boyut Aralıklarının Mikroskobik İncelemeleri	67
4.6. Menderes Pomzalarının Hakiki ve Yığın Yoğunlukları	74
4.7. Menderes Pomzalarının Asitte ve Suda Çözünürlükleri	75
4.8. Menderes Pomzalarının Bond Öğütülebilirlik Testleri	76
4.9. Menderes Pomzalarının Öğütme Testleri	79
4.10. Menderes Pomzalarının Özgül Yüzey Alanı Testleri	83
4.11. Menderes Pomzalarının Katyon Değişim Özellikleri	83
4.12. Menderes Pomzalarının Isıl Özellikleri	85
4.12.1. Sıcaklığa bağlı kütle kaybı ve ısıl reaksiyonlar	85
4.12.2. Sıcaklığa bağlı yapısal değişim	87
4.13. Isıl İşlem ile Genleştirme Sonrası Pomza Cevherinin Yapısal Özellikleri ...	90
4.14. Pomza Cevherinin Doğal Taşları Aşındırma Özelliğinin Belirlenmesi	97
4.15. Pomza Cevherinin Filtrasyon Özelliklerinin Belirlenmesi	108
4.15.1. Pomza Cevherleri ile Zeytinyağı Atığının (Karasu) filtrasyonu	108
4.15.2. Pomza Cevheri ile Dizel Yakıtın Yanması Sonucu Oluşan Atıkların Filtrasyonu	117

BÖLÜM BEŞ İZMİR-MENDERES YÖRESİ POMZA CEVHERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ	125
5.1. Menderes Pomza Cevherlerinin Hazırlanması.....	125
5.2. Menderes Pomzalarının Zenginleştirilmesi.....	128
5.2.1. Menderes Pomza Cevherlerinin Jig ile Zenginleştirilmesi	129
5.2.2. Menderes Pomza Cevherlerinin Sallantılı Masa ile Zenginleştirilmesi	133
5.2.3. Menderes Pomzalarının Yüksek Alan Şiddetli Kuru Manyetik Separatör ile Zenginleştirilmesi	153
5.2.4. Menderes Pomzalarının Yüksek Alan Şiddetli Yaş Manyetik Seperatörle Zenginleştirilmesi	174
5.2.5. Menderes Pomzalarının Multigravite Seperatör (MGS) ile Zenginleştirilmesi	177
BÖLÜM ALTI POMZANIN TUĞLA SEKTÖRÜNDE DEĞERLENDİRİLMESİ	199
6.1. Tuğla Yapımında Kullanılan Hammaddeler ve Özelliklerinin Araştırılması	199
6.2. Tuğla Örneklerini Hazırlama Yöntemi	203
6.3. Pomza Katkısının Tuğla Yapımına Etkilerinin Araştırılması	205
BÖLÜM YEDİ POMZA CEVHERİNİN SERAMİK SEKTÖRÜNDE DEĞERLENDİRİLMESİ	229
7.1. Pomzanın Seramik Bünyeye Uygunluğunun Araştırılması	229
7.1. 1. Kullanılan Hammaddeler ve Özellikleri	229
7.2.2. Menderes Pomzalarının Seramik Yapısına Etkisi.....	232
7.2. Menderes Pomzasının Seramik Reçeteye Uygunluğunun Araştırılması	251
SONUÇLAR	255
KAYNAKLAR	265

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Bol gözenekli ve hafif yapılı pomza, farklı sektörlerde birçok endüstriyel hammadde türüne göre teknolojik üstünlükler sağlamaktadır. Pomzanın sahip olduğu fiziksel, kimyasal, mineralojik ve yapısal özellikleri farklı sektörlerdeki kullanım çeşitliliğini arttırmaktadır. Diğer endüstriyel hammaddelere göre üretiminin kolay ve üretim maliyetinin düşük olması, gerektiği durumlarda gravite yöntemleri ile kolayca zenginleştirilebilmesi ve perlit gibi ek bir ısıl işlem gerektirmemesi pomzanın sektörel önemini arttırmakta ve kullanımını yaygınlaştırmaktadır. Dünya endüstrisinde yeni olmayan pomza, bugün inşaat, tekstil, tarım, kimya ve abrasif sanayi gibi alanlarda özellikle tercih edilen bir endüstriyel hammadde olup, filtrasyon, tuğla-seramik gibi sektörlerde de kullanılmaktadır. İri boyuttan, ince boyuta kadar geniş ürün seçeneçliliği ve tüketim alanı sunan pomza, günümüzde elliden fazla sanayi dalına hizmet etmektedir. Son yıllarda artan talepler doğrultusundaki sektörel gelişmelere bağlı olarak, Türkiye’de pomza gibi yeni endüstriyel hammaddelere yönelim başlamıştır. Pomza, kullanıldığı alanlarda, özgün ve özellikli ürünler yaratması yanında kullanıldığı sektörlerde teknolojik ve ekonomik yönden önemli yenilikler sağlamaktadır. Dünya ülkelerindeki kullanımı çok da yeni olmayan pomzanın, Türkiye’ye sağladığı katmadeğer oldukça yenidir. Geniş pomza rezervlerine sahip olan Türkiye, şimdiden pomzanın yaygın olarak kullanıldığı, rezervi tükenmekte olan pek çok ülkenin ihtiyacını karşılamaktadır. Türkiye’deki pek çok değerli araştırmacı, halen farklı yörelerdeki pomzaların yapısal ve teknolojik özelliklerini araştırmakta ve yeni kullanım alanları yaratmaya çalışarak pomza madenciliğinin gelişmesine önemli katkılar sağlamaktadır.

Bu doktora tezi kapsamındaki araştırmada ise, Pomza Export San. ve Tic. A.Ş. ye ait İzmir-Menderes yöresi alt, orta ve üst tabaka olmak üzere üç tip pomzanın fiziksel, kimyasal, mineralojik, yapısal özellikleri detaylı olarak tanımlanıp, termal (ısı) özellikleri belirlenmiş, ısıl işlemler karşısında yapısal özelliklerindeki değişimler, analizsel bulgular doğrultusunda saptanmıştır.

Zeytinyağı atığı karasuyun deşarj edildiği ortamda kimyasal oksijeni tüketen organik bileşiklerin ve zararlı fenollerin uzaklaştırılıp, zararsız bir atık haline getirmek amacıyla karasuyun Menderes pomzaları ile arıtılabilirliği (filtrasyonu) araştırılmıştır. Filtrasyon mekanizmasının belirlenebilmesi için Menderes pomzalarının katyon değişim kapasiteleri, özgül yüzey alanları ve gözenek boyutlarını içeren özellikleri belirlenerek deneysel bulgulara dayalı olarak yorumlanmıştır.

Yine Menderes pomzaları kullanılarak, dizel yakıtın tüketimi ile oluşan zararlı emisyonların ve kansrojen özellikli katı partiküllerin (PAH) çevresel olumsuz etkilerinin giderilmesi amacıyla dizel yakıt tüketen araçların egzoz sistemi ile uyumlu, farklı tane boyutları içeren yeni bir pomza filtre tasarlanmış, pomza filtre ile süzölen egzoz dumanındaki gaz emisyonu ve katı partiküllerin analizleri yapılarak yorumlanmıştır.

Özellikle mermer sektöründe oldukça yaygın olarak kullanılan aşındırıcılar, bir bağlayıcı ile bir arada tutulan abrasif özellikli silisyum karbür, alüminyum oksit, manyezit gibi minerallerinden oluşan kalıplar halinde kullanılmaktadırlar. Değişik sektörlerde aşındırıcı ve parlatici olarak kullanım alanı bulan pomzaların aşındırma özelliğinden faydalanılarak doğal taşlardan farklı iki mermer örneğinin alt tabaka Menderes pomzaları kullanılarak aşındırılabilirliği Böhme yüzey aşındırma test metoduna göre araştırılmış, mermer örneklerindeki hacimsel ve kütleli kayıplar sunularak, değerlendirilmiştir.

İnşaat sektöründe hafif ve yalıtkan malzemelere ilginin artmasıyla, önümüzdeki yıllarda, geleneksel tuğlaya olan talebin azalacağı açıktır. Bu nedenle, geçmişten bugüne, yaygın olarak kullanılan geleneksel tuğlaya, yeni ve teknolojik üstünlükler sağlayan endüstriyel hammaddelerin girmesiyle daha hafif, daha yalıtkan ve daha mukavim tuğlaların üretilmesi, tuğla sektörünün gelişimi yönünden önemlidir. Menderes pomzalarının tuğla yapımında katkı maddesi olarak kullanımı, pomzanın tane boyutuna, ilave edilen pomza miktarına ve pişme sıcaklığı gibi parametrelere bağlı olarak araştırılmış, üretilen tuğla örneklerinin birim hacim ağırlığı, su emme

oranları ve mukavemetleri gibi fiziksel özelliklerinin yanında ısı ve ses iletkenlikleri belirlenmiştir.

Türkiye, dünya seramik üretim teknolojisini yakalamış olmasına rağmen dünyada gelişen yaşam standartları dolayısıyla artan talepler doğrultusunda hızla, yüksek kaliteli ve yeni seramik ürünleri üretilmektedir. Bu doğrultuda talepleri karşılamak için artan üretim kapasiteleri, enerji sarfiyatını da beraberinde arttırmaktadır. Daha az enerji ile daha yüksek kaliteli seramiklerin üretilmesi ekonomiye önemli ölçüde katkı sağlayacaktır. Ayrıca, seramik sektöründe kullanılan geleneksel hammaddelerden biri olan albit (sodyum feldspat) ince boyutlu renk verici empüriteleri içermesi nedeniyle doğadan üretildiği şekliyle kullanılamamakta, mutlaka flotasyon yöntemi ile zenginleştirilmek zorundadır. Bu durum ise, albit cevherinin maliyetini arttıran temel unsurdur. Bu nedenlerle, seramik sektörünün geleneksel seramik hammaddelerine katkı olarak veya ikame olarak, seramik bünyenin ergime sıcaklığını düşürürken, yapısal özelliklerini geliştiren yeni endüstriyel hammaddelere ihtiyacı vardır. Bu doğrultuda, öncelikle Menderes pomzalarının sıcaklığa bağlı olarak yapısal değişimleri fiziksel test yöntemleri ile belirlenmiş, seramik sektörüne en uygun pomza tipi saptanmış ve flote albit ile karşılaştırmalı olarak Menderes pomzalarının seramikte kullanılabilirliği araştırılmıştır. Daha sonra, seramik reçetesine farklı oranlarda ilave edilen Menderes pomzasının seramik bünyedeki etkileri araştırılarak, optimum kullanım miktarı belirlenmiştir.

Pomzanın yaygın olarak kullanıldığı gelişmiş ülkelerde azalan pomza rezervleri ile birlikte düşük kaliteli rezervlerin varlığı, pomzanın zenginleştirilmesini gerekli kılmaktadır. Ayrıca pomzanın kullanım alanlarının yaygınlaşması ve bazı sektörlerde boyutsal ve kalite yönünden daha nitelikli ürünlere ihtiyacın artması, zenginleştirilmiş pomza kullanımını önemli konuma getirmektedir. Bu amaçla, Menderes alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomzaları, çeşitli gravite ve manyetik zenginleştirme yöntemleri ile zenginleştirilip, daha kaliteli ve temiz pomza ürünlerinin üretilebilme koşulları araştırılmış ve örnek tesis akım şemaları geliştirilmiştir.

BÖLÜM İKİ

POMZANIN ÖZELLİKLERİ, KULLANIM ALANLARI VE EKONOMİSİ

2.1. Pomzanın Tanımı

Pomza, amorf alüminyum silikat olarak tanımlanıp, volkanik faaliyetler sonucu oluşmuş, volkanik bir cam yapısında ve süngerimsi bir kayadır. Volkanik faaliyetleri yaratan mağmanın asidik veya bazik yapılı olması, “asidik pomza” ve “bazik pomza (scoria)” olmak üzere iki farklı tip pomzanın oluşmasına neden olur. Şekil 2.1’de, asidik yapılı, Şekil 2.2’de ise bazik yapılı pomzanın görünümü sunulmaktadır



Şekil 2.1. Asidik pomzanın genel görünümü



Şekil 2. 2. Bazik pomzanın genel görünümü

2.2. Pomzanın Özellikleri

Pomza, oluşum esnasında ani soğuma ve gazların bünyeyi ani olarak terk etmesi nedeniyle, makro ölçekten mikro ölçeğe kadar sayısız gözenek içermektedir. Bu nedenle pomza, amorf ve oldukça gözenekli yapıdadır (Sarıız ve Nuhoglu, 1992). Pomzadaki gözenekler, genellikle bağlantısız boşlukludur. Pomzadaki her bir gözenek diğerinden cam yapıda bölmeye ayrılmıştır. Gözenekli yapısından dolayı oldukça hafif, gözeneklerin bağlantısız olmasında dolayı da permeabilitesi (geçirgenliği) düşük, ısı ve ses yalıtımı oldukça yüksektir. Permeabilitesinin düşük olmasından dolayı su üzerinde uzun süre yüzebilmektedir.

Pomzadaki gözenekler, 1 mm den küçük boyutludur. Gözenekler, düzensiz ve küresel, oval, uzamış boru şeklindedir (Geitgey, 1994).

Pomzanın sertliği, Mohs ölçeğine göre 5-6 civarında, spesifik yoğunluğu 2,5 gr/cm³'dür. (Chang, 2002) Yapısında, kimyasal olarak %75'e varan silis içeriği bulunabilmektedir. Fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklıdır. %45-70 arasında değişen değerlerde poroziteye sahip olan pomzanın, sudaki çözünürlüğü çok düşük olup, pH'sı 7 civarında, toksik özellik göstermemektedir. Pomzada asitte çözünen madde miktarı en fazla %2,9 civarında olup, hidroflorik asit (HF) haricinde hiçbir asitle kimyasal tepkimeye girmemektedir. Hidroflorik asit ile tepkimesi sonucu toksik özellikli silikon tetraflorit gazı oluşmaktadır. (Gündüz ve diğ., 1998, Sezgin ve diğ., 2005) Pomzanın katyon değişim kapasitesinin 5 me/100 gr olduğu ve çözünebilir katyon değişim kapasitesinin düşük olduğu belirtilmektedir (Gür ve diğ., 1997; Şahin ve diğ., 1997; Anapalı ve Örs, 2005).

Volkanik faaliyetler neticesinde oluşan iki tip pomzadan biri olan asidik pomza, beyaz ve kirli beyaz renkli, yoğunluğu 0,5-1 gr/cm³'dür. Bazik pomza ise, kahverengi veya siyah renkli, yoğunluğu 1-2 gr/cm³'dür. Asidik mağmanın yoğunluğunun bazaltik mağmanın yoğunluğundan daha düşük olmasından dolayı asidik pomzanın yoğunluğu daha düşüktür. Her iki tip pomza cevherinin sertliği de 5-6 civarındadır.

Pomza, 760 °C'nin altında herhangi bir hacim değişikliğine uğramaz. Pomzanın ortalama ergime sıcaklığı 1343 °C'dir (Chang, 2002).

Pomza, kendisine özgü bazı özellikleri ile perlit, obsidyen, pekstayn (Pechstein) gibi benzer volkanik camsı kayalardan ayrılır. Bunlardan; rengi, gözenekliliği ve kristal suyunun olmaması ile pratik olarak ayrılmaktadır. Özellikle asidik pomza en çok renk benzerliği ve yakın kimyasal bileşimi bakımından perlit ile karıştırılmakta olup, bazı durumlarda perlitten ayırt edilmesi zorlaşabilmektedir. Pomzalı perlit, pomzalı perlit veya perlitik pomza olarak adlandırılabilen geçişli kayalarla, petrografik analizle ve gözenekli yapısı itibariyle ayrılabilir (Gündüz, 1998).

Riyolitik yapılu perlit ve pomza, volkanik cam olarak tanımlanır. Pomza beyaz veya açık gri renkli, perlit ise şeffaf açık gri veya camsı siyah renklidir. Perlit, kimyasal olarak inert ve su içerisindeki pH'sı 7-8 civarında, düşük yoğunluklu ve yoğunluğu yaklaşık olarak 1,75-1,875 kg/m³ civarında olup, sertliği Mohs skalasına göre 5,5-7 arasındadır (Chang, 2002; Lin, 1989). Perlit, pomzadan farklı olarak, bünyesinde %2-5 oranında su ihtiva eder. Perlit, kırılıp, elekler ve havalı sepetörlerle sınıflandırıldıktan sonra 750 °C ile 1160 °C sıcaklıklar arasındaki sabit düşey fırına veya yatay döner fırına verilerek, perlitin ani ısınması ile bünyesindeki su uzaklaşır ve hacimce genişmesi sağlanır, böylelikle oldukça gözenekli ve hafif yapılu perlit elde edilir. Pomza ise, oluşumu gereği gözenekli ve hafif yapılu olması nedeniyle doğal haliyle kullanılır. Perlitin kimyasal bileşimi için tipik bir örnek; %72,10-74,20 SiO₂, % 12,30-13,5Al₂O₃, %0,80-0,95 Fe₂O₃, %0,89-0,85 CaO, %0,50-0,13 MgO, %4,00-4,60 Na₂O, %4,4 K₂O olarak verilebilir (Chang, 2002; Lin, 1989; Jackson 1986).

Pomza, amorf alüminyum silikat olarak tanımlanıp, tanımlanmasında kimyasal kompozisyonundan yararlanır. Asidik ve bazik özellikler taşıyan pomzaların tipik kimyasal bileşimlerine birer örnek Tablo 2.1'de verilmiştir (Gündüz ve diğer., 1998).

Tablo 2. 1. Pomza tiplerinin kimyasal kompozisyonuna örnek

Bileşim	Asidik Pomza	Bazik Pomza
% SiO ₂	72,5	45,0
% Al ₂ O ₃	14,0	21,0
% Fe ₂ O ₃	2,5	7,0
% CaO	0,9	11,0
% MgO	0,6	7,0
% Na ₂ O+% K ₂ O	9,0	8,0
% Ateş Kaybı	3,0	1,0

Asidik pomza, daha yüksek miktarlarda silisyum, alüminyum, potasyum ve sodyum içermektedirler. Bu nedenle rengi ve yoğunluğu, yüksek kalsiyum, magnezyum ve demir içeriğine sahip olan bazik pomzadan oldukça açık, beyaz renkli ve düşük yoğunlukludur (Chang, 2002).

TS 3234 standartlarına göre pomza; birbirine bağlantısız boşluklu, sünger görümlü, silikat esaslı, birim hacim ağırlığı genellikle 1 gr/cm³'den küçük, sertliği

Mohs skalasına göre yaklaşık 6 olan ve camsı doku gösteren volkanik bir madde olarak tanımlanmıştır.

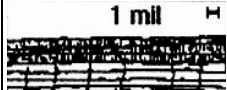




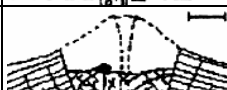
İlhan ve Özdağ (1997), yaptıkları çalışmalarda -0,038 mm tane boyutunun altına öğütülen asidik karakterli Nevşehir pomzasının elektrokinetik davranışının, ortam pH'ının 5,5 olduğu durumda, -75 mV olarak ölçülmüştür. Pomzanın ortam pH'sına bağlı olmaksızın yüzey negatif yüklü olduğu tespit edilmiştir.

Pomzanın ısı iletim katsayısı değerinin 0,1-0,6 kcal/m²h^oC olduğu saptanmıştır. Çeşitli malzemelerin ısı iletim katsayıları ise granit, bazalt ve mermerde 3 kcal/m²h^oC, kum ve çakılda 1,2 kcal/m²h^oC; genişletilmiş kil de 0,6 kcal/m²h^oC; çimento sıvada 0,75 kcal/m²h^oC; kireç sıvada 0,66 kcal/m²h^oC; alçıda 0,47 kcal/m²h^oC; betonda (B120) 1,3 kcal/m²h^oC; hafif beton bloklarda 0,35 kcal/m²h^oC; dolu tuğlada 0,7 kcal/m²h^oC; delikli tuğlada 0,4 kcal/m²h^oC; pencere camında 0,7 kcal/m²h^oC; cam ve taş liflerinde 0,035 kcal/m²h^oC; plastik malzeme köpükleri ve mantar levhalarda 0,035 kcal/m²h^oC; diatomitte 0,08 kcal/m²h^oC olduğu belirlenmiştir (Gündüz ve diğ., 1998).

Başsarı ve Akyüz (1997), yaptıkları çalışmalarda farklı yörelere ait zeolit ile Kars yöresine ait pomzanın stronsiyum (Sr⁺²) iyonunu adsorplama miktarını X-ışını floresans metodu ile saptamışlardır. Zeolit örneklerinin Sr⁺² iyonlarını 1,03-2 meq/g aralığında soğurduğu belirlenirken, pomzanın da zeolit gibi Sr⁺² iyonlarını soğurduğu bulunmuştur. Ancak, pomzanın maksimum adsorpsiyon kapasitesinin pH=10'da gerçekleştiği ve çözelti (stronsiyumun klorlu bileşiği) konsantrasyonu arttıkça, azalma gösteren adsorpsiyon özelliğine sahip olduğu saptanmıştır.

2.3. Pomzanın Oluşumu

Magma ergimiş veya yarı ergimiş kayaç malzemesidir. Kimyasal olarak karmaşık bir yapıya sahiptir ve bileşim, sıcaklık, kristal ve uçucu madde miktarları farklılıklar sunar. Bu özelliklerinin tümü birbirleri ile ilişkili olarak püskürme biçimini belirlemektedirler (Şekil 2.3).

VOLKAN TIPLERİ		ÖZELLİKLERİ	ÖRNEKLER
Artan Şiddet Artan Viskozite	Taşkın veya Plato Bazaltları 	Çok Akışkan lav; çok geniş yayımlı akıntılar; kırıklar	Columbia Nehri Platosu
	Kalkan Volkanı (Shield volcano) 	Merkez bacadan çıkan akışkan lav; büyük; bazen çökme kalderaları olabilir	Larch Dağı, Mount Sylvania, Highland Butte, Havvahi volkanları
	Sinder (bazaltik cüruf) Konisi 	Patlamalı akışkan lav; küçük; merkez bacadan çıkan; uzun süre devamı halinde kalkan volkanı oluşturabilir	Mount Tabor, Mount Zion, Chamberlain Hill. Pilot Butte, Lava Butte, Ay kraterleri
	Kompozit veya Stratovulkano 	Daha viskoz lavlar, daha patlamalı (piroklastik) yığın "defans". Büyük, tek merkez çıkışlı.	Mount Baker, Mount Rainier, Mount St. Helens, Mount Hood, Mount Shasta
	Tıkaç Domu veya Volkanik Dom 	Çok viskoz lavlar; nispeten küçük, patlamalı olabilir; genelde kompozit volkanların kraterlerine bitişiktirler.	Novarupta, Mt. St. Helens Lav Domu, Mount Lassen, Shastina, Mono Craters
Kaldera 	Patlamalı evre sonrasında çöken çok büyük kompozit volkan; volkanik domlarla genelde ilişkilidir	Crater Lake, Nevvberry, Kılauea, Long Valley, Medicine Lake, Yellowstone	

Şekil 2. 3. Magmanın fiziksel özelliklerine bağlı olarak oluşan değişik volkan tipleri (Helvacı ve Erkül, 2001).

Menderes pomzaları, Cumaovası volkanitleri ile ilgili olabilir ve olasılıkla stratovulkano (kompozit) tipindedir.

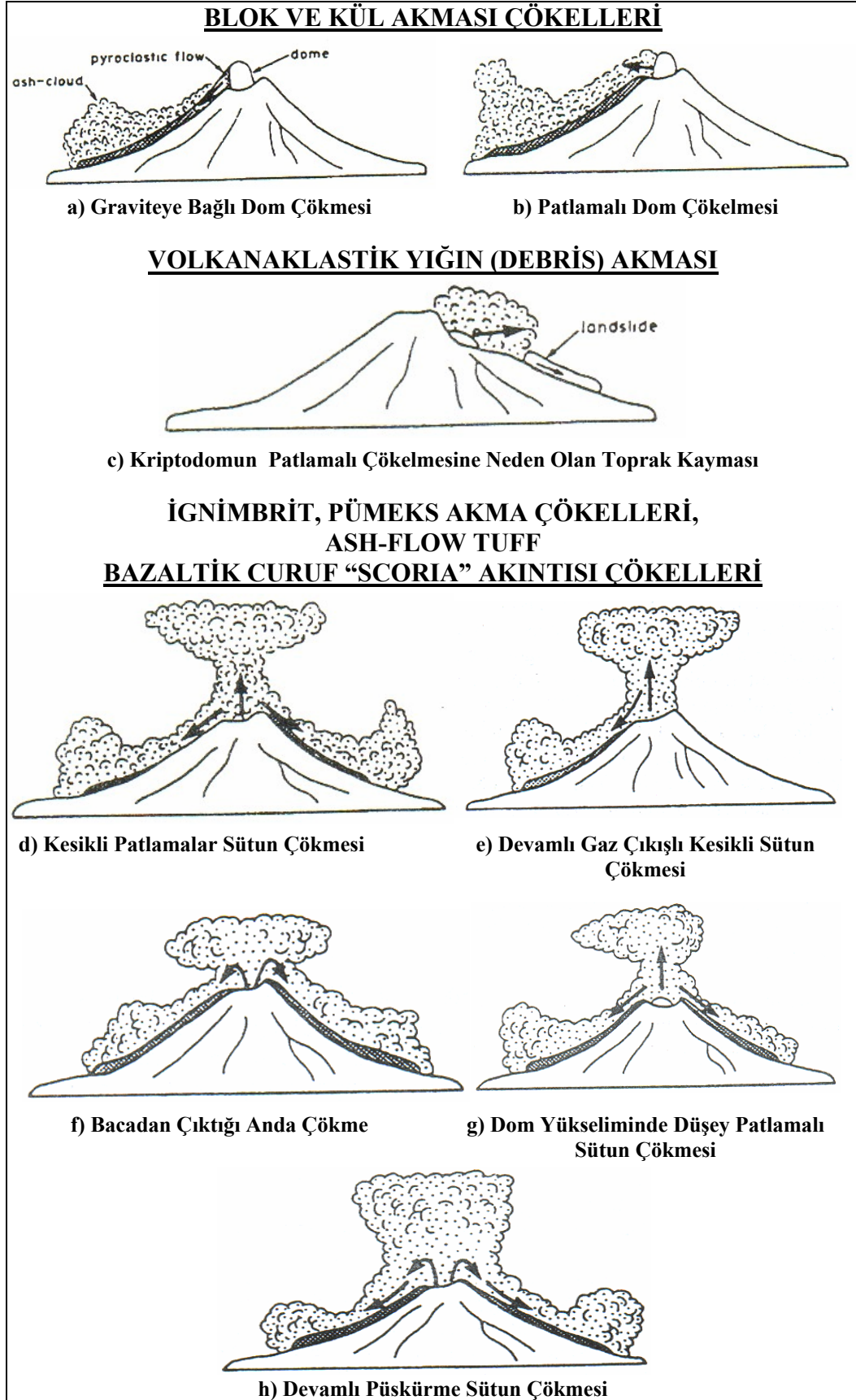
Magmanın fiziksel davranışını etkileyen temel özellikler, magmanın bileşimi, sıcaklığı, yoğunluğu ve viskozitesidir. Tablo 2.2'de magmanın fiziksel davranışını etkileyen temel özellikler sunulmuştur.

Tablo 2. 2. Magmanın fiziksel davranışını etkileyen temel özellikler, (Helvacı ve Erkül, 2001)

Bileşim	Sıcaklık	Yoğunluk	Viskozite
Sınıflama Silisik veya Asidik Ortaç Bazik Ultrabazik	SiO_2 %63 %52 - %63 <%52->%45 < %45	Yapılan ölçümlere göre asitlik arttıkça sıcaklık azalmaktadır. Güncel volkanlardan ölçülen lavlar: Riyolit: 700-900 °C Dasit: 800-1100 °C Andezit: 950-1200 °C Bazalt: 1000-1200 °C	Bileşim Sıcaklık Magma Karışımı ile ilişkilidir. SiO ₂ içeriği ve viskozite doğru orantılıdır. Viskoziteyi kontrol eden faktörler: Basınç Sıcaklık Uçucu İçeriği Kimyasal Bileşim Kristal İçeriği Gaz boşluğu miktarı

Volkanik kayaçlar değişen miktarlarda lav akıntıları, parçalı ve kırıntılı kayaçlardan meydana gelmektedir. Lavların içerisindeki esas bileşenler, kristal veya fenokristal, mikrolitler, volkanik cam (matriksi oluşturan), gaz boşlukları ve yan kayaçtan gelen ksenolitlerdir. Kırıntılı volkanik kayaçlar ise magmatik kaya parçaları, yabancı litik kırıntılar ve kristallerden yapıldır. Magmatik kaya kırıntıları yoğun lav ile pümeks (pomza) ve curuf (scoria) arasında değişir. Camsı veya kısmen kristalleşmiştir. Kaya parçaları, ilksel volkanik püskürme sırasında veya püskürme sonrası yüzey koşullarına maruz kalması sonucu oluşmaktadır. İlksel volkanik kayaçlar oluşumlarının ardından yüzey koşullarında aşınarak tekrar çökeller. Tüm kırıntılı volkanik kayaçlar, oluşum şekillerine (veya kökenlerine) bakılmaksızın “volkaniklastik kayaçlar” olarak adlandırılır. Volkanik bölgelerdeki patlamalı volkanizma sonucu oluşan ve levhaların da dahil olduğu volkanik kaya tipleri genel olarak dört bölüme ayrılır: 1) lav akıntıları, 2) piroklastikler, 3) otoklastik çökeller, 4) tekrardan işlenmiş ve çökelmiş volkanik tortullar veya epiklastlar. Piroklastik kırıntılar, doğrudan volkanik yollarla oluşmuş kırıntılardır. Su veya rüzgar gibi sonradan kırıntıları taşıyabilecek diğer süreçlere bakılmaksızın piroklastik olarak kabul edilmektedir. Epiklastik volkanik kırıntı volkanik kayaçların ayrışması ve taşınması ile oluşmaktadır. Epiklastik kırıntıların daha yaşlı taşlaşmış tüflerin aşınmasından türemiş olması mümkündür. Ayrıca her epiklastik kırıntı, içindeki daha küçük piroklastik kırıntılardan yapılabılır. Pekleşmemiş piroklastik debrisin (yığın) su veya rüzgarla yeniden işlenmesi piroklastları, epiklastik kırıntılara dönüştürmez. Epiklastik dolgular çok az miktarda cam parçası ve pümeks içermektedir. Bunun nedeni, ayrışmanın metastabil camı kolayca kile ve zeolitlere dönüştürmesi ve taşınma şiddetinin camsı kırıntıların ilksel dokularını bozmasıdır (Helvacı ve Erkül, 2001).

Piroklastik çökeller, doğrudan patlamalı volkanik aktivitelerle magma veya kayanın parçalanması sonucu oluşur. Kökensel olarak oluşumları taşınma ve çökme şekillerine göre üç gruba ayrılır: 1) döküntü (fall), 2) akma (flow), 3) türbulans. Piroklastik akıntılar ise lav-dom veya lav-akıntı çökmesi ile püskürme sütunu çökmesi şeklinde farklı iki mekanizma (Şekil 2.4) ile oluşurlar (Helvacı ve Erkül, 2001).



Şekil 2. 4. Piroklastik akıntıları oluşturan mekanizmalar, (Helvacı ve Erkül, 2001).

Lav-dom veya lav-akıntısı çökmesi yüksek eğimli andezitik volkan konilerinde olmakla birlikte silisik domların püskürmesi sırasında da olur. Parçalanmış lavların akıntıları duraysız ve aktif olarak büyüyen lav-domunun veya lav akıntısının yüksek yamaçlardan akması ile oluşur. Çökme sadece graviteye veya patlamaya bağlı olabilir (Şekil 2.4a ve 2.4b) ve graviteyle çökmeye bağlı olarak domda basınç azalması aynı zamanda patlamalı bir çökmeye neden olabilir (Şekil 2.4c). Püskürme sütunu çökmesinde, külce baskın düşey püskürme sütununun etkin yoğunluğu atmosferdekinden büyük olduğunda graviteye bağlı çökme ve piroklastik akıntılar oluşur. Bu mekanizmaya bağlı olarak oluşan tüm piroklastik akma çökellerinin hacmi küçüktür. Bu çökellerin çoğunun kısmi sütun çökmesi olayları ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Gözlemler bu tip küçük çökmelerin iki şekilde olduğunu ortaya koymaktadır: birincisi, birkaç yüz metre yüksekliğe çıkan yoğun piroklastik parçaların tekrar çökmesi (Şekil 2.4d), ikincisi devamlı gaz çıkışı sonucu oluşan kesintisiz düşey sütunda aşırı yoğun kısımların çökmesi (Şekil 2.4e) ile oluşur. Ekvatorda gelişen sütun çökmesinde ise sütunun çıkışıyla birlikte eş zamanlı olarak çöktüğü görülmektedir (Şekil 2.4f). Blok ve kül akıntılarının püskürme sütununun çökmesi ile oluştuğu düşünülmektedir (Şekil 2.4g).

Pümeks içeren piroklastik akıntılara ait çökeller (ignimbritler) çok büyük hacme sahip olmasına karşın ($>1000 \text{ km}^3$) güncel olanları küçük hacimlidir. Yeni gözlemler sütun çökmesinin ignimbritlerin oluşumundaki tek mekanizma olduğunu ortaya koymaktadır. Küçük hacimli pümeks akıntılar ise birçok durumda kesikli sütun çökmesi ile oluşur. İgnimbritler en büyük hacme sahip volkanik ürünlerdir. Bazı ignimbritlerin binlerce km^2 'lik alanı kapladığı ve 1000 km^3 'den fazla hacme sahip olduğu bilinmektedir. İgnimbrit, hacim ve kaynaşma derecesine bakılmaksızın pümeksli piroklastik akıntılardan oluşmuş kayalardır ve pümeks akma çökelleri terimi ile eş anlamlıdır. İgnimbritler tüm volkano-tektonik ortamlarda bulunan yaygın piroklastik kayalardır. Riyolit, dasit ve andezit en yaygın kaya bileşimleridir. En büyük hacme sahip olanlar riyolitik ignimbritler olup bazıları bileşimsel olarak zonlanmışlardır. İgnimbritler alkalin bileşimde de olabilir ve tüm jeolojik formasyonlarda görülebilirler. İgnimbritlerin büyük bir kısmı kalın kaldera içi ignimbritler olarak oluşurken daha düşük hacimdekiler kaldera dışına doğru akan düzeyler şeklinde bulunurlar. Pümeks (pomza) akıntılarının veya ignimbritlerin bazen topoğrafik engelleri aşarak çok uzun mesafe hareket ettiği görülmektedir (Helvacı ve Erkül, 2001).

2.4. Pomzanın Üretimi ve Zenginleştirilmesi

2.4.1. Pomza Madenciliği

Pomza üretim teknolojisi gerek AB ülkelerinde gerekse Amerika'da hemen hemen aynı olup, genelde mekanik kazı yöntemleriyle açık ocak işletmeciliği şeklinde yapılmaktadır. Ülkemiz pomza rezervlerinin gevşek örtü ve pomza katmanlarından oluşması nedeniyle delme-patlatma uygulanmaksızın mekanik kazı yoluyla pomza madenciliği yapılmaktadır (Erkoyun, 2005; Köse ve Pamukçu, 1997).

2.4.2. Pomzanın Ufalanması ve Sınıflandırılması

Pomzanın gözenekli yapıda olması iri boyutlu ufalama işlemlerinde avantaj sağlarken, ince boyutlarda öğütülmesi diğer tüm cevherlerde olduğu gibi zordur. Bünyesinde kuvars (SiO_2) miktarının fazla olması nedeniyle kırma, eleme ve öğütmede aşınma problemi yaratmaktadır. Bu nedenle ülkemizde endüstriyel minerallerin kırılmasında yaygın olarak kullanılan çekiçli, şoklu ve Barmac tipi kırıcılar tercih edilmezken, çeneli (çift istinat kollu), konik ve merdaneli kırıcıların (Neumann ve Grothjohann, 1998; Fink ve diğer., 2001) kullanılması daha uygundur (Deniz (2005); Isparta yöresi pomzasını laboratuvar tipli düz merdaneli, şoklu, çeneli ve çekiçli kırıcılar kullanarak, -3,35 mm tane boyutu altına ürünlerin kırılma sonrası dağılımlarını karşılaştırmıştır. Kırılan pomzaların ince boyut oranlarının sırasıyla düz merdaneli, şoklu, çeneli ve çekiçli kırıcılar kullanılması ile arttığını saptamıştır. Pomza ve yan kayacı olan andezitin kırılma koşulların incelendiğinde ise pomzanın gözenekli yapısının kırılmaya olan katkısı daha fazla olması nedeniyle andezite göre daha ince boyutlara kırılmıştır.

Pomza sınıflandırmasında yaygın olarak kullanılan düz elekler ve tromel eleklerin poliüretan malzemedan yapılmış olması pomzanın aşındırma etkisiyle elemeye doğabilecek problemleri ortadan kaldırmaktadır. Pomzanın öğütülmesinde, enerji sarfiyatı açısından avantajlar sağlayan valsli, karıştırıcı bilyalı ve kule değirmenlerinin, aşındırma özelliği yüksek olan pomza cevherinde kullanımını engellemektedir. Bu nedenle, aktarılan ortam değirmenlerinden bilyalı değirmenleri kullanmak doğru bir tercih olmaktadır (Deniz, 2005).

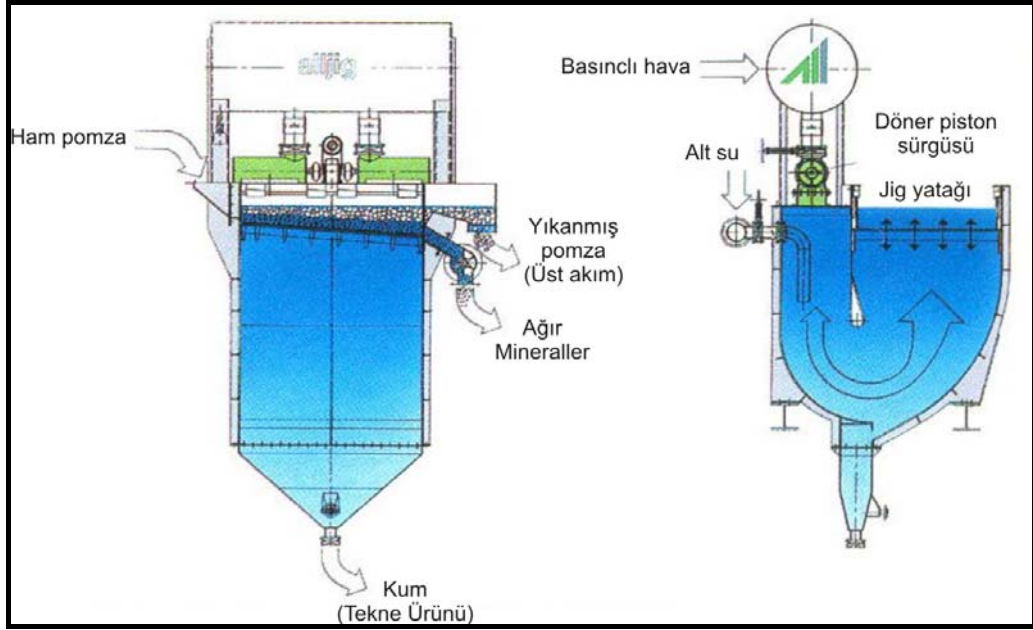
Deniz (2005a, b ve c) yaptığı araştırmalarda, Bond öğütülebilirlik indeksine göre pomzanın öğütülebilirliğini 1,7-2,5 gr/dev, andezitin 1,9-2,8 gr/dev, gözenekli yapıda ve sertliği 1,5-2 olan diatomitin öğütülebilirliğinin ise 8-9 gr/dev olduğunu saptamıştır.

Deniz (2005b), Isparta pomzalarından Karakaya ve Gelincik yöresi pomzalarına yaptığı araştırmalar sonucunda, pomza cevherlerinin minerolojik yapısı ile gözenek dağılım oranının öğütlemeyle olan ilişkisini açıklamıştır. Feldspat, sanidin, amfibol ve piroksen gibi abrasif minerallerin daha fazla olduğu ve daha gözenekli yapıya sahip olan Karakaya pomzası iri boyutlarda daha kolay öğütülürken (Deniz, 1997), ince boyutlarda daha zor öğütüldüğu saptanmıştır.

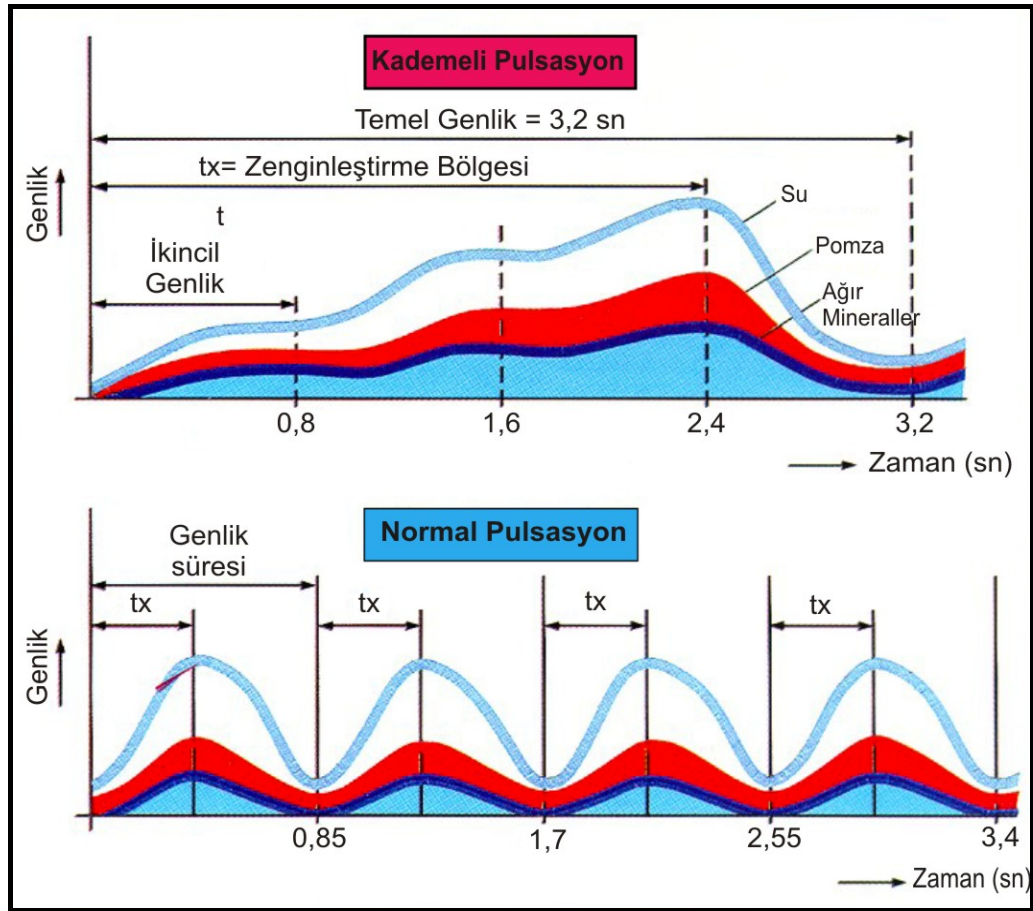
2.4.3. Pomzanın Zenginleştirilmesi

Pomza, yan kayacıyla olan yoğunluk farkı nedeniyle iri boyutlarda jigler, ince boyutlarda ise sallantılı masa, spiraller ve konilerle zenginleştirilebilmektedir (Deniz, 2005a). Dünyada pomza sadece yaş metotlarla üretilmektedir. İri kırma ve şlam atma işlemlerinden sonra iki yöntem uygulanır. Bu yöntemlerden biri, yüzdürme-batırma yöntemidir. (-16+2 mm) tane boyutlu pomza, manyetit süspansiyonunda zenginleştirilir. Ancak, manyetitlerin pomza ürününe yapışması ağır-ortamda zenginleştirmenin dezavantajıdır. Diğer yöntem ise jig yöntemidir. Yine -16+2 mm tane boyutunda zenginleştirme başarıısı oldukça yüksektir (Fink ve diğ., 2001). Pomza jigleri, uzun yıllardır yüksek kalitesi, etkin ayırma verimleri ve ekonomikliği nedeniyle kullanılmaktadır (Neumann ve Grotjohann, 1998).

Hava kumandalı alljig'ler (air-pulsed alljig), uzun yıllar boyunca farklı cevherlerin zenginleştirilmesinde başarı ile kullanılmıştır. Hava kumandalı pomza zenginleştirme jiglerinin kullanımı ile birbirine yakın özgül ağırlıkta cevherlerin zenginleştirilmesinde ve beslemenin geniş tane aralığında yapılması durumunda oldukça etkin bir ayırma sağlamaktadır. şekil 2.5'de, hava kumandalı alljig'in şematik görüntüsü sunulmaktadır.

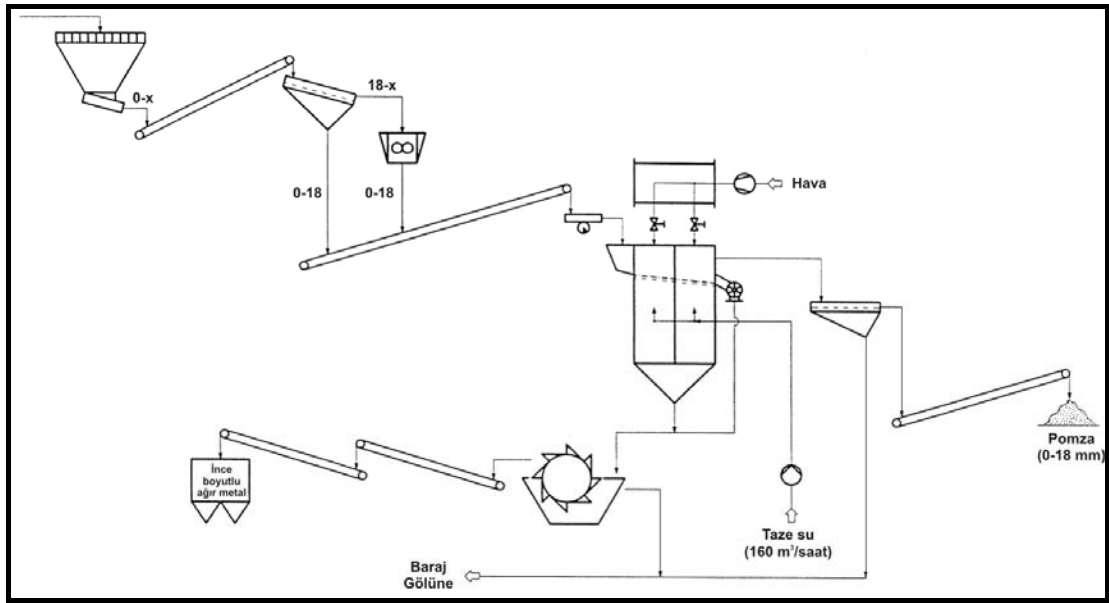


Şekil 2. 5. Hava kumandalı alljig'in şematik görüntüsü, (Neumann ve Grotjohann, 1998).

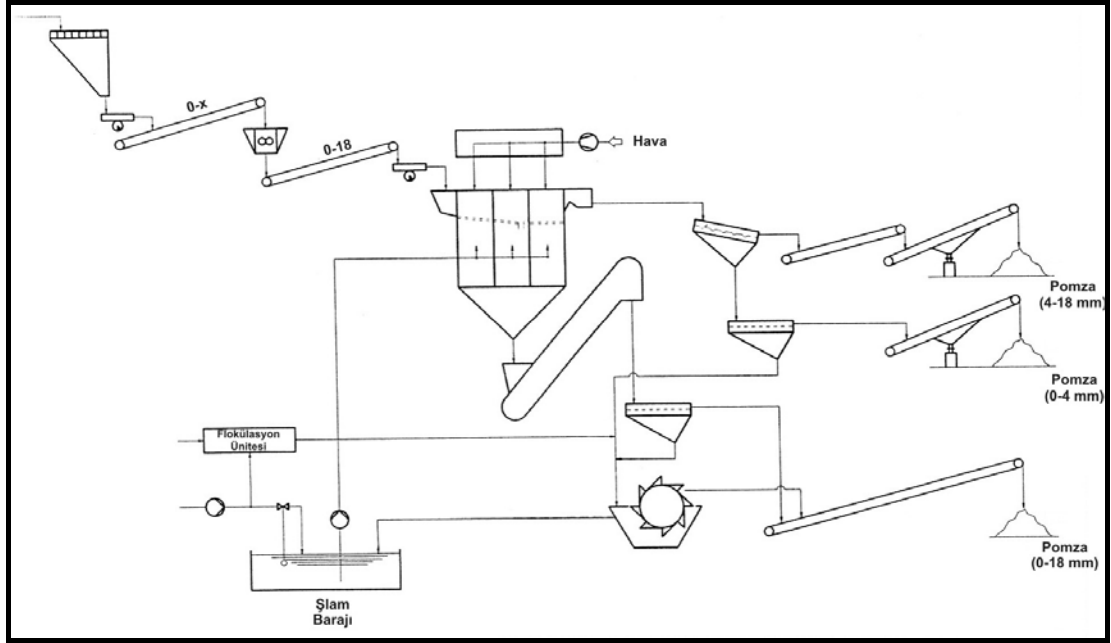


Şekil 2. 6. Hava kumandalı alljig'in genliğinin şematik görüntüsü, (Neumann ve Grotjohann, 1998).

Pomza zenginleştirme amacıyla kullanılan hava kumandalı (alljig) jigleri, yakın özgül ağırlıklı veya geniş tane aralığında beslenen cevherlerin yaratacağı olumsuz etkileri azaltabilmek amacıyla, birleştirilmiş veya karma bir pülsasyon genliği (stroke) ile çalıştırılır. Pomza jiginde su ve hava etkisi ile yaratılan pülsasyon genliğinin şekli, geleneksel sinüsoidal yapıli pülsasyon genliğine benzer (Şekil 2.6b). Ancak, bu sinüsoidal pülsasyon genliği hava ile sönlendirilerek, sinüsoidal yapıli üç küçük pülsasyon genliği haline dönüştürölür (Şekil 2.6a). Bu teknikle, cevherin separasyon süresi uzatıldığından, yakın özgül ağırlıklı veya geniş tane boyut dağılımlı cevherlerin ayırma verimini ve jig performansını düşürücü yöndeki olumsuz etkiler giderilmiş olur. Alljig pomza jiglerinin performansını, pülsasyon genliğinin sıklığı, hava ve su miktarı etkilemektedir. Şekil 2.7 ve 2.8 de, hava kumandalı alljiglerin kullanıldığı iki tane örnek tesis akım şeması sunulmaktadır.



Şekil 2. 7. Hava kumandalı alljig'lerin kullanıldığı örnek tesis akım şeması, (Neumann ve Grotjohann, 1998).

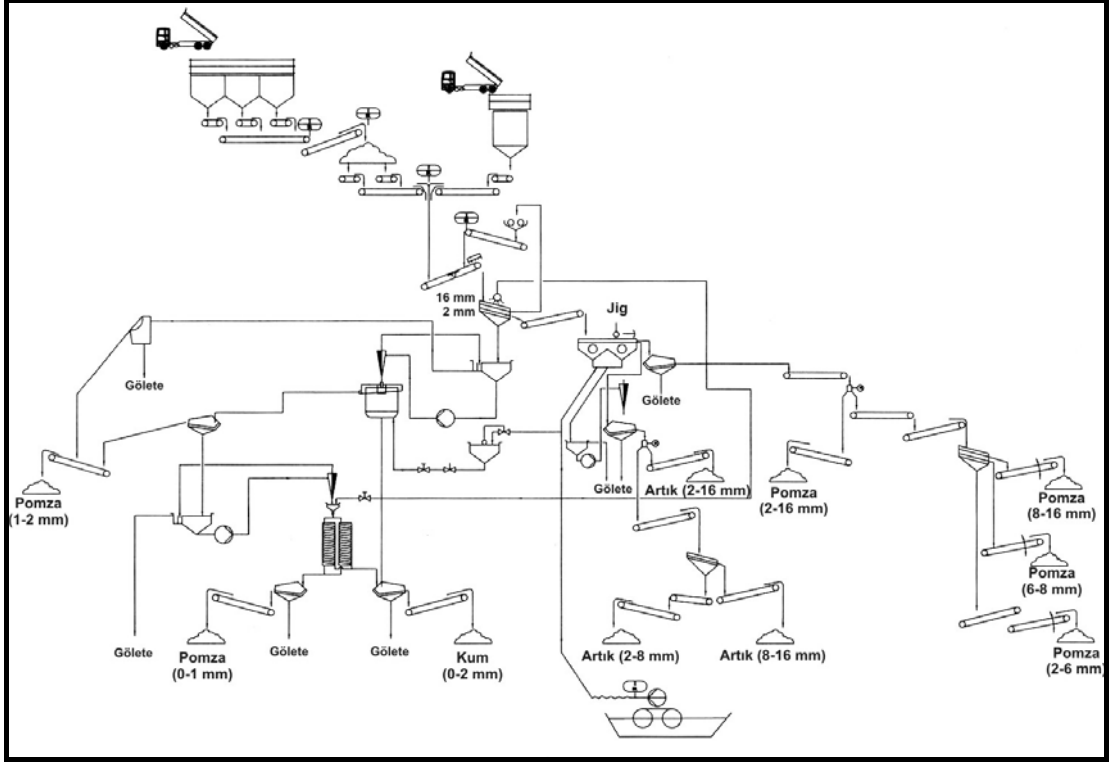


Şekil 2. 8. Hava kumandalı alljig'lerin kullanıldığı örnek tesis akım şeması, (Neumann ve Grotjohann, 1998).

Kann/Rotec ve AKW (Amberger Kaoline Werke) firmaları 1994 yılında Neuwied/Almanya tüvenan pomzalardan, 100 t/h kapasiteli bir tesiste iri (+2 mm) ve ince (-2 mm) tane boyutlu kaliteli pomza konsantresi üretmek için yeni bir akım şeması geliştirmiştir (Fink ve diğer., 2001). Şekil 2.9'da +2 mm ve -2 mm tane boyutlu pomza konsantresi üretim akım şeması sunulmuştur.

Şekil 2.9'da gösterildiği gibi, ham pomza çift katlı titreşimli elekte 16 mm ve 2 mm tane boyutlarına elenir ve +16 mm boyutlu iri pomza taneleri çift merdaneli kırıcıda kırılarak eleğe geri beslenir. -16+2 mm tane boyutlu ham pomza jige beslenerek zenginleştirilir. Jige beslenecek pomzanın tane boyutu talebe göre -16+2 mm, -16+8 mm, -8+4 mm, -4+2 mm olabilir. -2 mm boyutlu ince pomza cevherinin zenginleştirilmesin de ise hidrosizer ve spirallerle kombinasyonu kullanılmaktadır. Öncelikle, hidrosiklon ile şlamı atılan pomza, 1000 g/l pülp yoğunluğunda hidrosizer'a beslenerek, yaklaşık 1 mm boyutlu artığı ve iri boyutlu kumları pomzadan ayırır. Bu yolla, -2+1 mm pomza konsantresi üretilir. Geri kalan ham pomza ise spirallerde zenginleştirilerek, -1 mm boyutlu pomza konsantresi ve artık üretilir. Bu proses ile ince boyutlu pomza yüksek kalitede etkin olarak zenginleştirilebilir hale gelmiştir. Bu proses ile elde edilen ürünlerin kuru birim

hacim ağırlıklarının; -16+8 mm için 280 kg/m³; -8+4 mm için 320 kg/m³; -4+2 mm için 350 kg/m³; -2+1 mm için 370 kg/m³; -1+0 mm için 400 kg/m³ olduğu bulunmuştur.



Şekil 2. 9. 100 t/h kapasiteli pomza konsantresi üretimine yönelik tesis akım şeması, (Fink ve diğer., 2001).

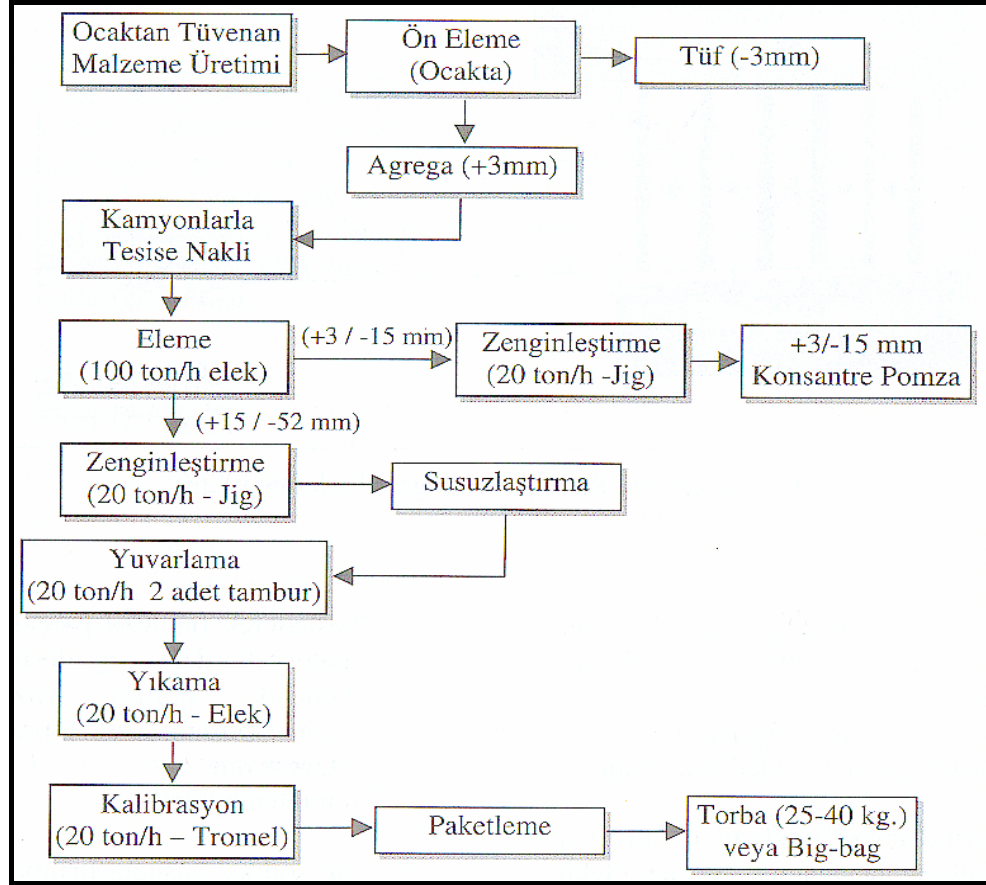
Davraz (2005), Isparta-Gelincik ocağındaki tüvenan pomzanın tekstil sektörü için hazırlama ve zenginleştirmesini işletme akım şemasını Şekil 2.10'daki gibi sunmuştur. Eleme tesisinde, +15 mm ve -15+3 mm tane boyutlarına sınıflandırılan pomza jigde zenginleştirildikten sonra, %35-40 oranında nem içeren pomza konsantresi susuzlandırma eleği ile nemi %15-25 oranlarına düşürülmektedir. Pomza tekstil sektörüne hazırlanmak üzere otojen yuvarlama tamburlarına beslenir ve tromel elekte sınıflandırılır. Tablo 2.3'de, Isparta Gelincik pomzasının kullanım alanına göre tane boyut dağılımı sunulmuştur.

Tablo 2. 3. Isparta Gelincik pomzasının kullanım alanına göre tane boyut dağılımı, (Davraz (2005))

Tane iriliği, mm		%Ağ
+11	+50	0,3
	-50+30	1,71
	-30+25	1,22
	-25+15	5,76
Toplam Tekstil Amaçlı Ürün		8,99
-15+11	-15+11	0,14
-11+7	-11+7	1,61
-7+3	-7+3	9,3
Agrega Amaçlı ürün		11,07
-3+0	68,30	68,30
Çimento katkı ürünü (puzolan)		68,30
Yabancı Taş (Andezit,+3 mm)		8,76
Kirlilik		2,88
TOPLAM		100

Isparta Gelincik işletmesinde +3 mm tane boyutlu tüvenan pomzanın zenginleştirilmesi ile %65 oranında muhtelif boyutta pomza kazanılmakta, %35 oranında ise yabancı taş+kirlilik atılmaktadır. Kuru hacim ağırlığı 550 kg/cm^3 olan (-11+3 mm) boyutlu tüvenan pomzadan, 375 kg/cm^3 kuru hacim ağırlığında pomza konsantresi üretilmektedir.

Deniz ve Umucu (2005), yaptıkları araştırmada, (50-25 mm), (25-12 mm), (12-3) mm tane boyutlarına sınıflandırılan Isparta Gelincik pomzasının yıkanabilirliğini ve Bendaları jiginin ayırma performansını belirlemişlerdir. Çinko klorür (ZnCl_2) ile hazırlanan solüsyonlara yapılan yüzdürme batırma analizleri sonucunda pomzanın yıkanabilirliğinin iyi olduğu, tane boyutunun azalması ile yıkanabilirliğin arttığı saptanmıştır. (-50+12 mm) ve (-12+3 mm) tane boyutlu pomzanın jigle zenginleştirilmesinde, jigin ayırma performansının (-12+3 mm) tane boyutunda daha yüksek olduğu, (-50+12 mm) boyutlu pomzanın ise (-50+20) ve (-20+12 mm) boyutlarına sınıflandırılarak beslemenin jig performansını arttıracığı saptanmıştır.



Şekil 2. 10. Isparta-Gelincik ocağındaki tüvenan pomzanın tekstil sektörü için hazırlama ve zenginleştirmesini işletme akım şemasını, (Davraz (2005))

Deniz ve diğer. (2004); Umucu ve diğer. (2005); yaptıkları çalışmalarda, (-50+30 mm), (-30+20 mm) ve (-20+10 mm) tane boyutuna sahip Isparta Karakaya pomzalarının orta yoğunluklu (pomza ve andezite göre) trakiandezit içermesi nedeniyle, Nevşehir pomzalarına göre daha zor yüzdüğü, jigle zenginleştirilmesinde ise etkin bir ayırma sağlayamadığı saptanmıştır. Karakaya pomzalarının havalı jiglerle zenginleştirilmesi, +50 mm tane boyutlu pomzanın ise triyajla kazanılması önerilmiştir.

2.5. Pomzanın Kullanım Alanları

Pomza, her geçen gün yeni bir kullanım alanı bulmakta ve yapısal özellikleri nedeniyle kullanıldığı alanlarda üstün teknolojik özellikler yaratan bir endüstriyel hammaddedir. Pomzanın teknolojik avantajları yanında, üretim maliyetinin düşük

olması ve üretildikten sonra herhangi bir ek işlem gerektirmemesi de kullanıldığı sektörlerde önemli bir ekonomik avantaj sağlamaktadır.

Pomza eski tarihlerden bu yana dünyada birçok ülkede kullanılmış ve hala kullanılmakta olup, kullanım alanları giderek yaygınlaşmaktadır. Pomza madeni, su kanallarının, Roma duvarlarının ve daha pek çok anıtsal yapının inşaatında Hıristiyanlıktan önce ilk olarak Yunanlılar, daha sonra da Romalılar tarafından kullanılmıştır. Amerika ise 1851 yılından itibaren pomza madenini inşaat sektöründe kullanmıştır. 1908 yılından itibaren çimento ile karıştırarak su kemerlerinin yapımında, 1935 yılından itibaren ise hafif ve yalıtımlı beton agregası olarak su kanalları, baraj ve bina inşaatlarında kullanmışlardır. 1963 yılına kadar pomza endüstrisi oldukça genişlemiştir. 1983 yılında pomza madeni aşındırıcı olarak kullanılmıştır. Amerika, pomzayı inşaat endüstrisinde diğer ülkelere nazaran erken başlamasına rağmen, geri kalmıştır (Gündüz ve diğ., 1998).

Pomzanın günümüzde; inşaat, tekstil, tarım, kimya ve abrasif sektörlerinde kullanımı oldukça yaygındır. Aşağıda pomzanın kullanıldığı sektörler tanıtılmış, bu sektörlerde pomzanın sağladığı üstünlükler belirtilmiş ve farklı sektörlerde kullanımı üzerine yapılan araştırmalar aktarılmıştır.

2.5.1. Pomzanın İnşaat Sektöründe Kullanımı

Pomza, ülkemizde ve dünyada yaygın olarak inşaat sektöründe hafif beton agregası olarak kullanılmaktadır. Pomzanın düşük birim hacim ağırlığı, yüksek ısı ve ses izolasyonu, elastikiyeti ve alternatiflerine göre daha ekonomik oluşu inşaat ve yapı endüstrisine kazandırdığı üstünlüklerdir. Düşük yoğunluklu ve gözenekli pomzanın agrega olarak kullanımı ile normal betonda daha hafif, ısı ve ses izolasyonu daha yüksek pomza beton üretilebilmektedir. Pomza betonun hafif olması, zemin mekaniği yönünden temele iletilen yükler dikkate alındığında %17 civarında inşaat demirinden tasarruf sağlarken, üretim kolaylığı nedeniyle zaman ve işçilikten %30 oranında tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca, pomzalı betonun deprem yüklerine karşı normal betondan daha elastik davranış göstermesi, yangına dayanımı

yönünden yaklaşık %20 oranında emniyet sağlaması ve dondan etkilenmemesi ile inşaat sektörüne önemli avantajları olan bir ürün kazandırılmaktadır. Ayrıca, iri boyutlu ve gözenekli yapılı pomza ile üretilen pomza beton, normal betondan daha fazla ısı ve ses izolasyonu sağlamaktadır. Bu özelliğinden dolayı, özellikle Akdeniz bölgesinde çatı ve döşemelerde doğal izolasyon malzemesi olarak kullanımı ve ses yalıtımının gerekliliği olan özellikle konutların, konser, tiyatro, sinema gibi sosyal ve kültürel mekanların ve ayrıca havaalanları ve otoyolların çevre duvarlarının inşasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Pomza agregaları, hafif tuğlalar, bloklar, asmolenler, paneller ve diğer kullanım şekilleri ile hafif yapı elemanları olarak, kaldırım kaplama malzemeleri olarak, bahçe ve kent mobilya malzemeleri (sütunlar, banklar, çiçeklikler, korkuluklar, yapay kanallar vs) olarak değerlendirilir. Ayrıca, pomza agregalı ürünlerinin üstün teknik özellikleri yanında, bu ürünlere renk verilmesinin kolaylığı ve dekoratif özellik kazandırılabilmesi estetik yönüyle de çekicidir (Geitgey, 1994; Gündüz ve diğer., 1998; DPT, 2001; Sezgin ve diğer., 2005).

Ayrıca pomza agregası, yüksek teknolojik özellikli hafif sıva ve harç yapımında yapı izolasyonuna ses ve ısı yönünden arttırması nedeniyle ülkemizde ve pek çok ülkede yaygın olarak kullanılmaktadır. Ürün (2004), İzmir-Menderes yöresi pomzaları sıva harcı üretimini araştırmış ve Menderes pomzalarının mevcut kimyasal, fiziksel ve teknolojik özelliklerinin inşaat sektöründe sıva harcı olarak kullanılabilmesini belirtmiştir. İnce boyutlu pomza (pümisit) ise pomzanın puzzolonik aktivitesinin yüksek olmasından dolayı çimento katkı malzemesi olarak (tras), birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de inşaat sektöründe kullanılmaktadır. Puzzolanlar, yalnız başlarına buldukları zaman hidrolik özelliklere sahip değilken, kalsiyum hidroksitle $[Ca(OH)_2]$ birlikte sulu ortamda kimyasal reaksiyona girmesi sonucu amorf silikat kireç ile birleşerek hidrolik bağlayıcılık özelliği gösteren çimento yapıcı malzemeleri oluştururlar. Puzzolonik maddelerin çimento içerisinde katkı olarak kullanılması, ekonomik olmasının yanında, kimyasal etkilere karşı yüksek dayanım sağlar, betonun ömrünü ve mukavemetini arttırır ayrıca ısı iletkenliğini düşürür. Puzzolonik maddelerin katkı oranının artmasıyla betonun korozyona ve sülfatlara karşı dayanımı da artar (Koçu ve Dereli, 2005; Ersoy ve diğer., 2005, Binici ve Çağatay, 2003).

Ayrıca, pomzanın yol ve zemin stabilizasyonundaki etkisi üzerine araştırmalar yapılmaktadır (Keskin ve imen, 1997). imen (2005), pomzanın yüksek plastisiteli bir kilin mühendislik özelliklerine etkisini araştırmıştır. Zamana bağlı oturma problemi olan killerde ve yüksek plastisiteli killerdeki şişme problemini azaltmak için %20-30 oranında pomza katkısının uygun olacağını saptamıştır.

2.5.2. Pomzanın Tuğla Sektöründe Kullanımı

İnsanlığın ilk imalat faaliyeti olan tuğla, kaba seramik grubuna giren ve kökeni kil olan inorganik yapılı, yüksek sıcaklıkta işlem görmüş, silikat ve metal oksitlerden oluşan bir yapı malzemesidir (Toydemir, 1976). İçinde kil minerali ihtiva eden, belli ölçülerde su ile karıştırıldığında plastik hamur halinde şekillendirme özelliğine sahip ve 900-1000 °C’de pişirildiğinde çatlamadan sertleşebilen ve bütün topraklar tuğla kiremit imaline elverişli hammaddelerdir. Tuğla toprağı genelde illit, az montmorillonit, kaolinit, kuvars, demir mineralleri (limonit, hematit vb), az miktarda organik maddeler ve suda zlembilen tuzlar ihtiva eder (Köktürk, 1997).

Tuğla yapımında kullanılan ideal kil, içerisinde %15’den fazla kalker ve bitkisel artıklar bulunmayan, yarı yağlı olarak tanımlanan kildir. Kilin; tane boyutu, plastikliği, kuru mukavemeti, termal vitrifikasyon aralığı, pişme rengi, kuruma ve pişme küçülmesi, su emme kapasitesi ve pişmiş bünyenin porozitesi gibi teknolojik özellikleri tuğla üretimi için oldukça önem taşımaktadır (Konta, 1995; Demir ve Orhan, 2003). Kullanılacak kilin kimyasal yapıdan çok mekanik özellikleri önemlidir. Kullanılacak tuğla malzemesi suyla yoğrulduğunda kolayca şekil alabilmeli ve içindeki suyu kaybettiği zaman bu halini koruyabilmelidir. şekillendirilerek kurutulan malzemenin pişirilmeden önce şekil yapısını koruyacak düzeyde dayanıklı olmalı, pişirme sonrası hacim küçülmesi oldukça sınırlı, maksimum %5 civarında olmalıdır. Üretilen tuğla kullanım alanında öngörülen dayanım değerlerine sahip olmalıdır (Kizgut, ve diğer., 2001; Ediz ve zdağ, 1995).

Kilin tane boyutu 2 mikron’dan küçüktür. Atomlar düzlemin levhalarında alümina silikatlar olarak dizilmiştir. Kil sınıfına göre Mg ve Fe gibi diğer elementleri de

içermektedir. Tanelerde suyun varlığı her birinin diğeri üzerinde kolayca kaydırarak plastik özellik kazandırır (Davidge, 1975; Sariz ve Nuhoglu, 1992). Kil tanelerinin inceliği onun sadece plastikliğini değil aynı zamanda kuruma verimi, kuruma küçülmesi, çarpılma, gerilim dayanımı, makaslama ve bağlama dayanımını da etkiler. Örneğin ince malzeme oranı ne kadar yüksekse kuruma hızı o kadar yavaş olur, çarpılma ve çatlama eğilimi bu aşamada o kadar artar. İnce malzeme oranı yüksek olan killer bu problemten sakınmak için genelde iri malzeme ile karıştırılarak kullanılır. Farklı plastiklik derecesine sahip iki kilden aşırı plastik olanda işlenebilirliği arttırmak için gereken su miktarı artacak ve aşırı gözenekli sistem nedeniyle kuruma sırasındaki su kaybı çok yavaş olacaktır. Aynı zamanda plastikliği yüksek olan kilin çekmesi (kuruma ve pişme küçülmesi) yüksek olacak ve büyük olasılıkla çatlaklar gelişecektir (Grahl, 2001).

Afyon yöresinde, tuğla üretiminde kullanılan killerde aşırı plastisite nedeniyle kuruma ve pişme sırasında oluşan çatlamları önlemek amacıyla yapılan deneysel çalışmalarda, hammadde içerisine ağırlıkça %10-15 oranında ince tane boyutunda karbonat içermeyen temiz dere kumu katılarak kuruma ve pişme testleri uygulanmıştır. Sonuçta %10-15 oranındaki kum katkısının kuruma ve pişme sırasında oluşan çatlamları önlediği saptanmıştır (Orhan ve Demir, 1998).

Tuğla üretimi için kilin şekillendirilmesinde iki tür yöntem kullanılmaktadır. Plastik şekillendirme; hammaddelerin %18-23 arasında nemlendirilerek vakum preslerde, yarı kuru preslemede; hammaddenin %8-14 arasında nemlendirildikten sonra 100-250 kg/cm² basınç altında preslerle şekillendirilmektedir. Her iki yöntemde avantaj ve dezavantajları olduğu, yarı kuru presleme yönteminde kuruma ve pişme küçülmesi düşük olmasına karşın nispeten dona dayanımının düşük, yüzeyin pürüzlü olduğu ve blok tuğla üretimi gibi yüksek boşluklu ürün eldesinin zor hatta imkansız hale geldiği, bu nedenle kuruma ve pişme küçülmesi ve kuruma probleminin daha fazla olmasına karşın, şekillendirme problemlerini aşabilmek ve üretim hızını arttırabilmek amacıyla tuğla sektöründe plastik şekillendirme tercih edilmektedir (Üzer ve Tola, 1987).

Seramik hammaddelerin üretiminde ve şekillendirilmiş ürününü pişirilmeye hazırlanmasında kurutma önemli bir işlemdir. Kurutma sürecinde bünyedeki suya ısı taşınır ve buharlaşan su çevredeki havaya geçer. Kurutma hızı, bünyedeki sıvının sıcaklığına, ortamın sıcaklık ve nemine ve kurutma havasının akış hızına bağlıdır. Kurutma hızı çok hızlı olduğu ya da üniform bir kurutma gerçekleşmediğinde, sabit hız süresi nispeten kısadır ve farklı büzölmeler çatlamaya yol açar. Bünyenin plastikliği deforme olurken ve büzölürken üniform olmayan kuruma bünyede çarpılmaya sebep olur. Kuru ürünler çoğunlukla higroskopiktirler ve ortamdaki nispi nem oranına bağlı olarak nemi tekrar yüzeye verebilirler (Reed, 1994).

Demir ve Orhan (2001a), yaptıkları çalışmalarda, tuğla yaparken plastiklik suyunun %13,20-%40,70 değerleri arasında, kuruma küçülmesinin en fazla %8, toplam doğrusal küçülme değerinin en fazla %10, su emme değerinin en fazla %18, birim hacim ağırlığının TS 705 standardına göre en az 1800 t/m³ en fazla 2000 t/m³; basınç dayanımının deprem yönetmeliğine göre en az 5 mPa, TS 705 standardına göre en az 4,5 mPa, kızdırma kaybının ise en fazla %10-13 değerlerinde olması gerektiğini belirtmişlerdir.

Farklı yöre killerinin ve yan ürünü kil olan hammaddelerin tuğla sektörüne uygunluğunun araştırılması günümüzde hala devam eden çalışmalar arasında yer almaktadır. Oyman (2005), yaptığı çalışmalarda Pomza Export Madencilik San.ve Tic.A.Ş'ye ait olan Salihli Sart yöresi plaser kum işletmelerinin artık killeri üzerine bir araştırma yaparak, bu tesis artığı killerin tuğla-kiremit, kaldırım tuğlası ve seramik karo üretiminde kullanılabileceğini belirlemiştir. Ayrıca, pişme sonrası az oranda küçülme değerleri göstermesi kaba seramik sektörü için bir avantaj olduğunu vurgulamıştır.

Malzeme bilimindeki gelişmeler fonksiyonel, dayanıklı ve ekonomik malzeme üretimini hedeflemektedir. Kentleşmenin ortaya çıkardığı hızlı yapılaşma olgusu ise kaliteli malzeme üretiminin önemini ortaya çıkarmaktadır (Demir ve Orhan, 2001a).

Ogle (2003), Stil ve diğeri., (2003), yapmış olduğu yayında El Salvador'daki pomza katkılı hafif tuğla üretiminden bahsetmiştir. $-12,5+4,75$ mm, $-4,75+2,36$ mm ve $-2,36$ mm tane boyutuna sınıflandırılan pomza, 2725 cc pomza agregası, 480 cc kil ve 750 cc su ilavesi ile hazırlanan her bir tuğla, 950°C sıcaklıkta 24 saat süre ile pişirilmiştir ve 29 cm uzunluğunda, 6,8 cm kalınlığında hafif pomza tuğlalar üretilmiştir.

Volkanik küllerin eritici olarak, düşük ve yüksek plastisiteli killerden üretilen seramik ürünlerin özelliklerine etkisi konusunda yapılan çalışmalarda; öğütülmüş bu volkanik küllerden katkısız (%0), ve %30'a kadar katkılı olarak hem düşük hem de yüksek plastisiteli kile katılarak üretilen deney örnekleri 1100°C de pişirilmiştir. Sonuçlar %5 ve %10 olarak katılan külün düşük plastisiteye sahip killerin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerinde çok az bir etki yaparken, %15 ve üzerindeki katkı oranlarının basınç mukavemetini iki katına çıkardığı, poroziteyi önemli ölçüde düşürdüğü ve doğrusal küçülme yüzdesinde çok az bir artış olduğu saptanmıştır (Kight, 1999).

Demir ve Orhan (2001a), Demir, Kibici ve Ünal (2001), yaptıkları çalışmalarda farklı tane boyutlarında ve farklı miktarlardaki pomza (Isparta yöresi) katkısının tuğla üretimine etkilerini araştırmışlardır. Pomza katkısının, kilin plastiklik suyu miktarını değiştirmediğini, tuğlanın kuruma küçülmesi, toplam küçülme değerini, ateş zaiyatını ve birim hacim ağırlığını azalttığını saptamışlardır. Pomza katkısının genel olarak su emme oranını arttırdığı, ancak pomzanın tane boyutunun azalması ile su emme oranının azaldığını belirlemişlerdir. Genel olarak pomza katkısının tuğlanın mukavemetini arttırdığı, tane boyutunun azalması ile mukavemetin daha da arttığı bulunmuştur. $(-3+2)$ mm tane boyutlu pomza ile hazırlanan tuğlaların karkas yapılarda dolgu duvar olarak, (-1) mm tane boyutlu pomza ile hazırlanan tuğlaların ise hem karkas yapılarda dolgu duvar hem de yığma yapı sistemlerinde taşıyıcı duvar olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Demir ve Orhan (2001b), yaptıkları çalışmada aşırı plastisiteye sahip killere farklı tane boyutlarında ve miktarlarındaki volkanik tüf (Afyon yöresi) katkısının etkisini araştırmışlardır. Volkanik tüf katkılı tuğlaların vakumla presleyerek şekillendirmeye

uygun olduğu ve tuf katkılı tuğlarda kuruma çatlamalarının olmadığı saptanmıştır. %30'a kadar volkanik tuf katkısı ile yapı tuğlası üretilebileceği ve bunun aşırı plastisite nedeniyle şekillendirme, kurutma ve pişirme sırasında meydana gelen üretim arızalarını engellediği belirlenmiştir.

Demir, Kibici ve Yıldız (2004), yaptıkları çalışmalarda, Adana Osmaniye-Ceyhan yöresi bazik pomza (scoria) katkısının tuğla üretimine etkisini araştırmışlar, bazik pomza katkısı ile plastiklik suyunun azaldığını, toplam küçülme değerlerinde ve dona karşı dayanımlarının önemsiz bir değişme olduğunu belirtmişlerdir. Pomza katkısının su emme oranını arttırdığını, ayrıca iri boyutlu pomzada bu oranın daha fazla olduğu belirlenmiştir. Pomza katkısı ve tane iriliğinin azalması ile birim hacim ağırlığı azalmış, mukavemeti artmıştır. Bazik pomzanın tuğlada kullanımı ile üretilen tuğlaların mekanik özelliklerinin sınır değerler içerisinde kaldığı saptanmıştır.

Aksay Kılınç, Akar ve diğer., (2004), yaptıkları çalışmalarda, iki farklı plastik özellikli kile ayrı ayrı ve killerin (3:1) oranlarındaki karışımlarına, Pomza Export Mad. San. ve Tic. A. Ş'ye ait İzmir-Menderes yöresi pomzalarının katkı maddesi olarak kullanımı ile tuğlanın teknolojik özelliklerindeki değişimler araştırılmıştır. Pomza katkısı ile hazırlanan tuğla örneklerinin pişme küçülmesi değerlerinde önemli bir değişim olmamış, birim hacim ağırlıklarının azaldığı saptanmıştır. Plastik özellikli Kil I ve daha az plastik özelliğe sahip Kil II numunelerine pomza katkısı ile tuğlaların su emme oranlarının arttığı belirlenmiştir. Her iki kilin oransal karışımına pomzadan %30 oranına kadar ilave edilmesinin tuğlanın su emme oranında değişiklik yapmadığı, %30'un üzerindeki pomza ilavelerinde ise tuğlaların su emme oranlarının arttığı saptanmıştır. Kil I, Kil II ve kil karışımlarına %10 pomza ilavesinin tuğlaların mukavemetini arttırdığı, pomza miktarının artmasıyla mukavemetin azaldığı saptanmıştır. Killerin oransal olarak karıştırılması ile hazırlanan tuğlaların mukavemetinin diğerlerinden daha yüksek olduğu, bu karışıma %10 pomza ilavesinin mukavemeti daha da yükselttiği bulunmuştur.

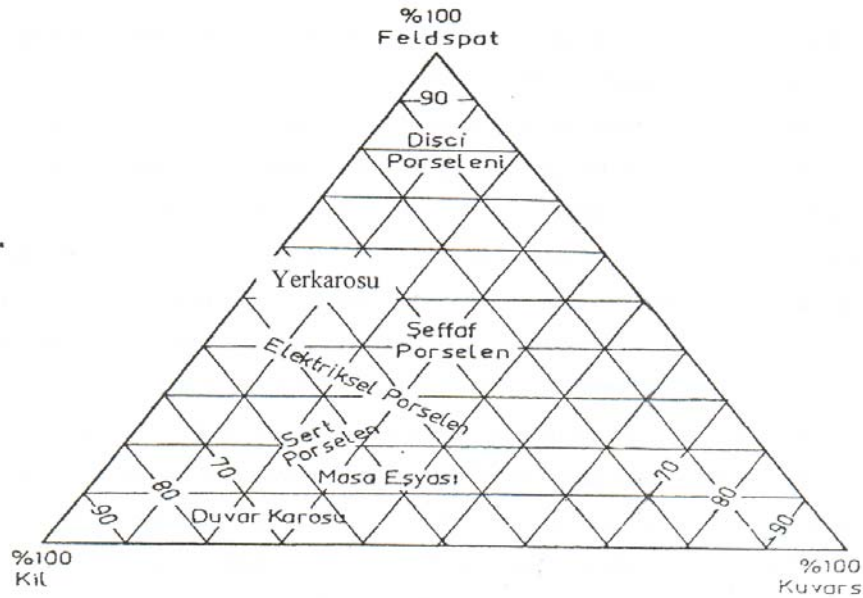
Ayrıca, inşaat sektöründeki hafif yapı malzemesi ürünlerinin gelişmesi ile tuğla sektöründe olduğu gibi kiremit sektöründe de kaliteli ve hafif ürünlerin üretilmesine ihtiyaç vardır. Bu amaçla, son yıllarda hafif yapı, açık por ihtiva etmeyen, düşük su

emme oranına sahip kiremit üretme çalışmaları halen devam etmektedir (Uz ve diğ., 2005 a ve b).

2.5.3. Pomzanın Seramik Sektöründe Kullanımı

Organik olmayan malzemelerin oluşturduğu bileşimlerin çeşitli yöntemlerle şekil verildikten sonra sırlamak veya sırsız olarak pişirilerek, şekil alan malzemelere dönüşmesi seramik olarak adlandırılmaktadır (Arcasoy, 1983). Seramik hammaddeleri suyla yoğrulabilen, dağılmadan şekillendirilebilen, kurutuldukları zaman verilen şekli muhafaza eden hammaddelerle (özlü), çok ince öğütülebilirler bile bir dış etken ile şekillerini kaybedip, dağılan hammaddeler (özsüz) olarak sınıflandırılır (Tuncer, 1997). Seramik yapısında kullanılan özlü ve özsüz dört ana hammadde bulunmaktadır. Bunlar kil, kaolen, feldspat ve kuvars'dır (Dündar, 2003). Kil ve kaolenler, seramik çamurunun plastik şekillendirmesini sağlayan hammaddelerdir. Asıl kullanım amaçları, şekillendirme esnasında diğer hammaddeleri bağlayarak, üretimi istenen seramik mamulün ham şeklinin oluşmasını sağlamak ve kuru dayanım direncini arttırmaktır (Sümer, 1990; Akkurt, 2001). Kil ve kaolenler, feldspat içeren granitik veya volkanik kayalardaki feldspatların alterasyona uğrayarak kaolinit mineraline dönüşmesi sonucu oluşan yataklardır. Altere olan ana kayacın taşınmadan yerinde kalması sonucu kaolen yatakları, ana kayacın bozunma öncesi veya sonrası taşınarak sedimenter yataklarda depolanması sonucu kil (-2 μ tane boyutlu) yatakları oluşur (Dündar, 2003). Bu nedenle aynı kimyasal yapı ve bileşindedirler. Ancak, killerin taşınma esnasında yapısına dışarıdan farklı empürütelerin girmesiyle saflıkları bir miktar bozulur. Bu nedenle kaolenler killerden daha saf ve beyaz renkli pişerler (Taşınan ve Mete, 1988). Kuvars, seramik yapının kuruma küçülmesini azaltır, plastikliğini düzenlemeye yardımcı olur ve pişme sırasında deformasyon olmaksızın gaz çıkışını sağlar. Alkali hammaddeler olarak bilinen feldspatlar, sodyum (albit), potasyum (ortoklas) ve kalsiyum (anortit) feldspatlar şeklinde bulunur. Ergime sıcaklıkları sırasıyla 1150-1225 °C, 1200-1250 °C, 1500-1550 °C'dir (Çiçek, 2003). Potasyum feldspatlarda %K₂O > %10, sodyum feldspatlarda ise %Na₂O > %7 olanlar ekonomik değer taşır. Ancak seramik reçetede K-feldspat kullanıldığında karışımın ergimeye başladığı ilk

sıcaklık 985 °C, Na-feldspat kullanıldığında bu sıcaklığın 1062 °C olduğu görülür (Akkurt, 2001). Alkali mineraller olarak feldspatlar haricinde, pegmatitler, apfitler, feldspat filonları, nefelinli siyanit feldspatik kumlar, altere granitler ve riyolitik tüfler kullanılmaktadır (Sümer, 1990; Akkurt, 2001). Alkali hammaddeler, düşük sıcaklıklardaki (1150-1200 °C) vitrifiye özelliklerinden dolayı, pişme işleminde ergiyerek bünyedeki diğer hammaddeleri bağlayıp porozitenin düşmesini sağlar. Porozitenin düşmesi, seramik bünyenin gözeneklerinin azalıp yoğunluğunun artması ve dolayısıyla su emmenin düşüp, fiziksel ve mekanik dayanımının artmasına yol açar (Akkurt, 2001). Şekil 2.11'de çeşitli seramik ürünlere ait üçlü diyagram gösterilmektedir (Singer ve Singer, 1960).



Şekil 2. 11. Çeşitli seramik ürünlere ait üçlü diyagram

Seramik malzemelerden karolar, gelişen teknoloji ile sırlı-sırsız, yer-duvar, iç mekan-dış mekan olmak üzere çeşitli sınıflarda üretilmektedirler. Ülkemizde karo üretimi TS-EN 87 standardında belirlenen normlara uygun olarak yapılmaktadır. Su emme değerlerine göre sınıflandırılan karolar; $E < 0,5$ ve $0,5 < E < 3$ olanlar Grup I, $3 < E < 6$ ve $6 < E < 10$ olanlar Grup II ve $E > 10$ olanlar Grup III olarak sınıflandırılır (Bozdoğan, 2003). Grup I'de yer alan yer karoları, grup III de yer alan duvar karolarına göre daha yüksek sıcaklıklarda (1180-1200 °C) pişmelerinden dolayı bünyeleri daha fazla vitrifiye (camsı) olmakta dolayısıyla hem poroziteleri ve su emme kabiliyetleri daha düşük, hem de fiziksel darbelere ve aşınmalara daha

mukavimdir. Tablo 2.4’de, yer ve duvar karolarının TS-EN standartlarına göre teknik özellikleri sunulmaktadır (Akkurt, 2001).

Tablo 2. 4. Yer ve duvar karolarının TS-EN standartlarına göre teknik özellikleri

Teknik özellikler	Fayans (TS-EN 159)	Yer Karosu (TS-EN 176)
Su Emme	E<%20	E<%3
Eğilme Dayanımı	min.15 N/mm ²	min.27 N/mm ²
Yüzey Sertliği	min. 4 Mohs	min. 5 Mohs
Derin Aşınma	-	max. 205 mm ³

Tablo 2.5’de ise, yer karosu reçetesinde kullanılan önemli hammaddeler ve kullanım miktarları ile yer karosu reçetesinin kimyasal analizi değersel olarak sunulmaktadır.

Tablo 2. 5. Seramik yerkarosu reçetesini oluşturan önemli hammaddeler ve yer karosu reçetesi kimyasal analizi

Mineral İçeriği Yönünden (Sacmi, 1986)		Kimyasal Bileşim Yönünden (Emiliani, 1985)		
Hammaddeler	% Ağ	Bileşim	Beyaz Bünye	Kırmızı Bünye
Plastik Kil	10-30	%Kız.Kay.	4-6	3,5-5,5
Yarı Plastik Kil	0-20	%SiO ₂	67-74	63-70
Kaolen-Kuvars	0-10	%Al ₂ O ₃	18-23	13-18
Alkalili Hammadde	35-50	%TiO ₂ -Fe ₂ O ₃	0,5-2	3-6
Feldspatlar-Feldspatoidler	20-30	%CaO-MgO	0,5-3	2-3
Diğerleri (Talk, Dolomit vs)	0-5	%K ₂ O-Na ₂ O	4-6	3-6

Yer karosu üretiminde tüm kuruluşlar tek pişirim tekniğini kullanmaktadırlar. Tek pişirim tekniğinde, presleme, kurutma sonrası sır ve dekor tatbik edebilmeleri için kuru mukavemet değerinin çift pişirim teknolojisine göre daha yüksek olması gerekmektedir (Bozdoğan, 2003).

Fayans ve seramik üretiminin tarihsel ve teknolojik gelişimi içerisinde en yüksek performans seviyesini yakalamış olan en son ürün granit seramiklerdir (Ataer, 2003). Öncelikle İtalya’da daha sonra tüm dünyada ve ülkemizde de gelişen sırsız porselen

karo (granito, porselen) üretiminde beyaz pişen hammaddeler, kullanılan boya miktarını azaltması ve zirkon kullanımını ortadan kaldırması nedeniyle tercih edilmektedir. Bu nedenlerden dolayı, özellikle beyaz pişme özelliği, uygun plastik ve sinterleşme davranışına sahip kil Ukrayna'dan ithal edilmeye başlanmıştır (Fiederling-Kaptainat ve diğer., 2000; Fiederling-Kaptainat, 2004). 1230 °C sıcaklıklarda pişirilmesi ile elde edilen (Ataer, 2003) ve su emme değeri %0,5'den az olan bu tip karolar basınca dayanımı yüksek ürünlerdir (Bozdoğan, 2003). Tablo 2.6'da, granit seramiğin diğer ürünlerle kıyaslaması yapılmıştır (Akkurt, b.t.).

Tablo 2. 6. Granit seramiğin diğer ürünlerle kıyaslaması

Özellikler	Granit Seramik	Sırlı yer seramiği	Doğal Granit	Mermer
Eğilme dayanımı, kg/cm ²	400-550	300-350	150-250	150-250
Su emme, %	0,5	3	0,5	0,5
Sertlik, mohs	7-8	6-7	6-7	3
Derin Aşınma, mm	130	--	150	250-550
Asitlere dayanım	Dayanıklı	Dayanıklı	Dayanıklı	Etkileniyor
Lekelere dayanım	Dayanıklı	Dayanıklı	Dayanıklı	Lekeleniyor

Kayacı ve Hökelek (1997), yaptıkları çalışmalarda Kocalar köyü sahasının farklı yerlerinden alınan riyolitik tüf örneklerinin farklı seramik bünyesine uygunluğunu araştırmışlardır. 47 adet örneğin araştırılması ile aşağıda verilen sonuçlar elde edilmiştir. Her bir örneğin sonuçlarına göre sahanın seramik sektörüne uygun olan bölgeleri saptanmıştır.

Özellikler		En az	En fazla	Ortalama
Litre ağırlığı	gr/lt	1530	1734	1649
Viskozite	cp	30	1200	381
Küçülme	%	3,2	11,4	8,7
Su emme	%	0,02	10,03	2,51
	L	29,03	85,86	56,50
Renk	a	1,00	10,88	3,24
	b	0,97	13,77	5,62

Akkurt (2001), yapmış olduğu çalışmada, Çanakkale yöresine ait, sodyum feldspat, potasyum feldspat ve riyolitik tüflerinin, seramik bünyeye etkilerini araştırmış ve yer karosu reçetesinde kullanılabilirlikleri saptanmıştır. Riyolitik tüfün feldspatlara göre daha düşük sıcaklıklarda ergimeye başladığı, vitrifikasyon oranının feldspatlara göre daha fazla olduğu, düşük su emme ve yüksek oranda pişme küçülmesi gösterdiği saptanmıştır. Yerkarosu massesinde (kil, feldspat ve tüf karışımı) tüfün, karışımın pişme sıcaklığını 30-40 °C düşürdüğü belirlenmiştir.

Kuzugudenli (2004), yaptığı çalışmalarda Kayseri pomzalarının seramik hammaddesi olarak kullanılabilceğini vurgulamıştır. Kartal ve diğeri. (2004), yaptıkları çalışmada, feldspat, kil, kum, kaolen ve granitten oluşan sabit reçeteye, artan oranlarda Nevşehir yöresi pomzası ilave ederek, pomza katkısının seramik bünyedeki etkisini araştırmışlardır. Pomzanın tek başına 1000 °C sıcaklıkta sinterleştiğini belirlemişlerdir. Reçetedeki pomza miktarının artmasıyla pişme renginin koyulaştığını, su emme oranının düştüğünü, mukavemetle beraber pişme küçülmesinin de arttığını saptanmışlardır.

Ayrıca, Poyraz ve diğeri. (2005), sır üretim çalışmalarda, flux yapıcı (ergitici) malzeme olarak Na-feldspat yerine Isparta pomzasının kullanımını araştırmışlar ve pomzanın deformasyon sıcaklığının 850 °C de başlayıp, 1270 °C ye kadar devam ettiğini, Na-feldspatın ise deformasyon sıcaklığının 1100 °C de başlayıp 1380 °C ye kadar devam ettiğini saptamışlardır. Karışımda pomza kullanımının renk, parlaklık ve serlik yönünden negatif bir etki olmadığı gibi, ergime noktasını düşürdüğü saptanmıştır. Pomzanın ergitici olarak Na-feldspat yerine kullanılabilceğini belirlemişlerdir.

2.5.4. Pomzanın Tekstil Sektöründe Kullanımı

Tekstil sektöründe kot kumaşların yıkanmasında pomza kullanımı yaygın olarak dünyada ve ülkemizde kullanılmaktadır (Geitgey, 1994, Davraz, 2005). Kot kumaşlarının rengini açmak ve değişik görünüm kazandırmak için yıkamada pomza kullanımı 1982 yılında başlamıştır. Tekstil sektöründe pomzanın hem abrasif hem de

taşıyıcı (katalizör) özelliklerinden faydalanılır (Geitgey, 1994). Pomzanın bileşimi, sertliği, büyüklüğü, şekli ve gözenekliliği gibi özellikleri bu işlem için pomzayı fonksiyonlu kılmaktadır. İri boyutlu ve sert pomzalar yıkama işleminde daha uzun dayanırlar ve ağır gramajlı kumaşlara uygulanırlar. Daha küçük boyutlu ve yumuşak pomzalar ise daha hafif ve daha nazik kumaşlar için uygulanırlar. Yıkama işlemi kot kumaşında haşıl maddelerin (nişasta, PVA veya CMC) uzaklaştırılması ile başlar, işlem giysinin esnekliğine ve renginin yıkama ile açılmasına yetecek kadar devam ettikten sonra, pomza ilave edilerek, kumaş üzerindeki pürüzlerin aşındırması ve kumaşın renginin açılması sağlanır. Bu işlem kademelerini kısaltmak için farklı ağartma (sodyum hipoklorit gibi) maddeleri veya emzimlerle pomza birlikte kullanılabilir. Kullanılan pomzaların boyutlarının küçük veya yıkama işlemi sırasında küçülmesi işlem tamamlandıktan sonra pomza tanelerinin kumaş üzerinden uzaklaştırılmasının zorluğu ve işçilik maliyetlerinin arttırması nedeniyle istenmez. Tekstil sektöründe kullanılan başka bir yöntem ise yıkamanın susuz (kar taşılama) yapılmasıdır. Sodyum hipoklorit (%5-10) ve potasyum permanganat (%3-6) gibi kimyasal karışımlar, gözenekli pomzaya emdirilerek kumaş ile tamburlanır. Pomzaların tamburlama sırasında kolayca toz haline gelmesi istenir. Böylelikle kimyasal maddeleri taşıyan bu tozların giysi üzerinde çökelediği yerlerde renk açılır (Geitgey, 1994; Duran, 1997; Duran ve diğer., 2005).

10-20 mm, 20-30 mm, 20-40 mm, 30-50 mm ve 50-70 mm tane boyutlarına sınıflandırılmış pomza kot yıkama işlemlerinde kullanılmaktadır (Sezgin ve diğer., 2005; Duran ve diğer., 2005). Kot yıkama işleminde kullanılan pomzanın kimyasal yapısında $\%SiO_2 > \%65$, $\%Al_2O_3 > 12$, $\%Fe_2O_3 < 2$, $\%CaO < 5$, $\%MgO < 2$, $\%SO_3 < 0,5$, $\%Na_2O + K_2O < 8$ ve $\%K.Kayı < 5$ olması istenmektedir. Ayrıca, beyaz renkli, yuvarlak şekilli, homojen gözeneklere ve maksimum %10 nem içeriğine sahip pomza istenirken, kuru birim hacim ağırlığının 450 kg/m^3 'ün altında, kuru sıkışık ağırlığının 550 kg/m^3 'ün altında, ağırlıkça su emme oranının %30-45 arasında, aşınma özelliğinin (Los Angeles testi) maksimum %35 olması ve pomzanın yabancı taş, kil, tuf, toprak, organik madde vs.den arındırılmış olması istenir. Yüzeyde ince boyutlu ve özellikle kil gibi minerallerin olması, kimyasal maddeleri pomzadan daha hızlı yüzeye bırakması nedeniyle kumaşta istenmeyen oranda ve şekilde beyazlaşma

olacaktır. Bu nedenle, ince tane oranının %5'den az olması istenir (Geitgey, 1994). Pomzanın yıkamada kullanılan enzimleri etkileyebilecek serbest (suda çözünebilir) Fe⁺⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ ve diğer ağır metal iyonlarını (Sezgin ve diğ., 2005) ve kumaşta sarı, kahverengi lekeler bırakması nedeniyle demiroksit mineralleri istenmemektedir (Geitgey, 1994).

2.5.5. Pomzanın Tarım Sektöründe Kullanımı

Pomza, perlit ve vermikülit gibi doğal malzemeler, toprağın fiziksel özelliklerini istenilen yönde düzeltmek amacıyla düzenleyici olarak geniş kullanım alanı bulmaktadır. Pomza, bol bulunması ve herhangi bir genişletme işlemi gerektirmemesinden dolayı diğer doğal düzenleyicilere göre maliyeti daha düşüktür. Pomzanın gözenekli olması toprağın hava almasını sağlayarak, çim ve köklenmenin ideal bir ortamda gelişmesini temin etmektedir. Ayrıca yine gözenekliliğinden dolayı pomzanın yüksek su tutma kapasitesine sahip olması ve bünyesinde barındırdığı suyu tedricen ortama vererek ortamın nemini dengelemekte ve suyla beraber çözelti halinde köklere taşınan gübre ve minerallerin kaybının minimuma indirgenmesine sağlamaktadır. Bu durum özellikle su problemi olan bölgeler, ağır bünyeli, killi, şişme özelliğine sahip, fazla sıkışabilir toprak içeren tarımsal alanlar ile çimlenme ve bitki kök gelişimi için elverişsiz seralar için çok önemlidir. Tüm bu önemli özelliklerinden dolayı pomza fide yetiştirme ve köklendirme ortamı olarak tarımda ve çimlendirmede kullanılırken, sera sebzeleri ile süs bitkileri yetiştiriciliğinde ve süs bitkilerinin soğanlarının saklanmasında kullanımı yaygınlaşmıştır. Ayrıca pomzanın çözünebilir iyon kapasitesinin düşük olmasından dolayı toprağın tuzluluk ve alkaliliğini arttırmaması, pH'sının 6,5-7,5 (nötr) civarında olması nedeniyle ortam pH'sını düzenlemesi ve böylelikle faydalı mikroorganizmaların faaliyetlerini arttırması ve ısı iletkenliğinin düşük olması nedeniyle bitkileri günlük sıcaklık değişimlerinden koruması gibi ilave faydaları da sağlamaktadır (Gür ve diğ., 1997; Şahin ve diğ., 1997; Güzdüz ve diğ., 1998; DPT, 2001; Kuşlu ve diğ., 2005; Sezgin ve diğ., 2005; Anapalı ve Örs, 2005).

Pomzanın çok ince olanları tarımda kullanılmazken, ince pomzaların su tutma kapasitesi düşük ortamların su tutma kapasitesini arttırmak için, orta irilikteki pomzanın yetiştirme ortamı olarak en uygun olduğunu, çok iri pomzanın ise toprağa verilen ek yetiştirme ortamlarında (substrat) havalandırmayı arttırmada kullanılmaktadır (Gür ve diğer. 1997).

2.5.6. Pomzanın Kimya Sektöründe Kullanımı

Pomza, kimya endüstrisinde kullanımı yeni olmamakla beraber halen hızla yeni kullanım alanları bulmaktadır. Kimya sektörünün farklı alanlarında özellikle pomza tozunun kullanımı yaygındır. Pomza, kozmetik sektöründe kişisel bakım malzemesi olarak ayak bakımında (topuk taşı) ve cilt bakım kremlerinde kullanılmaktadır. Son yıllarda Avrupa ülkelerinde kullanımı yaygınlaşan parfüm taşları pomzaya yeni bir kullanım alanı yaratmaktadır. kokuyu uzun süre bünyesinde muhafaza edebilen parfüm emdirilmiş ve renklendirilmiş pomza taşları, çanta ve cep içlerinde, oto küllüklerinde kullanılmaktadır. Ayrıca pomza sabun ve deterjan sanayinin vazgeçilmez hammaddesi olmuştur. Deterjan üretiminde bulaşık, yer, banyo, lavabo temizleyicisi ve çamaşır deterjanlarında aktif madde taşıyıcısı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca pomza, eldeki ağır kir ve lekeleri kolaylıkla ve hatta su kullanmaksızın çıkarabilme özelliğine sahip sıvı (krem) sabunların ana hammaddesi haline gelmiştir. Ancak, ülkemizde pomzadan mamul sabun ve deterjan ürünlerinin üretimi olmayıp maalesef ithal edilmektedir. Pomza, diş bakımı ve sağlığında, diş lekelerinin ve taşlarının temizlenmesi amacıyla diş parlatma keki ve diş macunu üretiminde kullanılmaktadır. (Sezgin ve diğer., 2005; DPT, 2001; Hosoya ve diğer, 2003)

Bardakçı ve Çilek (2005); yaptıkları araştırmada Isparta pomzasının nükleer tıpta izotop olarak kullanılan radyoaktif Tc-99m'in adsorpsiyonunda iyi bir adsorpsiyon sağladığı, nükleer tıptaki radyoaktif atıkların adsorpsiyonunda pomzanın kullanılabilceğini belirtmişlerdir.

Ayrıca pomza, özel tip boyalarda (akustik ve yalıtımlı duvar boyalarda, pürüzlü duvar kaplamalarında, aşınmayan trafik boya ve kaplamalarında, kaymaz tip boyalarda, astar macunu ve vernik), plastik sanayi ve kağıt sanayisinde, kaymaz tip araç lastiklerinin yapımında, asfalt kaplamalarda (özellikle sıcak iklimli bölgelerde) yüzeye bitüm kusmayı engelleyici, karayollarında buzlanmaları kontrol altına almada katkı malzemesi olarak, gübre sanayinde gübrenin topaklaşmasının önlenmesinde antikek maddesi olarak, tarım ilaçları ve kibrit sanayinde taşıyıcı olarak kullanıldığı belirtilmiştir (Gündüz ve diğer., 1998; DPT, 2001; Sezgin ve diğer., 2005).

2.5.7. Pomzanın Filtrasyon Sektöründe Kullanımı

Pomzanın, gözenekli yapıya sahip olması dolayısıyla özgül yüzey alanının büyük olması, kimyasal olarak inert olması, toksik etkisinin olmaması, sulu ortamlarda deforme olmaması, birim hacim ağırlığının düşük olması, kolay ve düşük maliyetle temin edilebilmesi gibi özellikleri nedeniyle son yıllarda filtrasyon sektöründe pomzanın önemi ve kullanımı artmıştır.

2.5.7.1. Su ve Atık Su Arıtmada Pomza Kullanımı

Artan kirliliğe bağlı olarak su ve atıksu arıtım alternatif teknoloji arayışları hızla devam etmektedir. İçme suyu arıtımında yaygın olarak kullanılan kum filtreler, suda askılı bulunan küçük tanecikleri sudan uzaklaştırarak bulanıklığı gidermek, organik maddelerin okside olmasını sağlamak, mikroorganizmaları nispeten uzaklaştırmak, demir, mangan ve amonyumu okside etmek amacıyla kullanılmaktadır. İçme suyu arıtımında pomza, yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip olması, yüksek oranda bulanıklık giderme verimi sağlaması, daha az enerji ile geri yıkama yapılabilmesi ve uzun yıllar üst üste kullanılabilmesi, ağırlığının az olması nedeniyle, sistemdeki basınç kaybının daha az olması gibi özellikleri ile kum-çakıl filtrelerine göre üstünlük sağlamaktadır (Ekmekyapar ve Örs, 2005).

Sevindir (2005), yaptığı çalışmada Isparta-Gölcük yöresi pomzasını adsorbent olarak suların yumuşatılmasında kullanmıştır. NaOH ile çözeltisi ile ön işlem

geçirilen -1,18+0,85 mm tane boyutlu pomzanın pomza miktarına bağlı olarak 60 gr pomza için 3,816 mgCaCO₃/gr, 90 gr pomza için 4,266 mgCaCO₃/gr uzaklaştırılmıştır. Sertlik giderme kapasitesinin, zamanın artmasıyla azaldığı saptanmıştır. Pomzanın üst üste rejenere edilip kullanılabilirliği belirlenmiştir.

Sevindir ve Pakdil (2005), yaptıkları çalışmalarda Isparta gölcük pomza kullanarak içme sularına renk veren demir ve mangan'ın filtrasyonunu araştırmışlardır. Araştırmaları sonucunda, pomza kullanarak Fe⁺²'yi %96 verimle uzaklaştırmış, konsantrasyonun artmasıyla %99'a yükselmiştir. Fe⁺³ ise %80-86 arasında değişen verimlerle uzaklaştırılmış, konsantrasyon artışıyla bariz bir değişikli olmadı belirlenmiştir. Mn⁺², %56 verimle uzaklaştırmış, konsantrasyonun artmasıyla %63'e yükselmiştir. Mn⁺⁴ ise %63-86 arasında değişen verimlerle uzaklaştırılmış, yüksek konsantrasyonlarda daha iyi giderme verimleri elde edilmiştir.

Beyhan (2003), yaptığı araştırmada doğal ve aktifleştirilmiş (asit ve bazlarla) Isparta-Gelincik pomzasının kullanımı ile içme suyunda flor iyonunun giderilmesinde başarı sağlanamadığını belirlemiştir.

Onar ve diğer. (1997), su arıtım teknolojisinde pomza kullanarak fosfat giderimi üzerine yaptığı çalışmada, fosfat adsorplama yeteneğinin pomzanın kalsiyum içeriğine bağlı olduğunu saptamışlar, CaO içeriğinin %32,6 oranında olan pomza ile düşük pH değerlerinde fosfat giderim veriminin %98'in üzerinde olduğunu bulmuşlardır. Düşük pH değerlerinde yüksek verim sağlanması ve adsorpsiyon sürecinde pH'nın ve iletkenliğin yükselmesi, dihidrojen fosfat iyonlarının metallerin aksine hidroksil iyonları ile yer değiştirmiş olması ile açıklanmıştır. Pomzanın seyreltik NaOH ile rejenere edilebildiğini ve tekrar kullanılabilirliğini belirtmişlerdir. Pomzanın fosfat iyonunun ve fosfat içeren organik bileşiklerin gideriminde kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

Akbal (2005), Nevşehir ve Kayseri pomzaları kullanarak yaptığı çalışmada sudaki boya maddelerinin (metilen mavisi ve menekşe rengi) arıtılmasında pomzanın adsorbent olarak kullanılabilceğini vurgulamıştır.

Göde ve diğer. (2005), sulu çözeltilerden Cd(II) ve Zn(II) ağır metal iyonlarının uzaklaştırılması amacıyla Kayseri pomzası kullanmış ve bu iyonların uzaklaştırılmasında pomzanın çok iyi bir adsorbant olduğu saptanmıştır.

Kelm ve diğer. (2003), porfiri bakır madeni ve diğer polimetallik maden atıklarından kil-pomza karışımı kullanarak pH 3-6 aralığında Cu, As, Mo ve Fe giderimini araştırmış ve >1100 ppm Cu, <0,05 ppm'e, 0,7 ppm Mo <0,3 ppm'e, 400 ppm Fe <0,1 ppm'e ve 174 ppm As <5x10⁻⁴ ppm'e düşürülmüş, 13600 mg/l yağ ve gres pomza ile <10 mg/l seviyesine indirilmiştir.

Karakaya ve Kitiş (2005), yaptıkları araştırmada doğal pomza ve yüzeyi bakırla kaplanmış pomza kullanarak oksidantlarla siyanürün giderimini araştırmışlardır. Orijinal veya bakır kaplı pomzaların negatif yüklü siyanür iyonları için pH 8 ve 11'de etkili adsorbent olmadıklarını belirlemişler, ortama oksidant olarak peroksitin ilave edilmesiyle de siyanür gideriminde olumlu bir etki sağlanmadığını saptamışlardır. Ancak bakır kaplı pomzanın suda heterojen bir katalizör görevi sağladığını bulmuşlardır. Kaplan ve Kitiş, 2005, pomza yüzeylerini demirle kaplayarak sudaki organik maddelerin giderilmesi üzerine çalışmışlar ve demir kaplı pomzaların sularındaki organik maddelerin uzaklaştırılmasında yeni bir adsorbant olarak etkili olduğunu vurgulamışlardır.

Dictor ve diğer. (1997) yılında, altının siyanürizasyonu sonucu üretilen siyanürlü atıksuyun biyolojik yöntemlerle gideriminde, aktif karbon, puzalan, pomza ve zeolit karışımları kullanılmış ve sadece aktif karbon hiocyanate, total siyanid ve serbest siyanidi adsoblamıştır.

İlhan ve diğer. (1997), biyoteknolojide mikrobiyal hücrelerin immobilizasyonunda inorganik bir taşıyıcı olarak pomzanın kullanılabilceğini

belirlemişler ve aminoasit, enzim, antibiyotik üretimi gibi biyolojik sentezlerde, toprağın biyolojik özelliklerinin ıslahında mikroorganizmaların tutunabileceği bir destek materyali olarak kullanılabilceğini vurgulamışlardır. Ayrıca, pomzanın rejenere edilerek defalarca kullanılabilceğini saptamışlardır. Pazarlıoğlu-Kaşıkkara ve Telefoncu, (1997), atıksulardaki fenolün biyokimyasal arıtımında pomzanın kullanılabilceğini belirtmiştir.

2.5.7.1.1. Zeytinyağı Endüstri atıklarının arıtılması; Akdeniz ülkelerindeki en yaygın endüstrilerden biri olan zeytinyağı endüstrisinde, zeytinyağı kesikli (presleme) veya sürekli (santrifüjleme) yöntemlerle üretilmekte ve üretim sonucunda zeytinyağı, katı atık (prina) ve sıvı atık (karasu) elde edilmektedir. Proses sonucu oluşan karasu miktarı kesikli bir sistemde 100 kg zeytin başına 50 kg karasu, sürekli bir sistemde 100 kg zeytin başına 110 kg su karasu üretilmektedir. Karasu, süspanse halde katıları, polifenolleri, çözünmüş mineral tuzları gibi kirletici özelliği yüksek olan organik maddeleri (yağ ve gres) içeren, kirlilik potansiyeli oldukça yüksek olması nedeniyle özellikle Akdeniz ülkelerinde çözüm bekleyen önemli bir çevresel problem olarak kabul edilmektedir (Kocaer ve diğer., 2002; Oktav ve Özer, 2002). BOI₅; biyolojik oksijen ihtiyacı, atık suyun içinde bulunan ve arıtma tesisinde mevcut bakterilerce parçalanabilecek organik maddelerin miktarını gösteren bir kirlilik parametresidir. KOI, kimyasal oksijen ihtiyacı, atıksuyun içinde bulunan tüm organiklerin toplamını veren bir kirlilik parametresidir (Azbar ve diğer., 2002).

Karasuyun bileşimi, uygulanan üretim teknolojisine, üretim miktarına ve kullanılan zeytin hammaddesine bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Tipik bir karasuyun özellikleri; yoğun viyole-koyu kahverengi renkten, siyaha kadar renk, kuvvetli zeytinyağına özgü koku, yüksek derecede organik kirlilik (220 g/L'ye kadar KOI değerleri), KOI/BOI₅ oranı 2,5-5 aralığında (zor ayrışabilir atık), pH değeri 3-5,9 aralığında, yüksek miktarda polifenol içeriği, yüksek miktarda katı madde içeriği (20 g/L toplam katı maddeye kadar) ile karakterize edilir. Ayrıca, askıda katı madde (AKM), pektinler, şeker, fenol bileşikleri ve bitkisel yağları da yüksek miktarlarda içermektedirler. Diğer taraftan, bu tür atık sular, içerdiği aromatik bileşikler, basit ve

kompleks şekerden dolayı, yüksek enerji kaynağı potansiyeline sahiptirler. (Şengül ve diğer., 2003)

Karasuyun arıtımı için, termal yöntemler (buharlaştırma ve yakma), fizikokimyasal yöntemler, biyolojik yöntemler, ters osmoz yöntemleri (membran ile) ve elektrokimyasal yöntemler kullanılmıştır. Karasuyun arıtılmasında kullanılan fiziksel ve fizikokimyasal yöntemler ise santrifüjleme, flokülasyon (çökeltim), filtrasyon-adsorpsiyon, buharlaştırma, distilasyon ve kimyasal oksidasyon yöntemleridir (Oktav ve diğer. 2003).

Karasuyun adsorpsiyonla arıtımında renk veren bileşikler, biyolojik olarak ayrışamayan bileşikler, bakteriler ve biyolojik arıtımı inhibe edici bileşikler aktif karbon adsorpsiyonu ile sağlanabilmektedir. Ancak aktif karbonun yeniden kullanımı mümkün değildir. Aktif karbonun yanması ile bertarafı ise kirli yanma gazlarına ve fazla miktarda katı artık oluşumuna neden olacaktır (Şengül ve diğer., 2003).

Karasuyun kimyasal arıtımı amacıyla $FeCl_3$, H_2SO_4 , HCl ve çoğunlukla koagülant olarak $Ca(OH)_2$ kullanılarak yapılan araştırmalarda; Tsonis ve diğ. (1989); %20-30 KOI giderme verimi, Lolos ve diğ., (1994); %28 AKM, %77 yağ-gres giderme verimi, Samsunlu ve diğ., (1998); %50 KOI ve %90 AKM giderimi, Aktaş ve diğer. (2001); %42-46 KOI, %29-47 toplam katı madde, %41-53 uçucu katı madde, %95-96 yağ gres, %63-74 polifenol, %61-80 azot giderme verimleri elde etmişlerdir.

Karasuyun kimyasal oksidasyon yöntemiyle arıtılmasında, güçlü oksidant maddelerin kullanımı ve OH radikallerinin oluşumu ile organik maddelerin okside olması sayesinde sağlanabileceği belirtilmiştir (Jardim ve diğer., 1997). Kimyasal oksidasyon yöntemleri özellikle alkaloid, deri, boya gibi işletmelerin atık sularının arıtımında olumlu sonuçlar verdiği saptanmıştır (Çatalkaya-Çokay ve Şengül, 2001). Oktav ve diğer. (2003), hava ile oksidasyon, katalitik oksidasyon ($MnSO_4$), $KMnO_4$, $HOCl$, H_2O_2 ve fenton reaktifi ($FeSO_4$ ve H_2O_2) ile oksidasyon çalışmalarında, fenton reaktifinin kullanımı ve hidroksil radikallerin etkisi ile % 70 KOI giderme verimi sağlanmış ve KOI giderme verimleri yönünden kimyasal oksidasyon

yönteminin kimyasal koagülanlarla arıtma yönteminden daha başarılı olduğu saptanmıştır.

2.5.7.2. Hava Temizleme Teknolojisinde Pomza Kullanımı

Endüstriyel sanayi tesislerinin yarattığı ve fosil yakıtların kullanımından kaynaklanan hava kirliliğinin ekolojik ve insan sağlığı yönünden bir çok ve geri dönülmez zararının olduğu bilinmektedir. Ağır metal bakımından fakir olan fosil yakıtlardan dizel yakıtın yanması sonucunda, azot oksitler (NO_x), karbonmonoksit (CO), kükürt oksitler (SO_x) çevreye salınmaktadır. Dizel yakıtın yarattığı asıl kirletici ise dışarıya bırakılan partikül maddelerden oluşan dumandır. Dumanla beraber atılan partiküller, yüksek miktarda kanserojen özellikli polinükleer aromatik karbon bileşikleri (PAH grupları) içermektedirler (Müezzinoğlu, 2000; Doğan, 1988; www.rshm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava.pdf). Dizel yakıt kullanan araçlardan çıkan siyah duman, tam yanmanın olmadığına kanıtı olup, yanmamış yakıt zerrelerinin havaya karıştığını gösterir. Bu da yanma odasına gereğinden fazla yakıt sevk edildiğinde görülür. Araç fazla yüklü ve rampada ise bu olay daha sık olur. Gri-beyaz duman, tam yanma artığı maddelerin oluşturduğu nemli bir aerosol huzmesidir. Herhangi bir sakıncası yoktur, aksine, renk koyu olmadıkça yanmanın iyi olduğunun işaretidir. Mavi duman ise yanmamış yakıt ve yağ karışımı olup özellikle insan sağlığı yönünden oldukça zararlıdır (Doğan, F., 1988). Son yıllarda, motorlu araçlarda yanma sonucu oluşan zararlı azot oksit (NO_x), karbon monoksit (CO) ve hidrokarbonları (HC), zararsız azot (N_2), karbon dioksit (CO_2) ve suya (H_2O) dönüştüren, seramik yapılı, gözenekli ve gözenekleri katalitik etki sağlayan (katalizör) maddelerle kaplı katalitik konvertörler (katalitik dönüştürücüler) kullanılmaktadır. Fakat 1999 yılında Çevre Koruma Kurumunun (EPA) yaptığı bir araştırma sonucu, bu konvertörlerin, küresel ısınmaya yol açan ve güçlü bir sera gazı olan nitrus oksit (N_2O) yani gülme gazını yarattığını tespit etmiştir. Araştırma nitrus oksit oranındaki bu artışın katalitik konvertörleri olan arabaların kat ettiği mesafenin artmasından kaynaklandığını belirtmektedir (Eskikaya, 1999). Ayrıca, odun veya meyve çekirdekleri ve kabuklarının karbonizasyonu sonucu üretilen oldukça gözenekli yapıya sahip aktif karbon, organik toksik gaz ve buhar bileşenleri başta

olmak üzere çeşitli gaz temizleme, solvent tutma-geri kazandırma ve koku giderme işlemlerinde kullanılmaktadır (Müezzinoğlu, 2000).

Pomzanın katalizör olarak kullanım alanı yeni olmakla beraber hızlı bir gelişme süreci içerisinde. Aktif oksit tabakanın katalizasyonu, paladyum absorpsiyonlu pomzanın katalizör olarak kullanımı, otomobillerde katalizör sistemlerinde pomza kullanımı çok yeni ve gelişim süreci devam eden alanlardır (Ketta, 1990), pomzayı nikel katalizörü olarak kullanmışlardır. Liotta ve diğer. (1997), pomzayı paladyum (Pd) ile kaplayarak, Rachel ve diğer. (2002), pomzayı titanyumdioksit (TiO₂) ile kaplayarak adsorpsiyon üzerine çalışmışlardır.

Öztürk ve Kara (2004), uçucu organik bileşiklerden aseton, benzen, karbontetraklorür, metanol ve toluenin aktif karbon, pomza ve zeolit üzerine adsorpsiyonu incelenmiş, aktif karbonun organik uçucu bileşikleri kısa sürede %90'lık bir verimle adsorplamasına karşın, pomza ve zeolit ile sırasıyla en fazla %60 ve %33 oranlarında adsorplama veriminin sağlandığı saptanmıştır.

Ayrıca pomzanın asfalt kaplamalarında bitüm kusmalarına önleyici, yağlı ortamlarda ve tavuk çiftliklerinde taban yaygısı ve evcil hayvanlar için petkum olarak da kullanılmaktadır (Sezgin ve diğer., 2005, DPT, 2001, Gündüz, 1998).

2.5.8. Pomzanın Abrasif Sektöründe Kullanımı

Aşındırıcı sanayide kullanılan doğal abrasifleri genel olarak; elmas, korund, zımpara, stavrolit, garnet gibi sertlik derecesi 7'den fazla olan çok sert abrasifler; kalsedon, çört, kuvars, kuvarsit, kumtaşı, perlit, pomza, feldspat, bazalt, granit gibi sertlik derecesi 5,5-7 arasında olan orta-sert abrasifler ve kalsit, apatit, tebeşir, kil, diatomit, dolomit, talk gibi sertlik derecesi 5,5'den küçük olan düşük sertlikteki abrasifler olarak üç ayrı gruba ayırmak mümkündür (DPT, 2001b).

Mohs sertlik ölçeğine göre 5-6 arasında sertliğe sahip ve kırılma yapılı pomza, abrasif sanayisinde geniş kullanım alanına sahiptir. Pomza öğütüldüğünde konkoidal şeklinde kırılır. Sivri ve keskin kenarlara sahip pomzanın tane boyutunun daha da

küçülmesi ile bu yapı bozulmaz. Orta sert olarak sınıflandırılan pomza, bu özelliklerinden dolayı doğal ve sentetik metalik olmayan hammaddelerin ve gümüş gibi yumuşak metallerin temizlenmesi ve parlatılmasında kullanılır (Anonim, 1977).

İri boyuttan, çok ince tane boyutlarına kadar farklı tane iriliklerine sahip pomza, abrasif (aşındırıcı) sanayinde kullanılmaktadır. Son yıllarda çok ince öğütülmüş, (5-10 µm) tane boyutlu farklı sektörlerde aşındırma ve parlatma amacıyla kullanılmaktadır. Pomza tozu, cam sanayinde cilalama ve kesik camları taşlamada, ahşap mobilya ve plastik sanayinde temizleme ve cila malzemesi yapımında, doğal ve doğal olmayan madeni ve yumuşak metallerin cilalanmasında, süs taşlarının parlatılmasında, diş hekimliğinde kullanılan protezlerin düzeltilmesi ve parlatılmasında, elektronik sanayide elektronik malzemelerin temizlenmesinde, matbaa baskı tabletlerini temizlemeye yaygın olarak kullanılmaktadır (Deniz, 2005a; Sezgin ve diğer., 2005; DPT, 2001; Sarıışık ve Şahin, 1997).

Mermer işlemeciliğinde en yaygın kullanılan aşındırıcı malzemeler silisyum karbür ve alüminyum oksittir. Silisyum karbür ve alüminyum oksit aşındırıcılar için manyezit ve polyester bağlayıcılar kullanılmaktadır (Onargan, Köse, Deliormanlı, 2005). Mermer aşındırma-cilalama, adım adım daha ince aşındırıcı taneleri kullanarak mermer yüzeyinin aşamalı düzeltilmesi ve parlatılmasını ifade etmektedir. Mermer işletmeciliğinde aşındırma ve cilalama işlemlerinin toplam üretim (işletme) maliyeti içindeki payı çalışma koşullarına bağlı olarak %10-30 arasında değişmektedir (Görgülü ve Ceylanoğlu, 2001). Aşındırıcı malzemenin sertliği, tane iriliği, şekli ve bileşimi gibi mermerin cila alma kalitesini doğrudan etkileyen parametreler yanında aşındırılan malzemenin özellikleri, malzemeye uygulanan basınç ve aşınma süresi de aşındırmada önemli etkenlerdir (Sarıışık ve Şahin, 1997; Ceylanoğlu ve Görgülü, 2001). Aşınmayı oluşturan hareketler; kayma, yuvarlanma veya kaymalı yuvarlanma şeklinde olabilmektedir. Son yıllarda, mermer sektöründe mermer türlerinin yüzey pürüzlülüğünün giderilmesi ve parlatılmasıyla da pomza tozunun aşındırıcı olarak kullanımı gündeme gelmiştir (Sarıışık ve Şahin, 1997).

Sarışık ve Şahin (1997), yaptıkları çalışmada, yedi farklı mermer örneğinin farklı hızlarda Isparta pomzası kullanılarak aşındırılması ile mermerlerdeki aşındırma performansı ağırlık kaybı ve hacim azalması yönünden araştırılmıştır. Pomzanın mermer aşındırma ve parlatmada direk aşındırıcı ve parlaticı olarak kullanılabilceği gibi, aşındırmada kullanılan abrasiflerin oluşturulmasında matriks yapı olarak kullanılabilirliği tespit edilmiştir. İri boyutlu pomza kullanımı ile mermer yüzeyindeki aşınma oranının, ince boyutlu pomza kullanımında ise yüzey parlaklığının arttığı gözlenmiştir. Ayrıca pomzanın yumuşak karakteristik gösteren mermerlerde aşındırıcı malzeme olarak, sert karakteristik gösteren mermerlerde ise parlatma da kullanılabilceği belirlenmiştir. Pomzaya aşındırıcılık kazandıran minerallerin feldspat, piroksen, sanidin, sifen, mika, anfibol, camsı mineraller olduğu belirtilirken, biyotit mineralinin parlaticılık özelliği kazandırdığı saptanmıştır.

2.6. Pomzanın Ekonomisi

Çok eski tarihlerden bu güne, pomzanın kullanım alanlarının yaygınlaşması ve her geçen gün endüstrinin yeni bir ihtiyacını karşılıyor olması, pomzanın önemini gün geçtikçe arttırmaktadır. Pomza gelişen dünya endüstrisinde halen elliden fazla endüstriyel alanda farklı amaçlarla kullanım imkanı bulmakta ve bu sayı her geçen gün hızla artmaktadır.

2.6.1. Dünyada ve Türkiye’de Pomza Rezervleri

Dünyada, bir çok sektörün kullanım ihtiyacı duyduğu pomza endüstriyel hammaddesine sahip ülkelerin rezerv miktarları ve dağılımları (%) 1996 yılı itibariyle Tablo 2.7’de sunulmuştur.

Tablo 2. 7. Dünya pomza rezervleri, (DPT, 1996).

Kıtalar ve Ülkeler		Miktar (Milyon Ton)	Dağılım (%)
Kuzey Amerika	ABD	11,500	63,90
	Diğerleri	500	2,78
	Toplam	12,000	66,68
İzlanda	Dominik	25	0,14
	Guadelouphe	15	0,08
	Guatemala	15	0,08
	Diğerleri	25	0,14
	Toplam	80	0,44
Güney Amerika	Şili	60	0,33
	Diğerleri	20	0,11
	Toplam	80	0,44
Avrupa	Yunanistan	500	2,78
	İtalya	2 000	11,11
	<i>Türkiye</i>	2 836	15,76
	Diğerleri	500	2,78
	Toplam	5,336	29,65
Okyanusya		500	2,78
Toplam		17,996	100

Tablo 2.7’de görüldüğü gibi, dünya pomza rezervlerinin %66,68’ine Kuzey Amerika sahipken, Türkiye %15,26’sına, İtalya %11,11’ine, Yunanistan ve Okyanusya %2,78’ine, İzlanda ve Güney Amerika %0,44’üne sahiptir. Gündüz ve diğ., 2005; 180 milyar m³ civarında olan pomza dünya pomza rezervlerinin yaklaşık %40’ına (7,2 milyar m³) Türkiye’nin sahip olduğunu belirtmişlerdir.

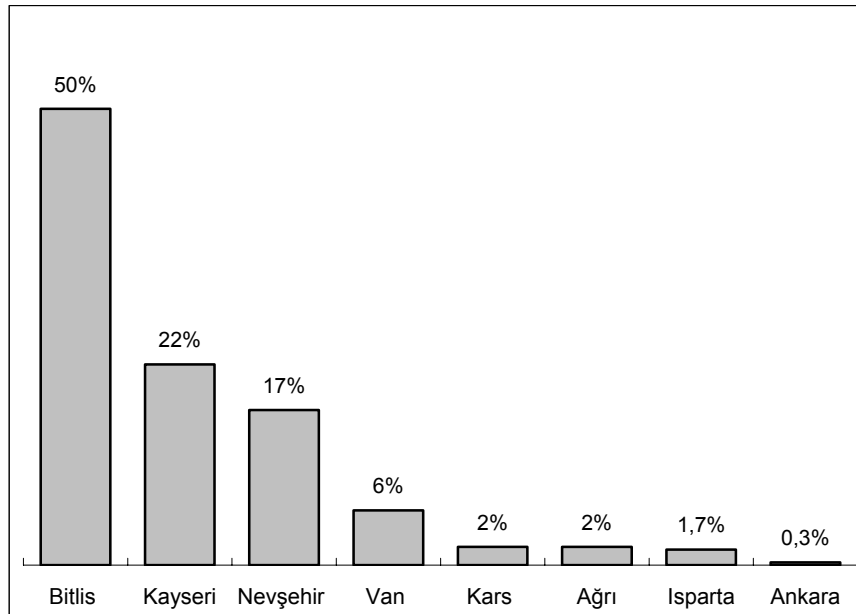
Türkiye’deki pomza rezervleri ise Tablo 2.8’de sunulmuştur. Türkiye’deki pomza rezervleri sırasıyla Bitlis, Kayseri, Nevşehir, Van, Kars, Ağrı, Isparta ve Ankara ve İzmir illerinde bulunmaktadır.

Tablo 2. 8. Türkiye Pomza Rezervleri, (Erkoyun, 2005; DPT, 2001, Gündüz, 2005)

Yeri	Rezerv Miktarı, m ³	Rezerv Tipi
Nevşehir Avanos-Ürgüp	400.412.834	A+B
Derinkuyu	48.660.500	C
Kayser-Gömeç	13.250.000	A+B
Kayseri-Talas-Tomarza	241.000.000	A
Kayseri-Talas-Tomarza	284.000.000	B
Bitlis-Tatvan	1.100.000.000	A+B
Bitlis-Ahlat	210.000.000	A+B
Van-Erciş-Kocapınar	154.625.000	A+B
Van-Mollakasım	5.950.000	A+B
Ağrı-Patnos	27.812.000	A+B
Ağrı-Doğubeyazıt	26.875.000	A+B
Kars-Iğdır-Kavaktepe	40.156.250	B
Kars-Digor	11.718.750	B
Kars-Sarıkamış	1.8175.000	B
Ankara-Güdül-Tekköy	8.070.000	A+B
Isparta-Gölcük	30.983.250	A+B
Toplam (A+B+C)	2.621.688.584	

A: Görünür rezerv, B: Muhtemel Rezerv, C: Mümkün Rezerv

Şekil 2.12'de ise Türkiye'deki pomza rezervlerinin illere göre dağılımları sunulmuştur.



Şekil 2. 12. Türkiye'deki pomza rezervlerinin illere göre dağılımları

Şekil 2.12’de gösterildiği gibi, Türkiye’deki toplam pomza rezervinin %50’si Bitlis’de, %22’si Kayseri de, %17’si Nevşehir’de, %6’sı Van’da, %2’si Kars ve Ağrı’da, %1,7’si Isparta’da, %0,3’ü ise Ankara’da bulunmaktadır. Türkiye’deki asidik yapılı pomzanın hemen hemen tamamı Nevşehir, Kayseri, Ağrı, Van, Kars, Bitlis, Isparta, Burdur ve Muğla illeri sınırları içerisinde. Türkiye’de en çok talep gören pomza, Nevşehir yöresinin beyaz renkli pomzasıdır (Erkoyun, 2005).

M.T.A Genel Müdürlüğü’nce Türkiye çapında yapılan pomza ile ilgili detay jeolojik etüt çalışmalarından elde edilen verilere göre ülkemizde varlığı bilinen pomza yatakları ve illere göre ruhsat dağılımları (%), 31.12.1996 tarihi itibarıyla

Tablo 2.9’da sunulmuştur.

Tablo 2. 9. İllere göre işletme ruhsatı dağılımı, (DPT, 2001)

İl	Dağılım, %	İl	Dağılım, %
Adana	7,14	Manisa	9,18
Isparta	9,18	Muğla	2,04
Burdur	1,02	Ağrı	3,06
Hatay	2,00	Bitlis	6,12
Kayseri	17,35	Erzurum	1,02
Konya	4,08	Erzincan	1,02
Nevşehir	23,47	Kars	2,04
Niğde	4,08	Van	2,04
Aksaray	2,04	Urfa	1,02
İzmir	2,04	Mardin	2,04

2.6.2. Dünyada ve Türkiye’de Pomza Üretimi ve Tüketimi

Dünya’da pomza üreten ülkeler ve üretim miktarları sayısal olarak Tablo 2.10’da sunulmuştur. Tablo 2.10’da gösterildiği gibi dünyanın en önemli pomza üreticileri, sırasıyla İtalya, Yunanistan, İran ve A.B.D. olup, Şili, Türkiye ve İspanya’dan sonra Almanya, Cezayir, Fransa, Guatemala, Guadeloupe ve Ekvador gelmektedir. Dünyada pomza üretimi yapan bazı ülkeler aşağıda kısaca tanıtılmıştır.

Tablo 2. 10. Dünya pomza üretimi, (Founie, A., 2005)

Ülkeler	2003 (milyon ton)	2004* (milyon ton)
Amerika	870	1070
Cezayir	400	500
Şili	830	850
Ekvador	90	90
Fransa	450	450
Almanya	500	500
Yunanistan	1600	1700
Guadeloupe	210	210
Guatemala	270	260
İran	1200	1100
İtalya	4600	4500
İspanya	600	600
Türkiye	800	800
Diğer	1900	1800
Toplam	14300	14400

(*) Tahmini değerlerdir.

İtalya: Volkanik kaynaklı üretimler İtalya ekonomisinde oldukça önemli yer tutmaktadır. En önemli ticari pomza yatağı Lipari adasında işletilmektedir. Lipari adasındaki volkanik faaliyetler yeni olmakla beraber, yaklaşık 1400 yıl öncesine dayanmaktadır. Lipari adasında bulunan pomza genellikle açık ve beyaz renklidir. Yaklaşık olarak %70 SiO₂, %15 Al₂O₃, %2.57 Fe₂O₃ şeklinde kimyasal bileşime sahiptir. Yüksek kalitedeki pomza Lipari adasında yaklaşık 5 km²’lik bir alan

kaplamaktadır. Son yıllarda, rezervlerin tükenmesi nedeniyle üretiminde düşüşler gözlenmiştir (DPT, 1996).

Yunanistan: Dünyanın en büyük üreticilerinden olan Yunanistan'da pomza madenciliği uzun bir tarihe sahiptir. Bir çok volkanik oluşumlarda pomzalı materyaller gözlenmesine karşılık büyük oluşum ve rezervler Yali ve Thira adasında bulunmaktadır (Gündüz, 1998). Yali adasında bulunan pomzalar genellikle beyaz renkli ve % 85 gözenekliliğe sahiptir (DPT, 1996).

Almanya: Almanya, pomza ticaretine uzun yıllar önce başlamış, uzun yıllar sürdürerek dünyanın önde gelen üreticilerinden olmuştur (Gündüz, 1998). Almanya'da pomza; Ren Bölgesi ve Neuwied kasabasının bir kaç kilometre batısındaki pomza yataklarından sağlamaktadır. Ülkedeki rezervlerin azalması sonucu ithalata yönelen Almanya, bu ihtiyacın büyük bir bölümünü Yunanistan' dan karşılar duruma gelmiştir (DPT, 1996). Ülkede 1970 lerde üretim yapan 1000 tane firma varken, 1970 lerde kolay işlenebilir, kaliteli pomza rezervinin azalması ve düşük kaliteli pomzaların işletilebilmesi için daha pahalı proseslere ihtiyaç olması nedenleriyle üretici firma sayısı 100'e düşmüş, bugünlerde ise 25'e kadar düşmüştür (Fink ve diğ., 2001).

Amerika Birleşik Devletleri: Amerika'da Arizona, Oregon, New Mexico, California, Idaho, Nevada ve Kansas da pomza üretimi yapan firmalar bulunmakta ve üretimin %76'sı Arizona, Oregon, New Mexico'dan karşılanmaktadır. 2004 yılında Amerika'da 26 milyon dolarlık pomza kullanılmıştır (Founie, 2005). Amerika, Batı tüketiminin liderliğini yapmaktadır (DPT, 1996). Amerika, kullandığı pomzanın %80'ini Yunanistan'dan, %14'ünü İtalya'dan, %5'ini Türkiye'den ve 1'i'ni diğer ülkelerden sağlamaktadır. Üretilen pomzanın %76'sı inşaat sektöründe, geri kalan %24'ünü abrasif olarak, sıva yapımında, tarımda, peyzajda, tekstilde ve diğer sektörlerde kullanmaktadır (Founie, 2005).

İzlanda: Buzul çağındaki püskürmeler, binlerce metre kalınlığındaki buz altında meydana gelmiştir. Kuru olduğu zaman, İzlanda Pomzasının yoğunluğu 400 kg/m^3 olup, bu da Yunan ve İtalyan pomzası kadar hafiftir. Bu nedenle, İzlanda pomzası, hafif agregalı beton blok yapımında oldukça büyük bir avantaja sahip olmuştur.

Geçmiş yedi yıl boyunca dünya pomza piyasasında İzlanda, inşaat sektöründe en fazla pomza üreten ülke olmuştur. Pomza, İzlanda'nın güneyinde Reykjavik'in doğusunda halen aktif olan, en son 1970 yılında faaliyet gösteren Mount Hekla isimli volkandan sağlamış olup, aktivite sonrası pomza oluşumlarının geniş bir alana yayıldığı görülmüştür (Şekil 2.13). Burada elde edilen kayıtlara göre, 20 milyon m³ 'lük rezerv vardır.

İzlanda ürettiği pomzanın büyük bir kısmını İskandinav ülkelerine, sonra A.B.D, İngiltere ve Batı Almanya'ya pazarlamaktadır. Bu ülkelerde hafif beton endüstrisinde, tekstil sektöründe, bir kısmı kedi altlığı olarak kullanılmıştır (DPT, 1996).



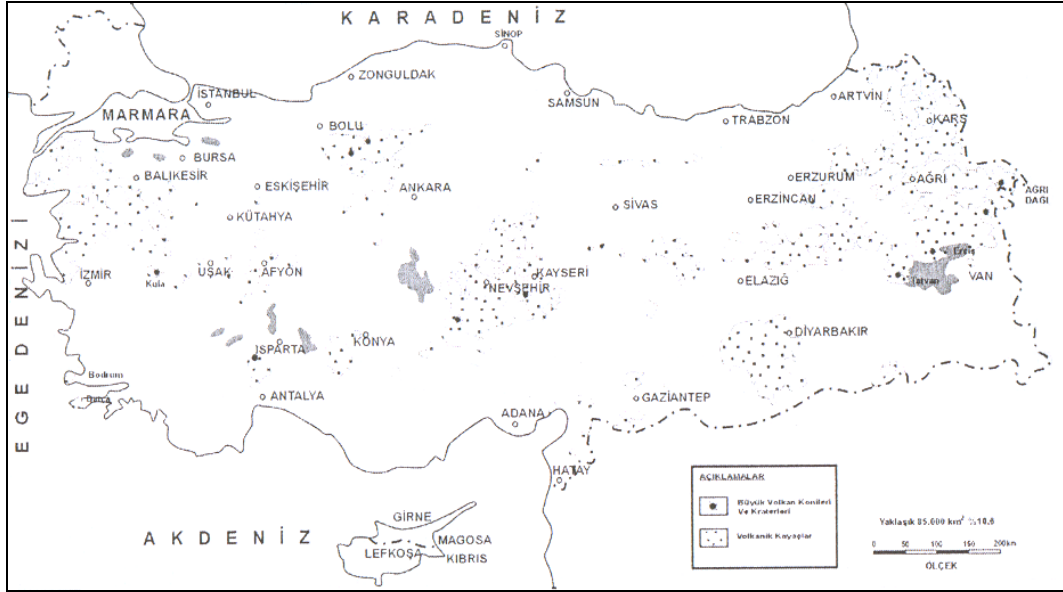
Şekil 2. 13. Hekla volkanı aktivitesi sonrası pomza oluşumları, İzlanda

Yeni Zelanda: Yeni Zelanda' nın en büyük pomza üretilen bölgesi Kuzey adasının Rotorua Taupo bölgesindeki riyolitik volkanik kayaçların bulunduğu yerlerdir. Üretilen pomzanın 2/3'ü kum ve 1/3'ü pomza olup, pomza eleme ve yoğunluk ayırma yolu ile kumdan ayrılmaktadır. Bu pomzaların çoğu ülke içinde inşaat sektöründe kullanılmaktadır (DPT, 1996). Şekil 2.14'de, yeni Zelanda da aktif volkanlarından birinin görünümü sunulmaktadır.

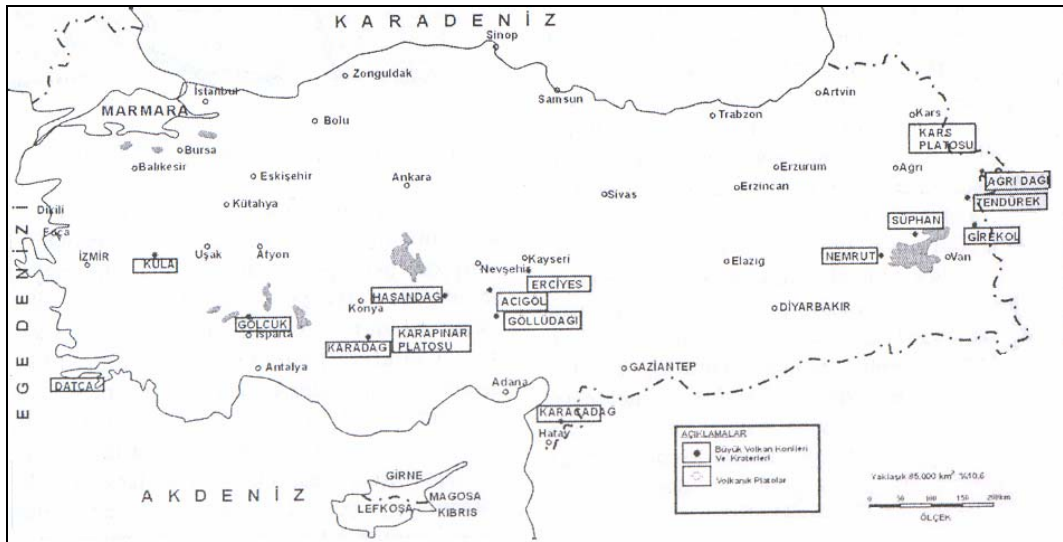


Şekil 2. 14. Aktif pumis volkanlarından bir görünüm, Yeni Zelanda (<http://www.volcanic.com>)

Türkiye: Dünya pomza rezervleri açısından önemli bir yeri olan Türkiye'nin muhtemel pomza rezervi 3 milyar m³'dür. Bu rezervlerin büyük çoğunluğunun Doğu ve iç Anadolu bölgelerinde yer almasının yanı sıra Ege ve Akdeniz bölgelerinde de üretim yapılan rezervler vardır. Türkiye'de yıllık ortalama olarak 1 450 000 ton inşaat, 150 000 ton civarında da tekstil pomzası üretilmektedir. Üretilen pomzanın %80 i inşaat sektöründe, hafif yapı elemanları ve izolasyon malzemesi olarak tüketilirken, kalan %20 sinin büyük bir bölümü tekstil pomzası olarak ihraç edilmektedir. AB ülkeleri ve ABD en önemli paya sahip alıcılardır. Şekil 2.15 ve 2.16'da volkanik kayaç rezerv potansiyelinin görüldüğü alanlar ve jeolojik olarak volkanizmaların adlandırılmaları gösterilmektedir.



Şekil 2. 15. Volkanik kayaç rezerv potansiyelinin görüldüğü alanlar, (Gündüz ve diğer., 2005)



Şekil 2. 16. Jeolojik olarak volkanizmaların adlandırılmaları, (Gündüz ve diğer., 2005)

Tablo 2.11'de, Türkiye pomza üretim miktarları değersel olarak sunulmuştur.

Tablo 2. 11. Türkiye pomza üretim miktarları, (Erkoyun, 2005)

Yıllar	Tüvenan Üretim Miktarı, m ³
1999	1.006.082
2000	734.167
2001*	754.052
2002*	820.347
2003*	895.616
2004*	1.035.975

DİE verileri, (*) bilgiler geçicidir.

Türkiye’de üretilen (yaklaşık 1.250.000 ton/yıl) pomzanın yurt içindeki tüketiminin tamamına yakını inşaat sektöründe, hafif yapı elemanı üretiminde kullanılmaktadır. Tekstil ve ziraat sektöründe çok az oranda kullanılırken, farklı endüstriyel alanlarda doğrudan veya yarı mamul olarak kullanılmamaktadır. Türkiye’de 2003 yılında üretilen pomzanın %12,16’lık kısmı ham olarak yurt dışına ihraç edilmiş iken, bu değer 2004 yılında %15,92 oranına yükselmiştir. Dolayısıyla 2004 yılında Türkiye’nin pomza ihracatı 2003 yılına göre %31’lik bir artış göstermiştir. Bu da Türkiye’de pomza sektöründe yer alan üretici kuruluşların üretim faaliyetlerindeki gelişmenin bir göstergesidir (Sezgin ve diğer., 2005).

Türkiye’nin maden ve maden dışı ihracat hacmi değerlendirildiğinde, madencilik sektörü açısından endüstriyel bir hammadde olarak pomzanın yıllık ihracat hacmi 2003 yılında 152 bin ton iken, bu değer 2004 yılı genelinde 199 bin tona ulaşmıştır. Tablo 2.12’de, Türkiye’de gerçekleşen maden ve maden dışı ihracat değerleri İMİB/İstanbul verilerine göre sunulmuştur.

Tablo 2. 12. Türkiye'nin maden ve maden dışı ihracatı, (Sezgin ve diğer., 2005; Gündüz ve diğer., 2005)

	2003 (Milyon \$)	2003 (Bin ton)	2004 (Milyon \$)	2004 (Bin ton)	2004 (%)
Bor	84	377	88	395	3,5
Ferrokrom	31	55	26	26	0,2
Mermer	431	2191	626	2708	24,3
Çinko	15	79	22	89	0,8
Manyezit	39	258	48	268	2,4
Pomza	8	132	10	199	1,8
Bakır	43	152	89	199	1,8
Feldspat	55	3003	78	4029	36,2
Krom	28	383	61	584	5,2
Barit	6	102	8	148	1,3
Diğerleri	109	1987	150	2484	22,3

Tablo 2.12'de gösterildiği gibi, Türkiye'nin maden ve maden dışı ihracat hacmindeki pomzanın payı %1,8 olmuştur.

Tablo 2.13'de, 2004 yılı itibariyle Dünya'daki pomza tüketimi ve Türkiye'nin dünya pomza tüketimindeki payı değersel olarak sunulmuştur.

Tablo 2. 13. 2004 yılında Türkiye'nin dünya pomza endüstrisindeki yeri, (Sezgin ve diğer., 2005)

Sektör	Dünya Pomza Tüketimi (%)	Türkiye'nin Dünya Pomza Tüketimindeki payı (%)
İnşaat Sektörü	72	8
Tekstil Sektörü	5	65
Ziraat	4	5
Kimya	7	3
Diğer	12	2

Tablo 2.13'de gösterildiği gibi, dünya pomza tüketiminin büyük bir kısmını inşaat sektörü oluştururken, yüksek rezerv potansiyelimize rağmen Türkiye'nin payının oldukça düşük olduğu görülmektedir.

Tablo 2.14’de, pomzanın kullanıldığı sektörlerdeki kullanım alanına göre fiyatları sunulmaktadır.

Tablo 2. 14. Pomza ürün fiyatları, (Deniz, 2005a)

Ürünler	Miktarı	USA (\$)
Bimslik pomza	1 ton	4-5
Tarımsal Pomza	1 ton	20-25
Tekstil Pomzası	1 ton	40-70
Pomza kömürü	5000 gr	15-20
Antika ağaç ve gümüş parlaticıları	150 gr	4-5
Pomzalı sabun	200 gr	4-5
Pomzalı topuk ovma kremi	100 gr	10-12
Pomzalı vücut düzenleyicisi	100 gr	12-15
Kozmetik temizleme kremi	200 gr	5-10
Kuşun kalem silgisi	50 gr	5-10
Diş Hekimliğinde kullanılan pomza tozu	150 gr	13-15
Pomzalı diş macunu	175 gr	14-17
Gözlük taşlama ve televizyon camları düzeltme	450 gr	2-3

Tablo 2.14’de, ince boyutlu pomzanın fiyatlarının iri boyutlu pomzaya göre daha yüksek olduğu görülmekte olup, bunun sebebinin ince boyutlu pomzanın hazırlanışında artan maliyet olduğu bilinmektedir. Ayrıca, iri boyutlu pomzanın fiyatı da kendi arasında, kullanıldığı sektörlerle göre değişmekte olup, özellikle tekstil gibi cevher hazırlama ve zenginleştirme gerektiren sektörlerde fiyatının daha fazla olduğu görülmektedir.

BÖLÜM ÜÇ

İZMİR-MENDERES YÖRESİ POMZA SAHASI VE SAHADAN NUMUNE ALMA

3.1. Pomza Maden Sahasının Yeri

İzmir-Menderes yöresindeki pomza maden sahası, 1991 yılından beri Pomza Export Madencilik San. ve Tic.A.Ş. tarafından işletilmektedir. 1/25000 ölçekli 35 L-18 d1 ve d2 pafta nolu ruhsat alanının, görünür rezerv miktarının 2 milyon tonun üzerinde olduğu saha incelemelerine dayalı olarak tahmin edilmektedir. Pomza Export Madencilik San. ve Tic. A.Ş., kurduğu kırma-eleme tesisi ile ince boyutlu granül pomza (pumicite) üreterek çeşitli sanayi sektörlerinin hammadde gereksinimlerini karşılamaktadır.

Pomza Export Madencilik San. ve Tic.A.Ş. tarafından işletilen İzmir-Menderes yöresi pomza madeni, İzmir il merkezine 20 km uzaklıktaki Cumaovası (Menderes) ilçesinin güneyinde (Şekil 3.1), Cumaovası (Menderes) ilçesine bağlı Künerlik köyünün yaklaşık 1 km kuzeybatısındadır.



Şekil 3. 1. İzmir-Menderes pomza sahasının yerbuldur haritası

3.2. Pomza Maden Sahasının Genel Jeolojisi

Pomza maden sahasının batısında geniş bir şekilde yer alan tuf ve tüfitler, Çubuklu Dağ Grabenin'nde yer alan Cumaovası volkanitlerine bağlı olarak meydana gelen volkanik faaliyetlerin ilk ürünlerini oluştururlar. Tüflerin üzerine gelen pembemsi riyolitik kayalar tüm sahaya egemendir. Cumaovası'ndaki volkanik domları oluşturan bu riyolit ve perlit türündeki çeşitli camlı kayalar serilerine yapılan araştırmalar, bölgenin Orta miyosen yaşlı olduğunu göstermektedir (Borsi ve diğer., 1972).

Sahanın doğusunda ise Miyosen çökelleri ile asidik volkanitler, Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ile yersel örtülmüştür. Alüvyonlar Cumaovası'nda oldukça geniş ve kalındır. Çoğunlukla volkanitlerden türemiş, tutturulmamış çakıl, kum, silt ve killerden meydana gelmiştir. Özellikle hafif olan pomza ve perlitler taşınma nedeniyle yer yer zenginleşmiştir (Günalay, 1972).

Bölgenin genel jeolojik yapısı içerisinde bulunan Miyosen yaşlı gölsel çökelleri bazen kesen, bazen de arada uyumlu olarak bulunan çoğunlukla taban konglomeralarını örten asidik volkanik riyolitler, riyolitik tüfler, pomza ve perlit ile temsil edilmektedir. Sahanın çevresinde bulunan riyolitler açık pembe renkli, kuvars, iri ortoklas ve albit oligoklas fenokristalli, yersel biyotitli ve mikrokristalen hamurludur (Özgenç, 1978).

Pomzanın yoğun olarak bulunduğu maden sahası volkanosedimenter bir yatak olup, gerek pomza gerekse perlitçe hakim bileşenli piroklastiklerdir. Bu seviyeler yanal ve düşey geçişlidir. Bu geçişler hem tabaka içerisinde hem de tabakalar arasındadır. Bölgede gölsel çökellerin varlığını gösteren, sedimanter kayalar parçalarına rastlanılmaktadır (Vidinlisan ve diğer., 1991).

3.3. Pomza Maden Sahası ve Sahadan Numune Alma

Pomza numuneleri, İzmir-Menderes yöresi pomza madeninin üretim sahasından dikey kesit boyunca kanal numunesi şeklinde alınmıştır. Şekil 3.2’de sahanın genel görünümü sunulmaktadır.

Çalışma sahasında, volkanosedimenter pomza tabakalarının bulunduğu üst üste bir çok katmandan oluşan maden damarının kalınlığı ortalama 30 metreyi bulmakta, Kuzeydoğu istimatinde 30° eğimle ilerlemektedir. Çalışmalarda kullanılan pomza numuneleri, katman dizilimlerinden oluşan üç ayrı tabakadan (Şekil 3.3) dikey kesit boyunca; en alt tabaka (P1), orta tabaka (P2) ve en üst tabaka (P3)’dan alınmıştır.



Şekil 3. 2. İzmir-Menderes yöresi pomza sahasının görünümü



Şekil 3. 3. Pomza numunelerinin alındığı damar kesiti

Şekil 3.4’de, numunelerin alındığı pomza damarının alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabakalarının görüntüleri gösterilmektedir.



Şekil 3. 4. Numunelerin alındığı tabakaların görünümü

Şekil 3.4’de, alt (P1) ve üst (P3) tabakaların, orta (P2) tabakaya göre daha iri boyutlu pomza içerdiği görülmektedir.

Pomza numuneleri, alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabakalardan, tabakanın dikey kesit boyunca oluk numunesi şeklinde alınmıştır. Şekil 3.5’de, orta (P2) tabakadan oluk numunesi alma yöntemi örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 3. 5. İzmir-Menderes pomza sahasından numune alma şekli

BÖLÜM DÖRT

İZMİR-MENDERES YÖRESİ POMZA CEVHERİNİN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

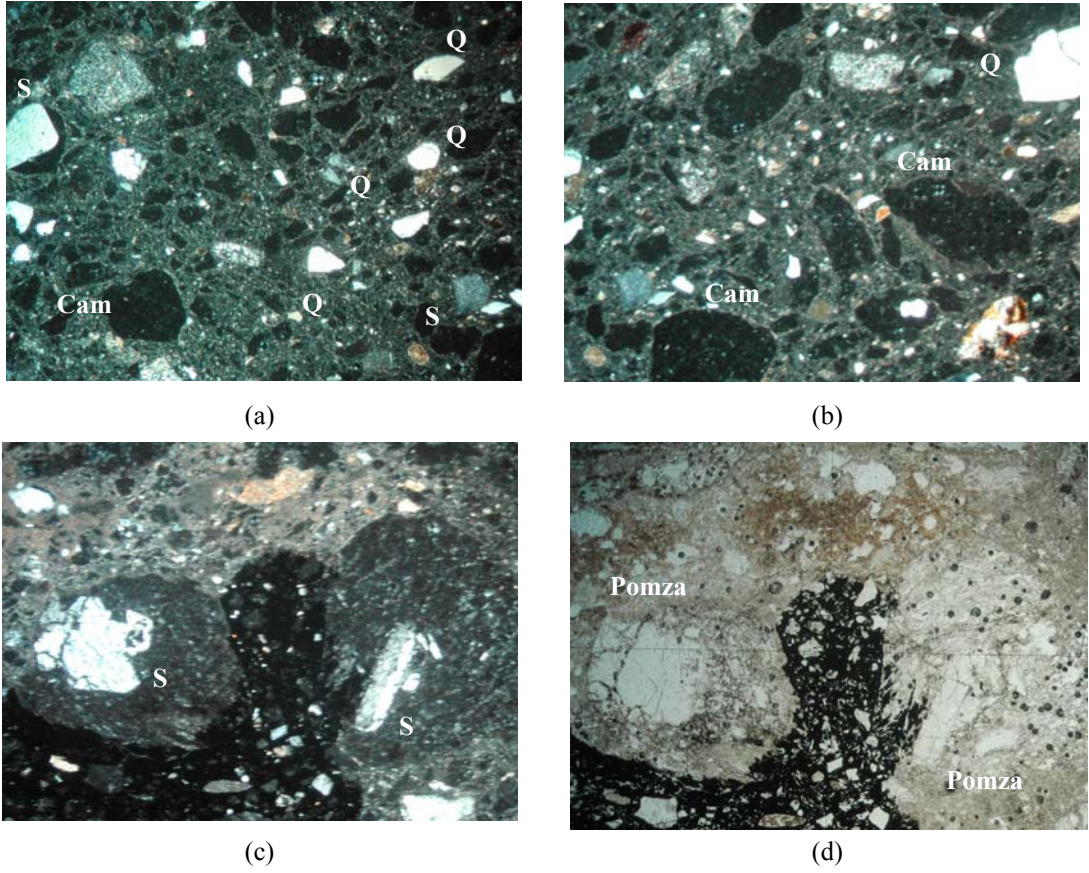
Bu çalışmada, Pomza Export Madencilik San.ve Tic. A.Ş.'ye ait Menderes yöresi pomza sahasından temin edilen alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka olmak üzere üç tip pomza cevher oluşumunun minerolojik ve mikroskobik yapısı ile kimyasal, fiziksel ve yapısal özellikleri yanında aşındırma ve süzme (filtrasyon) özellikleri araştırılmıştır. Ayrıca Menderes pomzalarının ısı ile muamelesi (genleştirme) sonucunda yapısal özelliklerindeki değişimler incelenmiş ve araştırılmıştır.

4.1. Menderes Pomzalarının Minerolojik Yapısı

4.1.1. İnce Kesit Yöntemi ile Minerolojik Yapının Belirlenmesi

Menderes pomzalarının minerolojik yapısının saptanabilmesi için İzmir-Menderes'den temin edilen, farklı yapıda tabakalaşma gösteren üç tip pomza cevherinden alınan çeşitli el örneklerinden ince kesitler hazırlanmıştır. Menderes pomzalarının minerolojik yapısı DEÜ Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde incelenmiş ve yorumlanmıştır. Alt tabaka (P1), orta tabaka (P2) ve üst tabaka (P3) numunelerine ait ince kesit görüntüleri sırasıyla Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de gösterilmiştir.

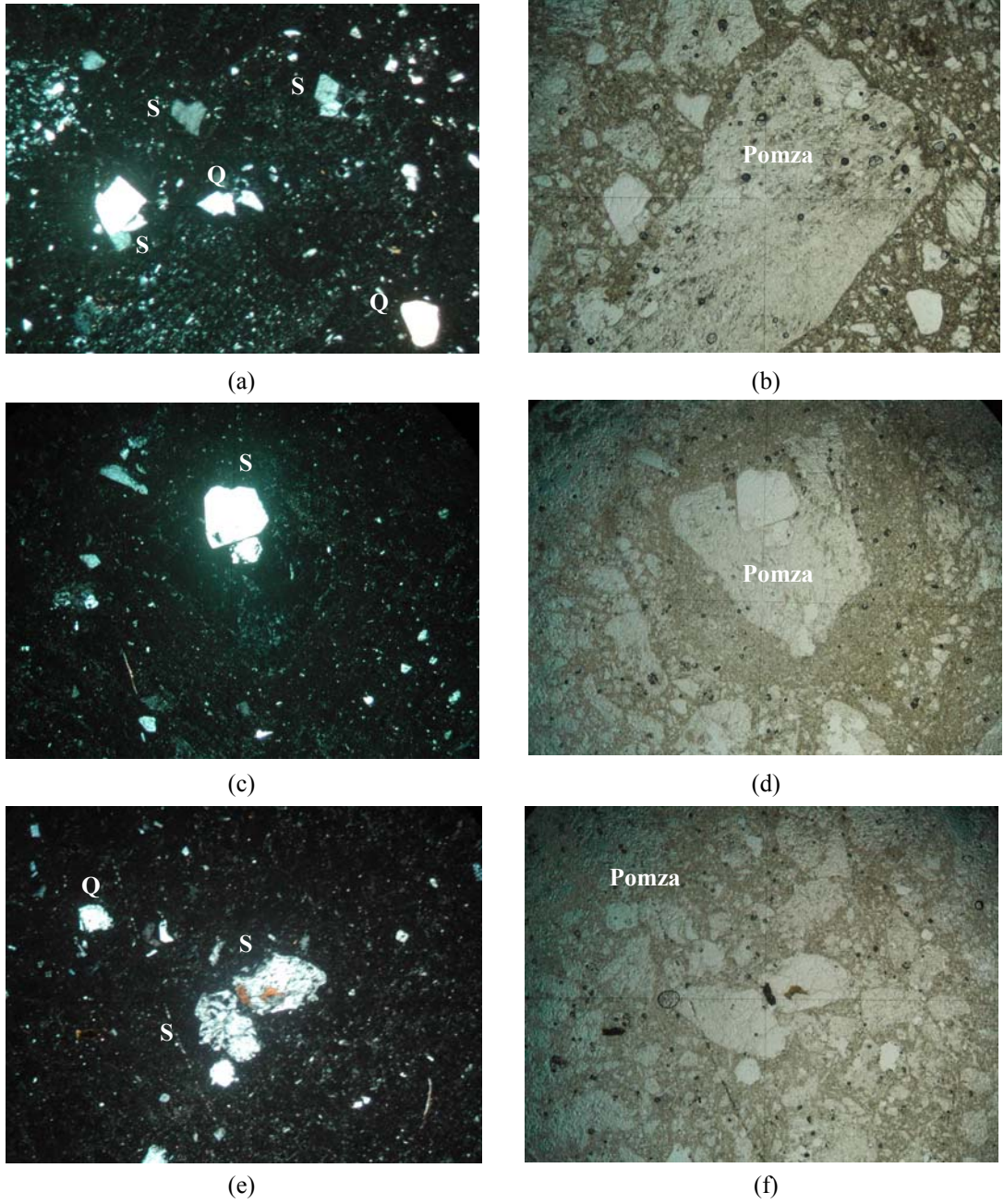
Alt Tabaka (P1): Volkanizmanın ürünü olarak pomza, perlit ve riyolit ayrıca kristal kuvars, az miktarda plajiyoklas ve sanidin görülmektedir. Tüm bileşenlerin (kaya parçası ve kristal olarak) aynı boyutta olduğu, ayrıca tanelerde hafif yönlenme ve yuvarlaklaşma olduğu gözlenmiştir. Bu durum ise malzemenin bir yerden başka bir yere taşındığını göstermektedir. Tüm özellikleri aynı olan bu iki kesitte killeşmiş malzeme yani çok ince boyutlu feldspatça zengin kül oranının yüksek olduğu gözlenmektedir. Kesitlerde görülen mangan veya grafit ikincil olarak dışarıdan taşınma esnasında gelmiş olabilir.



Şekil 4. 1. Alt tabaka (P1) pomzanın ince kesit görüntüleri

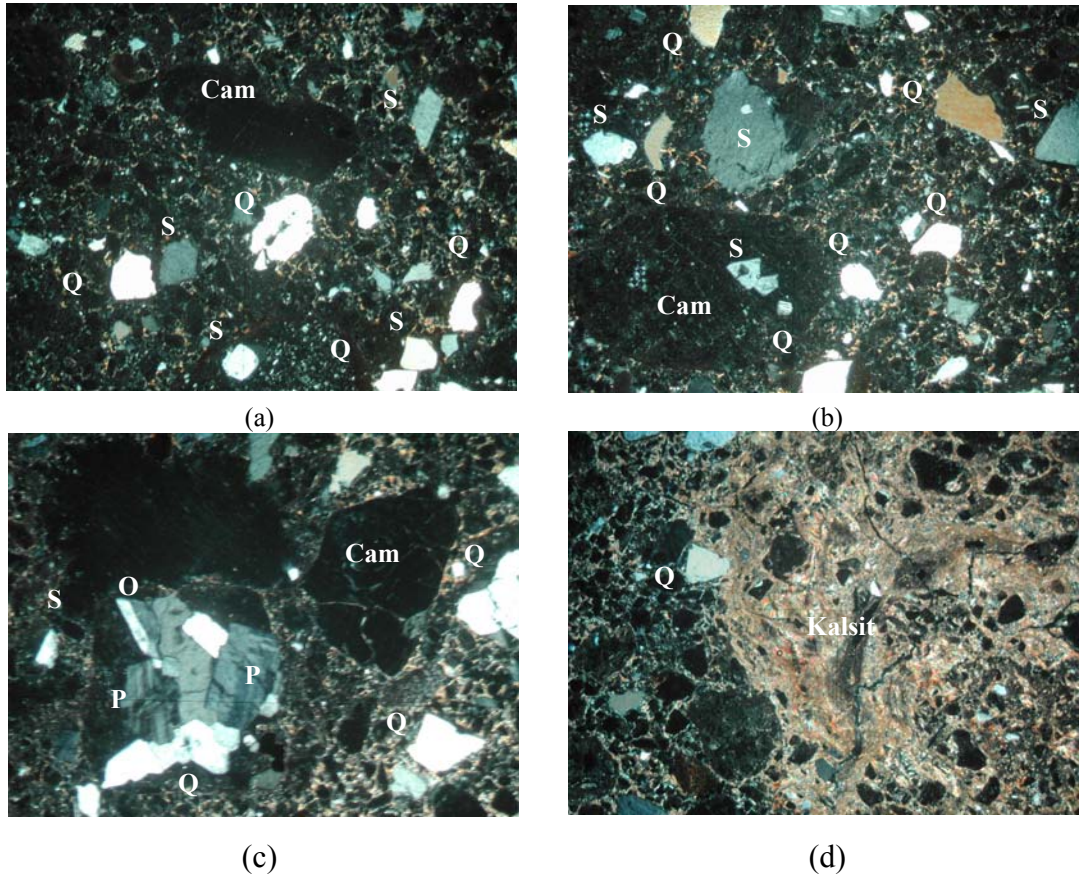
(S=Sanidin, Q=Kuvars); (a,b,c tek nikol, d çift nikol görüntüleridir)

Orta Tabaka (P2): Camsı yapıdaki perlit ve pomza parçaları, sanidin, kuvars, çok ince kristal kırıntılı (20-60 mikron arası) ara malzeme (volkanik kül), granit parçası (ortoklas, plajiyoklas, biyotit) gözlenmiştir.



Şekil 4. 2. Orta Tabaka (P2) pomzanın ince kesit görüntüleri
(S=Sanidin, Q=Kuvars); (a,c,e-tek nikol, b,d,f-çift nikol görüntüleridir)

Üst Tabaka (P3): Kuvars, sanidin, ortoklas, plajiyoklas, biyotit ve ikincil ürünler killeşmiş malzemeler, serizite dönüşmüş ara malzeme (çok ince boyutlu feldspatça zengin kül), kaya parçaları pomza, perlit, riyolit parçası, kaya kırıntısı olarak kuvarsit gözlenmiştir. Her iki kesitte de pomza oranı yüksek, ara malzeme olarak volkanik hamur dokusu gözlenmektedir.



Şekil 4. 3. Üst Tabaka (P3) pomzannın ince kesit görüntüleri

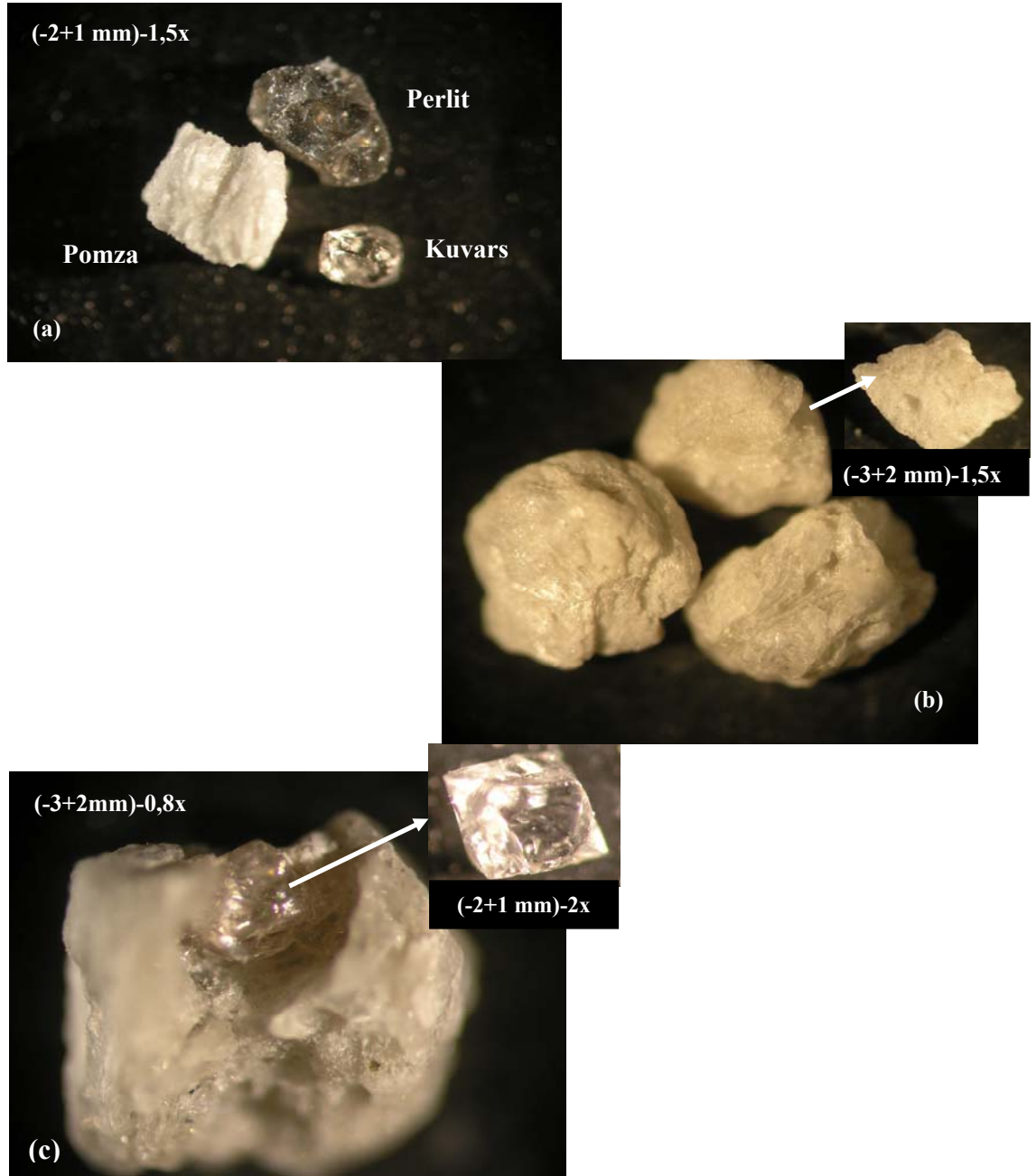
(S=Sanidin, Q=Kuvars, O=Ortoklas, P=Plajiyoklas); (a,b,c,d-tek nikol görüntüleridir)

4.1.2. X-Işını Difraksiyonu (XRD) Yöntemi ile Minerolojik Yapının Belirlenmesi

Alt, orta ve üst tabakalardan alınan temsili numunelere, Joel JSDX-100S4 marka X-ışını difraktometresi ile yapılan XRD analizi sonuçlarına göre; alt tabakada (P1), kuvars, ortoklas ve az miktarda plajiyoklas, klorit, biyotit, kaolen olduğu, orta tabakada (P2), kuvars, ortoklas, plajiyoklas ve az miktarda biyotit olduğu, üst tabakada (P3) ise kuvars, ortoklas, plajiyoklas ve az miktarda biyotit, montmorillonit olduğu saptanmıştır. Orta tabakada (P2), kuvars ve plajiyoklas miktarının diğer tabakalara göre daha fazla olduğu bulunmuştur. Alt tabakanın (P1), orta tabakaya (P2) göre daha fazla kuvars içerdiği ancak orta tabakanın da alt tabakaya göre daha fazla plajiyoklas içerdiği saptanmıştır. Alt tabakanın içerdiği ortoklas miktarının ise plajiyoklas miktarına göre çok daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Her üç tabakada da camsı yapının hakim olduğu, alt tabakada (P1) camsı yapının daha fazla, orta ve üst tabakaların ise alt tabakaya göre daha kristalen yapıda olduğu yorumlanmıştır.

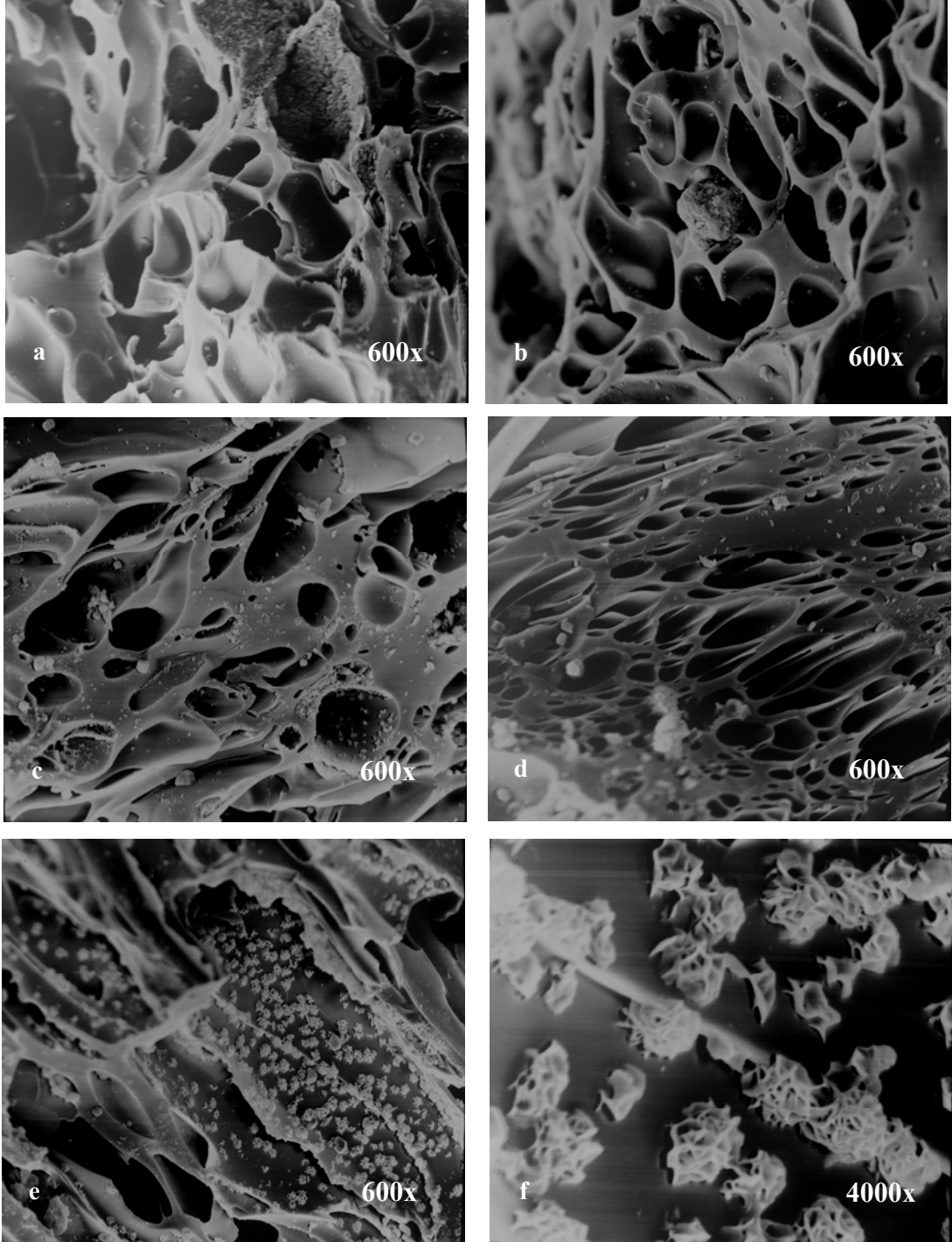
4.2. Menderes Pomzalarının Binoküler ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri

İzmir-Menderes pomza sahasından alınan pomza numunelerinin mikroskobik görüntüleri Şekil 4.4'de, SEM görüntüleri ise Şekil 4.5'de gösterilmiştir. Mikroskobik görüntüler, Olympus SZ61 marka, 20x objektife sahip binoküler mikroskop ile SEM görüntüleri ise Jeol JXA-733 Superprobe kullanılarak elde edilmiştir.



Şekil 4. 4. Menderes pomzalarının binoküler mikroskop görüntüleri

Şekil 4.4a'da, Menderes pomzalarının yapısında bulunan pomza, perlit ve kuvars tanelerinin, Şekil 4.4b'de sadece pomza tanelerinin, Şekil 4.4c'de ise pomza tanesine bağlı kristal kuvarsın görünüşleri binoküler mikroskop ile belirlenmiştir.



Şekil 4. 5. (-2+1 mm) tane boyutlu Menderes pomzalarının taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri

Şekil 4.5’de, Menderes pomzalarının yüzey özellikleri ve gözenek yapıları gösterilmiştir. Menderes pomzalarının, camsı dokuda, oldukça gözenekli ve farklı yapılarda gözeneklere sahip olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.5a, 4.5b ve 4.5c’de, gözeneklerin düzensiz, küresel ve oval yapılı, Şekil 4.5d’de ise oval, yönlenmiş ve kanallı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca pomzadaki iri boyutlu gözeneklerin dışında kalan amorf yapının üzerinde, küçük ve kendi içinde oldukça gözenekli yapıların olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.5e ve 4.5d).

4.3. Menderes Pomzalarının Kimyasal Yapısı

Sahadan alınan alt tabaka (P1), orta tabaka (P2) ve üst tabaka (P3) numunelerine yapılan kimyasal analiz sonuçları Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4. 1. Menderes pomza sahasından alınan örneklerin kimyasal kompozisyonu

Bileşim	Alt Tabaka (P1)	Orta Tabaka (P2)	Üst Tabaka (P3)
%SiO ₂	74,10	74,50	73,00
%Al ₂ O ₃	13,00	12,00	12,53
%Fe ₂ O ₃	1,28	0,64	1,44
%CaO	0,64	0,49	0,61
%MgO	0,26	0,12	0,31
%Na ₂ O	1,76	2,09	2,19
%K ₂ O	3,85	4,96	4,36
%TiO ₂	-	-	-
%K.Kayıbı	4,99	5,04	5,53

Sahadan alınan üç pomza örneğine ayrı ayrı yapılan kimyasal analizler sonucunda, her üç numunenin de %73,00-74,10 SiO₂, %12-13 Al₂O₃, %0,49-0,64 CaO, %0,12-0,31 MgO, %1,76-2,19 Na₂O, %3,85-4,96 aralıklarında K₂O içerdiği ve bu değerler ile oldukça yakın kimyasal kompozisyonlara sahip olduğu ancak %Fe₂O₃

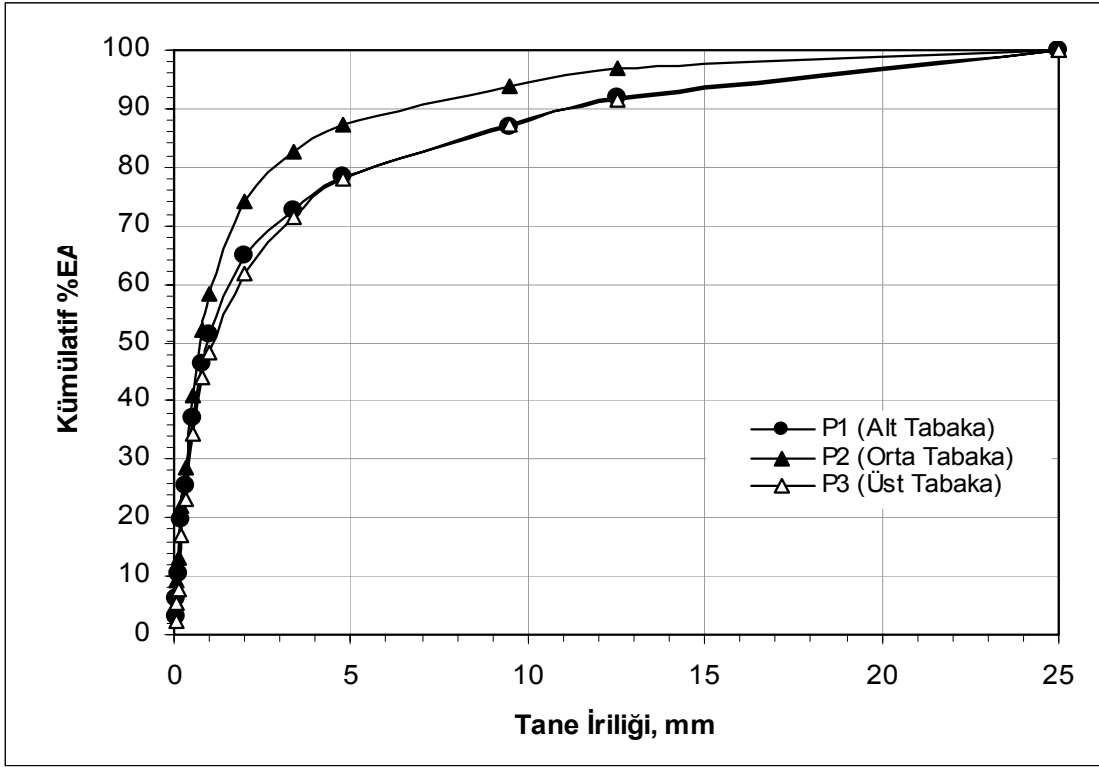
tenörünün alt tabaka (P1) numunesinde %1,28, orta tabaka (P2) numunesinde %0,64, üst tabaka (P3) numunesinde ise %1,44 olduğu bulunmuştur.

4.4. Menderes Pomzularının Tane Boyut Dağılımları

Sahadan alınan alt tabaka (P1), orta tabaka (P2) ve üst tabaka (P3) pomza numuneleri herhangi bir kırma işlemi uygulanmadan elek analizlerine tabii tutulmuş, rakamsal değerleri Tablo 4.2’de, grafiksel sunumu ise Şekil 4.6’da gösterilmiştir.

Tablo 4. 2. Menderes pomza sahasından alınan numunelerinin elek analizi sonuçları

Tane İriliği, mm	Alt Tabaka (P1)		Orta Tabaka (P2)		Üst Tabaka (P3)	
	%Ağ	Σ%EA	%Ağ	Σ%EA	%Ağ	Σ%EA
-25.0+12,5	8,21	100,00	3,14	100,00	8,45	100,00
-12,5+9,51	4,76	91,79	2,93	96,86	4,42	91,55
-9,51+4,76	8,71	87,03	6,67	93,93	9,07	87,14
-4,76+3,35	5,83	78,32	4,53	87,26	6,81	78,07
-3,35+2.00	7,58	72,49	8,72	82,73	9,39	71,26
-2.00+1.00	13,46	64,91	15,66	74,01	13,54	61,87
-1.00+0,80	5,23	51,45	6,18	58,35	4,48	48,33
-0,80+0,50	9,22	46,22	11,17	52,18	9,50	43,85
-0,50+0,30	11,47	37,01	12,35	41,00	11,15	34,35
-0,30+0,212	5,94	25,53	6,79	28,65	6,09	23,20
-0,212+0,106	9,17	19,60	8,63	21,86	9,30	17,11
-0,106+0,063	4,10	10,43	3,95	13,23	2,40	7,81
-0,063+0,038	3,28	6,33	3,96	9,28	3,24	5,41
-0,038+0,000	3,04	3,04	5,33	5,33	2,17	2,17



Şekil 4. 6. Sahadan alınan numunelerin elek analizleri





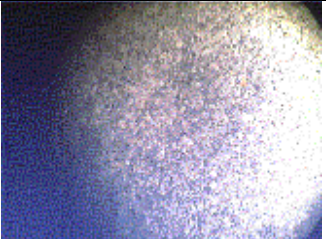
Tablo 4.2 ve Şekil 4.6'dan da görüldüğü gibi, P1 (alt tabaka) ile P3 (üst tabaka) pomza numuneleri tane boyut dağılımı yönünden birbirine yakın özellikte ve P2 (orta tabaka) pomza numunesine göre daha iri boyut aralığında dağılım göstermektedir.

4.5. Menderes Pomzalarının Elek Analizi Tane Boyut Aralıklarının Mikroskopik İncelemeleri








Her üç numunenin elek analiz ürünleri Olympus marka, 10x objektife sahip binoküler mikroskopta incelenerek, gözlem bulguları yorumlanmıştır.


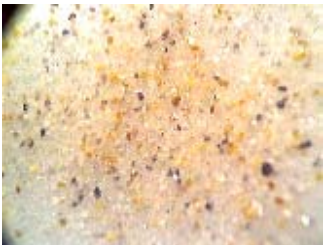
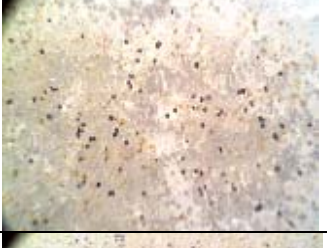




Alt Tabaka (P1) Pomza Örneği

<p>+12,5 mm</p> <p>Çoğunluğu kuvars taneciklerinden oluşan ve tüfle bağlanan beyaz renkli aglomere tanelerden oluşmuştur. Tamamen kenetlidir. Noktacıklar halinde siyah renkli manyetitleri de gözlemek mümkündür.</p>	
<p>-12,5 + 9,51 mm</p> <p>Tüm taneler, bir önceki fraksiyondaki gibi kuvars ve renkli gang minerallerinin tüfle bağlanmasından oluşan genelde yuvarlak iri taneli aglomeratlardır. Ancak yaklaşık %7 oranına tekabül eden bir oranda sert yüzeyli, kısmi olarak tüfle bağlanmış kuvars taneciği gözlenmiştir.</p>	
<p>-9,51+4,76 mm</p> <p>Bu boyutta kuvars tanecikleri tüfle aglomere olmuş ve kenetli durumda ancak %5 oranında yüzeyi tüfle sıvanmış kuvars tanecikleri ile az miktarda renkli tane gözlenmiştir. Serbestlik bu boyutta henüz sağlanamamıştır.</p>	
<p>-4,76+3,35 mm</p> <p>Bu boyutta, yine mat kuvars tanecikleri yaklaşık %25 oranında gözlenirken diğer taneler kuvars ve tüfle bağlanmış aglomeratlar şeklindedir. Yeterli oranda serbestlik görülmemektedir.</p>	
<p>-3,35+2 mm</p> <p>Kristal kuvars görülmemekle birlikte mat kuvars tanecikleri yaklaşık %60 oranındadır. Gerisi kuvars tanecikleri ile tufün oluşturduğu aglomeratlar şeklindedir. Ayrıca, pembe renkli içinde kuvars kapanımı olan tanecikler gözlenmiştir. Serbestlik henüz tam olarak sağlanamamıştır.</p>	
<p>-2+1 mm</p> <p>Çoğunluğu mat, %70 serbest kuvars taneciklerinden oluşan bir kaç tane kenetli renkli tane dışında ince kuvarsla tufün oluşturduğu aglomerat taneciklerinden oluşmuştur. Şu ana kadar herhangi bir kristal kuvars gözlenmemiştir. Bu fraksiyon P2 ve P3 numunelerin aynı fraksiyonları ile mukayese edildiğinde, renkli taneciklerin daha az oranda olduğu gözlenmiştir.</p>	
<p>-1+0,8 mm</p> <p>Bir kaç tane kristal kuvars dışında gerisi tuf ile yüzeysel olarak sıvanmış serbest kuvarslar mevcuttur. Yaş ortamda olası bir yüzeysel aşındırılmalı yıkamada serbest mat kuvarslar ortaya çıkacaktır. Bir kaç tane renkli empürite mineralleri dışında gerisi ince taneli kuvarslarla bağlanmış aglomerat tanelerinden oluşmuştur.</p>	

<p>-0,8+0,5 mm</p> <p>Çoğunluğu yüzeyi tüfle sıvanmış serbest kuvarslardan ve az sayıda kırılmış şeffaf kuvarslar ile toplam %75 oranında kuvarstan oluşup, gerisi ince kuvarsların tüfle bağlanmasından oluşan mikro aglomeratlardır. Bate yapıp incelendiğinde, manyetit tanelerin varlığı gözlenmiştir.</p>	
<p>-0,5+0,3 mm</p> <p>Çoğunluğu mat ve az miktarda kırık kristal kuvarsların oranında önemli artış gözlenmiştir. %80-85 oranında serbest kuvarslar mevcuttur. Geri kalanı ise (%10-15) ince kuvarsların tüfle bağlanmasından meydana gelen mikroaglomeratlardır.</p>	
<p>-0,3+0,212 mm</p> <p>Serbest kuvarslar oranı %90 oranında, %2-3 oranında da empürite mevcuttur. Gerisi serbest tuf taneciklerinden oluşmaktadır.</p>	
<p>-0,212+0,106 mm</p> <p>Bu fraksiyonda ise, çok az noktasal kenetlenmeler görülmekle birlikte kuvarslar oranı %90-95 arasında olup, %2-3 oranında serbest manyetit tanecikleri görülmektedir. Gerisi serbest tuf taneciklerinden oluşmaktadır. Gerek manyetik, gerek yoğunluğa göre zenginleştirme yönünden uygun bir yapı mevcuttur.</p>	
<p>-0,106+0,063 mm</p> <p>Serbest kuvarslar oranı %70'lere düşmüş, buna karşın serbest tuf oranı %25-28'lere yükselmiştir. Gerisi ise %3 oranında başta manyetit olmak üzere serbest demir oksit minerallerinden oluştuğu gözlenmektedir.</p>	
<p>-0,063+0,038 mm</p> <p>Kuvarslar oranı düşük (%60-65), tuf oranı ise (%33-34) yüksektir. Geri kalanında ise demir oksit ve mika taneleri mevcuttur.</p>	
<p>-0,038 mm</p> <p>Bate yapıp incelendiğinde, kuvarslar oranı %20-25 oranına düşmüş, geri kalanı ise tüften oluşmuştur.</p>	







Orta Tabaka (P2) Pomza Örneği;

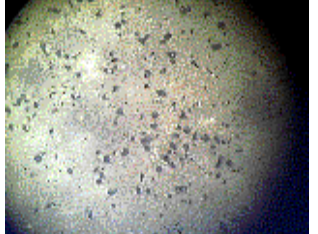

<p>+12,5 mm</p> <p>Bu boyutta aglomere olmuş tanelerin ana bileşim minerali kuvars tanecikleri olup, tüfle bağlanmış durumdadır. Empürite olarak ise obsidiyen (veya perlit) görülmektedir. Nitekim yandaki şekilde böyle bir yapıyı izlemek mümkündür. Görüldüğü gibi tamamen kentli olup, bu boyuttaki bir ürünü seramik, cam gibi empüritelere duyarlı bir ürün üretmede kullanmak uygun olmayacaktır.</p>	
<p>-12,5 + 9,51 mm</p> <p>Bu sanal tanelerde de ana bileşen kuvars olup, tüflerle bağlanmış ve beyaz renklidir. Ayrıca kenetli durumdadır. Bu boyutta da yukarıdaki fraksiyon gibi zenginleştirme mümkün değildir.</p>	
<p>-9,51+4,76 mm</p> <p>%95'i yine kuvars taneciklerinin tüflerle aglomere olmasından meydana gelen taneciklerden oluşup, geri kalanı (%3-5) ise gri renkli, büyük olasılıkla volkan camı obsidiyen (veya perlit) olduğu gözlenmiştir.</p>	
<p>-4,76+3,35 mm</p> <p>Çoğunluğu kuvars taneciklerinin tüfle kenetlendiği taneler olup, az miktarda serbest kuvars tanecikleri, volkan camı (obsidiyen) ile beyaz sedef renkli perlit tanecikleri de görülmektedir.</p>	
<p>-3,35+2 mm</p> <p>Bu fraksiyonda, kuvars ve tüf birleşik taneleriyle, %10 oranında muhtemelen perlit olan tanecikler ve %3-5 oranında da beyaz ışınal yapıda yumuşak pomza taneciklerinden oluşmaktadır.</p>	
<p>-2+1 mm</p> <p>Kuvars tanecikleri %15-20 oranında serbestleşmiş olup, çok azı kristal ve çoğu kırılmış kristallerden oluşmaktadır. Bir kısmı dumanlı kuvars görünümündedir.</p>	
<p>-1+0,8 mm</p> <p>Kuvars tanecikleri %40 oranında mat ve kristal olarak, gerisi ise daha ince kuvars ve tüflerle kenetli halde bulunmaktadır. Bate yapılıp incelendiğinde, demir mineralleri görülmektedir.</p>	

<p>-0,8+0,5 mm</p> <p>%45 oranında çoğunluğu şeffaf kuvarstan oluşup, gerisi ince taneli kuvars ve tüflerden oluşan birleşik taneler şeklindedir. Birleşik taneler hem yassı hem de yuvarlak taneler şeklindedir. Ayrıca pembemsi ve kırmızı renkli tanecikler ile siyah renkli gang mineralleri de mevcuttur. Bate yapıp incelendiğinde, kuvars ve renkli bileşen oranının bir önceki fraksiyona göre artış gösterdiği tespit edilmiştir.</p>	
<p>-0,5+0,3 mm</p> <p>Bu fraksiyonda da, serbest parlak kristal ile mat kuvars oranları yarı yarıya olmak üzere %50 oranında olup, gerisi ince kuvars ve tüflerden oluşan yuvarlak, yassı biçimli taneciklerdir. Ayrıca toplam %3-5 arasında siyah (manyetit) ve pembemsi renkli gang mineralleri mevcuttur. Bate yapıp incelendiğinde, siyah renkli manyetit ile pembe renkli tanecikler eşit oranda olduğu görülmektedir.</p>	
<p>-0,3+0,2 mm</p> <p>Serbest kuvars oranı %60 olurken pembe tanecikler oranı %10, siyah tanecik (manyetit) oranı da %5 oranında, gerisi ise ince taneli kuvars ile bileşik tane oluşturan tüflerden oluşmuştur. Yine birkaç tane de olsa kırmızımsı siyah renkli okside olmuş biyotit tanecikleri de görülmektedir.</p>	
<p>-0,2+0,106 mm</p> <p>Kristal kuvars %20 oranında ve yine %20 oranında kırılmış kristal kuvarslar mevcut olup, gerisi tüftür. Tanelerin bir kısmı mikro boyutta kenetli olup, ayrıca siyah renkli manyetitler ile biyotit gözlenmiştir.</p>	
<p>-0,106+0,063 mm</p> <p>Kuvars oranı %20 oranına düşmüş, gerisi ise tuf ve siyah ile renkli manyetit tanelerinden oluştuğu görülmektedir.</p>	
<p>-0,063+0,038 mm</p> <p>Bate yapıp incelendiğinde, siyah renkli tanecikler oranının diğer kırmızı renklilere karşın daha fazla olduğu görülmektedir.</p>	
<p>-0,038 mm</p> <p>Bate yapıp incelendiğinde, siyah renkli empüritelere artmış olduğu görülmektedir.</p>	

Üst Tabaka (P3) Pomza Örneği;

<p>+12,5 mm</p> <p>Ana bileşeni köşeli ve yuvarlak iri kuvarsit tanecikleri olup, gözenekli volkanik tüfle sarılmış durumdadır. Tüflerin bir kısmı sarımsak, bir kısmı da beyaz görünümündedir.</p>	
<p>-12,5 + 9,51 mm</p> <p>Bir önceki tane boyut fraksiyonuna göre, serbest köşeli ve yuvarlak kuvarsları bağlayan, ince boşluklu tüfler daha düşük miktardadır. Yine, olası demir içeriğine bağlı olarak çok açık sarımsak ve beyaz yapılı tanecikler görülmektedir.</p>	
<p>-9,51+4,76 mm</p> <p>Bu tane aralığında, serbest köşeli ve yuvarlak kuvarslar %40-50 oranında olup, ince taneli ve poroz yapılı tüfle aglomere olmuştur. Ayrıca, tüfit ile sarımsı iri kuvarsit tanecikleri de mevcuttur. Tanelerin bir kısmı (yarıyarıya) şekilde de görüldüğü gibi demir içerikli olup kırmızımsak bir kısmı ise beyaz renktedir.</p>	
<p>-4,76+3,35 mm</p> <p>Bu tane aralığında da, kuvarsit tanecikleri ve onu bağlayan tüf mevcuttur. Ayrıca çok ince taneli tüflerin yuvarlanarak aglomere olmasından, bu boyuta göre sanal tanecikler oluşmuştur. Bir kaç tane serbest kuvarsit taneciği etrafı tüf sıvamağı olup, bazı taneciklerde demirli kuvarslardan oluşmuştur. Geri kalanı ise, şekilsiz, poroz yapılı kuvarsit ve tüften oluşan taneciklerdir. Kuvarsit oranının artması ve de demirli bileşenlerinin mevcudiyeti ile yuvarlak (aglomere olmuş) ve poroz yapılı bileşenlerin olması hafif tuğla üretimine uygunluğa işaret etmektedir.</p>	
<p>-3,35+2 mm</p> <p>Bu tane aralığında serbest demirli ve demirsiz kuvarsit taneleri oranında artış gözlenmiş olup, kuvarsitlerin bir kısmı da yuvarlak görünümündedir. Ayrıca camsı yapıda bileşenler ile ince taneli ve aglomere olmuş tüfler mevcuttur. Bu yapıyla hafif, gözenekli tuğla eldesi olanağı görülmektedir.</p>	
<p>-2+1 mm</p> <p>Bu tane aralığında pomzayı oluşturan bireysel minerallerden örneğin kuvarsit, tüfler ve camsı yapıdaki bileşenlerde, belli oranda serbestlik gözlenmektedir. Nitekim şekilde de görüldüğü gibi camsı kuvarsit taneciklerini görmek mümkündür. Bu taneciklerin yoğunluğa göre (sallantılı masa), ince boyutlu jigde, humprey spiralinde veya kuru olarak elektrostatik seperatörlerde nitelikli optik cam üretiminde kullanılabilecek bir konsantre elde edilebilir. Ancak bu oran (serbest kuvarsit tanecikleri) %10-15 arasındadır ve gerisi tüftür.</p>	

<p>-1+0,8 mm</p> <p>Şeffaf kristal kuvars oranında önemli bir artış görülmüş olup, bu oran yaklaşık %40'dır. Gerisi camsı ve gözenekli yapıdaki tüflerden oluşmuştur. Kuvarsın kazanımı ile optik cama uygun bir ürün kazanılmış olacak, hatta kristal olanları ince boyutlu süs taşı olarak bile değerlendirilebilecek niteliktedir.</p>	
<p>-0,8+0,5 mm</p> <p>Bu fraksiyonda serbestlik derecesi artmış olup, serbest kristal kuvars ve kristal olmayan kuvars oranı %50-60 oranındadır. Sallantılı masa ile temiz bir kuvars eldesi mümkündür. Ancak bunun suda dağıtılıp, -1 mm altına elenerek, kademeli siklonla da temiz kuvars ürünleri alma olasıdır. Ancak bu çalışmada, -1 mm altındaki ürünleri sınıflandırdıktan sonra sallantılı masa ile zenginleştirmek kuvarsın selektif olarak ayrılmasını sağlayabilecektir.</p>	
<p>-0,5+0,3 mm</p> <p>Bu fraksiyonda, serbest kuvars oranında bir önceki fraksiyona göre artış mevcuttur. Ancak bu fraksiyonda siyah renkli manyetitler haricinde, büyük bir olasılıkla turmalin veya obsidiyen mevcuttur. Bu durumda, -1 mm altına indirilmiş ve sınıflandırılmış ürünlerin ayrı ayrı sallantılı masa ve manyetik seperatör ile zenginleştirme testleri denenmelidir. Manyetik zenginleştirme deney ürünlerinden manyetik olmayan ürünün sallantılı masa veya elektrostatik seperatörde zenginleştirilmesi ile temiz kuvars eldesinin olanaklı olacağı mikroskobik çalışmalardan görülmektedir. Veya sallantılı masa ürünlerinin manyetik seperatörle zenginleştirilmesi önerilmektedir.</p>	
<p>-0,3+0,2 mm</p> <p>Bir önceki fraksiyon gibi, serbest kuvars oranı ve manyetit minerallerinin oranı artmıştır. Önceki fraksiyonda önerilen zenginleştirme prosedürünün bu fraksiyon için de uygulanabileceği düşünülmektedir.</p>	
<p>-0,2+0,106 mm</p> <p>Bu tane aralığında, serbestlik daha da artıp, siyah renkli gang mineralleri oranında artış görülmüştür.</p>	
<p>-0,106+0,063 mm</p> <p>Bu tane aralığında, serbestlik oranının arttığı ve ağır mineral oranının kuvarsa nazaran daha fazla olduğu görülmektedir. Bate yapılp incelendiğinde, numunenin bol miktarda manyetit içerdiği görülmektedir.</p>	

<p>-0,063+0,038 mm</p> <p>Bu tane aralığında, bate yapıp incelendiğinde, yine ağır minerallerin serbest ve miktarının fazla olduğu görülmektedir.</p>	
<p>-0,038 mm</p> <p>Bu fraksiyonda bate yapıp incelendiğinde, bir önceki fraksiyondaki gibi, ağır ve siyah renkli manyetitlerin mevcut olduğu görülmektedir.</p>	

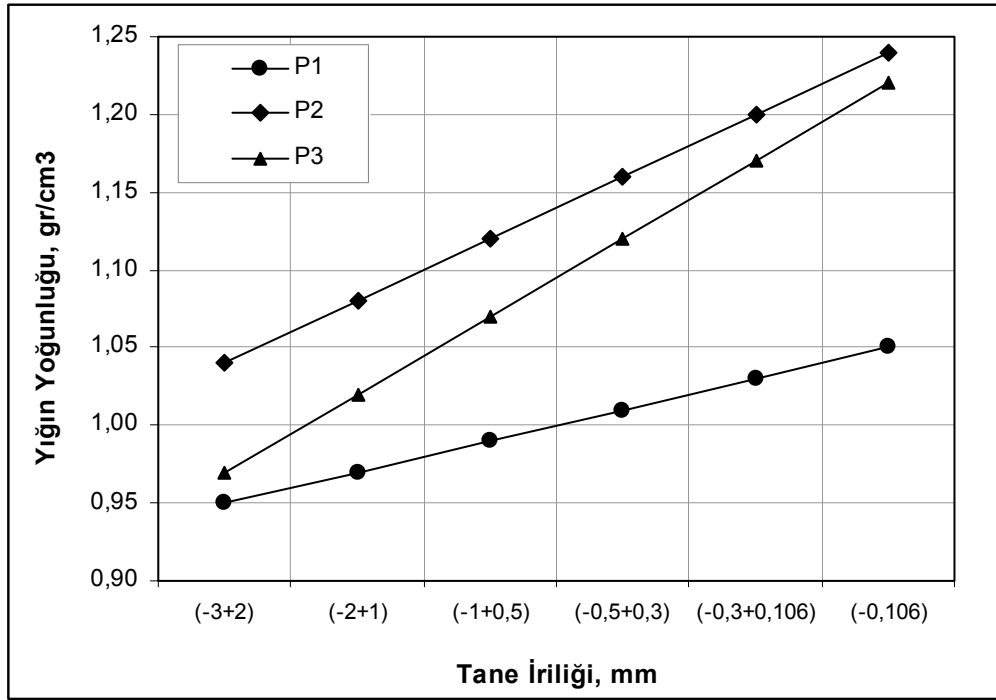
4.6. Menderes Pomzalarının Hakiki ve Yığın Yoğunlukları

Menderes pomza sahasından temin edilen her üç pomza numunesinden alınan temsili örnekler, -0,1 mm tane boyutunun altına öğütüldükten sonra hakiki yoğunlukları piknometre ile ölçülüp hesaplanmıştır. Böylece alt tabaka (P1) ve orta tabaka (P2) pomza numunelerinin hakiki yoğunluklarının 2,34 gr/cm³, üst tabaka (P3) pomza numunesinin hakiki yoğunluğunun ise 2,38 gr/cm³ olduğu belirlenmiştir.

Pomza temsili numuneleri Tablo 4.3’de gösterilen tane boyut aralıklarında sınıflandırıldıktan sonra her bir fraksiyonunun yığın yoğunlukları tespit edilmiş ve sonuçları Şekil 4.7’de grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 4. 3. Sahadan alınan örneklerin tane boyut aralıklarının yığın yoğunlukları

Tane İriliği, mm	P1, gr/cm ³	P2, gr/cm ³	P3, gr/cm ³
-3,000+2,000	0,95	1,04	0,97
-2,000+1,000	0,97	1,08	1,02
-1,000+0,500	0,99	1,12	1,07
-0,500+0,300	1,01	1,16	1,12
-0,300+0,106	1,03	1,20	1,17
-0,106+0,000	1,05	1,24	1,22



Şekil 4. 7. Sahadan alınan örneklerin tane boyut aralıklarının yığın yoğunlukları

Tablo 4.3 ve Şekil 4.7’de gösterildiği gibi, alt tabaka (P1) pomza cevherinin fraksiyonel yığın yoğunluğu $0,95-1,05 \text{ gr/cm}^3$ arasında, orta tabaka (P2) pomza cevherinin yığın yoğunluğu $1,04-1,24 \text{ gr/cm}^3$, üst tabaka (P3) pomza cevherinin yığın yoğunluğu ise $0,97-1,22 \text{ gr/cm}^3$ arasındaki değerlerde olduğu bulunmuştur.

4.7. Menderes Pomzalarının Asitte ve Suda Çözünürlükleri

Sahadan alınan temsili P1 (alt tabaka), P2 (orta tabaka) ve P3 (üst tabaka) pomza numunelerinin, su ve asit ortamlarındaki çözünürlükleri araştırılmıştır. Pomza numunelerinin suda ve asitteki (%10 H_2SO_4) çözünme testleri, $105 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki etüvde kurutularak tartımları alınan numunelerin, %20 katı oranında, 3 saat süre ile karıştırıcı yardımıyla oda sıcaklığında karıştırılarak ve 24 saat süre ile ortamda bekletilerek yapılmıştır. Su içerisinde çözünme testi sonucunda pomza numunelerinde herhangi bir çözünmenin olmadığı saptanmıştır. Pomza numunelerinin %10 H_2SO_4 ortamında yapılan çözünürlük testleri sonucunda ise alt tabaka numunesi (P1) ağırlıksal olarak %5,78, orta tabaka numunesi (P2) ağırlıksal

olarak %5,39, Üst tabaka numunesi ise ağırlıksal olarak %5,64 oranında çözüldüğü saptanmıştır.

4.8. Menderes Pomzalarının Bond Öğütülebilirlik Testleri

Sahadan alınan alt tabaka (P1), orta tabaka (P2) ve üst tabaka (P3) pomza numunelerinin Bond öğütülebilirlik testleri TS 7700 standardına uygun olarak yapılmıştır. Tamamı 3 mm tane boyutunun altına kırılan pomza numunelerinin öğütülebilirlik iş indeksleri, iç çapı ve uzunluğu (içten) 305 mm, dönüş hızı 70 dev/dk olan Bond değirmeninde yapılmıştır. Değirmende 285 adet, yaklaşık 20,13 kg bilya kullanılmıştır (Tablo 4.4).

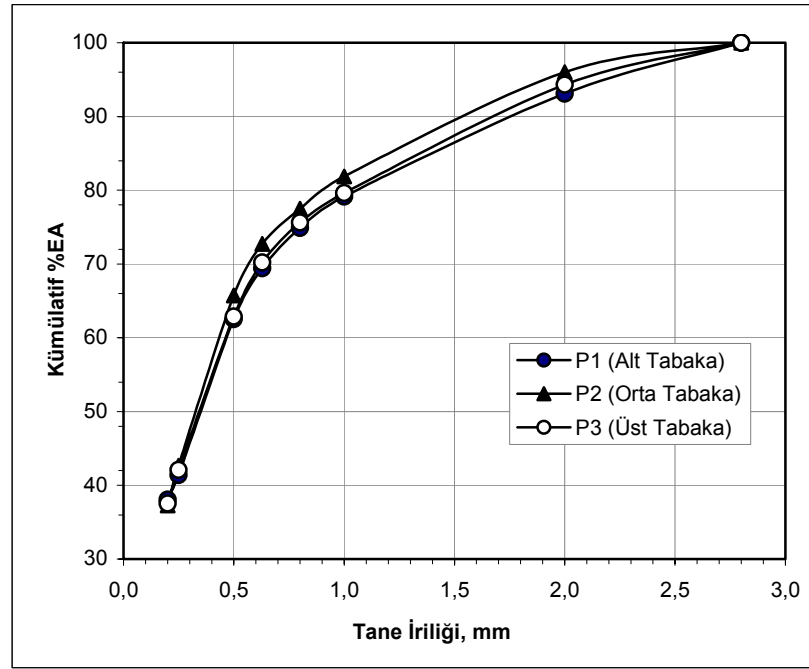
Tablo 4. 4. Bond Değirmeninde kullanılan bilyaların özellikleri

Nominal Bilya Çapı, mm	Ortalama Bilya Çapı, mm	Bilya Adedi	Ağırlık (yaklaşık), g
38,10	36,83	43	8730
31,75	29,72	67	7197
25,40	25,91	10	705
19,05	19,30	71	2058
12,70	15,49	94	1441
TOPLAM		285	20131

Pomza cevheri 700 ml'lik hacmi kaplayacak şekilde sıkıştırılmış ve tartılarak değirmene koyulması gereken miktarı tespit edilmiştir. Bond iş indeksi değerinin saptanabilmesi için alt tabaka (P1) pomza numunesinden 940 gr, orta tabaka (P2) pomza numunesinden 1005 gr, üst tabaka (P3) pomza numunelerinden ise 1090 gr numune değirmene beslenmiştir. Her üç pomza numunesi için değirmene beslenecek olan malzemenin elek analiz sonuçları Tablo 4.5 ve Şekil 4.8'de, değirmende öğütülen malzemenin elek analizi sonuçları ise Tablo 4.6 ve Şekil 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4. 5. Değirmene beslenen pomza örneğinin elek analizi sonuçları

Tane İriliği, mm	P1	P2	P3
	$\Sigma\%EA$	$\Sigma\%EA$	$\Sigma\%EA$
-2,80+2,00	100,00	100,00	100,00
-2,00+1,00	93,10	96,03	94,30
-1,00+0,80	79,15	81,85	79,62
-0,80+0,63	74,90	77,51	75,63
-0,63+0,50	69,42	72,71	70,22
-0,50+0,25	62,54	65,75	62,89
-0,25+0,20	41,39	42,65	42,09
-0,20+0,00	38,05	37,28	37,54

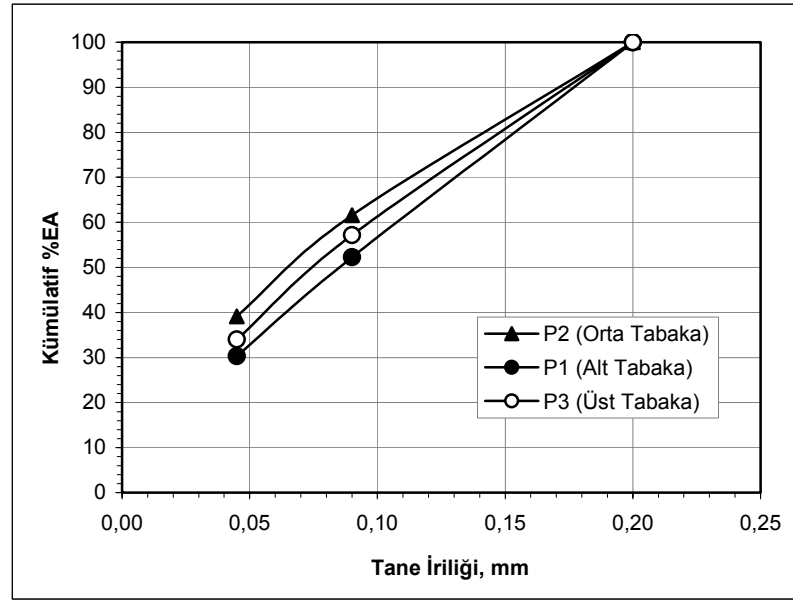


Şekil 4. 8. Değirmene beslenen pomza örneklerinin elek analizi sonuçları

Tablo 4.5 ve Şekil 4.8'de gösterildiği gibi, değirmene beslenen alt tabaka (P1), orta tabaka (P2) ve üst tabaka (P3) pomza numunelerinin %80'inin geçtiği elek açıklıkları sırasıyla 1020 μm , 900 μm ve 1000 μm 'dur.

Tablo 4. 6. Öğütülen pomza örneklerinin elek analiz sonuçları

Tane İriliği, mm	P1	P2	P3
	$\Sigma\%EA$	$\Sigma\%EA$	$\Sigma\%EA$
-0,200+0,090	100,00	100,00	100,00
-0,090+0,045	52,30	61,60	57,20
-0,045+0,000	30,30	39,10	34,00



Şekil 4. 9. Öğütülen pomza örneklerinin elek analiz sonuçları

Tablo 4.6 ve Şekil 4.9'da gösterildiği gibi, öğütülen alt tabaka (P1), orta tabaka (P2) ve üst tabaka (P3) pomza numunelerinin %80'inin geçtiği elek açıklıkları sırasıyla 141 μm , 145 μm ve 153 μm 'dur.

Bond öğütülebilirlik iş indeks değeri aşağıda verilen formül yardımıyla hesaplanmış ve alt tabaka (P1), orta tabaka (P2), üst tabaka (P3) pomza numunelerinin Bond öğütülebilirlik iş indeks değerleri Tablo 4.7'de verilmiştir.

$$W_i, kwh/t = \frac{44,5}{P_1^{10,23} \times G_{ORT}^{-0,82} \times (10/\sqrt{p_{80}} - 10/\sqrt{F_{80}})} \times 1,10$$

- $P_1, \mu m$: Numunenin öğütülmesi istenen elek açıklığı, μm
 $G_{ORT}, g/dev$: Ortalama öğütülebilirlik değeri, g/dev
 $P_{80}, \mu m$: Öğütülen numunenin kütlege %80'inin geçtiği tane boyutu, μm
 $F_{80}, \mu m$: Besleme numunenin kütlege %80'inin geçtiği tane boyutu, μm
 $W_i (kwh/t)$: Öğütme iş indeksi, kwh/t

Tablo 4. 7. Pomza örneklerinin Bond öğütülebilirlik iş indeksi değerleri

	P1 (Alt Tabaka)	P2 (Orta Tabaka)	P3 (Üst Tabaka)
P₁, μm	200	200	200
G_{ORT}, g/dev	1,77	1,94	1,92
P₈₀, μm	141	145	153
F₈₀, μm	1020	900	1000
W_i, (kwh/t)	13,26	12,03	12,46

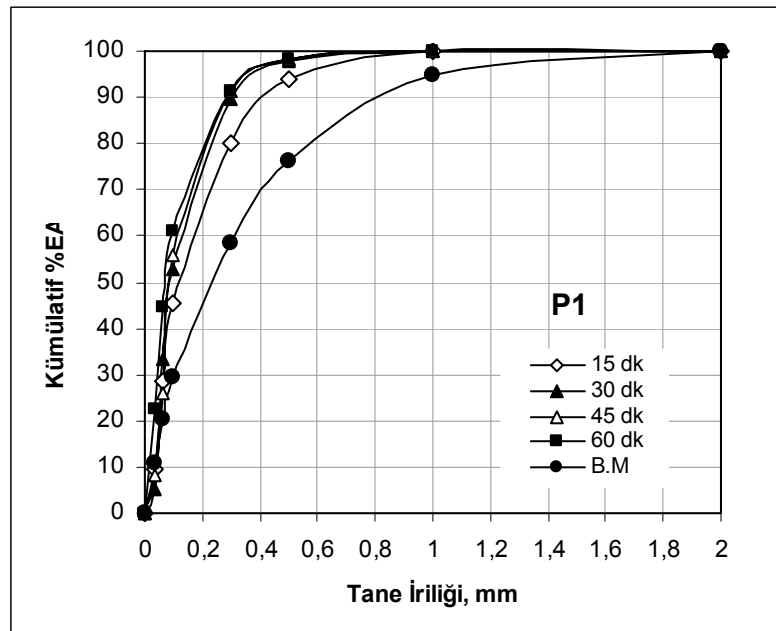
Tablo 4.7'de gösterildiği gibi, alt tabaka (P1), orta tabaka (P2) ve üst tabaka (P3) pomza numunelerinin Bond öğütülebilirlik iş indeksi değerleri sırasıyla 13,26 kwh/t, 12,03 kwh/t ve 12,46 kwh/t olduğu saptanmıştır.

4.9. Menderes Pomzalarının Öğütme Testleri

Sahadan alınan, alt tabaka (P1), orta tabaka (P2) ve üst tabaka (P3) pomza numuneleri -2 mm altına kırıldıktan sonra süreye bağlı olarak öğütme testlerine tabii tutulmuştur. Öğütme, seramik bilyalı değirmende kuru olarak yapılmış ve numunelerin her biri 15 dak., 30 dak., 45 dak. ve 60 dak. süre ile ayrı ayrı öğütülmüştür. Değirmene, 0,5 kg numune ve değirmen iç hacminin %40'ı (3,5 kg) oranında bilya şarj edilmiş ve öğütme 90 dev/dak sabit hızda yapılmıştır. Her üç numunenin öğütme test sonuçları Tablo 4.8, 4.9 ve 4.10'da verilmiş, Şekil 4.10, 4.11 ve 4.12'de de grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 4. 8. Alt Tabaka (P1) numunesinin öğütme testi elek analizi sonuçları

Tane İriliği, mm	B.M.	15 Dak.	30 Dak.	45 Dak.	60 Dak.
	$\Sigma\%EA$	$\Sigma\%EA$	$\Sigma\%EA$	$\Sigma\%EA$	$\Sigma\%EA$
-2,000+1,000	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
-1,000+0,500	94,64	100,00	100,00	100,00	100,00
-0,500+0,300	76,16	93,85	97,98	98,26	98,39
-0,300+0,106	58,40	80,21	89,45	91,22	91,35
-0,106+0,063	29,24	45,33	53,00	55,92	60,83
-0,063+0,038	20,30	28,59	33,13	25,83	44,38
-0,038+0,000	10,71	9,52	5,28	8,37	22,47

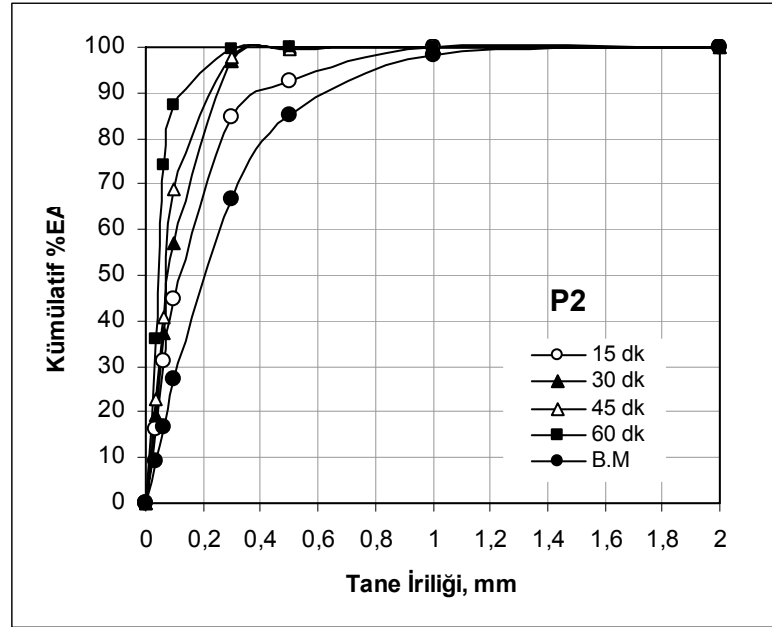


Şekil 4. 10. Alt Tabaka (P1) numunesinin öğütme testi elek analizi sonuçları

Tablo 4.8 ve Şekil 4.10'da gösterildiği gibi, alt tabaka (P1) pomza numunesine yapılan öğütme testi sonucunda, malzemenin %80'inin geçtiği elek açıklığı göz önüne alındığında, beslenen ürünün tane boyutunun 0,57 mm, 15 dak. öğütme sonunda elde edilen ürünün tane boyutunun 0,3 mm, 30 dak sonunda elde edilen ürünün tane boyutunun 0,24 mm, 45 dak öğütme sonunda elde edilen ürünün tane boyutunun 0,22 mm, 60 dak öğütme sonunda elde edilen ürünün tane boyutunun ise 0,21 mm olduğu saptanmıştır.

Tablo 4. 9. P2 (Orta Tabaka) numunesinin öğütme testi elek analizi sonuçları

Tane İriliği, mm	B.M.	15 Dak.	30 Dak.	45 Dak.	60 Dak.
	Σ%EA	Σ%EA	Σ%EA	Σ%EA	Σ%EA
-2,000+1,000	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
-1,000+0,500	98,08	100,00	100,00	100,00	100,00
-0,500+0,300	85,00	92,59	99,96	99,76	99,96
-0,300+0,106	66,60	84,66	97,08	97,87	99,75
-0,106+0,063	27,28	44,80	56,91	69,04	87,16
-0,063+0,038	16,62	31,25	37,35	40,99	73,99
-0,038+0,000	9,10	16,16	19,34	22,80	35,78

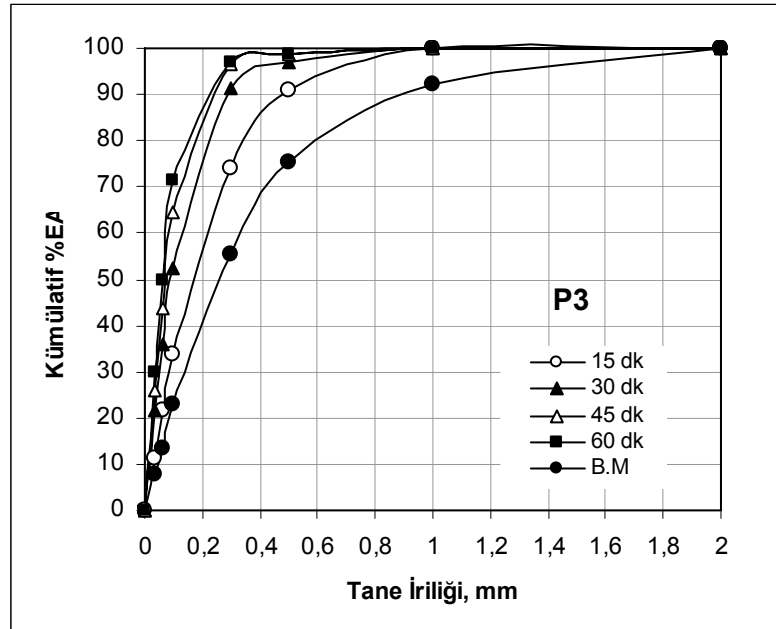


Şekil 4. 11. P2 (Orta Tabaka) numunesinin öğütme testi elek analizi sonuçları

Tablo 4.9 ve Şekil 4.11'de gösterildiği gibi, orta tabaka (P2) pomza numunesine yapılan öğütme testi sonucunda, malzemenin %80'inin geçtiği elek açıklığı göz önüne alındığında, beslenen ürünün tane boyutunun 0,41 mm, 15 dak. öğütme sonunda elde edilen ürünün tane boyutunun 0,27 mm, 30 dak sonunda elde edilen ürünün tane boyutunun 0,20 mm, 45 dak öğütme sonunda elde edilen ürünün tane boyutunun 0,16 mm, 60 dak öğütme sonunda elde edilen ürünün tane boyutunun ise 0,07 mm olduğu saptanmıştır.

Tablo 4. 10. P3 (Üst Tabaka) numunesinin öğütme testi elek analizi sonuçları

Tane İriliği, mm	B.M.	15 Dak.	30 Dak.	45 Dak.	60 Dak.
	Σ%EA	Σ%EA	Σ%EA	Σ%EA	Σ%EA
-2,000+1,000	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
-1,000+0,500	92,01	100,00	100,00	100,00	100,00
-0,500+0,300	75,13	91,10	96,91	98,56	98,62
-0,300+0,106	55,22	74,16	91,28	96,48	96,95
-0,106+0,063	22,97	33,57	52,41	64,60	71,60
-0,063+0,038	13,63	21,44	35,96	43,89	49,57
-0,038+0,000	7,72	11,32	21,54	26,17	29,93



Şekil 4. 12. P3 (Üst Tabaka) numunesinin öğütme testi elek analizi sonuçları

Tablo 4.10 ve Şekil 4.12'de gösterildiği gibi, üst tabaka (P3) pomza numunesine yapılan öğütme testi sonucunda, malzemenin %80'inin geçtiği elek açıklığı göz önüne alındığında, beslenen ürünün tane boyutunun 0,60 mm, 15 dak. öğütme sonunda elde edilen ürünün tane boyutunun 0,34 mm, 30 dak sonunda elde edilen ürünün tane boyutunun 0,23 mm, 45 dak öğütme sonunda elde edilen ürünün tane boyutunun 0,18mm, 60 dak öğütme sonunda elde edilen ürünün tane boyutunun ise 0,15 mm olduğu saptanmıştır.

Süreyeye bağılı yapılan öğütme testleri sonucunda, alt (P1) ve üst (P3) tabaka pomza numunelerinin birbirine yakın kırılma ve öğünme özelliğı gösterdiği, orta (P2) tabaka pomza numunesinin ise alt ve üst tabaka pomza numunelerine göre daha ince boyutta kırıldığı ve daha ince boyutlara öğünebildiğı saptanmıştır.

4.10. Menderes Pomzalarının Özgöl Yüzey Alanı Testleri

Bu çalışmada, -0,106 mm tane boyutu altına öğütölmüş ve sınıflandırılmış alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) pomza cevher numunelerinin özgöl yüzey alanları Blain Özgöl Yüzey Alanı test cihazı kullanılarak saptanmıştır.

Tablo 4. 11. Menderes pomza örneklerinin özgöl yüzey alanları

Ürünler	Tane İriği, mm	Özgöl Yüzey Alanı, gr/cm ²
Alt tabaka (P1)	-0,106+0,063	1081
	-0,063+0,038	1430
	-0,038+0,000	4156
Orta tabaka (P2)	-0,106+0,063	1240
	-0,063+0,038	2090
	-0,038+0,000	3482
Üst tabaka (P3)	-0,106+0,063	1358
	-0,063+0,038	1648
	-0,038+0,000	4001

Tablo 4.11'de gösterildiğı gibi, alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka sınıflandırılmış pomza numunesinin tane iriliğinin azalmasıyla özgöl yüzey alanının arttığı belirlenmiştir. Alt (P1) tabaka sınıflandırılmış pomza numunesinin özgöl yüzey alanının 1081-4156 gr/cm² arası değerlerde, orta (P2) tabaka sınıflandırılmış pomza numunesinin özgöl yüzey alanının 1240-3484 gr/cm² arası değerlerde ve üst (P3) tabaka sınıflandırılmış pomza numunesinin özgöl yüzey alanının 1358-4001 gr/cm² arası değerlerde olduğu bulunmuştur.

4.11. Menderes Pomzalarının Katyon Değişim Özellikleri

Bu çalışmada, alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomza cevher numunelerinin katyon değişim kapasiteleri ve değişebilir katyon miktarları araştırılmıştır. Menderes pomzalarının katyon değişim kapasiteleri, Na içeren ve pH'sı 8,2 olan Na-asetat

çözültüsü ile muamele edilip, Na^+ katyonu ile doyurulan numunelerin Amonyum-asetat ile muamelesi sonucu, Na^+ katyonları ile NH_4^+ katyonlarının yerdeğiştirmesi sağlanarak saptanmıştır. Ölçümler, flame fotometresi ile yapılmıştır. Bu çalışmalar, EÜ Ziraat Mühendisliği Toprak Bölümünün katkılarıyla yapılmıştır.

Tablo 4.12 ve 4.13’de, alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka Menderes pomzalarının katyon değişim kapasiteleri ve değişebilir katyon kapasiteleri sunulmaktadır.

Tablo 4. 12. Menderes pomzalarının katyon değişim kapasiteleri

Ürünler	Katyon Değişim Kapasitesi, me/100 gr
Alt tabaka (P1)	5,60
Orta Tabaka (P2)	2,00
Üst Tabaka (P3)	6,60

Tablo 4. 13. Menderes pomzalarının değişebilir katyon değişim kapasiteleri

Değişebilir Katyon Kapasitesi; me/100 gr	Alt Tabaka (P1)	Orta Tabaka (P2)	Üst Tabaka (P3)
K^+	0,4	0,2	0,3
Na^+	0,6	0,1	0,2
Ca^+	0,9	0,3	1,2
Mg^+	0,8	0,3	0,7

Tablo 4.12 ve 4.13’de gösterildiği gibi, alt (P1) tabaka, orta (P2) tabaka ve üst (P3) tabaka pomza numunelerinin katyon değişim kapasitelerinin sırasıyla 5,6 me/100 g, 2 me/100 g ve 6,6 me/100 g olduğu saptanmıştır. Yani, örnek olarak katyon değişim kapasitesi (KDK), 6,6 me/100 g olan üst tabaka (P3) pomza numunesi, her 100 g ile 6,6 mg H^+ veya onun eşdeğeri miktardaki bir iyonu adsorbe edebilecek yetenektedir. Alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomza numunelerinin değişebilir katyon kapasiteleri ise K^+ için 0,2-0,4 me/100 g arasında, Na^+ için 0,1-0,6 me/100 g arasında, Ca^+ için 0,3-1,2 me/100 g arasında, Mg^+ için 0,3-0,8 me/100 g arasında değişim göstermiştir. Alt ve üst tabaka pomza numunelerinin az miktarda kil minerali içermeleri nedeniyle katyon değişim

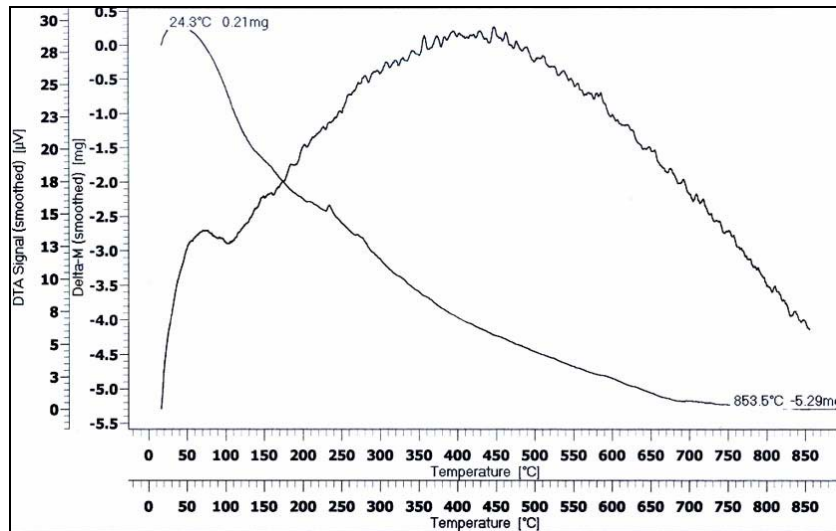
kapasitelerinin, orta tabaka pomza numunesininkine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

4.12. Menderes Pomzalarının Isıl Özellikleri

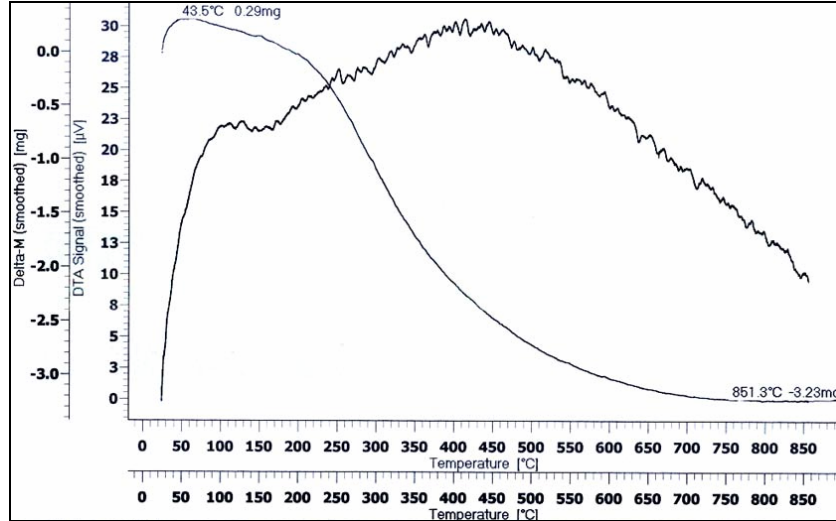
4.12.1. Sıcaklığa Bağlı Kütle Kaybı ve Isıl Reaksiyonlar

Sahadan alınan alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomza numunelerinin DTA (Differential Thermal Analysis) ve TGA (Thermal Gravimetry) analizleri yapılmıştır. Analizler, Afyon Kocatepe Üniversitesi-TAGEM'in katkılarıyla yapılmıştır.

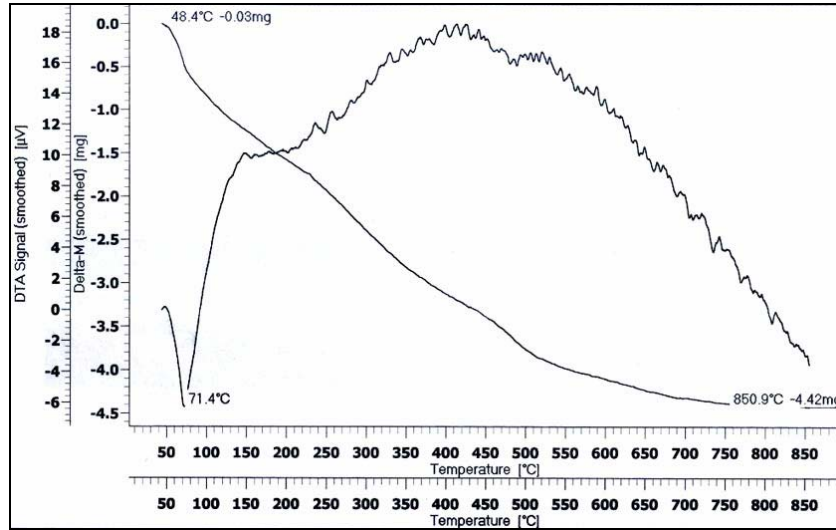
Şekil 4.13'de alt (P1) tabaka, Şekil 4.14'de orta (P2) tabaka, Şekil 4.15'de ise üst (P3) tabaka pomza numunelerinin DTA ve TGA analiz sonuçları sunulmuştur.



Şekil 4. 13. Alt tabaka (P1) pomza numunesinin DTA-TGA eğrisi



Şekil 4. 14. Orta tabaka (P2) pomza numunesinin DTA-TGA eğrisi



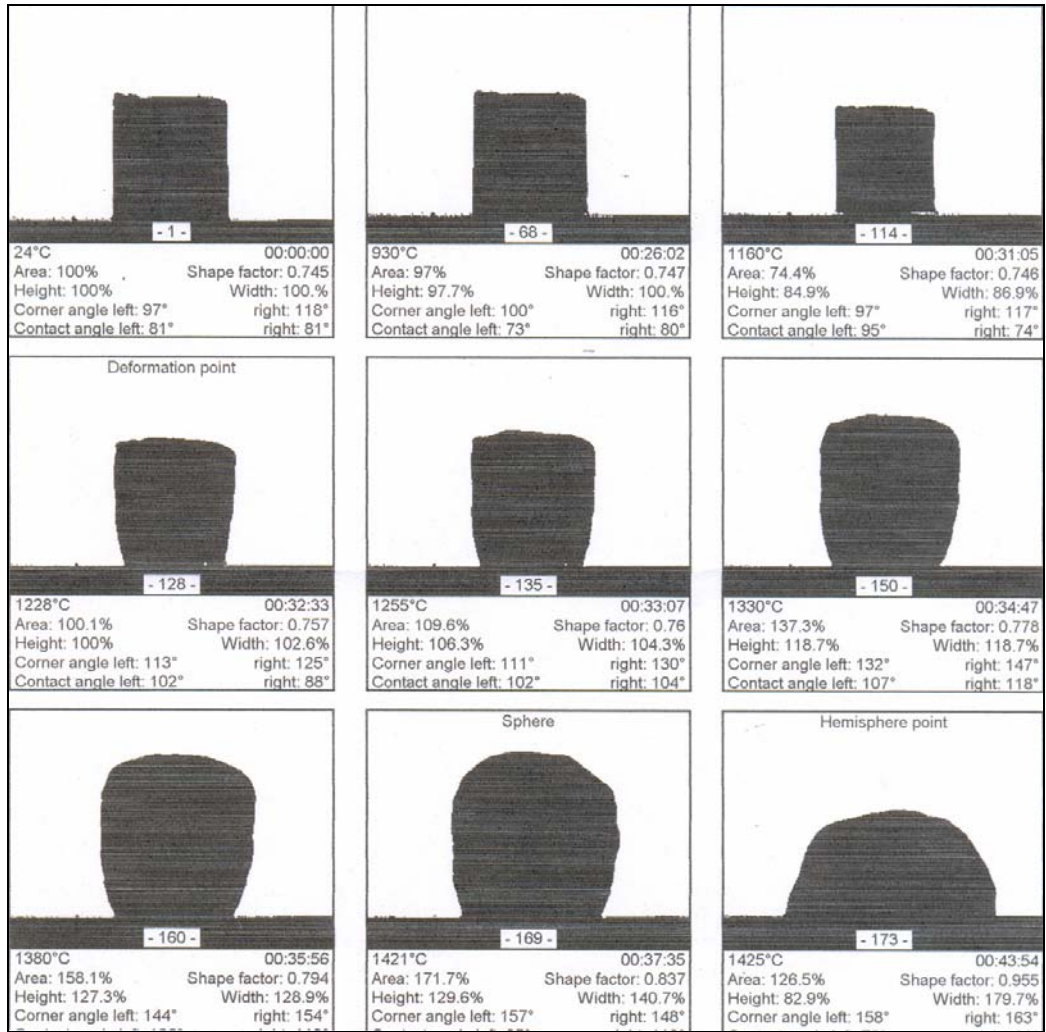
Şekil 4. 15. Üst tabaka (P3) pomza numunesinin DTA-TGA eğrisi

Şekil 4.13 , Şekil 4.14 ve Şekil 4.15’de gösterildiği gibi, alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomza numunelerinin camsı bir yapıya sahip oldukları ve 850 °C’ye kadar ısıtıldıklarında yapılarında herhangi bir ısıl reaksiyon (endotermik veya ekzotermik) oluşmadığı dolayısıyla yapısal bir bozulmanın olmadığı DTA analizleri bulgularına göre saptanmıştır. Menderes pomzalarının 850 °C’ye kadar ısıtılması ile alt (P1) tabaka pomza numunesinde -5,29 mg, orta (P2) tabaka numunesinde -3,23 mg, üst (P3) tabaka pomza numunesinde ise -4,42 mg kütle kaybının olduğu bulunmuştur.

4.12.2. Sıcaklığa Bağlı Yapısal Değişim

Sahadan alınan alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomza numunelerinin sıcaklığa bağlı olarak yapısal değişimleri ısı mikroskobu ile saptanmış ve görüntülenmiştir. Isı mikroskobu çalışmaları, Çanakkale Seramik A.Ş.'nin katkılarıyla yapılmıştır.

Şekil 4.16 , Şekil 4.17 ve Şekil 4.18'de, alt (P1) tabaka, orta (P2) tabaka ve üst (P3) tabaka pomza numunelerinde 20 °C -1450 °C sıcaklıkları arasında ısıtılmaları meydana gelen yapısal değişimleri ısı mikroskobu bulgularına göre görüntüsel olarak sunulmuştur.



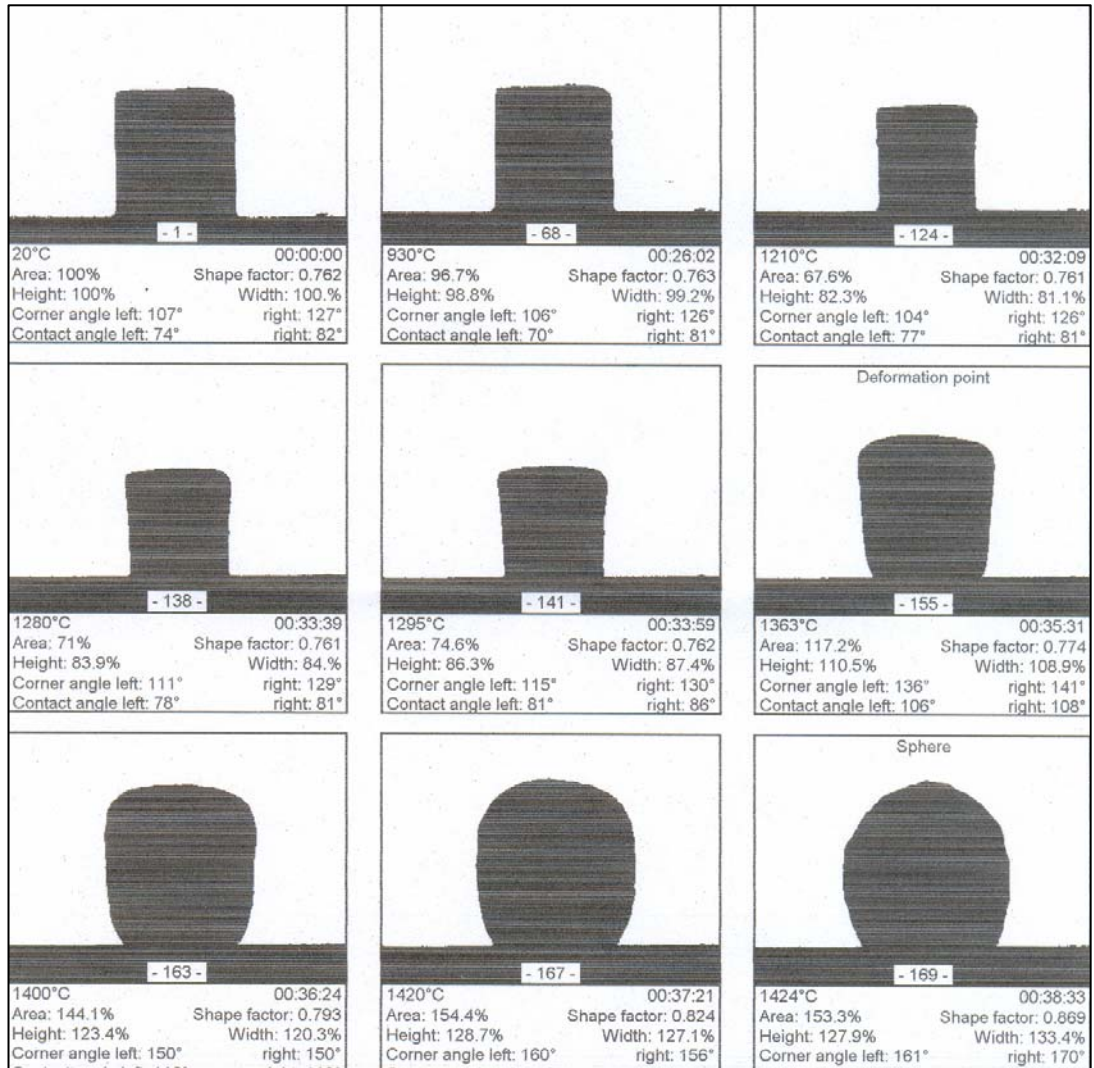
Şekil 4. 16. Alt tabaka (P1) pomza numunesinin sıcaklığa bağlı değişim görüntüleri



Şekil 4. 17. Orta tabaka (P2) pomza numunesinin sıcaklığa bağlı değişim görüntüleri

Şekil 4.16, Şekil 4.17 ve Şekil 4.18’de gösterildiği gibi, alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomza numunelerinin, sinterleşme sıcaklıklarının (sintering temperature) sırasıyla 1160 °C, 1266 °C ve 1212 °C olduğu, deformasyon sıcaklıklarının (deformation temperature) sırasıyla 1228 °C, 1322 °C ve 1363 °C olduğu, numunelerin küre haline geldiği sıcaklıkların (sphere temperature) ise sırasıyla 1421 °C, 1424 °C ve 1424 °C olduğu bulunmuştur. Alt, orta ve üst tabaka numunelerinin, sinterleşmeye bağlı olarak örneklerdeki boyutsal değişim (büzülme), alt (P1) tabaka örneği için 930-1160 °C sıcaklık aralığında gerçekleşmiş ve 1160 °C sıcaklıkta %74,4 oranında boyut küçülmesi gerçekleşmiştir. Orta tabaka örneği için boyutsal değişim 970-1265 °C sıcaklık aralığında gerçekleşmiş ve 1265 °C sıcaklıkta %66,0 oranında boyut küçülmesi gerçekleşmiştir. Üst tabaka örneği için ise boyutsal

değişim 930-1210 °C sıcaklık aralığında gerçekleşmiş ve 1210 °C sıcaklıkta %67,6 oranında boyut küçülmesi gerçekleşmiştir. Alt ve üst tabaka örneklerindeki sinterleşme sıcaklığının ve dolayısıyla boyutsal değişimin orta tabaka örneğine göre daha düşük sıcaklıklarda olması, bu örneklerin empürite (safsızlık) içeriklerinin orta tabakaya göre daha fazla olması nedeniyle olduğu düşünülebilir. Ayrıca, orta (P2) tabaka örneğinin 1265 °C sıcaklıkta %66 oranında küçülme göstermesi, ergimenin daha düşük sıcaklıklarda başladığını göstermektedir.



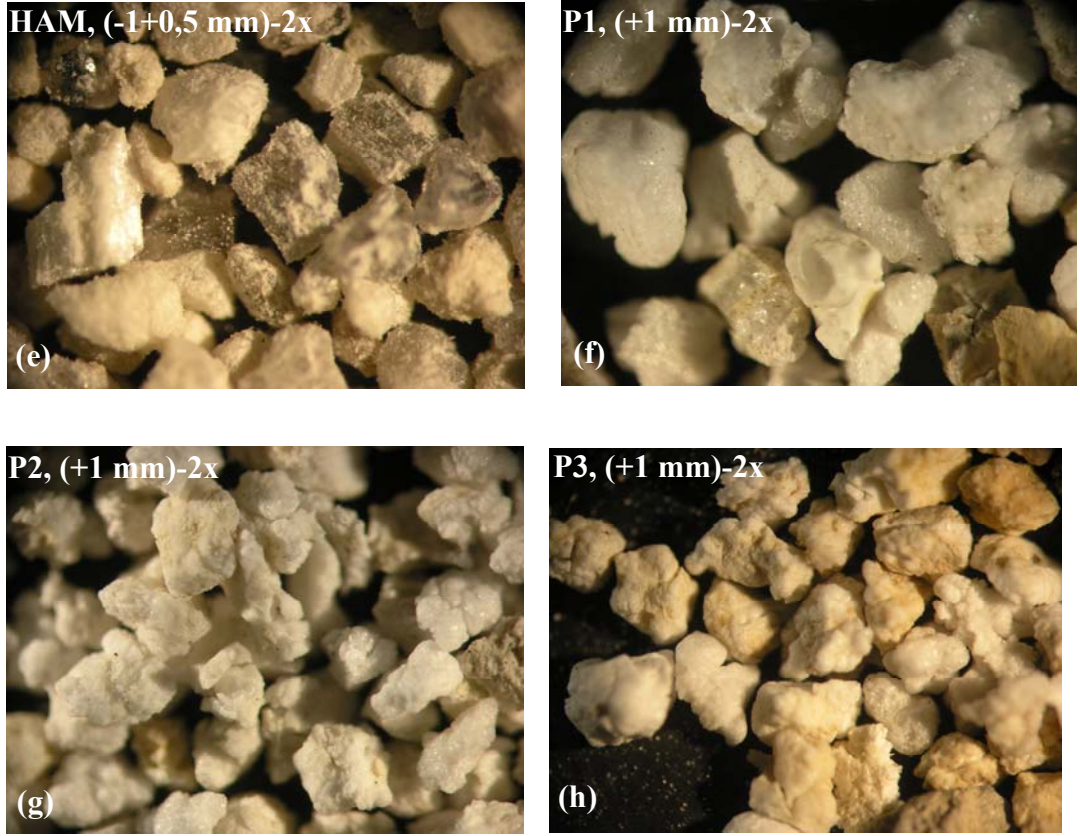
Şekil 4. 18. Üst tabaka (P3) pomza numunesinin sıcaklığa bağlı değişim görüntüleri

4.13. Isıl İşlem ile Genleştirme Sonrası Pomza Cevherinin Yapısal Özellikleri

Bu çalışmada, yüksek sıcaklığa sahip düşey fırın kullanılarak, Menderes yöresi alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomzalarının fiziksel özelliklerindeki değişimler araştırılmıştır. (-2+1 mm), (-1+0,5 mm) ve (-0,5 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan her üç pomza cevheri, düşey fırında 1000 °C sıcaklıkta, 24 kg/saat süre ile ısıl işleme tabii tutulmuştur. Ancak, (-0,5 mm) tane boyutuna sınıflandırılan pomza cevherine, tane boyutunun küçük olması ve birim hacim ağırlığının az olması nedenleriyle ısıl işlem uygulanamamıştır. Bu çalışma, İzmir-Menderes Etiper Perlit İşletmesi A.Ş.'nin katkılarıyla yapılmıştır.

Şekil 4.19'da (-2+1 mm) ve (-1+0,5 mm) tane boyutlarına sınıflandırılmış ham pomza cevherinin (sırasıyla Şekil 4.19a ve 4.19e) ve düşey fırında ısıl işleme tabii tutulmuş (genleştirilmiş) pomza cevherlerinin (sırasıyla Şekil 4.19b, 4.19c, 4.19d ve f, g, h) mikroskobik görüntüleri sunulmaktadır. Mikroskobik görüntüler, Olympus SZ61 marka, 20x objektife sahip binoküler mikroskop kullanılarak elde edilmiştir.





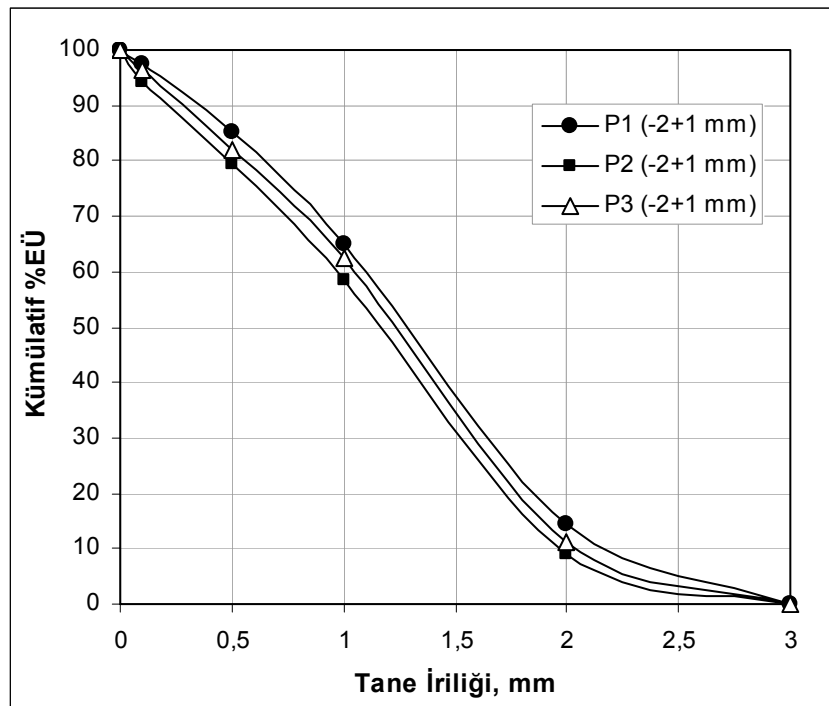
Şekil 4. 19. (-2+1 mm) ve (-1+0,5 mm) tane boyutlu ham ve genişletilmiş Menderes pomzalarının mikroskopik görüntüleri

Şekil 4.19'daki mikroskopik araştırmalar sonucunda, (-2+1 mm) ve (-1+0,5 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan ham pomza cevherinin düşey fırında ısıl işleme tabii tutulması (genleştirilmiş) ile pomza ile birlikte bulunan perlitin genişlediği, pomzanın ise yapısal bir değişime uğramadığı bulunmuştur.

Düşey fırında ısıl işleme tabii tutulan (-2+1 mm) ve (-1+0,5 mm) tane boyutlarına sınıflandırılmış alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomza cevherlerinin tane boyut dağılımları Tablo 4.14 ile Tablo 4.15'de ayrı ayrı sayısal olarak verilmiş, Şekil 4.20 ile Şekil 4.21'de ise eğrisel olarak sunulmuştur.

Tablo 4. 14.(-2+1 mm) tane boyutlu Menderes pomzalarının ısıt işlem sonrası tane boyut dağılımları

Tane Boyutu,mm	P1		P2		P3	
	%Ağ	Σ %EÜ	%Ağ	Σ %EÜ	%Ağ	Σ %EÜ
+2,000	14,62	14,62	8,90	8,90	11,09	11,09
-2,000+1,000	50,50	65,12	49,65	58,55	51,50	62,59
-1,000+0,500	20,08	85,20	20,98	79,53	19,27	81,86
-0,500+0,106	12,19	97,38	14,73	94,27	14,41	96,27
-0,106+0,000	2,62	100,00	5,73	100,00	3,73	100,00
Toplam	100,00		100,00		100,00	

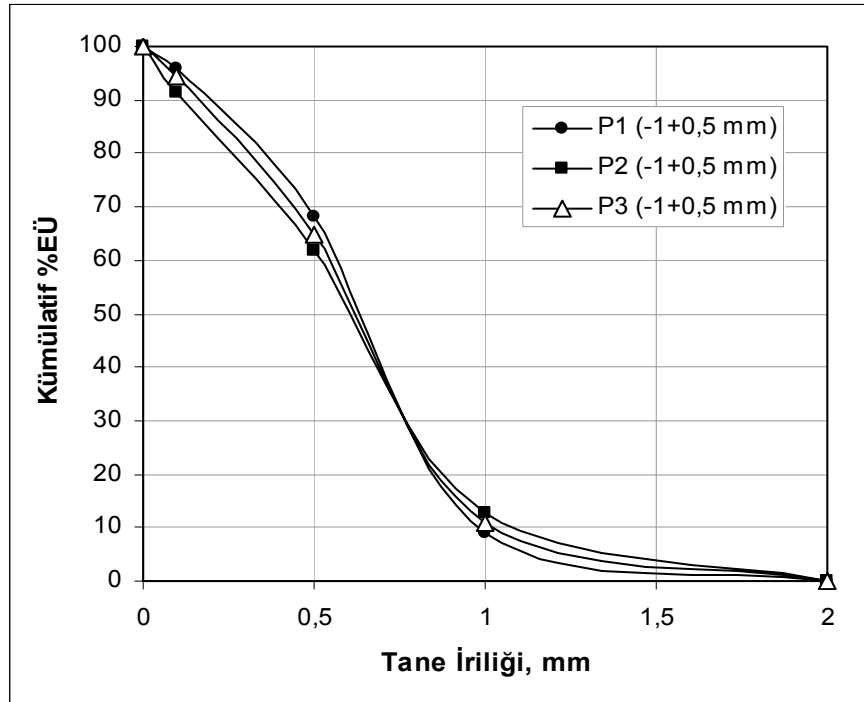


Şekil 4. 20. (-2+1 mm) tane boyutlu Menderes pomzalarının ısıt işlem sonrası tane boyut dağılımları

Tablo 4.14 ile Şekil 4.20'de gösterildiği gibi, (-2+1 mm) tane boyutuna sınıflandırılarak ısıt işleme tabii tutulan alt tabaka (P1) pomzasının %14,62'si, orta tabaka (P2) pomzasının %8,9'u, üst tabaka (P3) pomzasının ise %11,09'u +2 mm tane boyutu üzerinde bulunmuştur. Alt tabaka (P1), orta tabaka (P2) ve üst tabaka (P3) pomzalarının sırasıyla %85,20'si, %79,53'ü ve %81,86'sı +0,5 mm tane boyutu üzerindeyken, %14,81'i, %20,46'sı ve %18,14'ü -0,5 mm tane boyutu altında dağılım gösterdikleri saptanmıştır.

Tablo 4. 15. (-1+0,5 mm) tane boyutuna sınıflandırılan Menderes pomzalarının ısı işlem sonrası tane boyut dağılımları

Tane Boyutu,mm	P1		P2		P3	
	%Ağ	Σ %EÜ	%Ağ	Σ %EÜ	%Ağ	Σ %EÜ
+1,000	8,93	8,93	12,88	12,88	11,00	11,00
-1,000+0,500	59,29	68,22	48,82	61,71	53,92	64,92
-0,500+0,106	27,58	95,80	29,53	91,23	29,32	94,25
-0,106+0,000	4,20	100,00	8,77	100,00	5,75	100,00
Toplam	100,00		100,00		100,00	



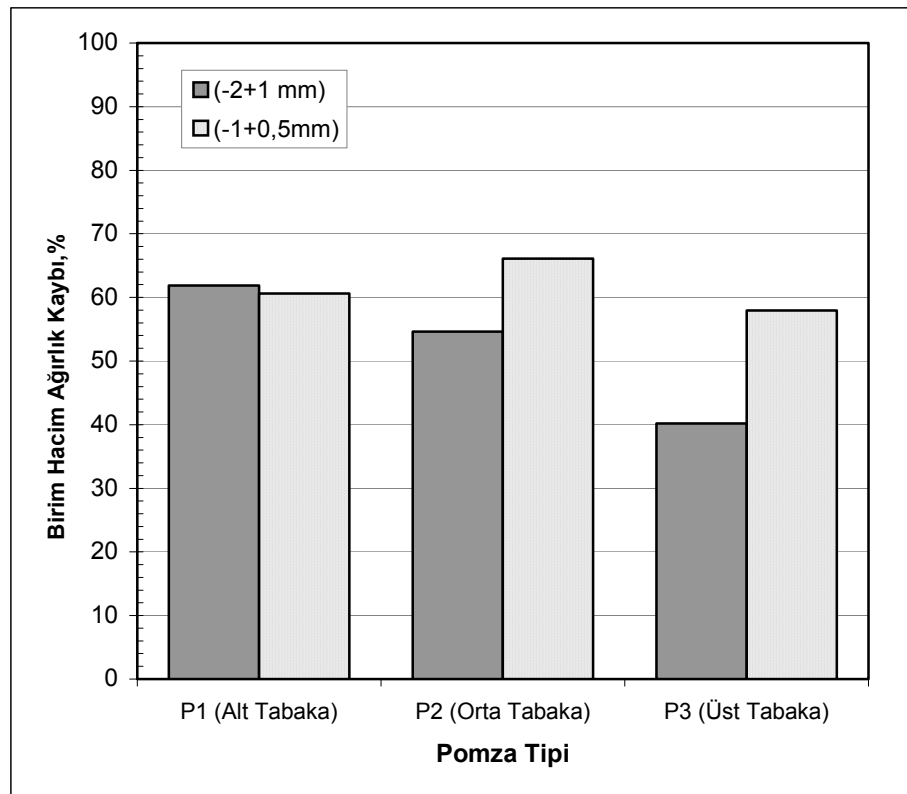
Şekil 4. 21. (-1+0,5 mm) tane boyutuna sınıflandırılan Menderes pomzalarının ısı işlem sonrası tane boyut dağılımları

Tablo 4.15 ile Şekil 4.21'de gösterildiği gibi, (-1+0,5 mm) tane boyutuna sınıflandırılarak ısı işleme tabii tutulan alt tabaka (P1) pomzasının %8,93'ü, orta tabaka (P2) pomzasının %12,88'i, üst tabaka (P3) pomzasının ise %11,00'i +1 mm tane boyutu üzerinde bulunmuştur. Alt tabaka (P1), orta tabaka (P2) ve üst tabaka (P3) pomzalarının sırasıyla %95,80'i, %91,23'ü ve %94,25'i +0,5 mm tane boyutu üzerindeyken, %4,20'si, %8,77'si ve %5,75'i -0,5 mm tane boyutu altında dağılım gösterdikleri saptanmıştır.

Tablo 4.16’da, (-2+1 mm) ve (-1+0,5 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan ve ardışık olarak ısıtılma tabii tutulan alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomzalarının sahip olduğu yığın yoğunlukları sunulmaktadır.

Tablo 4. 16. Ham ve genişletilmiş Menderes pomzalarının yığın yoğunlukları

Tane İriliği, mm	Isıl İşlem Öncesi			Isıl İşlem Sonrası		
	P1, gr/cm ³	P2, gr/cm ³	P3, gr/cm ³	P1, gr/cm ³	P2, gr/cm ³	P3, gr/cm ³
-2,000+1,000	0,97	1,08	1,02	0,37	0,49	0,61
-1,000+0,500	0,99	1,12	1,07	0,39	0,38	0,45



Şekil 4. 22. Ham ve genişletilmiş menderes pomzalarının yığın yoğunlukları

Tablo 4.16’da ve Şekil 4.22’de gösterildiği gibi, (-2+1 mm) tane boyutuna sınıflandırılan alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomzalarının yığın yoğunlukları sırasıyla 0,97 gr/cm³, 1,08 gr/cm³, 1,02 gr/cm³ ölçülürken, ısıtılma tabii tutulan pomzaların yığın yoğunlukları ise 0,37 gr/cm³, 0,49 gr/cm³ ve 0,61 gr/cm³ değerlerinde saptanmıştır. Düşey fırında ısıtılma tabii tutulan Menderes

pomzalarının yığın yoğunluklarında, sırasıyla %61,86, %54,63 ve %40,20 oranlarında azalma olduğu bulunmuştur. (-1+0,5 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomzalarının yığın yoğunlukları, sırasıyla 0,99 gr/cm³, 1,12 gr/cm³, 1,07 gr/cm³ ölçülürken, ısıtılma tabii tutulan pomzaların yığın yoğunlukları ise 0,39 gr/cm³, 0,38 gr/cm³ ve 0,45 gr/cm³ değerlerinde saptanmıştır. (-1+0,5 mm) tane boyutuna sınıflandırılan pomza cevherlerinin yığın yoğunluklarında, sırasıyla %60,61, %66,07, %57,94 oranında azalma olduğu saptanmıştır.

Tablo 4.17’de, (-2+1 mm) ile (-1+0,5 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan ve sınıflandırıldıktan sonra da ısıtılma tabii tutulan alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomzalarının gözenek miktarı ile özgül yüzey alanı bulguları sunulmaktadır. Numunelerdeki gözenek miktarı Civalı Porozimetre test cihazı ile, numunelerin özgül yüzey alanları ise Azot Adsorpsiyon yöntemi kullanılarak BET Özgül Yüzey Alanı test cihaz ile saptanmıştır. Çalışmalar ODTÜ Merkez Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4. 17. Ham ve Genleştirilmiş Menderes Pomzalarının gözeneklilik miktarı ve özgül yüzey alanları

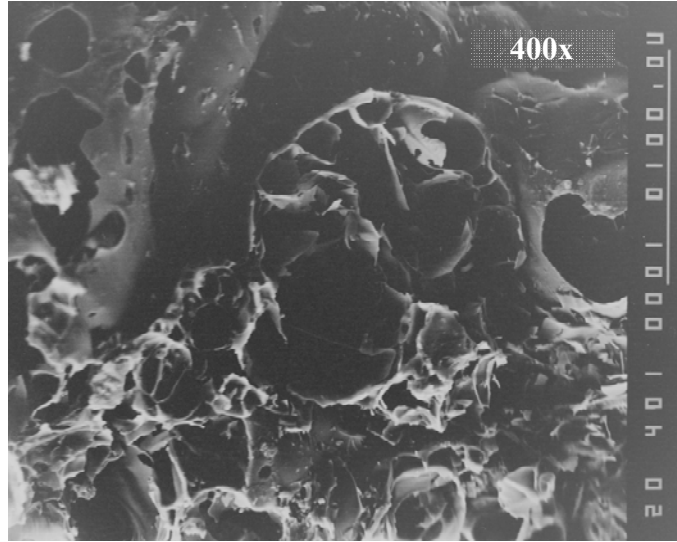
Örnek	İşlem	Tane İriliği, mm	Açık Gözenek,%	Kapalı Gözenek,%	Toplam Gözenek,%	Özgül Yüzey Alanı, m ² /g
P1	Isıl İşlem Öncesi	-2,0+1,0	8,84	0,00	8,84	2,02
		-1,0+0,5	15,90	21,11	37,01	2,24
	Isıl İşlem Sonrası	-2,0+1,0	15,51	15,48	30,99	4,13
		-1,0+0,5	0,32	55,97	56,29	4,71
P2	Isıl İşlem Öncesi	-2,0+1,0	7,53	0,00	7,53	1,06
		-1,0+0,5	0,20	13,74	13,94	1,25
	Isıl İşlem Sonrası	-2,0+1,0	2,63	46,81	49,43	2,22
		-1,0+0,5	20,92	9,58	28,50	1,99
P3	Isıl İşlem Öncesi	-2,0+1,0	9,04	0,39	9,43	8,05
		-1,0+0,5	0,32	18,89	19,21	8,27
	Isıl İşlem Sonrası	-2,0+1,0	0,78	30,46	31,24	13,96
		-1,0+0,5	2,12	2,12	24,19	13,49

Tablo 4.17’de gösterildiği gibi, (-2+1 mm) tane boyutuna sınıflandırılan alt, orta ve üst tabaka pomza numunelerinin sırasıyla gözeneklilik miktarları %8,84, %7,53, %9,43; özgül yüzey alanları ise 2,02 m²/g, 1,06 m²/g, 8,05 m²/g değerlerinde bulunurken, düşey fırında ısıtılma tabii tutulan numunelerin gözeneklilik miktarları %30,99, %49,43, %31,24; özgül yüzey alanları ise 4,13 m²/g, 2,22 m²/g, 13,96 m²/g olarak saptanmıştır. (-1+0,5 mm) tane boyutuna sınıflandırılan pomza numunelerinin ise sırasıyla gözeneklilik miktarları %37,01, %13,94, %19,21; özgül yüzey alanları da 2,24 m²/g, 1,25 m²/g, 8,27 m²/g değerlerinde, düşey fırında ısıtılma tabii tutulan numunelerin gözeneklilik miktarları %56,29, %28,50, %24,19; özgül yüzey alanları ise 4,71 m²/g, 1,99 m²/g, 13,49 m²/g olarak saptanmıştır. Her üç pomza numunesinin tane boyutunun azalması ile gözenek miktarının ve özgül yüzey alanının arttığı, ayrıca bu üç pomza numunesinin düşey fırında ısıtılma işlemi sonrasında tane boyutunun azalması ile gözenek miktarının ve özgül yüzey alanının arttığı saptanmıştır. (-2+1 mm) tane boyutuna sınıflandırılan alt, orta ve üst tabaka pomza numunelerinin gözenek miktarının düşey fırında ısıtılma sonucunda, (-1+0,5 mm) tane boyutuna sınıflandırılan pomza numunelerine karşın daha fazla oranda arttığı bulunmuştur. (-2+1 mm) tane boyutuna sınıflandırılan alt tabaka pomza numunesinin gözenekliği düşey fırında ısıtılma ile 3,5 kat, orta tabaka pomza numunesinin 6,6 kat, üst tabaka pomza numunesinin ise 3,3 kat artmıştır. (-1+0,5 mm) tane boyutuna sınıflandırılan alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomza numunelerinin gözeneklilikleri ise düşey fırında ısıtılma ile sırasıyla 1,5; 2 ve 1,3 kat artmıştır. Her üç pomza numunesinin, her iki fraksiyonunun düşey fırında ısıtılma işlemi ile numunelerdeki gözeneklilik artışı nedeniyle genişleme sağlanırken, pomza numunelerindeki genişleme sıralaması orta tabaka (P2) > alt tabaka (P1) > üst tabaka (P3) olarak sıralanmıştır.

Şekil 4.23’de, pomza cevherlerindeki perlitin SEM görüntüsü, Şekil 4.24’de ise düşey fırında geliştirilen pomza cevherindeki perlitin SEM görüntüsü sunulmaktadır. Numunelerin SEM görüntü analizleri, Jeol Superprobe 733 marka microprobe cihazında yapılmıştır.



Şekil 4. 23. Menderes pomzalarının yapısındaki perlitin SEM görüntüsü



Şekil 4. 24. Genleştirilen pomza cevherindeki perlitin SEM görüntüsü

Şekil 4.23 ve 4.24’de gösterildiği gibi, pomza cevherlerindeki perlit camsı ve gözeneksiz bir yapı gösterirken, düşey fırında genleştirilen pomza cevherindeki perlitin camsı ve oldukça gözenekli bir yapı gösterdiği belirlenmiştir.

4.14. Pomza Cevherinin Doğal Taşları Aşındırma Özelliğinin Belirlenmesi

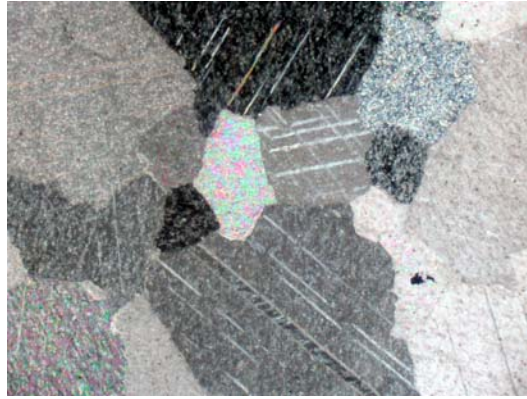
Bu çalışmada, Menderes yöresi alt tabaka (P1) pomza cevheri kullanılması ile doğal taşlar sınıfında yer alan iki farklı tip mermer numunesinin aşındırılma

özellikleri araştırılmıştır. Mermer numuneleri İzmir-Karaburun'dan (Ege Bej) ve Muğla'dan (Muğla Beyaz) temin edilmiştir. Mermer numunelerinin görüntüleri Şekil 4.25'de sunulmuştur.



Şekil 4. 25. Mermer örneklerinin görüntüleri

Her iki mermer numunesinin minerolojik yapısı, numunelere ince kesit yapılarak saptanmış, Şekil 4.26'da Muğla yöresi Beyaz mermer numunenin ince kesit görüntüsü, Şekil 4.27'de ise Ege Bej mermer numunenin ince kesit görüntüsü sunulmuştur.



Şekil 4. 26. Muğla Beyaz mermer numunenin ince kesit görüntüsü

Muğla Beyaz numunesi, %100 kalsit mineralinden oluşmaktadır. Kalsit kristalleri orta-iri boyutlarda olup, metamorfizma sonucunda oluşan lamelli ikizlenmeler

göstermektedir. Kayaçta gronoblastik doku gözlenmektedir. Bu özellikleriyle kayaç orta kristalli mermer olarak adlandırılabilir.



Şekil 4. 27. Ege Bej mermer numunenin ince kesit görüntüsü

Ege bej numunesi, bolluk sırasına göre biyoklast, introklast ve pellet içeren vaketaşı (biyomikrit) fasiyesi ile karakterize edilir. Biyoklastalar; alg, ekinid, lamelli breş, gastropolden oluşur. İkincil düzensiz çatlaklıdır. Çatlaklar spar kalsit kristalleriyle doludur. Yersel ikincil breşik dokuya sahiptir. Breş kırıntıları arası mikrospar kalsit ile doludur.

Her iki mermer numunesinin kimyasal analizleri yapılmış ve analiz sonuçları Tablo 4.18’de sunulmuştur.

Tablo 4. 18. Mermer örneklerinin kimyasal analizleri

Numune Tipi	% CaO	% SiO ₂	% Al ₂ O ₃	% Fe ₂ O ₃	% MgO	% Na ₂ O	% K ₂ O	% KK
Muğla beyaz	55,90	0,07	0,09	0,02	0,25	0,03	0,01	42,99
Ege Bej	55,63	0,25	0,14	0,08	0,35	0,03	0,02	43,07

Tablo 4.18’den de görüldüğü gibi, her iki mermer numunesinin kalsiyum oksit miktarları birbirine oldukça yakınken, Ege bej mermer örneğindeki silisyum dioksit, alüminyum oksit ve demir oksit miktarlarının, Muğla Beyaz mermer örneğindikilerden daha fazla oranda olduğu saptanmıştır.

Her iki mermer örneğinin yapısal özellikleri bulunarak, sonuçları Tablo 4.19'da sunulmuştur.

Tablo 4. 19. Mermer örneklerinin yapısal özellikleri

Ürünler	Birim Hacim Ağırlığı, gr/cm ³	Shore Sertliği	Mohs Sertliği
Muğla Beyaz	2,69	45,87	~ 3
Ege bej	2,70	66,91	~ 4

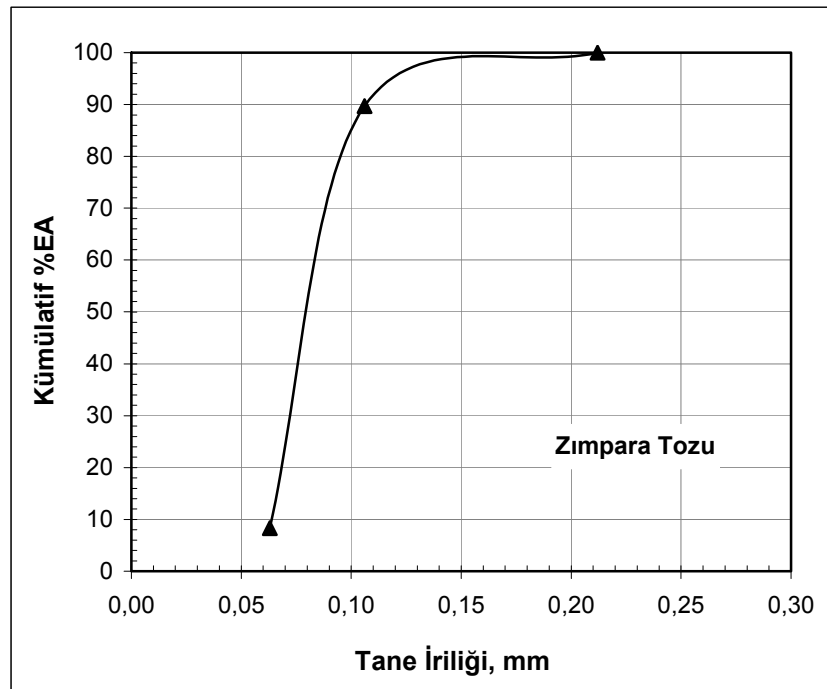
Muğla Beyaz ve Ege Bej mermer örneklerinin pomza cevheri (alt (P1) tabaka) kullanarak aşındırılabilirliği, Böhme metodu (sürtünme ile aşınma kaybı deneyi) ile saptanmış ve TS 699 standardına uygun olarak yapılmıştır. 7 cm x 7 cm boyutlarında kesilmiş mermer numunelerinin sürtünme ile aşınma kaybı, döner bir aşındırma diski olan Böhme yüzey aşındırma cihazı ile saptanmıştır (Şekil 4.28). Mermer örneklerinin sürtünme ile aşınma kaybı, Böhme metodunda %70-80 Al₂O₃ (Korund), ≤%5 SiO₂, ≤ Na₂O+K₂O+CaO+MgO ihtiva eden zımpara tozu ile sağlanmaktadır. Böhme metodunda kullanılan zımpara tozunun elek analiz bulguları Tablo 4.20'de, eğrileri ise Şekil 4.29'da sunulmuştur.



Şekil 4. 28. Böhme Yüzey Aşındırma cihazının görüntüsü

Tablo 4. 20. Böhme Yüzey Aşındırma metodunda kullanılan zımpara tozunun elek analizi sonuçları

Tane İriliği, mm	%Ağ	Σ%EA
-0,212+0,106	10,28	100,00
-0,106+0,063	81,37	89,72
-0,063+0,038	8,35	8,35
Toplam	100,00	

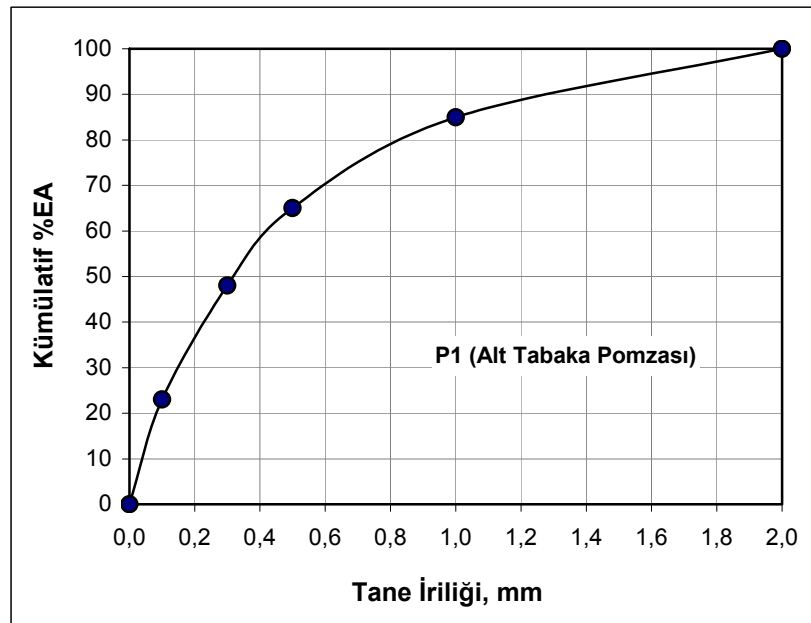


Şekil 4. 29. Böhme Yüzey Aşındırma metodunda kullanılan zımpara tozunun elek analizi sonucu

Bu çalışmada, aşındırıcı olarak kullanılan Menderes yöresi alt tabaka (P1) pomza cevheri, (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm), (-0,3+0,106 mm) ve (-0,106 mm) tane boyutlarına sınıflandırılmıştır (Tablo 4.21 ve Şekil 4.30). Tane boyut aralıklarına sınıflandırılan pomza numuneleri, farklı özellikteki iki ayrı mermer örneğinin aşındırılmasında kullanılmış, mermer örneklerindeki aşınma kaybı, miktarsal ve hacimsel olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4. 21. Aşındırıcı olarak kullanılan Menderes alt tabaka (P1) pomzasının elek analizi sonucu

Tane İriliği, mm	%Ağ	Σ%EA
-2,000+1,000	15,00	100,00
-1,000+0,500	20,00	85,00
-0,500+0,300	17,00	65,00
-0,300+0,106	25,00	48,00
-0,106+0,000	23,00	23,00
Toplam	100,00	



Şekil 4. 30. Aşındırıcı olarak kullanılan Menderes alt tabaka (P1) pomzasının elek analizi sonucu

Böhme testi, boyutlandırılmış ve ölçümlendirilmiş mermer örneklerinin 750 mm çapında, mermer örneğine 30 kgf kadar yük etki edecek şekilde düzenlenmiş ve 30 dev/dk hızla dönen diske (Böhme yüzey aşındırma cihazı) yerleştirilip, toplam 100 gr aşındırıcı kullanılarak diskin 110 devir dönmesi ile tamamlanmıştır. Kullanılan aşındırıcının tipine ve tane boyutuna bağlı olarak yapılan her bir test, 5 kez tekrarlanmış ve mermer örneklerindeki aşındırma kaybı, her bir parametre için yapılan test sonuçlarının ortalaması alınarak miktarsal ve hacimsel olarak saptanmıştır.

Aşınma kaybı, aşağıda verilen formüller yardımıyla saptanmıştır.

Kalınlık azalması yönünden, $d = d_0 - d_1$ ($cm / 50cm^2$) veya

$$\Delta d = \frac{V_0 - V_1}{A} \quad (cm / 50cm^2)^2$$

Hacim azalması yönünden, $\Delta V = (d_0 - d_1) \cdot 50$ ($cm^3 / 50cm^2$) veya

$$\Delta V = \left(\frac{V_0 - V_1}{A}\right) \cdot 50 \quad (cm^3 / 50cm^2)$$

Δd : Taşın Böhme yüzey aşınma kaybı değeri, $cm / 50cm^2$

d_0 : Taşın deneyden önceki ortalama kalınlığı, cm

d_1 : Taşın deneyden sonraki ortalama kalınlığı, cm

ΔV : Taşın Böhme yüzey aşınma kaybı değeri, $cm^3 / 50cm^2$

V_0 : Taşın deneyden önceki ortalama hacmi, cm^3

V_1 : Taşın deneyden sonraki ortalama hacmi, cm^3

A : Taşın aşınma uygulana yüzünün alanı, cm^2

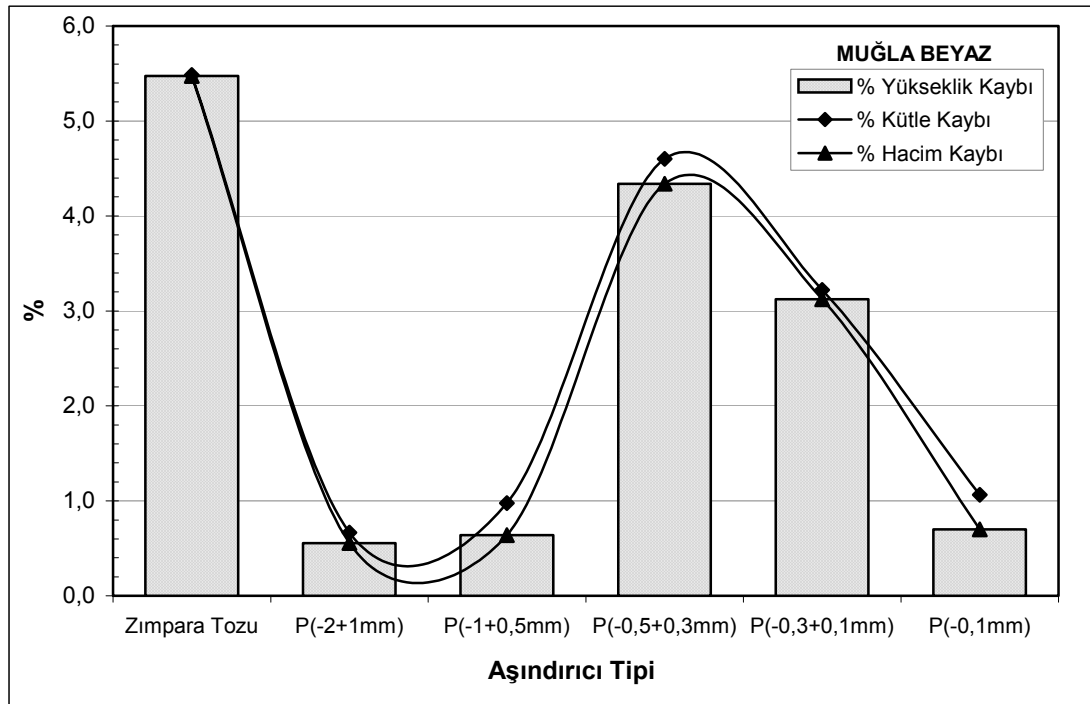
Tablo 4.22 ve Şekil 4.31'de zımpara tozu ve sınıflandırılmış pomza cevheri kullanarak, Muğla Beyaz mermer örneklerinin aşındırılması sonucu oluşan kütle değişimi, boyut değişimi ve hacim değişimi miktarları yüzdesel olarak verilmiştir. Tablo 4.23 ve Şekil 4.32'de ise Muğla Beyaz mermer örneklerinin Böhme yüzey aşınma kaybı değeri; kalınlık azalması (Δd) ve hacim azalması olarak (ΔV) verilmiştir.

Tablo 4. 22. Muğla Beyaz mermer örneklerinin zımpara tozu ve alt tabaka pomzası ile aşınma sonuçları

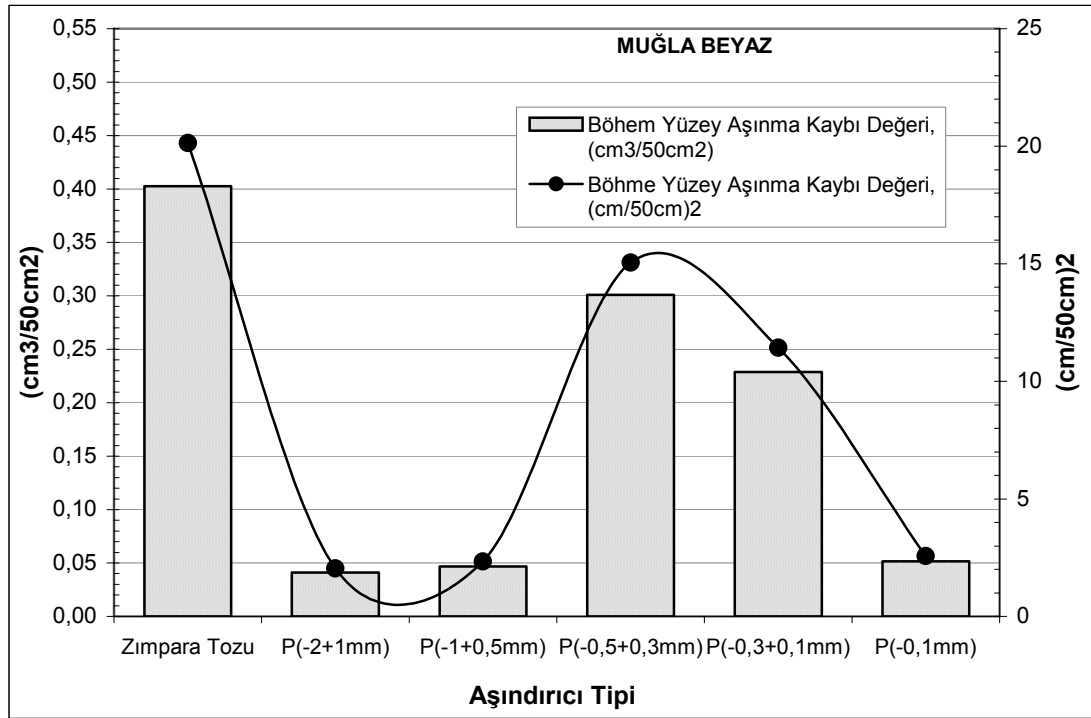
Tane İriliği, mm	Aşındırmadan Önce			Aşındırmadan Sonra			%Değişim		
	m, gr	h, cm	V, cm ³	m, gr	h, cm	V, cm ³	%m	%h	%v
Zımpara T.	988,24	7,18	367,74	934,05	6,79	347,60	5,48	5,48	5,48
P(-2,0+1,0)	990,16	7,19	367,83	983,54	7,15	365,78	0,67	0,56	0,56
P(-1,0+0,5)	981,67	7,17	364,93	972,07	7,12	362,59	0,98	0,64	0,64
P(-0,5+0,3)	932,92	6,99	346,97	890,00	6,69	331,92	4,60	4,34	4,34
P(-0,3+0,1)	985,94	7,15	366,21	954,18	6,93	354,77	3,22	3,12	3,12
P(-0,1+0,0)	990,34	7,14	367,07	979,80	7,09	364,50	1,06	0,7	0,7

Tablo 4. 23. Muğla Beyaz mermer örneklerinin kalınlık ve hacim azalması yönünden Böhme yüzey aşınma kaybı değerleri

Tane iriliği, mm	Δd , $cm / 50cm^2$	ΔV , $cm^3 / 50cm^2$
Zımpara Tozu	0,40	20,14
P(-2,0+1,0)	0,04	2,05
P(-1,0+0,5)	0,05	2,33
P(-0,5+0,3)	0,30	15,05
P(-0,3+0,1)	0,23	11,43
P(-0,1+0,0)	0,05	2,57



Şekil 4. 31. Muğla Beyaz mermer örneklerinin zımpara tozu ve alt tabaka pomzusu ile aşınma sonuçları



Şekil 4. 32. Muğla Beyaz mermer örneklerinin kalınlık ve hacim azalması yönünden Böhme yüzey aşınma kaybı değerleri

Tablo 4.22 ve Şekil 4.31’de gösterildiği gibi, Muğla Beyaz mermer örneklerinin Böhme yüzey aşındırma cihazında zımpara tozu kullanarak yapılan aşındırma işlemi sonucunda, örneklerin kütlelerinde, yüksekliğinde ve hacminde %5,48 oranında bir kayıp olduğu belirlenmiştir. Sınıflandırılmış pomza numunesi kullanılarak yapılan aşındırma işlemi sonucunda ise, (-0,5+0,3 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış pomza numunesinin kullanılması durumunda %4,6 oranında kütle kaybı, %4,34 oranında yükseklik kaybı ve %4,34 oranında hacim kaybı olduğu, (-0,3+0,1 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış pomza numunesinin kullanılması durumunda ise %3,22 oranında kütle kaybı, %3,12 oranında boyut kaybı ve %3,12 oranında hacim kaybı olduğu saptanmıştır. (-2+1 mm) ve (-1+0,5 mm) gibi iri tane boyutuna ve (-0,1 mm) gibi ince tane boyutuna sınıflandırılmış pomza numunelerinin aşındırıcı olarak kullanılması durumunda ise mermer örneklerinde kütle, yükseklik ve hacim kaybının oldukça az oranda gerçekleştiği belirlenmiştir. Mermer örneklerindeki Böhme yüzey aşınma kaybı değeri, kalınlık azalması (Δd , $cm/50cm^2$) ve hacim azalması yönünden (ΔV , $cm^3/50cm^2$) yönünden değerlendirildiğinde, Tablo 4.23 ve Şekil 4.32’de da gösterildiği gibi, zımpara tozu kullanıldığında mermer

örneklerindeki kalınlık azalması $0,4 \text{ cm/cm}^2$, hacim azalması $20,14 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ iken, $(-0,5+0,3 \text{ mm})$ tane boyutuna sınıflandırılmış pomza numunesinin kullanılması durumunda, kalınlık azalması $0,3 \text{ cm/cm}^2$, hacim azalması $15,05 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ olduğu, $(-0,3+0,1 \text{ mm})$ tane boyutuna sınıflandırılmış pomza numunesinin kullanılması durumunda ise $0,23 \text{ cm/cm}^2$, hacim azalması $11,43 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ olduğu saptamıştır. $(-2+1 \text{ mm})$ ve $(-1+0,5 \text{ mm})$ ve $(-0,1 \text{ mm})$ tane boyutlarına sınıflandırılmış pomza numunelerinin aşındırıcı olarak kullanılması durumunda ise mermer örneklerindeki aşındırma kaybının kalınlık ve hacim azalmasının oldukça az olduğu belirlenmiştir.

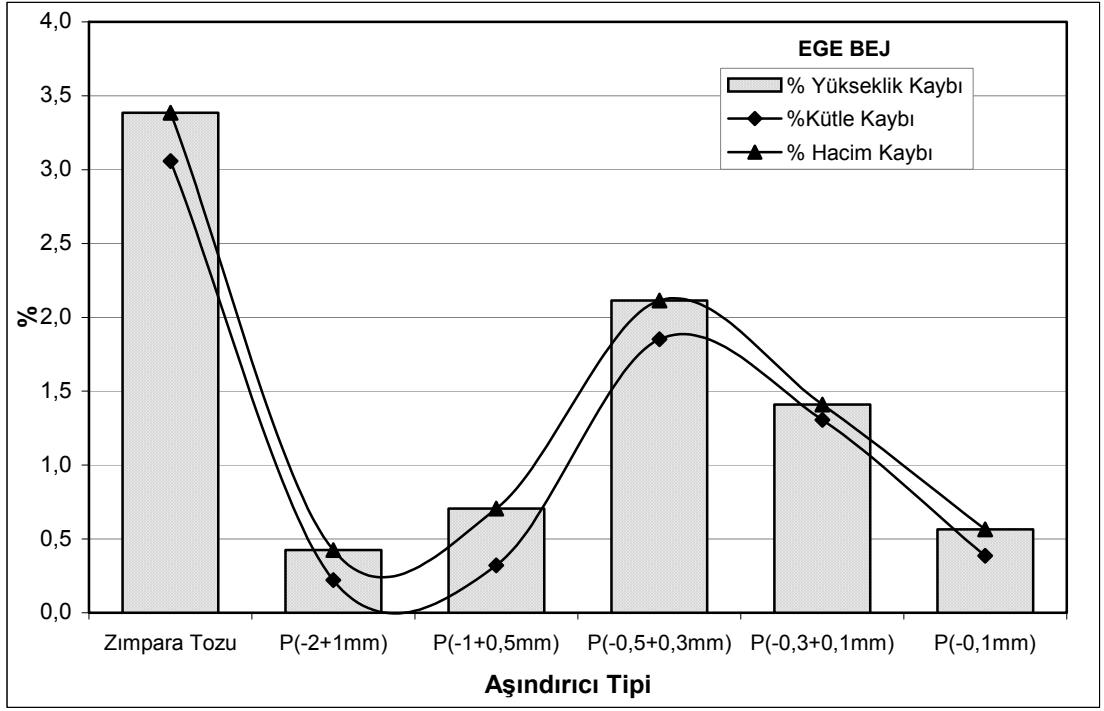
Tablo 4.24 ve Şekil 4.33’de zımpara tozunun ve sınıflandırılmış pomza cevheri kullanarak Ege Bej mermer örneklerinin aşındırılması sonucu oluşan kütle değişimi, boyut değişimi ve hacim değişimi miktarları yüzdesel olarak verilmiştir. Tablo 4.25 ve Şekil 4.34’de ise Muğla Beyaz mermer örneklerinin Böhme yüzey aşınma kaybı değeri; kalınlık azalması (Δd) ve hacim azalması olarak (ΔV) verilmiştir.

Tablo 4. 24. Ege Bej mermer örneklerinin zımpara tozu ve alt tabaka pomzası ile aşınma (%) sonuçları

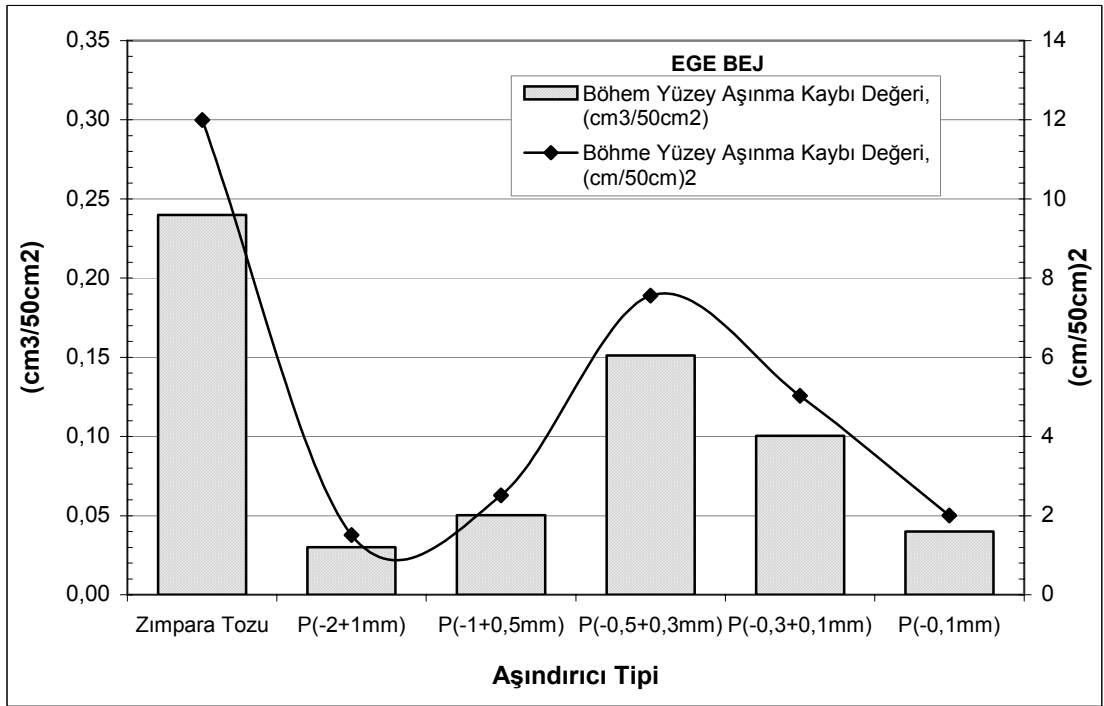
Tane İriliği, mm	Aşındırmadan Önce			Aşındırmadan Sonra			%Değişim		
	m, gr	h, cm	V, cm^3	m, gr	h, cm	V, cm^3	%m	%h	%v
Zımpara T.	951,40	7,09	354,29	922,32	6,85	342,29	3,06	3,39	3,39
P(-2,0+1,0)	951,61	7,07	355,97	949,52	7,04	354,46	0,22	0,42	0,42
P(-1,0+0,5)	951,16	7,08	356,27	948,10	7,03	353,75	0,32	0,71	0,71
P(-0,5+0,3)	954,79	7,10	357,63	937,12	6,95	350,07	1,85	2,11	2,11
P(-0,3+0,1)	953,64	7,09	356,34	941,20	6,99	351,32	1,30	1,41	1,41
P(-0,1+0,0)	952,27	7,08	354,21	948,60	7,04	352,21	0,39	0,56	0,57

Tablo 4. 25. Ege Bej mermer örneklerinin kalınlık ve hacim azalması yönünden Böhme yüzey aşınma kaybı değerleri

Tane İriliği, mm	Δd , $\text{cm} / 50\text{cm}^2$	ΔV , $\text{cm}^3 / 50\text{cm}^2$
Zımpara Tozu	0,24	11,99
P(-2,0+1,0)	0,03	1,51
P(-1,0+0,5)	0,05	2,52
P(-0,5+0,3)	0,15	7,56
P(-0,3+0,1)	0,10	5,03
P(-0,1+0,0)	0,04	2,00



Şekil 4. 33. Ege Bej mermer örneklerinin zımpara tozu ve alt tabaka pomzası ile aşınma sonuçları



Şekil 4. 34. Ege Bej mermer örneklerinin kalınlık ve hacim azalması yönünden Böhme yüzey aşınma kaybı değerleri

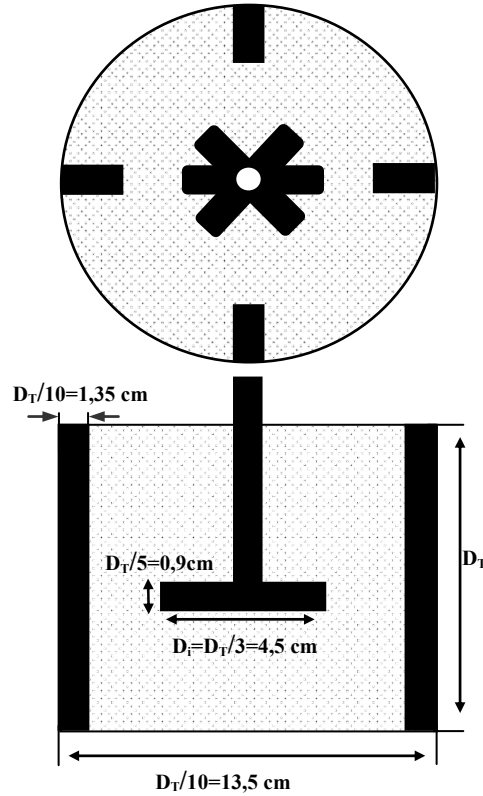
Tablo 4.24 ve Şekil 4.33’de görüldüğü gibi, Ege Bej mermer örneklerinin Böhme yüzey aşındırma cihazında zımpara tozu kullanarak yapılan aşındırma işlemi sonucunda, örneklerin kütlelerinde %3,06 oranında, yüksekliğinde ve hacminde %3,39 oranında bir kayıp olduğu belirlenmiştir. Sınıflandırılmış pomza numunesi kullanılarak yapılan aşındırma işlemi sonucunda ise, (-0,5+0,3 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış pomza numunesinin kullanılması durumunda %1,85 oranında kütle kaybı, %2,11 oranında yükseklik kaybı ve hacim kaybı olduğu, (-0,3+0,1 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış pomza numunesinin kullanılması durumunda ise %1,30 oranında kütle kaybı, %1,41 oranında boyut kaybı ve hacim kaybı olduğu saptamıştır. (-2+1 mm) ve (-1+0,5 mm) gibi iri tane boyutuna ve (-0,1 mm) gibi ince tane boyutuna sınıflandırılmış pomza numunelerinin aşındırıcı olarak kullanılması durumunda ise mermer örneklerinde kütle, yükseklik ve hacim kaybının oldukça az oranda gerçekleştiği belirlenmiştir. Mermer örneklerindeki Böhme yüzey aşınma kaybı değeri, kalınlık azalması (Δd , $cm/50cm^2$) ve hacim azalması yönünden (ΔV , $cm^3/50cm^2$) yönünden değerlendirildiğine, Tablo 4.25 ve Şekil 4.34’de de gösterildiği gibi, zımpara tozu kullanıldığında mermer örneklerindeki kalınlık azalması $0,24 cm/cm^2$, hacim azalması $11,99 cm^3/cm^2$ iken, (-0,5+0,3 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış pomza numunesinin kullanılması durumunda, kalınlık azalması $0,15 cm/cm^2$, hacim azalması $7,56 cm^3/cm^2$ olduğu, (-0,3+0,1 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış pomza numunesinin kullanılması durumunda ise kalınlık azalması $0,10 cm/cm^2$, hacim azalması $5,03 cm^3/cm^2$ olduğu saptamıştır. (-2+1 mm) ve (-1+0,5 mm) ve (-0,1 mm) tane boyutlarına sınıflandırılmış pomza numunelerinin aşındırıcı olarak kullanılması durumunda ise mermer örneklerindeki aşındırma kaybının kalınlık ve hacim azalmasının oldukça az olduğu belirlenmiştir.

4.15. Pomza Cevherinin Filtrasyon Özelliklerinin Belirlenmesi

4.15.1. Pomza Cevherleri ile Zeytinyağı Atığının (Karasu) filtrasyonu

Bu çalışmada, (-0,5+0,1 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış Menderes yöresi alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomzalarının farklı miktarlarda kullanımı ile İzmir yöresi zeytinlerinden üretilen zeytin yağı atığının (karasu) filtrasyonu araştırılmıştır.

Filtrasyon çalışmaları, Ika Eurostar Power digi-b tipi yüksek devirli karıştırıcı ile şematik olarak Şekil 4.35’de gösterilen 2 litrelik standart selülde yapılmıştır (Holland & Chapman, 1966). Zeytinyağı atığı karasudan alınan 400 ml hacimli temsili örnekler Şekil 4.36’da gösterildiği gibi, karıştırma kabının içerisinde 5 dakika süre ile 2000 dev/dak hızla karıştırıldıktan sonra, pomza numunesi ilave edilerek, 5 dakika süre ile 2000 dev/dak hızla, 15 dakika süre ile de 500 dev/dak hızla karıştırılmıştır. Pomza numuneleri, çalışmalarda kullanılan karasuyun hacimsel olarak %10’u, %20’si ve %30’u oranlarında kullanılmıştır. Karıştırma işlemi tamamlandıktan sonra filtre kağıdı ile süzölmüş, süzöntülerin Kimyasal Oksijen İhtiyacı (K.O.İ., mg/L) ve Fenol (mg/L) analizleri yapılmıştır. Analizler, DEÜ Çevre Mühendisliği Bölümünün katkılarıyla yapılmıştır.



Şekil 4. 35. Filtrasyon çalışmalarında kullanılan düzeneğin şematik görünümü



Şekil 4. 36. Filtrasyon çalışmalarında kullanılan yüksek devirli karıştırıcının görünümü

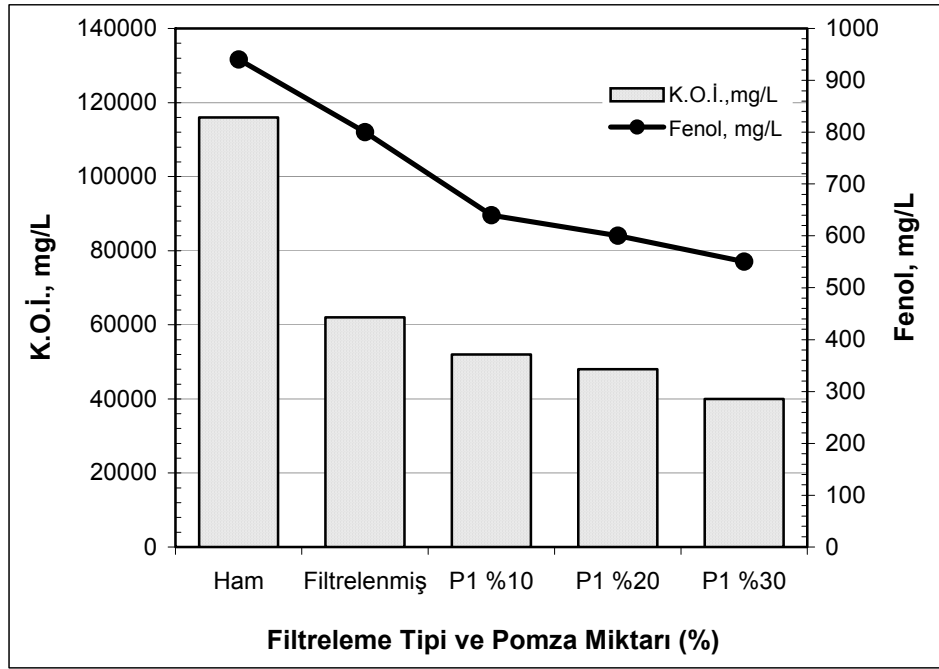
Tablo 4.26’da, ham karasuyun, filtre kağıdı ile filtrelenmiş karasuyun ve %10, %20, % 30 hacimsel oranlarındaki Menderes yöresi pomzaları (P1, P2, P3) kullanılarak filtrelenmiş karasuyun kimyasal oksijen ihtiyacı ve fenol değerleri miktarsal (mg/L) ve yüzdesel (%) olarak sunulmuştur.

Tablo 4. 26. Menderes pomzaları ile zeytinyağı atığı karasuyun filtrasyon sonuçları

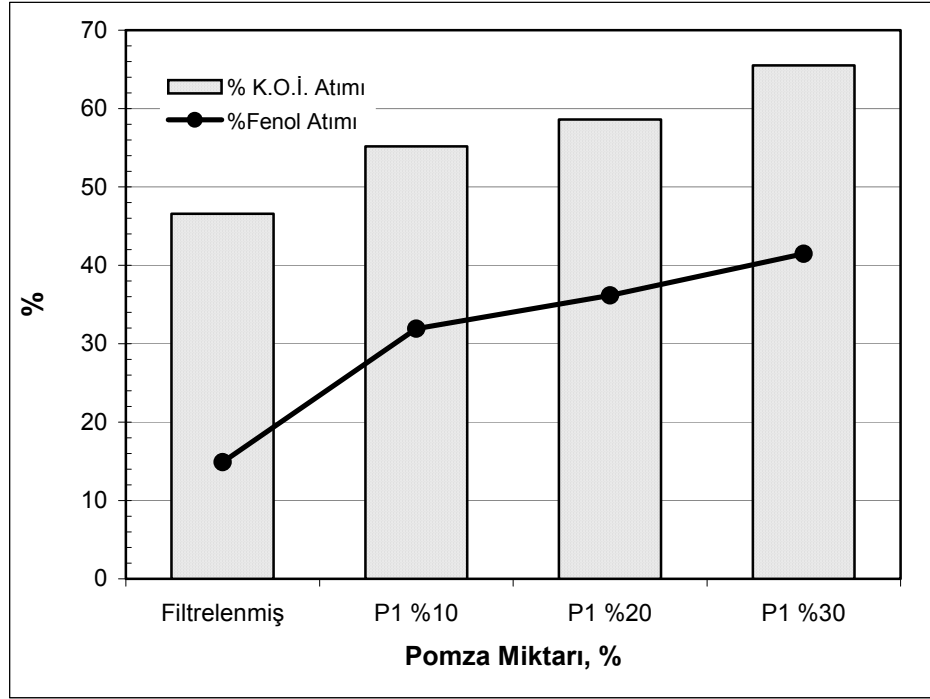
Filtreleme Tipi		K.O.İ, mg/L	K.O.İ, %	Fenol, mg/L	%Fenol Atımı	
Pomza Eklemeli	Ham Karasu	116000	-	940	-	
	Filtrelenmiş Karasu	62000	46,55	800	14,89	
Pomza Eklemesiz	P1	%10	52000	55,17	640	31,91
		%20	48000	58,62	600	36,17
		%30	40000	65,52	550	41,49
	P2	%10	55000	52,59	660	29,79
		%20	45000	61,21	600	36,17
		%30	50000	56,90	650	30,85
	P3	%10	53000	54,31	750	20,21
		%20	50000	56,90	700	25,53
		%30	46000	60,34	680	27,66

Ham karasuyun analizleri sonucunda; K.O.İ miktarının 116000 mg/L, içerdiği fenol miktarının ise 940 mg/L olduğu saptanmıştır. Karıştırma işlemi tamamlandıktan sonra, filtre kağıdı ile filtrelenmiş karasuyun analizleri sonucunda ise K.O.İ miktarının 62000 mg/L, içerdiği fenol miktarının ise 800 mg/L olduğu bulunmuştur. Karasuyun filtre kağıdı ile filtreleme işlemi ile kimyasal oksijen ihtiyacında (K.O.İ, %) %46,55 oranında azalma olmuş, %14,89 oranında ise fenol giderimi mümkün olmuştur (Tablo 4.26).

Tablo 4.26 ve Şekil 4.37’de, %10, %20 ve % 30 hacimsel oranlarındaki alt tabaka (P1) pomza numunesi ile filtrelenmiş karasuyun kimyasal oksijen ihtiyacı ve fenol değerleri miktarsal (mg/L) olarak, Şekil 4.38’de ise yüzdesel (%) olarak gösterilmiştir.



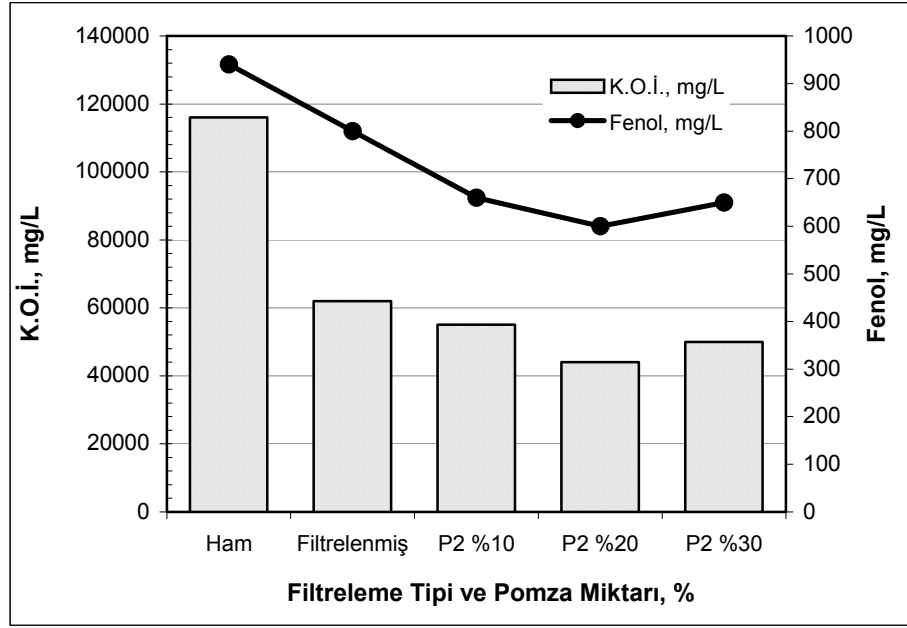
Şekil 4. 37. Menderes alt tabaka (P1) pomzası kullanılarak filtrelenen karasudaki kimyasal oksijen ihtiyacı ve fenolün miktarsal değişimi



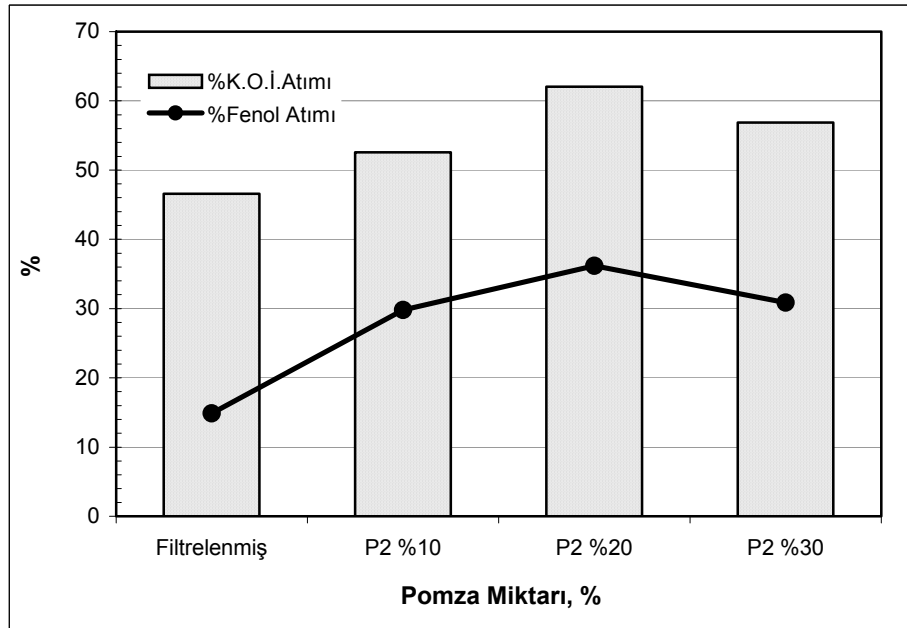
Şekil 4. 38. Menderes alt tabaka (P1) pomzası kullanılarak filtrelenen karasudaki kimyasal oksijen ihtiyacı ve fenol atım oranları (%)

Tablo 4.26, Şekil 4.37 ve Şekil 4.38’de gösterildiği gibi, karasuyun %10, %20 ve %30 hacimsel oranlarda alt tabaka (P1) pomza numunesi ile filtrasyonu sonucunda, K.O.İ miktarlarının sırasıyla 52000 mg/L, 48000 mg/L ve 40000 mg/L olduğu, içerdiği fenol miktarlarının ise sırasıyla 640 mg/L, 600 mg/L ve 550 mg/L olduğu saptanmıştır. Pomza oranının artmasıyla filtrelenmiş karasuyun kimyasal oksijen ihtiyacı (K.O.İ, %) sırasıyla %55,17, %58,62, %65,52 oranlarında azaldığı, içerdiği fenolün ise sırasıyla %31,91, %36,17 ve %41,49 oranlarında uzaklaştırılabildiği belirlenmiştir. (-0,5+0,1 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış alt tabaka (P1) pomza kullanarak ve kullanılan pomzanın miktarının artması ile karasudaki organik bileşiklerin uzaklaştırılabildiği dolayısıyla karasuyun kimyasal oksijen ihtiyacının azaldığı ve fenol gideriminin de arttığı saptanmıştır.

Şekil 4.39’da, %10, %20 ve % 30 hacimsel oranlarındaki orta tabaka (P2) pomza numunesi ile filtrelenmiş karasuyun kimyasal oksijen ihtiyacı ve fenol değerleri miktarsal (mg/L) olarak, Şekil 4.40’da ise yüzdesel (%) olarak gösterilmiştir.



Şekil 4. 39. Menderes orta tabaka (P2) pomzası kullanılarak filtrelenen karasudaki kimyasal oksijen ihtiyacı ve fenolün miktarsal değişimi

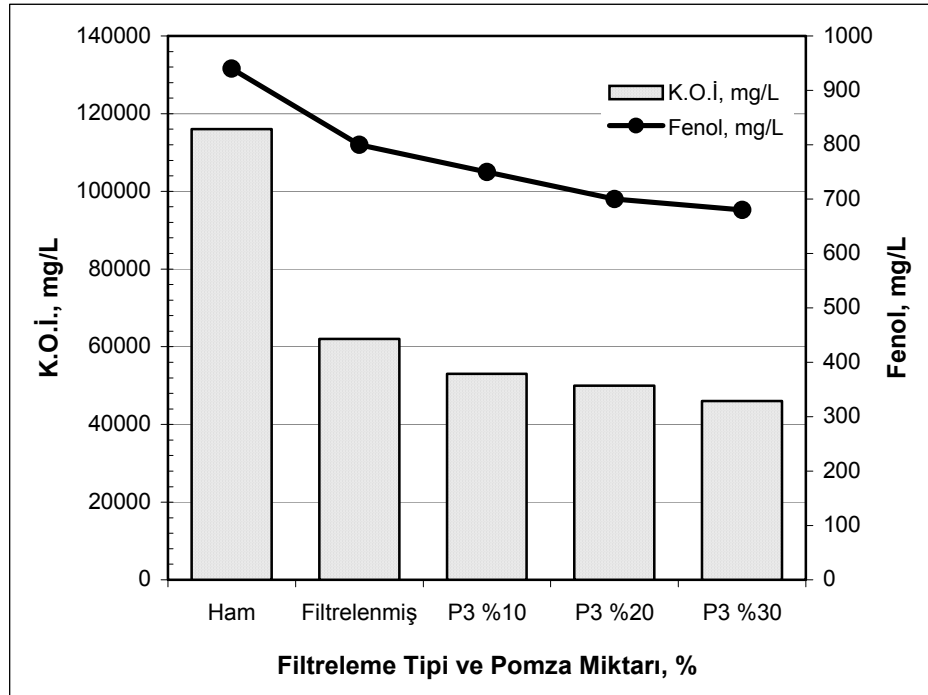


Şekil 4. 40. Menderes orta tabaka (P2) pomzası kullanılarak filtrelenen karasudaki kimyasal oksijen ihtiyacı ve fenolün atım oranları (%)

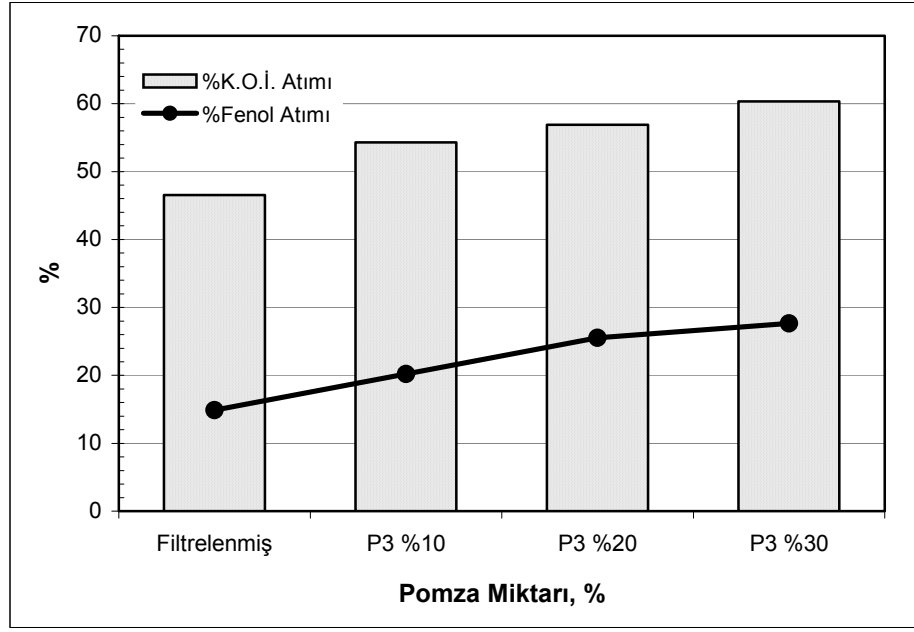
Tablo 4.26, Şekil 4.39 ve Şekil 4.40'da gösterildiği gibi, karasuyun %10, %20 ve %30 hacimsel oranlarda orta tabaka (P2) pomza numunesi ile filtrasyonu sonucunda,

K.O.İ miktarlarının sırasıyla 55000 mg/L, 45000 mg/L ve 50000 mg/L olduğu, içerdiği fenol miktarlarının ise sırasıyla 660 mg/L, 600 mg/L ve 650 mg/L olduğu saptanmıştır. Filtrelenmiş karasuyun kimyasal oksijen ihtiyacının (K.O.İ, %) sırasıyla %52,59, %61,21, %56,90 oranlarında azaldığı, içerdiği fenolün ise sırasıyla %29,79, %36,17 ve %30,85 oranlarında uzaklaştırılabildiği belirlenmiştir. (-0,5+0,1 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış orta tabaka (P2) pomza numunesinin %20 hacimsel oranında kullanılması ile karasuyun kimyasal oksijen ihtiyacının azaldığı ve fenol gideriminin arttığı saptanmıştır.

Şekil 4.41'de, %10, %20 ve % 30 hacimsel oranlarındaki üst tabaka (P3) pomza numunesi ile filtrelenmiş karasuyun kimyasal oksijen ihtiyacı ve fenol değerleri miktarsal (mg/L) olarak, Şekil 4.42'de ise yüzdesel (%) olarak gösterilmiştir.



Şekil 4. 41. Menderes üst tabaka (P3) pomzası kullanılarak filtrelenen karasudaki kimyasal oksijen ihtiyacı ve fenolün miktarsal değişimi



Şekil 4. 42. Menderes üst tabaka (P3) pomzası kullanılarak filtrelenen karasudaki kimyasal oksijen ihtiyacı ve fenolün atım oranları (%)

Şekil 4.41 ve Şekil 4.42’de gösterildiği gibi, karasuyun %10, %20 ve %30 hacimsel oranlarda üst tabaka (P3) pomza numunesi ile filtrasyonu sonucunda, K.O.İ miktarı sırasıyla 53000 mg/L, 50000 mg/L ve 46000 mg/L olduğu ve sırasıyla %54,31, %56,90, %60,34 oranlarında azaldığı belirlenmiştir. Filtrelenmiş karasuyun içerdiği fenol miktarlarının ise sırasıyla 750 mg/L, 700 mg/L ve 680 mg/L olduğu ve sırasıyla %20,21, %25,53 ve %27,66 oranlarında uzaklaştırılabildiği bulunmuştur. (-0,5+0,1 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış üst tabaka (P3) pomza kullanımı ve kullanılan pomza miktarının artırılması ile karasuda kimyasal oksijen ihtiyacı yaratan organik bileşiklerin ve ayrıca fenolün uzaklaştırılabildiği saptanmıştır.

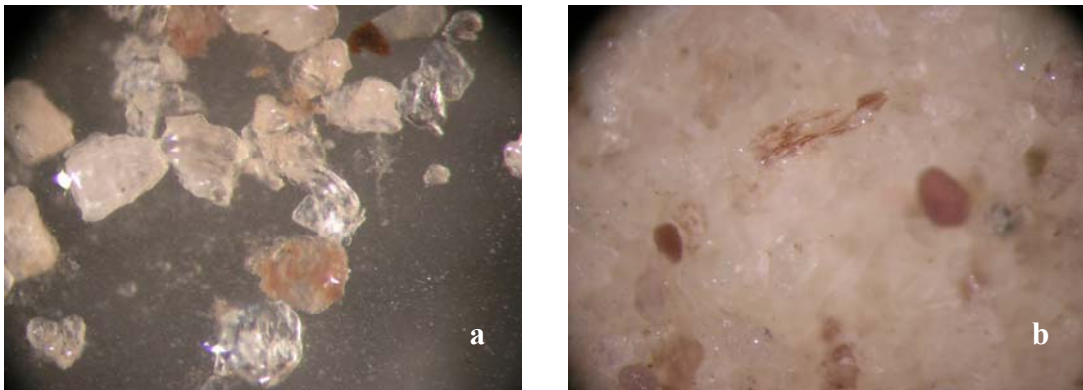
Alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka Menderes pomzalarının özgül yüzey alanları ve ortalama gözenek çapları Afyon Kocatepe Üniversitesi-TAGEM Azot Adsorpsiyon (BET) yöntemi ile saptanmış, alt tabaka (P1) pomzasının özgül yüzey alanının 2,86 m²/g, ortalama gözenek çapının 22,15 °A, orta tabaka (P2) pomza numunesinin özgül yüzey alanının 1,85 m²/g, ortalama gözenek çapının 18,43 °A ve üst tabaka (P3) pomza numunesinin özgül yüzey alanının 8,70 m²/g, ortalama gözenek çapının 20,14 °A olduğu belirlenmiştir. Orta (P2) tabaka pomza numunesi

düşük özgül yüzey alanı ve düşük gözenek çapına sahipken, alt (P1) tabaka pomza numunesi düşük özgül yüzey alanı ve büyük gözenek çapına, üst (P3) tabaka numunesi ise yüksek özgül yüzey alanı ve düşük gözenek çapına sahip olduğu bulunmuştur.

Şekil 4.43 ve 4.44'de, zeytinyağı atığı karasudaki kimyasal oksijen ihtiyacı yaratan organik bileşiklerin, Menderes pomzaları ile filtrasyonunun mikroskopik görüntüleri gösterilmektedir. Mikroskopik görüntüler, Olympus SZ61 marka, 20x objektife sahip binoküler mikroskop kullanılarak elde edilmiş, görüntüler 80 kat büyütülmüştür.



Şekil 4. 43. Menderes pomzaları ile karasudaki organik bileşiklerin filtrasyonunun mikroskopik görüntüleri



Şekil 4. 44. Karasu filtrasyonu sonunda Menderes pomzalarının mikroskopik görüntüleri

Şekil 4.43 a ve b'de, zeytinyağı atığı karasuda, yüksek devirli karıştırıcı kullanılması ile emülsiyeye edilmiş kimyasal oksijen ihtiyacı yaratan organik bileşiklerin, (-0,5+0,1 mm) tane boyutlu pomzanın gözeneklerinin etrafını sardığı, Şekil 4.44 a ve b'de ise organik bileşiklerin gözeneklere dolduğu görülmektedir.

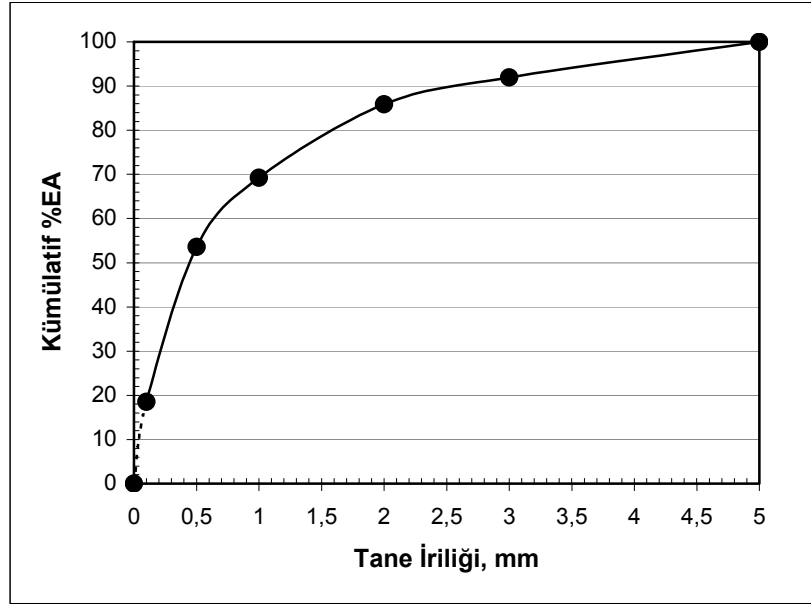
Zeytinyağı atığı karasuyun, (-0,5+0,1 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomzalarının kullanımı ile filtrasyonunda, karasuda kimyasal oksijen ihtiyacı yaratan organik bileşikleri ve fenolü uzaklaştırma verimi yönünden, alt (P1) tabaka \geq üst (P3) tabaka $>$ orta (P2) tabaka şeklinde sıralanabilir. Menderes pomzaları ile karasuyun filtrasyonunda, pomza numunelerinin katyon değişim kapasiteleri ile özgül yüzey alanlarının önemli bir etken olmadığı, gözenek çaplarının artmasıyla filtrasyon verimlerinin arttığı bulunmuştur.

4.15.2. Pomza Cevheri ile Dizel Yakıtın Yanması Sonucu Oluşan Atıkların Filtrasyonu

Bu çalışmada, dizel yakıt kullanan bir araçta yanma sonucu oluşan egzoz gazlarının ve katı partiküllerin (Polinükleer Aromatik Karbon Bileşikleri) pomza cevheri ile filtrasyonu araştırılmıştır. Çalışmalarda, Menderes yöresi orta tabaka (P2) pomza cevher numunesi kullanılmıştır. Pomza cevher numunesi çeneli kırıcı ile kırma işlemine tabii tutulduktan sonra (-3+2 mm), (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,1 mm) ve (-0,1 mm) tane boyutuna sınıflandırılmıştır (Tablo 4.27 ve Şekil 4.45).

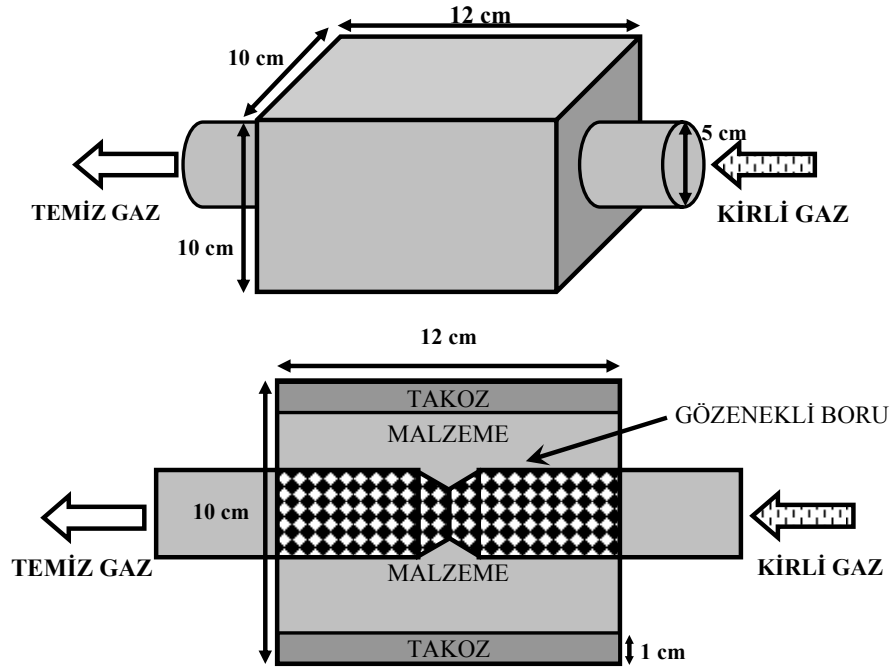
Tablo 4. 27. Yanama sonucu oluşan gazların ve katı partiküllerin filtrasyonunda kullanılan Menderes orta tabaka pomzasının elek analizi sonuçları

Tane iriliği, mm	Ağırlık, %	Σ % EA
-5,0+3,0	8,06	100,00
-3,0+2,0	6,09	91,94
-2,0+1,0	16,60	85,85
-1,0+0,5	15,67	69,25
-0,5+0,1	35,05	53,58
-0,1+0,0	18,53	18,53



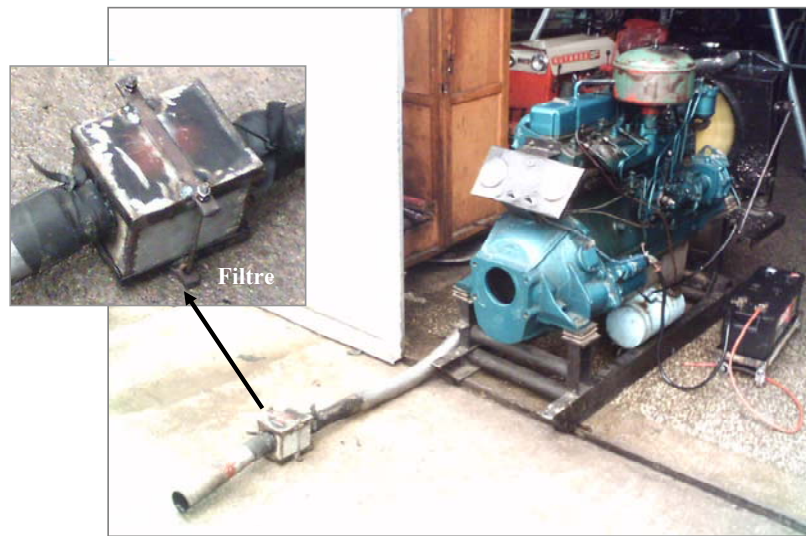
Şekil 4. 45. Yanama sonucu oluşan gazların ve katı partiküllerin filtrasyonunda kullanılan Menderes orta tabaka pomzasının elek analizi sonuçları

Çalışmalarda, sınıflandırılmış pomza numuneleri, Şekil 4.46'da şematik görüntüsü gösterilen, dizel yakıtın yanması sonucu oluşan gazları ve katı partikülleri filtre edebilecek şekilde tasarlanmış metal bir kap içerisine yerleştirilmiş ve pomza içeren bir filtre üretilmiştir. Filtrasyonun sağlanması için tasarlanan bu metal kap (pomza filtre), içinden gözenekli boru geçen bir kutu şeklindedir. Gözenekli boru, Cr-Ni alaşımı, 900 °C sıcaklığa dayanıklı ve 90 µm açıklıklı elek telinden oluşmaktadır. Kutu içerisindeki gözenekli borunun orta noktası, yanma sonucu oluşan gazın basıncının düşürülmesi ve gazın kutu içerisinde dolayısıyla pomza cevheri içinde yayılmasını sağlamak amacıyla daraltılmıştır.



Şekil 4. 46. Tasarlanan filtrenin şematik görüntüsü

Pomza filtre, Şekil 4.47’de gösterildiği gibi, 73 model, BMC 140 model, altı silindir, düz, dizel kamyon motorunun egzoz çıkışına yerleştirilmiş ve pomza cevheri tane boyutunun ve dizel motorun çalışma süresinin filtrasyona olan etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, orta tabaka (P2) pomza cevheri, (-3+2 mm), (-2+1 mm), (-1+0,5 mm) ve (-0,1 mm) tane boyutlarına sınıflandırılmıştır.



Şekil 4. 47. Filtrasyon çalışmalarında kullanılan egzozla bağlı filtre görüntüsü

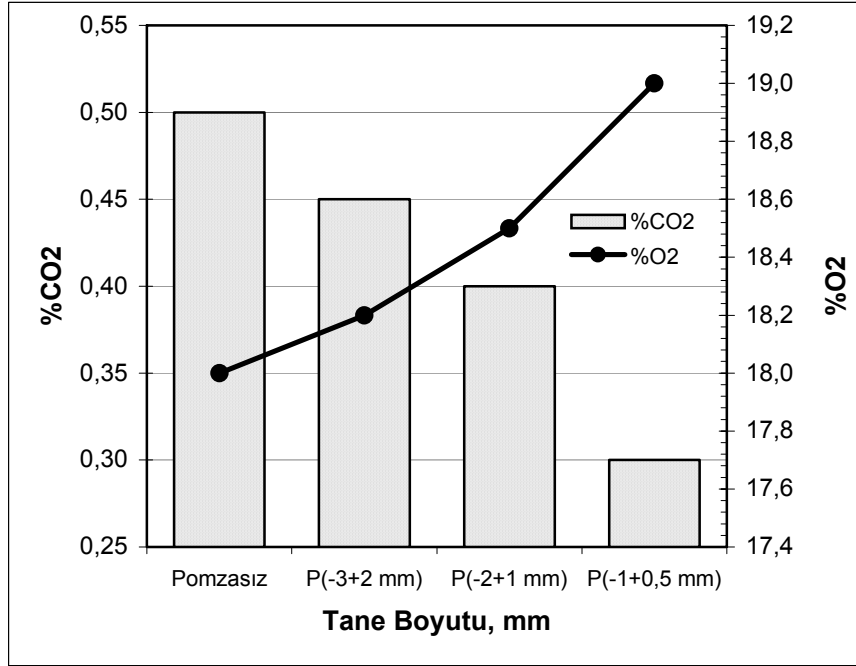
Öncelikle egzoz pomza filtre takılmadan ölçümler yapılmış, ardından (-3+2 mm), (-2+1 mm), (-1+0,5 mm) tane boyutlu pomza filtrelerle ayrı ayrı gaz numuneleri alınmış ve numunelerin içerdiği %CO₂, %O₂ ve katı partikül (PAH) miktarı bulunmuştur. Gaz numunelerinin içerdiği %CO₂ ve %O₂ miktarları gaz kromatografi ile katı partikül (PAH) miktarları ise Bilsa Diesel Smokemeter 2100 marka oposimetre cihazı ile saptanmıştır. Egzoz gazı numuneleri, TS 11365 standardına uygun olarak, motorun çalıştırılmasından sonra 18. ve 21. dakikalarda alınmış ve poliüretan poşet içerisinde muhafaza edilmiştir. Her bir test 2 defa tekrarlanmıştır. Çalışmalarda (-0,5+0,1 mm) ve (-0,1 mm) tane boyutlu pomza cevheri, tane boyutunun ince olması ve ortamdaki basıncın yüksek olması ve dolayısıyla cevherin ortamdaki kaçması nedeniyle kullanılamamıştır.

Çalışmalarda, katı partikül (PAH) miktarı, oposimetre cihazı ile saptanan ışık adsorpsiyon katsayısı (K) ile belirlenmiştir. Işık adsorpsiyon katsayısı (K); egzoz gazı içerisinde bulunan, şeffaf olmayan parçacıkların, gazdan geçen ışığın aydınlatma şiddetinin (aydınlanan birim yüzey için ışık akısının) azalmasıyla ilgili bir katsayı olarak tanımlanır ve birimi m⁻¹'dir. Geçirgen gaz için K = 0 m⁻¹ ve geçirgen olmayan gaz için K = ∞ m⁻¹'dir (TS 11365).

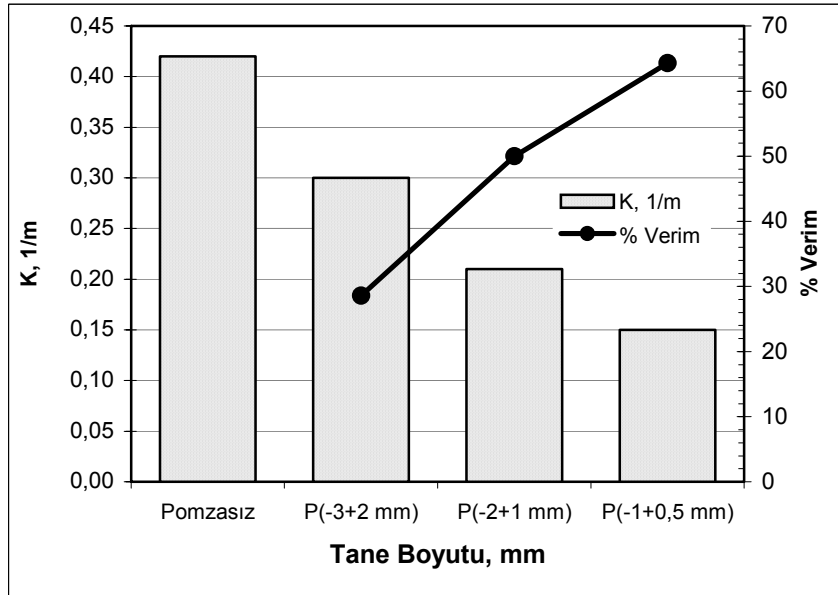
Tablo 4.28'de, pomza filtre kullanılmadan ve filtrasyon malzemesi olarak sınıflandırılmış pomza cevherinin kullanılması ile motorda yanma sonucu oluşan gazların ve katı partiküllerinin (PAH) ölçüm değerleri verilmiştir. Şekil 4.48'de, yanma sonucu oluşan gazların ölçüm değerleri, Şekil 4.49'da ise katı partiküllerin ölçüm değerleri sunulmuştur.

Tablo 4. 28. Menderes orta tabaka pomzasının tane iriliğine bağlı olarak motorda yanma sonucu oluşan gazların ve katı partiküllerinin ölçüm değerleri

Filtrasyon Malzemesi	%CO₂	%O₂	K, m⁻¹
Pomzasız	0,50	18,0	0,42
P(-3,0+2,0)	0,45	18,2	0,30
P(-2,0+1,0)	0,40	18,5	0,21
P(-1,0+0,5)	0,30	19,0	0,15



Şekil 4. 48. Menderes orta tabaka pomzasının tane iriliğine bağlı olarak motorda yanma sonucu oluşan gazların ölçüm değerleri



Şekil 4. 49. Menderes orta tabaka pomzasının tane iriliğine bağlı olarak motorda yanma sonucu oluşan katı partiküllerinin ölçüm değerleri

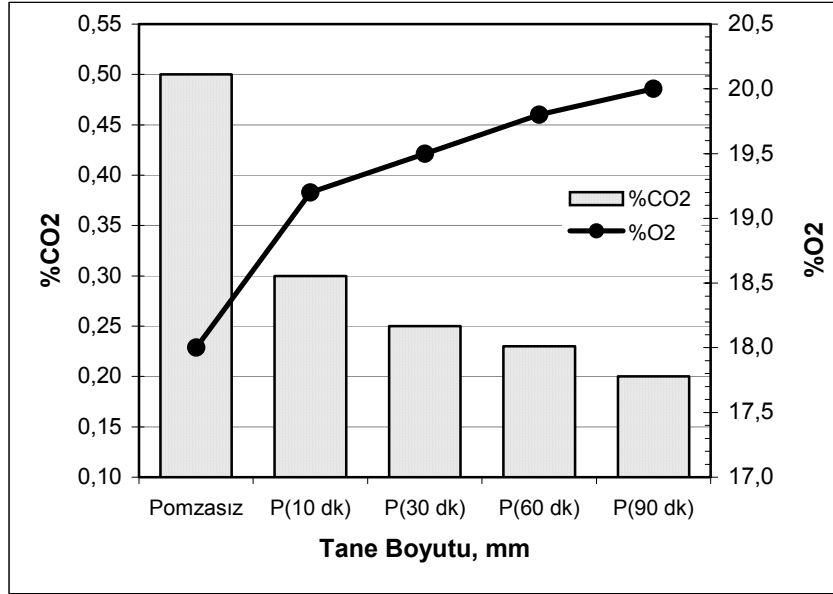
Şekil 4.48 ve Şekil 4.49'da gösterildiği gibi, dizel yakıtın yanması ile oluşan ve egzozdan çıkan dumandaki CO₂ miktarının %0,5; O₂ miktarının %18,0 ve ışık adsorpsiyon katsayısının 0,42 m⁻¹ olduğu saptanmıştır. (-3+2 mm), (-2+1 mm) ve

(-1+0,5 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış pomza filtre kullanılması durumunda egzoz gazındaki CO₂ miktarı %0,45-0,3; O₂ miktarı %18,2-19,0, ışık adsorpsiyon katsayısı değeri ise 0,3-0,15 m⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Kullanılan pomza filtrenin tane boyutuna göre katı partiküllerin filtrasyon verimi ise sırasıyla %28,57, %50,00 ve %64,29 oranlarında sağlanabilmiştir. Egzoz dumanındaki O₂ miktarının farklı tane boyutlarında kullanılan pomza cevherinin tane boyutunun incilmesi ile az oranda arttığı, CO₂ miktarının ise az oranda azaldığı belirlenmiştir. Egzoz dumanında ölçülen ışık adsorpsiyon katsayısı değerinin ise pomza filtrenin tane boyutunun incilmesi ile azaldığı saptanmıştır.

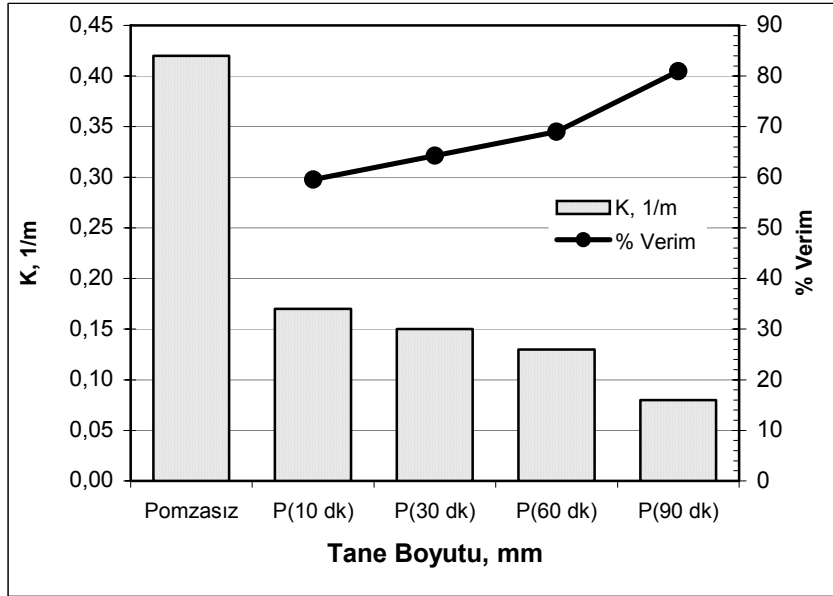
Tablo 4.29'da, pomza filtre kullanılmadan ve filtrasyon malzemesi olarak (-1+0,5 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış pomza cevherinin kullanılması ile motorda yanma sonucu oluşan gazların ve katı partiküllerinin (PAH) motorun çalışma süresine (10 dak., 30 dak., 60 dak. ve 90 dak. süre ile) bağlı ölçüm değerleri verilmiştir. Şekil 4.50'de, yanma sonucu oluşan gazların ölçüm değerleri, Şekil 4.51'de ise katı partiküllerin ölçüm değerleri sunulmuştur.

Tablo 4. 29. Motorun çalışma süresine bağlı yanma sonucu oluşan gazların ve katı partiküllerinin Menderes orta tabaka pomzası ile filtrasyon sonuçları

Filtrasyon Malzemesi	%CO₂	%O₂	K, m⁻¹
Pomzasız	0,50	18,00	0,42
P(10 dk)	0,30	19,20	0,17
P(30 dk)	0,25	19,50	0,15
P(60 dk)	0,23	19,80	0,13
P(90 dk)	0,20	20,00	0,08



Şekil 4. 50. Motorun çalışma süresine bağlı yanma sonucu oluşan gazların Menderes orta tabaka pomzası ile filtrasyon sonuçları



Şekil 4. 51. Motorun çalışma süresine bağlı yanma sonucu oluşan katı partiküllerinin Menderes orta tabaka pomzası ile filtrasyon sonuçları

Şekil 4.50 ve Şekil 4.51'de gösterildiği gibi, ekzoza (-1+0,5 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış pomza filtre takılarak, motorun 10 dak., 30 dak., 60 dak. ve 90 dak. süre ile çalıştırılması sonucu yapılan gaz ve katı partikül ölçümleri sonucunda, egzoz gazındaki CO₂ miktarının %0,3-0,2; O₂ miktarının %19,2-20,0, ışık adsorpsiyon

katsayısı değerinin ise 0,17-0,08 m⁻¹ arasında değişim gösterdiği bulunmuştur. Pomza filtre kullanılarak motorun çalıştırılma süresine göre katı partiküllerin filtrasyon verimi ise sırasıyla %59,52, %64,29, %69,05 ve %80,95 oranlarında belirlenmiştir. (-1+0,5 mm) tane boyutlu pomza filtrenin kullanımı ve motorun 10 dak., 30 dak., 60 dak. ve 90 dak. süre ile çalıştırılması ile egzoz dumanındaki O₂ miktarının motorun çalışma süresinin artmasıyla az oranda arttığı, CO₂ miktarının ise az oranda azaldığı belirlenmiştir. Egzoz dumanında ölçülen ışık adsorpsiyon katsayısı değerinin ise motorun çalışma süresi arttıkça azaldığı belirlenmiştir.

Egzozda, (-1+0,5 mm) tane boyutlu pomza filtre kullanılarak ve motorun çalışma süresine bağlı oluşacak gazların filtrasyonunda önemli bir etki sağlamadığı ancak yine yanma sonucu oluşan ve kansrojen etkisi olduğu bilinen katı partiküllerin (PAH) pomza filtre kullanılarak uzaklaştırılabildiği saptanmıştır.

BÖLÜM BEŞ

İZMİR-MENDERES YÖRESİ POMZA CEVHERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

5.1. Menderes Pomza Cevherlerinin Hazırlanması

Bu çalışmada, İzmir-Menderes yöresinden temin edilen alt tabaka (P1), orta tabaka (P2) ve üst tabaka (P3) pomza cevherlerinin zenginleştirilebilirliği araştırılmıştır.

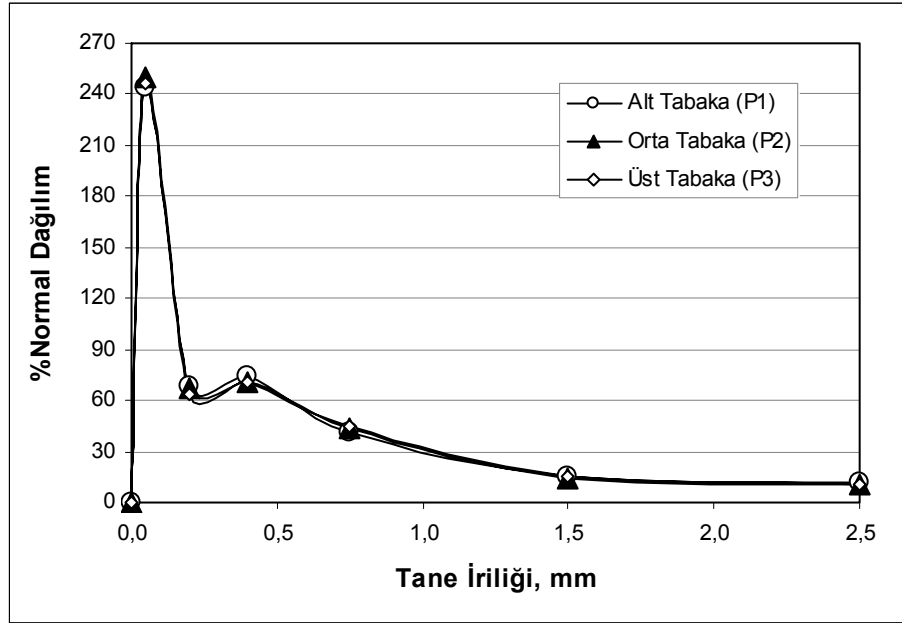
Menderes alt (P1) tabaka, orta (P2) tabaka ve üst (P3) tabaka pomzaları Bölüm 3.5'deki serbestleşme tane boyutu bulgularına dayalı olarak çeneli kırıcı ile kırılıp, (-3+2 mm), (-2+1 mm), (1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm), (-0,3+0,1 mm) ve (-0,1 mm) tane boyutlarına eleme yoluyla sınıflandırılarak, zenginleştirme çalışmalarına hazırlanmıştır.

Tablo 5.1'de Menderes pomza cevher numunelerinin tane boyut aralıklarının ağırlıksal değerleri ve normal dağılımları (%) sunulmakta, Şekil 5.1'de ise her üç pomza cevherinin normal dağılımları (%) grafiksel olarak gösterilmektedir.

Tablo 5. 1. Menderes pomzalarının tane boyut analiz sonuçları

Tane İriliği, mm	P1		P2		P3	
	% Ağırlık	%Normal Dağılım	% Ağırlık	%Normal Dağılım	% Ağırlık	%Normal Dağılım
3,00-2,00	11,23	11,23	11,11	11,11	10,49	10,49
2,00-1,00	15,47	15,47	14,47	14,47	15,62	15,62
1,00-0,50	20,44	40,88	21,9	43,8	22,24	44,48
0,50-0,30	14,78	73,9	14,22	71,1	14,16	70,8
0,30-0,10	13,69	68,45	13,33	66,65	12,84	64,2
0,10-0,00	24,39	243,9	24,97	249,7	24,65	246,5
Toplam	100		100		100	

Tablo 5.1’de gösterildiği gibi, alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka Menderes pomzalarının sırasıyla ağırlıksal olarak %11,23, %11,11 ve %10,49’unun (-3+2 mm), %15,47, %14,47 ve %15,62’sinin (-2+1 mm), %20,44, %21,9 ve %22,24’ünün (-1+0,5 mm), %14,78, %14,22 ve %14,16’sinin (-0,5+0,3 mm), %13,69, %13,33, %12,84’ünün (-0,3+0,1 mm), %24,39, %24,97 ve %24,65’inin de (-0,1 mm) tane boyut aralığında bulunduğu belirlenmiştir.



Şekil 5. 1. Menderes pomzalarının %Normal Dağılım eğrileri

Şekil 5.1’de gösterildiği gibi, her üç Menderes pomzasının kırılma yapılarının benzer özellikler gösterdiği bulunmuştur. Ayrıca, her üç menderes pomzasının (-1+0,3 mm) ve -0,1 mm tane boyutlarında yığılma gösterdiği dolayısıyla cevherlerde farklı kırılma yapılarına sahip iki mineralleşmenin olduğu söylenebilir.

Tablo 5.2, 5.3 ve 5.4’de, Menderes alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomzalarının fraksiyonel kimyasal analizleri yapılarak, her bir tane boyut aralıklarının içerdiği %Na₂O, %Al₂O₃, %SiO₂, %K₂O, %Fe₂O₃ dağılımları bulunmuştur. Zenginleştirme çalışmalarındaki tüm kimyasal analizler Gürbüz Madencilik San.ve Tic.A.Ş.’nin katkılarıyla yapılmıştır.

Tablo 5. 2. Menderes alt tabaka (P1) pomzasının elek metal analizi sonuçları

Ürünler	% Ağırlık	% Na ₂ O	% Dağıl.	% Al ₂ O ₃	% Dağıl.	% SiO ₂	% Dağıl.	% K ₂ O	% Dağıl.	% Fe ₂ O ₃	% Dağıl.
3,00-2,00	11,23	1,79	11,40	12,75	11,20	74,06	11,22	3,85	11,21	1,28	11,24
2,00-1,00	15,47	1,75	15,35	12,76	15,44	73,50	15,34	3,82	15,33	1,26	15,24
1,00-0,50	20,44	1,80	20,86	12,79	20,45	75,03	20,69	3,76	19,93	1,27	20,29
0,50-0,30	14,78	1,78	14,91	12,80	14,80	74,62	14,88	3,88	14,87	1,25	14,44
0,30-0,10	13,69	1,73	13,43	12,77	13,67	73,63	13,60	3,90	13,85	1,31	14,02
0,10-0,00	24,39	1,74	24,06	12,82	24,45	73,70	24,26	3,92	24,80	1,30	24,78
Toplam	100	1,76	100	12,79	100	74,11	100	3,86	100	1,28	100

Tablo 5. 3. Menderes orta tabaka (P2) pomzasının elek metal analizi sonuçları

Ürünler	% Ağırlık	% Na ₂ O	% Dağıl.	% Al ₂ O ₃	% Dağıl.	% SiO ₂	% Dağıl.	% K ₂ O	% Dağıl.	% Fe ₂ O ₃	% Dağıl.
3,00-2,00	11,11	1,97	10,46	11,92	11,03	73,87	11,02	4,86	10,89	0,60	10,38
2,00-1,00	14,47	1,99	13,76	11,95	14,40	73,91	14,36	4,78	14,24	0,63	14,19
1,00-0,50	21,9	2,09	21,87	11,99	21,87	74,23	21,82	4,88	22,18	0,62	21,14
0,50-0,30	14,22	2,12	14,40	12,02	14,24	74,46	14,21	5,02	13,71	0,64	14,17
0,30-0,10	13,33	2,14	13,63	12,04	13,37	74,82	13,39	4,94	13,28	0,66	13,70
0,10-0,00	24,97	2,17	25,89	12,06	25,08	75,21	25,21	5,10	25,69	0,68	26,43
Toplam	100	2,09	100	12,00	100	74,5	100	4,96	100	0,64	100

Tablo 5. 4. Menderes üst tabaka (P3) pomzasının elek metal analizi sonuçları

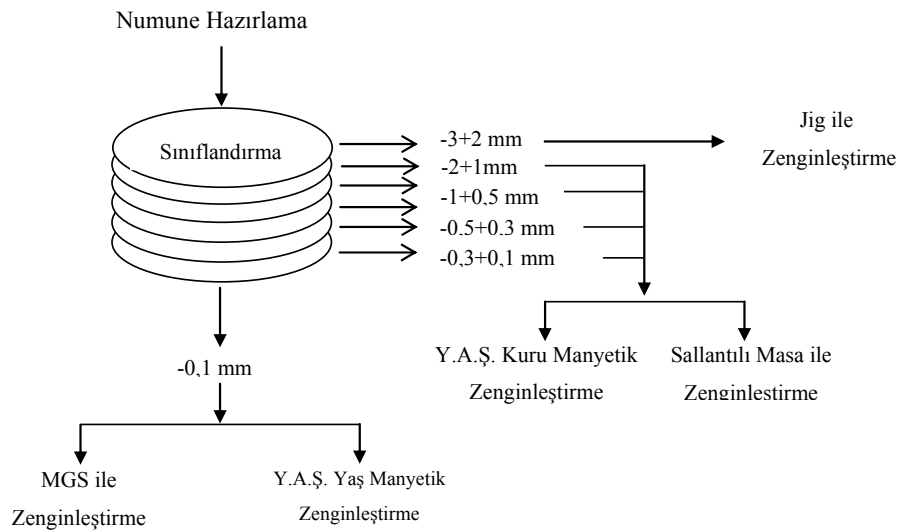
Ürünler	% Ağırlık	% Na ₂ O	% Dağıl.	% Al ₂ O ₃	% Dağıl.	% SiO ₂	% Dağıl.	% K ₂ O	% Dağıl.	% Fe ₂ O ₃	% Dağıl.
3,00-2,00	10,49	2,12	10,14	12,20	10,21	72,49	10,42	4,27	10,26	1,36	9,94
2,00-1,00	15,62	2,18	15,52	12,23	15,25	72,68	15,55	4,31	15,43	1,38	15,01
1,00-0,50	22,24	2,15	21,80	12,27	21,78	72,85	22,19	4,35	22,17	1,41	21,84
0,50-0,30	14,16	2,20	14,20	12,35	13,96	73,05	14,17	4,37	14,18	1,45	14,30
0,30-0,10	12,84	2,23	13,05	12,72	13,03	73,25	12,88	4,40	12,94	1,47	13,15
0,10-0,00	24,65	2,25	25,28	13,10	25,77	73,40	24,78	4,43	25,02	1,50	25,76
Toplam	100	2,19	100	12,53	100	73,00	100	4,36	100	1,44	100

Tablo 5.2, 5.3 ve 5.4’de gösterildiği gibi, alt tabaka (P1) pomza cevheri %1,76 Na₂O, %12,79 Al₂O₃, %74,11 SiO₂, %3,86 K₂O, %1,28 Fe₂O₃ tenör değerlerine; orta (P2) tabaka pomza cevheri %2,09, Na₂O, %12,00 Al₂O₃, %74,50 SiO₂, %4,96 K₂O, %0,64 Fe₂O₃ tenör değerlerine, üst (P3) tabaka pomza cevheri ise %2,19, Na₂O, %12,50 Al₂O₃, %73,00 SiO₂, %4,36 K₂O, %1,44 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahiptir. Her üç Menderes pomza cevherinin, fraksiyonel olarak incelenip, sahip olduğu empürüte (demir oksitler) mineralleri yönünden değerlendirilmesi ile her üç pomza cevherindeki element dağılımlarının birbirine oldukça yakın olduğu belirlenmiştir.

5.2. Menderes Pomzalarının Zenginleştirilmesi

Sınıflandırılan pomza cevherleri yoğunluğa göre zenginleştirme ve manyetik özellik farkına dayalı yöntemler kullanılarak zenginleştirilmiş ve jig, sallantılı masa, multigravite seperatörü (MGS), yüksek alan şiddetli kuru manyetik seperatör ve yüksek alan şiddetli yaş manyetik seperatörler kullanılmıştır.

(-3+2 mm) tane boyutuna sınıflandırılan pomza cevherleri jig ile, (-2+1 mm) (1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm), (-0,3+0,1 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan pomza cevherleri sallantılı masa ve yüksek alan şiddetli kuru manyetik seperatörle, (-0,1 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan pomza cevherleri ise Yüksek alan şiddetli yaş manyetik seperatör ve multigravite seperatörü (MGS) ile zenginleştirilmiştir. Şekil 5.2’de, Menderes pomzalarının zenginleştirilmesi akım şeması halinde sunulmuştur.



Şekil 5. 2. Menderes pomzalarını zenginleştirme akım şeması

5.2.1. Menderes Pomza Cevherlerinin Jig ile Zenginleştirilmesi

(-3+2 mm) tane boyutuna sınıflandırılan Menderes alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomzalarının yoğunluğa göre zenginleştirme yöntemlerinden jig ile zenginleştirilebilirliği araştırılmıştır. Menderes pomzalarının jig ile zenginleştirilmesi tek kompartımanlı jig ile yapılmıştır.

Tablo 5.5’de, jig ile zenginleştirilen (-3+2 mm) tane boyutlu Menderes alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomzalarına ait jig ürünlerinin yığın yoğunlukları sunulmaktadır.

Tablo 5. 5. Menderes pomzalarının jig ile zenginleştirme ürünlerinin yığın yoğunlukları

Ürünler	Yığın Yoğunluğu, gr/cm ³		
	Alt Tabaka (P1)	Orta Tabaka (P2)	Üst Tabaka (P3)
Konsantre	0,67	0,89	0,79
Artık	1,17	1,17	1,12

Tablo 5.5’de, (-3+2 mm) tane boyutlu alt (P1) tabaka pomza konsantresinin yığın yoğunluğunun 0,67 gr/cm³, artığının yığın yoğunluğunun 1,17 gr/cm³, orta tabaka pomza konsantresinin yığın yoğunluğunun 0,89 gr/cm³, artığının yığın yoğunluğunun 1,17 gr/cm³, üst tabaka pomza konsantresinin yığın yoğunluğunun 0,79 gr/cm³, artığının yığın yoğunluğunun ise 1,12 gr/cm³ olduğu bulunmuştur.

Tablo 5.6’da, (-3+2 mm) tane boyutuna sınıflandırılan Menderes alt (P1) tabaka pomzasının jigle zenginleştirme ürünlerinin tenör ve verim dağılımları sunulmuştur.

Tablo 5. 6. Menderes alt (P1) tabaka pomzasının jig ile zenginleştirme ürünlerinin %Tenör-%Verim bilançosu

Ürünler	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
	Ağırlık	Na ₂ O	Verim	Al ₂ O ₃	Verim	SiO ₂	Verim	K ₂ O	Verim	Fe ₂ O ₃	Verim
Konsantre	62,42	2,38	83,17	14,41	70,57	71,85	60,55	4,67	75,63	0,87	42,56
Artık	37,58	0,80	16,83	9,98	29,43	77,74	39,45	2,50	24,37	1,95	57,44
Toplam	100	1,79	100	12,75	100	74,06	100	3,85	100	1,28	100

Tablo 5.6'da gösterildiği gibi, ağırlıksal olarak %11,23 dağılımlı ve %1,79 Na₂O, %12,75 Al₂O₃, %74,06 SiO₂, %3,85 K₂O ve %1,28 Fe₂O₃ tenör değerlerini içeren (-3+2 mm) tane boyutlu alt (P1) tabaka pomza cevherinin jigle zenginleştirilmesi ile %62,42 ağırlıksal oranında %2,38 Na₂O, %14,41 Al₂O₃, %71,85 SiO₂, %4,67 K₂O ve %0,87 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %83,17 Na₂O, %70,57 Al₂O₃, %60,55 SiO₂, %75,63 K₂O verimleri ile üretilmiş, empürite minerallerinde demir oksit mineralleri ise %57,44 Fe₂O₃ verimle konsantreden uzaklaştırılabilmektedir.

Tablo 5.7'de (-3+2 mm) tane boyutuna sınıflandırılan Menderes orta (P2) tabaka pomzasının jigle zenginleştirme sonuçları sunulmaktadır.

Tablo 5. 7. Menderes orta (P2) tabaka pomzasının jig ile zenginleştirme ürünlerinin %Tenör-%Verim bilançosu

Ürünler	% Ağırlık	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
Konsantre	64,27	2,22	72,43	12,65	68,18	72,32	62,92	5,88	77,79	0,40	42,59
Artık	35,73	1,52	27,57	10,62	31,82	76,66	37,08	3,02	22,21	0,97	57,41
Toplam	100	1,97	100	11,92	100	73,87	100	4,86	100	0,60	100

Tablo 5.7'de gösterildiği gibi, ağırlıksal olarak %11,11 dağılımlı ve %1,97 Na₂O, %11,92 Al₂O₃, %73,87 SiO₂, %4,86 K₂O ve %0,6 Fe₂O₃ tenör değerlerini içeren (-3+2 mm) tane boyutlu orta (P2) tabaka pomza cevherinin jigle zenginleştirilmesi ile %64,27 ağırlıksal oranında %2,22 Na₂O, %12,65 Al₂O₃, %72,32 SiO₂, %5,88 K₂O ve %0,4 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %72,43 Na₂O, %68,18 Al₂O₃, %62,92 SiO₂, %77,79 K₂O verimleri ile üretilmiş ve empürite minerallerinde demir oksit mineralleri ise %57,41 Fe₂O₃ verimle konsantreden uzaklaştırılabilmektedir.

Tablo 5.8'de (-3+2 mm) tane boyutuna sınıflandırılan Menderes üst (P3) tabaka pomzasının jigle zenginleştirme sonuçları sunulmaktadır.

Tablo 5. 8. Menderes üst (P3) tabaka pomzasının jig ile zenginleştirme ürünlerinin %Tenör-%Verim bilançosu

Ürünler	% Ağırlık	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
Konsantre	65,31	2,46	75,78	12,80	68,50	71,15	64,10	5,11	78,09	0,80	38,56
Artık	34,69	1,48	24,22	11,08	31,50	75,02	35,90	2,7	21,91	2,40	61,44
Toplam	100	2,12	100	12,20	100	72,49	100	4,27	100	1,36	100

Tablo 5.8’de gösterildiği gibi, ağırlıksal olarak %10,49 dağılımlı ve %2,12 Na₂O, %12,20 Al₂O₃, %772,49 SiO₂, %4,27 K₂O ve %1,36 Fe₂O₃ tenör değerlerini içeren (-3+2 mm) tane boyutlu üst (P3) tabaka pomza cevherinin jigle zenginleştirilmesi ile %65,31 ağırlıksal oranında %2,46 Na₂O, %12,80 Al₂O₃, %71,15 SiO₂, %5,11 K₂O ve % 0,8 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %75,78 Na₂O, %68,50 Al₂O₃, %64,10 SiO₂, %78,09 K₂O verimleri ile üretilmiş ve empürite minerallerinde demir oksit mineralleri ise %61,44 Fe₂O₃ verimle konsantreden uzaklaştırılabilmektedir.

%11,23’ünü kapsayan (-3+2 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış alt (P1) tabaka Menderes pomza cevherinden toplu olarak ağırlıkça %7,01 oranında %2,38 Na₂O, %14,41 Al₂O₃, %71,85 SiO₂, %4,67 K₂O ve %0,87 Fe₂O₃ tenör değerlerini içeren konsantre, %83,17 Na₂O, %70,57 Al₂O₃, %60,55 SiO₂, %75,63 K₂O verimleri ile üretilmiş ve %57,44 oranında Fe₂O₃ atımı sağlanmıştır. %11,11’ünü kapsayan (-3+2 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış orta (P2) tabaka Menderes pomzasından toplu olarak ağırlıkça %7,14 oranında %2,22 Na₂O, %12,65 Al₂O₃, %72,32 SiO₂, %5,88 K₂O ve %0,4 Fe₂O₃ tenör değerlerini içeren konsantre, %72,43 Na₂O, %68,18 Al₂O₃, %62,92 SiO₂, %77,79 K₂O verimlerinde üretilmiş, %57,41 oranında Fe₂O₃ atımı sağlanmıştır. %10,49’ünü kapsayan (-3+2 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış üst (P3) tabaka Menderes pomzasından toplu olarak ağırlıkça %6,85 oranında %2,46 Na₂O, %12,80 Al₂O₃, %71,15 SiO₂, %5,11 K₂O ve % 0,8 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %75,78 Na₂O, %68,50 Al₂O₃, %64,10 SiO₂, %78,09 K₂O verimleri ile üretilmiş, %61,44 oranında Fe₂O₃ atımı sağlanmıştır.

Şekil 5.3’de, alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka Menderes pomzalarının jig ile zenginleştirilmesi sonucu üretilen pomza konsantreleri ve artıklarının mikroskopik

görüntüleri sunulmaktadır. Mikroskobik görüntüler, Olympus SZ61 marka, 20x objektife sahip binoküler mikroskop ile sağlanmıştır.



(-3+2 mm) Tane Boyutlu Alt (P1) Tabaka
Pomza Konsantresi-0,8x



(-3+2 mm) Tane Boyutlu Alt (P1) Tabaka
Artığı-0,8x



(-3+2 mm) Tane Boyutlu Orta (P2) Tabaka
Pomza Konsantresi-0,8x



(-3+2 mm) Tane Boyutlu Orta (P2) Tabaka
Artığı-0,8x



(-3+2 mm) Tane Boyutlu Üst (P3) Tabaka
Pomza Konsantresi-0,8x



(-3+2 mm) Tane Boyutlu Üst (P3) Tabaka
Artığı -0,8x

Şekil 5. 3. Menderes pomzalarının jig ile zenginleştirme ürünlerinin görüntüleri

5.2.2. Menderes Pomza Cevherlerinin Sallantılı Masa ile Zenginleştirilmesi

(-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan Menderes alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomza cevherleri yoğunluğa göre zenginleştirme yöntemlerinden sallantılı masa ile zenginleştirilebilirliği araştırılmıştır. Menderes alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomza cevherleri, Wilfley tipi sallantılı masa kullanılarak zenginleştirilmiştir.

(-2+1 mm) ve (-1+0,5 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan Menderes pomzaları 2°; (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan Menderes pomzaları ise 1° masa eğimi ile zenginleştirilmiştir.

Tablo 5.9'da, (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlu Menderes alt (P1) tabaka pomzasının sallantılı masa ile zenginleştirilmesi ile üretilen ürünlerinin yığın yoğunlukları sunulmaktadır.

Tablo 5. 9. Sallantılı masa ile zenginleştirilen Menderes alt (P1) tabaka pomza ürünlerinin yığın yoğunlukları

Tane Boyutu, mm	Yığın Yoğunluğu, gr/cm ³		
	Pomza Konsantre	Ara Ürün	Artık
2,00-1,00	0,71	1,09	1,36
1,00-0,50	0,86	1,22	1,29
0,50-0,30	0,89	1,18	1,30
0,30-0,10	0,95	1,14	1,32

Tablo 5.9'da, (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlu Menderes alt (P1) tabaka pomza konsantrelerinin yığın yoğunlukları sırasıyla, 0,71 gr/cm³, 0,86 gr/cm³, 0,89 gr/cm³, 0,95 gr/cm³ olduğu, artığın yığın yoğunluğunun ise 1,36 gr/cm³, 1,29 gr/cm³, 1,30 gr/cm³, 1,32 gr/cm³ olduğu bulunmuştur. Tane iriliğinin azalması ile pomza konsantresinin yığın yoğunluğunun azaldığı belirlenmiştir.

Tablo 5.10'da, (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan Menderes alt (P1) tabaka pomzasının yoğunluğa göre zenginleştirme yöntemlerinden sallantılı masa ile zenginleştirilmesi sonucu elde edilen ürünlerin tenör ve verim yönünden değerlendirmeleri sunulmaktadır.

Tablo 5. 10. Sallantılı masa ile zenginleştirilen Menderes alt (P1) tabaka pomza ürünlerinin %Tenör-
%Verim bilançosu

Ta. İr, mm	Ürünler	% Ağ	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
2-1	Pomza	62,70	2,16	77,61	13,60	66,83	72,10	61,51	5,34	87,74	0,83	41,34
	Ara Ü.	15,74	1,25	11,27	12,10	14,93	75,21	16,11	1,33	5,49	1,02	12,75
	Artık	21,56	0,90	11,12	10,80	18,25	76,32	22,39	1,20	6,78	2,68	45,90
	B.M	100	1,75	100	12,76	100	73,50	100	3,82	100	1,26	100
1-0,5	Pomza	70,72	2,23	87,57	13,66	75,55	72,40	68,24	4,94	92,86	0,56	31,23
	Ara Ü.	13,03	1,02	7,38	12,61	12,85	76,16	13,23	1,04	3,60	0,98	10,07
	Artık	16,25	0,56	5,05	9,13	11,60	85,56	18,53	0,82	3,54	4,58	58,70
	B.M	100	1,80	100	12,79	100	75,03	100	3,76	100	1,27	100
0,5-0,3	Pomza	69,82	2,20	86,30	13,52	73,74	71,87	67,25	5,08	91,47	0,68	37,87
	Ara Ü.	11,83	1,10	7,31	12,80	11,83	78,98	12,52	1,15	3,51	1,00	9,44
	Artık	18,35	0,62	6,39	10,07	14,43	82,26	20,23	1,06	5,02	3,60	52,69
	B.M	100	1,78	100	12,80	100	74,62	100	3,88	100	1,25	100
0,3-0,1	Pomza	65,00	2,11	79,06	13,35	67,94	70,84	62,54	5,28	88,04	0,98	48,70
	Ara Ü.	10,54	1,59	9,66	12,85	10,60	78,08	11,18	1,43	3,87	1,26	10,15
	Artık	24,46	0,80	11,28	11,2	21,45	79,13	26,29	1,29	8,09	2,20	41,14
	B.M	100	1,73	100	12,77	100	73,63	100	3,90	100	1,31	100

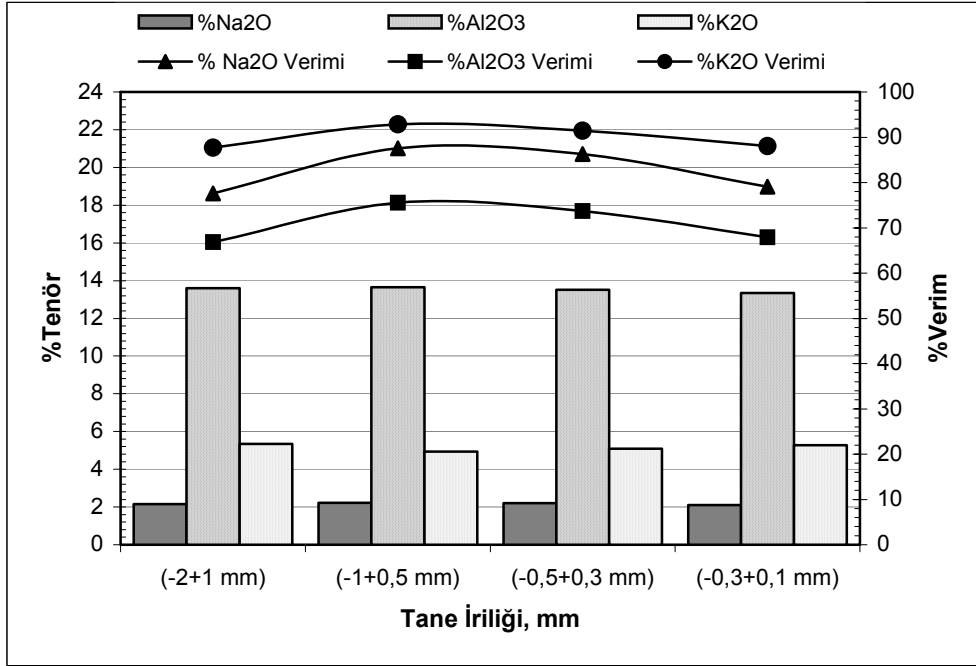
Tablo 5.10'da gösterildiği gibi, ağırlıksal olarak %15,47 dağılımlı ve %1,75 Na₂O, %12,76 Al₂O₃, %73,50 SiO₂, %3,82 K₂O ve %1,26 Fe₂O₃ tenör değerlerini içeren (-2+1 mm) tane boyutlu alt (P1) tabaka pomza cevherinin sallantılı masa ile zenginleştirilmesi ile %62,70 ağırlıksal oranında %2,16 Na₂O, %13,60 Al₂O₃, %72,10 SiO₂, %5,34 K₂O ve %0,83 Fe₂O₃ tenör değerlerinde konsantr,

%77,61 Na₂O, %66,83 Al₂O₃, %61,51 SiO₂, %87,74 K₂O verimleri ile üretilirken, pomza konsantresinde Fe₂O₃ %41,34 oranında empürite olarak kalmıştır.

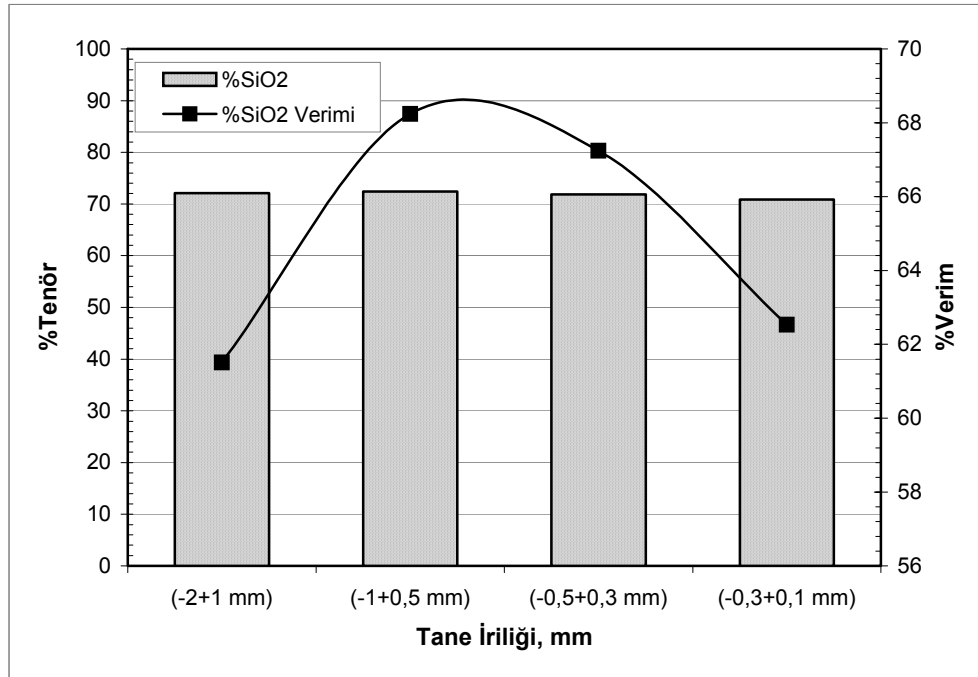
(-1+0,5 mm) tane boyutlu, ağırlıkça %20,44 oranında ve %1,80 Na₂O, %12,79 Al₂O₃, %75,03 SiO₂, %3,76 K₂O ve %1,27 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip alt (P1) tabaka pomzasından, %70,72 ağırlıksal oranında %2,23 Na₂O, %13,66 Al₂O₃, %72,40 SiO₂, %4,94 K₂O ve %0,56 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %87,57 Na₂O, %75,55 Al₂O₃, %68,24 SiO₂, %92,86 K₂O verimleri ile üretilmiş ancak pomza konsantresinde %31,23 oranında Fe₂O₃ empürite olarak kalmıştır. (-0,5+0,3 mm) tane boyutlu, ağırlıkça %14,78 oranında ve %1,78 Na₂O, %12,80 Al₂O₃, %74,62 SiO₂, %3,88 K₂O ve %1,25 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip alt (P1) tabaka pomzasından, %69,82 ağırlıksal oranında %2,20 Na₂O, %13,52 Al₂O₃, %71,87 SiO₂, %5,08 K₂O ve %0,68 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %86,30 Na₂O, %73,74 Al₂O₃, %67,25 SiO₂, %91,47 K₂O verimleri ile üretilmiş, konsantresinde %37,87 oranında Fe₂O₃ empürite olarak kalmıştır.

(-0,3+0,1 mm) tane boyutlu, ağırlıkça %13,69 oranında ve %1,73 Na₂O, %12,77 Al₂O₃, %73,63 SiO₂, %3,9 K₂O ve %1,31 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip alt (P1) tabaka pomzasından, %65,00 ağırlıksal oranında %2,11 Na₂O, %13,35 Al₂O₃, %70,84 SiO₂, %5,28 K₂O ve %0,98 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %79,06 Na₂O, %67,94 Al₂O₃, %62,54 SiO₂, %88,04 K₂O verimleri ile üretilmiş ancak pomza konsantresinde %48,70 oranında Fe₂O₃ empürite olarak kalmıştır.

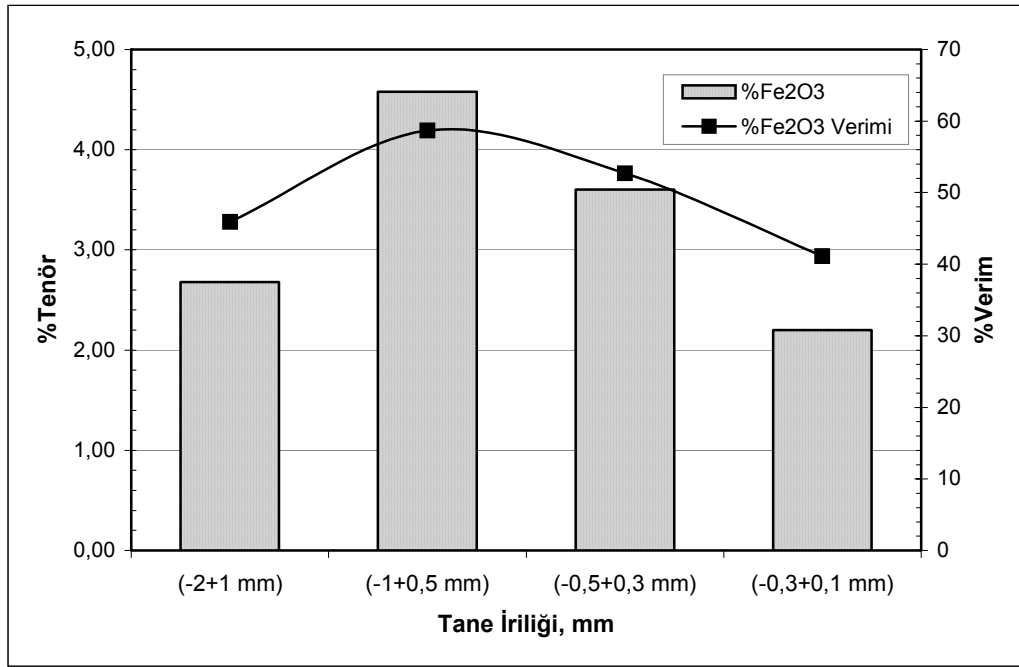
Şekil 5.4 ve 5.5’de, tane fraksiyonlarına göre alt (P1) tabaka pomza konsantresinin %Na₂O, %Al₂O₃, %K₂O ve %SiO₂ tenör ve kazanma verimleri, Şekil 5.6’da ise sallantılı masa artığının %Fe₂O₃ tenörü ile atımı grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 5. 4. Menderes alt (P1) tabaka pomza konsantresinin %Na₂O, %Al₂O₃, % K₂O tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 5. Menderes alt (P1) tabaka pomza konsantresinin %SiO₂ tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 6. Menderes alt (P1) tabakası sallantılı masa artığındaki %Fe₂O₃ tenör ve veriminin eğrisel gösterimi

Şekil 5.4 ve 5.5 ve 5.6'da, tane boyut aralığına göre sınıflandırılan alt (P1) tabaka pomza cevherinin sallantılı masa ile zenginleştirilmesinde %2,11-2,16 Na₂O, %13,35-13,66 Al₂O₃, %4,94-5,28 K₂O ve %70,84-72,40 arasında birbirine yakın tenör değerlerinde pomza konsantreleri üretilmiştir. Pomza konsantresindeki %Na₂O, %Al₂O₃, %SiO₂ ve %K₂O'nun kazanımı ve %Fe₂O₃'ün atımı, (-1+0,5 mm) tane boyutunda artış göstermiş ancak tane boyutu azaldıkça kazanma verimleri ve empürite minerallerin atım yüzdelerinde azalma olmuştur. (-1+0,5 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış alt tabaka pomza konsantresi %87,57 Na₂O, %75,55 Al₂O₃, %68,24 SiO₂, %92,86 K₂O verimleri ile sağlanırken, bu boyuttaki pomza cevherinden %4,58 Fe₂O₃ tenörlü artık, %58,70 verimle atılmıştır. Böylece (-1+0,5 mm) tane boyutlu alt tabaka (P1) pomza cevherinin sallantılı masa ile zenginleştirilmesiyle ağırlıksal olarak %16,25 oranında ve %0,56 Na₂O, %9,13 Al₂O₃, %85,56 SiO₂, %0,82 K₂O ve %4,58 Fe₂O₃ tenörlerinde artık atılabilmektedir.

Tablo 5.11'de, sallantılı masa ile ayrı ayrı zenginleştirilen (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlu Menderes alt (P1)

tabaka pomza ürünlerinin ağırlık, tenör ve verim yönünden toplu değerlendirilmesi sunulmuştur.

Tablo 5. 11. Sallantılı masa ile zenginleştirilen Menderes alt (P1) tabaka pomza ürünlerinin ana malzemeye göre %Tenör-%Verim bilançosu

Ta. İr, mm	Ürünler	% Ağ	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
2-0,1	Pomza	43,37	2,18	83,14	13,55	71,42	71,89	65,21	5,13	90,27	0,74	38,97
	Ara Ü.	8,29	1,20	8,76	12,54	12,64	76,81	13,32	1,22	4,09	1,04	10,58
	Artık	12,72	0,73	8,10	10,31	15,94	80,74	21,47	1,09	5,64	3,25	50,45
	B.M	64,38	1,77	100	12,78	100	74,27	100	3,83	100	1,27	100

Tablo 5.11’de, (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan Menderes alt (P1) tabaka pomzasının ağırlıkça %64,38’i (-2+0,1 mm) tane dağılımlı olup, %1,77 Na₂O, %12,78 Al₂O₃, %74,27 SiO₂, %3,83 K₂O ve %1,27 Fe₂O₃ tenör değerlerinde saptanmıştır.

(-2+0,1 mm) tane boyutlu alt tabaka pomza cevherinin fraksiyonel olarak zenginleştirilmesi ile toplam ağırlıkça %43,37 oranında ve %2,18 Na₂O, %13,55 Al₂O₃, %71,89 SiO₂, %5,13 K₂O ve %0,74 Fe₂O₃ tenörlü pomza konsantresi %83,14 Na₂O, %71,42 Al₂O₃, %65,21 SiO₂, %90,27 K₂O tenörlerinde üretilmiş ve de pomza konsantresinden empürite mineraller %50,45 Fe₂O₃ verimiyle atılmıştır. Alt tabaka pomza cevherinin %12,72’si artık olarak atılırken, %0,73 Na₂O, %10,31 Al₂O₃, %80,74 SiO₂, %1,09 K₂O ve %3,25 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip olmuştur. Sallantılı masa ile zenginleştirmeye tabii tutulan alt (P1) tabaka pomza cevherinin artığındaki %SiO₂ tenörünün belirgin bir oranda arttığı belirlenmiştir. Artıktaki %SiO₂ tenör artışı, artığa kaçan silikathlı mineraller (pomza, perlit, albit, ortoklas gibi) yanında özellikle serbest silisten kaynaklanmaktadır.

Şekil 5.7’de, alt (P1) tabaka Menderes pomzalarının sallantılı masa ile zenginleştirilmesi sonucu üretilen fraksiyonel pomza konsantrelerinin ve artıklarının mikroskopik görüntüleri sunulmaktadır. Mikroskopik görüntüler, Olympus SZ61 marka, 20x objektife sahip binoküler mikroskop ile gerçekleştirilmiştir.



(-2+1 mm) Tane Boyutlu Alt (P1) Tabaka
Pomza Konsantresi-0,8x



(-2+1 mm) Tane Boyutlu Alt (P1) Tabaka
Artığı-0,8x



(-1+0,5 mm) Tane Boyutlu Alt (P1) Tabaka
Pomza Konsantresi-1,2x



(-1+0,5 mm) Tane Boyutlu Alt (P1) Tabaka
Artığı-1,2x



(-0,5+0,3 mm) Tane Boyutlu Alt (P1) Tabaka
Pomza Konsantresi-2,5x



(-0,5+0,3 mm) Tane Boyutlu Alt (P1)
Tabaka Artığı-2,5x



(-0,3+0,1 mm) Tane Boyutlu Alt (P1) Tabaka
Pomza Konsantresi-4,5x



(-0,3+0,1 mm) Tane Boyutlu Alt (P1)
Tabaka Artığı-4,5x

Şekil 5. 7. Menderes alt (P1) tabaka pomzasının sallantılı masa ile zenginleştirme ürünlerinin görüntüleri

Tablo 5.12’de, (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlu Menderes orta (P2) tabaka pomzasının sallantılı masa ile zenginleştirilmesi ile üretilen ürünlerinin yığın yoğunlukları saptanarak sunulmuştur.

Tablo 5. 12. Sallantılı masa ile zenginleştirilen Menderes orta (P2) tabaka pomza ürünlerinin yığın yoğunluğu

Ürünler (Tane İriliği, mm)	Yığın Yoğunluğu, gr/cm ³		
	Konsantre	Ara Ürün	Artık
2,00-1,00	0,93	1,14	1,24
1,00-0,50	1,06	1,22	1,29
0,50-0,30	1,11	1,17	1,28
0,30-0,10	1,11	1,14	1,28

Tablo 5.12’de, (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlu Menderes orta (P1) tabaka pomza konsantrelerinin yığın yoğunlukları sırasıyla, 0,93 gr/cm³, 1,06 gr/cm³, 1,11 gr/cm³, 1,11 gr/cm³ değerlerinde ölçülürken, artıkların yığın yoğunlukları da 1,24 gr/cm³, 1,29 gr/cm³, 1,28 gr/cm³, 1,28 gr/cm³ olarak saptanmıştır. Tane iriliğinin azalması ile pomza konsantresinin yığın yoğunluğunun azaldığı belirlenmiştir.

Tablo 5.13’de, (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan Menderes orta (P2) tabaka pomzasının yoğunluğa göre zenginleştirme yöntemlerinden sallantılı masa ile zenginleştirilmesi sonucu elde edilen ürünlerin tenör ve verim yönünden değerlendirmeleri sunulmuştur.

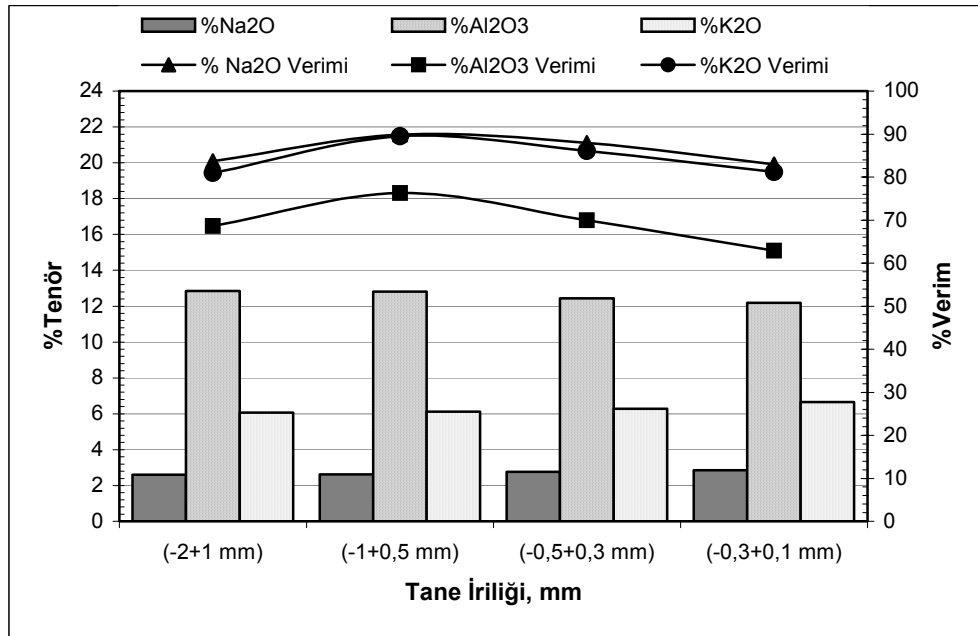
Tablo 5. 13. Sallantılı masa ile zenginleştirilen Menderes orta (P2) tabaka pomza ürünlerinin %Tenör-
%Verim bilançosu

Ta. İr, mm	Ürünler	% Ağ	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
2-1	Pomza	63,90	2,61	83,73	12,84	68,65	72,23	62,45	6,06	80,96	0,40	40,74
	Ara Ü.	13,97	1,02	7,15	11,23	13,13	75,21	14,22	4,30	12,56	0,76	16,92
	Artık	22,13	0,82	9,11	9,84	18,22	77,92	23,33	1,40	6,48	1,20	42,33
	B.M	100	1,99	100	11,95	100	73,91	100	4,78	100	0,63	100
1-0,5	Pomza	71,38	2,63	89,86	12,81	76,28	71,80	69,04	6,12	89,51	0,30	34,81
	Ara Ü.	15,20	1,04	7,57	11,37	14,42	76,10	15,58	2,84	8,84	0,67	16,55
	Artık	13,42	0,40	2,57	8,31	9,30	85,06	15,38	0,60	1,65	2,23	48,64
	B.M	100	2,09	100	11,99	100	74,23	100	4,88	100	0,62	100
0,5-0,3	Pomza	67,66	2,76	87,95	12,43	69,94	71,86	65,30	6,28	86,07	0,37	38,84
	Ara Ü.	14,49	1,15	7,85	12,50	15,06	78,98	15,37	3,70	10,86	0,7	15,74
	Artık	17,85	0,50	4,20	10,10	14,99	80,64	19,33	0,85	3,07	1,64	45,42
	B.M	100	2,12	100	12,02	100	74,46	100	4,94	100	0,64	100
0,3-0,1	Pomza	62,21	2,85	83,00	12,18	62,92	72,98	60,68	6,65	81,19	0,42	39,30
	Ara Ü.	14,50	1,30	8,82	12,34	14,86	76,08	14,74	4,57	13,00	1,00	21,81
	Artık	23,29	0,75	8,18	11,49	22,22	78,95	24,58	1,27	5,80	1,11	38,89
	B.M	100	2,14	100	12,04	100	74,82	100	5,10	100	0,66	100

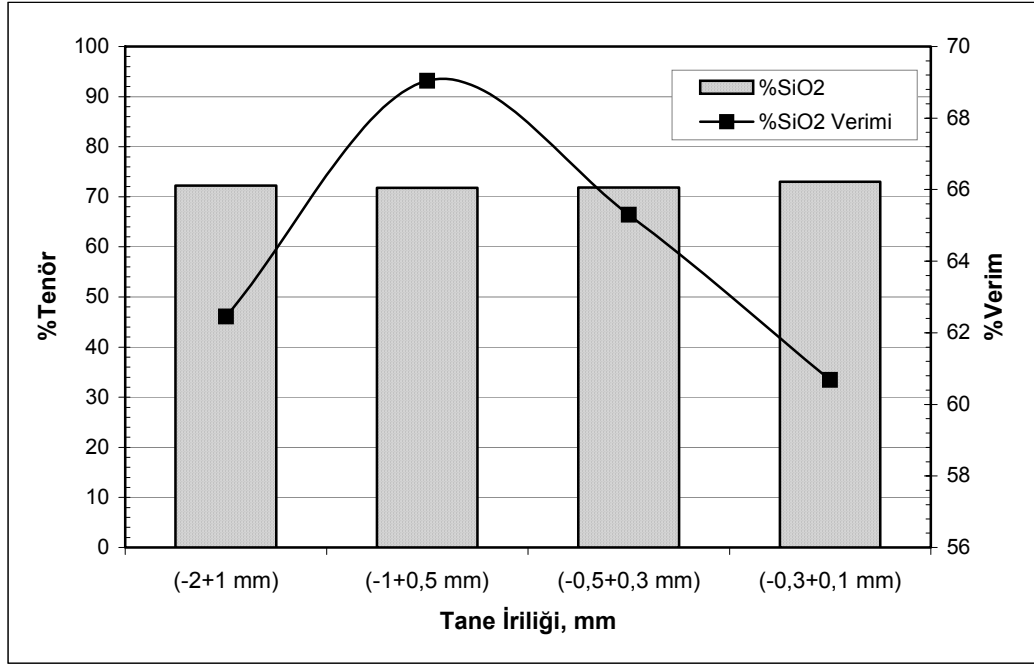
Tablo 5.13’de, gösterildiği gibi, ağırlıksal olarak %14,47 dağılımlı ve %1,99 Na₂O, %11,95 Al₂O₃, %73,91 SiO₂, %4,78 K₂O ve %0,63 Fe₂O₃ tenör değerlerini içeren (-2+1 mm) tane boyutlu orta (P2) tabaka pomza cevherinin sallantılı masa ile zenginleştirilmesi ile %63,90 ağırlıksal oranında %2,61 Na₂O, %12,84 Al₂O₃, %72,23 SiO₂, %6,06 K₂O ve %0,40 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %83,73 Na₂O, %68,65 Al₂O₃, %62,45 SiO₂, %80,96 K₂O verimleri ile üretilebilirken, pomza konsantresinde Fe₂O₃ empüritesi %40,74 oranında kalmıştır. Diğer yünden, (-1+0,5 mm) tane boyutlu ağırlıkça %21,90 oranında ve %2,09 Na₂O, %11,99 Al₂O₃, %74,23 SiO₂, %4,88 K₂O ve %0,62 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip orta (P2) tabaka pomza cevherinin sallantılı masa ile zenginleştirilmesi ile %71,38 ağırlıksal oranında %2,63 Na₂O, %12,81 Al₂O₃, %71,80 SiO₂, %6,12 K₂O ve %0,3 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %89,86 Na₂O, %76,28 Al₂O₃, %69,04 SiO₂, %89,51 K₂O verimleri ile üretilebilen pomza konsantresinde Fe₂O₃ empürite ise %34,81 oranında kalmıştır. Ayrıca, (-0,5+0,3 mm) tane boyutlu ağırlıkça %14,22 oranında ve %2,12 Na₂O,

%12,02 Al_2O_3 , %74,46 SiO_2 , %5,02 K_2O ve %0,64 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip orta (P2) tabaka pomza cevherinin sallantılı masa ile zenginleştirilmesi ile %67,66 ağırlıksal oranında %2,76 Na_2O , %12,43 Al_2O_3 , %71,86 SiO_2 , %6,28 K_2O ve %0,37 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip konsantre, %87,95 Na_2O , %69,94 Al_2O_3 , %65,30 SiO_2 , %86,07 K_2O verimleri ile üretilmiş, konsantresinde %38,84 oranında Fe_2O_3 empürite olarak kalmıştır. Diğer yönden, (-0,3+0,1 mm) tane boyutlu ağırlıkça %13,33 oranında ve %2,14 Na_2O , %12,04 Al_2O_3 , %74,82 SiO_2 , %4,94 K_2O ve %0,66 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip orta (P2) tabaka pomza cevherinin sallantılı masa ile zenginleştirilmesi ile %62,21 ağırlıksal oranında %2,85 Na_2O , %12,18 Al_2O_3 , %72,98 SiO_2 , %6,65 K_2O ve %0,42 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip konsantre, %83,0 Na_2O , %62,92 Al_2O_3 , %60,68 SiO_2 , %81,19 K_2O verimleri ile üretilmiş ve sağlanan pomza konsantresinde %39,30 oranında Fe_2O_3 empürite olarak kalmıştır.

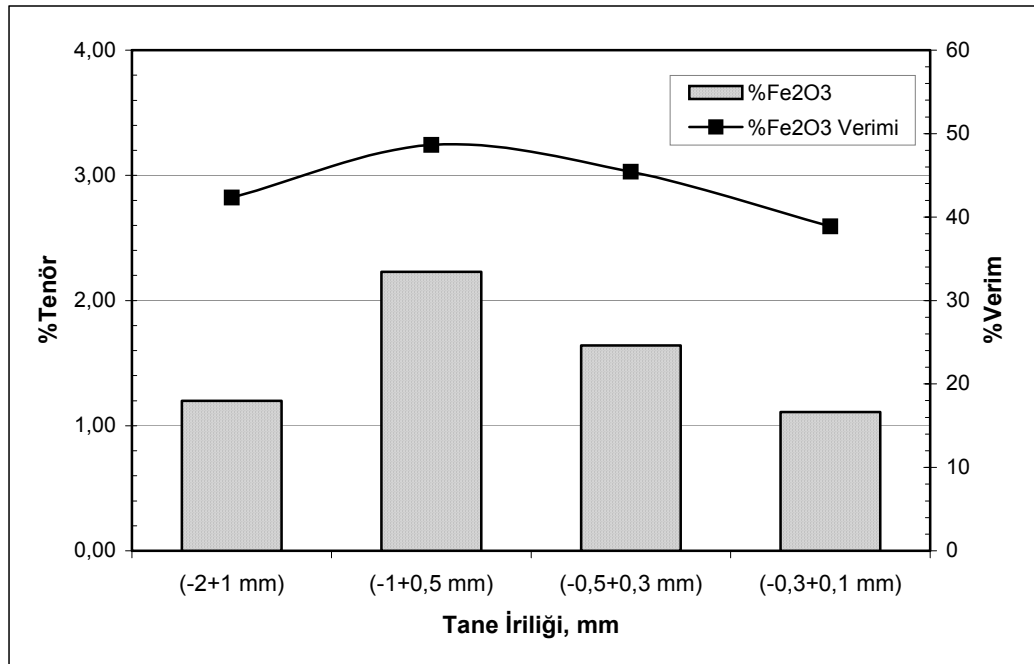
Şekil 5.8 ve 5.9'da, tane fraksiyonlarına göre orta (P2) tabaka pomza konsantresinin % Na_2O , % Al_2O_3 , % K_2O ve % SiO_2 tenör ve kazanma verimleri, Şekil 5.10'da ise sallantılı masa artığının % Fe_2O_3 tenörü ve atımı grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 5. 8. Menderes orta (P2) tabaka pomza konsantresinin % Na_2O , % Al_2O_3 , % K_2O ve % SiO_2 tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 9. Menderes orta (P2) tabaka pomza konsantresinin %SiO₂ tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 10. Menderes orta (P2) tabakası sallantılı masa artığındaki %Fe₂O₃ tenör ve veriminin eğrisel gösterimi

Şekil 5.8, 5.9 ve 5.10’da, fraksiyonel olarak sınıflandırılan orta (P2) tabaka pomza cevherinin sallantılı masa ile zenginleştirilmesinde %2,61-2,85 Na₂O, %12,18-12,84 Al₂O₃, %6,06-6,65 K₂O ve %71,80-72,98 arasında birbirine yakın tenör değerlerinde pomza konsantreleri üretilmiştir. Pomza konsantresindeki %Na₂O, %Al₂O₃, %SiO₂ ve %K₂O’nun kazanımı ve %Fe₂O₃’ün atımı, (-1+0,5 mm) tane boyutunda artmış, tane boyutu azaldıkça kazanma verimleri ve empürite minerallerin atım yüzdeleri azalmıştır. (-1+0,5 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış orta (P2) tabaka pomza konsantresi %89,86 Na₂O, %76,28 Al₂O₃, %69,04 SiO₂, %89,51 K₂O verimleri ile üretilmiş ve bu boyuttaki pomza cevherinden %2,23 Fe₂O₃ tenörlü artık, %48,64 verimle atılmıştır. (-1+0,5 mm) tane boyutlu orta (P2) tabaka pomza cevherinin sallantılı masa ile zenginleştirilmesiyle ağırlıksal olarak %13,42 oranında ve %0,4 Na₂O, %8,31 Al₂O₃, %85,06 SiO₂, %0,6 K₂O ve %2,23 Fe₂O₃ tenör değerlerini içeren artık atılmıştır.

Tablo 5.14’de, sallantılı masa ile ayrı ayrı zenginleştirilen (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlu Menderes orta (P2) tabaka pomza ürünlerinin ağırlık, tenör ve verim yönünden toplu değerlendirilmesi sunulmuştur.

Tablo 5. 14. Sallantılı masa ile zenginleştirilen Menderes orta (P2) tabaka pomza ürünlerinin ana malzemeye göre %Tenör-%Verim bilançosu

Ta. İr, mm	Ürünler	% Ağ	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
2-0,1	Pomza	42,79	2,70	86,64	12,61	70,35	72,14	64,97	6,25	85,06	0,36	38,03
	Ara Ü.	9,34	1,11	7,81	11,79	14,36	76,54	15,05	3,70	11,01	0,76	17,60
	Artık	11,78	0,63	5,55	9,95	15,29	80,56	19,98	1,05	3,93	1,53	44,37
	B.M	63,92	2,08	100	12,00	100	74,33	100	4,92	100	0,63	100

Tablo 5.14’de, (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan Menderes orta (P2) tabaka pomzasının ağırlıkça %63,92’si (-2+0,1 mm) tane boyutunda ve %2,08 Na₂O, %12,00 Al₂O₃, %74,33 SiO₂, %4,92 K₂O ile %0,63 Fe₂O₃ tenör değerlerinde bulunmuştur. (-2+0,1 mm) tane boyutlu orta tabaka pomza cevherinin fraksiyonel olarak zenginleştirilmesi ile toplam ağırlıkça

%42,79 miktarında, %2,70 Na₂O, %12,61 Al₂O₃, %72,14 SiO₂, %6,25 K₂O ve %0,36 Fe₂O₃ tenörlü pomza konsantresi %86,64 Na₂O, %70,35 Al₂O₃, %64,97 SiO₂, %85,06 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinden empürite mineraller %44,37 Fe₂O₃ verimiyle atılmıştır. Alt tabaka pomza cevherinin %11,78'i artık olarak atılırken, %0,63 Na₂O, %9,95 Al₂O₃, %80,56 SiO₂, %1,05 K₂O ve %1,53 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip olmuştur. Sallantılı masa ile zenginleştirmeye tabii tutulan orta (P2) tabaka pomza cevherinin artığındaki %SiO₂ tenörünün arttığı belirlenmiştir. Artıktaki %SiO₂ tenör artışı, artığa kaçan silikatlı mineraller (pomza, perlit, albit, ortoklas gibi) yanında serbest silisten kaynaklanmaktadır.

Şekil 5.11'de, orta (P2) tabaka Menderes pomzalarının sallantılı masa ile zenginleştirilmesi sonucu üretilen fraksiyonel pomza konsantrelerinin ve artıklarının mikroskopik görüntüleri sunulmaktadır. Mikroskopik görüntüler, Olympus SZ61 marka, 20x objektife sahip binoküler mikroskop ile gerçekleştirilmiştir.



(-2+1mm) Tane Boyutlu Orta (P2) Tabaka
Pomza Konsantresi-0,8x



(-2+1mm) Tane Boyutlu Orta (P2) Tabaka
Artığı-0,8x



(-1+0,5 mm) Tane Boyutlu Orta (P2) Tabaka
Pomza Konsantresi-1,2x



(-1+0,5 mm) Tane Boyutlu Orta (P2)
Tabaka Artığı-1,2x



(-0,5+0,3 mm) Tane Boyutlu Orta (P2) Tabaka
Pomza Konsantresi-2,5x



(-0,5+0,3 mm) Tane Boyutlu Orta (P2)
Tabaka Artığı-2,5x



(-0,3+0,1 mm) Tane Boyutlu Orta (P2) Tabaka
Pomza Konsantresi-4,5x



(-0,3+0,1 mm) Tane Boyutlu Orta (P2)
Tabaka Artığı-4,5x

Şekil 5. 11. Menderes orta (P2) tabakasının sallantılı masa ile zenginleştirme ürünlerinin görüntüleri

Tablo 5.15’de, (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlu Menderes üst (P3) tabaka pomzasının sallantılı masa ile zenginleştirilmesi ile üretilen ürünlerinin ölçülen yığın yoğunlukları verilmiştir.

Tablo 5. 15. Sallantılı masa ile zenginleştirilen Menderes üst (P3) tabaka pomza ürünlerinin yığın yoğunlukları

Ürünler (Tane İriliği, mm)	Yığın Yoğunluğu, gr/cm ³		
	Konsantre	Ara Ürün	Artık
2,00-1,00	0,75	0,91	1,12
1,00-0,50	1,06	1,26	1,43
0,50-0,30	1,10	1,22	1,32
0,30-0,10	1,09	1,14	1,30

Tablo 5.15’de, (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlu Menderes alt (P3) tabaka pomza konsantrelerinin yığın yoğunlukları sırasıyla, 0,75 gr/cm³, 1,06 gr/cm³, 1,10 gr/cm³, 1,09 gr/cm³ değerlerinde, artığın yığın yoğunluklarının ise 1,12 gr/cm³, 1,43 gr/cm³, 1,32 gr/cm³, 1,30 gr/cm³ olduğu bulunmuştur. Tane iriliğinin azalması ile pomza konsantresinin yığın yoğunluğunun azaldığı görülmektedir.

Tablo 5.16.’da, (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan Menderes üst (P3) tabaka pomzasının yoğunluğa göre zenginleştirme yöntemlerinden sallantılı masa ile zenginleştirilmesi sonucu elde edilen ürünlerin tenör ve verim yönünden değerlendirmeleri sunulmuştur.

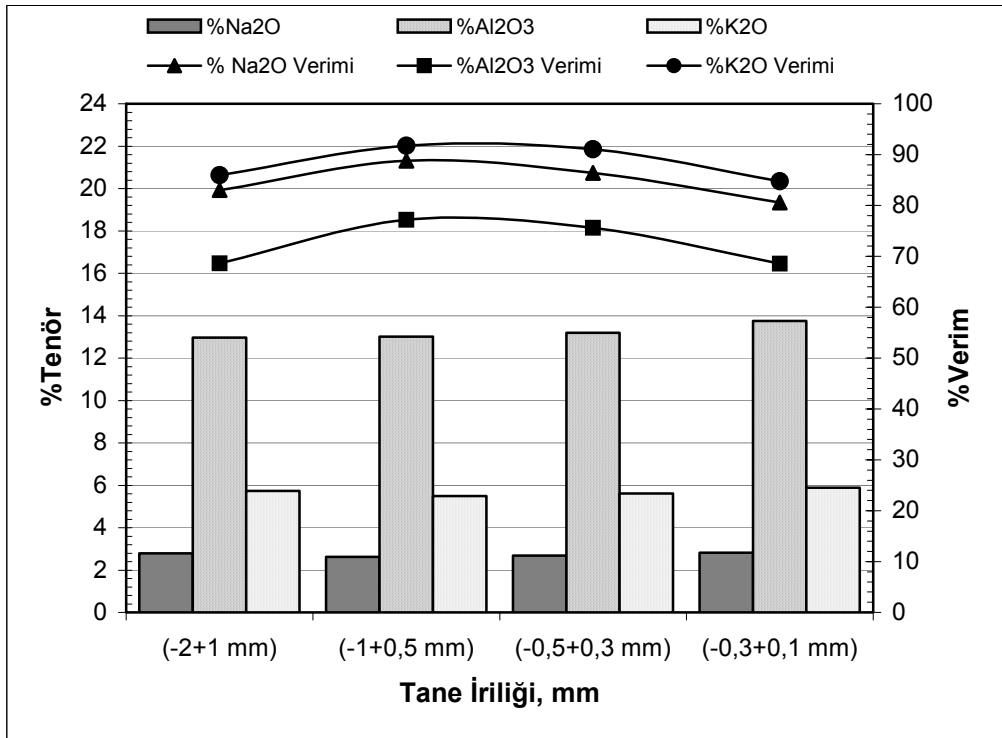
Tablo 5. 16. Sallantılı masa ile zenginleştirilen Menderes üst (P3) tabaka pomza ürünlerinin %Tenör-%Verim bilançosu

Ta. İr, mm	Ürünler	% Ağ	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
2-1	Pomza	64,70	2,80	83,01	12,97	68,62	70,10	62,40	5,73	85,99	0,89	41,68
	Ara Ü.	14,80	1,30	8,82	11,80	14,28	74,30	15,13	2,35	8,07	1,15	12,32
	Artık	20,50	0,87	8,17	10,20	17,10	79,65	22,47	1,25	5,94	3,10	46,00
	B.M	100	2,18	100	12,23	100	72,68	100	4,31	100	1,38	100
1-0,5	Pomza	72,74	2,62	88,82	13,01	77,14	68,90	68,80	5,49	91,76	0,62	31,93
	Ara Ü.	12,00	1,21	6,77	11,95	11,69	77,16	12,71	2,10	5,79	0,98	8,33
	Artık	15,26	0,62	4,41	8,98	11,17	88,26	18,49	0,70	2,45	5,53	59,75
	B.M	100	2,15	100	12,27	100	72,85	100	4,35	100	1,41	100
0,5-0,3	Pomza	70,80	2,69	86,41	13,19	75,61	70,08	67,92	5,62	91,09	0,79	38,58
	Ara Ü.	11,20	1,55	7,88	12,09	10,96	74,12	11,36	2,30	5,90	1,04	8,03
	Artık	18,00	0,70	5,72	9,21	13,42	84,06	20,71	0,73	3,01	4,30	53,39
	B.M	100	2,20	100	12,35	100	73,05	100	4,37	100	1,45	100
0,3-0,1	Pomza	63,42	2,83	80,59	13,75	68,58	70,84	61,54	5,88	84,78	0,98	42,37
	Ara Ü.	11,12	1,62	8,09	12,62	11,04	73,49	11,19	3,5	8,85	1,10	8,34
	Artık	25,46	0,99	11,32	10,18	20,38	78,16	27,26	1,10	6,37	2,84	49,29
	B.M	100	2,23	100	12,72	100	73,00	100	4,40	100	1,47	100

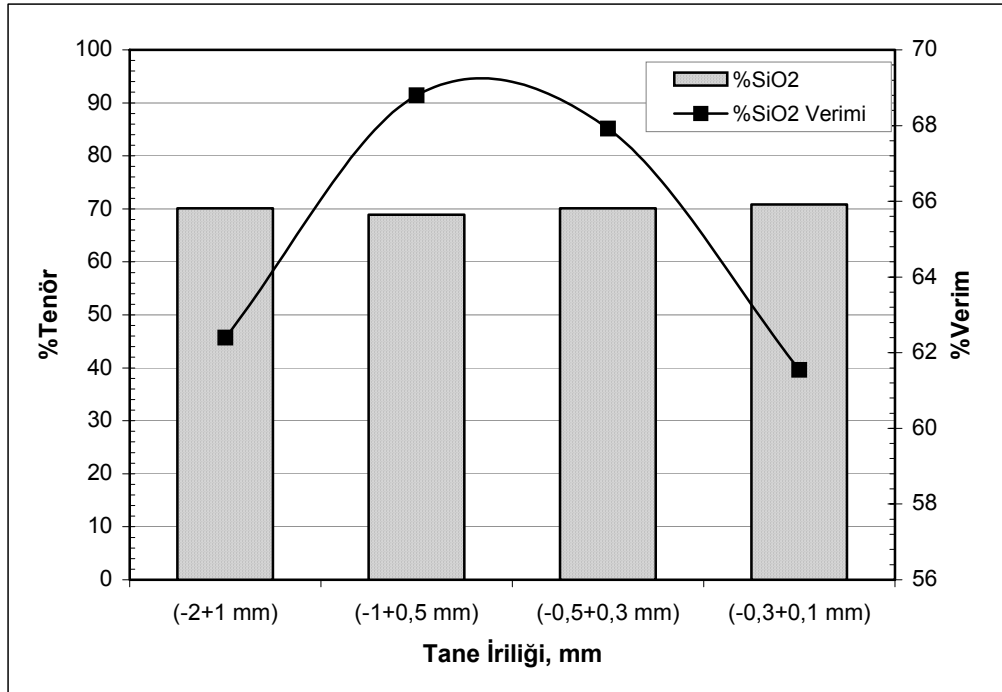
Tablo 5.16’da gösterildiği gibi, ağırlıksal olarak %15,62 miktarına ve %2,18 Na₂O, %12,23 Al₂O₃, %72,68 SiO₂, %4,31 K₂O ve %1,38 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip (-2+1 mm) tane boyutlu üst (P3) tabaka pomza cevherinin sallantılı masa ile zenginleştirilmesi ile %64,70 ağırlıksal oranında %2,80 Na₂O, %12,97 Al₂O₃, %70,10 SiO₂, %5,73 K₂O ve %0,89 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %83,01 Na₂O, %68,62 Al₂O₃, %62,40 SiO₂, %85,99 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %41,68 oranında Fe₂O₃, empürite olarak kalmıştır.

(-1+0,5 mm) tane boyutlu ağırlıkça %22,24 oranında ve %2,15 Na₂O, %12,27 Al₂O₃, %72,85 SiO₂, %4,35 K₂O ve %1,41 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip üst (P3) tabaka pomza cevherinin sallantılı masa ile zenginleştirilmesi ile %72,74 ağırlıksal oranında %2,62 Na₂O, %13,01 Al₂O₃, %68,90 SiO₂, %5,49 K₂O ve %0,62 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %88,82 Na₂O, %77,14 Al₂O₃, %68,80 SiO₂, %91,76 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %31,93 oranında Fe₂O₃ empürite olarak kalmıştır. (-0,5+0,3 mm) tane boyutlu ağırlıkça %14,16 oranında ve %2,20 Na₂O, %12,35 Al₂O₃, %73,05 SiO₂, %4,37 K₂O ve %1,45 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip üst (P3) tabaka pomza cevherinin sallantılı masa ile zenginleştirilmesi ile %70,80 ağırlıksal oranında %2,69 Na₂O, %13,19 Al₂O₃, %70,08 SiO₂, %5,62 K₂O ve %0,79 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %86,41 Na₂O, %75,61 Al₂O₃, %67,92 SiO₂, %91,09 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde Fe₂O₃ empüritesi %38,58 oranında kalmıştır. (-0,3+0,1 mm) tane boyutlu ağırlıkça %12,84 oranında ve %2,23 Na₂O, %12,72 Al₂O₃, %73,25 SiO₂, %4,40 K₂O ve %1,47 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip üst (P3) tabaka pomza cevherinin sallantılı masa ile zenginleştirilmesi ile %63,42 ağırlıksal oranında %2,83 Na₂O, %13,75 Al₂O₃, %70,84 SiO₂, %5,88 K₂O ve %0,98 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %80,59 Na₂O, %68,58 Al₂O₃, %61,54 SiO₂, %84,78 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde Fe₂O₃ empüritesi %42,37 oranında olarak kalmıştır.

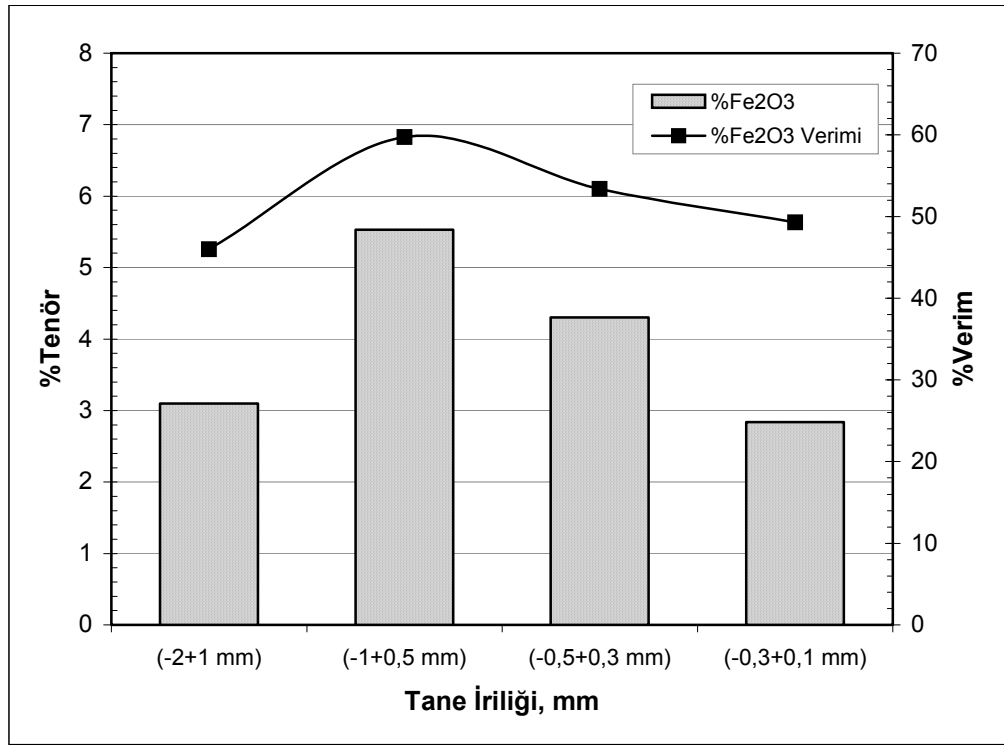
Şekil 5.12’de, tane fraksiyonlarına göre üst (P3) tabaka pomza konsantresinin %Na₂O, %Al₂O₃, ve % K₂O tenör ve kazanma verimleri, Şekil 5.13’de üst (P3) tabaka pomza konsantresindeki %SiO₂ tenörü ve kazanma verimi, Şekil 5.14’de ise sallantılı masa artığının %Fe₂O₃ tenörü ve atımı grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 5. 12. Menderes üst (P3) tabaka pomza konsantresinin $\%Na_2O$, $\%Al_2O_3$, $\%K_2O$ ve $\%SiO_2$ tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 13. Menderes üst (P3) tabaka pomza konsantresinin $\%SiO_2$ tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 14. Menderes üst (P3) tabakası sallantılı masa artığındaki %Fe₂O₃ tenör ve veriminin eğrisel gösterimi

Şekil 5.12, 5.13 ve 5.14'de, fraksiyonel olarak sınıflandırılan üst (P3) tabaka pomza cevherinin sallantılı masa ile zenginleştirilmesinde %2,62-2,83 Na₂O, %12,97-13,75 Al₂O₃, %5,49-5,88 K₂O ve %68,90-70,84 arasında birbirine yakın tenör değerlerinde pomza konsantreleri üretilmiştir. Pomza konsantresindeki %Na₂O, %Al₂O₃, %SiO₂ ve %K₂O'nun kazanımı ve %Fe₂O₃'ün atımı, (-1+0,5 mm) tane boyutunda artmış, tane boyutu azaldıkça kazanma verimleri ve empürite minerallerin atım yüzdeleri azalmıştır. (-1+0,5 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış üst (P3) tabaka pomza konsantresi %88,82 Na₂O, %77,14 Al₂O₃, %68,80 SiO₂, %91,76 K₂O verimleri ile üretilmiş ve bu boyuttaki pomza cevherinden %5,53 Fe₂O₃ tenörlü artık, %59,75 verimle atılmıştır. (-1+0,5 mm) tane boyutlu üst (P3) tabaka pomza cevherinin sallantılı masa ile zenginleştirilmesiyle ağırlıksal olarak %15,26 oranında ve %0,62 Na₂O, %8,98 Al₂O₃, %88,26 SiO₂, %0,7 K₂O ve %5,53 Fe₂O₃ tenör değerlerini içeren artık atılmıştır.

Tablo 5.17’de, sallantılı masa ile ayrı ayrı zenginleştirilen (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlu Menderes üst (P3) tabaka pomza ürünlerinin ağırlık, tenör ve verim yönünden toplu değerlendirilmesi verilmiştir.

Tablo 5. 17. Sallantılı masa ile zenginleştirilen Menderes üst (P3) tabaka pomza ürünlerinin ana malzemeye göre %Tenör-%Verim bilançosu

Ta. İr, mm	Ürünler	% Ağ	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
2-0,1	Pomza	44,45	2,72	85,23	13,18	73,04	69,79	65,63	5,65	88,84	0,79	37,81
	Ara Ü.	7,99	1,38	7,77	12,05	12,02	75,07	12,70	2,46	6,97	1,06	9,20
	Artık	12,41	0,80	7,00	9,66	14,95	82,52	21,67	0,95	4,19	3,94	52,99
	B.M	64,86	2,18	100,00	12,37	100,00	72,88	100,00	4,35	100,00	1,42	100,00

Tablo 5.17’de, (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan Menderes üst (P3) tabaka pomzasının ağırlıkça %64,86’sı (-2+0,1 mm) tane boyutuna ve %2,18 Na₂O, %12,37 Al₂O₃, %72,88 SiO₂, %4,35 K₂O ve %1,42 Fe₂O₃ tenör değerlerinde sahiptir. (-2+0,1 mm) tane boyutlu alt tabaka pomza cevherinin fraksiyonel olarak zenginleştirilmesi ile toplam ağırlıkça %44,45 miktarında, %2,72 Na₂O, %13,18 Al₂O₃, %69,79 SiO₂, %5,65 K₂O ve %0,79 Fe₂O₃ tenörlü pomza konsantresi %85,23 Na₂O, %73,04 Al₂O₃, %65,63 SiO₂, %88,84 K₂O tenörü ile üretilmiş, pomza konsantresinden empürite mineraller %52,99 Fe₂O₃ verimiyle atılmıştır. Alt tabaka pomza cevherinin %12,41’i artık olarak atılırken, %0,80 Na₂O, %9,66 Al₂O₃, %82,52 SiO₂, %0,95 K₂O ve %3,94 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip olmuştur. Sallantılı masa ile zenginleştirmeye tabii tutulan üst (P3) tabaka pomza cevherinin artığındaki %SiO₂ tenörünün arttığı belirlenmiştir. Artıktaki %SiO₂ tenör artışı, artığa kaçan silikatlı mineraller (pomza, perlit, albit, ortoklas gibi) yanında serbest silisten kaynaklanmaktadır.

Şekil 5.15’de, üst (P3) tabaka Menderes pomzalarının sallantılı masa ile zenginleştirilmesi sonucu üretilen fraksiyonel pomza konsantrelerinin ve artıklarının mikroskopik görüntüleri sunulmaktadır. Mikroskopik görüntüler, Olympus SZ61 marka, 20x objektife sahip binoküler mikroskop ile sağlanmıştır.



(-2+1 mm) Tane Boyutlu Üst (P3) Tabaka
Pomza Konsantresi-0,8x



(-2+1 mm) Tane Boyutlu Üst (P3) Tabaka
Artığı -0,8x



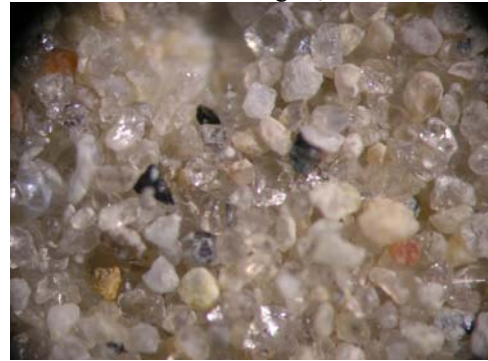
(-1+0,5 mm) Tane Boyutlu Üst (P3) Tabaka
Pomza Konsantresi-1,2x



(-1+0,5 mm) Tane Boyutlu Üst (P3)
Tabaka Artığı-1,2x



(-0,5+0,3mm) Tane Boyutlu Üst (P3) Tabaka
Pomza Konsantresi-2,5x



(-0,5+0,3mm) Tane Boyutlu Üst (P3)
Tabaka Artığı-2,5x



(-0,3+0,1 mm) Tane Boyutlu Üst (P3) Tabaka
Pomza Konsantresi-4,5x



(-0,3+0,1 mm) Tane Boyutlu Üst (P3)
Tabaka Artığı-4,5x

Şekil 5. 15. Menderes üst (P3) tabakasının sallantılı masa ile zenginleştirme ürünlerinin görüntüleri

5.2.3. Menderes Pomzalarının Yüksek Alan Şiddetli Kuru Manyetik Separatör ile Zenginleştirilmesi

(-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan Menderes alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomzalarının Pemroll tipi yüksek alan şiddetli kuru manyetik separatör ile zenginleştirilebilirliği araştırılmıştır. Tablo 5.18’de, Menderes pomzalarının yüksek alan şiddetli kuru manyetik separatör ile zenginleştirme koşulları sunulmaktadır.

Tablo 5. 18. Menderes pomzalarının kuru manyetik seperatörle zenginleştirme parametreleri

Tane İriliği (mm)	Kademe No	Tambur Hızı (d/d)	Bıçak Konumları (+)←0→(-)		Süre (dk)	Besleme Hızı
			I	II		
-2+1	1	110	0,00	+1,00	2,32 dk/1kg	7,0
	2	110	0,00	+1,50	--	7,0
	3	100	+1,25	+1,00	--	7,0
	4	90	+1,00	+1,00	--	7,0
-1+0,5	1	120	+0,50	+1,50	3,52 dk/1kg	7,0
	2	120	-1,00	+1,50	--	7,0
	3	110	-0,50	--	--	7,0
	4	100	-0,75	--	--	7,0
-0,5+0,3	1	140	-2,00	+2,50	5,40 dk/1kg	7,0
	2	140	-2,00	+2,50	--	7,0
	3	130	+0,50	--	--	7,0
	4	120	0,00	--	--	7,0
-0,3+0,1	1	160	-0,50	+4,50	10,07 dk/1kg	7,0
	2	160	-1,75	--	--	7,0
	3	150	-0,50	--	--	7,0
	4	140	-0,50	--	--	7,0

Tablo 5.19’da, (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan Menderes alt (P1) tabaka pomzasının yüksek alan şiddetli kuru manyetik seperatörle zenginleştirilmesi sonucu elde edilen ürünlerin tenör ve verim yönünden değerlendirmeleri sunulmuştur.

Tablo 5. 19. Kuru manyetik seperatörle zenginleştirilen Menderes alt (P1) tabaka pomza ürünlerinin %Tenör-%Verim bilançosu

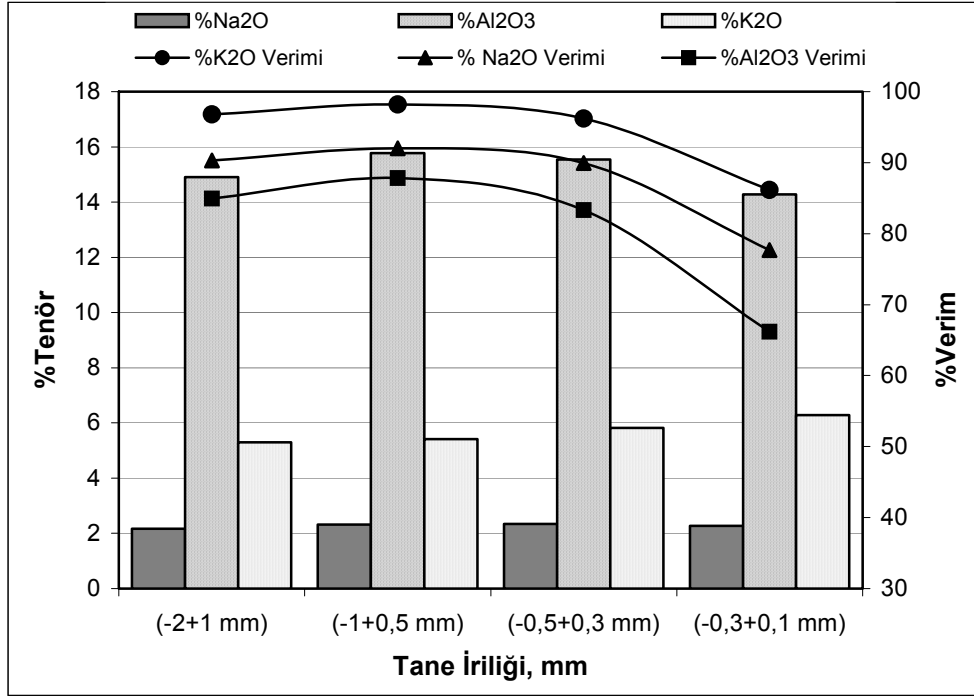
Ta. İr, mm	Ürünler	% Ağ	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
2-1	Pomza	72,74	2,17	90,29	14,90	84,92	72,95	89,61	4,35	96,81	0,98	69,44
	Kuvars	17,70	0,43	4,35	4,47	6,20	83,28	4,93	0,50	0,81	0,40	1,56
	Artık	9,56	0,98	5,36	11,85	8,88	74,85	5,46	1,02	2,37	6,72	29,00
	B.M	100	1,75	100	12,76	100	73,50	100	3,82	100	1,26	100
1-0,5	Pomza	71,21	2,32	92,03	15,78	87,82	74,49	91,37	4,20	98,19	0,65	46,79
	Kuvars	17,68	0,25	2,46	2,98	4,12	89,12	2,92	0,28	0,31	0,28	0,65
	Artık	11,11	0,89	5,51	9,28	8,06	77,69	5,70	0,70	1,50	11,70	52,57
	B.M	100	1,80	100	12,79	100	75,03	100	3,76	100	1,27	100
0,5-0,3	Pomza	68,60	2,34	89,95	15,54	83,31	74,08	89,30	4,48	96,23	0,72	51,59
	Kuvars	19,10	0,34	3,64	4,52	6,75	85,74	4,18	0,40	0,70	0,35	1,17
	Artık	12,30	0,93	6,41	10,35	9,95	75,88	6,52	1,20	3,08	9,03	47,23
	B.M	100	1,78	100	12,80	100	74,62	100	3,88	100	1,25	100
0,3-0,1	Pomza	59,21	2,27	77,67	14,28	66,21	72,89	76,88	5,08	86,14	0,90	52,86
	Kuvars	15,30	0,46	4,07	6,85	8,21	78,28	4,32	0,98	2,06	0,58	1,92
	Artık	25,49	1,24	18,26	12,82	25,59	75,76	18,79	1,80	11,80	3,15	45,22
	B.M	100	1,73	100	12,77	100	73,63	100	3,90	100	1,31	100

Tablo 5.19’da gösterildiği gibi, ağırlıksal olarak %15,47 miktarına ve %1,75 Na₂O, %12,76 Al₂O₃, %73,50 SiO₂, %3,82 K₂O ve %1,26 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip (-2+1 mm) tane boyutlu alt (P1) tabaka pomza cevherinin yüksek alan şiddetli kuru manyetik seperatörle zenginleştirilmesi ile %72,74 ağırlıksal oranında %2,17 Na₂O, %14,90 Al₂O₃, %72,95 SiO₂, %4,35 K₂O ve %0,98 Fe₂O₃ tenör değerlerini içeren konsantre, %90,29 Na₂O, %84,92 Al₂O₃, %89,61 SiO₂, %96,81 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde ise %69,44 oranında Fe₂O₃ empürite olarak kalmıştır. (-1+0,5 mm) tane boyutlu, ağırlıkça %20,44 oranında ve %1,80 Na₂O, %12,79 Al₂O₃, %75,03 SiO₂, %3,76 K₂O ve %1,27 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip alt (P1) tabaka pomzasından, %71,21 ağırlıksal oranında %2,32 Na₂O, %15,78 Al₂O₃, %74,49 SiO₂, %4,20 K₂O ve %0,65 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %92,03 Na₂O, %87,82 Al₂O₃, %91,37 SiO₂, %98,19 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza

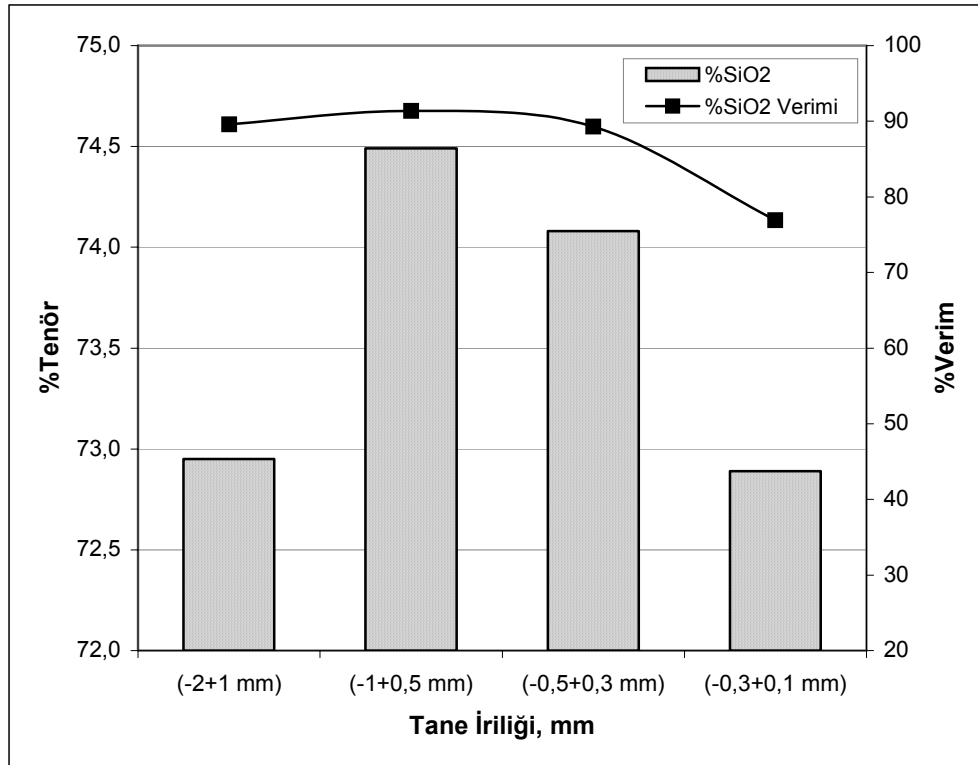
konsantresinde %46,79 oranında Fe_2O_3 empürite olarak kalmıştır. (-0,5+0,3 mm) tane boyutlu, ağırlıkça %14,78 oranında ve %1,78 Na_2O , %12,80 Al_2O_3 , %74,62 SiO_2 , %3,88 K_2O ve %1,25 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip alt (P1) tabaka pomzasından, %68,60 ağırlıksal oranında %2,34 Na_2O , %15,54 Al_2O_3 , %74,08 SiO_2 , %4,48 K_2O ve %0,72 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip konsantre, %89,95 Na_2O , %83,31 Al_2O_3 , %89,30 SiO_2 , %96,23 K_2O verimleri ile üretilmiş, konsantresinde %51,59 oranında Fe_2O_3 empürite olarak kalmıştır. (-0,3+0,1 mm) tane boyutlu, ağırlıkça %13,69 oranında ve %1,73 Na_2O , %12,77 Al_2O_3 , %73,63 SiO_2 , %3,9 K_2O ve %1,31 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip alt (P1) tabaka pomzasından, %59,21 ağırlıksal oranında %2,27 Na_2O , %14,28 Al_2O_3 , %72,89 SiO_2 , %5,08 K_2O ve %0,90 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip konsantre, %77,67 Na_2O , %66,21 Al_2O_3 , %76,88 SiO_2 , %86,14 K_2O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %52,86 oranında Fe_2O_3 empürite olarak kalmıştır.

Ayrıca alt (P1) tabaka pomza cevherinin yüksek alan şiddetli kuru manyetik seperatörle zenginleştirilmesi ile ara ürün olarak, serbest ve kristal kuvars üretilmiştir. (-2+1 mm) tane boyutlu alt (P1) tabaka Menderes pomzasından %17,70 ağırlıksal oranında %0,43 Na_2O , %4,47 Al_2O_3 , %83,28 SiO_2 , %0,5 K_2O ve %0,4 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip kuvars konsantresi, (-1+0,5 mm) tane boyutlu alt (P1) tabaka Menderes pomzasından %17,68 ağırlıksal oranında %0,25 Na_2O , %2,98 Al_2O_3 , %89,12 SiO_2 , %0,28 K_2O ve %0,28 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip kuvars konsantresi, aynı yöntemle (-0,5+0,3 mm) tane boyutlu alt (P1) tabaka Menderes pomzasından %19,10 ağırlıksal oranında %0,34 Na_2O , %2,98 Al_2O_3 , %85,74 SiO_2 , %0,40 K_2O ve %0,35 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip kuvars konsantresi ile, (-0,3+0,1 mm) tane boyutlu alt (P1) tabaka Menderes pomzasından da %15,30 ağırlıksal oranında %0,46 Na_2O , %6,85 Al_2O_3 , %78,28 SiO_2 , %0,98 K_2O ve %0,58 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip kuvars konsantresi üretilmiştir.

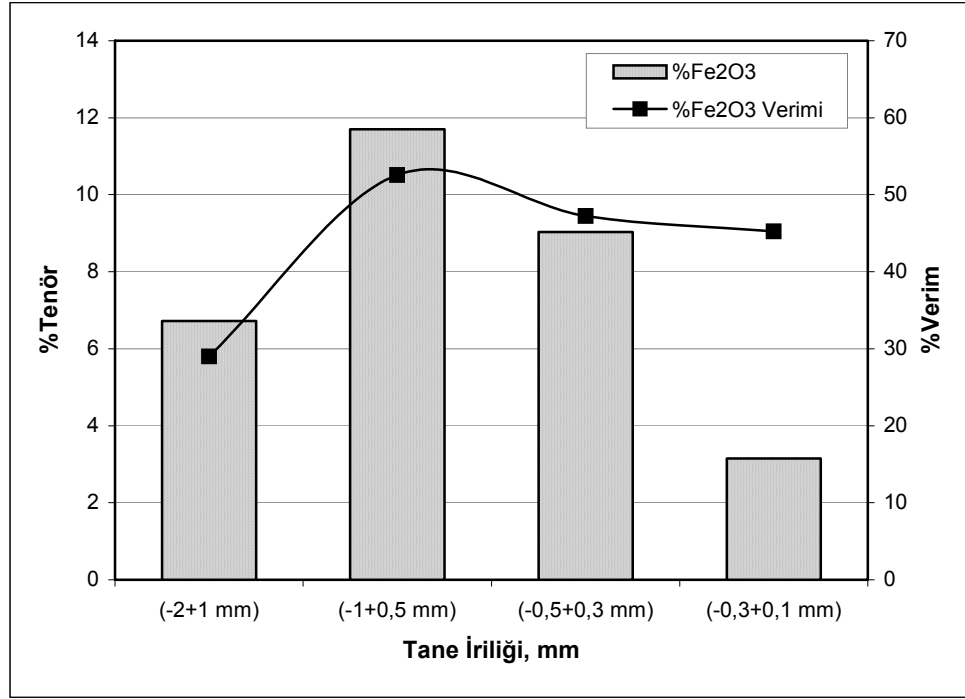
Şekil 5.16 ve 5.17’de, tane fraksiyonlarına göre alt (P1) tabaka pomza konsantresinin % Na_2O , % Al_2O_3 , % K_2O ve % SiO_2 tenör ve kazanma verimleri, Şekil 5.18’de ise manyetik artığın % Fe_2O_3 tenörü ve atımı grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 5. 16. Menderes alt (P1) tabaka manyetik olmayan pomza konsantresinin %Na₂O, %Al₂O₃, %K₂O tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 17. Menderes alt (P1) tabaka manyetik olmayan pomza konsantresinin %SiO₂ tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 18. Menderes alt (P1) tabakası manyetik artığındaki %Fe₂O₃ tenör ve veriminin eğrisel gösterimi

Şekil 5.16, 5.17 ve 5.18'de, fraksiyonel olarak sınıflandırılan alt (P1) tabaka pomza cevherinin yüksek alan şiddetli kuru manyetik seperatörle ile zenginleştirilmesinde %2,17-2,34 Na₂O, %14,28-15,78 Al₂O₃ ve %4,20-5,08 K₂O arasında birbirine yakın tenör değerlerinde pomza konsantreleri üretilmiştir. Pomza konsantresindeki %SiO₂ ve artıktaki %Fe₂O₃ tenörü, (-1+0,5 mm) tane boyutuna kadar artmış, tane boyutunun incilmesi ile azalmıştır. Pomza konsantresindeki %Na₂O, %Al₂O₃, %SiO₂ ve %K₂O'nun kazanımı ve %Fe₂O₃'ün atımı, (-1+0,5 mm) tane boyutunda artmış, tane boyutunun incilmesi ile kazanma verimleri ve empürite minerallerin atım yüzdeleri azalmıştır. (-1+0,5 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış alt tabaka pomza konsantresi %92,03 Na₂O, %87,82 Al₂O₃, %91,37 SiO₂, %98,19 K₂O verimleri ile üretilmiş, bu boyuttaki pomza cevherinden %11,70 Fe₂O₃ tenörlü artık, %52,57 verimle atılmıştır. (-1+0,5 mm) tane boyutlu alt tabaka (P1) pomza cevherinin yüksek alan şiddetli kuru manyetik seperatörle zenginleştirilmesiyle ağırlıksal olarak %11,11 oranında ve %0,89 Na₂O, %9,28 Al₂O₃, %77,69 SiO₂, %0,70 K₂O ve %11,70 Fe₂O₃ tenör değerlerinde sahip artık atılmıştır.

Tablo 5.20’de, yüksek alan şiddetli kuru manyetik seperatörle ile ayrı ayrı zenginleştirilen (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlu Menderes alt (P1) tabaka pomza ürünlerinin ağırlık, tenör ve verim yönünden toplu değerlendirilmesi sunulmuştur.

Tablo 5. 20. Kuru manyetik seperatörle zenginleştirilen Menderes alt (P1) tabaka pomza ürünlerinin ana malzemeye göre %Tenör-%Verim bilançosu

Ta. İr, mm	Ürünler	% Ağ	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
2-0,1	Pomza	44,05	2,28	88,14	15,22	81,50	73,71	66,37	4,46	91,99	0,80	33,96
	Kuvars	11,27	0,36	3,52	4,45	6,09	84,84	19,54	0,49	2,60	0,38	4,17
	Artık	9,06	1,05	8,34	11,28	12,41	76,12	14,09	1,28	5,41	7,06	61,87
	B.M	64,38	1,77	100	12,78	100	76,00	100	3,32	100	1,60	100

Tablo 5.20’de, (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan Menderes alt (P1) tabaka pomzasının ağırlıkça %64,38’i (-2+0,1 mm) tane boyutuna ve %1,77 Na₂O, %12,78 Al₂O₃, %74,27 SiO₂, %3,83 K₂O ve %1,27 Fe₂O₃ tenör değerlerinde sahiptir. (-2+0,1 mm) tane boyutlu alt tabaka pomza cevherinin fraksiyonel olarak zenginleştirilmesi ile toplam ağırlıkça %44,05 miktarında, %2,28 Na₂O, %15,22 Al₂O₃, %73,71 SiO₂, %4,46 K₂O ve %0,80 Fe₂O₃ tenörlü pomza konsantresi %88,14 Na₂O, %81,50 Al₂O₃, %66,37 SiO₂, %91,99 K₂O tenörü ile üretilmiş, pomza konsantresinden empürite mineraller %61,87 Fe₂O₃ verimiyle atılmıştır. Alt tabaka pomza cevherinin %9,06’sı artık olarak atılırken, %1,05 Na₂O, %11,28 Al₂O₃, %76,12 SiO₂, %1,28 K₂O ve %7,06 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip olmuştur. Ayrıca, %11,27 oranında, %0,36 Na₂O, %4,45 Al₂O₃, %84,84 SiO₂, %0,49 K₂O ve %0,38 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip serbest ve kristal kuvars konsantresi üretilmiştir.

Şekil 5.19’da, alt (P1) tabaka Menderes pomzalarının yüksek alan şiddetli kuru manyetik seperatörle ile zenginleştirilmesi sonucu üretilen fraksiyonel pomza konsantrelerinin ve artıklarının mikroskopik görüntüleri sunulmaktadır. Mikroskopik görüntüler, Olympus SZ61 marka, 20x objektife sahip binoküler mikroskop ile sağlanmıştır.



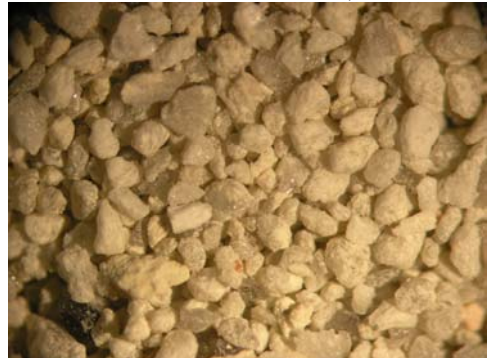
(-2+1 mm) Tane Boyutlu Alt (P1) Tabaka
Pomza Konsantresi-0,8x



(-2+1 mm) Tane Boyutlu Alt (P1) Tabaka
Kuars Konsantresi-0,8x



(-2+1 mm) Tane Boyutlu Alt (P1) Tabaka
Artığı-0,8x



(-1+0,5mm) Tane Boyutlu Alt (P1) Tabaka
Pomza Konsantresi-1,2x



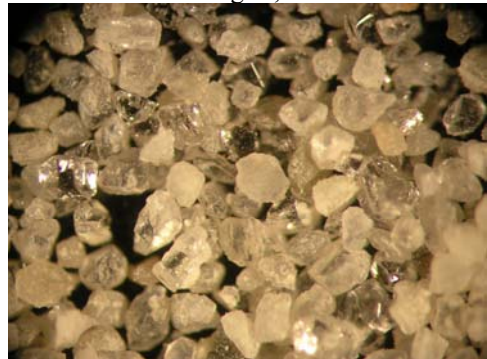
(-1+0,5mm) Tane Boyutlu Alt (P1) Tabaka
Kuars Konsantresi-1,2x



(-1+0,5mm) Tane Boyutlu Alt (P1) Tabaka
Artığı-1,2x



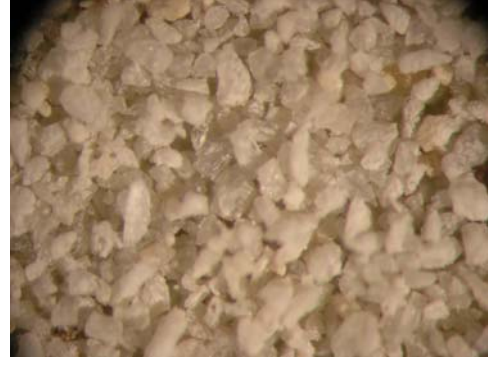
(-0,5+0,3 mm) Tane Boyutlu Alt (P1) Tabaka
Pomza Konsantresi-2,5x



(-0,5+0,3 mm) Tane Boyutlu Alt (P1)
Tabaka Kuars Konsantresi-2,5x



(-0,5+0,3 mm) Tane Boyutlu Alt (P1) Tabaka Artığı-2,5x



(-0,3+0,1mm) Tane Boyutlu Alt (P1) Tabaka Pomza Konsantresi-4,5x



(-0,3+0,1mm) Tane Boyutlu Alt (P1) Tabaka Kuvars Konsantresi-4,5x



(-0,3+0,1 mm) Tane Boyutlu Boyutlu Alt (P1) Tabaka Artığı -4,5x

Şekil 5. 19. Menderes alt (P1) tabaka manyetik ve manyetik olmayan ürünlerin görünümü

Tablo 5.21’de, (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan Menderes orta (P2) tabaka pomzasının yüksek alan şiddetli kuru manyetik seperatörle zenginleştirilmesi sonucu elde edilen ürünlerin tenör ve verim yönünden değerlendirmeleri sunulmuştur.

Tablo 5. 21. Kuru manyetik seperatörle zenginleştirilen Menderes orta (P2) tabaka pomza ürünlerinin %Tenör-%Verim bilançosu

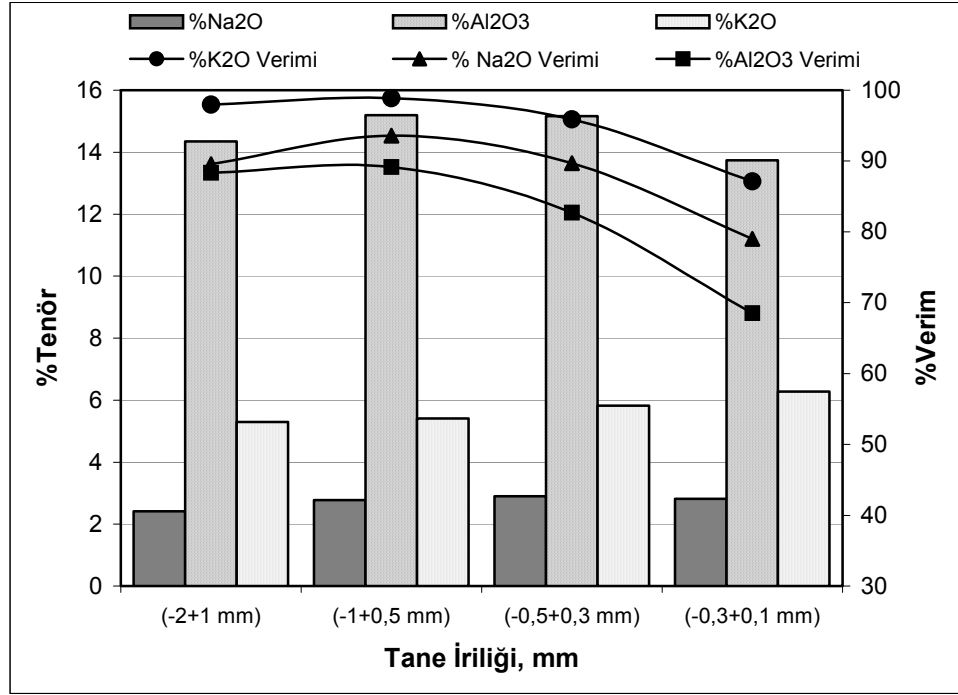
Ta. İr, mm	Ürünler	% Ağ	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
2-1	Pomza	73,56	2,42	89,55	14,35	88,34	73,23	88,72	5,3	97,97	0,42	58,72
	Kuvars	18,24	0,60	5,51	2,40	3,66	83,48	6,22	0,40	0,31	0,18	1,76
	Artık	8,20	1,20	4,95	11,65	7,99	75,64	5,07	1,03	1,72	4,95	39,51
	B.M	100	1,99	100	11,95	100	73,91	100	4,78	100	0,63	100
1-0,5	Pomza	70,36	2,78	93,58	15,20	89,18	73,68	92,88	5,41	98,87	0,30	44,87
	Kuvars	19,48	0,22	2,05	1,98	3,22	90,46	2,50	0,18	0,12	0,10	0,40
	Artık	10,16	0,90	4,37	8,98	7,61	78,35	4,62	0,65	1,01	7,36	54,73
	B.M	100	2,09	100	11,99	100	74,23	100	4,88	100	0,62	100
0,5-0,3	Pomza	65,60	2,90	89,72	15,16	82,71	73,88	89,02	5,82	95,87	0,36	49,70
	Kuvars	19,09	0,38	3,42	3,01	4,78	87,70	4,03	0,36	0,34	0,13	0,81
	Artık	15,31	0,95	6,86	9,83	12,52	75,46	6,95	1,52	3,79	4,59	49,49
	B.M	100	2,12	100	12,02	100	74,46	100	5,02	100	0,64	100
0,3-0,1	Pomza	60,05	2,82	78,99	13,74	68,53	74,06	78,18	6,28	87,14	0,47	55,90
	Kuvars	12,80	0,72	4,30	3,98	4,23	81,66	4,69	0,85	0,73	0,30	2,14
	Artık	27,15	1,32	16,72	12,08	27,24	76,67	17,13	2,20	12,13	1,61	41,96
	B.M	100	2,14	100	12,04	100	74,82	100	4,94	100	0,47	100

Tablo 5.21’de gösterildiği gibi, ağırlıksal olarak %14,47 miktarına ve %1,99 Na₂O, %11,95 Al₂O₃, %73,91 SiO₂, %4,78 K₂O ve %0,63 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip (-2+1 mm) tane boyutlu orta (P2) tabaka pomza cevherinin yüksek alan şiddetli kuru manyetik seperatörle zenginleştirilmesi ile %73,56 ağırlıksal oranında %2,42 Na₂O, %14,85 Al₂O₃, %73,24 SiO₂, %5,30 K₂O ve %0,42 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %89,55 Na₂O, %88,34 Al₂O₃, %88,72 SiO₂, %97,97 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde de %58,72 oranında Fe₂O₃ empürite olarak kalmıştır. (-1+0,5 mm) tane boyutlu ağırlıkça %21,90 oranında ve %2,09 Na₂O, %11,99 Al₂O₃, %74,23 SiO₂, %4,88 K₂O ve %0,62 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip orta (P2) tabaka pomza cevherinden %70,36 ağırlıksal oranında %2,78 Na₂O, %15,20 Al₂O₃, %73,68 SiO₂, %5,41 K₂O ve %0,3 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %93,58 Na₂O, %89,18 Al₂O₃, %92,88 SiO₂, %98,87 K₂O verimleri ile

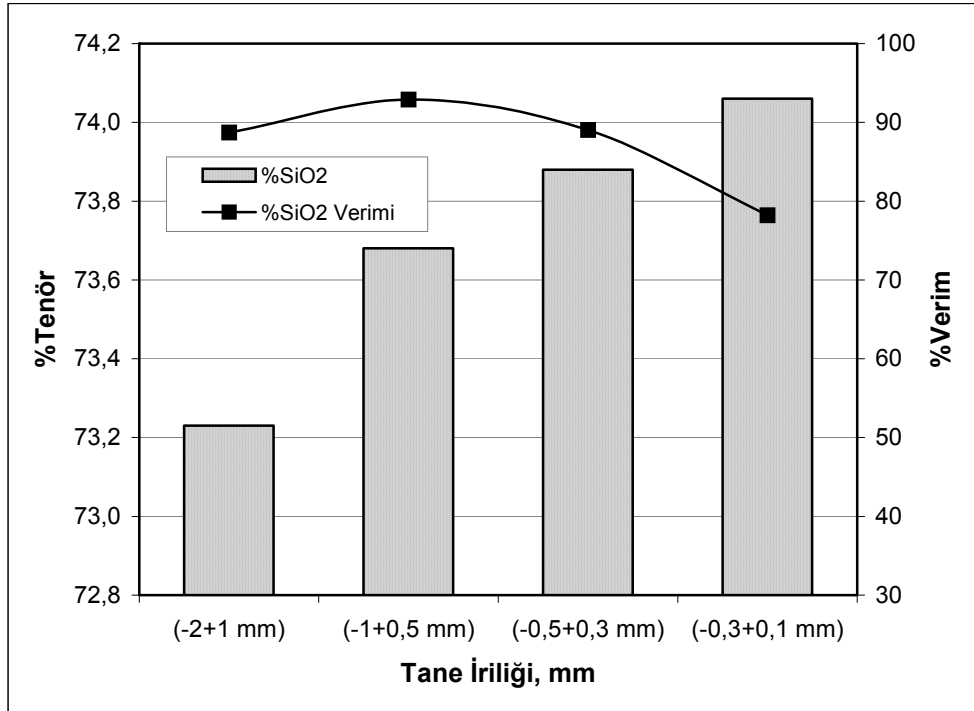
üretmiş, pomza konsantresinde %44,87 oranında Fe_2O_3 empürite olarak kalmıştır. (-0,5+0,3 mm) tane boyutlu ağırlıkça %14,22 oranında ve %2,12 Na_2O , %12,02 Al_2O_3 , %74,46 SiO_2 , %5,02 K_2O ve %0,64 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip orta (P2) tabaka pomza cevherinden %65,60 ağırlıksal oranında %2,90 Na_2O , %15,16 Al_2O_3 , %73,88 SiO_2 , %5,82 K_2O ve %0,36 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip konsantre, %89,72 Na_2O , %82,71 Al_2O_3 , %89,02 SiO_2 , %95,87 K_2O verimleri ile üretilmiş, konsantresinde %49,70 oranında Fe_2O_3 empürite olarak kalmıştır. (-0,3+0,1 mm) tane boyutlu ağırlıkça %13,33 oranında ve %2,14 Na_2O , %12,04 Al_2O_3 , %74,82 SiO_2 , %4,94 K_2O ve %0,66 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip orta (P2) tabaka pomza cevherinden %60,05 ağırlıksal oranında %2,82 Na_2O , %13,74 Al_2O_3 , %74,06 SiO_2 , %6,28 K_2O ve %0,47 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip konsantre, %78,99 Na_2O , %68,53 Al_2O_3 , %78,18 SiO_2 , %87,14 K_2O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %55,90 oranında Fe_2O_3 empürite olarak kalmıştır.

Ayrıca orta (P2) tabaka pomza cevherinin yüksek alan şiddetli kuru manyetik seperatörle zenginleştirilmesi ile ara ürün olarak, serbest ve kristal kuvars üretilmiştir. (-2+1 mm) tane boyutlu orta (P2) tabaka Menderes pomzasından %18,24 ağırlıksal oranında %0,60 Na_2O , %2,40 Al_2O_3 , %83,48 SiO_2 , %0,40 K_2O ve %0,18 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip kuvars konsantresi, (-1+0,5 mm) tane boyutlu alt (P1) tabaka Menderes pomzasından %19,48 ağırlıksal oranında %0,22 Na_2O , %1,98 Al_2O_3 , %90,46 SiO_2 , %0,18 K_2O ve %0,10 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip kuvars konsantresi, (-0,5+0,3 mm) tane boyutlu orta (P2) tabaka Menderes pomzasından %19,09 ağırlıksal oranında %0,38 Na_2O , %3,01 Al_2O_3 , %87,70 SiO_2 , %0,36 K_2O ve %0,13 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip kuvars konsantresi, (-0,3+0,1 mm) tane boyutlu orta (P2) tabaka Menderes pomzasından %12,80 ağırlıksal oranında %0,72 Na_2O , %3,98 Al_2O_3 , %81,66 SiO_2 , %0,85 K_2O ve %0,30 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip kuvars konsantresi üretilmiştir.

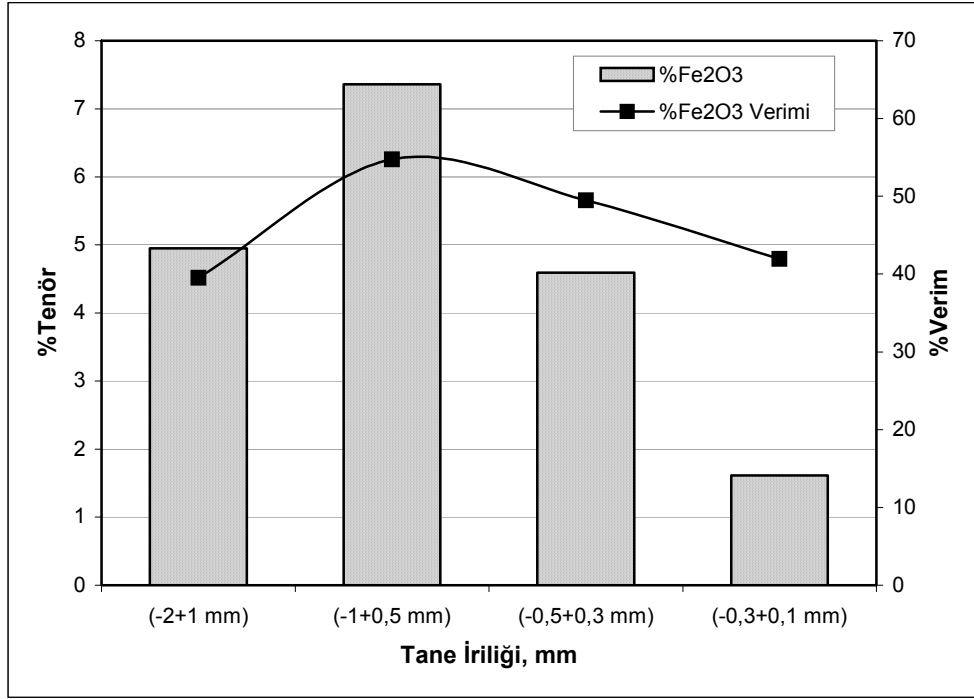
Şekil 5.20 ve 5.21'de, tane fraksiyonlarına göre orta (P2) tabaka pomza konsantresinin % Na_2O , % Al_2O_3 , % K_2O ve % SiO_2 tenör ve kazanma verimleri, Şekil 5.22'de ise manyetik artığın % Fe_2O_3 tenörü ve atımı grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 5. 20. Menderes orta (P2) tabaka manyetik olmayan pomza konsantresinin %Na₂O, %Al₂O₃, %K₂O tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 21. Menderes orta (P2) tabaka manyetik olmayan pomza konsantresinin %SiO₂ tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 22. Menderes orta (P2) tabakası manyetik artığındaki %Fe₂O₃ tenör ve veriminin eğrisel gösterimi

Şekil 5.20, 5.21 ve 5.22'de, fraksiyonel olarak sınıflandırılan orta (P2) tabaka pomza cevherinin yüksek alan şiddetli kuru manyetik seperatörle ile zenginleştirilmesinde %2,42-2,90 Na₂O, %13,74-15,20 Al₂O₃, %5,30-6,28 K₂O arasında birbirine yakın tenör değerlerinde pomza konsantreleri üretilmiştir. Pomza konsantresindeki %SiO₂ tenörü, tane boyutunun azalması ile artmış, %Na₂O, %Al₂O₃, %K₂O ve %SiO₂ kazanma verimleri (-1+0,5 mm) tane boyutuna kadar artmış, tane boyutunun incilmesi ile azalmıştır. Artıktaki %Fe₂O₃ tenörü ve konsantreden %Fe₂O₃ atımı, (-1+0,5 mm) tane boyutuna kadar artmış, tane boyutunun incilmesi ile azalmıştır. (-1+0,5 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış alt tabaka pomza konsantresi %93,58 Na₂O, %89,18 Al₂O₃, %92,88 SiO₂, %98,87 K₂O verimleri ile üretilmiş, bu boyuttaki pomza cevherinden %7,36 Fe₂O₃ tenörlü artık, %54,73 verimle atılmıştır. (-1+0,5 mm) tane boyutlu alt tabaka (P1) pomza cevherinin yüksek alan şiddetli kuru manyetik seperatörle zenginleştirilmesiyle ağırlıksal olarak %10,16 oranında ve %0,90 Na₂O, %8,98 Al₂O₃, %78,35 SiO₂, %0,65 K₂O ve %7,36 Fe₂O₃ tenör değerlerinde sahip artık atılmıştır.

Tablo 5.22’de, yüksek alan şiddetli kuru manyetik seperatörle ile ayrı ayrı zenginleştirilen (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlu Menderes orta (P2) tabaka pomza ürünlerinin ağırlık, tenör ve verim yönünden toplu değerlendirilmesi sunulmuştur.

Tablo 5. 22. Kuru manyetik seperatörle zenginleştirilen Menderes alt (P2) tabaka pomza ürünlerinin ana malzemeye göre %Tenör-%Verim bilançosu

Ta. İr, mm	Ürünler	% Ağ	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
2-0,1	Pomza	43,39	2,72	88,70	14,71	83,23	73,68	65,42	5,63	93,07	0,37	28,93
	Kuvars	11,33	0,42	3,59	2,63	3,88	86,85	20,13	0,38	1,62	0,16	3,15
	Artık	9,21	1,12	7,71	10,74	12,90	76,66	14,45	1,51	5,31	4,13	67,92
	B.M	63,92	2,09	100	12,00	100	76,44	100	4,11	100	0,88	100

Tablo 5.22’de, (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan Menderes orta (P2) tabaka pomzasının ağırlıkça %63,92’si (-2+0,1 mm) tane boyutuna ve %2,09 Na₂O, %12,00 Al₂O₃, %76,44 SiO₂, %4,11 K₂O ve %0,88 Fe₂O₃ tenör değerlerinde sahiptir. (-2+0,1 mm) tane boyutlu alt tabaka pomza cevherinin fraksiyonel olarak zenginleştirilmesi ile toplam ağırlıkça %43,39 miktarında, %2,72 Na₂O, %14,71 Al₂O₃, %73,68 SiO₂, %5,63 K₂O ve %0,37 Fe₂O₃ tenörlü pomza konsantresi %88,70 Na₂O, %83,23 Al₂O₃, %65,42 SiO₂, %93,07 K₂O tenörü ile üretilmiş, pomza konsantresinden empürite mineraller %67,92 Fe₂O₃ verimiyle atılmıştır. Alt tabaka pomza cevherinin %9,21’i artık olarak atılırken, %1,12 Na₂O, %10,74 Al₂O₃, %76,66 SiO₂, %1,51 K₂O ve %4,13 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip olmuştur. Ayrıca, %11,33 oranında, %0,42 Na₂O, %2,63 Al₂O₃, %86,85 SiO₂, %0,38 K₂O ve %0,16 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip serbest ve kristal kuvars konsantresi üretilmiştir.

Şekil 5.23’de, orta (P2) tabaka Menderes pomzalarının sallantılı masa ile zenginleştirilmesi sonucu üretilen fraksiyonel pomza konsantrelerinin ve artıklarının mikroskopik görüntüleri sunulmaktadır. Mikroskopik görüntüler, Olympus SZ61 marka, 20x objektife sahip binoküler mikroskop ile sağlanmıştır.



(-2+1 mm) Tane Boyutlu Orta (P2) Tabaka
Pomza Konsantresi-0,8x



(-2+1 mm) Tane Boyutlu Orta (P2) Tabaka
Kuvars Konsantresi-0,8x



(-2+1 mm) Tane Boyutlu Orta (P2) Tabaka
Artığı-0,8x



(-1+0,5mm) Tane Boyutlu Orta (P2) Tabaka
Pomza Konsantresi-1,2x



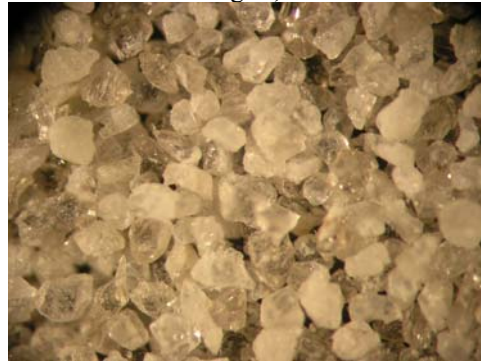
(-1+0,5mm) Tane Boyutlu Orta (P2) Tabaka
Kuvars Konsantresi-1,2x



(-1+0,5mm) Tane Boyutlu Orta (P2) Tabaka
Artığı-1,2x



(-0,5+0,3 mm) Tane Boyutlu Orta (P2) Tabaka
Pomza Konsantresi-2,5x



(-0,5+0,3 mm) Tane Boyutlu Orta (P2)
Tabaka Kuvars Konsantresi-2,5x



(-0,5+0,3 mm) Tane Boyutlu Orta (P2) Tabaka Artığı-2,5x



(-0,3+0,1mm) Tane Boyutlu Orta (P2) Tabaka Pomza Konsantresi-4,5x



(-0,3+0,1mm) Tane Boyutlu Orta (P2) Tabaka Kuvars Konsantresi-4,5x



(-0,3+0,1 mm) Tane Boyutlu Orta (P2) Tabaka Artığı -4,5x

Şekil 5. 23. Menderes orta (P2) tabaka manyetik ve manyetik olmayan ürünlerin görünümü

Tablo 5.23'de, (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan Menderes üst (P3) tabaka pomzasının yoğunluğa göre zenginleştirme yöntemlerinden sallantılı masa ile zenginleştirilmesi sonucu elde edilen ürünlerin tenör ve verim yönünden değerlendirmeleri sunulmaktadır.

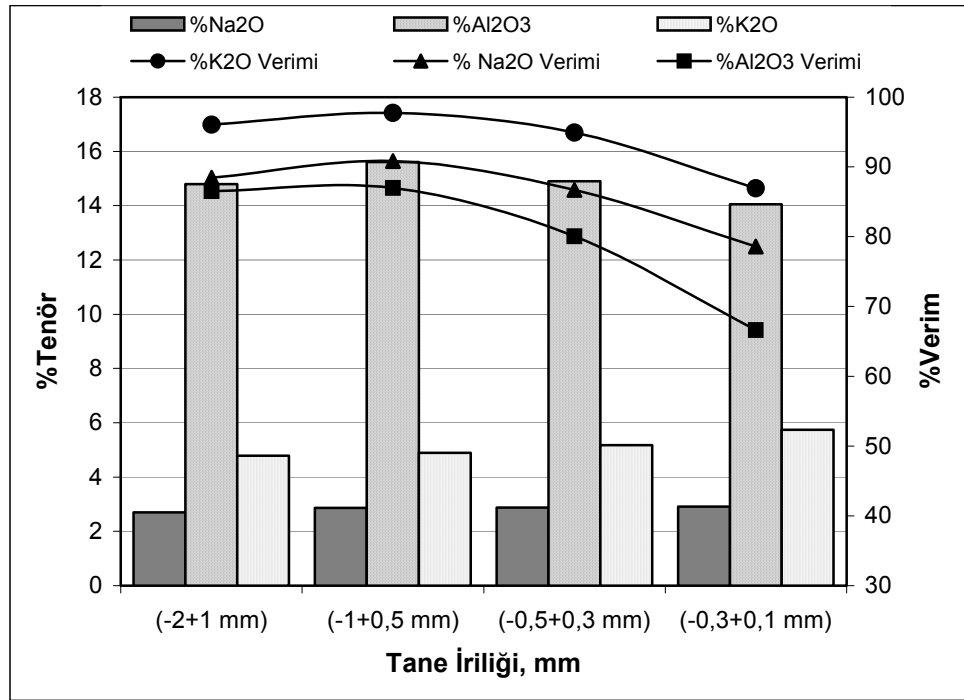
Tablo 5. 23. Kuru manyetik seperatörle zenginleştirilen Menderes üst (P3) tabaka pomza ürünlerinin %Tenör-%Verim bilançosu

Ta. İr, mm	Ürünler	% Ağ	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
2-1	Pomza	71,54	2,7	88,47	14,79	86,52	71,76	87,34	4,78	96,07	1,04	65,91
	Kuvars	19,25	0,71	6,26	3,37	5,30	85,28	7,34	0,85	1,05	0,35	1,87
	Artık	9,21	1,25	5,27	10,85	8,17	73,22	5,31	1,52	2,89	8,36	32,22
	B.M	100	2,18	100	12,23	100	72,68	100	4,31	100	1,38	100
1-0,5	Pomza	68,35	2,86	90,85	15,61	86,96	72,11	89,93	4,89	97,76	0,86	54,97
	Kuvars	20,33	0,40	3,78	2,90	4,81	89,46	4,64	0,42	0,46	0,25	0,82
	Artık	11,32	1,02	5,37	8,92	8,23	73,68	5,43	0,94	1,78	11,46	44,21
	B.M	100	2,15	100	12,27	100	72,85	100	4,35	100	1,41	100
0,5-0,3	Pomza	66,35	2,88	86,71	14,90	80,06	72,33	85,85	5,18	94,92	0,75	44,44
	Kuvars	19,32	0,62	5,44	4,42	6,92	83,14	6,19	0,57	0,90	0,30	1,28
	Artık	14,43	1,20	7,86	11,15	13,03	74,02	7,96	1,40	4,18	9,88	54,28
	B.M	100	2,20	100	12,35	100	73,05	100	4,37	100	1,45	100
0,3-0,1	Pomza	60,31	2,91	78,58	14,05	66,60	72,3	77,82	5,74	86,94	0,94	49,92
	Kuvars	13,32	0,82	4,89	7,11	7,44	80,54	5,40	1,02	1,73	0,60	2,21
	Artık	26,37	1,40	16,53	12,52	25,95	74,12	16,78	1,92	11,33	4,18	47,87
	B.M	100	2,23	100	12,72	100	73,00	100	4,40	100	1,47	100

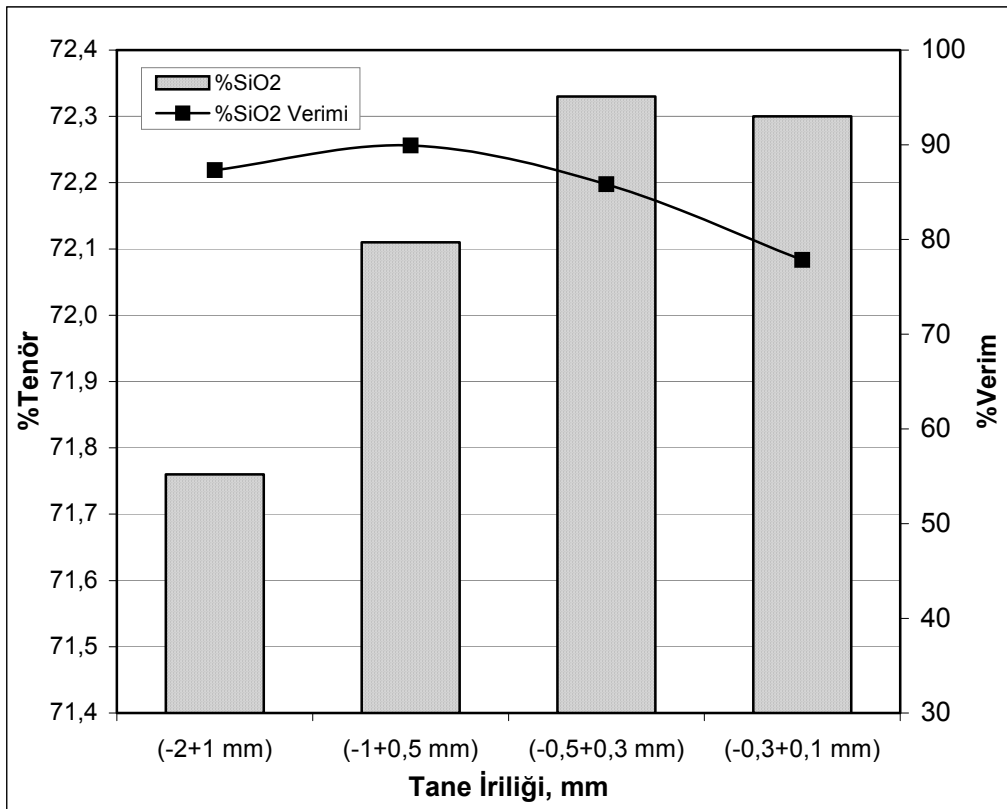
Tablo 5.23'de gösterildiği gibi, ağırlıksal olarak %15,62 miktarına ve %2,18 Na₂O, %12,23 Al₂O₃, %72,68 SiO₂, %4,31 K₂O ve %1,38 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip (-2+1 mm) tane boyutlu üst (P3) tabaka pomza cevherinin yüksek alan şiddetli kuru manyetik seperatörle ile zenginleştirilmesi ile %71,54 ağırlıksal oranında %2,70 Na₂O, %14,79 Al₂O₃, %71,76 SiO₂, %4,78 K₂O ve %1,04 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip pomza konsantresi, %88,47 Na₂O, %86,52 Al₂O₃, %87,34 SiO₂, %96,07 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %65,91 oranında Fe₂O₃ bileşeni empürite olarak kalmıştır. (-1+0,5 mm) tane boyutlu ağırlıkça %22,24 oranında ve %2,15 Na₂O, %12,27 Al₂O₃, %72,85 SiO₂, %4,35 K₂O ve %1,41 Fe₂O₃ tenör değerlerini içeren üst (P3) tabaka pomza cevherinden %68,35 ağırlıksal oranında %2,86 Na₂O, %15,61 Al₂O₃, %72,11 SiO₂, %4,89 K₂O ve %0,86 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %90,85 Na₂O, %86,96 Al₂O₃, %89,93 SiO₂, %97,76 K₂O verimleri ile üretilmiş, söz konusu bu konsantrede %54,97 oranında Fe₂O₃

empürite olarak kalmıştır. (-0,5+0,3 mm) tane boyutlu ağırlıkça %14,16 oranında ve %2,20 Na₂O, %12,35 Al₂O₃, %73,05 SiO₂, %4,37 K₂O ve %1,45 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip üst (P3) tabaka pomza cevherinin sallantılı masa ile zenginleştirilmesi ile %66,35 ağırlıksal oranında %2,88 Na₂O, %14,90 Al₂O₃, %72,33 SiO₂, %5,18 K₂O ve %0,75 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip pomza konsantresi, %86,71 Na₂O, %80,06 Al₂O₃, %85,85 SiO₂, %94,92 K₂O verimleri ile üretilmiş, bu konsantrede %44,44 oranında Fe₂O₃ empürite olarak kalmıştır. (-0,3+0,1 mm) tane boyutlu ağırlıkça %12,84 oranında ve %2,23 Na₂O, %12,72 Al₂O₃, %73,25 SiO₂, %4,40 K₂O ve %1,47 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip üst (P3) tabaka pomza cevherinin sallantılı masa ile zenginleştirilmesi ile %60,31 ağırlıksal oranında %2,91 Na₂O, %14,05 Al₂O₃, %72,30 SiO₂, %5,74 K₂O ve %0,94 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip pomza konsantresi, %78,58 Na₂O, %66,60 Al₂O₃, %77,82 SiO₂, %86,94 K₂O verimleri ile üretilmiş, bu konsantrede %49,92 oranında Fe₂O₃ empürite olarak kalmıştır. Ayrıca üst (P3) tabaka pomza cevherinin yüksek alan şiddetli kuru manyetik seperatörle zenginleştirilmesi ile ara ürün olarak, serbest ve kristal kuvars üretilmiştir. (-2+1 mm) tane boyutlu üst (P3) tabaka Menderes pomzasından %19,25 ağırlıksal oranında %0,71 Na₂O, %3,37 Al₂O₃, %85,28 SiO₂, %0,85 K₂O ve %0,35 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip kuvars konsantresi, (-1+0,5 mm) tane boyutlu üst (P3) tabaka Menderes pomzasından %20,33 ağırlıksal oranında %0,40 Na₂O, %2,90 Al₂O₃, %89,46 SiO₂, %0,42 K₂O ve %0,25 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip kuvars konsantresi, (-0,5+0,3 mm) tane boyutlu orta (P2) tabaka Menderes pomzasından %19,32 ağırlıksal oranında %0,62 Na₂O, %4,42 Al₂O₃, %83,14 SiO₂, %0,57 K₂O ve %0,30 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip kuvars konsantresi, (-0,3+0,1 mm) tane boyutlu üst (P3) tabaka Menderes pomzasından %13,32 ağırlıksal oranında %0,82 Na₂O, %4,89 Al₂O₃, %7,44 SiO₂, %5,40 K₂O ve %1,73 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip kuvars konsantresi üretilmiştir.

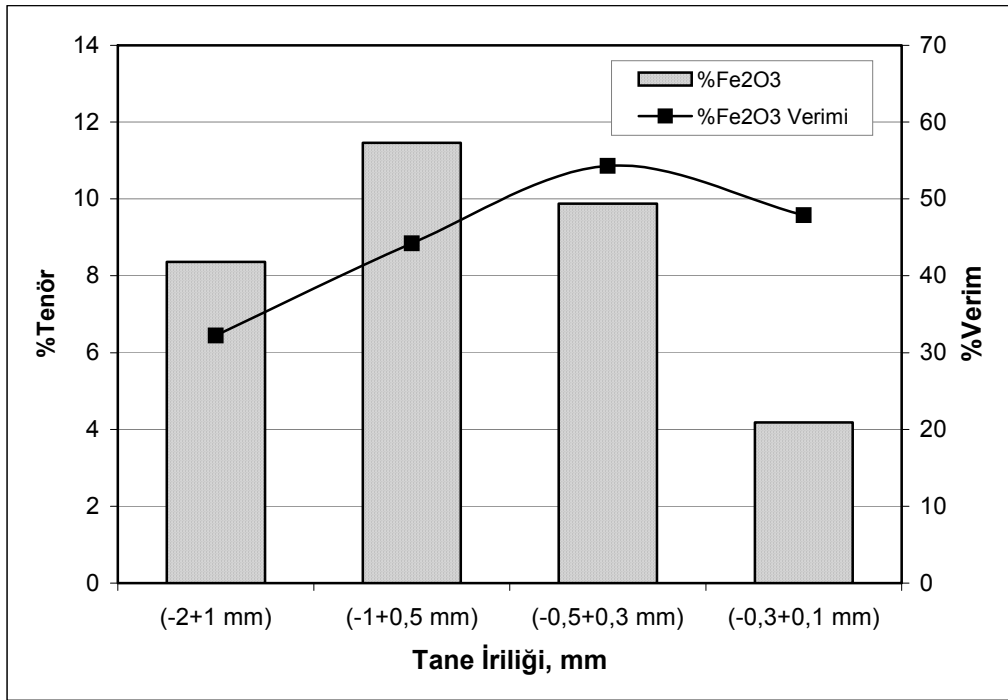
Şekil 5.24'de, tane fraksiyonlarına göre üst (P3) tabaka pomza konsantresinin %Na₂O, %Al₂O₃, ve % K₂O tenör ve kazanma verimleri, Şekil 5.25'de üst (P3) tabaka pomza konsantresindeki %SiO₂ tenörü ve kazanma verimi, Şekil 5.26'da ise sallantılı masa artığının %Fe₂O₃ tenörü ve atımı grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 5. 24. Menderes üst (P3) tabaka manyetik olmayan pomza konsantresinin %Na₂O, %Al₂O₃, %K₂O tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 25. Menderes üst (P3) tabaka manyetik olmayan pomza konsantresinin %SiO₂ tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 26. Menderes üst (P3) tabakası manyetik artığındaki %Fe₂O₃ tenör ve veriminin eğrisel gösterimi

Şekil 5.24, 5.25 ve 5.26'da, fraksiyonel olarak sınıflandırılan üst (P3) tabaka pomza cevherinin yüksek alan şiddetli kuru manyetik seperatörle ile zenginleştirilmesinde %2,70-2,91 Na₂O, %14,05-14,90 Al₂O₃, %4,78-5,74 K₂O arasında birbirine yakın tenör değerlerinde pomza konsantreleri üretilmiştir. Pomza konsantresindeki %Na₂O, %Al₂O₃, %SiO₂ ve %K₂O'nun kazanımı (-1+0,5 mm) tane boyutuna kadar artmış, tane boyutunun incilmesi ile azalmıştır. Pomza konsantresindeki %SiO₂ tenörü tane boyutunun incilmesi ile artmış, kazanma verimi ise (-1+0,5 mm) tane boyutuna kadar arttıktan sonra azalmıştır. Artıktaki %Fe₂O₃ tenörü (-1+0,5 mm) tane boyutunda artmış, pomza konsantresinden %Fe₂O₃'ün atımı, (-0,5+0,3 mm) tane boyutuna kadar artmış, tane boyutunun incilmesi ile azalmıştır. (-1+0,5 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış üst (P3) tabaka pomza konsantresi %90,85 Na₂O, %86,96 Al₂O₃, %89,93 SiO₂, %97,76 K₂O verimleri ile üretilmiş ve bu boyuttaki pomza cevherinden %11,46 Fe₂O₃ tenörlü artık, %44,21 verimle atılmıştır. (-1+0,5 mm) tane boyutlu üst (P3) tabaka pomza cevherinin sallantılı masa ile zenginleştirilmesiyle ağırlıksal olarak %11,32 oranında ve %1,02

Na₂O, %8,92 Al₂O₃, %73,68 SiO₂, %0,94 K₂O ve %11,46 Fe₂O₃ tenör değerlerinde sahip artık atılmıştır.

Tablo 5.24’de, yüksek alan şiddetli kuru manyetik seperatörle ile ayrı ayrı zenginleştirilen (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlu Menderes üst (P3) tabaka pomza ürünlerinin ağırlık, tenör ve verim yönünden toplu değerlendirilmesi sunulmaktadır.

Tablo 5. 24. Sallantılı masa ile zenginleştirilen Menderes üst (P3) tabaka pomza ürünlerinin ana malzemeye göre %Tenör-%Verim bilançosu

Ta. İr, mm	Ürünler	% Ağ	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
2-0,1	Pomza	43,51	2,83	86,89	14,97	81,21	72,10	64,60	5,08	91,06	0,90	32,99
	Kuvars	11,97	0,59	4,96	3,97	5,92	85,69	21,13	0,65	3,20	0,34	3,41
	Artık	9,39	1,23	8,15	11,00	12,87	73,84	14,27	1,48	5,74	8,01	63,60
	B.M	64,87	2,19	100	12,36	100	74,86	100	3,74	100	1,82	100

Tablo 5.24’de, (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan Menderes üst (P3) tabaka pomzasının ağırlıkça %64,87’si (-2+0,1 mm) tane boyutuna ve %2,19 Na₂O, %12,36 Al₂O₃, %74,86 SiO₂, %3,74 K₂O ve %1,82 Fe₂O₃ tenör değerlerinde sahiptir. (-2+0,1 mm) tane boyutlu üst tabaka pomza cevherinin fraksiyonel olarak zenginleştirilmesi ile toplam ağırlıkça %43,51 miktarında, %2,83 Na₂O, %14,97 Al₂O₃, %72,10 SiO₂, %5,08 K₂O ve %0,90 Fe₂O₃ tenörlü pomza konsantresi %86,89 Na₂O, %81,21 Al₂O₃, %64,60 SiO₂, %91,06 K₂O tenörü ile üretilmiş, pomza konsantresinden empürite mineraller %63,60 Fe₂O₃ verimiyle atılmıştır. Üst tabaka pomza cevherinin %9,39’u artık olarak atılırken, %1,23 Na₂O, %11,00 Al₂O₃, %73,84 SiO₂, %1,48 K₂O ve %8,01 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip olmuştur. Ayrıca, %11,97 oranında, %0,59 Na₂O, %3,97 Al₂O₃, %85,69 SiO₂, %0,65 K₂O ve %0,34 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip serbest ve kristal kuvars konsantresi üretilmiştir.

Şekil 5.27’de, üst (P3) tabaka Menderes pomzalarının yüksek alan şiddetli kuru manyetik seperatörle ile zenginleştirilmesi sonucu üretilen fraksiyonel pomza konsantrelerinin ve artıklarının mikroskobik görüntüleri sunulmaktadır. Mikroskobik görüntüler, Olympus SZ61 marka, 20x objektife sahip binoküler mikroskop ile sağlanmıştır.



(-2+1 mm) Tane Boyutlu Üst (P3) Tabaka
Pomza Konsantresi-0,8x



(-2+1 mm) Tane Boyutlu Üst (P3) Tabaka
Kuvarts Konsantresi-0,8x



(-2+1 mm) Tane Boyutlu Üst (P3) Tabaka
Artığı-0,8x



(-1+0,5mm) Tane Boyutlu Üst (P3) Tabaka
Pomza Konsantresi-1,2x



(-1+0,5mm) Tane Boyutlu Üst (P3) Tabaka
Kuvarts Konsantresi-1,2x



(-1+0,5mm) Tane Boyutlu Üst (P3) Tabaka
Artığı-1,2x



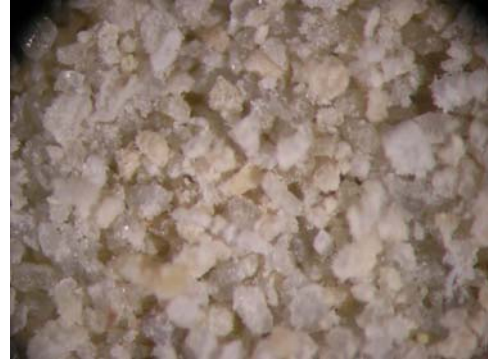
(-0,5+0,3 mm) Tane Boyutlu Üst (P3) Tabaka Pomza Konsantresi-2,5x



(-0,5+0,3 mm) Tane Boyutlu Üst (P3) Tabaka Kuvars Konsantresi-2,5x



(-0,5+0,3 mm) Tane Boyutlu Üst (P3) Tabaka Artığı-2,5x



(-0,3+0,1mm) Tane Boyutlu Üst (P3) Tabaka Pomza Konsantresi-4,5x



(-0,3+0,1mm) Tane Boyutlu Üst (P3) Tabaka Kuvars Konsantresi-4,5x



(-0,3+0,1 mm) Tane Boyutlu Üst (P3) Tabaka Artığı-4,5x

Şekil 5. 27. Menderes üst (P3) tabaka manyetik ve manyetik olmayan ürünlerin görünümü

5.2.4. Menderes Pomzalarının Yüksek Alan Şiddetli Yaş Manyetik Seperatörle Zenginleştirilmesi

(-0,1 mm) tane boyutlu Menderes alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomzalarının yüksek alan şiddetli yaş manyetik separatör ile zenginleştirilebilirliği araştırılmıştır. %20 katı oranına sahip Menderes pomzaları ayırıcı yüzeyi ızgara

şeklinde olan yüksek alan şiddetli yaş manyetik seperatöre 18 000 gauss'da, 2 lt/dk debili su ile birlikte 3,33 lt/dk besleme debisinde beslenerek zenginleştirilmiştir.

Tablo 5.25'de, (-0,1 mm) tane boyutuna sınıflandırılan Menderes alt (P1) tabaka pomzasının manyetik özelliğe göre zenginleştirme yöntemlerinden yüksek alan şiddetli yaş manyetik seperatörle zenginleştirme ürünlerinin tenör ve verim yönünden değerlendirmeleri sunulmaktadır.

Tablo 5. 25. Yaş Manyetik Seperatörle zenginleştirilen Menderes alt (P1) tabaka pomza ürünlerinin %Tenör-%Verim bilançosu

Ürünler	% Ağırlık	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
Konsantre	94,94	1,78	97,15	13,31	94,74	74,16	95,53	4,08	98,84	0,80	58,30
Artık	5,06	0,98	2,85	12,79	5,26	65,05	4,47	0,90	1,16	10,73	41,70
Toplam	100	1,74	100	12,82	100	73,70	100	3,92	100	1,30	100

Tablo 5.25'de gösterildiği gibi, ağırlıksal olarak %24,39 miktarına ve %1,74 Na₂O, %12,82 Al₂O₃, %73,70 SiO₂, %3,92 K₂O ve %1,30 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip (-0,1 mm) tane boyutlu alt (P1) tabaka pomza cevherinin yüksek alan şiddetli yaş manyetik seperatörle zenginleştirilmesi ile %94,94 ağırlıksal oranında %1,78 Na₂O, %13,31 Al₂O₃, %74,16 SiO₂, %4,08 K₂O ve %0,80 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %97,15 Na₂O, %94,74 Al₂O₃, %95,53 SiO₂, %98,84 K₂O verimleri ile üretilmiş, empürite minerallerinde demir oksit mineralleri %58,30 Fe₂O₃ verimle konsantreden uzaklaştırılabilmektedir.

Tablo 5.26'da, (-0,1 mm) tane boyutuna sınıflandırılan Menderes orta (P2) tabaka pomzasının manyetik özelliğe göre zenginleştirme yöntemlerinden yüksek alan şiddetli yaş manyetik seperatörle zenginleştirme ürünlerinin tenör ve verim yönünden değerlendirmeleri sunulmaktadır.

Tablo 5. 26. Yaş Manyetik Seperatörle zenginleştirilen Menderes orta (P2) tabaka pomza ürünlerinin %Tenör-%Verim bilançosu

Ürünler	% Ağırlık	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
Konsantre	95,74	2,23	98,31	12,14	96,37	75,51	96,12	5,29	99,37	0,40	55,93
Artık	4,26	0,86	1,69	10,26	3,63	68,38	3,88	0,75	0,63	7,08	44,07
Toplam	100	2,17	100	12,06	100	75,21	100	5,10	100	0,68	100

Tablo 5.26’da gösterildiği gibi, ağırlıksal olarak %24,97 miktarına ve %2,17 Na₂O, %12,06 Al₂O₃, %75,21 SiO₂, %5,10 K₂O ve %0,68 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip (-0,1 mm) tane boyutlu orta (P2) tabaka pomza cevherinin yüksek alan şiddetli yaş manyetik seperatörle zenginleştirilmesi ile %95,74 ağırlıksal oranında %2,23 Na₂O, %12,14 Al₂O₃, %75,51 SiO₂, %5,29 K₂O ve %0,40 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %98,31 Na₂O, %96,37 Al₂O₃, %96,12 SiO₂, %99,37 K₂O verimleri ile üretilmiş, empürite minerallerinde demir oksit mineralleri %55,93 Fe₂O₃ verimle konsantreden uzaklaştırılabilmektedir.

Tablo 5.27’de, (-0,1 mm) tane boyutuna sınıflandırılan Menderes üst (P3) tabaka pomzasının manyetik özelliğe göre zenginleştirme yöntemlerinden yüksek alan şiddetli yaş manyetik seperatörle zenginleştirme ürünlerinin tenör ve verim yönünden değerlendirmeleri sunulmaktadır.

Tablo 5. 27. Yaş Manyetik Seperatörle zenginleştirilen Menderes üst (P3) tabaka pomza ürünlerinin %Tenör-%Verim bilançosu

Ürünler	% Ağırlık	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
Konsantre	95,69	2,31	98,28	13,18	96,31	73,76	96,17	4,59	99,20	0,65	41,35
Artık	4,31	0,90	1,72	11,22	3,69	65,34	3,83	0,82	0,80	20,48	58,65
Toplam	100	2,25	100	13,10	100	73,40	100	4,43	100	1,50	100

Tablo 5.27’de gösterildiği gibi, ağırlıksal olarak %24,65 miktarına ve %2,25 Na₂O, %13,10 Al₂O₃, %75,21 SiO₂, %5,10 K₂O ve %0,68 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip (-0,1 mm) tane boyutlu üst (P3) tabaka pomza cevherinin yüksek alan şiddetli

yaş manyetik seperatörle zenginleştirilmesi ile %95,69 ağırlıksal oranında %2,31 Na₂O, %13,18 Al₂O₃, %73,76 SiO₂, %4,59 K₂O ve %0,65 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %98,28 Na₂O, %96,31 Al₂O₃, %96,17 SiO₂, %99,20 K₂O verimleri ile üretilmiş, empürite minerallerinde demir oksit mineralleri %41,35 Fe₂O₃ verimle konsantreden uzaklaştırılabilmiştir.

%24,39'unu kapsayan (-0,1 mm) tane boyutlu alt (P1) tabaka Menderes pomza cevherinden toplu olarak ağırlıkça %23,16 oranında %2,38 Na₂O, %14,41 Al₂O₃, %71,85 SiO₂, %4,67 K₂O ve %0,87 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %1,78 Na₂O, %13,31 Al₂O₃, %74,16 SiO₂, %4,08 K₂O ve %0,80 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %97,15 Na₂O, %94,74 Al₂O₃, %95,53 SiO₂, %98,84 K₂O verimleri ile üretilmiş, empürite minerallerinde demiroksit mineralleri %58,30 Fe₂O₃ verimle konsantreden uzaklaştırılabilmiştir. %24,97'sini kapsayan (-0,1 mm) tane boyutlu orta (P2) tabaka Menderes pomzasından toplu olarak ağırlıkça %23,91 oranında %2,23 Na₂O, %12,14 Al₂O₃, %75,51 SiO₂, %5,29 K₂O ve %0,40 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %98,31 Na₂O, %96,37 Al₂O₃, %96,12 SiO₂, %99,37 K₂O verimleri ile üretilmiş, empürite minerallerinde demir oksit mineralleri %55,93 Fe₂O₃ verimle konsantreden uzaklaştırılabilmiştir. %24,65'ini kapsayan (-0,1 mm) tane boyutlu üst (P3) tabaka Menderes pomzasından toplu olarak ağırlıkça %23,59 oranında %2,31 Na₂O, %13,18 Al₂O₃, %73,76 SiO₂, %4,59 K₂O ve %0,65 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %98,28 Na₂O, %96,31 Al₂O₃, %96,17 SiO₂, %99,20 K₂O verimleri ile üretilmiş, empürite minerallerinde demir oksit mineralleri %41,35 Fe₂O₃ verimle konsantreden uzaklaştırılabilmiştir.

5.2.5. Menderes Pomzalarının Multigravite Seperatör (MGS) ile Zenginleştirilmesi

Alt, orta ve üst tabaka Menderes pomzalarının yoğunluğa göre zenginleştirme yöntemlerinden MGS ile zenginleştirilebilirliği araştırılmıştır. -0,1 mm tane boyutlu, %20 katı oranına sahip Menderes alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomzaları multigravite seperatöre %20 katı oranında, 5 lt/dk debili su ile birlikte 2 lt/dk besleme debisinde beslenerek zenginleştirilmiştir. Menderes pomzaları, öncelikle 2⁰ eğimli multigravite seperatörünün 220 d/dk, 240 d/dk ve 260 d/dk devirlerinde

çalıştırılması ile zenginleştirilmiş ve MGS tambur hızının pomza kazanımına etkisi araştırılmıştır. Daha sonra Menderes pomzaları optimal tambur hızında, 3⁰ ve 4⁰ eğimli multigravite seperatöre beslenerek, eğimin pomza kazanımındaki etkisi araştırılmıştır.

Tablo 5.28’de, (-0,1 mm) tane boyutuna sınıflandırılan Menderes alt (P1) tabaka pomzasının 2⁰ eğimli multigravite seperatörünün ile 220 d/dk, 240 d/dk ve 260 d/dk devirlerinde çalıştırılması ile üretilen zenginleştirme ürünlerinin tenör ve verim yönünden değerlendirmeleri sunulmaktadır.

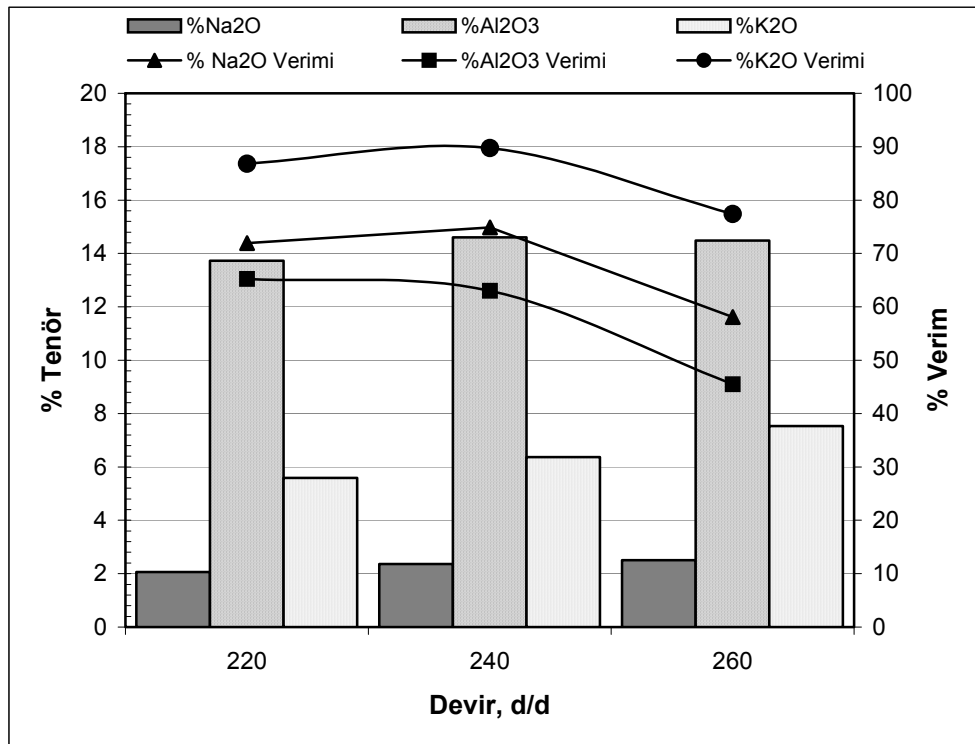
Tablo 5. 28. 2° eğimdeki MGS ile zenginleştirilen Menderes alt (P1) tabaka pomza ürünlerinin %Tenör-%Verim bilançosu

Devir,d/d	Ürünler	% Ağ	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
220	Pomza	60,89	2,06	71,96	13,73	65,20	70,35	58,12	5,59	86,83	0,98	46,02
	Artık	39,11	1,25	28,04	11,41	34,80	78,92	41,88	1,32	13,17	1,79	53,98
	B.M	100	1,74	100	12,82	100	73,70	100	3,92	100	1,30	100
240	Pomza	55,29	2,36	74,86	14,61	63,00	69,44	52,09	6,37	89,75	0,83	35,32
	Artık	44,71	0,98	25,14	10,61	37,00	78,97	47,91	0,90	10,25	1,88	64,68
	B.M	100	1,74	100	12,82	100	73,70	100	3,92	100	1,30	100
260	Pomza	40,25	2,51	58,09	14,49	45,48	72,54	39,62	7,53	77,39	1,20	37,11
	Artık	59,75	1,22	41,91	11,70	54,52	74,48	60,38	1,48	22,61	1,37	62,89
	B.M	100	1,74	100	12,82	100	73,70	100	3,92	100	1,30	100

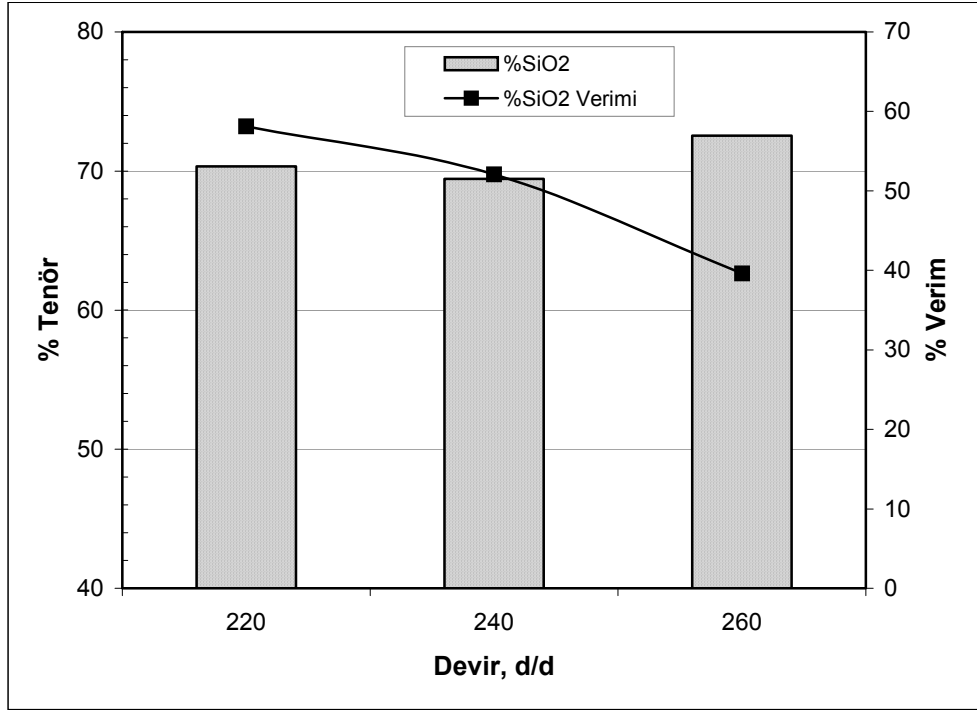
Tablo 5.28’de gösterildiği gibi, ağırlıksal olarak %24,39 miktarına ve %1,74 Na₂O, %12,82 Al₂O₃, %73,70 SiO₂, %3,92 K₂O ve %1,30 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip -0,1 mm tane boyutlu alt (P1) tabaka pomza cevherinin 220 d/dk tambur devrine sahip multigravite seperatör ile zenginleştirilmesi ile %60,89 ağırlıksal oranında %2,06 Na₂O, %13,73 Al₂O₃, %70,35 SiO₂, %5,59 K₂O ve %0,98 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %71,96 Na₂O, %65,20 Al₂O₃, %58,12 SiO₂, %86,83 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %46,02 oranında Fe₂O₃

empürite olarak kalmıştır. 240 d/dk tambur devrinde, ağırlıkça %55,29 oranında ve %2,36 Na₂O, %14,61 Al₂O₃, %69,44 SiO₂, %6,37 K₂O ve %0,83 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %74,86 Na₂O, %63,00 Al₂O₃, %52,09 SiO₂, %89,75 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %35,32 oranında Fe₂O₃ empürite olarak kalmıştır. 260 d/dk tambur devrinde, %40,25 ağırlıksal oranında %2,51 Na₂O, %14,49 Al₂O₃, %72,54 SiO₂, %7,53 K₂O ve %1,20 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %58,09 Na₂O, %45,48 Al₂O₃, %39,62 SiO₂, %77,39 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %37,11 oranında Fe₂O₃ empürite olarak kalmıştır.

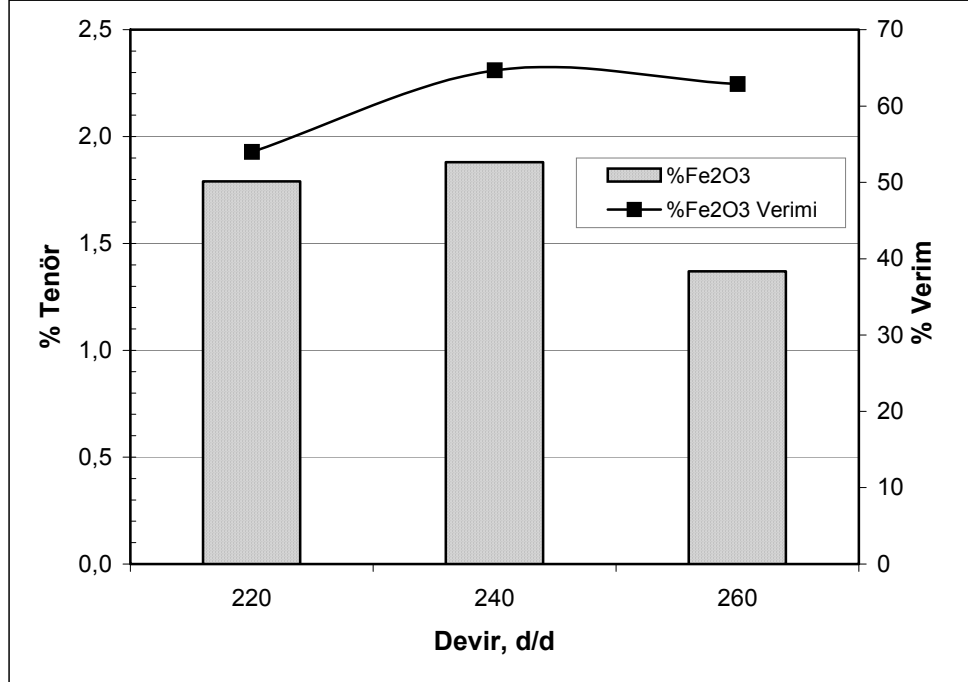
Şekil 5.28’de, -0,1 mm tane boyutlu alt (P1) tabaka pomza konsantresinin %Na₂O, %Al₂O₃, % K₂O tenör ve kazanma verimleri, Şekil 5.29’da alt (P1) tabaka pomza konsantresindeki %SiO₂ tenörü ve kazanma verimi, Şekil 5.30’da ise multigravite seperatör (MGS) artığının %Fe₂O₃ tenörü ve atımı grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 5. 28. 2° sabit eğimde MGS ile zenginleştirilen Menderes alt (P1) tabaka pomza konsantresinin %Na₂O, %Al₂O₃, % K₂O tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 29. 2° sabit eğimde MGS ile zenginleştirilen Menderes alt (P1) tabaka pomza konsantrisinin %SiO₂ tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 30. Menderes alt (P1) tabaka pomzasının 2° sabit eğimdeki MGS artığının %Fe₂O₃ tenör ve veriminin eğrisel gösterimi

Şekil 5.28, 5.29 ve 5.30'da gösterildiği gibi, tambur hızı arttıkça %Na₂O ve %K₂O tenör değerleri artarken, %Na₂O ve %K₂O kazanma verimleri 240 d/dk'ya kadar artmış, 260 d/dk'da ise azalmıştır. Tambur devrinin artması ile %Al₂O₃ ve %SiO₂ kazanma verimleri azalmış, 240 d/dk'da en yüksek %Al₂O₃ tenörlü, en düşük %SiO₂ tenörlü pomza konsantresi üretilmiştir. Tambur devrinin artmasıyla, pomza konsantresinden %Fe₂O₃ atım miktarı artmış, 240 d/dk'da artıkta en yüksek %Fe₂O₃ tenörü sağlanmıştır. Tambur devrinin 240 d/dk olduğu durumda, %2,36 Na₂O, %14,61 Al₂O₃, %69,44 SiO₂, %6,37 K₂O ve %0,83 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %74,86 Na₂O, %63,00 Al₂O₃, %52,09 SiO₂, %89,75 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinden %64,68 oranında Fe₂O₃ atılmıştır.

Tablo 5.29'da, (-0,1 mm) tane boyutuna sınıflandırılan Menderes alt (P1) tabaka pomzasının 240 d/dk devirli multigravite seperatör ile 2°, 3°, 4° eğimde çalıştırılması ile üretilen zenginleştirme ürünlerinin tenör ve verim yönünden değerlendirmeleri sunulmaktadır.

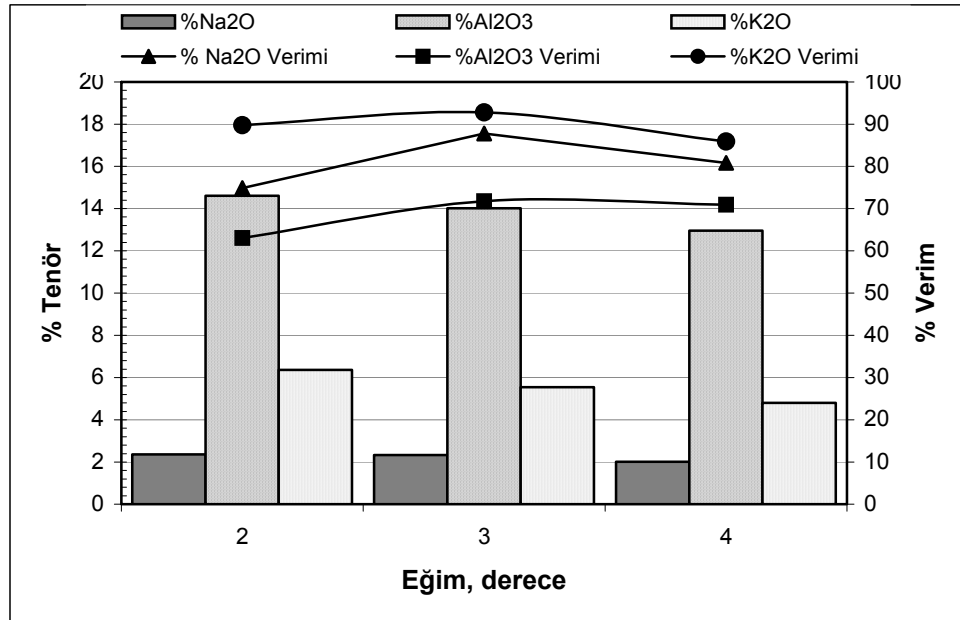
Tablo 5. 29. 240 d/dk sabit hızdaki MGS ile zenginleştirilen Menderes alt (P1) tabaka pomza ürünlerinin %Tenör-%Verim bilançosu

Eğim, °	Ürünler	% Ağ	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
2	Pomza	55,29	2,36	74,86	14,61	63,00	69,44	52,09	6,37	89,75	0,83	35,32
	Artık	44,71	0,98	25,14	10,61	37,00	78,97	47,91	0,9	10,25	1,88	64,68
	B.M	100	1,74	100	12,82	100	73,70	100	3,92	100	1,30	100
3	Pomza	65,67	2,33	87,79	14,01	71,77	68,35	60,90	5,54	92,82	0,6	30,22
	Artık	34,33	0,62	12,21	10,54	28,23	83,93	39,10	0,82	7,18	2,65	69,78
	B.M	100	1,74	100	12,82	100	73,70	100	3,92	100	1,30	100
4	Pomza	70,18	2,01	80,86	12,96	70,93	70,29	66,93	4,80	85,93	0,94	50,83
	Artık	29,82	1,12	19,14	12,5	29,07	81,73	33,07	1,85	14,07	2,14	49,17
	B.M	100	1,74	100	12,82	100	73,70	100	3,92	100	1,30	100

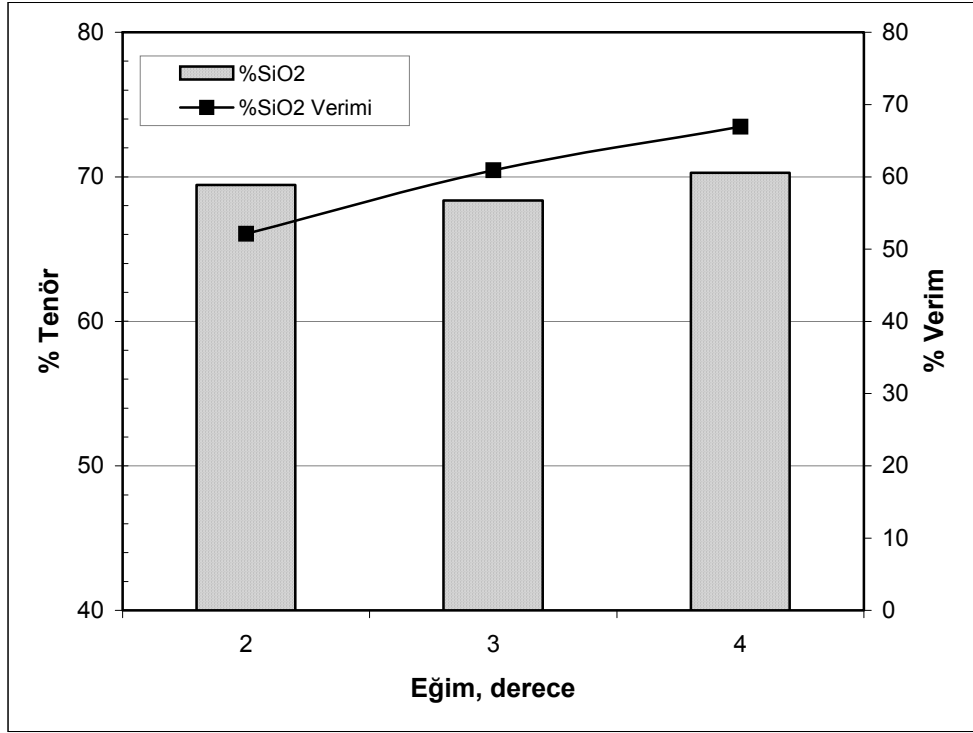
Tablo 5.29'da gösterildiği gibi, ağırlıksal olarak %24,39 miktarına ve %1,74 Na₂O, %12,82 Al₂O₃, %73,70 SiO₂, %3,92 K₂O ve %1,30 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip -0,1 mm tane boyutlu alt (P1) tabaka pomza cevherinin 2° eğimli multigravite seperatör ile zenginleştirilmesi ile %55,29 ağırlıksal oranında %2,36 Na₂O, %14,61

Al_2O_3 , %69,44 SiO_2 , %6,37 K_2O ve %0,83 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip konsantre, %74,86 Na_2O , %63,00 Al_2O_3 , %52,09 SiO_2 , %89,75 K_2O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %35,32 oranında Fe_2O_3 empürite olarak kalmıştır. 3° eğimli multigravite seperatör ile, ağırlıkça %65,67 oranında ve %2,33 Na_2O , %14,01 Al_2O_3 , %68,35 SiO_2 , %5,54 K_2O ve %0,60 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip konsantre, %87,79 Na_2O , %71,77 Al_2O_3 , %60,90 SiO_2 , %92,82 K_2O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %30,22 oranında Fe_2O_3 empürite olarak kalmıştır. 4° eğimli multigravite seperatör ile %70,18 ağırlıksal oranında %2,01 Na_2O , %12,96 Al_2O_3 , %70,29 SiO_2 , %4,80 K_2O ve %0,94 Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip konsantre, %80,86 Na_2O , %70,93 Al_2O_3 , %66,93 SiO_2 , %85,93 K_2O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %50,83 oranında Fe_2O_3 empürite olarak kalmıştır.

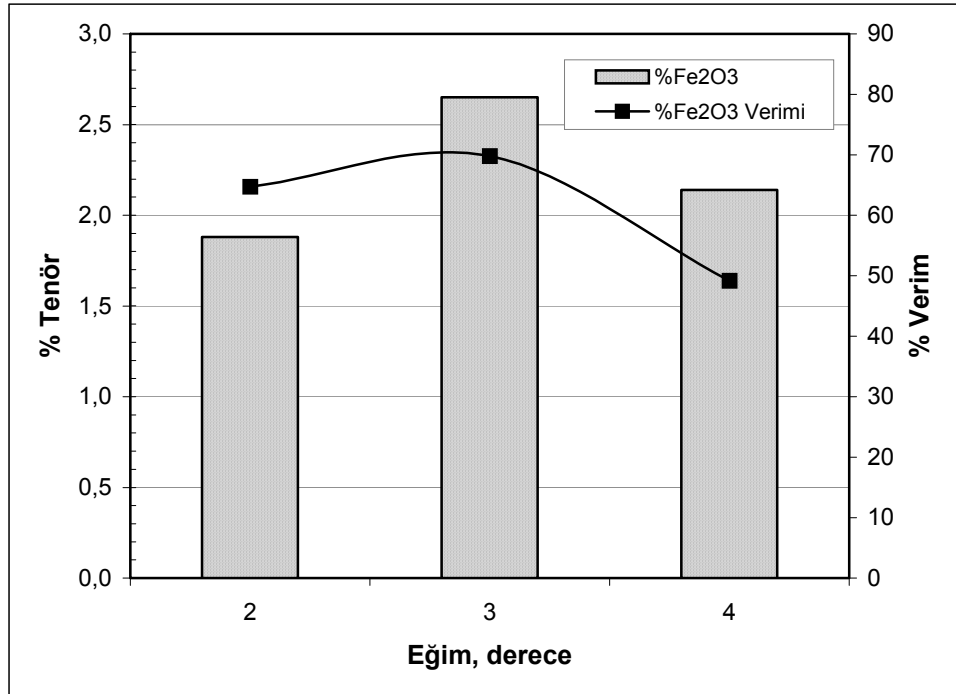
Şekil 5.31’de, -0,1 mm tane boyutlu alt (P1) tabaka pomza konsantresinin % Na_2O , % Al_2O_3 , % K_2O tenör ve kazanma verimleri, Şekil 5.32’de alt (P1) tabaka pomza konsantresindeki % SiO_2 tenörü ve kazanma verimi, Şekil 5.33’de ise multigravite seperatör (MGS) artığının % Fe_2O_3 tenörü ve atımı grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 5. 31. 240 d/dk sabit hızda MGS ile zenginleştirilen Menderes alt (P1) tabaka pomza konsantresinin % Na_2O , % Al_2O_3 , % K_2O tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 32. 240 d/dk sabit hızda MGS ile zenginleştirilen Menderes alt (P1) tabaka pomza konsantresinin %SiO₂ tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 33. Menderes alt (P1) tabaka pomzasının 240 d/dk sabit hızdaki MGS artığının %Fe₂O₃ tenör ve veriminin eğrisel gösterimi

Şekil 5.31, 5.32 ve 5.33’de gösterildiği gibi, 240 d/dk tabur devrinde, eğimin artmasıyla, %Na₂O %K₂O ve %Al₂O₃ tenörleri azalmış, %Na₂O %K₂O ve %Al₂O₃ kazanma verimleri 3° eğime kadar arttıktan sonra azalmıştır. %SiO₂ kazanma verimi eğimin artmasıyla artmış, 3° eğimde en düşük %SiO₂ tenörlü pomza konsantresi üretilmiştir. Pomza konsantresinden %Fe₂O₃ atımı ise 3° eğime kadar artmış ve en yüksek %Fe₂O₃ tenör değerine sahip artık üretilmiştir. Multigravite seperatörün eğiminin 3° olduğu durumda, %2,33 Na₂O, %14,01 Al₂O₃, %68,35 SiO₂, %5,54 K₂O ve %0,60 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %87,79 Na₂O, %71,77 Al₂O₃, %60,90 SiO₂, %92,82 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinden %69,78 oranında Fe₂O₃ empürite olarak atılmıştır.

%24,39’unu kapsayan (-0,1 mm) tane boyutlu alt (P1) tabaka Menderes pomzasının 3° eğimli, 240 d/dk tambur devrine sahip multigravite seperatör ile zenginleştirilmesi ile toplu olarak ağırlıkça %16,02 oranında ve %2,33 Na₂O, %14,01 Al₂O₃, %68,35 SiO₂, %5,54 K₂O ve %0,60 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre kazanılmış, %8,37 oranda ve %0,62 Na₂O, %10,54 Al₂O₃, %83,93 SiO₂, %0,82 K₂O ve %2,65 Fe₂O₃ tenör değerlerinde artık atılmıştır.

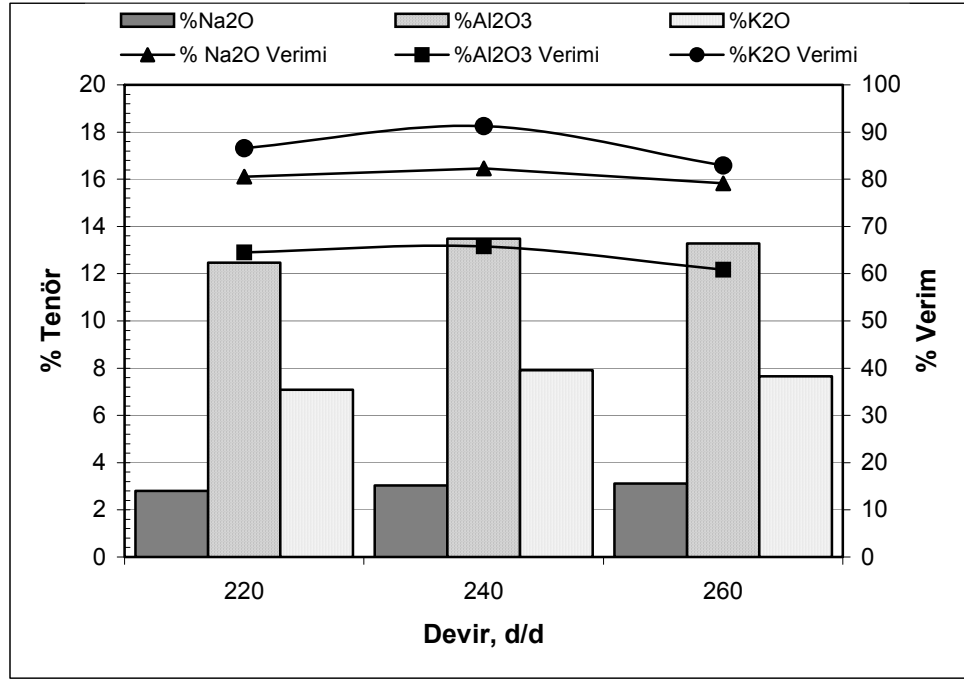
Tablo 5.30’da, (-0,1 mm) tane boyutuna sınıflandırılan Menderes orta (P2) tabaka pomzasının 2° eğimli multigravite seperatörünün ile 220 d/dk, 240 d/dk ve 260 d/dk devirlerinde çalıştırılması ile üretilen zenginleştirme ürünlerinin tenör ve verim yönünden değerlendirmeleri sunulmaktadır.

Tablo 5. 30. Kuru manyetik seperatörle zenginleştirilen Menderes orta (P2) tabaka pomza ürünlerinin %Tenör-%Verim bilançosu

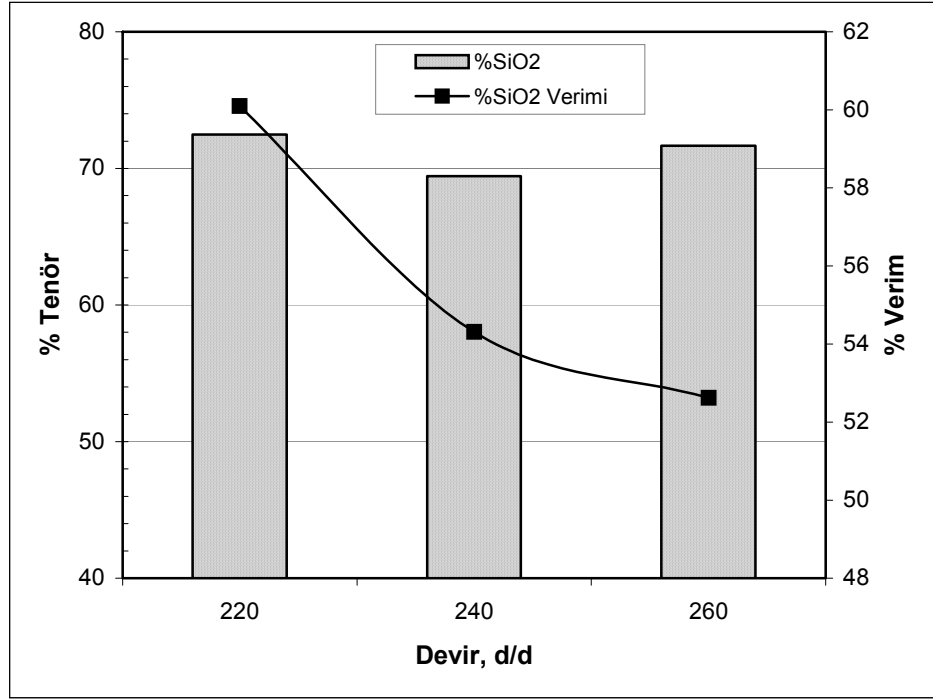
Devir,d/d	Ürünler	% Ağ	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
220	Pomza	62,36	2,8	80,55	12,47	64,48	72,48	60,10	7,08	86,57	0,46	42,29
	Artık	37,64	1,12	19,45	11,38	35,52	79,72	39,90	1,82	13,43	1,04	57,71
	B.M	100	2,17	100	12,06	100	75,21	100	5,10	100	0,68	100
240	Pomza	58,82	3,03	82,31	13,48	65,77	69,44	54,31	7,92	91,29	0,42	36,14
	Artık	41,18	0,93	17,69	10,02	34,23	83,44	45,69	1,08	8,71	1,06	63,86
	B.M	100	2,17	100	12,06	100	75,21	100	5,10	100	0,68	100
260	Pomza	55,23	3,11	79,16	13,28	60,83	71,66	52,63	7,66	82,89	0,48	38,90
	Artık	44,77	1,01	20,84	10,55	39,17	79,58	47,37	1,95	17,11	0,93	61,10
	B.M	100	2,17	100	12,06	100	75,21	100	5,10	100	0,68	100

Tablo 5.30'da gösterildiği gibi, ağırlıksal olarak %24,97 miktarına ve %2,17 Na₂O, %12,06 Al₂O₃, %75,21 SiO₂, %5,10 K₂O ve %0,68 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip -0,1 mm tane boyutlu orta (P2) tabaka pomza cevherinin 220 d/dk tambur devrine sahip multigravite seperatör ile zenginleştirilmesi ile %62,36 ağırlıksal oranında %2,80 Na₂O, %12,47 Al₂O₃, %72,48 SiO₂, %7,08 K₂O ve %0,46 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %80,55 Na₂O, %64,48 Al₂O₃, %60,10 SiO₂, %86,57 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %42,29 oranında Fe₂O₃ empürite olarak kalmıştır. 240 d/dk tambur devrinde, ağırlıkça %58,82 oranında ve %3,03 Na₂O, %13,48 Al₂O₃, %69,44 SiO₂, %7,92 K₂O ve %0,42 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %82,31 Na₂O, %65,77 Al₂O₃, %54,31 SiO₂, %91,29 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %36,14 oranında Fe₂O₃ empürite olarak kalmıştır. 260 d/dk tambur devrinde, %55,23 ağırlıksal oranında %3,11 Na₂O, %13,28 Al₂O₃, %71,66 SiO₂, %7,66 K₂O ve %0,48 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %79,16 Na₂O, %60,83 Al₂O₃, %52,63 SiO₂, %82,89 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %38,90 oranında Fe₂O₃ empürite olarak kalmıştır. Ayrıca multigravite seperatör ile zenginleştirmeye tabii tutulan alt (P1) tabaka pomza cevherinin artığındaki %SiO₂ tenörünün artması, diğer yoğunluğa göre zenginleştirme yöntemlerinde olduğu gibi artığa kaçan silikatlı mineraller (pomza, perlit, albit, ortoklas gibi) yanında serbest silisten kaynaklanmaktadır.

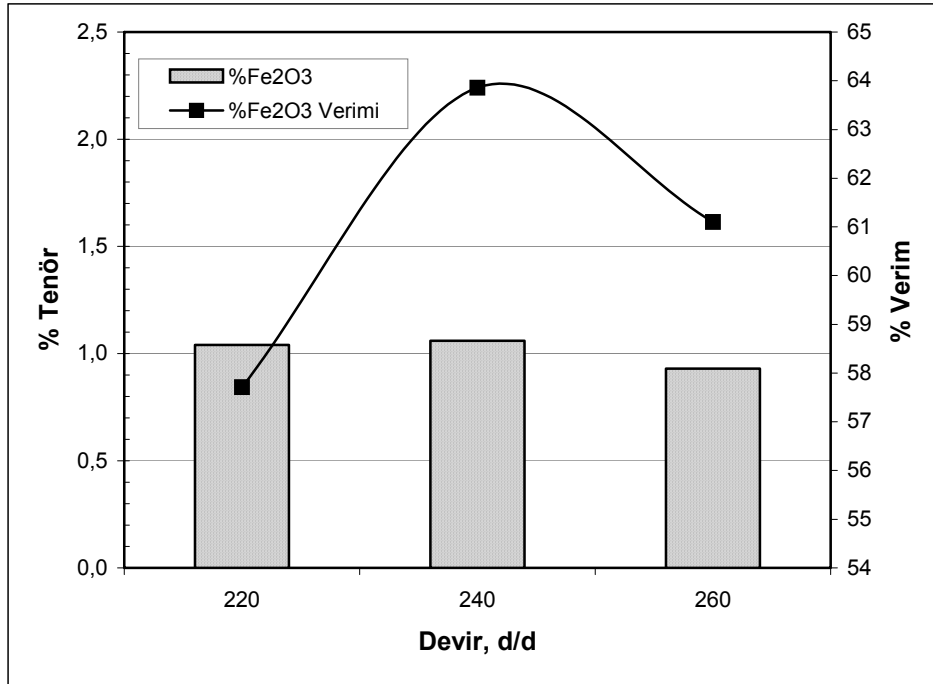
Şekil 5.34'de, -0,1 mm tane boyutlu orta (P2) tabaka pomza konsantresinin %Na₂O, %Al₂O₃, % K₂O tenör ve kazanma verimleri, Şekil 5.35'de orta (P2) tabaka pomza konsantresindeki %SiO₂ tenörü ve kazanma verimi, Şekil 5.36'da ise multigravite seperatör (MGS) artığının %Fe₂O₃ tenörü ve atımı grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 5. 34. 2° sabit eğimde MGS ile zenginleştirilen Menderes orta (P2) tabaka pomza konsantresinin %Na₂O, %Al₂O₃, % K₂O tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 35. 2° sabit eğimde MGS ile zenginleştirilen Menderes orta (P2) tabaka pomza konsantresinin %SiO₂ tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 36. Menderes orta (P2) tabaka pomzasının 2° sabit eğimdeki MGS artığının %Fe₂O₃ tenör ve veriminin eğrisel gösterimi

Şekil 5.34, 5.35 ve 5.36'da gösterildiği gibi, tambur hızı arttıkça %Na₂O ve %K₂O tenör değerleri artarken, %Na₂O ve %K₂O kazanma verimleri 240 d/d'ya

kadar artmış, 260 d/dk'da ise azalmıştır. Tambur devrinin artması ile %Al₂O₃ ve %SiO₂ kazanma verimleri azalmış, 240 d/dk'da en yüksek %Al₂O₃ tenörlü, en düşük %SiO₂ tenörlü pomza konsantresi üretilmiştir. Tambur devrinin artmasıyla, pomza konsantresinden %Fe₂O₃ atım miktarı artmış, 240 d/dk'da artıktaki en yüksek %Fe₂O₃ tenörü sağlanmıştır. Tambur devrinin 240 d/dk olduğu durumda, %3,03 Na₂O, %13,48 Al₂O₃, %69,44 SiO₂, %7,92 K₂O ve %0,42 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %82,31 Na₂O, %65,77 Al₂O₃, %54,31 SiO₂, %91,29 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinden %63,86 oranında Fe₂O₃ atılmıştır.

Tablo 5.31'de, (-0,1 mm) tane boyutuna sınıflandırılan Menderes orta (P2) tabaka pomzasının 240 d/dk devirli multigravite seperatör ile 2°, 3°, 4° eğimde çalıştırılması ile üretilen zenginleştirme ürünlerinin tenör ve verim yönünden değerlendirmeleri sunulmaktadır.

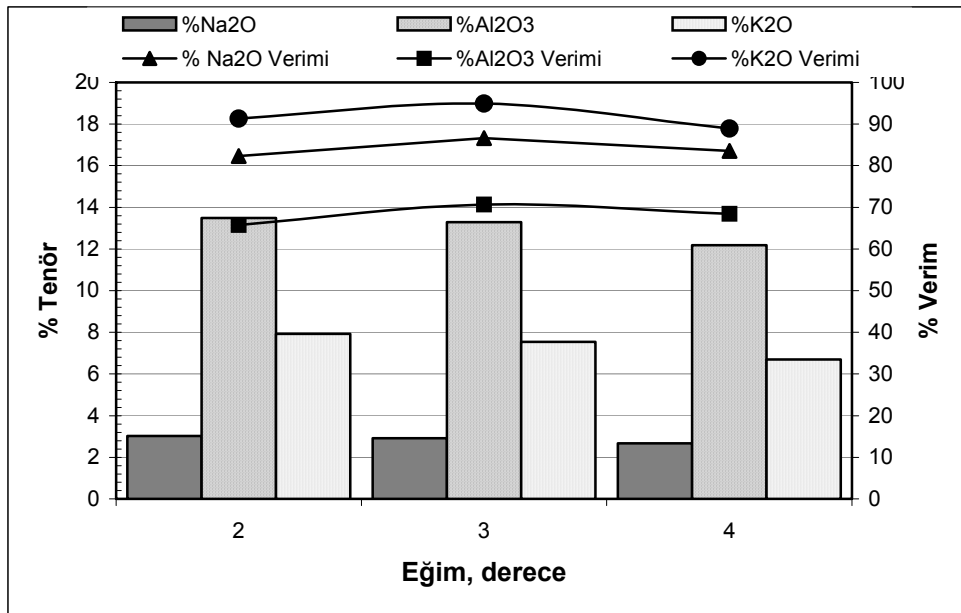
Tablo 5. 31. 240 d/dk sabit hızdaki MGS ile zenginleştirilen Menderes orta (P2) tabaka pomza ürünlerinin %Tenör-%Verim bilançosu

Eğim, °	Ürünler	% Ağ	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
2	Pomza	58,82	3,03	82,31	13,48	65,77	69,44	54,31	7,92	91,29	0,42	36,14
	Artık	41,18	0,93	17,69	10,02	34,23	83,44	45,69	1,08	8,71	1,06	63,86
	B.M	100	2,17	100	12,06	100	75,21	100	5,10	100	0,68	100
3	Pomza	64,22	2,92	86,61	13,28	70,70	69,06	58,97	7,54	94,95	0,35	33,27
	Artık	35,78	0,81	13,39	9,88	29,30	86,25	41,03	0,72	5,05	1,26	66,73
	B.M	100	2,17	100	12,06	100	75,21	100	5,10	100	0,68	100
4	Pomza	67,75	2,68	83,53	12,18	68,44	74,16	66,80	6,7	88,94	0,52	51,71
	Artık	32,25	1,11	16,47	11,8	31,56	77,43	33,20	1,75	11,06	1,02	48,29
	B.M	100	2,17	100	12,06	100	75,21	100	5,10	100	0,68	100

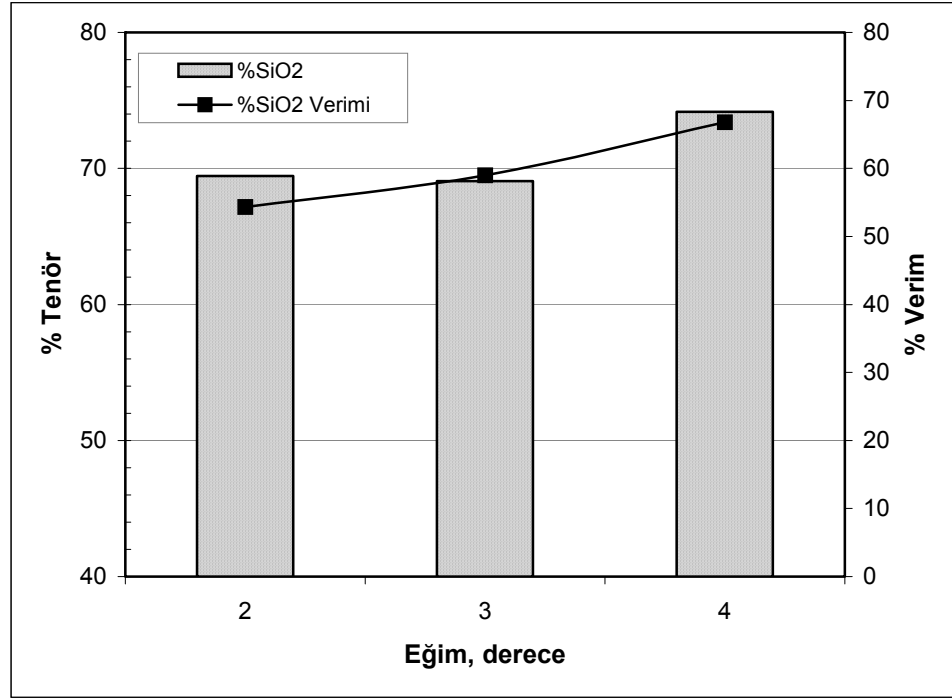
Tablo 5.31'de gösterildiği gibi, ağırlıksal olarak %24,39 miktarına ve %1,74 Na₂O, %12,82 Al₂O₃, %73,70 SiO₂, %3,92 K₂O ve %1,30 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip -0,1 mm tane boyutlu orta (P2) tabaka pomza cevherinin 2° eğimli multigravite seperatör ile zenginleştirilmesi ile %58,82 ağırlıksal oranında %3,03 Na₂O, %13,48 Al₂O₃, %69,44 SiO₂, %7,92 K₂O ve %0,42 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %82,31 Na₂O, %65,77 Al₂O₃, %54,31 SiO₂, %91,29 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %36,14 oranında Fe₂O₃ empürite olarak kalmıştır. 3° eğimli

multigravite seperatör ile, ağırlıkça %64,22 oranında ve %2,92 Na₂O, %13,28 Al₂O₃, %69,06 SiO₂, %7,54 K₂O ve %0,35 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %86,61 Na₂O, %70,70 Al₂O₃, %58,97 SiO₂, %94,95 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %33,27 oranında Fe₂O₃ empürite olarak kalmıştır. 4° eğimli multigravite seperatör ile %67,75 ağırlıksal oranında %2,68 Na₂O, %12,18 Al₂O₃, %74,16 SiO₂, %6,70 K₂O ve %0,52 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %83,53 Na₂O, %68,44 Al₂O₃, %66,80 SiO₂, %88,94 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %51,71 oranında Fe₂O₃ empürite olarak kalmıştır. Ayrıca multigravite seperatör ile zenginleştirmeye tabii tutulan orta (P2) tabaka pomza cevherinin artığındaki %SiO₂ tenörünün artması diğer yoğunluğa göre zenginleştirme yöntemlerinde olduğu gibi, artığa kaçan silikatlı mineraller (pomza, perlit, albit, ortoklas gibi) yanında serbest silisten kaynaklanmaktadır.

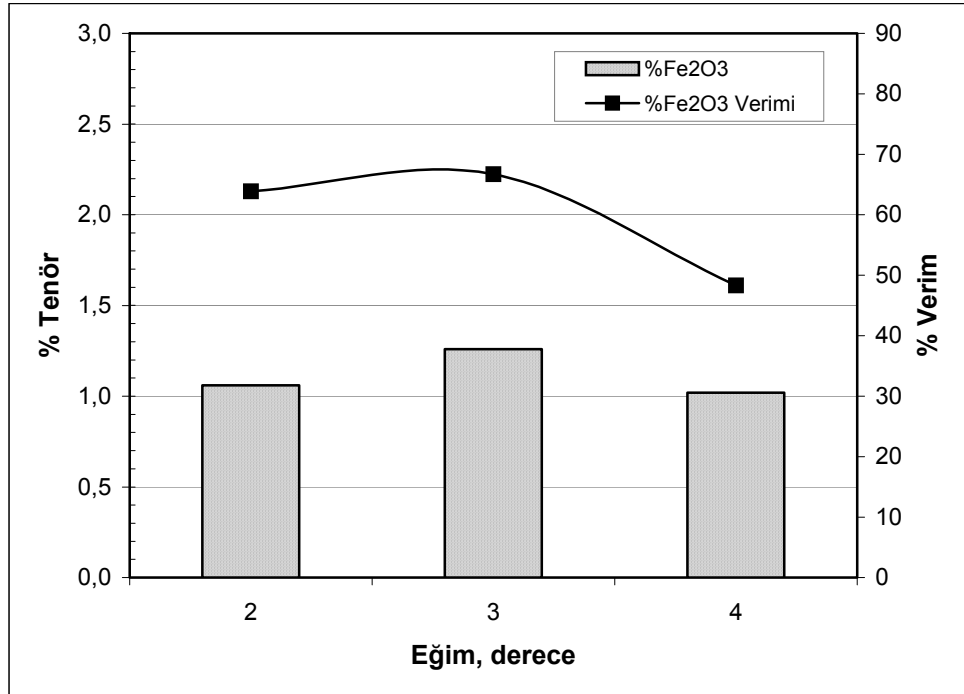
Şekil 5.37’de, -0,1 mm tane boyutlu orta (P2) tabaka pomza konsantresinin %Na₂O, %Al₂O₃, % K₂O tenör ve kazanma verimleri, Şekil 5.38’de orta (P2) tabaka pomza konsantresindeki %SiO₂ tenörü ve kazanma verimi, Şekil 5.39’de ise multigravite seperatör (MGS) artığının %Fe₂O₃ tenörü ve atımı grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 5. 37. 240 d/dk sabit hızda MGS ile zenginleştirilen Menderes orta (P2) tabaka pomza konsantresinin %Na₂O, %Al₂O₃, % K₂O tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 38. 240 d/dk sabit hızda MGS ile zenginleştirilen Menderes orta (P2) tabaka pomza konsantresinin %SiO₂ tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 39. Menderes orta (P2) tabaka pomzasının 240 d/dk sabit hızdaki MGS artığının %Fe₂O₃ tenör ve veriminin eğrisel gösterimi

Şekil 5.37, 5.38 ve 5.39'da gösterildiği gibi, 240 d/dk tabur devrinde, eğimin artmasıyla, %Na₂O %K₂O ve %Al₂O₃ tenörleri azalmış, %Na₂O %K₂O ve %Al₂O₃ kazanma verimleri 3° eğime kadar arttıktan sonra azalmıştır. %SiO₂ kazanma verimi eğimin artmasıyla artmış, 3° eğimde en düşük %SiO₂ tenörlü pomza konsantresi üretilmiştir. Pomza konsantresinden %Fe₂O₃ atımı ise 3° eğime kadar artmış ve en yüksek %Fe₂O₃ tenör değerine sahip artık üretilmiştir. Multigravite seperatörün eğiminin 3° olduğu durumda, %2,92 Na₂O, %13,28 Al₂O₃, %69,06 SiO₂, %7,54 K₂O ve %0,35 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %86,61 Na₂O, %70,70 Al₂O₃, %58,97 SiO₂, %94,95 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinden %66,73 oranında Fe₂O₃ empürite olarak atılmıştır.

%24,97'sini kapsayan (-0,1 mm) tane boyutlu orta (P2) tabaka Menderes pomzasının 3° eğimli, 240 d/dk tambur devrine sahip multigravite seperatör ile zenginleştirilmesi ile toplu olarak ağırlıkça %16,04 oranında ve %2,92 Na₂O, %13,28 Al₂O₃, %69,06 SiO₂, %7,54 K₂O ve %0,35 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre kazanılmış, %8,93 oranda ve %0,81 Na₂O, %9,88 Al₂O₃, %86,25 SiO₂, %0,72 K₂O ve %1,26 Fe₂O₃ tenör değerlerinde artık atılmıştır.

Tablo 5.32'de, (-0,1 mm) tane boyutuna sınıflandırılan Menderes üst (P3) tabaka pomzasının 2° eğimli multigravite seperatörünün ile 220 d/dk, 240 d/dk ve 260 d/dk devirlerinde çalıştırılması ile üretilen zenginleştirme ürünlerinin tenör ve verim yönünden değerlendirmeleri sunulmuştur.

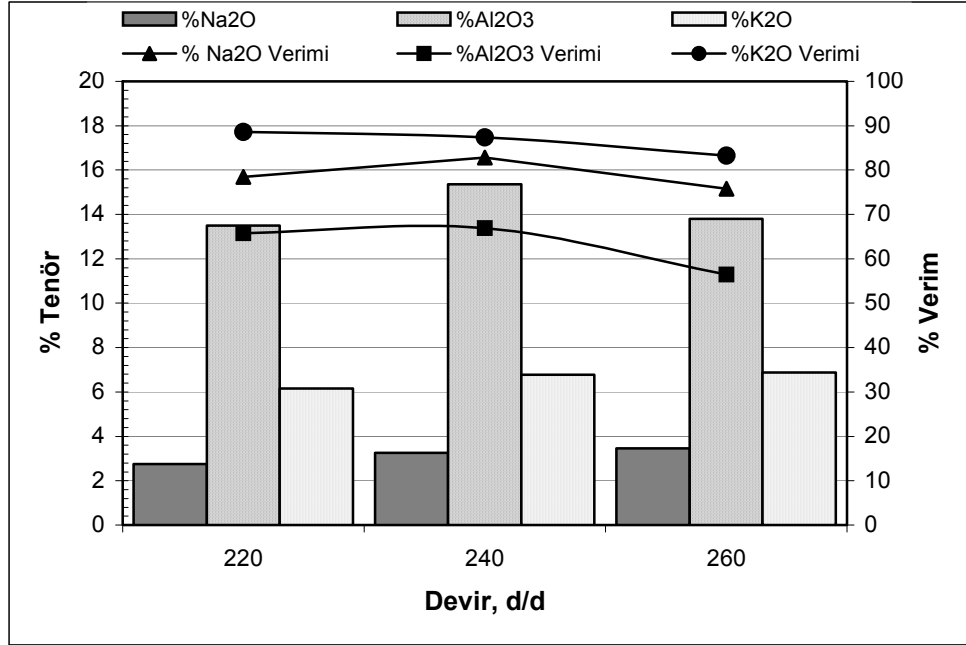
Tablo 5. 32. 2° sabit eğimdeki MGS ile zenginleştirilen Menderes üst (P3) tabaka pomza ürünlerinin %Tenör-%Verim bilançosu

Devir,d/d	Ürünler	% Ağ	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
220	Pomza	63,83	2,76	78,42	13,50	65,77	71,35	62,05	6,15	88,57	1,05	46,64
	Artık	36,17	1,34	21,58	12,40	34,23	77,02	37,95	1,40	11,43	2,12	53,36
	B.M	100	2,25	100	13,10	100	73,40	100	4,43	100	1,44	100
240	Pomza	57,10	3,26	82,82	15,35	66,92	68,36	53,18	6,78	87,41	0,90	35,67
	Artık	42,90	0,90	17,18	10,10	33,08	80,10	46,82	1,30	12,59	2,16	64,33
	B.M	100	2,25	100	13,10	100	73,40	100	4,43	100	1,44	100
260	Pomza	53,63	3,46	75,77	13,80	56,48	72,46	52,95	6,88	83,26	1,10	40,88
	Artık	46,37	1,28	24,23	12,30	43,52	74,48	47,05	1,60	16,74	1,84	59,12
	B.M	100,00	2,45	1000	13,10	100	73,40	100	4,43	100	1,44	100

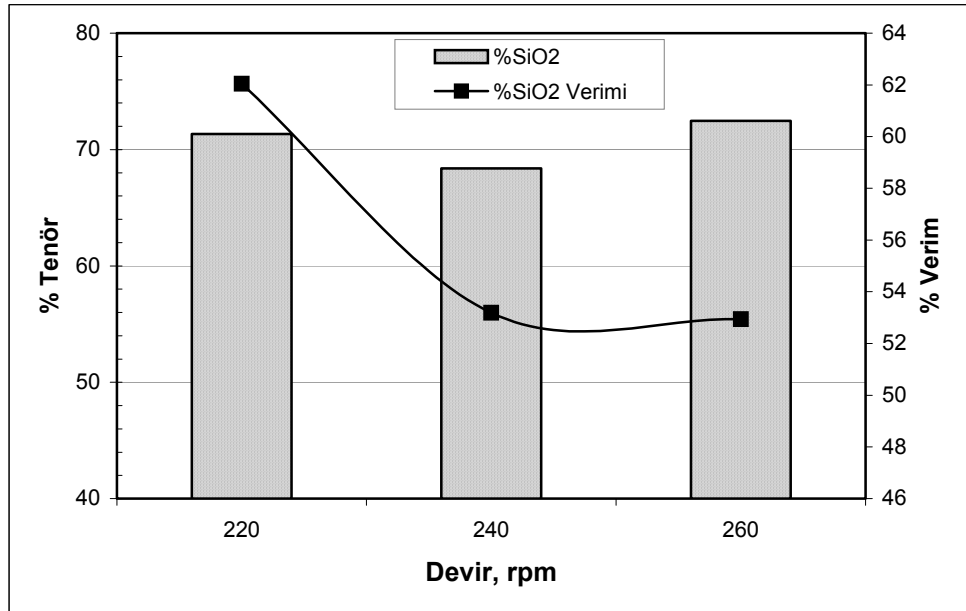
Tablo 5.32’de gösterildiği gibi, ağırlıksal olarak %24,65 miktarına ve %2,45 Na₂O, %13,10 Al₂O₃, %73,40 SiO₂, %4,43 K₂O ve %1,44 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip -0,1 mm tane boyutlu alt (P1) tabaka pomza cevherinin 220 d/dk tambur devrine sahip multigravite seperatör ile zenginleştirilmesi ile %63,83 ağırlıksal oranında %2,76 Na₂O, %13,50 Al₂O₃, %71,35 SiO₂, %6,15 K₂O ve %1,05 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %78,42 Na₂O, %65,77 Al₂O₃, %62,05 SiO₂, %88,57 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %46,64 oranında Fe₂O₃ empürite olarak kalmıştır. 240 d/dk tambur devrinde, ağırlıkça %57,10 oranında ve %3,26 Na₂O, %15,35 Al₂O₃, %68,36 SiO₂, %6,78 K₂O ve %0,90 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %82,82 Na₂O, %66,92 Al₂O₃, %53,18 SiO₂, %87,41 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %35,67 oranında Fe₂O₃ empürite olarak kalmıştır. 260 d/d tambur devrinde, %53,63 ağırlıksal oranında %3,46 Na₂O, %13,80 Al₂O₃, %72,46 SiO₂, %6,88 K₂O ve %1,10 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %75,77 Na₂O, %56,48 Al₂O₃, %52,95 SiO₂, %83,26 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %40,88 oranında Fe₂O₃ empürite olarak kalmıştır.

Şekil 5.40’da, -0,1 mm tane boyutlu üst (P3) tabaka pomza konsantresinin %Na₂O, %Al₂O₃, % K₂O tenör ve kazanma verimleri, Şekil 5.41’de üst (P3) tabaka

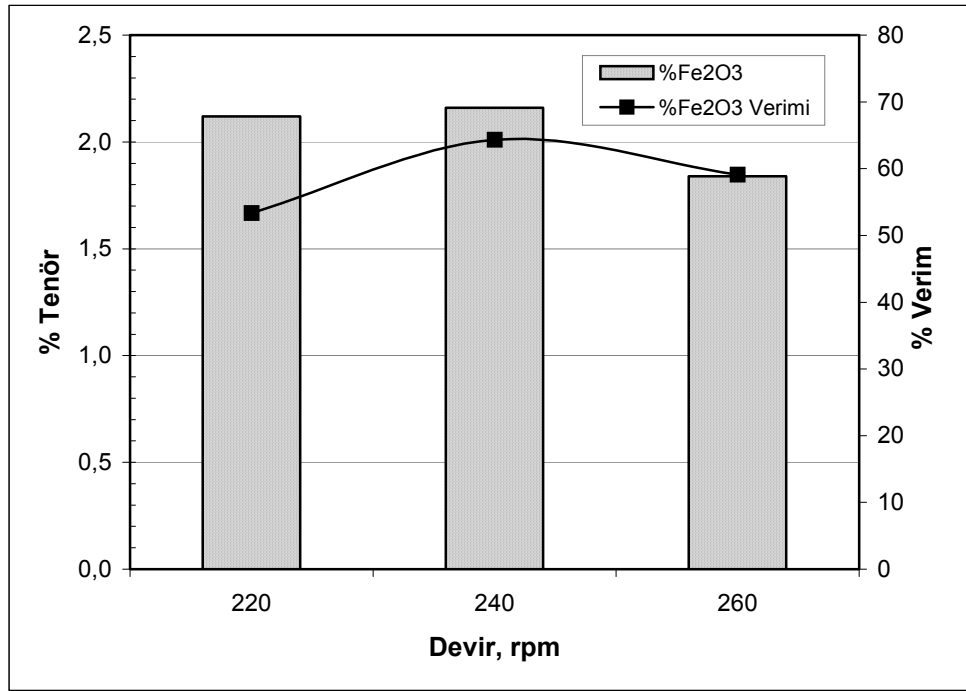
pomza konsantresindeki %SiO₂ tenörü ve kazanma verimi, Şekil 5.42’de ise multigravite seperatör (MGS) artığının %Fe₂O₃ tenörü ve atımı grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 5. 40. 2° sabit eğimde MGS ile zenginleştirilen Menderes üst (P3) tabaka pomza konsantresinin %Na₂O, %Al₂O₃, % K₂O tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 41. 2° sabit eğimde MGS ile zenginleştirilen Menderes üst (P3) tabaka pomza konsantresinin %SiO₂ tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 42. Menderes üst (P3) tabaka pomzasının 2° sabit eğimdeki MGS artışıyla ilgili %Fe₂O₃ tenör ve veriminin eğrisel gösterimi

Şekil 5.40, 5.41 ve 5.42’de gösterildiği gibi, tambur hızı arttıkça %Na₂O ve %K₂O tenör değerleri artarken, %Na₂O ve %K₂O kazanma verimleri 240 d/dk’ya kadar artmış, 260 d/dk’da ise azalmıştır. Tambur devrinin artması ile %Al₂O₃ ve %SiO₂ kazanma verimleri azalmış, 240 d/dk’da en yüksek %Al₂O₃ tenörlü, en düşük %SiO₂ tenörlü pomza konsantresi üretilmiştir. Tambur devrinin artmasıyla, pomza konsantresinden %Fe₂O₃ atım miktarı artmış, 240 d/dk’da artıka en yüksek %Fe₂O₃ tenörü sağlanmıştır. Tambur devrinin 240 d/d olduğu durumda, %3,26 Na₂O, %15,35 Al₂O₃, %68,36 SiO₂, %6,78 K₂O ve %0,90 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %82,82 Na₂O, %66,92 Al₂O₃, %53,18 SiO₂, %87,41 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinden %64,33 oranında Fe₂O₃ atılmıştır.

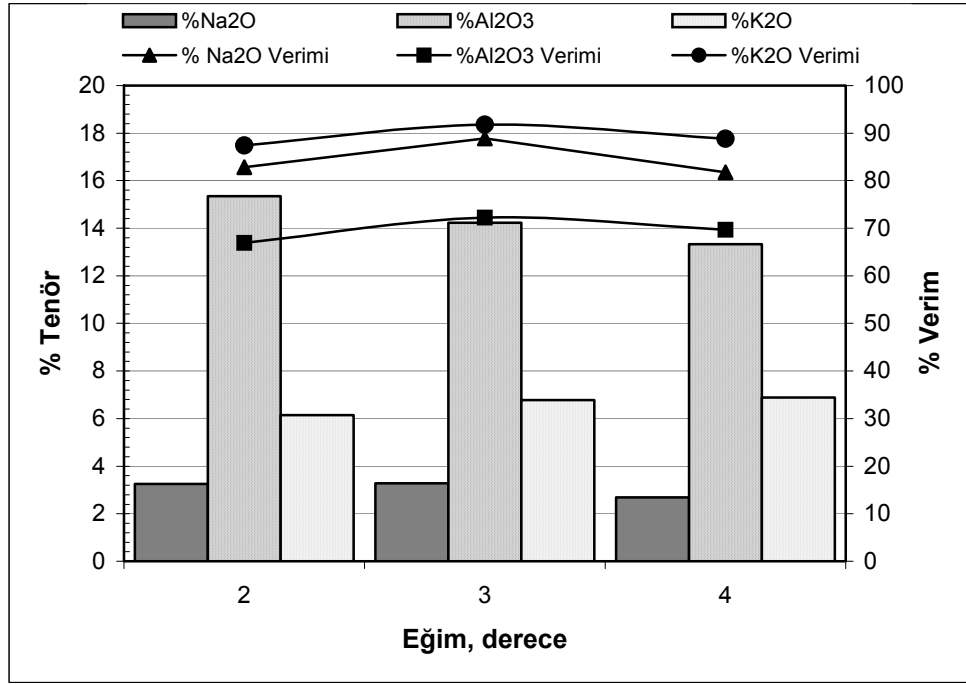
Tablo 5.33’de, (-0,1 mm) tane boyutuna sınıflandırılan Menderes üst (P3) tabaka pomzasının 240 d/dk devirli multigravite seperatör ile 2°, 3° ve 4° eğimde çalıştırılması ile üretilen zenginleştirme ürünlerinin tenör ve verim yönünden değerlendirmeleri sunulmuştur.

Tablo 5. 33. 240 d/dk sabit hızdaki MGS ile zenginleştirilen Menderes üst (P3) tabaka pomza ürünlerinin %Tenör-%Verim bilançosu

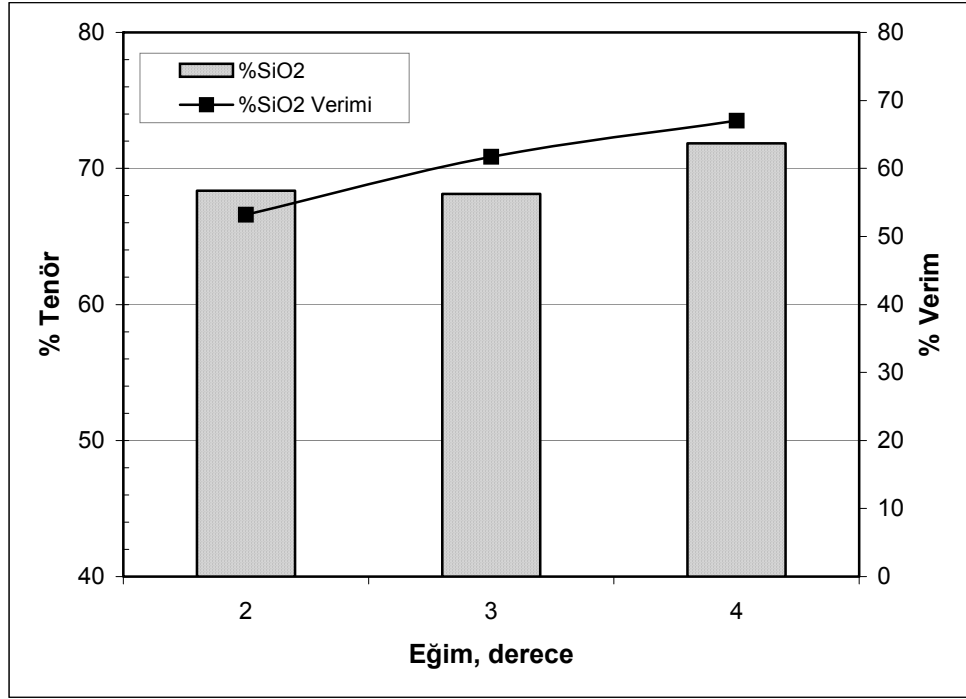
Eğim,°	Ürünler	% Ağ	% Na ₂ O	% Verim	% Al ₂ O ₃	% Verim	% SiO ₂	% Verim	% K ₂ O	% Verim	% Fe ₂ O ₃	% Verim
2	Pomza	57,10	3,26	82,82	15,35	66,92	68,36	53,18	6,78	87,41	0,90	35,67
	Artık	42,90	0,90	17,18	10,10	33,08	80,1	46,82	1,30	12,59	2,16	64,33
	B.M	100	2,25	100	13,10	100	73,40	100	4,43	100	1,44	100
3	Pomza	66,48	3,28	88,93	14,23	72,23	68,12	61,70	6,12	91,83	0,70	32,37
	Artık	33,52	0,81	11,07	10,85	27,77	83,88	38,30	1,08	8,17	2,90	67,63
	B.M	100	2,45	100	13,10	100	73,40	100	4,43	100	1,44	100
4	Pomza	68,45	2,69	81,78	13,33	69,65	71,85	67,00	5,75	88,82	1,20	57,18
	Artık	31,55	1,30	18,22	12,60	30,35	76,77	33,00	1,57	11,18	1,95	42,82
	B.M	100	2,25	100	13,10	100	73,40	100	4,43	100	1,44	100

Tablo 5.33'de gösterildiği gibi, ağırlıksal olarak %24,39 miktarına ve %1,74 Na₂O, %12,82 Al₂O₃, %73,70 SiO₂, %3,92 K₂O ve %1,30 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip -0,1 mm tane boyutlu üst (P3) tabaka pomza cevherinin 2° eğimli multigravite seperatör ile zenginleştirilmesi ile ağırlıkça %57,10 oranında ve %3,26 Na₂O, %15,35 Al₂O₃, %68,36 SiO₂, %6,78 K₂O ve %0,90 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %82,82 Na₂O, %66,92 Al₂O₃, %53,18 SiO₂, %87,41 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %35,67 oranında Fe₂O₃ empürite olarak kalmıştır. 3° eğimli multigravite seperatör ile ağırlıkça %66,48 oranında ve %3,28 Na₂O, %14,23 Al₂O₃, %68,12 SiO₂, %6,12 K₂O ve %0,70 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %88,93 Na₂O, %72,23 Al₂O₃, %61,70 SiO₂, %91,93 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %32,37 oranında Fe₂O₃ empürite olarak kalmıştır. 4° eğimli multigravite seperatör ile %68,45 ağırlıksal oranında %2,69 Na₂O, %13,13 Al₂O₃, %71,85 SiO₂, %5,75 K₂O ve %1,20 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %81,78 Na₂O, %69,65 Al₂O₃, %67,00 SiO₂, %88,82 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinde %57,18 oranında Fe₂O₃ empürite olarak kalmıştır. Ayrıca multigravite seperatör ile zenginleştirmeye tabii tutulan üst (P3) tabaka pomza cevherinin artığındaki %SiO₂ tenörünün artması, diğer yoğunluğa göre zenginleştirme yöntemlerinde olduğu gibi artığa kaçan silikatlı mineraller (pomza, perlit, albit, ortoklas gibi) yanında serbest silisten kaynaklanmaktadır.

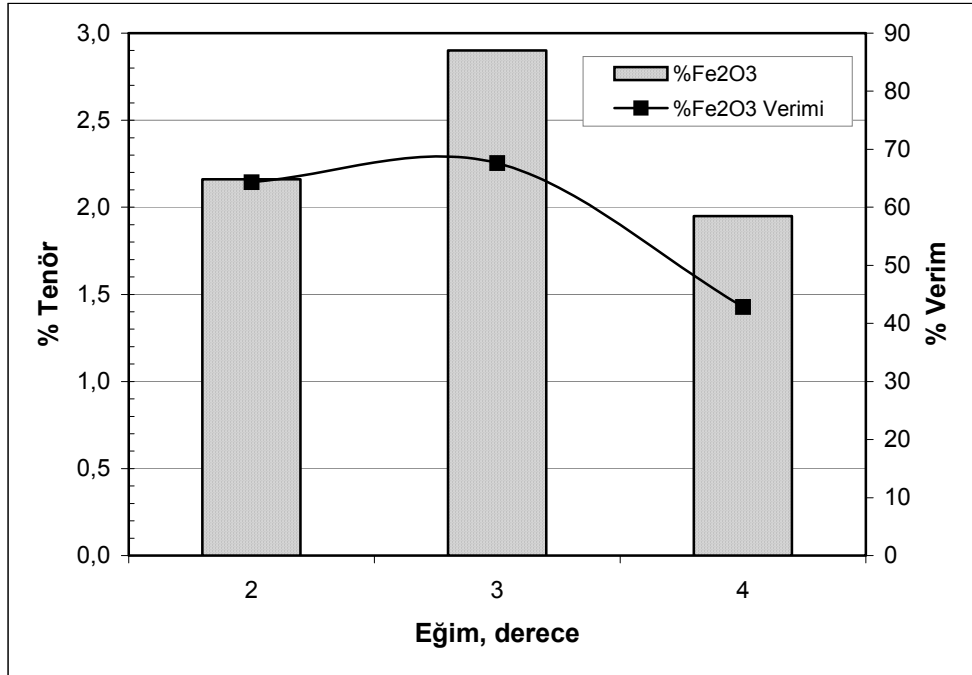
Şekil 5.43’de, -0,1 mm tane boyutlu üst (P3) tabaka pomza konsantresinin %Na₂O, %Al₂O₃, % K₂O tenör ve kazanma verimleri, Şekil 5.44’de üst (P3) tabaka pomza konsantresindeki %SiO₂ tenörü ve kazanma verimi, Şekil 5.45’de ise multigravite seperatör (MGS) artığının %Fe₂O₃ tenörü ve atımı grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 5. 43. 240 d/dk sabit hızda MGS ile zenginleştirilen Menderes üst (P3) tabaka pomza konsantresinin %Na₂O, %Al₂O₃, % K₂O tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 44. 240 d/dk sabit hızda MGS ile zenginleştirilen Menderes üst (P3) tabaka pomza konsantresinin %SiO₂ tenör ve verimlerinin eğrisel gösterimi



Şekil 5. 45. Menderes üst (P3) tabaka pomzasının 240 d/dk sabit hızdaki MGS artışıının %Fe₂O₃ tenör ve veriminin eğrisel gösterimi

Şekil 5.43, 5.44 ve 5.45'de gösterildiği gibi, 240 d/dk tabur devrinde, eğimin artmasıyla, %Na₂O %K₂O ve %Al₂O₃ tenörleri azalmış, %Na₂O %K₂O ve %Al₂O₃

kazanma verimleri 3° eğime kadar arttıktan sonra azalmıştır. %SiO₂ kazanma verimi eğimin artmasıyla artmış, 3° eğimde en düşük %SiO₂ tenörlü pomza konsantresi üretilmiştir. Pomza konsantresinden %Fe₂O₃ atımı ise 3° eğime kadar artmış ve en yüksek %Fe₂O₃ tenör değerine sahip artık üretilmiştir. Multigravite seperatörün eğiminin 3° olduğu durumda, %3,28 Na₂O, %14,23 Al₂O₃, %68,12 SiO₂, %6,12 K₂O ve %0,70 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre, %88,93 Na₂O, %72,23 Al₂O₃, %61,70 SiO₂, %91,93 K₂O verimleri ile üretilmiş, pomza konsantresinden %67,63 oranında Fe₂O₃ empürite olarak atılmıştır.

%24,65'ini kapsayan (-0,1 mm) tane boyutlu üst (P3) tabaka Menderes pomzasının 3° eğimli, 240 d/dk tambur devrine sahip multigravite seperatör ile zenginleştirilmesi ile toplu olarak ağırlıkça %16,39 oranında ve %3,28 Na₂O, %14,23 Al₂O₃, %68,12 SiO₂, %6,12 K₂O ve %0,70 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre kazanılmış, %8,26 oranda ve %0,81 Na₂O, %10,85 Al₂O₃, %83,88 SiO₂, %1,08 K₂O ve %2,90 Fe₂O₃ tenör değerlerinde artık atılmıştır.

BÖLÜM ALTI

POMZANIN TUĞLA SEKTÖRÜNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada, tuğla üretiminde kullanılan killere pomza katkısının tuğlaya etkisi araştırılmıştır. Çalışmalarda, Turgutlu yöresi ve Salihli-Sart yöresi killeri kullanılmış, Manisa-Turgutlu yöresi kili Bloksan A.Ş.'den, Manisa-Salihli-Sart yöresi kili ile İzmir-Menderes yöresi pomza cevheri Pomza Export San. ve Tic. A.Ş.'den temin edilmiştir. Çalışmalarda, Menderes yöresi üst tabaka (P3) pomza cevheri kullanılmıştır.

6.1. Tuğla Yapımında Kullanılan Hammaddeler ve Özelliklerinin Araştırılması

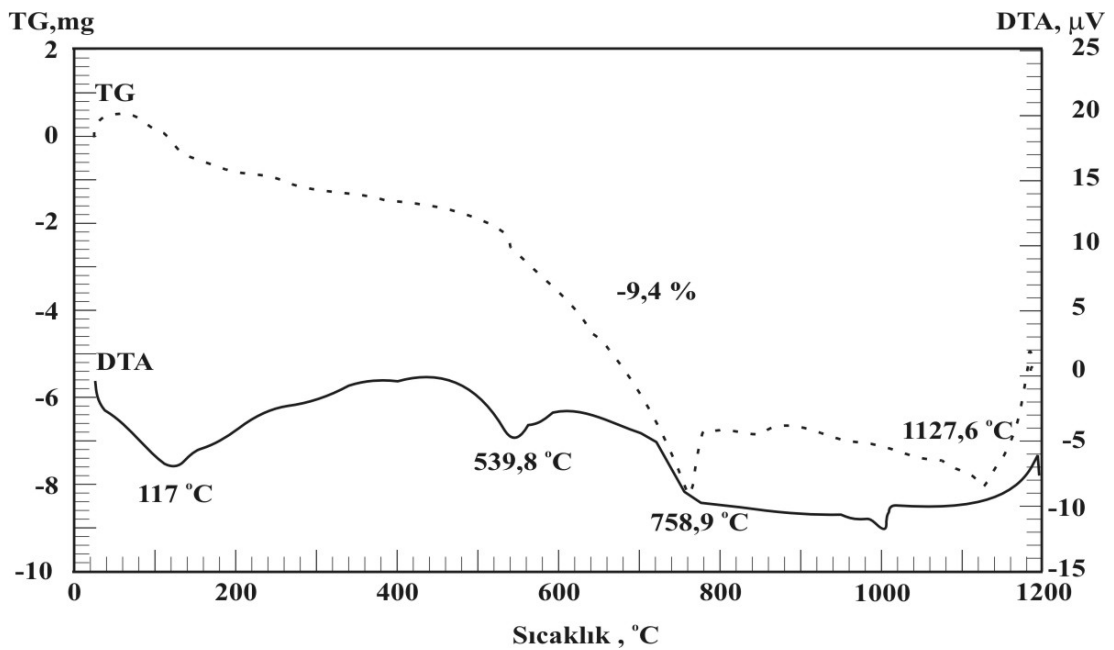
Tuğla yapımında kullanılan Turgutlu ve Sart killeri ile Menderes yöresi üst (P3) tabaka pomzasının kimyasal kompozisyonu Tablo 6.1'de sunulmuş ve minerolojik yapıları X-ışını difraktometresi ile tanımlanmıştır. Turgutlu ve Sart killерinin termik özellikleri (DTA-TGA) ise Şekil 6.1. ve 6.2'de eğrisel olarak gösterilmiştir. Killerin DTA-TGA analizleri Netzsch STA 409 EP cihazı ile KaleMaden End.Ham.San. ve Tic. A.Ş.'nin katkılarıyla yapılmıştır.

Tablo 6. 1. Tuğla yapımında kullanılan hammaddelerin kimyasal kompozisyonu

Bileşenler	Turgutlu Kili	Sart Kili	Menderes Pomzası (P3)
%CaO	5,21	3,49	0,61
%SiO ₂	56,42	58,59	73,00
%Al ₂ O ₃	14,01	16,39	12,53
%Fe ₂ O ₃	5,86	6,91	1,44
%MgO	2,52	1,98	0,31
%Na ₂ O	0,60	1,67	2,19
%K ₂ O	2,38	2,69	4,36
%K.Kaybı	12,49	7,81	5,53

Killere yapılan X-ışını difraksiyonu (XRD) analizi sonucunda, Turgutlu ve Salihli-Sart killerin kuvars, illit, klorit, kalsit ve albit minerallerini içerdiği belirlenmiştir.

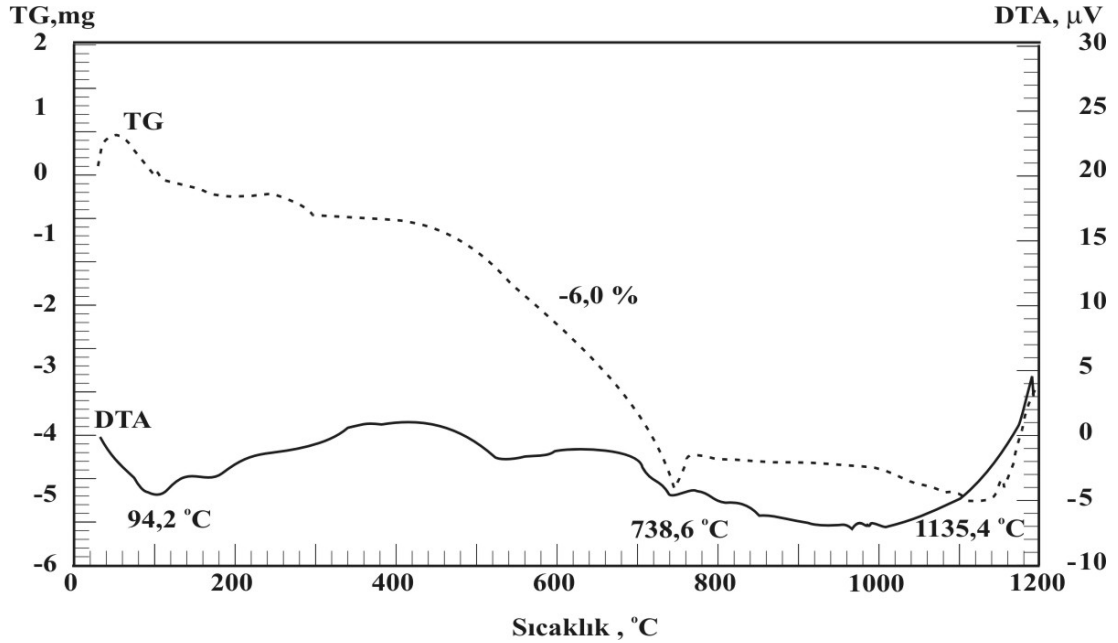
Şekil 6.1’de gösterilen DTA eğrisinde, Turgutlu kil numunesinin 117 °C ve 539,8 °C ve 1000 °C sıcaklıklarda endotermik (ısı alan) reaksiyondan dolayı eğrisel pikler görülmektedir. Bu yapı illitin tipik DTA-TGA analiz eğriler ile uyumludur (McLaughlin,1971). Turgutlu kili sıcaklığın artmasıyla, 117 °C sıcaklıkta yüzeysel suyunu kaybetmekte, 539,8 °C sıcaklıkta ise yapısındaki kimyasal bağlı suyu kaybetmektedir. Bu endotermik reaksiyonla %9,4 oranında bir kütle kaybı olduğu TG eğrisinden görülmektedir. 1000 °C sıcaklıkta ise kalsitin, kalsiyum oksite (CaO) dönüşümü yine endotermik reaksiyonla gerçekleşmekte ve TG eğrisinde görüldüğü gibi 1127 °C sıcaklıkta kütle kaybı olmaktadır.



Şekil 6. 1. Turgutlu kilinin DTA-TGA analiz eğrileri

Şekil 6.2’de gösterilen DTA eğrisinde, Sart kil numunesi 94,2 °C sıcaklıkta bünye suyunun kaybetmesi nedeniyle endotermik (ısı alan) reaksiyon verdiği ve yapısındaki minerallerin birbirine yakın oranlarda olması nedeniyle büyük pikler vermediği görülmektedir. Ancak, bu yapı illitin tipik DTA-TGA analiz eğriler ile uyumludur

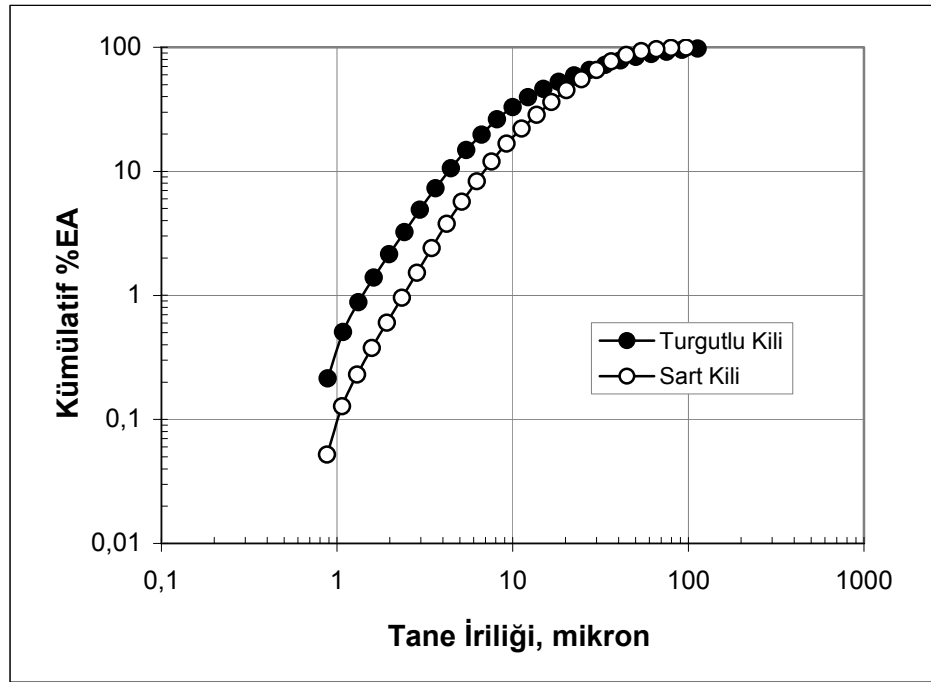
(McLaughlin,1971). Sart kilinin 738,6 °C ye kadar ısıtılması ile %6 oranında kütle kaybının olduğu TG eğrisinden görülmektedir. Sart kilinin, 1135,4 °C sıcaklığa kadar ısıtılması ile kalsitin, kalsiyum oksite (CaO) dönüşmesinden kaynaklanan bir kütle kaybının olduğu TG eğrisinden görülmektedir.



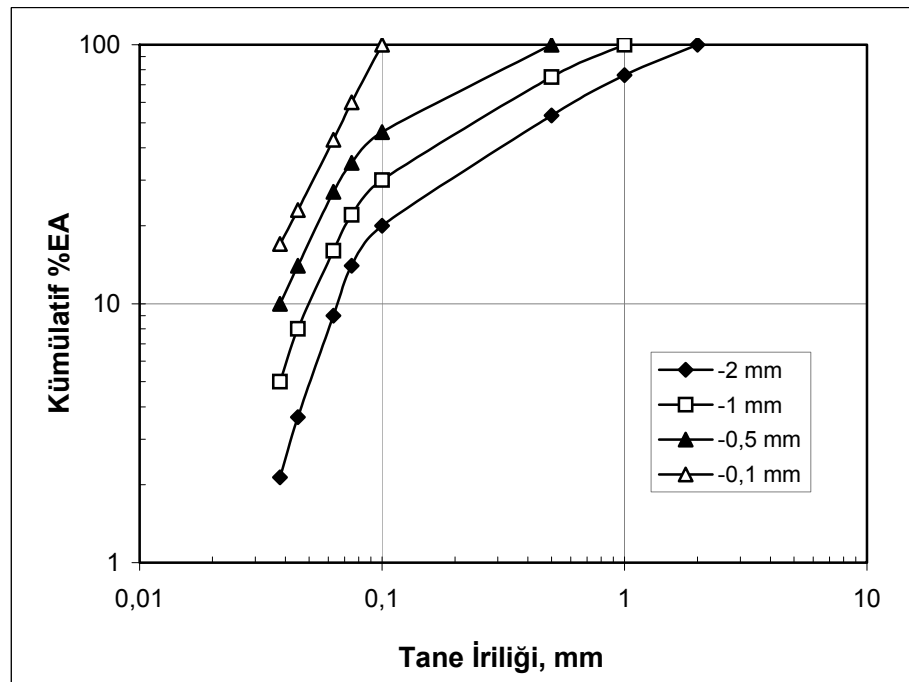
Şekil 6. 2. Sart kilinin DTA-TGA analiz eğrileri

Turgutlu ve Sart yöresine ait iki farklı tip kil numunesi sırasıyla çeneli, çekiçli ve merdaneli kırıcılardan geçirilerek boyut küçültme işlemlerine tabii tutulmuş ve elek analizi sonuçları Şekil 6.3'de sunulmuştur. Turgutlu ve Sart kilinin tane boyut analizleri Multisizer Accucomp 1,19 marka tane boyut ölçüm cihazı ile KaleMaden End.Ham.San. ve Tic. A.Ş.'nin katkılarıyla yapılmıştır. Üst tabaka (P3) pomza cevheri ise çeneli kırıcıda -2 mm, -1 mm, -0,5 mm ve -0,1 mm tane boyutlarına kırılarak hazırlanmış ve elek analizi sonuçları Şekil 6.4'de verilmiştir.

Şekil 6.3 ve 6.4'de, Turgutlu ve Sart kilinin elek analizi sonucunda, Turgutlu kilinin %92,05'inin 75,27 µ'nun, Sart kilinin ise %98,77'sinin 79,85 µ'nun, Menderes pomzalarının ise tamamının -2 mm, -1 mm, -0,5 mm ve -0,1 mm tane boyutlarının altında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 6. 3. Turgutlu ve Salihli Sart (Pomza Export San.Tic.A.Ş) yöresi killerininek analizi eğrileri



Şekil 6. 4. Üst Tabaka (P3) pomzasının elek analizi eğrileri

6.2. Tuğla Örneklerini Hazırlama Yöntemi

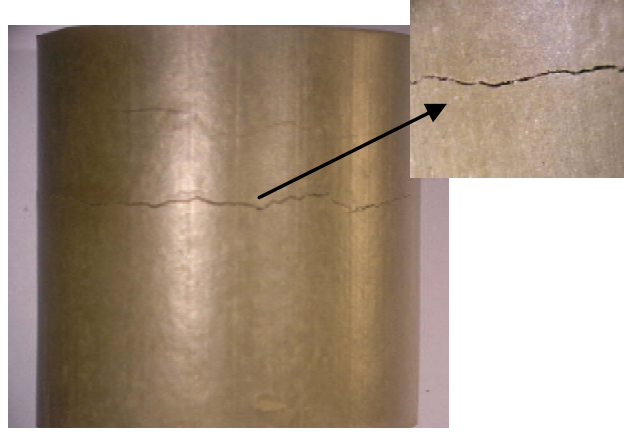
Çalışmalarda, kil ve pomza cevherlerinden temsili numuneler alınmış ve homojen bir karışım elde edildikten sonra tuğla örnekleri yapılmıştır. Tuğla üretimi için hazırlanan hammaddeler ağırlıksal olarak %15 oranında su ile nemlendirilip, manuel karıştırma ile suyun hammadde üzerinde homojen olarak dağılması sağlanmıştır. 5 cm x 5 cm boyutlarındaki silindirik bir kalıp içerisine alınan nemli hammadde, Alsa marka 300 ton kapasiteli manuel preste 250 kg/cm² presleme basıncı ile şekillendirilmiştir. Tuğla örnekleri, doğal ortamda havalandırma yoluyla 2 gün süre ile kurutulmuş ve Heraeus marka kamara tipi fırında (Şekil 6.5) pişirilmiştir.



Şekil 6. 5. Tuğla örneklerinin pişirildiği kamara tipi fırının görünümü

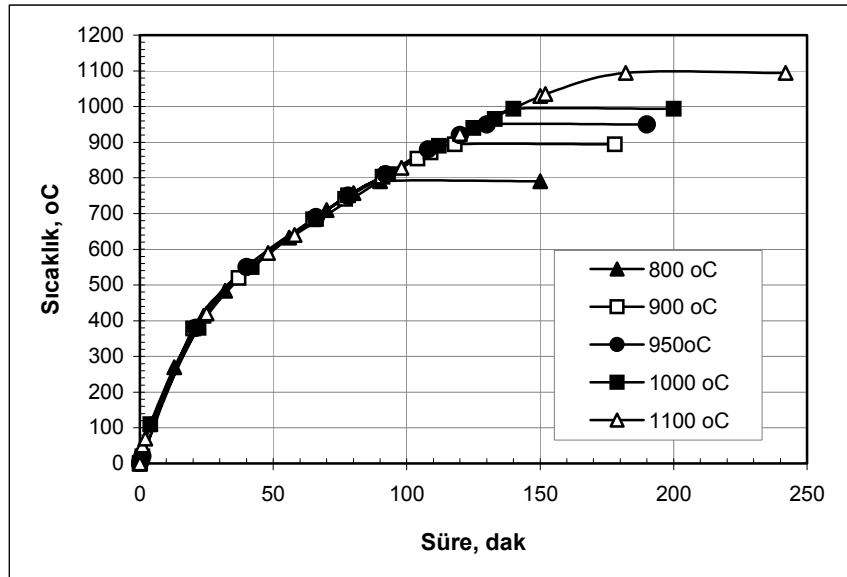
Çalışmalarda, tuğla örneklerinin güneş ışığı, 40 °C ile 105 °C arası sıcaklığa sahip etüv veya mikrodalga fırın gibi ısı kaynaklarından yararlanılarak kurutulması, ortam düşük sıcaklığa sahip olsa dahi, örneklerin direk ısıya maruz kalması ve dolayısıyla bünye suyunu ani olarak kaybetmesi nedeniyle örneklerde kuruma çatlama görülmüştür. Şekil 6.6'da, direk güneş ışığına maruz kalmış bir tuğla örneğinin kuruması esnasında oluşan çatlama gösterilmektedir. Bu nedenle, çalışmalarda tuğla

örnekleri sabit sıcaklık ve neme sahip, kapalı bir ortamda doğal havalandırma yoluyla 2 gün süre ile kurutulmuştur. Bu yolla yapılan kurutma işleminde, örneklerin bünyelerindeki nem, ağırlıkça ortalama %10 oranında uzaklaştırmıştır. Daha az süre kurutulan tuğla örneklerinde ise pişme esnasında çatlama oluştuğu tespit edilmiştir.



Şekil 6. 6. Tuğla örneğindeki kuruma çatlama örneği gösterim

Şekil 6.7’de, tuğla üretimi çalışmalarında kullanılan fırının farklı sıcaklıklardaki çalışma koşulları grafiksel olarak sunulmuştur. Tuğla örnekleri 1 saat süre ile pişirilmiş ve örnekler fırın tamamen soğuduktan sonra fırından alınmıştır.



Şekil 6. 7. Fırının farklı sıcaklıklardaki çalışma koşullarının eğrisel gösterimi

Çalışmalarda, Salihli-Sart yöresi kil numunesinin plastisite özelliğinin Turgutlu yöresi kiline göre daha düşük dolayısıyla şekil alma kabiliyetinin daha az olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle, öncelikle Turgutlu kiline pomza katkısı yapılarak üretilen tuğlaların birim hacim ağırlıkları, su emme oranları, mukavemetleri, ısı ve ses iletim özellikleri gibi fiziksel özellikleri araştırılmış ve optimum koşullar belirlendikten sonra Sart kili, Turgutlu kili ve pomzadan oluşan karışımlara oransal olarak ilave edilmiştir.

6.3. Pomza Katkısının Tuğla Yapımına Etkilerinin Araştırılması

-2 mm, -1 mm, -0,5 mm ve -0,1 mm tane boyutlarına kırılan Menderes yöresi üst tabaka (P3) pomza cevher numuneleri, Turgutlu yöresi kili ile ağırlıksal olarak %20-%40,%60 ve %80 oranlarında karıştırılmış ve 950 °C sıcaklıktaki tuğla fırınında 1 saat süre ile pişirilmiştir. Tuğla örneklerinin; şekillendirildikten sonraki, kurutulduktan sonraki ve pişirildikten sonraki birim hacim ağırlıkları ile pişirildikten sonraki su emme oranları, mukavemetleri, ses ve ısı iletkenlikleri saptanmıştır. Her bir tuğla örneğinden 3 tane hazırlanarak, hazırlanan örneklerin ayrı ayrı fiziksel testleri yapılmış ve test sonuçlarının ortalama değerleri alınmıştır. Tuğla örneklerinin fiziksel yapısını tespit etmek amacıyla uygulanan fiziksel testler TS 705 Standardına uygun olarak yapılmıştır.

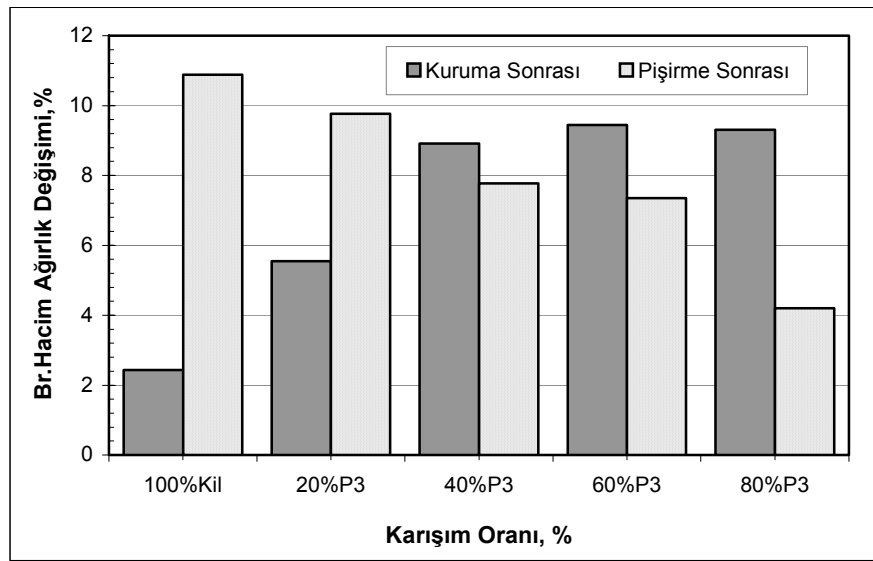
Tablo 6.2’de, tuğla örneklerinin şekillendirildikten sonraki, kurutulduktan sonraki ve pişirildikten sonraki birim hacim ağırlıkları sunulmuş, birim hacim ağırlığındaki değişim oranları (%) ise tane boyut dağılımına göre Şekil 6.8, 6.9, 6.10 ve 6.11’de grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 6. 2. Tane boyutuna bağlı pomza katkılı tuğla örneklerinin birim hacim ağırlıkları

Tane Boyutuna Göre Karışım Oranları		Birim Hacim Ağırlık, gr/cm ³		
		Şekillendirme Sonrası	Kuruma Sonrası	Pişirme Sonrası
%100 Turgutlu K		2,16	2,11	1,88
-2 mm Pomza	%20	2,10	1,99	1,79
	%40	2,06	1,88	1,73
	%60	2,01	1,82	1,68
	%80	1,92	1,74	1,67
-1 mm Pomza	%20	2,10	1,96	1,78
	%40	2,06	1,89	1,74
	%60	2,01	1,83	1,70
	%80	1,93	1,75	1,70
-0,5 mm Pomza	%20	2,16	2,05	1,82
	%40	2,09	1,95	1,77
	%60	2,01	1,82	1,70
	%80	1,92	1,72	1,71
-0,1 mm Pomza	%20	2,09	1,97	1,77
	%40	2,00	1,87	1,75
	%60	1,99	1,81	1,72
	%80	1,84	1,67	1,66

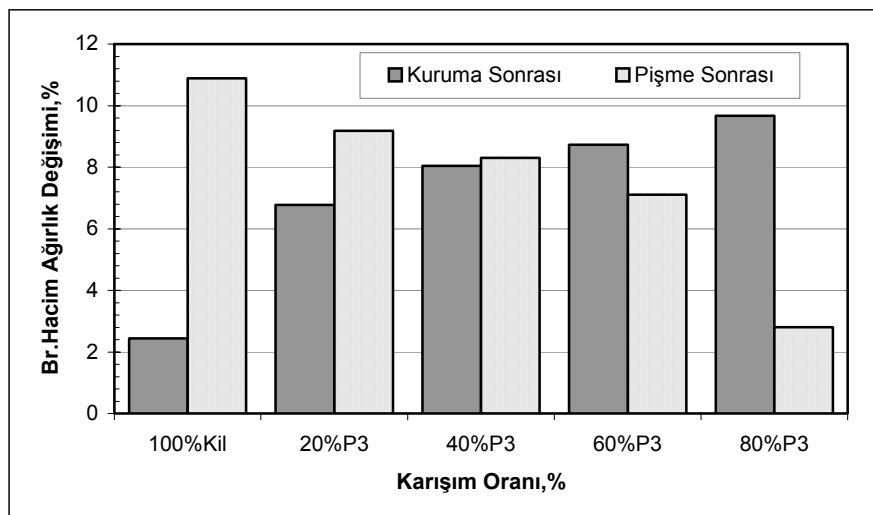
Tablo 6.2’de gösterildiği gibi, pomza katkısı olmadan Turgutlu kilinden üretilen tuğla örneğinin birim hacim ağırlığı, şekillendirme sonrasında 2,16 gr/cm³’iken, kuruma sonrasında 2,11 gr/cm³’e, pişme sonrasında ise 1,88 gr/cm³’e düşmüştür. Tuğla örneklerinin kuruma ve pişme sonrasında oluşan birim hacim ağırlıklarındaki değişim oranları ise sırasıyla %2,44 ve %10,88 olduğu belirlenmiştir.

Şekil 6.8’de, -2 mm tane boyut dağılımına sahip, Şekil 6.9’da -1 mm tane boyut dağılımına sahip, Şekil 6.10’da -0,5 mm tane boyut dağılımına sahip, Şekil 6.11’de -0,1 mm tane boyut dağılımına sahip Menderes pomza cevherlerinin Turgutlu kili ile karışımından elde edilen tuğla örneklerinin kurutma ve pişme sonrasındaki birim hacim ağırlık değişimleri yüzdesel olarak sunulmuştur.



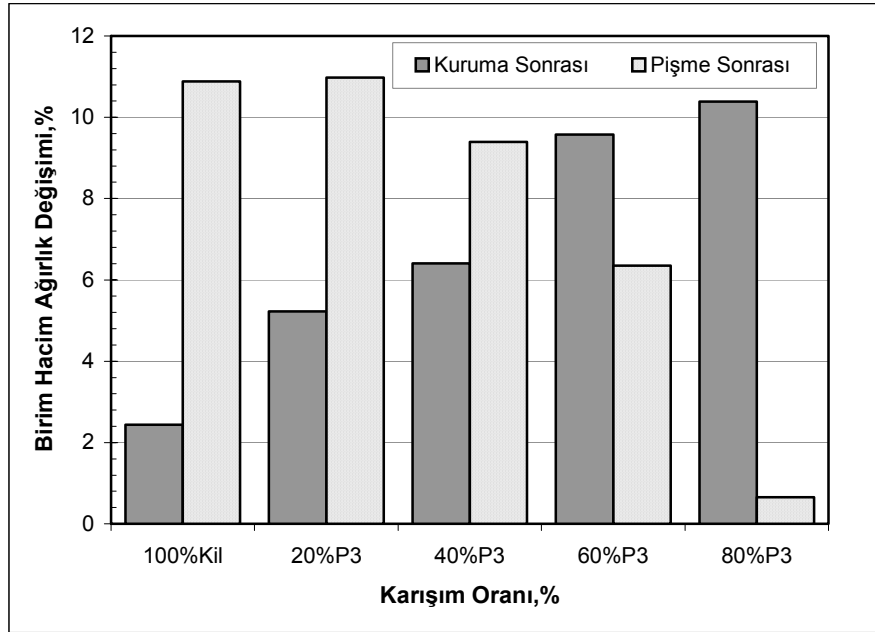
Şekil 6. 8. Pomza katkı (-2 mm) tuğla örneklerinin birim hacim ağırlıklarının eğrisel gösterimi

Tablo 6.2’de ve Şekil 6.8’de gösterildiği gibi, Turgutlu kiline, -2 mm tane boyut dağılımına sahip pomzadan ağırlıkça %20-40-60 ve 80 oranlarında ilave edildiğinde birim hacim ağırlıkları şekillendirme sonrasında 2,10-1,92 gr/cm³ arasında, kuruma sonrasında 1,99-1,74 gr/cm³ arasında, pişme sonrasında ise 1,79-1,67 gr/cm³ arasında değişim göstermiştir. Tuğla örneklerinin kuruma ve pişme sonrasında oluşan birim hacim ağırlıklarındaki değişim oranları ise sırasıyla %5,54-%9,31 arasında, %9,77-%4,20 arasında olduğu belirlenmiştir.



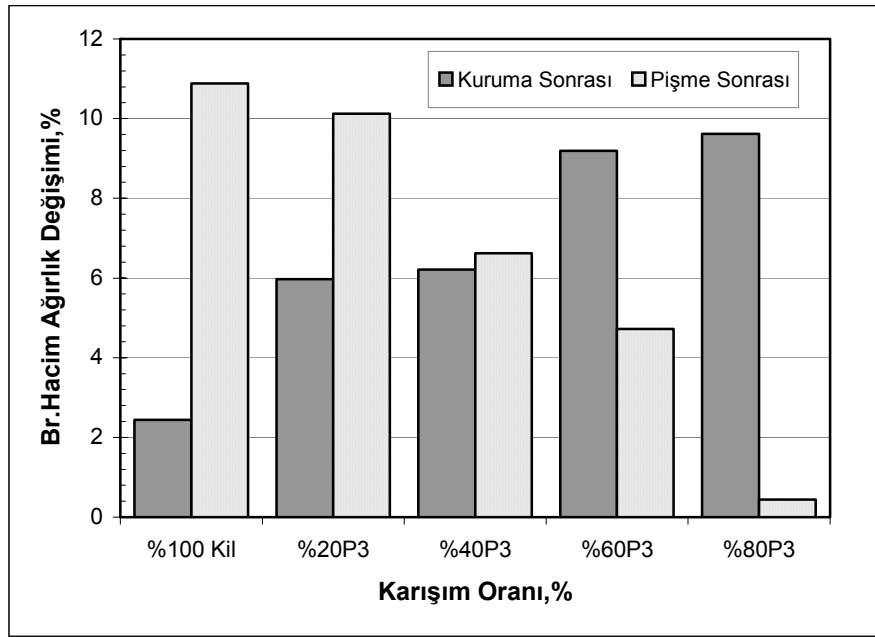
Şekil 6. 9. Pomza katkı (-1 mm) tuğla örneklerinin birim hacim ağırlıklarının eğrisel gösterimi

Tablo 6.2 ve Şekil 6.9’da gösterildiği gibi, Turgutlu kiline, -1 mm tane boyut dağılımına sahip pomzadan belirtilen ağırlıksal oranlarda ilave edildiğinde birim hacim ağırlıkları sırasıyla 2,10-1,93 gr/cm³ arasında, 1,96-1,75 gr/cm³ arasında ve 1,78-1,70 gr/cm³ arasında değişim göstermiştir. Tuğla örneklerinin kuruma ve pişme sonrasında oluşan birim hacim ağırlıklarındaki değişim oranları ise sırasıyla %6,78-%9,68 arasında, %9,18-%2,81 arasında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 6. 10. Pomza katkılı (-0,5 mm) tuğla örneklerinin birim hacim ağırlıklarının eğrisel gösterimi

Tablo 6.2’de ve Şekil 6.10’da gösterildiği gibi, Turgutlu kiline, -0,5 mm tane boyut dağılımına sahip pomzadan belirtilen ağırlıksal oranlarda ilave edildiğinde birim hacim ağırlıkları sırasıyla 2,16-1,92 gr/cm³ arasında, 2,05-1,70 gr/cm³ arasında ve 1,82-1,71 gr/cm³ arasında değişim göstermiştir. Tuğla örneklerinin kuruma ve pişme sonrasında oluşan birim hacim ağırlıklarındaki değişim oranları ise sırasıyla %5,23-%10,38 arasında, %10,98-%0,65 arasında olduğu belirlenmiştir.



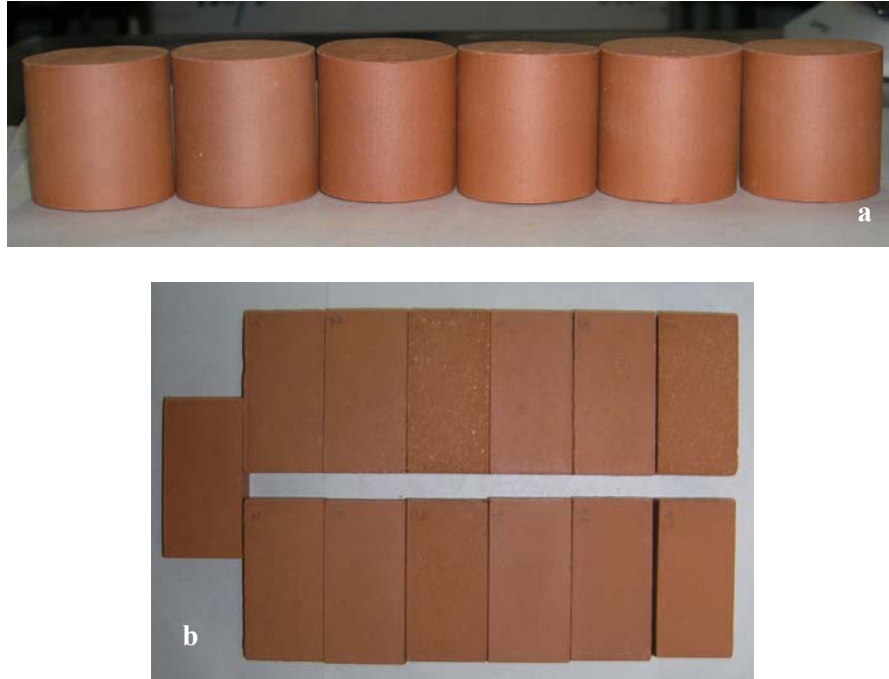
Şekil 6. 11. Pomza katkılı (-0,1 mm) tuğla örneklerinin birim hacim ağırlıklarının eğrisel gösterimi

Tablo 6.2’de ve Şekil 6.11’de gösterildiği gibi, Turgutlu kiline, -0,1 mm tane boyut dağılımına sahip pomzadan belirtilen ağırlıksal oranlarda ilave edildiğinde ise birim hacim ağırlıkları sırasıyla 2,09-1,84 gr/cm³ arasında, 1,97-1,67 gr/cm³ arasında ve 1,77-1,66 gr/cm³ arasında değişim göstermiştir. Tuğla örneklerinin kuruma ve pişme sonrasında oluşan birim hacim ağırlıklarındaki değişim oranları ise sırasıyla %5,97-%9,62 arasında, %10,12-%0,44 arasında olduğu belirlenmiştir.

Turgutlu kiline farklı boyut dağılımına sahip pomzaların ilave edilmesiyle üretilen tuğla örneklerinin birim hacim ağırlığının azaldığı saptanmıştır. Farklı boyut dağılımına sahip pomzalı tuğla örneklerine ilave edilen pomza miktarı arttıkça, örneklerin kuruma ve pişme sonrasındaki birim hacim ağırlıkları azalmıştır. Pomza miktarı arttıkça, kuruma sonrasındaki birim hacim ağırlık değişimi yani büzülme (boyut küçülmesi) artmış, pişme sonrasındaki birim hacim ağırlık değişimi ise azalmıştır. -0,5 mm ve -0,1 mm tane boyut dağılımına sahip pomzalı tuğla örneklerinde pomza miktarının artmasıyla, örneklerin pişme sonrasında birim hacim ağırlıklarındaki değişimin çok az (%0’a yakın) olmasının nedeninin bu boyutlardaki

hammaddelerin 950 °C pişme sıcaklığında ergimeye başlamış olmasından dolayı olabilir.

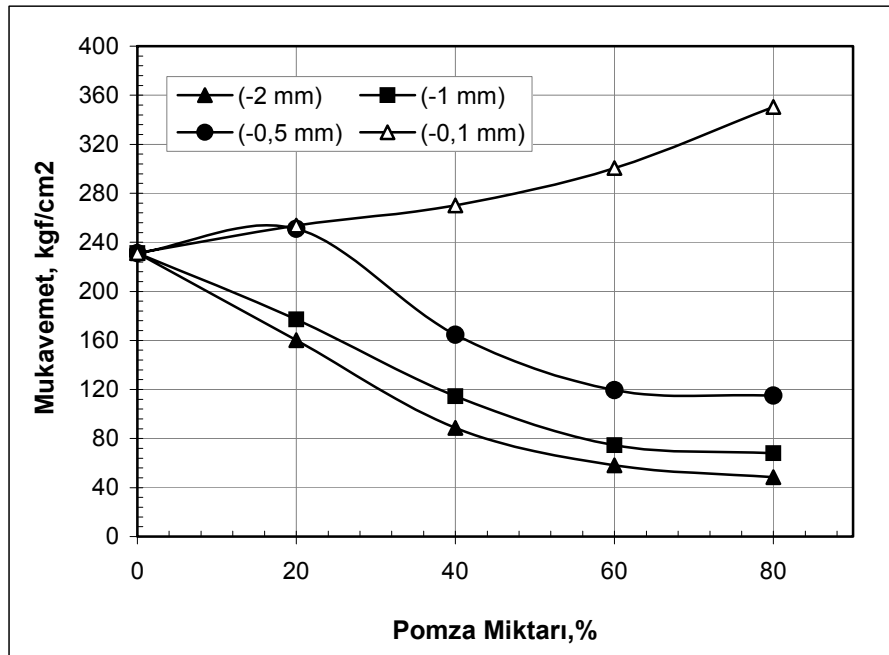
Tablo 6.3’de, farklı tane boyut dağılımına sahip Menderes pomza katkısı ile hazırlanan tuğla örneklerinin sahip oldukları mukavemetleri, su emme oranları, ses ve ısı iletkenlik değerleri sunulmuş ve Şekil 6.13, 6.14, 6.15 ve 6.16’da grafiksel olarak gösterilmiştir. Tuğla örneklerinin mukavemetleri ELE Autotest 3000 marka tek eksenli basınç dayanımı ölçüm cihazı ile 5 kgf yükleme hızı ile, ses iletim hızı Pundit Plus marka ses iletim hızı ölçüm cihazı ile, ısı iletkenlik katsayısı ise Shothem QTM marka ısı iletkenlik katsayısı ölçüm cihazı ile tespit edilmiştir. Tuğla örneklerinin mukavemetlerinin ve ses iletim hızlarının saptanabilmesi için 5 cm x 5 cm boyutlarında hazırlanan silindir şekilli örnekler (Şekil 6.12a), ısı iletkenlik katsayılarını saptanabilmesi için ise, 1,5 cm x 50 cm x 100 cm boyutlarında hazırlanan örnekler (Şekil 6.12b) kullanılmıştır. Tuğla örneklerinin ses iletim hızı ölçümleri DEÜ Torbalı Meslek YO Mermer Bölümünün, ısı iletkenlik katsayısı ölçümleri ise DEÜ Makine Mühendisliği Bölümünün katkılarıyla yapılmıştır.



Şekil 6. 12. Pişirilen tuğla örneklerinin görüntüleri

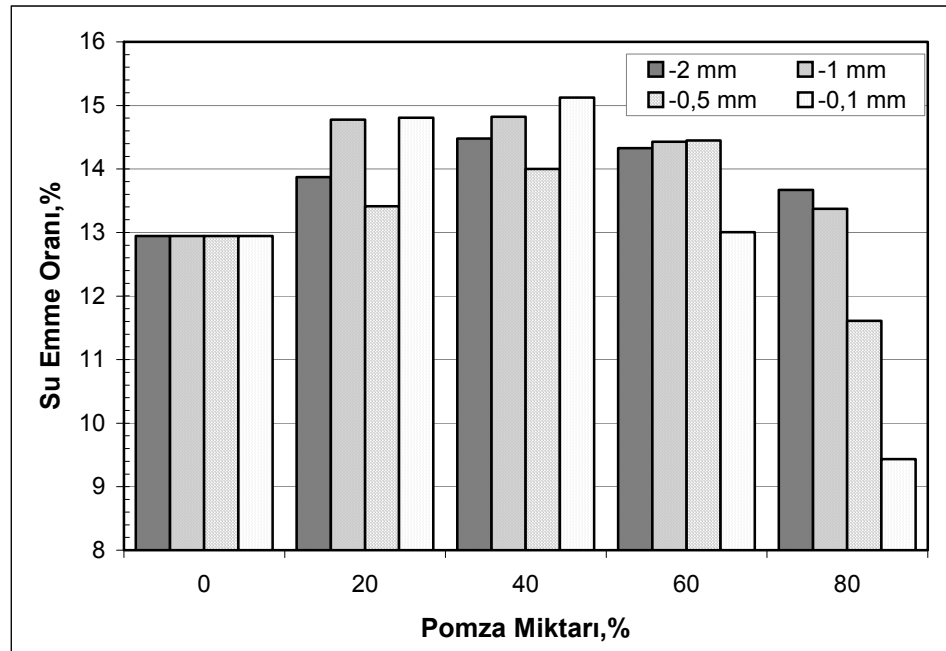
Tablo 6. 3. Tane boyutuna bağlı pomza katkılı tuğla örneklerinin diğer fiziksel test sonuçları

Tane Boyutuna Göre Karışım Oranları	Mukavemet, kgf/cm ²	Su Emme Oranı, %	Ses İletim Hızı, m/sn	Isı İletim Katsayısı, W/m.K	
100%Kil	231,30	12,94	2124,45	0,75	
-2 mm Pomza	%20	160,11	13,87	1680,54	0,63
	%40	88,66	14,48	1288,95	0,55
	%60	58,15	14,33	1067,55	0,50
	%80	48,56	13,67	1053,58	0,44
-1 mm Pomza	%20	177,28	14,78	1710,22	0,65
	%40	114,68	14,82	1450,74	0,58
	%60	74,75	14,43	1349,81	0,53
	%80	68,02	13,37	1339,44	0,48
-0,5 mm Pomza	%20	250,94	13,41	1877,89	0,67
	%40	164,63	14,00	1641,50	0,60
	%60	119,38	14,45	1610,07	0,55
	%80	115,00	11,61	1651,69	0,54
-0,1 mm Pomza	%20	253,62	14,81	1935,61	0,70
	%40	269,95	15,12	1945,04	0,72
	%60	300,56	13,01	2181,58	0,74
	%80	350,33	9,43	2598,39	0,76



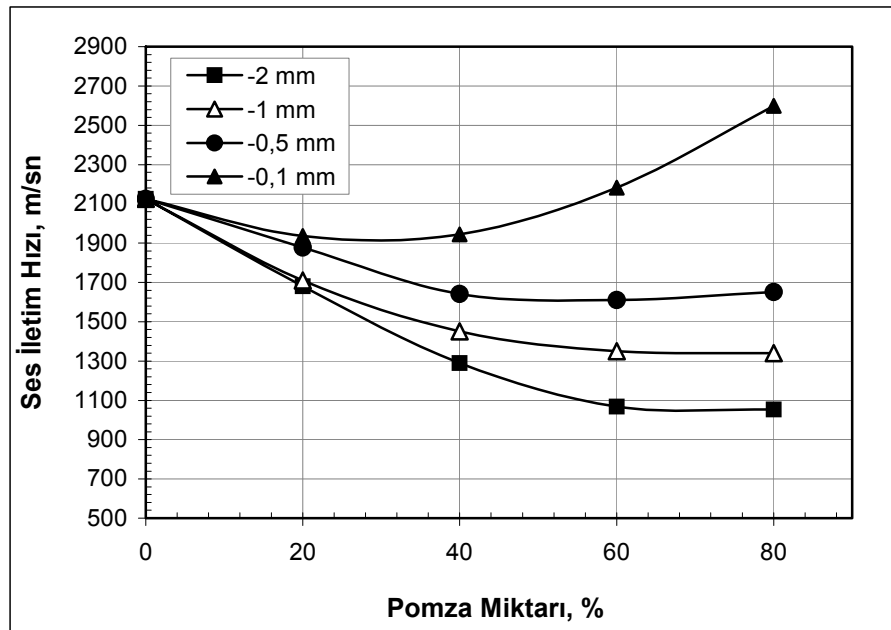
Şekil 6. 13. Pomza katkılı tuğla örneklerinin mukavemet değerlerinin eğrisel gösterimi

Tablo 6.3 ve Şekil 6.13’de gösterildiği gibi, pomza katkısı olmadan sadece Turgutlu kili ile hazırlanan tuğla örneğinin mukavemetinin $231,30 \text{ kgf/cm}^2$ olduğu belirlenmiştir. Turgutlu kiline, -2 mm tane boyutlu ve farklı miktarlardaki pomza ilavesi ile hazırlanan tuğlaların mukavemetinin $160,11-48,56 \text{ kgf/cm}^2$ arasında, -1 mm tane boyutlu pomzalı tuğlaların mukavemetinin $177,28-68,02 \text{ kgf/cm}^2$ arasında, -0,5 mm tane boyutlu pomzalı tuğlaların mukavemetinin $250,94-115,00 \text{ kg/cm}^2$ arasında, -0,1 mm tane boyutlu pomzalı tuğlaların mukavemetinin ise $253,62-350,33 \text{ kgf/cm}^2$ arasında değişim gösterdiği bulunmuştur. -2 mm ve -1 mm tane boyut dağılımına sahip pomzanın Turgutlu kiline farklı oranlarda ilave edilmesiyle örneklerin mukavemetlerinin azaldığı saptanmıştır. -0,5 mm tane boyut dağılımına sahip pomzanın Turgutlu kiline ağırlıkça %20 oranında ilave edilmesiyle tuğla örneklerinin mukavemetinin arttığı ($250,94 \text{ kgf/cm}^2$), pomza oranının artmasıyla örneklerin mukavemetlerinin azaldığı saptanmıştır. -0,1 mm tane boyut dağılımına sahip pomzalı tuğlalarda, pomza oranının artmasıyla örneklerin mukavemetlerinin arttığı dolayısıyla pomza oranının artmasıyla bünyedeki ergimenin arttığı belirlenmiştir.



Şekil 6. 14. Pomza katkılı tuğla örneklerinin su emme oranlarının değerlerinin eğrisel gösterimi , ses ve ısı iletkenlik değerleri sunulmuş

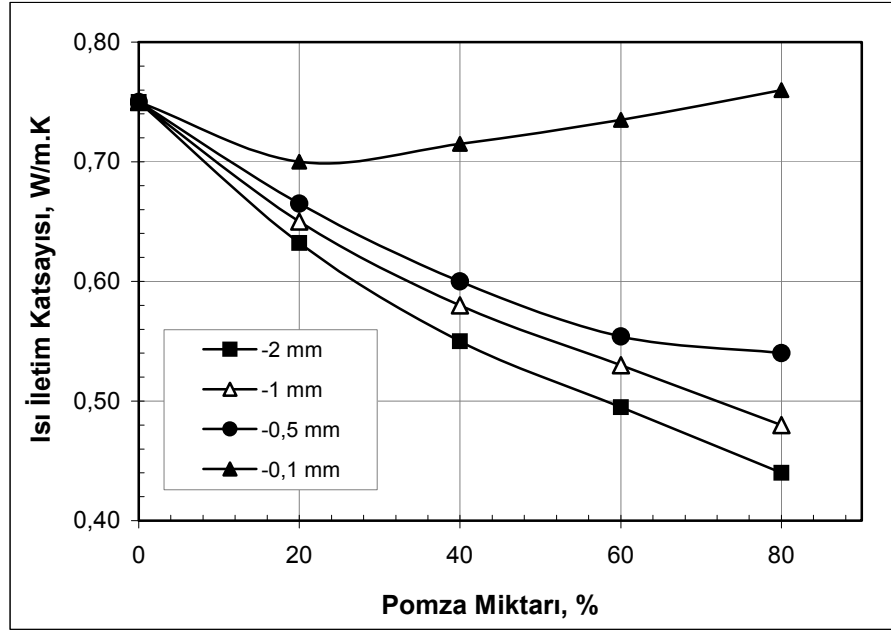
Tablo 6.3 ve Şekil 6.14'de gösterildiği gibi, sadece Turgutlu kili ile hazırlanan tuğla örneğinin su emme oranının %12,94 olduğu bulunmuştur. Turgutlu kiline -2 mm tane boyutlu ve farklı miktarlardaki pomza ilavesi ile hazırlanan tuğlaların su emme oranlarının %13,67-%14,48, -1 mm tane boyutlu pomzalı tuğlaların %13,37-14,82, -0,5 mm tane boyutlu pomzalı tuğlaların %11,61-%14,45, -0,1 mm tane boyutlu pomzalı tuğlaların ise %9,43-%15,12 aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Tuğla örneklerine pomza ilavesi ile üretilen tuğlaların su emme oranlarının pomzasız tuğla örneğinin su emme oranına göre arttığı belirlenmiştir. -2 mm ve -1 mm tane boyut dağılımına sahip pomzalı tuğlaların pomza oranının artması ile tuğla örneklerinin su emme oranlarında önemli bir değişim olmadığı saptanmıştır. -0,5 mm ve -0,1 mm tane boyut dağılımına sahip, %80 oranında pomza ilavesiyle üretilen tuğlaların su emme oranında ise önemli bir azalma olduğu bulunmuştur.



Şekil 6. 15. Pomza katkılı tuğla örneklerinin ses iletim hızı değerlerinin eğrisel gösterimi

Tablo 6.3 ve Şekil 6.15'de gösterildiği gibi, pomza katkısı olmadan sadece Turgutlu kili ile hazırlanan tuğla örneğinin ses iletim hızının 2124,45 m/sn olduğu bulunmuştur. Turgutlu kiline -2 mm tane boyutlu ve farklı miktarlardaki pomza katkısı ile hazırlanan tuğlaların ses iletim hızının 1053,58-1680,54 m/sn arasında,

-1 mm tane boyutlu pomzalı tuğlaların 1339,44-1710,22 m/sn arasında, -0,5 mm tane boyutlu pomzalı tuğlaların 1651,65-1877,83 m/sn arasında, -0,1 mm tane boyutlu pomzalı tuğlaların 1935,61-2598,39 m/sn aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 6. 16. Pomza katkıli tuğla örneklerinin ısı iletim katsayısı değerlerinin eğrisel gösterimi

Tablo 6.3 ve Şekil 6.16'da gösterildiği gibi, pomza katkısı olmadan sadece Turgutlu kili ile hazırlanan tuğla örneğinin ısı iletim katsayısının 0,750 W/m.K olduğu bulunmuştur. Turgutlu kiline -2 mm tane boyutlu ve farklı miktarlardaki pomza katkısı ile hazırlanan tuğlaların ısı iletim katsayılarının 0,44-0,63 W/m.K arasında, -1 mm tane boyutlu pomzalı tuğlaların 0,48-0,65-W/m.K arasında, -0,5 mm tane boyutlu pomzalı tuğlaların 0,54-0,67 W/m.K arasında, -0,1 mm tane boyutlu pomzalı tuğlaların ise 0,70-0,76 W/m.K aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Şekil 6.15 ve 6.16'da gösterildiği gibi, -2 mm, -1 mm ve -0,5 mm tane boyut dağılımına sahip pomzalı tuğlaların tane boyut dağılımının azalması ile tuğla örneklerinin ses iletim hızının ve ısı iletim katsayısının arttığı, bu boyut

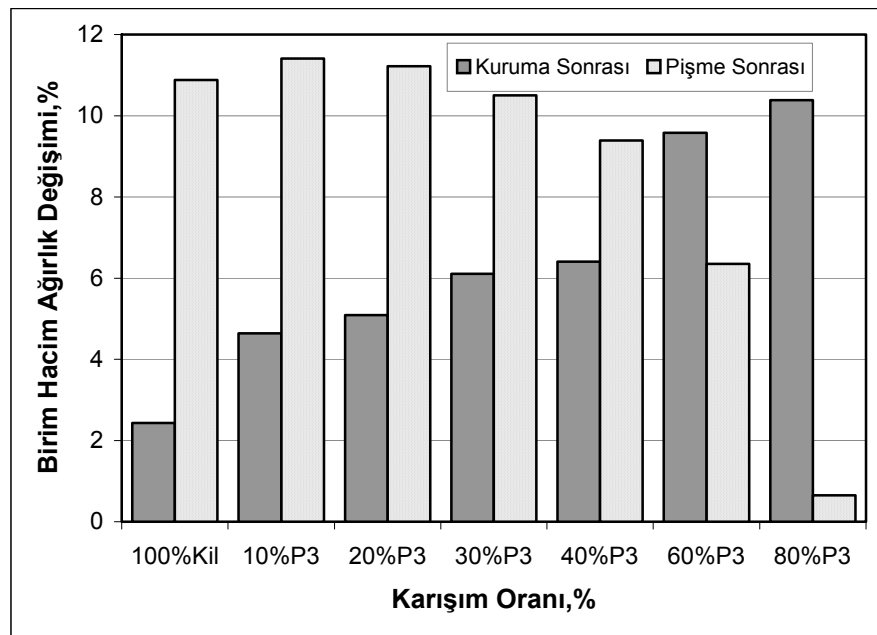
dağılımlarındaki pomza oranının artması ile de tuğla örneklerinin ses iletim hızının ve ısı iletim katsayısının azaldığı saptanmıştır. -0,1 mm tane boyut dağılımına sahip, pomzalı tuğla örneklerinde ise pomza ilave oranı arttıkça ses iletim hızının ve ısı iletim katsayısının arttığı bulunmuştur. Kullanılan pomzanın tane boyutunun küçülmesi ile tuğla örneklerdeki gözenekliliğin azaldığı, pomza miktarının artması ile de örneklerdeki gözenekliliğin arttığı söylenebilir. Bünyedeki gözenekliliğin artması ise ısı ve ses iletimi yönünden yalıtkanlığı arttırmaktadır. Tuğla örneklerinde, -0,1 mm tane boyutuna sahip ve artan miktarlarda pomza kullanılmasının, bünyedeki ince boyutlu pomza oranının artması ve bu sıcaklıkta bu tane yapısına sahip hammaddelerde ergimenin oluşması nedenleriyle gözenekliliğin azaldığı söylenebilir.

Tablo 6.2 ve 6.3’de sunulan bulgulara göre, -2 mm ve -1 mm tane boyut dağılımına sahip pomzalı tuğlaların, düşük birim hacim ağırlıkları, ısı ve ses iletimleri olmasına rağmen, yüksek su emme ve düşük mukavemete sahip oldukları bulunmuştur. -0,1 mm tane boyut dağılımına sahip pomza katkısı ise tuğlaların birim hacim ağırlıkları, su emme oranları, ses, ısı iletimi ve özellikle mukavemet gibi fiziksel özelliklerini iyileştirmiştir. -0,5 mm tane boyut dağılımına sahip pomzalı tuğlalarda ise %20 pomza katkısının tuğlanın fiziksel özelliklerini iyileştirdiği ancak artan pomza oranının tuğla örneklerinin fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkilediği saptanmıştır.

Tablo 6.4’de, -0,5 mm tane boyut dağılımına sahip pomza cevherinin Turgutlu kiline %10-%20 ve %30 oranlarında ilave edilmesiyle tuğla örneklerindeki şekillendirme sonrası, kuruma sonrası ve pişme sonrası birim hacim ağırlıkları, su emme oranları ve mukavemetleri bir önceki araştırma bulguları da ilave edilerek sunulmuş, Şekil 6.17, 6.18 ve 6.19’da, birim hacim ağırlık değişimleri, su emme oranları ve mukavemetleri grafiksel olarak gösterilmiştir. Şekil 6.20 ve 6.21’de ise %100 Turgutlu kili ve Turgutlu kiline %20 oranında pomza katkısı ile hazırlanan tuğla örneklerinin SEM görüntüleri sunulmaktadır.

Tablo 6. 4. Pomza miktarına bağlı olarak hazırlanan tuğla örneklerinin fiziksel test sonuçları

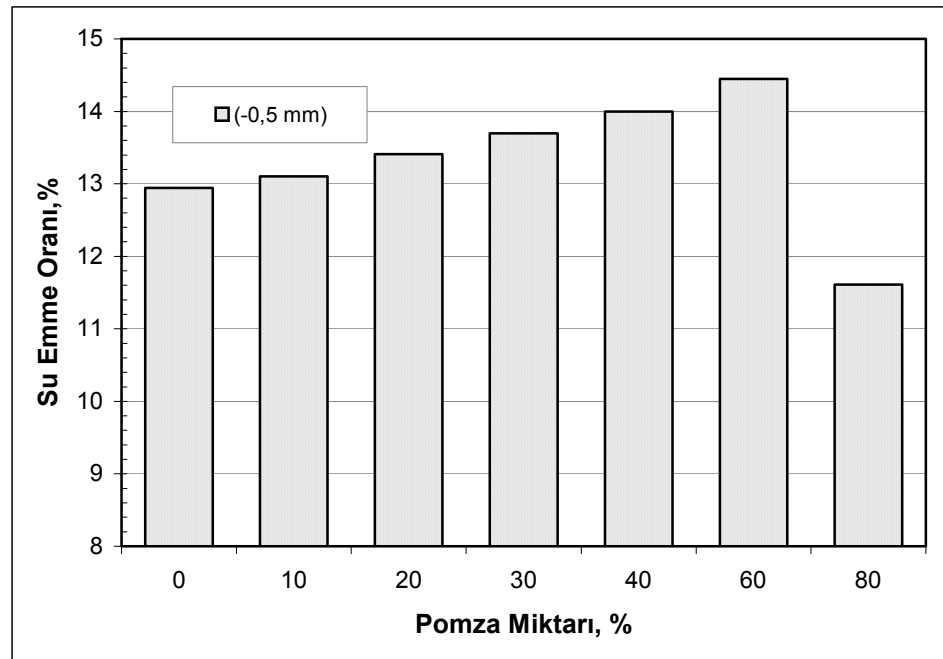
Tane Boyutuna Göre Karışım Oranları	Birim Hacim Ağırlık, gr/cm ³			Su Emme Oranı, %	Mukavemet, kgf/cm ²	
	Şekillendirme Sonrası	Kuruma Sonrası	Piştirme Sonrası			
100%Kil	2,16	2,11	1,88	12,94	231,30	
-0,5 mm Pomza	%10	2,19	2,09	1,85	13,10	246,25
	%20	2,16	2,05	1,82	13,41	250,94
	%30	2,13	2,00	1,79	13,70	200,15
	%40	2,09	1,95	1,77	14,00	164,63
	%60	2,01	1,82	1,70	14,45	119,38
	%80	1,92	1,72	1,71	11,61	115,00



Şekil 6. 17. Pomza miktarına bağlı olarak hazırlanan tuğla örneklerinin birim hacim ağırlıklarının eğrisel gösterimi

Tablo 6.4'de ve Şekil 6.17'de gösterildiği gibi, pomza katkısı olmadan Turgutlu kilinden üretilen tuğla örneğinin birim hacim ağırlığı, şekillendirme sonrasında 2,16 gr/cm³ iken, kuruma sonrasında 2,11 gr/cm³, piştirme sonrasında ise 1,88 gr/cm³ oluştur. Tuğla örneklerinin kuruma ve piştirme sonrasında oluşan birim hacim ağırlıklarındaki değişim oranları ise sırasıyla %2,44 ve %10,88 olduğu belirlenmiştir. Turgutlu kiline, -0,5 mm tane boyut dağılımına sahip pomzadan ağırlıkça %10 ilave edilmesiyle birim hacim ağırlıkları sırasıyla 2,19 gr/cm³, 2,09 gr/cm³ ve 1,85 gr/cm³ olurken, birim hacim ağırlıkları değişim oranları sırasıyla %4,64 ve %11,41 olduğu bulunmuştur. Pomzanın ağırlıkça %20 oranında ilave edilmesiyle, birim hacim

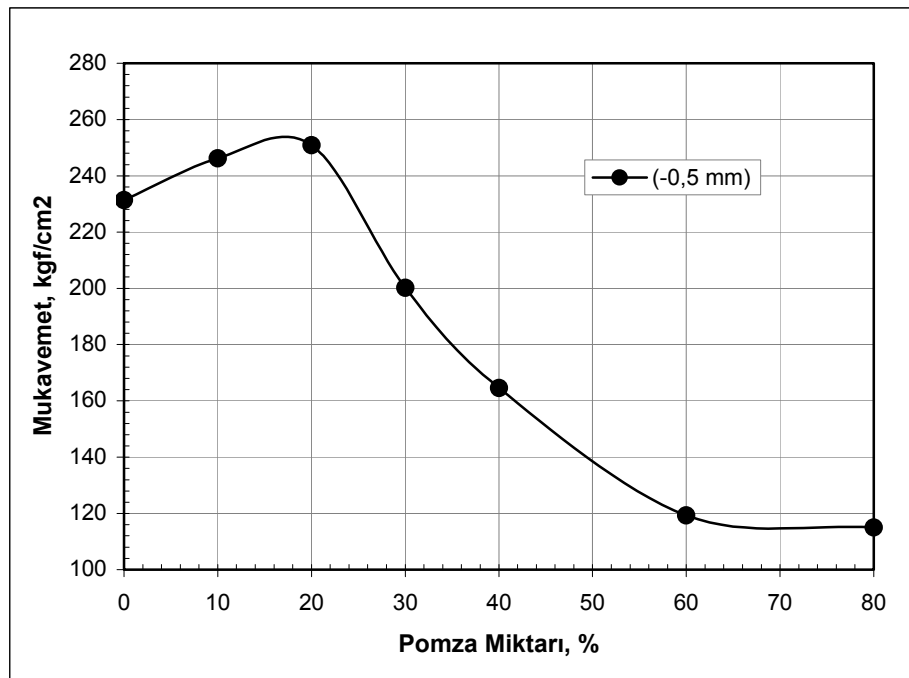
ağırlıklarının sırasıyla 2,16 gr/cm³, 2,05 gr/cm³ ve 1,82 gr/cm³ olurken, birim hacim ağırlık değişim oranları sırasıyla %5,09 ve %11,22 olduğu bulunmuştur. Pomzanın ağırlıkça %30 oranında ilave edilmesiyle birim hacim ağırlıkları sırasıyla 2,13 gr/cm³, 2,00 gr/cm³ ve 1,77 gr/cm³ olurken, birim hacim ağırlık değişim oranları sırasıyla %6,10 ve %10,50 olduğu bulunmuştur. Pomza miktarı arttıkça, kuruma sonrasındaki birim hacim ağırlık ve değişimi artmış, pişme sonrasındaki birim hacim ağırlık ve değişimi azalmıştır.



Şekil 6. 18. Pomza miktarına bağlı olarak hazırlanan tuğla örneklerinin su emme oranlarının eğrisel gösterimi

Tablo 6.4 ve Şekil 6.18’de gösterildiği gibi, pomza katkısı olmadan Turgutlu kilinden üretilen tuğla örneğinin su emme oranının %12,94 olduğu bulunmuştur. Turgutlu kiline, -0,5 mm tane boyut dağılımına sahip pomzadan ağırlıkça %10 ilave edilmesiyle su emme oranının %13,10 olduğu bulunmuştur. Pomzanın ağırlıkça %20 oranında ilave edilmesiyle, su emme oranının %13,41 olduğu bulunmuştur. Pomzanın ağırlıkça %30 oranında ilave edilmesiyle su emme oranının %13,70 olduğu bulunmuştur. Pomza oranının artırılması ile su emme oranının arttığı, %80 oranında pomza ilavesiyle üretilen tuğlaların su emme oranında azalma olduğu bulunmuştur.

Tablo 6.4 ve Şekil 6.19’de gösterildiği gibi, pomza katkısı olmadan Turgutlu kilinden üretilen tuğla örneğinin mukavemetinin $231,30 \text{ kgf/cm}^2$ olduğu belirlenmiştir. Turgutlu kiline, $-0,5 \text{ mm}$ tane boyut dağılımına sahip pomzadan ağırlıkça %10 ilave edilmesiyle mukavemetinin $246,25 \text{ kgf/cm}^2$ olduğu, pomzanın ağırlıkça %20 oranında ilave edilmesiyle, mukavemetinin $250,94 \text{ kgf/cm}^2$ olduğu, pomzanın ağırlıkça %30 oranında ilave edilmesiyle mukavemetinin $200,15 \text{ kgf/cm}^2$ olduğu belirlenmiştir. Pomza oranının artmasıyla tuğla örneklerinin mukavemetlerinin azaldığı saptanmıştır.



Şekil 6. 19. Pomza miktarına bağlı olarak hazırlanan tuğla örneklerinin mukavemet değerlerinin eğrisel gösterimi

Şekil 6.20’de gösterildiği gibi, 100 Turgutlu Kili ile hazırlanan tuğla örneğinde gözenekli bir yapı görülürken, %80 Turgutlu Kili ve %20 Pomza ile hazırlanan tuğla örneğinde (Şekil 6.21), pomzanın $950 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta yapısal şeklinin uzama yönünde bozulduğu ancak pomzaya özgü yapısını koruduğu belirlenmiştir. Bu durum, tuğlanın birim hacim ağırlığının düşmesine, su emme oranının ve mukavemetinin artmasına neden olmaktadır.



Şekil 6. 20. %100 Turgutlu Kili ile hazırlanan tuğla örneğinin SEM görüntüsü (1000x)



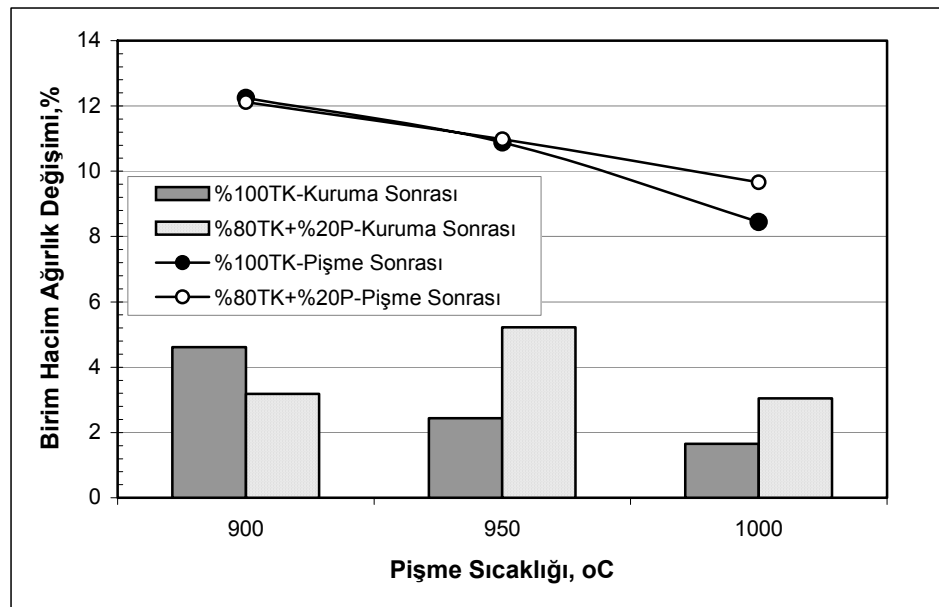
Şekil 6. 21. %80 Turgutlu Kili ve %20 Pomza ile hazırlanan tuğla örneğinin SEM görüntüsü (400x)

Tablo 6.4’de sunulan bulgulara göre, Turgutlu kiline -0,5 mm tane boyut dağılımına sahip pomzanın %10-%20 ve %30 ağırlıksal oranlarında ilave edilmesiyle, tuğlaların birim hacim ağırlıklarında azalma olduğu, su emme oranlarında az oranda artma olduğu, mukavemetlerinin ise pomza katkısının %20’ye kadar çıkmasıyla arttığı, daha da arttıkça azalmaya başladığı saptanmıştır.

Tablo 6.5’de, Turgutlu yöresi kili ile -0,5 mm tane boyut dağılımına sahip ağırlıkça %20 pomza katkılı tuğla örneklerinin 900 °C, 950 °C ve 1000 °C sıcaklıklarda pişirilmesi ile tuğla örneklerinin birim hacim ağırlıkları (şekillendirme sonrası, kuruma sonrası ve pişirme sonrası) verilmiş ve birim hacim ağırlığı değişim oranları Şekil 6.22’de sunulmuştur.

Tablo 6. 5. Farklı sıcaklıklarda pişirilen tuğla örneklerinin birim hacim ağırlıkları

Pişme Sıcaklığı, °C	Pomza Miktarı, %	Birim Hacim Ağırlık, gr/cm ³		
		Şekillendirme Sonrası	Kuruma Sonrası	Pişirme Sonrası
900	%100TK	2,21	2,11	1,85
	%80TK+%20P3	2,12	2,05	1,80
950	%100TK	2,16	2,11	1,88
	%80TK+%20P3	2,16	2,05	1,82
1000	%100TK	2,19	2,16	1,97
	%80TK+%20P3	2,12	2,06	1,86



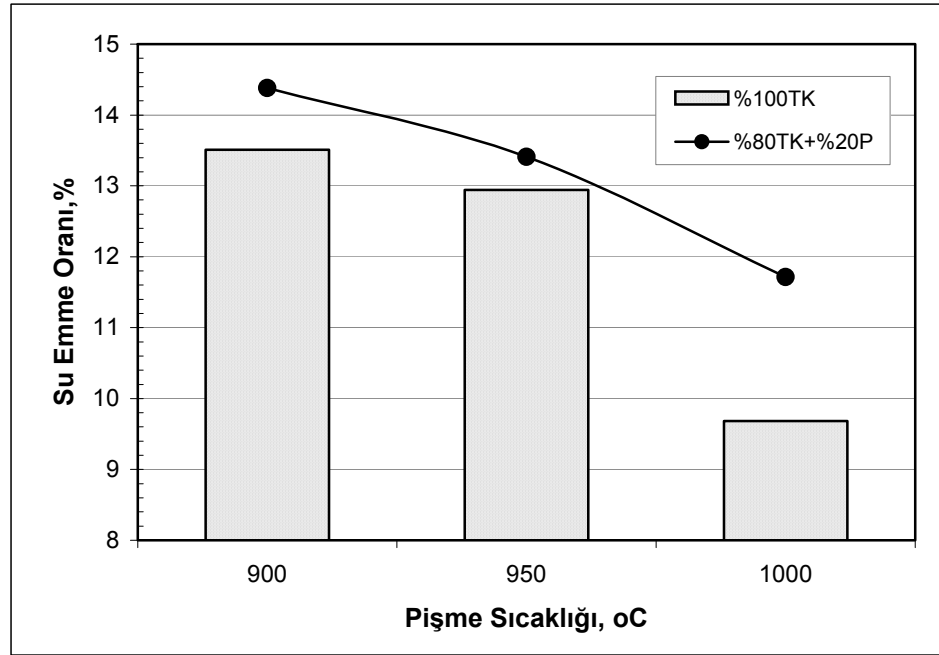
Şekil 6. 22. Farklı sıcaklıklarda pişirilen tuğla örneklerinin birim hacim ağırlıklarının eğrisel gösterimi

Tablo 6.5’de ve Şekil 6.22’de gösterildiği gibi, pomza katkısı olmadan Turgutlu kilinin 900 °C, 950 °C ve 1000 °C sıcaklıkta pişirilmek üzere hazırlanan tuğla örneklerinin şekillendirme sonrasındaki birim hacim ağırlıkları, 2,16-2,21gr/cm³, kuruma sonrasındaki birim hacim ağırlıkları 2,05-2,11 gr/cm³ arasındadır. Örneklerin kuruması ile birim hacim ağırlıklarında %1,66-%4,61 arası oranlarında azalma olmuştur. Turgutlu kiline %20 oranında pomza ilavesi ile aynı sıcaklıklarda pişirilmek üzere hazırlanan tuğla örneklerinin şekillendirme sonrasındaki birim hacim ağırlıklarının 2,12-2,16 gr/cm³, kuruma sonrasındaki birim hacim ağırlıkları 2,05-2,06 gr/cm³ arasındadır. Örneklerin kuruması ile birim hacim ağırlıklarında %3,04-%5,23 arası oranlarında azalma olmuştur. Pomza katkısı olmadan Turgutlu kilinin 900 °C, 950 °C ve 1000 °C sıcaklıklarda pişirilmesi ile birim hacim ağırlığı sırasıyla 1,85 gr/cm³, 1,88 gr/cm³ ve 1,97 gr/cm³ olmuş, birim hacim ağırlık değişim oranları ise sırasıyla %12,24, %10,88 ve %8,45 olmuştur. -0,5 mm tane boyut dağılımına sahip, %80 Turgutlu Kili+%20 Pomza karışımından oluşan tuğla örneklerinin 900 °C, 950 °C ve 1000 °C sıcaklıklarda pişirilmesi ile birim hacim ağırlığı sırasıyla 1,80 gr/cm³, 1,88 gr/cm³ ve 1,86 gr/cm³ olmuş, birim hacim ağırlık değişim oranları ise sırasıyla %12,12, %10,98 ve %9,66 olmuştur. Turgutlu kilinin 900 °C, 950 °C ve 1000 °C sıcaklıklarda pişirilmesi ile tuğla örneklerinin birim hacim ağırlıkları artmış, birim hacim ağırlık değişimleri ise azalmıştır. Turgutlu kiline %20 pomza katkısı ile hazırlanan tuğla örneklerinin aynı sıcaklıklarda pişirilmesi ile birim hacim ağırlıkları ve değişim oranları pomza katkısı olmadan hazırlanan tuğla örneklerinin sonuçlarına yakın değerlerde olmuştur.

Tablo 6.6’da, Turgutlu yöresi kili ile -0,5 mm tane boyut dağılımına sahip ağırlıkça %20 pomza katkılı tuğla örneklerinin 900 °C, 950 °C ve 1000 °C sıcaklıklarda pişirilmesi ile tuğla örneklerinin su emme oranları ve mukavemetleri değersel olarak, Şekil 6.23 ve 6.24’de su emme oranları ile mukavemetleri grafiksel olarak sunulmuştur.

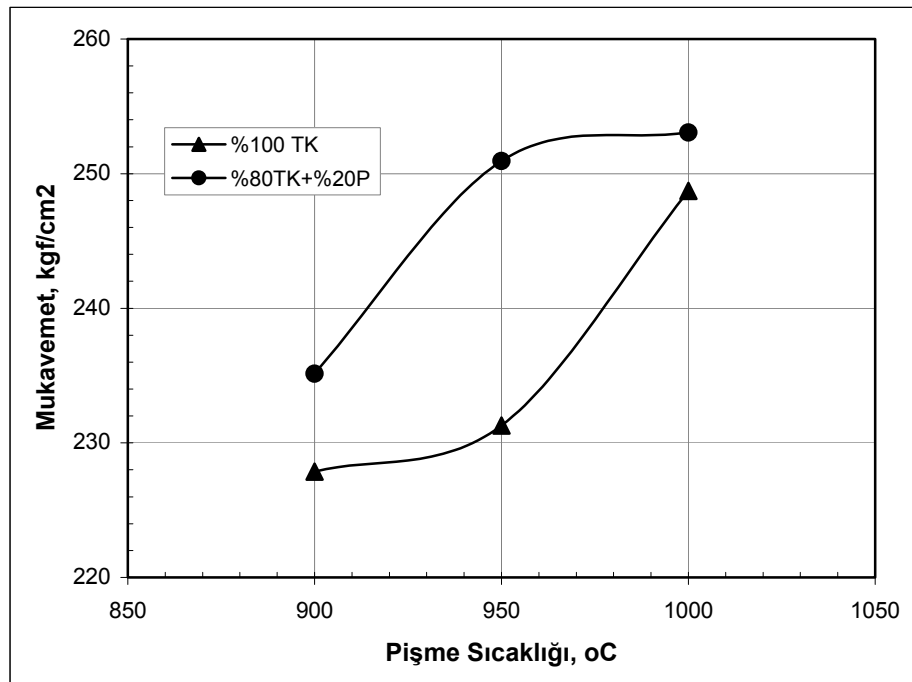
Tablo 6. 6. Farklı sıcaklıklarda pişirilen tuğla örneklerinin su emme ve mukavemet değerleri

Pişme Sıcaklığı, oC	Su Emme Oranı, %		Mukavemet, kgf/cm ²	
	%100TK	%80TK+%20P	%100TK	%80TK+%20P
900	13,51	14,38	227,86	235,14
950	12,94	13,41	231,30	250,94
1000	9,68	11,71	248,71	253,05



Şekil 6. 23. Farklı sıcaklıklarda pişirilen tuğla örneklerinin su emme oranlarının eğrisel gösterimi

Tablo 6.6'da ve Şekil 6.23'de gösterildiği gibi, pomza katkısı olmadan Turgutlu kilinin 900 °C, 950 °C ve 1000 °C sıcaklıklarda pişirilmesi ile üretilen tuğla örneklerinin su emme oranlarının %13,51, %12,96 ve %9,68 olduğu bulunmuştur. Turgutlu kiline %20 oranında pomza ilavesi ile aynı sıcaklıklarda pişirilen tuğla örneklerinin su emme oranlarının ise %14,38, %13,41 ve %11,71 olduğu belirlenmiştir. Pomza katkısı olmadan sadece Turgutlu kili ile hazırlanan ve Turgutlu kiline %20 pomza katkısı ile hazırlanan her iki örneğin de su emme oranlarının sıcaklığın artmasıyla azaldığı belirlenmiştir. %20 oranında pomza katkılı tuğla örneklerindeki su emme oranının, sadece Turgutlu kili ile hazırlanan tuğla örneklerinkine göre çok az oranda arttığı bulunmuştur.



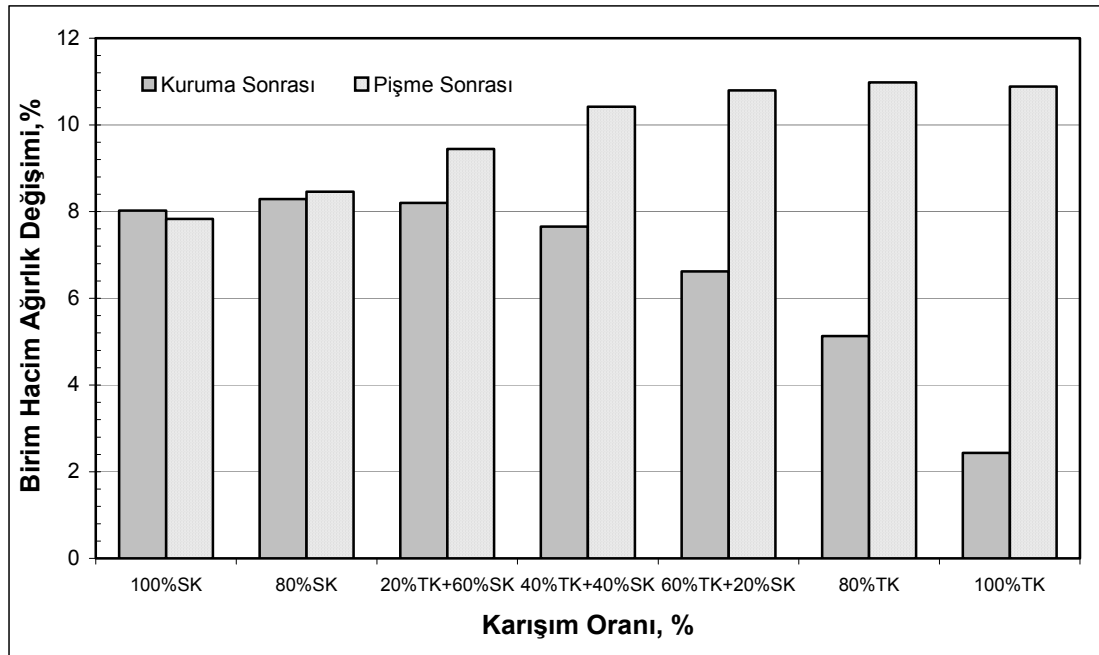
Şekil 6. 24. Farklı sıcaklıklarda pişirilen tuğla örneklerinin mukavemet değerlerinin eğrisel gösterimi

Tablo 6.6’da ve Şekil 6.24’de gösterildiği gibi, pomza katkısı olmadan Turgutlu kilinin, 900 °C, 950 °C ve 1000 °C sıcaklıklarda pişirilmesi ile üretilen tuğla örneklerinin mukavemetlerinin 227,86 kgf/cm², 231,30 kgf/cm² ve 248,71 kgf/cm² olduğu, Turgutlu kiline %20 oranında pomza ilavesi ile aynı sıcaklıklarda pişirilen tuğla örneklerinin mukavemetlerinin ise 235,14 kgf/cm², 250,94 kgf/cm² ve 253,05 kgf/cm² olduğu bulunmuştur. Sıcaklığın artmasıyla her iki örneğin mukavemetlerinin arttığı belirlenmiştir. Ancak, sadece Turgutlu kili ile hazırlanan örneklere göre, Turgutlu kiline %20 oranında pomza katkısının örneklerin mukavemetlerini daha da arttırdığı bulunmuştur.

Tablo 6.7’de, %20 oranında pomza, %0-%80 arasında artan oranlarda Turgutlu kili ve %80-%0 arasında azalan oranlarda Salihli-Sart kilinin ilave edilmesi ile hazırlanan karışımların, 950 °C sıcaklıkta pişirilerek, şekillendirme, kuruma ve pişme sonrası birim hacim ağırlıkları, Şekil 6.25’de, tuğla örneklerinin birim hacim ağırlıklarındaki değişimler, Şekil 6.26’da su emme miktarları (%) ve Şekil 6.27’de ise mukavemet değerleri grafiksel olarak sunulmuştur.

Tablo 6. 7. Farklı karışım oranlarındaki tuğla örneklerinin birim hacim ağırlıkları

Karışım Oranları, %	Birim Hacim Ağırlık, gr/cm^3		
	Şekillendirme Sonrası	Kuruma Sonrası	Pişirme Sonrası
00%TK+100%SK+0%P	2,12	1,98	1,82
00%TK+80%SK+20%P	2,10	1,92	1,83
20%TK+60%SK+20%P	2,12	1,94	1,76
40%TK+40%SK+20%P	2,11	1,97	1,76
60%TK+20%SK+20%P	2,13	2,00	1,78
80%TK+00%SK+20%P	2,16	2,05	1,82
100%TK+0%SK+00%P	2,16	2,11	1,88



Şekil 6. 25. Farklı karışım oranlarındaki tuğla örneklerinin birim hacim ağırlıklarının eğrisel gösterimi

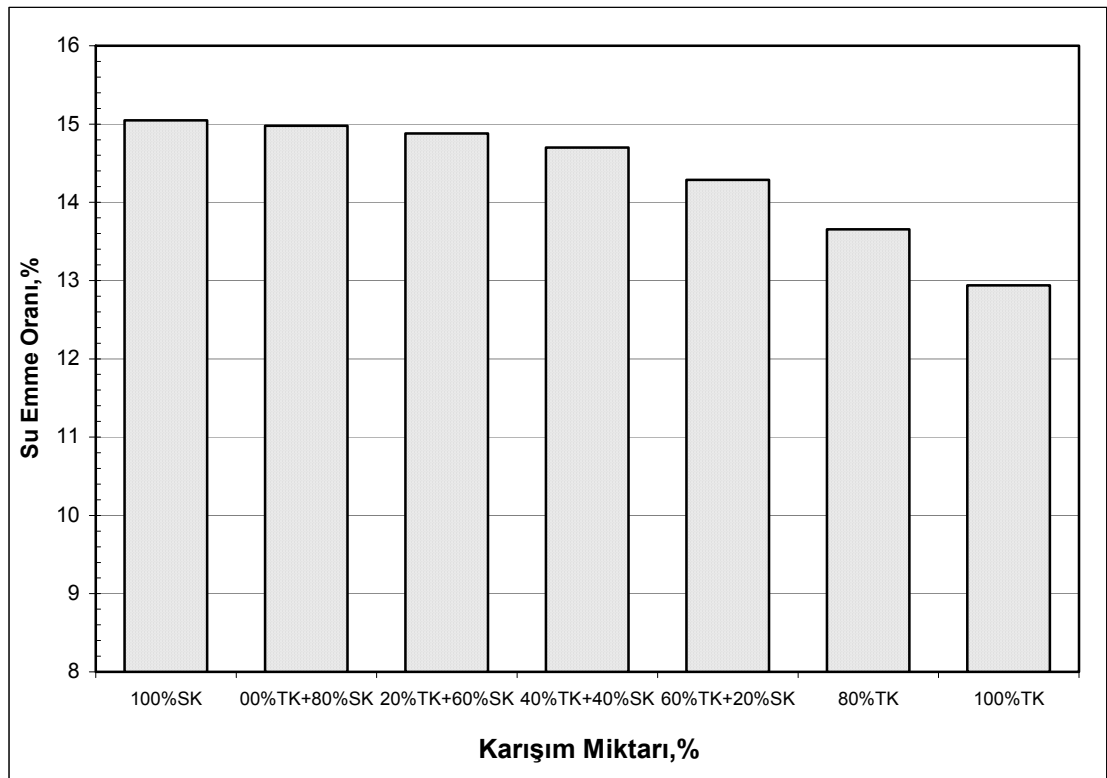
Tablo 6.7 ve Şekil 6.25’de, sadece Sart kili ile hazırlanan tuğla örneğinin şekillendirme, kuruma ve pişme sonrası birim hacim ağırlıklarının sırasıyla $2,12 gr/cm^3$, $1,98 gr/cm^3$, $1,82 gr/cm^3$ olduğu, birim hacim ağırlığındaki kuruma ve pişme sonrasındaki değişim oranlarının ise sırasıyla %8,02 ve %7,83 olduğu bulunmuştur. Turgutlu kili hazırlanan tuğla örneğinin şekillendirme, kuruma ve pişme sonrası birim hacim ağırlıklarının ise sırasıyla $2,16 gr/cm^3$, $2,11 gr/cm^3$,

1,88 gr/cm³ olduğu, birim hacim ağırlığındaki kuruma ve pişme sonrasındaki değişim oranlarının sırasıyla %2,44 ve %10,88 olduğu saptanmıştır. %20 oranında Menderes pomzasına artan oranlarda (%0-80) Turgutlu kili ile azalan oranlarda (%80-0) Sart kilinin ilave edilmesi ile hazırlanan tuğla örneklerinin birim hacim ağırlıkları, şekillendirme sonrasında 2,10-2,16 gr/cm³ arasında, kuruma 1,92-2,11 gr/cm³ ve pişme sonrası 1,76-1,88 gr/cm³ arasında birbirine yakın değerlerde olduğu, birim hacim ağırlıklarındaki değişim oranlarının ise kuruma sonrasında sırasıyla %8,29; %8,20; %7,65; %6,62 ve %5,13 oranında, pişme sonrasında ise %8,46; %9,45; %10,42; %10,80 ve %10,98 oranında olduğu saptanmıştır. Sadece Sart kili ile hazırlanan tuğla örneğinin şekillendirme, kuruma ve pişme sonrası birim hacim ağırlığının, sadece Turgutlu kili ile hazırlanan tuğla örneğinkinden daha az olduğu belirlenmiştir. %20 oranında Menderes pomzasına artan oranlarda (%0-80) Turgutlu kili ile azalan oranlarda (%80-0) Sart kilinin ilave edilmesi ile hazırlanan tuğla örneklerinin birim hacim ağırlık değerleri birbirine yakın değerlerde olduğu belirlenirken, kuruma sonrasındaki değişim oranının azaldığı, pişme sonrasındaki değişim oranının ise arttığı bulunmuştur.

Tablo 6.8'de, %20 oranında Menderes pomzasına artan oranlarda (%0-80) Turgutlu kili ile azalan oranlarda (%80-0) Sart kilinin ilave edilmesi ile hazırlanan tuğla örneklerinin 950 °C sıcaklıkta pişirilmesi ile örneklerin su emme oranları ve mukavemetleri sunulmuş, Şekil 6.26 ve Şekil 6.27'de ise grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 6. 8. Farklı karışım oranlarındaki tuğla örneklerinin su emme ve mukavemet değerleri

Karışım Oranları, %	Su Emme Oranı, %	Mukavemet, kgf/cm ²
00%TK+100%SK+0%P	15,05	150,10
00%TK+80%SK+20%P	14,98	181,30
20%TK+60%SK+20%P	14,88	211,25
40%TK+40%SK+20%P	14,70	245,43
60%TK+20%SK+20%P	14,29	270,39
80%TK+00%SK+20%P	13,65	250,94
100%TK+00%SK+0%P	12,94	231,30

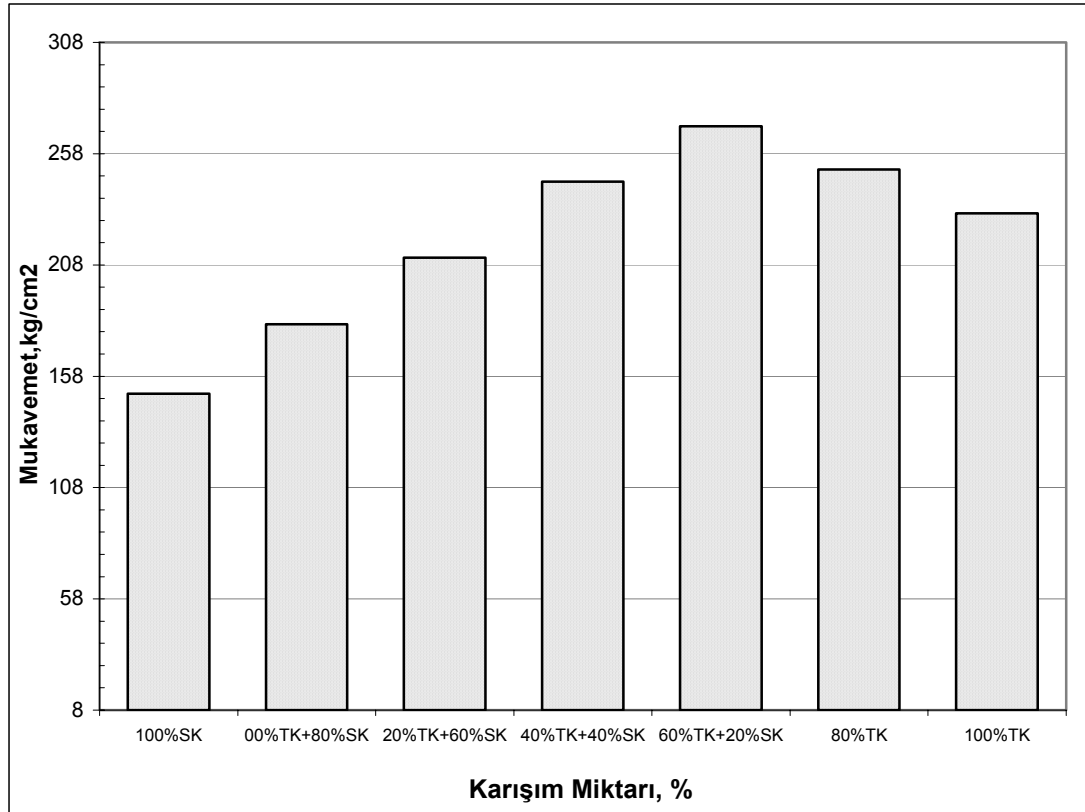


Şekil 6. 26. Farklı karışım oranlarındaki tuğla örneklerinin su emme oranlarının eğrisel gösterimi

Tablo 6.8 ve Şekil 6.26’da, sadece Sart kili ile hazırlanan tuğla örneğinin su emme oranının %15,05, Turgutlu kili hazırlanan tuğla örneğinin ise su emme oranının %12,94 olduğu belirlenmiştir. %20 oranında Menderes pomzasına artan oranlarda (%0-80) Turgutlu kili ile azalan oranlarda (%80-0) Sart kilinin ilave edilmesi ile hazırlanan tuğla örneklerinin su emme oranlarının %13,65-%14,98 arasında değişim gösterdiği, örneklerde Turgutlu kilinin ağırlıksal oranının artması ve Sart kilinin ağırlıksal oranının azalması ile su emme oranlarının azaldığı saptanmıştır.

Tablo 6.8 ve Şekil 6.27’de, sadece Sart kili ile hazırlanan tuğla örneğinin mukavemetinin $150,10 \text{ kgf/cm}^2$ olduğu, Turgutlu kili hazırlanan tuğla örneğinin ise mukavemetinin $231,30 \text{ kgf/cm}^2$ olduğu bulunmuştur. Sart kiline %20 oranında pomza ilavesi ile hazırlanan tuğla örneğinin mukavemetinin $181,30 \text{ kgf/cm}^2$ ’ye azaldığı, Turgutlu kiline %20 oranında pomza ilavesi ile hazırlanan tuğla örneğinin mukavemetinin ise $250,94 \text{ kgf/cm}^2$ ’ye arttığı belirlenmiştir. Örneklerde, Turgutlu

kilinin arttırılıp, Sart kilinin azaltılması ile hazırlanan örneklerde, mukavemetlerin arttığı saptanmıştır.



Şekil 6. 27. Farklı karışım oranlarındaki tuğla örneklerinin mukavemet değerlerinin eğrisel gösterimi

Turgutlu kili, Sart kili ve Menderes pomza ile hazırlanan böylesi bir karışımda, %60 oranında Turgutlu Kili, %20 oranında Sart Kili ve %20 oranında pomzanın kullanımıyla üretilen tuğla örneğinin, pişme sonrası birim hacim ağırlığının $1,78 \text{ gr/cm}^3$, su emme oranının %14,29, mukavemetinin ise $270,39 \text{ kgf/cm}^2$ olduğu bulunmuştur.

Tablo 6.9'da, Turgutlu kiline Menderes pomzası ve Sart kilinin ilave edilmesi ile üretilen tuğla örneklerinin pişme sonrası birim hacim ağırlıkları, su emme oranları ve mukavemetleri toplu olarak sunulmuştur.

Tablo 6. 9. Optimum koşullarda pomza katkılı tuğla örneklerinin fiziksel test sonuçları

rnler	Br. Hacim Ağ., gr/cm ³	Su Emme Oranı, %	Mukavemet, kgf/cm ²
%100 TK	1,88	12,94	231,30
%80 TK+%20 P	1,82	13,65	250,94
%60 TK+%20 SK+%20 P	1,78	14,29	270,39

Tablo 6.9'daki sonuç bulgularında gösterildiği gibi, Turgutlu kiline Menderes yöresi st tabaka (P3) pomzasının ilave edilmesi ile hazırlanan tuğla örneklerinin birim hacim ağırlığının azaldığı, su emme oranının az oranda arttığı, ancak mukavemetinin yükseldiği saptanmıştır. Turgutlu kiline, plastik özelliği daha az olan Sart kili ve plastik özelliği olmayan pomzanın ilave edilmesi ile hazırlanan tuğla örneğinin birim hacim ağırlığının daha da azaldığı, su emme oranının yine az oranda arttığı ve mukavemetinin daha da yükseldiği belirlenmiştir. Tuğla endüstrisinde kullanılan killere pomza katkısının tuğlanın özelliklerini iyileştirdiği bulunmuştur. Turgutlu kiline pomza ilavesi ile daha hafif ve daha mukavim bir tuğla üretilirken, Turgutlu kili ve pomza karışımına Sart kilinin ilave edilmesi ile daha hafif ve mukavemeti çok daha yüksek bir tuğla üretilmiştir. Ayrıca, pomza katkısı ile üretilen tüm tuğla örneklerinin rengine, herhangi bir değişiminin olmadığı, tüm örneklerin kırmızı renge sahip olduğu gözlenmiştir.

BÖLÜM YEDİ

POMZA CEVHERİNİN SERAMİK SEKTÖRÜNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada, Menderes yöresi pomza cevherinin seramik yapımında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmalar, Seramiksan Turgutlu Seramik San. ve Tic. A.Ş. (Manisa)'nin katkılarıyla yürütülmüştür.

7.1. Pomzanın Seramik Bünyeye Uygunluğunun Araştırılması

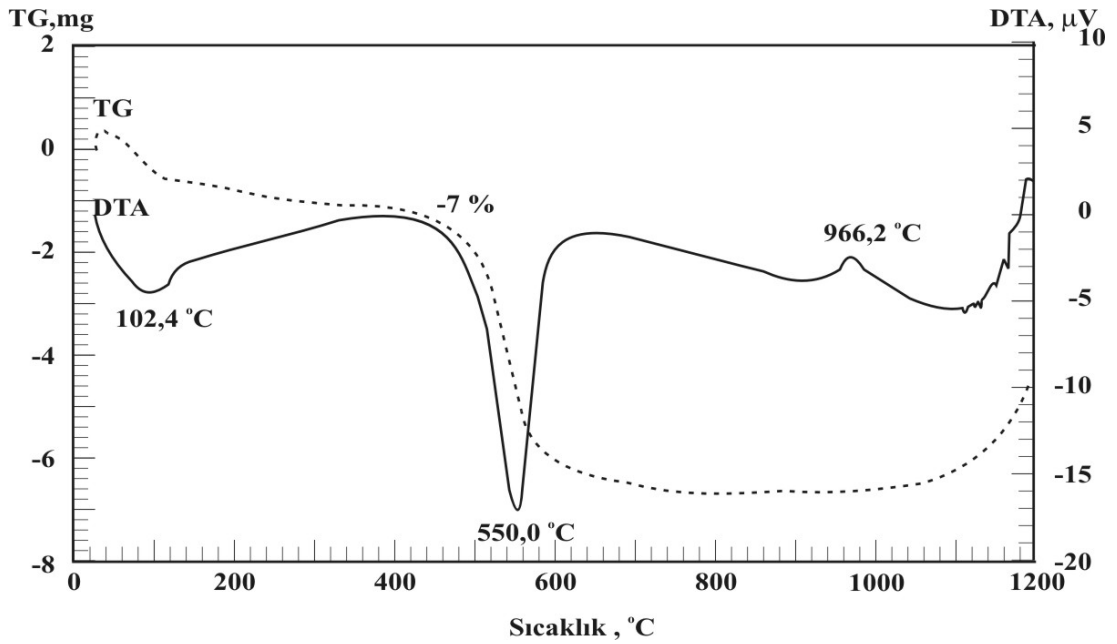
7.1. 1. Kullanılan Hammaddeler ve Özellikleri

Pomzanın seramik bünyesine uygunluğunun araştırıldığı çalışmalarda, bağlayıcı olarak beyaz pişme özelliğine sahip Ukrayna kili (ticari ismi Ukrayna 250), İzmir-Menderes pomzaları ve flote albit cevheri kullanılmıştır. Ukrayna kili Seramiksan Turgutlu Seramik San. ve Tic. A.Ş., pomza cevheri Pomza Ekspor San. ve Tic.A.Ş.'den, flote albit cevheri ise Akmaden San.ve Tic.A.Ş.'den temin edilmiştir. Kullanılan kil, pomza, flote albit cevherlerinin kimyasal kompozisyonları Tablo 7.1'de sunulmuş ve Ukrayna kilinin minerolojik yapısı X-ışını difraktometresi ile tanımlanmıştır. Ukrayna kilinin termik özellikleri (DTA-TGA) ise Şekil 7.1'de eğrisel olarak gösterilmiştir. DTA-TGA analizleri Netzsch STA 409 EP cihazı ile KaleMaden End.Ham.San. ve Tic. A.Ş.'nin katkılarıyla yapılmıştır.

Tablo 7. 1. Seramik bünyesinde kullanılan cevherlerin kimyasal analizleri

Bileşim	Ukrayna Kili	Albit (Flote)	Pomza (P1)	Pomza (P2)	Pomza (P3)
%SiO ₂	62,36	68,24	74,10	74,50	73,00
%Al ₂ O ₃	23,82	17,75	13,00	12,00	12,53
%Fe ₂ O ₃	1,09	0,04	1,28	0,64	1,44
%Na ₂ O	0,69	10,04	1,76	2,09	2,19
%K ₂ O	2,36	0,12	3,85	4,96	4,36
%MgO	0,55	0,06	0,26	0,12	0,31
%CaO	0,49	0,1	0,64	0,49	0,61
%TiO ₂	-	0,05	-	-	-
%KK	8,17	3,6	4,99	5,04	5,53

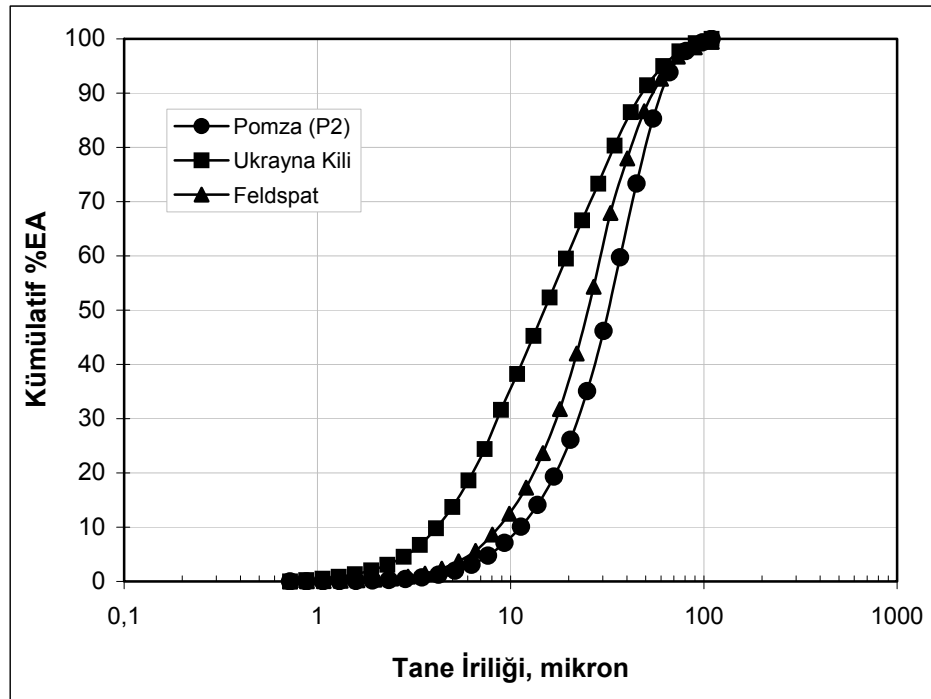
Ukrayna kilinin X-ışını difraksiyonu (XRD) analizi sonucunda, kuvars, kaolin, albit, ve muskovit minerallerinin varlığı belirlenmiştir. Flote albitin, kuvars ve albit minerallerini içerdiği, muskovit ve rutil gibi kirliliklerin miktarının az olmasından dolayı varlığı belirlenememiştir. Menderes pomzularının X-ışını difraksiyonu sonuçları ise Bölüm Dört’de sunulmuştur.



Şekil 7. 1. Ukrayna Kilinin DTA-TGA Analiz Eğrileri

Şekil 7.1’de gösterilen DTA eğrisinde, Ukrayna kil numunesi 102,4 °C ve 550 °C sıcaklıklarda endotermik (ısı alan) reaksiyondan dolayı, 966,2 °C sıcaklıkta ise ekzotermik (ısı veren) reaksiyondan dolayı eğrisel pikler görülmektedir. Bu yapı kaolinin tipik DTA-TGA analiz eğriler ile uyumludur (McLaughlin,1971). Ukrayna kili sıcaklığın artmasıyla, 102,4 °C sıcaklıkta yüzeysel suyunu kaybetmekte, 550 °C sıcaklıkta ise yapısındaki kimyasal bağlı suyu kaybederek, meta kaolene ($2Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$) dönüşmektedir. Bu endotermik reaksiyonla %7’lik bir kütle kaybı olduğu TG eğrisinden görülmektedir. 966,2 °C sıcaklıkta ise meta kaolenden kuvars ayrışması ile mullit ($2Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ -spinel) ve kristabolit (SiO_2) dönüşümü ekzotermik reaksiyonla gerçekleşmektedir.

Çalışmalarda kullanılan cevherler, MMS Machine Macina Smelto-4/4 marka değirmende yaş olarak öğütülmüştür. Değirmene, 241 mm ve 410 mm çaplı 26 adet toplam 550 gr bilya şarj edilmiş, 600 gr numune ile %50 katı ortamında öğütme gerçekleştirilmiştir. Ukrayna kili 6 dak, flote albit cevheri 30 dak., pomza ise 38 dak. süre ile ayrı ayrı öğütülmüştür. Öğütülen kil, pomza ve flote albitin tane boyut dağılımları Şekil 7.2’de eğrisel olarak gösterilmiştir. Tane boyut analizleri Multisizer Accucomp 1,19 marka tane boyut ölçüm cihazı ile, DTA analizleri Netzsch STA 409 EP cihazı ile KaleMaden End.Ham.San. ve Tic. A.Ş.’nin katkılarıyla yapılmıştır.

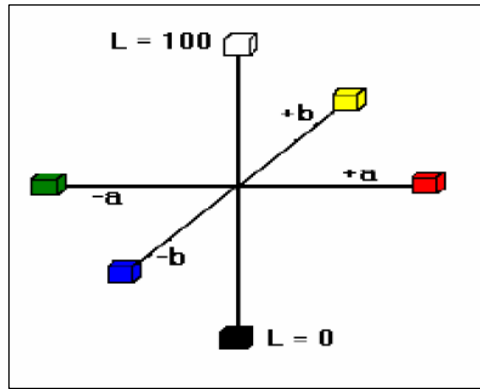


Şekil 7. 2. Ukrayna kili, Menderes pomzası ve flote albitin tane boyut dağılımları

Şekil 7.1’de gösterildiği gibi, öğütülen Ukrayna kilinin %94,99’u 61,47 μ ’nun, pomzanın %93,84’ü 66,45 μ ’nun, flote albitin ise %92,65’i 60,05 μ ’nun altındadır.

Öğütülen cevherler, kurutulduktan sonra %5 oranında nemlendirilip, nemin homojen olarak dağılması sağlandıktan sonra, 2,5 cm x 10 cm boyutlarındaki kalıpta, manuel pres kullanarak 170 kg/cm² basınçla şekillendirilmiş ve Nabertherm marka kamara tipi fırında pişirilmiştir. Kil, pomza ve flote albitten oluşan cevher karışımları ile hazırlanan seramik örnekleri ise ayrı ayrı öğütülen cevherlerin kurutulmasından

sonra homojen olarak karıştırılıp, şekillendirilmesi ile sağlanmıştır. Şekillendirilen seramik örnekleri, pişirmenin sağlandığı en yüksek sıcaklıklarda 5 dakika süre ile pişirilmiştir. Pişirilen örneklerin; birim hacim ağırlıkları (gr/cm^3), pişme küçülmeleri (%), su emme oranları (%), mukavemetleri (kg/cm^2) ve renklerini içeren fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Örneklerin mukavemetleri, Ceramic Instruments s.r.l. Strumento-Mor/3-E marka eğilme dayanımı test cihazı ile, renk ölçümleri ise Minolta Choroma Meter CR 400 marka renk ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Şekil 7.3'de, renk ölçüm cihazının renk skalası gösterilmektedir.



Şekil 7. 3. Renk ölçüm cihazının renk skalası

7.2.2. Menderes Pomzalarının Seramik Yapısına Etkisi

İzmir-Menderes yöresi pomzalarından alt tabaka (P1), orta tabaka (P2) ve üst tabaka (P3) pomzalarının seramik bünyesine uygunluğu araştırılmıştır. Bu amaçla her üç pomza cevherine, bağlayıcı özelliği nedeniyle %5 oranında Ukrayna kili ilave edilerek şekillendirilmiştir. Seramik örnekleri, Roller fırında $1130\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de toplam 30 dakika, $1190\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıklarda toplam 42 dakika pişirilerek renk ölçümleri yapılmış ve örneklerin pişme küçülmeleri (%), su emme oranları (%) ve renkleri saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 7.2 ve 7.3'de verilmiştir.

Tablo 7. 2. Menderes Pomzaları ile hazırlanan örneklerin fiziksel test sonuçları

Pomza Tipi	1130 °C					
	$\gamma_{p\ddot{u}lp}$, gr/cm ³	Pişme Küç. %	Su Emme Or., %	Renk		
				L	a	b
P1 (Alt T)	1520	5,71	7,67	52,11	11,84	19,57
P2 (Orta T)	1638	5,83	8,65	73,74	4,15	14,60
P3 (Üst T)	1473	5,53	8,24	60,80	8,98	21,19
Flote Albit			18,11			

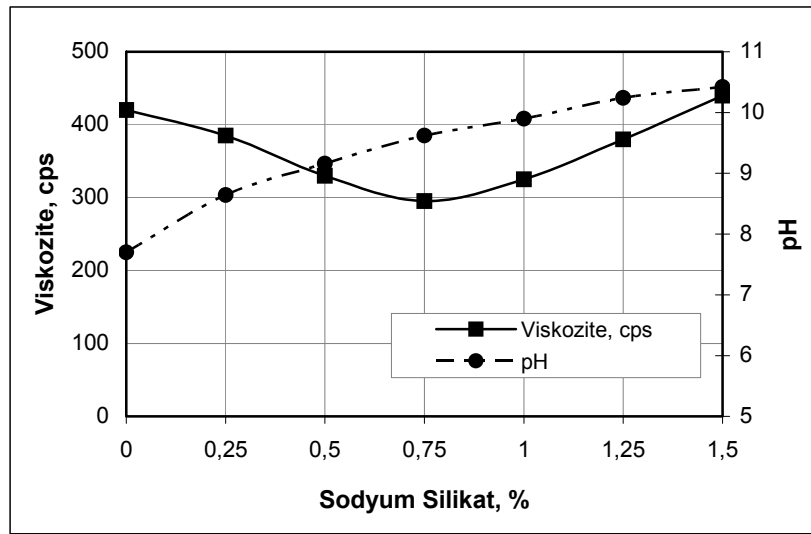
Tablo 7. 3. Menderes Pomzaları ile hazırlanan örneklerin fiziksel test sonuçları

Pomza Tipi	1190 °C					
	$\gamma_{p\ddot{u}lp}$, gr/cm ³	Pişme Küç. %	Su Emme Or., %	Renk		
				L	a	b
P1 (Alt T)	1520	7,28	0,30	33,75	6,11	9,97
P2 (Orta T)	1638	7,26	0,21	46,17	3,38	11,43
P3 (Üst T)	1473	7,18	0,18	38,24	4,49	12,42
Flote Albit			1,81			

Tablo 7.2 ve 7.3’de gösterildiği gibi, Menderes yöresi alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomzalarının 1130 °C sıcaklıkta pişirilmesi ile %5,53-%5,83 arasında değişen değerlerde pişme küçülmesi sağlanmıştır. Pomza örneklerinin 1190 °C sıcaklıkta pişirilmesiyle ise %7,28-%7,18 arasındaki değerlerde pişme küçülmesi sağlanmıştır. Alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomza örneklerinin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi ile birbirine yakın pişme küçülmesi değerleri elde edilmiştir. 1130 °C sıcaklıkta pişirilen pomza örneklerinin su emme oranları %7,67-%8,65 arasında değişirken, feldspatın bu sıcaklıktaki su emme oranı %18,11 olmuştur. 1190 °C sıcaklıkta ise pişmiş pomza örneklerinin su emme oranları %0,18-%0,30 arasında değişirken, feldspatın bu sıcaklıktaki su emme oranı %1,81 olmuştur. Bu durum, 1130 °C ve 1190 °C sıcaklıklarda pomzanın feldspata göre daha erken sinterleştiğini göstermektedir. 1130 °C sıcaklıkta pişen pomza örneklerinin L.a.b. renk değerlerine bakıldığında, orta (P2) tabaka pomza örneğinin 73,74; 4,15; 14,60 değerleri ile, 1190 °C sıcaklıkta ise 46,17; 3,38; 11,43 değerleri ile alt ve üst tabaka pomza örneklerinden daha açık bir renge sahip olduğu saptanmıştır. Bu durumda, orta tabaka (P2) Menderes pomzasının seramik bünyeye daha uygun olduğu belirlenmiştir.

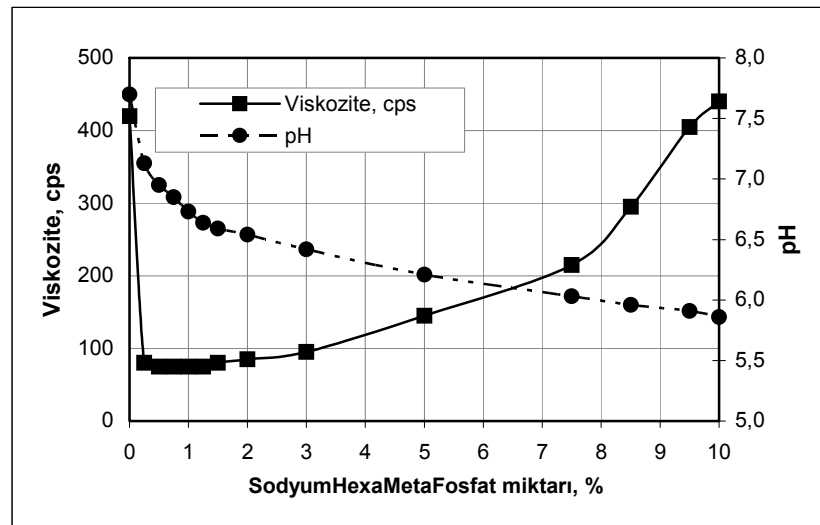
Örneklerin öğütme sonrası pülp yoğunlukları, 1473-1638 gr/cm³ arasında değişim göstermiştir. Bu ise, pomzanın viskozitesinin yüksek olacağını göstermektedir. Bu durum, pomza ham cevherinin gözenekli yapısı nedeniyle su emme oranının yüksek olmasından dolayı olabileceği düşünülmektedir. Seramik sektöründe seramik yapıcı malzemelerin öğütülmesinde yaygın olarak kullanılan ve öğütme ortamına ilave edilen sodyum silikat [(Na₂SiO₃)], sodyumhexametafosfat [(NaPO₃)₆] ve sodyumtripolifosfat [(Na₅P₃O₁₀)] elektrolitlerinin, öğütülmüş orta (P2) tabaka pomzasına ilave edilmesi ile pomzanın viskozitesindeki değişimler saptanmıştır.

Şekil 7.4, 7.5 ve 7.6'da sırasıyla orta tabaka (P2) cevherinin Sodyum Silikat, Sodyumhexametafosfat ve Sodyumtripolifosfat elektrolitlerinin ortama farklı miktarlarda ilave edilmesiyle elde edilen viskozite değerleri ve pH değişimleri verilmiştir. P2 cevheri için ortam yoğunluğu 1540 gr/cm³, ortam sıcaklığı ortalama 22,60 °C, + 0,063 mm tane boyutu ise %1,50 olarak saptanmıştır.



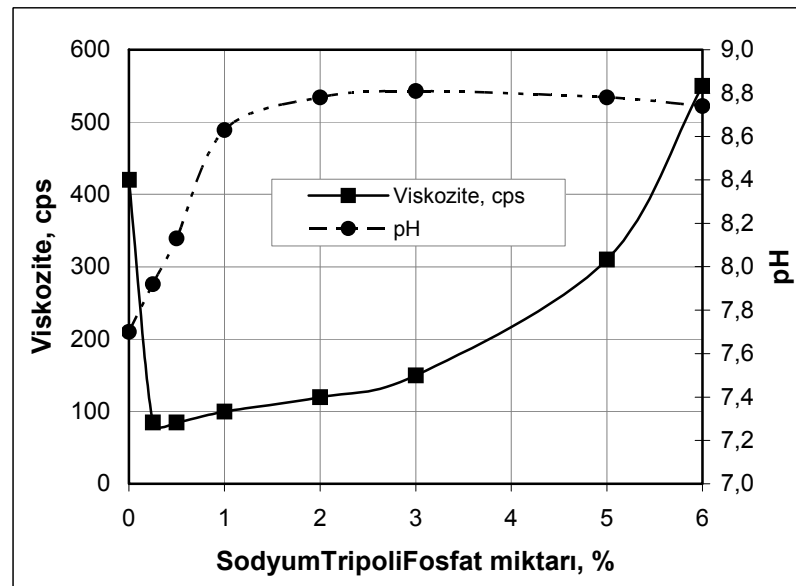
Şekil 7. 4. Orta (P2) tabaka pomza cevherinin Sodyum Silikat ile viskozite değişimi

Şekil 7.4'de gösterildiği gibi, orta (P2) tabaka pomza cevherinin viskozitesi 420 cps'dur. Ortama sodyum silikat elektrolitinden % 0,75 miktarında ilave edildiğinde viskozite değeri 295 cps değerine düşmekte, ortama %1 miktarında ilave edilmesi ile de viskozite değeri artmaya (325 cps) başlamaktadır. Ortamın pH'ı artan elektrolit miktarı ile artmaktadır.



Şekil 7. 5. Orta (P2) tabaka pomza cevherinin Sodyumhexametafosfat ile viskozite değişimi

Şekil 7.5’de ise ortama Sodyumhexametafosfat elektrolitinden %0,25 miktarında ilave edildiğinde viskozite değeri 420 cps değerinden 80 cps’a, ortama %0,50 miktarında ilave edildiğinde ise viskozite değeri 75 cps değerine düşmektedir. Elektrolit miktarının %2’ye çıkartılması ile de viskozite değeri artmaya (85 cps) başlamaktadır. Ortamın pH’sı ise elektolit miktarı arttıkça düşmekte, ortam asidik özellik kazanmaktadır.



Şekil 7. 6. Orta (P2) tabaka pomza cevherinin SodyumtripoliFosfat ile viskozite değişimi

Şekil 7.6'da ise, ortama sodyum tripolifosfat elektrolitinden %0,25 miktarında ilave edildiğinde viskozite değeri 420 cps değerinden 85 cps değerine düşmektedir. Elektrolit miktarının %2'e çıkartılması durumunda ise viskozite değeri artmaya (120 cps) başlamaktadır. Ortamın pH'sı ise elektolit miktarı arttıkça artmakta, ortam bazik özellik kazanmaktadır.

Şekil 7.4, 7.5 ve 7.6'dan da görüldüğü gibi, 420 cps viskozite değerine sahip olan orta (P2) tabaka pomzasının viskozitesini, en az miktar ile en fazla oranda düşüren elektrolitin sodyumhexametfosfat olduğu belirlenmiştir. Sodyumtripolifosfattan ise daha fazla miktarda kullanılması ile pomzanın viskozitesi düşmektedir. Sodyum silikat ise pomzanın viskozitesinin düşürülmesine hiçbir katkı sağlamamaktadır. Sodyumhexametfosfat elektrolitinden %0,25 oranında kullanılarak her ne kadar pomzanın viskozitesinin azaltılsa dahi, bu miktar bu elektrolitin maliyetinin yüksek olması nedeniyle seramik sektörü için yüksek bir miktardır. Bu nedenle, pomzanın katkı malzemesi olarak kullanıldığı reçetenin viskozitesi ölçülerek, elektrolitlerin ayrı ayrı ve belirli oranlarda karıştırılması ile reçetenin viskozite değişimlerinin saptanmasında fayda olacaktır.

Orta (P2) tabaka pomzasının seramik bünyesine uygunluğunun araştırıldığı çalışmalarda, öğütülmüş pomza, kil, flote albit cevherleri, ayrı ayrı koni şeklinde şekillendirildikten sonra 1160-1220 °C arasındaki sıcaklıklarda, toplam 55 dakika süre ile pişme testlerine tabii tutulmuş ve örneklerin yoğunlukları, pişme küçülmeleri, su emme oranları ve renkleri saptanmıştır.

Tablo 7.4'de, Ukrayna kili, orta tabaka (P2) pomzası ve flote albitin ayrı ayrı pişme test sonuçları sunulmakta, Şekil 7.7'de ise pişirilen ürünler gösterilmektedir.

Tablo 7. 4. Orta (P2) tabaka pomzasının pişme testleri sonuçları

Ürünler	Pomza °C	d, gr/cm ³	Piş.Küç. %	Su E.O., %	Renk		
					L	a	b
Ukrayna Kili	1160	1,72	5,50	2,50	79,33	2,06	13,52
	1180	1,79	5,65	2,00	77,78	1,49	13,52
	1200	1,81	5,81	1,46	77,15	1,10	14,80
	1220	2,54	6,13	1,00	74,81	0,94	14,08
Pomza (P2)	1160	2,21	7,11	0,30	35,87	4,83	8,06
	1170	2,21	7,23	0,09	34,25	4,28	7,16
	1180	2,22	7,27	0,07	32,43	3,73	7,36
	1190	2,21	7,30	0,05	30,91	3,63	6,99
	1200	2,20	7,34	0,00	29,96	3,51	6,72
	1210	2,21	7,38	0,00	28,00	3,40	6,30
	1220	2,20	7,40	0,00	27,5	3,30	6,00
Flote Albit	1160	2,10	6,51	2,05	93,65	0,11	4,61
	1180	2,21	6,62	2,00	91,20	0,74	4,99
	1200	2,22	6,74	1,50	86,60	0,53	5,34
	1220	2,23	6,87	1,00	76,38	1,36	6,11



a) 1160 °C , 1180 °C, 1200 °C ve 1220 °C sıcaklıklarda pişirilen Ukrayna kilinin görüntüleri



b) 1160 °C , 1170 °C, 1180 °C, 1190 °C, 1200 °C, 1210 °C ve 1220 °C sıcaklıklarda pişirilen Menderes pomzasının görüntüleri



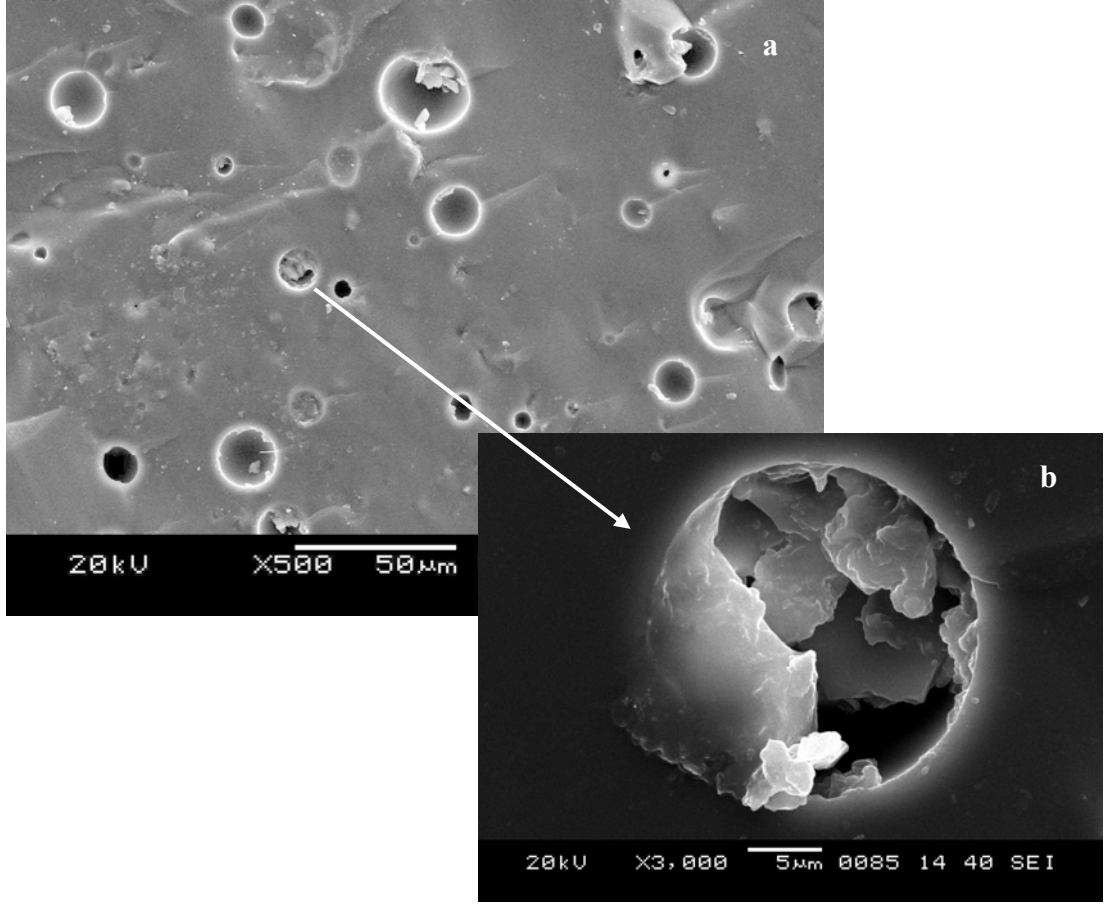
c) 1160 °C , 1180 °C, 1200 °C ve 1220 °C sıcaklıklarda pişirilen Flote albitin görüntüleri

Şekil 7. 7. 1160-1220 °C sıcaklık aralığında pişirilen Ukrayna kili (a), Menderes pomzası (b) ve Flote albitin (c) görüntüleri

Tablo 7.4’de, 1160-1220 °C sıcaklık aralığında pişirilen Ukrayna kilinde sıcaklığın artmasıyla yoğunluğunun 1,72 gr/cm³’den 2,54 gr/cm³’e arttığı, pişme küçülmesinin %5,5’den %6,13’a yükseldiği, su emme oranının %2,50’den %1,00’a düştüğü, renk değerlerinden L’nin 79,33’den 74,81’e, a değerinin 2,06’den 0,94’e düştüğü, b değerinin ise 13,52’den 14,08’e yükseldiği belirlenmiştir. Pişirilen orta tabaka (P2) pomzasında, sıcaklığın artmasıyla yoğunluğunun 2,20-2,22 gr/cm³ civarında sabit kaldığı, pişme küçülmesinin %7,11-7,40 arasında çok yakın değerlerde artış göstererek değiştiği, renk değerlerinden L’nin 35,87’den 27,5’e, a değerinin 4,83’den 3,30’a düştüğü, b değerinin ise 8,06’dan 6,00’a yükseldiği belirlenmiştir. Pomza örneğinin su emme oranı ise, 1160 °C sıcaklıkta %0,3 iken, 1190 °C sıcaklıkta %0,05’e düştüğü, 1200 °C ve üzeri sıcaklıklarda ise su emme oranının %0’a indiği belirlenmiştir. Pişirilen flote abitte ise sıcaklığın artmasıyla yoğunluğunun 2,10 gr/cm³’den 2,23 gr/cm³’e arttığı, pişme küçülmesinin %6,51’den %6,87’e yükseldiği, su emme oranının %2,01’den %1,00’a düştüğü, renk değerlerinden L’nin 93,65’den 76,38’e, a değerinin 0,11’den 1,36’ya yükseldiği, b değerinin ise 4,61’den 6,11’e yükseldiği belirlenmiştir.

1160-1220 °C sıcaklıkları arasında pişirilen pomza ve flote albit örneklerinin yoğunlukları birbirine yakın değerlerde olduğu bulunmuştur. Pomza örneklerinin farklı sıcaklıklardaki yoğunluklarının birbirine yakın olması sinterleşmenin daha düşük sıcaklıklarda başladığını göstermektedir. Pomza örneklerinin su emme oranlarının da sıfıra yakın miktarda düşük olması bunu doğrulamaktadır. Pişirilen pomza örneklerinin pişme küçülmesi değerlerinin sıcaklığa bağlı olarak %7,11-%7,40 arasında, flote albit örneklerinin ise %6,51-%6,87 arasında değişim göstermesi, pomza örneklerinin bu sıcaklıklarda daha fazla ergidiğini göstermektedir. Pomza örneklerinin düşük su emme oranına sahip olması yanında, pişme küçülmelerinin flote albitinkine yakın değerlerde olması seramik üretimi için önemli bir avantaj sağlamaktadır. Ancak Şekil 7.7’de de gösterildiği gibi, pomza örneklerinin pişme rengi, kil ve flote albit örneklerinininkine göre daha koyudur.

Şekil 7.8’de, 1180 °C sıcaklıkta pişirilen orta tabaka (P2) pomzasının yüzey özellikleri taramalı elektron mikroskopu ile görüntülenmiştir.



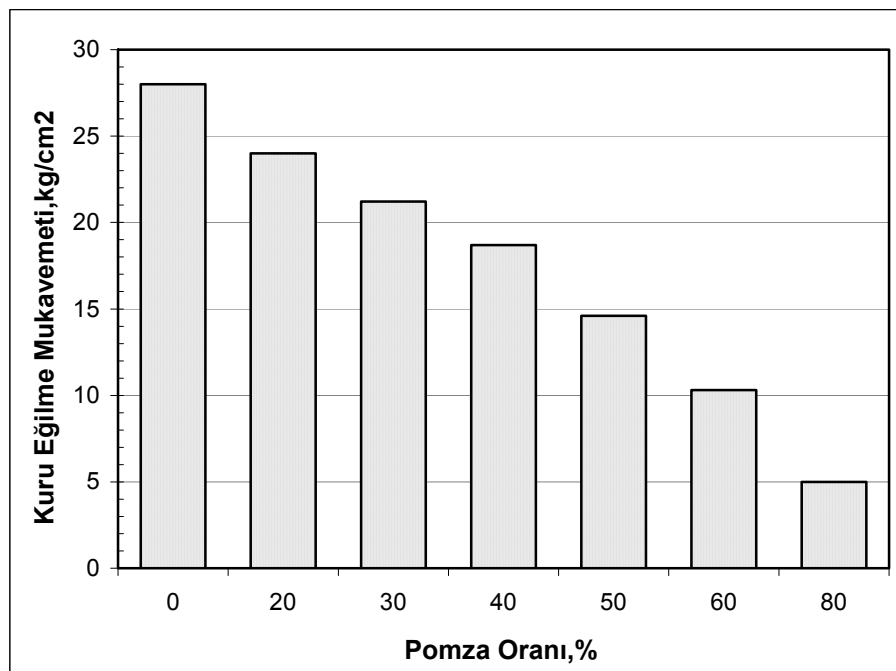
Şekil 7. 8. 1180 °C sıcaklıkta pişirilen orta (P2) tabaka pomzasının SEM görüntüleri

Şekil 7.8’de, orta tabaka (P2) pomzanın 1180 °C sıcaklıkta pişirilmesi ile ergimenin sağlandığı, yapıdaki cam faz oranının arttığı (Şekil 7.8a), ayrıca yapıda küçük ve kapalı gözenek (Şekil 7.8b) olduğu belirlenmiştir.

Menderes orta (P2) tabaka pomzasının seramik bünyeye etkisinin araştırılması amacıyla yapılan çalışmalarda, Ukrayna kiline ağırlıkça %20-%80 arasında artan oranlarda pomza (P2) ilave edilmiş ve şekillendirilen seramik örneklerinin pişme öncesi eğilme mukavemetleri (kuru eğilme mukavemeti) saptanmıştır. Örneklerin sahip olduğu kuru eğilme mukavemeti sonuçları değersel olarak Tablo 7.5’da, eğrisel olarak ise Şekil 7.9’da gösterilmiştir.

Tablo 7. 5. Pomza ve kil karışımının pişme öncesi kuru mukavemet sonuçları

Kil, %	Pomza, %	Kuru Mukavemet, kg/cm ²
20	80	5,0
40	60	10,3
50	50	14,6
60	40	18,7
70	30	21,2
80	20	24,2
100	0	28,0



Şekil 7. 9. P2 (orta tabaka) pomza cevherinin pişme öncesi kuru mukavemet sonuçları

Tablo 7.5 ve Şekil 7.9'da gösterildiği gibi, sadece Ukrayna kili (%100) ile hazırlanan örneğin pişme öncesi kuru eğilme mukavemetinin 28 kg/cm² olduğu bulunmuştur. Ukrayna kiline %20 ile %80 arasında artan oranlarda pomza katkı ile hazırlanan örneklerin kuru eğilme mukavemetlerinin 5,0 ile 24,2 kg/cm² arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Ukrayna kiline pomza katkısının artmasıyla örneklerin kuru mukavemet değerlerinin azaldığı saptanmıştır. %60 oranında Ukrayna kili ile %40 oranında pomza karışımının, kuru eğilme mukavemetinin 18,7 kg/cm² olması, Seramixan Turgutlu Seramik San. ve Tic. A.Ş.'nin öngördüğü

işletme sınır değerinin (15 kg/cm^2) üzerindedir. Bu durumda, işletme koşullarında, %40'ın üzerindeki pomza katkısı ile hazırlanan seramiklerin pişirilmek üzere fırına sevk edilmesinin mümkün olmayacağı açıktır.

Tablo 7.6 ve 7.7'de, %60 Ukrayna kili ile %40 oranında pomzanın karıştırılması ile hazırlanan örneklerin 1160-1200 °C arasındaki sıcaklıklarda toplam 42 dakika pişirilmesi ile örneklerin pişme küçülmesi, su emme oranı, mukavemeti ve renk ölçüm değerleri sunulmuştur. Şekil 7.10'da su emme oranları, Şekil 7.11'de ise pişme sonrası eğilme mukavemetleri grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 7. 6. %60 Kil+%40 Pomza karışımının pişme sonrası fiziksel test sonuçları

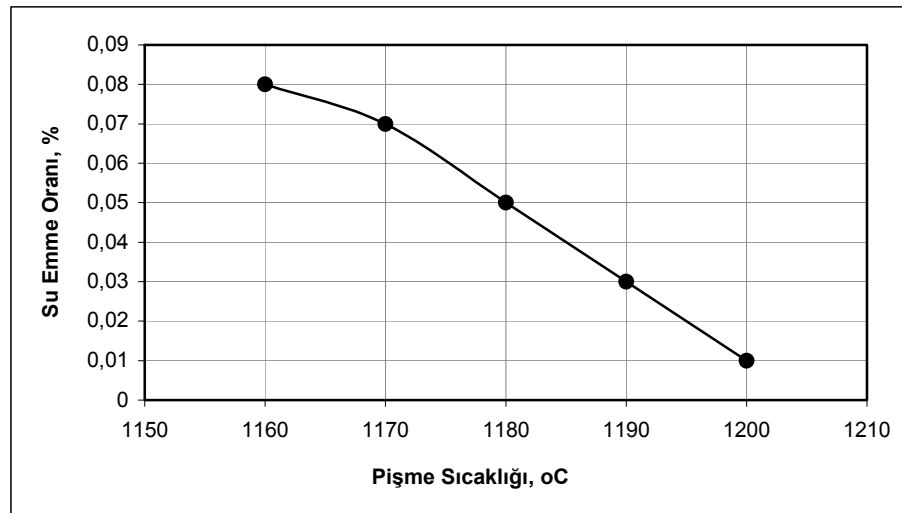
Pomza, °C	Pişme Küçülmesi, %	Su Emme Or., %	Mukavemet, kg/cm²
1160	7,10	0,08	178,0
1170	7,26	0,07	186,0
1180	7,57	0,05	196,0
1190	7,62	0,03	204,0
1200	7,97	0,01	218,6

Tablo 7. 7. %60 Kil+%40 Pomza karışımının pişme sonrası renk ölçüm değerleri

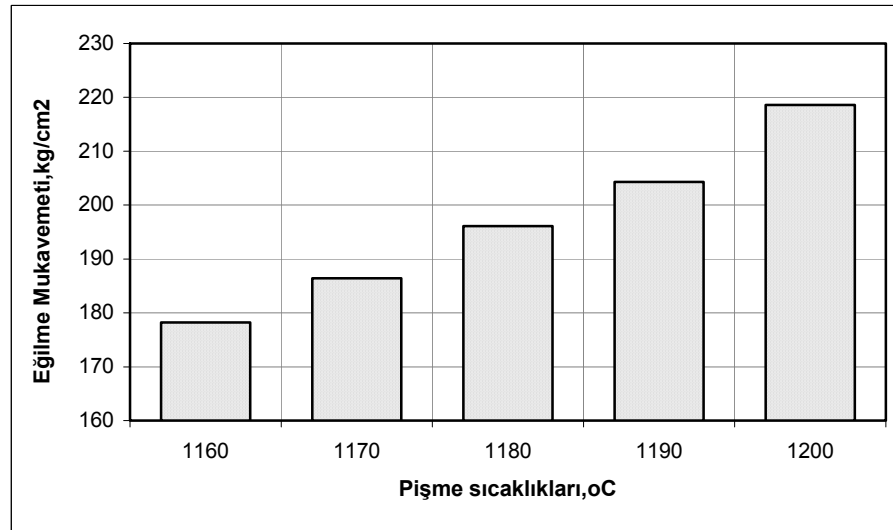
Pomza, °C	Renk		
	L	a	b
1160	69,44	2,62	14,91
1170	67,99	2,89	16,75
1180	66,30	2,60	15,40
1190	65,32	2,36	15,32
1200	65,29	2,33	15,25

Tablo 7.6 ve 7.7'de gösterildiği gibi, %60 Kil ve %40 Pomza karışımı ile hazırlanan seramik örneklerinde sıcaklığın 1160 °C den 1200 °C ye yükselmesi ile pişme küçülmesi değerlerinin %7,10'dan %7,97 oranına arttığı, pişen örneklerin renginin ise sıcaklığın artmasıyla koyulaştığı saptanmıştır. Şekil 7.10 ve 7.11'de gösterildiği gibi, örneklerin su emme oranları sıcaklığın artmasıyla %0,08'den %0,01'e düştüğü, mukavemetlerinin ise 178 kg/cm^2 den $218,6 \text{ kg/cm}^2$ ye yükseldiği saptanmıştır. Sıcaklığın artmasıyla, su emme oranının azalması ve mukavemetin artması, sinterleşme nedeniyle gözenekliliğin önemli ölçüde azaldığını

göstermektedir. Ancak, %60 kil ve %40 pomza karışımı ile sağlanan pişme sonrası eğilme mukavemeti sonuçları, seramik bünyede olması gereken eğilme mukavemeti değerine (en az 270 kg/cm²) göre düşüktür. Bu durumda, ya pomzanın oransal miktarının azaltılması veya kil ile pomza karışımına flote albit katkısı sağlanarak örneklerin mukavemetlerinin artırılabilmesi söz konusu olmaktadır. Flote albit katkısının, kil ile pomza karışımının bünye rengini de daha açık hale getirmesi nedeniyle böylesi bir karışımın hazırlanması uygundur.



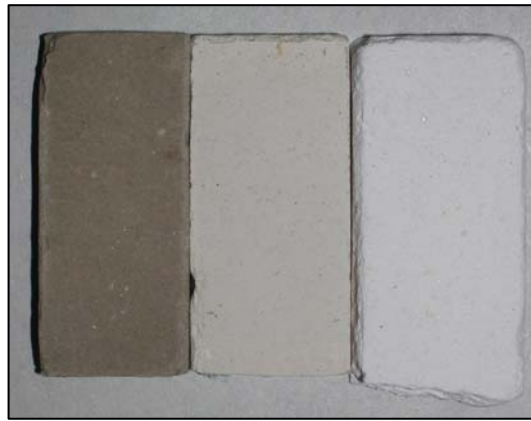
Şekil 7. 10. %60 Kil+%40 Pomza karışımının pişme sonrası mukavemet sonuçları



Şekil 7. 11. %60 Kil+%40 Pomza karışımının pişme sonrası su emme sonuçları

Ukrayna kili, Menderes pomzası ve flote albitten herhangi bir karışım oluşturulmadan cevherlerin tek başına pişirilmesi ile hazırlanan örneklerin eğilme

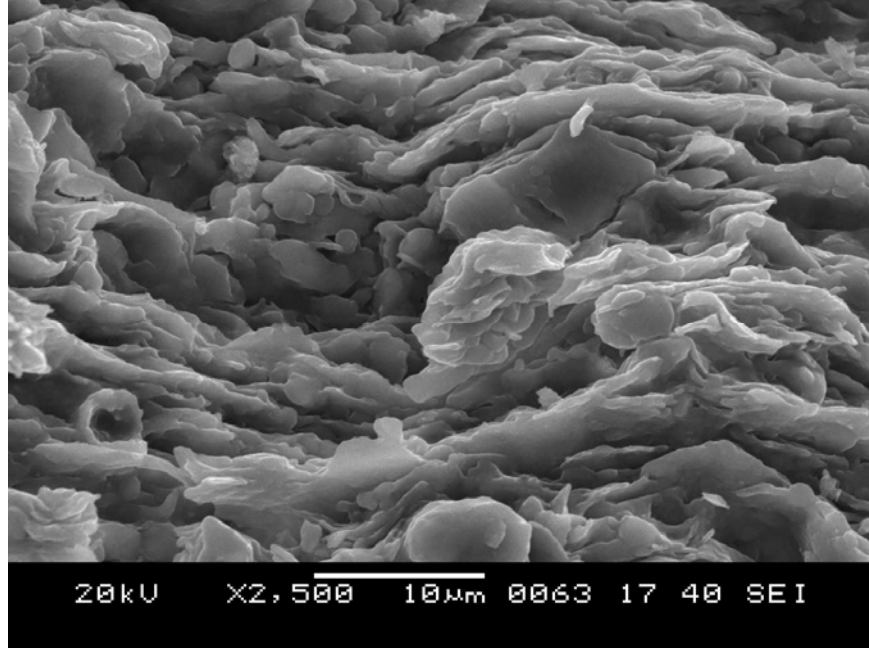
mukavemetleri saptanmıştır. Flote albit ile pomza örneklerinin kolay şekillendirilememesi nedeniyle, şekillendirme öncesi örneklere %5 oranında Ukrayna kili ilave edilmiştir. Şekillendirilen %100 kil, %95 pomza (ile %5 kil) ve %95 flote albit (ile %5 kil) örnekleri, 1180 °C sıcaklıkta toplam 42 dakika süre ile pişirilmiştir. 1180 °C sıcaklıkta örneklerin pişirilmesi sonucunda, Ukrayna kili ile hazırlanan örneklerin mukavemetinin 550 kg/cm², pomza (P2) ile hazırlanan örneklerin mukavemetinin 148 kg/cm², flote albitle hazırlanan örneklerin mukavemetinin ise 50 kg/cm² olduğu belirlenmiştir. Pişirilmiş kil, flote albit ve pomza örnekleri Şekil 7.12’de gösterilmiştir. Aynı sıcaklıkta ve sürede pişirilen pomza örneğinin mukavemetinin, flote albitinkine göre daha yüksek, renginin ise daha koyu olduğu bulunmuştur.



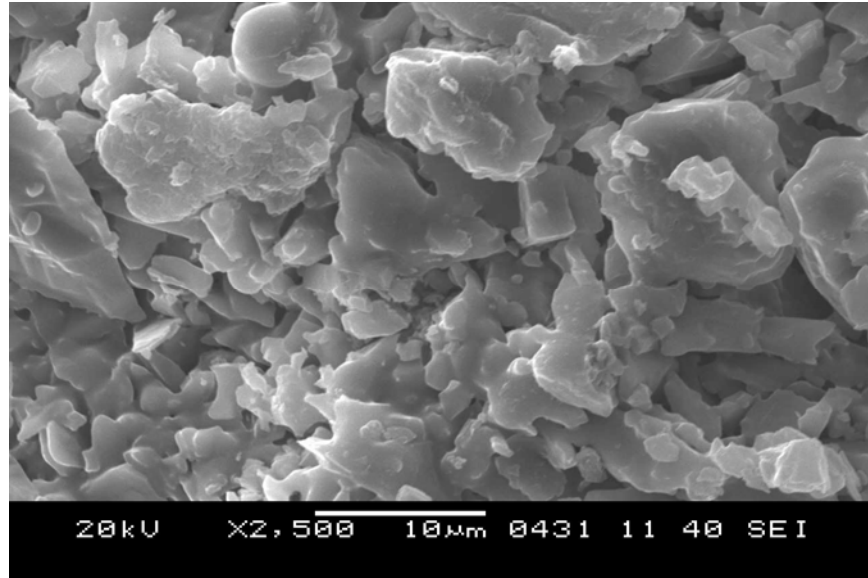
Şekil 7. 12. Pomza, kil ve flote albit ile hazırlanıp 1180 °C sıcaklıkta pişirilen örneklerin görüntüleri

Şekil 7.13, 7.14 ve 7.15’de, sırasıyla Ukrayna kilinin, flote albitin ve Menderes pomzasının 1180 °C sıcaklıkta pişme görüntüleri (SEM) sunulmuştur. Pişme görüntülerine göre, her üç hammaddenin pişme sonucunda farklı yapıda ergidiği görülmektedir. Ayrıca, 1180 °C sıcaklıkta Menderes pomzasında daha fazla ergime olduğu, amorf bir yapıya dönüştüğü ve yapısında iğnemsî ve yuvarlak formda kristallerin olduğu görülmektedir (Şekil 7.15). Pişmiş Menderes pomza örneğine yapılan noktasal kimyasal analiz sonucunda her iki yapının da kalsiyum (Ca) içerdiği saptanmıştır. Bu durum, Menderes orta tabaka pomzasının içerdiği kalsiyum oranının diğer hammaddelere göre daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durumda,

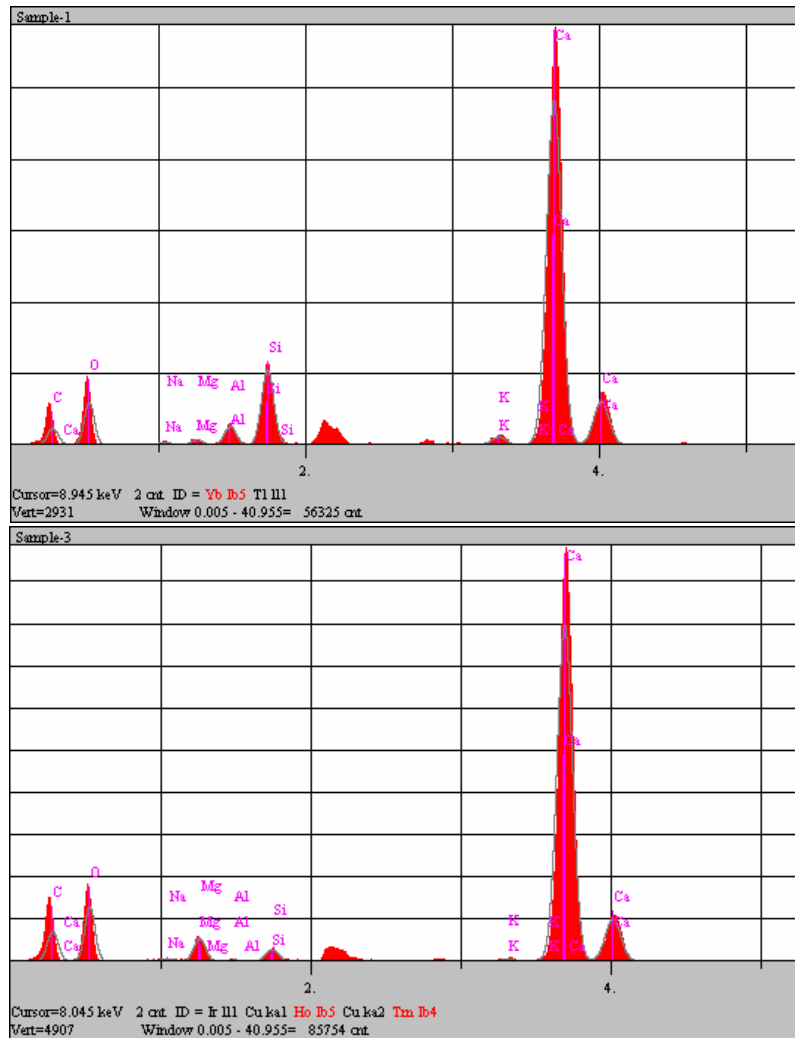
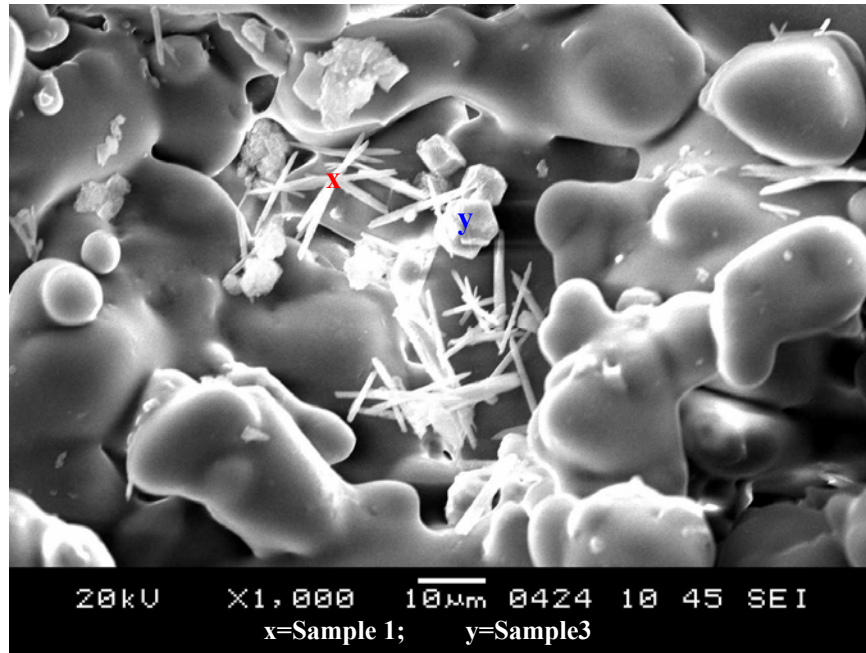
pomzadaki pişme küçülmesinin, yapısındaki kalsiyum nedeniyle dengeleneceği beklenmelidir.



Şekil 7. 13. 1180 °C sıcaklıkta ukrayna kili ile hazırlanan örneğin pişmiş görüntüsü



Şekil 7. 14. 1180 °C sıcaklıkta flote albit ile hazırlanan örneğin pişmiş görüntüsü



Şekil 7. 15. 1180 °C sıcaklıkta Menderes pomzası ile hazırlanan örneğin pişmiş görüntüsü ve kimyasal analizi

Tablo 7.8'de, Ukrayna kili (%60) ve Menderes orta (P2) tabaka pomza (%40) karışımıyla hazırlanan örneklere, pomza miktarı azaltılarak flote albitden %0-10-20-30 ve 40 oranlarında ilave edilip, örneklerin 1160°C, 1180 °C ve 1200 °C sıcaklıklarda pişirilmesi ile üretilen seramik örneklerinin pişme küçülmeleri, su emme oranları, mukavemetleri ve renk ölçüm değerleri sunulmuştur. Şekil 7.16'da, örneklerin pişme sonrası eğilme mukavemetleri grafiksel olarak gösterilmiştir.

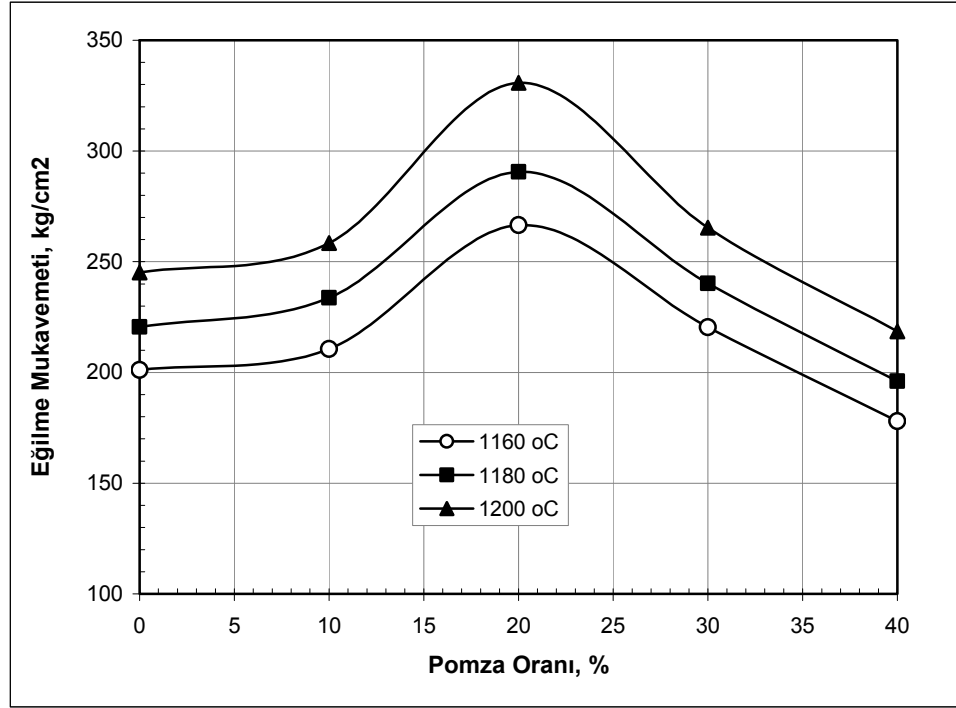
Tablo 7. 8. Ukrayna kili, flote albit ve pomza karışımı ile hazırlanan seramik örneklerin fiziksel test sonuçları

Sıcaklık °C	Karışım	Piş.Küç %	Su Em.O. %	Mukavemet kg/cm ²
1160	%60K+%00F+%40P	7,52	0,07	178,0
	%60K+%10F+%30P	7,23	0,08	220,4
	%60K+%20F+%20P	6,83	0,09	266,5
	%60K+%30F+%10P	6,52	0,11	210,6
	%60K+%40F+%00P	5,90	0,60	201,1
1180	%60K+%00F+%40P	8,10	0,05	196,0
	%60K+%10F+%30P	7,00	0,06	240,3
	%60K+%20F+%20P	6,80	0,07	290,7
	%60K+%30F+%10P	6,73	0,09	233,8
	%60K+%40F+%00P	6,03	0,45	220,6
1200	%60K+%00F+%40P	8,62	0,01	218,6
	%60K+%10F+%30P	7,26	0,03	265,4
	%60K+%20F+%20P	6,92	0,05	330,8
	%60K+%30F+%10P	6,73	0,07	258,5
	%60K+%40F+%00P	6,63	0,30	245,2

Tablo 7.8'de gösterildiği gibi, ve bünyede flote albit olmadan %60 Kil+%40 Pomza karışımı ile hazırlanan örneklerin 1160 °C sıcaklıkta pişirilmesi ile pişme küçülmesi %7,52; 1180 °C sıcaklıkta pişirmesi ile %8,10; 1190 °C sıcaklıkta pişirmesi ile pişme küçülmesi %8,62 oranında olmuştur. Bünyede pomza olmadan %60 Kil+%40 Flote Albit karışımı ile hazırlanan örneklerin pişme küçülme değerleri

ise, 1160 °C sıcaklıkta pişirmesi ile %5,90; 1180 °C sıcaklıkta pişirmesi ile %6,03; 1200 °C sıcaklıkta pişirilmesi ile pişme küçülmesi %6,63 oranında olmuştur. 1160 °C, 1180 °C ve 1200 °C sıcaklıklarda, kil, pomza ve flote albitin belirli oranlarda karışımı ile hazırlanan örneklerde, karışımların albit oranının artıp, pomza oranının azalması ile örneklerin pişme küçülmesi değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. %60 Kil+%40 Flote Albit karışımı ile hazırlanan örneklerin su emme oranları, 1160 °C sıcaklıkta pişirilmesi ile %0,60; 1180 °C sıcaklıkta pişirmesi ile %0,45; 1200 °C sıcaklıkta pişirmesi ile %0,30 oranında olurken, %60 Kil+%40 Pomza karışımı ile hazırlanan örneklerin 1160 °C sıcaklıkta pişirmesi ile su emme oranının %0,07; 1180 °C sıcaklıkta pişirmesi ile %0,05; 1200 °C sıcaklıkta pişirmesi ile %0,01 oranında olduğu bulunmuştur. 1160 °C, 1180 °C ve 1200 °C sıcaklıklarda, kil, pomza ve flote albitin belirli oranlarda karışımı ile hazırlanan örneklerde, karışımların albit oranının artıp, pomza oranının azalması ile örneklerin su emme oranları birbirine oldukça yakın değerlerde olmasına rağmen çok az miktarda artış eğilimi göstermiştir.

Tablo 7.8 ve Şekil 7.16'da gösterildiği gibi, 1160 °C, 1180 °C ve 1200 °C sıcaklıklarda, kil, pomza ve flote albitin belirli oranlarda karışımı ile hazırlanan örneklerde, %60 Kil+%40 Pomza ve %60 Kil+%40 Flote albit ile hazırlanan karışımların mukavemetlerinin birbirine yakın değerlerde olduğu, pişme sıcaklığının artmasıyla mukavemetlerinin arttığı saptanmıştır. Örneklerde flote albit oranının artırılıp, pomza oranının azaltılması ile mukavemetlerin belirli bir orana kadar arttığı, daha sonra azaldığı belirlenmiştir. %60 Kil+%20 Flote Albit+%20 Pomza karışımı ile hazırlanan örneklerde mukavemetin daha yüksek olduğu, sıcaklığın artmasıyla mukavemetin daha da arttığı saptanmıştır.

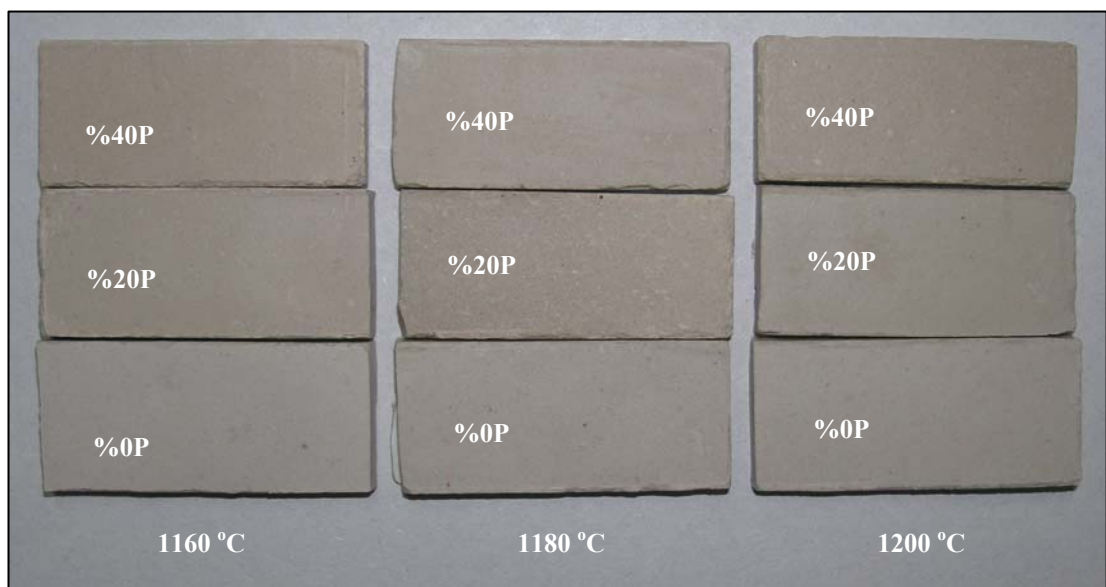


Şekil 7. 16. Ukrayna kili, flote albit ve pomza karışım oranlarının pişme sonrası mukavemet sonuçları

Tablo 7.9'da, 1160 °C, 1180 °C ve 1200 °C sıcaklıklarda, kil, pomza ve flote albitin belirli oranlarda karışımı ile hazırlanan örneklerin renk değerleri, Şekil 7.7'de ise örneklerin görünümü sunulmuştur. Deneysel bulgulara göre, sıcaklığın artmasıyla kil, flote albit ile pomza karışımından oluşan örneklerin renkleri koyulaştığı bulunmuştur. %60 Kil+%40 Flote albitten oluşan karışımın rengi, %60 Kil+%40 Pomza karışımına göre daha açık renkli olduğu belirlenmiştir. Karışımlardaki flote albit oranının artırılıp, pomza oranının azaltılması ile renk değerlerinden L değerinin, 1160 °C sıcaklık için 59,7-65,12 arasında; 1180 °C için 57,84-64,30 arasında; 1200 °C için 56,62-60,46 arasında birbirine yakın değerlerde değişim göstermiştir. Kil ve feldspattan oluşan bünyeye pomza ilavesi bünyenin rengini azaltma yönünde çok az etkilemiştir.

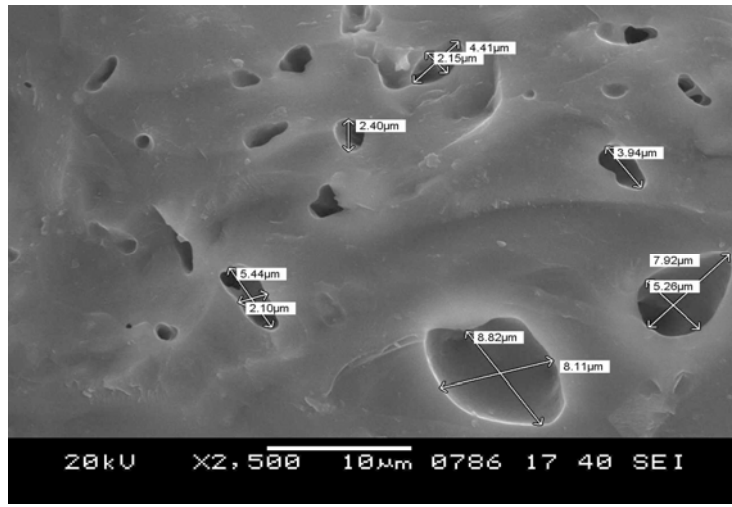
Tablo 7. 9. Ukrayna kili, flote albit ve pomza karışımı ile hazırlanan seramik örneklerin renk değerleri

Sıcaklık	Karışım	Renk		
		L	a	b
1160 °C	%60K+%0F+%40P	58,8	3,10	14,10
	%60K+%10F+%30P	59,70	2,50	13,70
	%60K+%20F+%20P	61,12	2,57	13,49
	%60K+%30F+%10P	65,12	2,38	12,99
	%60K+%40F+%0P	65,26	2,19	13,10
1180 °C	%60K+%0F+%40P	56,36	2,40	14,20
	%60K+%10F+%30P	57,84	2,10	13,30
	%60K+%20F+%20P	58,89	2,20	13,20
	%60K+%30F+%10P	64,30	2,10	13,20
	%60K+%40F+%0P	64,69	1,70	12,50
1200 °C	%60K+%0F+%40P	55,11	1,54	12,80
	%60K+%10F+%30P	56,62	1,90	13,80
	%60K+%20F+%20P	58,00	1,90	13,70
	%60K+%30F+%10P	60,46	1,70	13,10
	%60K+%40F+%0P	61,92	1,38	13,50

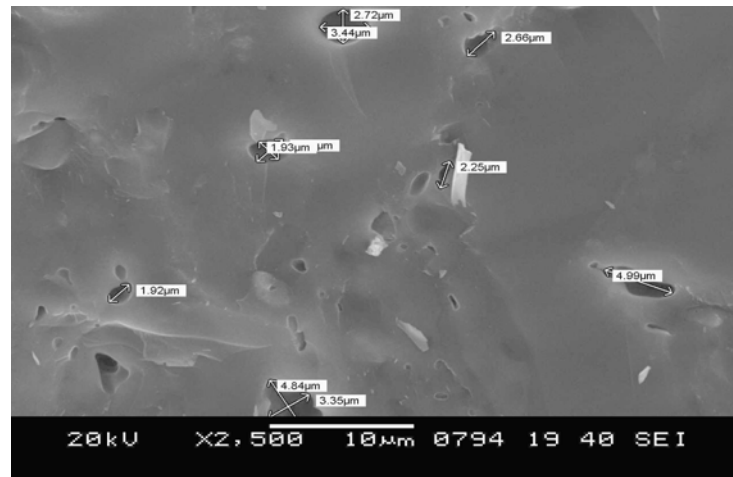


Şekil 7. 17. Ukrayna kili, flote albit ve pomza karışımı ile hazırlanan seramik örneklerinin görüntüleri

Şekil 7.18 ve 7.19'da sırasıyla 1180 °C sıcaklıkta pişirilen %60 Kil+%40 Flote Albit ve %60 Kil+%40 Pomzadan oluşan karışımların pişirilmesi sonucu elde edilen örneklerin SEM görüntüleri sunulmuştur. Görüntüler üzerinde gösterildiği gibi, kil ile pomza karışımıyla hazırlanan pişirilmiş örneğe göre, kil ile flote albitin karışımıyla hazırlanan örneğin yapısındaki gözeneklerin sayısının daha fazla, gözeneklerin boyutunun daha büyük olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, kil ile flote albit karışımıyla hazırlanan örneklerin, kil ve pomza ile hazırlanan örneklere göre, su emme oranı daha yüksek, mukavemetleri daha düşüktür.



Şekil 7. 18. 1180 °C sıcaklıkta pişirilen %60 Kil+%40 Flote Albit karışımlarının SEM görüntüsü



Şekil 7. 19. 1180 °C sıcaklıkta pişirilen %60 Kil+%40 Pomza karışımlarının SEM görüntüsü

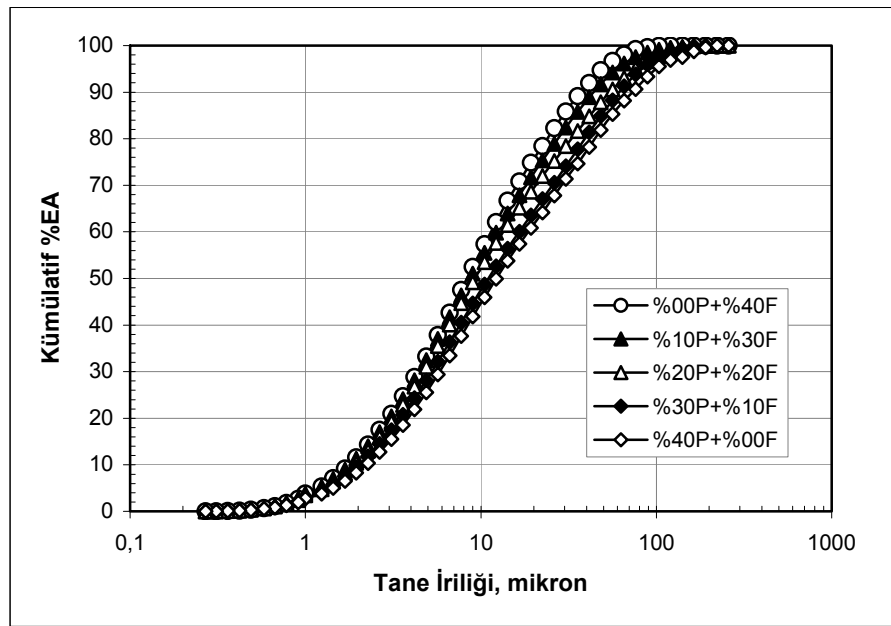
7.2. Menderes Pomzasının Seramik Reçeteye Uygunluğunun Araştırılması

Pomzanın seramik reçetesine etkisinin araştırıldığı çalışmalarda, Ukrayna kili, flote feldspat ve pomzanın yanında, pegmatit ve kaolen kullanılmıştır. %45 oranında Ukrayna kili, %10 oranında pegmatit ve %5 oranında kaolenden oluşan sabit reçeteye farklı oranlarda feldspat ve pomza ilave edilerek, pomza katkısının seramik bünyesine etkisi araştırılmıştır. Sabit reçeteye farklı oranlarda pomza ve flote feldspat ilave edilerek hazırlanan seramik örnekleri, ayrı ayrı öğütülmüş, şekillendirilmiş ve 1180 °C sıcaklıkta, 42 dak süre ile kamara fırında pişirilmiştir. Seramik reçetede kullanılan kaolen ve pegmatitin kimyasal kompozisyonu Tablo 7.10'da verilmiş, her bir karışımın tane boyut dağılımı ise Şekil 7.20'de gösterilmiştir.

Tablo 7. 10. Seramik reçetede kullanılan diğer hammaddelerin kimyasal kompozisyonu

Bileşenler	Kaolen	Pegmatit
%SiO ₂	51,50	76,70
%Al ₂ O ₃	33,17	12,98
%Fe ₂ O ₃	1,20	0,68
%Na ₂ O	0,06	3,87
%K ₂ O	1,00	4,28
%MgO	0,18	0,14
%CaO	0,04	0,23
%TiO ₂	-	0,15
%KK	12,70	0,97

Şekil 7.20'de gösterildiği gibi, karışımlar birbirine yakın dağılımlarda ve ince tane boyutunda öğütülmüştür. %45 oranında Ukrayna kili, %10 oranında pegmatit ve %5 oranında kaolenden oluşan sabit reçeteye %40 flote albit ilavesi ile %98,1'i, %10 pomza ve %30 flote albit ilavesi ile %96,1'i, %20 pomza ve %20 flote albit ilavesi ile %93,03'ü, %30 pomza ve %10 flote albit ilavesi ile %91,25'i, %40 pomza ilavesi ile %88,21'i 65,2 µ tane boyutunun altına öğütülmüştür.



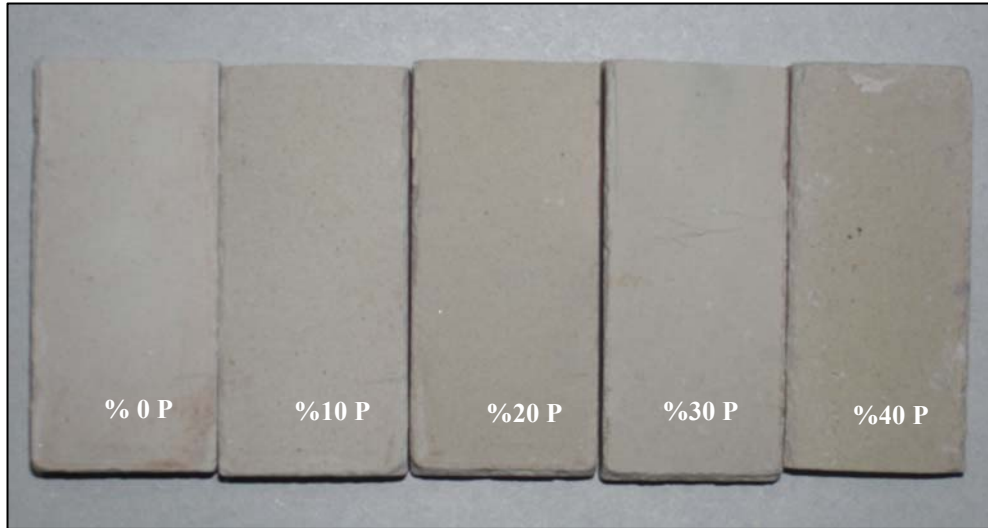
Şekil 7. 20. %45 U.Kili+%10 Pegmatit+%5 Kaolenden oluşan sabit reçeteye farklı oranlarda flote albit (F) ve pomza (P) ilavesi ile hazırlanan karışımların tane boyut dağılımı

Tablo 7.11’de, %45 oranında Ukrayna kili, %10 oranında pegmatit ve %5 oranında kaolenden oluşan sabit reçeteye %0 ile %40 arasında artan oranlarda feldspat ve %40 ile %0 arasında azalan oranlarda pomza ilave edilerek hazırlanıp, pişirilen örneklerin pişme küçülmeleri (%), su emme oranları (%), mukavemetleri (kg/cm^2) ve renk değerleri sunulmuştur. Şekil 7.21’de ise, pişirilen örneklerin görüntüleri sunulmaktadır.

Tablo 7. 11. %45 Ukrayna Kili, %10 Pegmatit ve %5 Kaolenden oluşan sabit reçeteye farklı oranlarda flote albit ve pomza katkısı ile hazırlanan örneklerin fiziksel test sonuçları

İlave Edilen Hammadde	Piş. Küç., %	Su E.O., %	Mukavemet, kg/cm^2	L	a	b
%00 F+%40 P	4,50	0,03	374,4	70,60	1,71	12,52
%10 F+%30 P	4,36	0,04	393,7	71,23	1,96	12,16
%20 F+%20 P	4,44	0,06	410,2	81,28	2,00	11,56
%30 F+%10 P	4,40	0,09	389,6	82,00	2,16	11,74
%40 F+%00 P	4,65	0,3	380,8	82,11	2,22	14,60

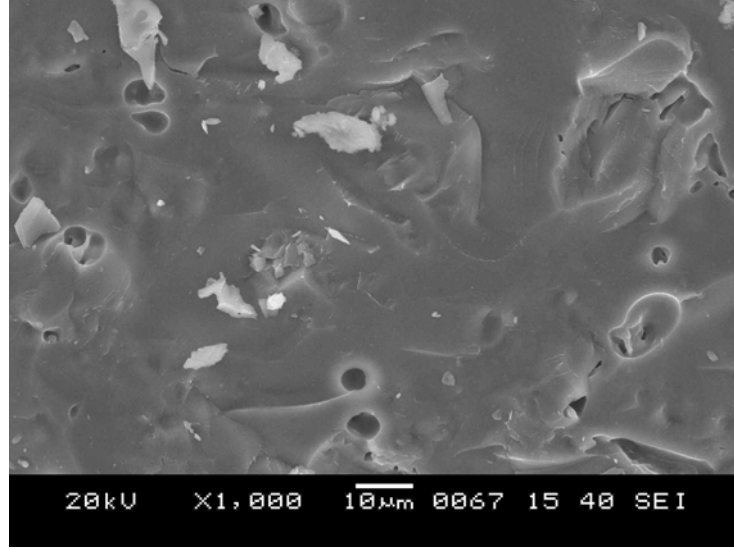
Tablo 7.11’de, %45 Ukrayna kili, %10 pegmatit ve %5 kaolenden oluşan sabit reçeteye %40 oranında pomza ilavesi ile pişme küçülmesi %4,5, su emme oranı %0,03, mukavemeti 374,4 kg/cm², L.a.b renk değerleri ise sırasıyla 70,60; 1,71 ve 12,52 olmuştur. Sabit reçeteye %40 oranında flote albit ilave edildiğinde ise örneğin pişme küçülmesi %4,65, su emme oranı %0,3, mukavemeti 380,8 kg/cm², L.a.b renk değerleri ise sırasıyla 82,11; 2,22 ve 14,60 olmuştur. Karışımlarda flote albit oranının artıp, pomza oranının azalması ile örneklerin pişme küçülmeleri %4,36-%4,44 değerleri, su emme oranları ise %0,04-0,09 arasında birbirine oldukça yakın değerler arasında değişmiştir. Karışımlarda pomza oranının artıp, albit oranının azalması ile örneklerinin renginin koyulaştığı belirlenmiştir. Örneklerin mukavemetleri ise karışımlardaki flote albitin %20 oranına artırılıp, pomzanın %20 oranına azaltılması ile artmış, pomza oranının daha da azaltılması ile azalmıştır. %45 Ukrayna kili, %10 pegmatit, %5 kaolen, %20 flote albit ve %20 Menderes pomzasından üretilen seramik örneğinin; pişme küçülmesi oranının %4,44, su emme oranının %0,06 mukavemetinin 410,2 kg/cm² ve renk (L.a.b) değerlerinin sırasıyla 81,28; 2,00; 11,56 olduğu belirlenmiştir.



Şekil 7. 21. %45 Ukrayna kili, %10 pegmatit ve %5 kaolenden oluşan sabit reçeteye azalan flote albit ve artan pomza ilavesi ile hazırlanan seramik örneklerinin görüntüleri

Şekil 7.22’de, %45 Ukrayna kili, %10 pegmatit, %5 kaolen, %20 flote albit ve %20 Menderes pomzasından oluşan karışımın 1180 °C sıcaklıkta pişirilmesi sonucu

üretilen seramik örneğinin SEM görüntüsü sunulmuştur. Şekil 7.22'de, oldukça camsı, ve az oranda ve küçük boyutlu gözenek içeren bir yapı görülmektedir.



Şekil 7. 22. 1180 °C sıcaklıkta pişirilen %45 Ukrayna Kili, %10 pegmatit, %5 kaolen, %20 flote albit ve %20 Menderes pomzasından oluşan seramik örneğinin SEM görüntüsü

Ukrayna Kili, pegmatit, kaolen, flote albitden oluşan böylesi bir reçeteye pomza ilavesinin seramik bünyesinin yapısını bozmadığı hatta iyileştirdiği bulunmuştur. Böyle bir reçetede flote albitin %20 oranında azaltılıp, pomzanın %20 oranında ilave edilmesi ile seramik örneğinin su emme oranını oldukça düşürdüğü, pişme küçülmesi ve renk değerlerinde önemli bir değişiklik yaratmadığı, mukavemetini ise arttırdığı belirlenmiştir. %45 Ukrayna kili, %10 pegmatit, %5 kaolen, %20 flote albit ve %20 Menderes pomzası ile hazırlanan reçetenin, yerkarosu ve granit seramik üretiminde kullanılabileceği belirlenmiştir.

SONUÇLAR

Ön bölümlerde ayrıntısı sunulan bu doktora tezi araştırmasında, Pomza Export San. ve Tic. A.Ş.'ye ait olan İzmir-Menderes yöresi alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabakadan alınan pomza cevherlerinin kullanımına yönelik bilimsel, çevresel ve teknolojik özellikleri araştırılmış, deneysel bulgular aşağıda sistematik olarak sunulmuştur.

Pomzanın karakteristik özelliklerinin belirlenmesine yönelik bulgular;

▪ Menderes pomzalarının; pomza, perlit, riyolit, kristal kuvars, kuvarsit, plajiyoklas, sanidin, granit parçaları (ortoklas, plajiyoklas, biyotit) ve ara malzeme olarak çok ince boyutlu feldspatça zengin külden oluştuğu, farklı olarak alt tabakanın klorit ve kaolen, üst tabakanın ise montmorillonit içerdiği ve her üç pomza örneğinde camsı yapının egemen olduğu mineralojik analizlerle belirlenmiştir. Menderes pomzalarının, %73,00-74,10 SiO₂, %12-13 Al₂O₃, %0,49-0,64 CaO, %0,12-0,31 MgO, %1,76-2,19 Na₂O, %3,85-4,96 K₂O tenörleri ile birbirine oldukça yakın kimyasal kompozisyona sahip olduğu ancak %Fe₂O₃ tenörünün orta tabakada en düşük (%0,64) oranda olduğu bulunmuştur. Amorf yapılı Menderes pomzalarının çok sayıda, farklı boyutta gözenek içerdiği, gözenek diziliminin düzensiz veya yönlendirilmiş, gözenek şeklinin ise küresel, oval veya kanallı olduğu belirlenmiştir. Kuvars (kristal ve mat), perlit, obsidyen ve renkli gang minerallerinin tüfle bağlanması ile oluşmuş iri boyutlu aglomeratları içeren Menderes pomzalarının serbestlik derecesinin -2 mm tane boyutunun altında arttığı belirlenmiştir. Menderes alt tabaka (P1) ve orta tabaka (P2) pomza numunelerinin hakiki yoğunluklarının 2,34 gr/cm³, üst tabaka (P3) pomza numunesinin ise 2,38 gr/cm³ olduğu, yığın yoğunluklarının farklı tane boyutlarında 0,95-1,24 gr/cm³ aralığında değişim gösterdiği saptanmıştır. Menderes pomzalarının suda çözünmediği, asidik ortamda ise ortalama %5,6 oranında çözündüğü tespit edilmiştir. Alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomza örneklerinin, Bond öğütülebilirlik iş indeksi değerlerinin sırasıyla 13,26 kwh/t, 12,03 kwh/t ve 12,46 kwh/t olduğu bulunmuştur. Ayrıca Menderes pomzalarının, süreye bağlı yapılan öğütme testleri sonuçlarına göre, alt (P1) ve üst (P3) tabaka pomza numunelerinin birbirine yakın kırılma ve öğütülme özelliği gösterdiği, orta (P2) tabaka pomza numunesinin ise daha ince boyutta kırıldığı ve öğütülebildiği saptanmıştır.

- Alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomza örneklerinin katyon değişim kapasitelerinin sırasıyla 5,6 me/100 g, 2 me/100 g ve 6,6 me/100 g olduğu saptanmıştır. Pomza numunelerinin değişebilir katyon kapasitelerinin ise oldukça düşük olduğu belirlenmiştir.

- (-0,106+0,063 mm), (-0,063+0,038) ve (-0,038 mm) tane boyut aralıklarına sınıflandırılmış alt (P1) tabaka pomza numunesinin özgül yüzey alanının 1081-4156 gr/cm², orta (P2) tabaka pomza numunesinin 1240-3484 gr/cm² ve üst (P3) tabaka pomza numunesinin 1358-4001 gr/cm² aralığında olduğu deneysel olarak belirlenmiştir.

- Alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka Menderes pomzalarının amorf (camsı) bir yapıya sahip oldukları ve 850 °C'ye kadar ısıtıldıklarında yapısal bir bozulmanın olmadığı ancak bu sıcaklıkta sırasıyla 5,29 mg, 3,23 mg, 4,42 mg kütle kaybının olduğu termal (DTA ve TGA) analiz bulgularına dayalı olarak belirlenmiştir.

- Menderes pomza örneklerinde, sinterleşmeye bağlı olarak boyutsal değişimler (büzülme), alt (P1) tabaka örneğinde 930-1160 °C; orta tabaka örneği 970-1265 °C; üst tabaka örneğinde ise 930-1210 °C sıcaklık aralığında gerçekleşmiştir. Her üç örneğin deformasyon sıcaklıkları ise sırasıyla 1228 °C, 1322 °C ve 1363 °C olduğu belirlenmiştir. Alt ve üst tabaka örneklerindeki empürite (safsızlık) oranının orta tabakaya göre daha fazla olması, sinterleşme sıcaklığını düşürmektedir.

- (-2+1 mm) ve (-1+0,5 mm) tane boyutuna sınıflandırılan Menderes pomzalarının, düşey fırınla geliştirilmesi (dekrapitasyonu) ile pomza ile birlikte bulunan, camsı ve gözeneksiz bir yapı gösteren perlitin genişerek, camsı ve oldukça gözenekli bir yapıya sahip olduğu, pomzada ise yapısal bir değişim olmadığı gözlenmiştir. Menderes pomzalarının geliştirilmesi ile tane boyut aralıklarında hacimsel bir artış olduğu, (-2+1 mm) tane boyutlu örneklerin yığın yoğunluklarının %40,20-61,86 oranında azalarak, yoğunluğu 0,37-0,61 gr/cm³, (-1+0,5 mm) tane boyutlu örneklerde ise %57,94-66,07 aralığında azalarak 0,38-0,45 gr/cm³ yoğunluklu yeni ürünler üretilmiştir. (-2+1 mm) tane boyutlu Menderes pomzalarının geliştirilmesi ile gözeneklik oranları 3,3-6,6 kat arasında, (-1+0,5 mm) tane boyutlu pomzalarda ise 1,3-2 kat arası değerlerde artmıştır. Her üç pomza örneğindeki genişleme sıralamasının orta tabaka (P2)>alt tabaka (P1)>üst tabaka (P3) şeklinde olduğu saptanmıştır.

Pomzanın aşındırıcı olarak kullanımına yönelik bulgular;

▪ Menderes alt (P1) tabaka pomzasının mermer gibi doğal taşların aşındırılmasında kullanılabileceği ve aşındırmanın en yüksek oranda sağlandığı tane boyut aralığının (-0,5+0,3 mm) olduğu belirlenmiştir. Bu boyut aralığındaki alt tabaka pomza numunesi ile Mohs sertliği ~3 olan ve %100 kalsit mineralinden oluşan Muğla beyaz mermer örneğini kütlece %4,6; hacimce %4,34 oranında aşındırdığı bulunmuştur. Aynı boyut aralığındaki pomza numunesinin, Mohs sertliği ~4 olan Ege Bej mermer örneğini ise kütlece %1,85; hacimce %2,11 oranında aşındırdığı saptanmıştır. (-0,3+0,1 mm) tane boyutlu alt tabaka pomzasının, her iki mermer örneğini daha az oranda aşındırdığı; (-2+1 mm), (-1+0,5 mm) ve (-0,1 mm) tane boyutlu pomza numunelerinin aşındırıcı olarak kullanılması durumunda ise oldukça az oranda aşındırdığı saptanmıştır.

Pomzanın filtre malzemesi olarak kullanımına yönelik bulgular;

▪ Zeytinyağı atığı karasuyun, (-0,5+0,1 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış Menderes alt (P1), orta (P2) ve üst (P3) tabaka pomzaları ile filtrasyonunda, kimyasal oksijen ihtiyacı yaratan organik bileşikleri ve fenolü uzaklaştırma verimi yönünden, alt (P1) tabaka \geq üst (P3) tabaka $>$ orta (P2) tabaka şeklinde sıralanabileceği belirlenmiştir. Alt tabaka (P1) pomzasının miktarının artması ile karasudaki organik bileşiklerin ve fenol gideriminin arttığı saptanmış, organik bileşikler %65,52 oranında, fenol ise %41,49 oranında uzaklaştırılabilmıştır. Orta (P2) tabaka pomza numunesinin düşük özgül yüzey alanı ve düşük gözenek çapına sahip olduğu, alt (P1) tabaka pomza numunesi düşük özgül yüzey alanı (2,86 m²/g) ve büyük gözenek çapına (22,15 °A), üst (P3) tabaka numunesi ise yüksek özgül yüzey alanı ve düşük gözenek çapına sahip olduğu bulunmuştur. Menderes pomzaları ile karasuyun filtrasyonunda, pomza numunelerinin katyon değişim kapasiteleri ile özgül yüzey alanlarının önemli bir etken olmadığı, gözenek çaplarının artmasıyla filtrasyon verimlerinin arttığı bulunmuş, özellikle organik bileşiklerin pomzanın gözeneklerinin etrafını sararak, gözeneklere dolduğu belirlenmiştir.

▪ Egzozda pomza filtre kullanımı ile dizel yakıtın yanması sonucu oluşan zararlı gazların filtrasyonunda önemli bir etki sağlamadığı ancak yine yanma sonucu oluşan ve kanserojen etkisi olduğu bilinen katı partiküllerin (PAH) uzaklaştırılabildiği saptanmıştır. (-3+2 mm), (-2+1 mm), (-1+0,5 mm) tane boyutlu pomza filtresinin

kullanılması durumunda, dumandaki tane boyutunun incilmesi ile O₂ miktarının az oranda arttığı, CO₂ miktarının az oranda azaldığı, katı partikül miktarının ise önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. (-1+0,5 mm) boyutlu pomza filtrenin, ortalama 20 dakika kullanımı ile katı partiküllerin %64,29 verimle uzaklaştırılabildiği bulunmuştur. (-1+0,5 mm) tane boyutlu pomza filtrenin kullanarak motorun çalışma süresinin artmasıyla (90 dakikaya kadar), O₂ miktarının yine az oranda arttığı, CO₂ miktarının az oranda azaldığı ancak katı partikül miktarının büyük oranda azaldığı belirlenmiştir. (-1+0,5 mm) boyutlu pomza filtrenin 90 dakika kullanımı ile katı partiküllerin %80,95 verimle uzaklaştırılabildiği saptanmıştır.

Pomzanın tuğla hammaddesi olarak kullanımına yönelik bulgular;

- Tuğla endüstrisinde kullanılan killere ham Menderes üst (P3) tabaka pomza katkısının tuğlanın özelliklerini iyileştirdiği bulunmuştur. Pomza katkısı olmadan sadece Turgutlu kili ile hazırlanan örneğin 950 °C sıcaklıkta, pişme sonrası birim hacim ağırlığının 1,88 gr/cm³, su emme oranının %12,94, mukavemetinin 231,30 kgf/cm², ses iletim hızının 2124,45 m/sn, ısı iletim katsayısının 0,75 W/m.K olduğu belirlenmiştir. Turgutlu kiline, -0,5 mm boyutlu Menderes üst tabaka (P3) pomzasından %20 oranında ilavesi ve 950 °C sıcaklıkta pişirilmesinin tuğlanın fiziksel özelliklerini iyileştirdiği, pişme sonrası birim hacim ağırlığının 1,82 gr/cm³, su emme oranının %13,41, mukavemetinin 250,94 kgf/cm², ses iletim hızının 1877,89 m/sn, ısı iletim katsayısının 0,67 W/m.K olduğu belirlenmiştir. Farklı boyutlardaki pomza katkısının, tuğlanın su emme oranını az oranda arttırdığı bulunmuştur. -0,1 mm pomza katkılı tuğlalarda ergime oranının daha yüksek olması mukavemetini arttırırken diğer örneklerde pomza ile sağlanan ısı ve ses izolasyon özelliği azalmıştır.

- Turgutlu kiline farklı tane dağılımlı Menderes pomzalarının ilavesi ile hazırlanan tuğlaların, pomzanın tane iriliğine bağlı olarak inşaat sektöründe farklı amaçlarla kullanılabileceği belirlenmiştir. -2 mm ve -1 mm tane boyutlu pomza tuğlaların düşük mukavemeti yanında yüksek ısı ve ses izolasyonu sağlaması, üzerine fazla yük düşmeyen dolgu duvar uygulamalarında, -0,5 mm tane boyutlu pomza tuğlaların yığma yapılarda taşıyıcı duvar olarak kullanılabileceği belirlenmiştir. -0,1 mm tane boyutlu pomza tuğlanın ise yüksek mukavemetinin yanında diğer pomzalı tuğlalara göre daha düşük oranda ısı ve ses izolasyonu sağlaması son

yıllarda kullanımı yaygınlaşan yer kaplaması (terracotta) veya dış cephe kaplaması olarak kullanılabilmesi belirlenmiştir.

- Turgutlu kili ve pomza karışımına Sart kilinin ilave edilmesiyle tuğlanın fiziksel özelliklerinin daha da iyileştiği, en uygun karışım oranının ise %60 Turgutlu kili, %20 oranında Menderes pomzası ve %20 oranında Sart kilinden oluştuğu belirlenmiştir. Bu karışımla üretilen tuğlanın birim hacim ağırlığı $1,78 \text{ gr/cm}^3$, su emme oranı %14,29, mukavemeti ise $270,39 \text{ kgf/cm}^2$ olmuştur.

Pomzanın seramik hammaddesi olarak kullanımına yönelik bulgular;

- Menderes orta (P2) tabaka pomzasının tek başına kullanımıyla üretilen örneklerde, pomzanın flote albitine göre düşük sıcaklıkta sinterleştiği, sadece kil veya kil ile flote albit cevherleri ile pişirildiğinde ise sinterleşme sıcaklığını düşürdüğü belirlenmiştir. $1160-1200 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıklarda pişirilen %60 kil ile %40 pomza karışımının aynı orandaki kil ile flote albit karışımına göre çok daha düşük su emme oranına sahip olduğu ancak mukavemetinin az da olsa düşük olduğu belirlenmiştir. Kil+pomza karışımına flote albitin ilave edilmesi ile, düşük su emme oranları ile daha yüksek mukavemetli ürünler üretilmiştir. Optimum karışım oranı olan %60 kil, %20 flote albit ile %20 pomza karışımının $1160 \text{ }^\circ\text{C}$, $1180 \text{ }^\circ\text{C}$ ve $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıklarda pişirilmesi ile su emme oranlarının sırasıyla %0,09, %0,07, %0,05 olduğu, mukavemetlerinin ise $266,5 \text{ kg/cm}^2$, $290,7 \text{ kg/cm}^2$ ve $330,8 \text{ kg/cm}^2$ olduğu belirlenmiştir.

- Ukrayna Kili, pegmatit, kaolen, flote albitten oluşan bir seramik reçetesine pomza ilavesinin seramik bünyesinin yapısını iyileştirdiği bulunmuştur. En uygun karışımın %45 Ukrayna kili, %20 flote albit, %20 pomza, %10 pegmatit ve %5 kaolenden oluştuğu belirlenirken, böyle bir reçetenin $1180 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta pişirilmesi ile %4,4 oranında pişme küçülmesi sağlanırken, su emme oranının %0,06 oranına azaldığı, mukavemetinin ise $410,2 \text{ kg/cm}^2$ 'ye arttığı belirlenmiş, renk değerlerinde önemli bir farklılık olmadığı bulunmuştur. Böyle bir reçetenin, oldukça düşük su emme ve mukavemetinin ise oldukça yüksek olması nedeniyle yerkarosu ve granit seramik üretiminde kullanılabilmesi belirlenmiştir.

Pomzanın zenginleştirilmesine yönelik bulgular;

- (-3+2 mm), (-2+1 mm), (1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm), (-0,3+0,1 mm) ve (-0,1 mm) tane boyutlarına sınıflandırılan Menderes alt (P1) tabaka, orta (P2) tabaka

ve üst (P3) tabaka pomzalarının mikroskobik çalışma bulgularına dayalı olarak, her bir örneğin optimal koşullarda gravite ve manyetik özellik farklarına dayalı yöntemlerle zenginleştirilebilirliği araştırılmış ve sonuç bulgular aşağıda sunulmuştur.

- Ham alt tabaka (P1) pomzasının %1,76 Na₂O, %12,79 Al₂O₃, %74,11 SiO₂, %3,86 K₂O, %1,28 Fe₂O₃ tenör değerlerine; ham orta (P2) tabaka pomzasının %2,09, Na₂O, %12,00 Al₂O₃, %74,50 SiO₂, %4,96 K₂O, %0,64 Fe₂O₃ tenör değerlerine, ham üst (P3) tabaka pomzasının ise %2,19, Na₂O, %12,50 Al₂O₃, %73,00 SiO₂, %4,36 K₂O, %1,44 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip olduğu ve elek-metal analizlerinden her üç Menderes pomzasındaki element dağılımlarının birbirine oldukça yakın olduğu belirlenmiştir.

- **Jigle zenginleştirme bulgularına göre;** (-3+2 mm) tane boyutlu Menderes alt (P1), orta ve üst tabaka pomzalarından sırasıyla 0,67 gr/cm³, 0,89 gr/cm³, 0,79 gr/cm³ yoğunluklu pomza konsantreleri üretilmiştir. %11,23'ünü kapsayan (-3+2 mm) tane boyutuna sınıflandırılmış alt (P1) tabaka Menderes pomza cevherinden ana malzemeye göre ağırlıkça %7,01 oranında %2,38 Na₂O, %14,41 Al₂O₃, %71,85 SiO₂, %4,67 K₂O ve %0,87 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip pomza konsantresi üretilirken, %57,44 oranında Fe₂O₃ atımı sağlanmıştır. %11,11'ini kapsayan aynı boyutlu orta (P2) tabaka Menderes pomzasından ana malzemeye göre ağırlıkça %7,14 oranında %2,22 Na₂O, %12,65 Al₂O₃, %72,32 SiO₂, %5,88 K₂O ve %0,4 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre üretilmiş, %57,41 oranında Fe₂O₃ atımı sağlanmıştır. %10,49'unu kapsayan yine aynı boyut aralıklı üst (P3) tabaka Menderes pomzasından toplu olarak ağırlıkça %6,85 oranında %2,46 Na₂O, %12,80 Al₂O₃, %71,15 SiO₂, %5,11 K₂O ve %0,8 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre üretilmiş, %61,44 oranında Fe₂O₃ atımı sağlanmıştır.

- **Sallantılı masa ile zenginleştirme bulgularına göre;** (-2+1 mm), (-1+0,5 mm), (-0,5+0,3 mm) ve (-0,3+0,1 mm) tane boyutuna sınıflandırılan Menderes alt, orta ve üst tabaka pomzalarından sırasıyla 0,71-0,95 gr/cm³; 0,93-1,11 gr/cm³, 0,75-1,10 gr/cm³ aralığında pomza konsantreleri üretilmiştir. Her üç Menderes pomzasında da, (-1+0,5 mm) tane boyutunda etkin bir zenginleştirme sağlanmıştır. Her üç Menderes pomzasından ağırlıkça %70,72-%72,74 oranında, %2,23-2,63 Na₂O, %12,81-13,66 Al₂O₃, %68,90-72,40 SiO₂, %4,94-6,12 K₂O ve

$0,3-0,62$ Fe_2O_3 tenör değerlerine sahip konsantreler üretilirken, alt tabaka pomzasından $4,58$ Fe_2O_3 tenörlü artık $58,70$ verimle; orta tabaka pomzasından $2,23$ Fe_2O_3 tenörlü artık $48,64$ verimle; üst tabaka pomzasından $5,53$ Fe_2O_3 tenörlü artık $59,75$ verimle atılmıştır. Ana malzemeye göre ise ağırlıkça $42,79-44,45$ miktarlarında, $2,18-2,72$ Na_2O , $12,61-13,55$ Al_2O_3 , $69,79-72,14$ SiO_2 , $5,13-6,25$ K_2O ve $0,36-0,79$ Fe_2O_3 tenörlü pomza konsantreleri üretilmiş, pomza konsantresinden empürite mineraller $44,37-52,99$ Fe_2O_3 verimleriyle atılabilmektedir.

▪ **Pemroll tipi yüksek alan şiddetli kuru manyetik separatörle zenginleştirme bulgularına göre;** her üç Menderes pomza cevherinin (-1+0,5 mm) tane boyutunda etkin bir zenginleştirme sağlanmış, pomza konsantresinin yanı sıra kuvars konsantresi de üretilebilmiştir. Pomza konsantresi, ağırlıksal olarak $68,35-71,21$ aralığında, $2,32-2,86$ Na_2O , $15,20-15,78$ Al_2O_3 , $72,11-74,49$ SiO_2 , $4,20-5,41$ K_2O ve $0,3-0,86$ Fe_2O_3 tenör değerleri arasında üretilmiş, alt tabaka pomzasından $11,70$ Fe_2O_3 tenörlü artık $52,57$ verimle, orta tabaka pomzasından $7,36$ Fe_2O_3 tenörlü artık $54,78$ verimle; üst tabaka pomzasından $11,46$ Fe_2O_3 tenörlü artık $44,21$ verimle atılmıştır. Kuvars konsantresi ise; ağırlıksal olarak $17,68-20,33$ aralığında, $0,22-0,40$ Na_2O , $1,98-2,98$ Al_2O_3 , $89,12-90,46$ SiO_2 , $0,18-0,42$ K_2O ve $0,10-0,28$ Fe_2O_3 tenör değerleri arasında üretilmiş, alt tabakada kuvars konsantresinde verim yönünden $0,65$ oranında Fe_2O_3 , orta tabakada $0,40$ oranında Fe_2O_3 , $0,82$ oranında Fe_2O_3 kalmıştır.

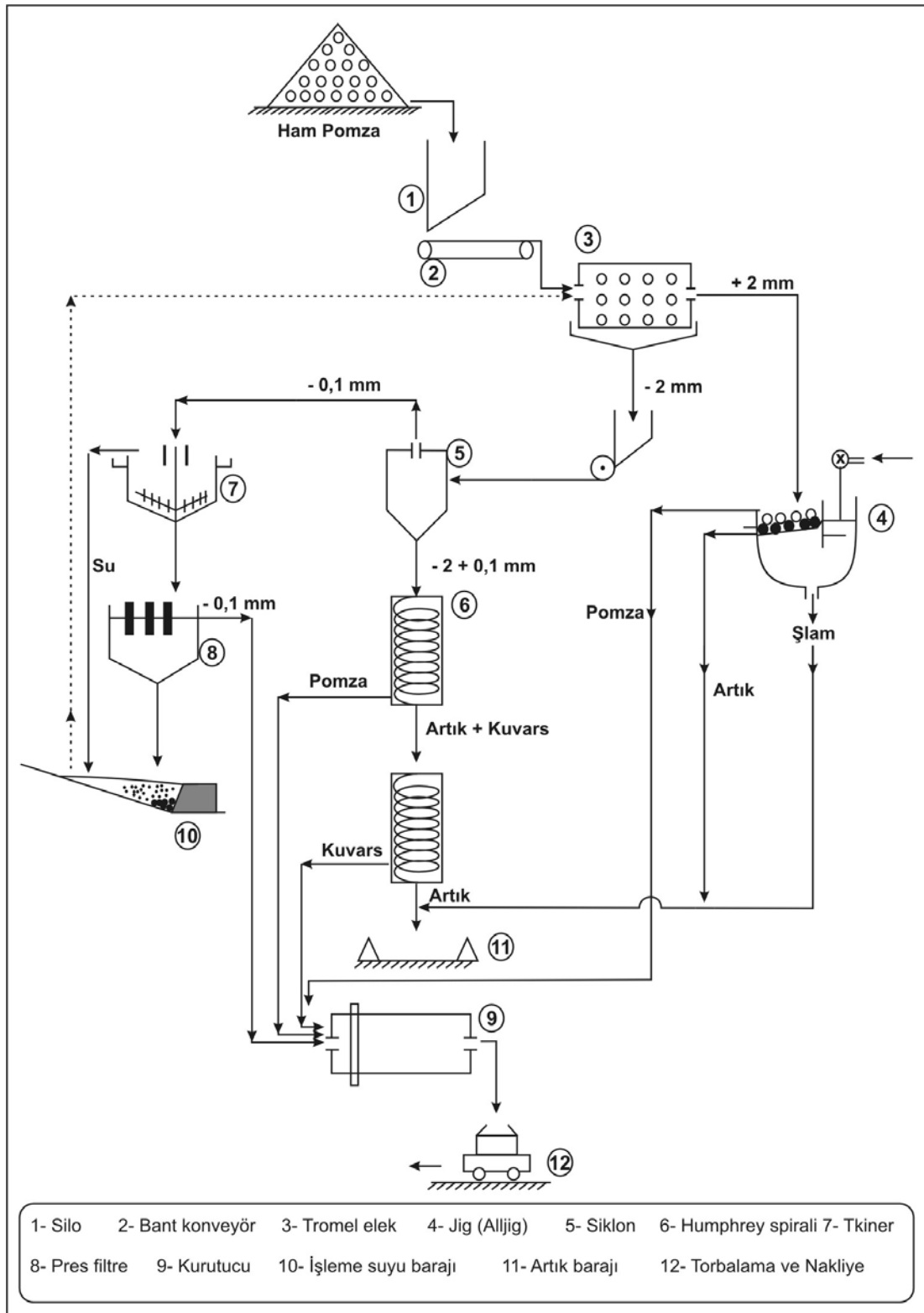
▪ Ana malzemeye göre ise ağırlıkça $43,39-44,05$ miktarlarında, $2,28-2,83$ Na_2O , $14,71-15,22$ Al_2O_3 , $72,10-73,71$ SiO_2 , $4,46-5,63$ K_2O ve $0,37-0,90$ Fe_2O_3 tenörlü pomza konsantreleri üretilmiş, pomza konsantresinden empürite mineraller $61,87-67,92$ Fe_2O_3 verimleriyle atılabilmektedir. Yine ana malzemeye göre, ağırlıkça $11,27-11,97$ miktarlarında, $0,36-0,59$ Na_2O , $2,63-4,45$ Al_2O_3 , $84,84-86,85$ SiO_2 , $0,38-0,65$ K_2O ve $0,16-0,38$ Fe_2O_3 tenörlü pomza konsantreleri üretilmiş, kuvars konsantresinde verim yönünden $3,15-4,17$ Fe_2O_3 kalmıştır.

▪ **Yüksek alan şiddetli yaş manyetik seperatörle zenginleştirme bulgularına göre;** (-0,1 mm) tane boyutlu, alt (P1) tabaka Menderes pomzasından $94,94$ ağırlıksal oranında ve ana malzemeye göre $23,16$ oranında $1,78$ Na_2O , $13,31$ Al_2O_3 , $74,16$ SiO_2 , $4,08$ K_2O ve $0,80$ Fe_2O_3 tenör değerlerini içeren

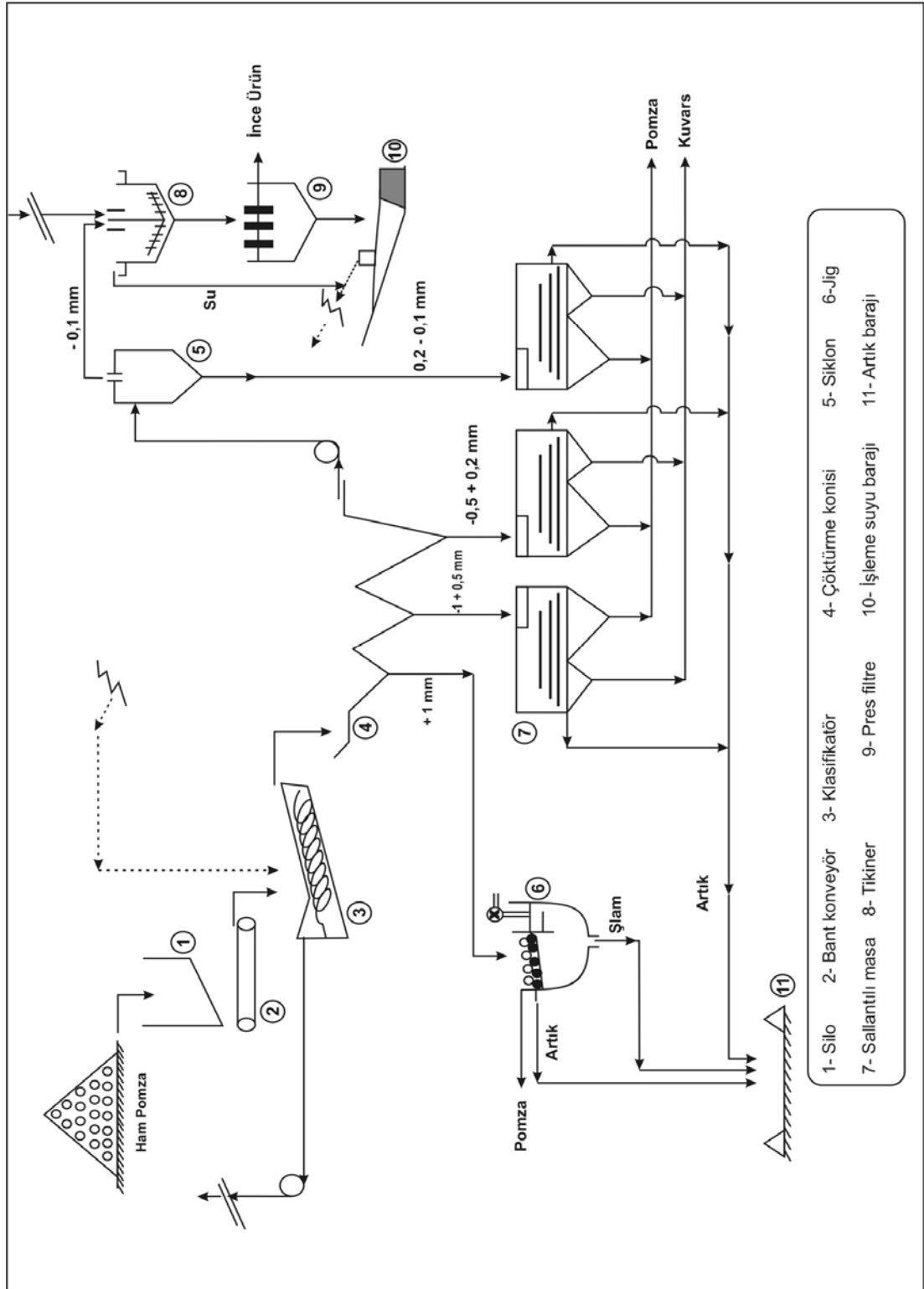
pomza konsantresi üretilmiş, empürite minerallerinde demir oksit mineralleri %58,30 Fe₂O₃ verimle konsantreden uzaklaştırılabilmektedir. Orta (P2) tabaka Menderes pomzasından %95,74 ağırlıksal oranında ve ana malzemeye göre %23,91 oranında %12,14 Al₂O₃, %75,51 SiO₂, %5,29 K₂O ve %0,40 Fe₂O₃ tenör değerlerini içeren pomza konsantresi üretilmiş, empürite minerallerinde demir oksit mineralleri %55,93 Fe₂O₃ verimle konsantreden uzaklaştırılabilmektedir. Üst (P3) tabaka Menderes pomzasından %95,69 ağırlıksal oranında ve ana malzemeye göre %23,59 oranında %12,31 Na₂O, %13,18 Al₂O₃, %73,76 SiO₂, %4,59 K₂O ve %0,65 Fe₂O₃ tenör değerlerini içeren pomza konsantresi üretilmiş, empürite minerallerinde demir oksit mineralleri %41,35 Fe₂O₃ verimle konsantreden uzaklaştırılabilmektedir.

▪ **Multigravite seperatör (MGS) ile zenginleştirme bulgularına göre;** (-0,1 mm) tane boyutlu Menderes pomzaları, tambur eğiminin 3⁰, tambur devrinin ise 240 d/d olduğu durumda, alt tabaka pomzasından ağırlıkça %65,67 oranında ve ana malzemeye göre ağırlıkça %16,02 oranında %2,33 Na₂O, %14,01 Al₂O₃, %68,35 SiO₂, %5,54 K₂O ve %0,60 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre üretilmiş, pomza konsantresinden %69,78 oranında Fe₂O₃ empürite olarak atılmıştır. Orta tabakadan ağırlıkça %64,22 oranında ve ana malzemeye göre ağırlıkça %16,04 oranında %2,92 Na₂O, %13,28 Al₂O₃, %69,06 SiO₂, %7,54 K₂O ve %0,35 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre üretilmiş, pomza konsantresinden %66,73 oranında Fe₂O₃ empürite olarak atılmıştır. Üst tabakadan ise ağırlıkça %66,48 oranında ve ana malzemeye göre ağırlıkça %16,39 oranında %3,28 Na₂O, %14,23 Al₂O₃, %68,12 SiO₂, %6,12 K₂O ve %0,70 Fe₂O₃ tenör değerlerine sahip konsantre üretilmiş, pomza konsantresinden %67,63 oranında Fe₂O₃ empürite olarak atılmıştır.

Ayrıntısı tez içindeki bölümlerde sunulan bu doktora araştırması, Ulusal bir servet olan Menderes pomzası endüstriyel hammaddesinin yapısal ve teknolojik özellikleri yönünden pek çok tüketim alanında girdi ürün olarak kullanımının uygun olduğunu deney bulgularına dayalı olarak kanıtlamaktadır. Böylesi bir hammaddenin aşağıda önerilen yöntemler ile zenginleştirilip, nitelikli ürünlere dönüştürülerek kullanımının sağlanması, özelde doktora çalışmalarının bilim ve teknolojiye ışık tutması, genelde ise Ulusal ekonomiye önemli katkı sağlaması felsefesine uygun olacaktır.



Şekil 8.1. Menderes pomzalarının zenginleştirmesine yönelik öneri akım şeması



Şekil 8.2. Menderes pomzalarının zenginleşirmesine yönelik öneri akım şeması

KAYNAKLAR

- Akbal, F., (2005). Adsorption of Basic Dyes from Aqueous Solution onto Pumice Powder. *Journal of Colloid and Interface Science*, 455-458, p.286.
- Akkurt, İ., (2001). *Çanakkale Civarındaki Alkalili Hammaddelerin Seramik Yerkarosu Üretiminde Kullanım*. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s103, İstanbul.
- Aksay Kılınç E., Akar, A., Kaya, E., Yaşar, E. (2004). İzmir-Menderes Yöresi Asidik Pomzanın Tuğla Olarak Değerlendirilmesi. (Ed.) A.Akar ve A.Seyrankaya, *5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir.
- Aktaş, E., İmre, S., Ersoy, L. (2001). Characterization and Lime Treatment of Olive Mill Wastewater. *Water Research*, Vol.9, p 2336-2340.
- Anapalı, Ö., Örs, S. (2005). Topraksız Bitki Yetiştiriciliğinde Pomza ve Zeolit Karışımı. (Ed.) L.Gündüz ve V. Deniz, *2. Pomza Sempozyumu*, Isparta.
- Arcasoy, A. (1983). *Seramik Teknolojisi*. Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, No 457-2, s.277, İstanbul.
- Ataer, F., Ö. (2003). Porselen Seramik Üretim Süreci. (Ed.) D.İ.Önenç, A.Aras, Ş.A.Sayın, *Seramik Semineri*, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Yayını, No:78, s134-169, Ankara.
- Azbar N., Turan İ., Cevilan, İ. (2002). Karasuyun Kentsel Arıtma Tesisleri Üzerindeki Etkisi ve Ön Arıtma Gerekliliğinin Değerlendirilmesi. *1. Zeytinyağı Üretiminde Çevre Sorunları ve Çözümleri Çalıştayı*, s1-6, Balıkesir.
- Akkurt, İ. (b.t.). Granit Seramik Üretimi. *Kalebodur Seramik San. A.Ş. Araştırma Raporu*, Çanakkale.

Anonim, (1977). Pumice, A Dual Role in Industry. *Industrial Minerals*, p.15-27.

Bardakçı, B, Çilek E. (2005). Isparta Pomzasının Radyoaktif Atıkların Adsorplanmasında Kullanımı. (Ed.) L.Gündüz ve V. Deniz, 2. *Pomza Sempozyumu*, s335-337, Isparta.

Başsarı, A., Akyüz, T. (1997). Zeolit ve Pomza Taşının Stronsiyum Soğurmasının İncelenmesi. (Ed.) İ.İşık, VIII. *Ulusal Kil Sempozyumu*, s25-129, DPÜ, Kütahya.

Beyhan, M. (2003). *Atık Çamurlar Ve Doğal Malzemeler ile Sulardan Florür İyonu Gideriminin Araştırılması*. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, s141, İstanbul.

Binici, H., Çağatay, İ.H. (2003). Klinker-Bazaltik Pomza ve Granüle Yüksek Fırın Curufu Üçlü Karışımlarının Korozyon Dayanımları. *Ç.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 18, Sayı 2*, s161-172.

Bozdoğan, İ. (2003). Türkiye’de Seramik ve Seramik Hammaddeleri. (Ed.) D. İ. Önenç, A. Aras, Ş. A. Sayın, *Seramik Semineri*, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Yayını, No:78, s118-126, Ankara.

Ceylanoğlu A, Görgülü, K. (2001). Bazı Mermer Birimlerinin Malzeme ve Yüzey Aşındırma Özelliklerinin ve Aralarındaki İlişkilerin Belirlenmesi. (Ed.) E.Ünal, B.Ünver, E.Tezcan, *Türkiye 17.Uluslararası Madencilik Kongresi*, s239-246, Ankara.

Chang, L.L.Y. (2002). *Industrial Mineralogy, Minerals, Processes and Uses*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey.

Çatalkaya Çokay, E., Şengül F. (2001). Kimyasal Oksidasyon ile Endüstriyel Atıksuların Arıtılabilirliğine İlişkin Bir Çalışma, *Ulusal Sanayi ve Çevre Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, s148-156, Mersin.

- Çiçek, S. (2003). Seramik Sektörü ve Türkiye Seramik Hammaddeleri Potansiyeli. (Ed.) D. İ. Önenç, A. Aras, Ş. A. Sayın, *Seramik Semineri*, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Yayını, No:78, s.1-16, Ankara.
- Çimen, Ö. (2005). Pomzanın Mühendislik Karakteristikleri ve Yüksek Plastisiteli Bir Kilin Stabilizasyonunda Kullanılması. (Ed.) L.Gündüz ve V.Deniz, 2. *Pomza Sempozyumu*, s251-257, Isparta.
- Davirge, R.W. (1975). *Mechanical Behavior of Ceramics, in Background to Ceramic*. (Ed), R.W Cahn, M.W. Thompson and I.M. Word, p1-7, Cambridge University Pres, Cambridge.
- Davraz, M. (2005). Isparta Gelincik Yöresi Pomzalarının Endüstriyel Önemi. (Ed.) L.Gündüz ve V.Deniz, 2. *Pomza Sempozyumu*, s23-32, Isparta
- Demir, İ. Orhan M. (2003). Afyon Bölgesi Tuğla Killerinin Fiziko-Mekanik Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. (Ed.) S.Yapar, H.Yılmaz, 11.*Ulusal Kil Sempozyumu*, s673-679, İzmir.
- Demir, İ., Kibici, Y., Yıldız, A. (2005). Bazık Pomzanın (Osmaniye-Ceyhan Yöresi) Yapı Tuğlası Üretiminde Kullanılması. (Ed.) A.Akar ve A.Seyrankaya, 5. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, s89-95, İzmir.
- Demir, İ., Orhan M. (2001b). Aşırı Plastisiteye Sahip Tuğla Killerinde Volkanik Tüf Katkı ile Plastisitesinin Azaltılması. (Ed.) M.Ç. Karakaya, N. Karakaya, 10. *Ulusal Kil Sempozyumu*, s436-444, Konya.
- Demir, İ., Orhan, M. (2001a). Pomza Hammaddesinin Tuğla Üretiminde Kullanılması. (Ed.) E.Ünal, B.ünver, E.Tezcan, *Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi*, s81-85, Ankara.

- Demir, İ., Kibici, Y. ve Ünal, O. (2001). Pomzanın İnşaat Sektöründe Yapı Tuğlası Üretiminde Kullanılmasının Araştırılması. (Ed.) H.Köse, V.Arslan, M.Tanrıverdi, *4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir.
- Deniz, V. Umucu, Y., Yılmaz, İ. (2004). Soylu Endüstriyel Mineraller A.Ş.'nin Pomza Zenginleştirilme Tesisindeki Jig Performanslarının Değerlendirilmesi. (Ed.) A.Akar ve A.Seyrankaya , *5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, s.307-312, İzmir.
- Deniz, V. (1997). Isparta Yöresi İki Farklı Pomzanın Kırılma Özelliklerinin İncelenmesi. (Ed.) L.Gündüz, *1. Pomza Sempozyumu*, s.207-210, Isparta.
- Deniz, V. (2005a), Pomzanın Ufalanma Özelliği ve Çok İnce Pomzanın Kullanımı. (Ed.) L.Gündüz ve V.Deniz, *2. Pomza Sempozyumu*, s.51- 61, Isparta.
- Deniz, V. (2005b). Breakage Properties of Porous Materials by Ball Milling. (Ed.) A.H.Onur, M.Tanrıverdi, *The 19 th International Mining and Congress and Fair of Turkey*, p.207-211, İzmir, Turkey.
- Deniz, V. (2005c). Investigation of Briakage Behavior of Two Dfferent Pumice in Respet To Their Minerolojical Composition. *Europian Journal of Mineral Processing and Environmental Protection, Vol 4, No 2*, 154-159
- Deniz, V., Umucu, Y. (2005). Isbaş A.Ş.'nin Yeni Kurulan Jig Zenginleştirme Tesisinin İlk Performans Sonuçları. (Ed.) L.Gündüz ve V. Deniz, *2. Pomza Sempozyumu*, s63-69, Isparta.
- Dictor, M.C., Bagtaglia-Brunet,F., Morin, D., Bories, A., Clarens, M. (1997). Biological Treatment of Gold Ore Cyanidation Wastewater in Fixed Bed Reactors. *Environmental Pollution, Vol 97, No 3*, pp 287-294.

- Doğan, F. (1988). *Uygulamalı Çevre Bilimi ve Çevre Epidemiyolojisi*. Ege Üniversitesi Ödemiş Sağlık Yüksek Okulu Yayınları, İzmir.
- DPT. (2001). Yapı Malzemeleri III, (Pomza, Perlit, Vermikülit, Flogopit, Genleşen Killer). 8. *Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Çalışma Grubu Raporu*, s87, DPT: 2617-ÖİK 628, Ankara.
- DPT. (1996). Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri (Pomza, Perlit, Kireç, Alçıtaşı ve Alçı, kum, çakıl, mıcır, tuğla, Kiremit Toprakları, Vermikülit). 8. *Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri Çalışma Grubu Raporu*, s189, DPT: 2434-ÖİK 491, Ankara.
- DPT. (2001b). Genel Endüstri Mineralleri IV, Bentonit, Barit, Diatomit ve Aşındırıcılar. 8. *Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Çalışma Grubu Raporu*, s59-64, DPT: 2621-ÖİK 632, Ankara.
- Duran, K., Bahtiyari, M.İ. ve Özdemir, D. (2005). Pomza Taşı ile Denim Yıkama. (Ed.) L.Gündüz ve V.Deniz, 2. *Pomza Sempozyumu*, s313-320, Isparta.
- Duran. K. (1997). Tekstilde Taş Yıkama, (Ed.) L.Gündüz, 1. *Isparta Sempozyumu*, s47-51, Isparta.
- Dündar, A. (2003). Türk Seramik Sanayi Hammaddelerinin Kimyası ve Kalitesi. (Ed.) D. İ. Önenç, A. Aras, Ş. A. Sayın, *Seramik Semineri*, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Yayını, no:78, s 95-112, Ankara.
- Ediz N. ve Özdağ, H. (1995). Kırka Boraks İşletmesi Atık Killerinin Tuğla Yapımında Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *Madencilik Dergisi, TMMOB-MMO, Cilt XXIV, Sayı 4*, s.26-34, Ankara.

- Emiliani, (1985), *Once-Firing (Firing) and Outlook*, Seramik Teknik Kongresi, Ankara.
- Erkoyun, H., (2005). Pomzanın Türkiye'deki Yeri ve Önemi, (Ed.) L.Gündüz ve V. Deniz, 2. *Pomza Sempozyumu*, Isparta.
- Ersoy, A., Atıcı, U., Yünel, T.Y. (2005). Pomzanın Çimento sanayinde Katkı Maddesi Olarak Kullanımı. (Ed.) L.Gündüz ve V.Deniz, 2. *Pomza Sempozyumu*, s105-111, Isparta.
- Eskikaya, G. (1999). Tema, *Tema Vakfı Faaliyet Dergisi*, 6, Sayı19, s34-35.
- Fiederling-Kaptainat, H.-G. (2004). The Ukrainian Clay Mining Industry and Its Effect on The European ceramic Raw Materials Market, Part1. *Interceram*, Vol 53,(6), p396-399.
- Fiederling-Kaptainat, H.-G., Schetnicov,A.L., Venturelli, B. (2000). Light-Firing Ukrainian Clays for the World Market. *Interceram*, vol 49,(5), p342-343.
- Fink H., Bruder, U., Kellner, G. (2001). Pumice Processing Based on The Example of Rotec's Nex Plant in the Neuwied Basin. *Aufbereitungs Technik*, 42, Nr.9, p.432-437.
- Founie, A., (2005). Pumice and Pumicite, *U.S. Geology Survey, Mineral Commodity Summaries*, USA.
- Gahl, L.C, (2001), Materials Handbook, *Ceramic Industry*, Vol 151, No 1, p35-36.
- Geitgey, R.P. (1994). *Industrial Minerals and Rocks*. 6. th Edition, Society for Mining, Metalurgy and Exploration, Inc. Littleton, p803-813, Colorado.

- Göde, F., Yavuz, M, Gök,A, Erdoğan, S. ve Özmert, S. (2005). *Pomza ile Sulu Çözeltilerden Cd(II) ve Zn(II) İyonlarının Adsorpsiyonu*. (Ed.) L.Gündüz ve V.Deniz, 2. Pomza Sempozyumu, s353-359, Isparta.
- Görgülü K, Ceylanoğlu A, (2001). Bazı Mermer Birimlerinde Değişik Koşullarda Gerçekleştirilen Laboratuar Yüzeş Aşındırma Deney Sonuçları ve Değerlendirilmesi. (Ed.) E.Ünal, B.Ünver, E.Tezcan, *Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi*, s229-238, Ankara.
- Gündüz, L, Şapçı, N ve Davraz, M. (2005). Pomza Madenciliğı, Endüstrisi ve Türkiye Açısından Önemi (Gelişen Yeni bir Sektör). (Ed.) A.H.Onur, M.Tanrıverdi, Uluslararası 19. Madencilik Kongresi, s397-407, İzmir.
- Gündüz, L. (ed.), Sarıışık, A., Tozaçan, B., Davraz, M., Uğur, İ. ve Çankıran, O. (1998). *Pomza Teknolojisi (Pomza Karakterizasyonu)*. Cilt 1, s285, Isparta.
- Gür K., Zengin M. Ve Uyanöz R. (1997). Pomzanın Tarım ve Çevre Açısından Önemi *1.Isparta Pomza Sempozyumu*, Isparta.
- Helvacı, C. ve Erkül, F., (2001). *Volkanoklastik Kayaçlar-Oluşumu, Genel Özellikleri ve Sınıflaması*. DEÜ Mühendislik Fakültesi Yayını, No:285, s93, İzmir.
- Hosoya, Y., Matsuzaka, K., Inoue, T. (2003). Influence of Tooh-Polishing Pastes and Sealants on DIAGNOdent Values. *International Congress Series, 1248*, p183-185.
- İlhan, S. ve Özdağ, H. (1997). Pomza Partiküllerinin Bazı Fiziksek ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi, *Madencilik, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, Cilt 36, Sayı 2-3*, s25-33, Ankara.

- İlhan, S., Nuribaş, M, Emekçi, S, Özdağ, H. (1997). Pomzanın Biyoteknolojide Adsorbant Olarak Kullanımı. (Ed.) L.Gündüz, *1. Pomza sempozyumu*, s39-46, Isparta.
- Jackson F.L. (1986). Processing Perlite for Use in Insulation Applications, *Mining Engineering*, 38, p40-45
- Jardim, W.F., MAraes S.G. ve Tokiyama, M.M.K. (1997). Photocatalytic Degredation of Aromatic Clorinated Compounds Using TiO₂; Toxicity of Intermediates. *Water Research*, 31, p1728-1732.
- Kaplan, Ş.Ş. ve Kitiş, M. (2005), Sulardaki Doğal Organik Maddelerin Yüzeyleri Demirle Kaplanmış Pomzalarla Adsorbant Giderimi. (Ed.) L.Gündüz ve V.Deniz, *2. Pomza Sempozyumu*, s371-381, Isparta.
- Karakaya, E. ve Kitiş, M. (2005). Bakır Kaplanmış Pomza Ve Hidrojen Peroksitle Siyanürün Heterojen Fazda Jatalitik Bozundurulması. (Ed.) L.Gündüz ve V.Deniz, *2. Pomza Sempozyumu*, s361-369, Isparta.
- Kartal, A., Konuk, R.E. ve Evcin, A. (2004). Nevşehir Yöresi Pomzasının Yerkarosu Massesinde Kullanımı Üzerine Araştırma. (Ed.) A.Akar ve A.Seyrankaya, *5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, s110-113, İzmir.
- Kayacı K. ve Hökelek A.A. (1997). Kocalar köyü (Çanakkale) Riyolitik Tüfünün İncelenmesi ve Seramik Sektöründe Kullanım Olanaklarının Araştırılması. (Ed.) İ. Işık, *8. Ulusal Kil Sempozyumu*, Kütahya.
- Kelm U., Sanhueza, V. ve Guzman, C. (2003). Filtration and Retention of Mineral Processing Sullies with Pumice and Clay; Low Cost Materials for Environmenteal Applications in The Small-Scale Mining Industry. *Applied Clay Science*, 24, p35-42.

- Keskin S.N. ve Çimen, Ö. (1997). Killi Zeminlerin Mühendislik Özelliklerinin İyileştirilmesinde Pomza Kullanımının Araştırılması. (Ed.) L.Gündüz, *1. Pomza Sempozyumu*, Isparta.
- Ketta, Mc J.J. (Ed.), (1990). *Encyclopedia of Chemical Processing and Desing*. Newyork, USA.
- Kizgut, S., Çuhadaroğu, D., Çolak, K., (2001); Çatalağzı Termik Santral Küllerinden Tuğla Üretim Olanaklarının Araştırılması. (Ed.) E. Ünal, B. Ünver, E. Tezcan, *Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi*, s.81-85, Ankara.
- Knight, J.C., (1999). Influence of Volcanic Ash Flux on Ceramic Properties of Low Plasticity Clay and High Plasticity Clay of Trinidad. *British Ceramic Journal*. *1.98*, p24-28.
- Kocaer, F.O., Uçaroğlu, S., Başkaya, H.S., Özgümüş, A. (2002). Bir Tarım Toprağının Karasudaki Bazı Kirleticileri Tutma Kapasitesi. 1. Zeytinyağı Üretiminde Çevre Sorunları ve Çözümleri Çalıştayı, s25-33, Balıkesir.
- Koçu, N. (2005). İnşaat Sektöründe Puzolanik Aktiviteye Sahip Tüflerin Kullanılması Ve Özelliklerinin Araştırılması. (Ed.) L.Gündüz ve V.Deniz, *2. Pomza Sempozyumu*, s.89-94, Isparta.
- Konta, J. (1995). Clay and Man, Clay Raw Materials in The Service of Man. *Applied Clay Science*, *10*, p.235-275.
- Köktürk, U. (1997). *Endüstriyel Hammaddeler*. Dokuz Eylül Üniversitesi Yayını, Yayın No 205, İzmir.
- Köse, H., Pamukçu, Ç. (1997). Pomza ve Yapı Malzemesi Olarak Kullanım Olanakları. (Ed.) H.Köse, V.Arslan, *2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir.

- Kuşlu, Y., Şahin, Ü., Anapalı, Ö., Şahin, S. (2005). Türkiye'nin Farklı Yörelerindeki Pomzaların Havalanma Porozitesi ve Su Tutma Kapasitesi Açısından Tarımda Kullanılabilme Olanakları. (Ed.) L.Gündüz ve V.Deniz, 2. *Pomza Sempozyumu*, Isparta.
- Kuzugudenli, O.E. (2004). Use of Pumice Stone as a Ceramic Raw Material. *Key Engineering Materials, Vol. 264-268*, Abstracts, p1427-1430, Switzerland.
- Lin., I. J. (1989). Vermiculit and Perlite, For Animal Feedstuff and Crop Farming. *Industrial Minerals*, p43-49.
- Liotta, F.L., Venezia, A.M., Martorana, A., Deganello, G. (1997). Model Pumices Supported Metal Catalysts, *Journal of Catalysis 171*, Article No.CA971764, p.177-183.
- Lolos G, Skordilis A., Parissakis G. (1994). Polluting Characteristics And Lime Precipitation Of Olive Mill Wastewater. *J.Environ. SCI. Health, A29(7)*, p1349-1356.
- McLaughlin, R.J.W. (1971). Thermal Techniques, (Ed.) J.Zussman, *Physical Methods in Determinative Minerology*, p.405-445, England.
- Müezzinoğlu, A. (2000). *Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları*. Dokuz Eylül Yayınları, İzmir.
- Neumann, Th., Grotjohann, P. (1998). Pumice Processing in The Neuwied Basin with Alljig Air Pulsed Jigs. *Aufbereitungs Technik, 39, Nr.5*, p.234-238.
- Ogle D. (2003). Using Pumice to make lightweight ceramics in El Salvador, <http://www.repp.org/discussiongroups/resources/stoves/Ogle/Pumice/Pumicite.html> (28.11.2005)

- Oktav E., ve Özer, A. (2002). Zeytinyağı Endüstrisi Atıksularının Özellikleri ve Arıtım Alternatifleri. *1.Zeytinyağı Üretiminde Çevre Sorunları ve Çözümleri Çalıştayı*, s51-65, Balıkesir.
- Oktav, E., Çetinkaya E, Şengül, F. (2003). Zeytinyağı Endüstrisi Atıksularının Kimyasal Yöntemlerle Arıtımı. *DEÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, s11-21, İzmir.
- Onar, A.N., Balkaya, N., Öztürk, B. (1997). Pomza Taşının Su Arıtım Teknolojisinde Kullanımı. (Ed.) L.Gündüz, *1. Isparta Pomza Sempozyumu*. s.31-38, Isparta.
- Onargan,T., Köse, H., Deliormanlı, A. (2005). *Mermer*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, No:95, ISBN 975 395 847-1, İzmir.
- Orhan M. ve Demir, İ., (1998). Tuğla Killerinde Rötire Değerlerinin Azaltılması Üzerine Bir Araştırma. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, C 11, No 2*, p.383-392.
- Oyman, Ö. (2005). Pomza Export Mad. San ve Tic.A.Ş.-Salihli Sart Maden İşletmesinde Çıkan Atık Kilin Seramik Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *DEÜ Torbalı Meslek Yüksek Okulu Endüstriyel Seramik Bölümü, Teknik Rapor*, İzmir.
- Öztürk, B., Kara, G. (2004). Bazı Uçucu Organik Maddelerin Doğal Materyalle Adsorpsiyonu. *1. Ulusal Çevre Kongresi*, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.
- Pazarlıoğlu-Kaşıkkara N., Telefoncu, A. (1997). Pomzanın Fenol İçeren Endüstriyel Atık Suların Biyokimyasal Arıtımında Kullanılması. (Ed.) L.Gündüz, *1. Pomza Sempozyumu*, s25-30, Isparta.
- Poyraz, H.B., Erginel N. ve Ay, N. (2005), The use of pumice (pumicite) in transparent roof tile glaze composition. Article in Press, *Journal of the European Ceramic Society*, www.elsevier.com/locate/jeurceramsoc

- Rachel, A., Lavedrine B., Subrahmanyam, M., Boule, P. (2002). Use of Porouse Lavas as Supports of Photocatalysts. *Catalysis Communications*, 3, p 165-171.
- Reed, S.J. (1994). *Principles of Ceramic Procesing, Drying*. Chapter 27, p545-557, Newyork.
- Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, Hava Kirliliğine Genel Bakış. www.rshm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava.pdf
- Sacmi, (1986). *Flor Tiles, R&D Centre*. Sacmi, İtaly.
- Samsunlu A., Tünay, O., Öztürk, Z., Alp, K. (1998). Zeytinyağı Üretimi Atıksularının Karakterizasyonu ve Arıtılabilirliği. *İTÜ 6. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, s.93-99, İstanbul.
- Sarıışık, A., Şahin, B. (1997). Isparta Pomzasının Aşındırma-Parlatma Karakteristiğinin İrdelenmesi. *1.Isparta Pomza Sempozyumu*, s53-61, Isparta.
- Sarız K., Nuhoglu İ. (1992). *Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madenciliği*. Anadolu Üniversitesi Yayını, Eskişehir.
- Sevindir, H. C., Pakdil, N.B. (2005). Pomza Taşı Kullanarak İçme Sularından Demir ve Mangan Giderilmesi. L.Gündüz ve V.Deniz (Ed.), 2. *Pomza Sempozyumu*, s.321-325, Isparta.
- Sevindir, H.C. (2005). Pomza Taşı Kullanılarak Suyun Yumuşatılması. L.Gündüz ve V.Deniz (Ed.), 2. *Pomza Sempozyumu*, 327-333, Isparta.
- Sezgin, M., Davraz, M., Gündüz, L. (2005). Pomza Endüstrisine Sektörel Bakış. (Ed.) L.Gündüz ve V.Deniz, 2. *Pomza Sempozyumu*, Isparta.
- Singer, F, Singer, S. (1960), *Industrial Ceramics*. Chapman ad Hal Ltd., London.

Stil, D., Pinnell, M., Ogle, D., Apel, B.V. (2003). Insulative Ceramics for Improved Cooking Stoves.

<http://mha-net.org/msb/research/BP49%202003%20insulative%20ceramics.doc>

Sümer, G. (1990). *Endüstriyel Seramikler Cilt 1*. Anadolu Üniversitesi Uygulamalı Güzel Sanatlar Yüksek Okulu Yayınları No:377-2, Eskişehir.

Şahin, Ü., Hanay, Anapalı, A.Ö. (1997). Seralarda Topraksız Kültürde Pomzanın Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma. *1. Isparta Pomza Sempozyumu*, Isparta.

Şengül, F., Özer, A., Çatalkaya Çokay, E., Oktav, E., Evcil, H., Çolak, O, Sağer, Y. (2003). *Zeytin Karasuyu Artımı Projesi: Ebso Projesi Kapsamındaki Zeytinyağı İşletmeleri İçin Durum Tespiti, Karasu Karakterizasyonu, Karasu Arıtılabilirlik Çalışmaları ve Sonuçları*. DEÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, Rapor, s89, İzmir.

Taşınan, H., Mete, Z. (1988). *Seramik Teknolojisi ve Uygulaması*. Söğüt Seramik, Birlik Matbaası, s 232, Bilecik.

Toydemir, N. (1976). *Seramik Yapı Malzemeleri*. İTÜ Yayını, İstanbul.

TS 3234, (1978). *Bimsbeton Yapım Kuralları, Karışım Hesabı ve Deney Metotları*. Ankara.

TS 705, (1985). *Fabrika Tuğlaları-Duvarlar için dolu ve düşey delikli*. Ankara.

TSE 11365, (1998). *Karayolu Taşıtları-Trafikteki Dizel Motorlu Taşıtlar İçin Egzoz Gazı Kirleticileri Ölçme Metodu ve Sınır Değerleri*. Ankara.

Tsonis S.P., Tsola V.P., Grigoropoulos S.G. (1989). Systematic Characterization and Chemical Treatment of Olive Oil Mill Wastewater. *Toxicology and Environmental Chemistry, Vol 20*, p437-457.

- Tuncer.G., (1997). Türkiye Seramik Hammaddelerine Genel Bir Bakış. (Ed.) H.Köse, V.Aslan, 2. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, s58-69, İzmir.
- Umucu, Y., Deniz, V., (2005). Isparta Yöresi (Karakaya) Pomzalarının Simülasyon ile Gravite Zenginleştirme Olanaklarının Araştırılması. (Ed.) L.Gündüz ve V.Deniz, 2. *Pomza Sempozyumu*, s.71-76, Isparta.
- Uz, V., Erdinç, M.E., Işık, İ. Uz, B. (2005a). Asidik ve Bazik Karakterli Pomzaların Kiremit Bünyelerine Etkileri. (Ed.) L.Gündüz ve V.Deniz, 2. *Pomza Sempozyumu*, s.177-182, Isparta
- Uz, V., Erdinç, M.E., Işık, İ. Uz, B. (2005b). Pomza Katkılı Hafif Kiremit Üretimi Çalışmaları. (Ed.) L.Gündüz ve V.Deniz, 2. *Pomza Sempozyumu*, s.183-191, Isparta.
- Ürün, Ü. (2004). *İzmir-Menderes Yöresi Pomza Endüstriyel Hammaddesinin Teknolojik Özellikleri ve Tüketim Alanlarının İncelenmesi*. DEÜ-FBE Maden Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, s77, İzmir.
- Üzer M, Tola Ç. (1987). *Tuğla Kiremit Topraklarında Kuruma Problemleri ve Elektrolit İlavesinin Kurumaya Etkisi*. Saydam Matbaacılık, Ankara.