

# POMZANIN SU ARITIMINDA FİLTRE MALZEMESİ OLARAK KULLANIMINDAKİ GELİŞMELER

Ece KILINÇ AKSAY<sup>1\*</sup>, İlknur CÖCEN<sup>2</sup>, Ali AKAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksekokulu, İzmir, Türkiye. [ece.kilinc@deu.edu.tr](mailto:ece.kilinc@deu.edu.tr)\*

<sup>2</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Mühendisliği, İzmir, Türkiye. [ilknur.cocen@deu.edu.tr](mailto:ilknur.cocen@deu.edu.tr)

<sup>2</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Mühendisliği, İzmir, [Türkiye.aliakarmaden@yahoo.com.tr](mailto:Türkiye.aliakarmaden@yahoo.com.tr)

Geliş Tarihi: 17.05.2016

Kabul Tarihi:12.07.2016

## ÖZ

Su kirliliğinin en önemli kaynağı çevre kirliliğidir. Artan kirlilik, içilebilir su miktarının giderek azalmasına sebep olmaktadır. Filtrasyon, içilebilir su kaynaklarının arıtımında başarıyla kullanılan yöntemlerden bir tanesidir. Bu yöntemde, kullanılan filtre malzemesi yöntemin performansını ve maliyetini direkt etkilemektedir. Dolayısıyla, filtre malzemesi olarak alternatif hammadde arayışları hızla devam etmektedir. Pomza, yapısal özellikleri nedeniyle bu alanda üstün teknolojik özellikler yaratan, ucuz ve kolay temin edilebilen bir endüstriyel hammaddedir. Bu nedenle, arıtma sektörüne sağladığı bu tür teknolojik ve ekonomik avantajlar pomzayı yeni bir filtre malzemesi haline dönüştürmektedir. Bu çalışmada, pomzanın içme suyu olarak kullanılacak suların arıtılmasında filtre malzemesi olarak kullanımına yönelik gelişmeler ile pomzanın bu sektördeki önemi sunulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Pomza, İçilebilir su, Arıtma, Filtrasyon, Filtre malzemesi, Adsorpsiyon

## IMPROVEMENTS IN THE USE OF PUMICE FOR DRINKING WATER TREATMENT AS AN FILTRATION MATERIAL

### ABSTRACT

The main source of water contaminants are environmental pollution. Increased pollution is caused gradually decreasing in the amount of drinking water. Filtration is an efficient method using in the treatment of drinking water. Filter material directly affects the performance and the cost of the method. Therefore, seeking for an alternative filter material is increasing dramatically. Pumice is an inexpensive and accessible industrial raw-material providing superior technological features due to its structure in this sector. Thus, the technological and economical advantages of pumice in water treatment industry are transformed into a new alternative filter material. In this study, the utilization of pumice as filter material in water treatment industry and its importance for this sector were presented.

**Keywords:** Pumice, Drinking water, Treatment, Filtration, Filter material, Adsorption

### 1. GİRİŞ

Artan nüfus ve sanayileşme, temiz su kaynaklarının hem tükenmesinde hem de kirlenmesindeki en önemli unsurlardır. Her geçen gün, içilebilir su kaynaklarına olan ihtiyaç artmaktadır. Dolayısıyla su kaynaklarının tüketilebilir hale getirilmesi için kullanılan arıtma süreçlerindeki alternatif hammadde arayışları hızla devam etmektedir.

Suların arıtılmasında koagülasyon, flokülasyon, sedimentasyon, filtrasyon ve dezenfeksiyon gibi yöntemler kullanılmaktadır [1]. Filtrasyon, içilebilir su elde etmek için önemli ve gerekli bir arıtma yöntemidir. Filtrasyon temelde bir katı-sıvı ayırma işlemidir ve suyun, gözenekli bir ortamdan geçirilerek arıtılması temeline dayanır [2, 3]. Bu yöntemle, suda dağılmış olarak bulunan çok ince boyutlu (askıdaki) taneler uzaklaştırılabilir. Bu yolla uzaklaştırılabilen başlıca askıdaki maddeler, kil ve silt tanecikleri, mikroorganizmalar, kolloidal ve çökebilir hümit maddeler, bitkisel döküntülerin çürümesinden ortaya çıkan diğer organik tanecikler, koagülasyon sonucunda ortaya çıkan alüminyum ve demir çökeltileri, kireç-soda metoduyla su yumuşatmada meydana gelen, kalsiyum karbonat ve magnezyum hidroksit çökeltileri ve oksidasyon sonucu meydana gelen demir ve mangan çökeltileridir [4-5]. Filtre ortamı olarak ise kum, çakıl, antrasit, aktif karbon, garnet, perlit, diatomit, genişletilmiş kil gibi granül maddeler veya bunların kombinasyonları kullanılmaktadır [1, 6-8]. Ayrıca membran ve iyon değiştirme filtrasyon prosesleri ile aktif karbon sistemleri de içme suyu arıtımında kullanılmasına rağmen daha pahalıdır.

Arıtma sektöründe ucuz ve kolay bulunabilir, yüksek arıtma potansiyeline sahip, toksik özelliği olmayan ve kolay rejenere edilebilen doğal adsorban arayışları devam etmektedir. Bu özelliklere sahip doğal bir endüstriyel hammadde olan pomzanın bu amaçla kullanılabileceği çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmektedir [1, 6, 9-10].

Amorf alüminyum silikat olarak tanımlanıp, volkanik faaliyetler sonucu oluşmuş, volkanik cam yapısında ve süngerimsi bir kayaç olan pomza, inşaat, tekstil, tarım, kimya ve abrasif sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [11]. Ancak 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 gibi özellikleri nedeniyle, son yıllarda arıtma sektöründe filtre malzemesi olarak kullanımı ve önemi artmıştır. Ayrıca pomzanın teknolojik avantajları yanında, kolay ve düşük maliyetle üretilmesi ve üretildikten sonra herhangi bir ek işlem gerektirmemesi de yine bu sektöre önemli bir ekonomik avantaj sağlamaktadır.

Yaklaşık 18 milyar ton olan dünya pomza rezervinin; Amerika %63,9'una, Türkiye %15,8'ine ve İtalya ise %11,1'ine sahiptir [11-12]. Türkiye'deki rezervin %50'si Bitlis'te, geri kalanı ise Kayseri, Nevşehir, Van, Kars, Ağrı, Isparta, Ankara ve İzmir'de bulunmaktadır [11, 13]. Türkiye ve İtalya en fazla pomza üretimi yapan ülkelerdir [12].

Bu çalışmada, pomzanın içme sularının arıtımında filtre malzemesi olarak kullanımı ve bu yöndeki gelişmeler araştırılmıştır.

## 2. POMZANIN ÖZELLİKLERİ

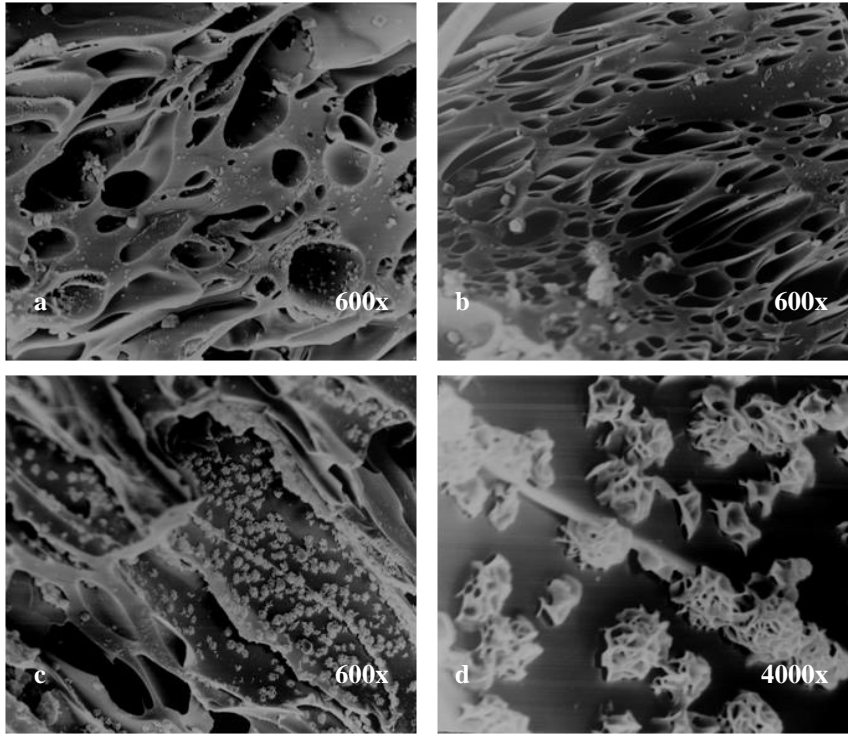
Pomza, oluşumu esnasında ani soğuma ve gazların bünyeyi ani olarak terk etmesi nedeniyle, makro ölçekten mikro ölçüğe kadar sayısız gözenek içermektedir. Bu nedenle pomza, amorf ve oldukça gözenekli yapıdadır [14]. Magmanın asidik veya bazik yapılı olması "asidik pomza ve bazik pomza" olmak üzere iki farklı tip pomzanın oluşmasına neden olmaktadır.

Pomzadaki gözenekler, genellikle bağlantısız boşlukludur. Her bir gözenek diğerinden cam yapıda bölmeyle ayrılmıştır. Gözenekli yapıdan dolayı oldukça hafif, gözeneklerin bağlantısız olmasından dolayı da geçirgenliği düşüktür. Pomzadaki gözenekler, 1 mm'den küçük boyutludur. Gözenekler, düzensiz ve küresel, oval, uzamış boru şeklindedir [11, 15-17]. Şekil 1'de bir pomza\* örneğinin taramalı elektron mikroskop görüntüsü yer almaktadır. Şekil 1a ve b'de pomzanın gözenekli yapısı görülmekte, Şekil 1c ve d'de ise gözeneklerin yanı sıra süngerimsi bir yapının da varlığı açıkça görülmektedir.

Amorf alüminyum silikat olarak tanımlanan pomzanın tanımlanmasında kimyasal kompozisyonundan yararlanılmaktadır. Asidik ve bazik özellikler taşıyan pomzaların tipik kimyasal bileşimlerine birer örnek Çizelge 1'de verilmiştir [13]. Çizelge 1'de görüldüğü gibi asidik pomzanın %SiO<sub>2</sub> değeri yüksekken, bazik pomzanın % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve % MgO değerleri yüksektir.

**Çizelge 1.** Pomza tiplerinin kimyasal kompozisyonuna örnek [13].

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



**Şekil 1.** Bir pomza\* örneğinin taramalı elektron mikroskop görüntüsü [11].  
\*Pomza örneği İzmir-Menderes yöresine aittir.

Pomzanın genel olarak fiziksel özellikleri Çizelge 2’de sunulmuştur [11, 13, 16, 18-19]. Çizelge 2’de verilen özelliklere ilave olarak pomza fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklıdır. Ayrıca pomzanın kation değişim kapasitesinin 5 me/100 gr olduğu ve çözünebilir kation değişim kapasitesinin düşük olduğu belirtilmektedir [11, 16, 20]. Asidik karakterli pomzanın elektrokinetik davranışının, ortam pH’sına bağlı olmaksızın yüzeyinin negatif yüklü olduğu da tespit edilmiştir [17, 21].

**Çizelge 2.** Bir pomza örneğinin genel fiziksel özellikleri [11, 13, 16, 18-19].

Özellik	Açıklama
Renk	Asidik pomza: Beyaz/Kirli beyaz Bazik pomza: Kahverengi/Siyah
Yığın Yoğunluğu (gr/cm <sup>3</sup> )	0,5-1 (asidik pomza) 1-2 (bazik pomza)
Özkütle (gr/cm <sup>3</sup> )	2,5
Sertlik (Mohs)	5-6
Gözeneklilik (%)	45-70
pH	7
Suda çözünen madde miktarı (%)	Düşük
Asitte çözünen madde miktarı (%)	2,9
Asitle tepkime (HF hariç)	Yok
Toksik özellik	Yok

### 3. SU ARITIMINDA POMZANIN KULLANIMINA YÖNELİK ARAŞTIRMALAR

#### 3.1. Sulardaki Kirlenmeler, Nedenleri Ve Etkileri

Dünya nüfusunun çok hızlı artışı, sanayi ve teknolojinin aşırı gelişmesi, ayrıca çevre bilincinin yeterince yerleşmemesi veya yaygınlaşmaması gibi nedenler dünyada içilebilir su miktarının giderek azalmasına ve doğal olarak da içme sularının kirlenmesine sebep olmaktadır [22]. Dolayısıyla kirlenmeye sebep olan kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik kirlenmeler insan sağlığını tehlikeye sokmaktadır. İçme sularının renksiz ve berrak olması, hastalık yapıcı

organizmaları, zararlı kimyasal maddeleri ihtiva etmemesi ve agresif olmaması gerektiği çeşitli içme suyu standartlarında belirtilmektedir. Ancak alüminyum, arsenik, kadmiyum, krom, florür, siyanür, kurşun, civa, nitrat, selenyum, antimon, bor, nikel, klorür, bakır, demir, mangan, sülfat, çinko, sodyum, amonyum, baryum, bromat, benzen, fenoller ve çeşitli hidrokarbonlar gibi kimyasal kirleticilerin de kabul edilebilir değerlerin altında tutulması için Türk Standartları Enstitüsü (TS 266), Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO), ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Avrupa (EC) standartları kullanılmaktadır (Çizelge 3). Çizelge 3'de, içme sularındaki bazı kirleticilerin bu standartlardaki kabul edilebilir sınır değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir [23]. Bu kirleticilerin insan sağlığı üzerindeki potansiyel olumsuz etkileri ise hala araştırılmaktadır [24-25].

**Çizelge 3.** İçme sularındaki bazı kirleticilerin karşılaştırmalı kabul edilebilir sınır değerleri [23]

<b>PARAMETRELER</b>	<b>TS 266</b>	<b>WHO</b>	<b>EPA</b>	<b>EC</b>
Bulanıklık	1,0	5,0	1,0	1,0
<b>Mikrobiyolojik, EMS/100mL</b>				
Koliform Bakteri	<1	0	<1	0
<b>Dezenfeksiyon Yan ürünleri, µg/L</b>				
Toplam Trihalometanlar	100	460	80	100
Bromat	10	10	10	10
<b>İnorganik Kimyasallar, mg/L</b>				
Alüminyum	0,2	0,2	0,2	0,2
Arsenik	0,01	0,01	0,01	0,01
Kadmiyum	0,005	0,003	0,005	0,005
Krom (Toplam)	0,05	0,05	0,1	0,05
Florür	1,5	1,5	2,0	1,5
Siyanür	0,05	0,07	0,2	0,05
Kurşun	0,01	0,01	0,015	0,01
Civa	0,001	0,001	0,002	0,001
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	50	50	45	50
Selenyum	0,01	0,01	0,05	0,01
Antimon	0,005	0,02	0,006	0,005
<b>Estetik, mg/L</b>				
Klorür	250	250	250	250
Renk (birim)	20	15	15	--
Bakır	2	2	1	2
Demir	0,2	0,3	0,3	0,2
Mangan	0,05	0,1	0,05	0,05
pH	6,5-9,5	6,5-8,0	6,5-8,5	6,5-9,5
Sülfat	250	500	250	250
<b>İlave Parametreler, mg/L</b>				
Sodyum	200	200	--	200
Amonyum	0,5	1,5	--	0,5

### 3.2. Sulardaki Kirleticilerin Arıtılmasında Pomzanın Kullanımı

Su arıtımında kum filtreler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu filtreler suda asılı bulunan kum ve özellikle organik maddelerin tutulmasında çok etkili olup, çok ince katı maddelerle (<10 µm) bakterilerin tutulmasında etkili değildir [26]. Ancak filtre malzemesi olarak pomzanın kullanılması bu filtrelere bazı teknolojik üstünlükler sağlamaktadır. Bu üstünlükler;

- pomzanın gözenekli yapısı nedeniyle yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip olması ve dolayısıyla yüksek oranda bulanıklık giderme verimi sağlaması,
- daha az enerji ile geri yıkama yapılabilmesi ve uzun yıllar üst üste kullanılabilmesi,
- yoğunluğunun az olması nedeniyle, sistemdeki basınç kaybının daha az olmasıdır [27-28].

Filtre malzemesi ile askıdaki (kolloidal) partiküllerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri filtrasyon prosesine yardımcı olmaktadır. Mesela kolloidal partiküllerle filtre malzemesi arasında gerçekleşebilecek kimyasal reaksiyonlar ya da fiziksel çekim kuvvetleri filtrasyon performansını artırıcı yönde etki eder. Dolayısıyla adsorpsiyon filtrasyon prosesinin temel mekanizmalarındandır [3, 29]. Son yıllarda pomzanın su arıtımında doğal olarak kullanımının yanında

adsorpsiyon yeteneğinin artırılmasına yönelik araştırmalar artmaktadır. Dolayısıyla araştırmalar doğal pomza kullanımının yanı sıra aktifleştirilerek veya yüzeýi çeşitli metallerle kaplanarak kullanımı yönündedir.

Bilindiği gibi su arıtımında filtrasyon, farklı kirleticilerin gideriminde yaygın olarak kullanılan bir sistemdir. Çalışmanın bu bölümünde, filtre malzemesi olarak pomzanın kullanımıyla suların yumuşatılması, sulardaki fosfatın, florürün, arsenatın ve organik maddelerin uzaklaştırılması ile sulara renk veren demir ve manganın giderimi üzerine yapılan araştırmaların bulguları sunulmuştur.

**Sulardaki bulanıklığın giderilmesi:** Van-Erciş yöresi pomzası kullanılarak içme sularındaki bulanıklığın (katı partiküllerin) giderilmesi üzerine yapılan araştırmada [28], kum ve 0,5-1 mm boyutlu pomza kullanılarak bulanıklık giderme veriminin sırasıyla %85-90 ile %98-99 olduğu bulunmuştur. Ayrıca pomza kullanımı daha düşük yük kaybı sağlamış, geri yıkama periyotları daha uzun olmuştur.

**Suların yumuşatılması:** Isparta-Gölcük pomzasının suların yumuşatılmasında adsorban olarak kullanımının araştırıldığı çalışmada [30], NaOH çözeltisi ile ön işlemden geçirilen pomzanın miktarına bağlı olarak sudaki CaCO<sub>3</sub>'ün uzaklaştırılmasına olan etkisi araştırılmıştır. Sonuçlara göre, 90 gr pomza kullanımında 4.266 mg/gr CaCO<sub>3</sub> uzaklaştırılmıştır. Pomzanın üst üste rejenere edilip kullanılabilceği belirlenmiştir.

İçme suyuna sertlik veren Ca<sup>+2</sup> ve Mg<sup>+2</sup> iyonlarının doğal pomza ve alkali ile aktive edilmiş pomza kullanarak yumuşatılmasının araştırıldığı bir başka çalışmada [31] ise, özellikle aktifleştirilmiş pomzanın içme sularından sertlik giderimi için uygun olduğu bulunmuştur. Doğal ve aktifleştirilmiş pomza için optimum pH'nın 6 olduğu ve sırasıyla Ca<sup>+2</sup>'un uzaklaştırma veriminin %79 ve %96; Mg<sup>+2</sup>'un ise %51 ve %93 olduğu saptanmıştır. Doğal ve aktifleştirilmiş pomzadan Ca<sup>+2</sup>'un desorpsiyonu başarıyla sağlanmıştır.

**Sulardaki fosfatın giderimi:** Pomza kullanarak sulardaki fosfat giderimi üzerine yapılan çalışmada [32], fosfat adsorplama yeteneğinin pomzanın kalsiyum içeriğine bağlı olduğu saptanmış, düşük pH değerlerinde fosfat giderim veriminin %98'in üzerinde olduğu bulunmuştur. Ayrıca pomzanın seyreltik NaOH ile rejenere edilerek tekrar kullanılabilceği belirtilmiştir. Pomzanın fosfat iyonunun ve fosfat içeren organik bileşiklerin gideriminde kullanılabilceği bulunmuştur.

**Sulardaki florürün giderimi:** Doğal ve aktifleştirilmiş (asit ve bazlarla) Isparta-Gelincik pomzasının kullanımı ile içme suyundan flor iyonunun giderilmesi üzerine yapılan araştırmada başarı sağlanamamıştır [33].

Florürlü suların sentetik olarak hazırlandığı başka bir araştırmada [34], florürün pomza kullanımı ile uzaklaştırılması araştırılmıştır. Elde edilen optimum bulgular Kuhbonan (İran) şehri içme suyundaki florürün uzaklaştırılması için kullanılmıştır. Florür, pH 7'de %85,75 verimle uzaklaştırılmıştır. Pomzanın florür giderimi için uygun ve düşük maliyetli bir adsorban olduğu sonucuna varılmıştır.

Bir diğer çalışmada [35], yüzeý aktif madde (hekzadesiltrimetilamonyum) ile aktive edilmiş pomzanın içme suyundaki florürün uzaklaştırılması için adsorban olarak kullanımı araştırılmıştır. Florür, pH 6'da %96'nın üzerinde verimle uzaklaştırılmıştır.

Başka bir araştırmada, içme suyundaki fazlalık florürün alüminyum (hidr)oksit kaplı pomza ile uzaklaştırılabilirliği araştırılmıştır [36]. Bu şekilde modifiye edilmiş pomzanın florür için etkili ve ucuz bir adsorban olduğu bulunmuştur.

**Sulardaki arsenatın [As(V)] giderimi:** Yüzeýi alüminyum kaplı pomza kullanarak su kaynaklarındaki arsenatın uzaklaştırılması üzerine yapılan araştırmada, arsenat pH 7'de %71 verimle uzaklaştırılmıştır [37].

Demir ve mangan kaplı pomza kullanarak yapılan araştırmada [38], sulardaki arsenat sırasıyla %98 ve %87 verimle etkin bir şekilde uzaklaştırılmıştır.

**Sulara renk veren maddelerin giderimi:** Isparta-Gölcük pomzası kullanarak içme sularına renk veren demir ve manganın filtrasyonunun araştırıldığı çalışmada [39], pomzanın kullanımı ile Fe<sup>+2</sup> %96-99 verimle, Fe<sup>+3</sup> ise %80-86 arasında değişen verimlerle uzaklaştırılmıştır. Mn<sup>+2</sup> ise %56-63 verimle, Mn<sup>+4</sup> %63-86 arasında değişen verimlerle uzaklaştırılmıştır.

**Sulardaki organik maddelerin giderimi:** Yüzeýi demir kaplı pomza kullanarak sudaki organik maddelerin giderilmesi üzerine yapılan bir çalışmada [40], %90'a varan uzaklaştırma verimi sağlanmıştır. Dolayısıyla, demir kaplı pomzanın içme suyundan organik maddelerin uzaklaştırılmasında başarıyla kullanılan, yeni bir hammadde olduğu belirtilmiştir.

### 3.3. Su Arıtmada Pomza Kullanımına Yönelik Uygulamalar

Filtrasyon fiziksel, kimyasal ve bazı durumlarda da biyolojik bir proses olarak su arıtımında kullanılan en eski ve temel metotlardan birisidir [29]. Filtre malzemesinin seçiminde filtre materyalinin bileşimi, boyutu, yoğunluğu, sertliği, tane şekli, asitte çözünürlüğü ve adsorpsiyon kapasitesi gibi parametreler oldukça önemlidir [8]. Filtre malzemesi olarak pomzanın kullanımı dünyada artmaktadır. Bir Amerikan şirketi, pomzanın filtrasyonda yaygın olarak kullanılan kum ve antrasite alternatif olduğunu belirtmektedir. Ayrıca pomza, yüksek partikül uzaklaştırma verimi, düşük yoğunluğu ve dayanımı nedenleriyle tekli ve çoklu filtre malzemesi olarak kullanılabilir. 2000 yılında bir İngiliz şirketi tarafından, düşük yoğunluğu nedeniyle üstte iri boyutlu pomza olmak üzere kum ile birlikte kullanıldığı bildirilmiştir [1]. Bugün pomzayı filtre malzemesi olarak satan Amerika, İngiltere, Hollanda ve Türkiye’de çeşitli firmalar mevcuttur. Bu firmalardan bazılarının ait pomzaların özellikleri Çizelge 4’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.** Dünyada filtre malzemesi olarak satılan pomzanın teknik özellikleri\*

Özellikler	Amerika [41]	İngiltere [42]	Türkiye [43]
%SiO <sub>2</sub>	--	71,75	71-74
Yığın yoğunluğu, kg/m <sup>3</sup>	370-400	410-440	--
Sertlik, Mohs	--	5,5	--
Üniformluk katsayısı, (u=d <sub>60</sub> /d <sub>10</sub> )	1,3-1,4	--	1,24
Boyut, mm	0,8-1,0 0,8-1,9 1,2-1,4 1,4-1,6 1,8-2,0	0,8-1,3 1,2-2,4 1,4-3,0	1,67 (efektif boyut)

\*Bu çizelge firmaların internet sitelerinde yer alan kataloglarından üretilmiştir.

## 4. SONUÇ

Arıtma sistemlerinde, yüksek verimlilik ve düşük maliyet sağlayan teknolojilere olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Dolayısıyla su arıtmada ucuz ve nitelikli hammadde arayışları hızla devam etmektedir. Pomza ise oldukça gözenekli ve düşük maliyetli bir endüstriyel hammaddedir. Günümüze kadar yapılan araştırmalar, pomzanın içme suyu arıtmada etkin bir şekilde kullanılabileceğini, dolayısıyla geleneksel kum filtrelerine ve antrasit filtrelere alternatif olabileceğini göstermiştir. Ayrıca, pomzanın farklı kimyasallarla aktifleştirilmesi ve yüzeylerinin çeşitli metallerle kaplanması ile içme sularındaki çeşitli kirliliklerin yüksek verimle arıtılması sağlanmış, kullanılan pomzanın özelliğini kaybetmeden tekrar kullanım imkanı sağlamıştır. Bu yolla, içme suları yumuşatılabilmiş, içme suyundaki florür, fosfat, çeşitli metaller ve organik maddeler uzaklaştırılabilmiştir.

Türkiye, geniş pomza rezervlerine sahip bir ülkedir. Pomzanın oldukça gözenekli, düşük maliyetli ve kolay ulaşılabilir olması, onu arıtma sektörü için önemli bir hammadde haline getirmektedir. Bu doğrultuda, özellikle ülkemizin çeşitli bölgelerinde bulunan pomzaların fiziksel, kimyasal ve mineralojik özelliklerinin belirlenerek, filtre malzemesi olarak kullanımı için hazırlanması ve gerekirse zenginleştirilmesi böyle bir endüstriyel hammaddenin değerlendirilmesi açısından oldukça önemli olacaktır.

## KAYNAKÇA

- [1] Ghebremichael, K.A., "Moringa seed and pumice as alternative natural materials for drinking water treatment", TRITA-LWR PHD 1013, ISSN 1650-8602, ISRN KTH/ LWR/PHD 1013-SE, ISBN 91-7283-906-6, s56, (2004).
- [2] Dickenson, C.T., "Filters and Filtration Handbook", 4th ed., Elsevier, p.978, (1997).
- [3] Cheremisinoff, N.P., "Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies", Butterworth-Heinemann, p.63, (2002).
- [4] Department of Water Affairs and Forestry (DWAf), "Quality of Domestic Water Supplies, Vol 4: Treatment Guide", WRC. TT 181/02, p.85, (2002).

- [5] Parsons S.A. and Jefferson, B.J., "Introduction to Potable Water Treatment Process", Blackwell Publishing, p.177, (2006).
- [6] Zhu I. X., Bates, B.J., "Conventional Media Filtration with Biological Activities", INTECH, Chapter 7, s.137-166, (2013).
- [7] Cakmakcı, M., "Su Arıtma Tesislerinin Tasarım ve İşletme Esasları", Su Uygunluğu Yönetimi Eğitim Toplantısı, Antalya, 3-5 Kasım, (2014).
- [8] AWWA B100-09., "Granular Filter Material", American Water Works Association (AWWA), Catalog No: 42100, s.52, (2009).
- [9] Çifçi D. İ., Meriç, S., "A Review On Pumice For Water And Wastewater Treatment", Desalination and Water Treatment, s.1-13, (2015).
- [10] Wakeman R., Tarleton, S., "Solid/Liquid Separation: Scale-up of Industrial Equipment", Elsevier, s.441, (2005).
- [11] Aksay Kilinc, E., "İzmir-Menderes Yöresi Pomza Cevherinin Kullanımına Yönelik Teknolojik Özelliklerinin Araştırılması", Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi, s.278, İzmir, (2005).
- [12] Elmastaş, N., "Türkiye Ekonomisi İçin Önemi Giderek Artan Bir Maden: Pomza (Sünger Taşı)", Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, Cilt 5, Sayı 23, s.197-206, (2012).
- [13] Gündüz, L. (ed.), Sarıışık, A., Tozaçan, B., Davraz, M., Uğur, İ., Çankıran, O., "Pomza Teknolojisi (Pomza Karakterizasyonu)", Cilt 1, s.285, Isparta, (1998).
- [14] Sarıiz K., Nuhoglu İ., "Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madencilik", Anadolu Üniversitesi Yayını, Eskişehir, (1992).
- [15] Geitgey, R.P., "Industrial Minerals and Rocks", 6. th Edition, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. Littleton, s.803-813, Colorado, (1994).
- [16] Aksay Kilinc, E., Akar, A., Cocen, I., Kaya, E., "Technological Properties of Menderes-Izmir Pumice Ores", The Journal of Ore Dressing, Vol 11 (21), s.1-13, (2009).
- [17] Ersoy, B., Sariisik, A., Dikmen, S., Sariisik, G., "Characterization of Acidic Pumice and Determination of Its Electrokinetic Properties in Water", Powder Technology; 197(1-2), s.129-135, (2009).
- [18] Chang, L.L.Y., "Industrial Mineralogy, Minerals, Processes and Uses", Prentice-Hall, Inc., New Jersey, (2002).
- [19] Sezgin, M., Davraz, M., Gündüz, L., "Pomza Endüstrisine Sektörel Bakış", (Ed.) L.Gündüz ve V.Deniz, 2. Pomza Sempozyumu, Isparta, (2005).
- [20] Gür K., Zengin M., Uyanöz R., "Pomzanın Tarım ve Çevre Açısından Önemi", 1. Isparta Pomza Sempozyumu, Isparta, (1997).
- [21] İlhan, S. ve Özdağ, H., "Pomza Partiküllerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi", Madencilik, Cilt 36(2-3), s.25-33, (1997).
- [22] Akın, M., Akın, G., "Suyun Önemi, Türkiye'de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği", Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 47, 2, s.105-118. 2007,
- [23] Internet: <http://cevre.beun.edu.tr/dersnotu/icmesulari/icme-sularinin-aritilmasi.pdf>, (2016).
- [24] Oğuz, T. C., "İçme Suyu Arıtımında Yaygın Olarak Karşılaşılan Su Kalite Problemleri ve Arıtımı İçin Çözüm Önerileri", Uzmanlık Tezi, T. C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara, s.93, (2015).
- [25] Karaaslan, Y., "İçme Suyu Temin Edilen Yüzeysel Suların Kalitesi Ve Uygun Arıtma Sınıfları", Su Kalitesinin Korunmasında Yerel Yönetimlerin Rolü Toplantısı, T.C. Sağlık Bakanlığı, Türkiye Halk Sağlığı Kurumu, Çevre Sağlığı Daire Başkanlığı, İzmir, (2014).
- [26] James, L.G., "Principles of Farm Irrigation System Design", John Wiley and Sons, New York, (1988).
- [27] Ekmekyapar F., Örs, S., "Filtrasyon İşleminde Pomzanın Üstünlükleri ve Kullanılabilirliği", 2. Isparta Pomza Sempozyumu, Isparta, (2005).

- [28] Farizoglu B., Nuhoglu, A., Yıldız, E., Keskinler, B., "The Performance Of Pumice As A Filter Bed Material Under Rapid Filtration Conditions", *Filtration+Separation*, s.41-46, (2003).
- [29] Environmental Protection Agency (EPA), "Water Treatment Manuals-Filtration", The Environmental Protection Agency-Ireland, p.80, (1995).
- [30] Sevindir, H.C., "Pomza Taşı Kullanılarak Suyun Yumuşatılması", L.Gündüz ve V. Deniz (Ed.), 2. Pomza Sempozyumu, s.327-333, Isparta, (2005).
- [31] Sepehr, M.N, Zarrabi, M., Kazemian, H., Amrane, A., Yaghmaian, K., Ghaffari, H.R., "Removal Of Hardness Agents, Calcium And Magnesium, By Natural And Alkaline Modified Pumice Stones In Single And Binary Systems", *Applied Surface Science*, 274, 2013, s.295– 305.
- [32] Onar, A.N., Balkaya, N., Öztürk, B., "Pomza Taşının Su Arıtım Teknolojisinde Kullanımı", (Ed.) L.Gündüz, I. Isparta Pomza Sempozyumu, s.31-38, Isparta, (1997).
- [33] Beyhan, M., "Atık Çamurlar ve Doğal Malzemeler ile Sulardan Florür İyonu Gideriminin Araştırılması", Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, s.141, İstanbul, (2003).
- [34] Malakootian, M., Moosazadeh, M., Yousefi, N., Fatehizadeh, A., "Fluoride Removal From Aqueous Solution By Pumice: Case Study On Kuhbonan Water", *African Journal of Environmental Science and Technology*, Vol. 5(4), s.299-306, (2011).
- [35] Asgari, G., Roshani, B., Ghanizadeh, G., "The investigation of Kinetic and Isotherm of Fluoride Adsorption onto Functionalize Pumice Stone", *Journal of Hazardous Materials*, 217– 218, s.123-132, (2012).
- [36] Salifu A., Petrusevski, B., Ghebremichael, K., Modestus, L., Buamah, R., Aubry, C., Amya, G.L., "Aluminum (hydr)oxide coated pumice for fluoride removal from drinking water: Synthesis, Equilibrium, Kinetics and Mechanism", *Chemical Engineering Journal*, 228, s.63–74, (2013).
- [37] Nasseri S., Heidari, M., "Evaluation And Comparison Of Aluminum-Coated Pumice And Zeolite In Arsenic Removal From Water Resources", *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 9:38, (2012).
- [38] Far, L.B., Souri, B., Heidari, M., Khoshnavazi, R., "Evaluation Of Iron And Manganese-Coated Pumice Application For The Removal Of As(V) From Aqueous Solutions", *Iranian Journal of Environmental Health Sciences & Engineering*, 9:21, (2012).
- [39] Sevindir, H. C., Pakdil, N.B., "Pomza Taşı Kullanarak İçme Sularından Demir ve Mangan Giderilmesi", L. Gündüz ve V.Deniz (Ed.), 2. Pomza Sempozyumu, s.321-325, Isparta, (2005).
- [40] Kitis, M., Kaplan, S.S., Karakaya, E., Yigit, N.O., "Civelekoglu G. Adsorption Of Natural Organic Matter From Waters By Iron Coated Pumice", *Chemosphere*, 66(1), s.130–138, (2007).
- [41] CR Minerals Co., 2016, Filtre malzemesi olarak satılan pomzanın teknik özellikleri, Erişim tarihi: 01.08.2016, <http://www.crminerals.com/products/index.html>
- [42] Techfil Co., 2016, Filtre malzemesi olarak satılan pomzanın teknik özellikleri, Erişim tarihi: 01.08.2016, <http://www.techfil.co.uk/markets/pumice-filtration-media/>
- [43] Soylu Endüstriyel Hammaddeler A.Ş., 2016, Filtre malzemesi olarak satılan pomzanın teknik özellikleri, Erişim tarihi: 01.08.2016, [http://www.soylu.com.tr/tr/u\\_filtration.htm](http://www.soylu.com.tr/tr/u_filtration.htm)