

## Kütahya-Alayunt Diyatomit Cevherinin Zenginleştirilebilirliğinin Araştırılması

İ. Bentli

*Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya*

**ÖZET:** Bu çalışma, Kütahya-Alayunt diyatomit cevherinin suda bekletme+mekanik kanştırma+sınıflandırma yöntemleri ile zenginleştirilebilirliğinin araştırılmasını kapsamaktadır. Bu amaca yönelik olarak zenginleştirme parametrelerinden en uygun tane boyutu, suda bekletme süresi, katı oranı, kanştırma hızı ve süresi tespit edilmiştir. Tuvenan Kütahya-Alayunt diyatomit cevheri %84.42 SiO<sub>2</sub>, %1.55 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %5.02 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %0.96 CaO, %0.74 MgO, %0.62 Na<sub>2</sub>O, %0.60 K<sub>2</sub>O ve %6.09 ateş yasıatı içermektedir. Zenginleştirme sonucunda %91.26 SiO<sub>2</sub> içerikli bir diyatomit konsantresi, %67.76 safsızlıkian uzaklaştırma verimi ile üretilmiştir. Bu konsantrenin ticari olarak süzme ve dolgu alanlarında kullanılabileceği belirlenmiştir.

**ABSTRACT:** This study is included to investigation of the process of wetting in water+mechanical attrition +classification of Kütahya-Alayunt diatomite ores. For the purpose, optimum particle size, wetting in water, solid ratio, attrition speed and attrition time of process variables are determined. The Kütahya-Alayunt ores consist of %84.42 SiO<sub>2</sub>, %1.55 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %5.02 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %0.96 CaO, %0.74MgO, %0.62Na<sub>2</sub>O, %0.60 K<sub>2</sub>O and %6.09 loss of ignition. At the end of the process; the diatomite concentrate cointaining %91.26 SiO<sub>2</sub> content is produced with impurity elimination recovery rates of %67.76. This diatomite concentrate could be used in filtration and filler industry.

### 1. GİRİŞ

Diyatomit diğer ismiyle kizelgur, esas olarak diyatome kabuklarının birikmesi ile oluşmuş, SiO<sub>2</sub>.nH<sub>2</sub>O bileşimli, hafif ve kolay ufalanabilen bir kayadır. Diyatomeleler daha çok volkanik faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerde, tatlı veya az tuzlu göllerde ve deniz sularında yaşayan, tek hücreli, mikroskobik boyutta, silis kabuklu, esmer bir yosun çeşididir. Organizma öldüğü zaman tortu halinde çöker ve yumuşak kısmı çürüyerek kaybolur. Böylece silisli kabuklan birikir ve taşlaşarak diyatomit yataklarını meydana getirir (Önem, 2000; Temur, 1998; Breese, 1994).

Diyatomitin görünüşü tebeşire benzemekte ve ufalanınca pudra kıvamı kazanmaktadır. Saf diyatomit beyazdır. Ancak yabancı bileşenlere bağlı olarak sarı, kahverengi ve yeşil renkli olabilmektedir. Yolkanik küller diyatomitlerin içinde kirletici etki yapmaktadır. Ayrıca karbonat,

kum, kil, feldspat, mika, amfiboller, piroksenler, rutil, zirkon vb. mineraller bünyede safsızlık olarak bulunurlar (Nuhoğlu ve Elmas, 1999; Mete, 1988). "

Diyatomit HF hariç asitlerde çözünmez. Yüksek sıcaklıkta kuvvetli bazlardan etkilenir. Tanelerin sertliği 4-6.5 arasında, kayacın sertliği ise 1.5 civindedir. Özgül ağırlığı 1.9-2.4 gr/cm<sup>3</sup> arasında olmasına rağmen, kuru diyatomitin özgül ağırlığı 0.4 gr/cm<sup>3</sup>e kadar düşebilir. Porozitesi %90'a çıkabilir ve buna bağlı olarak ağırlığının üç katı su emebilir. 1 cm<sup>3</sup> diyatomitte her biri 0.0001-4 mm çapında olan 1-30 milyon adet diyatome kabuğu ve bu kadar da gözenek bulunmaktadır. Elektrik, ısı ve ses izolasyonu çok iyidir (Karaman ve Kibici, 1999; Temur, 1998).

Diyatomitlerin en önemli özelliklerinden birisi de blok yoğunluğudur. Parça yoğunluğu ne kadar az ise o kadar kum ve kil gibi safsızlıkların miktarı azalmaktadır (Nuhoğlu ve Elmas, 1999).

## Bentli

Kimyasal olarak diyatomitlerin ticari değere sahip olması için  $\text{SiO}_2$  içeriklerinin %84-94 arasında olması ve uygun miktarda  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 'ün de bulunması gereklidir. Bunların yanında tane büyüklüğü, mikro yapısı, kuru ve yaş yoğunluğu, sıvı absorplama kapasitesi, filtreleme ve arıtma oranı, rengi, parlaklığı, aşındırıcılığı, pH'ı, ısı iletkenliği ve iz element içeriğinin bilinmesi de ekonomiklik bakımından önemlidir (Bozkurt, 1999; Breese, 1994; Harben, 1993).

Diyatomit tüketim yerine üç şekilde pazarlanmaktadır:

- *Doğal Diyatomit:* Tuvenan diyatomit cevherinin kurutulması ve içindeki yabancı maddelerin fiziksel yöntemlerle ayrılması ile elde edilir.
- *Kahine diyatomit:* Doğal- diyatomitin döner fırınlarda hammaddenin özelliğine ve üretim şekline göre 870-1090 °C arasındaki sıcaklıklarda kalsine edilmesi ile elde edilir. Kalsinasyon işlemi amaç diyatomit içindeki organik maddelerin yakılarak uzaklaştırılması, diyatome kavkılarının gözeneklerinin açılması, tanelerin büzülerek sertleşmesi ve kaynaşmasıdır. Kalsinasyon sonucu taneler fındık büyüklüğünde agrega haline gelir. Fırından çıkan ürün soğutulur, öğütülür, havalı ayırıcılarda zenginleştirilir ve boyut dağılımına göre sınıflandırılır. Kalsine diyatomit üretimi için uygulanan zenginleştirme akım şeması Şekil 1'ée gösterilmektedir.
- *Flaks (Beyaz) kalsine diyatomit:* Doğal diyatomite kalsinasyondan önce %3-8 oranında soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) veya tuz ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ) ilave edilerek demir oksit demir klorüre, alüminyum oksit de alüminyum silikata dönüşerek ortandan uzaklaştırılır ve filtrasyon hızı yüksek beyaz kalsine diyatomit elde edilir (Breese, 1994).

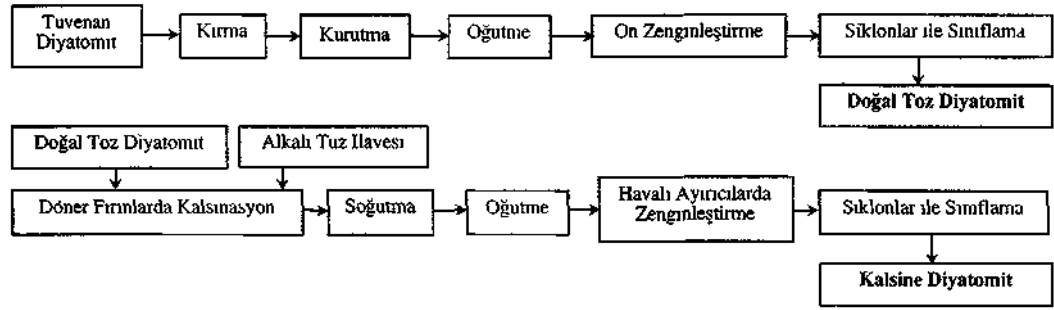
Kullanım Alanları:

- *Filtrasyon- alanında:* Diyatomitin yüksek porozite, kimyasal etkilere karşı direnci ve saflığı sebebiyle en çok tüketildiği ve diğerlerine göre rakipsiz olduğu kullanım alanı filtrasyon işlemidir (Köktürk, 1997). Gözenekli yapısı, geniş süzme yüzeyi sağlaması, yağ ve bazı mikroorganizmaları absorbe etmesi ve hacimli olması nedeniyle filtrasyon hızını ve randımanını

da arttırmaktadır. Filtrasyonda-daha iyi bir akış hızı elde etmek için kalsine diyatomit kullanılır (Karadeniz, 1996).

- Ham şeker şerbeti (glikoz), bira, viski, şarap, meyve suları, şurup, madeni ve nebatî yağlar, eczacılık mamulleri, kirli sular, kuru temizleme çözücüler, endüstriyel atıklar, kimyasal maddeler, vernikler gibi içerisinde süspanسیون halinde istenmeyen maddeler bulunduran sıvıların arındırılmasında diyatomitten faydalanılır. Ülkelerin meyve suyu, bira, şarap gibi içki tüketimlerinin, turistik tesislerdeki yüzme havuzlarının ve nüfusun artması ile diyatomite olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Diyatomit kullanımı filtrasyon alanında %66 ile en fazla paya sahiptir ve minimum %84  $\text{SiO}_2$  içermesi gerekir (Bozkurt, 1999).
- *Dolgu alanında:* Diyatomit dolgu maddesi olarak kullanıldığı zaman elde edilen ürünün özelliklerini geliştirmekte ve performansını yükseltmektedir. Bu alanda en çok boya, plastik, kağıt, lastik, cila, kibrit, diş macunu ve bazı kimyasal maddelerin üretiminde faydalanılmaktadır. Bu alanda %21 paya sahiptir ve minimum %80  $\text{SiO}_2$  içermesi gerekir.
- *İzolasyon alanında:* Diyatomitlerin hafifliği ve dayanıklılığı, kimyasal yönden nötrlüğü, ısı, ses ve elektriğe karşı yalıtkanlığı nedeni ile tuğlalara belirli miktarlarda katılarak özel yalıtımlı binalar inşa edilmektedir. Ayrıca hafif çimento, çatı ve cephe kaplama sıvalarında, kalorifer kazanlarında, fırınlarda ve ısı taşıyıcı borularda izolasyon malzemesi olarak diyatomit kullanılmaktadır. Bu alanda kullanılma oranı %1-2'dir ve minimum %94  $\text{SiO}_2$  içerek diyatomitler tercih edilir. Bu nedenle ülkemiz diyatomitleri izolasyon alanında kullanılabilmesi için zenginleştirilmeleri gereklidir.

- *Diğer Alanlarda:* Diyatomitler kimyasal işlemlerde katalizör taşıyıcı, absorbant, aşındırıcı, yüzey temizleyicisi, seramik ve cam sanayinde silika kaynağı, gübrelerde topaklanmayı önleyici olarak ve bazı refrakter malzemelerin yapımında kullanılmaktadır (Bozkurt, 1999, Meisinger, 1984).



Şekil 1. Doğal ve Kalsine diyatomit üretim akım şeması (Bozkurt, 1999).

Yurdumuzda diyatomit yataklarının bol ve rezervlerin kaliteli olduğu bilinmesine rağmen, işletilmesinde ve kullanılmasında istenen gelişme sağlanamamıştır (DPT, 1996; Uygun, 1976). Türkiye'nin diyatomit rezervi 125 milyon tondur. Kaliteli rezerve sahip olmamıza rağmen üretimimiz çok yetersizdir. 1998 yılı itibariyle 50 ton diyatomit üretilmiştir (Nuhoğlu, 1999; Bozkurt, 1999).

Çizelge 1'de Türkiye'de ticari olarak değerlendirilen diyatomit yatakları kalite sırasına göre verilmektedir (Nuhoğlu ve Elmas, 1999; Bozkurt, 1999; Saniz ve Nuhoğlu, 1992).

Çizelge 1. Türkiye'deki bazı ticari diyatomit yatakları.

Bileşim (%)	1	2	3	4	5	6	7
SiO <sub>2</sub>	90.0	89.6	88.7	85.0	81.86	79.5	72.1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.1	1.4	3.38	2.8	1.87	3.24	4.4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.9	2.1	1.11	5.0	3.91	6.14	13.1
TiO <sub>2</sub>	0.2	0.01	0.06	0.01			0.2
CaO	0.7	0.01	1.35	0.01	0.86	1.2	0.9
MgO	0.5	1.2	0.38	1.6	0.15	1.19	3.7
Na <sub>2</sub> O	0.6	0.06	0.28	0.13			1.7
K <sub>2</sub> O	0.2	0.15	0.32	0.4			1.9
p <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	0.01	0.42	0.01			0.1
A.K	4.6	5.5	2.7	5.25	11.31	8.35	4.2

1-Kaysen-Kırka, 2-Aydın-Dedeiler, 3-Urgup, 4-Demzli-Saraykoy, 5-Afyon İşçehibar, 6-Balıkesir-Balya, 7-Niğde-Belirsirna'da

Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. özellikle kendi ihtiyacı olan kalsine diyatomit için 1982 yılında 3000 ton/yıl kapasiteli bir tesis kurmuştur. Bu fabrika 1994 yılından sonra kapanmıştır. 1983 yılına kadar Türkiye diyatomiti ithal yolla temin ederken, bu tarihte Şeker Fabrikaları'na bağlı üretime geçen diyatomit fabrikasının ürettiği diyatomit sayesinde ithalat hızla azalmış ve 1987 yılında 3-5 tona kadar düşmüştür. Ancak fabrikanın kapanması ile birlikte tekrar ithalat yapılmıştır. Bu fabrikada üretilen diyatomit dünyada üretilenler

kadar kaliteli olduğu bildirilmektedir (Önem, 2000). Şeker fabrikalarının ortalama fi aks kalsine tüketimi 1000 ton/yıl, bira ve şarap fabrikaları, boya, kağıt, tuğla ve çimento fabrikalarının ise 2000 ton/yıl olduğu tahmin edilmektedir (Bozkurt, 1999). Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. tarafından kullanılan diyatomitlerin özellikleri Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 2. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş.'da kullanılan diyatomitlerin özellikleri.

Urun Özelliği	Doğal Diyatomit	Kalsine Diyatomit	Beyaz Kalsine Diyatomit
%SiO <sub>2</sub>	87.3	92.68	89.91
%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.95	1.83	1.72
%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.23	2.60	2.40
%CaO	1.09	0.66	1.02
%MgO	0.45	0.44	0.30
%Na <sub>2</sub> O	0.47	0.89	3.49
%K <sub>2</sub> O	0.44	0.34	2.26
A.Z.	443	0.50	0.50
Renk	Kırlı beyaz	Pembe	Beyaz
Gevşek ağırlık (g/l)	107.6	95.00	100.00
pH (20 °C)	4.49	7.00	10.00
Ort çap (um)	—	15.00	20.00

Türkiye'de üretilen diyatomitlerin çok azı ihraç edilmektedir: 1999 yılı itibari ile 6 ton doğal diyatomit ihraç edilirken, 735 ton diyatomit ithal edilmiştir (Önem, 2000). Kalsine diyatomit ihracatımız ise yoktur. Doğal diyatomit ihracatımız başlıca Kazakistan, Almanya, Azerbaycan ve Brezilya'ya yapılmaktadır. Özel bira fabrikaları diyatomiti sürekli ithal etmektedirler. İthalat yaptığımız ülkelerin başında ise Fransa, ABD, İngiltere, Almanya ve İtalya gelmektedir.

Dünyada diyatomit rezervi potansiyel alanlar hariç, görünür olarak 2 milyar tondur. Diyatomit üretiminde ABD, Fransa, BDT, İspanya, Danimarka, Güney Kore, Meksika, Romanya ve İtalya gibi ülkeler önde gelmektedir (Breese, 1994).

/ . Bentli

ABD'nin İngiltere'de teslim filtre yardımcısı beyaz kalsine diyatomitin 1999 yılı fiyatı 380-420 Sterlin/ton arasında değişmektedir(Bozkurt, 1999). Diyatomit fiyatları son yıllarda istikrar göstermiştir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1. Malzeme

KMtahya-Alayunt diyatomit yatağı daha önceleri bir şirket tarafından işletilmiştir. Kaliteli olan cevher alınmış, ancak daha sonraları aynı kalitede cevher alınamayınca ve ekonomik nedenlerle üretim durdurulmuştur. Yatağın jeolojisi ile ilgili olarak Nuhoğlu ve Elmas (1999) tarafından kapsamlı bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaya göre yörede işletilebilecek 15 milyon ton rezerv vardır. Ancak bu rezervin bir kısmı halen devam etmekte olan Organize Sanayi bölgesinin altında kalmıştır. Ülkemizin tespit edilen diyatomit rezervinin 125 milyon ton olduğu düşünülürse, sadece Alayunt diyatomit yataklarının rezervleri ile birlikte bu rakam 140 milyon tona çıkmıştır.

Zenginleştirmede kullanılan diyatomit cevheri, Kütahya'nın 11 km güneydoğusunda bulunan Alayunt köyü civarında daha önceleri işletilmiş olan ocağın aynasından oluk numunesi olarak alınmıştır. Alayunt diyatomitleri açık bej renkli ve yoğunlukları düşüktür. Ocaktan getirildiği şekli ile %25.4 nem içeren diyatomitin kuru bazda kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3'de verilmektedir.

Çizelge 3. Alayunt Diyatomitinin Kimyasal Analiz Sonuçları

Kimyasal Bileşim (%)	Miktar (%)
SiO <sub>2</sub>	84.42
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.02
CaO	0.96
MgO	0.74
Na <sub>2</sub> O	0.62
K <sub>2</sub> O	0.60
Kızdırma Kaybı	6.09

Kimyasal analiz-sonucuna göre, Kütahya-Alayunt diyatomitleri %84.42 SiO<sub>2</sub> tenörü ile ticari diyatomit sınıfına girmektedir.

Mete (1988) tarafından yapılan analiz sonuçlarına göre Alayunt diyatomitin içerisinde safsızlık olarak ortama %14J oranında kum vardır. Mikroskobik çalışmalarda diyatomelerin az miktarda kil ve

kuvars ile karışık olduğu tespit edilmiştir. Diatomelerin yaklaşık %50'sinin içi boş yuvarlak cyclotella türlerden ve %44'ünün çeşitli boyutlardaki çubuk şeklindeki syndra türlerden meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu iki türden başka izolasyon ve filtrasyon sanayinde kullanılan pinnularia major ve navicula semen türleri de izlenmiştir (Kaderoğlu, 1998).

Mete (1988) Kütahya-Alayunt diyatomitleri üzerinde yapmış olduğu çalışmada kum gidermek için hava akımlı ayırıcı, nem ve organik madde gidermek için ise kalsinasyon uygulamıştır. Zenginleştirme sonunda ürünün dolgu malzemesi alanında kullanılan aktif diyatomit özelliklerini gösterdiğini belirlemiştir.

### 2.2. Yöntem Seçimi

Boyut küçültme işlemleri sırasında cevheri oluşturan mineraller, dayanıklılık, kırılış şekli, dilinim gibi yapısal özelliklerine bağlı olarak farklı büyüklük ve şekilde ufalanabilmektedir. Bazen değerli mineral iri kalırken değersiz mineral fazla ufalanabilir, bazen bunun terside gerçekleşmektedir (Önal, 1980). Diyatomit ortalama 10 mikron gibi çok ince boyut dağılımına sahiptir. İçerisinde safsızlık olarak bulunan kum ise daha iri boyutlarda bulunmaktadır. Bu özellikten faydalanılarak diyatomitin boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirilebilmesi mümkün olmaktadır.

Sulu zenginleştirme yönteminin diyatomit zenginleştirmesine etkisini tespit etmek için suda bekletme+karıştırma işleminden sonra sınıflandırma ile zenginleştirme yöntemi kum giderme yöntemi olarak seçilmiştir. Suda bekletilip mekanik olarak karıştırılan diyatomit 63 mikronluk elekten geçirilmiştir. Elek altı konsantre, elek üstü atık olarak alınmıştır. Mekanik karıştırma ile diyatomit ve kum taneleri sürtünme ve darbe etkisi ile birbirinden ayrılmaktadır. Mekanik karıştırma işlemi hareket motoru ile tahrik edilen tek bir pervane ile 1 lt'lik hücrede gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalarda takip edilen zenginleştirme yöntemi akım şeması Şekil 2'de gösterilmektedir.

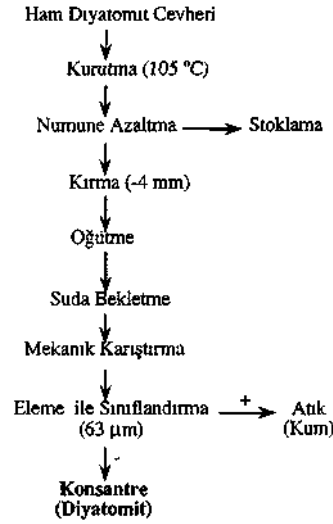
Deneysel çalışmalarda elek altına geçen konsantre içerisindeki %SiO<sub>2</sub> değerli içerik olarak, geri kalan K<sup>+</sup>A, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, Na<sup>+</sup>A K<sub>2</sub>O ve ateş zayıyatı ise safsızlık olarak ele alınmış ve sonuçlar bu şekilde yorumlanmıştır.

## 2.3. Zenginleştirme Deneyleri

Diyatomit cevheri içerisindeki kumların giderilmesi için yapılan suda bekletme+karıştırma+sınıflandırma çalışmalarında tespit edilen parametreler ve sabit tutulan şartlar Çizelge 4'de verilmektedir.

Çizelge 4. Deneysel çalışmalarda tespit edilen parametreler ve çalışma aralıkları.

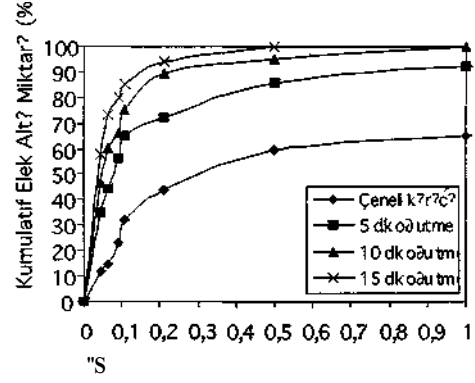
Tespit Edilen Parametre	Sabit Değer	Çalışma Aralığı
Tane Boyutu (mm)		-4,-0.35,-0.13,-0.09
Suda Bekletme Sür. (saat)	24	1,3,6,12,24,36,48
Katı Oranı (%)	25	5,15,25,35,45,55
Karıştırma Hızı (dev/dk)	1000	600, 800, 1000, 1200
Karıştırma Süresi (dk)	30	5, 10, 20, 30, 40



Şekil 2. Laboratuvarında diyatomit cevherine uygulanan zenginleştirme akım şeması.

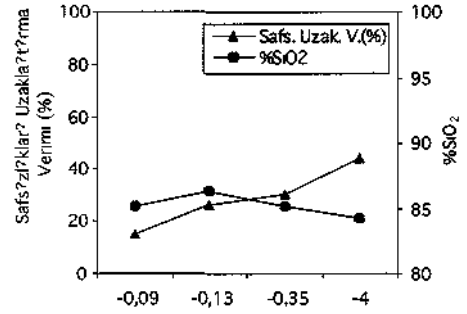
## 2.3.1. Tane Boyutu

Numuneler çeneli kırıcıda kırıldıktan sonra en uygun tane boyutu tespiti için farklı sürelerle öğütülmüş ve zenginleştirme deneyleri yapılmıştır. Çeneli kırıcı çıkışı, 5 dk, 10 dk ve 15 dk öğütmeler için numunenin elek analizleri sonuçları Şekil 3'de gösterilmektedir. Öğütmeler cevhere demir girmemesi amacıyla seramik değirmende gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Farklı sürelerde öğütülen diyatomit cevherinin kümülatif elek altı eğrileri.

Ham cevherin %80'i 20 mm, çeneli kırıcıda kırılan cevherin %80'i 4 mm, 5 dk öğütme ile cevherin %80'i 0.35 mm, 10 dk öğütme ile cevherin %80'i 0.13 mm ve 15 dk öğütme sonunda cevherin %80'i 0.09 mm altına geçmektedir. Bu tane boyutlarında yapılan suda bekletme+karıştırma+sınıflandırma deney sonuçları Şekil 4'de gösterilmektedir



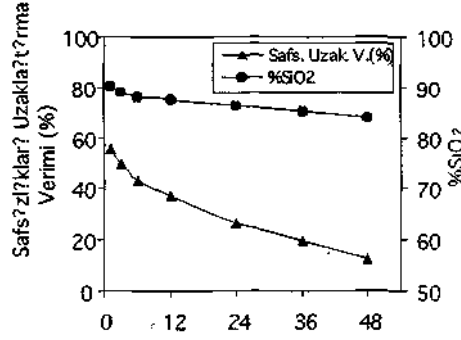
Şekil 4. Tane boyutunun %SiO<sub>2</sub> tenörü ve safsızlıkların uzaklaştırma verimine etkisi.

Şekil 4'e göre %SiO<sub>2</sub> tenörü açısından en uygun tane boyutunun -0.13 mm olduğu görülmektedir. Tane boyutu küçüldükçe konsantredeki SiO<sub>2</sub> tenörü artarken, safsızlıkların uzaklaştırma verimi azalmaktadır. Bunun nedeni öğütme süresinin artmasıyla birlikte ince boyuta geçen safsızlıkların elek altına geçmesidir.

/ . Bentli

### 2.3.2. Suda Bekletme Süresi

1, 3, 6, 12, 24, 36 ve 48 saat suda bekletilen numunelerin zenginleştirme deney sonuçları Şekil 5'de verilmektedir.



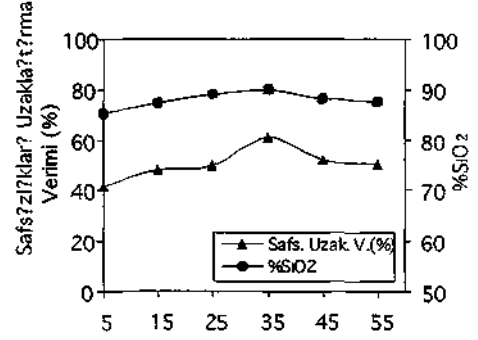
Şekil 5. Suda bekletme sürelerinin %SiO<sub>2</sub> tenörü ve safsızlıkları uzaklaştırma verimine etkisi.

Şekil 5'den görüldüğü gibi diatomitin suda bekletme süresi arttıkça konsantreye geçen hem SiO<sub>2</sub> tenörü hem de safsızlıkları uzaklaştırma verimi azalmaktadır. Bununla beraber kısa bekletme süresi tercih edileceğinden, suda bekletme süresi olarak 3 saat alınmıştır.

### 2.3.3. Katı Oranı Tespiti

%5, %10, %15, %25, %35, %45 ve %55 katı oranlarında yapılan zenginleştirme deney sonuçları Şekil 6'da verilmektedir. Diatomitin bünyesine su almasından dolayı %55 katı oranından sonra karıştırma mümkün olamamıştır. Bu nedenle %55 katı oranından sonra deney yapılamamıştır.

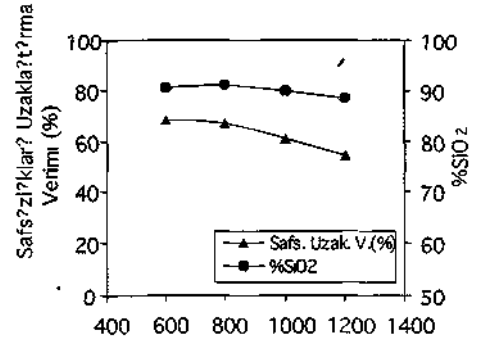
Şekil 6'dan görüldüğü gibi en uygun katı oranı %35'dir. Düşük katı oranlarında karıştırma hızının etkisi daha fazla olduğundan, elek altına safsızlıkların geçtiği görülmüştür. Bununla beraber yüksek katı oranlarında çalışma, kapasiteyi arttırdığından tercih edilmektedir.



Şekil 6. Katı oranının %SiO<sub>2</sub> tenörü ve safsızlıkları uzaklaştırma verimine etkisi.

### 2.3.4. Karıştırma Hızı

Farklı pervane hızlarında yapılan karıştırma deney sonuçları Şekil 7'de gösterilmektedir.



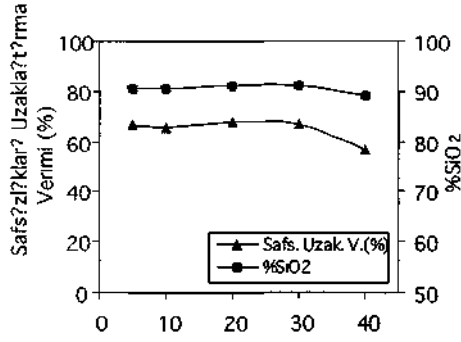
Şekil 7. Karıştırma hızının %SiO<sub>2</sub> tenörü ve safsızlıkları uzaklaştırma verimine etkisi.

Şekil 7'den görüldüğü gibi en uygun karıştırma hızı 800 dev/dk'dır. Deney sonuçları, yüksek karıştırma hızlarının elek altına safsızlıkların geçmesine neden olduğunu göstermektedir.

### 2.3.5. Karıştırma Süresi

800 dev/dk pervane hızında yapılan karıştırmada en iyi karıştırma süresini tespit etmek amacıyla 5, 10, 20, 30, 40 dk'da karıştırma yapılmış ve deney sonuçları Şekil 8'de gösterilmiştir.

Şekil 8'de en uygun karıştırma süresinin 20 dk olduğu görülmektedir. Karıştırma süresi arttıkça konsantre içindeki SiO<sub>2</sub> tenörü ve safsızlıkları uzaklaştırma verimi azalmaktadır.



Şekil 8. Karıştırma süresinin %SiO<sub>2</sub> tenörü ve safsızlıkları uzaklaştırma verimine etkisi

#### 2.4. Nihai Ürün Sonuçları

Zenginleştirme sonucu elde edilen diatomit konsantresinin elek analizi yapılmıştır. Çizelge 5'e göre doğal olarak ince boyutlara gidildikçe SiO<sub>2</sub> tenörü artmaktadır.

Çizelge 5. Zenginleştirilmiş diatomitin elek analiz değerleri.

Urun	Tane Boyutu (mikron)	Besi. Gore Miktar (%)	%SiO <sub>2</sub>	KJElek Altı (%)	K.Elek Altı %SiO <sub>2</sub>
Atık	-200+125	25.86	72.78	100.0	84.42
	-125 +90	8.05	77.12	74.14	88.48
	-90+63	8.62	80.56	66.09	89.87
Konsant re Diatomit	-63+45	5.75	86.06	57.47	91.26
	-45+38	4.31	88.13	51.72	91.84
	-38	47.41	92.18	47.41	92.18
Besleme		100.0	84.42		

Çizelge 5 diatomit cevherinin tane boyutu azaldıkça SiO<sub>2</sub> tenörünün arttığını göstermektedir. Buda daha ince boyutta ayırma yapılarak daha yüksek tenörlü diatomit konsantresi alınabileceği anlamına gelmektedir.

### 3. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Kütahya-Alayunt diatomit cevheri üzerinde yapılan çalışmaların sonuçları aşağıdaki gibidir:

- 15 milyon ton gibi önemli bir rezerve sahip olan tuvanan Kütahya-Alayunt diatomit cevheri %84.42 SiO<sub>2</sub>, %1.55 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %5.02 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %0.96 CaO, %0.74 MgO, %0.62 Na<sub>2</sub>O, %0.60 K<sub>2</sub>O ve %6.09 ateş yiyatı içermektedir. Yatak SiO<sub>2</sub> bileşimine göre zenginleştirme işlemine tabi tutulmadan bile filtrasyon ve dolgu alanında kullanılabilir.

- Cevher üzerinde yapılan suda bekletme+ karıştırma+sınıflandırma deney sonuçlarında elde edilen optimum zenginleştirme şartları ve miktarları aşağıdaki gibidir:
  - Tane Boyutu : -0.13 mm
  - Suda bekletme süresi : 3 saat
  - Katı oram : %35
  - Karıştırma hızı : 800 dev/dk
  - Karıştırma süresi : 20 dk
- Optimum şartlarda %91.26 SiO<sub>2</sub> içerikli diatomit konsantresi, %67.76 safsızlıkları uzaklaştırma verimi ile üretilmiştir. Bu konsantrenin ticari olarak süzme ve dolgu alanlarında, tuvanan cevhere göre daha faydalı bir şekilde kullanılabileceği açıktır.
- Çok daha ince boyutta ayırma yapılarak, daha yüksek SiO<sub>2</sub> tenörlü diatomit konsantresi elde etmek mümkündür.
- Zenginleştirme açısından iyi sonuçlar elde edilmesine rağmen, yöntemin ekonomik analizinin yapılmasında fayda vardır.
- Üretilen konsantre kalsine edilerek özellikleri daha da geliştirilebilir. Bundan sonra ki çalışmalar bu yönde olacaktır.
- Zenginleştirilen cevherin seramik, cam ve kimya sanayinde kullanılabilirliği araştırılmalıdır.

#### KAYNAKLAR

- Bozkurt, R., *Diyatomit*, Türkiye'de Endüstriyel Mineraller Envanteri, İstanbul Maden İhracatçıları Birliği (İMİB), Hazırlayan: Yurt Madenciliği Geliştirme Vakfı, Önal-Yüce-Özpeker-Güney (Eds), İstanbul, 42-47.
- Breese, R.O.Y., 1994. *Diatomite*, Industrial Minerals and Rocks, Carr (Ed), SMME, Colorado, USA, 397-412.
- DPT, 1996, *Diyatomit*, 7. Beş yıllık kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Yayın No: DPT 2421-ÖİK 480, Cilt.2, 87-107.
- Harben, P.W., 1995. *Diatomite*, The Industrial Minerals Handy Book, 57-61.
- Kaderoğlu, R., 1998. *Kütahya Alayunt Bölgesi Endüstriyel Hammaddeler Yataklarının İncelenmesi*, Dumlupınar Üniversitesi Maden Mühendisliği Lisans Tezi, Kütahya, 46 s.
- Karadeniz, M., 1996. *Cevher Zenginleştirme Tesis Artıkları-Çevreye Etkileri-Önlemler*, MTA MAT Daire Başkanlığı, Ankara, 332 s.

/ . Bentli

- Karaman, M.E., Kibici, Y., 1999. *Temel Jeoloji Prensipleri*, Basım: Devran Matbaacılık, Ankara, 361 s.
- Köktürk, U., 1997. *Endüstriyel Hammaddeler*, Dokuz Eylül Üniversitesi Müh.-Mim. Fak. Yayınlan No:205, İzmir, 64-68.
- Meisinger, A.C., 1984. *Diyatomite*, Çeviren I.Şık, Anadolu Üniversitesi Müh.-Mim. Fak. Dergisi, C:1, S: 2,Eskişehir, 141-158.
- Mete, Z., 1988. *Kütahya-Alayunt Yöresi Diyatomit Yataklarının Zenginleştirilmesi*, Akdeniz Üniversitesi İsparta Müh. Fak. Dergisi, Maden Mühendisliği Seksiyonu, Yamık (Ed), S: 1, İsparta, 184-201.
- Nuhoğlu, İ., Elmas, N., 1999. *Alayunt Diyatomit Yataklarının Oluşumu ve Ekonomik Olarak İncelenmesi*, 1.Batı Anadolu Hammadde Kaynaklan Sempozyumu, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, İzmir, 82-95.
- Önal, G., 1980, *Cevher Hazırlamada Flotasyon Dışındaki Zenginleştirme Yöntemleri*, İTÜ Yayın, Sayı: 1156, İstanbul, 232 s.
- Önem, Y., 2000. *Sanayi Hammaddeleri*, Kozan Ofset, Ankara, 386 s.
- Sarız, K., Nuhoğlu, İ., 1992. *Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madenciliği*, Anadolu Üniversitesi Yayın No:636, Eskişehir, 452 s
- Temur, S., 1998. *Endüstriyel Hammaddeler*, Selçuk Üniversitesi Müh.-Mim. Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya, 352 s.
- Uygun, A., 1976, *Diyatomit Jeolojisi ve Yararlanma Olanakları*, Madencilik, Eylül sayısı, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, 31-38.
- Yıldız, A., Kibici, Y., Emrulloğlu, Ö.F, 1999 *Şeydiler (Afyon) Diyatomit Yatağının Jeolojisi ve Mineralojisi*, 1.Batı Anadolu Hammadde Kaynaklan Sempozyumu, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, İzmir, 96-104.