

Article Arrival Date

Article Type

Article Published Date

14.05.2025

Research Article

20.06.2025

**PİROFİLLİT CEVHERİ (PÜTÜRGE-MALATYA) DEĞERLENDİRME VE  
ZENGİNLEŞTİRME OLANAKLARI**  
**EVALUATION AND BENEFICIATION OPPORTUNITIES OF PYROPHYLLITE  
ORE (PÜTÜRGE-MALATYA)**

**Mustafa BİRİNCİ**

Doç. Dr., İnönü Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Cevher Hazırlama, 0000-0002-  
1954-7837

**Özet**

Pirofillit, hidratlı bir alüminyum silikat mineralidir ( $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ), yüksek refrakter özelliklere, kimyasal inertliğe ve düşük termal genleşmeye sahip olması nedeniyle endüstriyel olarak oldukça değerlidir. Beyaz çimento, seramik, refrakter malzemeler, plastik, boya, kauçuk ve kozmetik gibi birçok sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle seramik sektöründe, fırınlama sırasında hacimsel değişikliklerin az olması ve yüksek sıcaklık dayanımı nedeniyle kil ve feldispat yerine ikame edici olarak tercih edilmektedir. Pirofillit cevherinin değerlendirilmesi, büyük oranda saflığına, mineralojik bileşimine ve tane boyutuna bağlıdır. Ham pirofillit cevherleri genellikle kuvars, mika, klorit ve feldispat gibi diğer minerallerle birlikte bulunur. Bu safsızlıklar, pirofillitin endüstriyel kullanım değerini düşürür, bu nedenle zenginleştirme işlemleri büyük önem taşımaktadır. Pirofillitin endüstriyel uygulamalardaki artan talebi, yüksek saflıkta ve istenen özelliklerde ürün elde etmek için etkili ve ekonomik zenginleştirme tekniklerinin geliştirilmesini teşvik etmektedir. Bu teknikler arasında pirofillitin düşük sertlik ve kırılabilirliğine dayalı aşındırma yıkama+sınıflandırma ile doğal hidrofob özelliğine dayalı flotasyon yöntemlerinin ön plana çıktığı görülmektedir. Pütürge (Malatya) pirofillit sahasından temin edilen nispeten düşük alümina (%20,64  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ve yüksek silis (%73,41  $\text{SiO}_2$ ) içerikli cevher aşındırma yıkama+sınıflandırma ve flotasyonla zenginleştirilmiştir. Aşındırma yıkama+sınıflandırmayla zenginleştirme sonucunda %29,33  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve %61,85  $\text{SiO}_2$  içerikli bir ürün -75  $\mu\text{m}$  tane iriliğinde elde edilmiştir. Flotasyonla zenginleştirme sonucunda ise %27,01  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve %65,56  $\text{SiO}_2$  içerikli bir pirofillit konsantresi -150  $\mu\text{m}$  tane iriliğinde elde edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Pirofillit, aşındırma yıkama+sınıflandırma+flotasyon

**Abstract**

Pyrophyllite, a hydrated aluminum silicate mineral ( $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ) is industrially valuable due to its high refractoriness, chemical inertness, and low thermal expansion. It finds widespread use in various industries such as white cement, ceramics, refractories, plastics, paints, rubber, and cosmetics. Particularly in the ceramics industry, it is favored as a substitute for clay and feldspar due to its minimal volumetric changes during firing and high-temperature resistance. The commercial viability of pyrophyllite ore is largely contingent upon its purity,

mineralogical composition, and particle size. Raw pyrophyllite ores frequently occur in association with other minerals, including quartz, mica, chlorite, and feldspar. These impurities invariably diminish the industrial utility of pyrophyllite, thereby underscoring the critical importance of beneficiation processes. The escalating demand for pyrophyllite in industrial applications necessitates the development of effective and economic beneficiation techniques to yield high-purity products with desired characteristics. Among these techniques, attrition scrubbing combined with classification, leveraging pyrophyllite's low hardness and brittleness, and flotation, exploiting its natural hydrophobic properties, have emerged as prominent methods. In this study, a pyrophyllite ore characterized by a relatively low alumina content (20.64%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) and high silica content (73.41%  $\text{SiO}_2$ ), obtained from the Pütürge (Malatya) pyrophyllite deposit, was subjected to beneficiation through attrition scrubbing+sieving and flotation. The beneficiation result from attrition scrubbing+sieving yielded a product with 29.33%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and 61.85%  $\text{SiO}_2$  at a particle size of -75  $\mu\text{m}$ . Also, flotation beneficiation resulted in a pyrophyllite concentrate containing 27.01%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and 65.56%  $\text{SiO}_2$  with a particle size of -150  $\mu\text{m}$ .

**Keywords:** Pyrophyllite, attrition scrubbing+sieving, flotation

## 1. GİRİŞ

Pirofillit ( $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ), endüstriyel mineralojide önemli bir yer tutan, hidratlı bir alüminyum silikat mineralidir. Sahip olduğu benzersiz fiziko-kimyasal özellikler sayesinde, geniş bir endüstriyel uygulama yelpazesinde kendine yer bulmuştur. Bu özellikler arasında yüksek refrakterlik, kimyasal inertlik, düşük termal genleşme ve mekanik dayanıklılık öne çıkmaktadır (Güven, 1988; Harben & Bates, 1990). Pirofillit, özellikle beyaz çimento, seramik, refrakter malzemeler, boyalar, plastikler, kauçuk, kozmetik ve beyaz çimento gibi sektörlerde kritik bir hammadde olarak değerlendirilmektedir (Clarke, 1999).

Seramik sanayisinde, pirofillit, fırınlama esnasında gösterdiği minimal hacimsel değişimler ve yüksek sıcaklık dayanımı nedeniyle kil ve feldispat gibi geleneksel hammaddelere değerli bir alternatif sunmaktadır. Bu özelliği, nihai ürünlerin boyutsal stabilitesini artırarak kalite kontrolünü kolaylaştırmaktadır (Murray, 2002). Bununla birlikte, pirofillit cevherleri nadiren saf halde bulunur; genellikle kuvars, mika, klorit ve feldispat gibi gang mineralleriyle birlikte bulunmaktadır. Bu safsızlıklar, cevherin endüstriyel kullanım değerini düşürmekte ve nihai ürün kalitesini olumsuz etkilemektedir. Dolayısıyla, ticari olarak kabul edilebilir kalitede pirofillit konsantreleri elde etmek için etkili zenginleştirme tekniklerinin uygulanması neredeyse zorunlu hale gelmiştir (Wills & Napier-Munn, 2005).

Spesifik uygulamalara yönelik artan talepler, yüksek saflıkta ve belirli özelliklere sahip pirofillit ürünlerinin üretimine yönelik araştırmaları teşvik etmektedir. Bu bağlamda, pirofillitin düşük sertliği ve kırılabilirliğine dayalı aşındırıcı yıkama ve boyut sınıflandırma yöntemleri ile mineralin doğal hidrofobik özelliklerinden yararlanan flotasyon teknikleri, zenginleştirme süreçlerinde öncü rol oynamaktadır (Kelly & Spottiswood, 1982).

Bu çalışma, Türkiye'nin önemli pirofillit yataklarından biri olan Pütürge (Malatya) bölgesinden temin edilen nispeten düşük alümina ve yüksek silis içeriğine sahip bir pirofillit cevherinin değerlendirilmesi ve çeşitli zenginleştirme yöntemlerinin performansının incelenmesini amaçlamaktadır. Elde edilen bulgular, pirofillitin endüstriyel potansiyelini maksimize etmek ve sürdürülebilir üretim stratejileri geliştirmek adına önemli katkılar sunması hedeflenmektedir.

### 1.1. Kuramsal Çerçeve

Pirofillitin kendine özgü fiziksel ve kimyasal özellikleri, onu çeşitli endüstriyel uygulamalar

için değerli bir hammadde yapmaktadır:

- Yüksek Pişme Sıcaklığı ve Termal Stabilité: Pirofillit, yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır ve 1400-1450°C civarında mullitleşme reaksiyonları gösterir. Bu özelliği sayesinde refrakter sanayinde tercih edilir.
- Düşük Isıl Genleşme Katsayısı: Isıl şoklara karşı direnci artırır, bu da seramik ve refrakter ürünlerde çatlama riskini azaltır.
- Yüksek Dielektrik Sabiti ve Düşük Elektriksel İletkenlik: Elektrik izolatörleri gibi elektroseramik uygulamalarında kullanımını faydalı kılar.
- Düşük Rutubetle Karışım Yapabilme: Çatlama riskini azaltır ve daha az suyla hazırlanan karışımlara olanak tanır.
- Beyaz Pişme Rengi: Seramik ve beyaz çimento gibi ürünlerde estetik açıdan önemli bir avantaj sağlar.
- Kimyasal Etkilere Karşı Direnç: Korozyon direnci yüksek olan ürünlerin üretiminde katkı maddesi olarak kullanılabilir.
- Düşük Sertlik: Hammadde hazırlama süreçlerinde enerji ve zaman tasarrufu sağlar. Gerekli olduğunda alt-başlıklar kullanabilirsiniz.

Pirofillit cevherinin değeri, saflığına, mineralojik bileşimine ve tane boyutuna göre belirlenir. Ham pirofillit genellikle kuvars, mika, klorit ve feldispat gibi diğer minerallerle karışık halde bulunur. Bu safsızlıklar, pirofillitin endüstriyel kullanım değerini düşürdüğünden, zenginleştirme işlemleri büyük önem taşır.

Pirofillit cevheri içerisindeki gang minerallerini uzaklaştırarak pirofillit konsantresi elde etmek için çeşitli zenginleştirme yöntemleri uygulanır. Bu yöntemlerin amacı, cevherin saflığını artırmak, istenmeyen mineralleri (özellikle demir, titanyum ve serisit gibi) uzaklaştırmak ve nihai ürünün kalitesini yükseltmektir. Başlıca zenginleştirme yöntemleri aşağıda özetlenmiştir (Erdemoğlu, 2013).

#### a) Mekanik Zenginleştirme Yöntemleri

Kırma ve Öğütme: Cevherin tane boyutunu düşürerek minerallerin birbirinden ayrılmasını (serbestleşmesini) sağlamaktadır. İdeal tane boyutu, sonraki zenginleştirme adımlarının verimliliği için kritik öneme sahiptir.

Sınıflandırma: Tane boyutuna göre ayırma işlemidir. Yaş veya kuru sınıflandırma yöntemleri kullanılabilir. Özellikle ince boyuttaki pirofillitin ayrılması önemlidir.

Aşındırılmalı Yıkama (Attrition Scrubber): Aşındırılmalı yıkama, cevher taneciklerinin yüksek yoğunluklu bir bulamaç halinde yüksek hızda karıştırılması prensibine dayanır. Bu karıştırma, taneciklerin birbirine ve karıştırıcının pervanelerine sürtünmesine neden olarak, mineral yüzeylerindeki kil, ince taneli demir oksitler ve diğer yapışık safsızlıkları fiziksel olarak temizler. Temizlenen safsızlıklar, genellikle bulamaçtan deslime (ince taneli malzemelerin uzaklaştırılması) işlemiyle ayrılır. Bu yöntem, cevherdeki killeri ve ince taneli safsızlıkları, mineral yüzeylerinden sürtünme ve çarpışma yoluyla uzaklaştırmada etkilidir. Pirofillitin düşük sertliği ve diğer mineraller arasındaki kırılgenlik farklılıklarından faydalanılmaktadır.

#### b) Fiziksel Zenginleştirme Yöntemleri

Gravimetrik Ayırma Esaslı Zenginleştirme: Bu yöntem mineraller arasındaki yoğunluk farkına dayanmaktadır. Pirofillit (özellikle 2,8-2,9) ile gang mineralleri arasındaki yoğunluk farkı kullanılarak ayırım yapılabilir. Ancak pirofillitin yoğunluğu birçok silikat mineraline

yakın olduğu için tek başına gravimetrik ayırma yeterli olmayabilir.

**Manyetik Ayırma:** Pirofillit genellikle diamanyetik bir mineraldir. Ancak, manyetik gang mineralleri (pirit, manyetit, hematit gibi demir mineralleri) içeriyorsa, manyetik ayırma yöntemleri (özellikle yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırma) demir safsızlıklarını uzaklaştırmak için oldukça etkilidir. Bu yöntem, beyazlık ve saflık gerektiren uygulamalar için önemlidir.

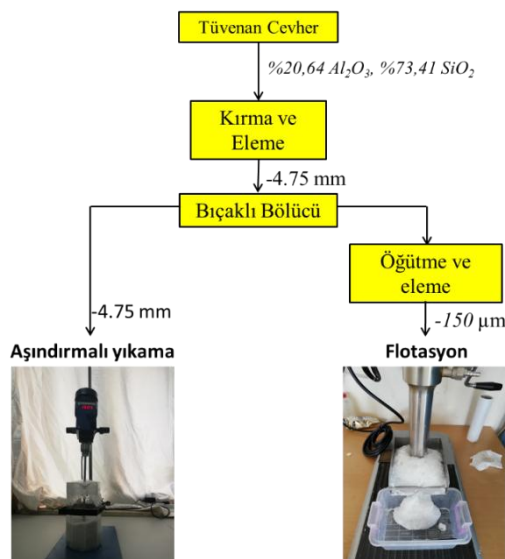
**Flotasyon:** Flotasyon (yüzdürme), pirofillitin doğal hidrofobik yüzey özelliklerinden faydalanılarak uygulanan etkili bir zenginleştirme yöntemidir. Bu yöntem, pirofilliti gang minerallerinden ayırmak ve yüksek tenörlü bir konsantre elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Flotasyon ile pirofillit tanecikleri hava kabarcıklarına yapışarak yüzeye çıkarılırken, hidrofilik gang mineralleri (kuvars, demir ve kil mineralleri vb.) dibe pülpde kalır. Tane boyutu, pH, toplayıcı tipi ve miktarı, köpürtücü tipi ve miktarı, karıştırma hızı gibi parametreler flotasyon verimliliğini etkiler.

### c) Kimyasal Zenginleştirme Yöntemleri

**Asit Liçi:** Bazı durumlarda, özellikle çok yüksek saflıkta pirofillit elde etmek gerektiğinde asit liçi gibi kimyasal işlemler uygulanabilir. Bu yöntemler, demir ve diğer kromoforik (renk veren) elementlerin uzaklaştırılmasında etkili olabilir. Bazı durumlarda ise, cevherdeki safsızlıkları (özellikle demir ve alüminyum dışı diğer elementler) uzaklaştırmak için asit liçi uygulanabilir. Bu yöntem, pirofillitin içindeki alüminyumun (Al) kazanılması veya konsantrenin saflığının artırılması amacıyla kullanılabilir. Konsantre numunelerin asidik çözeltilerle (örneğin HCl) liç edilmesiyle, çözeltiye geçen Al miktarları değerlendirilerek verim belirlenir. Bu işlem, genellikle zenginleştirme sonrası elde edilen konsantreye uygulanır.

## 2. YÖNTEM

Zenginleştirme deneylerinde kullanılan cevher numunesi Pütürge (Malatya) yöresinde pirofillit üretimi yapılan maden sahasından temin edilmiştir. El büyüklüğündeki cevher örnekleri iki kademe kırma işlemi ile 4,75 mm altına kırılmıştır. Kırılmış cevher daha sonra bıçaklı numune bölücü yardımıyla iki parçaya bölünmüştür. Birinci parça aşındırma yıkama işlemine tabi tutulurken ikinci parça flotasyon öncesi 150 µm altına öğütülmüştür (Şekil 1).



Şekil 1. Numune hazırlama ve deneysel çalışma akış şeması.

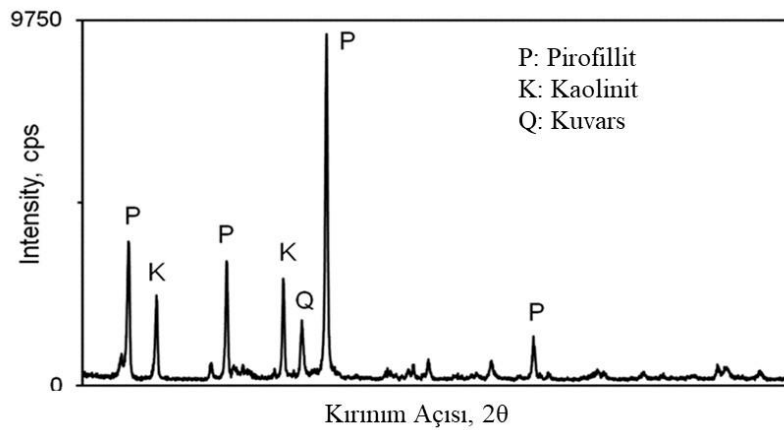
### 3. BULGULAR

#### 3.1. Aşındırmalı Yıkama+Yaş Elek Analizi Deney Sonuçları

4,75 mm altına kırılmış olan pirofillit cevherinin aşındırmalı yıkama hücresinde karıştırma, dağıtma ve yıkama işlemleri sonrası sınıflandırılmasıyla elde edilen sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, ince tane boylarına inildiğinde elek fraksiyonlarının  $Al_2O_3$  tenörünün giderek artmakta olduğu görülmektedir. En yüksek alümina tenörüne (%29,33  $Al_2O_3$ ) en ince tane boyutunda (-0,075 mm) ulaşılmıştır. Alümina içeriğinin tersi olarak silis içeriği ise ince tane boylarında azalmaktadır. En düşük silis içeriği (%61,85  $SiO_2$ ) yine en -0,075 mm boyutundaki en ince tane boyutundaki üründe bulunmaktadır. Aşındırmalı yıkama ile elde edilen en yüksek alümina-en düşük silis içerikli ürünün (0,075 mm altı malzeme) XRD grafiği çekilmiş ve elde edilen kırınım deseni Şekil 2’de verilmiştir. Özellikle pirofillit ve kaolinit mineraline ait tipik piklerin çok daha belirgin olduğu ve pik şiddetlerinde de önemli artış olduğu görülmektedir.

**Tablo 1.** Aşındırmalı yıkama+yaş elek analizi işlemi deney sonuçları (Birinci & Erdemoğlu, 2016).

| Tane Boyu<br>(mm) | Fraksiyonel |             |           | Toplam Elek Altı |             |           |
|-------------------|-------------|-------------|-----------|------------------|-------------|-----------|
|                   | %Ağırlık    | % $Al_2O_3$ | % $SiO_2$ | %Ağırlık         | % $Al_2O_3$ | % $SiO_2$ |
| -4,750+2,360      | 39,73       | 17,30       | 77,92     | 100,00           | 20,70       | 73,17     |
| -2,360+1,180      | 13,50       | 17,25       | 77,59     | 60,27            | 22,94       | 70,04     |
| -1,180+0,600      | 7,09        | 17,19       | 77,48     | 46,77            | 24,58       | 67,86     |
| -0,600+0,300      | 5,91        | 17,33       | 77,21     | 39,68            | 25,90       | 66,14     |
| -0,300+0,150      | 3,05        | 17,98       | 76,08     | 33,77            | 27,40       | 64,21     |
| -0,150+0,075      | 3,34        | 20,22       | 72,69     | 30,72            | 28,34       | 63,03     |
| -0,075            | 27,38       | 29,33       | 61,85     | 27,38            | 29,33       | 61,85     |
| Toplam            | 100,00      | 20,70       | 73,17     |                  |             |           |



**Şekil 2.** En ince ürüne ait (-0,075 mm) XRD deseni.

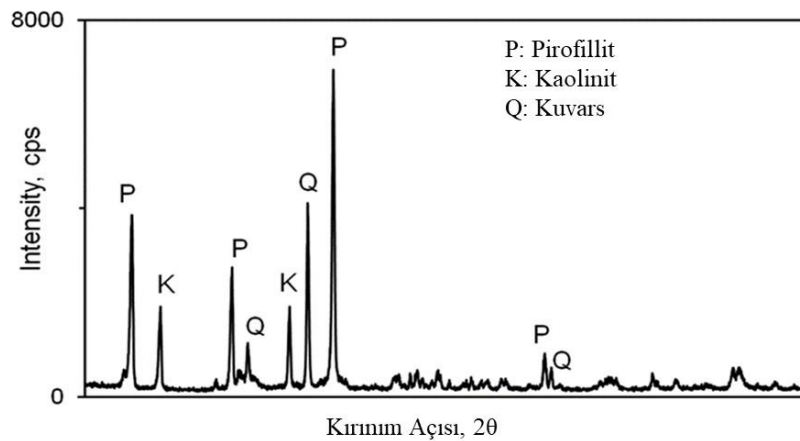
### 3.2. Flotasyon Deneyi Sonuçları

-150  $\mu\text{m}$  tane boyutuna öğütülmüş pirofillit cevherinin yalnızca köpürtücü kimyasal (MIBC) varlığında ve doğal pH koşullarında flote edilmesiyle elde edilen sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, konsantre olarak nitelendirilen yüzen ürünlerin alümina içeriğinin atıklarından yüksek olduğu görülmektedir. En yüksek alümina tenörüne (%27,01  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) en düşük köpürtücü konsantrasyonunda (100 g/t) ulaşılmıştır. Alümina içeriğinin tersi olarak silis içeriği ise flotasyon atıklarında daha yüksek bulunmaktadır. En yüksek alümina içerikli Konsantre-I’de pirofillit ve kaolinit piklerinin belirginleştiği görülmektedir (Şekil 3).

**Tablo 2.** Yalnızca köpürtücü varlığında flotasyon deney sonuçları (Birinci & Erdemoğlu, 2016).

| Köpürtücü (MIBC) Miktarı (g/t) | Ürünler       | %Ağırlık | Tenör                     |                  | Kızdırma Kaybı, % |
|--------------------------------|---------------|----------|---------------------------|------------------|-------------------|
|                                |               |          | % $\text{Al}_2\text{O}_3$ | % $\text{SiO}_2$ |                   |
| 100                            | Konsantre-I   | 25,00    | 27,01                     | 65,56            | 5,8               |
|                                | Atık-I        | 75,00    | 18,51                     | 76,02            |                   |
| 200                            | Konsantre-II  | 27,06    | 26,35                     | 65,90            | 6,1               |
|                                | Atık-II       | 72,94    | 18,52                     | 76,20            |                   |
| 400                            | Konsantre-III | 31,09    | 26,25                     | 66,34            | 5,7               |
|                                | Atık-III      | 68,91    | 18,11                     | 76,60            |                   |
|                                | Besleme       | 100,00   | 20,64                     | 73,41            | 3,9               |

270



**Şekil 3.** Flotasyon işlemi sonrası elde edilen Konsantre-III için XRD deseni.

### 4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Pirofillit cevherinin aşındırmalı yıkama ile zenginleştirilmesiyle elde edilen bulgular, bu yöntemin cevher kalitesini artırmada ve gang minerallerini ayırmada etkili bir işlem olduğunu göstermiştir. Aynı zamanda bu bulgular, pirofillit cevherinin işlenmesinde aşındırmalı yıkamanın potansiyelini ortaya koymakta ve bu değerli mineralin daha geniş endüstriyel alanlarda kullanımına katkıda bulunmaktadır. Genel olarak, aşındırmalı yıkama, pirofillit

cevherinin endüstriyel kullanıma uygun hale getirilmesinde maliyet-etkin ve verimli bir ön zenginleştirme adımı olarak değerlendirilmektedir. Ancak nihai ürünün kullanım alanına ve istenen saflık derecesine bağlı olarak flotasyon veya manyetik ayırma gibi diğer zenginleştirme yöntemleriyle müsterek kullanılması gerekebilir.

Flotasyonla zenginleştirme sonrasında konsantrenin  $Al_2O_3$  içeriğinin arttığı ve  $SiO_2$  içeriğinin ise azaldığı gözlemlenmiştir. Bu, pirofillitin (ana bileşeni  $Al_2O_3$ ) gang minerallerinden (özellikle kuvars -  $SiO_2$ ) başarılı bir şekilde ayrıldığını göstermektedir. Özellikle demir ( $Fe_2O_3$ ) ve titanyum ( $TiO_2$ ) gibi renk verici safsızlıkların azaltılması, beyaz çimento ve seramik gibi yüksek saflık gerektiren uygulamalar için flotasyonu kritik bir yöntem haline getirmektedir.

Türkiye'deki pirofillit üretimi, yalnızca Malatya-Pütürge bölgesinde bulunan kaliteli rezervler sayesinde oldukça güçlü bir yapıya sahiptir. Tüketicinin büyük kısmı beyaz çimento sektörüne yönelirken, seramik, refrakter ve boya gibi diğer sektörlerde de kullanımı az da olsa devam etmektedir. Türkiye, pirofillit rezervleri açısından Avrupa'da önemli bir konuma sahip olmasına rağmen, madencilik sektöründe pirofillitin ürün çeşitliliği ve pazar payı açısından henüz tam potansiyeline ulaşamadığı bilinmektedir. Bu konuyla ilgili olarak sürdürülmekte olan bilimsel çalışmalar, Türkiye'deki pirofillit yataklarının daha etkin zenginleştirme ve değerlendirme yöntemleriyle katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Özellikle yüksek teknoloji gerektiren seramik ve refrakter ürünlerde pirofillit kullanımının artırılması, hem yerel üretimi destekleyecek hem de ithalat bağımlılığını azaltacaktır.

Pirofillit, özellikle yüksek sıcaklık dayanımı, düşük ısıl genleşme, kimyasal inertlik ve beyazlık gibi özellikleri sayesinde modern endüstrinin birçok kritik alanında vazgeçilmez bir hammadde haline gelmiştir. Türkiye gibi önemli pirofillit rezervlerine sahip ülkeler için bu mineralin doğru zenginleştirme ve değerlendirme yöntemleriyle katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi büyük ekonomik önem taşımaktadır. Ayrıca, pirofillitin endüstriyel uygulamalardaki artan talebi, yüksek saflıkta ve spesifik özelliklere sahip ürünlerin üretimi için etkin ve ekonomik zenginleştirme tekniklerinin geliştirilmesine yönelik araştırmaları teşvik etmektedir.

## 5. KAYNAKLAR

**Birinci M., & Erdemoğlu M.** (2016). Enrichment Of Pütürge Malatya Turkey Low Grade Pyrophyllite Ore By Attrition Scrubbing And Flotation. *15th International Mineral Processing Symposium(IMPS 2016)*, 455-466.

**Clarke, G.M.** (1999). *Industrial Minerals*. British Geological Survey.

**Erdemoğlu, M.** (2023). *Pirofillit, Endüstriyel Mineraller El Kitabı* (Editörler: Prof. Dr. A.Ekrem Yüce, Prof. Dr. Güven Önal, Prof. Dr. M. Olgaç Kangal, Dünder Ergunalp), İstanbul Maden İhracatçıları Birliği Yayını, İstanbul.

**Güven, N.** (1988). Smectites. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 19(1), 497-559.

**Harben, P.W., & Bates, R.L.** (1990). *Industrial Minerals: Geology and World Deposits*. Industrial Minerals Division, Metal Bulletin plc.

**Kelly, J.D., & Spottiswood, D.J.** (1982). *Introduction to Mineral Processing*. John Wiley & Sons.

**Murray, H.H.** (2002). Industrial clays: their genesis and applications. *Applied Clay Science*, 19(5-6), 7-20.

**Wills, B.A., & Napier-Munn, T.J.** (2005). *Wills' Mineral Processing Technology: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery*. Elsevier.