

# BİNGÖL VE BİTLİS APATİTLİ MANYETİT CEVHERLERİNDEN DEMİR VE FOSTATIN KAZANILMASI

Suna ATAK(\*)  
Yalçın KAYTAZ(\*\*)  
Nail YAPA(\*\*\*)

## ÖZET

*Bingöl-Avnik ve Bitlis-ünaldı bölgelerinde % 9-50 Fe ve % 1-8 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> içeren pek çok irili ufaklı apatitli manyetit yatağı bulunmaktadır. Bunlar arasında, Mişkel ve Gonaç cevherleri % 45-50 Fe ve % 3-4 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tenörleri ile önemlidir. Apatitli manyetit cevherlerinden manyetit, düşük alan şiddetinde yaş manyetik ayırıcılarla, apatit ise manyetit artıklarından flotasyonla zenginleştirilebilmektedir. Bu yöntemle, Mişkel Gonaç cevherleri karışımından % 68-69 Fe ve % 0,4 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> içeren demir konsantreleri ile % 35-38 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> içeren fosfat konsantreleri alınmakta, diğer yöre cevherleri ile buna benzer sonuçlar elde edilmektedir. Cevher yataklarının özelliklerine göre üretim planlamaları yapılmalı ve madencilik faaliyetinden önce, hazırlanacak karışımlarla pilot tesis deneyleri yürütülmelidir.*

## ABSTRACT

*There are lots of small and large apatite bearing magnetite deposits, containing 9-50 percent iron and 1-8 percent P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, in Bingöl-Avnik and Bitlis-ünaldı districts. Among them Mişkel and Gonaç ores are important with 45-50 percent iron and 3-4 percent P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> contents. Magnetite can be concentrated from apatite bearing magnetite ores by low intensity wet magnetic separators, and apatite can be separated from the magnetite tailings by flotation. By this procedure, magnetite concentrates with 68-69 percent iron and 0.4 percent P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> contents and apatite concentrates with 35-38 percent P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content are separated from the Mişkel-Gonaç ore mixtures and other ores reveal almost similar concentration response. The plans for production should be made depending on the characteristics of the ore deposits and the prepared ore mixture, should be tested in a pilot plant, before the mining activities.*

(\*) Dr. Maden Muh.Böl., Maden Fakültesi, İTÜ, İSTANBUL  
(\*\*) Dr. Maden Muh.Böl., Maden Fakültesi, İTÜ, İSTANBUL  
(\*\*\*) Yuk.Muh. Maden Muh.Böl., Maden Fakültesi, İTÜ, İSTANBUL

## 1. GİRİŞ

Ülkemizin gereksinme duyduğu hammadde kaynakları içinde, yüksek fırınların ana girdisi olan demir cevherleri ile tarım alanındaki kullanımı dolayısı ile açığı her yıl dış alımla kapatılan fosfat cevherleri önemli bir yer tutmaktadır. Bu nedenle 1984'den bu yana Bingöl ve Bitlis apatitli manyetit yatakları MTA Enstitüsü(1,2,3), TDÇİ(4), Eti-bank ve İTÜ Maden Fakültesi(5,6) tarafından arama, geliştirme ve teknolojik etüdler bakımından incelenmektedir.

Bingöl ve Bitlis apatitli manyetit cevherleri, her iki ilin sınırları içinde kalan, tenörleri %9-50 Fe ve % 1-8 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> arasında değişen irili ufaklı madan yataklarından oluşmaktadır. Hemen bütün cevherlerde apatit ve manyetit mineralleri dışında amfibol, epidot, diopsit, klorit gibi yeşil renkli silikatlar bulunmaktadır. Bazı yataklarda % 10'a varan oranda kalsit bulunurken, bazılarında hemen hiç kalsit yoktur. Cevherleşme girift yapıları olup, çeşitli yatak numunelerinin serbestleşmeye erişmek için çok ince boyutlara (100-50 mikron) öğütülmeleri gerekmektedir. Yatakların oluşumu ile ilgili olarak yapılan çalışmalarla yer yer 25-40 milyon tona varan rezervler tesbit edilmiştir(7).

Bingöl ve Bitlis apatitli manyetit cevherleri ile yapılan zenginleştirme deneyleri, cevherlerin serbestleşme boyutuna kadar öğütülmeleri, manyetitin düşük alan ve şiddetinde yaş manyetik ayırıcılarla, manyetit artığındaki apatitin flotasyonla kazanılması işlemlerini içermektedir. Cevherlerle yapılan ön etüdler, benzer yapıda olanların harmanlamasına olanak sağlamış, böylece aşağıda belirtilen karışımlar deneylerde kullanılmışlardır.

- |                                 |                                     |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| I. Bingöl Bölgesi karışımları:  | 1. Mişkel-Gonaç                     |
|                                 | 2. Kavaklı-Arduvan                  |
|                                 | 3. Hamek                            |
| II. Bitlis Bölgesi karışımları: | 4. Sürüm 2 - Sürüm 3 - Meşeliksirtı |

Raporda kolaylık sağlamak bakımından, çeşitli cevher karışımları için yukarıdaki numaralar kullanılacaktır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Dört karışım halinde hazırlanan Bingöl ve Bitlis apatitli manyetit cevherlerinin kimyasal analizleri Çizelge 1'de görülmektedir. Mineralojik bakımdan bütün cevherler benzer yapıda olup en önemli fark mineral boyutlarında olmaktadır. 2 ve 4 nolu numunelerde apatit ve manyetit daha ince yapılıdır. Cevherlerde saptanan belli başlı mineraller ve bunların takribi oransal durumu Çizelge 2'de görülmektedir. Çizelge'de görüldüğü gibi gang mineralleri bakımından, ilk üç numunede kalsit yokken, 4. numunede % 11 dolaylarında kalsit bulunmaktadır.

### 2.1. Manyetit Zenginleştirme Deneyleri

Değişik boyutlara öğütülen apatitli manyetit cevherlerinden manyetit, Crockett tipi düşük alan şiddetinde yaş manyetik ayırıcı ile zenginleştirilmiştir. Gerek manyetit kazanma verimi gerekse manyetit konsantrisindeki fosfat yüzdesi bakımından en uygun sonuçlara 0,1 mm altına öğütülen cevherlerle varılmıştır. 0,1 mm altına öğütülmüş dört

**Çizelge 1— Bingöl ve Bitlis apatitli manyetit numunelerinin kimyasal analizleri**

Eleman %	Numune 1	Numune 2	Numune 3	Numune 4
Fe	47.37	16.85	28.22	20.30
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3.77	5.15	0.93	7.34
SiO <sub>2</sub>	20.72	38.13	25.40	38.55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.98	17.85	18.58	3.74
MnO	0.08	0.12	0.06	0.14
MgO	0.25	0.80	1.59	1.02
CaO	5.12	5.36	1.20	10.20
K <sub>2</sub> O	0.02	0.20	-	0.21
Na <sub>2</sub> O	0.83	3.80	3.67	0.87
TiO <sub>2</sub>	0.30	0.68	0.34	0.74
K.K.	3.16	4.43	2.13	5.87

**Çizelge 2— Bingöl ve Bitlis apatitli manyetit numunelerinin yaklaşık mineral dağılımları**

Mineral	Numune 1	Numune 2	Numune 3	Numune 4
Manyetit	66	29	48	20
Apatit	10	12	2	18
Amfibol	7	14	2	26
Epidot	9	30	3	7
Kuars	2	4	6	2
Albit	2	8.5	8	3
Diyopsit	2	-	11	4
Klorit	-	-	18	6
Kalsit	-	-	-	11
Sfen	1	2	1	2
Diğerleri	1	0.5	1	1
TOPLAM	100	100	100	100

farklı numune ile yapılan manyetik ayırma deneylerinin sonuçları Çizelge 3'de görülmektedir. Bu deneylerde önce kaba konsantre ve artıklar alınmış, bunların tekrar manyetik ayırıcıya beslenmesi ile temiz konsantre ve nihai artıklar alınarak, araürünler birleştirilmiştir. Alınan konsantreler manyetik ayırıcıda iki defa daha temizlendiği zaman, fosfat ve diğer safsızlıklar bakımından daha temiz konsantreler alınabilmektedir. Böylece temizlenmiş manyetit konsantrelerine ait tam kimyasal analizler Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 3- Manyetik ayırma deneyleri sonuçları

Numune	Ürünler	Miktar		Fe		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
		%	%	Verim %	%	Verim %	Verim %
1	Manyetit K.	65	68.6	93.3	0.39	6.6	
	Araürün	9	17.7	3.3	7.24	17.1	
	Artık	26	6.2	3.4	11.20	76.3	
	Toplam	100	47.7	100.0	3.82	100.0	
2	Manyetit K.	18	63.0	66.7	0.70	2.4	
	Araürün	11	14.0	9.0	3.0	6.1	
	Artık	71	5.8	24.3	6.83	91.5	
	Toplam	100	17.0	100.0	5.30	100X)	
3	Manyetit K	36	66.6	84.7	0.20	7.7	
	Araürün	10	16.4	5.8	1.15	12.4	
	Artık	54	5.0	9.5	1.38	79.9	
	Toplam	100	28.3	100.0	0.93	100.0	
4	Manyetit K.	24	63.2	74.0	0.80	2.6	
	Araürün	9	14.2	6.2	8.80	10.6	
	Artık	67	6.1	19.8	9.68	86.8	
	Toplam	100	20.5	100.0	7.46	1000	

## 2.2. Fosfat Flotasyonu Deneyleri

Manyetit artıklarından apatit flotasyonla zenginleştirilmiştir. Flotasyonda kollektör olarak Hoechst firması (Batı Almanya) tarafından imal edilen Sammler Hoe F 3266 isimli yağ asidi tipindeki reaktif (400-800 g/t miktarında) kullanılmıştır. Kontrol reaktifi olarak sodyum silikat (800-1000 g/t) ve sodyum karbonat (0-500 g/t)'m kullanımı ile pH : 8,8-9'da yapılan deneyler sonunda alınan kaba konsantreler 4 defa temizlenerek yüksek dereceli fosfat konsantreleri alınmış, süpürme flotasyonu ile artıktaki fosfat kay-

**Çizelge 4- Manyetit konsantrelerinin tam kimyasal analizleri**

Eleman %	Numune 1	Numune 2	Numune 3	Numune 4
Fe	68.60	63.00	66.60	63.20
CaO	0.26	0.53	-	1.50
MgO	0.32	0.67	0.20	0.83
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.37	0.74	0.85	0.37
K <sub>2</sub> O	-	0.04	-	0.05
Na <sub>2</sub> O	0.04	0.15	0.09	0.19
SiO <sub>2</sub>	0.98	1.63	2.98	1.04
TiO <sub>2</sub>	0.32	0.43	0.40	0.74
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.20	0.50	0.06	0.38
K. Kaybı	2.47	2.34	1.31	2.42

azaltılmıştır. Bazı deneylerde köpük hacmini azaltmak amacıyla, 300 g/t'a kadar gazyağı da kullanılmıştır. Benzer koşullarda dört karışım numunesine uygulanan flotasyon deneyi sonuçları Çizelge 5'de görülmektedir.

Flotasyon deneylerinde ararün, temizleme artıkları ile süpürme konsantresinin karışımıdır. I no'lu numune ile yapılan flotasyonlarda(6), fosfat içeriği % 38,75 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>'e varan konsantreler elde edilebilmektedir. Çizelge 6'da I no'lu cevherden kazanılan böyle bir fosfat konsantresi ile, diğer numunelerden kazanılabilen en iyi fosfat konsantrelerinin tam kimyasal analizleri verilmiştir.

### 3. DENEY SONUÇLARININ TARTIŞILMASI

Bingöl ve Bitlis apatitli manyetit cevherlerinden demir konsantreleri düşük alan şiddetinde yaş manyetik ayırıcı ile, fosfat konsantreleri ise flotasyon yöntemi ile kolaylıkla kazanılabilmektedir. Cevherlerin demir ve fosfat tenörlerinin zenginleştirme metodu ve sonuçlarına önemli bir etkisi yoktur, örneğin 3. numunesinde demir ve fosfat tenörleri 1. numunesine oranla çok düşük olduğu halde, demir ve fosfat konsantrelerinin özellikleri bakımından benzer sonuçlar elde edilmiştir. Cevherler arasında manyetit ve apatitin serbestleşme boyutları zenginleştirme sonuçlarını etkilemektedir. 2 ve 4 numaralı numuneler, daha girift yapıları bir cevherleşme gösterdiklerinden(6), bunlardan kazanılan manyetit konsantrelerinin demir tenörleri düşük (%63 Fe), fosfat tenörleri yüksek(%0,8 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) olmaktadır. Bu numunelerin 0,1 mm altına öğütülmeleri ile, gang mineralleri ile manyetit arasında yeterli bir serbestleşme sağlanamamakta, bağlı taneler de manyetit konsantresinde toplanmaktadır. Bu numunelerin daha ince boyutlara (-0,05 mm) öğütülmeleri ile daha iyi sonuçlar alınabilirse de, bu durumda öğütme masrafları yükselecek-

**Çizelge S— Flotasyon deneyleri sonuçları**

Örün ter	Numune 1			Numune 2			Numune 3			Numune 4		
	Miktar	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Verim	Miktar	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Verim	Miktar	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Verim	Miktar	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Verim
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Apatit kons.	26	34.5	88.0	14	31	83.6	3	31.5	75i)	19	34.6	74.5
Araürün	29	3.5	10i)	19	3.7	13.7	14	2i)	22.0	15	13.8	23 i)
Artık	45	0.4	20	67	0.2	27	83	0.04	3.0	66	0.3	2.5
TOPLAM	100	10.2	100i)	100	52	100.0	100	1.26	100.0	100	8.8	100i)

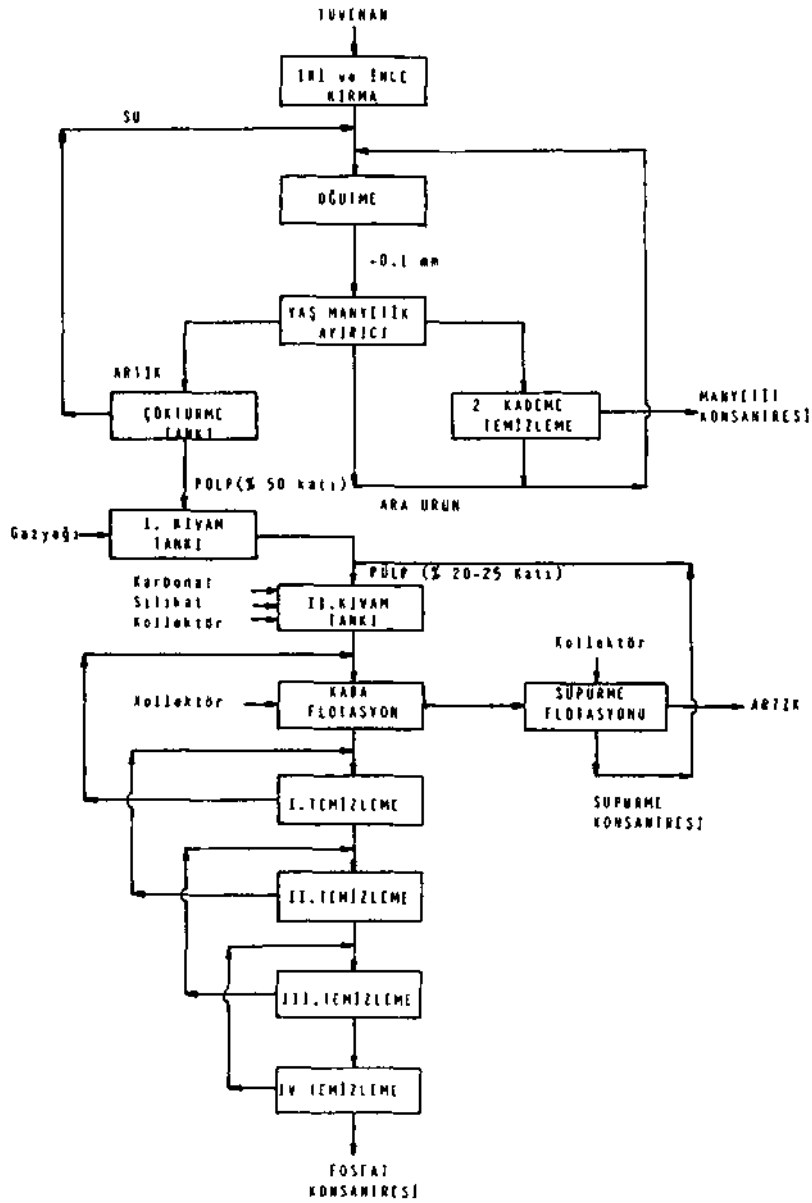
**Çizelge 6- Apatit konsantrlerinin tam kimyasal analizleri**

Eleman %	Numune 1	Numune 2	Numune 3	Numune 4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	38.75	31.00	31.50	34.6
SiO <sub>2</sub>	3.92	8.01	11.25	1.00
Fe	1.20	3.05	2.85	0.56
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.82	6.14	3.39	0.51
MgO	1.44	0.86	1.94	0.43
CaO	52.40	41.60	44.50	55.80
K.K.	0.66	0.86	2.11	6.37

tır. Manyetik ayırmaya uygulanacak kademeli temizleme işlemleri ile, bağlı tanelerin manyetit konsantrisi içinde toplanmaları önlenerek, araürün miktarları artırılabilir ve araürünlerin daha ince boyutlara öğütülmesi ile konsantr tenörleri ve metal kazanma verimleri bakımından daha iyi sonuçlar alınabilir. Böyle bir uygulama ile kazanılan manyetit konsantrlerinin tam kimyasal analizleri Çizelge 4'de görülmektedir.

Bingöl ve Bitlis bölgesindeki çeşitli apatitli manyetit yataklarından alınan cevherler harmanlanarak bir tesiste zenginleştirilebilirler. Kırma ve öğütme devresi ile 0,1 mm altına inceltelen cevherlerden düşük alanlı yaş manyetik ayırıcılarla demir konsantrisinin alınması, araürünlerin tekrar öğütülerek manyetik ayırıcılara beslenmesi, fosfatça düşük manyetit konsantrlerinin alınmasını sağlayacak, manyetit artıklarından fosfat flotasyonla kazanılabilecektir. Burada esas sorun, harmana girecek cevher oranlarının tesbitidir. Bunda hem yatakların rezervine göre tesbit edilecek üretim planı hem de cevherlerin özellikleri önem kazanmaktadır. Çeşitli yataklarda demir ve fosfat tenörlerinin büyük değişiklikler göstermesi sebebi ile yapılacak karışımın demir ve fosfat tenörünün düşük olması, teknolojik bakımdan sorun yaratmasa da ekonomik bakımdan önemli olacak, işletmenin kârlılık durumunu etkileyecektir.

Cevher özellikleri ve rezerv durumları dikkate alınarak yapılacak üretim planına göre hazırlanacak cevher karışımları, pilot tesis halinde incelenmelidir. Pilot tesis için öngörülen bir akım şeması Şekil 1 'de sunulmuştur, öğütme koşulları, manyetik ayırma ve flotasyon kademeleri, araürünlere uygulanacak işlemler ancak pilot tesis sonuçları ile ortaya konulabilir ve tesisten elde edilecek ürünlerin özellikleri ile metal kazanma verimleri hakkında kesin sonuçlara varılabilir.



Şekil 1— Manyetit ve apatiti kazanmak için öngörülen pilot tesis akım şe-

## KAYNAKLAR

1. KOVENKO, V., Apatitli Avnık Demir Filizini Ziyaret, MTA Rapor No: 1784, 1948
2. JAFFRE, F.C., Avnık Bölgesinin Jeolojisi ve Manyetit Yatakları, MTA Rapor No 2398 1956
3. KAYAOĞLU, A., Bingöl-Avnık Manyetit EtUderi ön Raporu, MTA, 1976
4. ARAL, H., Bingöl-Genç, Avnık Apatitli Manyetit Yatakları Hakkında TDÇİ Avnık Projesi, 1976
5. . . . . Avnık Demir Cevherlerinin Zenginleştirilmesi ve Peletlenmesi İle İlgili EtUd-Araştırma ve Proses Seçimi Çalışmaları, İTu Maden Fakültesi, Cevher Hazırlama Kürsüsü Raporu, 1978
6. . . . . Bitlis-unaldı ve Bingöl-Avnık Bölgesi Manyetiti! Apatit Cevherlerinin Teknolojik EtUdu, İTu Maden Fakültesi, Maden Müh.Böl., Cevher Hazırlama Anabilim Dalı Teknik Raporu, 1984
7. ÖZPEKER, İ., Bingöl-Avnık Çevresindeki Apatitli Manyetit Yataklarının Oluşumu ve Değerlendirilmesi, Yayınlanmamıştır.