

Kırklareli Balaban yöresi düşük tenörlü demir cevherini zenginleştirme çalışmaları

Feyza ŞAHİN KILAVUZ¹, Aşlı İNAN BAYRAM¹,
Özgür CAN¹ ve Mehmet ULUSOY¹

1. Giriş

Demir, tarih boyunca insanlık için vazgeçilmez bir materyal olmuştur. Endüstri devrimi ile birlikte demirin ekonomik ve teknolojik önemi giderek artmış ve günümüzde dünyanın en yaygın kullanılan metali haline gelmiştir. Demir; inşaat, otomotiv, enerji ve makine, bilgisayar, döküm sektörleri gibi birçok alanda kritik bir rol oynamaktadır. Demir-çelik sektörü, küresel sanayinin temel taşlarından biri olup, bir ülkenin ekonomik büyüklüğünü yansıtan göstergelerden biridir.

Demir çelik sektörünün ana hammaddesi olan demir cevherinin kullanılabilmesi için yeryüzüne çıkarılması ve işlenmesinin ekonomik olması gerekmektedir. Yüksek fırınlara beslenecek olan demir cevherlerinde harman tenörünün en az %57 olması istenir (DPT, 2001). Geçmişte, yüksek fırında aranan özelliklere sahip demir cevheri doğrudan maden ocaklarında yapılan üretimle karşılanmıştır. Sanayide demire olan gereksinimin gün geçtikçe artması ve doğrudan yüksek fırınlarda kullanılacak özellikteki cevherlerin giderek azalması sonucunda, düşük tenörlü cevherlerin yanı sıra farklı mineraller içeren demir cevherlerinin de zenginleştirilmesi kaçınılmaz bir gereklilik olmuştur (Bayraktar ve Erdal, 1978; Özcan vd., 2021).

Doğada birçok mineral demir içermekle beraber, bunlardan ancak bazıları demir cevheri olarak sınıflandırılabilir derecede demir içermektedirler. Bunlar manyetit, hematit, limonit, götit ve siderittir. Çizelge 1'de farklı demir cevheri minerallerinin demir içerikleri verilmiştir.

Çizelge 1- Farklı demir minerallerinin demir içerikleri.

Mineral Adı	Formülü	Teorik Fe İçeriği (%)
Manyetit	Fe ₃ O ₄	72,4
Hematit	Fe ₂ O ₃	69,9
Limonit	2Fe ₂ O ₃ ·3H ₂ O	59,8
Götittir	Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O	62,9
Siderit	FeCO ₃	48,2

Demir çelik üretiminde kullanılacak olan konsantrelerin demir tenörleri demir minerali türüne göre değişiklik göstermektedir. Manyetit

ve hematit konsantrelerinin %50-55'in üzerinde, limonit konsantrelerinin %45'in üzerinde, siderit konsantrelerinin ise %35'in üzerinde Fe içermesi istenir. Demir tenörünün yanında bir diğer önemli kriter ürün kalitesini bozan safsızlıkların miktarlarıdır. Örneğin yüksek fırınlarda, demir konsantresi veya kok kömürü içerisindeki kükürt, üretimde metal fazına geçerek üretimin kalitesini bozmaktadır. Kullanılan kok kömürünün yüksek oranda (%2'den fazla) kükürt içermesi durumunda, işlenecek olan demir konsantrelerinin %0,15-0,35'ten fazla kükürt içermemesi istenmektedir. Kullanılacak olan kok kömürünün kükürt içeriği düşük ise (%0,5'ten az); demir konsantrelerinin %0,75-1,0 kükürt içermesi kabul edilebilmektedir (Şen vd., 2010).

2. Numune Hazırlama ve Karakterizasyon Çalışmaları

Bu makale kapsamında Maden Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı tarafından Kırklareli-Demirköy yöresinden alınan düşük tenörlü demir cevherinin zenginleştirilebilme olanakları araştırılmıştır. İlk olarak, 10 cm'den ince olacak şekilde kırılmış olarak gelen karot numunelerinden cevher mikroskobisi için el numuneleri alınmıştır. El örnekleri alındıktan sonra temsili numune almak üzere tüm numune, temiz bir yüzey üzerinde kürekle birçok kez harmanlanmış ve homojen bir karışım sağlandıktan sonra bölme ve azaltma işlemine tabi tutulmuştur. Alınan numune çeneli kırıcıda kapalı devre olarak kırılarak tamamı -10 mm tane boyutuna indirilmiştir. Çeneli kırıcıdan çıkan numune çapraz oluklu bölücü yardımı ile azaltılarak numunenin 1/4'ü sinter testleri için ayrılmıştır. Kalan numune 1 mm'lik elekten elenmiş, elek üstü merdaneli kırıcıdan geçirilip tekrar -1 mm'lik elek ile elenerek numunenin tamamı -1 mm olacak şekilde boyut küçültme işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 1).

SEM-MLA analizi için -1 mm boyutundaki numune, merdaneli kırıcı-elek kapalı devresi ile tamamı -300 µm boyutunda olacak şekilde öğütülmüştür. Ardından yaş eleme ile -300+212 µm (+65 mesh), -212+150 µm (100 mesh), -150+106 µm (150 mesh), -106+75 µm (200 mesh), -75+38 µm (400 mesh), -38+25 µm (500 mesh) fraksiyonlarında numuneler hazırlanarak SEM-MLA analizi talep edilmiştir.

1 mm'nin altına indirilen cevherden alınan temsili numune ile 106 µm'a kadar kuru, daha ince boylarda ise yaş olarak elek analizi yapılmış, elde edilen sonuçlar Şekil 2'de verilmiştir.

¹Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye.

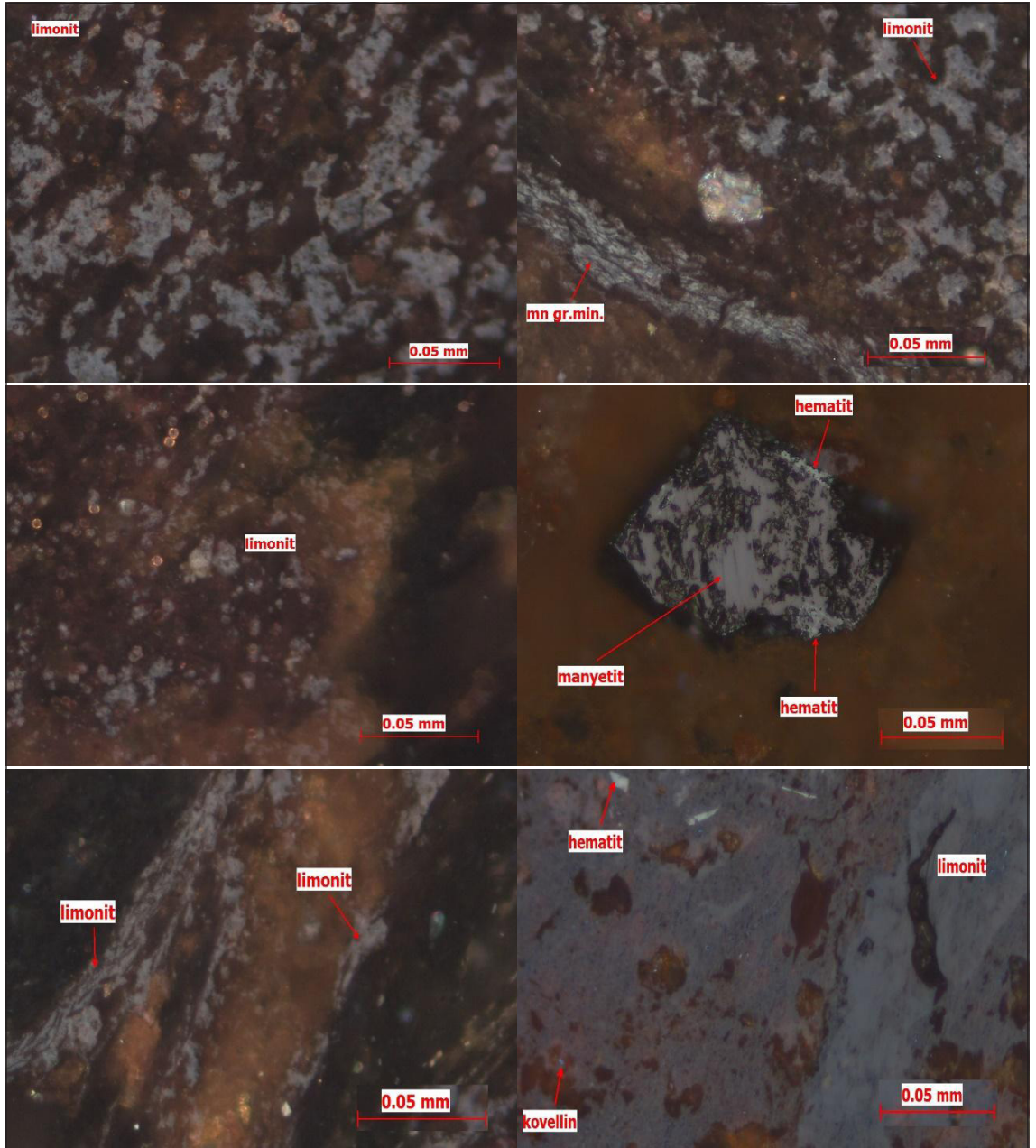
2.2. Cevher Mikroskobisi

Karakterizasyon çalışmaları kapsamında cevher mikroskobisi incelemeleri için karot numunelerinden örnekler alınmıştır. Alınan örnekler, mikroskop altında farklı yapı ve dokuların tanımlanması amacıyla incelenmiştir. Şekil 3'te altı farklı örneğe ait cevher mikroskobisi görüntüleri verilmiştir.

Cevher mikroskobisi çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre, örneklerde yaygın olarak submikroskobik boyutlarda limonitler bulunmaktadır.

Limonitler belirli bir şekle sahip olmayıp özşekli taneler halinde, çubuksu ya da lifsi şekillerde, mikrodamar veya bazen de gang minerallerinin aralarını doldurur şekilde görülebilmektedir. Özşekli limonitler 20-165 mikron, özşekilsiz olanlar ise 15-60 mikron tane boyu aralığındadır.

Bunun dışında mangan grubu mineraller, rutil, pirit, eser miktarda hematit, sfalerit, kalkopirit ve manyetit mineralleri gözlenmiştir. Bazı limonitlerin içerisinde 7-14 mikron arasında değişen tane boylarında pirit relikleri tespit edilmiştir.



Şekil 3- Karot numunelerinden alınan 6 örneğin cevher mikroskobisi görüntüleri.

Mangan grubu mineraller örnek içerisindeki parçalarda özşekilsiz, lifsi ya da yuvarlakımsı şekillerde (7-20 mikron arası çaplarda) izlenmiştir. Rutiller özşekilsiz taneler şeklinde olup en büyük tane boyu 165 mikron olarak ölçülmüştür. Eser miktarda hematit izlenmiş olup limonite dönüşmüştür. Limonit içinde çok ufak taneler halinde de hematit izlenmiştir.

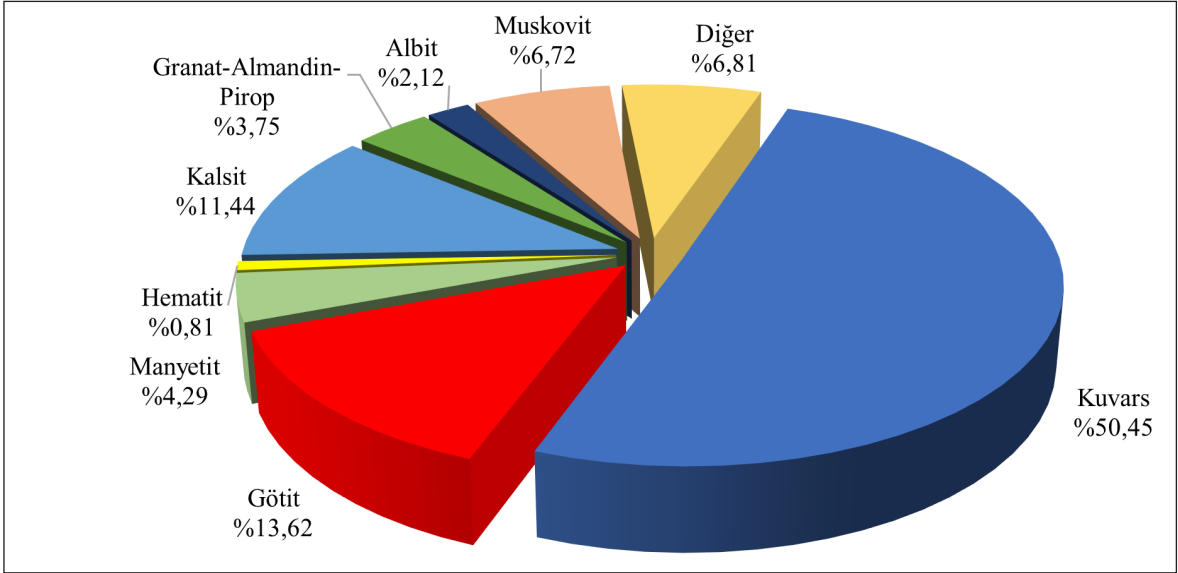
2.3. SEM- MLA Analizi

Kırklareli - Demirköy - Balaban demir cevherleşmesinin mineralojik bileşimini, minerallerin dağılımını, çeşitli tane boylarında cevher minerallerinin serbestleşme durumlarını belirlemek amacıyla cevher numunesinde SEM-MLA analizi yapılmıştır. Örneklerden yaş eleme ile -300+212 μm (+65 mesh), -212+150 μm (100 mesh), -150+106 μm (150 mesh), -106+75 μm (200 mesh), -75+38 μm (400 mesh), -38+25 μm (500 mesh) fraksiyonlarında numune

hazırlanarak SEM-MLA analizi yaptırılmıştır. Topaklanma probleminden dolayı -25 μm 'dan ince boyutlar SEM-MLA'de çalışılmadığından analize bu fraksiyon gönderilmemiştir. Şekil 4'te cevherin modal mineralojik bileşimi verilmiştir.

Şekil 4'e göre numunenin %50,45'lik kısmı kuvars, %11,44'lük kısmı ise kalsitten meydana gelmiştir. Numunenin demir minerali olarak önemli kısmını götit (%13,62) oluşturmaktadır. Manyetit (%4,29) ve hematit (%0,81) de numunede bulunan diğer demir mineralleridir. Bunların dışında numuneyi oluşturan diğer mineraller içerisinde granat-almandin-pirop., albit, muskovit, biyotit, pirit vd. sayılabilir.

Numunedeki başlıca demir cevheri mineralleri götit (limonit), manyetit, hematit olarak tespit edilmiştir. Bu minerallerin örnekteki miktarlarının dağılımı Çizelge 4'te verilmiştir.



Şekil 4- Cevherin modal mineralojik bileşimi.

Çizelge 4- Fe elementine ait elementsel dağılım tablosu (%Fe).

Mineral	+65 mesh (-300+212 μm)	+100 mesh (-212+150 μm)	+150 mesh (-150+100 μm)	+200 mesh (-100+74 μm)	+400 mesh (-74+38 μm)	+500 mesh (-38+25 μm)	Ort.
Muskovit	2,15	2,63	2,05	1,95	1,78	2,47	
Granat-Almandin-Pirop.	7,77	9,35	7,23	8,21	6,08	10,29	
Manyetit	14,66	10,96	20,22	27,90	33,03	23,56	21,72
Pirit	0,13	0,36	0,64	0,25	1,13	0,03	
Götit	60,39	70,29	65,27	53,37	54,20	59,59	60,52
Hematit	12,14	3,56	1,85	4,96	1,21	0,00	3,95
Titanit	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	
Fe-Zr-Al-Fosfat	0,24	0,17	0,12	0,19	0,09	0,17	
Kalkopirit	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
İlmenit	0,11	0,07	0,13	0,21	0,18	0,65	

Çizelge 4 incelendiğinde en bol bulunan Fe mineralinin götit (limonit) olduğu görülmektedir. Götit mineralinin farklı tane boylarında toplam elementel Fe içerikleri içerisindeki miktarı %53,37- %70,29 arasında değişim göstermektedir. Tüm fraksiyonların ortalaması alındığında toplam elementel Fe içeriği dağılımının götit mineralinde %60,52, manyetit mineralinde %21,72, hematit mineralinde ise %3,95 olduğu görülmektedir. Buna göre örnekteki baskın demir mineralinin götit olduğu söylenebilir.

SEM-MLA analizi sonucunda demir minerallerinin modal mineralojik bileşimi ile birlikte serbestleşme değerleri Çizelge 5'te verilmiştir.

Serbestleşme tablosuna bakıldığında götit (limonit) mineralinin en çok +500 mesh (+25 μ m) fraksiyonunda serbest olarak izlendiği, serbest tane yüzdesinin %61,58 olduğu görülmektedir. Manyetit mineralinin en çok +400 mesh (+38

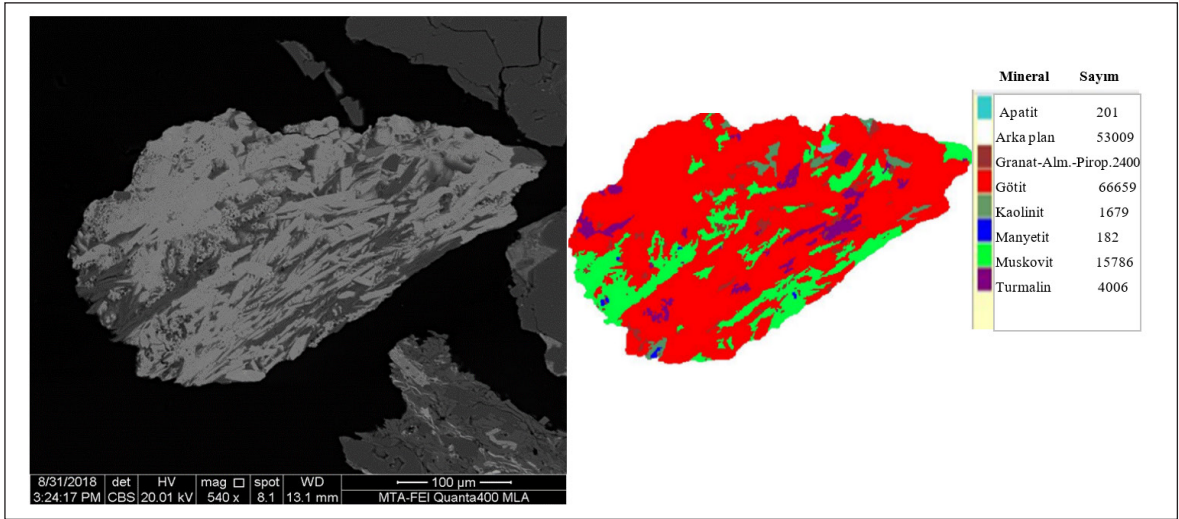
μ m) fraksiyonunda olmak üzere %64,31, hematit mineralinin ise en fazla +200 mesh (75 μ m) fraksiyonunda %32,72 oranında serbest olduğu belirlenmiştir.

Serbestleşme tablosuna bakıldığında, tane boyutu incelendiğinde örnek içerisinde baskın olan götit mineralinin serbestleşmesinin de arttığı görülmektedir. Bununla birlikte, MLA analizi ile çalışılabilen en ince tane boyutu fraksiyonu olan +500 mesh (-38+25 μ m) fraksiyonunda serbestleşmenin %61,58 olduğu, bu fraksiyonda dahi serbestleşmenin yeterli olmadığı görülmektedir. İyi bir zenginleşme için yaklaşık %80 serbestleşme oranı dikkate alındığında, Balaban cevherinde ancak 25 mikron boyutundan daha ince boyutlarda yeterli serbestleşme oranlarına ulaşılabileceği anlaşılmaktadır. Numune serbestleşme durumlarına ait SEM-MLA görüntüleri Şekil 5, 6, 7 ve 8'de verilmiştir.

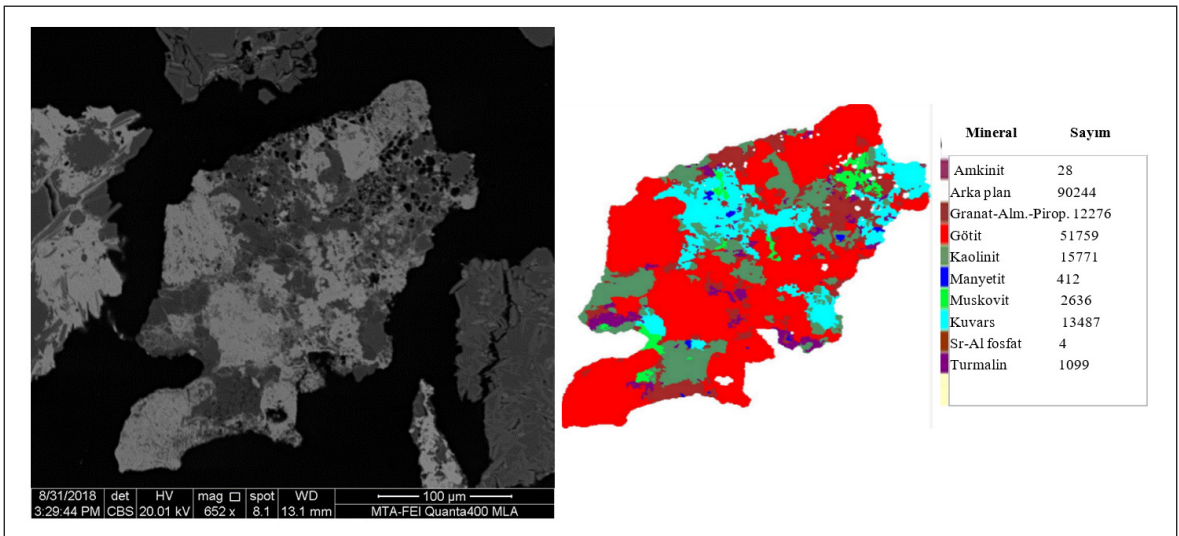
Çizelge 5- Modal mineralojik bileşim ve serbestleşme tablosu.

Mineral	+65 mesh (-300+212 μ m)		+100 mesh (-212+150 μ m)		+150 mesh (-150+100 μ m)		+200 mesh (-100+74 μ m)		+400 mesh (-74+38 μ m)		+500 mesh (-38+25 μ m)	
	% İçerik	% Serb.	% İçerik	% Serb.	% İçerik	% Serb.	% İçerik	% Serb.	% İçerik	% Serb.	% İçerik	% Serb.
Muskovit	7,47		7,44		5,48		4,82		6,30		8,79	
Kuvars	46,43		50,52		55,59		58,92		47,64		43,63	
Kalsit	11,13		11,74		11,45		11,10		12,76		10,44	
Granat-Almandin-Pirop	4,02		3,93		2,88		3,01		3,19		5,44	
Rutil	0,13		0,18		0,26		0,49		0,27		0,07	
Kaolinit	0,92		1,09		0,90		0,94		1,24		1,81	
Manyetit	3,24	29,88	1,97	31,69	3,44	38,18	4,37	44,14	7,40	64,31	5,32	
K-feldispat	0,69		0,82		0,63		0,71		0,74		1,18	
Dolomit	0,70		0,69		0,65		0,42		0,46		0,58	
Albit	3,02		2,90		2,28		1,39		1,31		1,80	
Biyotit	0,46		0,32		0,33		0,42		0,45		0,59	
Apatit	0,20		0,12		0,13		0,15		0,13		0,29	
Granat-Grossular-Andradit	0,49		0,49		0,41		0,33		0,20		0,43	
Pirit	0,04		0,10		0,17		0,06		0,39		0,01	
Zirkon	0,07		0,06		0,05		0,14		0,78		0,47	
Götit	15,36	28,05	14,52	35,56	12,78	43,02	9,62	44,10	13,97	51,07	15,48	61,58
Turmalin	0,79		0,75		0,83		0,84		1,02		1,75	
Aktinolit	0,40		0,16		0,09		0,12		0,20		0,19	
Amkinit	0,07		0,08		0,09		0,08		0,10		0,19	
Hematit	2,77	32,05	0,66		0,33		0,80	32,72	0,28		0,00	

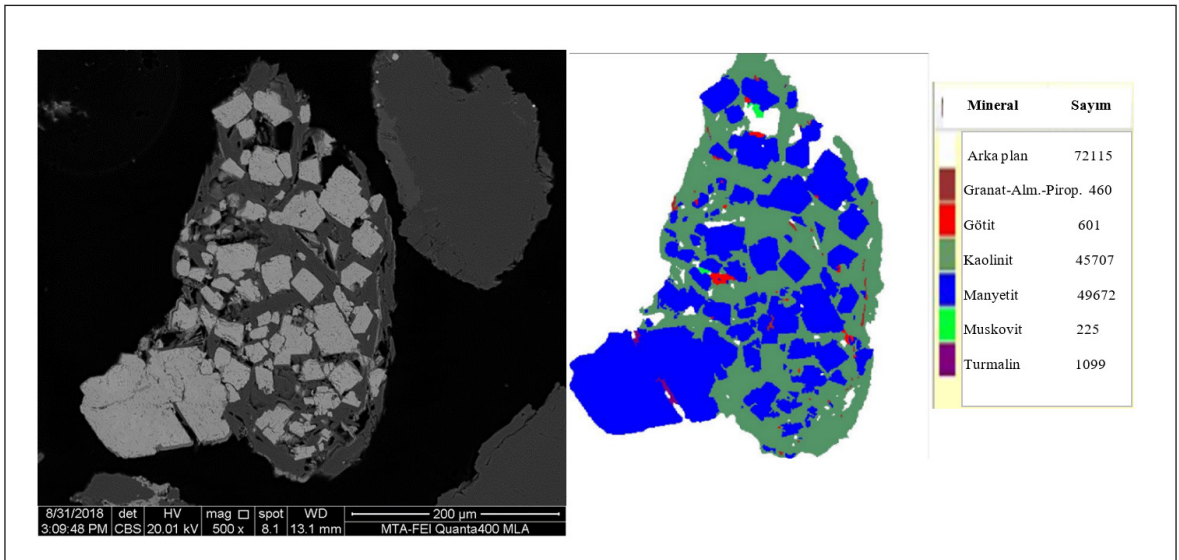
Serb.: Serbestleşme derecesi



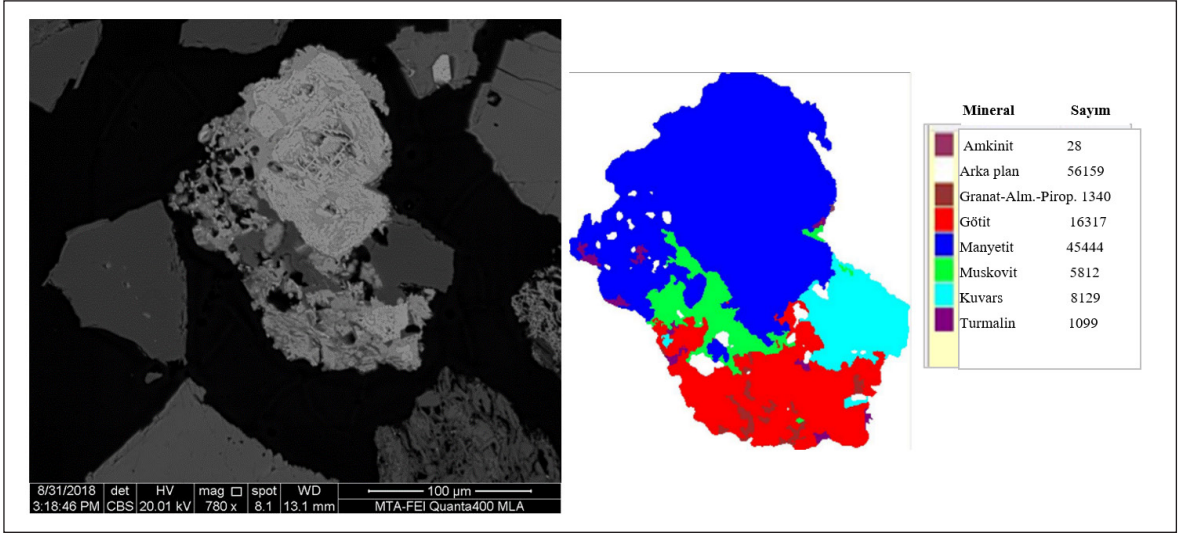
Şekil 5- +65 mesh fraksiyonunda limonit minerali kenetlilik durumu SEM-MLA görüntüleri.



Şekil 6- +100 mesh fraksiyonunda limonit minerali kenetlilik durumu SEM-MLA görüntüleri.



Şekil 7- +65 mesh fraksiyonunda manyetit minerali kenetlilik durumu SEM-MLA görüntüleri.



Şekil 8- +150 mesh fraksiyonunda manyetit minerali kenetlilik durumu SEM-MLA görüntüleri.

2.4. Satmagan Analizi

Orijinal numunenin analizinde, manyetit içeriğinin tayini Satmagan 135 cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Satmagan cihazı, demir cevheri numunelerinin manyetit içeriğini ölçmek için kullanılır. Numuneler üretici tarafından sağlanan özel numune kaplarına yerleştirilir ve ölçüm yapılır. Öğütülmüş, temsili olarak azaltılmış olan orijinal numune ile yapılan analizde, cevherdeki manyetit içeriği %2,23 Fe_3O_4 olarak tayin edilmiştir.

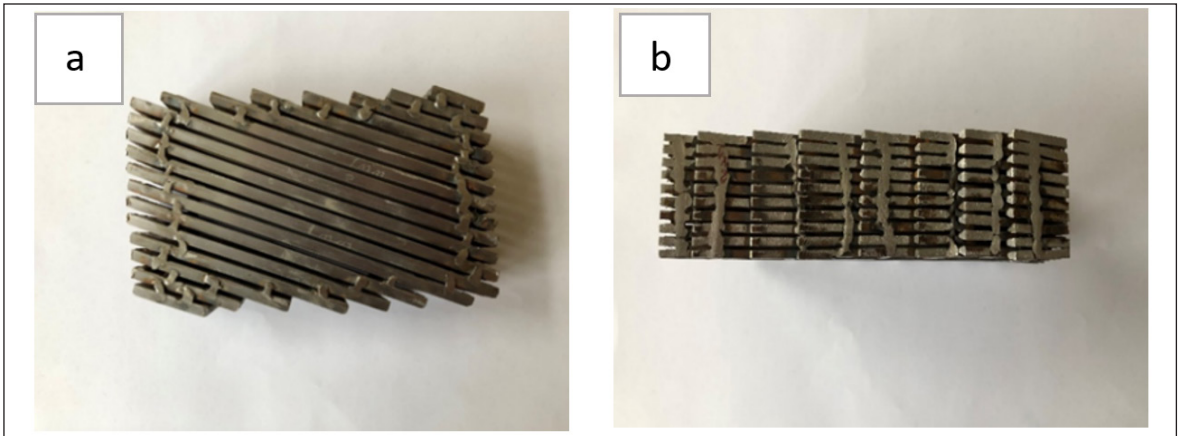
3. Zenginleştirme Çalışmaları

3.1. Elektromıknatıslı Yaş Manyetik Ayırıcı ile Yapılan Zenginleştirme Çalışmaları

Yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırma deneylerinde kesikli çalışan Master Magnet

500 model laboratuvar tipi yaş manyetik ayırıcı kullanılmıştır. Ayırma işlemi matriks ile doldurulmuş bir hazne içerisinde yapılır. Manyetik duyarlılığı olan mineraller matriks içerisinde kalırken, manyetik olmayan mineraller su ile yıkanarak alttan alınır. Manyetik mineraller, elektrik akımı kesildikten sonra (mıknatıslanma işlemi tamamlandıktan sonra) büyük oranda serbest kalmaktadırlar. Yapışarak matriks üzerinde kalan taneler de su ile yıkama yapılarak alttan alınır. Şekil 9'da matriksin, Şekil 10'da yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcının görüntüsü verilmiştir.

Deney için kapalı devre öğütlemeyle $-75 \mu m$ tane boyutunda temsili deney numuneleri hazırlanmıştır. Numune %10 katı oranında palp olarak hazırlanmış, 15.000 Gauss manyetik alan şiddetinde, 1 mm açıklıklı matriks kullanılarak cihaza beslenmiş,



Şekil 9- Matriksin görüntüsü; a) yandan görünüş, b) üstten görünüş.



Şekil 10- Laboratuvar tipi yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcı.

besleme bittikten sonra 20 lt su ile yavaş bir akış hızıyla temizleme yapılmıştır. Temizleme sonrasında manyetik alan kapatılarak konsantre alınmıştır. Daha temiz bir konsantre alabilmek için (kafeslenen manyetik olmayan taneleri ayırmak için) alınan konsantre tekrar cihaza beslenmiş ve atık ürün, “Ara Ürün” olarak, temiz konsantre ise “Konsantre” olarak adlandırılmıştır. Deney sonucunda elde edilen ürünlerin tenör ve verim değerleri Çizelge 6’da verilmiştir.

Deneyler sonucunda, 15.000 Gauss alan şiddetinde elde edilen konsantrenin toplam demir tenörünün %52,30, kazanma veriminin ise %15,98 olduğu tespit edilmiştir.

3.2. Davis Tüp ve Yüksek Alan Şiddetli Yaş Manyetik Ayırıcı Birlikte Kullanılarak Yapılan Zenginleştirme Çalışmaları

Yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcıda -75 mikron tane boyutunda yapılan manyetik ayırım işleminde verim değerlerinin düşük olması serbestleşmenin yeterince sağlanmadığının göstergesidir. Serbestleşme miktarının artırılması amacıyla numuneden kapalı devre öğütlemeyle -45 µm tane boyutunda temsili deney numuneleri

hazırlanmıştır. Peletlik demir konsantrelerinde -45 mikron tane boyutundaki malzeme miktarları üretimde önemli kriterlerden biridir.

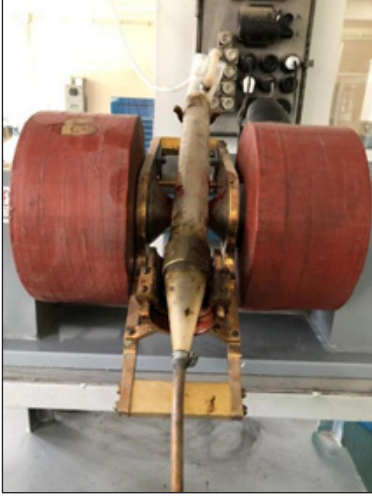
Cevherin mineralojik analiz sonuçlarına göre ana cevher minerali götittir. Bunun yanında cevherde %4,29 oranında manyetit minerali de bulunmaktadır. Manyetit içeriğinin yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcıda kafeslenen tane miktarını artıracığı düşünülerek bu ayırıcı öncesi düşük alan şiddetli yaş manyetik ayırıcı (Davis tüp) kullanılmıştır. Davis tüp kullanılarak düşük alan şiddetinde (1.000 Gauss) manyetik alınganlığı yüksek olan manyetit mineralinin ayrılması amaçlanmıştır. Deneyde 15 dakika süreyle yıkama suyu beslenerek konsantrenin temizlenmesi sağlanmıştır.

Davis tüp, az miktardaki cevher örneklerini (20-30 gr) manyetik ve manyetik olmayan fraksiyonlara ayırmak için tasarlanmış bir laboratuvar cihazıdır. Elektromanyetik kutuplar arasında 40-50° eğimle yer alan su dolu özel tüp içerisine numune palp halinde beslenir. Düşük manyetik alan şiddetinde yapılan ayırımda serbestleşme sağlandıysa, alınan konsantrenin manyetit olması gerekir. Deneylerde kullanılan Davis tüp Şekil 11’de gösterilmiştir.

Çizelge 6- Yaş manyetik ayırıcı ile 15.000 Gauss manyetik alan şiddetinde yapılan deneyin metal denge tablosu ve kazanım verimleri.

Ürünler	Ağırlık (%)	Fe _(top) (%)	Fe _(top) Verim (%)
Konsantre	3,62	52,30	15,98
Ara ürün	2,22	30,85	5,78
Atık	94,16	9,85	78,24
*Besleme	100,00	11,85	100,00

*Hesaplama ile bulunmuştur.



Şekil 11- Davis tüp.

Davis tüp ile manyetit konsantresi elde edildikten sonra Davis tüp atığı yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcıya beslenmiştir. Manyetik alan şiddeti cihazın çalışabildiği maksimum alan şiddeti olan 20.000 Gauss'a çıkarılarak verimin artırılması amaçlanmıştır. Davis tüpü ve yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcıda manyetik ve manyetik olmayan ürünler elde edilmiş, bunlar kurutulup tartıldıktan sonra demir içerikleri belirlenmiştir.

Çizelge 7 ve 8'de sırasıyla Davis tüp ve yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcıda yapılan deney ürünlerinin metal denge tabloları verilmiştir. Çizelge 9'da ise elde edilen konsantreler birleştirildiğinde elde edilen ürünlerin metal denge tablosu yer almaktadır.

Çizelge 7- Davis tüp ile yapılan deneyin metal denge tablosu ve kazanım verimleri.

Ürünler	Ağırlık (%)	Fe _(top) (%)	Fe _(top) Verim (%)
Konsantre	0,66	69,90	3,59
Atık*	99,34	12,41	96,41
Besleme*	100,00	12,79	100,00

*Hesaplama ile bulunmuştur.

Çizelge 8- Yaş manyetik ayırıcı ile 20.000 Gauss manyetik alan şiddetinde yapılan deneyin metal denge tablosu ve kazanım verimleri.

Ürünler	Ağırlık (%)	Girişe göre Ağırlık (%)	Fe _(top) (%)	Fe _(top) Verim (%)
Konsantre	2,52	2,50	48,70	9,89
Ara ürün	1,58	1,57	27,95	3,56
Atık	95,90	95,27	11,20	86,55
Besleme*	100,00	99,34	12,41	100,00

*Hesaplama ile bulunmuştur.

Çizelge 9- Davis tüp ve yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcı konsantreleri birleştirildiğinde elde edilen ürünlerin metal denge tablosu ve kazanım verimleri.

Ürünler	Girişe göre Ağırlık (%)	Fe _(top) (%)	Fe _(top) Verim (%)
Konsantre**	3,16	53,35	13,18
Ara ürün	1,57	27,95	3,43
Atık	95,27	11,20	83,39
Besleme*	100,00	12,80	100,00

*Hesaplama ile bulunmuştur.

** Konsantrelerin hesapla birleştirilmiş tenör ve verim değerleri

Davis tüp ile -45 µm tane boyunda zenginleştirme çalışmasından sonra, tenörü %69,90 Fe_(top) olan konsantre %3,59 verimle elde edilmiştir. Davis tüp ile düşük alan şiddetinde zenginleşebilen manyetitler zenginleştirilmiş, kalan malzeme yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcıda zenginleştirildikten sonra %9,89 verimle %48,70 Fe_(top) içeren bir konsantre daha elde edilmiştir. Bu iki konsantre hesapla birleştirildiğinde tenör %53,35 Fe_(top) ve verim de %13,18 olmaktadır. Alınan konsantre limonit konsantreleri için istenen %45 Fe_(top) tenör şartını sağlasa da verim değerleri çok düşük kalmaktadır. Cevherin MLA analiz sonucuna göre -75+38 µm tane boyunda serbestleşme derecesi götit minerali için %51,07, manyetit minerali için ise %64,31'dir. Dolayısıyla demir cevheri için çalışılan en ince tane boyu olan -45 µm'da ve cihazın çalışabildiği maksimum alan şiddetinde (20.000 Gauss) dahi, serbestleşmenin yeterli derecede olmaması dolayısıyla zenginleştirme işlemi sonucunda kazanma verimi oldukça düşük kalmaktadır.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada Kırklareli-Demirköy-Balaban yöresine ait demir cevheri karot numunelerinin mineralojik ve kimyasal tanımlamaları yapılmış, serbestleşme tane boyutu belirlenmiş ve zenginleştirilebilirliği araştırılmıştır. Orijinal cevherin Fe_(top) analizi yaş yöntem ile yapılan analiz sonuçlarına göre %13,15, Fe⁺² ve Fe⁺³ içerikleri ise sırasıyla %0,90 ve %12,25 olarak belirlenmiştir.

Mineralojik analizler sonucunda cevherin 25 µm tane boyunda dahi yeterli serbestleşmeye ulaşmadığı tespit edilmiştir. Limonitlerin çok ince boylarda dahi gang mineralleri ile kenetlilik durumlarını korudukları ve onlar içerisinde boyama şeklinde yer aldıkları saptanmıştır. Dolayısıyla fiziksel zenginleşme metodlarıyla kazanma veriminin düşük olacağı öngörülmüştür.

Kapalı devre öğütmeyle -75 µm tane boyutuna indirilmiş temsili deney numuneleri kullanılarak yaş manyetik ayırıcı ile 15.000 Gauss manyetik alan şiddetinde, %52,30 Fe_(top) tenörlü konsantrde %15,98 verimle elde edilmiştir.

45 µm altı tane boyutuna indirilmiş temsili deney numuneleri kullanılarak Davis tüp ile zenginleştirme çalışmasından sonra tenörü %69,90 Fe_(top) olan konsantrde %3,59 verimle elde edilmiştir. Davis tüp ile düşük alan şiddetinde zenginleşebilen manyetitler zenginleştirilmiş, kalan malzeme yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcıda 20.000 Gauss manyetik alan şiddetinde zenginleştirildikten sonra %9,89 verimle, %48,70 Fe_(top) içeren bir konsantrde daha elde edilmiştir. Bu iki konsantrde hesapla birleştirildiğinde konsantrinin Fe_(top) tenörü %53,35 ve verimi de %13,18 olmuştur. -45 µm gibi çok ince tane boylarında dahi serbestleşmenin yeterli derecede olmaması, 20.000 Gauss manyetik alan şiddetinde bile manyetik zenginleştirme işlemi ile alınan konsantrinin verim değerlerinin düşük kalmasına neden olmaktadır. Genel olarak -325 mesh (-45 µm) gibi çok ince boylarda serbestleşen bu tip cevherlerde manyetik ayırım gibi fiziksel yöntemlerin etkinliği düşüktür.

Katkı Belirtme

Bu çalışma Maden Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı bünyesinde yürütülen “Batı Anadolu Demir

Aramaları” projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Her projede, büyük bir özveri ve iş birliği ile çalışan ekiplerin katkıları oldukça büyüktür. Yayında ve proje çalışmalarında emeği geçen bütün MTA çalışanlarına teşekkürlerimizi sunarız.

Değınilen Belgeler

- Bayraktar, İ., Erdal, D. 1978. Düşük tenörlü demir cevherlerinin zenginleştirilmesinde köpüklü yüzdürmenin yeri ve konunun ülkemiz açısından önemi. Bilimsel Madencilik Dergisi, 17(1), 17-31.
- DPT. 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Metal Madenler Alt Komisyonu Bakır-Pirit Çalışma Grubu Raporu.
- Özcan, Ö., Harzanagh, A. A., Orhan, E. C., Ergün, Ş. L. 2021. Beneficiation and flowsheet development of a low grade iron ore: a case study. Bulletin of the Mineral Research and Exploration , 165(1), 235-251.
- Şen, S., Çiçek, T., Engin, V. T. 2010. Bakır içeren demir cevherinin manyetik ayırma ve flotasyon ile zenginleştirilmesi, DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12(2), 44-54.