

**BALIKESİR-SINDIRGI BÖLGESİ MANGANEZ CEVHERLERİNDEN  
METALURJİK KULLANİMA UYGUN KONSANTRELERİN ÜRETİMİ**

**CONCENTRATE PRODUCTION SUITABLE FOR METALLURGICAL PURPOSES FROM  
BALIKESİR-SINDIRGI DISTRICT MANGANESE ORES**

A.E.YÜCE, V.GÜRKAN, F.BOYLU, M.ÇAKAN  
İTÜ Maden Fakültesi, Cevher Kömür Hazırlama Anabilim Dalı, 80626, Maslak, İstanbul

**ÖZET:** Ülkemizde değişik bölgelerde, dağınık halde izlenen manganlı cevherleşmeler olmasına rağmen, yeterli miktar ve kalitede cevher Üretimi olduğunu söylemek mümkün değildir. Diğer yandan demir-çelik endüstrisi için ferromangan üretimine uygun kalitede mangan cevheri veya konsantrenin ithal yoluyla sağlanması, yerli kaynaklardan bu ihtiyacın karşılanması gereğini ortaya koymaktadır. Ayrıca kimya sanayinde, batarya ve pil yapımında da mangan kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında; Balıkesir-Sındırgı, Kınık yöresi mangan cevherinden ferromangan Üretimine uygun nitelikli konsantrelerin üretilebilme olanakları araştırılmıştır. Çalışmada; piroluzit ve psilomelan içeren cevherden, fiziksel yöntemlerle; 0.2 mm boyutu altında, ferromangan Üretimine uygun nitelikli, % 46.1 Mn ve % 4.8 SiO<sub>2</sub> içerikli konsantrenin % 82 metal kazanma verimiyle elde edilebileceği saptanmıştır. Ayrıca, 0.053 mm boyutu altında, % 54.1 Mn ve % 2.2 SiO<sub>2</sub> içerikli yüksek kaliteli bir mangan konsantresinin üretilebileceği belirlenmiştir.

**ABSTRACT:** Although some small scale manganese ore deposits are known in Turkey, there is no significant production level from domestic resources except for the biggest one has 25.000 metric tons manganese ore production per year at Tavas-Denizli region. As well known, main consumer of manganese ores is the iron steel industries to produce Mn-Steel alloys. Since there is annually 100.000 tons of ferromanganese consumption in Turkey, the production of manganese ores as well as to produce ferromanganese from domestic sources should be considered. In these experimental studies, it was investigated that beneficiation possibilities of manganese ores where is taken from Sındırgı/Balıkesir district, to produce suitable concentrates for ferromanganese production. As a result of experiments, manganese concentrates having 46.1 % Mn and 4.8% SiO<sub>2</sub> can be produced with around 82% metal recovery in case of crushing whole ores into -0.2 mm size. Furthermore, it was found that the concentrates containing 54.1 % Mn with lower silicate ratio for chemical purposes can also be recovered.

## I. GİRİŞ

Ülkelerin gelişmişliğinde önemli bir gösterge, demir-çelik endüstrisinin üretim ölçөгüdür. Çeşitli alaşımlar yapmak üzere kullanılan ferromangan bu endüstrinin önemli hammadde girdileri içinde yer almaktadır. Ferromangan üretimi için kullanılan mangan; ergime sıcaklığının (1244°C) üzerindeki sıcaklıklarda, oksijen, kükürt ve fosforla kolayca bileşik oluşturur. Bu nedenle metallerin reaksiyonunda ve kükürtleştirilmesinde kullanılır. Başta demir olak üzere silisyum, bakır, alüminyum, magnezyum, çinko ve titanla çeşitli özelliklerde alaşımlar oluşturur. Bunlardan en çok kullanılan ferromangan (% 78 Mn), silikomangan (% 65-70) alaşımlarıdır. Diğer yandan, genel mangan çelikleri % 1.5 ve özel mangan çelikleri % 14'ün üzerinde mangan içerir.

Mangan'ın bakır nikel, alüminyum, magnezyum ve silisile yaptığı yüksek mukavemetli ve korozyona dayanıklı alaşımları elektrik, makina. ve kimya sanayinde de kullanılmaktadır. Kuru pil yapımında mangandioksit, cam, seramik, boya sanayilerinde, ziraatta toprak İslahında ve yemlerde katkı maddesi olarak kullanım alanları bulunmaktadır.

Dünya'da yaklaşık 25 milyon ton civarında üretilen mangan cevherinin % 90'ı metalürji sanayinde tüketilmektedir. Mangan cevherinden ferromangan üretiminde, kullanılacak cevherin minimum % 44 Mn (%44-60 Mn) ve maksimum Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+SiO<sub>2</sub> içeriğinin % 15'den düşük olması gerektiği, ancak Dünya'da bazı ülkelerde (*Yugoslavya, İtalya, Norveç ve Japonya*) % 40 mangan içeren cevherlerin de ferromangan Üretiminde kullanıldığı bilinmektedir.

Ülkemizde 100 000 ton/yılı aşan ferromangan tüketiminin, önümüzdeki yıllarda daha da artacağı tahmin edilmektedir. Ülkemizde tüketilen ferromangan, Erdemir, İsdemir ve Kardemir'in yanı sıra Asil Çelik ve M.K.E \*de kullanılmaktadır. Ülkemizde ferromangan üretecek bir tesis henüz olmadığından ferromangan talebi ithal yoluyla karşılanmakta ve döviz kaybına neden olmaktadır.

Türkiye'de Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları, Denizli-Tavas manganez yatağından bulunan ve ortalama % 34 Mn ve % 19 SiO<sub>2</sub> içerikli cevherden yıllık 25.000 tonluk bir üretim gerçekleştirilmekte ve üretilen cevher doğrudan kullanıma sunulmaktadır. Söz konusu yöre cevherleri üzerinde gerçekleştirilen bir araştırmada; ferromangan yapmaya uygun konsantrelerin üretim olanakları incelenmiş, ancak fiziksel yöntemlerle, yeterli mangan içeriğine ulaşılmamasına karşın, silis içeriği % 12'nin altına düşürülemediği görülmüştür.

## 2. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında, Balıkesir-Sındırgı, Kınık köyü civarında bulunan manganez zehurundan alınan temsili örnekler üzerinde zenginleştirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Braunit ağırlıklı Tavas cevherine kıyasla, piroluzit ve psilomelan ağırlıklı mineral yapısına sahip Kınık cevheri ile, iri boyutlardan başlayarak fiziksel zenginleştirme yöntemleri ile çeşitli kalitelerde konsantrelerin üretilmesi olanakları araştırılmıştır.

Zenginleştirme çalışmalarında boyutu 50 mm, 13 mm ve 6 mm altına indirilen numunelerde jig deneyleri yapılmış, ancak yeterli bir zenginleştirme sağlanamamıştır. Bu saptamadan sonra, tamamı 1 mm, 0.5 mm ve 0.2 mm boyutları altında sarsıntılı masa, multi gravite ayırıcısı ve mozley masası kullanılarak çalışmalar sürdürülmüştür.

İri boyutlarda zenginleştirmeye yanıt vermeyen cevherden 0.2 mm boyutu altında metalurjik kalitede, 0.053 mm boyutu altında ise kimyasal kalitede bir konsantre üretiminin olanaklı olduğu belirlenmiştir. Çalışmalarda mangan ve silis analizleri Outokumpu X-MET/880 model XRF kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

## 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 3.1. Numune özelliklerinin Saptanması

Deneysel çalışmalarda kullanılan numunenin kimyasal, fiziksel ve mineralojik özellikleri saptanmıştır. Tuvenan cevhere ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

İri boyutlarda kabul edilebilir bir zenginleşmenin olmaması nedeniyle boyutu 1 mm, 0.5 mm ve 0.2 mm altına indirilen numuneler ile çalışılmıştır.

Çizelge 1. Kınık Manganez Cevherinin Kimyasal Analiz Sonuçları

Eleman	- % -	Eleman	- % -
Mn	30,21	Na <sub>2</sub> O	0,20
SiO <sub>2</sub>	17,34	K <sub>2</sub> O	0,51
Fe	1,72	TiO <sub>2</sub>	0,20
CaO	14,76	P	0,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,26	Cr	0,15
MgO	1,77	S-	0,20

Bu boyutların altına indirilen numunelerin elek analizleri yapılarak boyut ve boyuta göre mangan ve silis dağılımları belirlenmiştir. Numunelerin boyuta göre mangan ve silis dağılımlarının benzer olduğu görülmüştür. Karakteristik bir örnek olarak, 0.2 mm boyutu altında hazırlanmış numunenin boyut ve boyuta göre mangan ve silis dağılımları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. 0.2 mm Altında Cevherinin Boyut ve Boyuta Göre Mn ve SiO<sub>2</sub> Dağılımı

Boyut (mm)	Miktar	İçerik -%-		Dağılım -%-	
	-%-	Mn	SiO <sub>2</sub>	Mn	SiO <sub>2</sub>
-0.2 + 0.1	32,1	31,4	17,1	32,7	30,7
-0.1+0.074	20,6	32,2	16,7	21,5	19,2
-0.074+0.038	21,3	30,8	17,4	21,4	20,7
-0.038	26,0	28,9	20,2	24,4	29,4
TOPLAM	100,0	30,8	17,9	100,0	100,0

Cevherin yapısal ve mineralojik özelliklerini belirlemek amacıyla 10 adet parlak kesit hazırlanmıştır. Örneklerin mikroskopik incelemeleri sonucu cevher bileşiminin başlıca piroluzit, psilomelan ve manganit minerallerinden oluştuğu, ayrıca braunit ve hausmanit minerallerinin varlığı belirlenmiştir. Cevherde gang mineralleri olarak da, kuvars, kalsit, limonit, hematit ve kromit gözlenmiştir.

### 3.2. Zenginleştirme Deneyleri

#### Sarsıntılı Masa İle Zenginleştirme

Zenginleştirme çalışmalarında, boyutu 1 mm, 0.5 mm ve 0.2 mm altına indirilen numuneler ile sarsıntılı masa deneyleri yapılmıştır. Deneylerde her üç boyut grubunda masa öncesi, dekantasyonla şlam ayrılmış, 0.2 mm boyutu altında bir numunede ise

şlam 0.038 mm'lik elek ile kontrollü olarak ayırdıktan sonra deney gerçekleştirilmiştir. Bu grupta yapılan deneylere ait sonuçlar Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Farklı Boyutlar Altında Yapılan S. Masa Deneyi Sonuçları

	Ürünler	Miktar	İçerik -%-		Verim -%-	
		-%-	Mn	SiO <sub>2</sub>	Mn	SiO <sub>2</sub>
1	Konsantre	20,9	41,7	8,8	28,6	10,1
	A. Ürün	32,4	34,6	16,5	36,8	29,3
	Artık	21,5	12,1	29,3	8,5	34,5
	Şlam	25,2	31,6	18,9	26,1	26,1
	Toplam	100,0	30,5	18,2	100,0	100,0
2	Konsantre	30,3	43,5	8,0	42,9	13,4
	A. Ürün	26,1	24,9	19,6	21,1	28,2
	Artık	16,2	9,4	32,7	5,0	29,2
	Şlam	27,4	34,7	19,3	31,0	29,2
	Toplam	100,0	30,7	18,1	100,0	100,0
3	Konsantre	41,6	43,9	7,5	58,2	16,0
	A. Ürün	20,5	19,7	22,3	12,8	23,3
	Artık	10,4	7,7	36,1	2,6	28,9
	Şlam	27,5	30,2	20,1	26,4	31,8
	Toplam	100,0	31,4	18,0	100,0	100,0
4	Konsantre	43,2	45,1	5,1	63,5	12,5
	A. Ürün	19,1	16,8	26,7	10,5	29,0
	Artık	12,5	4,2	39,9	1,7	28,2
	Şlam**	25,2	29,6	21,2	24,3	30^
	Toplam	100,0	30,7	17,6	100,0	100,0

(1): -1.0mm; (2): -0.5mm; (3): -0.2mm; (4): -0.2mm,

\*\* şlam eleklerle ayrılmıştır.

Sarsıntılı masa ile yapılan deney sonuçları incelendiğinde, en uygun zenginleşmenin 0.2 mm boyutu altında olduğu görülmektedir. Ancak numunenin ince boyutlara indirilmesi halinde önemli miktarda mangan'ın şlam boyutuna geçtiği görülmektedir. Bu nedenle (4) nolu deneyde 0.038 mm'lik elek kullanılarak kontrollü bir şlam atma işlemi gerçekleştirilmiş ve şlamdan ince boyutlu mangan kazanımı olanakları araştırılmıştır.

#### Moziey Masası İle Zenginleştirme

. Tamamı 0.2 mm altına indirilen cevherin, ağırlıkça % 25'i % 29-30 Mn içeriği ile -0.038 mm boyutu altında bulunmaktadır. Şlam olarak ayrılan bu üründen mangan kazanımı için moziey masası kullanılarak bir deney gerçekleştirilmiştir. Bu deneye ait sonuçlar, Çizelge 4'de, 0.2 mm boyutu altında yapılan deney ürünleri ile birleştirilmiş sonuçları ise Çizelge 5'de verilmiştir. Kontrollü

olarak ayrılan şlamdan önemli miktarda yüksek mangan içerikli bir ürünün alınabileceği görülmüştür.

Çizelge 4. -0.2 mm Boyutu Şlamı İle Yapılan Moziey Masası Deney Sonuçları

Ürünler	Miktar -%-	İçerik -%-		Verim -%-	
		Mn	SiO <sub>2</sub>	Mn	SiO <sub>2</sub>
Konsantre	46,8	49,7	3,6	78,6	7,9
Artık	53,2	11,9	36,7	21,4	92,1
Toplam	100,0	29,6	21,2	100,0	100,0

Çizelge 5. S.Masa ve Moziey Masası Ürünlerinin Birleştirilmiş Sonuçları

Ürünler	Miktar -%-	İçerik -%-		Verim -%-	
		Mn	SiO <sub>2</sub>	Mn	SiO <sub>2</sub>
Konsantre	55,0	46,1	4,8	82,6	15,0
A.Ürün	19,1	16,8	26,7	10,5	29,0
Artık	25,9	8,2	38,1	6,9	56,0
Toplam	100,0	30,7	17,6	100,0	100,0

#### MGS He Zenginleştirme

Gravite ayırmasında yeni teknoloji olarak kullanılan multi gravite ayırıcısı (MGS), sarsıntılı masaya alternatif olarak kullanılmaktadır. Genellikle 0.5 mm boyutunun altında uygulaması olan MGS kullanılarak, Kınık Bölgesi mangan cevherinin zenginleştirme olanakları incelenmiştir. Tamamı 0.5mm ve 0.2 mm boyutları altında gerçekleştirilen deneylere ait sonuçlar Çizelge 6'da verilmektedir. Deneysel sonuçlara göre, sözkonusu cevher için sarsıntılı masa zenginleştirmesine kıyasla MGS'den daha iyi sonuçların alınması olanaklı olmamaktadır.

#### Yüksek Mn İçerikli Konsantre Üretimi

Batarya ve kimya sanayinde kullanılacak konsantrelerde minimum % 53 Mn içeriği aranmaktadır. Bu çalışma kapsamında, söz konusu yöre cevherinden metalurjik nitelikli bir konsantre üretiminin olanaklı olduğu belirlenmiş, ayrıca, aynı cevherden yüksek kaliteli mangan konsantrelerinin üretimi de araştırılmıştır. Bu amaçla, 0-2 mm altında elde edilen, % 45 Mn içeren konsantre ürünün boyutu 0.053 mm altına indirilerek yeniden zenginleştirmeye tabi tutulmuştur. Moziey masasında yapılan zenginleştirme deneyine ait sonuçlar Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 6. Farklı Boyutlar Altında Yapılan MGS Deneysel Sonuçları

	Ürünler	Miktar -%-	İçerik -%-		Verim -%-	
			Mn	SiO <sub>2</sub>	Mn	SiO <sub>2</sub>
1	Konsantre	28,5	39,8	7,9	37,2	12,6
	A.Ürün	11,3	28,7	18,2	10,6	11,4
	Artık	29,8	23,6	24,3	23,1	40,5
	Şlam	30,4	29,2	20,9	29,1	35,5
	Toplam	100,0	30,5	17,9	100,0	100,0
2	Konsantre	37,3	41,6	6,6	50,4	14,1
	A.Ürün	18,0	25,7	20,8	15,0	21,5
	Artık	13,5	9,8	36,7	4,3	28,5
	Şlam	31,2	29,9	20,0	30,3	35,9
	Toplam	100,0	30,8	17,4	100,0	100,0

(1): -0.5mm; (2): -0.2mm

Çizelge 7. Yüksek Kaliteli Konsantre Üretimine Ait Deneysel Çalışma Sonuçları

Ürünler	Miktar -%-	İçerik -%-		Verim -%-	
		Mn	SiO <sub>2</sub>	Mn	SiO <sub>2</sub>
Konsantre-I	25,5	54,1	2,2	30,6	11,0
Konsantre-Ü	74,5	42,0	6,1	69,4	89,0
Toplam	100,0	45,1	5,1	100,0	100,0

#### 4. İRDELEME VE SONUÇLAR

Balıkesir-Sındırgı, Kınık Bölgesi manganez cevherinin zenginleştirilme özellikleri bu araştırma kapsamında incelenmiştir. Cevher özelliklerini belirlemeye yönelik ön etütlerde, cevherin iri boyutlarda, zenginleştirilemeyeceği, buna karşılık 1.0 mm boyutu altında serbestleşmeye bağlı olarak bir zenginleşmenin olabileceği belirlenmiştir.

Ana mangan mineralleri piroluzit ve psilomelan'dan oluşan cevherin, tamamının 0.2 mm boyutu altına indirilmesi halinde, ağırlıkça % 43.2 oranında bir mangan konsantresi, % 45.1 Mn ve % 5.1 SiO<sub>2</sub> içeriğiyle kazanılabilmekte, bu devreden atılan artığın mangan ve silis içerikleri sırasıyla % 4.2 ve % 39.9 olmaktadır. Bu boyutta yapılan zenginleştirme devresinde, 0.038 mm'lik elek kontrolü olarak ayrılan ve ağırlıkça % 25.2 oranında şlam Ürünü, % 29.6 mangan içermektedir.

Şlamdan mangan kazanımına yönelik olarak gerçekleştirilen deneysel çalışmalara sonuçlarına göre; girene göre ağırlıkça % 11.8 oranında, % 49.7 Mn ve % 3.6 SiO<sub>2</sub> içerikli çok ince boyutlu bir konsantrenin de kazanılabileceği görülmüştür. Elde edilen konsantrelerin birleştirilmesiyle, ağırlıkça % 55 oranında metalurjik kalitede bir konsantre, % 46.1 Mn ve % 4.8 SiO<sub>2</sub> içeriğiyle kazanılmakta, metal kazanma verimi % 82.6 olmaktadır.

Sarsıntılı masa zenginleştirmesine alternatif olarak kullanılan multi gravite ayırıcısında, mangan içeriği % 41.6 ve silis içeriği % 6 dolayında olan konsantre alınabilmekte, artığın mangan içeriği % 10 mertebesinde kalmaktadır. Alınan ürünlerin metal içeriği ve kazanma verimleri açısından, bu yöntemin masaya kıyasla iyi sonuç vermediği görülmektedir.

Batarya ve kimya sanayi kalitesinde mangan konsantrelerinin üretimine yönelik çalışmalarda, ağırlıkça % 11 oranında bir konsantre % 54.1 Mn ve % 2.2 SiO<sub>2</sub> içeriğiyle kazanılmaktadır. Bu sonuca göre nihai miktar ve metalurjik dağılım dengesi Çizelge 8'de özetlenmiştir. Devrede bulunan araürünün hesaba dağıtılması halinde nihai metal kazanma veriminin % 89 mertebelerine çıkacağı görülmektedir.

Çizelge 8. Cevherin Değerlendirilmesine Yönelik Nihai Metalurjik Denge Sonuçları

Ürünler	Miktar -%-	İçerik -%-		Verim -%-	
		Mn	SiO <sub>2</sub>	Mn	SiO <sub>2</sub>
Konsantre-I	11,0	54,1	2,2	19,4	1,4
Konsantre-II	44,0	44,1	5,4	63,2	13,5
Araürün	19,1	16,8	26,7	10,5	29,0
Artık	25,9	8,2	38,1	6,9	56,1
Toplam	100,0	30,7	17,6	100,0	100,0

Deneysel çalışmalar tümüyle değerlendirildiğinde, yöre cevherinden, fiziksel zenginleştirme yöntemleriyle gerek metalurjik ve gerekse batarya ve kimya sanayi kalitesinde mangan konsantrelerinin üretiminin olanaklı olduğu görülmektedir. Bu sonuçlarla, yöre cevherlerinin önemli bir potansiyel olarak değerlendirilmesi gereği düşünülmelidir.

#### KAYNAKÇA

- Crowson, P., 1996, "Minerals Handbook", 1996-97, RTZ-CRA, Stocton Press, New York, USA.
- Çakan, M.,1998, "Balıkesir-Sındırgı, Kınık Yöresi Manganez Cevherinin Zenginleştirme Olanaklarının Araştırılması", Lisans Tezi, İTÜ Maden Fakültesi, Cevher Hazırlama A.B.Dalı, Maçka, 80626, İstanbul.
- Yüce, A.E., Gürkan, V., Arslan, F., Ateşok, G., Güllüoğlu, R., 1997, "Denizli Tavas Manganez Cevherinin Fiziksel, Kimyasal ve Mineralojik Özellikleri ve Kalsinasyonu", Türkiye 15.Madencilik Kongresi, 6-9 Mayıs 1997, Ankara, 283-289