

622.765

K 82 v

M.F.N: 5774



TURKIYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

*TANE PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE FLOTASYON
VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ*

TURKIYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA
KURUMU KÜTÜPHANESİ

PROJE NO: Y B A G - 1 0 4

Proje Yürütücüsü : Doç.Dr. Cahit Hıçyılmaz

Araştırmacılar : Prof.Dr. Ümit Atalay
Dr. Sedat Bilgen
Dr. Güven Akdoğan

1997-1270

TURKIYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA
KURUMU KÜTÜPHANESİ

Yerbilimleri Araştırma Grubu

Earth Sciences Research Grant Committee

622. 765

K 82 v

KONVANSİYONEL VE OTOJEN DEĞİRMENLERİN

TANE PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE FLOTASYON

VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA
KURUMU KÜTÜPHANESİ

PROJE NO: Y B A G - 1 0 4

Proje Yürütücüsü : *Doç.Dr. Cahit Hıçyılmaz*

Araştırmacılar : *Prof.Dr. Ümit Atalay*
Dr. Sedat Bilgen
Dr. Güven Akdoğan

1997-1270

ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Maden Mühendisliği Bölümü

Aralık 1994, ANKARA

ODTÜ Maden
Meb. B1.
S - 77, Ekler
R - 11
Tv, Fu

19567
Bayer - Mayıs, 1995

ÖNSÖZ

Bu rapor, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu tarafından desteklenen YBAG-104 no.lu projenin çalışmaları sırasında elde edilen bilgi ve sonuçları kapsamaktadır.

Bu araştırmada kullanılan resimler ODTÜ Metallurji Mühendisliğindeki tarama elektron mikroskopunda çekilmiş, diğer tüm deneyler ODTÜ Maden Mühendisliği bölümündeki ekipmanlarla gerçekleştirilmiştir.

Proje ekibi adına, bu projenin gerçekleştirilmesine olanak sağlayan ve projeyi destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumuna ve numune temininde sağladıkları kolaylıklardan dolayı Etibank'a teşekkürlerimi sunarım.

Doç.Dr. Cahit Hiçyılmaz

Proje Yürütücüsü

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TABLolar LİSTESİ	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
ÖZ.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. KOnu İLE İLGİLİ BİLGİLER VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	1
2.1. TANELERİN ŞEKİSEL ÖZELLİKLERİYLE İLGİLİ FONKSİYONLAR ...	3
2.2. TANELERİN MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİYLE İLGİLİ FONKSİYONLAR.	4
2.3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	4
3. YÖNTEM VE EKİPMANLAR	7
3.1. DEĞİRMENLER	7
3.2. TARAMA ELEKTRON MİKROSKOBU.....	9
3.3. EKSENLERİN ÖLÇÜLMESİ	10
3.4. MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİN ÜÇ BOYUTLU ÖLÇÜLMESİ	11
3.4.1. Yüzey Pürüzlülüğü	11
3.4.2. Keskinlik	14
3.4.2.1. Yöntem.....	16
3.5. FLOTASYON ÇALIŞMALARI	17
4. BARİT NUMUNESİ İLE YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	18
4.1. ÖĞÜTME DENEYLERİ.....	18
4.1.1. Otojen Değirmen Çalışmaları	18
4.1.2. Bilyalı Değirmen Çalışmaları.....	19
4.2. SONUÇLAR	25
4.2.1. Tanelerin Şekil ve Morfolojik Özelliklerinin İki Boyutlu Ölçüm Sonuçları	25
4.2.2. Morfolojik Özelliklerinin Üç Boyutlu Ölçüm Sonuçları	33
4.2.2.1. Yüzey Pürüzlülüğü.....	33
4.2.2.2. Keskinlik.....	35
4.2.3. Flotasyon Sonuçları	42

	<u>Sayfa</u>
4.3. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	44
4.3.1. İki Boyutlu Ölçümler	44
4.3.2. Üç Boyutlu Ölçümler.....	45
4.3.3. Flotasyon.....	45
5. PİRİT NUMUNESİ İLE YAPILAN ÇALIŞMALAR	46
5.1. ÖĞÜTME DENEYLERİ.....	46
5.1.1. Otojen Değirmen Çalışmaları	46
5.1.2. Bilyalı Değirmen Çalışmaları.....	48
5.2. SONUÇLAR	52
5.2.1. Tanelerin Şekil ve Morfolojik Özelliklerinin İki Boyutlu Ölçüm Sonuçları	52
5.2.2. Morfolojik Özelliklerin Üç Boyutlu Ölçüm Sonuçları.....	56
5.2.2.1. Yüzey Pürüzlülüğü.....	56
5.2.2.2. Keskinlik.....	62
5.2.3. Flotasyon Sonuçları	69
5.3. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	71
5.3.1. İki Boyutlu Ölçümler	71
5.3.2. Üç Boyutlu Ölçümler.....	71
5.3.3. Flotasyon.....	72
6. SONUÇLARIN GENEL DEĞERLENDİRİLMESİ.....	73
7. KAYNAKLAR.....	76
EK A. Barit Numunesi Analizleri	
EK B. Barit Numunesi Öğütme Sonuçları	
EK C. Otojen ve Bilyalı Değirmende Öğütülen Barit Tanelerinin Eksenlerinin Ortalamaları	
EK D. Pirit Numunesi Analizi	
EK E. Pirit Numunesi Öğütme Sonuçları	
EK F. Otojen ve Bilyalı Değirmende Öğütülen Pirit Tanelerinin Eksenlerinin Ortalamaları	

TABLolar LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1. -0.147+0.104 mm fraksiyonu için hesaplanan şekil ve morfolojik fonksiyonlar.....	27
Tablo 2. -0.104+0.074 mm fraksiyonu için hesaplanan şekil ve morfolojik fonksiyonlar.....	27
Tablo 3. -0.074+0.053 mm fraksiyonu için hesaplanan şekil ve morfolojik fonksiyonlar.....	28
Tablo 4. -0.053+0.044 mm fraksiyonu için hesaplanan şekil ve morfolojik fonksiyonlar.....	28
Tablo 5. Otojen ve bilyalı değirmenlerde öğütülen barit numunelerinin yüzey alanları (A_s Değeri)	33
Tablo 6. Otojen ve bilyalı değirmende öğütülen barit numunelerinin birim hacimdeki yüzey alanları (A değerleri)	33
Tablo 7. Küre şeklindeki ideal tanelerin birim hacimdeki yüzey alanları (a değerleri)	34
Tablo 8. Otojen ve bilyalı değirmende öğütülen barit numunelerinin yüzey pürüzlülükleri	34
Tablo 9. Referans numune ile otojen ve bilyalı değirmende öğütülen barit numunelerinin hava akış direnç değerleri.....	36
Tablo 10. Barit numunelerinin her fraksiyonu için hesaplanan direnç değerleri	36
Tablo 11. Otojen ve bilyalı değirmende öğütülen barit numunelerinin keskinlik dereceleri	42
Tablo 12. Hallimond tüpü ile yapılan barit flotasyonu deneylerinin sonuçları	43
Tablo 13. Pirit numunesinin -0.147+0.104 mm fraksiyonu için hesaplanan şekil ve morfolojik fonksiyonlar	53
Tablo 14. Pirit numunesinin -0.104+0.074 mm fraksiyonu için hesaplanan şekil ve morfolojik fonksiyonlar	53
Tablo 15. Pirit numunesinin -0.074+0.053 mm fraksiyonu için hesaplanan şekil ve morfolojik fonksiyonlar	57
Tablo 16. Pirit numunesinin -0.053+0.044 mm fraksiyonu için hesaplanan şekil ve morfolojik fonksiyonlar	57
Tablo 17. Otojen ve bilyalı değirmenlerde öğütülen pirit numunelerinin yüzey alanları (A_s değeri)	60
Tablo 18. Otojen ve bilyalı değirmenlerde öğütülen pirit numunelerinin yüzey alanları (A değerleri).....	60
Tablo 19. Küre şeklindeki ideal tanelerin birim hacimdeki yüzey alanları (a değerleri)	61
Tablo 20. Otojen ve bilyalı değirmenlerde öğütülen pirit numunelerinin yüzey pürüzlülükleri	62

	<u>Sayfa</u>
Tablo 21. Referans numune ile otojen ve bilyalı değirmende öğütülen pirit numunelerinin hava akış direnç değerleri.....	63
Tablo 22. Pirit numunesinin her fraksiyonu için hesaplanan direnç değerleri.....	68
Tablo 23. Otojen ve bilyalı değirmende öğütülen pirit numunelerinin keskinlik dereceleri.....	69
Tablo 24. Halimond tüpü ile yapılan pirit flotasyonu deneylerinin sonuçları.....	70
Tablo B1. Otojen değirmende 2 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi.....	B1
Tablo B2. Otojen değirmende 3 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi.....	B1
Tablo B3. Otojen değirmende 4 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi.....	B2
Tablo B4. Otojen değirmende 4 dakika öğütülen barit numunesinin yeniden düzenlenmiş elek analizi	B2
Tablo B5. Otojen değirmende 8 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi.....	B3
Tablo B6. Otojen öğütmenin tekrarlanabilirliğinin kontrolü (Deney 1).....	B3
Tablo B7. Otojen öğütmenin tekrarlanabilirliğinin kontrolü (Deney 2).....	B4
Tablo B8. Otojen öğütmenin tekrarlanabilirliğinin kontrolü (Deney 3).....	B4
Tablo B9. Bilyalı değirmende 5 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi	B5
Tablo B10. Bilyalı değirmende 5 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi	B5
Tablo B11. Bilyalı değirmende 5 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi.....	B6
Tablo B12. Bilyalı değirmende 5 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi	B6
Tablo B13. Bilyalı değirmende 5 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi	B7
Tablo B14. Bilyalı değirmende 3 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi	B7
Tablo B15. Bilyalı değirmende 4 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi	B8
Tablo B16. Bilyalı değirmende 6 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi	B8
Tablo B17. Bilyalı değirmende 8 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi	B9
Tablo B18. Bilyalı değirmende öğütme deneylerinin tekrarlanabilirliğinin kontrolü (Deney 1)	B9
Tablo B19. Bilyalı değirmende öğütme deneylerinin tekrarlanabilirliğinin kontrolü (Deney 2)	B10
Tablo B20. Bilyalı değirmende öğütme deneylerinin tekrarlanabilirliğinin kontrolü (Deney 3)	B10
Tablo C1. Otojen değirmende öğütülen barit numunesinin -0.147+0.104 mm fraksiyonu (Ölçek 100:1).....	C1
Tablo C2a. Bilyalı değirmende öğütülen barit numunesinin -0.147+0.104 mm fraksiyonu (Ölçek 80:1).....	C2
Tablo C2b. Bilyalı değirmende öğütülen barit numunesinin -0.147+0.104 mm fraksiyonu (Ölçek 90:1).....	C3
Tablo C3. Otojen değirmende öğütülen barit numunesinin -0.104+0.074 mm fraksiyonu (Ölçek 150:1).....	C4

Tablo C4a. Bilyalı değirmende öğütülen barit numunesinin -0.104+0.074 mm fraksiyonu (Ölçek 100:1).....	C5
Tablo C4b. Bilyalı değirmende öğütülen barit numunesinin -0.104+0.074 mm fraksiyonu (Ölçek 120:1).....	C6
Tablo C4c. Bilyalı değirmende öğütülen barit numunesinin -0.104+0.074 mm fraksiyonu (Ölçek 140:1).....	C7
Tablo C5. Otojen değirmende öğütülen barit numunesinin -0.074+0.053 mm fraksiyonu (Ölçek 200:1).....	C8
Tablo C6. Bilyalı değirmende öğütülen barit numunesinin -0.074+0.0534 mm fraksiyonu (Ölçek 150:1).....	C9
Tablo C7. Otojen değirmende öğütülen barit numunesinin -0.053+0.044 mm fraksiyonu (Ölçek 250:1).....	C11
Tablo C8. Bilyalı değirmende öğütülen barit numunesinin -0.053+0.044 mm fraksiyonu (Ölçek 250:1).....	C13
Tablo E1. Otojen değirmende 8 dakika öğütülen pirit numunesinin elek analizi	E1
Tablo E2. Otojen değirmende 10 dakika öğütülen pirit numunesinin elek analizi	E1
Tablo E3. Otojen değirmende 12 dakika öğütülen pirit numunesinin elek analizi	E2
Tablo E4. Otojen değirmende 20 dakika öğütülen pirit numunesinin elek analizi	E2
Tablo E5. Otojen değirmende 20 dakika öğütme deneylerinin tekerarlanabilirliğinin kontrolü (Deney 2).....	E3
Tablo E6. Otojen değirmende 20 dakika öğütme deneylerinin tekerarlanabilirliğinin kontrolü (Deney 3).....	E3
Tablo E7. Otojen değirmende 20 dakika öğütülen pirit numunesinin yeniden düzenlenmiş elek analizi	E4
Tablo E8. Bilyalı değirmende 15 dakika öğütülen pirit numunesinin elek analizi	E4
Tablo E9. Bilyalı değirmende 18 dakika öğütülen pirit numunesinin elek analizi	E5
Tablo E10. Bilyalı değirmende 20 dakika öğütülen pirit numunesinin elek analizi	E5
Tablo E11. Bilyalı değirmende 23 dakika öğütülen pirit numunesinin elek analizi	E6
Tablo E12. Bilyalı değirmende 25 dakika öğütülen pirit numunesinin elek analizi	E6
Tablo E13. Bilyalı değirmende 23 dakika öğütme deneylerinin tekrarlanabilirliğinin kontrolü (Deney 2)	E7
Tablo E14. Bilyalı değirmende 23 dakika öğütme deneylerinin tekrarlanabilirliğinin kontrolü (Deney 3)	E7
Tablo F1a. Otojen değirmende öğütülen pirit numunesinin -0.147 +0.104 mm fraksiyonu (Ölçek 78:1)	F1
Tablo F1b. Otojen değirmende öğütülen pirit numunesinin -0.147 +0.104 mm fraksiyonu (Ölçek 142:1)	F2

Tablo F2. Bilyalı değirmende öğütülen pirit numunesinin -0.147+ 0.104 mm fraksiyonu (Ölçek 79:1)	F3
Tablo F3a. Otojen değirmende öğütülen pirit numunesinin -0.104 +0.074 mm fraksiyonu (Ölçek 131:1)	F6
Tablo F3b. Otojen değirmende öğütülen pirit numunesinin -0.104 +0.074 mm fraksiyonu (Ölçek 165:1)	F8
Tablo F3c. Otojen değirmende öğütülen pirit numunesinin -0.104 +0.074 mm fraksiyonu (Ölçek 157:1)	F9
Tablo F4a. Bilyalı değirmende öğütülen pirit numunesinin -0.104 +0.074 mm fraksiyonu (Ölçek 145:1)	F10
Tablo F4b. Bilyalı değirmende öğütülen pirit numunesinin -0.104 +0.074 mm fraksiyonu (Ölçek 135:1)	F11
Tablo F5a. Otojen değirmende öğütülen pirit numunesinin -0.074 +0.053 mm fraksiyonu (Ölçek 215:1)	F13
Tablo F5b. Otojen değirmende öğütülen pirit numunesinin -0.074 +0.053 mm fraksiyonu (Ölçek 205:1)	F15
Tablo F6. Bilyalı değirmende öğütülen pirit numunesinin -0.074 +0.053 mm fraksiyonu (Ölçek 215:1)	F16
Tablo F7. Otojen değirmende öğütülen pirit numunesinin -0.053 +0.044 mm fraksiyonu (Ölçek 265:1)	F18
Tablo F8. Bilyalı değirmende öğütülen pirit numunesinin -0.053 +0.044 mm fraksiyonu	F20

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1. Deneylerde kullanılan otojen değirmen	8
Şekil 2. Deneylerde kullanılan bilyalı değirmen	9
Şekil 3. Tarama elektron mikroskobuyla çekilen resimlerden tanelerin eksenlerinin belirlenmesi	10
Şekil 4. BET cihazı	12
Şekil 5. Keskinlik deneylerinde kullanılan Permaran cihazı	15
Şekil 6. Referans numune olarak kullanılan cam kürecikler	16
Şekil 7. Flotasyon deneylerinde kullanılan Hallimond tüpü	17
Şekil 8. Barit numunesinin farklı otojen öğütme sürelerinde tane boyu dağılımı	20
Şekil 9. Barit numunesi ile otojen öğütme deneylerinin tekrarlanabilirliğinin kontrolü ..	21
Şekil 10. Farklı bilya ve tane boyutunda besleme ile 5 dakika öğütülen barit numunelerinin tane boyu dağılımları	22
Şekil 11. Bilyalı değirmende öğütülen baritin tane boyu dağılımının öğütme zamanı ile değişimi	23
Şekil 12. Bilyalı değirmende öğütme deneylerinin tekrarlanabilirliğinin kontrolü	24
Şekil 13. a. Otojen b. Bilyalı değirmende öğütülen numunelerin -0.147+0.104 mm fraksiyonu	29
Şekil 14. a. Otojen b. Bilyalı değirmende öğütülen numunelerin -0.104+0.074 mm fraksiyonu	30
Şekil 15. a. Otojen b. Bilyalı değirmende öğütülen numunelerin -0.074+0.053 mm fraksiyonu	31
Şekil 16. a. Otojen b. Bilyalı değirmende öğütülen numunelerin -0.053+0.044 mm fraksiyonu	32
Şekil 17. Permaran'da ölçülen hava akış direncinin -0.147+0.104 mm boyutundaki barit numunesinin hacmi ile değişimi	38
Şekil 18. Permaran'da ölçülen hava akış direncinin -0.104+0.074 mm boyutundaki barit numunesinin hacmi ile değişimi	39
Şekil 19. Permaran'da ölçülen hava akış direncinin -0.074+0.053 mm boyutundaki barit numunesinin hacmi ile değişimi	40
Şekil 20. Permaran'da ölçülen hava akış direncinin -0.053+0.044 mm boyutundaki barit numunesinin hacmi ile değişimi	41
Şekil 21. Pirit numunesinin farklı otojen öğütme sürelerinde tane boyu dağılımı	47
Şekil 22. Pirit numunesi ile otojen öğütme deneylerinin tekrarlanabilirliğinin kontrolü ...	49
Şekil 23. Bilyalı değirmende öğütülen piritin tane boyu dağılımının öğütme zamanı ile değişimi	50

Şekil 24.	Bilyalı değirmende pirit öğütme deneylerinin tekrarlanabilirliğinin kontrolü	51
Şekil 25.	a. Otojen b. Bilyalı değirmende öğütülen pirit numunelerinin -0.147+0.104 mm fraksiyonu	54
Şekil 26.	a. Otojen b. Bilyalı değirmende öğütülen pirit numunelerinin -0.104+0.074 mm fraksiyonu	55
Şekil 27.	a. Otojen b. Bilyalı değirmende öğütülen pirit numunelerinin -0.074+0.053 mm fraksiyonu	58
Şekil 28.	a. Otojen b. Bilyalı değirmende öğütülen pirit numunelerinin -0.053+0.044 mm fraksiyonu	59
Şekil 29.	Permaran'da ölçülen hava akış direncinin -0.147+0.104 mm boyutundaki pirit numunesinin hacmi ile değişimi	64
Şekil 30.	Permaran'da ölçülen hava akış direncinin -0.104+0.074 mm boyutundaki pirit numunesinin hacmi ile değişimi	65
Şekil 31.	Permaran'da ölçülen hava akış direncinin -0.074+0.053 mm boyutundaki pirit numunesinin hacmi ile değişimi	66
Şekil 32.	Permaran'da ölçülen hava akış direncinin -0.053+0.044 mm boyutundaki pirit numunesinin hacmi ile değişimi	67

ÖZ

Cevher hazırlamanın en önemli işlemlerinden olan kırma ve öğütmenin amacı değerli minerali ekonomik değeri olmayan mineralden serbestleştirmektir. Son yıllarda başlatılan çalışmalarda serbestleşmiş tanelerin şekil ve morfolojik özelliklerinin flotasyonda etkili olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada Etibank Beyşehir Barit Madeninden getirilen % 94.22 BaSO₄ içerikli barit ile Etibank Küre Bakırlı Pirit işletmesinden getirilen % 96.89 FeS₂ içerikli pirit numunesi kullanılmıştır. Tanelerin özellikleri iki boyutlu mikroskobik ölçümlerle belirlendiği gibi ilk defa bu çalışmada geliştirilen yöntemle tanelerin pürüzlülüğü ve keskinliği üç boyutlu ölçülmüştür.

Otojen ve bilyalı değirmenlerde öğütülen numuneler elenerek -0.147+0.104, -0.104+0.074, -0.074+0.053 ve -0.053+0.044 mm fraksiyonlarına ayrılmış ve her fraksiyonla ayrı ayrı ölçümler yapılmıştır.

İki boyutlu mikroskobik ölçümlerde tarama elektron mikroskobunda her fraksiyon için çekilen resimlerden tanelerin uzun ve kısa eksenleri belirlenerek şekilsel özellikleri olan yassılık ve eksensel eşitlik ile morfolojik özellikleri olan yassılık oranı ile göreceli pürüzlülük hesaplanmıştır. Üç boyutlu ölçümlerde BET azot adsorpsiyonu cihazı kullanılarak tanelerin yüzey pürüzlülüğü, Permaran cihazı ile keskinlikleri belirlenmiştir.

Barit numunesi ile yapılan iki boyutlu ölçümlerde otojen öğütülen tanelerin daha yuvarlak ve yüzeylerinin daha pürüzsüz olduğu görülmüştür. Üç boyutlu ölçümler otojen değirmende öğütülen tanelerin bilyalı değirmende öğütülen tanelere göre daha pürüzsüz olduğunu göstermiştir. Bilyalı değirmen otojen değirmene göre daha keskin, daha köşeli taneler üretmiştir. Yapılan flotasyon deneylerinde otojen öğütme bilyalıya göre daha yüksek flotasyon randımanı vermiştir.

Pirit numunesi ile yapılan iki boyutlu ölçümlere göre bilyalı değirmende öğütülen taneler daha yuvarlaktır. Üç boyutlu ölçüm sonuçları otojen öğütülen tanelerin yüzey pürüzlülüğünün bilyalıya göre daha fazla olduğunu göstermiştir. Keskinlik derecesi ölçümleri otojen öğütülen tanelerin daha keskin olduğunu göstermiştir. Flotasyon deneylerinde bilyalı öğütülen tanelerin flotasyon randımanı otojen tanelere göre daha fazla olmuştur.

Hem sülfürlü hem de oksitli minerallerin kullanıldığı bu çalışma, yuvarlak, yüzey pürüzlülüğü ve keskinliği az olan tanelerin flotasyon randımanlarının daha yüksek olduğunu göstermiştir.

İlk olarak bu araştırmada geliştirilen üç boyutlu yüzey pürüzlülüğü ve keskinlik ölçme yöntemleri uygulaması kolay, pratik ve tekrarlanabilir sonuçlar veren yöntemlerdir. Ölçüm sırasında tanelerin şekline ve yüzey özelliklerine hiçbir şekilde müdahale edilmemesi sonuçların flotasyon açısından değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler : Barit, Pirit, Otojen değirimen, Bilyalı değirimen, Yassılık, Eksensel Eşitlilik, Pürüzlülük, Keskinlik, Flotasyon.

ABSTRACT

Comminution is one of the important steps of mineral processing, aiming the liberation valuable minerals from the gangue minerals. The recent researchs have shown that the shape and morphological properties affect the flotation of the particles.

Barite sample containing 94.22 % BaSO₄ and pyrite sample with 96.89 % purity have been used in this research. The shape and morphological properties of the particles have been determined by 2- dimensional microscopic measurements. A novel method has been developed in this study, enabling 3- dimensional measurement of the surface roughness and acuteness.

The samples ground in autogeneous and ball mills have been screened to -0.147+0.104, -0.104+0.074, -0.074+0.053 and -0.053+0.044 mm fractions which have been tested separately.

The axes of the particles have been measured by using scanning electron microscope for the determination of shape properties, compactness and degree of axial equality, and morphological properties, relative compactness and relative roughness. The instruments of BET nitrogen adsorption and Permaran have been utilized for 3- dimensional measurement of surface roughness and acuteness, respectively.

2 and 3 dimensional measurements have shown that barite particles of autogeneous milling have smoother surface and lower degree of acuteness, resulting higher flotation recoveries.

The experiments with pyrite sample have shown that ball mill produced rounder particles having lower acuteness and smoother surface, resulting in better flotation recoveries.

This research have clearly demonstrated that surface roughness and acuteness negatively affect flotation whereas roundness has positive effect.

The method developed in this research for 3-dimensional roughness and acuteness measurements is easy to apply, producing reliable and reproducible results. Change of shape and surface properties during the preparation of polished sections is inevitable. This method eliminates the preparation of polished sections, allowing the evaluation of the morphological properties from the flotation point of view.

Key Words : Barite, Pyrite, Autogeneous mill, Ball mill, Compactness, Degree of Axial Equality, Roughness, Acuteness, Flotation.

1. GİRİŞ

Cevher Hazırlamanın en önemli işlemlerinden olan kırma ve öğütmenin amacı değerli minerali ekonomik değeri olmayan mineralden ayırmak, diğer bir deyişle değerli minerali serbestleştirmektir. Elde edilen serbestleşmiş tanelerin şekil ve morfolojik özelliklerinin yoğunluk farkına göre çalışan gravite ile zenginleştirme sistemlerinde önemli olduğu bilinmektedir. Son yıllarda başlatılan çalışmalarda serbestleşmiş tanelerin şekil ve morfolojik özelliklerinin minerallerin yüzey kimyası özelliklerine dayanan flotasyon yönteminde de önemli olduğu görülmüştür. Bu durumda öğütme sisteminin önemi ortaya çıkmaktadır. Bu projenin amacı konvensiyonel (bilyalı ve çubuklu) değirmenlerin mi yoksa otojen değirmenlerin mi flotasyona uygun öğütme yaptığını, tanelerin şekil ve morfolojik özelliklerini de inceleyerek araştırmaktır.

2. KONU İLE İLGİLİ BİLGİLER VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Otojen ve konvensiyonel (bilyalı ve çubuklu) değirmenlerin öğütme sistemlerine bakıldığında bazı farklılıklar olduğu görülür. Bilyalı ve çubuklu değirmenlerde, kaba aşındırma, darbe ve çarpmalar vardır. İnce aşındırma istenmeyen bir durumdur. Otojen değirmenlerde ise ince aşındırmanın esas etken olduğu, kaba aşındırma ile darbe ve çarpmaların yan etken olduğu görülmüştür (Teker, 1991).

Otojen ve konvensiyonel değirmenler bugüne kadar ya ekonomik açıdan incelenmiş, ya pülp kimyası ve flotasyona etkisi açısından incelenmiş ya da şekil ve morfolojik özellikleri bakımından iki boyutlu olarak incelenmiştir. İki boyutlu mikroskopik ölçümlerde tanelerin kabaca elips şeklinde olduğu kabul edilmiştir (Forssberg ve Hongxin, 1985).

Tanelerin uzunluğuna L, genişliğine B, yzey alanına A ve çevresine P dersek elipsin kısa ekseni $2b=B$, uzun eksini $2a=L$ olur. P ve A'nın a ve b cinsinden ifadesi de (Beyer; 1978):

$$- A = \pi ab \quad (1)$$

$$- P = 4a \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - e^2 \sin^2 t} dt = 4aE\left(e, \frac{\pi}{2}\right) \quad (2)$$

ki bu ikinci tip elipsel integrasyondur, ve

$$- E\left(e, \frac{\pi}{2}\right) = \frac{\pi}{2} \left[1 - \left(\frac{1}{2}\right)^2 e^2 - \left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2 \frac{e^4}{3} - \left(\frac{1.3.5}{2.4.6}\right)^2 \frac{e^6}{5} \dots \right] \quad (3)$$

ve elipsel olarak

$$- e = \frac{c}{a} = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}} < 1 \quad (4)$$

$$- \lambda = \frac{a-b}{a+b} \text{ dersek} \quad (5)$$

$$- P = \pi(a+b) \left(1 + \frac{\lambda^2}{4} + \frac{\lambda^4}{64} + \frac{\lambda^6}{256} + \frac{25\lambda^8}{16384} + \dots \right) \quad (6)$$

$$- P \approx \pi \left[1.5(a+b) - \sqrt{ab} \right] \text{ dir} \quad (7)$$

Bu temel hesaplamalardan sonra tanelerin Şekil ve morfolojik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan tanım ve formzllerden bahsedebiliriz.

2.1. TANELERİN ŞEKİLSEL ÖZELLİKLERİYLE İLGİLİ FONKSİYONLAR

i. Yassılık (Compactness) (P^2/A)

Tanenin yassılığı (P^2/A) formülüyle belirlenmektedir. Yassılık daire için minimum değere ulaşır. Yani $(2\pi r)^2 / \pi r^2 = 4\pi$ dir. Bu durumda daire ile ilgili değerler $P^2/A \times \frac{1}{4\pi} = 1$ dir. Diğer bir deyişle yassılık değerinin büyük olması, tanenin uzun olduğu göstermektedir.

ii. Eksensel Eşitlilik Derecesi (Degree of axial equality) (A/L^2)

Eksensel eşitlilik ise daire için maksimum değere ulaşır. Yani, $\pi r^2 / (2\pi r)^2 = \frac{\pi}{4}$ dir. Bu durumda ölçülen değer $4/\pi$ ile çarpılır ve $\frac{A}{L^2} \times \frac{4}{\pi} = 1.0$ olur.

Elips şeklindeki bir tane için yassılık ve eksensel eşitlilik derecesi eşitlik (1) ve (7) nin yerine konulmasıyla;

$$- \frac{P^2}{A} \frac{1}{4\pi} = \frac{[1.5(a+b) - \sqrt{ab}]^2}{4ab} \quad (8)$$

$$- \frac{A}{L^2} \frac{4}{\pi} = \frac{b}{a} \quad (9)$$

olur.

Göreceli genişlik (Relative width) B/L ve eksensel eşitlilik A/L^2 tanenin uzunluğuyla ters orantılıdır. Diğer bir deyişle tanenin uzunluğu azalır, yuvarlaklığı arttıkça göreceli genişlik ve eksensel eşitlilik artar.

2.2. TANELERİN MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİYLE İLGİLİ FONKSİYONLAR

Yukarıda bahsedilen genel şekil faktörlerine ilaveten iki ayrı faktör daha vardır. Bunlar tanenin düzgünsüzlüğünün artmasıyla artar.

i. Yassılık Oranı ($P_1^2 / A_1 / P_2^2 / A_2$)

Yassılık oranı, şekil değişikliklerini yansıtan bir faktördür. İki ayrı öğütme sisteminde elde edilen P_1^2 / A_1 ve P_2^2 / A_2 nin birbirlerine oranıdır. (1 otojen değirmen sistemini, 2 ise konvensiyonel değirmen sistemini temsil etmektedir).

$$- \frac{P_1^2 / A_1}{P_2^2 / A_2} = \left[\frac{1.5 (a_1 + b_1) - \sqrt{a_1 b_1}}{1.5 (a_2 + b_2) - \sqrt{a_2 b_2}} \right]^2 \frac{a_2 b_2}{a_1 b_1} \quad (10)$$

ii. Göreceli Pürüzlülük (Roughness) (P_1/P_2)

Bu fonksiyon da tanelerin iki boyutlu projeksiyonel sınırındaki pürüzlülüğü yansıtmaktadır.

$$- \frac{P_1}{P_2} = \frac{1.5(a_1 + b_1) - \sqrt{a_1 b_1}}{1.5(a_2 + b_2) - \sqrt{a_2 b_2}} \quad (11)$$

Her iki fonksiyonda (Yassılık oranı ve göreceli pürüzlülük) tanenin düzgünsüzlüğünün artmasıyla artar.

2.3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Iwasaki ve arkadaşları (1983) otojen ile bilyalı değirmenleri sülfürlü minerallerin flotasyonu açısından kıyaslamışlardır. Tanelerin şekil ve morfolojik özelliklerinin

incelenmediği çalışmada otojen değirmenlerin konvensiyonel değirmenlerden belli bir tane boyu için daha fazla enerji harcadığı sonucuna varılmıştır. Bunun yanında otojen öğütmeyle elde edilen ürünlerin flotasyonunda bilyalı değirmene kıyasla bakır, nikel, kobalt ve sülfür randımanlarının daha fazla olduğu görülmüştür. Bilyalı değirmen sonrası yapılan flotasyonun artığındaki sülfür oranı kollektör miktarının arttırılmasına rağmen otojen öğütme sonrası yapılan flotasyonun artığındaki sülfür oranına düşürülemediği. Ancak, araştırmacılar mikroskopik ve tane boyu dağılımı çalışmaları ile bu düşük randımanın ve artıktaki kaybın bilyalı değirmendeki öğütme elemanları (çelik bilya) ile sülfürlü mineralin galvanik etkileşiminden olduğu sonucuna varmışlardır. Forsberg ve Ekblom (1979) ve Rao ve Nataragan (1989) da yaptıkları çalışmada aynı sonuca varmışlardır.

Forsberg ve Hongxin (1985) ise otojen ve konvensiyonel değirmenleri öğütülen tanelerin şekil ve morfolojik özellikleri açısından incelemiştir. Her fraksiyon için 500 tanenin ortalama uzunluk ve genişliklerinin ölçüldüğü çalışmada optik ve skan elektron mikroskopları kullanılmıştır. Bu çalışmada otojen öğütmeyle elde edilen ürünlerin, konvensiyonel öğütmelerin ürünlerine kıyasla daha yüksek eksensel eşitliliğe ve daha az yassılık değerine sahip olduğu görülmüştür. Araştırmacılar ayrıca otojen öğütmeyle elde edilen tanelerin daha az yassılık oranına sahip olduğunu ve köşelerinin daha yuvarlak olduğunu söylemektedirler. Bu sonuçlar çelik öğütme elemanlarının otojen öğütmeye kıyasla çok daha darbeli ve kaba bir öğütme yaptığını göstermektedir.

Oliver ve arkadaşları (1980) da pürüzlülüğü yüzey kimyası ve ıslanmazlık açısından incelemiş ve temas açısının yüzeyin pürüzlülüğü ile azaldığını göstermişlerdir.

İsveç'te yapılan bir çalışmada da (Forsberg, Sundberg ve Hongxin, 1988) konvensiyonel ve otojen öğütmelerin sülfürlü minerallerin flotasyonuna olan etkileri araştırılmıştır. Pülpün redoks potansiyelinin ve tanelerin şekil ve morfolojik

özelliklerinin incelendiği çalışmalar laboratuvar ve pilot çapta sürdürülmüştür. Langsele ve Aitik cevherleri laboratuvar boyuttaki her iki öğütme sisteminde de aynı serbestleşme derecesine ulaşırsa da otojen öğütmede elde edilen numuneden kalkopiritin seçimli flotasyonu daha başarılı olmuştur. Aynı cevherlerin pilot çapta öğütülmesinde ise otojen öğütme ile daha yuvarlak ve düz taneler, daha fazla serbestleşme ile elde edilmiştir. Tanelerin mikroskopik incelenmesinde de otojen öğütmenin daha az yassı ve eksensel eşitliliğinin daha fazla olduğu (taneler daha yuvarlak), yüzeylerinin de daha düzgün olduğu görülmüş ve flotasyon sırasında hava kabarcığının taneye yapışmasının daha kolay olacağı sonucuna varılmıştır.

Forssberg ve arkadaşları (1993) son yaptıkları çalışmada pilot tesis kullanarak otojen ve konvensiyonel öğütmeleri morfolojik ve pülp kimyası açısından incelemişlerdir. Morfolojik çalışmalarda, otojen öğütmenin iri boyutlarda daha iyi bir serbestleşme sağladığı, ince boyutlarda ise konvensiyonel öğütmenin daha iyi bir serbestleşme sağladığı görülmüştür. Ancak pülp kimyası açısından kıyaslama yapıldığında, konvensiyonel öğütme indirgiyen bir ortama sahip olduğundan sülfürlü minerallerin yüzeyi hidroksi kompleksleriyle kaplanmakta bu da minerallerin yüzebilirliğini azaltmaktadır. Otojen öğütmede ise indirgiyen bir ortam olmadığı için tio sülfat tuzları pirit'i kaplamakta ve flotasyonunu engellemektedir. Bu nedenle otojen öğütmede daha seçimli ve yüksek randımanlı konsantreler üretilmiştir.

Zirkon konsantresinden ters flotasyonla mikrolitin zenginleştirilmesi ile ilgili bir çalışmada (Wotruba, Hoberg ve Schneider, 1991) ise zirkon minerallerinin flotasyon davranışlarının tane şekliyle değiştiği, prizmatik tanelerin yuvarlak ve elipsoid tanelere göre daha iyi yüzdüğü görülmüştür. İnce aşındırma ile pürüzlülüğü arttırılan tanelerin yüzebilirliği artmış fakat mikroskopik incelemeler prizmatik ve yuvarlak tanelerin flotasyon davranışlarındaki farkın değişmediğini, flotasyon artığının esas olarak yuvarlak zirkon tanelerinden oluştuğunu göstermiştir. Hava kabarcığını

parçadan koparma testlerinden kabarcığın prizmatik tanelere daha iyi yapıştığı belirlenmiştir. Araştırmacılar tanelerin yüzebilirliklerindeki farkı buna bağlamışlardır.

3. YÖNTEM VE EKİPMANLAR

3.1. DEĞİRMENLER

Bu araştırmada otojen değirmen olarak laboratuvar boyutta yeni bir değirmenin yapımına gidilmiştir. Bu amaçla 43 cm çapında 22.5 cm uzunluğunda bir değirmen ODTÜ atölyelerinde imal edilmiştir (Şekil 1). Numunenin demir ile etkileşimini önlemek için ise değirmen lastik astarla kaplanmıştır. Bu aşamadan sonra otojen değirmenin % 85 kritik hızla (60 devir/dakika) çalışabilmesi için motor ve kasnak düzeneği hazırlanmıştır.

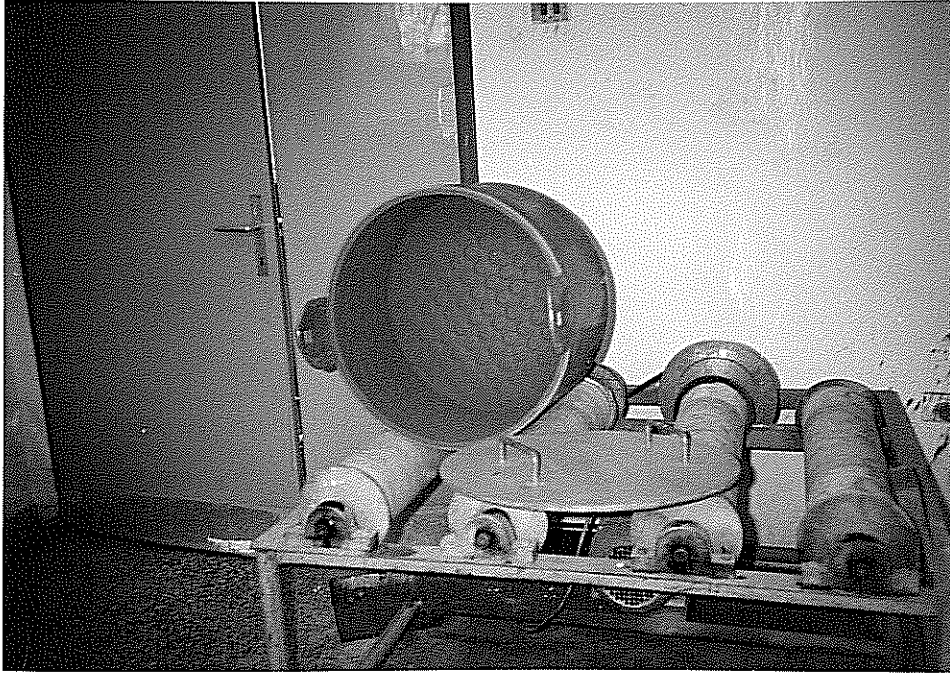
Otojen değirmen ile yapılan deneylerde değirmene 6 kg numune beslenmiştir. İri fraksiyonunun öğüten, ince fraksiyonunda öğütülen konumunda olduğu numunenin fraksiyonlara göre dağılımı aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} -80 + 50 \text{ mm} &= 3 \text{ kg} \quad (\text{iri fraksiyon}) \\ -10 + 1 \text{ mm} &= 2 \text{ kg} \quad (\text{ince fraksiyon}) \\ -1 + 0.147 \text{ mm} &= 1 \text{ kg} \quad (\text{ince fraksiyon}) \end{aligned}$$

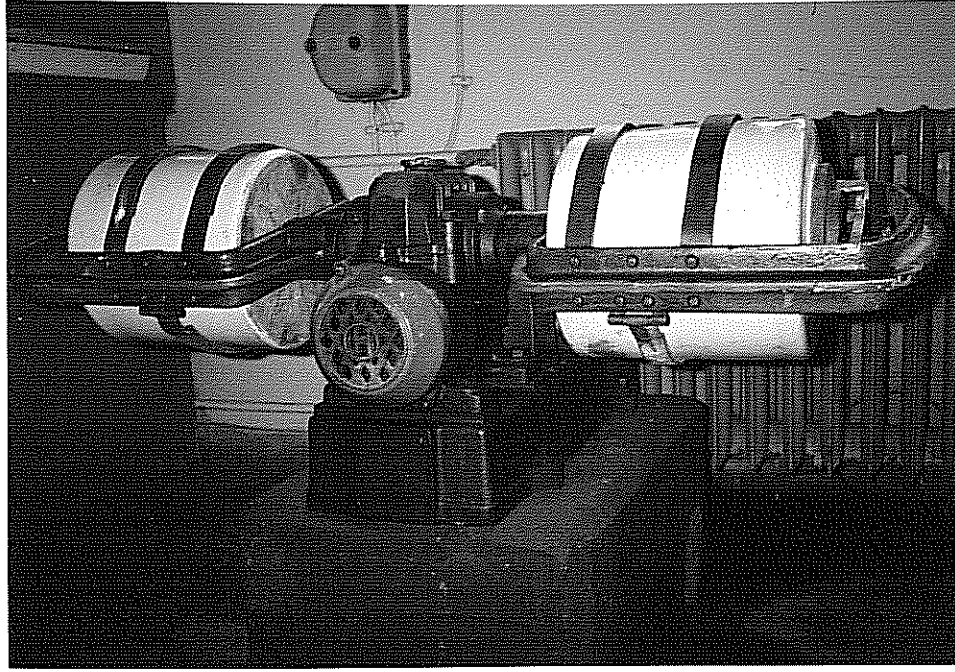
Her seferinde aynı ağırlıklarda beslenen fraksiyonlarla kuru öğütme deneyleri yapılmış, daha sonra ürün 15 dakika elek makinasında elenmiştir.

Konvensiyonel değirmen olarak ise bilyaları paslanmaz çelikten, gövdesi porselenden olan bir değirmen (15 cm çapında 20.5 cm boyunda) % 58.5 kritik hızda (70 devir/dakika) kullanılmaya hazırlanmıştır (Şekil 2).

Otojen öğütme ile elde edilen tane boyu dağılımına yakın öğütme sağlayacak bilyalı değirmen koşullarının belirlenmesi için farklı öğütme sürelerinde ve farklı değirmen yüklerinde deneyler yapılmıştır. Bilyalı değirmen deneylerinde 25 mm (66.82 gr) ve 19 mm (28.16 gr) çapındaki paslanmaz çelik bilyalar kullanılmıştır.



Şekil 1. Deneylerde kullanılan otojen değirmen



Şekil 2. Deneylerde kullanılan bilyalı değirmen

3.2. TARAMA ELEKTRON MİKROSKOBU

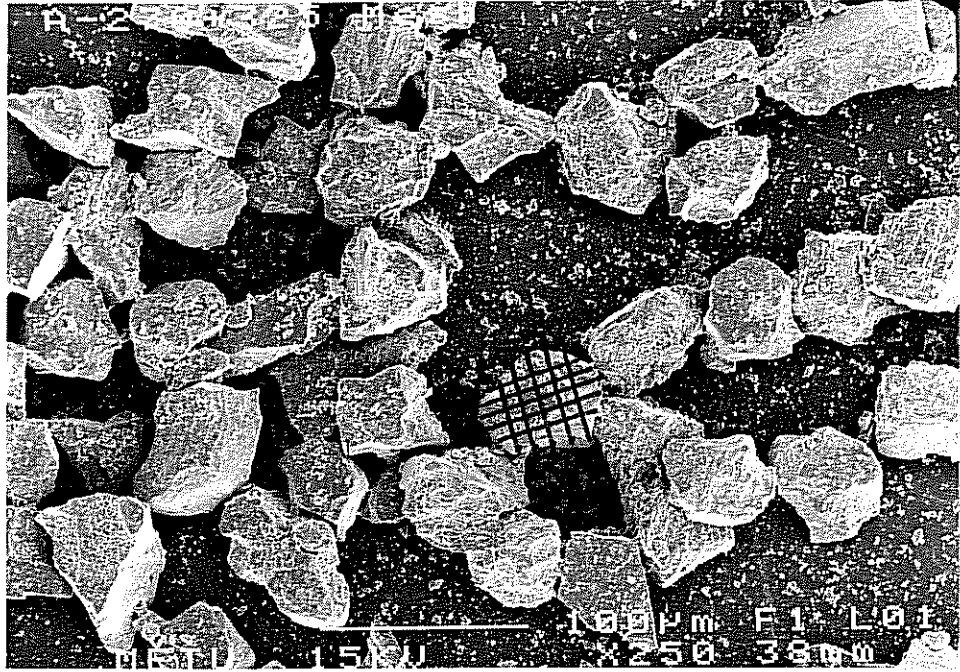
Tanelerin şekil ve morfolojik özelliklerinin iki boyutlu ölçülmesi için gerekli olan resimler Jeol JSM-6400 Tarama Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope) ile çekilmiştir.

Otojen ve bilyalı öğütme için tespit edilen koşullarda öğütülen numuneler elenerek - 0.147 + 0.104 mm, - 0.104 + 0.074 mm, -0.074 + 0.053 mm ve - 0.053 + 0.044 mm fraksiyonlarına ayrılmıştır. Her fraksiyondan alınan temsili numuneler küçük plakalara dökülmüş, iletkenliğin sağlanması amacıyla altınla kaplanmıştır. Mikroskopta kullanılan numunelere herhangi bir parlatma işlemi uygulanmamış, böylece parlatma sırasında tanelerin şeklini değiştirme, yüzey pürüzlülüğünü etkileme gibi riskler ortadan kaldırılmıştır.

Mikroskopla hem otojen hem bilyalı öğütme için her fraksiyondan resimler çekilmiş, daha sonra bu resimler tanelerin eksenlerinin bulunmasında kullanılmıştır.

3.3. EKSENLERİN ÖLÇÜLMESİ

Tanelerin kısa ve uzun eksenlerinin tespiti için her resimde sınırları resmin içinde kalan ve birbiri üzerine binmemiş taneler ele alınmıştır. Ölçümlerde kullanılacak olan bu tanelerin uzun ve kısa eksenleri yönünde 5'er çizgi çizilerek bu çizgilerin uzunluğu kumpasla ölçülmüştür. Bu çalışmada kullanılan resimlerden biri örnek olarak Şekil 3'da gösterilmiştir.



Şekil 3. Tarama Elektron Mikroskopuyla Çekilen Resimlerden Tanelerin Eksenlerinin Belirlenmesi

Her tane için ölçülen 5 uzun ve 5 kısa eksenin ortalaması alınarak o tanenin uzun ve kısa eksenleri tesbit edilmiştir. Daha sonra, o fraksiyondaki taneler için bulunan uzun

ve kısa eksenlerin ortalaması alınarak o fraksiyondaki taneleri temsil eden uzun ve kısa eksen bulunarak ve şekil ve morfolojik özelliklerin hesaplanmasında kullanılmıştır.

3.4. MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİN ÜÇ BOYUTLU ÖLÇÜLMESİ

Tarama elektron mikroskopunu kullanarak tane pürüzlülüğünün ve keskinliğinin belirlenmesinde izlenen yol ve kullanılan formüller iki boyutludur. Literatürde mevcut olan çalışmalarda da kullanılan tek yöntem iki boyutlu mikroskopik ölçüm yöntemidir (Forssberg ve Hongxin, 1985; Forssberg, Sundberg ve Hongxin, 1988; Teker, 1991; Forssberg, Subrahmanyam ve Nilsson, 1993).

Tanelerin morfolojik özelliklerinin flotasyona etkisinin incelenmesinde üç boyutlu ölçümün iki boyuta dayanan ölçümlere göre çok daha gerçekçi olacağı açıktır.

Bu çalışmada tanelerin yüzey pürüzlülüğü ve keskinlikleri üç boyutlu olarak da tesbit edilmeye çalışılmıştır.

3.4.1. Yüzey Pürüzlülüğü

Tanelerin yüzey pürüzlülüğünün üç boyutlu tesbit edilebilmesi için Jaycock ve Parfitt'in (1981) formülü bu çalışmanın amacına uygun olacak şekilde adapte edilmiştir. Bu adaptasyona göre, yüzey pürüzlülüğünü belirli bir boyuttaki tanelerin gerçek yüzey alanının o boyuttaki yüzeyi pürüzsüz ideal tanelerin yüzey alanına oranı olarak tanımlamaktayız. Matematiksel olarak ,

$$\text{Yüzey Pürüzlülüğü} = \frac{A}{a} \dots\dots\dots (12)$$

dır. Burada;

A = Belirli bir boyuttaki tanelerin gerçek yüzey alanı

a = Aynı boyutta yüzeyi pürüzsüz ideal tanelerin yüzey alanı

Bu formülde gerçek yüzey alanı, A , ölçülerek bulunmakta, ideal tanelerin küre şeklinde olduğu varsayılarak a 'nın değeri hesaplanmaktadır.

Bu araştırmada tanelerin gerçek yüzey alanı BET azot adsorpsiyonu ile tesbit edilmiştir. Bunun için Micromeritics FlowSorb II 2300 kullanılmıştır (Şekil 4). Otojen ve bilyalı öğütme numuneleri elenerek $-0.147+0.104$ mm, $-0.104+0.074$ mm, $-0.074+0.053$ mm ve $-0.053+0.044$ mm fraksiyonlarına ayrılmış ve her fraksiyon ayrı ayrı ölçülmüştür.



Şekil 4. BET cihazı

Üç boyutlu ölçümlerde iki boyutlu ölçümlerdeki gibi tek tek tane ölçümü yerine taneler grubu kullanıldığı için hesaplamalar tane bazında değil de ağırlık bazında yapılmalıdır.

Örneğin, BET yöntemi ile yapılan ölçümlerde yüzey alanı "birim alan/birim ağırlık" cinsinden (m²/gr gibi) bulunur.

Buna göre yarıçapı "r" (cm) olan tanelerin "a" değeri (yüzey alanı) şöyle hesaplanır:

$$a_s = 4\pi r^2 N \dots\dots\dots (13)$$

a_s = tanelerin yüzey alanı (cm²/gr)

N = 1 gramda bulunan tanelerin sayısı (tane/gr)

$$V_s = \frac{4}{3}\pi r^3 N \dots\dots\dots (14)$$

V_s = özgül hacim (cm³/gr)

$$\frac{a_s}{V_s} = \frac{4\pi r^2 N}{\frac{4}{3}\pi r^3 N} \dots\dots\dots (15)$$

$$a = \frac{a_s}{V_s} = \frac{3}{r} \text{ (cm}^2/\text{cm}^3) \dots\dots\dots (16)$$

BET ile bulunan gerçek yüzey alanının A_s (cm²/gr) olduğunu varsayarsak, yukarıdaki hesaplamaya benzer şekilde

$$V_s = \frac{1}{\rho} \dots\dots\dots (17)$$

V_s = özgül hacim (cm³/gr)

ρ = numunenin yoğunluğu (gr/cm³)

$$\frac{A_s}{V_s} = \frac{A_s}{\frac{1}{\rho}} = A_s \rho \dots\dots\dots (18)$$

$$A = A_{s\rho} \text{ (cm}^2\text{/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots (19)$$

3.4.2. Keskinlik

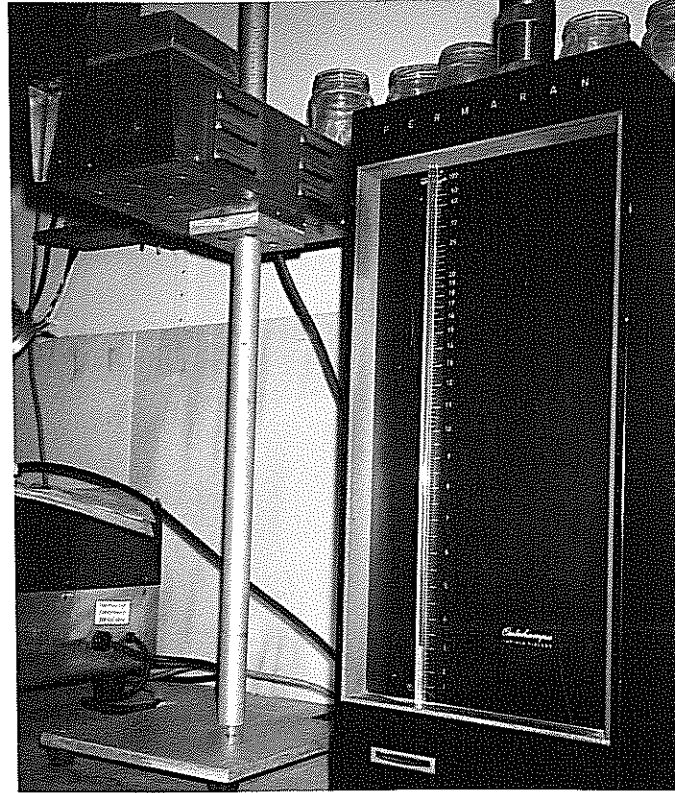
Tanelerin keskinlik derecelerinin üç boyutlu tesbiti için Otokumpu firmasının imal ettiği Permaran adlı cihazdan yararlanılmıştır (Şekil 5). Permaran, temel olarak, toz haldeki numunenin hava akışına gösterdiği direnci ölçmektedir. Bu cihazın monometresinde okunan değer bu direncin bir fonksiyonudur.

Bir malzemenin hava akışına gösterdiği direnç doğal olarak o malzemenin şekil ve morfolojik özelliklerine bağlıdır. Yüzeyi pürüzlü ve keskin kenarlı taneler ile şekilsel olarak oval biçiminden uzak olan taneler daha fazla direnç katsayısına sahiptir. Dolayısı ile Permaranda daha fazla direnç değeri okunan taneler daha keskin ve daha az yuvarlak taneler olacaktır.

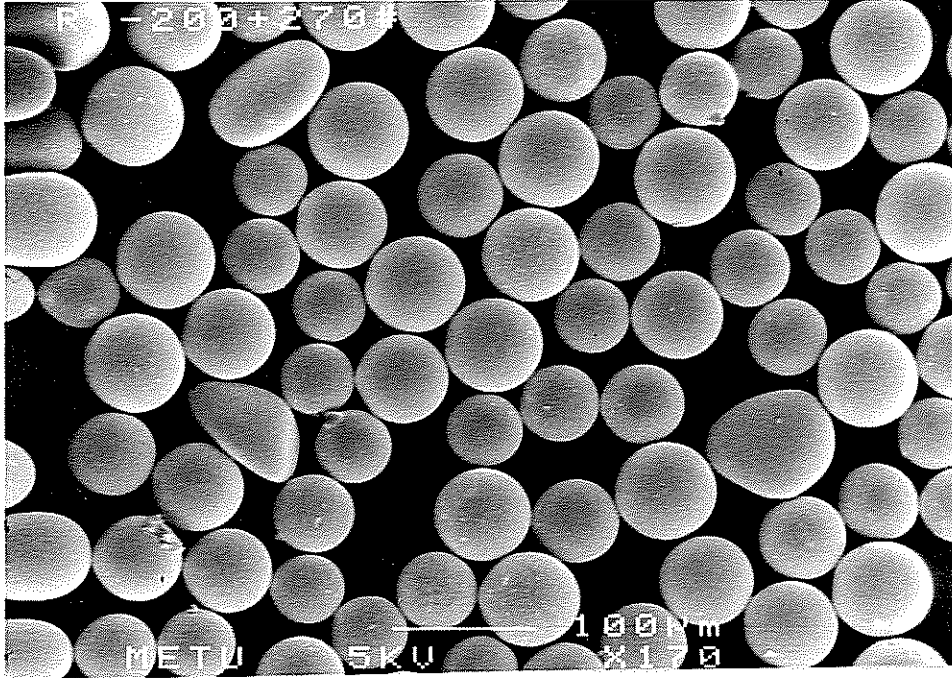
Ancak Permaran cihazıyla yapılan deneylerde numunenin hava akışına direnci o numunenin geçirgenliğine diğer bir deyişle numunenin sıkışmasına da bağlıdır. Bu nedenle, Permaran da yapılan deneylerde iki numunenin karşılaştırılabilmesi için sıkıştırmanın aynı miktarda yapılması gerekir. Bunu için, numuneler titreşim cihazının numune kabında iken belirli bir süre (7 dakika) titreştirilerek sıkıştırılmıştır. Cihazın titreşim hızı ve süresi sabit tutularak araştırmadan kaynaklanabilecek hatalar ortadan kaldırılmış ve "aynı miktar sıkıştırma" sağlanmıştır. Benzer şekilsel yapı gösteren tanelerin Permaranla üç boyutlu keskinlik tayininde dayanan kriter, keskin kenarlı tanelerin, yuvarlatılmış tanelerin göstereceği dirençten daha fazla bir direnç göstereceğidir.

Bu amaçla referans numunesi olarak cam kürecikler kullanılmıştır. Otojen ve bilyalı değirmenlerde öğütülen numunelerin dirençlerinin referans numunenin direncine oranı bu numunelerin keskinlik derecesini bulmakta kullanılmıştır. Ağırlıkça minimum % 80 küreselliğe sahip olan cam küreciklerin yoğunluğu havalı piknometre ile 2.49 olarak bulunmuştur. Cam küreciklere örnek bir resim Şekil 5'de verilmiştir.

Permaranla yapılan ölçümlerde hava akışına direnç o numunenin hacmi ile doğru orantılıdır. Bu nedenle, cam kürecikler ve cevher numunesiyle yapılan ölçümlerde ağırlıkça değil de hacimce aynı miktarda numune kullanılmıştır.



Şekil 5. Keskinlik deneylerinde kullanılan Permaran cihazı



Şekil 6. Referans numune olarak kullanılan cam kürecikler

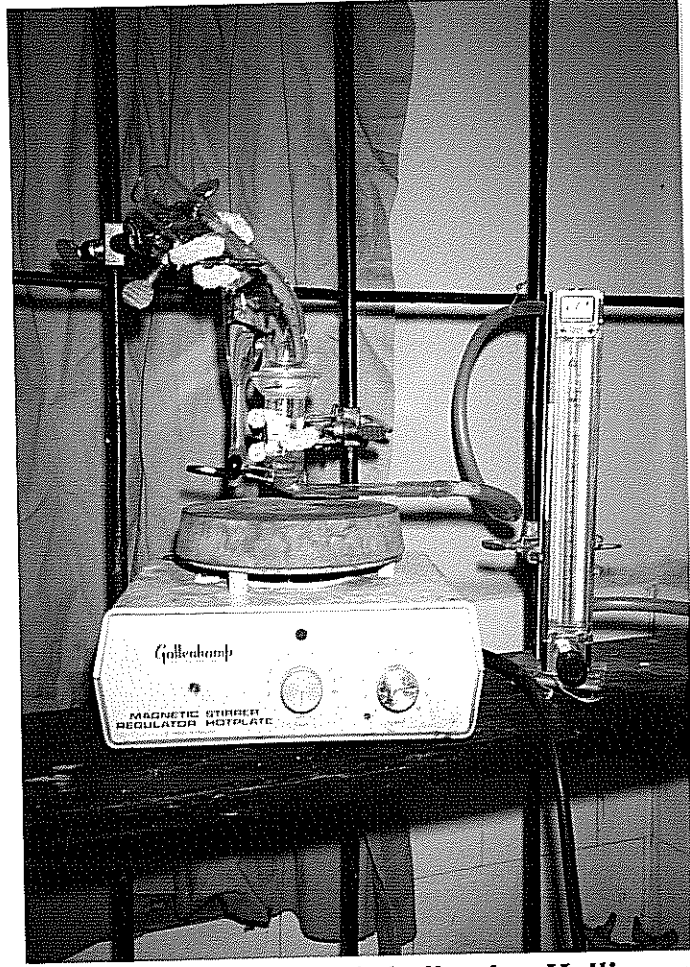
3.4.2.1 Yöntem

Otojen, bilyalı ve referans numuneleri, pürüzlülük deneylerinde olduğu gibi $-0.147+0.104$ mm, $-0.104+0.074$ mm, $-0.074+0.053$ mm ve $-0.053+0.044$ mm olmak üzere dört ayrı fraksiyona elenmiş, her fraksiyon ayrı ayrı ölçülmüştür.

İlk olarak 0.86 cm^3 numune kaba konmuş ve titreşimli plakada 7 dakika boyunca sıkıştırılmış bunu takiben, Permaranda hava akış direnci ölçülmüştür. 2. ölçümde kaba 0.64 cm^3 daha numune ilave edilerek miktar 1.50 cm^3 'e çıkartılmış, 7 dakikalık sıkıştırmadan sonra hava akış direnci tekrar ölçülmüştür. Benzer şekilde 0.64 cm^3 'lük ilavelerle 2.14 ve 2.78 cm^3 'lük numunelerle de keskinlik tayini yapılmıştır.

3.5. FLOTASYON ÇALIŞMALARI

Otojen ve bilyalı değirmenlerde öğütülen numunelerin flotasyon davranışlarını incelemek için Hallimond tüpünde her fraksiyon için ayrı ayrı flotasyon deneyleri yapılmıştır (Şekil 7). Bütün flotasyon deneylerinde saf su, azot gazı ve 1 gr numune kullanılmıştır.



Şekil 7. Flotasyon deneylerinde kullanılan Hallimond tüpü

Tanelerin şekil ve morfolojik özelliklerinin flotasyona etkisini araştırmak ve otojen ile bilyalı öğütme arasındaki farkı belirginleştirip görebilmek için flotasyon deneyleri az miktarda toplayıcı ve kısa zaman aralığında yapılmıştır. Sonuçların tekrarlanabilirliğinin görülmesi açısından diğer deneylerde olduğu gibi flotasyon deneyleri de birkaç seri halinde yapılmıştır.

4. BARİT NUMUNESİ İLE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu araştırmada kullanılmak üzere Etibank Beyşehir Barit madeninden yoğunluğu (Beckman havalı piknometre Model 930 ile ölçümlerine göre) 4.67 gr/cm^3 olan 300 kg civarında yıkanmış parça barit ODTÜ Maden Mühendisliğine getirilmiştir (Ek A). Bu numunenin MTA laboratuvarlarında yapılan kimyasal analizinde %61.90 BaO, %34.50 SO₃ olduğu diğer bir deyişle numunenin %94.22 BaSO₄ içerdiği bulunmuştur. (Ek A). Yapılan mineralojik tetkiklerde ise numunenin 60-600 mikron tane boyutları arasında değişen barit minerallerinden ibaret olduğu görülmüştür (Ek A).

4.1. ÖĞÜTME DENEYLERİ

4.1.1. Otojen Değirmen Çalışmaları

Barit numunesinin 2, 3, 4 ve 8 dakikalarda öğütülmesi sonucunda elde edilen ürünlerin tane boyu dağılımı Şekil 8'de (Tablolar Ek B'de) görülmektedir. $0.147+0.104 \text{ mm}$, $-0.104+0.074 \text{ mm}$, $-0.074+0.053 \text{ mm}$ ve $-0.053+0.044 \text{ mm}$ fraksiyonlarında yapılacak olan BET birim yüzey alanı ve flotasyon deneyleri ile tarama elektron mikroskopuyla aynı fraksiyonlarda yapılacak olan şekil ve morfolojik çalışmalarda gerekli olan numune göz önüne alındığında 4 dakika öğütmenin yeterli olduğu düşünülmüştür. Numunenin kuru öğütülmesinin sebebi ise daha sonra yapılacak olan çalışmalarda serbest tanelere ihtiyaç olmasıdır. Yaş öğütme ile numunenin kurutulması gerekeceğinden taneler birbirine yapışacaktır. Tanelerin serbest hale getirilmesi çalışmaları ise tane boyu dağılımını değiştirebilecektir.

Öğütme zamanının tesbitinden sonra bu şartlarda yapılacak öğütmelerin aynı tane boyu dağılımını verip vermeyeceğinin, diğer bir deyişle otojen öğütme deneylerinin tekrarlanabilirliğinin kontrolü gerekmektedir. Bunun için öğütme deneyleri yapılmış ve

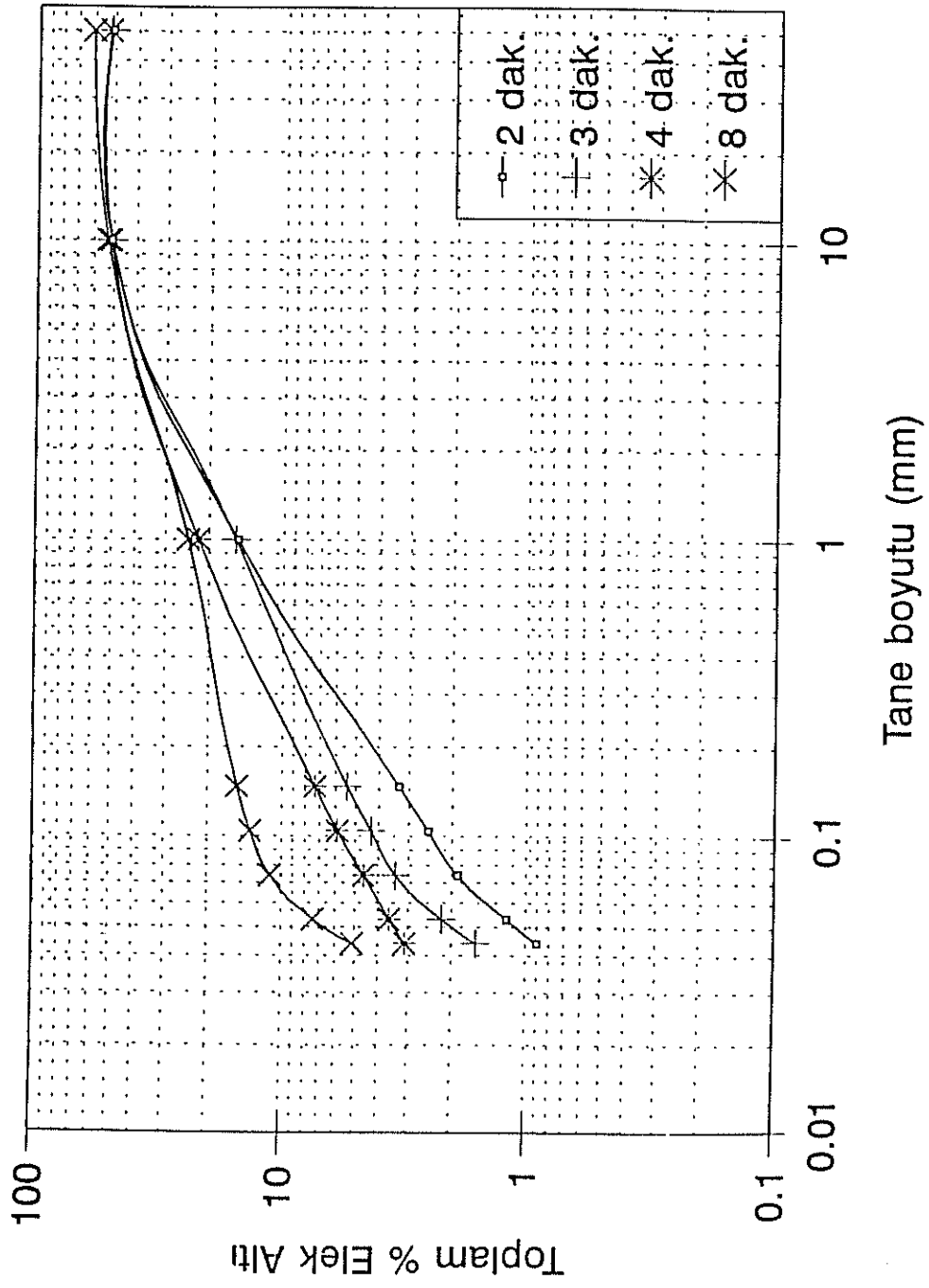
sonuçlar Şekil 9'da gösterilmiştir. Şekil 9'da görüldüğü gibi yapılan öğütmelerde elde edilen ürünlerin tane boyu dağılımları birbirlerine çok yakındır.

4.1.2. Bilyalı Değirmen alıŐmaları

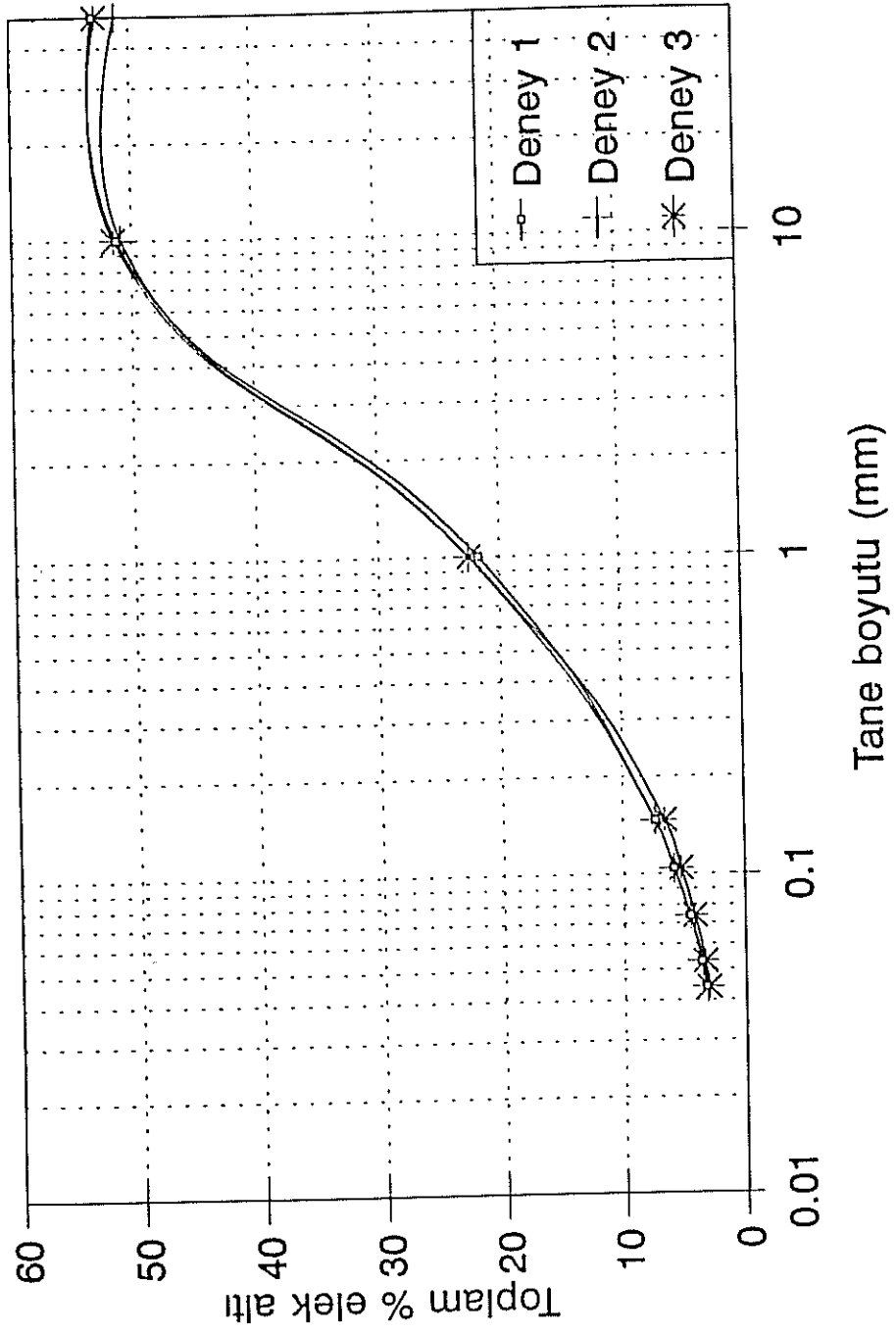
Otojen Ğtme ile elde edilen tane boyu dağılımına yakın öğütme sağlayacak bilyalı değirmen koşullarının belirlenmesi için bir seri deney yapılmıştır. 2 kg numune ile yapılan deneylerde -10+1 mm ve -1+0.147 mm fraksiyonlarından ve 25 mm (66.82 gr) ve 19 mm (28.16 gr) apındaki paslanmaz elik bilyalardan da deĐiŐik oranlarda kullanılarak otojen öğütmeye yakın tane boyu dağılımı veren bilyalı bir öğütme sistemi bulunmaya çalışılmıştır. Bu amaçla önce, bilyalı değirmende kullanılmayan (ancak otojen öğütmede kullanılan) 10 mm den büyük numuneler göz önüne alınmadan otojen öğütmenin tane boyu dağılımı yeniden düzenlenmiştir (Ek B). Daha sonra bu tane boyu dağılımı ile bilyalı değirmen ürününün tane boyu dağılımı kıyaslanmıştır.

Şekil 10'da görüldüğü gibi -10+1 mm'den 1300 gr, -1+0.147 mm den 700 gr, 53 adet küçük bilya ve 23 adet büyük bilya kullanılmasıyla otojen öğütmeye en yakın bir bilyalı öğütme elde edilmiştir. Bu aşamadan sonra bilyalı değirmen ile deĐiŐik zaman aralıklarında (3, 4, 5, 6 ve 8 dakika) Ğtme yapılmıştır. Şekil 11'de görüldüğü gibi (Tablolar Ek B'de) 6 dakikalık bilyalı öğütme 4 dakikalık otojen öğütmeyle neredeyse akiŐmaktadır. Böylece her iki öğütme sistemi içinde yaklaşık aynı tane boyu dağılımı veren koŐullar bulunmuştur.

Bilyalı değirmende Ğtme Şartlarının tesbitinden sonra deneylerin tekrarlanabilirliği kontrol edilmiş, Şekil 12'de görüldüğü gibi deneylerde tane boyu dağılımları birbirine çok yakın ürünler elde edilmiştir.

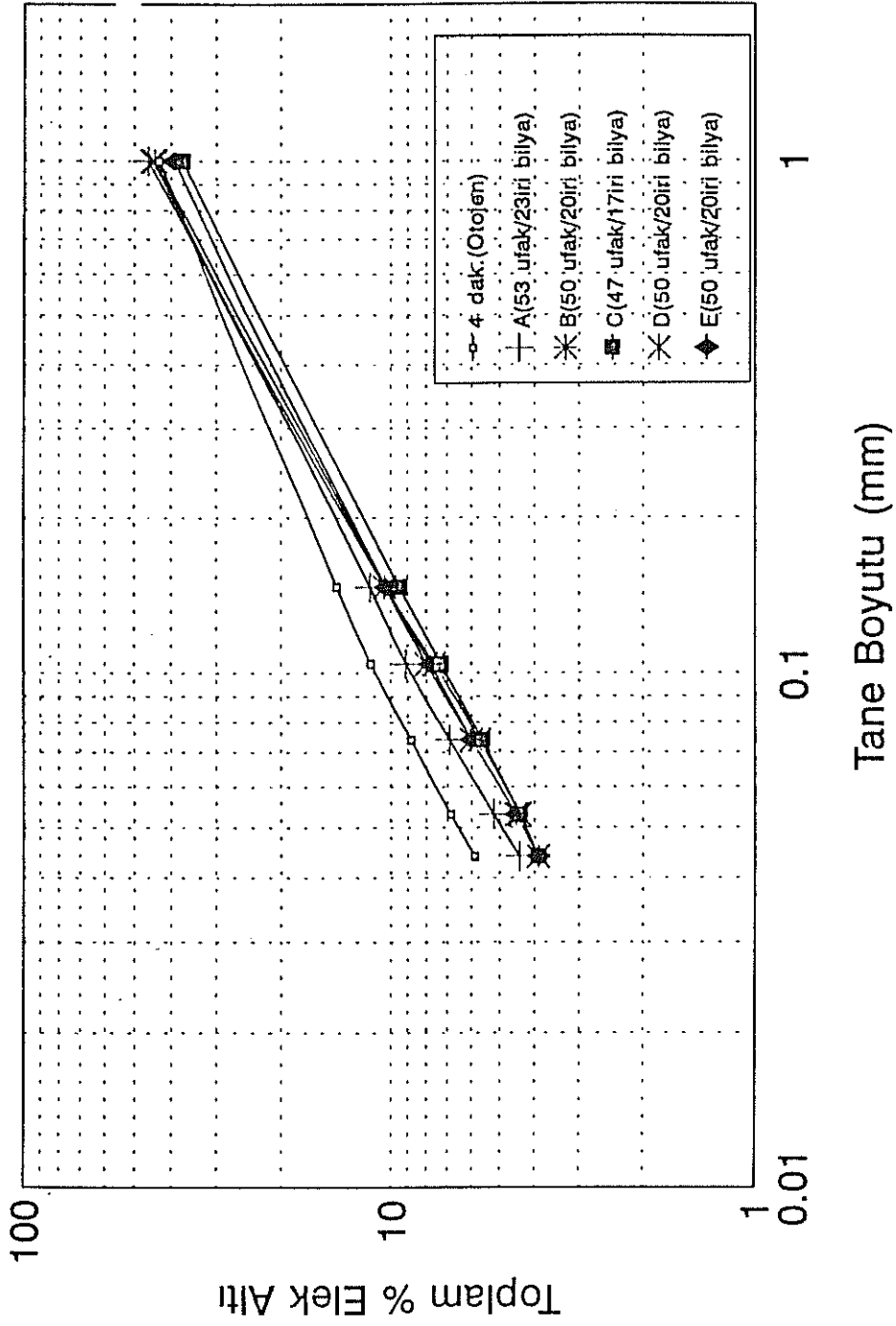


Şekil 8. Barit numunesinin farklı otojen öğütme sürelerinde tane boyu dağılımı.

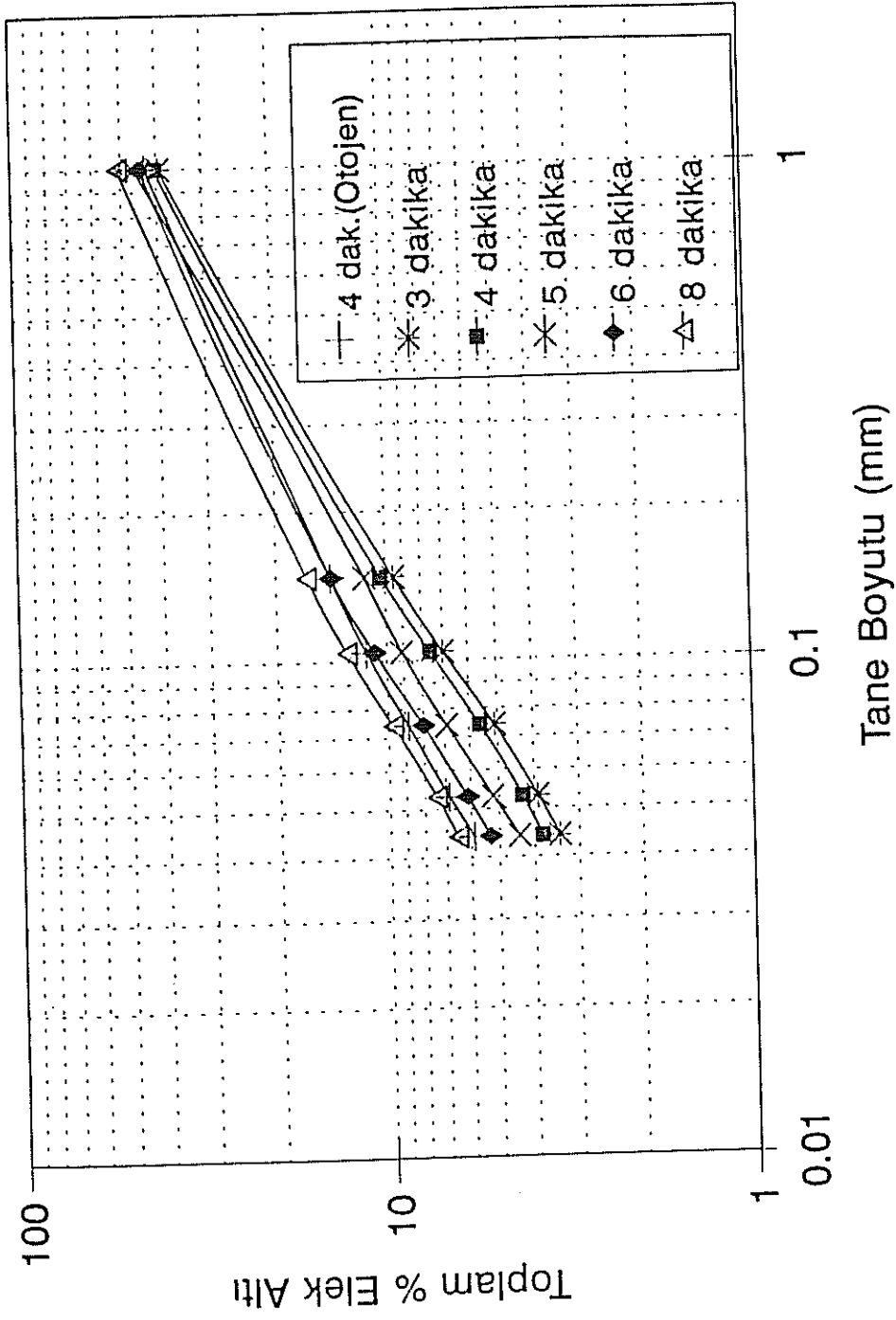


Şekil 9. Barit numunesi ile otojen öğütme deneylerinin tekrarlanabilirliğinin kontrolü
(öğütme süresi: 4 dakika)

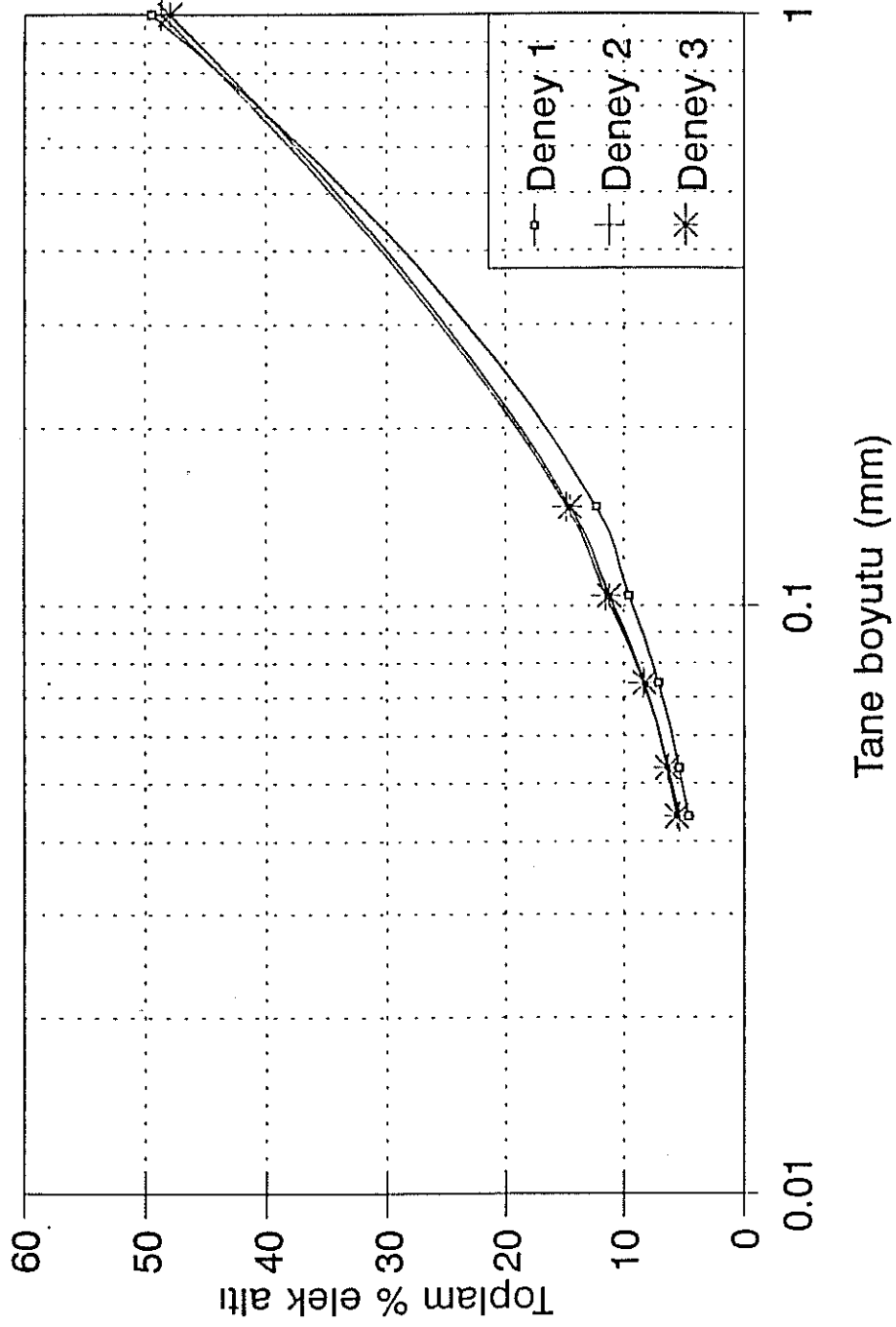
TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA
KURUMU KÜTÜPHANESİ



Şekil 10. Farklı bilya ve tane boyutunda besleme ile 5 dakika öğütülen barit numunelerinin tane boyu dağılımları (A: %65 -10+1 mm, %35 -1+0.149 mm; B: %65 -10+1 mm, %35 -1+0.149 mm; C: %70 -10+1 mm, %30 -1+0.149 mm; D: %60 -10+1 mm, %40 -1+0.149 mm; E: %70 -10+1 mm, %30 -1+0.149 mm).



Şekil 11. Bilyalı değirmende öğütülen baritin tane boyu dağılımının öğütme zamanı ile değişimi (besleme: %65 -10+1 mm, %35 -1+0.149 mm; ufak bilya:53, iri bilya:23).



Şekil 12. Bilyalı değirmende öğütme deneylerinin tekrarlanabilirliğinin kontrolü (öğütme süresi: 4 dakika)

4.2. SONUÇLAR

4.2.1. Tanelerin şekil ve morfolojik özelliklerinin iki boyutlu ölçüm sonuçları

Şekil ve morfolojik özelliklerle ilgili sonuçlar her fraksiyon için ayrı ayrı verilmiştir. Eksenlerin ortalamaları Ek C'de gösterilmiştir.

- 0.147 + 0.104 mm fraksiyonu

Çekilen resimlerden belirlediğimiz kriterlere uyan tanelerden otojen öğütme için 88, bilyalı öğütme için 95 tanede ölçüm yapılmıştır. Her iki öğütme için örnek resimler Şekil 13'de verilmiştir.

Ölçümlerden elde edilen ortalama değerlerin sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Otojen değirmende öğütülen tanelerin yassılık fonksiyonunun bilyalı değirmene göre daha az, eksensel eşitlik ile göreceli genişliğin daha fazla olması otojen değirmenin daha yuvarlak taneler ürettiğini göstermektedir. Bunun yanında otojen değirmende öğütülen tanelerin yüzeyi daha pürüzsüz, yassılık oranı da daha azdır.

- 0.104 + 0.074 mm fraksiyonu

Bu fraksiyonda otojen değirmen için 88, bilyalı değirmen için 83 tane ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. Her iki öğütme için örnek resimler Şekil 14'de gösterilmiştir.

Tablo 2'den görüldüğü gibi otojen değirmende öğütülen taneler daha yuvarlak ve yassılık oranı daha azdır. Bilyalı değirmende öğütülen taneler çok daha pürüzlü yüzeye sahiptir.

- 0.074 + 0.053 mm fraksiyonu

Bu fraksiyonda otojen değirmen için 91, bilyalı değirmen için 118 tane ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 3'de verilmiştir. Her iki öğütme için örnek resimler Şekil 15'de gösterilmiştir.

Tablo 3'deki sonuçlar otojen değirmende öğütülen tanelerin daha yuvarlak, bilyalı değirmende öğütülen tanelerin yüzeyinin biraz daha pürüzlü olduğunu göstermektedir.

- 0.053 + 0.044 mm fraksiyonu

Bu fraksiyonda otojen değirmen için 97, bilyalı değirmen için 95 tane ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 4'de verilmiştir. Her iki öğütme için örnek resimler Şekil 16'da gösterilmiştir.

Tablo 4'deki sonuçlar bu fraksiyonda da otojen değirmende öğütülen tanelerin daha yuvarlak, yüzeylerinin de daha pürüzsüz olduğunu göstermektedir.

Tablo 1 : - 0.147+ 0.104 mm Fraksiyonu için Hesaplanan Şekil ve Morfolojik Fonksiyonlar

	2a (μm)	2b (μm)	A (μm^2)	P (μm)	Yassılık $\frac{1}{P^2/A} \times \frac{1}{4\pi}$	Eksensel Eşitlik $A/L^2 \times \frac{4}{\pi}$	Yassılık Oranı * $P_1^2/A_1 / P_2^2/A_2$	Göreceli Pürüzlülük P_1/P_2
Otojen Değirmen	143.525	113.066	12745.271	404.47696	1.02148	0.788	0.992	0.971
Bilyalı Değirmen	150.06673	113.71132	13402.258	416.31872	1.02912	0.758		

Tablo 2 : - 0.104 + 0.074 mm Fraksiyonu için Hesaplanan Şekil ve Morfolojik Fonksiyonlar

	2a (μm)	2b (μm)	A (μm^2)	P (μm)	Yassılık $\frac{1}{P^2/A} \times \frac{1}{4\pi}$	Eksensel Eşitlik $A/L^2 \times \frac{4}{\pi}$	Yassılık Oranı * $P_1^2/A_1 / P_2^2/A_2$	Göreceli Pürüzlülük P_1/P_2
Otojen Değirmen	100.407	73.626	5806.107	274.998	1.03650	0.733	0.995	0.862
Bilyalı Değirmen	117.295	84.320	7767.834	318.828	1.04135	0.719		

* 1 Otojen Değirmen Sistemini, 2 Bilyalı Değirmen Sistemini temsil etmektedir.

A

Tablo 3 : - 0.074 + 0.053 mm Fraksiyonu için Hesaplanan Şekil ve Morfolojik Fonksiyonlar.

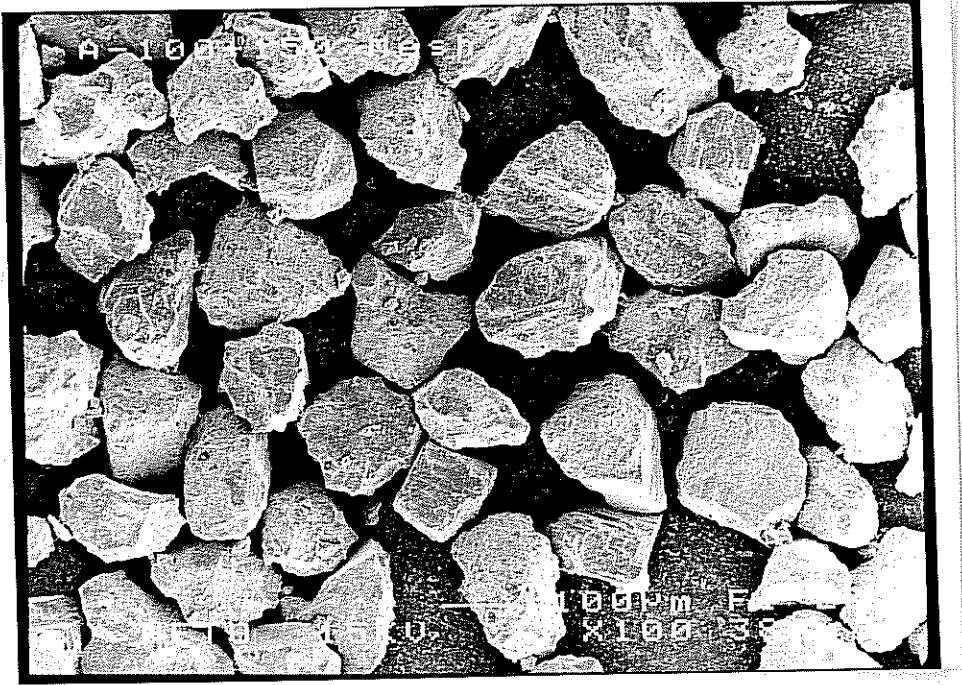
	2a (μm)	2b (μm)	A (μm^2)	P (μm)	Yassılık $P^2/A \times \frac{1}{4\pi}$	Eksensel Eşitlik $AL^2 \times \frac{4}{\pi}$	Yassılık Oranı * $P_1^2/A_1 / P_2^2/A_2$	Göreceli Pürüzlülük P_1/P_2
Otojen Değirmen	67.549	49.892	2646.913	185.524	1.03475	0.739	0.997	0.952
Bilyalı Değirmen	71.262	52.077	2914.70	194.919	1.03729	0.731		

Tablo 4 : - 0.053 + 0.044 mm Fraksiyonu için Hesaplanan Şekil ve Morfolojik Fonksiyonlar.

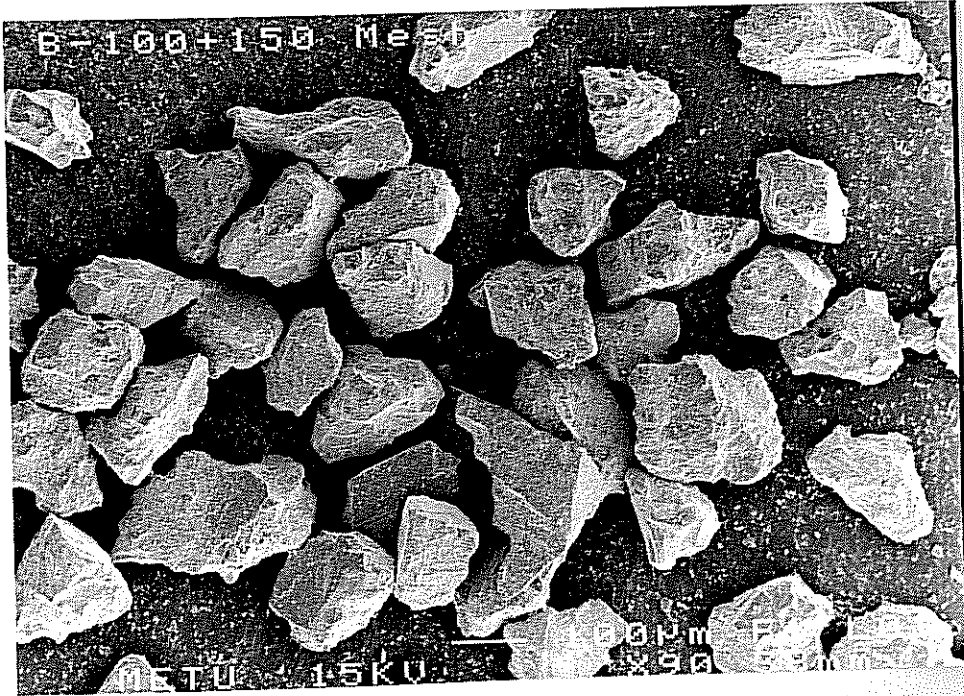
	2a (μm)	2b (μm)	A (μm^2)	P (μm)	Yassılık $P^2/A \times \frac{1}{4\pi}$	Eksensel Eşitlik $AL^2 \times \frac{4}{\pi}$	Yassılık Oranı * $P_1^2/A_1 / P_2^2/A_2$	Göreceli Pürüzlülük P_1/P_2
Otojen Değirmen	50.344	37.793	1494.338	139.151	1.03109	0.751	0.975	0.90
Bilyalı Değirmen	58.125	39.423	1799.710	154.649	1.05751	0.678		

* 1 Otojen Değirmen Sistemini, 2 Bilyalı Değirmen Sistemini temsil etmektedir.

a)

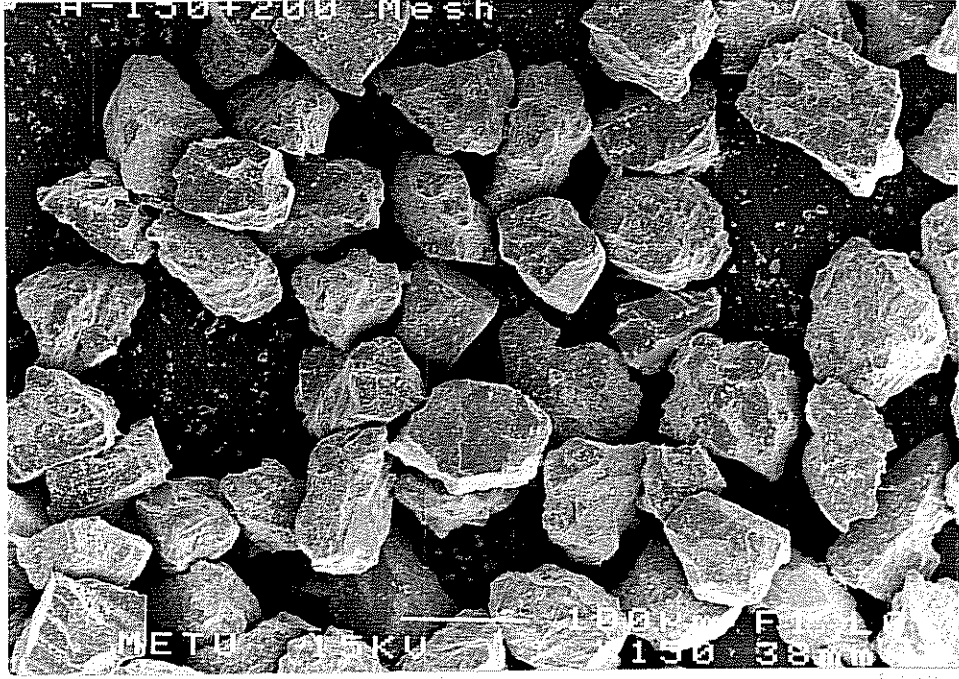


b)

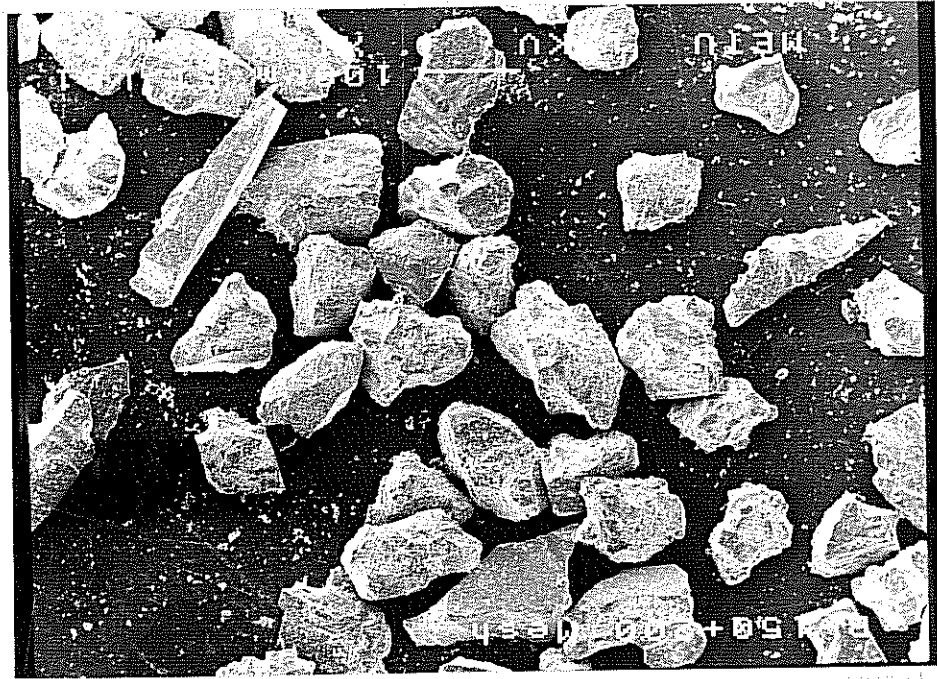


Şekil 13. a) Otojen,
b) Bilyalı değirmende öğütülen numunelerin - 0.147 + 0.104 mm
fraksiyonu
(Büyütme: a)x100, b)x90)

a)



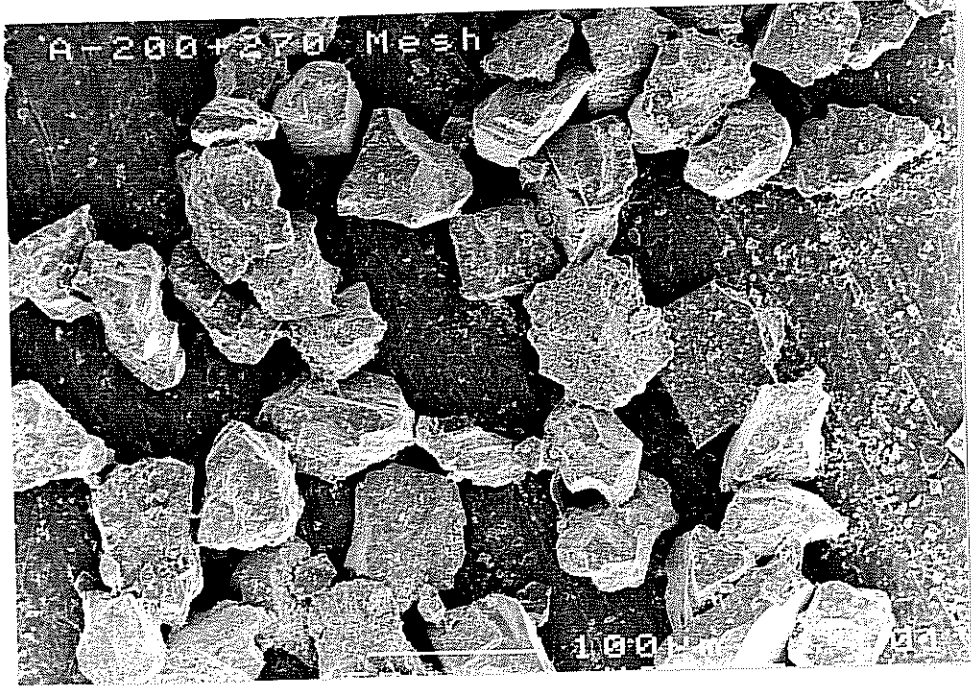
b)



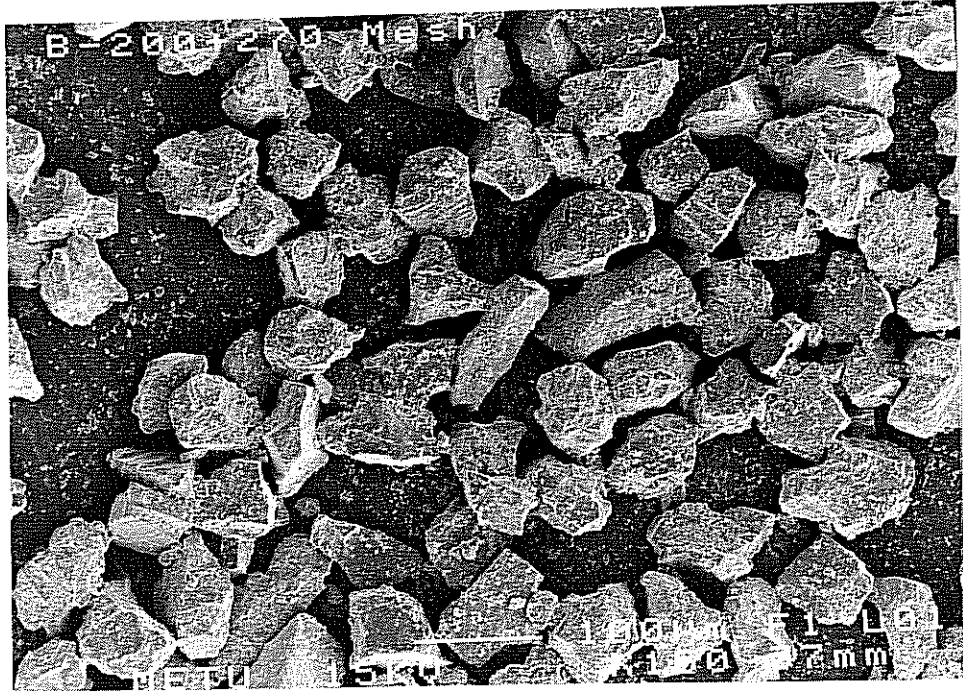
Şekil 14.

- a) Otojen
b) Bilyalı Değirmende Öğütülen Numunelerin $-0.104 + 0.074$ mm Fraksiyonu
(Büyütme : a)x150, b)x100)

a)

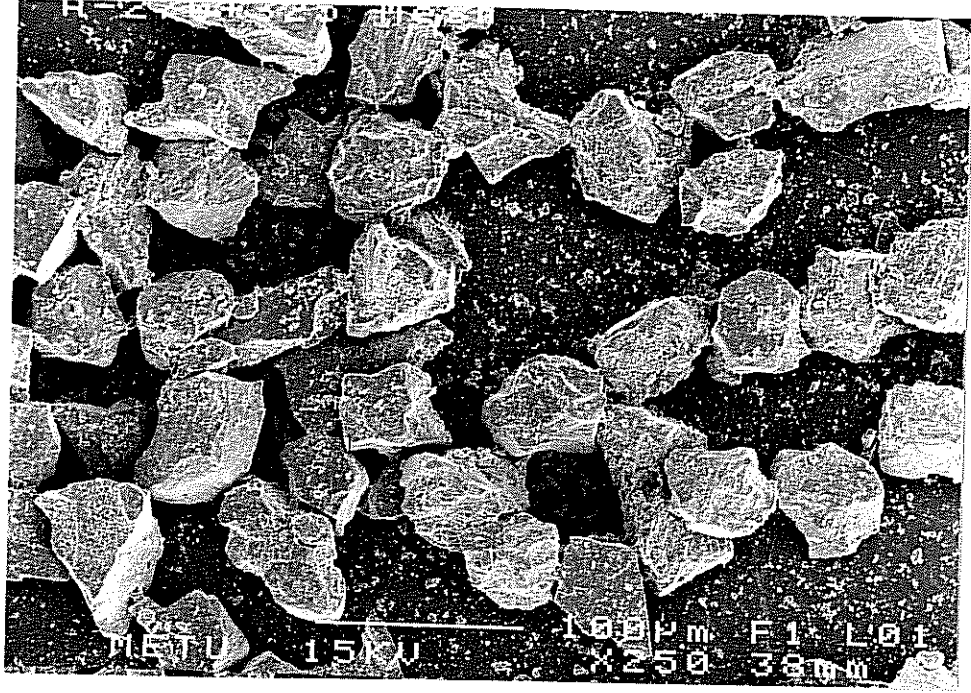


b)

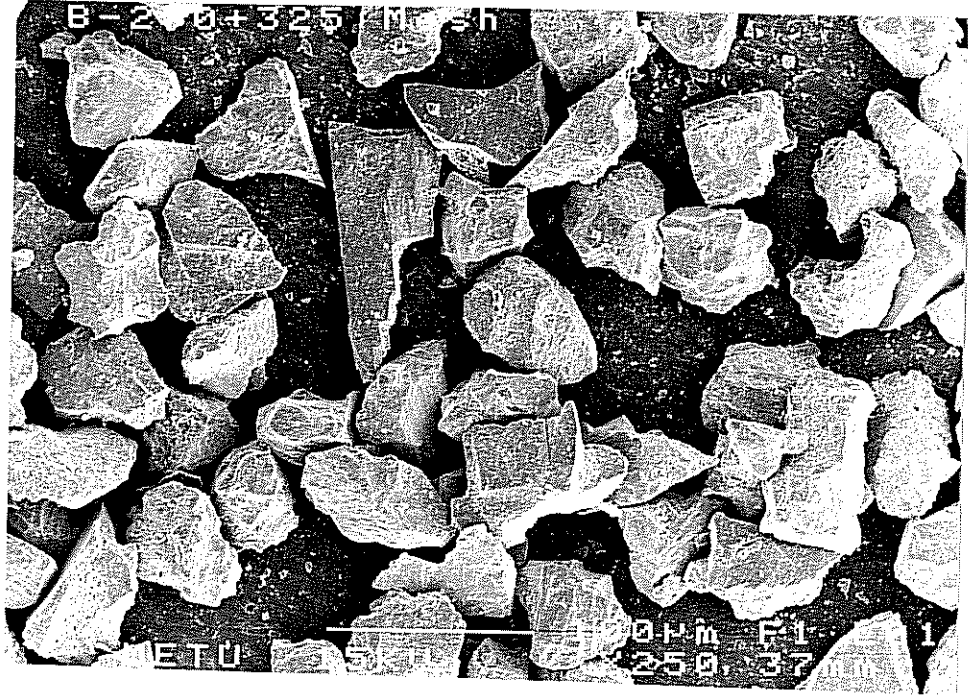


Şekil 15. a) Otojen,
b) Bilyalı değirmende öğütülen numunelerin - 0.074 + 0.053 mm fraksiyonu
(Büyütme a) x 200, b) x 150)

a)



b)



Şekil 16. a) Otojen,
b) Bilyalı Değirmende Öğütülen Numunelerin - 0.053 + 0.044 mm
Fraksiyonu
(Büyütme : x 250)

4.2.2. Morfolojik Özelliklerin Üç Boyutlu Ölçüm Sonuçları

4.2.2.1. Yüzey Pürüzlülüğü

Otojen ve bilyalı değirmende öğütülüp - 0.147 + 0.104 mm, - 0.104 + 0.074 mm, - 0.074 + 0.053 mm ve - 0.053 + 0.044 mm olmak üzere dört ayrı fraksiyona elenen barit numunelerinin yüzey alanı ölçümleri Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5 : Otojen ve Bilyalı Değirmenlerde Öğütülen Barit Numunelerinin Yüzey Alanları (A_s Değeri)

Elek Açıklığı (mm)	Yüzey Alanı, cm^2/gr (Otojen öğütme)	Yüzey Alanı, cm^2/gr (Bilyalı öğütme)
- 0.147 + 0.104	16200	17000
- 0.104 + 0.074	16450	18850
- 0.074 + 0.053	20200	24750
- 0.053 + 0.044	26200	26400

Yüzey pürüzlülüğünün bulunması için (19) No.lu denklem kullanılarak elde edilen A (cm^2/cm^3) değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6 : Otojen ve Bilyalı Değirmende Öğütülen Barit Numunelerinin Birim Hacimdeki Yüzey Alanları (A değerleri).

Elek Açıklığı (mm)	Yüzey Alanı, cm^2/cm^3 (Otojen öğütme)	Yüzey Alanı, cm^2/cm^3 (Bilyalı öğütme)
- 0.147 + 0.104	75654	79390
- 0.104 + 0.074	76821.5	88029.5
- 0.074 + 0.053	94334	115582.5
- 0.053 + 0.044	122354	123288

Küre şeklindeki ideal tanelerin birim hacimdeki yüzey alanlarını bulmak için tane çapı olarak her elek açıklığının orta noktası alınmıştır. (16) no.lu denkleme göre yapılan hesaplamalar Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7 : Küre Şeklindeki İdeal Tanelerin Birim Hacimdeki Yüzey Alanları (a değerleri)

Tane Boyu (mm)	Yüzey Alanı cm ² /cm ³
0.1255	478.09
0.089	674.16
0.0635	944.88
0.0485	1237.11

Tablo 6 ve 7'deki sonuçlardan (12) no.lu denkleme göre hesaplanan yüzey pürüzlülükleri Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8 : Otojen ve Bilyalı Değirmende Öğütülen Barit Numunelerinin Yüzey Pürüzlülükleri

Elek Açıklığı (mm)	Yüzey Pürüzlülüğü (Otojen Öğütme)	Yüzey Pürüzlülüğü (Bilyalı Öğütme)
- 0.147 + 0.104	158.24	166.06
- 0.104 + 0.074	113.95	130.58
- 0.074 + 0.053	99.84	122.32
- 0.053 + 0.044	98.90	99.66

Tablo 8'den tane boyu azaldıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı görülmektedir. Her fraksiyonda bilyalı değirmende öğütülen numune daha fazla yüzey pürüzlülüğüne sahiptir.

4.2.2.2. Keskinlik

Referans numune olarak kullanılan cam küreciklerle aynı hacimde olması için barit numunesiyle yapılan ölçümlerde sırasıyla 4, 7, 10 ve 13 gr numune kullanılmıştır. Bu numunelerin hacimsel değerleri Tablo 9'da verilmiştir.

Permaranda yapılan keskinlik deneylerinden elde edilen direnç değerleri Tablo 9 ve Şekil 17-20 de gösterilmiştir.

Permaran sonuçları referans numunesinin diğer iki numuneye göre daha az direnç gösterdiğini ortaya koymaktadır ki bu da geliştirilen üç boyutlu keskinlik ölçümü yönteminin geçerliliğini göstermektedir.

Keskinliğin tesbit edilmesi için numunelerin her fraksiyonunun hacim bazında dirençlerinin bulunup ortalamasının alınması gerekir. Örneğin, referans numunesinin -0.147+0.104 mm fraksiyonu için direnç (cm^{-3}) değeri,

$$\frac{\frac{1.60}{0.86} + \frac{2.00}{1.50} + \frac{2.30}{2.14} + \frac{2.50}{2.78}}{4} = 1.29 \text{ cm}^{-3}$$

Buna göre her fraksiyon için hesaplanan direnç değerleri Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 9 : Referans Numune ile Otojen ve Bilyalı Değirmende Öğütülen Barit Numunelerinin Hava Akış Direnç Değerleri

Elek Açıklığı (mm)	Hacim (cm ³)	Direnç		
		Referans Numune	Otojen Değirmen Numunesi	Bilyalı Değirmen Numunesi
-0.147+0.104	0.86	1.60	1.98	2.02
	1.50	2.00	2.64	2.67
	2.14	2.30	2.97	3.21
	2.78	2.50	3.30	3.56
-0.104+0.074	0.86	2.00	2.38	2.68
	1.50	2.40	3.29	3.84
	2.14	2.80	4.14	4.27
	2.78	3.20	4.71	5.00
-0.074+0.053	0.86	2.40	3.15	3.57
	1.50	3.00	4.16	5.10
	2.14	3.55	4.62	5.74
	2.78	4.00	6.19	6.95
-0.053+0.044	0.86	2.80	3.55	4.40
	1.50	3.65	5.32	5.67
	2.14	4.40	6.15	6.74
	2.78	4.95	8.04	8.94

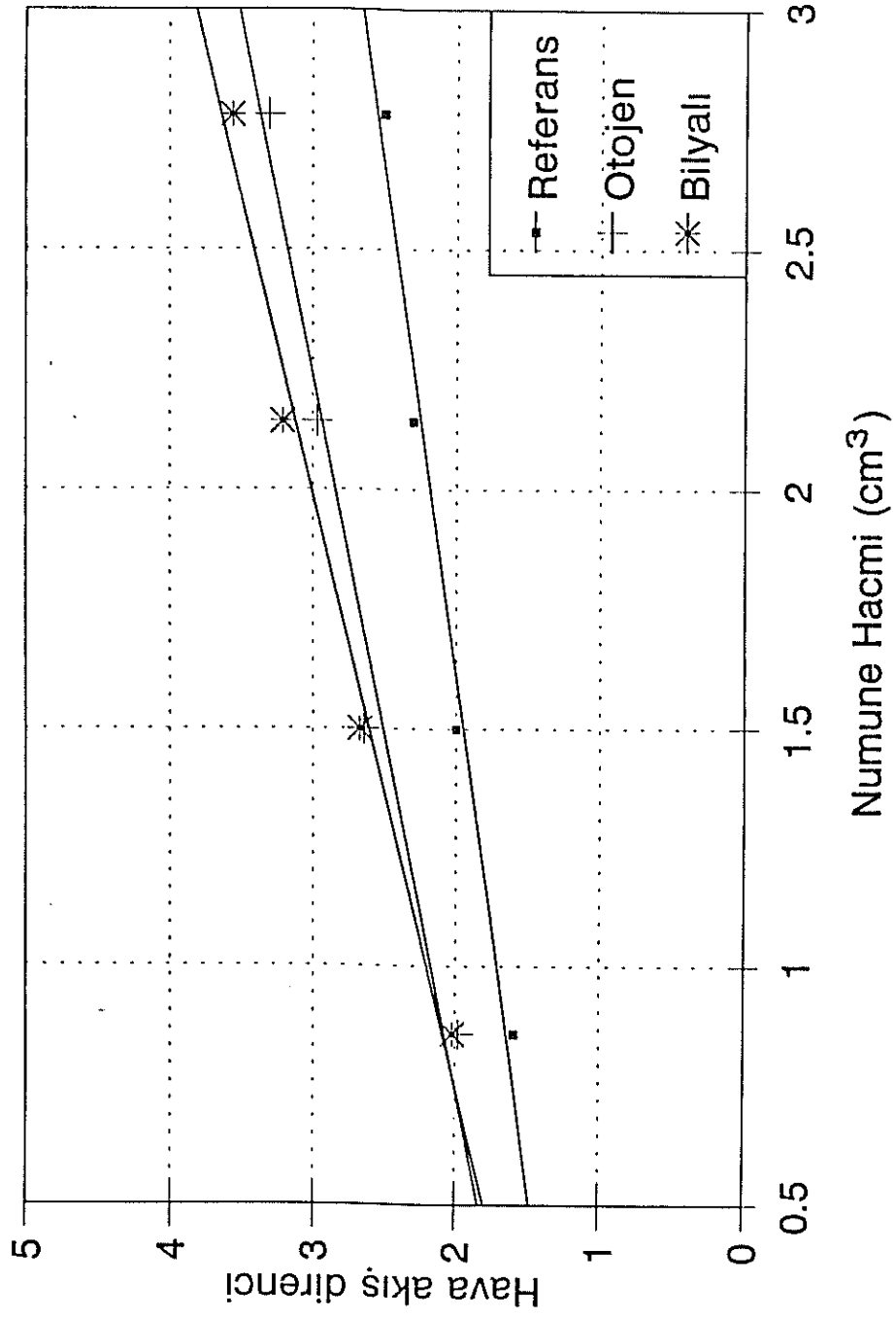
Tablo 10 : Barit Numunelerinin her Fraksiyonu için Hesaplanan Direnç Değerleri

Elek Açıklığı (mm)	Direnç (cm ⁻³) (Referans Numune)	Direnç (cm ⁻³) (Otojen Öğütme Numunesi)	Direnç (cm ⁻³) (Bilyalı Öğütme Numunesi)
- 0.147 + 0.104	1.29	1.66	1.73
- 0.104 + 0.074	1.60	2.15	2.37
- 0.074 + 0.053	1.97	2.71	3.18
- 0.053 + 0.044	2.38	3.36	3.82

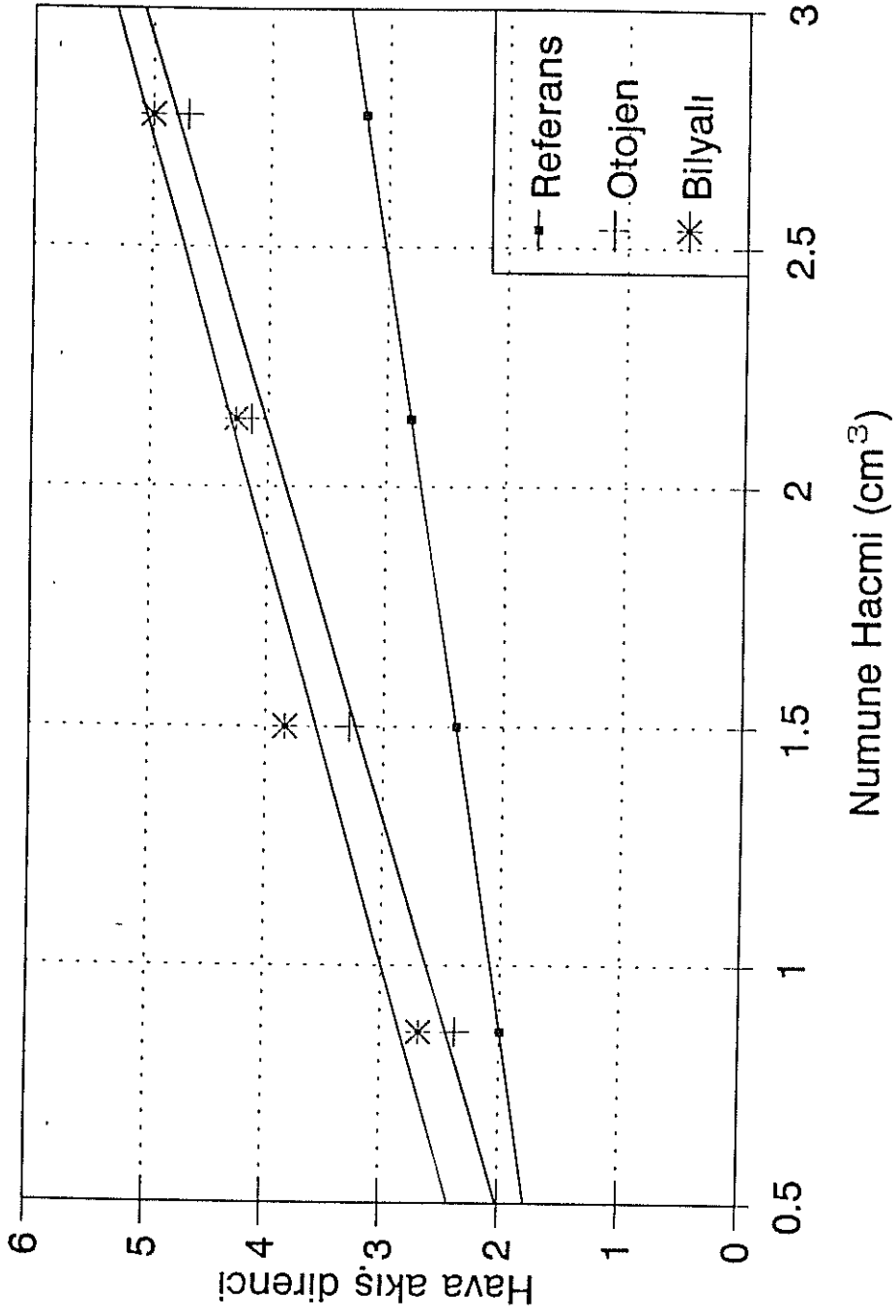
Tane boyu inceldikçe numunenin geçirgenliğinin azalıp, hava akışına direncinin artması beklenir. Nitekim Tablo 10'daki sonuçlar da bunu göstermekte, üç numune için de ince tane boylarına gidildikçe direnç artmaktadır.

Tablo 10'daki sonuçlar kullanılarak otojen ve bilyalı değirmende öğütülen numunelerin her fraksiyonu için keskinlik derecesi hesaplanabilir. Bir fraksiyondaki numunenin hava akış direncinin o fraksiyondaki referans numunenin hava akış direncine oranı keskinlik derecesini verir. Bu tanıma göre referans numunenin keskinlik derecesi 1.0 olmakta, öğütülen numunenin keskinliği arttıkça değerinde artmaktadır.

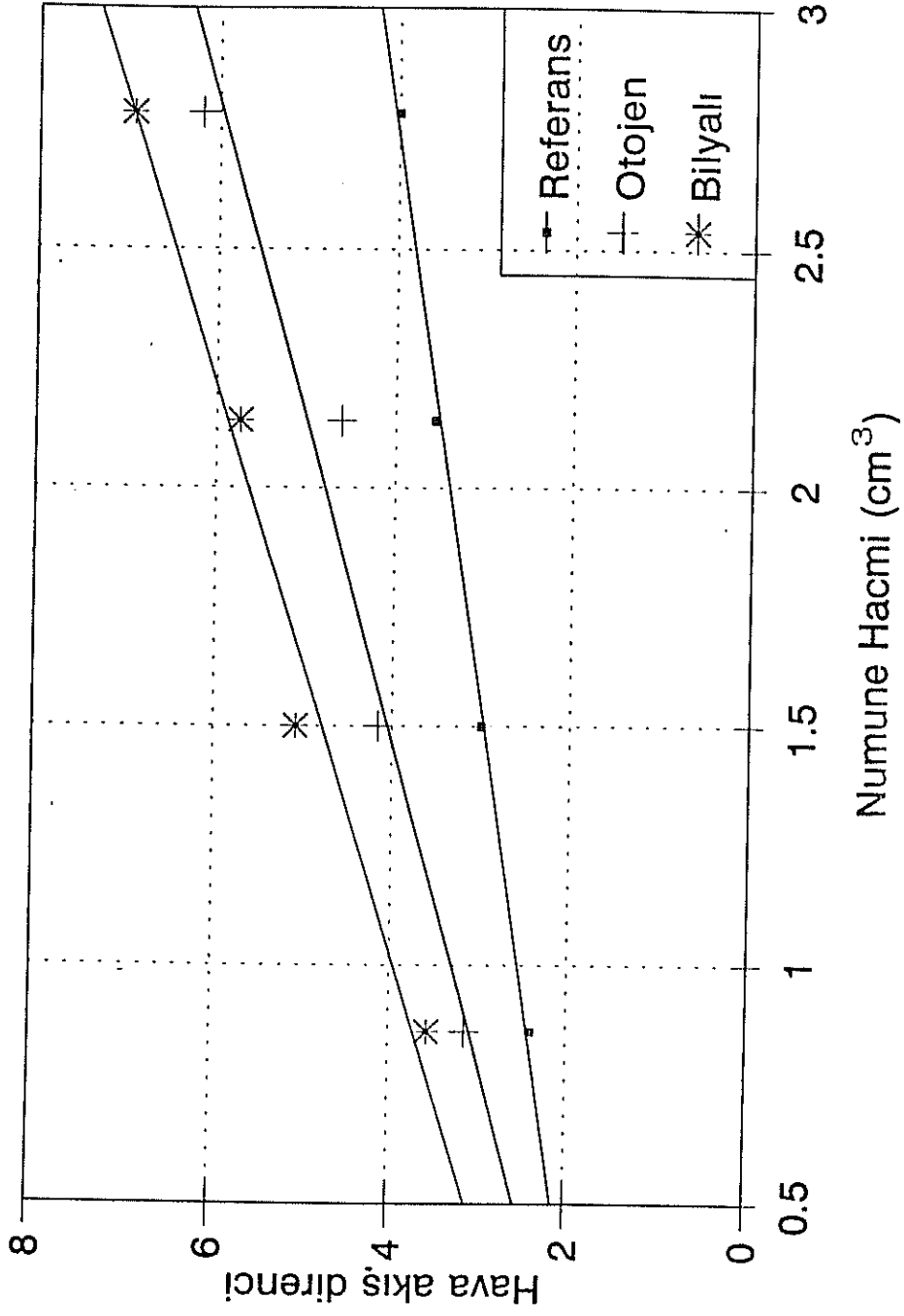
$$\text{Keskinlik Derecesi} = \frac{\text{Öğütülen Numunenin Direnci (cm}^{-3}\text{)}}{\text{Referans Numunenin Direnci (cm}^{-3}\text{)}} \dots\dots\dots (20)$$



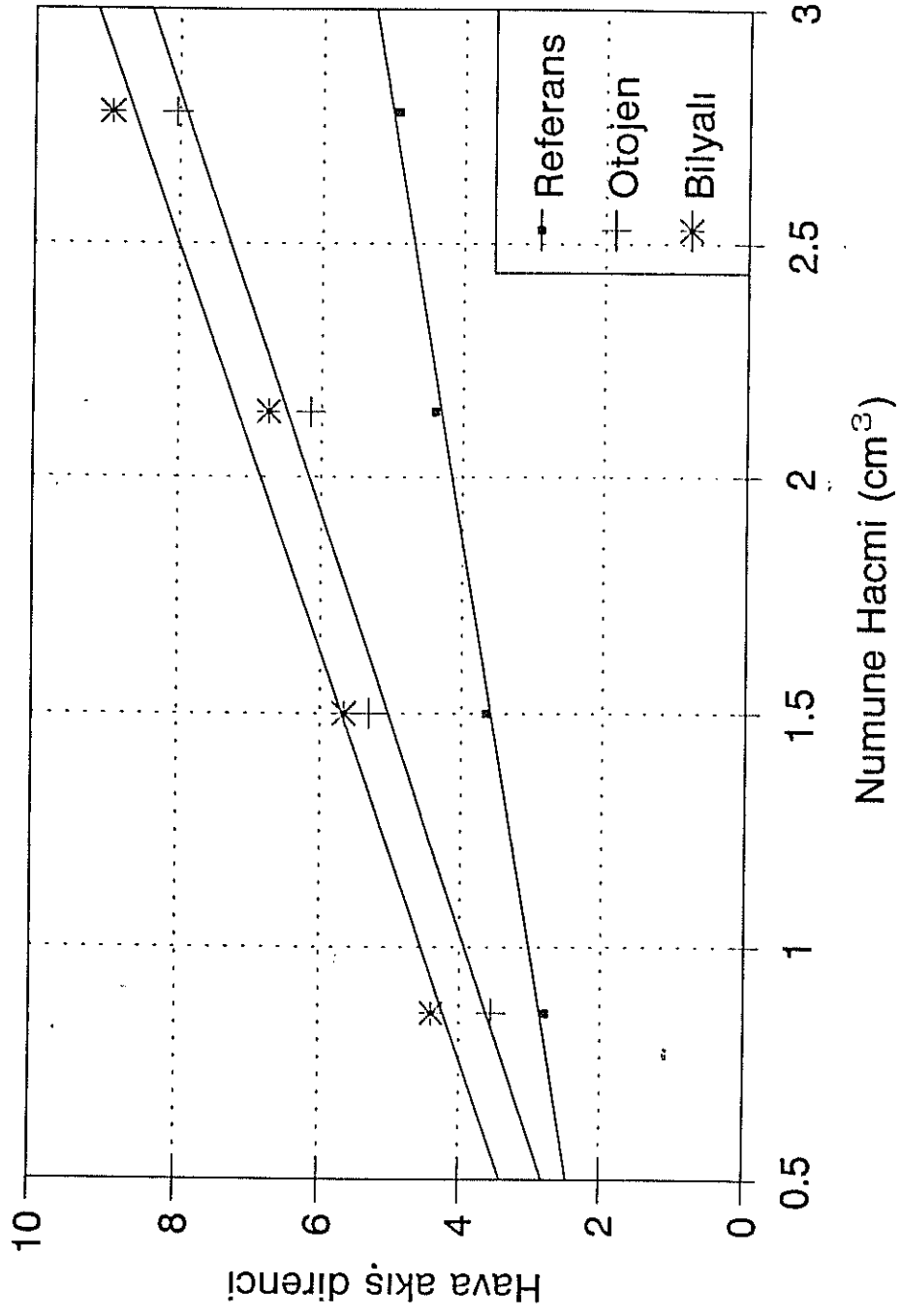
Şekil 17. Permaran'da ölçülen hava akış direncinin $-0.147 + 0.104 \text{ mm}$ boyutundaki barit numunesinin hacmi ile değişimi.



Şekil 18. Permaran'da ölçülen hava akış direncinin $-0.104+0.074$ mm boyutundaki barit numunesinin hacmi ile değişimi.



Şekil 19. Permaran'da ölçülen hava akış direncinin $-0.074 + 0.053 \text{ mm}$ boyutundaki barit numunesinin hacmi ile değişimi.



Şekil 20. Permaran'da ölçülen hava akış direncinin $-0.053+0.044$ mm boyutundaki barit numunesinin hacmi ile değişimi.

(20) no.lu denkleme göre hesaplanan keskinlik dereceleri Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11: Otojen ve Bilyalı Değirmende Öğütülen Barit Numunelerinin Keskinlik Dereceleri

<i>Elek Açıklığı (mm)</i>	<i>Keskinlik Derecesi (Otojen)</i>	<i>Keskinlik Derecesi (Bilyalı)</i>
- 0.147 + 0.104	1.29	1.34
- 0.104 + 0.074	1.34	1.48
- 0.074 + 0.053	1.38	1.61
- 0.053 + 0.044	1.41	1.61

Tablo 11'deki değerler tanelerin o fraksiyonda ne kadar keskin olduklarını göstermektedir. Örneğin, otojen değirmende öğütülmüş -0.104+0.074 mm fraksiyonundaki tanelerin keskinliği 1.34 iken bilyalı değirmende öğütülmüş tanelerin keskinliği 1.48'dir; yani ikinci numunenin taneleri daha keskin, daha köşelidir.

Her iki numunede de tane boyu küçüldükçe keskinlik artmaktadır. Yalnız, bilyalı değirmen numunesinin -0.053+0.044 mm fraksiyonundaki keskinlik bir üst fraksiyondaki keskinlik ile aynıdır.

4.2.3. Flotasyon Sonuçları

Otojen ve bilyalı değirmenlerde öğütülen barit numunelerinin (-0.147+0.104 mm, -0.104+0.074 mm, -0.074+0.053 mm ve -0.053+0.044 mm fraksiyonları) flotasyonu kollektör olarak bir saksinimat olan A845 (Cyanamid) den 66 g/ton kullanılarak pH=10.5 da ve 5 dakikalık bir zaman aralığında yapılmıştır. Deneylerde 1 gr numune

kullanılmıştır. Sonuçların tekrarlanabilir olduğunun görülmesi için her fraksiyon boyutunda 4 ayrı deney yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 12'de gösterilmiştir.

Tablo 12. Halimond Tüpü ile Yapılan Barit Flotasyonu Deneylerinin Sonuçları

<i>Elek Açıklığı (mm)</i>	<i>% Ağırlıkça Randıman</i>			
	<i>Otojen Öğütme</i>		<i>Bilyalı Öğütme</i>	
		<i>Ortalama</i>		<i>Ortalama</i>
-0.147+0.104	94.66	91.81	87.83	84.405
	93.28		89.79	
	95.30		82.0	
	84.0		78.0	
-0.104+0.074	96.64	95.815	95.36	93.64
	97.29		93.87	
	95.33		94.0	
	94.0		91.33	
-0.074+0.053	97.33	96.97	97.33	94.955
	96.52		95.86	
	97.97		95.30	
	96.06		91.33	
-0.053+0.044	96.0	95.96	93.19	94.105
	97.18		96.57	
	95.33		95.33	
	95.33		91.33	

4.3. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Karışıklığa yol açmamak için tanelerin şekilsel ve morfolojik özellikleri üzerine yapılan iki ve üç boyutlu çalışmaların sonuçlarının öğütme sistemleri açısından değerlendirilmesi ve flotasyon sonuçlarıyla karşılaştırılması ayrı ayrı ele alınmıştır.

4.3.1. İki Boyutlu Ölçümler

Yassılık fonksiyonu için minimum olan daire değeri eksensel eşitlilik için maksimumdur. Buna göre bu iki fonksiyon ters orantılıdır. Otojen veya bilyalı öğütme sisteminde bir fraksiyondaki yassılık diğer bir fraksiyonun yassılık değerine göre artıyorsa ilk fraksiyonun eksensel eşitliliğinin ikinci fraksiyonunkine göre azalıyor olması gerekir. Ölçüm sonuçlarına bakıldığında bu durum görülmektedir. Örneğin, otojen öğütme için $-0.147+0.104$ mm fraksiyonunda 12.836 olan yassılık artarak $-0.104+0.074$ mm fraksiyonunda 13.025 olmuştur. Buna uygun olarak ilk fraksiyonda 0.619 olan eksensel eşitlilik azalarak ikinci fraksiyonda 0.576 olmuştur.

Hem otojen hem de bilyalı öğütme için en yuvarlak olan taneler $-0.147+0.104$ mm fraksiyonunda elde edilmiştir. Buna bağlı olarak en yüksek göreceli genişlik değerleri de bu fraksiyonda bulunmuştur.

Bütün fraksiyonlarda yassılık oranlarının 1.0'den küçük olması da otojen öğütmenin bilyalı öğütmeye göre daha yuvarlak tane ürettiğini göstermektedir.

Sonuçlar pürüzlülük açısından incelendiğinde her fraksiyonda bilyalı değirmende öğütülen tanelerin yüzey pürüzlülüğünün daha fazla olduğu görülür.

İki boyutlu mikroskobik ölçümler, otojen öğütmenin bilyalı öğütmeye göre daha yuvarlak ve yüzeyi daha pürüzsüz taneler ürettiğini göstermektedir.

4.3.2. Üç Boyutlu Ölçümler

Barit numunesiyle yapılan üç boyutlu pürüzlülük ölçüm sonuçları her iki öğütme sistemi için de tanelerin yüzey pürüzlülüğünün ideal pürüzsüz yüzeyli kürelere göre en az 90 kat daha pürüzlü olduğunu göstermektedir. Buna karşın her fraksiyonda otojen öğütülen tanelerin yüzey pürüzlülüğü bilyalıya göre daha azdır. Bu açıdan iki ve üç boyutlu ölçüm sonuçları birbirine uymaktadır.

Her iki öğütme sisteminde de en pürüzlü yüzeyler en iri fraksiyonda olup tane boyu incelidikçe pürüzlülük azalmaktadır.

Sonuçlar tanelerin keskinliği açısından incelendiğinde ince boyuta gidildikçe keskinlik derecelerinin arttığı görülmektedir. Bütün fraksiyonlar için otojen değirmende öğütülen tanelerin keskinlikleri bilyalı değirmen tanelerine göre daha azdır. Bu açıdan iki ve üç boyutlu ölçüm sonuçları birbirine uymaktadır.

4.3.3. Flotasyon

Flotasyon sonuçları bu şartlardaki öğütme sistemlerinin karşılaştırılması açısından değerlendirildiğinde otojen öğütmenin her fraksiyon için daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

Pürüzlülüğü her fraksiyonda az olan otojen öğütmenin daha iyi flotasyon randımanı vermesi pürüzlülüğün flotasyonu olumsuz etkilediğini göstermektedir. Benzer şekilde bilyalı değirmende öğütülen tanelerin keskinlikleri daha fazladır. Bu da pürüzlülüğün yanısıra keskinliğin de flotasyonu olumsuz etkilediğinin göstergesidir.

İki boyutlu ölçümlerle bulunan şekilsel özellikler gözönüne alındığında ise otojen öğütülen tanelerin daha yuvarlak ve eksensel eşitliliğinin daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuçta bize eksensel eşitliliğin yüksek olmasının flotasyona olumlu etkisi olduğunu göstermektedir.

5. PİRİT NUMUNESİ İLE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu araştırmada kullanılmak üzere Etibank Küre Bakırlı Pirit İşletmesinden piritçe zengin 300 kg civarında tüvenan cevher numunesi ODTÜ Maden Mühendisliğine getirilmiştir. Mineralojik analiz için özellikle gang'ın fazla olduğu el numuneleri seçilmiş ve analizlerde kullanılacak parlak kesitlerin piritçe en fakir zonlardan yapılması istenmiştir. MTA'da yaptırılan mineralojik analizler bu numunelerin dahi % 75 pirit içerdiğini göstermiştir (Ek D). Alınan temsili numunelerle yapılan kimyasal analiz sonuçları pirit içeriğinin % 96.89 olduğunu göstermiştir.

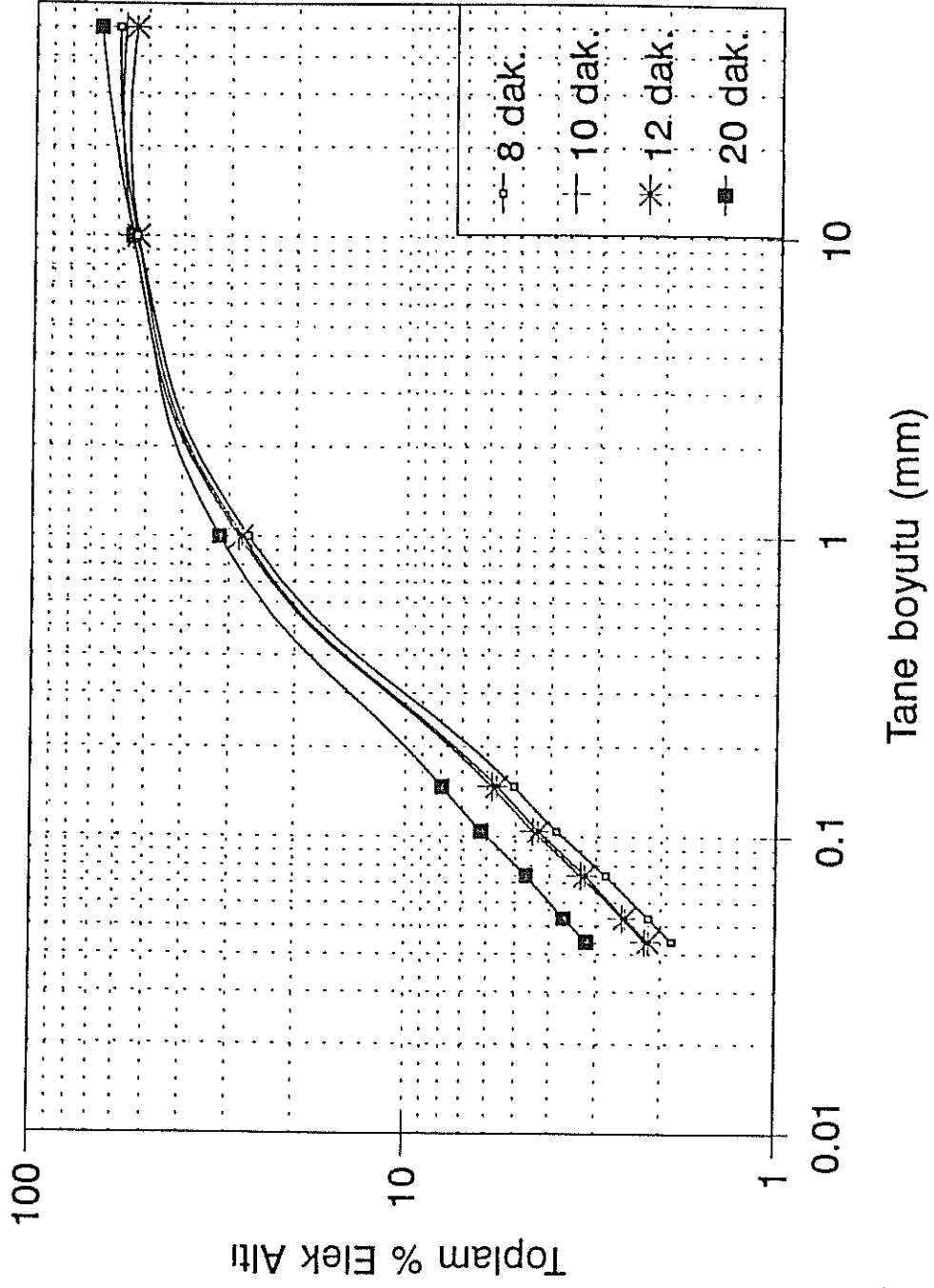
5.1. ÖĞÜTME DENEYLERİ

5.1.1. Otojen Değirmen Çalışmaları

Pirit numunesinin 8, 10, 12 ve 20 dakika öğütülmesi sonucunda elde edilen ürünlerin tane boyu dağılımı Şekil 21'de (Tablolar Ek E'de) görülmektedir.

-0.147+0.104 mm, -0.104+0.074 mm, -0.074+0.053 mm ve -0.053+0.044 mm fraksiyonlarında yapılacak olan BET birim yüzey alanı ölçümleri ve flotasyon deneyleri ile tarama elektron mikroskopuyla yapılacak olan şekil ve morfolojik çalışmalarda gerekli olan numune gözönüne alındığında 20 dakika öğütmenin yeterli olduğu düşünülmüştür.

Öğütme zamanının tesbitinden sonra bu şartlarda yapılacak öğütmelerin tekrarlanabilirliği kontrol edilmiş ve Şekil 22'den görüldüğü gibi yapılan öğütmelerde elde edilen ürünlerin tane boyu dağılımları birbirine çok yakın olduğu görülmüştür.



Şekil 21. Pirit numunesinin farklı otojen öğütme sürelerinde tane boyu dağılımı.

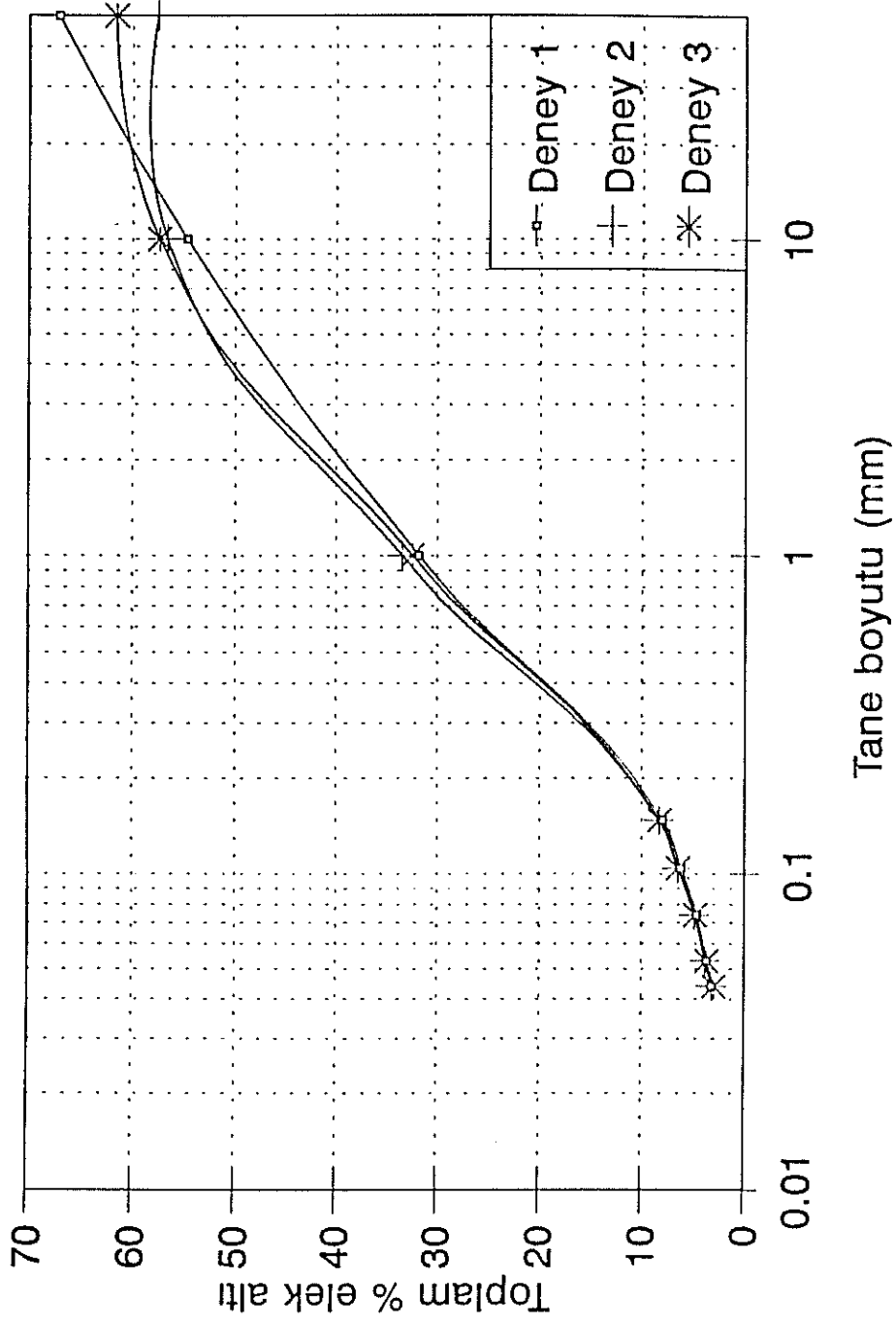
5.1.2. Bilyalı Değirmen Çalışmaları

Otojen öğütme ile elde edilen tane boyu dağılımına yakın öğütme sağlayacak bilyalı değirmen koşullarının belirlenmesi için farklı öğütme sürelerinde deneyler yapılmıştır. Deneylerde -10+1 mm fraksiyonundan 1300 gr., -1+0.147 mm fraksiyonundan 700 gr kullanılmıştır. 23 adet 25 mm çapında ve 53 adet 19 mm çapında bilya değirmene konmuştur.

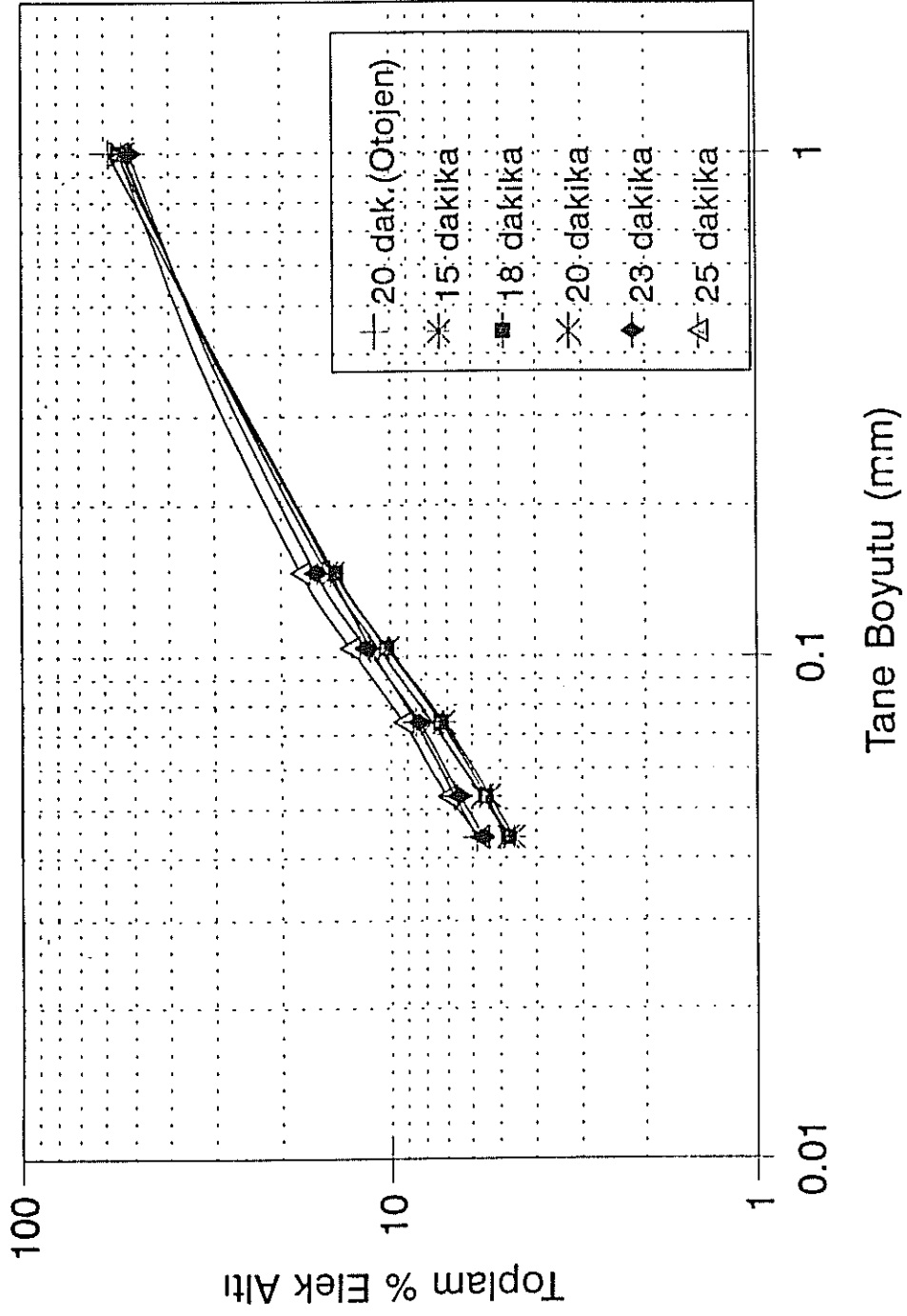
Otojen öğütmede kullanılan fakat bilyalı öğütmede kullanılmayan 10 mm den büyük numuneler gözönüne alınmadan otojen öğütmenin tane boyu dağılımı yeniden düzenlenmiştir (Ek E). Daha sonra bu tane boyu dağılımı ile bilyalı değirmen ürünün tane boyu dağılımı kıyaslanmıştır.

Bilyalı değirmen ile 15, 18, 20, 23 ve 25 dakika öğütme yapılmıştır. Şekil 23'de görüldüğü gibi (Tablolar Ek E'de) 23 dakikalık öğütme otojen öğütmeye benzer bir dağılım vermektedir.

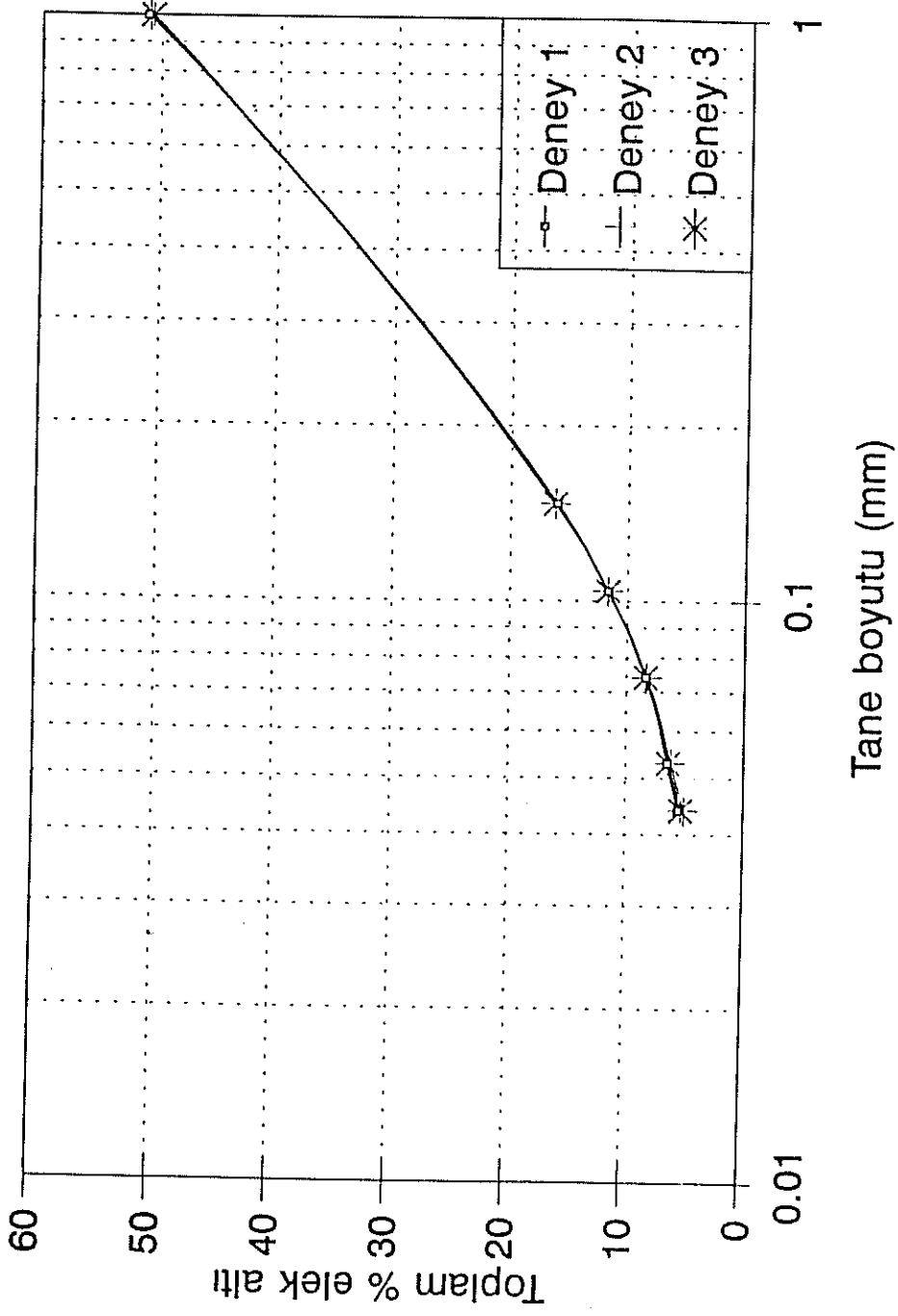
Bilyalı değirmende öğütme şartlarının tesbitinden sonra deneylerin tekrarlanabilirliği kontrol edilmiş, Şekil 24'de görüldüğü gibi tane boyu dağılımları birbirine çok yakın ürünler elde edilmiştir.



Şekil 22. Pirit numunesi ile otojen öğütme deneylerinin tekrarlanabilirliğinin kontrolü (öğütme süresi: 20 dakika)



Şekil 23. Bilyalı değirmende öğütülen piritin tane boyu dağılımının öğütme zamanı ile değişimi (besleme: %65 -10+1 mm, %35 -1+0.149 mm; ufak bilya:53, iri bilya:23).



Şekil 24. Bilyalı değirmende pirit öğütme deneylerinin tekrarlanabilirliğinin kontrolü (öğütme süresi: 23 dakika)

5.2. SONUÇLAR

5.2.1. Tanelerin Şekil ve Morfolojik Özelliklerinin İki Boyutlu Ölçüm Sonuçları

Şekil ve morfolojik özelliklerle ilgili sonuçlar her fraksiyon için ayrı ayrı verilmiş, eksenlerin ortalamaları Ek F'de gösterilmiştir.

-0.147+0.104 mm fraksiyonu

Çekilen resimlerden belirlediğimiz kriterlere uyan tanelerden otojen öğütme için 101, bilyalı öğütme için 194 tanede ölçüm yapılmıştır. Her iki öğütme için örnek resimler Şekil 25'de verilmiştir.

Ölçümlerden elde edilen sonuçlar Tablo 13'de verilmiştir.

Otojen değirmende öğütülen tanelerin yassılık fonksiyonunun bilyalı değirmene göre daha az, eksensel eşitlik ile göreceli genişliğin daha büyük olması bu tanelerin daha yuvarlak olduğunu göstermektedir. Bilyalı değirmende öğütülen taneler daha pürüzlü yüzeye sahiptir.

-0.104+0.074 mm fraksiyonu

Bu fraksiyonda otojen değirmen için 254, bilyalı değirmen için 162 tane ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 14'de verilmiştir. Her iki öğütme için örnek resimler Şekil 26'da gösterilmiştir.

Tablo 14'den görüldüğü gibi bilyalı değirmende öğütülen taneler daha yuvarlak olmasına karşın yüzey pürüzlülüğü daha fazladır.

Tablo 13 : Pirit numunesinin -0.147+0.104 mm fraksiyonu için hesaplanan şekil ve morfolojik fonksiyonlar

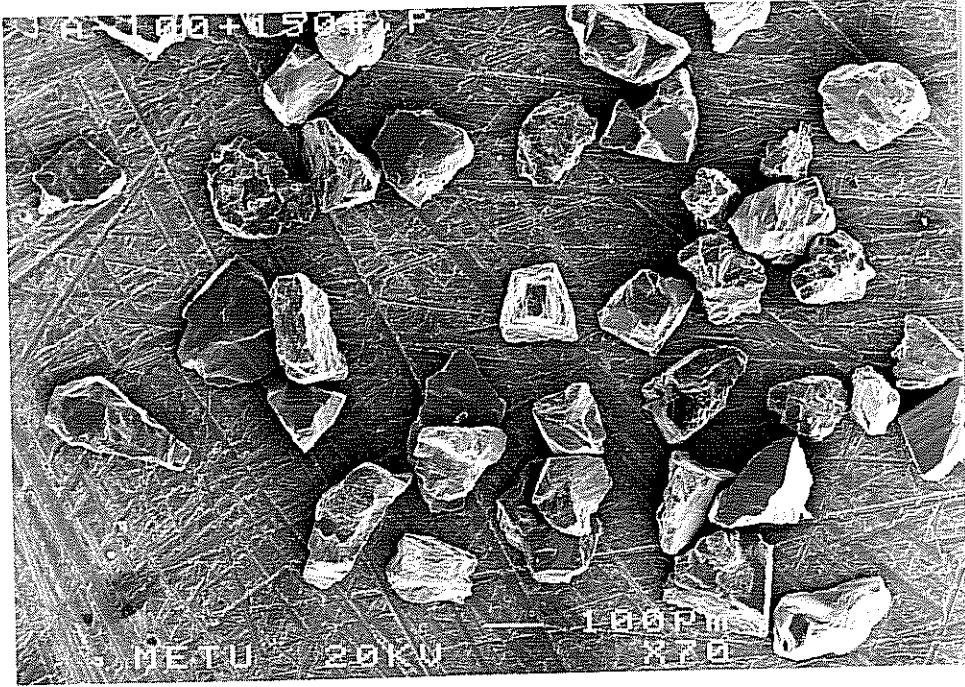
	2a (μm)	2b (μm)	A (μm^2)	P (μm)	Yassılık $\frac{1}{P^2/A} \times \frac{1}{4\pi}$	Eksensel Eşitlik $\frac{4}{AL^2} \times \frac{1}{\pi}$	Yassılık Oranı * $\frac{P_1^2/A_1}{P_2^2/A_2}$	Göreceli Pürüzlülük P ₁ /P ₂
Otojen Değirmen	143.086	108.952	12243.969	397.724	1.028	0.761	0.995	0.971
Bilyalı Değirmen	148.690	110.779	12936.749	409.758	1.033	0.745		

Tablo 14 : Pirit numunesinin -0.104+0.074 mm fraksiyonu için hesaplanan şekil ve morfolojik fonksiyonlar

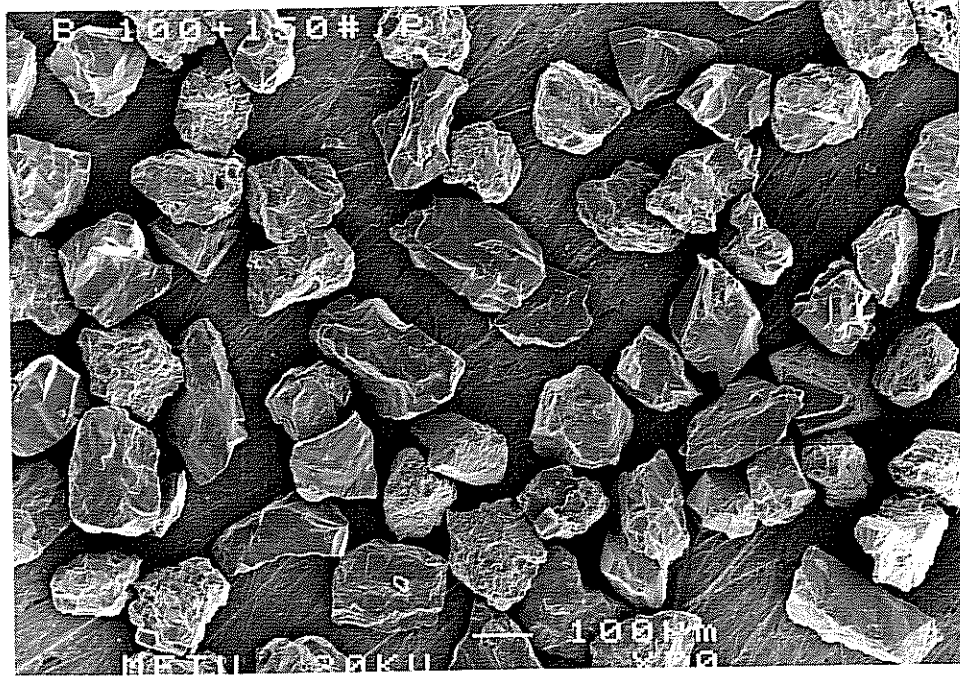
	2a (μm)	2b (μm)	A (μm^2)	P (μm)	Yassılık $\frac{1}{P^2/A} \times \frac{1}{4\pi}$	Eksensel Eşitlik $\frac{4}{AL^2} \times \frac{1}{\pi}$	Yassılık Oranı * $\frac{P_1^2/A_1}{P_2^2/A_2}$	Göreceli Pürüzlülük P ₁ /P ₂
Otojen Değirmen	96.793	68.761	5227.413	261.932	1.044	0.710	1.006	0.948
Bilyalı Değirmen	101.127	73.615	5846.731	276.193	1.038	0.728		

* 1 Otojen Değirmen Sistemini, 2 Bilyalı Değirmen Sistemini temsil etmektedir.

a)



b)

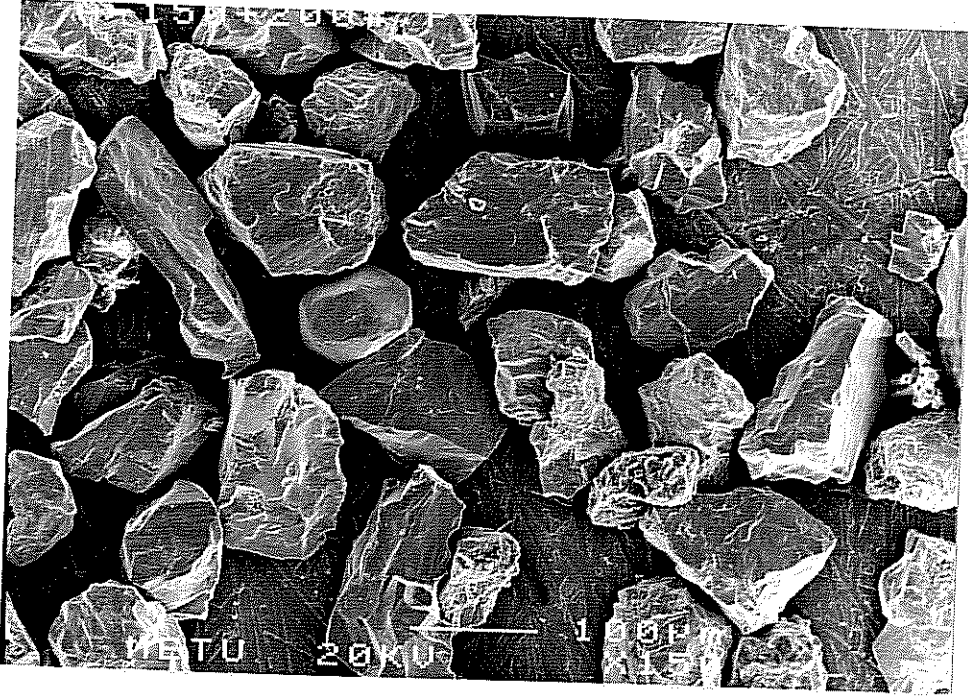


Şekil 25.

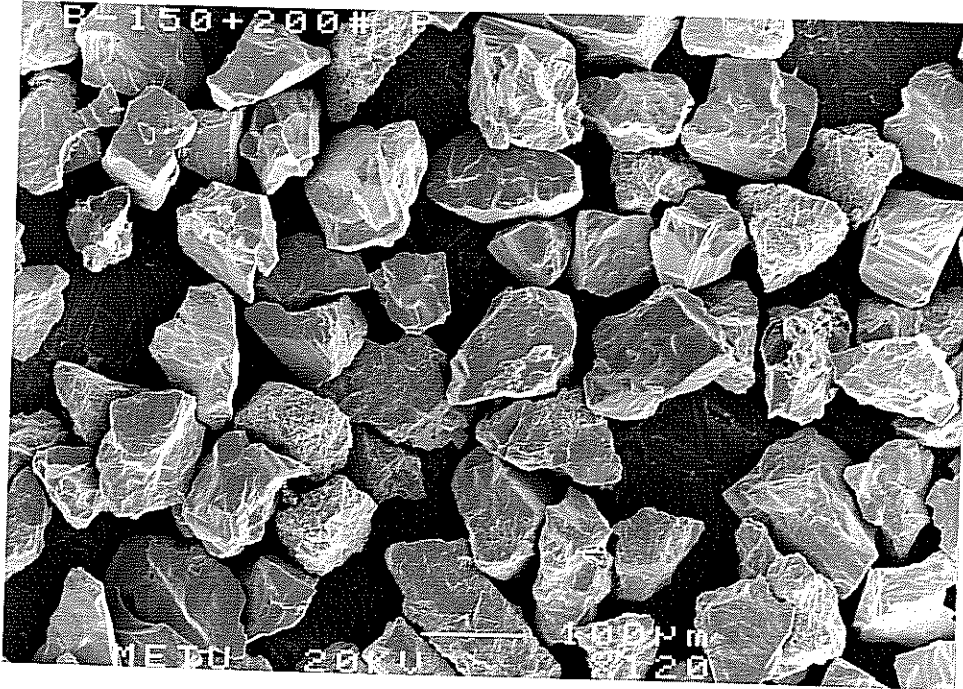
a. Otojen

b. Bilyalı değirmende öğütülen pirit numunelerinin $-0.147+0.104$ mm fraksiyonu (Büyütme:x70)

a)



b)



Şekil 26. a. Otojen

b. Bilyalı değirmende öğütülen pirit numunelerinin $-0.104+0.074$ mm fraksiyonu (Büyütme:a)x150, b)x120)

-0.074+0.053 mm fraksiyonu

Bu fraksiyonda otojen değirmen için 178, bilyalı değirmen için 109 tane ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 15'de verilmiştir. Her iki öğütme için örnek resimler Şekil 27'de gösterilmiştir. Tablo 15'deki sonuçlar şekil ve morfolojik özelliklerin birbirine çok yakın olduğunu göstermektedir. Bilyalı değirmende öğütülen taneler biraz daha yuvarlak fakat yüzeyleri daha pürüzlüdür.

-0.053+0.044 mm fraksiyonu

Bu fraksiyonda otojen değirmen için 118, bilyalı değirmen için 158 tane ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 16'da verilmiştir. Her iki öğütme için örnek resimler Şekil 28'de gösterilmiştir.

Tablo 16'daki sonuçlar bu fraksiyonda da bilyalı değirmende öğütülen tanelerin daha yuvarlak ve daha pürüzlü olduğunu göstermektedir.

5.2.2 Morfolojik Özelliklerin Üç Boyutlu Ölçüm Sonuçları

5.2.2.1. Yüzey Pürüzlülüğü

Otojen ve bilyalı değirmende öğütülüp -0.147+0.104 mm, -0.104+0.074 mm, -0.074+0.053 ve -0.053+0.044 mm olmak üzere dört ayrı fraksiyona elenen pirit numunelerinin yüzey alanı ölçümleri Tablo 17'de verilmiştir.

Yüzey pürüzlülüğünün bulunması için (19) no.lu

$$A=A_s\rho \text{ (cm}^2\text{/cm}^3\text{)}$$

Tablo 15 : Pirit numunesinin -0.074+0.053 mm fraksiyonu için hesaplanan şekil ve morfolojik fonksiyonlar

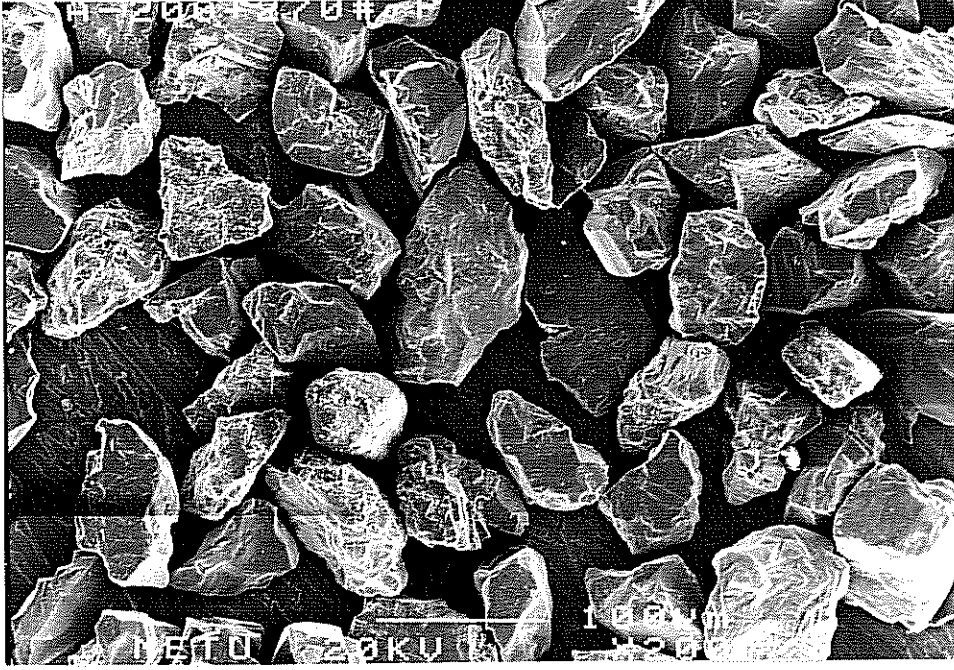
	2a (μm)	2b (μm)	A (μm^2)	P (μm)	Yassılık $\frac{1}{P^2/A} \times \frac{1}{4\pi}$	Eksensel Eşitlik $\frac{4}{A/L^2} \times \frac{1}{\pi}$	Yassılık Oranı * $P_1^2 / A_1 / P_2^2 / A_2$	Göreceli Pürüzlülük P_1 / P_2
Otojen Değirmen	66.957	47.650	2505.851	181.312	1.044	0.712	1.001	0.822
Bilyalı Değirmen	81.371	58.084	3712.115	220.595	1.043	0.714		

Tablo 16 : Pirit numunesinin -0.053+0.044 mm fraksiyonu için hesaplanan şekil ve morfolojik fonksiyonlar

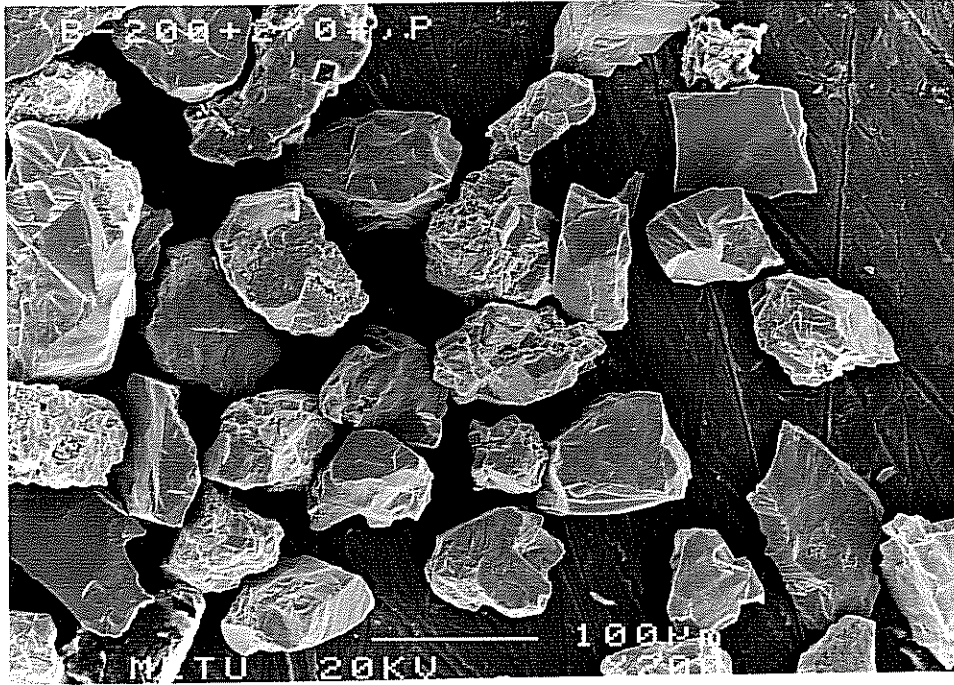
	2a (μm)	2b (μm)	A (μm^2)	P (μm)	Yassılık $\frac{1}{P^2/A} \times \frac{1}{4\pi}$	Eksensel Eşitlik $\frac{4}{A/L^2} \times \frac{1}{\pi}$	Yassılık Oranı * $P_1^2 / A_1 / P_2^2 / A_2$	Göreceli Pürüzlülük P_1 / P_2
Otojen Değirmen	55.887	36.713	1611.537	147.035	1.068	0.657	1.025	0.858
Bilyalı Değirmen	63.060	45.334	2245.266	171.411	1.041	0.719 *		

* 1 Otojen Değirmen Sistemini, 2 Bilyalı Değirmen Sistemini temsil etmektedir.

a)



b)

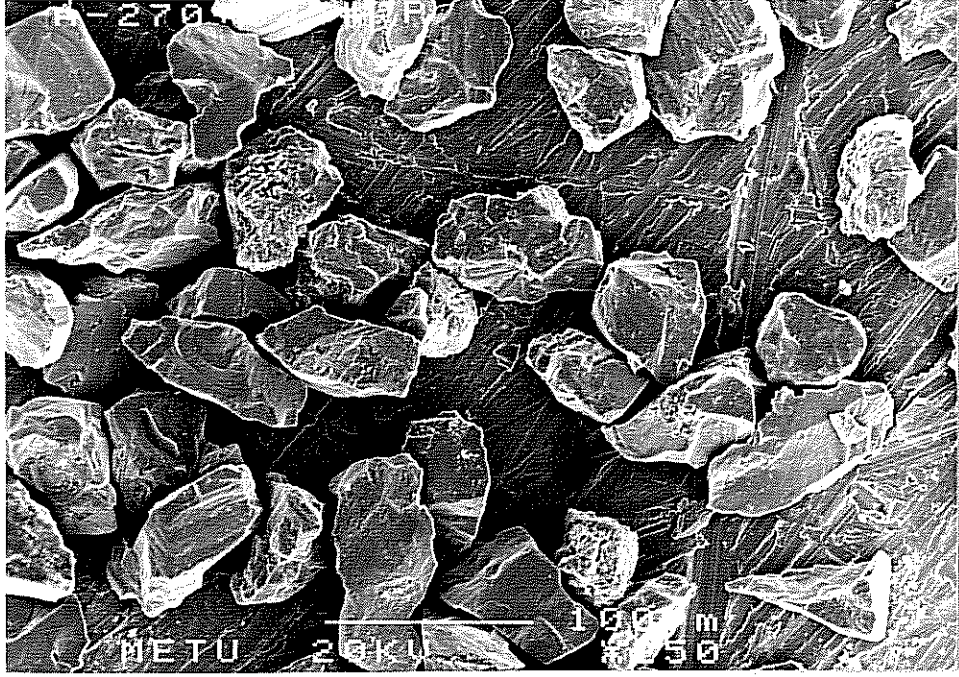


Şekil 27.

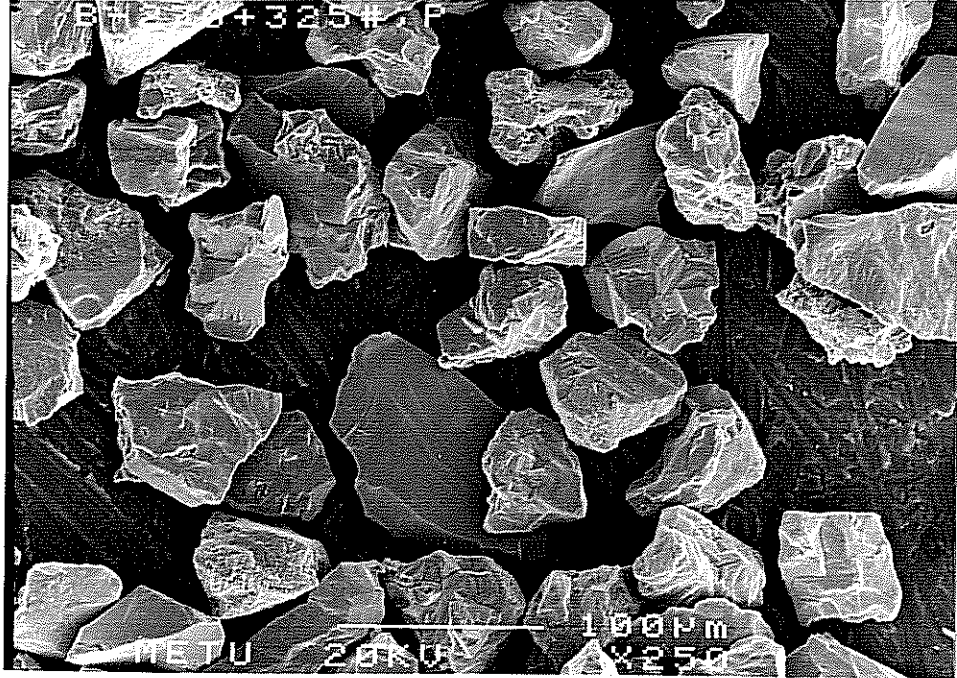
a. Otojen

b. Bilyalı değirmende öğütülen pirit numunelerinin $-0.074+0.053$ mm fraksiyonu (Büyütme: x200)

a)



b)



Şekil 28.

a. Otojen

b. Bilyalı değirmende öğütülen pirit numunelerinin -0.053+0.044 mm fraksiyonu (Büyütme:x250)

denklemleri kullanılarak A değerleri hesaplanmıştır. Pirit numunesinin yoğunluğu Beckman Havalı Piknometre Model 930'de ölçölmüş ve 4.88 gr/cm³ olarak bulunmuştur.

Tablo 17: Otojen ve bilyalı değirmenlerde öğütölen pirit numunelerinin yüzey alanları (A_S değeri)

Elek Açıklığı (mm)	Yüzey Alanı, cm ² /gr (otojen öğütme)	Yüzey Alanı, cm ² /gr (bilyalı öğütme)
-0.147+0.104	10 000	80 00
-0.104+0.074	13 650	10 950
-0.074+0.053	16 350	13 800
-0.053+0.044	17 650	14 600

Tablo 18: Otojen ve bilyalı değirmenlerde öğütölen pirit numunelerinin yüzey alanları (A değerleri)

Elek Açıklığı (mm)	Yüzey Alanı, cm ² /cm ³ (otojen öğütme)	Yüzey Alanı, cm ² /cm ³ (bilyalı öğütme)
-0.147+0.104	48 800	39 040
-0.104+0.074	66 612	53 436
-0.074+0.053	79 788	67 344
-0.053+0.044	86 132	71 248

Küre şeklindeki ideal tanelerin birim hacimdeki yüzey alanlarını bulmak için tane çapı olarak her elek açıklığının orta noktası alınmıştır. (16) no.lu denklem

$$a = \frac{3}{r} \text{ (cm}^2/\text{cm}^3\text{)}$$

kullanılarak yapılan hesaplamalar Tablo 19'da verilmiştir.

Tablo 19: Küre şeklindeki ideal tanelerin birim hacimdeki yüzey alanları (a değerleri)

<i>Tane Boyu (mm)</i>	<i>Yüzey Alanı cm² / cm³</i>
0.1255	478.09
0.089	674.16
0.0635	944.88
0.0485	1237.11

Tablo 18 ve 19'daki sonuçlardan (12) no.lu denklem

$$\text{Yüzey Pürüzlülüğü} = \frac{A}{a}$$

kullanılarak hesaplanan yüzey pürüzlülükleri Tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 20: Otojen ve bilyalı değirmenlerde öğütülen pirit numunelerinin yüzey pürüzlülükleri

<i>Elek Açıklığı (mm)</i>	<i>Yüzey Pürüzlülüğü (otojen öğütme)</i>	<i>Yüzey Pürüzlülüğü (bilyalı öğütme)</i>
-0.147+0.104	102.07	81.66
-0.104+0.074	98.81	79.26
-0.074+0.053	84.44	71.27
-0.053+0.044	69.62	57.59

Tablo 20'den tane boyu küçüldükçe yüzey pürüzlülüğünün azaldığı görülmektedir. Her fraksiyonda otojen değirmende öğütülen numune daha fazla yüzey pürüzlülüğüne sahiptir.

5.2.2.2. Keskinlik

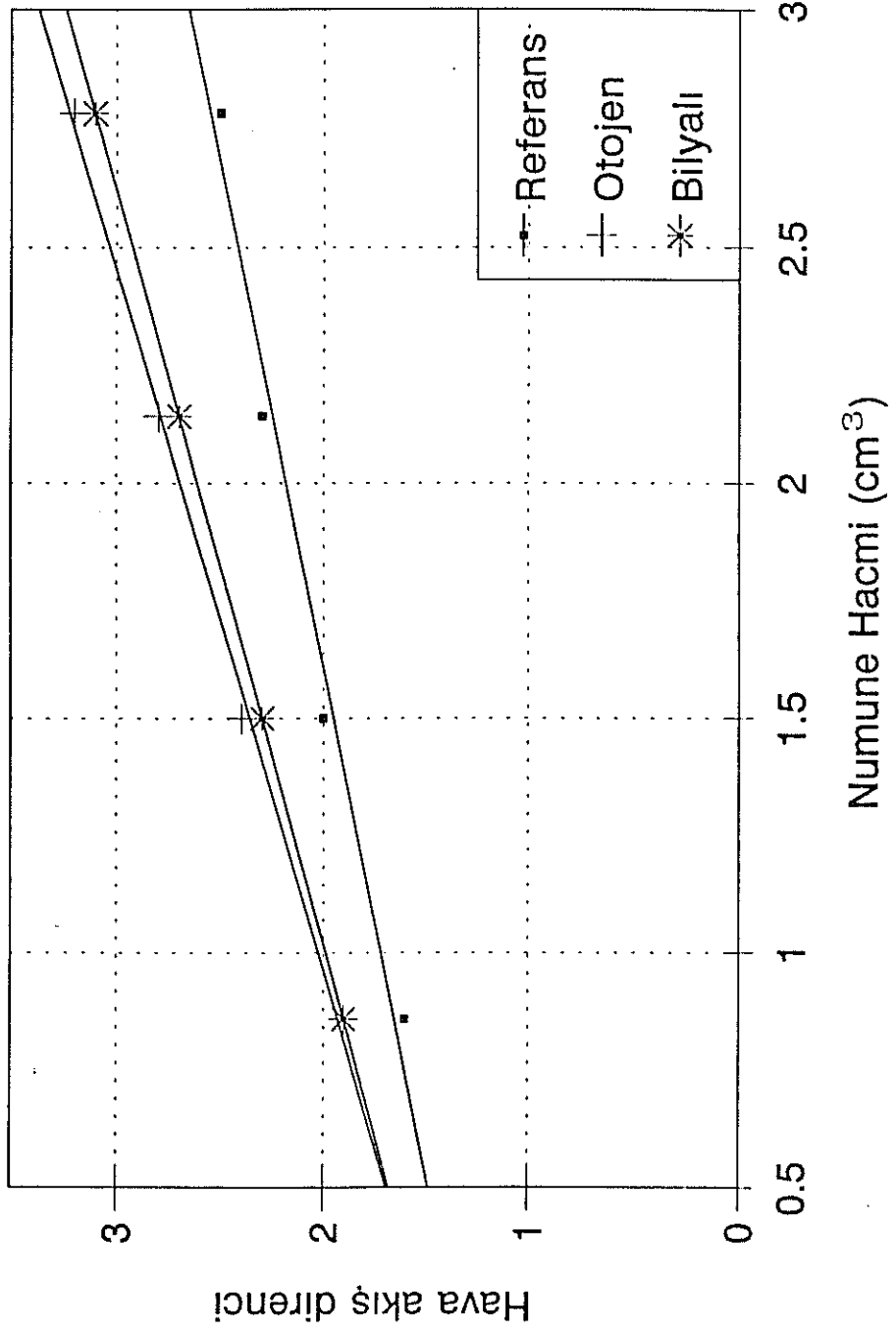
Referans numune olarak kullanılan cam küreciklerle aynı hacimde olması için pirit numunesiyle yapılan ölçümlerde sırasıyla 4.18, 7.31, 10.44 ve 13.57 gr. numune kullanılmıştır. Bu numunelerin hacimsel değerleri Tablo 21'de görülmektedir.

Permaranda yapılan keskinlik deneylerinden elde edilen direnç değerleri Tablo 21 ve Şekil 29-32'de gösterilmiştir. -0.053+0.044 mm fraksiyonunda referans numune ile bilyalı değirmen ürününün yakın sonuçlar vermesi sebebiyle numune hacmini arttırarak ölçümlere devam edilmiştir. Sonuçta Tablo 21'de görüldüğü gibi fark belirginleşmiştir.

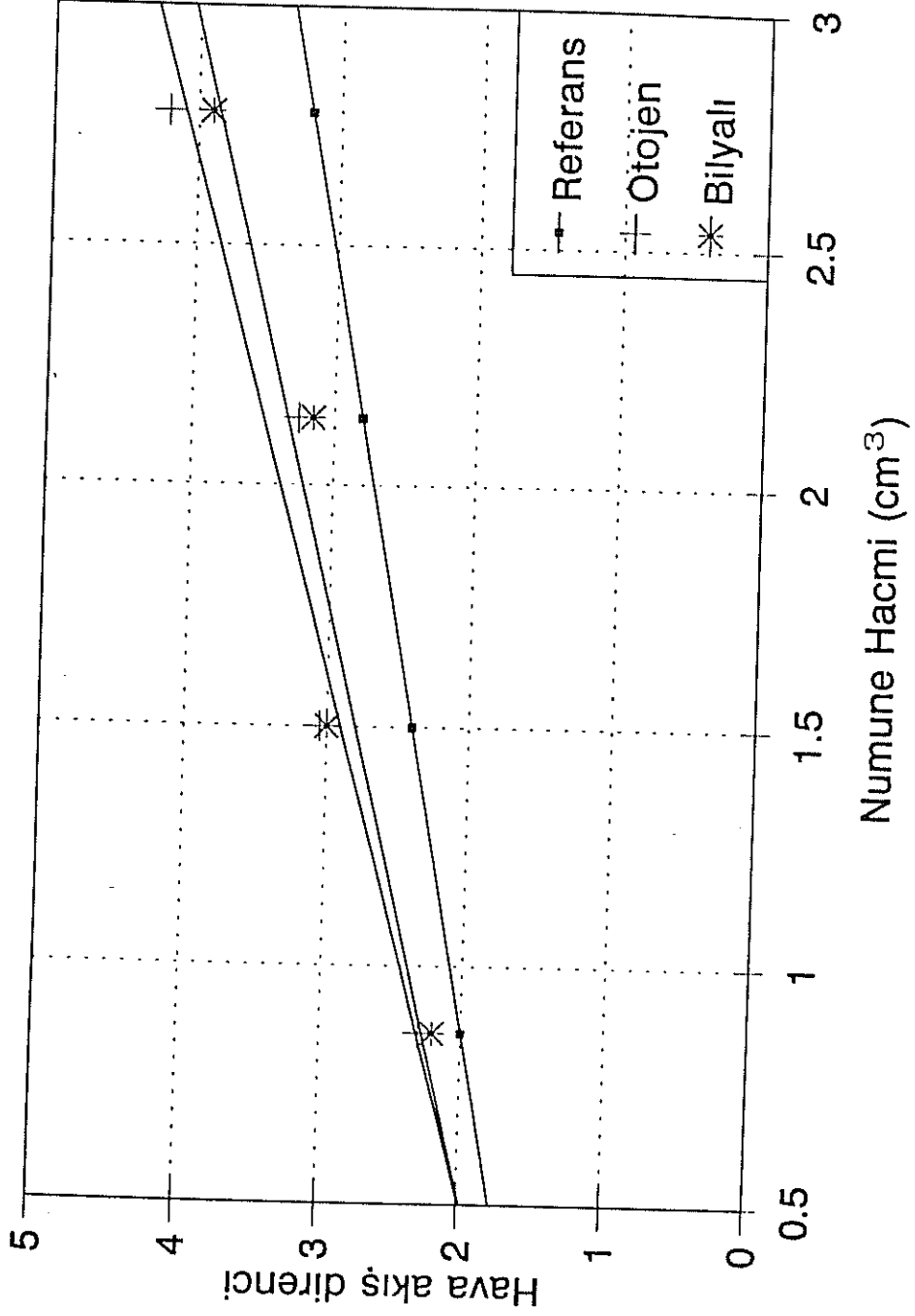
Tablo 21'deki sonuçlara göre referans numunenin diğer iki numuneye göre daha az direnç gösterdiğini ortaya koymaktadır ki bu da geliştirilen üç boyutlu keskinlik ölçümü yönteminin geçerliliğini bir kez daha doğrulamaktadır.

Tablo 21 : Referans numune ile otojen ve bilyalı değirmende öğütülen pirit numunelerinin hava akış direnç değerleri

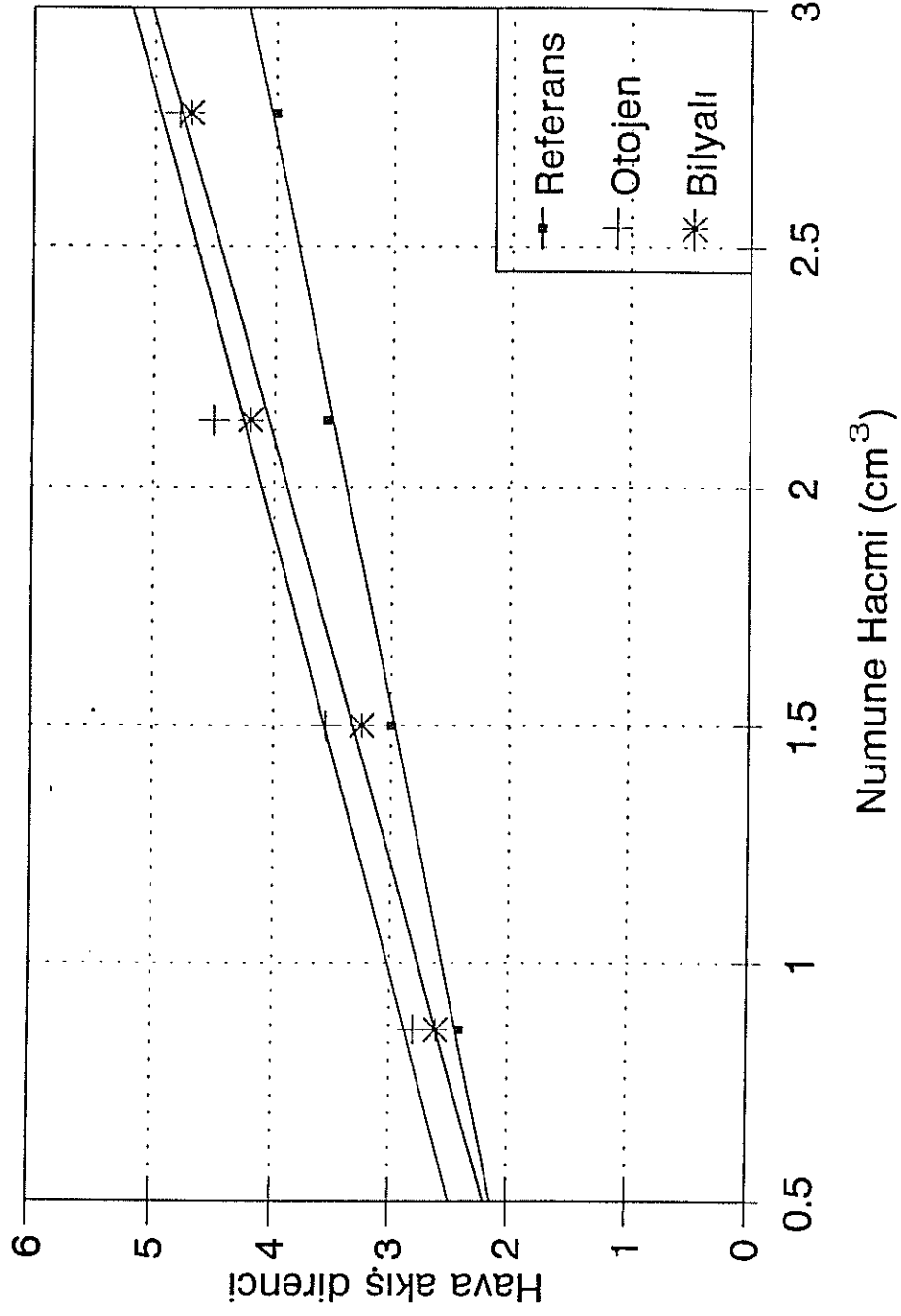
Elek Açıklığı (mm)	Hacim (cm ³)	Direnç		
		Referans Numune	Otojen Değirmen Numunesi	Bilyalı Değirmen Numunesi
-0.147+0.104	0.86	1.60	1.90	1.90
	1.50	2.00	2.40	2.30
	2.14	2.30	2.80	2.70
	2.78	2.50	3.20	3.10
-0.104+0.074	0.86	2.00	2.30	2.20
	1.50	2.40	3.05	3.00
	2.14	2.80	3.25	3.15
	2.78	3.20	4.20	3.90
-0.074+0.053	0.86	2.40	2.80	2.60
	1.50	3.00	3.55	3.25
	2.14	3.55	4.50	4.20
	2.78	4.00	4.80	4.70
-0.053+0.044	0.86	2.80	2.90	2.70
	1.50	3.65	3.95	3.60
	2.14	4.40	4.50	4.55
	2.78	4.95	6.0	5.25
	3.42	5.80	6.45	6.05
	4.06	6.30	7.80	7.60



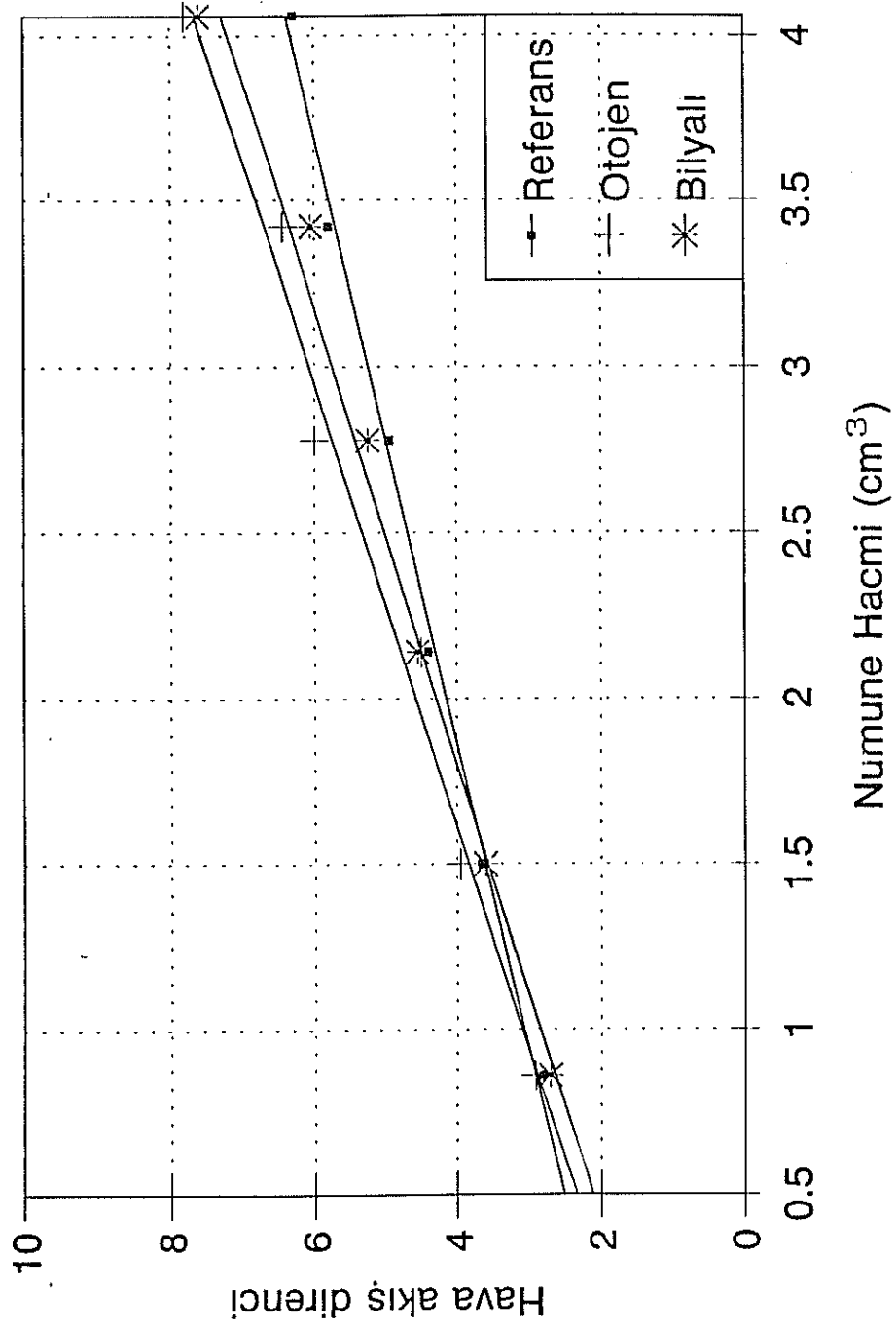
Şekil 29. Permaran'da ölçülen hava akış direncinin $-0.147 + 0.104 \text{ mm}$ boyutundaki pirit numunesinin hacmi ile değişimi.



Şekil 30. Permaran'da ölçülen hava akış direncinin $-0.104+0.074$ mm boyutundaki pirit numunesinin hacmi ile değişimi.



Şekil 31. Permaran'da ölçülen hava akış direncinin $-0.074 + 0.053 \text{ mm}$ boyutundaki pirit numunesinin hacmi ile değişimi.



Şekil 32. Permaran'da ölçülen hava akış direncinin $-0.053+0.044$ mm boyutundaki pirit numunesinin hacmi ile değişimi.

Keskinliğin bulunması için numunelerin her fraksiyonunun hacim bazında dirençlerinin bulunup ortalamasının alınması gerekir. Örneğin, otojen değirmen numunesinin -0.147+0.104 mm fraksiyonu için direnç (cm^{-3}) değeri;

$$\frac{1.90}{0.86} + \frac{2.40}{1.50} + \frac{2.80}{2.14} + \frac{3.20}{2.78} = 1.57 \text{ cm}^{-3}$$

bulunur.

Buna göre her fraksiyon için hesaplanan direnç değerleri Tablo 22'de verilmiştir.

Tablo 22: Pirit numunesinin her fraksiyonu için hesaplanan direnç değerleri

Elek Açıklığı (mm)	Direnç, cm^{-3} (Referans Numune)	Direnç, cm^{-3} (otojen öğütme numunesi)	Direnç, cm^{-3} (bilyalı öğütme numunesi)
-0.147+0.104	1.29	1.57	1.53
-0.104+0.074	1.60	1.93	1.86
-0.074+0.053	1.97	2.36	2.21
-0.053+0.044	2.13	2.35	2.20

Tablo 22'deki sonuçlar kullanılarak otojen ve bilyalı değirmende öğütülen numunelerin her fraksiyonu için keskinlik derecesi hesaplanabilir. Bir fraksiyondaki numunenin hava akış direncinin o fraksiyondaki referans numunenin hava akış direncine oranı keskinlik derecesini verir (20 no.lu denklem). Buna göre hesaplanan keskinlik dereceleri Tablo 23'de verilmiştir.

Tablo 23: Otojen ve bilyalı değirmende öğütülen pirit numunelerinin keskinlik dereceleri

<i>Elek Açıklığı (mm)</i>	<i>Keskinlik Derecesi (otojen)</i>	<i>Keskinlik Derecesi (bilyalı)</i>
-0.147+0.104	1.22	1.19
-0.104+0.074	1.21	1.16
-0.074+0.053	1.20	1.12
-0.053+0.044	1.10	1.03

Tablo 23'de görüldüğü gibi tane boyu küçüldükçe keskinlik azalmaktadır. Her fraksiyonda, otojen değirmende öğütülen numunelerin daha keskin oldukları görülmektedir.

5.2.3. Flotasyon Sonuçları

Otojen ve bilyalı değirmenlerde öğütülen pirit numunelerinin flotasyon davranışlarını incelemek için Halimond tüpünde flotasyon deneyleri yapılmıştır. Flotasyon deneylerinde saf su kullanılmıştır.

Flotasyon deneyleri 1 gram numune ile pülpün doğal pH'sında (pH: 4.7) yapılmıştır. Tanelerin yüzeyinde oluşabilecek oksitlenmeyi yok etmek için 10 gr/ton Na₂S pülpe ilave edilerek 5 dakika şartlandırılmış, 50 gr/ton Na-etil ksantat için de 5 dakika şartlandırma süresi verilmiş ve flotasyon tüpüne azot gazı verilerek 1 dakika flotasyon yapılmıştır. Sonuçların tekrarlanabilir olduğunun görülmesi için her fraksiyon boyutunda 5 ayrı deney yapılmıştır. Yapılan flotasyon deneylerinin sonuçları Tablo 24'de verilmiştir.

Tablo 24 : Halimond tüpü ile yapılan pirit flotasyonu deneylerinin sonuçları

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlıkça Randıman			
	Otojen tme		Bilyalı tme	
		Ortalama		Ortalama
-0.147+0.104	14.43	18.81	39.79	38.716
	19.19		43.43	
	21.64		28.0	
	18.18		36.36	
-0.104+0.074	25.25	24.078	45.91	39.448
	27.0		42.26	
	22.68		38.0	
	23.46		34.34	
	22.0		36.73	
-0.074+0.053	27.27	25.546	41.23	38.86
	33.33		44.32	
	25.51		41.83	
	21.42		36.0	
	20.20		30.92	
-0.053+0.044	36.84	33.228	48.97	46.338
	30.92		42.26	
	30.61		46.46	
	24.48		44.0	
	43.29		50.0	

Öğütme sistemleri flotasyon açısından karşılaştırıldığında her fraksiyon için bilyalı öğütmenin daha iyi olduğu görülmektedir.

5.3. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

5.3.1. İki Boyutlu Ölçümler

Pirit numunesi ile yapılan iki boyutlu ölçümlere göre en iri fraksiyon olan -0.147+0.104 mm fraksiyonu hariç bütün fraksiyonlarda bilyalı değirmende öğütülen taneler daha yuvarlaktır. Ölçüm yapılan dört fraksiyonda da otojen değirmende öğütülen tanelerin yüzeyleri bilyalı değirmende öğütülen tanelere göre daha pürüzsüzdür.

Hem otojen hem de bilyalı öğütme için en yuvarlak taneler -0.147+0.104 mm fraksiyonunda elde edilmiştir. Buna bağlı olarak en yüksek göreceli genişlik değerleri de bu fraksiyonda bulunmuştur.

Ölçüm sonuçlarından tane boyu küçüldükçe yuvarlaklığın azaldığı söylenebilir.

Sonuçlar yüzey pürüzlülüğü açısından incelendiğinde, tane boyu küçüldükçe bilyalı değirmende öğütülen tanelerin yüzey pürüzlülüğünün otojen değirmende öğütülen tanelerin pürüzlülüğüne göre daha fazla olduğu görülür.

5.3.2. Üç Boyutlu Ölçümler

Pürüzlülük ölçüm sonuçları her iki öğütme sistemi için de tanelerin yüzey pürüzlülüğünün ideal pürüzsüz yüzeyli kürelere göre en az 50-60 kat daha pürüzlü olduğunu göstermektedir. Her fraksiyonda otojen öğütülen tanelerin yüzey pürüzlülüğü bilyalıya göre daha fazladır. İki boyutlu ölçümlere göre bütün fraksiyonlar için, otojen

öğütülen taneler daha pürüzsüz yüzeye sahiptirler. Bu noktada iki ve üç boyutlu ölçümler birbirine uymamaktadır.

Her iki öğütme sisteminde de en pürüzlü yüzeyler en iri fraksiyonda olup tane boyu incelidikçe pürüzlülük azalmaktadır.

Keskinlik derecesi ölçümleri her fraksiyonda otojen öğütülen tanelerin daha keskin ve/veya köşeli olduğunu göstermektedir. İki boyutlu ölçümlerde de $-0.147+0.104$ fraksiyonu hariç bütün fraksiyonlarda otojen öğütmenin yassılık oranı daha fazla taneler ürettiği sonucu çıkmaktaydı. Bu açıdan iki ölçme yöntemi birbirine uymaktadır.

Sonuçlar ince fraksiyonlara doğru keskinliğin azaldığını göstermektedir.

5.3.3. Flotasyon

Piritle yapılan flotasyon sonuçları bilyalı değirmende öğütülen numunelerin randımanlarının daha yüksek olduğunu göstermektedir. Sülfürlü minerallerin flotasyonunda karşılaşılan bir problem tanelerin oksitlenmesidir. Oksitlenme derecesi flotasyon randımanı ile ters orantılıdır. Flotasyon deneylerinde oksitlenmenin etkisini yok edebilmek için Na_2S kullanmamızın yanısıra her fraksiyon için deneyler otojen öğütülen numune-bilyalı öğütülen numune sırası takip edilerek yapılmış, böylece o fraksiyondan her iki öğütme sisteminden elde edilen numunelerin naylon torbalarda kalma sürelerinin birbirine yakın olması sağlanmıştır.

6. SONUÇLARIN GENEL DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu araştırmanın amacı, konvensiyonel ve otojen değirmenlerin tane pürüzlülüğü ve flotasyon verimliliği açısından incelenmesi olmakla birlikte tanelerin şekil (yassılık ve eksensel eşitlilik) ve morfolojik (pürüzlülük ve keskinlik) özelliklerinin flotasyona etkisinin incelenmesidir. Çünkü öğütme sistemlerinden çok öğütme sistemlerinin hangi şartlarda çalıştığı ve sonuçta nasıl bir ürün çıkardığı önemlidir.

Bu proje kapsamında yapılan deneyler de barit için otojen öğütme daha yuvarlak (yassılığı az, eksensel eşitliliği fazla) yüzeyi daha pürüzsüz ve keskinliği daha az taneler üretmiştir. Bu hem iki boyutlu hem üç boyutlu deneylerde elde edilen sonuçtur. Flotasyon deneyleri de göstermiştir ki otojen değirmenle öğütülen barit numunesi her fraksiyonda daha iyi bir yüzebilirliğe sahiptir ve sonuçta flotasyon randımanı da daha yüksek olmuştur.

Pirit numunesiyle yapılan deneylerde ise durum biraz farklıdır. Bu deneylerde iki boyutlu ve üç boyutlu çalışmalar farklı sonuç vermiştir. İki boyutlu ölçümlere göre -0.147+0.104 mm fraksiyonu hariç bütün fraksiyonlarda bilyalı değirmende öğütülen taneler daha yuvarlaktır. Tüm fraksiyonlarda otojen değirmende öğütülen taneler bilyalı değirmende öğütülen tanelere göre daha pürüzsüzdür. Yine iki boyutlu ölçümler -0.147+0.104 mm fraksiyonu hariç diğer tüm fraksiyonlarda otojen değirmen ürününün daha keskin köşelere sahip olduğunu göstermektedir. Üç boyutlu ölçümlere göre ise her fraksiyonda otojen değirmende öğütülen tanelerin yüzey pürüzlülüğü ve keskinliği bilyalı değirmen ürünlerine göre daha fazladır. Keskinlik konusunda iki ve üç boyutlu ölçümler benzer sonuç vermektedir. Pirit numunesiyle yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar ince fraksiyonlara doğru keskinliğin azaldığını göstermektedir. Barit numunesiyle yapılan deneylerde ise tam tersi bir sonuç çıkmıştır. Baritle elde edilen pürüzlülük ve keskinlik değerleri piritle elde edilen değerlerden çok daha yüksektir. Bu

da tanelerin şekil ve morfolojik özelliklerinin kırılma güçlüğüne ve öğütülebilirliklerine bağlı olabileceğini göstermektedir. Pirit numunesiyle yapılan flotasyon deneylerine baktığımızda her fraksiyonda bilyalı değirmende öğütülen numune daha kolay yüzmekte ve sonuçta flotasyon randımanı da daha yüksek olmaktadır.

Bu noktada iki ve üç boyutlu ölçümleri irdelemekte fayda vardır. İki boyutlu mikroskobik ölçümlerde, ölçümler tanelerin resimde görünen kısımlarından alındığı için tanelerle ilgili şekilsel ve morfolojik değerlendirmeler yapılırken kastedilen aslında tanelerin resimlerdeki görüntüleri olduğu unutulmamalıdır. Bu da iki boyutlu mikroskobik ölçümlerin en büyük dezavantajını oluşturmaktadır. Tanelerin görünmeyen üçüncü boyutlarının iki boyutlu ölçüm sonuçlarını değiştirme olasılığı her zaman mevcuttur. Bunun yanında ölçümlerin daha önceki çalışmalarda (Forssberg ve Hongxin, 1985; Teker, 1991) olduğu gibi parlak kesitlerden yapıldığı düşünülürse bu olasılık daha da artar. Çünkü parlak kesit hazırlanırken tanelerin bazı kesimleri traşlanıp yok edilmektedir. Bunu engellemek için bu çalışmada ölçümler parlak kesit hazırlanmadan yapılmıştır. Doğal olarak üç boyutlu ölçümlerde bu handikaplar tamamen ortadan kalkmakta, değirmenden çıkan tanelerin orjinal şekilleri ve yüzey özellikleri bozulmamaktadır. Üç boyutlu keskinlik ölçümleri hava akış direnciyle ölçülmektedir. Hava akış direncinin porositeyle de değiştiği bilinmektedir. Bu amaçla yapılan ölçümlerde yuvarlak tanelerin porositesinin daha az olduğu bulunmuştur. Porositenin az olması durumunda hava akış direncinin daha yüksek çıkması gerekirken, daha düşük çıkması keskinliğin hava akış direncini ne kadar etkilediğini göstermektedir.

İki boyutlu ölçümler sonucu bulunan keskinlik ve pürüzlülük değerleri iki sistemin birbirine göre göreceli değerleridir. Sadece bir tanenin diğer bir taneye göre pürüzlü ve/veya keskin olduğu söylenebilir. Her tanenin ne kadar pürüzlü ve/veya keskin olduğu söylenemez. Aslında elde edilen keskinlik değerleride tanenin bütünündeki

keskinliği diğer bir değişle yassılığı göstermektedir. Tane zerindeki girinti ve ıkıntılardaki köşelerin keskinliği hakkında bir fikir vermemektedir.

İlk kez bu araştırmada geliştirilen üç boyutlu ölüm yöntemleriyle pürüzlülük ve/veya keskinlik belirlenmektedir. Bunun yanında iki boyutlu ölüm sonuçlarıyla karşılaştırma yapabilmek için göreceli pürüzlülük/keskinlik bulunabilmektedir.

Üç boyutlu ölümlerin iki boyutlu ölümlere göre daha hassas ve doğru olabileceği düşünülürse barit ve pirit numuneleriyle yapılan deneylerin sonuçları büyük bir tutarlılık göstermektedir. şekilsel olarak yuvarlaklılığı daha fazla, (yassılığı daha az, eksensel eşitliliği daha fazla) morfolojik olarak da pürüzlülüğü ve keskinliği daha az olan taneler, ki bunlar barit numunesi için otojen öğütmeyle, pirit numunesi için ise bilyalı değirmende öğütmeyle elde edilmiştir, daha iyi bir yüzebilirlik göstermiştir. Tanelerin boyutlarının klmesiyle flotasyon randımanlarının artması doğaldır. Ancak pürüzlülük ve keskinlik sonuçlarıyla bu randıman artış miktarı kıyaslandığında (Tablo 8, 11, 12, 20, 23, 24) keskinliğin flotasyonu pürüzlülükten daha olumsuz olarak etkilediği görülmektedir. Daha öncede belirtildiği gibi öğütme sistemlerinden daha çok öğütmenin hangi şartlarda yapıldığı, hangi şekil ve morfolojik yapıda taneler ürettiği önemlidir. Bu araştırmada da kırılğan olan barit numunesi bilyalı değirmende kısa bir zaman aralığında (6 dakika) ğtlrken pirit numunesi ise bilyalı değirmende uzun bir zaman aralığında (23 dakika) ğtlmş ve fazlaca bir aşındırmaya maruz kalmıştır. Bunun sonucunda pirit numunesi için bilyalı değirmen daha yuvarlak, pürüzsüz ve keskinliği az taneler üretmiş, barit numunesi için ise bilyalı değirmen daha yassı, przlı ve keskin taneler üretmiştir.

Hem sülfürlü hem de oksitli minerallerin kullanıldığı bu araştırma, tanelerin şekil ve morfolojik özelliklerinin flotasyonu etkilediğini açık olarak göstermektedir. Yuvarlak, yüzey pürüzlülüğü ve keskinlikleri az olan tanelerin flotasyon randımanı daha yüksek olmaktadır.

İlk olarak bu araştırmada geliştirilen üç boyutlu yüzey pürüzlülüğü ve keskinlik ölçme yöntemleri uygulaması kolay, pratik ve tekrarlanabilir sonuçlar veren yöntemlerdir. Ölçüm sırasında tanelerin şekline ve yüzey özelliklerine hiçbir şekilde müdahale edilmemesi sonuçların flotasyon açısından değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

7. KAYNAKLAR

Beyer, W.H. *In Handbook of Mathematical Sciences*, CRC Press, Florida, (1978).

Forsberg, E., ve Ekblom, K. Experience of Autogenous Grinding in Sweden, *Autogenous Grinding Seminar*, Trondheim, paper A2 (1979).

Forsberg, E. ve Hongxin Z. Shape and Surface Properties of Particles Liberated by Autogenous Grinding, *Scandinavian Journal of Metallurgy*, 14, s. 25-32 (1985).

Forsberg, E., Sundberg, S., ve Hongxin, Z. Influence of Different Grinding Methods on Floatability, *International Journal of Mineral Processing*, 22, s. 183-192, (1988).

Forsberg, E., Subrahmanyam, T.V., ve Nilsson, L.K. Influence of Grinding Method on Complex Sulphide Ore Flotation: A Pilot Plant Study, *International Journal of Mineral Processing*, 38, s.157-175, (1993).

Iwasaki, I., ve arkadaşları. Effect of Autogenous and Ball Mill Grinding on Sulphide Flotation, *Mining Engineering*, 35, s. 1184-1190, (1983).

Jaycock, M.J. ve Parfitt, G.D. *Chemistry of Interfaces*, Ellis Horwood Publ., İngiltere, (1981), s.156-160.

Oliver, J.F., Huh, C. ve Mason, S.G. An Experimental Study of Some Effects of Solid Surface Roughness on Wetting., *Colloids and Surface*, 1, s. 79-104, (1980).

Rao, M.K.Y., ve Natarajan, K.A. Effect of Electrochemical Interactions Among Sulphide Minerals and Grinding Medium on Chalcopyrite Flotation, *Minerals and Metallurgical Processing*, s.146-151, (1989).

Teker, S. *The Effect of Autogenous Grinding on Mineral Liberation*, (Master Tezi), Camborne School of Mines, England, (1991).

Wotruba, H., Hoberg, H., ve Schneider, F.U. Investigations on the Separation of microlithe and zircon. The influence of Particle Shape on Flotability, XVII *International Mineral Processing Congress*, Dresden, vol. IV., (1991), s. 83-95.

EK-A



ALÜMİNYUM İŞLETMESİ
MÜESSESESİ MÜDÜRLÜĞÜ
ALUMINIUM

42370 Seydişehir - Konya - TURKEY
Tlf. : 34 71 - 30 30
Fax : 34 71 - 39 27
Telex : 48185 etal tr.

18612

24 AĞUSTOS 1993

Sn. Yrd.Prof. Cahit HİÇYILMAZ

Otadoğu Teknik Üniversitesi
Madan Mühendisliği Bölümü

ANKARA

Sayı : B.15.2.ETİ.2.11.00.00-14.02

Özü : Barit Hk.

11536

Genel Müdürlüğümüz talimatları doğrultusunda hazırlanan 4,30 gravitel yıkanmış parça baritten takriben 300 kğ. hazırlanarak tarafınıza teslim edilme üzere Mustafa Hökelek yönetimindeki 42 K 4933 plaka nolu vasıta ile gönderilmiştir. Mezkür malzeme teslim alındığında yazımızın bir suretini imzalayarak şöföre teslim edilmesi hususunda gereğini arz ederiz.

Saygılarımızla,

MÜESSESE MÜDÜRLÜĞÜ

Adnan ÇELİK
Pazarlama Satış Müdürü

MÜDÜR
(Ticari-Mali)

A.M/MY
24.8.1993

T.C.
MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
MADEN ANALİZLERİ VE TEKNOLOJİSİ
DAİRESİ BAŞKANLIĞI
ANKARA

Sip. No. : 1232

4 AY 1993

Rsp. No. : 1106

Proje No. :
14.10.1993 tarihli yazınız üz.

Lab. No: Numune İşareti

H-34321 "İnce Barit" işaretli numunenin analiz neticesi:

BaO	%	61.90
SO ₃	%	34.50

ŞK.

Saygılarımızla,

V: 44174



A2

T.C.
MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
MADEN ANALİZLERİ VE TEKNOLOJİSİ
DAİRESİ BAŞKANLIĞI
ANKARA

Sip. No. : 1231
Rap. No. : 93/307
Proje No. : 93/50

19 10/1993
Asuman BESBELİ

Lab. No: Numune İşareti

Aşağıda işaretleri yazılı 2 adet numunenin mineralojik
tetkik neticesi.

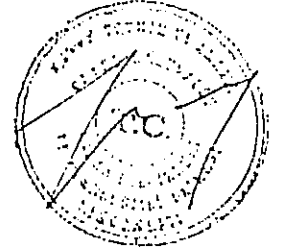
3258 "Barit.1" BARİT MİNERALLEŞMESİ

Örnek hipidiomorf formlarda, tane boyu 60-
600 mikron (yaygın tane boyu 100-200 mikron) arasında
değişen barit ($BaSO_4$) minerallerinden ibarettir. Ayrıca
minerallerde yer yer uzamalar ve uzun eksenleri boyunca
da bir dizilimi gözlenmektedir.

3259 "Barit.2" BARİT MİNERALLEŞMESİ

Örnek, hipidiomorf formlarda, tane boyu
70-600 mikron (yaygın tane boyu 200-400 mikron) arasında
değişen barit ($BaSO_4$) minerallerinden ibarettir.

Saygılarımızla,



V.44173
M.Y./

A3

EK-B

Tablo B1. Otojen değirmende 2 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi.

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-80+50	49.1	49.1	50.9
-50+10	0.2	49.3	50.7
-10+1	35.4	84.7	15.3
-1+0.147	12.0	96.7	3.3
-0.147+0.104	0.8	97.5	2.5
-0.104+0.074	0.6	98.1	1.9
-0.074+0.053	0.7	98.8	1.2
-0.053+0.044	0.3	99.1	0.9
-0.044	0.9	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo B2. Otojen değirmende 3 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi.

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-80+50	48.6	48.6	51.4
-50+10	0.2	48.8	51.2
-10+1	35.6	84.4	15.6
-1+0.147	10.2	94.6	5.4
-0.147+0.104	1.1	95.7	4.3
-0.104+0.074	0.9	96.6	3.4
-0.074+0.053	1.2	97.8	2.2
-0.053+0.044	0.6	98.4	1.6
-0.044	1.6	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo B3. Otojen değirmende 4 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi.

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-80+50	47.9	47.9	52.1
-50+10	1.0	48.9	51.1
-10+1	29.1	78.0	22.0
-1+0.147	14.8	92.8	7.2
-0.147+0.104	1.4	94.2	5.8
-0.104+0.074	1.3	95.5	4.5
-0.074+0.053	1.0	96.5	3.5
-0.053+0.044	0.5	97.0	3.0
-0.044	3.0	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo B4. Otojen değirmende 4 dakika öğütülen barit numunesinin yeniden düzenlenmiş elek analizi.

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-10+1	56.95	56.95	43.05
-1+0.147	28.96	85.91	14.09
-0.147+0.104	2.74	88.65	11.35
-0.104+0.074	2.54	91.19	8.81
-0.074+0.053	1.96	93.15	6.85
-0.053+0.044	0.98	94.13	5.87
-0.044	5.87	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo B5. Otojen değirmende 8 dakika öğütülen barit numunesinin numunesinin elek analizi.

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-80+50	39.1	39.1	60.9
-50+10	8.2	47.3	52.7
-10+1	28.4	75.7	24.3
-1+0.147	9.17	84.8	15.2
-0.147+0.104	1.8	86.6	13.4
-0.104+0.074	2.3	88.9	11.1
-0.074+0.053	3.7	92.6	7.4
-0.053+0.044	2.3	94.9	5.1
-0.044	5.1	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo B6. Otojen öğütmenin tekrarlanabilirliğinin kontrolü (Deney 1)

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-80+50	46.9	46.9	53.1
-50+10	1.8	48.7	51.3
-10+1	29.5	78.2	21.8
-1+0.147	14.5	92.7	7.3
-0.147+0.104	1.5	94.2	5.8
-0.104+0.074	1.3	95.5	4.5
-0.074+0.053	0.9	96.4	3.6
-0.053+0.044	0.4	96.8	3.2
-0.044	3.2	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo B7. Otojen öğütmenin tekrarlanabilirliğinin kontrolü (Deney 2).

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-80+50	48.8	48.8	51.2
-50+10	0.3	49.1	50.9
-10+1	28.3	77.7	22.6
-1+0.147	15.3	93.0	7.3
-0.147+0.104	1.5	94.5	5.8
-0.104+0.074	1.3	95.8	4.5
-0.074+0.053	1.0	96.8	3.5
-0.053+0.044	0.4	97.2	3.1
-0.044	3.1	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo B8. Otojen öğütmenin tekrarlanabilirliğinin kontrolü (Deney 3).

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-80+50	47.1	47.1	52.9
-50+10	1.4	48.5	51.5
-10+1	28.9	77.4	22.6
-1+0.147	16.1	93.5	6.5
-0.147+0.104	1.3	94.8	5.2
-0.104+0.074	1.1	95.9	4.1
-0.074+0.053	0.8	96.7	3.3
-0.053+0.044	0.3	97.0	3.0
-0.044	3.0	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo B9. Bilyalı değirmende 5 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi (Besleme: %65 -10+1 mm, %35 -1+0.149 mm; 53 ufak / 23 iri bilya).

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-10+1	54.0	54.0	46.0
-1+0.149	34.6	88.6	11.4
-0.149+0.104	2.3	90.9	9.1
-0.104+0.074	2.2	93.1	6.9
-0.074+0.053	1.7	94.8	5.2
-0.053+0.044	0.8	95.6	4.4
-0.044	4.4	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo B10. Bilyalı değirmende 5 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi (Besleme: %65 -10+1 mm, %35 -1+0.149 mm; 50 ufak / 20 iri bilya).

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-10+1	55.8	55.8	44.2
-1+0.149	33.8	89.6	10.4
-0.149+0.104	2.4	92.0	8.0
-0.104+0.074	2.0	94.0	6.0
-0.074+0.053	1.5	95.5	4.5
-0.053+0.044	0.6	96.1	3.9
-0.044	3.9	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo B11. Bilyalı değirmende 5 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi (Besleme: %70 -10+1 mm, %30 -1+0.149 mm; 47 ufak / 17 iri bilya).

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-10+1	62.82	62.82	37.18
-1+0.149	27.66	90.48	9.52
-0.149+0.104	2.25	92.73	7.27
-0.104+0.074	1.72	94.45	5.55
-0.074+0.053	1.24	95.69	4.31
-0.053+0.044	0.47	96.16	3.84
-0.044	3.84	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo B12. Bilyalı değirmende 5 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi (Besleme: %60 -10+1 mm, %40 -1+0.149 mm; 50 ufak / 20 iri bilya).

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-10+1	55.2	55.2	44.8
-1+0.149	34.8	90.0	10.0
-0.149+0.104	2.4	92.4	7.6
-0.104+0.074	1.9	94.3	5.7
-0.074+0.053	1.3	95.6	4.4
-0.053+0.044	0.5	96.1	3.9
-0.044	3.9	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo B13. Bilyalı değirmende 5 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi (Besleme: %70 -10+1 mm, %30 -1+0.149 mm; 50 ufak / 20 iri bilya).

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-10+1	60.8	60.8	39.2
-1+0.149	28.9	89.7	10.3
-0.149+0.104	2.5	92.2	7.8
-0.104+0.074	1.8	94.0	6.0
-0.074+0.053	1.5	95.5	4.5
-0.053+0.044	0.6	96.1	3.9
-0.044	3.9	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo B14. Bilyalı değirmende 3 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi (Besleme: %65 -10+1 mm, %35 -1+0.149 mm; 53 ufak / 23 iri bilya).

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-10+1	60.5	60.5	39.5
-1+0.149	30.0	90.5	9.5
-0.149+0.104	2.5	93.0	7.0
-0.104+0.074	1.9	94.9	5.1
-0.074+0.053	1.2	96.1	3.9
-0.053+0.044	0.5	96.6	3.4
-0.044	3.4	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo B15. Bilyalı değirmende 4 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi (Besleme: %65 -10+1 mm, %35 -1+0.149 mm; 53 ufak / 23 iri bilya).

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-10+1	59.4	59.4	40.6
-1+0.149	30.3	89.7	10.3
-0.149+0.104	2.7	92.4	7.6
-0.104+0.074	2.1	94.5	5.5
-0.074+0.053	1.3	95.8	4.2
-0.053+0.044	0.5	96.3	3.7
-0.044	3.7	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo B16. Bilyalı değirmende 6 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi (Besleme: %65 -10+1 mm, %35 -1+0.149 mm; 53 ufak / 23 iri bilya).

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-10+1	55.5	55.5	44.5
-1+0.149	30.4	85.9	14.1
-0.149+0.104	3.3	89.2	10.8
-0.104+0.074	2.8	92.0	8.0
-0.074+0.053	1.8	93.8	6.2
-0.053+0.044	0.8	94.6	5.4
-0.044	5.4	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo B17. Bilyalı değirmende 8 dakika öğütülen barit numunesinin elek analizi (Besleme: %65 -10+1 mm, %35 -1+0.149 mm; 53 ufak / 23 iri bilya)

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-10+1	49.0	49.0	51.0
-1+0.149	34.6	83.6	16.4
-0.149+0.104	3.6	87.2	12.8
-0.104+0.074	3.1	90.3	9.7
-0.074+0.053	2.3	92.6	7.4
-0.053+0.044	0.9	93.5	6.5
-0.044	6.5	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo B18. Bilyalı değirmende öğütme deneylerinin tekrarlanabilirliğinin kontrolü (Deney 1).

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-10+1	50.5	50.5	49.5
-1+0.149	37.2	87.7	12.3
-0.149+0.104	2.7	90.4	9.6
-0.104+0.074	2.5	92.9	7.1
-0.074+0.053	1.7	94.6	5.4
-0.053+0.044	0.8	95.4	4.6
-0.044	4.6	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo B19. Bilyalı değirmende öğütme deneylerinin tekrarlanabilirliğinin kontrolü (Deney 2).

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-10+1	51.3	51.3	48.7
-1+0.149	33.9	85.2	14.8
-0.149+0.104	3.3	88.5	11.5
-0.104+0.074	3.1	91.6	8.4
-0.074+0.053	2.1	93.7	6.3
-0.053+0.044	0.9	94.6	5.4
-0.044	5.4	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo B20. Bilyalı değirmende öğütme deneylerinin tekrarlanabilirliğinin kontrolü (Deney 3).

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-10+1	52.0	52.0	48.0
-1+0.149	33.5	85.5	14.5
-0.149+0.104	3.3	88.8	11.2
-0.104+0.074	2.9	91.7	8.3
-0.074+0.053	1.9	93.6	6.4
-0.053+0.044	0.8	94.4	5.6
-0.044	5.6	100.0	-
Toplam	100.0		

EK-C

Her tanenin eksenlerini bulmak için uzun (2a) ve kısa (2b) eksenleri için ölçülen 5'er değerin ortalamaları $\bar{2a}$ ve $\bar{2b}$ olarak verilmiştir.

Tablo C1. Otojen değirmende öğütülen barit numunesinin - 0.147 + 0.104 mm fraksiyonu (Ölçek 100:1)

Tane No.	$\bar{2a}$ (mm)	$\bar{2b}$ (mm)
1	13.56	11.60
2	14.76	11.18
3	14.44	9.58
4	16.60	13.96
5	11.88	10.76
6	15.32	10.94
7	13.88	11.70
8	11.46	9.42
9	14.48	13.08
10	13.84	13.44
11	10.98	10.82
12	15.24	10.28
13	14.78	13.26
14	16.96	13.06
15	13.18	9.04
16	11.36	10.10
17	17.82	11.52
18	14.20	11.32
19	16.70	13.20
20	11.78	10.00
21	14.84	12.88
22	16.28	13.38
23	15.04	10.76
24	10.00	8.70
25	12.78	11.36
26	18.34	11.66
27	14.94	12.40
28	15.66	12.60
29	14.62	10.92
30	15.54	13.22

Tane No.	$\bar{2a}$ (mm)	$\bar{2b}$ (mm)
31	14.52	12.02
32	13.48	13.08
33	15.08	13.88
34	16.42	13.74
35	18.12	11.40
36	14.62	12.28
37	14.24	12.48
38	12.10	8.64
39	17.84	13.86
40	10.86	11.08
41	11.34	11.08
42	20.92	11.24
43	13.16	10.24
44	17.96	12.48
45	13.80	9.26
46	11.90	11.02
47	11.88	9.68
48	12.94	10.28
49	13.36	11.76
50	14.80	9.70
51	13.18	12.82
52	14.20	10.54
53	15.42	12.08
54	17.76	12.56
55	13.48	12.54
56	14.44	10.50
57	11.18	10.34
58	14.74	8.82
59	14.98	9.46
60	16.62	10.16

Tane No.	$\bar{2a}$ (mm)	$\bar{2b}$ (mm)
61	13.62	10.88
62	14.18	10.20
63	12.34	10.34
64	9.94	10.56
65	15.42	11.60
66	15.06	12.18
67	16.50	11.66
68	16.88	9.72
69	13.00	10.48
70	13.94	12.06
71	17.26	9.28
72	18.64	12.86
73	13.22	11.74
74	13.56	10.00
75	18.16	15.58
76	17.36	10.12
77	14.04	11.34
78	19.12	11.54
79	12.76	9.18
80	11.28	10.74
81	12.62	10.12
82	12.98	13.04
83	11.02	10.56
84	13.00	12.76
85	12.90	10.04
86	12.58	10.52
87	14.64	10.36
88	10.40	10.36

Tablo C3. Otojen değirmende öğütölen barit numunesinin - 0.104 + 0.074 mm fraksiyonu (Ölçek 150:1)

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
1	13.20	8.40
2	14.06	12.42
3	14.80	6.72
4	13.76	10.44
5	16.08	9.32
6	11.20	10.54
7	11.18	9.78
8	14.18	10.38
9	17.22	10.92
10	14.06	11.50
11	13.88	9.32
12	16.82	12.30
13	15.88	9.14
14	13.24	10.10
15	18.12	10.76
16	13.94	10.94
17	12.74	13.00
18	15.64	12.96
19	16.86	14.38
20	14.16	11.76
21	18.74	13.80
22	17.08	15.84
23	15.94	9.46
24	17.14	10.38
25	15.02	9.72
26	14.18	8.08
27	14.42	11.86
28	18.56	12.98
29	15.86	12.52
30	17.10	10.66

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
31	16.62	13.42
32	18.18	11.12
33	14.44	9.84
34	15.04	12.98
35	11.44	11.98
36	10.70	7.76
37	14.62	12.94
38	15.10	11.00
39	17.42	12.40
40	19.12	13.64
41	10.66	10.62
42	11.94	8.22
43	23.24	12.64
44	14.84	12.58
45	15.94	13.28
46	11.34	11.02
47	15.58	11.96
48	23.82	13.48
49	13.98	11.74
50	11.40	8.94
51	15.32	8.78
52	14.80	8.64
53	18.10	10.46
54	11.22	8.22
55	15.32	12.10
56	16.80	10.90
57	12.66	10.72
58	12.14	10.04
59	14.54	10.52
60	15.16	14.10

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
61	18.18	13.88
62	20.30	12.16
63	13.74	9.86
64	11.88	10.50
65	13.94	9.96
66	13.00	12.36
67	12.34	11.26
68	10.40	10.52
69	16.78	12.54
70	12.20	9.92
71	9.76	8.68
72	16.10	13.58
73	14.34	11.34
74	13.54	11.20
75	15.20	11.42
76	18.02	10.34
77	10.26	8.04
78	21.14	10.58
79	14.72	8.34
80	15.00	10.86
81	13.72	9.70
82	14.92	10.14
83	14.06	10.12
84	15.12	11.92
85	16.74	11.54
86	18.90	9.66
87	15.12	11.18
88	19.42	13.84

**Tablo C4a. Bilyalı değirmende öğütülen barit numunesinin - 0.104 + 0.074 mm fraksiyonu
(Ölçek 100:1)**

Tane No.	$\bar{2a}$ (mm)	$\bar{2b}$ (mm)
1	12.44	11.78
2	10.54	8.02
3	14.86	8.14
4	13.20	8.86
5	11.70	5.82
6	10.62	8.4
7	14.86	9.24
8	8.90	7.78
9	18.80	10.64
10	11.78	9.02
11	13.2	10.22
12	13.58	8.68
13	16.24	9.58
14	10.28	6.44
15	9.58	7.38
16	11.86	7.56
17	9.42	7.30
18	14.30	10.62
19	11.94	8.44
20	13.04	9.70
21	13.82	12.56
22	14.96	8.62
23	10.22	8.04

Tane No.	$\bar{2a}$ (mm)	$\bar{2b}$ (mm)

Tane No.	$\bar{2a}$ (mm)	$\bar{2b}$ (mm)

Tablo C5. Otojen değiminde öğütölen barit numunesinin - 0.074+0.053 mm fraksiyonu (Ölçek 200:1)

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
1	17.62	8.26
2	17.56	12.02
3	13.90	11.22
4	16.58	11.96
5	13.96	11.68
6	8.88	5.44
7	10.88	9.22
8	12.66	12.16
9	10.74	10.66
10	13.90	13.40
11	9.32	6.90
12	16.82	14.28
13	11.68	8.96
14	14.36	8.80
15	14.24	10.58
16	13.04	8.14
17	15.08	9.22
18	17.14	12.64
19	13.48	9.86
20	14.86	9.60
21	15.68	7.80
22	11.22	9.16
23	10.84	12.76
24	12.56	9.84
25	14.12	9.34
26	17.92	10.94
27	12.38	9.54
28	12.20	10.60
29	9.72	10.10
30	16.54	13.26

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
31	11.26	8.78
32	9.82	9.14
33	12.74	5.68
34	15.20	11.00
35	12.30	11.08
36	10.46	9.96
37	15.58	10.40
38	13.86	12.48
39	13.34	7.70
40	10.12	8.68
41	13.74	10.50
42	19.48	11.44
43	13.72	10.46
44	19.34	10.96
45	12.00	8.52
46	11.30	9.74
47	13.86	9.38
48	13.60	11.80
49	15.60	10.48
50	10.76	9.36
51	17.82	11.58
52	11.82	9.60
53	15.10	10.50
54	12.98	10.50
55	12.88	7.28
56	14.64	7.30
57	14.82	12.16
58	10.62	8.16
59	13.06	10.38
60	15.74	12.76

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
61	14.36	10.50
62	10.30	7.10
63	9.84	8.94
64	14.14	12.04
65	9.54	8.10
66	15.48	11.42
67	14.86	12.64
68	14.24	12.50
69	19.16	14.46
70	14.16	9.28
71	10.80	9.14
72	11.78	9.82
73	11.96	12.96
74	12.82	7.72
75	12.44	10.12
76	10.98	9.10
77	14.60	9.52
78	14.46	11.42
79	12.60	8.84
80	11.68	9.96
81	17.68	10.52
82	11.40	8.92
83	14.36	8.84
84	13.98	8.38
85	17.18	8.96
86	9.62	8.24
87	13.56	9.48
88	16.14	6.72
89	13.40	7.92
90	12.0	8.3
91	12.44	10.10

Tablo C6. Bilyalı değirmende öğütülen barit numunesinin - 0.074+0.053 mm fraksiyonu (Ölçek 150:1)

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
1	9.34	7.82
2	9.24	8.84
3	11.74	6.66
4	8.44	9.18
5	8.76	6.46
6	12.88	8.18
7	9.54	7.30
8	8.72	6.96
9	9.36	8.86
10	13.92	10.42
11	11.56	7.40
12	12.48	10.08
13	9.94	8.80
14	9.16	6.60
15	6.86	6.92
16	8.94	6.24
17	19.70	9.54
18	13.16	9.14
19	12.46	8.44
20	12.38	9.14
21	10.26	8.28
22	10.52	8.18
23	7.38	6.56
24	9.22	7.78
25	8.96	6.78
26	8.74	7.88
27	12.02	9.68
28	9.36	6.76
29	11.08	8.08
30	11.82	7.52

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
31	7.64	6.60
32	10.14	6.76
33	7.88	7.46
34	9.86	8.42
35	8.10	7.20
36	8.60	7.22
37	7.92	7.36
38	10.66	8.82
39	11.22	7.56
40	9.44	7.32
41	10.86	7.10
42	8.90	4.46
43	9.18	8.00
44	8.54	7.80
45	10.74	8.92
46	9.22	7.74
47	8.44	7.22
48	12.66	9.14
49	10.16	9.14
50	15.24	8.42
51	10.20	7.86
52	13.32	8.52
53	11.30	8.26
54	7.46	7.78
55	12.58	7.30
56	11.18	9.72
57	10.42	7.44
58	10.52	7.58
59	11.92	6.36
60	8.40	5.58

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
61	17.36	7.00
62	11.48	9.86
63	10.90	7.60
64	11.28	6.80
65	10.96	9.14
66	11.48	7.62
67	10.94	5.08
68	8.62	6.52
69	10.86	9.24
70	10.62	8.86
71	8.72	7.62
72	13.88	5.56
73	12.96	8.80
74	9.10	8.00
75	10.94	7.86
76	10.32	7.94
77	12.78	8.70
78	10.26	7.20
79	12.08	6.46
80	9.96	9.44
81	10.58	7.50
82	11.60	7.40
83	12.40	9.06
84	11.72	9.04
85	10.0	7.50
86	12.78	10.76
87	9.08	7.70
88	12.92	7.98
89	10.06	8.70
90	11.90	9.78

Tablo C7. Otojen değirmende öğütülen barit numunesinin - 0.053+0.044 mm fraksiyonu (Ölçek 250:1)

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
1	11.62	7.30
2	14.92	8.24
3	10.52	9.26
4	14.86	11.34
5	14.20	10.26
6	11.38	10.64
7	11.86	8.12
8	15.32	11.00
9	17.28	10.24
10	10.78	9.44
11	12.60	11.62
12	11.28	10.52
13	11.38	9.68
14	10.06	7.16
15	13.34	9.32
16	10.20	10.10
17	12.82	10.50
18	14.58	11.40
19	12.08	9.40
20	11.78	9.32
21	10.30	9.22
22	11.26	8.62
23	11.44	9.70
24	11.78	9.54
25	18.80	10.50
26	12.40	10.58
27	11.62	10.04
28	11.38	8.44
29	8.80	7.00
30	11.94	9.02

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
31	9.42	8.48
32	12.00	7.36
33	12.26	6.34
34	11.78	8.34
35	14.0	11.12
36	16.30	10.84
37	10.74	8.30
38	12.72	10.90
39	15.56	7.98
40	21.54	12.48
41	10.34	7.80
42	11.66	6.64
43	10.96	9.38
44	12.66	8.42
45	11.50	9.14
46	14.28	9.72
47	11.58	8.26
48	11.18	10.12
49	12.34	9.20
50	14.60	10.08
51	11.68	10.68
52	12.30	9.66
53	10.98	9.94
54	14.0	10.36
55	16.88	9.46
56	14.32	10.90
57	7.34	6.70
58	13.94	11.38
59	16.72	8.70
60	13.84	9.08

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
61	14.04	9.94
62	11.74	9.66
63	13.28	8.74
64	10.26	10.84
65	12.36	9.50
66	12.68	12.22
67	12.30	10.52
68	10.84	9.50
69	9.86	6.84
70	9.56	6.52
71	11.92	8.90
72	15.16	8.78
73	15.02	9.86
74	11.62	7.86
75	8.80	8.34
76	15.26	11.80
77	11.02	9.02
78	10.0	8.06
79	9.64	7.84
80	12.10	9.88
81	13.92	9.16
82	13.10	7.84
83	8.48	9.28
84	14.0	8.14
85	11.36	9.40
86	11.40	11.50
87	13.06	10.46
88	17.66	10.90
89	10.26	10.0
90	10.28	9.98

Tablo C7. Devamı

Tane No.	$\bar{2a}$ (mm)	$\bar{2b}$ (mm)
91	15.96	10.42
92	13.56	9.60
93	12.86	9.38
94	18.34	11.38
95	10.44	10.52
96	12.82	9.10
97	13.88	9.52

Tane No.	$\bar{2a}$ (mm)	$\bar{2b}$ (mm)

Tane No.	$\bar{2a}$ (mm)	$\bar{2b}$ (mm)

Tablo C8. Bilyalı değirmende öğütölen barit numunesinin - 0.053+0.044 mm fraksiyonu (Ölçek 250:1)

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
1	13.80	9.40
2	13.38	7.02
3	17.54	11.26
4	15.56	12.66
5	15.58	12.52
6	14.90	10.04
7	15.94	9.92
8	11.44	9.52
9	15.88	10.76
10	13.58	11.32
11	13.56	9.02
12	14.04	10.36
13	16.00	10.10
14	13.42	11.0
15	20.24	10.60
16	14.10	12.02
17	14.46	8.70
18	16.10	11.94
19	10.94	9.02
20	13.24	10.82
21	13.76	10.14
22	13.90	8.44
23	18.58	10.50
24	11.66	9.56
25	19.14	13.18
26	14.26	9.62
27	14.32	9.76
28	12.32	7.96
29	13.92	8.98
30	17.08	10.48

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
31	12.58	9.32
32	16.74	9.28
33	15.88	8.46
34	15.10	11.28
35	13.90	10.0
36	12.48	10.02
37	18.66	14.36
38	13.28	10.06
39	18.54	11.04
40	12.78	7.18
41	12.36	9.98
42	12.58	9.88
43	16.42	9.88
44	11.76	10.90
45	12.90	8.74
46	13.40	9.40
47	15.16	10.42
48	18.88	7.86
49	13.46	7.76
50	12.72	11.72
51	17.24	9.98
52	18.42	8.56
53	10.22	7.60
54	12.80	8.42
55	21.26	8.34
56	12.54	10.82
57	15.86	9.36
58	12.32	10.36
59	12.66	10.20
60	15.32	11.56

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
61	11.14	10.02
62	11.72	7.40
63	15.80	7.38
64	10.70	10.12
65	17.30	10.58
66	15.40	7.94
67	11.46	9.96
68	12.68	10.80
69	17.10	9.34
70	13.28	12.06
71	12.40	6.54
72	14.62	11.68
73	14.46	10.32
74	15.92	9.30
75	12.76	10.36
76	14.76	13.22
77	12.28	8.82
78	15.02	10.20
79	11.90	8.44
80	24.38	12.18
81	12.44	8.08
82	17.88	9.90
83	16.06	9.10
84	10.12	9.36
85	16.76	10.06
86	13.38	10.92
87	15.42	7.62
88	12.48	10.84
89	12.46	10.98
90	12.46	11.50

EK-D

T.C.
MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
MADEN ANALİZLERİ VE TEKNOLOJİSİ
DAİRESİ BAŞKANLIĞI
ANKARA

Sip. No. : 817

Doç.Dr.Cahit HIÇYILMAZ

16 /6/1994

Rap. No. : 94/617

Proje No. : 94/30

Lab. No:

Numune İşareti

"Küre Pirit" işaretle gelen numunenin
mineralojik tetkik neticesi.

6037

Pirit Cevherleşmesi

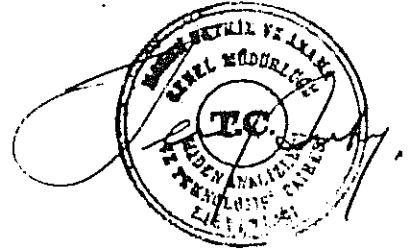
Örnek yarı özşekilli ve özşekilsiz pirit içermekte
olup ayrıca gang mineralleri olarak kuvars (damar halinde)
saptanmıştır.

Örnekte pirit mikroskopik verilere göre muhtemelen
% 75 oranındadır. Bu oran mikroskop altında tane sayımı
yöntemi ile belirlenmiştir.

Saygılarımızla,

V:19426

Y.K/.



EK-E

Tablo E1. Otojen değirmende 8 dakika öğütülen pirit numunesinin elek analizi.

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-80+50	40.23	40.23	59.77
-50+10	6.57	46.80	53.20
-10+1	26.49	73.29	26.71
-1+0.147	21.64	94.93	5.07
-0.147+0.104	1.22	96.15	3.85
-0.104+0.074	1.02	97.17	2.83
-0.074+0.053	0.67	97.84	2.16
-0.053+0.044	0.29	98.13	1.87
-0.044	1.87	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo E2. Otojen değirmende 10 dakika öğütülen pirit numunesinin elek analizi.

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-80+50	42.41	42.41	57.59
-50+10	2.88	45.29	54.71
-10+1	26.37	71.66	28.34
-1+0.147	22.51	94.17	5.83
-0.147+0.104	1.37	95.54	4.46
-0.104+0.074	1.15	96.69	3.31
-0.074+0.053	0.76	97.45	2.55
-0.053+0.044	0.34	97.79	2.21
-0.044	2.21	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo E3. Otojen değirmende 12 dakika öğütülen pirit numunesinin elek analizi.

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-80+50	46.26	46.26	53.74
-50+10	0.70	46.96	53.04
-10+1	25.24	72.20	27.80
-1+0.147	22.15	94.35	5.65
-0.147+0.104	1.33	95.68	4.32
-0.104+0.074	1.10	96.78	3.22
-0.074+0.053	0.71	97.49	2.51
-0.053+0.044	0.35	97.84	2.16
-0.044	2.16	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo E4. Otojen değirmende 20 dakika öğütülen pirit numunesinin elek analizi.

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-80+50	32.88	32.88	67.12
-50+10	12.41	45.29	54.71
-10+1	22.87	68.16	31.84
-1+0.147	23.88	92.04	7.96
-0.147+0.104	1.74	93.78	6.22
-0.104+0.074	1.55	95.33	4.67
-0.074+0.053	1.00	96.33	3.67
-0.053+0.044	0.48	96.81	3.19
-0.044	3.19	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo E5. Otojen değirmende 20 dakika öğütme deneylerinin tekrarlanabilirliğinin kontrolü (Deney 2).

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-80+50	42.46	42.46	57.54
-50+10	0.88	43.34	56.66
-10+1	23.13	66.47	33.53
-1+0.147	25.21	91.68	8.32
-0.147+0.104	1.80	93.48	6.52
-0.104+0.074	1.63	95.11	4.89
-0.074+0.053	1.07	96.18	3.82
-0.053+0.044	0.63	96.81	3.19
-0.044	3.19	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo E6. Otojen değirmende 20 dakika öğütme deneylerinin tekrarlanabilirliğinin kontrolü (Deney 3).

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-80+50	38.42	38.42	61.58
-50+10	4.151	42.57	57.43
-10+1	24.95	67.52	32.48
-1+0.147	24.22	91.74	8.26
-0.147+0.104	1.80	93.54	6.46
-0.104+0.074	1.66	95.20	4.80
-0.074+0.053	1.16	96.36	3.64
-0.053+0.044	0.70	97.06	2.94
-0.044	2.94	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo E7. Otojen değirmende 20 dakika öğütülen pirit numunesinin yeniden düzenlenmiş elek analizi.

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-10+1	41.81	41.81	58.19
-1+0.147	43.65	85.46	14.54
-0.147+0.104	3.183	88.64	11.36
-0.104+0.074	2.841	91.48	8.52
-0.074+0.053	1.83	93.31	6.69
-0.053+0.044	0.88	94.19	5.81
-0.044	5.81	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo E8. Bilyalı değirmende 15 dakika öğütülen pirit numunesinin elek analizi.

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-10+1	46.34	46.34	53.66
-1+0.149	39.37	85.71	14.29
-0.149+0.104	4.14	89.85	10.15
-0.104+0.074	3.01	92.86	7.14
-0.074+0.053	1.80	94.66	5.34
-0.053+0.044	0.75	95.41	4.59
-0.044	4.59	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo E9. Bilyalı değirmende 18 dakika öğütülen pirit numunesinin elek analizi.

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-10+1	45.25	45.25	54.75
-1+0.149	40.65	85.90	14.10
-0.149+0.104	3.86	89.76	10.24
-0.104+0.074	2.96	92.72	7.28
-0.074+0.053	1.79	94.51	5.49
-0.053+0.044	0.74	95.25	4.75
-0.044	4.75	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo E10. Bilyalı değirmende 20 dakika öğütülen pirit numunesinin elek analizi.

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-10+1	46.98	46.98	53.02
-1+0.149	38.13	85.11	14.89
-0.149+0.104	4.11	89.22	10.78
-0.104+0.074	3.10	92.32	7.68
-0.074+0.053	2.07	94.39	5.61
-0.053+0.044	0.85	95.24	4.76
-0.044	4.76	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo E11. Bilyalı değirmende 23 dakika öğütülen pirit numunesinin elek analizi.

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-10+1	48.85	48.85	51.15
-1+0.149	35.12	83.97	16.03
-0.149+0.104	4.37	88.34	11.66
-0.104+0.074	3.32	91.66	8.34
-0.074+0.053	1.87	93.53	6.47
-0.053+0.044	0.94	94.47	5.53
-0.044	5.53	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo E12. Bilyalı değirmende 25 dakika öğütülen pirit numunesinin elek analizi.

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-10+1	45.56	45.56	54.44
-1+0.149	36.81	82.37	17.63
-0.149+0.104	4.76	87.13	12.87
-0.104+0.074	3.66	90.79	9.21
-0.074+0.053	2.23	93.02	6.98
-0.053+0.044	1.28	94.30	5.70
-0.044	5.70	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo E13. Bilyalı değirmende 23 dakika öğütme deneylerinin tekrarlanabilirliğinin kontrolü (Deney 2)

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-10+1	49.06	49.06	50.94
-1+0.149	34.73	83.79	16.21
-0.149+0.104	4.52	88.31	11.69
-0.104+0.074	3.42	91.73	8.27
-0.074+0.053	2.10	93.83	6.17
-0.053+0.044	1.14	94.97	5.03
-0.044	5.53	100.0	-
Toplam	100.0		

Tablo E14. Bilyalı değirmende 23 dakika öğütme deneylerinin tekrarlanabilirliğinin kontrolü (Deney 3)

Elek Açıklığı (mm)	% Ağırlık	Toplam % Elek Üstü	Toplam % Elek Altı
-10+1	49.28	49.28	50.72
-1+0.149	34.51	83.79	16.21
-0.149+0.104	4.57	88.36	11.64
-0.104+0.074	3.26	91.62	8.38
-0.074+0.053	2.00	93.62	6.38
-0.053+0.044	1.09	94.71	5.29
-0.044	5.29	100.0	-
Toplam	100.0		

EK-F

Her tanenin eksenlerini bulmak için uzun (2a) ve kısa (2b) eksenleri için ölçülen 5'er değerlerin ortalamaları 2a ve 2b olarak verilmiştir.

Tablo F1a. Otojen değirmende öğütülen pirit numunesinin - 0.147 + 0.104 mm fraksiyonu (Ölçek 78:1)

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
1	9.9	7.94
2	15.62	8.0
3	13.1	10.16
4	7.78	7.02
5	9.16	7.74
6	10.7	7.28
7	11.42	10.32
8	14.62	11.9
9	13.66	7.76
10	8.92	6.72
11	15.56	9.12
12	11.18	8.3
13	11.68	8.5
14	9.26	5.0
15	15.24	7.7
16	17.34	10.88
17	9.08	8.56
18	10.64	7.92
19	13.12	10.06
20	15.74	4.9
21	11.26	9.22
22	9.68	8.2
23	6.52	6.48
24	11.4	7.98
25	10.16	9.12
26	12.64	8.38
27	8.38	7.8
28	9.4	8.46
29	14.02	10.22
30	8.56	7.5

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
31	11.36	9.48
32	7.8	5.48
33	9.0	7.08
34	12.84	8.48
35	10.96	6.86
36	12.58	11.32
37	14.66	8.22
38	9.54	8.84
39	14.24	12.68
40	8.78	8.46
41	15.12	7.96
42	10.56	9.16
43	14.66	8.22
44	12.78	10.76
45	13.06	7.02
46	12.94	9.34
47	9.96	8.7
48	9.42	8.1
49	8.58	7.74
50	11.44	7.34
51	8.56	8.56
52	10.86	8.3
53	8.64	7.72
54	8.64	8.58
55	9.68	7.12
56	10.84	8.98
57	11.88	6.7
58	14.3	8.12
59	10.06	7.0
60	15.2	7.56

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
61	12.06	8.52
62	8.56	8.12
63	12.34	9.7
64	8.78	8.46
65	13.3	9.58
66	10.86	8.86
67	10.7	9.22
68	10.56	8.78
69	8.92	8.76
70	12.44	7.72
71	10.38	7.36
72	10.34	6.78
73	11.62	8.9
74	11.38	9.66
75	10.22	8.14
76	9.26	8.56
77	9.74	8.3
78	10.14	9.98
79	13.86	6.96
80	10.5	7.98
81	11.52	10.0
82	9.64	7.86
83	13.52	7.84
84	19.38	9.52
85	10.28	9.78
86	9.28	9.2
87	7.46	6.9
88	10.8	9.18
89	9.5	6.82

Tablo F2. Bilyalı değirmende öğütülen pirit numunesinin - 0.147 + 0.104 mm fraksiyonu (Ölçek 79:1)

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
1	10.38	10.04
2	10.48	9.24
3	11.42	9.48
4	12.5	11.76
5	12.14	10.36
6	13.24	9.34
7	11.84	8.54
8	14.9	11.26
9	10.38	7.28
10	11.78	9.54
11	12.64	8.12
12	10.0	8.42
13	12.8	8.8
14	17.22	8.34
15	11.2	9.32
16	13.5	8.14
17	18.48	10.38
18	10.06	8.1
19	10.56	9.16
20	16.42	7.8
21	10.84	9.4
22	13.58	8.0
23	9.04	8.34
24	16.66	11.16
25	10.14	9.32
26	11.62	7.56
27	9.7	7.54
28	14.12	10.36
29	10.54	9.8
30	10.16	7.9

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
31	8.92	8.76
32	12.72	10.28
33	13.2	8.46
34	8.7	7.62
35	12.34	10.58
36	9.62	8.12
37	11.14	10.18
38	10.36	8.36
39	11.6	9.5
40	12.74	10.3
41	12.46	9.84
42	10.98	9.86
43	10.58	6.94
44	9.48	9.34
45	12.14	11.18
46	10.08	7.74
47	13.6	8.62
48	12.32	8.44
49	9.88	6.36
50	12.5	9.18
51	8.88	7.44
52	9.74	7.14
53	9.3	7.1
54	10.72	9.06
55	18.96	8.9
56	17.18	8.8
57	10.62	8.06
58	9.46	7.94
59	9.62	6.94
60	14.54	11.32

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
61	20.14	9.12
62	10.7	8.36
63	11.2	10.54
64	11.36	7.16
65	13.08	9.44
66	10.62	6.6
67	15.4	8.46
68	10.5	7.18
69	13.76	8.68
70	10.22	7.08
71	9.74	9.54
72	12.72	11.14
73	11.72	9.18
74	9.98	7.78
75	12.78	7.52
76	12.5	12.0
77	10.78	7.28
78	14.02	8.78
79	14.88	9.54
80	10.74	9.78
81	13.06	7.6
82	9.94	9.68
83	13.06	7.8
84	12.44	9.94
85	12.12	8.66
86	8.34	6.92
87	15.62	7.56
88	8.94	6.22
89	12.82	6.82
90	9.24	8.0

Tablo F2. Devam

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
91	12.42	9.64
92	12.68	7.42
93	13.9	7.52
94	9.54	8.84
95	10.88	10.24
96	15.58	10.1
97	11.86	7.2
98	9.46	6.12
99	12.46	8.82
100	10.58	8.98
101	11.58	6.14
102	12.16	7.18
103	10.64	8.56
104	11.04	7.68
105	11.42	7.24
106	10.94	5.44
107	10.3	8.56
108	8.98	8.24
109	11.94	8.2
110	15.12	7.78
111	9.18	7.62
112	14.52	9.42
113	10.36	9.82
114	13.88	8.84
115	12.1	10.34
116	12.36	7.56
117	13.22	10.56
118	16.24	8.18
119	12.2	11.62
120	17.9	10.38

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
121	14.54	9.0
122	11.6	9.96
123	13.32	10.96
124	10.5	8.86
125	8.62	7.72
126	16.94	9.52
127	9.04	7.54
128	10.76	6.06
129	12.34	6.44
130	12.18	11.8
131	9.42	8.2
132	9.82	9.62
133	8.12	7.72
134	9.52	9.14
135	10.16	8.1
136	10.66	10.56
137	9.8	8.22
138	13.14	8.7
139	10.1	8.24
140	10.5	9.22
141	9.6	8.92
142	11.86	7.5
143	10.0	6.52
144	9.7	8.82
145	7.96	7.4
146	10.16	9.44
147	10.24	7.74
148	11.98	7.62
149	12.1	8.46
150	11.42	10.56

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
151	10.28	8.74
152	11.54	9.28
153	7.6	7.48
154	14.28	10.56
155	11.72	10.02
156	12.82	11.34
157	15.9	9.14
158	11.02	9.56
159	11.22	10.82
160	12.3	11.1
161	12.88	10.2
162	11.92	8.06
163	11.86	10.1
164	11.0	7.4
165	11.78	7.7
166	14.04	11.7
167	13.28	9.46
168	9.98	8.8
169	13.66	8.68
170	10.98	9.68
171	14.44	10.5
172	4.66	4.32
173	11.06	8.68
174	10.3	8.3
175	10.48	8.9
176	11.08	5.44
177	11.24	9.78
178	10.28	9.0
179	10.36	9.08
180	10.96	8.94

Tablo F3a. Otojen değimende oğütülen pirit numunesinin - 0.104 + 0.074 mm fraksiyonu (Ölçek 131:1)

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
1	6.88	4.94
2	12.46	11.06
3	11.76	10.84
4	14.42	10.92
5	9.78	8.2
6	8.02	6.54
7	14.62	9.52
8	14.88	12.36
9	16.58	10.04
10	17.98	11.42
11	25.66	12.16
12	10.8	10.26
13	15.08	11.44
14	18.54	8.12
15	14.32	9.22
16	11.84	8.6
17	13.0	8.14
18	15.32	12.28
19	16.16	10.16
20	12.74	10.12
21	9.48	8.82
22	10.48	8.92
23	12.76	10.44
24	11.98	9.5
25	13.08	11.86
26	9.54	6.68
27	14.9	8.9
28	22.32	11.58
29	14.4	6.14
30	12.76	8.34

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
31	12.08	12.08
32	14.2	11.16
33	11.8	10.5
34	11.84	7.9
35	18.98	11.92
36	15.24	10.6
37	16.24	9.28
38	11.88	5.58
39	12.92	11.96
40	12.48	10.22
41	10.64	10.64
42	15.38	11.76
43	14.96	7.32
44	14.18	9.56
45	13.08	11.24
46	10.2	9.54
47	8.5	8.34
48	13.9	8.92
49	13.9	10.52
50	13.62	12.0
51	9.62	8.18
52	13.08	11.94
53	17.5	11.12
54	10.78	9.12
55	13.32	11.84
56	10.9	10.16
57	14.78	10.46
58	13.54	12.5
59	12.44	12.24
60	11.88	9.94

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
61	10.22	8.64
62	8.94	8.5
63	12.76	12.36
64	11.06	8.98
65	9.12	7.38
66	13.3	7.18
67	13.74	9.24
68	12.18	7.36
69	13.6	10.1
70	10.76	7.22
71	7.24	7.0
72	11.56	9.96
73	24.54	9.94
74	9.0	8.8
75	11.06	7.52
76	19.04	11.76
77	11.38	9.52
78	10.08	9.38
79	12.44	10.98
80	10.32	10.18
81	10.48	9.22
82	12.02	9.62
83	13.54	7.68
84	9.74	7.34
85	10.02	8.62
86	12.06	10.86
87	8.7	6.92
88	9.76	6.68
89	13.9	9.74
90	22.72	11.8

Tablo F3a. Devam

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
91	25.64	12.22
92	10.68	8.48
93	13.04	9.14
94	15.82	10.58
95	13.4	9.28
96	12.62	7.52
97	21.48	10.36
98	11.68	6.74
99	8.84	8.12
100	9.02	7.14
101	11.12	6.32
102	8.68	8.06
103	9.72	8.22
104	12.8	7.54
105	11.94	11.34
106	10.64	7.32
107	11.74	7.82
108	10.22	9.38
109	17.58	11.46
110	9.54	9.14
111	11.96	10.04
112	14.42	10.18
113	14.02	8.6
114	16.78	8.56
115	19.68	9.38
116	14.26	12.44
117	11.06	9.26
118	17.02	12.08
119	14.98	9.48
120	14.28	8.74

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
121	13.36	10.18
122	9.02	7.58
123	12.8	11.26
124	12.82	9.48
125	13.78	11.96
126	12.14	9.26
127	18.86	12.18
128	18.4	11.94
129	10.5	4.72
130	10.32	10.08
131	13.6	9.92
132	11.12	10.24
133	11.38	9.58
134	9.74	7.02
135	22.4	11.54
136	8.0	7.2
137	13.96	9.32
138	14.84	8.1
139	9.88	9.44
140	13.6	7.5
141	10.5	8.5
142	11.46	10.58
143	15.24	8.1
144	9.16	7.64
145	12.62	7.42
146	8.94	7.44
147	16.8	10.0
148	4.7	3.64
149	10.42	9.92
150	11.22	8.22

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
151	13.46	11.0
152	8.66	7.68
153	11.16	8.48
154	18.12	11.84
155	12.5	10.82
156	11.3	10.26
157	14.56	10.42
158	9.44	8.32
159	9.64	7.88
160	11.74	11.3
161	12.88	10.44
162	12.4	7.68
163	7.96	7.88
164	12.66	8.76
165	10.24	7.06
166	10.58	10.08
167	11.94	9.66
168	12.12	9.76

Tablo F4b. Bilyalı değirmende öğütülen pirit numunesinin - 0.104 + 0.074 mm fraksiyonu (Ölçek 135:1)

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
1	13.08	10.7
2	16.3	11.64
3	10.62	6.98
4	18.58	8.2
5	13.16	10.84
6	15.52	10.7
7	13.72	9.3
8	15.54	12.34
9	12.16	10.04
10	13.58	12.28
11	11.04	8.68
12	16.68	11.74
13	16.5	11.66
14	12.36	10.48
15	15.24	13.14
16	16.9	11.9
17	8.98	8.78
18	16.5	11.88
19	18.7	14.46
20	12.04	8.6
21	14.1	9.08
22	9.08	8.62
23	10.22	8.52
24	11.5	9.34
25	13.62	12.04
26	9.9	7.54
27	12.7	8.04
28	14.24	8.98
29	13.32	10.34
30	12.58	6.46

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
31	15.96	9.7
32	15.14	10.3
33	15.18	13.42
34	13.78	9.34
35	11.16	8.84
36	11.2	9.8
37	11.72	10.24
38	12.54	10.92
39	13.86	13.16
40	16.66	10.1
41	11.26	9.44
42	12.62	10.96
43	14.34	11.8
44	13.62	11.22
45	12.7	12.38
46	9.38	9.0
47	10.0	7.76
48	13.82	12.7
49	16.78	10.7
50	15.1	14.34
51	15.22	12.42
52	16.26	12.14
53	18.54	11.3
54	11.36	9.44
55	11.68	10.32
56	14.38	14.02
57	9.78	6.44
58	15.0	11.14
59	14.8	10.44
60	11.52	9.0

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
61	13.86	13.18
62	16.34	15.02
63	14.74	10.38
64	12.28	8.62
65	16.72	12.76
66	11.16	10.88
67	14.64	11.62
68	13.98	8.68
69	15.66	12.28
70	13.5	9.2
71	8.86	7.36
72	12.98	7.42
73	10.3	7.42
74	12.44	7.96
75	9.44	8.52
76	13.08	10.6
77	16.26	9.78
78	15.88	11.98
79	19.12	10.22
80	15.14	7.66
81	12.04	8.28
82	14.92	12.62
83	12.84	9.04
84	12.94	9.14
85	13.92	8.74
86	13.6	9.88
87	9.32	8.98
88	15.54	13.8
89	18.96	10.28
90	10.04	8.68

Tablo F4b. Devam

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
91	17.64	12.72
92	10.88	7.3
93	11.84	9.62
94	13.1	9.36
95	9.5	8.18
96	11.18	9.94
97	9.14	8.14
98	16.62	11.9
99	17.56	9.52
100	15.72	10.72
101	20.98	10.98
102	14.26	7.3
103	14.26	14.04
104	12.5	10.04
105	16.88	12.54
106	18.04	8.9
107	11.26	8.32
108	10.04	10.08
109	12.42	10.62
110	10.62	10.44
111	11.72	8.06
112	13.1	10.7
113	14.7	10.32
114	13.82	9.34
115	12.86	9.08
116	19.26	14.32
117	12.42	10.6
118	11.46	15.86
119	11.72	10.8

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)

Tablo F5a. Otojen değirmende öğütölen pirit numunesinin - 0.074 + 0.053 mm fraksiyonu (Ölçek 215:1)

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
1	16.62	11.14
2	11.98	11.44
3	17.16	11.98
4	13.98	10.5
5	12.6	9.26
6	16.08	14.0
7	12.34	7.8
8	15.76	13.56
9	14.98	13.72
10	12.44	10.04
11	12.9	6.02
12	14.08	9.94
13	15.52	10.38
14	12.22	11.5
15	14.04	8.12
16	13.16	10.88
17	15.14	11.98
18	13.36	8.82
19	11.18	9.24
20	16.0	12.98
21	14.82	9.26
22	15.34	10.0
23	15.7	13.32
24	14.38	10.5
25	11.18	10.2
26	10.28	9.36
27	19.0	13.26
28	15.84	10.9
29	15.86	12.14
30	11.82	8.48

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
31	13.72	7.92
32	12.82	10.4
33	14.82	13.06
34	16.72	8.34
35	13.44	10.54
36	13.58	13.3
37	13.04	12.44
38	15.98	11.3
39	11.94	10.4
40	18.4	11.24
41	16.58	8.76
42	11.44	9.98
43	14.16	10.22
44	15.96	11.0
45	14.1	9.7
46	13.22	7.76
47	15.14	7.18
48	14.02	8.9
49	15.4	9.48
50	20.56	8.44
51	23.86	13.84
52	12.02	9.78
53	19.52	11.46
54	13.16	7.36
55	17.88	10.62
56	10.16	9.4
57	14.08	11.12
58	20.44	12.9
59	16.18	8.44
60	14.84	8.78

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
61	13.98	11.26
62	13.04	9.36
63	19.42	10.2
64	11.6	7.46
65	13.54	3.94
66	13.1	10.06
67	16.78	8.3
68	15.66	11.0
69	12.94	9.9
70	15.78	8.36
71	12.7	9.82
72	14.18	9.6
73	11.68	7.7
74	15.04	9.54
75	15.26	7.48
76	16.84	16.06
77	16.52	15.8
78	16.08	15.3
79	11.5	9.82
80	20.88	9.04
81	14.16	10.16
82	14.34	12.98
83	6.5	5.12
84	11.68	10.08
85	12.06	8.88
86	32.0	12.58
87	15.62	9.38

Tablo F5a. Devam

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
88	12.12	10.5
89	18.44	13.94
90	9.74	9.1
91	14.54	9.4
92	15.4	12.0
93	12.72	10.28
94	7.68	5.46
95	11.64	10.14
96	12.68	9.76
97	11.66	9.06
98	12.96	12.96
99	11.3	10.58
100	12.22	9.28
101	13.34	10.6
102	11.64	10.86
103	11.1	9.6
104	6.7	5.36
105	11.38	8.26
106	10.24	8.8
107	15.78	9.18
108	13.8	9.62
109	10.0	9.18
110	10.52	10.3
111	14.54	14.42
112	10.2	8.76
113	14.36	8.78
114	14.2	12.46
115	12.72	9.82
116	13.42	9.16
117	11.82	9.18
118	13.1	6.8

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
119	17.22	13.06
120	13.06	11.3
121	14.18	12.32
122	9.64	9.32
123	14.38	9.08
124	14.32	13.06
125	13.04	9.84
126	16.02	13.94
127	12.04	9.78
128	23.22	9.88
129	21.04	11.26
130	14.46	7.84
131	15.9	12.12
132	19.42	9.92
133	11.32	6.56
134	12.02	9.1
135	13.64	12.02
136	18.58	10.54
137	15.48	9.28
138	14.88	9.86
139	19.2	10.38
140	14.24	9.2
141	19.9	10.18
142	11.78	11.18
143	13.78	9.58
144	8.8	6.7
145	9.9	7.5

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)

Tablo F6. Bilyalı değirmende öğütülen pirit numunesinin -0.074 +0.053 mm fraksiyonu (Ölçek 215:1)

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
1	31.76	18.82
2	22.32	14.0
3	18.1	11.26
4	26.7	12.46
5	19.48	15.96
6	19.84	13.9
7	18.52	10.5
8	14.34	11.22
9	15.54	11.76
10	19.3	14.0
11	14.06	7.0
12	16.36	15.64
13	15.34	12.98
14	14.08	10.86
15	19.42	12.36
16	9.46	9.38
17	15.7	13.02
18	16.76	10.84
19	16.4	9.36
20	18.02	14.5
21	16.84	13.36
22	13.96	11.52
23	16.82	12.26
24	24.38	13.76
25	11.94	10.98
26	17.62	14.32
27	18.96	15.52
28	17.78	16.38
29	14.28	14.16
30	17.04	14.46

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
31	15.8	11.94
32	19.72	10.86
33	19.62	14.42
34	19.8	17.52
35	18.98	15.64
36	18.9	12.5
37	17.14	13.0
38	23.84	14.04
39	19.02	13.4
40	17.86	11.06
41	17.3	12.0
42	13.44	11.64
43	19.02	9.76
44	20.56	10.8
45	15.82	10.78
46	18.48	14.8
47	13.2	13.0
48	22.04	15.28
49	13.48	11.7
50	18.4	15.24
51	15.98	14.72
52	17.46	15.62
53	16.42	16.02
54	14.9	11.68
55	24.1	14.9
56	17.62	10.36
57	18.78	13.96
58	22.72	12.46
59	21.44	14.08
60	17.8	15.3

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
61	19.42	11.32
62	13.12	11.14
63	18.6	14.4
64	18.0	11.48
65	14.56	13.38
66	21.9	10.78
67	15.94	11.4
68	22.88	13.44
69	16.76	10.66
70	13.36	8.86
71	22.18	10.6
72	14.12	5.98
73	14.88	13.8
74	18.36	9.22
75	14.72	12.1
76	20.32	13.12
77	10.08	9.32
78	17.22	8.66
79	35.62	13.76
80	15.54	12.58
81	13.24	12.42
82	17.82	13.44
83	16.82	11.08
84	16.86	14.28
85	18.2	11.74
86	12.62	11.82
87	12.68	11.46
88	14.2	12.32
89	22.26	9.22
90	14.42	13.68

Tablo F6 . Devam

Tane No.	$\bar{2a}$ (mm)	$\bar{2b}$ (mm)
91	15.08	10.34
92	18.56	9.14
93	14.52	12.1
94	19.86	10.06
95	16.64	12.66
96	13.98	9.52
97	20.62	11.3
98	18.8	15.2
99	13.34	11.92
100	14.8	12.18
101	15.4	11.22
102	13.48	12.08
103	20.18	16.24
104	17.4	12.18
105	13.0	11.8
106	14.98	12.52
107	14.44	10.68
108	14.12	11.06
109	20.28	16.52

Tane No.	$\bar{2a}$ (mm)	$\bar{2b}$ (mm)

Tane No.	$\bar{2a}$ (mm)	$\bar{2b}$ (mm)

Tablo F7. Otojen değirmende öğütülen pirit numunesinin -0.053 +0.044 mm fraksiyonu (Ölçek 265:1)

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
1	14.04	11.44
2	20.84	10.36
3	12.98	10.42
4	17.68	11.98
5	16.8	10.3
6	9.5	5.24
7	14.58	8.06
8	11.5	7.88
9	11.58	10.64
10	13.1	10.78
11	13.96	11.16
12	13.52	11.9
13	18.0	13.2
14	14.7	8.78
15	16.52	7.18
16	12.14	9.52
17	12.82	7.26
18	14.46	10.64
19	6.2	4.88
20	13.52	11.62
21	13.64	9.42
22	14.64	9.18
23	16.54	10.74
24	11.6	10.52
25	11.02	6.98
26	13.24	11.22
27	13.98	13.9
28	10.98	9.84
29	11.62	6.72
30	20.32	9.28

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
31	15.36	10.08
32	14.62	10.58
33	14.2	11.28
34	15.14	12.0
35	11.88	5.6
36	22.26	8.62
37	13.52	9.74
38	20.96	10.16
39	13.04	9.7
40	13.66	11.44
41	12.42	9.44
42	17.66	8.94
43	15.42	10.08
44	18.78	11.96
45	9.6	9.06
46	16.34	8.66
47	25.3	11.66
48	16.3	10.8
49	11.24	11.12
50	19.42	14.36
51	13.46	11.88
52	12.56	8.5
53	10.04	9.4
54	12.48	6.5
55	13.26	8.6
56	15.6	11.86
57	11.24	10.66
58	17.68	9.76
59	24.7	11.18
60	14.22	8.62

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
61	12.28	9.98
62	16.02	13.2
63	17.52	7.7
64	12.68	8.92
65	12.8	5.98
66	17.98	10.5
67	17.36	11.48
68	12.0	11.92
69	10.38	4.86
70	12.3	10.72
71	14.78	10.06
72	14.42	10.46
73	24.7	8.56
74	13.28	10.68
75	17.0	8.88
76	18.14	9.14
77	14.74	9.14
78	12.86	10.24
79	15.28	9.52
80	15.84	10.66
81	7.78	4.68
82	18.32	13.12
83	15.22	8.94
84	12.86	7.68
85	21.86	8.64
86	11.96	7.6
87	11.5	7.22
88	20.72	9.08
89	16.4	11.14
90	13.84	11.26

Tablo F8 . Bilyalı değirmende öğütülen pirit numunesinin -0.053 +0.044 mm fraksiyonu
(Ölçek 265:1)

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
1	12.78	6.78
2	10.44	10.12
3	20.3	14.16
4	17.08	11.82
5	18.04	14.52
6	12.58	12.34
7	17.58	8.76
8	16.3	9.82
9	24.06	14.86
10	12.84	11.52
11	15.54	12.08
12	21.88	8.62
13	12.32	9.2
14	17.1	9.66
15	16.6	12.38
16	29.06	19.26
17	14.96	13.58
18	11.78	9.72
19	16.08	10.02
20	17.26	10.94
21	14.98	6.86
22	15.7	10.12
23	14.12	12.08
24	14.74	10.42
25	19.76	13.82
26	23.88	16.26
27	16.58	7.7
28	15.94	13.22
29	16.46	13.84
30	17.88	12.28

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
31	15.4	12.04
32	14.18	13.96
33	20.2	14.58
34	20.54	19.66
35	13.3	9.14
36	11.28	9.38
37	10.98	10.24
38	11.3	7.84
39	13.58	11.16
40	22.46	11.5
41	13.5	11.26
42	17.98	8.46
43	12.5	9.84
44	29.4	12.52
45	18.72	10.82
46	14.48	13.32
47	16.54	16.48
48	14.48	12.8
49	14.54	11.62
50	16.0	10.92
51	14.32	12.3
52	17.7	12.68
53	22.9	13.16
54	17.94	15.0
55	13.4	12.2
56	16.14	14.54
57	14.0	11.14
58	20.84	13.14
59	15.54	9.26
60	12.06	11.7

Tane No.	2a (mm)	2b (mm)
61	15.64	10.22
62	13.46	11.7
63	27.48	14.54
64	15.14	11.66
65	16.18	15.6
66	14.24	13.26
67	21.48	14.44
68	14.86	11.66
69	14.4	12.34
70	15.04	13.54
71	19.78	14.88
72	14.16	9.34
73	13.08	9.68
74	7.04	5.8
75	13.3	5.02
76	17.62	12.32
77	14.22	9.64
78	10.42	6.72
79	20.86	15.88
80	12.56	12.5
81	16.46	15.7
82	16.48	15.0
83	12.24	10.68
84	14.34	12.72
85	14.06	13.66
86	12.86	9.22
87	15.5	11.38
88	15.54	10.24
89	18.4	10.86
90	14.44	10.2

BİBLİYOGRAFİK BİLGİ FORMU	
1- Proje No: YBAG 104	2- Rapor Tarihi: 15.12.1994
3- Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 15.8.1993 - 15.8.1994	
4- Projenin Adı: Konvansiyonel ve Otojen Değirmenlerin Tane Pürüzlülüğü ve Flotasyon Verimliliği Açısından İncelenmesi.	
5- Proje Yürütücüsü ve Yardımcı Araştırmacılar: Doç.Dr. Cahit Hiçyılmaz Prof.Dr. Ümit Atalay Dr. Sedat Bilgen Dr. Güven Akdoğan	
6- Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: ODTÜ, Maden Mühendisliği Bölümü, 06531 ANKARA	
7- Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: TÜBİTAK, Atatürk Bulvarı No: 221 Kavaklıdere 06100 ANKARA	
8- Öz (Abstract): Bu araştırmada saf Barit ve Pirit numunelerinin otojen ve bilyalı değirmenlerde öğütülmesi sonucu elde edilen tanelerin şekil ve morfolojik özellikleri 2 ve 3 boyutlu ölçümlerle tesbit edilip flotasyon verimliliğine olan etkisi araştırılmıştır.	
Barit, Pirit, Otojen ve Bilyalı Değirmen, Yassılık, Pürüzlülük, Anahtar Kelimeler: Keskinlik, Flotasyon	
9- Proje ile ilgili Yayın/Tebliğlerle ilgili Bilgiler :Biri yurtiçi ve diğeri yurtdışı olmak üzere iki makale basılmak üzere gönderilmiştir. Powder Technology'e gönderilmek üzere iki makale daha hazırlanmaktadır.	
10- Bilim Dalı: Doçentlik B. Dalı Kodu: 607.02.04 Uzmanlık Alanı Kodu:	ISIC Kodu:
11- Dağıtım (*): <input type="checkbox"/> Sınırlı	<input type="checkbox"/> Sınırsız
12- Raporun Gizlilik Durumu :	<input type="checkbox"/> Gizli <input checked="" type="checkbox"/> Gizli Değil

(*) Projenizin Sonuç Raporunun ulaştırılmasını istediğiniz kurum ve kuruluşları ayrıca belirtiniz