

ETİBANK

KIRKA TINKAL KONSANTRATÖRÜNDEKİ +1 MM'LİK
KABA KONSANTRENİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Ümit Ümrani ÜÇBAŞ

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Cevher Hazırlama Bilim Dalında
"YÜKSEK LİSANS TEZİ"
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman : Dr. Kenan POSLU

Şubat - 1990

Ümit Ümrani ÜÇBAŞ'ın YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırladığı "Kırka Tintal Konsantratöründeki +1 mm'lik Kaba Konsantrenin Zenginleştirilmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce Lisansüstü Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

.6./4./1990

Üye : Dr. Kenan Polu

Üye : Doç. Dr. Hüseyin Özdeş

Üye : Y. Doç. Dr. Gürkan Yersel,

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun.....**11 NISAN 1990**
gün ve ..24.1./5..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Rüstem KAYA
Enstitü Müdürü

SUMMARY

In this study effort has been made to increase B_2O_3 content of -6+1 mm size fraction above 34.5 % B_2O_3 of concentrate produced in Etibank Kırka Boron Concentrator. Experimental Studies that were performed are washing-sieving, attrition scrubbing-sieving, aging in water-sieving and jiggling.

It was determined that attrition scrubbing-sieving method increased B_2O_3 content from 31.19 % B_2O_3 to 35.32 % B_2O_3 with a recovery of 93.02 % B_2O_3 .

On the other hand B_2O_3 content was increased from 29.82 % B_2O_3 to 34.55 % B_2O_3 with a recovery of 98.09 % B_2O_3 by aging the coarse fraction in water and subsequently sieving.

TEŞEKKÜR SUNUSU

Yüksek Lisans çalışmalarım esnasında beni yönlendiren ve döküman sağlamamda yardımcı olan danışmanım Sayın Dr. Kenan POSLU'ya teşekkür ederim.

Çalışmama değerli görüşleri ile katkıda bulunan Maden Mühendisliği Bölümü Başkan Yardımcısı Sayın Doç. Dr. Hüseyin ÖZDAĞ'a, Jeoloji Mühendisi Sayın Meserret DOĞAN'a, Kimyasal analizleri yaparken sık sık görüşümü almak gereğini hissettiğim Kimya Yüksek Mühendisi Sayın Suna İŞKÜZAR'a ve ayrıca tezin düzenlenip daktiloya geçirilmesinde emeği geçen Sayın Tıvfk UYGUR'a teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Saygılarımla,
Ümit Ümrani ÜÇBAŞ

İÇİNDEKİLER

Sahife

ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR SUNUSU	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Bor'un Tanımı	2
2.2. Bor'un Tarihçesi	2
2.3. Bor Mineralleri ve Bor Bileşikleri	3
2.4. Bor'un Kullanım Alanları	5
3. BOR YATAKLARININ OLUŞUMU VE JEOLJİSİ	6
4. DÜNYA VE TÜRKİYE BOR REZERVLERİ	7
5. DÜNYA VE TÜRKİYE BOR MINERALLERİ ÜRETİMİ	8
6. BOR'UN ÇEVRESEL ETKİSİ	10
7. BOR CEVHERLERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ	12
7.1. Tavuklama (Triyaj)	12
7.2. Boyuta Göre Sınıflandırma ile Zenginleştirme	12
7.3. Özgül Ağırlık Farkı ile Zenginleştirme (Ağır ortam ayırması)	13
7.4. Sıvı-Sıvı Ekstraksiyonu ile Zenginleştirme	13
7.5. Flotasyon Yöntemi ile Zenginleştirme	14
7.6. Kalsinasyon ile Zenginleştirme	14
8. ETİBANK KIRKA BORAKS İŞLETMESİ MÜESSESESİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER	15
8.1. Ocaklar	15
8.2. Konsantratör Tesisi	15
8.2.1. Konsantratör tesisi aklın şeması	16

İÇİNDEKİLER (Devam)

	Sahife
8.3. Bor Türevleri Tesisi	18
8.3.1. Bor türevleri tesisi akım şeması	19
9. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	22
9.1. Cevher Yatağının Durumu	22
9.2. Cevher Yapısına Göre Uygulanan Zenginleştirme Yöntemleri	23
9.2.1. Fazla miktarda doygun gözelti kullanılarak yapı-	
lan yıkama ve elemeyle zenginleştirme	24
9.2.2. Jigleme ile zenginleştirme	25
9.2.2.1. Numunenin iki farklı boyut aralığında	
jiglenmesi	26
9.2.2.2. Numunenin tek bir boyut aralığında	
jiglenmesi	26
9.2.3. Karıştırma deneyleri (Attrition scrubbing)	26
9.2.4. Sanayi suyu ile yıkama ve eleme	27
9.2.5. Gölet suyu ile yıkama ve eleme	27
9.2.5.1. % 0.45 B ₂ O ₃ içerikli su içinde 24 saat	
bekletme	27
9.2.5.2. % 0.61 B ₂ O ₃ içerikli su içinde 48 saat	
bekletme	28
9.2.5.3. % 0.36 B ₂ O ₃ içerikli su içinde 12 saat	
bekletme	28
9.2.6. Kimyasal Analizler	29
10. SONUÇLAR	42
11. ÖNERİLER	44
KAYNAKLAR	45

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
2.1. Ticari Değeri Olan Bor Mineralleri	4
2.2. Rafine Bor Bileşikleri	4
2.3. 1982-1984 Yılları Arasında A.B.D. Bor Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı	6
4.1. Düzenlenmiş Bor Rezervleri Tablosu	7
4.2. Türkiye Bor Rezervleri	8
5.1. Dünya ve Türkiye Bor Mineralleri Üretimi	8
5.2. Türkiye'nin Bor Mineralleri Üretimi	9
5.3. Etibank'a Bağlı Müesseseler ve Bunlara Bağlı Tesisler	10
9.1. Kırka Tıncal Cevherindeki Gang Mineralleri ve Yaklaşık Yapıları	23
9.2. Çeşitli Minerallerin Sertlik ve Yoğunlukları	24
9.3. Kaba Konsantrenin Kimyasal Analizi	34
9.4. Kaba Konsantrenin Kuru Elek Analizi	34
9.5. Fazla Miktarda Doygun Çözelti ile Yıkanmış Numunenin Yaş Elek Analizi	34
9.6. İki Ayrı Boyut Aralığında Jiglenmiş Kaba Konsantrenin Yaş Elek Analizi	35
9.7. Tek Bir Boyut Aralığında Jiglenmiş Kaba Konsantrenin Yaş Elek Analizi	35
9.8. 400 d/dak. Hız ile 5 Dakika Karıştırma	35
9.9. 400 d/dak. Hız ile 10 Dakika Karıştırma	36
9.10. 400 d/dak. Hız ile 15 Dakika Karıştırma	36
9.11. 500 d/dak. Hız ile 5 Dakika Karıştırma	36
9.12. 500 d/dak. Hız ile 10 Dakika Karıştırma	37
9.13. 500 d/dak. Hız ile 15 Dakika Karıştırma	37
9.14. 600 d/dak. Hız ile 5 Dakika Karıştırma	37
9.15. 600 d/dak. Hız ile 10 Dakika Karıştırma	38
9.16. 600 d/dak. Hız ile 15 Dakika Karıştırma	38

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)

Çizelge	Sahife
9.17. Kaba Konsantrenin Kuru Elek Analizi	39
9.18. Kaba Konsantrenin Yaş Elek Analizi	39
9.19. Sanayi Suyu ile Yıkanmış Numunenin Yaş Elek Analizi	39
9.20. Gölet Suyu ile Yıkanmış Numunenin Yaş Elek Analizi	40
9.21. Gölet Suyu ile Yıkanmış Numunenin 24 saat % 0.45 B ₂ O ₃ İçeren Çözelti İçerisinde Bekletilmesi	40
9.22. Gölet Suyu ile Yıkanmış Numunenin 48 Saat % 0.61 B ₂ O ₃ İçeren Çözelti İçerisinde Bekletilmesi	40
9.23. Gölet Suyu ile Yıkanmış Numunenin 12 Saat % 0.36 B ₂ O ₃ İçeren Çözelti İçerisinde Bekletilmesi	41

1. GİRİŞ

Kırka Konsantratör Tesisinde işlenen tinkal cevherinin zenginleştirilmesi sonucunda elde edilen konsantre tinkalin B_2O_3 tenörü ortalama olarak % 32 civarındadır. Bu konsantre yaklaşık olarak % 12 suda çözünmeyen maddeler ve % 8 civarında da nem içermektedir. Üretilen konsantre tinkalin bir kısmı doğrudan ihraç edilirken bir kısmı da boraks pentahidrat üretilmek üzere Bor Türevleri Tesisi'ne verilmektedir. Bor Türevleri Tesisi'ne verilen konsantre tinkalin tenörünün düşük olması durumunda flokülant sarfiyatı artmakta ve üretim kapasitesi düşmektedir.

Diğer yandan düşük tenörlü konsantre tinkalde nem ve kil yaklaşık olarak % 20 civarında bir yer tutmaktadır. Bu durum taşıma maliyetlerinin artmasına sebep olmaktadır.

Konsantre tinkalin, ince konsantre olarak tanımlanan 1 mm'den daha küçük boyutlu kısmı klasifikatör ve siklonlarda zenginleştirildiğinde elde edilen tenör, kaba konsantre olarak tanımlanan -6+1 mm'lik konsantreye göre daha fazla olmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada tenörü daha düşük olan kaba konsantre ele alınmış ve tenörü Bor Türevleri Tesisi'nin daha rahat çalışabilmesi için gerekli olan % 34,5 B_2O_3 değerinin üzerine çıkarılmaya çalışılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Bor'un Tanımı

Elementer bor, amorf formda iken koyu kahverengi bir tozdur. Kristal formda ise sert ve gevrek bir yapıdadır. Ergime derecesi çok yüksek (2300°C) ve Atom Ağırlığı 10,81'dir. Bor tuzları alkali metal tuzlarıdır ve asit kökünün yerini boratlar almıştır. Bir bor asidi olan H_3BO_3 kökünün Na, Ca, Mg gibi bir veya birkaç baz katyonuyla birleşmesi sonucu bor tuzları oluşur. Yer kabuğunun yüzbinde birini oluşturan bor elementi doğada serbest halde bulunmaz. Kristal veya amorf formdaki bor laboratuvarında sentetik olarak elde edilebilir.

Bor'un elektrik iletkenliği oda sıcaklığından çok düşük olmasına rağmen ısıtıldıkça süratle artar. Bu, metallere has bir özellik değildir. Diğer metalik özelliklerinin de çok az olmasından dolayı bor bir ametaldir.

Ergimiş iken soğutulduğunda çok sert ve kırılğan bir madde halini alır. Havada ısıtıldığında yeşil bir alevle yanar. Araştırmacılar bor'un bu özelliğinden onu tayin etmekte yararlanmışlardır.

2.2. Bor'un Tarihçesi

İnsanlar element bor'la bu yüzyılın başlarında tanışmış olmalarına rağmen bileşiklerinden binlerce yıldır yararlanmaktadır. Mısırlıların, Babillilerin, Mezopotamya uygarlıklarının ve Çinlilerin boraks'ı kullandıklarına dair kayıtlar vardır. Avrupa'ya XIII. yüzyılda Marko Polo tarafından getirilmiş, Avrupa'daki ilk bor oluşumuna ise 1827 yılında İtalya'da rastlanmıştır. Güney Amerika'da bor minerallerinin keşfi 1850'li yıllara rastlamaktadır. Türk Bor yatak-

ları ise ilk çağlardan bu yana bilinmelerine rağmen ilk olarak XIX. yüzyılın ortalarından sonra ciddi olarak ele alınmışlardır. Fakat bu yataklar çok uzun yıllar yabancı şirketler tarafından işletilmiş ve ancak 1935 yılında M.T.A. ve Etibank'ın kurulmasından sonra kıymetleri ve büyüklükleri anlaşılmaya başlamıştır. Daha sonraları 1950'de Bigadiç'te ve 1956'da Emet'te kolemani yatakları bulunmuştur. 1958'de Emet'teki, 1968'de de eskiden beri bilinen Kırka-Sarıkaya'daki yataklar Etibank'a devredilmiştir. 1979'daki devletleştirme ile tüm bor yataklarının işletme imtiyazı Etibank'a verilmiştir. A.B.D.'nde bor mineralleri ilk olarak 1864'de San Fransisko'daki kuru göllerden üretilmeye başlanmış, ilk tıncal oluşumuna 1872'de Nevada'da rastlanmıştır. 1887'de Calico dağında kolemanit bulunmuş ve 1925'de Kaliforniya'nın Kern ilinde A.B.D.'deki en büyük boraks oluşumu olan Kramer (Boron) yatağı keşfedilmiştir.

A.B.D. ve Türkiye bugün bu yataklardan yaptıkları üretimlerle toplam dünya üretiminin % 90'ını karşılamakta ve dünya bor pazarında rekabet etmektedirler.

2.3. Bor Mineralleri ve Bor Bileşikleri

Bor içeren birçok mineral olmasına rağmen bunlardan ancak bir kısmı ticari değere sahiptir ve uluslararası pazarlarda işlem görür. (Çizelge 2.1) Bir borat anyonu, metalik bir katyon yada hidrojenle birleşerek bu mineralleri oluşturur ve mineraller birleştikleri metal katyonunun adıyla tanınırlar. (Sodyum borat, Kalsiyum borat gibi). İnorganik olan bu mineraller uluslararası pazarlarda B_2O_3 içerikleri göz önüne alınarak pazarlanırlar.

Bor üretimi yapan ülkeler, bu ürünleri değişik işlemler sonucu belirli B_2O_3 tenöründe pazara sürebilirler. Örneğin ; A.B.D. kolemanit cevherleri ya % 43 B_2O_3 içeren kalsine bir toz ya da % 35 B_2O_3 içeren bir flotasyon konsantresi halinde, üleksitler ise % 19 B_2O_3 içeren bir toz olarak satılırlar. Türk kolemanit cevherlerinin çoğu ise % 44-46 B_2O_3 içeren konsantre olarak pazara sunulur. Bu ürünler yıkama, eleme, flotasyon ve kalsinasyon gibi zenginleştirme işlemlerinde geçirildikten sonra bir konsantre olarak satılabildik-

leri gibi, daha ileri konsantrasyon işlemlerinden geçirildikten sonra da rafine ürünler olarak pazarlanabilirler. Bu ürünler çeşitli bor bileşiklerinden değişik yöntemlerle üretilebilirler. Örneğin ; borik asit Türkiye'de sülfirik asit-kolemanit reaksiyonuyla elde edilirken, A.B.D.'de yine bir rafine ürün olan boraks pentahidrat - sülfirik asit reaksiyonuyla elde edilir. Cevher üretimi olmayan ya da çok az olan Japonya, Fransa gibi ülkeler bor'u konsantre yada yarı mamül halde alarak ülke içinde mamül hale dönüştürürler. Bu gün için dünyada bor piyasasında adı geçen başlıca rafine bileşikler Çizelge 2.2 .'de verilmiştir. (İpekoğlu ve Polat,1987)

Çizelge 2.1. Ticari değeri olan bor mineralleri (Bor ihtisas Komisyonu,1985)

Adı	Formülü	% B	% B ₂ O ₃
Tinkal (Boraks)	Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O	11.4	36.5
Kolemanit	Ca ₂ B ₆ O ₁₁ .5H ₂ O	15.7	50.8
Üleksit	NaCaB ₅ O ₉ .8H ₂ O	13.3	42.9
Kernit (Razorit)	Na ₂ B ₄ O ₇ .4H ₂ O	15.8	50.9
Pandermit	Ca ₄ B ₁₀ O ₁₉ .7H ₂ O	15.4	49.8
Borasit	Mg ₃ B ₇ O ₁₃ .Cl	19.3	62.2
Sasolit	H ₃ BO ₃	17.5	56.4

Çizelge 2.2. Rafine bor bileşikleri (İpekoğlu ve Polat,1987)

Adı	Formülü	% B ₂ O ₃
Borik asit	H ₃ BO ₃	56.3
Susuz borik asit	B ₂ O ₃	100.0
Rafine boraks dekahidrat	Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O	36.5
Ham boraks pentahidrat (Razorit 46)	Na ₂ B ₄ O ₇ .5H ₂ O	46.0
Rafine boraks pentahidrat	Na ₂ B ₄ O ₇ .5H ₂ O	47.8
Ham susuz boraks (Razorit 65)	Na ₂ B ₄ O ₇ .	69.0
Rafine susuz boraks	Na ₂ B ₄ O ₇	69.2
Sodyum Perborat	NaBO ₃ .4H ₂ O	22.0

Yukarıda sayılan bu bileşikler ticareti yapılan ve büyük ölçüde tüketilen maddelerdir. Ancak bir rafinasyon işleminin çıktısı olan bu ürünler doğrudan doğruya son ürün olarak kullanılamazlar. Bir çok endüstri dalında bu bileşikler kullanılarak seramikten izolasyon malzemelerine, boya ve kozmetikten ilaçlara kadar birçok ürün elde edilir.

2.4. Bor'un Kullanım Alanları

Birçok endüstri dalında yaygın bir kullanım alanı olan boratların önemi gittikçe artmaktadır. Bir bor ürünü bazı durumlarda bir başka bor ürününün yerini tutabilmesine rağmen bu gün için bor bileşiklerinin görevini aynı kalitede ve ucuzlukta görebilecek diğer bir ikame malı yoktur. Bu da bor ürünlerinin kullanımını artıran en önemli hususlardan biridir. Bu artış sürekli olarak devam edecektir. Öyle ki ; dünyada talep 1983 yılında bor içeriği olarak 321.500 ton iken yılda ortalama % 2,4'lük bir artışla 1990'da 382.500 ton, 2000 yılında ise 485.000 ton olacağı öngörülmektedir.

Dünya bor piyasasında en büyük üretici ve tüketici A.B.D.'dir. Üretimde A.B.D.'den sonra Türkiye gelmesine rağmen tüketimde ikinci sırayı Batı Avrupa Ülkeleri alır. A.B.D.'de 1984 yılında tüketilen bor'un yaklaşık % 59'u cam sanayiine gitmiştir. Bor malzemeleri cam ürünlerinin ağırlıkça % 3-50'sini ve değerce % 50-75'ini karşılamaktadır. Cama giden bor malzemelerinin de yaklaşık % 31'i izolasyon fiberglaslarında, % 19'u tekstil fiberglaslarında ve % 8,66'sı ateşe dayanıklı cam ürünlerinde harcanmıştır. Sabun ve deterjanlarda kullanılan miktar ise tüm tüketimin % 7.7'si kadar olmuştur. Bunu % 4'lük bir dilimle tarım sektöründe yapılan tüketim izlemiştir. Flux malzemesi olarak kullanılan bor'un tüm tüketime oranı % 1 kadardır. Lavabo fırın, buzdolabı gibi fabrika metal ürünlerinde ise % 1.5'lük bir dilim harcanmıştır. A.B.D.'de 1982-1984 yılları arasında bor ürünlerinin dağıldığı kullanım alanları çizelge 2.3'de görülmektedir.

(İpekoğlu ve Polat,1987)

Çizelge 2.3. 1982-1984 yılları arasında A.B.D. bor tüketiminin sektör lere göre dağılımı (bin ton $B_{2,3}O_3$) (İpekoğlu ve Polat, 1987)

Kullanım Alanı	1982	1983	1984	1984 (%)
Cam ürünleri				
İzolasyon fiberglasları	57.8	91.4	117.4	31.40
Tekstil fiberglasları	31.6	58.8	69.9	18.68
Borosilikat camlar	30.6	34.6	32.4	8.66
Ateşe dayanıklı malzeme	32.9	31.5	31.0	8.29
Sabun ve deterjanlar	27.0	30.4	28.7	7.67
Seramik, emaye, porselen	11.4	11.2	11.2	2.99
Tarım	10.8	14.2	15.0	4.01
Metalurji	3.4	3.8	4.1	1.10
Nükleer uygulamalar	0.7	1.1	1.1	0.29
Çeşitli kullanımlar	21.9	24.2	20.1	5.37
Bilinmeyenler	38.0	39.5	43.2	11.54
TOPLAM	266.1	340.7	374.2	100.00

3. BOR YATAKLARININ OLUŞUMU VE JEOLJİSİ

Bor yatakları genellikle genç volkanik hareketlerin egemen olduğu kurak yörelerde oluşmuşlardır. En sık rastlanan bor oluşumları evaporit tipi yataklardır ve fay hatları ile çatlaklar boyunca ilerleyen bor'ca zengin magmatik getirimlerin kapalı bir göl sisteminde mevcut Na, Ca ve Mg iyonlarıyla etkileşerek çökelmeleri sonucu oluşmuşlardır. A.B.D.'de olsun Türkiye'de olsun büyük ve önemli bütün bor yatakları bu genel kurala uygun olarak oluşmuşlardır.

Türk kolemanit ve tinkal yataklarının jeolojisi bölgeden bölgeye değişmektedir. Bununla birlikte genel olarak borat oluşumları için yan kayalar kil, mam, şeyl ve daha az oranda bentonit, tüfler ve kireçtaşlarıdır.

Bigadiç yatağı tersiyer volkanik hareketlerle birlikte borca

zengin doygun sular tarafından oluşturulmuş olabilirler.

Emet bölgesi kolemaniti için öne sürülen bir kuramda önce üleksit ve boraksın çökeldiği, yeter derecede örtülüp ısı ve basınç gibi koşulların değişmesiyle ve tuzlu suların bu yataklarda dolması sonucu üleksit ve boraksın kolemanite dönüştüğü savunulmaktadır. Fakat son araştırmalarda üleksitle birlikte büyümüş yada üleksitin yerini almış kolemanite hiç bir yerde rastlanmamıştır. Dolayısıyla Emet'deki yataklanmanın Death Valley'deki ile aynı olduğu ve üleksitle tınkalin kolemanite dönüştüğünü savunan kuram rededilmektedir. Kalsiyum borat nodüllerinin (kolemanit) göller ve termal kaynaklarla yer üstü suları tarafından beslenen, sismik bakımdan aktif bölgelerde olduğu savunulmaktadır. Yatağın içerdiği bor, arsenik ve kükürtün kaynağı tersiyer volkanik hareketlerine ait olan ayrışım ürünleridir ve bu alanlara akar sular tarafından taşınmışlardır. (İzdar ve Köktürk; Helvacı and Firman, 1976)

4. DÜNYA VE TÜRKİYE BOR REZERVLERİ

Dünya bor rezervlerine ilişkin kesin veriler elde etmek son derece güçtür. Yapılan her yeni arama ve her yeni sondaj rezerv değerlerini biraz daha arttırmaktadır. Dolayısıyla yayınlanan her yeni veri bir öncekini tutmamaktadır. Fakat en son dünya bor rezervlerine ilişkin değerler yaklaşık olarak Çizelge 4.1'de verildiği gibidir. Türkiye bor rezervlerinin bölgelere göre dağılımı da Çizelge 4.2'de görülmektedir.

Çizelge 4.1. Düzenlenmiş dünya bor rezervleri tablosu (Milyon ton B₂O₃)
(İpekoğlu ve Polat, 1987)

Ülke	Türkiye	A.B.D.	G. Amerika	S.S.C.B.	Çin	Toplam
Rezerv	515.5	230	100	150	40	1035
%	49.8	22.2	9.7	14.5	3.8	100

Çizelge 4.2. Türkiye bor rezervleri (Milyon ton) (Bor İhtisas Komisyonu, 1985)

Bölge	Rezerv(Tüve- nan)	%	Tenör(B ₂ O ₃) %	Rezerv (B ₂ O ₃)
Bigadiç-Balıkesir	657	36.4	30-40	197-263
Kırka-Eskişehir	520	28.8	25-26	130-135
Emet-Kütahya	620	34.4	30-40	186-248
Kestelek-Bursa	8	0.4	30-35	2,5-2,8
Toplam	1805	100.0		515,5-648,8

5. DÜNYA VE TÜRKİYE BOR MİNERALLERİ ÜRETİMİ

Dünya bor piyasasında bu gün için adı geçen ülkeler A.B.D. , Türkiye, S.S.C.B. , Arjantin, Çin, Şili ve Peru'dur. Bu ülkeler dünya bor mineralleri üretiminin hemen hemen tümünü gerçekleştirmektedirler. (Çizelge 5.1). Ayrıca görülmektedir ki A.B.D. ve Türkiye'nin üretimlerinin toplamı dünya üretiminin % 92'si kadardır. Bundan dolayı dünya bor piyasası bu iki ülkenin egemenliği altındadır. Diğer ülkeler genel olarak kendi ihtiyaçları kadarını üretmektedirler.

Çizelge 5.1. Dünya bor mineralleri üretimi (Bin ton B₂O₃)
(İpskoğlu ve Polat, 1987)

Ülke	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1985 (%)
Türkiye	318	346	281	321	390	417	36.87
A.B.D.	783	740	607	637	680	630	55.70
S.S.C.B.	40	40	40	44	44	44	3.89
Çin	6	6	6	6	6	6	0.53
Arjantin	33	26	29	22	26	30	2.65
Şili	1	1	1	1	1	1	0.09
Peru	4	3	3	3	3	3	0.27
Toplam	1186	1162	968	1034	1150	1131	100.00

Türkiye rezervler yönünden dünyanın en zengin ülkesi olmasına rağmen Çizelge 5.1'den de görülebileceği gibi üretimde A.B.D.'den sonra gelmektedir. Bunun nedeni A.B.D.'nin aynı zamanda dünyanın en büyük tüketicisi olmasıdır. Bu ülke ürettiği boratların yaklaşık % 55'ini kendisi tüketmektedir. Kendi içinde bu kadar tüketim yapan bir ülkenin bir de dış satım yaptığı miktar düşünülürse üretimde önde gelmesi doğaldır. Türkiye bor mineralleri üretimi Çizelge 5.2'de gösterilmiştir.

Oysa Türkiye için durum farklıdır. Türkiye'nin teknolojisinin çok ileri olmaması nedeniyle tüketimi azdır ve üretim doğal olarak dış satıma yöneliktir. Fakat pazarlamada çıkan sorunlar nedeniyle üretim nisbeten düşük bir seviyede kalmaktadır. Bu gibi faktörlere rağmen Türkiye borat üretimi giderek artmaktadır. Etibank'ın bor mineralleri üretimi dört bölgeden gerçekleşmektedir. Bu bölgelerin zenginleştirme ve rafinasyon tesisleri ile kapasiteleri Çizelge 5.3'de verilmiştir. (İpekoğlu ve Polat, 1987)

Çizelge 5.2. Türkiye'nin bor mineralleri üretimi (Bin ton)
(D.İ.İ. Maden İstatistikleri 1971-1985)

Yıllar	Devlet	Özel Sektör	Toplam
1971	258	351	609
1972	295	328	622
1973	187	339	526
1974	601	479	1081
1975	652	313	964
1976	640	272	912
1977	652	498	1101
1978	857	462	1320
1979	1048	124	1172
1980	1334	-	1334
1981	1529	-	1529
1982	1375	-	1375
1983	1199	-	1199
1984	1412	-	1412
1985	1537	-	1537

Çizelge 5.3. Etibank'a bağlı müesseseler ve bunlara bağlı tesisler
(İpekoğlu ve Polat, 1987)

Müessese	Tesisler	Kapasite (t/yıl)
Emet Kolemanit İşletmesi	Yeraltı ve açık ocaklar (Kolemanit cevheri)	
	Konsantratör (Kolemanit konsantresi)	450.000
Bigadiç Maden İşletmeleri	Yeraltı ve açık ocaklar (Kolemanit ve Üleksit cev.)	
	Konsantratör (kolemanit ve üleksit kons.)	400.000
Kırka Boraks İşletmesi	Açık ocak (tinkal cevheri)	
	Konsantratör (tinkal-kons.)	500.000
	Bor Türevleri Tesisi (Boraks dekahidrat)	17.000
	(Boraks pentahidrat) (Susuz boraks)	160.000 60.000
Bandırma Boraks ve Asit Fabrikaları	Borik asit tesisi (borik asit)	25.000
	Boraks tesisi (Boraks dekahidrat)	55.000
	Sodyum Perborat Tesisi (Sodyum Perborat)	20.000
	Sülfürik asit tesisi (Sülfürik asit)	120.000
Kestelek Bor Madenleri İşletmesi	Yeraltı ve Açık ocaklar (Kolemanit ve Probertit cevheri)	

6. BORUN ÇEVRESEL ETKİSİ

Bor özellikle bitkiler için önemlidir. İnsanlar tarafından başta meyve ve sebzelerde olmak üzere yiyecek ve içecekler yoluyla günde 10-20 mg bor vücuda alınabilmektedir. Su veya içecekler yoluyla alınan bor kısa sürede vücutta birikmeden üre ile atılmaktadır. Bor'un insanlar tarafından çok yüksek dozda alınması merkezi sinir sistemini etkileyerek bulantı, kramp, sara, koma ve benzeri belirti ve hastalıklara neden olabilir. Öldürücü doz olarak araştırmacılar tarafından

5-45 gr arasında değerler verilmektedir. İçme suyunda ise bor sınırı 20-30 mg/lt. olarak önerilmektedir. Borik asitin hayvanlar için öldürücü dozu hayvanın türüne bağlı olmaktadır.

Bor tarım alanında önemli bir yer işgal etmektedir. Literatüre göre, toprakta 0,5 ppm bor bulunması bir çok bitki türü için yeterlidir.

Bor noksanlığı halinde bitkinin azot absorpsiyonunda azalacaktır. Bor noksanlığı işaretleri bitkilerin büyüme ve gelişmekte olan genç kısımlarında ortaya çıkar. Meyve ağaçlarında genç yapraklar kararır, genç sürgünlerde zamk akıtma görülür, ürün miktarı azalır. Toprakta ve bitkide noksanlığı saptanırsa bu konu gübreleme ile çözümlenebilir.

Bor fazlalığı da bitkiye zarar vermektedir. Bitkiler gereksinim duydukları bor'u kökleri vasıtasıyla topraktan alırlar. Alınan bor'un bitki bünyesi için fazlası yapraklarda birikir. Zarar verecek konsantrasyona ulaşıncaya yaprak sararır, kahverengi lekeler görülür ve dökülmeler başlar. Fazla bor etkisi öncelikle yaşlı yapraklarda görülür.

A.B.D. standartlarına göre sulama suyundaki bor'un konsantrasyonunun 0,7 ppm'den fazla olması halinde toprakta bor birikimi başlamakta 4 ppm'e ulaştığında hiçbir bitki yetismemektedir.

Ancak bitkilerin bor'a karşı dayanıklılıkları farklıdır. Buna göre bitkiler duyarlı, yarı dayanıklı ve dayanıklı olarak gruplandırılmışlardır.

Yine A.B.D. sulama suyu standartlarında bu bitki grupları için aşağıdaki değerler verilmiştir.

Bitki türü	Kritik bor derişimi (mg/lt.)
Duyarlı bitkiler	0.3-1.0
Yarı dayanıklı bitkiler	1.0-2.0
Dayanıklı bitkiler	2.0-4.0

Hassas bitkiler grubunda ; turunçgiller, diğer meyve ağaçları ve fasulye, yarı dayanıklı bitkiler grubunda ; patates, tahılgiller, bezel-

ye, pamuk, domates, ayçiçeği, dayanıklı bitkiler grubunda ; havuç, marul, lahana, soğan, yonca, şeker pancarı gibi bitkiler yer almaktadır.

7. BOR CEVHERLERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Bor cevherlerinin zenginleştirilmesi cevherin oluşma özelliğine ve zenginleştirmeden istenen amaca göre değişmektedir. Genelde bor cevherleri zenginleştirilerek ve nitelikleri yükseltilerek satışı sunulmaktadır. Zenginleştirme işleminden amaç sadece B_2O_3 tenörünü yükseltmektir. İçerisindeki arsenik ve kükürt gibi zararlı iz elementleri fiziksel zenginleştirme yöntemleriyle yapıdan uzaklaştırmak mümkün değildir. Bor cevheri konsantresinden istenen tane iriliği zenginleştirme yöntemini belirler.

7.1. Tavuklama (Triyaj)

Bor cevherleri mineralleri ile gang mineralleri arasındaki renk farklılığından yararlanılarak yapılan zenginleştirme yöntemidir. Ocakta veya ayıklama bandında yapılır. Bu tür zenginleştirme yöntemi bazen hazırlık, bazen ön zenginleştirme, bazen de sonuç zenginleştirme işlemi olarak uygulanabilir. Bu tür zenginleştirme parça konsantre elde etmek için kullanılır. Küçük kapasiteli ve tane iriliği uygun işletmelerde kullanılır. Verim oldukça düşüktür. Elde olunan artık daha sonra değerlendirilmek üzere stok edilir. Genellikle insan emek gücüne dayandığı için işçi ücretlerinin düşük olduğu yerlerde ekonomiklik kazanabilir.

7.2. Boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirme

Boyut küçültme işlemleri sırasında bor cevherini oluşturan mineraller dayanıklılık, kırılış şekli ve dilinim gibi yapısal özelliklerine bağlı olarak farklı büyüklük ve şekilde kırılabilirler, değerli mineral iri kalırken gang minerali fazla ufalanabilir. Bu durumda boyuta göre sınıflandırma ile değerli mineral belirli ölçülerde zenginleştirilebilir. Bor cevherlerinde kil minerali çok küçük boyutlara inemediği halde diğer mineraller iri kalır. Cevher özelliklerine bağ-

lı kalarak, ya doğrudan doğruya boyut küçültmeden sonra veya yıkama ve dağıtma gibi işlemleri izleyerek uygulanmaktadır.

Boyuta göre sınıflandırmayla zenginleştirmenin en çok karşılaşılan uygulamaları yıkama ve dağıtma işlemlerini de içermektedir. Genellikle son zenginleştirmeden önce yapılan bir işlem, bazende son zenginleştirme işlemi olarak görülür.

Ayıklama işlemi öncesinde yapılan yıkama, maden ocağından üretilen parça cevherlerin yüzeylerindeki toz ve kirin uzaklaştırılmalarını sağlar. Yıkama ve dağıtma ile zenginleştirme işlemleri için bor cevherleri çok uygundur. Bor cevherleri üzeri kil ile sıvanmıştır; bu killer yıkama ve dağıtma ile uzaklaştırılarak zenginleştirme yapılmaktadır. Bu tür zenginleştirme yöntemi ülkemizdeki bor cevherlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

7.3. Özgül ağırlık farkı ile zenginleştirme (ağır ortam ayırması)

Yer çekimi etkisiyle yapılan bu zenginleştirme yönteminde büyük iki etken mineraller arasındaki özgül ağırlık farkı ve tane boyutlarıdır. Tane boyutları denetlenebildiği için esas etken değerli ve gang mineralleri arasındaki özgül ağırlık farklarıdır. Ancak ağır ortam zenginleştirmesinde bor mineralleri arasında çok az yoğunluk farkının olması nedeniyle istenilen düzeyde zenginleştirme sağlanamamaktadır. Ağır ortamın yoğunluğu bor mineralleri ile gang minerallerinin yoğunlukları arasına getirilir ve bu şekilde gang ve bor minerallerinin ayrılması sağlanır. Ağır ortam zenginleştirmesinde uygun tane iriliği 0,5-20 mm olmaktadır. (Önal, 1980)

7.4. Sıvı-Sıvı Ekstraksiyonu ile Zenginleştirme

Kerr-Mc Geenin Westend Tesisinde karbonasyon prosesi kullanılır. Bu yöntemle kireçtaşı kalsine edilerek CO₂ elde edilir. Bu gaz daha sonra karışık tuzlu sulardan soda külünü çökeltmede kullanılır. Reaksiyona uğramış olan sular tiknerlerden ve ısı değiştiricilerden geçirilir. Sonuçta boraks, soğuk tuzlu suların girişi ile nötralizasyona uğrar ve kristalize olur. Daha fazla soğutulduğunda tuzlu sulardan sodyum sülfat kristallenir. Buradan elde edilen boraks borik a-

sit üretimi için kullanılır.

7.5. Flotasyon Yöntemi ile Zenginleştirme

Dünyada Amerikan Lathrop Kolemanit Tesisi'nde uygulanmıştır. Ocaktan kamyonlarla getirilen ve açıkta stoklanan kolemanit cevheri kırma, eleme, öğütme, flotasyon, katı-sıvı ayrımı (tikner, filtre), kurutma ve kavurma işlemlerini içeren bir zenginleştirme yapılır. (Tesis 1986 yılı sonunda kapatılmıştır.)

7.6. Kalsinasyon ile Zenginleştirme

Ayrışma sıcaklığına kadar (450°C) ısıtıldığında kolemanit yapısındaki suyun atılması sonucunda ince toz halinde parçalanır. Bu özelliği kalsinasyonla zenginleştirme işleminin temeli oluşturur. Kalsinasyon işleminin sonucunda elde edilen kalsine ürün eleme yada hava ile ayırma işlemine tabi tutularak kolemanitin kilden ayrılması sağlanır. (Oral, 1984)

8. ETİBANK KIRKA BORAKS İŞLETMESİ MÜESSESESİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Kırka Boraks İşletmesi Türkiye'deki bor tesisleri içinde hem ocaklara hem konsantratöre ve hem de rafinasyon tesislerine sahip olan ve bunların kombine çalışmasıyla rafine bor bileşikleri üreten tek kuruluştur. Bunun yanı sıra Türkiye'deki tek işletilen tinkal yatağı Kırka'dadır. Bu yatak dünyadaki benzerlerinin en büyüğüdür. İşletme Eskişehir-Seyitgazi-Afyon yolunun 73. km'de olup, Seyitgazi-Afyon arasındaki Kırka Bucağının 4,5 km. batısındadır. 1968 yılında M.T.A. ve 1969 yıllarında Etibank tarafından yapılan aramalar sonucu yatağın büyüklüğü anlaşılmiş ve daha önce Türk Boraks A.Ş. adı altında bir İngiliz şirketine ait olan sahalar devletleştirilerek Etibank'a devredilmiştir. 1970 yılında gantiye olarak ilk çalışmalara başlanmış ve 1972 yılında kısmen cevher üretimine geçilmiştir. Aynı yıl konsantratör tesisi inşaatına başlanmış ve Tesis Müdürlüğü aşamasına geçilmiştir. 1975 yılında konsantratörün devreye girmesiyle İşletme Müdürlüğü ve nihayet 1979 yılında Müessese statüsüne geçilmiştir.

8.1. Ocaklar

Kırka Boraks İşletmesi'nde üretim tamamen açık işletme yöntemiyle yapılmaktadır. Açık ocak diğer bor işletmelerindeki açık ocaklara benzer şekilde işletilmektedir. Elektrikli ekskavatörlerle çıkarılan tinkal cevheri komşu konsantratör tesisine kamyonlarla nakledilmektedir. Kırka bölgesinde açık işletmeyle değerlendirilebilecek yaklaşık 516.000.000 ton rezerv vardır. Bu rezervin 60.000.000 tonu görünür, 18.000.000 tonu muhtemel ve 438.000.000 tonu mümkündür. Görünür rezervin ortaya çıkarılabilmesi için 32.000.000 m³ dekapaj yapılması gerekmektedir. 30-50 m kalınlığındaki örtü tabakasının altında 30-150 m kalınlığında cevher bulunmaktadır. İşletmede camsı, bireşik ve tabakalı olmak üzere üç farklı yapıda tinkal cevherine rastlanmaktadır. Çıkarılan cevherin ortalama tenörü % 26 B₂O₃'tür.

8.2. Konsantratör Tesisi

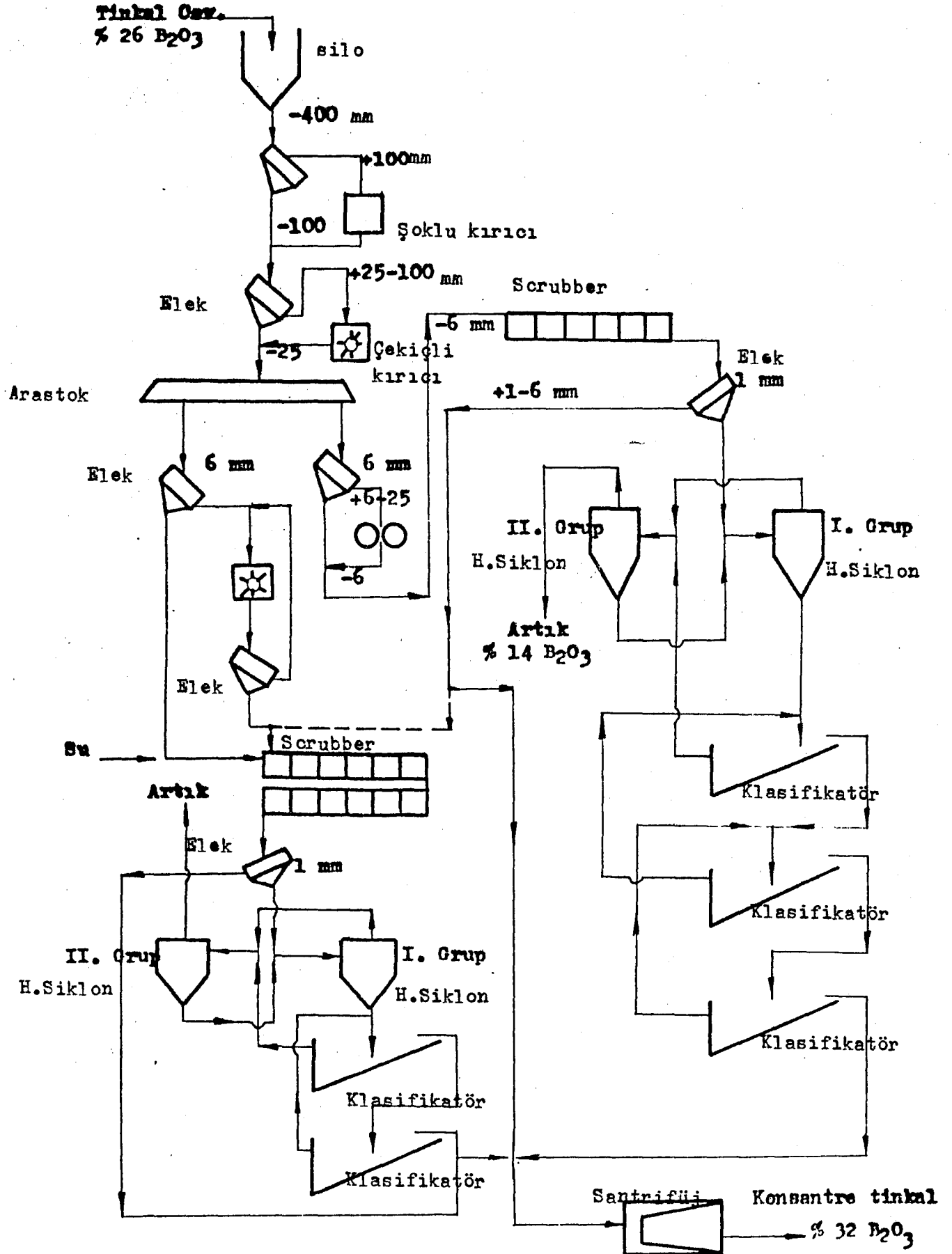
Kırka konsantratör tesisi de Türkiye'deki diğer bor konsantratörleri gibi basit bir yıkama tesisidir. Tesiste ana amaç cevheri

kilden ayırmak ve rafinasyon tesisine istenilen tenörde ve boyutta besleme malı sağlamaktır. Konsantratör 1975 yılında faaliyete geçmiştir ve % 80 Metal kurtarma randımanıyla % 33-34.5 B₂O₃ tenörlü tinal konsantresi üretecek şekilde projelendirilmiştir. Ancak konsantre tenörü açısından istenilen tenöre ulaşamamaktadır. Bu nedenle rafinasyon tesisinde büyük sorunlar çıkmaktadır. Proje değerlerine göre konsantratör tesisi yılda 600.000 ton tüvenan tinal cevheri işleyerek 400.000 ton konsantre üretecektir. (1987 yılında ek tesis ile kapasite 500.000 ton'a çıkarılmıştır.)

Tesise alınan cevher kırma ve eleme devrelerinden geçtikten sonra pervaneli karıştırıcılarda yüzeyi aşındırma-yıkama (Attrition-scrabbing) olayı vasıtasıyla büyük oranda kilden serbestleşir. Bu devreyi takiben siklon ve klasifikatör devrelerinde kil ve şlamın ayrılması sağlanarak tenör % 30-32 B₂O₃ civarına çıkartılır. Tesiste diğer bor konsantratörlerinin tersine sadece bir çeşit konsantre elde edilmektedir, ve bu konsantrenin tane iriliği -6 mm civarındadır. Dolayısıyla bu boyuttaki bir malzemenin suyundan ayrılması sorun yaratacağı için devrenin sonuna santrifüjler konulmuştur. Bu arada oluşan artık ise bir kanal yardımıyla artık göletine gönderilmektedir.

8.2.1. Konsantratör tesisi akım şeması

Şekil 8.1'de görüldüğü gibi açık işletme sahasından kamyonlarla getirilen tinal cevheri kırma-eleme binasının üst tarafındaki 200 tonluk siloya boşaltılır. Silonun üzerinde 400x400 mm'lik bir ızgara bulunmaktadır. Silo çıkış ağzından bir paletli besleyici ile alınan -400 mm boyutundaki cevher 100 mm açıklıklı titreşimli ızgaraya gelir +100 mm'lik kısım bir şoklu kırıcıdan geçtikten sonra -100 mm'lik kısım ile birleşerek 25 mm'lik eleğe gelir. 25 mm'lik elek üstü malzemesi çekiçli kırıcıya beslenir ve kırıcının altından alınan malzeme -25 mm boyutundaki elek altı malzemesiyle birleşir. Tamamen -25 mm'ye indirilmiş olan cevher 10.000 ton'luk bir stok sahasında stoklanmaktadır. Stok sahasından alınan cevher 6 mm'lik bir titreşimli eleğe beslenir, 6 mm'lik eleğin üzerinde kalan malzeme eski tesiste bir merdaneli kırıcıya (yeni tesiste ise bir darbeli kırıcıya) beslenir. Kırıcıdan geçerek tamamen -6 mm'nin altına indirilen malzeme eski tesiste 6 adet (yeni tesiste ise 12 adet) skrabere beslenir. Skrabere



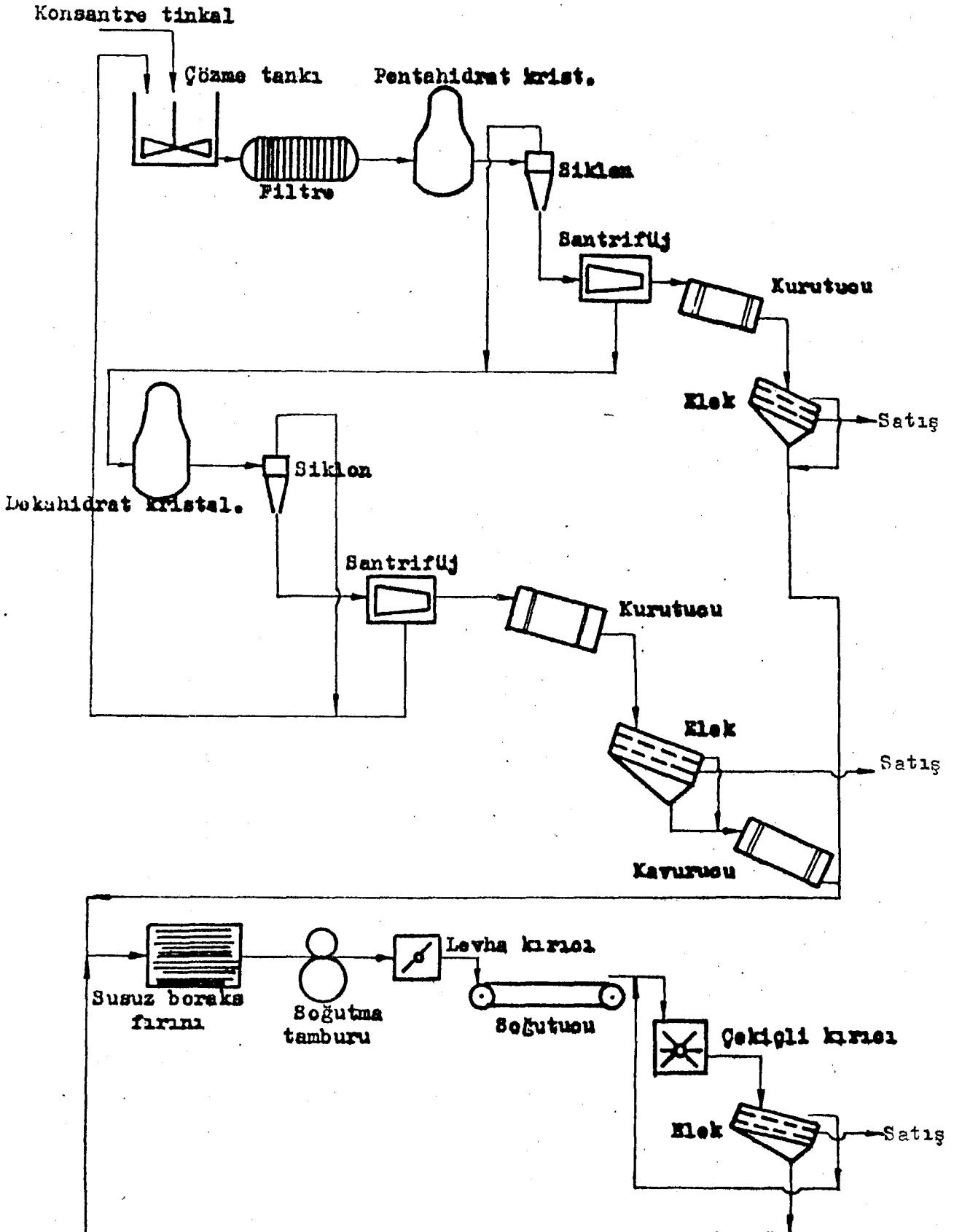
Şekil 8.1. Kırka Konsantrator Tesisi akım şeması

çıkışında 1 mm'lik elekten elenirler. Eski tesiste 1 mm'lik elek altı malzemesi 1. grup (2 adet) hidrosiklonlara basılır. Hidrosiklon alt akımı seri olarak çalışan 3 adet klasifikatörden geçirildikten sonra elde edilen ince konsantre 1 mm'lik elek üstü malzemesi olan kaba konsantreyle birleşerek nihai konsantre olarak santrifüjlere gönderilir. 1. grup hidrosiklonların üst akımı ile klasifikatör taşarları ise birlikte 2. grup (2 adet) hidrosiklonlara basılır. 2. grup hidrosiklonların üst akımı artık olarak atılır. Alt akımı ise 1 mm'lik elek altı malzemesiyle birlikte yeniden 1. grup hidrosiklonlara beslenir. Yeni tesiste de siklon-klasifikatör grubunun çalışması aynıdır. Sadece 6 yerine 12 adet skraber ve 3 yerine 2 adet klasifikatör kullanılmıştır. Eski ve yeni tesis paralel olarak çalıştırıldığında kapasite artmaktadır. Seri olarak çalıştırıldığında ise yüksek tenörlü konsantre elde edilmektedir.

8.3. Bor Türevleri Tesisi

Etibank'ın Kırka Boraks İşletmesinde yukarıda anlatılan şekilde üretilen tinkal konsantresi rafine edilerek boraks üretecek bir rafinerinin kurulmasına ait ilk proje çalışmaları 1972 yılında başlatılmıştır ve aynı yıl yatırım programına konmuştur. Tesisin ön proje çalışmaları Amerikan Garrett Research and Development Company adlı firma tarafından yapılmış, detay mühendislik çalışmaları ise Türk BİMAŞ firmasınınca yerine getirilmiştir. Tesisin inşaatı ve montajı Attila DOĞAN İnş. Tes. A.Ş.'ne verilmiş ve 1978 yılında inşaat ve montaj çalışmalarına başlanmıştır. 1984 yılında bu çalışmalar tamamlanarak tesisin açılışı yapılmış ve Müesseseye teslimi gerçekleşmiştir. Projeye göre tesis yaklaşık % 34,5 B₂O₃ tenörlü tinkal cevheri işleyerek yılda 160.000 ton Boraks pentahidrat, 60.000 ton susuz boraks ve 17.000 ton boraks dekahidrat üretecektir.

Tesiste üretim ilke olarak 98°C'de yapılan çözündürmeden sonra kristalizasyon ile boraks türevleri elde edilmesine dayanmaktadır. Bu amaçla çözündürülen cevher önce basınçlı filitrelerden geçirilmektedir. Basınçlı filitrelerden elde edilen temiz süzüntü iki farklı kristalizatörden geçirilerek önce boraks pentahidrat daha sonra da boraks dekahidrat kristallendirilmektedir. Kurutulan bu kristaller



Şekil 8.2. Kırka Bor Ünevleri Tesisi akım şeması

46°C'ye düşürülerek dekahidrat kristalleri elde edilir. Kristalleri içeren çözelti dekahidrat siklonlarına basılmakta, % 40-60 oranında dekahidrat kristalleri içeren siklon alt akımı dekahidrat santrifüjlerine verilmektedir. Santrifüjlerden alınan yağ kek % 95 boraks dekahidrat içermektedir. Bu ürünün bir kısmı ham boraks dekahidrat kurutucusuna verilirken diğer bir kısmı rafine boraks dekahidrat kurutucusuna verilir. Kurutuculardan alınan ürünler çift katlı eleklerle verilmekte ve iki elek arasından alınan ürünler ham boraks dekahidrat ve rafine boraks dekahidrat olarak torbalanmaktadır. Dekahidrat ve pentahidrat kurutucuları ters akımlı ve emme çekişli kurutuculardır. Nedeni ise sıcak gazların kristaller ile ani temasını önlemektir. Bu şekilde düşük dökme yoğunluklu bir ürün oluşması önlenmiş olur.

Dekahidrat devresinden alınan kristalizatör taşı, siklon üstü akımı ve santrifüjden alınan zayıf çözelti tekrar gözme tankına gönderilir. B.D.H ve B.P.H eleklerinin altından ve üstünden alınan arzu edilmeyen boyuttaki kristaller ile B.D.H ve B.P.H kurutucularına ait toz tutuculardan gelen malzeme susuz boraks ergitme fırınına verilir. Fırına basınçlı hava verilmekte ve ateşleme Fuel-Oil ile yapılmaktadır. Ayrıca pilot gaz olarak LPG kullanılmaktadır. Fırından çıkan 774°C'deki ergimiş boraks soğutma tamburuna verilmektedir. Soğutma tamburundan 480°C'de levha halinde çıkan susuz boraks levha kırıcılara verilmekte ve burada kırıldıktan sonra soğutuculara gelmektedir. Soğutucu konveyör tipindedir ve ortam havası ile soğutma yapmaktadır. Bu aşamalardan sonra sıcaklığı 100°C civarına düşen susuz boraks çekişli değirmene verilmekte ve burada kırılan ürün susuz boraks eleğine gelmektedir. Bu elekler de çift katlıdır ve iki elek arası ürün satılmak üzere torbalanırken elek altı ve elek üstü tekrar susuz boraks ergitme fırınına verilir. Susuz boraks ergitme fırınına 705°C'de terk eden baca gazlarındaki tozlar temizleme kulelerinde su püskürtülmek suretiyle yakalanarak atmosfere karışmaları ve bir çevre kirliliğine neden olmaları önlenir. Dekahidrat eleklerinden alınan istenmeyen boyuttaki kristallerin bir kısmı susuz boraks fırınına verilmenden önce bir kalsinatörden geçirilir. Kalsinatörü terkeden ürünün bileşimindeki kristal suyu 2.5 mol'e düşer. Bu ürün B.P.H eleklerinin altından ve üstünden gelen ürünle birleşerek susuz boraks ergitme fırınına verilir.

9. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

9.1. Cevher Yatağının Durumu

Tinkal cevherindeki suda çözünmeyen maddeler dolomit, kil cinsi maddeler ve suda çözünmeyen bor tuzlarından ibarettir. Bunlar yanında hümik asit benzeri organik maddelerde mevcuttur. Bu maddelerin cevher yatağındaki dağılımları oldukça farklıdır. Cevherin ana yapısı $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ olup, kernit ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) yapısına nadiren rastlanır.

Mevcut yatak üç ana cins cevherden oluşmaktadır.

- A) Camsı cevher : Bunlar rekristalizasyona uğrayarak saflaşmış cevher cinsi olup suda çözünmeyen madde içeriği çok düşüktür. Ancak bu cins cevher çok az olup gelişigüzel dağılım halindedir.
- B) Tabakalı cevher : Yatağın yaklaşık % 10'unu oluşturan bu cevher cinsi, tinkal ve suda çözünmeyen maddelerin katmanlar halinde dizilmesiyle oluşmuştur. Camsı cevher hariç tutulursa yatağın en iyi cins yapısı olup % 27-29 B_2O_3 içermektedir. Tinkal tabakaları arasındaki çözünmeyen maddelerin çoğunluğunu dolomit esaslı maddeler içermektedir.
- C) Bireşik cevher : Yatağın yaklaşık % 90'ını oluşturan bu cevher daha düşük tenörlü olup genelde % 23-25 B_2O_3 içermekte ancak taban zonunda tenör % 20 B_2O_3 ' e kadar düşmektedir. Taban cevheri bazen ayrı bir cevher cinsi olarak nitelendirilmesine rağmen tenör düşüklüğü haricinde genel yapı aynıdır. Bireşik cevherde tinkal minerali ile gang mineralleri iyice karışmış halde olup, suda çözünmeyen maddeler genelde yüksek silikatlı yapıdaki killerdir. (Bulutçu ve Türkay, 1988).

Kırka tinkal cevheri içindeki kil cinsinin montmorillonit cinsi olduğu ve bu kilin kimyasal analiz sonuçlarına göre yaklaşık olarak aşağıdaki yapıya uyduğu bilinmektedir.

SiO ₂	% 50
R ₂ O ₃	% 5
MgO	% 15.3
CaO	% 4.5
Kızdırma kaybı + nem	% 25.2

dolomitin yapısının ise, % 30.41 CaO, % 21.87 MgO ve % 47.72 CO₂'den oluştuğu bilinmektedir. Kırka cevherindeki gang mineralleri kalsit, dolomit ve montmorillonitten oluşmaktadır. Çizelge 9.1'nin incelenmesi cevher yatağının çoğunluğunu oluşturan kısımlarda gang minerallerinin % 60'ının montmorillonit ve kalanının dolomitten oluştuğu, tabakalı cevherde ise bu oranın dolomit lehine değiştiği ve dolomit yanında kalsitin de var olabileceği görülmektedir.

Çizelge 9.1. Kırka tinkal cevherindeki gang minerallerinin yaklaşık yapıları. (Bulutçu ve Türkay, 1988)

Numune cinsi	montmorillonit (%)	dolomit (%)	kalsit (%)
Marnlı kil	55	45	-
Breşik cevher içindeki mavi kil	49	51	-
Camsı cevher içindeki yeşil kil	62	38	-
Breşik cevher içindeki beyaz kil	15	85	-
Tabakalı cevher içindeki beyaz kil	15	65	20
Üleksitli yeşil kil	95	5	-
Üleksit	6	94	-

9.2. Cevher Yapısına Göre Uygulanan Zenginleştirme Yöntemleri

Mevcut tesisteki cevher zenginleştirme yönteminin temelini ortam sıcaklığında boraksça doygun yıkama çözeltisiyle -6 mm'ye kırılmış cevherin yaklaşık 1/1 oranında karıştırılmasıyla elde edilen karışımın skraberlerde yıkanması oluşturmaktadır. Bu yolla daha yumuşak ve dağılabilir yapıdaki suda çözünmeyen maddeler ana çözeltide

disperse edilerek cevher zenginleştirilmektedir. Suda çözünmeyen maddelerin disperse olmasındaki ana etki taneciklerin diğer taneciklerle, karıştırıcı ve cidar ile çarpışmasıdır. Bu yolla daha yumuşak maddeler ufalanarak yıkama çözeltilisine geçmektedir. Tinkal mineralinin ve cevher içindeki gang minerallerinin sertlik ve yoğunlukları Çizelge 9.2'de verilmiştir.

Çizelge 9.2. Çeşitli minerallerin sertlik ve yoğunlukları
(Bulutçu ve Türkay,1988)

Mineral ismi	Bileşimi	Sertlik	Yoğunluk
Tinkal	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	2.0-2.5	1.71
Kemit	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	2.5	1.91
Üleksit	$\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	2.5	1.95
Dolomit	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	3.5-4.0	2.86
Kalsit	CaCO_3	3.0	2.71-2.94
Montmorillonit		1.0-2.0	2.0-3.0

Çizelge 9.2.de verilen sertlikler incelendiğinde montmorillonit cinsi kilin kolayca disperse edilebileceği görülmektedir. Üleksit ise konsantrde kalacaktır. Üleksitin konsantrde kalmasının nedeni diğer gang mineralleri ile karışık halde olmamasıdır. Üleksit daha çok tinkal ile karışım halindedir. Dolomit ve montmorillonit ise çok ince partiküller halinde ve birbirine iyice karışmıştır. Yıkama esnasında dolomit ve montmorillonit dispersiyona uğramaktadır. Halen çalışır durumdaki konsantratörde karıştırıcı hızı yaklaşık olarak 90 d/dakika ve katı-sıvı oranı ise yine yaklaşık olarak % 50 civarındadır.

9.2.1. Fazla miktarda doygun çözeltili kullanılarak yapılan yıkama ve elemeye zenginleştirme.

Üçüncü elek üzerinden alınan kaba konsantrde (-6+1 mm) numunesinin tamamı kurutulduktan sonra 4, 3, 2, 1 mm'lik eleklerden elendi ve tartıldı. Kuru tartımı 34.455 kg geldi. Kuru elek analizi belirlenmiş

olan numune uygun bölücüler ve konileme, dörtleme yöntemleri kullanılarak azaltıldı ve her bir fraksiyonun B_2O_3 tenörleri belirlendi (Çizelge 9.4) Daha sonra yine çizelge 9.4'deki dağılıma uygun olarak 1 kg numune alındı ve numunenin tamamı öğütülüp 0.5 mm'lik elekten geçirildikten sonra numune miktarı konileme ve dörtleme yöntemi ile azaltılıp temsili numune alındı. Bu numunenin komple kimyasal analizi yapıldı (Çizelge 9.3)

Çizelge 9.4'deki dağılıma uygun olarak 3 kg numune alınmış ve 15 litre doygun çözelti ile bir küvet içerisinde hafifçe el ile karıştırılarak yıkanmış ve daha sonra yine aynı doygun çözelti ile yavaş yavaş elenmiş sonra her bir fraksiyondaki numuneler ayrı ayrı kurutulmuş ve B_2O_3 tenörleri belirlenmiştir (Çizelge 9.5)

9.2.2. Jigleme ile zenginleştirme.

Farklı özgül ağırlığa sahip mineral tanelerinin düşey hareketli bir akışkan ortamdan yararlanılarak tabakalar halinde ayrılmasıyla yapılan zenginleştirmeye jig ile zenginleştirme denilmektedir. Jiglerde akışkan bir ortam içinde ve elek üzerinde bulunan iri boyutlu mineral taneleri akışkan ortama verilen aşağıdan yukarı ve yukarıdan aşağıya hareketin etkisiyle farklı ağırlıkta tabakalar oluştururlar. En ağır mineraller en alt tabakada, en hafif mineraller ise en üst tabakada yer alır.

Kaba konsantroyla (-6+1 mm) laboratuvar tipi bir jig'de çalışıldı. Jig'e her seferinde 300 gr kaba konsantre beslendi, 1 dakikalık jigleme süresi sonunda artık ve konsantre ayrı ayrı alındılar. Bu bir dakikalık sürede kullanılan doygun çözelti miktarı ise 1,5 lt. dir. Killerin özgül ağırlığı 1.9, tinkalinki ise 1.7 olduğundan killerin jig eleği üzerinde yaklaşık olarak bir cm'ye kadar varan kalınlıklarda ince bir tabaka oluşturdu. Tinkal konsantresi ise hemen bu tabakanın üzerinde yer aldı.

9.2.2.1. Numunenin iki farklı boyut aralığında jiglenmesi.

-6+4 mm boyut aralığına sahip 3 kg ve -4+1 mm boyut aralığına sahip 3 kg malzeme, 300'er gramlık gruplar halinde ayrı ayrı jig'e beslendi. Jig'e beslenen 3 kg -6+4 mm boyut aralığındaki malzemeden elde edilen konsantre tıncal kurutulduktan sonra tartıldı 2385 gr geldi.

Jig'e beslenen 3 kg -4+1 mm boyut aralığındaki malzemeden elde edilen konsantre tıncal ise yaş olarak yine aynı doygum çözelti ile 3, 2, 1 mm'lik eleklerden elendi. Elek üzerindeki miktarlar ayrı ayrı kurutuldu. Toplam olarak 2503 gr konsantre tıncal elde edildiği görüldü. Sonuçlar Çizelge 9.6'da verilmiştir.

9.2.2.2. Numunenin tek bir boyut aralığında jiglenmesi.

3 kg -6+1 mm boyut aralığındaki kaba konsantre 300'er gramlık gruplar halinde jig'e beslendi. Jig'leme işlemi sonucunda elde edilen konsantre tıncal yaş olarak aynı doygum çözelti ile 4, 3, 2, 1, mm'lik eleklerden elendi ve kurutulduktan sonra tartıldı. Toplam olarak 2330 gr kurutulmuş konsantre tıncal elde edildi. Sonuçlar Çizelge 9.7'de verilmiştir.

9.2.3. Karıştırma deneyleri (Attrition scrubbing)

Wemco laboratuvar tipi, 3 kanatlı bir karıştırıcı ile 400, 500, 600 d/dakika karıştırıcı hızlarıyla % 60 katı oranına sahip pülp 5, 10, 15 dakika süreler ile karıştırıldı. 700 gr kaba konsantreye bir litrelik bir scrubber selülü içerisinde 412 ml doygum çözelti (% 1.6 B₂O₃ içeren) eklenerek pülp yoğunluğunun % 60 katı olması sağlandı. Önce 400 d/dakika hız ile 5 dakika karıştırma yapıldı ve sonra scrubber'den alınan numune 1 ve 0.15 mm'lik elekler üzerinde bir litre doygum çözelti ile yaş olarak elendi. Elek üzerinde kalan miktarlar kurutulduktan sonra tartıldı daha sonra da B₂O₃ değerleri belirlendi. Bu işlemler diğer hızlar ile çalışırken de tekrarlandı. Sonuçlar Çizelge 9.8, 9.9, 9.10, 9.11, 9.12, 9.13, 9.14, 9.15, 9.16'da verilmiştir.

9.2.4. Sanayi suyu ile yıkama ve eleme.

Yine konsantratör III. elek üstünden alınan yaklaşık 35 kg civarındaki kaba konsantreden uygun yöntemlerle iki adet temsili numune alındı. Bu numunelerden birincisi (2854 gr) kurutulduktan sonra % nem oranı bulundu (% 18.56) ve daha sonra 4, 3, 2, 1 mm'lik eleklerden kuru olarak elendi (Çizelge 9.17). İkinci numune (2526 gr) ise % 1.75 B_2O_3 içeren doymuş gözelti ile 4, 3, 2, 1, mm'lik eleklerden yaş olarak elendi (Çizelge 9.18). Yaş elemeye her kg cevher için 2 litre doymuş gözelti kullanıldı. Yaş ve kuru elek analizleri yapıldıktan sonra her bir fraksiyonu ayrı ayrı B_2O_3 analizleri yapıldı. Elek analizleri için kullanılan 5380 gr numune ayrıldıktan sonra geriye kalan yaklaşık 30 kg (yaş) kaba konsantre numunesi bir numune bölücü yardımıyla iki kısma ayrıldı. 14.080 kg gelen ilk kısım sanayi suyuyla; 12.763 kg gelen ikinci kısım ise gölet suyuyla yıkandı ve daha sonra aynı su ile elendi.

5°C sıcaklıktaki 50 litre sanayi suyu içerisine bir miktar camsu tinal atılarak % 0.03 B_2O_3 içeren bir gözelti elde edildi. Bu gözelti ile % 18.56 nem içeren 14.080 kg kaba konsantre önce bir küvet içerisinde yıkandı ve daha sonra elendi ; kurutulduktan sonra B_2O_3 tenörleri belirlendi. (Çizelge 9.19).

9.2.5. Gölet suyu ile yıkama ve eleme.

10°C sıcaklıktaki 50 litre gölet suyu (% 0.33 B_2O_3 içeren) ile % 18.56 nem içeren 12.763 kg kaba konsantre bir küvet içerisinde yıkandı ve daha sonra elendi. Kurutulduktan sonra B_2O_3 tenörleri belirlendi. (Çizelge 9.20).

9.2.5.1. % 0.45 B_2O_3 içerikli su içinde 24 saat bekletme.

Gölet suyu ile yıkanmış ve elenmiş olan kaba konsantrenin 29.82

% B_2O_3 tenörlü ve $-6+1$ mm boyut aralığına sahip olan kısmı suda bekletme deneylerinde kullanılmıştır.

900 gr (29.82 % B_2O_3 içeren) numune bir kova içerisinde konulduktan sonra üzerine 4.5 litre % 0.45 B_2O_3 içeren gölet suyu konulmuş ve bu şekilde 24 saat bekletilmiştir. 24 saatlik bekleme sonunda numune eleklerden yağ olarak aynı su ile elenmiş ve daha sonra kurutulularak tartılmış ; daha sonra da B_2O_3 tenörleri belirlenmiştir. (Çizelge 9.21).

9.2.5.2. % 0.61 B_2O_3 içerikli su içinde 48 saat bekletme.

900 gr (29.82 % B_2O_3 içeren) numune bir kova içerisinde konulduktan sonra üzerine 4.5 litre % 0.61 B_2O_3 içeren gölet suyu konulmuş ve bu şekilde 48 saat bekletilmiştir. 48 saatlik bekleme sonunda numune eleklerden yağ olarak aynı su ile elenmiş ve daha sonra kurutulularak tartılmış ; daha sonra da B_2O_3 tenörleri belirlenmiştir (Çizelge 9.22).

9.2.5.3. % 0.36 B_2O_3 içerikli su içinde 12 saat bekletme.

900 gr (29.82 B_2O_3 içeren) numune bir kova içerisinde konulduktan sonra üzerine 4.5 litre % 0.36 B_2O_3 içeren gölet suyu konulmuş ve bu şekilde 12 saat bekletilmiştir. 12 saatlik bekleme sonunda numune eleklerden yağ olarak aynı su ile elenmiş ve daha sonra kurutulularak tartılmış ; daha sonra da B_2O_3 tenörleri belirlenmiştir (Çizelge 9.23).

9.2.6. Kimyasal analizler

A) Tüvenan tinkal ve konsantre tinkalde B₂O₃ tayini

Reaktifler :

- a) 0.5 N NaOH
- b) 6 N NaOH
- c) Metil kırmızısı indikatörü (% 0.1'lik)
- d) Fenolftalein indikatörü (% 0.5'lik)

Metod :

400 mm'lik behere yaklaşık olarak 1.0 g tartım alınır, 50 ml saf su (kaynamış) ve 5 ml derişik HCl konur. Saat camı kapatılır, 2-3 dakika kaynatılır. Sonra 6 N NaOH çözeltisi damla damla ilave edilerek metil kırmızısına karşı nötrleştirilir. (Çöktürme tam olduğunda gökelek hafifçe kırmızı ve gözelti ise sarıdır). Kaynatılır ve siyah bantlı süzgeç kağıdından süzülür. Sıcak su ile iyice yıkanır. Son gözelti 200-250 ml. kadar olmalıdır. Birkaç damla seyreltik HCl ile gözelti asidik yapılır. Kendi halinde soğumasına bırakılır.

Soğuduktan sonra bürete konulan ayarlı 0,5 N NaOH gözeltisinden damla damla ilave edilerek indikatörün rengi sarıya dönüştürülür. Daha sonra 8-10 damla fenolftalein damlatılır. 50 ml. gliserin konularak 0.5 N NaOH gözeltisiyle titre edilir. Fenolftalein rengi görününce (soğan kabuğu kırmızısı) 30 ml. gliserin ilave edilir. Renk değişmiyorsa titrasyon bitmiştir. Renk sarıya dönerse titrasyona devam edilir. Fenolftalein rengi görününceye kadar titrasyon devam eder.

Hesaplama :

S = 0,5 N NaOH sarfiyatı (ml.)

F = 0.5 N NaOH gözeltisinin faktörü

T = Tartım (gr.)

$$\% B_2O_3 = \frac{0.01741 \times F \times 100 \times S}{T}$$

B) Tüvenan tinkal ve konsantre tinkalde komple analiz

1. B₂O₃ Analizi :

A şıkında gösterildiği gibi yapılır.

2. SiO₂ Analizi :Reaktifler :

- a) Derişik HCl
- b) Derişik HNO₃
- c) Derişik H₂SO₄
- d) Derişik HF

Metod :

400 mm.lik bir behere bir gram tartım alınır. 20 ml. su ve 20 ml. HCl konur. Su banyosunda kuruluğa gidilir. Kuruduktan sonra yeniden 20 ml. HCl ilavesiyle tekrar kuruluğa kadar kurutulur. 120°C'lik etüvde en az iki saat bekletilir. Sonra 20 ml. HCl ve 100 ml. su konularak kaynatılır. Beyaz bantlı süzgeç kağıdından süzülür. Süzgeç kağıdı üzerindeki % 10'luk sıcak HCl'li su ile yıkanır. Çökelek ve kağıt etüvde kurutulur (platin kroze kullanılır). Krozedekiler önce bek alevinde alev aldırılmadan kül edilir. Sonra 1000-1100°C'de 30 dakika bekletilir. Soğutulur ve tartılır. (a gr.)Platin krozeye birkaç damla su, birkaç damla H₂SO₄ damlatılır. 10-15 ml. derişik HF konularak SiO₂ uçurulur. (Beyaz dumanlar kayboluncaya kadar İyi çeken bir ocakta çalışılır.) Platin kroze fırında kızdırılır. Sonra 1000-1100°C de fırında 15-20 dakika barakılır, desikatörde soğutulur ve tartılır. (b gr.)

Hesaplama :

$$\% \text{SiO}_2 = \frac{(a-b) \times 100}{T \text{ (alınan madde miktarı)}}$$

3. R₂O₃ Analizi :Reaktifler :

- a) Na₂CO₃

- b) K_2CO_3
- c) % 3'lük H_2O_2
- d) NH_4Cl
- e) Metil kırmızısı
- f) NH_3

Metad :

Silis miktarı tayin edilmiş olan numunenin krozede kalan kısmının süzüntüye ilavesi için iki kaşık ($Na_2CO_3 + K_2CO_3$) ile krozenin dibindeki artık eritilir, soğuduktan sonra hafif ısıtılmış süzüntünün (silisi süzdükten sonraki) içine konarak gözülür. Kroze yıkılarak çıkarılır.

Bu süzüntüye % 3'lük 3-5 ml. H_2O_2 ilave edilerek peroksit bozuluncaya kadar kaynatılır. Fe^{++} nin Fe^{+++} e yükseltgenmesi sağlanır. Süzüntüye 4-5 gr. NH_4Cl ilave edilir ve kaynatılır. Metil kırmızısı sarıya dönünceye kadar damla damla NH_3 ilave edilir. Tekrar hafifçe kaynatılır ve çökeleğin dibe oturması beklenir, siyah banttı süzülür. Amonyum klorürlü sıcak su ile yıkanır. (% 1 veya % 2'lik) çökelek sabit tartıma getirilmiş porselen krozeye alınıp önce etüvde $120^{\circ}C$ 'de kurutulur, bekte kül edilir ve $700-800^{\circ}C$ 'de fırında 2-4 saat yakılır.

Hesaplama :

$$\% R_2O_3 = \frac{\text{Dolu kroze (gr)} - \text{Boş kroze (gr)}}{\text{Numune tartımı (gr)}}$$

4. CaO Analizi :

Reaktifler :

- a) CH_3COOH (asetik asit)
- b) Doymuş amonyum oksalat

Metad :

R_2O_3 süzüntüsüne bir ml. asetik asit konur ve $80-90^{\circ}C$ 'ye kadar ısıtılır. 20 ml. doymuş amonyum oksalat çözeltisi damla damla ve karıştırarak ilave edilir. Sıcakta 15-20 dakika tutulur. Kalsiyum okza-

lat dibe oturur. Ocak üstünden alınır ve bir gece bekletilir. Mavi banttın süzülür porselen krozede yakılır. (900°C'de)

NOT : Süzüldükten sonra süzgeç kağıdı % 1'lik okzalattı soğuk su ile yıkanır.

Hesaplama :

$$\% \text{CaO} = \frac{\text{Kroze tartım farkı} \times 100}{\text{Numune tartımı}}$$

5. MgO Analizi :

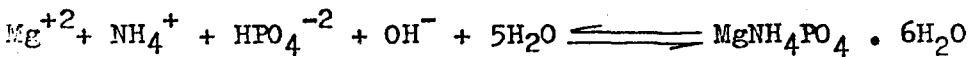
Reaktifler :

a) $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

b) NH_3

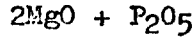
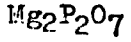
Metod :

Ca süzütüsüne 20 ml. % 20'lik $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ çözeltisi ilave edilir. Soğutulur. Birkaç damla metil kırmızısı damlatılır. Renk sarıya dönene kadar damla damla NH_3 verilir. 20 ml. NH_3 'ün fazlası ilave edilir, 10-15 dakika karıştırılır. soğuk bir yerde bir gece veya en az 4 saat bekletilir mavi banttın süzülür, % 2'lik NH_3 'lü su ile yıkanır. Çökelek sabit tartımlı porselen krozede önce 120°C'de etüvde sonra bek alevinde kül edilir. Bu esnada sıcaklık 600-700°C'dir. Çökelek beyaz veya gri oluncaya kadar ısıtmaya devam edilir. Bundan sonra 1000-1100°C'de yarım saat tutularak sabit tartıma getirilir. Tartılan madde Magnezyum profosfatdır. ($\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$) Süzgeç kağıdı düşük sıcaklıklarda iyice yakılmazsa yüksek sıcaklıklarda karbonla fosfor bileşikleri arasında ceryan eden redoks sonucunda fosfor açığa çıkar ve buharlaşır.



1200°C'nin üstünde $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ bozularak P_2O_5 verir ve buda uçucu olduğundan yanlışlığa sebep olur. Bu yüzden 1100°C'nin üstüne çıkmamak gerekir.

Magnezyumpirofosfat hidroskopik olmadığından tartma esnasında herhangi bir zorluk çıkarmaz.



Hesaplama :

Mg : 24.31

P : 30.974

C : 15.999

$$\% \text{MgO} = \frac{\text{Kroze tartım farkı} \times 100}{\text{Numune tartımı}}$$

Yukarıdaki denklem gereği MgO olarak bulmak için 0.3623 ile çarpılır 0.3623 : Çarpım faktörü

NOT : 1) Kalsiyum süzütüsü kuruluğu giderken sıçrama olabileceğinden büyük bir behere kullanılmalıdır. Genede sıçrama başlarsa kuruluğa gidilmez. Sadece buharlaştırma yapılır. Çöktürme sırasında meydana gelen yabancı tuzların bir kısmı yıkama esnasında bir kısmı yakma esnasında ortamdandan uzaklaşır.

2) Magnezyum çöktürürken hiç kullanılmamış çiziksiz beherle çalışmak gereklidir.

Çizelge 9.3. Kaba konsantrenin kimyasal analizi

Bileşen	%
B ₂ O ₃	31.19
SiO ₂	2.01
R ₂ O ₃	0.56
CaO	3.79
MgO	2.02

Çizelge 9.4. Kaba konsantrenin kuru elek analizi

Elek boyutu (mm)	% Ağırlık	Tenör, % B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ R
-6.00 +4.00	37.08	30.94	36.78
-4.00 +3.00	20.05	30.55	19.65
-3.00 +2.00	27.13	31.45	27.35
-2.00 +1.00	15.74	32.15	16.22
-1.00	-	-	-
Toplam	100.00	31.19	100.00

Çizelge 9.5. Fazla miktarda doygun çözeltiliyle yıkanmış numunenin yaş elek analizi

Elek boyutu (mm)	% Ağırlık	Tenör, % B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ R
-6.00 +4.00	35.51	32.02	36.45
-4.00 +3.00	16.67	34.54	18.47
-3.00 +2.00	23.51	35.52	26.77
-2.00 +1.00	14.17	34.47	15.65
-1.00	10.14	8.18	2.66
Toplam	100.00	31.19	100.00

Çizelge 9.6. İki ayrı boyut aralığında jiglenmiş kaba konsantrenin yaş elek analizi

Elek boyutu (mm)	% Ağırlık	Tenör, % B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ R
-6.00 +4.00	29.48	33.43	31.61
-4.00 +3.00	15.77	34.65	17.51
-3.00 +2.00	23.29	34.82	26.00
-2.00 +1.00	13.43.	35.71	15.39
Artık	18.03	16.42	9.49
TOPLAM	100.00	31.19	100.00

Çizelge 9.7. Tek bir boyut aralığında jiglenmiş kaba konsantrenin yaş elek analizi

Elek boyutu (mm)	% Ağırlık	Tenör, % B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ R
-6.00 +4.00	25.01	35.17	28.21
-4.00 +3.00	18.24	35.35	20.68
-3.00 +2.00	21.18	34.94	23.73
-2.00 +1.00	13.24	34.49	14.65
Artık	22.33	17.78	12.73
TOPLAM	100.00	31.19	100.00

Çizelge 9.8. 400 d/dak. hız ile 5 dakika karıştırma

Boyut (mm)	% Ağırlık	Tenör, % B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ R
-6.00 +1.00	82.15	35.32	93.02
-1.00 +0.15	3.57	30.85	3.53
-0.15	14.28	7.54	3.45
Toplam	100.00	31.19	100.00

Çizelge 9.9. 400 d/dak.hız ile 10 dakika karıştırma.

Elek boyutu (mm)	% Ağırlık	Tenör, % B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ R.
-6.00 +1.00	79.71	35.41	90.49
-1.00 +0.15	4.14	32.84	4.36
-0.15	16.15	9.95	5.15
TOPLAM	100.00	31.19	100.00

Çizelge 9.10. 400 d/dak. hız ile 15 dakika karıştırma.

Elek boyutu (mm)	% Ağırlık	Tenör, % B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ R.
-6.00 +1.00	78.99	35.61	90.19
-1.00 +0.15	3.71	33.51	3.99
-0.15	17.30	10.49	5.82
TOPLAM	100.00	31.19	100.00

Çizelge 9.11. 500 d/dak. hız ile 5 dakika karıştırma.

Elek boyutu (mm)	% Ağırlık	Tenör, % B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ R.
-6.00 +1.00	77.14	35.51	87.82
-1.00 +0.15	2.86	31.85	2.92
-0.15	20.00	14.43	9.26
TOPLAM	100.00	31.19	100.00

Çizelge 9.12. 500 d/dak. hız ile 10 dakika karıştırma.

Elek boyutu (mm)	% Ağırlık	Tenör, % B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃	R.
-6.00 +1.00	75.57	35.81	86.76	
-1.00 +0.15	2.57	31.55	2.60	
-0.15	21.86	15.18	10.64	
TOPLAM	100.00	31.19	100.00	

Çizelge 9.13. 500 d/dak. hız ile 15 dakika karıştırma.

Elek boyutu (mm)	% Ağırlık	Tenör, % B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃	R.
-6.00 +1.00	72.14	36.00	83.26	
-1.00 +0.15	4.43	34.26	4.88	
-0.15	23.43	15.80	11.86	
TOPLAM	100.00	31.19	100.00	

Çizelge 9.14. 600 d/dak. hız ile 5 dakika karıştırma.

Elek boyutu (mm)	% Ağırlık	Tenör, % B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃	R.
-6.00 +1.00	74.75	35.57	85.25	
-1.00 +0.15	7.68	32.31	7.96	
-0.15	17.57	12.05	6.79	
TOPLAM	100.00	31.19	100.00	

Çizelge 9.15. 600 d/dak. hız ile 10 dakika karıştırma.

Elek boyutu (mm)	% Ağırlık	Tenör, % B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃	R.
-6.00 +1.00	68.72	35.72	78.71	
-1.00 +0.15	9.00	34.88	10.07	
-0.15	22.28	15.74	11.22	
TOPLAM	100.00	31.19	100.00	

Çizelge 9.16. 600 d/dak. hız ile 15 dakika karıştırma.

Elek boyutu (mm)	% Ağırlık	Tenör, % B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃	R.
-6.00 +1.00	65.86	35.78	75.55	
-1.00 +0.15	9.57	34.64	10.63	
-0.15	24.57	17.54	13.82	
TOPLAM	100.00	31.19	100.00	

Çizelge 9.17. Kaba konsantrenin kuru elek analizi.

Elek boyutu (mm)	% Ağırlık	Tenör, % B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃	R.
-6.00 +4.00	30.67	29.08	30.10	
-4.00 +3.00	19.20	29.12	18.87	
-3.00 +2.00	31.39	30.13	31.92	
-2.00 +1.00	18.74	30.21	19.11	
TOPLAM	100.00	29.63	100.00	

Çizelge 9.18. Kaba konsantrenin yaş elek analizi.

Elek boyutu (mm)	% Ağırlık	Tenör, % B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃	R.
-6.00 +4.00	30.18	29.09	29.62	
-4.00 +3.00	16.77	30.25	17.12	
-3.00 +2.00	26.40	33.46	29.81	
-2.00 +1.00	18.26	34.14	21.03	
-1.00	8.39	8.58	2.42	
TOPLAM	100.00	29.63	100.00	

Çizelge 9.19. Sanayi suyu ile yıkanmış numunenin yaş elek analizi.

Elek boyutu (mm)	% Ağırlık	Tenör, % B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃	R.
-6.00 +4.00	30.16	29.49	30.00	
-4.00 +3.00	16.54	29.93	16.71	
-3.00 +2.00	23.30	30.61	24.06	
-2.00 +1.00	12.05	31.06	12.62	
-1.00	17.95	27.41	16.61	
TOPLAM	100.00	29.63	100.00	

Çizelge 9.20. Gölet suyu ile yıkanmış numunenin yaş elek analizi.

Elek boyutu (mm)	% Ağırlık	Tenör, % B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃	R.
-6.00 +4.00	30.10	29.11	29.57	
-4.00 +3.00	16.26	29.76	16.33	
-3.00 +2.00	24.37	30.23	24.86	
-2.00 +1.00	13.68	30.75	14.20	
-1.00	15.59	28.58	15.04	
TOPLAM	100.00	29.63	100.00	

Çizelge 9.21. Gölet suyu ile yıkanmış numunenin 24 saat % 0.45 B₂O₃ içeren çözelti içerisinde bekletilmesi.

Elek boyutu (mm)	% Ağırlık	Tenör, % B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃	R.
-6.00 +4.00	20.51	34.96	24.04	
-4.00 +3.00	15.96	34.55	18.48	
-3.00 +2.00	24.38	34.61	28.30	
-2.00 +1.00	13.53	34.19	15.53	
-1.00	25.62	15.89	13.65	
TOPLAM	100.00	29.82	100.00	

Çizelge 9.22. Gölet suyu ile yıkanmış numunenin 48 saat %0.61 B₂O₃ içeren çözelti içerisinde bekletilmesi.

Elek boyutu (mm)	% Ağırlık	Tenör, % B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃	R.
-6.00 +4.00	22.78	34.78	26.56	
-4.00 +3.00	14.67	35.08	17.27	
-3.00 +2.00	24.78	34.74	28.87	
-2.00 +1.00	15.89	34.10	18.18	
-1.00	21.88	12.43	9.12	
TOPLAM	100.00	29.82	100.00	

Çizelge 9.23. Gölet suyu ile yıkanmış numunenin 12 saat % 0.36 B₂O₃ içeren çözelti içerisinde dekiyatılması

Elek boyutu (mm)	% Ağırlık	Tenör, % B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ R.
-6.00 +4.00	25.67	34.79	29.95
-4.00 +3.00	17.22	34.70	20.05
-3.00 +2.00	26.11	34.67	30.35
-2.00 +1.00	15.67	33.75	17.74
-1.00	15.33	3.72	1.91
TOPLAM	100.00	29.82	100.00

10. SONUÇLAR

I. Grup deneylerde Kirka konsantratöründen alınan kaba konsantre kullanılmış olup, kimyasal analizi yapıldığında % 31.19 B_2O_3 , % 2.01 SiO_2 , % 0.56 R_2O_3 , % 3.79 CaO ve %2.02 MgO bulunmuştur.

Kaba konsantredeki ana mineral tinal olup, gang mineralleri ise montmorillonit ile çok ince tanecikler halinde karışmış olan dolomit ve üleksittir.

Kaba konsantrenin kuru elek analizine bakılacak olursa boyut küçüldükçe tenörde azda olsa bir artış görülmektedir. Kaba konsantrenin fazla miktarda doygun çözeltiyle yıkandıktan sonra yaş elek analizi yapıldığında -6+4 mm boyutu hariç diğer tüm boyut aralıklarında tenör % 34.50 B_2O_3 değerine çok yaklaşmaktadır. Fakat -6+1 mm boyut aralığında düşünülecek olursa % 97.34 M.K. verimi ile tenör % 31.19'dan % 33.79 B_2O_3 değerine ancak yükselbilmektedir.

Kaba konsantre -6+4 ve -4+1 mm olarak iki farklı boyuta ayrılıp, her bir boyut ayrı ayrı jiglendiğinde kaba konsantre tenörü % 90.51 metal kurtarma verimiyle % 31.19'dan % 34.44 B_2O_3 değerine çıkmıştır.

Kaba konsantre sadece -6+1 mm lik bir boyut aralığında jiglendiğinde tenör % 87.27 metal kurtarma verimiyle % 31.19'dan % 35.05 B_2O_3 değerine yükselmiştir.

Karıştırma deneylerinde ise karıştırıcı hızının artmasıyla birlikte 1 mm altına geçen miktar artmakta ve buna bağlı olarak -6+1 mm lik kısmın metal kurtarma verimi azalmaktadır. En düşük hız olarak seçtiğimiz 400 d/dak. ile yapılan deneylerin hepsinde de metal kurtarma verimi % 90'ın üzerinde yer almış B_2O_3 tenörü ise % 31.19'dan %35.32 değerine ulaşabilmiştir.

İkinci grup deneylerde kullanılan kaba konsantrenin tenörü 29.63 % B_2O_3 olup, kaba konsantrenin kuru elek analizi gözönüne alındığında boyutun küçülmesiyle tenörde az bir artış olduğu görülmektedir. Kaba konsantre doygun çözeltiyle yaş olarak elendiğinde ($\frac{1}{kg}$ kaba konsantre için 2 litre doygun çözelti) tenör % 29.63 B_2O_3 değerinden % 97.58 metal kurtarma verimiyle % 31.56 B_2O_3 değerine ulaşmaktadır.

Numune $5^\circ C$ sıcaklıktaki % 0.03 B_2O_3 içeren sanayi su^{yu} ile yıkanıp yaş olarak elendikten sonra tenör % 83.39 metal kurtarma verimiyle % 29.63'den % 30.12 B_2O_3 değerine yükselmiştir. Çizelge 9.19 incelendiğinde hazırlanmış olan çözeltinin kullanımı esnasında ısındığı ve fazla miktarda tinkali çözerek uzaklaştırdığı görülecektir.

Numune $10^\circ C$ sıcaklıktaki % 0.33 B_2O_3 içeren gölet suyu ile yıkanıp yaş olarak elendikten sonra tenör % 84.96 metal kurtarma verimiyle % 29.63 B_2O_3 değerinden % 29.82 değerine yükselmiştir. Bu durumda da yine gölet suyunun ısınması sözkonusudur.

Gölet suyu ile yıkanmış numunenin tenörü % 29.82 B_2O_3 olan -6+1 mm lik kısmı 24 saat % 0.45 B_2O_3 içeren çözelti içerisinde bekletildiğinde % 86.35 metal kurtarma randımanı ile tenör % 29.82 B_2O_3 den % 34.62 B_2O_3 değerine yükselmektedir. Burada da yine fazla miktarda tinkal ısınmış olan gölet suyu tarafından çözülmüştür.

Gölet suyu ile yıkanmış numune 48 saat % 0.61 B_2O_3 içeren çözelti içerisinde bekletildiğinde % 90.88 metal kurtarma verimiyle tenör % 29.82 den % 34.69 değerine yükselmiştir.

Gölet suyu ile yıkanmış numune 12 saat % 0.36 B_2O_3 içeren çözelti içerisinde bekletildiği zaman % 98.09 metal kurtarma verimiyle tenör % 29.82 B_2O_3 değerinden % 34.55 B_2O_3 değerine ulaşabilmektedir. Bu durum çözeltinin doygunluğa çok yakın olduğunu göstermektedir.

11. ÖNERİLER

Düşük tenörlü kaba konsantrenin jigleme yoluyla zenginleştirilmesi mümkün görülmektedir. Jiglemeden önce kaba konsantre -6+4 mm ve -4+1 mm olarak iki boyut aralığına ayrılmalı ve her bir boyut aralığı jig'e ayrı ayrı beslenmelidir. -6+4 mm boyut aralığındaki kaba konsantrenin beslendiği jig'in elek açıklığı 4 mm olmalıdır. Bu durumda metal kurtarma verimi % 90'ın üzerine tenör ise % 34,5 üzerine çıkabilecektir.

400 d/dak. hız ile yapılacak karıştırma işlemlerinde de 5, 10, 15 dakika gibi süreler ile çalışılması halinde % 90'ın üzerinde bir metal kurtarma verimi ile tenörü % 35 B₂O₃ üzerine çıkarmak mümkün olabilecektir. Katı oranı % 60 olarak alınmalıdır.

İslatma havuzları yapılarak düşük tenörlü kaba konsantrenin bu havuzlarda 12 saat gölet suyu içerisinde bekletilmesi gang minerallerinin yumuşayarak disperse hale geçmesini sağlayacaktır. Bu süre sonunda havuzdan alınacak kaba konsantre 1 mm açıklıklı bir tromel eleğe yada 1 mm açıklıklı titreşimli bir eleğe beslenirse (gölet suyu eğer tam doymuş ise) % 95'in üzerinde bir metal kurtarma verimiyle tenör % 34,5 üzerine çıkarılabilecektir.

Burada elde edilen sonuçların tesis çapında uygulanmasından önce pilot ölçekte denenerek sonuçların irdelenmesi gerekmektedir. Ancak pilot çapta denemeler sonucu tesis çapına geçmek için karar verilmelidir.

Ayrıca bu denemeler sırasında sıcaklıkla ilgili not tutulmadığı için ileride yapılacak çalışmalarda bu değişkeninde dikkate alınması yararlı olacaktır.

Bunlardan başka killeri disperse edebilen ultrasonik su banyosu ile de bir çalışma yapılması faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Bor İhtisas Komisyonu, 1985, "Bor İhtisas Komisyonu Raporu",
TÜBİTAK-MAG, Ankara, 38 s.
- İpekoğlu, Ü. ve Polat, M., 1987, Bor endüstrisine genel bakış,
Madencilik Dergisi, XXVI,1, 5-16
- Polat, M., 1986, Türkiyede ve dünyada bor ve bor teknolojisi
uygulamalarının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz
Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 180 s.
- İzdar, E. ve Köktürk, U., 1975, Türkiye borat yataklarının Je-
olojisi ve yeni saha potansiyelleri ile ilgili bazı gö-
rüşler, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik IV.Kongresi,
411-434.
- Helvacı, C. and Firman, R.J., 1976, Geological setting and mine-
ralogy of Emet borate deposits, Turkey, Applied Earth Science,
85, 142-152.
- Önal, G., 1980, Cevher hazırlamada flotasyon dışındaki zenginleştir-
me yöntemleri, İTÜ Matbaası, 1156, 228 s.
- Oral, B., 1984, Emet kolemanit yıkama tesis artıkları ve düşük tenör-
lü kolemanit cevherinin "kalsinasyon" yöntemiyle zenginleştir-
ilmesi, Etibank Bülteni, 66.
- Bulutcu, A.N. ve Türkay, S., 1988, Etibank Kırka Boraks tinal kon-
santratör tesisinin iyileştirilmesi, İTÜ Malzeme Bilimleri ve
Üretim Teknolojisi Uygulama-Araştırma Merkezi, Araştırma Pro-
jesi, 238, 88 s.
- Etibank, 1984, Kırka Boraks İşletmesi Müessesesi Teknik Raporları.