

## Etibor A.Ş. Kırka Boraks İşletmesi Tinkal Cevheri ve Atıklarının Doğrudan Zenginleştirilmesi

Nezahat EDİZ

*Dumlupınar Üniversitesi, Seramik Mühendisliği Bölümü, Kütahya-TÜRKİYE*

Hüseyin ÖZDAĞ

*Osmangazi Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Eskişehir-TÜRKİYE*

Geliş Tarihi 12.07.2000

### Özet

Bor mineralleri modern teknolojiye gübre sanayinden ilaç sanayine, temizlik maddesi yapımından nükleer endüstriye kadar çok çeşitli ve yaygın bir kullanıma sahiptir. Bor minerallerinin bu önemli ve vazgeçilmez konumu gelecekte de artarak devam edecektir. Bu araştırmada bor cevherlerinin ve atıklarının zenginleştirilmesinde kullanılabilecek yeni bir yöntemin geliştirilmesine çalışılmıştır. Bu amaçla endüstride katı-sıvı ayırma işleminde ve malzeme taşımada kullanılan “helezon taşıyıcı” yeniden tasarlanmış ve Etibor A.Ş. Kırka Boraks İşletmesi konsantratör tesisine beslenen (-25) mm tinkal cevheri ile konsantratör atığı olan “kil pestili” nin doğrudan zenginleştirilmesi sağlanmıştır. Cihaz, değişik zenginleştirme şartlarında deneyerek optimum çalışma parametreleri belirlenmiştir. Optimum şartlarda yapılan deneyler sonucunda, cevherde %88,66 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> çözünürlüğü elde edilmiştir. Kil pestilinde ise maksimum B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> çözünürlüğü % 87,83 olarak gerçekleşmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Bor Zenginleştirme, Tinkal Cevheri, Helezon Taşıyıcı.

## Direct Processing of Tincal Ores and the Wastes of the Etibor A.Ş. Kırka Borax Mine

### Abstract

Boron minerals have a wide and intensive usage in modern technology in the fertiliser, pharmacy, detergent and nuclear industries. This important and indisputable position of boron minerals will continue in the future. In this research, a new technique for processing boron ores and wastes was developed. For this purpose, a helical transporter, which is used for solid-liquid separation and material conveyance in industrial applications, was re-designed and manufactured. With the single stage helical transporter, direct processing of tincal ores (-25 mm), fed to the concentrator in the Etibor A.Ş. Kırka Mine, and the wastes from the concentrator was carried out. The optimum operational parameters of the transporter were determined by testing under various processing conditions. After the tests with tincal ores were carried out under optimum conditions, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> solubility of 88.66% was obtained. The maximum B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> solubility in clay waste was 87.83%.

**Key Words:** Boron Processing, Tincal Ores, Helical Transporter.

## Giriş

Boratlar; önemli ölçüde  $B_2O_3$  içeren borik asitlerin tuzları veya esterleri olarak tanımlanır ve endüstri tarafından borik asit sağlayan bileşikler olarak bilinir. Çok sayıda mineral bor-oksitler içerir, ancak ticari anlamda bunlardan ancak üç tanesi önemli sayılmaktadır. Bunlar; boraks (tinkal), üleksit ve kolemanittir. Bu mineraller ise sınırlı sayıda ülkelerde üretilmektedir. A.B.D. ve Türkiye dünya bor üretiminin yaklaşık % 90'ını gerçekleştirmektedir (Lyday, 1991; Gülgönül, ve arkadaşları, 1997).

Boratlar, genelde içerdikleri  $B_2O_3$  içeriğine göre tanımlanmakta ve satılmaktadır. Diğerleri içinde en fazla ticareti yapılan bor ürünleri “boraks pentahidrat” ve “borik asit” olmaktadır. A.B.D.’de, en önemli bor kullanım alanı izolasyon fiberleri olup, bunu tekstil fiberleri, borosilikat cam, deterjan ve seramik sanayii izlemektedir. Avrupa’da, deterjan sanayii en önemli bor kullanım alanı olmaya devam etmektedir. Japonya’da ise tekstil fiberleri, bor bileşiklerini kullanımının başında gelmektedir (Poslu ve Aslan, 1995; Sivrioğlu, 1996).

Etibor A.Ş. Kırka Boraks İşletmesi’nde, tinkal cevheri boyut küçültme işlemlerinden sonra yıkama hücrelerinde yıkanarak killerden ayrılmaktadır. Daha sonra cevher hidrosiklon ve klasifikatörler yardımıyla çok ince taneli killerden arındırılıp, santrifüj kurutucularda kurutulularak, konsantre tinkal elde edilmektedir. Konsantre tinkal ise  $98^\circ C$  de çözündürülerek basınçlı filtrelerde süzdürülmektedir. Çözünmeyenler ise flokülasyon ile çöktürülmekte ve berrak çözelti filtrelenerek kristallizatöre gönderilmektedir. Temiz çözeltiden, kristallizatörde  $66^\circ C$  ye soğutularak “boraks pentahidrat”;

$46^\circ C$  ye soğutularak “boraks dekahidrat” kristalleri elde edilir. Bu kristaller daha sonra kurutulup, elenerek satışa sunulmaktadır (Sönmez, 1991; Ediz, 1999).

Bu araştırmada, Etibor A.Ş. Kırka Boraks İşletmesi’nde üretilen tinkal cevheri ve atıkların zenginleştirilmesinde kullanılabilecek yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Bu amaçla, endüstride katı-sıvı ayırımı ve malzeme taşımada kullanılan “helezon taşıyıcı”, bor zenginleştirmede kullanılabilecek şekilde yeniden tasarlanmış ve imal edilmiştir. “Tek kademeli çözme helezonu” olarak isimlendirilen bu cihaz; ayaklar üzerinde oturan, giriş ve boşaltma ağızları bulunan bir tekne ve teknenin içinde yataklanmış olan boru mil üzerine, helezon şeklinde sarılmış iletici kanatlardan oluşmaktadır.

## Malzeme

Deneylerde Etibor A.Ş. Kırka Boraks İşletmesi’nden temin edilen ve konsantratöre beslenmek üzere (-25) mm tane boyutunda hazırlanan tinkal cevheri ile konsantratörde oluşan bir atık olan kil pestili kullanılmıştır. Açık ocaktan gelen tüvenan tinkal  $400 \times 400$  mm açıklıklı ızgaralardan geçirildikten sonra kırma ve eleme işlemlerine tabi tutularak 25 mm altına indirilmektedir. Kil pestili ise konsantratör tesisinde, yıkama ünitesine gelen (-25) mm boyutundaki cevherin 6 mm açıklıklı titreşimli eleğe verilmesi ve elek üstünün 6 mm açıklıklı merdaneli kırıcıdan geçirilmesi ile oluşmaktadır. Bu atık 15 mm’lik titreşimli elekte elendikten sonra tumba sahasına atılmaktadır (ÇED Raporu, 1996). Deneylerde kullanılan (-25) mm cevherin ve kil pestilinin kimyasal analizleri Tablo 1’de özetlenmiştir.

**Tablo 1.** Cevher ve Kil Pestilinin Kimyasal Analizi

Bileşim	(-25) mm Cevher, %	Kil Pestili, %
$SiO_2$	4,66	13,02
$Al_2O_3$	0,10	0,15
$Fe_2O_3$	0,32	0,80
CaO	7,01	12,04
$K_2O$	0,49	1,35
MgO	6,61	12,48
$Na_2O$	11,62	6,25
$B_2O_3$	29,77	13,71
Kızdırma Kaybı	39,36	37,64

Etibor A.Ş. Kırka Boraks İşletmesinden belirli aralıklarda getirilen (-25) mm tinkal cevheri ve kil pestili, açık hava şartlarında kurutulmuş boyut küçültme işlemleri uygulanmış ve (-4 +2,8) mm, (-2,8 +2) mm, (-2 +1) mm ve (-1) mm boyut gruplarına ayrılmıştır. Zenginleştirme deneyleri Eskişehir Organize Sanayi Bölgesinde yapılmış ve kullanılan suyun kimyasal özellikleri belirlenerek Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Deneylerde Kullanılan Çözme Suyunun Kimyasal Analizi

İyon Cinsi	Miktarı (ppm)
Ca <sup>++</sup>	4,00
Mg <sup>++</sup>	9,60
Al <sup>++</sup>	0,00
Fe <sup>++</sup>	0,00
K <sup>+</sup>	0,00
Na <sup>+</sup>	250

## Yöntem

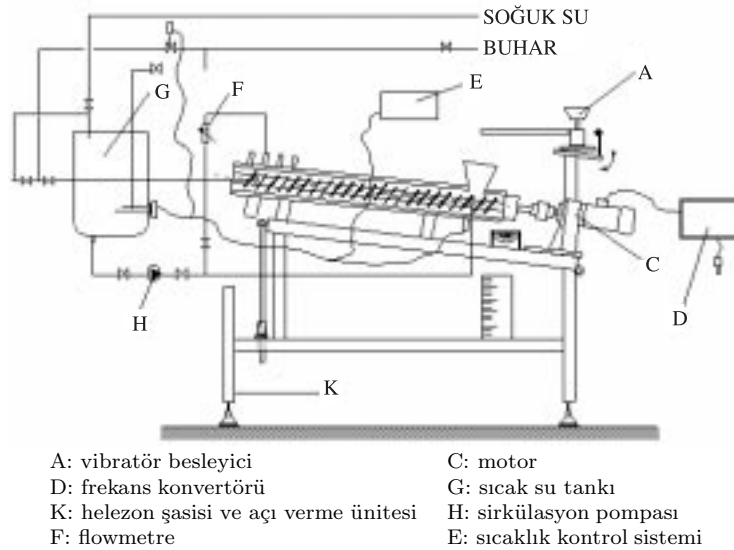
Bu araştırmada, Etibor A.Ş. Kırka Boraks İşletmesi tinkal cevher ve atıklarının zenginleştirilmesinde kullanılmak üzere “helezon taşıyıcı”, yeniden tasarlanmış ve imal edilmiştir (Demirsoy, 1984). Tek kademeli çözme helezonu olarak isimlendirilen bu cihaz; ayaklar üzerinde

oturan, giriş ve boşaltma ağızları bulunan bir tekne ve teknenin içinde yataklanmış olan boru mil üzerine, helezon şeklinde sarılmış iletici kanatlarından oluşmaktadır (helezon boyu=956 mm, çapı=52 mm). Sistemin diğer özellikleri ise:

- özel tasarlanmış kapalı tam bir helezon,
- ayarlanabilir eğim,
- ayarlanabilir helezon devri,
- ayarlanabilir sıcaklıklarda çözme suyu.
- ayarlanabilir sıcaklıkta ısıtma sistemi şeklindedir.

Sistemde cevher; yükselen bir açıda yukarı doğru transfer edilirken, çözme suyu ters yönde ve düşen açı doğrultusunda hareket etmektedir. Böylece ters akım yardımıyla etkin bir çözme işlemi gerçekleşmekte ve aynı anda katı-sıvı ayırımı da yapılmaktadır. Bu prensiplerde çalışan çözme helezonu ve üniteleri Şekil 1 de verilmiştir (Ediz, 1999).

Tinkal cevherinin zenginleştirilmesi için tasarlanan tek kademeli çözme helezonu, Etibor A.Ş. Kırka Boraks İşletmesinde deneme üretimi yapılan “çözme oluğuna” benzer bir sistemdir. Bu sistem biri yatay diğeri eğimli olmak üzere iki adet oluktan (yarım helezon) oluşmaktadır. Sistemde (-25) mm cevher besleme oranı ayarlanabilen bir bant konveyör ile yatay oluğa beslenmektedir. Yatay olukta çözü-



**Şekil 1.** Deneylerde Kullanılan Çözme Helezonunun Şematik Resmi

menin gerçekleşmesi için katı besleme ile zayıf çözelti aynı yönde beslenmektedir (tek kademeli çözme helezonunda ise katı ve çözme suyu ters akım prensibine göre beslenmektedir). Oluktaki mile bağlı spiral kanatların dönmesi ile hem karıştırma hem de yatay taşınma gerçekleşmektedir. Yatay oluşun üst taşıması (çözelti) doygun çözelti tankına, alt kısmı ise (çözünmeyen katı) bir ara helezon ile eğimli oluğa beslenmektedir. İkinci oluk yaklaşık 20°'lik bir eğime sahip olup, yatay olukta çözünmeyen cevherin ikincil çözünmesini ve katı atığın tesis dışına taşınmasını sağlamaktadır. Eğimli oluşun çözeltisi ise ayrı bir tanka alınarak, cevherin zenginleştirilmesi sağlanmaktadır (Çebi, ve arkadaşları, 1996).

İmal edilen tek kademeli çözme helezonu ile tınkal cevheri ve kil pestilinin zenginleştirilmesi ve optimum çalışma şartlarının belirlenmesi için bir dizi deney yapılmıştır. Deneylerde, ön çalışmalarda belirlenen bazı parametreler kabul olarak kullanılmıştır. Bu parametreler aşağıda verilmiştir:

- Helezonun taşıma kapasitesinin; malzemenin cinsi, tane boyu, devir hızı ve eğime bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Sistemdeki tıkanmaları önlemek için cevherde maksimum taşıma kapasitesinin % 75'i, kil pestilinde ise % 50'si besleme oranı olarak alınmıştır (kilin su ile şişmesi dikkate alınarak).
- Tane boyu-zenginleştirme deneyleri dışında, deneylerde (-4 +2,8) mm tane boyut aralığı olarak kullanılmıştır.
- Helezonun devir hızları 7 d/dk, 12 d/dk ve 17 d/dk arasında değiştirilmiştir.
- Helezon eğimleri ise 5°, 10° ve 15° arasında değiştirilmiştir.
- Katı/sıvı oranı cevherde 1/4, 1/6 ve 1/8, kil pestilinde ise 1/8, 1/10 ve 1/12 olarak seçilmiştir.
- Çözme sıcaklığı olarak 35°C, 50°C, 60°C ve 70°C kullanılmıştır.
- 4 farklı helezon boyundan (musluk girişi), 2 nolu musluk en uygun bulunmuştur.

Yukarıdaki kabuller doğrultusunda, tek kademeli çözme helezonu ile tane boyu-çözünürlük, sıcaklık-çözünürlük, helezon eğimi-çözünürlük, devir hızı-çözünürlük ve katı-sıvı oranı-çözünürlük deneyleri yürütülmüştür. Deneylerde tek kademeli çözme

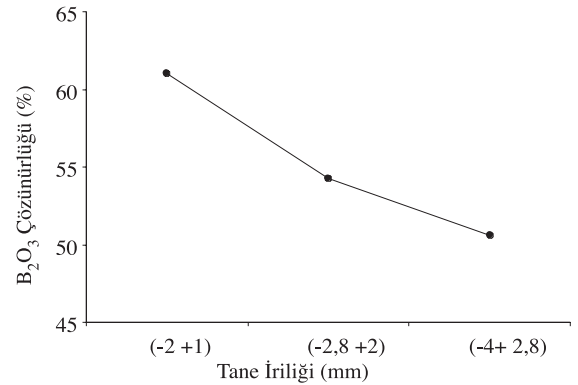
helezonuna cevher ve kil pestili vibratör besleyici ile, su ise bir flowmetre ile istenen katı-sıvı oranlarında düzenli olarak beslenmiştir. Belirli şartlarda helezon ile çözünme sağlandıktan sonra, hem katı hem de sıvı çıkışından 1'er dakika süre ile 3 örnek alınmıştır. Daha sonra alınan örneklerin B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> analizleri, faktörlü NaOH ile titre edilerek yapılmış ve ortalamaları alınmıştır (titrasyonda mannit kullanılmıştır).

## DeneySEL Sonuçlar

### Tane boyu-çözünme deney sonuçları

Bu deneyler yalnızca cevher örnekleri üzerine uygulanmış ve cevher içerisindeki B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> çözünmesinin tane boyutu ile olan ilişkisi araştırılmıştır. Ön denemelerden elde edilen bilgiler doğrultusunda cevher için (-4 +2,8) mm, (-2,8 +2) mm ve (-2 +1) mm tane boyut aralıklarının uygun olduğu belirlenmiştir. Kil pestili için ise, ince tanelerde yüksek sıvı oranları dahi kullanılsa şişme olayı (bünyeye su emme ile) geliştiğinden, mümkün olan en iri tane yani (-4 +2,8) mm tane boyut aralığı, tüm deneyler boyunca sabit tutulmuştur.

Cevherle yapılan deneylerde, helezon eğimi 5°, helezon devir hızı 7 d/dk, katı/sıvı oranı 1/6 (gr/ml), ve ortam sıcaklığı 35°C alınmıştır. Sıvı beslemede ise 2 numaralı musluk seçilmiş ve bu parametreler, cevherde tane boyu-çözünürlük deneyleri boyunca sabit tutulmuştur. Sonuçlar Şekil 2'de özetlenmiştir.



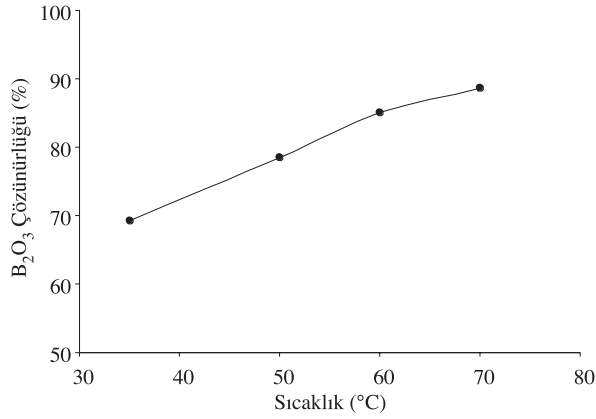
Şekil 2. Cevherde Tane Boyu-Çözünme Deney Sonuçları

Şekil 2'de görüldüğü gibi, cevherdeki B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> çözünürlüğü tane boyutu küçüldükçe artmaktadır. Bu sonuç, ince tanelerde borun suyla temasının artması ve böylece çözünmesinin kolaylaşması ile açıklanabilir. Ancak helezonun tasarım özellikleri nedeniyle, (-1) mm'nin altındaki tane boyutlarındaki

malzemeler beslenememektedir. Hem helezonun tasarım özellikleri, hem de boyut küçültme maliyetleri göz önüne alındığında, (-4 +2,8) mm tane boyut aralığının, helezon ile zenginleştirmede en uygun boyut aralığı olduğu ortaya çıkmaktadır.

### Sıcaklık-çözünme deney sonuçları

Bor cevherlerinde  $B_2O_3$  çözünürlüğünün sıcaklıkla değiştiği bilinmektedir. Bu grup deneyler ile, “tek kademeli çözme helezonu” kullanarak sıcaklık ile bor çözünme oranlarının değişimi belirlenmeye çalışılmıştır. Başlangıç sıcaklık değeri olarak, ortam sıcaklığının biraz üstünde bir değer, yani  $35^\circ C$  seçilmiştir.  $50^\circ C$ 'de yapılan deney sonuçlarının önemli artışlar getirmesi nedeniyle, sıcaklık aralıkları azaltılmış ve  $60^\circ C$  ile  $70^\circ C$ 'de de deneyler yürütülmüştür.  $70^\circ C$ 'nin üstünde ise, hem çözünme oranlarının oldukça yüksek olması, hem de bu sıcaklığın üstünde ısı kayıplarının artması ve sabit sıcaklık deney şartlarının sağlanmasının zorlaşması nedeniyle deneyler yapılamamıştır. Deney sonuçları ve şartları Şekil 3 ve 4'de özetlenmiştir.

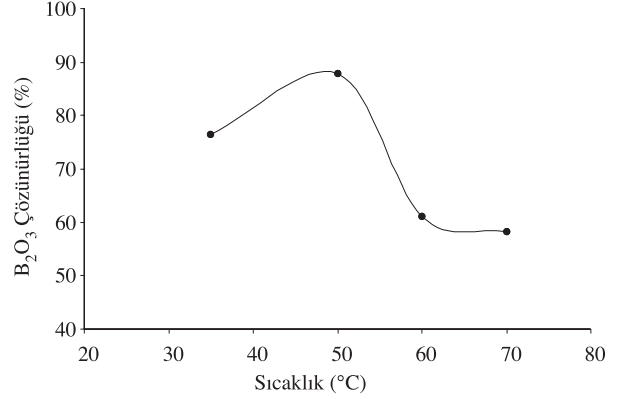


Şekil 3. Cevher İçin Sıcaklık-Çözünme Deney Sonuçları

Sonuçlardan görüldüğü gibi cevher için özellikle  $50^\circ C$  ve üzerinde çözünme oranında önemli bir artış gözlenmektedir.  $70^\circ C$ 'de  $B_2O_3$  çözünme oranı % 88,66 gibi oldukça yüksek bir değere ulaşmıştır. Bu nedenle, enerji ekonomisi sağlamak amacıyla tek kademeli çözme helezonu ile zenginleştirmede, ortam sıcaklıklarının  $50^\circ C$ - $70^\circ C$  arasında seçilmesi uygun olacaktır.

Kil pestili zenginleştirmesinde ise, killerin sıcaklıkla şişmesinin artması, sıcaklıkların yükseltilmesinde sakıncalar oluşturmuştur. Sonuçlardan görüldüğü gibi  $60^\circ C$  ve  $70^\circ C$ 'de yapılan deneylerde, killer şişerek helezon boşluklarına yapışmış, bloklama oluşturarak çözünmeyi

azaltmıştır. Helezona beslenen su, blok halinde helezon boşluklarına yapışan kil içersindeki boru çözememiş ve boşluklardan akarak helezonu terk etmiştir. Bu nedenle, helezon ile kil atıklarındaki borun zenginleştirilmesinde, cevhere göre daha düşük sıcaklıkların seçilmesi uygun olmaktadır.



Şekil 4. Kil Pestili İçin Sıcaklık-Çözünme Deney Sonuçları

### Helezon boyu-çözünme deney sonuçları

Helezon üzerinde 7,5 cm mesafede 4 adet musluk yerleştirilmiştir. Böylece farklı musluklar kullanılarak, sıvı besleme yeri veya helezonda çözme prosesinin gerçekleştiği uzunluk değiştirilebilmektedir. Bu deneylerde mevcut helezon ile, çözünme olayının en iyi geliştiği helezon boyu ve sıvı besleme yerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu deneyler, yalnızca cevher örnekleri üzerine uygulanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3'den görüldüğü gibi, en uygun musluk yeri veya helezon çözme uzunluğu, 2 numaralı musluk kullanıldığında sağlanmaktadır.

### Katı/sıvı oranı-çözme deney sonuçları

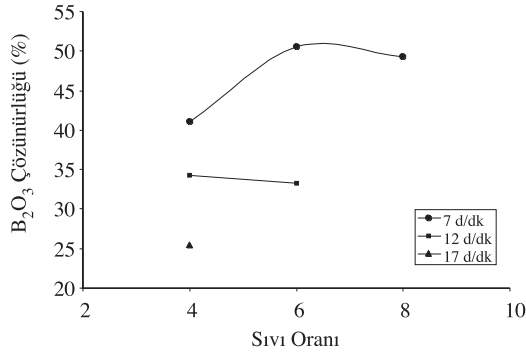
Bu grup deneylerde, cevher ve kil pestili için, devir hızlarına bağlı olarak belirlenen optimum katı besleme miktarlarına karşılık gelen sıvı besleme miktarları, farklı oranlar alınarak değiştirilmiştir. Amaç; “tek kademeli çözme helezonu” ile çalışmada cevher ve kil pestili için optimum katı/sıvı oranlarını belirlemek olmuştur. Yapılan ön deneylerden cevher için,  $5^\circ$  eğimde helezonun çalışma şartları açısından minimum katı/sıvı oranının  $1/4$ , maksimum katı/sıvı oranının ise  $1/8$  olabileceği anlaşılmıştır. Kil pestilinde ise, killerin su emme özelliği nedeniyle, yeterli çözünme olabilmesi için başlangıç katı sıvı

oranı 1/8 alınmış ve sırasıyla 1/10 ve 1/12 katı/sıvı oranları denenmiştir. Bu deneylerde, tane boyu (-4 +2,8) mm, sıcaklık 35°C olarak sabit tutulmuş,

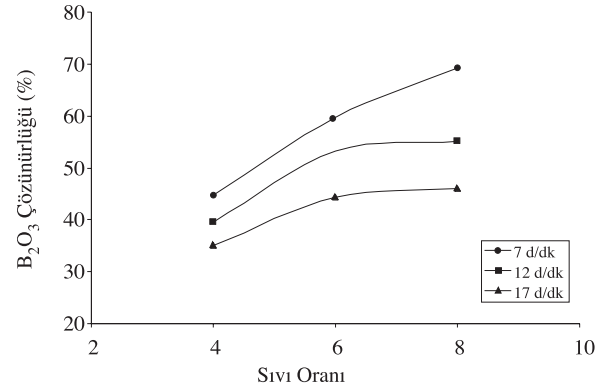
her eğim için devir hızları 7 d/dk, 12 d/dk ve 17 d/dk olarak değiştirilmiştir. Sonuçlar Şekil 5-10'da özetlenmiştir.

**Tablo 3.** Cevherde Helezon Boyu-Çözünme Deney Sonuçları

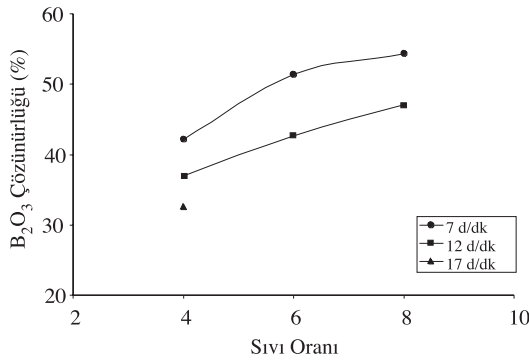
Deney Koşulları			
Tane Boyu=(-4 +2,8) mm, Sıcaklık=35°C, D=7 d/dk, K/S=1/4, $\alpha=5^\circ$			
Musluk No	Helezon Boyu (cm)	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Çözünürlüğü	Durumu
1. Musluk	85,5	39,72	Katı örnekte su oranı fazla
2. Musluk	77,5	41,03	Katı örnekte su oranı az, çözünme iyi
3. Musluk	70,0	38,73	çözünme az
4. Musluk	62,5	36,44	çözünme az



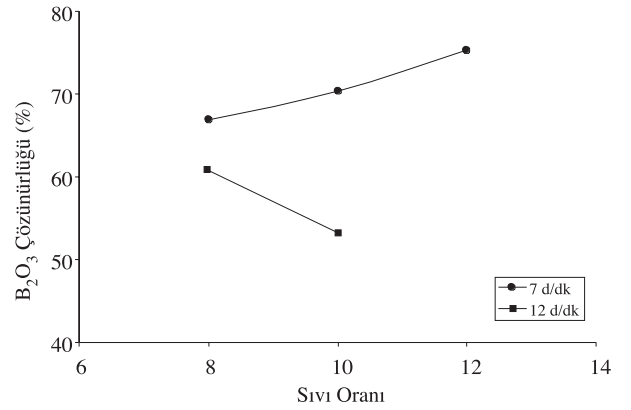
**Şekil 5.** Cevher İçin Katı/Sıvı Oranı ve Çözünme Deney Sonuçları (Eğim=5°)



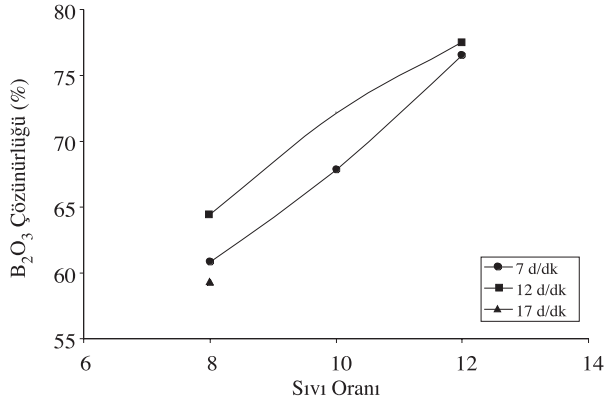
**Şekil 7.** Cevher İçin Katı/Sıvı Oranı ve Çözünme Deney Sonuçları (Eğim=15°)



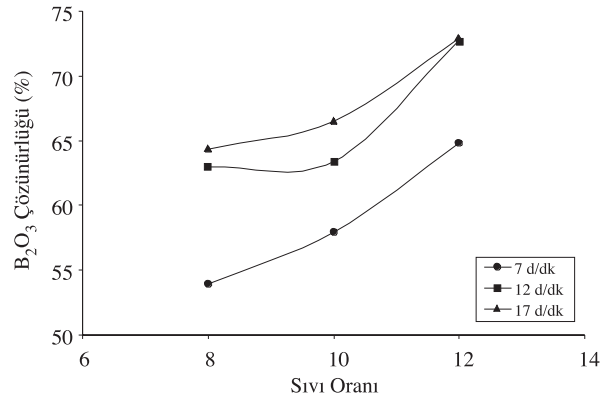
**Şekil 6.** Cevher İçin Katı/Sıvı Oranı ve Çözünme Deney Sonuçları (Eğim=10°)



**Şekil 8.** Kil Pestili İçin Katı/Sıvı Oranı ve Çözünme Deney Sonuçları (Eğim=5°)



Şekil 9. Kil Pestili İçin Katı/Sıvı Oranı ve Çözünme Deney Sonuçları (Eğim=10°)



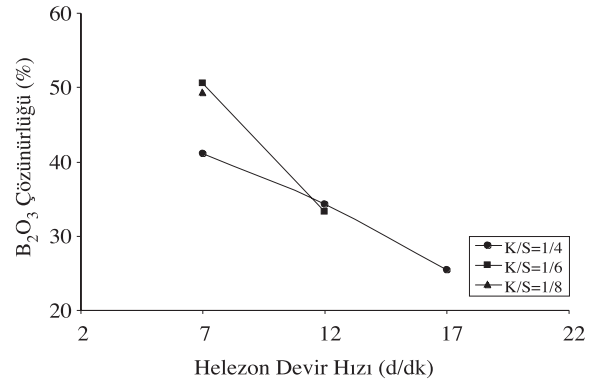
Şekil 10. Kil Pestili İçin Katı/Sıvı Oranı ve Çözünme Deney Sonuçları (Eğim=15°)

Şekil 5-10'dan görüldüğü gibi, hem cevher hem de kil pestili için, su oranı arttıkça  $B_2O_3$  çözünürlüğü artmaktadır. Bu sonuç; katı ile temas eden su miktarının artmasına bağlı olarak çözünmenin artması ile açıklanabilir. Ayrıca su oranının artması, helezon içinde suyun daha hızlı akmasına ve cevher üzerindeki killi yüzeylerin yıkanmasını sağlayarak, borun daha çok çözünmesine neden olmaktadır. Ancak özellikle düşük eğimlerde ve yüksek devirlerde, yüksek su oranları katı çıkış kısmından suyun kaçmasına neden olmaktadır. Bu durumlarda deneyler yapılamamış ve grafikleri çizilememiştir. Genelde, helezon eğimi arttıkça, yüksek  $B_2O_3$  çözünürlüğü için, daha yüksek su oranının kullanılabilceği görülmektedir. Sonuçlardan, cevher için gerek katı çıkış kısmındaki su kaçığının azlığı ve çözeltideki kil oranının düşüklüğü, gerekse yüksek çözünürlük göz önüne alındığında, 15° eğim ve 7 d/dk hızda, en uygun katı/sıvı oranının 1/8 olduğu görülmektedir. Yine, gerek katı kısmındaki su kaçığının azlığı ve çözeltideki kil oranının düşüklüğü,

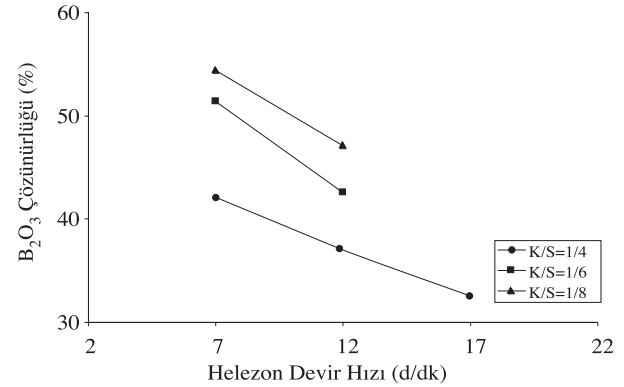
gerekse yüksek çözünürlük göz önüne alındığında, 10° eğim ve 12d/dk hızda, kil pestili için en uygun katı/sıvı oranının 1/12 olduğu görülmektedir.

### Helezon devir hızı-çözme deney sonuçları

Helezon devir hızına bağlı olarak; katı taşıma kapasiteleri, taşıma süreleri ve çözünme zamanı, dolayısıyla çözünme verimi ve kapasitesi değişmektedir. En uygun devir hızını belirlemek için yapılan bu grup deneylerde; tane boyu (-4 +2,8) mm, sıcaklık 35 °C olarak sabit tutulmuş, her eğim için devir hızları 7 d/dk, 12 d/dk, 17 d/dk, katı/sıvı oranları ise cevher için 1/4, 1/6, 1/8 ve kil pestili için 1/8, 1/10, 1/12 olarak değiştirilmiştir. Sonuçlar Şekil 11-16'da özetlemektedir.



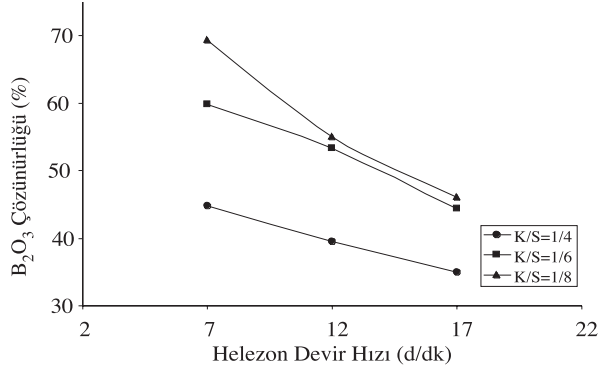
Şekil 11. Cevher İçin Helezon Devir Hızı ve Çözünme Deney Sonuçları (Eğim=5°)



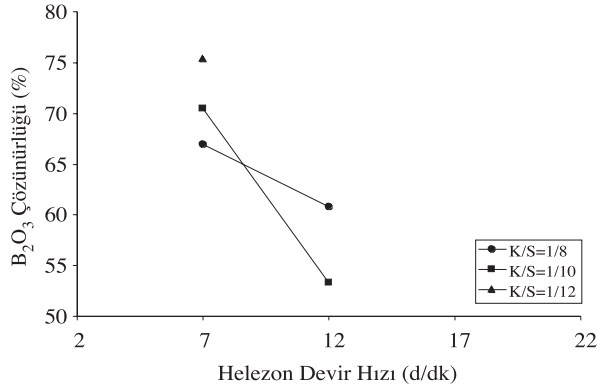
Şekil 12. Cevher İçin Helezon Devir Hızı ve Çözünme Deney Sonuçları (Eğim=10°)

Şekil 11-16'dan görüldüğü gibi, cevher için devir arttıkça çözünme azalmaktadır. Bu durum, devir yükseldikçe katının helezon içinde kalma süresinin kısılması, böylece katının su ile teması ve çözünmenin azalması ile açıklanmaktadır. Kil pestilinde ise devir arttıkça çözünme artmaktadır. Bu ise, yüksek devirlerde killerin parçalanarak,

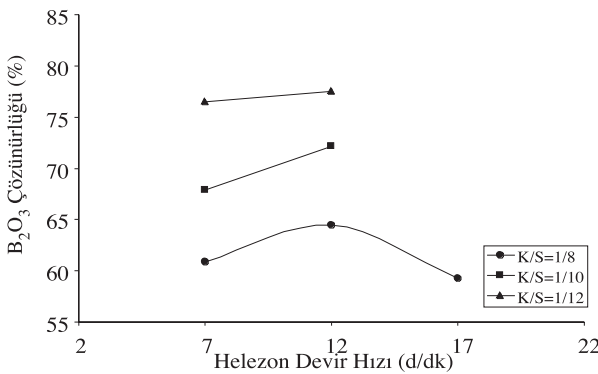
bor tanelerinin yüzeyinin yıkanması ve su ile temas olanağının artması ile açıklanabilir. Burada göz önüne alınacak önemli bir husus ise, killeri aşırı parçalayarak, çözültideki kil oranını yükseltmemektir.



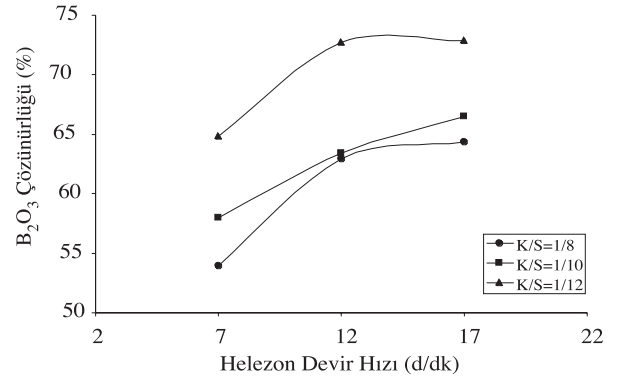
Şekil 13. Cevher İçin Helezon Devir Hızı ve Çözünme Deney Sonuçları (Eğim=15°)



Şekil 14. Kil Pestili İçin Helezon Devir Hızı ve Çözünme Deney Sonuçları (Eğim=5°)



Şekil 15. Kil Pestili İçin Helezon Devir Hızı ve Çözünme Deney Sonuçları (Eğim=10°)

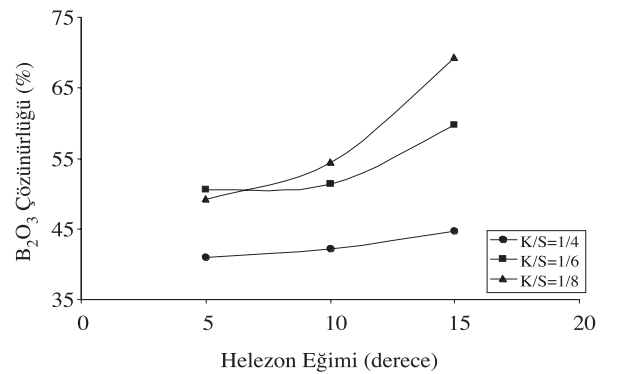


Şekil 16. Kil Pestili İçin Helezon Devir Hızı ve Çözünme Deney Sonuçları (Eğim=15°)

Sonuç olarak; gerek çözültide yüksek çözünürlük ve düşük kil miktarı, gerekse katı çıkışındaki su kaçağı göz önüne alındığında, cevher için 15° ve 1/8 katı/sıvı oranında en uygun devir hızı 7 d/dk, kil pestili için ise 10° ve 1/12 katı/sıvı oranında en uygun devir 12 d/dk olduğu görülmektedir.

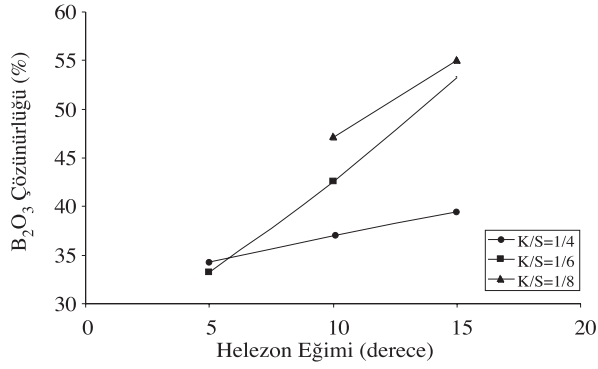
#### Helezon eğimi-çözme deney sonuçları

Tek kademeli çözme helezonu'nun belirli şartlarda en uygun çalışma eğiminin belirlenmesi önemlidir. Çünkü helezon eğimi; katının taşınmasını ve sıvının aşağı hareketini sağlayacak, aynı zamanda maksimum zenginleştirme verimi ve kapasitesini verecek şekilde olmalıdır. Bu amaçla bu grup deneylerde, tane boyu (-4 + 2,8) mm, sıcaklık 35°C olarak sabit tutulmuş ve her eğim için devir hızları 7 d/dk, 12 d/dk, 17 d/dk, katı/sıvı oranları ise cevher için 1/4, 1/6, 1/8 ve kil pestili için 1/8, 1/10, 1/12 olarak değiştirilmiştir. Bulunan sonuçlar Şekil 17-22'de özetlenmiştir.

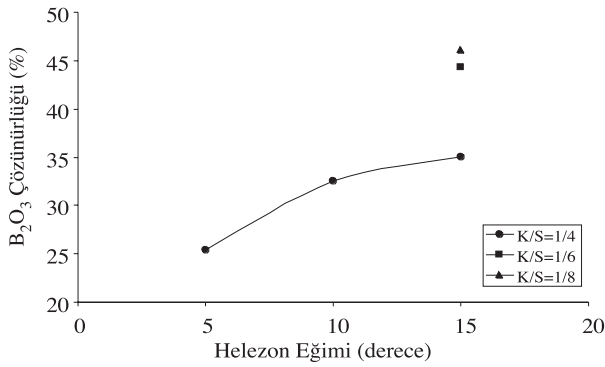


Şekil 17. Cevher İçin Helezon Eğimi-Çözünme Deney Sonuçları (Devir=7 d/dk)

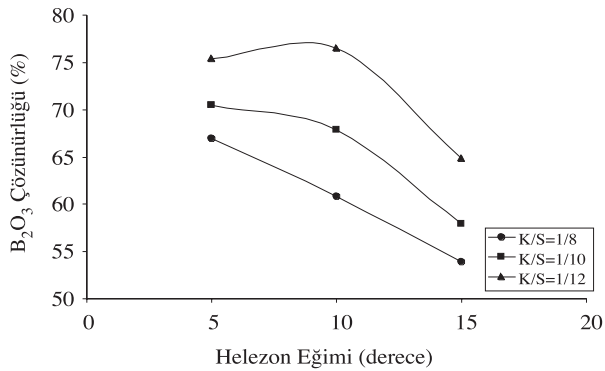




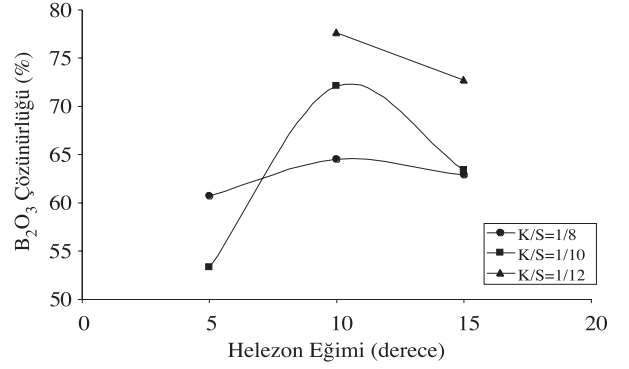
**Şekil 18.** Cevher İçin Helezon Eğimi-Çözünme Deneysel Sonuçları (Devir=12 d/dk)



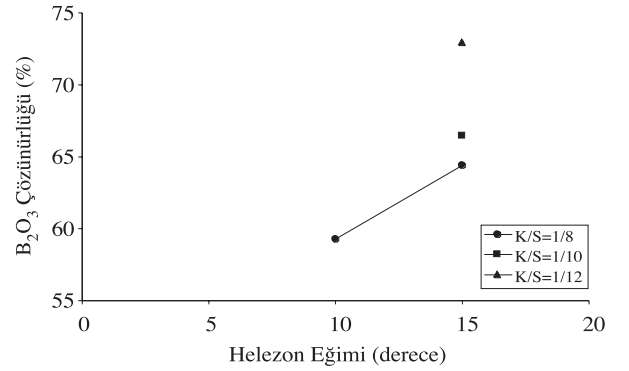
**Şekil 19.** Cevher İçin Helezon Eğimi-Çözünme Deneysel Sonuçları (Devir=17 d/dk)



**Şekil 20.** Kil Pestili İçin Helezon Eğimi-Çözünme Deneysel Sonuçları (Devir=7 d/dk)



**Şekil 21.** Kil Pestili İçin Helezon Eğimi-Çözünme Deneysel Sonuçları (Devir=12 d/dk)



**Şekil 22.** Kil Pestili İçin Helezon Eğimi-Çözünme Deneysel Sonuçları (Devir=17 d/dk)

Şekil 17-22'den görüldüğü gibi, cevher için eğim arttıkça bor çözünürlüğü artmaktadır. Bu sonuç; cevherin yüksek eğimlerde, helezonda kalış süresinin artmasına ve cevher tanelerinin helezon kanatlarında hareket ederken düşük devirlerde yuvarlanma hareketi, yüksek devirde ise düşme hareketi yapmasına bağlı olarak daha iyi çözünme ortamına sahip olmasıyla açıklanabilir. Bir başka deyişle, yüksek eğimlerde cevher tanelerinin yuvarlanma ve düşme hareketleri, cevherin yüzeyindeki killerden kurtulmasına ve çözünürlüğün artmasına neden olmaktadır. Kil pestilinde ise helezon eğimi arttıkça bor çözünürlüğü azalmaktadır. Bu ise, yüksek eğimlerde katı malzemenin helezonda kalış süresinin artmasına bağlı olarak, killerin şişerek dağılması ve bor yüzeylerini kaplayarak çözünürlüğü azaltması ile açıklanabilir. Genelde helezon eğimi arttıkça, çözeltilerdeki kil oranının yükseldiği gözlenmiştir.

Sonuç olarak; çözeltilerde yüksek çözünürlük ve katı çıkışındaki su kaçağı göz önüne alındığında, cevher için 7 d/dk ve 1/8 katı/sıvı oranında en uygun helezon eğiminin 15°, kil pestili için ise 12 d/dk ve 1/12 katı/sıvı oranında en uygun helezon eğimi 10° olduğu görülmektedir.

## Sonuçlar

Tinkal cevherinin ve bor atıklarının doğrudan zenginleştirilmesi amacıyla tasarlanan ve imal edilen tek kademeli çözme helezonu ile yapılan deneyler sonucunda, sistemin bu amaç için kullanılabileceği anlaşılmıştır.

Sonuçlardan cevher için gerek katı çıkış kısmındaki su kaçağının azlığı gerekse çözümlüdeki kil oranının göreceli düşüklüğü ve yüksek çözünürlük göz önüne alındığında; (-4 +2,8) mm tane boyu, 70°C sıcaklık, 15° eğim, 7 d/dk devir hızı ve 1/8

katı/sıvı oranı, çözme helezonu için optimum çalışma şartları olarak belirtilebilir. Bu optimum şartlarda % 88,66 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> çözünürlüğü elde edilmiştir.

Kil pestilinde ise yine gerek katı çıkış kısmındaki su kaçağının azlığı gerekse çözümlüdeki kil oranının düşüklüğü ve yüksek çözünürlük göz önüne alındığında; (-4 +2,8) mm tane boyu, 50°C sıcaklık, 10° eğim, 12 d/dk devir hızı ve 1/12 katı/sıvı oranı, çözme helezonu için optimum çalışma şartları olarak belirtilebilir. Maksimum B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> çözünürlüğü ise % 87,83 olarak elde edilmiştir.

## Kaynaklar

Çebi, H., Delice, S., Özkan, Ş., Neslioğlu, V., Poslu, K., Demircan, E., "A new Approach to Borax Pentahydrate Production", Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Mineral Processing Symposium, Kuşadası, 373-376, 1996.

ÇED Raporu, "Kırka Boraks İşletmesi", 29-40, 1996.

Demirsoy, M., "Transport Tekniği", Birsen Yayınevi, İstanbul, 439 1984.

Ediz, N., "Tinkal Cevherinin Zenginleştirilmesi ve Borlu Suların Arıtılmasında Tek Kademeli Çözme Helezonunun Kullanımı", Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 171, 1999.

Gülgönül, İ., Çelik, M.S., Çınar, M., "Üleksit Flotasyonunda Şlamın Etki Mekanizması", 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 70-75, 1997.

Lyday, P.A., "Boron-1990", Mineral Commodity Summaries, US Bureau of Mines, 9, 1991.

Poslu, K., Aslan, İ.H., "Dünya Bor Mineralleri ve Bileşikleri Üretiminde Türkiye'nin Yeri", Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 33-42, 1995.

Sivrioğlu, İ., "Bor Mineralleri ve Bor Bileşikleri Üretiminde Etibank'ın Çalışmaları ve İleriye Dönük Planları", Bor Bileşikleri Üretim Teknolojileri Araştırmaları Danışma Toplantısı, TÜBİTAK-MAM, Gebze, 9, 1996.

Sönmez, E., "Kırka Tinkal Cevheri ve Konsantresinin Zenginleştirilme Olanaklarının Araştırılması", Doktora Tezi, 9 Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 28-31, 1991.