

# TÜRKİYE İÇİN ÖNEMLİ BİR MADEN: BOR

## *An Important Ore for Turkey: Boron*

**Hakan YİĞİTBAŞIOĞLU**

*Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 06100, Sıhhiye, Ankara*  
*yigitbasioglu@yahoo.com*

**Özet:** *Evaporasyon yoluyla oluşan Bor mineralleri Sodyum, Kalsiyum veya Magnezyum içermektedirler. Doğada 150 den fazla Bor minerali olmakla beraber ekonomik öneme sahip olanlarının başlıcaları Tinkal, Kolemanit ve Üleksit'tir. Tarih boyunca kullanılmasına rağmen gelişen teknoloji ile Bor'un önemi daha da artmıştır. Deterjandan silah ve uzay sanayine kadar hemen hemen her alanda kullanılan Bor madeni bakımından Türkiye büyük bir öneme sahiptir. Türkiye dünyadaki en büyük Bor rezervlerine sahip bulunmaktadır. Gerek çıkarılan Bor minerallerinin kalitesi gerekse çıkarma koşullarının uygunluğu nedeniyle Bor, Türkiye için büyük bir ekonomik kaynak özelliği taşımaktadır. Bu makalenin başlıca amacı, Bor'un tanıtılması ve Türkiye için öneminin irdelenmesidir.*

*Anahtar kelimeler: Bor mineralleri, Bor rezervi, Bor'un kullanım alanları, Stratejik maden, Bor işletmeleri.*

**Abstract:** *Boron minerals are contains Sodium, Calcium and Magnesium which they occurred by evaporation. Although there are more than 150 Boron minerals in nature, mainly economical Boron minerals are Tincal, Colemanite and Ulexit. Boron has used in historical ages but it gained more importance by development of technology. Turkey has great importance about Boron which it using in from detergent to weapon and space industry. Turkey has biggest Boron reserves in the world. In addition this, Turkey's Boron minerals have highest quality and production conditions are more economical from other productive countries. Boron has great importance for Turkey. Main aim of this article is explain of Boron's features and to emphasis of importance of Boron for Turkey.*

*Keywords: Boron minerals, Reserve of Boron, Boron using areas, strategically mine, Boron works.*

### **Giriş**

Bor adının Arapça Buraq veya Farsça Burah kelimesinden geldiği düşünülmektedir. Tarihte Bor'u ilk kez Babilliler altın elde etmek için kullanmışlardır. Bunun için, Tibet göllerinin sığ kesimlerinden çıkarılarak Himalayalar üzerinden Hindistan'a ve oradan da Mezopotamya'ya uzanan yollar kullanılarak ithal edilen Boraks'dan yararlanılmıştır. Eski Yunanlılar ve Romalılar Bor bileşiklerini temizlik maddesi olarak kullanmışlardır. İS 875 yılında ilaç olarak Arap doktorlar tarafından kullanılmıştır. Borik asit 18. yüzyıl başlarında elde edilmiş ve yine aynı yüzyılda G.Amerika'da And Dağları'nda bulunmuştur. 19. yüzyıl başlarında ise elementer Bor bulunmuştur (Moseman, 1994).

Teslim, Ekim 2004; düzeltme, Kasım 2004; kabul, Kasım 2004.

*Initial submission, October 2004; revised submission, November 2004; Final acceptance; November 2004.*

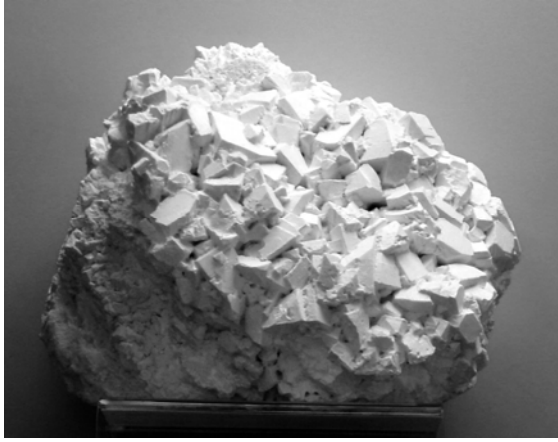
## Bor ve Bor mineralleri

Kimyasal simgesi “B” olan Bor, ergime noktası  $2190\pm 20$  °C olan, metalle ametal arasında, yarı iletken özellikte bir elementtir. Toprağın Bor içeriği ortalama 10 – 20 ppm olmakla beraber ABD’nin batı bölgeleri ve Akdeniz’den Kazakistan’a kadar uzanan bir alanda daha yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Deniz suyunda 0.5 – 9.6 ppm, tatlı sularda ise 0.01 – 1.5 ppm aralığındadır. Yüksek konsantrasyonda ve ekonomik önemi olan Bor yatakları, Türkiye ve ABD’nin kurak, volkanik ve hidrotermal etkinliğin fazla olduğu bölgelerinde bulunmaktadır (DPT, 2001).

Doğada Bor saf halde bulunmamaktadır. Ancak diğer elementlerle yaptığı bileşikler halinde rastlanmaktadır. Bor mineralleri ise buharlaşmanın şiddetli olduğu alanlardaki sulardan kimyasal çökelme yoluyla oluşan Evaporitler sınıfına girerler (Sür, Sür, Yiğitbaşıoğlu, 2001). Ülkemizde bulunan ekonomik mineraller yapılarında bulunan Kalsiyum, Sodyum ve Magnezyum elementlerine göre sınıflandırılırlar. Sodyum kökenli olanlar Tinkal, Kalsiyum kökenli olanlar Kolemanit, Sodyum-Kalsiyum kökenli olanları ise Üleksit olarak isimlendirilmektedir ([www.maden.org.tr/yeni3/yayinlar/raporlar/Borraporu.htm](http://www.maden.org.tr/yeni3/yayinlar/raporlar/Borraporu.htm)). Doğada Bor içeren 150 den fazla mineral vardır ancak burada sadece ekonomik öneme sahip olanlarından söz edilecektir.

### Boraks (Tinkal) ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )

Doğada genellikle renksiz ve saydam olarak bulunur. Ancak içindeki bazı maddeler nedeniyle pembe, sarımsı, gri renklerde de olabilir. Kristal sistemi Monoklin, sertliği 2- 2.5, özgül ağırlığı  $1.7 \text{ gr/cm}^3$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$  içeriği % 36.6 dır. Borik asit elde edilmesinde kullanılır. Evaporasyonun yüksek olduğu kurak-yarıkurak bölgelerdeki tuzlu göllerde oluşur. Boraks suyunu kaybederek kolaylıkla Tinkalkonit’e dönüşebilir. Kille aratabakalı olarak Tinkalkonit ve Üleksit ile birlikte bulunur. Ülkemizde Eskişehir-Kırka yataklarından üretilmektedir.



**Foto 1.** Boraks (Tinkal) kristalleri

(Kaynak: [www.uam.es/cultura/museos/mineralogia](http://www.uam.es/cultura/museos/mineralogia))



**Foto 2.** Kernit (Razorit) minerali

(Kaynak: [www.asahi-net.or.jp/~ug7s-ktu/e\\_kernit.htm](http://www.asahi-net.or.jp/~ug7s-ktu/e_kernit.htm))

### Kernit (Razorit) ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )

Doğada renksiz, saydam, uzunlamasına iğne şeklinde küme kristaller şeklinde bulunur. Sertliği 3, özgül ağırlığı  $1.95 \text{ gr/cm}^3$  ve  $\text{B}_2\text{O}_3$  içeriği %51'dir. Soğuk suda az çözünür. Eskişehir-Kırka'da Na-Borat kütlelerinin alt seviyelerinde yer alır. Türkiye dışında Arjantin ve A.B.D.'de bulunur.

### Üleksit ( $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ )

Doğada masif, yumrular, lifsi ve sütun şeklinde bulunur. Saf olanı, beyaz renktedir. İpek parlaklığında olanları da vardır. Kristal sistemi Triklin, sertliği 2,5 (agregatlar halinde olduğunda

sertliği bire kadar azalabilir) Genelde Kolemanit, Hidroboraksit ve Probertit ile birlikte oluşmuştur.  $B_2O_3$  içeriği % 43'tür. Boraks depolarında jeodlar içerisinde de görülür. Ülkemizde Kırka, Bigadiç ve Emet yörelerinde, dünyada ise Arjantin'de bulunmaktadır.



**Foto 3.** Üleksit minerali

(Kaynak: [www.geo.auth.gr/courses](http://www.geo.auth.gr/courses))



**Foto 4.** Probertit minerali (Daha açık renkli ve küçük olan kristal kümesi)

(Kaynak: <http://is2.dal.ca/~dommelen/Cheverie.html>)

### **Probertit ( $NaCaB_5O_9 \cdot 5H_2O$ )**

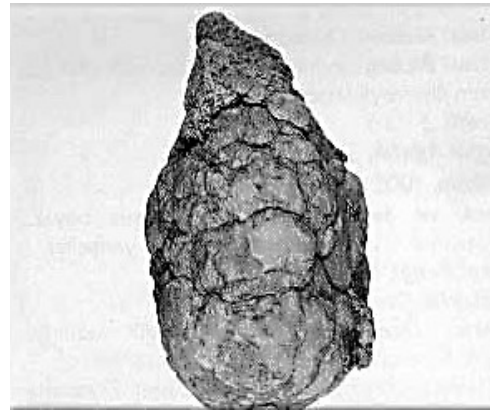
Kirli beyaz, açık sarımsı renklere olup ışınal ve lifsi şekilli kristaller şeklinde bulunur. Kristal boyutları 5 mm ile 5 cm arasında değişir.  $B_2O_3$  içeriği % 49.6'dır. Türkiye'de Kestelek yataklarında ve Emet'te görülür.

### **Kolemanit ( $Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$ )**

Monoklinik sistemde kristalleşir. Sertliği 4-4.5, özgül ağırlığı 2.42'dir.  $B_2O_3$  içeriği % 50.8'dir. Suda yavaş, Hidroklorik asitte hızla çözünür. Bor bileşiklerinde en yaygın olanıdır. Oluşumunda termal kaynakların etkisi vardır. Türkiye'de Emet, Bigadiç ve Kestelek'de, dünyada ise ABD, Şili, Kazakistan ve Arjantin'de bulunmaktadır.



**Foto 5.** Kolemanit kristalleri (Kaynak: [www.a-m.de](http://www.a-m.de))



**Foto 6.** Pandermit minerali (Kaynak: [www.mta.gov.tr](http://www.mta.gov.tr))

### **Pandermit (Priseit) ( $Ca_4B_{10}O_{19} \cdot 7H_2O$ )**

Sıcaksu kaynaklarının çevresinde oluşmuştur, çoğunlukla Kil ve Jips'le beraber bulunur. Beyaz renkli ve 3-3.5 sertliğe sahip bir mineraldir. Ülkemizde, Sultançayırı ve Bigadiç yataklarında görülmektedir.  $B_2O_3$  içeriği % 49.8'dir.

### **Hidroborasit ( $\text{CaMgB}_6\text{O}_{11}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )**

Işınsal ve iğne şeklindeki kristaller şeklinde bulunur. Lifsi bir dokuya sahiptir.  $\text{B}_2\text{O}_3$  içeriği % 50.5'tir. Beyaz renkte, bazen arsenik içeriğine göre sarı ve kırmızımsı renklere de görülür. Kolemanit, Üleksit ve Probertit ile birlikte bulunur. Ülkemizde en çok Emet, Doğanlar, İğdeköy yörelerinde ve Kestelek'de bulunmaktadır.

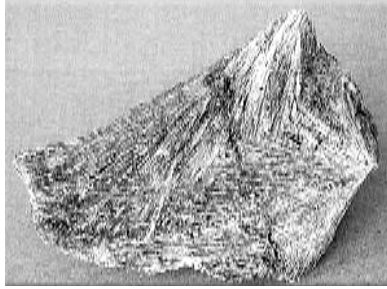


Foto 7. Hidroborasit kristalleri (Kaynak: www.mta.gov.tr)

### **Bor Ürünlerinin Başlıca Kullanım Alanları**

Bor bileşiklerini değişik endüstriyel kullanımlara uygun hale getirmek için gereken işlemlerin derecesi çok çeşitlilik göstermektedir. Bazı sanayi dalları mineral konsantreleri kullanırken, diğerleri rafine Bor ürünleri kullanır. Bazı durumlarda tüketiciler bulunabilirlik ve fiyata göre mineral konsantrelerle veya rafine Borlar ile farklı rafine Borlar arasında tercih yapabilmektedirler. Üleksit, Borik asit ve Boraks üretiminde ayrıca Sodyum'un bulunması istenilmeyen çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Boraks pentahidrat, Boraks dekahidrat, Susuz Boraks, Borik asit, Bor oksit, zenginleştirilmiş Kolemanit ve zenginleştirilmiş Üleksit gibi Bor ürünleri tüketilen toplam Bor'un yüksek bir oranını oluşturmaktadır. Çok çeşitli sektörlerde kullanılan Bor mineralleri ve ürünlerinin kullanım alanları giderek artmaktadır (Çizelge 1). Üretilen Bor minerallerinin % 10'a yakın bir bölümü doğrudan mineral olarak tüketilirken geriye kalan kısmı Bor ürünleri elde etmek için kullanılmaktadır.

Hafifliği, gerilmeye olan direnci ve kimyasal etkilere dayanıklılığı sebebiyle; plastiklerde, sanayi elyafı üretiminde, lastik ve kağıt endüstrisinde, tarımda, nükleer enerji santrallerinde, roket yakıtlarında da kullanılmaktadır. Camın sıcaklık ile genişmesini önemli ölçüde indirgediği, camı asite ve çizilmeye karşı koruduğu, titreşim, yüksek sıcaklık ve sıcaklık şoklarına karşı dayanıklılığı sağladığı için sıcaklığa dayanıklı cam gereçler, elektronik ve uzay araştırmalarında kullanılacak üstün nitelikli camların üretiminde de önemli yeri vardır. Bazı Bor bileşikleri yüksek sertlik derecesine sahiptir. (Mohs cetveline göre 9). Bu nedenle, aşındırıcı ve ışıkıran olarak, metalleri ve süper alaşımları kesme, bileme ve cilalamada kullanılmaktadır. Bor bileşikleri Tungsten karbür'e göre daha yüksek kesme oranına ve sürekli ağır iş görme yeteneğine sahiptir ayrıca soğutuculara da gereksinim duymamaktadır (Garrett, D., 1998).

Japon bilim adamlarınca, 2001 yılı Şubat ayında, magnezyum diborid'in geleceğin süper iletkeni olabileceği keşfedilmiştir. Süper iletkenlik, sıcaklığın belli bir noktanın altına düşürülmesiyle (kritik sıcaklığın altına) her türlü elektriksel direncin kaybolması durumudur. Süper iletkenliğin çoğunlukla  $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$  olan mutlak sıfır noktasına yakın sıcaklıkta gerçekleşmesi ve bu derece düşük bir sıcaklığı gerçekleştiriminin pahalı oluşu, çok daha yüksek kritik sıcaklığa sahip olan magnezyum diborid'i ucuz ve verimli bir alternatif haline getirmektedir. Süper iletkenler, çok yüksek akım yoğunluklarını hiçbir enerji kaybına neden olmadan taşıyabildikleri için enerji santrallerinden kentlere verimli enerji iletimi, güçlü mıknatıslar isteyen uygulamalar (Manyetik rezonans cihazları, Maglev trenleri vb.), büyük miktarlarda enerjinin manyetik alanda depolanması veya mikro elektronikte istenmeyen ısınmanın önlenmesi gibi bir çok uygulama alanına sahiptir (Yılmaz, A., 2002).

Dizüstü bilgisayarlar, cep telefonları, avuç içi bilgisayarları ve diğer mobil iletişim araçlarında kullanılan akım levhalarının vazgeçilmez hammaddelerinden biri de Bor'dur.

1960'larda ABD Hava ve Deniz Kuvvetlerince ortaklaşa yürütülen Zip Yakıtları Projesi çerçevesinde geliştirilen yakıtlar, yaklaşık aynı tarihlerde üretilen XB-70 Valkyrie bombardıman uçağı ve SR-71 Blackbird süpersonik casus uçaklarında kullanılmıştır. Pentaboran ve Etilboran olarak isimlendirilen Bor katkılı yakıtlar kullanılarak uçakların hem hızları hem de uçuş mesafeleri arttırılmıştır. 80'li yıllarda kullanılmaya başlanan ve radarda görülmeyen F-117 "Stealth Fighter" bombardıman uçağı ile Tomahawk füzelerinde de Bor katkılı yakıtlar kullanılmaktadır.

SSCB'nin Sputnik I ve II projeleri çerçevesinde yakıt üretiminde kullanılan Bor'un Türkiye kaynaklı olduğunun anlaşılması üzerine, gözler Türk Borlarına çevrilmiş, SSCB'nin Avrupa üzerinden Türk Borlarını almasının önüne geçilmek üzere Türkiye'den ihraç edilen Bor cevherlerini taşıyan gemiler ve yükleri Çanakkale Boğazı'nı geçip uluslararası sulara girer girmez ABD donanması tarafından durdurulup, kontrol edilmeye başlanmıştır. 1958-1961 yılları aralığındaki süreçte ABD ve NATO tarafından Bor, "Stratejik Maden" olarak değerlendirilerek pazarlanması kontrol altına alınmış, "COCOM" olarak bilinen tedbirler kapsamında Sosyalist Blok'a Bor ihracatı yasaklanmıştır ([www.maden.org.tr/yeni3/yayinlar/raporlar/borraporu.htm](http://www.maden.org.tr/yeni3/yayinlar/raporlar/borraporu.htm)).

Avrupa Uzay Ajansı da (ESA) Bor ve Bor'lu yakıtlar üzerine çalışma yapan bir başka kurumdur. ESA geliştirdiği üç tip Borlu yakıtı Avrupa Patent Ofisi'ne tescil ettirerek patentini almıştır. Günümüzde Ariane roketlerinde de Bor içeren yakıtlar kullanılmaktadır (Bu roketler Türksat uydularını da uzaya taşımışlardır).

Uçak ve havacılık endüstrisinde de Bor kullanımı giderek artmaktadır. Aerodinamikteki gelişmeler, yüksek hızlı kanat uygulamaları, yüksek sıcaklığa dayanıklı gövde, düşük ağırlık, yüksek kapasite ve benzeri uygulamalar üzerinde yürütülen tasarım ve geliştirme çalışmaları kompozit malzeme kullanımını oldukça yaygınlaştırmıştır. Havacılık endüstrisinde üretilen araçlarda kullanılan malzemenin büyük bir bölümünü Bor'lu kompozit malzemeler oluşturmaktadır. Plastiklerde Bor'lu lifler, Alüminyum ve Titanyum'un 6 katı kadar sertlik/yoğunluk oranına sahiptir. Yüksek sıcaklığa dayanıklılığı, esnekliği, hafifliği, güç ve üretim kolaylığı ile birleştirmektedir. Bu özellikleri sebebiyle jet motorlarının kompresör bıçaklarında, uçakların kanatçıklarında ve dümenlerinde kullanılmaktadır. Radarlarda görünmezliği sağlamak amacıyla geliştirilen B-2 Spirit, F-117 Stealth Fighter, F-22 Raptor ve F-35 Joint Strike Fighter uçakları ile F-15 Eagle, F-14 Tomcat, B-1 Lancer, B-52 Stratofortress, U-2 Dragon Lady ve SR-71 Blackbird savaş uçakları, Tomahawk füzeleri, Blackhawk serisi helikopterler ve Fransız Mirage uçakları ile Airbus ve Boeing yolcu uçaklarında da yapı elemanları ağırlıklı olarak Bor katkılı kompozit malzemelerden yapılmaktadır (<http://www.maden.org.tr/yeni3/yayinlar/raporlar/Borraporu.htm>). Bor bileşiklerinin kullanılması, Titanyum'la karşılaştırıldığında F-14, F-15 ve B-1 uçaklarının ağırlığını 91 kg azaltmaktadır. Uzay mekiklerinde ise 137 kg'a kadar ağırlık tasarrufu sağlanabilmektedir. Öte yandan, Rusya'da geliştirdiği uçaklar ve uzay araçlarında Bor içeren materyalden yüksek oranda yararlanılmaktadır (Garrett, D., 1998).



**Foto 8.** Bor içeren kompozit malzemelerin kullanıldığı bazı yeni yolcu ve savaş uçakları (Kaynak:www.picsearch.com)

Bor minerallerinin kara ve deniz ulaşımında kullanılan araçlarda da (otomobil, kamyon, lokomotif, gemiler) yapı elemanlarına ek olarak diğer yakıtlarla karşılaştırıldığında yüksek yoğunlukta enerjiye sahip olması nedeniyle yakıt olarak kullanımı konusunda yapılan araştırmalar olumlu sonuçlara doğru gitmektedir. Bor, yanıcı fakat tutuşma sıcaklığının yüksek olmasından dolayı, yanma sonucunda kolaylıkla aktarılabilecek katı ürün vermesi ve çevreyi kirletecek emisyon açığa çıkarmaması gibi bir özelliğe sahip olduğundan katı yakıt hücresi olarak da kullanılmaktadır (www.bath.ac.uk/Boron.htm).

BNCT (Boron Neutron Capture Therapy) kanser tedavisinde kullanılmaktadır. Özellikle beyin kanserinin tedavisinde hasta hücrelerin seçilerek yok edilmesinde yararlanması ve sağlıklı hücrelere zararının en az düzeyde olması nedeniyle tercih sebebi olabilmektedir (DPT,2001).

Bor, bitki gelişimi için önemli 16 temel bitki besininden biridir. Toprağın üst tabakalarındaki Bor'un çoğunluğu çürümüş bitki dokularından kaynaklanmaktadır. Bor, bitkilerde şekerin hormon faaliyeti üzerindeki etkisini, fotosentez miktarını, köklerin büyümesini ve havadan emilen karbon dioksit miktarını artırır. Bor'un bir diğer işlevi hücre büyümesi ve yapısı olup, Bor eksikliği hücre duvarlarını inceltici etki yapmaktadır. Ancak, Bor'un çok yüksek konsantrasyonda bulunması toksik etki de yapabilmektedir. Bor eksikliği görülen bitkilerde susuz Boraks ve Boraks pentahidrat'tan oluşan bir gübre kullanılmaktadır. Ayrıca, suda eriyebilen sodyum pentaborat veya disodyum ektaborat'tan kültür bitkilerinin üzerine püskürtülmek suretiyle faydalanılmaktadır. Bor, Sodyum klorat ve Bromosol gibi bileşiklerle birlikte yabancı otların yok edilmesi veya toprağın sterilleştirilmesi gereken durumlarda da kullanılmaktadır (Garrett, D., 1998).

Nükleer enerji santrallerinde Bor'lu çelikler, Bor karbürler ve Titanyum - Bor alaşımları kullanılır. Paslanmaz Bor'lu çelik, nötron absorbe edici malzeme olarak tercih edilmektedir. Yaklaşık olarak her Bor atomu bir nötronu absorbe etmektedir. Reaktörlerin kontrol sistemleri ile soğutma havuzlarında ve reaktörün acil bir şekilde kapatılmasında Bor kullanılır. Ayrıca, nükleer atıkların depolanmasında çevreye olan etkiyi azaltmak için Kolemanit kullanılmaktadır. Nükleer reaktörlerde radyoaktif malzemenin fisyonu sonucunda ısı, alfa ve beta parçacıkları, gama ışınları ve nötronlar açığa çıkar. Nötronlara kalkan olarak kullanılan en önemli malzemeler, Hidrojen, Lityum, Polietilen ve su olup, kalkan olarak kullanılan malzemelerin çoğu ikincil gama ışını yaymakta, bu da sıcaklığı düşürme ve tekrar kalkan kullanımını gerektirmektedir. Bor, termal nötronları emme kabiliyeti açısından eşsiz bir maddedir. Sadece hafif bir gama ışını çıkarmakta ve alfa parçacıklarını kolayca emmektedir (Garrett, D., 1998).

Termal depolama pillerindeki, Sodyum sülfat ve su ile yaklaşık %3 oranındaki Boraks dekahidratın kimyasal karışımı gündüz güneş enerjisini depolayıp gece ısınma amacıyla kullanma olanağı sağlamaktadır. Ayrıca, binalarda tavan malzemesine konulduğu takdirde güneş ışınlarını emerek, evlerin ısınmasını sağlayabilmektedir (DPT, 2001).

Bor, Demir ve nadir toprak elementleri kombinasyonu (METGLAS) % 70 enerji tasarrufu sağlamaktadır. Bu güçlü manyetik ürün; bilgisayar disk sürücülerini, otomobillerdeki doğrudan akım-motorları ve ev eşyaları ile portatif güç aletlerinde kullanılmaktadır. Sodyum Borohidrat, atık sulardaki Civa, Kurşun, Gümüş gibi ağır metallerin sulardan temizlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bor otomobillerdeki hava yastıklarının hemen şişmesini sağlamak amacıyla da kullanılır. Çarpma anında, elementel Bor ile Potasyum - Nitrat toz karışımı elektronik sensör ile harekete geçirilir. Sistemin harekete geçirilmesi ile hava yastıklarının şişmesi arasında geçen toplam zaman 40 milisaniyedir. Ayrıca, antifriz olarak ve hidrolik sistemlerde de kullanılmaktadır. Çinko Borat ve Disodyum oktaborat tetrahidrat antimikrobiyal özellikleri sebebiyle ahşap koruyucu olarak kullanılmaktadır (DPT, 2001).

Çizelge 1. Bor'un Kullanım Alanları

KULLANIM ALANI	KULLANIM YERLERİ
<b>Askeri &amp; Zırhlı Araçlar Cam Sanayi</b>	Zırh levhaları, Seramik levhalar, Silah namluları vb. Borosilikat camlar, Laboratuvar camları, Uçak camları, Borcam, Pyrex, İzole Cam elyafı, Tekstil cam elyafı, Optik lifler, Cam seramikleri, Şişe, diğer düz camlar, Otomotiv camları vb.
<b>Elektronik ve Bilgisayar Sanayi</b>	İşlemciler, LCD Ekranları, CD Sürücüler, Akım levhaları, Bilgisayar ağları; sıcaklığa-aşınmaya dayanıklı Fiber Optik kablolar, Yarı iletkenler, Vakum tüpleri, Dielektrik malzemeler, Elektrik kondansatörleri, Kapasitörler, Gecikmeli sigortalar, Bataryalar, Lazer yazıcı tonerleri vb.
<b>Enerji Sektörü</b>	Güneş enerjisinin depolanması, Güneş pillerinde koruyucu olarak, Hücre yakıtları vb.
<b>Fotoğrafçılık ve Görüş Sistemleri</b>	Kamera ve objektif camları, Fotoğraf makinaları, Dürbünler, Banyo ve film İmalatı
<b>İlaç ve Kozmetik Sanayi</b>	Dezenfekte ediciler, Antiseptikler, Diş macunları, Lens solüsyonları, Kolonya, Parfüm, Şampuan vb.
<b>İletişim Araçları</b>	Cep telefonları, Modemler, Televizyonlar vb.
<b>İnşaat Sektörü</b>	Çimentoda direnç artırıcı ve izolasyon amaçlı olarak
<b>Kağıt Sanayi</b>	Beyazlatıcı olarak
<b>Kauçuk ve Plastik Sanayi</b>	Naylon ve Plastik malzemeler vb.
<b>Kimya Sanayi</b>	Bazı kimyasalların indirgenmesi, Elektrolitik işlemler, Flotasyon ilaçları, Banyo çözeltileri, Katalistler, Atık temizleme amaçlı olarak, Petrol boya, Yanmayan ve Erimeyen boyalar, Tekstil boya, Yapıştırıcılar, Soğutucu kimyasallar, Korozyon önleyiciler, Mürekkep, Pasta ve cilalar, Kibrit, Kireçlenme önleyicileri, Dezenfektan sıvılar, Sabun, Toz deterjanlar, Toz beyazlatıcılar, Parlaticılar vb.
<b>Koruyucu</b>	Ahşap malzemeler ve ağaçlarda koruyucu olarak, Boya ve vernik kurutucularında vb.
<b>Makine Sanayi</b>	Manyetik cihazlar, Zımpara ve aşındırıcılar Kompozit malzemeler, vb.
<b>Metalürji</b>	Kaplama sanayiinde Elektrolit olarak, Paslanmaz ve alaşımlı Çelik, Sürtünmeye - Aşınmaya karşı dayanıklı malzemeler, Kaynak elektrotları, Metalurjik Flaks, Refrakterler, Briket malzemeleri, Lehimleme, Döküm malzemelerinde katkı maddesi olarak, Kesiciler.
<b>Nükleer Sanayi</b>	Reaktör aksamaları, Nötron emiciler, Reaktör kontrol çubukları, Nükleer kazalarda güvenlik amaçlı ve nükleer atık depolayıcı olarak,
<b>Otomobil Sanayi</b>	Hava yastıklarında, Hidroliklerde, Plastik aksamda, Yağlarda ve metal aksamalarda, Sıcaklık ve ses Yalıtımı sağlamak amacıyla, antifrizler vb.
<b>Patlayıcı Maddeler</b>	Fişek vb.
<b>Seramik Sanayi</b>	Emaye, Sır, Fayans, Porselen boya vb.
<b>Spor Malzemeleri</b>	Kayak aksamaları, Tenis raketleri, Balık oltaları, Golf sopaları, Darbe koruyucular vb.
<b>Tarım Sektörü</b>	Biyolojik gelişim ve kontrol kimyasalları, Gübreler, Böcek - bitki öldürücüler, Yabani ot mücadelesi vb.
<b>Tekstil Sektörü</b>	Sıcaklığa dayanıklı kumaşlar, Yanmayı geciktirici ve önleyici selülozik malzemeler, İzolasyon malzemeleri, Tekstil boya, Deri renklendiricileri, Yapay ipek parlatma malzemeleri, vb.

<b>Tıp</b>	Osteoporoz tedavileri, Allerjik hastalıklar, Psikiyatri, Kemik gelişimi ve Artrit, Menopoz tedavisi, BNTC terapi yöntemiyle beyin kanserlerinin tedavisi, Manyetik Rezonans görüntüleme cihazlarında vb.
<b>Uzay ve Havacılık Sanayii</b>	Sürtünmeye - aşınmaya ve sıcaklığa dayanıklı malzemeler, Roket yakıtı, Uydular, Uçaklar, Helikopterler, Balonlar

**Kaynak:** www.millisimge.de/Bor/Bormadeni.shtml

### **Dünyada ve Türkiye'deki Bor Rezervleri ve Üretimi**

Dünya Bor rezervleri hakkında güvenilir kesin bir rakam vermek güç olmakla birlikte, dünyadaki toplam rezerv, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> olarak, 885 milyon tondur (Tablo 1). Dünyanın önemli Bor yataklarının ise; Türkiye, Rusya ve ABD'de olduğu bilinmektedir. Ülkemizden sonra dünyanın bilinen en önemli Bor yatakları ABD'nin Kaliforniya eyaletindeki Mojave Çölü'ndedir. Yine aynı yerde, Searles Gölü'nde de önemli Borat yatakları mevcuttur. Ayrıca, Sırbistan'da da Bor yatakları bulunmuştur ancak siyasal ve askeri çalkantılardan dolayı arama işlemleri aksamıştır (DPT, 2001).

Dünya Bor rezervleri genellikle 3 bölgede toplanmaktadır:

- Amerika'da Güney-Batı Mojave Çölü
- Türkiye'yi de kapsayan Güney-Orta Asya orojenik kuşağı
- Güney Amerika And Dağları kuşağı

Türkiye Bor kaynaklarında dünyada birinci durumdadır. Dünyadaki toplam rezervin 64%'ü Türkiye'de bulunmaktadır. Türkiye'deki Bor madenleri ile ilgili kapsamlı bir araştırmalar henüz devam ettiğinden, Türkiye'nin aslında dünya rezervlerinin daha da büyük bir kısmını elinde tutuyor olabileceği düşünülmektedir. Yeni arama çalışmalarının yapılmasıyla Türkiye Bor rezervlerinin iki katına bile çıkabileceği iddia edilmektedir (www.maden.org.tr/ yeni3/ yayınlar/ raporlar/ Borraporu.htm). 2002 ve 2003 yıllarında yapılan jeolojik araştırmalar sonucunda mevcut Bor rezervlerimize ek olarak Emet havzasında 850 milyon ton, Kırka havzasında da 150 milyon ton olmak üzere toplam 1 milyar ton rezerv artışı sağlanmıştır (www.etimaden.gov.tr). 2003 yılı sonu itibariyle uydu görüntülerinin analizi ve sondaj çalışmaları sonucunda Türkiye'nin Bor rezervlerinin dünya rezervleri içindeki payının %90 na çıkabileceği öngörülmektedir (Haydar, Büber, 2003).

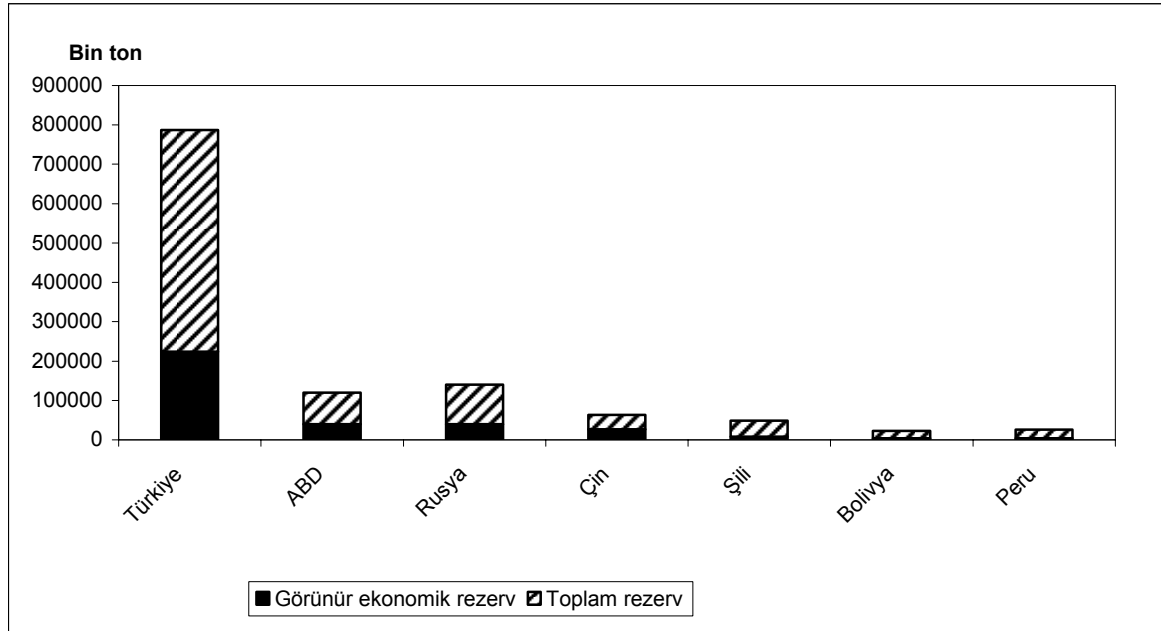
Türkiye'den sonra ikinci kaynak ülke ABD olup, dünya rezervlerinin %13'ü civarında bir payı olduğu bilinmektedir. Ancak, ABD, Bor'u uzun süredir endüstrinin çeşitli alanlarında kullanmakta olduğundan, yakın gelecekte Bor rezervlerinin tükenmesi tehlikesi ile karşı karşıyadır. Bu nedenle ABD, kalan Bor madenlerinin bir kısmını "Stratejik rezerv" ilan ederek çıkarılmasını durdurmuştur. Bunun yanı sıra, Türkiye'deki Bor madenlerinin kalitesi ABD'dekilerden daha yüksektir. Türkiye'deki Bor yataklarının başka bir avantajı da cevherin genellikle 4 – 5 metre gibi yüzeye yakın derinlikten çıkarılmasıdır, böylece çıkarma maliyeti, daha derinlerden Bor çıkaran ülkelere göre, düşük olmaktadır. Bugünkü üretim hızına göre Türkiye'nin rezervleri 389 yıl daha işletilebilecektir (Çizelge 2).



**Çizelge 2.** 2001 yılı dünya Bor rezervleri (bin ton - B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

	Görünür Ekonomik Rezerv	Olası Mümkün Rezerv	Toplam Rezerv	Toplam Rezervdeki Pay (%)	Toplam Rezerv Ömrü (Yıl)
<b>Türkiye</b>	224.000	339.000	563.000	64	389
<b>ABD</b>	40.000	40.000	80.000	9	55
<b>Rusya</b>	40.000	60.000	100.000	11	69
<b>Çin</b>	27.000	9.000	36.000	4	25
<b>Şili</b>	8.000	33.000	41.000	5	28
<b>Bolivya</b>	4.000	15.000	19.000	2	13
<b>Peru</b>	4.000	18.000	22.000	2	15
<b>Arjantin</b>	2.000	7.000	9.000	1	6
<b>Kazakistan</b>	14.000	1.000	15.000	2	10
<b>TOPLAM</b>	<b>363.000</b>	<b>522.000</b>	<b>885.000</b>	<b>100</b>	<b>610</b>

Kaynak: Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü



**Şekil 1.** Dünya'daki Bor rezervleri (Kaynak: Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü)

1850'li yılların başında, İstanbul'da mermer işleri ile uğraşan Polonya'lı mülteci Henri Groppler eski ortağı Fransız mühendis Camille Desmazures'e alçı taşından yapıldığını sandığı heykeller hediye eder. Heykellerde yüksek oranda Boraks olduğunu anlayan Camille Desmazures, ortağı ile birlikte Türkiye'de Boraks aramaya başlar ve Balıkesir'in Susurluk ilçesi yakınlarındaki Sultançayırı'nda bulurlar. Buldukları Pandermit adı verilen bir Bor minerali türüdür. Aslında burası 13. ve 14. yüzyıllarda Romalılar tarafından işletilmiş bir sahadır. Bu Pandermit'in işletilmesi için 1856 yılında padişahdan, 37 dönüm arazide "Alçıtaşı" çıkarmak üzere, 20 yıl süreli işletme izni alırlar. Bor, Osmanlı döneminde yabancı firmalar tarafından "Alçıtaşı" olarak işletilmiştir.



**Foto 9.**1890 yılında Sultançayıırı Bor ocağıından çıkarılan Pandemit'in develerle taşınması (Kaynak:www.etimaden.gov.tr)

1950 yılında Sultançayıırındaki cevherler 3/12002 sayılı Kararname ile bu yıllarda dünyada tekel firma durumundaki Borax Consolidated şirketine devredilmiştir. Borax Consolidated 1951 yılında 11.000 ton'a yakın ihracat yapsa da 1954 yılında Bor cevherinin tükendiğini ileri sürerek, Sultançayıırı Ocağını kapatır. Ancak, düşük tenörlü cevherin satışını 1961 yılına kadar sürdürerek Türkiye'deki faaliyetlerine devam eder.

MTA'nın Kütahya/Emet yöresinde Linyit arama araştırmalarında Kolemanit yatağı bulunur. İlk jeolojik tespitlerden sonra alınan ruhsat 15 Mayıs 1958 de Etibank'a devredilir. Etibank ruhsatı aldıktan sonra 1958 ve 1959 yıllarında aramalarını sürdürürken üretime de geçer.

Günümüzde Bor üretimi 1983 yılında çıkartılan 2840 sayılı Devlet tarafından işletilecek madenler kapsamında Eti Holding tarafından yürütülmektedir. Bu yasa sonucu dünyanın en kaliteli Kolemanit'leri olan Kırka, Emet, Bigadiç, Kestelek cevherleri 1978 yılı öncesi satış fiyatına göre 6 kat değer kazanmıştır, o gün için yok denecek seviyedeki kimyasal ürün olan rafine Borlar da 400-500 \$/ton fiyatla satılır hale gelmiştir. 1978 yılında 83 Milyon \$ olan ülkemizin Bor ihracat geliri günümüzde 250 – 270 Milyon \$ /yıl seviyesine yükselmiştir. Ayrıca, Etibank'ın Bor piyasasında yer almaya başlamasıyla maden ihracatımız içerisinde Bor cevherinin payı çok düşük rakamlardan %50 seviyesine yükselmenin ötesinde, Türkiye yalnızca ham cevher satan ülke yerine kimyasal yollarla Bor madenini işleyen ve bu sektörde fiyat belirleyen ülke durumuna gelmiştir (www. etimaden.gov.tr).

Türkiye'de işletilen Bor yatakları Zonguldak - Mersin arasında çizilecek bir çizginin batısında yer almaktadır. Ülkemizdeki başlıca Bor havzaları şekil 2 de gösterilmektedir.

### **Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğü**

Yöredeki Bor yataklarının bulunuşu, 1950 yılında Muharrem Girgin isimli amatör bir madencinin Çamköy yakınlarında topladığı örneklerin Dr.Yakal tarafından Kolemanit olarak tanımlanması ile olmuştur.

Günümüzde Tülü Açık İşletmesinin bulunduğu saha özel sektör tarafından işletilmekte iken Bakanlar Kurulu Kararı ile 13.02.1976 tarihinde Etibank'a verilmiştir. İşletme Müdürlüğü Bigadiç ilçesinin 12 km. Kuzeydoğusunda Osmanca köyü sınırları içinde kurulmuştur.

İşletmede halen 3 adet açık ocakta Kolemanit ve Üleksit cevherleri üretilmektedir. Çıkarılan cevherler konsantratör tesisinde işlenip konsantre hale getirildikten sonra satılmaktadır. Kırma – Harmanlama Tesisi 1993 yılı sonunda, Ham Bor Öğütme Tesisi ise -25 mm. konsantre Kolemanit cevherlerinden bir kısmının -75 mikrona öğütülerek satılması için 30.000 ton/yıl kapasiteli olarak kurulmuş ve Haziran 1998 de üretime başlamıştır.

### **Kırka Bor İşletme Müdürlüğü**

Dünyanın en büyük rezervlerinden biri olan Kırka – Sarıkaya Boraks yatağı 1950-1960 yılları arasında vatandaşların ruhsat alarak yaptıkları aramalar sonucunda bulunmuştur.1962 yılında tüm ruhsatlar Türkiye'deki Boraks yataklarına sahip olan İngiliz Borax Consolidated Ltd.Şti.'nin eline geçmiştir. Kırka Boraks yataklarını ele geçiren Türk Borax adı altındaki İngiliz Şirketinin saha devir işlemlerinde yasal eksikliklerinin bulunmasından dolayı ruhsatları iptal edilmiş ve 1968 yılından itibaren tüm ruhsatlar Etibank'a geçmiştir.

1968 yılında M.T.A. tarafından yapılan arama sondajlarından, Kırka Sodyum Tuzu cevherinin Kaliforniya'da bulunan Tinkal – Razorit – Kernit cevherinin benzeri olduğu tesbit edilmiştir. Bu zengin yatakları işletmek üzere, gerekli proje çalışmalarına 1969 yılında, 1970 yılında ise tesislerin kurulmasına başlanmıştır. Montajına 1978 yılında başlanılan Bor Türevleri tesisi 18.08.1984 de işletmeye alınmıştır. Tesis Eskişehir'in 70 km. güneyindeki Kırka'nın 4.5 km. batısında kurulmuştur.

### **Emet Bor İşletme Müdürlüğü**

Kütahya ilinin güneybatısındaki Emet ilçesinde kurulmuştur. Türkiye'nin Bor mineralleri rezervinin önemli bir bölümünü oluşturan Kütahya - Emet yatağı 1956 yılında MTA tarafından bulunmuştur. 12.08.1958 tarihinde buradaki Bor sahaları MTA tarafından Etibank'a devredilmiştir. MTA tarafından Etibank'a devredilen sahalar; güneyde Hisarcık'a 4 km. mesafedeki Hamamköy ile kuzeyde Emet'e 3.5km. mesafedeki Espey yöresini içine almaktadır.

Hisarcık ve Espey Açık işletmelerinde üretilen Kolemanit yine buralardaki konsantratörlerde zenginleştirilerek satışa hazır hale getirilmektedir.

### **Kestelek Bor İşletme Müdürlüğü**

Bu çevredeki ilk çalışmalar MTA Enstitüsü'nün Linyit araştırmaları ile başlamıştır. Bor Cevheri 1954 yılında bulunmuştur. 21.08.1979 tarihine kadar çeşitli kişiler ve kurumlarca yörede Bor Cevheri üretimi yapılmıştır. 1979 yılında ise Etibank'a devredilmiştir. Ocak 2004 tarihinden itibaren yeniden yapılandırılarak Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı İşletme Müdürlüğü olmuştur. Burada Kolemanit üretilmektedir.

Türkiye sahip olduğu büyük rezerve rağmen üretim açısından ABD'den sonra ikinci büyük üreticidir. Daha önce söz edildiği gibi, Bor gelişmiş sanayiye sahip ülkelerde çok tüketilen bir madendir. Bu nedenle, Türkiye'nin Bor üretiminin küçük bir kısmı iç tüketime yönelmekte, büyük bölümünün ise ihracatı yapılmaktadır. Gelişmiş ülkelere yapılan dış satımı çoğunlukla cevher ve konsantre (ham Bor) Bor ürünleri oluşturmaktadır. Öte yandan, Ortadoğu ve Afrika ülkelerine yapılan ihracatın yaklaşık olarak tamamı işlenmiş Bor ürünlerinden oluşmaktadır. Bu durumda, gelişmiş ülkelere satılan Bor cevherinin bir kısmı işlendikten sonra fiyatı çok daha artmış olarak tekrar Türkiye'ye satılmaktadır. 1998 yılında ABD'ye yapılan tüm Bor ihracatı içindeki cevher veya işlenmemiş haldeki Bor oranı %74 dür, aynı şekilde Avrupa'ya %51 ve Uzakdoğu'ya %53 oranında ham Bor ihraç edilmiştir (Haydar, Büber, 2003).



Şekil 2. Türkiye’de Bor minerallerinin çıkarıldığı başlıca alanlar

## Sonuç

Anadolu’da uygarlık tarihinde önemli yere sahip pek çok yerleşme ve devletin kurulmasında iklimik, jeomorfolojik ve jeolojik özelliklerin etkisi büyük olmuştur. Holosen başlarından itibaren Obsidyenlerin işlenmesi ve ticaretinin başlamasıyla beraber Anadolu’nun madenler açısından zenginliği binlerce yıl sürecek bir önem kazanmıştır. Türkiye, başta Bor mineralleri olmak üzere Toryum, Perlit, Ponza taşı, Mermer, Trona, volkanik tuzlar, volkanik killer, Manyezit, Feldispat, Altın ve Kromit’te dünyadaki önemli rezervlere sahiptir ve bu madenler dış pazarlarda Türkiye’yi çok önemli bir konuma getirebilirler .

Türkiye, en büyük rezerv sahibi olarak Bor dünya piyasasını ve fiyatlarını belirleyebilecek konumda olma olanağına sahiptir. Ancak, dünyadaki örnekler maden zengini gelişmekte olan ülkelerin bu madenlerden yeterince yararlanamadığını, ham madene sahip olan ülkelere çok, bu madenle ilgili teknolojiye sahip olan gelişmiş ülkelerin piyasaları kontrol ettiğini göstermektedir (www.foreigntrade.gov.tr/ead/Bor/BOR%20VE%20TORYUM.doc). Türkiye’de, 1978 yılında yapılan devletleştirmeden sonra bu konuda önemli yol alınmış olsa da, kalkınmakta olan ülke statüsünün getirdiği sorunlar ve teknolojik eksiklikleri nedeniyle Bor dünya piyasasında rezervleri ile orantılı bir etkinliğe sahip olamamaktadır. Gelişmiş ülkeler sanayilerinin pek çok alanında alternatifi olmayan bir hammadde büyük oranda Türkiye’ye bağımlıken, Türkiye bu avantajını iyi değerlendirememekte, Bor’dan kazandığı ihracat geliri düşük oranlarda kalmaktadır.

"Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü" 18.06.2003 tarih ve 25142 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan 4865 sayılı Kanunla kurulmuştur. Enstitünün kısa adı BOREN olup, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’na bağlıdır. Enstitünün görevlerinden bazıları yasada belirtildiği şekilde;

"Türkiye'nin, Bor kimyasalları konusunda dünya pazarında, sahip olduğu zenginliğe koşut bir konuma gelebilmesi için kısa, orta ve uzun dönem Bor uç ürünleri pazar ve teknolojilerine ilişkin politika ve strateji kararlarını almaya ışık tutacak bilgileri oluşturmak, Bor ürünlerinin geniş bir şekilde kullanımı, yeni Bor ürün ve teknolojilerinin geliştirilmesi ve üretilmesi amacıyla temel ve uygulamalı araştırma yapmak, yaptırmak, (...) Eti Holding A.Ş. ve bağlı ortaklıkları ile Bor konusunda araştırma alt yapısı olan üniversitelerde araştırma merkezleri kurmak, (...) Bor ve ürünlerini kullanan ve bu alanda araştırma yapan kamu ve özel hukuk tüzel kişileri ile işbirliği yaparak koordinasyonu sağlamak, (...) bu alandaki teknolojilerin yurt dışından transferi için gerekli çalışmaları yürütmek, (...) sanayi sektörünün Enstitü ile işbirliği yapmasını sağlayacak programlar geliştirmek, (...) araştırma yapan gerçek ve tüzel kişileri finansman, personel ve teçhizat ile desteklemek, (...) görev alanına giren konularda ulusal ve uluslar arası kongre, seminer gibi bilimsel toplantılara bilimsel ve maddi katkı sağlamak, desteklemek, düzenlemek ve bunlara katılmak, (...) bilgi toplama ve yayma, bilgi bankaları, kütüphane ve arşiv gibi bilimsel destek hizmetleri sağlamak, (...)"dır ([www.foreigntrade.gov.tr/ead/bor/BOR%20VE%20TORYUM.doc](http://www.foreigntrade.gov.tr/ead/bor/BOR%20VE%20TORYUM.doc)).

Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü'nün kurulmuş olması Bor madeninin bilinen kullanım alanlarının araştırılması ve yeni kullanım alanlarının keşfedilmesini sağlamak için önemli bir gelişmedir. Bu Enstitü uluslararası Bor pazarını takip ederek Türkiye'nin dünyadaki gücünü ve etkinliğini arttırıcı önlemler geliştirmelidir. Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü ile geliştirilecek ürünleri kullanacak sektörlerin, yurt içindeki ve yurt dışındaki üniversitelerin, araştırma kurumlarının ve teknoparkların işbirliğinin sağlanması önemlidir. Enstitünün öncelikli hedefi katma değeri yüksek yeni ürünlerin geliştirilmesi olmalıdır.

Türkiye'nin günümüzde ihracat yaptığı pazarlardaki durumunun ve ihracat yapmadığı pazarlardaki potansiyelin detaylı bir araştırmasının yapılması gerekmektedir. Özellikle Bor/Bor ürünleri ithalatı artan ülkelerdeki fırsatların değerlendirilebilmesi için çalışmalar yapılmalıdır. Geleneksel pazarlardan Türkiye'nin pazar payı azalmakta olanlarda düşüşün nedenleri araştırılmalıdır. Türkiye'nin ihracat yapmadığı ülkelere pazar araştırmaları yapılarak bu ülkelere de ihracat yapma imkanları üzerinde çalışılmalıdır.

Bununla beraber, çok önemli bir başka konu göz ardı edilmemelidir. Günümüzde Etibank tarafından işletilen Bor yatakları özelleştirme kapsamına alınıp satışa çıkarılırsa uluslararası tekel oluşturan bazı büyük şirketlerin bunları satın alması olasılığı yüksektir. Bu durumda çok kısa süreli bir kar uğruna büyük bir serveti ellerimizle dış pazarlardaki ticari rakiplerimize vermiş oluruz. Bu olumsuz durumu önlemek için izlenecek yol Etibank'ın maden çıkarmasına devam etmesi ancak çıkarılan Bor cevherini işleyecek ve dünya pazarlarında gereksinim duyulan ürünleri elde edecek teknolojileri geliştirmek ve bu konuda özel sektörü desteklemek şeklinde olmalıdır.

## Referanslar

- DPT, (2001), *Madencilik özel ihtisas komisyonu raporu*, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.
- Garrett, D., (1998), *Borates: Handbook of deposits, processing, properties and use*, San Diego Academic Press.
- Haydar, A.; Büber, H., (2003), Türkiye'de Bor madeninin ekonomik analizi, *Standart, Türk Standartları Enstitüsü*, 501, 71-76.
- Moseman, R.F., (1994), Chemical disposition of Boron in animals and humans, *Environmental Health Perspect*, 102, 113-117.
- Sür, A., Sür, Ö., Yiğitbaşıoğlu, H., (2001), *Mineraller ve Kayaçlar*, Bilim Yayıncılık, Ankara
- [www.bath.ac.uk/Boron.htm](http://www.bath.ac.uk/Boron.htm)
- [www.etimaden.gov.tr](http://www.etimaden.gov.tr)
- [www.foreigntrade.gov.tr/ead/Bor/BOR%20VE%20TORYUM.doc](http://www.foreigntrade.gov.tr/ead/Bor/BOR%20VE%20TORYUM.doc)
- [www.maden.org.tr/yeni3/yayinlar/raporlar/Borraporu.htm](http://www.maden.org.tr/yeni3/yayinlar/raporlar/Borraporu.htm)
- [www.millisimge.de/Bor/Bormadeni.shtml](http://www.millisimge.de/Bor/Bormadeni.shtml)
- Yılmaz, A. (2002), Her derde deva hazinemiz Bor, *TUBİTAK-Bilim ve Teknik Dergisi*, Mayıs 2002, 38-41.