

## **Türkiye Borat Yatakları: Jeolojik Konumu, Ekonomik Önemi ve Bor Politikası**

C. Helvacı

*Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 35100 Bornova-İzmir*

**ÖZET:** Türkiye'nin bilinen borat yatakları, Tersiyer'de başlayan ve Kuvaterner'in başlangıcına kadar devam eden volkanik aktivitelerin yer aldığı dönemlerde, Miyosen gölsel (laküstrin) ortamlarda depolanmıştır. Türkiye borat yataklarının tümü, volkanik aktivite ile ilgili yataklar olarak sınıflandırılır. Bigadiç ve Sultançayır (Balıkesir), Kestelek (Bursa), Emet (Kütahya) ve Kırka (Eskişehir) borat yatakları, Miyosen volkanizması sırasında playa-göl tortulları içinde birikmiştir. Bor mineralleri, çakıltaşı, kumtaşı, kiltası, şeyil, mam, kireçtaşı ve tuf ardalımalı istifte; çamurtaşı, kiltası, şeyil ve tüfler içinde oluşmuştur. Miyosen volkanosedimenter tortullar içinde yer alan Türkiye borat yataklarının geometrisi, genel olarak tortullar içinde mercekli yapılar sunmasına karşın, sıkça tortullarla ardalımlar, ince bantlar ve yanıl olarak kamalanmalar gösterirler. Türkiye'deki tüm yataklarda, bor içeren birimlerden önce ve sonra yaygın olarak kireçtaşı çökelimi gerçekleşmiştir. Türkiye borat yatakları, dünyanın en büyük ve yüksek tenörlü (sırasıyla % 30, 29 ve 25 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) kolemanit, üleksit ve boraks (tinkal) yatakları olup, dünya ihtiyacının büyük bir kesimini uzun yıllar karşılayacak boyuttadır. Türkiye, dünyanın en büyük boraks, üleksit ve kolemanit yataklarına sahiptir. Tüm dünya ülkeleri, kolemanit üretimi yönünden tamamen, üleksit üretimi yönünden ise kısmen Türkiye'ye bağımlıdır. Bor madenlerinin üretimi ve pazarlanması, ham veya yarı mamul ürünlerin yerine mutlaka uç ürünlere doğru yönlendirilmeli ve bu amaç için gerekli yatırımlar acilen yapılmalıdır. Günümüzde çok değişik sanayi dalında kullanım alanı bulan bor ürünleri, teknolojinin gelişimine paralel olarak orantılı artış göstermektedir. Türkiye bor üretimini elinde bulunduran Etibor A.Ş., ekonomik ve siyasal baskılardan ve etkilerden korunmak için bağımsız ve özerk bir yapıya acilen kavuşturulmalıdır. Böylece daha etkin üretim ve yapılanma içine girebilecek ve rekabet gücünü artıracaktır.

**ABSTRACT:** The known borate deposits of the Turkey were deposited in the lacustrine environment during Miocene when the volcanic activity occurred since Tertiary to Quaternary. The all of the Turkish borate deposits are classified as volcanic related deposits. The borate deposits in Bigadiç, Sultançayır (Balıkesir), Kestelek (Bursa), Emet (Kütahya) and Kırka (Eskişehir) were deposited in the playa-lake sediments during Miocene volcanism. The borate minerals are formed within the sequence consisting of conglomerate, sandstone, claystone, shale, marl, limestone and tuff intercalation. However, the geometry of the deposits within the volcano-sedimentary sequence is usually lenticular in shape, they may display intercalation with sediments as fine beds and laterally continuous wedges. The limestone sedimentation extensively occurred before and after borate-bearing units in the Turkish borate deposits. The Turkish borate deposits contain largest reserve and grade (30 %, 29 and 25 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, respectively) in colemanite, ulexite and borax (tincal), which can largely meet world's need for many years. Turkey has largest borax, ulexite and colemanite reserves in the world. All the countries are dependent upon colemanite and ulexite reserves of Turkey. Boron production and marketing policy should be directed to the end products instead of raw materials and necessary investments must urgently be made. The boron products are increasingly used in different industrial fields due to the technological developments. The Etibor A.Ş., which holds the boron production in Turkey, must be configured as independent to resolve the economic and political constraints. Therefore, the Etibor A.Ş. will commit the effective production to increase the strength of competition.

## 1. GİRİŞ

Doğada az bulunan ve duraysız elementlerden birisi olan bor, yerkabuğunda ortalama 10 ppm'den az olarak bulunmaktadır. Bor elementinin yerkabuğundaki genel dağılımı çok az olmasına karşın, belli ortamlardaki bor konsantrasyonlarının çok fazla orandaki artışı, ekonomik bor yataklarının oluşumunu sonuçlar.

Türkiye borat yataklarının ayrıntılı mineralojileri önemli derecede farklılıklar göstermektedirler. Yaygın bir kalsiyum borat olan kolemanit, Kırka dışındaki tüm borat yataklarında egemen mineraldir. Üleksit (sodyum-kalsiyum borat) ve boraks (sodyum borat) önemli borat mineralleridir. Boraks yalnızca Kırka'da gözlenmektedir. Türkiye'deki bor yatakları rezerv ve tenor bakımından tüm dünyada rakipsizdir. Türkiye, dünya'nın en büyük boraks, üleksit ve kolemanit yataklarına sahiptir. Tüm dünya ülkeleri, kolemanit üretimi yönünden tamamen, üleksit üretimi yönünden ise kısmen Türkiye'ye bağımlıdır.

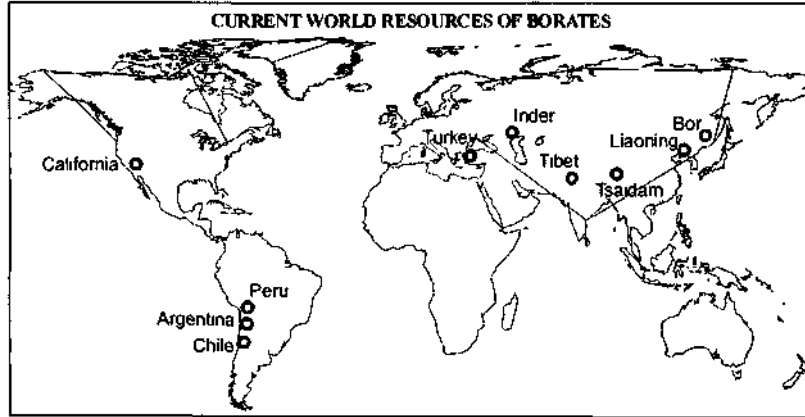
Endüstride ise boratlar, borik asit içeren veya temin eden herhangi bir bileşik olarak tanımlanırlar. Çok sayıda mineral borik asit içerir, fakat tüm dünyada ekonomik olarak bilinen üç önemli mineral vardır: boraks, üleksit ve kolemanit. Bu üç mineral, dünya borat ihtiyacının yaklaşık % 90'ını karşılayan başta Türkiye ve Amerika Birleşik Devletleri olmak üzere çok sınırlı sayıda ülkelerde üretilmektedir. Bor ve bor ürünlerinin katma değerleri çok yüksektir. Kullanım alanları bakımından stratejik

öneme sahiptirler. Örneğin, Ortadoğu için petrol ne ise Türkiye için bor da aynı nitelik ve önemdedir.

Türkiye borat üretiminde önder ülke olabilmek amacıyla son yıllarda ABD ile rekabet etmede büyük adımlar atmıştır. Bor ve borat mineralleri, bugünün modern endüstrisinde geniş kullanım alanları bulmaktadır. Ekonomik ve ticari boyuttaki üleksit ve kolemanitin büyük bir kesimi Bigadiç ve Emet bölgelerinden ve bunlara ek olarak boraks, Kırka'daki büyük boyuttaki yataktan üretilmektedir. Boratlar, olağan olarak borik asit veya  $B_2O_3$  içeriği ile tanımlanır ve satılırlar. En önemli istatistiksel veriler  $B_2O_3$  ton olarak listelenirler. Endüstride satılan ürünlerden en önemlisi boraks pentahidrat veya borik asit olup bunlar pazarlanan en önemli ürünlerdir.

## 2. BOR YATAKLARININ ÇOKELİM ve OLUŞUM KOŞULLARI

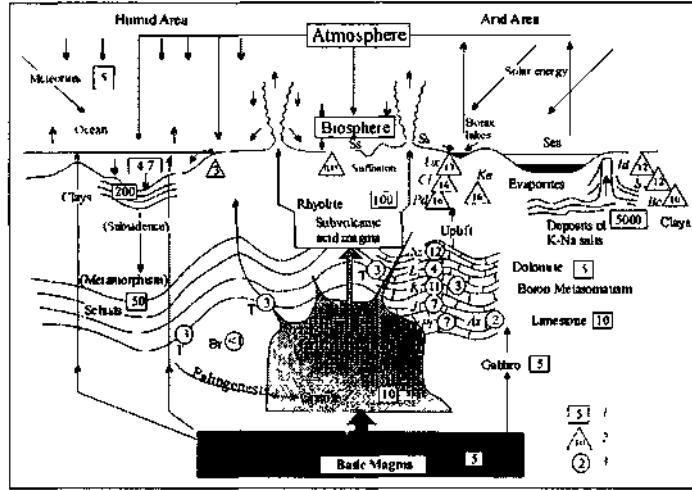
Bor, doğada ortalama olarak karasal sularda 0.1 ppm, yerkabuğunda 3 ppm ve deniz suyu 4.6 ppm oranlarında bulunan ender bir elementtir. Borun ekonomik olarak kabul edilebilecek konsantrasyona ulaştığı sayılı miktarda zehir vardır (Şekil 1). Konsantrasyonun olduğu yerlerde ise genelde yersel bir volkanik aktivite (bor kaynağı olarak), göl gibi bir su kütlesi (bor bileşiklerini çözen), evaporasyon koşulları (çökeltme noktasında çözeltiyi konsantre eden) ve üstüne gelen koruyucu tortul tabaka (kolay çözülebilen bor minerallerini koruyan) yer alır.



Şekil 1. Bor kaynaklarının Dünya'daki dağılımı

Dünyadaki başlıca bor yatakları levha sınırları ile ilişkili tektonik olarak aktif açılmalı bölgelerde bulunur. ABD, Güney Amerika ve Türkiye'deki ekonomik yatakların çoğunun karasal tortullar ve Neojen yaşlı volkanizma ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Birçok eski skam yatakları da karasal volkanik kaynaklar ile ilişkilidir. Denizel borat yatakları, olasılıkla normal deniz suyunu

borca zenginleştiren bir deniz tabanı kaynağı veya ilerlemeli olarak suyun uzaklaştırılarak borun konsantre edildiği kapalı havzalarla ilişkilidir. Magmatik ve metamorfik kayalarla ilişkili boratların, magmatik segregasyonun son fazı veya hidrotermal akışkanlar tarafından sokulum kayalarından yıkandığı şeklinde düşünülmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Bor elementinin devirselliği ve konsantrasyonu. Borun kayalardaki bulunuşu, Goldshmidt, Landergren ve Harder'a göredir (Watanabe, 1964'den alınmıştır). 1. Borun kayalardaki ortalama içeriği (g/t); 2. Borun ekzojenik konsantrasyonu (%); 3. Borun endojenik konsantrasyonu (%); Ss-sasolit, Ux-üleksit; Cl-kolemanit; Pd-pandermit; Ke-kernit; In-inderit; Bc-borasit; Sz-szaibelyit; L-ludvigit; K-kotoit; J-imbolit [  $M^B C^1$  ]; Dt-datolit; Ax-aksint; T-turmalin; Br-braunit.

Güney Amerika'daki yatakların çoğu borları örten son evre kalkerli tüfler ve bazı kesimlerde jips ve halitler ile ilişkilidir. Borların kaynağı olarak düşünülen çevredeki volkanik aktivite, bazalttan riyolite kadar değişen bileşimdeki lav akıntılarında oluşmaktadır. Güney Amerika'daki salar yatakları, çamur, silt, halit ve jipsten oluşan güncel playa tortulları ile beraber bulunan, az oranda boraks ve inyoit de içeren tabakalı ve nodüler üleksitten oluşmaktadır.

Borlar farklı yollarla konsantre olurlar:

- Kimyasal çökelme
  - o Playa tipi havzalardaki bor içeren kaynaklar bulunduğu,
    - Örnek: ABD'deki Boron, Searles Lake ve Kaliforniya'daki Billie yatakları; Türkiye'de Kırka, Sultançayır, Bigadiç ve Emet yatakları

- o Tuz oluşturan evaporit döngüsünde kapanma dönemindeki (son evre) deniz suyundan çökelim,

Örnek: Stassfurt, Almanya; Yorkshire, İngiltere

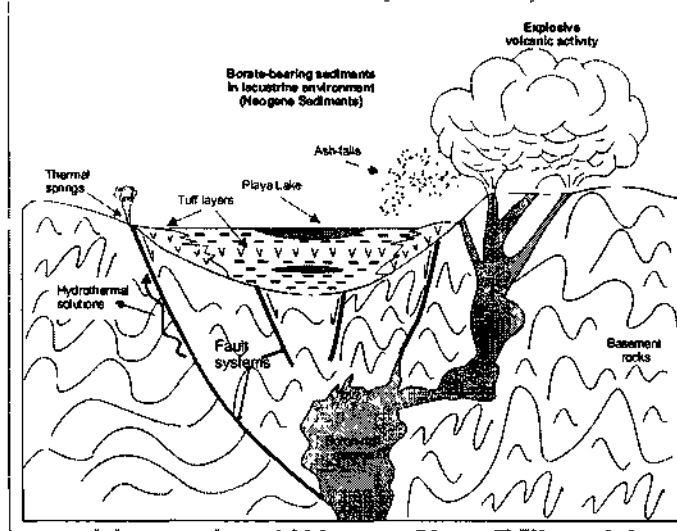
- Kontakt metasomatik (skarn) bor yatakları
  - o Ludvigit, kotoit ve askarit gibi magnezyum borları oluşturan dolomit ve magnezitler şeklinde,
    - Örnek: Rusya'daki Teznoe yatakları, Yakutia; Kuzey Kore'deki Hol-Kol yatağı
  - o Datolit ve danburit gibi bor silikatları oluşturan kireçtaşları,
    - Örnek: Ak Akhdar, Pamir, and Dalnegorskoye, Primorsky, Rusya
  - o Volkanitlerle ilgili borik asit çıkışları ve çökelimleri

Örnek: ABD'deki Clear Lake, Lake County, California; Şili'deki Salar de Surire; İtalya'daki Maremma sahası, Tuscany.

Bor yataklarının oluşumu aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Bor elementi (B) nadir elementlerden olmasına karşın (yer kabuğunda ortalama 100 ppm), belli yerlerde çok yüksek konsantrasyonlarda bulunur.
- Yüz ellinin üzerinde mineralin değişik jeolojik ortamlarda bor içerdiği bilinmektedir. Bunlar üç gruba ayrılmaktadır:
  - o Silikat ve demir oksitlerden yapıtlı ve sokulumlar ile ilişkili skarn grubu,
  - o Denizel evaporitik tortullar içerisinde bulunan magnezyum oksit grubu,

- o Patlamalı volkanik aktivite ve göslel (playa gölü) tortullar ile ilişkili Na ve Ca borat grubu,
- Aşağıdaki koşullar playa gölü volkano-sedimenter istiflerde ekonomik boyutlu borat yataklarının oluşumu için esastır (Şekil 3):
  - o Playa gölü ortamının oluşması,
  - o Playa gölünde,
    - Andezitten riyolite kadar bileşim sunan volkanitler,
    - Havzaya doğrudan kül yağışı ve
    - Graben fayları boyunca hidrotermal akışkanlardan kaynaklanan bor zenginleşmesi gerçekleşir.
  - o Volkanizma yakınında termal kaynaklar,
  - o Kurak ve yarı kurak iklim koşulları gereklidir,
  - o Göl suyu pH'ı 8.5-11 arasında olmalıdır.



Şekil 3. Batı Anadolu'da Neojen havzalarındaki bor yataklarının oluşumunu gösteren genelleştirilmiş playa gölü çökeltim modeli.

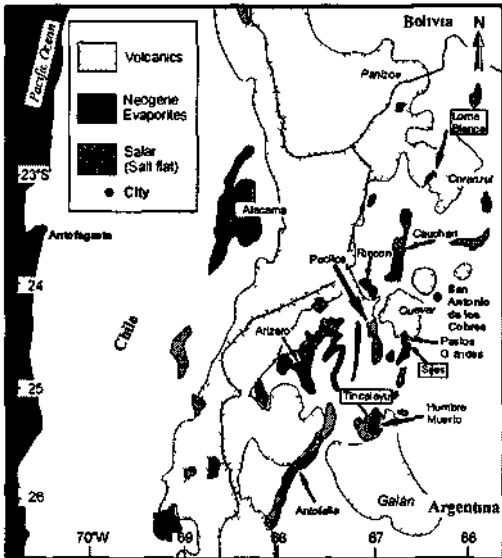
### 2.1. Karasal Havzalardaki Bor Yatakları

Bilinen en büyük bor yatakları kimyasal çökeltim şeklindedir ve kilaşları, çamurtaşı, tuf, kireçtaşı ve benzer göslel tortullar ile ardalanmış olarak bulunurlar. Bu yatakların çoğu aktif volkanizma ile doğrudan ilişkilidir. Volkanik aktivite ile ilişkili termal kaynaklar ve hidrotermal çözeltiler borun en olası kaynağı olarak kabul edilmektedir.

Güney Amerika'da volkanik olarak aktif sahalardaki birçok kaynak halen borat çökeltmektedir ve ABD'deki ilk boraks, volkanik olarak aktif olan Clear Lake (Kaliforniya)'teki sıcak kaynaklar ile ilişkili çamurlar içinde bulunmuştur (Şekil 4 ve 5). Tuscany-İtalya'daki buhar bacalarından elde edilen sasilitler de aktif bir volkanik kaynağı temsil etmektedir.

Borların çökeldiği havza ve borun konsantre olduğu kaynağın yanısıra kurak ve yarı kurak iklim

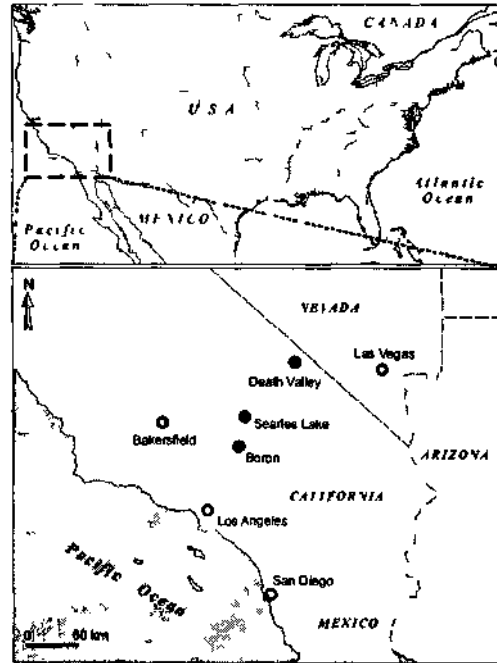
koşulları da kolayca çözülebilen borların ekonomik miktarlarda konsantrasyonu ve çökeltimi sırasında önemli bir koşuldur. Çözünebilir borlar ancak gömülme ile korunabilir ve orta Tersiyer öncesinde çözünebilir borat yataklarının bulunmaması uzun jeolojik zamanlar boyunca sadece gömülmenin de yatakları korumada yeterli olmadığını göstermektedir.



Şekil 4 Güney Amerika'daki (orta Andlar) volkanik yaya bağlı olarak gelişen bor yatakları ve salarların konumunu gösteren lokasyon haritası

Denizel olmayan havzalarda sulu borların çökeltimi birkaç şekilde olur. Birincil bor minerali olarak uleksit, boraks ve inyoit, bor kaynağı olan termal kaynaklar etrafında çökebilirler. Borlar, ayrıca bor kaynakları ile beslenen küçük gölcüklerde, boraks kristallen taban çamurlarında veya Clear Lake ve Şili'deki Salar de Surire'de olduğu gibi yer yer kuruyan kenar kesimlerinde oluşur. Kaynak akışı az veya kesikli olduğunda evaporasyon, kenarlarda kabuk veya yüzey çökeltimi olarak, veya yüzeyin hemen altında kristal kümelen şeklinde gelişir. Bu tür çökeller Kaliforniya, Nevada ve Güney Amerika'daki bazı salar yataklarında bataklık veya playa göllerinde görülmektedir. En son olarak, göllerdeki oluşumlar mevsimsel sellenmenin fazla olduğu göl yataklarında veya Boron ve Kırka'da olduğu gibi kapalı havzada kimyasal çökelimin geliştiği ortamlarda gözlenir.

Daha kaim uleksit oluşumları için Türkiye ve Death Valley'de olduğu gibi, kaynak onu veya göl çökelleri olup olmadıkları halen tartışmalıdır. Olasılıkla, kaynak onu ve küçük göl çökelleri arasında tam bir derecelenme vardır. Bu tip borat göllen temelde tek minerallerden yapılabildiği diğer tuzlar büyük miktarlarda bulunmamaktadır. Bununla birlikte, yeterli miktarda borat içeren kanşık tuz ve/veya tuzlu su içeren başka tip borat gölü yatakları mevcuttur. Kaliforniya'daki Searles Lake, göl suyunun buharlaşması ile oluşmuş çok bileşenli göle tipik bir örnek olarak verilmektedir. Searles Lake'de yapılan birçok çalışma, bor ve diğer çözünebilir bileşenlerin Sierra Nevada'nın doğu kenarından kaynaklandığını, bir sen üst drenaj gölünde konsantre olup çökelindiğini ve sonuç olarak Searles Lake'de çökeltip korunduğunu göstermektedir. Bu durumun Çin ve Tibet'teki göllerle de uyumlu olduğu görülmektedir. Uyum ve Atacama gibi Güney Amerika'daki salarlarda görülen borların da, bor içeren yersel mineralize kaynak sularının ayrıntılı incelenmesine karşın, çevre kayalardan yıkanma ve çökeltme ile oluştuğu görülmektedir.



Şekil 5 Kuzey Amerika'daki bor yataklarının dağılımını gösteren lokasyon haritası

## 2.2. Denizel Evaporitler

Denizel kökenli borlar, sadece Avrupa'da ekonomik miktarlarda bulunmaktadır. Bunlar, Permian tuz çökelleri ile ilişkili magnezyum boratlarıdır. Almanya'da potasyum madeninin yan ürünü olarak ve Kazakistan'ın İnder bölgesinde üretilmiştir. Borlar İnder bölgesinde çok büyük tuz domu kompleksinin tepe noktasında damarlar şeklinde yer alır ve tuz domunun sokulumu sırasında tuzdan ayrılıp kosantre olarak geliştiği ortaya konulmuştur. Çin'de, Liaoning Yanmadası'ndaki bazı yataklar, Prekambriyen metamorfik kireçtaşı ve manyezit içerisinde damarlar şeklinde bulunmasına karşın benzer kökenli olabilirler. Kazakistan üretiminin kaynağı olan İnder Gölü tuzlu sularının, büyük İnder tuz domu kompleksinden yıkanarak biriken bor oluşumu olduğu gözlenmektedir. Hazar Denizi'nin doğusundaki Kara-Bagaz-Gol lagününe ait boratların ise denizel tuzlu sulardan geldiği bilinmektedir.

### 2.3 Magmatik Kaynaklar

Pegmatitler ve kontakt metamorfik kayalar, datolit, ludvigit, paigeit ve turmalin gibi bor içeren mineral topluluklarına sahiptir. Bunlar, granit magmasının kristalleşmesi ile hemen hemen doğrudan ilişkili bor konsantrasyonları içerirler. Yapılan analizler, granitlerde yaklaşık 10 ppm bor olduğunu ve nadiren 300 ppm'e kadar ulaştığını göstermektedir. Bununla birlikte, bor minerali yaygın kayaç yapan minerallerin kafes yapısına kolaylıkla girememektedir ve bu nedenle magma kristalleşirken dışarı atılan su ile uzaklaştığı düşünülmektedir. 300-400°C gibi yüksek sıcaklıklarda ve sokulum dokanağı boyunca yüksek basınç altındaki akışkanlar yan kayaçtaki bir miktar borun ayrılmasına imkan vermektedir. Ekonomik düzeyde demir ve magnezyum cevherleri ile ilişkili bu tür borlu skarn yatakları, Rusya ve Çin'de işletilmektedir. Türkiye'deki bazı granit sokulumlarının çevresindeki skarn yataklarda borosilikatların varlığı araştırılmalıdır.

## 3. BOR MİNERALLERİNİN DAĞILIMI ve MİNERALOJİSİ

Doğada çoğunluğu sodyum, kalsiyum ve magnezyum tuzlarından yapıları 150'yi aşkın bor

minerali tanımlanmıştır. Çizelge 1'de yaygın bor minerallerinin daha detaylı listesi verilmektedir. Ancak, günümüzde sadece boraks, üleksit, kolemanit ve datolit ekonomik olarak önem taşımaktadır. Doğal sodyum borat dekahidrat olan boraks veya tinkal, borun en ekonomik kaynağı olup başlıca ABD, Arjantin ve Türkiye'de üretilmektedir. Sodyum-kalsiyum borat karışımı olan üleksit ekonomik olarak Türkiye ve bir kaç Güney Amerika ülkesinde üretilmektedir. Ancak, başlıca kalsiyum borat minerali olan kolemanit üretimi ise Türkiye ile sınırlıdır. Bir silikat minerali olan datolit ise sadece Rusya'da üretilmektedir (Şekil 1).

Çizelge 1. Başlıca bor minerallerinin bileşimleri

Mineral	Formül	İçerik, % B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Sassolite	B(OH) <sub>3</sub> veya B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .3H <sub>2</sub> O	56.4
Borax (Tincal)	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .10H <sub>2</sub> O	36.5
Tincalconite	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .5H <sub>2</sub> O	48.8
Kernite	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .4H <sub>2</sub> O	51.0
Ulexite	NaCaB <sub>6</sub> O <sub>9</sub> .8H <sub>2</sub> O	43.0
Probertite	NaCaB <sub>6</sub> O <sub>9</sub> .5H <sub>2</sub> O	49.6
Priceite (Pandermit)	Ca <sub>4</sub> B <sub>10</sub> O <sub>19</sub> .7H <sub>2</sub> O	49.8
Inyoite	Ca <sub>2</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub> .13H <sub>2</sub> O	37.6
Meyerhofferite	Ca <sub>2</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub> .7H <sub>2</sub> O	46.7
Colemanite	Ca <sub>2</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub> .5H <sub>2</sub> O	50.8
Hydroboracite	CaMgB <sub>6</sub> O <sub>11</sub> .6H <sub>2</sub> O	50.5
Inderborite	CaMgB <sub>6</sub> O <sub>11</sub> .11H <sub>2</sub> O	41.5
Kurnakovite	M&BA <sub>1</sub> .1SH <sub>2</sub> O	37.3
Inderite	Mg <sub>2</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub> .15H <sub>2</sub> O	37.3
Szaibelyite (Ascharite)	Mg <sub>2</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub> .H <sub>2</sub> O	41.4*
Suanite	Mg <sub>2</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub>	46.3
Kotoite	Mg <sub>2</sub> BA	36.5
Pinnoite	MgB <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .3H <sub>2</sub> O	42.5
Boracite (Strassfurite)	Mg <sub>2</sub> BrOuCl	62.2
Datolite	Ca <sub>2</sub> B <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .H <sub>2</sub> O	21.8
Cahnite	Ca <sub>2</sub> AsB <sub>4</sub> O <sub>12</sub> .2H <sub>2</sub> O	11.7
Danburite	CaB <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	28.3
Howlite	Ca <sub>4</sub> Si <sub>2</sub> B <sub>10</sub> O <sub>23</sub> .5H <sub>2</sub> O	44.5
Vonsenite (Paigeite)	(Fe, Mg) <sub>2</sub> FeB <sub>4</sub> O <sub>11</sub>	10.3
Ludwigite	(FeMg) <sub>4</sub> Fe <sub>2</sub> B <sub>6</sub> O <sub>17</sub>	17.8
Tunnellite	SrB <sub>6</sub> O <sub>10</sub> .4H <sub>2</sub> O	52.9

Kökenleri ve jeolojik ortamlarına göre bor minerallerinin oluşum yerleri üç gruba ayrılabilir: 1) Genelde silikat ve demir oksitlerden oluşan ve sokulumlarla ilişkili skarn mineralleri, 2) Denizel tortullar ile ilişkili magnezyum oksitler, 3) Karasal tortullar ve volkanik aktivite ile ilişkili sulu sodyum ve kalsiyum boratlar (Şekil 2).

Grup 1 ve 2'de Çin ve Rus üretiminin kaynak mineralleri verilmektedir ve bunlardan başlıcaları datolit ve szabelyittir. Grup 3'te yer alan boraks, kernit, kolemanit ve üleksit ihtiyacının büyük bir kısmı Türkiye, Güney Amerika ve ABD'den sağlanmaktadır.

Boraks, bor endüstrisi için en önemli mineraldir. Kolay kırılabilir ve suda rahatlıkla çözünür. Çözünürlüğü ve çözelti miktarı su sıcaklığı ile birlikte artar. Büyük boraks rezervleri, Boron (ABD), Kırka (Türkiye) ve Tincalayu'da (Arjantin) yer alır. Kernit, Kırka ve Tincalayu'da az miktarlarda bulunur, ancak Boron'daki rezervin üçte biri kadar rezerve sahiptir ve borakstan daha yüksek  $B_2O_3$  içerir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Ticari bor mineralleri

Mineral	Formül	İçerik, % $B_2O_3$
Colemanite	$Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$	50.8
Ulexite	$NaCaB_5O_9 \cdot 8H_2O$	43.0
Borax	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	35.5
Kernite	$Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$	51
Pandermite	$Ca_4B_{10}O_{21} \cdot 7H_2O$	49.8
Hydroboracite	$CaMgB_6O_{11} \cdot 6H_2O$	50.5

Kolemanit, sodyumsuz fiberglas endüstrisinde tercih edilen ve kullanılan kalsiyumlu borattır. Asitte kolaylıkla eriyebilmesine karşın sudaki çözünürlüğü düşüktür. Kolemanitin bir kısmı, Türkiye'den düşük maliyette  $B_2O_3 > 3$  sağlanması nedeniyle, Avrupa'daki kimya fabrikalarında borik asit üretmek için kullanılmaktadır. Türkiye, yüksek tenörlü kolemanitin dünyadaki başlıca kaynağıdır. ABD, Death Valley bölgesinde önemli rezervlere sahip olmasına karşın, günümüzde sadece sınırlı miktarda üretim yapmaktadır. Arjantin'de sınırlı miktarda yüksek oranda su içeren inyoit üretilmekte olup, kolemanitin Türkiye ve Kuzey Amerika dışındaki büyük yataklarının varlığı bilinmemektedir.

Üleksit, yüzey veya yüzeye yakın kesimlerde, playa tipi göllerde, dünyada Kuvaternerden günümüze kadar gelişen bataklıklarda bulunan, yumuşak, yaygın olarak pekleşmemiş ve lifsi kristal toplulukları şeklinde bulunan yaygın borat mineralidir. Pamuk toplan veya "papas" Güney Amerika ve Çin'de büyük miktarlarda üretilmektedir. Neojen yaşlı üleksit, Türkiye'de, ABD'deki Boron ve Death Valley'de yer alan yataklardan üretilmektedir. Üleksit bu yataklarda iyi pekleşmiş, sert, daha yoğun ve genel olarak daha iyi tabakalanmıştır.

Szabelyit (askerit) minerali, Çin ve Rusya'nın esas bor hammaddesidir. Suda, kolemanit gibi düşük çözünürlüğü olan bir magnezyum borat mineralidir. Boraks ve kolemanite göre yüksek magnezyum içeriğine sahip olması nedeniyle az kullanım alanı olmakla birlikte, Doğu Avrupa, Rusya ve Asya'da az miktarlarda değerlendirilmektedir. Büyük ölçekte konsantr mineral olarak uluslararası ticareti yoktur.

Ayrıca, Rusya'da az miktardaki danburit, ludvigit ve turmalin gibi minerallerden oluşan skarn borosilikatları da tali olarak işletilerek borat üretilmektedir. Bu minerallerin, cam fırınlarında kullanılan diğer minerallere göre daha yüksek ergime sıcaklıklarına sahip olması nedeniyle kullanılabilir bir ürün olabilmesi için, öncelikle serbestleştirilip, konsantr edildikten sonra asitte çözündürülmesi gereklidir.

Pandermit Türkiye'de, hidroborasit ise Rusya ve Arjantin'de işletilmektedir. İnyoit, havlit, meyerhofferit ve kurnakovit gibi diğer mineraller yer yer baskın cevher mineralleri ile birlikte bulunurlar. Borasit, Almanya'da 1945 öncesinde, potasyum madeninden yan ürün olarak borasit ve az miktardaki magnezyum boratlar olarak üretilerek kullanılmıştır.

Silikat minerallerinin büyük bir çoğunluğu kafes yapılarında değişen miktarlarda bor içerirler. Rusya'daki borosilikat cevherleri ile birlikte bulunan aksinit, suanit, kotoit ve diğer mineraller literatürde verilmiştir. Sasolit, birçok zuhurda az miktarda bulunması nedeniyle sadece mineralojik öneme sahiptir. Ancak, İtalya'nın Lardarello bölgesinde doğal buhar sasolit olarak işletilebilen borik asit içermektedir ve 1965 öncelerinden beri yılda binlerce ton üretilmiştir.

### 3.1. Türkiye Borat Yataklarının Dağılımı ve Jeolojik Konumu

Türkiye'nin bilinen borat yataklarının tümü Batı Anadolu'da yer almaktadır. Günümüze dek saptanmış olan borat yatakları, Marmara Denizi'nin güneyinde, doğu-batı doğrultusunda yaklaşık 300 km'lik ve kuzey-güney doğrultusunda ise 150 km'lik bir alan içinde Bigadiç, Sultançayırı, Kestelek, Emet ve Kırka bölgelerinde bulunmaktadır (Şekil 6). Borat yataklarını oluşturan playa göllerindeki tortulların litolojisi, birbirlerinden az çok farklılıklar göstermesine karşın, genellikle çakıltı, kumtaşı, tuf, tüfit, kıltaşı, marn ve kireçtaşlarından oluşur.

Borat yataklarının oluştuğu düzeylerin alt ve üst kesimleri kireçtaşı ve kıltaşı ile sınırlanırlar. Borat içeren havzalardaki tortullar, yatay ve düşey fasiyes değişimlerine bağlı olarak açık bir devirsellik gösterirler (Şekil 7).

Borat yataklarını oluşturan playa göllerinin çevresinde volkanik faaliyetler çok yaygın olup, genellikle kalkalkalen karakterli ve asitten bazıge kadar değişen volkanitlerin yanısıra, tortullarla ardalanmalı olarak bulunan piroklastik kayalar gözlenir. Tüm borat bölgelerinde volkanik kayaların bulunması, borat oluşumu için volkanizmanın gerekli olduğunu ve bor getiriminin ortaç ve asidik volkanik kayalara bağlı olduğunu ortaya koyar. Diğer taraftan borat havzalanındaki tortulların büyük bir bölümünün volkanik kayalardan türemiş gereçler içermesi bu varsayımı destekler yönde değerlendirilebilir.

Bigadiç borat yatakları Neojen yaşlı playa göl tortullarından yapıldı KD-GB uzanımlı bir havza içinde iki farklı zonda yer alırlar. Bölgedeki volkano-sedimanter istif, alttan üste doğru taban volkanitleri, taban kireçtaşı, alt tuf, alt borat, üst tuf, üst borat ve olivinli bazalt birimlerinden oluşur. Bölgedeki Neojen istifi, Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı temel karmaşığı üzerine uyumsuzlukla oturur. Alt ve üst borat yatakları, kurak iklim koşullarında, yerel volkanizmayla bağlantılı olan hidrotermal çözeltiler ve sıcak su kaynakları ile beslenen sahalarda gelişmiş, ayrı ve birbirleriyle bağlantılı olabilen playa göllerinde oluşmuşlardır. Yataklar tuf, tüfit, kil, marn ve kireçtaşları ile arakatlıdır (Şekil 6).

Sultançayırı (Susurluk), Türkiye'nin bilinen en eski borat yatağıdır. Sultançayırı'ndaki Neojen istifi 750 metreyi bulan tortulları içerir. Bu istifin alt kesimindeki pandemit, kolemanit ve jips oluşukları; Hnyitli bir seviyenin, üstüne gelen kireçtaşı, marn ve volkanik tüflerin içinde bulunurlar; istifin üst kesimini, tuf, marn ve kireçtaşı ardalanması oluşturur (Şekil 6). Bu yataklar 1954 yılında rezervin bittiği gerekçesiyle kapatılmıştır. Fakat bu bölgede daha yaygın yatakların bulunacağını kanıtlayan verilerin bilinmesi, bu bölgelerin yeniden önem kazanacağını kanıtlamaktadır.

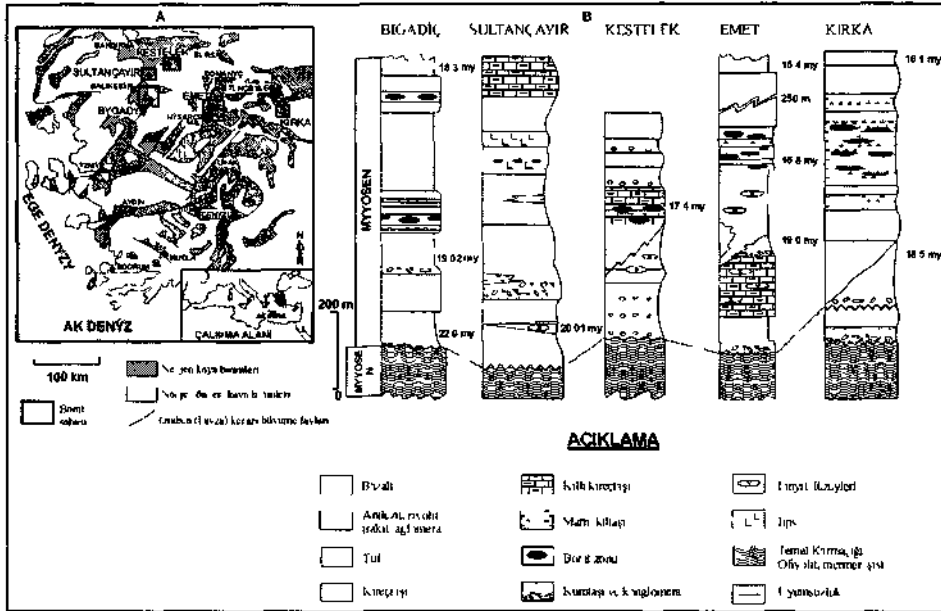
Kestelek bölgesindeki Neojen tortulları Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı bir temel karmaşığı üzerine uyumsuz olarak oturur (Şekil 6). Tabanda konglomera ve kumtaşı ile başlayan çökeller, linyit düzeyleri içeren kil, marn, kireçtaşı, tuf ve aglomera ile devam eder. Daha sonra ortamın tektonik duraylılık kazandığı dönemde çökelen boratlı zondaki, marn, kireçtaşı, tuf ve borat yatakları oluşmuştur. Bu dönemde volkanik faaliyet artmış ve tortullarla birlikte çökelen tuf ve aglomeraların yanısıra, andezitik ve riyolitik bileşimli volkanitler gelişmiştir. Bu dönemden sonra bölgedeki istif, gevşek çimentolu konglomera, kumtaşı ve kireçtaşı ardalanması ile tamamlanır.

Emet bölgesindeki Tersiyer istifi, Paleozoyik yaşlı mermer, mikaşist, kalkışist ve kloritşist gibi metamorfik kayalar üzerine uyumsuzlukla gelir (Şekil 6). Bu bölgedeki istif alttan üste doğru aşağıdaki birimlerden oluşur, (a) çakıltı ve kumtaşı (b) marn ve tuf mercekleri içeren ince katmanlı alt kireçtaşı, (c) ortaç ve asit volkanitler, tuf ve aglomeralar, (d) kömür ve jips bantları içeren çakıltı, kumtaşı, kıltaşı, marn ve kireçtaşından oluşan kırmızı birim, (e) borat yataklarını içeren kıltaşı, tuf, tüfit ve marn, (f) kıltaşı, marn ve çört mercekleri içeren üst kireçtaşı, (g) bazalt (Şekil 6 ve 7).

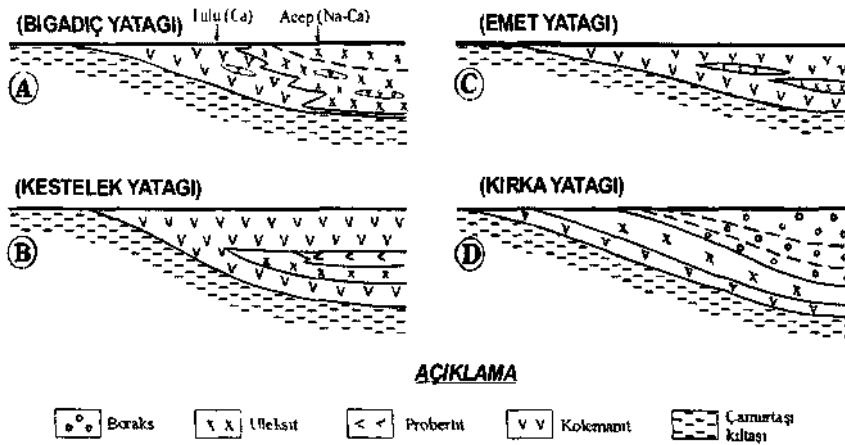
Kırka borat yataklarındaki Neojen volkano-sedimanter istifi, Mesozoyik yaşlı ofiyolit karmaşığı ile Paleozoyik yaşlı metamorfik karmaşığı üzerine uyumsuz olarak oturan fosilli Eosen kireçtaşları ile başlar (Şekil 6 ve 7). Diğer kesimlerde temeldeki karmaşık üzerine doğrudan doğruya Miyosen tortulları gelir. Bu bölgedeki Neojen istifi, Eosen fosilli kireçtaşları üzerine gelen



tufler ve volkanikler ile başlar, üste doğru alt düzeyleri içeren üst kireçtaşı ve bazalt bınmlennı kireçtaşı, marn ve tuf, ki İtasi - borat zonu, ust kapsar kıltaşı, tuf, marn ve ince komur bantları ile çort



Şekil 6 Batı Anadolu Neojen havzalarında bor yataklarının dağılımı ve havzalara ait genelleştirilmiş stratigrafik kesitler



Şekil 7 Borat havzalarındaki bor minerallerinin dağılımının ölçeksiz olarak temsili şekilde bulunuşu A) Uleksit-kolemanit, Bigadiç, B) Kolemanit, uleksit ve probertit, Kestelek, C) Kolemanit (ve uleksit), Emet, D) Kolemanit, uleksit ve boraks, Kirka

Borat yatakları, Tersiyer başlangıcından Kuvaterner'e kadar devam eden volkanik aktivitelerin yer aldığı bölgelerde, kıta-içi playa-göl tortulları içinde oluşmuşlardır. Borat yataklarının litolojisinin birbirinden farklılıklar göstermesine karşın, genellikle çakıtaşı, kumtaşı, kiltası, tüf, tüfit, marn ve kireçtaşı ile arakatmanlıdır (Şekil 6). Borat yataklarındaki tortullar genellikle açık bir devrsellik gösteren, kurak veya yarı kurak iklim koşullarında, bağımsız ya da birbirleriyle çeşitli bağlantıları olan havzalarda depolanmışlardır. Rıyolitik, dasitik, trakitik, andezitik ve bazaltik bileşimlere sahip volkanik kayalar ve bunların kırıntılı gereçleri (pıroklastikler) söz konusu gösel tortullarla ara katmanlanmışlardır. Tüm borat bölgelerinde volkanik kayaların bulunması, baskın olarak ortaç ve asidik, bor getirmesi ve borat oluşumu için volkanik etkinliğin gerekli olduğunu açıklar. Borat havzalandaki tortulların büyük bir bölümü volkanik gereçten türemiştir.

Batı Anadolu bor yatakları, Tersiyer başında tüm Batı Anadolu'yu etkileyen büyüme fayları ve grabenleşme ile volkanik ve sismik yönden aktif sahalarda gelişmiş dağarası kapalı havzalardaki ayrıntı veya birbirleriyle bağıntılı olabilen playa-göllerinde oluşmuşlardır. Bor yatakları ayrıntılı incelendiğinde, katmanların tabaka eğimleri genellikle yataydan 20°'ye kadar değişir. Yataklar kuzeybatı-güneydoğu ve kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı gravite fayları tarafından ornatılmışlardır. Egemen olan fay tipi, eğimleri 30°'den düşüğe kadar değişen normal faylardır. Bu faylar, çoğu kez bor düzeylerinin parçalanmasına ve zamanla fay zonlarında cevherlerin ayrışmasına neden olmuşlardır. Bazı yataklarda ise tortullar belirgin kıvrımlanma gösterirler. Bu kıvrımlanmalar, tortullarla birlikte borları da etkilemiş olup, çoğu yerde borların parçalanmasına, sucuk ve yersel küçük boyutlu yapılar sunmasına neden olmuşlardır.

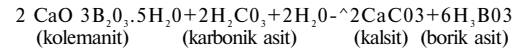
### 3.2. Bor Arama Yöntemleri

Bor araştırması, potansiyeli sahip sahalarda detaylı prospeksiyonu izleyen sondaj ve araştırma jeologlarının kullandığı tüm araçların kullanımından oluşmaktadır. Potansiyeli olan anakayaların gidişlerinin tanımlanması ve yapıların belirlenmesi ilginç olan sahalarda belirlenmesinde önemli bir araçtır. Belli koşullarda uydu

görüntüleri, gerçek ve yanılmasah renk ve standart fotoğraf yorumlaması başarı ile kullanılabilir.

Dünyanın birçok kesiminde, denizel olmayan ince taneli tortullar ve tüflerden oluşan Senozoyik kayalarının tanımlanması, ekonomik bor yataklarının bu kayaçlar ile ilişkili olması nedeniyle, arazi jeologlarının olağan başlangıç noktasını oluşturmaktadır. Bu tortullardaki her türlü tuzların oluşumu detaylı olarak incelenmelidir. Ayrıca, birçok bor oluşumu ile bir arada bulunan volkanik çıkışlar, lav akıntıları ve özellikle zeolit içeren kül çökellerinin araştırılması bor prospeksiyonunda önemli rehberlerdir.

Bor araştırması, bor çökeli için uygun olduğu düşünülen Neojen havzalarındaki arazi çalışmaları ile başlar. Bor araştırması öncesinde, bor elementinin yer kabuğunda Cl, Br ve S gibi oldukça mobil olduğu akılda tutulmalıdır. Su ve karbondioksitin etkisi ile borların hızlı alterasyonu sonucu kalsit oluşur ve borik asit ortamdan uzaklaşır:



Borat oluşum modelinde belirtildiği gibi, Türkiye, ABD ve Arjantin'deki yatakların araştırılmasında aşağıdaki kriterler kullanılmaktadır.

- Neojen playa gölü havzalarına Miyosen yaşlı volkanik/volkanoklastik malzemenin katılımı
- Örtü kireçtaşının oluşumu
- Kiltası, kireçtaşı, şeyil ve marn aralanmaları
- Playa göllerine bor taşıyan sıcaksu kaynaklarının ve hidrotermal akışkanların verileri
- Yıkanmanın olduğunu gösteren evaporitik düzeyler.

Doğu Avrupa ve Asya'daki skam borat yatakları, potasik-alkalin nitelikli volkanitlerin karbonatlı tortullar ile olan dokanağında, jeolojik olarak korunmuş kıvrım kuşaklarındaki detaylı prospeksiyon ile bulunmuştur. Datolit ve danburit, kalsiyum ve silisyumca zengin kireçtaşlarının olduğu skarlarda görülür. Aksinit, kotoit ve ludvigit ise dolomitik kireçtaşları içerisinde yer alır. Demir cevheri ile ilişkili magnezyum boratlar genelde düşük tenörlüdür. Denizel boratlar ise

beyazımsı toprak örtüsü ve kıt bitki örtüsü ile ayrılan sığ ve yüzlek veren tuz yapıları ve jips şapkaları sunan tektonik olarak duraylı bölgelerde görülür.

Kurak bölgelerde, üleksit yüzeyde veya yüzeyin hemen altındaki düzlükleri ve playalarda oluşur. Bu durum bor elementinin sistemde hareket halinde olduğunu gösterir. Bu güncel kabuk aynı zamanda ekonomik miktarda bor içeren tuz yataklarının da varlığına işaret eder. Playalardaki araştırma genelde 100 x 500 metrelik grid içinde kazılarak yapılır. Yüksek anomalide bor içeren kaynaklar ve güncel kaynak çökellerinin örneklenmesi de belli sahalardaki cevherleşmenin belirlenmesinde kullanılabilir.

Jeokimyasal araştırmalar, sondaj hedeflerinin daraltılmasında kullanılan faydalı bir yöntemdir. Toprak ve kaya örnekleme teknikleri de, bor, stronsiyum, arsenik ve lityum gibi elementlerin de analizini içine alan araştırma programının bir parçasıdır. Karmaşık B-Mg-Ca-Cl oranlarına sahip berilyumda Rusya'daki skarn borat yataklarının aranmasında kullanılmaktadır. Su örnekleme, yüzey ve sondajlardan derlenmesi faydalı olabilir. Ayrıca, bazı bitkiler bora karşı hassastırlar ve bitki araştırmaları çalışmalara yardımcı olur.

Özellikle gravite ve manyetikten oluşan jeofiziksel araştırmalar, tortul dolgu altındaki yapıların ve hedef havzaların ortaya çıkarılmasında kullanılmaktadır. Rezistivite ve sismik araştırmalar, borlarla ilişkili olabilecek havza yapıları ve formasyonların belirlenmesinde kullanılmıştır. Doğal gama ve nötron prob gibi kuyu loğu teknikleri önemli zonlardaki kil ve bor miktarının yaklaşık yüzdesini göstermektedir.

Jeolojik harita alımını izleyen sondaj yapımı, dünyanın birçok bölgesinde halen en kesin araştırma yöntemidir. Rotari sondaj yapıldığında karotlar genelde en önemli zonlardan alınır. Bor için uygun görülen düzeylerden  $B_2O_3$  ile ilişkili olan arsenik, lityum ve stronsiyum gibi elementlerin analizi alınır. Borların suda eriyebilir olması nedeniyle kısa karotlar alınır. Ancak, boratların çoğu % 90 gibi iyi bir sondaj verimi sunarlar.

Şüpheli sahalarda bor varlığının tayini için iki kolay arazi testi vardır. Birincisi, mineralin sülfirik asit ve alkolde yıkıldığı ve sonra yakıldığı alev testidir

(yeşil ve gül rengi alev). Diğeri ise turnusol çözeltisi ve hidroklorik asidin örnek üzerinde kırmızı-kahve renk bıraktığı turnusol yöntemidir. Laboratuvarında yapılan kimyasal testler daha kesin olduğu için genelde araziden alınan örnekler analize gönderilir.

Günümüz ekonomik koşullarında, tabakalı boraks, kolemanit ve üleksitin genelde 500 metreden daha derinde olanları işletilmek üzere aranmamaktadır. Yüksek bor içeriğine sahip özellikle başka ekonomik değerler ile birlikte bulunan tuzlu yataklar, bazı özel koşullarda daha derinlerden de işletilebilir. Skarn ve magnezyum boratlar günümüzde sadece yüzey veya yüzeye yakın kesimlerden işletilebilmektedir.

#### 4. BOR MİNERALLERİ ve TÜRKİYE'NİN KONUMU

Batı Anadolu'da geniş yayılım gösteren Neojen havzaları önemli boyutlarda linyit, bitümlü şeyi, uranyum, borat yatakları ve birçok diğer endüstriyel hammadde içermektedir. Dünya ölçeğinde, bu saydığımız madenlerin içersinde yalnızca boratların dünya rezervlerinin %70'inden fazlasını içerdiği düşünülürse, bölge jeolojisinin, tüm diğer madenler ile birlikte hesap edildiğinde, ülkenin gelecekteki politik-stratejik bağlantısıyla ne denli ilişkili ve önemli olduğu anlaşılır. Bütün bunlar dikkate alındığında Türkiye'nin bor politikası ve stratejisinin hiç de tek boyutlu olmadığı, aksine birbirini etkileyen çoklu değişkenlerin kesin ve uzmanca hesaba katılması gerekliliği ortaya çıkar.

Türkiye bor yataklarının konumuna genel olarak bakıldığında Etibank tarafından yapılan araştırmalar sonunda, dünya rezervlerinin yaklaşık % 70'ini içerdiği ortaya çıkmıştır. Etibank'ın özellikle 1979'dan sonra yaptığı çeşitli araştırmalara göre, bir zamanlar özel sektör tarafından 5-8 milyon ton olarak gösterilen Bigadiç yataklarındaki bor rezervlerinin 1 milyar tonu aşan boyutlarda olduğu belirlenmiştir.

Türkiye'nin üretim düzeyi, ABD'nin ulaştığı seviyelere hızla yaklaşarak günümüzde 1970-1980'li yıllara göre on katından daha fazla artarak 1 milyon tonu aşmıştır (Şekil 8). Buna paralel olarak bor ürünleri satış fiyatları da yine en az on kat artarak 290-350 dolar/ton'a erişmiştir. Ayrıca,

Etibank'ın Kırka, Emet, Bigadiç ve Kestelek yataklarındaki üretim ile Bandırma Boraks Fabrikası ve Kırka Bor türevleri tesisindeki ürünlerinin 1983 yılında 21 milyar lira olan net karı yıllar boyunca artarak, 1,2 milyar dolarlık toplam dünya ticareti içinde, 2002 yılında 214 milyon dolara ulaşmıştır. Ürünlerin % 95'i yurtdışına satılmaktadır. Etibank'ın yapmış olduğu bu belirgin atılım, Türkiye'yi kısa zaman içinde dünya pazarlarına egemen duruma getirmiştir. İşte bu aşamada, mecliste görüşülmesi düşünülen yeni maden yasası ile bor tuzlarının uç ürünleri dışında özel sektöre açılması, Türkiye'nin dünya pazarlarındaki egemen durumunu yıkacak, sonuçta ulusal çıkarlarımıza en büyük darbeyi vurmuş olacaktır. Bu duruma fırsat verilmemelidir.



Şekil 8. Dünya bor üretiminin ülkelere göre dağılımı

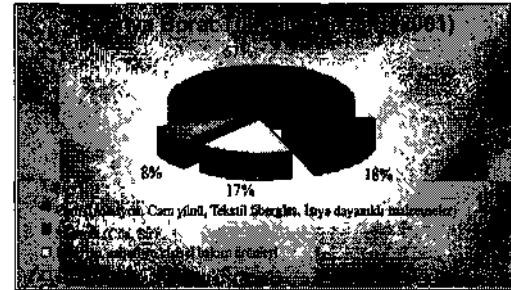
Şüphesiz 3213 sayılı Maden yasasında değişiklik yapılmalıdır. Yeraltı kaynaklarımızın aranıp işletilebilmesi için neredeyse 10 değişik bakanlıktan 15 veya 20'ye yakın izin alınması gerekmektedir. Yapılacak düzenlemeler ile bu yetkilerin, alt yapısı oluşturularak belli noktalarda toplanması yatırımcıları teşvik edici nitelikte olacaktır. Bu yasa ile birlikte, Maden Dairesi Genel Müdürlüğü ve MTA Genel Müdürlüğü bünyesi içinde mutlaka yeniden yapılandırılmalıdır.

## 5. BOR MİNERALLERİNİN KULLANIM ALANLARI

Bor mineralleri, endüstrinin değişik kesimlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 9). Böylesine yaygınlaşmış kullanım alanlarına sahip olması, borun, ham ve rafine edilmiş ürünlerinin üretiminin son yıllarda hızlı biçimde artmasına neden olmuştur. 21. yüzyıldaki teknolojik gelişmeler sürdüğü sürece bu üretim artışının da giderek

artacağı kesindir. Günümüzde çok yaygın olarak evlerde ve endüstride kullanılan temizleyiciler ile cam ve seramik yapımında en yaygın biçimde kullanılan borların tüketimi nüfusun artması ve dayanıklı malların kullanımı ile yakından ilgilidir. Bu açıdan borun sanayideki tüketiminin sürekli bir artış eğiliminde olması kaçınılmazdır.

Endüstrinin çeşitli dallarında kullanılan bor ürünleri, fiberglas, tıp uygulamaları ve eczacılık maddeleri, nükleer reaktörlerde koruyucu olarak, suni gübre yapımı, fotoğrafçılık, cam ve emaye gibi geleneksel kullanım endüstrilerinin de başlıca temel hammaddelerini oluşturmaktadır (Çizelge 3). Boraks ve borik asit gibi, başta en çok bilinenleri olmak üzere, bir çok bileşik formlarında kullanılabilen bor, çok yönlü ve yararlı bileşikler oluşturmaktadır. Söz konusu bileşiklerin özellikleri kuvvetli lehimlemede, kaynak işlerinde, sürtünmelerin azaltılmasında ve arıtma işlemlerinde büyük avantajlar sağlamaktadır. Boraks ve borik asit, bakterileri öldürücü niteliği, su içinde kolay erirliği ve mükemmel su yumuşatıcı özellikleriyle sabunlarda, temizleyicilerde, deterjanlarda, çok çeşitli ilaçların yapımında, tekstil boyamalarında, çeşitli malzemelerin uzun süre korunmasında ve tarım sanayinde çok yaygın kullanım alanlarına sahiptir.



Şekil 9. Dünya borat tüketim alanları

Çizelge 3. Ticari rafine bor ürünleri

Ürün	Formül	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Borax decahydrate	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O	30.5
Borax pentahydrate	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·5H <sub>2</sub> O	47.8
Boric Acid	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	56.3
Borax anhydrous	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	100.0
Sodium perborate	NaBO <sub>3</sub> ·4H <sub>2</sub> O	22.0
Raw borax anhydrous	Na <sub>2</sub> B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	69.2

Kimi bor ürünleri, mükemmel ergime maddeleri olmaları nedeniyle, metal antma ve çelik üretiminde; atomik reaktörlerde, geç ateşleme sigortalarda, radyo lambalarında ve güneş bataryalarında çokça kullanılan vazgeçilmez maddelerdendir. Temel hammaddeleri bor bileşikten olan "kübik boryum nitrid", elmadan daha sert olan "borazon" ticari adıyla bilinen maddenin yapımında; "boryum nitrid" termik izolatör olarak; "bor karboit" dayanıklı malzemelerin yapımında; "bor triklorit", "bor triflorür" ve bor esterleri ise çeşitli dayanıklı sanayi üretimlerinde örneğin petrol rafinerilerinde katalizör olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, diboran ( $B_2H_6$ ), pentaboran ( $B_5H_9$ ), dekaboran ( $B_{10}H_{12}$ ) ve alkali boranlar (sodium borohidrit) gibi bor bileşikleri geleceğin potansiyel jet ve roket yakıtları olarak görülmektedir.

Toplumun bütün kesimlerindeki yaşam standartlarının hızla yükseltilmesi arzusu ve yeni bilimsel teknolojik keşiflerin gelişimi, bu mükemmel bor bileşiklerine duyulan talep ve ihtiyacın giderek daha büyük oranda artmasına yol açacaktır.

## 6. ULUSAL BOR POLİTİKASI NE OLMALIDIR?

Dünyanın en büyük bor rezervlerine sahip olan Türkiye, üretim bakımından da ABD'den sonra ikinci sırada yer almaktadır. 2172 sayılı Devletleştirme Yasası'nın uygulanmaya başladığı 1979 yılından bugüne dek çeşitli bor yataklarında Etibank tarafından yapılan araştırmalar sonunda

Türkiye'deki bor yataklarının dünyadaki eşsiz konumu anlaşıldığından ben gerek bor madeninin ve gerekse yatakların önemi net bir şekilde ortaya konmuştur.

Kırka bölgesinden yapılan "boraks (tinkal)"; Emet, Bigadiç ve Kestelek bölgelerinden yapılan "kolemanit" ve "üleksit" üretimleri ile Türkiye dünya pazarlarına egemen duruma gelebilir. 1980-2000 yılları arasında Türkiye, dünyanın en büyük kolemanit üreticisi durumuna gelmiştir, ancak ülkemizin sahip olduğu görünür ve olası rezervler, bu üretime oranla çok daha büyüktür. En karamsar gözlemciler bile, bu rezervlerin birkaç yüzyıl süre ile gerekli istekleri karşılayabileceğinde hemfikirlerdir. İleriye dönük yapılacak çalışmalar sonucunda ise, bilinen bu yataklara yenilerinin eklenmesi de yine kuvvetli bir olasılıktır (Çizelge 4).

Ülkelerin gelişmesinde bilgi ve emek güçlerinin yanısıra, başta demir, kömür ve endüstriyel hammaddeler olmak üzere tükenebilir doğal kaynaklar önemli bir yer tutarlar. Petrol, ABD, Rusya ve Ortadoğu ülkelerinin kimilerine olağanüstü güç kazandıran başlıca etkenler arasında yer alır. Fransa'nın potasları, İtalya'nın kükürt ve mermerleri, Güney Amerika ve Afrika'nın bakırları, Tunus'un fosfatları, Güney Afrika'nın altın ve elmasları bu yargıyı güçlendirip kanıtlayan örneklerdir. Türkiye için de bor tuzlarının aynı önemde olduğu, yapılan bilimsel araştırmalar ve ekonomik-teknolojik gelişmeler sonunda tartışmaya yer bırakmayacak kesinlikte ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4. Dünyadaki bor yataklarının rezervleri ve tahmini ömürleri

Ülke	Bilinen Ekonomik Rezerv (milyon ton)	Toplam Rezerv (milyon ton)	Bilinen Rezervin Ömrü (yıl)	Toplam Rezervin Ömrü (yıl)
Türkiye	224.000	563.000	155	389
ABD	40.000	80.000	28	55
Rusya	40.000	60.000	28	69
Çin	27.000	36.000	19	25
Şili	8.000	41.000	6	28
Bolivya	4.000	19.000	3	13
Peru	4.000	22.000	3	15
Arjantin	2.000	9.000	1	6
Kazakistan	14.000	15.000	10	10
<b>Toplam</b>	<b>363.000</b>	<b>885.000</b>	<b>253</b>	<b>610</b>

Türkiye'nin elinde bulunan nitelik yönünden dünyadaki örneklerinden her bakımdan çok üstün olan bu doğal kaynak ve zenginlikler, ülkeyi dünya bor tuzları sektöründe rakipsiz duruma getirebilecek düzeydedir. Nitekim 1980'li yıllarda Etibank'ın çok hızlı ve başarılı olarak yapmış olduğu yatırım ve üretimler, Türkiye'yi dünya bor pazarında "egemen" duruma getirmiştir.

1979 yılında gerçekleştirilen devletleştirme yasasının öncesinde ve sonrasında yaşanan özel sektör-kamu sektörü çekişmesi yerine, Etibor A.Ş. ve özel sektörün bor minerallerinden sanayiye yönelik uç ürünler üretmek için işbirliği yapmaları ve böylece, ortak ulusal üretim, pazarlama ve sanayiye yönelik araştırma politikaları izlemeleri uygun olacaktır. Bugün feldspat yatakları üzerinde yapılan yanlış uygulamalara benzer durumdan kaçınılmalıdır. Ülke kaynakları, gelecek nesiller düşünülerek hoyratça harcanmamalıdır.

Ulusal çıkarlar doğrultusunda politikalar izlenebilmesi açısından, bor tuzlarının ilk üretimlerinin devlet eliyle işletilmesi gerekir. Yeniden düzenlenecek maden yasası taslağı ile mevcut veya yeni bulunacak bor yataklarının özel sektöre devredilmesi ya da açılması ulusal açıdan sakıncalıdır, ülke ve toplum çıkarlarına ters düşer. Öte yandan dışa bağımlı cılız özel kuruluşların bu işi başarabilmeleri hem yasal açıdan, hem de bilimsel ve teknolojik veriler ışığında mümkün değildir. Pek çok liberal ülkede bile stratejik önemi olan madenler devlet eliyle işletilmektedir. Güçlü dünya tekeli karşısında tutunabilmek ve onun bölücü etkilerinden korunabilmek için bor minerallerinin üretiminin, devlet eliyle yönetilmesi zorunludur. Bor madenlerimizin işletilmesi (madencilik açısından), coğrafi, ulaşım, enerji vs. yönünden diğer ülkelere oranla (özellikle Latin Amerika ve ABD ile karşılaştırıldığında) son derece elverişli ve pazarlamaya uygundur. Örneğin Güney Amerika'da minimum 4000 metre yükseklikte, Kuzey Amerika'da ise ya çölün ortasında ya da milli parkların içinde olması çok büyük işletme zorlukları ve sorunları oluşturmaktadır.

Bütün bu olumlu ve olumsuz yönleriyle anlatılanlar göz önüne alındığında, Türkiye'nin bir ulusal bor politikası oluşturmasının gerekliliği ortaya çıkar. Buna göre, ülkemizin sahip olduğu bu denli önemli yer altı kaynaklarını ülke ekonomisine en fazla getiri sağlayacak şekilde değerlendirebilmemiz için

bor işletmeciliğinin yeniden yapılandırılması kaçınılmazdır. Yeniden yapılanmanın temelinde ise, yine Etibor A.Ş. olmalıdır. Hiç kuşkusuz bu kuruluş da sırasıyla; pazar payını, ürün kalite ve çeşidini arttıracak, kendi öz kaynaklarıyla uç ürünlere yönelik araştırma ve yatırımları finanse edebilecek, pazar koşullarına göre hızlı ve rasyonel kararlar alabilecek, siyasi otoritelerin etkilerinden korunabilecek, uluslararası şirketlerle rekabet edebilecek, gerektiğinde uç ürünler konusunda yerli ve yabancı şirketlerle ortaklık kurabilecek şekilde esnek ve özerk bir yapıya kavuşturulmalıdır. Burada esas olan, bor madenlerimizin tek bir kuruluş tarafından işletilmesi ve ülkemizin sahip olduğu avantajların sürdürülmesidir. Bor yataklarımız ayrı ayrı özelleştirildiğinde, bugün feldspat madenlerimizde olduğu gibi, iç rekabetin kaçınılmazlığından dolayı fiyatlar düşecek ve uç ürünlere yönelik yatırımların yapılması da imkansız hale gelecektir. Kısacası, ülkenin en önemli kaynağı da boşa harcanmış olacaktır.

## 7. SONUÇLAR

Bugünlerde Mecliste görüşülmesi düşünülen yeni maden yasası ile devletin en önemli gelir ve döviz kaynaklarından birisi olan "bor tuzları" yatakları ile ilgili olarak yeni sahaların maden arayıcılarına açılması tasarlanıyor olabilir. Bunun anlamı hem ulusun sahip olduğu güçlü bir savunma ve ekonomi dalını kesmek, hem de Anayasa'mızın özü ile çelişmesi demektir. Yeni maden yasası taslağı çerçevesi içinde yasayla verilen görevleri yürütmek üzere maden işletmelerinde "fenni nezaretçilik" adı altında göstermelik sistemin terkedilerek, tüm işletmelerde jeoloji ve maden mühendislerine eşit şekilde görev ve sorumluluklar verilerek görevlendirilmelidirler. Bu yapılmadan, doğal kaynakların bilimsel ve ekonomik olarak aranması, işletilmesi ve üretiminden olumlu sonuçların alınması mümkün değildir. Kesin bir ekonomik savaşın yoğunlaştığı ve tüm araştırmaların doğal kaynaklar üzerinde yoğunlaştığı günümüzde, büyük bir bor rezervi potansiyelinin varlığı, Türkiye için kazanılması son derece güç bir fırsattır. Bu açıdan üretim politikaları öncelikle ayrıntılı ve sağlıklı bir pazar araştırmasına dayandırılmalıdır. Yurt dışı satışlarının geliştirilmesi için uygun ve gerekli merkezlerde satış büroları ve depoları açılmalı ve bunlar Türkiye'den sağlıklı biçimde beslenmelidir. Bağımsız olarak kurulan "Bor Tuzları

Enstitüsü"nün kısa zamanda gelişmesi için gerekli yatırımlar yapılmalıdır ve bu enstitüde bor konusunda yetkili ve söz sahibi araştırmacılara görev verilmelidir. Borlardan sanayiye yönelik her türlü uç ürünleri geliştirmek, üretmek, disiplinlerarası kısa ve uzun vadeli çalışmalar yapmak ve projeler oluşturmak üzere malzeme, makina, kimya ve elektrik-elektronik mühendislik alanlarında uzman kişilerin görevlendirilmesi mutlaka gerçekleştirilmelidir. Böylece, kısa ve uzun vadeli planlamalar çerçevesinde araştırma ile uygulama arasındaki boşluklar da kapatılarak, gereksinimleri karşılayan, planlı ve ileriye yönelik araştırmalara hız verilmelidir. Bu da ancak devletin güçlü eliyle gerçekleştirilebilir.

Türkiye bor yataklarını ve üretimini elinde bulunduran Etibor A.Ş., ekonomik ve siyasal baskılardan korumak için bağımsız ve özerk bir yapıya acilen kavuşturulmalıdır. Böylece üniversite, Tübitak ve özel sektör ile bağlantı kurarak daha etkin üretim ve yapılanma içine girebilecek, ekonomik değeri yüksek ürünler üretebilecek ve rekabet gücünü artıracaktır.

Sonuçta başta bor olmak üzere tüm önemli ve stratejik madenlerimize ilişkin politikaların ister istemez ulusal ve bilimsel alanda odaklaşması gibi bir sorumluluk ve zorunlulukla karşı karşıya olduğumuz gerçeği ortaya çıkıyor. Aksı takdirde tüm ülke ve ulus olarak önce kaybetmek, ardından da silinmek gibi iki olumsuz seçenekle karşı karşıya kalma olasılığı vardır.

Ülkemizin sahip olduğu bor yatakları gibi önemli yeraltı kaynağını, ülke ekonomisine en fazla getiri sağlayacak şekilde değerlendirebilmemiz için, bor işletmeciliğinin yeniden yapılandırılması zorunludur. Yeniden yapılandırmanın temelinde, yine Etibor A.Ş. olmalı ve bu kuruluş ise;

- Pazar payını, ürün kalite ve çeşidini arttıracak,
- Kendi özkaynakları ile, uç ürünlere yönelik araştırma ve yatırımları finanse edebilecek,
- Pazar şartlarına göre hızlı kararlar alabilecek,
- Siyasal otoritenin etkilerinden korunabilecek,
- Uluslararası şirketlerle rekabet edebilecek,
- Gerektiğinde uç ürünler konusunda, yerli ve yabancı şirketlerle ortaklıklar kurabilecek şekilde özerk bir yapıya kavuşturulmalıdır.

## KAYNAKLAR

Alonso, R.N. (1986), *Occurrence, Stratigraphic Position and Gnesis of the Borate Deposits of the Puna Region of Argentina*, PhD Thesis, Universidad Nacional de Salta (in Spanish, unpublished.)

Alonso R.N and Viramonte, J.G. (1990), *Borate deposits in the Andes*, In: Fontbote, L. Et al. (eds), *Stratabound ore deposits in the andes*, Springer verlag, 721-732.

Alonso, R.N., Helvacı C, Sureda, RJ and Viramonte J.G. (1988), *A new Tertiary borax deposit in the Andes*, *Mineralium Deposita* 23: 299-305.

Alonso, R.N. Jordan, T.E, Tabbutt, K and Vandervoort, D. (1991), *Giant evaporite belts of the Neogene Central Andes*, *Geology* 19: 401-404.

Baysal, O. (1972), *Mineralogie and Genetic Studies of the Sarkaya (Kırka) Borate Deposits*, Ph.D. Thesis. Hacettepe University, Turkey (in Turkish, unpublished).

Bowser, C.J. (1965), *Geochemistry and Petrology of the Sodium Borates in the Non-marine Evaporitic Environment*, Ph.D Dissertation, University of California, Los Angeles (unpublished).

Chong, G. (1984), *Die salare in Nordchile-Geologie, Structure und Geochimie*, *Geotektonische Forschungen* 67: 1-146.

Floyd, P.A, Helvacı, C and Mitrowe S.K. (1997), *Geochemical discrimination of volcanic rocks, associated with borate deposits: an exproation tool*. *Journal of Geochemical Exploration* 60: 185-205.

Garrett, D.E., (1998), *Borates. Handbook of deposits, processing, properties, and use*, Academic Press, London, 483 p.

Grew, E.S. and Anovita, L.M. (editors), (1996), *Boron. Mineralogy, petrology and geochemistry*, *Reviews in mineralogy*, volume 33, Mineralogical Society of America, Washington, D.C., 862 .

- Gundoğan, I and Helvacı, C (1993), *Geology, mineralogy and economic potential of Sultançayır (Susurluk-Balıkesir) boratiferous gypsum basin*, Bulletin of the Geological Society of Turkey 36 159-172 (in Turkish)
- Helvacı, C (1977), *Geology, mineralogy and geochemistry of the borate deposits and associated rocks and the Emet Valley, Turkey*, PhD Thesis, University of Nottingham, England (unpublished)
- Helvacı C (1978), *A review of the mineralogy of the Turkish borate deposits*, Mercian Geology 6 257-270
- Helvacı, C (1984), *Occurrence of rare borate minerals veatchite-A, tunelhte, teruggite and cahnite in the Emet borate deposits, Turkey*, Mineralium Deposita 19 217-226
- Helvacı, C (1986), *Geochemistry and origin of the Emet borate deposits, western Turkey* Faculty of Engineering Bulletin, Cumhuriyet Univeisity, Series A Earth Sciences 3 49-73
- Helvacı, C (1994), *Mineral assemblages and formation of the Kestelek and Sultançayır borate deposits*, Proceedings of 29th International Geological Congress, Kyoto Part A, 245-264
- Helvacı, C (1995), *Stratigraphy, mineralogy, and genesis of the Bigadiç borate deposits, western Turkey*, Economic Geology 90 1237-1260
- Helvacı C and Alonso, RN (1994), *An occurrence of primary inyoite at Lagumta Playa, Northern Argentina*, Proceedings of 29th International Geological Congress, Kyoto Part A, 299-308 Japan
- Helvacı, C and Alonso, R N, (2000), *Borate deposits of Turkey and Argentina a summary and geological comparison*, Turkish Journal of earth Sciences (Turkish J Earth Sei ) vol 24 1-27
- Helvacı, C and Firman, RJ (1976), *Geological setting and mineralogy of Emet borate deposit, Turkey*, Transactions/section B, Institute of Mining and Metallurgy 85 142-152
- Helvacı, C and Orti, F (1998), *Sedimentology and diagenesis of Miocene colemanite-ulexite deposits (western Anatolia, Turkey)*, Journal of Sedimentary Research 68 1021-1033
- Helvacı, C , Stamatakis, M G , Zagouroglou, C and Kanaris, J (1993), *Borate minerals and related authigenic silicates in northeastern Mediterranean Late Miocene continental basins*, Exploration Mining Geology 2 171-178
- Inan, K, Dunham, AC and Esson, J (1973), *Mineralogy, chemistry and origin of Kirka borate deposit, Eskişehir Province, Turkey* Transactions/section B, Institution of Mining and Metallurgy 82 114-123
- Jordan, T and Alonso, RN (1987), *Cenozoic stratigraphy and basin tectonics of the Andes Mountains*, 20-28 South latitude American Association of Petroleum Geologists Bulletin 71, 49-64
- Kistler, RB and Helvacı, C (1994), *Boron and borates*, In CARR, D D (ed) Industrial Minearls and Rocks 6th edition, Society for Mining, Metallurgy and Exploration Inc, Littleton, Colarado, 171-186
- Muessig, S (1959), *Primary borates in playa deposits minerals of high hydration*, Economic Geology 54 495-501
- Muessig, S (1966), *Recent South American borate deposits*, In RAU, J L (ed) 2nd Symposium on Salt, Northern Ohio Geological Society, Cleveland 1 151-159
- Orti, F, Helvacı, C, Rosell, L and Gundoğan, I (1998), *Sulphate-borate relations in an evaporitic lacustrine environment the Sultançayır Gypsum (Miocene, Western Anatolia)*, Sedimentolgy 45 697-710
- Ozol, A A , (1977), *Plate Tectonics and the Process of Volcanogemc-Sedimentary Formation of Boron*, International Geology Review, 20 692-698
- Ozpeker, I (1969), *Western Anatolian Borate Deposits and Their Genetic Studies*, **PhD**



Dissertation, İstanbul Technical University (in Turkish, unpublished)

Palmer, M R and Helvacı, C (1995), *The boron geochemistry of the Kirka borate deposit, western Turkey*, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 59 3599-3605

Palmer, M R and Helvacı, C (1997), *The boron isotope geochemistry of the Neogene borate deposits of western Turkey*, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 61 3161-3169

Sunder, M S (1980), *Geochemistry of the Sarikaya borate deposits (Kirka Eskişehir)*, *Bulletin of the Geological Society of Turkey* 2 19-34

Travis, NJ and Cocks, E J, (1984), *The Tincal Trail*, A history of borax Harrap, London, 311

Watanebe, T, (1964), *Geochemical cycle and concentration of boron in the earth's crust*, VI *Verdenskn Inst Geochim and Anal Chem USSR* 2 167-177