

## TÜRKİYE BOR MADENCİLİĞİNİN İŞLETME, STOKLAMA VE PAZARLAMA SORUNLARINA MİNERALOGİK BİR YAKLAŞIM

*A Mineralogical approaching to the mining, storing and the marketing problems of the Turkish borate production.*

Cahit HELVACI Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İZMİR

**ÖZ :** Genç Neojen volkano-sedimanter tortulları içinde yer alan Türkiye borat yataklarının geometrisi, genel olarak tortullar içinde mercek- sel yapılar sunmasına karşın sıkça tortullarla aralanmalar, ince bantlar ve yanal olarak kamalanmalar gösterirler. Bor cevherleri üretimi yapılacak yataklardaki cevher geometrisinin saptanması için bu bölgelerin jeolojisi ve tektoniği en ince ayrıntılarına kadar bilinmelidir.

Borat yataklarında ekonomik değeri yüksek olan kolemanit, üleksit ve boraks gibi bor mineralleri baskın olmasına karşın, bu minerallere eşlik eden diğer bor ve bor olmayan mineraller de mevcuttur. Daha az ekonomik ve daha düşük oranda bulunan bu mineraller, yatakların tenörlerini olumlu ve olumsuz yönde etkileyebildikleri gibi, işletme, stoklama ve pazarlama sırasında sorunlar yaratabilirler. Bor yataklarının ayrıntılı mineralojisinin yanısıra bor minerallerinin birbirlerine dönüşümleri ve ayrışmalarının bilinmesi; bu yatakların işletme, stoklama ve pazarlama sorunlarının çözümünde önemli katkılar sağlayacaktır.

Üretim politikası ayrıntılı ve sağlıklı bir pazar araştırmasına dayandırılmalıdır. Bu yatakların ulusal gelire katkısını artırmak için bor cevherlerini hammadde yerine işlenmiş ürünler olarak iç ve dış pazarlarda satımını sağlamak üzere gerekli yatırımları yapmak ve alt yapıları kurmak zorunludur.

**ABSTRACT :** At a place, the geology and tectonic of the region must be known in detail, in order to outline the geometry of the borate ore body which are planned to be mined. Besides that, if the detailed mineralogy of the borate deposits as well as weathering and mineral transformations of the borate minerals are known, the mining, storing and the marketing problems of these deposits would be reduced considerably. It is also very important that the selling of the processed products of the borate minerals rather than marketing the raw borate materials would be much more profitable. Therefore, to increase to contribution of the borate deposits to the national income, it is advisable to invest on the industry and the substructure which produce the processed products of the borates.

### GİRİŞ

Genç Neojen volkano-sedimanter tortulları içinde yer alan Türkiye borat yataklarının geometrisi, genel olarak tortullar içinde mercek- sel yapılar sunmasına karşın sıkça tortullarla aralanmalar, ince bantlar ve yanal olarak kamalanmalar gösterirler. Borat yataklarında ekonomik değeri yüksek olan kolemanit, üleksit ve boraks gibi bor mineralleri baskın olmasına karşın, bu minerallere eşlik eden diğer bor ve bor olmayan mineraller de mevcuttur. Daha az ekonomik ve daha düşük oranda bulunan bu mineraller, yatakların tenörlerini olumlu ve olumsuz yönde etkileyebildikleri gibi, işletme, stoklama ve pazarlama sırasında sorunlar yaratabilirler. Ayrıca bor minerallerinin, ortamın pH, sıcaklık ve kimyasal şartlara bağlı olarak birbirlerine kısa bir zaman içinde dönüşümleri, belirli bir mineral için yapılan işletmelerde ve daha sonra sırasıyla stoklama ve pazarlamada özgün sorunlar ortaya koyabilirler.

Çalışma süresince Bigadiç, Sultanaçayırı, Kestelek, Emet ve Kırka borat yatakları ayrıntılı olarak incelenerek, işletmelerin açık ve kapalı ocaklarından örnekler derlenmiştir. Tüm mineraller standart toz ve yönlenmiş örnek tekniklerine sahip X-ışını difraksiyon analizlerinin doğrudan kaydedilmesi ile tayin edilmişlerdir.

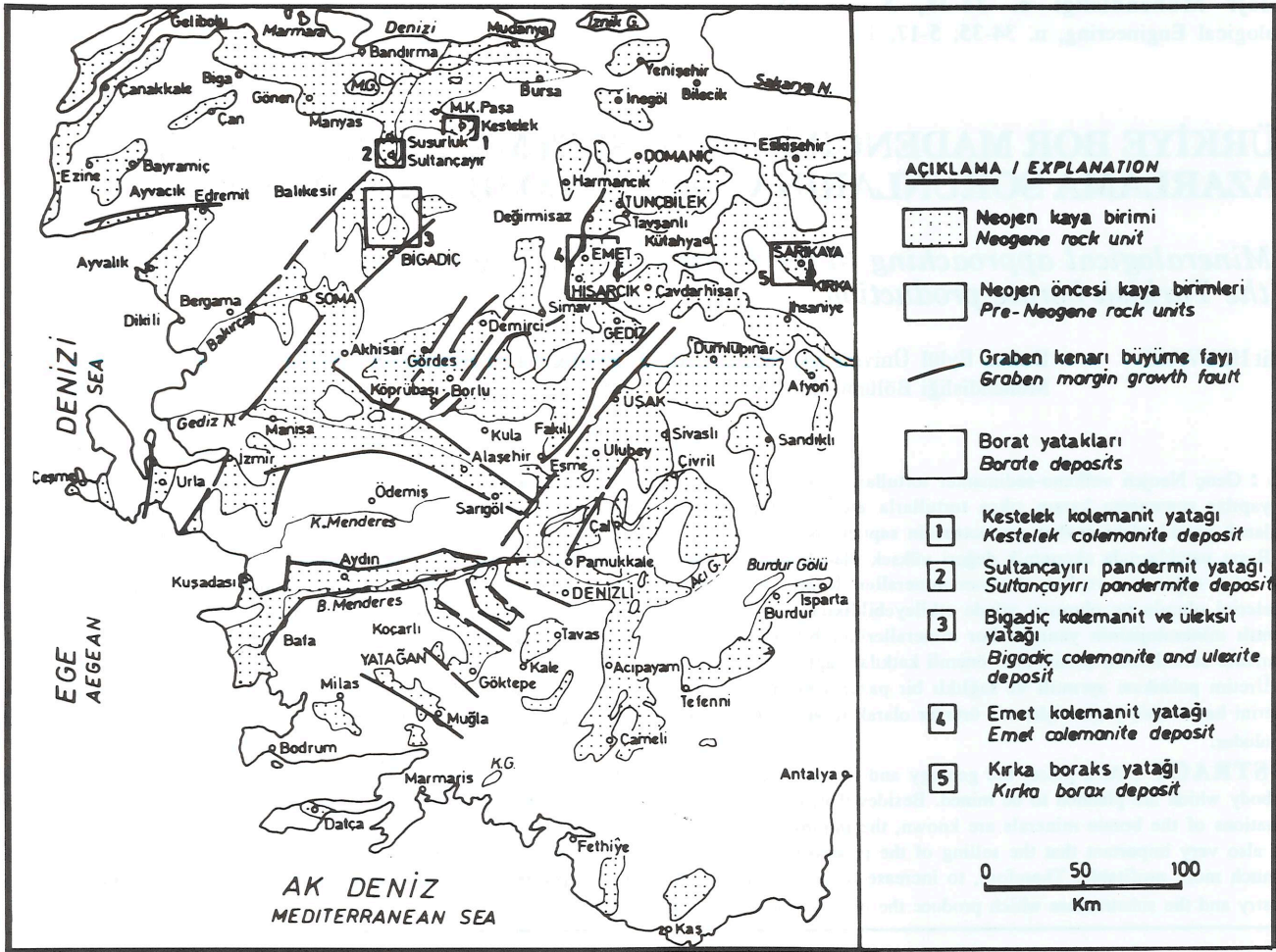
Bu makalenin amacı, borat yataklarının işletme, stoklama ve pazarlama işlemleri sırasında ortaya çıkabilecek sorunlara özellikle mineralojik yönden yaklaşım yöntemlerini ve çözümlerini ortaya koymaktır.

### BORAT YATAKLARININ JEOLojİSİ

Türkiye'nin bilinen borat yataklarının tümü Batı Anadolu'da yer almaktadır. Günümüze dek saptanmış olan borat yatakları, Marmara denizinin güneyinde, doğu-batı doğrultusunda yaklaşık 300 km'lik ve kuzey-güney doğrultusunda ise 150 km'lik bir alan içinde Bigadiç, Sultanaçayırı, Kestelek, Emet ve Kırka bölgelerinde bulunmaktadır (Şekil 1).

Borat yataklarını oluşturan playa göllerindeki tortulların litolojisi, birbirlerinden az çok farklılıklar göstermesine karşın, genellikle çakıltaşı, kumtaşı, tuf, tüfit, kiltası, marn ve kireçtaşlarından oluşur. Borat yataklarının oluştuğu düzeylerin alt ve üst kesimleri kireçtaşı ve kiltaları ile sınırlanırlar. Borat içeren havzalardaki tortullar, yatay ve düşey fasiyes değişimlerine bağlı olarak açık bir devirsellik gösterirler (Şekil 2).

Borat yataklarını oluşturan playa göllerinin çevresinde volkanik faaliyetler çok yaygın olup, genellikle kalkalkalen karakterli ve asitten bazıya kadar değişen volkanitlerin yanısıra, tortullarla aralanmalı olarak bulunan piroklastik kayalar gözlenir. Tüm borat bölgelerinde volkanik kayaların bulunması, borat oluşumu için volkanizmanın gerekli olduğu ve bor getiriminin ortaç ve asidik volkanik kayalara bağlı olduğunu ortaya koyar. Diğer taraftan borat havzalarındaki tortulların büyük bir bölümünün, volkanik kayalardan türemiş gereçler içermesi, bu varsayımı destekler yönde değerlendirilebilir (Helvacı, 1983).



Şekil 1. Batı Anadolu Neojen havzaları ve bunların içindeki borat yataklarının dağılımı.

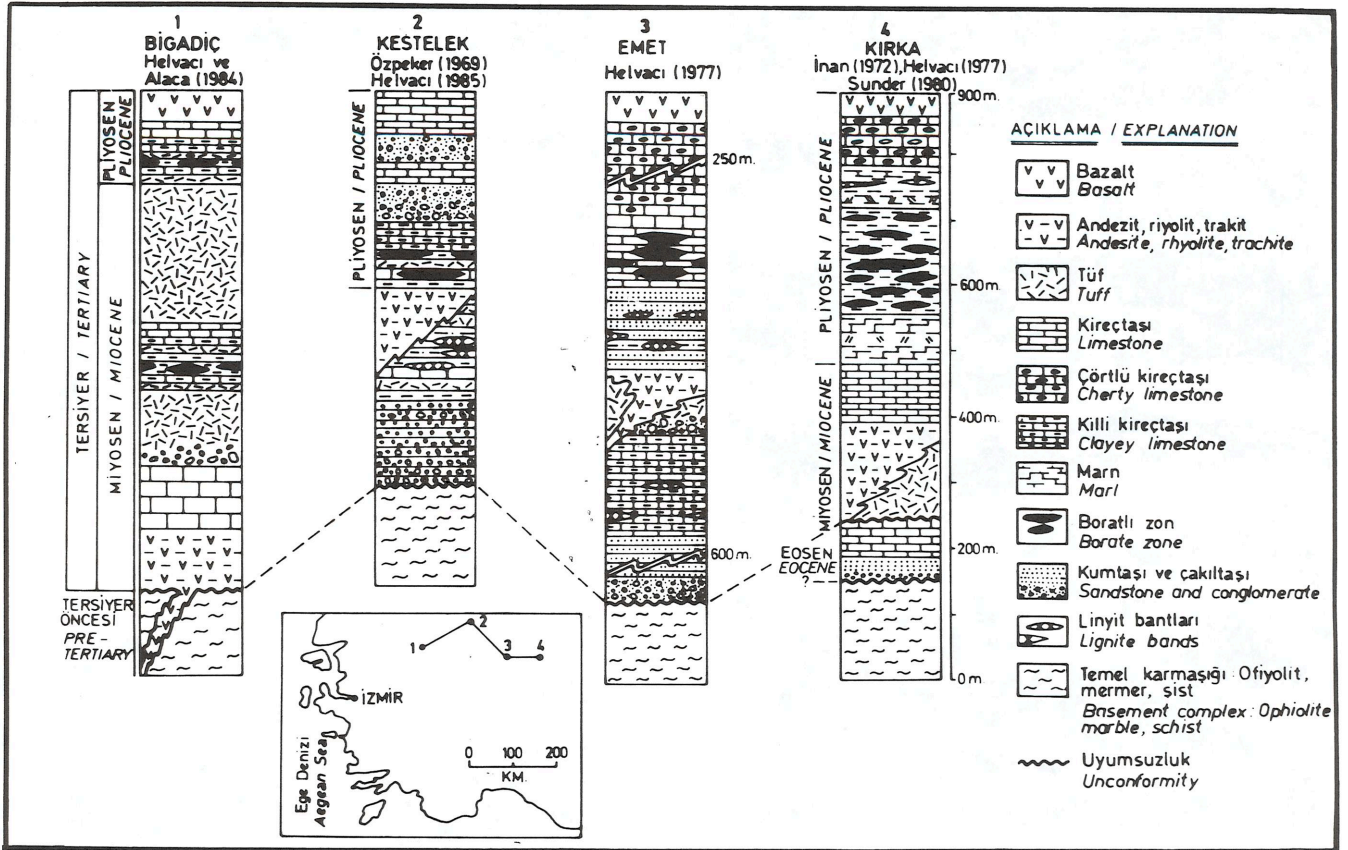
Figure 1. Neogene basins of Western Anatolia and borate deposits distributions in them.

Bigadiç borat yatakları Neojen yaşlı playa göl tortullarından yapıldığı 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 istif, Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı temel karmaşığı üzerine uyumsuzlukla oturur (Helvacı, 1983; Helvacı ve Alaca, 1984; Meixner, 1952, 1953; Özpeker, 1969). Alt ve üst borat yatakları, kurak iklim koşullarında, yerel volkanizmayla bağlantılı olan hidrotermal çözeltiler ve sıcak su kaynakları ile beslenen sahalarda gelişmiş, ayrık veya birbirleriyle bağlantılı olabilen playa göllerinde oluşmuşlardır. Yataklar tuf, tüfit, kil, marn ve kireçtaşları ile arakatlıdır (Şekil 3). Öte yandan Bigadiç bölgesindeki üst tüflerin içinde gelişmiş ve yaklaşık 1.2 milyar ton rezerve ulaşan zeolitler başlıca klinoptilolit ve höylandit mineralleri ile temsil edilirler.

Sultançayırı (Susurluk), Türkiye'nin bilinen en eski borat yataklarıdır. Sultançayırı'ndaki Neojen istif 250 metreyi bulan tatl su tortullarını içerir. Bu istifin alt kesimindeki pandermit, kolemanit ve jips oluşukları, linyitli bir seviyenin üstüne gelen kireçtaşı, marn ve volkanik tüflerin içinde bulunurlar. İstifin üst kesimini, tuf, marn ve kireçtaşı ardalanması oluşturur. (Helvacı, 1985).

Kestelek bölgesindeki Neojen tortulları Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı bir temel karmaşığı üzerine uyumsuz olarak oturur. Tabanda çakıltaşı ve kumtaşı ile başlayan çökeller, linyit düzeyleri içeren kil, marn, kireçtaşı, tuf ve aglomera ile devam eder. Daha sonra ortamın tektonik duyarlılık kazandığı dönemde çökelen boratlı zonda, kil, marn, kireçtaşı, tuf ve borat yatakları oluşmuştur. Bu dönemde volkanik faaliyet artmış ve tortullarla birlikte çökelen tuf ve aglomeraların yanı sıra, andezitik ve riyolitik bileşimli volkanitler gelişmiştir. Bu dönemden sonra bölgedeki istif, gevşek çimentolu konglomera, kumtaşı ve kireçtaşı ardalanması ile tamamlanır (Helvacı, 1985; Özpeker, 1969).

Emet bölgesindeki Tersiyer istif, Paleozoyik yaşlı mermer, mikaşist, kalkışist ve kloritist gibi metamorfik kayalar üzerine uyumsuzlukla gelir. Helvacı'ya (1977) göre, bu istif alttan üste doğru aşağıdaki birimlerden oluşur: (a) çakıltaşı ve kumtaşı (b) marn ve tuf mercekleri içeren ince katmanlı alt kireçtaşı, (c) orta ve asit volkanitler, tuf ve aglomeralar, (d) kömür ve jips bantları içeren çakıltaşı, kumtaşı, kiltası, marn ve kireçtaşından oluşan kırmızı birim, (e) borat yataklarını içeren kiltası, tuf, tüfit ve marn (Şekil 4), (f) kiltası, marn ve çört mercekleri içeren üst kireçtaşı, (g) bazalt. Emet bölgesinde bor yataklarını içeren kiltası, tuf, tüfit ve marnların içinde real-



Şekil 2. Batı Anadolu'da borat yataklarını içeren Neojen havzalarının doğu-batı yönünde genelleştirilmiş stratigrafik eşleştirilmesi.

Figure 2. East-West trending generalized stratigraphic correlation of borate deposits-bearing Neogene basins in Western Anatolia.



Şekil 3. Kurtpınarı açık işletmesindeki (Bigadiç) üst borat zonunda borlarla arıdanma gösteren tüfit, kil, marn ve kireçtaşlarının gösterdiği kıvrımlar.

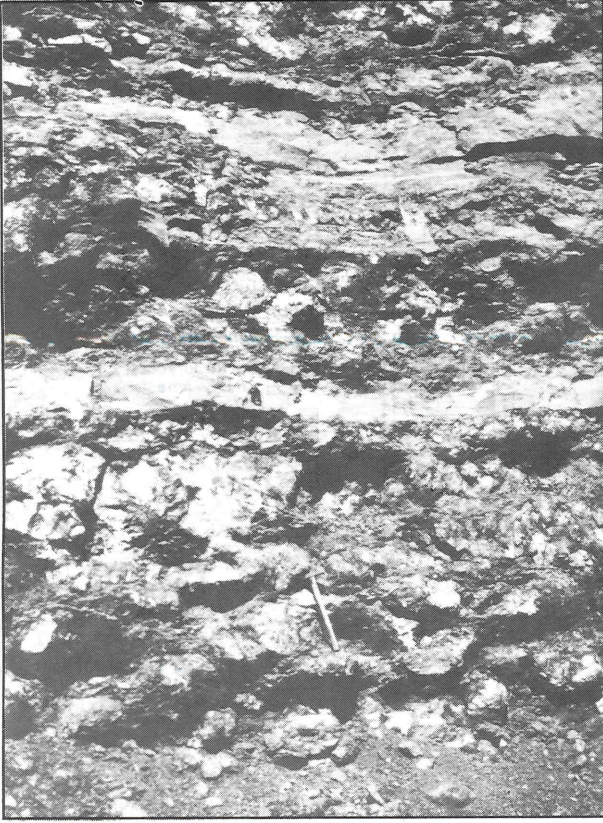
Figure 3. Tuffite, clay, marl and limestone alternating with borates of the upper borate zone showing folds, Kurtpınarı opencast mine (Bigadiç)

gar ve orpiment ile temsil edilen arsenik mineralleri yatakların bazı düzeylerinde önemli yer kapsar ve hatta arsenik sıkça bor minerallerinin kristal yapısına da girmiştir. Arsenik ve bor jenetik olarak yakından ilişkili olup volkanik kökenden kaynaklanmışlardır (Helvacı, 1984).

Kırka borat yataklarındaki Tersiyer volkano-sedimenter istifi, Mesozoyik yaşlı ofiyolit karmaşığı ile Paleozoyik yaşlı metamorfik karmaşığı üzerine uyumsuz olarak oturan fosilli Eosen kireçtaşları ile başlar. Diğer kesimlerde temeldeki karmaşık üzerine doğrudan doğruya Miyosen ve Pliosen tortulları gelir. Bu bölgedeki Neojen istifi, Eosen fosilli kireçtaşları üzerine gelen tüfler ve volkanikler ile başlar. Üste doğru alt kireçtaşı, marn ve tüf, kiltası-borat zonu, üst kiltası, tüf, marn ve ince kömür bantları ile çört düzeyleri içeren üst kireçtaşı ve bazalt birimlerini kapsar (Helvacı, 1977; İnan, 1972; Sunder, 1980).

Borat yatakları, Tersiyer başlangıcından Kuvaterner'e kadar devam eden volkanik aktivitelerin yer aldığı bölgelerde, kıta-içi playa-göl tortulları içinde oluşmuşlardır. Borat yataklarının litolojisi birbirlerinden farklılıklar göstermelerine karşın, genellikle çakıltaşı, kumtaşı, kiltası, tüf, tüfit, marn ve kireçtaşı ile arakatmanlıdır. Borat yataklarındaki tortullar genellikle açık bir devirsellik gösteren, kurak veya yarı kurak iklim koşullarında, bağımsız yada birbirleriyle çeşitli bağıntıları olan havzalarda depolanmışlardır. Tüm borat yataklarında ortaç ve asidik volkanitlerin bulunması, bor getirmesi ve borat oluşumu için volkanik etkinliğin gerekli olduğunu açıklar.

Batı Anadolu bor yatakları, Tersiyer başında tüm Batı Anadolu'yu etkileyen büyüme fayları ve grabenleşme



Şekil 4. Hisarcık açık işletmesinde boratlarla ardalanmış tuf, tüfit, marn ve kilttaşlarının görünüşü (Emet borat yatakları).

Figure 4. Occurrence of tuff, tuffite, marl and claystone alternating with borates at the Hisarcık open-cast mine (Emet borate deposits).

ile volkanik ve sismik yönden aktif sahalarda gelişmiş dağarası kapalı havzalardaki ayrıık veya birbirleriyle bağıntılı olabilen playa-göllerinde oluşmuşlardır (Helvacı, 1983). Bor yatakları ayrııntılı incelendiğinde, katmanların tabaka eğimleri genellikle yataydan 20°ye kadar değişir. Yataklar kuzeybatı-güneydoğu ve kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı gravite fayları tarafından dislokasyona uğramışlardır. Egemen olan fay tipi, eğimleri 30°den düşüye kadar değişen normal faylardır. Bu faylar, çoğu kez bor düzeylerinin parçalanmasına ve zamanla fay zonlarında ayrışmasına neden olmuşlardır. Bazı yataklarda ise tortullar belirgin kıvrımlanma gösterirler (Şekil 5). Bu kıvrımlanmalar, tortullarla birlikte borları da etkilemiş olup, çoğu yerde borların paralanmasına, sucuk ve yersel küçük boyutlu yapıları sunmasına neden olmuşlardır (Şekil 6).

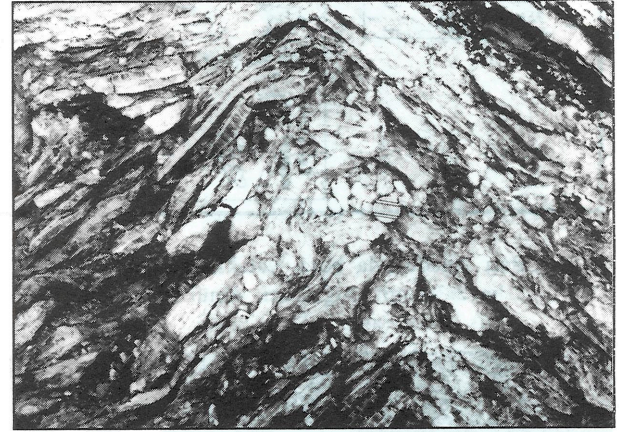
#### BOR YATAKLARININ MİNERALOGİSİ

Türkiye'deki borat yatakları, evaporitlere benzer koşullarda oluşmalarına karşın mineralojik olarak tipik evaporit minerallerini simgeleyen trona, halit vb. gibi mineraller içermezler. Çok yaygın bir kalsiyum borat olan kolemanit, Kırka dışındaki tüm borat yataklarında egemen mineraldir. Diğer taraftan borat yataklarının ayrııntılı mineralojisi önemli derecede farklılıklar gösterir (Helvacı, 1983).



Şekil 5. Bigadiç üst borat zonunda boratlarla ardalanmış tortulların sunduğu belirgin kıvrımlar, Simav açık işletmesi.

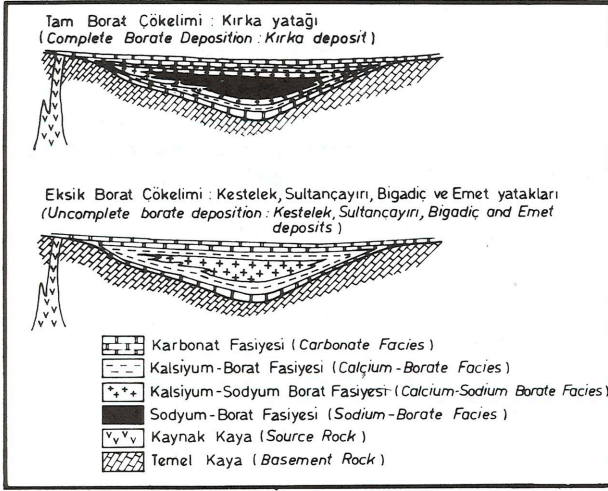
Figure 5. Sediments alternating with the upper borate zone of the Bigadiç deposits showing well-preserved folds. Simav open-cast mine.



Şekil 6. Bigadiç üst borat zonunda kıvrımlanmadan etkilenen borların parçalanma ve sucuk yapıları göstermesi, Kurtpınarı açık işletmesi.

Figure 6. Borates of the upper borate zone of the Bigadiç deposits showing broken and boudinage structures due to the effect of folding. Kurtpınarı open-cast mine.

Tüm yataklardaki boratların, karbonatlı tortulların çökmesini izlemesinden ve kalsiyumlu evaporitlerin ilk önce oluşmasından dolayı, tüm havzalarda ilk çökelen bor mineralleri Ca-boratlardır. Çökeliimin ilerlemesi ve buharlaşmanın hızla devam etmesiyle, Na-Ca boratlar çökelmeye başlar. Ortamın ve Na konsantrasyonunun uygun olduğu bazı yataklarda, çözeltiler Na-Ca borat alanından Na borat alanına, Kırka örneği gibi; diğer yataklarda ise tersine dönerek tekrar Ca-borat çökeliimine neden olurlar (Helvacı, 1983). Buna göre Türkiye'deki Kırka yatağı dışındaki tüm yataklar eksikli bir borat istifi sunarlar. Kırka yatağı, ender rastlanan ve borat minerallerinin çökeliimini eksik yansıtan bir örnek oluşturmaktadır (Şekil 7). Bu noktadan hareket ederek, borat yatakları, Helvacı (1983) tarafından ikiye ayrılmıştır: Ca-borat yatakları



Şekil 7. Tam ve eksik borat çökelişine göre Türkiye bor yataklarının sınıflandırılması.

Figure 7. Classification of the Turkish borate deposits according to complete and incomplete borate deposition.

(Emet, Bigadiç, Kestelek, Sultançayırı), Na-borat yatağı (Kırka).

Türkiye'deki yataklarda gözlenen borat mineralleri, başlıca Ca, Na-Ca, Na ve Mg-boratlarıdır. Kırka, Emet ve Bigadiç'te ender olarak Sr-borat (tunellit) bulunmaktadır. (Baysal, 1972; Helvacı, 1984; Helvacı ve Alaca, 1984). Bunun yanısıra Emet yöresinde Ca-As-boratların varlığı bilinmektedir (Helvacı, 1984). Genel anlamda tüm boratlar içinde kolemanit, üleksit ve boraks, başlıca ekonomik olan bor mineralleridir. Çizelge 1, Türkiye'deki yataklarda bulunan bor minerallerinin tam bir listesini vermekte olup, her bir yatağın kendi minerallerinin karakteristik topluluğunu göstermektedir.

Tüm yataklarda boratlarla birlikte değişik oranlarda borat olmayan mineraller gözlenmektedir. Borat mineralleri, genellikle kalsit, dolomit, anhidrit, jips, sölestin, realger ve orpiment ile birlikte bulunmaktadır. Kalsit, kuvars, zeolit, çört ve jips bütün yataklarda yaygındır. Tüm yataklarda montmorillonit, illit, klorit ve hektorit yaygın kil mineralleridir (Helvacı, 1983).

Bigadiç borat yataklarında her iki borat zonunda da kolemanit ve üleksit egemendir, fakat diğer bor mineralleri olan havlit, probertit ve hidroborasit alt borat zonunda inyoit, meyerhofferit, pandermitt, terçit, hidroborasit, havlit ve tünellit ise, üst borat zonunda bulunmaktadır. Kalsit, anhidrit, jips, höylendit, montmorillonit ve klorit eşlik eden diğer minerallerdir (Helvacı ve Alaca, 1984).

Kestelek yataklarında egemen olarak kolemanit, üleksit ve probertit mineralleri ile ender olarak hidroborasit bulunur. Bor minerallerine kalsit, kuvars, zeolit ve montmorillonit grubu mineralleri eşlik ederler (Helvacı, 1985). Sultançayırı yataklarında egemen mineral pandermittir. Ender olarak kolemanit ve havlit bulunur. Bu yataklarda bor minerallerin eşlik eden ve bol oranda bulunan jips minerali gözlenir (Helvacı, 1985).

Emet bölgesindeki borat düzeyinde, kolemanit değişik şekillerde egemen bileşen olarak yer alır. Diğer boratlar meyerhofferit, üleksit, probertit, tünellit, terüjit, kahnit, hidroborasit ve viçit-A'yı kapsar. Kalsit, jips, sölestin, elementer kükürt, realgar ve orpiment borat olmayan ana minerallerdir. Montmorillonit ve illit kanıtlanan killerdir (Helvacı, 1977, 1984).

Eksiksiz istifin görüldüğü Kırka borat yatağında, boraks, kernit, tinkalkonit, üleksit, inyoit, meyerhofferit, kolemanit, inderborit, hidroborasit, kurnakovit, inderit ve tünellitten oluşan bor minerallerine, saponit, illit, kaolinit, dolomit, kalsit, magnezit, stransiyonit, anhidrit, jips, globerit ve kalsedondan oluşan gang mineralleri eşlik ederler. (Helvacı, 1977; İnan, 1972; Sunder, 1980)

## BOR MİNERALLERİNİN DÖNÜŞÜMLERİ VE AYRIŞIMLARI

Türkiye'deki bor yataklarının tümünde birçok değişik bor ve diğer minerallerin bulunmasına rağmen baskın olan ve yataktan yatağa değişen bir veya iki bor minerali mevcuttur. Yataklar ayrıntılı incelendiğinde Kestelek yatağında kolemanit ve probertit, Sultançayırı yatağında pandermitt, Bigadiç yataklarında kolemanit ve üleksit, Emet yataklarında kolemanit ve Kırka yatağında ise boraks mineralinin baskın olduğu görülür. Tüm bu yataklarda ekonomik olarak üretilen cevherler de yukarıda sözü edilen mineralleri içermektedir.

Yatakların belli düzeylerinde bor minerallerinden herhangi birisi baskın olmasına karşın, hiçbir zaman yüzde yüz saflığa erişecek düzeylerde değildir ve çoğu kez bu baskın minerale bor ve bor olmayan mineraller eşlik ederler. İşte, azda olsa bu tür mineral karışımları, ileride tartışılacak üretim, stoklama ve pazarlamada kendilerine özgü sorunlar çıkarabilirler.

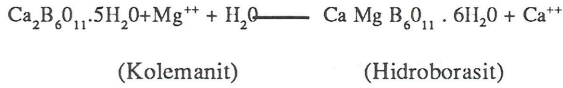
Yatakların ilk oluşumlarından sonra, diyajenez safhasında yatakların üstündeki örtü kalınlığına, tektonik olaylara ve yeraltısularına bağlı olarak birtakım mineral dönüşümleri meydana gelebilir. Hernekadar Türkiye'deki yatakların hiçbiri büyük çapta bir değişmeye uğramamasına karşın, belli oranlarda mineral dönüşümleri gözlenmiştir.

Herşeyden önce, bünyelerinde daha fazla su kapsayan mineraller diyajenez sırasında sularının bir kısmını kaybederek aynı seriden az sulu minerallere dönüşürler. Bu durum, birçok yataklarda gözlenir, örneğin Kırka yatağında borakstan gelişen tinkalkonit (Şekil 8) ve/veya kernit gibi; veya Kestelek ile Bigadiç yataklarında gözlenen üleksitten gelişen probertitlerdir (Şekil 9). Aynı durum Ca-boratlar için de sözkonusu olabilir ve birçok Amerikan borat yataklarında gözlenmelerine karşın Türkiye'deki yataklarda kesin veriler elde edilememiştir. (Helvacı, 1978).

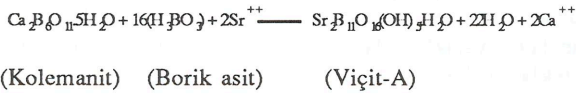
Diğer taraftan borat yataklarındaki bor mineralleri ile yan kayaçlar olan killer ve tüfler arasındaki iyon değişimleri sonucu ilksel minerallerden diyajenez sırasında ikincil mineraller oluşabilir. Bu tür oluşumlar hemen hemen tüm yataklarda gözlenir. Emet ve Bigadiç yataklarında gözlenen hidroborasit mineralinin büyük bir kesimi kolemanit ile Mg'ca zengin killerin reaksiyonları sonucu oluşmuştur (Şekil 10).



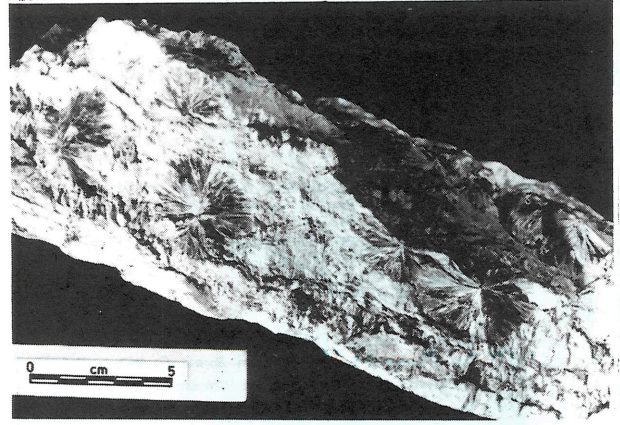
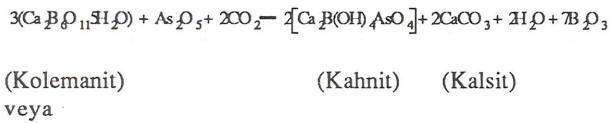
Şekil 8. Yüzeyden itibaren çok ince bir film tabakası halinde tinkalkonite dönüşen boraks kirstalleri, Sarıkaya açık işletmesi, Kırka.  
Figure 8. Borax crystals with tinalconite formation as a thin film coat on surface, Sarıkaya opencast mine, Kırka.



Diğer taraftan, Emet yataklarında ender olarak gözlenen viçit-A minerali, kolemanit ile katmanlar arası borca ve Sr'ca zengin çözeltilerin reaksiyonları sonucu oluşmuştur (Şekil 11).



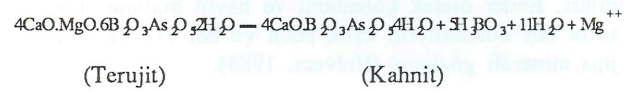
Yine Emet yataklarında ender olarak gözlenen kahnit mineralinin, terujitten (Şekil 12) veya kolemanitten (Şekil 13 ve 14) diyajenez sırasında oluştuğu gözlenir ve bu oluşumlar aşağıdaki formüllerle açıklanabilir:

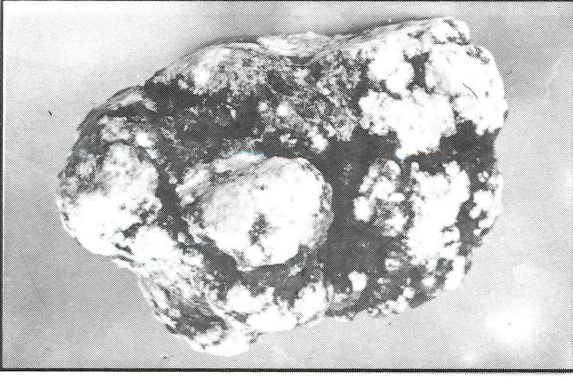


Şekil 9. Üleksit içindeki ışınsal kristallerden oluşan probertit nodülleri öngünevi ocağı, Bigadiç,  
Figure 9. Probertite noduls with radiating crystals in ulexite, Öngünevi mine, Bigadiç,



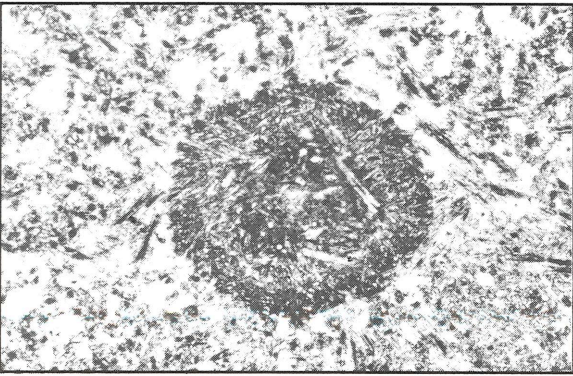
Şekil 10. Kolemanitin hidroborasite ayrışması sonucunda gelişen kolemanit-hidroborasit birlikteliği, Hisarcık ocağı, Emet.  
Figure 10. Colemanite and hydroboracite coexisting due to colemanite alteration to hydroboracite, Hisarcık mine. Emet.





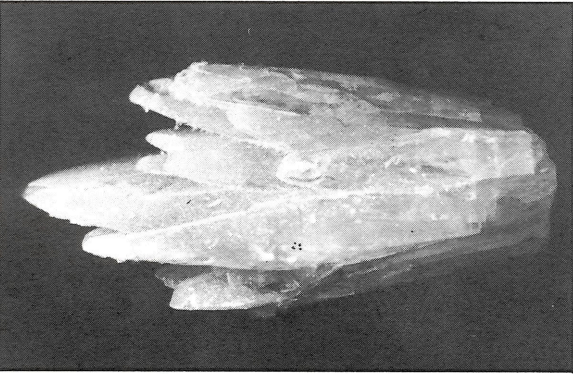
Şekil 11. Birarada bulunan viçit-A mineralinin çok küçük nodüllerinin karnabahar şeklinde görünümü, Killik ocağı, Emet.

Figure 11. Very small nodules of veatchite-A associated together showing cauliflower appearance, Killik mine, Emet.



Şekil 12. Terujit minerali içinde gelişen kahnit küreciği, Hisarcık ocağı, Emet.

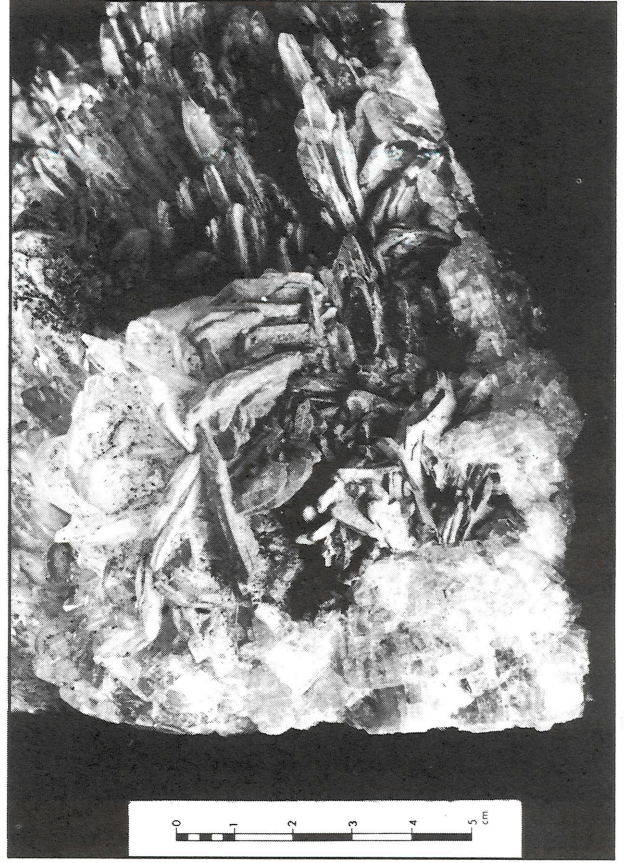
Figure 12. A spherulite of cahnite occurring in the terugite masses, Hisarcık mine, Emet.



Şekil 13. Özbiçimli kolemanit kristallerinin üzerinde sıvama halinde gelişen kahnit, Espey ocağı, Emet.

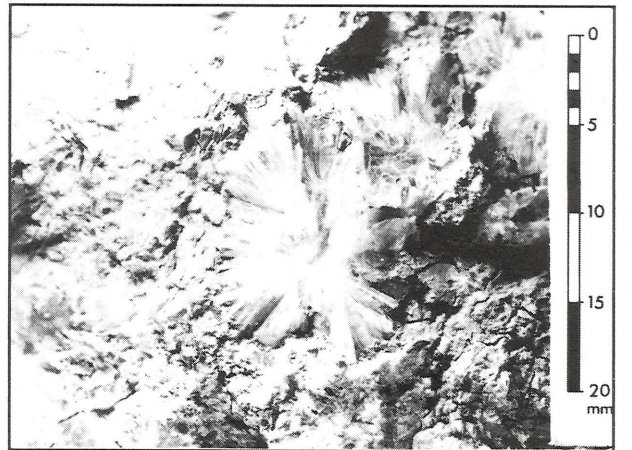
Figure 13. Cahnite occurring as a coating on euhedral colemanite crystals. Espey mine Emet.

Emet ve Bigadiç yataklarında gözlenen tunellit minerali için de benzer oluşumlar sözkonusudur. Özellikle Bigadiç yataklarından Öngünevi ve Arkagünevi ocakların-



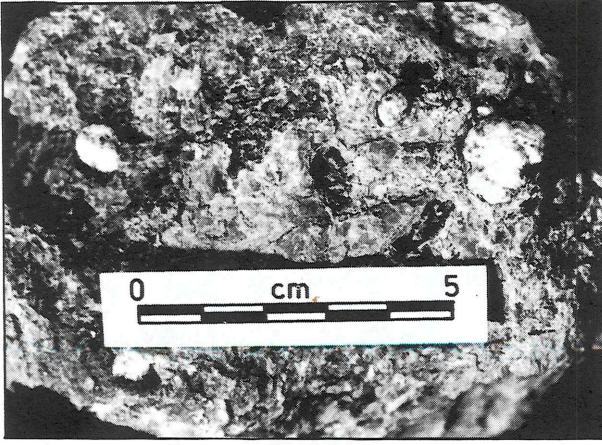
Şekil 14. Özbiçimli kolemanit kristalleri üzerinde sıvama şeklinde gelişen kahnit minerali, Espey ocağı, Emet.

Figure 14. Cahnite coating on euhedral colemanite crystals. Espey mine, Emet.



Şekil 15. Işınsal yapılı küçük beyaz renkli tunellit nodülünün killer içinde büyümesi, Killik ocağı, Emet.

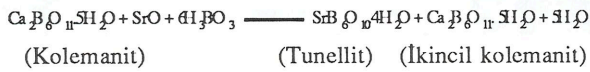
Figure 15. Small white tunellite nodules with radiating structures growing in the interbedded clays, Killik mine, Emet.



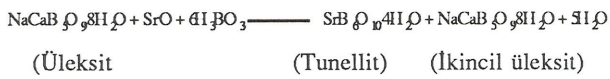
Şekil 16. Kolemanit ve ardalanan killerin reaksiyonu ile diyajenez sırasında gelişen beyaz renkli havlit yumruları, Kurtpınarı ocağı, Bigadiç.

Figure 16. Hawthite nodules forming with the reaction between colemanite and alternating clays during diagenesis, Kurtpınarı mine, Bigadiç.

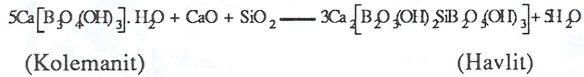
da yaygın olarak gözlenen tunellit minerali yine diyajenez sırasında katman arası bor ve stronsiyumca zengin sularla çözülmüş kolemanit ve üleksitlerden (Şekil 15) aşağıdaki formüllerde gösterildiği gibi oluşabilir:



veya

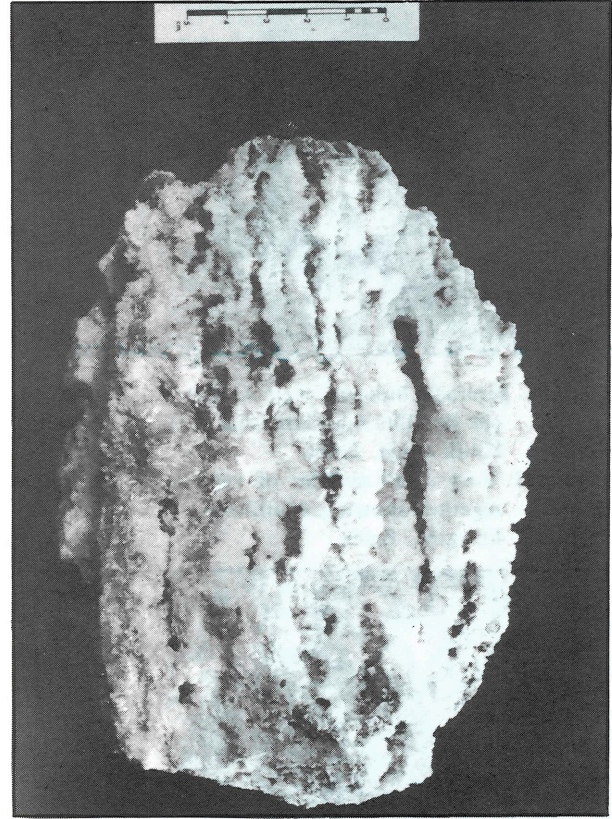


Yukarıdaki örneklere benzer olarak Bigadiç ve Sultançayırı yataklarında gözlenen havlit minerali de diyajenez sırasında kolemanitin çevresindeki kil ve tüfler ile reaksiyona girmesi sonucu aşağıdaki gibi oluşabilir (Şekil 16):



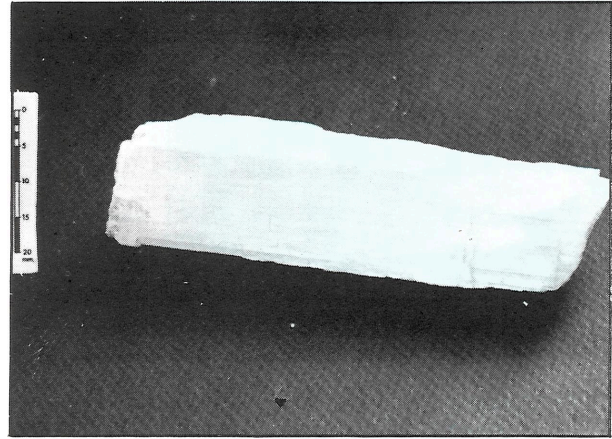
Tüm evaporit yataklarında olduğu gibi, boratlar da çok çabuk ayrılmaya uğradıklarından yüzeyde gözlenmesi oldukça zordur. Yüzeyleyen veya herhangi bir şekilde su ve hava ile temasa geçen bor mineralleri çok kısa zamanda çözünürler ve ayrışır. Özellikle suyun ve atmosferik şartların bulunduğu ortamlarda su ile birleşen CO<sub>2</sub>, karbonik asit oluşturarak bor minerallerini kolaylıkla çözer. Aynı şekilde CO<sub>2</sub>'ce zengin yeraltı suyu da temasa geçtiği borları rahatlıkla çözerek ayrıştırır.

Atmosferik etkilerin altında bulunan yüzey veya yüzeye yakın yataklar ile fay ve çatlaklarda karbondioksitli sularla temas eden bor mineralleri ayrışır ve borik asit yıkanarak ortamdan uzaklaşırken geride ayrışma ürünlerini bırakırlar. Kolemanit ve üleksitli düzeylerde borik asit yıkanıp ortamdan uzaklaşırken geride ayrışma ürünü olarak ikincil kalsit minerali kalır, bu bor işlet-



Şekil 17. Kolemanitin ayrışması sonucunda oluşan kalsit. Örneğin orta kesiminde henüz kalsite dönüşmemiş kolemanit kristalleri, Espey ocağı, Emet.

Figure 17. Calcite forming as an alteration product of colemanite. Colemanite crystals which are not yet altered to calcite in the middle of the sample, Espey mine, Emet.



Şekil 18. Üst yüzeyinde ince taneli, beyaz renkli ve sıvama şeklinde tinkalkonit gelişen kernit kristalleri, Sarıkaya yataı, Kırka.

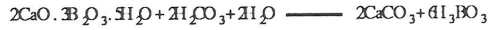
Figure 18. Kernite crystals with tincalcane occurring as a thin fine-grained coat on upper surface, Sarıkaya deposit, Kırka.



melerinde şekerleme olarak tanımlanır (Şekil 17). Bu ayrışmalar aşağıdaki reaksiyonlarla özetlenebilir:



(Kolemanit) (Kalsit)  
veya



(Kolemit) (Karbonik asit) (Kalsit) (Borik asit)

Kırka yatağında olduğu gibi sodyumlu boratların basım olduğu yataklarda, çözünme yıkanma ve ayrışma çok daha hızlı gelişir. Yüzeyleyen boraks veya kernit mineralleri birkaç gün içinde minerallerin yüzeylerinden başlayarak kimyasal bileşimlerindeki molekül suyunu kaybederek (boraksta olduğu gibi) veya bünyesine su alarak (kernitte olduğu gibi) tinkalkonite dönüşürler (Şekil 8 ve 18). Bu dönüşümler aşağıdaki formüllerle açıklanır:



(Boraks) (Tinkalkonit)

veya



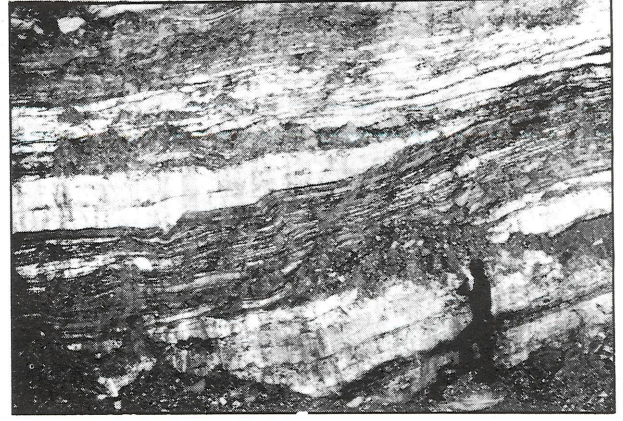
(Kernit) (Tinkalkonit)

## BOR MİNERALLERİNİN İŞLETME VE ÜRETİM SORUNLARI

Türkiye'deki borat yataklarından Kırka yatağında tam borat çökelişi, diğer yataklarda eksik borat çökelişi gözlenir (Şekil 7). Tam borat çökelişinde mineralleşme Ca-Na boratlar, Na boratlar, Na-Ca boratlar ve tekrar Ca boratlar ile sonuçlanır. Eksik borat çökelişi gösteren yataklarda Na boratlar gözlenmez ve Ca boratlar ile Ca-Na boratlar tekrarlanır, fakat çökelim genel kural olarak Ca boratlar ile başlar ve tekrar Ca boratlar ile sonuçlanır (Şekil 7). Her iki çökelim örneğinde de ilk ve son olarak çökelen boratlar diğerlerini çevreler ve zarf şeklinde örter. Yatak kesitlerinde, zonlanma havza kenarlarında Ca boratlar ile başlar ve yatak ortalarında, eğer çökelmüşse, Na boratlara geçer. Şekil 7'den anlaşıldığı gibi yataklarda yatay ve düşey yönde mineral zonlanması gözlemlendiğinden ve geçiş kesimlerinde farklı mineraller birarada bulunduğu üretim sırasında bu husus özellikle gözönüne alınmalıdır.

Genel olarak, Kestelek yatağından kolemanit ve probertit, Bigadiç yataklarından kolemanit ve üleksit, Emet yatağından kolemanit ve Kırka yatağından boraks üretimi yapılmaktadır. Sultançayırı yatağından pandermite üretimi yapılmış ve yatağın bilinen kesimleri tüketilmiştir.

Halen üretim yapılan ve ileride üretim yapılması planlanan yatakların ayrıntılı jeolojisi ve tektoniği bilinmelidir. Hernekadar boratlar yan kayalar içinde mercekli yapılar sunmalarına karşın, bazı yataklarda kilttaşları, çamurtaşları ve ayrılmış tüflerle ince ardalanmaların önceden bilinmesi üretim maliyetlerinin düşük olmasına ve üretim şeklinin önceden sıhhatli planlanmasına olanak sağlayacaktır.



Şekil 19. Üleksit damarlarının yatay yönde merceklenme, sıkma ve açmalar göstermesi, Kurtıpınarı ocağı, Bigadiç.

Figure 19. Ulexite veins showing lensoidal, broken and boudinage structures laterally, Kurtıpınarı mine, Bigadiç.

Diğer taraftan, çok fazla faylanma ve kıvrımlanma gösteren yataklarda, fay atımlarının sıhhatli şekilde tayin edilmesi, kıvrım sistemlerinin ayrıntılı ortaya konması üretim çalışmalarına büyük ışık tutacaktır. Ayrıca bu tür ayrıntılı çalışma, üretim için gerekli sondaj giderlerini azaltacaktır. Fay zonlarında bor mineralleri son derece kolay ayrıştığından fay zonlarının ayrıca özenle araştırılması üretim öncesi bu tür ayrıntılı çalışma yapılmadığından daha sonra yapılan sondajlar vs. ile üretim giderleri artmıştır (Helvacı, 1977).

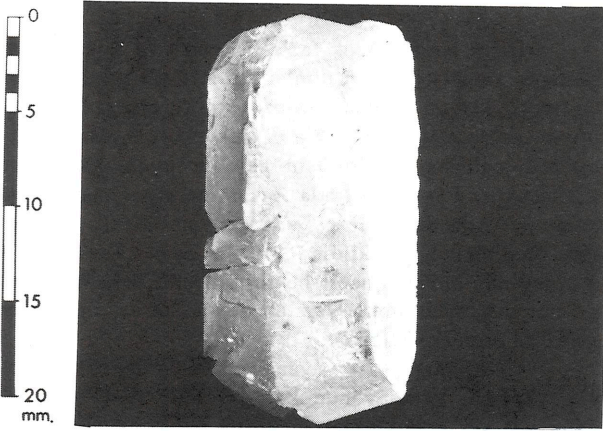
Kıvrımlanmaya uğrayan yataklarda damarlarda sükuk yapıları, yatay yönde kalınlaşmalar incelmeler ve hatta yer yer kopukluklar meydana geleceğinden üretim yapılan damarın devamını bulmakta özellikle kapalı işletmelerde güçlükler çıkabilir. Bu tür yapılar açık işletmelerde bile sorun yaratabilir. Bu yapılar Bigadiç yataklarında özellikle Kurtıpınarı ocaklarında gözlenmektedir (Şekil 19).

Üretim yapılan yataklardaki cevherlerin ayrıntılı mineralojisinin bilinmesinin yanısıra tenör artırıcı diğer bor minerallerinin varlığı da saptanmış olur. Örneğin, Emet Hisarcık yatağında kolemanit cevheri içindeki terujit ve kahnit minerallerinin bulunması B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yüzdesinin düşmesinin yanısıra As<sub>2</sub>O<sub>5</sub> içermeleri yönünden de bazı kullanım alanları için zararlı olabilir. Ayrıca adı geçen bu iki mineralin beyaz renkli olmalarından dolayı diğer bor minerallerinden ayrılmalari da oldukça güçtür (Şekil 12, 13 ve 14). Diğer taraftan Emet Espey ve Killik ocaklarından alınan kolemanitlerin içinde çok azda olsa viçit-A ve tunellit minerallerinin oluşu üretilen cevherlerin B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yüzdesinin belli oranda artmasına neden olurlar (Şekil 11 ve 15). Bigadiç yataklarından da bu duruma örnek verilebilir. Öngünevi ve Arkagünevi ocaklarından üretilen üleksit cevherlerinin içinde belli oranda tunellit mineralinin varlığı B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlerinin veya yüzdesinin sürekli artmasına sebep olduğundan dolayı çoğu alıcılar tarafından tercih edilmektedir. Özetle, bu tür konulara



Şekil 20. Kolemanit nodülünün boşluğunda boyutları 5 cm'e varan özbiçimli kolemanit kristalleri, Espey kapalı işletmesi, Emet.

Figure 20. Euhedral colemanite crystals up to 5 cm in length in the vugh of colemanite nodule, Espey underground mine, Emet.

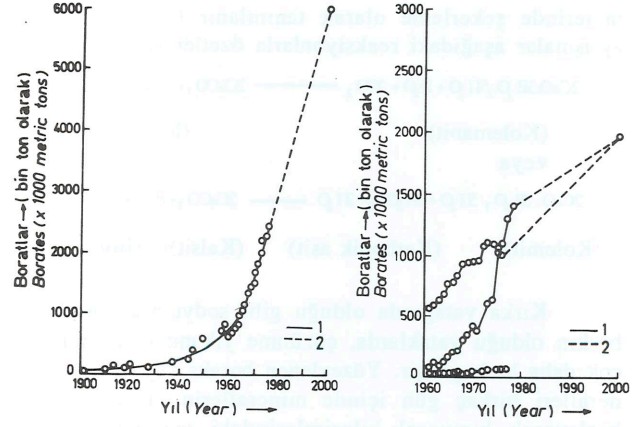


Şekil 21. Çok düzgün yüzeyler sunan özbiçimli kurnakovit tek kristali, Kırka yatağı.

Figure 21. Euhedral kurnakovite crystal with well developed faces, Kırka deposit.

açıklık getirmek için cevher mercleklerinin yanal değişimleri, mineral dönüşümleri ve ayırma durumlarının önceden tespit edilmesi ve bilinmesi gerekir. Bu tür çalışmalar, üretilen cevherlerin tenörlerini kontrol etmekte yararlı olduğu gibi istenilen cevher durumuna veya pazar durumuna göre de üretim yapabilme kolaylığını sağlayacaktır.

Yatakların tümünde gözlenen çok düzgün özbiçimli mineral kristallerinin mutlaka ayrı üretimi ve pazarlaması yapılmalıdır. Bu tür cevherler büyük bir titizlikle üretilmeli ve çeşitli yurt içi ve dışındaki müzelerle, üniversitelere ve özel koleksiyonculara pazarlanması yapılabilir. Bu tür kristal değeri ve önemi olan bor mineralleri hemen hemen tüm yataklarda mevcuttur. Kestelek yatağındaki düzgün kolemanit kristalleri Bigadiç ve Emet'teki düzgün kolemanit kristalleri (Şekil 20) yanısıra ender rastlanan terujit, kahnit ve havlit gibi mineraller ve Kırka yatağındaki çok düzgün biçimli kurnakovit kristal-



Şekil 22. A. Son yüzyıllık dönemde Dünya borat üretiminin artış eğrisi (Ozol, 1983'den).

B. 1961 yılından 2000 yılına kadar borat üretimi (Ozol, 1983'den).

1. Gerçekleşen, 2. Tahmin edilen, a. ABD, b. Türkiye, c. Arjantin.

Figure 22. A. World's borate production increase curve during last century (After, Ozol, 1983).

B. Borate production from 1961 to 2000 (After Ozol, 1983).

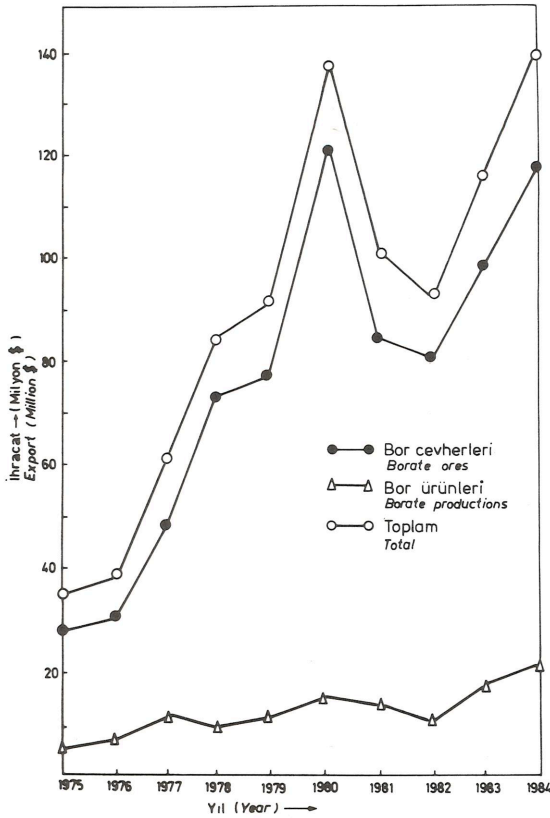
1. Realized, 1. Estimate, a. USA, b. Turkey, c. Argentina.

lerinin (Şekil 21) kristal değerleri ender oluşlarından dolayı çok yüksektir.

Bor üretimleri sırasında yan ürün olarak (by product) tüm yataklarda gözlenen killer, zeolitler, arsenik ve stronsiyum mineralleri değerlendirilmelidir. Özellikle Etibank ile Çimento Sanayi'nin arasında üretim ve teknolojik bağlantılar kurularak bor üretimi sırasında ortaya çıkan yeterli miktardaki kıltaşları ve kireçtaşlarının çimento yapımında değerlendirilmesi her iki kuruluşun da yararına olacaktır ve üretim giderlerini ortak yatırımlardan dolayı % 50 oranında düşürecektir. Yatakları örten kalın kireçtaşı, marn ve kıltaşlarının kazı masrafları böylece yarıyarıya indirildiği gibi verimli tarım sahalarının da tumba sahası olarak kullanılmasına gerek kalmayacaktır.

Dünya Borat üretimi ABD Maden Dairesi tarafından yayınlanan verilere göre 2.4 milyon tonu aşmıştır ve 2000 yılına doğru bu üretimin 6 milyon tona ulaşacağı tahmin edilmektedir. Mevcut üretim tempolarının korunması durumunda 2000 yıllarına doğru Türkiye'nin borat üretimi, aynen ABD gibi 2 milyon tona ulaşacaktır. Arjantin'de önemli miktarlarda borat üretimi yapılmaktadır (Şekil 22 A).

2172 sayılı Devletleştirme Yasası'nın uygulanmaya konulduğu 1979 yılından beri çeşitli bor yataklarında Etibank tarafından yapılan çalışmalar sonucunda Türkiye'nin toplam dünya rezervlerinin % 80'ine varan yataklara sahip olduğu anlaşılmıştır. Dünya bor rezervi yaklaşık 3.405 milyar tondur ve bunun 2.737 milyar tonu Türkiye'de bulunmaktadır. Kırka bölgesinden yapılan boraks; Emeç, Bigadiç ve Kestelek bölgelerinden yapılan



Şekil 23. Türkiye bor cevher ve ürünlerinin toplam ihracat gelirleri.

Figure 23. Total export incomes of the Turkish borate ores and products.

kolemanit ve üleksit üretimleri ile Türkiye'nin dünya pazarlarına egemen duruma geleceğine kesin gözü ile bakılabilir.

### BOR CEVHERLERİNİN STOKLAMA SORUNLARI

Yukarıda mineraloji bölümünde açıklandığı gibi bor mineralleri atmosferik koşullara karşı, özellikle su ve havaya karşı, son derece duyarlıdır. Sulu ortamda birçok bor minerali kısa bir zaman aralığı içinde çözünerek ayrışmaya başlarlar.

Atmosferik koşullarda, özellikle nemli ortamlarda su ile karbondioksitin birleşerek karbonik asit oluşturduğu bilinen bir reaksiyondur. Suların içinde ayrıca erimiş şekilde karbondioksitin varlığı bilinmektedir. Bu tür yerüstü ve yağmur suları bor cevherleri ile temas edince bor minerallerini çözer ve çözünen bu minerallerden ortaya çıkan borik asit ortamdan yıkanarak uzaklaşır. Bor cevherlerini oluşturan minerallerden bazılarının sudaki erime oranı son derece fazladır. Örneğin Na boratlar Ca boratlara oranla suda daha hızlı ve çabuk erirler. Dolayısıyla Na içeren boratların su ve hava ile temaslarının asgariye indirilmesi gereklidir.

Stoklama ile ilgili bir diğer önemli konu ise stoklanan cevherlerin stok yerlerinde bekletilme süresidir. Çünkü su ve havanın yanısıra uzun süre stoklarda bekletilen cevherler ayrışmaya uğrayacaklarından dolayı  $B_2O_3$

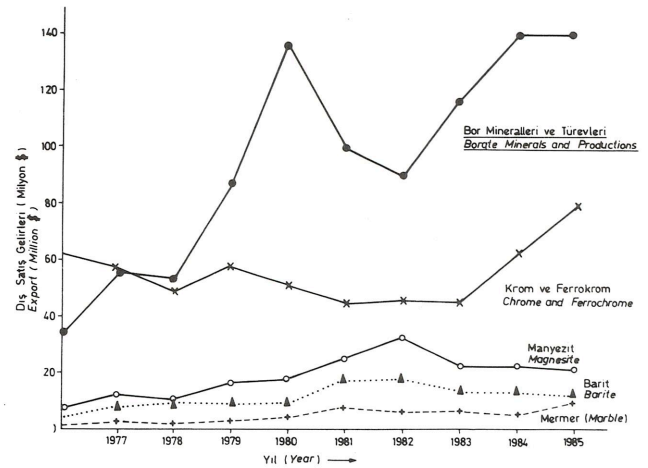
yüzdeleri bekleme süresine paralel olarak düşecektir. Bütün bu sözü edilen konular gözönüne alındığında stok sahalarının mutlaka kapalı ortamlarda yapılması, örneğin silolar şeklinde veya kapalı depolar şeklinde, depo zeminin mutlaka beton kaplanması, su ve hava şartlarından uzak tutulması ve de stoklarda cevherlerin uzun süre bekletilmemesi gereklidir. Üretim ve stoklama, pazarlama koşullarına paralel yürütülmesi halinde bu sorunların bir kısmının üstesinden gelinebilir.

Konsantrasyon fabrikalarında da benzer sorunlar gözlemlenebilir. Konsantre edilen cevherlerin, sulu ortamdan en kısa zamanda uzaklaşması temin edilmelidir. Ayrıca konsantrasyon işleminden geçen cevherlerin yatakları mineralojik yönden önceden ayrıntılı incelenmelidir. Böylece cevherlerden ne tür bileşenlerin veya farklı minerallerin ayrılacağı önceden saptanarak kolaylıklar elde edilebilir.

### BOR CEVHERLERİ VE ÜRÜNLERİNİN PAZARLAMA SORUNLARI

Bor ürünleri çağımızın modern teknolojisinde seçkin bir yere sahiptir. Endüstri ile, ziraat ile, ulaştırma ile, kısaca, birey ve toplum çalışmalarının her kesiminde insanlığın en zorlu gereksinmelerine cevap veren bor ürünleri gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Başta cam, seramik, emaye, metalurji, sabun, deterjan sanayi ve tarım sektörü olmak üzere, bor ürünleri çok değişik tüketim alanlarında kullanılmaktadır.

Bor cevherleri ve ürünlerinin yurt içi ve yurt dışı kullanım pazarlama alanlarının genişletilmesi için Eti-bank'ın birçok müessese ile ortak araştırma ve çalışmalar yapması kaçınılmazdır. Bu konuda Eti-bank'ın demir çelik, çimento, cam, deri, kimya, deterjan müesseseleri veya sanayileri ile ortak yatırımlar yaparak araştırmalar yapması



Şekil 24. Bor mineralleri ve türevlerinin dış satış gelirlerinin, Türkiye'nin diğer önemli cevher ve ürünlerinin dış satış gelirleriyle karşılaştırılması.

Figure 24. Correlation of the export incomes of the Turkish borate ores and products with the export incomes of the Turkey's other important ores and products.

bor ürünlerinin kullanım oranlarını arttırdığı gibi yeni kullanım alanlarının saptanmasında da yararlı olacaktır.

Herşeyden önce borların, özellikle yurtdışına, ham cevher yerine sanayi ürünleri olarak pazarlanması Türkiye'nin döviz girdisini büyük oranda artıracaktır. Diğer taraftan cevher olarak yapılan dış ve iç satımlarda özel durumlar mutlaka göz önüne alınmalıdır. Örneğin çok güzel özbiçimli kristal şekilleri sunan her türlü bor kristalleri (Kestelek kolemanitleri gibi) ile ender bor mineralleri, çeşitli enstitülere, koleksiyoncular, müzeler vb. ayrıca pazarlanmalıdır. Özel kullanım alanlarında ise yüksek ve düşük tenörlü cevherler karıştırılarak tüm cevherlerin değerlendirilmesi ve pazarlanması sağlanmalıdır.

2712 sayılı devletleştirme yasasına paralel olarak bor ürünlerinin satış fiyatları da en az on katı artarak 290-350 dolar/tona erişmiştir. Ayrıca, Etibank'ın Kırka, Emet, Bigadiç ve Kestelek yataklarındaki üretimi ile Bandırma Boraks Fabrikası ve Kırka Bor türevleri tesisindeki ürünlerin 1983 yılı net kârı 21 milyar lirayı bulmuştur (Ürünlerin % 95'i yurt dışına satılmaktadır) (Şekil 23). 1985 yılında çıkarılan 3213 sayılı Maden Kanunu ile mevcut bor yataklarının Etibank bünyesinde bırakılması ülke yararına olmuştur. 1985 yılında bor ihracatından 140 milyon dolar döviz sağlanmıştır (Şekil 24). Etibank'ın yapmış olduğu belirgin atılım, Türkiye'yi kısa bir süre içinde Dünya pazarlarına egemen duruma getirmiştir.

1985 yılında bor mineralleri ve türevlerinden elde edilen toplam dış satış gelirleri, diğer önemli maden ürünleri dış satım toplam gelirlerinden daha fazladır (Şekil 24).

## SONUÇLAR

Bor cevherlerinin işletmeciliğinde, yatakların geometrisinin yanısıra mineralojik bileşimleri de son derece önemli yer tutar. Ekonomik değeri yüksek olan kolemanit, üleksit ve borakstan başka bu minerallere eşlik eden bor ve bor olmayan mineraller özellikle killer, zeolitler ve arsenik minerallerinin borlarla birlikte değerlendirilmesi de son derece önemlidir. Ayrıca bu alanda araştırma ile uygulama birleştirilerek ileriye dönük planlı araştırmalara hız verilmelidir. Hiç şüphe yok ki bu tür politika ise ancak devlet eliyle güçlü bir biçimde gerçekleştirilebilir.

Bu çalışma sonunda araştırma ve uygulamaya yönelik olarak aşağıdaki sonuçlar özetlenebilir:

1. Borat yataklarını içeren playa-göl volkanosedimenter tortullar yaklaşık benzer istifler sunarlar.

2. Bor yataklarını içeren volkanosedimenter istiflerin içinde bor yataklarının yanısıra ayrıca ekonomik değere sahip zeolit, arsenik, kil, kömür ve kireçtaşı gibi işletilmeye değer endüstriyel hammaddeler mevcut olup, borlarla birlikte kazanılması gereklidir.

3. Borat yataklarından kolemanit, üleksit, pandemit, boraks ve hidroborasit ekonomik mineraller olarak üretilmektedir.

4. Ender bor mineralleri ile özbiçimli, düzgün tüm mineraller işletme sırasında ayrı olarak değerlendirilerek daha yüksek fiyatla çeşitli müze, koleksiyoncu ve diğer kuruluşlara pazarlanmalıdır.

5. Tüm önemli ekonomik bor minerallerinden birçok ekonomik element analizleri yaptırılmalıdır. Bu

sayede bu çok değerli minerallerin içinde Sr, Li, Sb, Ag, As gibi değerli kaynakların varlığı ortaya konacaktır.

6. Bor mineralleri ve çevresindeki kayalar arasında çeşitli iyon değişimleri ile atmosferik koşulların etkisi sonucu, özellikle CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O varlığı, bor minerallerin çözümlerine, yeniden kristalleşmelerine ve çeşitli mineral dönüşüm ve oluşumlarını sonuçlamaktadır.

7. Yataklarda, birincil olarak oluşmuş minerallerden diyajenez sırasında sıkça ikincil veya diyajenetik mineraller gelişmektedir.

8. Bor minerallerinin çökeliminde, normal koşullarda mineralleşme Ca boratlar ile başlar Ca-Na boratlar, Na boratlar, Na-Ca boratlar ve tekrar Ca boratlar ile sonuçlanır. Bu tür çöketime bağlı olarak mineralleşme sıkça yatay ve düşey yönde fasiyes değişimleri gösterir.

9. Tüm evaporit minerallerin de olduğu gibi, bor minerallerinin de atmosferik koşullarda çok çabuk ayrışmalarından dolayı yüzeyde mostralarda gözlenmesi oldukça zordur. Ayrıştıklarında veya çözüldüklerinde geriye kendilerine özgü özel kalıntı kafes yapıları, şekerleme gibi, bırakırlar.

10. Sulu ve atmosferik ortamda birçok bor mineralinin kısa bir zaman aralığı içinde çözünerek ayrıştıklarından dolayı bu minerallerin üretim ile son kullanım safhası arasındaki devrelerde zenginleştirme, depolama gibi işlemlerin çok özenle yapılması gereklidir. Üretim ve stoklama çalışmaları pazarlama ve satış kapasitelerine paralel yürütülmelidir.

## KATKI BELİRTME

Yazar, Etibank'ın bor işletmeleri yöneticileri ile teknik elemanlarına, çizim işlerini gerçekleştiren Kerime Nacaklı'ya ve büyük bir titizlikle yazım işlerinde yardımcı olan Meral Akdere'ye içtenlikle teşekkür eder.

## KAYNAKLAR

BAYSAL, O., 1972, Tunellite, a new hydrous strontium borate from the Sarıkaya borate deposits in Turkey, Bull. Min. Res. Expl. Inst. Turkey, Cilt 79, Ankara, S. 22-29.

BAYSAL, O., 1973, New hydrous magnesium-borate minerals in Turkey; kurnokovite, inderite, inderborite, Bull. Min. Res. Expl. Inst. Turkey. Cilt 80, Ankara, S. 93-108.

BAYSAL, O., 1976, Türkiye bor tuzları, Hacettepe Univ. Fen ve Müh. Bil. derg., Cilt 6, Ankara, S. 207-226.

HELVACI, C., 1974, Contribution to discussion of a paper by Inan, K., Dunham, A. C. and Esson, J., Trans. Inst. Min. Metall., Section B, vol. 83, England, B. 36.

HELVACI, C., 1977, Geology, mineralogy and geochemistry of the borate deposits and associated rocks of the Emet Valley, Turkey, Ph. D. Thesis, University of Nottingham, England, 338 p.

HELVACI, C., 1978, A review of the mineralogy of the Turkish deposits, Mercian Geol., Vol. 6, England, p. 257-270.

HELVACI, C., 1983, Türkiye borat yataklarının mineralojisi, Jeo. Müh., Sayı 17, Ankara, S. 37-54.

HELVACI, C., 1984, Occurrence of rare borate minerals: Veatchite-A, tunellite, teruggite and cahnite in the

- Emet borate deposits, Mineral Deposita, Vol. 19, Germany, p. 217-226.
- HELVACI, C., 1985, Kestelek ve Sultançayırı borat yataklarının minarolojisi, yayınlanmamış rapor, İzmir.
- HELVACI, C. and FIRMAN, R.J., 1976, Geological setting and mineralogy of Emet borate deposits, Turkey. Trans. Inst. Mining Metall. (Section B), Vol. 85, England, p. B 142-152.
- HELVACI, C. ve ALACA, O., 1984, Bigadiç borat yataklarının jeolojisi ve mineralojisi, TJK 38. Bilimsel ve Teknik Kurultay Bildiri Özetleri, Ankara, S. 110-111.
- İNAN, K., 1972, New borate district, Eskişehir-Kırka province, Turkey, Trans. Inst. Mining and Metall., Vol. 81, England, p. B 163-165.
- İNAN, K., 1973, The mineralogy and geochemistry of the Kırka borate deposit, Turkey, Ph. D. Thesis, university of Manchester, England, 147 p.
- KUMBASAR, I., 1979, Veatchite-A, a new modification of veatchite, Amer. Mineral, Vol. 64, U.S.A., p. 362-366.
- MEIXNER, H., 1952, Einige Borat minerale (Colemanit und Tertschit, ein neues Mineral) aus der Türkei, Fortschr. Mineralogie, Vol. 31, Germany, p. 39-42.
- MEIXNER, H., 1953, Mineralogische Beobachtungen an Colemanit, Inyoit, Meyerhofferit, Tertschit und Ulexit aus neuem Türkischen Boratlagerstätten, Heidelb. Beitr. Miner. Petrogr. Vol. 3, Germany, p. 445-455.
- NEGRO, A.D., KUMBASAR, I. and UNGARETTI, L., 1973, The crystal structure of teruggite, Amer. Mineral., Vol. 58, U.S.A., p. 1034-1043.
- OZOL, A. A., 1983, Tortul ve volkanik-tortul bor cevherlerinin oluşumu, S.S.C.B. Bilimler Akademisi Jeoloji ve Jeofizik Enstitüsü, Moskova, 205 s.
- ÖZPEKER, I., 1969, Batı Anadolu borat yataklarının mukayeseli ve jenetik etüdü, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniv., 116 s.
- SCHLÜTER, A., 1928, Das Pandemit vorkommen von Sultançayırı, Abh. 2 prakt. Geol. u Bergwirtschaftslehre, Germany.
- SUNDER, M.S., 1980, Sarıkaya (Kırka-Eskişehir) borat yataklarının jeokimyası, Jeo. Müh. Kongre Bülteni, Sayı 2, Ankara, S. 19-34.