

SARIKAYA (KIRKA) BORAT YATAKLARINDA YENİ BİR STRONSIYUM-BORAT MİNERALİ : TUNELİT

Orhan BAYSAL

Hacettepe Üniversitesi, Yerbilimleri Enstitüsü

ÖZET. — Eskişehir-Afyon-Kütahya üçgeninin ortasında yer alan Sarıkaya (Kırka) borat yataklarında bir sulu stronsiyum-borat minerali olan *tunelit*, $\text{SrB}_6\text{O}_{10} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ bulunmuştur. Bilhassa mineralizasyonu ve oluşumu ile Türkiye'deki diğer yataklardan farklılık gösteren Sarıkaya borat yataklarında, *tunelitin* yanısıra başta *boraks* olmak üzere *uleksit*, *kurnakovit*, *kolemanit*, *inderit*, *inderborit*, *meyerhoferit* ve *inyoit* gibi muhtelif Na-, Na-Ca-, Ca-, Mg-Ca-, Mg-borat minerallerine rastlanmıştır.

Yataklardan toplanan numuneler mikroskopik, kimyasal ve X ışınları difraksiyon metotlarıyla araştırılmış, elde edilen verilerin Kaliforniya'daki Kramer ve Death Valley bölgelerinde Erd *et al.* (1961) tarafından ilk olarak bulunup tanımlanan *tunelite* ait verilerle uyumluluk gösterdiği saptanmıştır.

Sarıkaya borat yataklarında sekonder bir oluşuma sahip olan *tunelit*, yatakların genç sedimentlerle örtülüp gömülmesinden sonra, artan sıcaklık ve basınç nedeniyle kapiler suyun aktivitesinin düşmesi, aynı zamanda kimyasal bileşiminin Sr^{++} bakımından yer yer zenginleşmesi sonucu yüksek sulu primer boratlardan oluşmuştur.

GİRİŞ

Bir sulu stronsiyum-borat minerali olan *tunelit* ilk olarak 1957 yılında, Erd tarafından Kaliforniya'daki Kramer borat yataklarının Jenifer ocağından toplanan numuneler arasında tanınmıştır (Erd *et al.*, 1961). Yapılan ilk mineralojik araştırmalar *tunelitin* optik özelliklerinin yaklaşık olarak *hidroborasite* ($\text{MgCaB}_6\text{O}_n \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ait olanlara uyduğunu göstermiştir. Bu ilk araştırmada numunelerin X ışınları difraksiyon analizi yapılmamıştır. Daha sonra aynı ocaktan toplanan numunelerin kimyasal analizini yapan Morgan (*in Erd et al.*, 1961) *tunelitin* kimyasal formülünün $\text{SrB}_6\text{O}_{10} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ şeklinde olduğunu saptamıştır. 1959 yılında McAllister aynı minerali Kaliforniya'daki Death Valley bölgesinin Furnace Creek yataklarında gözlemiştir. Bu numuneler Clark (*in Erd et al.*, 1961) tarafından goniometrik ve X ışınları difraksiyon metotlarıyla incelenmiş ve elde edilen sonuçlar *tunelitin nobleit* ($\text{CaB}_6\text{O}_{10} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) ile izomorf yeni bir borat türü olduğunu göstermiştir.

Tunelit, incelenen Sarıkaya borat yataklarında ilk olarak 1968 yılında gözlenmiştir (Baysal, 1968; 1969; 1972).

Eskişehir-Afyon-Kütahya üçgeninin ortasında yer alan, halen en büyük rezerve sahip ve yakın bir gelecekte de üretim kapasitesi en yüksek seviyeye ulaşacak Sarıkaya borat yatakları, Türkiye'de ilk bulunan ve 1968 yılından itibaren yazar tarafından detay araştırmaya tabi tutulan Na-borat yataklarıdır. Bu nedenle Sarıkaya borat yatakları, dolayısıyla *tunelitin* yataklardaki yeri ve oluşumu hakkında gerekli öz bilgilerin burada verilmesinde yarar vardır. Yazarın 1968 yılından itibaren süregelen incelemeleri ve elde ettiği sonuçlar detaylı olarak «Sarıkaya (Kırka) borat yataklarının mineralojik ve genetik incelenmesi» nde (Baysal, 1972) işlenmiştir.

Sarıkaya borat yataklarında uygulanan gerek sistematik sondaj karotlarından elde edilen, gerekse arazi çalışmaları esnasında toplanan numuneler mikroskopik, kimyasal ve X ışınları difraksiyon metotlarıyla incelenmiştir. Bu suretle, yatakların özellikle mineralojisi, jenezi detaylı olarak incelenerek gün ışığına çıkarılmış, jeolojisi, petrografisi ve jeokimyası ise genel hatlarıyla saptanmıştır. Detay jeokimyasal araştırmalar yazar tarafından halen sürdürülmektedir.

Yataklar Neojene ait laküstr-volkanik fasiyesli tortulların içinde yer alır. Neojen oluşumlarında, litolojik olarak ayrı özellik gösteren beş tortul seri mevcuttur. Tabandan itibaren yukarıya doğru bu litostratigrafik seriler sırayla şu şekilde bir dizilim gösterir:

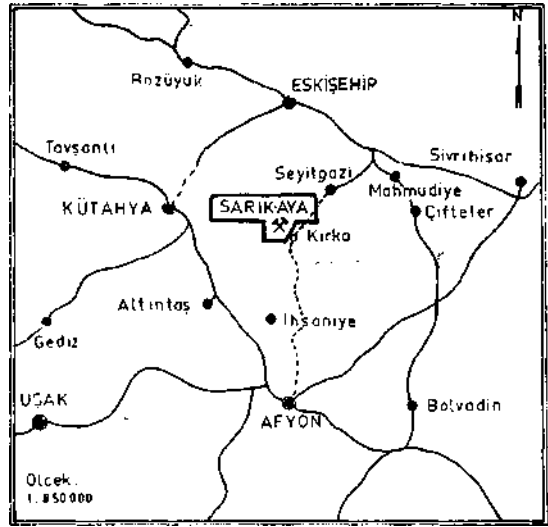
- | | |
|-----------------------|-----------|
| (5) Üst kalker serisi | } Pliosen |
| (4) Kil-marn serisi | |
| (3) Borat serisi | |
| (2) Marn-kil serisi | |
| (1) Alt kalker serisi | — Miosen |

Yatakların oluşumu ile volkanik faaliyetler arasında sıkı bir ilişki mevcuttur. Zira, gerek borat serisinin, gerekse marn-kil ve kil-marn serilerinin içinde tüfit arakat seviyeleri yaygındır.

Sarıkaya borat yataklarında, Türkiye'de bilinen diğer yataklardan farklı olarak, başta Na-borat olmak üzere, Na-Ca-, Mg-, Ca-, Mg-Ca- ve Sr-borat minerallerine bir arada rastlanmıştır. Yataklarda saptanan borat mineralleri iştirak yüzdelerine göre sırayla şunlardır:

<i>Boraks</i>	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
<i>Uleksit</i>	$\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
<i>Kurnakovit</i>	$\text{Mg}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$
<i>Kolemanit</i>	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
<i>Tunelit</i>	$\text{SrB}_6\text{O}_{10} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
<i>İnderit</i>	$\text{Mg}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$
<i>İnderborit</i>	$\text{MgCaB}_6\text{O}_n \cdot 11\text{H}_2\text{O}$
<i>Meyerhoferit</i>	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_n \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
<i>İnyoit</i>	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_n \cdot 13\text{H}_2\text{O}$

Bunlardan, yatakların yaklaşık % 80 ini teşkil eden *boraks*, keza *kurnakovit*, *inderit* ve *inderborit* Türkiye'de ilk olarak söz konusu Sarıkaya borat yataklarında gözlenmiştir (Baysal, 1968; 1969; 1970; 1972). Bilhassa *tunelit*, *inderborit*, *kurnakovit* ve *inderit* dünyada ender rastlanan borat mineralleridir. Bu yazı serisinden birincisinde burada yalnız *tunelit* ele alınıp işlenecek, diğerleri bilâhara yayınlanacaktır.



Şek. - 1 Sarıkaya borat yataklarının lokasyon haritası.

Bölgede Miosen sonunda teşekkül eden fay çatlaklarından gelen borik asit, sodyum, magnezyum içeren ekshalasyonlar, keza volkan çamur ve külleri mevcut Neojen göl sularına direkt karışmışlardır. Bu volkanik faaliyetler Pliosen boyunca devam etmiştir.

Yatakların esasını teşkil eden *boraks*, aynı zamanda *uleksit*, *kurnakovit*, *inderit* ve *inyoit* göl sularında kimyasal süreçlerle primer olarak çökelmiş ve ekshalatif-sedimenter kökenli Sarıkaya borat yataklarını oluşturmuştur. Göllerin derin kesimlerinde *boraks* çökelirken, sıg kıyı kesimlerinde bunun yerine *uleksit* primer olarak çökelmiştir. *Kurnakovit* ve *inderit* ise daha çok yatakların oluşum evresinin son safhalarında teşekkül etmiştir. *Inyoit* çok ender lokal oluşumlar halinde bulunmaktadır.

Yatakların genç sedimentlerle örtülüp gömülmesinden sonra sıcaklık ve basınç koşulları, keza primer boratların dehidratasyonu ve sirkülasyon sularının karışması nedeniyle kapiler suyun bileşimi, hidrostatik basıncı değişmiştir. Bu yeni fizikokimyasal koşullar altında kararlı durumlarını muhafaza edemeyen bir kısım primer boratlardan *uleksit*, *kolemanit*, *meyerhoferit*, *inderborit* ve *tunelit* sekonder olarak teşekkül etmiştir.

Primer borat oluşumlarının yanısıra, göl sularına karışan piroklastik materyal, granülometrik inceliği, camsı yapısının termodinamik kararsızlığı, ortamın bazik olması nedeniyle kısmen hidrolize (akuatolize) olup çözünmüştür. Bu süreçlerle göl sularına karışan silis, Mg, kısmen de Al, düşük sıcaklık ve basınç koşullarına rağmen, Mg-montmorilloniti, dolayısıyla killi kayaları oluşturmuştur.

Mg-montmorillonit sentezinden arta kalan silis, yatakların oluşumundan sonra başlayan kalker sedimentasyonu esnasında yer yer çökerek silisli kalkerleri meydana getirmiştir. Killi kayalar, keza yatakların oluşumundan sonra çökelen kalkerler, erken diagenetik süreçlerle aynı zamanda kısmen dolomitleşmişlerdir.

Yukarıda genel hatlarıyla özet olarak açıklanmaya çalışılan Sarıkaya borat yataklarında *tunelit*, şimdilik iktisadî bir değer taşımamakla beraber, *boraks*, *uleksit*, *kurnakovit* ve *kolemanitten* sonra en fazla gözlenen bir mineraldir. Yatakların muhtelif yerlerinde, özellikle tavan ve tabandaki, keza aralardaki almaşıklı kil, marn seviyeleri içinde, *uleksit*, yer yer de *kurnakovit* ve *inderit* ile beraber bulunur. Sondajlardan K-5, K-10 ve S-2 de nispeten fazla, K-6, K-7 de ise az miktarda kesilmiştir. Diğer sondajlarda, keza dekapaj sahasında *tunelite* rastlanmamıştır. Aynı zamanda Türk Boraks Madencilik Anonim Şirketinin 1, 8, 5 no. 1 ve Kuşkaya galerilerinin, keza 3 no. 1 ocağının önündeki cevher yığınlarında bol miktardadır (Baysal, 1972).

MİNERALOJİK TANIMI

Strüktürel formülü $\text{Sr} [\text{B}_6\text{O}_9 (\text{OH})_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ve oksit formülü $\text{SrO} - 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ olan *tunelit* kil ve marn içinde *uleksit*, *kurnakovit* ve *inderitin* yanında yumrular veya idiomorf tek kristaller halinde bulunur. Yumrular dış görünüşleriyle gayri muntazamdır ve büyüklükleri genellikle birkaç milimetre ile 3-4 cm arasında değişir. Bunlar dilinim yüzeyleri yönünde ekseriya paketler şeklinde kaymalar, deformasyonlar gösterir. İdiomorf *tunelit* kristalleri küçük pulcuklar veya büyüklükleri 2-3 cm ye ulaşan levhalar halindedir. Kristaller daha çok {100}, {111}, {011}, {110}, {001} yüzeylerinden oluşmuştur (Şek. 2). Bunlardan {100} kristalde en çok gelişmiş olup, levha ve aynı zamanda da dilinim yüzeyidir, {100} e göre olan bu dilinim çok güzeldir ve mineral bu yüzeylerden ince levha veya pullara kolaylıkla ayrılır. Nitekim, birçok idiomorf *tunelit* kristalinde dilinim yüzeylerine paralel ince paketler halinde kaymalara veya akordeon şeklinde açılmalara sık sık rastlanmıştır. Özellikle bu tip oluşumlar birbirine paralel büyümüş kristal toplulukları görünüşündedir. Kaymış bu dilinim paketlerinin arasında daima az miktarda kil veya marn mevcuttur. Bu tip kayma ve açılmalara dilinim yüzeyleri arasına nüfuz eden kil minerallerinin su alarak şişmesi, aynı zamanda kristalin çapraz basınca maruz kalması sebep olmaktadır. Keza kristaller hafif ısıtıldığında dilinim yüzeylerinden akordeon gibi açılmaktadırlar.

Saftunelit kristalleri renksiz, şeffaf olup, {100} yüzeylerinde, çok güzel dilinimlenmeden dolayı, inci parlaklığına sahiptir. Diğer yüzeylerinde ise ikinci derece cam parlaklığı hâkimdir. Bir kısım *tunelit* kristalleri ise, dilinim yüzeylerinin arasına giren kil minerali nedeniyle gri-beyaz ve donuk veya hafif dehidratasyon nedeniyle gümüş-beyazı renktedir. Muskovit görünüşünde olan ince kristal levhaları oldukça elastiktir. *Tunelit* kristallerinin {Ok} yüzeylerinde ayrıca [001] e paralel çizgilere zaman zaman rastlanmıştır.

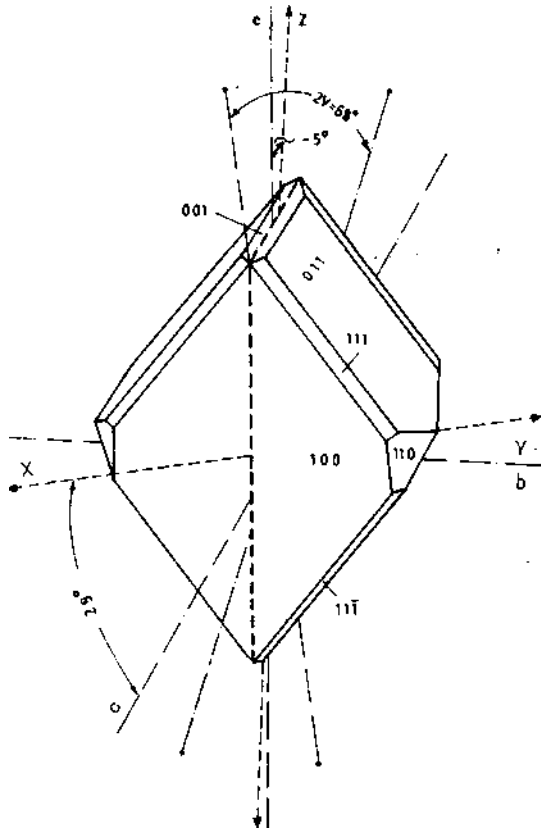
Monoklinal sistemde kristalleşen *tunelit*in strüktürü Clark (1964) tarafından çözülmüş ve strüktüründe diğer poliboratlardan farklı olarak $[B_6O_9(OH)_2]^{2-}$ polianyonlarının mevcut olduğu görülmüştür. Sankaya borat yataklarından toplanan *tunelit* kristallerinin optik özellikleri mikroskop ve universal döner masa ile kontrol edilmiş, ışığı kırma indisleri Na-ışığı altında ölçülmüştür. Elde edilen optik veriler Erd ve arkadaşlarının sonuçlarıyla kabul edilebilir sınırlar dahilinde uyumaktadır. Tablo 1 de *tunelit*in Erd ve arkadaşları (1961) tarafından saptanan kristalografik, optik ve fiziksel özellikleri görülmektedir.

Sondaj karotlarından elde edilen *tunelit* numunelerinde herhangi bir değişiklik izlenmemiştir. Buna karşılık eski galeri ve ocakların önündeki cevher yığınlarından alınan numunelerin satırlarında ve dilinim yüzeylerinde beyaz tebeşir görünüşünde beneklere sık sık rastlanır. Bu kristaller aynı muskovit gibi gümüş beyazı renktedir. Bunlar açık havada uzun müddet kalan *tunelit*in dehidratasyonu neticesinde meydana gelmiştir. Zira şeffaf, taze *tunelit* kristalleri ısıtıldığında, ilk önce gümüş beyazı renk kazanmakta, daha sonra beyaz tebeşir görünüşünde toprağımsı kitlelere dönüşmektedir. Keza bu yığınlardaki *tunelit* kristalleri, yukarıda da belirtildiği gibi dilinim yüzeyleri arasındaki kilin şişmesi sonucu levha levha ayrılmalara veya akordeon şeklinde açılmalara uğramışlardır.

KİMYASAL BİLEŞİMİ

Saf, renksiz ve şeffaf bir *tunelit* kristalinin kimyasal analizi yapılmıştır. Bunun için 0.5 gr numune saf HCl de çözülmüş ve bu NH_4OH ile nötralize edildikten sonra bütün stronsiyumun çökebilmesi için yeteri kadar saf H_2SO_4 ile muamele edilmiştir. İçine eşit hacimde metanol ilâve edilen bu çözelti bir gece dinlenmeye bırakılmış, bilâhara teşekkül eden $SrSO_4$ çökeltisi süzülerek yıkanıp ve kurutulup tartılmıştır. Diğer taraftan B_2O_3 NaOH titrasyonu ile, su miktarı ise 1 gr numune üzerinden saptanmıştır. Numune spektral analize tabi tutulduğunda ayrıca % 0.04 Ca, % 0.03 Ba ve % 0.01 Mg içerdiği görülmüştür.

Kimyasal analiz sonucunda elde edilen değerler, Erd *et al.* (1961) tarafından verilen doğal ve sentetik *tunelit* numunelerinin kimyasal bileşimleri, keza *tunelit*in teorik bileşimi Tablo 2 de bir arada görülmektedir.



Şek. 2 - Tunelitin optik oryantasyonu.

Tablo - 1

Tunelitin kristalografik, optik ve fiziksel özellikleri

Birim hücre muhtevası	4 [SrO · 3B ₂ O ₃ · 4H ₂ O]
Kristal sistemi	Monoklinal
Hacim grubu	P2 ₁ /a
Kafes sabiteleri a ₀	14.36 ± 0.05 Å
b ₀	8.19 ± 0.02 Å
c ₀	9.93 ± 0.02 Å
β	113°55' ± 10'
Birim hücre hacmi	1068 Å ³
Yoğunluğu (ölçülen)	2.40 ± 0.01
Işığın kırma indisleri (Na)	
n _x	1.519 ± 0.003
n _y	1.534 ± 0.002
n _z	1.569 ± 0.002
2V (hesaplanan)	68°
Dispersiyon	r _A v, zayıf
Optik oryantasyonu	X _A a = 29° Y = b Z _A c = -5°
Dilini	{100} çok güzel {001} belirli
Sertliği	2.5

Tablo - 2

Tunelit numunelerinin kimyasal bileşimi

	1	2	3	Teorik bileşim
SrO	26.85	27.71	27.02	26.94
B ₂ O ₃	54.16	53.70	52.88	54.32
H ₂ O	18.90	18.71	20.04	18.74
Toplam :	99.91	100.12	99.94	100.00

- 1 - Sankaya borat yataklarına ait tunelitin yazar tarafından elde edilen kimyasal bileşimi.
- 2 - Kramer lokaliteli tunelitin Erd *et al.* (1961) tarafından verilen kimyasal bileşimi.
- 3 - Sentetik tunelitin Erd *et al.* (1961) tarafından verilen kimyasal bileşimi.

Tablo - 2
 Üçüncü sınıfların X - sınıfı dikkatliyon sonuçları

SARIKAYA (KANKU)		DUTLUYAZICI* (KALFORNİYA)		SANTERK TUNELI*		
J	d _{ik}	J	d _{ik}	J	d _{ik}	d _{ik}
7	6.090	4	6.97	1	9.10	001
8	6.289	7	6.78	24	6.97	110
100	6.573	100	6.57	11	6.79	200
6	6.394	3	6.21	108	6.57	264
5	5.250	2	3.219	11	6.21	111
9	5.136	8	5.138	1	5.251	211
7	4.737	1	4.745	32	5.139	210
14	4.524	11	4.525	12	4.749	262
				19	4.529	082
5	3.990	< 1	3.969	8	4.112	038
		1	3.934	3	3.968	012
13	3.854	9	3.867	5	3.932	128
5	2.731	< 1	3.745	21	3.867	310
5	2.633			8	3.743	021
13	2.388	8	2.382	8	2.998	468
		1	2.333	17	3.517	218
6	2.475	3	3.484	16	3.484	220
5	3.487	1	5.290	3	3.393	462
13	3.290	5	3.286	2	3.285	480
		2	2.273	6	3.073	392
7	3.169					311
		< 1	3.113	9	3.306	221
		< 1	3.099			222
12	2.048	7	3.013	19	3.016	410
						022
8	2.021	5	3.028	18	3.625	802
3	2.956	2	3.991	10	2.996	730
5	2.946	1	2.954	7	2.952	315
6	2.094	1	2.884	5	2.898	322
		1	2.887	11	2.887	409
4	2.844	1	2.840	11	2.848	013
4	2.802			6	2.804	112
7	2.794	3	2.731	7	2.731	401
				1	2.732	413
8	2.694	4	2.696	8	2.697	411
						511
		< 1	2.673	3	2.673	138
						342
6	2.634			15	2.639	131
						011
		1	2.609			722
						411
8	2.567	1	2.568	7	2.566	325
						420
6	2.530	< 1	2.536	8	2.536	731
						312
				6	2.514	222
						831
12	2.501	8	2.503	11	2.505	325
						310
		< 7	2.479	4	2.479	
8	2.392	3	2.394	4	2.390	
				3	2.375	
11	2.353	5	2.359	5	2.361	
5	2.316			6	2.320	
16	2.267	6	2.264	17	2.266	
14	2.291	7	2.292	8	2.294	
		2	2.190	2	2.190	
				4	2.176	
5	2.146	< 1	2.141	7	2.145	
6	2.131	1	2.139	19	2.138	
				11	2.102	
6	2.075	< 1	2.071	11	2.072	
7	2.051	2	2.051	13	2.051	
9	2.032	2	2.034	15	2.036	
3	1.985	< 1	1.981	1	1.983	
19	1.918	4	1.946	7	1.948	
8	1.935	2	1.931	6	1.933	
9	1.986	3	1.983	6	1.986	
4	1.889			4	1.882	
				1	1.888	
3	1.822	< 1	1.810	3	1.821	
6	1.891	1	1.882	4	1.884	
				2	1.789	
				3	2.772	
4	1.766			1	1.761	
7	1.746	1	1.740	3	1.745	
5	1.712					
				2	2.788	
7	1.662					
7	1.561					
6	1.501					
3	1.430					
4	1.336					
3	1.308					
3	1.296					
2	1.296					
2	1.235					
3	1.196					
2	1.192					

* Erd et al. (1987)

X-IŞINLARI DİFRAKSİYON ANALİZİ

Mikroskopik ve kimyasal araştırmaları daha sıhhatli metotlarla kontrol edebilmek için, seçilen birkaç *tunelit* numunesinin aynı zamanda X.-ışınları difraksiyon analizi yapılmıştır. Bu çalışmalarda General Electric firmasının 'X-Ray Diffractometer 700' tipi cihazı kullanılmıştır. Elde edilen diyagramlardan bir tanesi karakteristik d-değerleri ile birlikte Şekil 3 te görülmektedir. Cihaz analizlerden önce kalibre edildiğinden, difraksiyon ışınlarının şiddeti logaritmik ölçekle verilmiştir. Dolayısıyla diyagramda görülen şiddetler lineer olmayıp logaritmiktir.

X-ışınları difraksiyon verileri Erd ve arkadaşlarının (1961) gerek doğal, gerekse sentetik *tunelit* numunelerinden elde ettiği verilerle hemen hemen uyumluluk halindedir (aynı zamanda ASTM 14-616). Bir karşılaştırma imkânı yaratabilmek için, bütün bu X-ışınları verileri Tablo 3 te bir arada sunulmuştur.

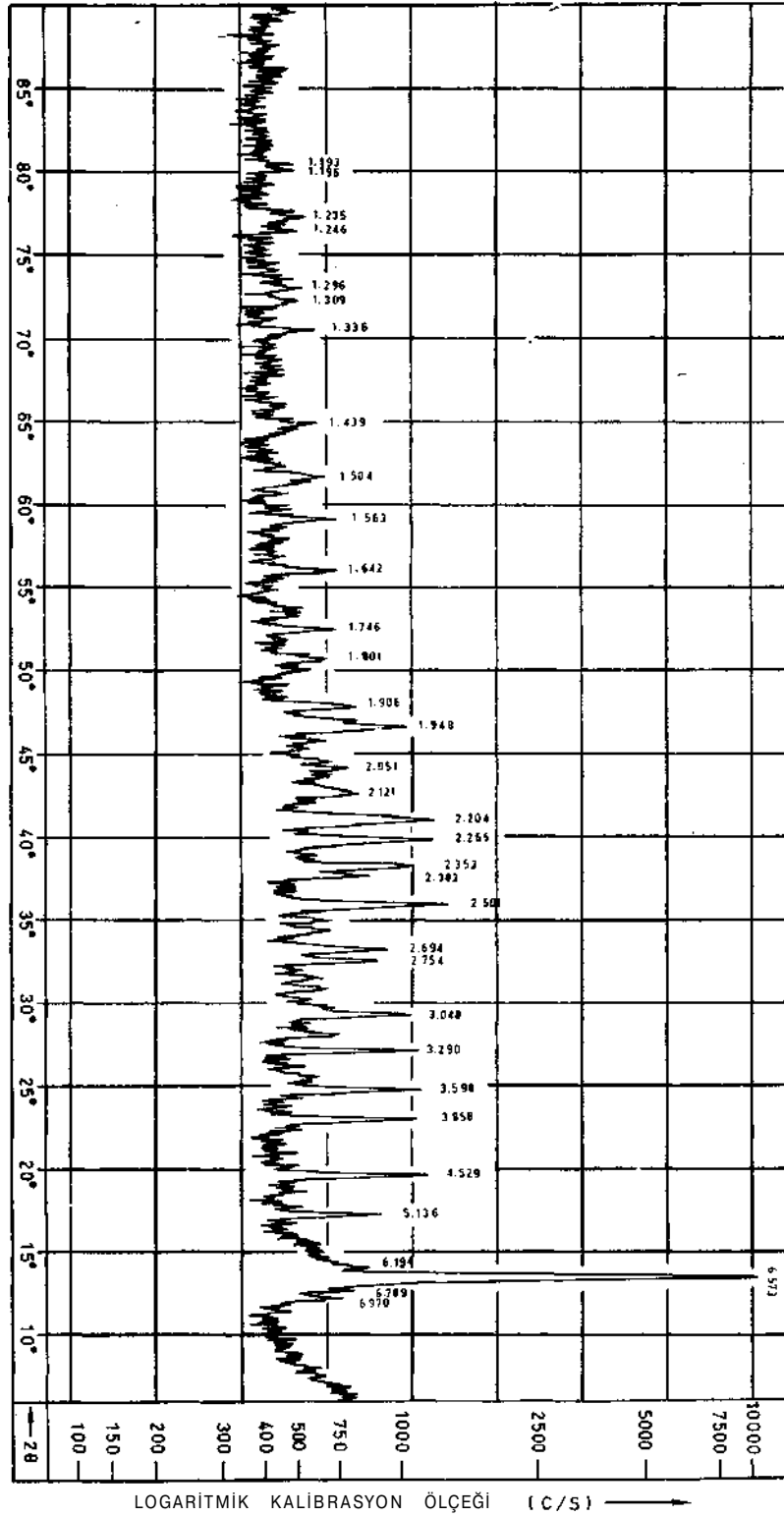
OLUŞUMU

Deneyisel araştırmalar göstermiştir ki, sulu borat çözeltilerindeki polianyonların, dolayısıyla bunların oluşturacakları poliboratların tipi, ortamın (çözeltinin) p_H değerine, sıcaklığına, konsantrasyonuna ve çözeltideki muhtelif kationların mevcudiyetine bağlıdır (Christ *et al.*, 1967; Valyashko & Wlassowa, 1969; Baysal, 1972). Örneğin Na ve Ca içeren göllerde, bu elementlerin konsantrasyonuna göre sulu Na-, Na-Ca- veya Ca-boratlar oluşmaktadır. Göl suyunda Mg^{++} veya Sr^{++} iyonunun fazla olduğu hallerde ise oluşacak borat topluluğu $[Ca^{++}] / [Mg^{++}]$ ve $[H_2O]$, keza $[Ca^{++}] / [Sr^{++}]$ ve $[HgO]^1$ oranına bağlı olmaktadır. Buna paralel olarak yine gerek deneyisel araştırmalar, termodinamik ve jeokimyasal kritikler, gerekse sayısız evaporit yataklarındaki gözlemler göstermiştir ki, yüzeysel sıcaklıklarda her serinin en yüksek sulu boratı göl sularında kimyasal çökme ile ilk önce oluşmaktadır. Bir başka ifade ile, yüzeysel koşullarda göl sularında primer oluşan borat mineralleri daima kendi serilerinin en yüksek hidratıdır (Muessig, 1959; Christ *et al.*, 1967; Özpeker, 1969; Baysal, 1972). Nitekim, Sarıkaya borat yataklarında, yatakların esasını teşkil eden, aynı zamanda Na-borat serisinin en yüksek sulu üyesi olan *boraks* primer oluşmuş bir mineraldir.

İncelenen Sarıkaya borat yataklarında izlenen yegâne Sr-borat *tunelittir*. ($SrB_6O_{10} \cdot 4H_2O$). Literatürde bunun denge koşulları hakkında herhangi bir bilgiye rastlanmamıştır. *Nobleit* ($CaB_6O_{10} \cdot 4H_2O$) ile aynı kristal strüktürüne sahip olan ve kristalografik, optik, fiziksel özellikleri itibarıyla çok büyük benzerlikler gösteren *tunelitin* daha yüksek sulu tipi $SrB_6O_{10} \cdot 5H_2O$ Gode ve Kesans (cit. in Erd *et al.*, 1961) tarafından sentez edilmiştir. Bu son boratın genel formülü ve muhtemelen kristal strüktürü *goveritinkine* ($CaB_6O_{10} \cdot 5H_2O$) uymaktadır. Bu benzerlikleri göz önünde tutan yazar, tunelitin aynen *nobleit* gibi yatakların oluşup genç sedimentlerle örtülmesinden, dolayısıyla gömülmesinden sonra oluştuğu kanısındadır. Zira, yukarıda belirtildiği gibi, yüzeysel koşullarda düşük sulu bir Sr-borat mineralinin, örneğin *tunelitin* primer olarak oluşması termodinamik ve jeokimyasal açıdan mümkün değildir. O halde Şekil 4 te görülen *goverit-nobleit* dönüşümü gibi, tunelitin, serisinin daha yüksek hidratından dehidratasyon ile veya metasomatik süreçlerle örneğin *nobleit* gibi bir Ca-borattan teşekkül etmesi mümkündür. Fakat ikinci ihtimal üzerinde kesin yargıda bulunmak şu anda imkânsızdır. Zira, incelenen Sarıkaya borat yataklarında ne *nobleit* ne de *goverit* gözlenmiştir.

Yazara göre, yataklar genç sedimentlerle örtülüp gömüldükten sonra, artan sıcaklık ve basınç nedeniyle kapiler suyun aktivitesi düşmüş ve Şekil 4 te görülen *nobleite* ait bölgeye tekabül eden yere ulaşılmıştır. Aynı zamanda borat polianyonları içeren kapiler sudaki Sr^{++} konsantrasyonu yer yer

¹Köşeli parantezler aktiviteleri ifade etmektedir.

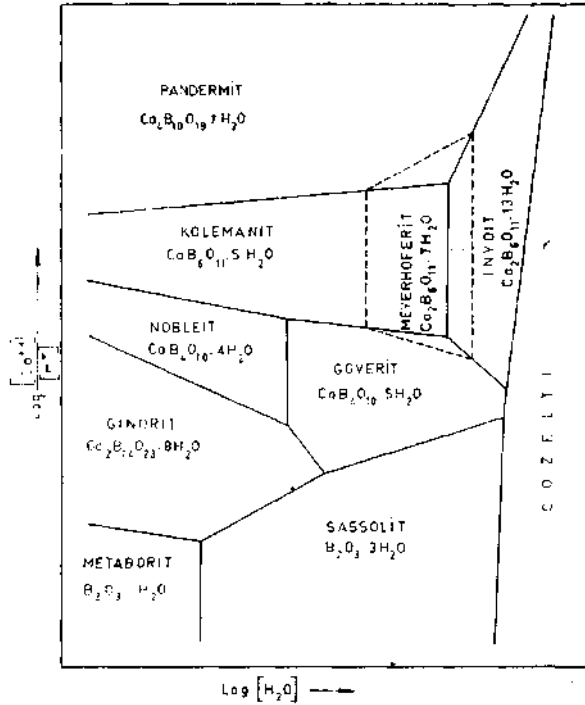


Şek. 3. Sarıkaya borat yataklarına ait tunelitin X ışınları difraksiyon diyagramı.

Rad.: CuKα ; Filtre: Ni; çıkış kolimatörü: 1;
giriş kolimatörü: 0,2; MA: 5; KVP: 45; dakikada 20.

yükselmiştir. Bu suretle aynı killi kayalar içindeki uleksit konkresyonları gibi (Baysal, 1972), plastik karaktere sahip killi kayalar içinde yumrular veya idiomorf tek kristaller halinde *tunelit* oluşmuştur. Sarıkaya borat yataklarında *tunelite* hemen hemen daima sekonder oluşmuş uleksit konkresyonlarının yanında veya arasında rastlanması bu yargıyı doğrular niteliktedir.

Tuneliti oluşturan stronsiyum, yaza göre, ya piroklastik materyalin hidrolizi neticesinde açığa çıkmış, ya da volkanik ekshalasyonlarla gelmiş ve killi kayaların gözeneklerinde yer yer zenginleşmiştir. İkinci ihtimal daha kuvvetli görünmektedir. Zira, *tunelit* oluşumlarına hemen hemen daima ekshalasyonların yer yüzüne çıktığı fay çatlaklarına yakın kesimlerdeki killi kayaların içinde rastlanılmıştır. Diğer taraftan piroklastik materyalin hidrolizi sonucu açığa çıkan stronsiyumun da ihmal edilmemesi gerekir. Çünkü bilindiği üzere, volkanik faaliyetlerle göl sularına karışan, kül mertebesinde ve volkanik cam tozları bakımından zengin olan piroklastikler, granülometrik inceliği, camı yapısının termodinamik kararsızlığı ve ortamın bazik ($\text{pH} > 8.5$) olması nedeniyle fazla miktarda hidrolize (akuatolize) olup çözülmüştür. Ayrıca yapılan kimyasal analizler killi kayaların ancak eser miktarda SrO içerdiğini göstermiştir (Baysal, 1972). O halde netice olarak söylenebilir ki, *tunelit* oluşumu için gerekli stronsiyum volkanik ekshalasyonlarla gelmiş, bu arada göl sularında hidrolize olan piroklastik materyalin buna az da olsa bir katkısı olmuştur.



Şek. 4 - $4\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - \text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} - \text{H}_2\text{O}$ sistemindeki faz ilişkilerini gösteren şematik aktivite-aktivite diyagramı (Diyagram C.L. Christ; A.H. Truesdell & R.C. Erd'den 1967 alınmıştır).

Yayına verildiği tarih, 27 Mayıs 1972

REFERANSLAR

- BAYSAL, O. (1968) : Kırka-Sarıkaya bor tuzu sondaj karotlarının mineralizasyonu hakkında. *M.T.A. Enstitüsü, Mineralojik Rapor*, no. 5757, 5758, 5771, 5772, 5777, Ankara (yayınlanmamış).
- (1969) : Kırka-Sarıkaya bor tuzu sondaj karotlarının mineralizasyonu hakkında. *M.T.A. Enstitüsü, Mineralojik Rapor*, no. 5823, 5824, 5828, 5839, 5883, Ankara (yayınlanmamış).
- (1970) : Kırka-Sarıkaya bor tuzu sondaj karotlarının mineralizasyonu hakkında. *M.T.A. Enstitüsü, Mineralojik Rapor*, no. 1579, 1681, Ankara (yayınlanmamış).
- (1972) : Sarıkaya (Kırka) borat yataklarının mineralojik ve jenetik incelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi, Ankara* (baskıda).

- CHRIST, C.L.; TRUESDEL, A.H. & ERD, R.C. (1967) : Borate mineral assemblages in the system $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{MgO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$. *Geochim, et Cosmochim. Acta*, vol. 31, pp. 313-339.
- CLARK, J.R. (1964) : The crystal structure of tunellite, $\text{SrB}_6\text{O}_{13}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. *The Amer. Min.*, vol. 49, pp. 1549-1568.
- ERD, R.C.; MORGAN, V. & CLARK, J.R. (1961) : Tunellite, a new hydrous strontium borate from the Kramer borate district, California. *U.S. Geol. Survey, Prof. Paper*, 424-C, pp. 294-297.
- MUESSIG, S. (1959) : Primary borates in playa deposits: minerals of high hydration. *Econ. Geol.*, 54, pp. 495-501.
- ÖZPEKER, I. (1969) : Batı Anadolu borat yataklarının mukayeseli jenetik etüdü. *Ak Matbaast*, 116 s., İstanbul.
- VALYASHKO, M.G. & WLASSOWA, E.W. (1969) : IR-Absorptionsspektren von Boraten und borhaltigen waessrigen Lösungen. *Jenaer Rundschau*, Heft 1, S. 3-11.