

# ARTVİN-MURGUL ANAYATAK'TA İZLENEN SELENYUM-TELLÜR MİNERALLERİ ÜZERİNDE BİR ÇALIŞMA

Bülent ARMAN\* ve Yılmaz ALTUN\*\*

ÖZ.— Bu yazıda Murgul bakır yataklarının jeolojisine kısaca değinilmiş ve Murgul Anayatak'tan alınan örneklerde cevher mikroskopisi ve elektron mikroprob incelemeleri sonunda saptanan kalkopirit, pirit, sfalerit ve fahlerz yanında, bugüne kadar varlıkları bilinmeyen galenit/klaustalit, tetradimit/ tellurobizmutin, hessit ve vittişenit minerallerinin kantitatif elektron mikroprob analizleri sergilenmiş ve formülleri hesaplanmıştır.

## GİRİŞ

Doğu Karadeniz Bölgesinin doğusunda yer alan Murgul bakır yatakları eski çağlardan beri bilinmektedir. Bu yataklar Murgul'un güneyinde doğudan batıya doğru; Kızılkaya, Anayatak, Bog-nari, Çakmakaya, Çarkbaşı şeklinde sıralanırlar. Bu yataklardan en önemlisi Anayatak'tır.

Yazarlardan Altun'un bu yataklarda yaptığı çalışmalar sırasında Anayatak'tan topladığı örnekler üzerinde yapılan cevher mikroskopisi çalışmaları sonucu, bugüne kadar bilinen minerallerin yanında değişik mineraller de gözlenmiştir. Daha sonra yapılan mikroprob çalışmaları sonucu bu minerallerin galenit/klaustalit, tetradimit/tellurobizmutin, hessit ve vittişenit oldukları saptanmıştır.

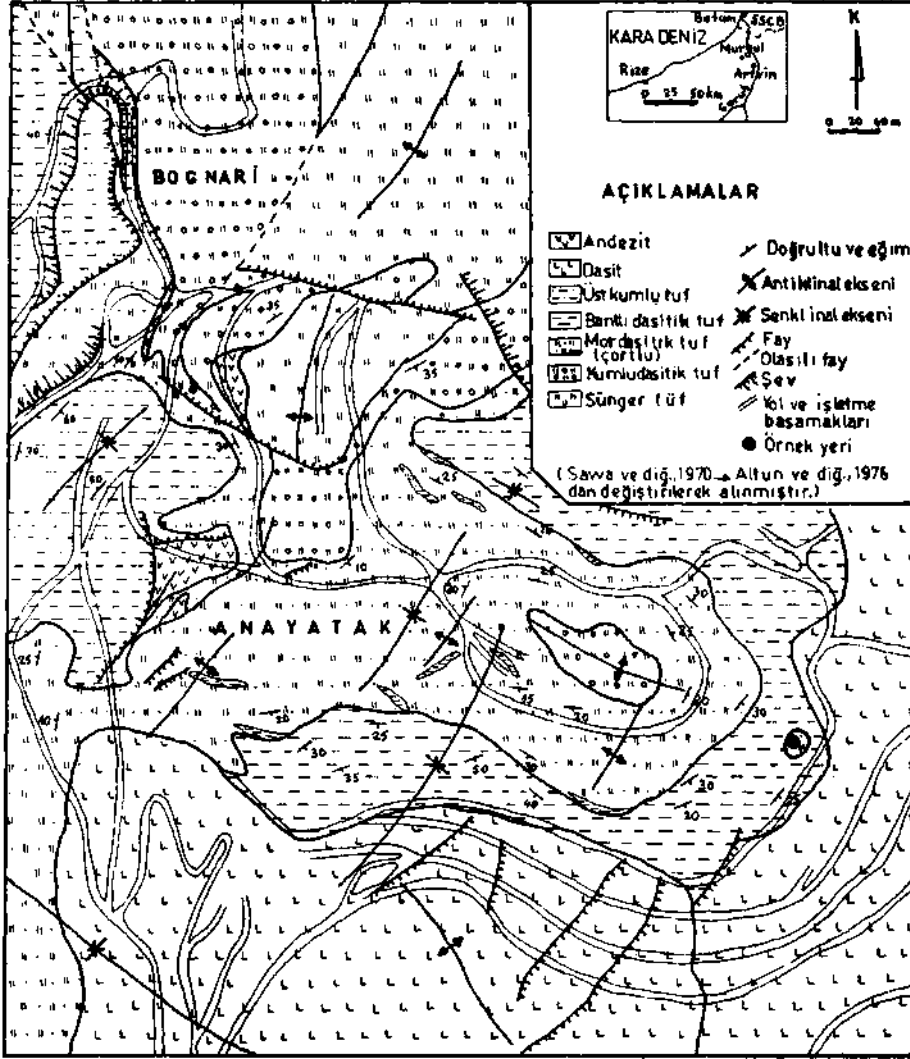
Bu çalışmanın amacı, ortalama % 1.3 Cu içeren 20 milyon ton rezervli Anayatak ve buna benzeyen diğer yatakların yeterince bilinmeyen cevher minerallerinin tanınmasına yardımcı olmak, ülkemizde çok az bilinen bu mineralleri tanıtmaktır.

## JEOLOJİ

Murgul bakır yatakları, Alp orojenezıyla etkilenmiş Pontid kuşağında yer alır. Bölgedeki en eski kaya birimleri Yusufeli-Demirkent yöresinde izlenen gnays ve amfibolitlerdir (Baydar ve diğerleri, 1969). Bunların üzerine Çoruh vadisinde izlenen Jura yaşlı metabazalt, metadiyabaz, fillat, şeyl, serisit şist ve arjilitler gelir. Çoruh vadisinde yüzeylenen ve bunlardan daha genç olan granitler ile yukarıda sayılan metamorfite, Üst Kretase yaşlı volkanitlerin altında yer alan konglomeraya kaynak oluşturmuşlardır (İ. Hakkı ve S. Akıncı ile sözlü görüşme). Murgul derenin kaynağına doğru izlenen Üst Kretase yaşlı spilit ve pelitik tüfler (Buser, 1970), Çoruh vadisinde izlenen yarı metamorfitelerden sonra yörenin en eski kaya birimidir. Bunların üzerine Artvin-Murgul arasında geniş alanlar kaplayan dasit lav ve piroklastlarından oluşan Üst Kretase yaşlı bir birim gelmektedir. Birçok araştırmacı tarafından alt dasitik seri olarak tanımlanan bu birim Murgul yatakları çevresinde ayrıntılı olarak incelenmiştir (Sawa ve diğerleri, 1972; Altun, 1976). Burada alttan üste doğru sünger dasitik tüf, mor dasitik tüf, bantlı dasitik tüf, üst kumlu tüf ve dasit birimleri ayrırtlanmıştır (Şek. 1). Dasitik lavların üzerine araştırmacılar tarafından üst bazik seri olarak tanımlanan andezit, bazalt lav ve piroklastları gelmektedir. Bunların yaşı içlerindeki kırmızı kireçtaşı düzeylerinde izlenen Globotruncana'lara göre Üst Senoniyen olarak tanımlanmaktadır. Bu birimin üzerine dasit, riyodasit piroklastları, bunların üzerine de oldukça geniş alanlarda izlenen kireçtaşı-marn ve bazik lav arakatlı bir birim gelmektedir. Bu birimin yaşı da içindeki fosillere göre Üst Senoniyendir. Daha üstte andezit, bazalt lav, tüf ve kumtaşlarından oluşan bir seri (Borçka-Hopa arasında) bulunmaktadır. Bu serinin üst seviyeleri Paleosen-Eosene geçmektedir.

\* Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş., İstanbul.

\*\* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt Dairesi, Ankara.



Şek. 1 - Murgul Anayatak ve Bognari çevresinin jeoloji haritası.

#### MADEN YATAKLARI

Dasitik tüflerin içinde yer alan Murgul Anayatak Türkiye'de bilinen ağsal saçınımlı bakır yataklarının en güzel örneğini oluşturmaktadır. Bu birimler Anayatak'ta uzun ekseni kuzeybatı yönlü olan bir yapısal dom oluştururlar (Şek. 1). Bu dom çok sayıda küçük dom ve çanaklardan oluşmaktadır. Anayatak'taki cevherleşme bu domla ilişkili olarak, sünger dasitik tuf, kumlu dasitik tuf, mor dasitik tuf içerisinde oluşmuş, küçük domlarda zenginleşme gösteren ve üstten bantlı dasitik tüfle sınırlanan ağsal saçınımlı tip bir cevherleşmedir. Bognari ve Çakmakkaya'da ise yine domlarla ilişkili olarak gelişen cevherleşme yalnız sünger dasitik tüfler içinde izlenmektedir.

#### MİNERALOJİ VE ELEKTRON MİKROPROB ÇALIŞMALARI

Bugüne değin birçok araştırmacı tarafından yapılan çalışmalar sonucunda Murgul bakır yataklarında cevherli seviyelerin birkaç tane olduğu ve ayrı mineral parajenezlerine sahip olduğu ortaya

konmuştur (Sawa ve diğerleri, 1970; Altun, 1976).

Anayatak'taki küçük domlardan alınan örneklerde, mikroskobik ve elektron mikroprob incelemeleri sonucunda kuvars, barit, pirit, kalkopirit, sfalerit ve fahlerz yanında, bugüne kadar izlenmeyen galenit/klaustalit izomorf minerali, tetradimit/tellurobizmutin izomorf minerali, hessit, vittişenit parajenezleri saptanmıştır. Burada üzerinde çok çalışma yapılmış olan pirit, kalkopirit, sfalerit ve fahlerzin mineralojisine değinilmeyecek, galenit/klaustalit, tetradimit/tellurobizmutin, hessit ve vittişenitin mineralojisi ve elektron mikroprob çalışmaları anlatılacaktır.

Elektron mikroprob kantitatif analizleri bilgisayar kontrollü Jeol 733 elektron mikroprob cihazı ve on line ZAFM kantitatif analiz programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Pb için galenit standart, LİF kristal, La spektral çizgi; Bi için metalik Bi standart, LİF kristal, La spektral çizgi; Ag için metalik Ag standart, PET kristal, La spektral çizgi; Cu için kalkopirit standart, LİF kristal, Ka spektral çizgi; Fe için kalkopirit standart, LİF kristal, Ka spektral çizgi; S için galenit standart, PET kristal, Ka spektral çizgi; Te için TeO<sub>2</sub> standart, PET kristal, La spektral çizgi; Se için ZnSe standart, TAP kristal, La spektral çizgi kullanılmış ve analizler, 20 KV hızlandırma voltajı, 6X10<sup>-8</sup> A prob akımı, minimum demet çapında yapılmıştır.

#### Selenyum-tellür mineralleri

*Galenit / klaustalit izomorf minerali.* — Galenit (PbS) ve klaustalit (PbSe) doğada birbirleriyle her oranda karışabilen bir izomorf seri oluşturur (Uytenbogaardt ve Burke, 1971). Ramdohr (1975) galenit ve klaustalitin birbirlerinden mikroskobik özellikleri ile çok güç ayırt edilebildiklerini, klaustalitin yağda galenite göre daha açık renkli, yine aynı sistemde kristallenen altaitden (PbTe) daha koyu renkli olduğunu belirtmektedir. Bu çalışmada bu grup mineral, galenit/klaustalit izomorf minerali olarak tanımlanmıştır.

Galenit/klaustalit izomorf minerali; kalkopirit ve piritin çatlaklarında barit ve kuvars ile birlikte en büyükleri 60-70 mikron olan özbiçimsiz kristaller şeklinde, çoğunlukla hessit (Ag<sub>2</sub>Te), tetradimit (Bi<sub>2</sub>Te<sub>2</sub>S)/tellurobizmutin (Bi<sub>2</sub>Te) ve seyrek olarak vittişenit ile birlikte, ya da kalkopirit içinde en büyükleri 30 mikron olan yuvarlağımsı, üçgen, çokgen şekilli olarak izlenmektedir.

Gerek barit ve kuvars gangü içinde ve gerekse kalkopirit içinde izlenen galenit/klaustalitlerin ayrı ayrı mikroprob analizleri yapılmıştır.

Barit ve kuvars içinde izlenen galenit/klaustalitin geri yansıyan elektron görüntüsü ve element dağılım görüntüleri Levha I, şekil 1, 2, 3, 4, 5, 6 da; 2 noktasında yapılan mikroprob analizleri ise Çizelge 1 de verilmiştir.

**Çizelge 1 - Barit ve kuvars içinde gözlenen iri taneli galenit/klaustalit mineralinin elektron mikroprob analizi**

Analiz Elementler	% Ağ.		Ortalama
	1	2	
Pb	71.68	73.82	72.59
Bi	0.73	0.39	0.56
Cu	0.58	0.93	0.76
Ag	0.43	0.37	0.40
S	6.54	7.08	6.81
Se	20.25	17.03	18.64
Te	0.17	0.11	0.14
<b>Toplam</b>	<b>100.56</b>	<b>99.23</b>	<b>99.90</b>

Analiz sonuçlarına göre barit ve kuvars içinde izlenen galenit/klaustalit formülü;  $(\text{Pb}_{0.78} \text{Bi}_{0.01} \text{Ag}_{0.01} \text{Cu}_{0.03}) (\text{S}_{0.47} \text{Se}_{0.53})$  olarak hesaplanmıştır.

Kalkopirit içinde izlenen ufak tanecikler şeklindeki galenit/klaustalit izomorf mineralinin geri yansıyan elektron görüntüsü ve element dağılım görüntüleri Levha II, şekil 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 de; 3 noktasında yapılan mikroprob analizleri ise Çizelge 2 de verilmiştir.

**Çizelge 2 - Kalkopirit içerisinde gözlenen küçük taneli galenit/klaustalit mineralinin elektron mikroprop analizi**

Elementler	Analiz			Ortalama
	1	2	3	
Pb	77.07	74.74	76.29	76.03
Cu	1.62	1.85	1.50	1.66
Fe	1.08	1.63	0.99	1.23
S	10.67	10.63	10.85	10.72
Se	10.05	9.87	11.28	10.40
<b>Toplam</b>	<b>100.49</b>	<b>98.72</b>	<b>100.91</b>	<b>100.04</b>

Analiz sonuçlarına göre kalkopirit içindeki galenit/klaustalit izomorf mineralinin formülü;  $(\text{Pb}_{0.79} \text{Cu}_{0.06} \text{Fe}_{0.05}) (\text{S}_{0.72} \text{Se}_{0.28})$  olarak hesaplanmıştır.

Bu verilerden, barit ve kuvars içindeki galenit/klaustalit izomorf mineralinin selenyumca daha zengin olduğu anlaşılmaktadır.

*Tetradimit/tellurobizmutin.* — Tetradimit ( $\text{Bi}_2 \text{Te}_2\text{S}$ ) ve tellurobizmutin ( $\text{Bi}_2 \text{Te}_3$ ) birlikte izomorf bir seri oluşturur (Ramdohr, 1975). Murgul Anayatak'ta gözlenen bizmut-tellür minerali mikroproble tetradimit/tellurobizmutin izomorf minerali olarak saptandığından bu ad altında incelenecektir. Tetradimit/tellurobizmutin izomorf minerali başlıca kalkopirit ve piritin çatlaklarında, çoğunlukla kuvars, barit ve diğer Se-Te mineralleriyle birlikte bulunmakta ve tane büyüklüğü 200 mikrona ulaşmaktadır. Ayrıca kalkopirit içinde en uzunları 25-30 mikron olan çubuklar şeklinde de izlenmektedir. Bu mineral mikroskopta yağda açık sarı-beyaz renkli olarak görülmektedir.

Tetradimit/tellurobizmutin mikroproble incelenmiştir. Bu mineralin geri yansıyan elektron görüntüsü ve element dağılım görüntüleri Levha I, şekil 1,2,3,4,5,6 ve Levha II, şekil 4,5,6 da; 3 noktasında yapılan mikroprob analizi ise Çizelge 3 te verilmiştir.

**Çizelge 3 - Tetradimit/tellurobizmutin mineralinin elektron mikroprob analizi**

Elementler	Analiz			Ortalama
	1	2	3	
Bi	56.80	55.74	56.66	56.40
Te	38.62	39.15	40.77	39.51
S	3.21	2.86	2.93	3.00
Se	1.53	1.40	1.05	1.33
<b>Toplam</b>	<b>100.16</b>	<b>99.15</b>	<b>100.36</b>	<b>99.89</b>

Analiz sonuçlarına göre tetradimit/tellurobizmutinin formülü  $\text{Bi}_{2.45} \text{Te}_{2.80} \text{S}_{0.15}$  olarak hesaplanmıştır. Görüldüğü gibi bu mineral 2  $\text{Bi}_2 \text{Te}_2 \text{S}$  ve 1  $\text{Bi}_2 \text{Te}_3$  ün karışımı olarak kristallenmiştir. Az oranda da selenyum içermektedir.

*Hessit.* — Kalkopirit ve piritin çatlaklarında, barit, kuvars, diğer Se-Te mineralleriyle birlikte ve ufak tanecikler şeklinde de kalkopirit içinde izlenmektedir. En büyükleri 50 mikron kadardır. Mikroskopta yağda beyaz renkli sarımsı kahverengi tonludur. Hessitin geri yansıyan elektron görüntüsü ve element dağılım görüntüleri Levha I, şekil 1,2,3,4,5,6 da; 2 noktasında yapılan mikroprob analizi Çizelge 4 te verilmiştir.

**Çizelge 4 - Hessit mineralinin elektron mikroprob analizi**

Analiz Elementler	% Ağ.		Ortalama
	1	2	
Ag	62.92	62.14	62.53
Bi	0.28	0.22	0.25
Pb	0.18	0.25	0.22
Cu	0.42	0.43	0.43
Te	36.69	36.61	36.85
S	0.12	0.17	0.15
<b>Toplam</b>	<b>100.61</b>	<b>100.62</b>	<b>100.62</b>

Analiz sonuçlarına göre formülü;  $Ag_{1.97} Cu_{0.03} Te_{0.98} S_{0.92}$  olarak hesaplanmıştır.

*Bi - sülfomineraller.* — Murgul Anayatak'ta Bi-sülfominerallerden vittişenit bulunmaktadır. Vittişenit, çok az sayıda, kalkopiritin çatlaklarında ve içinde, en büyükleri 60 mikron olan özbiçimsiz tane ve tane yığılımları şeklinde izlenmektedir. Mikroskopta, yağda açık gri renkli, mavi tonlu ve belirgin anizotrop olduğu görülür. Bu mineralin 2 noktasında yapılan mikroprob analizi Çizelge 5 te verilmiştir.

**Çizelge 5 - Vittişenit mineralinin elektron mikroprob analizi**

Analiz Elementler	% Ağ		Ortalama
	1	2	
Cu	35.97	35.89	35.93
Bi	41.72	39.87	40.80
Ag	3.58	2.78	3.68
S	20.43	21.26	20.86
<b>Toplam</b>	<b>101.70</b>	<b>99.80</b>	<b>101.27</b>

Analiz sonuçlarına göre buradaki vittişenitin formülü;  $Cu_{2.60} Bi_{0.90} Ag_{0.16} S_3$  olarak hesaplanmıştır. Selenyum ve tellür minerallerinin saptanmasından sonra, kalkopiritçe zengin bu örneklerde selenyumun ne oranda bulunduğu araştırılmıştır. Bunun için örnekler doğrudan öğütülerek Philips Pw 1400 X-ışını floresans Spektrometresi ile analiz edilmiş ve böyle bir cevherde % 0.1 selenyumun varlığı anlaşılmıştır.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Murgul Anayatak'tan alınan örnekler üzerinde yapılan mikroskop ve mikroprob çalışmaları sonucunda bugüne kadar bu yatakta gözlenmemiş olan, önemli oranlarda Se-Te minerallerinin varlığı ortaya konmuştur. İncelenen örneklerde bu minerallerin çokluk sırası galenit/klaustalit, tetradiomit/tellurobizmutin, hessit, vittişenit şeklindedir.

Ülkemizde bugüne kadar Se-Te mineralleri üzerine çok az çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar (Çağatay, 1979; Çağatay ve diğerleri, 1981; Aydın, 1981; Taner ve Çağatay, 1983) intruziflere bağlı yataklarda yoğunlaşmaktadır. Tugal (1969) ve daha sonra Leitch (1981) Doğu Karadeniz Bölgesindeki Lahanos ve Kızılkaya yataklarında bazı Se-Te minerallerinin varlığına değinmişlerdir. Doğu Karadeniz Bölgesindeki diğer bazı sülfid yataklarında Murgul Anayatak'takilere benzer Se-Te mineralleri saptanmıştır. (Altun, tez çalışması). Görüldüğü gibi Doğu Karadeniz Bölgesinde, değişik yataklarda farklı zamanlarda, farklı araştırmacılar tarafından Se-Te mineralleri saptanmıştır. Buradan giderek bu bölgede bu minerallerin saptanamadığı sülfid yataklarında da bu mineraller ve benzerlerinin var olabileceği söylenebilir. Az bulunan fakat değerli olan bu elementlerin yataklarda hangi minerallerin bileşimine girdiğinin, ne oranda ve yatağın neresinde bulunduğunun saptanması, bu elementlerin işletilmekte olan ve işletilecek yataklardan, ana metaller yanında hangi koşullarda kazanılabileceğinin araştırılması gereklidir.

#### KATKI BELİRTME

Bu çalışmada destek sağlayan A. Yaraman'a, değerli önerileriyle katkılarda bulunan Dr. E. Aydın, Dr. A. Çağatay'a X-ışını floresans analizlerini gerçekleştiren A. Erentürk'e ve Dr. A. Kut'a teşekkür borçluyuz.

*Yayına verildiği tarih, 12 Mayıs 1983*

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- Altun, Y., 1976, Artvin-Murgul bakır yataklarının jeolojisi ve değerlendirme rap.: Maden Tetkik ve Arama Enst., Maden Etüt Dairesi Rap., 1108, Ankara.
- , 1984, Giresun-Görece ve Tirebolu (Doğu Karadeniz) yöresindeki renkli metal yataklarının cevher mineralojisi ve buna dayalı kökensel yorum: Doktora tezi (hazırlanmakta), İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aydın, E., 1981, Biga yarımadasındaki kurşun sülfid mineralleri, bunların oluşum koşulları ve kökenleri: İ.Ü. Yer Bilimleri Fak., Doktora tezi (yayımlanmamış).
- Baydar, O., 1969, Yusufeli-öğdem-Madenköy-Tortum gölü ve Ersis arasındaki bölgenin jeolojisi: Maden Tetkik ve Arama Enst., Rap., Ankara.
- Buser, S., 1970, Murgul bakır ocağı çevresinin jeolojisi: Maden Tetkik ve Arama Enst., Maden Etüt Dairesi Rap., 1184, Ankara.
- Çağatay, A., 1979, Maden mikroskopisi: Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını., 2, Ankara.
- ; Taner, M.F.; Arman, B. ve Altun, Y., 1981, Şükrüpaşa ve İkiztepe yataklarında izlenen bizmut mineralleri: Maden Tetkik ve Arama Enst., Maden Etüt Dairesi, Ankara.
- Leitch, C.H.B., 1981, Mineralogy and Textures of the Lahanos and Kızılkaya Massive Sulphide Deposits, North Eastern Turkey, and Similarity to Kuroko Ores: Mineral Deposita, 16, 241-257.
- Ramdohr, P., 1975, Die Erzminerale Und ihre Verwachsungen: Akademie-Verlag, Berlin.
- Remberg, H., 1954, Murgul-Arhavi bakır araştırmaları rap.: Etibank arşiv 832, Ankara.
- Sawa, T.; Sawamura, K. ve Teşrekli, M., 1970, Murgul Madeni ve civarındaki bakır yatakları hakkında rapor: Maden Tetkik ve Arama Enst., Maden Etüt Dairesi Rap. 1072, Ankara.

- Taner, M. ve Çağatay, A., 1983, Istranca masifindeki maden yataklarının jeolojisi ve mineralojisi: TJK Bülteni 26, 31-40 Ankara.
- Tugal, T.H.T., 1969, The Pyritic Sulphid Deposits of the Lahanos mine Area, Eastern Black Sea Region, Turkey: Unpubl. Ph. D. Thesis, Durham University, England.
- Uytenbogaardt, W. ve Burke, E.A.J., 1971, Tables For Microscopic Identification of Ore Minerals, Amsterdam.

LEVHALAR

### LEVHA - I

- Şek. 1 - Birlikte gelişmiş galenit/klaustalit tetradimit/tellürbismutin, hessit ve vittişenit minerallerinin geri yansıyan elektron görüntüsü. Büyültme X360.
- Şek. 2 - Te L X-ışını tarama görüntüsü.
- Şek. 3 - Pb L X-ışını tarama görüntüsü.
- Şek. 4 - Bi L X-ışını tarama görüntüsü.
- Şek. 5 - Se L X-ışını tarama görüntüsü.
- Şek. 6 - Ag L X-ışını tarama görüntüsü.



## LEVHA - II

- Şek. 1 - Kalkopirit (siyah) içerisinde galenit/klaustalit (beyaz) geri yansıyan elektron görüntüsü. Büyültme X 600.
- Şek. 2 - Şekil 1 in Pb L X-ışını tarama görüntüsü.
- Şek. 3 - Şekil 1 in Se L X-ışını tarama görüntüsü.
- Şek. 4 - Kalkopirit (siyah) içerisinde tetradimit/tellürbizmutinin (beyaz) geri yansıyan elektron görüntüsü.  
Büyültme X 400.
- Şek. 5 - Şekil 4 ün Bi L X-ışını tarama görüntüsü.
- Şek. 6 - Şekil 4 ün Te L X-ışını tarama görüntüsü.
- Şek. 7 - Kalkopirit (siyah) içerisinde galenit/klaustalit (beyaz) ayrışmaları. Büyültme x 400.

