

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
YERBİLİMLERİ UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ
06800 Beytepe-ANKARA Tel: 0 (312) 2976720-21 Telefaks: 0 (312) 2992075

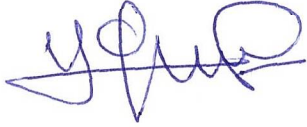
Sayı : 89703287/ 218
Konu : Analiz sonucu hk

20.07.2017

Sayın AEX MİNERAL MADEN
MÜHENDİSLİK TİCARET A.Ş.:

30 Haziran 2017 tarihinde Merkezimize analiz edilmek üzere kargo ile gönderdiğiniz AEX 01,AEX 02,AEX 03,numaralı örneklerinizin analiz raporu ektedir.

Saygılarımla,



Prof.Dr. Yurdal GENÇ
Merkez Müdürü

Eki : Analiz sonucu.



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
YERBİLİMLERİ UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ
(YUVAM)

AEX MİNERAL MADEN MÜHENDİSLİK TİCARET A.Ş.
ÖRNEKLERİNİN
PETROGRAFİK VE CEVHER MİKROSKOPİSİ İNCELEME RAPORU

ANKARA, TEMMUZ, 2017

Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümüne 30 Haziran 2017 tarihinde kargo ile gelen AEX 01, AEX 02, AEX 03 numaralı, AEX Mineral Maden Mühendislik Ticaret AŞ'ne ait kayaç örnekleri ve kırıntılı (-1mm öğütülmüş AEX 01, AEX 02 ve AEX 03 numaralı) örneklerin petrografik ve cevher mikroskopisi inceleme sonuçları aşağıda verilmektedir.

Örneklerin Makro Özellikleri

AEX-01 numaralı koyu yeşil renkli kayaç örneğinin, makro ölçekte tanınabilecek boyutta, yapraksı minerallerin (mika mineralleri ve klorit) birbirine yaklaşık paralel dizildiği ve belirgin bir şist dokusuna (yönlenme) sahip olduğu gözlenmektedir. Yapraksı minerallerce zengin düzlemlerle ardalanmalı olarak açık grimsi renkli mineral (kuvars ve feldispat) bantları görülmektedir. El örneğinde yeşil renkli levhamsı minerallerle (klorit) birlikte sedef-inci parlaklığı gösteren renksiz levhamsı muskovit minerallerinin birbirine paralel ve iç içe geliştiği gözlenmektedir. Levhamsı minerallerde kıvrımlanma ve bükülme gibi yapılar yaygın olarak görülmektedir. Kayaç milimetrik kalınlıklarda şistozite düzlemlerine sahiptir.

AEX-02 numaralı örnek AEX-01 numaralı örneğe kıyasla daha koyu renkte (koyu gri-grimsi yeşil, yer yer koyu kahve, pas renkli bandlar var) gözlenmektedir. 1-3mm arasında değişen şistozite düzlemlerine sahip metamorfik bir kayaçtır. AEX-01 numaralı örnekte tanımlanan mineral içeriği bu örnek için de geçerlidir. Yapraksı mika ve klorit minerallerinin oluşturduğu şistozite düzlemleri arasında açık renkli minerallerin (kuvars ve feldispat) oluşturduğu milimetrik bandlar gözlenmektedir. Makro ölçekte yapraksı mika mineralleri ve bunlarla ara katmanlı olarak gelişen klorit minerallerinde herhangi bir kıvrımlanma belirlenmemiştir.

AEX-03 numaraya ait üç ayrı el örneği bulunmaktadır. Bunlardan AEX-03 (c) numaralı örnek el örneğinde açık yeşilimsi renkte olup içerisinde renksiz yapraksı muskovit mineralleri ile yine renksiz kuvars ve/veya feldispat taneleri içermektedir. Muskovit mineralleri paralel bir şekilde dizilerek belirgin bir şist dokusu göstermektedir. Yapraksı mineraller arasında bantlar şeklinde gözlenen kuvars ve feldispatlardan oluşan zonların kalınlığı 0.5mm ile 1mm arasında değişmektedir. El örneğinde, açık bakır yeşili renkte, kayacın dış kısmında ve çatlaklardan itibaren gelişen sıvamalar gözlenmektedir. Aynı örneğin AEX-03 (a) ve (b) numaralı el örnekleri ise birbirine benzer makro ölçekte özellikler göstermektedir. Bu iki örnek AEX-03 (c) örneğine kıyasla daha çok taneli doku özelliği sunmaktadır. Taneler genellikle beyaz ve açık gri olmak üzere iki renkte (kuvars ve karbonat mineralleri) gözlenmekte, yer yer de sarı ve metalik gri renkte opak mineraller de içermektedir. Yine AEX-03 (c) örneğinde olduğu gibi bu örnekte de açık yeşil renkte bakır oksit/bakır karbonat sıvamaları görülmektedir.

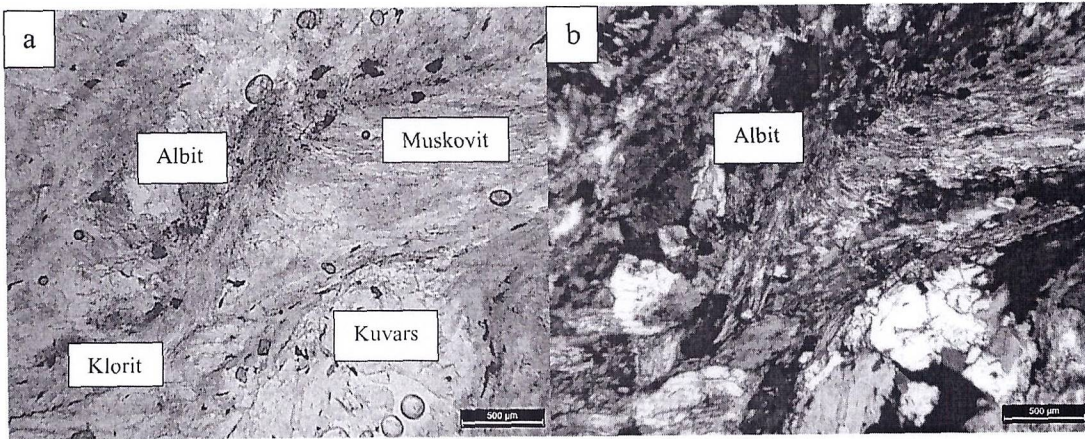
İnceleme Yöntemi

İncelenmesi talep edilen kayaç ve kırıntı örneklerinin mineralojik ve petrografik özelliklerini belirlemek amacıyla, her örneğin ikişer adet parlatılmış ince kesitleri hazırlanmıştır. Parlatılmış incekesitlerin üstten ve alttan aydınlatmalı polarizan mikroskoplarda mineralojik içerikleri ve dokusal özellikleri tanımlanmış, modal mineralojik bileşimleri yüzde oran olarak tespit edilmiştir. Mineralojik bileşimleri belirlenen örneklerde, Zeiss Evo50 model Taramalı Elektron Mikroskopta, enerji dağılım spektroskopisi yöntemi ile minerallerin element analizleri yapılmıştır.

AEX 01 no'lu örnek

Polarizan mikroskopta yapılan ince kesit incelemelerine göre AEX-01 numaralı örnek lepidoporfiroblastik dokulu Granat-Muskovit-Klorit Şist bileşimindedir. Örnekte ana mineral fazları olarak başlıca muskovit $K(Al, Mg)_3Si_3O_{10}$, klorit $(Mg, Fe, Al)_{12}(Si, Al)_8O_{20}(OH)_{16}$, kuvars (SiO_2), feldispat (albit) ($NaAlSi_3O_8$) ve granat $(Ca, Mg, Mn, Fe)_3(Al, Fe)_2Si_3O_{12}$; mineralleri gözlenmektedir (Şekil 1). Örneğin modal mineralojik bileşimi %25-30 Kuvars, %5-10 Feldispat (albit), %30-40 Muskovit+Klorit, %<2 Opak mineraller ve %5-6 Granat oranları arasında değişmektedir.

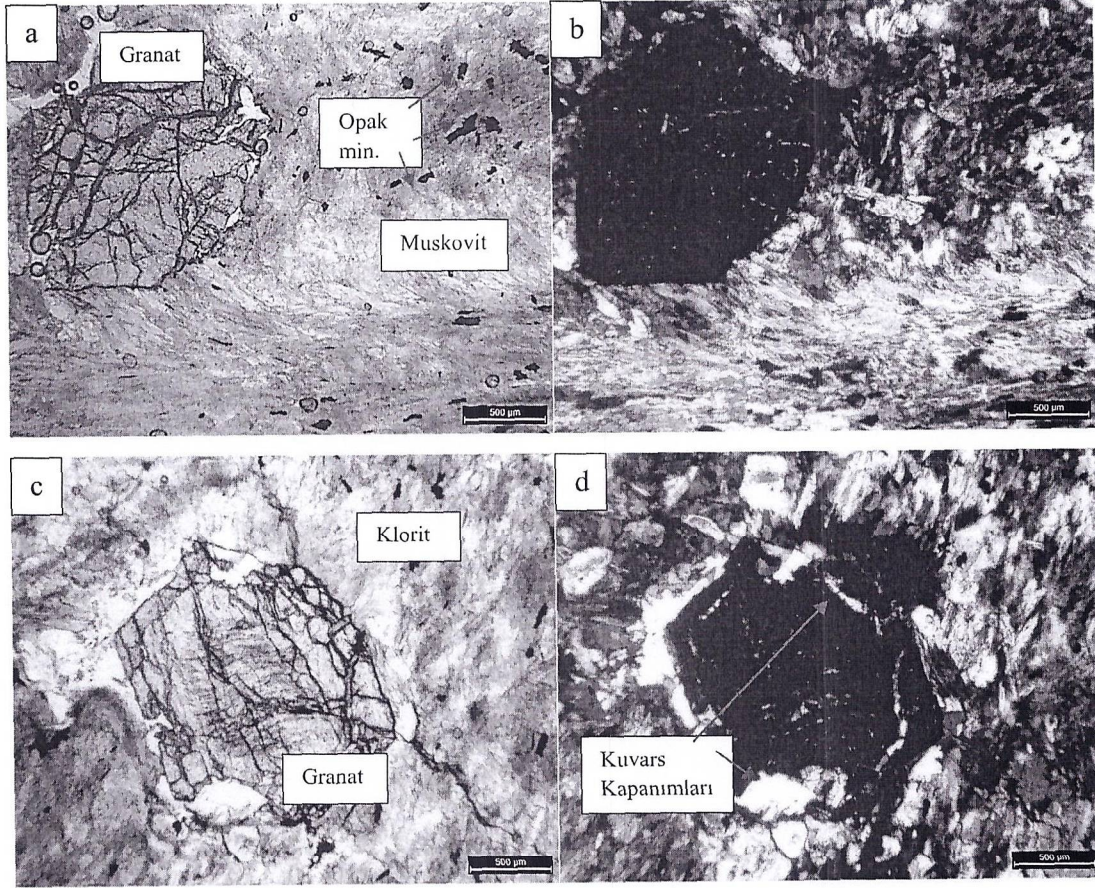
Klorit ve mika mineralleri bakımından zengin seviyelerle kuvarsça zengin bandların aralanmalı olarak geliştiği görülmektedir. Muskovitler genellikle düzensiz ve ince yapraklar şeklinde gelişmişlerdir. Muskovitlerin eğilip-büküldükleri ve kıvrımlandıkları gözlenmektedir. Tali mineraller (örnekteki oranları <%1 olan mineraller) ise başlıca apatit ($CaPO_4$) ve çoğunlukla yapraklanmaya paralel olarak gelişen opak minerallerden (ilmenit, $FeTiO_3$) oluşmaktadır.



YF

Şekil 1. Granat-Mika Şist örneğine ait ince kesitin polarizan mikroskop genel görüntüsü. (a) Tek nikol görüntüsü, (b) Çift nikol görüntüsü

Granat porfiroblastları yönlü basınçlar etkisiyle yer yer deformasyona uğramış olup basınç gölgelerinde kuvars mineralleri gözlenmektedir. Granat porfiroblastları, yaygın olarak kuvars, mika ve klorit kapanımları içermektedir.

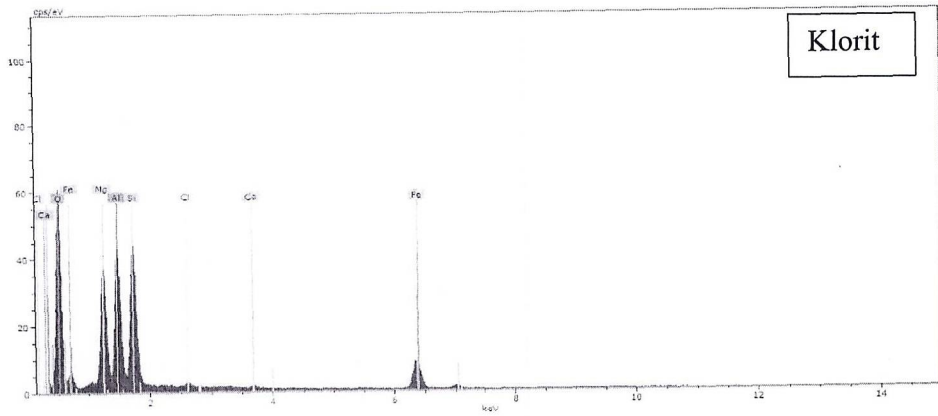
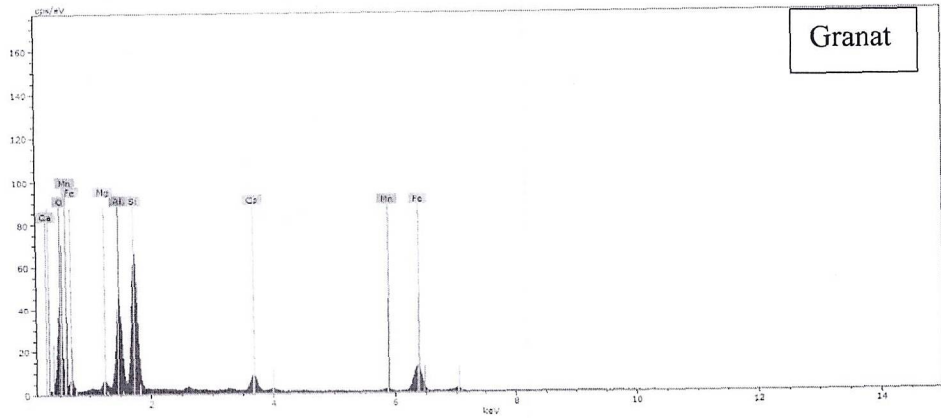
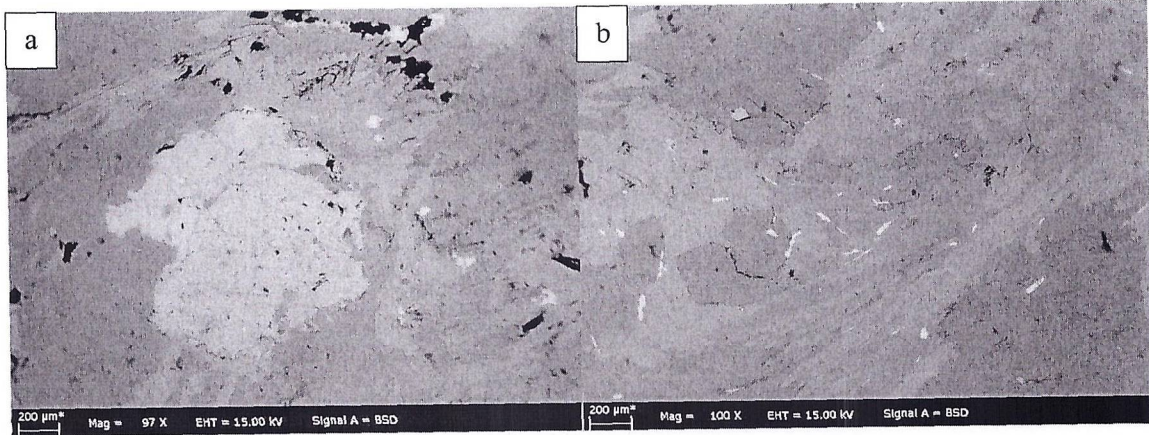


Şekil 2. Granat-Mika Şist örneğine ait ince kesitin polarizan mikroskop genel görüntüsü. (a, c) Tek nikol görüntüsü, (b,d) Çift nikol görüntüsü. (a,b) Pre-tektonik granat minerali özşekilsiz ve parçalanmış şekilde gözlenmektedir. (c, d) Sin-tektonik granat minerali orta kısmında tektonizma etkisi ile oluşan S-yapıları. Basınç gölgesinde kuvars ve klorit minerali oluşumu gözlenmektedir.

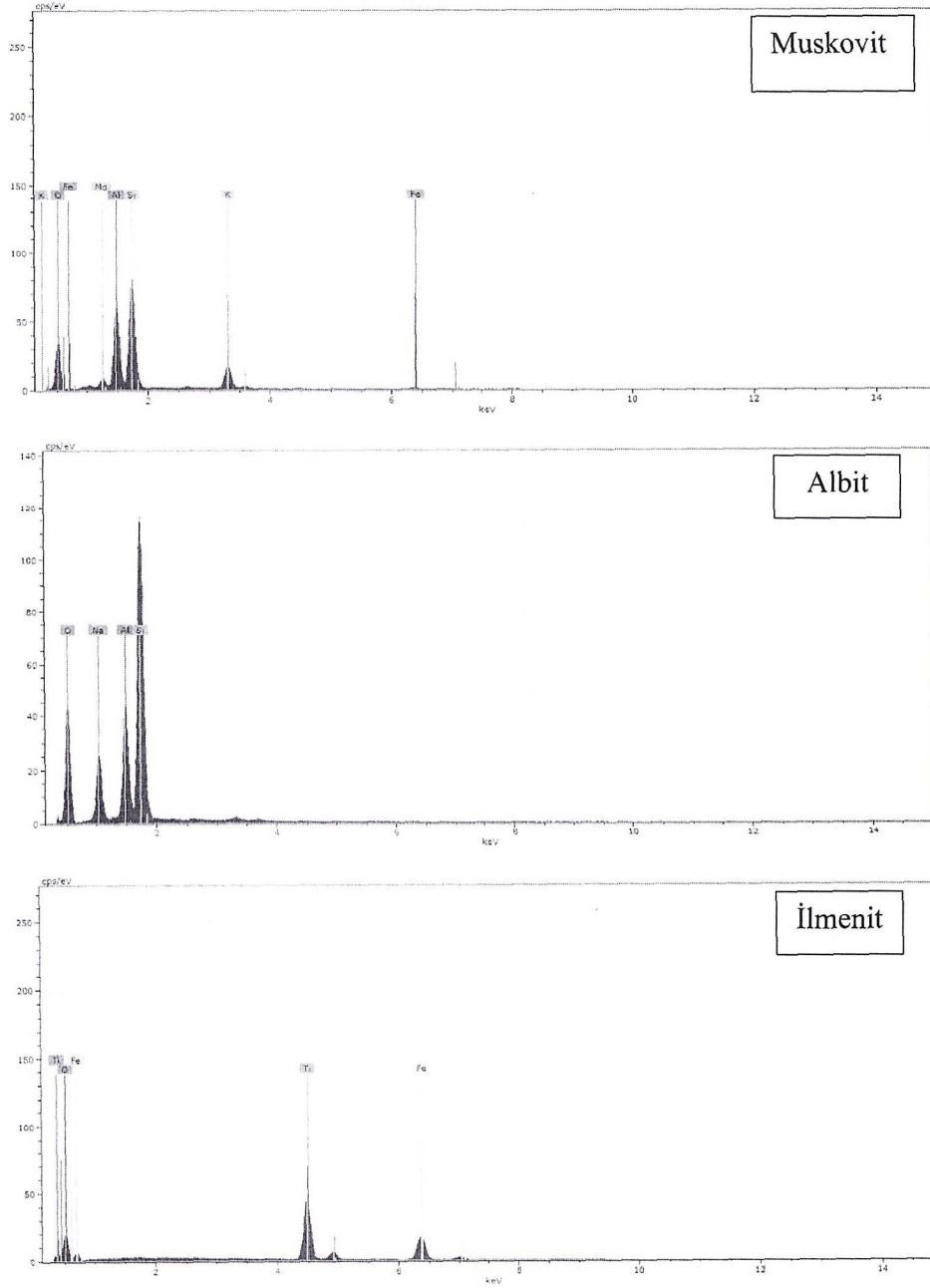
Yapılan Taramalı Elektron Mikroskop enerji dağılım spektroskopisi mikro-analiz çalışmaları ile kayaç içerisinde bulunan mikaların başlıca potasyum, alüminyum, silisyum ve magnezyum içerdiği bu elementler dışında başka element içermediği ve muskovit bileşiminde olduğu anlaşılmaktadır. Muskovitlerle birlikte, yaygın olarak bulunan kloritler ise başlıca silisyum, alüminyum, magnezyum ve demir içermekte olup tipik magnezyumlu-demirli klorit

YF

bileşimindedir. Feldispatlar saf sodyumlu feldispat (albit) bileşimindedirler. Granat mineralleri ise kalsiyum içeren almandinden oluşmaktadır. Opak mineraller ise ilmenit ($FeTiO_3$) (Şekil 3) bileşimindedir.



YD



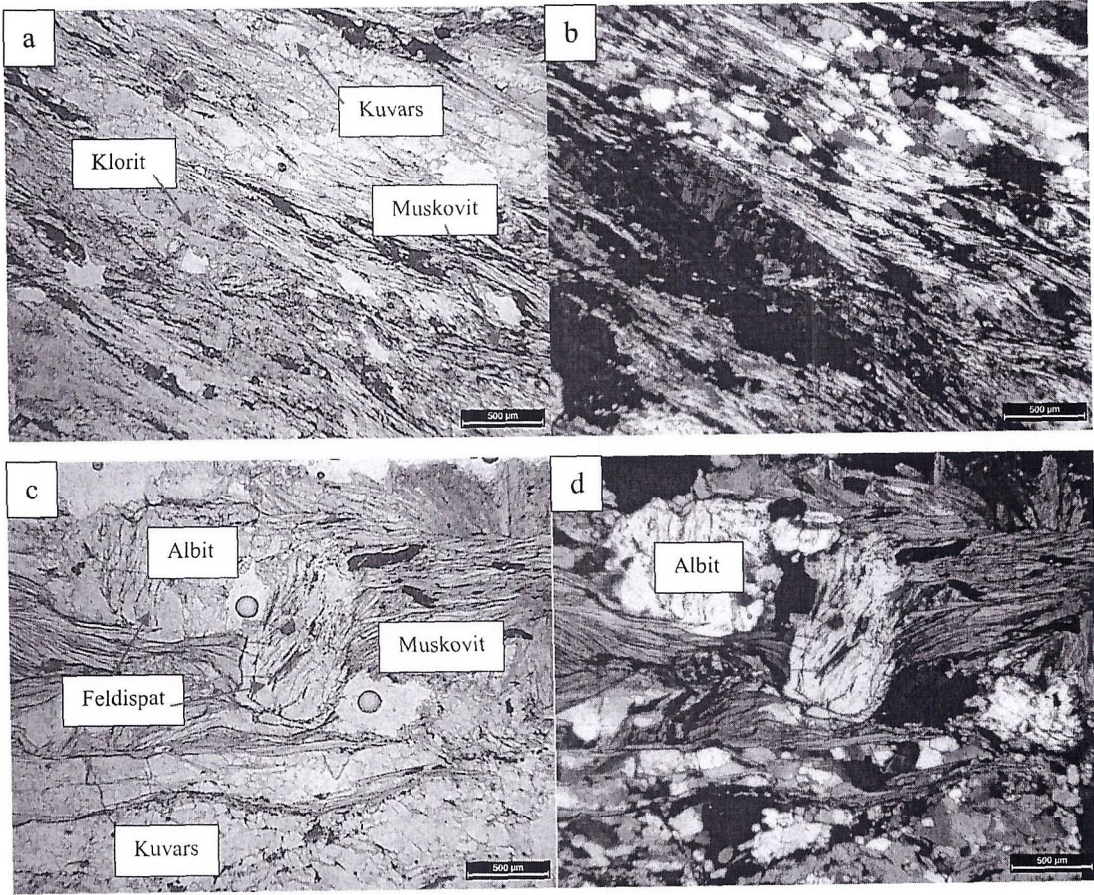
Şekil 3. Granat-Mika Şist örneğine ait ince kesitin taramalı elektron mikroskop görüntüsü ve minerallerin enerji dağılım spektrumu (Q: Kuvars, Grt: Granat, Klrt: Klorit, Alb: Albit, Msk: Muskovit, Ilm: İlmenit) (a) Granat minerali içerisinde kuvars kapanımları, (b) İlmenit minerallerinin yapraklanmaya paralel olarak gelişmesi.

Öğütülmüş AEX-01 numaralı örneğin mineral içeriği, minerallerin bileşimi ve oranları öğütülmemiş örnekle aynıdır.

YF

AEX 02 no'lu örnek

Polarizan mikroskopta yapılan ince kesit incelemeleri sonucunda AEX-02 numaralı örneğin lepidoblastik dokulu Muskovit-Klorit Şist olduğu tespit edilmiştir. Kayaç içerisinde başlıca ana mineral fazları olarak muskovit $K(Al, Mg)_3Si_3O_{10}$, klorit $(Mg, Fe, Al)_{12}(Si, Al)_8O_{20}(OH)_{16}$, kuvars (SiO_2) ve feldispat (albit) $(NaAlSi_3O_8)$ gözlenmektedir. Örnekte, ana minerallerin yanı sıra zirkon ($ZrSiO_4$), apatit ($CaPO_4$), titanit ($CaTiSiO_4(OH, F)$) gibi tali mineraller (oranları $< \%1$) ve ilmenit ($FeTiO_3$), hematit (Fe_2O_3) gibi opak mineral fazları da gözlenmektedir (Şekil 5). İlmenit mineralleri, muskovit ve klorit gibi levhamsı minerallerin yapraklanmaları arasında şistoziteye paralel olarak gelişirken, hematit minerallerinin daha çok feldispat porfiroblastlarının basınç gölgelerinde ve kırık-çatlaklarda geliştiği görülmektedir. Feldispat porfiroblastları, kuvars ve mika kapanımları içermeleri nedeniyle poikiloblastik doku sergilemektedirler. (Şekil 4c ve 4d).



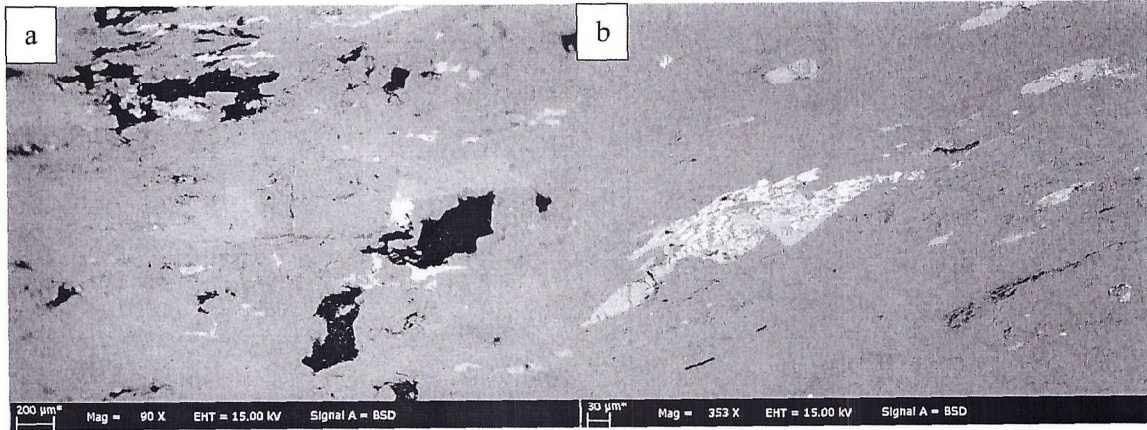
Şekil 4. (AEX-02) Muskovit-klorit-kuvars şist örneğine ait ince kesitin polarizan mikroskop genel görüntüsü. (a, c) Tek nikol görüntüsü, (b, d) Çift nikol görüntüsü

YF

Örneğin kesitlerinin mikroskop incelemeleri sonucunda yapılan mineralojik-petrografik analiz ile kayacın modal mineralojik bileşimi %20-25 Kuvars, %10-15 Feldispat (albit), %40-60 Muskovit+Klorit, %1-2 opak mineral oranları arasında değişmektedir. Muskovit, Klorit ve Feldispatların element içerikleri AEX 01 no'lu örnekteki eşdeğerleriyle aynıdır. Muskovitler başlıca potasyum, aliminyum, silisyum ve az magnezyum içermektedir. Feldispatlar saf albit bileşiminde olup sodyum, aliminyum ve silisten oluşmaktadır. Kloritler ise magnezyum-demir klorit bileşimindedirler.

Opak mineraller ilmenit ve hematit bileşimindedir. İlmenitler daha ziyade klorit ve muskovitlerle birlikte yönlene paralel uzamış taneler şeklinde, hematitler ise kırık ve çatlaklarda gözlenmektedir.

Öğütülmüş ve öğütülmemiş AEX-02 numaralı örneklerin mineral içeriği, minerallerin bileşimi ve oranları arasında belirgin bir fark gözlenmemiştir.



Şekil 5. Mika Şist örneğine ait ince kesitin taramalı elektron mikroskop görüntüsü (Q: Kuvars, Klr: Klorit, Alb: Albit, Msk: Muskovit, Ilm: İlmenit, Hem: Hematit, Tit: Titanit, Zrn: Zirkon, Apt: Apatit) (a) Albit basınç gölgesinde hematit gelişimi, (b) İlmenit minerallerinin yapraklanmaya paralel olarak gelişmesi.

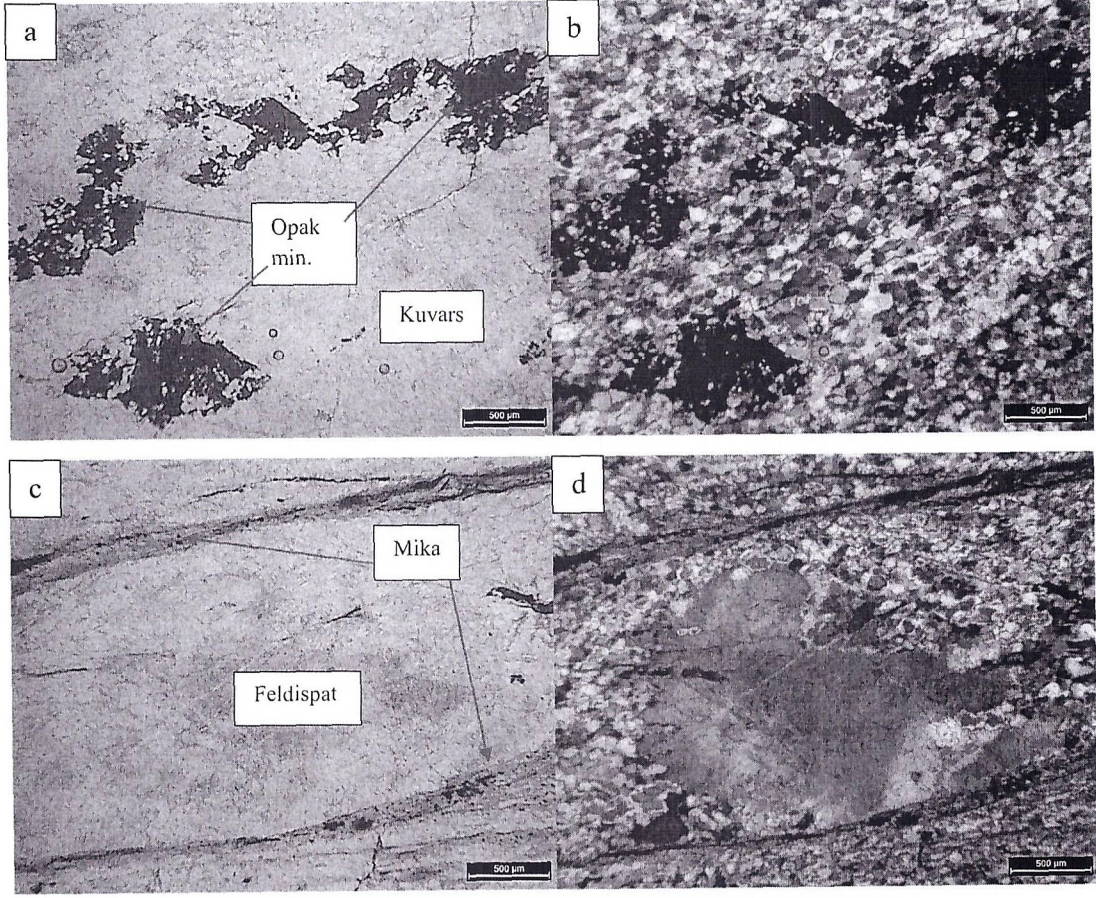
AEX-03 no'lu örnek (toplam üç parçadan oluşmaktadır)

Polarizan mikroskopta yapılan ince kesit incelemeleri sonucunda AEX-03 (c) numaralı örneğinin granoblastik-milonitik dokulu Muskovit-Kuvars Şist olduğu tespit edilmiştir. Kayacın adından da anlaşılacağı üzere kayacın baskın olan ana mineral fazları kuvars ve mika mineralleridir. Kuvarların oldukça ince taneli (<100 µm) olduğu görülmektedir (Şekil 6). Bu

YF

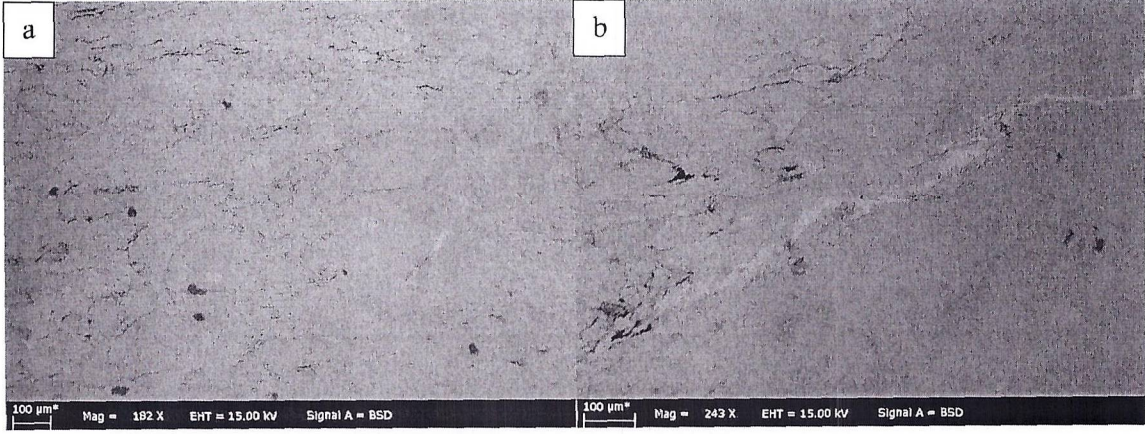
ana minerallerle birlikte kayaçta tali mineral (bulunma oranı < %1) olarak opak mineraller (limonit-FeOOH ve bakır-oksit (CuO)) gözlenmiştir (Şekil 7). Opak minerallerin kayaç içerisinde hem saçınımlar hem de çatlaklardan itibaren geliştiği gözlemlenmiştir. Ayrıca kayaç içerisinde iri (milimetrik boyutta) feldispat (albit) ve kuvars mineralleri de gözlenmektedir (Şekil 6c ve 6d).

Örneğin modal mineralojik bileşimi %76-83 Kuvars, %2-3 Feldispat (albit), %10-15 Muskovit+Klorit, %1-2 Opak mineral oranları arasında değişmektedir.



Şekil 6. Muskovit-Kuvars Şist örneğine ait ince kesitin polarizan mikroskop genel görüntüsü. (a, c) Tek nikol görüntüsü, (b, d) Çift nikol görüntüsü

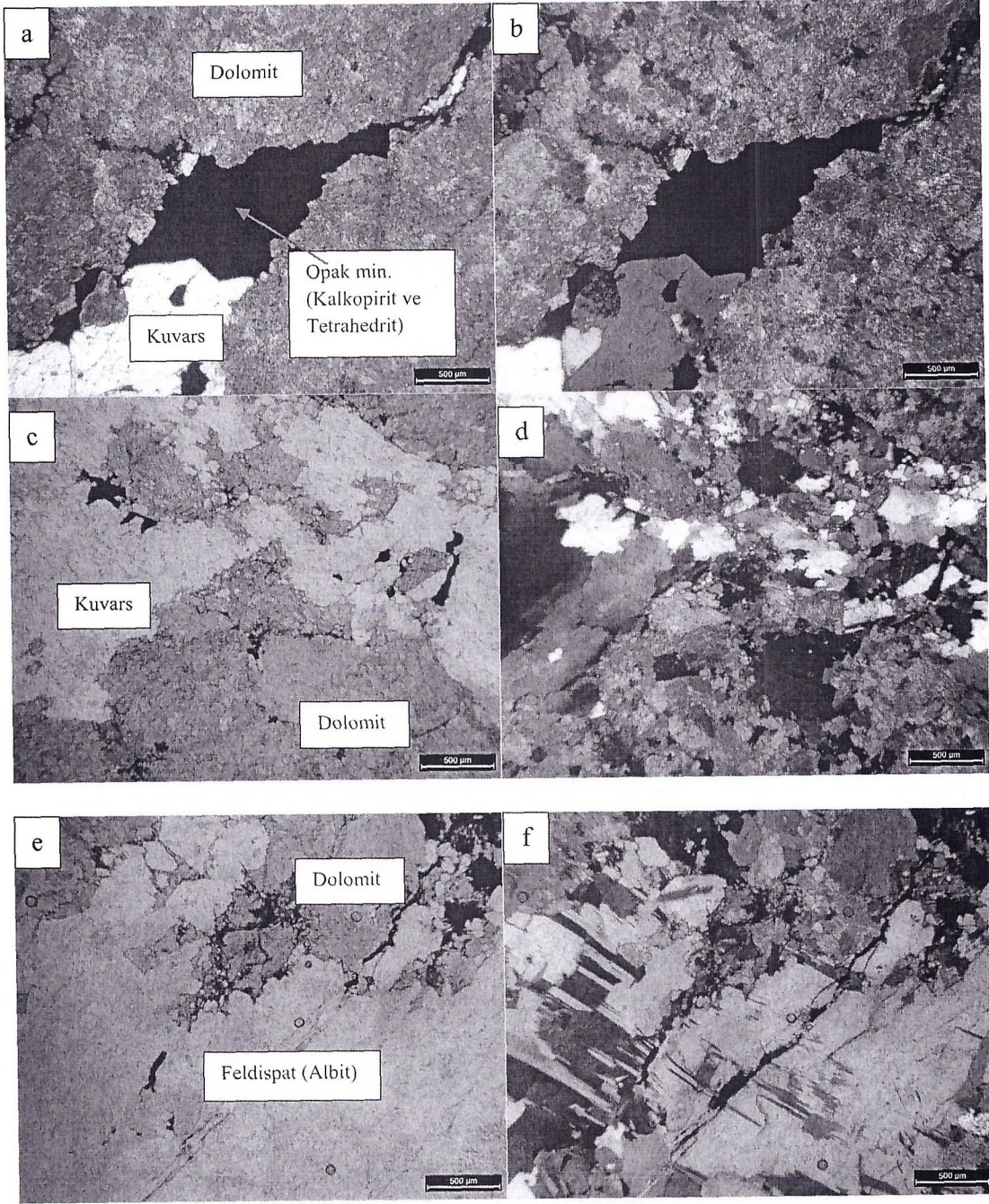
YF



Şekil 7. Mika Kuvars Şist örneğine ait ince kesitin taramalı elektron mikroskop görüntüsü (Q: Kuvars, Alb: Albit, Msk: Muskovit, Lim: Limonit, Cu: Bakır oksit ve/veya Bakır karbonat)
(a) Muskovit mineralleri içerisinde albit kristalleri ve çatlaklardan itibaren limonit oluşumu,
(b) Kırık-çatlak dolgusu şeklinde gözlenen bakır oksitler.

Polarizan mikroskopta yapılan ince kesit incelemeleri sonucunda AEX-03 (a ve b) numaralı örneğin kuvarslı karbonat kayacı olduğu tespit edilmiştir. Kayaç tamamen taneseli, yönlendirilmeyen karbonat (Dolomit: $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$; Kalsit: CaCO_3), kuvars (SiO_2) ve feldispat (albit) ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) ana mineral fazlarından oluşmaktadır. Karbonat mineralleri ince kesitte genellikle yarı özşekilli olarak gözlenmektedir. Çift nikolde yüksek dizilere ait inci grisi girişim renkleri ve ikiz lamelleri ile kolaylıkla ayırt edilebilmektedir (Şekil 8b, 8d, 8f). Kayaç içerisinde kuvarslar daha ziyade karbonatların aralarında veya boşluklarında özşekilsiz iri taneler şeklinde gözlenmektedir. (Şekil 8a). Feldispatlar (albit) kayaç içerisinde iri kristaller şeklinde, kuvarslarla birlikte bulunmakta ve çift nikolde tipik polisentetik ikizlenme göstermektedir (Şekil 8f). İri kristalli kuvars ve albitlere sık sık kalkopirit (CuFeS_2) ve tetrahedrit ($(\text{Cu, Fe})_3\text{SbS}_3$) eşlik etmektedir.

YF



Şekil 8. Kuvarslı Karbonat kayacını örneğine ait ince kesitin polarizan mikroskop genel görüntüsü. (a, c, e) Tek nikol görüntüsü, (b, d, f) Çift nikol görüntüsü

Yapılan Taramalı Elektron Mikroskop enerji dağılım spektroskopisi mikro-analiz yöntemi çalışmaları ile kayaç içerisinde bulunan karbonat minerallerinin dolomitik ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) bileşimde olduğu, dolomitlerin içinde seyrek olarak kalsitlerin de bulunduğu ortaya konmuştur.

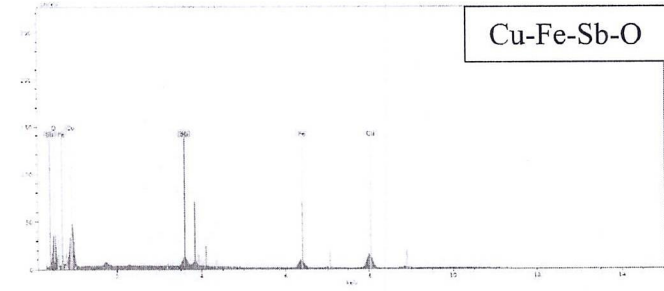
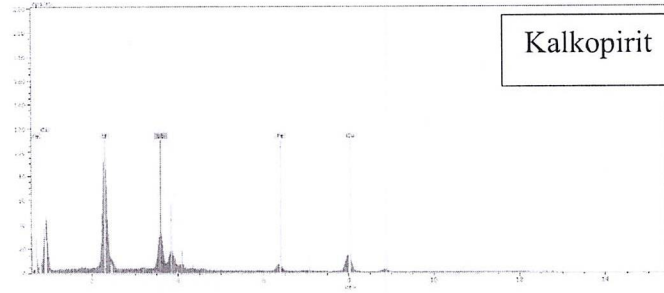
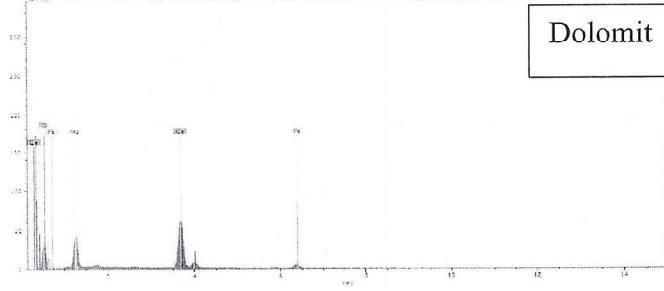
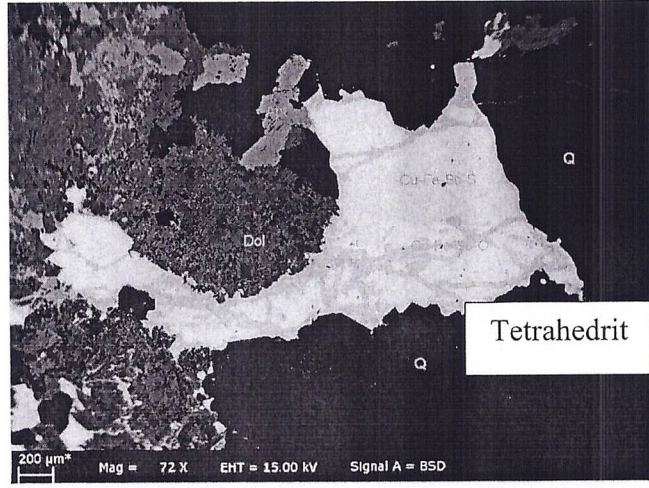
YF

Opak mineral fazları başlıca kalkopirit ve tetrahedritten oluşmaktadır. Bu sülfid minerallerinin kenar ve çatlaklarından itibaren oksitlenmeleri sonucunda oluşan demir ve bakır oksitler de kırık ve çatlak dolgusu olarak gözlenmektedir. Ayrıca kalkopirit ve tetrahedritlerin çatlak ve kenarlarından itibaren Cu-Fe-Sb oksite dönüştüğü saptanmıştır (Şekil 9).

AEX-03 (a) ve (b) örneklerinin modal mineralojik bileşimleri %15-20 Kuvars, %60-75 Karbonat mineralleri (Dolomit+Kalsit), %3-5 Feldispat, %1-3 Opak mineral oranları arasında değişmektedir.

AEX-03 numaralı kırıntılı örneğin mineral içeriği AEX-03 (a-b-c) örneklerinin mineral içeriklerinin bir karışımı şeklindedir. Başlıca; muskovit $K(Al, Mg)_3Si_3O_{10}$, klorit $(Mg, Fe, Al)_{12}(Si, Al)_8O_{20}(OH)_{16}$, kuvars (SiO_2) , albit $(NaAlSi_3O_8)$ parçaları ile kalkopirit $(CuFeS_2)$, tetrahedrit $((Cu, Fe)_3SbS_3)$, limonit, bakır oksit, ilmenit $(FeTiO_3)$, apatit $(CaPO_4)$ zirkon $(ZrSiO_4)$, titanit $(CaTiSiO_4(OH, F))$ mineral parçaları içermektedirler. Ancak kalkopirit, tetrahedrit, bakır oksit ve demir oksit (hematit ve limonit) içeriği öğütülmemiş örneklerle kıyasla daha yüksek olup öğütülmüş tanelerin yaklaşık %4-5'i kadardır. Serbestleşme ve tane büyüklüğünün dağılımı açısından örnek homojen bir yapıda olmayıp hem serbestleşmiş hem de serbestleşmemiş, kenetli ve farklı tane büyüklüğündeki tanelerden oluşmaktadır.

49



Şekil 9. Kuvarslı Karbonat kayacı örneğine ait ince kesitin taramalı elektron mikroskop görüntüsü ve minerallerin enerji dağılım spektrumu (Dol: Dolomit, Apt: Apatit, Q: Kuvars, Cu: Bakır, Fe: Demir, Sb: Antimuan S: Kükürt)

YF

SONUÇ

AEX-01, AEX-02 ve AEX-03 numaralı katı örnekler ve bunlarla aynı numaraya sahip öğütülmüş kırıntılı örneklerin mineralojik inceleme sonuçlarına göre:

1. AEX-03 numaralı örnek, bakır ve antimuanlı mineraller içermeleri nedeniyle ekonomik açıdan önemli olabilirler. Her iki metal de bu örneklerde saptanan kalkopirit ve tetrahedrit bünyesinde bulunmaktadır. Bu bakırlı ve antimuanlı sülfid minerallerinin oksitlenmesi, örneklerde gözlenen ikincil bakır yeşili renklenmelere neden olmaktadır. Bu örnekler ve bunların öğütülmüş kırıntılı örnekleri bakır ve antimuan açısından analiz edilmelidir.
2. AEX-01 ve AEX-02 numaralı örnekler mineral içerikleri ve oranları birbirine yakın örneklerdir. Bakır ve antimuan içeren birincil sülfid mineralleri bu örneklerde gözlenmemiştir. İçerdikleri ilmenit ve hematit mineralleri de bu örneklerdeki oranları ile ekonomik açıdan bir değer ifade edecek bollukta bulunmamaktadır.
3. AEX-01 ve AEX-02 örnekleri içinde muskovit ve klorit iç içe birlikte büyüme ilişkisi içindedirler. Bu nedenle örneklerdeki muskovit miktarı, makro olarak görüldüğünden daha düşüktür. Muskovit ve klorit arasındaki girift ilişki muskoviti kloritten ayırma ve zenginleştirme işlemlerinde de sorunlara neden olabilecek niteliktedir.
4. Muskovit bünyesinde silisyum, aliminyum, potasyum ve az magnezyum dışında başka bir element içermemektedir.
5. Bütün örneklerde saptanan feldispatlar saf albit bileşimindedir. Albit içeriği yüksek olduğu takdirde ekonomik olarak değerlendirme potansiyeli bulunabilir.