KAYMAZ (ESKİŞEHİR) VE HİMMETDEDE (KAYSERİ) ALTIN YATAKLARININ JEOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

COMPARISON OF GEOLOGICAL PROPERTIES OF KAYMAZ (ESKİŞEHİR) AND HİMMETDEDE (KAYSERİ) GOLD DEPOSITS

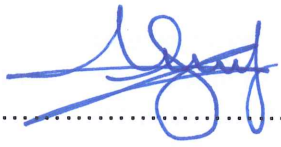
TAHİR İNAN TURAN

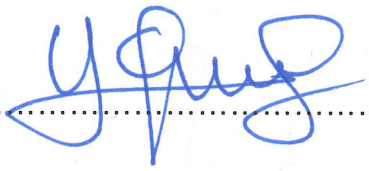
PROF. DR. YURDAL GENÇ
Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü
DOKTORA TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2018

TAHİR İNAN TURAN' ın hazırladığı "**Kaymaz (Eskişehir) ve Himmetdede (Kayseri) Altın Yataklarının Jeolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması**" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**' nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir

Prof. Dr. Şükrü KOÇ
Başkan ..... 

Prof. Dr. Yurdal GENÇ
Danışman ..... 

Prof. Dr. Halim MUTLU
Üye ..... 

Prof. Dr. M. Tekin YÜRÜR
Üye ..... 

Prof. Dr. Erkan AYDAR
Üye ..... 

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **DOKTORA TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma ama iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan **" Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi / H. Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. (1)
- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren .... Ay ertelenmiştir. (2)
- o Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. (3)

28 /08 /2019

Tahir İnan TURAN

"Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"

(1) Madde 6. 1. Lisansüstü tezle ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir

(2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. Şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü ve fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.

(3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir*. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.
Madde 7. 2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

* Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

28.08.2018

TAHİR İNAN TURAN

ÖZET

Tavşanlı Zonu'nda bulunan Kaymaz (Eskişehir) Altın Madeni (KAM) ve Orta Anadolu Masif'inde bulunan Himmetdede (Kayseri) Altın Madeni (HAM) ekonomik olarak işletilen önemli cevherleşmelerdir.

KAM'ın Damdamca ve Karakaya sahalarında, altın cevherleşmesi granit ile serpantinitin kontağında gelişmişken (ana cevherleşme), Kızılağıl Sahası'nda metamorfik birimler içinde, Mermerlik Sahası'nda ise serpantinitler içindedir. Bölgede altına ilave olarak, yer yer altın içermeyen önemli gümüş zenginleşmeleri de vardır. Alterasyon türleri silisleşme, killeşme ve nadiren karbonatlaşmadır. Cevher zonunda yoğun demir oksit oluşumu vardır.

Uzaktan algılama çalışmalarıyla elde edilen kil ve SiO_2 yayılımlarını gösteren görüntüler, ana cevher zonunda gözlenen bu alterasyonların yayılımı ile büyük ölçüde uyumludur.

Ana cevher zonunu oluşturan serpantinit-granit dokanağı faylıdır. Cevherin önemli bölümü serpantinit içinde bulunur. Granit içinde de, dokanağın yakınlarında bir miktar cevherleşme gelişmiştir. Cevherleşmeye sebep olan hidrotermal çözelti her iki kayacı da alterasyona uğratmıştır.

Ana cevher zonunda ve Kızılağıl Sahası'nda altın içeriği kuvarsça zengin kesimlerde yoğunlaşmaktadır. Mermerlik Sahası'nda bulunan altın taneleri götit ± lepidokrokitçe zengin kesimlerde gözlenmektedir. Altın içeren zonlarda bulunan diğer opak mineraller kromit, Ni-sülfitler, pirit, arsenopirit, galenit, nabit gümüş, akantit, iyodarjirit ve götit ± lepidokrokittir.

Kimyasal analizlere göre altın ile analizi yapılan diğer elementinler arasında belirgin bir korelasyon ilişkisi gözlenmemiştir.

Sıvı kapanımı analizlerinde kuvarslarda ölçülen homojenleşme sıcaklıkları sahalara göre farklılıklar göstermektedir. Ana cevher zonunda 100-250 °C ve 330-370 °C arasında iki farklı fazı gösteren homojenleşme sıcaklıkları ölçülmüştür. Tuzluluk değerleri %1,2-3,7 (%NaCl eşdeğeri) arasındadır. Kızılağıl Sahası'nda ise 270-393 °C arasında homojenleşme sıcaklıkları ve %3,9-5,4 (%NaCl eşdeğeri) arasında

değişen tuzluluk değerleri ölçülmüştür. Bu değerlerin, metamorfitlerde gümüş zenginleşmesine neden olan farklı bir faza ait olduğu düşünülmektedir.

HAM'da cevherleşmenin yankayacı mermer arabantlı gnaystır. Sahada görülen alterasyonlar killeşme ve silisleşmedir. Sahada yoğun götit ± lepidokrokit oluşumu vardır.

Uzaktan algılama çalışmalarında elde edilen kil minerallerinin yaylımını gösteren görüntü sahada gözlenen yayılım ile uyumluyken, SiO_2 yaylımını gösteren görüntüler saha ile örtüşmemektedir.

HAM, cevher mineralleri ve alterasyon özelliklerine göre yüzeyde bulunan oksit zonu ve oksit zonunun altında yer alan sülfit zonu olarak ikiye ayrılmıştır.

Oksit zonunda bulunan altınlar kayacın killeşmiş bölümlerinde ya da kuvarsların kırık çatlakları içine yerleşmiş şekilde gözlenmektedir. Bu zonda nadiren rastlanılan piritlerin (FeS_2) büyük bölümü götit ± lepidokrokite dönüşmüştür.

Sülfit zonunda tespit edilen altın taneleri pirit içinde kapanım olarak ve kuvars kristalleri arasında gözlenmektedir. Pirit, arsenopirit, enargit, galenit, kasiterit ve rutil, sülfit zonunda saptanan diğer opak mineralleridir.

Kuvarslarda ölçülen homojenleşme sıcaklıkları 76-236 °C arasında değişmektedir.

Madenlerin özellikleri karşılaştırıldığında KAM'daki cevherleşmede bölgesel tektonizma ile ilişkiliyken, HAM'daki cevherleşme ile tektonizma arasında bir ilişki tespit edilmemiştir. Sıvı kapanımı çalışmaları KAM'da çok fazlı hidrotermal faaliyete işaret ederken, HAM'a ait örneklerde ayrı fazlar gözlenmemiştir. Her iki sahanın alterasyon özellikleri, mineral parajenezleri ve cevher yapı-doku ilişkileri karşılaştırıldığında, KAM'ın ana cevherleşmesi düşük sülfürlü epitermal sistemlerle uyumluyken HAM'ın sülfitli zonunun Carlin tipi yataklarla benzerlikler taşıdığı görülmüştür. KAM'a ait Kızılağıl ve Mermerlik sahalarında etkili olan süperjen faaliyetlere benzer şekilde, HAM'ın oksit zonunda gelişen cevherleşmenin Gossan tipi cevherleşme olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kaymaz, Himmetdede, Türkiye, Orta Anadolu, altın, sıvı kapanımı, listvenit, düşük sülfürlü epitermal sistem, Carlin tipi, gossan

ABSTRACT

Kaymaz (Eskişehir) Gold Mine (KGM) in Tavşanlı Zone and Himmetdede (Kayseri) Gold Mine (HGM) in Central Anatolian Massif are significant ore mineralizations operated economically.

Gold mineralization is developed in Damdamca and Karakaya sites of KGM, within the contact of serpentinite and altered granite (main mineralization), while it is occurred in the metamorphic units in Kızılağıl Site and in the silicified serpentinites in the Mermerlik Site. Along with gold, there are also significant silver enrichments without gold content in the region. The types of alteration are silicification, argillization and rarely carbonation. There is also an intense iron oxide formation in the ore zone.

The images showing the propagation of the clay minerals obtained in the remote sensing studies are in agreement with the propagation observed in the field, whereas the images showing SiO_2 propagation do not overlap with the field.

The serpentinite-granite contact forming the main ore zone is faulted. The major amount of the ore is formed within the serpentinite In the granite, a little amount of mineralization has occured near the contact. Hydrothermal solution engendering the mineralization has altered both of them.

In the main ore zone and the Kızılağıl Site the gold content is concentrated in quartz rich sections. The gold grains in Mermerlik Site are observed in goethite ± lepidocrocite-rich sections. The opaque minerals found together with gold are chromite, Ni-sulphites, pyrite, arsenopyrite, galenite, native silver, acantite, iodargyrite and goethite ± lepidocrocite.

According to chemical analyses, there is no significant correlation between gold and any element.

In the fluid inclusion analyses, the homogenization temperatures measured in the quartz show variabilities according to the sites. Homogenization temperatures which indicate two different phases between 100-250 °C and 330-370 °C were measured in the main ore zone. Salinity values vary between 1.2-3.7%. In Kızılağıl Site, homogenization temperatures between 270-393 °C and salinity values ranging

between 3.9-5.4% were measured. It is thought that these values are belonging to a different phase causing silver enrichment in the metamorphics.

In HGM, the wall rock of the mineralization is gneiss interbanded with marble. The alterations observed in the site are argillization and silicification. There is intense goethite ± lepidocrocite formation in the site.

HGM is divided into two zones as oxide zone at surface and sufide zone beneath the oxide zone, according to their ore minerals and alteration characteristics.

The gold in the oxide zone are observed within the clay and cracks - joints. Most of the pyrite rarely encountered at this zone have replaced by goethite ± lepidocrocite.

Gold grains detected in the sulphide zone are observed as inclusions in pyrite and between quartz crystals. Pyrite, arsenopyrite, enargite, galenite, cassiterite and rutile are other opaque minerals obtained in sulfidation zone.

The homogenization temperatures measured in quartz which are gathered from these samples vary between 76-236 °C.

Comparison of characteristics of these two mines showed that the mineralization in KGM is related to regional tectonism, while there is no relation between mineralization and tectonism in HGM. Fluid inclusion studies point to multiphase hydrothermal activity in the KGM whereas separate phases were not observed in the samples of the HGM. The comparison of alteration properties, mineral paragenesis and ore structure-texture relations of both sites showed that HGM's sulfide zone carries similarities with Carlin type deposits when the main mineralization of KGM is compatible with low sulfur epithermal systems. Similar to the supergene activities affecting Kızılağıl and Mermerlik sites of the KGM, it is thought that the mineralization developed in HGM's oxide zone is Gossan-type mineralization.

Keywords: Kaymaz, Himmetdede, Turkey, Central Anatolia, gold, fluid inclusions, listvenite, low-sulfidation epithermal system, Carlin type, Gossan

TEŞEKKÜRLER

Öncelikle beni öğrencisi olarak kabul eden, görüş ve katkılarıyla destek veren danışman hocam Prof. Dr. Yurdal GENÇ'e (HÜ),

Teknik destek ve yardımlarından dolayı başta Jeo. Başmühendisi Doğuş KUTLAY (Kaymaz) ve Jeo. Başmühendisi Tunç DARCAN (Himmetdede) olmak üzere tez sahalarımdaki madenlerde görev alan tüm KOZA ALTIN A.Ş. çalışanlarına,

Tektonik incelemeler ve yorumlamalardaki desteği için Doç. Dr. Erman ÖZSAYIN'a (HÜ) sıvı kapanımı çalışmalarındaki ve tezimdeki katkılarından dolayı Dr. Ebru COŞKUN'a (MTA), tezimin birçok aşamasındaki beni destekleyen Araş. Gör. Dr. G. Deniz KÜLAHCI'ya (HÜ), Araş. Gör. Alaettin TUNCER'e (HÜ) ve uzaktan algılama çalışmalarındaki katkılarından dolayı Araş. Gör. Caner DİKER'e (HÜ)

Çalışmanın her aşamasında beni destekleyen ailem ve arkadaşlarıma,

Teşekkür ederim.

Tahir İnan TURAN (HÜ)

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT iii
TEŞEKKÜRLER v
İÇİNDEKİLER vi
ŞEKİLLER DİZİNİ viii
ÇİZELGELER DİZİNİ xv
SİMGELER VE KISALTMALAR xvi
1. GİRİŞ 1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı 1
1.2. Çalışma Yöntemleri 6
2. KAYMAZ ALTIN MADENİ 9
2.1. Bölgesel Jeoloji ve Önceki Çalışmalar 9
2.2. Çalışma Alanı Çevresinde Maden Yataklarına Yönelik Yapılan Çalışmalar 12
2.3. Maden Yatağının ve Çevresinin Jeolojik Özellikleri 14
2.4. Bölgenin Tektonik Özellikleri 16
2.5. Cevherleşme Ve Alterasyon Özellikleri 21
2.5.1. Damdamca Sahası 25
2.5.2. Karakaya Sahası 36
2.5.3. Mermerlik Sahası 50
2.5.4. Kızılağıl Sahası 59
2.5.5. Kaymaz Cevherleşmesi ve Alterasyon Özelliklerinin Değerlendirmesi 68
2.6. Sıvı Kapanımı Çalışmaları 69
2.6.1. KYM 9 - KYM 14 Damdamca Karot Örnekleri 69
2.6.2. KZ 158-1 Kızılağıl Karot Örneği 72
2.6.3. KYM 32 Karakaya Karot Örneği– KBB 6 Yüzey Örneği 76
3. HİMMETDEDE ALTIN MADENİ 82
3.1. Bölgesel Jeoloji ve Önceki Çalışmalar 82
3.2. Çalışma Alanı Çevresinde Maden Yataklarına Yönelik Yapılan Çalışmalar 87
3.3. Maden Yatağının ve Çevresinin Jeolojik Özellikleri 89

3.4. Bölgenin Tektonik Özellikleri 94
3.5. Cevherleşme ve Alterasyon Özellikleri 96
3.6. Sıvı Kapanımı Çalışmaları 123
3.6.1. HDD 1 Yüzey Örneği 123
3.6.2. HDD 28-5 Oksit Zonu Karot Örneği 126
3.6.3. HDD 28-3 Sülfit Zonu Karot Örneği 128
4. YATAKLARIN ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMASI 133
5. SONUÇLAR VE YORUMLAR 138
5.1. Kaymaz Altın Madeni 138
5.2. Himmetdede Altın Madeni 144
6. KAYNAKLAR 149

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Salanda Fayı'nın çevresinde gelişmiş cevherleşmelerin türü ve lokalitesi. (1/500000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası üzerinde benzer litolojik özellik gösteren birimler bir araya getirilerek sadeleştirilmiş ve üzerine cevherleşmeler işaretlenmiştir.). Terziali (Au) [7], Savcılı (Au) [8], Arafa [9], Akçataş (Au,Sb,As) [10], Mahmatlar (Au) [11], Devepınarı (F, Ba)- Özkonak (Cu)-Bozca (F) (Halil Türkmen sözlü görüşme, 2011)..... 2

Şekil 1.2. Kaymaz ve çevresinin jeolojik haritası ve yakın çevresindeki cevherleşmeler (1/500000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası üzerinde benzer litolojik özellik gösteren birimler bir araya getirilerek sadeleştirilmiş ve üzerine cevherleşmeler işaretlenmiştir) Türkmen (Cu, Pb, Zn) [21], Kızılcaören (Florit, Barit, REE) [22], Kaymaz [19-21]..... 5

Şekil 2.1. Tavşanlı Zonu'nun genelleştirilmiş istifi (Okay [3] tarafından ortaya konulmuş kolan kesit renklendirilmiş ve birimlerin çalışma alanındaki karşılıkları eklenmiştir). 10

Şekil 2.2. Kaymaz Altın Madeni'nin jeoloji haritası (Koza Altın İşletmeleri A.Ş.'nin haritasından A4 kağıt boyutunda görünmeyen birimler çıkarılmış, haritaya topoğrafya eklenmiş ve birimlerinin gösterim renkleri değiştirilmiştir). 15

Şekil 2.3. Kaymaz Graniti'nde tespit edilen, granitik magmanın borca ve/veya uçucu bileşenlerce zengin olduğunu gösteren turmalinlerin incekesit görüntüsü 1. nikol 16

Şekil 2.4. Eskişehir Fayı'nın KAM yakınındaki segmentleri ve olası transfer fayları. Fayların konumları Selçuk ve Gökten'den [43] alınmıştır, olası transfer fayları bu çalışma kapsamında eklenmiştir. 17

Şekil 2.5. Damdamca sahası yakınlarında mermerler üzerinde bulunan a) düşey fay çizikleri ve çizgisel gösterimi b) yatay fay çizikleri ve çizgisel gösterimi. 19

Şekil 2.6. Damdamca yakınındaki mermerler üzerinde yapılan fay düzlemi ölçümlerinin alt yarı küre projeksiyonunda gösterimi. 21

Şekil 2.7. Kaymaz Altın Madeni'ne ait ASTER L1B gündüz görüntüleri, VNIR (çok yakın kızılötesi, 520-860 nm), SWIR (kısa dalga kızılötesi, 1400-2430 nm) ve TIR (termal kızılötesi, 8125-11650 nm) bantlarının oran hesaplaması kullanarak elde edilen a) kaolinit, illit, simektit [26], b) SiO_2 içeren alanların yayılımları [27] 23

Şekil 2.8. ASTER bant oranları K:4/8, Y:4/2, M:8/9 [33] ile elde edilen görüntüde, Damdamca ve Karakaya arasında kalan KB-GD doğrultulu cevher zonu beyazımsı renkle gösterilmiştir (Siyah ok ile işaretlenmiştir). 25

Şekil 2.9. Damdamca Sahası'nda cevher zonunun yaklaşık sınırları, serpantinit ile granit dokanağından itibaren granit içinde gelişen killeşme (siyah kesikli çizgi ile gösterilmiştir) ve doğu tarafta bulunan serpantinit ile granit arasındaki fay (kırmızı çizgi ile gösterilmiştir). 27

Şekil 2.10. Damdamca Sahası'nda granitin cevher zonuna yakın bölümlerinde gözlenen, cevherin konumuna yaklaşık olarak paralel olan kırık-çatlaklar (kırmızı ok işareti ile gösterilmiştir). 27

Şekil 2.11. Damdamca Sahası'nda cevher zonu ile granit arasındaki dokanakta gözlenen çizgisellik. 28

Şekil 2.12. Damdamca Sahası, KZ 107 sondaj logu, işaretlenen metreleri temsil eden karotlar ve sondajdan alınan örneklerin konumu. 30

Şekil 2.13. KZ 107 sondajının 72,5-72,6 metreleri arasından alınmış, silisleşmiş granit parçaları (kırmızı ok ile gösterilmiştir) ve silisleşmiş serpantinit (siyah ok ile gösterilmiştir) parçaları içeren breşik zon. 31

Şekil 2.14. KYM 8 örneğinde (granit) silisleşmeyi gösteren mikro-kriptokristalin kuvarsların 2. nikol görüntüsü..... 32

Şekil 2.15. KYM 14 örneğinde gözlenen kromitin ($FeCr_2O_4$) (gri ok ile gösterilmiştir) kırıklı çatlaklı yapısı ve özşekilli pirit (FeS_2) (sarı ok ile gösterilmiştir) (1. nikol görüntüsü). 32

Şekil 2.16. KYM 9 örneğinde gözlenen piritin (FeS_2) (beyaz ok ile gösterilmiştir) götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) (kırmızı ok ile gösterilmiştir) tarafından ornatılması (1. nikol görüntüsü). 33

Şekil 2.17. KYM 14 örneğinde gang (gri) mineralleri içinde saçınım halde gözlenen arsenopiritler (FeAsS) (beyaz ok ile gösterilmiştir) (1.nikol görüntüsü)..... 33

Şekil 2.18. KYM 9 örneğinde kuvars kristalleri arasında tespit edilen altın tanesi. 34

Şekil 2.19. KYM 9 örneğinde SEM'de tespit edilen mineraller a) Pirit (FeS_2) içinde kapanım haldeki galenit (PbS) (EDS analizi EK-1'dedir) b) Kromit(EDS analizi EK-2'dedir) c) Demir-nikel sülfit d) Barit kristalleri (EDS analizi EK-3'dedir)..... 34

Şekil 2.20. KYM 13 örneğinde kuvars (siyah-gri renk) kristalleri arasında tespit edilen altın taneleri (beyaz) (EDS analizi EK-4'dedir) 35

Şekil 2.21. KYM 14 örneğinde kuvars (siyah-gri) kristalleri arasında tespit edilen altın taneleriden ikisi (beyaz) (EDS analizi EK-5'dedir) 36

Şekil 2.22. a) Karakaya Doğu Ocak'ta granit ve serpantinit dokanağında gelişen cevher zonu (Doğu güneydoğuya bakış). b) Karakaya Batı Ocak'ta cevher zonunun granit ve serpantinit ile olan dokanak ilişkisi (güneye bakış) 36

Şekil 2.23. Karakaya Sahası'nda a) granitlerde gelişen beyaz renkli killeşme (kaolinit) (Kuzeybatı'ya bakış) b) granitler içinde altın içermeyen (steril) kuvars damarları. 37

Şekil 2.24. Karakaya Sahası, KZ 361 sondajının logu, işaretli metreleri gösteren karot örnekleri ve sondajdan alınan örneklerin konumu. 40

Şekil 2.25. KZ 107 sondajı 61,9 m'den alınan 2,5 ppm Au içeren KYM 30 örneğini kesen kuvars damarları (sınırları siyah kesikli çizgi gösterilmiştir) ve damarların arasında bulunan götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) (kırmızı ok ile gösterilmiştir). 41

Şekil 2.26. KYM 20 örneğinde silisleşme sonucu oluşmuş mikro-kriptokristalin kuvarslar ve birlikte gözlenen baritlerin (İncekesit 1. nikol görüntü)..... 42

Şekil 2.27. KYM 28 örneğinde (granit) gözlenen kuvars damarcığı içindeki götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) (İncekesit 1.nikol görüntüsü) 42

Şekil 2.28. KYM 20 örneğinde rastlanılan galenitler (beyaz) ve içinde kapanım halde bulunan pirit (FeS_2) (kırmızı çerçeve içinde) (Parlatma 1. nikol görüntüsü)..... 43

Şekil 2.29. KYM 20 örneğinde kromitin (orta ton gri) kırık ve çatlakları arasına yerleşmiş piritler (FeS_2) (sarımsı beyaz) (Parlatma 1. nikol görüntüsü)..... 44

Şekil 2.30. KYM 23 örneğine tespit edilen arsenopiritin (FeAsS) (damarın içinde beyaz) götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) (orta tonlu gri) tarafından ornatılması (Parlatma 1. nikol görüntüsü). 44

Şekil 2.31. KYM 22 örneğinde (silisleşmiş serpantinit) SEM ve EDS analizleriyle tanımlanan tamamı kuvars kristalleri arasında olmak üzere a) Altın (Au) b) Arsenopirit (FeAsS) c) Galenit (PbS) mineralleri(EDS analizi EK-6 dadir) 45

Şekil 2.32. a) KYM 22 örneğindeki (silisleşmiş serpantinit) kromitlere bir örnek (EDS haritası) b) Kuvars (koyu gri) kristalleri arasında, kenet halde bulunan götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) (orta ton gri) ve barit ($BaSO_4$) (grimsi beyaz) (SEM görüntüsü) (EDS analizi EK-7'dedir) 46

Şekil 2.33. a) KYM 23 örneğinde (silisleşmiş serpantinit) bulunan a) kuvars kristalleri arasındaki nabit gümüş (Ag) (beyaz) SEM görüntüsü b,c) Baritle ($BaSO_4$) kenet halindeki akantitin EDS haritası (Ag_2S)..... 46

Şekil 2.34. KYM 30 örneğinde (granit) a)Kuvars (siyah) kristalleri arasında tanımlanan altın tanesinin (beyaz) SEM görüntüsü (EDS analizi EK-8'dedir) b) EDS kullanılarak elde edilmiş bileşkeli element haritası. 47

Şekil 2.35. KYM 30 örneğinde (granit) a) Breşik kuvars (koyu gri) ve etrafındaki götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) matriks (orta ton gri) (SEM görüntüsü) b) piritin (FeS_2) götit ± lepidokrokite (FeO(OH)) dönüşümü (EDS haritası). 48

Şekil 2.36. KYM 30 örneğinde (granit) tespit edilen Fe-Cr-Mn oksit mineralleri (en açık gri renkler) (SEM görüntüsü) (EDS analizi EK-9'dadır)..... 49

Şekil 2.37. KYM 30 (granit) örneğinde SEM'de tespit edilen radyoaktif mineraller a) Brabantit ($CaTh(PO_4)_2$) b) Uraninit (UO_2) (EDS analizi EK-10'dadır) 49

Şekil 2.38. Rutil (TiO_2) içinde gelişen toryum oksit kapanımları a) SEM görüntüsü b) EDS haritası. 50

Şekil 2.39. Mermerlik Sahası, KM 28 sondajının logu, işaretlerle belirtilen derinliklere ait karot görüntüleri, alınan örneklerin konumları. 53

Şekil 2.40. Mermerlik Sahası, KM 41 sondajının logu ve ilgili metrelerin karot görüntüleri. 54

Şekil 2.41. 11,4 ppm Ag içeren KM 51-6 numaralı şist örneğinde gözlenen silisleşme ve breşik yapı..... 54

Şekil 2.42. 7,3 ppm Ag içeren KM 41-3 örneğinde bulunan şeffaf kuvarslar. 55

Şekil 2.43. KM 28-2 örneğindeki (silisleşmiş serpantinit) silisleşmeyi gösteren mikrokristalin kuvarslar (sarı ok işareti ile gösterilmiştir) ve topraksı görüntüye sahip SiO_2 bileşimindeki mineraller (kırmızı ok ile gösterilmiştir) (2. nikol görüntüsü).... 55

Şekil 2.44. KM 41-2 (silisleşmiş serpantinit) örneğindeki silisleşmeyi gösteren mikrokristalin kuvarslar (2. nikol görüntüsü). 56

Şekil 2.45. a) KM41-2 örneğinde (silisleşmiş serpantinit) boşluk dolgusu şeklinde bulunan götit ± lepidokrokitin (FeO(OH)) (açık gri) 1.nikol görüntüsü b) KM 41'de bulunan yuvarlaklaşmış kromitlerin (kahverengimsi gri) 1. nikol görüntüsü..... 57

Şekil 2.46.a,b. KM 41-2 örneğinde (silisleşmiş serpantinit) götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) tarafından adsorbe edilmiş altın tanelerinin ve kuvars kristalleri arasında bulunan kasiteritin (SnO2) EDS haritası. 58

Şekil 2.47. KM 41-2 örneğinde bulunan a) galenit (PbS) b) sfalerit (ZnS) c) kasiterit (SnO_2) minerallerinin SEM görüntüleri(EDS analizi EK-11'dedir) 59

Şekil 2.48. a) 4,5 ppm Au içeren KZ 154-2 örneğinde bulunan kuvarslar b) 5,1 ppm Au içeren KZ 158-1'de gözlenen breşik yapı c) 2,23 ppm Au içeren KZ 158-2' deki şeffaf kuvarslar. 61

Şekil 2.49. Gri renkli, boşluklu ikincil kuvars oluşumunun karot görüntüsü (KZ 154-4 numaralı örnek). 62

Şekil 2.50. KZ 154-3 örneğinde gözlenen çubuksu kuvarslar (2. nikol görüntüsü). 63

Şekil 2.51.Kızılağıl Sahası örneklerinde gözlenen piritler (FeS2)in götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) tarafından ornatılması a) KZ154-3 (1. Nikol görüntüsü) b) KZ158-2 (1. Nikol görüntüsü) 64

Şekil 2.52. Gang içinde saçınım halde bulunan nabit gümüş mineralleri a)KZ158-1 (1. nikol görüntüsü) b) KZ 158-2 (1. nikol görüntüsü) 65

Şekil 2.53. KZ 158-1 örneğinde kuvars (koyu gri) içindeki altın tanesinin (beyaz) SEM görüntüsü (EDS analizi EK-12'dedir). 66

Şekil 2.54. KZ 158-1 örneğinde kuvars içinde bulunan iyodarjirit (AgI) (kırmızı ok işareti ile gösterilmiştir) ve çevresinin element haritası. 66

Şekil 2.55. KZ 158-1 örneğinde Götit ± lepidokrokit (FeO(OH))ler (orta tonlu gri) temas ya da kapanım halinde bulunan iyodarjiritlerin (AgI) (beyaz) SEM görüntüleri (EDS analizi EK-13'dedir). 67

Şekil 2.56. 158-1 örneğinde tespit edilen a) galenit (PbS) (beyaz) (EDS analizi EK-14'dedir). b) pirit (FeS_2) (beyaz) görüntüsü. 67

Şekil 2.57. KZ 158-1 örneğinde bulunan kromit ($FeCr_2O_4$) (beyaz) b) monazit (beyaz) minerallerinin SEM görüntüleri) (EDS analizi EK-15'dedir) 68

Şekil 2.58. KYM 14 örneğinde gözlenen a) elipsoidal iki fazlı (sıvı+gaz) kapanım, b) karemsi, köşeli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanım, tek fazlı sıvı ve tek fazlı gaz kapanımlar. 70

Şekil 2.59. KYM 14 örneğinin iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının (Th °C) histogramı. 71

Şekil 2.60. KZ 158-1 a) örneğinde iki fazlı (sıvı+gaz) kapanım ve tek fazlı sıvı, tek fazlı gaz kapanımlar b) İki fazlı (sıvı+gaz), gaz fazın daha baskın olduğu kapanım. 72

Şekil 2.61. KZ 158-1 örneğinde iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının histogramı. 74

Şekil 2.62. KYM 32 örneğinde gözlenen tek fazlı sıvı ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar..... 76

Şekil 2.63. KYM 32 örneğinde iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının histogramı. 77

Şekil 2.64. KKB 6 örneğinde gözlenen tek fazlı sıvı ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar. 78

Şekil 2.65. KKB 6 örneğinde iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının histogramı. 79

Şekil 2.66. KAM'a ait örneklerde yapılan tüm homojenleşme sıcaklıklarının (Th °C) histogramı 81

Şekil 3.1. Orta Anadolu Masifi'nin 1/500000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası'ndan sadeleştirilmiş haritası [65] ve Himmetdede Altın Madeni'nin konumu. 83

Şekil 3.2. Orta Anadolu Masifi'nin metamorfik seviyeleri için, Genç [66] tarafından önerilen istif. (Coşkun'un [65] çalışmasından renklendirilerek alınmıştır) 84

Şekil 3.3. Himmetdede Altın Madeni'nin ve yakın çevresindeki birimlerin istifi. Baraklı Formasyonu [88], İncesu İgnimbiriti [86]; [87]'dan. 90

Şekil 3.4. Himmetdede Altın Madeni'nin yakın çevresinin jeoloji haritası (Koza Altın İşletmeleri A.Ş.'nin haritasından birimlerin renkleri, ignimbirit ile karasal kırıntılıların sınırları ve açıklamaların konumu değiştirilerek alınmıştır). Güllüce Formasyonu [66] 91

Şekil 3.5. Bölgedeki metamorfiklerde gözlenen şist düzlemleri (solda) ve demir oksit girişlerine uğramış mermerler (sağda). 92

Şekil 3.6. Himmetdede Sahası'nda bulunan amfibol gnays olarak tanımlanan kayacın mineral parajenezini gösteren incekesit görüntüsü (1. nikol). Q: Kuvars, EPİ: Epidot, FELDS: Feldispat, AMF:Amfibol 92

Şekil 3.7. Baraklı Formasyonu'na ait konglomeralar karot görüntüsü HDD 17 sondajı 238-240,8 m derinlik. 93

Şekil 3.8. Himmetdede Altın Madeni çevresindeki fayların haritası. Fayların konumları Genç ve Yürür'den [96] alınmıştır. 95

Şekil 3.9. Himmetdede Altın Madeni'nin 20 km doğusunda, bölgedeki birimlerin tektonik ilişkisini gösteren KKD-GGB doğrultulu jeolojik kesit [96]. 95

Şekil 3.10. Himmetdede Altın Madeni'nde gözlenen yoğun demir oksit oluşumu (güneybatıya bakış) 97

Şekil 3.11. Himmetdede Altın Madeni'ne ait ASTER L1B gündüz görüntüleri, VNIR (çok yakın kızılötesi, 520-860 nm), SWIR (kısa dalga kızılötesi, 1400-2430 nm) ve TIR (termal kızılötesi, 8125-11650 nm) bantlarının oran hesaplaması kullanarak elde edilen a) kaolinit, illit, simektit [26], b)SiO_2 içeren alanların yayılımları [27] .. 98

Şekil 3.12. ASTER bant oranları K:4/8, Y:4/2, M:8/9 [33] ile elde edilen görüntüde, Himmetdede Altın Madeni'nin bulunduğu alan beyazımsı renkle gösterilmiştir. . 100

Şekil 3.13. Sahanın üst kotlarındaki yoğun killeşmeyi temsil eden, HDD Kil 1 örneğinin alındığı cevherli zona ait şevin ve yığının görüntüsü C: Cevher 101

Şekil 3.14. Himmetdede Altın Madeni'nde açık ocakta gözlenen ve altın değerlerinin kısmen yükseldiği kuvarsların genel görüntüsüne bir örnek. 101

Şekil 3.15. Himmetdede Cevherleşmesi'nin genelini temsil eden HDD 28 sondajının logu, ortalama altın içerikleri ve litoloji-alterasyon özellikleri. 104

Şekil 3.16. a) HDD 1 örneğinde mermerin kuvars damarınca kesilmesi (açık ocak 1. nikol) b) HDD 753 örneğinde muhtemel kalksilikatik gnaysa ait kuvars (Q1), karbonat mineralleri ve ikincil kuvarslar (Q2) (açık ocak, 2. nikol) c) Kuvars damarı içinde gözlenen karbonat minerali (HDD 28-2 örneği (karot) 2. nikol) Q:Kuvars, Kbnt: Karbonat 105

Şekil 3.17. Oksitli zonda gözlenen demir oksit (minerallerin arasında dolgu şeklinde bulunan opak mineraller) oluşumları (HDD 28-6 (karot) 1. nikol) Q: Kuvars..... 107

Şekil 3.18) HDD 753 örneği (açık ocak, oksitli zon) rastlanılan yarı özşekilli pirit (1. Nikol.) 108

Şekil 3.19. a) Oksit zonunda boşluk dolgusu şeklinde gelişmiş götit±lepidokrokit (FeO(OH)) içinde kalıntı halde bulunan piritler (FeS_2) b) götit±lepidokrokit (FeO(OH)) tarafından ornatılmış pirit (FeS_2) (HDD 759 örneği (açık ocak) 1. nikol). 108

Şekil 3.20. Oksit zonuna ait örneklerde tespit edilen altınlar a) HDD 753 (açık ocak) 1. nikol b) HDD 746 (açık ocak örneği, 1. nikol görüntüsü) 109

Şekil .3.21. Piritler (FeS_2) içinde kapanım olarak bulunan rutiller (TiO_2)..... 110

Şekil 3.22. HDD 21-1 örneğinde götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) damarı tarafından kesilen piritler (FeS_2) (1. nikol görüntüsü)..... 111

Şekil 3.23. HDD 306-1 örneğindeki yuvarlak(kırmızı ok işareti ile gösterilmiştir) ve özşekkilli piritler (FeS_2) (beyaz ok işareti ile gösterilmiştir). 111

Şekil 3.24. a) HDD 28-3 örneğinde bulunan pirit (FeS_2) (solda) ve arsenopiritler (FeAsS) (1. nikol görüntüsü) b) HDD 306-1 örneğinde breşik kuvars kristali içinde bulunan arsenopiritlerin (FeAsS) (1. nikol görüntüsü). 112

Şekil 3.25. HDD 21-1 örneğinde bulunan kovellin (CuS) (mavi ok ile gösterilmiştir), arsenopirit (FeAsS) (siyah ok ile gösterilmiştir) mineralleri (1. nikol) 113

Şekil 3.26. HDD 28-5 örneğinde EDS analizlerinde bulunan altınlar ve çevresindeki minerallerin EDS haritası. a) Örneğin killeşmiş bölümü içinde (mavi ok işareti ile gösterilmiştir) b) Kuvars kristalinin kırık ve çatlaklarına yerleşmiştir (sarı ok işareti ile gösterilmiştir). 114

Şekil 3.27 a) HDD 753 örneğinin SEM incelemesinde bulunan galenit (PbS) b) HDD 753 örneğinin SEM analizinde bulunan sinobar (HgS) (EDS analizleri Ek-16'dadır). 115

Şekil 3.28 a) Oksit zonuna ait HDD 753 örneğinde kuvars kristalleri arasında gözlenen nabit altının SEM görütüsü b) Oksit zonuna ait HDD 28-4 karot örneğinde kvuars kristalleri arasında bulunan altının EDS harita görüntüsü. 116

Şekil 3.29. HDD 28-2 örneğinde a) piritlerin (FeS_2) (orta ton gri) arsenopirit (FeAsS) (açık gri) tarafından kuşatılmasının SEM görüntüsü b) EDS haritası (HDD28-2) c) HDD 28-2 örneğinde gözlenen piritlerin arsenopirit tarafından kuşatılmasının EDS haritası 118

Şekil 3.30. a) HDD 28-3 örneğinde piritin (FeS_2) (orta ton gri) içinde kapanım halde bulunan altının (Au) (açık gri) SEM görüntüsü b) EDS haritası. 119

Şekil 3.31. a,b) HDD 28-3 örneğindeki kuvars (koyu gri) damarcıkları ve cepleri içinde saçınım halde bulunan arsenopiritlerin (FeAsS) (açık gri) SEM görüntüsü 120

Şekil 3.32. HDD 106-2 örneğinde kuvars kristalleri arasında bulunan altın (Au) kristali. 121

Şekil 3.33. HDD 106-2 örneğinde kuvars (koyu gri) içinde bulunan enargitin (Cu_3AsS_4)) SEM görüntüsü. 121

Şekil 3.34. HDD 348-1 örneğinde gözlenen pirit (FeS_2) ve sfene ($CaTiSiO_5$) ait öz şekli korumuş (kırmızı ok ile gösterilmiştir) ve sfenin ($CaTiSiO_5$) alterasyonu sonucu oluşmuş rutile (TiO_2) ait EDS kullanılarak elde edilmiş bileşkeli element haritası. 122

Şekil 3.35. HDD 1 örneğindeki demir oksit girişlerinin ve örneği kesen kuvars damarının görüntüsü. 124

Şekil 3.36. HDD 1 örneğinde gözlenen iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar. 125

Şekil 3.37. HDD 1 örneğinin iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının histogramı. 126

Şekil 3.38. HHD 28-5 örneğinde gözlenen iki fazlı (sıvı+gaz) kapanım. 127

Şekil 3.39. HDD 28-5 örneğinin iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının histogramı. 128

Şekil 3.40. HDD 28--3 örneğinde görülen, mermerlerin içindeki gri renkli piritli kuvars damarı. 129

Şekil 3.41. HHD 28-3 örneğinde gözlenen iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar. 130

Şekil 3.42. HDD 28-3 örneğinin iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının histogramı. 131

Şekil 3.43. Himmetdede Cevherleşmesi'nin tüm örneklerinde ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının histogramı. 132

Şekil 4.1. Kaymaz cevherleşmesi için öngörülen jeolojik süreçlerin şematik gösterimi. 135

Şekil 5.1. Karakaya Sahası'nın şematik kesiti. 138

Şekil 5.2. Damdamca Sahası'nın şematik kesiti. 139

Şekil 5.3. Mermerlik Sahası'nın şematik kesiti. 140

Şekil 5.4. Kızılağıl Sahası'nın şematik kesiti. 140

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Damdamca KZ 107 Sondajı'ndan alınan örneklerin derinlikleri ve altın içerikleri…….. 29

Çizelge 2.2. KZ 361 Sondajından alınan örneklerin derinlikleri ve altın içeriği…....39

Çizelge 2.3. Mermerlik Sahası'na ait sondajlardan alınan örneklerin derinlikleri ve Au, Ag, As ve Ba içerikleri. ……. 52

Çizelge 2.4. Kızılağıl Sahası sondajlarından alınan örneklerin metrajları ve Au, Ag, As içerikleri. ……..60

Çizelge 2.5. KYM 14 örneğinin iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıkları (Th °C)……..71

Çizelge 2.6. KZ 158-1 örneğinde iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklıkları……..73

Çizelge 2.7. KZ 158-1 örneğinde iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklıkları (Th°C), Son buz ergime sıcaklıkları (Tm°C) ve % NaCl eşdeğerlikleri…… 75

Çizelge 2.8. KYM 32 örneğinin iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıkları……..77

Çizelge 2.9. KKB 6 örneğinin iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıkları…….. 79

Çizelge 2.10. KKB 6 örneğinde iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklıkları (Th°C), Son buz ergime sıcaklıkları (Tm°C) ve % NaCl eşdeğerlikleri…… 80

Çizelge 3.1.Orta Anadolu Masifi' nin plutonlarında yapılan yaş çalışmaları [70]. 86

Çizelge 3.2. Valibaba Tepe İgnimbiriti için yapılan yaş çalışmaları. Veriler ver referanslar Aydar ve diğ.'den [82] alınmıştır…… 94

Çizelge 3.3. Sondaj örneklerinin derinlikleri ve altın içerikleri……102

Çizelge 3.4. Yüzey örneklerinin altın içerikler……103

Çizelge 3.5. HDD 1 örneğinin iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıkları……125

Çizelge 3.6. HDD 28-5 örneğinin iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıkları……128

Çizelge 3.7. HDD 28-3 örneğinin iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıkları…….....130

Çizelge 4.1. Kaymaz ve Himmetdede cevherleşmelerinin özelliklerine göre karşılaştırılması…… 136-137

SİMGELER VE KISALTMALAR

KAM	:	Kaymaz Altın Madeni
HAM	:	Himmetdede Altın Madeni
HÜ	:	Hacettepe Üniversitesi
AÜ	:	Ankara Üniversitesi
MTA	:	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
µm	:	Mikrometre
mm	:	Milimetre
cm	:	Santimetre
m	:	Metre
km	:	Kilometre
Au	:	Altın
Ag	:	Gümüş
As	:	Arsenik
Ba	:	Baryum
Cu	:	Bakır
Pb	:	Kurşun
U	:	Uranyum
Th	:	Toryum
Rb	:	Rubidyum
Sr	:	Stronsiyum
Ce	:	Seryum
K	:	Potasyum
Ar	:	Argon
N	:	Azot

EDS	:	Energy Dispersive Spectroscopy
SEM	:	Scanning Electron Microscope (Taramalı Elektron Mikroskobu)
Th °C	:	Homojenleşme Sıcaklığı
Tm °C	:	Ergime Sıcaklığı
Ort	:	Ortoklaz
Pl	:	Plajiyoklaz
Q	:	Kuvars
Felds	:	Feldspat
Epi	:	Epidot
Amf	:	Amfibol
ppm	:	Parts per million
kb	:	Kilobar
°C	:	Santigrad derece
my	:	Milyon yıl
ve diğ.	:	ve diğerleri
A.Ş.	:	Anonim Şirketi
d.l.	:	Dedeksiyon Limiti

1. GİRİŞ

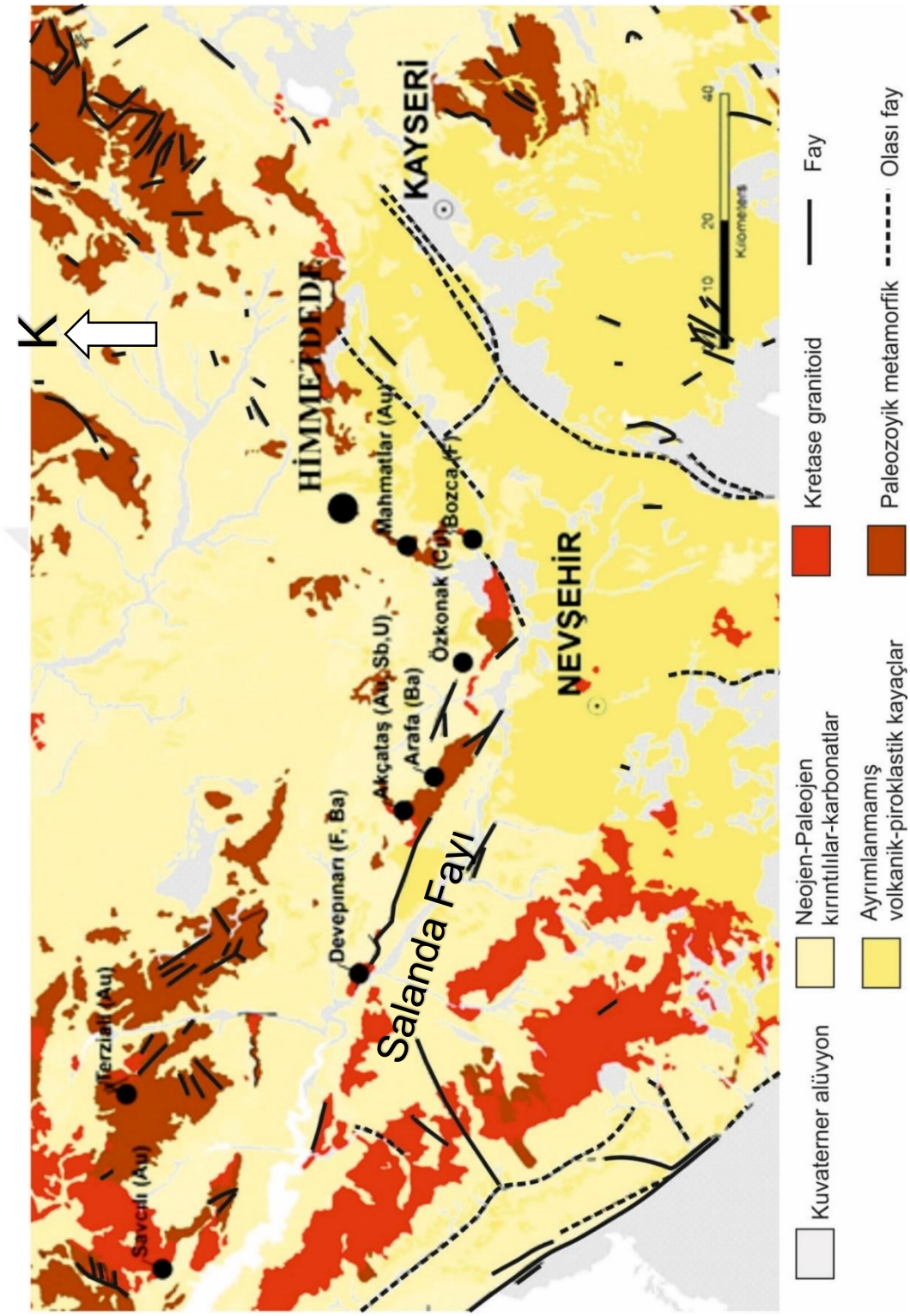
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Altın fiyatlarında son 10 yılda meydana gelen artış, altın madenciliğini dünyada ve ülkemizde önemli bir yere taşımış ve buna paralel olarak ülkemizde yeni altın madenleri işletmeye açılmış ve yeni potansiyel cevherleşmelerin aranmasına hız verilmiştir. Bu cevherleşmelerden biri Kaymaz (Eskişehir) Altın Madeni, diğeri ise Himmetdede (Kayseri) Altın Madeni'dir.

Çalışma alanları olarak belirlenen Kaymaz Altın Madeni Orta Anadolu Bölgesi, jeolojik olarak ise Tavşanlı Zonu' nun [1] doğu bölümünde ve coğrafik olarak Eskişehir ili içinde, yer almaktadır. Himmetdede Altın Madeni ise Orta Anadolu Masifi'nin [2] doğu-güneydoğusunda ve Kayseri ili sınırlarında bulunmaktadır.

Kaymaz bölgesinde temelde metamorfik birimler, tektonik ilişkiyle gelen ofiyolitik ve bunları kesen granitoyidler bulunmaktadır. Cevherleşme çoğunlukla serpantinit içinde olsa da, bu kayaçların tamamı cevherleşmeden etkilenmiştir. Himmetdede bölgesinde metamorfik temel, kırıntılı sedimanlar ve ignimbiritler bulunmaktadır. Cevherleşme metamorfik birimler içindedir.

Kaymaz Altın Madeni, sıkışmayı takip eden açılmalı bir tektonik rejimin hakim olduğu Tavşanlı Zonu'nda yer almaktadır [3, 4]. Himmetdede Altın Madeni'nin bulunduğu Orta Anadolu Masifi'nde de kıta kıta çarpışması sonrasında gelişen açılma rejimi hakimdir [5]. Himmetdede Cevherleşmesi'nin yaklaşık 40 km güneyinde bulunan normal fay karakterli Salanda Fayı [6] doğrultusu boyunca çeşitli cevherleşmelerin olduğu bilinmektedir (Şekil 1.1.).

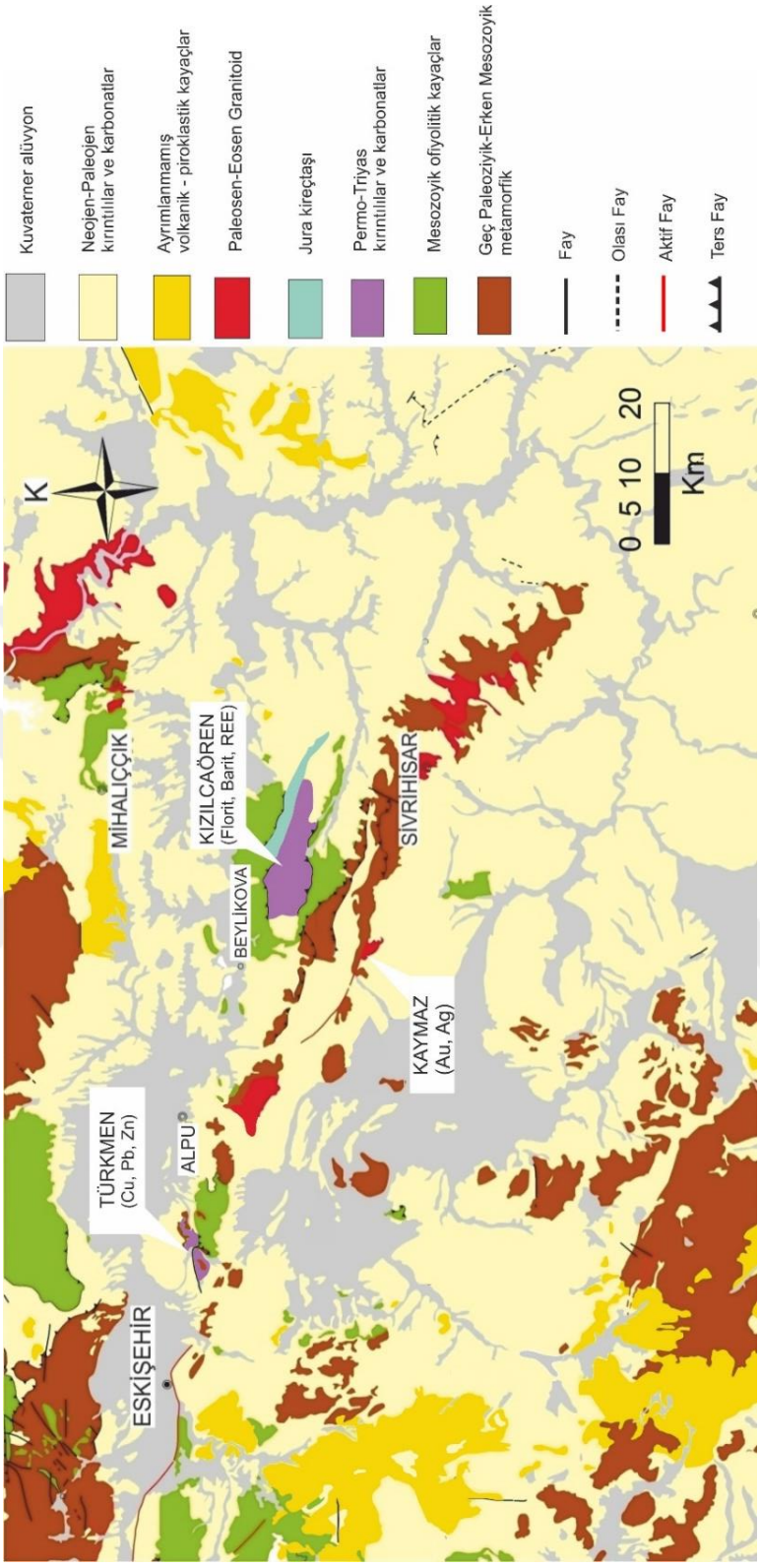


Şekil 1.1. Salanda Fayı'nın çevresinde gelişmiş cevherleşmelerin türü ve lokalitesi. (1/500000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası üzerinde benzer litolojik özellik gösteren birimler bir araya getirilerek sadeleştirilmiş ve üzerine cevherleşmeler işaretlenmiştir.). Terziali (Au) [7], Savcılı (Au) [8], Arafa [9], Akçataş (Au,Sb,As) [10], Mahmatlar (Au) [11], Devepınarı (F, Ba)- Özkonak (Cu)-Bozca (F) (Halil Türkmen sözlü görüşme, 2011)

Kaymaz Altın Madeni normal bileşenli sağ yanal fay karakterli Eskişehir Fayı'nın [12, 13] kuzeyinde yer almaktadır (Şekil 1.2.). Her iki saha, bölgelerindeki önemli tektonik hatlara yakınlığı açısından benzerlik göstermektedir. Teze konu olan bu cevherleşmelerin bölgesel tektonizmayla ilişkilerinin belirlenmesi bölgelerin metalojenezi açısından önemlidir. Tavşanlı Zonu'nda yer alan metamorfik birimler yüksek basınç-düşük sıcaklık koşullarında oluşmuşken [14] Orta Anadolu Masifi metamorfik birimleri düşük-orta basınç, yüksek sıcaklık koşullarına işaret etmektedir [15, 16]. Himmetdede Altın Madeni genç volkanik birimlerden oluşan Orta Anadolu Volkanik Provensi [17, 18] içinde yer almaktadır. Kaymaz Altın Madeni çevresinde ise doğrudan bir volkanizma etkisi gözlenmemektedir. Bu iki farklı ortamdaki cevherleşmeleri oluşturan hidrotermal çözeltilerin kökenleri ve kaynakları açısından da farklılık göstermeleri mümkündür.

Himmetdede cevherleşmesiyle ilgili daha önce akademik bir çalışma yapılmamıştır. Literatürde Kaymaz cevherleşmesi ile ilgili 2 yüksek lisans tez çalışması ve bu tez çalışmalarından doğan sözlü bildiriler bulunmaktadır. Tez çalışmalarına ek olarak 2 adet makalede de Kaymaz cevherleşmesiyle ilgili sınırlı bilgiler mevcuttur. Bu tez ve makaleler bölüm 2.2. 'de özetlenmiştir. Yavuz[19] ve Toygar' [20] ın Kaymaz Altın Madeni'nde yaptıkları tez çalışmalarında sıvı kapanımı analizleri bulunmaktadır. Fakat her iki çalışmada da analizi yapılan örneklerin cevherleşmeyle olan ilişkileri ortaya koyulmamıştır. Benzer şekilde Toygar [20]'ın çalışmasında bulunan, duraylı izotop analizlerinde kullanılan örneklerin cevherleşme ile ilgisi açıklanmamıştır. Dolayısıyla bu verilere dayalı olarak yapılan yorumlar ve önerilen modellerin yeni çalışmalarla test edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Yavuz'un [19] çalışmasında cevher mikroskobisi ile süksesyon çalışmaları yapılmıştır. Cevher minerallerinin küçük boyutlu olduğu sahalarda cevher mikroskobisi ile yapılabilecek mineral tanımlamaları ve doku özelliklerinin belirlenme imkanları sınırlıdır. Bu tür yataklarda cevherleşmenin özelliklerini ortaya koyabilmek için SEM analizleri gereklidir. Her iki tezde de SEM analizleri bulunmamaktadır. Bu eksiklikleri gidermek amacıyla tez çalışması kapsamında 4 ayrı cevherleşme bölgesinden oluşan Kaymaz Madenleri' nin yapısal özellikleri ve yankayaç ilişkileri incelenmiş, alınan cevher ve yankayaç örneklerinden mineralojik-petrografik incelemeler, jeokimyasal analizler ve sıvı kapanımı çalışmaları yapılmıştır. Bu analiz ve çalışmalardan elde edilen veriler

incelenerek cevherleşmelerin jeolojik özellikleri ve oluşum koşulları tespit edilmeye çalışılmıştır. Aynı işlem ve süreçler Himmetdede Altın Madeni için tekrarlanmış ve tez çalışması sonunda Orta Anadolu'nun farklı iki jeolojik zonunda yer alan bu cevherleşmelerin jeolojik özellikleri karşılaştırılmıştır. Her iki sahanın ortak yönleri ve farklılıkları ortaya konarak elde edilecek sonuçların, özellikle Orta Anadolu Bölgesi'nde ileride yapılacak olan arama faaliyetlerine katkıda bulunması hedeflenmektedir.



Şekil 1.2. Kaymaz ve çevresinin jeolojik haritası ve yakın çevresindeki cevherleşmeler (1/500000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası üzerinde benzer litolojik özellik gösteren birimler bir araya getirilerek sadeleştirilmiş ve üzerine cevherleşmeler işaretlenmiştir) Türkmen (Cu, Pb, Zn) [21], Kızılcaören (Florit, Barit, REE) [22], Kaymaz [19-21]

1.2. Çalışma Yöntemleri

Tez çalışması saha ve laboratuvar-büro çalışmaları olarak iki aşamadan oluşmaktadır.

Saha çalışmalarında Kaymaz Altın Madeni'nin sahaları olan Damdamca' ya ait 1 sondaj, Karakaya'ya ait 1 sondaj, Kızılağıl Sahası'ndan 3 sondaj, Mermerlik Sahası'ndan 4 sondaj ve bu sahaların dışında bölgedeki Körpınar Tepe'de yapılan bir sondaj incelenmiş ve tüm sondajlardan toplam 62 adet karot örneği alınmıştır. Karot örnekleri dışında 7 adet örnek stok sahasından 1 adet örnek Damdamca Sahası'ndan ve 9 adet örnek Karakaya Sahası'ndan alınmıştır.

Himmetdede Altın Madeni'nde yapılan saha çalışmalarında ise 5 ayrı sondaj incelenmiş, bunlardan 1 tanesinin tam logu yapılmış ve örneklenmiş, diğer 4 sondajın sülfit mineralleri içeren bölümlerinden örnek alınmıştır. Alınan toplam örnek sayısı 12'dir. Açık ocaktan da yaklaşık kuzey-güney doğrultulu bir hat boyunca 24 adet örnek ve killeşmiş kesimlerden kil türlerini belirlemek amacıyla 5 adet olmak üzere, toplam 29 adet örnek alınmıştır.

Her iki sahadan alınan örneklerde daha önceden yapılmış kimyasal analiz sonuçlarından yararlanılarak Au içeriği yüksek, sıvı kapanımı analizleri için de cevher içeriği bilinen ve şeffaf kuvarsların bulunduğu bölümlere ağırlık verilmiş, litoloji ve alterasyon özelliklerinin değiştiği, opak mineral içeriğinde farklılık gösteren bölümlerden de örnekler alınmıştır.

Alınan örneklerden H.Ü. Jeoloji Müh. Parlatma ve İncekesit Laboratuvarı ve Maden Yatakları Laboratuvarı'nda toplam 52 adet ince kesit, 30 adet sıvı kapanım kesiti ve 25 adet parlatma hazırlanmıştır. İncekesitler ve parlatmalar H.Ü. Maden Yatakları-Cevher Mikroskobisi Laboratuvarı'nda bulunan Leica DM 2500 P mikroskop ile incelenmiştir. Bu numunelerden daha detaylı incelemeye gerek görülenler H.Ü. Elektron Mikroskobu Laboratuvarı'nda SEM ve EDS analizler yapılmıştır.

Sıvı kapanımı analizlerinin bir kısmı H.Ü. Maden Yatakları-Cevher Mikroskobisi Laboratuvarı'nda bir kısmı da MTA Genel Müdürlüğü, MAT Dairesi, Mineraloji-Petrografi Araştırmaları Koordinatörlüğü Sıvı Kapanım Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Yapılan sıvı kapanımı analizleri, ilgili örneklerin kuvars kristallerine ait birincil kökenli kapanımlarından yapılmıştır. Sıvı kapanımı çalışmaları MTA laboratuvarında

Linkam MDSG 600 (motorize) ve H. Ü. laboratuvarında THMS 600 ısıtma ve soğutma sistemi kullanılarak yapılmıştır. Her iki laboratuvarda yapılan çalışmalarda ısıtma ve soğutma tablası, Leica DM 2500 M model mikroskoba monte edilmiştir. İncelemeler için 20x ve 50x büyütmeli objektifler tercih edilmiştir. Linkam tablasının sıcaklık aralıkları -196 °C ile 600 °C arasında değişmektedir. Isıtma ve soğutma hızı 0,1 °C/dakika 'den, 150 °C/dakika 'ya kadar çıkmaktadır. Yapılan mikrotermometrik çalışmalarda ısıtma hızı kuvars mineralleri için 25-40 °C/dakika arasında değişmektedir. Soğutma analizlerinde faz değişimlerinin iyi gözlenebilmesi için hız, çoğunlukla 5-20 °C/dakika arasında seçilmiştir. Soğutma işlemlerinde sıvı azot (N_2) kullanılmıştır. Mikrotermometrik analizlerde iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımların tuzluluk değerleri Bodnar'ın [23];

"Tuzluluk (%NaCl eşdeğeri)=0.00+1.78θ-0,0442θ^2+0,000557θ^3" eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. Eşitlikte "θ" değeri son buz ergime sıcaklıklarını temsil etmektedir.

Elektron mikroskopi ve enerji dağılım spektroskopi çalışmaları Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde kurulu Carl Zeiss EVO 50 EP taramalı elektron mikroskop ve cihaza entegre Bruker-Axs Xflash 3001 SDD (Silicon Drift Detector) EDS (Enerji Dağılım Spektrometresi) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Görüntüleme çalışmaları için, ES (Secondary Electron) ve BSD (Backscattered Electron) dedektörleri kullanılmıştır. Çalışma BSD ile elde edilen görüntülerden yararlanılmıştır. Cihazın çalışma koşulları; 15-20 kV ivmelendirici gerilim, 10-30 pA demet akımı, 1-3 μm spot çapı ve 10-20 mm çalışma mesafesi şeklindedir. Mikroanaliz çalışmalarında demet akımı 5-10 nA seviyesine kadar artırılmış, çalışma mesafesi 10 mm civarında tutulmuştur. X-ışını ölçüm süreleri her bir mikroanaliz için 60 sn, elementel haritalama için 3-5 dk civarındadır.

Alınan örneklere ait metal içeriklerini gösteren kimyasal analiz verileri Koza Altın A.Ş. tarafından sağlanmıştır. Koza A.Ş. laboratuvarlarında öğütülen örnekler kral suyu (HNO_3+3HCl) ile çözüldükten sonra atomik absorbsiyon spektroskopisi(AAS-Agilent 240 FS) cihazı ile analiz edilmektedir. Altın için dedeksiyon limiti 0,1 ppm'dir.

Killeşmenin yoğun olarak gözlendiği bölgelerde alterasyon özelliklerini belirlemek ve kil minerllerini tanımlamak amacıyla Himmetdede'ye ait 5 örnekte, Kaymaz'a ait 2 örnekte H.Ü. XRD laboratuvarında tüm kayaç ve kil fraksiyonu analizi yapılmıştır.

Analizlerde Rigaku DMAX 2200 PC marka cihaz kullanılmıştır. Mineraller ASTM [24] standartlarına göre tanımlanmıştır.

Uzaktan algılama çalışmalarında ASTER'e ait (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) ASTER L1B gündüz görüntüleri, VNIR (çok yakın kızılötesi, 520-860 nm), SWIR (kısa dalga kızılötesi, 1400-2430 nm) ve TIR (termal kızılötesi, 8125-11650 nm) görüntüleri kullanılarak bant hesaplamaları yapılmıştır. Bant oranı hesaplama yöntemi her bir piksel üzerine farklı bantlarda denk gelen yansıma değerlerinin birbirlerine oranlanmasıdır [25]. Bu yöntemle minerallerin farklı yansıma değerlerinden yararlanılarak, bir bölgedeki dağılımlarını tespit etmek mümkündür. Bu çalışmada, ilgili sahalardaki kil mineralleri (kaolinit-illit-simektit) için Volesky [26] tarafından ortaya konulan SWIR 4/5 bant oranı kullanılmış, 1,31-1,60 aralığındaki değerler kil minerallerinin bulunduğu alanlar olarak işaretlenmiştir. SiO_2 bileşimindeki mineraller için ise Rowan ve Mars [27] tarafından ortaya konulan TIR 14/12 bant oranı kullanılmış, 1,29-1,33 arasındaki değerler SiO_2 bileşimindeki minerallerin bulunduğu alanlar olarak, Google Earth görüntüleri üzerine işaretlenmiştir.

Tez yazımı için belirlenen yöntem şu şeklidedir:

Öncelikle ilgili sahaların bölgesel jeolojisi, yakın çevresinin jeolojik özellikleri literatür bilgileri ve çalışmada elde edilen veri gözlemlere dayanarak anlatılmaya çalışılmıştır. Daha sonra cevherleşme ve alterasyon özellikleri kısımlarında ise makro gözlemlerden, mikro gözlemlere doğru detaylanan bir anlatım hedeflenmiştir. İlk olarak cevherleşmenin konumu, yankayacı ve alterasyonu gibi özellikleri saha gözlemleri ve sondaj loglarındaki gözlemlere dayanarak ortaya konulması, daha sonra sırasıyla XRD, ince kesit, cevher mikroskobisi, SEM analizleri ve sıvı kapanımı analizleriyle bu gözlemlerin desteklenmesi-ispatlanması hedeflenmiştir.

2. KAYMAZ ALTIN MADENİ

Kaymaz Altın Madeni ve çevresiyle ilgili literatür bilgileri “Bölgesel Jeoloji ve Önceki Çalışmalar” ve “Çalışma Alanı Çevresinde Metalik Maden Yataklarına Yönelik Yapılan Çalışmalar” olmak üzere 2 başlık altında toplanmıştır.

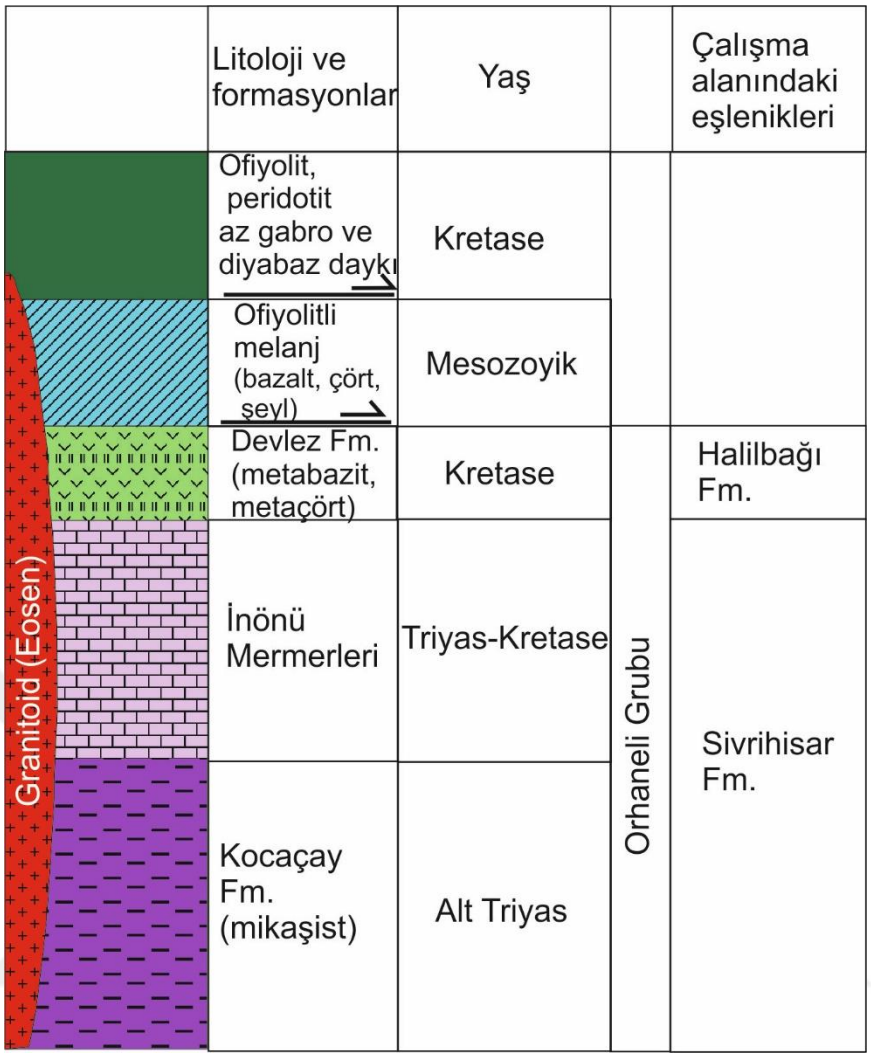
2.1. Bölgesel Jeoloji ve Önceki Çalışmalar

Kaymaz Altın Madeni Türkiye’nin tektonik birliklerinden Tavşanlı Zonu’nun doğu bölümünde yer alır. Anatolid-Torid bloğunun kuzey kenarında bulunan Tavşanlı Zonu, kuzeyde Sakarya Zonu, batıda Bornova Filiş Zonu ve güneyde ise Afyon Zonu ile çevrelenmektedir.

1/500000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Ankara paftasında yer alan çalışma alanında temelde Permo-Triyas yaşlı kırıntılı ve karbonatlı kayaçlar, Permiyen yaşlı mermerler, Orta Triyas-Jura mermerleri, Geç Jura-Erken Kretase yaşlı neritik kireçtaşları, Mesozoyik ayrılmamış ofiyolitik kayaları ve Geç Kretase metafilişi yer almakta olup, Eosen yaşlı granitoyidler tarafından kesilmektedir. Erken-Orta Eosen yaşlı sığ denizel ortamda oluşan kırıntılı ve karbonatlı sedimanter kayaçlar ile Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı karasal kırıntılı sedimanter kayaçlar stratigrafik dokanakla tüm birimleri örtmektedir [28].

Kaymaz Altın Madeni çevresinde yüzeylenen birimler MTA Genel Müdürlüğü 1/100000 ölçekli Eskişehir I26 paftasında ayrıntılı olarak haritalanmıştır. Temel kayaçları Triyas yaşlı şist ve mermerler, Mesozoyik yaşlı serpantinit ve peridotitler, listvenitler, Orta-Geç Triyas yaşlı metakırıntılılar ve volkanikler ile temsil edilmekte olup Geç Jura-Erken Kretase yaşlı neritik kireçtaşı tarafından üzerlenmektedir. Temel kayalarını Eosen yaşlı granitler kesmekte olup Eosen yaşlı sığ denizel kırıntılılar ve Orta-Geç Miyosen yaşlı kırıntılı ve karbonatlı kayaçlar tüm birimleri stratigrafik dokanakla üzerlemektedir [29]. Çalışma alanında yüzeylenen kayaçlar önceki çalışmalarda Tavşanlı Zonu dahilinde ele alınmıştır.

Okay [13] Tavşanlı Zonu’nun genelleştirilmiş istifini 4 temel birime ayırmıştır. Bunlar alttan üste 1-) Orhaneli Grubu, 2-) ofiyolitli melanj, 3-) ofiyolitik seri, 4-) Eosen sedimanları ve granitoyidleridir. Tavşanlı Zonu’nun temelini oluşturan Orhaneli Grubu; Tavşanlı Zonu’nun doğusunda-Sivrihisar bölgesinde, Sivrihisar Formasyonu ve Halilbağı Formasyonu olarak ikiye ayrılır.



Şekil 2.1. Tavşanlı Zonu'nun genelleştirilmiş istifi (Okay [3] tarafından ortaya konulmuş kolan kesit renklendirilmiş ve birimlerin çalışma alanındaki karşılıkları eklenmiştir).

Sivrihisar Formasyonu mikaşist ve mermerlerden oluşmaktadır. Halilbağı Formasyonu ise metabazit, metaçört ve mermerlerden oluşmaktadır. Okay'a [3] göre Sivrihisar ve Halilbağı formasyonları arasında mermerler bulunduğu için dokanağın geçişli mi, yoksa tektonik mi olduğu belirsizdir.

Sivrihisar ve çevresindeki birimler Kulaksız [30] Monod ve diğ. [31]; Davis ve Whitney [14, 32]; Çetinkaplan ve diğ [33] tarafından detaylı olarak çalışılmıştır.

Davis ve Whitney [32] Sivrihisar Masifi olarak tanımladıkları Sivrihisar, Kaymaz, Halilbağı bölgesindeki çalışmalarında mavişist fasiyesinde oluşmuş birimler içinde cm'den m'ye kadar çeşitli boyutlarda eklojit kütleleri tespit etmişlerdir. Benzer ilksel kimyaya sahip olan metamorfik fasiyeslerden mavişist fasiyesi sodik amfibol +

granat + fengit + lavsonit ve/veya epidot ± omfasit ± kuvars mineralleri içerirken eklojit fasiyesi omfasit + granat +fengit + rutil ± glokofan ± kuvars + lavsonit ve/veya epidot içermektedir. Metamorfik fasiyeslerin P-T koşulları 26 kb, 500 °C lavsonit eklojit; 18 kb, 600 °C epidot eklojit, 12 kb, 380 °C lavsonit mavişist ve 15-16 kb 480-500°C lavsonit epidot mavişist şeklindedir. Araştırmacılar eklojit ve mavişist fasiyesindeki kayaçların ilksel kimyasının, lineasyon ve foliasyon yönelimlerinin benzer olmalarına dayanarak iki fasiyesin metamorfizma oluşturmaya yetecek derinlik ve sıcaklıklara kadar, yüzeylenmenin ilksel fazlarında birlikte olduğunu söylemişlerdir.

Sherlock ve diğ [34] 'nin fengit mineralleri üzerinde yaptıkları Rb/Sr ve Ar/Ar yaşlandırmalarına göre metamorfizmanın yaşı 80 ± 5 milyon yıla kadar çıkmaktadır [33]'den. Okay'a [3] göre metamorfikler Erken Eosen öncesinde muhtemelen Maastrihtiyen'de yüzeylenmiştir.

Tavşanlı Zonu metamorfikleri tektonik bir dokanakla, [35];[3]'den Ovacık Kompleksi olarak adlandırılan ofiyolitli melanj tarafından üzerlenmektedir. Ofiyolitli melanj çoğunlukla bazalt, radyolaryalı çört, pelajik şeyl ve kireçtaşlarından oluşurken az miktarda serpantinit, talk, grovak ve tabakalı manganez içermektedir. Neotetis Okyanusu'nun kapanması sırasında yığışım prizması olarak gelişen ofiyolitli melanj Anatolid-Torid bölgesinde birçok yerde gözlenebilmektedir.

Okay [3] Tavşanlı Zonu'nun genelleştirilmiş istifinde Ovacık Kompleksi üstüne tektonik bir dokanakla Anadolu Ofiyoliti geldiğini söylemiştir. Bazı bölgelerde Anadolu Ofiyoliti direkt olarak Orhaneli Grubu'nun üzerinde gözlenmektedir. Anadolu Ofiyoliti'nin büyük bölümü peridotitlerden, kalan kesimi ise piroksenit gabro ve diyabaz dayklarından ulaşmaktadır. İzmir-Ankara Kenet Zonu boyunca birçok noktada gözlenen ofiyolitler benzer litolojik özellikler göstermektedir. Bu ofiyolitlerin taban metamorfikleri Albiyen yaşını vermektedir.

Anadolu Ofiyoliti ve Ovacık Kompleksi uyumsuzlukla gelen alt Eosen çökelleri tarafından örtülmektedir. Eosen çökel kayaçları yoğun olarak Tavşanlı'nın kuzeyinde, Eskişehir ve Çifteler' in güneyinde yüzlek vermektedir. Konglomera, kumtaşı, kiltaşı ve nümmilitli kireçtaşlarıyla temsil edilen istif, Tavşanlı Zonu'nun bir bölümünün Erken Eosen' de sığ denizel bir ortam olduğunu göstermektedir.

Shin ve diğ. [36] Sivrihisar ve Kaymaz plutonlarında yaptıkları çalışmalarda Sivrihisar Granitoidi' nin iri kristalli olan bölümlerinin siyenit, daha ince kristalli olan bölümlerinin ise monzonit karakterinde olduğunu söylemişlerdir. Kaymaz Granitoidi' nin ise yüksek SiO_2 içeriğine dikkat çeken araştırmacılar Kaymaz Granitoidi' nin serisitleşmeye maruz kaldığını belirtmişlerdir. Her iki plutondaki zirkon tanelerinde yaptıkları yaşlandırmalarda Sivrihisar Granitoidi için 78,4 ± 8,5 ile 42,4 ± 2,3 milyon yıl arasında değişen Kaymaz Granitoidi için ise 42,5 ± 2,2 ile 33,3 ± 1,2 milyon yıl arasında değişen değerler tespit etmişlerdir [36].

Bölgenin genel istifinin en üstünde Neojen yaşlı sedimanlar bulunmaktadır. Bu birim özellikle çalışma sahası çevresinde, Eskişehir Fayı'nın güneyinde geniş alanlar kaplamaktadır.

2.2. Çalışma Alanı Çevresinde Maden Yataklarına Yönelik Yapılan Çalışmalar

Koç ve Kadıoğlu [37] Karacakaya (Yunusemre-Eskişehir) bölgesindeki listvenitik kayaçlarda mineralojik, jeokimyasal ve değerli mineral içeriğinin tespitine yönelik çalışmalar yapmışlardır. KB-GD doğrultulu bir çatlak sistemi boyunca gözlenen listvenitik kayaçları elek dokusu gösteren ve göstermeyen olarak ikiye ayırmışlardır. Kimyasal analizlerde ilksel kayaca göre optik sprektrografi ve atomik absorbsiyon spektrometresi analizleri sonucunda MgO, CO_2, H_2O, Al_2O_3, CaO, Ni ve Co değerlerinde düşüş, SiO_2, toplam Fe, Na_2O ve Cr değerlerinde yükselme tespit etmişlerdir. MnO, K_2O ve TiO_2 değerleri ise sabit kalmıştır. Bölgede bu alterasyonlara bağlı metal zenginleşmesi tespit edilememiştir. Au ve Co dedeksiyon limitlerinin altında kalırken sadece 3 örnekte Ag içeriği tespit edilmiştir.

Gültekin ve diğ. [22] Kızılcaören bölgesindeki epitermal damar ve breş dolgularında gözlenen florit, barit ve nadir toprak elementleri zenginleşmelerinde sıvı kapanımı ve duraylı izotop çalışmaları yapmışlardır. Sıvı kapanımı ölçümlerine göre barit kristalleri 105 - 246 °C homojenleşme sıcaklıkları ve %0,4-9,2 arasında tuzluluk değerleri, florit kristalleri 135-354 °C homojenleşme sıcaklıkları ve 12,4'den yüksek tuzluluk değerleri, bastnazit kristalleri ise 143-386 °C arasında homojenleşme sıcaklıkları göstermiştir. Yazarlar alkalin volkanizmaya bağlı olarak gelişen bu cevherleşmede en az 3 hidrotermal evre gözlendiğini, gazca zengin fazlar ve sıvı fazların birlikte bulunmalarının kaynamaya işaret ettiğini söylemişlerdir. Düşük

tuzluluk değerleri derinden gelen tuzlu çözeltilerle meteorik suların karışmasına bağlı olabilir. δ^{34} S verileri kükürtün volkanik kökenli olduğunu göstermiştir.

Yılmaz [21] Eskişehir ve Sivrihisar arasında kalan bölgede dere kumu örnekleriyle yaptığı jeokimyasal keşif çalışmaları sonucunda Söğüt bölgesinde Sb – W – Au, Türkmen Bölgesi'nde baz metal – Au - Ag ve Kaymaz'da Ag - Au cevherleşmeleri tespit etmiştir. Yazar, Kaymaz cevherleşmesinin epitermal bir sistem olduğunu söylemiş ve cevherleşmenin 5,79 g/t Au ve 5,39 g/t Ag ortalama tenör değerlerine sahip olduğunu söylemiştir.

Akbulut ve diğ. [38] Mihalıççık (Eskişehir) bölgesindeki ofiyolitik melanjın metasomatik alterasyona uğramış serpantinitlerinde yaptıkları çalışmada kayaçların listvenitik seriye ait olduklarını söylemişlerdir. Litolojiyi gerçek listvenit olarak değil, silisli-karbonatlı kayaçlar ve birbiritler olarak adlandırmışlardır.(Birbirit: Dünitlerde bulunan olivinlerden ($FeMgSİO_4$) Mg'nin liç olarak uzaklaşması, kromitlerin ($FeCr_2O_4$) alterasyonu ve epitaktik manyetitin (Fe_3O_4) hidroksitlere (OH^-) dönüşmesi sonucunda oluşan kayaçlardır). Alterasyona sebep olan çözelti SiO_2, O_2'ce zengindir ve As, Ba, Sb, Sr az miktarda da Au ve Ag içermektedir. Yazarlar birbiritlerin oluşumunun tektonik hareketlere bağlı olduğunu söylemişlerdir.

Yavuz [19] Kaymaz Altın Madeni'nde cevher mikroskobisi ve süksesyon çalışmaları yapmıştır. Çalışmalar sonucunda bölgelerindeki cevherleşmenin gözlendiği kayaçların maruz kaldığı hidrotermal süreçleri; birinci hidrotermal evre esnasında veya öncesinde gelişen karbonatlı evre, cevher minerallerini taşıyan birinci hidrotermal evre, cevher mineralleri bakımından yoksun ikinci hidrotermal evre ve son olarak da süperjen evre şeklinde sıralamıştır. Ayrıca sıvı kapanımı çalışmalarında 240°C - 390°C arasında homojenleşme sıcaklıkları ile % 0,3 – 14 (%NaCl eşdeğeri) arasında değişen tuzluluk değerleri elde etmişlerdir. Yazara göre Kaymaz Altın Madeni epitermal-mezotermal özelliğinde orojenik bir altın yatağıdır.

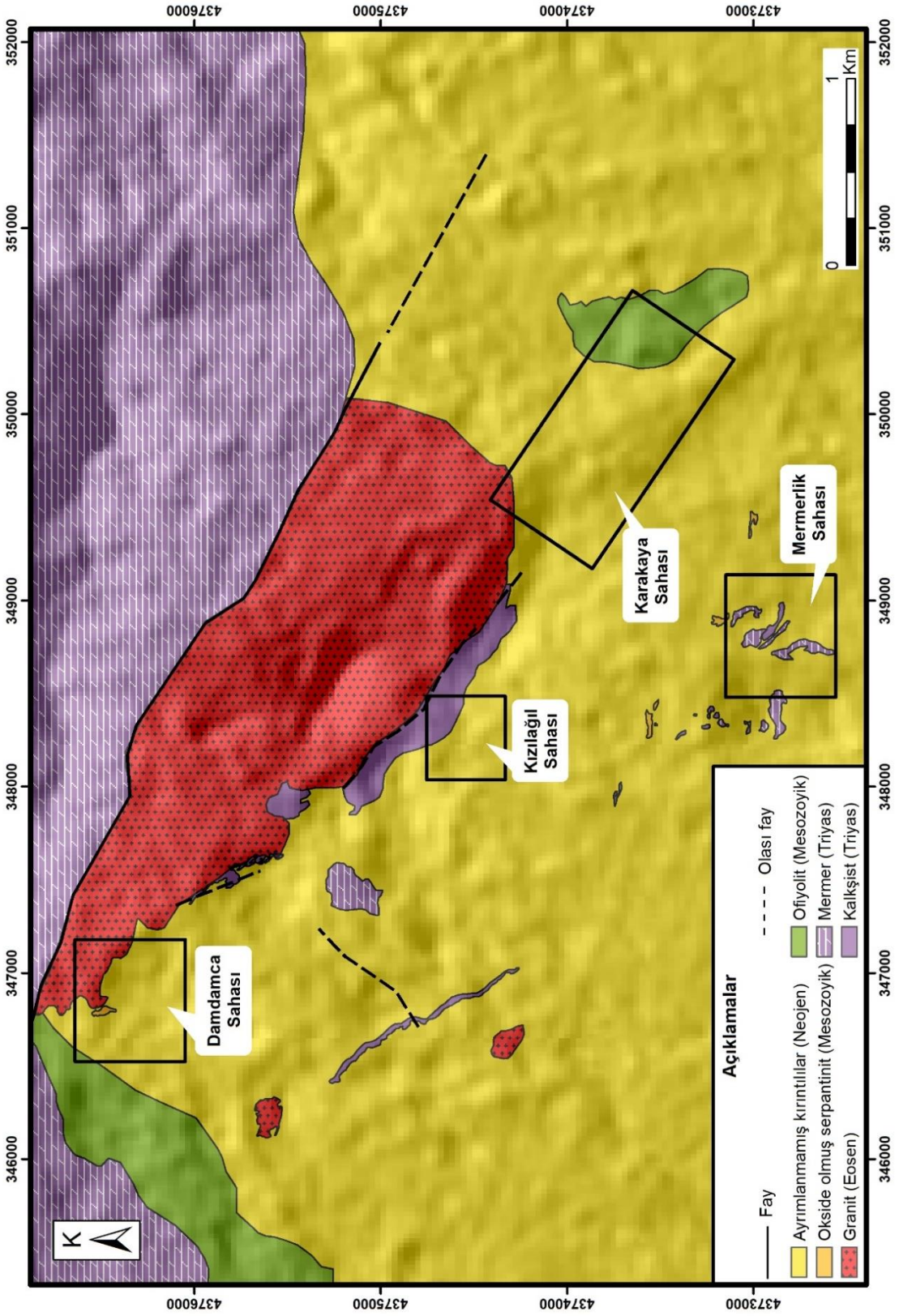
Toygar ve diğ. [39, 40] Kaymaz Altın Madeni'nde yaptıkları çalışmalarda cevherleşmenin yankayacı olan serpantinitlerde yüksek SiO_2 ve Fe_2O_3 ve düşük CaO ve MgO içeriği tespit etmişlerdir. Kuvars kristalleri üzerinden yürütülen mikrotermometrik (sıvı kapanımı) çalışmalarında 200-400 °C arasında değişen sıcaklıklar ve %3,9-9,6 arasında değişen tuzluluk değerleri bulmuşlardır. Duraylı

izotop jeokimyası çalışmalarında elde ettikleri δ^{34} değerlerine göre kükürtün kaynağının magmatik kökenli olabileceğini, $\delta^{18}O$ değerlerinin ise sistemi etkileyen birden fazla evreli hidrotermal akışkanın varlığı ve/veya kaynama süreci ile açıklanabileceğini söylemişlerdir. Araştırmacılara göre yatak orojenik tiptedir ve epitermal-mezotermal cevherleşme özelliği göstermektedir.

2.3. Maden Yatağının ve Çevresinin Jeolojik Özellikleri

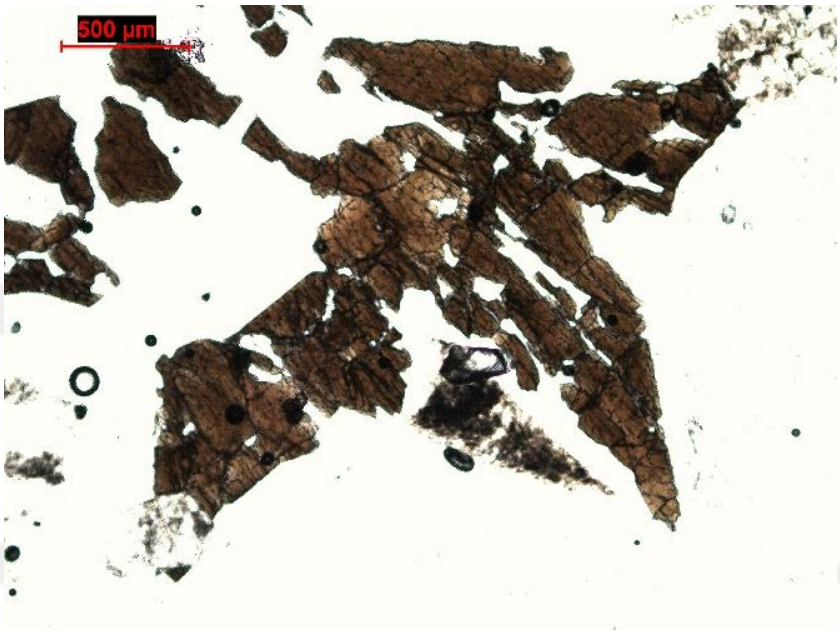
Kaymaz Altın Madeni'nin çevresinde temeli metamorfik birimler oluşturmaktadır. Mermer ve şistlerden oluşan bu metamorfik birimler Kaymaz Graniti tarafından kesilmektedir. Her ne kadar Tavşanlı Zonu'nun genelleştirilmiş istifinde Eosen yaşlı plütonikler ofiyolitlere sokulum yapsa da çalışma alanında Kaymaz Graniti ile ofiyolitler arasında tektonik bir ilişki vardır. Bu ilişki çalışmada detaylı olarak irdelenecektir. Çalışma alanının en üst seviyesinde ise Neojen örtü birimleri bulunmaktadır (Şekil 2.1.).

Mermer ve şistlerden oluşan metamorfik birimler Okay [3] tarafından Sivrihisar Formasyonu olarak tanımlanan serinin karşılığıdır. Bu serinin üzerine gelen Halilbağı Formasyonu'na ait metabazit ve metaçörtler çalışma alanı çevresinde gözlenmemektedir. Mermerler (Triyas) çalışma alanının kuzeyinde geniş yüzlekler vermektedir. Şistler ise Kaymaz Graniti'nin güney bölümündedir. Kızılağıl Sahası'nda cevherleşmenin yankayacını şistler oluşturmaktadır. Şistlere ait yüzlekler çok sınırlıdır ve var olan yüzlekler de madencilik faaliyetleri sırasında ortadan kaldırılmıştır. Çalışma alanının güneyinde Mermerlik Sahası civarında yine mermerler bulunmaktadır. Damdamca ve Karakaya sahalarının oluşturduğu hat, ana cevherleşme zonu olarak kabul edilmiştir. Cevherleşmelerin yankayacını oluşturan serpantinit bu sahalarda granit ile kontak halinde yüzlek vermektedir. Yüzleklerin dışında Karakaya Sahası'nda, Neojen örtüsünün birkaç metre altında da serpantinitler gözlenmektedir. Bu serpantinit kütlesi muhtemelen örtü birimlerinin altında, Mermerlik Sahası'na kadar uzanmaktadır. Bölgenin güney kesimi neredeyse tamamen Neojen örtü ile kaplıdır.



Şekil 2.2. Kaymaz Altın Madeni'nin jeoloji haritası (Koza Altın İşletmeleri A.Ş.'nin haritasından A4 kağıt boyutunda görünmeyen birimler çıkarılmış, haritaya topoğrafya eklenmiş ve birimlerinin gösterim renkleri değiştirilmiştir).

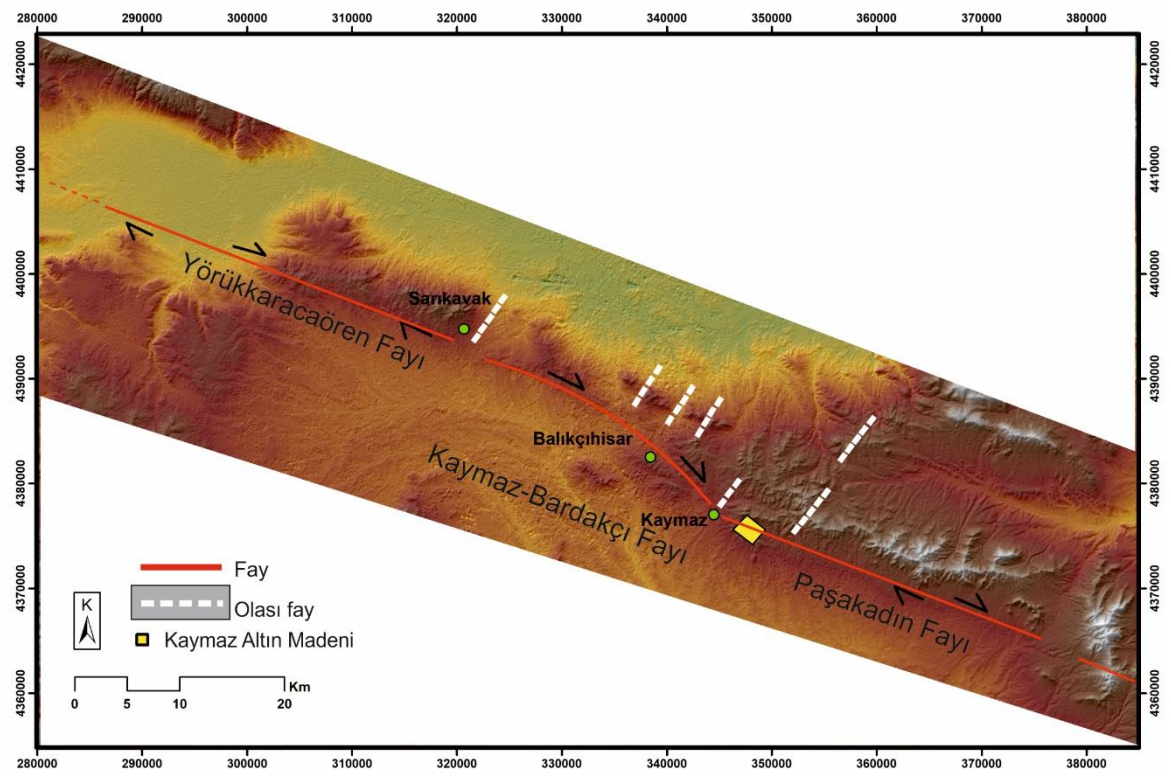
Kaymaz Graniti'nde yapılan mineralojik-petrografik incelemelerde kuvars, ortoklaz, plajiyoklaz, biyotit, amfibol ve turmalin mineralleri tespit edilmiştir. Ortoklaz ve plajiyoklazlarda kısmen serisitleşme ve killeşme gözlenmiştir. Turmalin mineralleri kayaç içinde yoğun olarak bulunmaktadır (Şekil 2.3.). Literatürde granitlerde turmalinlerin varlığı granitik magmanın borca ve/veya uçucu bileşenlerce zengin olduğuna bir işaret olarak yorumlanmaktadır [41]. Turmalin yoğunluğu ile cevher zonuna olan uzaklık arasında net bir ilişki gözlenmemiştir.



Şekil 2.3. Kaymaz Graniti'nde tespit edilen, granitik magmanın borca ve/veya uçucu bileşenlerce zengin olduğunu gösteren turmalinlerin incekesit görüntüsü 1. nikol

2.4. Bölgenin Tektonik Özellikleri

Çalışma bölgesindeki en önemli tektonik unsur Eskişehir Fayı'dır. Eskişehir Fayı güneydoğuda Cihanbeyli'den (Konya) batıda Uludağ'a (Bursa) kadar uzanan İnönü-Eskişehir Fay Sistemi'nin [42] bir parçasıdır. Sağ yanal ve normal bileşenlere sahip fay zonunun yaklaşık doğrultusu BKB-DGD'dır. Birçok araştırmaya konu olmuş İnönü-Eskişehir Fay Sistemi farklı alt segmentlere ayrılmıştır. Fay sisteminin Kaymaz Altın Madeni'nin kuzeybatısında kalan bölümü Kaymaz-Bardakçı Fayı, madenin hemen kuzeyinden batı yönünde ilerleyen bölümü ise Paşakadın Fayı olarak adlandırılmıştır [43] (Şekil 2.4.).



Şekil 2.4. Eskişehir Fayı'nın KAM yakınındaki segmentleri ve olası transfer fayları. Fayların konumları Selçuk ve Gökten'den [43] alınmıştır, olası transfer fayları bu çalışma kapsamında eklenmiştir.

İnönü-Eskişehir Sistemi'nin tektonik özellikleri ile ilgili birçok çalışma yapılmış ve farklı görüşler ortaya konmuştur. Bu görüşlerden bazıları şunlardır;

Altunel ve Barka'nın [44] Eskişehir Fay Zonu'nun İnönü-Sultandere arasında kalan bölgedeki neotektonik aktivitesini inceledikleri çalışmalarına göre Eskişehir Fay Sistemi en az Pleyistosen'den beri aktiftir. Araştırmacılar buna kanıt olarak çalışma alanlarında bulunan Pleyistosen ve Holosen birimlerinde görülen depolanmayla eş zamanlı ve depolanma sonrasına ait fayları sunmuşlardır. Yazarlara göre Eskişehir Fay Sistemi transtansiyonal (makaslamalı- sıkışma) bir fay zonudur.

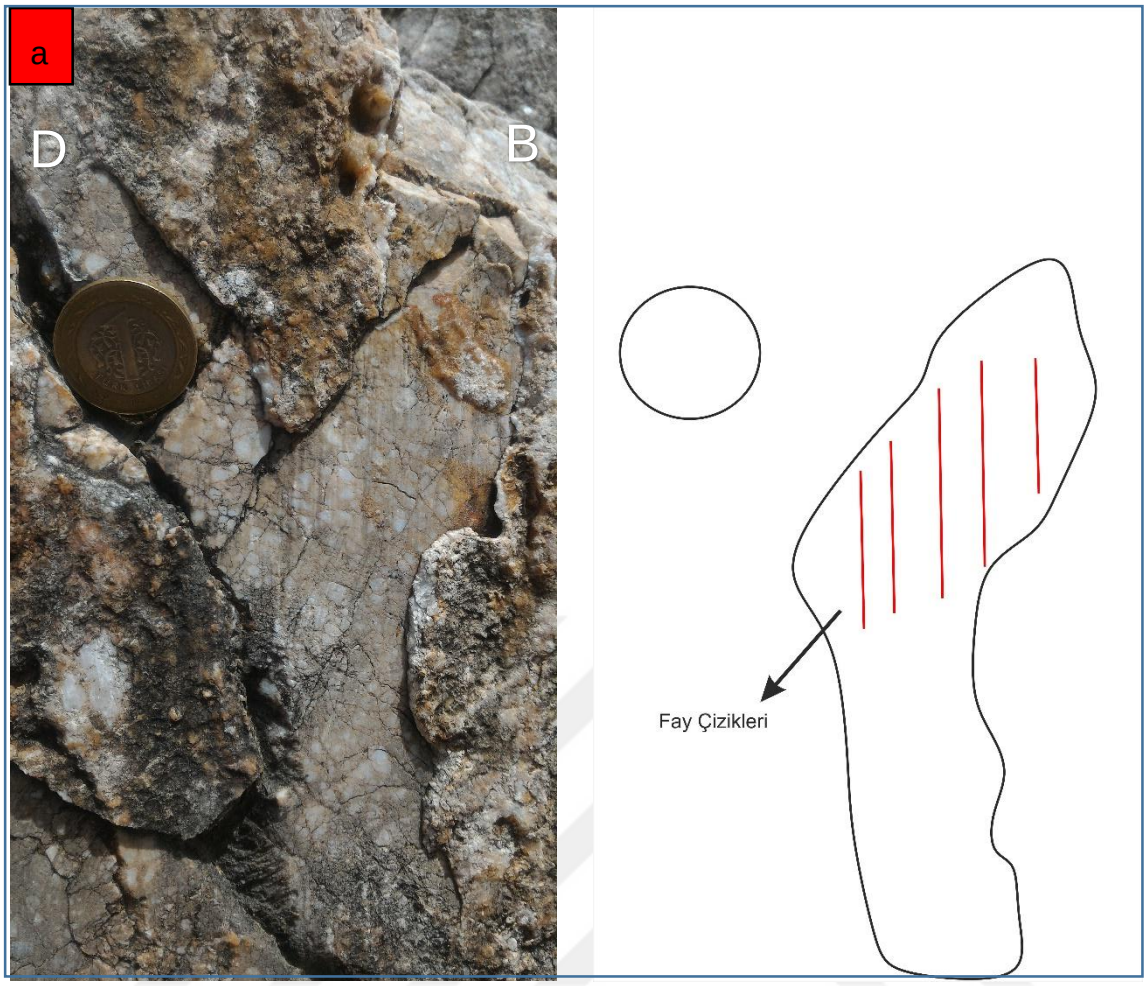
Ocakoğlu [4] Bozüyük ve Alpu arasında Eskişehir Fay Zonu'na ait 21 ayrı segmentte yaptığı çalışmada fayların baskın olarak normal faylar olduğunu ve az miktarda sağ yanal bileşene sahip olduğunu söylemiştir. Yazara göre Eskişehir Fay Zonu düşük derecede deformasyona uğramış, Pliyosen sonrasında aktif normal faydır. Yazar Kaymaz Altın Madeni'nin yaklaşık 45 km kuzeybatısında çizdiği jeolojik kesitte Kaymaz Horstu olarak tanımladığı yapıda, metamorfik birimlerin normal faylara bağlı olarak yükseldiğine işaret etmiştir.

Selçuk ve Gökten [43] Eskişehir Fay Sistemi'nin Kaymaz bölgesindeki neotektonik karakterini belirlemeye yönelik yaptığı çalışmanın Paşakadın Fayı olarak adlandırdıkları segmentin fayın K85°B doğrultulu 65°GB eğimli fayın normal bileşenli sağ yanal bir fay olduğunu belirlemişlerdir. Paşakadın Fayı üzerinde 85 dereceye kadar eğimli fay çizikleri tespit eden yazarlar, Paşakadın Fayı'nın öncelikle normal fay özelliğinde sonrasında ise sağ yanal-doğrultu atımlı fay özelliğinde çalıştığını söylemişlerdir. Yazarların yaptığı paleo-gerilim analizleri KB-GD doğrultulu sıkışma ve buna bağlı olarak gelişen KD-GB doğrultulu açılma rejimine işaret etmektedir.

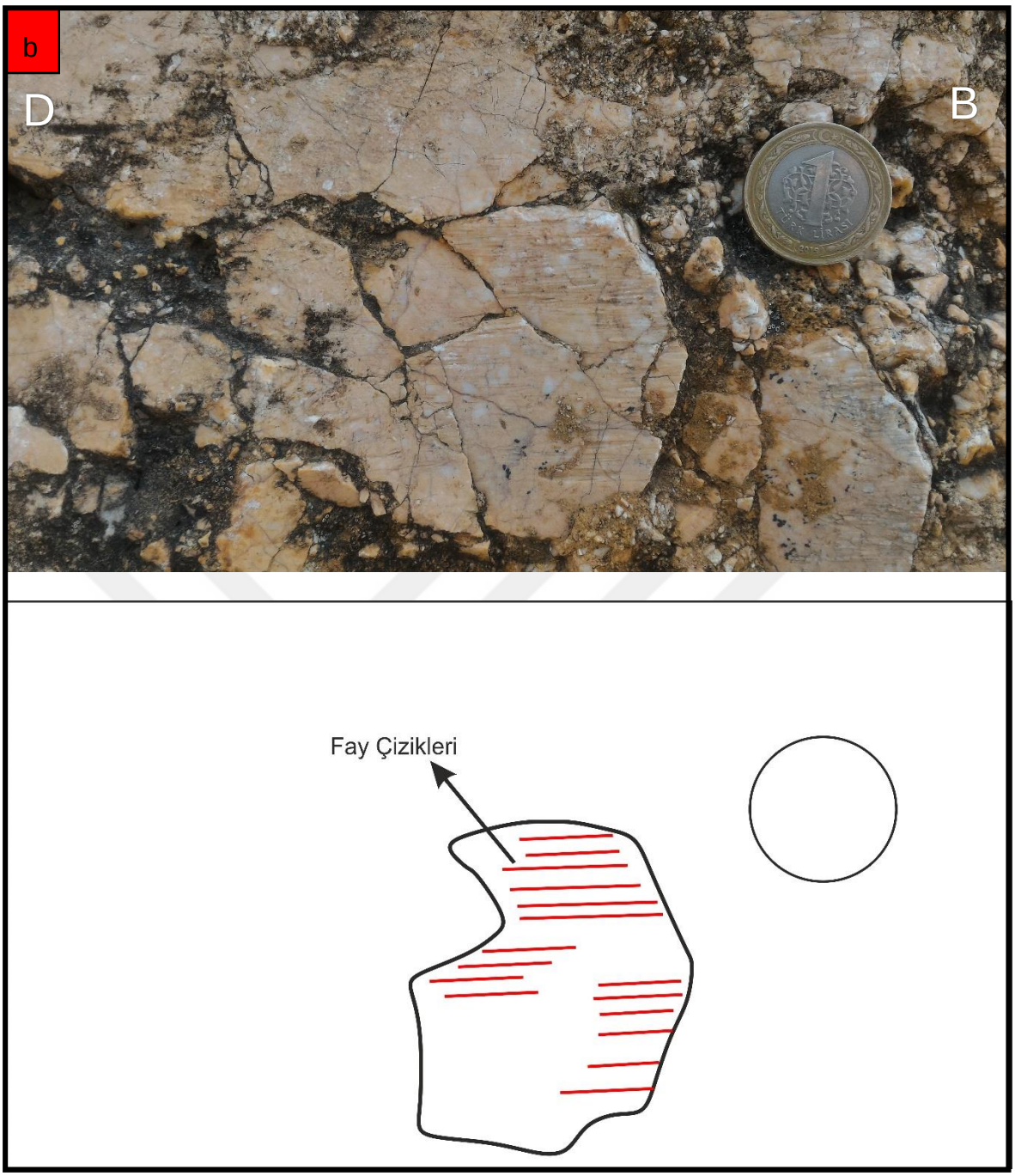
Seyitoğlu ve diğ. [45] Eskişehir Fayı'nın doğrultu atımlı bir fay olduğunu ve pozitif çiçek yapısı sunduğunu belirtmişlerdir.

Özden ve diğ. [46] Eskişehir Fayı'nın Erken Pliyosen'den itibaren KB doğrultulu sıkışmaya bağlı doğrultu atımlı fay özelliğinde olduğunu, transpresyon (makaslamalı-sıkışma) özelliğinden transtansiyon (makaslamalı-açılma) özelliğine geçişin muhtemelen Kuvaterner'de olduğunu ve transtansiyonel özelliğin günümüzde de devam ettiğini söylemişlerdir.

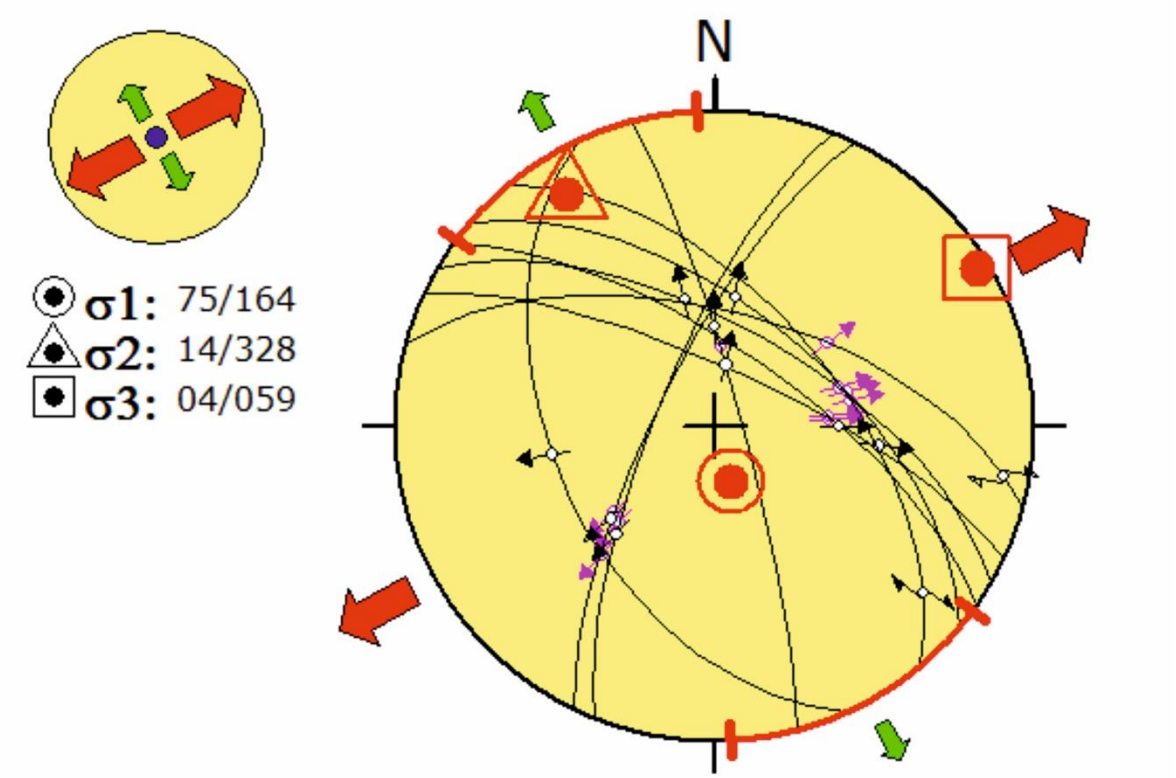
Kaymaz Altın Madeni çevresinde yapılan tektonik incelemelerde Damdamca Sahası yakınındaki mermerlerde hem normal hem de doğrultu atımlı faylara ait çizikler gözlemlenmiştir (Şekil 2.5.). Çizikler, düşey bileşeni baskın verev, yatay bileşeni baskın verev, sağ yanal ve normal faylara işaret etmektedir. Ölçüm yapılan fay düzlem verilerinin alt yarı küre projeksiyonunda gösterimi Şekil 2.6.'de bulunmaktadır (WinTensor programı ile yapılmıştır). Bu verilere göre bölgede kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu bir açılma rejimi olduğu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2.5. Damdamca sahası yakınlarında mermerler üzerinde bulunan a) düşey fay çizikleri ve çizgisel gösterimi b) yatay fay çizikleri ve çizgisel gösterimi.



Şekil 2.5.b.



Şekil 2.6. Damdamca yakınındaki mermerler üzerinde yapılan fay düzlemi ölçümlerinin alt yarı küre projeksiyonunda gösterimi.

Literatürde bölgede önemli iki ayrı tektonik evre olduğu ifade edilmektedir. Bu evrelerden birincisi Neotetis Okyanusu'nun kapanmasıyla oluşan yığışım prizmasının kuzeyden güneye doğru gerçekleştirdiği nap hareketidir [3]. İkinci evre ise Senozoyik döneminde meydana gelen makaslama ve/veya açılma hareketlerinin etkili olduğu rejimdir[4, 43-46]. Eosen yaşlı Kaymaz Graniti'nin Senozoyik döneminde etkili olan bu rejimin etkisine maruz kalması gerekir. Bu sebeple bölge için öngörülen makaslamalı ve/veya açılmalı tektonik rejimle serpantinitlerin ve granitlerin yüzeylendiği düşünülmektedir.

2.5. Cevherleşme Ve Alterasyon Özellikleri

Kaymaz Altın Madeni 4 ayrı sahadan oluşmaktadır. Bu sahalar Damdamca, Karakaya, Kızılağıl ve Mermerlik Sahaları'dır. Ana cevherleşmenin yankayacı serpantinittir. Silisleşmiş serpantinitin Kaymaz Graniti ile kontak halinde olduğu Damdamca ve Karakaya'da, granitlerin kontağa yakın olan kesimlerinde de altın içeren zonlar bulunmaktadır. Mermerlik sahasında da cevherleşmenin yankayacı serpantinittir. Kızılağıl'da ise cevherin yankayacı kalksilikatik şistlerdir.

Kaymaz Altın Madeni ve çevresinde yapılan önceki çalışmalarda (Bölüm 2.2.) alterasyona uğramış serpantinitler, listvenit veya listvenitik kayaçlar olarak tanımlamışlardır. Listvenit ilk olarak Rose [47] tarafından talk, fuksit, ankerit, manyezit, dolomit, kuvars, pirit ve çeşitli aksesuarik mineraller içeren, metasomatik alterasyona uğramış serpantinit türü kayaçları tanımlamak için kullanılmıştır [48]'den. Fakat daha sonra listvenit tanımı birçok araştırmacı tarafından karbonatça zengin, alterasyona uğramış mafik-ultramafik kayaçları tanımlamak için de kullanılmıştır [48].

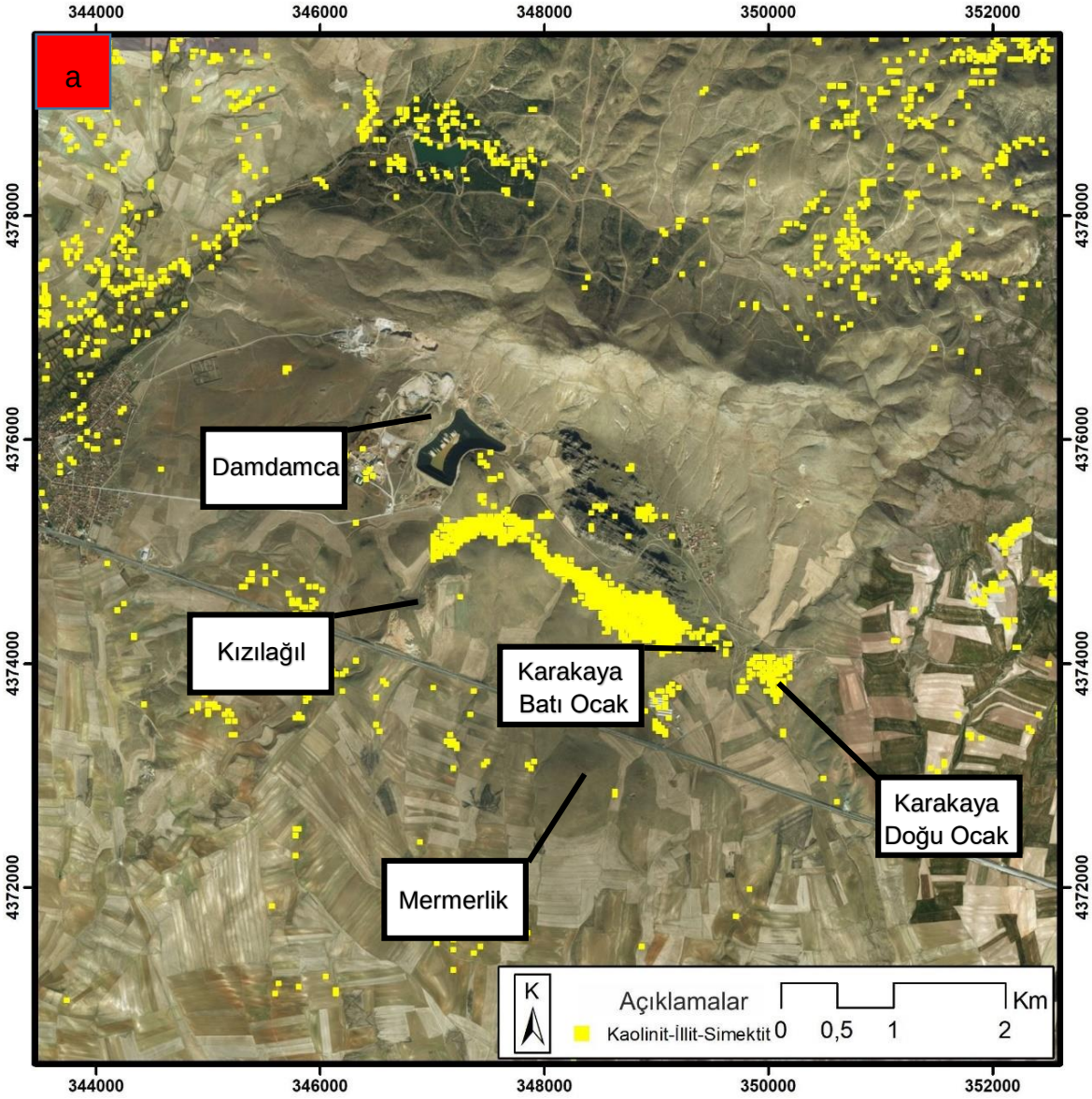
Literatürde, karbonatlaşmış ve silisleşmiş ultramafik kayaçlar listvenit/listvenitik kayaçlar olarak tanımlanmaktadır [48]. Listvenitik kayaçlarda serpantin minerallerinin alterasyonuyla kuvars ve Mg-Fe karbonatların oluşum reaksiyonu şu şekildedir;

$(Mg,Fe)_3\ Si_2O_5(OH_4) + 3CO_2 \rightarrow 3(Mg,Fe)CO_3 + 2SiO_2 + 2H_2O$ [48]

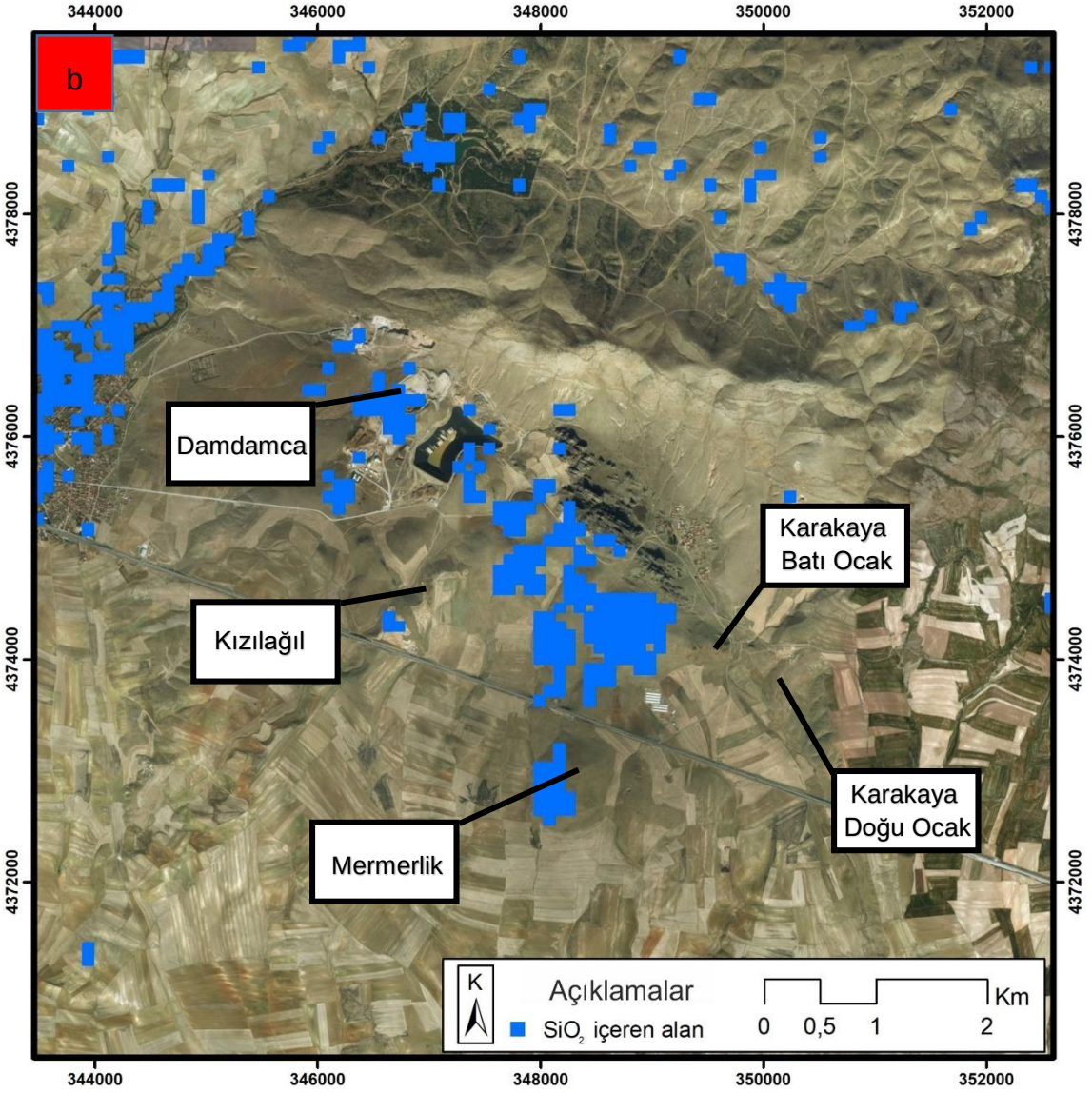
Kaymaz Altın Madeni'nin tüm sahalarda cevherli zon tipik kahverengi demir-oksit rengi ve yoğun kuvars oluşumu ile ayırt edilir. Cevher zonunun bu tipik özelliklerinden yararlanılarak alterasyonun yayılımı ve devamlılığını görmek amacıyla yatak ve çevresi için uzaktan algılama çalışmaları yapılmıştır.

Uzaktan algılama çalışmalarında, Kaymaz Altın Madeni'ne ait ASTER L1B gündüz görüntüleri, VNIR (çok yakın kızılötesi, 520-860 nm), SWIR (kısa dalga kızılötesi, 1400-2430 nm) ve TIR (termal kızılötesi, 8125-11650 nm) bantlarının oran hesaplaması kullanarak elde edilen görüntüler Şekil 2.7.'de verilmiştir. Elde edilen bu görüntülerde kil minerallerinin (kaolinit-illit-simektit) [26] Kaymaz Graniti ile serpantinitlerin kontağında, KB-GD doğrultulu bir hat boyunca kesiksiz olarak izlendiği görülmektedir. SiO_2 içeriğini tespite yönelik yapılan analize ait görüntüde [49] de benzer bir gidiş söz konusudur. SiO_2 içeriğini gösteren görüntüde, daha önce bahsedilen KB-GD doğrultulu hat üzerinde SiO_2 içeriğinin tespit edilmediği bölümler de bulunmaktadır. Yine Mermerlik Sahası üzerinde OH^- içeren mineraller ve kil minerallerinin aksine, SiO_2 içeriği gözlenmektedir. Damdamca Sahası üzerinde herhangi bir alterasyonun gözlenmemesi ASTER görüntüsünün elde edildiği tarih itibariyle altere zonun örtülü olması ile açıklanabilir. Cevherinin bulunduğu KB-GD hattı boyunca rastlanan zon ile kil minerallerini gösteren bant oran görüntüsünün

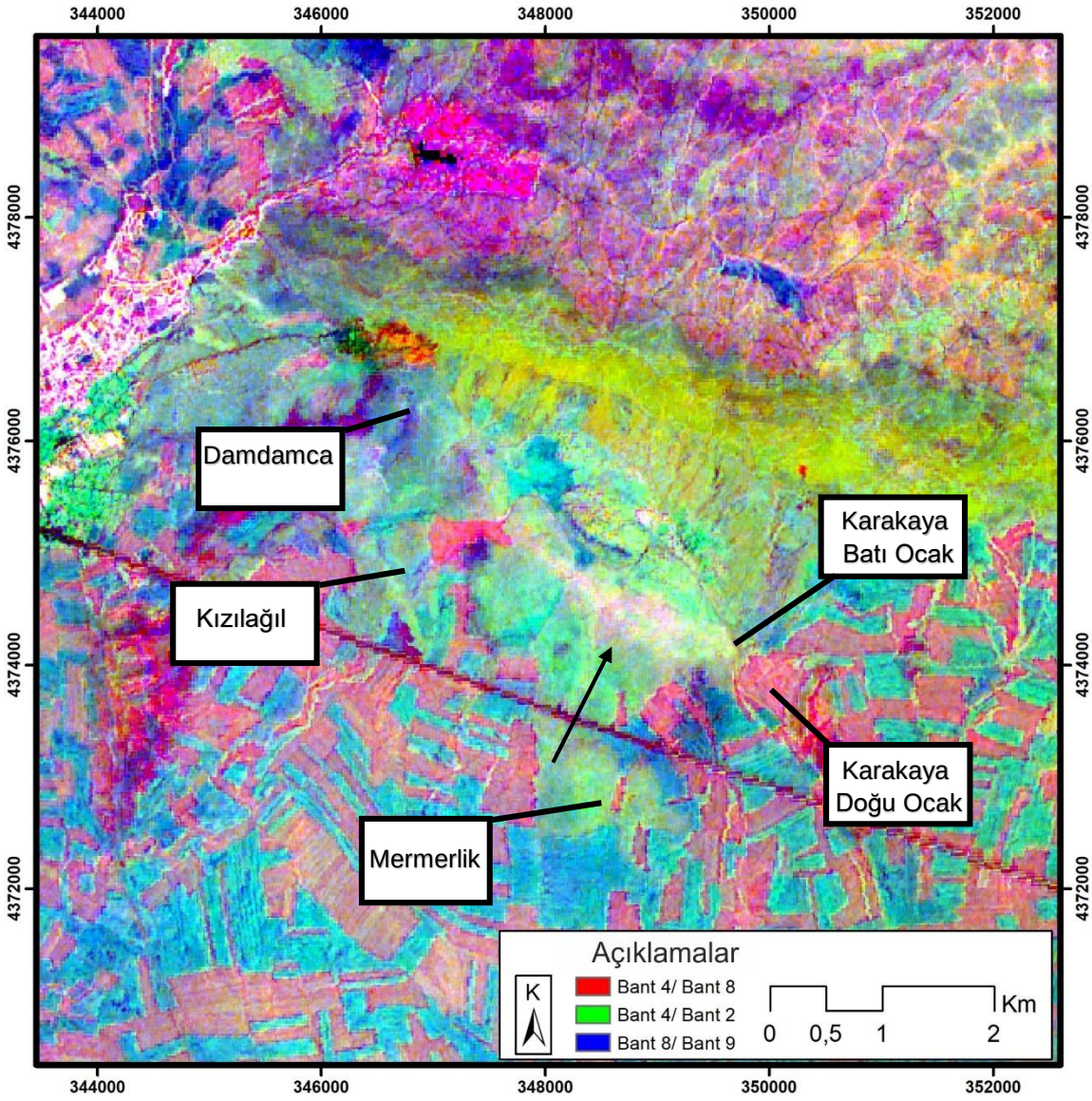
(kaolinit–illit–smektit) [26] ve SiO_2 içeriğini gösteren bant oran görüntüsünün [27] uyumlu olarak örtüştüğü görülmektedir. ASTER bant oranları K:4/8, Y:4/2, M:8/9 [50] ile elde edilen görüntüde (Şekil 2.8.), beyazımsı alan granit-serpantinit kontağında bulunan KB-GD doğrultulu cevher zonunu göstermektedir. Bu bölüm K:4/8 bant oranıyla elde edilen yansıma değerinin 3,496 ve üzerinde olduğu, Y:4/2 bant oranlarıyla elde edilen yansıma değerlerinin 0,276 ve üzeri olduğu, M:8/9 bant oranlarıyla elde edilen yansıma değerlerinin 1,098 ve üzeri olduğu alandır.



Şekil 2.7. Kaymaz Altın Madeni'ne ait ASTER L1B gündüz görüntüleri, VNIR (çok yakın kızılötesi, 520-860 nm), SWIR (kısa dalga kızılötesi, 1400-2430 nm) ve TIR (termal kızılötesi, 8125-11650 nm) bantlarının oran hesaplaması kullanarak elde edilen a) kaolinit, illit, simektit [26], b) SiO_2 içeren alanların yayılımları [27] .


b
344000
346000
348000
350000
352000
4378000
4376000
4374000
4372000
Damdamca
Kızılağıl
Mermerlik
Karakaya
Batı Ocak
Karakaya
Doğu Ocak
K
Açıklamalar
SiO2 içeren alan
0
0,5
1
2
Km

Şekil 2.7.b



Şekil 2.8. ASTER bant oranları K:4/8, Y:4/2, M:8/9 [33] ile elde edilen görüntüde, Damdamca ve Karakaya arasında kalan KB-GD doğrultulu cevher zonu beyazımsı renkle gösterilmiştir (Siyah ok ile işaretlenmiştir).

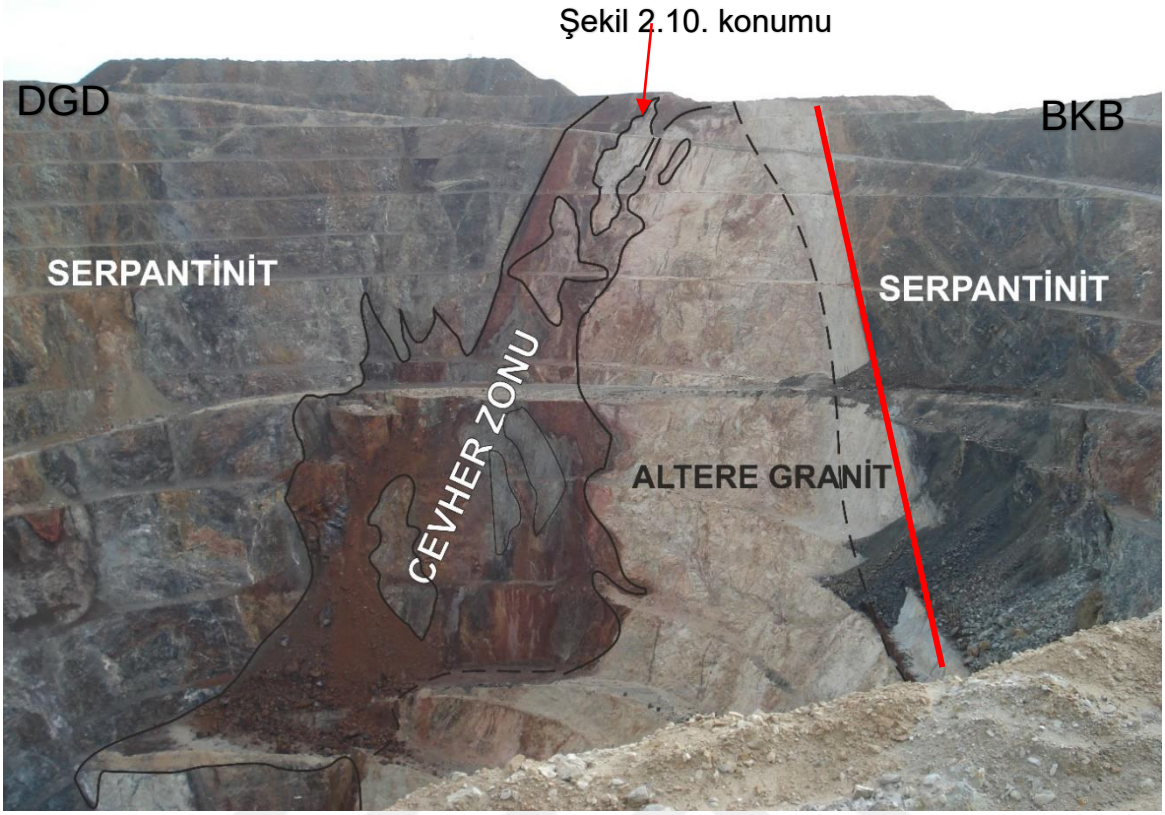
2.5.1. Damdamca Sahası

Damdamca Sahası Paşakadın Fayı'nın [43] güneyinde bulunan, Kaymaz Altın Madeni'nin işletmeye açılmış ilk sahasıdır. Damdamca Sahası'ndaki madencilik faaliyetleri 2014 yılında sonlanmıştır.

Bu sahada cevherleşme, serpantinit ile granit arasındaki dokanakta gelişmiştir. Cevherli zon yaklaşık GD-KB doğrultulu bir hat boyunca devam etmektedir. Şekil 2.9.'da granitin her iki tarafında da serpantinit ile dokanak halinde bulunduğu görünmektedir. Her iki tarafta da aynı birim bulunmasına karşın cevherleşme

sadece bir dokanakta gelişmiştir. Granitin doğusunda kalan ve cevher içermeyen dokanaktaki fay düzleminin konumu K25D/ 70KB'dır. Yoğun killeşme sebebiyle fay çizikleri gibi fayın türünü belirlemeye yarayan yapılar gözlemlenememiştir. Granitin batı kısmında bulunan cevher zonunun da doğrultusu yaklaşık olarak fay düzlemiyle aynıdır (K25D) eğim yönü ise zıttır. Granitlerin içinde, cevher zonuna yakın bölümlerde, cevherin konumuyla yaklaşık paralellik gösteren kırık-çatlaklar gözlemlenmiştir (Şekil 2.10.). Yine cevher zonu ile granit arasındaki dokanak yakından incelendiğinde kontağın çizgiselliği belirgindir (Şekil 2.11.). Dolayısıyla her iki dokanağın da faylı olduğu düşünülmektedir.

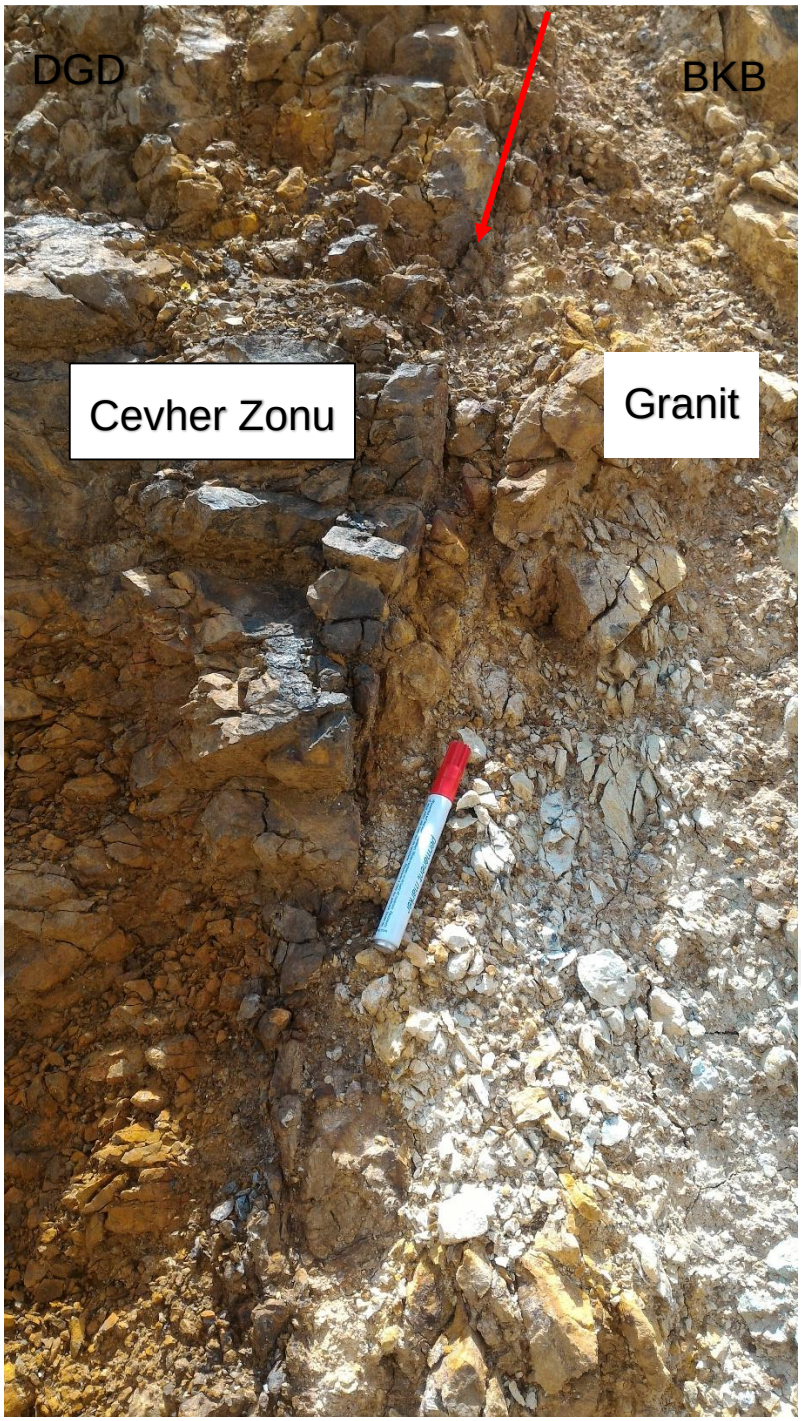
Cevher zonu yoğun demir-oksit oluşumu ve silisleşme ile ayırt edilir. Cevher zonundaki altrerasyonlar dışında granitte silisleşme, killeşme ve yer yer turmalin oluşumları gözlenir. Serpantinitlerde de altın değeri bulunmayan silisleşmeler mevcuttur. Yavuz [19], granitik kayaçların killeşmiş kesimlerinde PIMA (Portable Infrared Mineral Analyser) ile yaptığı analizlerde kil minerallerinin çoğunlukla kaolinit olduğunu belirtmiş, kaolinite ek olarak nontronit tespit etmiştir. Bu çalışma kapsamında Damdamca Sahası'ndaki granitlerin killeşmiş bölümlerinden alınan örnek (KYM Granit) ve KYM 15 (KZ 107 sondajı 96,7-96,8) örnekleri üzerinde XRD ile tüm kayaç ve kil analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda "KYM Granit" örneğinin tüm kayaç analizinde %40 kuvars, %6 kalsit ve %54 kil tespit edilmiştir. Kil analizleri sonucunda da killerin %95'lik kısmı kaolinit, % 5'lik kısmı ise illittir. Makro gözlemlerle nontronit bulunma olasılığı göz önünde bulundurularak XRD analizi yapılan "KYM 15" örneğinde nontronit içeriği tespit edilememiştir. KYM 15 örneğinin tün kayaç analizinde % 60 kuvars, %7 mika ve %33 kil tespit edilmiştir. Kil minerallerinin % 41'i kaolinit, % 59'u ise illittir. Bahsedilen bu örneklerin XRD analiz grafileri Ek-19'dadır.



Şekil 2.9. Damdamca Sahası'nda cevher zonunun yaklaşık sınırları, serpantinit ile granit dokanağından itibaren granit içinde gelişen killeşme (siyah kesikli çizgi ile gösterilmiştir) ve doğu tarafta bulunan serpantinit ile granit arasındaki fay (kırmızı çizgi ile gösterilmiştir).



Şekil 2.10. Damdamca Sahası'nda granitin cevher zonuna yakın bölümlerinde gözlenen, cevherin konumuna yaklaşık olarak paralel olan kırık-çatlaklar (kırmızı ok işareti ile gösterilmiştir).



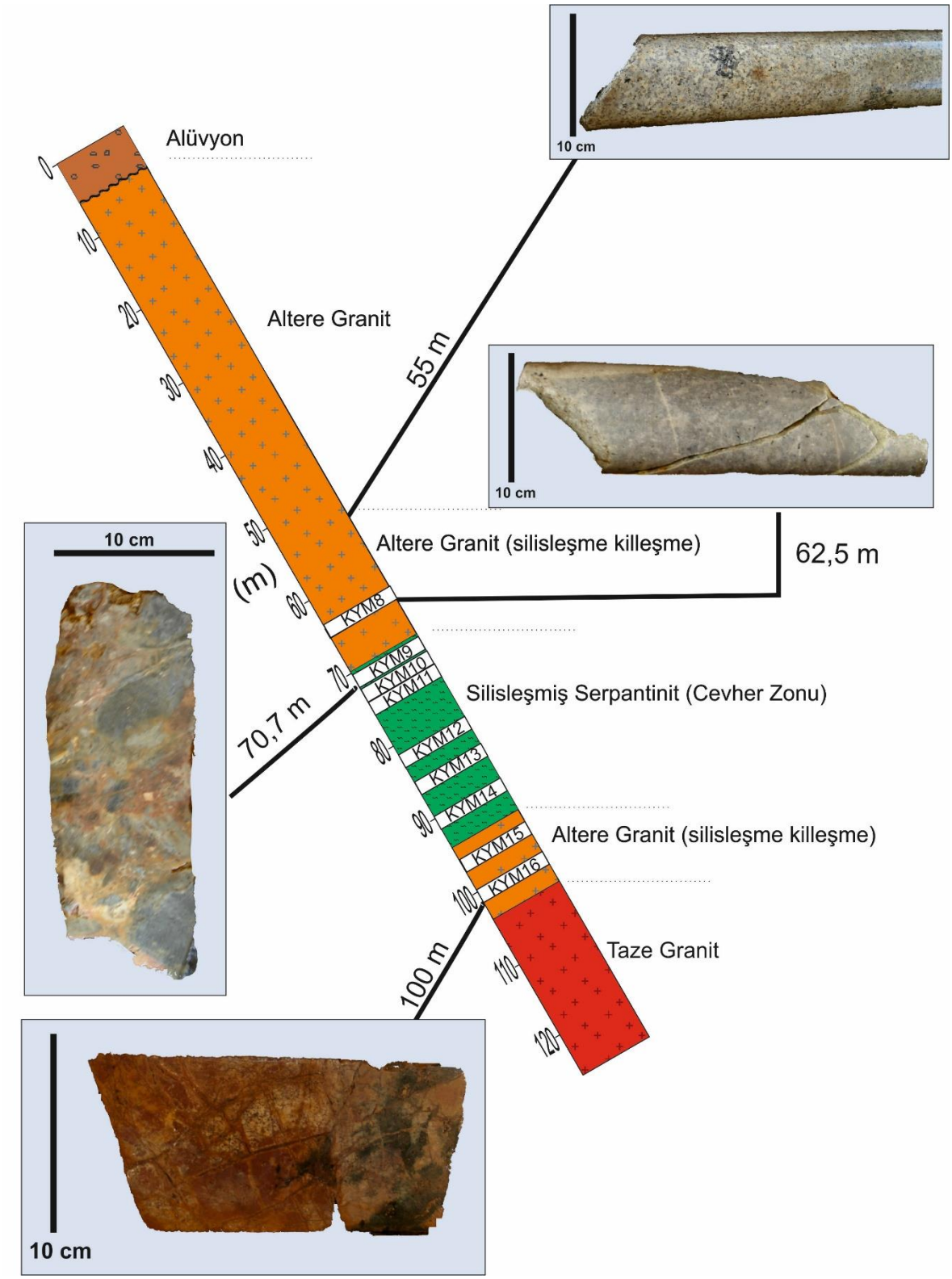
Şekil 2.11. Damdamca Sahası'nda cevher zonu ile granit arasındaki dokanakta gözlenen çizgisellik.

Damdamca Sahası'nda detaylı incelemeler yapmak için KZ 107 sondajında log çalışması yapılmış, bu çalışmada 9 adet örnek alınmıştır. Bu örneklerin derinlikleri, altın ve gümüş içerikleri çizelge 2.1. deki gibidir.

Çizelge 2.1. Damdamca KZ 107 Sondajı'ndan alınan örneklerin derinlikleri ve Au içerikleri.

Örnek No	Derinlik (m)	Au (ppm)	Ag (ppm)
KYM8	65-65,1	< d.l.	< d.l.
KYM9	70,6-70,7	1,5	7
KYM10	72,5-72,6	0,5	6
KYM11	72,7-72,8	0,5	6
KYM12	82-82,1	1,1	6
KYM13	84,9-85	1,7	4
KYM14	90,2-90,3	6,4	8
KYM15	96,7-96,8	0,2	< d.l.
KYM16	99,7-99,8	< d.l.	< d.l.

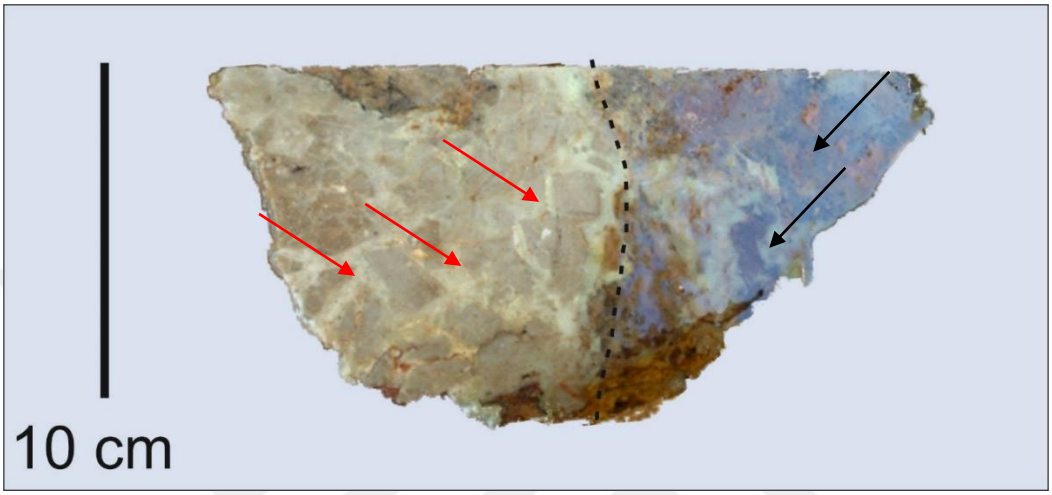
KZ 107 sondajı kesilen birimler üstten alta doğru alüvyon, altere granit, cevher zonu (silisleşmiş serpantinit), altere granit ve sağlam granit şeklinde sadeleştirilebilir. Bu sondajdaki cevher zonu kalınlığı yaklaşık 25 m'dir (Şekil 2.12.).



Şekil 2.12. Damdamca Sahası, KZ 107 sondaj logu, işaretlenen metreleri temsil eden karotlar ve sondajdan alınan örneklerin konumu.

Sondajın başlangıç metrelerinde, karot örneklerinde kısmen killeşme gözlenmesine rağmen granitin tanesel dokusu ilksel bileşimine ait kuvasars ve feldispatlar ayırt

edilebilmektedir. Granitin içinde yer yer turmalin yığışımları bulunmaktadır. Cevher kontağına yaklaşıldıkça granitlerde silisleşme artmaktadır. Granit-serpantinit kontağında serpantinit ve granite ait parçalar içeren breşik bir bölüm bulunmaktadır (Şekil 2.13.). Her iki birimde de silisleşme gözlenmektedir. Bu zondaki granite ve serpantinite ait breşik parçaların aynı türde bozunma göstermesi bu breşin tektonik breş olduğuna işaret etmektedir.

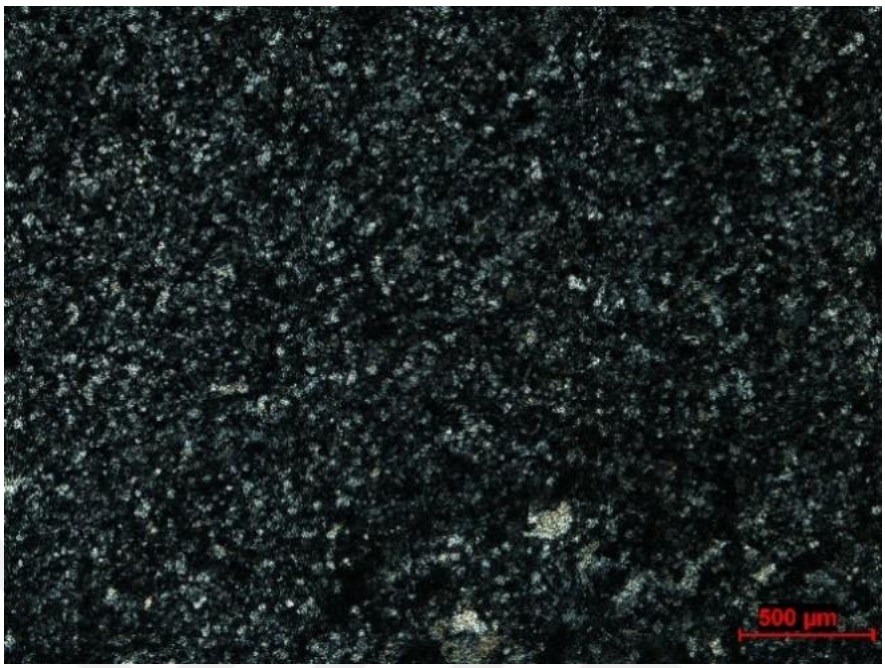


Şekil 2.13. KZ 107 sondajının 72,5-72,6 metreleri arasından alınmış, silisleşmiş granit parçaları (kırmızı ok ile gösterilmiştir) ve silisleşmiş serpantinit (siyah ok ile gösterilmiştir) parçaları içeren breşik zon.

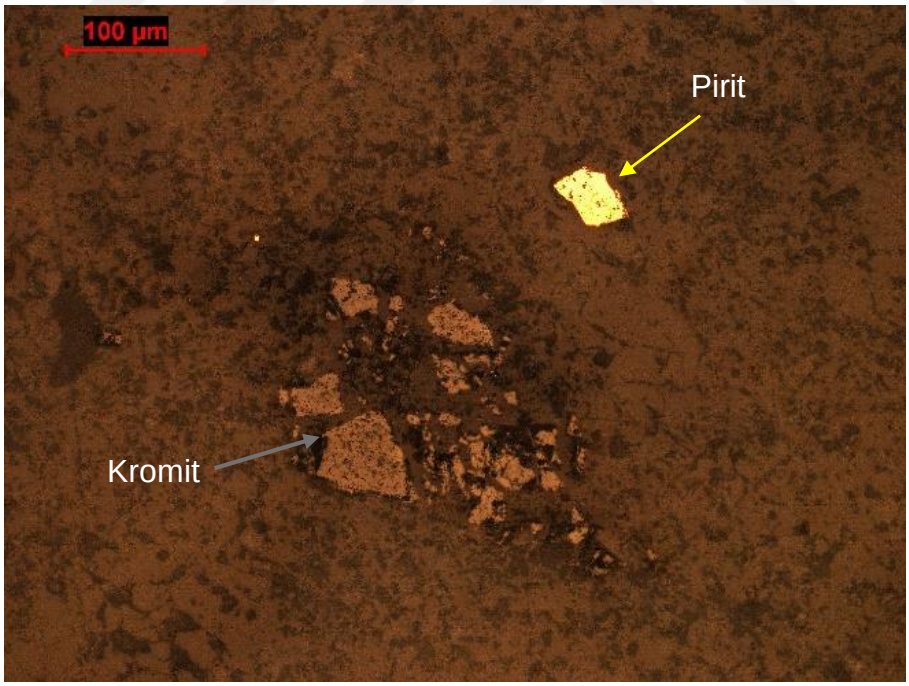
Sondaj örnekleri üzerinde yapılan mineralojik ve petrografik çalışmalarda makro gözlemlere paralel olarak tüm cevherli örneklerde ve granitin cevhere yakın olan kısımlarında silisleşmeler gözlenmiştir (Şekil 2.14.). Cevherli zonu temsil eden listvenitik kayaçlarda olması beklenen alterasyon tiplerinden karbonatlaşmaya nadiren rastlanılmaktadır.

Cevher mikroskobisi çalışmalarında, Damdamca Sahası'na ait KZ 107 sondajından alınan karot örneklerinde tespit edilen mineraller kromit ($FeCr_2O_4$) (gri, düşük yansıtma gücü, izotrop, kahverengi-kırmız iç yansıma), pirit (FeS_2) (sarımsı beyaz, yüksek yansıtma gücü, izotrop), arsenopirit (FeAsS) (beyaz, yüksek yansıtma gücü, kahverengi-mavi anizotropi) ve götit ± lepidokrokittir (FeO(OH)) (mavimsi gri, düşük yansıtma gücü, kırmızı iç yansıma). Tüm örneklerde opak mineraller genellikle saçınım haldedir. Kromitler çoğu zaman kırıklı çatlaklı biçimde gözlenmektedir (Şekil 2.15.). Götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) genellikle piritleri (FeS_2) ornatarak oluşmuştur (Şekil 2.16.). Bu ornatma durumu piritin (FeS_2) su ve oksijen ile reaksiyonu sonucunda gelişmektedir [51, 52] (reaksiyon bölüm 5.2.'de verilmiştir).

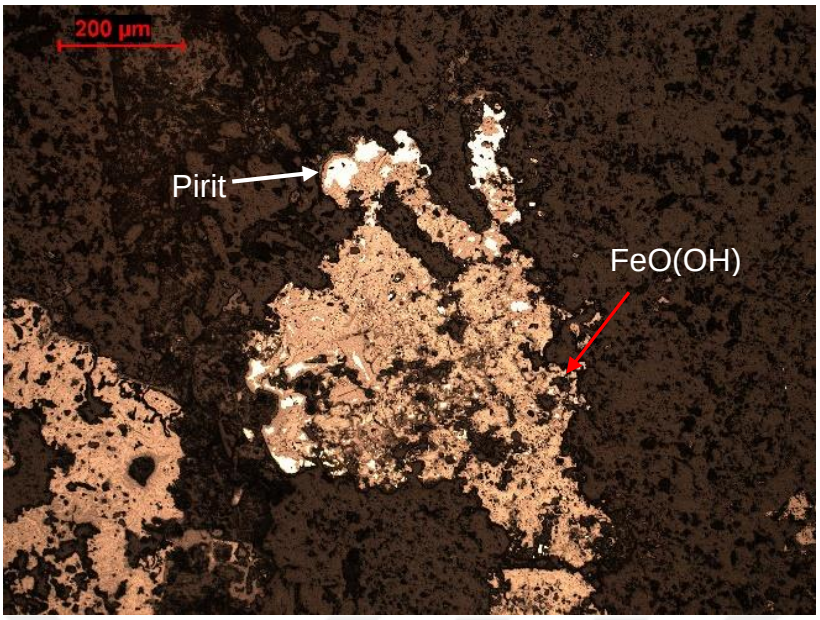
Arsenopirit (FeAsS) minerallerine sadece KYM 14 örneğinde yarıözşekilli-özşekilsiz olarak rastlanmıştır (Şekil 2.17.).



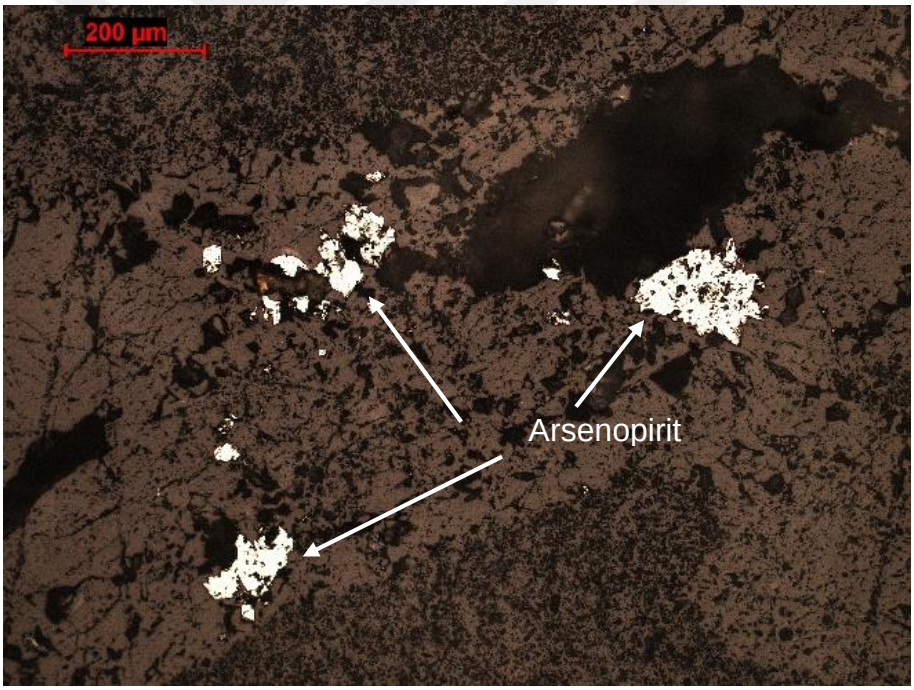
Şekil 2.14. KYM 8 örneğinde (granit) silisleşmeyi gösteren mikro-kriptokristalin kuvarsların 2. nikol görüntüsü.



Şekil 2.15. KYM 14 örneğinde gözlenen kromitin ($FeCr_2O_4$) (gri ok ile gösterilmiştir) kırıklı çatlaklı yapısı ve özşekilli pirit (FeS_2) (sarı ok ile gösterilmiştir) (1. nikol görüntüsü).



Şekil 2.16. KYM 9 örneğinde gözlenen piritin (FeS_2) (beyaz ok ile gösterilmiştir) götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) (kırmızı ok ile gösterilmiştir) tarafından ornatılması (1. nikol görüntüsü).

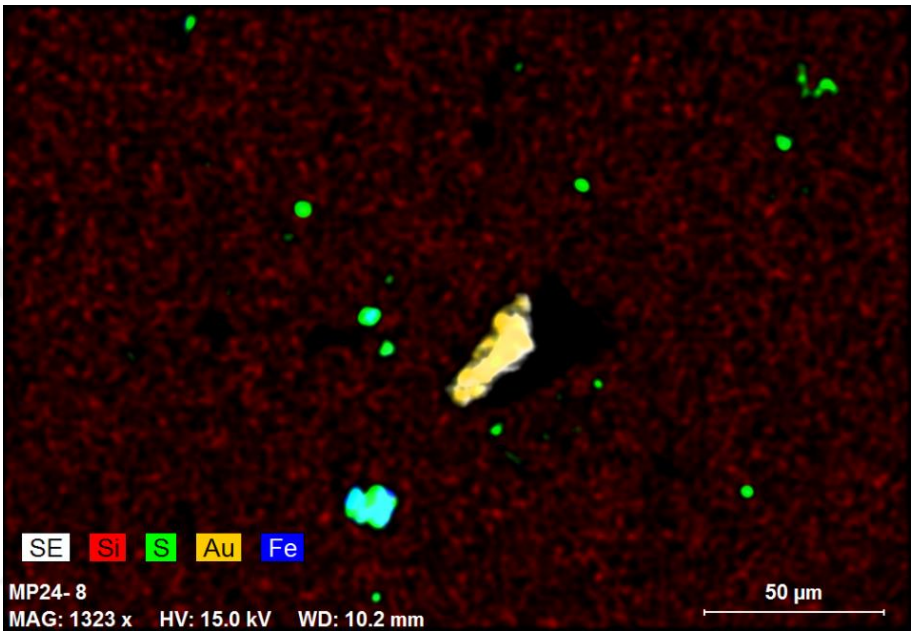


Şekil 2.17. KYM 14 örneğinde gang (gri) mineralleri içinde saçınım halde gözlenen arsenopiritler (FeAsS) (beyaz ok ile gösterilmiştir) (1.nikol görüntüsü).

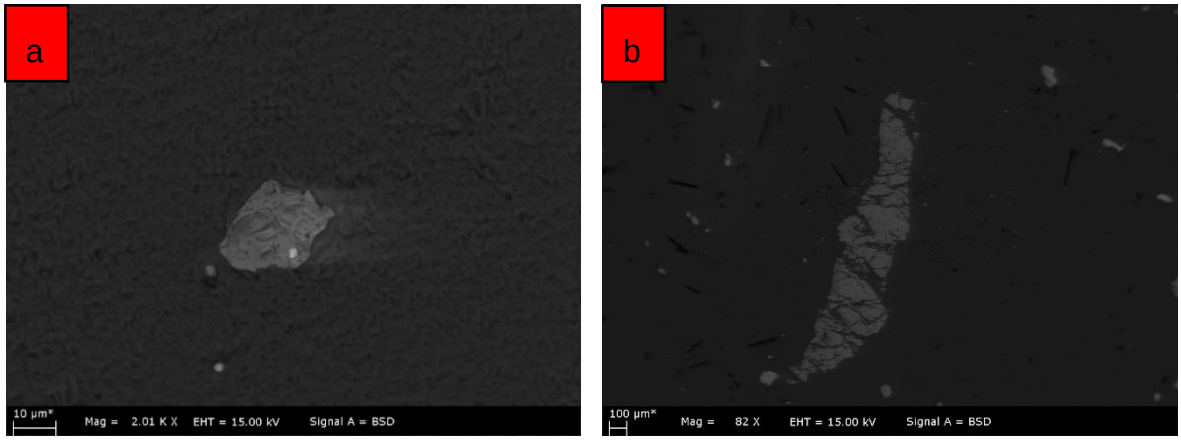
KZ 107 sondajından alınan KYM 9, KYM 13, KYM 14 örneklerinde SEM analizleri yapılmıştır. Örneklerin üçü de silisleşmiş serpantinittir (cevher zonu).

KYM 9 örneğinde tespit edilen mineraller nabit altın (Au), galenit (PbS), pirit (FeS_2), demir-nikel sülfit ve kromittir ($FeCr_2O_4$). Tespit edilen altın tanesi kuvars kristalleri

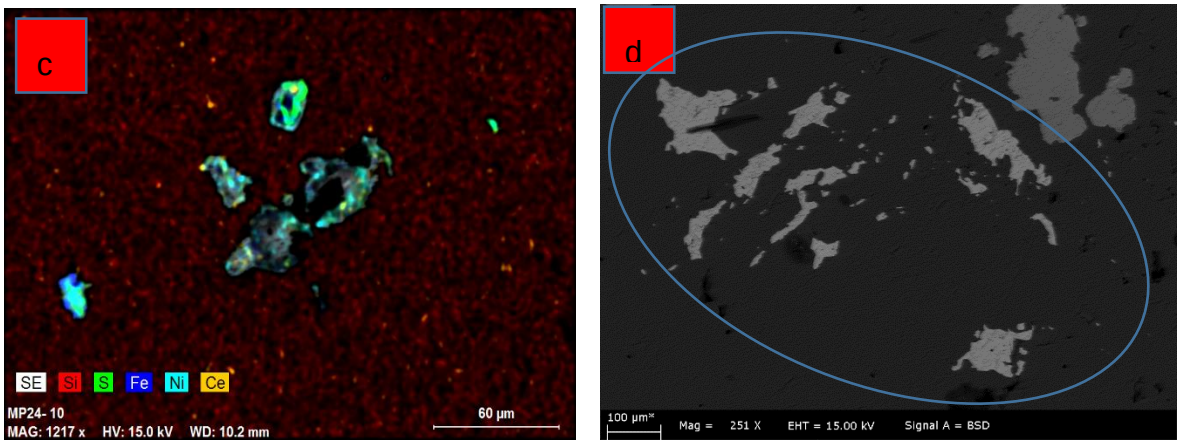
arasındadır ve boyutu yaklaşık 25 µm' dir (Şekil 2.18.). Galenit (PbS) dışındaki diğer mineraller de kuvars kristalleri arasında bulunmaktadır. Sadece tespit edilen galenitler (PbS) pirit (FeS_2) içinde kapanım halindedir (Şekil 2.19.a.). Demir-nikel sülfit mineralinin içinde Ce içeriği tespit edilmiştir ve mineral kısmen alterasyona uğramıştır (Şekil 2.19.c.). Kromitler ise çok deforme durumdadır (Şekil 2.19.b.). Örnekte gözlenen gang mineralleri kuvars ve barittir. Kuvarslar çok ince taneli, baritler de yine en fazla 100 µm' dir (Şekil 2.19.d.).



Şekil 2.18. KYM 9 örneğinde kuvars kristalleri arasında tespit edilen altın tanesi.

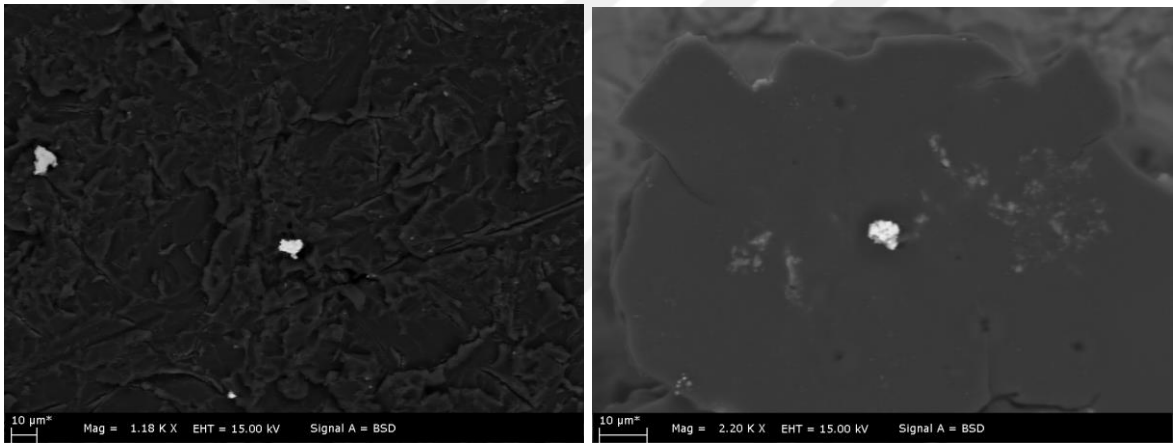


Şekil 2.19. KYM 9 örneğinde SEM'de tespit edilen mineraller a) Pirit (FeS_2) içinde kapanım haldeki galenit (PbS) (EDS analizi EK-1'dedir) b) Kromit(EDS analizi EK-2'dedir) c) Demir-nikel sülfit d) Barit kristalleri (EDS analizi EK-3'dedir)



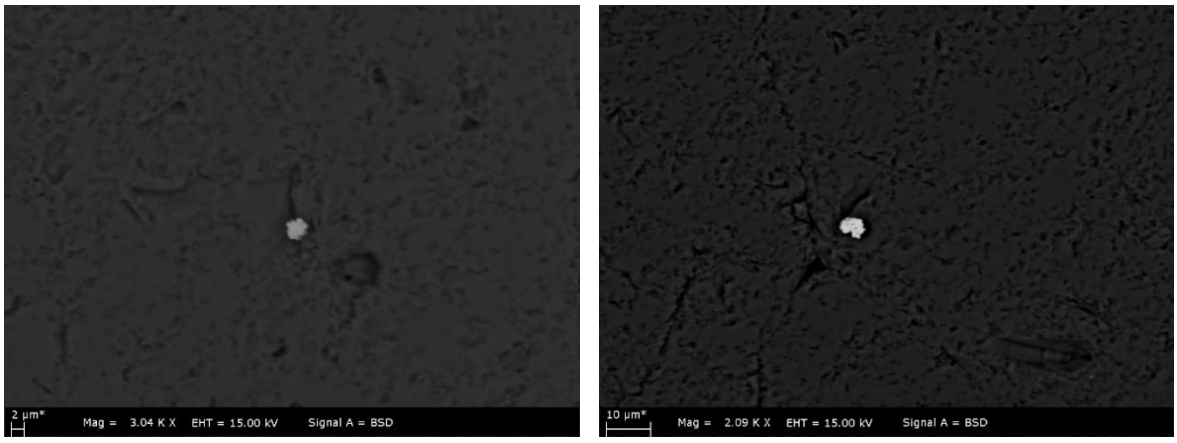
Şekil 2.19. c-d

KYM 13 örneğinden (silisleşmiş serpantinit) yapılan 1 parlak kesitin SEM incelemelerinde kuvars damarları içinde 3 adet altın tanesi tespit edilmiştir. Altın tanelerinin boyutları 5-10 µm'dir (Şekil 2.20.).



Şekil 2.20. KYM 13 örneğinde kuvars (siyah-gri renk) kristalleri arasında tespit edilen altın taneleri (beyaz) (EDS analizi EK-4'dedir) .

KYM 14 örneğinden (silisleşmiş serpantinit) yapılan parlak kesitin incelemesinde boyutları 2-5 µm arasında değişen 7 adet altın tanesi tespit edilmiştir (Şekil 2.21.). Altınların tamamı kuvars kristalleri arasındadır. Bunun dışında yine 1 tane 8 µm boyutunda demir-nikel sülfit tespit edilmiştir.



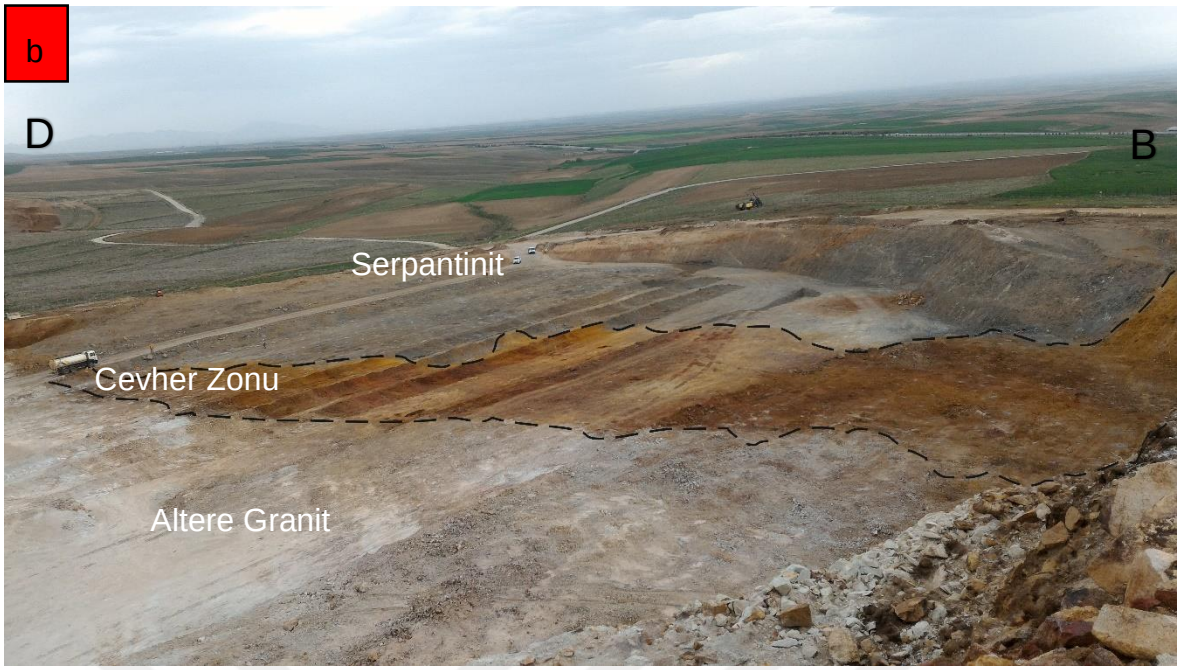
Şekil 2.21. KYM 14 örneğinde kuvars (siyah-gri) kristalleri arasında tespit edilen altın taneleriden ikisi (beyaz) (EDS analizi EK-5'dedir) .

2.5.2. Karakaya Sahası

Karakaya Sahası, Damdamca Sahası'nın güneydoğusunda, Doğu Ocak (Şekil 2.22.a) ve Batı Ocak (Şekil 2.22.b.) olarak ikiye ayrılmış bir sahadır. Hala işletilmeye devam eden sahada, cevherleşme Damdamca'da olduğu gibi silisleşmiş serpantinit ve granit kontağında gelişmiştir. Cevher zonu ile granit arasındaki kontak çizgisel bir yapı sunarken, cevher zonu ile serpantinit arasındaki kontak düzensiz şekillidir. Cevherin uzanımı yaklaşık KB-GD doğrultuludur.

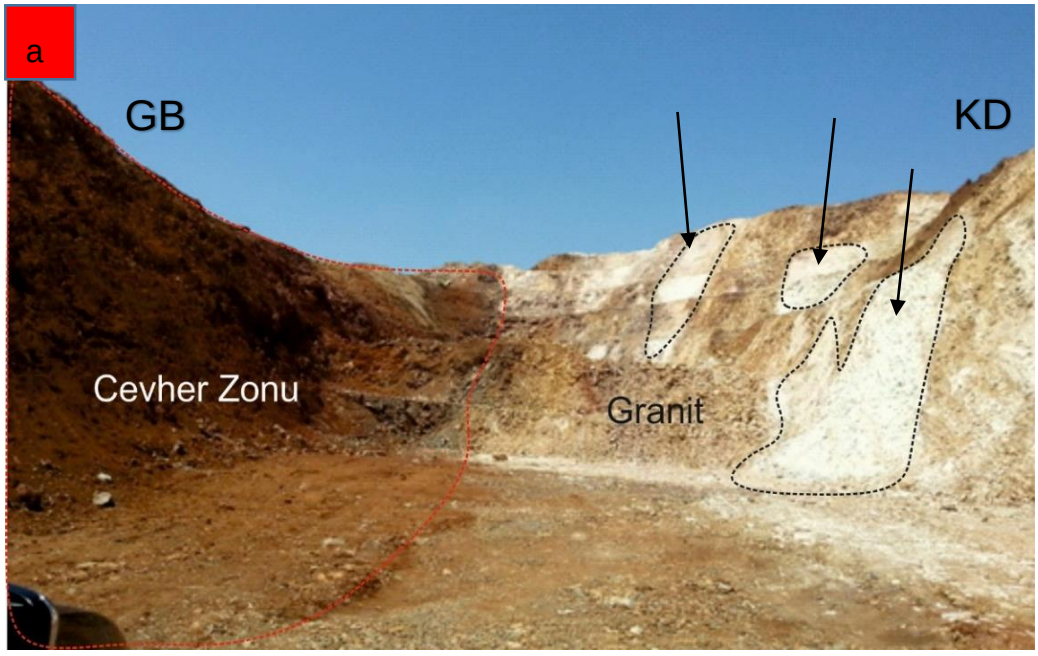


Şekil 2.22. a) Karakaya Doğu Ocak'ta granit ve serpantinit dokanağında gelişen cevher zonu (Doğu güneydoğuya bakış). b) Karakaya Batı Ocak'ta cevher zonunun granit ve serpantinit ile olan dokanak ilişkisi (güneye bakış)



Şekil 2.22.b.

Cevherli zon tipik demir-oksit rengi ile ayırt edilmektedir. Granitlerdeki killeşme beyaz rengiyle belirgindir (Şekil 2.23.a). Granit içinde de ince kuvars damarlarına bağlı olarak gelişen altın zenginleşmeleri bulunmaktadır. Granitlerde cevher içermeyen birkaç cm kalınlığında kuvars damarlarına da rastlanılmıştır (Şekil 2.23.b.).



Şekil 2.23. Karakaya Sahası'nda a) granitlerde gelişen beyaz renkli killeşme (kaolinit) (Kuzeybatı'ya bakış) b) granitler içinde altın içermeyen (steril) kuvars damarları.



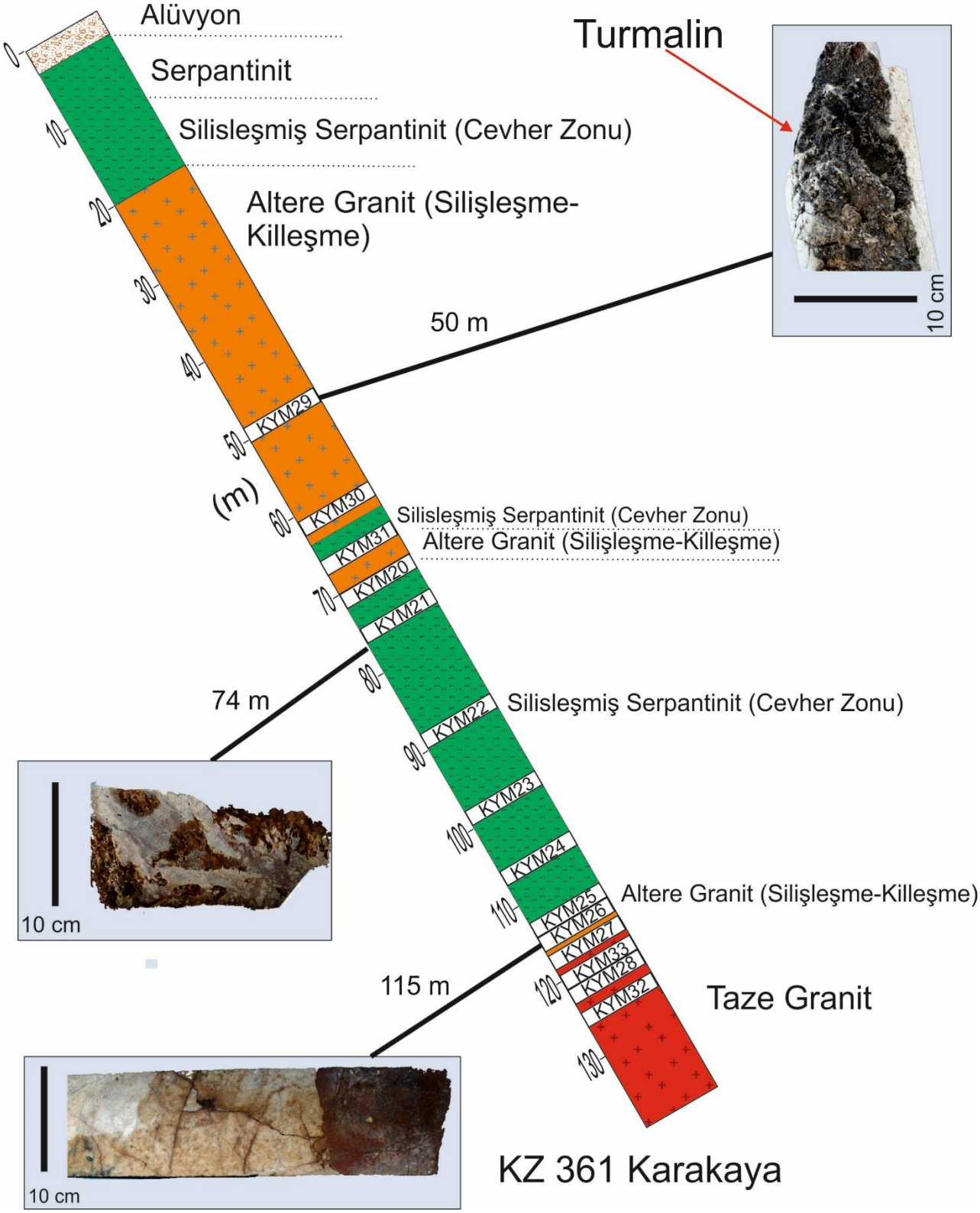
Şekil 2.23.b.

Karakaya Sahası'nda cevherleşme ve alterasyon özelliklerinin belirlenmesi amacıyla sahadaki cevherleşmenin genelini temsil eden bir sondajın logu hazırlanmış ve 14 adet örnek alınmıştır (Şekil 2.24.). Sondajdan alınan örneklerin derinlikleri ve Au, Ag, As ve Ba içerikleri Çizelge 2.2. deki gibidir. Örneklerin sondaj logundaki konumları Şekil 2.24.'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. KZ 361 Sondajından alınan örneklerin derinlikleri ve Au, Ag, As, Ba içeriği.

Örnek No	Derinlik (m)	Au (ppm)	Ag (ppm)	As (ppm)	Ba (ppm)
KYM29	49,5-49,6	Analiz yok	Analiz yok	Analiz yok	Analiz yok
KYM30	61,9-62	2,5	1,0	471,4	65,1
KYM31	66,7-66,8	0,2	14,7	787,9	4087,6
KYM20	71-71,1	2,0	11,3	1086,9	4707,0
KYM21	75,1-75,2	5,5	6,6	869,8	1234,3
KYM22	89-89,1	1,4	1,9	1351,3	1245,7
KYM23	99,1-99,2	0,3	16,6	2194,2	3735,2
KYM24	107,1-107,2	0,4	28,9	831,0	1715,1
KYM25	114,5-114,6	< d.l.	1,3	351,6	180,6
KYM26	114,9-115	< d.l.	1,3	351,6	180,6
KYM27	117,5-117,6	< d.l.	0,2	109,6	26,3
KYM33	121-121,1	< d.l.	0,3	154,7	39,8
KYM28	121,6-121,7	<d.l.	0,3	154,7	39,8
KYM32	124,2-124,3	< d.l.	0,8	575,6	434,0

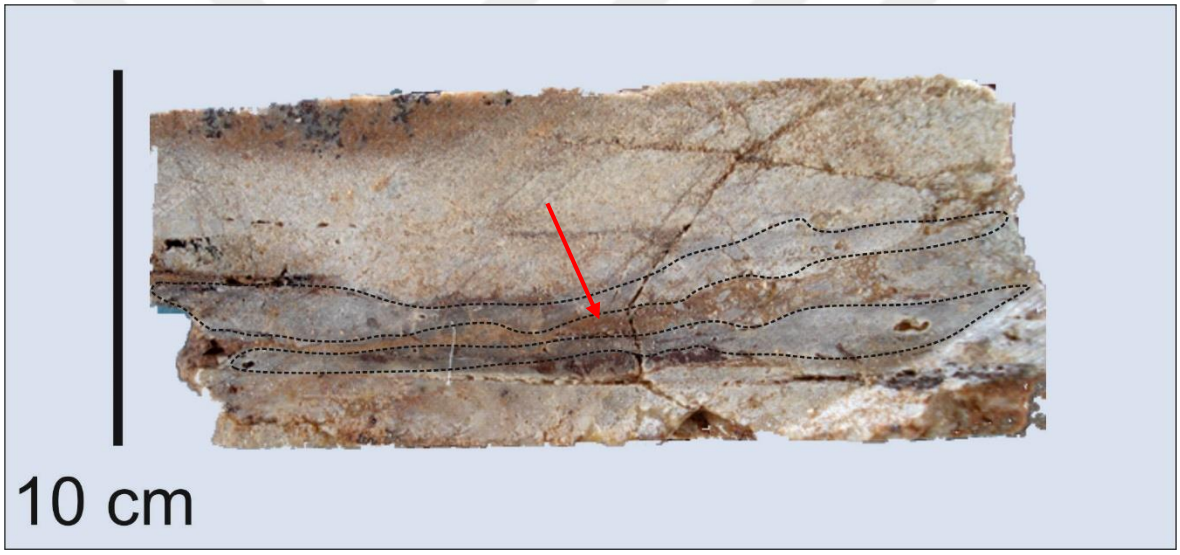
Sondajda yüzeydeki alüvyon örtüden sonra yaklaşık 20 m kalınlığında cevherli, silisleşmiş serpantinit kesilmiş ve daha sonra granite girilmiştir. Granit başlangıç metrelerinde killeşme ve silisleşme göstermektedir. Kayacın içinde yer yer turmalin saçınım ve kümeleri bulunmaktadır. Şekil 2.24.'de sondajın 50. metresindeki turmalin yığışımları görünmektedir. Karakaya Sahası'nda da Damdamca'ya benzer olarak cevher kontağına yaklaştıkça granitte gözlenen



Şekil 2.24. Karakaya Sahası, KZ 361 sondajının logu, işaretli metreleri gösteren karot örnekleri ve sondajdan alınan örneklerin konumu.

silisleşme artmaktadır. Granitin bazı silisleşmiş bölümlerinde, kuvars damarları içinde altın zenginleşmeleri de bulunmaktadır (Şekil 2.25.). Sondajın 65-70. metreleri arasında bulunan silisleşmiş serpantinit ve altere granit arasında bir kaç metrelik geçiş zonundan sonra silisleşmiş serpantinitten oluşan cevher zonuna girilmiştir. Cevher zonu yoğun silisleşmeye eşlik eden demir oksit içeriğinin neden olduğu kahve-kızılımsı kahve rengi ile tipiktir. Silisli zonların içinde yer yer boşluklar bulunmaktadır (Şekil 2.24., 74 m).

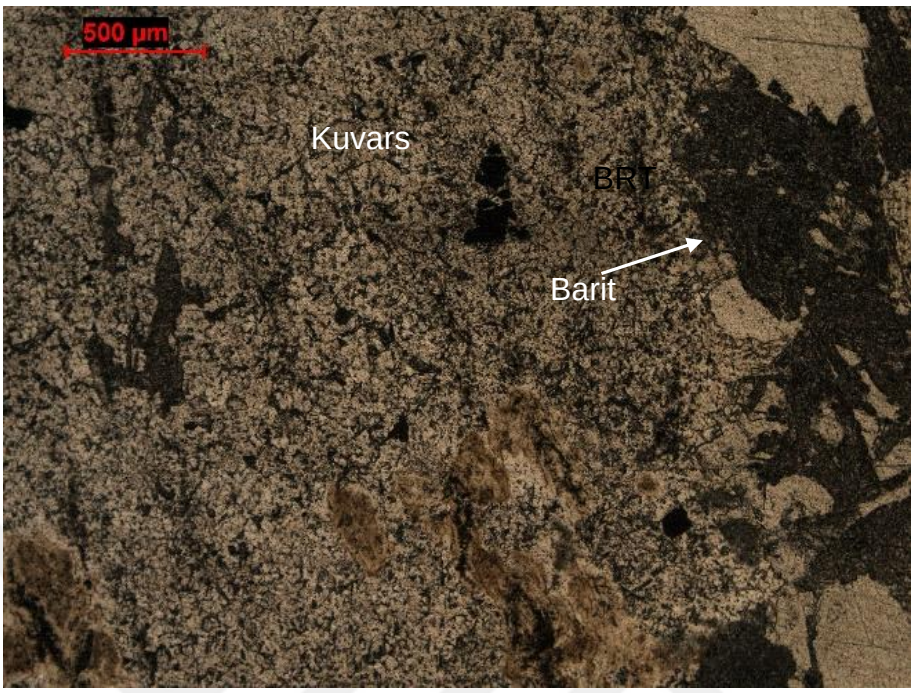
Bu sondajda kesilen cevher zonu yaklaşık 45 m kalınlığındadır. Cevher zonundan sonra yine altere granit bulunmaktadır. Silisleşme gösteren granit birkaç metre kalınlığındadır ve mm boyutunda demir oksit damarları tarafından kesilmektedir. Sondaj daha sonra taze granit ile son bulmuştur.



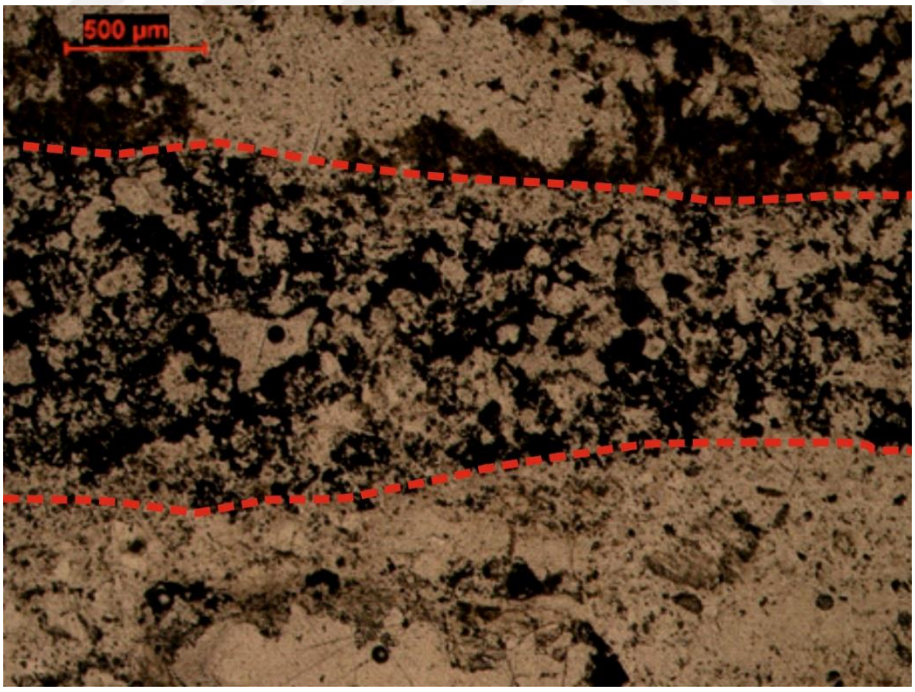
Şekil 2.25. KZ 107 sondajı 61,9 m'den alınan 2,5 ppm Au içeren KYM 30 örneğini kesen kuvars damarları (sınırları siyah kesikli çizgi gösterilmiştir) ve damarların arasında bulunan götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) (kırmızı ok ile gösterilmiştir).

Örnekler üzerinde yapılan makro incelemelerde cevher zonundan alınan örneklerin tamamen silisleştiği gözlenmiştir. İlksel serpantinite ait izler sınırlıdır. Silisleşme sonucu oluşan kuvars taneleri mikro-kriptokristalen boyuttadır. Silisleşmeye ek olarak 4707 ppm Ba değeri tespit edilen KYM 20 örneğinde iri taneli baritler de bulunmaktadır (Şekil 2.26.). KYM 21 örneğinin kuvarslarında tarak dokusu gözlenmiştir. Literatür verilerine göre bu doku kuvars kristallerinin bir boşluk içinde oluştuğu sırada, fiziksel ve kimyasal koşulların çok yavaş değiştiğine işaret etmektedir [53]. Taze granit örneklerinde ortoklazlarda çok az killeşme vardır. KYM

28 örneğinde graniti kesen, içinde götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) mineralleri bulunan kuvars damarcıkları da bulunmuştur (Şekil 2.27.).



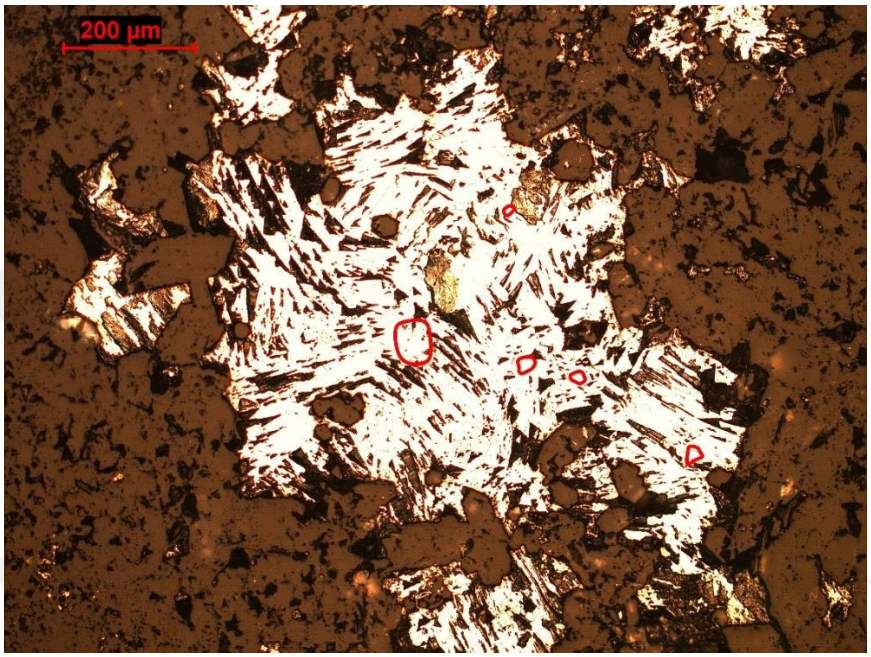
Şekil 2.26. KYM 20 örneğinde silisleşme sonucu oluşmuş mikro-kriptokristalin kuvarslar ve birlikte gözlenen baritlerin (İncekesit 1. nikol görüntü).



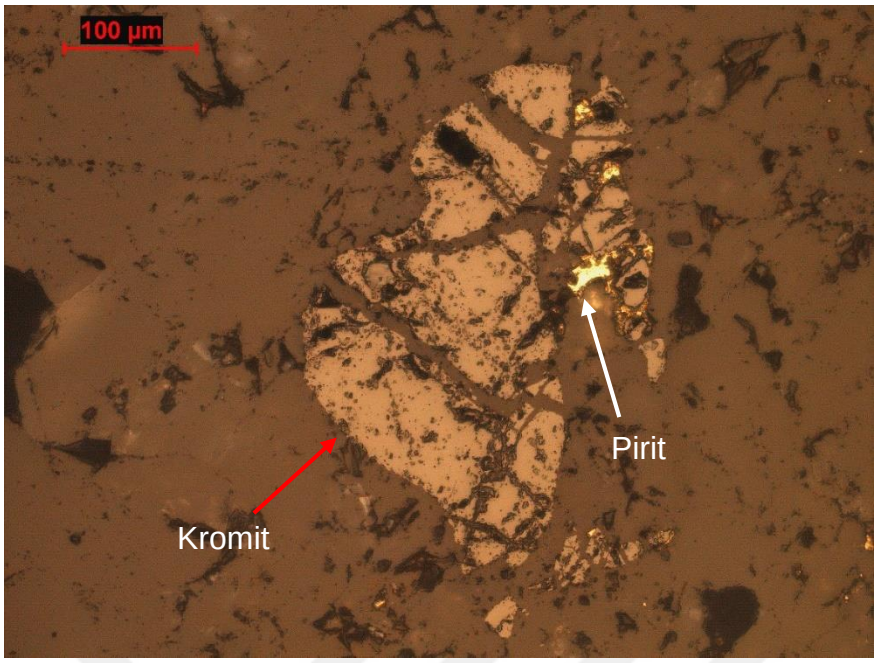
Şekil 2.27. KYM 28 örneğinde (granit) gözlenen kuvars damarcığı içindeki götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) (İncekesit 1.nikol görüntüsü) .

Karakaya Sahası'na ait KZ 361 sondajının karot örneklerinde yapılan cevher mikroskobisi çalışmalarında tanımlanan mineraller pirit (FeS_2), arsenopirit (FeAsS),

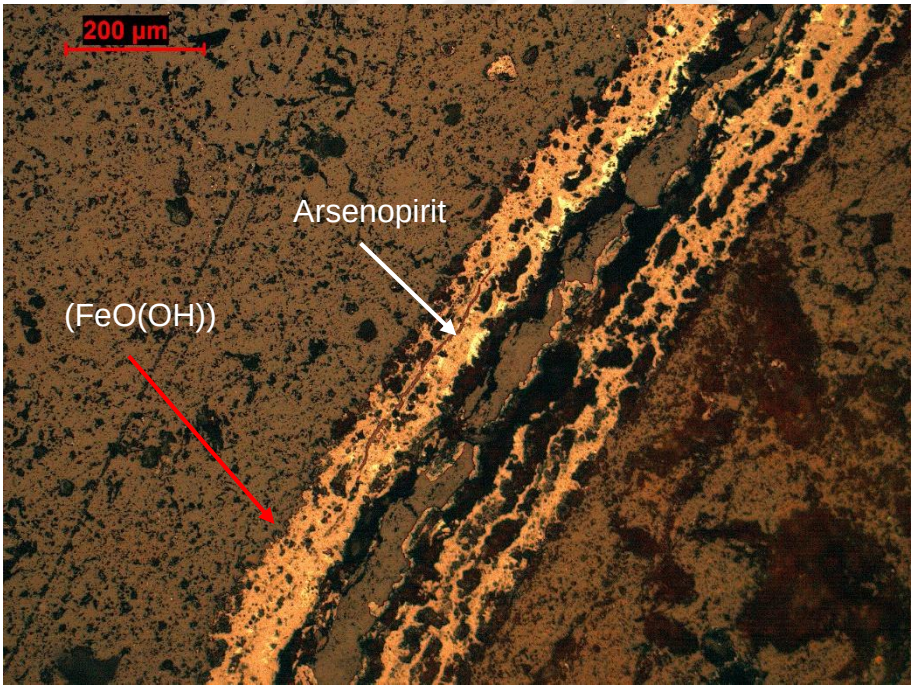
galenit (PbS), kromit ($FeCr_2O_4$) ve götit ± lepidokrokittir (FeO(OH)). KYM 20 örneğinde rastlanılan galenitlerin içinde pirit (FeS_2) kapanımları bulunmaktadır (Şekil 2.28.). Kromitler çok kırıklı ve çatlaklıdır. Yer yer bu kırık ve çatlaklarda piritler (FeS_2) gözlenmektedir (Şekil 2.29.). Arsenopirit (FeAsS) KYM 23 örneğinde damarcıklar içinde gözlenmiştir. Bu damarcıklardaki arsenopirit (FeAsS) götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) tarafından ornatılmıştır ve arsenopirit (FeAsS) kenarlarda kalıntı şeklinde bulunmaktadır (Şekil 2.30.).



Şekil 2.28. KYM 20 örneğinde rastlanılan galenitler (beyaz) ve içinde kapanım halde bulunan pirit (FeS_2) (kırmızı çerçeve içinde) (Parlatma 1. nikol görüntüsü)



Şekil 2.29. KYM 20 örneğinde kromitin (orta ton gri) kırık ve çatlakları arasına yerleşmiş piritler (FeS_2) (sarımsı beyaz) (Parlatma 1. nikol görüntüsü).

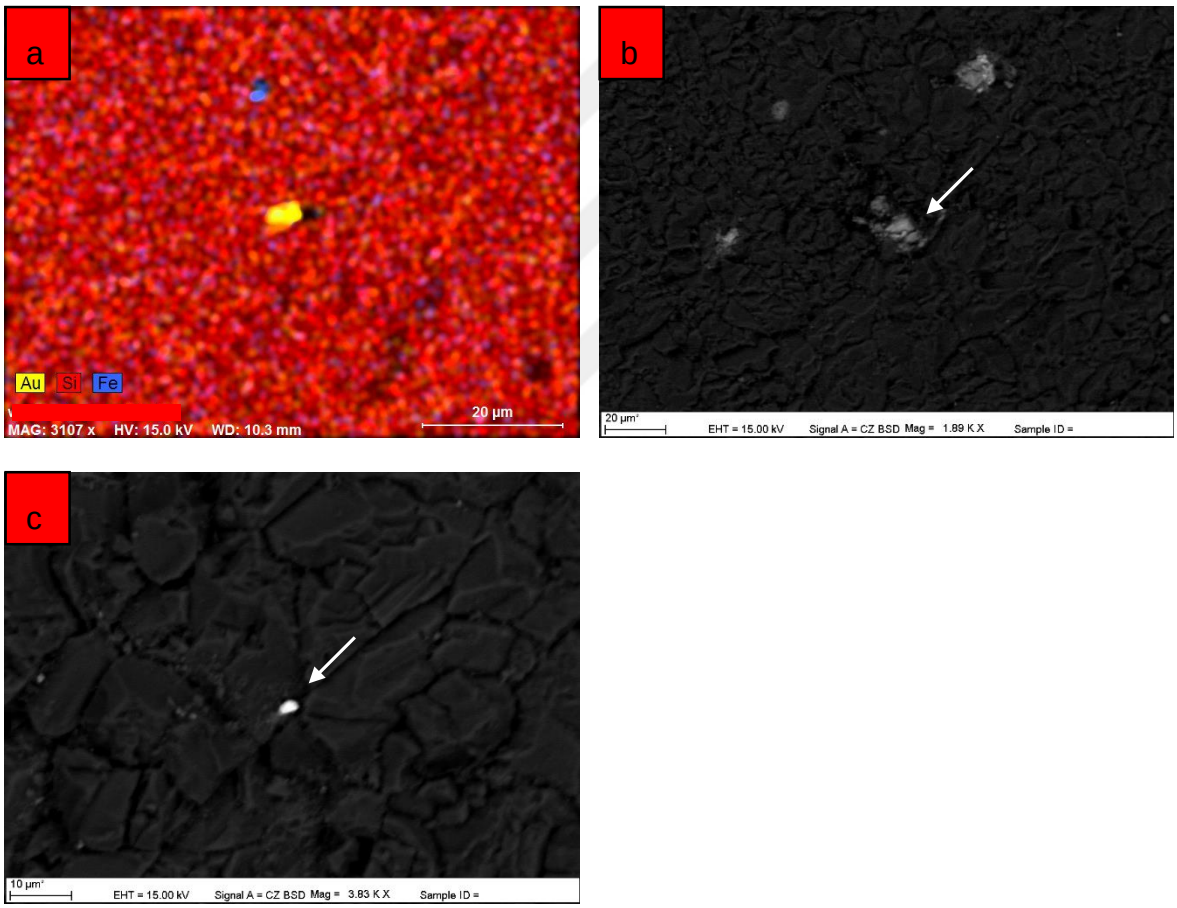


Şekil 2.30. KYM 23 örneğine tespit edilen arsenopiritin (FeAsS) (damarın içinde beyaz) götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) (orta tonlu gri) tarafından ornatılması (Parlatma 1. nikol görüntüsü).

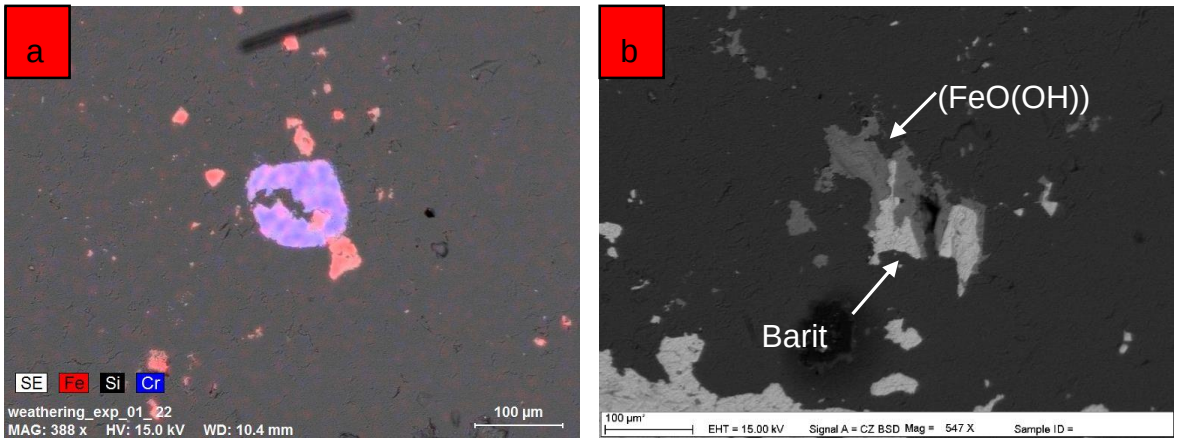
Karakaya Sahası'ndan alınan KYM 22, KYM 23 ve KYM 30 no'lu sondaj karotu örneklerinde SEM analizleri yapılmıştır. Bu örneklerden KYM 22-23 silisleşmiş

serpantinit zonunu temsil etmektedir. KYM 30 örneği ise altın içerikli altere granit zonundan alınmıştır.

KYM 22 örneğinde tespit edilen mineraller altın (Au), arsenopirit (FeAsS), pirit (FeS_2), galenit (PbS), kromit ($FeCr_2O_4$) ve götit ± lepidokrokittir (FeO(OH)). Gang minerali olarak da kuvarsa barit eşlik etmektedir. Altın (Au), galenit (PbS) ve arsenopirit (FeAsS) kuvars kristalleri arasında saçınım şeklindedir (Şekil 2.31.). Tespit edilen bu minerallerin tane boyutu 20 µm'nin altındadır. Kromitler ($FeCr_2O_4$) deforme durumdadır (Şekil 2.32.a.). Baritler ($BaSO_4$) ve götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) arasında örneğin birçok yerinde kenet ilişkisi gözlenmiştir (Şekil 2.32.b.).

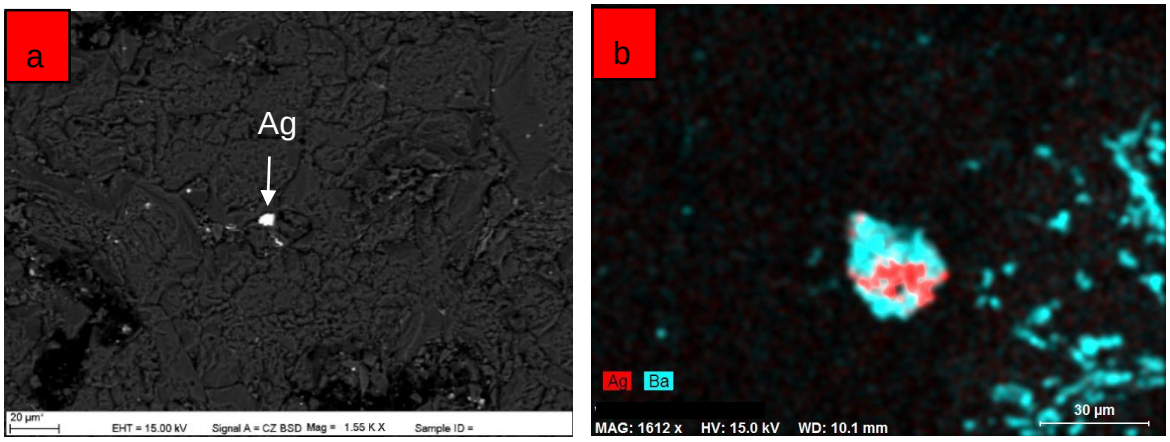


Şekil 2.31. KYM 22 örneğinde (silisleşmiş serpantinit) SEM ve EDS analizleriyle tanımlanan tamamı kuvars kristalleri arasında olmak üzere a) Altın (Au) b) Arsenopirit (FeAsS) c) Galenit (PbS) mineralleri(EDS analizi EK-6 dadir) .

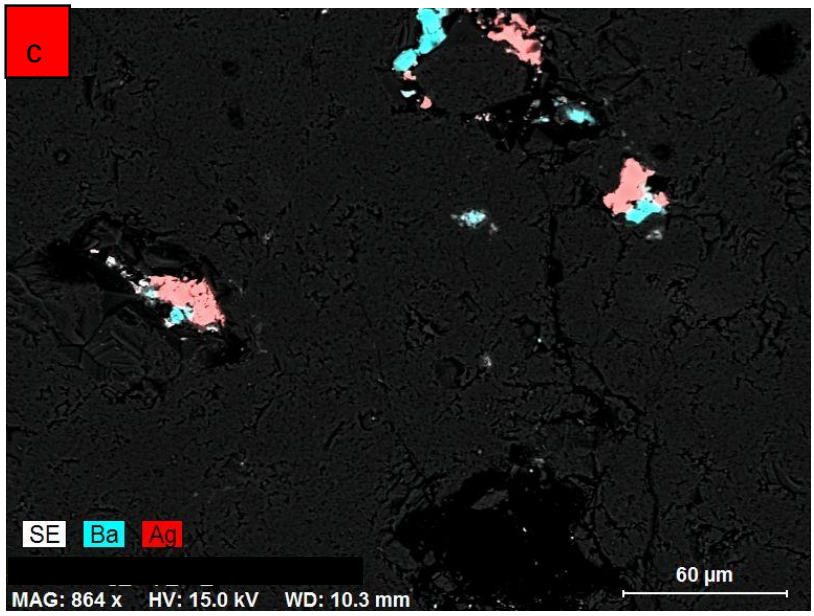


Şekil 2.32. a) KYM 22 örneğindeki (silisleşmiş serpantinit) kromitlere bir örnek (EDS haritası) b) Kuvars (koyu gri) kristalleri arasında, kenet halde bulunan götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) (orta ton gri) ve barit ($BaSO_4$) (grimsi beyaz) (SEM görüntüsü) (EDS analizi EK-7'dedir) .

KYM 23 (silisleşmiş serpantinit) örneğinde nabit gümüş (Ag), kromit ($FeCr_2O_4$), pirit (FeS_2), arsenopirit (FeAsS), akantit (Ag_2S) ve götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) mineralleri tespit edilmiştir. Nabit gümüş ve akantit (Ag_2S) bu örnekte birbirlerinden farklı dokular göstermektedir. Nabit gümüş (Ag) kuvars kristalleri arasında bulunurken (Şekil 2.33.a.) tanımlanan akantit (Ag_2S) taneleri baritlerle ($BaSO_4$) kenet halinde bulunmaktadır (Şekil 2.33.b.,c.). Tespit edilen nabit gümüş (Ag) tanesi 10 µm'den küçükken akantitlerin (Ag_2S) boyutları 30 µm civarındadır. Örnekte gözlenen götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) genellikle damarlar şeklindedir.

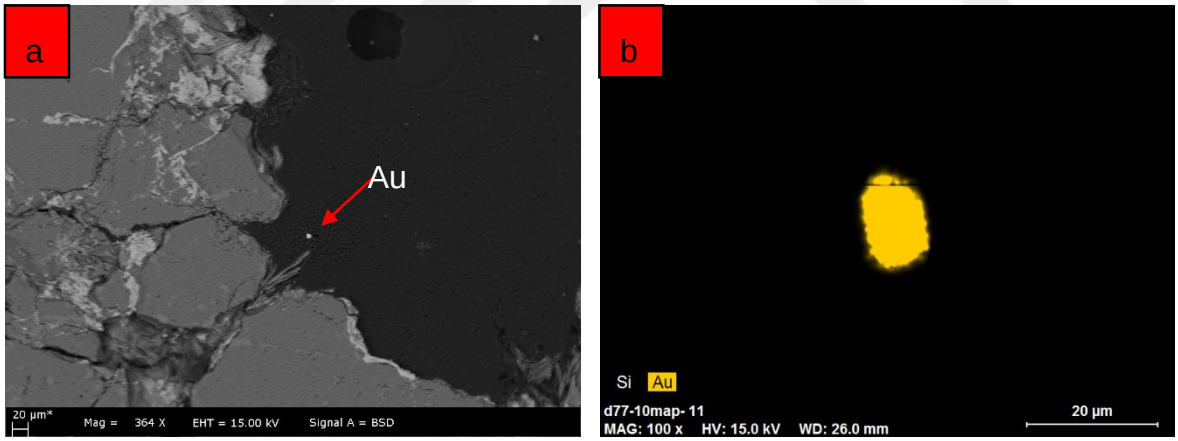


Şekil 2.33. a) KYM 23 örneğinde (silisleşmiş serpantinit) bulunan a) kuvars kristalleri arasındaki nabit gümüş (Ag) (beyaz) SEM görüntüsü b,c) Baritle ($BaSO_4$) kenet halindeki akantitin EDS haritası (Ag_2S).



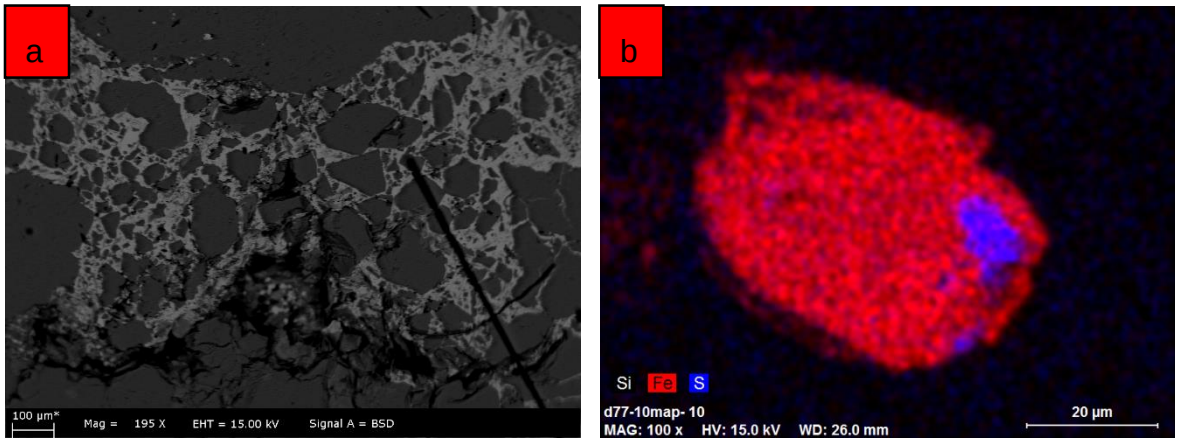
Şekil 2.33.c

KYM 30 örneğinde (granit) nabit altın (Au), pirit (FeS_2), götit ± lepidokrokit (FeO(OH)), Fe-Cr-Mn oksit minerallerine ek olarak uraninit (UO_2), brabantit/çeralit ($CaTh(PO_4)_2$) (monazit grubu), ve Th içerikli radyoaktif mineraller tespit edilmiştir. Yankayacı granit olan bu örnekte tanımlanan altın tanesi kuvars kristalleri arasındadır ve boyutu yaklaşık 10 µm'dir (Şekil 2.34.).



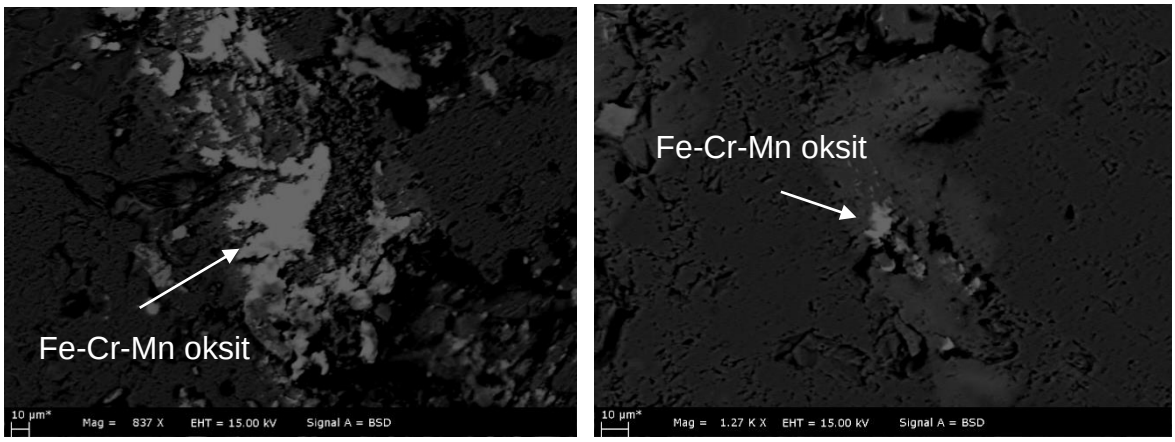
Şekil 2.34. KYM 30 örneğinde (granit) a)Kuvars (siyah) kristalleri arasında tanımlanan altın tanesinin (beyaz) SEM görüntüsü (EDS analizi EK-8'dedir) b) EDS kullanılarak elde edilmiş bileşkeli element haritası.

Örnekte götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) breşik kuvars tanelerinin matriksi şeklinde (Şekil 2.35.a.) ve piritlerin (FeS_2) dönüşümü sonucunda oluşmuşlardır (Şekil 2.35.b.). Örnekteki piritlerin (FeS_2) neredeyse tamamı bu oksitlenmeden etkilenmiş durumdadır.



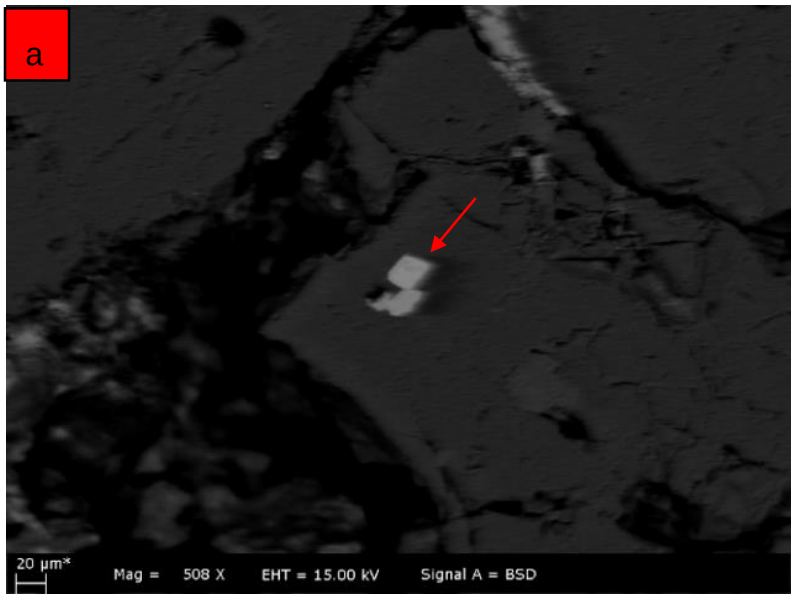
Şekil 2.35. KYM 30 örneğinde (granit) a) Breşik kuvars (koyu gri) ve etrafındaki götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) matriks (orta ton gri) (SEM görüntüsü) b) piritin (FeS_2) götit ± lepidokrokite (FeO(OH)) dönüşümü (EDS haritası).

Örnekte demir, mangan ve krom içeren 2 adet mineral tespit edilmiştir (Şekil 2.36.) ve muhtemelen oksit bileşiği şeklinde oluşmuştur. Başta krom ve mangan olmak üzere böyle bir mineralin granitik bir kayaçta bulunması, bu elementlerce zengin ve granit ile kontak halinde olan serpantinit içinde gelişen hidrotermal faaliyetler sonucunda, serpantinit içindeki kromitlerden çözünen bu elementlerin granitin içine taşınması ve oksit bileşiği olarak tekrar çökelmesi ile açıklanabilir. Serpantinit içindeki kromitlerden çözünen kromun çözünerek uzaklaşmasıyla ilgili olarak Genç [54] Narman Ofiyoliti'nde (Erzurum) yaptığı çalışmasında serpantinitlerin alterasyonu sonucunda kromun ortamdan uzaklaştığını, serpantinit ile silisleşmiş-karbonatlaşmış serpantinitlerin (listvenit) krom içeriklerini karşılaştırarak ortaya koymuştur (Koç ve Kadıoğlu'ndan [37]). Genç [55] aynı bölgedeki çalışmasında silisleşmiş ve karbonatlaşmış serpantinitlerdeki kromitlerin alterasyonu sonucunda, bu minerallerin merkezlerine kıyasla kenar kesimlerindeki ferritkromit zonlarında krom açısından hem zenginleşme hem de fakirleşme olduğunu söylemiştir. Krom elementinin farklı Eh-pH koşullarına sahip sulu çözeltilerdeki davranışlarını gösteren diyagramlar [56] Ek-25'dedir. Bu diyagramlarda asidik ve yükseltgen koşullarda kromun $CrOH^{+2}$, Cr^{+3} ve $HCrO_4^-$ şeklinde, bazik koşullarda ise $CrO4^{-2}$ ve CrO_4^{-3} olarak bulunduğu görülmektedir. Bu bileşiklerden $CrOH^{+2}$, Cr^{+3} ve $HCrO_4^-$ büyük oranda yükseltgen koşullarda oluşmaktadır. Cr^{+2} ve Cr_2O_3 (katı) ise büyük oranda indirgen koşullarda oluşmaktadır.



Şekil 2.36. KYM 30 örneğinde (granit) tespit edilen Fe-Cr-Mn oksit mineralleri (en açık gri renkler) (SEM görüntüsü) (EDS analizi EK-9'dadır)

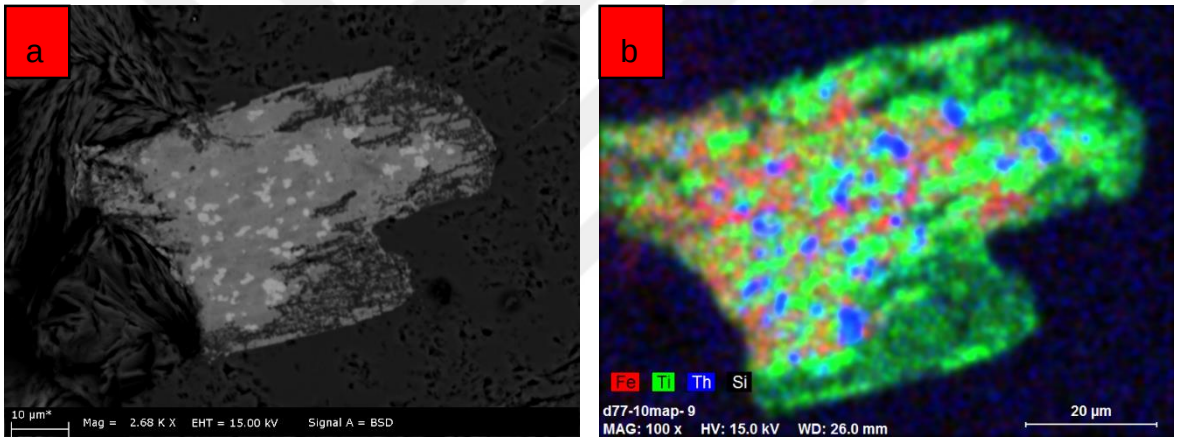
Granitik kayaçların radyoaktif elementlerce zengin olduğu ve monazit, uraninit gibi mineraller içerdiği bilinmektedir [57]. Bu örnekte tespit edilen Ca, Th, P, piklerinin brabantit ($CaTh(PO_4)_2$) mineraline ait olduğu düşünülmektedir. Uraninitin (UO_2) ve brabantit ($CaTh(PO_4)_2$) olduğu düşünülen mineralin görüntüleri Şekil 2.37.'de gösterilmiştir. Bu tür radyoaktif mineraller dışında rutil (TiO_2) içinde kapanımlar halinde muhtemelen oksit bileşiminde toryum oluşumları tespit edilmiştir (Şekil 2.38.). Mineralin kenarlarından itibaren bozunduğu ve içindeki çatlaklarda oksitlenme meydana geldiği görülmüştür.



Şekil 2.37. KYM 30 (granit) örneğinde SEM'de tespit edilen radyoaktif mineraller a) Brabantit ($CaTh(PO_4)_2$) b) Uraninit (UO_2) (EDS analizi EK-10'dadır) .



Şekil 2.37.b



Şekil 2.38. Rutil (TiO_2) içinde gelişen toryum oksit kapanımları a) SEM görüntüsü b) EDS haritası.

2.5.3. Mermerlik Sahası

Mermerlik Sahası Ankara-Eskişehir Karayolu'nun güneyinde bulunan ve 2017 yılının sonunda işletilmeye başlanmış bir sahadır. Bu sahada cevherleşme silisleşmiş serpantinitlerin içindedir. Mermerlik'de Damdamca ve Karakaya sahalarından farklı olarak granit bulunmamaktadır. Sahada serpantinitler Sivrihisar Formasyonu'nun şist ve mermerlerini tektonik olarak üzerlediği sondaj karotlarında gözlemlenmektedir. Sahaya ait sondaj örneklerinde metamorfik birimler içinde <0,5 ppm Au ile birlikte 11,4 ppm'e kadar Ag zenginleşmeleri bulunmaktadır (Çizelge 2.3, KM51-6).

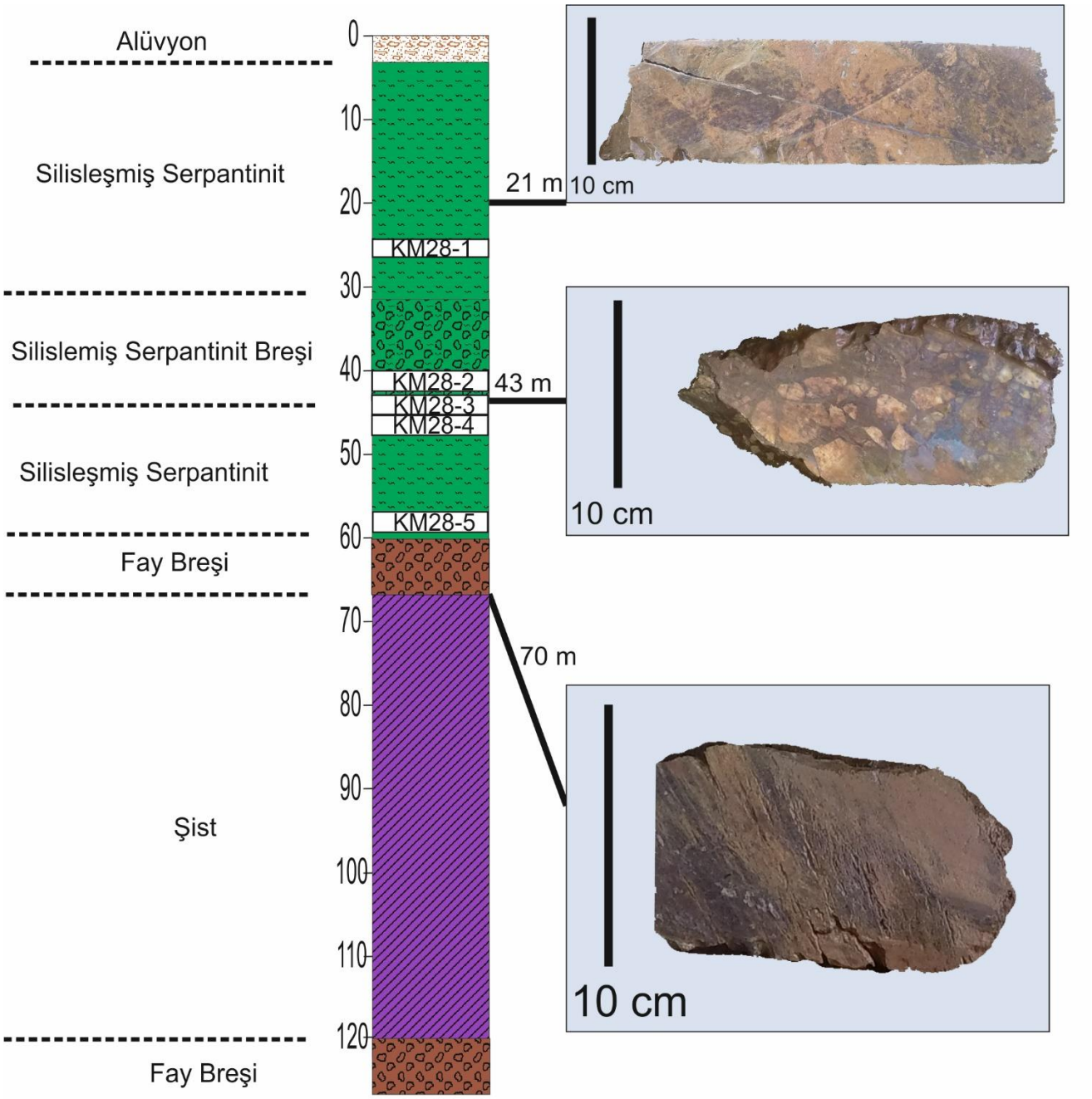
Mermerlik Sahası'nın alterasyon ve cevherleşme özelliklerinin tanımlanması amacıyla 3 ayrı sondajda log çalışması yapılmış ve sondajlardan toplam 16 adet örnek alınmıştır. Alınan örneklerin Au, Ag, As ve Ba kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2.3.'de verilmiştir. Bu sondajlardan iki tanesinin logları ve işaret edilen seviyeleri temsil eden karot görüntüleri Şekil 2.39. ve Şekil 2.40.'da verilmiştir.

Sondajların ilk 20 metresi çoğunlukla ezik zonlardan oluşmaktadır. Sondajda sağlam kayaçlara yaklaşık 20 metre derinlikten itibaren rastlanmaktadır. İlksel dokusunu tamamen kaybetmiş ve silisleşmiş serpantinit kahverengi, demir oksit rengiyle belirgindir. Altın cevherleşmesinin yan kayacı olan serpantinitin kalınlığı 3 sondajda da yaklaşık 60 metredir. Yer yer breşik seviyeleri de bulunan kayaçta (Şekil 2.39. 43 m) altın değerlerinin kuvars kristalleri arasında boşlukların gözlendiği kesimlerde (Şekil 2.40. 41,3 m) yükseldiği gözlenmiştir.

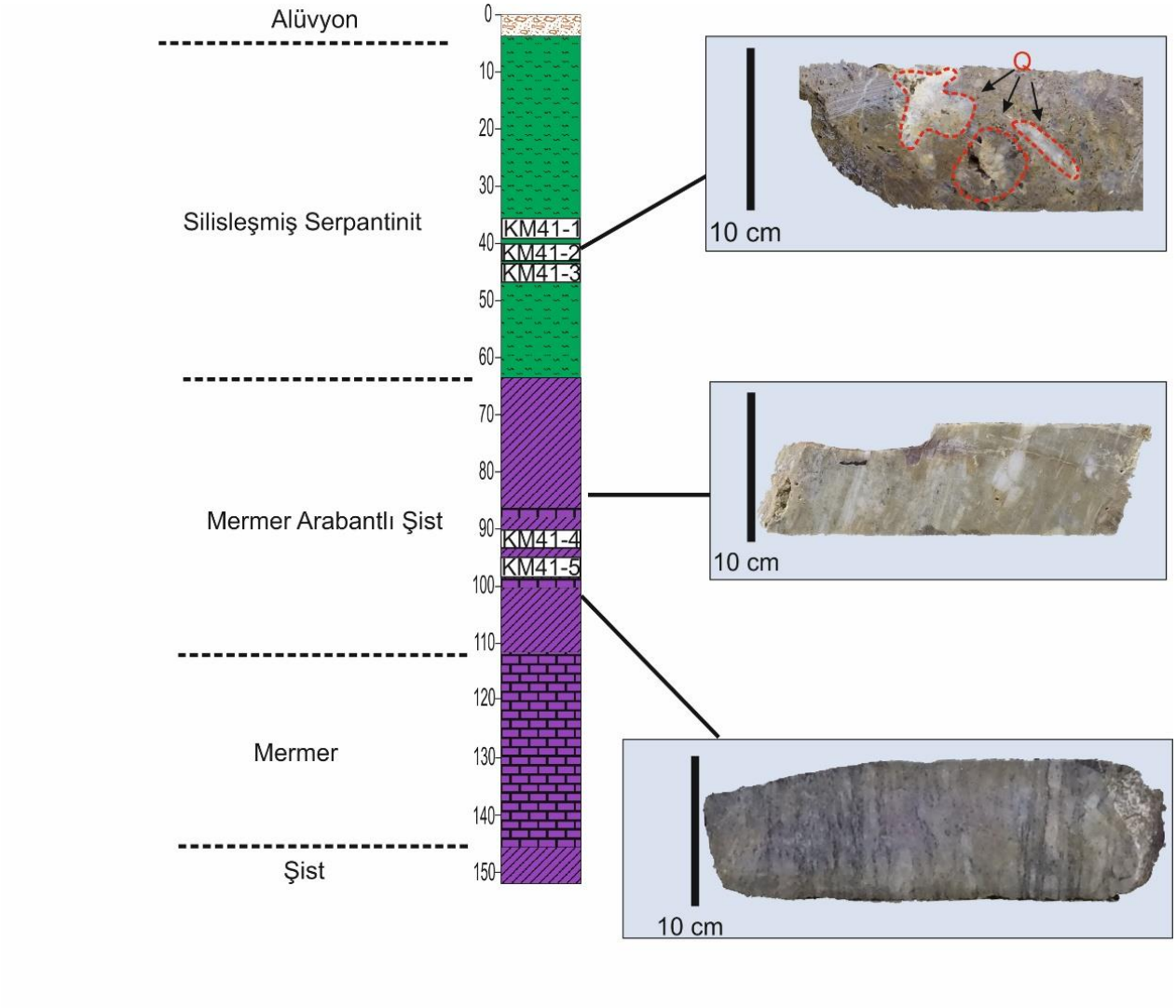
Silisleşmiş serpantinit ile metamorfik taban kayaçları arasındaki geçiş zonu genellikle breşik olarak gözlenmektedir. Metamorfik birimler genellikle şist nadiren de mermer şeklindedir. Metamorfik birimler içinde gümüş içerikleri 11,4 ppm'e kadar çıkmaktadır. Silisleşmiş serpantinitten farklı olarak gümüş içeriğinin yüksek olduğu kesimlerde altın içeriği dedeksiyon limitinin altında kalmaktadır. (Çizelge 2.3.). Gümüş zenginleşmeleri yer yer breşik ve gri-siyah renkli, silisleşmiş zonlarda bulunmaktadır (Şekil 2.41.). Yine gümüşçe zengin zonlarda cm boyutlarında, şeffaf kuvars oluşumları mevcuttur (Şekil 2.42.).

Çizelge 2.3. Mermerlik Sahası'na ait sondajlardan alınan örneklerin metrajları ve Au, Ag, As ve Ba içerikleri.

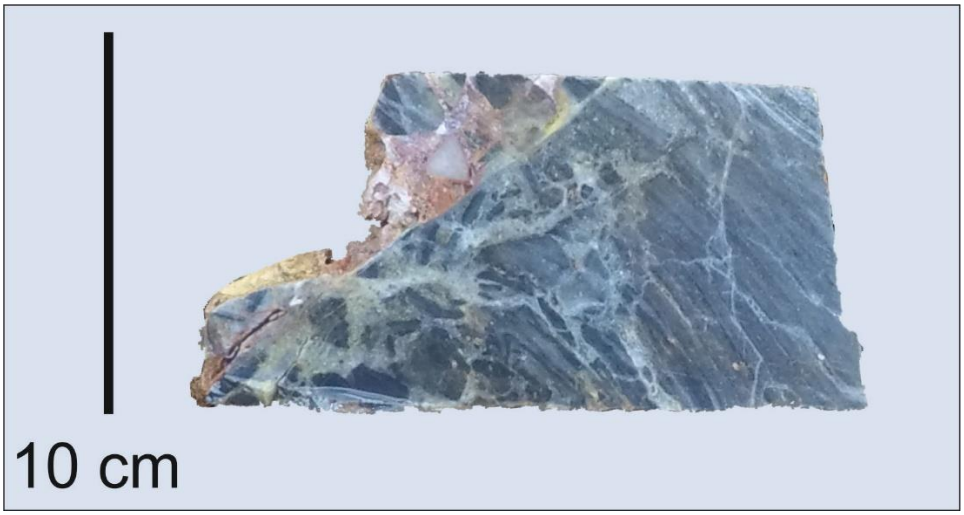
Örnek No	Derinlik (m)	Litoloji	Au (ppm)	Ag (ppm)	As (ppm)	Ba (ppm)
KM28-1	25,9-26	Serpantinit	< d.l.	< d.l.	2860	30
KM28-2	40,8-40,9	Serpantinit	0,62	5,2	5340	60
KM28-3	43,3-43,4	Serpantinit	2,36	2,3	10000	60
KM28-4	43,7-43,8	Serpantinit	6,62	2,9	5460	40
KM28-5	59,2-59,3	Serpantinit	1,02	1,8	8010	40
KM41-1	39,4-39,5	Serpantinit	1,02	4,0	5030	50
KM41-2	41,3-41,4	Serpantinit	8,46	7,8	2120	30
KM41-3	43,6-43,7	Serpantinit	< d.l.	7,3	2170	30
KM41-4	90,4-90,5	Şist	< d.l.	2,7	363	90
KM41-5	99-99,1	Şist	< d.l.	0,9	146	460
KM51-1	22,1-22,2	Serpantinit	< d.l.	< d.l.	60	100
KM51-2	34-34,1	Serpantinit	4,10	3,2	4210	50
KM51-3	36,3-36,4	Serpantinit	2,57	5,5	10000	60
KM51-4	66,8-66,9	Şist	0,054	2,6	1810	3130
KM51-5	67,3-67,4	Şist	< d.l.	4,2	628	430
KM51-6	78,5-78,6	Şist	< d.l.	11,4	258	390



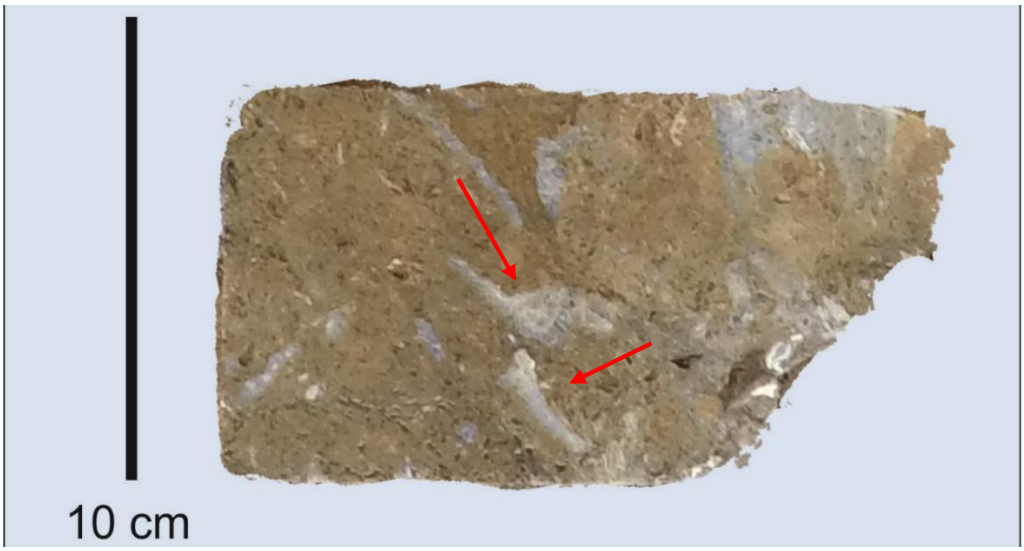
Şekil 2.39. Mermerlik Sahası, KM 28 sondajının logu, işaretlerle belirtilen derinliklere ait karot görüntüleri, alınan örneklerin konumları.



Şekil 2.40. Mermerlik Sahası, KM 41 sondajının logu ve ilgili metrelerin karot görüntüleri.

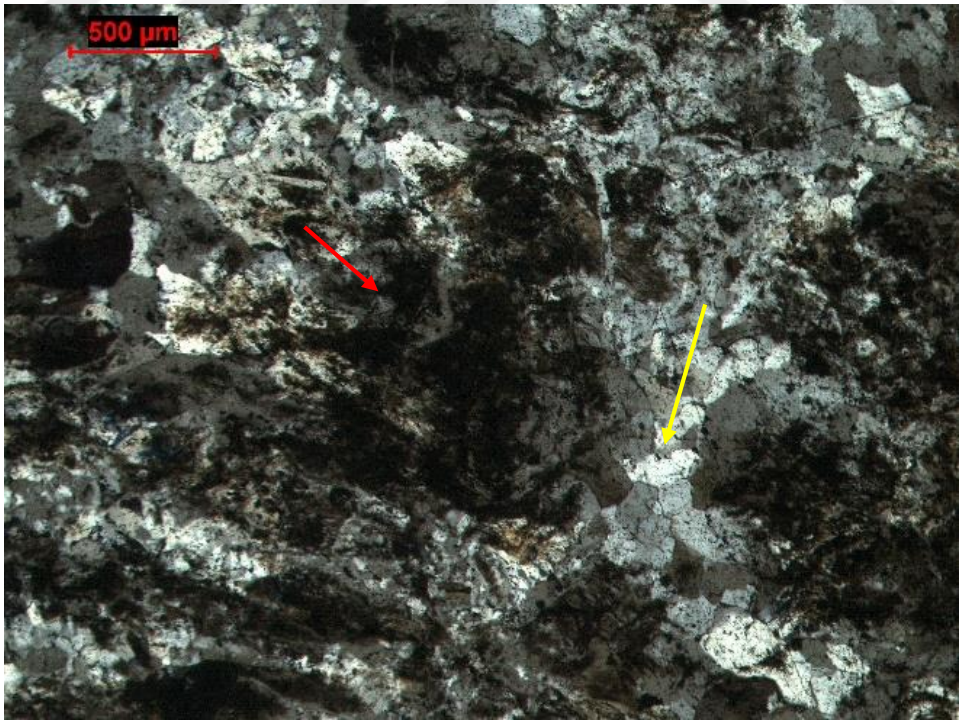


Şekil 2.41. 11,4 ppm Ag içeren KM 51-6 numaralı şist örneğinde gözlenen silisleşme ve breşik yapı.

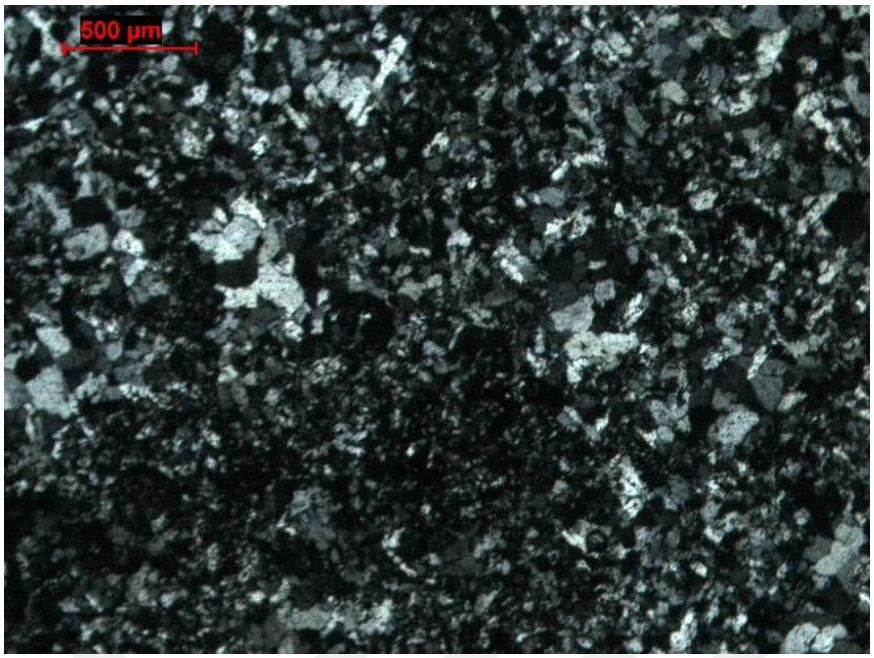


Şekil 2.42. 7,3 ppm Ag içeren KM 41-3 örneğinde bulunan şeffaf kuvarslar.

Mermerlik Sahası'ndan alınan örneklerde yapılan mikroskobik çalışmalarda cevherli zondan alınan serpantinitit örneklerinin tamamen silisleştiği görülmüştür. Birinci nikolde yer yer topraksı bir görüntü sergileyen minerallerin de ikinci nikolde dalgalı söndüğü gözlenmiştir. Dolayısıyla bu mineraller de silika bileşiminde olduğu düşünülmektedir (Şekil 2.43.). İncelemesi yapılan örneklerde gözlenen kuvarslar mikrokristalin boyutlardadır (Şekil 2.44.).

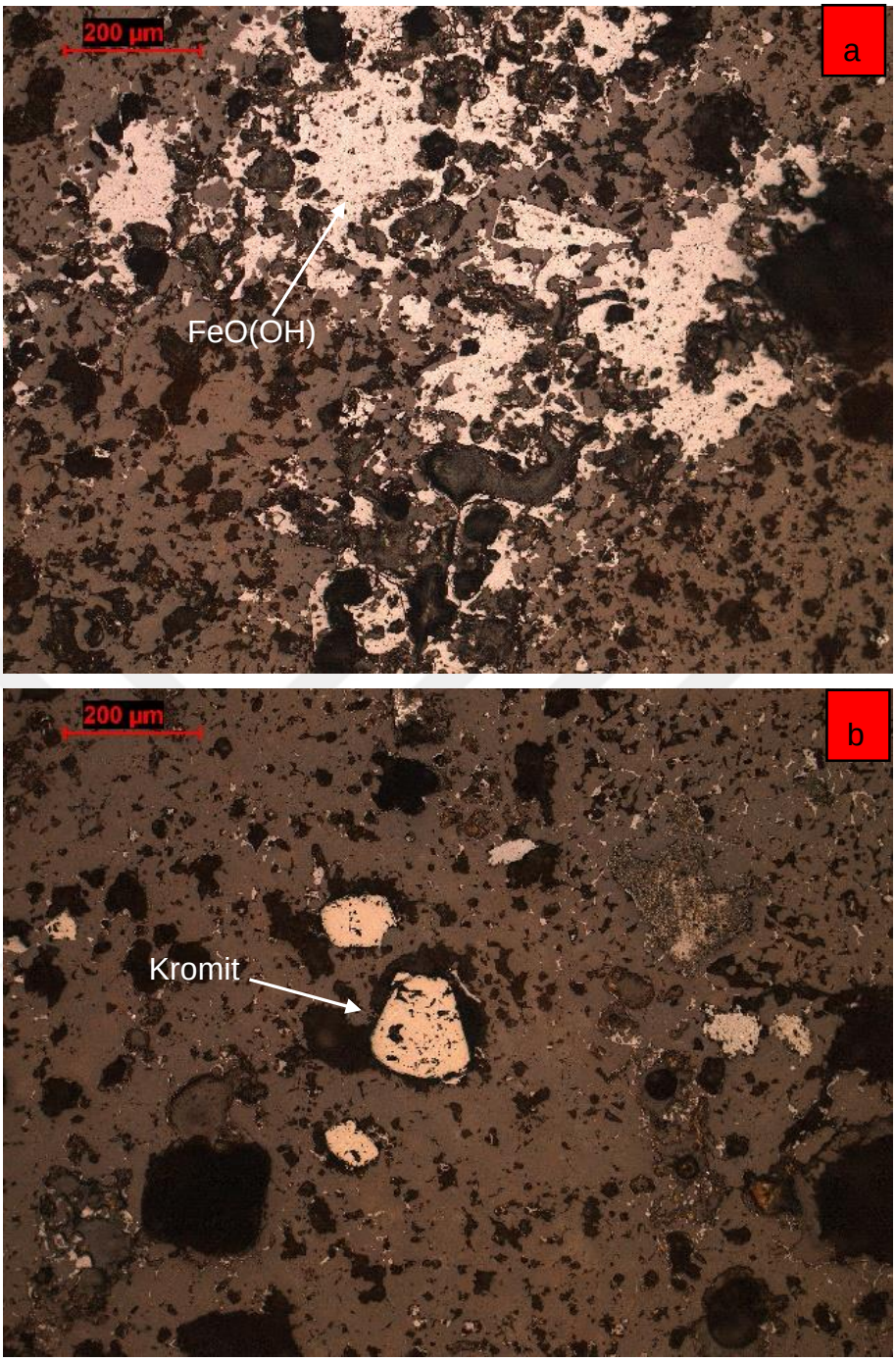


Şekil 2.43. KM 28-2 örneğindeki (silisleşmiş serpantinit) silisleşmeyi gösteren mikrokristalin kuvarslar (sarı ok işareti ile gösterilmiştir) ve topraksı görüntüye sahip SiO_2 bileşimindeki mineraller (kırmızı ok ile gösterilmiştir) (2. nikol görüntüsü).



Şekil 2.44. KM 41-2 (silisleşmiş serpantinit) örneğindeki silisleşmeyi gösteren mikrokristalin kuvarslar (2. nikol görüntüsü).

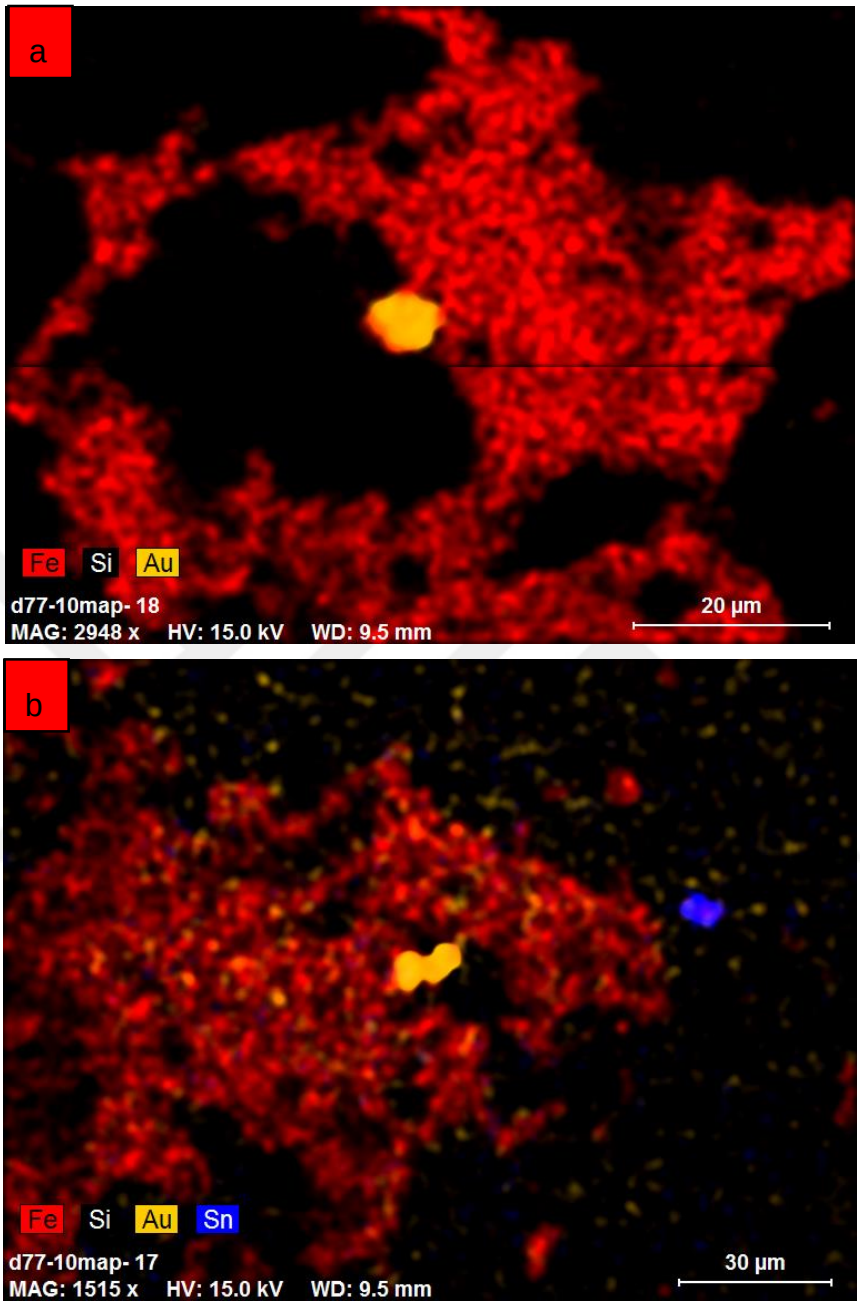
Cevher mikroskobisi çalışmalarında gözlenen mineraller götit ± lepidokrokit (FeO(OH)), kromit ($FeCr_2O_4$) ve pirittir. Götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) incelenen tüm örneklerde en baskın opak mineraldir. Kırık ve çaltlak dolgusu şeklinde ve diğer sülfit minerallerini ornatarak oluşmuştur. Pirit (FeS_2) dışında tespit edilebilen başka bir sülfit minerali yoktur. Piritler (FeS_2) ise sınırlı sayıdadır. Serpantinitin köken kayacının ilksel bileşimine ait olan kromite ($FeCr_2O_4$) de sık sık rastlanılmıştır (Şekil 2.45.).



Şekil 2.45. a) KM41-2 örneğinde (silisleşmiş serpantinit) boşluk dolgusu şeklinde bulunan götit ± lepidokrokitin (FeO(OH)) (açık gri) 1.nikol görüntüsü b) KM 41'de bulunan yuvarlaklaşmış kromitlerin (kahverengimsi gri) 1. nikol görüntüsü.

Mermerlik Sahası'na ait KM 41-2 örneğinden hazırlanan 1 adet parlak kesitin SEM incelemelerinde tespit edilen mineraller nabit altın (Au), sfalerit (ZnS), galenit (PbS), kasiterit (SnO_2), kromit ($FeCr_2O_4$) ve götit ± lepidokrokittir (FeO(OH)). En yaygın olarak bulunan gang minerali kuvarsın dışında barittir. Bulunan 4 adet altın tanesinin

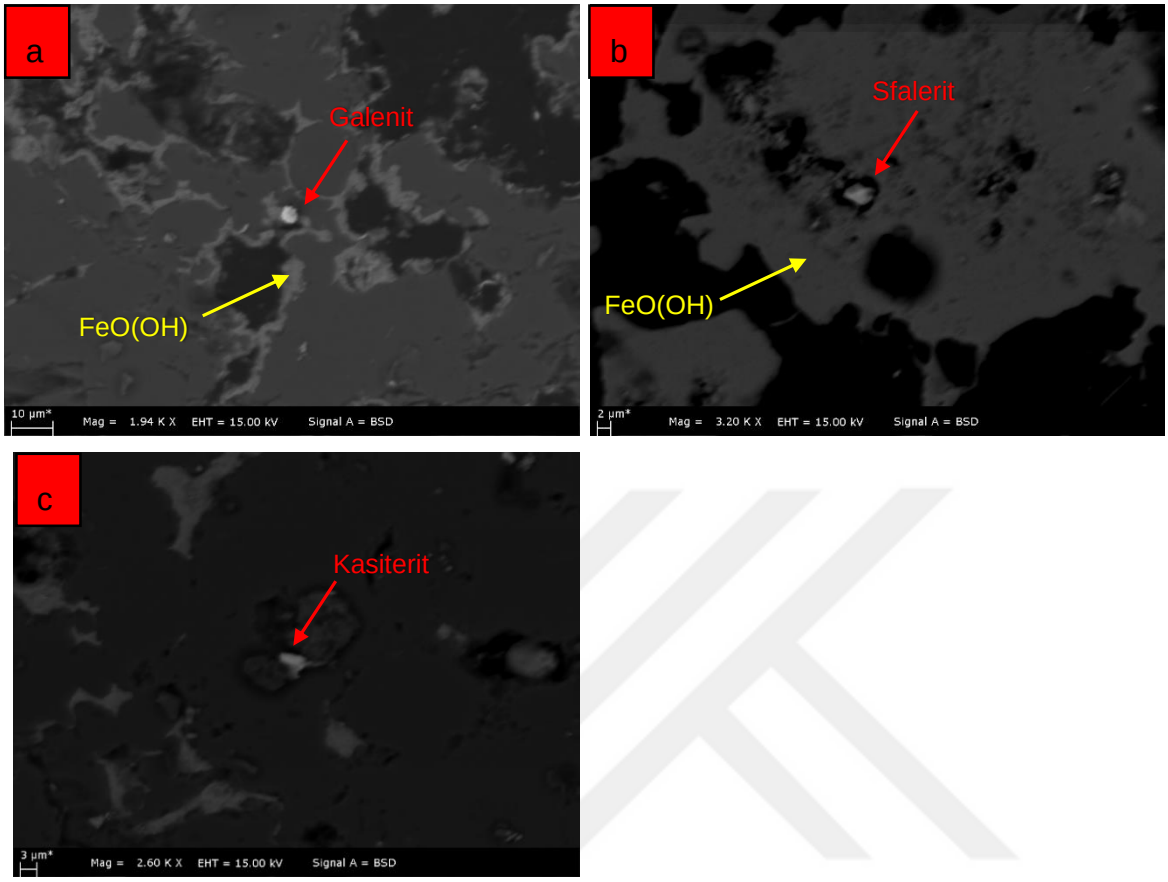
boyutları yaklaşık 2-10 µm'dir ve bu tanelerin tamamı götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) ile birlikte gözlenmektedir (Şekil 2.46.).



Şekil 2.46.a,b. KM 41-2 örneğinde (silisleşmiş serpantinit) götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) tarafından adsorbe edilmiş altın tanelerinin ve kuvars kristalleri arasında bulunan kasiteritin (SnO2) EDS haritası.

Örnekte bulunan sülfit mineralleri galenit (PbS) ve sfalerit (ZnS) de götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) ile birlikte gözlenmektedir ve boyutları 5 µm civarındadır

(Şekil 2.47.a,b.). 4 µm boyutundaki kasiterit (SnO_2) ise kuvars kristalleri arasındadır. (Şekil 2.47.c.).



Şekil 2.47. KM 41-2 örneğinde bulunan a) galenit (PbS) b) sfalerit (ZnS) c) kasiterit (SnO_2) minerallerinin SEM görüntüleri(EDS analizi EK-11'dedir) .

2.5.4. Kızılağıl Sahası

Kızılağıl Sahası Damdamca ve Karakaya Sahaları'nın oluşturduğu KB-GD doğrultulu ana cevher hattının güneybatısında kalan yüzeye yakın bir cevherleşmedir. Saha 2015 yılında faaliyete geçmiş ve bir kaç ay içinde ekonomik olan kesimi alınarak üretim tamamlanmıştır.

Kızılağıl Sahası'nda cevherleşmenin yankayacı diğer sahalardan farklı olarak Sivrihisar Formasyonu'na ait metamorfik kayaçlardır. Sahada diğer ocaklarda olduğu gibi belirgin bir alterasyon türü makro olarak gözlenmemektedir. Oksidasyona bağlı olarak gelişen kahverengi demir oksit rengi sahanın geneline hakimdir.

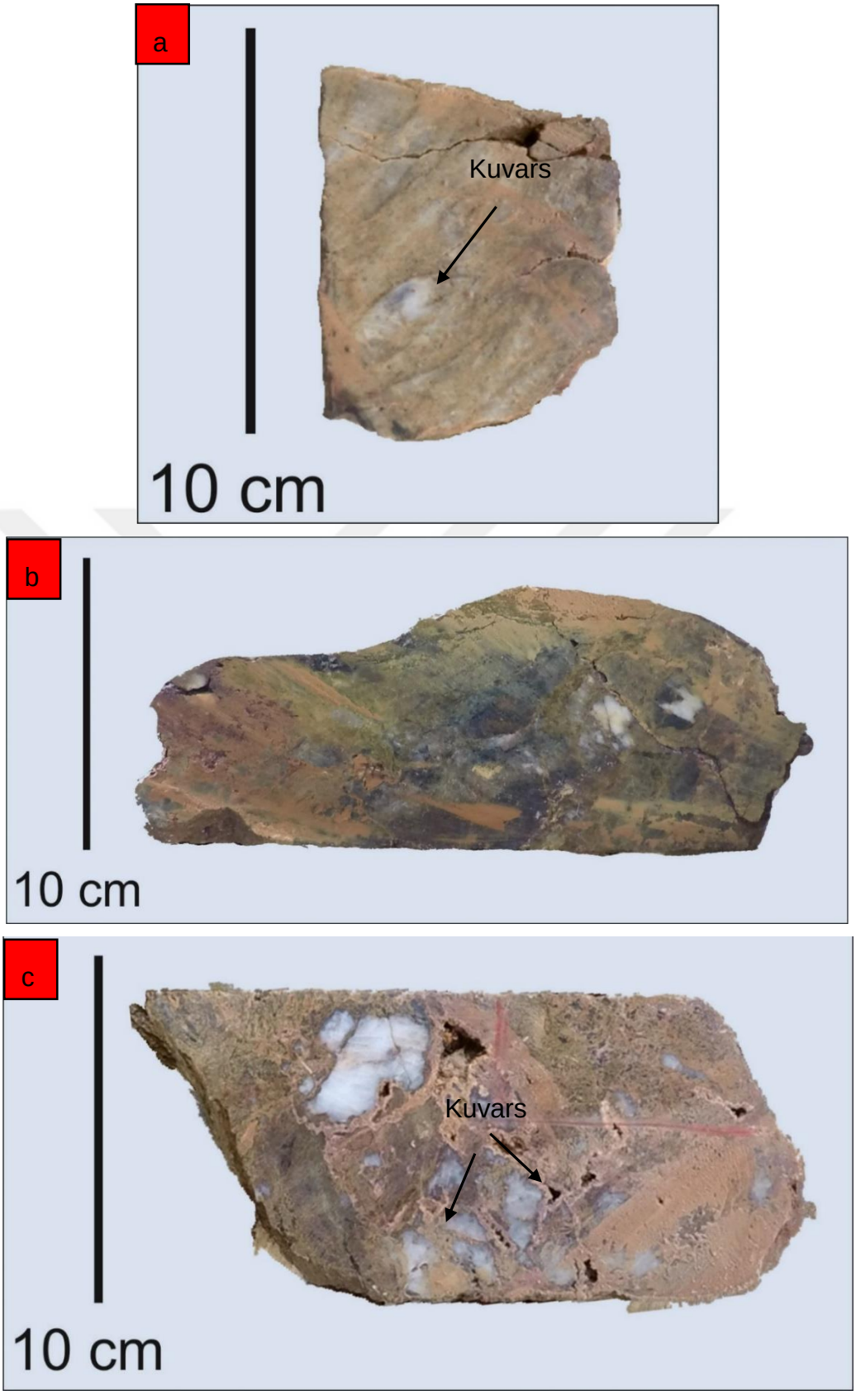
Kızılağıl Sahası'nı temsil eden 3 ayrı sondajdan toplam 12 adet örnek alınmıştır. Alınan örneklerin Au, Ag ve As içerikleri çizelge 2.4.'deki gibidir. Bu sahada

cevherleşme yüzeye çok yakın olduğu için yapılan sondajlar da kısadır. Örnek alınan sondajların uzunlukları sırasıyla 35,8 m, 35,9 m ve 51,5 m'dir. Gerek sondajların kısa olması gerekse yüksek karot kaybı ve ezik zonların fazla olması sebebiyle bu saha için sondaj logu hazırlanmamıştır.

Çizelge 2.4. Kızılağıl Sahası sondajlarından alınan örneklerin derinlikleri, Au, Ag ve As içerikleri.

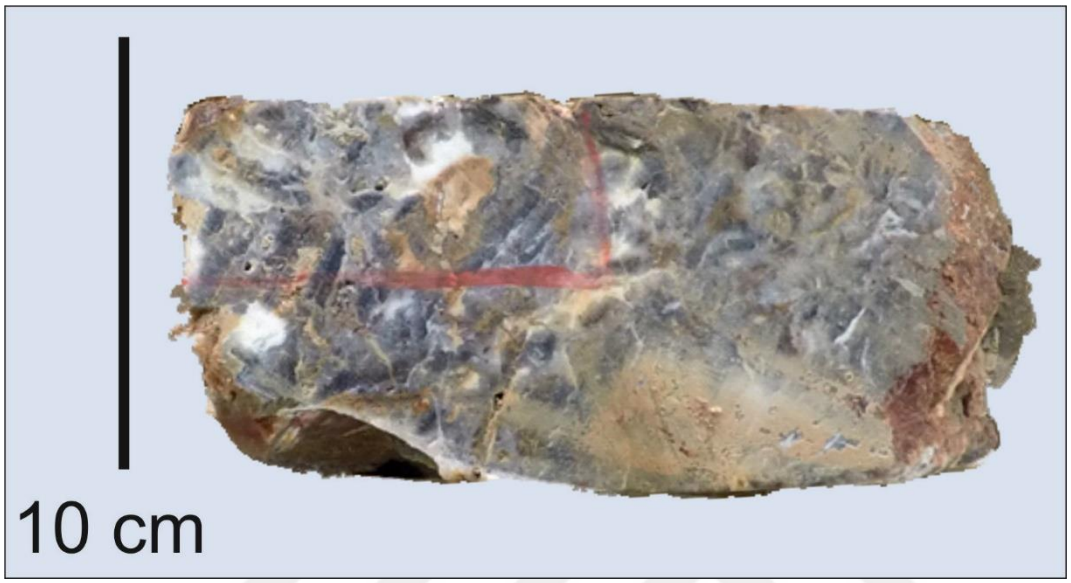
Örnek No	Derinlik (m)	Au (ppm)	Ag (ppm)	As (ppm)
KZ154-1	3-3,1	1,02	5,5	814
KZ154-2	4,5-4,6	4,52	3,9	1210
KZ154-3	6,1-6,2	7,21	4,0	1200
KZ154-4	13-13,1	< d.l.	6,5	2370
KZ154-5	21,5-21,6	0,17	1,8	1120
KZ158-1	10-10,1	5,10	13,8	519
KZ158-2	11,2-11,3	2,23	4,0	809
KZ203-1	10,5-10,6	0,73	9,4	621
KZ203-2	13,5-13,6	0,31	2,4	166
KZ203-3	13,7-13,8	5,35	6,6	504
KZ203-4	30,6-30,7	0,44	1,0	129
KZ203-5	32,8-32,9	< d.l.	3,3	330

Alınan sondaj örneklerine göre Au içeriği yüzeyden itibaren 10-15 m'lik bir aralıkta yüksektir. Bu aralıktaki karot örnekleri metamorfik kayaçlarda gözlenen yapısal ve dokusal özellikleri kaybetmiştir. Yer yer breşik yapı sergileyen örneklerde, Mermerlik Sahası'nın gümüş içeren metamorfik seviyelerine benzer olarak (Şekil 2.41.) cm boyutlarında şeffaf kuvars oluşumları vardır (Şekil 2.48.). Kayacın içinde düzensiz şekilde dağılmış olan ve breşik doku göstermeyen bu kuvarsların ilksel kayaca mı ait olduğu, yoksa cevherleşmeye bağlı olarak mı oluştuğu, net olarak ayırtlanamamıştır.



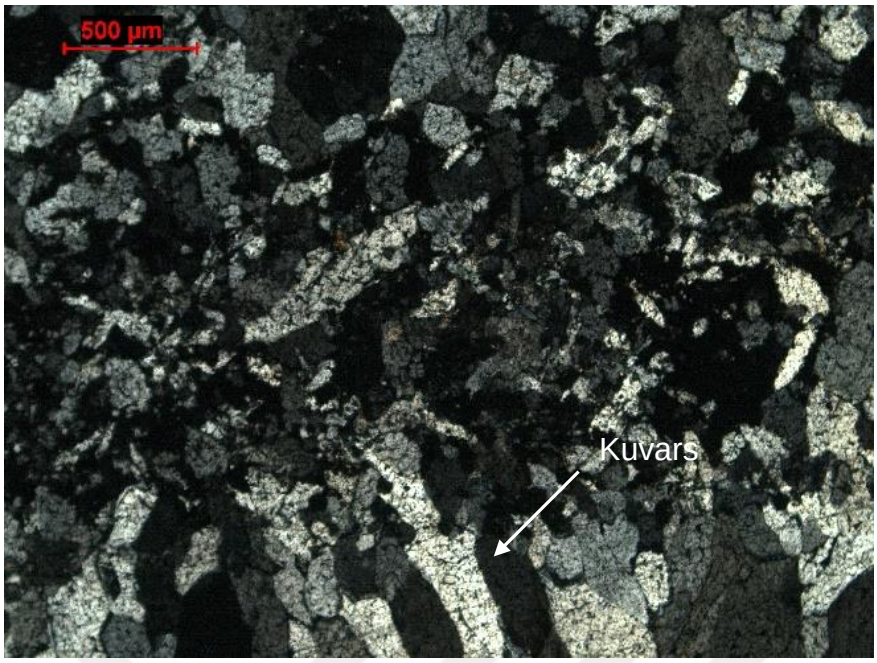
Şekil 2.48. a) 4,5 ppm Au içeren KZ 154-2 örneğinde bulunan kuvarslar b) 5,1 ppm Au içeren KZ 158-1'de gözlenen breşik yapı c) 2,23 ppm Au içeren KZ 158-2' deki şeffaf kuvarslar.

Kızılağıl sondajlarında yüzeye yakın şeffaf kuvarslar dışında boşluklu gri renkli ikincil kuvars oluşumları da bulunmaktadır (Şekil 2.49.). Sadece bir sondajda gözlenen ve yaklaşık 10 cm kalınlığında olan bu silisli zonun kimyasal analizlerinde Au değeri dedeksiyon limitinin altındayken sondajda ölçülen en yüksek Ag ve As değerine sahip olması dikkat çekicidir.



Şekil 2.49. Gri renkli, boşluklu ikincil kuvars oluşumunun karot görüntüsü (KZ 154-4 numaralı örnek).

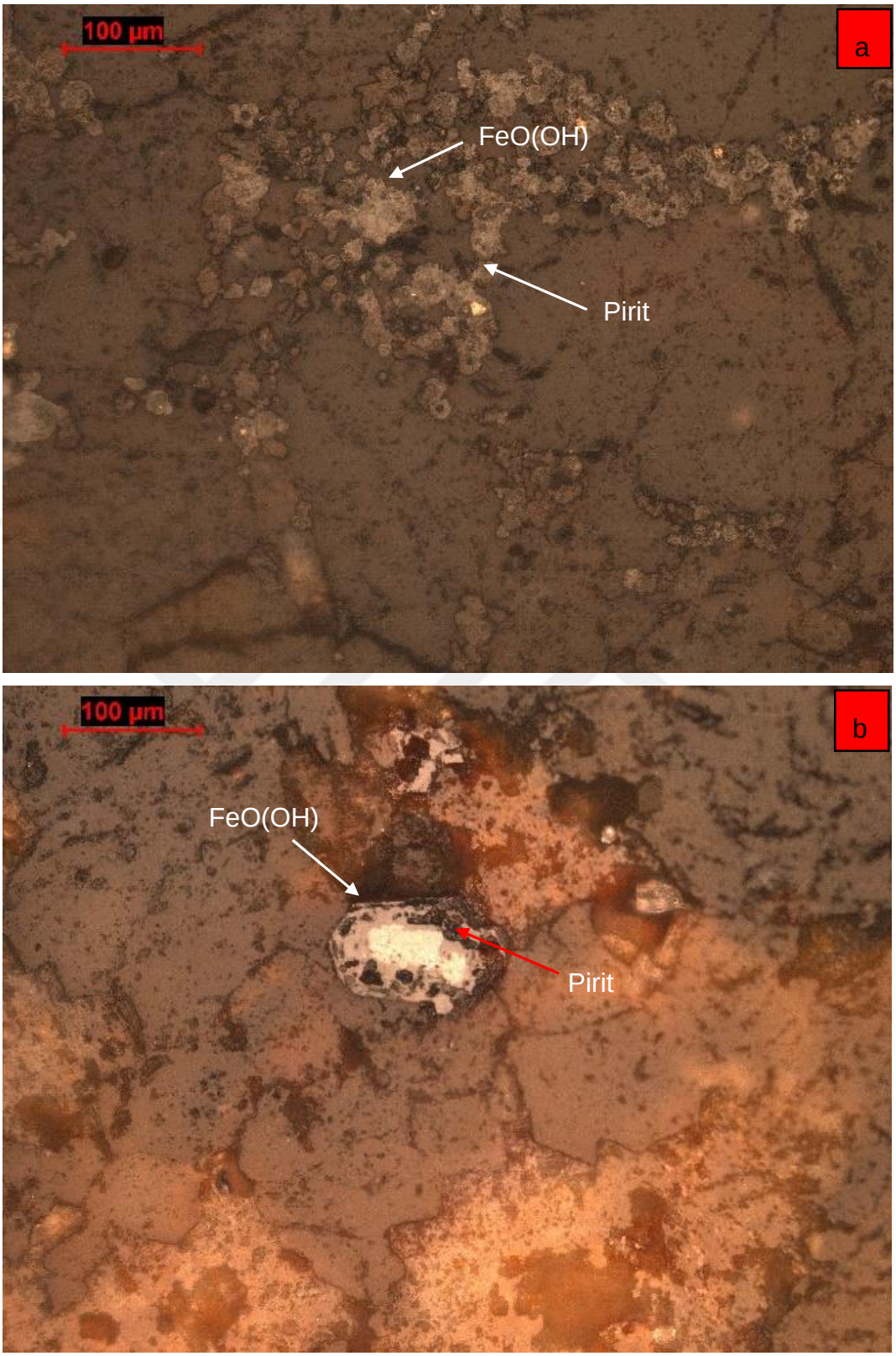
Sondaj örneklerinde yapılan mineralojik-petrografik incelemelerde silisleşmenin bu sahada da baskın alterasyon tipi olduğu görülmüştür. En yüksek Au içeriğinin ölçüldüğü KZ 154-3 örneğinde gözlenen kuvarslar ince, uzun çubuksu bir şekle sahiptir. Bu durum kristallerinin oluştuğu sırada, fiziksel ve kimyasal koşulların yavaş değişiminin göstergesidir [53]. Bu kuvarsların aralarında küçük damarcıklar ve saçınım halde opak mineraller bulunmaktadır (Şekil 2.50.).



Şekil 2.50. KZ 154-3 örneğinde gözlenen çubuksu kuvarslar (2. nikol görüntüsü).

Cevher mikroskobisi çalışmalarında tanımlanan mineraller nabit gümüş (Ag), pirit (FeS_2) ve götit ± lepidokrokittir.(FeO(OH)).

Götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) gang mineralleri arasında çatlak dolgusu ve piritleri (FeS_2) ornatır şekilde bulunmaktadır. Tanımlanan piritlerin (FeS_2) tamamı götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) tarafından ornatılmıştır (Şekil 2.51.). Nabit gümüş olarak tanımlanan mineraller gang mineralleri içinde saçınım halde (Şekil 2.52.) veya götit ± lepidokrokitin (FeO(OH)) içinde bulunmaktadır.



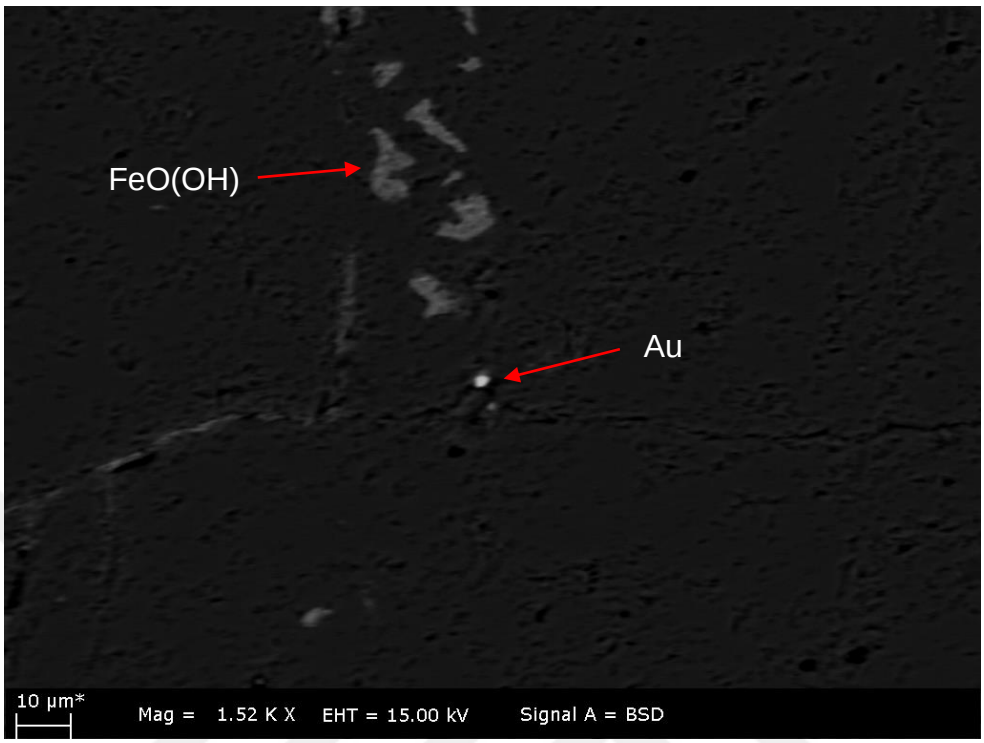
Şekil 2.51.Kızılağıl Sahası örneklerinde gözlenen piritler (FeS2)in götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) tarafından ornatılması a) KZ154-3 (1. Nikol görüntüsü) b) KZ158-2 (1. Nikol görüntüsü)



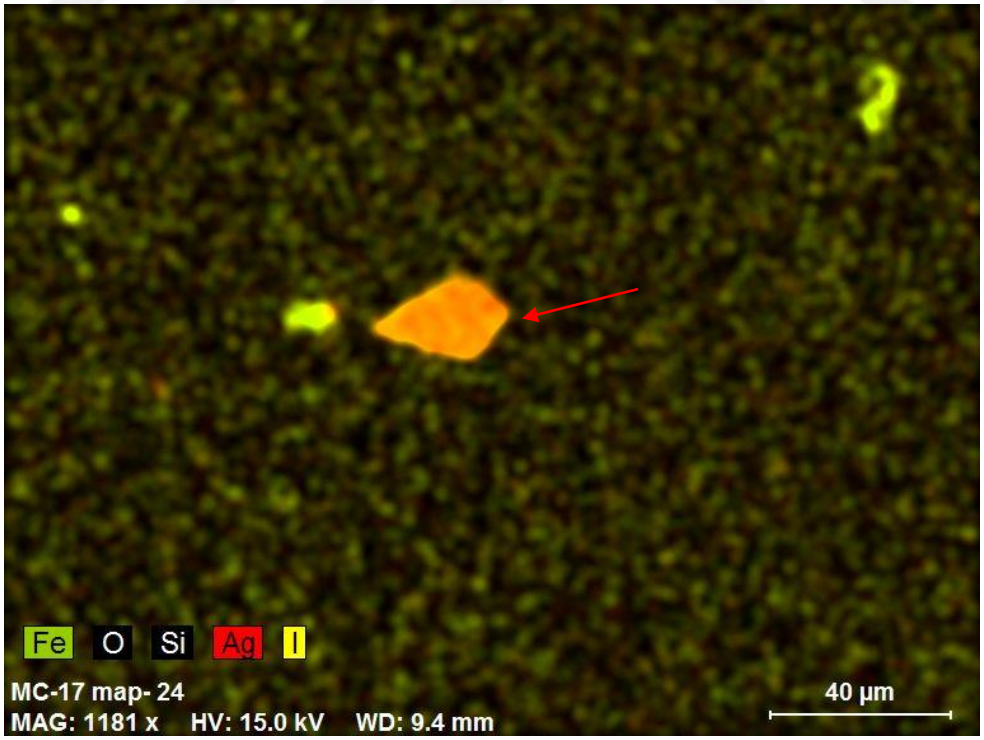
Şekil 2.52. Gang içinde saçınım halde bulunan nabit gümüş mineralleri a)KZ158-1 (1. nikol görüntüsü) b) KZ 158-2 (1. nikol görüntüsü)

Kızılağıl Sahası'na ait KZ 158-1 örneğinden yapılan 1 adet parlak kesitin SEM incelemelerinde tespit edilen mineraller altın, iyodarjirit (AgI), galenit (PbS), pirit (FeS_2), kromit ($FeCr_2O_4$) ve götit ± lepidokrokittir (FeO(OH)). Gang minerali olarak kuvars ve barit bulunmuştur. Bulunan altın tanesi kuvars kristalleri arasındadır ve boyutu yaklaşık 2 µm'dir (Şekil 2.53.). Örnekte tespit edilen 4 adet iyodarjirit (AgI) mineralinin boyutları 2-15 µm arasında değişmektedir. Tanelerin bir tanesi kuvars

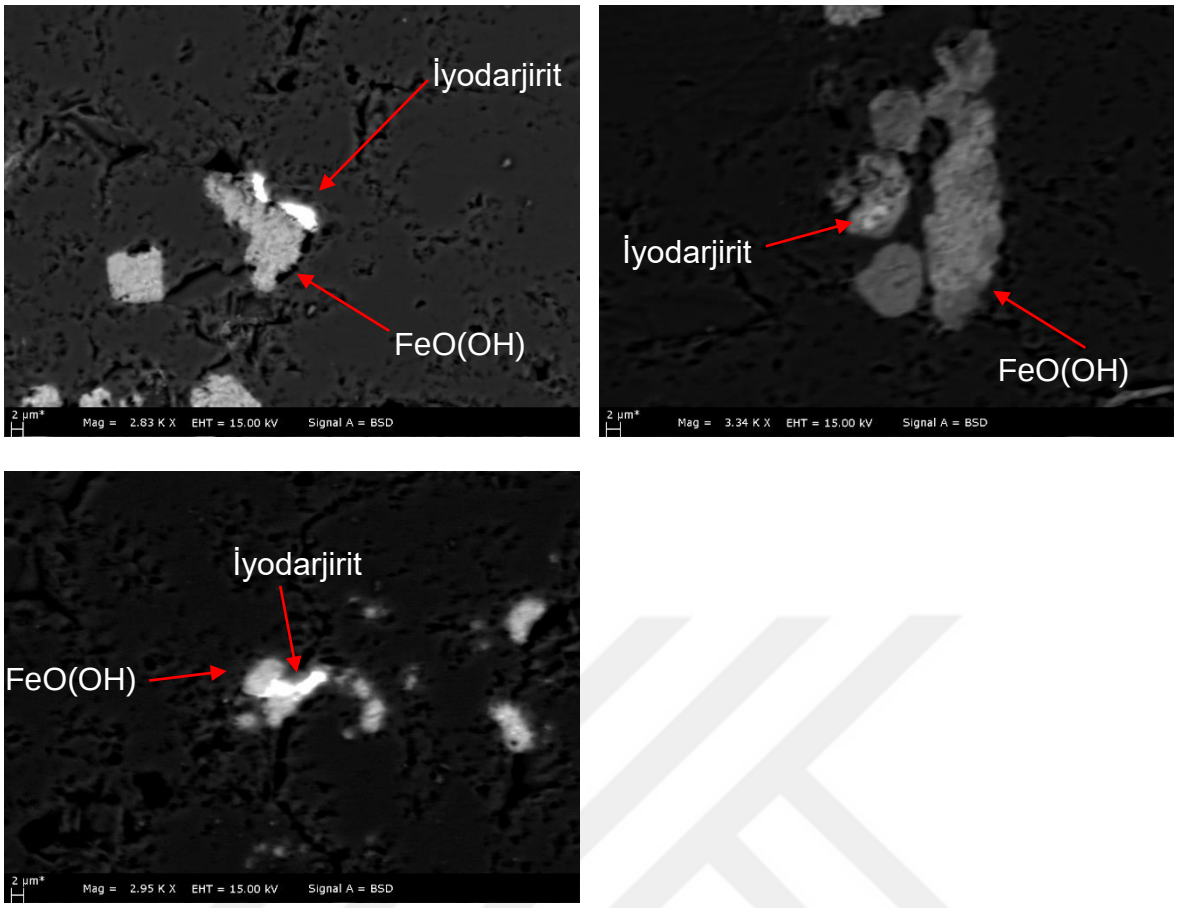
kristalleri arasındayken (Şekil 2.54.) diğerleri götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) içinde kapanım ya da kenar kesimleri ile temas halindedir (Şekil 2.55.).



Şekil 2.53. KZ 158-1 örneğinde kuvars (koyu gri) içindeki altın tanesinin (beyaz) SEM görüntüsü (EDS analizi EK-12'dedir).

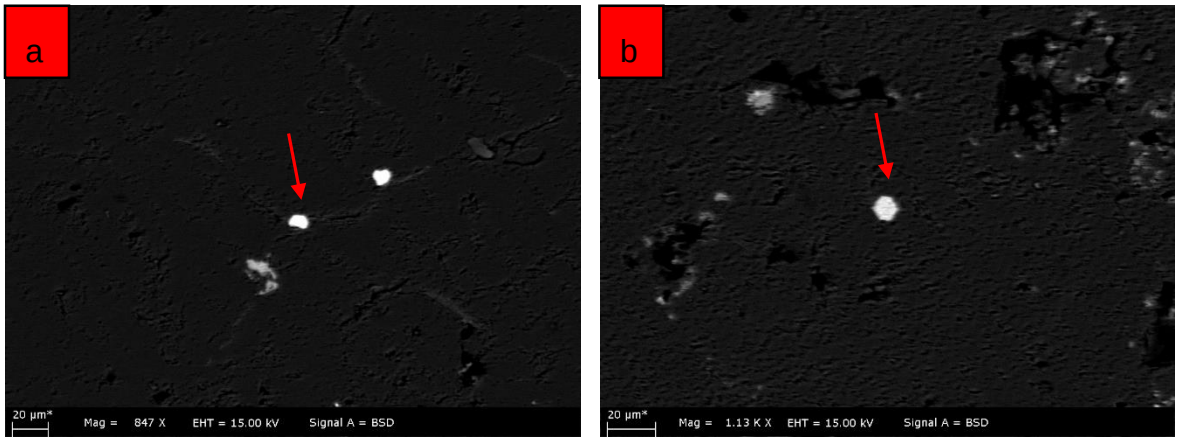


Şekil 2.54. KZ 158-1 örneğinde kuvars içinde bulunan iyodarjirit (AgI) (kırmızı ok işareti ile gösterilmiştir) ve çevresinin element haritası.



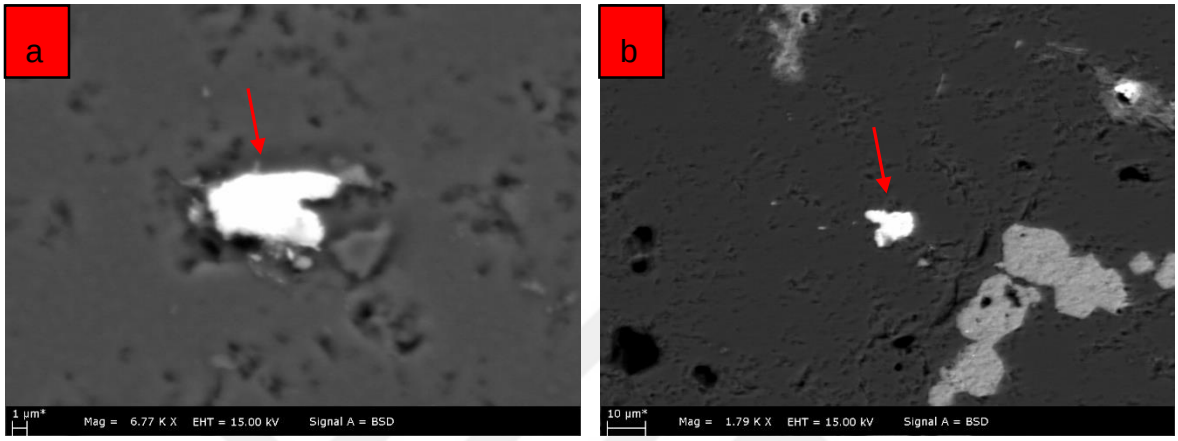
Şekil 2.55. KZ 158-1 örneğinde Götit ± lepidokrokit (FeO(OH))ler (orta tonlu gri) temas ya da kapanım halinde bulunan iyodarjiritlerin (AgI) (beyaz) SEM görüntüleri (EDS analizi EK-13'dedir).

KZ 158-1 örneğinde tespit edilen 3 adet galenit (PbS) mineralinin boyutu 10-20 µm arasında değişmektedir. Galenitler kuvars kristalleri arasındadır (Şekil 2.56.a.). Yine benzer şekilde çok az sayıda gözlenen piritlerin (FeS_2) boyutları da 30 µm'den küçüktür ve kuvars kristelleri arasındadır (Şekil 2.56.b.).



Şekil 2.56. 158-1 örneğinde tespit edilen a) galenit (PbS) (beyaz) (EDS analizi EK-14'dedir). b) pirit (FeS_2) (beyaz) görüntüsü.

KZ 158-1 örneğinde bir adet 7-8 µm boyutunda kromit ($FeCr_2O_4$) minerali bulunmuştur (Şekil 2.57.a). Şist türü metamorfik kayaçlarda bulunması beklenmeyen bu mineralin Kızılağıl Sahası'nda bulunması, cevherli zonun günümüzde aşınmış olan serpantinit türü bir kayaçla da kontak halinde olabileceğini düşündürmektedir. Örnekte tali olarak monazit minerali de tespit edilmiştir (Şekil 2.57.b.).



Şekil 2.57. KZ 158-1 örneğinde bulunan kromit ($FeCr_2O_4$) (beyaz) b) monazit (beyaz) minerallerinin SEM görüntüleri) (EDS analizi EK-15'dedir) .

2.5.5. Kaymaz Cevherleşmesi ve Alterasyon Özelliklerinin Değerlendirmesi

Kaymaz cevherleşmesini oluşturan sahalar incelendiğinde Damdamca Sahası ve Karakaya Sahası cevherleşme, alterasyon özellikleri açısından aynı sistem olarak kabul edilebilir. Aralarındaki en belirgin fark ise Karakaya Sahası'nda cevherleşme KB-GD doğrultulu bir hat boyunca gelişmişken, Damdamca Sahası'nda KKD-GGB doğrultulu bir hat boyunca gelişmiştir. KB-GD doğrultulu hat bölgedeki ana fay hattıyla (Paşakadın Fayı [43]) örtüşürken, KKD-GGB doğrultulu hat ise bölge için öngörülen transfer faylarının doğrultusu ile uyumludur (Şekil 2.5. olası faylar).

Tüm sahalarda silisleşme baskın alterasyon türüdür. Silisleşmeye yoğun FeO(OH) eşlik etmektedir. Damdamca ve Karakaya sahalarında altın kuvars kristalleri arasında gözlenirken, Kızılağıl ve Mermerlik sahalarında süperjen faaliyetlere işaret eden, altın ve götit ± lepidokrokitin (FeO(OH)) birlikte bulunduğu dokular görülmüştür.

Kaymaz cevherleşmesinde altının dışında önemli gümüş değerleri de bulunmaktadır. Gümüş minerallerinin altınla birlikte bulunduğu örneklerde farklı dokular göstermesi (barite kenetli akantit, kuvars kristalleri arasındaki nabit gümüş),

ve özellikle metamorfik kayaçlar içinde gümüşün altınla bir korelasyon göstermemesi bölgede altın ve gümüş zenginleşmesi için birden çok fazın etkili olduğuna işaret etmektedir.

Granitler içinde rastlanan turmalin miktarının cevher zonlarına uzaklık-yakınlık ilişkisine bağlı olarak bir değişim göstermemesi, granitin geçirdiği magmatik süreçlerin cevherleşme ile bir ilişkisi olmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır.

2.6. Sıvı Kapanımı Çalışmaları

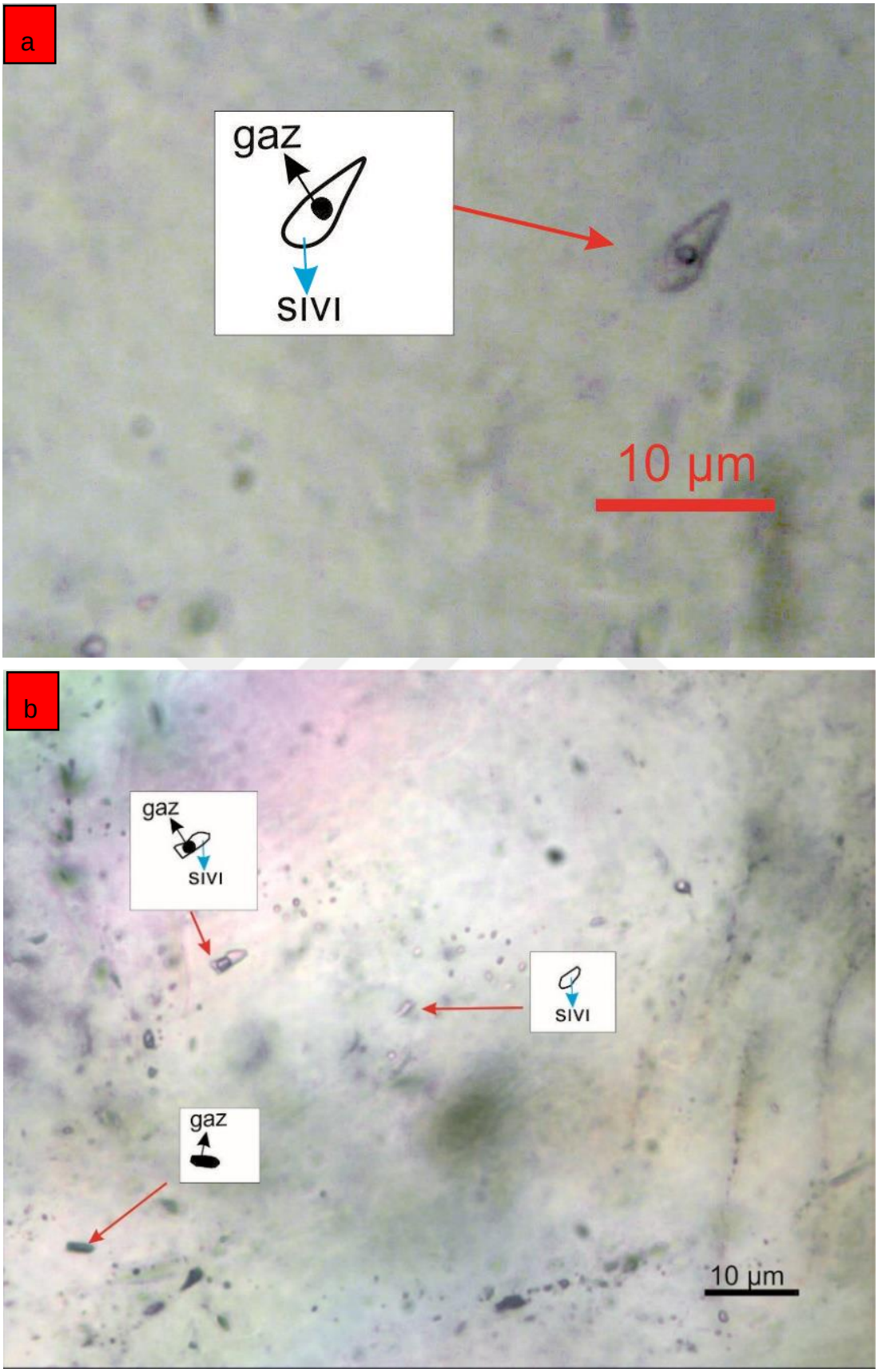
Sıvı kapanımı çalışmaları Kaymaz Altın Madeni'nin tüm sahalarından alınan karot örnekleri ve yüzey örneklerine ait kuvars mineralleri üzerinde yapılmıştır. Alınan tüm örnekler sıvı kapanımı analizlerine uygunluğu açısından makro ve mikro olarak incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda 6 adet örnekte analize uygun kapanım bulunmuştur.

2.6.1. KYM 9 - KYM 14 Damdamca Karot Örnekleri

KYM 9 ve KYM 14 örnekleri Damdamca Sahası'na ait karot örnekleridir. 70,6 metreden alınan KYM 9 örneğinin Au ve Ag içerikleri sırasıyla 1,5 ppm ve 7 ppm'dir. 90,2-90,3 m aralığından alınan KYM 14 örneğinin Au ve Ag içerikleri ise sırasıyla 1,7 ppm ve 4 ppm'dir. Her iki örneğin SEM incelemelerinde de kuvars kristalleri arasında altın taneleri bulunmuştur fakat herhangi bir gümüş mineraline rastlanmamıştır.

KYM 9 örneğinde kapanımların boyutları 10 µm'den küçüktür. Tek fazlı sıvı, tek fazlı gaz ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar bulunan örnekte iki fazlı (sıvı+gaz) birincil kökenli kapanımlarda yapılan ısıtma çalışmalarında, kapanımların 200 °C'den sonra bozunmaya uğradığı ve örnekte yeni iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımların oluştuğu gözlenmiştir. Ölçülebilen tek homojenleşme sıcaklığı (Th °C) 116 °C'dir.

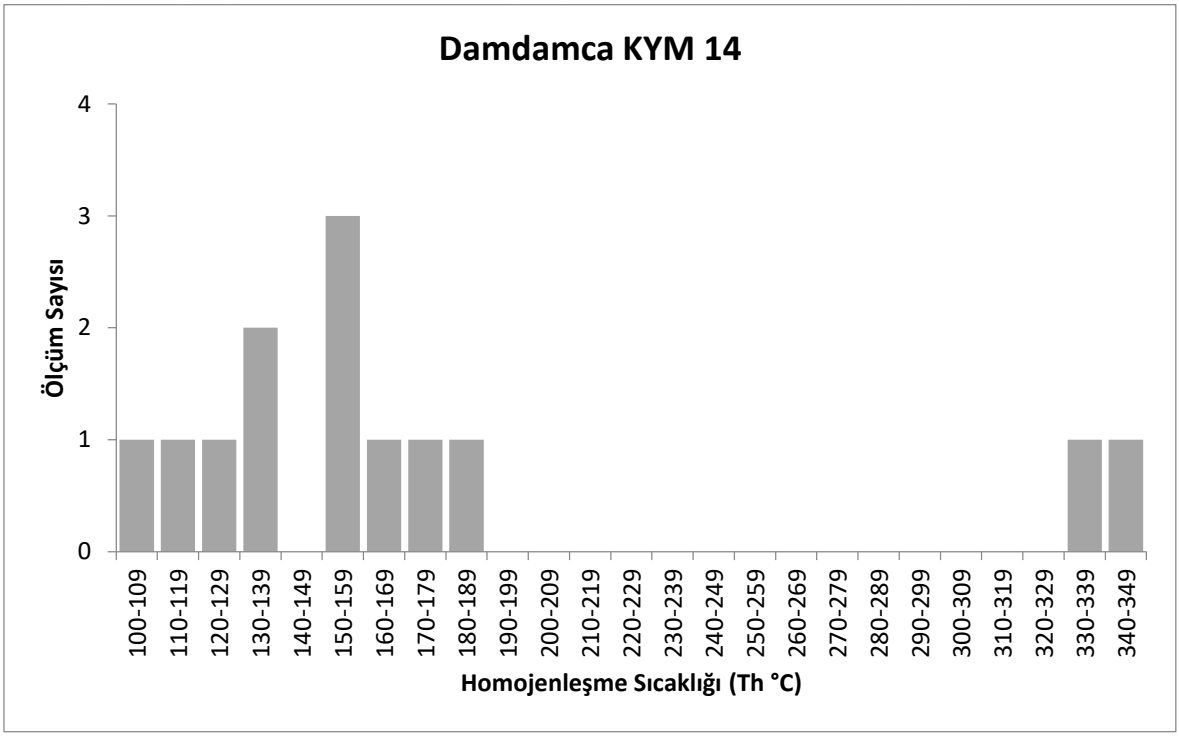
KYM 14 örneğinde tek fazlı sıvı, tek fazlı gaz ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar bir arada bulunmaktadır. Kapanımların boyutları 10 µm'den küçüktür. İki fazlı (sıvı+gaz) kapanımların bir kısmı elipsoidal şekilli (Şekil 2.58.a) bir kısmı ise kısmen köşelidir. (Şekil 2.58.b). Her iki kapanım şeklinde de sıvı fazın hacmi gaz fazın hacminden fazladır. Gaz fazının hacminin köşeli olan kapanımlarda elipsoidal olan kapanımlara göre biraz daha fazla olduğu görülmüştür. KYM 14 örneğinde yapılan homojenleşme sıcaklıkları (Th°C) Çizelge 2.5.'de histogramı da Şekil 2.59.'da verilmiştir.



Şekil 2.58. KYM 14 örneğinde gözlenen a) elipsoidal iki fazlı (sıvı+gaz) kapanım, b) karemsi, köşeli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanım, tek fazlı sıvı ve tek fazlı gaz kapanımlar.

Çizelge 2.5. KYM 14 örneğinin iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıkları (Th °C).

(Th °C)	(Th °C)	(Th °C)	(Th °C)
103	140	163	342
115	156	172	
129	157	184	
137	160	331	



Şekil 2.59. KYM 14 örneğinin iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının (Th °C) histogramı.

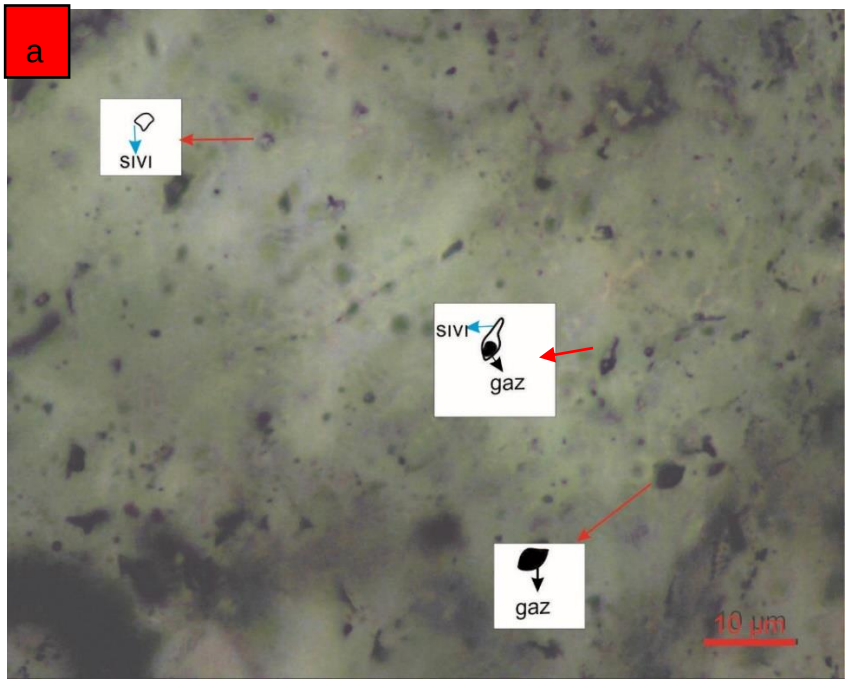
Ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının histogramına göre değerlerin 100-190 °C arasında yoğunlaştığı ve 130-159°C aralığında pik yaptığı görülmektedir. Bu aralıktan sonra ölçülen ilk değer 330 °C'den büyüktür. 100-190 °C arasındaki değerler Şekil 2.58.a.'daki kapanıma benzer şekilli kapanımlarda, 330 °C'den büyük ölçümler ise Şekil 2.58.b'deki kapanıma benzer şekilli kapanımlarda ölçülmüştür.

2.6.2. KZ 158-1 Kızılağıl Karot Örneği

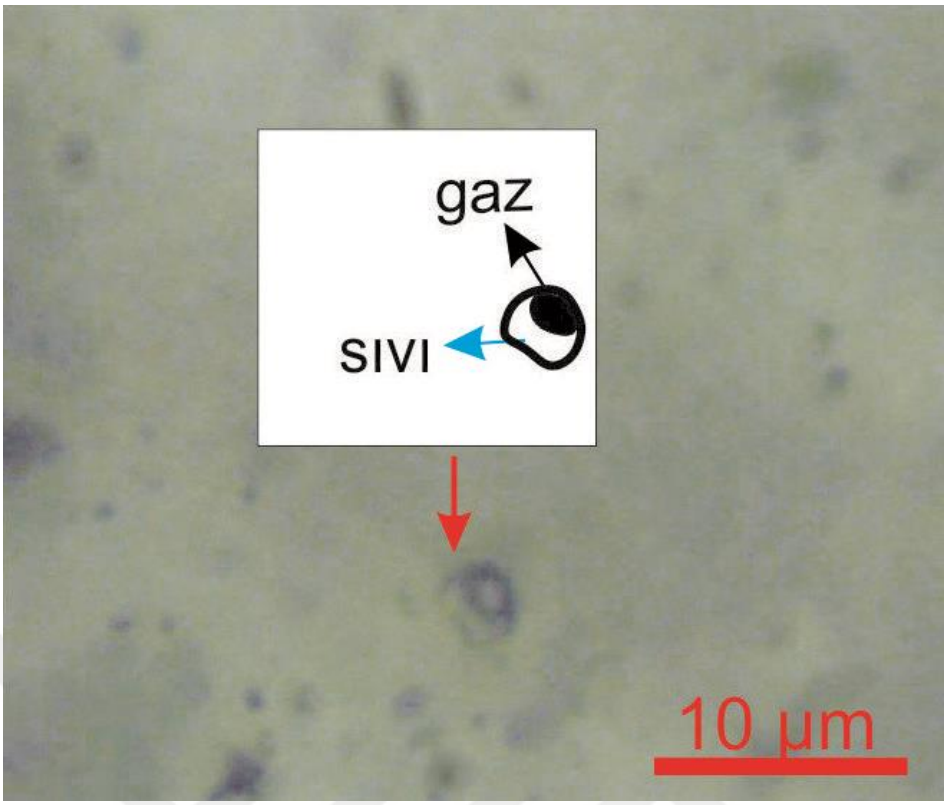
KZ 158-1 örneği Kızılağıl Sahası'na ait bir sondajın 10. metresinde alınan karot örneğidir. Örneğin Au içeriği 5,1 ppm, Ag içeriği ise 13,8 ppm'dir. Örneğin SEM analizlerinde tespit edilen altın tanesi kuvars kristalleri arasındadır. Yine kuvars kristalleri arasında iyodarjirit (AgI) de bulunmaktadır. Örneğin makro görüntüsü Şekil 2.58.b.'deki gibidir.

Sıvı kapanım çalışması yapılan kuvarslar genellikle şeffaf olup mikrokristalin ve de kriptokristalin boyutlardadır. Çok ince taneli olan kesimde ölçüm yapılabilecek nitelikte kapanıma rastlanmamıştır. Mikrokristalin boyutlardaki kuvarslarda yapılan incelemelerde birincil ve ikincil kökenli kapanımlar tespit edilmiştir. Birincil kökenli kapanımların büyük çoğunluğunu tek fazlı gaz kapanımlar oluşturmaktadır. İki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar daha az miktardadır. Tek fazlı sıvı kapanımlar ise eser oranlardadır (Şekil 2.60.a.).

Birincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımların büyük çoğunluğu yuvarlak veya elipsoidal şekillidir. Ölçüm yapılan iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımların boyutları genellikle 1-15 µm arasında değişmektedir. Kapanımlardaki sıvı fazın gaz faza olan oranı daha büyüktür (Şekil 2.60.b.). Gaz fazın baskın olduğu kapanımlar da tespit edilmiştir. Ölçüm yapılan kapanımların tümü sıvı faza homojenleşmiştir.



Şekil 2.60. KZ 158-1 a) örneğinde iki fazlı (sıvı+gaz) kapanım ve tek fazlı sıvı, tek fazlı gaz kapanımlar b) İki fazlı (sıvı+gaz), gaz fazın daha baskın olduğu kapanım.

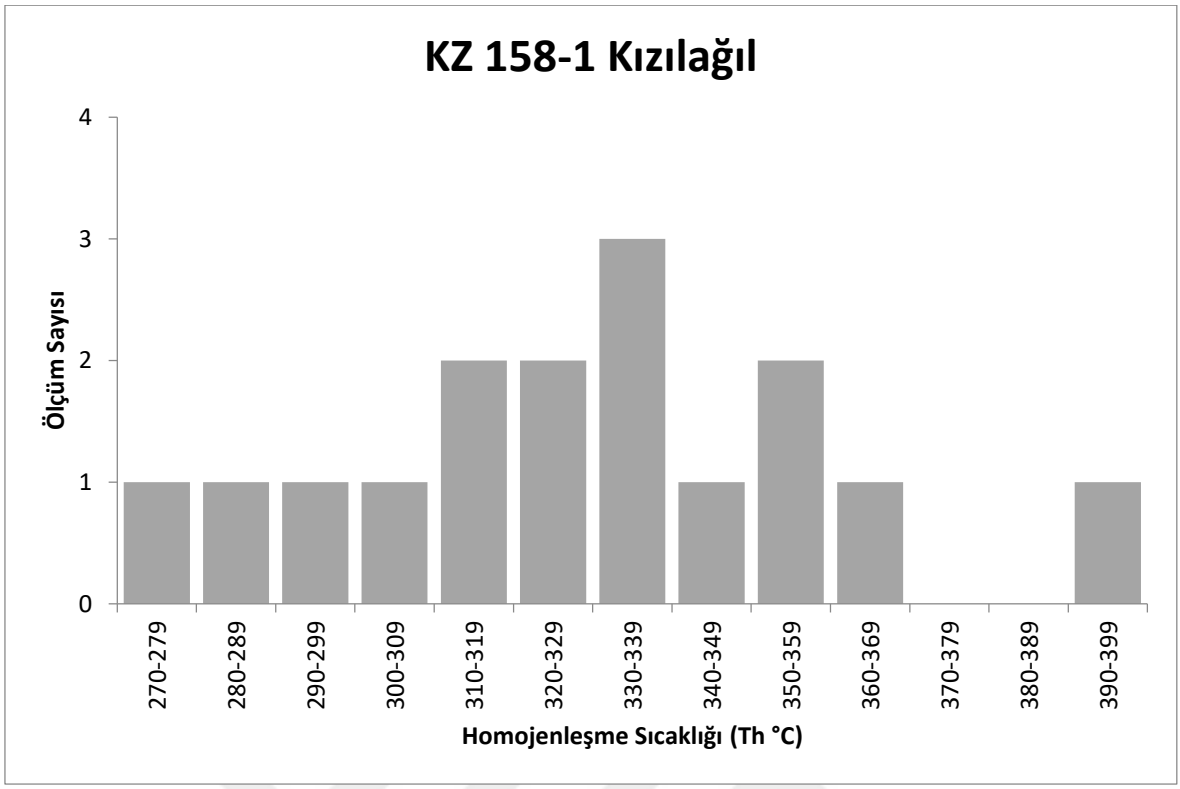


Şekil 2.60.b.

Kuvarslardaki iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda yapılan mikrotermometrik ölçümler sonucu elde edilen homojenleşme sıcaklıkları 270-400 °C arasında değişmekte, 310-359 °C arasında pik yaptığı görülmektedir. Ölçülen homojenleşme sıcaklıkları Çizelge 2.6.'da, histogramı Şekil 2.61.'de verilmiştir.

Çizelge 2.6. KZ 158-1 örneğinde iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklıkları.

(Th °C)	(Th °C)	(Th °C)	(Th °C)
271	315	337	353
286	316	338	357
294	321	340	362
307	328	349	393



Şekil 2.61. KZ 158-1 örneğinde iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının histogramı.

Homojenleşme sıcaklıklarının (Th °C) ölçüldüğü iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda yapılan soğutma çalışmalarında bazı kapanımlarda faz değişimleri izlenebilmiş ve son buz ergime sıcaklıkları (Tm˚C) bulunmuştur. Ölçülen son buz ergime sıcaklıkları (Tm˚C); bunlara karşılık gelen % NaCl eşdeğerleri Bodnar'ın [23] eşitliği kullanılarak hesaplanmış ve Çizelge 2.7.'de verilmiştir.

Çizelge 2.7. KZ 158-1 örneğinde iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklıkları (Th°C), Son buz ergime sıcaklıkları (Tm°C) ve % NaCl eşdeğerlikleri.

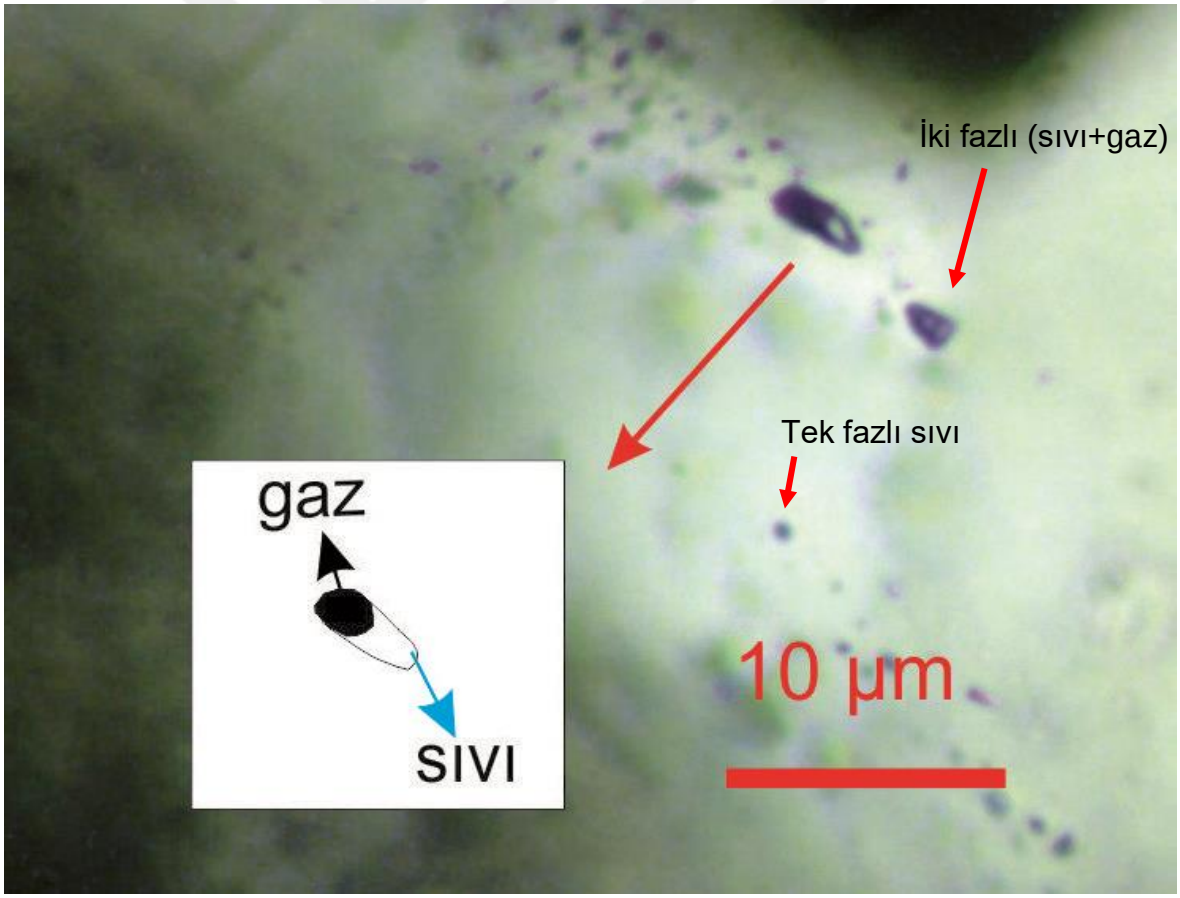
(Th °C)	(Tm °C)	% NaCl eşdeğeri
271	-2,3	3,9
286	-	-
294	-	-
307	-2,7	4,5
315	-3,1	5,1
316	-	-
321	-3,0	5,0
328	-	-
337	-	-
338	-	-
340	-3,2	5,3
349	-3,3	5,4
353	-	-
357	-	-
362	-	-
393	-	-

Bu değerlere göre, iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımların tuzluluğu % 3,9 -% 5,4 NaCl eşdeğeri arasında değişmektedir.

2.6.3. KYM 32 Karakaya Karot Örneği– KBB 6 Yüzey Örneği

KYM 32 örneği Karakaya Sahası'na ait sondajda 124,2 m'den alınan bir karot örneğidir. Kayaç türü granit olan örnekte Au değeri dedeksiyon limiti altında olup, Ag değeri ise 0,81 ppm'dir. KKB 6 örneği ise Karakaya Batı Ocak'tan alınmış bir yüzey örneğidir. Litolojisi granit olan bu örnek cevher-altere granit kontağından alınmıştır. KKB 6 örneğinin cevher içeriği bilinmemektedir.

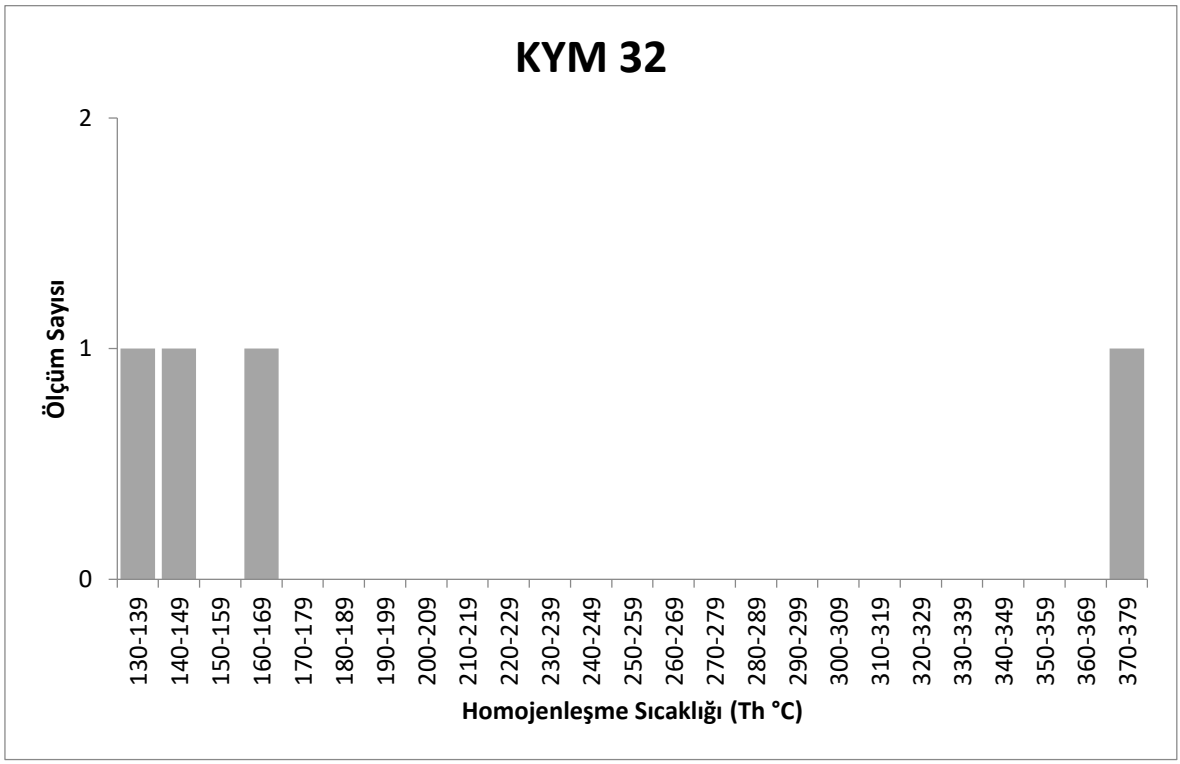
KYM 32 örneğinde kapanımların boyutları 10 µm'den küçüktür. Tek fazlı kapanımların çoğu çok küçük olması sebebiyle bileşimine göre sınıflandırılamamıştır. Sınıflandırılabilen kapanımlar tek fazlı sıvı ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlardır (Şekil 2.62). Örneğe ait 2 fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarında sıvı faz gaz faza göre daha baskındır. KYM 32 örneğinde 4 adet homojenleşme sıcaklığı ölçülebilmiştir. Tamamı sıvı faza homojenleşen kapanımlara ait ölçüm değerleri Çizelge 2.8.'de histogram ise Şekil 2.63.'de verilmiştir.



Şekil 2.62. KYM 32 örneğinde gözlenen tek fazlı sıvı ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar.

Çizelge 2.8. KYM 32 örneğinin iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıkları.

Th (˚C)
134
145
168
372

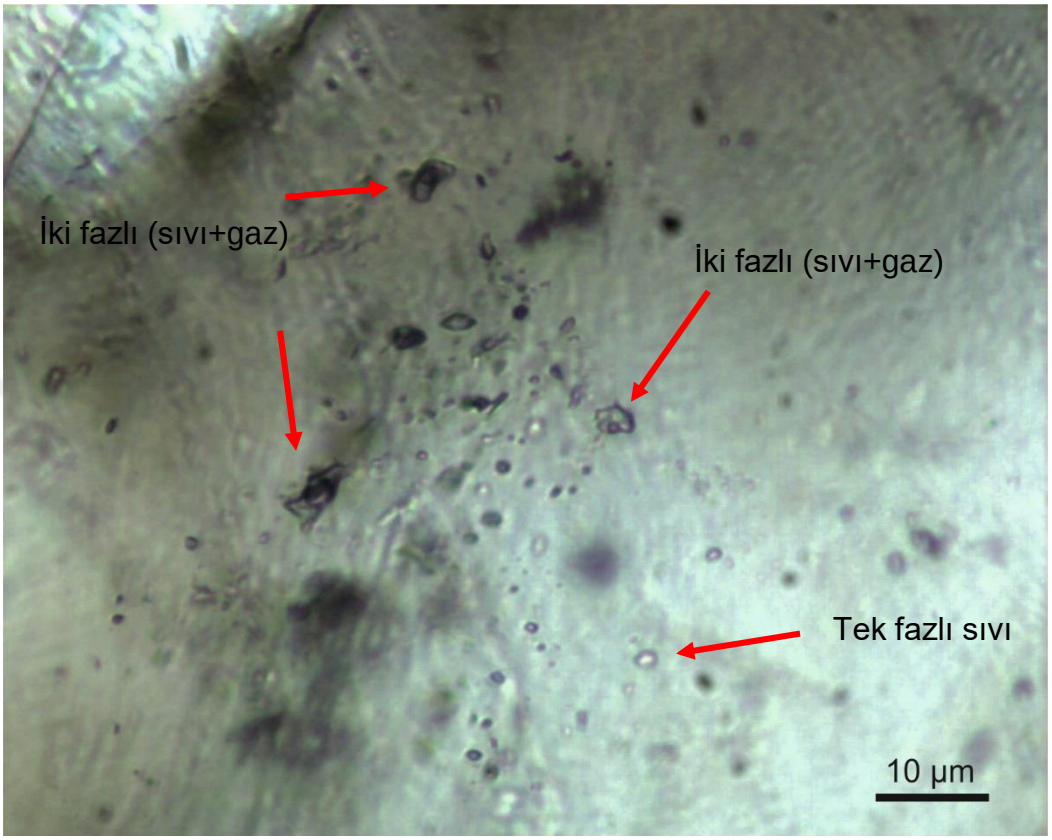


Şekil 2.63. KYM 32 örneğinde iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının histogramı.

KYM 32 örneğinde yapılan 3 ölçüm 200 °C'den küçükken bir ölçüm 372 °C'dir. Bu dağılım KYM 14 örneğinde gözlenen dağılıma benzemektedir.

KBB 6 numaralı örneğin büyük çoğunluğu mat olup, mat kısımları kesen kuvars damarında sıvı kapanım çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu damar yarı şeffaf- şeffaf kriptokristalin-mikrokristalin dokulu kuvarslardan oluşmaktadır. Çok ince taneli olmaları nedeniyle örneğin kuvarslarında genellikle kapanımlar 1 μm'den küçüktür.

Küçük boyutlu bu kapanımların büyük bir kısmı bileşimsel olarak sınıflandırılamamıştır. Sınıflandırılabilen kapanımlardan büyük çoğunluğu tek fazlı (sıvı) ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar ile eser bollukta izlenen tek fazlı (gaz) kapanımlardır (Şekil 2.64.).

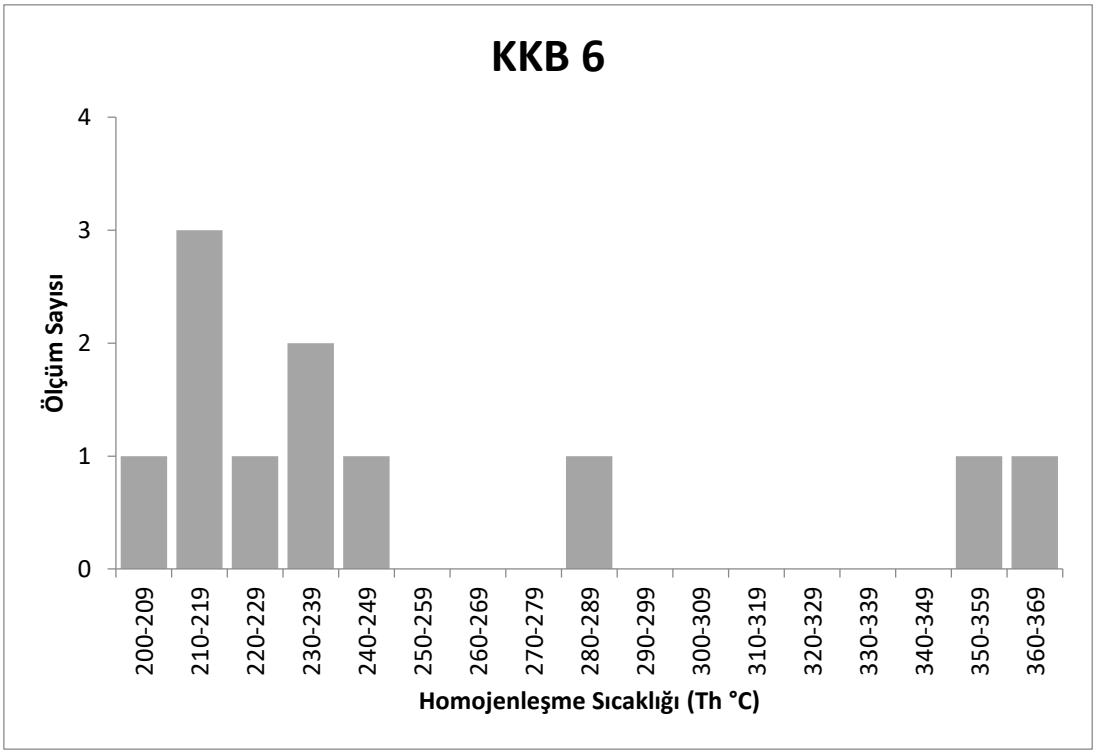


Şekil 2.64. KKB 6 örneğinde gözlenen tek fazlı sıvı ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar. Birincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar genellikle üçgenimsi, yuvarlak ve elipsoidal şekilli görülmektedir. Yer yer düzensiz şekilli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar da mevcuttur. Ölçüm yapılan iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar 1-12 µm arasında değişmektedir. Kapanımlardaki sıvı fazın miktarı gaz fazın miktarına oranla fazladır. Ölçüm yapılan kapanımların tümü sıvı faza homojenleşmiştir.

Birincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda yapılan mikrotermometrik ölçümler sonucu elde edilen homojenleşme sıcaklıkları (Th ˚C) Çizelge 2.9.'da, histogramı ise Şekil 2.65.'de verilmiştir.

Çizelge 2.9. KKB 6 örneğinin iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıkları.

Th (˚C)	Th (˚C)	Th (˚C)
200	230	285
215	233	353
217	239	368
218	250	



Şekil 2.65. KKB 6 örneğinde iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının histogramı.

Yapılan 11 adet ölçüme göre, iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımların homojenleşme sıcaklığı 200-370 ˚C arasında değişmektedir. Histogram incelendiğinde özellikle 210-239 ˚C arasındaki sıcaklıklarda pik yaptığı izlenmektedir.

Homojenleşme sıcaklıklarının (Th˚C) ölçüldüğü iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda yapılan soğutma çalışmalarında bazı kapanımlarda faz değişimleri izlenebilmiş ve son buz ergime sıcaklıkları (Tm˚C) bulunmuştur. Ölçülen son buz ergime sıcaklıkları

(Tm˚C); bunlara karşılık gelen % NaCl eşdeğerleri Bodnar'ın [23] eşitliği kullanılarak hesaplanmış ve Çizelge 2.10.'da verilmiştir.

Çizelge 2.10. KKB 6 örneğinde iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklıkları (Th˚C), Son buz ergime sıcaklıkları (Tm°C) ve % NaCl eşdeğerlikleri.

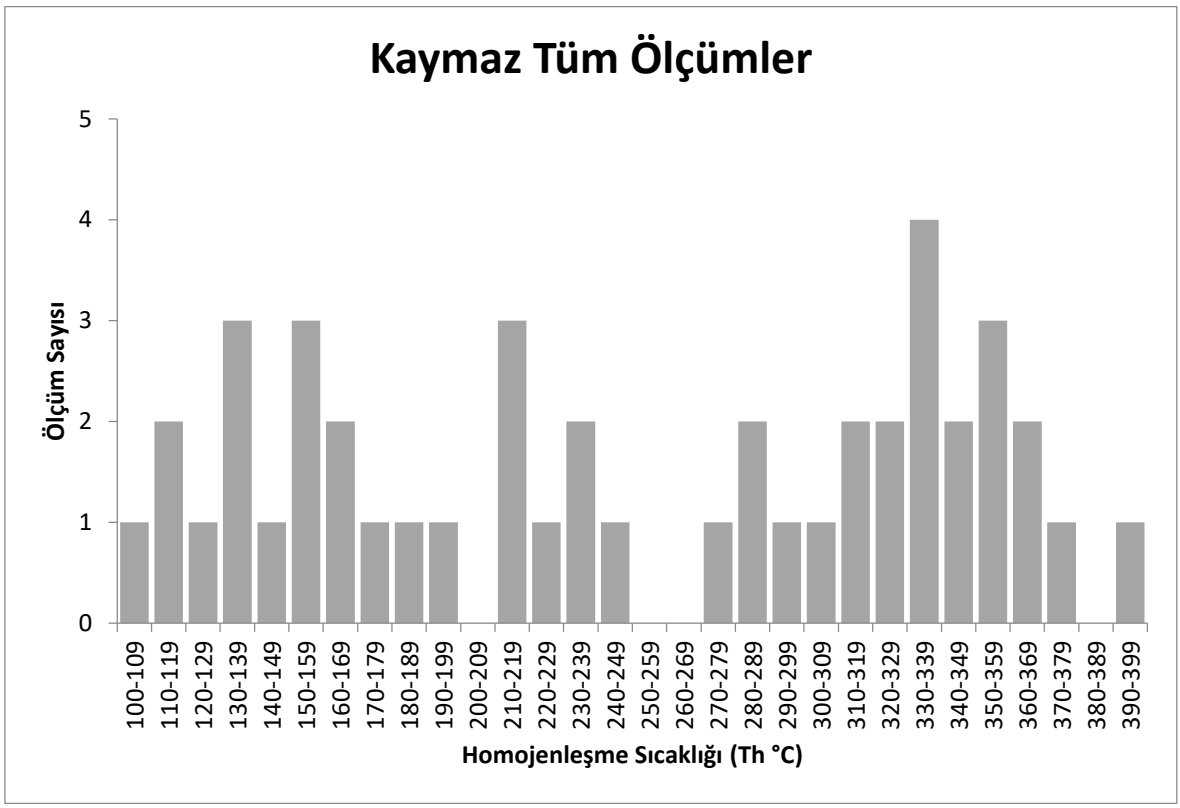
Th(˚C)	Tm(˚C)	% NaCl eşdeğeri
200	-	-
215	-	-
217	- 0,7	1,2
218	-	-
230	-	-
233	- 0,9	1,6
239	- 1,8	3,1
250	-	-
285	- 1,4	2,4
353	- 2,2	3,7
368	- 2,0	3,4

Bu değerlere göre, kapanımların tuzluluğu %1,2 -%3,7 NaCl eşdeğeri arasında değişmektedir.

Kaymaz Cevherleşmesi'ne ait tüm örnekler tek bir histogramda toplandığında (Şekil 2.66.) üç farklı dağılım olduğu göze çarpmaktadır. Bunlardan birincisi 110-169 °C arasında, ikincisi 210-239 °C, üçüncüsü ise 310-369°C arasındadır.110-169 °C ile 210-239 °C arasındaki ölçümler ana cevher zonuna ait silisleşmiş serpantinitleri ve granitleri temsil ederken, 310-369 °C arasındaki ölçümler çoğunlukla Kızılağıl Sahası'nı temsil etmektedir. Ana cevher zonunda 300 °C üzerinde ölçülen

sıcaklıklar ve kapanımların farklı morfolojik özellikler sergilemesi bu cevher zonunda iki ayrı fazın etkili olduğunu fikrini ortaya koymaktadır. Kızılağıl sahasına ait örnekte ölçülen sıcaklıkların da farklı bir faza ait olma olasılığı bulunmaktadır. Bu olasılık kısmen farklı tuzluluk değerleriyle de desteklenebilir.

İki örnekte yapılan tuzluluk (% NaCl eşdeğeri) ölçümlerinde ana cevherleşmeden granit yankayaçlı KKB 6 örneğinde %1,2-3,4 arasında değerler ölçülmüş, Kızılağıl Sahası'na ait KZ 158-1 örneğinde ise ölçümler % 3,9-5,4 arasındadır.



Şekil 2.66. KAM'a ait örneklerde yapılan tüm homojenleşme sıcaklıklarının (Th °C) histogramı.

Kaymaz Sahası'nın sıvı kapanımlarında ölçülen sıcaklıklar epitermal bir sisteme işaret etmektedir. Düşük sülfürlü ve yüksek sülfürlü epitermal sistemler tuzluluk değerleri açısından karşılaştırıldığında, düşük sülfürlü epitermal sistemlerde tuzluluk değerleri düşüktür [51]. Kaymaz cevherleşmesinde ölçülen tuzluluk değerlerinin düşük olması da bu epitermal sistemin düşük sülfürlü sistemlerle örtüştüğünü düşündürmektedir.

3. HİMMETDEDE ALTIN MADENİ

3.1. Bölgesel Jeoloji ve Önceki Çalışmalar

Himmetdede Altın Madeni, kendi içinde Kırşehir, Yozgat-Akdağmadeni ve Niğde masifleri olmak üzere üçe ayrılmış olan Orta Anadolu Masifi'nin, Kırşehir bölümünde yer almaktadır. Orta Anadolu Masifi kuzeyde İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu, doğuda Ecemiş Fayı ve batıda Tuz Gölü Fayı ile çevrelenmiştir [58]. Himmetdede Altın Madeni'nin bulunduğu yer Kırşehir Masifi'nin doğu bölümüdür (Şekil 3.1.).

Orta Anadolu Masifi, Orta Anadolu Kristalin Kompleksi [59] Orta Anadolu Kristalin Temeli [15], Kırşehir Kristalin Masifi [60], Orta Anadolu Kristalin Masifi [61] isimleriyle de anılmaktadır.

Orta Anadolu Masifi'nin temelinde şist, mermer ve gnayslardan oluşan metamorfik birimler bulunur. Metamorfik birimler farklı bileşimdeki plütonik ve volkanik birimler tarafından kesilir [62-64]. Metamorfik ve magmatik birimler sığ denizel, gölsel ve karasal sedimanlar tarafından örtülmektedir. İstifin en üstünde ise Kuvaterner yaşlı volkanik birimler ve sedimanlar bulunmaktadır.

Erkan [35, 37, 40-44] bölgede yaptığı petrografik çalışmalar sonucunda metamorfik birimlerin amfibolit, kalksilikatik gnays, kuvarsşist, mikaşist, kalkşist, kuvarsit ve mermerden oluştuğunu söylemiştir.

Seymen [45-49] Orta Anadolu Masifi'nin Kırşehir bölümünde Kaman Grubu'nu oluşturan metamorfik birimleri en altta gnays, biyotit-piroksen-amfibol-kuvars-kalksilikatik şist ve kuvarsitlerden oluşan Kalkanlıdağ Formasyonu, onun üzerinde mermer-şist ve gnayslardan oluşan Tamadağ Formasyonu, en üstte ise mermerlerle temsil edilen Bozçaldağ Formasyonu olarak sıralamıştır.

Genç [50] bölgedeki metamorfikler için alttan üste sırasıyla Yağmurlu Büyükoba Formasyonu, Güllüce Formasyonu, Bozçaldağ Formasyonu, Kalkanlıdağ Formasyonu ve Güllütarla Formasyonu' ndan oluşan bir istif ortaya koymuştur. İstifi oluşturan formasyonların litolojik özellikleri;

Yağmurlu Büyükoba Formasyonu amfibolit ve migmatit gnayslar,

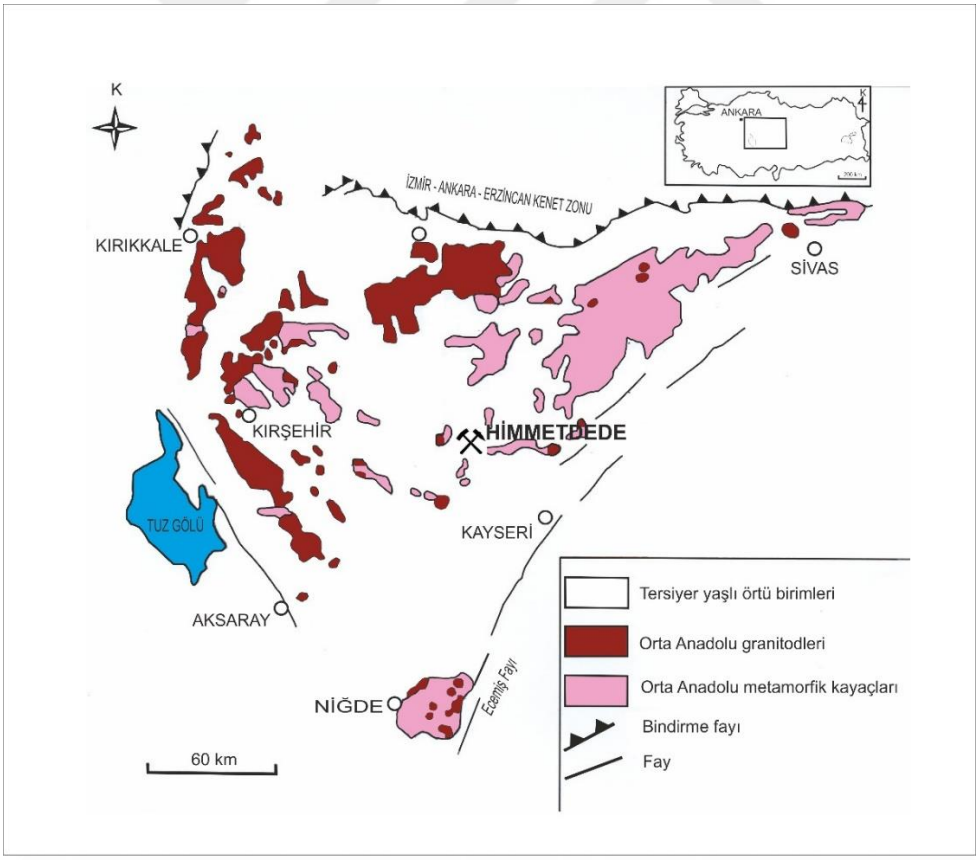
Güllüce Formasyonu şist-gnays-mermer ardalanmaları,

Bozçaldağ Formasyonu mermer,

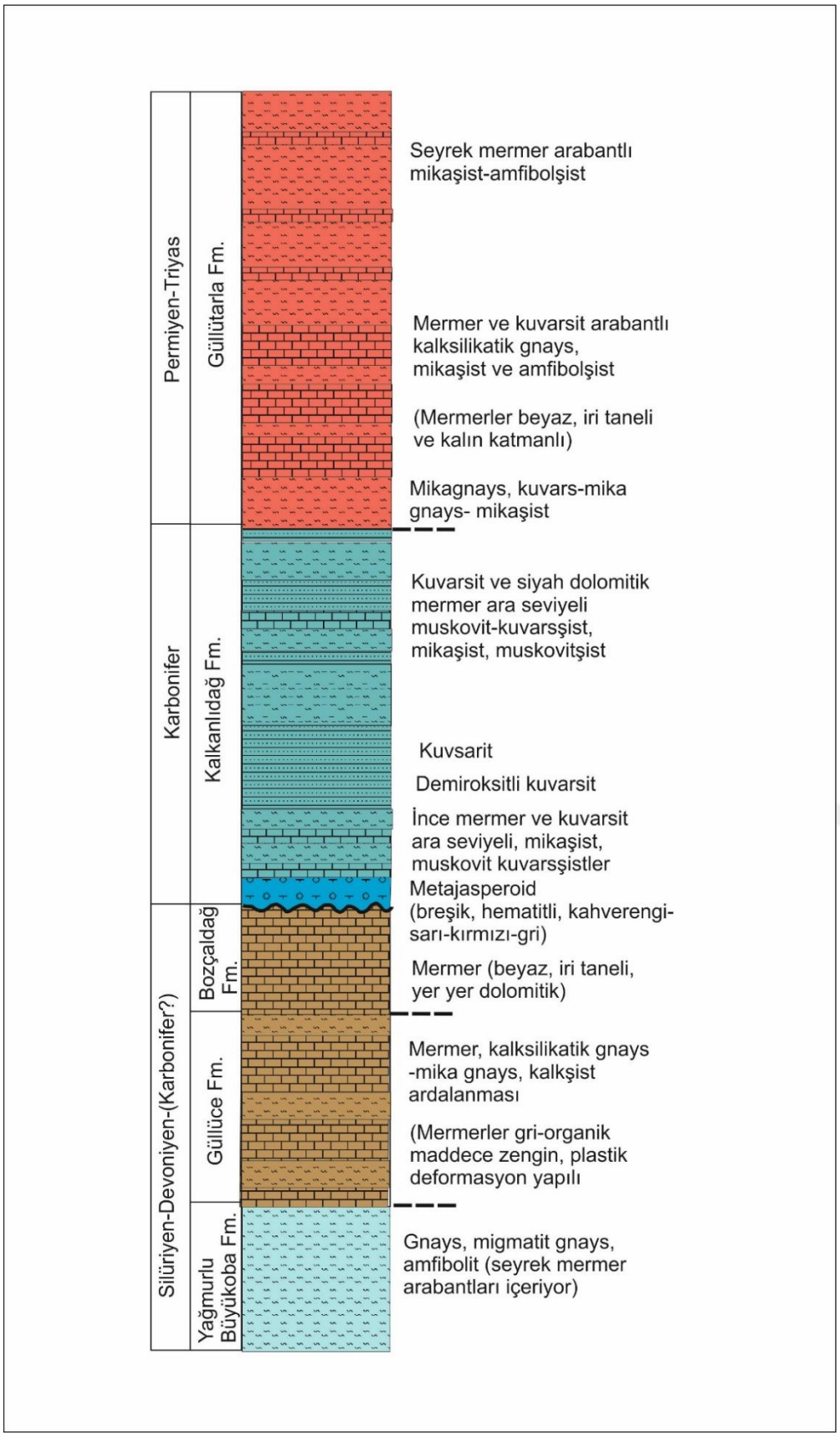
Kalkanlıdağ Formasyonu mermer arabantlı muskovit biyotitşist,

Güllütarla Formasyonu mermer, kuvarsit arabantlı kalksilikatik gnays, mikaşist, amfibolşist şeklindedir. İstifte Bozçaldağ ve Kalkanlıdağ formasyonları arasında bir uyumsuzluk düzlemi bulunmaktadır.

Bingöl [40] metamorfiklerin orta basınç–yeşilşist fasiyesinde oluştuklarını söylemiştir. Seymen [41, 42] metamorfik birimlerin, tortul kökenli olduğunu belirtmiş ve birimlerin metamorfizma süreçlerini ise önce yüksek sıcaklık düşük basınç koşullarında ilerleyen amfibolit-granulit fasiyesinde bir metamorfizma, daha sonra düşük amfibolit fasiyesinden yeşilşist fasiyesine gerileyen bir metamorfizma olarak sıralamıştır. Tolluoğlu ve Erkan [15] metamorfiklerin köken kayacının derinleşen bir kıyı ortamında, metabazik seviyeler içeren transgresif özellikli çökel bir seri olduğunu söylemişler, 500–700 °C sıcaklık ve 5 kb'nin altındaki basınç koşullarında gerçekleşen metamorfizmanın derecesinin kuzey–kuzeydoğuya doğru arttığını söylemişlerdir.



Şekil 3.1. Orta Anadolu Masifi'nin 1/500000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası'ndan sadeleştirilmiş haritası [65] ve Himmetdede Altın Madeni'nin konumu.



Şekil 3.2. Orta Anadolu Masifi'nin metamorfik seviyeleri için, Genç [66] tarafından önerilen istif. (Coşkun'un [65] çalışmasından renklendirilerek alınmıştır)

Whitney ve Dilek [16] Hırkadağ'da yaptıkları çalışmada Seymen [67, 68] gibi bölgedeki metamorfizmanın 2 aşamalı olduğunu söylemişlerdir. Orta basınç–yüksek sıcaklık koşullarında (7 kb, 670-710 ˚C) gerçekleşen metamorfizmayı düşük basınç–yüksek sıcaklık (3 kb, > 650 ˚C) koşullarında bir metamorfizma takip etmiştir. Düşük basınç–yüksek sıcaklık koşullarındaki metamorfizmanın kaynağı olarak, çarpışma sonrası gerçekleşen magmatizmayı göstermişlerdir.

Seymen [69] metamorfik birimlerin Mesozoyik öncesinde oluştuğunu söylemiştir. Bu görüşe benzer şekilde Genç [66] uyumsuzluk düzlemiyle ayırdığı metamorfiklerde uyumsuzluğun altında kalan birimler için Silüriyen-Devoniyen, üstünde kalan birimler içinse Karbonifer- Permiyen yaşlarını önermiştir (Şekil 3.2.).

Orta Anadolu Masifi'nin genelleştirilmiş istifinde metamorfik birimleri tektonik bir dokanakla üzerleyen Ankara Melanjı ve Yazıdüzü Ultramafiti bulunmaktadır. Ancak çalışma bölgesi çevresinde bu birimler gözlenmemektedir.

Metamorfik birimler faklı kimyasal bileşimde plütonik kayaçlar tarafından kesilmektedir. Birçok araştırmaya konu olmuş bu plütonik kayaçlarda 54-110 my arasında değişen radyometrik yaş verileri bulunmaktadır. Delibaş'ın derlediği bu çalışmalar ve kendi çalışması sonucunda elde ettiği veriler [70] Çizelge 3.1.'dedir.

Orta Anadolu Masifi'nin genelleştirilmiş istifinde plütonik birimlerin üzerinde Tersiyer yaşlı tortul birimler bulunmaktadır. Köksal ve Göncüoğlu [55] İdişdağı ve Avanos bölgesinde yaptığı çalışmalarda bölgedeki tortul birimleri alttan üste Yeşilöz Formasyonu, Mucur Formasyonu ve Kızılırmak Grubu olarak sıralamışlardır. İstifin tabanını oluşturan Yeşilöz Formasyonu karasal ve gölsel çökellerden oluşmaktadır. Mucur Formasyonu, Yeşilöz Formasyonu'nu transgresif olarak açısal uyumsuzlukla örtmektedir. Formasyon sığ denizel konglomera, resifal kireçtaşları, filiş ve sığ denizel-gölsel kireçtaşlarından oluşmaktadır [56]; [55]'den. Köksal ve Göncüoğlu [55] Mucur Formasyonu'nun Atabey ve diğ. [57] 'in Altınpınar Formasyonu olarak tanımladığı birimin eşdeğeri olduğu söylemiştir. İstifin en üzerinde bulunan Kızılırmak Grubu da açısal uyumsuzluklar yerleşmiştir ve grup kırıntılı ve volkanoklastik birimlerden oluşmaktadır.

Çizelge 3.1. Delibaş'ın [70] derlemesine göre Orta Anadolu Masifi'nin plutonlarında yapılan yaş çalışmaları.

İntrüzyon	**Yöntem**	**Yaş (My)**	**Yazar**
Baranadağ Kuvars Monzoniti	Toplam Pb (zirkon)	54	[62]
Cefakalıdağ Granitoidi	Rb/Sr (tüm kayaç)	71±1	[63]
Üçkapılı Granitoidi	Rb/Sr (tüm kayaç)	95±11	[64]
Üçkapılı Granitoidi	Rb-Sr (mineral)	77,8±1,2	[64]
Üçkapılı Granitoidi	K-Ar (mineral)	78-75	[64]
Ağaçören Granitoidi	Rb/Sr (tüm kayaç)	110±14	[71]
Terlemez Kuvars Monzoniti	K-Ar (mineral)	81-67	[72]
Behrekdağ Plütonu	K-Ar (mineral)	81,2-68	[73]
Behrekdağ Graniti	K-Ar (mineral)	79±1,7	[74]
Cefalıkdağ Kuvars Monzoniti	K-Ar (mineral)	66,6±1,1	[74]
Baranadağ Monzoniti	K-Ar (mineral)	76,4±1,3	[74]
Baranadağ Kuvars Monzoniti	U-Pb(mineral)	74,0±2,8	[75]
Çamsarı Kuvars Siyeniti	U-Pb(mineral)	74,1±0,7	[75]
Granit Üsttakımı (Ağaçören, Çelebi, Böhrekdağ, Sulakyurt, Hacılı, Kerkenez, Akdağmadeni, Karakeban)	Ar-Ar (mineral)	77,7±0,3	[76]
Monzonit Üsttakımı (Terlemez, Saraycık, Cefalık, Baranadağ, Akçekent, Cankılı, Murmano)	Ar-Ar (mineral)	70,0±1,0	[76]
Siyenit Üsttakımı (İdişdağı, Devedamı, Hayriye, Bayındır, Buzlukdağ, Akçekent, Ömerli)	Ar-Ar (mineral)	69,8±0,3	[76]
Karacaali Magmatik Kompleksi (porfirik kuvars monzonit)	U-Pb (zirkon)	73,1±2,2	[70]

Bölgenin en genç birimleri ise Orta Anadolu Volkanik Provensi'ne ait bazalt, andezit, dasit ve piroklastiklerden oluşan volkanik kayaçlardır [77, 78] . Provensdeki önemli stratovolkanlardan Erciyes Dağı [79] çalışma alanına yaklaşık 50 km uzaklıktadır.

3.2. Çalışma Alanı Çevresinde Maden Yataklarına Yönelik Yapılan Çalışmalar

Genç ve diğ. [80] Pöhrenk (Çiçekdağı–Kırşehir) florit yatağında yapılan çalışmalarda yatağın yapısal, dokusal ve temel jeolojik özellikleri incelenmiş sıvı kapanımı, hidrojen, karbon ve oksijen izotopu çalışmaları yapmıştır. Bu çalışmalar sonucunda cevherleşmeyi oluşturan çözeltinin sıcaklığını 58-154 °C, tuzluluk oranın ise kütlece %14–21 olarak belirlenmiştir. Karbonatlı minerallerin ve floritlerin sıvı kapanımlarında yapılan hidrojen ve oksijen izotop analizleri sonucunda, florit oluşumuna paleokarst ortamındaki sirkülasyona uğrayan formasyon suyunun sebep olduğu söylenmiştir.

Genç ve Türkmen [8] Savcılıebeyit, Karaabalı ve Fakılı bölgelerinde (Kırşehir) bulunan altınlı kuvars damarları üzerinde çalışmalarda bulunmuşlardır. Bu çalışmalar sonucunda bölgedeki metamorfik birimlerin yükselmesi sırasında meydana gelen metamorfik ve meteorik kökenli hidrotermal çözelti hareketlerinin cevherleşmeye sebep olduğunu söylemişlerdir.

Genç ve diğ. [7] Çayağzı–Terziali bölgesindeki metamorfikler üzerinde yaptıkları çalışmalarda Mermerden oluşan Bozçaldağ Formasyonu ile mermer arabantlı mikaşistlerden oluşan Kalkanlıdağ Formasyonu arasında bulunan uyumsuzluk düzleminin silisleşmiş mermerlerle karakterize olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışmada silisleşmiş mermerlerde 1 ppm'e kadar, mermerlerin üzerinde bulunan şistlerin paleo-yüzeysel bozunmalarına bağlı olarak 4 ppm'e kadar altın değerleri elde etmişlerdir.

Delibaş ve Genç [81] Terziali-Çayağzı bölgesinde metajasperoidler ve silisleşmiş şistlerde yaptıkları sıvı kapanımı çalışmalarında metajasperoidlerde 319°C ve 420°C arasında ve 485°C'den daha yüksek homojenleşme sıcaklıkları ve %2,2 ve %14,8 arasında değişen tuzluluk eşdeğerleri (%NaCl) ölçmüşlerdir. Silisleşmiş şistlerde ise 154°C ve 390°C arasında ve 421°C'den daha yüksek homojenleşme sıcaklıkları ve %3.3-%4.5 arasında değişen tuzluluk eşdeğerleri (%NaCl) ölçmüşlerdir. Bu verilerin jeoljik ve petrografik gözlemleriyle uyumlu olduğunu belirten araştırmacılar metajasperoid ve silisleşmiş siştlerdeki sıvı kapanımlarının kökeninin farklı olduğunu ortaya koymuşlardır.

Turan ve Genç [10, 82] Akçataş Graniti'nde (Nevşehir- Hacıbektaş) gözlenen altın, uranyum ve antimuan cevherleşmelerini incelemişlerdir. Sıvı kapanımı çalışmaları sonucunda kuvars ve barit kristallerinden elde edilen 88-352 °C aralığındaki homojenleşme sıcaklıkları ve % 3,4-5,7 aralığında değişen tuzluluk değerleri elde etmişlerdir. Buna ek olarak gerçekleşen mineralojik-petrografik incelemeler sonucunda bölgedeki damar tipi cevherleşmenin düşük sülfürlü epitermal bir sistemin ürünü olduğunu ve bölgenin güneyinden geçen Salanda Fayı'nın yapısal kontrolünde gerçekleştiğini söylemişlerdir.

Sapancı ve diğ. [83] Terziali bölgesindeki altın cevherleşmesini metamorfik birimlerin içinde bulunan Demirli bindirme zonuna bağlı olarak geliştiğini söylemişlerdir. Araştırmacılara göre altın cevherleşmesi, değişik breş tipleriyle karakterize olan Demirli bindirme zonu içinde gerçekleşen hidrotermal faaliyet sonucunda oluşmuştur. Altın cevherleşmesi breşik şistler içinde ve tavan metamorfiklerini kesen damarlar şeklinde bulunurken, gümüş cevherleşmesi mermer kontağında bulunmaktadır.

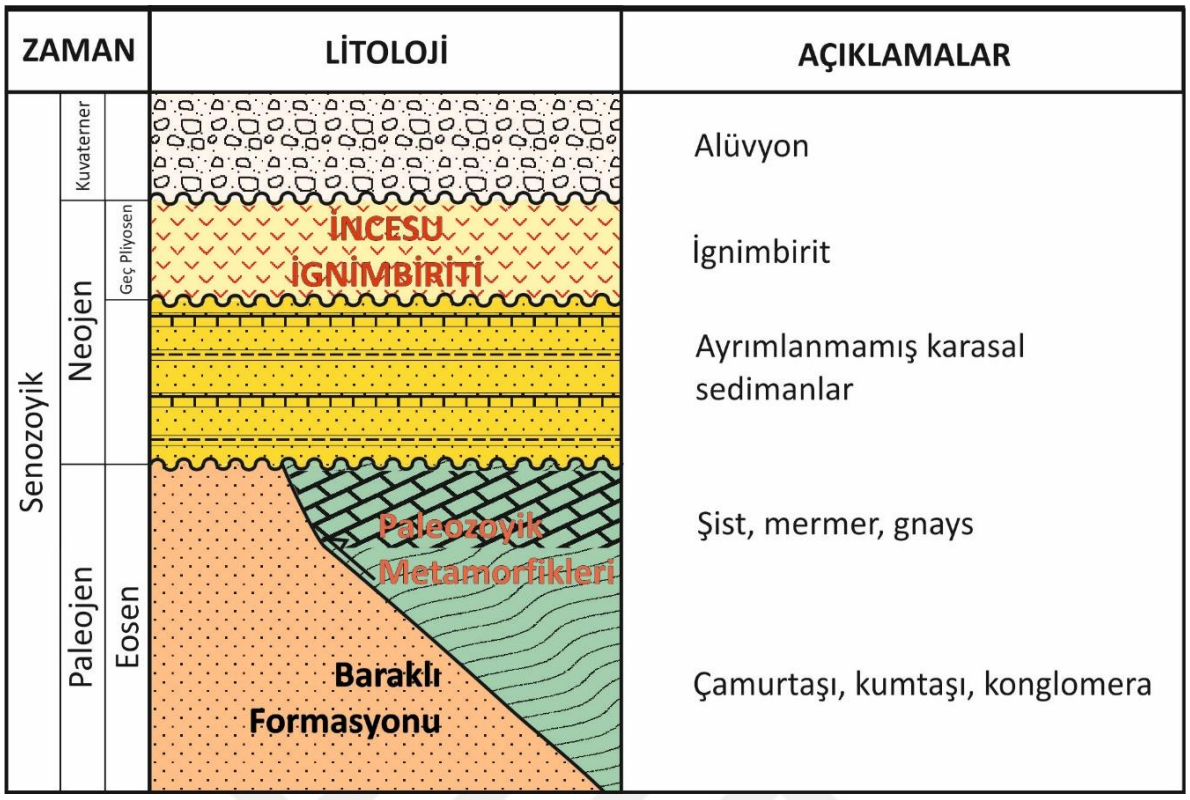
Aluç ve diğ. [84] Orta Anadolu Volkanik Provensi içinde bulunan ve 7 ayrı cevher zonundan oluşan Öksüt (Develi, Kayseri) altın cevherleşmesinin yüksek sülfürlü epitermal bir sistemin ürünü olduğunu söylemişlerdir. Develidağ Volkanik Kompleksi'ne ait hornblendçe zengin bazaltik andezit cevherleşmenin yankayacıdır. Cevherleşme piroksence zengin bazaltik andezit tarafından örtülmektedir. Araştırmacılar örtü birimlerinde CA-ID-TIMS VE LA-ICP-MS yöntemleriyle yaptığı U-Pb analizleri sonucunda 5,674±0,068 ile 5,700± 0,019 My yaşlarını elde etmişlerdir. Araştırmacılara göre cevherleşme KB-GD doğrultulu faylar tarafından kontrol edilip KD-GB doğrultulu faylar tarafından ötelenmektedir.

Cihan ve diğ. [11] Mahmat (Avanos-Nevşehir) bölgesindeki altın cevherleşmesinin Pre-Mesozoyik yaşlı rekristalize kireçtaşları içinde gelişen kırık hatlarına bağlı olduğunu söylemişlerdir. Ayrıca bu birimleri kesen altere ve cevherleşmeli subvolkanik kayaçlar da bulunmaktadır. Cevherleşmenin gözlendiği kırık hatları KD-GB doğrultuludur. Araştırmacılar bölgede bulunan diğer altın zuhurları, yatakları ve sıcak su çıkışlarını da oluşturan hidrotermal sistemin genç volkanizmayla alakalı olabileceğini öne sürmüşlerdir.

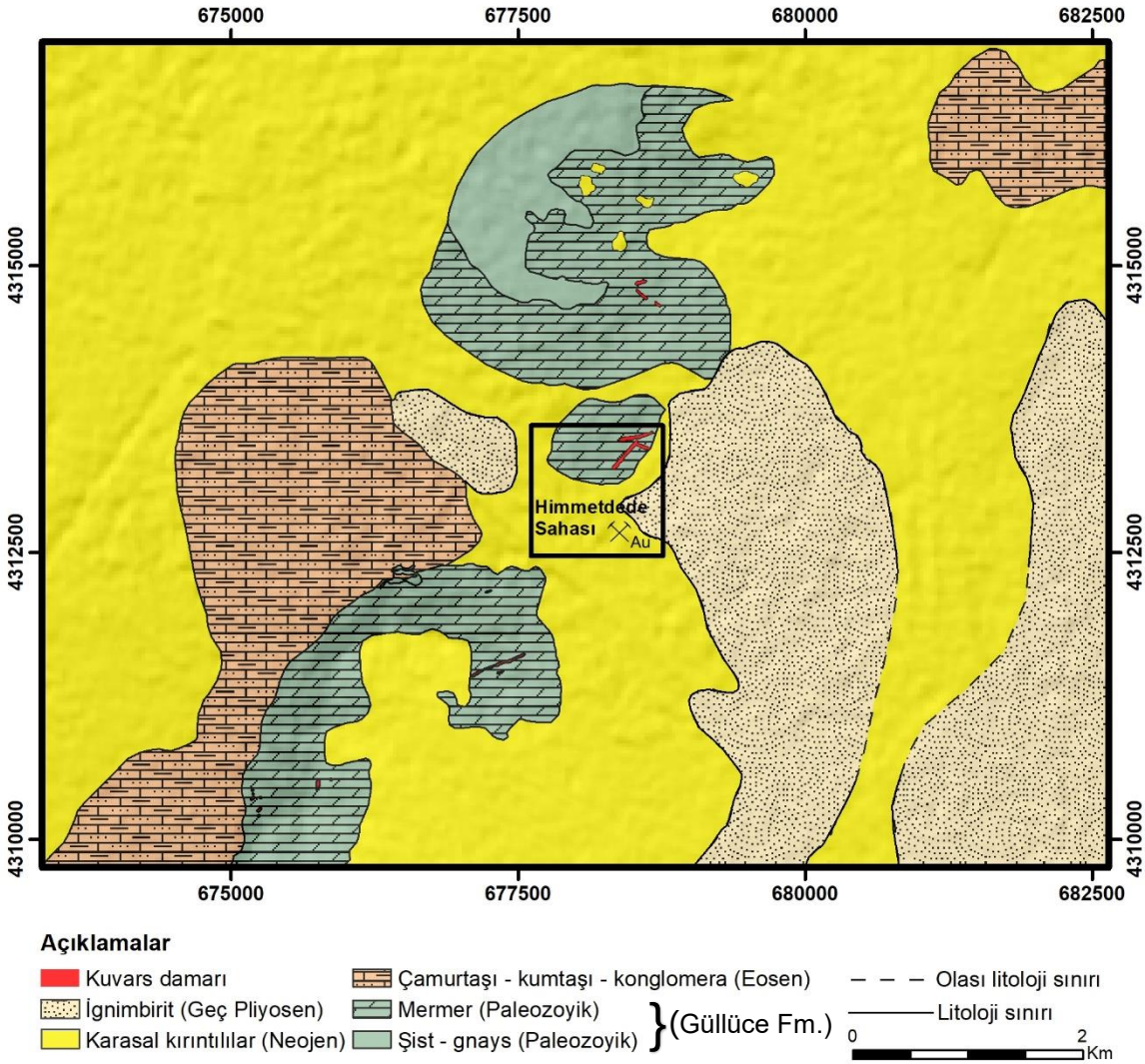
Coşanay ve diğ. [85] Orta Anadolu bölgesindeki florit yataklarında, (Yeniyapan, İsahocalı, Alişar, Pöhrenk, Akçakent-Kırşehir; Cankılı-Yozgat) florit örneklerinde nadir torak element analizleri, sıvı kapanımı çalışmaları, radyojenik izotop çalışmaları ve gang mineralleri üzerinde duraylı izotop çalışmaları yapmışlardır. Çalışmalar sonucunda renklere göre üçe ayırdıkları floritlerin (yeşil, mor ve sarı) toplam nadir toprak element (REE) ve itriyum (Y) içeriklerinde 24-693 pmm arasında değişen dağılımlar tespit etmişlerdir. Çalışmaya göre floritlerin hafif nadir toprak element (LREE) içerikleri benzer dağılım gösterirken, yeşil floritlerin orta ve ağır nadir toprak element (MREE, HREE) içeriklerinin yankayaçlardan ve diğer floritlerden daha yüksektir. Floritler üzerinde yapılan sıvı kapanımı analizlerinde 86-292 °C arasında değişen homojenleşme sıcaklıkları ve % 0-20 arasında değişen tuzluluk değerleri ölçülmüştür. Florit örneklerinin $^{87}Sr/^{86}Sr$ oranları yankayaçlar ile örtüştüğünü işaret eden yazarlar, $^{143}Nd/^{144}Nd$ oranlarına göre mor floritlerin daha az radyojenik, yeşil floritlerin ise daha radyojenik olduğunu söylemişlerdir.

3.3. Maden Yatağının ve Çevresinin Jeolojik Özellikleri

Himmetdede Altın Madeni çevresinde en yaşlı kayaçlar cevherleşmenin yankayacı olan metamorfiklerdir. Bölgesel ölçekte metamorfik birimlerin üzerine Eosen yaşlı sedimanter birimler bulunurken maden sahasındaki metamorfik birimler sedimanter birimleri tektonik olarak üzerlemektedir. Bu kayaçları Pliyosen yaşlı İncesu İgnimbiriti örtmektedir [86]; [87]'dan (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. Himmetdede Altın Madeni'nin ve yakın çevresindeki birimlerin istifi. Baraklı Formasyonu [88], İncesu İgnimbiriti [86]; [87]'dan.



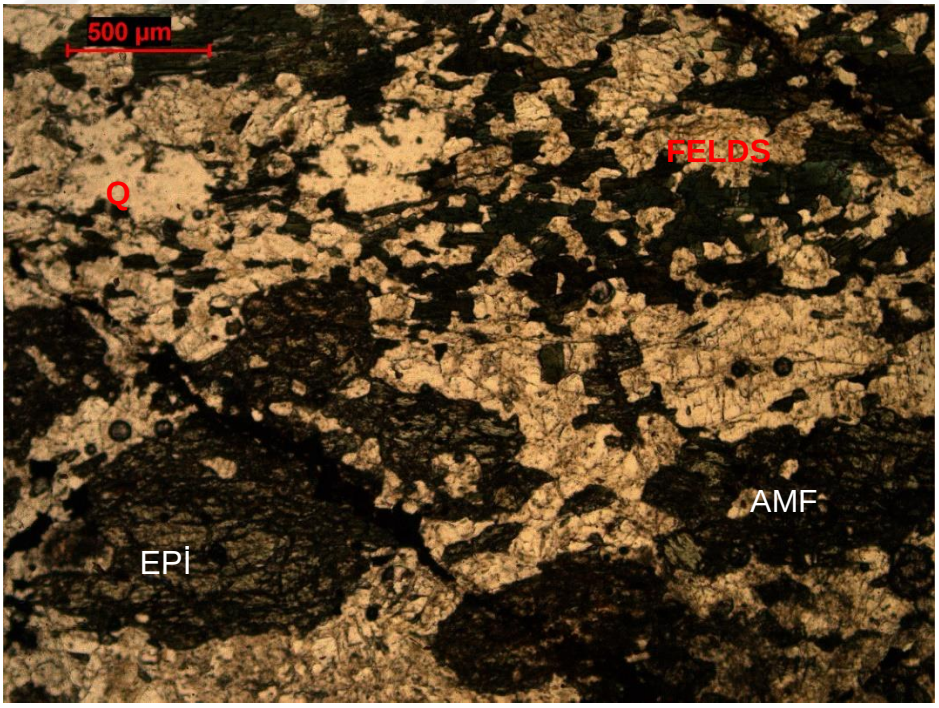
Şekil 3.4. Himmetdede Altın Madeni'nin yakın çevresinin jeoloji haritası (Koza Altın İşletmeleri A.Ş.'nin haritasından birimlerin renkleri, ignimbirit ile karasal kırıntılıların sınırları ve açıklamaların konumu değiştirilerek alınmıştır). Güllüce Formasyonu [66]

Çalışma alanında metamorfik birimlerin çok büyük bölümü götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) girişleri, silisleşme ve killeşmeye maruz kalmıştır. Bu sebeple petrografik tanımlama yapma imkanı sınırlıdır. Saha çevresindeki tanımlanan kayaçlar şist, gnays ve mermerdir. Log çalışmalarında karotların petrografik tanımlama yapılabilen bölümlerinde metamorfik birimlerin mermer arabantlı gnayslardan oluştuğu görülmüştür. Tüm bu veriler sonucunda bölgedeki metamorfik birimlerin Genç'in [66] ortaya koyduğu istife göre Güllüce Formasyonu'na dahil olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3.5. Bölgedeki metamorfiklerde gözlenen şist düzlemleri (solda) ve demir oksit girişlerine uğramış mermerler (sağda).

Gnayslardan alınan örnekten yapılan ince kesit incelemelerinde amfibol, kuvars, ortoklaz, plajiyoklaz ve epidot mineralleri tespit edilmiştir (Şekil 3.6.). Kayaç "amfilbol gnays" olarak tanımlanmıştır.



Şekil 3.6. Himmetdede Sahası'nda bulunan amfibol gnays olarak tanımlanan kayacın mineral parajenezini gösteren incekesit görüntüsü (1. nikol). Q: Kuvars, EPİ: Epidot, FELDS: Feldispat, AMF:Amfibol

Bölgedeki sedimanter birimler maden sahasının yakın çevresinde yüzlek vermemesine karşın sondajlarda metamorfik birimlerin altında bulunmaktadır. Sondajlarda gözlenen klastik birimlerde hakim litoloji konglomeradır. Dönmez ve diğ. [87] bölgedeki sedimanter birimleri (Şekil 3.7.), Kara [88] tarafından tanımlanan Baraklı Formasyonu'na dahil etmiştir. Bu formasyonun Göncüoğlu [89] tarafından tanımlanan Mucur Formasyonu'nun ve Atabey ve diğ. [90] tarafından tanımlanan Altınpınar Formasyonu'nun eşleniği olduğu düşünülmektedir. Baraklı Formasyonu magmatik, metamorfik kayaç parçaları içeren karasal çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşlarından oluşan alüvyal yelpaze çökelleri ile temsil edilir.



Şekil 3.7. Baraklı Formasyonu'na ait konglomeralar karot görüntüsü HDD 17 sondajı 238-240,8 m derinlik.

Maden sahasının doğu kısmında gözlenen İncesu İgnimbiriti Himmetdede, İncesu, Erkilet ve Erciyes Dağı'nın doğusuna kadar geniş yayılım gösterir [87]. Bölgedeki ignimbiritler Şen ve diğ., tarafından Valibaba Tepe İgnimbiriti'ne dahil edilmiştir [91]. Aydar ve diğ., [78] Orta Anadolu Volkanik Provensi için yapılan yaş çalışmalarını derlemiş ve kendi yaş verilerini eklemişlerdir. Bu çalışmada derlenen ve çalışma sonucunda elde edilen verilerden bazıları Çizelge 3.2.'deki verilmiştir.

Çizelge 3.2. Valibaba Tepe İgnimbiriti için yapılan yaş çalışmaları. Veriler ve referanslar Aydar ve diğ.'den [78] alınmıştır.

Yazar		İnnocenti ve diğ. [92]	Schumacher ve Schumacher [93]	Le Pennec ve diğ. [94]	Aydar ve diğ. [78]
Yaş (My)		Valibabatepe 2,8±0,1 2,7±0,1 3,0±0,1	Valibabatepe-Sofular 1,1±0,1 İncesu 2,8±0,1	Valibabatepe 2,6-3,0	2,52±0,49
Yöntem		K/Ar	K/Ar		Ar/Ar

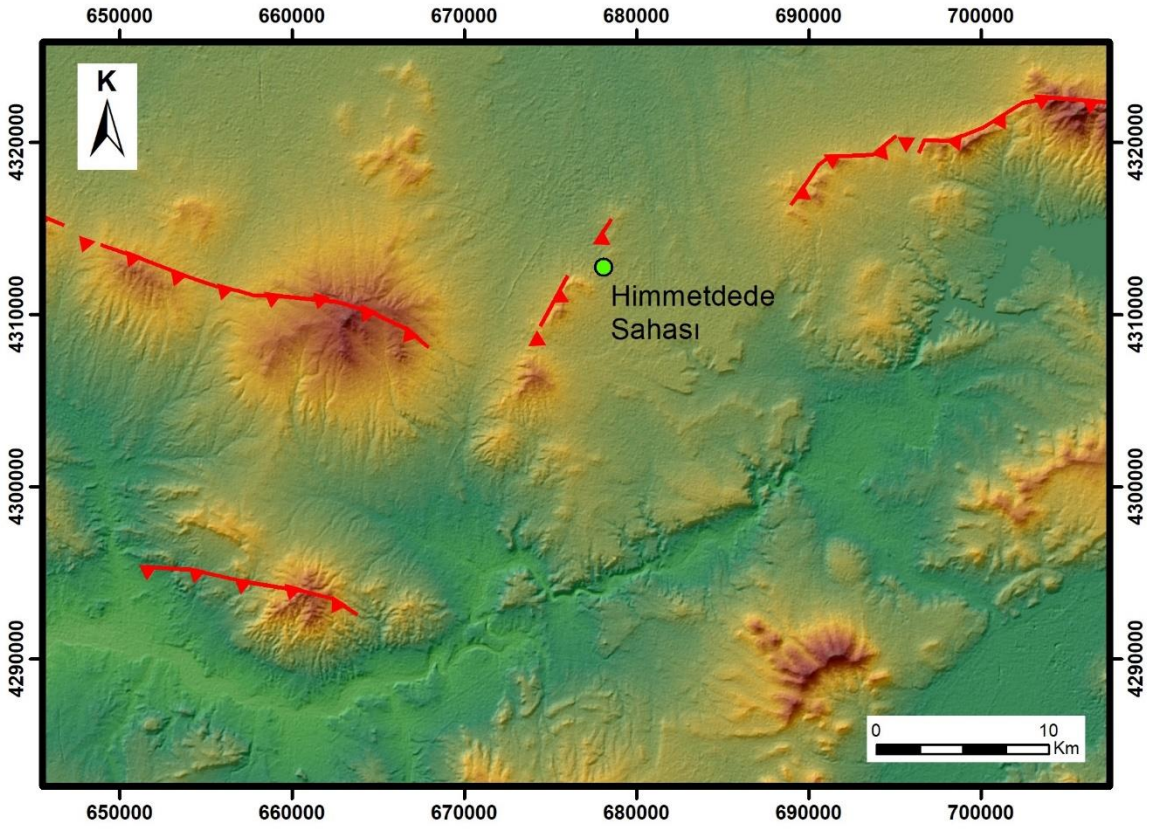
3.4. Bölgenin Tektonik Özellikleri

Himmetdede cevherleşmesinin yankayacı olan Paleozoyik yaşlı metamorfik birimler tektonik dokanakla Eosen yaşlı birimleri üzerlemektedir. Altın madeninde bu ilişki sadece sondaj karotlarında gözlenebilmektedir. Bu sebeple Orta Anadolu Masifi'nin temelini oluşturan bu kayaçların mevcut konumunu açıklayabilecek çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmaların başlıcaları şunlardır:

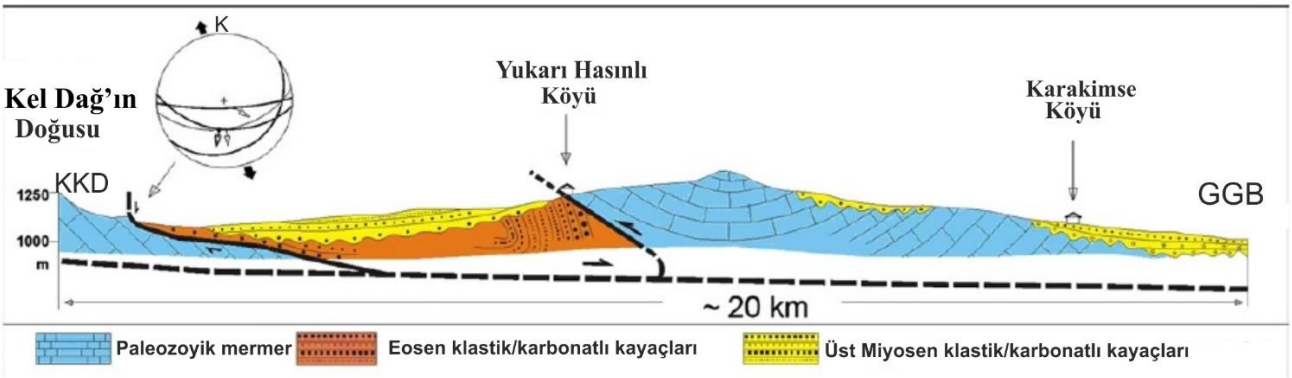
Toprak [95] yaklaşık KB-GD doğrultusunda, Keskiköprü'den (Kırşehir) Avanos'a (Nevşehir) kadar uzanan fay zonunu Kızılırmak Fay Zonu olarak tanımlamıştır. Kızılırmak Fay Zonu Salanda, İdişdağı, Yüksekli ve Tuzköy Fayları'ndan oluşmaktadır. Fay zonunun ana fayı olarak kabul edilen Salanda Fayı Himmetdede Altın Madeni'nin yaklaşık 40 km güneyinden geçmektedir. Salanda Fayı KD-GB doğrultulu açılma rejiminin ürünü olan bir normal faydır. Salanda Fayı'nın kuzey bloğu yükselirken güney bloğu düşmektedir. Salanda Fayı Kuvaterner döneminde de aktiftir [95].

Genç ve Yürür [96] Orta Anadolu'da (Konya-Yozgat arasında) yaptıkları incelemeler sonucunda bölgedeki kabuk deformasyonuna açılma rejiminin sebep olduğunu ve bölgedeki bindirmelerin ve kıvrımlanmaların, açılma hareketi sonucunda yükselen birimlerin kayma hareketine bağlı olarak oluştuğunu söylemişlerdir. Araştırmacılar

yaptıkları yapısal haritada Himmetdede Altın Madeni üzerinden geçen KKD-GGB doğrultulu bir bindirme fayının varlığına işaret etmişler (Şekil 3.8.) ve madenin yaklaşık 20 km doğusundan çizilen jeolojik kesitte gravite etkisiyle hareket eden metamorfik birimlerin Eosen yaşlı sedimanlara bindirdiğini göstermişlerdir (Şekil 3.9.).



Şekil 3.8. Himmetdede Altın Madeni çevresindeki fayların haritası. Fayların konumları Genç ve Yürür'den [96] alınmıştır.



Şekil 3.9. Himmetdede Altın Madeni'nin 20 km doğusunda, bölgedeki birimlerin tektonik ilişkisini gösteren KKD-GGB doğrultulu jeolojik kesit [96].

Advokaat ve diğ. [97] Himmetdede Altın Madeni'nin güneybatısında, Ayhan-Büyükkışla Havzası'nda (Nevşehir) yaptıkları çalışma sonucunda, Geç Kretase döneminde bölgede açılmalı bir tektonik rejimin hakim olduğunu Orta Eosen sonrasında (Lütesiyen) sıkışmalı bir rejimin hakim olduğunu söylemişlerdir.

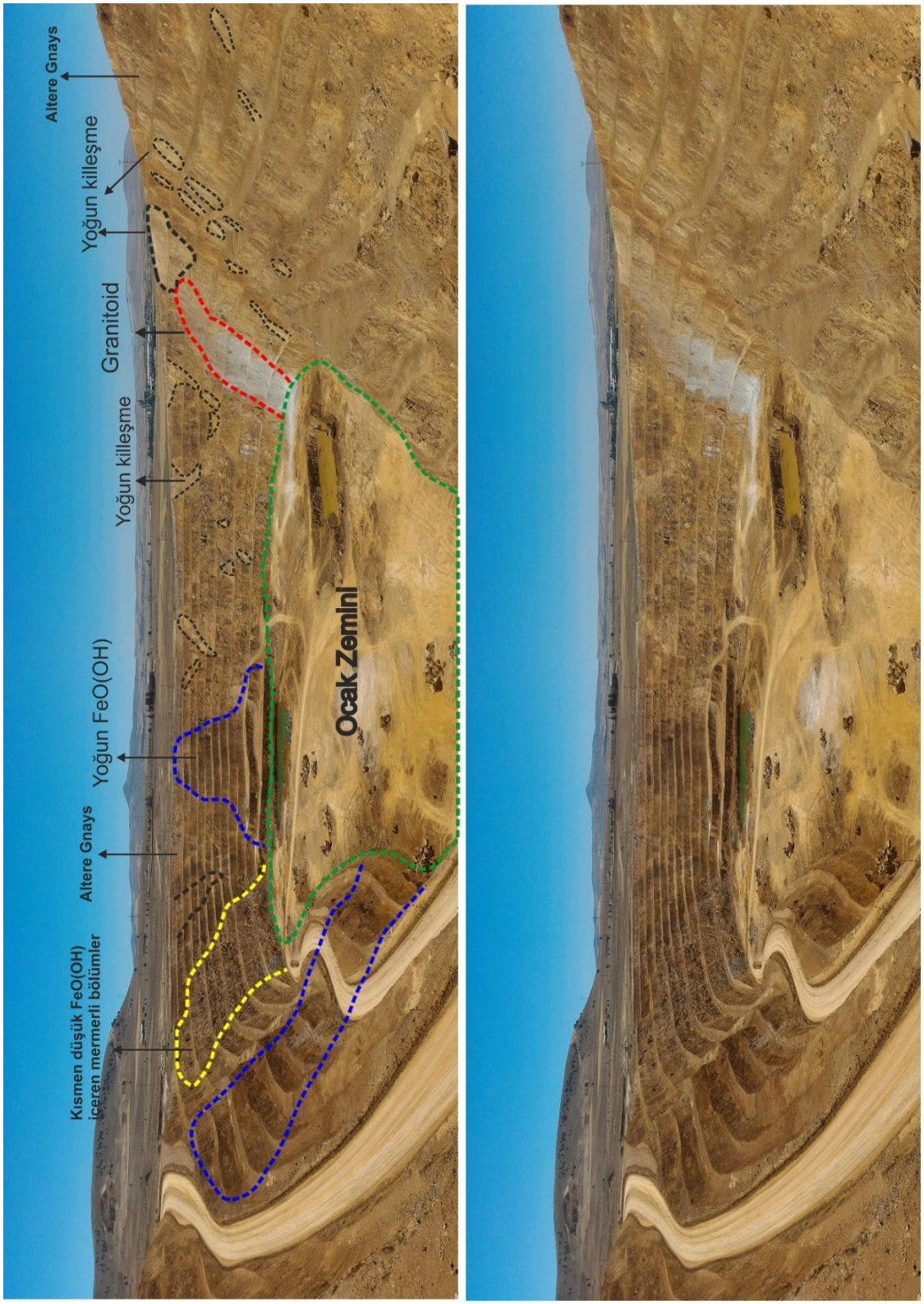
Tüm bu çalışmalar değerlendirildiğinde, bölgede Kretase'den itibaren bir açılma rejiminin olduğu görülmektedir [96]. Salanda Fayı'nın Kuvaterner'de de aktif olması bölgesel ölçekteki açılmalı rejimin devam ettiğinin göstergesidir. Bu sebeple lokal olarak gözlenen sıkışma ve kıvrımlanmaların gravite etkisi ile olması görüşü bölgenin genel tektonik özellikleriyle daha uyumludur.

3.5. Cevherleşme ve Alterasyon Özellikleri

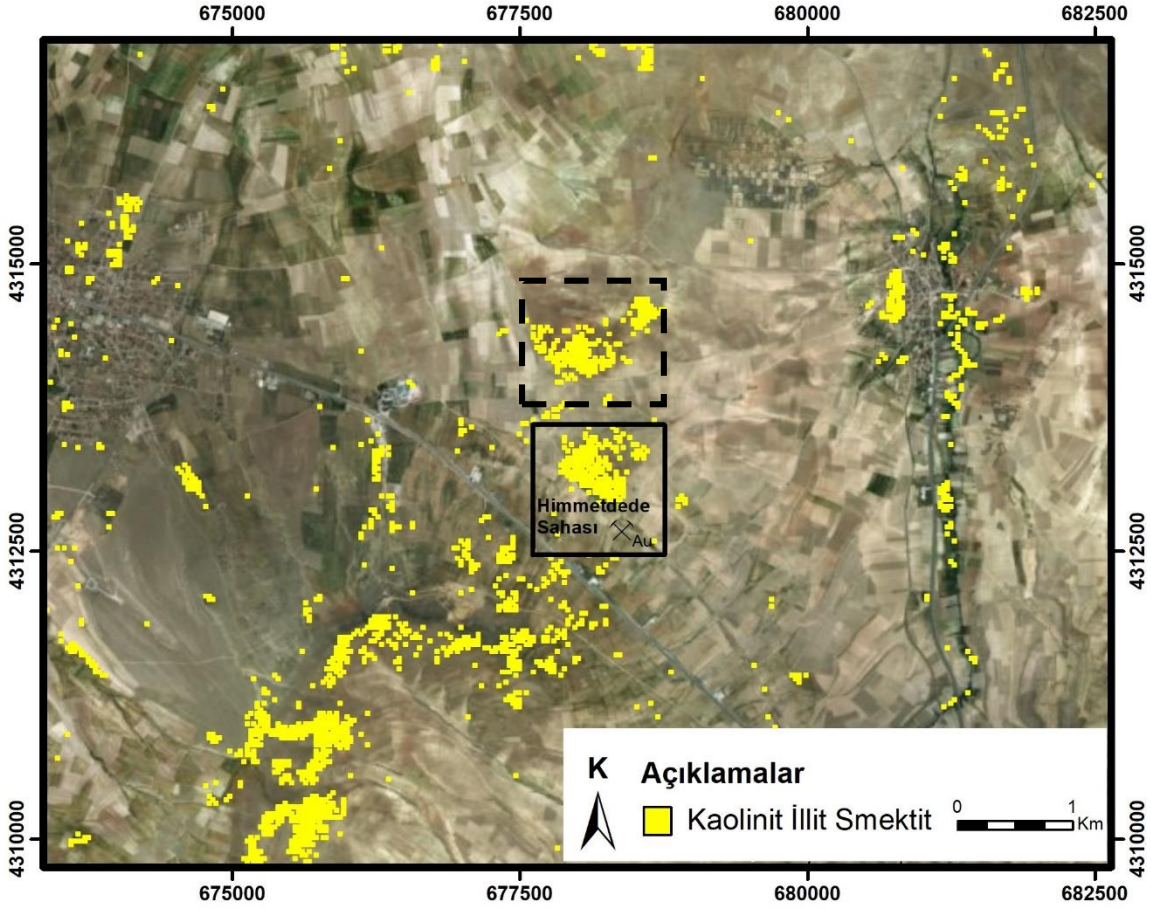
Himmetdede Altın Madeni Ankara-Kayseri Karayolu'nun kenarında mevcut haliyle tek bir açık ocak işletmesidir. Düzlüklerin çok geniş alanlar kapladığı bölgede metamorfik kütleler, bölge için önemli yükseltileri oluşturmaktadır. Himmetdede cevherleşmesinin yankayacı da bu metamorfik birimlerdir. Sahanın batı kısmında, metamorfikler içinde bir granitoyid kütlesi bulunmaktadır. Granitoyid yoğun olarak killeşmeye maruz kalmıştır. Örneği XRD analizinde %19 kuvars,%63 kil, %9 mika ve % 9 kalsit ve dolomit (?) içeriği tespit edilmiştir. Kil minerallerinin %85'den daha fazla oranda kaolinitten, % 15 oranında ise illitten oluştuğu görülmüştür (Ek-24). Granitoyidin konumu ile cevherin dağılımı veya alterasyon özelliklerinde değişim gibi bir ilişki gözlemlenmemiştir.

Cevher sahasının tamamı demir oksit rengiyle tipiktir. Bunun yanında özellikle üst seviyelerde çok baskın olan killeşme ve daha az oranda gözlenen silisleşme diğer alterasyon tipleridir. Üst kotlarda yoğun olarak gözlenen bu alterasyonun özelliklerinden yararlanılarak, alterasyonun yayılımı ve devamlılığını görmek amacıyla yatak ve çevresi için uzaktan algılama çalışmaları yapılmıştır. Şekil 3.11'de uzaktan algılama çalışmaların sonucunda elde edilen görüntüler bulunmaktadır. Bu görüntülerde kil minerallerine (kaolinit-illit-simektit) [26] yönelik yapılan bant oranları çalışmanın Himmetdede Altın Madeni ile uyumlu olduğu görülmektedir. Bunun dışında mevcut sahanın kuzeyinde bulunan alan (kesikli çizgi ile işaretlenmiştir) da, madenin ileride işletmeye açılacak olan kısmını göstermektedir (Şekil 3.11.a) . Elde edilen SiO_2 dağılımını gösteren bant oran görüntüsü [27] Himmetdede Altın Madeni ile çok fazla örtüşmemekle birlikte çok

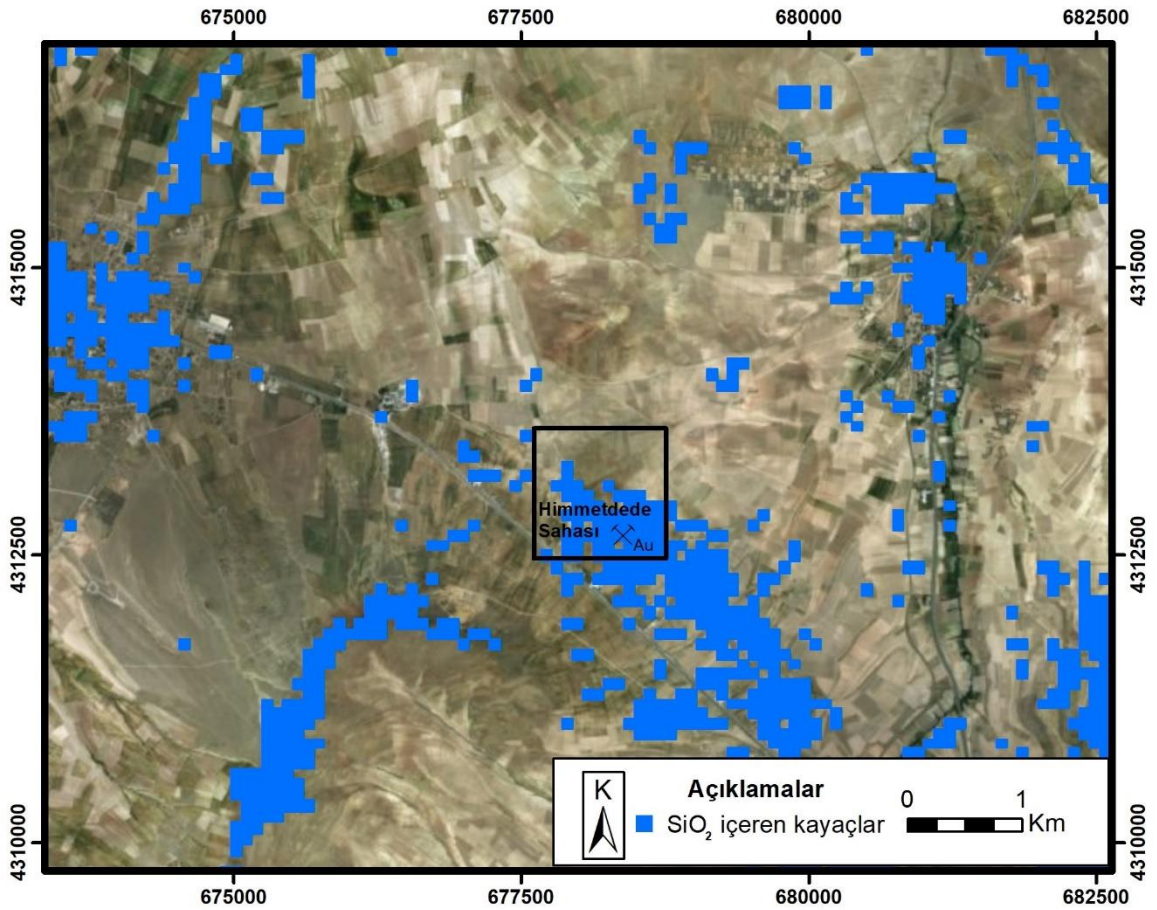
geniş alanlarda dağılım göstermektedir. Dolayısıyla SiO_2 içeriğini gösteren bant oranları görüntüsü saha için yeterince anlamlı sonuçlar göstermemektedir.



Şekil 3.10. Himmetdede Altın Madeni'nde gözlenen yoğun demir oksit oluşumu (güneybatıya bakış)

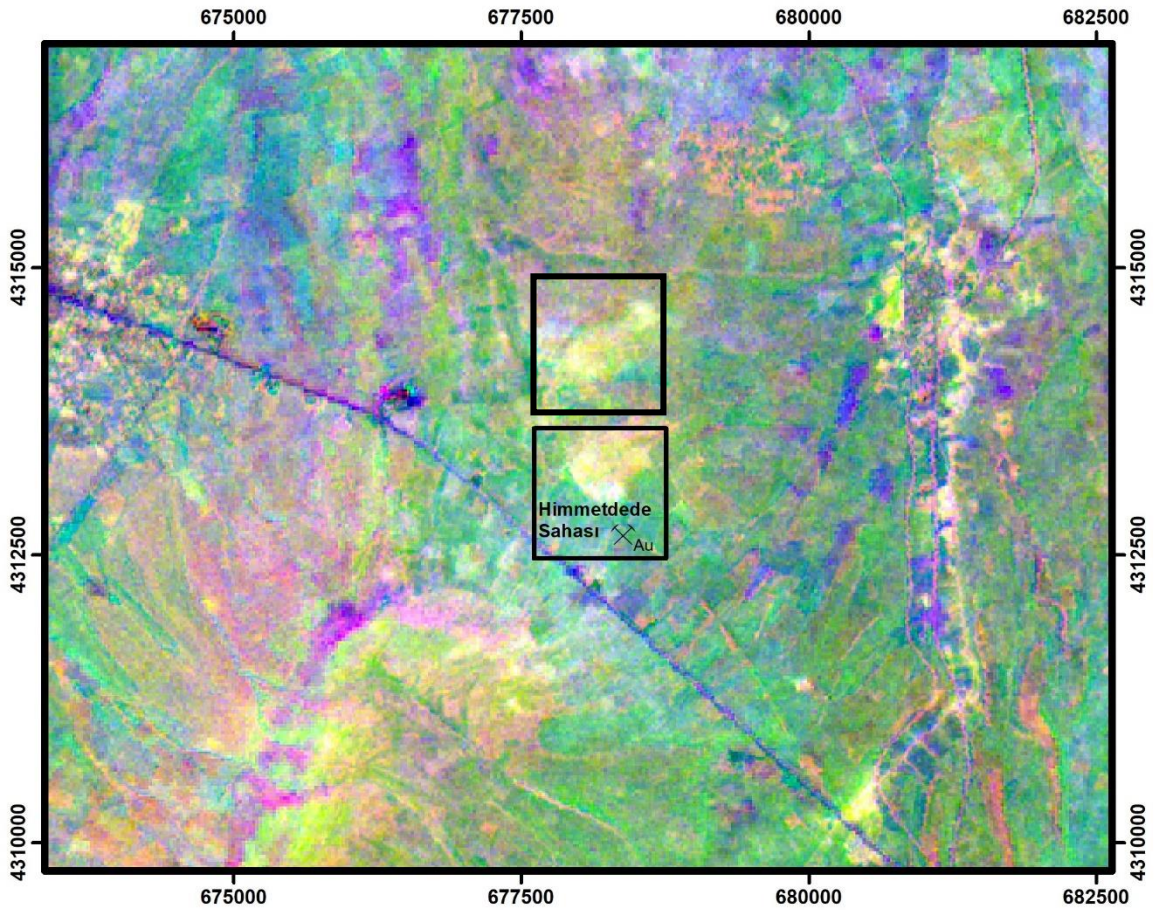


Şekil 3.11. Himmetdede Altın Madeni'ne ait ASTER L1B gündüz görüntüleri, VNIR (çok yakın kızılötesi, 520-860 nm), SWIR (kısa dalga kızılötesi, 1400-2430 nm) ve TIR (termal kızılötesi, 8125-11650 nm) bantlarının oran hesaplaması kullanarak elde edilen a) kaolinit, illit, simektit [26], b)SiO_2 içeren alanların yayılımları [27] .



Şekil 3.11.b.

ASTER bant oranları K:4/8, Y:4/2, M:8/9 [52] ile elde edilen görüntüde (Şekil 3.12..), beyazımsı alan Himmetdede Altın Madeni'nin şu anda işletilen kısmını ve ocağın genişlediğinde işletilecek bölümünü göstermektedir. Bu bölüm K:4/8 bant oranıyla elde edilen yansıma değerinin 3,496 ve üzerinde olduğu, Y:4/2 bant oranlarıyla elde edilen yansıma değerlerinin 0,276 ve üzeri olduğu, M:8/9 bant oranlarıyla elde edilen yansıma değerlerinin 1,098 ve üzeri olduğu alandır.



Şekil 3.12. ASTER bant oranları K:4/8, Y:4/2, M:8/9 [33] ile elde edilen görüntüde, Himmetdede Altın Madeni'nin bulunduğu alan beyazımsı renkle gösterilmiştir.

Maden sahasının üst kotlarındaki yoğun killeşme sebebiyle cevherleşmeyle ilgili yapılabilecek analiz ve çalışmalar sınırlıdır. Bu bölümden alınan 5 örnekte XRD ile tüm kayaç ve kil analizleri yapılmıştır. Bunlardan HDD Kil 1 örneği ekonomik cevher içeriğine sahiptir (Şekil 3.13.). Bu örneğin tüm kayaç analizinde %22 kuvars ve %78 kil içeriği tespit edilmiştir. Kil mineralleri %91 oranında kaolinitten, % 9 oranında ise simektitten oluşmaktadır. Killeşmenin yoğun olarak gözlendiği "HDD Kil" adıyla alınmış diğer örneklerde bir örnek hariç baskın (> %85) kil minerali kaolinittir. Bu genelleme dışında kalan tek örnek olan HDD Kil 2 örneği % 80 oranda simektit ve %20 oranında kaolinit içermektedir. HDD Kil 2 örneğinin alındığı bölüm ekonomik açında cevher içermemektedir. Sahaya ait XRD analizler grafikleri ekler bölümündedir (Ek-20,21,22,23,24). Sahanın üst kotlarındaki yoğun killeşme sebebiyle cevherli bölümlerin makro gözlemlerle ayırmak mümkün değildir. Sadece

Şekil 3.14.'deki gibi kuvars kristallerinin bulunduğu alanlarda altın değerleri yükseldiği bilinmektedir.



Şekil 3.13. Sahanın üst kotlarındaki yoğun killeşmeyi temsil eden, HDD Kil 1 örneğinin alındığı cevherli zona ait şevin ve yığının görüntüsü C: Cevher



Şekil 3.14. Himmetdede Altın Madeni'nde açık ocakta gözlenen ve altın değerlerinin kısmen yükseldiği kuvarsların genel görüntüsüne bir örnek.

Himmetdede Altın Madeni'ne ait cevher zonu oksit ve sülfit zonu olarak ikiye ayrılabilir. Oksit zonu açık ocakta gözlenen alterasyon türleri ve yoğun götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) içeriğiyle, sülfit zonu ise yer yer ağsal damarlar yer yer de saçınım halde gözlenen sülfit mineralleri ile karakteristiktir. Ekonomik olarak işletilen bölüm oksit zonudur. Oksit zonu ile sülfit zonu arasındaki ayrım sondaj karotları aracılığıyla yapılabilmektedir. Bu çalışma kapsamında cevherleşmenin genelini temsil eden bir sondajın tam logu (Şekil 3.15.) ve bu sondaj dışında 4 sondajın da sülfitli zonlarından örneklemesi yapılmıştır. Alınan sondaj karot örneklerinin altın içerikleri Çizelge 3.3.'de, yüzey örneklerinin altın içerikleri ise Çizelge 3.4.'de verilmiştir.

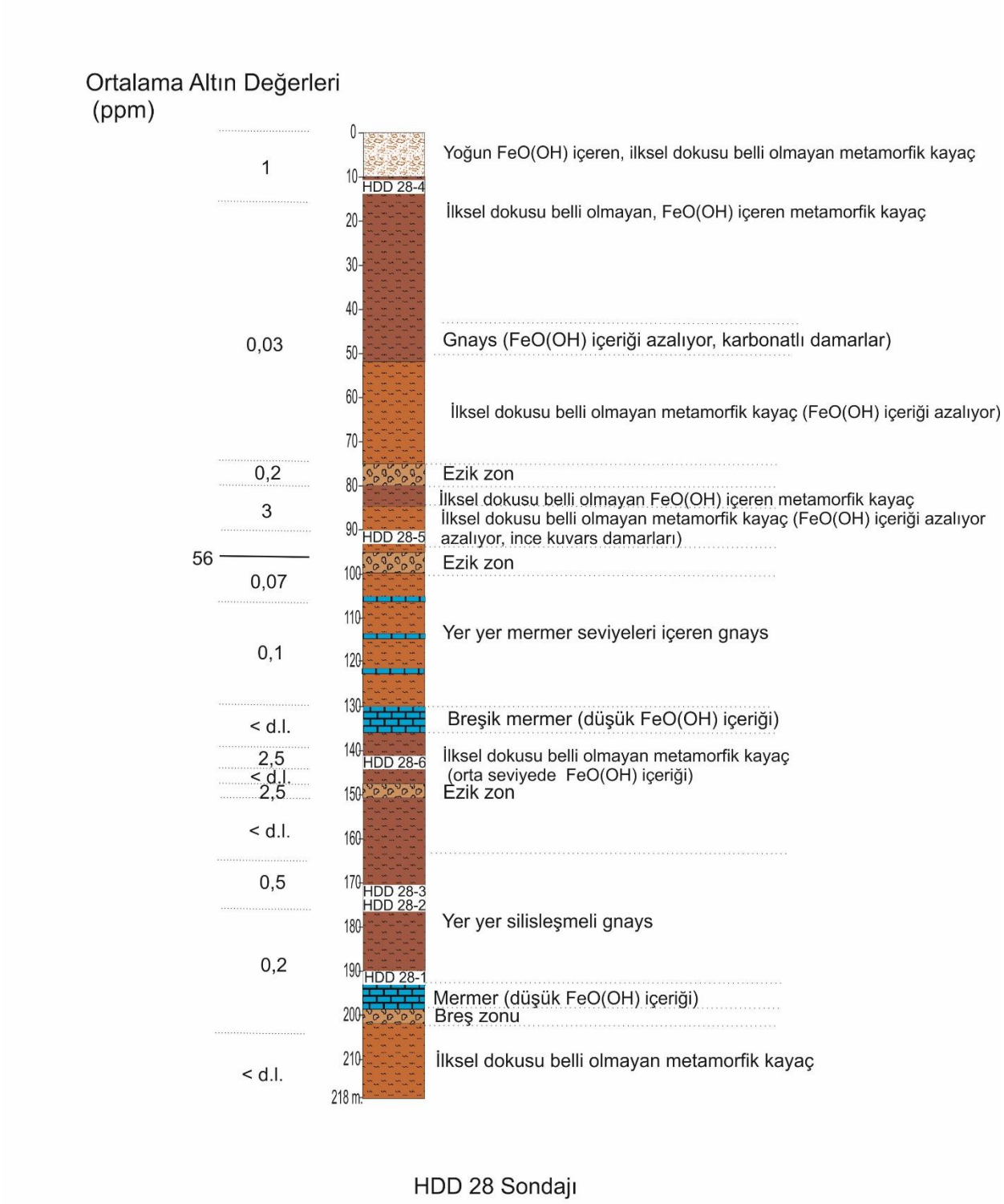
Çizelge 3.3. Sondaj örneklerinin derinlikleri ve Au içerikleri.

Örnek No	Derinlik(m)	Au İçeriği (ppm)
HDD 28-4	12,5-12,6	8,04
HDD 28-5	93,5-93,6	10,15
HDD 28-6	143,5-143,6	3,77
HDD 28-3	171,5-171,6	1,93
HDD 28-2	174,5-174,6	0,62
HDD 28-1	194-194,1	1,43
HDD 301-1	285,3-285,6	1,70
HDD 348-1	234,3-234,4	0,23
HDD 106-1	64,5-64,6	1,85
HDD 106-2	137,2-137,3	0,93
HDD 21-1	201-201,1	0,72

Çizelge 3.4. Yüzey örneklerinin Au içerikleri.

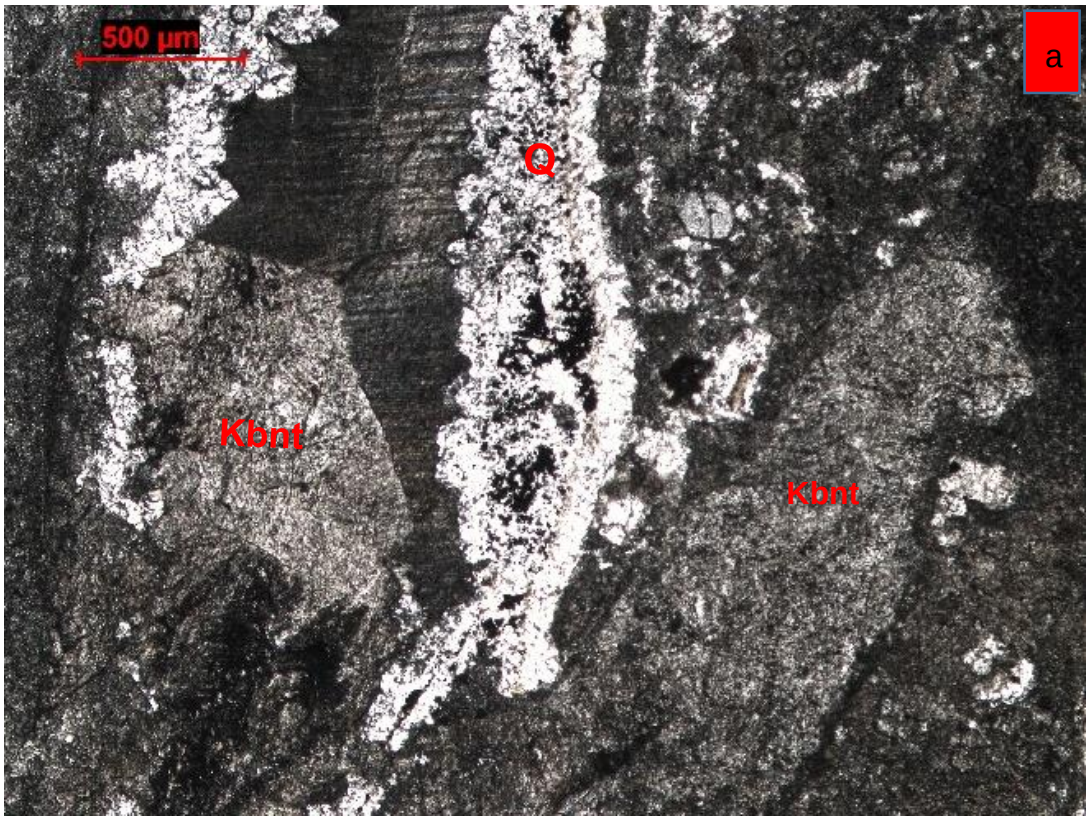
Örnek No	Au (ppm)	Örnek No	Au (ppm)
HDD 744	< d.l.	HDD 752	0,54
HDD 745	0,38	HDD 753	4,64
HDD 746	0,43	HDD 754	< d.l.
HDD 747	0,21	HDD 755	< d.l.
HDD 748	0,09	HDD 756	< d.l.
HDD 749	0,63	HDD 757	0,17
HDD 750	0,06	HDD 758	1,11
HDD 751	0,30	HDD 759	0,11

Sondaj karotlarında yapılan gözlemler altın değerleri ile demir oksit miktarının birlikte artıp azaldığına işaret etmektedir. Altın değerleri çok değişken olmakla birlikte, konsantrasyonunun yükseldiği bölümler genellikle ezilmiş, killeşmiş, ilksel özelliklerini kaybetmiştir ve yoğun götit-lepidokrotit (FeO(OH)) içeriği yüksek altın değerlerine eşlik etmektedir. Mermer arabantlı gnays olan yankayaçta, mermerlerde götit-lepidokrotit (FeO(OH)) oluşumunun ve buna paralel olarak altın zenginleşmesinin de daha az olduğu söylenebilir. Benzer durumlar açık ocaktaki mermerli bölümlerde de gözlenmiştir (Şekil 3.5.).

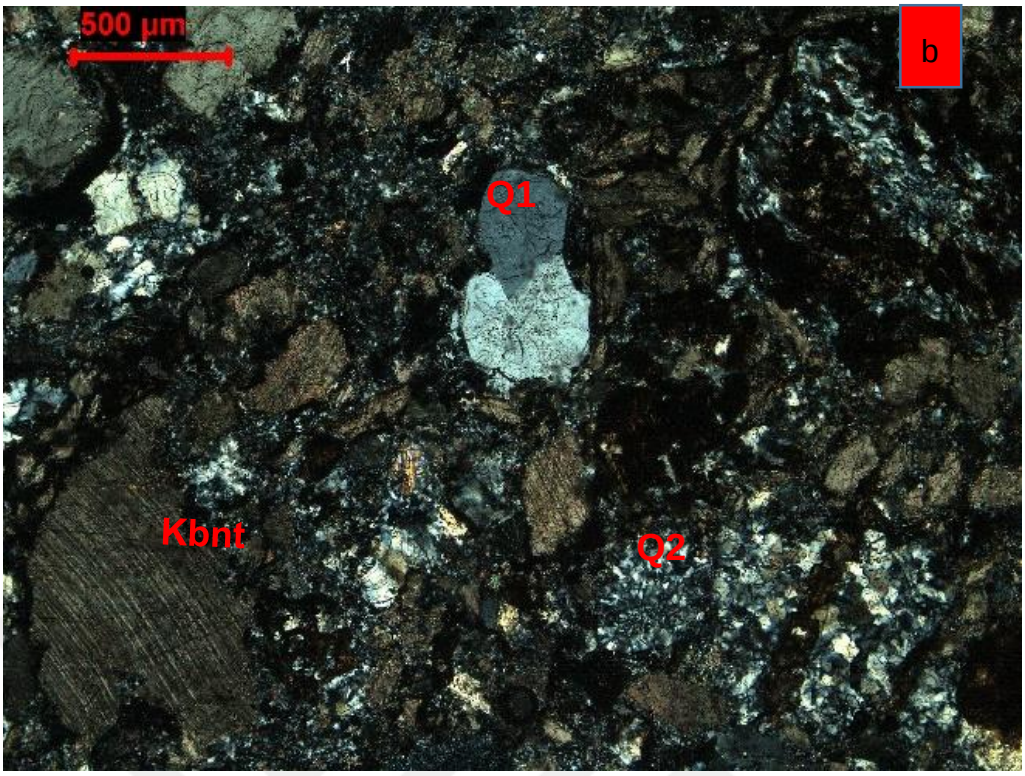


Şekil 3.15. Himmetdede Cevherleşmesi'nin genelini temsil eden HDD 28 sondajının logu, ortalama altın içerikleri ve litoloji-alterasyon özellikleri.

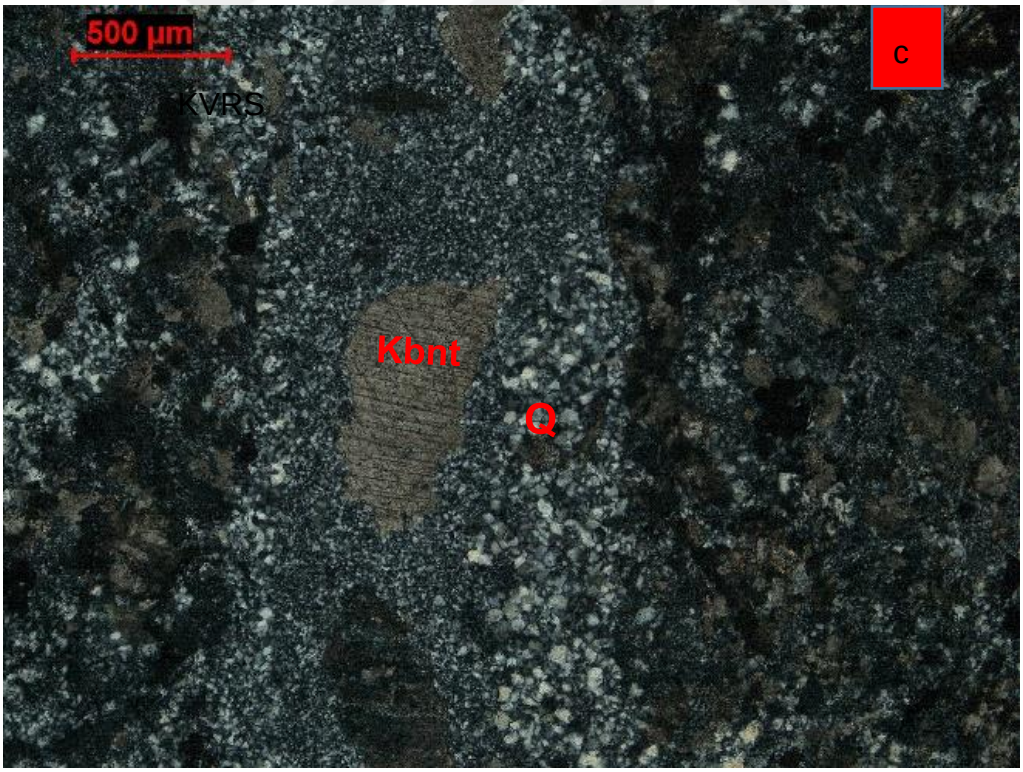
Himmetdede Altın Madeni'nden alınan yüzey ve karot örneklerinde yapılan mineralojik ve petrografik incelemelerde hem sülfit ve hem de oksit zonunda karbonat mineralleri arasında, silisleşmeye işaret eden mikro-kriptokristalin kuvarslar gözlenmiştir. Bunların dışında çok ince damarlar şeklinde de kuvars oluşumları vardır (Şekil 3.16). İncelemeler sonucunda silisleşmenin baskın altersyon türü olduğu görülmüştür. Her iki zonda silisleşme dışında ikincil karbonat damarları da bulunmaktadır.



Şekil 3.16. a) HDD 1 örneğinde mermerin kuvars damarınca kesilmesi (açık ocak 1. nikol) b) HDD 753 örneğinde muhtemel kalksilikatik gnaysa ait kuvars (Q1), karbonat mineralleri ve ikincil kuvarslar (Q2) (açık ocak, 2. nikol) c) Kuvars damarı içinde gözlenen karbonat minerali (HDD 28-2 örneği (karot) 2. nikol) Q:Kuvars, Kbnt: Karbonat

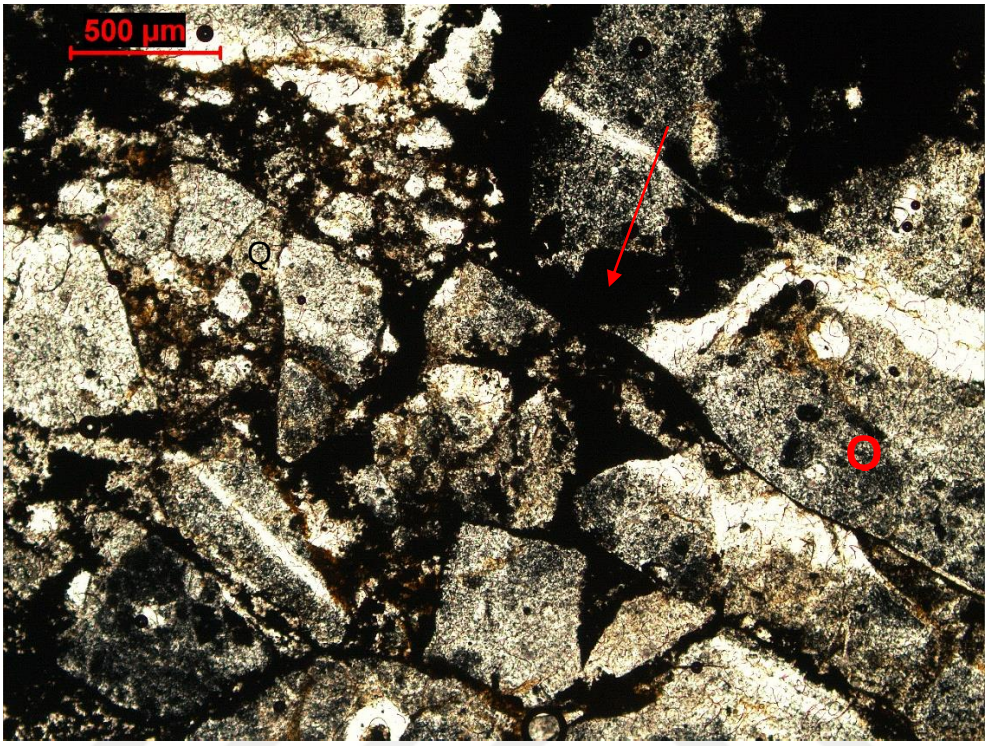


Şekil 3.16.b.



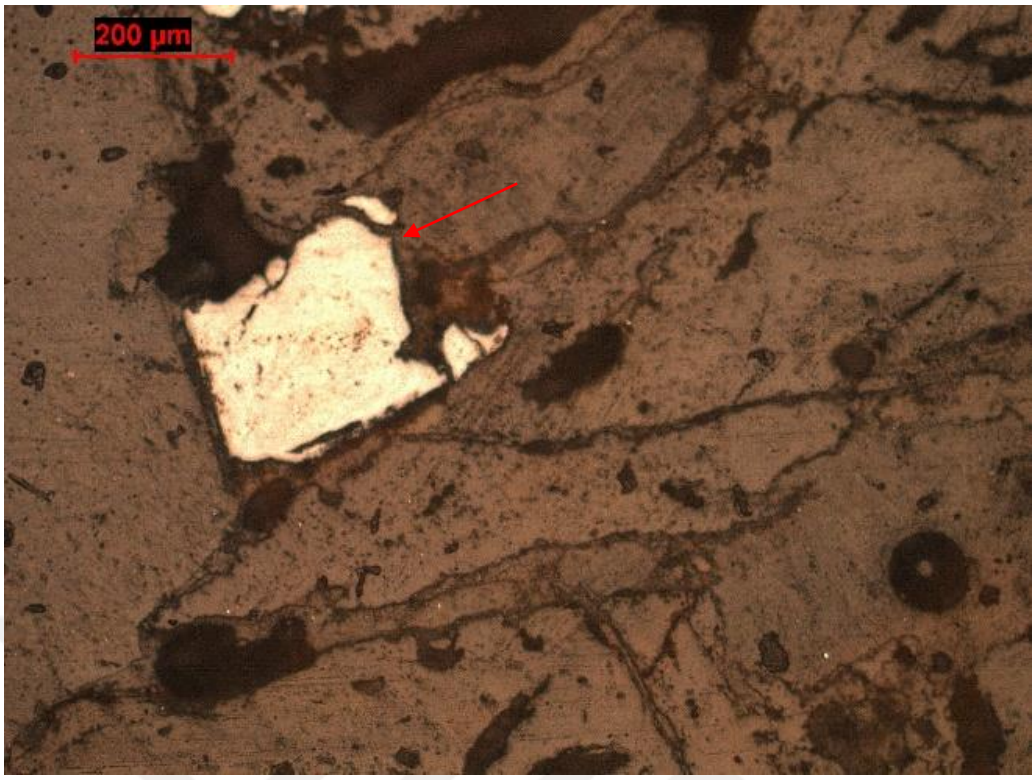
Şekil 3.16. c

Cevherleşmenin tamamında gözlenen silisleşme dışında açık ocak örneklerinde ve oksitli zondan alınan karot örneklerinde killeşme ve kayaca yoğun götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) girişi vardır (Şekil 3.17.).

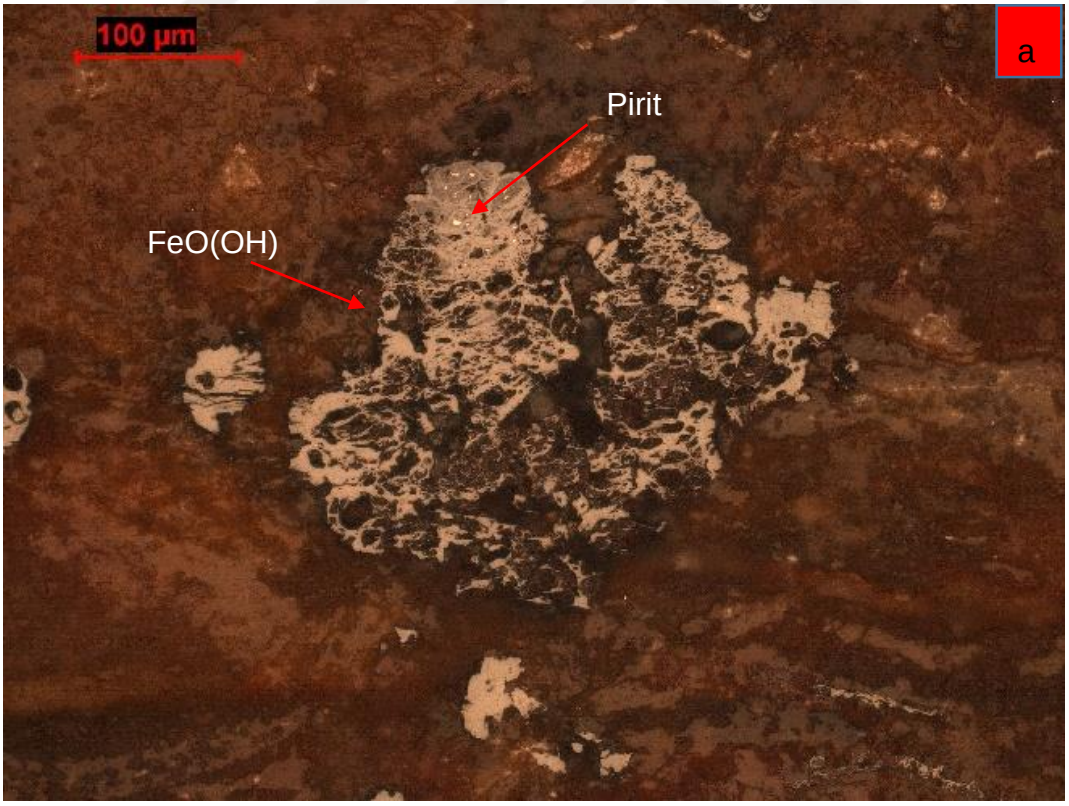


Şekil 3.17. Oksitli zonda gözlenen demir oksit (minerallerin arasında dolgu şeklinde bulunan opak mineraller) oluşumları (HDD 28-6 (karot) 1. nikol) Q: Kuvars

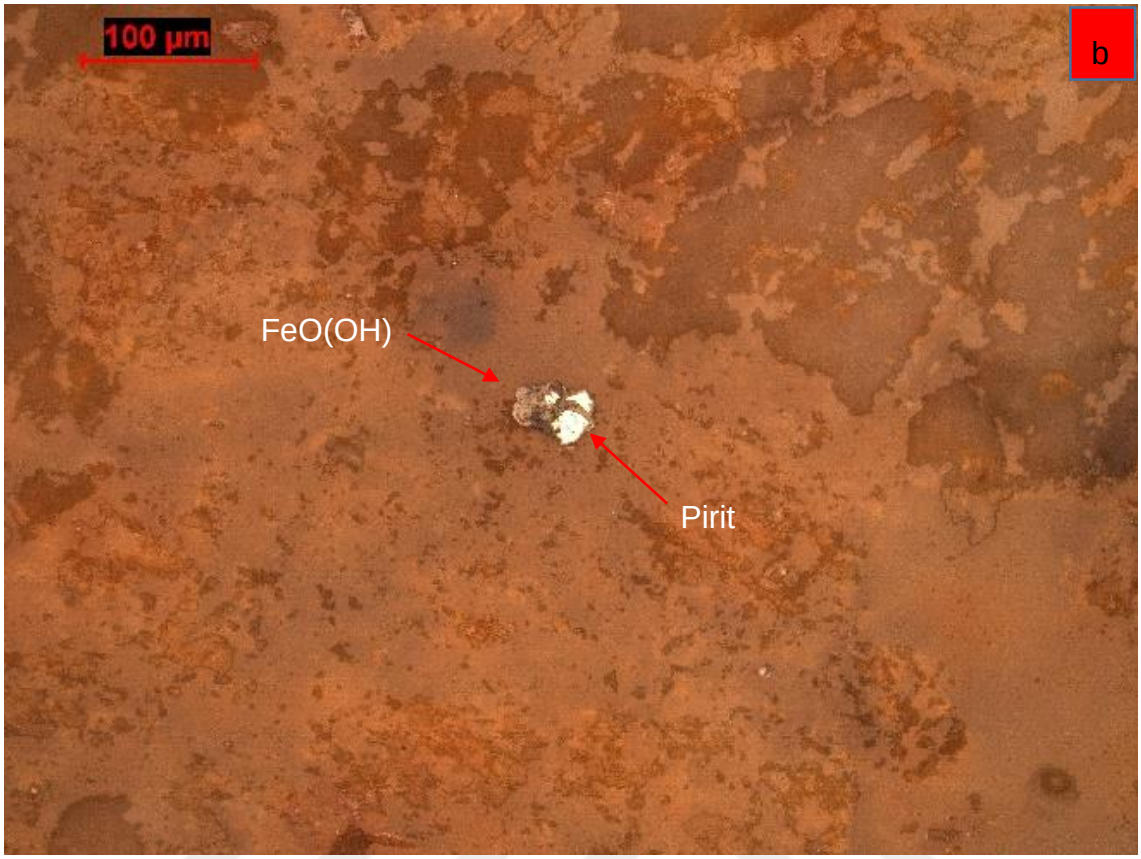
Oksit zonuna ait örneklerin cevher mikroskobisi incelemelerinde tanımlanan mineraller götit ± lepidokrokit (FeO(OH)), pirit (FeS_2) ve altındır (Au). Götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) örneklerdeki en yaygın opak mineraldir. Tanımlanan piritler (FeS_2) nadiren yarı özşekilli (Şekil 3.18.) çoğunlukla götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) tarafından ornatılmıştır (Şekil 3.19). Bazı örneklerde piritler (FeS_2) 5 µm'den (Şekil küçükken bazılarında 200 µm boyuta kadar ulaşmıştır. İki ayrı örnekte tespit edilen altın tanelerin boyutu 20 µm civarındadır ve gang mineralleri arasına yerleşmiştir (Şekil 3.20.).



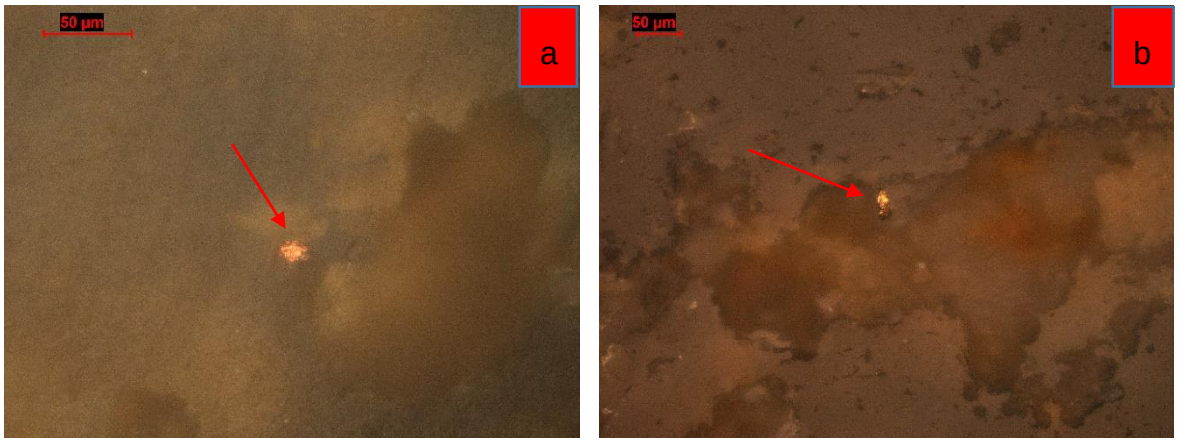
Şekil 3.18) HDD 753 örneği (açık ocak, oksitli zon) rastlanılan yarı özşekilli pirit (1. Nikol.)



Şekil 3.19. a) Oksit zonunda boşluk dolgusu şeklinde gelişmiş götit±lepidokrokit (FeO(OH)) içinde kalıntı halde bulunan piritler (FeS_2) b) götit±lepidokrokit (FeO(OH)) tarafından ornatılmış pirit (FeS_2) (HDD 759 örneği (açık ocak) 1. nikol).



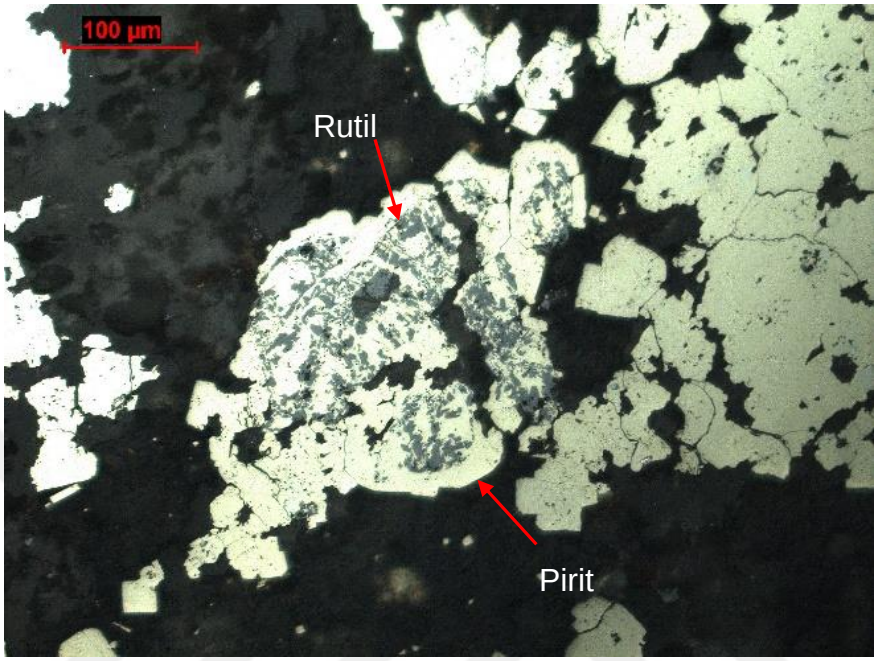
Şekil 3.19.b.



Şekil 3.20. Oksit zonuna ait örneklerde tespit edilen altınlar a) HDD 753 (açık ocak) 1. nikol b) HDD 746 (açık ocak örneği, 1. nikol görüntüsü)

Sülfit zonundan alınan örneklerde yapılan cevher mikroskobisi çalışmalarında tanımlanan mineraller pirit (FeS_2), arsenopirit (FeAsS), kovellin (CuS), götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) ve rutildir.

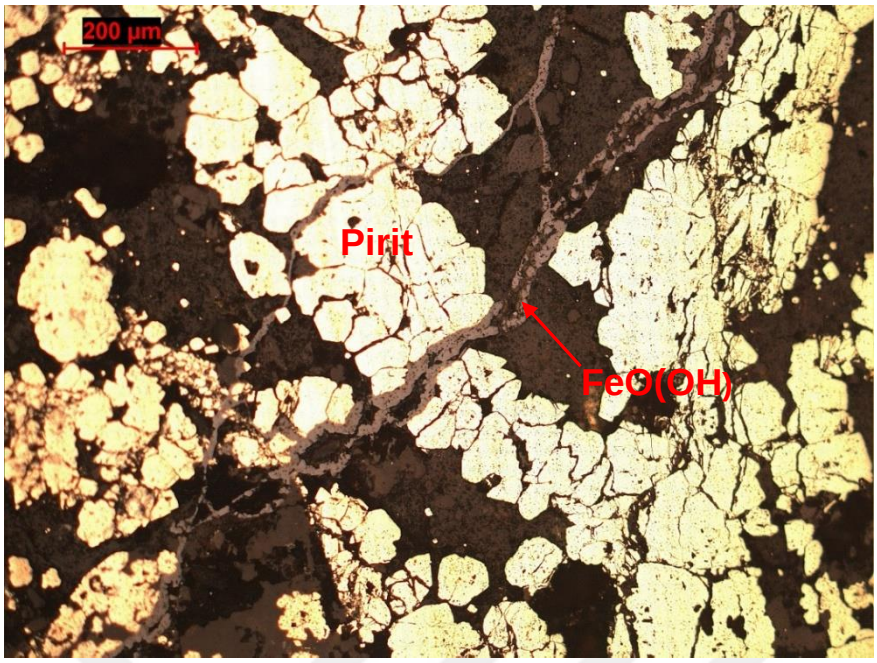
Cevherleşme öncesi evrede oluşan rutil mineralleri kayaç içinde saçınım halde ve piritler (FeS_2) içinde kapanım olarak gözlenmektedir (3.21.). Rutillerin bir bölümü öz titanitin baklava dilimi geometrisine sahiptir. Bu rutillerin, alterasyon sonucu titanitin bünyesindeki ve Ca ve SiO_4'ün uzaklaşmasıyla oluştuğu düşünülmektedir.



Şekil .3.21. Piritler (FeS_2) içinde kapanım olarak bulunan rutiller (TiO_2).

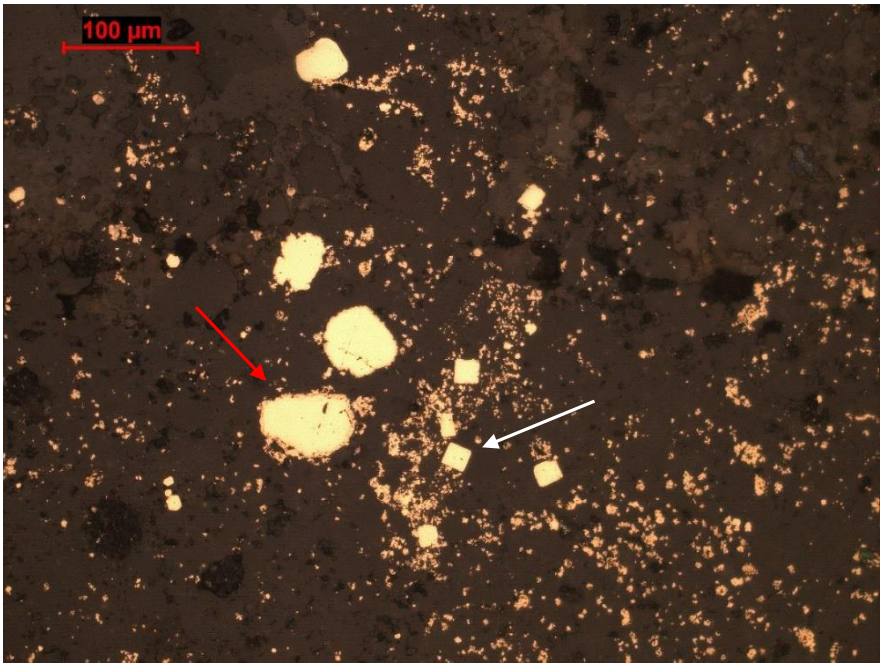
Pirit (FeS_2) sülfit zonunda en bol bulunan opak mineraldir. Farkı tane boyutlarında, saçınım halde ve damar şeklinde gözlenen piritler (FeS_2) bazı örneklerde götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) damarları tarafından da kesilmiştir. Bu tür damarların sülfit zonun üstünde bulunan oksitli zondan gelen çözeltilerin etkisiyle oluştuğu düşünülmektedir (Şekil 3.22.).

HDD 306-1 örneğinde tespit edilen ve kısmen daha iri taneli olan piritlerin (FeS_2) yuvarlak bir geometrisi olduğu, aynı örnekte kısmen daha küçük taneli olanların ise özşekilli olduğu gözlenmiştir. Kenarları yuvarlak olan piritler (FeS_2) çok ince taneli ve EDS analizleri sonucu arsenopirit (FeAsS) olarak tanımlanan minerallerce kuşatılmıştır (Şekil 3.23.).

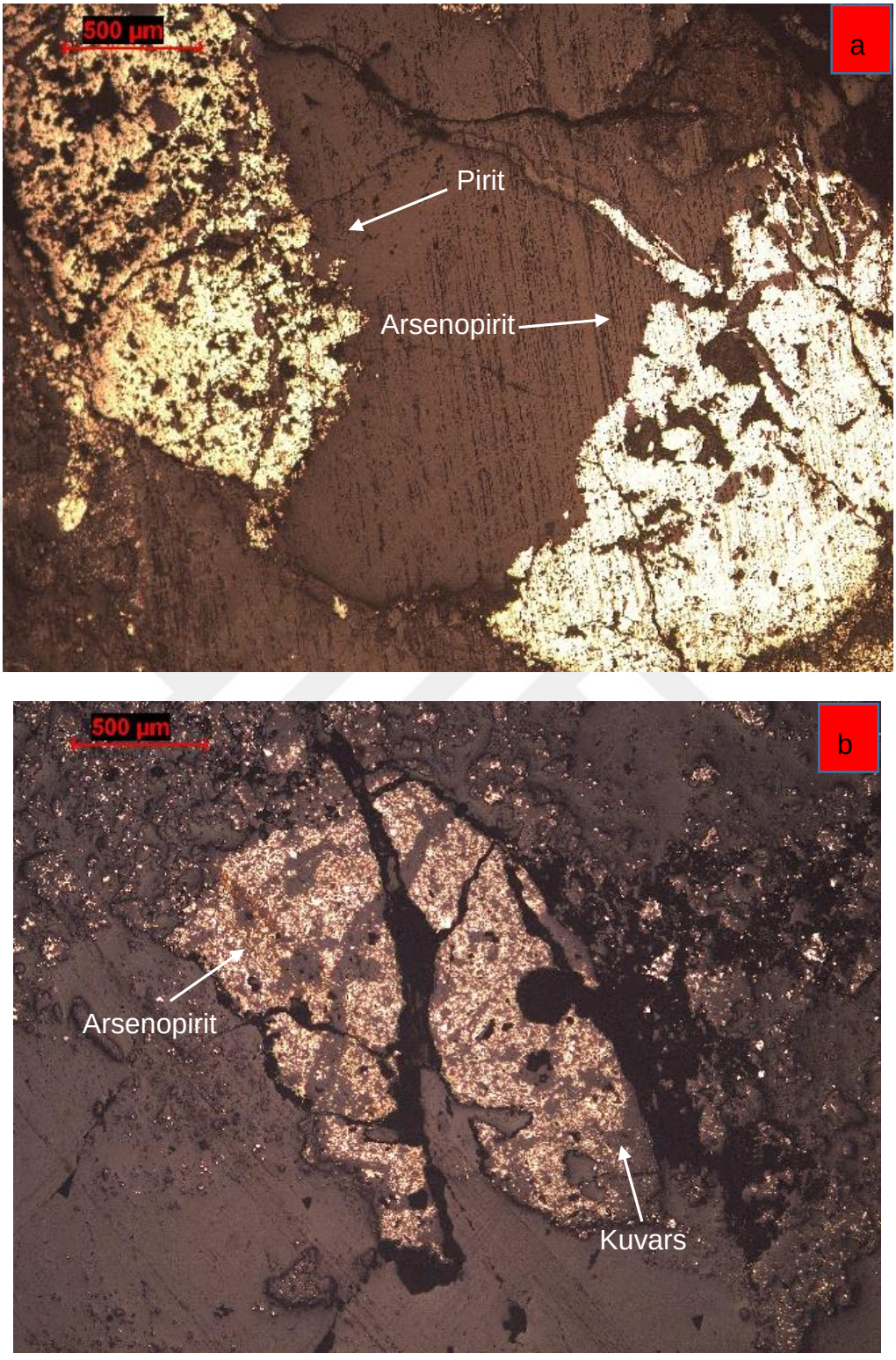


Şekil 3.22. HDD 21-1 örneğinde götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) damarı tarafından kesilen piritler (FeS_2) (1. nikol görüntüsü).

Sülfit zonunda piritten sonra en yaygın bulunan sülfit minerali arsenopirittir. Özellikle, altınca en zengin sülfit zonu örneği olan HDD 28-3'de çok iri taneli şekilde bulunmaktadır (Şekil 3.24.a.). HDD 306-1 örneğinde ise çok ince taneli arsenopiritlerin (FeS_2) tek bir kuvars kristali içinde saçınım halde olduğu gözlenmiştir. Bu kuvars breşik bir doku göstermektedir (Şekil 3.24.b.).

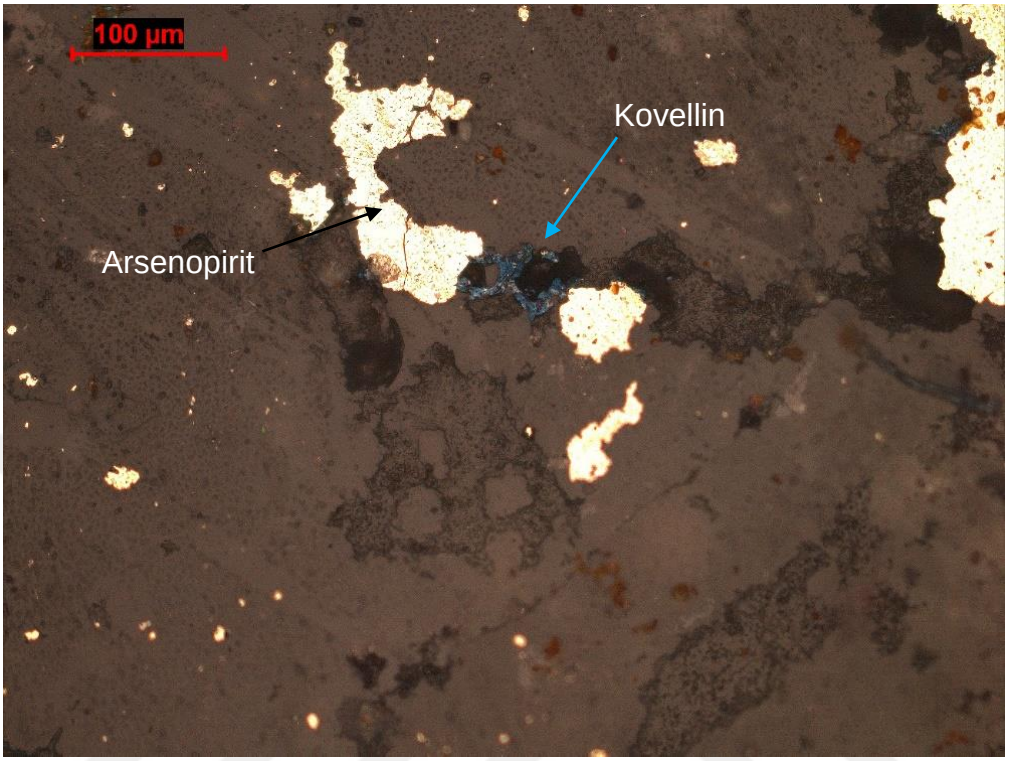


Şekil 3.23. HDD 306-1 örneğindeki yuvarlak(kırmızı ok işareti ile gösterilmiştir) ve özşekkilli piritler (FeS_2) (beyaz ok işareti ile gösterilmiştir).



Şekil 3.24. a) HDD 28-3 örneğinde bulunan pirit (FeS_2) (solda) ve arsenopiritler (FeAsS) (1. nikol görüntüsü) b) HDD 306-1 örneğinde breşik kuvars kristali içinde bulunan arsenopiritlerin (FeAsS) (1. nikol görüntüsü).

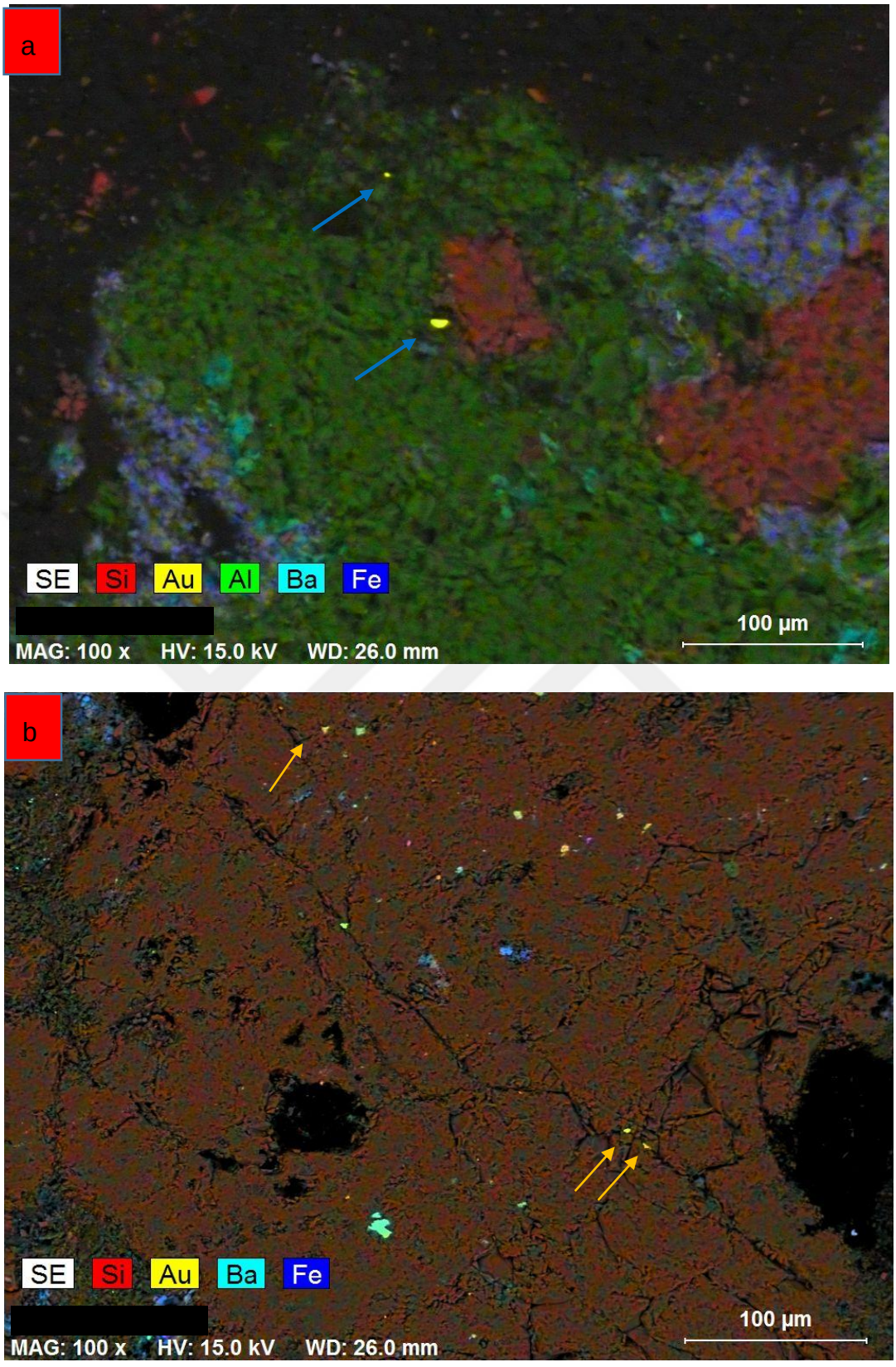
Sülfit zonunda tanımlanan sülfit minerallerinden en az bulunanı kovellindir(CuS) . Kovelinin rastlandığı örnekler HDD 21-1 ve HDD 348-1'dir. HDD 21-1 örneğinde etrafında arsenopiritler (FeAsS) ve piritler (FeS_2) bulunmaktadır (Şekil 3.25.).



Şekil 3.25. HDD 21-1 örneğinde bulunan kovellin (CuS) (mavi ok ile gösterilmiştir), arsenopirit (FeAsS) (siyah ok ile gösterilmiştir) mineralleri (1. nikol)

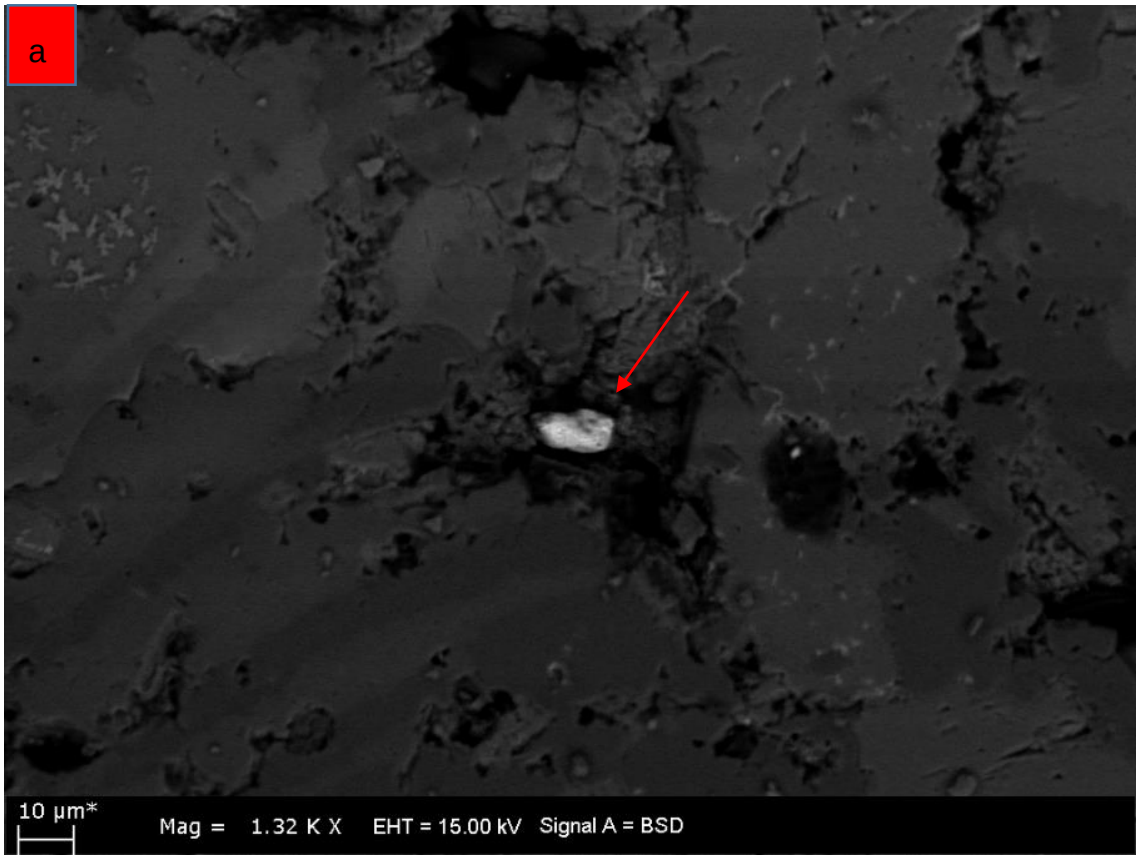
Himmetdede Altın Madeni'nin sülfitli zonlarından alınan örneklerin tamamında ve oksitli zondan alınan HDD 28-5, HDD 28-4 ve HDD 753 örneklerinde SEM incelemeleri yapılmıştır.

HDD 28-5 örneğinde tane boyları 10 µm ve daha küçük boyutlarda altın taneleri tespit edilmiştir. Tespit edilen tanelerden 2 tanesi kil mineralleri arasındadır. (Şekil 3.26.a.). Daha küçük boyutlu diğer tanaler de kuvars mineralleri içinde gelişen kırık ve çatlaklarda bulunmuştur (Şekil 3.26.b.).

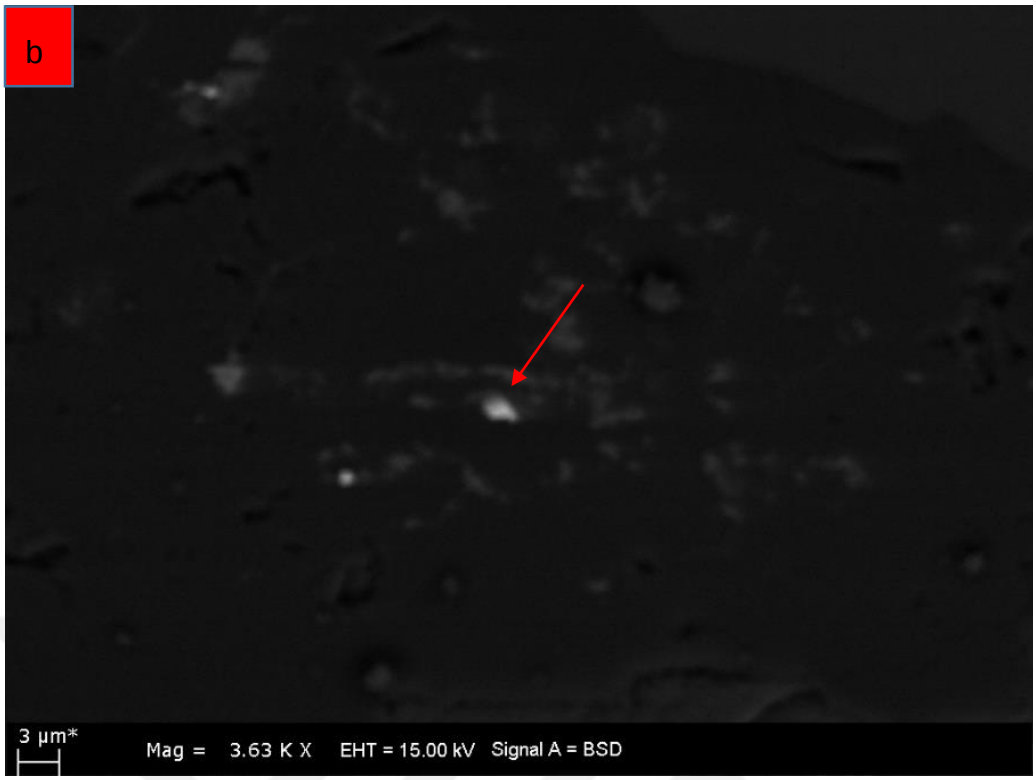


Şekil 3.26. HDD 28-5 örneğinde EDS analizlerinde bulunan altınlar ve çevresindeki minerallerin EDS haritası. a) Örneğin killeşmiş bölümü içinde (mavi ok işareti ile gösterilmiştir) b) Kuvars kristalinin kırık ve çatlaklarına yerleşmiştir (sarı ok işareti ile gösterilmiştir).

HDD 28-4 ve HDD 753 örnekleri oksitli zonda bulunmasına rağmen sülfit minerallerinin oksidasyondan daha az etkilendiği görülmüştür. Cevher mikroskobisi çalışmalarında gözlenen yarı özşekilli piritlere (FeS_2) ek olarak (Şekil 3.15.) galenit (PbS) (Şekil 3.27.a.) ve arsenopirit (FeAsS) ve sinobar (HgS) (Şekil 3.27.b) gözlenen diğer sülfit mineralleridir. Galenitler ve sinobarın boyutları 10'µm'den daha düşüktür. Sülfit mineralleri dışında HDD 753 örneğinde 1, HDD 28-4 örneğinde 2 tane nabit altın kristali tespit edilmiştir. Bulunan tüm nabit altınlar kuvars kristalleri arasındadır (Şekil 3.28).



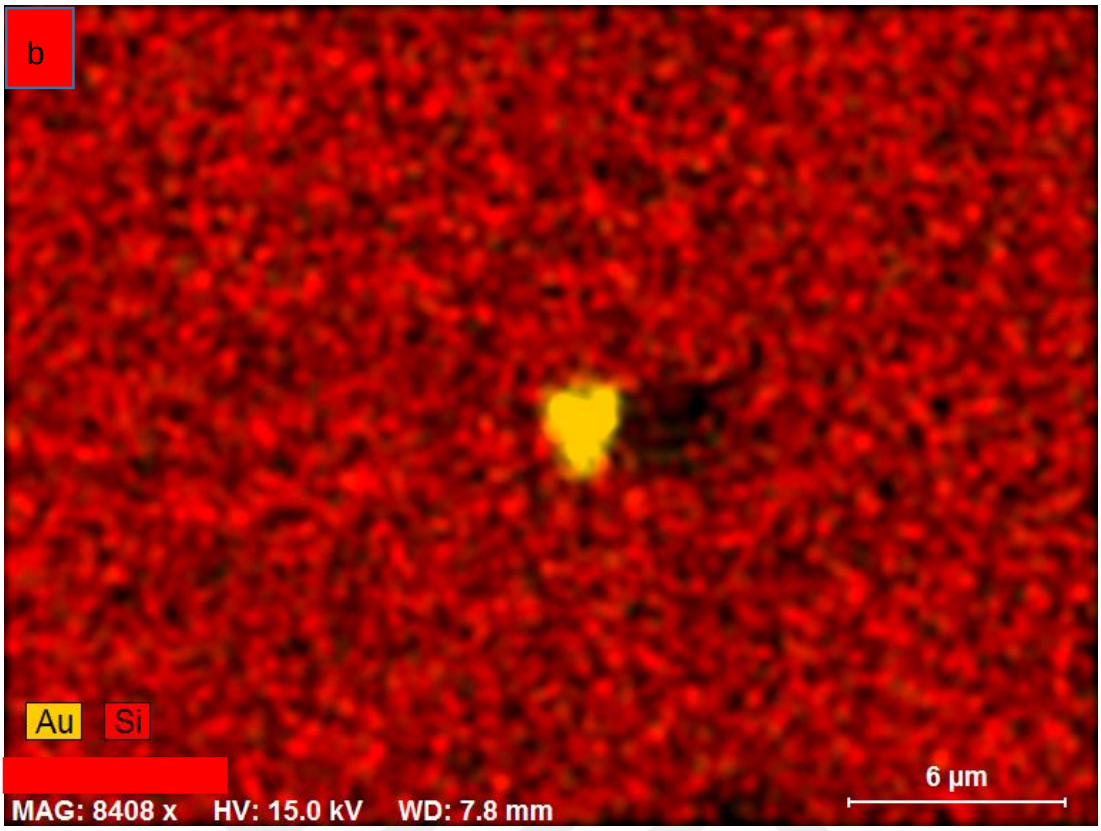
Şekil 3.27 a) HDD 753 örneğinin SEM incelemesinde bulunan galenit (PbS) b) HDD 753 örneğinin SEM analizinde bulunan sinobar (HgS) (EDS analizleri Ek-16'dadır).



Şekil 3.27.b

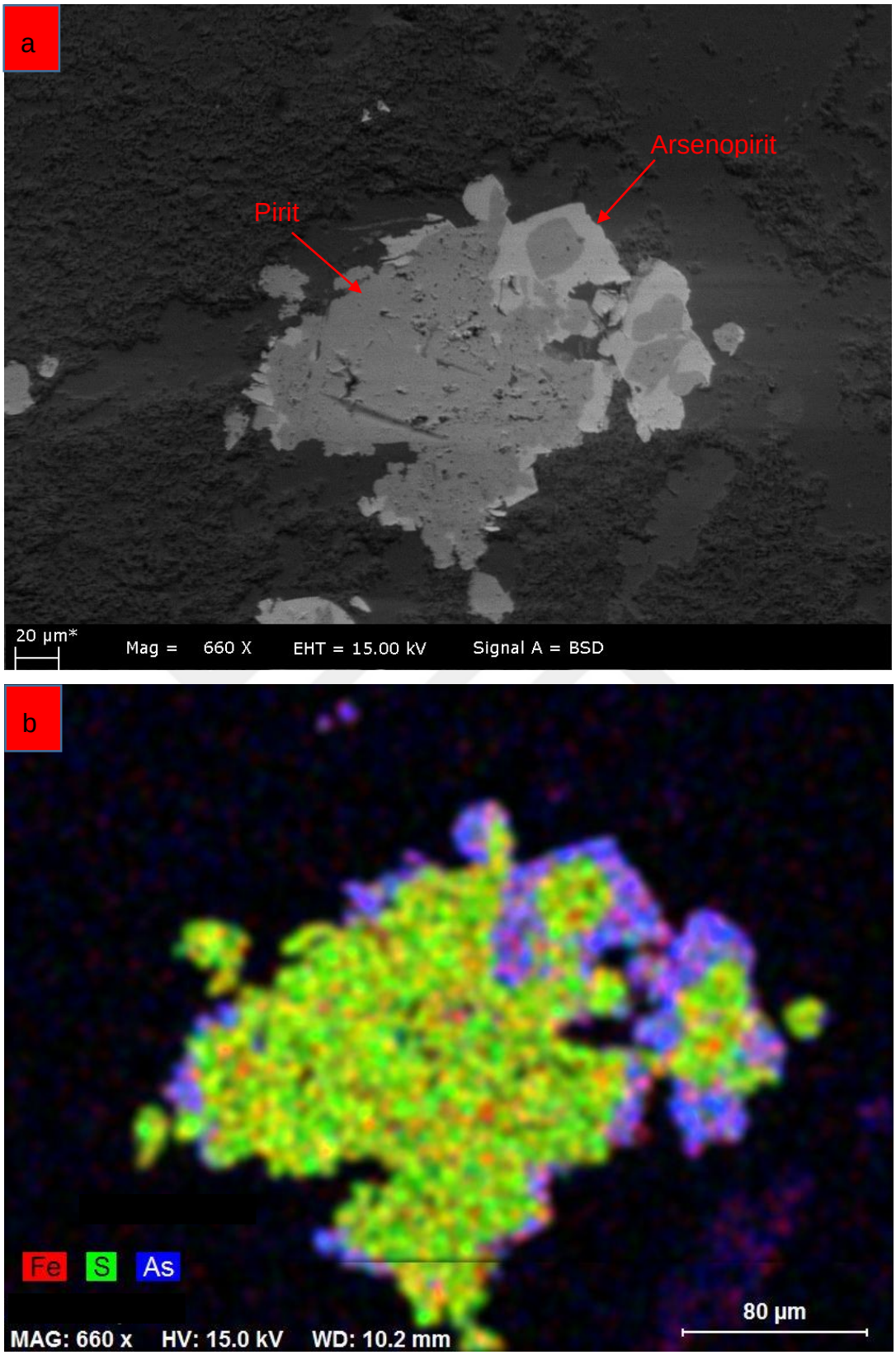


Şekil 3.28 a) Oksit zonuna ait HDD 753 örneğinde kuvars kristalleri arasında gözlenen nabit altının SEM görütüsü b) Oksit zonuna ait HDD 28-4 karot örneğinde kvuars kristalleri arasında bulunan altının EDS harita görüntüsü.

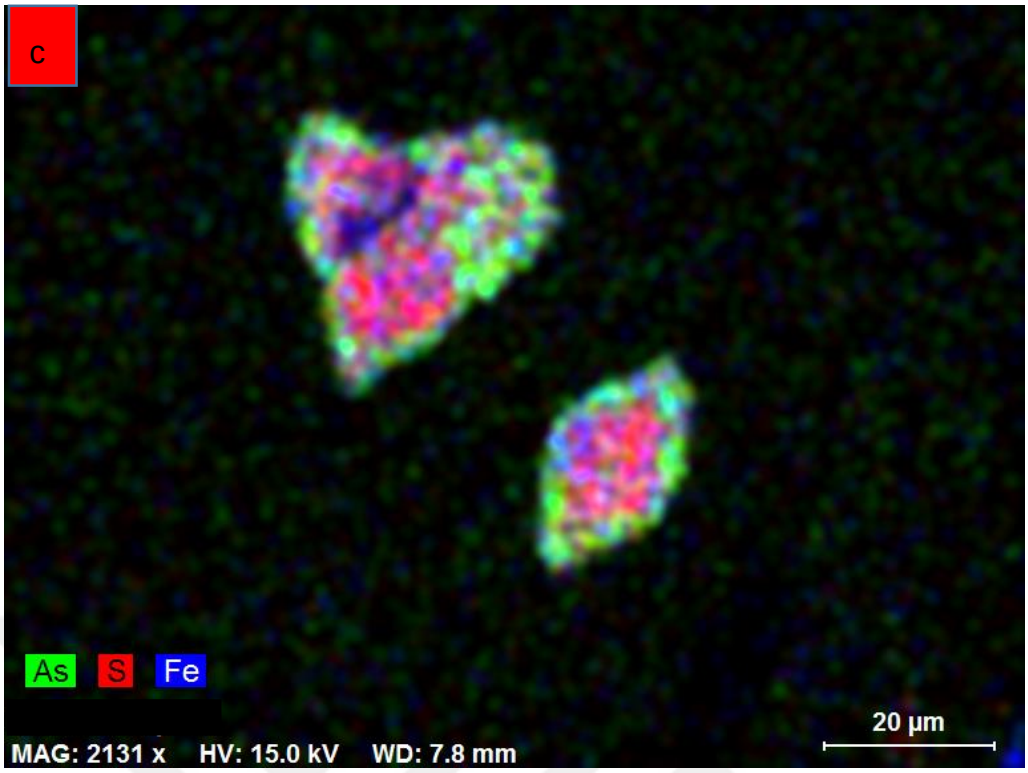


Şekil 3.28.b.

Oksit zonundan alınan HDD 28-4 örneğinde ve sülfit zonundan alınan HDD 28-2 örneğinde piritlerin bazılarının (FeS_2) etrafının arsenopirit (FeAsS) minerallerince kuşatıldığı görülmüştür (Şekil 3.29.) Bu durum piritlerin (FeS_2) oluşumunun son safhasında ya da sonrasında As'ce zengin bir çözeltinin ortama katıldığına işaret etmektedir. Örnekte pirit (FeS_2) ve arsenopirit (FeAsS) dışında bir adet monazit $(Ce,La,Nd,Th)PO_4$ kristali bulunmuştur. Gang minerali olarak da kuvars ve karbonata ek olarak az miktarda barit ($BaSO_4$) bulunmaktadır.

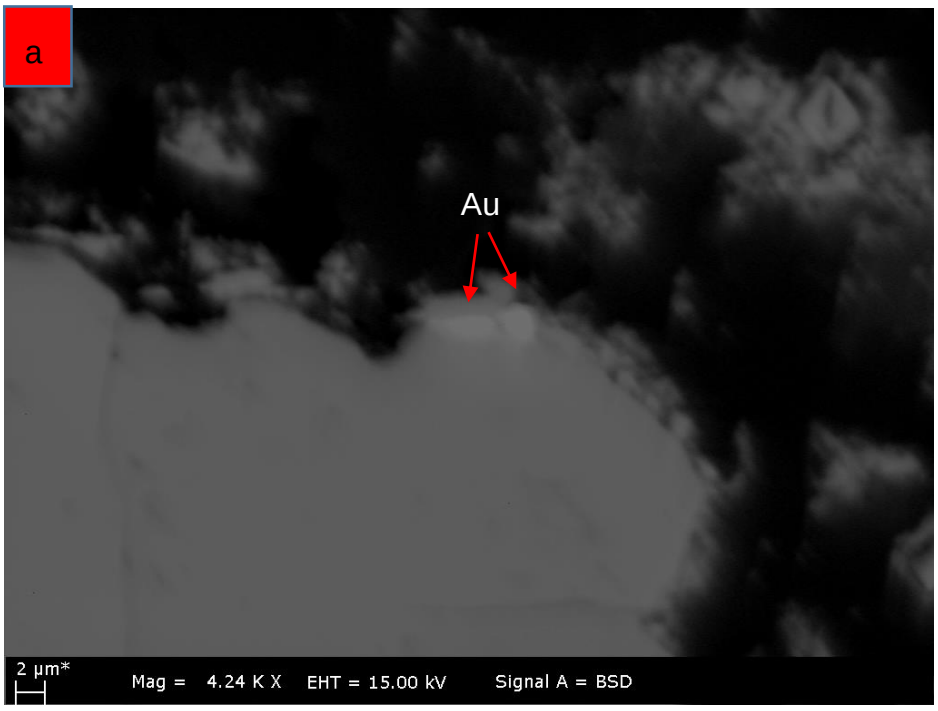


Şekil 3.29. HDD 28-2 örneğinde a) piritlerin (FeS_2) (orta ton gri) arsenopirit (FeAsS) (açık gri) tarafından kuşatılmasının SEM görüntüsü b) EDS haritası (HDD28-2) c) HDD 28-2 örneğinde gözlenen piritlerin arsenopirit tarafından kuşatılmasının EDS haritası

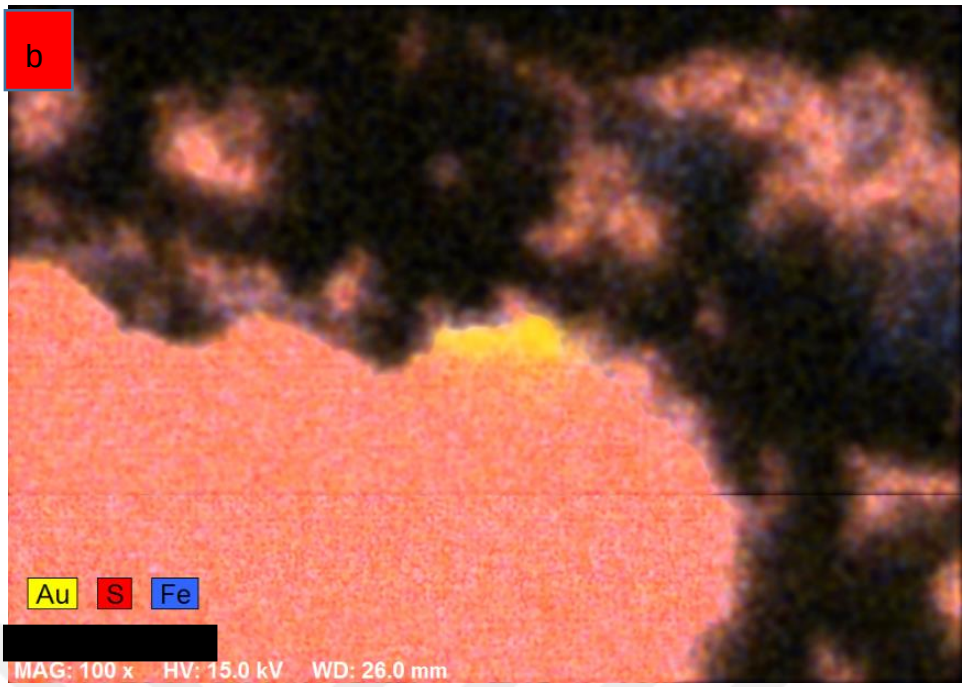


Şekil 3.29.c.

HDD 28-3 örneğinde tespit edilen mineraller nabit altın, pirit (FeS_2) ve arsenopirittir. Örnekte tespit edilen altın kristali bir pirit (FeS_2) kristalinin kenarında kapanım halde bulunmaktadır (Şekil 3.30.).

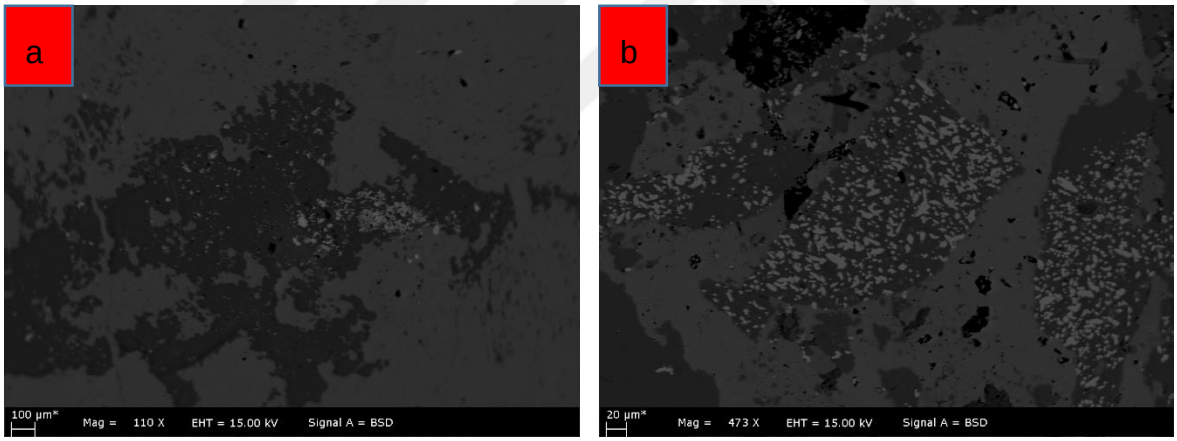


Şekil 3.30. a) HDD 28-3 örneğinde piritin (FeS_2) (orta ton gri) içinde kapanım halde bulunan altının (Au) (açık gri) SEM görüntüsü b) EDS haritası.



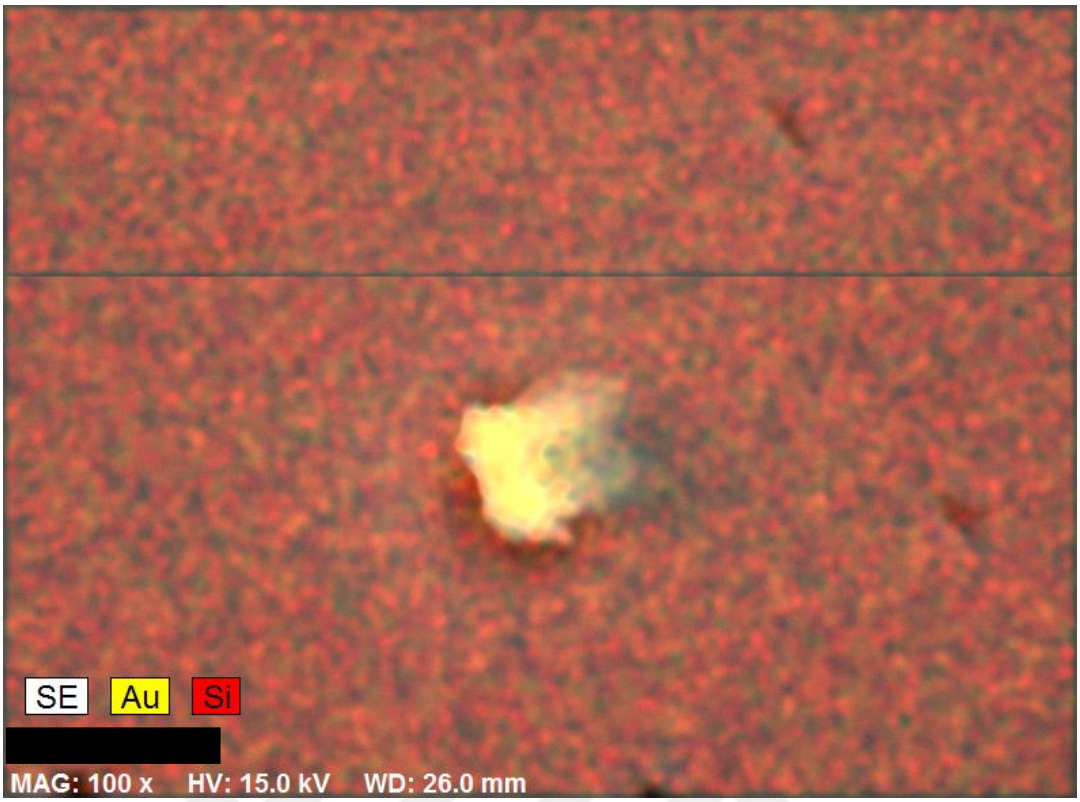
Şekil 3.30.b.

HDD 28-3 örneğinde gözlenen ince taneli arsenopiritlerin (FeAsS) bazıları kuvars damarcıkları ve cepleri içinde bulunmaktadır (Şekil 3.31.a,b.).

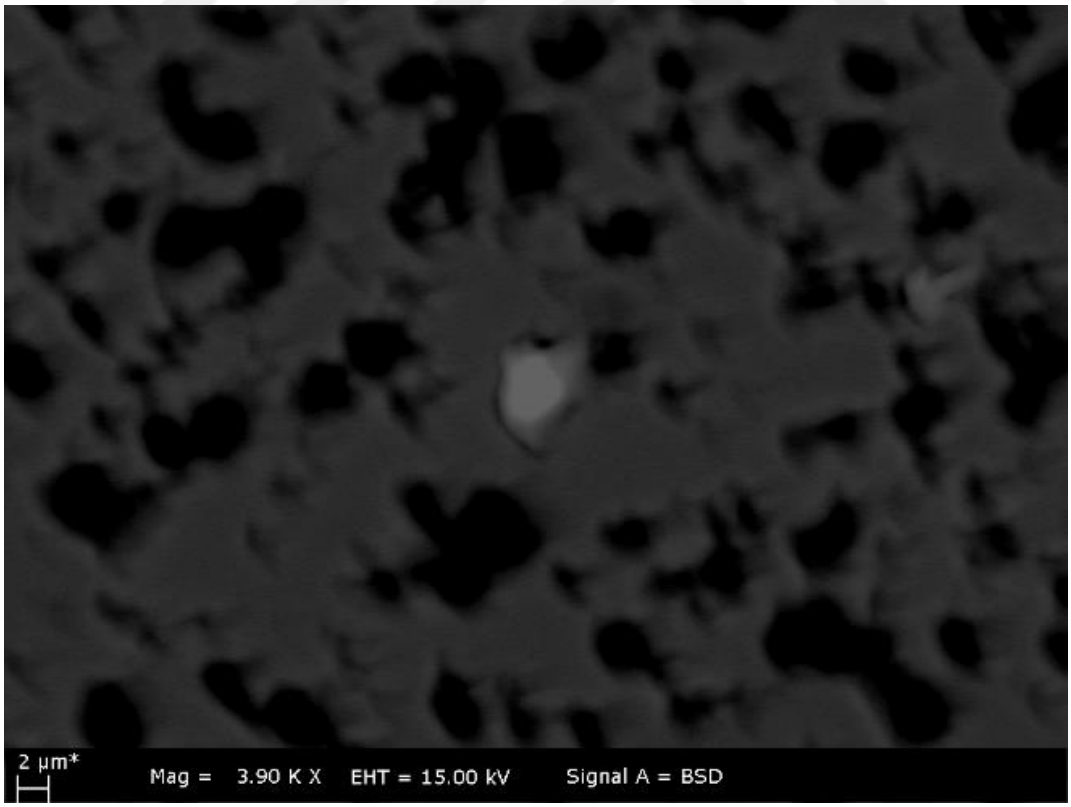


Şekil 3.31. a,b) HDD 28-3 örneğindeki kuvars (koyu gri) damarcıkları ve cepleri içinde saçınım halde bulunan arsenopiritlerin (FeAsS) (açık gri) SEM görüntüsü

HDD 106-2 örneğinde bulunan mineraller pirit (FeS_2) ve arsenopirite (FeAsS) ek olarak altın ve enargittir (Cu_3AsS_4). Bu örnekte bulunan yaklaşık 3 µm boyutundaki altın tanesi HDD 28-3 'deki durumdan farklı olarak kuvars kristalleri arasındadır (Şekil 3.32.). Yine boyutları 10 µm'den küçük olan enargit (Cu_3AsS_4) ince taneli kuvars kristalleri arasındadır (Şekil 3.33.).

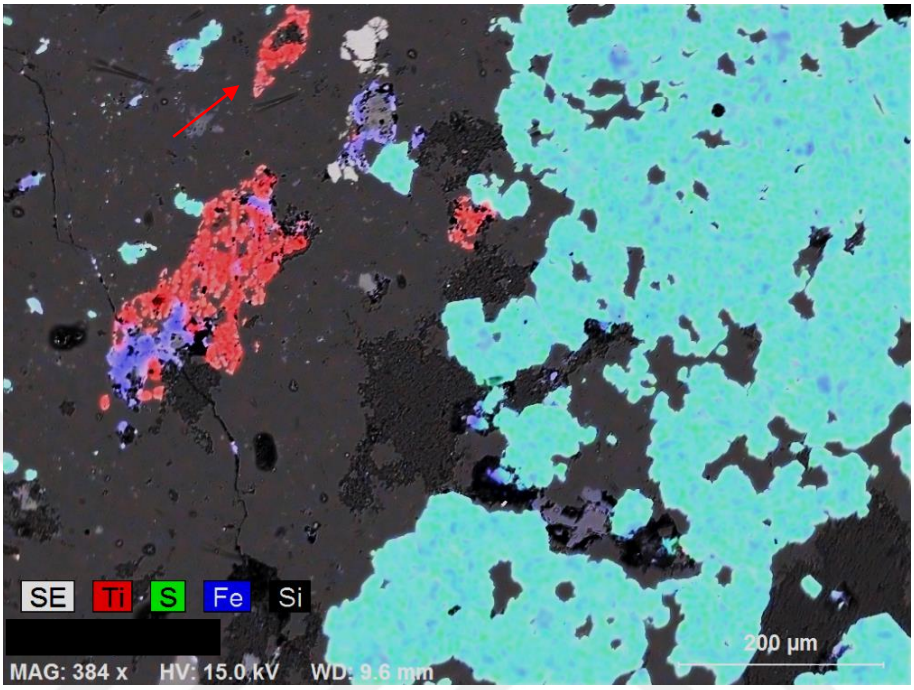


Şekil 3.32. HDD 106-2 örneğinde kuvars kristalleri arasında bulunan altın (Au) kristali.



Şekil 3.33. HDD 106-2 örneğinde kuvars (koyu gri) içinde bulunan enargitin (Cu_3AsS_4)) SEM görüntüsü.

HDD 306-1 örneğinde pirit (FeS_2) dışında bulunan yegane sülfit minerali galenittir (PbS). HDD 348-1 örneğinde bol miktarda rutil (TiO_2) tespit edilmiştir. Bunlardan bazılarında sfen mineralinin özşekli olan baklava dilimi şekli gözlenmiştir (Şekil 3.34.).



Şekil 3.34. HDD 348-1 örneğinde gözlenen pirit (FeS_2) ve sfene ($CaTiSiO_5$) ait öz şekli korumuş (kırmızı ok ile gösterilmiştir) ve sfenin ($CaTiSiO_5$) alterasyonu sonucu oluşmuş rutile (TiO_2) ait EDS kullanılarak elde edilmiş bileşkeli element haritası.

Himmetdede Altın Madeni'nin cevherleşme ve alterasyon özelliklerinin incelemesi sonucunda elde edilen veriler şu şekilde özetlenebilir:

Saha alterasyon özellikleri ve cevherleşmenin dokusal özelliklerine göre oksit ve sülfit zonu olarak ikiye ayrılabilir. Oksit zonunda baskın alterasyon tipi killeşmedir ve yoğun FeO(OH) oluşumu bulunmaktadır. Sülfit zonunda ise genellikle karbonatlı minerallerin silisleştiği gözlemlenmiştir.

Oksit zonunun yüzeyden belirli bir derinliğe kadar takip edilmesi, piritlerin (FeS_2) götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) tarafından ornatılması gibi özellikler, oksit zonunun, alt seviyelerde ilksel özelliğini korumuş olan sülfit zonunun bozunmasıyla oluştuğunu göstermektedir. Bu bozunma yer altı suyunun hareketiyle mümkündür [52]. Oksit zonu içinde alterasyondan etkilenmemiş, sülfit zonunun özelliklerini koruyan bölümlere de rastlamak mümkündür.

Oksit ve sülfit zonlarında altının farklı dokusal özellikler sergilemesi ve oksit zonunun daha fazla altın içermesi, altının oksit zonunda ikincil bir zenginleşme geçirdiğini göstermektedir. Bu tür zenginleşmelere gossan tipi yataklarda rastlanmaktadır [52]

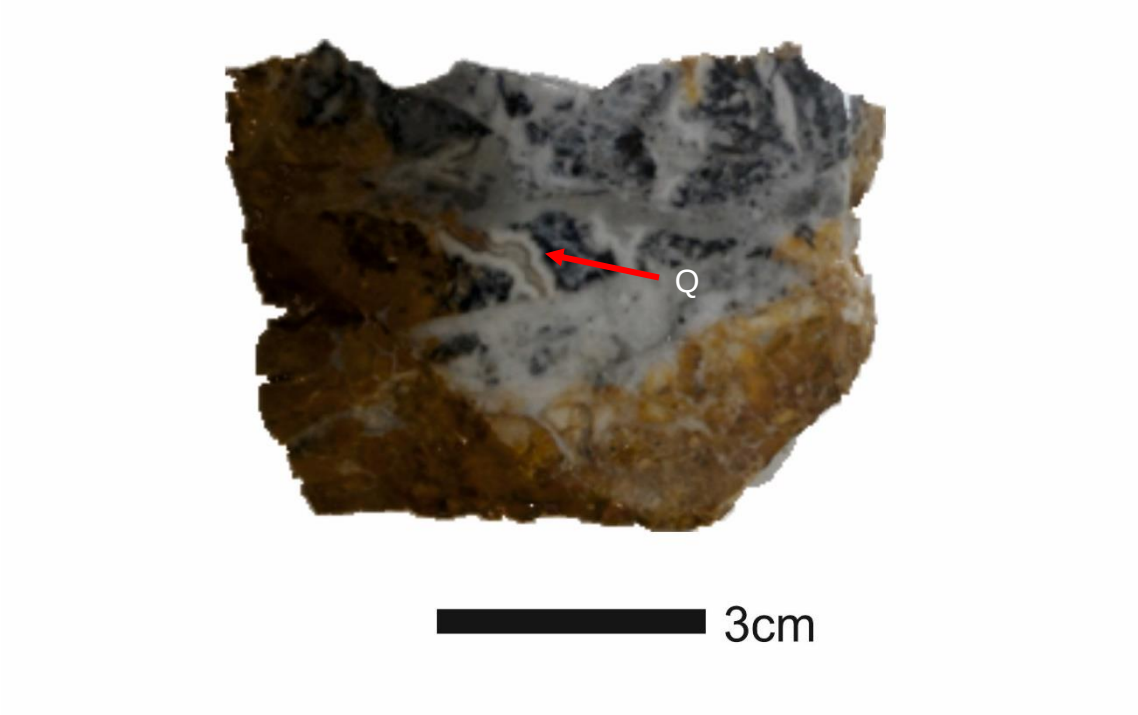
Sülfit zonunda piritin kenar kuşaklarında kapanım halinde altın bulunması ve piritlerin arsenopirit tarafından kuşatılması altının As'ce zengin bir faz ile taşındığı fikrini doğurmaktadır.

3.6. Sıvı Kapanımı Çalışmaları

Sıvı kapanımı çalışmaları Himmetdede Altın Madeni'nin karot örnekleri ve yüzey örneklerine ait kuvars mineralleri üzerinde yapılmıştır. Alınan örnekler sıvı kapanımı analizlerine uygunluğu açısından makro ve mikro olarak incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda bir adet yüzey örneği iki adet de karot örneğinde sıvı kapanımı analizi yapılabilmiştir.

3.6.1. HDD 1 Yüzey Örneği

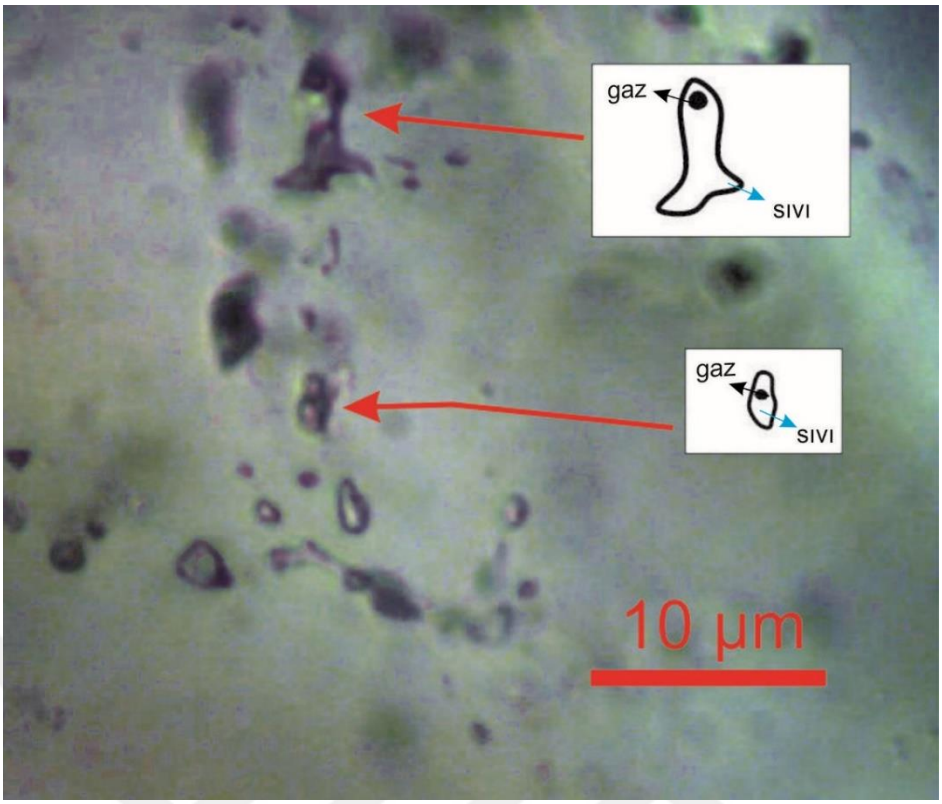
HDD 1 örneği açık ocaktan alınmış bir örnektir ve yankayacı mermerdir. Etrafı yüzeyde yaygın olarak görülen götit ± lepidokrokit girişleri ile çevrelenmiş olan örneğin ince kesit incelemelerinde silisleşmeye işaret eden ikincil kuvarslar gözlenmiştir (bknz. Şekil 3.16.a.). Yine örneği kesen çok ince kuvars damarları bulunmaktadır. Sıvı kapanımı analizleri bu damara ait kuvarslarda yapılmıştır (Şekil 3.35.). Au içeriğine dair bir veri olmasa da örneğin cevherli zonu temsil ettiği bilinmektedir.



Şekil 3.35. HDD 1 örneğindeki demir oksit girişlerinin ve örneği kesen kuvars damarının görüntüsü.

HDD 1 numaralı örneğin şeffaf-yarı şeffaf kristallerinde gerçekleştirilen sıvı kapanım çalışmalarında genellikle 1 μm'den küçük sıvı kapanımlar tespit edilmiştir. Çok küçük olmaları nedeniyle kapanımlar bileşimsel olarak sınıflandırılamamıştır. Optik olarak sınıflandırılabilen kapanımlar birincil kökenli tek fazlı (sıvı) kapanımlardır. Daha az oranda iki fazlı (sıvı+gaz) kapanım tespit edilmiştir.

Tek fazlı (sıvı) kapanımlar karemsi, yuvarlak ve/veya elipsoidal şekiller sunmaktadır. Büyüklükleri 1-85 μm arasında değişmektedir. Daha az oranda izlenen iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar ise genellikle küçük kümeler şeklinde ve/veya izole halde izlenmektedir. Yer yer kristal düzlemine paralel dizilim de göstermektedirler. İki fazlı kapanımlar genellikle yuvarlak ve elipsoidal ve/veya düzensiz şekillerdedir. Büyüklükleri 4 μm'den küçüktür (Şekil 3.36.).

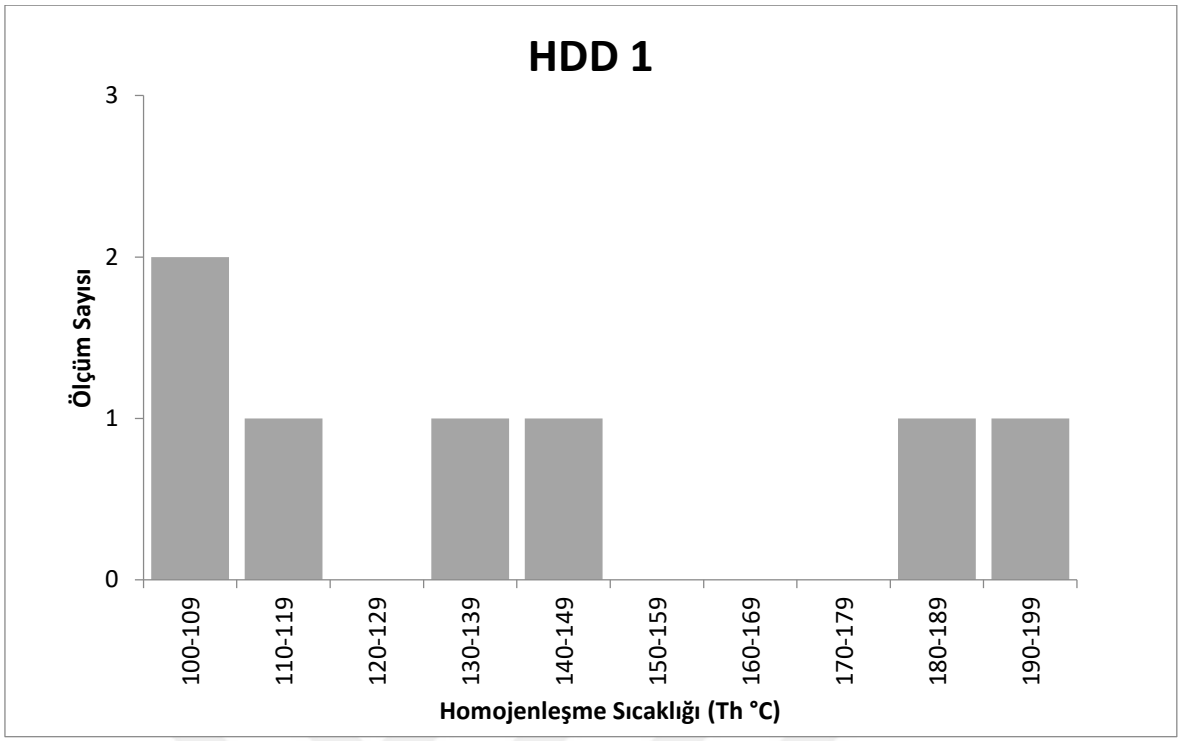


Şekil 3.36. HDD 1 örneğinde gözlenen iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar.

Ölçüm yapılan kapanımlardaki sıvı fazın hacmi gaz fazın hacminden fazladır. Kapanımların tümü sıvı faza homojenleşmiştir. Ölçülen homojenleşme sıcaklıkları Çizelge 3.5.'de, histogramı Şekil 3.37.'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. HDD 1 örneğinin iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıkları.

Th (^{o}C)	Th (^{o}C)
100	142
108	188
116	197
130	

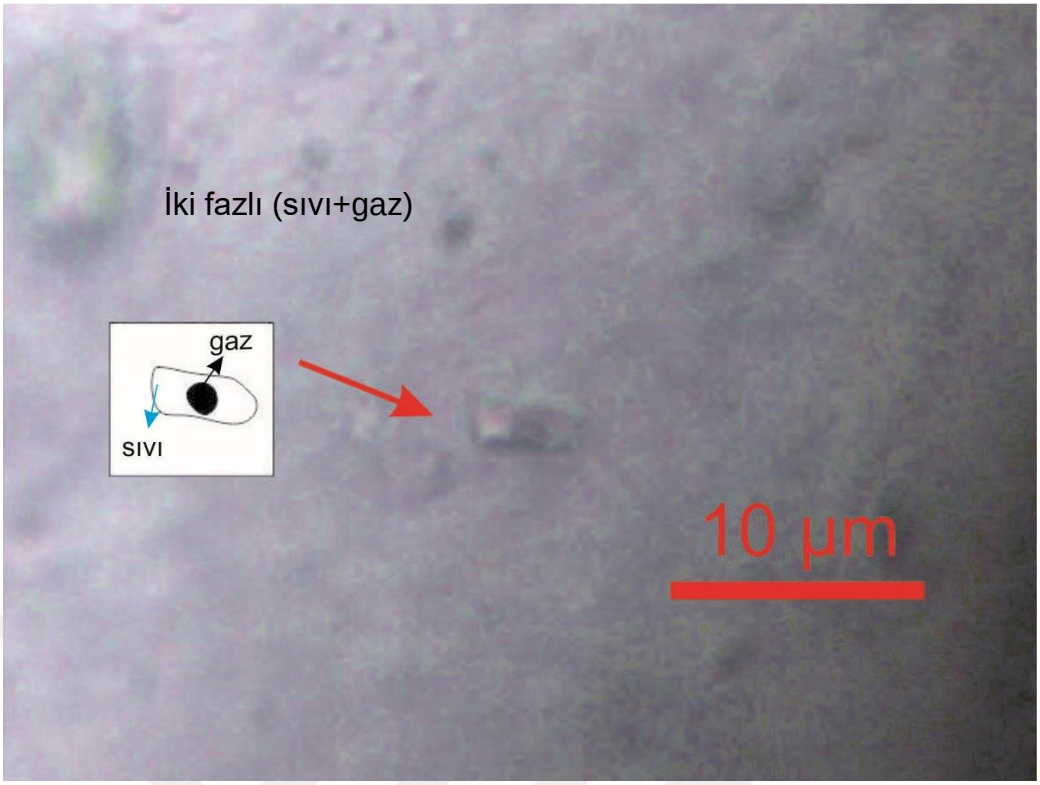


Şekil 3.37. HDD 1 örneğinin iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının histogramı.

3.6.2. HDD 28-5 Oksit Zonu Karot Örneği

HDD 28-5 örneği oksitli zondan alınan bir karot örneğidir. 93,5 m'den alınan örnekte 10,15 ppm Au değeri bulunmaktadır. SEM analizlerinde, örneğin kuvars kristalleri arasında gelişen kırık ve çatlaklara yerleşmiş altın taneleri bulunmuştur (Şekil 3.23.b).

HDD 28-5 numaralı örneğin ince damarları ve boşluk dolgusu şeklinde görülen kesimlerinde sıvı kapanım çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu kesimler yarı şeffaf-şeffaf çoğunlukla mikrokristalin dokulu kuvarslardan oluşmaktadır. Mikrokristalin dokulu ve nispeten daha iri boyutlu kuvarslarda yapılan incelemelerde ise birincil ve ikincil kökenli kapanımlar tespit edilmiştir. Birincil kökenli kapanımların büyük çoğunluğunu iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar oluşturmaktadır (Şekil 3.38.). Tek fazlı (sıvı) kapanımlar ise daha az oranlardadır.



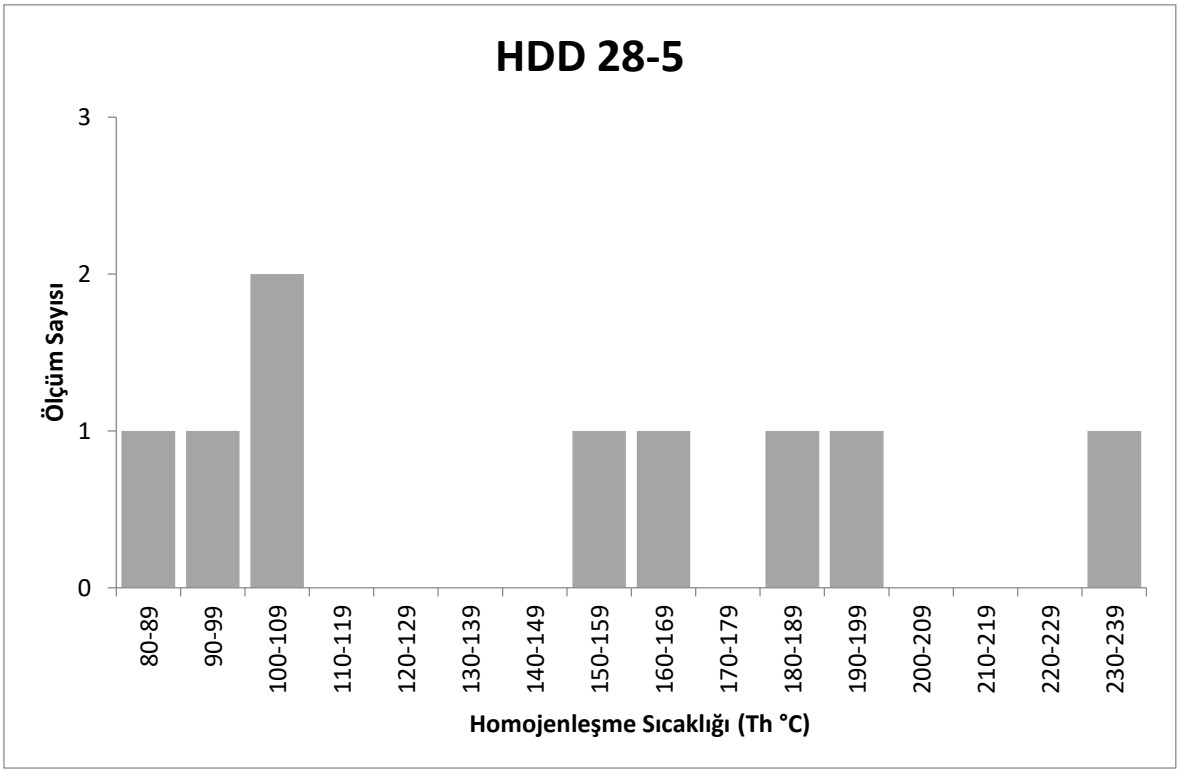
Şekil 3.38. HHD 28-5 örneğinde gözlenen iki fazlı (sıvı+gaz) kapanım.

Birincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar genellikle üçgenimsi, karemsi, yuvarlak ve elipsoidal şekilli görülmektedir. Yer yer düzensiz şekilli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar da izlenmektedir. Ölçüm yapılan iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar 1-50 µm arasında değişmektedir. Kapanımlardaki sıvı fazın hacmi gaz fazın hacminden fazladır. Ölçüm yapılan kapanımların tümü sıvı faza homojenleşmiştir.

Birincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda yapılan mikrotermometrik ölçümler sonucu elde edilen homojenleşme sıcaklıkları Çizelge 3.6'da, histogramı Şekil 3.39.'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. HDD 28-5 örneğinin iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıkları.

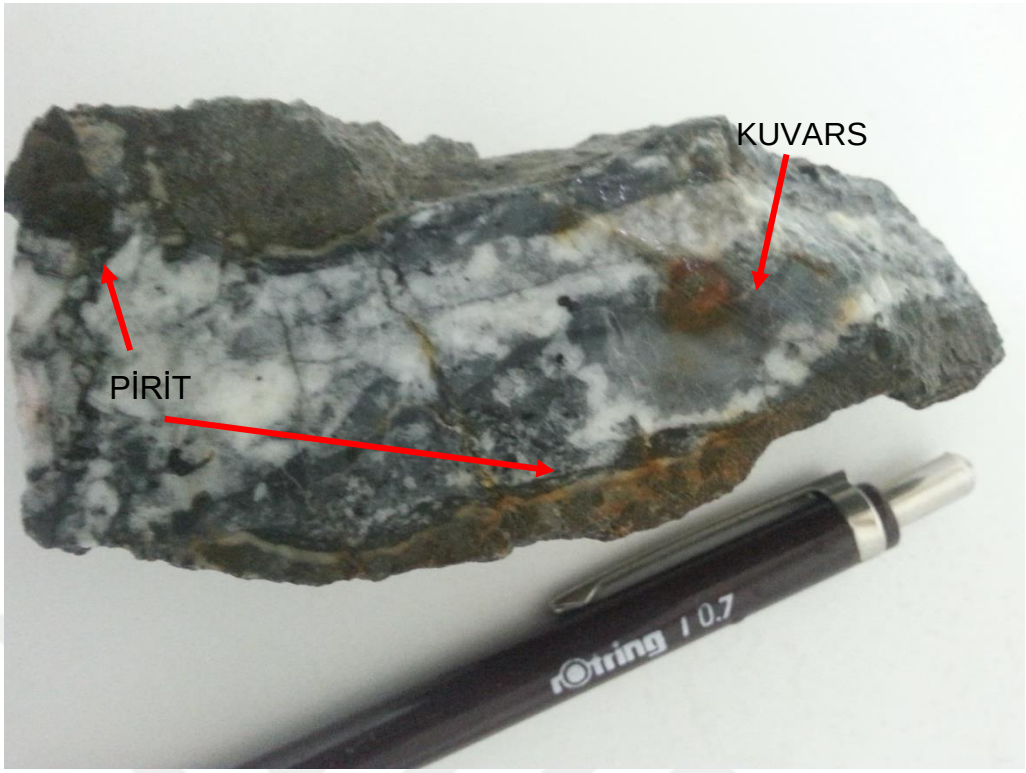
Th (˚C)	Th (˚C)	Th (˚C)
83	154	236
96	165	
102	186	
107	192	



Şekil 3.39. HDD 28-5 örneğinin iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının histogramı.

3.6.3. HDD 28-3 Sülfit Zonu Karot Örneği

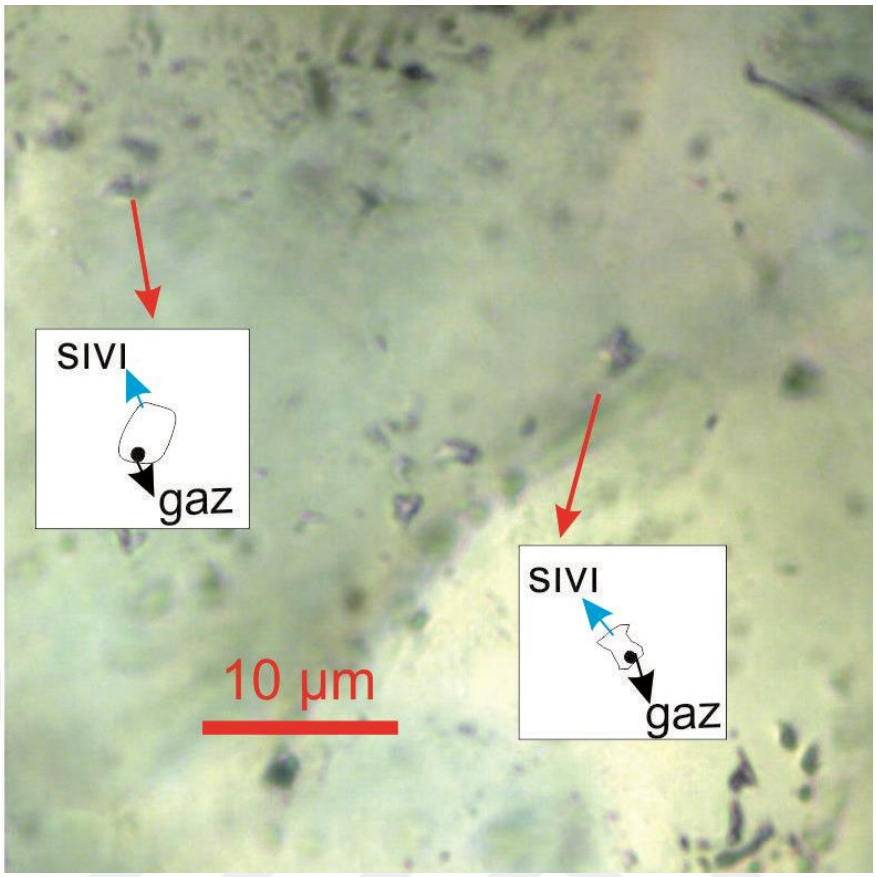
HDD 28-3 örneği sülfitli zondan alınmış yankayacı mermer olan bir karot örneğidir. 171,5 m derinlikten alınan örneğin Au içeriği 1,93 ppm'dir. Piritlerin (FeS_2) damar şeklinde gözlendiği örnekte, grimsi renkli kuvars oluşumları vardır (Şekil 3.40). İncekesitte karbonat minerallerinin kuvars tarafından ornatıldığı görülmüştür. SEM analizlerinde örnek içinde pirit (FeS_2), arsenopirite (FeAsS) ek olarak pirit (FeS_2) içinde kapanım halde altın (Au) bulunmuştur (Şekil 3.30.).



Şekil 3.40. HDD 28--3 örneğinde görülen, mermerlerin içindeki gri renkli piritli kuvars damarı.

HDD 28-3 numaralı örneğin şeffaf-yarı şeffaf kesimlerinde sıvı kapanım çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu kesimler kriptokristalin-mikrokristalin dokulu kuvarslardan oluşmaktadır. Mikrokristalin dokulu kuvarslarda yapılan incelemelerde 1 μm'den küçük sıvı kapanımlar tespit edilmiştir. Çok küçük olmaları nedeniyle kapanımlar bileşimsel olarak sınıflandırılamamıştır. Sınıflandırılabilen kapanımlar birincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlardır. Daha az oranda da tek fazlı (sıvı) ve tek fazlı (gaz) kapanımlar tespit edilmiştir.

Birincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar genellikle karemsi, dikdörtgenimsi, yuvarlak ve elipsoidal şekilli görülmektedir. Yer yer düzensiz şekilli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar da izlenmektedir (Şekil 3.41.). Ölçüm yapılan iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar 1-5 μm arasında değişmektedir. Kapanımlardaki sıvı fazın hacmi gaz fazın hacminden fazladır. Ölçüm yapılan kapanımların tümü sıvı faza homojenleşmiştir.

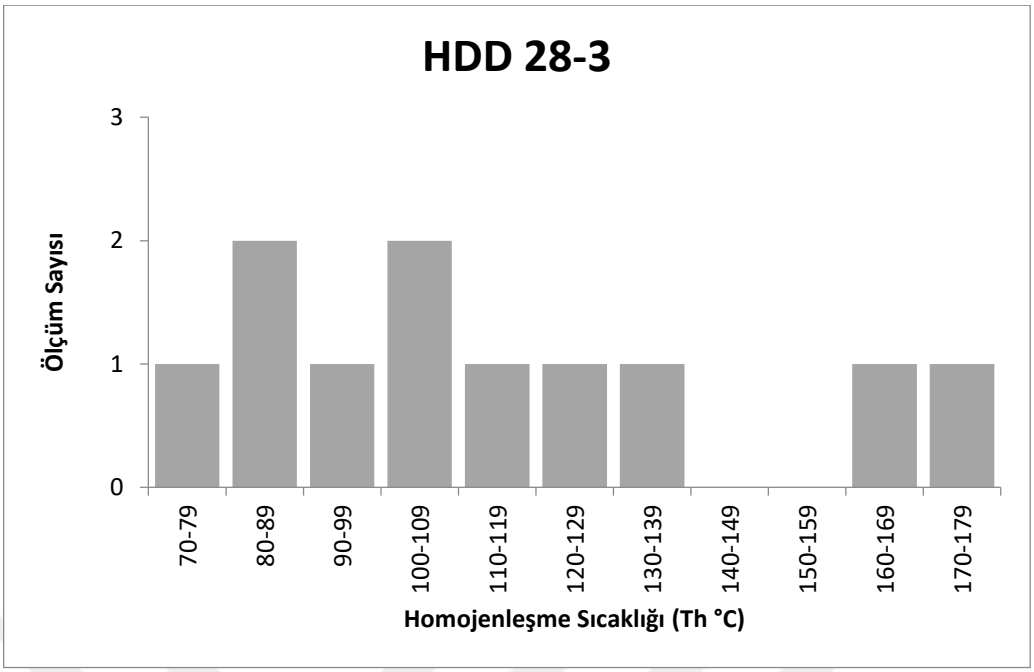


Şekil 3.41. HHD 28-3 örneğinde gözlenen iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar.

Birincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda yapılan mikrotermometrik ölçümler sonucu elde edilen homojenleşme sıcaklıkları Çizelge 3.7.'de, histogramı Şekil 3.42.'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. HDD 28-3 örneğinin iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıkları.

Th (°C)	Th (°C)	Th (°C)
76	101	140
84	109	170
88	112	176
95	125	

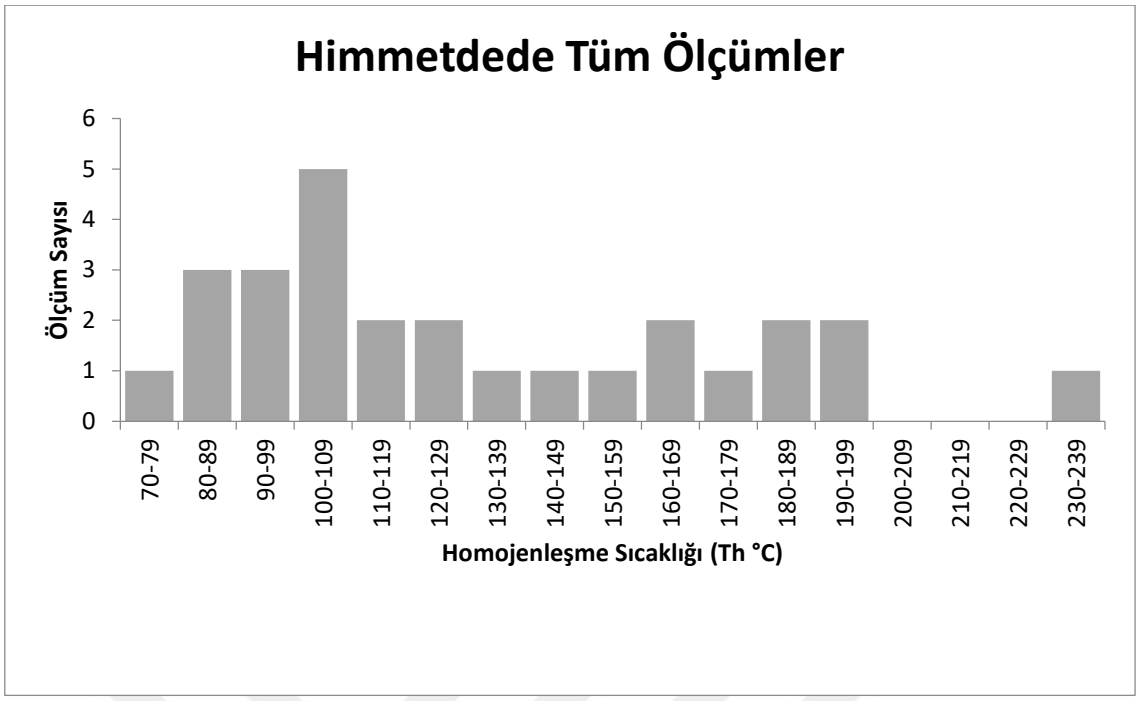


Şekil 3.42. HDD 28-3 örneğinin iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının histogramı.

Yapılan 8 adet ölçüme göre, iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımların homojenleşme sıcaklığı 76-125 °C arasında değişmektedir.

Homojenleşme sıcaklıklarının (Th°C) ölçüldüğü iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda yapılan soğutma çalışmalarında optik olarak faz değişimleri izlenememiş ve bu nedenle tuzluluklar hesaplanamamıştır.

Himmetdede Altın Madeni'ne ait örneklerin tüm homojenleşme sıcaklıklarını tek bir histogramda toplandığında (Th°C) (Şekil 3.43.) değerlerin 70-239 °C arasında dağıldığı ve 80- 109 °C arasında pik yaptığı görülmektedir. Ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının 236 °C'lik ölçüm haricinde homojen sayılabilecek bir dağılım gösterdiği düşünülmektedir. Ölçümlerin bu homojen dağılımı tek bir faza ait olduğu sonucunu ortaya koyabilir. Bu homojenleşme sıcaklıkları epitermal altın yatakları ve Carlin Tipi altın yataklarında ölçülen sıcaklık aralıkları ile uyumludur [98, 99]. Ancak yatak tipinin belirlenmesi için cevherleşmeye dair tüm verilerin birlikte değerlendirilmesi gerekir. Himmetdede cevherleşmesinin daha önceki bölümlerde ortaya konan cevherleşme özellikleri ve bölgenin jeolojik özellikleri bir arada değerlendirilmesi ve bir model önerilmesi bölüm 5.2.de yapılacaktır.



Şekil 3.43. Himmetdede Cevherleşmesi'nin tüm örneklerinde ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının histogramı.

4. YATAKLARIN ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMASI

Kaymaz ve Himmetdede cevherleşmelerinin yankayaç cevherleşme ilişkisi, cevher mineralleri, cevherleşmenin dokusal özellikleri, alterasyon, sıvı kapanımı verileri ve cevherleşme-tektonizma ilişkisi açısından karşılaştırılarak, yataklar arasındaki benzerlikler ve farklılıklar ortaya konmaya çalışılmıştır.

Kaymaz Cevherleşmesi'nde ekonomik cevherleşmenin yankayacı ağırlıklı olarak serpantinittir. Granit ve metamorfik birimler içinde de cevherleşmeler bulunmaktadır. Himmetdede Cevherleşmesi'nde ise cevherleşme sadece metamorfik birimler içinde bulunur. İki saha için de öngörülen cevherleşme mekanizmasında yankayacın litolojik özellikleri önemlidir.

Altın dışında Himmetdede Cevherleşmesi'nde bulunan cevher mineralleri pirit (FeS_2), arsenopirit (FeAsS), enargit (Cu_3AsS_4), kovellin (CuS), galenit (PbS), rutil (TiO_2) ve götit ± lepidokrokittir (FeO(OH)). Kaymaz Cevherleşmesi'nde ise nabit gümüş, akantit (Ag_2S), iyodarjirit (AgI), pirit (FeS_2), arsenopirit (FeAsS), galenit (PbS), Ni-sülfit, kromit ($FeCr_2O_4$) ve götit ± lepidokrokittir (FeO(OH)). Özellikle götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) her iki cevherleşmenin süperjen evrelerinde ve cevherin yayılımının-şeklinin tespitinde önemli rol oynamaktadır.

Alterasyon özellikleri açısından karşılaştırıldığında silisleşme ve killeşme her iki cevherleşme için de ortak alterasyon tipidir. Kaymaz'da cevher büyük oranda silisleşme ile ilişkiliyken Himmetdede'nin oksit zonunda killeşme de önemli bir role sahiptir. Kaymaz'da bunlara ek olarak nadiren karbonatlaşma da gözlenmektedir.

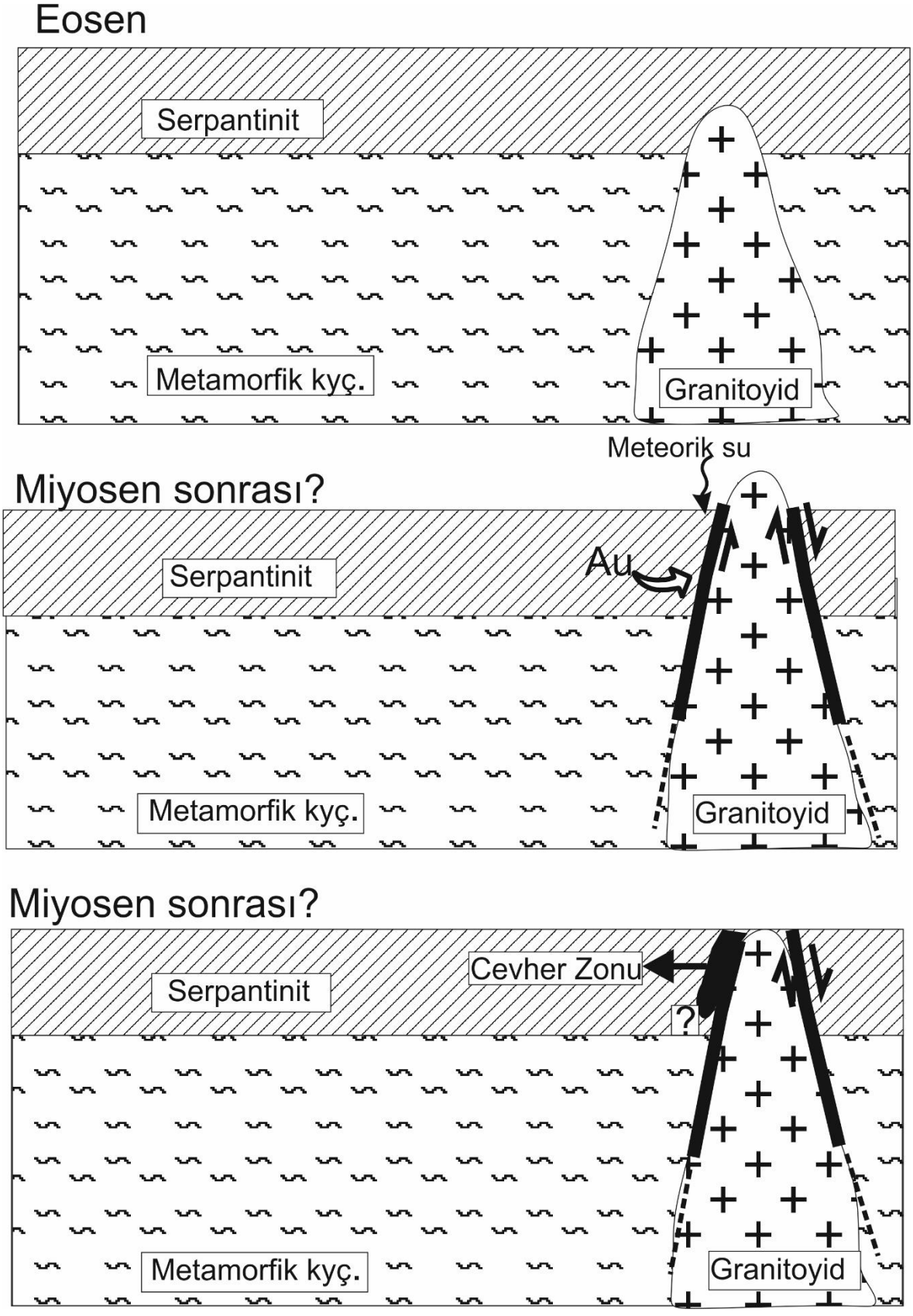
Sıvı kapanımı analizleri sonucunda Himmetdede'de 76-236 °C arasında ve tüm örneklerde benzer dağılım gösteren homojenleşme sıcaklıkları ölçülmüştür. Kaymaz Cevherleşmesi'nde ise 103-397 °C arasında değişen homojenleşme sıcaklıkları sahalara ve yankayaç türüne göre farklı dağılım göstermektedir. Himmetdede'de tek fazlı bir hidrotermal faaliyet gözlenirken, Kaymaz'da birden çok fazın etkili olduğu düşünülmektedir.

Kaymaz'da ana cevherleşme serpantinit ve granit arasındaki tektonik dokanakta gelişmiştir. Ana cevherleşme bu iki birimi yan yana getiren tektonik faaliyetle eş zamanlı ve/veya faaliyetten sonra gelişmiştir. Himmetdede Cevherleşmesi'nde ise Paleozoyik yaşlı metamorfik birimler Eosen yaşlı sedimanter birimlerin üzerindedir.

Eosen birimlerinde bir cevherleşme olmaması, hatta metamorfiklerin sedimanter birimlerle olan kontağına yakın bölümlerinde de cevher olmaması, cevherleşmenin bu birimlerin üst üste gelmesini sağlayan tektonik faaliyetten önce olduğuna işaret etmektedir.

Her iki saha için de bulundukları jeolojik zonun tektonik evrimi cevherleşme açısından önemli bir role sahiptir. Kaymaz Cevherleşmesi'nde ana cevherin yankayacı olan serpantinit, Kretase sonunda gerçekleşen kıta-kıta çarpışması sonucunda yüzeylenmiş ve nap hareketleriyle Kaymaz'ın yaklaşık 50 km kuzeyinden geçen İzmir-Ankara-Erzincan Sütur Zonu'ndan [100]mevcut konumuna taşınmıştır. Granit de yine kıta-kıta çarpışması sonrasında kıtasal kabuk içinde gelişen magmatik faaliyetler sonucunda oluşmuştur. Granitin oluşumundan sonra gelişen tektonik faaliyetleri ise granitin yüzeylenmesini ve cevherleşme için uygun ortam olan tektonik dokanağı oluşturmuştur. (Şekil 4.1.) Himmetdede Cevherleşmesi'nde sülfit zonunda oluşan cevherleşmenin Carlin tipi bir cevherleşme olduğu düşünülmektedir. (Bölüm 5.2'de daha detaylı olarak açıklanmıştır). Carlin tipi cevherleşmeler, tip lokalitelerinde kıta-kıta çarpışmasını takip eden açılmalı rejimin hakim olduğu ve dalma-batmayla ilişkili magmatik kuşakların geliştiği bölgelerde oluşmuştur [98]. Orta Anadolu Masifi'nin geçirdiği jeolojik evrim de bu koşullarla uyumludur. Bu sebeple her iki cevherleşmenin tanımlanmış özellikleri, bulundukları jeolojik zonların içinde kendilerine benzer farklı cevherleşmelerin aranmasında önemli katkılar sağlayabilir.

Kaymaz ve Himmetdede cevherleşmelerinin özelliklere göre karşılaştırılmaları Çizelge 4.1.'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Kaymaz cevherleşmesi için öngörülen jeolojik süreçlerin şematik gösterimi.

Çizelge 4.1. Kaymaz ve Himmetdede cevherleşmelerinin özelliklerine göre karşılaştırılması.

	KAYMAZ (ESKİŞEHİR)	**HİMMETDEDE (KAYSERİ)**
Yan kayaç	Serpantinit, granit, şist	Mermer arabantlı gnays
Yatak geometrisi	Ana cevher zonu damar tipindedir. Diğer sahaların belirgin bir geometrisi yoktur.	Belirgin bir yatak geometrisi yoktur.
Fay kontrolü	Ana cevherleşme fay kontrollüdür. Mermerlik'de serpantinitler metamorfikleri tektonik olarak üzerlemektedir.	Faylanma ile cevherleşme arasında doğrudan bir ilişki gözlenmemiştir.
Alterasyon	Silisleşme, killeşme (karbonatlaşma), demir oksit oluşumu	Silisleşme, killeşme, demiroksit oluşumu
Mineral içeriği	Altın, gümüş, iyodarjirit, akantit pirit, arsenopirit, kovellin,nabit bakır, galenit, rutil,Ni-Sülfit kromit ve götit±lepidokrokit	Altın, pirit, arsenopirit, enargit, kovellin, galenit, rutil ve götit±lepidokrokit
Zonlanma	Cevherleşmede zonlanma yoktur	Cevherleşme oksit ve sülfit zonu olarak ikiye ayrılır.
Yüzeyden derine doğru devamlılık	Yüzeyden ortalama 200 m derinlikte serpantinit-şist kontağı ile cevherleşme son bulmaktadır	Ekonomik cevherleşme sülfit zonuna geçişle (yaklaşık 200 m), sülfit zonu ise Eosen sedimanlarına geçilmeden önce sonlanmaktadır (yaklaşık 250 m)

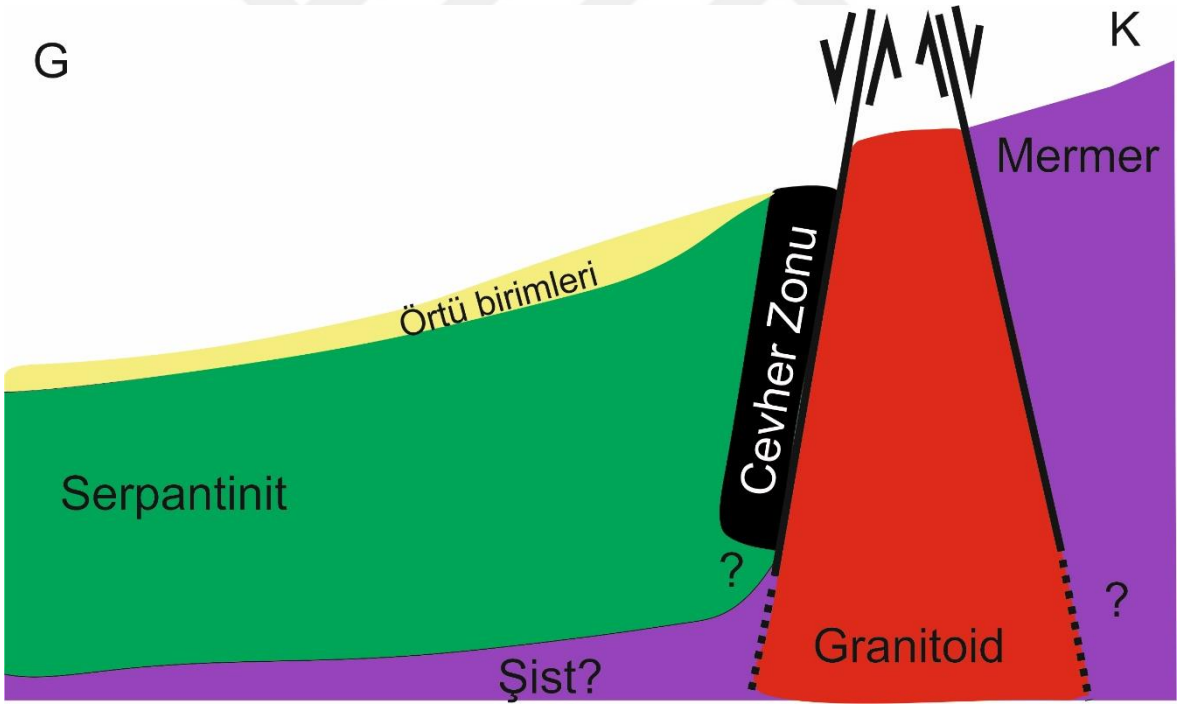
	KAYMAZ (ESKİŞEHİR)	**HİMMETDEDE (KAYSERİ)**
Cevherleşme yaşları	Granit ve serpantini yanyana getiren tektonik aktivite ile eş zamanlı ve/veya sonrası (Miyosen?)	Cevherleşmenin yankayacı Paleozoyik yaşlı metamorfik birimler Eosen sedimanlarını tektonik olarak üzerlemektedir. İlksel konumunda olmayan cevherleşme için sağlıklı bir yaş aralığı önermek mümkün değildir.
Sıvı kapanımı homojenleşme sıcaklıkları (T^{o}h)	103-397 °C Çok Fazlı	76-236 °C homojen dağılımlı
Çözeltilerin tuzlulukları (%NaCl eşdeğeri)	%1,2-3,4 ve %3,9-5,4 arasında 2 farklı dağılım vardır.	Ölçülemedi
Au, Ag, As içeriği	Au, Ag, As içerikleri değişken olup aralarında belirgin bir korelasyon yoktur	Au dışında Ag ve As analiz verisi yoktur. Herhangi bir Ag mineraline rastlanmamıştır. Sülfitli zonda cevherleşmeye sebep olan çözeltinin As'ce zengin olduğu düşünülmektedir.

5. SONUÇLAR VE YORUMLAR

5.1. Kaymaz Altın Madeni

Kaymaz Altın Madeni 4 ayrı sahadan oluşmaktadır. Cevherleşme Damdamca ve Karakaya sahalarında granit-serpantinit kontağında gelişmiştir. Mermerlik Sahası'nda serpantinit içinde altın, metamorfik kayaçlarda gümüş cevherleşmeleri vardır. Kızılağıl Sahası'nda altın ve gümüş cevherleşmesinin yankayacı metamorfik kayaçlardır.

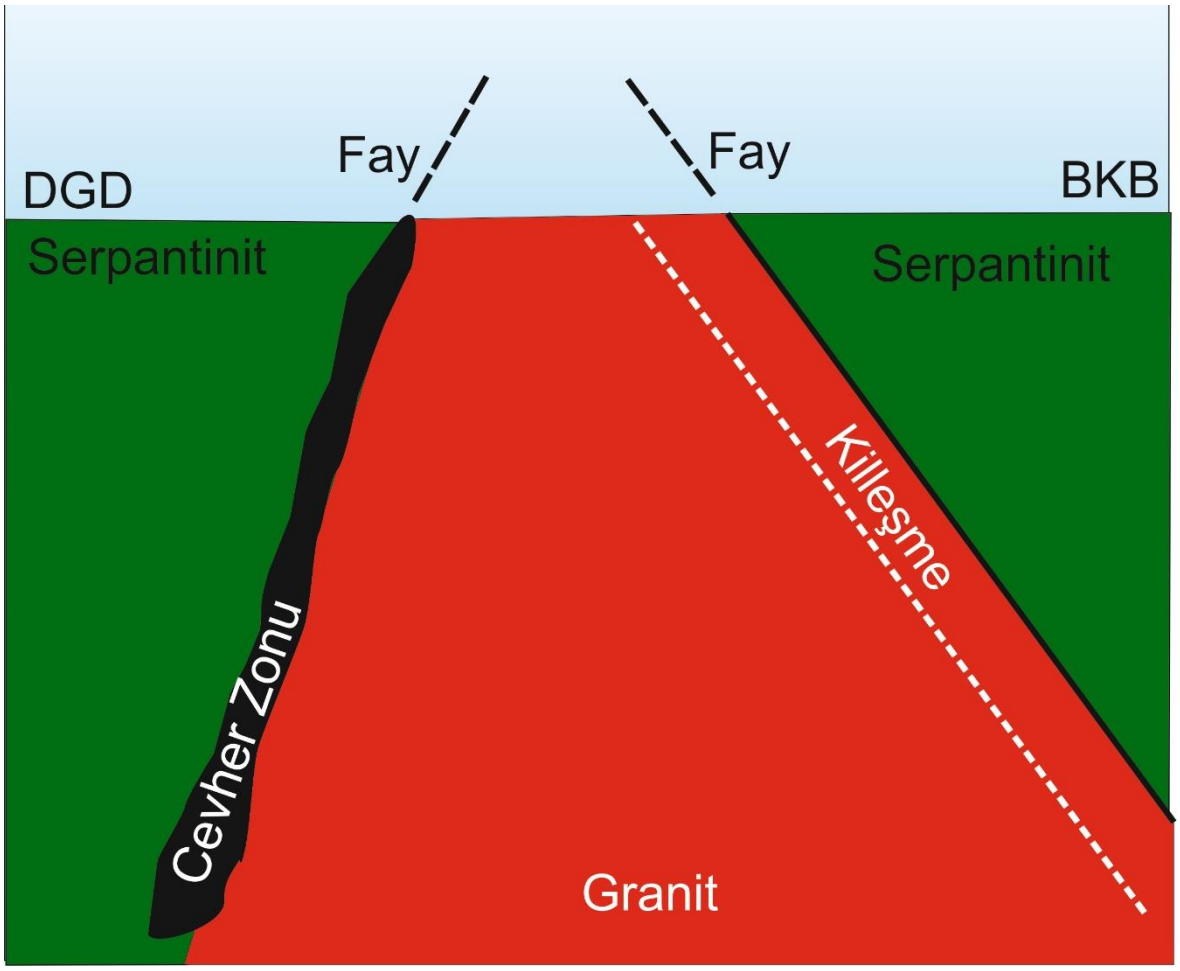
Damdamca ve Karakaya Sahaları KKB-GGD doğrultulu tek bir hat boyunca yerleşmişlerdir. Alterasyon, cevherleşme, yankayaç ve sıvı kapanımı özelliklerindeki benzerlikler sebebiyle bu sahalar bir bütün olarak kabul edilebilir. Bu cevher hattı madenin ana cevher zonudur. Karakaya Sahası'nda cevherin doğrultusu bu hatta paralelken (Şekil 5.1.) , Damdamca Sahası'nda KKD-GGB şeklindedir. Bu farklı iki doğrultu Karakaya Sahası cevherleşmesinin ana tektonik hatta paralelken (Şekil 5.2.), Damdamca cevherleşmesinin transfer faylarına paralel olmasıyla açıklanabilir.



Şekil 5.1. Karakaya Sahası'nın şematik kesiti.

Kızılağıl Sahası'nda altın cevherleşmesi yüzeye yakın seviyelerde gözlenirken gümüş cevherleşmesi daha derinlerde de devam etmektedir. Mermerlik Sahası'nın gümüşçe zengin metamorfik kayaçları alterasyon ve cevherleşme özellikleri

açısından Kızılağıl Sahası'ndaki metamorfik kayaçlarla benzer özellikler sergilemektedir.

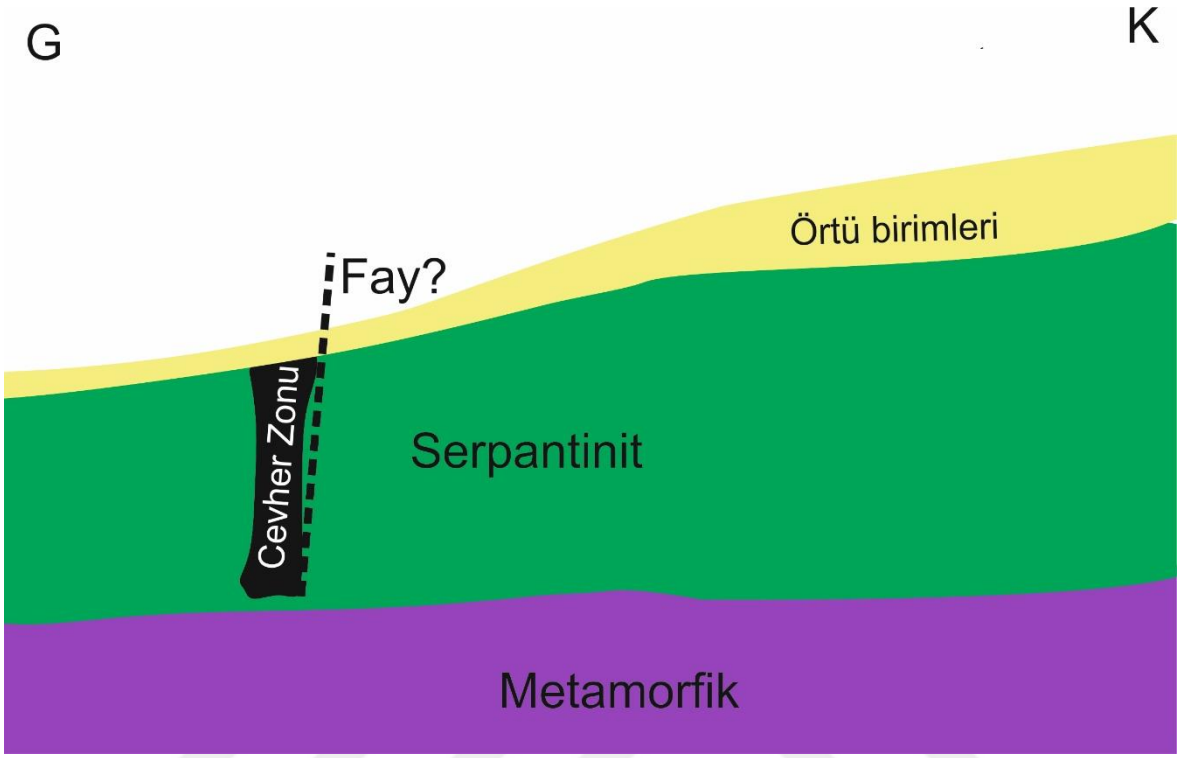


Şekil 5.2. Damdamca Sahası'nın şematik kesiti.

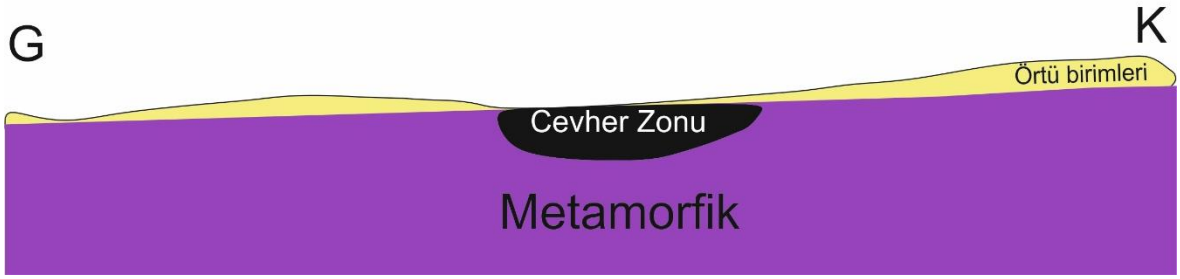
Kızılağıl Sahası'nda altın zenginleşmesinin çok sığ olması ve sahanın üst kotlarından alınan KZ158-1 örneğinin diğer sahalarda bulunan silisleşmiş serpantinite benzer makro özellikler göstermesi, içinde kromite rastlanması, metamorfik birimlerin üzerinde daha önceden bir serpantinit kütlesi olduğunu ve bu kütlenin aşınarak kaybolduğunu düşündürmektedir. Cevherleşmenin aşınan bu serpantinit kütlesi ile metamorfik kayaçların kontak zonunda geliştiği varsayılmaktadır.

Kızılağıl ve Mermerlik Sahaları'nın benzer cevherleşme-alterasyon özellikleri, mevcut coğrafik konumları ve yukarıda belirtilen gözlemler bir arada düşünüldüğünde bu sahalardaki cevherleşmelerin bir serpantinit bloğunun

metamorfiklerin üzerine yaklaşık K-G doğrultulu olarak yerleşmesi ve bu birimlerin kontağında gerçekleşen hidrotermal faaliyetlere bağlı olarak oluştuğu fikri ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple bu sahalar da birbirlerinin devamı olarak kabul edilebilir.



Şekil 5.3. Mermerlik Sahası'nın şematik kesiti.



Şekil 5.4. Kızılağıl Sahası'nın şematik kesiti.

Kaymaz Altın Madeni'nin tüm sahalarında makro ve mikro gözlemlere göre hakim alterasyon türü silisleşmedir. Cevherin granit kontağında geliştiği Damdamca ve Karakaya Sahalarında killeşme ve cevher zonunda yoğun demir oksit oluşumları vardır. Kızılağıl ve Mermerlik'de de demir oksit oluşumu gözlense de bu türdeki alterasyonun yoğunluğu Damdamca ve Karakaya'nın cevher zonuna kıyasla çok

düşüktür. Sahada karbonatlaşmaya nadiren rastlanmaktadır. Toygar'ın [20] bölgedeki silisleşmiş serpantinitler üzerinde yaptığı jeokimyasal çalışmalara göre silisleşmiş serpantinitlerin K_2O içeriği % 1'den çok daha düşüktür. Düşük K_2O içeriği, önemli bir karbonatlaşmanın bulunmaması Halls ve Zhao'ya [48] göre cevherleşmenin yankayacının tam bir listvenit olarak tanımlanamayacağını gösterir.

Dünyada bilinen listvenitik altın yataklarının birçoğunda, listvenit oluşumu granit intrüzyonu ile ilişkilendirilmiştir [101], [102-104]; [105]'dan. Örnek olarak Belogub ve diğ. [105] Urallar'ın kompleks faylar barındıran bir bölge olduğunu ve bu bölgedeki Mechnikovskoe, Altyn-Tash (Altın Taş), ve Ganeevskoe yataklarında yaptıkları $\delta^{18}O$ çalışmaları sonucunda cevherleşmeyi oluşturan hidrotermal çözeltinin magmatik kökenli olduğunu söylemişlerdir. Zoheir ve Lehmann [101] Barramiya Altın Madeni'nde (Doğu Çölü-Mısır) yaptıkları çalışmada tektonizma sonrası oluşan granit stokunun listvenitleşme ve cevherleşmedeki rolüne dikkat çekmişlerdir. Altın cevherleşmesine eşlik eden pirit ve arsenopirit mineralleri üzerinde yaptıkları $\delta^{34}S$ çalışmaları sonucunda magmatik, seyreltik, karbonik, sulu çözeltinin ofiyolitik kayaçlardan altını ve izotopik olarak daha hafif olan kükürtü liç ettiğini söylemişlerdir.

Kaymaz Altın Madeni'nde cevherleşmenin önemli bölümü granit kontağında gelişmiştir. Fakat çalışma sahasındaki serpantinit ile granit tektonik faaliyetler sonucunda yan yana gelmiştir. İki birimin dokanağındaki çizgisellik ve sondajlarda gözlenen breşik zonlar bu durumun göstergesidir. Her ne kadar ekonomik cevherleşme serpantinit içinde gelişse de cevherleşme ve alterasyondan her iki birim de etkilenmiştir. Bu durum cevherleşmenin granit ve serpantinitin yan yana getiren tektonik aktiviteyle eş zamanlı ve/veya sonrasında oluştuğunu göstermektedir. Bu görüş granit ve serpantinitte ölçülen benzer homojenleşme sıcaklıkları ve granit içinde ikincil oksit bileşiminde Cr'li minerallere rastlanmasıyla da desteklenebilir. Dolayısıyla Kaymaz cevherleşmesinde magmatik kökenli çözeltilerin bir etkisinin olmadığı düşüncesi ortaya çıkmaktadır.

Ana cevher zonunda bulunan altınların tamamı kuvars kristalleri arasındadır. Gümüşlerin de bir kısmı kuvars kristalleri arasında, bir kısmı da (akantitler (Ag_2S) baritlerle ($BaSO_4$) ilişkilidir. Bulunan diğer opak mineraller kromit ($FeCr_2O_4$), götit ± lepidokrokit (FeO(OH)), pirit (FeS_2), arsenopirit (FeAsS), galenit (PbS), sfalerit (ZnS) ve Ni-sülfit mineralleridir. Kromit ($FeCr_2O_4$) mineralleri serpantinitin köken kayacı

olan ultramafik kayaçların ilksel bileşimine aittir. Ni-sülfit mineralleri ise kayacın ilksel bileşimine ait olabilir ya da cevherleşme sırasında serpantinitten çözünen nikelin piritlerin (FeS_2) bünyesine girişiyle de oluşmuş olabilir. Götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) ise ana cevher zonunda cevherleşme sonrası oksidasyonu temsil etmektedir. Diğer cevher minerallerinin oluşum sırası ile ilgili net bir dokusal bulgu ya da mineralojik gözlem yoktur.

Karakaya Sahası'ndan alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçlarına göre Au ve Ag arasında bir korelasyon katsayısı 0,01, Mermerlik Sahası'nda ise bu değer 0,19'dur. Her iki sahaya ait örneklerde Au ile analizi yapılan diğer elementler (Ag, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, S, Sb, Zn) arasında, Karakaya Sahası Au-Sb ilişki hariç, mutlak değeri 0,5'den büyük bir korelasyon katsayısı bulunmamaktadır (Karakaya Au-Sb korelasyon katsaysısı=0,7) (Ek 26,27,28).Bu durum altın ile gümüş zenginleşmelerinin farklı çözelti ürünü olduğu veya tek bir çözeltinin zaman içinde bileşiminin değiştiği fikirlerini ortaya çıkarmaktadır.

Mermerlik Sahası'nda bulunan altın tanelerinin tamamı götit ± lepidokrokit (FeO(OH))tarafından adsorbe edilmiş şekildedir. Bu durum altın ile demir-oksitler arasındaki kuvvetli elektrostatik etkileşim ile açıklanabilir. Demir-oksitler geniş yüzey alanları sayesinde önemli derecede altın tutma özelliğine sahiptir ve bu özellikleriyle düşük sıcaklık koşullarında altının çökeliminde etkilidir [106] Gözlenen piritlerin (FeS_2) çoğu götit ± lepidokrokit (FeO(OH))tarafından ornatılmıştır. Yine Kızılağıl Sahası'na ait örneklerde bulunan piritler (FeS_2) de götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) tarafından ornatılmıştır. Kızılağıl'da bulunan iyodarjirit (AgI) mineralleri de gümüşün oksidasyonu sonucunda oluşmuştur [107]. Tüm bu veriler Kızılağıl ve Mermerlik Sahası'ndaki cevherleşmelerinde süperjen faaliyetlerin etkili olduğuna işaret etmektedir.

Yapılan sıvı kapanımı çalışmalarında ana cevher zonuna ait örneklerde (KYM 9, KYM 14, KYM 32) homojenleşme sıcaklıklarının 100-200 °C arasında yoğunlaştığı ve 350 °C civarında da homojenleşme sıcaklıkları olduğu görülmüştür. Bu örneklere cevherin granit kontağından alınan KKB 6 da ilave edilirse 100-250 °C arasında ve 330-370 °C aralığında olmak üzere 2 fazlı bir hidrotermal faaliyet olduğu düşünülmektedir. Karakaya Sahası'na ait akantitlerin (Ag_2S) barit mineralleriyle

kenet halinde olması, akantitin (Ag_2S) düşük sıcaklıklarda oluştuğuna işaret etmektedir. KKB 6 örneğinde ölçülen tuzluluk eşdeğerleri % 1,2-3,7 arasındadır.

Kızılağıl Sahası'na ait KZ 158-1 örneğinde homojenleşme sıcaklıkları 270-393°C, tuzluluk eşdeğerlikleri %3,9-5,4 arasındadır. Bu değerler ana cevher zonu ile uyumlu değildir. Bölüm 2.4.4.'de anlatıldığı gibi cevherleşme ile örneklerde bulunan kuvarsların ilişkisi net olarak ortaya konamamıştır. Bu örnekte 5,1 ppm Au değerinin yanı sıra 13,8 ppm Ag değeri bulunmaktadır. Mermerlik Sahası'nda metamorfik birimler içinde düşük Au yüksek Ag içeren cevherleşmeler bulunmaktadır ve bu kesimlerde bulunan kuvarslar Kızılağıl Sahası'na ait ölçüm yapılan kuvarslara benzer özellikler sergilemektedir. Ana cevher zonu ile uyumsuz olan bu homojenleşme sıcaklıkları metamorfik birimler içinde Ag zenginleşmesine sebep olan ve mezotermal sıcaklık koşullarını temsil eden, ana cevherleşmeyi etkileyenden farklı bir hidrotermal faza ait olduğu fikrini ortaya çıkarmaktadır. İki saha arasındaki bu farklı homojenleşme sıcaklıklarını açıklayabilmek için her iki birimden daha fazla örneğin analizine ihtiyaç vardır.

Listvenit/listvenit benzeri altın yatağı olarak tanımlanan cevherleşmelerde altının kökeninin mafik-ultramafik kayaçlar olduğu fikri çeşitli araştırmalarda tartışılmıştır [108-110]. Belogub ve diğ. [105] ise ekonomik ölçekteki cevherleşmeler için büyük kayaç kütlelerinin tekrarlanmalı olarak gelişen hidrotermal aktivitelere veya altın taşıyan farklı mekanizmaların eklenmesine ihtiyaç olduğunu söylemişlerdir. Kaymaz bölgesinde bulunan kayaçların Au içeriklerinin dünya ortalamaları şu şekildedir: Serpantinitler 5-14 ppb [111-113];[110]'den, granitler 2,8-7,1 ppb, şistler 5 ppb ve mermer 3,1 ppb'dir [114]. Bölgedeki kayaçların ilksel altın içeriklerine yönelik jeokimyasal bir veri bulunmamaktadır. Ancak ana cevher zonunda granitler içinde Fe-Cr-Mn oksitler bulunması, dokanak halinde bulunduğu serpantinitlerden bu elementlerin çözünerek taşındığını göstermektedir. Bahsedilen bu elementleri çözen hidrotermal çözeltinin aynı prensiple Au'yu da çözmüş olabileceği fikri akla gelmektedir. Serpanitinit içindeki altının zenginleşmesi için Qiu ve Zhu [110] şu şekilde bir mekanizma önermiştir; Manto içindeki altın erken magmatik süreçlerde Ni-sülfit veya arsenitlerin içinde konsantre hale gelebilir [115]. Daha sonra gelişen liç faaliyetleri sonucunda bu fazlardan ayrılan altın serpantinitleşme sırasında kristalleşen manyetit ve ikincil sülfit minerallerinin bünyesine dahil olabilir. Son

olarak listvenitleşme sırasında bozunan manyetitin bünyesindeki altın serbest kalır [104]. Bu mekanizmaya bağlı olarak Qiu ve Zhu [110] çalışma alanlarında manyetitin bulunmayışını, serpanitinitin bünyesindeki manyetitin listvenitleşme sırasında tamamen çözünmesiyle açıklamışladır. Kaymaz Cevherleşmesi'nde de silisleşmiş serpanitinit içinde manyetite nadiren rastlanılmıştır. Bu sebeple anlatılan bu mekanizma Kaymaz cevherleşmesi için de uygun görünmektedir.

Tüm bu veriler sonucunda Kaymaz Altın Madeni için önerilen görüşler kısaca şunlardır;

- Kaymaz Altın Madeni'nin ana cevherleşmesi granit ve serpanititi yanyana getiren tektonik faaliyetlerle eş zamanlı ve/veya sonrasında oluşmuştur.
- Altının muhtemel kaynağı serpantinittir.
- Her ne kadar granit de alterasyondan etkilenmiş olsa da, cevherleşmenin granitin içinde, sadece serpantinit kontağına çok yakın bölümlerde görülmesi sebebiyle, granitin litolojik bir bariyer görevi görerek cevherleşmenin bu kayaçların dokanağında gelişmesini sağladığı düşünülmektedir.
- Ana cevher zonuna ait homojenleşme sıcaklıkları ve tuzluluk değerleri düşük sülfürlü bir epitermal sisteme işaret etmektedir.
- Mezotermal sıcaklıkları temsil eden ve metamorfik birimlerde ölçülen homojenleşme sıcaklıkları Au cevherleşmesinden farklı olarak gelişen Ag cevherleşmesini temsil ediyor olabilir.
- Kızılağıl ve Mermerlik Sahalarındaki cevherleşmede süperjen faaliyetler ekonomik zenginleşme açısından önemlidir.

5.2. Himmetdede Altın Madeni

Himmetdede Altın Madeni'nin ekonomik olarak işletilen bölümü yoğun demir oksit oluşumu, silisleşme ve killeşme ile temsil edilir. Açık ocak içinde kuvars oluşumlarının yoğun olarak bulunduğu alanlar (Şekil 3.12.) dışında ekonomik olan cevher zonunu, makro gözlemlerle tanımlama imkanı sınırlıdır.

Cevherleşmenin yankayacı mermer arabantlı gnays olarak tanımlanmıştır. Gnayslar ilksel dokusunu büyük ölçüde kaybetmişken, mermerler alterasyondan daha az etkilenmiştir.

Açık ocak ve sondaj gözlemlerine göre cevherleşme oksit zonu ve sülfit zonu olarak ikiye ayrılmıştır.

Oksit zonunda altının yanı sıra az miktarda pirit (FeS_2) bulunmaktadır. Piritler (FeS_2) götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) tarafından ornatılmıştır ve kalıntı şeklinde gözlenmektedir. Oksit zonunda bulunan altınlar gang mineralleri olan kil ve kuvarsların arasında gözlenmektedir. Kuvarsla birlikte bulunan altınlar, kuvarsların kırık ve çatlaklarına yerleşmiştir.

Sülfit zonu mevcut açık ocağın altındadır ve bu zona ait verilere sondaj karotları aracılığıyla ulaşılmıştır. Sülfit zonunda bulunan cevher mikroskobisi çalışmalarında ve SEM analizlerinde tespit edilen mineraller altın (Au), nabit bakır (Cu), pirit (FeS_2), arsenopirit (FeAsS), galenit (PbS), enargit (Cu_3AsS_4), kasiterit (SnO_2) ve rutildir (TiO_2).

Sülfit mineralleri içeren yüzeyde/yüzeye yakın altın cevherleşmelerinin yeraltı suyu aktivitesine bağlı olarak süperjen altın zenginleşmeleri bilinmektedir. Gossan olarak da bilinen bu ikincil zenginleşmeleri kontrol eden faktörler Taylor'a [52] göre şunlardır;

İlksel mineral parajenezi

İlksel minerallerin duraylılık ve çözünürlük özellikleri

Yeraltı suyunun Ph'ı

Eh özelliklerini kontrol eden oksijen miktari

Sıcaklık

Gossan tipi cevherleşmelerde piritin oksijen ve su ile teması sonucunda açığa çıkan H^+ iyonu yer altı suyunu asidik hale getirirken, yan ürün olarak da (FeO(OH)) ortaya çıkmaktadır (kimyasal reaksiyon aşağıda verilmiştir).

$$2FeS_2 + 7O_2 + 2H_2O \Leftrightarrow 2FeSO_4 + 2H_2SO_4 \text{ [52]}$$

$$2FeS_2 + 2H_2O + 7O_2 \Leftrightarrow 2Fe_2^{+} + 4SO_4^{-2} + 4H^+$$

$$2Fe^{+2} + 3H_2O + O_2 \Leftrightarrow 2FeO(OH) + 4H^+ \text{ [51]}$$

Himmetdede oksitli zon cevherleşmesinin yukarıda belirtilen reaksiyon ile pirit (FeS_2) içinde kapanım halde olan altının serbestleştiği düşünülmektedir. Bu görüşü destekleyen veriler;

- Oksit zonunun götit ± lepidokrokitçe (FeO(OH)) zengin olması
- Oksit zonundaki az miktarda kalıntı piritin (FeS_2) götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) tarafından ornatılmış olması
- Sülfit zonunda belirli bir oksidasyonun etkisine işaret eden götit ± lepidokrokit (FeO(OH)) damarlarının bulunması
- Altının sülfit zonunda pirit (FeS_2) içinde kapanım veya kuvars kristalleri arasında bulunurken, oksit zonunda kil içinde ya da kırık çatlakların içinde bulunmasıdır.

Himmetdede'nin sülfitli zonunu oluşturan cevherleşmenin türüne dair yapılan incelemelerde yatağın birçok özellik bakımından Carlin tipi (Carlin Type) altın yataklarına benzediği gözlenmiştir. Hofstra ve Cline [98] Carlin tipi yatakların genel özelliklerini şu şekilde açıklamışlardır.

Carlin tipi cevherleşmelerin tip lokaliteleri olan Kuzey Amerika'nın Utah ve Nevada bölgeleridir. Bölgede kıta kıta çarpışması sonrası gelişen açılmalı tektonik rejim hakimdir ve dalma-batmayla ilişkili doğu-batı uzanımlı magmatik bir kuşak bulunmaktadır.

Cevherleşmenin yankayacı Paleozoyik yaşlı karbonatlı kayaçlardır ve üzerlerinde silikaklastik bir örtü kayacı vardır.

Cevherleşme 2 km'den daha derin ortamlarda, 150-250 °C sıcaklıkta ve %6'dan düşük tuzluluk eşdeğeri olan çözeltilerin etkisiyle oluşurlar.

Cevherleşmeyle birlikte gelişen alterasyonlar karbonatların çözünmesi, silikatların killeşmesi, demirli minerallerin sülfitleşmesi ve kireçtaşlarının silisleşmesidir.

Altın, cevherleşmede arsenopiritlerin (FeAsS) ve piritlerin (FeS_2) içinde kapanımlar veya katı çözeltiler halinde bulunur.

Cevherleşmede altınla birlikte As, Sb, Hg ve Tl elementlerinde de zenginleşme meydana gelir.

Himmetdede Cevherleşmesi'nin içinde bulunduğu Orta Anadolu Masifi'nde Kretase sonunda meydana gelen kıta kıta çarpışmasını sonrasında açılmalı bir tektonik rejim hakimdir [5].

Cevherleşmenin yankayacı olan Paleozoyik yaşlı metamorfikler mermer arabantlı gnaystır ve yankayaç açısından Carlin tipi yataklarla, karbonatlı mineral içereği açısından kısmen uyumludur. Tip lokalitesinden farklı olarak Çin'de "altın üçgeni" bölgesinde Carlin benzeri olarak tanımlanan yataklarda klastik birimler de cevherleşmenin yankayacı durumundadır [116] . Yine Carlin benzeri olarak tanımlanmış Diyadin (Ağrı) Altın Cevherleşmesi, bölgenin temelini oluşturan, dolomitik mermerler ve kalkşistlerden oluşan metamorfik kayaçlar içinde gelişmiştir [117].

Himmetdede Cevherleşmesi'nde ölçülen 76-236 °C homojenleşme sıcaklıkları Carlin tipi yatakların tip lokalitesi için öngörülen 150-250 °C oluşum sıcaklıkları aralığına yakındır. Tip lokalitesi dışında Zhaishang (Çin) Carlin benzeri altın yatağında ölçülen 120-240 °C homojenleşme sıcaklıkları [118] ve Vorontsovka (Kuzey Urallar-Rusya) Carlin (stili?) altın yatağında, altın- (Fe, As, Hg) sülfür-kuvars cevherleşmesinin kuvarslarında ölçülen 110-260 °C arasındaki sıcaklıklar da [119] Himmetdede cevherleşmesinde ölçülen homojenleşme sıcaklıklarına yakındır.

Arsenopirit (FeAsS) ve sinobar (HgS) mineralleri cevherleşmedeki As ve Hg içeriğine işaret ederken, Sb ve Tl içeren herhangi bir minerale rastlanmamıştır.

Sülfitli zonda, altına piritin (FeS_2) kenar kısmı içinde kapanım halde (Şekil 3.30.) rastlanılması cevherleşmelerin dokusal özelliklerinin de benzer olduğunu göstermektedir. Hatta Robb [51], Thoreson ve diğ. [120]'ne dayanarak Carlin tipi bir yatak olan Twin Creeks'de altının piritleri (FeS_2) çevreleyen arsenikçe zengin halkaların içinde olduğunu söylemiştir. Himmetdede Cevherleşmesi'nde arsenopiritlerin piritleri kuşattığı doku tipine rastlanılmaktadır (Şekil 3.29.). Altının piritin (FeS_2) kenar kısımlarında kapanım halde olması, piritlerin (FeS_2) etrafında arsenopirit (FeAsS) kuşatmalarının bulunması Tween Creeks'deki duruma benzerdir.

Tüm bu veriler ve gözlemler sonucunda Himmetdede Altın Madeni'nin sülfitli zonunun, Carlin tipi yataklarla benzerlik gösteren, birincil bir cevherleşme olduğu

düşünülmektedir. Bu cevherleşmenin oluşumundan sonra süperjen faaliyetlerle Gossan olarak tanımlanan cevherleşme gelişmiştir. Gossan tipi cevherleşme oksit zonu içinde tanımlanmıştır ve mevcut şartlarda ekonomik olarak işletilen kısım Gossan tipi cevherleşmedir. Himmetdede Cevherleşmesi'ndeki duruma benzer şekilde Liu ve diğ. [118] Zhaishang (Çin) Carlin benzeri altın yatağındaki cevherleşmeyi oksidasyon oranına göre birincil cevher ve oksitlenmiş cevher olarak ikiye ayırmıştır. Hofstra ve Cline [98] Carlin tipi yataklarda gelişen süperjen faaliyetlerin, düşük tenörlü altının zenginleştirilmesindeki önemine vurgu yapmıştır. Himmetdede Altın Madeni, ekonomik cevherleşmenin oksit zonunda bulunması sebebiyle bu duruma uyan bir örnektir.

6. KAYNAKLAR

1. Okay, A. I., Metamorphic belts in northwest Turkey, *Ketin Symposium* 83-92, **1985**.
2. Ketin, İ., Yozgat bölgesinin Jeolojisi ve Orta Anadolu Masifinin tektonik durumu*, TJK Bülteni*, 6, 1-40, **1956**.
3. Okay, A. I., Tavşanlı Zonu: Anatolid-Torid Bloku'nun dalma-batmaya uğramış kuzey ucu*, Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 142, 195-226, **2011**.
4. Ocakoğlu, F., A re-evaluation of the Eskişehir Fault Zone as a recent extensional structure in NW Turkey*, Journal of Asian Earth Sciences*, 31, 91-103, **2007**.
5. Görür, N., Tüysüz, O. ve Şengör, A. M. C., Tectonic Evolution of the Central Anatolian Basins*, International Geology Review*, 40, 831-850, **1998**.
6. Koçyiğit, A., Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi tektonik gelişim*, TJK Bülteni*, 27, 1-15, **1984**.
7. Genç, Y., Türkmen, H., Coşkun, E., Çamaşırcıoğlu, A., Aydınlı, H. I. ve Demiray, B., Çayağzı-Terziali (Kırşehir) altın cevherleşmesi: Kırşehir Masifinde diskordans düzlemi kontrollü altın cevherleşmelerine ilk örnek, *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 56, 120-121, **2003**.
8. Genç, Y. ve Türkmen, H., Kırşehir Masifi'nde altınlı kuvars damarları, *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 55, 102-103, **2002**.
9. MTA. *Nevşehir İli Maden Ve Enerji Kaynakları,* **2010**.
10. Turan, T. İ. ve Genç, Y., Granitoid hosted vein-type Akçataş Sb-Au-As-U mineralization (Hacıbektaş- Nevşehir) in central Anatolia, *International Earth Science Colloquium on the Aegean Region*, 147, **2012**.
11. Cihan, İ., Aydıncık, H., Kanaat, G., Avcı, S. O., Şahindur, B. E., Cengiz, İ. ve Ersanlı, D., Sedimanter Yan Kayaçlı Bir Altın Cevherleşmesinin Jeolojik Özellikleri: Nevşehir-Avanos-Mahmat Altın Yatağı, *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 70, 466-467, **2017**.
12. McKenzie, D., Active tectonics of the Alpine-Himalayan Beit. The Aegean Sea and Surrounding regions*, Geophys. J. Roy. Astro. Soc.*, 55, 217-254, **1978**.
13. Okay, A. I., Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists*, Geological Society Special Publication*, 17, 455-466, **1984**.
14. Davis, P. B. ve Whitney, D. L., Petrogenesis and structural petrology of high-pressure metabasalt pods, Sivrihisar, Turkey*, Contributions to Mineralogy and Petrology*, 156, 217-241, **2008**.
15. Tolluoğlu, A. Ü. ve Erkan, Y., Orta Anadolu Masifinin Kırşehir metamorfitlerinin petrolojik özellikleri (Kırşehir kuzeybatısı)*, Yerbilimleri*, 1-2, **1989**.

16. Whitney, D. L. ve Dilek, Y., Metamorphic and Tectonic Evolution of the Hırkadağ Block, Central Anatolian Crystalline Complex*, Turkish Journal of Earth Sciences* 10, 1-15, **2001**

17. Keller, J., Quaternary maar volcanism near Karapınar in Central Anatolia*, Bulletin Volcanologique*, 38, 378-396, **1974**.

18. Pasquare G., Poli S., Vezzoli L. ve A., Z., Continental arc volcanism and tectonic setting in Central Anatolia, Turkey*, Tectonophysics*, 146, 127-230, **1988**.

19. Yavuz, H., *Kaymaz (Eskişehir) Listvenitik Altın Yatağı'nın Özellikleri ve Kökenine Bir Yaklaşım,* Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, **2012**.

20. Toygar, Ö., *Kaymaz (Eskişehir) Altın Yatağının Oluşumu Üzerine Jeokimyasal ve İzotopik Sınırlamalar,* Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, **2014**.

21. Yılmaz, H., Geochemical exploration for gold in western Turkey: success and failure*, Journal of Geochemical Exploration*, 80, 117-135, **2003**.

22. Gultekin, A. H., Orgun, Y. ve Suner, F., Geology, mineralogy and fluid inclusion data of the Kizilcaoren fluorite-barite-REE deposit, Eskisehir, Turkey*, Journal of Asian Earth Sciences*, 21, 365-376, **2003**.

23. Bodnar, R. J., Revisedequation and table for determining the freezing point depression of H2O-NaCl solutions*, Geochimica et Cosmochima Acta*, 57, 683-684, **1993**.

24. ASTM. *Inorganic index to the powder diffraction file, Joint Committee on Powder Diffraction Standarts,* Pennsylvania, **1972**.

25. Sabins, F. F., *Remote Sensing*, Freeman and Company, New York, **1997**.

26. Volesky, J. C., Stern, R. J. ve Johnson, P. R., Geological control of massive sulfide mineralization in the Neoproterozoic Wadi Bidah shear zone, southwestern Saudi Arabia, inferences from orbital remote sensing and field studies*, Precambrian Research*, 123, 235-247, **2003**.

27. Rowan, L. C. ve Mars, J. C., Lithologiv mapping itn Mountain Pass, California area using Advanced Spaceborne Thermal Emmision and Reflection Radiometer (ASTER) Data*, Remote Sensing of Environment*, 84, 350-366, **2003**.

28. MTA, *1/500000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası (Ankara Paftası)*, Ankara, **2002**.

29. MTA, *1/100000 ölçekli Eskişehir I 26 paftası*, Ankara, **2018**.

30. Kulaksız, S., Sivrihisar kuzeybatı yöresinin jeolojisi*, Yerbilimleri*, 8, 103-124, **1981**.

31. Monod, O., Andrieux, J., Gautier, Y. ve Kienast, J. R., Pontides Tauridesrelationships in the region of Eskişehir (NW Turkey)*, Bulletin of the Technical University of Istanbul*, 44, 257-277, **1991**.

32. Davis, P. B. ve Whitney, D. L., Petrogenesis of lawsonite and epidote eclogite and blueschist, Sivrihisar Massif, Turkey*, Journal of Metamorphic Geology*, 24, 823-849, **2006**.

33. Cetinkaplan, M., Candan, O., Oberhansi, R. ve Bousquet, R., Pressure-temperature evolution of lawsonite eclogite in Sivriihisar; Tavsanli Zone-Turkey*, Lithos*, 104, 12-32, **2008**.

34. Sherlock, S., Kelley, S. P., Inger, S., Harris, N. ve Okay, A. I., 40Ar-39Ar and Rb-Sr geochronology of high-pressure metamorphism and exhumation history of the Tavşanlı Zone, NW Turkey*, Contributions to Mineralogy and Petrology*, 137, 46-58, **1999**.

35. Kaya, O., Tavşanlı yöresi ofiyolit sorununun ana çizgileri*, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 15, 26-108, **1972**.

36. Shin, T. A., Catlos, E. J., Jacob, L. ve Black, K., Relationships between very high pressure subduction complex assemblages and intrusive granitoids in the Tavsanli Zone, Sivrihisar Massif, central Anatolia*, Tectonophysics*, 595, 183-197, **2013**.

37. Koç, S. ve Kadıoğlu, Y. K., Mineralogy, geochemistry and precious metal content of Karacakaya (Yunusemre-Eskişehir) listwaenites*, Ofioliti*, 21, 125-130, **1996**.

38. Akbulut, M., Pişkin, Ö. ve Karayiğit, A. İ., The genesis of the carbonatized and silicified ultramafics known as listvenites: a case study from the Mihalıççık region (Eskişehir), Northwest Turkey. *, Geological Journal*, 41, 557-580, **2006**.

39. Toygar, Ö., Sendir, H., Mutlu, H. ve Demirbilek, M., Kaymaz (Eskişehir) Altın Yatağının Oluşumuna Ait Mikrotermometrik ve İzotopik Veriler, *Uluslararası Katılımlı 7. Jeokimya Sempozyumu*, 82-83, **2016**.

40. Toygar, Ö., Demirbilek, M., Sendir, H. ve Mutlu, H., Kaymaz Altın Yatağının (Eskişehir) Jeokimyası: İlk Bulgular, *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 67, **2014**.

41. Pirajno, F., *Hydrothermal Processes and Mineral Systems*, Springer, **2009**.

42. Özsayın, E. ve Dirik, K., Quaternary Activity of the Cihanbeyli and Yeniceoba FaultZones: İnönü-Eskişehir Fault System, Central Anatolia*, Turkish Journal of Earth Sciences*, 16, 471-492, **2007**.

43. Sağlam Selçuk, A. ve Gökten, Y. E., Neotectonic Characteristics of the İnönü-Eskişehir Fault System in the Kaymaz (Eskişehir) Region: Influence on the Development of the Mahmudiye-Çifteler-Emirdağ Basin*, Turkish Journal of Earth Sciences*, 21, 521-545, **2012**.

44. Altunel, E. ve Barka, A., Eskişehir Fay Zonunun İnönü-Sultandere Arasında Neotektonik Aktivitesi*, Türkiye Jeoloji Bülteni*, 41, 41-52, **1998**.

45. Seyitoğlu, G., Ecevitoğlu, G. B., Kaypak, B., Güney, Y., Tün, M., Esat, K., Avdan, U., Temel, A., Çabuk, A., Telsiz, S. ve Uyar Aldaş, G. G., Determining the main strand of the Eskişehir strike-slip fault zone using subsidiary

structures and seismicity: a hypothesis tested by seismic reflection studies, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 24, 1-20, **2015**.

46. Özden, S., Gündoğdu, E. ve Bekler, T., Interactions between Eurasian/African and Arabian plates: Eskişehir Fault, NW Turkey, *Journal of African Earth Sciences*, 111, 349-362, **2015**.

47. Rose, G., *Mineralogisch-geognostiche Reise nach dem Ural, dem Altai und dem Kaspischen Meere*, Berlin, **1837**.

48. Halls, C. ve Zhao, R., Listvenite and related rocks: Perspectives on terminology and mineralogy with reference to an occurrence at Cregganbaun, County Mayo, Republic of Ireland, *Mineralium Deposita*, 30, 303-313, **1995**.

49. Ninomiya, Y., A stabilized vegetation index and several mineralogic indices defined for ASTER VNIR and SWIR data, *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 3, 1552-1554, **2003**.

50. Gabr, S., Ghulam, A. ve Kusky, T., Detecting areas of high-potential gold mineralization using ASTER data, *Ore Geology Reviews*, 38, 59-69, **2010**.

51. Robb, L., *Introduction to Ore-Forming Processes*, Blackwell Publishing, **2005**.

52. Taylor, R., *Gossan and Leached Cappings*, Springer, London, **2011**.

53. Dong, G., Gregg, M. ve Subhash, J., Quartz textures in epithermal veins, Queenslan Classification, Origin and İmplications, *Economic Geology*, 90, 1841-1856, **1995**.

54. Genç, Y., *Mineralogisch-petrographische, geologische und geochemische Untersuchung des Quecksilbervorkommnes von Narman-Erzurum (Turkei),* Heidelberg, **1992**.

55. Genç, Y., Narman Ofiyoliti (Erzurum) silika-karbonat kayaçları kromitlerinin alterasyonu ve jeokimyası, *Hacettepe Üniversitesi'nde yerbilimlerinin 25. Yılı Sempozyumu*, 15-17 Kasım 1993, Ankara,29-30, **1993**.

56. Takendo, N., *Atlas of Eh-pH diagrams Intercomparison of thermodynamic databases,* **2005**.

57. Erkan, Y., *Magmatik Petrografi*, Ankara, **2006**.

58. Erkan, Y., Orta Anadolu Masifinin metamorfizması üzerine yapılmış çalışmalarda varılan sonuçlar, *İç Anadolu'nun jeolojisi Sempozyumu: T.J.K. 35. Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara,9-11, **1981**.

59. Erler, A. ve Bayhan, H., Orta Anadolu Granitoidlerinin Genel Değerlendirilmesi ve Sorunları, *Yerbilimleri*, 17, 49-69, **1995**.

60. Bailey, E. B. ve McCallen, W. S., Ankara melanjı ve Anadolu şariajı, *M.T.A. Dergisi*, 40, 12-16, **1950**.

61. Ketin, İ., *1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Sinop paftası*, M.T.A. Yayınları, **1961**.

62. Ayan, M., Contribution ã' l'étude pétrographique et géologique de la région située au Nord-Est de Kaman*, Publ. Mineral Res. Explor. Inst*, 115, 1-332, **1963**.

63. Ataman, G., Anakara'nın güneydoğusundaki granitik-granodiyoritik kütlelerden Cefalık Dağın radyometrik yaşı hakkında ön çalışma*, Hacettepe Fen. Müh.Bilim Dergisi*, 2, 44-49, **1972**.

64. Göncüoğlu, M. C., Geochronological data from the southern part (Niğde Area) of the Central Anatolia Massif*, Mineral Research Exploration Bull*, 105/106, 83-96, **1986**.

65. Coşkun, E., *Terziali-Çayağzı (Kırşehir) yöresi altın içeren silisli zonların oluşumu ve kökeni,* Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2003**.

66. Genç, Y., Kırşehir Masifi metamorfitleri stratigrafisinde yeni gözlemler, *Türkiye Jeooji Kurultayı*, 56, 55-56, **2003**.

67. Seymen, İ., Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir Masifinin satratigrafisi ve metamorfizması*, TJK Bülteni*, 24, 7-14, **1981**.

68. Seymen, İ., Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir Masifinin metamorfizması, *Türkiye Jeol. Kur. 35. Bil. ve Teknik kurultayı, İç Anadolu'nun Jeolojisi Sempozyumu*, 12-15, **1981**.

69. Seymen, İ., Savcılıebeyit (Kaman) ve Yeşilli (Kırşehir) köyleri arasında Kırşehir Masifi'nin jeolojisi, *Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi*, Ankara,1, 69-71, **2000**.

70. Delibaş, O., *Kırıkkale-Yozgat Yöresi Demir, Bakır-Molibden ve Kurşun Cevherleşmelerinin Oluşumunda Magma Karışım Süreçlerinin Rolü,* Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ankara, **2009**.

71. Güleç, N., Rb-Sr data from the Ağaçören Granitoid (East of Tuz Gölü):Geochronological and genetical Implications*, Turkish Journal of Earth Sciences*, 3, 39-43, **1994**.

72. Yalınız, M. K., Parlak, O., Özkan-Altıner, S. ve Göncüoğlu, M. C., Formation and emplacement ages of supra-subduction type ophiolites in Central Anatolia: Sarıkaraman ophiolites Central Turkey, *In 20th anniversary of geol. education, Çukurova University*, Adana,61-62, **1997**.

73. Tatar, S., Boztuğ, D., Harlavan, Y. ve Arehart, G. B., Kompozit Behrekdağ Batoliti:İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağı boyunca Anatolid-Pontid çapışmasının Kırıkkale ili-Hirfanlı Barajı arası kesimindeki magmatik kalıntı, *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, Ankara,56, 28-31, **2003**.

74. Ilbeyli, N., Pearce, J., A., Thirlwall, M., . F. ve Mitchell, J., G., Petrogenesis of collision-related plutonics in Central Anatolia, Turkey*, Lithos*, 72, 163-182, **2004**.

75. Köksal, S., Romer, L. R., Göncüoğlu, M. C. ve Köksal, T. F., Timing of postcollisional H-type to A-type granitic magmatism: U-Pb titanite ages from

the Alpine Central Anatolian Granitoids (Turkey*, Int. Journal of Earth Sci. (Geol Rundsch)*, 93, 974-989, **2004**.

76. Kadıoğlu, Y. K., Dilek, Y. ve Foland, K., Adakit ve alkali magma evriminin Orta Anadolu Kristalen Karmaşığındaki yeri ve zamanı, *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 59, 500-501, **2006**.

77. Aydar, E., Çubukçu, H. E., Şen, E. ve Akın, L., Central Anatolian Plateau, Turkey: incision and paleoaltimetry recorded from volcanic rocks*, Turkish Journal of Earth Sciences*, 22, 739-746, **2013**.

78. Aydar, E., Schmitt, A. K., Çubukçu, H. E., Akın, L., Ersoy, O., Şen, E., Duncan, R. A. ve Atıcı, G., Correlation of ignimbrites in the central Anatolian volcanic province using zircon and plagioclase ages and zircon compositions*, Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 213-214, 83-97, **2012**.

79. Şen, E., Kürkçüoğlu, B., Aydar, E., Gourgaud, A. ve Vincent, P. M., Volcanological evolution of Mount Erciyes stratovolcano and origin of the Valibaba Tepe Ignimbrite (Central Anatolia, Turkey)*, Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 125, 225-246, **2003**.

80. Genç, Y., Vennemann, T. W. ve Satır, M., *Carbon, oxygen and hydrogen isotope evidence for the origin of the sediment hosted Pöhrenk (Çiçekdağı-Kırşehir-Central Anatolia) fluorite deposit, Turkey,*, Millpress Rotterdam, **2003**.

81. Coşkun, E. ve Genç, Y., Terziali-Çayağzı (Kırşehir) altın cevherleflmesi: Kırşehir Masifi'nde saprolitik altın zenginleşmelerinin ilk bulgular*, Yerbilimleri*, 30, 23-33, **2004**.

82. Turan, T. İ. ve Genç, Y., Akçataş (Hacıbektaş-Nevşehir) Low Sulfidation Type Epithermal System: Au-Sb and U Mineralization in Central Anatolia, *XX Congress of the Carpathian-Balkan Geological Association*, Tirana,2, 452, **2014**.

83. Sapancı, Ö., Köprübaşı, N., Çiftçi, E., Köprübaşı, N., Demirel, U., Şahin, B., Özkan, B., Çevik, İ., Akbay, S. ve Tokat, G., Orta Anadolu'da Makaslama Zonunda Oluşmuş Altın Cevherleşmesi: Terziali Cevherleşmesinin Jeolojisi ve Mineralojisinden Ayrıntılar, *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 70, 460-463, **2017**.

84. Aluç, A., Kuşçu, İ., Cihan, M., Serçe, D. C. ve Bekaslan, S., Öksüt (Develi,Kayseri. Türkiye) Yüksek Sülfidasyon Epitermal Altın Cevherleşmesinin Jeolojisi-Mineralojisi-Zamanlaması ve Kökensel Araştırılması, *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 70, 464-465, **2017**.

85. Coşanay, P., Kırat, E., Çevik, N., Kızılkanat, C., Mutlu, H. ve Koç, S., Geochemical, microthermometric, and isotopic constraints on the origin of fluorite deposits in central Anatolia, Turkey*, Turkish Journal of Earth Sciences*, 26, 206-226, **2017**.

86. Pasquare, G., Geology of Cenozoic volcanic area of central Anatolia*, Academia Nazionalle Des lincei Nemorie serie*, 9, 7, **1968**.

87. Dönmez, M., Akçay, A. E. ve Türkecan, A., *Türkiye Jeoloji Haritaları Kayseri - K 34 Paftası,* Ankara, **2005**.

88. Kara, H., *1/100.000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritalar Serisi Yozgat G - 19 Paftası,* Ankara, **1997**.

89. Göncüoğlu, M. C. ve Türeli, T. K., Orta Anadolu Ofiyoliti plajiyogranitlerinin petrolojisi ve jeodinamik yorumu (Aksaray-Türkiye)*, Doğa-Türk Yerbilimleri Dergisi*, 2, 195-203, **1993**.

90. Atabey, E., Tarhan, N., Yusufoğlu, H. ve Canpolat, M., *Hacıbektaş, Gülşehir, Kalaba (Nevşehir)- Himmetdede (Kayseri) arasının jeolojisi,* **1988**.

91. Sen, E., Kurkcuoglu, B., Aydar, E., Gourgaud, A. ve Vincent, P. M., Volcanological evolution of Mount Erciyes stratovolcano and origin of the Valibaba Tepe ignimbrite (Central Anatolia, Turkey)*, Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 125, 225-246, **2003**.

92. İnnocenti, F., Mazzudi, R., Pasqure, G., Radicati, Brozolo, F. ve Villari, L., Teh Neogen calc-alcaline volcanic at Central Anatolia: Geochronical Data of Kayseri-Niğde Area*, Geol Magt.*, 112, 349-360, **1975**.

93. Schumacher, R. ve MuesSchumacher, U., The Kizilkaya ignimbrite - An unusual low-aspect-ratio ignimbrite from Cappadocia, central Turkey*, Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 70, 107-121, **1996**.

94. Le Pennec, J. L., Temel, A., Froger, J. L., Sen, S., Gourgaud, A. ve Bourdier, J. L., Stratigraphy and age of the Cappadocia ignimbrites, Turkey: reconciling field constraints with paleontologic, radiochronologic, geochemical and paleomagnetic data*, Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 141, 45-64, **2005**.

95. Toprak, V., Central Kızılırmak Fault Zone: Northern Margin of Central Anatolian Volcanics*, Turkish Journal of Earth Sciences*, 3, 29-38, **1994**.

96. Genç, Y. ve Yürür, M. T., Coeval extension and compression in Late MesozoiceRecent thin–skinned extensional tectonics in central Anatolia, Turkey*, Journal of Structural Geology*, 32, 623-640, **2010**.

97. Advokaat, E. L., van Hinsbergen, D. J. J., Kaymakci, N., Vissers, R. L. M. ve Hendriks, B. W. H., Late Cretaceous extension and Palaeogene rotation-related contraction in Central Anatolia recorded in the Ayhan-Buyukkisla basin*, International Geology Review*, 56, 1813-1836, **2014**.

98. Hofstra, A. H. ve Cline, J. S., *Characteristics and Models for Carlin-Type Gold Deposits*, Society fo Economic Geologists, INC., **2000**.

99. Cooke, D. R. ve Simmons, S. F., *Characteristics and Genesis Of Epitermal Gold Deposits*, Society Of Economic Geologists, INC., **2000**.

100. Şengör, A. M. C., *Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları*, Geological Society of Turkey, **1980**.

101. Zoheir, B. ve Lehmann, B., Listvenite-lode association at the Barramiya gold mine, Eastern Desert, Egypt*, Ore Geology Reviews*, 39, 101-115, **2011**.

102. Sazonov, V. N., *Gold-Bearing Metasomatic Associations in Fold Belts*, Yekaterinburg, **1998**.

103. Likhoidov, G. G., Plyusnina, L. P. ve Shcheka, Z. A., The behavior of gold during listvenitization: Experimental and theoretical simulation*, Doklady Earth Sciences*, 415, 723-726, **2007**.

104. Buisson, G. ve Leblanc, M., *Gold bearing listwaenites (carbonatized ultramaficrocks) in ophiolite complexes*, The Institution of Mining and Metallurgy, London, **1986**.

105. Belogub, E. V., Melekestseva, I. Y., Novoselov, K. A., Zabotina, M. V., Tret'yakov, G. A., Zaykov, V. V. ve Yuminov, A. M., Listvenite-related gold deposits of the South Urals (Russia): A review*, Ore Geology Reviews*, 85, 247-270, **2017**.

106. Greffie, C., Benedetti, M. F., Parron, C. ve Amouric, M., Gold and iron oxide associations under supergene conditions: An experimental approach*, Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60, 1531-1542, **1996**.

107. Pracejus, B., *The Ore Minerals Under the Microscope An Optical Guide*, Elsevier, **2008**.

108. Harraz, H. Z., A genetic model for a mesothermal Au deposit: evidence from fluid inclusions and stable isotopic studies at El Sid Gold Mine, Eastern Desert, Egypt*, Journal of African Earth Sciences*, 30, 267-282, **2000**.

109. Aftabi, A. ve Zarrinkoub, M. H., Petrogeochemistry of listvenite association in metaophiolites of Sahlabad region, eastern Iran: Implications for possible epigenetic Cu-Au ore exploration in metaophiolites*, Lithos*, 156, 186-203, **2013**.

110. Qiu, T. ve Zhu, Y. F., Geology and geochemistry of listwaenite-related gold mineralization in the Sayi gold deposit, Xinjiang, NW China*, Ore Geology Reviews*, 70, 61-79, **2015**.

111. Vinogradov, A. P., Average contents of chemical elements in the principal types of igneous rocks of the earth's crust*, Geochemistry* 7, 641-664, **1962**.

112. Crocket, J. H., *Gold. In:Wedepohl, K.H. (Ed.)* Springer, Berlin, **1974**.

113. Boyle, R. W., The geochemistry of gold and its deposits*, Canadian Geological Survey Bulletion*, 280, 584, **1979**.

114. Jones, R. S., *Gold in Igneous, Sedimantery and Metamorphic Rocks,* Washington, **1969**.

115. Lorand, J. P. ve Pinet, M., Orcelite of peridotites from Beni-Bousera (Morocco), Ronda (Spain), Table Mountain and Blow-Me-Down Mountain (New-Foundland), and from Pinde-Septentrional (Greece)*, The Canadian Mineralogist*, 22, 553-560, **1984**.

116. Chen, M. H., Mao, J. W., Li, C., Zhang, Z. Q. ve Dang, Y., Re-Os isochron ages for arsenopyrite from Carlin-like gold deposits in the Yunnan-Guizhou-Guangxi "golden triangle", southwestern China*, Ore Geology Reviews*, 64, 316-327, **2015**.

117. Colakoglu, A. R., Oruc, M., Arehart, G. B. ve Poulson, S., Geology and isotope geochemistry (C-O-S) of the Diyadin gold deposit, Eastern Turkey: A newly-discovered Carlin-like deposit*, Ore Geology Reviews*, 40, 27-40, **2011**.

118. Liu, J. J., Dai, H. Z., Zhai, D. G., Wang, J. P., Wang, Y. H., Yang, L. B., Mao, G. J., Liu, X. H., Liao, Y. F., Yu, C. ve Li, Q. Z., Geological and geochemical characteristics and formation mechanisms of the Zhaishang Carlin-like type gold deposit, western Qinling Mountains, China*, Ore Geology Reviews*, 64, 273-298, **2015**.

119. Vikentyev, I. V., Tyukova, E. E., Vikent'eva, O. V., Chugaeva, A. V., Dubinina, E. O., Prokofieva, V. Y. ve Murzind, V. V., Vorontsovka Carlin-style gold deposit in the North Urals: Mineralogy, fluid inclusion and isotope data for genetic model*, Chemical Geology*, In Press, **2018**.

120. Thoreson, R. F., Jones, M. E., Breit, F. J., Doyle, K. M. A. ve Clarke, L. J., The geology and gold mineralization of the Twin Creek gold deposits, Humboldt County, Nevada. In Geology and Gold Deposits of the Getchell Region, Part II. Guidebook Series*, Society of Economic Geologists,*, 332, 75-87, **2000**.

EKLER DİZİNİ

Ek-1 Şekil 2.19.‘da görüntüsü bulunan pirit içinde kapanım haldeki galenitin EDS analizi.

Ek-2 Şekil 2.19.b’de görüntüsü bulunan kromitin EDS analizi.

Ek-3 Şekil 2.19.d’de görüntüsü bulunan baritin EDS analizi.

Ek-4 Şekil 2.20’de görüntüsü bulunan altınların EDS analizleri

Ek-5 Şekil 2.21.’de görüntüsü bulunan altınların EDS analizleri

Ek-6 Şekil 2.31.’de görüntüsü bulunan arsenopirit ve galenitin EDS analizleri

Ek-7 Şekil 2.32.’de görüntüsü bulunan baritlerin EDS analizleri

Ek-8 Şekil 3.34.’de görüntüsü bulunan nabit altının EDS analizi

Ek-9 Şekil 2.36.’da görüntüsü bulunan Fe-Cr-Mn oksitlerin EDS analizleri

Ek-10 Şekil 2.37.’de görünütüsü bulunan brabantit ve uraninitin EDS analizleri

Ek-11 Şekil 2.47’de görüntüleri bulunan galenit, sfalerit ve kasiteritin EDS analizleri

Ek-12 Şekil 2.53.‘de görüntüsü bulunan nabit altının EDS analizi

Ek-13 Şekil 2.55.’de görüntüsü bulunan iyodarjiritlerin EDS analizi

Ek-14 Şekil 2.56 görüntüsü bulunan galenitin EDS analizi

Ek-15 Şekil 2.57.’de görüntüsü bulunan kromitin ve monazitin EDS analizi

Ek-16 Şekil 3.27.’de görüntüsü bulunan galenit ve sinobarın EDS analizleri

Ek-17 Şekil 3.28.’de görüntüsü bulunan nabit altının EDS analizi

Ek-18 Şekil 3.33.’de görüntüsü bulunan enargitin EDS analizi

EK -19 Kaymaz’a ait, XRD analizi yapılan örneklerin tüm kayaç ve kil analiz grafikleri

Ek-20 Himmetdede’ye ait, XRD analizi yapılan HDD Kil-1 tüm kayaç ve kil analiz grafikleri

Ek-21 Himmetdede’ye ait, XRD analizi yapılan HDD Kil-2 tüm kayaç ve kil analiz grafikleri

Ek-22 Himmetdede’ye ait, XRD analizi yapılan HDD Kil-3 tüm kayaç ve kil analiz grafikleri

Ek-23 Himmetdede’ye ait, XRD analizi yapılan HDD Kil-4 tüm kayaç ve kil analiz grafikleri

Ek-24 Himmetdede’ye ait, XRD analizi yapılan HDD Kil-5 tüm kayaç ve kil analiz grafikleri

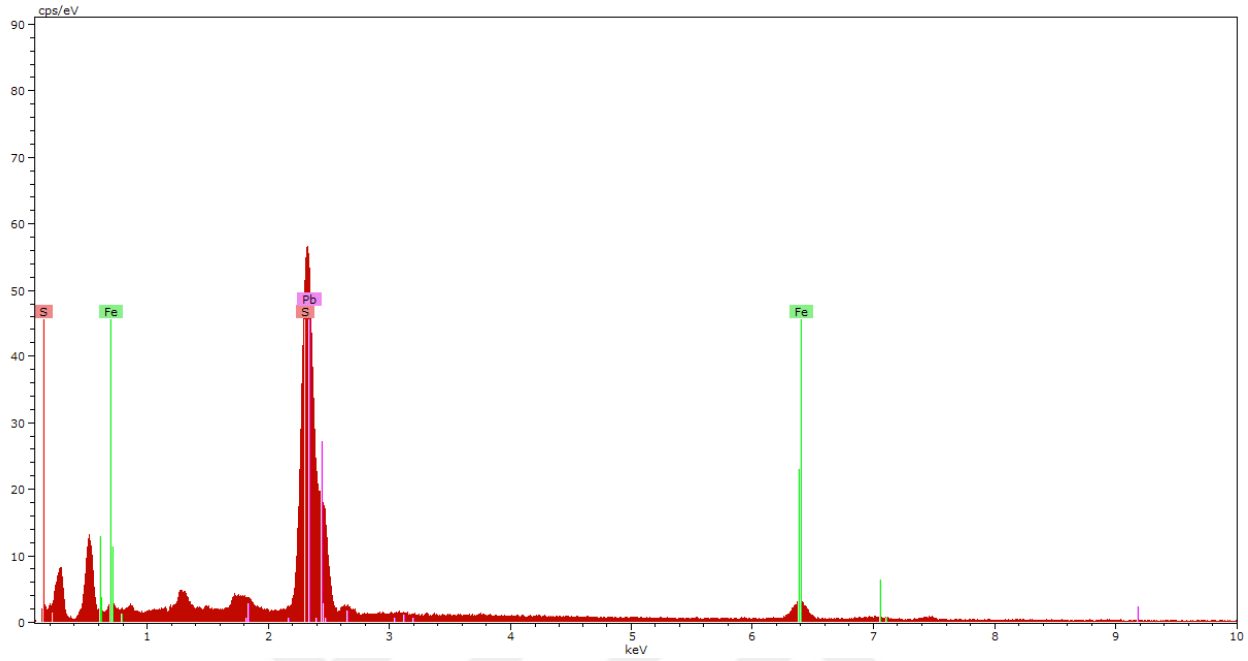
Ek-25 Takendo’ya (2005) göre kromun 298,15 K sıcaklık ve 10^5 Pa basınç altındaki Eh-pH diyagramı

Ek-26 Kızılağıl Sahası’na ait örneklerin element analizlerinin korelasyon hesaplaması.

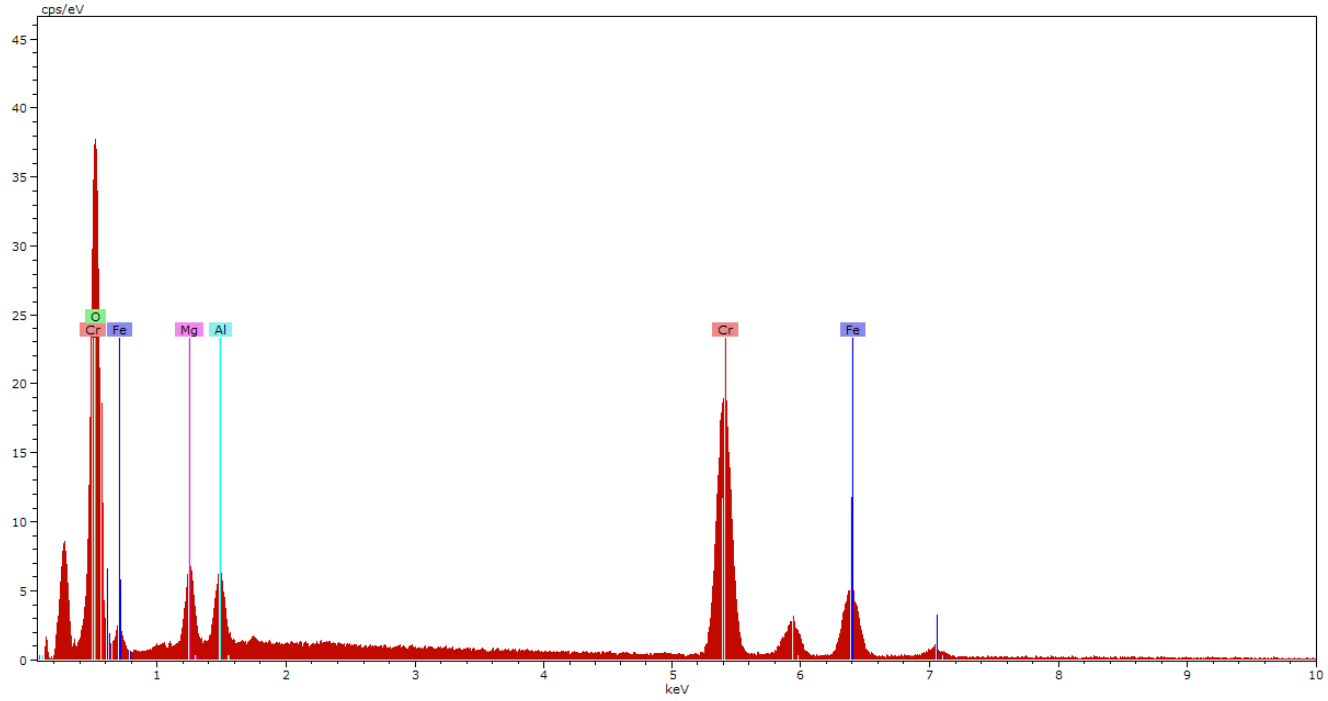
Ek-27 Karakaya Sahası’na ait örneklerin element analizlerinin korelasyon hesaplaması.

Ek-28 Mermerlik Sahası’na ait örneklerin element analizlerinin korelasyon hesaplaması.

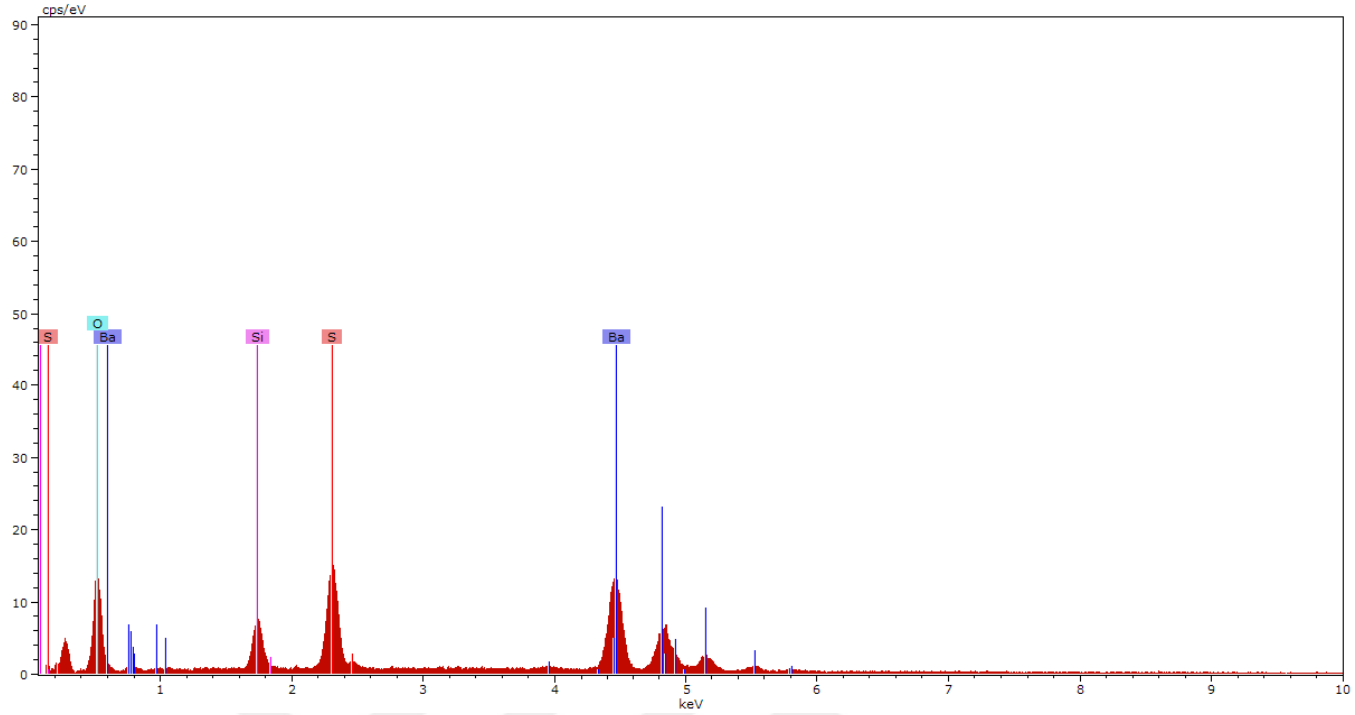
Ek-1 Şekil 2.19.‘da görüntüsü bulunan pirit içinde kapanım haldeki galenitin EDS analizi.



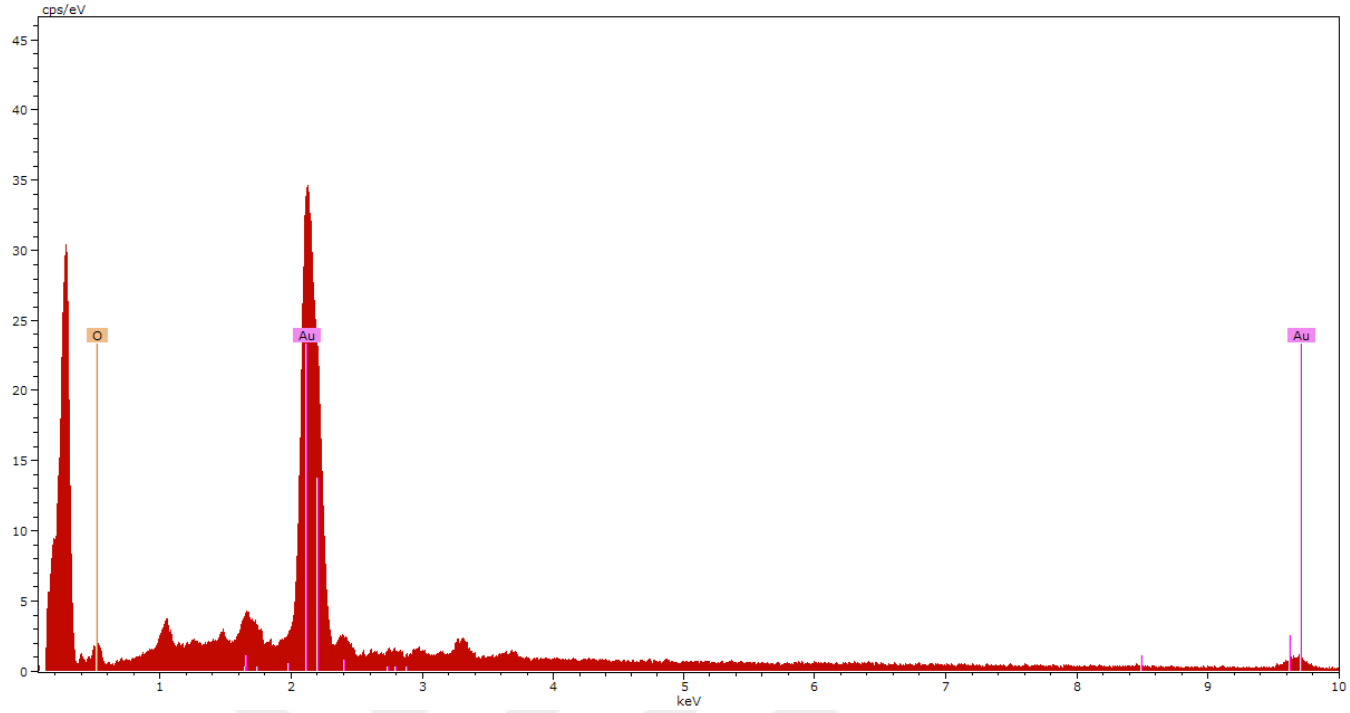
Ek-2 Şekil 2.19.b’de görüntüsü bulunan kromitin EDS analizi.

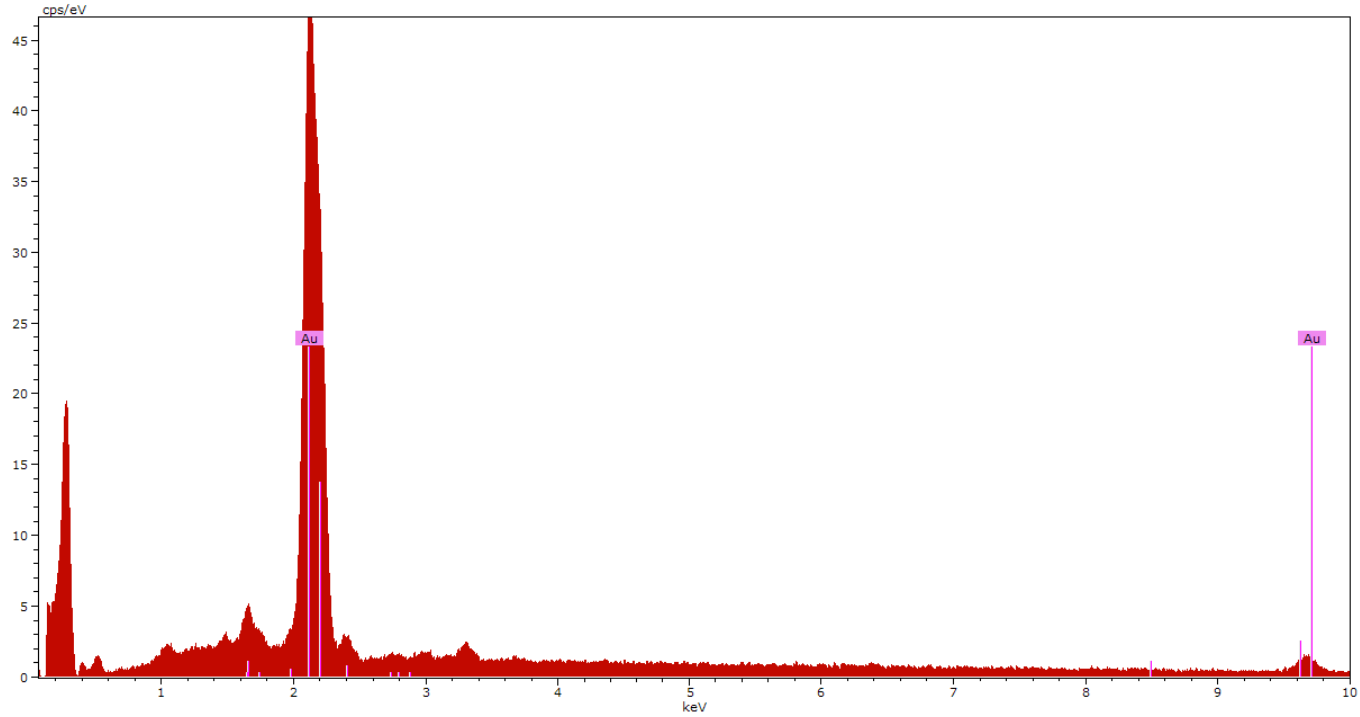


Ek-3 Şekil 2.19.d’de görüntüsü bulunan baritin EDS analizi.

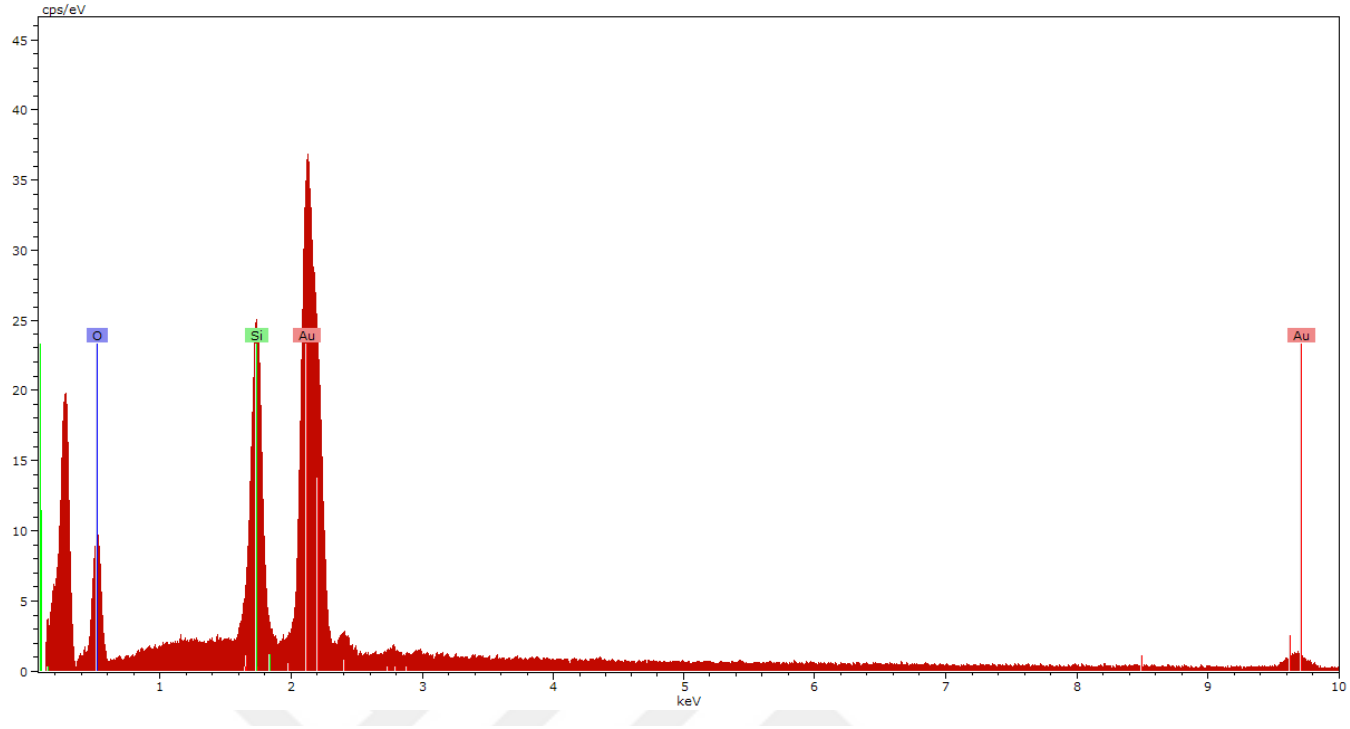


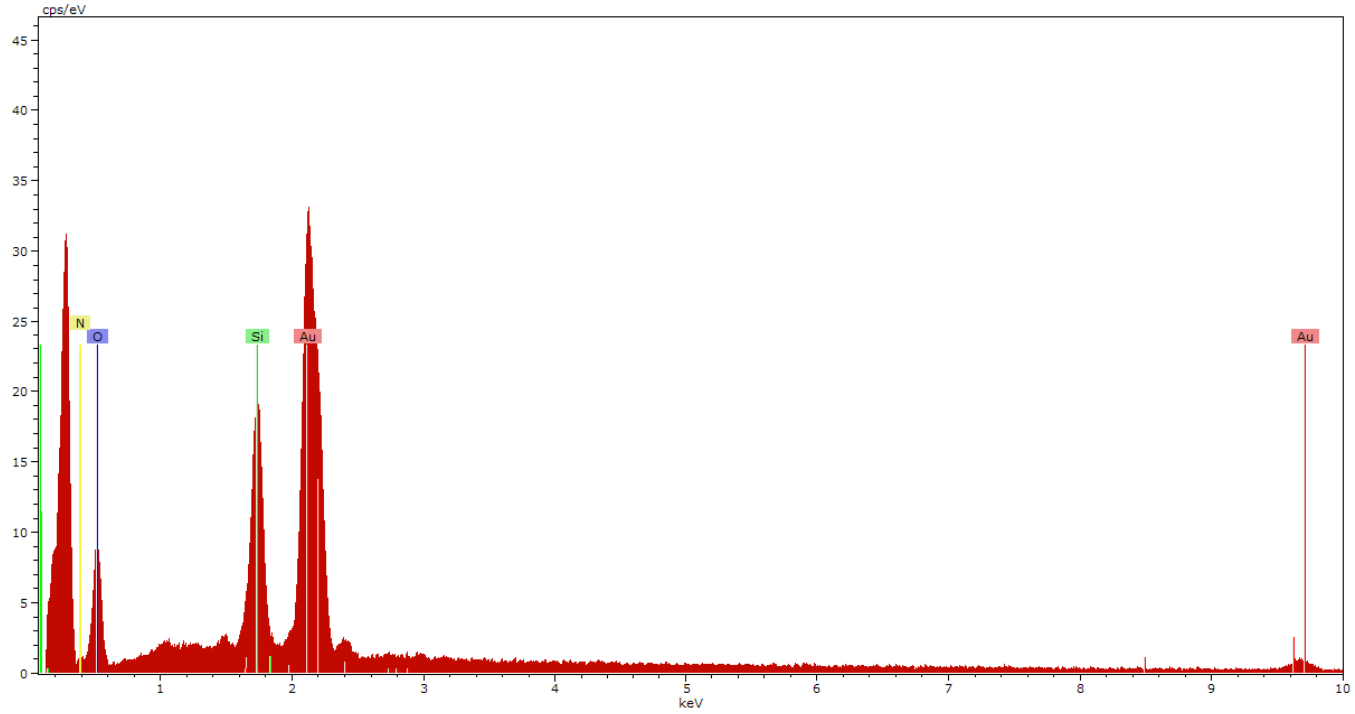
Ek-4 Şekil 2.20’de görüntüsü bulunan altınların EDS analizleri



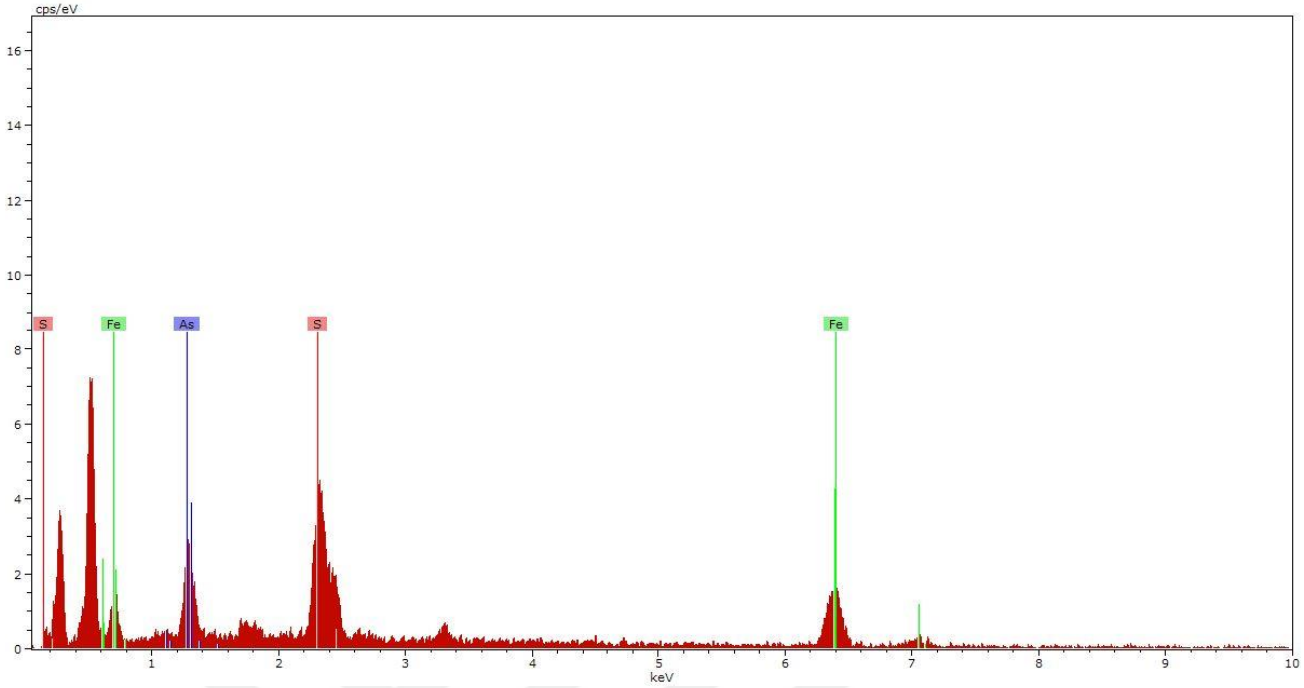


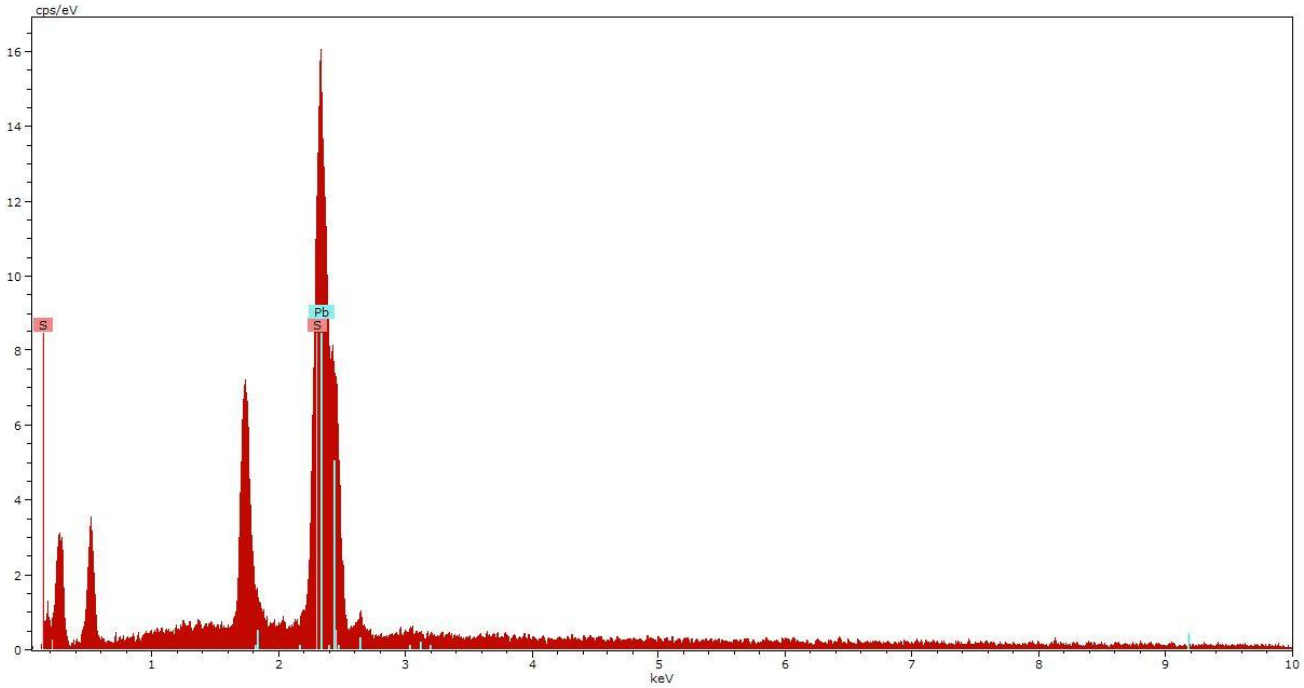
Ek-5 Şekil 2.21.’de görüntüsü bulunan altınların EDS analizleri



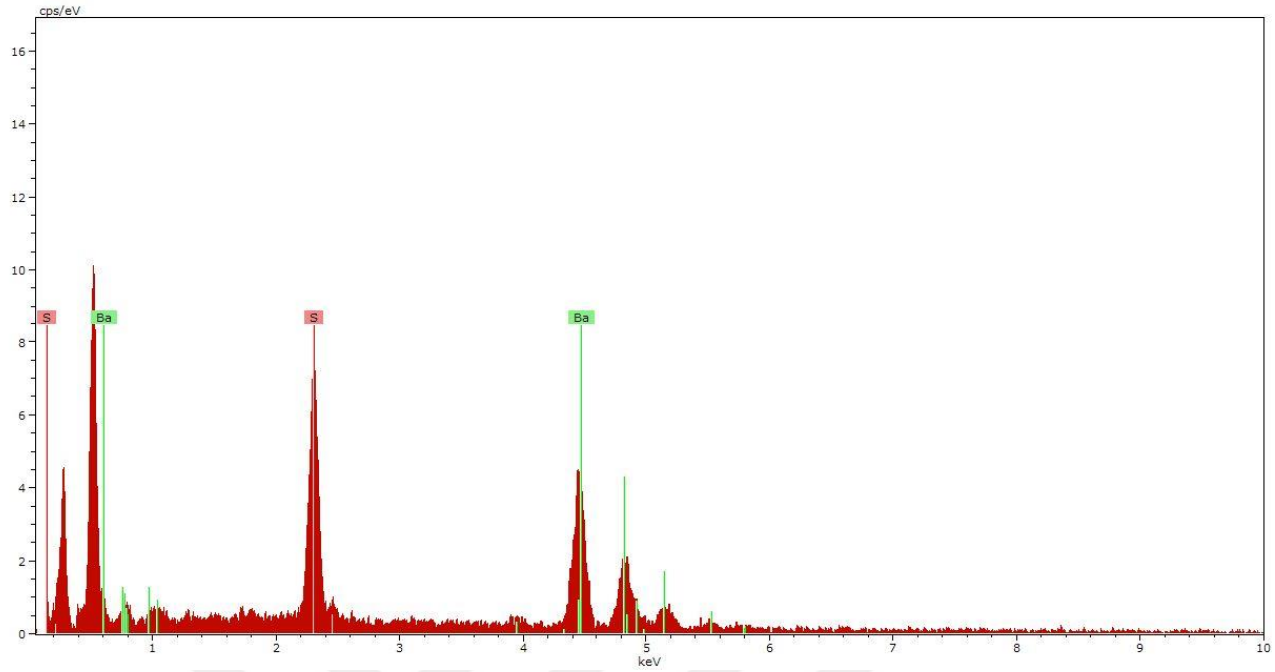


Ek-6 Şekil 2.31.’de görüntüsü bulunan arsenopirit ve galenitin EDS analizleri

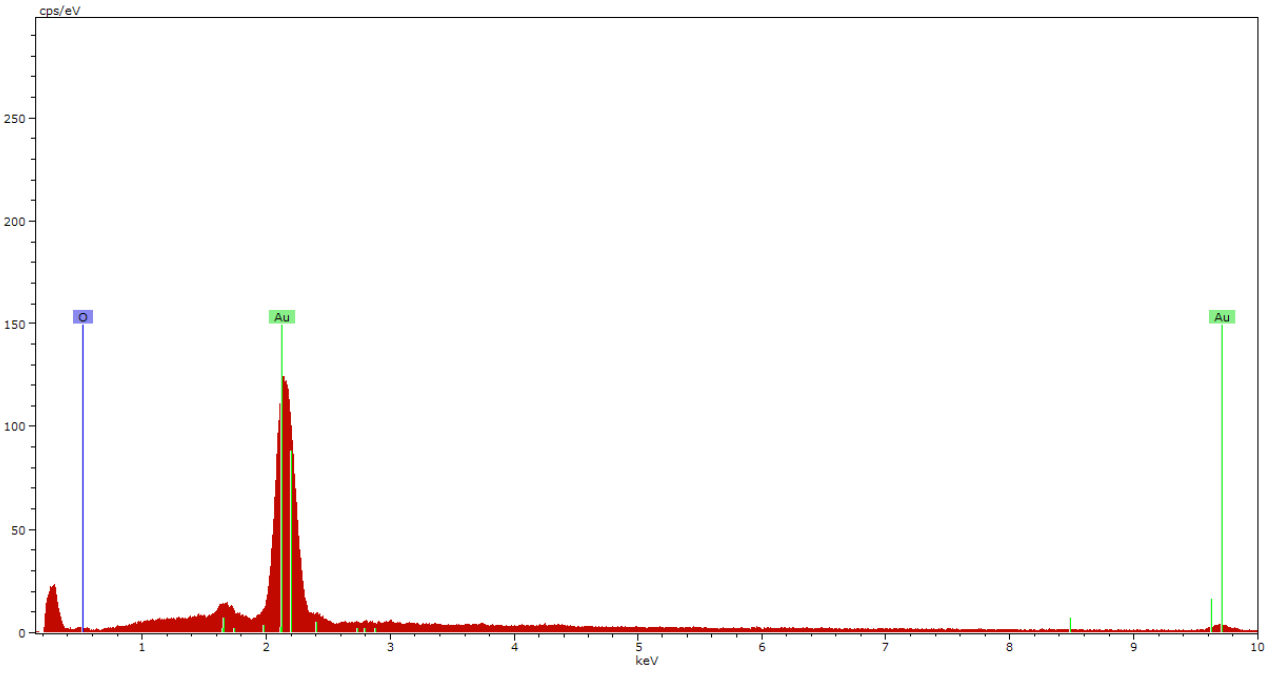




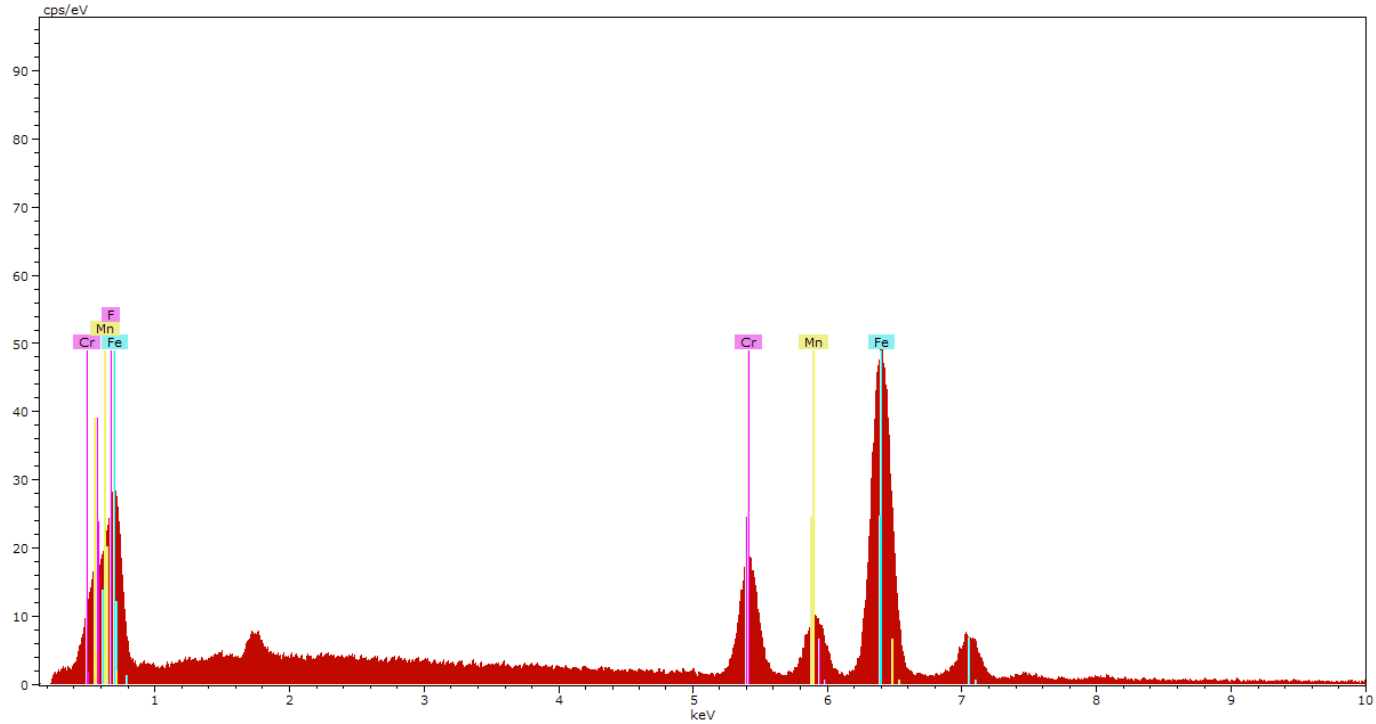
Ek-7 Şekil 2.32.’de görüntüsü bulunan baritlerin EDS analizleri

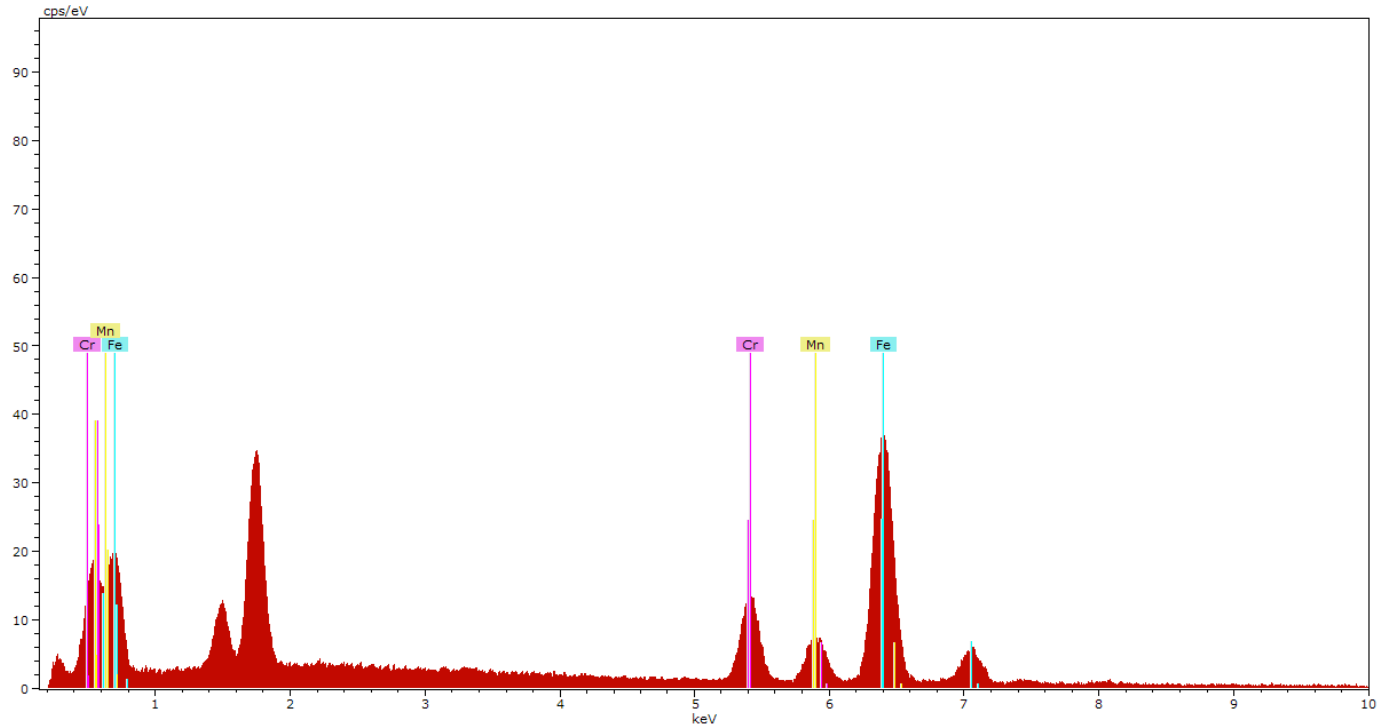


Ek-8 Şekil 3.34.’de görüntüsü bulunan nabit altının EDS analizi

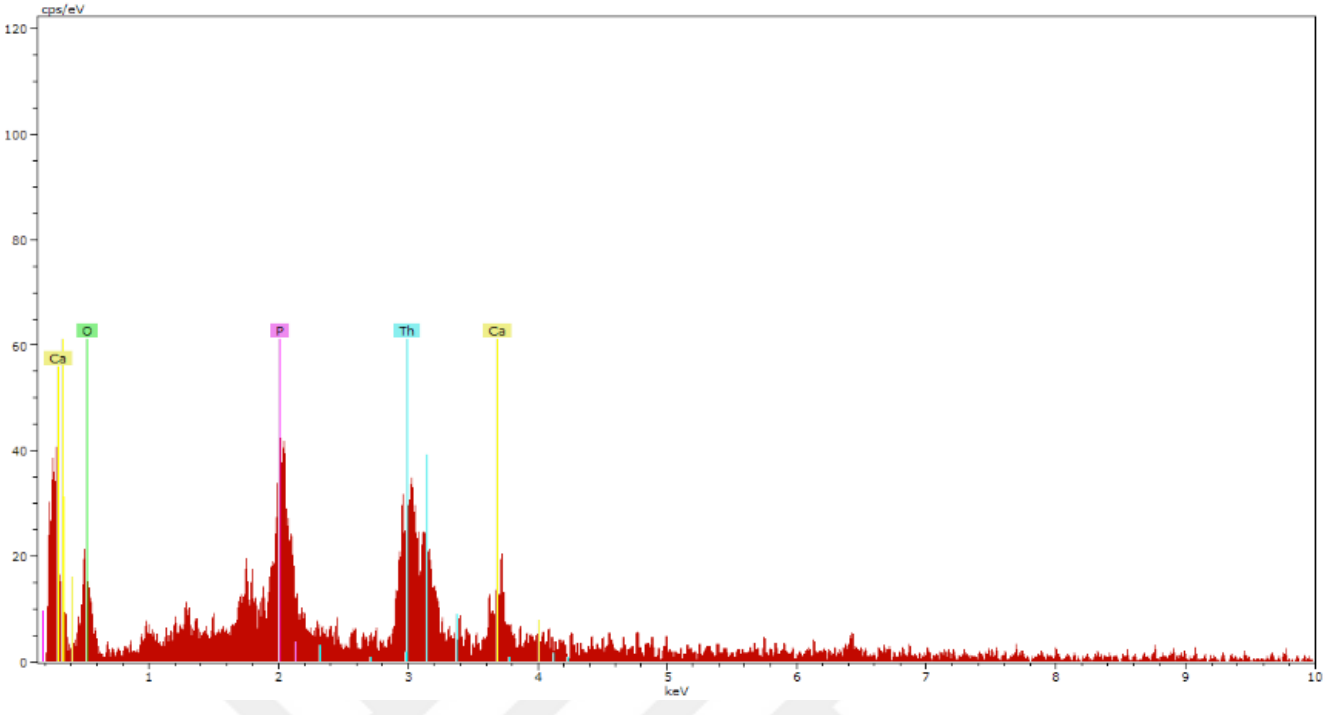


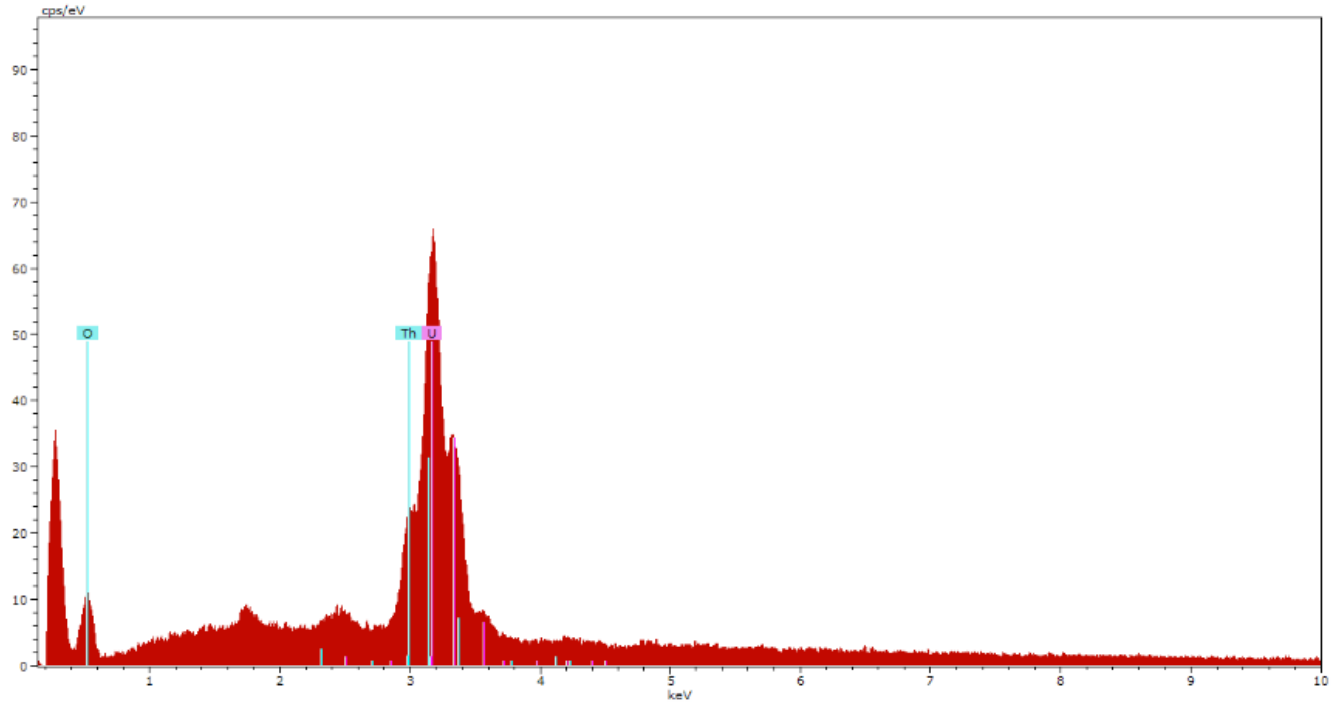
Ek-9 Şekil 2.36.'da görüntüsü bulunan Fe-Cr-Mn oksitlerin EDS analizleri



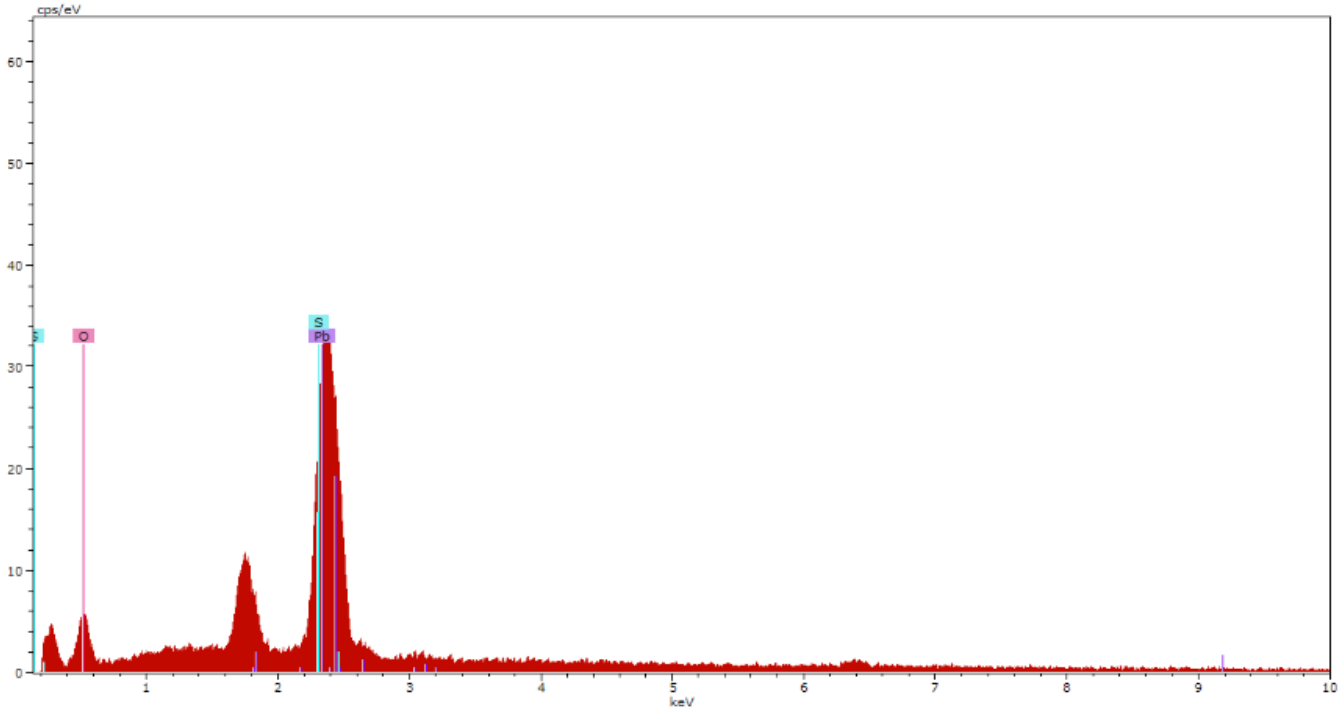


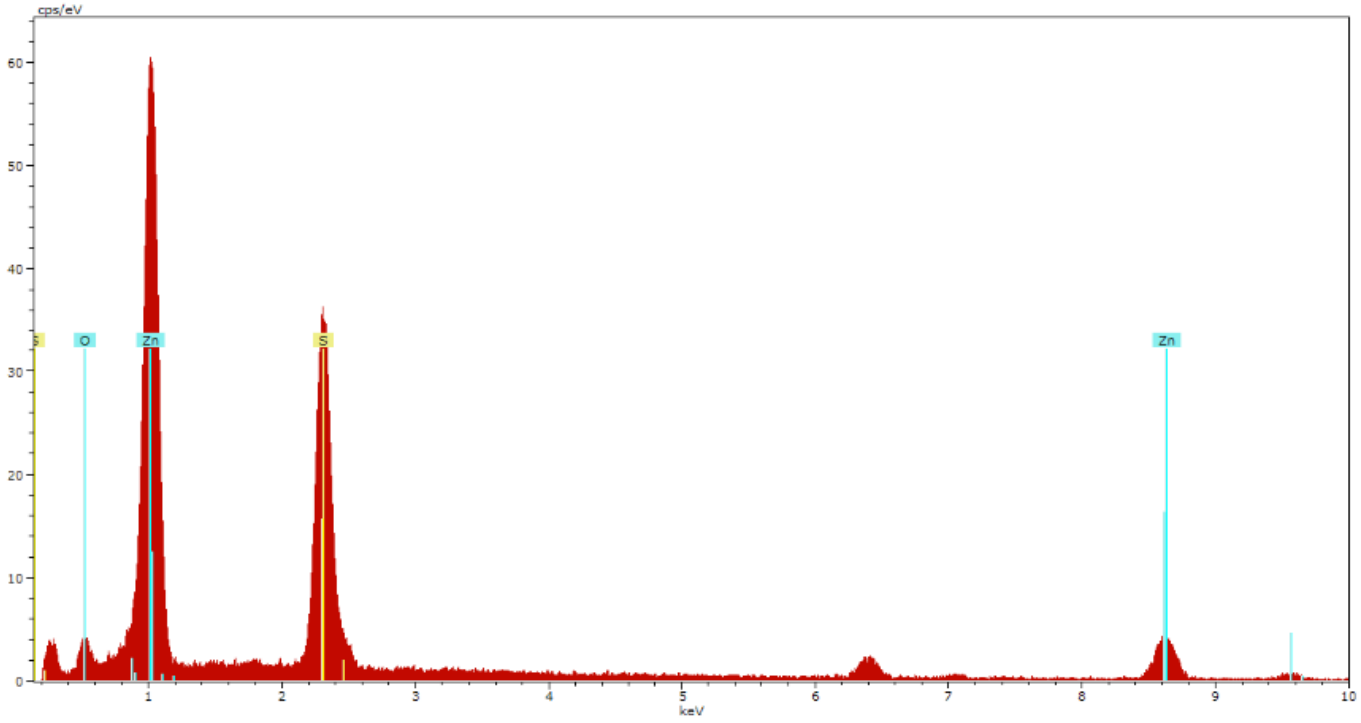
Ek-10 Şekil 2.37.’de görünütüsü bulunan brabantit ve uraninitin EDS analizleri



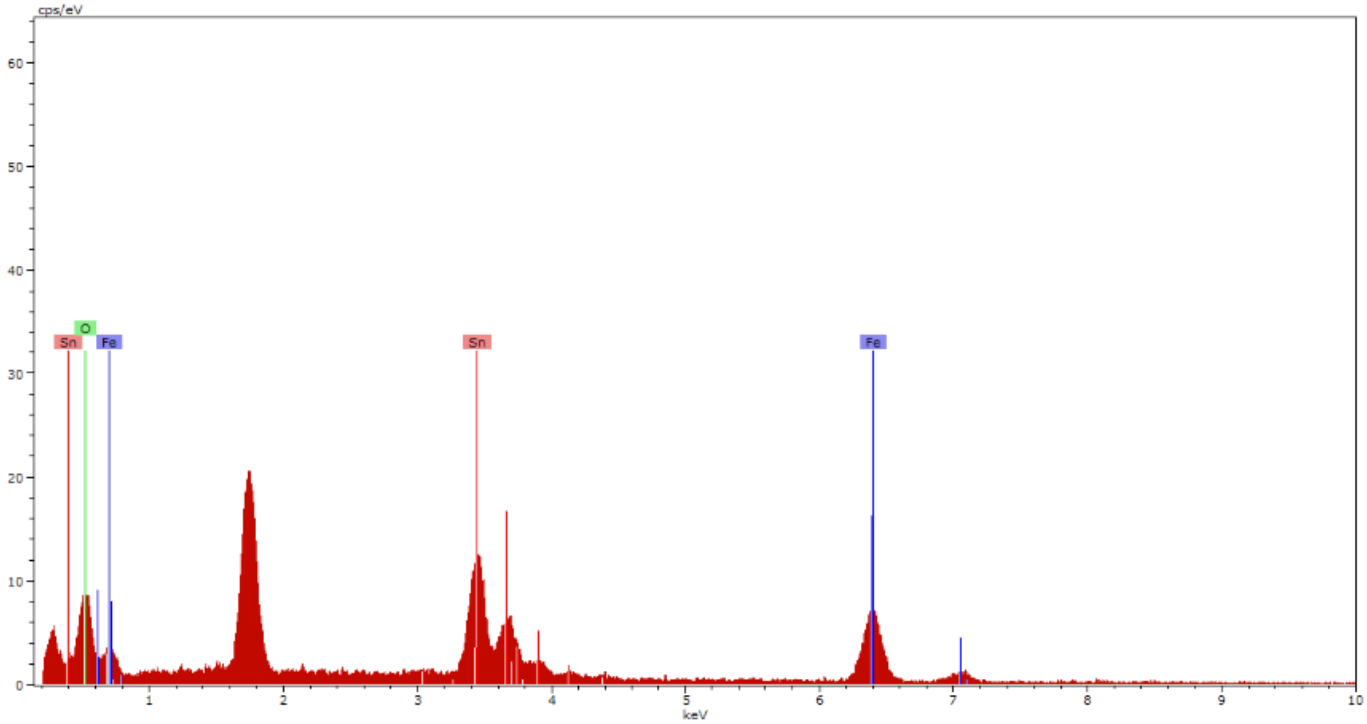


Ek-11 Şekil 2.47’de görüntüleri bulunan galenit, sfalerit ve kasiteritin EDS analizleri

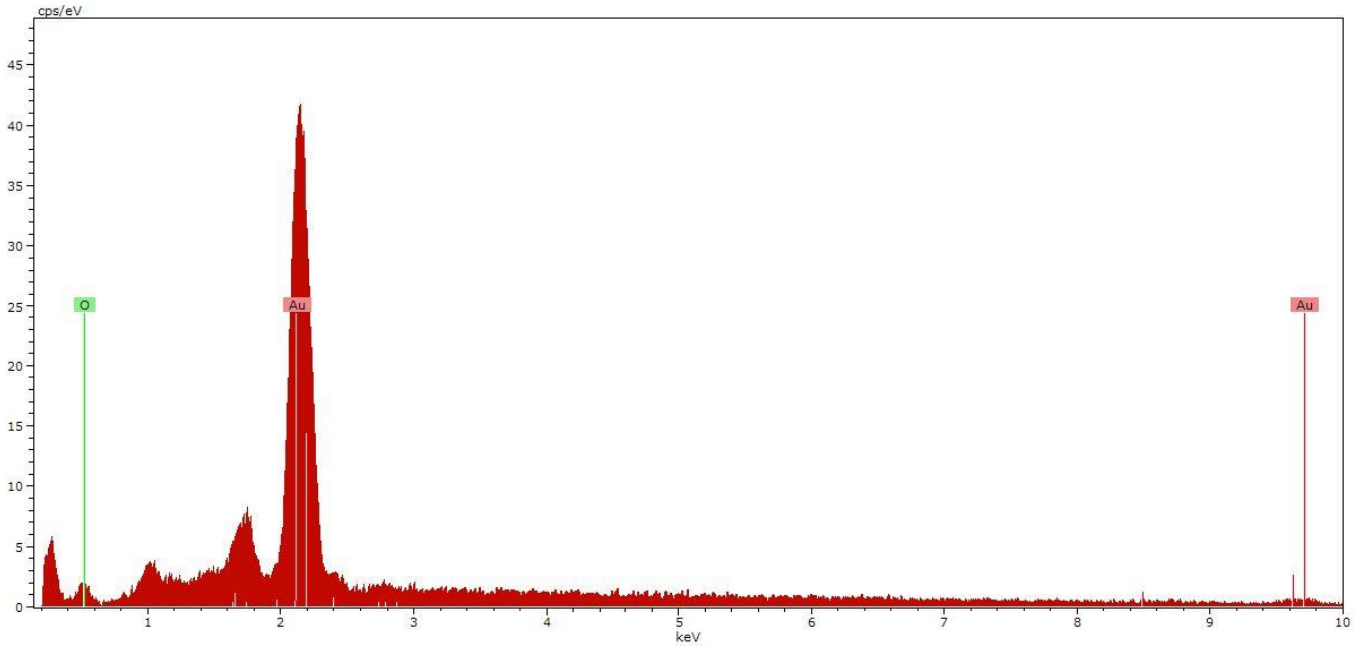




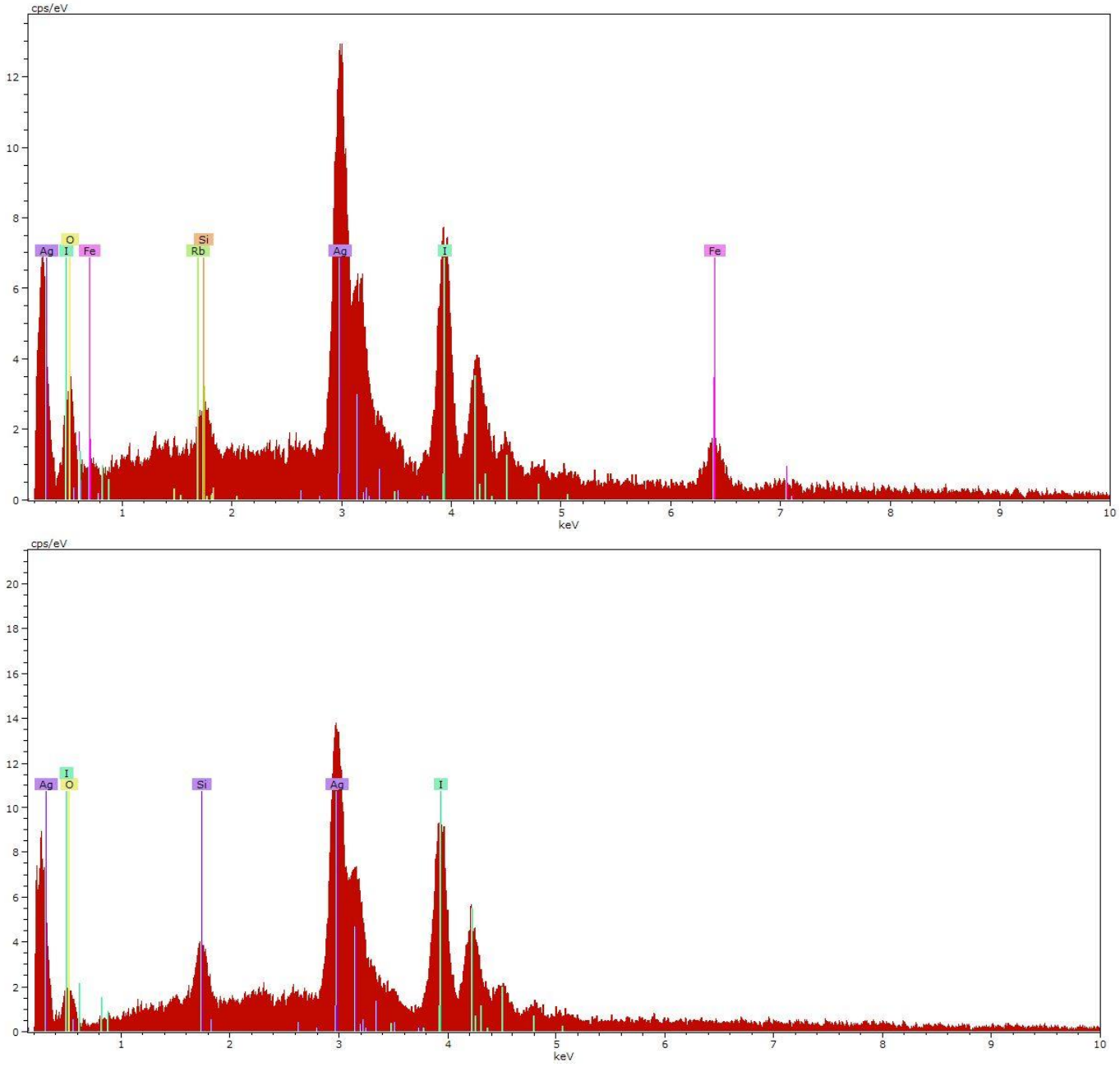
Ek-11 devam ediyor



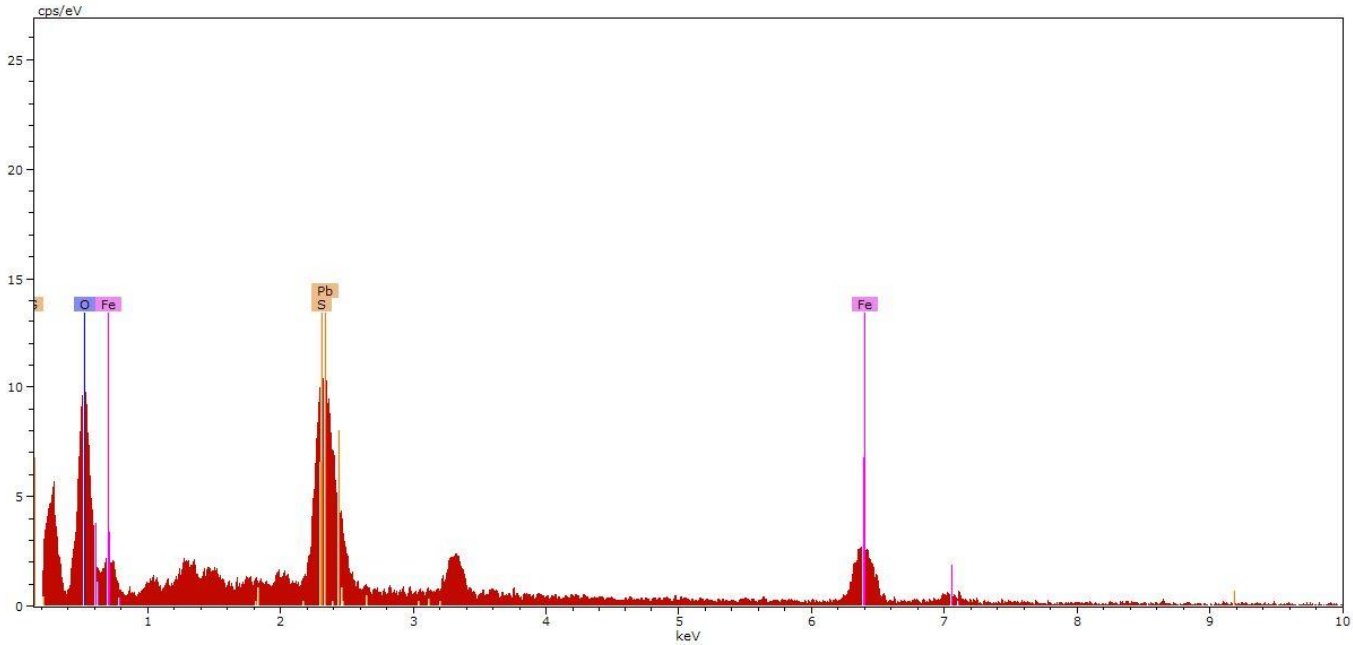
Ek-12 Şekil 2.53.‘de görüntüsü bulunan nabit altının EDS analizi



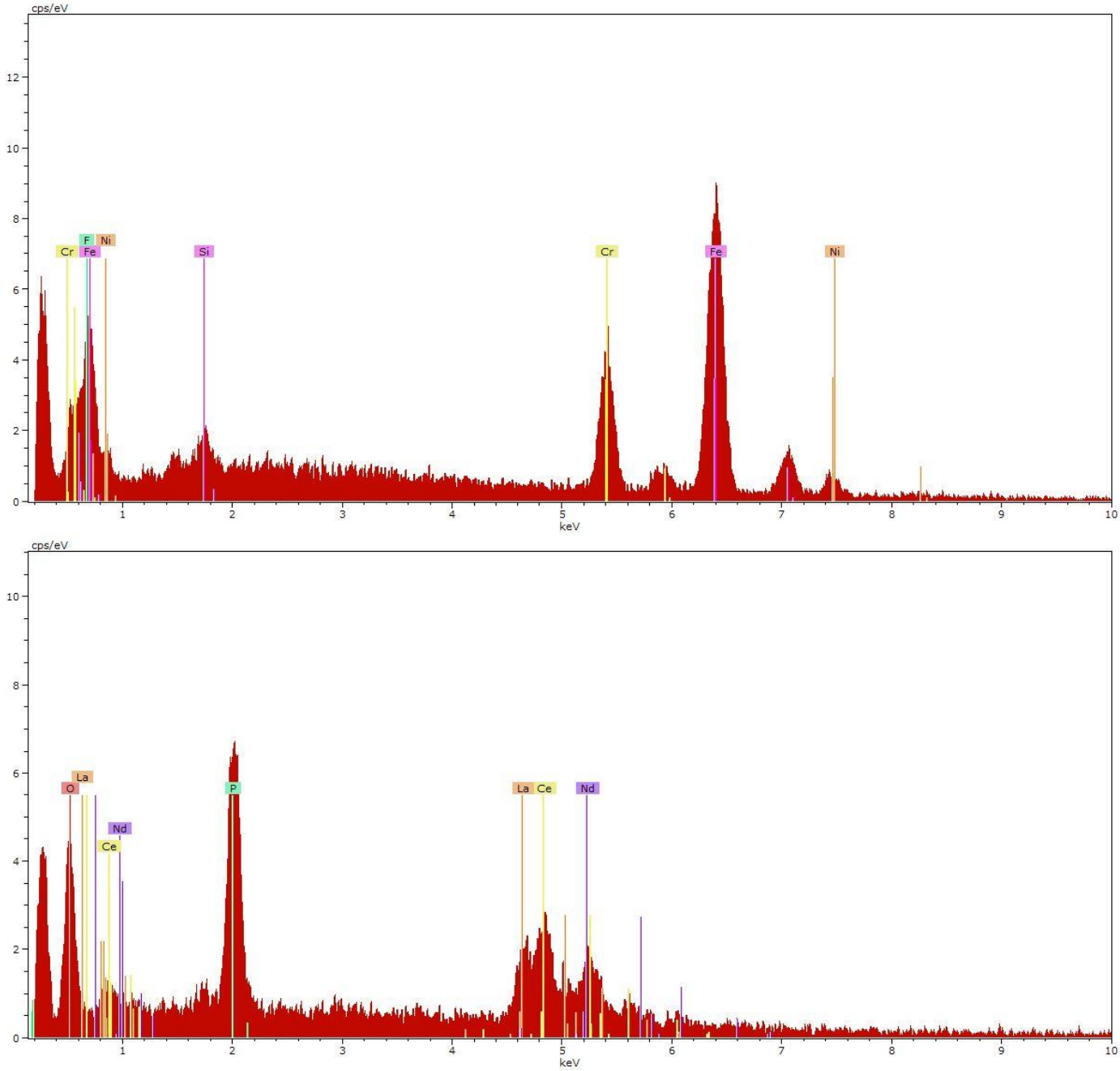
Ek-13 Şekil 2.55.’de görüntüsü bulunan iyodarjiritlerin EDS analizi



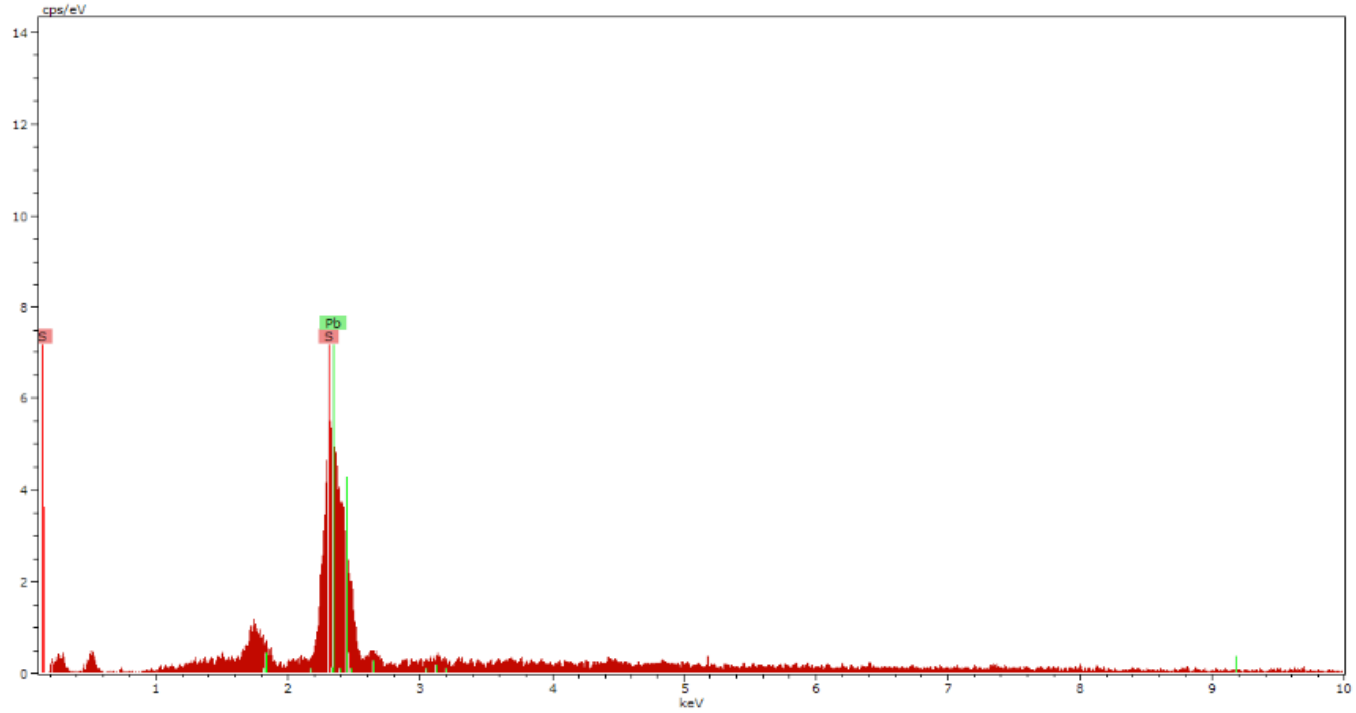
Ek-14 Şekil 2.56 görüntüsü bulunan galenitin EDS analizi

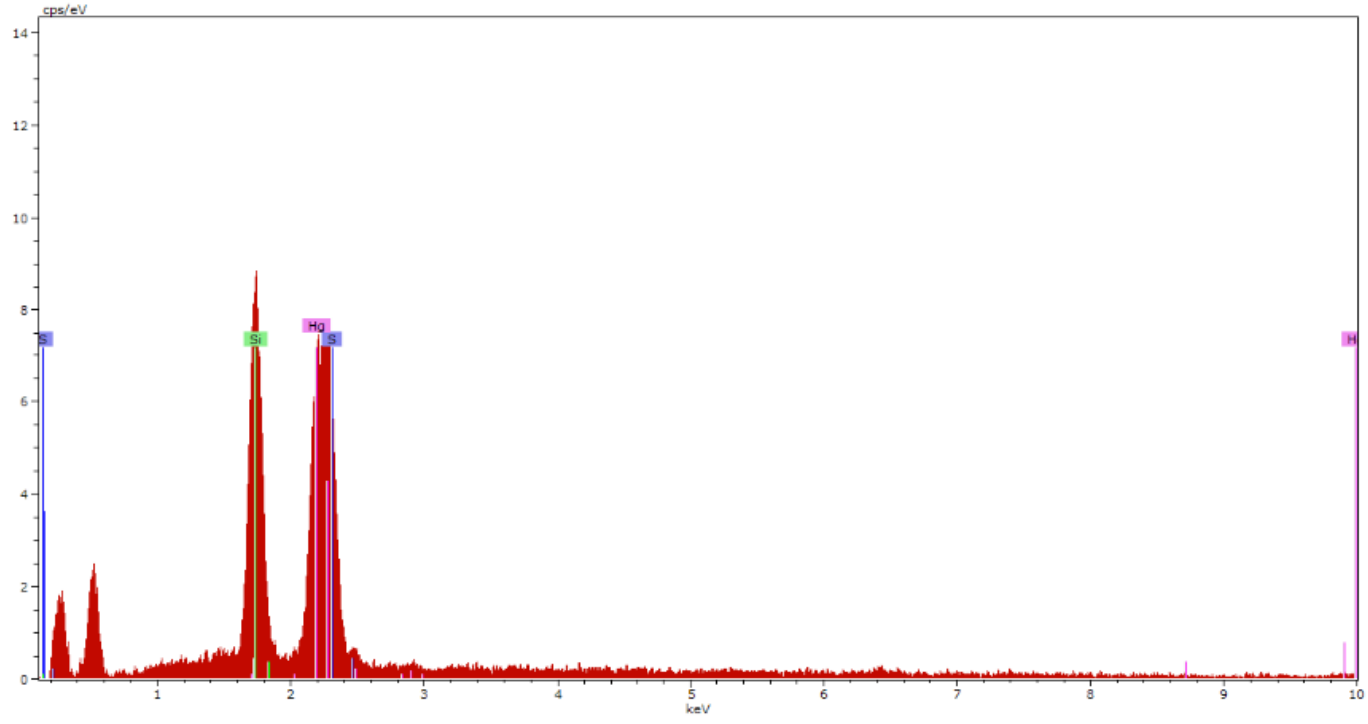


Ek-15 Şekil 2.57.'de görüntüsü bulunan kromitin ve monazitin EDS analizi

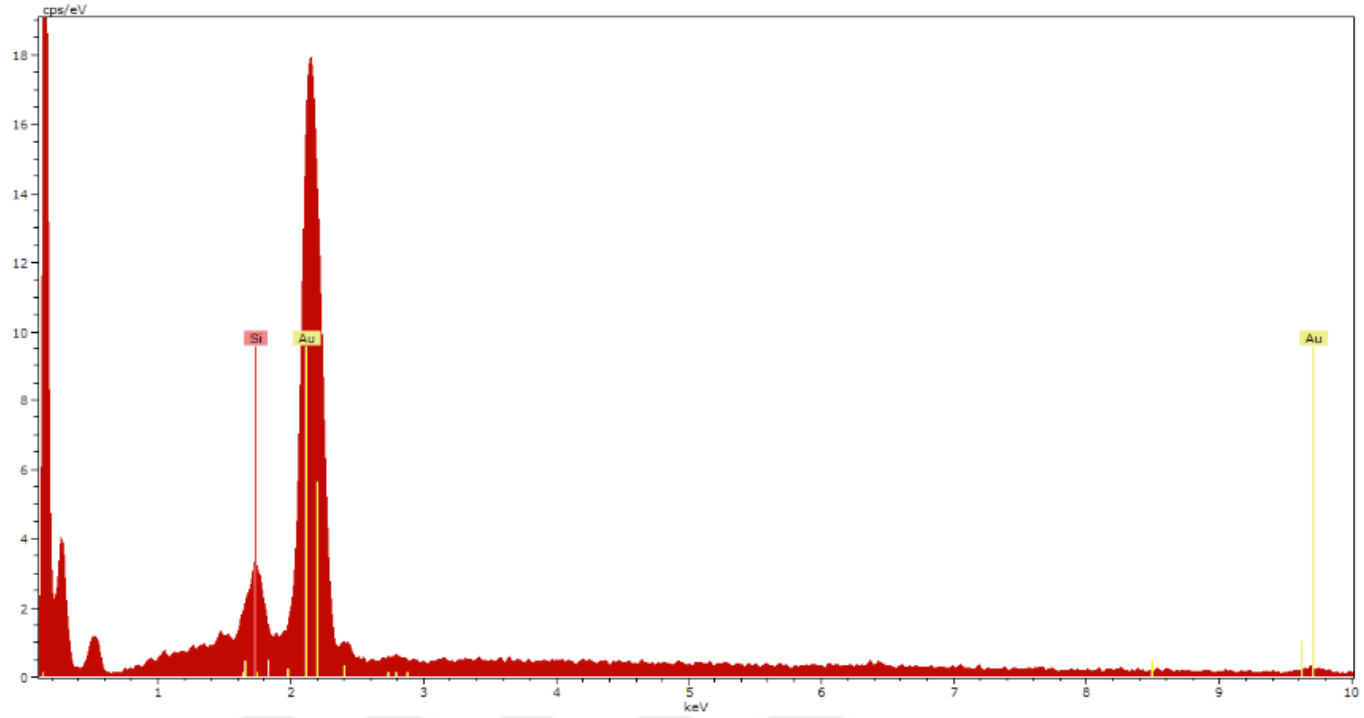


Ek-16 Şekil 3.27.’de görüntüsü bulunan galenit ve sinobarın EDS analizleri

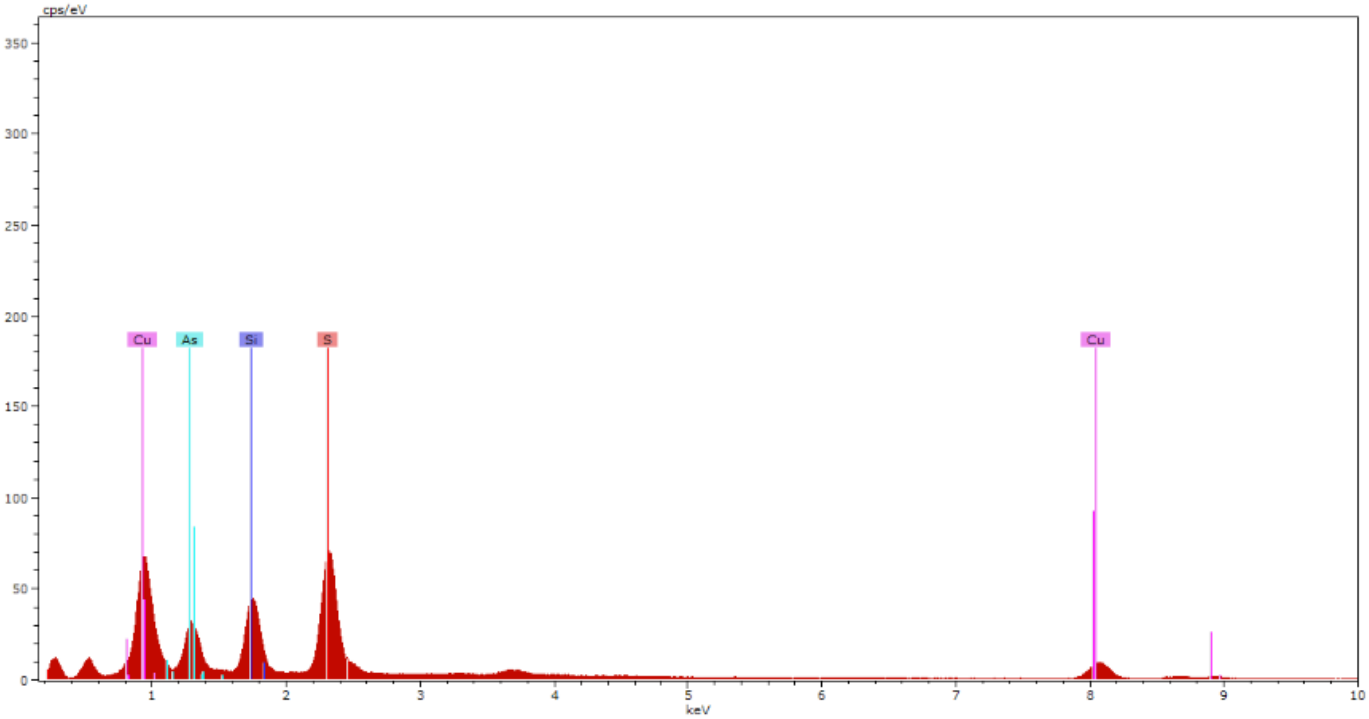




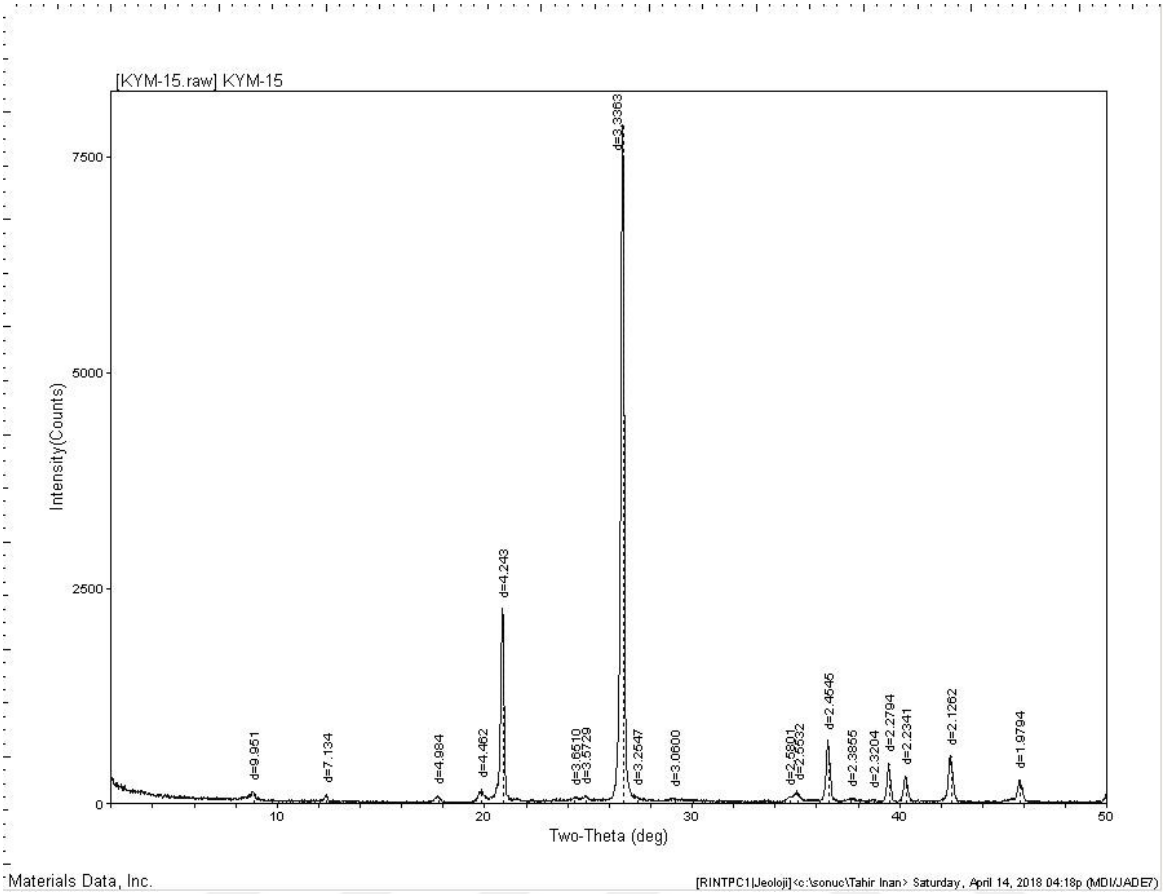
Ek-17 Şekil 3.28.’de görüntüsü bulunan nabit altının EDS analizi

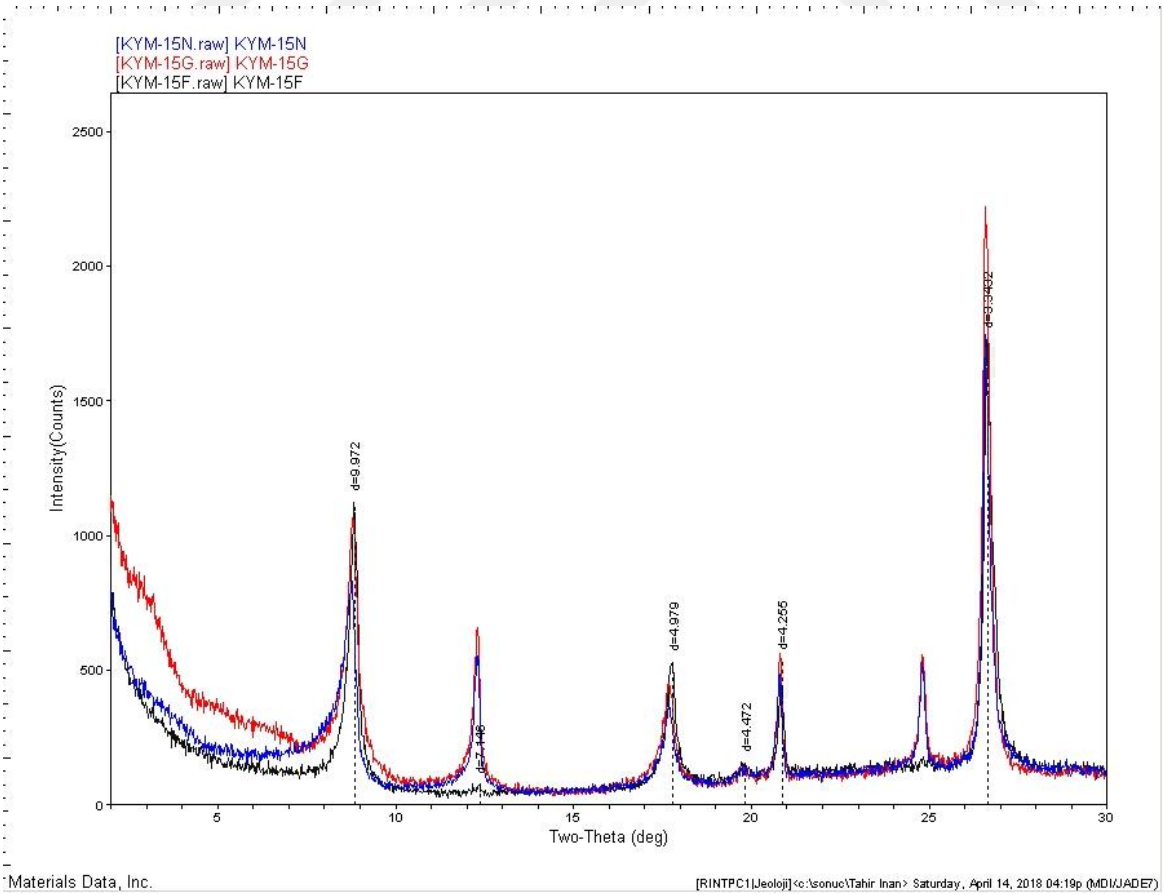


Ek-18 Şekil 3.33.’de görüntüsü bulunan enargitin EDS analizi

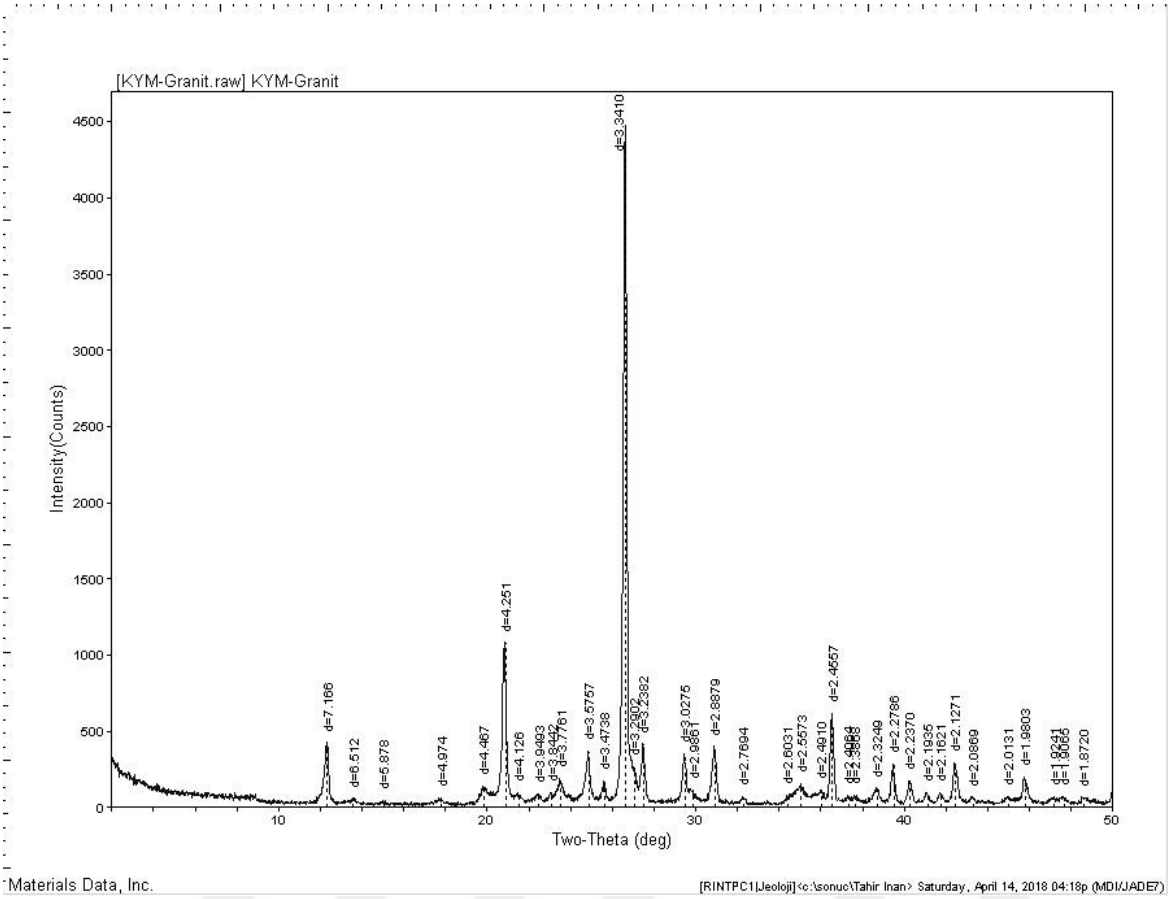


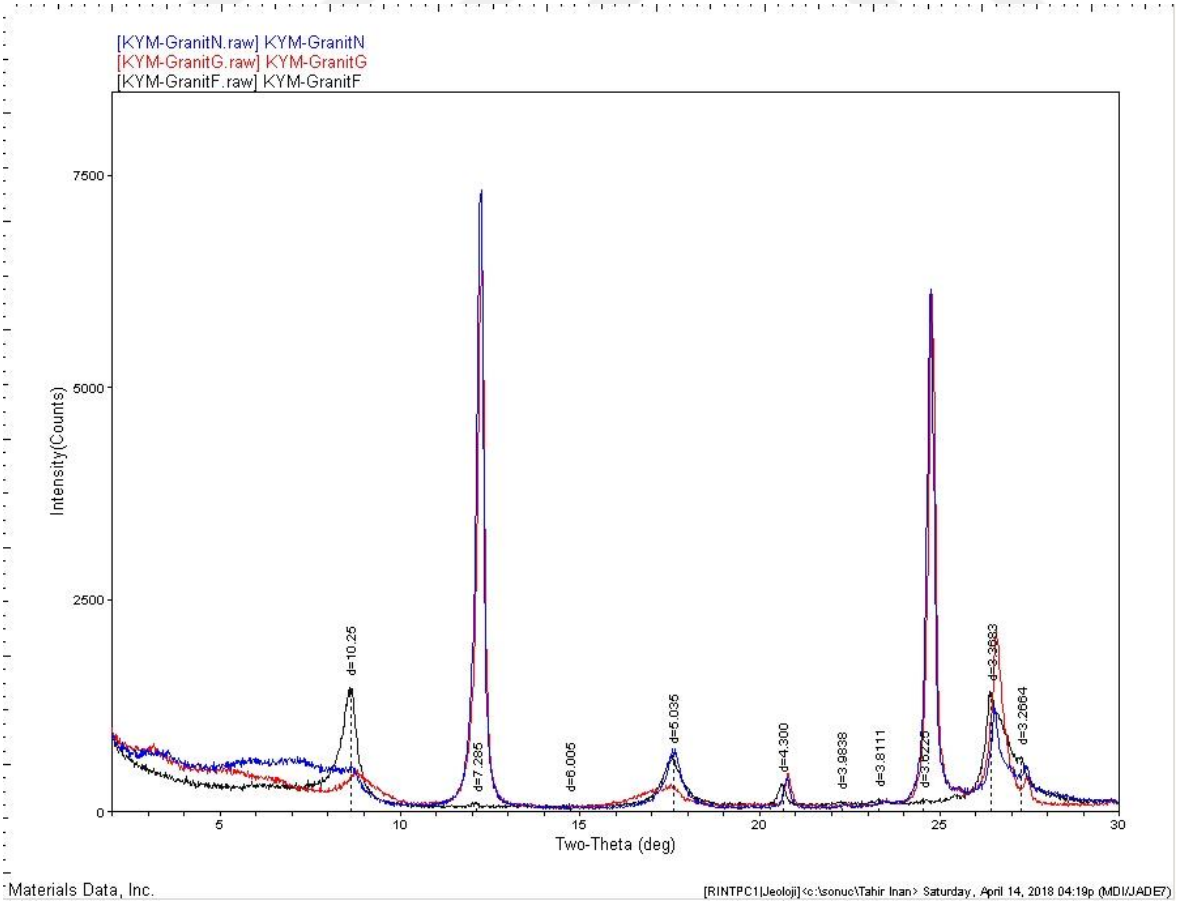
EK -19 Kaymaz'a ait, XRD analizi yapılan örneklerin tüm kayaç ve kil analiz grafikleri



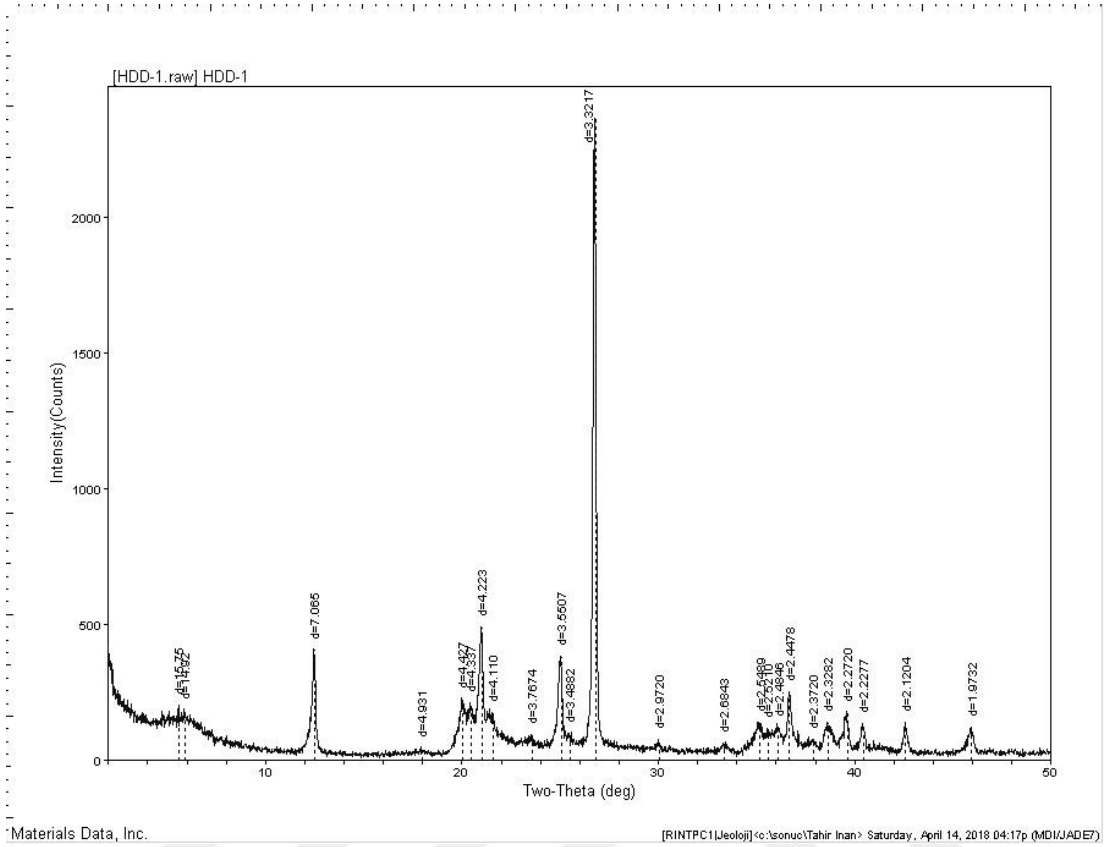


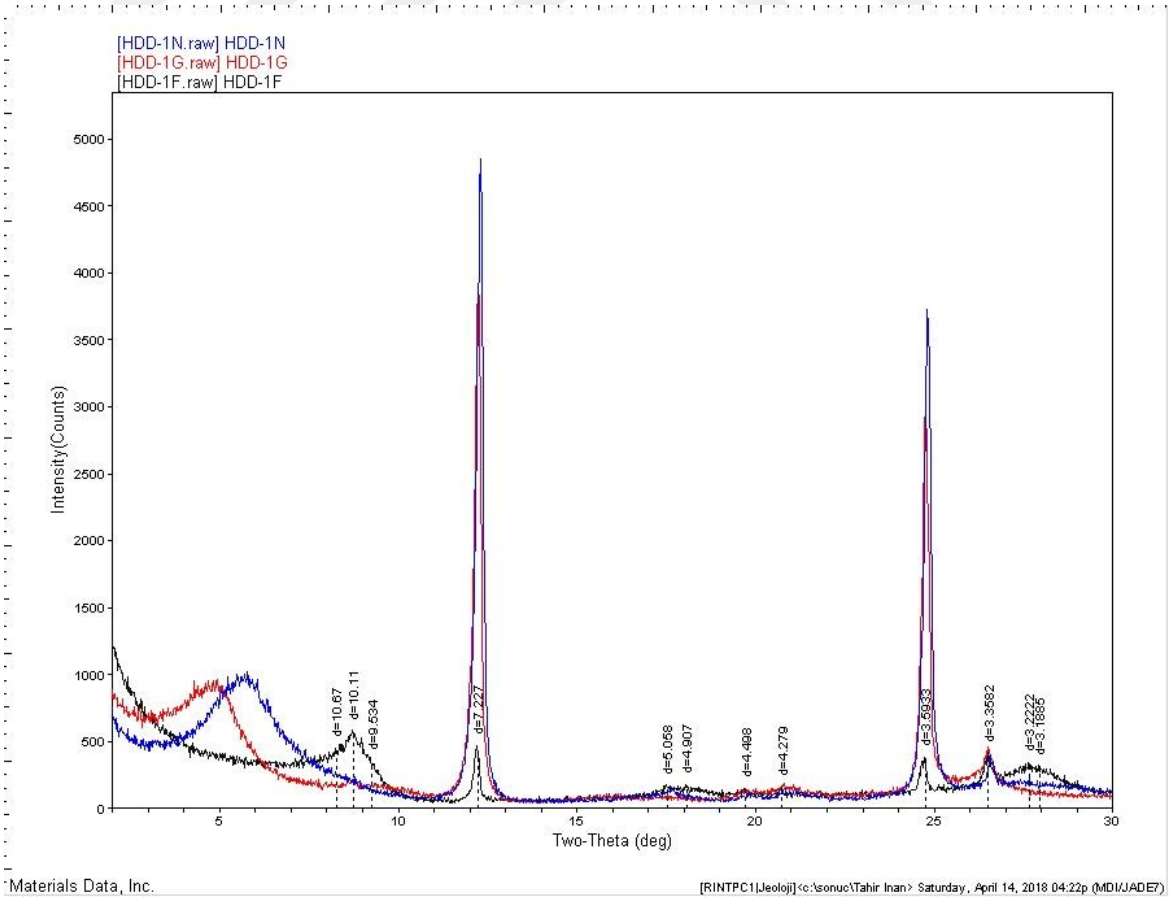
Ek-19 devam ediyor



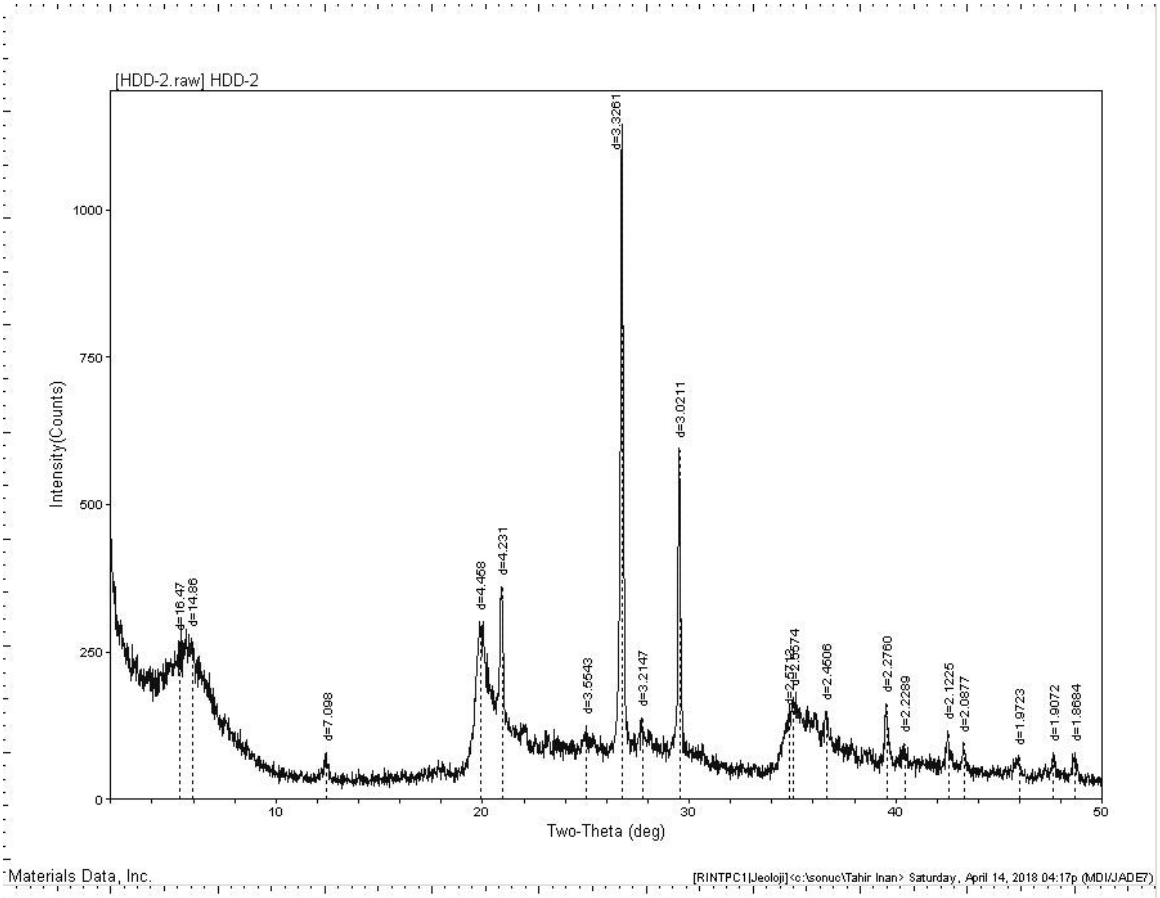


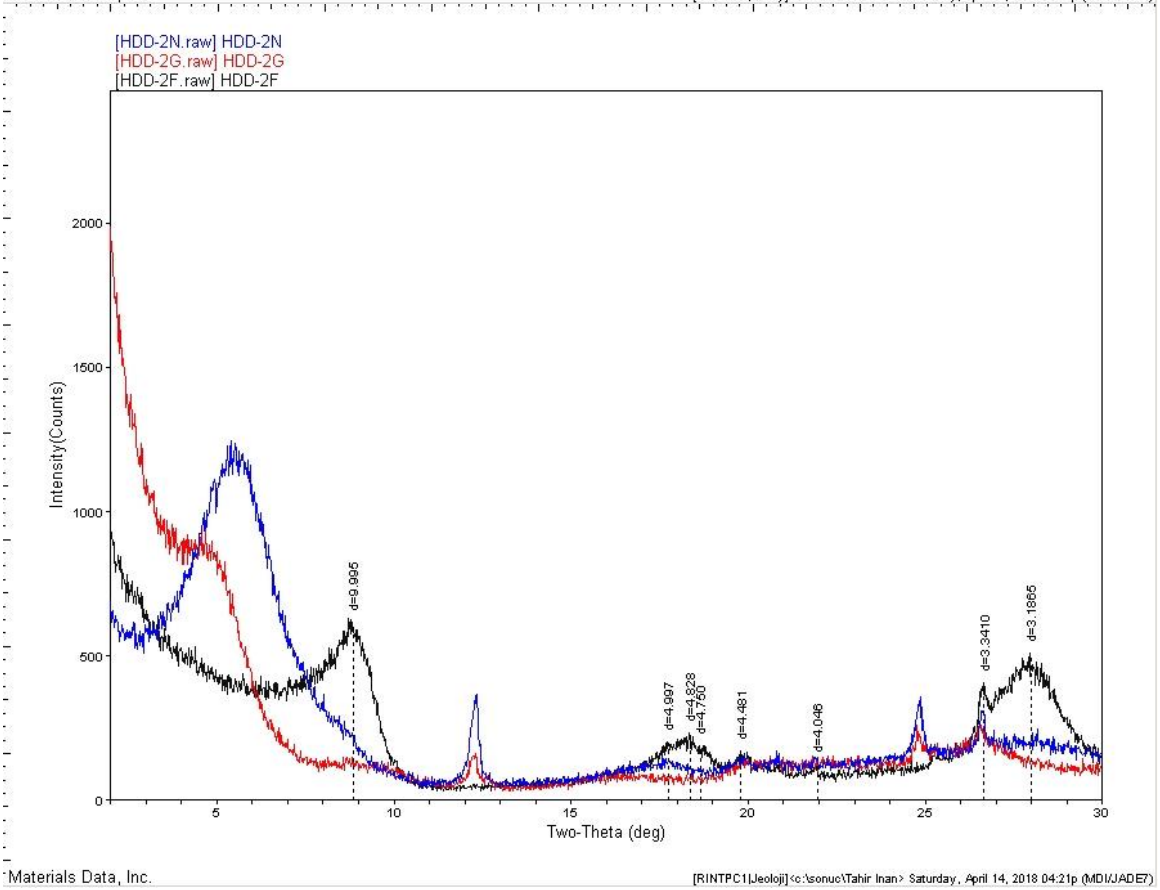
Ek-20 Himmetdede'ye ait, XRD analizi yapılan HDD Kil-1 tüm kayaç ve kil analiz grafikleri



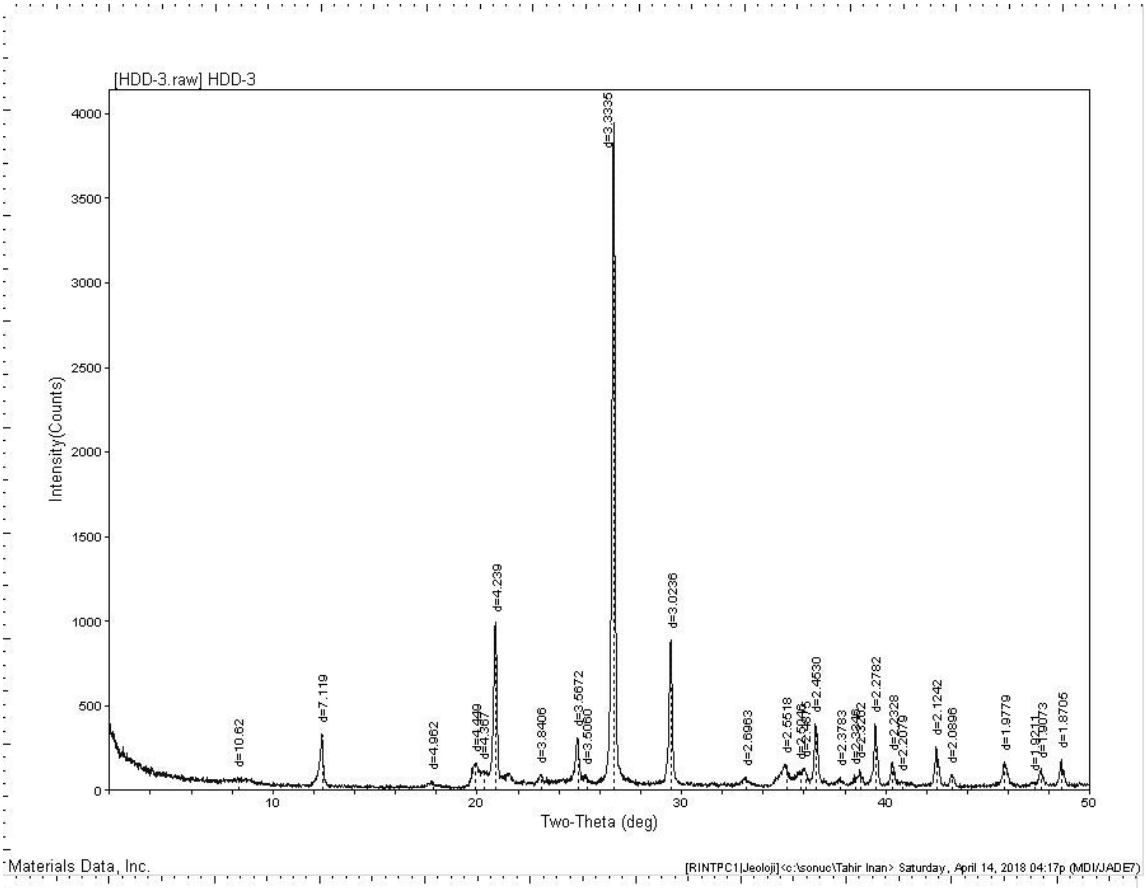


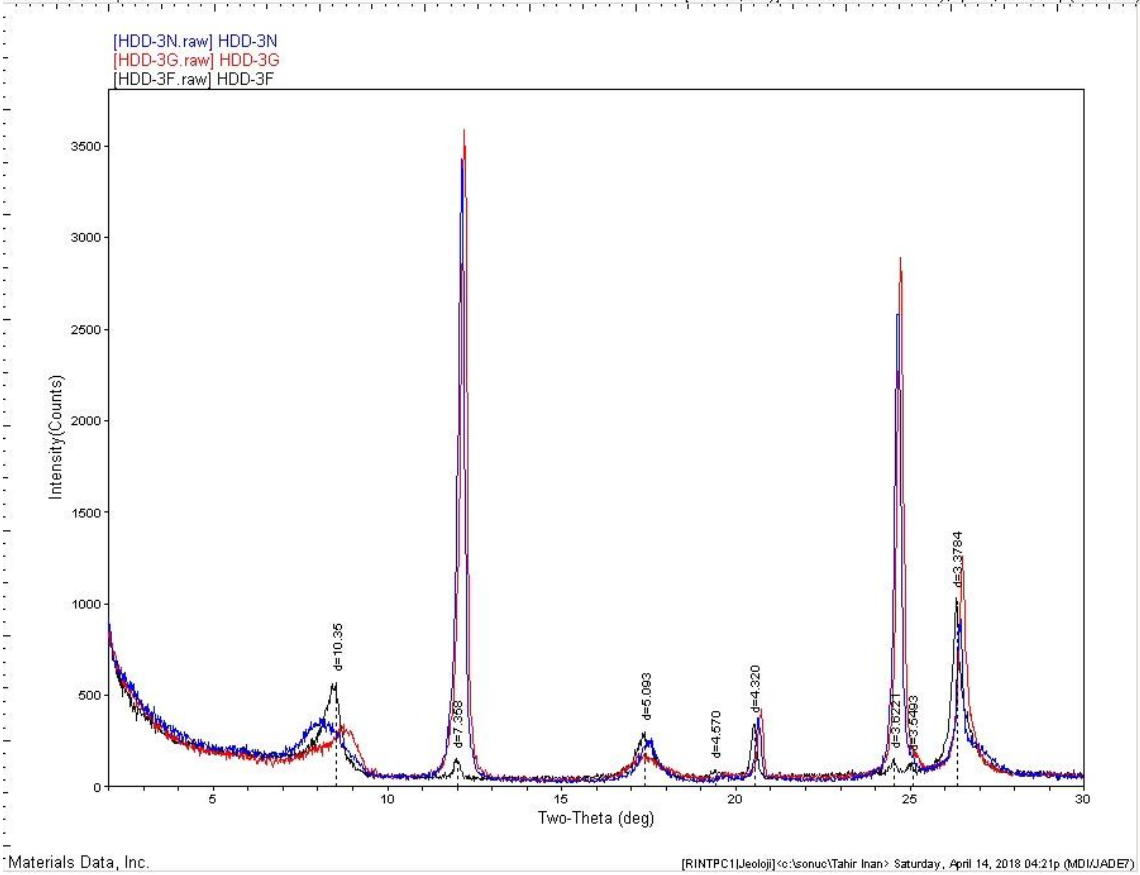
Ek-21 Himmetdede'ye ait, XRD analizi yapılan HDD Kil-2 tüm kayaç ve kil analiz grafikleri



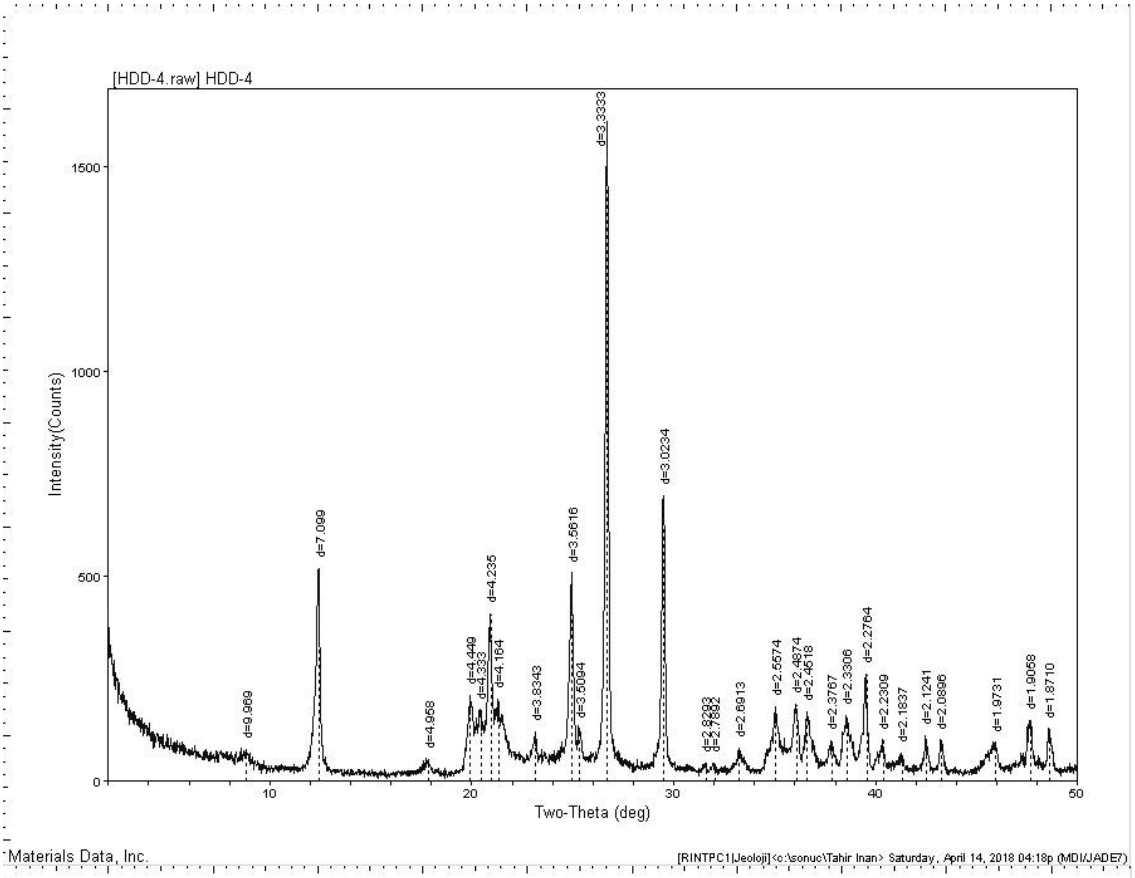


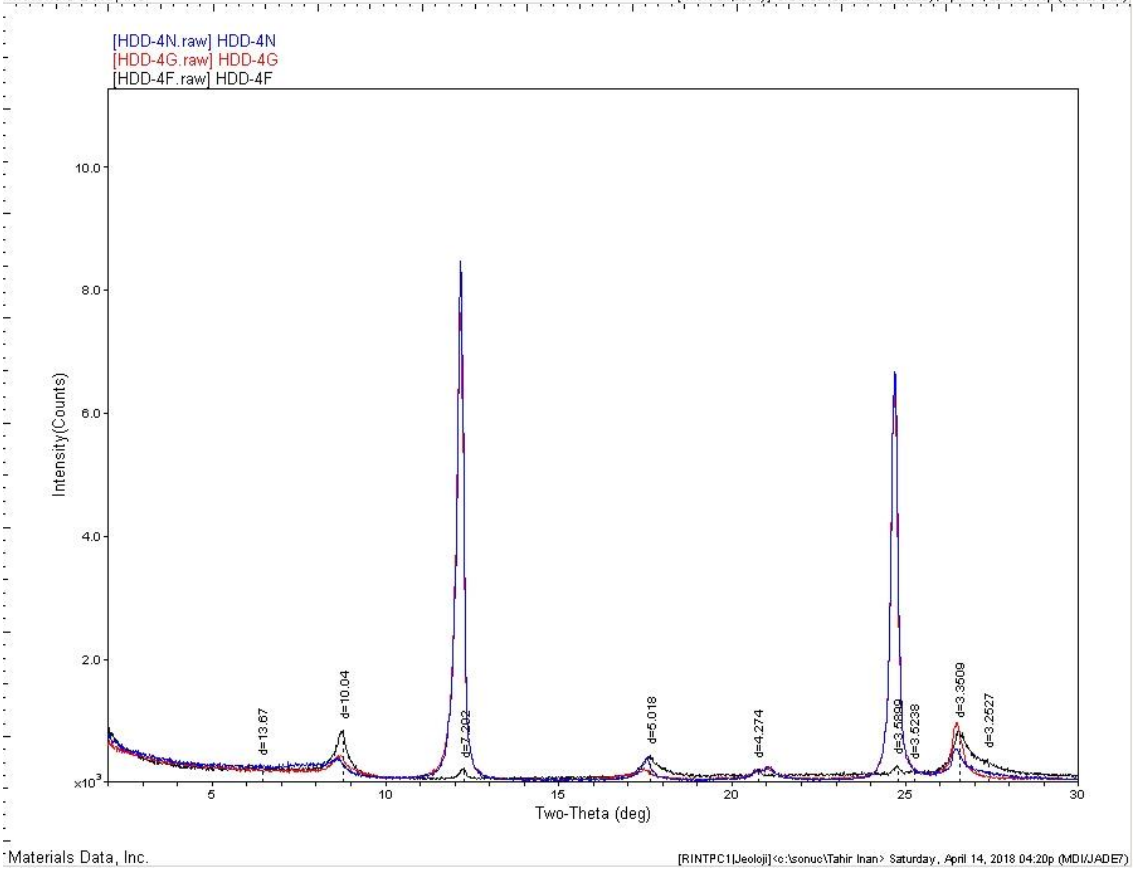
Ek-22 Himmetdede'ye ait, XRD analizi yapılan HDD Kil-3 tüm kayaç ve kil analiz grafikleri



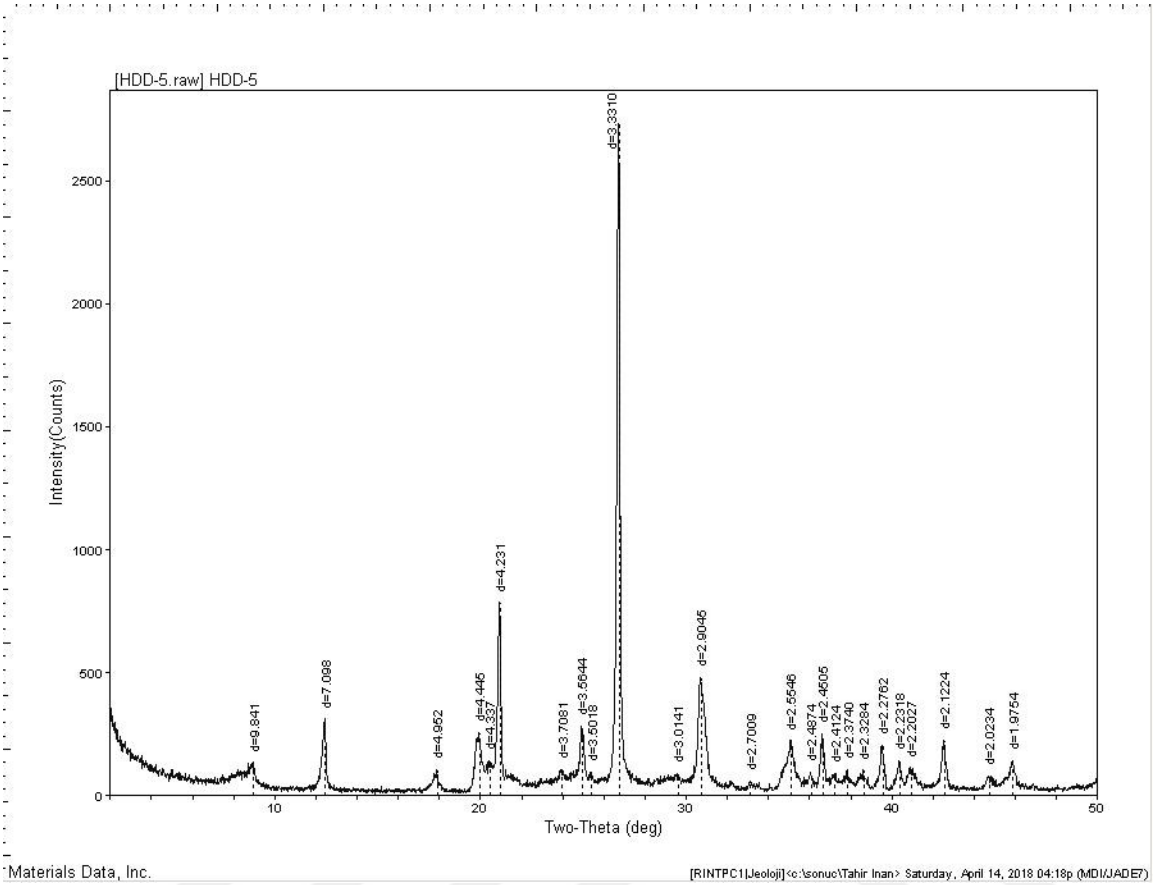


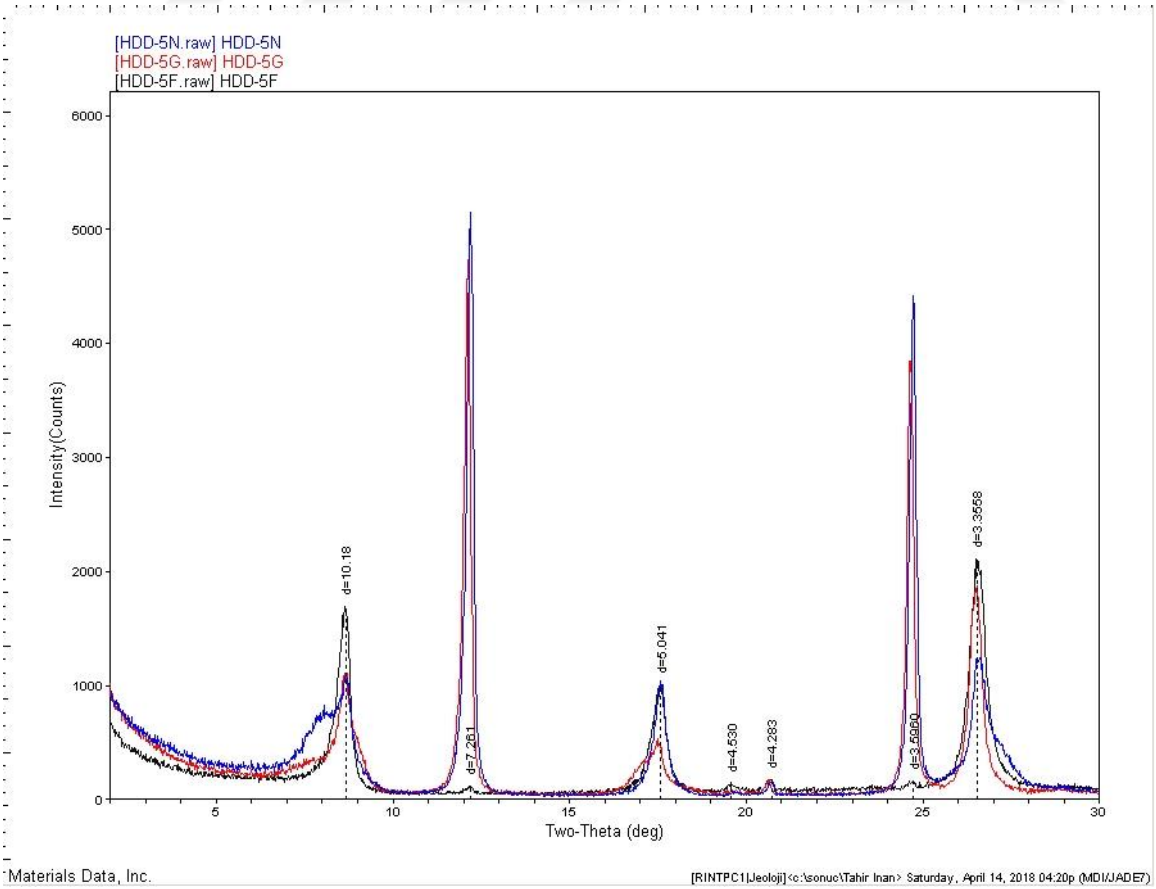
Ek-23 Himmetdede'ye ait, XRD analizi yapılan HDD Kil-4 tüm kayaç ve kil analiz grafikleri



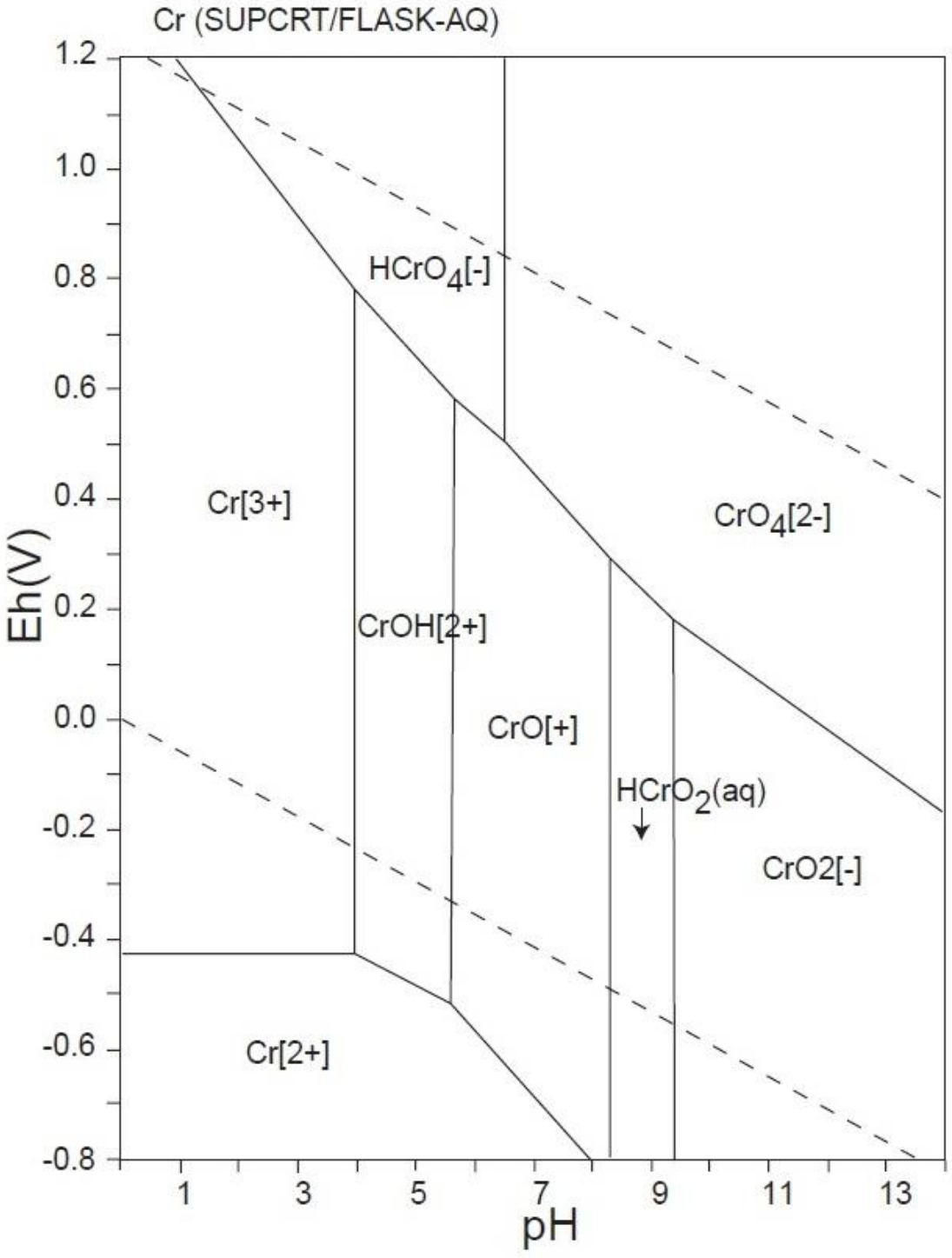


Ek-24 Himmetdede'ye ait, XRD analizi yapılan HDD Kil-5 tüm kayaç ve kil analiz grafikleri

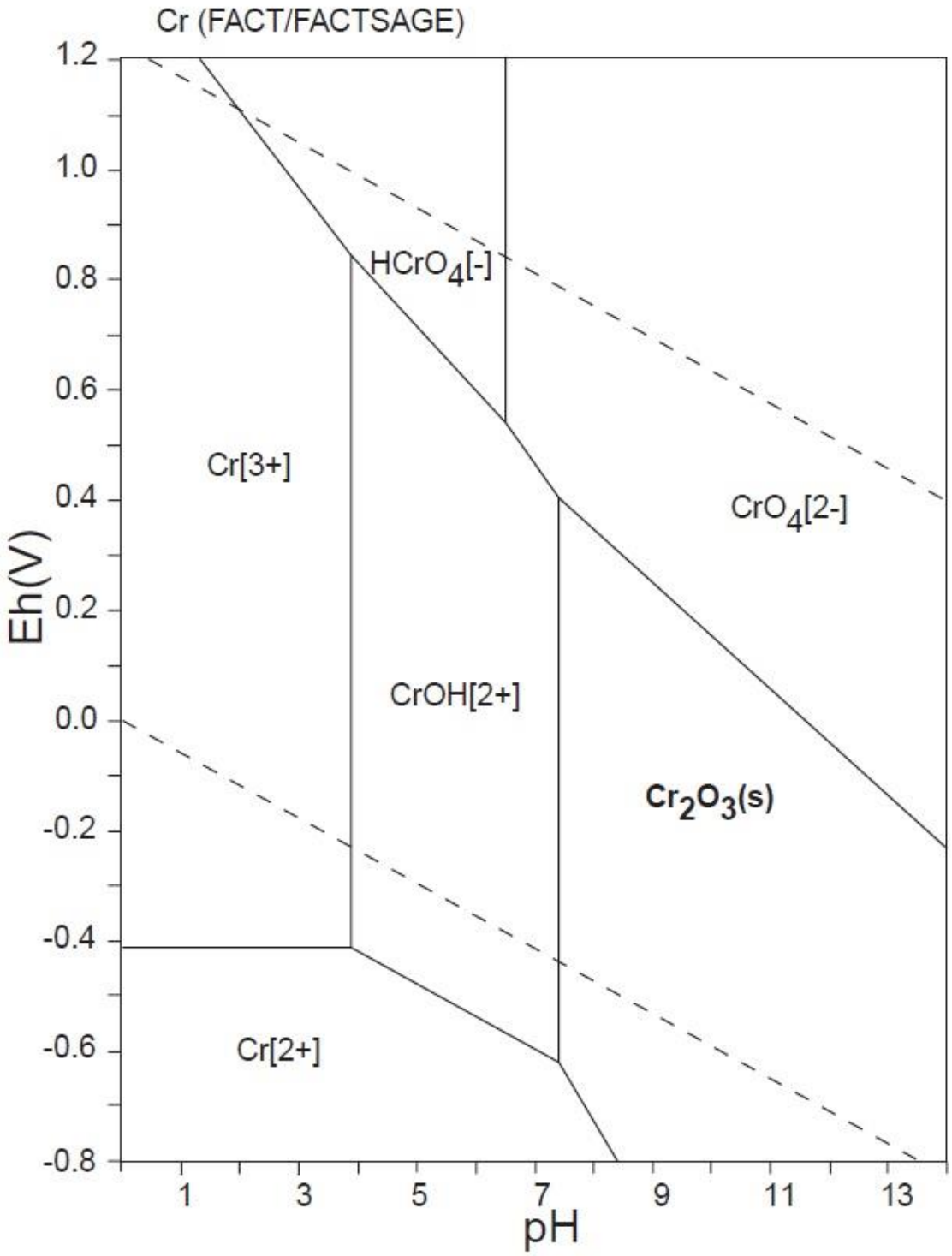




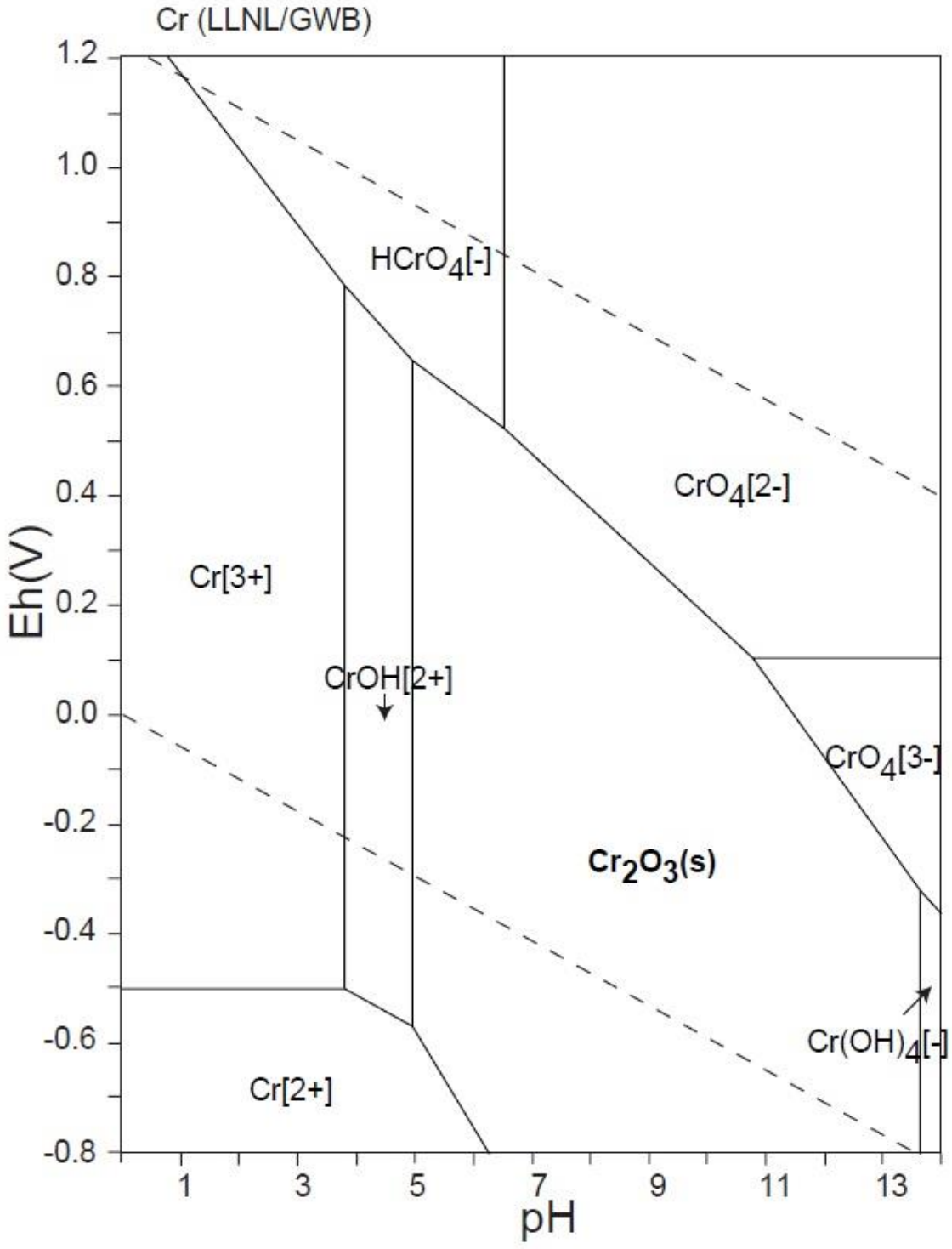
Ek-25 Takendo'ya (2005) göre kromun 298,15 K sıcaklık ve 10^5 Pa basınç altındaki Eh-pH diyagramı



Ek-25 devam ediyor



Ek-25 devam ediyor



Ek-26 Kızılağıl Sahası'na ait örneklerin element analizlerinin korelasyon hesaplaması.

	Au ppm	Ag_ppm	As_ppm	Cu_ppm	Hg_ppm	Mn_ppm	Ni_ppm	Pb_ppm	Zn_ppm
Au ppm	1								
Ag_ppm	0,339064	1							
As_ppm	0,039092	0,071863	1						
Cu_ppm	0,087764	0,888117	-0,15122	1					
Hg_ppm	-0,20884	-0,36994	0,57934	-0,39374	1				
Mn_ppm	-0,22001	-0,20449	-0,35378	0,04348	0,111509	1			
Ni_ppm	-0,19964	-0,19283	-0,37446	0,050163	0,03112	0,968682	1		
Pb_ppm	0,335911	0,802292	-0,17224	0,864437	-0,39217	-0,19827	-0,23303	1	
Zn_ppm	0,193667	0,837324	-0,27113	0,894343	-0,48752	-0,14477	-0,11013	0,873795	1

Ek-27 Karakaya Sahası'na ait örneklerin element analizlerinin korelasyon hesaplaması.

	Au ppm	Ag_ppm	As_ppm	Ba_ppm	Be_ppm	Cd_ppm	Co_ppm	Cr_ppm	Cu_ppm	Fe_%	Mn_ppm	Ni_ppm	Pb_ppm	S_%	Sb_ppm	Zn_ppm
Au ppm	1															
Ag_ppm	0,017597	1														
As_ppm	0,215121	0,537332	1													
Ba_ppm	0,121043	0,659535	0,707941	1												
Be_ppm	-0,07933	-0,3789	-0,31875	-0,38667	1											
Cd_ppm	-0,14856	0,66796	0,738928	0,423529	-0,30795	1										
Co_ppm	0,251535	0,799743	0,899594	0,697376	-0,35181	0,778139	1									
Cr_ppm	0,293235	0,477908	0,788991	0,411844	0,188485	0,699093	0,79102	1								
Cu_ppm	0,225297	0,378192	0,631962	0,667054	-0,31603	0,347917	0,526048	0,290782	1							
Fe_%	0,157276	-0,1171	0,373013	0,083074	0,459877	-0,08581	0,184522	0,43802	0,219053	1						
Mn_ppm	0,433528	0,562922	0,607591	0,828871	-0,18019	0,182772	0,600717	0,462877	0,519871	0,393155	1					
Ni_ppm	0,479609	0,55492	0,871535	0,616955	-0,28769	0,659198	0,874615	0,804597	0,607078	0,229407	0,563582	1				
Pb_ppm	0,197019	0,528419	0,726343	0,954704	-0,36174	0,439142	0,664449	0,42729	0,751961	0,029295	0,7236	0,65444	1			
S_%	-0,05942	0,821407	0,762184	0,910291	-0,41937	0,734232	0,812727	0,542155	0,60258	-0,05597	0,651799	0,679878	0,862973	1		
Sb_ppm	0,726977	0,357463	0,647732	0,640819	-0,34428	0,236347	0,616622	0,427274	0,720577	0,167961	0,687222	0,68204	0,738584	0,486736	1	
Zn_ppm	-0,15985	0,849654	0,520298	0,310666	-0,31872	0,858175	0,749072	0,530274	0,254284	-0,14367	0,150464	0,510635	0,238862	0,635639	0,132418	1

Ek-28 Mermerlik Sahası'na ait örneklerin element analizlerinin korelasyon hesaplaması.

	Au ppm,	Ag_ppm	As_ppm	Ba_ppm	Be_ppm	Cd_ppm	Co_ppm	Cr_ppm	Cu_ppm	Hg_ppm	Fe_%	Mn_ppm	Ni_ppm	Pb_ppm	S_%	Sb_ppm	Zn_ppm
Au ppm,	1																
Ag_ppm	0,198186	1															
As_ppm	0,295037	-0,08034	1														
Ba_ppm	-0,23929	-0,07677	-0,24542	1													
Be_ppm	-0,34627	-0,34595	-0,42507	0,353209	1												
Cd_ppm	-0,30689	-0,04078	-0,45054	0,323682	0,677978	1											
Co_ppm	-0,17856	-0,39304	-0,05703	-0,24414	-0,15502	-0,34229	1										
Cr_ppm	0,410253	-0,14643	0,562655	-0,40588	-0,52088	-0,59444	0,409047	1									
Cu_ppm	-0,3348	0,091612	-0,59954	0,693647	0,574821	0,684697	-0,47753	-0,80515	1								
Hg_ppm	0,092016	-0,20953	0,566604	-0,35031	-0,37859	-0,45744	0,446872	0,782282	-0,65532	1							
Fe_%	0,006027	-0,19015	0,171002	0,680051	0,086714	-0,14356	0,059905	0,020258	0,139919	-0,00594	1						
Mn_ppm	-0,24461	-0,49521	-0,24112	-0,13694	0,017187	-0,19181	0,848866	0,194677	-0,34399	0,189612	0,061077	1					
Ni_ppm	-0,16565	-0,42653	0,075962	-0,23298	-0,13326	-0,35565	0,957384	0,395366	-0,48336	0,499497	0,159234	0,770582	1				
Pb_ppm	-0,34378	0,069656	-0,42206	0,834693	0,367378	0,239543	-0,37879	-0,6075	0,827351	-0,51705	0,416992	-0,22116	-0,37617	1			
S_%	0,163317	-0,0403	0,626058	-0,10201	-0,2713	-0,2245	-0,28214	0,478726	-0,35736	0,645077	-0,04563	-0,2644	-0,22258	-0,19544	1		
Sb_ppm	0,412524	0,166735	0,801473	-0,40258	-0,56449	-0,5402	0,096962	0,721231	-0,69059	0,715527	0,105985	-0,27177	0,218948	-0,5796	0,514338	1	
Zn_ppm	-0,43762	0,015346	-0,58931	0,670817	0,595136	0,821815	-0,26883	-0,70998	0,919902	-0,53757	0,173242	-0,20081	-0,26778	0,654836	-0,40684	-0,61343	1

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Tahir İnan TURAN
Doğum Yeri : Hacıbektaş/NEVŞEHİR
Medeni Hali : Bekar
E-Posta :tahirinanturan@hotmail.com
Adresi : Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Müh. Böl. Beytepe Çankaya/ANKARA

Eğitim

Lisans : Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü (2002-2008)
Yüksek Lisans: Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı (2008-2011)
Doktora : Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı (2011-2018)

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce ÜDS 77,5 puan

İş Deneyimi

Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi
(2009-devam ediyor)

Deneyim Alanları

Metalik Maden Yatakları

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

Tezden Üretilmiş Yayınlar

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 28/08/2018

Tez Başlığı: **KAYMAZ (ESKİŞEHİR) VE HİMMETDEDE (KAYSERİ) ALTIN YATAKLARININ JEOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 175 sayfalık kısmına ilişkin, 28/08/2018 tarihinde şahsım tarafından *Turnitin* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 4'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

1- Kaynakça hariç
2- Alıntılar hariç
3- 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

28.08.2018

Adı Soyadı:	Tahir İnan TURAN
Öğrenci No:	N10249585
Anabilim Dalı:	Jeoloji Mühendisliği
Programı:	Doktora
Statüsü:	☐ Y.Lisans ☒ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Prof. Dr. Yurdal GENÇ