



## Güneyköy (Eşme, Uşak)'de Yeralan Altınlı Kuvars Damarlarındaki Arsenopiritlerin Skoroditleşmesi ve Mineralojik özellikleri

### *Mineralogical Features and Scoroditization of Arsenopyrites in Auriferous Quartz Veins Located Around Güneyköy (Eşme, Uşak)*

Asuman KAHYA\*<sup>1</sup>, Öznür KANAAT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, 06800, Ankara, Türkiye, [asuman27@gmail.com](mailto:asuman27@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1691-3387>

<sup>2</sup>Aksaray Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray, Türkiye, [oznuraslan8612@gmail.com](mailto:oznuraslan8612@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8174-7102>

#### MAKALE BİLGİLERİ

##### Makale Geçmişi:

Geliş 5 Ağustos 2023  
Revizyon 3 Kasım 2023  
Kabul 4 Kasım 2023  
Online 31 Aralık 2023

##### Anahtar Kelimeler:

*Skorodit, Au, kuvars damarları, Güneyköy, Menderes Masif, Batı Anadolu*

#### ÖZ

Bu çalışmada, Güneyköy'de (Eşme, Uşak) yeralan Paleozoik yaşlı granitik gnayslarda bulunan Au- içerikli arsenopiritli kuvars damarlarında gelişen skoroditleşmenin mineralojik-petrografik özellikleri ile Au-skoroditleşme ilişkisi incelenmiştir. Çalışma alanında, başlıca en yaygın cevher minerali arsenopirittir. Arsenopiritler kenar ve dilinimleri boyunca skorodite dönüşmüşlerdir. Yapılan jeokimyasal analizlere göre arsenopiritlerin Au içeriği 0,5 ppm ile 10 ppm aralığında değiştiği belirlenmiştir. Petrografik çalışmalarda ise arsenopiritlerde mikroskopik olarak görülebilir Au olmamasına rağmen arsenopiritin alterasyon ürünü olan skoroditte mikroskopik olarak 30-100 µm boyutunda Au taneleri olduğu belirlenmiştir. Arsenopirit ve arsenopiritte yeralan Au hipojen olarak oluşurken, arsenopiritin alterasyonu sürecinde oluşan skorodit ile skoroditteki Au birikmesi ise süperjen oluşum olarak tanımlanmıştır.

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 5 August 2023  
Received in revised form 3 November 2023  
Accepted 4 November 2023  
Available online 31 December 2023

*Keywords: Skorodite, Au, auriferous quartz veins, Güneyköy, Menderes Masif, West Anatolia*

#### ABSTRACT

In this study, the relationship between mineralogical-petrographic features and Au-scoroditization of the arsenopyrite in the auriferous- arsenopyrite quartz veins found in the Paleozoic granitic gneisses in Güneyköy (Eşme, Uşak). The most common ore mineral in the study area is arsenopyrite. Arsenopyrites have transformed into scorodite along their margins and cleavages. According to the geochemical analyzes, it was determined that the Au content of arsenopyrites varied between 0.5 ppm and 10 ppm. Although in petrographic study, there is no microscopically visible Au in arsenopyrite, it has been determined that 30-100 µm in size Au grains are microscopically in scorodite, which is the alteration product of arsenopyrite. While the Au in arsenopyrite and arsenopyrite is formed as hypogene, the accumulation of Au in scorodite and scorodite occurred as supergene during the alteration of arsenopyrite.

Doi: 10.24012/dumf.1338160

\* Sorumlu Yazar

## Giriş

Au içerikli-arsenopiritli kuvars damarları, Batı Anadolu'da, Uşak İlinin 74 km güneybatısında yer alan Güneyköy'de bulunmaktadır. Bu Au içerikli-arsenopiritli kuvars damarları Menderes Masifi'nin metamorfik kayalarında yer almaktadır. Menderes masifinin temel kayacı olan, Paleozoyik yaşlı Güneyköy Formasyonunu oluşturan gnays ve mikaşistlerde bulunan arsenopiritli kuvars damarları, Au içeriği açısından önemlidir. Arsenopiritler kenar ve dilinimleri boyunca skorodite dönüşmüşlerdir. Skorodit arsenopiritin çatlak ve dilinimleri boyunca ve diğer mineraller arasında ince damar, şerit ya da cep şeklinde gözlenmektedir. Skorodit, arsenopiritin ayrışma ürünü olarak oluşan ikincil mineraldir ve arsenopiritin yerini alması sonucu oluşmaktadır. Skorodit'in kimyasal formülü  $FeAsO_4 \cdot 2H_2O$  (scd) dir. Yapılan petrografik incelemelerde arsenopiritlerde mikroskopik olarak Au bulunmamış olmakla birlikte jeokimyasal analizlerde ise Au içeriğinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Yani mikroskopik ve makroskopik olarak görülmeyen Au (invisible Au) olduğu belirlenmiştir, buna karşılık skoroditlerde ise mikroskopik olarak mikron boyutunda, tek taneler ya da küçük taneli gruplar halinde Au gözlenmektedir. Bu bölgede yapılan önceki çalışmalar bölgenin mineralojisi, genel jeolojisi, tektoniği ve cevherleşmenin kökeni ile ilgilidir [1]-[8]. Bu çalışmanın amacı ise, Güneyköy Au yağında, arsenopirit ve skorodit Au içeriği açısından karşılaştırılarak, Au içeriği açısından arsenopirit-skorodit ilişkisini belirlenecektir.

## Materyal ve Metot

Laboratuvar çalışmaları, saha çalışmalarına paralel olarak yürütülmüştür. Toplam 14 örnek üzerinde mineralojik ve petrografik çalışmalar yaptırılmıştır. Çalışma alanından derlenen 14 örneğin X-Ray difraksiyon (XRD) çalışmaları, örneklerin mineralojik içeriklerinin belirlenmesi amacıyla MTA X-Işınları Laboratuvarı'nda Panalytical Expert Powder ve Bruker D8 Advance XRD cihazları ile gerçekleştirilmiştir. Kalitatif analizler ICDD kartları ile karşılaştırma yapılarak gerçekleştirilmektedir. Her analiz için 100 µ altına kadar öğütülmüş en az 10 gram numune gerekmektedir ve öğütme işlemi de MTA'nin kırma, öğütme, eleme ünitesinde gerçekleştirilmiştir. İnce ve parlak kesitler ise MTA ince ve parlak kesit yapım atölyelerinde

yaptırılmıştır. Bu kesitler, mineral parajenezi, mineral ilişkileri, dokusal özellikler vb. özelliklerin saptanması amacıyla, MTA Mineraloji-Petrografi Araştırmaları Koordinatörlüğü'nde (Analiz Laboratuvarı'nda), Leica DM 2700 P alttan ve üstten aydınlatmalı mikroskop ile incelenmiş ve fotoğraflanmıştır. Ayrıca 4 adet cevher örneğinin SEM+EDS analizleri MTA Mineraloji ve Petrografi Laboratuvarında, FEI Inspect F50 FEG-SEM cihazı ile yaptırılmıştır.

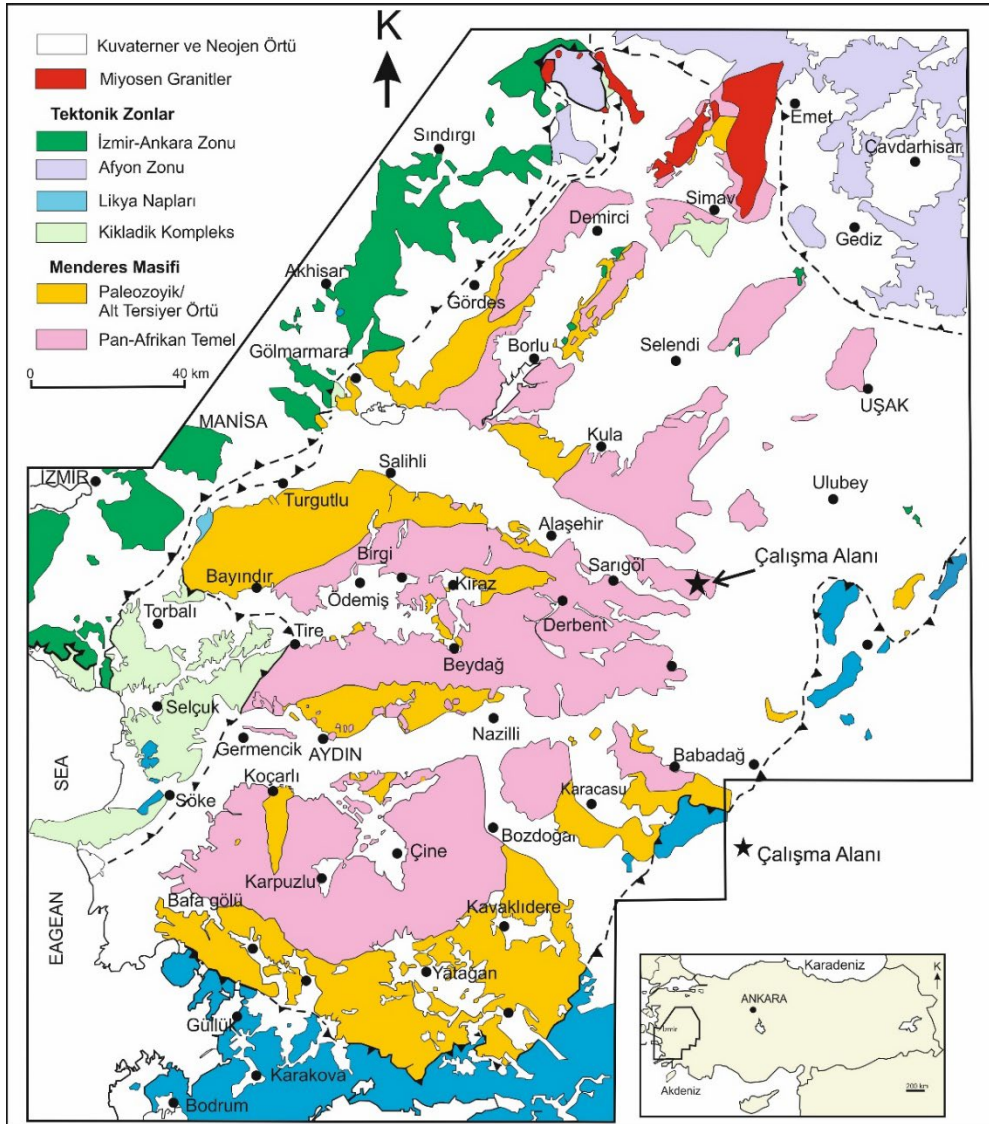
## Bulgular

### Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanı Batı Anadolu Bölgesi'nde, Uşak İli sınırlarında yer almaktadır (Şekil 1). Çalışma alanının içinde bulunduğu bölge, Menderes Masifinde yer almaktadır. KD-GB uzanımlı Menderes Masifi (200 x 300 km) Batı Anadolu'nun en büyük kabuksal segmentlerinden birini oluşturmaktadır. Bu kristalin kompleks güneyde Likya napları, kuzey ve kuzey batıda ise İzmir - Ankara Zonu ve Kikladik Kompleksin Türkiye'deki uzantısı tarafından tektonik olarak üzerlenmektedir. Masif doğuda ise Neojen yaşlı tortul/volkanik birimlerle örtülmektedir. Menderes Masifi günümüzde aktifliğini sürdüren D-B uzanımlı graben sistemleriyle Demirci-Gördes asması (kuzey asması), Ödemiş-Kiraz asması (orta asması) ve Çine asması (güney asması) olmak üzere üç asması bölünmüştür (Şekil 1). Çalışma alanı Gördes ve Eğrigöz submasifinde yer almaktadır (Şekil 1) [9]. Menderes Masifi i) Pan-Afrikan yaşlı temel ve ii) Paleozoyik - Erken Tersiyer yaşlı örtü serileri olmak üzere iki ana kaya topluluğuna ayrılmaktadır [10]. Pan-Afrikan yaşlı temel kayaları, ilksel çökme yaşı Geç Proterozoyik [11] olan kırıntılı metasedimentlerden oluşmaktadır. Örtü serileri ise kendi içerisinde Paleozoyik ve Mesozoyik-Alt Tersiyer kayaları olmak üzere iki alt gruba ayrılmaktadır. Paleozoyik serileri baskın olarak kuvarsit, fillit ve mermerlerden oluşmaktadır [12]. Mesozoyik-Alt Tersiyer yaşlı seriler ise alt düzeylerinde metakonglomera arakatlı şist ile başlamakta ve bir geçiş zonuyla zımpara mercikleri içeren platform türü kalın metakarbonatlara geçmektedir. Karbonatlar pelajik mermer tarafından üzerlenmekte ve istif metaolistostromla sonlanmaktadır [10],[12]. Çalışma alanının bulunduğu, Pan Afrikan Temel kayalar yüksek sıcaklık granülit-fasiyesinde metamorfizmaya maruz kalmışlardır [13],[14]. Pan-Afrikan

metamorfizması, Geç Prekambriyen-Erken Paleozoik orojenezi sürecinde kıtasal kalınlaşma ve bindirmeden (overthrusting) kaynaklanmaktadır [15],[16]. Çalışılan altınlı kuvars damarları, Prekambriyen yaşlı yeşilist fasiyesinde metamorfizmaya uğramış granitik gnaylarda yer almaktadır. Menderes Masifi'nin Pan-Afrikan temelini en yaşlı birimlerini kısmen migmatitleşme sunan paragnays ve mika şistlerden oluşan metakırıntılı seri oluşturur. Geç Proterozoyik yaşlı bu kayalar Prekambriyen-Kambriyen'de Pan-Afrikan orojenezi ile ilişkili granit, ekloit ve amfibolit fasiyesi koşullarında çoklu metamorfizmadan etkilenmişlerdir [10], [17]-[19]. Temel serileri Pan-Afrikan Orojenezi ile ilişkili

yaygın asidik/bazik magmatikler tarafından kesilmektedir [13], [20]-[22]. Bu görüşlerin aksine, son yıllarda özellikle Çine Asması'nın güneyinde yapılan tektonik çalışmalarda, temele ait en tipik kayalar olan ve jeokronolojik çalışmalarla Pan Afrikan yaşlı olduğu yönünde yaygın veriler elde edilen asidik magmatiklerin (ortognayslar), i) Geç Kretase [23] veya ii) Erken Tersiyer [24] yaşlı sokulumlar oldukları yönünde görüşler ileri sürülmektedir. Jeokronolojik veriler, Pan-Afrikan ortognaysların ilksel kayalarını oluşturan ana asidik magmatik aktivite fazının 550 My belkide 520-570 My arasında (Geç Proterozoyik-Kambriyen) gerçekleştiğini göstermektedir [20]-[22], [25]-[28].



Şekil 1. Menderes Masifi'nin basitleştirilmiş bölgesel jeoloji haritası [19].

### Çalışma Alanının Jeolojisi

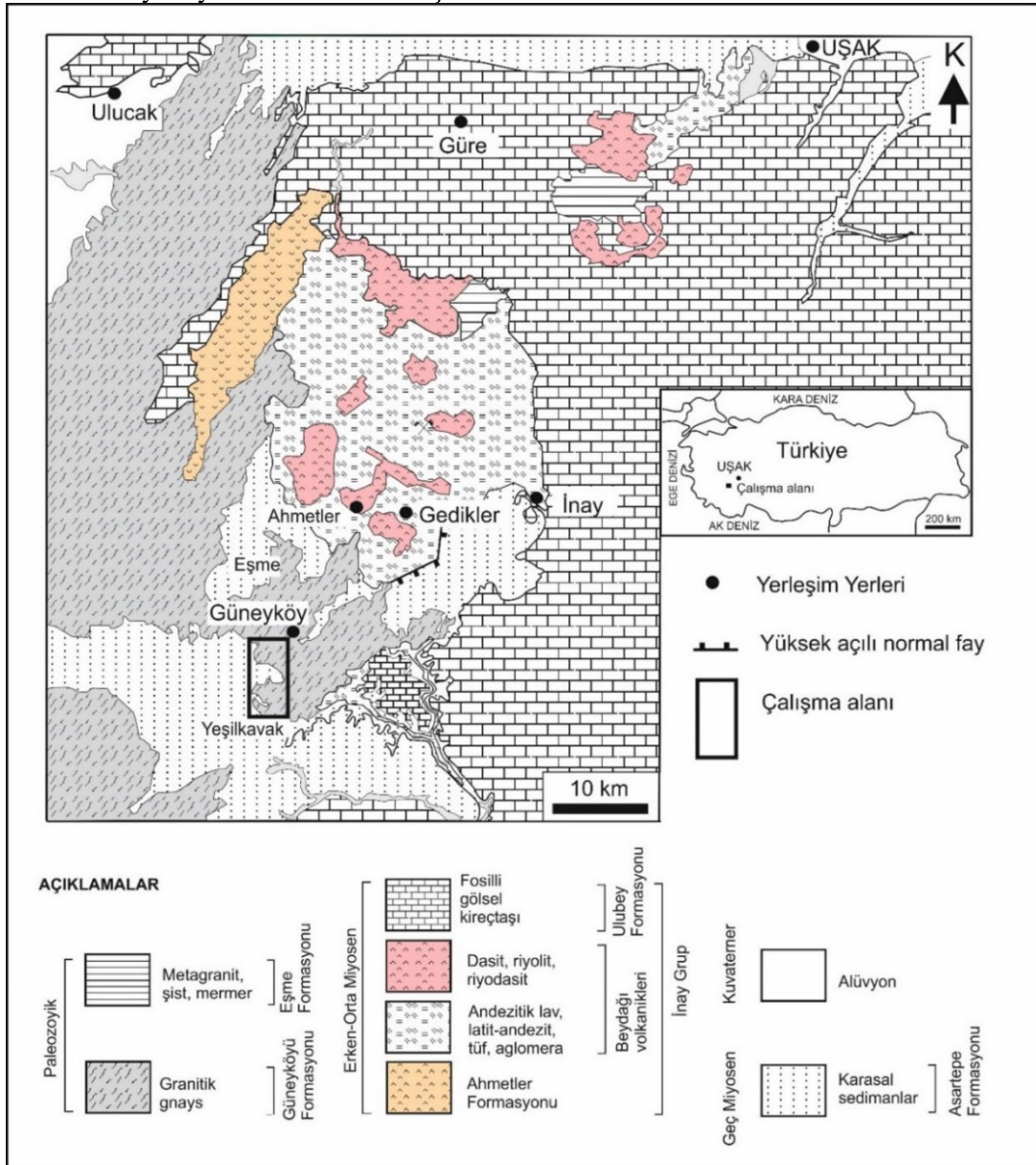
Uşak (Eşme) Güneyköyünde yer alan çalışma alanı, Menderes masifinin temel kayacı olan ve granitik gnaylardan oluşan Paleozoyik yaşlı Güneyköyü

Formasyonu içinde yer almaktadır (Şekil). Bu formasyon Güneyköy çevresinde iyi yüzeylenmektedir; Menderes masifinin çekirdek kayacına aittir ve pembe-beyaz renkli iri taneli olup aplit, kuvars damarları ve silisçe zengin anklavlar içermektedir [1],[29]. Arsenopiritli kuvars



damarları, bu birimlerde yer almaktadır. Bu birim metagranit, şist ve mermerlerden oluşan Paleozoyik yaşlı Eşme Formasyonu tarafından üzerlenmektedir. Bu birimin stratigrafik olarak alt kesiminde, parajen gnayslar granitik gnaysların üzerinde yanal ve düşey geçişli olarak yer almaktadır. Yukarıya doğru gnaysların tane boyutu küçülerek ve ince taneli biyotit gnayslara geçmektedir. Menderes Masifi örtü şistleri üzerinde, mikaşistler, kuvars-muskovit şistler, granat şistler, klorit şistler, serizit şistler gibi ince taneli şistler yer almaktadır. Örtü şistinin üst kesimlerine doğru, ince mermer bantları içeren şistler bulunmaktadır [1], [29]. Bu birimlerin üzerine Miyosen yaşlı Ahmetler formasyonu gelmektedir ve aşağıdan yukarıya doğru Merdivenlikuyu, Balıkcıdere ve Gedikler üyesi olmak üzere üç üyeden oluşmaktadır. Merdivenlikuyu üyesi, yamaç molozlarından oluşmaktadır. Bu üye uyumlu olarak Balıkcıdere

üyesi tarafından örtülmektedir ve akarsu çökel ortamını temsil eden konglomera, kumtaşı, tüfit, kiltası, marn ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Balıkcıdere üyesi, Gedikler üyesi tarafından uyumlu olarak örtülür ve göl ortamında oluşmuş silttaşı, kiltası ve tüfitlerden oluşmaktadır [1],[29]. Beydağ volkanik kayaları, piroklastik kayalardan (riyolitik, andezitik tüfler ve aglomeralar) oluşmaktadır. Ulubey Formasyonu, Ahmetler formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir ve fosilli göselle kireçtaşlarından oluşmaktadır. Geç Miyosen yaşlı [30] Asartepe formasyonu çalışma alanının güney ve kuzeyinde yüzeylenir ve konglomera ile kumtaşından oluşmaktadır. Kumtaşları ile konglomeralar ardalanmalı olup yer yer ince mamlı-kireçtaşı seviyeleri içermektedir. Bu birimlerin tümü Kuvaterner yaşlı sedimanlar tarafından üzerlenmektedir [1], [29].

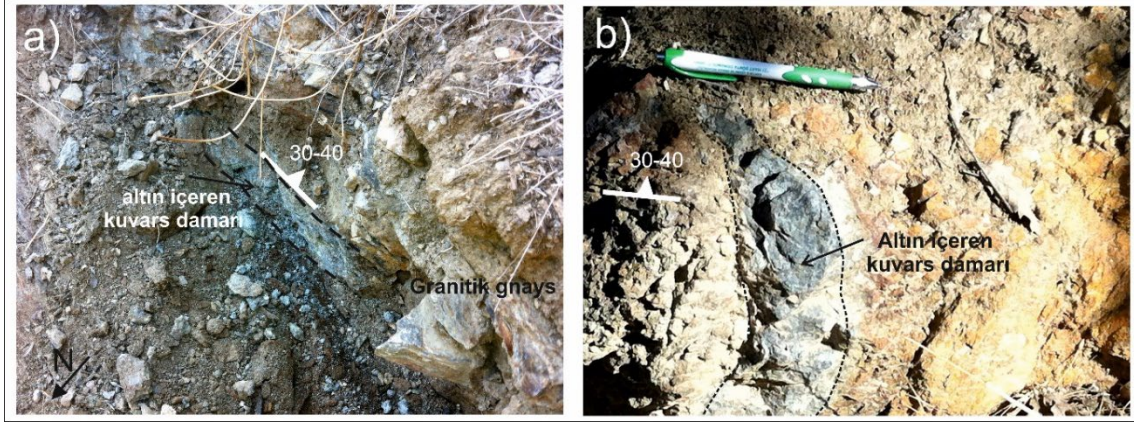


Şekil 2. Çalışma alanının jeolojik haritası [12]'den değiştirilerek alınmıştır [8].

## Mineraloji Petrografi

Çalışma alanında incelenen, altınlı-arsenopirit kuvars damarları, Menderes Masifi'nin tabanında yer alan Güneyköy formasyonunun şist ve gnayslarında yer almaktadır. Bu arsenopiritli-kuvars damarları, şist çatlakları ve şistozite düzlemi ile uyumsuz olarak yada şistozite düzlemlerini keserek, yarı uyumsuz olarak yer almaktadır (Şekil 3, [8]). Bu arsenopiritli-kuvars damarları 15 cm kalınlığına kadar çıkabilmektedir ve K-B yönünde, 40° KD eğimli, 1.5-2 m uzunluğunda yüzeyde gözlenebilmektedir. Baskın şistozite düzlemi D-B yönünde olup 30°S eğimlidir [8]. Cevher mikroskopisi incelemelerine göre, başlıca cevher mineralleri, yaygın olarak arsenopirit az miktarda

pirit, ilmenit, hematit, rutil, eser miktarda limonit, kalkopirit, kovelin ve limonitten oluşmaktadır. Parlak kesit örneklerinde, yaygın olarak gözlenen arsenopirit mineralleri, özşekilsiz-yarı özşekilli, <5-150 mikrometre arasında tane boyunda, bazı örneklerde 600 mikrometreden daha büyük masif agregalar halinde, çoğunlukla kataklastik yapıda gözlenmektedir. Arsenopiritlerin kristal sınırları ve kırıkları boyunca skorodit oluşumları gözlenmiştir. Pirit, arsenopirit içinde inklüzyon veya arsenopiritin kırıklarında ve/veya arsenopirit kristalleri arasında bulunmaktadır, kısmen veya tamamen markazite dönüşmüştür [8].



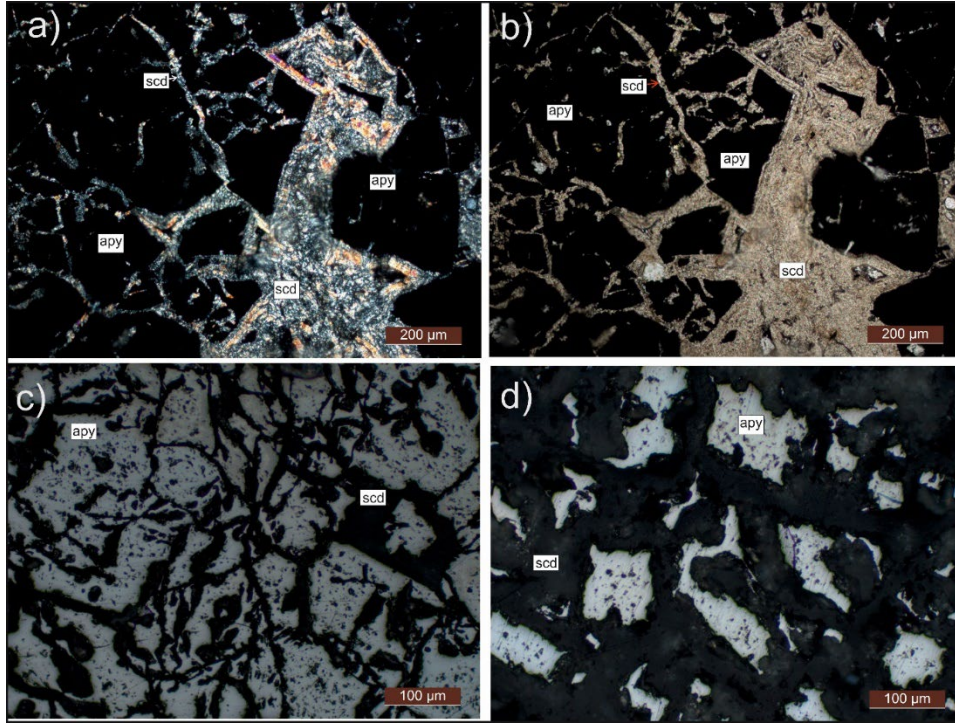
Şekil 3. a) Yan kayacın şistozitesine paralel kuvars damarı, b) Yan kayacın şistozitesi ile yarı uyumlu kuvars damarı.

## Skoroditin Mineralojik Petrografik Özellikleri

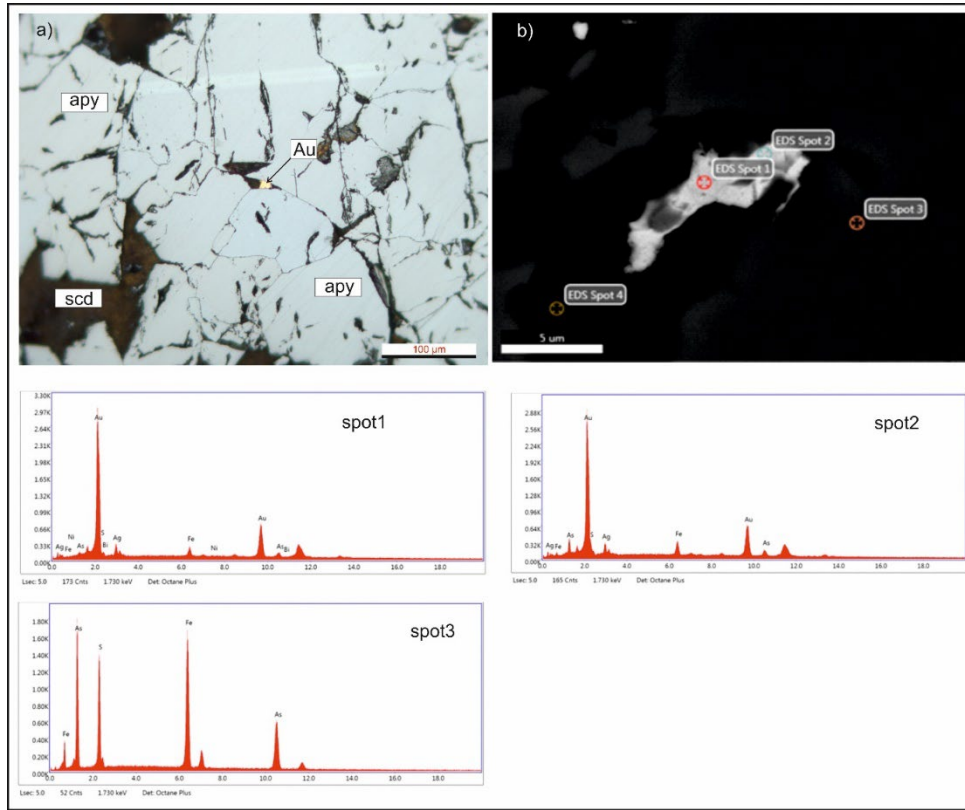
Parlak kesit çalışmalarında, inceleme alanındaki kuvars damarlarında, yer yer masif, yer yer saçınımlı olarak gözlenen arsenopiritler kenar ve dilinimleri boyunca skorodite dönüşmüşlerdir. Skoroditler arsenopiritlerin çatlak ve dilinimleri boyunca ince damar, şerit yada cep şeklinde gözlenmektedir (Şekil 4). Skoroditler, arsenopiritlerin ayrışma ürünüdür ve arsenopiritlerin yerini alması sonucu ikincil olarak oluşmaktadır, bu nedenle skoroditleşmenin ilerlemesi arsenopiritlerin iskeletimsi görüntü almasına neden olmaktadır ve kalıntı arsenopiritler oluşmaktadır [31]. Çalışma alanında skoroditleşmenin ilerlemesi ile arsenopiritlerde kalıntı doku görünümü oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 4d). Bazı örneklerde skoroditlerin mikroskobik görünümü, daha kristalli

ve özşekillidir, ancak genel olarak kriptokristalin görünümündedirler (Şekil 4 a,b). Alterasyonun ilk aşamalarında arsenopiritlerin tane sınırları, kırık-çatlakları boyunca skoroditleşmenin geliştiğini yani skoroditleşme başlangıçta tane sınırları boyunca başladığı, daha sonra, tane sınırına dik uzun-ince kapanımlar yoluyla mineralin içine yayılabildiği, sadece skorodit kalana kadar arsenopiriti parçalayabildiği belirtilmiştir. Daha sonra ise bazı arsenopirit tanelerinin kenar-köşelerinin bozulduğu, mineral taneleri arasında breşleşme görüntüsü oluştuğu ve son olarak arsenopiritlerin çoğunlukla skorodit tarafından yeri alındığı ve arsenopiritlerde iskeletimsi, kalıntı dokunun oluştuğunu belirtilmiştir [31]. Çalışma alanındaki arsenopiritlerde hem ilk aşama (Şekil 4c), hemde skoroditleşmenin ilerlediği arsenopiritlerdeki kalıntı dokuların oluştuğu aşama gözlenmiştir (Şekil 4d).





Şekil 4. a, b) Arsenopiritlerin kenar ve çatlakları boyunca oluşan skoroditlerin mikroskopik görüntüsü a: 2. Nikol, UK-2, b) 1. Nikol görüntüsü. c) Arsenopiritlerin, kataklastik görüntüsü ve kırık-çatlakları boyunca oluşan skoroditleşme (parlak kesit, Uk-3), d) Skoroditleşmenin artması sonucu, arsonopiritlerdeki kalıntı, iskeletimsi yapılar (Uk-5)



Şekil 5. a) Skoroditdeki Au'nun parlak kesit görüntüsü, b) SEM+EDX skorodit, arsenopirit.

Tablo1. SEM/EDX ana oksit değerleri (wt%)

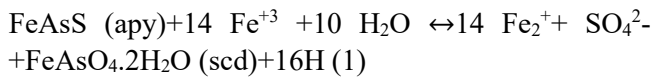
| Örnek No         | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ana oksit (Wt %) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| O                | 38.61 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 37.38 | -     | -     | 39.06 |
| Fe               | 26.92 | 34.92 | 16.53 | 35.01 | 18.91 | 17.81 | 35.39 | 4.10  | 6.18  | 35.39 | 26.39 | 1.56  | 35.34 | 26.88 |
| As               | 34.47 | -     | 16.71 | 45.62 | 18.08 | 18.53 | 44.40 | -     | -     | 45.44 | 34.54 | -     | 45.24 | 34.06 |
| S                | -     | 18.90 | 7.28  | 19.36 | 12.08 | 7.98  | 20.21 | 1.39  | 4.66  | 19.17 | 1.69  | 2.26  | 19.43 | -     |
| Ag               | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 10.19 | 9.07  | -     | -     | 12.93 | -     | -     |
| As               | -     | 46.17 | -     | 45.62 | 18.08 | -     | -     | 3.84  | 5.35  | -     | -     | 1.52  | -     | -     |
| Au               | -     | -     | 1.81  | -     | 31.98 | -     | -     | 79.64 | 74.74 | -     | -     | 81.74 | -     | -     |
| Bi               | -     | -     | 57.68 | -     | 18.95 | 55.68 | -     | 0.51  | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| Ni               | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.32  | -     | -     | -     | -     | -     | -     |

### Skoroditin ve arsenopiritin SEM+EDX Özellikleri

Çalışma alanında arsenopiritlerin petrografisi incelendiğinde mikroskobik olarak Au olmadığı, skoroditlerde ise mikroskobik olarak mikron boyutunda (30-100 µm), tek taneler halinde ve küçük taneli gruplar halinde skorodit matriksinde, skorodit-arsenopirit sınırında yani arsenopiritler ile dokanaklı Au taneleri gözlenmiştir (Şekil 5 a). Au oluşumu genellikle bizmut taneleri ve çatlak dolgusu şeklindedir. Örneğin bazı yerlerinde Au ile Bizmut birlikte görünürken, bazı yerlerinde bizmuttan uzakta bulunmaktadır (Şekil 5). Çalışma alanında arsenopiritli kuvars damarlarının jeokimyasal verilere göre Au içeriği 0.5 ppm ile 10 ppm arasında, Ag içeriği ise 0.1 ppm ile 20.3 ppm arasında olduğu belirlenmiştir [8]. Tablo 1’de SEM/EDX analizlerinin ana oksit değerlerine Au değeri % 1.81 ile 81.74 aralığında; Ag değeri ise % 9.07 ile 12.93 aralığında değişmektedir. Arsenopiritlerde mikroskobik olarak görülebilir altın olmamasına rağmen altın içeriği yüksek olduğu görülmektedir.

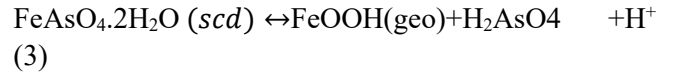
### Tartışma ve Sonuç

Skorodit arsenopiritin yüzey koşullardaki basınç-sıcaklık (P-T) alterasyonu ürünüdür [32],[33]. Skorodite, arsenopiritin düşük çözünürlüklü ayrışma ürünüdür, oksitleyici ve asidik koşullarda çökeler [33],[34].



Skorodit arsenopiritin oksidasyonu sonucu oluşmaktadır, lokal olarak düşük Ph, yüksek arsenat ve Fe aktivitesi gerektirir. Skoroditleşme reaksiyonu devam ettiğinde, arsenopirit tükendikten sonra, Fe ve arsenat konsantrasyonu azalacaktır, bu da Ph’da bir artışa neden olacaktır, skoroditten doğal olarak götit oluşacağından (reaksiyon 3), arsenatın artmasına yol

açacaktır (reaksiyon 2). Tüm bu reaksiyonlar, sistemi daha asidik hale getirmede etkili olan hidrojenin serbest kalmasına neden olmaktadır [31].



Çalışma alanında parlak kesitlerde götit minerali gözlenmediği için reaksiyonun bu aşamaya gelmediği belirlenmiştir. Süperjen alterasyon sürecinde, sülfür (kükürt) oksijenin yerini alınca arsenopirit molekülüleri hidratlanır ve skorodite dönüşür, ayrıca oksijen arsenopiritin kristal kafesi içinde mikroskobik olarak görünmeyen altını (invisible gold) serbest bırakır [35],[36]. Yani sülfürlerin deformasyona maruz kalması durumunda, daha önceki süreçlerle oluşmuş görünmez altının büyük bir kısmı, sülfidin kristal kafesinden atılır [37],[38]. Skorodit matriksinde görünür tanecikler olarak bulunan, görülebilir altın taneciklerini oluşturmak için mobilize olan altının süperjen zenginleşme ile birikmiş olması mümkündür [31]. Sülfürlerin deformasyona maruz kalması durumunda, daha önceki süreçlerle oluşmuş görünmez altının büyük bir kısmı sülfid kristal kafesinden atılacaktır [37],[38]. Görünmez altın, sıcaklık artışı (heating) ve basınç artışı süreci sırasında sülfitlerden atılır [39],[35] kimyada, kurşunun bir femiroksihidroksit ile yer değiştirmesi, skorodit gibi, eğer çok az miktarda klorit varsa, bu klorit metalleri taşıma işlevi görür ve hem altını hemde gümüşü parçalayabilir ve çözebilir. Skorodit oluşurken de, klor sistemde muhtemelen bol olarak bulunmaktadır, oldukça yüksek NaCl/H<sub>2</sub>O oranına ve düşük sıvı kapanım donma sıcaklıklarına dayalı olarak klor sistemde muhtemelen bol olarak bulunmaktadır. Skorodit oluşum reaksiyonları nedeniyle sistemde Ph düşer, çünkü AuCl<sub>4</sub> yalnızca 0.8 civarında oldukça yüksek Eh’de çözünürdür, altın skorodit içinde küçük parçacıklar olarak hızla yeniden çökeler, fakat AgCl<sub>4</sub> ise hala çözelti halindedir ve sistemden ayrılarak,

sistemdeki gümüşü tüketebilir [35],[36],[40]. Altın ile birlikte bulunan gümüş miktarından, superjen altını hidrotermal altından ayırt etmek mümkündür. Eğer, soğuyan (cooling) hidrotermal çözeltiden çökelse, altın genellikle gümüş ile birlikte bulunur [41]. Superjen alterasyona maruz kalan altın, homojen iz element bileşimine daha yatkındır [42]. Çalışma alanında altın içeren arsenopiritli örneklerde Au ile birlikte Ag olması hidrotermal sistemi desteklemektedir. Skoroditin varlığı, hidrotermal süreçlere maruz kalmadan daha çok süperjen alterasyonu desteklemektedir, skorodit arsenopiritin süperjen alterasyon ürünü olarak tanımlanmaktadır ve yüzey P-T koşullarında arsenik sistemin duraylı (stable) versiyonu olarak tanımlanmıştır [32],[33]. Çalışma alanındaki arsenopiritli kuvars damarları, hipojen damar oluşumu ve diğer ilksel olaylar nedeniyle ilksel altını içermektedir. Çalışma alanındaki altın içeren arsenopiritli kuvars damarlarındaki ilksel cevherleşmeyi oluşturan çözeltiler metamorfik çözeltilerden türemiştir ve cevherleşme orojenik-tip cevherleşmedir [8]. Altının çözelti ile arsenopiritin yapısından çıkması ve arsenopiritin dışında tekrar çökmesi daha sonra gelişen, yüzey koşullardaki basınç-sıcaklık (P-T) alterasyon sonucunda oluşmaktadır, arsenopirit skorodite dönüşür ve bu süreçte Au skoroditte tekrar birikir [31]. Çalışma alanında hem arsenopirit hemde arsenopiritin alterasyon minerali skoroditte Au bulunmaktadır. Skorodit ile arsenopirit eş zamanlı değerlerdir. Skorodit, arsenopiritin alterasyonu ile oluşmuştur ve arsenopiritin yerini almıştır. Arsenopiritte görünmeyen Au vardır, skoroditte ise remobilize mikroskobik olarak görülebilen, büyük ve küçük taneler halinde Au vardır. Dolayısı ile arsenopiritlerdeki Au oluşumu hipojen oluşum olurken daha sonraki alterasyon süreciyle, skoroditlerde yeniden birikmesi süperjen oluşumdur.

### Teşekkür

2012/02 No'lu Aksaray Üniversitesi BAP projesi ile hazırlanmış olan bu çalışma kapsamında, ince kesitlerin yapımı için Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, İnce kesit laboratuvarı çalışanlarına, SEM + EDX çalışmaları için Ufuk Kibara teşekkür ederiz.

### Kaynaklar

- [1] T. Ercan, A. Dinçel, E. Günay, and A. Türkecan, "Geology of the Uşak region and petrology of volcanics", *Mineral Research and Explorations Institute Turkey (MTA) Report No. 6354*, 1977.
- [2] E. Ercan, A. Dinçel, S. Metin, A. Türkecan, and A. Günay, "Geology of the Neogene basins in Uşak region" *Geological Bulletin of Turkey*, vol.21, pp.97-106, 1978
- [3] T. Ercan, A. Dinçel and A. Günay, "Petrology of the Uşak Volcanics and their place in the Aegean region according to plate tectonics", *Geological Bulletin of Turkey*, vol. 22, pp.185-198, 1979
- [4] E. Bozkurt and R. Oberhänsli, "Menders Massif (western Turkey): Structural, metamorphic and magmatic Evolution-a Synthesis", *International Journal of Earth Sciences*, vol.89, pp.679-708, 2001
- [5] S. Akıska, T. Ünlü and I.S. Sayılı, "Mining geology of the gold occurrences related to the arsenopyrites of İzmir-Ödemiş Region", *Mineral Research Exploration Bulletin*, vol.136, pp.1-8, 2008.
- [6] H. Yılmaz, "Geochemical exploration for gold in western Turkey: success and failure", *Journal of Geochemical Exploration*, vol.80, pp.117-135, 2003.
- [7] O.E. Koralay, O. Candan, C. Akal, O.Ö. Dora, F. Chen, M. Satır, and R. Oberhänsli, "Geology and geochronology of Pan-African and Triassic metagranitoids in the Menderes Massif, W-Anatolia", *Turkey Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, vol.142, pp.69-119, 2011
- [8] A. Kahya and Ö. Kanaat, "Geological, mineralogical and fluid inclusion characteristics of auriferous quartz veins at Güneyköy (Uşak, Eşme), Western Turkey", *Neues Jahrbuch für Mineralogie (J.Min. Geochem.)*. vol.195/1, pp.11-25, 2018.
- [9] O. Candan, O.Ö. Dora, R. Oberhänsli, E. Koralay, M. Çetinkaplan, C. Akal, M. Satır, F. Chen, and O. Kaya, "Stratigraphy of the Pan-African basement of the Menderes Massif and relationship with Late Neoproterozoic/Cambrian Evolution of the Gondwana", *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, vol.142, pp.25-68, 2011.
- [10] O.Ö. Dora, O. Candan, S.T. Dürr, and R. Oberhänsli, "New evidence concerning the geotectonic evolution of the Menderes Massif" *International earth sciences colloquium on the Aegean region, Abstracts*, p.13-14, 1995.



- [11] O.E. Koralay, O. Ö. Dora, O. Candan, F. Chen, and M. Satir, "Menderes Masifindeki paragnaysların ilksel çökeltme yaşına tek zircon 207Pb/206Pb evaporasyon jeokronolojisi yöntemiyle yaklaşım", *56th Geological Congress of Turkey, Abstracts*, pp.64–65, 2003.
- [12] N. Konak, N. Akdeniz, and E.M. Öztürk, "Geology of the south of Menderes Massif, I.G.C.P. project no:5, Correlation of Variscan and pre-Variscan events of the Alpine Mediterranean mountain belt, field meeting", *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, pp.42-53, 1987.
- [13] O. Candan, "Metamorphism of the Gabbros in the Aydın-Çine Submassif and Their Correlation with those in the Related Submassifs of the Menderes Massif". *Turkish Journal of Earth Sciences*, vol.5, pp.123-139, 1996.
- [14] O.Ö. Dora, O. Kaya, E. Koralay and S.T. Dürr, "Revision of the so-called "leptite-gneisses" in the Menderes Massif: A supracrustal metasedimentary origin", *International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau)*, vol.89/4, pp.836- 851, 2001.
- [15] O. Candan, and O.Ö. Dora, "Granulite, eclogite and blueschist relics in the Menderes Massif: an approach to Pan-African and Tertiary metamorphic evolution", *Geological Bulletin of Turkey*, vol.41, pp.1-36, 1998.
- [16] O. Candan, M. Çetinkaplan, R. Oberhänsli, G. Rimmelé, and C. Akal, "Alpine high-P/low-T metamorphism of the Afyon Zone and implications for the metamorphic evolution of western Anatolia, Turkey", *Lithos*, vol.84, 102-124, 2005.
- [17] R. Oberhänsli, O. Candan, O.Ö. Dora, and S. Dürr, "Eclogites within the Menderes Massif / Western Turkey", *Lithos*, vol.41, pp.135-150, 1997
- [18] O. Candan, and O.Ö. Dora, "Granulite, eclogite and blueschist relics in the Menderes Massif: an approach to Pan-African and Tertiary metamorphic evolution", *Geological Bulletin of Turkey*, vol. 41, pp.1-36, 1998
- [19] O. Candan, O.Ö. Dora, R. Oberhänsli, M. Çetinkaplan, J.H. Partzsch, F.C. Warkus, and S. D.RR, "Pan-African high-pressure metamorphism in the Precambrian basement of the Menderes Massif, western Anatolia, Turkey", *International Journal of Earth Sciences*, vol.89, pp.793-811, 2001.
- [20] R. Hetzel, and T. Reischmann, "Intrusion age of Pan-African augen gneisses in the southern Menderes Massif and the age of cooling after Alpine ductile extensional deformation" *Geological Magazine*, vol.133, no. 5, pp.565 – 572, 1996
- [21] S. Loos, and T. Reischmann, "The evolution of the southern Menderes massif in SW Turkey as revealed by zircon dating", *Journal of the Geological Society of London*, vol.156, pp.1021-1030, 1999.
- [22] O.E. Koralay, O. Ö. Dora, F. Chen, M. Satir, and O. Candan, "Geochemistry and Geochronology of Orthogneisses in the Derbent (Alaşehir) Area, Eastern Part of the Ödemiş-Kiraz Submassif, Menderes Massif: Pan-African Magmatic Activity", *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 37-61, 2004
- [23] B. Erdogan and T. Güngör, "The problem of the core–cover boundary of the Menderes Massif and an emplacement mechanism for regionally extensive gneissic granites, western Anatolia (Turkey)", *Turkish Journal of Earth Sciences*, vol.13, pp.15–36, 2004.
- [24] E. Bozkurt, J.A. Winchester, and R.G. Park, "Geochemistry and tectonic significance of augen gneisses from the southern Menderes Massif (West Turkey)", *Geology Magazine*, vol.132, pp.287-301,1995.
- [25] C. Dannat, "Geochemie, geochronologie und Nd-Sm Isotopie der granitoiden Kerngneiss des Menderes Massivs, SW-Turkey", PhD thesis, Johannes Gutenberg Universität Mainz, 1997.
- [26] R. Hetzel, R.L. Romer, O. Candan, and C.W. Passchier, "Geology of the Bozdağ area, central Menderes massif, SW-Turkey: Pan African basement and Alpine deformation", *Geologische Rundschau*. Vol. 87, pp.394–406, 1998.
- [27] K. Gessner, S. Piazzolo, T. Güngör, U. Ring, A. Kröner, and C.W. Passchier, "Tectonic significance of deformation in granitoid rocks of the Menderes nappes, Anatolide belt, southwest Turkey", *International Journal of Earth Sciences*, vol.89, pp.766-780, 2001.
- [28] K. Gessner, A.S. Collins, U. Ring, and T. Gungor, "Structural and thermal history of poly-

- orogenic basement: U–Pb geochronology of granitoid rocks in the southern Menderes Massif, Western Turkey”, *Journal of the Geological Society of London*, vol.161, pp.93–101, 2004
- [29] Ş. Gonca, “Gold research report in the Uşak-Eşme, Manisa-Kula, Manisa and Uşak area”, *Mineral Research and Explorations Institute Turkey (MTA) Report No: 9520*, Ankara (unpublished), 1992.
- [30] G. Seyitoğlu, M.C. Alçiçek, V. Işık, Alçiçek, S. Mayda, B. Varol, I. Yılmaz and K. Esat, “The stratigraphical position of Kemiklitepe fossil locality (Eşme, Uşak) revised: implications for the Late Cenozoic sedimentary basin development and extensional tectonics in Western Turkey”, *Neues Jahrbuch für Geologie und Palaeontologie*, vol.251, pp.1-15, 2009.
- [31] D. Jonasson, “Mobilization and occurrence of gold within arsenopyrite veins, Akçaabat deposit, southwestern Turkey”, Degree of Master of Science with a major in Earth Sciences 60 hec, University of Gothenburg, Department of Earth Sciences Geovetarcentrum/Earth Science Centre, 2018B1042, 2018.
- [32] M. Mihaljevic, V. Ettler, O. Sebek, P. Grahota, L. Strnad, R. Prochazka, and O. Sracek, “Alteration of arsenopyrite in soil under different vegetation covers”, *Science of the total environment*, vol. 408 no.6, pp.1286-1294, 2010
- [33] P.M. Dove and J.D., Rimstidt, “The solubility and stability of scorodite,  $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ”, *American Mineralogist*, vol.70, No.7-8, pp.838–844. 1985
- [34] Y. Zhu and B. Merkel, “The dissolution and solubility of scorodite,  $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  evaluation and simulation with PHREEQC2”, Technische Universität Bergakademie Freiberg Institut für Geologie, 2001.
- [35] A.W. Mann, “Mobility of gold and silver in lateritic weathering profiles; some observation from Western Australia”, *Economic Geology*, vol.79, No.1, pp.38-49, 1984.
- [36] L.Robb, “Introduction to ore-forming processes”, John Wiley&Sons, 2013
- [37] A.H. Mumin, M.E. Fleet, and S.L. Chryssoulis, “Goldmineralization in As-rich mesothermal gold ores of the Bogosu resteamining district of the Ashanti Gold Belt, Ghana: Remobilization of “invisible” gold”, *Mineralium Deposita*, vol.29, pp. 445-460, 1994
- [38] R.R. Large, L.V., Danyushevsky, C. Hollit, V. Maslennikov, S. Meffre, S. Gilbert, R. Bull, R. Scott, P. Emsbo, H. Thomas, and J. Foster, “Gold and trace element zonation in pyrite using a laser imaging technique: implications for the timing of gold in orogenic and carlin-style sediment-hosted deposits”, *Economic Geology*, vol.104, pp.635-668, 2009.
- [39] A.G. Tomkins, and J.A. Mavrogenes, “Redistribution of gold within arsenopyrite and lollingite during pro- and retrograde metamorphism: Application to timing of mineralization”, *Economic Geology*, vol.96, No:3, pp.525-534, 2001.
- [40] J.G. Webster and A.W Mann, “The influence of climate, geomorphology and primary geology on the supergene migration of gold and silver”, *Journal of Geochemical Exploration*, vol.22, No.1-3, pp.21-42, 1984
- [41] C. E. J. De Ronde and P. Blattner, “Hydrothermal alteration, stable isotopes, and fluid inclusions of the Golden Cross epithermal gold-silver deposit, Waihi, New Zealand”, *Economic Geology*, vol.83, pp.895-917, 1988
- [42] R.J. Bovell, “Supergene gold mineralogy at Ashanti, Ghana: implications for the Supergene Behavior of gold”, *Mineralogical Magazine London*, vol.56, pp.545-545, 1992.