



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**DAĞKESEMEN (KUZEY-BATI
AZERBAYCAN) POLİMETALİK ALTIN
YATAĞININ JEOLJİK, MİNERALJİK,
PETROGRAİK VE JEOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİ**

Akif BAKHSHİYEV

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ

Ekim-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Akif BAKHSHİYEV tarafından hazırlanan “Dağkesemen (Kuzey-Batı Azerbaycan) polimetallik altın maden yatağının jeolojik, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri” adlı tez çalışması 11/10/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Unvanı Adı SOYADI

Danışman

Unvanı Adı SOYADI

Prof. Dr. Fetullah ARIK

Üye

Unvanı Adı SOYADI

Dr. Öğr. Üyesi Alican ÖZTÜRK

Üye

Unvanı Adı SOYADI

Dr. Öğr. Üyesi Bilgehan YABGU HORASAN

İmza

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

Bu tez çalışması Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) tarafından **201007050** nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Akif BAKHSHİYEV

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

DAĞKESEMEN (KUZEY-BATI AZERBAIJAN) POLİMETALİK ALTIN YATAĞININ JEOLojİK, MİNEROLOJİK, PETROGRAFIK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Akif BAKHSHİEV

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Fetullah ARIK

2021, 61 Sayfa

Jüri

**Prof. Dr. Fetullah ARIK
Dr. Öğr. Üyesi Alican ÖZTÜRK
Dr. Öğr. Üyesi Bilgehan YABGU HORASAN**

Bu çalışmada Azerbaycan'ın kuzey-batısında yer alan önemli maden yataklarından biri olan Dağkesemen (Kuzey-Batı Azerbaycan) polimetalik altın maden yatağının jeolojik, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin incelenmesi, yatağın rezervinin ortaya konulması ve üretim yönteminin araştırılması amaçlanmıştır.

Dağkesemen polimetalik Au yatağı, Azerbaycan'ın kuzeybatısında Küçük Kafkasya bölgesinde Şahdağ Sıradağları'nın kuzeybatı yamacında yer alan Ağstafa İl'inin hemen batısında yer almaktadır. Dağkesemen Köyü ve aynı isimli cevherleşme bölgesi Lök-Karabağ yapısal-metalojenik bölgesinin kuzeybatısında bulunmaktadır. Lök-Karabağ yapısal-metalojenik bölgesindeki Kazak grabeni içerisinde yer alan Dağkesemen polimetalik altın yatağı ve çevresindeki zuhurları kapsayan alan oldukça karmaşık bir jeolojik yapıya sahiptir.

Dağkesemen polimetalik altın yatağı, Pakistan'dan, İran, Azerbaycan, Gürcistan ve Türkiye'ye kadar uzanan, dünyanın önemli altın ve bakır provenslerinden biri olan Tetis Tektonik Kuşağı'nın Küçük Kafkaslar bölgesinde yer almaktadır.

Dağkesemen polimetalik altın yatağı 19. Yüzyılın başlarında keşfedilmiş ancak henüz üretim faaliyeti gerçekleştirilmemiştir. Sovyet Rusya döneminde yörede jeolojik, stratigrafik ve jeokimyasal çalışmalar yapılmıştır. 2016 yılından bu yana yörede araştırma yapan Azergold şirketi yatakta önemli miktarda altın yanı sıra gümüş, kurşun, çinko bakır tespit etmiştir.

Dağkesemen maden yatağının çevresinin jeolojisi özellikle Kazak grabeninin tektonik yapısı nedeniyle çok karmaşık olup bölgede gerçekleşen magmatik faaliyetler de Kretase yaşlı birimler daha yaygın olup bu birimler Üst Kretase yaşlı kırıntılı-karbonat, sedimanter-piroklastik ve volkanojenik kayalarla temsil edilmektedir.

Cevher mikroskobisi ve XRD incelemelerine göre yataktaki cevher mineralleri; sfalerit, galenit, kalkopirit, pirit, bornit, dijenit, seruzit, kovellin, kalkosin, malahit, azurit, hematit, manyetit, ilmenit ve anglezittir. Tespit edilen gang mineralleri ise kuvars, kalsit, dolomit, jips ve florittir. Yine kayaç petrografisi ve XRD incelemelerine göre cevherleşme ile ilişkili kayaçlar ve alterasyon örnekleri içerisinde plajiolas, klorit, mika/illit, serpantin, alkali-feldspat ve kil mineralleri yaygın olarak bulunmaktadır.

Dağkesemen polimetalik Au yatağında ana oksitlerden SiO₂ % 57.1, Al₂O₃ % 3.84, Fe₂O₃ % 9.73, CaO % 1.46, MgO % 1.28, K₂O % 1.08 ve Na₂O % 0.47 ortalama değerlere sahiptir. Yatakta ortalama 190 ppb Au, 16.2 ppm Ag, % 1.54 Cu, % 8.31 Zn, % 4.39 Pb, 2150 ppm'e ulaşan Cd, 189 ppm'e ulaşan V, 104

ppm'e ulaşan Ba ve 148 ppm'e ulaşan As içerikleri önemlidir. Buna göre Fe, Cu, Pb, Zn ve Cd ile birlikte 1 ppm'e ulaşan Au ve 50 ppm'i aşan Ag içeriği ile Dağkesemen yatağı polimetalik Au yatağı olarak değerlendirilmiştir.

Dağkesemen (Kuzey-Batı Azerbaycan) polimetalik Au yatağından derlenen sülfidli mineraller üzerinde yapılan S izotop analizlerine göre $\delta^{34}\text{S}$ değerleri kalkopiritler için ‰ -3.3 ile ‰ -1.8, sfaleritler için ‰ -0.6 ile ‰ -4.0, piritler için ‰ -2.5 ile ‰ -1.0 ve galenitler için ‰ -3.1 ile ‰ -5.0 arasında değişmektedir. Cevherleşmeye ait kalkopirit, galenit, sfalerit ve piritlerin hesaplanan $\delta^{34}\text{S}_{\text{H}_2\text{S}}$ değerleri ise kalkopirit için ‰ -3.1 ile ‰ -1.6; galenit için ‰ -2.7 ile ‰ -0.8 ;sfalerit için ‰ -4.4 ile ‰ -1.0; pirit için ise ‰ -2.5 aralığında değişmektedir. Gerçekleştirilen S izotop analizlerine göre cevherleşmeyi oluşturan çözeltiler magmatik kökene işaret etmektedir.

Dağkesemen polimetalik Au yatağından derlenen sfalerit ve kuvars örneklerinde gerçekleştirilen sıvı kapanım kesitlerinde yapılan mikrotermometrik ölçümlerde sıvı kapanımların Son Buz Ergime Sıcaklığı (T_m -ice °C) ve Homojenleşme Sıcaklıkları (T_h °C) ölçülmüştür. SG-tipi kapanımlarda yapılan ölçümlerde T_m -ice değerlerinin -0.4 ile -4.1 °C arasında olduğu tespit edilmiştir. Mikrotermometrik ölçümlerde SG-tipi kapanımların homojenleşme sıcaklıkları (T_h , °C) 201 °C ile 281.2 °C arasında değişmekte, T_m -ice'a karşılık gelen tuzluluklar ise % 0.7 ile % 6.6 NaCl arasında değişmekte olup Dağkesemen polimetalik Au yatağı mezo-epitermal koşullarda meydana gelmiştir.

Anahtar Kelimeler: Altın, Azerbaycan, Dağkesemen, Jeokimya, Kazak Grabeni, Polimetal, hidrotermal

ABSTRACT

MS THESIS

GEOLOGICAL, MINERALOGICAL, PETROGRAPHICAL AND GEOCHEMICAL PROPERTIES OF THE DAKHKASAMAN (NORTH-WEST AZERBAIJAN) POLYMETALLIC GOLD DEPOSIT

Akif BAKHSHIYEV

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geological Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Fetullah ARIK

2021, 61 Pages

Jury

**Prof. Dr. Fetullah ARIK
Asst. Prof. Dr. Alican ÖZTÜRK
Asst. Prof. Dr. Bilgehan YABGU HORASAN**

It was aimed to investigate the geological, mineralogical, petrographic and geochemical characteristics of Dakhkasaman (North-West Azerbaijan) polymetallic gold deposit, one of the most important gold copper deposits in the west of Azerbaijan in this study.

Dakhkasaman polymetallic Au deposit is located on the northwest slope of the Shahdag Mountain Range in the Lesser Caucasus region and just west of Ağstafa Province, northwest of Azerbaijan. Dakhkasaman Village and the mineralization zone of the same name are in the northwest of the structural-metallogenic region of Lök-Karabagh. Located in the Kazakh graben in the structural metallogenic region of the Lök-Karabagh region, the area covering Dağkesemen polymetallic gold deposit, and its surrounding formations has a very complex geological structure.

Dakhkasaman polymetallic gold deposit is located in the Lesser Caucasus region which is one of the world's major gold and copper Tethyan Tectonic Belt province in the Pakistan, Iran, Azerbaijan, Georgia and extending to Turkey.

Dakhkasaman polymetallic gold deposit on the spot were discovered in the early 19th century, but no production activity was carried out. During the Soviet period, geological, stratigraphic and geochemical studies were carried out. Azergold, who has been conducting research in the region since 2016, detected a significant amount of gold and silver, lead, zinc copper in the deposit.

Due to the tectonic structure of the Dakhkasaman mine bad and especially the tectonic structure of the Kazakh graben and the magmatic activities in the region are more common in Cretaceous aged units, these units are represented by Upper Cretaceous clastic-carbonate, sedimentary-pyroclastic and volcanogenic rocks. Based on the petrographic and XRD studies the ore minerals are sphalerite, galenite, chalcopryrite, pyrite, bornite, digenite, cerussite, covellite, chalcocite, malachite, azurite, hematite, magnetite, ilmenite, and anglesite as the identified gangue minerals are quartz, calcite, dolomite, gypsum and fluorite. Plagioclase, chlorite, mica/illite, serpentine mineral, alkali-feldspar and clay minerals were commonly observed among the rocks and alteration samples related to mineralization.

Among the main oxides in Dağkesemen polymetallic Au deposit, SiO₂ has 57.1%, Al₂O₃ 3.84%, Fe₂O₃ 9.73%, CaO 1.46%, MgO 1.28%, K₂O 1.08% and Na₂O 0.47% average values. Average 190 ppb Au, 16.2 ppm Ag, 1.54% Cu, 8.31% Zn, 4.39% Pb, Cd reaching 2150 ppm, V reaching 189 ppm, Ba reaching 104 ppm and As reaching 148 ppm in the mineralization is important. Accordingly, Dağkesemen deposit was evaluated as a polymetallic Au deposit with an Au content of up to 1 ppm and an Ag content exceeding 50 ppm together with Fe, Cu, Pb, Zn and Cd.

According to the S isotope analysis of sulfidic minerals collected from Dakhkasaman (North-West Azerbaijan) polymetallic Au deposit, $\delta^{34}\text{S}$ values vary between -3.3 ‰ to -1.8 ‰ for chalcopyrite, -0.6 ‰ to -4.0 ‰ for sphalerite, -2.5 ‰ to -1.0 ‰ for pyrite and -3.1 to -5.0 for galenites. The calculated $\delta^{34}\text{S}_{\text{H}_2\text{S}}$ values of chalcopyrite, sphalerite, pyrite and galenite from ore are as follows: -3.1 ‰ to -1.6 ‰ for chalcopyrite, -2.7 ‰ to -0.8 ‰ for galenite, -4.4 ‰ to -1.0 ‰ for sphalerite, -2.5 ‰ for pyrites. According to the S isotope analysis performed, the solutions forming the mineralization indicate magmatic origin.

Final Ice Melting Temperature ($T_{\text{m-ice}}$ °C) and Homogenization Temperature (T_{h} °C) of liquid inclusions were measured in microthermometric measurements made on sphalerite and quartz samples collected from Dakhkasaman polymetallic Au deposit. In the measurements made in SG-type inclusions, $T_{\text{m-ice}}$ values were found to be between -0.4 and -4.1 °C. The final ice melting temperatures ($T_{\text{m-ice}}$) obtained were evaluated according to Bodnar's (1993) equation and % NaCl equivalent salinities were calculated. In microthermometric measurements, the homogenization temperatures (T_{h} °C) of SG-type inclusions vary between 201 °C and 281.2 °C, and the salinities corresponding to $T_{\text{m-ice}}$ vary between 0.7 % and 6.6 % NaCl and these data show Dakhkasaman polymetallic Au deposit were formed under meso-epithermal conditions.

Keywords: Azerbaijan, Dakhkasaman, Geochemistry, Gold, Kazak Graben, Polymetallic, hydrothermal



ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan, her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen ve gelecekteki mesleki hayatımda da bana verdiği değerli bilgilerden faydalanacağımı düşündüğüm kıymetli ve danışman hoca statüsünü hakkıyla yerine getiren Jeoloji Mühendisliği Bölüm Başkanı çok sevdiğim Sn. Prof. Dr. Fetullah ARIK'a teşekkürü bir borç biliyorum.

Çalışmanın başından bu yana gerek numunelerin hazırlanmasında gerek mikroskop çalışmalarında gerekse de tez yazımı aşamasında çok büyük yardımlarını gördüğüm ve bundan sonraki akademik çalışmalarında da birlikte çalışmaktan çok mutluluk duyacağım insan, üniversitemizin Sn. Araştırma Görevlisi Dr. Yeşim ÖZEN'e sonsuz teşekkür ederim.

Kayaç petrografisi çalışmalarında çok yardımını gördüğüm üniversitemizin Sn. Dr. Öğr. Üyesi Gürsel KANSUN'a sonsuz teşekkürler.

Araştırma bölgesi hakkında bilgileri benimle bölüştüğü için Bakü Devlet Üniversitesinden Sn. Doç. Dr. Mamoy MANSUROV'a çok teşekkür ederim.

Çalışma konum ile bilgilerin, kaynakların bulunmasında bana büyük katkısı olan, üniversitemizin doktora öğrencisi ve aynı zamanda Azergold CJSC Şirketin'den jeoloji yüksek mühendisi Sn. Coşqun İSMAYIL'a sonsuz teşekkürler.

Arazi çalışmaları sırasında gerekli malzemelerin temin edilmesinde desteğini esirgemediği için Azergold CJSC Şirketin'den jeoloji mühendisi Sn. Fuad ASGARZADE'ye çok teşekkürler.

Araştırmanın yapılabilmesi için gerekli maddi desteği sağlayan Konya Teknik Üniversitesi Rektörlüğü ve Bilimsel Araştırma Projesi Koordinatörlüğüne çok teşekkür ederim.

Son olarak Türkiye Cumhuriyeti'nde eğitim görmek istediğimde beni maddi ve manevi olarak destekleyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

Akif BAKHSHIYEV
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
ÇİZELGELER LİSTESİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Azerbaycan Cumhuriyeti'nin Yeraltı Zenginlikleri.....	1
1.2. Amaç	2
1.3. Çalışma Alanının Yeri ve Ulaşım	2
1.4. Coğrafi Özellikler	3
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	14
3.1. Saha Öncesi Çalışmalar.....	14
3.2. Saha Çalışmaları.....	14
3.3. Laboratuvar Çalışmaları.....	14
3.3.1. Mineralojik ve Petrografik çalışmalar	14
3.3.2. Kimyasal analizler	18
3.3.3. S izotopu analizi.....	19
3.3.4. Sıvı Kapanım analizleri	19
3.4. Büro Çalışmaları	20
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	21
4.1. Genel Jeoloji ve Stratigrafi	21
4.1.1. Avey Au-Cu zuhuru.....	24
4.1.2. Aşırılı Ag zuhuru	24
4.1.3. Karasu Au-Ag-Cu polimetalik zuhuru.....	24
4.1.4. Ferehli Au-Ag polimetalik zuhuru.....	24
4.1.5. Kızılkaya Au-Ag polimetal zuhuru.....	25
4.1.6. Odundağ Cu polimetal zuhuru.....	25
4.1.7. Göyzen bakır-polimetal zuhuru	25
4.1.8. Yukarı-Eskipara altınlı bakır-polimetal zuhuru	26
4.1.9. Hayvalıbulak Au-Ag içeren bakır-polimetal zuhurları	26
4.1.10. Üçgöl altın-polimetal zuhuru	27
4.1.11. Musaköy bakır-polimetal zuhuru	27
4.1.12. Hasansu altın-bakır-polimetal zuhuru	27
4.1.13. Magmatizma.....	27
4.2. Yapısal Jeoloji.....	30

4.2.1. Kıvrımlı yapılar.....	30
4.2.2. Faylar	32
4.3. Jeolojik Evrim.....	33
4.4. Dağkesemen Altın-Polimetal Yatağının yayılımı ve konumu	34
4.4.1. Madencilik tarihçesi.....	35
4.4.2. Mineralojik-petrografik incelemeler	36
4.4.3. Jeokimyasal çalışmalar	42
4.4.4. S İzotopu çalışmaları	46
4.4.5. Sıvı Kapanım çalışmaları.....	48
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	54
5.1 Sonuçlar	54
5.2 Öneriler	56
KAYNAKLAR	57



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Dağkesemen polimetalik Au yatağının yer bulduru haritası	2
Şekil 2. Tetis metalojenik Kuşağı'ndaki porfiri Cu, Au, Mo, Ag yatakları (http://www.angloasianmining.com/operations/overview , 2018).....	5
Şekil 3. Küçük Kafkaslar'ın jeolojik yapısı ana tektonik bölgeler ve maden yataklarının yeri A: Agarak, Al: Alaverdi Bölgesi, Am: Amulsar, B: Beqtakari, Bo: Bolnisi bölgesi, C: Çovdar, G: Gosha, Ge: Gedabek İli, K: Kadjaran, Ka: Kapan bölgesi, M: Madneuli, Ben: Mehmana bölgesi, MH: Meghradzor-Hanqavan bölgesi, S: Sakdrisi, Te: Teghout, To: Toukhmanouk, Z: Zod / Sotk. MOP: Meghri-Ordubad plütону. PSSF: Pambak-Sevan-Sunik fay sistemi (Mederer ve ark., 2014; Moritz ve ark., 2016)	6
Şekil 4. Küçük Kafkasya'nın Azerbaycan bölümünde alüvyal altın plaserlerinin yerleri	11
Şekil 5. Dağkesemen polimetalik Au yatağında açılmış bir galeri.....	15
Şekil 6. Dağkesemen polimetalik Au yatağından alınan cevher ve yankayaç numuneleri	16
Şekil 7. Dağkesemen polimetalik Au yatağından alınan cevher ve alterasyon numuneleri	16
Şekil 8. Dağkesemen polimetalik Au yatağından alınan cevher örnekleri	17
Şekil 9. Dağkesemen polimetalik Au yatağından alınan örneklerden hazırlanmış parlatma kesit fotoğrafları	18
Şekil 10. Dağkesemen altın yatağının jeolojik haritası ve jeolojik kesiti.....	22
Şekil 11. Dağkesemen polimetalik altın yatağının detay jeoloji haritası.....	23
Şekil 12. Vedi ofiyolit kuşağından Kür çukuruna kadar kapsayan alanın jeolojik kesiti (Veliyev ve ark., 2018).	34
Şekil 13. Dağkesemen polimetalik Au yatağından derlenen örneklerde yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında gözlenen özşekilsiz kalkopirit (cpy), yarı özşekilli pirit (py) ve gang minerali (g) (+N).	37
Şekil 14. Dağkesemen polimetalik Au yatağından derlenen örneklerde yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında gözlenen kalkopirit (cpy), sfalerit (sph) ve galenit (gn) ile galenitin kenarları boyunca gelişen seruzit (cs) ile kalkopiritin kenarları boyunca gelişen dijenit (dn).	38
Şekil 15. Dağkesemen polimetalik Au yatağından derlenen örneklerde yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında gözlenen özşekilsiz kalkopirit (cpy) tarafından ornatılan sfalerit (sph) ile kalkopirit (cpy) içerisinde kapanım şeklinde görülen yarı özşekilli pirit (py).	38
Şekil 16. Dağkesemen polimetalik Au yatağından derlenen örneklerde yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında gözlenen sfalerit (sph) ve kalkopirit (cpy) kapanımları içeren galenit (gn).	39
Şekil 17. Dağkesemen polimetalik Au cevherleşmesine XRD çalışması yapılan AB-2 ve AB-7 numaralı örnekler	39

Şekil 18. Dağkesemen polimetalik Au cevherleşmesinde a) AB-2 ve b) AB-7 numaralı örneklerde gerçekleştirilen XRD çalışmaları	40
Şekil 19. Dağkesemen polimetalik Au cevherleşmesinde XRD çalışması yapılan AB-15 ve AB-18 numaralı örnekler	40
Şekil 20. Dağkesemen polimetalik Au cevherleşmesinde a) AB-15 ve b) AB-18 numaralı örneklerde gerçekleştirilen XRD çalışmalarına ait difraktogramlar	41
Şekil 21. Dağkesemen polimetalik Au yatağından derlenen örneklerden yapılan ince kesitlerde gözlenen porfirik dokulu andezit içerisindeki kaolinleşmiş (kao) ve serisitleşmiş (ser) plajiyoklas (plg) ile klorit (chl) (a: +N, b: //N).	42
Şekil 22. Dağkesemen polimetalik Au yatağından derlenen örneklerden yapılan ince kesitlerde gözlenen porfirik dokulu andezit içerisindeki plajiyoklas (plg) ve ikincil kuvars oluşumları (a: +N, b: //N).	42
Şekil 23. Dağkesemen polimetalik Au yatağındaki kayaçların AFM diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971).	45
Şekil 24. Dağkesemen polimetalik Au yatağındaki kayaçların Toplam Alkali-Silis (TAS) diyagramı (Middlemost, 1994).	45
Şekil 25. Dağkesemen cevherleşmesinden derlenen bazı örneklerdeki sfalerit, galenit, pirit ve kalkopiritlerdeki $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin histogramı.	47
Şekil 26. Sfalerit içeren cevherli kuvars örnekleri.	499
Şekil 27. (a, b, c, e, f) Sfalerit ve kuvars (d) minerallerinde tespit edilen SG-tipi, birincil kökenli sıvı kapanım birlikteliklerinin (FIAs) görünümü.	50
Şekil 28. Sfalerit ve kuvars minerallerinde elde edile homojenleşme sıcaklığı (Th) - Frekans histogramı	53
Şekil 29. Sfalerit ve kuvars minerallerinden elde edilen homojenleşme sıcaklığı- % NaCl eşdeğeri tuzluluk diyagramı	533

ÇİZELGELER LİSTESİ

- Çizelge 1. Dağkesemen polimetalik Au yatağından derlenen örneklerin kimyasal analiz sonuçları ve istatistiksel özeti (Ort.: ortalama, Std. Sp.: standart sapma, Std. Ht.: standart hata, Min.: minimum, Max.: maksimum) 43
- Çizelge 2. Dağkesemen polimetalik Au yatağındaki sülfid minerallerinin ve H₂S'in $\delta^{34}\text{S}$ izotop değerleri (H₂S hesaplanmasında kullanılan formüller, pirit için $1000 \ln \alpha = 0.40(106/T2)$; galenit için $1000 \ln \alpha = -0.63(106/T2)$; kalkopirit için $1000 \ln \alpha = -0.05(106/T2)$; sfalerit için $1000 \ln \alpha = 0.10(106/T2)$; Ohmoto ve Rye (1979)'dan alınmıştır. T=250 °C olarak hesaplanmıştır. 46
- Çizelge 3. Dağkesemen cevherleşmesinden derlenen bazı örneklerdeki sfalerit, galenit ve kalkopiritlerde ölçüm yapılan $\delta^{34}\text{S}$ değerlerine göre mineral çiftleri için hesaplanan sıvı sıcaklık değerleri (sfalerit-galenit için $\Delta = 0.73(106/T2)$; sfalerit-kalkopirit için, $\Delta = 0.15(106/T2)$, kalkopirit-galenit için $\Delta = 0.58(106/T2)$, formüller Ohmoto ve Rye (1979)'dan alınmıştır)..... 488
- Çizelge 4. Dağkesemen Sfalerit ve Kuvars kristallerinden elde edilen mikrotermometrik veriler. (n.d: veri alınamadı) 51

1. GİRİŞ

1.1. Azerbaycan Cumhuriyeti'nin Yeraltı Zenginlikleri

Azerbaycan Cumhuriyeti'nin dünyanın orta enlemlerinde, Güney Kafkaslar'ın doğusunda bulunması ve Doğuda Hazar Denizi ile sınır olması onun doğal şartlarını etkilemiştir. Arazinin % 65'inin iklimi alt tropikal, % 33'ü ise ılımandır.

Azerbaycan zengin petrol ve doğal gaz yataklarına sahip olup ülkenin % 70'i petrol ve gaz yataklarıyla kaplıdır. Petrol ve gaz yatakları daha çok Abşeron yarımadasında, Hazar Gölü'nün Şelf bölgesinde, Bakü ve Abşeron burunlarında yayılım sunmaktadır. Ayrıca Güneydoğu Şirvan, Merkezi Aran, Gobustan, Ceyrançöl, Acınohur ve Siyezen (Deveci) de zengin petrol ve doğal gaz yatakları bulunmaktadır. Ülke arazisinde bulunan petrol rezervlerinin % 70'inden fazlası ve doğal gaz rezervlerinin de % 90'dan fazlası 3000 m'den daha derindedir.

Azerbaycan petrol, doğal gaz ve hidrokarbon yataklarının dışında demir, mangan, titan, krom, bakır, kobalt, kalay, altın, gümüş, molibden vb. metalik maden yatakları ile alunit vb. endüstriyel hammadde yatakları açısından da zengindir.

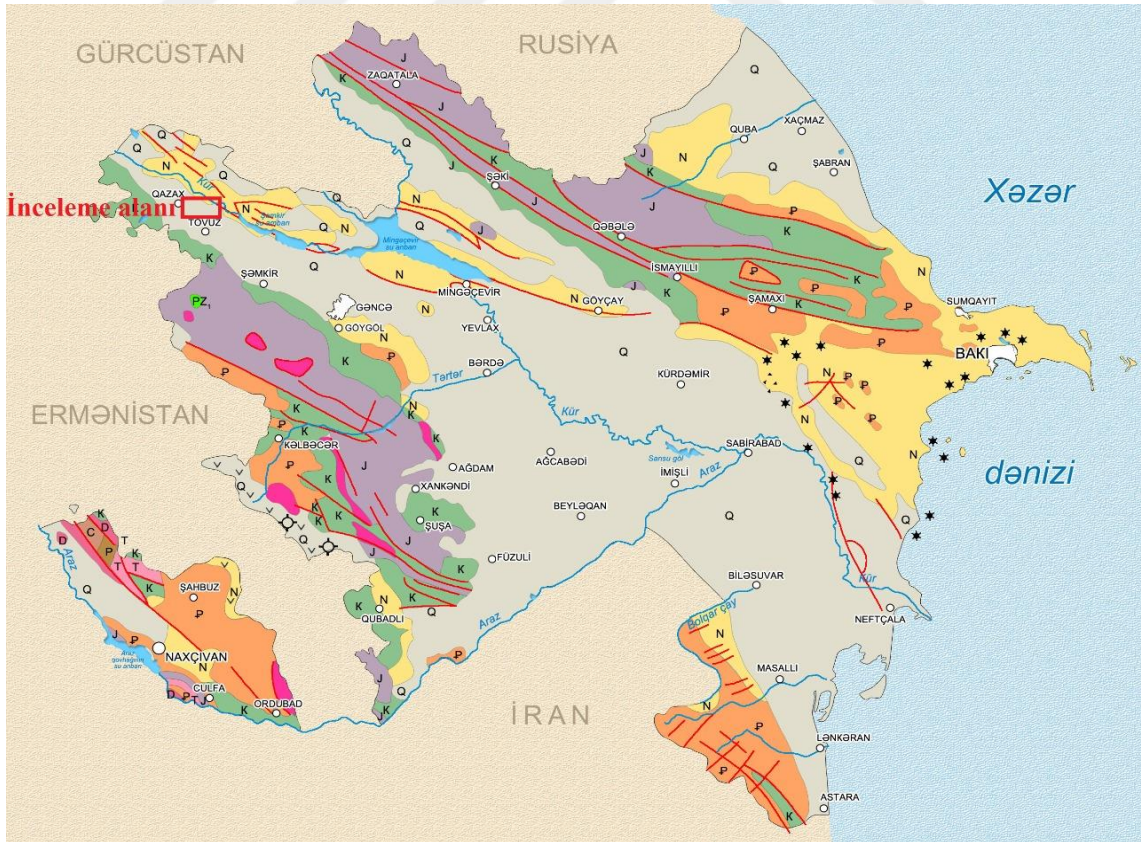
Azerbaycan'da en zengin metalik maden yatakları neredeyse Karabağ bölgesinde yer almaktadır. 2021 yılına kadar işgal altında olan Karabağ çevresinde 155 çeşit doğal kaynak bulunmaktadır. Bölgede 5 altın, 6 civa, 2 bakır, 1 kurşun ve çinko, 19 mermer, 10 zımpara, 4 çimento hammaddesi, 13 çeşitli inşaat taşları, 1 soda üretimi için hammadde, 21 pomza ve volkan külü, 10 kil, 9 kum-çakıl, 5 inşaat kumu, 9 alçı, anhidrit ve jips, 1 perlit, 1 obsidyen, 3 vermikulit, 14 süs taşları (akik, yesem, oniks, jad, peridotit vs.) 11 tatlı yeraltı su ve 10 maden suyu kaynağı bulunmaktadır. Ayrıca Dağkesemen ilinde de şu anda işletmesi devam eden Çovdar Au yatağı yer almaktadır.

Bölgede ayrıca Şuşa ilçesinde kireçtaşı, mermer, Keçeldağ (Lisokor) kil, yeraltı tatlı su kaynakları, şifalı özelliğine göre ünlü Essentuki suyundan geri kalmayan Şirvan ve Turşsu mineralli su kaynakları bulunmaktadır. Hocalı ili topraklarında ise Zerinbağ ve Ağçay mermerleri ve kil yatakları, Hankendi'de ise (Esgeran grubu) kum-çakıl karışımı ve yeraltı tatlı su kaynakları mevcuttur.

1.2. Amaç

Dağkesemen polimetalik Au yatağı, Küçük Kafkasya bölgesinde Şahdağ Sıradağları'nın kuzeybatı yamacında ve Azerbaycan'ın kuzeybatısında yer alan Ağstafa İl'inin hemen batısında yer almaktadır. Dağkesemen Köyü ve aynı isimli cevherleşme bölgesi Lök-Karabağ yapısal-metalojenik bölgesinin kuzeybatısındadır. Bu bölge, Orta Kür çökeltisinin güneybatı kenarı ile sınırlanmış ve Küçük Kafkasya fayı ile kırılmıştır. Bu çalışmada Dağkesemen polimetalik Au cevherleşmesinin olduğu Kazak ilinin jeolojik, stratigrafik özelliklerinin araştırılması, ayrıca bölgede kayaç ve cevher petrografisi çalışmaları ile cevher yankayaç ilişkisini açıklanması ve gerekli jeokimyasal analizlerle bölgedeki cevherleşmenin oluşum şartlarının ortaya konulması planlanmaktadır. Dağkesemen polimetalik Au yatağında daha önce saha çalışmaları yapılmış, yataklardan alınan numuneler üzerinde mineralojik, petrografik ve jeokimyasal analizler gerçekleştirilmiş ve yapısal özellikleri ortaya konulmuştur. Ancak bu sahadaki maden yataklarında henüz işletme çalışmaları yapılmamaktadır.

1.3. Çalışma Alanın Yeri ve Ulaşım



Şekil 1. Dağkesemen polimetalik Au yatağının yer bulduru haritası

Dağkesemen polimetallik Au yatağı Küçük Kafkasya bölgesinde Şahdağ Sıradağları'nın kuzeybatı yamacında ve Azerbaycan'ın kuzeybatısında yer alan Ağstafa ili'nin hemen batısında yer almaktadır (Şekil 1). Ağstafa ili Azerbaycan'ın Gürcistan ile sınır bölgesinde yer almaktadır. Dağkesemen maden yatağı Ağstafa ve Kazak illeri arasında yer almakta olup güney-doğu bölgesinden Bakü-Alat-Kazak otoyolu geçtiği için ulaşım bakımından kolaylık sunmaktadır. İnceleme alanının yaklaşık olarak 7 km mesafede Kazak demiryolu istasyonu, 6 km mesafede ise Ağstafa demiryolu istasyonu yer almaktadır.

1.4. Coğrafi Özellikler

Dağkesemen maden yatağının yerleştiği Ağstafa ili ılıman-sıcak ve yarı çöl iklim tipine sahiptir. Bölgede kışın en soğuk ayları Aralık, Ocak ve Şubat aylarıdır. Kış aylarında hava sıcaklığı 10°C'a kadar düşmekte, yaz aylarında 18-25°C'a kadar yükselmektedir. Bölgenin orta yıllık sıcaklığı 0, +13°C'ye kadardır. Ağstafa'da (Dağkesemen) kış mevsiminde kar kalınlığı 10-30 cm bazen de 50 cm'ye kadar ulaşmaktadır. Yaz aylarında yağışlar sık-sık yağmur zaman zaman dolu şeklinde gelişmektedir. Yıllık yağış miktarı 350-700 mm/m² arasında değişmekte olup Ağstafa ve etrafında yer alan köylerin ziraat ve tarım alanlarını olumlu şekilde etkilemektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Azerbaycan Cumhuriyeti dünyadaki en zengin petrol ve doğal gaz yataklarından birine sahip olması dışında demir, mangan, titan, krom, bakır, kobalt, kalay, altın, gümüş, molibden vb. metalik maden yatakları ile mermer, doğal yapı taşları, çimento hammaddeleri alunit vb. endüstriyel hammadde yatakları açısından da zengindir (UN, 2000; <https://www.gzt.com/dunya-politika/turk-dunyasinin-kiskandiran-yeralti-kaynaklari-2797842>). Dağkesemen polimetalik Au yatağı, Küçük Kafkasya bölgesinde Şahdağ Sıradağları'nın kuzeybatı yamacında ve Azerbaycan'ın kuzeybatısında yer alan Ağstafa İl'inin hemen batısında yer almaktadır. Dağkesemen Köyü ve aynı isimli cevherleşme bölgesi Lök-Karabağ yapısal-metalojenik bölgesinin kuzeybatısında bulunmaktadır (Şekil 1).

Dağkesemen polimetalik altın yatağı, Pakistan'dan, İran, Azerbaycan, Gürcistan ve Türkiye'ye kadar uzanan, dünyanın önemli altın ve bakır provenslerinden biri olan Tetis Tektonik Kuşağı'nın Küçük Kafkasya bölgesinde yer almaktadır (Singer ve ark., 2008;). Alp-Himalaya orojenik kuşağının merkez kesimi boyunca Türk-İran platosu içinde Karadeniz'den başlayarak Gürcistan, Ermenistan ve Azerbaycan'dan Hazar Denizi'ne kadar uzanan bölge Küçük Kafkaslar olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2; Mederer ve ark., 2014; Moritz ve ark., 2016; Rezeau ve ark., 2017; İsmayıl ve ark., 2018; İsmayıl, 2019; Arık, 2019; İsmayıl ve ark., 2020; İsmayıl ve ark., 2021a; İsmayıl ve ark., 2021b). Dağkesemen polimetalik altın yatağı İsmayıl (2019) ile Arık (2019) tarafından araştırmaları yapılan Gedebeş altın bakır yataklarının kuzey batısında Küçük Kafkaslar'ın Anadolu ve İran tektonik bölgelerini birbirine bağlayan Tetis orojenik ve metalojenik kuşağının merkezinde bulunmaktadır. Bölgedeki maden yatakları Avrasya kenedi boyunca Mesozoyik'te çarpışma ile ilişkili olup çarpışma sonrası magmatik yay oluşumu ile başlayan ve Senozoyik'te yitim ile devam eden iki farklı jeodinamik evrimle ilişkilidir. Dolayısıyla bölgenin jeodinamik evrimi ile ilişkili olarak farklı dönemlerde çeşitli tiplerde metalik maden zenginleşmeleri gerçekleşmiştir (Mederer ve ark., 2014; Moritz ve ark., 2016; Moritz ve ark., 2017; İsmayıl, 2019).

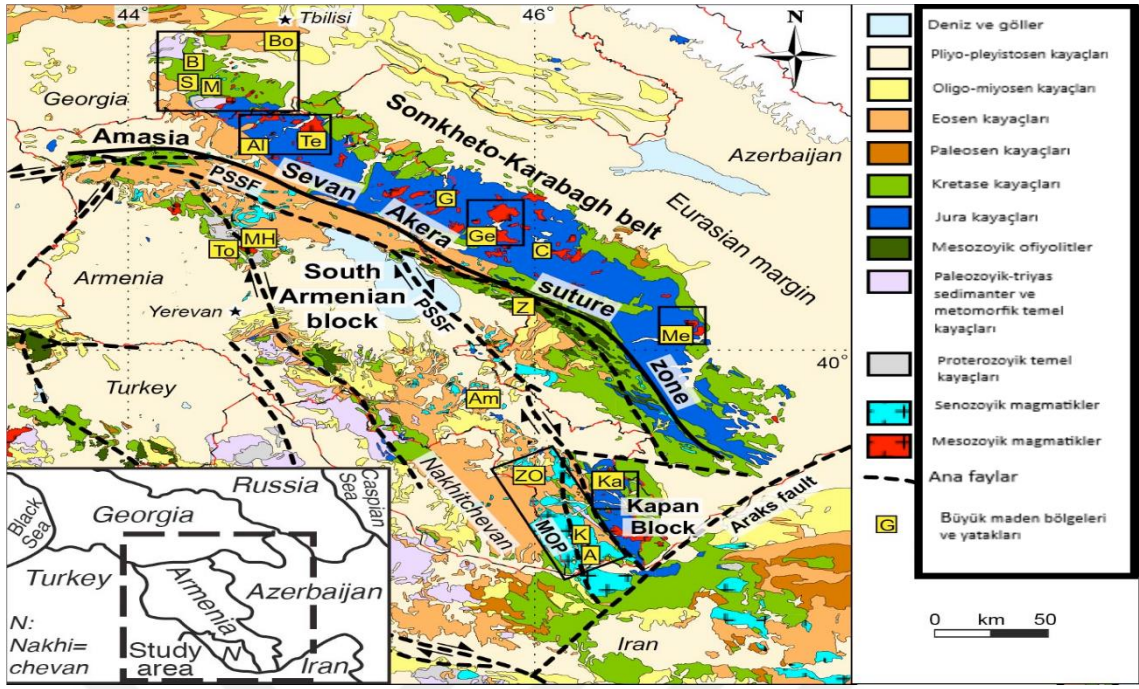
Tetis Tektonik Kuşağı'nda önemli miktarlarda altın ve molibden bulunduran ve dünyanın en büyük bakır rezervlerini içeren çok sayıda porfir bakır yatağı bulunmaktadır. Bu kuşaktaki başlıca altın bakır ve molibden yatakları İran'daki % 0.75 Cu, % 0.01 Mo içeren Sar Chesmeh ve Sungun porfir yatağı, Ermenistan'daki % 0.27 Cu

% 0.055 Mo, 0.03 g/ton Au içeren Kadjaran, % 0.46 Cu, % 0.027 Mo, 0.025 g/t Au içeren Agarak ile 4.3 g/t Au içeren Tekhout–Zod yatakları, Gürcistan'da 1.03 g/t Au içeren Madneuli yatağı ve Türkiye’de 0.8 g/ton Au içeren Çayeli ile % 5.1 Cu içinde 0.03 g/t Au içeren Cerattepe yataklarıdır (Şekil 3; Hemon, 2012; Moritz ve ark., 2016).



Şekil 2. Tetis metalojenik Kuşağı’ndaki porfiri Cu, Au, Mo, Ag yatakları
(<http://www.angloasianmining.com/operations/overview>, 2018)

Küçük Kafkasya, Geç Paleozoyik- Erken Mesozoyik geçişinde Paleotetis ve Geç Kretase-Senozoyik geçişinde Neotetis okyanuslarının ardışık kapanışı sırasında tekrarlanan mikro levha birikimi ve çarpışma olaylarına sahne olmuştur (Şekil 3; Barrier, 2008; Sosson ve ark., 2010; Rolland, 2017; İsmayıl, 2019; İsmayıl ve ark., 2020; İsmayıl ve ark., 2021a; İsmayıl ve ark., 2021b). Rezeau ve ark. (2017)’na göre Türk-İran platosu boyunca yitimden çarpışmaya kadar ve çarpışma sonrası dönemi kapsayan jeodinamik evrim ve aynı dönemde oluşan magmatik kayaçların petrojenezi tartışmalıdır. Bölgede araştırmalar yapan Vincent ve ark. (2007), Allen ve Armstrong (2008), Agard ve ark. (2011), Ballato ve ark. (2011), Van Hunen ve Allen (2011), Rolland ve ark. (2012) ile Moritz ve ark. (2016)’na göre Arap-Avrasya kıtalarının çarpışmasının başlangıcı Geç Eosen-Oligosen, bazı araştırmacılara (McQuarrie ve ark., 2003; Okay ve ark., 2010) göre, Erken-Orta Miyosen, Mohajjel ve Fergusson (2000)’a göre ise Geç Kretase’dir (İsmayıl, 2019; İsmayıl ve ark., 2021a; İsmayıl ve ark., 2021b).



Şekil 3. Küçük Kafkaslar'ın jeolojik yapısı ana tektonik bölgeler ve maden yataklarının yeri A: Agarak, Al: Alaverdi Bölgesi, Am: Amulsar, B: Beqtakari, Bo: Bolnisi bölgesi, C: Çovdar, G: Gosha, Ge: Gedabek İli, K: Kadjaran, Ka: Kapan bölgesi, M: Madneuli, Ben: Mehmana bölgesi, MH: Meghradzor-Hanqavan bölgesi, S: Sakdrisi, Te: Teghout, To: Toukhmanouk, Z: Zod / Sotk. MOP: Meghri-Ordubad plütunu. PSSF: Pambak-Sevan-Sunik fay sistemi (Mederer ve ark., 2014; Moritz ve ark., 2016)

Küçük Kafkasya'da maden yataklarının araştırmasını yapan Babazade ve ark. (2012) ile Alizadeh ve ark. (2017) bölgenin başlıca bakır, kurşun, çinko, molibden, civa, antimuan ve altın dahil olmak üzere çeşitli metallerin zenginleştiği oldukça karmaşık çok evreli bir polimetallik metalojeniye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bakır işlemeciliğinin antik alanlarından biri olarak bilinen Küçük Kafkasya'nın Azerbaycan bölümünde başta Gedebe olmak üzere Alaverdi, Şamlık, Mishana, Zengezur ve Şenerdere bölgeleri gibi sayısız antik bakır madenlerinde yeniden işleme faaliyetleri sürdürülmektedir.

Babazade (1990)'ye göre Küçük Kafkasya'nın Lök-Karabağ bölgesinin ana metalojenik provensi ada yayları çevresinde oluşan pirit mineralleşmesi ile ilişkilidir. Bu süreçte volkanik oluşumlarla ilişkili çok sayıda ekonomik endüstriyel mineralizasyon gerçekleşmiş olup volkanizmanın sonlarına doğru Geç Jura yaşlı Daşkesen demir skarn cevherleşmesi oluşmuştur. Bölgede Geç Jura-Erken Kretase döneminde Karadağ porfir bakır yatakları ve Geç Kretase'de gerçekleşen çarpışma öncesinde volkaniklerle ilişkili altın-bakır-barit-polimetallik yatakları (Dağkesemen, Madneuli) meydana gelmiştir. Bölgedeki metalik cevherleşmeler bazalt, andezit, dasit ve riolit bileşimli volkanikler içinde pirit-sülfitten, bakır-çinko ve bakır-arsenikten polimetallik altın-bakır-barit cevherleşmesine kadar evrimsel değişim gösteren sürekli bir dizi oluşturmaktadır. Bu

volkanik kayalar içine sokulum yapan ve gabrodan diyorite ve granodiyorite doğru sistematik olarak değişim gösteren magmatik kütlelere bağlı olarak kobalt bakımından zengin magmatik kökenli demir skarn cevheri ile birlikte skarn zonlarında hidrotermal damarlar şeklinde arsenik-kobalt oluşumları ve hidrotermal-metazomatik alunit-pirofillit oluşumları bulunmaktadır.

Küçük Kafkaslar'ın Azerbaycan bölgesindeki en önemli bakır-çinko-altın-pirit-barit-polimetallik cevherleşmeleri Gedebe, Daşkasan ve Kazak cevherleşme bölgeleri ile Jura-Kretase yaşlı pirofillit volkanojenik piritler ile büyük cevher taşıyan yapılar içeren Goşa-İtkırılan maden yatağıdır (Babazade ve ark., 1989). Bölgede en büyük altın cevheri birikimi Çovdar (Daşkasan) cevherleşmesi Göygöl yükselmesinin Buzluk-Başkışlak kısmında yer almaktadır. Kazak grabeni çevresindeki cevherleşmeler jeolojik gelişim ve magmatizma özelliklerine göre Gürcistan'daki Geç Kretase yaşlı Bolnisi grabenindeki cevherleşmelerle karşılaştırılabilir. Her iki grabenin içerisinde benzer bileşimli sülfidli cevherleşmelerden bakır piritler, polimetallik özellikte barit, bakır ve altın mineralizasyonları bulunmaktadır (Kazak grabeni içerisindeki Daşkasesmen, Goşasu-Uçuk, Eskipara vb. ile Bolnisi grabeni içerisindeki Madneuli, Tsiteli-Sopeli, Abulmulk, Tamarisi vb). Anhidrit cevherleşmesinin ortaya çıkışı genellikle aktif cevher taşıyan hidrotermal sistemlerin yakınında gelişen bakır-porfir yatak ve zuhurları ile ilgilidir (Babazade ve ark., 1989).

Abdullayev ve ark. (1981) Azerbaycan'daki Mesozoyik magmatizması ve bununla ilişkili altın cevherleşmelerini konu alan çalışmalarında Azerbaycan'daki altın aramaları ile ilgili madencilik tarihçesini de ele almışlardır. Araştırmacılar Küçük Kafkasya'daki ve Azerbaycan topraklarındaki altın aramalarının Kafkas Cumhuriyetlerinin (Azerbaycan, Gürcistan ve Ermenistan) Rusya'ya (Eski SSCB) katılmasından sonra sistematik hale getirildiğini ve akarsu yataklarında çok sayıda plaser altın yataklarının bulunduğunu belirtmişlerdir (Şekil 4).

Abdullayev ve ark. (1998)'na göre bölgedeki ilk altın varlığı Kazak bölgesindeki Ağstafaçay'ın sağ sahilinde Musin-Puşkin (1799) tarafından keşfedilmiştir. Ağstafaçay altın yatağı altere kuvarsitlerin içinde altın, demir oksit, pirit ve malahit parajenezi içinde yer almaktadır. Bölgede Eyfeld ve Loginov (1806-1807) tarafından yapılan maden jeolojisi çalışmalarında yatakta altın tenörünün 5.3 g/t-201 g/t arasında değiştiği belirtilmiştir. Daha sonra Alekseyev (1814) ve Karpinski (1820) bölgede çalışmalar yapmış olup Karpinski (1820), 100 pod (1638 kg) cevher içinde en az 227 gr (141.5 gr/ton) saf altın bulunduğunu ve yatağın 5 köşesini kapsayan yaklaşık 5 km²'lik alanda

yüksek düzeyde altın birikimi bulunduğunu belirtmiştir. Karpinski (1820), belirlenen zengin altın zonunun yaklaşık ortasında Dağkesemen-Şamşaddin köy yolunun 200-215 m kuzeyinde birçok zengin plaser altın topluluklarının bulunduğunu ifade etmiştir. Kazak bölgesindeki plaser altının tespiti diğer akarsularda da bu ilgiyi artırmış ve bu aramalar sonucunda Karpinski (1820) Genceçay'daki plaser altın yatağını keşfetmiştir.

Abdullayev ve ark. (1988) “Ağstafaçay ve Hasansu Köyü arasında yer alan Ferehli vadisinde araştırmalar yapan Karamov (1839)’un buradaki çökellerde 6-10 m genişliğinde, 1.5-2.1 m kalınlığında 1.7 km uzunluğunda altın içerikli bir plaser zenginleşmesi bulduğunu ve ilerleyen dönemde yine Karamov (1840) tarafından Şemkirçay’ın her iki tarafında, Tehneli Köyü yakınlarında kil tabakasının altında 1.0-1.2 km uzunluğunda, 0.7-2.0 m kalınlığında, Seyfeli Köyü karşısında 0.7–2.1 m derinlikte, 0.7-2.0 m kalınlığında plaser altın tabakaları bulunduğunu” belirtmişlerdir.

İvanitski (1851-1852) Küçük Kafkasya’nın Azerbaycan bölgesinde Astaşev şirketi adına maden aramaları yapmış olup Ağstafaçay’da 5 km’nin üzerinde uzunluk ve 12-13 m genişliğinde plaser tabakasını keşfetmiştir. Bu plaserlerin kalınlığı 2.0 m ve altın taşıyıcı katmanın kalınlığı 15-105 cm’dir. Bölgede bazı antik eşyalar altın parçaları, gümüş parçaları, Parfiya hükümdarı I Horde’a (M.Ö 54-37) kadar uzanan gümüş paralar, cüruf ve tahta parçaları bulunmuş olup bu bölgedeki altın işletmesinin en eski zamanlara dayandığını göstermektedir. İvanitski daha sonra çalışmalarını Klemenov’la devam ettirmiş olup Klemenov’un, notlarında Kafkas Dağları ve akarsularında altın yataklarının bulunduğunu ifade etmiştir. Bölgedeki tüm nehirlerdeki (Tovuz, Şemkir, Genceçay’dan Terterçay’a kadar) altının tenör ve rezerv bakımından üretilebilir miktarlarda olduğunu belirtmiştir. Daha sonra Siemens (1892) Gedebeş bölgesindeki bakırla birlikte altını üretmişlerdir (Abdullayev ve ark., 1988).

İnceleme alanının hemen güneydoğusundaki Gedebeş altın bakır yatağında çalışan İsmayıl (2019) ile İsmayıl ve ark. (2018) bölgede madencilik faaliyetlerinin 2000 yıl kadar önce başladığı ve buradaki zengin bakır zuhurlarının ilk yerleşimcilerden sonra dönem el değiştirerek Osmanlı, İran ve Azerbaycan Hanlıkları tarafından işletildiği belirtmektedir. Azerbaycan 19. yüzyılın başından 1991 yılına kadar Rus (Eski SSCB) yönetiminde kalmıştır. Bölgenin Rus yönetimine geçmesiyle bölgedeki madencilik faaliyetleri Rusya’dan izin alınarak gerçekleştirilmiş olup Yunanistan 19. yüzyılın ilk çeyreğinde, Rusya ile yaptığı sözleşme temelinde jeolojik arama çalışmalarına başlamış ve Gedebeş bakır-altın içeren alanı ortaya çıkarmışlardır. Yunanlılar 1849’a kadar sahada % 8’den fazla bakır içeren cevher kütlelerini üretmiş ve işlemiş, bakır içeriği % 5-8

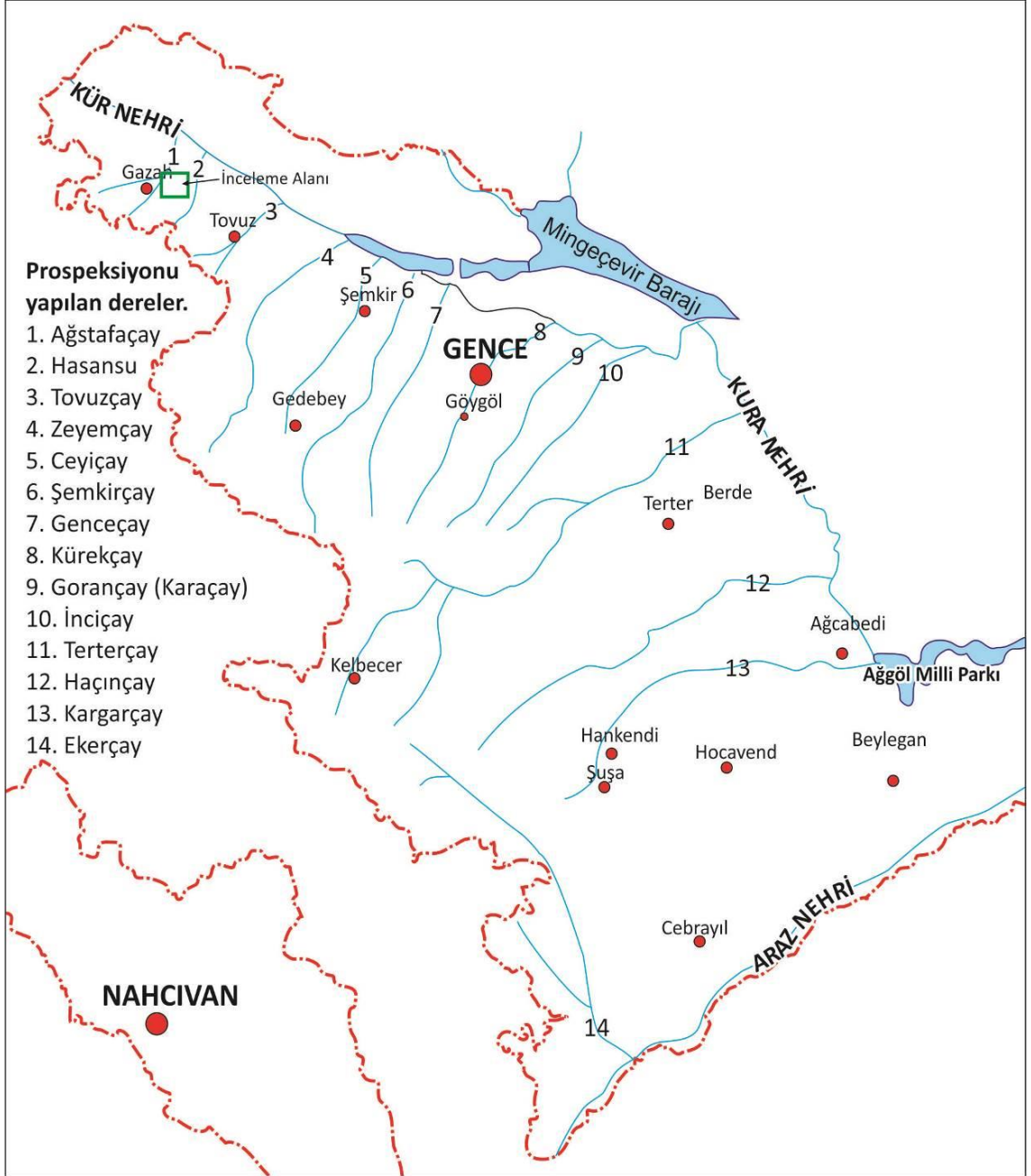
arasında olan cevher kütleleri ise pasa içerisinde atılmıştır. 1849 yılında, Alman Siemens Bros Şirketi'ne bağlı Mekhor Brothers, Gedebe'ye bakır madeni işletmeciliği izni almış buradaki madencilik faaliyetleri 1917'de Rus Devrimi'nin başlangıcıyla sona ermiştir. Siemens 1849 ve 1917 arasındaki dönemde en az beş büyük (> 100.000 ton) ve çok sayıda küçük zuhurda önemli miktarda sülfürlü bakır üretimi yapılmış ve eritilen bakır külçeler halinde yabancı ülkelere ihraç edilmiştir. Bu süre zarfında Gedebe yatağından 1,72 milyon ton cevher üretilmiş olup, bundan 57.159 ton saf bakırdır (<http://www.angloasianminning.com/operations/gedabek.>, 2018).

Abdullayev ve ark. (1988) Azerbaycan'daki magmatik fasiyesleri konu alan çalışmalarında bölgede altın aramacılığı ile ilgili olarak, "Transkafkasya altın arama departmanı tarafından eski ve yeni akarsu vadilerindeki sistematik plaser altın arama çalışmaları 1934'ten itibaren başlandığını, Halk Komiserleri Komitesi adına Aliyev'in öncülüğünde Gence ve komşu bölgelerindeki akarsu havzalarından Goşgarçay, Şemkirçay, Ceyiçay ve Ağstafaçay ile birlikte pek çok akarsu havzasında altın varlığı belirlendiğini ve adı geçen akarsu vadilerinde bate yöntemiyle yıkama ile zenginleştirme sonucunda onlarca altın taneleri tespit edildiğini" belirtmişlerdir (Aliyev, 1976). Daha sonra 1946 yılında Süleymanov'un önderliğinde Terterçay Havzası incelenmiş ve plaser örneklerinde altın taneleri olduğu belirtilmiştir. 1951'de, Kafkasya altın maden bakanlığı, Terterçay havzasında derin ve plaser altın aramaya başlamıştır. Bunun sonucunda Zod altın yatağı keşfedilmiştir. Zod altın yatağı etrafında akarsu havzalarında alüvyal-prolüvyal tip plaser altın taneleri keşfedilmiştir. 1954 yılında, Potriyaksin'a liderliğinde Kafkasya Altın İstihbarat Daire Başkanlığının talimatı altında Terter, Tutkun ve Zerçay havzalarında jeolojik araştırmalar yapılmış olup yıkama ile zenginleştirilen plaser örneklerinde 100'ün üzerinde altın tanesinin varlığı belirlenmiştir. 1963'te Süleymanov'un öncülüğünde Küçük Kafkasya'nın kuzeydoğu yamaçlarında yer alan akarsu vadilerindeki alüvyal çökellerin altın içerikleri araştırılmış olup Gorançay'da 10 tane altın anomali alanı belirlenmiştir. 1965 yılında Efendiyev ve Bayramov, Esrikçay ve Ağstafaçay havzaları arasında 1:50.000 ölçekli arama çalışmaları yürütmüşler ve bu çalışmalar sonucunda Dağkesemen ve Goşa bölgelerinin plaserlerinde altın varlığını tespit etmişlerdir. 1971-1973'te Abdullayev'in öncülüğünde Kelbecer cevher ilçesinde Zerçay, Söyütlü ve Tutkun alanlarında jeolojik değerlendirme çalışmaları yapılmıştır. Zeynalov ve İsmayilov tarafından 1968-1973 arasında Dağlık Karabağ bölgesinde plaserlerde aramalar gerçekleştirilmiş olup pek çok plaser altın anomalisinin varlığı tespit edilmiştir. Ömerov tarafından, 1991'de bölgedeki akarsularda plaser altın aramaları

devam ettirilmiş ve bazı akarsuların alüvyal çökellerinde altının bulunduğu belirtilmiştir. Azergold şirketinin Küçük Kafkasya'nın çeşitli yerlerinde yaptığı son araştırmalar sonucunda çok değerli sonuçlar elde edilmiştir. Abdullayev ve Hasanov tarafından 1993'te Daşkesen bölgesinde yapılan çalışmalar sonucunda, ekonomik plaser altının varlığı kanıtlanmış ve bu araştırmacılar tarafından daha sonra yapılan araştırmalar Genceçay, Goşgarçay ve Kürekçay havzalarında umut vaat eden alanların keşfedilmesine yol açmıştır (Abdullayev ve ark, 1988).

İnceleme alanını kapsayan Ağstafaçay Havzası'ndaki dere sedimanlarından numuneler alınarak bate ile yıkanmıştır. Buna göre Ağstafaçay havzasındaki dere sedimanlarında ortalama 1–6 ve 8–10 tane şeklinde iki farklı zenginleşme tespit edilirken Kosalar köyü yakınlarında yaklaşık 16 adet altın tanesi tespit edilmiştir. Altınların tane boyu genellikle 0.05-0.25 mm olup yer yer 1 mm boyutlu taneler gözlenmiştir. Altın tanelerinin şekilleri dentritik ve izometriktir. Plaserlerdeki altın miktarı Ağstafaçay nehrinin sol kolundaki Cogas nehrine doğru düşmektedir (Hüseynov, 2003). Hüseynov (2012) tarafından Ağstafaçay havzasında dere sedimanlarının altın içeriğini değerlendirmek için daha önce keşfedilen 4 adet yatak test edilmiştir. Bunlar Ağstafa I, II, III (Poylu) ve Musaköy yatakları olup saf altın miktarı 8-10 mg/m³ civarındadır. Ağstafaçay üzerinden alınan bazı numunelerde 20-300 mg/m³ aralığında ortalama 100 mg/m³ altın varlığı dikkat çekicidir. Ağstafaçay'ın aynı isimli sağ kolundaki Dağkesemen bölgesinde polimetallik alandan türeme altere kayaç parçaları içeren prolüvyal–alüvyal malzemelerde bate ile yıkama sonucunda tane boyu 0.5-1.0 mm arasında değişen ortalama 1-7 tane içeren yıkanmış numunenin altın tenörü 20-100 mg/m³ arasındadır.

Ağstafa Nehri'nin havzasındaki Kazak grabeni, Ermenistan'daki Alaverdi ve Azerbaycan'daki Şemkir antiklinoryumunu ayırmaktadır. Graben, yaklaşık D-B yönünde uzanan dar bir çöküntü havzasıdır. Kazak grabeni doğuda ve batıda faylar ile sınırlandırılmakta olup kırıklar, yanal ve düşey yönde atıma sahiptir. Jeolojik yapısını dikkate alarak, Kazak çöküntüsünün egemen bir graben olduğu düşünülebilir. Doğu kanadı daha kısa ve batı kanadı nispeten daha az eğimlidir. Kırıklar sedimentlerin oluşumunda büyük rol oynamış olup başlıca faylar düşey atımları 200-500 m ile 800-1000 m arasında değişen Ağdam-Rivazlı, Akhum ve Aşağı Ağdam faylarıdır.



Şekil 4. Küçük Kafkasya'nın Azerbaycan bölümünde alüvyal altın plaserlerinin yerleri

Kazak grabeninin ana kıvrımlı yapıları, genel enlem yönüyle üst üste binmiş vaziyettedir. Bahsedilen bu doğrultular çoğunlukla kuzeydoğu yönlü olup antiklinal ve senklinal yapılar ile belirli mesafelerde örtüşmüştür. Grabenin kuzeyi biraz istisnai bir durum göstermekle beraber kuzeydoğuya uzanmıştır. Bu tür değişikliklere fayların jeolojik pozisyonları neden olmuştur. Faylar, Kazak grabeninin oluştuğu zamanda meydana gelmiş ve ona basamak yapılı bir görünüm kazandırmıştır. Öte yandan, faylar üst tabakaların volkanik aktivitesinin magma taşıyan kanalları olup, daha sonra cevherleşmenin kalıtsal bir yapı olarak kontrol edilmesinde önemli bir rol oynamıştır.

Fayların artması, jeolojik zaman boyunca yeniden açılmaları ve uzun ömürlülüğü, Neojen döneminde çatlak tipi magmatizmanın ortaya çıkmasına neden olmuştur (Babazade ve ark., 2006; İsmayilzade, 2003; Şikhalibeyli, 1972).

Son yıllardaki jeolojik çalışmalar, grabenin basamak yapılı blok faylanma yapısına sahip olduğunu ve doğuya eğimli, batıya eğimli ve düşey eğimli üç bloktan oluştuğunu göstermektedir. Doğu bloğu Şemkir horstu ile sınırlandırılmıştır (Babazade ve ark., 2005; İsmayilzade, 2003; Hüseyinov, 2003).

Kazak grabenin ve ana yapısal unsuru olan Dağkesemen maden yatağında Kretase ve Paleojen-Neojen yaşlı tortul-piroklastik, patlama ve damar kayaçları bulunur. Dağkesemen polimetalik altın yatağı Lök-Karabağ yapısal-metalojenik bölgesinin kuzeybatısındadır. Bu bölge, Orta Kür grabeninin güneybatı kenarı ile sınırlanmış ve Küçük Kafkasya fayı ile kırılmıştır. Lök-Karabağ yapısal bölgesinde kuzeyde ve batıda Kazak ve doğuda Ağcakent olmak üzere iki graben yer almaktadır. Bu grabenler metalojenik kuşakları içermektedir. Kazak maden bölgesinin ana yapısal-metalojenik birimi Dağkesemen bölgesindedir (Babazade ve ark., 2015).

Dağkesemen polimetalik altın alanının orta kısmında albitofir volkanikler bulunmaktadır. Bunların en büyüğü uzanmakta olan bir stoğu andırır, ancak doğu kısmı bir az pürüzlüdür (Ahundov, 2003). Bu kayaçlar büyük miktarda faylarla kesilmiştir ki bunlardan bazıları cevherli olup mineralizasyon bölgelerini (Dağkesemen yatağının II ve IV cevher taşıyan bölgeleri) temsil etmektedir. Mineralleşme ve albitofirlerin volkanik bölgeleri arasında parajenetik bir ilişki olduğu varsayılmaktadır. Gözlemler, volkanik bölgenin cevherleşmeden önce oluştuğunu ve cevher bölgesinden güneye doğru farklı olduklarını göstermektedir (Abdullayev ve ark., 2012; Hüseyinov, 2012 a ve b; Babazade ve ark., 2005; Ramazanov ve ark., 2009; İsmayilzade, 2003).

Doğrudan Dağkesemen yatağı ve cevher alanının zuhurları nispeten basit mineral bileşimli olup bölgelerin bu özelliği daha az seçicidir. Hidrotermal-alterasyon bölgelerinin şekli genellikle doğrusaldır, ancak bazı metasomatit alanları aykırı ve izometrik olarak oval morfolojiye ve bunlardan ayrı kendi kendinde apofizlere sahiptir. İkinci durumda, kendi alanı 0.5 ila 5-6 km²'ye ulaşır. Metasomatitler zonlu yapılarından dolayı renk değişimi ile karakterize edilmekte olup orta kısımlardaki pembe tonlar kenarlara doğru açık yeşile dönmektedir. Buna göre ortadaki monokuvarsitler, kuvars-serisit ve kuvars-kloritlerden türemiş ikincil kuvarsitlere dönüşmüştür. İkincil kuvarsitler metasomatitlerin dışındaki yoğun şekilde profillileşmiş volkaniklerde baskındır

(Şafiyev, 2014; Mammadova ve Şafiyev, 2014; Babazade ve ark., 2005; Babazade ve Abdullayeva, 2012; Kalenderov, 2010).

Karayeva (1987)'ya göre, Dağkesemen yatağındaki sfaleritlerin demir içeriği % 2.19 ile % 6.20 arasında değişmektedir. Aynı doğrultudaki farklı bölgelerin sfaleritleri içerisinde demirin miktarı değişkendir. İkinci bölgede, sfalerit içindeki demir içeriği % 2.19 ile % 3.91 arasında değişirken, dördüncü bölgede bu miktar % 2.50 ile % 6.20 arasında değişmektedir. Sfaleritlerdeki demirin düşük olması (% 2.1) düşük sıcaklıkta mineral oluşumunu bir başka deyişle epitermal koşulları gösterirken demir miktarının yüksek olması (% 6.20) sıcaklığın yükseldiğini (370° C) yani mezo-hipotermal koşulları yansıtmaktadır. Dolayısıyla Dağkesemen yatağındaki farklı oluşum şartlarına sahip olan sfaleritler farklı cevher oluşum sıcaklıklarını göstermektedir (Şafiyev, 2014; Mammadova ve Şafiyev, 2014; Babazade ve ark., 2005; Babazade ve Abdullayeva, 2012; Kalenderov, 2010; Karayeva, 1976).

Babazade ve ark. (2006)'na göre Dağkesemen polimetallik altın yatağında sfalerit ve galenitlerde farklı elementlerin bulunması özellikle galenitte gümüş-kurşun oranının belirlenmesi, oluşumu için değişken özellikte sıcaklık, fiziksel-kimyasal ve litolojik-yapısal şartların olduğunu göstermektedir.

Dağkesemen polimetallik altın yatağında çalışan araştırmacılar (Babazade, 2000; Babazade ve ark., 2005; Hüseyinov, 2003; Hüseyinov, 2013) bölgede cevher oluşumunun dört aşamada meydana geldiğini belirtmişlerdir. Mikroskobik incelemelerde minerallerde röliye, ortaya çıkma, kaybolma ve ornatmalarla bu dört faz ayrılabilir. Dağkesemen polimetallik altın yatağında mineral agregatları, kataklastik ve kokard yapılar gözlenmektedir. Mineralizasyondan sonra ana cevher kütlesi tektonik hareketlerle ayrılarak cevher bölgelerinde kataklastik yapılar ve yaygın limonitleşmeler oluşmuştur.

Bölgede çalışan araştırmacılara göre (Babazade ve ark., 2005; Babazade ve Abdullayeva, 2012; Kalenderov, 2010; Ramazanov ve ark., 2009) yatağın oluşmasında ana faktör, minerallerce zengin post-hidrotermal magmatik çözeltilerin yan kayaçlar üzerindeki kimyasal etkileridir. Hidrotermal bileşiklerin yukarı doğru hareketi sırasında basınç ve sıcaklıktaki azalan yönde değişimler mineral parajenezini oluşum sırasını belirlemiştir. Mineral oluşumunun ilk aşamaları yüksek termo-barojeokimyasal koşullarda meydana gelmiş, sonraki aşamalarda basınç ve sıcaklık düşmüş ve bu evrede kristalleşebilecek mineraller oluşmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Giriş bölümünde belirtilen amaç doğrultusunda saha, laboratuvar ve büro çalışmalarından oluşan jeolojik ve jeokimyasal çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

3.1.Saha Öncesi Çalışmalar

Bu aşamada çalışma alanının içinde bulunduğu bölgenin jeolojisi ile ilgili önceden hazırlanmış olan raporlar, yayınlar derlenecek ve arazi ile ilgili ön bilgiler elde edilecektir. Elde edilen bilgiler ışığında arazi çalışması programı yapılmıştır. Bu dönemde ayrıca yörenin jeolojik haritası ile arazi için gerekli olan malzemeler temin edilmiştir. Ayrıca ilgili kurumlardan (Güvenlik birimleri, idari birimler) arazi çalışması aşamasında gerekli olabilecek izin belgeleri alınmıştır.

3.2.Saha Çalışmaları

İnceleme alanı ve çevresinde daha önceden çeşitli araştırmacılar tarafından gerek jeolojik gerekse bölgedeki cevherleşmeler üzerine yapılmış olan birçok çalışma dikkatli bir şekilde gözden geçirilmiş ve dolayısıyla bu çalışmalardan yararlanılarak arazi incelemelerine gidilmiştir.

Buna göre; kayaç ve cevher mineralojisi analizi, kimyasal analiz (ana oksit ve iz elementleri), izotop analizi için, yan kayaç, alterasyon zonu ve cevher zonundan ayrıntılı ve sistematik örneklemeler yapılmıştır. Bu amaçla Dağkesemen polimetalik Au cevherleşmesinden ve yan kayaçlardan toplam 22 adet numune derlenmiştir (Şekil 5-8).

3.3.Laboratuvar Çalışmaları

3.3.1. Mineralojik ve Petrografik çalışmalar

3.3.1.1. Petrografik incelemeler

İlk aşamada bütün kayaç ve cevher örneklerinin mineralojik bileşimlerinin belirlenmesi için ince kesit ve parlatma kesitleri hazırlanmıştır. Ardından cevher, yan kayaç ve alterasyon zonlarından derlenen örneklerden yapılan ince kesitler ve parlatma kesitleri üzerinden mineralojik ve petrografik incelemeler yapılarak mineral parajenezleri ortaya konularak yapı ve doku özellikleri belirlenmiştir. Mineralojik incelemeler aynı

zamanda jeokimyasal analizler için uygun örnek seçiminin yapılacağı bir aşama olarak değerlendirilmiştir.

Arazi çalışmaları sırasında derlenen farklı formasyonlara ve cevherleşme bölgelerindeki birimlere ait 17 örneğin ince kesiti Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Laboratuvarında yaptırılmıştır.

İnce kesiti yapılan örneklerin, mineralojik bileşimi ve dokusal özelliklerini saptamak amacıyla, Konya Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünde yer alan Leica marka DM2700P model alttan aydınlatmalı polarizan mikroskobunda 10x, 5x, 2.5x büyütme objektifli mikroskopta incelenmiş ve fotoğrafları çekilmiştir. Saha çalışmaları ile saptanan bulgular, laboratuvar çalışmaları ile eleştirilmiş ve ince kesitlerin incelenmesi ile elde edilen petrografik sonuçlar litolojilerin belirlenmesinde kullanılmıştır.



Şekil 5. Dağkesemen polimetallik Au yatağında açılmış bir galeri



Şekil 6. Dağkesemen polimetallik Au yatağından alınan cevher ve yankayaç numuneleri



Şekil 7. Dağkesemen polimetallik Au yatağından alınan cevher ve alterasyon numuneleri



Şekil 8. Dağkesemen polimetallik Au yatağından alınan cevher örnekleri

İnceleme alanında gözlenen cevher mostralarından cevher ve cevherli örneklerin 12'i parlatma kesit için hazırlanmıştır (Şekil 9). Bu numunelerden 10 mm genişliğinde kesilen parça örneklerin yatay lap makinesi ile kenar ve köşeleri aşındırılmıştır. Kesme ve aşındırma işlemi Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Aşındırma ve uygulama merkezinde yapılmıştır.

Bir kısmı kalıplara yerleştirilen bu örnekler üzerine sertleştirici ve hızlandırıcı ile karıştırılmış polyester dökülmüştür. Birkaç gün beklemeye tabi tutulan örnekler kalıptan çıkarıldıktan sonra, yatay lap makineleri üzerinde aşındırılmış ve 9-3 mikronluk elmas macun ile alümina kullanılarak 5-10 dakika süreyle parlatılmıştır. Konya Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünde yer alan Leica marka DM2700P model üstten aydınlatmalı polarizan mikroskobunda 10x, 5x büyütmeli objektifli mikroskopta incelenmiş ve fotoğrafları çekilmiştir.



Şekil 9. Dağkesemen polimetallik Au yatağından alınan örneklerden hazırlanmış parlatma kesit fotoğrafları

3.3.1.2. X-Ray Difraktometre (XRD) analizleri

Dağkesemen polimetallik Au cevherleşmesinde yer alan cevher ve cevherli kayaç numunelerinden 10 numunenin X-ray difraktometre analizi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA)'nde gerçekleştirilmiştir. Bu cihaz, bakır anotlu X ışını tüpüne sahiptir ve analizlerde 1.544 Å dalga boyuna sahip Cu-K ışınları kullanılmaktadır. Maksimum 60 KV ve 50 mA' de çalıştırılmaktadır. Toz ve düzgün yüzeyli katı örneklerin kalitatif mineralojik veya faz analizleri ve kristal yapı tanımlanması yapılmaktadır. Her örnek için öğütülmüş en az 5 gr civarında numune kullanılmıştır.

3.3.2. Kimyasal analizler

Dağkesemen polimetallik Au maden yatağından toplam 14 örneğin kimyasal bileşimlerinin belirlenmesi amacı ile ALS Global Kimyasal Analiz Laboratuvarında ICP-MS yöntemiyle ana oksit ve iz element analizleri yaptırılmıştır. Bu örnekler içerisinde iz

elementlerden Au, Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, In, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Rb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn, Zr içerikleri saptanmıştır.

İnceleme alanından derlenen 3 numune (AB-4, AB-6 ve AB-19) yankayaç numunesi olup bu numunelerde SiO_2 ile birlikte diğer ana oksitler (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , MnO , Cr_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5) majör oksit cinsinden analizleri yapılırken diğer bileşenler element konsantrasyonu bakımından analiz edilmiştir. Diğer 13 cevher numunesinde ise Si dışında bütün bileşenler element konsantrasyonu şeklinde analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda element konsantrasyonu olarak analiz edilen Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, Cr, Si ve Ti oksit konsantrasyonlarına dönüştürülerek % olarak verilmiştir. Numunelerde oldukça yüksek değerlere ulaşan Cu, Pb ve Zn, sonuçları da % olarak verilirken, Au ppb diğer bileşenler ise ppm cinsinden verilmiştir.

3.3.3. S izotopu analizi

Dağkesemen polimetalik Au yatağındaki cevherleşme alanından, çoğunlukla sıvı kapanım içeren mineraller ve minerallerin oluşum sıraları dikkate alınarak seçilen 16 adet sülfid minerali (sfalerit, kalkopirit, pirit) $\delta^{34}\text{S}$ analizleri, Arizona Üniversitesi Duraylı İzotop Laboratuvarında yaptırılmıştır. Binoküler mikroskopta $\delta^{34}\text{S}$ izotop analizleri için seçilen mineraller öğütülmüş ve $\delta^{34}\text{S}$ değerleri için süreklilik-akış gaz-oran kütle spektrometresi (ThermoQuest Finnigan Delta PlusXL) ile ölçülerek kütle spektrometresi ile birleştirilip element analiz aleti (Costech) kullanılarak O_2 ve V_2O_5 ile 1030 °C’de tutuşturulmuştur. Standartlaştırma OGS-1 ve NBS123 uluslararası standartlarına ve laboratuvarlar arasında karşılaştırılan diğer birçok sülfid ve sülfat minerallerine göre yapılmıştır. Tekrarlanmış dahili standartlara dayalı hassasiyet ± 0.15 olacak şekilde ölçülmüştür.

3.3.4. Sıvı Kapanım analizleri

Sıvı kapanım analizleri, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Jeoloji Mühendisliği Bölümü Sıvı Kapanım Laboratuvarı’nda gerçekleştirilmiştir. AB-18-1, AB-18-2, AB-14 ve AB-2 numaralı 4 adet sfalerit içeren cevherli kuvars örneği sıvı kapanım çalışmaları için istenilen kalınlığa kadar aşındırılmış ve parlatılmıştır. 80-120 mikron arası kalınlığına kadar inceltilecek ince kesitler hazırlanarak sıvı kapanım petrografisi çalışmaları yapılmıştır. Sıvı kapanım petrografisi çalışmalarında tüm örneklerdeki sıvı kapanımlar kökensel olarak birincil ve ikincil olarak ayırt edilmiş ve mikrotermometrik ölçümler

sırasında faz değişimlerinin izlenebileceği şeffaflıktaki ve büyüklükteki sıvı kapanımlar ölçüm için belirlenmiştir. Hazırlanan iki tarafı parlatılmış ince kesitler polarizan mikroskopta incelenerek sıvı kapanımların petrografisi yapılmış ve Olympus marka mikroskoba monteli “Linkham THMG-600 soğutma-ısıtma (heating-freezing) sisteminde mikrotermometrik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Tespit edilen sıvı kapanımlar ölçülmeden önce, sentetik sıvı kapanım standartları ile homojenleşme sıcaklığı (Th) ölçülmüş ve $200 < Th < 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ için $\pm 7 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $300 \text{ }^{\circ}\text{C} < Th$ için ise $\pm 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak belirlenmiştir.

3.4.Büro Çalışmaları

Saha öncesi çalışmalar, saha çalışmaları ve derlenen yankayaç, alterasyon zonu ve cevher numunelerinin analizlerinden (mineralojik, kimyasal, izotop vd.) elde edilen tüm veriler yorumlanarak, daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Kimyasal analiz sonuçları istatistiksel yöntemler ile değerlendirilerek örnek gruplarına ait ortalama, medyan, standart sapma, standart hata, anakitle aritmetik ortalamasının güven aralığı gibi değişkenlik ölçüleri ortaya konulmuştur. Arazi, laboratuvar ve istatistiksel analizler sonucunda elde edilen bütün veriler kullanılarak sahadaki cevherleşmelerin birbirleri ve yan kayaçları ile ilişkileri yorumlanmıştır. Son aşamada ise bütün bulgular birleştirilerek tez yazımı gerçekleştirilmiştir.

Rapor yazımı aşamasında, mineral, kayaç ve izotop analizlerinden elde edilen veriler istatistik, bilgisayar destekli tasarım, kelime işlemci, elektronik hesap ve tablolama ile uzaktan algılama konularındaki hazır bilgisayar paket programlarında değerlendirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

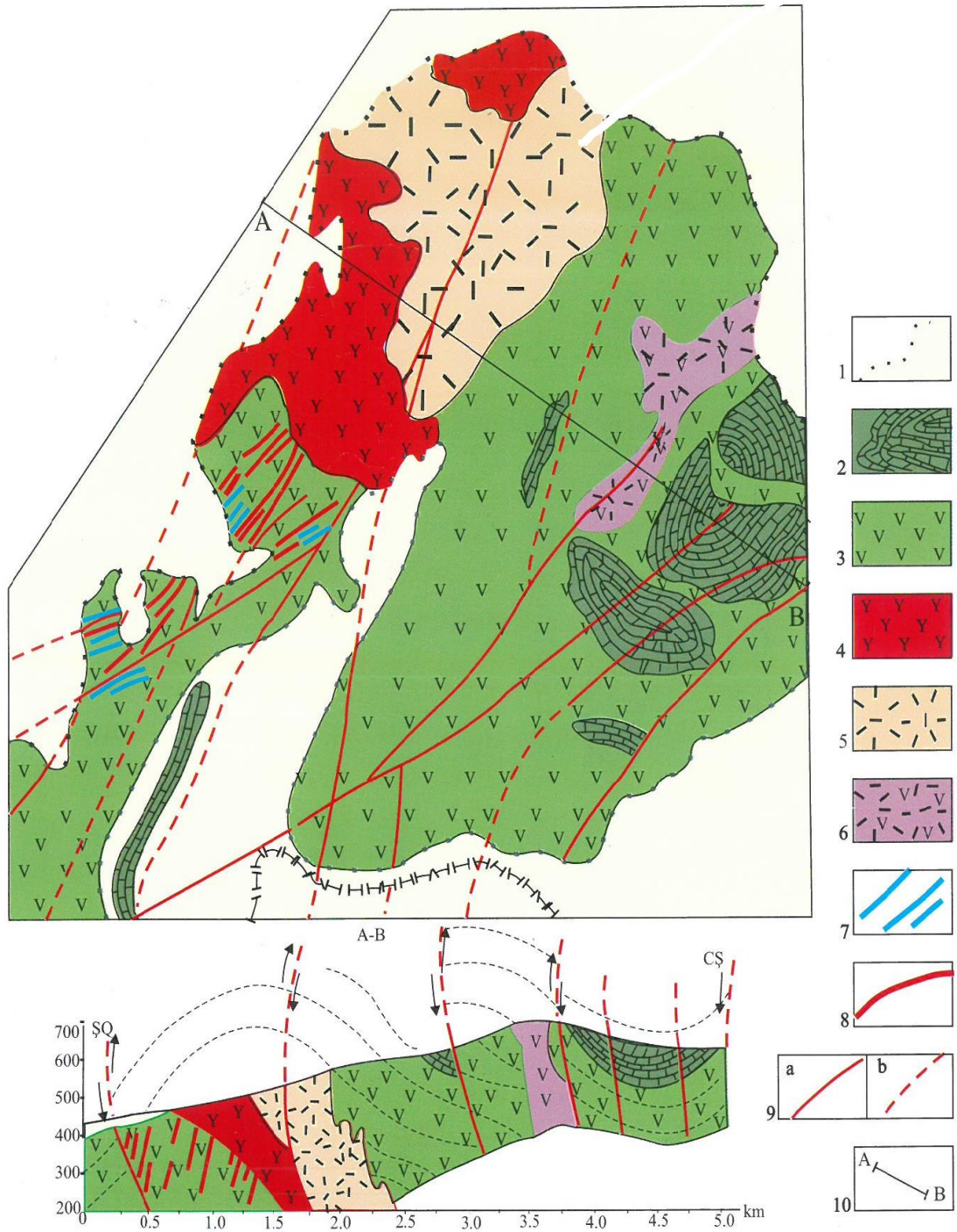
4.1. Genel Jeoloji ve Stratigrafi

Dağkesemen cevherleşme bölgesi Lök-Karabağ yapısal-metalojenik bölgesinin kuzeybatısındadır. Bu bölge, Orta Kür grabeninin güneybatı kenarı ile sınırlanmış ve Küçük Kafkasya fayı ile kırılmıştır. Bölgenin güneyinde Kretase ve Jura yaşlı birimler yer almaktadır. Lök-Karabağ yapısal bölgesinde kuzeyde ve batıda Kazak ve doğuda Ağcakent olmak üzere iki graben yer almaktadır. Bu grabenler metalojenik kuşakları içermektedir. Kazak maden bölgesinin ana yapısal-metalojenik birimi Dağkesemen bölgesindedir (Babazade ve ark., 2015).

Ağstafa Nehri'nin havzasındaki Kazak grabeni, Ermenistan'daki Alaverdi ve Azerbaycan'daki Şemkir antiklinoryumunu ayırmaktadır. Graben, yaklaşık D-B yönünde uzanan dar bir çöküntü havzasıdır. Doğu kanadı daha kısa ve batı kanadı nispeten daha az eğimlidir. Kırıklar sedimentlerin oluşumunda büyük rol oynamış olup başlıca faylar düşey atımları 200-500 m ile 800-1000 m arasında değişen Ağdam-Rivazlı, Akhum ve Aşağı Ağdam faylarıdır. Kazak grabeni doğuda ve batıda faylar ile sınırlandırılmakta olup kırıklar, yanal ve düşey yönde atıma sahiptir. Jeolojik yapısını dikkate alarak, Kazak çöküntüsünün egemen bir graben olduğu düşünülebilir.

Son yıllardaki jeolojik çalışmalar, grabenin basamak yapılı blok faylanma yapısına sahip olduğunu ve doğuya eğimli, batıya eğimli ve düşey eğimli üç bloktan oluştuğunu göstermektedir: Doğu bloğu Şamkir horstu ile sınırlandırılmıştır (Babazade ve ark., 2005; İsmayilzade, 2003; Hüseyinov, 2003). Kazak grabeninin en önemli maden yatağı olan Dağkesemen polimetalik altın yatağında Jura, Kretase ve Paleojen-Neojen yaşlı tortul-piroklastik, magmatik, volkanik ve damar kayaçları bulunmaktadır.

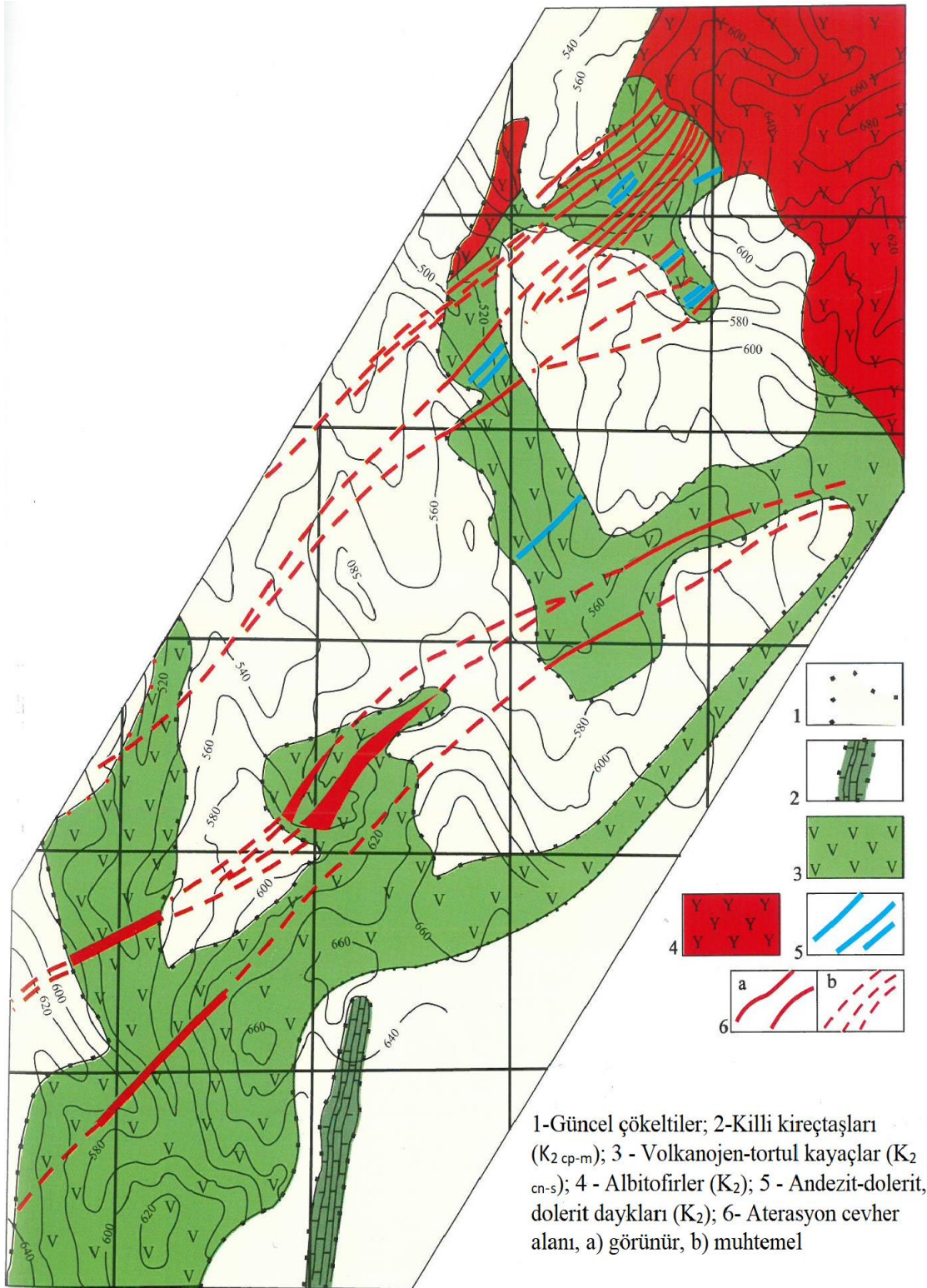
Kazak grabeni içerisinde yer alan Dağkesemen maden bölgesinde başta altın olmak üzere çok sayıda bakır, kurşun-çinko ve gümüş içeren polimetalik maden yatağı vardır. Başlıca Au-Ag yatakları Avey, Karasu, Ferehli, Kızılkaya-Odundağ ve Hayvalıbulak yatak ve zuhurlarıdır. Başlıca Ag yatağı ise Aşırılı Ag zuhurudur. Ayrıca henüz işletilmeyen, rezerv ve tenör çalışmaları devam eden Au-Cu polimetalik yataklar ise Pilazçay, Karayatak, Göyezen, Yukarı-Eskipara, Üçgöl, Musaköy, Kamışcal, Kemendkaya, Acıdere, Daş Salahlı, Ucukh ve Hasansu yatak ve zuhurlarıdır.



1- Güncel çöktürler; 2 - Kireçtaşları (K_2 cp-m); 3- Volkanik-tortul kayalar (K_2 cn-s); 4 - Albitofirler (K_2); 5 - Dazitler (K_2); 6- Andezit-dazitler (K_2); 7- Andezit-dolerit, dolerit daykları (K_2); 8- Alterasyon cevher alanı; 9 - Faylar: a) görünür, b) muhtemel; 10 - A-B profil çizgisi kesimi.

1.0 0.5 0 0.5 1.0 km

Şekil 10. Dağkesemen altın yatağının jeolojik haritası ve jeolojik kesiti



Şekil 11. Dağkesemen polimetallik altın yatağının detay jeoloji haritası

4.1.1. Avey Au-Cu zuhuru

Avey altın ve bakır zuhuru Daş Salahlı Köyü'nün kuzeybatısındaki Avey Dağı'ndadır. Bu zuhur granitoyidik kayaçları kesen, andezit-dasit bileşimli damar ve yüzey kayaçları ile piroklastik kayaçların içinde gözlenmektedir.

Avey zuhurunda mineral parajenezi pirit, az miktarda kalkopirit ve az miktarda kalsit ile temsil edilmektedir. Demirli kaolinit-kuvarsit zonlarında malahit ve azurit boyamaları görülür. Malahit ve azurit oluşumları 1-8 mm kalınlığında ve 1-1.5 m uzunluğunda kuvars damarları ile kesilmekte olup altlarında pirit-kalkopirit oluşumları bulunur. Cevherli bölgelerin uzunluğu birkaç 100 m'den 2 km'ye kadar olup, kalınlığı ise 3-8 m'den 30-55 m'ye kadar değişmektedir.

4.1.2. Aşırılı Ag zuhuru

Aşırılı Köyü'nün kuzeyinde yer almaktadır. Alan killi kireçtaşlarını (Üst Senomaniyen) kesen andezitik-dasit bileşimli damar kayaçları ve bunların örtülerinden oluşmaktadır. Andezit-dasitler 1.5 km uzunluğunda ve güney-kuzey doğrultulu faylar boyunca 250 m genişliğinde silisleşme ve kaolenleşme ile temsil edilen hidrotermal alterasyona maruz kalmıştır. Yapılan deneylerde Ag (5-6 g/t), Cu ve polimetaller bulunmuş olup buna göre, yüksek konsantrasyonlu Au ve Cu-polimetalik yatak olduğu varsayılmaktadır.

4.1.3. Karasu Au-Ag-Cu polimetalik zuhuru

Altın ve gümüş bulunduran Karasu bakır-polimetalik mineral zenginleşmesi Ferehli Köyü'nün kuzeydoğusunda yer almaktadır. Burada faylarla karmaşık olan Ferehli antiklinalinde birikmiş Üst Kretase yaşlı asit püskürük, piroklastik ve tortul (arjilit, kireçtaşı, aglomera) kayaçlar yer almakta olup Karasu Nehrine kadar 4 km arazide birkaç m'den 20-30 m derinliğe kadar takip edilmektedir. Malahit ve azurit izleri (özellikle fayların yüzeyinde) ayrı alanlarda belirtilmiştir. Kalkopirit ve ikincil bakır mineralleriyle temsil edilen cevherleşme kuvars-barit damarları içinde bulunmakta olup, yer yer kalsit, kuvars ve kuvars-karbonat damarları vardır.

4.1.4. Ferehli Au-Ag polimetalik zuhuru

Ferehli zuhuru Karasu Nehri'nin doğu yamacında bulunmaktadır. Zuhur Köroğlu volkanikleri içinde albitofirler, andezit-dasitler, andezit-porfiritler, kristalli tüfler ve

küçük ölçekli dolerit porfir daykları içinde yer almaktadır. Bölge, 10-30 m genişliğinde 2.5 km uzunluğa sahip olan merceksel geometriye sahiptir. Mineral parajenezi; pirit, sfalerit, galenit ve kalkopirit ile temsil edilir. Ana cevher bölgesine ek olarak, damar tipi ve mercek tipi barit kütleleri bakımından zengindir. Zuhurun genel alanı 30 km²'den fazladır. Zuhurların kapsadığı alan, geleneksel olarak Ferehli cevheri alanı olarak kabul edilir ve Au içeren Cu polimetallik cevherleri için umut verici olarak kabul edilir.

4.1.5. Kızılkaya Au-Ag polimetallik zuhuru

Zuhur Kuşçu-Ayrım Köyü'nün kuzeydoğusundaki riyolit-dasitik kayaların bulunduğu bölgeyi kapsamaktadır. Cevherleşme, 50-60° kuzeybatıya eğimli 15-20 m kalınlıkta 2.5 km uzunluğunda bir kırık hattı boyunca izlenmektedir. Toplam cevherleşme alanı 2 km²'dir. Alterasyon bölgesinde yoğun silisleşmiş, kaolinleşmiş ve zayıf demirleşmiş riyolitler vardır. Ana cevher damarının boyutları 2.5-6.0 m kalınlığında ve 100 m uzunluğundadır. Cevherleşme, damarlardan ve küçük kalkopirit ve sfalerit saçılımları ile birlikte ikincil bakır mineralleri içermektedir.

4.1.6. Odundağ Cu polimetallik zuhuru

Zuhur Odundağ bölgesini kapsamıştır. Zuhurlardan biri albitofir tüf ve tüflere ve riyolit fosillerine uyarlanmıştır. Sahanın zirveleri, çeşitli asit ve baz kayalarından volkaniklerle temsil edilmiştir. Kayalar ezilmiş ve kabuk bölgelerinin kuvars kalsit damarları apikal ve malahit yaymasına uyarlanmıştır. Ayrılan ana bölge, 30° kuzeydoğu boyunca uzanan dik (70°) bir yatıma sahiptir. Zonun 1.5 ila 700 metre arasında olduğu gözlemlenmiştir.

4.1.7. Göyzen bakır-polimetallik zuhuru

Zuhur Alpout Köyü'nün kuzeydoğusunda, Koniasiyen-Santoniyen yaşlı volkanik kayalar, perlit, riyolit, bentonitik kil ve bentonitler içinde yer almaktadır. Alterasyon bölgesinin genişliği 18-30 m, uzunluğu ise 500 m'dir. Buradaki bir kırık hattı boyunca volkanik kayalarda yoğun alterasyon gözlenmektedir. Zayıf bir şekilde zuhur eden bakır içerikli polimetallik cevherleşme 0.7-2.8 g/t Ag ve yüksek radyoaktif mineral içermektedir. Alanda, özellikle damarların volkanik ve sedimanter kayaların sınırlarında daha ayrıntılı araştırmalara ihtiyaç vardır.

4.1.8. Yukarı-Eskipara altınlı bakır-polimetal zuhuru

Zuhur, Eskipara Köyü'nde Eskipara Nehri'nin yukarı kesiminde Orta ve Üst Jura yaşlı sedimanter kayalar, ortaç asidik magmatik kayalar ve Orta Jura yaşlı piroklastik kayaların içinde yer almaktadır. Bakır ve polimetalik saçılımlara eşlik eden ana cevher kontrollü faylar kuzeydoğu yönünde Çaykovuşan Dağı'na kadar uzanmaktadır. Eskipara Nehri'nin kıyısında barit, kuvars ve kalsit içeren birkaç hidrotermal damar vardır. Esas olarak Kimmericiyen'in volkanojenik-tortul kayalarına ve ayrıca kuzeybatıya (330°) uzanan ve dik yamaçlarla (80-85°) karakterize edilen Köroğlu sokulum kayalarının endoskarn bölgesinde gelişmiştir.

Eskipara polimetalik cevherleşmesi yoğun alterasyona uğramış bölgede kaolinleşmiş ve silislemiş kayalar içinde bulunmaktadır. Esasen hidrotermal kökenli cevherleşmede kuvars, kuvars-kalsit ve barit damarları içinde yer yer nabit bakır bulunmaktadır. Eskipara Nehri'nin sağ kıyısında 5-10 m kalınlığında merceksel geometriye sahip kuvars-kalsit ve barit kütleleri tespit edilmiştir.

4.1.9. Hayvalıbulak Au-Ag içeren bakır-polimetal zuhurları

Bu zuhur grubu, Üçgöl dağının kuzeydoğu yamacında yer almaktadır. Ana bölge, kuzey-doğu ve kuzey-batı doğrultulu fayların kesişme bölgesindeki Dağkesemen cevherleşmesini de kontrol eden fayların kuzeydoğusuna kadar uzanmaktadır. Hayvalıbulak cevherleşmesi andezit-dasit, andezit, albitofir, dolerit porfir ve piroklastik kayaların içinde bulunmaktadır. Mineralizasyon kuzeybatıya eğimli oldukça kırıklı ve ezik bir zonda silisleşme ve kaolinleşmeye maruz kalmış alanda çok sayıda kuvars ve kuvars-kalsit damarlarıyla birlikte gözlenmektedir. Ana mineralizasyon zonu oldukça dik eğimli (70-85° KD), 20-40 m kalınlığında ve 2 km uzunluğundadır. Diğer mineralizasyon zonu ise Dağkesemen'in yarı derinlik kayalarını da kontrol eden kırıklara bağlı olarak üst kesimdeki albitofirik bileşimli kayalarla sınırlanmaktadır. Zuhurun güneybatı kısmı Kuvaterner çökelleri ile kaplıdır. Bölgedeki mineral parajenezi aynı tipte olup kuvars-karbonat damarları içinde pirit, kalkopirit, galenit, sfalerit ve albitofirlerde altın sülfür mineralizasyonu ile temsil edilmektedir. Ayrıca malahit ve azurit gibi ikincil bakır mineralleri vardır.

4.1.10. Üçgöl altın-polimetal zuhuru

Bu zuhur Dağkesemen yatağının 2 km güneybatısında bulunan Kuruşlu-Üçgöl bölgesindeki Kretase yaşlı dolerit porfirler ve bunlarla kontakta olan andezitik-dasitik bileşimli damarlar ve piroklastik kayalar içinde yer almaktadır. Cevherleşme KD-GB doğrultulu fay kontrollü olup, bu fay boyunca yoğun olarak kırıklı ve ezik bir yapı kazanan kuvars-karbonat damarlarında piritlerle birlikte gözlenmektedir. Cevherli zonun boyutları kuzeybatıya 35-60° eğimli, 5-6 m ile 10 m genişlikte ve 250-270 m uzunluktadır.

4.1.11. Musaköy bakır-polimetal zuhuru

Zuhur Musaköy Köyü'nde GB-KD yönünde 800 m uzunluğunda bir hat boyunca uzanan andezitik porfirlerin ve killerin içinde bulunmaktadır. Cu mineralizasyonu silisleşmiş ve kaolinleşmiş kayalar içindeki pirit damarları ile birlikte gelişmiştir. Analizlerde az miktarda Cu, Zn ve Pb tespit edilmiştir. Gümüş içeriği tüm analizlerde 0.2-9.6 g/t olup, ortalama 5-6 g/t olduğu belirtilmiştir. Bazı analizlerde Au içeriği 0.1 g/t olduğu tespit edilmiştir. Musaköy zuhuru Ag ve Au bakımından ümitli olup güneybatıdaki faylarla birlikte ayrıntılı olarak araştırılması uygun olacaktır.

4.1.12. Hasansu altın-bakır-polimetal zuhuru

Bu zuhur, Hasansu Nehri'nin sağ eğimi ile temsil edilmektedir. Alan, küçük gabro-diyorit ve gabro-dolerit plutonik Üst Kretase yaşlı çamur yataklı kayalardan oluşmaktadır. Küçük ölçekli plutonik girişler kuzey batı fayı boyunca uzanmaktadır. Alterasyon eşlik etmektedir. Bu faylar Cu-polimetal cevheri tarafından uyarlanmaktadır. 1 No'lu bölge, 25-40 m kalınlığında 1.7 km'ye kadar olan aralıklarda gözlenir. Cu-polimetalik bölgesi, yüksek Au içeriği ile karakterize edilir. Hidrotermal-alterasyon kuvarlaşma ve kaolenleşme ile karakterize edilmektedir. Alan 20-40 m derinlikte olup, 1.2 km'ye kadar izlenmektedir. İnce çatlaklar için Cu, Zn ve Pb sülfürler belirtilmiştir. 3 No'lu cevher bölgesi ise, 25 m kalınlığa sahip olup, 1 km kalınlığa kadar izlenir. Uzunluk 3200 m kuzeybatı yönünde olup, güneybatı yönünde ise daha düşüktür. Pirit, kalkopirit ve bazen galenit saçılımları kuvarlaşmış, breşleşmiş kayalardan oluşur.

4.1.13. Magmatizma

Dağkesemen maden bölgesi, genellikle Kazak grabeninin tektonik yapısı nedeniyle çok karmaşık olduğu gibi, magmatizma da çok karmaşıktır. Bu bölgedeki

magmatizma Turoniyen-Alt Koniasiyen ve Üst Koniasiyen-Santoniyen olmak üzere 2 aşamada belirtilmektedir (Abdullayev 1963,1965; Ahundov 1983, 2003).

4.1.13.1. Dağkesemen maden yatağının volkanik ve plutonik kompleksleri

Araştırmacılara göre Turoniyen-Erken Koniasiyen döneminde gerçekleşen birinci aşamada, bazik, ortaç-bazik ve ortaç bileşimli magmatik kütleler, Üst Koniasiyen-Santoniyen dönemini kapsayan ikinci aşamada ise ortaç ve ortaç-asit bileşimli volkanikler oluşmuştur. İkinci evrenin tabanında biyotit ve hornblend-biyotit içeren riyolitler, riyodasitler, perlitler, bentonitlere dönüşen kalın kül ve tüfler bulunmaktadır. Bölgedeki volkanikler andezit andezit-dasit, riyodasit ve riyolit bileşimli lav ve tuf örtüleri ile temsil edilmektedir. Volkanikler büyük ölçüde Na içermektedir. Buna göre Kazak grabeni içinde tutarlı bir farklılaşma geçiren bazalt-andezit-dasit-riyolit bileşimli volkanizma gerçekleşmiş olup bazalt-andezit ve dasit-riyolit olmak üzere iki yarı formasyonda tanımlanmıştır (Babazade ve ark., 2005; Ramazanov ve ark., 2006; İsmayilzade, 2003).

Dağkesemen maden yatağının da bulunduğu Kazak grabeni içindeki en yaşlı volkanik kayalar bazal volkanikler ve onların piroklastikleridir. Daha sonra, damar tipi albitofirler ve andezit-dasitler oluşmuştur. Bazalt-andezit oluşumlarının yaşı Koniasiyen'dir ve bazalt, andezit-bazalt ve andezit içeren magmatik kütlelerle karakterize edilmektedir.

4.1.13.2. Volkanik kompleksler

Bölgedeki volkanik aktivitenin farklı aşamaları, farklı bileşimli lav ve volkanoklastiklerin dağılımına ve bunların kırıntılı-sedimanlarla yanal-düşey ilişkili olarak yerleşmesine yol açmıştır. Lavlar bazalt, andezit-porfirit, diyabaz ve bazaltik lav breşlerden oluşmaktadır. Volkanoklastik yarı derinlik kayaların ürünleri sınırlı olup bunlar andezit içeren aglomera ile kristalo-vitroklastik ve kristalo-litoklastik tüflerle temsil edilmektedir. Dağkesemen polimetalik Au yatağında, damar ve baca ürünleri de bulunmaktadır. Tabakalı siller ve damar kayalarının ürünleri Hasansu Nehri'nin sağ sahilinde Paravakar ve Kemendkaya dağlarının yamaçlarında lav ve piroklastiklerin olduğu bölgede yaygınlaşmaktadır.

Geç Kretase'de patlamalı volkanizma esnasında öncelikle piroklastikler, lav akmaları ve örtülerinden oluşan volkanik kayalar meydana gelmiştir. Yarı derinlik kayaları Kazak Grabeni'nin kenarları boyunca Santoniyen ve çok az miktarda

Koniasiyen yaşlı lav piroklastik kayalarla son bulmaktadır. Andezitik-dasitler, riolit ve albitofirlerle temsil edilen yarı derinlik ve yüzey kayaları Göyezen, Güvercin, Kızılkaya ve Koroğlu Tepeleri'nde yayılım göstermektedir.

Albitofirler Dağkesemen polimetallik altın yatağının orta kesiminde ortaya çıkmaktadır. Bunların en büyüğü uzunca olan bir stoğu andırmakta olup doğu kesimi biraz pürüzlüdür. Bu kayalar bazıları cevherli olan çok sayıda faylarla kesilmiş olup bu kırıklar mineralizasyon bölgelerini (Dağkesemen yatağının II. ve IV. cevher taşıyan bölgeleri) temsil etmektedir. Mineralleşme ve albitofirlerin volkanik bölgeleri arasında parajenetik bir ilişki olduğu varsayılmaktadır. Gözlemler, volkanik bölgenin cevherleşmeden önce oluştuğunu ve cevher bölgesinden güneye doğru farklı olduklarını göstermektedir (Abdullayev ve ark., 2012; Babazade ve ark., 2005; Ramazanov ve ark., 2006; İsmayilzade, 2003).

Dağkesemen maden yatağının kuzeydoğu ve kuzeybatı yönlerinde de güney bölgesindekine benzer silt, dayk ve stok şekilli damar kayaları vardır. Damar kayaları lav akıntıları ile aynı bileşime sahip olup sıklıkla bağımsız kütleler halinde bulunmaktadır. Büyük damarlar Üçgöl volkanik kayalarından oluşmakta olup büyük bir stok şeklindedir ve katmanlar arası çizgiler açıkça belirlenebilir. Bu kayalar merkezde albitofir ve kenar fasiyeslerde andezit-dasitlerden oluşurlar.

Santoniyen ve Kampaniyen püskürme merkezleri üst üste gelmediğinden maden yatağı içerisinde, Kazak grabeninin metalojenisinin çalışmasında dikkate alınması gereken bir durumdur. Yani her iki püskürme evresi farklı metalojenik zenginleşmelere sebep olduğundan Kazak grabenindeki yeni altın-polimetallik cevher alanlarının tespit edilmesi mümkündür. Araştırmalarda öncelikle Dağkesemen cevherleşmesine özel bir dikkat gösterilmelidir.

4.1.13.3. Sokulum kayaları

Bölgede Üst Koniasiyen-Santoniyen dönemini kapsayan ikinci aşamada oluşan damar kayaları volkanik kayalarla benzer bileşimli farklılaşma ürünleri olup bazaltik magmalarının derinlikle değişen evrimini gösteren femik minerallerin sayısındaki artışla karakterize edilmektedir. Bu durum monoklinik piroksenler ve olivin içerisinde ferrosilis bileşiminin baskınlığı ile kanıtlanmaktadır. Lav akıntılarının orta kısmında piroksen, kenarlarında ise plajyoklaslar hakimdir. Bunların tümü, uzun bir jeolojik dönem boyunca

tekrarlanan damar kayaçlarının oluşumunu göstermektedir (Babazade ve ark., 2005; Ramazanov ve ark., 2006).

Bazalt-andezit bileşimli volkanikleri, mineralojik bileşimin kararlılığı ve çeşitli yapısal özelliklerin varlığı ile ayırt edilmektedir. Erken magmatik evrenin damar ve yüzey ürünü olan bu volkanikler, SiO_2 ile zayıf doymuş veya doymamış kayaçlar olup alkalilerden daha az yaygınlaşmıştır. Bunlar yüksek CaO ve düşük MgO seviyeleriyle karakterize edilmişler. Bu kayaçlarda olivin miktarı çok az olup, piroksenlerde ferrosilis bileşimi daha fazla bulunmaktadır.

Santoniyen volkanizmasının son aşamasında, riyolit-dasit yarı derinlik ürünleri oluşmuştur. Bunların bileşimi de değişken olup esas olarak andezit, andezit-dasit, dasit, riyolit, riyodasit, albitofir ve perlit bileşimli kayaçlardan oluşmaktadır. Bunlar, lav ve volkanoklastik yarı derinlik, baca ve damar kayaçlarını içermektedir.

Dağkesemen cevher alanı, farklı bileşime sahip çok sayıda dayk ile karakterize edilmektedir. Daykların bir kısmı cevher alanının Koniasiyen'den Santoniyen'e kadar olan tüm birimleri kesmektedir. Bu kütleler içerisindeki dayklar iki gruba ayrılmaktadır:

1) Kuzeydoğuya eğimli dayklar: Dördüncü cevherleşme bölgesine paralel uzanır ve Dağkesemen yatağının ana yapısal unsurlarından biri olarak kabul edilir. Dayklar nispeten dik bir açıyla $50-70^\circ$ KD eğimli olup nadiren güneydoğuya doğru yönelirler;

2) Güneybatıya eğimli dayklar: Bu dayklar $310-340^\circ$ GB eğimli olup nadiren kuzeydoğuya eğimlidirler. Bu dayk kompleksinin temel özelliği, dördüncü cevher bölgesine ulaşmasıdır. Bölgeden sonra takip edilmezler. Bu olay göz önüne alındığında, ikinci grubun daykları cevher oluşumundan sonra gelişmiştir. Buna göre Dağkesemen polimetalik altın yatağında cevherleşmeden önce veya sonra oluşan daykların varlığı araştırmalar için önemlidir. Kuzeydoğu cevher daykları ile güneybatı cevher içeren dayklar arasındaki ilişkinin incelenmesi, Dağkesemen polimetalik altın yatağının gerçekçi araştırılmasına yardımcı olabilir ve alanın beklentilerini netleştirebilir.

4.2. Yapısal Jeoloji

4.2.1. Kıvrımlı yapılar

Dağkesemen polimetalik altın yatağının bulunduğu alanın tektoniği, buradaki antiklinal, senklinal ve fay tipli yapılarla yakından ilişkili olup, bu durum Kazak grabeninin karakteristik özelliklerini yansıtmaktadır. Kazak grabeni, Küçük Kafkasya

jeosenklinalinin içindeki Orta Kür senklinalinin molas benzeri sedimanter birimlerinin altında bulunmaktadır.

Kazak grabeninin ana doğrultusuna dik yönde birbirini takip eden çok sayıda kıvrım vardır. Bunlar güneyden kuzeye doğru Dolmatlı, Hasansu, Garayal-Dağkesemen antiklinalleri ve onların arasında Tovuzçay, Kemendkaya-Üçgöl ve Ağstafa senklinalleridir. Bunlardan bağımsız yer yer küçük ölçekli birkaç kıvrım vardır.

4.2.1.1 Hasansu antiklinali

Üst Kretase yaşlı volkano-sedimanter kayaçlar, Paravakar-Bayazıt antiklinalinin güneydoğu kısmını oluşturan Hasansu havzasında antiklinal yapısı kazanmıştır. Bu antiklinal Üst Turoniyen-Alt Koniasiyen yaşlı volkanik kayaçlar ve Üst Koniasiyen-Alt Santoniyen yaşlı kırıntılı ve karbonatlı çökellerinin yükselmesine neden olmuştur. Antiklinal çok sayıda küçük normal ve ters faylarla kesilerek karmaşık bir yapı kazanmıştır. Hasansu antiklinali boyunca bu faylara bağlı olarak yer yer gabro-diyorit ve gabro-diyabaz bileşimli plutonik kayaçlar yüzeylemektedir. Hasansu antiklinalinin kıvrım eksenini 20-40° kuzeydoğuya eğimlidir. Hasansu antiklinali Hasansu Nehri'nin yukarı havzasında, Paravakar ve Uzuntala Köylerinden güneye (Ermenistan) doğru, Üst Jura ve Alt Kretase yaşlı sedimanların yüzeylemesini sağlamıştır. Kuzeydoğuda ise antiklinal kademeli olarak yumuşatılmış ve Yardımlı, Tatlı ve Göyceli Köylerinin etrafındaki Senozoyik çökelleri ile örtülmüştür.

4.2.1.2. Kemendkaya-Üçgöl senklinali

Kemendkaya-Üçgöl senklinali kutu yapılı olup, kıvrımın her iki tarafı, Senomaniyen yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak yer alan Üst Turoniyen-Alt Koniasiyen yaşlı kırıntılı-volkanojenik sedimanlardan oluşmuştur. Senomaniyen yaşlı sedimanlar aynı zamanda Üst Koniasiyen-Alt Santoniyen sedimanları ile uyumsuz olarak örtülmektedir. Kıvrım Kampaniyen-Maestrihtiyen yaşlı kireçtaşları ve kilaşları ile bazal konglomeraları Üst Santoniyen sedimanlarının kıvrımlanmasına neden olmuştur. Kemendkaya-Üçgöl senklinalinin eksenini, Kemendkaya'nın 1 km kuzeybatısından geçmektedir. Senklinal hafif asimetrik bir yapıya sahip olup 35-45° kuzeydoğuya doğru Koruk Dağı'na kadar uzanmaktadır. Güneybatı kanadı 25-30°'lik hafif eğimli ve kuzeydoğu kanat 35-45°'lik nispeten daha çok dik açıyla uzanmaktadır. Yapı, çok sayıda normal ve ters faylarla kesilmiş ve karmaşılaşmaktadır. Bu faylar genellikle kuzeybatıya eğimlidir. Asidik, ortaç ve nadiren bazik içerikli dayklar ve plutonikler bu tür faylarla

ilişkilidir (Babazade ve ark., 2012; Ramazanov ve ark., 2006; İsmayilzade, 2003; Şikhalibeyli, 1996).

4.2.1.3. Garayal-Dağkesemen antiklinali

Dağkesemen maden yatağının ana kıvrım yapısı olan Garayal-Dağkesemen antiklinali, Paravakar-Bayazitli antiklinal zonunun kuzeybatı devamı niteliğindedir. Antiklinal kuzeydoğu yönlü Ağdam-Rivazlı fayı ile doğrudan ilişkilidir. Antiklinal Üst Turoniyen-Alt Koniasiyen ve Üst Koniasiyen-Alt Santoniyen yaşlı kayaçları etkilemiştir. Antiklinal asimetrik olup güneydoğu kanadı daha az eğimli (20°) ve kuzeybatı kanadı nispeten daha diktir ($70-80^{\circ}$). Kuzeybatı kanadı $45-60^{\circ}$ lik bir fay ile kesilmiştir. Bu fay boyunca Paleojen yaşlı kayaçlar Üst Kretase yaşlı kayaçlarla tektonik sınır oluşturmuştur. Saha çalışmaları ve yapısal jeolojik analizlerle gözlemlenen bu kırıklar aeromanyetik ve gravimetrik araştırmalarla da kanıtlanmıştır.

Antiklinal eksenini boyunca küçük mostralarda halinde çok sayıda albitofir ve andezit-dasit bileşimli damar ve derinlik kayaçları yüzeylemiştir. Bunların en büyüğü Dağkesemen polimetalik altın yatağının kuzeydoğusunda bulunan albitofir içeren Üçgöl volkanik kütesidir.

4.2.2. Faylar

Dağkesemen polimetalik altın yatağının da bulunduğu Kazak grabeni içindeki ana kıvrım eksenleri genellikle doğu-batı yer yer hafifçe kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu olup kıvrım eksenlerinin genel eğimi kuzeydoğuya doğrudur. Bölgenin kuzeyi biraz istisnai bir durum göstermekle beraber genellikle kuzeydoğuya uzanmıştır. Bu kıvrımları kesen faylar kıvrım eksenlerinin genel doğrultudan kısmen sapmalarına neden olmuştur. Kazak grabeni bu blok faylara bağlı olarak basamaklı bir şekilde çökmüştür. Öte yandan, bu faylar yöredeki volkanik aktivitenin magma taşıyan kanalları olup volkanik malzemelerin seviyelere taşınmasını ve cevherleşmenin yapısal kontrollü bir şekilde oluşmasına neden olmuşlardır. Fayların oldukça uzun bir zaman dönemi içinde jeolojik zaman boyunca tekrarlayan hareketleri Neotektonik dönemde kırıklarla sınırlı bir magmatizma tipinin oluşmasını sağlamıştır (Babazade ve ark., 2006; İsmayilzade, 2003; Şikhalibeyli, 1972).

Kazak grabeninin blok faylanmalara bağlı olan yapısı büyük ölçekli aeromanyetik ve orta ölçekli gravimetrik jeofizik araştırmalarla da doğrulanmıştır. Aeromanyetik

araştırmalarda Kazak grabeni kuzeydoğu ve güneydoğu yönelimli anomalilerle temsil edilmektedir. Grabenin yapısal konumu gravimetrik araştırmalarla ortaya çıkmaktadır. Küçük Kafkasya'nın kuzeydoğu yamacının genel gravimetrik deseninde Kazak grabeni negatif anomalilerle karakterize edilmektedir. Kazak grabeni kuzeyindeki Kür grabeni ile kuzeybatı yönlü faylarla sınırlanmaktadır. Faylar, gravimetrik araştırmalarda 4-10 km negatif anomali ile belirlenmektedir. Gravimetrik araştırmalarda grabenin ortasında 8-12 km derinliğe kadar izlenen güneydoğu yönlü bir fay tespit edilmiştir. Jeolojik ve yapısal çalışmalar da tanımlandığı gibi gravimetrik araştırmalarda da Kazak Grabeni'nin 0-4 km ile 4-10 km arasında negatif anomaliye sahip 3 bloktan oluştuğu belirlenmiştir. Bu bloklar doğuda ve batıda yükselen, ortada ise düşen blok şeklinde olup Şemkir antiklinali ile kısmen yapısal konumu değişmiştir (Babazade ve ark., 2005; Ramazanov ve ark., 2006).

4.3. Jeolojik Evrim

Bölgede Kretase yaşlı birimler daha yaygın olup bu birimler Üst Kretase yaşlı kırıntılı-karbonat, sedimanter-proklastik ve volkanojenik kayalarla temsil edilmektedir. Alt Kretase yaşlı birimler doğu bloğunun doğusunda ortaya çıkmış ve esas olarak volkano-sedimanter kayalardan oluşmaktadır. Batıya doğru sedimanların kalınlığının azaldığı ve tamamen aşındıkları gözlenmektedir.

Jura sedimanları Kalloviyen, Alt Oksfordiye, Üst Oksfordiye, Kimmericiye ve Titoniye yaşlı birimlerden oluşmaktadır. Kalloviyen sedimanları doğu bloğun batı kenarı boyunca uzanmakta ve kumtaşı, silt, volkanik breşler ve nadir doleritlerden oluşmaktadır. Kalloviyen katının altında yer yer kumlu kireçtaşları yer almaktadır. Kalloviyen yaşlı sedimentlerin üzerinde Alt Oksfordiye yaşlı kumlu ve dolomitleşmiş kireçtaşları bulunmaktadır. Üst Oksfordiye, Kimmericiye ve Titoniye döneminde kireçtaşı, iri taneli kumtaşı, tuf/tüfit, aglomera, andezit porfiriterler, doleritler ve çeşitli piroklastiklerden oluşan volkano-sedimanter bir istif oluşmuştur. Yüzey kısımlarda volkanikler yaygınlaşmış olup sedimanter kayalar ise ayrı mercekler şeklinde yer almaktadır (Babazade ve ark., 2005; Abdullayev ve ark., 1988; İsmayilzade, 2003).

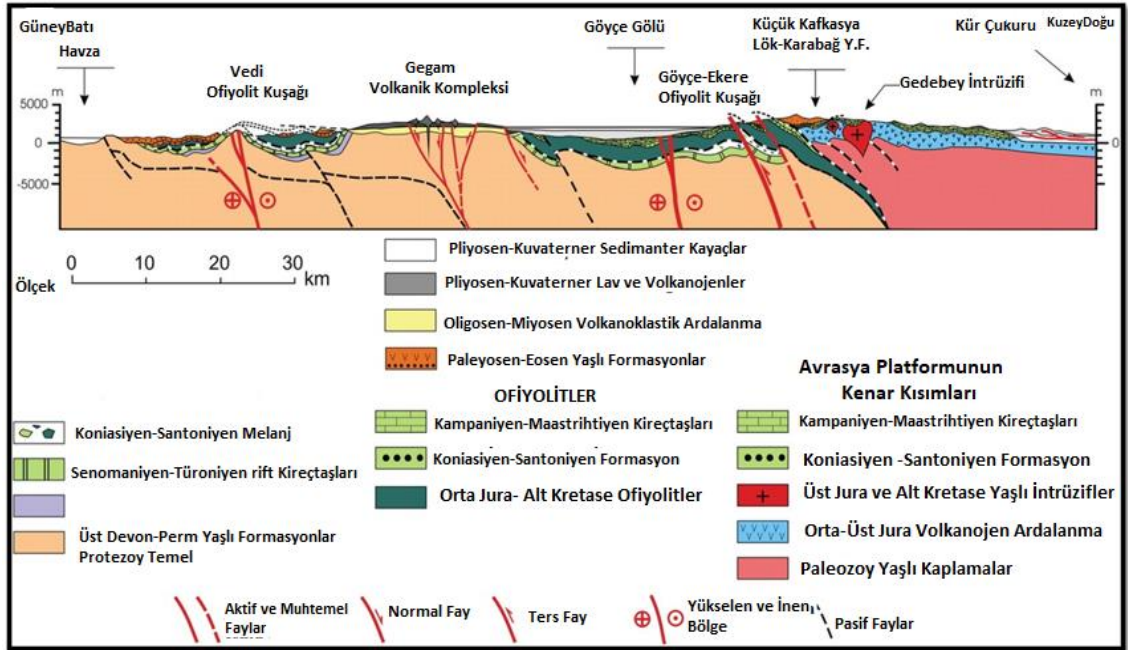
Üst Turoniye-Koniasiyen yaşlı birimler içinde barındırdıkları kayaların petrografik özelliklerine göre toplam kalınlığı 439 m olan iki seviyeye ayrılmaktadır:

1) Volkanik örtü ve kırıntılı sedimanlarından oluşan alt seviye: Bu seviye daha çok Kemendkaya Dağı'nın etrafında, Perverkar Köyü çevresinde ve Çıplak Dağ'ının güneydoğusunda yayılım göstermektedir.

2) Biyotit-hornblend ve plajioklas-hornblendli kristal-vitroklastik tüflerden oluşan üst seviye: Altın Dereden ve Dağkesemen cevher bölgesinden geçerek Üst Turoniyen-Alt Koniasiyen yaşlı birimlerle ve Üst Koniasiyen-Alt Santoniyen yaşlı birimler arasında, güneybatıya kadar uzanan bir sınır rolü oynamaktadır.

Küçük Kafkasya'nın Azerbaycan kısmında yapısal-formasyonlar kuzeyden güneye doğru Lök-Karabağ, Göyçe-Ekere, Mishana-Zengezur ve Aras olarak ayrılmıştır. Dağkesemen maden bölgesi Lök-Karabağ yapısal-formasyon bölgesinin Kazak grabeninde yer almaktadır.

Lök-Karabağ yapısal-formasyonu yetkin kıtasal kabuk üzerinde oluşmuş ada yaylarının alternatifi olarak tanımlanmaktadır. Bu formasyon kuzeydoğudan Kür dağırası çukuru ile, güneybatıdan ise Göyçe-Ekere formasyonu ile sınırlanmaktadır (Şekil 12).



Şekil 12. Vedi ofiyolit kuşağından Kür çukuruna kadar kapsayan alanın jeolojik kesiti (Veliyev ve ark., 2018).

4.4. Dağkesemen Altın-Polimetal Yatağının yayılımı ve konumu

Dağkesemen maden provensinin bulunduğu Kazak grabeni ve çevresi olduğu ilk zamanlardan günümüze kadar jeolojik olayların en yoğun gerçekleştiği alanlardan biridir. Kazak grabeni ve ana yapısal unsuru olan Dağkesemen maden yatağında meydana gelen

tektonik, magmatik ve postmagmatik olaylar zengin bir endojen cevherleşme için jeolojik, yapısal ve metalojenik zemin oluşturmuştur. Son yıllardaki jeolojik çalışmalar, grabenin basamak yapılı blok yapısına sahip olduğunu ve Doğu bloğunun Şemkir horstu ile sınırlandığını göstermiştir. Araştırmacılara göre yörede jeosenklinal rejimin ilk aşamalarında meydana gelmiş olan çeşitli cevherleşmelerden, jeosenklinal rejimin son aşamasında oluşmuş altın-polimetal cevherleşmelerine kadar birçok maden yatağı ve zuhuru bulunmaktadır.

Dağkesemen polimetalik Au yatağı içerisinde cevherleşme $41^{\circ} 02' 44,828''$ kuzey enlem ve $45^{\circ} 24' 27,259''$ doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Bölgedeki en iyi bilinen maden zuhurları Avey Au-Cu zuhuru, Ferehli Au-Ag polimetal zuhuru, Göyzen Cu polimetal zuhuru, Hasansu Au-Cu polimetal zuhurudur. Maden yatakları içerisinde en önemlisi inceleme alınıımız olan Dağkesemen polimetalik Au yatağıdır.

4.4.1. Madencilik tarihçesi

Bölgede madencilik faaliyetlerinin 2000 yıl kadar önce başladığı ve buradaki zengin bakır zuhurlarının ilk yerleşimcilerden sonra dönem el değiştirerek Osmanlı, İran ve Azerbaycan Hanlıkları tarafından işletildiği belirtilmektedir. Azerbaycan 19. yüzyılın başından 1991 yılına kadar Rus (Eski SSCB) yönetiminde kalmıştır. Bu dönemde Azerbaycan'da maden araması yapmak isteyen ülkeler Rusya ile sözleşme yaparak arama ve üretim faaliyetlerini gerçekleştirmişlerdir.

Abdullayev ve ark. (1998)'na göre bölgedeki ilk altın varlığı Ağstafaçay'ın sağ sahilinde Musin-Puşkin (1799) tarafından keşfedilmiştir. Ağstafaçay altın yatağı altere kuvarsitlerin içinde altın, demir oksit, pirit ve malahit parajenezi içinde yer almaktadır. Bölgede Eyfeld ve Loginov (1806-1807) tarafından yapılan maden jeolojisi çalışmalarında yatakta altın tenörünün 5.3 g/t–201 g/t arasında değiştiği belirtilmiştir.

Daha sonra Alekseyev (1814) ve Karpinski (1820) bölgede çalışmalar yapmış olup, 100 pod (1638 kg) cevher içinde en az 227 gr (141.5 gr/ton) saf altın bulunduğunu ve yatağın 5 köşesini kapsayan yaklaşık 5 km²'lik alanda yüksek düzeyde altın birikimi bulunduğunu belirtmiştir. Karpinski (1820), belirlenen zengin altın zonunun yaklaşık ortasında Dağkesemen-Şamşaddin köy yolunun 200-215 m kuzeyinde birçok zengin plaser altın topluluklarının bulunduğunu ifade etmiştir.

Ağstafaçay üzerinden alınan bazı numunelerde 20-300 mg/m³ aralığında ortalama 100 mg/m³ altın varlığı dikkat çekicidir. Ağstafaçay'ın aynı isimli sağ kolundaki

Dağkesemen bölgesinde polimetallik alandan türeme altere kayaç parçaları içeren proluvial–alüvyal malzemelerde bate ile yıkama sonucunda tane boyu 0.5-1.0 mm arasında değişen ortalama 1-7 tane içeren yıkanmış numunenin altın tenörü 20-100 mg/m³ arasındadır.

Karayeva (1987) Dağkesemen sahasının sfaleritlerindeki demir içeriğinin % 2.19 ile % 6.20 arasında değiştiğini belirtmektedir. Aynı doğrultudaki farklı bölgelerin sfaleritleri içerisinde demirin miktarı sabit değildir. İkinci bölgede, sfalerit içindeki demir içeriği % 2.19 ile % 3.91 arasında değişirken, dördüncü bölgede bu miktar % 2.50 ile % 6.20 arasında değişmektedir. Bilimsel literatürde demirin % 2.1'inin sfalerit içeriğinin düşük sıcaklıkta mineral oluşumunu gösterdiğini, bir başka deyişle, epitermal sfaleritlerin bulunduğu ortaya çıkmaktadır.

Dağkesemen polimetallik altın yatağı, ülkenin altın madenciliği endüstrisi için en iyi çalışılan maden yataklarından biridir. Azerbaycan'ın doğal kaynaklarını geliştirmek için yeni keşfedilen yataklara ek olarak, daha önce bilinen yatakların rezervlerinin geliştirilmesi için cevherli bölgelerin üst ve alt horizonları incelenerek değerlendirilmektedir. Cevherleşmelerin devamı niteliğindeki alanlarda yapılmakta olan yeni aramalar daha derinlerdeki maden yataklarının varlığı ve rezervlerinin belirlenmesi için önemli veriler ortaya koymaktadır. Dağkesemen polimetallik altın yatağında daha önce saha çalışmaları yapılmış, yataklardan alınan numuneler üzerinde mineralojik, petrografik ve jeokimyasal analizler gerçekleştirilmiş ve yapısal özellikleri ortaya konulmuştur. Ancak bu sahadaki maden yataklarında henüz işletme çalışmaları yapılmamaktadır.

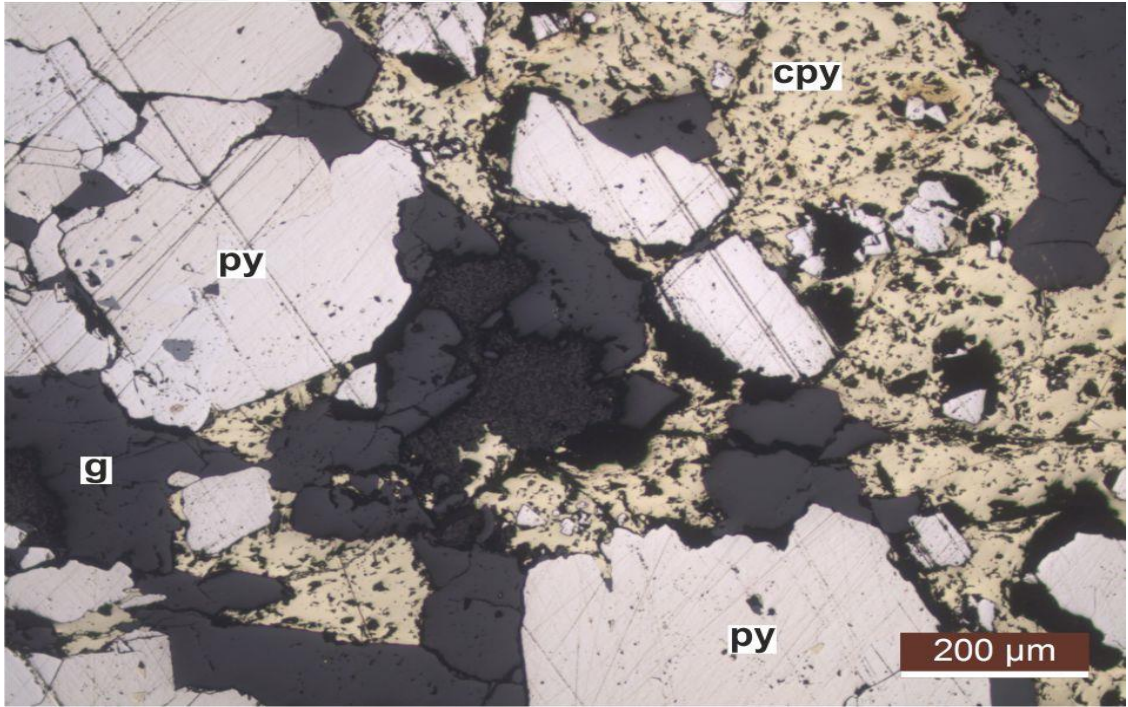
4.4.2. Mineralojik-petrografik incelemeler

Dağkesemen polimetallik Au yatağından derlenen örneklerin makroskobik, mikroskobik ve XRD incelemeleri sonucunda görülen cevher mineralleri; sfalerit, galenit, kalkopirit, pirit, bornit, dijenit, seruzit, kovellin, kalkosin, malahit, azurit, hematit, manyetit, ilmenit ve anglezit olup tespit edilen gang mineralleri ise kuvars, kalsit, dolomit, jips ve florittir. Yine cevherleşme ile ilişkili kayaçlar ve alterasyon örnekleri içerisinde plajiyoklas, klorit, mika/illit, serpantin, alkali-feldspat ve kil mineralleri yaygın olarak gözlenmiştir.

4.4.2.1. Cevher mikroskobisi çalışmaları

Dağkesemen polimetalik Au yatağından alınan 12 numunenin parlatma kesitleri yapılmıştır. Parlatma kesitlerinin mikroskobik incelemelerinde tespit edilen metalik mineraller pirit, kalkopirit, sfalerit, galenit, seruzit, kovellin, kalkosin, dijenit ve gang mineralleridir. Dağkesemen polimetalik Au cevherleşmesi içerisinde en yaygın görülen birincil mineral **pirittir**. Cevherleşme içerisinde piritler iri-ince taneli, levhamsı olup saçılımlı yapıda rastlanmaktadır. Genellikle özşekilli bazen de yarı özşekilli olarak görülmektedir. Piritler genellikle kalkopirit, sfaleritle ve galenitle birlikte bulunmaktadır.

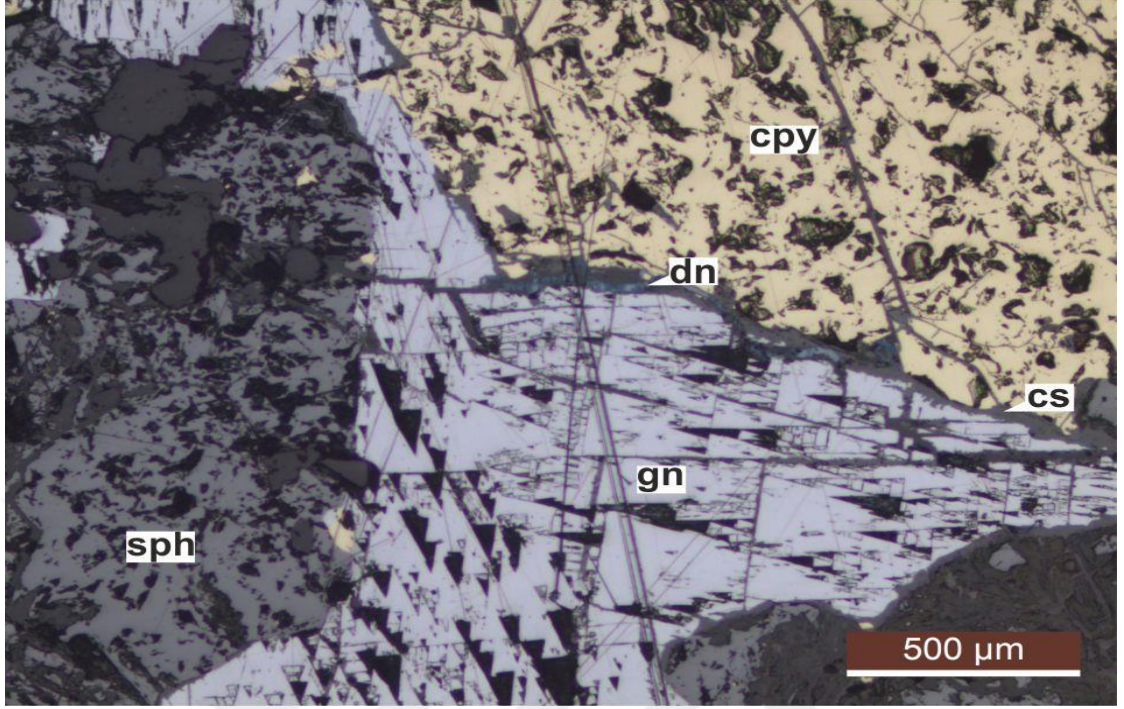
Dağkesemen polimetalik Au cevherleşmesinde en yaygın görülen minerallerden biri de **kalkopirittir**. Cevherleşme içerisindeki kalkopiritler genellikle özşekilsiz olarak yer almaktadır. Çoğu zaman kalkopiritler sfalerit, galenit ve piritle birlikte bulunmakta olup yer yer galenitler içerisinde sfalerit ve kalkopirit kapanımları gözlenmektedir (Şekil 13).



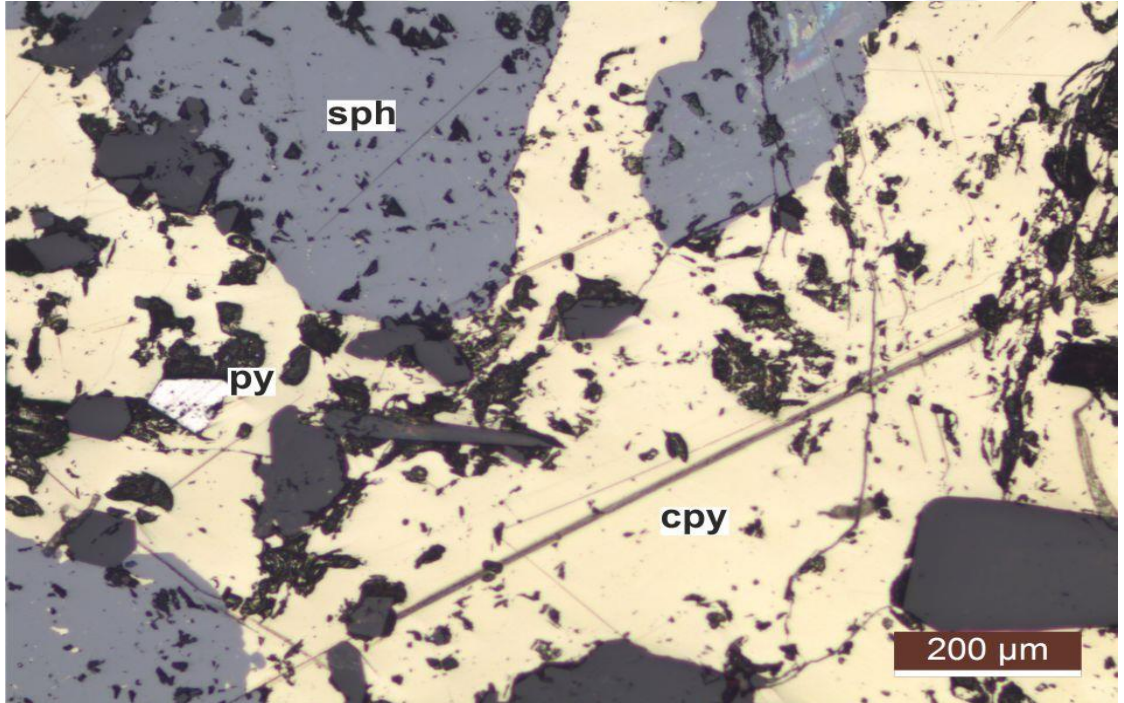
Şekil 13. Dağkesemen polimetalik Au yatağından derlenen örneklerde yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında gözlenen özşekilsiz kalkopirit (**cpy**), yarı özşekilli pirit (**py**) ve gang minerali (**g**).

Yatakta yaygın olarak gözlenen **sfaleritler** genellikle yarı özşekilli ve özşekilsiz olup kalkopiritler ile birlikte yer almakta ve bazı kesitlerde kalkopiritler tarafından ornatılmış olarak gözlenmiştir (Şekil 14 ve Şekil 15). Cevherleşme içerisinde sık

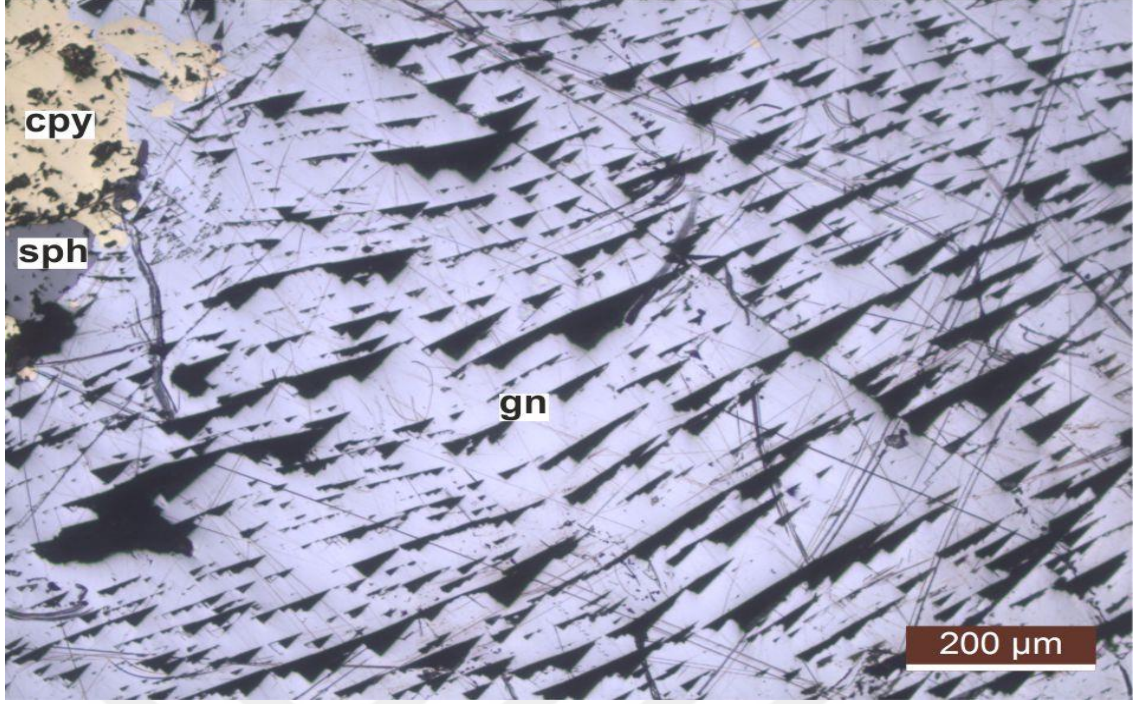
rastlanan minerallerden olan **galenitler** genellikle özşekilsiz olup (Şekil 16) yer yer kırık ve çatlakları ile kenarları boyunca seruzite dönüşmüşlerdir.



Şekil 14. Dağkesemen polimetalik Au yatağından derlenen örneklerde yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında gözlenen kalkopirit (**cpy**), sfalerit (**sph**) ve galenit (**gn**) ile galenitin kenarları boyunca gelişen seruzit (**cs**) ile kalkopiritin kenarları boyunca gelişen dijenit (**dn**).



Şekil 15. Dağkesemen polimetalik Au yatağından derlenen örneklerde yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında gözlenen özşekilsiz kalkopirit (**cpy**) tarafından ornatılan sfalerit (**sph**) ile kalkopirit (**cpy**) içerisinde kapanım şeklinde görülen yarı özşekli pirit (**py**).



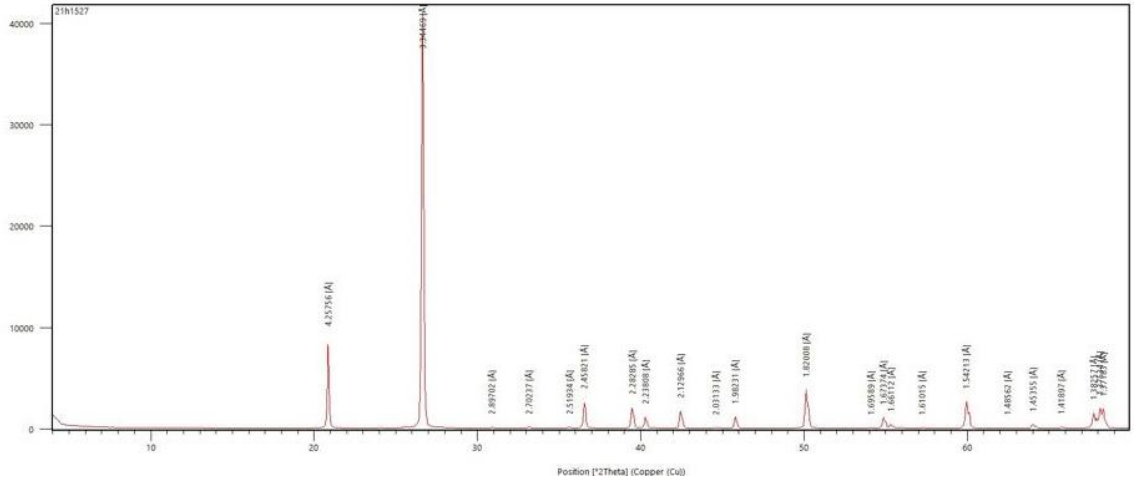
Şekil 16. Dağkesemen polimetalik Au yatağından derlenen örneklerde yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında gözlenen sfalerit (**sph**) ve kalkopirit (**cpy**) kapanımları içeren galenit (**gn**).

4.4.2.2. X-Işınları Difraktometre (XRD) analizleri

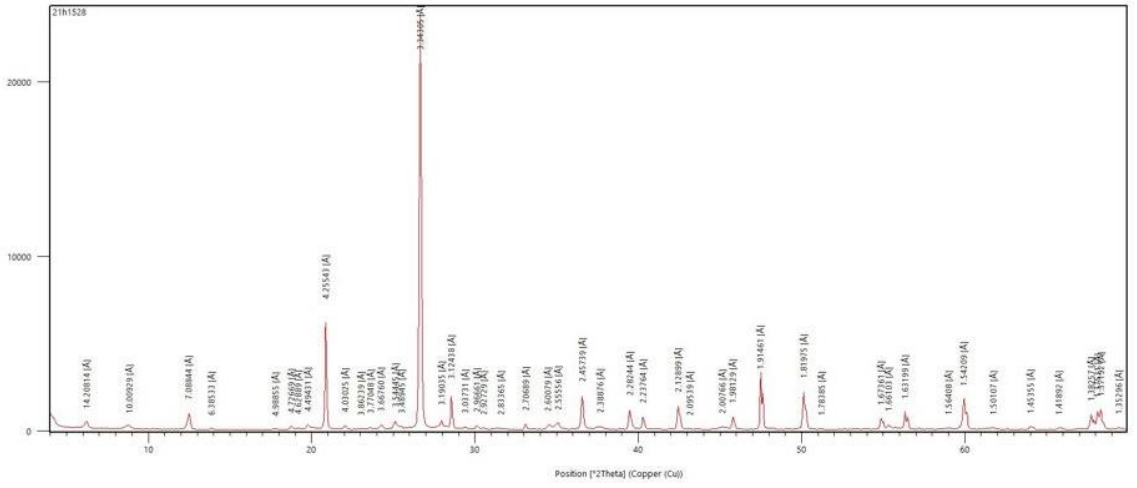
Dağkesemen polimetalik Au yatağından derlenen alterasyon, cevher ve kayaç örneklerinden parlatma ve ince kesit çalışmalarında gözlenemeyen minerallerin belirlenmesi için gerçekleştirilen X-Işınları Kırınım (XRD) analizleri sonucu tespit edilen başlıca mineraller **pirit, sfalerit, hematit, manyetit, galenit, florit, kalkopirit, ilmenit, anglezit, plajiyoklas ve dolomit**tir. İnce kesit, parlak kesit ve XRD analizleri sonucunda cevherleşme bölgesinde tespit edilen alterasyon zonları ise **arjilik** ve **propilitik** alterasyonlardır (Şekil 17-20).



Şekil 17. Dağkesemen polimetalik Au cevherleşmesine XRD çalışması yapılan AB-2 ve AB-7 numaralı örnekler



a. AB-15 Nolu örneğe ait X-RAY difraktogramı

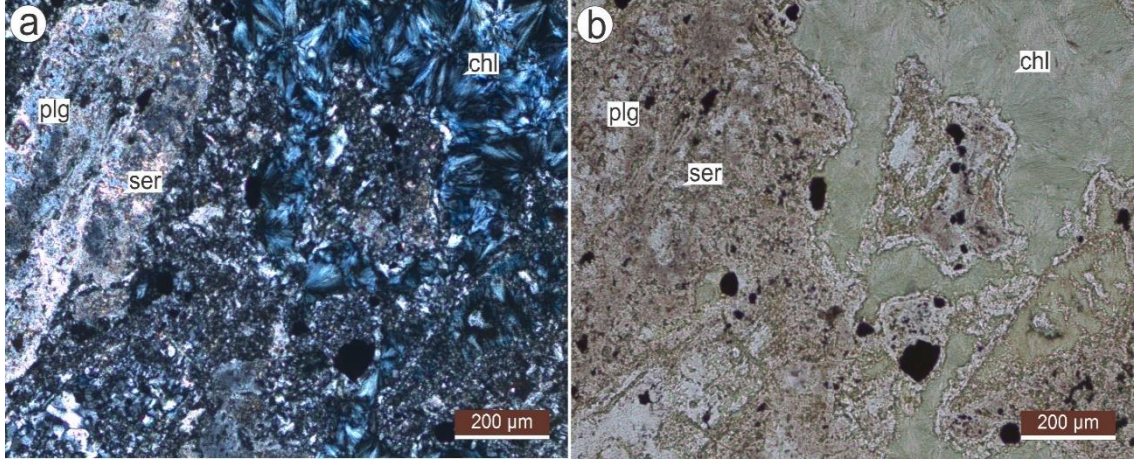


b. AB-18 Nolu örneğe ait X-RAY difraktogramı

Şekil 20. Dağkesemen polimetallik Au cevherleşmesinde **a)** AB-15 ve **b)** AB-18 numaralı örneklerde gerçekleştirilen XRD çalışmalarına ait difraktogramlar

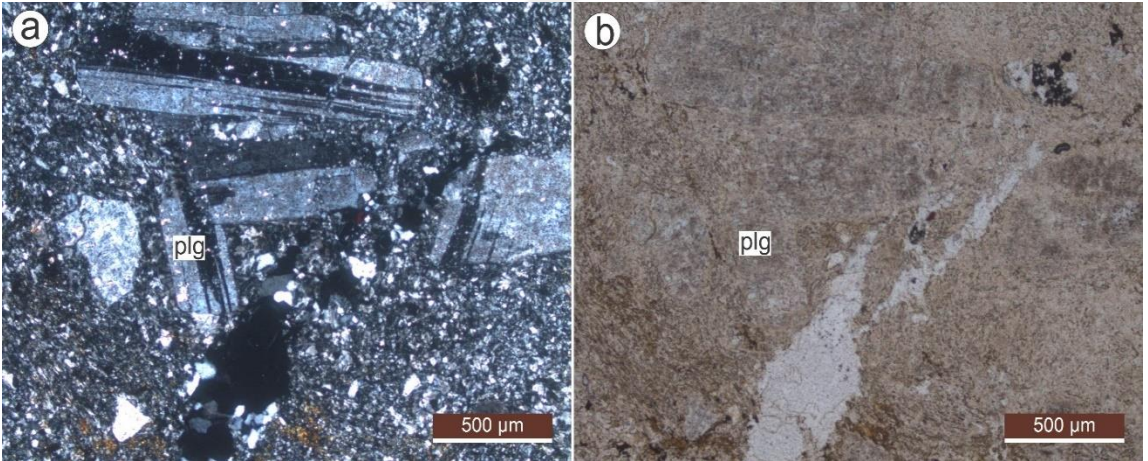
4.4.2.3. Kayaç petrografisi çalışmaları

Dağkesemen polimetallik Au yatağına ait cevherleşme bölgesinden derlenen 17 numunenin polarizan mikroskopta incelenen ince kesitlerinde altere porfirik dokulu andezitler gözlenmiştir. Yer yer silisleşmiş andezit, traki-andezit ve dasitler içerisinde kaolinleşmiş plajiolas, klorit, sanidin, piroksen, alunit, serisit, granat, sfen (titanit), kalsit, opak mineral ve ikincil kuvars oluşumları görülmektedir (Şekil 21 ve Şekil 22).



Şekil 21. Dağkesemen polimetallik Au yatağından derlenen örneklerden yapılan ince kesitlerde gözlenen porfirik dokulu andezit içerisindeki kaolinleşmiş (**kao**) ve serisitleşmiş (**ser**) plajiyoklas (**plg**) ile klorit (**chl**) (a: +N, b: //N).

Cevherleşme alanında yer alan kayaların yoğun alterasyon türlerine bakıldığında yaygın olarak arjilik ve propilitik alterasyonlar olarak belirlenmiş olup arjilik alterasyon içerisinde kaolinit ve illit yaygın olarak gözlenirken, propilitik alterasyon içerisinde klorit, epidot ve kalsit yaygın olarak gözlenmiştir.



Şekil 22. Dağkesemen polimetallik Au yatağından derlenen örneklerden yapılan ince kesitlerde gözlenen porfirik dokulu andezit içerisindeki plajiyoklas (**plg**) ve ikincil kuvars oluşumları (a: +N, b: //N).

4.4.3. Jeokimyasal çalışmalar

Dağkesemen polimetallik Au yatağından toplam 14 numunenin kimyasal analizleri yapılmıştır. İnceleme alanından derlenen 3 numune (AB-4, AB-6 ve AB-19) yankayaç numunesi olup bu numunelerde SiO_2 ile birlikte diğer ana oksitler (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , MnO , Cr_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5) majör oksit cinsinden analizleri yapılırken diğer bileşenler element konsantrasyonu bakımından analiz edilmiştir. Diğer numunelerde ise Si dışında bütün bileşenler element konsantrasyonu şeklinde analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda element konsantrasyonu olarak analiz edilen Al,

Ca, Fe, K, Mg, Na, P, Cr, Si ve Ti oksit konsantrasyonlarına dönüştürülerek % olarak verilmiştir. Numunelerde oldukça yüksek değerlere ulaşan Cu, Pb ve Zn, sonuçları da % olarak verilirken, Au ppb diğer bileşenler ise ppm cinsinden verilmiştir. İnceleme alanından alınan numunelerde ortalama, en büyük ve en küçük değerler, bu değerlerin değişim aralıkları, standart sapma ve standart hata değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Dağkesemen polimetallik Au yatağından derlenen örneklerin kimyasal analiz sonuçları ve istatistiksel özeti (Ort.: ortalama, Std. Sp.: standart sapma, Std. Ht.: standart hata, Min.: minimum, Max.: maksimum)

	Sayı: n	Birim	AB-1	AB-2	AB-3	AB-4	AB-5	AB-6	AB-7	AB-8	AB-9	AB-12	AB-14	AB-16	AB-18	AB-19	Ort.	Std. Sp.	Std. Ht.	Min.	Max.
SiO ₂	3	%	-	-	-	65.10	-	56.40	-	-	-	-	-	-	-	49.80	57.10	4.43	7.67	49.80	65.10
Al ₂ O ₃	14	%	0.62	0.36	0.21	11.85	0.38	17.00	0.94	0.47	0.13	0.49	1.70	0.38	1.72	17.55	3.84	6.44	1.72	0.13	17.55
Fe ₂ O ₃	14	%	42.46	3.87	4.32	8.85	3.33	8.40	15.58	4.85	11.05	3.85	4.79	9.59	4.35	10.90	9.73	10.11	2.70	3.33	42.46
CaO	14	%	0.25	0.06	0.10	0.26	0.39	0.33	14.90	0.03	0.90	1.09	1.48	0.15	0.17	0.37	1.46	3.89	1.04	0.03	14.90
MgO	14	%	0.48	0.36	0.10	3.17	0.91	3.99	1.11	0.30	0.10	0.27	1.21	0.08	1.27	4.58	1.28	1.51	0.40	0.08	4.58
Na ₂ O	14	%	0.01	0.01	0.00	2.63	0.01	1.32	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	2.47	0.47	0.95	0.25	0.00	2.63
K ₂ O	14	%	0.06	0.05	0.05	2.02	0.14	6.56	0.02	0.07	0.02	0.08	0.12	0.02	0.12	5.73	1.08	2.22	0.59	0.02	6.56
MnO	14	%	0.05	0.06	0.03	0.30	0.18	0.51	0.73	0.05	0.05	0.07	0.17	0.12	0.14	0.57	0.22	0.23	0.06	0.03	0.73
Cr ₂ O ₃	14	%	0.003	0.004	0.002	0.005	0.002	0.004	0.006	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.003	0.001	0.001	0.001	0.006
TiO ₂	14	%	0.007	0.002	0.002	0.580	0.002	0.790	0.002	0.002	0.002	0.002	0.050	0.070	0.002	0.730	0.160	0.300	0.080	0.002	0.790
P ₂ O ₅	14	%	0.01	0.01	0.01	0.09	0.05	0.20	0.01	9.00	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.19	0.69	2.39	0.64	0.01	9.00
Cu	14	%	0.86	1.27	1.00	0.04	0.18	0.01	5.93	2.48	6.81	1.74	0.40	0.09	0.53	0.17	1.54	0.58	2.18	0.01	6.81
Pb	14	%	1.21	0.67	20.00	0.03	3.21	0.02	0.29	15.60	0.17	16.90	0.20	0.52	2.60	0.09	4.39	1.93	7.22	0.02	20.00
Zn	14	%	0.00	30.00	16.00	0.92	1.27	0.24	1.72	20.40	0.13	17.40	6.65	0.45	19.45	0.64	8.31	2.71	10.15	0.00	30.00
Au	14	ppb	93.5	44.0	160.0	24.5	254.0	12.0	198.0	79.3	243.0	65.2	196.0	964.0	225.0	38.7	190.0	60.0	240.0	10.0	964.0
Ag	14	ppm	8.6	7.0	57.9	0.5	9.0	0.3	13.8	27.3	57.5	31.1	2.8	2.9	7.7	0.9	16.2	5.3	19.9	0.3	57.9
Bi	14	ppm	7.0	0.1	0.6	0.0	0.1	0.0	2.9	0.3	0.5	0.2	0.2	4.3	0.4	0.2	1.2	0.6	2.1	0.0	7.0
Ga	14	ppm	2.1	5.1	2.0	8.1	1.3	12.2	2.6	3.1	0.8	3.1	4.2	9.7	7.1	13.7	5.4	1.1	4.1	0.8	13.7
Hf	14	ppm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Li	14	ppm	0.8	0.6	0.2	5.0	0.4	6.5	1.1	0.4	1.3	0.4	1.8	0.4	1.7	8.8	2.1	0.7	2.7	0.2	8.8
Nb	14	ppm	0.3	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.4
Hg	14	ppm	0.1	2.5	0.8	0.1	0.3	0.1	0.1	1.0	0.2	0.9	0.9	0.1	2.2	0.0	0.7	0.2	0.8	0.0	2.5
As	14	ppm	36.8	1.6	5.9	8.8	26.9	4.3	50.8	2.4	18.0	2.1	3.0	148.0	3.9	4.7	22.6	10.5	39.1	1.6	148.0
Sn	14	ppm	0.5	0.5	0.2	0.5	0.5	0.4	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	1.8	0.4	0.4	0.5	0.1	0.4	0.2	1.8
Mo	14	ppm	2.1	0.7	1.8	5.5	1.2	0.6	3.3	1.0	6.2	2.5	1.6	12.4	0.8	0.5	2.9	0.9	3.3	0.5	12.4
Sb	14	ppm	1.6	0.4	8.7	0.2	1.8	0.1	3.9	4.3	1.4	4.5	0.2	2.0	1.1	0.2	2.2	0.7	2.4	0.1	8.7
Cd	14	ppm	51.4	2150.0	872.0	48.8	65.8	11.6	101.0	997.0	19.6	869.0	366.0	21.6	1070.0	34.6	477.0	169.8	635.3	11.6	2150.0
Co	14	ppm	22.0	42.6	18.6	21.6	31.4	20.2	17.1	20.5	3.5	19.6	10.4	2.0	14.8	21.6	19.0	2.7	10.2	2.0	42.6
Ni	14	ppm	21.3	34.9	9.1	30.1	16.8	25.6	5.4	6.3	8.9	7.5	15.6	7.4	22.6	12.3	16.0	2.6	9.6	5.4	34.9
Rb	14	ppm	1.4	1.2	1.4	3.6	1.8	5.3	0.5	1.8	0.3	2.1	3.2	0.3	3.2	1.3	2.0	0.4	1.4	0.3	5.3
Sr	14	ppm	9.0	1.0	4.3	3.3	19.1	3.7	43.6	3.0	18.3	6.4	6.3	13.3	2.4	4.4	9.9	3.0	11.3	1.0	43.6
Ba	14	ppm	2.9	6.4	12.8	46.8	64.1	104.5	29.8	11.7	82.2	17.7	33.8	51.6	10.1	68.2	38.8	8.5	31.7	2.9	104.5
Se	14	ppm	18.8	1.0	24.0	0.5	6.2	0.4	23.8	8.9	4.0	7.7	0.5	4.7	4.1	0.7	7.5	2.3	8.5	0.4	24.0
Te	14	ppm	37.5	0.4	17.6	0.1	1.8	0.0	5.3	5.3	0.3	6.4	0.2	8.5	1.0	0.3	6.0	2.8	10.3	0.0	37.5
Th	14	ppm	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.3
U	14	ppm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	3.6	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.3	0.3	1.0	0.0	3.6
V	14	ppm	12.3	7.7	4.0	83.1	9.0	146.5	18.5	9.5	72.2	8.5	39.9	164.5	33.0	189.5	57.0	17.3	64.8	4.0	189.5
W	14	ppm	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
Zr	14	ppm	1.6	0.1	0.8	0.6	1.4	0.9	0.8	0.1	1.4	0.1	2.2	0.7	0.9	0.7	0.9	0.2	0.6	0.1	2.2
Sc	14	ppm	1.5	0.9	0.8	7.0	1.5	11.7	6.4	1.0	2.8	1.5	3.2	3.8	2.6	19.6	4.6	1.4	5.3	0.8	19.6
Y	14	ppm	1.4	0.4	0.6	2.5	3.8	4.4	39.8	0.5	5.4	2.3	4.0	1.2	2.0	3.7	5.1	2.7	10.1	0.4	39.8

Analizi gerçekleştirilen Cu, Pb ve Zn ilk analizlerde deteksiyon limitinin üzerinde çıktığı için yeniden analizleri yapılmış ancak bu analizlerde de bazı numunelerde Pb, Zn ve Cu analiz sınırının üzerinde çıkmıştır. Bu elementlerle birlikte, Ag, Cd, Mn, V ve As elementlerinin değişim aralıkları geniş ve standart sapmaları oldukça büyük olup bazı numunelerde ölçülen aşırı yüksek değerler cevherleşmeden kaynaklanmaktadır (Çizelge 1).

Dağkesemen polimetallik Au yatağında analizi gerçekleştirilen ana oksitlerden SiO_2 % 57.1, Al_2O_3 % 3.84, Fe_2O_3 % 9.73, CaO % 1.46, MgO % 1.28, K_2O % 1.08 ve Na_2O % 0.47 ortalama değerlere sahiptir (Çizelge 1).

Yatakta ortalama % 9.73 oranında bulunan Fe_2O_3 bir numunede % 42.46'ya ulaşmaktadır. Buna göre demir bakımından önemli olan yatakta Fe_2O_3 hem manyetit, hematit gibi oksitli mineraller hem de pirit, kalkopirit, bornit gibi birincil sülfidli mineraller içinde zenginleşmiştir.

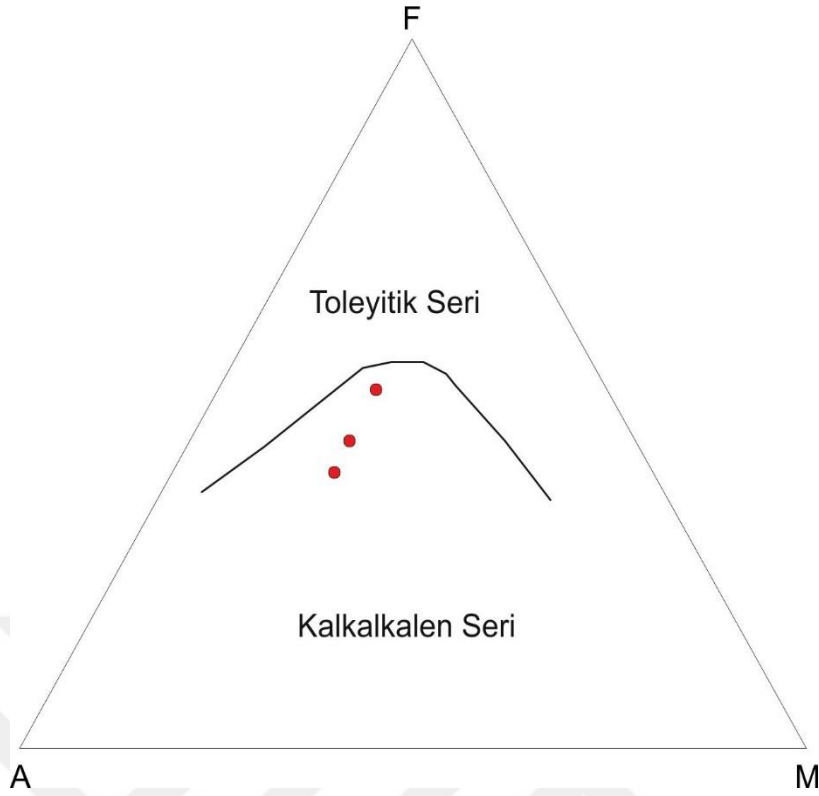
Dağkesemen yatağında ortalama % 1.54 Cu bulunmakta olup değişim aralığı % 0.04-% 6.81'dir. Yataktaki Cu mineralojik ve petrografik analizlerde belirlenen kalkopirit, bornit, kovellin ve kalkozin ile bakır içeren sülfatlara bağlıdır.

Dağkesemen yatağında Zn bazı numunelerde % 30'dan fazla bulunmakta olup yataktaki Zn sfaleritlere bağlı olarak zenginleşmiştir. Yatakta benzer olarak % 20'yi aşan Pb 5630 ppm'e ulaşan Mn, 2150 ppm'e ulaşan Cd, 189 ppm'e ulaşan V, 104 ppm'e ulaşan Ba ve 148 ppm'e ulaşan As içerikleri önemli görülmektedir (Çizelge 1). Cevher mikroskobisi çalışmalarında yaygın gözlenen pirit, kalkopirit, sfalerit ve galenit Pb, Zn, Fe ve Cu'nun ana mineralleridir.

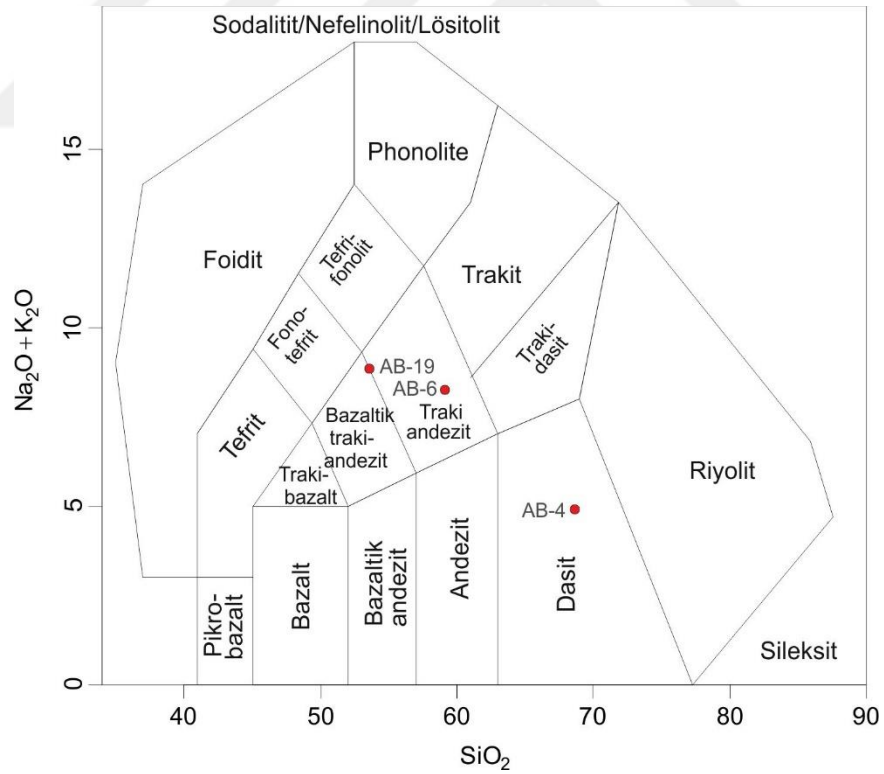
Dağkesemen yatağından alınan numunelerin ortalama Au içeriği 190 ppb olup en yüksek Au değeri 964 ppb'dir. Yataktaki ortalama Ag ise 16.2 ppm olup Ag değerleri 57.9 ppm'e kadar yükselmektedir. Buna göre Dağkesemen yatağında 1 ppm'e oldukça yakın olan Au ve 50 ppm'i aşan Ag değerleri ile diğer bazı metallerden Pb, Zn, Cu ve Fe ile birlikte altın ve gümüş bakımından da önemli bir cevherleşme olduğu ortaya çıkmaktadır.

Kimyasal analiz sonuçlarına göre Dağkesemen yatağı Fe, Cu, Pb, Zn ve Cd bakımından zengin olan polimetallik bir yatak olarak değerlendirilmiş olup içerdiği Au ve Ag değerleri de dikkate alınarak polimetallik Au yatağı olarak nitelenmiştir.

Cevherleşme bölgesinden derlenen kayaç örneklerinden yapılan kimyasal analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ile kayaçların kalkalkalen seri traki-andezit ve dasit bileşiminde oldukları görülmüştür (Şekil 23 ve Şekil 24).



Şekil 23. Dağkesemen polimetallik Au yatağındaki kayaların AFM diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971).



Şekil 24. Dağkesemen polimetallik Au yatağındaki kayaların Toplam Alkali-Silis (TAS) diyagramı (Middlemost, 1994).

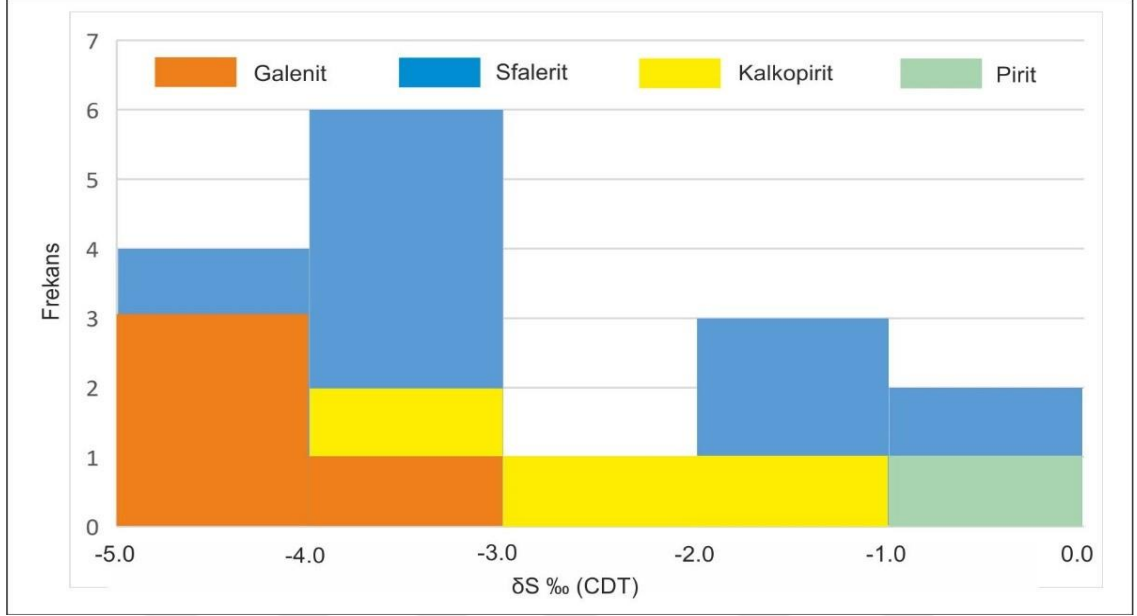
4.4.4. S İzotopu çalışmaları

Dağkesemen polimetalik Au yatağından derlenen cevher örneklerindeki sülfid mineralleri (sfalerit, galenit, kalkopirit, pirit) üzerinde gerçekleştirilen kükürt izotop incelemeleri % 100 veya çok yakın saflıkta ayrılmış 16 adet örnek için yapılmıştır. Arizona Üniversitesi Duraylı İzotop Laboratuvarında gerçekleştirilen analiz sonuçları örnek numarası ve mineral türü de dikkate alınarak Çizelge 2’de verilmiştir. Analiz sonuçlarındaki hassasiyet ‰ 0.15 olarak ölçülmüştür. Buna göre, Dağkesemen polimetalik Au cevherleşmesindeki minerallerin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ‰ -5.0 ile ‰ -1.0 arasında değişmekte olup, sfaleritlerin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ‰ -0.6 ile ‰ -4.0 arasında değişirken, galenitlerin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri -3.1 ile ‰ -5.0 arasında değişmektedir. Cevherleşme içerisindeki kalkopiritlerin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ‰ -3.3 ile ‰ -1.8 arasında değişkenlik gösterirken piritin $\delta^{34}\text{S}$ değerinin ise ‰ -2.5 olduğu görülmektedir (Çizelge 2; Şekil 25). $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin dağılımının darlığı (binde ± 5) ve binde sıfıra yakınlıkları magmatik hidrotermal yatakların özellikleridir (Jensen, 1967; Gökçe, 1993; Özen, 2012; Özen ve Arık, 2015; İsmayıl ve ark., 2021a; İsmayıl ve ark., 2021b). Cevherleşmeye ait kalkopirit, galenit, sfalerit ve piritin hesaplanan $\delta^{34}\text{S}_{\text{H}_2\text{S}}$ değerleri ise Çizelge 2’de verilmiştir. Buna göre $\delta^{34}\text{S}_{\text{H}_2\text{S}}$ değerleri, kalkopirit için ‰ -3.1 ile ‰ -1.6; galenit için ‰ -2.7 ile ‰ -0.8; sfalerit için ‰ -4.4 ile ‰ -1.0; pirit için ise ‰ -2.5’dir.

Çizelge 2. Dağkesemen polimetalik Au yatağındaki sülfid minerallerinin ve H_2S ’in $\delta^{34}\text{S}$ izotop değerleri (H_2S hesaplanmasında kullanılan formüller, pirit için $1000 \ln \alpha = 0.40(10^6/T^2)$; galenit için $1000 \ln \alpha = -0.63(10^6/T^2)$; kalkopirit için $1000 \ln \alpha = -0.05(10^6/T^2)$; sfalerit için $1000 \ln \alpha = 0.10(10^6/T^2)$; Ohmoto ve Rye (1979)’dan alınmıştır. $T=250\text{ }^\circ\text{C}$ olarak hesaplanmıştır.

Mineral	Örnek No	$\delta^{34}\text{S}$ (‰) Mineral	$\delta^{34}\text{S}$ (‰) H_2S
Sfalerit	AB-1	-1.5	-1.9
	AB-2F	-3.5	-3.9
	AB-2	-4.0	-4.4
	AB-3	-4.0	-4.4
	AB-5	-0.6	-1.0
	AB-7	-2.0	-2.4
	AB-14	-3.7	-4.1
	AB-18	-3.4	-3.8
Galenit	AB-3	-4.6	-2.3
	AB-5	-3.1	-0.8
	AB-8	-4.8	-2.5
	AB-12	-5.0	-2.7
Kalkopirit	AB-2	-3.3	-3.1
	AB-7	-2.7	-2.5
	AB-8	-1.8	-1.6
Pirit	AB-1	-1.0	-2.5

Dağkesemen polimetallik cevherleşmesindeki sfalerit, galenit, kalkopirit ve piritlere ait $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin birbirlerine yakın değerler göstermesi bu minerallerin aynı kökenli akışkandan kaynaklandığını işaret etmektedir. Cevherleşmeye ait sülfidli minerallerin $\delta^{34}\text{S}$ değerlerine göre süksesyona göre pirit, sfalerit, kalkopirit, galenit şeklinde olduğu görülmektedir (Şekil 25).



Şekil 25. Dağkesemen cevherleşmesinden derlenen bazı örneklerdeki sfalerit, galenit, pirit ve kalkopiritlerdeki $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin histogramı.

Kükürt izotop jeotermometresine göre Dağkesemen cevherleşmesine ait sülfürlü minerallerden cevherleşmeye ait *sfalerit-galenit*, *sfalerit-kalkopirit* ve *kalkopirit-galenit* arasında olasılıkla sınırlı bir izotopsal dengenin varlığına göre kükürt izotopları ayrımlanma jeotermometresine göre yapılan hesaplamalar ile ortalama oluşum sıcaklıkları hesaplanabilmiştir. Bu çiftler dışındaki mineral çiftlerinde hesaplanan sıcaklık değerlerinin çok yüksek olması mineral çifti arasında izotopsal bir dengenin olmadığını göstermektedir. Buna göre sfalerit-galenit mineral çiftine ait değerler ile hesaplanan denge sıcaklığı 267 °C, sfalerit-kalkopirit çiftine ait denge sıcaklığı 190 °C hesaplanırken, kalkopirit-galenit arasındaki denge sıcaklığı ise 167 °C olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Dağkesemen cevherleşmesinden derlenen bazı örneklerdeki sfalerit, galenit ve kalkopiritlerde ölçüm yapılan $\delta^{34}\text{S}$ değerlerine göre mineral çiftleri için hesaplanan sıvı sıcaklık değerleri (sfalerit-galenit için $\Delta = 0.73 (10^6/T^2)$; sfalerit-kalkopirit için, $\Delta = 0.15 (10^6/T^2)$, kalkopirit-galenit için $\Delta = 0.58 (10^6/T^2)$, formüller Ohmoto ve Rye (1979)'dan alınmıştır).

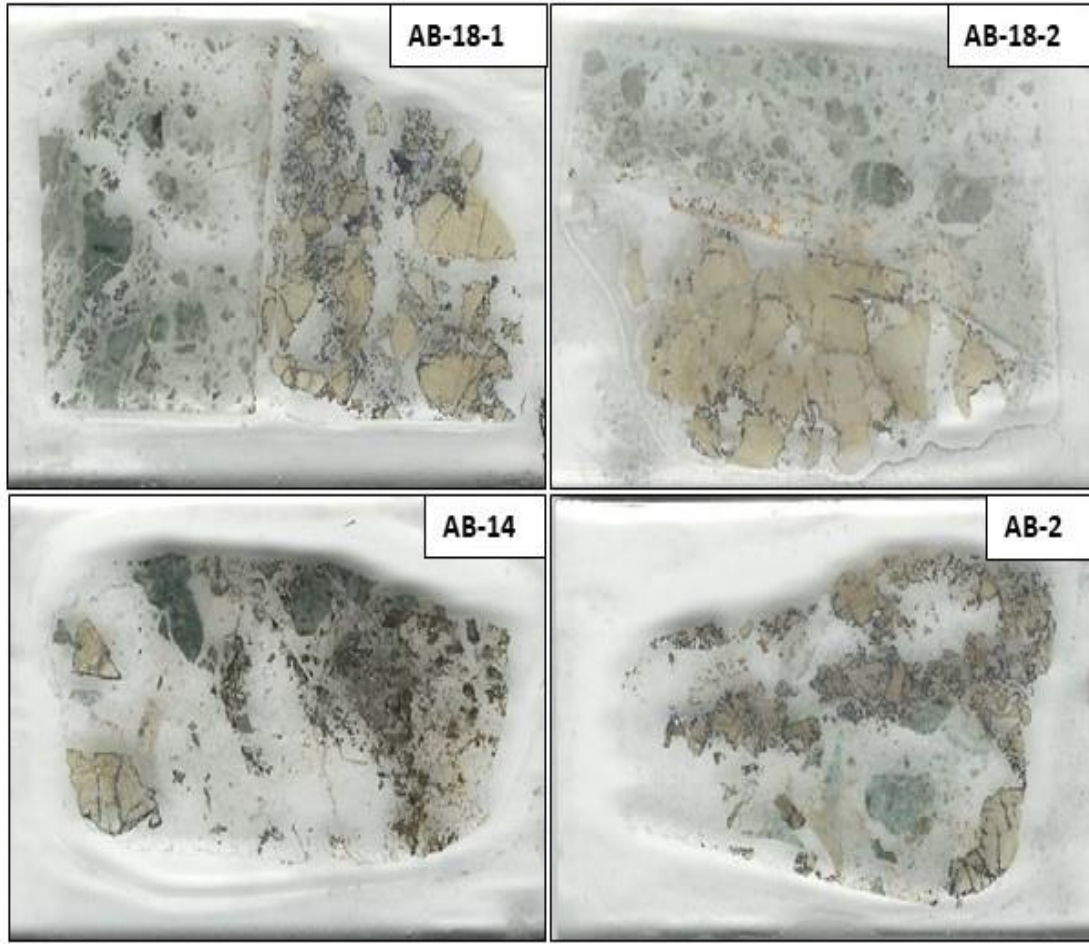
Örnek No	$\delta^{34}\text{S}$			Δ	$T (^{\circ}\text{C})$
	Galenit	Kalkopirit	Sfalerit		
AB-5	-3.1	-	-0.6	2.5	267
AB-7	-	-2.7	-2.0	0.7	190
AB-8	-4.8	-1.8	-	3.0	167

4.4.5. Sıvı Kapanım çalışmaları

Sıvı kapanım analizleri, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Jeoloji Mühendisliği Bölümü Sıvı Kapanım Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. AB 18-1, AB-18-2, AB-14 ve AB-2 numaralı 4 adet sfalerit içeren cevherli kuvars örneği sıvı kapanım çalışmaları için istenilen kalınlığa kadar aşındırılmış ve parlatılmıştır. 80-120 mikron arası kalınlığına kadar inceltilecek ince kesitler hazırlanarak sıvı kapanım petrografisi çalışmaları yapılmıştır. Sıvı kapanımı petrografisi çalışmalarında tüm örneklerdeki sıvı kapanımlar kökensel olarak birincil ve ikincil olarak ayırt edilmiş ve mikrotermometrik ölçümler sırasında faz değişimlerinin izlenebileceği şeffaflıktaki ve büyüklükteki sıvı kapanımlar ölçüm için belirlenmiştir (Şekil 26). Hazırlanan iki tarafı parlatılmış ince kesitler polarizan mikroskopta incelenerek sıvı kapanımların petrografisi yapılmış ve Olympus marka mikroskoba monteli "Linkham THMG - 600 soğutma-ısıtma (heating-freezing) sisteminde mikrotermometrik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Tespit edilen sıvı kapanımlar ölçülmeden önce, sentetik sıvı kapanım standartları ile homojenleşme sıcaklığı (T_h) ölçülmüş ve $200 < T_h < 300 ^{\circ}\text{C}$ için $\pm 7 ^{\circ}\text{C}$, $300 ^{\circ}\text{C} < T_h$ için ise $\pm 10 ^{\circ}\text{C}$ olarak belirlenmiştir. Buna göre sistem kalibrasyonu yapılarak sfalerit ve kuvarslardan ölçümler yapılmıştır (Çizelge 4). Soğutma evresinde yapılan ölçümlerde ise $\pm 0.4 ^{\circ}\text{C}$ bir değişim tespit edilerek kalibrasyonu yapılmıştır. Yapılan ölçümlerden her bir kapanım için elde edilen son buz ergime ($T_m\text{-ice}$) değerleri Bodnar (1993)'ün eşitliğinden yararlanılarak kapanımların % NaCl eşdeğeri tuzlulukları hesaplanmıştır.

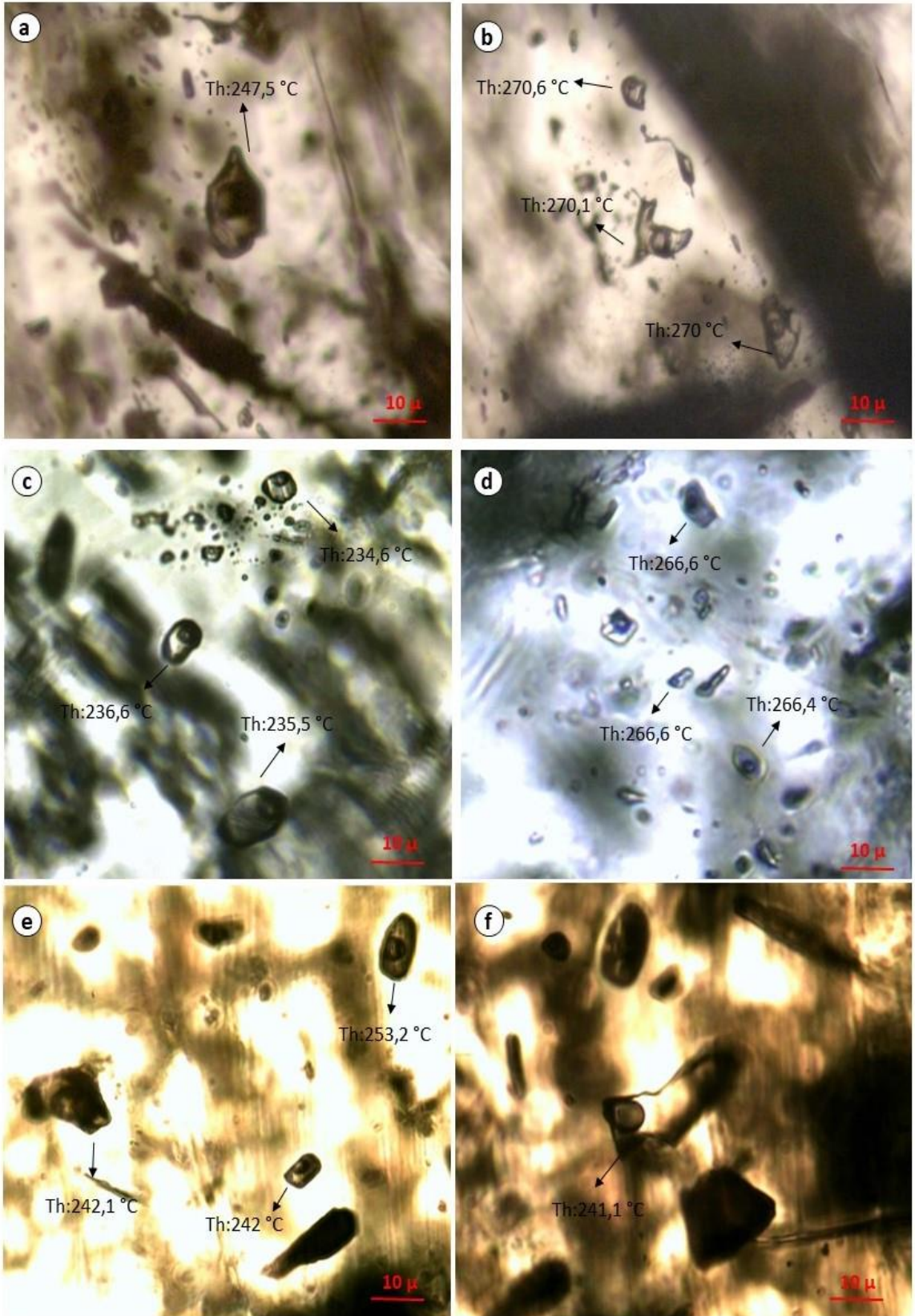
Sfalerit ve kuvars minerallerinde tespit edilen sıvı kapanımların petrografisi Roedder (1984) ile Van den Kerkhof ve Hein (2001) tarafından belirtilen kökensel sınıflama kriterleri dikkate alınarak yapılmıştır. Bu kriterlere göre, birincil kapanımlar mineralin oluşumu sırasında, ikincil kapanımlar ise mineralin oluşumu sonrası mikro kırıklarda oluşmaktadır. İncelenen sfalerit ve kuvars örneklerinde hem birincil hem de

ikincil kapanımların varlığı tespit edilmiştir. Ancak ölçümler, birincil kapanım olduğundan emin olunan sıvı kapanımlardan yapılmıştır. Birincil kapanımlar, oda sıcaklığında sıvı ve gaz (SG-tip) içeren iki fazlı kapanımlardır. SG-tip kapanımlarda sıvı faz, gaz fazından hacimsel olarak daha büyük ve baskındır (Şekil 27). Ölçülen SG-tip birincil kapanımların tamamı gaz fazında homojenleşmiştir. Kırık ve çatlaklar boyunca gelişen ikincil kapanımlarda ise ölçüm gerçekleştirilmemiştir. İncelenen sfalerit ve kuvars örneklerinde tespit edilen sıvı kapanımların boyutları 5-50 μm arasında olup yaygın olarak 25 μm boyutundadır.



Şekil 26. Sfalerit içeren cevherli kuvars örnekleri.

İncelenen sfalerit ve kuvars örneklerinde yapılan mikrotermometrik ölçümlerde sıvı kapanımların Son Buz Ergime Sıcaklığı (T_{m-ice} °C) ve Homojenleşme Sıcaklıkları (T_h °C) ölçülmüştür (Çizelge 4). SG-tipi kapanımlarda yapılan ölçümlerde T_{m-ice} değerlerinin -0.4 ile -4.1 °C arasında olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen son buz ergime sıcaklıkları (T_{m-ice}) Bodnar'ın (1993) eşitliğine göre değerlendirilmiş ve % NaCl eşdeğerleri tuzlulukları hesaplanmıştır (Çizelge 4).



Şekil 27. (a, b, c, e, f) Sfalerit ve kuvars (d) minerallerinde tespit edilen SG-tipi, birincil kökenli sıvı kapanım birlikteliklerinin (FIAs) görünümü.

Mikrotermometrik ölçümlerde SG-tipi kapanımların homojenleşme sıcaklıkları (Th, °C) 201°C ile 281.2°C arasında değişmekte, Tm-ice'a karşılık gelen tuzluluklar ise % 0.7 ile % 6.6 NaCl arasında değişmektedir (Çizelge 4). Elde edilen Th değerlerinin dağılımı Th vs. frekans histogramında değerlendirilmiştir (Şekil 28). Şekil 28'de de görüleceği gibi sıvı kapanımların Th verileri iki grupta yoğunlaşmaktadır. Birinci gruptaki kapanımlardan 29 adet Th verisi 240-260°C arasında (ortalama 250.2°C Th) ve ortalama % 2.3 NaCl eşdeğeri tuzluluğa sahiptir. İkinci gruptaki kapanımların sıcaklıkları daha yüksek olup, 20 adet Th değer 260-280°C arasında değişmekte ve ortalama 267.7°C Th ile ortalama % 4 NaCl eşdeğeri tuzluluğa sahiptir. Sfalerit minerallerinden elde edilen toplam 65 adet Th değerinin ortalaması ise 250.2°C (n=65) olarak belirlenmiştir.

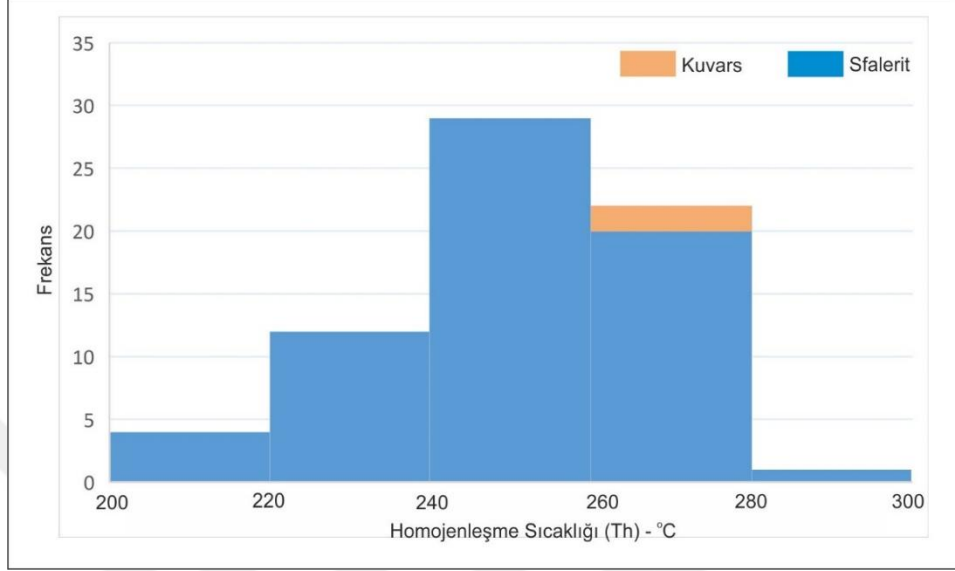
Çizelge 4. Dağkesemen Sfalerit ve Kuvars kristallerinden elde edilen mikrotermometrik veriler. (n.d: veri alınmadı)

	Örnek	Mineral	İlk Buz Ergime Sıcaklığı Te (°C)	Son Buz Ergime Sıcaklığı Tm-ice (°C)	Homojenleşme Sıcaklığı (°C)	%NaCl Eşdeğer Tuzluluk	Kapanım Tipi
1	AB-18-2	Sfalerit	-24.6	-4	271.1	6.4	P
2	AB-18-2	Sfalerit	-22.4	-3.6	261.2	5.9	P
3	AB-18-2	Sfalerit	n.d	-1.6	262.1	2.7	P
4	AB-18-2	Sfalerit	n.d	-1.8	281.2	3.1	P
5	AB-18-2	Sfalerit	n.d	-2	272.2	3.4	P
6	AB-18-2	Sfalerit	n.d	-3.8	261	6.2	P
7	AB-18-2	Sfalerit	n.d	-3.5	261.5	5.7	P
8	AB-18-2	Sfalerit	n.d	-4.1	271.1	6.6	P
9	AB-18-2	Sfalerit	n.d	-4.1	276.3	6.6	P
10	AB-18-2	Sfalerit	n.d	-3.7	261.3	6.0	P
11	AB-18-2	Sfalerit	n.d	-3.5	260.9	5.7	P
12	AB-18-2	Sfalerit	n.d	-2.8	279.8	4.6	P
13	AB-18-2	Sfalerit	n.d	-2.9	251.1	4.8	P
14	AB-18-2	Sfalerit	n.d	-3	279.9	5.0	P
15	AB-18-2	Kuvars	-22.8	-1.6	266.7	2.7	P
16	AB-18-2	Kuvars	-22.6	-1.8	266.6	3.1	P
17	AB-18-2	Kuvars	n.d	-1.6	266.4	2.7	P
18	AB-18-2	Sfalerit	-22	-2.6	219.9	4.3	P
19	AB-18-2	Sfalerit	-21.8	-2.4	240.6	4.0	P
20	AB-18-2	Sfalerit	-22.6	-2.6	241	4.3	P
21	AB-18-2	Sfalerit	-19.3	-0.9	252.2	1.6	P
22	AB-18-2	Sfalerit	-19	-0.8	253	1.4	P
23	AB-18-2	Sfalerit	n.d	-0.8	251	1.4	P
24	AB-18-2	Sfalerit	-18.6	-0.6	250.6	1.1	P
25	AB-18-2	Sfalerit	n.d	-0.9	252.3	1.6	P
26	AB-18-2	Sfalerit	-18.9	-0.6	250.6	1.1	P
27	AB-18-2	Sfalerit	-19.6	-0.8	254.1	1.4	P
28	AB-18-2	Sfalerit	n.d	-0.7	251.6	1.2	P
29	AB-18-2	Sfalerit	n.d	-0.9	250.8	1.6	P
30	AB-18-2	Sfalerit	n.d	-0.6	253.2	1.1	P

	Örnek	Mineral	İlk Buz Ergime Sıcaklığı Te (°C)	Son Buz Ergime Sıcaklığı Tm-ice (°C)	Homojenleşme Sıcaklığı (°C)	%NaCl Eşdeğer Tuzluluk	Kapanım Tipi
31	AB-18-2	Sfalerit	n.d	-0.9	254.1	1.6	P
32	AB-18-2	Sfalerit	n.d	-1	254.4	1.7	P
33	AB-18-2	Sfalerit	n.d	-1.8	254.4	3.1	P
34	AB-18-2	Sfalerit	-24	-1.9	253.3	3.2	P
35	AB-18-2	Sfalerit	-25.5	-1.9	241.1	3.2	P
36	AB-18-2	Sfalerit	n.d	-1.8	251.1	3.1	P
37	AB-18-2	Sfalerit	n.d	-1.7	253.3	2.9	P
38	AB-18-2	Sfalerit	-23.7	-2	242.1	3.4	P
39	AB-14	Sfalerit	-22.1	-1.6	223.8	2.7	P
40	AB-14	Sfalerit	n.d	-0.9	239.4	1.6	P
41	AB-14	Sfalerit	-19.9	-2.1	223.6	3.5	P
42	AB-14	Sfalerit	-20.1	-1.9	239.2	3.2	P
43	AB-14	Sfalerit	-19.2	-1.5	224	2.6	P
44	AB-14	Sfalerit	-20.8	-0.7	239.9	1.2	P
45	AB-14	Sfalerit	-21	-0.8	240.6	1.4	P
46	AB-14	Sfalerit	-18.2	-0.4	224.6	0.7	P
47	AB-14	Sfalerit	n.d	-0.9	231.1	1.6	P
48	AB-14	Sfalerit	n.d	-1	232	1.7	P
49	AB-14	Sfalerit	-19.9	-1	234.6	1.7	P
50	AB-14	Sfalerit	-19.7	-1.1	236.6	1.9	P
51	AB-14	Sfalerit	-19.6	-0.9	235.5	1.6	P
52	AB-2	Sfalerit	-26.5	-1.6	247.5	2.7	P
53	AB-2	Sfalerit	-23.8	-1.5	244.1	2.6	P
54	AB-2	Sfalerit	n.d	-1.4	242	2.4	P
55	AB-2	Sfalerit	-22.8	-1.6	268.4	2.7	P
56	AB-2	Sfalerit	n.d	-1.1	200.1	1.9	P
57	AB-2	Sfalerit	n.d	-1	200.5	1.7	P
58	AB-2	Sfalerit	n.d	-1.2	201.1	2.1	P
59	AB-2	Sfalerit	-22.5	-1.2	270.6	2.1	P
60	AB-2	Sfalerit	-22.6	-1.2	270	2.1	P
61	AB-2	Sfalerit	n.d	-1.1	270.4	1.9	P
62	AB-2	Sfalerit	-22	-1.4	255.5	2.4	P
63	AB-2	Sfalerit	n.d	-1.3	254.6	2.2	P
64	AB-18-1	Sfalerit	-27.4	-1.6	260	2.7	P
65	AB-18-1	Sfalerit	n.d	-0.9	263.4	1.6	P
66	AB-18-1	Sfalerit	n.d	-0.8	263.1	1.4	P
67	AB-18-1	Sfalerit	n.d	-0.6	264.4	1.1	P
68	AB-18-1	Sfalerit	n.d	-0.7	259.6	1.2	P

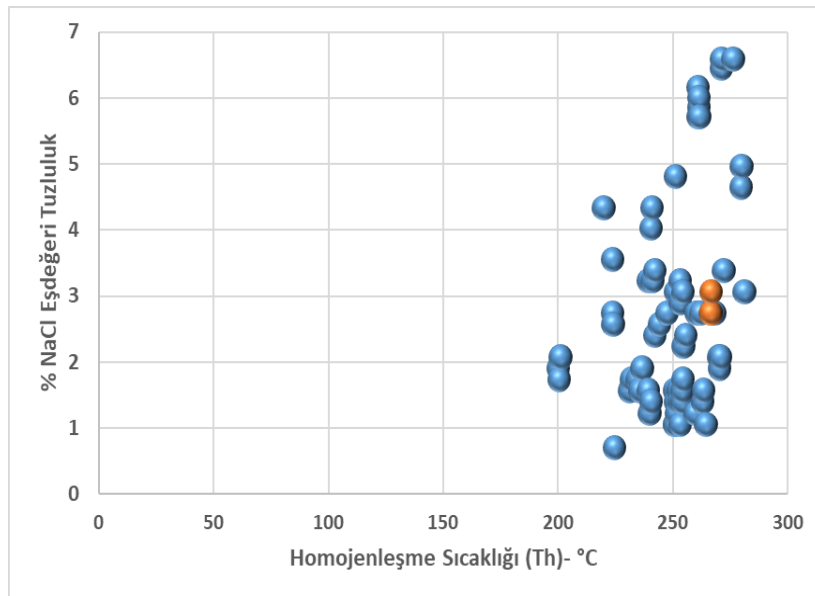
İncelenen 4 örnekteki sfalerit ve kuvars minerallerinde ölçüme uygun sıvı kapanım tespit edilmiş olup sadece AB-18-2 örneğindeki kuvars mineralinde ölçüme uygun sıvı kapanım tespit edilmiştir. Bu örneklerden hazırlanan 4 parlak ince kesitte, sfalerit minerallerinden toplam 65 adet birincil kökenli sıvı ve gaz içeren sıvı kapanımda mikrotermometrik ölçümler yapılmış olup kuvars mineralinden ise toplam 3 adet ölçüm yapılmıştır. Elde edilen mikrotermometrik verilere göre sfaleritlerin oluşumunda etkin

olan akışkanların başlangıçta ortalama % 4 NaCl tuzluluğa ve 268 °C sıcaklığa sahip olduğu, cevherleşmenin ilerleyen aşamasında akışkanların sıcaklığı ortalama 241 °C'ye tuzluluk ise ortalama % 2.2 NaCl'ye düşmüştür.



Şekil 28. Sfalerit ve kuvars minerallerinde elde edile homojenleşme sıcaklığı (Th) - Frekans histogramı

Th ve tuzluluk verileri akışkanın cevherleşme sürecinde soğumayla birlikte tuzluluğu daha düşük olasılıkla meteorik kökenli çözeltilerle karışımına işaret etmektedir. Tüm sfalerit minerallerindeki kapanımların Th verilerinin ortalaması ise 250°C, tuzluluğu ise % 2.8 NaCl'dir. Kuvars minerallerindeki sıvı kapanımların ortalama sıcaklığı 267°C, tuzluluğu ise % 2.8 NaCl'dir (Şekil 29).



Şekil 29. Sfalerit ve kuvars minerallerinden elde edilen homojenleşme sıcaklığı- % NaCl eşdeğeri tuzluluk diyagramı

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Azerbaycan'ın kuzeybatısında yer alan önemli polimetalik altın yataklarından biri olan Dağkesemen (Kuzey-Batı Azerbaycan) polimetalik Au yatağı Kazak grabeni içerisinde oluşmuştur. Dağkesemen cevherleşme bölgesi Lök-Karabağ yapısal-metalojenik bölgesinin kuzeybatısında bulunmakta olup doğudan Kazak grabenin ana yapısal unsuru olan Şemkir horstu ile sınırlandırılmaktadır.

Kazak grabenin en önemli maden yatağı olan Dağkesemen polimetalik altın yatağında Jura, Kretase ve Paleojen-Neojen yaşlı tortul-piroklastik, magmatik, volkanik ve damar kayaları bulunmaktadır.

Dağkesemen polimetalik Au yatağının cevher mineralleri; sfalerit, galenit, kalkopirit, pirit, bornit, dijenit, seruzit, kovellin, kalkosin, malahit, azurit, hematit, manyetit, ilmenit ve anglezit olarak belirtilmiştir. Dağkesemen polimetalik Au cevherleşmesinde gang mineralleri ise kuvars, kalsit, dolomit, jips ve florit olarak belirtilmiştir.

Cevherleşme ile ilişkili kayalar ve alterasyon örnekleri içerisinde plajioloklas, klorit, mika minerali/illit, serpantin minerali, alkali-feldspat ve kil mineralleri yaygın olarak gözlenmiştir. Cevherleşme bölgesinde tespit edilen alterasyon zonları ise arjilik ve propilitik alterasyonlardır.

Dağkesemen polimetalik Au yatağında analizi gerçekleştirilen ana oksitlerden SiO_2 % 57.1, Al_2O_3 % 3.84, Fe_2O_3 % 9.73, CaO % 1.46, MgO % 1.28, K_2O % 1.08 ve Na_2O % 0.47 ortalama değerlere sahiptir.

Yatakta ortalama % 9.73 oranında bulunan Fe_2O_3 bir numunede % 42.46'ya ulaşmaktadır. Buna göre demir bakımından önemli olan yatakta Fe_2O_3 hem manyetit, hematit gibi oksitli mineraller hem de pirit, kalkopirit, bornit gibi birincil sülfidli mineraller içinde zenginleşmiştir.

Dağkesemen yatağında ortalama % 1.54 Cu bulunmakta olup değişim aralığı % 0.04-% 6.81'dir. Yataktaki Cu mineralojik ve petrografik analizlerde belirlenen kalkopirit, bornit, kovellin ve kalkozin ile bakır içeren sülfatlara bağlıdır.

Dağkesemen yatağında Zn bazı numunelerde % 30'dan fazla bulunmakta olup yataktaki Zn sfaleritlere bağlı olarak zenginleşmiştir. Yatakta benzer olarak % 20'yi aşan Pb 5630 ppm'e ulaşan Mn, 2150 ppm'e ulaşan Cd, 189 ppm'e ulaşan V, 104 ppm'e ulaşan

Ba ve 148 ppm'e ulaşan As içerikleri önemli görülmektedir. Cevher mikroskobisi çalışmalarında yaygın gözlenen pirit, kalkopirit, sfalerit ve galenit Pb, Zn, Fe ve Cu'nun ana mineralleridir.

Dağkesemen yatağından alınan numunelerin ortalama Au içeriği 190 ppb olup en yüksek Au değeri 964 ppb'dir. Yataktaki ortalama Ag ise 16.2 ppm olup Ag değerleri 57.9 ppm'e kadar yükselmektedir. Buna göre Dağkesemen yatağında 1 ppm'e oldukça yakın olan Au ve 50 ppm'i aşan Ag değerleri ile diğer baz metallere Pb, Zn, Cu ve Fe ile birlikte altın ve gümüş bakımından da önemli bir cevherleşme olduğu ortaya çıkmaktadır.

Kimyasal analiz sonuçlarına göre Dağkesemen yatağı Fe, Cu, Pb, Zn ve Cd bakımından zengin olan polimetalik bir yatak olarak değerlendirilmiş olup içerdiği Au ve Ag değerleri de dikkate alınarak polimetalik Au yatağı olarak nitelenmiştir.

Dağkesemen yatağından derlenen sülfidli mineraller üzerinde yapılan S izotop analizlerine göre $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ‰ -5.0 ile ‰ -1.0 arasında değişmekte olup, sfaleritlerin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ‰ -0.6 ile ‰ -4.0 arasında değişirken, galenitlerin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri -3.1 ile ‰ -5.0 arasında değişmektedir. Cevherleşme içerisindeki kalkopiritlerin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ‰ -3.3 ile ‰ -1.8 arasında değişkenlik gösterirken piritin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ise ‰ -2.5 olduğu görülmektedir. Cevherleşmeye ait kalkopirit, galenit, sfalerit ve piritin hesaplanan $\delta^{34}\text{S}_{\text{H}_2\text{S}}$ değerleri ise kalkopirit için ‰ -3.1 ile ‰ -1.6; galenit için ‰ -2.7 ile ‰ -0.8; sfalerit için ‰ -4.4 ile ‰ -1.0; pirit için ise ‰ -2.5'tir. Gerçekleştirilen S izotop analizlerine göre cevherleşmeyi oluşturan çözeltiler magmatik kökeni işaret etmektedir.

Dağkesemen polimetalik Au yatağından derlenen örneklerdeki sıvı kapanımlar kökensel olarak birincil ve ikincil olarak ayırt edilmiş ve mikrotermometrik ölçümler yapılmıştır. İncelenen sfalerit ve kuvars örneklerinde hem birincil hem de ikincil kapanımların varlığı tespit edilmiştir. Ancak ölçümler, birincil kapanım olduğundan emin olunan sıvı kapanımlardan yapılmıştır. SG-tipi kapanımlarda yapılan ölçümlerde Tm-ice değerlerinin -0.4 ile -4.1 °C arasında olduğu tespit edilmiştir. Mikrotermometrik ölçümlerde SG-tipi kapanımların homojenleşme sıcaklıkları (Th, °C) 201 °C ile 281.2°C arasında değişmekte, Tm-ice'a karşılık gelen tuzluluklar ise % 0.7 ile % 6.6 NaCl arasında değişmektedir. Elde edilen mikrotermometrik verilere göre sfaleritlerin oluşumunda etkin olan akışkanların başlangıçta ortalama % 4 NaCl tuzluluğa ve 268 °C sıcaklığa sahip olduğu, cevherleşmenin ilerleyen aşamasında akışkanların sıcaklığı ortalama 241 °C'ye tuzluluk ise ortalama % 2.2 NaCl'ye düşmüştür. Th ve tuzluluk

verileri akışkanın cevherleşme sürecinde soğumayla birlikte tuzluluğu daha düşük olasılıkla meteorik kökenli çözeltilerle karışımına işaret etmektedir.

5.2 Öneriler

Dağkesemen polimetalik Au yatağından derlenen sınırlı sayıda numune üzerinde gerçekleştirilen mineralojik, petrografik, jeokimyasal, sıvı kapanım ve S izotop verilerine göre Dağkesemen polimetalik Au yatağı hem Fe, Cu, Pb ve Zn gibi baz metaller hem de Au ve Ag bakımından batı Azerbaycan'da yeraltı zenginlikleri açısından potansiyel arz eden önemli bir cevherleşmedir.

Yataktaki gerek cevher gerek alterasyon gerekse yan kayaçlardan yeterli sayıda numune alınarak yatağın cevher potansiyelinin ayrıntılı olarak ortaya konulmasıyla Azerbaycan ekonomisi için önemli bir kaynak oluşturulabilecektir.

Dağkesemen yatağından alınacak daha çok sayıdaki numune üzerinde yapılacak mineralojik, petrografik ve jeokimyasal analizlerle Dağkesemen yatağının oluşum modeli geliştirilerek Batı Azerbaycan'da 2020 yılına kadar işgal altında olan ve ayrıntılı çalışmalar yapılmamış olan diğer metalik zenginleşmelerin oluşum modelleri hakkında ayrıntılı yorum ve değerlendirmeler yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Abdullayev, R. N., ve ark., 1988, Küçük Kafkasya içerisindeki Mesozoyik magmatik formasyonu ve ilişkili endojen cevherleşmesi, Bakü, 158s (Rusça).
- Agard, P., Omrani, J., Jolivet, L., Whitechurch, H., Vrielynck, B., Spakman, W., Monié, P., Meyer, B. ve Wortel, R., 2011, Zagros orogeny: a subduction-dominated process, *Geological Magazine*, 148 (5-6), 692-725.
- Ahundov, F. A., 2003, Küçük Kafkasya'nın Geç Kretase yaşlı volkanik oluşumları, Bakü, 231s.
- Aliyev, V. İ., 1976, Küçük Kafkas'ın sülfürlü cevher formasyonu, Bakü, 55.
- Alizadeh, A. A., Guliyev, I. S., Kadirov, F. A. and Eppelbaum, L.V., 2017, Economic Minerals of Azerbaijan. Volume II: Economic Geology and Applied Geophysics, In: Geosciences of Azerbaijan., In, Eds: Regional Geology Reviews. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-40493-6_2, Print ISBN978-3-319-40492-9, Online ISBN978-3-319-40493-6, eBook Packages Earth and Environmental Science, Springer, Cham, p. 25-106.
- Allen, M. B. ve Armstrong, H. A., 2008, Arabia–Eurasia collision and the forcing of mid-Cenozoic global cooling, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 265 (1-2), 52-58.
- Arık, F., 2012, Genetic Characteristics of the Gozecukuru As-Sb Deposits near Kutahya, Turkey, *Journal Geological Society of India*, 80 (December 2012), 855-868.
- Azizbeyov, Ş. A., Alizade, K. A., Şıhalibeyli, E. Ş., Gacıyev, T. G., 1972, Rusya'nın Jeolojisi, Azerbaijan, XLVII, Nedra, Moskova (Rusça).
- Babazadeh, V., Mursalov, S., Veliyev, A., Imamverdiyev, N., Abdullayeva, S., Bayramov, A., Talibov, M., 2019. Geochemical anomalies in the NW flank of Gedabek mine (Lesser Caucasus, Azerbaijan). *International Journal of Mining Sciences (IJMS)* 5 (1), 31–42.
- Babazadeh, V., Veliyev, A., Abdullayeva, S. F., Imamverdiyev, N. A., Mammedov, S. M., Ibrahimov, J. R. ve Bayramov, A., 2015, New Perspective Gadir Mineralization Field in Gedabek Ore Region, *ANAS earth science*, No 2, 8p.
- Babazadeh, V. M., 1990, Azerbaijan'ın cevher formasyonu, Bakü, 111.
- Babazadeh, V. M., 2000, Sülfürlü cevher oluşumlarının jeolojik- jenetik genel modellemesi, Eds, Bakü: Bakü Devlet Üniversitesi Yayınevi (Doğa bilimleri serisi), N1, 105-126.
- Babazadeh, V. M., Ağasıyev, M. A., Ramazanov, V.G., 1989, Küçük Kafkas'ın bakır-porfir yataklarının tipik jeoloji modellemesi, Bakü, 81-123.
- Babazadeh, V.M., Makhmudov, A.I., Ramazanov, V.G., 1990. Porphyry copper and molybdenum deposits: Baku, Azerbaijan. Publication 377 p.
- Babazade, V.M., Ramazanov, V.G., Mansurov, M.İ., 2005, Azerbaijan'ın mineral-maden kaynakları, Ozan yayınevi, Bakü, 808s.
- Babazade, V.M., Abdullayeva, Ş.F., 2012, Asil metalik-magmatik sistemler, Bakü, Ozan yayınevi, 275s.
- Babazade, V.M., Ramazanov, V.G., Mansurov, M.İ., Abdullayeva Ş.F., Murselov, S.S., 2006, Dagkesemen cevher kütlesi, Lök-Karabağ bölgesinin gelecek vaat eden bir metalojenik birimi, Bakü Devlet Üniversitesi yayınevi, N1, Bakü, 74-86s.
- Bakhshiyev, A., 2020, Kazak-Ağstafa (Azerbaycan) Arasındaki Polimetallik Maden Yatakları ve Dagkesemen Altın Yatağının Jeolojik Özellikleri, Konya Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Semineri, Konya, 41s.
- Ballato, P., Uba, C. E., Landgraf, A., Strecker, M. R., Sudo, M., Stockli, D. F., Friedrich, A. ve Tabatabaei, S. H., 2011, Arabia-Eurasia continental collision: Insights from late Tertiary

- foreland-basin evolution in the Alborz Mountains, northern Iran, *Bulletin*, 123 (1-2), 106-131.
- Barrier E, Vrielynck B (2008) Paleotectonic Maps of the Middle East., Middle East Basins Evolution Programme, CGMW, Atlas, Maps., pp 1–14,
- Bodnar, R.J., 1993. Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O-NaCl solution. *Geochimica Acta* 57, 683–684.
- Gökçe, A., 1993, Hidrotermal Maden Yataklarının Köken ve Oluşum Koşullarının Araştırılmasında Kararlı İzotoplar Jeokimyası İncelemeleri ve Türkiye'den Örnekler, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, s.42, 89-101.
- Hüseynov, A.İ., 2003, Kazak cevheri bölgesini tahmin etme beklentileri üzerine, Bakü Devlet Üniversitesi yayınevi, N 2, 172-173s.
- Hüseynov, A.İ., 2012, Dağkesemen cevheri sahasının lokalizasyon şartları ve altın-polimetallik mineralleşme yerlerinin düzenleri, Bakü Dövlət Üniversitesi yayınevi, N 2, 145-149s.
- Hüseynov, A.İ., 2012, Dagkesemen cevher sahasının cevher ve metasomatitlerinin altın taşıyıcı kriterleri, Bakü Devlet Üniversitesi yayınevi, N 4, 89-98 s.
- Hüseynov, A.İ., 2013, Dağıtım kalıpları, cevher kütlelerinin lokalizasyonu için yapısal koşullar ve Dağkesemen yatağının altın mineralleşmesi için yerel tahmin kriterleri, Haydar Aliyev'in 90. yıldönümüne adanan Cumhuriyetçi bilimsel konferansın materyalleri, Bakü Devlet Üniversitesi yayınevi, Bakü, 108-113s.
- Hemon, P., Moritz, R. ve Ramazanov, V., 2012, The Gedabek Epithermal Cu–Au Deposit, Lesser Caucasus, Western Azerbaijan: geology, alterations, petrography and evolution of the sulfidation fluid states, In: In Integrated Exploration and Ore Deposits, Proceedings SEG 2012 Conference, Eds, Lima, Peru p. (p. Poster 50).
- Hemon, P., Moritz, R., Ramazanov, V., 2012b. The Gedabek Ore Deposit: Mineralization, Alteration and Fluid Evolution of a Lower Cretaceous Epithermal System within the Lesser Caucasus of Western Azerbaijan, Abstracts of the International Workshop “Gold and Base Metal Deposits of the Mediterranean and the South Caucasus – Challenges and Opportunities”, Tbilisi, poster, 15 p.
- <http://www.angloasianmining.com/operations/overview>, [Ziyaret Tarihi: 15.05.2021]
- <https://www.gzt.com/dunya-politika/turk-dunyasinin-kiskandiran-yeralti-kaynaklari-2797842>, [Ziyaret Tarihi: 25.07.2021]
- <https://azergold.az/project/dagkesemen-sahesi>, [Ziyaret Tarihi: 10.07.2021]
- <https://www.google.com.tr/maps/place/Dagh+Kasaman,+Azerbaijan>, [Ziyaret Tarihi: 09.08.2021]
- <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-klasternogo-analiza-dlya-klassifikatsii-gornyh-porod-mestorozhdeniy-poleznyh-iskopaemyh-azerbaydzhana-po-ih-fiziko>, [Ziyaret Tarihi: 11.07.2021]
- <https://cyberleninka.ru/article/n/probnost-elementy-primesi-i-vnutrennee-stroenie-samorodnogo-zolota-dagkesamanskogo-mestorozhdeniya-malyi-kavkaz>, [Ziyaret Tarihi: 13.06.2021]
- <http://static.bsu.az/w8/Xeberler%20Jurnali/Tebiet%20%202012%203/57-68.pdf>, [Ziyaret Tarihi: 12.08.2021]
- <http://www.izdatgeo.ru>, [Ziyaret Tarihi: 25.06.2021]
- İsmayıl, C., Arık, F., Özen, Y., 2018. Preliminary Geological and mineralogical features of Gedabek (western Azerbaijan) Au-Cu deposit. *Ömer Halisdemir University Journal of*

- Engineering Sciences, Cappadocia Earth Science Symposium Special Issue 7 (3), 1153–1158.
- İsmayıl, C., 2019, Gedebeý (Batı Azerbaycan) Au-Cu yatağının jeolojik, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin incelenmesi, Selçuk Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü, yüksek lisans tezi, 92s.
- İsmayıl C, Arık F, Özen Y, 2020, Mineralogical and ore petrographic, comparison of Gedabey and Gadir deposits in Gedabey region, (Western Azerbaijan). Azerbaijan Nat Academic Sci ANAS, Transac Earth Sci N2:49–60,
- İsmayıl, C., Arık, F. ve Özen, Y., 2021, Kadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn Cevherleşmesinde Kükürt İzotopu İncelemesi (Batı Azerbaycan), Sulfur Isotope Investigation of Kadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn Mineralization, (Western Azerbaijan), 24-28 Mayıs 2021 / May 24-28, 2021, Çevrimiçi / Online, Bildiriler, 769-771.
- İsmayıl, C., Arık, F., Özen, Y., Bayramov, A., 2021b, Geochemical, mineralogical and sulfur isotopic evidence on the genesis of the Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn deposit (NW Azerbaijan) in the Lesser Caucasus, Arabian Journal of Geosciences (2021) 14: 1298, 20 pp, <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07520-6>
- İsmayıl, C., Özen, Y., Arık, F. and Veliyev, A., 2021a, Genesis of the Gedabek Au-Ag-Cu deposit (Azerbaijan) in the Lesser Caucasus: Insights from geochemistry, fluid inclusion and sulfur isotope, Journal of Asian Earth Sciences, 206, February 2021, 104627, <https://doi.org/10.1016/j.jseas.2020.104627>
- Jensen, M.K., 1967. Sulfur isotopes and mineral genesis. In: Barnes, H.L. (Ed.), Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits. Holt, Rinehart and Winston, New York, 143–165.
- Kalenderov, B.G., Ramazanov, V.G., Khasayev A.İ., Mansurov M.I., Tahmazova T.G., 2010, Değerli metallerin Küçük Kafkasya'daki polimetalik oluşumların birikintilerindeki dağılımı, Modern bilimin güncel sorunları, Moskova, N 1, 142-147 s.
- Kalenderov, B.G., 2010, Küçük Kafkasya'nın polimetalik cevher oluşumları, Bakü, 49s.
- Karayeva, R.S., 1987, Dağkesemen altın-polimetalik yatağının cevherlerinin jeolojik koşulları, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri, Bakü, 27 s.
- Karayeva, R.S., 1976, Dağkesemen polimetalik yatağının ana minerallerinin mikrotermometrik çalışmaları, Azerbaycan SSCB, 35-38 s.
- Kazmin, V.G., Sbortshikov, I.M., Ricou, L.E., Zonenshain, L.P., Boulin, J., Knipper, A.L., 1986. Volcanic belts as markers of the Mesozoic-Cenozoic active margin of Eurasia. Tectonophysics 123 (1–4), 123–152.
- Mammadova, A.M., Şafiyev, S.R., 2014, Dağkesemen Altın-polimetalik yatak üzerinde mineral oluşum aşamaları ve minerallerin ayrılması, Bakü, 178-180s.
- McQuarrie, N., Stock, J., Verdel, C. ve Wernicke, B., 2003, Cenozoic evolution of Neotethys and implications for the causes of plate motions, Geophysical research letters, 30 (20).
- Mederer, J., Moritz, R., Zohrabyan, S., Vardanyan, A., Melkonyan, R., Ulianov, A., 2014. Base and precious metal mineralization in Middle Jurassic rocks of the Lesser Caucasus: a review of geology and metallogeny and new data from the Kapan. Alaverdi and Mehmana districts, Ore Geology Reviews 58, 185–207.
- Moritz R, Rezeau H, Ovtcharova M, Tayan R, Melkonyan R., Hovakimyan S, Ramazanov V, Selby D, Ulianov A, Chiaradia M., Putlitz B (2016a) Long-lived, stationary magmatism and pulsed, porphyry systems during Tethyan subduction to post-collision evolution, in the southernmost Lesser Caucasus. Armenia and, Nakhitchevan Gondwana Res 37:465–503,

- Moritz, R., Melkonyan, R., Selby, D., Popkhadze, N., Gugushvili, V., Tayan, R., Ramazanov, V., 2016b, Metallogeny of the Lesser Caucasus: From Arc Construction to Post-collision Evolution, Society of Economic Geologists, Inc., Special Publication 19, Chapter 6, 157–192.
- Moritz, R., Rezeau, H., Ovtcharova, M., Tayan, R., Melkonyan, R., Hovakimyan, S., Ramazanov, V., Selby, D., Ulianov, A., Chiaradia, M., Putlitz, B., 2016a. Long-lived, stationary magmatism and pulsed porphyry systems during Tethyan subduction to post-collision evolution in the southernmost Lesser Caucasus Armenia and Nakhitchevan. *Gondwana Research* 37, 465–503.
- Moritz, R., Selby, D., Ovtcharova, M., Mederer, J., Melkonyan, R., Hovakimyan, S., Tayan, R., Popkhadze, N., Gugushvili, V., and Ramazanov, V., 2012. Diversity of geodynamic settings during Cu, Au and Mo ore formation in the Lesser Caucasus: New age constraints, in *European Mineralogical Conference, Frankfurt, Germany, Proceedings: European Mineralogical Conference, 1*, abstract EMC2012-745.
- Nations, U., 2000, *Geology and mineral resources of Azerbaijan*: New York, United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP), *Atlas of mineral resources of the ESCAP region*, 15, 216 pp., In, Eds, p.
- Nekrasov, E.M., 2001, Dünya rezervlerinin ve altın madenciliğinin dinamikleri ve yapısı, Değerli metaller, değerli taşlar, N 12, 44-55s.
- Nekrasov, E.M., 1988, Yabancı endojen altın yatakları, Nedra, 286 s.
- Nekrasov, İ.Y., 1991, Altın yatağının jeokimyası, mineralojisi ve oluşumu, Bilim, 251 s.
- Ohmoto, H., Rye, O., 1979. Isotopes of sulfur and carbon. In: Barnes, H.L. (Ed.), *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. Wiley, New York, pp. 506–567.
- Okay, A. I., Zattin, M. ve Cavazza, W., 2010, Apatite fission-track data for the Miocene Arabia-Eurasia collision, *Geology*, 38 (1), 35-38.
- Özen, Y., 2012. Genetic Modelling of the Polymetallic Mineralizations between Ahmetli (Simav-Kütahya) – Pınarbaşı (Gediz-Kütahya). PhD thesis. Selçuk University, Turkey, p. 302 p.,
- Özen, Y., Arık, F., 2013. Fluid inclusion and sulfur isotope thermometry of the İnkaya (Simav-Kütahya) Cu-Pb-Zn-(Ag) Mineralization, NW TURKEY. *Cent. Eur. J. Geosci.* 5 (3), 435–449.
- Özen, Y., Arık, F., 2015. S, O and Pb isotopic evidence on the origin of the İnkaya (Simav-Kütahya) Cu-Pb-Zn-(Ag) Prospect. NW Turkey, *Ore Geology Reviews* 70, 262–280.
- Özen, Y., Arık, F., 2019. Geochemical, stable isotopic (S, O, H, C), microthermometric and geochronological (U-Pb) evidence on the genesis of the Pınarbaşı porphyry Cu- Mo mineralization (Gediz-Kütahya, Western Turkey). *J. Geochem. Explor.* 204, 142–166.
- Ramazanov, V.G., Kalenderov, B.G., Tahmazova, T.G., Mansurov M.İ., 2009, *Azerbaycan Cumhuriyeti topraklarında altın içeriğinin tahmini değerlendirmesi*, Doğa ve teknik bilimler yayınevi, Moskova, N 4, 194-197s.
- Rezeau, H., Moritz, R., Leuthold, J., Hovakimyan, S., Tayan, R., Chiaradia, M., 2017. 30 Myr of Cenozoic magmatism along the Tethyan margin during Arabia-Eurasia accretionary orogenesis (Meghri–Ordubad pluton, southernmost Lesser Caucasus). *Lithos* 288, 108–124.
- Rezeau, H., Moritz, R., Wotzlaw, J.F., Tayan, R., Melkonyan, R., Ulianov, A., Selby, D., d’Abzac, F.X., Stern, R.A., 2016. Temporal and genetic link between incremental pluton assembly and pulsed porphyry Cu-Mo formation in accretionary orogens. *Geology* 44, 627–630.

- Roedder, E., 1984. Fluid Inclusions. *Rev. Mineral.* 12, 644.
- Rolland, Y., Perincek, D., Kaymakçı, N., Sosson, M., Barrier, E., Avagyan, A., 2012. Evidence for~ 80–75 Ma subduction jump during Anatolide–Tauride–Armenian block accretion and~ 48 Ma Arabia-Eurasia collision in Lesser Caucasus-East Anatolia. *J. Geodyn.* 56, 76–85.
- Şafiyev, S.R., 2014, Dağkesemen Altın-polimetallik cevher yatağının cevher kütlelerinin morfojenetik özellikleri, Bakü, 119-121s.
- Singer, D. A., Berger, V. I. ve Moring, B. C., 2008, Porphyry copper deposits of the World Database and grade and tonnage models, 2008: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1155, 45 p. and digital data, accessed December 31, 2013, at <http://pubs.usgs.gov/of/2008/1155/>. In, Eds, p.
- Şikhalibeyli, E.Ş., 1972, Küçük Kafkasya'daki Mega antiklinoriler, SSCB Jeolojisi, cilt XLVII (jeolojik tanım), Azerbaycan SSCB, 330-349s.
- Şikhalibeyli, E.Ş., 1996, Azerbaycan'ın jeolojik yapısının ve tektoniğinin bazı problemleri, Elm yayınevi, Bakü, 215s.
- Sosson, M., Rolland, Y., Müller, C., Danelian, T., Melkonyan, R., Kekelia, S., Adamia, S., Babazadeh, V., Kangarli, T., Ve Avagyan, A., 2010. Subductions, obduction and collision in the Lesser Caucasus (Armenia, Azerbaijan, Georgia), new insights. *Geol. Soc. Lond Special Publications* 340, 329–352.
- Van Hunen, J. ve Allen, M. B., 2011, Continental collision and slab break-off: A comparison of 3-D numerical models with observations, *Earth and Planetary Science Letters*, 302 (1-2), 27-37.
- Veliyev A, Bayramov A, Ibrahimov J, Mammadov S, Alizhadeh G, (2018) Geological Setting and Ore Perspective of the New, Discovered Gadir Low Sulfidation Epithermal Deposit, Gedabek, NW Flank, Lesser Caucasus, Azerbaijan. *Universal J Geosci* 6(3)., 78–101,
- Vincent, S. J., Morton, A. C., Carter, A., Gibbs, S. ve Barabadze, T. G., 2007, Oligocene uplift of the Western Greater Caucasus: an effect of initial Arabia–Eurasia collision, *Terra Nova*, 19 (2), 160-166.