

Research Article

Investigation of mineralization in Gazkhizan copper deposit (west of Semnan), based on economic and tectonic geological evidence

Zahra Rezaee Shahzadeh Aliakbari^{1*}, Mohsen Pourkermani², Mehran Arian³, Ali Solgi⁴, Anahita Keynezhad⁵,

1- Islamic Azad University - Science and Research Branch

2- Professor, Azad University, North Tehran Branch

3- Department of Earth Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University

4- Department of Geology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.

5- Department of Geology, Chalus Branch, Islamic Azad University

1-Introduction

The study area is part of the Troud geological quadrilateral, located in the central Iran zone from the perspective of the structural geology of Iran. The two main faults of Troud in the south and Anjilo in the north, with their vertical movements and the extension of their left slip, play an important role in structural events and the movement of mineral fluids and mineral deposits. The study area consists mainly of volcanic rocks and less volcanic-sedimentary with a combination of intermediate to basic and upper to middle Eocene.

The study area is part of the orthogonal geographical area of Troud, located in the Central Iran zone from the perspective of the structural geology of Iran.

The oldest deposits in this area are Paleozoic sediments that are more detrital and less carbonate. These deposits, which belong to the Cambrian, Ordovician, Silurian, and Devonian times, are exposed in the north and west. These rocks have undergone a metamorphic process in the region's western part.

Mesozoic deposits include a small outcrop of Middle-Late Jurassic limestones and relatively extensive Cretaceous deposits. Cretaceous rocks that sit on older rocks with destructive bases have a row of limestone, marl, and sandstone ranging from Lower Cretaceous to Late Cretaceous.

Tertiary deposits: An enormous volume of sediments and outcrops belongs to the rocks of this period, especially the Eocene period. These rocks mainly include pyroclastic, lava, intrusive, and finally, fine-grained destructions that have formed the central part of today's existing heights.

Quaternary sediments: A considerable part of the area is covered by alluvial sediments of this period. The degree of hardness of these sediments is very low, and they wear quickly. These deposits include old and new barracks in the shape of alluvial fans and plains, and finally, riverbeds and floodplains can be named. Due to the applied pressures, the deposits are folded, and the area comes out of the water.

Folding, faulting, and deformation can be considered a consequence of Laramin orogenic activity. In times of distress, the sea advances again, leaving conglomerate classes. Eocene-Oligocene deposits are primarily composed of pyroclastic rocks and lava formed by volcanic activity in the sea. Then, a row of tuffite, sand tuff, and shale sediments is placed on them, which indicates the establishment of a low sedimentary basin. It has depth to the subcontinent in the region. The rapid change in thickness of Eocene pyroclastic deposits indicates turbulence at the bottom of the basin. In the tectonic phase equivalent to the Pyrenees (late Eocene), these

* Corresponding author: z2005rezaee@yahoo.com

DOI: 10.22055/AAG.2022.39565.2266

Received: 2021-12-30

Accepted: 2022-04-13

deposits are folded, and after enduring the younger alpine end phases, their final formation occurs (Alavi et al. 1976).

2- Material and methods

The work was done in several stages. These steps include gathering information, maps, area reports, field operations, and consolidating knowledge. Before field operations, SPOT satellite images were examined for high fracture resolution and a 1: 25000 map, and then field operations were performed in the area.

For field studies, the area was divided into 42 stations due to the rectangular nature of the area and the dispersion of several prominent veins. All information related to field withdrawals in the mining area includes the main measured structures, such as faults with slip scratches, joints, and veins, to a lesser extent. Based on geometric and kinematic observations, about 1643 fractures were measured, including 14 fractures with veins and, 52 fractures without veins, and 40 slip scratches.

Fractures, whether seams or faults, were removed, and a trace of minerals was seen. The mineral host rock, the slope, and extension of veins, mineralized veins, fractures, and especially conjugate fractures were considered in each harvest. In Win, tensor 5-8-8 and Georient software, Geometric and structural analyses were performed, and finally, 42 stations were measured. Also, a map including complete geological information, lines, and alterations with the precise location of stations was prepared at a scale of 1: 1000 and was drawn digitally in Arc Gis 9.3 software.

3- Results and discussion

Rock fractures are the most common geological structures seen at any outcrop. Joints are one of the most common fractures seen at different scales in the study area. Geological surveys were carried out using Troud rectangular geological maps at a scale of 1: 250,000 and aerial photographs of the region with a scale of 1: 20000 and 1: 50000, as well as topographic maps of the region at different scales in some areas. During geological surveys with land movement, surveys according to the map's scale, rock units, and other geological features, such as slope and extension of floors, faults, etc, are marked geometrically (Keynejad, 2011). These features are implemented on topographic maps. Finally, "after reflecting the results of lithology, fossilology and mineralogy of selected samples on them and adding geological map measurements with different scales and prepared by computers and software, GIS has become digital (Anderson, 1942).

Around the fault zones and vein fractures, the density of the seam bundles increases. Mineral veins in shear zones, such as the Troud -Rashm magmatic zone X, D, P, R', R, T, were identified and examined concerning the fractures in the area. It should be noted that priority, latency, and the order of the intersection of different regional fractures have also been considered during field harvests. Field surveys at geological stations in the area and accurate surveys of fractures in the area show that the placement of ores is seen along most of these fractures. Mineralization in this type of vein is more in the form of malachite, and the effects of secondary alterations can be seen (Roohbakhsh et al., 2018).

The mineralization in question in this mineral range is both vein and non-vein:

- 1- The first group of mineral veins with a few centimeters to a few meters is economically considered.
- 2- The second group is scattered mineralization in the form of patches inside the host rock on the surface of the fractures, separated and placed from the inner magmatic mass with the help of deep regional fractures and the sliding-tensile motion of this area. This type of mineralization was tracked at the P and D fracture levels (Angelier, 1989).

Mineralization has been deposited along faults with a northeast-southwest and a more minor north-south trend. Mineralization is in the form of veined, hydrothermal fractures. The siliceous-shear veins are composed of mineralization of Cu (mostly malachite and less azurite) and chalcocite, quinine, and burnite with secondary

oxides and ferrous iron. Alterations in the Gazkhizan region also include the following types: Iron oxides, especially from limonite, goethite, hematite, argillic, kaolinite, siliceous, etc.

In the study area, deep excavations were performed to find the existence of mineralization and deposits in the depth of the earth and according to the results of explorations worthy of surface attention. Excavations were carried out in two ways: boreholes and trenches. Give. In this regard, 11 exploration trenches were designed and excavated in the exploration area. Then, the data density in the area (the purpose of exploration) has reached the standard level, and the possibility of designing deep drilling points has been carefully prepared. In the case of deposit storage, the collection of necessary data for plans has been considered. The design of boreholes was performed based on the information obtained from the collection of surface geological studies and excavation of trenches, especially their integration with maps and profiles obtained from geophysical explorations of IP and RS methods. Due to the limited drilling area compared to the number, extent of anomalies, and exploration range, the number of boreholes was divided based on importance and priority. As a result, 24 drilling points were selected in the Gazkhizan exploration area. The average Cu grade for all boreholes in the study area is 1.52% (Angelier, 1989).

The essential data for determining the type of faults in the region and fault planes and landslide scratches related to them are by rose diagrams. After examining these structures, four groups of fractures were identified with the help of drawing rose diagrams, which can be seen almost in most desert situations. These four categories based on the trend include North-South, East-West-West, North-East-Southwest, and North-West-Southwest faults. Among these four categories, extensions with direction N50E to east-west and direction N20W-45W have the highest frequency, so the region's fractures and faults are located in northeast-southwest to east-west and northwest-southeast. Take. The slope of these pages is high and, in many cases, close to vertical. Other brittle structures observed in the area are joints. In this study, 979 joints were harvested, and four groups of joints with north-south, east-west-west, north-east-south-west, and north-west-south-east trends were obtained. Drawing the plates of these joints on the rose diagram in a focused method shows that the dispersion of the joint is high, but most of the joints have a trend between N40 E -55W and N35 E -40E. In the meantime, of course, the joints are constantly changing. The slope of the joints is 80-70 degrees, and their slope direction varies between north and south due to the high slope. The surface of the joints is almost crooked, and there is no curvature along the joints (Angelier, 1984).

4- Conclusion

Gazkhizan region has a mineralization zone with a length of 350 meters, a width of 50-70 meters, and an almost "east-west" trend. The average Cu grade of ore-bearing zones at the level is 2.11%, and the range that includes ore-bearing rocks and tailings is 0.82%. The definitive reserve of the ore zone in this area is estimated to be more than 1,300,000 tons of Cu ore with an average grade of 1.59% Cu.

The study area is part of the Troud geological quadrilateral, located in the central Iran zone from the perspective of the structural geology of Iran. The two main faults of Troud in the south and Anjilo in the north, with their vertical movements and the extension of their left slip, play an important role in structural events and the movement of mineral fluids and mineral deposits. The study area is composed mainly of volcanic and less volcanic-sedimentary rocks with a combination of intermediate to basic and Upper Middle Eocene.

The fracture geometry in this region has been determined using Win Tensor and Georeient software. There is also a northeast-southwest shear zone with Cu veins. Fracture analysis in this area shows that most vein fractures are consistent with T-type fractures due to the function of a left lateral shear area. These vein fractures are located north, northeast-south, and southwest.

5- References

- Keynezhad, A., Pourkermani, M., Arian, M., Saeedi, A., Lotfi, M., 2011. Dynamic Analysis of Fractures in North of Torud – Moalleman Area (Central Iran, East South of Damghan). *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, 20(78), 3-16. <https://doi.org/10.22071/gsj.2010.54577>
- Alavi, M., Hushmandzadeh, A., Etminan, H., Haghypour, A., 1976. Geological map of Torud quadrangle, Scale 1:250000. Geological Survey of Iran, Tehran.
- Anderson, E.M., 1942. *The Dynamics of Faulting and Dyke Formation with Applications to Britain*, 1st Edition, Oliver and Boyd, Edinburgh. P. 206.
- Angelier, J., 1984. Tectonic analysis of fault slips data sets. *Journal of Geophysical Research* 89, 5835-5848. <https://doi.org/10.1029/JB089iB07p05835>
- Angelier, J., 1989. From magnitudes in paleostresses determination using fault slip data. *Journal of Structural Geology* 11(1-2), 37-50. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(89\)90034-5](https://doi.org/10.1016/0191-8141(89)90034-5)
- Angelier, J., 1990. Inversion of field data in fault tectonics to obtain the regional stress III. A new rapid direct inversion method by analytical means. *Geophysical Journal International* 103, 363-376. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1990.tb01777.x>.
- Roohbakhsh P., Karimpour, H.H., Malekzadeh, A., 2018. Geology, mineralization, geochemistry and petrology of intrusions in the Kuh Zar Au-Cu deposit. *Journal of Economic Geology* 10(1), 1-23. <https://doi.org/10.22067/ECONG.V10I1.64316>

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Rezaee, Z., Aliakbari, S.H., Pourkermani, M., Arian, M., Solgi, A., Keynezhad, A., 2023. Investigation of mineralization in Gazkhizan Cu deposit (west of Semnan), based on economic and tectonic geological evidence. *Adv. Appl. Geol.* 13(3), 892-909.

DOI: 10.22055/AAG.2022.39565.2266

URL: https://aag.scu.ac.ir/article_18683.html

©2023 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers

بررسی رخداد کانه‌زایی در کانسار مس گزخیزان (باختر سمنان)، براساس شواهد زمین شناسی اقتصادی و تکتونیکی

زهرا رضایی شاهزاده علی اکبری*

دانشجوی دکتری زمین شناسی ساختمانی، دانشکده علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

محسن پور کرمانی

عضو هیات علمی گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران - شمال

مهران آرین

عضو هیات علمی گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

علی سلگی

عضو هیات علمی گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

آناهیتا کی نژاد

عضو هیات علمی گروه زمین شناسی، دانشکده آزاد اسلامی، واحد چالوس

Z2005rezaee@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۴

چکیده

منطقه مورد مطالعه بخشی از چهارگوش زمین‌شناسی تروند می‌باشد که خود از دیدگاه زمین‌شناسی ساختاری ایران، در زون ایران مرکزی واقع شده است. دو گسل اصلی تروند در جنوب و آنجیلو در شمال با حرکات قائم و امتداد لغز چپ‌گرد خود نقش به‌سزایی در رخدادهای ساختاری و حرکت سیالات کانه‌دار و نهشتگی مواد معدنی دارند. محدوده مورد مطالعه بیشتر از سنگ‌های آتشفشانی و کمتر آتشفشانی-رسوبی با ترکیب حد واسط تا بازیگ و به سن ائوسن میانی-بالایی تشکیل شده است. منطقه گزخیزان دارای زون کانه‌داری به درازای ۳۵۰ متر و پهنای ۵۰-۷۰ متر و با روند تقریباً "خاوری-باختری" می‌باشد. هندسه شکستگی در این منطقه با استفاده از نرم افزارهای Win Tensor و Georient مشخص شده است. همچنین یک منطقه برشی شمال خاوری-جنوب باختری با رگه‌های مس وجود دارد. تجزیه و تحلیل شکستگی‌ها در این منطقه نشان می‌دهد که بیشتر شکستگی‌های دار مطابق با شکستگی های تیپ T ناشی از عملکرد یک ناحیه برشی جانبی سمت چپ است. این شکستگی‌های رگه‌دار با سمت شمال-شمال خاوری، جنوب - جنوب باختری قرار گرفته اند.

واژه‌های کلیدی: کانه، برشی، مس، تروند، ایران مرکزی

۱- مقدمه

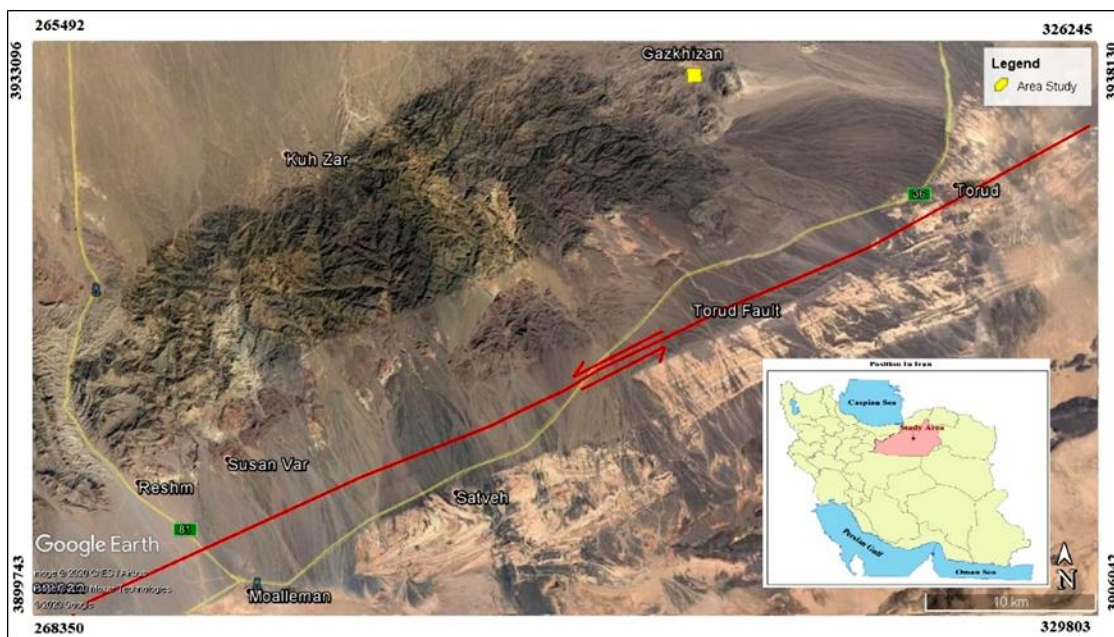
امری ضروری می‌باشد. با توجه به شرایط زمین‌شناختی ایران، منطقه تروند-معلمان یکی از مناطق غنی و پر بار معدنی کشور به شمار می‌آید که از دیرباز مورد توجه معدن کاران قدیمی قرار گرفته است. منطقه یاد شده از نظر کانی‌سازی به ویژه

با توجه به نیاز روز افزون جوامع بشری به مواد خام اولیه و از آنجا که مواد معدنی زیربنای اقتصادی هر جامعه‌ای را تشکیل می‌دهد، اکتشاف مواد معدنی و شناخت آن‌ها برای هر منطقه

شهرستان شاهرود و در ۲۵ کیلومتری شمال باختر بخش گزخیزان واقع شده است. دسترسی به جنوب محدوده از طریق راه خاکی ترود به محلی به نام چشمه، واقع در جنوب باختر قله کوه چاه موسی امکان پذیر است (شکل ۱).

فلزی برای عناصری هم چون طلا، نقره، سرب، روی و مس حائز اهمیت است. در این محدوده مطالعات چندی انجام شده است (Alavi et al., 1976; Decker et al., 1993).

محدوده مورد بررسی در ۱۲۵ کیلومتری جنوب باختر



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه گزخیزان

Fig.1. Geographical location of Gazkhizan

آهک، مارن، ماسه سنگ می باشند که سن آن ها از کرتاسه پائین تا اواخر کرتاسه بالا را شامل می گردد. نهشته های دوران ترشیاری: بیشترین حجم رسوبات و رخنمون ها متعلق به سنگ های این دوران به خصوص دوره ائوسن است. این سنگ ها بیشتر شامل پیروکلاستیک ها، گدازه ها، نفوذی ها و بالاخره تخریبی های دانه ریز می باشند که امروزه بخش عمده ارتفاعات موجود را تشکیل داده اند. رسوبات دوران کواترنر: بخش بسیار وسیعی از محدوده به وسیله رسوب های آبرفتی این دوران پوشیده شده است. درجه سخت شدگی این رسوب ها خیلی کم و به آسانی فرسوده می شوند. این نهشته ها شامل پادگانه های قدیم و جدید است که به شکل های مخروطه افکنه و دشت تظاهر می نمایند و بالاخره از نهشته های بستر رودخانه و دشت های سیلابی می توان نام برد (شکل ۲).

۲- زمین شناسی

منطقه مورد مطالعه بخشی از محدوده چهارگوش زمین-شناسی ترود می باشد که خود از دیدگاه زمین شناسی ساختاری ایران در زون ایران مرکزی واقع شده است.

کهن ترین نهشته های موجود در این محدوده رسوبات دوران پالئوزوئیک می باشند که بیشتر از نوع آواری و کمتر کربناته هستند. این نهشته ها که به زمان های کامبرین، اردوویسین، سیلورین و دونین تعلق دارند، در شمال و باختر محدوده رخنمون دارند. این سنگ ها در باختر محدوده متحمل فرآیند دگرگونی شده اند.

نهشته های دوران مزوزوئیک شامل رخنمون کم وسعتی از آهک های ژوراسیک میانی-پایانی و نهشته های به نسبت گسترده کرتاسه می باشند. سنگ های کرتاسه که با پایه ای تخریبی به روی سنگ های کهن تر نشستند، شامل ردیفی از

حوضه می‌باشد. در فاز زمین‌ساختی هم ارز پیرنه (در اواخر ائوسن) نهشته‌های یاد شده چین‌خورده و پس از تحمل فازهای جوان‌تر پایانی آلبی، شکل‌گیری نهایی آن‌ها صورت می‌گیرد (Ellie et al., 2003).

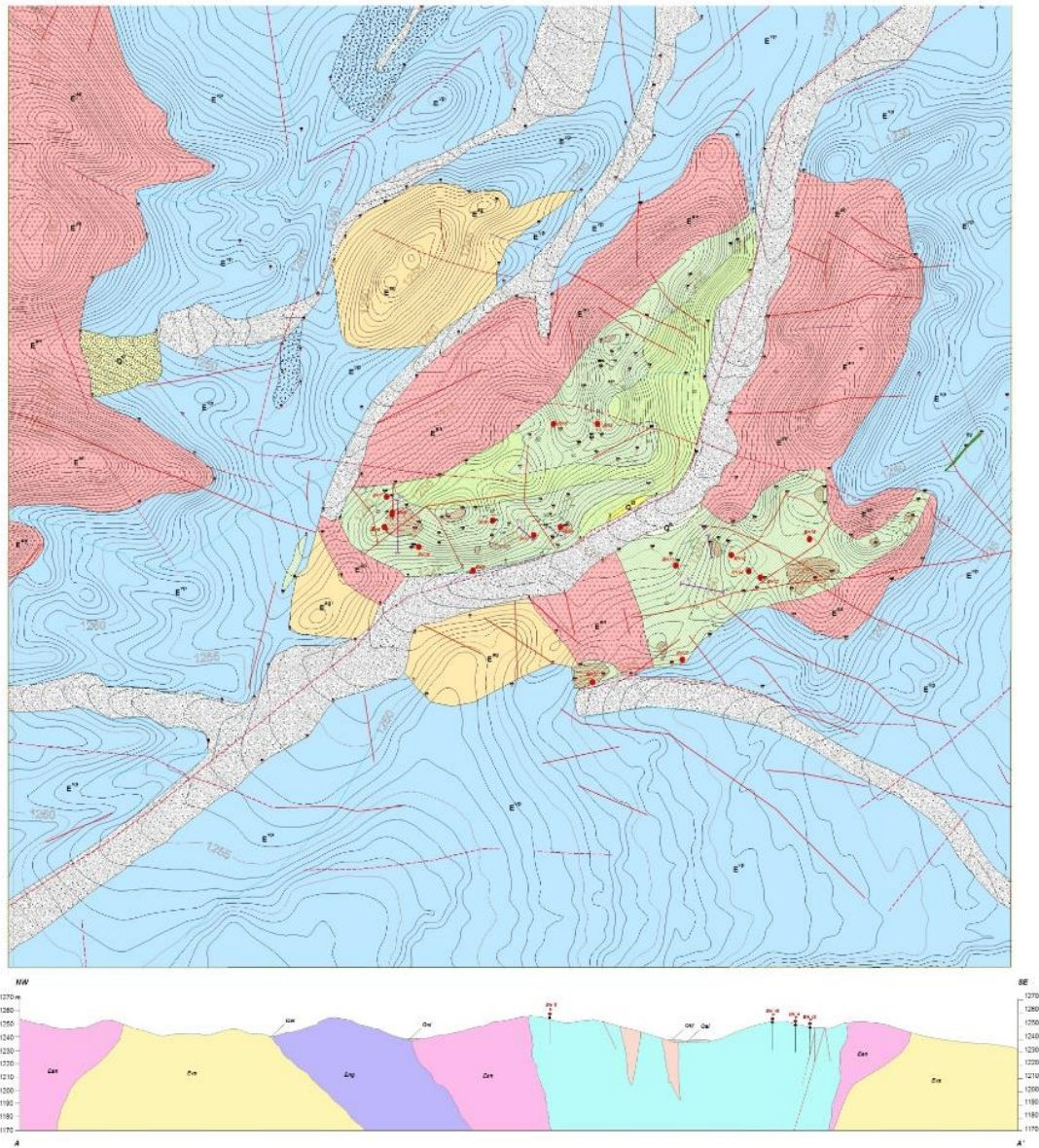
۳- روش پژوهش

کار در چند مرحله انجام شد. این مراحل شامل: گردآوری اطلاعات، نقشه‌ها، گزارش‌های موجود از ناحیه، عملیات صحرایی و تلفیق دانسته‌ها می‌باشد. قبل از عملیات صحرایی، عکس‌های ماهواره ای SPOT به دلیل تفکیک مکانی بالا برای شکستگی‌ها و هم‌چنین نقشه ۱:۲۵۰۰۰ محدوده مورد بررسی قرار گرفت و سپس عملیات صحرایی در منطقه انجام شد.

برای انجام مطالعات صحرایی با توجه به چهارگوش بودن منطقه و پراکندگی چندین رگه از رگه‌های اصلی در محدوده معدن، منطقه به ۴۲ ایستگاه تقسیم شد. کلیه اطلاعات مربوط به برداشت‌های صحرایی در ناحیه معدن شامل ساختارهای اصلی اندازه‌گیری شده نظیر گسل‌ها همراه با خش‌لغز، درزها و به طور محدود رگه‌ها هستند. بر مبنای مشاهدات هندسی و کینماتیکی، حدود ۱۶۴۳ شکستگی اندازه‌گیری شد که شامل ۱۴ شکستگی همراه با رگه و ۶۵۲ شکستگی بدون رگه و ۴۰ خش‌لغز می‌باشند. از ابتدای منطقه شروع به پیمایش نموده، در هر مکانی که رگه‌ای از مواد معدنی دیده می‌شد، شکستگی‌های آن محل اعم از درز یا گسل برداشت شد. در هر برداشت، سنگ میزبان ماده معدنی، شیب و امتداد رگه‌ها و رگچه‌های کانه‌دار و شکستگی‌ها و علی‌الخصوص شکستگی‌های مزدوج مورد توجه قرار گرفت. هم‌چنین، از مواد معدنی نمونه‌برداری شد و مورد آنالیز شیمیایی برای عناصر مختلف قرار گرفت که برای عنصر مس (Cu) مقادیر آن‌ها قابل توجه است. پس از اندازه‌گیری، این داده‌ها بر مبنای مقالاتی چون (Anderson, 1942; Alavi et al., 1976; Angelier, 1979; Angelier, 1984; Angelier, 1990) در نرم افزار Georient و Win tensor 5-8-8 مورد تحلیل و بررسی هندسی و ساختاری قرار گرفتند و در نهایت ۴۲ ایستگاه برداشت شد. هم‌چنین، نقشه ای شامل اطلاعات کامل زمین‌شناسی، خطواره‌ها و آلتراسیون‌ها با جانمایی دقیق ایستگاه‌ها در مقیاس ۱:۱۰۰۰ تهیه شد و در نرم افزار Arc Gis

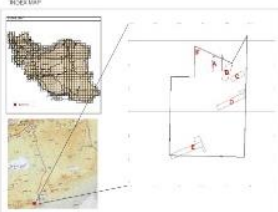
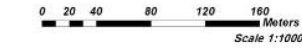
اولین حرکات زمین ساختی مشهود در اواخر اردوویسین آغاز و متعاقب آن کف دریای سیلورین بالا می‌آید. در پی این خشکی‌زایی، رسوبات کامبرین که از شیل و آهک تشکیل شده به رسوبات تخریبی و نیمه خشک تبدیل می‌گردد. در دونین تا اوایل کربونیفر پیشروی دریا صورت می‌گیرد و رسوبات کربناته دونین-کربونیفر تشکیل می‌شود. در اواخر دونین و شاید اوایل کربونیفر دریا از منطقه عقب نشسته و منجر به خروج کامل منطقه از آب می‌گردد. در اواخر پالئوزوئیک منطقه به زیر آب رفته و دریای پرمین چیره می‌گردد که این وضع تا اواخر پرمین ادامه می‌یابد و دریا مجدداً عقب نشینی نموده و منطقه از آب خارج می‌شود. به دلیل فقدان نهشته‌های تریاس و ژوراسیک از حرکات آن‌ها اطلاعی در دست نیست. حضور آهک، شیل و مارن ژوراسیک در کوه سرخ حکایت از آن دارد که حداقل در زمان ژوراسیک فوقانی دریایی نه چندان عمیق بر منطقه حاکم می‌گردد. در اواخر ژوراسیک فوقانی و اوایل کرتاسه ناحیه از آب خارج شده و پیشروی دریا از اواسط کرتاسه پائین آغاز می‌شود. در اثر این پیشروی رسوبات تخریبی قرمز رنگ به جای گذاشته شده و این وضع تا اواخر کرتاسه بالا (آشکوب کامپانین) ادامه می‌یابد. از اواسط سنونین دریا مجدداً کم عمق شده و نهشته‌های کربناته گه‌گاهی با رسوبات ماسه‌سنگی و گنگلومرا همراه می‌گردد و بالاخره با پس‌روی دریا در اواخر سنونین طبقات ماسه‌سنگی و بالاخره ضخامتی از کنگلومرا که معرف رخساره پس‌رونده دریای کرتاسه بالا است، به جای می‌ماند. نهشته‌ها در اثر فشارهای وارده چین‌خورده و ناحیه از آب خارج می‌شود. چین‌خوردگی، گسلش و بالاخره تغییر شکل‌های حاصله را می‌توان پی آمد فعالیت کوه‌زایی لارامین دانست. در زمان ترسیب دریا مجدداً پیشروی نموده و طبقات کنگلومرایی برجای می‌گذارد. نهشته‌های ائوسن-الیگوسن را بیشتر سنگ‌های آذرآواری و گدازه تشکیل داده و در اثر فعالیت آتش‌فشانی در دریا به وجود آمده و سپس ردیفی از رسوبات توفیت، توف ماسه‌ای و شیل بر روی آن‌ها قرار می‌گیرد که حکایت از استقرار حوضه رسوبی کم عمق تا نیمه قاره در منطقه دارد. تغییر ضخامت سریع نهشته‌های آذرآواری ائوسن حاکی از نا آرامی‌های کف

9.3 به صورت رقومی ترسیم گردید (شکل ۳).



LEGEND

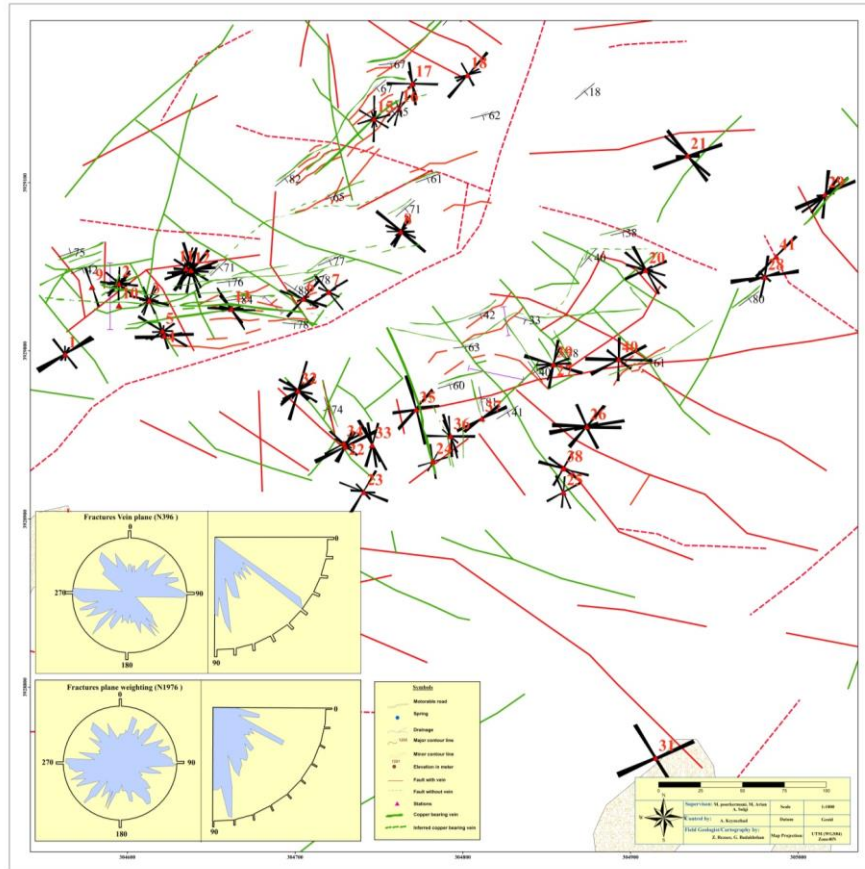
GEOLOGIC	
Unit	Description
Gm	Recent deposit
Gp	Recent deposit
Gk	Recent deposit
Gh	Recent deposit
Gj	Recent deposit
Gn	Recent deposit
Gd	Recent deposit
Gf	Recent deposit
Ge	Recent deposit
Gc	Recent deposit
Gb	Recent deposit
Gi	Recent deposit
Gg	Recent deposit
Gl	Recent deposit
Gh	Recent deposit
Gj	Recent deposit
Gk	Recent deposit
Gl	Recent deposit
Gm	Recent deposit
Gn	Recent deposit
Go	Recent deposit
Gp	Recent deposit
Gq	Recent deposit
Gr	Recent deposit
Gs	Recent deposit
Gt	Recent deposit
Gu	Recent deposit
Gv	Recent deposit
Gw	Recent deposit
Gx	Recent deposit
Gy	Recent deposit
Gz	Recent deposit
Gaa	Recent deposit
Gab	Recent deposit
Gac	Recent deposit
Gad	Recent deposit
Gae	Recent deposit
Gaf	Recent deposit
Gag	Recent deposit
Gah	Recent deposit
Gai	Recent deposit
Gaj	Recent deposit
Gak	Recent deposit
Gal	Recent deposit
Gam	Recent deposit
Gan	Recent deposit
Gao	Recent deposit
Gap	Recent deposit
Gaq	Recent deposit
Gar	Recent deposit
Gas	Recent deposit
Gat	Recent deposit
Gau	Recent deposit
Gav	Recent deposit
Gaw	Recent deposit
Gax	Recent deposit
Gay	Recent deposit
Gaz	Recent deposit
Gaa	Recent deposit
Gab	Recent deposit
Gac	Recent deposit
Gad	Recent deposit
Gae	Recent deposit
Gaf	Recent deposit
Gag	Recent deposit
Gah	Recent deposit
Gai	Recent deposit
Gaj	Recent deposit
Gak	Recent deposit
Gal	Recent deposit
Gam	Recent deposit
Gan	Recent deposit
Gao	Recent deposit
Gap	Recent deposit
Gaq	Recent deposit
Gar	Recent deposit
Gas	Recent deposit
Gat	Recent deposit
Gau	Recent deposit
Gav	Recent deposit
Gaw	Recent deposit
Gax	Recent deposit
Gay	Recent deposit
Gaz	Recent deposit



SYMBOLS

Geological	Non-Geological
Fault	Metastable rock
Internal fault	Spring
Rock unit boundary	Drainage
Structural contour	Major contour line
Planned dip	Minor contour line
Copper-indicator	Residence in under
Archeological	
Geological point	
Trench	
Reservoir	
Copper-bearing vein	
Internal copper-bearing vein	

شکل ۲- نقشه زمین شناسی منطقه گزخیزان (مقیاس ۱:۱۰۰۰)
Fig. 2. Geological map of Gazkhizan Area (Scale 1:1000)



شکل ۳- نقشه شکستگی‌های معدنی و غیر معدنی منطقه گزخیزان به همراه دیاگرام‌های آن‌ها در هر ایستگاه زمین شناسی
Fig. 3. Map of mineralized and non-mineralized fractures of Gazkhizan area with their residual diagrams in each geological station

منطقه مورد بررسی قابل مشاهده‌اند، درزها می‌باشند. با استفاده از نقشه زمین‌شناسی چهارگوش تروود با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و عکس‌های هوایی منطقه با مقیاس‌های ۱:۲۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ و همچنین نقشه‌های توپوگرافی منطقه با مقیاس‌های مختلف در برخی مناطق، برداشت‌های زمین‌شناسی انجام شد. هنگام برداشت‌های زمین‌شناسی با پیمودن زمین، پیمایش‌هایی متناسب با مقیاس نقشه، واحدهای سنگی همراه با سایر عوارض زمین‌شناسی از قبیل شیب و امتداد طبقات، گسل‌ها و غیره به صورت هندسی مشخص گردیده است (Bahyari et al.; 2019).

ساختارهایی که در یک ناحیه مورد مطالعه وجود دارند، ابزارهای ضروری و مورد نیاز شناخت دگرریختی‌ها و دست‌یابی به الگوی دگرشکلی در آن ناحیه محسوب می‌گردند. برای دست‌یابی به چنین هدفی باید خصوصیات هندسی و جنبشی دقیق آن ساختارها را مطالعه کرد. به منظور شناسایی مسیرهای تنش، ضروری است که شکستگی‌های منظم را تحلیل کنیم. به طور کلی هندسه مشاهده شده در شکستگی‌ها نتیجه فرآیندهای منشاء انتشار و خاتمه شکستگی‌ها است. شکستگی‌های سنگ، رایج‌ترین ساختار زمین‌شناسی می‌باشند که ممکن است در هر رخنمونی دیده شوند. یکی از شکستگی‌های بسیار رایج که در مقیاس‌های مختلف در

به تهیه نقشه شکستگی‌های ناحیه‌ای (شکل شماره ۲) به همراه رگه‌های پرکننده آن‌ها انجامید، نتایج زیر حاصل شد: تفکیک شکستگی‌های زون برشی منطقه بر اساس شکستگی‌های مربوط به مناطق برشی T-P-D-R, X, R' که اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی شکستگی‌های ثانویه در ۴۲ ایستگاه این زون، کلیه ساختارهای مذکور را تایید می‌نمایند.

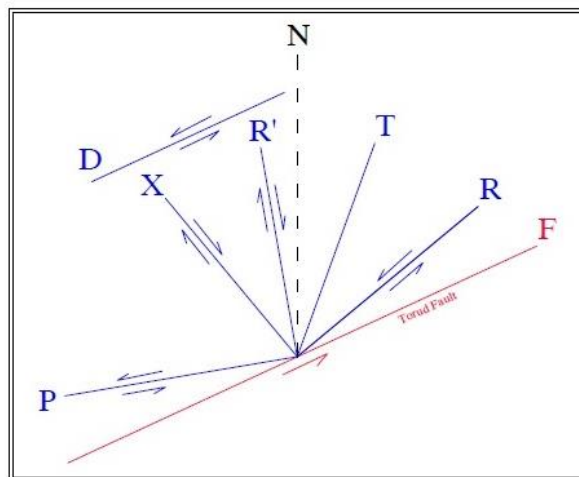
نمونه‌ای از دسته‌بندی شکستگی‌های ایستگاه‌های منطقه گزخیزان به صورت جدول در زیر آورده شده است. از آن جا که شکستگی‌های منطقه کنترل کننده شکستگی‌های رگه‌دار مینرالیزه نیز می‌باشند، اطلاعات مربوط به آنالیز شکستگی‌های رگه‌دار این ناحیه در هر ۳ دسته شکستگی‌ها پردازش شد. کلیه شکستگی‌های رگه‌دار حاوی مس در امتداد شکستگی‌های D و R و R' نهشته شده‌اند (شکل ۵).

این عوارض بر روی نقشه‌های توپوگرافی پیاده و نهایتاً پس از انعکاس نتایج سنگ‌شناسی، فسیل‌شناسی و کانی‌شناسی نمونه‌های انتخاب شده بر آن‌ها و افزودن اندازه‌گیری‌های انجام شده نقشه زمین‌شناسی با مقیاس‌های مختلف تهیه و توسط رایانه و نرم افزارهای تخصصی GIS رقومی گردیده است. در این منطقه، تطبیق سطوح شکستگی‌ها با سطوح برشی ریدل صورت گرفت (شکل ۴).

در برخی شکستگی‌ها، داده‌های کافی و دقیق برای موقعیت سطح گسل اصلی و خش‌های روی آن و نحوه جابه‌جایی وجود داشته است. در کنار آن، گسیختگی‌های دیگری به صورت مورب نسبت به سطح اصلی مشاهده شدند که علی‌رغم حفظ خش گسل، یا فاقد شواهد جنبشی بوده‌اند و یا اینکه این شواهد چندان قوی و قابل استناد نبوده‌اند.

۴- نتایج

با توجه به بررسی‌های انجام شده در گستره مورد بررسی که



شکل ۴-نقشه موقعیت انواع شکستگی‌های مرتبط با برش گسل ترود

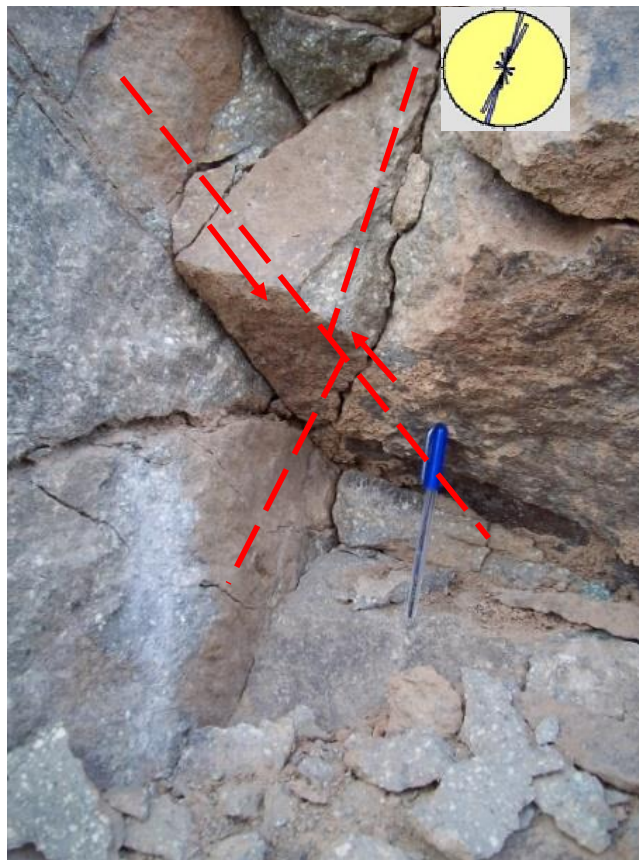
Fig.4. Location map of types of fractures associated with Trud fault section

جدول ۱-وضعیت درزه‌ها در ایستگاه دوم (K2)

Table 1. Status joint in station two (K2)

Fault	Mineral vein	Alteration	Lithology	Dip & Dip direction	Cojugated joint	The abundance of joints	Geographical coordinates	
							Y	X

-	Malachite	-	Andesite	N44-65	✓	59	3929027	304585
---	-----------	---	----------	--------	---	----	---------	--------



شکل ۵- نمایی نزدیک از درزه‌های متقاطع در ایستگاه دوم منطقه مورد مطالعه
Fig.5. Close view of cross seams in the area

۵- بحث

۵-۱- کانی‌سازی و اکتشاف

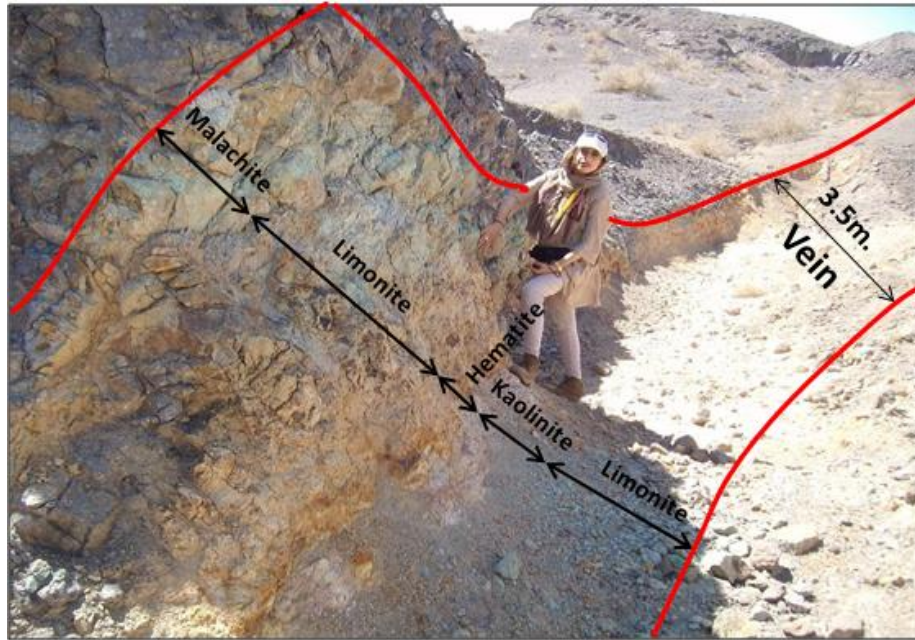
کانی‌سازی در امتداد گسل‌های با روند شمال خاور-جنوب باختر و کمتر شمالی-جنوبی نهشته شده است. کانی‌سازی به صورت شکستگی‌های رگه‌دار، هیدروترمال بوده که رگه‌ها سیلیسی-برشی به همراه کانی‌سازی از مس (در سطح بیشتر به صورت مالاکیت و کمتر آزوریت) و همچنین کالکوسیت، کوولین و بورنیت به همراه اکسیدهای ثانویه و آبدار آهن درست شده است (احمدی شاد، ۱۳۷۶). دگرسانی‌های منطقه گزخیزان نیز شامل آرژیلیکی، کائولینیتی، سیلیسی و اکسیدهای آهن به ویژه لیمونیتی، گوتیتی، هماتیتی و ... است

(شکل ۶).

در منطقه مورد مطالعه برای اطلاع از وجود کانه‌زایی و کانسار در عمق زمین و همچنین با توجه به نتایج اکتشافات در خور توجه سطحی، حفاری‌های عمقی انجام شد. حفاری‌ها به ۲ صورت حفر ترانشه و گمانه صورت گرفت که به شرح زیر می‌باشند:

اصولاً ترانشه‌های اکتشافی به منظور تعیین عیار ماده معدنی در زون‌ها یا رگه‌های کانه‌دار، تعیین روند تغییرات عیار و مشخص شدن ضخامت آن‌ها، دسترسی به سطح تازه و غیر هوازده رگه یا زون کانه‌دار و نمایاندن وجود و یا عدم وجود در نقاط پوشیده، تعیین مشخصات هندسی رگه‌ها و یا زون‌های

کانهدار و معمولاً عمود بر رگه یا زون کانهدار حفر می گردند (Angelier., 1990).



شکل ۶- انواع آلتراسیون های لیمونیتی، کائولینیتی و هماتیتی در کنار رگه های کانهدار مالاکیتی
Fig.6. Limonitic, kaolinitic and hematitic alterations along with the malachite ores



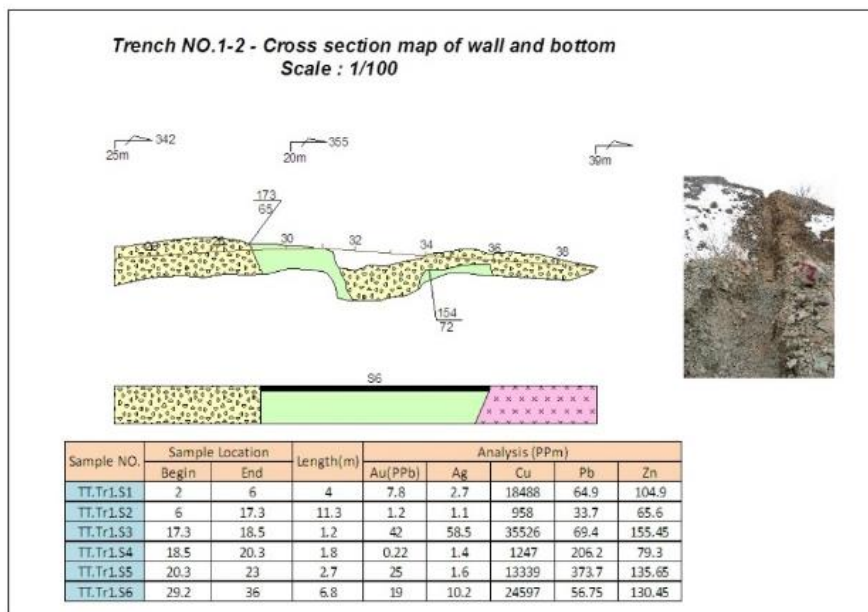
شکل ۷- ترانشه شماره ۱ منطقه مورد مطالعه

Fig.7. Trench No. 1 of the study area

محدوده اکتشافی گزخیزان جمعاً تعداد ۲۴ نقطه حفاری انتخاب گردید. عیار میانگین مس برای کل گمانه‌های محدوده مورد بررسی برابر ۱/۵۲ درصد محاسبه شده است. منطقه مورد مطالعه در محلی به نام گزخیزان، در شمال محدوده جای داشته و دارای زون کانه‌داری به درازای ۳۵۰ متر و پهنای ۵۰-۷۰ متر و با روند تقریباً "خاوری-باختری" می‌باشد و مهم‌ترین کانی‌سازی در این محدوده به شمار می‌آید. بالاترین عیار مس به دست آمده از این منطقه در سطح برابر ۳/۵۵ درصد بوده که از ترانسه شماره یک به دست آمده است. عیار میانگین مس زون‌های کانه دار در سطح برابر ۲/۱۱ درصد می‌باشد و برای کل محدوده شامل سنگ‌های کانه‌دار و باطله برابر ۰/۸۲ درصد است. بررسی‌های عمقی عیار میانگین عیار مس برای منطقه برابر ۱/۶۲ درصد می‌باشد. ذخیره قطعی زون کانه‌دار این منطقه بیش از ۱/۳۰۰/۰۰۰ تن کان سنگ مس با عیار میانگین ۱/۵۹ درصد مس برآورد شده است.

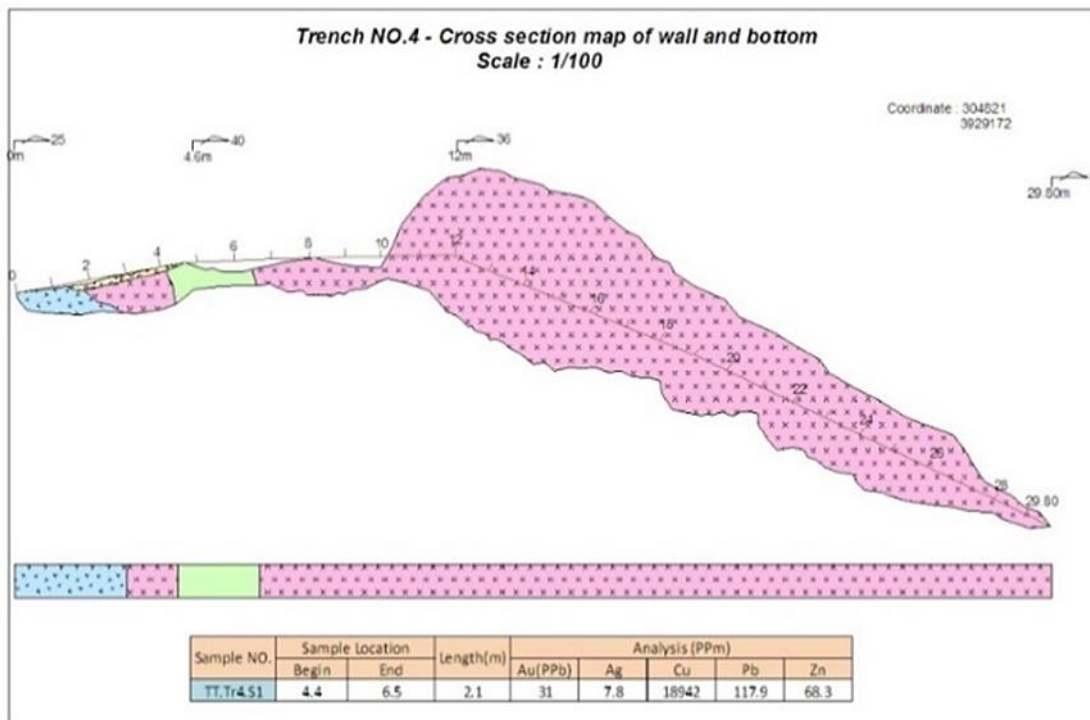
در منطقه مورد بررسی، در جریان عملیات اکتشافی انجام شده، تصمیم بر آن گرفته شد که برای تکمیل اطلاعات سطحی ترانسه‌های این فاز به نحوی طراحی و حفر گردند که بیشترین برون‌زدهای ماده معدنی را پوشش دهد. در این راستا تعداد ۱۱ ترانسه اکتشافی در منطقه اکتشافی طراحی و حفر گردید. بدین ترتیب، تراکم داده‌ها در منطقه (هدف اکتشاف) به حد استاندارد رسیده و امکان طراحی نقاط حفاری عمقی را با دقت تهیه کرده است (شکل‌های ۷ الی ۹).

تعداد ۲۴ گمانه اکتشافی در محدوده گزخیزان حفاری شد. در این میان، گذشته از تکمیل داده‌های اکتشافی و کسب اطلاعاتی در مورد شکل و ذخیره کانسار، گردآوری داده‌های لازم برای برنامه‌های بعدی مد نظر بوده است. طراحی گمانه‌ها براساس اطلاعات حاصل از مجموعه مطالعات زمین‌شناسی سطحی، حفاری ترانسه‌ها به ویژه تلفیق آن‌ها با نقشه‌ها و پروفیل‌های حاصل از مطالعات ژئوفیزیکی به روش‌های IP و RS انجام گردید. با توجه به محدودیت مترژ حفاری در مقایسه با تعداد، وسعت آنومالی‌ها و محدوده اکتشافی تعداد گمانه براساس اهمیت و اولویت تقسیم‌بندی گردید. در



شکل ۸- ترانشه شماره ۸ منطقه مورد مطالعه

Fig.8. Trench No. 8 of the study area



شکل ۹- ترانشه شماره ۴ منطقه مورد مطالعه

Fig.9. Trench No. 4 of the study area

تا خاور باختری- باختری و راستای N20W – 45W دارای بیشترین فراوانی است بنابراین شکستگی‌ها و گسل‌های منطقه در دو رده شمال خاور باختر – جنوب باختر تا خاوری-باختری و شمال باختر-جنوب خاور قرار می‌گیرند. شیب این صفحات زیاد و در بسیاری از موارد نزدیک به قائم است. از دیگر ساختارهای شکننده مشاهده شده در منطقه درزه‌ها هستند. در این مطالعه تعداد ۹۷۹ درزه برداشت شد و چهار دسته درزه با روندهای شمالی-جنوبی، خاور باختری- باختری، شمال خاور باختر-جنوب باختر و شمال باختر- جنوب خاور باختر به دست آمد (شکل ۱۰). ترسیم صفحات این درزه‌ها بر روی دیاگرام گل سرخی به صورت متمرکز نشان می‌دهد که پراکندگی دسته درزه‌ها زیاد است، اما عمده درزه‌ها دارای روندی بین N40 E -55W و N35 E -40E هستند. البته در این بین امتداد درزه‌ها به طور پیوسته به هم

۲-۵- تحلیل داده‌ها و ارتباط کانه زایی و شکستگی‌ها داده‌های پایه برای تعیین نوع گسل‌های منطقه و صفحه‌های گسلی و خش لغزهای مربوط به آن‌ها توسط نمودارهای گل سرخی می‌باشند. اطلاعات از گمانه‌های برداشت شده در واحدهای سنگی مختلف به دست آمده است (جدول شماره ۲).

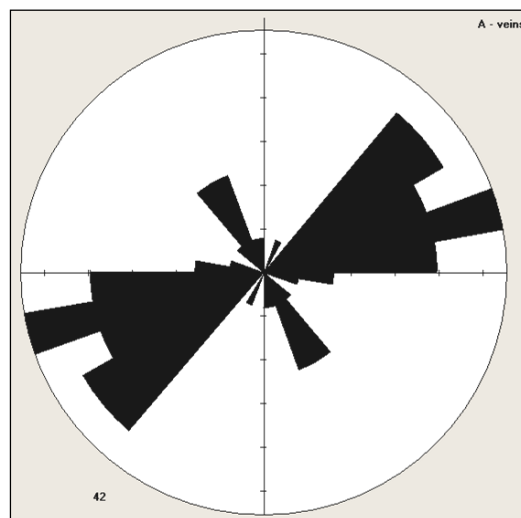
در گستره معدن سطوح گسلی و نشانه‌های آن کاملاً واضح و قابل برداشت هستند. پس از بررسی این ساختارها با کمک رسم نمودارهای گل سرخی چهار دسته شکستگی شناسایی شدند که تقریباً در بیشتر موقعیت‌های صحرایی به خوبی دیده می‌شوند. این چهار دسته براساس روند شامل گسل‌های شمالی-جنوبی، خاور باختری-باختری، شمال خاور باختر- جنوب باختر و شمال باختر-جنوب خاور باختر می‌باشند. در بین این چهار دسته شکستگی، امتدادهایی با راستای N50E

تبدیل می‌شوند. شیب درزه‌ها ۷۰-۸۰ درجه است و جهت شیب آن‌ها با توجه به زیاد بودن مقدار شیب بین شمال و جنوب متغیر است. سطح درزه‌ها تقریباً مضرس است و در امتداد درزه‌ها انحنا دیده نمی‌شود.

جدول ۲- مشخصات گمانه‌های حفر شده در منطقه

Table 2. Specifications of boreholes drilled in the area

NO.	BH NO.	Depth	Samples	Highest grade of Cu (%)	Average Grade (%)
1	BH1	30	10	3.21	1.34
2	BH2	21	7	3.11	1.39
3	BH3	29.5	10	3.07	1.47
4	BH4	20	7	2.93	1.06
5	BH5	20	7	2.83	1.48
6	BH6	30	10	3.46	1.73
7	BH7	20.5	7	3.12	1.69
8	BH8	35.5	12	3.7	1.71
9	BH9	25	9	3.82	1.78
10	BH10	24.5	9	3.07	1.59
11	BH11	36	12	3.47	1.84
12	BH12	20	7	3.2	1.65
13	BH13	30	10	3.79	1.66
14	BH14	30	10	3.41	1.88
15	BH15	35	12	4.65	1.71
16	BH16	30	10	3.23	1.52
17	BH17	20	7	2.89	1.51
18	BH18	15	5	6.78	2.42
19	BH19	15	5	3.38	1.29
20	BH20	15	5	2.11	0.78
21	BH21	15	5	2.76	1.06
22	BH22	15	5	2.7	0.84
23	BH23	15	5	2.56	0.93
24	BH24	15	5	1.73	0.73
Total Metrage				562 m	
Total Samples				191	
Average Grade of Cu (%)				1.52	



شکل ۱۰- نمودار گل سرخی شکستگی‌های دارای کانه‌زایی در منطقه مورد مطالعه
Fig.10. Rose diagram of the fractures with mineralized veins in the area

جدول ۳- وضعیت رگه‌های کانه‌دار در شکستگی‌های دارای کانه‌زایی محدوده معدنی گزخیزان
Table 3. Status of mineralized veins in fractures with mineralization of Gazkhizan mineral area

Mineralisation Phase	Alteration Degree	Alteration	Thickness	Copper Grade		Relative Frequency	Copper Vein	Fracture Type Sorted by formed in Shear Zone
				Average	Maximum			
1	Low	Limo	<30 cm	1.81	4.65	Moderate	*	T
	High	Limo, Kao, Hema	<4m	2.42	6.78	Very High	*	R
	Low	Limo	<70 cm	1.65		High	*	R'
							-	P
							-	D
2	Moderate	Limo, Kao	<20 cm	1.88	3.41	High	*	X

چند متر که به لحاظ اقتصادی مورد توجه است.
۲- دسته دوم کانه‌زایی پراکنده و به صورت پچ‌های درون سنگ میزبان و در سطح شکستگی‌ها است که به کمک شکستگی‌های عمقی منطقه‌ای و حرکت لغزشی-کششی این محدوده از توده ماگمایی درونی جدا شده و جاگیر شده‌اند. این نوع کانه‌زایی در سطوح شکستگی‌های P و D ردگیری شدند.
وضعیت رگه‌های کانه‌دار در شکستگی‌های دارای کانه‌زایی محدوده معدنی گزخیزان، در جدول ۲ و شکل ۱۰ خلاصه شده‌اند.

۶- نتیجه گیری

بررسی‌های اکتشافی-تکتونیکی نتایج زیر را نشان داده‌اند:
-سنگ میزبان کانی‌سازی را سنگ‌های آتشفشانی و پیروکلاستیکی با سن ائوسن بالائی تشکیل می‌دهد.
حرکات تکتونیکی در ناحیه در چندین مرحله انجام شده که بخشی از این حرکات باعث توسعه کانی‌سازی در ناحیه شده است. ساختارهای منطقه دارای دو روند کلی شمال خاور-جنوب باختر و شمال باختر-جنوب خاور ساختارهای منطقه بوده که روند شمال خاور-جنوب باختر روند اصلی

در اطراف زون‌های گسلی و شکستگی‌های رگه‌دار، تراکم دسته درزه‌ها بیشتر می‌شوند. رگه‌های کانه‌دار در پهنه‌های برشی مانند پهنه برشی منطقه ماگمایی تروود-رشم، شکستگی‌ها سیستماتیک هم‌گام با پیشرفت پهنه برشی به ترتیب زمانی در جهات گوناگون ایجاد می‌شوند که از قدیم به جدید (راست به چپ) عبارتند از X, D, P, R', R, T که کلیه این شکستگی‌ها در این پهنه مورد شناسایی و بررسی قرار گرفتند. لازم به ذکر است تقدم و تاخر، چگونگی و ترتیب تقاطع انواع شکستگی‌های منطقه نیز در حین برداشت‌های صحرایی مورد توجه بوده است. بررسی‌های صحرایی در ایستگاه‌های زمین‌شناسی این محدوده و برداشت‌های دقیق شکستگی‌های این منطقه، نشان می‌دهد که جای‌گیری رگه‌های کانه‌دار بیشتر در امتداد این شکستگی‌ها صورت گرفته است. کانه‌زایی در رگه‌ها بیشتر به صورت اکسید مس (مالاکیت) است و در کنار آن آثار آلتراسیون‌های ثانویه قابل مشاهده است (Amer et al., 2010).

کانه‌زایی مورد بحث در این محدوده معدنی به دو صورت رگه‌ای و غیر رگه‌ای است:

۱- دسته اول رگه‌های معدنی با ضخامت چند سانتی‌متر تا

افزارهای Win Tensor و Georeient مشخص شده است. همچنین یک منطقه برشی شمال خاور باختری-جنوب باختری با رگه‌های مس وجود دارد. تجزیه و تحلیل شکستگی‌ها در این منطقه نشان می‌دهد که بیشتر شکستگی‌های رگه‌دار مطابق با شکستگی‌های تیپ T ناشی از عمل کرد یک ناحیه برشی جانبی سمت چپ است. این شکستگی‌های رگه‌دار با سمت شمال، شمال خاوری- جنوب باختری قرار گرفته‌اند.

تشکر و قدردانی‌ها

از آقای بدخشان ممتاز، همکار محترم، که در امر تحقیق و بررسی انجام شده کمک زیادی نمودند و از همکاران محترم در شرکت کیمیا کانی نصر، آقای لواسانی (مدیر عامل) و آقای بختیاری و آقای ایلخانی تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

هم چنین از همه اعضای هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی-واحد علوم و تحقیقات تهران برای همکاری و راهنمایی آن‌ها تشکر می‌کنم.

شکستگی‌ها در ناحیه است و مهم‌ترین نقش را در کنترل شکستگی‌های رگه‌های کانهدار و جای‌گیری دایک‌ها به عهده دارد. روند این شکستگی‌ها به موازات گسل ترود و انجیلو بوده و ساختارهای با روند شمال باختر- جنوب خاور فرعی تر و احتمالاً جدیدتر از روند قبلی می‌باشد (جدول شماره ۳).

در اثر نفوذ محلول‌های گرمابی در امتداد گسل‌های منطقه، درون واحد پیروکلاستیکي ائوسن بالا دگرسانی از انواع سیلیسی و آرزلیتی رخ داده و در برخی مواقع تا جایی پیشرفته است که سنگ میزبان اصلی دیده نمی‌شود.

دگرسانی‌های اکسیدهای آهن به ویژه از انواع لیمونیتی و هماتیتی و ... به چشم می‌خورد.

کانی‌سازی در منطقه مورد مطالعه به صورت گرمابی و در امتداد شکستگی‌های منطقه رخ داده است.

کانی‌های مس در منطقه بیشتر به صورت کانی‌های کربناته مالاکیت و کمتر آزریت بوده و کانی‌های سولفیدی مس از جمله کالکوسیت، بورنیت و کوولین نیز به چشم می‌خورند.

هندسه شکستگی در این منطقه با استفاده از نرم

مراجع

- Alavi, M., Hushmandzadeh, A., Etminan, H., Haghypour, A., 1976. Geological map of Torud. Scale 1:250000, Geological Survey of Iran, Tehran.
- Angelier, J., 1984. Tectonic analysis of fault slips data sets. *Journal of Geophysical Research* 89, 5835-5848. <https://doi.org/10.1029/JB089iB07p05835>
- Angelier, J., 1990. Inversion of field data in fault tectonics to obtain the regional stress III. A new rapid direct inversion method by analytical means. *Geophysical Journal International*.103, 363-376. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1990.tb01777.x>.
- Angelier, J., 1979b. Determination of the mean principal directions of stresses for a given fault population. *Tectonophysics* 56, 17-26.
- Anderson, E.M., 1942. *The Dynamics of Faulting and Dyke Formation with Applications to Britain*, 1st Edition, Oliver and Boyd, Edinburgh. P. 206.
- Angelier, J., 1979b. Tectonophysics, Determination of the mean principal directions of stresses for a given fault population. *Tectonophysics* 56, T17-T26. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(79\)90081-7](https://doi.org/10.1016/0040-1951(79)90081-7).
- Amer, R., Kusky, T., Ghulam, A., 2010. New methods of processing aster data for lithological mapping: examples from Fawakhir, Central eastern desert of Egypt. *Journal of African Earth Sciences* 56, 75-82. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2009.06.004>.
- Behyari, M., Kanabi, A., 2019. Constraining of strain ellipsoid shape from sectional data in the Au bearing shear zone west of Iran. *Acta Geodynamica et Geomaterialia* 16, 131-143. 10.13168/AGG.2019.0010.

- Decker, K., Eschede, M., Ring, U., 1993. Fault slip analysis along the northern margin of the eastern Alps (Molasse, Helvetic maps, North and South penninic flysh and northern calcareous Alps). *Tectonophysics* 223, 291-312 223. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(93\)90142-7](https://doi.org/10.1016/0040-1951(93)90142-7).
- Ellie, L., Spell, T.L., Wallace, Alan R., Goldstrand, P., Arehart, G.B., 2003. Volcano- tectonic setting of the midas epithermal vein deposit. Elko County Nevada, Cordilleran Section - 99th Annual (April 1–3, 2003), Paper No. 23-5