



RESEARCH ARTICLE

doi 10.22067/econg.2024.87223.1105



Important and influential factors in mineralization and grade changes of Manto-copper deposits with a special look to Nasim, Mes e Sorkh and Zarmehr mines

Ali Sheykhi ¹, Mohammad Hassan Karimpour ^{2*} , Ali Asghar Sepahi ³ , Behnam Rahimi ⁴ ¹ M.Sc. student, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran² Professor, Department of Geology and Research Center for Ore Deposit of Eastern Iran, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran³ Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran; Department of Geology, Faculty of Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran⁴ Professor, Department of Geology and Research Center for Ore Deposit of Eastern Iran, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

ARTICLE INFO

Article History

Received: 10 March 2024
Revised: 02 May 2024
Accepted: 05 May 2024

Keywords

Chalcocite
Malachite
Azurite
Bardaskan-Doruneh
Sabzevar subzone

*Corresponding author

Mohammad Hasan Karimpour
✉ karimpur@um.ac.ir

ABSTRACT

Manto-type copper mines occur in the Bardaskan-Doruneh copper belt. On the basis of structural sedimentary division of Iran, this belt is located in the northeastern part of the Central Iran. At the southern border of this belt, the Yazd structural block and in the north of it is the Sabzevar subzone. The important regional structures of the region are Doruneh and Taknar faults. The majority of the units in this belt are Tertiary volcanic rocks that is associated with some sedimentary units, also some intrusive units are sometimes visible in the form of dyke and stock structures. The main host-rock of mineralization is conglomerate, which is different in grain size, clasts and cement. The most common sulphide mineral is chalcocite and the most important copper carbonates are malachite and azurite. The intense alteration is not observed in the region, and the chloritic alteration is partial, and the alteration of Fe-Oxide, zeolite, calcite, and silica is just observed locally. Mineral solution is reduced and poor in iron and silica.

How to cite this article

Sheykhi, A., Karimpour, M.H., Sepahi, A.A. and Rahimi, B., 2024. Important and influential factors in mineralization and grade changes of Manto-copper deposits with a special look to Nasim, Mes e Sorkh and Zarmehr mines. *Journal of Economic Geology*, 16(2): 35–60. (in Persian with English abstract) <https://doi.org/10.22067/econg.2024.87223.1105>



©2024 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.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Manto type copper deposits in the Bardaskan-Doruneh copper belt, with a length of approximately 60 km in a northeast-southwest direction, host more than ten active copper mines such as Zangalu, Zarmehr, Dahane-Siah, Mehr-Ajin, Mes-e-Sorh, Cheshme Hadi, Nasim, Sepidsarw, Cheshme Marzieh and a number of mineral areas, which according to the characteristics of these types of deposits (location, genetic pattern, geometry, host rock, minerals, etc.) and their similarities with Manto type copper deposits in Chile, Canada and the northern Michigan area, it is called as Manto-copper deposits in Iran.

Materials and Methods

This research includes two parts of field and laboratory investigations. Field studies were carried out in a region with about 60 km in length. Field operations include surveying and searching the area, sampling and distinguishing rock units and mineralization indicators, as well as important geological features of the area. The number of 20 thin sections for lithological investigations, as well as 20 polished thin sections and 10 blocks of drill cores (examination and study of 20,000 meters of drill core related to Nasim, Zarmehr, Mes-e-Sorkh, Cheshme Hadi and Kimia mines) and surface outcrops for a map of mineralization in the area was prepared and studied. Field surveys were conducted for mineralization controllers and host rock changes in the mining pits of Nasim, Zarmehr, Mes-e-Sorkh and Cheshme Hadi mines. Also, due to the importance of tectonic structures, a structural map of the mines was prepared.

Discussion and Results

The rock units from old to young include: Basalt, Andesite-Basalt, Andesite, Conglomerate with more volcanic fragments, Limestone, Siltstone, Marl and evaporite sediments including gypsum Marl. The general extension of this lithological sequence is northeast-southwest. Mineralization has occurred within the conglomerate unit. There are different types of conglomerate based on the size of the clasts, the lithology of the clasts, and the cement. The type of conglomerate has a great effect on mineralization and grade changes. Conglomerate is a suitable host

for mineralization due to the porosity of the rock. The dip and strike of the ore body follows the dip and strike of the lithological units of the region and the deposit is of the stratibound type. Mineralization zone has a variable thickness between 2 and 6 meters (in some places, the thickness increases due to the action of faults). The dip of the ore body varies in different parts and is between 15 and 80 degrees towards the south and southeast. The mineralization texture is mostly disseminated and veined and is mainly as chalcocite mineral. In some places, due to effect of tectonic forces and the formation of fault structures, the order and sequence of units has been dislocated and messed up.

Fault structures: The first group of fault structures with the northeast-east to southwest-west direction are the most important fault structures. These fault structures form the boundary between the Andesite unit and the sedimentary units and in the surface of mineralization outcrop can be seen along its length and it is one of the old structures in the region because it has been cut and dislocated many times by other fault structures. The second group is the north-south oriented structures and caused displacements in the mineralized host unit. This fault system, which itself consists of several parallel fault structures, has caused the creation of secondary spaces and the intensification of mineralization, and as a result, the grade has increased in some parts of the region by joining these parallel faults together and with deepening of the basin the intensity of mineralization has increased.

The third group of fault structures with the northwest-southeast direction are right lateral strike-slip and minor left lateral strike-slip faults. These structures are one of the most important fault structures in the region, which displaced the rock units of the region, especially the host of mineralization.

Acknowledgments

This Research has been done with Financial Support of the vice President for Research and Technology of Ferdowsi University of Mashhad under Project No.59745/3 in date 2024/4/19. We would like to thank the Komeh Mine Pars Company, Parsi kan kav Company, Mehad Company and the Tehran Oxin Zarmehr Company for cooperating and supporting this research.



عوامل مهم و تأثیرگذار در کانه‌زایی و تغییرات عیاری کانسارهای مس مانتو با نگاهی ویژه به مجموعه معادن مس نسیم، مس سرخ و مس زرمهر

علی شیخی^۱، محمدحسن کریم‌پور^{۲*}، علی اصغر سپاهی‌گرو^۳، بهنام رحیمی^۴ 

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۲ استاد، گروه زمین‌شناسی و گروه پژوهشی اکتشاف ذخایر معدنی شرق ایران، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۳ استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران؛ گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

^۴ استاد، گروه زمین‌شناسی و گروه پژوهشی اکتشاف ذخایر معدنی شرق ایران، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده	اطلاعات مقاله
مجموعه معادن مس نوع مانتو کمر بند مس‌دار بردسکن - درونه بر اساس تقسیم‌بندی رسوبی ساختاری در بخش شمال شرقی گستره پهنه ایران مرکزی و در نزدیکی مرز جنوبی آن با بلوک ساختاری یزد و زیرزون سبزوار واقع شده است و از این روی تحت تأثیر ساختارهای مهم منطقه‌ای از جمله سامانه گسلی درونه و تکنار قرار گرفته است. غالب واحدهای این کمر بند سنگ‌های آتشفشانی ترشیاری هستند که با برخی واحدهای رسوبی همراه شده‌اند. همچنین برخی واحدهای نفوذی و نیمه عمیق نیز گاهی در قالب ساختار دایک و استوک قابل مشاهده هستند. میزبان اصلی کانی‌سازی در کانسارهای نوع مانتوی این منطقه کنگلومراست که از نظر اندازه، جنس قطعه‌ها و سیمان متفاوت هستند. مهم‌ترین کانی سولفیدی کالکوسیت و مهم‌ترین کربنات‌های مس مالاکیت و آزوریت است. دگرسانی غالب در منطقه مشاهده نمی‌شود و دگرسانی کلریت به صورت جزئی و دگرسانی‌های اکسید آهن، زئولیتی، کلسیتی و سیلیسی به صورت محلی مشاهده می‌شود. محلول کانه‌دار احیایی و فقیر از آهن و سیلیس است.	تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۶
	واژه‌های کلیدی کالکوسیت مالاکیت آزوریت بردسکن - درونه زیرزون سبزوار
	نویسنده مسئول محمدحسن کریم‌پور karimpur@um.ac.ir 

استناد به این مقاله

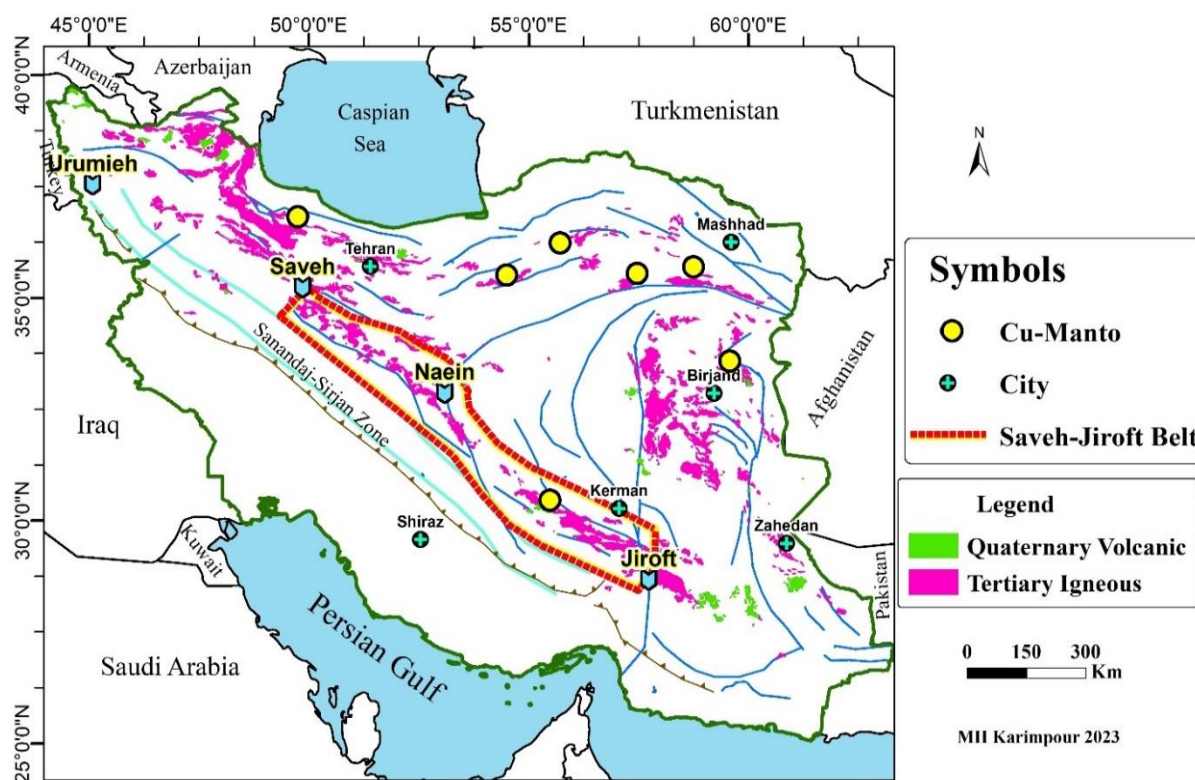
شیخی، علی؛ کریم‌پور، محمدحسن؛ سپاهی‌گرو، علی اصغر و رحیمی، بهنام، ۱۴۰۳. عوامل مهم و تأثیرگذار در کانه‌زایی و تغییرات عیاری کانسارهای مس مانتو با نگاهی ویژه به مجموعه معادن مس نسیم، مس سرخ و مس زرمهر. زمین‌شناسی اقتصادی، ۱۶(۲): ۳۵-۶۰. <https://doi.org/10.22067/econg.2024.87223.1105>

مقدمه

شباهت‌های آن با کانسارهای مس نوع مانتو در شیلی، کانادا و منطقه میشیگان شمالی از آن با عنوان کانسارهای مس مانتو در ایران نام‌برده می‌شود.

کانسارهای نوع مانتو در ایران در زون ساوه-جیرفت مثل کانسارهای وشنوه و کشکوئیه (Abolipour et al., 2015)، خراسان جنوبی (کانسار ورزگ (Alizadeh et al., 2012))، شمال زنجان (کانسار مس ماری (Maghfouri et al., 2017))، شاهرود (کانسار عباس‌آباد (Maghfouri and Movahednia, 2015))، دامغان، زون ساندج-سیرجان مثل کانسار کشت مهکی (Boveiri Konari et al., 2013)، جنوب نیشابور (گل چشمه) و شمال غرب بردسکن است (شکل ۱).

کانسارهای مس نوع مانتو در کمربند مس دار بردسکن-دروانه به طول تقریبی ۶۰ کیلومتر در امتداد شمال شرقی-جنوب غربی میزبان بیش از ده معدن فعال مس همچون زنگالو (Ghelichkhani and Malekzadeh Shafaroudi, 2018;)، زرمهر، دهنه سیاه، مهرآجین، مس سرخ، چشمه هادی، مجموع معادن مس نسیم (چشمه گز (Mahvashi and Malekzadeh Shafaroudi, 2016))، کال ابری (Jabbari et al., 2017)، سپیدسرو، چشمه مرضیه (Soltani and Fardost, 2016) و تعدادی محدوده معدنی است که با توجه به ویژگی‌های این نوع کانسارها (موقعیت، الگوی ژنتیکی، ژئومتری، سنگ دربرگیرنده، کانه‌های همراه و ...) و



شکل ۱. نقشه پراکندگی کانسارهای مس نوع مانتو در ایران

Fig. 1. Distribution map of Manto type copper deposits in the Iran

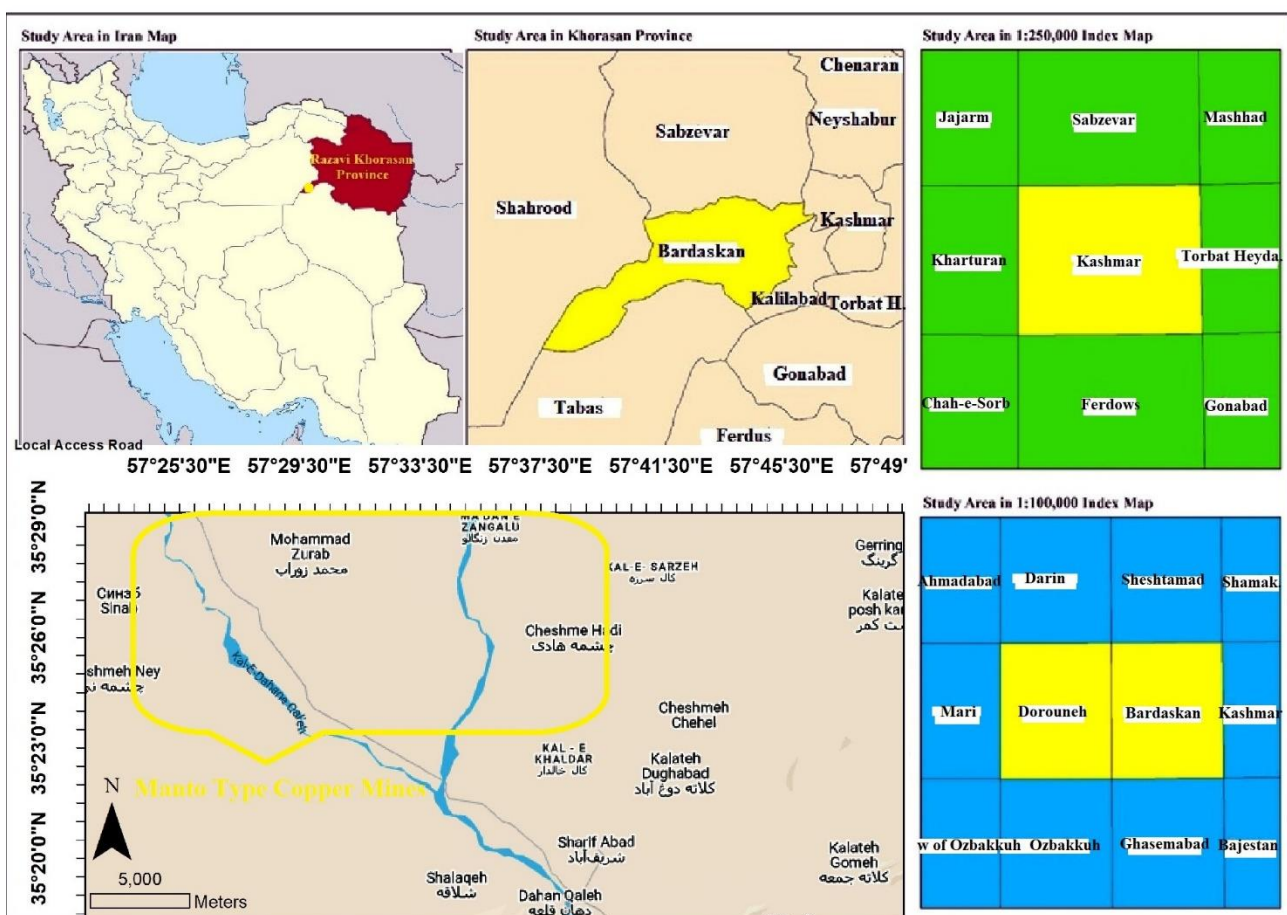
روش مطالعه

بررسی شد. بررسی‌های میدانی برای کنترل‌کننده‌های کانی‌سازی و تغییرات عیاری و سنگ‌میزبان در پیت‌های در حال استخراج معادن نسیم، زرمهر، مس سرخ و چشمه هادی انجام شد و به دلیل اهمیت ساختارهای زمین‌ساختی نقشه ساختاری معادن تهیه شد.

زمین‌شناسی پنجره کانی‌سازی مس مانتو

کمرند مس مانتو بردسکن - درونه در استان خراسان رضوی و شمال غرب و غرب مرکز شهرستان در مسیر قدیم سبزوار به بردسکن واقع شده است (شکل ۲).

این پژوهش شامل دو بخش عملیات صحرایی و آزمایشگاهی است و در طول ۶۰ کیلومتر عملیات صحرایی منطقه انجام شد. عملیات صحرایی شامل پیمایش و پی‌جویی منطقه، نمونه‌برداری و تمایز واحدهای سنگی و شاخصه‌های کانی‌سازی و همچنین عوارض مهم زمین‌شناسی منطقه است. تعداد ۲۰ مقطع نازک برای بررسی‌های سنگ‌شناسی و همچنین ۲۰ مقطع نازک صیقلی و ۱۰ بلوک از مغزه‌های حفاری (بررسی ۲۰۰۰۰ متر مغزه حفاری مربوط به معادن نسیم، زرمهر، مس سرخ، چشمه هادی و کیمیا) و رخنمون‌های سطحی برای بررسی کانی‌سازی در منطقه تهیه و

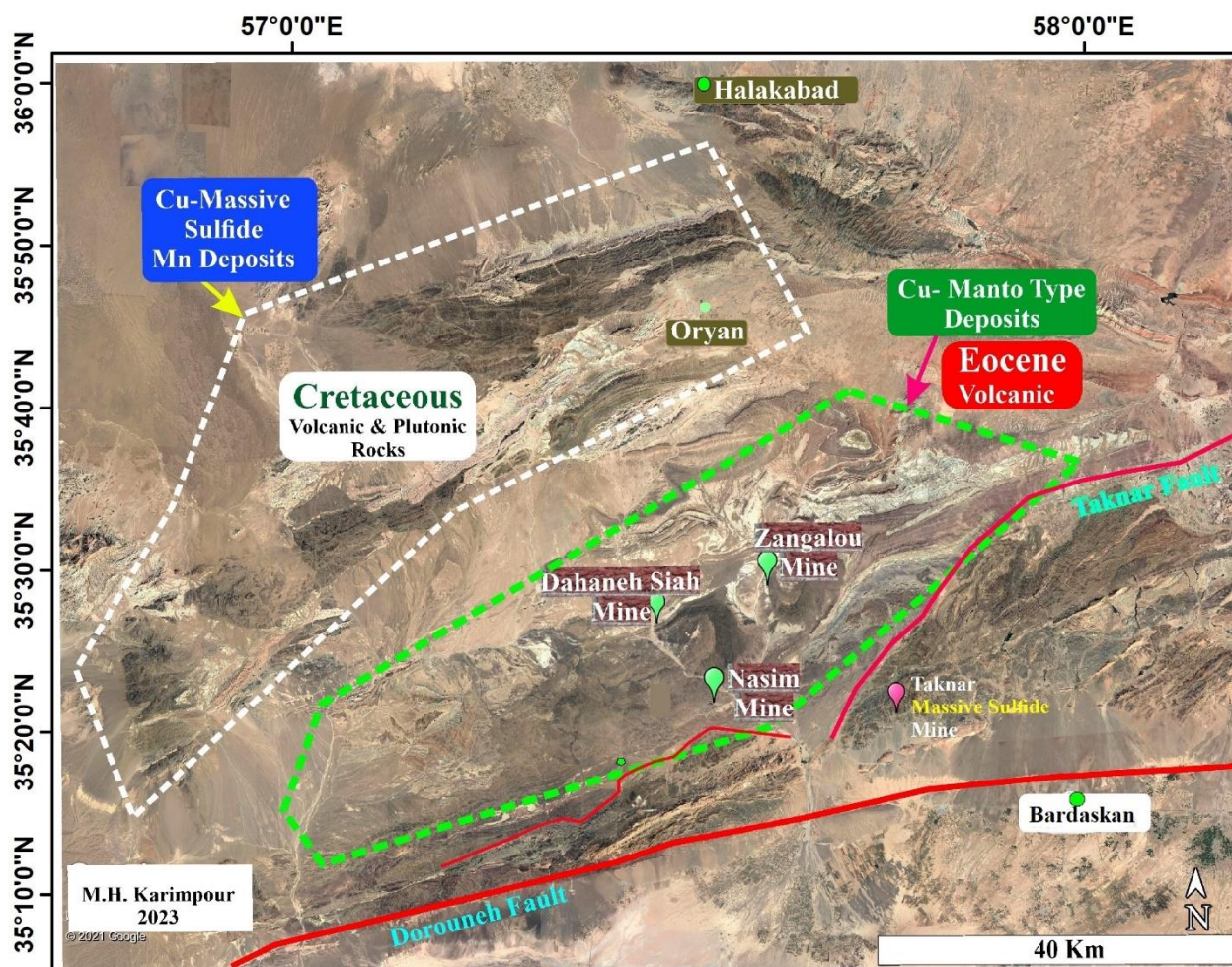


شکل ۲. نقشه موقعیت منطقه معدنی بردسکن - درونه همراه با راه‌های دسترسی و جایگاه آن در ایندکس‌های زمین‌شناسی

Fig. 2. Location map of the Bardaskan- Doruneh mining area with the access ways and its position in the geological index

یزد و زیرزون سبزواری واقع شده است و از این روی تحت تأثیر برخی از ساختارهای مهم منطقه‌ای از جمله سامانه گسلی درونه و گسل تکنار قرار دارد (شکل ۳).

از نظر زمین‌شناسی و بر اساس تقسیم‌بندی رسوبی-ساختاری ایران، می‌توان گفت که این کمربند در بخش شمال شرقی گستره پهنه ایران مرکزی و در نزدیکی مرز جنوبی آن با بلوک ساختاری

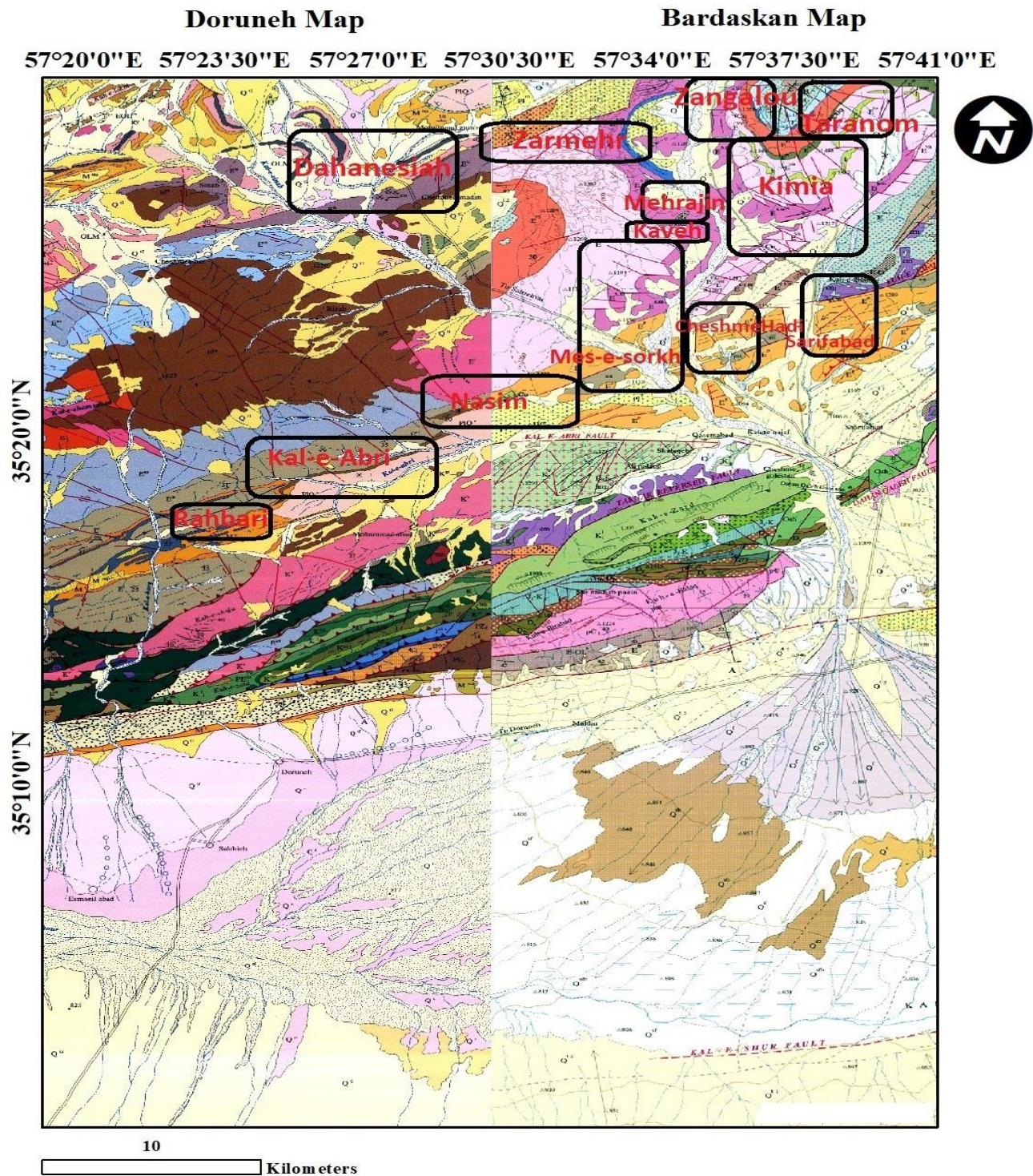


شکل ۳. تصویر گوگل ارث از موقعیت کمربند مس نوع مانتو نسبت به گسل درونه و تکنار

Fig. 3. Google Earth image of the location of Manto type copper belt in relation to Dorunch and Taknar faults

۲۰۰۶) واقع شده است (شکل ۴). غالب واحدهای این منطقه شامل سنگ‌های آتشفشانی به سن ائوسن هستند که با برخی از واحدهای رسوبی همراه شده‌اند. برخی واحدهای نفوذی و نیمه عمیق نیز گاهی در قالب ساختار دایک و استوک قابل مشاهده هستند.

کمربند مس دار بردسکن- درونه در چهار گوش نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشر (Eftekhari et al., 1976) و پهنه مربوط به نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بردسکن (Shahrabi et al., 2006) و درونه (Qaemi and Mousavi Harami,)



شکل ۴. نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ بردسکن (Shahrabi et al., 2006) و درونه (Qaemi and Mousavi Harami, 2006)، موقعیت معادن مس نوع مانتو

Fig. 4. Geological map 1:100,000 of Bardaskan (Shahrabi et al., 2006) and Doruneh (Qaemi and Mousavi Harami, 2006). The location of copper Manto type Mines.

توالی لیتولوژی و key beds در کانسارهای مس مانتو بردسکن - درونه

به صورت کلی توالی کامل لیتولوژی از قدیم به جدید شامل بازالت، آندزیت بازالت، آندزیت، کنگلومرا، آهک، سیلتستون و مارن‌های گچی است. توالی در گمانه P02-NP08 از معدن نسیم

به این صورت است که به ترتیب از سطح به عمق سیلتستون (شکل ۵-۵A)، سنگ آهک (شکل ۵-۵B و C)، کنگلومرا (شکل ۵-۵D و E) و آندزیت (شکل ۵-۵F) است. این توالی معمولاً در تمام افق کانه‌زایی مشاهده می‌شود.



شکل ۵. توالی لیتولوژی در گمانه P02-NP08 معدن نسیم. A: سیلتستون، B: سنگ آهک، C: سنگ آهک، D: میکرو کنگلومرا، E: میکرو کنگلومرا (کانه دار) و F: آندزیت

Fig. 5. lithological sequence in borehole P02-NP08 of the Nasim Mine. A: Siltstone, B: Limestone, C: Limestone, D: Micro Conglomerate, E: Micro Conglomerate(ore), and F: Andesite

شمار می‌روند.

کنگلومرا

از مهم‌ترین ویژگی‌های ماکروسکوپی این مجموعه سنگی می‌توان به رنگ خاکستری تا خاکستری تیره، وجود قطعه‌های آتشفشانی فراوان و گرد شده به همراه دانه‌های اسکلتی فراوان (بیشتر قطعه‌های فسیلی) که فرایند جانشینی در آن صورت گرفته، است، اشاره کرد. این واحد سنگی با ضخامتی متغیر در طول حوضه رسوبی گسترش دارد. همچنین از مهم‌ترین ویژگی‌های میکروسکوپی آن بافت لامینه‌ای مواد آلی، وجود ذرات تخریبی دانه‌ریز و کلریتی شدن و اکسید آهنی شدن به صورت ضعیف است. نمونه‌هایی از کنگلومرای میزبان کانی‌سازی از مغزه‌های حفاری در کانسارهای مختلف کمر بند مس دار بردسکن - درونه تهیه شده است (شکل ۹- A, B, C و D).

در همه اکتشاف‌هایی که برای مس مانتو در منطقه انجام شده، سنگ آهک فسیل دار به عنوان شاخصی مهم در نظر گرفته شده است. از جمله ویژگی‌های مشخص این واحد می‌توان به وجود فسیل‌های فراوان اشاره کرد که اغلب به صورت فسیل‌های میکروسکوپی مانند نومولیت و فسیل‌های ماکروسکوپی مانند بقایای شکم‌پایان دیده می‌شود. از مهم‌ترین ویژگی‌های ماکروسکوپی واحد آهکی می‌توان به نازک تا متوسط لایه بودن، رنگ کرم متمایل به نخودی، توپوگرافی نسبتاً ملایم و وجود رگه‌های کلسیتی تأخیری درون شکستگی‌های ناشی از فرایند زمین‌ساختی اشاره کرد (شکل‌های ۶، ۷ و ۸).

این واحد سنگی در برخی از نقاط در قالب دو افق موازی یکدیگر رخنمون دارد. ضخامت این واحد تا ۳۵ متر می‌رسد و شیب آن بین ۱۵ تا ۸۰ درجه به سمت جنوب و جنوب شرق و گاهی شرق متغیر است. سنگ آهک‌های فسیل دار با ضخامت ۵ متر تا ۱۵ متر و شیب ۲۵ تا ۴۰ درجه مطلوب‌ترین واحد کربناته در منطقه به

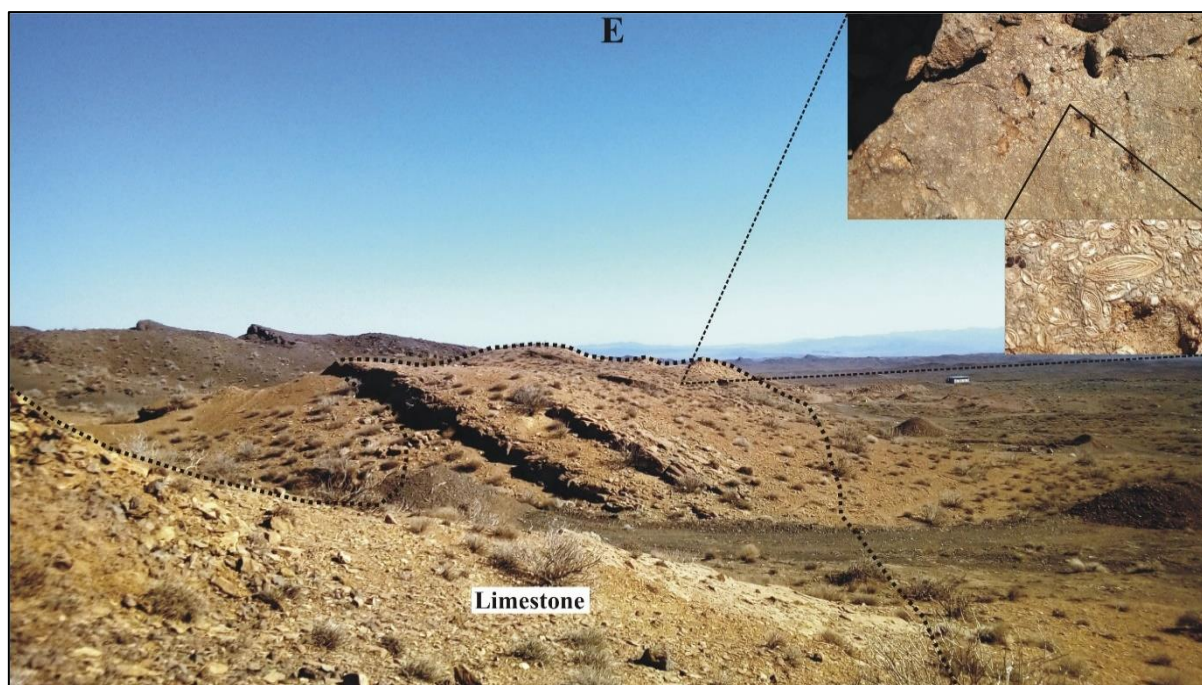


شکل ۶. سنگ آهک فسیل دار - کانسار زرمهر

Fig. 6. Fossiliferous Limestone- Zarmehr deposit



شکل ۷. سنگ آهک فسیل‌دار- کانسار مس سرخ
Fig. 7. Fossiliferous Limestone-Mes e Sorkh deposit



شکل ۸. سنگ آهک فسیل‌دار- کانسار نسیم
Fig. 8. Fossiliferous Limestone-Nasim deposit



شکل ۹. کنگلومرا در چند کانسار مختلف به صورت مغزه. A: کنگلومرا در کانسار زرمهر، B: کنگلومرا در کانسار نسیم، C: کنگلومرا در کانسار کیمیا و D: کنگلومرا در کانسار مس سرخ

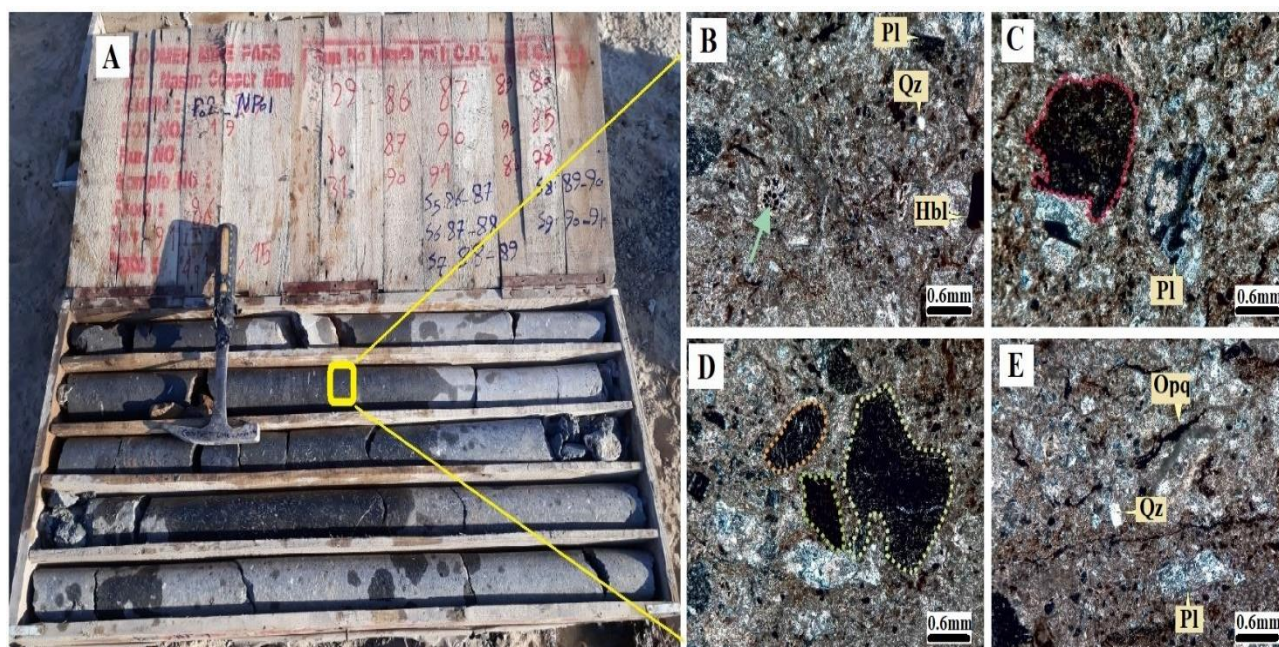
Fig. 9. Conglomerate in different deposits (Core) A: conglomerate in the Zarmehr deposit, B: conglomerate in the Nasim deposit, C: conglomerate in the Kimia deposit, and D: conglomerate in the Mes e sorkh deposit

C، D و E). در امتداد شمالی - جنوبی از معدن مس زرمهر به معدن دو نسیم خارج از ساختار چین خوردگی، لیتولوژی از بازالت به آندزیت بازالت و آندزیت تغییر می‌کند. جنس قطعه‌های کنگلومرای کانه‌دار ائوسن در منطقه با توجه به لیتولوژی بیان شده تغییر می‌کند و جنس قطعه‌های غالب کنگلومرا از همان آتشفشانی‌های منطقه است؛ به طوری که در معدن مس زرمهر جنس قطعه‌ها بازالتی و در نسیم آندزیتی است. انواع مختلفی از کنگلومرا بر حسب اندازه، جنس قطعه‌ها و سیمان بین قطعه‌ها در مجموع معادن وجود دارد. با توجه به بررسی‌های سنگ‌شناختی منطقه در قسمت‌های شمالی (معدن مس زرمهر)، قطعه‌های تشکیل دهنده کنگلومرا بیشتر از جنس بازالت است. اندازه قطعه‌ها هم درشت تر است.

این واحد به همراه آهک فسیل‌دار اصلی‌ترین واحدهای منطقه است که بیشتر رخنمون‌های آهک در سطح زمین مشاهده می‌شود. در زمان تشکیل این واحد، محیط دریایی نبوده؛ بلکه فرسایشی بوده و فرسایش آبی (رودخانه‌ای) باعث شده است تا کنگلومرا تشکیل شود. به تدریج محیط دریایی شده و رسوبات زیردریایی (آهک نومولیت‌دار) تشکیل شده است. به طور کلی، روند مجموعه سنگی شمال شرقی - جنوب غربی است. از تفاوت‌های بارز بین مجموعه کانسارهای مس مانتو در جغرافیای بردسکن، تفاوت در سیمان، جنس و اندازه قطعه‌های کنگلومراست. کنگلومرا از قطعه‌های سنگ‌های مختلف آتشفشانی، درونی و رسوبی گرد شده تشکیل شده است و داخل سیمان کنگلومرا نومولیت وجود دارد که بر اساس آن سن تشکیل مربوط به ائوسن است (شکل ۱۰-A، B، C، D و E، شکل ۱۱-A، B، C، D و E و شکل ۱۲-A، B،

به سمت جنوب و معدن مهرآجین از ضخامت افق کانه‌دار و عیار کاسته می‌شود. سنگ آهک به صورت نواری باریک با توالی کامل لیتولوژی وجود دارد که با کمی فاصله گرفتن از این خط‌الرأس، واحد آهکی و کنگلومرا حذف شده است و کانی‌سازی وجود ندارد و در زیر رسوبات آبرفتی سنگ‌های آندزیتی قرار دارد.

سیمان نیز از جنس همین سنگ‌های آتشفشانی است. می‌توان گفت، در محدوده معدنی مس زرمهر، سنگ میزبان ماکروکنگلومرایی با قطعه‌های غالب بازالتی است. نسبت به کل منطقه اندازه قطعه‌ها بزرگ‌تر است. در قسمت‌های سطحی کانی‌سازی به صورت مالاکیت و آزوریت است که در عمق کانی‌سازی مس به صورت کالکوسیت غالب می‌شود. در این مجموعه بیشتر عمق کانی‌سازی در ۱۲۰ متری شناسایی شده است.



شکل ۱۰. A: جعبه مغزه حاوی کنگلومرای کانه‌دار- معدن نسیم، B: کانی‌های کوارتز، هورنبلند و فسیل کربناتی‌شده نومولیت (فلش سبز رنگ) همراه با پلاژیوکلاز (XPL)، C: بلور پلاژیوکلاز و قطعه سنگی آتشفشانی کدر شده (خط چین قرمز رنگ) در سیمان کربناتی (XPL)، D: قطعه‌های سنگی آتشفشانی (خط چین‌های سبز و نارنجی رنگ) (XPL) و E: کانی‌های کوارتز پراکنده، پلاژیوکلاز و رگچه حاوی کانی کدر (XPL). علائم اختصاری کانی‌ها از ویتنی و اوانز (Whitney and Evans, 2010) اقتباس شده است (Pl: پلاژیوکلاز، Hbl: هورنبلند، Qz: کوارتز، Opq: کانی کدر).

Fig. 10. A: Core box containing ore conglomerate-Nasim Mine, B: quartz minerals, hornblende and carbonated fossil nummulite (green arrow) along with plagioclase (XPL), C: plagioclase crystal and opacified volcanic rock fragment (blue dashed line) in carbonate cement (XPL), D: volcanic rock fragments (green and orange dotted lines) (XPL), and E: quartz minerals, plagioclase and veins containing opaque minerals (XPL). Abbreviations after Whitney and Evans (2010) (Pl: plagioclase, Hbl: hornblende, Qz: quartz, Opq: opaque).

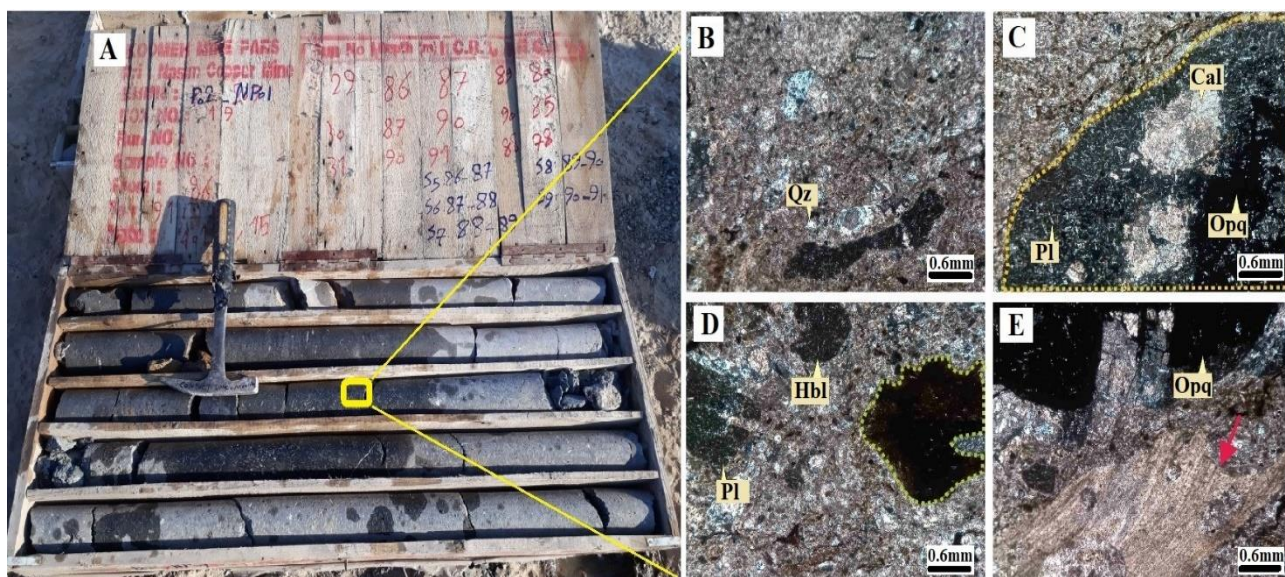
آتشفشانی آندزیت و آندزیت‌بازالت و اندازه قطعه‌ها متغیر و به صورت غالب متوسط است. بیشترین رخنمون‌ها مربوط به

به سمت محدوده زنگالو و کیمیا برون‌زدهای سنگ آهک به صورت پیوسته مشاهده می‌شود. جنس قطعه‌های سنگ‌های

به خاطر تفاوت در نوع کنگلومرا، تغییرات عیاری بیشتر می‌شود. شیب واحدها و شیب کانی‌سازی تغییر چندانی ندارد؛ ولی به سمت معدن سپیدسرو شیب واحدها بیشتر می‌شود و کانی‌سازی ضعیف‌تر است.

تغییرات در نوع کنگلومرا باعث تغییرات عیاری و مشکلاتی در فراوری می‌شود؛ ولی در عمل جدا کردن کنگلومرا بر حسب قطعه‌ها و سیمان در حین استخراج مشکل است. کنگلومرا به واسطه تخلخل، فضای مناسبی برای نفوذ محلول کانه‌دار بوده است. این کنگلومرا یک گنجینه است. اندازه قطعه‌ها بسیار مهم و از یک سانتی‌متر تا نیم‌متر متغیر است. بر این اساس، می‌توان این واحد را به میکرو کنگلومرا، کنگلومرا و ماکرو کنگلومرا تفکیک کرد.

مارن‌های گچ‌دار است. به سمت جنوب محدوده کیمیا رخنمون‌های آهکی و توالی لیتولوژی پیوسته و کامل نیست. این ناپوستگی به سمت جنوب‌غرب تا معدن مس سرخ نیز ادامه دارد. حفاری‌های اکتشافی نشان‌دهنده است که در این بخش‌ها در زیر رسوبات آبرفتی واحدهای آتشفشانی قرار دارد و کانی‌سازی وجود ندارد یا ضعیف است. در معدن مس سرخ این کانی‌سازی در سطح زمین اغلب به صورت کانی‌های اکسیدی مس همانند مالاکیت مشاهده می‌شود و در ادامه به سمت جنوب‌غرب (معدن نسیم) ضخامت رسوبات بیشتر می‌شود. شیب لیتولوژی بین ۲۵ تا ۴۰ درجه نسبت به سطح افق است. در این بخش، پهنای کانی‌سازی به صورت پیوسته تا ۳۰۰ متر هم می‌رسد. به سمت غرب (رهبری)،



شکل ۱۱. A: جعبه مغزه حاوی کنگلومرای کانه‌دار- معدن نسیم، B: کانی‌های کوارتز در زمینه کربناتی (XPL)، C: نمایی از قطعه سنگی آتشفشانی نسبتاً بزرگ واجد میکرولیت پلاژیوکلاز و کانی ثانویه کربنات کلسیم و کانی کدر (XPL)، D: کانی هورنبلند اپاسیتی شده همراه با پلاژیوکلاز و قطعه سنگی (خط چین سبزرنگ) (XPL) و E: نمایی از قطعه‌های کدر شده همراه با کانی کدر و پوسته فسیلی کربناتی (XPL). علائم اختصاری کانی‌ها از ویتنی و اوانز (Whitney and Evans, 2010) اقتباس شده است (Pl: پلاژیوکلاز، Hbl: هورنبلند، Qz: کوارتز، Cal: کلسیت، Opq: کانی کدر).

Fig. 11. A: Core box containing ore conglomerate-Nasim Mine, B: quartz minerals in the carbonate background (XPL), C: A view of a relatively large volcanic rock fragment containing plagioclase microlite and calcium carbonate secondary mineral and opaque mineral (XPL), D: opacified hornblende mineral with plagioclase and rock fragment (dashed green line) (XPL), and E: A view of the opacified pieces with opaque mineral and carbonate fossil crust (XPL). Abbreviations after Whitney and Evans (2010) (Pl: plagioclase, Hbl: hornblende, Qz: quartz, Cal: calcite, Opq: opac).



شکل ۱۲. A: جعبه مغزه حاوی کنگلومرای کانه‌دار - معدن نسیم، B: کانی‌های کوارتز، کانی کدر و پلاژیوکلاز (XPL)، C: بلورهای پلاژیوکلاز همراه با رگچه کربنات و اکسید آهن (XPL)، D: تصویر بلورهای شکل‌دار پلاژیوکلاز (XPL) و E: نمایی از رگچه‌های حاوی اکسید آهن همراه با کلریت و فسیل (فلش زرد رنگ) (XPL). علائم اختصاری کانی‌ها از ویتنی و اوانز (Whitney and Evans, 2010) اقتباس شده است (Pl: پلاژیوکلاز، Hbl: هورنبلند، Qz: کوارتز، Cal: کلسیت، Chl: کلریت، Opq: کانی کدر).

Fig. 12. A: Core box containing ore conglomerate-Nasim Mine, B: quartz minerals, opaque mineral and plagioclase (XPL), C: View of plagioclase crystals with carbonate and iron oxide veins (XPL), D: Image of shaped plagioclase crystals (XPL), and E: A view of veins containing iron oxide with chlorite and fossils (yellow arrow) (XPL). Abbreviations after Whitney and Evans (2010) (Pl: plagioclase, Hbl: hornblende, Qz: quartz, Cal: calcite, Chl: chlorite, Opq: opaque).

عیاری مؤثر است.

این کانی‌سازی در سطح زمین اغلب به صورت کانی‌های کربناته مس همانند مالاکیت و کانی سولفیدی کالکوسیت که در مواردی با کوولیت و بورنیت همراه است، مشاهده می‌شود. بافت کانی‌سازی اغلب رگه-رگچه‌ای، نواری، دانه‌پراکنده و قشری-پوششی است (شکل ۱۵-A، B، C و D، شکل ۱۶-A، B، C و D و شکل ۱۷-A، B و C).

در بخش‌هایی که گسل شرقی-غربی با گسل‌های شمال‌غربی-جنوب‌شرقی و دسته گسل‌های موازی شمالی-جنوبی برخورد دارد، مس طبیعی نیز علاوه بر کالکوسیت و کربنات‌های مس مشاهده می‌شود (شکل ۱۸-A، B و C).

سیمان کنگلومرا در برخورد با واحد آتشفشانی بیشتر از همان جنس و به سمت افق بالاتر به تدریج کربناتی می‌شود و با توجه به فسیل نومولیت سن آن ائوسن است. ضخامت آن متغیر و تا ۲۵ متر می‌رسد.

کانی‌سازی و کنگلومرا

کانی‌سازی مس در منطقه به سه دسته تقسیم‌بندی می‌شود. دسته اول کانی‌سازی‌ها مربوط به افق اصلی کانی‌سازی است که در واحد کنگلومرا دیده می‌شود (شکل ۱۳). این دسته از کانی‌سازی در حقیقت اصلی‌ترین کانی‌سازی منطقه است.

عوامل متعددی همچون ضخامت و نوع آهک، نوع کنگلومرا (شکل ۱۴) و ساختارهای زمین‌ساختی بر کانی‌سازی و تغییرات



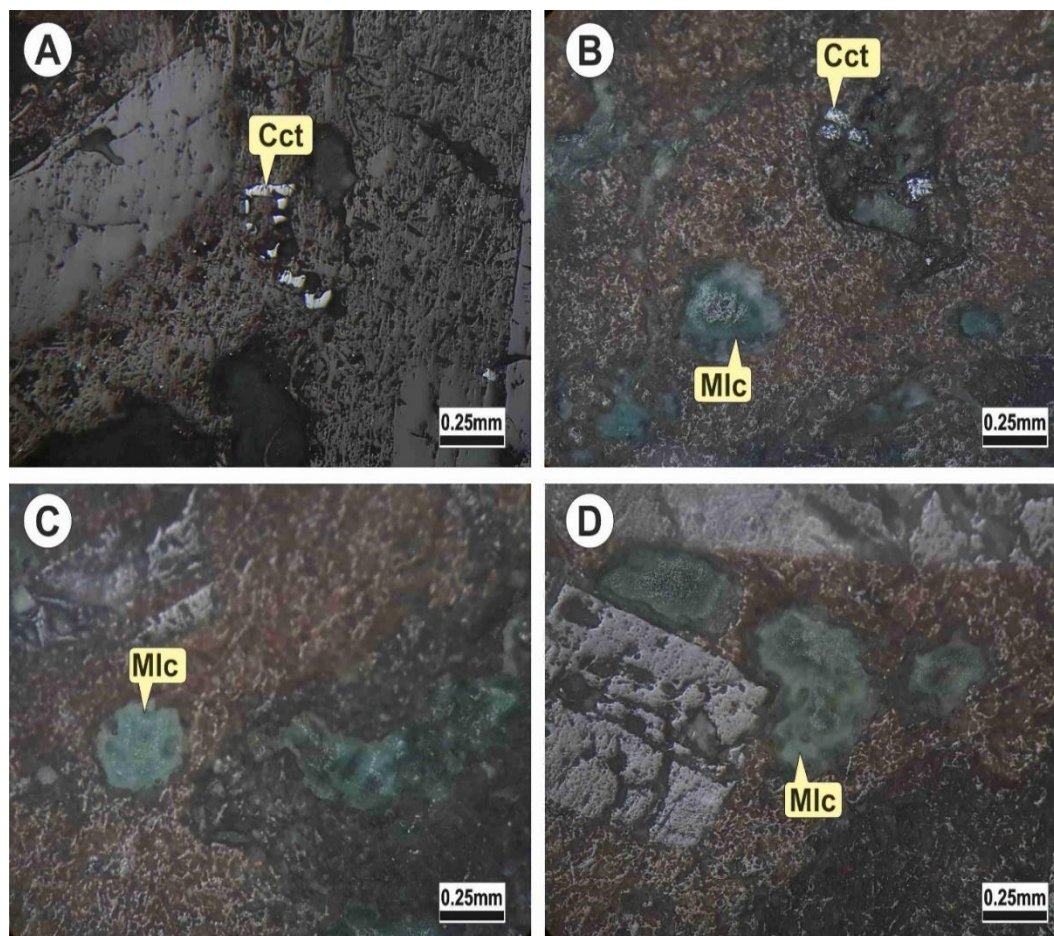
شکل ۱۳. کانی‌سازی مس نوع مانتو در کمربند بردسکن درونه - ضخامت واحدهای مختلف سنگ‌شناختی

Fig. 13. Manto-Type Copper Mineralization in Bardaskan Doruneh Belt- Thickness of different lithological units



شکل ۱۴. تغییرات در کنگلومرا کمربند بردسکن درونه: کاهش اندازه و تعداد قطعه‌های آتشفشانی، افزایش سیمان کربناته (فلش زرد) - افزایش عیار (فلش سبز)

Fig. 14. Changes in Conglomerate in Bardaskan Durouneh Belt: decrease in size and number of volcanic fragments, increase in carbonate cement (yellow arrow) - increase in grade (green arrow)



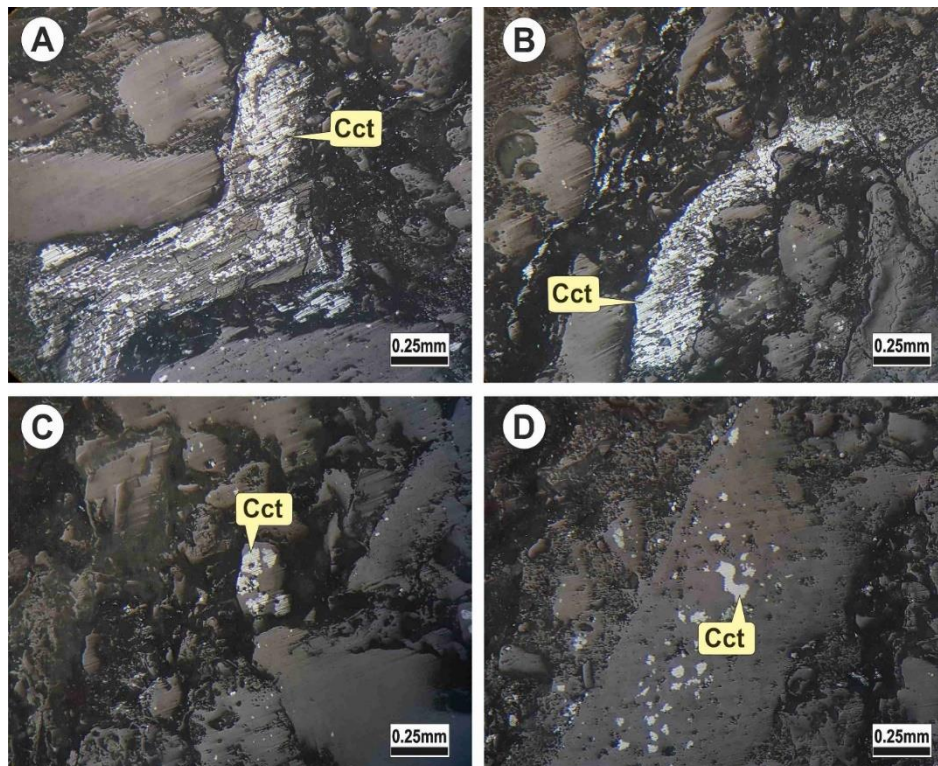
شکل ۱۵. کانی‌سازی مس - کانسار نسیم A: نمایی از کانی پراکنده و بی‌شکل کالکوسیت (PPL)، B: نمایی از بقایای کانی کالکوسیت همراه با مالاکیت (PPL)، C و D: کانه مالاکیت (PPL). علائم اختصاری کانی‌ها از ویتنی و اوانز (Whitney and Evans, 2010) اقتباس شده است (Cct: کالکوسیت، Mlc: مالاکیت).

Fig. 15. Cu mineralization-Nasim deposit, A: view of the dispersed and amorphous chalcocite mineral (PPL), B: view of chalcocite mineral remains with malachite (PPL), C and D: malachite mineral (PPL). Abbreviations after Whitney and Evans (2010) (Cct: chalcocite, Mlc: malachite).

و ساختارهای زمین‌ساختی کنترل‌کننده کانی‌سازی است (شکل ۲۱).

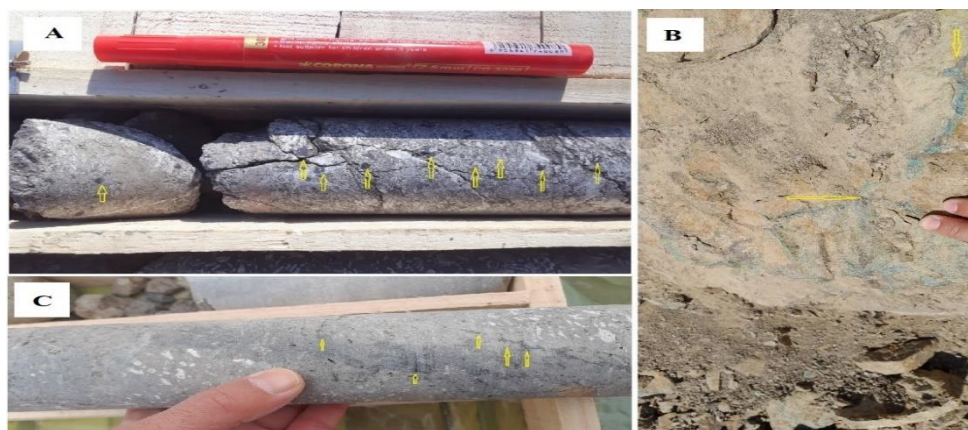
دسته دوم کانی‌سازی که در اغلب موارد با فاصله اندکی از افق اصلی کانی‌زایی دیده می‌شوند، به صورت پچ‌های منفرد و اغلب مجزا از یکدیگر هستند و بیشتر در کمربین کانی‌سازی یعنی در واحد آندزیتی دیده می‌شوند.

آندزیت: این واحد به عنوان کمربین ماده معدنی است و معمولاً بدون عیار است (شکل‌های ۱۹ و ۲۰)؛ مگر در مواردی که محل برخورد گسل‌های شمالی - جنوبی یا شمال‌غربی - جنوب‌شرقی با گسل‌های شرقی - غربی است که علاوه بر افزایش عیار در افق اصلی کانی‌سازی باعث افزایش ضخامت زون کانه‌دار هم می‌شود. در بخش‌هایی از منطقه با فاصله از افق اصلی با اینکه واحد آهکی و کنگلومرا وجود ندارد، کانی‌سازی در واحد آندزیتی وجود دارد



شکل ۱۶. کانی‌سازی مس - کانسار نسیم A و B: بلورهای بی‌شکل کالکوسیت (PPL)، C و D: نمایی از بقایای پراکنده کانی کالکوسیت (PPL). علائم اختصاری کانی‌ها از ویتنی و اوانز (Whitney and Evans, 2010) اقتباس شده است (Cct: کالکوسیت).

Fig. 16. Cu Mineralization-Nasim deposit A and B: amorphous chalcocite crystals (PPL), C and D: view of scattered chalcocite mineral remains (PPL). Abbreviations after Whitney and Evans (2010) (Cct: chalcocite).

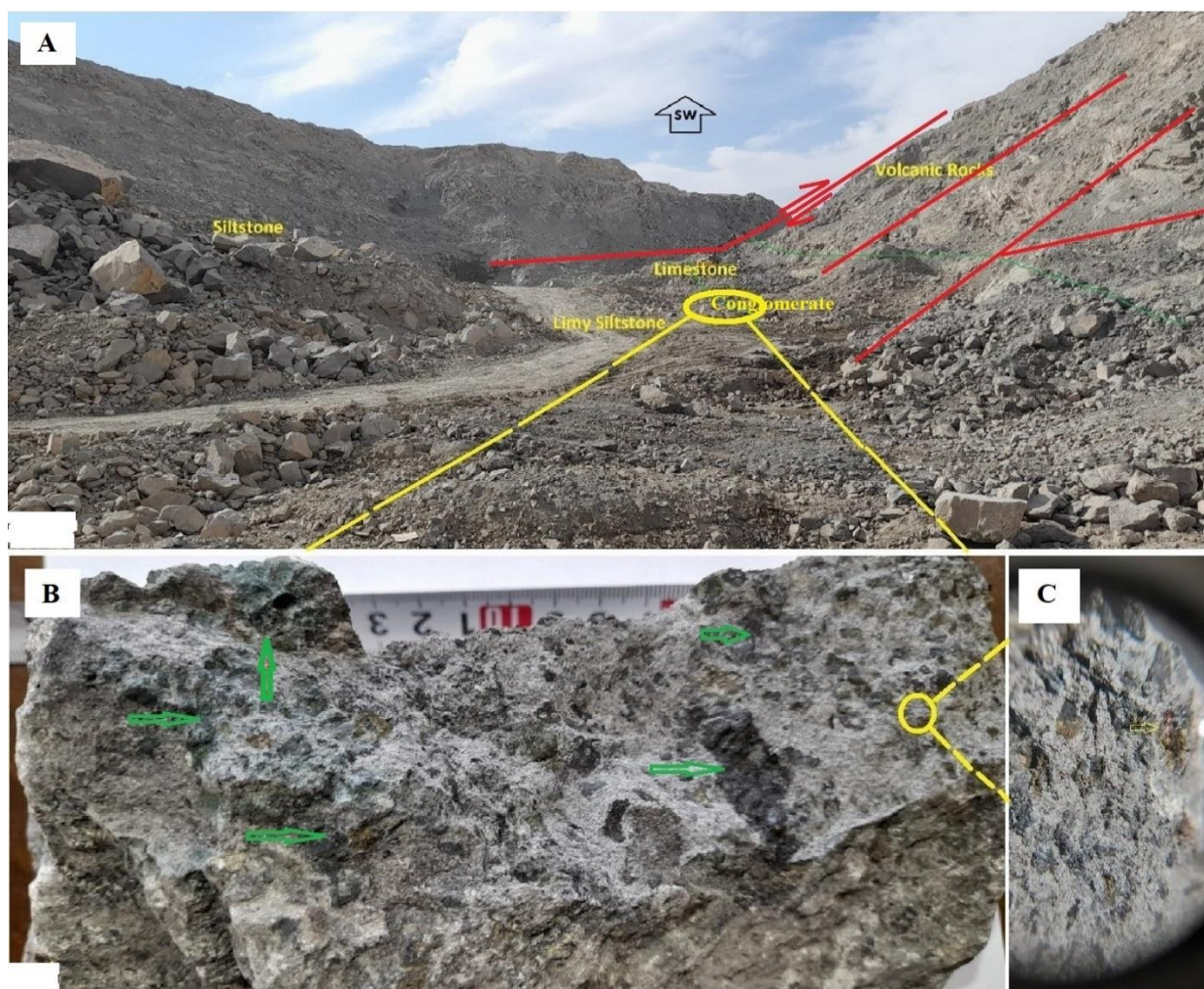


شکل ۱۷. کانی‌سازی در کنگلومرا کمر بند بردسکن - درونه. A: کانی‌سازی کالکوسیت در مغزه حفاری (فلش زرد) - کانسار نسیم، B: کانی‌سازی کالکوسیت و مالاکیست (فلش زرد) - کانسار زرمهر و C: کانی‌سازی کالکوسیت (فلش زرد) - کانسار کیمیا

Fig. 17. Mineralization in conglomerate of Bardaskan- Doruneh Belt. A: chalcocite mineralization in drilling core (yellow arrow)-Nasim deposit, B: chalcocite and malachite mineralization (yellow arrow)- Zarmehr deposit, and C: chalcocite mineralization (yellow arrow)- Kimia deposit

مشهود است. سیلیس حالت ریزبلور دارد و به رنگ‌های سفید و خاکستری وجود دارد (شکل ۲۲- A و B).
با توجه به دگرسانی ژاسپروئید، شواهدی از کانی‌سازی طلای Low Sulfidation در منطقه وجود دارد که باید به صورت تخصصی بررسی شود (به خصوص افق‌های پایین‌تر از زون ژاسپروئید).

دسته سوم کانی‌سازی در منطقه به صورت کالکوپیریت، کالکوسیت، کریزوکلا، مالاکیت با کنترل‌کننده‌های ساختاری و همراه با دگرسانی ژاسپروئید است. این کانی‌سازی متفاوت از کانی‌سازی اصلی در بخش‌هایی از منطقه (در بخش‌هایی از جنوب معدن نسیم و از شمال معدن چشمه‌هادی تا روستای چشمه‌هادی) در امتداد گسل‌های شمال‌شرقی - جنوب‌غربی مشاهده می‌شود. این زون سیلیسی در سنگ‌های آتشفشانی و واحدهای رسوبی



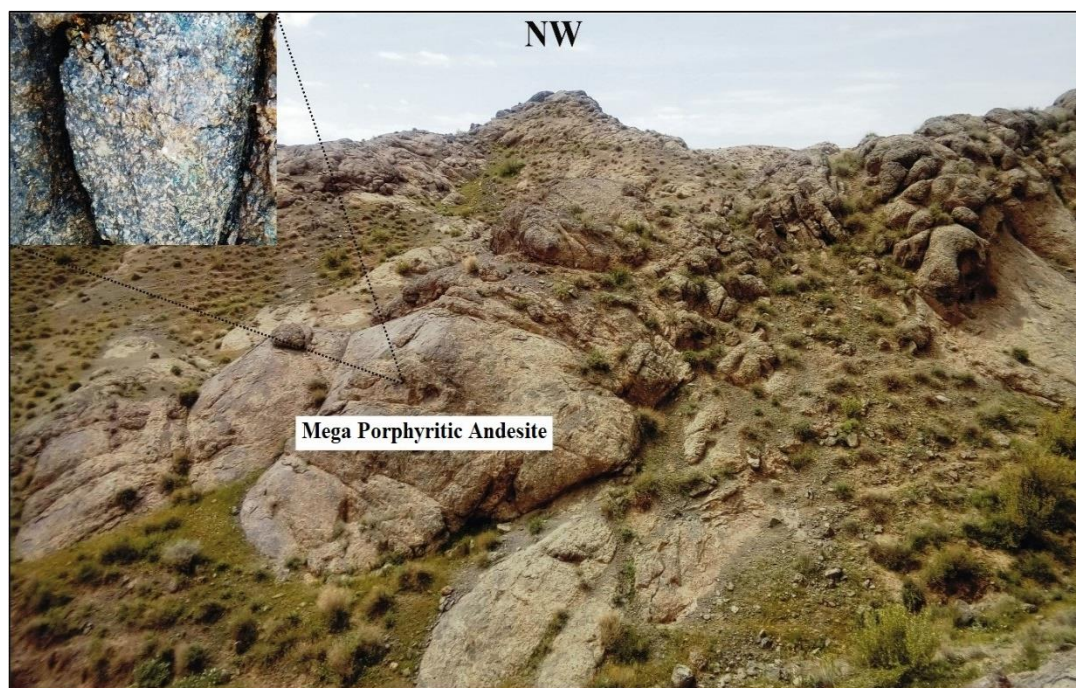
شکل ۱۸. A: واحدهای زمین‌شناسی و ساختارهای زمین‌ساختی در قسمتی از پیت در حال استخراج معدن نسیم، B: کنگلومرای حاوی کالکوسیت (فلش سبز رنگ) و C مس طبیعی

Fig. 18. A: Geological units and tectonic structures in a part of the pit being extracted in Nesim mine, B: conglomerate containing chalcocite (green arrow), and C: native copper



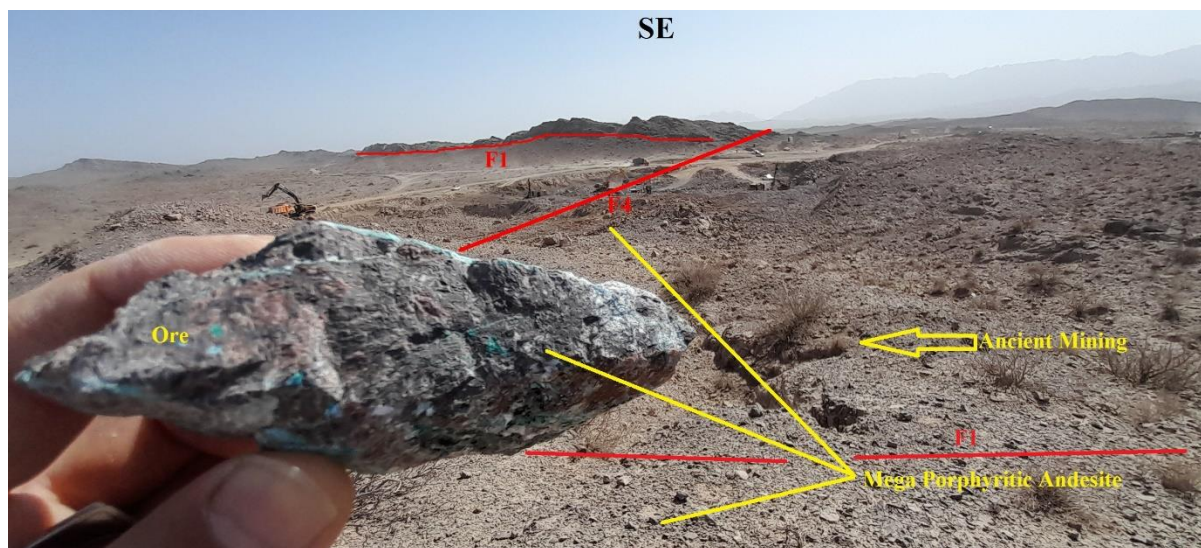
شکل ۱۹. نمایی از واحد آندزیتی کانسار مس سرخ

Fig. 19. A view of andesite of the Mes e sorkh deposit



شکل ۲۰. نمایی از واحد آندزیتی کانسار مس نسیم

Fig. 20. A view of andesite of the Nasim deposit



شکل ۲۱. کانی‌سازی مس با کنترل‌کننده ساختاری در واحد آندزیت - معدن ۸ نسیم

Fig. 21. Copper mineralization in andesite unit with structural control-Nasim8 Mine



شکل ۲۲. A و B: سیلیس ریزبلور - کمر بند بردسکن درونه - کانسار چشمه هادی

Fig. 22. A and B: Cryptocrystalline silica-Bardaskan Dorunch Belt-Cheshmeh Hadi deposit

گسل درونه

بزرگ‌ترین عامل ساختاری تأثیرگذار بر محدوده مورد بررسی گسل درونه و یا همان گسل کویر بزرگ است. این گسل یکی از گسل‌های تراگذر اصلی در آسیای مرکزی است که با هندسه خمیده از ناحیه انارک در غرب ایران مرکزی تا محدوده هرات در افغانستان غربی به طول حدود ۹۰۰ کیلومتر گسترش دارد. برخی پژوهشگران خمیدگی و تمایل رو به جنوب این گسل را در اثر فعالیت گسل هریرود می‌دانند. این سامانه گسلی حرکت چپ‌گرد جدیدی به اندازه $2/4 \pm 0/3$ میلی‌متر بر سال را در حاشیه شمالی خرد قاره ایران مرکزی نشان می‌دهد.

پس از گسل زاگرس، گسل درونه یکی از مهم‌ترین و طولی‌ترین ساختارهای خطی ایران است. این گسل را به عنوان مرز شمالی بلوک لوت دانسته‌اند. سامانه گسلی درونه را می‌توان به عنوان امتداد بخش غربی سامانه گسلی راست‌گرد هرات به حساب آورد که خود میان هندوکش و هرات در افغانستان مرکزی بیش از ۱۰۰۰ کیلومتر طول دارد. به نظر می‌رسد این دو سامانه گسلی (هرات و درونه) باقی‌مانده سامانه پیوسته‌ای در آسیای مرکزی هستند که حدود ۲۰۰۰ کیلومتر طول دارند و احتمالاً در زمین‌درز مزوزوئیک پیشین تشکیل شده‌اند. ساختمان‌های کنونی این دو سامانه گسلی در سنوزوئیک دوباره فعال شده‌اند و دو حرکت مخالف هم را نشان می‌دهند (سامانه چپ‌گرد گسل درونه و سامانه راست‌گرد گسل هرات). جابه‌جایی دو گسل درونه و هرات در حدود ۱۰۰ کیلومتر است. به نظر می‌رسد حرکت چپ‌گرد گسل هریرود باعث جدایی و جابه‌جایی این دو گسل شده است. در امتداد این دو گسل، بلوک‌ها به صورت چپ‌گرد و راست‌گرد حرکت کرده‌اند. بر اساس ریخت‌شناسی و هندسه زون گسلی، سامانه کمّانی شکل گسل درونه به سه بخش شرقی، مرکزی و غربی تقسیم می‌شود. بخش شرقی با روند شمال‌غرب- جنوب‌شرق طولی حدود ۳۰۰ کیلومتر دارد و از غرب افغانستان تا جنوب تربت‌حیدریه کشیده شده است. این بخش به شاخه‌های نیمه موازی تقسیم می‌شود که حرکت چپ‌گرد و تراستی را نشان می‌دهند.

بخش مرکزی با روند شرقی- غربی با طول ۱۳۰ کیلومتر از بخش جنوبی کوه‌سرخ تربت‌حیدریه در شرق، تا انابد در غرب امتداد دارد. این بخش شامل گسل‌های نیمه موازی امتدادلغز با مؤلفه معکوس است و رسوبات نئوژن کواترنری را در بیشتر طول خود به صورت چپ‌گرد جابه‌جا و قطع می‌کند. گسل چپ‌گرد تکنار به طول ۱۱۰ کیلومتر در شمال کوه‌سرخ قرار دارد و به عنوان شاخه‌ای از بخش مرکزی در نظر گرفته می‌شود. بخش غربی با روند شمال‌شرق- جنوب‌غرب در طول دشت کویر به طول ۴۶۷ کیلومتر از روستای انابد در شرق تا ناحیه انارک در غرب کشیده شده است. بخش غربی گسل دارای حرکت چپ‌گرد و شبکه‌ای از شاخه‌های نیمه موازی با گسل است.

گسل تکنار

این گسل دارای روند شمال‌شرقی- جنوب‌غربی است و از نظر جغرافیایی و زمین‌شناختی به گونه‌ای است که مرز بین رخنمون‌های پنجره فرسایشی تکنار و مجموعه افیولیتی- آتشفشانی حلقه افیولیتی سبزوار، تربت‌حیدریه - فریمان را تعیین می‌کند. گسل تکنار در حقیقت یک گسل معکوس طولی با زاویه (تا ۸۰ درجه) است که سبب قرارگیری سنگ‌های افیولیتی کرتاسه بالایی روی واحدهای سنگی کهن تر (برحسب موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناختی) شده است. این گسل در ادامه غربی در شمال‌غربی درونه با گسل درونه یکی می‌شود و در جهت شرقی در بعضی نقاط زیر پوشش نهشته‌های کواترنری، منطقه راش- شمال کاشمر، قرار می‌گیرد؛ ولی در رخنمون‌های سنگی و سازندها مرز میان مجموعه‌های افیولیتی حلقه نائین- فریمان- تربت‌جام را رقم زده است. یک جنبش راست‌گرد و افقی را در طول گسل تکنار می‌توان تشخیص داد.

در مقیاس منطقه‌ای ساختارهای گسلی متنوعی با جهت‌گیری‌های مختلف وجود دارد. دسته اول که مهم‌ترین سامانه گسلی در منطقه با راستای شمال‌شرقی- جنوب‌غربی و شرقی- غربی (F1 و F3) است.

شیمی محلول

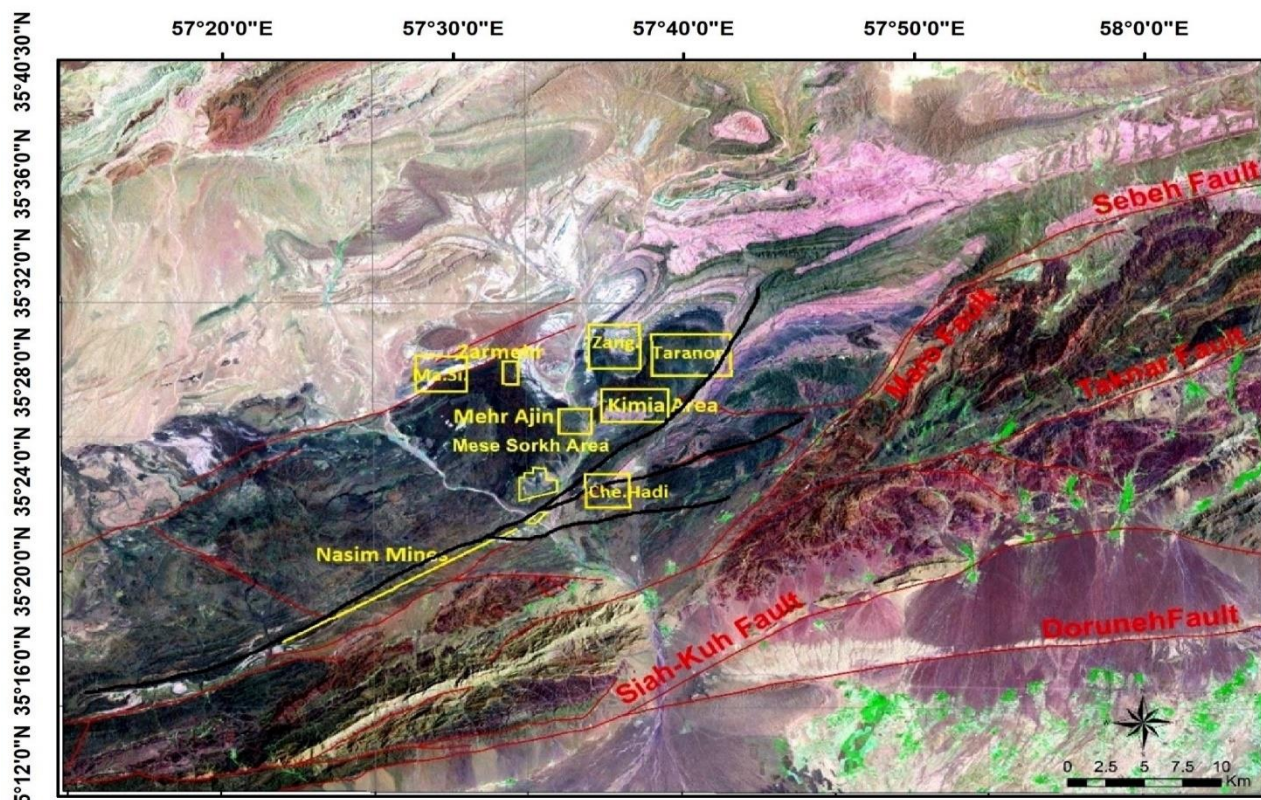
در تمام مس مانتوی پنجره بردسکن کالکوسیت مهم‌ترین کانی مس همراه با مالاکیت و به مقدار کمتری آزوریت است. میزان مس در کالکوسیت ۷۹ درصد و فقیر از آهن، در مالاکیت ۵۷ درصد و در آزوریت ۵۵ درصد است (جدول ۱ و شکل ۲۵) کالکوسیت به صورت رگچه‌ای و پراکنده در داخل کنگلومرا وجود دارد. پیریت معمولاً در تمامی توالی رسوبی به صورت جزئی مشاهده می‌شود و ارتباطی با کالکوسیت ندارد و نمی‌تواند هم‌یافت کالکوسیت باشد. کوارتز به صورت رگچه‌ای و در بخش‌هایی از منطقه وجود دارد؛ ولی با کالکوسیت مشاهده نمی‌شود. مواد آلی همراه با کالکوسیت مشاهده می‌شود. در نهایت محلول گرمایی غنی از مس، فقیر از سیلیس و آهن بوده و حالت احیایی داشته است.

دسته دوم، ساختارهای گسلی با راستای شمال غربی - جنوب شرقی (F4 و F5) که بیشترین جابه‌جایی را در واحدهای سنگی و واحد میزبان کانی‌سازی داشته است.

دسته سوم، ساختارهای گسلی با راستای شمالی - جنوبی (F6 و F2) در منطقه است.

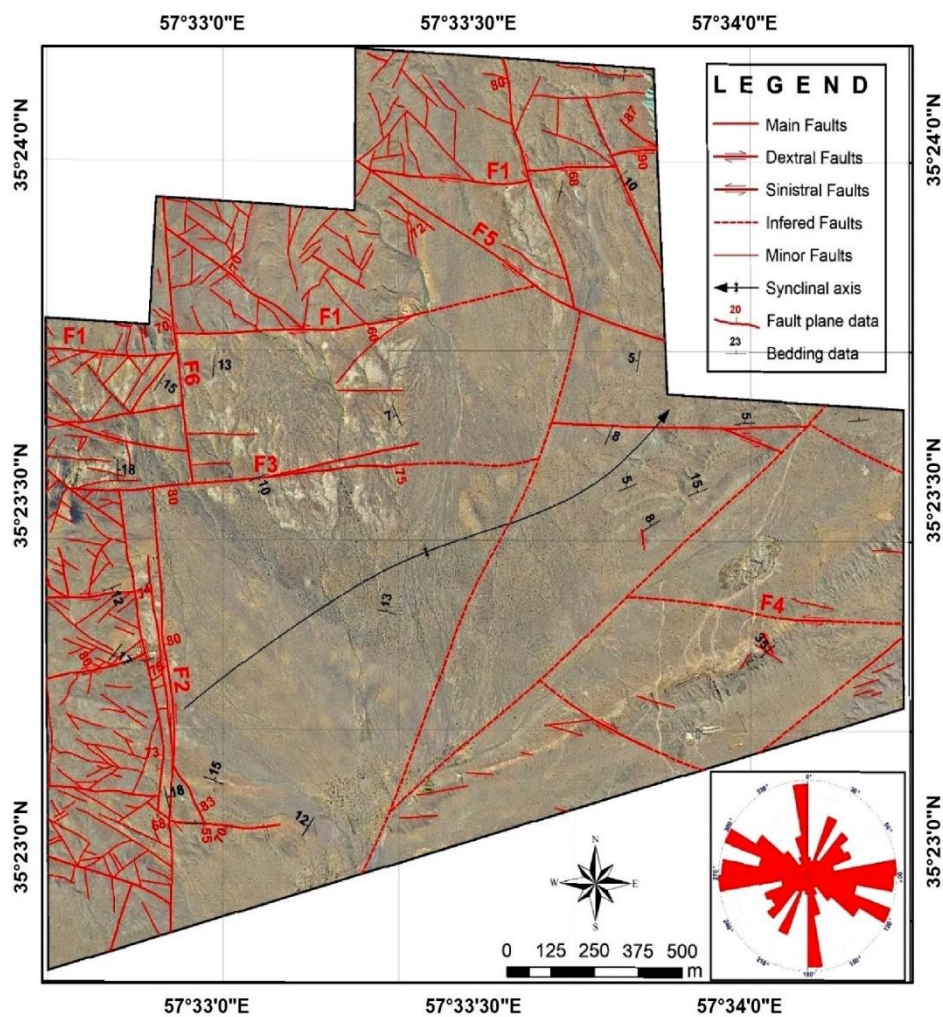
در امتداد شمال شرقی - جنوب غربی شواهدی از گسل تراست هم مشاهده می‌شود که نیاز به بررسی دارد (خط‌های مشکی روی نقشه ساختاری شکل ۲۳).

نقشه ساختاری معادن مس زرمهر، کیمیا، مس سرخ، مجموع معادن مس نسیم تهیه‌شده نقشه ساختاری معادن مس سرخ که تقریباً در مرکز این پنجره است، به همین صورت است (شکل ۲۴).



شکل ۲۳. نقشه ساختاری منطقه بردسکن درونه به همراه جانمایی کانسارهای مس

Fig. 23. Structural map of the Bardaskan Doruneh region with the location of copper deposits

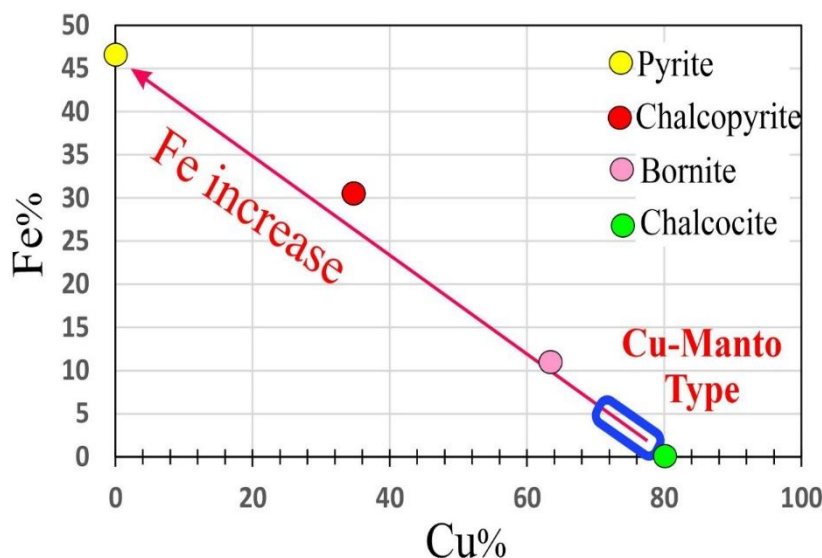


شکل ۲۴. نقشه ساختاری کانسار مس سرخ

Fig. 24. Structural map of the Mes-e-sorkh deposit

جدول ۱. مقایسه برخی از کانی‌های مس از نظر میزان Cu , S , Fe , O , CO_2 Table 1. Comparison of some copper minerals in terms of the amount of Cu , S , Fe , O , CO_2

Mineral	Cu%	S%	Fe%	O%	$\text{CO}_2\%$	
Cu_2S	79.85	20.15	-	-	-	Chalcocite
CuS	66.46	35.50	-	-	-	Covellite
Cu_5FeS_4	63.31	25.56	11.1	-	-	Bornite
CuFeS_2	34.5	35	30.4	-	-	Chalcopyrite
Cu_2O	88.82	-	-	11.18	-	Cuprite
CuO	79.89	-	-	20.11	-	Tenorite
$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$	57.50	-	-	36.18	20	Malachite
$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$	55.31	-	-	37.1	25.5	Azurite



شکل ۲۵. نمایش تغییرات میزان مس و آهن در کالکوسیت، بورنیت، کالکوپیریت و پیریت

Fig. 25. Showing the change of Cu and Fe contents in chalcocite, bornite, chalcopyrite and pyrite

نتیجه‌گیری

دلیل نیروهای زمین‌ساختی اعمال شده و تشکیل ساختارهای گسلی، نظم و توالی واحدها دچار جابه‌جایی و به هم ریختگی شده است.

ساختارهای گسلی: دسته اول ساختارهای گسلی با راستای شمال‌شرقی - شرق به جنوب‌غربی - غرب از مهم‌ترین ساختارهای گسلی هستند. این ساختارهای گسلی مرز بین واحد آندزیتی با واحدهای رسوبی را تشکیل می‌دهند و در طول آن رخمون سطحی کانی‌سازی مشاهده می‌شود و از جمله ساختارهای قدیمی در منطقه است؛ زیرا که بارها توسط ساختارهای گسلی دیگر قطع و جابه‌جا شده است.

دسته دوم ساختارهای با راستای شمالی - جنوبی هستند و سبب ایجاد جابه‌جایی‌هایی در واحد میزبان کانه‌زایی شده‌اند. این سامانه گسلی که خود از چند ساختار گسلی موازی یکدیگر تشکیل شده است، سبب ایجاد فضاهای ثانویه و تشدید کانی‌سازی و در نتیجه افزایش عیار شده است. در بعضی از بخش‌های منطقه با پیوستن این گسل‌های موازی به هم و عمیق‌شدن حوضه شدت کانی‌سازی بیشتر شده است.

واحدهای سنگی در زون کانی‌سازی به ترتیب از قدیم به جدید شامل بازالت، آندزیت‌بازالت، آندزیت، کنگلومرا با قطعه‌های بیشتر آتشفشانی، سنگ آهک، سیلتستون، مارن و رسوبات تبخیری شامل مارن‌های گچ‌دار است. امتداد کلی این توالی سنگ‌شناختی به صورت شمال‌شرق - جنوب‌غرب است. کانه‌زایی درون واحد کنگلومرا رخ داده است. کنگلومرا بر اساس اندازه قطعه‌ها، جنس قطعه‌ها و سیمان انواع مختلفی دارد که نوع کنگلومرا تأثیر زیادی در کانه‌زایی و تغییرات عیاری دارد کنگلومرا به واسطه تخلخل، سنگ میزبان مناسبی برای کانه‌زایی بوده است. شیب و امتداد ماده معدنی از شیب و امتداد واحدهای سنگ‌شناختی محدوده پیروی می‌کند و کانسار از نوع چینه‌کران است. زون کانه‌زایی با ضخامت متغیر بین ۲ تا ۶ متر است (در برخی نقاط به دلیل عملکرد گسله‌ها ضخامت افزایش می‌یابد). شیب ماده معدنی در بخش‌های مختلف متغیر بوده و بین ۱۵ تا ۸۰ درجه به سمت جنوب و جنوب‌شرق است. بافت کانه‌زایی بیشتر پراکنده و رگچه‌ای بوده و اغلب به صورت کانی کالکوسیت قابل مشاهده است. در برخی نقاط به

دسته سوم دارای روند شمال غربی - جنوب شرقی و با مؤلفه امتداد لغز راست گرد و کمتر چپ گرد هستند. این ساختارها از مهم ترین ساختارهای گسلی منطقه هستند که بیشترین جابه‌جایی در واحدهای سنگی منطقه و به خصوص واحد میزبان کانی‌سازی را سبب شده‌اند.

قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافی توسط نویسندگان بیان نشده است.

فردوسی مشهد طی طرح شماره ۵۹۷۴۵/۳ مورخ ۱۴۰۳/۰۱/۳۱ انجام شده است. از شرکت کومه معدن پارس، شرکت پارسی کان‌کاو، شرکت مه‌اد و شرکت زرمهر تهران اوکسین برای همکاری در این پژوهش صمیمانه سپاسگزاریم.

References

- Abolipour, M., Rastad, E. and Rashidnejadomran, N., 2015. Manto-type copper mineralization in pyrobitumen-bearing porphyritic andesite, Koshkouieh district of Rafsanjan, Dehaj-Sardoie subzone. *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, 24(95): 123–144.
<https://doi.org/10.22071/gsj.2015.42418>
- Alizadeh, V., Momenzadeh, M. and Emami, M.H., 2012. Petrography, Geochemistry, Mineralogy, Fluid Inclusions and Mineralization Study of Vorezg- Qayen Copper Deposit. *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, 22(86): 47–58.
<https://doi.org/10.22071/gsj.2012.54056>
- Boveiri Konari, M., Rstad, E., Kojima, S. and Rashidnejad Omran, N., 2013. Volcanic redbedtype copper mineralization in the Lower Cretaceous volcano-sedimentary sequence of the Keshtmahaki deposit, southern Sanandaj-Sirjan Zone, Iran. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen*, 190(2): 107–121. Retrieved April 18, 2023
<https://www.researchgate.net/publication/264972581>
- Eftekharnesjad, J., Aghanabati, A. and Hamzehpour, B., 1976. 1:250000 Kashmar geological map. Geological Survey and Mining Exploration of Iran.
- Ghelichkhani, M. and Malekzadeh Shafaroudi, A., 2018. Geology, alteration, mineralization, geochemistry of Zangalou copper mine area. 10th National Symposium of Economic Geology of Iran, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
- Ghelichkhani, M., Malekzadeh Shafaroudi, A., Karimpour, M.H. and Hommam, M., 2021. Petrography, geochemistry and tectonic setting of NW Bardaskan volcanic rocks: a case study of Zangalou mine, *Petrological Journal*, 12(2): 1–22.
<https://doi.org/10.22108/ijp.2021.125200.1204>
- Jabbari, E., Malekzadeh Shafaroudi, A. and Karimpour, M.H., 2017. Kalabri stratabound (manto-type) copper deposit in Eocene volcanicsedimentary complex of NW Bardaskan, NE Iran. *Advanced Applied Geology*, 7(1): 1–19. (in Persian)
<https://doi.org/10.22055/AAG.2017.13066>
- Mahvashi, M. and Malekzadeh Shafaroudi, A., 2016. Cheshmegaz (Nasim) copper deposit, NW Bardaskan, mineralogy, alteration, geochemistry and model determining. *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy*, 24(3): 41–434. (in Persian). <http://ijcm.ir/article-1-76-fa.html>
- Maghfouri, S., Hosseinzadeh, M.R., Moayyed, M., Movahednia, M. and Choulet, F., 2017. Geology, mineralization and sulfur isotopes geochemistry of the Mari Cu (Ag) Manto-type deposit, northern Zanjan, Iran. *Ore Geology Reviews*, 81(1): 10–22.
<https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2016.10.025>
- Maghfouri, S. and Movahednia, M., 2015. Investigation of geology and mineralization of Abbas Abad copper deposit and camper with Mantotype deposit. 18th Symposium on Iranian Geosciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. (in Persian) Retrieved April 19, 2023
<https://civilica.com/doc/391458/download>
- Qaemi F. and Mousavi Harami R., 2006, map 1:100000, Iran Geological and Mineral Exploration Organization.
- Soltani, A. and Fardost, F., 2016. Mineralogy, geochemistry and genesis of Abri copper deposit, Dari and Cheshme Marzieh, northwest of Doruneh. M.Sc. Thesis, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran, 212 pp.
- Shahrabi, M. Hosseini, M. and Shabani, K., 2006, geological map 1:100000 Bardaskan, Geological and Mineral Exploration Organization of Iran.
- Whitney, D.L. and Evans, B.W., 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95(1): 185–187.
<https://doi.org/10.2138/am.2010.3371>