




## Research Article

### Economic geology and mineralogy studies of Chah Gabri copper deposit, south of Damghan

Fatmeh Asghari<sup>1</sup>, Faraj Fardost<sup>1\*</sup> 

1-Department of Economic Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahroud University of Technology, Shahroud, Iran

Received: 04 Jun 2019 Accepted: 19 Jan 2020

## Extended Abstract

### Introduction

Chah-gabri copper deposit is located 90km south of Damghan at Semnan province, in the northeast part of Central Iran at a structural zone bottom of the Turud\_Chah Shirin volcanic-sedimentary strip. This strip is eastern-western, in the form of a cross between two faults of Trood in the south and Anjilu in the north. Trend of all units are northwest – southeast (N65w) parallel to the zone. Copper mineralization in this area is vein-veinlets and open space fillings along the fracture and faults are composed of lava and tuff units. Minerals host rocks are mainly volcanic lava containers such as basalt andesite, andesite, trachy andesite and less sedimentary pyroclastic. The main minerals forming the deposit include sulfides (Chalcopyrite, pyrite, chalcocite and coveline), carbonate (malachite), iron oxides (hematite, goethite and limonite), and gangue minerals (Calcite, Quartz). Ore mineral textures include: vein-veinlets, open space filling, replacement and disseminated textures.

### Materials and Methods

Study area is located in Semnan province, 90 km south of Damghan city, in geographical coordinates 54° 20' to 54° 26' northeast longitude and 35°17' to 35 ° 23' north latitude. During several stages of field visit, based on lithology and mineralogical diversity, 58 samples of rock and ore were taken with their geographical coordinates. Of these, 22 are thin sections, 14 are polished sections and 8 are thin - polished sections. Eventually they were prepared and studied. Overall, they were analyzed in the laboratories of Iran Minerals Research and Processing Center (IMIDRO) in which, 4 samples were studied by X-ray diffraction method (XRD), 7 by x-ray fluorescence (XRF) and 8 by ICP- MS method.

### Results and Discussion

The results of geological, mineralogical, structural and textural studies of minerals show that much of the Copper mineralization is in the form of open space filling. Among the host rock components, units with a combination of andesite, basalt andesite and trachy andesite have been observed. Copper mineralization in this area is in the form of chalcopyrite, chalcocite, covolite and natural copper. It also occurs in the form of malachite on surface outcrops. In the study of fluid inclusion, temperature was 175 to 200 degrees Celsius, salinity was 4 to 10.5 wt.% equivalent to NaCl and density was 0.9 to 1 g / cm<sup>3</sup>, which were determined to indicate the epithermal range.

### Conclusion

Considering all field and laboratory evidence including host rock composition, texture and mineralization, zones alterations, major and associated metal elements, paragenetic sequence, the geochemistry and thermometry of fluid interconnects. Chahgabri copper deposit is in good compatibility with Manto type deposits, but due to vein ore mineralization, it can be classified as low sulfide vein epithermal hydrothermal deposits.

**Keywords:** Chahgabri, Damghan, Alteration, Vein copper, Fluid inclusion.

**Citation:** Asghari, F. and Fardost, F., 2020. Economic geology and mineralogy studies of Chah Gabri copper deposit, south of Damghan, *Res. Earth. Sci.* 11(1), (89-108) DOI: 10.52547/esrj.11.1.89

\* Corresponding author E-mail address: Faraj\_Fardoost@yahoo.com



## مطالعات زمین‌شناسی اقتصادی و کانی‌شناسی در کانسار مس چاه‌گبری، جنوب دامغان

فاطمه اصغری<sup>۱</sup>، فرج‌الله فردوست<sup>۱\*</sup>

۱- گروه زمین‌شناسی اقتصادی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۳/۱۴

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۲۹

### چکیده

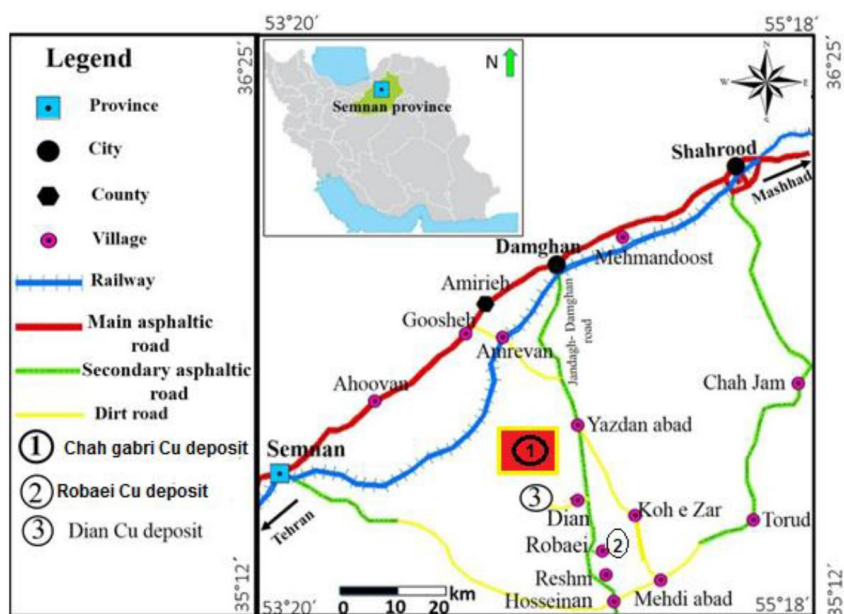
کانسار مس چاه‌گبری در ۹۰ کیلومتری جنوب شهرستان دامغان، استان سمنان، بخش شمالی پهنه ایران مرکزی، بر روی نوار آتشفشانی-رسوبی، تروند-چاه شیرین واقع شده است. سنگ‌های میزبان کانه‌زایی شامل: گدازه‌های زیردریایی با ترکیب آندزیت، آندزیت-بازالتی و مجموعه آذرآواری از جمله توف، کریستال‌لیتیک توف، توف‌برش دگرسان شده و آگلومرا به سن ائوسن میانی می‌باشند. براساس داده‌های ژئوشیمیایی این سنگ‌ها دارای ماهیت کالک‌آلکالن غنی از پتاسیم تا شوشونیتی هستند. دگرسانی‌های گرمایی شامل: آرژیلیک، سیلیسی و کربناتی، و هماتیتی‌شدن به همراه اکسید و هیدروکسیدهای آهن است. کانه‌زایی به صورت رگه‌ای و پرکننده فضای خالی در سنگ‌های میزبان رخ داده است. براساس مطالعات کانه‌نگاری کانی‌های اصلی مس شامل کالکوسیت، کالکوپیریت، کولیت، مالاکیت و به ندرت مس طبیعی است که با هماتیت، گوتیت و لیمونیت همراهی می‌شوند. از میان این کانی‌ها، کالکوسیت و مالاکیت بیشترین فراوانی را دارند. در مطالعه سیال درگیر، دما ۱۷۵ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد، شوری ۴ تا ۱۰/۵ درصد وزنی معادل نمک طعام و چگالی ۰/۹ تا ۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب تعیین گردید که محدوده‌ای ترمال را نشان می‌دهد. عامل اصلی کانه‌زایی، چرخه گرمایی در امتداد ساختارهای گسلی، شستشوی مس از سنگ‌های مسیر و ته‌نشینی در فضاهای خالی سنگ میزبان بوده است.

**واژه‌های کلیدی:** چاه‌گبری، دامغان، دگرسانی، مس رگه‌ای، میانبار سیال.

## مقدمه

شهرت یافته، بررسی‌هایی چند در محدوده ورقه کلاته رشم و یا در نقاط مجاور آن صورت گرفته که به برخی از آنها اشاره می‌شود. محافظ و همکاران (Mohafez et al, 1972) مطالعاتی را بر روی حوضه‌های رسوبی منطقه انجام داده‌اند که ناحیه چاه شیرین را نیز در بر می‌گیرد. (جعفریان، ۱۳۸۰) نقشه زمین‌شناسی چهارگوش ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته-رشم، را تهیه کردند که می‌توان اطلاعات کلی زمین‌ساختی روند رخنمون‌ها و عناصر ساختاری و جایگاه ناحیه مورد بررسی را از آن تهیه نمود (شکل ۱).

نوار آتشفشانی - رسوبی، ترود - چاه شیرین میزبان تعداد زیادی کانسارهای رگه‌ای از جمله فلزات پایه و طلا می‌باشد. به لحاظ چینه‌شناسی، برونزدهای پالئوزوئیک تا کواترنر را می‌توان در این منطقه مشاهده نمود، که کانه‌زایی مس چاه‌گیری در مجموعه آتشفشانی-رسوبی با سن ائوسن رخ داده است. این کانسار در استان سمنان، ۹۰ کیلومتری جنوب شهرستان دامغان، در مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 23'$  تا  $35^{\circ} 17'$  طول شرقی و  $53^{\circ} 20'$  تا  $55^{\circ} 18'$  عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). از آنجا که این ناحیه به منطقه با توان معدنی بالا



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به کانسار مس چاه‌گیری (اقتباس از اطلس راه‌ها).

نمونه به روش پراش سنجی اشعه ایکس (XRD)، ۷ نمونه فلورسانس اشعه ایکس (XRF) و ۸ نمونه به روش ICP-MS، در آزمایشگاه‌های مرکز تحقیقات و فرآوری مواد معدنی ایران (IMIDRO) مورد آنالیز قرار گرفتند که این تحقیق حاصل نتایج به دست آمده از آنها می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

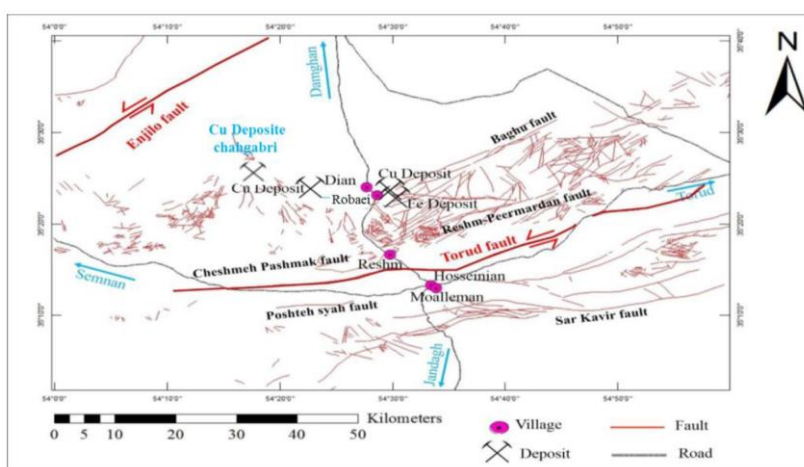
طی چند مرحله بازدید صحرایی بر مبنای تنوع سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی، تعداد ۵۸ نمونه سنگ و کانسنگ با مختصات جغرافیایی مشخص برداشت گردید. از این میان تعداد ۲۲ عدد مقطع نازک، ۱۴ عدد مقطع صیقلی و ۸ عدد مقطع نازک - صیقلی تهیه و مطالعه شدند. تعداد ۴

## نتایج

## تکتونیک و زمین‌شناسی محدوده معدنی

نوار آتشفشانی - رسوبی ترود - چاه شیرین در تقسیمات زون‌های ساختاری ایران جزئی از پهنه ایران مرکزی (آقناباتی، ۱۳۸۳)، ماگماتیسم مرکزی (Nogel sadat, 1993)، کمان ماگمایی البرز (Shamanian et al, 2004) و یا کمان ماگمایی جدا شده از ارومیه دختر به وسیله کشیدگی میان‌کمانی (Hassanzadeh et al, )

(2002)، ایران محسوب می‌شود. این کمان از شمال به گسل انجیلو و در جنوب به گسل ترود با روند  $N 70^{\circ} E$  محدود می‌شود (هوشمندزاده و همکاران، ۱۳۵۷). سازوکار این دو گسل سبب ایجاد گسل‌های فراوانی با روندهای شمال‌شرقی- جنوب‌غربی و شمال‌غربی- جنوب‌شرقی شده است. این دو دسته گسلی نقش اساسی در کنترل کانه‌زایی فلزات پایه و بخصوص مس در طول این نوار داشته‌اند (شکل ۲).



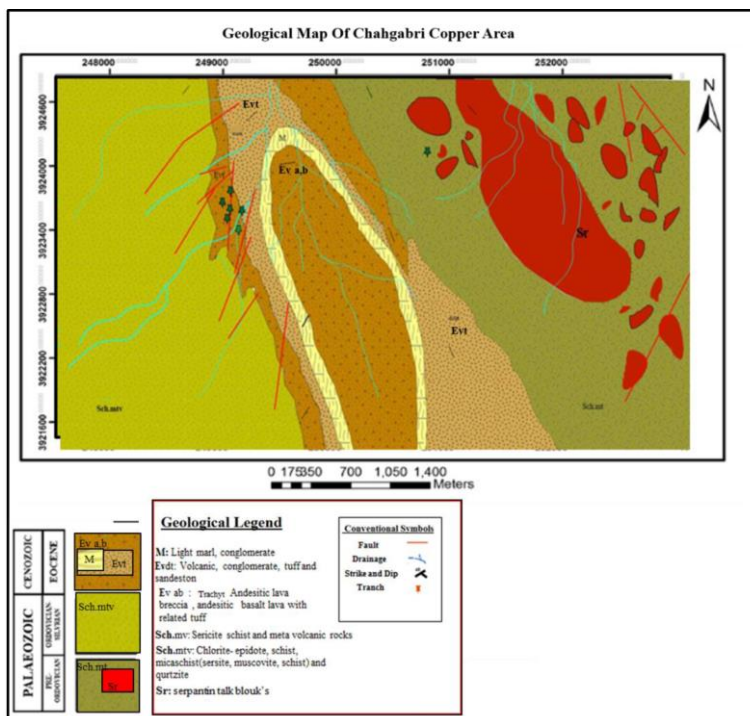
شکل ۲: موقعیت تکتونیک ناحیه ترود و پراکندگی گسل‌های با روند شمال‌شرقی- جنوب‌غربی و شمال‌غربی- جنوب‌شرقی در بین دو گسل اصلی ترود و انجیلو (هوشمندزاده و همکاران، ۱۳۵۷).

سنگی کلریت‌شبیست، میکاشیست، کوارتزیت و پیروکسنیت با سن پرکامبرین که ارتباطی با کانه‌زایی ندارند و (ب) مجموعه آتشفشانی-رسوبی با ترکیب آندزیت، آندزیت-بازالتی، توف، آگلومرا و ماسه‌سنگ که میزبان کانه‌زایی هستند (شکل ۴). واحد ( $E^{VI}$ )، متشکل از سنگ‌های گدازه و آذرآواری با سن ائوسن، میزبان اصلی کانه‌زایی است که خود به ۷ زیرواحد مختلف تفکیک شد. در زیر به شرح مختصری از هر یک از زیرواحدهای آن پرداخته می‌شود.

براساس مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی انجام گرفته، رخنمون‌های موجود در محدوده اکتشافی مورد مطالعه به دو گروه کلی تفکیک شدند که در بحث سنگ‌شناسی به صورت مفصل شرح می‌دهیم. در این مبحث بر مبنای نقشه زمین‌شناسی محدوده اکتشافی (شکل ۳)، مطالعات میکروسکوپی، آنالیزهای شیمیایی به شرح واحدهای میزبان کانه‌زایی پرداخته می‌شود.

## سنگ‌شناسی محدوده چاه‌گیری

در محدوده اکتشافی چاه‌گیری دو مجموعه سنگی رخنمون دارند، الف) مجموعه دگرگونی با ترکیب



شکل ۳: نقشه زمین‌شناسی محدوده اکتشافی (براساس تصاویر ماهواره‌ای Google Earth و برداشت‌های صحرایی).



شکل ۴: تصویر صحرایی مجموعه دگرگونی و آذراواری منطقه چاه‌گیری

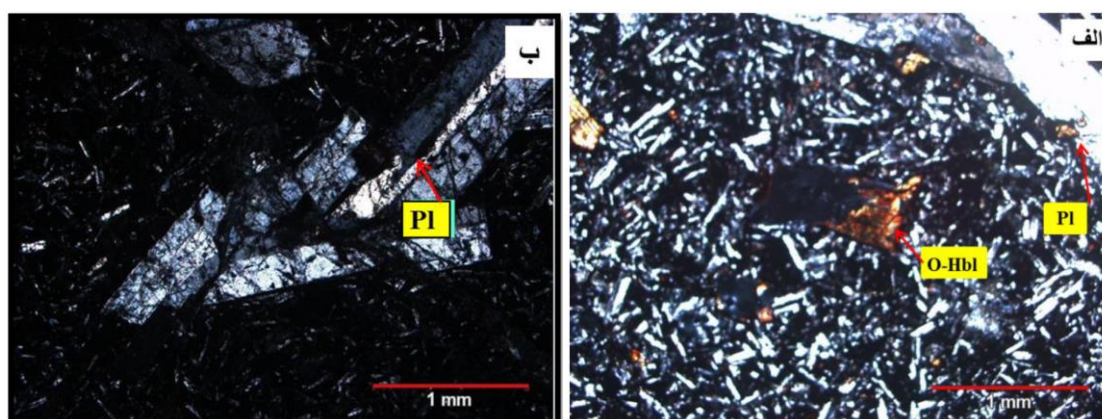
آندزیت: اندزیت‌ها دو زیرواحد ابتدا و انتهای واحد ( $E^{vt}$ ) را تشکیل می‌دهند. در مشاهدات صحرایی با روند شمال‌غربی-جنوب‌شرقی، به ضخامت حدود ۱۶ متر، به صورت ناپیوسته بر روی مجموعه دگرگونی و هم‌شیب و هم‌روند زیر بخش‌های جوانتر قرار گرفته است. مورفولوژی

واحد گدازه‌های زیردریایی: براساس مشاهدات صحرایی و میکروسکوپی به دو گروه ۱- آندزیت، ۲- آندزیت - بازالتی قابل تفکیک بوده و به صورت مورفولوژی برجسته و به رنگ خاکستری تیره با روند (NW-SE) و متناوب با واحدهای آذراواری (قرمز تا زرد متمایل به قهوه‌ای)، دیده می‌شوند.

صحرائی با روند شمال غربی-جنوب شرقی هم‌شیب و هم‌روند با واحدهای دیگر قرار گرفته است که با مورفولوژی خشن و به رنگ سبز، خاکستری و گاهی قرمز (آغستگی به اکسید آهن) و پلاژیوکلازها به صورت درشت بلور در زمینه دانه‌ریز مشاهده می‌شود. در زیر میکروسکوپ درشت بلورهای پلاژیوکلاز، پیروکسن و هورنبلند در زمینه میکروولیتی-جریانی بافت پورفیری را تشکیل داده‌اند. پلاژیوکلازها در نمونه‌های مورد مطالعه به صورت خودشکل و کشیده با ماکل پلی‌سنتتیک دیده می‌شوند که در برخی از نمونه‌ها کاملاً سالم ولی در برخی دیگر دگرسانی شدیدی نشان می‌دهند (Vishler, 2009). کانی‌های ثانویه مثل کلسیت، سرسیت (از دگرسانی پلاژیوکلازها)، کلریت (از دگرسانی پیروکسن و آمفیبول‌ها) به وجود آمده‌اند. حضور بافت پورفیری در گدازه‌ها نشان دهنده تبلور دو مرحله‌ای آنها می‌باشند (معین وزیری، ۱۳۸۳)، (شکل ۵ب).

برجسته، رنگ خاکستری تیره متمایل به قهوه‌ای تا قرمز و درشت بلورهای پلاژیوکلاز و بافت بادامکی که توسط کوارتز و لیمونیت پر شده‌اند از خصوصیات صحرائی آن است. در زیر میکروسکوپ بلورهای پلاژیوکلاز و هورنبلند به صورت خودشکل و نیمه شکل‌دار در زمینه دانه‌ریز میکروولیتی-جریانی مشاهده می‌شوند که بافت پورفیری را به نمایش می‌گذارند. در اغلب نمونه‌ها پلاژیوکلازها دگرسان و به کانی‌های ثانویه کلسیت و سرسیت تبدیل شده‌اند. هورنبلند به شکل لوزی‌وجه مشاهده می‌شود که از حاشیه‌ها به اکسیدهای آهن تبدیل شده است (شکل ۵الف)، به این پدیده آپاسیتی شدن گفته می‌شود که ناشی از کاهش فشار آب در حین صعود ماگما و افزایش دما در حین اختلاط ماگمایی می‌باشد (Kawabat, 2005). آندزیت در زیرواحد انتهایی از نظر پتروگرافی کاملاً مشابه زیرواحد ابتدایی است، با این تفاوت که بخش اصلی کانه‌زایی در این زیرواحد رخ داده است.

-آندزیت-بازالتی: با ضخامت حدود ۱۰ متر بعد از زیرواحد آذرآواری قرار می‌گیرد. در مشاهدات

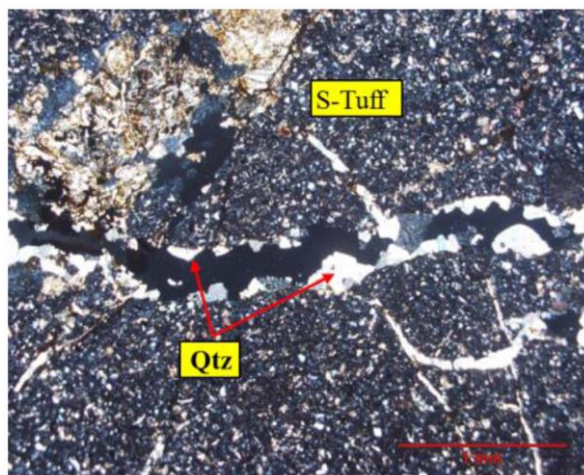


شکل ۵: الف) تصویر میکروسکوپی بلورهای پلاژیوکلاز (Pl)، در زمینه دانه ریز میکروولیتی-جریانی و نمونه درشت بلور هورنبلند (O-Hbl)، دارای حاشیه آپاسیتی شده (XPL)، ب) تصویر میکروسکوپی یک نمونه (سنگ میزبان مس)، بلورهای پلاژیوکلاز (Pl)، به صورت درشت بلور در زمینه دانه‌ریز میکروولیتی-جریانی، مشاهده در حالت (XPL).

## سنگ‌های آذرآواری

توف‌ها، سنگ‌های ولکانوکلاستیکی هستند که از ذرات خاکستر و قطعات آتشفشانی تشکیل شده‌اند (Tucker, 2009). توف‌ها براساس اجزاء شیشه، بلور و خرده‌های سنگی به سه دسته: توف شیشه‌ای، کریستال‌توف و لیتیک توف تقسیم می‌شوند (Petijohn, 1975). بر روی واحد گدازه، واحد آذرآواری به صورت همروند با آن‌ها به رنگ قهوه‌ای تا قرمز، خاکستری متمایل به سبز با دگرسانی خیلی شدید قرار گرفته است. سنگ‌های آذرآواری بافت ولکانوکلاستیک دارند و در بیشتر موارد پرشدگی حفره‌ها و دانه‌ها توسط کوارتز در آنها دیده می‌شود (خاکزاد و شعبان نژاد، ۱۳۸۴). مهم‌ترین سنگ‌های تشکیل دهنده این مجموعه شامل توف ماسه‌ای، توف‌برش، کریستال‌لیتیک توف و آگلومرا (مجموعاً به ضخامت ۳۲ متر) است.

-توف ماسه‌ای و کریستال لیتیک توف: به صورت بین لایه‌ای با سایر سنگ‌های آذرآواری قرار می‌گیرد. در نمونه دستی به رنگ روشن متمایل به زرد و گاهی خاکستری تا تیره و در برخی قسمت‌ها به دلیل آغشتگی اکسیدهای آهن به رنگ قرمز دیده می‌شوند. در زیر میکروسکوپ بلورهای پلاژیوکلاز، پیروکسن و اکسی-هورنبلند و قطعات سنگی با ترکیب آندزیت و بازالت مشاهده می‌شوند. درشت بلورهای پلاژیوکلاز در برخی موارد حالت تحلیل‌رفتگی دارند که ناشی از تغییرات دما و فشار در طی صعود ماگما یا تغییرات شیمیایی آن می‌باشد (Chan and zhang, 2008). پلاژیوکلازها به صورت خودشکل تا نیمه‌شکل‌دار با ماکل پلی‌سنتیک قابل شناسایی هستند، و بلورهای کوارتز به صورت پرکننده فضای خالی با توجه به خاموشی موجی مشخص می‌شوند (شکل ۶).



شکل ۶: تصویر میکروسکوپی از توف ماسه‌ای، کوارتز (Qtz)، در زمینه دانه‌ریز در حالت (XPL).

میکروسکوپی به شدت دگرسان شده هستند. پلاژیوکلاز و اکسی‌هورنبلند سازنده‌های اصلی و کانی‌های سریسیت، کلسیت، کانی‌های رسی و اکسیدهای آهن حاصل دگرسانی هستند.

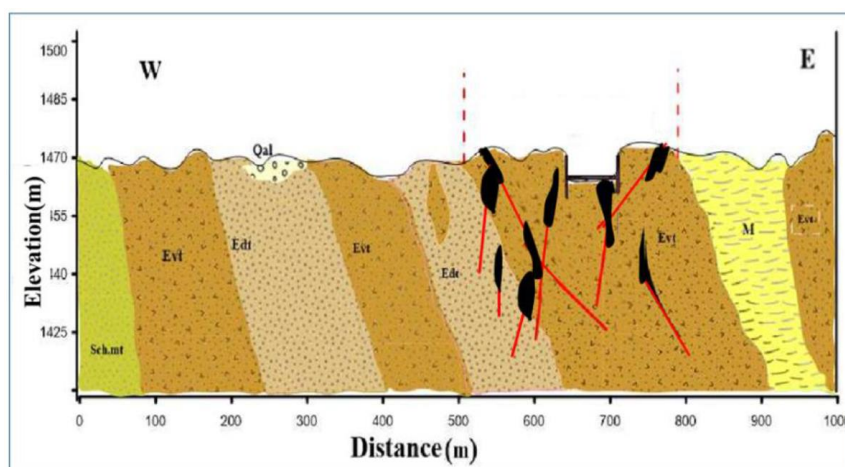
-توف‌برش: از قطعات سنگی خردشده با ترکیب توف و گدازه در زمینه‌ای از قطعات ریز آذرآواری تشکیل شده است، که در منطقه به طور متناوب با گدازه‌ها قرار دارند. در نمونه دستی به رنگ قرمز تا قهوه‌ای مشاهده می‌شوند و در مقاطع

- رگچه‌ای و پرکننده حفرات در امتداد شکستگی و گسل‌ها در داخل واحد گدازه و توف تشکیل شده است. سنگ‌های میزبان ماده معدنی عمدتاً گدازه‌های آتشفشانی شامل آندزیت، آندزیت بازالت، تراکی آندزیت و کمتر رسوبات آذرآواری هستند که با روند شمال غربی- جنوب شرقی گسترش طولی زیاد و ضخامت نسبتاً کم دارند. کانه‌زایی در درز و شکاف و شکستگی‌های رخ داده است که نشانگر وضعیت چینه کران و اپی ژنتیک کانه‌زایی است می‌باشد. مطابق مشاهدات صحرایی، نقشه و پروفیل زمین‌شناسی (شکل ۷)، مشخص شد که تمرکز ماده معدنی عمدتاً به گسل‌ها و درزه و شکاف‌های موجود در سنگ میزبان محدود می‌گردد.

- آگلومرا: یک سنگ آذرآواری است که از قطعات بمب یا بلوک تشکیل شده است (Visher, 1966)؛ آگلومراها در منطقه از قطعات درشت به رنگ قهوه‌ای تا قرمز با جنس گدازه آندزیتی و آندزیت-بازالتی در زمینه دانه‌ریز تشکیل شده اند.

#### کانه‌زایی و دگرسانی

نوار آتشفشان - رسوبی ترود - چاه شیرین متشکل از سنگ‌های آتشفشانی- نفوذی ائوسن و الیگوسن، به دلیل وجود رخداد‌های متعدد معدنی از جمله کانه‌زایی‌های فلزی و غیرفلزی فراوان و همچنین دگرسانی‌های گسترده که تحت تأثیر محلول گرمایی بر سنگ‌های دیواره تشکیل شده‌اند، دارای اهمیت بالایی مطالعاتی می‌باشد. کانسار مس چاه‌گیری در انتهای این نوار واقع شده است. کانه‌زایی مس در این منطقه به صورت رگه

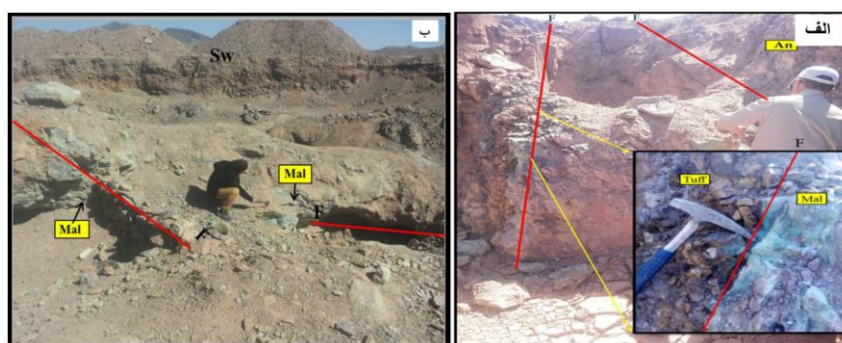


شکل ۷: مقطع عرضی که نشان‌دهنده، تمرکز ماده معدنی به صورت پرکننده فضای خالی گسل‌ها، درزه و شکاف‌های موجود در سنگ‌های میزبان است.

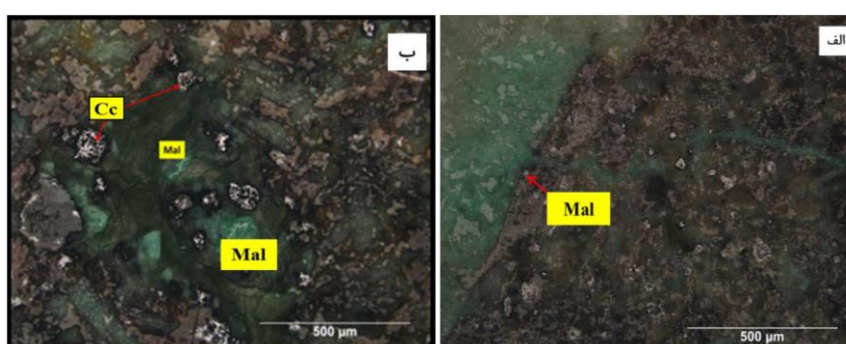
توجهی از کانه‌زایی در داخل درزه‌ها و شکاف‌های موجود در سنگ میزبان صورت گرفته است. ساخت رگه -رگچه‌ای و بافت شکافه پرکن، در زیر میکروسکوپ به خوبی قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۹ الف و ب).

کانه‌زایی در منطقه به دو شکل؛ رگه - رگچه‌ای و حفره‌ای رخ داده است. ماده معدنی در فاز کانیایی کربنات مس (مالاکیت) و سولفید مس (کالکوسیت)، به شکل رگه- رگچه‌ای و حفره‌پرکن (پرکننده فضای خالی) در داخل زیرواحد آندزیتی جایگیر شده است (شکل ۸ الف و ب). بخش قابل





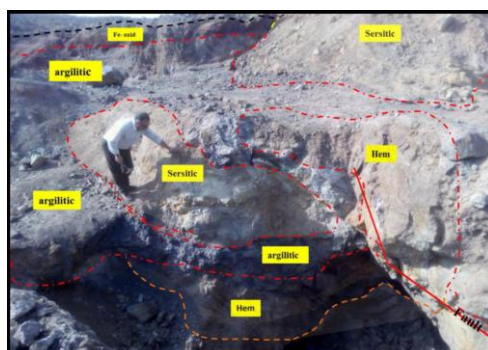
شکل ۸: الف) تصویر صحرایی از زون گسلی بین واحدهای آندزیت و توف به همراه کان‌زایی رگه‌ای مس به صورت سولفیدی (کالکوسیت) و مالاکیت. (آندزیت An)، (توف Tuff)، ب) تصویر صحرایی از گسل‌های داخل سنگ میزبان و کان‌زایی رگه‌ای در امتداد آنها.



شکل ۹: الف) تصویر میکروسکوپی از رگچه‌های کان‌دار که به فضای پلاژیوکلاز وارد و جانشین آن شده است، ب) تصویر میکروسکوپی از ساخت پر کننده حفرات توسط مالاکیت و کالکوسیت.

دگرسانی عمدتاً محدود به اطراف رگه‌ها بوده که تحت‌تأثیر محلول گرمابی بر سنگ‌های دیواره تشکیل شده‌اند (شکل ۱۰). به اختصار هر یک از آنها را شرح داده می‌شود.

با توجه به مطالعات صحرایی و میکروسکوپی و نتایج کانی‌شناسی حاصل از XRD، دگرسانی‌های غالب در منطقه مورد مطالعه عبارتند از: (۱) پروپیلیتی (کلریتی)، (۲) سریسیتی، (۳) آرژیلیتی، (۴) سیلیسی، (۵) کربناتی (کلسیت و دولومیت)،



شکل ۱۰: تصویر صحرایی از دگرسانی‌های آرژیلیتی، سریسیتی و اکسیدهای آهن (هماتیتی و لیمونیتی)، در داخل ترانشه اصلی محدوده چاه‌گیری (پهنه‌بندی دگرسانی).

کلریتی شدن یکی از مهم‌ترین پدیده‌هایی است که در اثر محلول‌های گرمابی غنی از Fe و Mg ایجاد می‌شود و در اثر این فرآیند سنگ‌ها ظاهری سبزرنگ پیدا می‌کنند. ۴-سیلیسی شدن: در کانسار مس چاه‌گیری دگرسانی سیلیسی به صورت رگچه‌های سیلیسی نهان‌بلور همراه با کانی‌های کربناتی (از جمله کلسیت و دولومیت) در داخل سنگ میزبان مشاهده می‌شود که معرف دگرسانی سیلیسی می‌باشد. سیلیسی شدن یکی از متداول‌ترین انواع دگرسانی‌های گرمابی است که در اثر افزایش سیلیسیم به محیط، به صورت کوارتز و سایر اشکال سیلیس (چرت، اوپال و کلسدونی) در سنگ ظاهر می‌شود (Pirajno, 2009). این نوع دگرسانی در آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD)، به صورت کانی کوارتز مشخص گردیده است.

همان‌طور که در شکل ۱۰، مشاهده می‌شود، عمده‌ترین دگرسانی‌های موجود در منطقه ۱- آرژیلیتی شدن: که این نوع دگرسانی در محدوده معدنی چاه‌گیری واحدهای سنگی توف و گدازه را تحت تأثیر قرار داده است. سنگ‌های این پهنه در محدوده بسیار نرم بوده و بسته به نوع کانی ثانویه آنها به رنگ‌های سفید تا زرد متمایل به قهوه‌ای در اثر آغشتگی هماتیت دیده می‌شوند. ۲- سرسیتی شدن: یکی دیگر از دگرسانی‌های مرتبط با کانه‌زایی در منطقه چاه‌گیری است و به رنگ سفید می‌باشند. ۳-کلریتی شدن: این نوع دگرسانی در مقاطع میکروسکوپی به صورت کلریت و همچنین در آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD)، با کانی‌های کلینوکلر و کلریت مشخص شده است که در مشاهدات صحرایی به رنگ سبز دیده می‌شود. بنا به نظر گالی (Gally, 2007)،

جدول ۱: کانی‌های تشخیص داده شده در زیر میکروسکوپ و آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD) در نمونه‌های دگرسان منطقه مورد مطالعه.

کد نمونه	نام سنگ	نوع دگرسانی	کانی‌های مشخص شده در آنالیز پراش اشعه ایکس
T6-1	سنگ میزبان	سرسیتی+آرژیلیتی+کربناتی+سیلیسی	کوارتز+ کلسیت+ کائولینیت+ مسکویت
B	کانسنگ مس	سیلیسی+سرسیتی	کوارتز+ آتاکامیت+ کائولینیت+ ارتوکلاز+ کالکوسیت
C	کانسنگ مس	سیلیسی	کوارتز+ هماتیت+ آلبیت+ بالاز+ اورتوکلاز+ دیوپسید
G	کانسنگ مس	سیلیسی+سرسیتی	کوارتز+ آندزین+ کائولینیت+ ملاکیت+ دیوپسید+ ارتوکلاز
T2-1-2A	سنگ میزبان	سیلیسی	کوارتز+ آندزین+ آتاکامیت+ ارتوکلاز+ آلبیت
T2-5	سنگ میزبان	سیلیسی+سرسیتی+آرژیلیتی	کوارتز+ آندزین+ کائولینیت+ ایلیت+ مسکویت، رانگار
H	کانسنگ مس	سیلیسی	کوارتز+ آلبیت+ بالاز+ اورتوکلاز+ ملاکیت
T1	سنگ میزبان	سیلیسی	کوارتز+ آندزین+ اورتوکلاز+ هماتیت+ آلبیت

ایکس (XRD)، نمونه‌های کانسار مس چاه‌گیری، کانی‌های اصلی تشکیل دهنده این کانسار در پنج گروه دسته بندی شدند که عبارتند از: ۱-

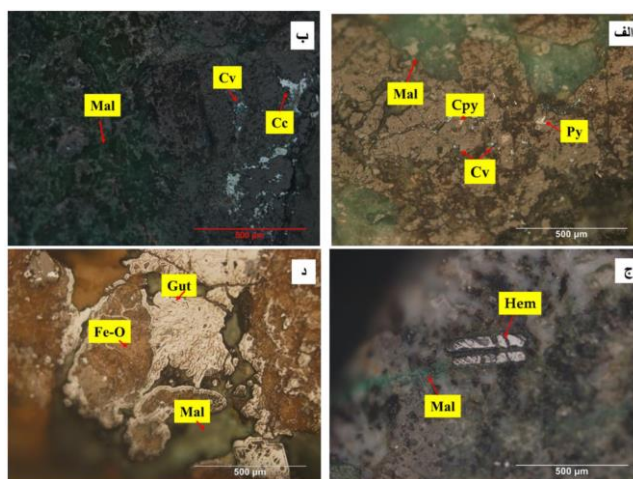
کانی‌شناسی، ساخت، بافت و توالی پاراژنتیک براساس مطالعات آزمایشگاهی و میکروسکوپی و همچنین نتایج آنالیز ۵ نمونه به روش پراش اشعه

در کانسار چاه‌گیری است که به صورت رگه‌ای، رگه - رگچه‌ای و پرکننده حفرات در سنگ میزبان آندزیت، آندزیت بازالتی و تراکی‌آندزیت تشکیل شده است (شکل ۱۱ ب). حضور مالاکیت معرف محیط ژئوشیمیایی اکسیدان و فراوانی یون بی-کربنات در محلول می‌باشد (Pirajno, 2009). کریزوکولا کانی سیلیکاتی مس همراه با مالاکیت قابل رویت است (شکل ۱۱ ج). در واقع در اثر پدیده انحلال و اکسیداسیون سطحی، کانی‌های سولفیدی در قسمت سطحی دچار انحلال می‌شوند و در نتیجه یون گوگرد آنها از محیط خارج و هیدرواکسیدهای آهن بر جای می‌مانند (Ruomdur, 2017). در کانسار مس چاه‌گیری هماتیت، لیمونیت و گوتیت عمده‌ترین کانی‌های اکسید و هیدرواکسیدهای آهن هستند (شکل ۱۱ د). آلبیت، ارتوکلاز، کلینوکلر، موسکویت و کائولینیت، مونت موریلونیت، ایلیت، نیز از جمله کانی‌هایی می‌باشند که با انجام آنالیز پراش اشعه ایکس شناسایی شدند. این تنوع کانی‌شناسی تا حدودی متأثر از ماهیت تخریبی سنگ‌های میزبان می‌باشد. از جمله مهم‌ترین بافت‌های مشاهده شده در منطقه می‌توان به ساخت و بافت رگه-رگچه‌ای، برشی خردشده، پرکننده فضای خالی، جانشینی و دانه پراکنده اشاره کرد (شکل ۱۲). بافت غالب مشاهده شده در منطقه، بافت پرکننده فضای خالی می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه کانی‌هایی از قبیل کالکوپیریت، کالکوسیت، مالاکیت، اکسید و هیدرواکسیدهای آهن در واحد آذرآواری به دلیل تخلخل و نفوذپذیری بالا (به صورت بین‌دانه‌ای) و همچنین در امتداد درزه‌ها و شکستگی‌های واحد گدازه‌ای ناشی از انحلال، را پر کرده است. بافت جانشینی یکی دیگر از بافت‌های مهم مشاهده شده در منطقه می‌باشد که

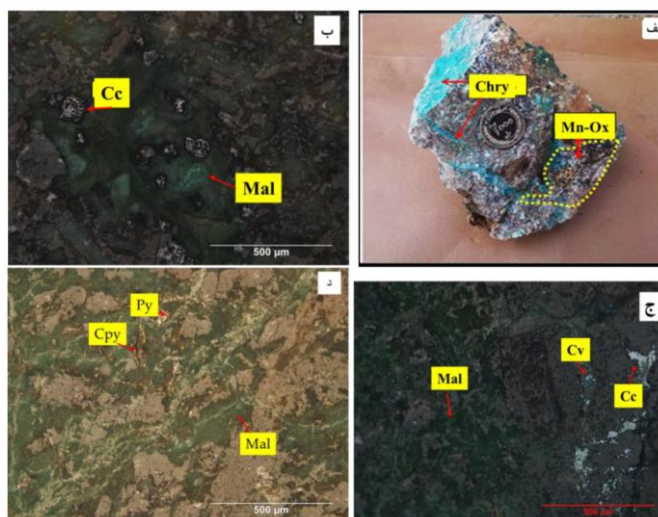
کانی‌های گروه سولفیدی (کالکوپیریت و پیریت) با فراوانی کم، کالکوسیت و کوولیت، ۲- کانی گروه کربناتی (مالاکیت)، ۳- کانی گروه سیلیکاتی (کریزوکولا)، ۴- کانی‌های گروه اکسیدی (هماتیت، لیمونیت و گوتیت) و ۵- کانی‌های گروه باطله (کوارتز، کلسیت، ژیپس). مهم‌ترین کانی‌های سولفیدی موجود در کانسار مس چاه‌گیری پیریت، کالکوپیریت، کالکوسیت و کوولیت می‌باشند (شکل ۱۱ الف) پیریت و کالکوپیریت از کانی‌های سولفیدی هیپوزن (اولیه) در منطقه چاه‌گیری هستند که به مقدار کم در داخل رگه‌های کانه‌دار به صورت بافت دانه پراکنده در زمینه باطله یافت می‌شوند. پیریت معمولاً در محیط ژئوشیمیایی اکسیدان ناپایدار است و به اکسیدها و هیدرواکسیدهای آهن (هماتیت، گوتیت و لیمونیت) دگرسان می‌شود (Nesz, 2000). بخش عمده کانی‌های اکسید آهن (گوتیت و لیمونیت)، در محدوده اکتشافی چاه‌گیری، از تجزیه پیریت در شرایط اکسیدان حاصل شده‌اند. کالکوپیریت که یک سولفیدی مس - آهن است، تحت این شرایط تجزیه و اکسیدهای آبدار آهن (گوتیت و لیمونیت) و سولفید و کربنات مس (کالکوسیت، کوولیت و مالاکیت) را تشکیل داده است. کالکوسیت و کوولیت از جمله فراوان‌ترین کانی‌های مس سولفیدی در منطقه می‌باشند که به صورت پرکننده فضای خالی در میان اجزای تشکیل دهنده سنگ‌های میزبان شکل گرفته‌اند. کالکوسیت‌های موجود در منطقه در برخی قسمت‌ها به کوولیت تبدیل شده‌اند و کوولیت‌های ثانویه در اثر دگرسانی کالکوسیت و کالکوپیریت و همچنین به صورت هم‌رشد با این کانی‌ها در فضاهای خالی سنگ میزبان شکل گرفته‌اند. مالاکیت فراوان‌ترین کانی کربناته مس

قسمت‌ها این بافت را نشان می‌دهند. بافت رگه-رگچه‌ای نیز در بسیاری از بخش‌های کانسار مشاهده شده است که نشان دهنده کانه‌زایی اپی‌ژنتیک در منطقه می‌باشد.

در تمام کانی‌های سولفیدی این بافت قابل مشاهده است. بافت دانه پراکنده که نشان دهنده نهشت اولیه مواد معدنی در حین رسوبگذاری است نیز در مقاطع مشاهده شده است که کانی‌های کالکوسیت، کولیت و مس طبیعی در برخی



شکل ۱۱: الف) تصویر میکروسکوپی از پیریت (Py) و کالکوپیریت (Cpy)، کولیت (Cv) و مالاکیت (Mal)، ب) تصویر میکروسکوپی از کالکوسیت (Cc) با بافت دانه پراکنده که توسط کانی ثانویه کولیت (Cv) جانشین شده است که بافت جانشینی را به نمایش می‌گذارد، ج) تصویر میکروسکوپی هماتیت تیغه‌ای و مالاکیت (Mal)، د) تصویر میکروسکوپی از اکسید و هیدرواکسیدهای آهن.



شکل ۱۲: الف) تصویر نمونه دستی از کانی سیلیکاته کریزوکولا همراه با ساخت رگه - رگچه‌ای، ب) تصویر میکروسکوپی از کانی مالاکیت (Mal) و کالکوسیت (Cc)، به صورت پرکننده حفرات، ج) تصویر میکروسکوپی از کالکوسیت (Cc) با بافت دانه پراکنده که توسط کانی ثانویه کولیت (Cv) جانشین می‌شود، د) تصویر میکروسکوپی از پیریت (Py) و کالکوپیریت (Cpy)، به صورت دانه پراکنده در زمینه باطله.

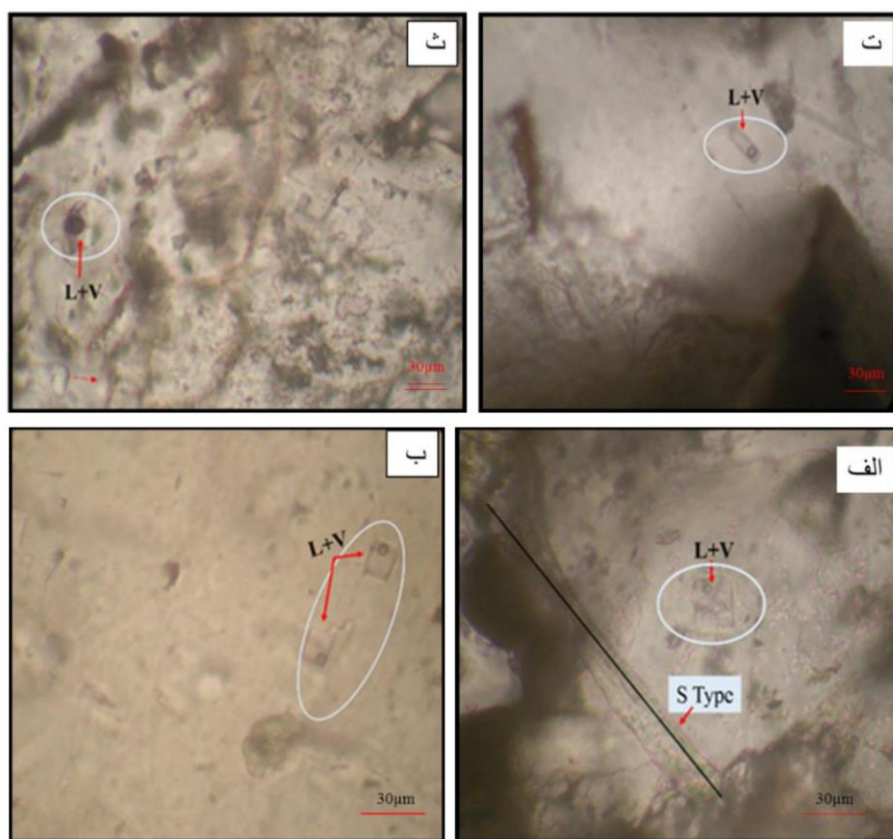
جدول ۲: توالی پاراژنزی کانه‌های مربوط به کانسار چاه‌گیری.

Processes Mineral		Mineralization			
		Supergene			
		Hypogene	Reduction	Oxidation	Wethere
Sulfid	Pyrite				
	Chalcopyrite				
	Chalcocite				
	Covelite				
Carbon	Malachite				
	Copper (native)				
Oxide	Hematite				
	Limunite				
	Goethite				
Gangue	Calcite				
	Quartz				
	Gypse				
Vein-Veinlet					
Disseminated					
Open space filing					
Replacment					

## مطالعات میان‌بارهای سیال

یکی از روش‌های تعیین ژنز کانه‌زایی، مطالعه بر روی میان‌بارهای سیال است. مطالعات میان‌بارهای سیال در کانسار چاه‌گیری بر روی کانی دولومیت که همراه با کانه‌زایی بود، انجام شد. میان‌بارهای مطالعه شده از نوع میان‌بارهای سیال (اولیه، ثانویه و ثانویه کاذب) هستند. سیالات درگیر ثانویه در امتداد یک خط قرار گرفته‌اند و احتمالاً در ارتباط با شکستگی‌ها ایجاد شده و تا حاشیه بلورها امتداد پیدا می‌کنند. اندازه میان‌بارهای سیال اولیه ۱۰ تا

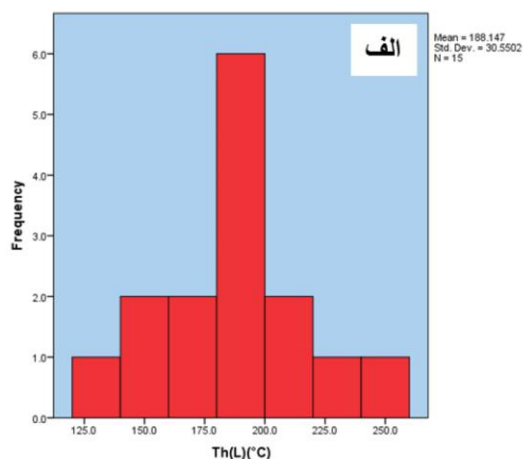
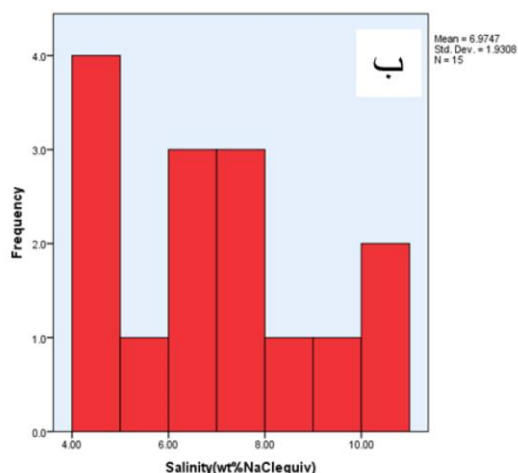
۳۰ میکرون متغیر است و اندازه میان‌بار سیال ثانویه به نسبت کوچکتر هستند. براساس مطالعات پتروگرافی میان‌بارهای سیال، فازهای تشکیل دهنده سیالات در کانسار چاه‌گیری بر پایه‌ی فازهای درونی جزء میان‌بارهای دو فاز (L+V) از مایع (L+V) محسوب می‌شوند. این میان‌بارها از لحاظ شکل مستطیل، کروی و بی‌شکل هستند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳: تصاویر میان‌بارهای سیال مربوط به گمانه CH001 (کانسار مس چاه‌گیری): الف) میان‌بارهای دو فاز (L+V) غنی از مایع از نوع اولیه و ثانویه کاذب. ب، پ و ت) میان‌بارهای دو فاز (L+V) غنی از مایع از نوع اولیه. L= فاز مایع، S= نوع ثانویه و Ps= ثانویه کاذب).

درگیر اولیه مورد مطالعه، ۱۷۵ تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و شوری (۴ تا ۱۰/۵) درصد وزنی معادل نمک طعام می‌باشد (شکل ۱۴ الف و ب).

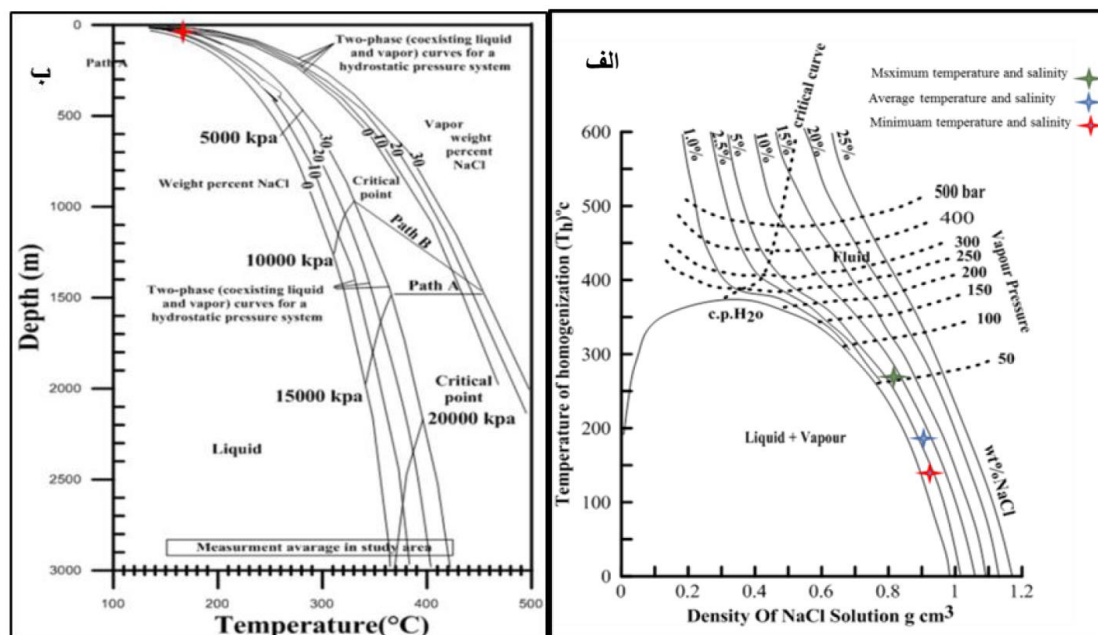
در نمودارهای توزیع فراوانی مربوط به دمای همگن شدن در کانسار چاه‌گیری حداکثر دامنه دمای همگن‌سازی یا دمای همگن شدن سیالات



شکل ۱۴: الف) هیستوگرام توزیع فراوانی در مقابل دمای همگن شدن سیالات درگیر اولیه، دمای همگن شدن در نمونه‌های چاه‌گیری از ۱۷۵ تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد تغییر نشان می‌دهد، ب) هیستوگرام توزیع فراوانی در مقابل درجه شوری سیالات درگیر اولیه در نمونه‌های چاه‌گیری از ۱۱ تا ۴ درصد وزنی نمک طعام متغیر است.

می‌گیرد (شکل ۱۵ الف). طبق نمودار هوسز (Houses, 1971) عمق به دام افتادن میانبراهای سیال در منطقه مورد مطالعه بیش از ۲۰۰ متر می‌باشد (شکل ۱۵ ب).

براساس نمودار شاپرد و همکاران (Shaperd et al, 1985) سیالات با شوری (۴ تا ۱۰/۵) درصد وزنی معادل نمک طعام و دمای همگن‌شدگی ۱۲۰ تا ۲۵۵ درجه سانتی‌گراد و چگالی سیالات در نمونه‌های چاه‌گیری در دامنه ۰/۹ تا ۱ (gr/cm<sup>3</sup>) قرار



شکل ۱۵: الف) نمودار دمای همگن‌شدگی-چگالی به منظور تعیین فشار با توجه به شوری سیالات درگیر، ب) نمودار دما-فشار-عمق جهت تعیین عمق به دام افتادن سیال.

## زمین‌شیمی

است به دلیل نزدیک بودن به منطقه چاه‌گیری و نمادی که برای هر منطقه استفاده می‌شود عبارتند از؛ کانسارچاه‌گیری کانسار رباعی مقادیر  $(\text{SiO}_2)$  و  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  در یک سنگ معمولاً تعیین کننده مقدار و نوع کانی‌های فلسیک آن است (Midelmost, 1994). براساس نمودار TAS، سنگ‌های میزبان کانه‌زایی ترکیب بازالت، تراکی-آندزیت، آندزیت-بازالتی با ماهیت کالک‌آلکالین غنی از پتاسیم تا شوشونیتی را نشان می‌دهند (شکل ۱۶ الف). عناصر نادر خاکی در طول فرایندهای هوازدگی، دگرگونی درجه پایین و دگرسانی گرمایی نسبت به عناصر اصلی قابلیت تحرک پایینی دارند و در محیط‌های زمین‌شناسی کاربرد فراوانی در نامگذاری شیمیایی سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی دارند (Rolinson, 2014). به این منظور از نمودار نسبت تغییرات Nb/Y در برابر Zr/Ti (Piersee, 1996) نیز استفاده شد که سنگ‌های میزبان در محدوده آندزیت-بازالتی، آندزیت و تراکی‌آندزیت قرار گرفتند (شکل ۱۶ ب).

چگونگی توزیع و پراکندگی عناصر مختلف در محیط‌های سنگی هر منطقه و تشخیص ارتباط و وابستگی آنها با یکدیگر از مهم‌ترین جنبه‌هایی است که همواره در مطالعات ژئوشیمیایی مدنظر قرار می‌گیرند. با استفاده از این داده‌ها می‌توان به ویژگی‌های محیط تشکیل و فرایندهای مؤثر در تشکیل یک ذخیره معدنی پی برد (Pierse, 2011). به منظور بررسی ویژگی‌های ژئوشیمیایی سنگ میزبان و کانسنگ و همچنین بررسی چگونگی رخداد فرآیند کانه‌زایی، تعداد ۷ نمونه آنالیز شیمیایی به روش فلورسانس اشعه ایکس (XRF) و ۸ نمونه آنالیز شیمیایی به روش (ICP-MS) با حمایت مالی سازمان توسعه معادن و صنایع معدنی ایران (IMIDRO)، در شرکت فرآوری و تجزیه نمونه‌های معدنی انجام گرفت. نتایج آنالیزهای شیمیایی در جداول (۳ و ۴)، نشان داده شده است. با استفاده از نمودارهای مربوطه نامگذاری و ماهیت ژئوشیمیایی سنگ‌های میزبان و همبستگی عناصر همراه با مس مورد بررسی قرار گرفت در این بخش سعی بر مقایسه کانسار مس چاه‌گیری با کانسار مس رباعی شده

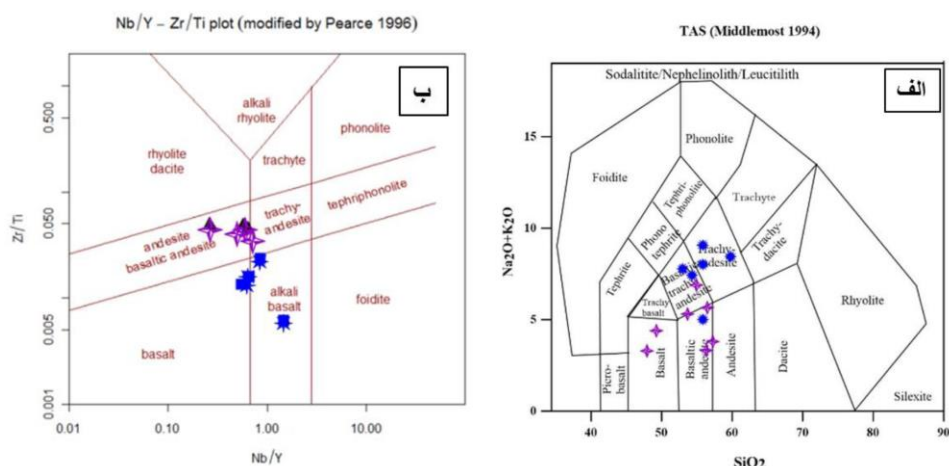
جدول ۳: نتایج آنالیز شیمیایی XRF برای تعیین اکسیدهای اصلی نمونه‌های سنگ میزبان در محدوده مس چاه‌گیری (غلظت عناصر برحسب درصد می‌باشد).

Name	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Ch5	56.16	21.20	9.42	0.11	5.25	3.18	3.04	2.14	0.75
Ch8	57.28	21.00	9.05	0.10	5.35	3.21	2.19	2.49	0.75
Ch10	57.01	23.72	10.73	0.11	5.77	2.60	3.04	2.37	0.85
Chah 1	46.96	0.79	6.73	35.57	2.34	2.06	2.05	0.02	0.01
Chah 2	56.17	0.64	4.67	23.32	11.87	1.12	2.05	0.02	0.01
Chah 3	56.49	0.22	5.67	22.5	10.46	1.57	2.05	0.03	0.01
Chah 7	46.15	2.55	6.93	35.92	1.88	1.05	2.05	0.08	0.01



جدول ۴: نتایج آنالیز شیمیایی ICP-MS برای نمونه‌های سنگ میزبان و کانسنگ در محدوده مس چاه‌گیری (غلظت عناصر بر حسب ppm می‌باشد).

Name	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	P	S
Ch5	11.41	3.3	5.54	22000	0.23	2.86	2500	0.1
Ch8	11.84	3.37	5.72	22500	0.12	2.95	2900	0.1
Ch10	12	4.11	6.35	26100	0.22	2.48	3100	0.1
Ch-T2-1/2A	8	1.99	3.21	15900	0.1	1.57	2400	0.1
Ch-B	5.16	0.63	1.93	9700	0.1	0.44	2300	0.74
Ch-H	9.62	2.04	4.58	22300	0.1	2.26	1700	0.1
Ch-C	8.53	1.9	4.75	18100	0.11	1.83	2300	0.1
Ch-G	10.85	2.54	3.22	21600	0.11	1.83	2700	0.1
Name	As	Ba	Be	Bi	Cd	Ce	Co	Cr
Ch5	55.82	1365	1.75	1	0.1	82.93	18.3	129.8
Ch8	32.54	347.7	0.75	1	0.1	93.6	17.98	134.2
Ch10	27.55	301.1	1.32	1	0.1	105.2	19.04	113.2
Ch-T2-1/2A	55.72	241.4	1.36	1	0.1	75.90	10.64	141.20
Ch-B	42.37	48.37	0.82	1	0.1	39.68	7.64	123.30
Ch-H	31.52	287.7	1.24	1	0.1	99.09	16.01	122.4
Ch-C	35.5	232.2	1.23	1	0.1	79.55	13.46	109.1
Ch-G	27.87	212.9	0.99	1	0.1	100.49	14.45	114.8
Name	Dy	Er	Eu	Ga	Gd	Hf	Hg	Ho
Ch5	2.75	1.55	1	13.04	2.88	5.99	1	1
Ch8	2.55	1.46	1	10.71	2.54	4.77	1	1
Ch10	5.06	2.9	1.29	14.58	5.11	7.33	1	1.02
Ch-T2-1/2A	2.21	1.27	1	8.01	2.23	4.43	1	1
Ch-B	1.79	1	1	5.64	1.9	3.03	1	1
Ch-H	1.9	1.06	1	10.82	2.36	6.98	1	1
Ch-C	2.97	1.67	1	11.48	3.16	6.41	1	1
Ch-G	14.13	2.35	1	14.77	3.95	7.05	1	1
Name	Li	Lu	Mn	Mo	Nb	Nd	Ni	Pb
Ch5	6.51	1	363.5	8.82	5.83	12.85	14.75	38.56
Ch8	3.24	1	374.4	6.2	2.39	10.96	11.33	38.11
Ch10	14.17	1	469.7	8.8	13.03	22.92	15.87	44.03
Ch-T2-1/2A	25.98	1	408.2	9.8	7.44	9.89	8.4	42.55
Ch-B	39.12	1	223.5	12.3	3.87	9.16	5.99	28.73
Ch-H	9.83	1	211.7	20.79	11.93	13.48	13.33	64.94
Ch-C	9.8	1	266.4	10.56	9.87	14.07	11.72	36.7
Ch-G	12.88	1	267.7	7.03	14.17	15.84	9.54	32.56
Name	Sb	Sc	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Te
Ch5	1	3.08	2.94	2.08	693.1	1	1	1
Ch8	1	2.21	2.52	1.53	552.2	1	1	1
Ch10	1	6.95	5.03	2.56	419.5	1.17	1	1
Ch-T2-1/2A	1	3.37	2.29	1.74	489.8	1	1	1
Ch-B	1	2.48	1.91	1.48	161.7	1	1	1
Ch-H	1	7.81	2.86	2.15	1509	1.02	1	1
Ch-C	1	7.78	3.15	1.79	337.7	1	1	1
Ch-G	1	7.95	3.7	2.47	466.5	1.21	1	1
Name	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr	
Ch5	1	194.8	1	9.21	1.67	84.85	400.3	
Ch8	1	213.7	1	9.09	1.55	67.09	430.6	
Ch10	1.06	216.8	1	22.72	3.27	69.06	450.1	
Ch-T2-1/2A	1.17	125.8	1	8.29	1.35	54	299.1	
Ch-B	1	82.6	1	7.41	1.05	33.33	202.3	
Ch-H	3.85	184.3	1	5.43	1.04	67.34	405.4	
Ch-C	1.35	201.9	1	10.41	1.73	66.82	349.3	
Ch-G	1.86	168.8	1	15.12	2.57	78.2	338.3	



شکل ۱۶: الف) در نمودار میدل ماست (Middlemost, 1994) که مقادیر درصد وزنی آلکالن  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  در مقابل درصد وزنی  $\text{SiO}_2$  می‌باشند، نیز سنگ‌های میزبان منطقه چاه‌گیری و رباعی در محدوده آندزیت‌بازالت، بازالت و تراکی آندزیت قرار می‌گیرند، ب) موقعیت نمونه‌های سنگی بر روی نمودار پیرسی (Piersee, 1996)، که سنگ‌های میزبان چاه‌گیری در محدوده آندزیت-بازالت، آندزیت و نمونه‌های رباعی در محدوده تراکی آندزیت قرار می‌گیرند.

با در نظر گرفتن تمام شواهد صحرائی و آزمایشگاهی شامل ترکیب سنگ میزبان، بافت و ساخت کانی‌سازی، زون‌های دگرسانی، عناصر فلزی اصلی و همراه، توالی پاراژنتیکی، ژئوشیمی و دامسنجی میان‌بارهای سیال، کانسار مس چاه‌گیری با کانسارهای تیپ مانتو انطباق خوبی دارد ولی با توجه به گسترش کانه‌زایی رگه‌ای می‌توان کانسار مس چاه‌گیری را در گروه کانسارهای گرمابی رگه‌ای ایپی‌ترمال نوع رگه‌ای سولفید پایین دسته‌بندی نمود. دمای همگن شدن میان‌بارهای سیال در محدوده اکتشافی چاه‌گیری، (۱۷۵ تا ۲۰۰) درجه سانتی‌گراد و شوری (۴ تا ۱۰/۵) درصد وزنی معادل نمک طعام می‌باشد. برخی ویژگی‌های مهم کانسار مس چاه‌گیری با تعدادی کانسارهای مس موجود در ایران و سایر نقاط جهان (جدول ۵) مقایسه گردیده است. مدل شماتیکی کانه‌زایی، کانی‌سازی در افق‌های مختلف دمایی و عمق را در شکل ۱۷ نشان داده شده است.

#### مدل زایشی و تیپ کانه‌زایی کانسار

براساس مشاهدات صحرائی و مطالعات آزمایشگاهی عوامل موثر بر کانه‌زایی در محدوده اکتشافی چاه‌گیری را می‌توان به ترتیب زیر بر شمرد:

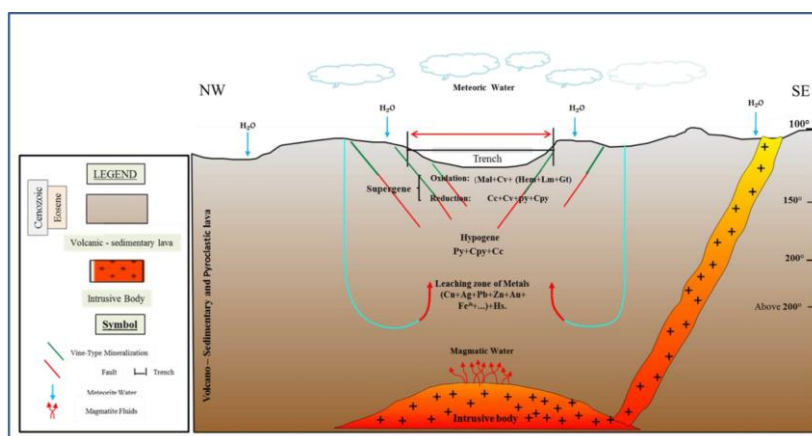
۱) حضور سنگ منشأ مناسب؛ در این محدوده گدازه‌های آندزیتی و بازالتی به همراه سنگ‌های آذرآواری (توف و آگلومرا) با ترکیب بازیک و حدواسط به‌طور ذاتی پتانسیل عناصر فلزی، مخصوصاً مس را دارا می‌باشند.

۲) ساختارهای گسلی و درزه و شکاف موجود در سنگ منشأ و سنگ میزبان. در محدوده مورد مطالعه گسل‌های فراوان با روندهای شمال‌شرقی- جنوب‌غربی و شمال‌غربی- جنوب‌شرقی تحت‌تأثیر عملکرد دو گسل چپ‌گرد ترود و انجیلو در طرفین نوار ترود-چاه‌شیرین، تشکیل شده‌اند که نقش اساسی در ایجاد چرخه هیدروترمالی و کانه‌زایی داشته‌اند.

۳) توده‌های نفوذی و دایک‌ها عامل حرارتی و گرم‌کننده آب‌های نفوذی جوی و سرد بوده است.

جدول ۵: ویژگی‌های مهم کانسار مس چاه‌گیری با تعدادی کانسارهای مس موجود در ایران و سایر نقاط جهان.

ویژگی اصلی	مس چاه‌گیری	مس رباعی	مس دبان	مس چشمه‌مرضیه	کانسار زین‌یانگ
پهنه ساختاری	ترود چاه شیرین	ترود چاه شیرین	ترود چاه شیرین	خواف- درونه	
موقعیت	جنوب دامغان	جنوب دامغان	جنوب دامغان	شمال‌غرب بردسکن	شمال غربی چین (تولا/گانگلیو)
جغرافیایی					
سن کانی‌سازی	ائوسن	ائوسن	ائوسن	ائوسن	کربونیفر پیشین
سنگ درونگیر	آندزیت و آندزیت بازالت	آندزیت و آندزیت بازالت	آندزیت، تراکی-آندزیت، تراکی-بازالت، آندزیت-بازالت و تراکیت	گدازه‌های آندزیتی، آندزیت-بازالت و بازالت	توف و آندزیت
کنترل کانی‌زایی	گسل و شکستگی‌ها	گسل و شکستگی‌ها	گسل	گسل‌ها و شکستگی‌ها	
کانی‌شناسی	به مقدار کم پیریت و کالکوپیریت، همتایت و لیمونیت، کالکوسیت، کوزیت و کالکوپیریت، پوریت، کالکوسیت، دیزنیت، کولیت، مالاکیت، آزوریت و کریزوکلا	کالکوپیریت، پوریت، کالکوسیت، دیزنیت، کولیت، مالاکیت، آزوریت و کریزوکلا	پیریت، مالاکیت، کولیت، کالکوسیت، همتایت، مس طبیعی، تنوریت، کوپریت، مگنتیت	کالکوپیریت، پیریت، مگنتیت، همتایت، لیمونیت، گوئتیت، کالکوسیت، پوریت، کولیت، مالاکیت و آزوریت	کالکوپیریت، پیریت، طلا، گالن، اسفالریت، لیمونیت و گوئتیت
ساخت و بافت	رگه- رگچه‌ای، پرکننده فضای خالی، جانشینی، دانه پراکنده	رگه- رگچه‌ای، پرکننده فضای خالی، جانشینی، دانه پراکنده و اکسولوشن	شکافه پرکن، رگچه‌ای، جانشینی	رگه- رگچه‌ای، پرکننده فضای خالی، برشی، دانه پراکنده، استوک و رک و رگه‌ای جانشینی	
دگرسانی	آرژلیک، کلریتی، کربناتی، سیلیسی، سریسیتی، سولفاتی	آرژلیک، کلریتی، کربناتی، سیلیسی، سریسیتی	آرژلیک، پروپیلیتیک، سیلیسی	پروپیلی تیک، آرژلیکی حدواسط و پیشرفته، زئولیتی، سیلیسی، کلریتی، اکسید آهن و سریسیتی	آرژلیتی، پروپیلیتی، سرسیتی، سیلیسی و پیریتی
ژنز	هیدروترمالی رگه- ای (ای‌تری‌مال سولفید پایین)	هیدروترمالی رگه- ای (ای‌تری‌مال سولفید متوسط)	هیدروترمالی رگه- ای (ای‌تری‌مال)	ای‌تری‌مال (LS)	ای‌تری‌مال (LS)
منبع	مطالعه حاضر	عبداللهی، ۱۳۹۵	ناهدی‌فر، ۱۳۹۳	سلطانی، ۱۳۹۴	Chen, 2012



شکل ۱۷: مدل شماتیکی از تشکیل کانسار مس چاه‌گیری

## نتیجه‌گیری

مواد آلی در ایجاد شرایط احیایی به منظور تهنشینی کانی‌های سولفیدی نقش موثری داشته اند. بافت کانی‌سازی سولفیدی به صورت پراکنده فضای خالی، جانشینی و دانه پراکنده می‌باشد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که کانسار مس چاه‌گیری با کانسارای تیپ مانتو انطباق خوبی دارد ولی با توجه به گسترش کانه‌زایی رگه‌ای می‌توان کانسار مس چاه‌گیری را در گروه کانسارهای گرمابی رگه‌ای سولفید پایین دسته‌بندی نمود.

نتایج حاصل از مطالعات زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و ساخت و بافت ماده معدنی نشان می‌دهد که بخش عمده کانه‌زایی مس به صورت پراکنده فضای خالی در میان اجزای تشکیل دهنده واحد سنگ‌های میزبان با ترکیب آندزیت، آندزیت بازالت و تراکی آندزیت صورت گرفته است. کانی‌سازی مس در این منطقه به شکل کالکوپیریت، کالکوسیت، کوولیت و مس طبیعی و همچنین به صورت مالاکیت در رخنمون‌های سطحی صورت گرفته است. به نظر می‌رسد حضور

## منابع

-فردوست، ف. و عبدالهی حیدرباغی، ا.، ۱۳۹۵. زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، الگوی تشکیل کانسار مس و آهن رباعی، جنوب دامغان، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، سمنان، ۴۶۸ ص.

-فردوست، ف. و ناهیدی‌فر، ل.، ۱۳۹۳. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی اقتصادی کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار مس دیان(جنوب دامغان)، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۳۵۸ ص.

-معین وزیری، ح. و احمدی، ع.، ۱۳۸۹. پتروگرافی و پترولوژی سنگ‌های آذرین، چاپ دوم، دانشگاه تربیت معلم، تهران، ۵۴۷ ص.

-هوشمندزاده، ع.، علوی نایینی، م. و حقی‌پور، ع.، ۱۳۵۷. تحول پدیده‌های زمین‌شناسی ناحیه تروند از پرکامبرین تا عهدحاضر، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران، ۱۳۸ ص.

-آقاناتی، س.ع.، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران، چاپ اول، انتشارات سازمان زمین‌شناسی، تهران، ۶۴۰ ص.

-جعفریان، م.، ۱۳۸۰. نقشه زمین‌شناسی چهارگوش کلاته رشم با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، شماره ۶۸۶۰.

-خاکزاد، ا. و شعبان نژاد، ش.، ۱۳۸۴. بررسی کانی‌شناسی، سنگ‌شناسی، دگرسانی و سنگ ژئوشیمی کانسار مس باغ خشک (شمال خاور سیرجان)، فصلنامه علوم زمین، دوره ۱۵، شماره ۵۸، ص ۶۸ تا ۸۵.

-علی‌زاده، و.، مؤمن‌زاده، م. و امامی، م.ه.، ۱۳۹۱. سنگ‌نگاری، ژئوشیمی، مطالعه میانبارهای سیال و تعیین نوع کانه‌زایی کانسار مس ورزگ-قائن، فصلنامه علوم زمین، سال ۲۱، شماره ۸۴، ص ۴۷ تا ۵۸.

-Chen, Y. and Zhang, Y., 2008. "Olivine dissolution in basaltic melt", Journal of Geochimical et

Cosmochimica Acta, v. 72(19), p. 4756-4777.

-Fisher, R.V., 1966. Rocks composed of volcanic fragments and their

- classification: *Journal of Earth-Science Reviews*, v. 1(4), p. 287-298.
- Galley, A.G., Hannington, M.D. and Jonasson, I., 2007. Volcanogenic massive sulphide deposits: *Journal of Mineral Deposits of Canada*, v. 85, p. 161-5141.
- Haas, J.L., 1971. The effect of salinity on the maximum thermal gradient of a hydrothermal system at hydrostatic pressure: *Journal of Economic Geology*, v. 66(6), p. 940-946.
- Hassanzadeh, J., Ghazi, A.V., Axen, J. and Guest, B., 2002. Oligomiocene mafic-alkaline magmatism in North and northwest of Iran Evidence for the separation of the Alborz from the Urumieh-Dokhtar magmatic arc: *Geological Society of America Abstracts with Program*, 331 p.
- Kawabata, H. and Shuto, K., 2005. Magma mixing recorded in intermediate rocks associated with high-Mg andesites from the Setouchi volcanic belt, Japan: implications for Archean TTG formation: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 140(4), p. 241-271.
- Middlemost, E.A.K., 1994. Naming materials in the magma / igneous rock system, Longman Group U.K., p. 73-86.
- Mohafez, S.A. and Eyer, D., 1972. First Contribution of the NIOC-ERAP Agreements to the Knowledge of Iranian Geology, Edition Techniqs, Paris, 58 p.
- Nogel Sadat, M.Sc. A. A., 1993. Iran Seismotectonic Map 1/1000000, Experimental Chart, Book Editing Project, Geological Survey of Iran, Tehran.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. and Siever, R.S., 1987. Sand and Sandstone, Springer-Verlag, New York, 553 p.
- Piercey, S.J., 2011. The setting, style, and role of magmatism in the formation of Volcanogenic massive sulfide deposits”, *Journal of Mineralium Deposita*, v. 46(5-6), p. 449-471.
- Pirajno, F., 2009. Geological Survey of Western Australia. Springer Science, 100 Plain Street Mine ral House East Perth WA 6004 Australia, 132 p.
- Rollinson, H.R., 2014. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation, Routledge, 73 p.
- Shamanian, G.H., Hedenquist, J.W., Hattori, K.H. and Hassanzadeh, J., 2004. "The Gandy and Abolhassani epithermal prospects in the Alborz magmatic arc, Semnan province, Northern Iran: *Journal of Economic Geology*, v. 99(4), p. 691-712.
- Tucker, M.E., 2009. An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks: *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 41, p. 37-45
- Wilshire, H.G. and McGuire, A.V., 1996. Magmatic infiltration and melting in the lower crust and upper mantle beneath the Cima volcanic field, California: *Journal of Mineral Petro.* v. 123, p. 354-358.