

# کانسار سولفید توده‌ای آتشفشانزاد نه کوهی: نمونه‌ای از کانه‌زایی نوع بتورست در شمال باختر کرمان

امیر پاکیزه سناجردی<sup>۱</sup>، فریدین موسیوند<sup>۲\*</sup>، عبد الرحمان رجبی<sup>۳</sup>، سجاد مغفوری<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

<sup>۲</sup> استادیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

<sup>۳</sup> استادیار، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

<sup>۴</sup> استادیار، دانشکده علوم پایه، بخش زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۲۹

## چکیده

کانسار مس نه کوهی در ۴۰ کیلومتری شمال باختر کرمان، در پهنه ساختاری ایران مرکزی (بلوک بافق-پشت‌بادام) و در داخل توالی آتشفشانی-رسوبی پرکامبرین پسین-کامبرین پیشین رخ داده است. توالی میزبان کانه‌زایی به‌طور عمده شامل شیل سیاه، ماسه سنگ و داسیت (سری ریزو) می‌باشد. کانه‌زایی به‌صورت چینه‌کران (رگه-رگچه‌ای) و چینه‌سان (لایه‌ای) در ۳ اقلق معدنی مس دار و ۲ اقلق غنی از آهن و منگنز رخ داده است. کانه‌زایی در منطقه معدنی نه کوهی دارای چهار رخساره کانه دار شامل رخساره رگه-رگچه‌ای، مجموعه دهانه‌ای، لایه‌ای و رسوبات گرمایی-بروندیمی نواری آهن و منگنزدار می‌باشد. بافت ماده معدنی عمدتاً به صورت رگه-رگچه‌ای، نواری، لامینه، توده‌ای-نیمه توده‌ای، برشی و دانه پراکنده است. این کانه‌زایی حاوی کانی‌های اولیه پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، همتایت و پیرولوزیت و کانی‌های ثانویه مالاکیت، کوولیت، دیژنیت، ژیس و اکسید و هیدروکسیدهای آهن و منگنز بوده و کانی‌های باطله به‌طور عمده شامل کلسیت، باریت، کوارتز و کلریت می‌باشد. دگرسانی سنگ دیواره به‌طور عمده دگرسانی کلریتی و کربناته-سرسیتی-سیلیسی را شامل می‌شود. براساس ژئوشیمی کانسنگ، در کانسار پهنه بندی فلزی بصورت غنی شدگی Cu در پهنه رگه-رگچه‌ای و غنی شدگی Ag، Pb، Zn در رخساره لایه‌ای مشاهده می‌گردد. با توجه به ویژگی‌های اساسی کانه‌زایی در منطقه نه کوهی، از جمله محیط تکنوتیکی تشکیل، سنگ‌شناسی توالی میزبان کانه‌زایی، ساخت و بافت، کانی‌شناسی، پهنه‌بندی فلزی و دگرسانی و مقایسه آنها با ویژگی‌های اساسی ذخایر سولفید توده‌ای آتشفشانزاد، این کانه‌زایی بیشترین شباهت را با کانسارهای نوع سیلیسی کلاستیک فلسیک یا بتورست نشان می‌دهد.

**کلیدواژه‌ها:** کانسار مس نه کوهی، سولفید توده‌ای، بتورست، بلوک بافق-پشت‌بادام، ایران مرکزی

\*نویسنده مسئول: فریدین موسیوند

E-mail: mousivand@shahroodut.ac.ir

## ۱- پیش‌نوشتار

مختلف کانسار (کمبریین، کمربالا و مغزه‌های حفاری) برداشت و انتخاب گردید. تعدادی نمونه نیز از کانسنگ، پهنه‌های کانه‌دار و سنگ‌های میزبان کانی‌سازی برای تهیه مقاطع نازک و نازک صیقلی انتخاب و برای مطالعات سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی و بررسی ارتباط سنگ میزبان و کانی‌سازی و رسم توالی پاراژنری مطالعه شد. همچنین بررسی جایگاه چینه‌شناسی کانه‌زایی‌ها و ارتباط آنها با سنگ‌های توالی میزبان، بررسی دقیق اقلق‌های کانه‌دار، شکل هندسی پیکره‌های معدنی و پهنه‌های دگرسانی مربوطه در مقیاس‌های رخنمون و نمونه دستی از کانسار مس نه کوهی صورت گرفت. در این تحقیق تعداد ۹ نمونه از مواد معدنی مربوط به اقلق‌های کانه دار و رخساره‌های مختلف معدنی به روش ICP-MS در آزمایشگاه شرکت زر آزما آنالیز شده است. البته از نتایج آنالیز ۲۲ نمونه از گمانه‌های معدنی که توسط شرکت زرمش به روش ICP-OES در آزمایشگاه شرکت در کرمان آنالیز شده اند نیز استفاده شده است.

## ۲- زمین‌شناسی منطقه

براساس مطالعات (Talbot and Alavi 1996)، پوسته قاره‌ای ایران مرکزی، طی کامبرین زیرین، تحت تأثیر فرایندهای زمین‌ساخت کششی متحمل کافت ناقص (Aborted rift) در طول حاشیه غربی گندوانا شده است که رخداد ماگماتیسیم کامبرین زیرین و بالازدگی سست کره را دلیل این کافت‌زایی می‌دانند. رخداد ماگماتیسیم در پهنه پشت‌بادام و طی نئوپروتروزوئیک پسین-کامبرین پیشین، همراه با کشش پشت‌کمانی بوده است (Ramezani and Tucker, 2003). این زمین‌ساخت کششی با فعالیت آتشفشانی نوع قلیایی و نفوذ گرانیت‌ها شروع شده است. نفوذ گرانیت‌ها، پیدایش آلکالی ریولیت و توف اسیدی، تشکیل سازند تاشک و سری‌های ریزو و دسو (سازند اسفوردی) همزمان با این فعالیت کششی بوده است (Nadimi, 2006).

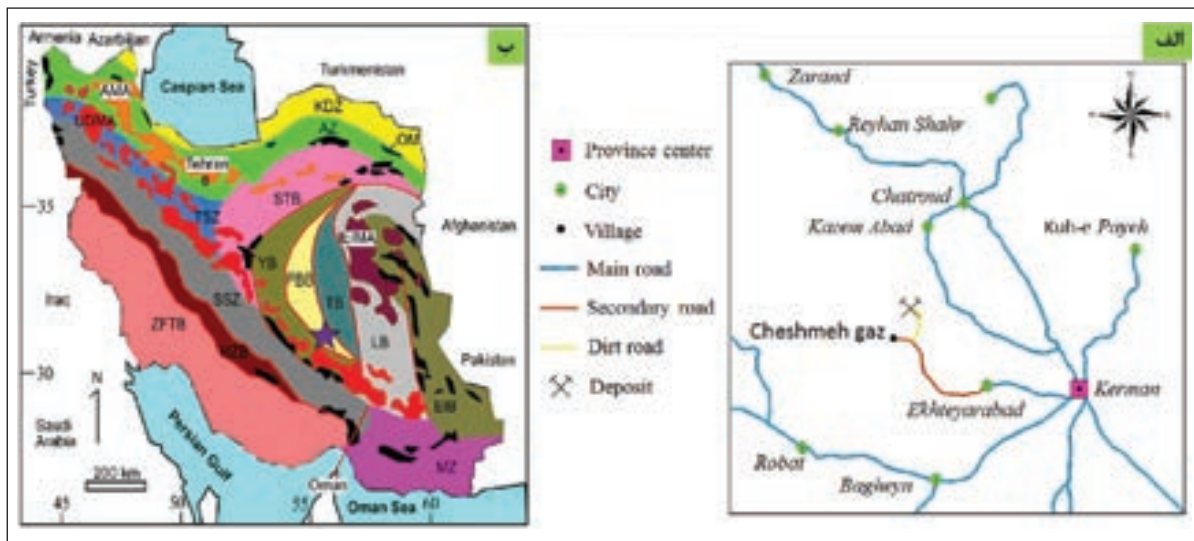
کانه‌زایی مس نه کوهی در ۴۰ کیلومتری شمال باختر کرمان و ۵ کیلومتری خاور روستای چشمه‌گز، در بلوک پشت‌بادام از خرده قاره ایران مرکزی (شکل ۱) یا پهنه کاشمر-کرمان (Ramezani and Tucker, 2003) و در داخل توالی آتشفشانی-رسوبی پرکامبرین پسین-کامبرین پیشین رخ داده است. با توجه به آنالیزهای انجام گرفته از ۱۹ گمانه حفاری شده در کانسار نه کوهی، تناژ قطعی کانسار برابر با ۱/۵ میلیون تن کانسنگ با عیار متوسط ۱ درصد مس شامل کانسنگ اکسیدی و سولفیدی می‌باشد (مشکانی، الف، ب، ۱۳۹۳). کانسار مس نه کوهی توسط مشکانی (۱۳۹۳، الف، ب) و جمالی (۱۳۹۳) براساس مطالعات زمین‌شناسی و صحرایی، و حاج صادقی (۱۳۹۴) براساس مطالعات مدل‌سازی ریاضی و آماری، از نوع کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد (VMS) تشخیص داده شده است. اما با وجود این مطالعات، هنوز در تعیین الگوی رخداد کانه‌زایی شواهد کافی ارائه نشده و رخساره‌های کانه‌دار تفکیک و معرفی نگردیده و برای ارائه تیپ کانه‌زایی مقایسه‌ای با انواع تیپ‌های مختلف کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد براساس طبقه‌بندی‌های جدید صورت نگرفته است. هدف از این پژوهش، بحث در مورد چگونگی الگوی تشکیل و تیپ کانه‌زایی بر اساس مطالعات زمین‌شناسی و ساختاری، توالی چینه‌ای میزبان کانه‌زایی، ویژگی‌های رخساره‌های کانه‌دار، کانی‌شناسی، ساخت و بافت و دگرسانی است که در نهایت نتایج این مطالعات می‌تواند به‌عنوان راهنمای اکتشافی برای اکتشاف ذخایر جدید در منطقه نه کوهی، بلوک بافق-پشت‌بادام و سایر مناطق دارای توالی چینه‌ای مشابه در ایران مفید واقع شود.

## ۲- شیوه مطالعه

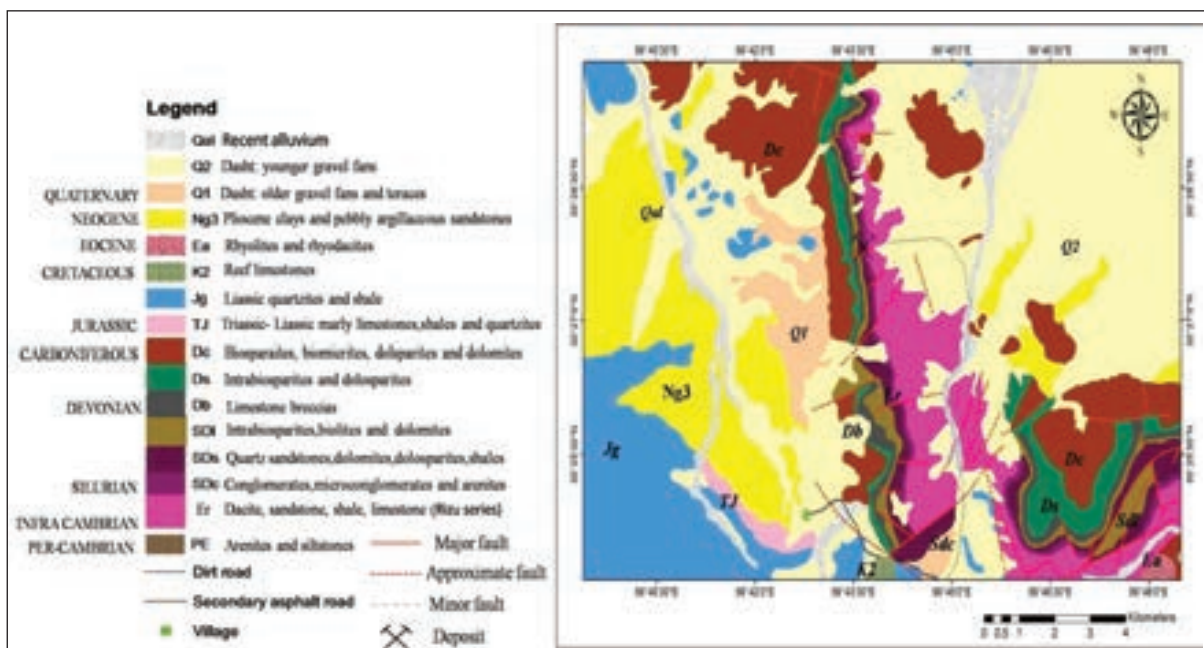
مطالعات کانی‌شناسی و زمین‌شناسی در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ انجام شد. طی انجام عملیات صحرایی، تعداد زیادی نمونه از بخش‌های

منطقه از قدیم به جدید شامل ماسه سنگ کوارتزیتی، آهک کریستالین تیره‌رنگ و تناوبی از شیل و سنگ‌های آتشفشانی به سن پرکامبرین پسین، کنگلومرات، ماسه سنگ، سنگ آهک و دولومیت به سن سیلورین و دونین، دولومیت و دولومیت آهکی به سن تریاس و سنگ آهک، شیل و سیلتستون به سن ژوراسیک می‌باشد (شکل ۲). کانسار مس نه‌کوهی اولین کانسار تیپ VMS و با میزبان آتشفشانی- رسوبی در بلوک بافق- پشت بادم می‌باشد، درحالی‌که چندین کانسار سرب و روی تیپ SEDEX از قبیل کوشک، چاه‌میر و زیرگان در سری ریزو در این بلوک معرفی گردیده‌است (Yaghubpur and Mehrabi, 1997; Rajabi et al., 2012; Rajabi et al., 2015).

(Ramezani and Tucker, 2003). سری ریزو یکی از قدیمی‌ترین بروزدها در بلوک بافق- پشت بادم است و به طور عمده شامل سنگ‌های آتشفشانی، آتشفشانی- رسوبی و دولومیت بوده و دارای سرشت بایمدال می‌باشد (Darvishzadeh and Kohbanani, 1996). مطالعات قبلی انجام شده بر روی ماگماتیسم سری ریزو (پرکامبرین پسین- کامبرین پیشین) نشانگر محیط زمین‌ساختی کافت قاره‌ای همراه با ماگماتیسم بایمودال است (آل طه کوهنانی، ۱۳۷۲؛ طهمورثی، ۱۳۷۵ و صدرزاده، ۱۳۹۰) است. کانه‌زایی مس نه‌کوهی درتوالی آتشفشانی- رسوبی سری ریزو واقع شده‌است. عمده‌ترین واحدهای رخنمون یافته در



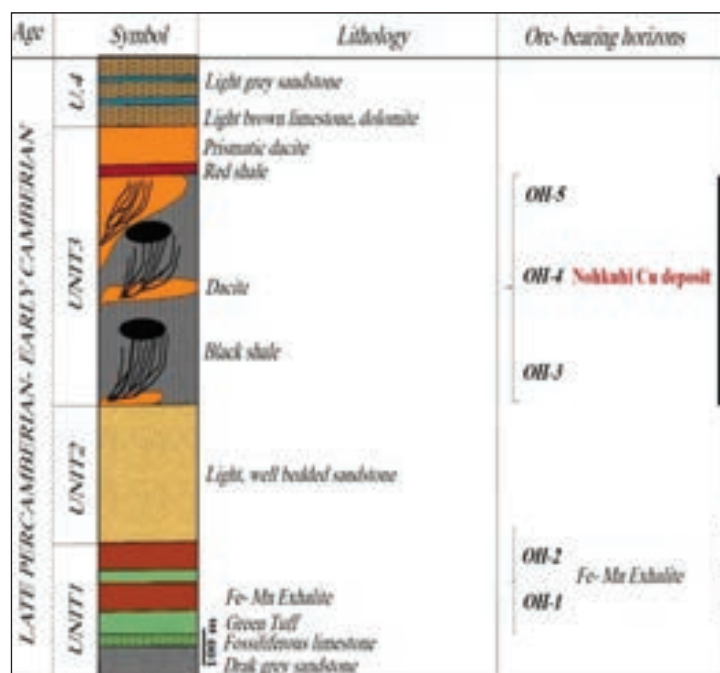
شکل ۱- الف) نقشه راه‌های دسترسی به کانسار مس نه‌کوهی (برگرفته از نقشه راه‌های کشور، ۱۳۸۱)، ب) موقعیت کانسار نه‌کوهی در بلوک پشت‌بادام (PBB) در نقشه پهنه‌های زمین‌شناسی ساختاری ایران (نقشه از آقاباتی، ۱۳۸۳) و موقعیت کانسار مس نه‌کوهی (علامت ستاره).



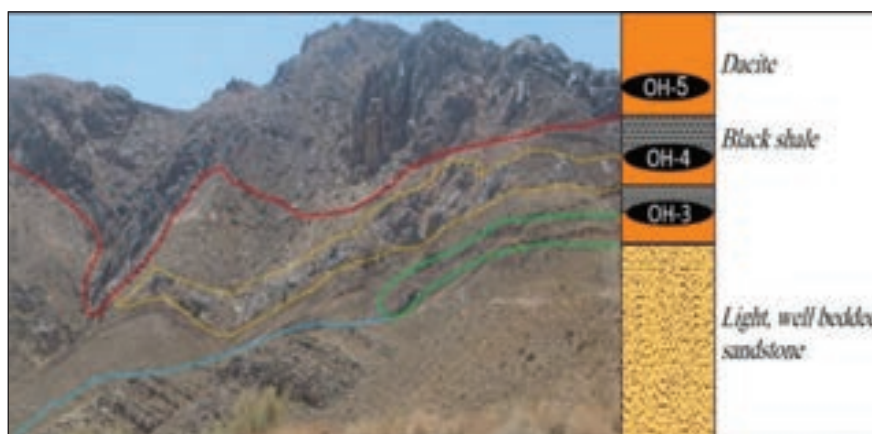
شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه کانسار نه‌کوهی بر اساس نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ باغین (با تغییرات از Djocovic and Dimitrijevic, 1979).

کوارتز، فلدسپات، مسکوویت، سربیسیت و اکسیدهای آهن تشکیل شده‌اند. کانی اصلی تشکیل دهنده این سنگ بلورهای کوارتز است و دارای گردشگی بد تا متوسط و جورشدگی خوبی می‌باشد. شیل‌های سیاه دارای لایه‌بندی و لامیناسیون بوده و غنی از کانی‌های سولفیدی هستند که به موازات لایه‌بندی شیل‌ها جای گرفته‌اند. واحدهای داسیتی به دو صورت سیل و گدازه بوده و دارای کوارتز، پلاژیوکلاز، فلدسپات، سربیسیت و کربنات هستند و بافت پورفیری در آنها قابل مشاهده است. بلورهای پلاژیوکلاز در اثر دگرسانی به بلورهای سربیسیت تبدیل شده‌اند. مرز واحدهای داسیتی با شیل‌های سیاه به صورت پیریتی (peperitic) است به طوری که قطعات برشی از جنس داسیت در داخل شیل‌ها و بالعکس مشاهده می‌شود که نشانه نفوذ واحد داسیتی در شیل‌ها در زمان رسوبگذاری است (شکل ۵).

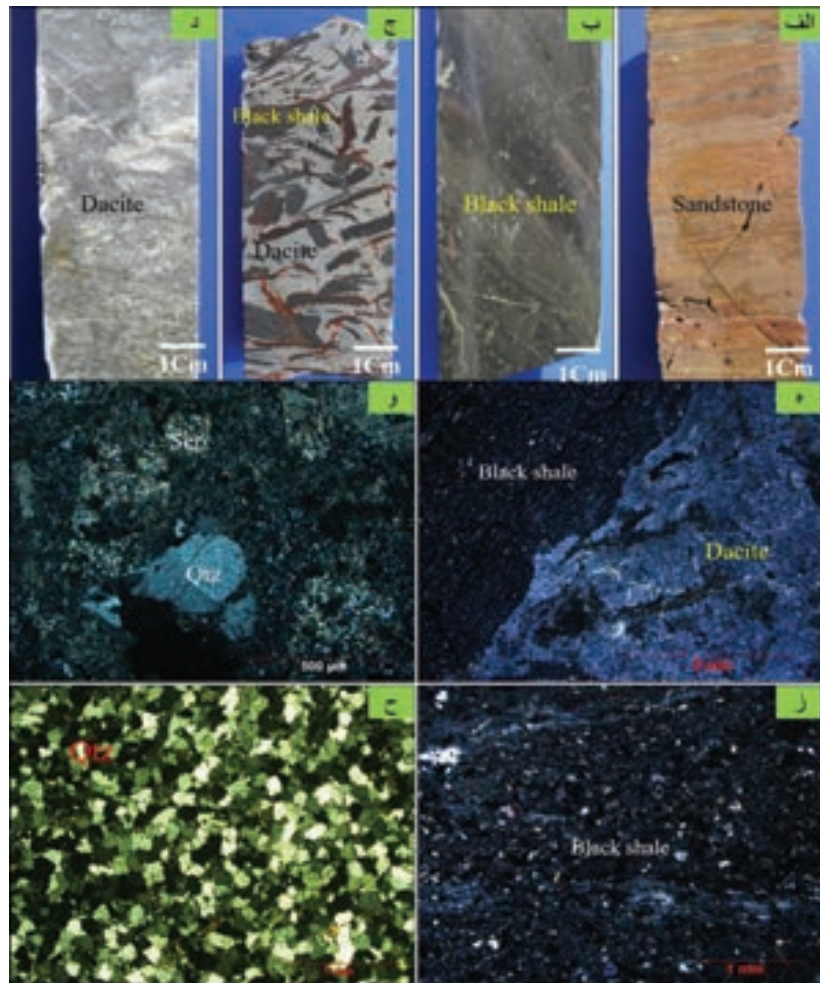
توالی آتشفشانی- رسوبی میزبان کانه‌زایی در منطقه چشمه گز براساس تغییر در ترکیب سنگ‌شناسی به چهار واحد چینه‌ای قابل تقسیم است که این واحدها از قدیم به جدید شامل موارد زیر می‌باشند (شکل‌های ۳ و ۴):  
 ۱) واحد ۱: واحد تخریبی شامل ماسه‌سنگ، سنگ آهک حاوی فسیل دوکفه‌ای و گاستروپود، توف-کریستال توف، سنگ‌های کربناته آهن و منگنزدار برونومی،  
 ۲) واحد ۲: واحد ماسه‌سنگی کرم رنگ با لایه‌بندی منظم،  
 ۳) واحد ۳: واحد آتشفشانی- رسوبی شامل شیل سیاه و داسیت (میزبان کانه‌زایی مس نه کوهی)،  
 ۴) واحد ۴: شامل ماسه سنگ، دولومیت و سنگ آهک.  
 ماسه سنگ‌ها از نوع کوارتز آرنایت بوده و بیشتر از قطعات تخریبی با کانی‌شناسی



شکل ۳- نمایی از توالی میزبان کانه‌زایی مس در منطقه نه کوهی و موقعیت افق‌های کانه‌دار در آن.



شکل ۴- نمایی از سنگ‌های میزبان افق‌های کانه‌زایی مس در کانسار نه کوهی (جهت دید به سمت باختر).



شکل ۵- تصاویر مغزه‌های حفاری و مقاطع میکروسکوپی سنگ‌های توالی میزبان کانسار نه‌کوهی: الف) ماسه سنگ، ب) شیل سیاه، ج) نمونه مغزه حفاری نشان دهنده قطعات برشی شیل در واحد داسیت، د) داسیت، ه) مقطع میکروسکوپی از قطعات شیل در داخل واحد داسیت، و) مقطع میکروسکوپی از داسیت با بافت پورفیری و آثار دگرسانی سریستی (ser) در آن، ز) نمایی میکروسکوپی از واحد شیلی، ح) مقطع میکروسکوپی از واحد ماسه‌سنگ دارای قطعات کوارتز (Qtz) و اکسید آهن.

#### ۴- کانه‌زایی

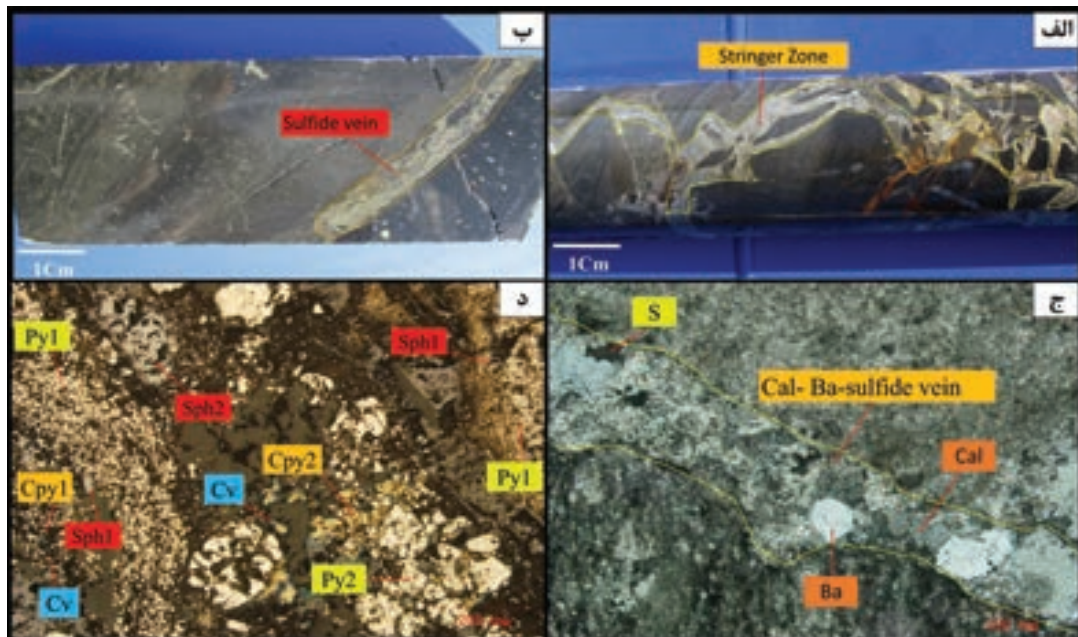
بر اساس مطالعات صحرایی و بررسی و مطالعه مغزه‌های حفاری، کانه‌زایی مس در کانسار مس نه‌کوهی به صورت چینه کران (Stratabound) و چینه سان (Stratiform) بوده و در افق‌های متعدد رخ داده است (شکل‌های ۴، ۵، ۶ و ۷). در کانسار مورد مطالعه در ۵ افق کانه‌زایی مشاهده می‌شود که مهم‌ترین افق کانه‌زایی در واحد ۳ توالی آتشفشانی-رسوبی رخ داده است. دو افق کانه‌زایی به صورت رسوبات برون‌می‌نواری غنی از آهن و منگنز در واحد ۱ چینه‌شناسی کانسار رخ داده و در واحد ۳ چینه‌ای که میزبان کانه‌زایی مس نه‌کوهی است سه افق معدنی دیگر که غنی از مس هستند تشکیل شده‌اند (شکل‌های ۳ و ۴).

#### ۵- شکل هندسی ماده معدنی

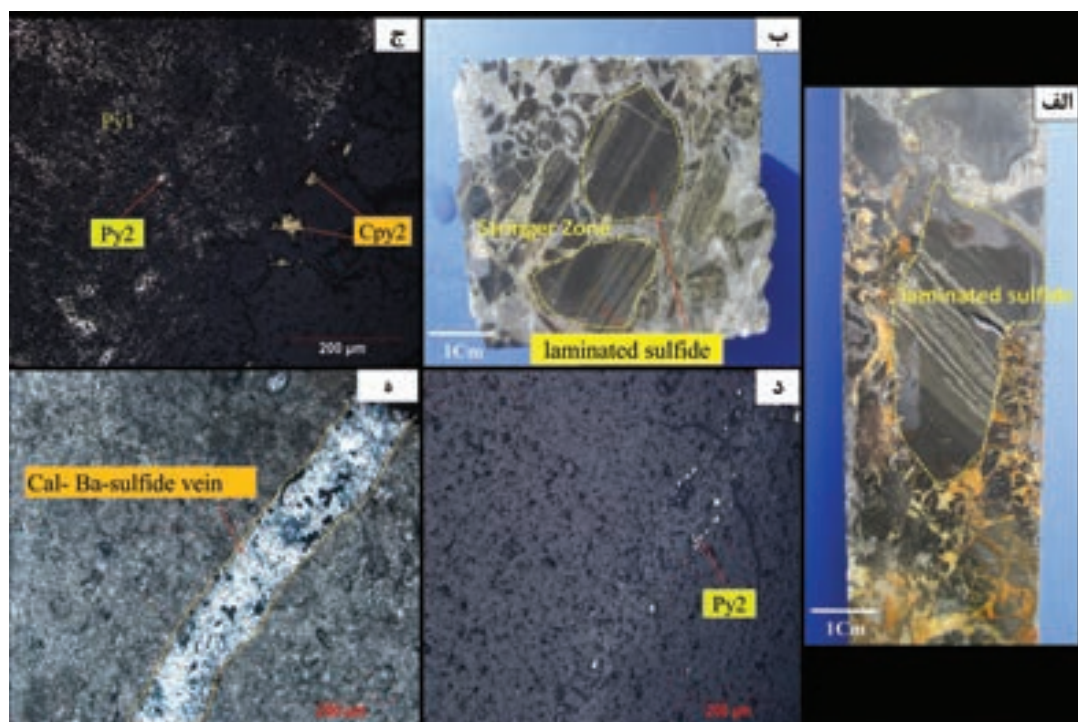
بر اساس مشاهدات صحرایی و بافتی، ماده معدنی در کانسار مورد مطالعه غالباً به صورت رگه‌ای قطع کننده و چینه کران (برشی و رگه - رگچه‌ای) پرعیار مس بوده که در بالای آن ماده معدنی کم عیار به صورت چینه سان (لایه‌ای) و همخوان و همروند با لایه‌بندی سنگ‌های درونگیر تشکیل شده است.

#### ۶- سنگ درونگیر

سنگ درونگیر ماده معدنی در کانسار نه‌کوهی به طور عمده شیل سیاه، گدازه‌های داسیتی و ماسه سنگ هستند. بخش عمده ماده معدنی در درون شیل‌های سیاه و گدازه‌های داسیتی رخ داده است. شیل‌های سیاه دارای لایه‌بندی بوده و غنی از کوارتز، مواد آلی و کانی‌های سولفیدی هستند. با توجه به اینکه بخشی از کانه‌زایی به صورت کم عیار در شیل‌های سیاه از لایه‌بندی سنگ میزبان پیروی می‌کند، اثراتی از اکسیدهای آهن و مالاکیت ناشی از اکسیداسیون سولفیدها به صورت هم‌روند با سنگ میزبان دیده می‌شود. واحد داسیتی در ۴ افق چینه‌شناسی دیده می‌شود (شکل ۳). از لحاظ کانی‌شناسی این واحد سنگی به طور عمده حاوی کوارتز و فلدسپارهای دگرسان شده به سریست می‌باشد (شکل ۵). واحد ماسه سنگی به صورت کرم رنگ تا قهوه‌ای رنگ در صحرا قابل مشاهده است و همچنین تحت تأثیر چین خوردگی و گسلش‌های منطقه قرار گرفته است. این واحد سنگی به طور عمده از کوارتز و کانی‌های دگرسانی مثل کلریت تشکیل شده است (شکل ۵).



شکل ۶- الف) نمایی از رخساره استرینگر در مغزه حفاری که رگه- رگچه‌های کلسیتی (Ca)- باریتی (Ba) - سولفیدی (S) سنگ میزبان را در جهات مختلف قطع کرده است، ب) مغزه حفاری از رخساره رگه- رگچه‌ای که دارای بافت رگه‌ای و دانه پراکنده سولفیدی در سنگ میزبان شیلی است، ج) تصویر میکروسکوپی نشان دهنده رگه کلسیتی (Ca)- باریتی (Ba) - سولفیدی (S) در رخساره استرینگر، د) تصویر میکروسکوپی از رخساره استرینگر که کانی‌های اولیه کالکوپیریت نسل اول و دوم (Cpy<sub>1,2</sub>)، اسفالریت نسل اول و دوم (Sph<sub>1,2</sub>)، پیریت نسل اول و دوم (Py<sub>1,2</sub>) و و ثانویه Cv قابل مشاهده هستند.



شکل ۷- الف، ب) رخساره مجموعه دهانه‌ای که حاوی قطعات رخساره لایه‌ای از زمینه‌ای از کانی‌های سولفیدی و کربناتی می‌باشد. ج) تصویر میکروسکوپی از رخساره مجموعه دهانه‌ای، که سولفیدهای زمینه شامل کالکوپیریت نسل دوم (Cpy<sub>2</sub>)، پیریت نسل اول (Py<sub>1</sub>) و پیریت نسل دوم (Py<sub>2</sub>) می‌باشد. د) تصویر میکروسکوپی (د: نور انعکاسی، ه: نور عبوری) که نشان دهنده رگه سولفیدی و کلسیتی- باریتی در رخساره مجموعه دهانه‌ای است.

## ۷- ساخت و بافت و کانی شناسی ماده معدنی

ماده معدنی در کانسار نه‌کوهی دارای ساخت و بافت رگه-رگچه‌ای، نواری، لامینه، توده‌ای- نیمه توده‌ای، دانه‌پراکنده، برشی و جانشینی است. بافت رگه-رگچه‌ای به طور عمده از پیریت و کالکوپیریت و مقدار کمتری اسفالریت تشکیل شده است (شکل ۶) و این نشانه وجود پهنه‌بندی فلزی در کانسار نه‌کوهی است. بافت نواری شامل تناوبی از نوارهای غنی از پیریت و مقدار کمتر اسفالریت همراه با سنگ میزبان شیلی

است. بافت نواری در واحد رسوبی-بروندمی غنی از آهن و منگنز موجود در افق‌های کانه‌دار ۱ و ۲، به فراوانی دیده می‌شود. از لحاظ کانی‌شناسی کانسار مس نه‌کوهی شامل کانی‌های اولیه پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، باریت، هماتیت و پیرولوزیت و کانی‌های ثانویه مالاکیت، کوولیت، دیژنیت و اکسید-هیدروکسیدهای آهن و کانی‌های باطله کلسیت، کلریت، باریت و کوارتز است (جدول ۱).

جدول ۱- مراحل تشکیل و توالی پاراژنتیک کانی‌ها به همراه ساخت و بافت آنها در کانسار مس نه‌کوهی.

Minerals	Volcanic- Exhalative		Diagenesis	Weathering and Supergene
	Stratabound	Stratiform		
	Stringer zone/ Vent complex	Bedded ore		
Mineral	Pyrite I	—	██████████	
	Sphalerite I	—	—	
	Chalcopyrite I	—		
	Pyrite II	██████████	.....	.....
	Sphalerite II		—	
	Chalcopyrite II	██████████		
	Barite	—		
	Calcite	██████████		
	Sericite	██████████		
	Quartz	----		
	Chlorite	██████████		
	Covelite			—
	Digenite			—
	Malachite			██████████
	Goethite			██████████
Limonite			██████████	
Gypsum			—	
Textures	Disseminated	—	—	
	Laminated		██████████	
	Vein- veinlets	██████████		
	Massive- semi massive	—		
	Replacement	—		
	Colloform	—	—	

## ۸- رخساره‌های کانه‌دار

بر اساس تفاوت ویژگی‌های ساخت و بافت و کانی‌شناسی در قسمت‌های مختلف کانه‌زایی، چهار رخساره کانه‌دار در کانسار سولفید توده‌ای آتشفشانزاد مس نه‌کوهی قابل تشخیص است که عبارتند از: رخساره رگه-رگچه‌ای، مجموعه دهانه‌ای، رخساره لایه‌ای و رخساره بروندمی- نواری غنی از آهن و منگنز. ویژگی‌های هر یک از رخساره‌ها در ادامه آمده است.

## ۸-۱. رخساره رگه-رگچه‌ای (Stringer zone)

این رخساره در زیر رخساره مجموعه دهانه‌ای قرار گرفته است و متشکل از رگه-رگچه‌های کلسیتی-باریتی و سولفیدی است که به همراه آن دگرسانی سریسیتی-کربناته-سیلیسی دیده می‌شود. این رگه‌ها دارای کانی‌های پیریت نسل اول و دوم (Py<sub>1</sub>)، کالکوپیریت نسل اول و دوم (Cpy<sub>1</sub>) و (Cpy<sub>2</sub>)، اسفالریت نسل اول و دوم (Sph<sub>1</sub>) و (Sph<sub>2</sub>)، باریت و کلسیت هستند (شکل ۶).

رگه- رگچه‌ای، توده‌ای- نیمه توده‌ای و دانه‌پراکنده مشاهده می‌شوند (شکل ۷). بافت برشی سولفیدها به همراه قطعات سنگ میزبان در رخساره توده‌ای و رگه- رگچه‌ای کانسارهای سولفیدی در ارتباط مستقیم با فعالیت گسل همزمان با رسوبگذاری و فعالیت گرمایی بوده و در کانسارهای روی- سرب رسوبی- برونومی کوشک و چاه میر (Rajabi et al., 2012, 2015) و کانسارهای سولفید توده‌ای نوع بتورست کانادا (Goodfellow, 2007) نیز دیده می‌شود.

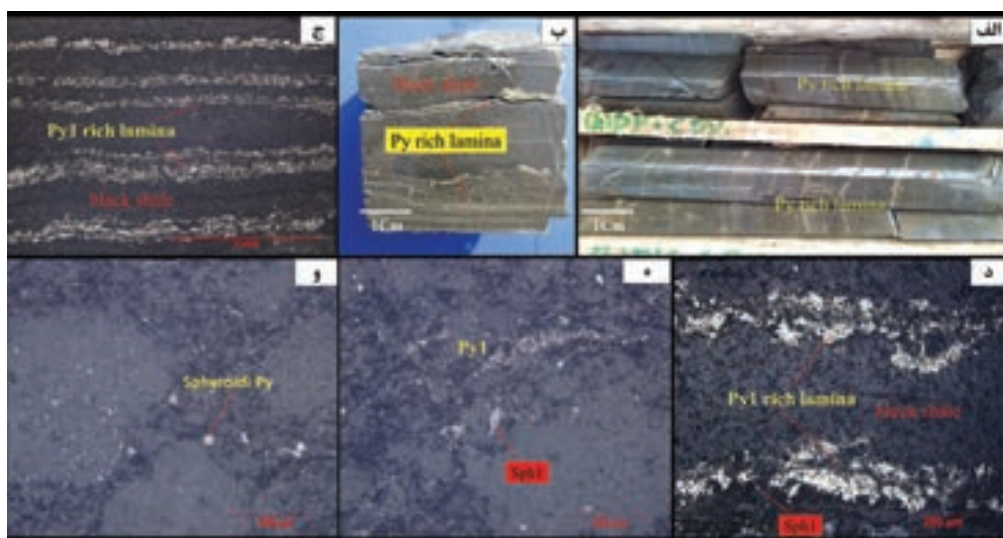
#### ۳-۸. رخساره کانستگ لایه‌ای (Bedded ore)

این رخساره شامل لایه‌ها و لامینه‌های سولفیدی است که ناشی از ته‌نشینی همزمان کانی‌های سولفیدی با ذرات تشکیل دهنده سنگ میزبان شیلی در کف دریا است. همچنین ته‌نشست سولفیدها به صورت پراکنده در کنار هم و تشکیل لایه‌های غنی از پیریت، نشان از افزایش شرایط رسوبگذاری در یک محیط آرام و ته‌نشست سولفیدها در یک محیط رسوبی پایدار می‌باشد و این لامینه‌ها متشکل از کانی‌های پیریت نسل اول (Py<sub>1</sub>) و اسفالریت نسل اول (Sph<sub>1</sub>) می‌باشد. سولفیدها در این رخساره بیشتر دارای بافت لامینه، نواری، دانه‌پراکنده، فراموئیدال و اسفروئیدی هستند (شکل ۸). البته گاهی پیریت نسل اول بی‌شکل به پیریت نسل دوم (Py<sub>2</sub>) نسبتاً متبلور تبدیل شده که می‌تواند ناشی از عملکرد فرایند دیاژنز باشد.

کولیت و دیژنیت در طی مراحل سوپرژن و در اثر جانشینی سولفیدهای اولیه در اطراف کالکوپیریت تشکیل شده‌است. کالکوپیریت مهم‌ترین کانی سولفیدی مس است که در رخساره رگه- رگچه‌ای و به صورت دو نسل قابل مشاهده است. باریت در رخساره رگه- رگچه‌ای به میزان بالایی مشاهده می‌شود و به صورت رگه- رگچه‌های باریتی واحد داسیتی منطقه را قطع کرده‌است. بافت‌های رگه- رگچه‌ای، برشی، دانه‌پراکنده و شکاف پرکن مهم‌ترین بافت‌های رخساره رگه- رگچه‌ای هستند. این رخساره در کانسار مس نه‌کوهی دارای گسترش بالایی است و همچنین این رخساره در کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد نظیر مس- نقره بوانات فارس (موسیوند و همکاران، ۱۳۹۵)، چاه گز شهر بابک (موسیوند و همکاران، ۱۳۹۰)، مس نوده سبزوار (مغفوری و همکاران، ۱۳۹۳) و گرماب پایین (طاشی و همکاران، ۱۳۹۶) نیز دیده می‌شود.

#### ۲-۸. رخساره مجموعه دهانه‌ای (Vent complex)

این رخساره در بین رخساره‌های لایه‌ای در بالا و استرینگر در زیر قرار دارد. در این رخساره لامینه‌های سولفیدی و رگه‌های استرینگر به صورت بافت و ساخت برشی به هم در آمیخته‌اند. کانی‌شناسی عمده این رخساره شامل پیریت (Py<sub>2</sub>)، کالکوپیریت (Cpy<sub>2</sub>)، اسفالریت (Sph<sub>2</sub>)، باریت و وکسیت می‌باشد که به صورت بافت‌های



شکل ۸- الف و ب) تصاویری از مغزه‌های حفاری رخساره لایه‌ای که نشان دهنده تناوب لامینه‌های سولفیدی با سنگ میزبان شیلی، ج) تصویر میکروسکوپی از تناوب لامینه‌های پیریتی با سنگ میزبان شیلی، د) همراهی پیریت نسل اول (Py<sub>1</sub>) با اسفالریت نسل اول (Sph<sub>1</sub>) در رخساره کانستگ لایه‌ای، ه) تصویر میکروسکوپی از پیریت‌های دانه‌ریز نسل اول (Py<sub>1</sub>) و اسفالریت نسل اول (Sph<sub>1</sub>) و بافت پیریت اسفروئیدی نسل اول (Py<sub>1</sub>) در رخساره کانستگ لایه‌ای.

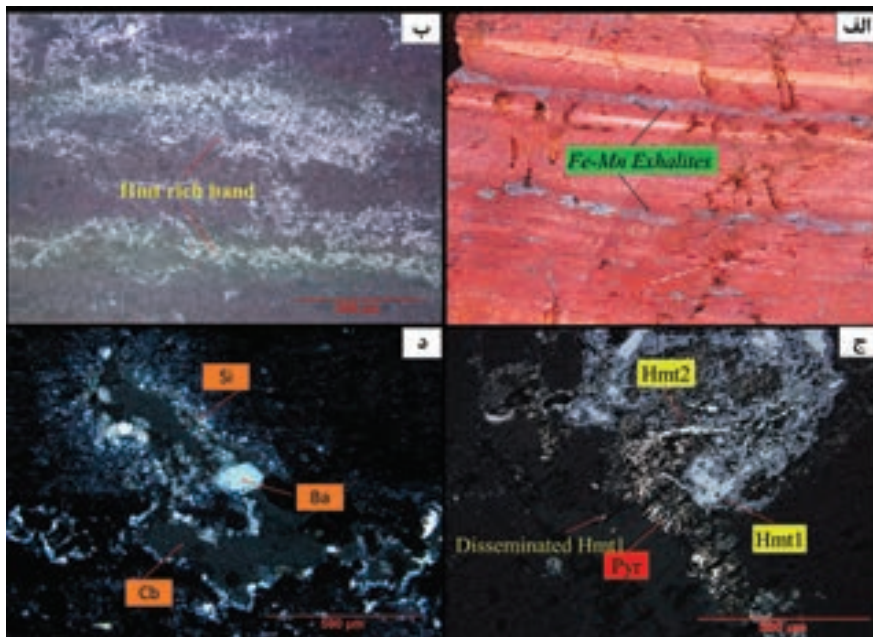
#### ۹- دگرسانی

بر اساس بررسی‌های انجام شده، پهنه‌های دگرسانی عمده در کانسار نه‌کوهی شامل دگرسانی سریستی- کربناته- سیلیسی و دگرسانی کلریتی می‌باشند (شکل ۱۰). به طور کلی دگرسانی سریستی- کربناته- سیلیسی در مرکز سامانه کانه‌زایی و دگرسانی کلریتی در اطراف سامانه گسترش دارد. باتوجه به حجم بالای آب‌های آهن‌دار بیشترین حجم دگرسانی مربوط به دگرسانی کلریتی است که در کمربند کانسار (زیر افق‌های معدنی) در رخساره رگه- رگچه‌ای وجود دارد. کلریتی شدن یکی از مهم‌ترین پدیده‌هایی است که در اثر محلول‌های گرمایی غنی از Fe و Mg ایجاد می‌شود و در اثر این فرایند سنگ‌ظاهری سبز رنگ پیدا می‌کند (Galley et al., 2007). کلریت کانی غالب در پهنه دگرسانی کلریتی در کانسار نه‌کوهی بوده و البته این پهنه حاوی پیریت دانه‌پراکنده و رگه- رگچه‌های باریتی نیز می‌باشد.

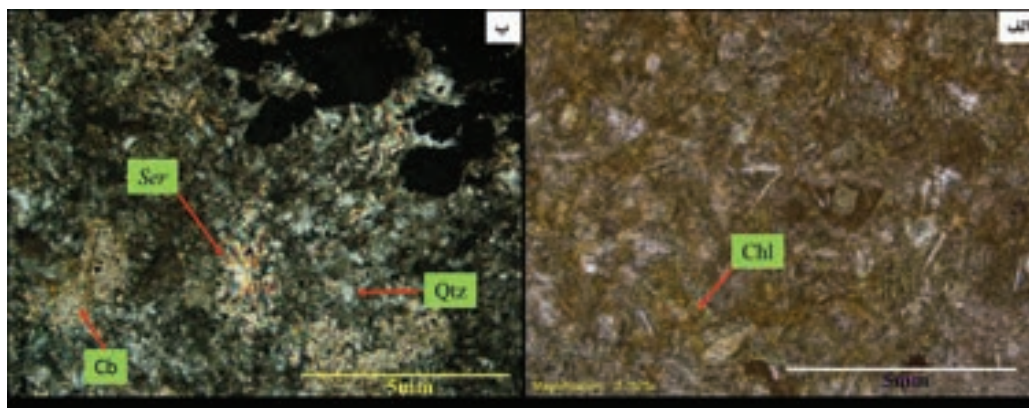
#### ۴-۸. رخساره رسوبی- برونومی نواری غنی از آهن و منگنز

(exhalites Fe-Mn)

این رخساره شامل نوارهای غنی از آهن و منگنز است که به شکل همخوان با لایه‌بندی سنگ میزبان شکل گرفته است و در خاور کانسار و در توالی چینه‌شناسی میزبان کانسار (واحد ۱ سنگ شناختی) گسترش یافته است. بر اساس مطالعات میکروسکوپی کانه‌های تشکیل دهنده این رخساره هماتیت اولیه، پیرولوژیت، باریت، کربنات و کوارتز می‌باشند. در این رخساره بافت‌های نواری، لامینه، رگه- رگچه‌ای و دانه‌پراکنده دیده می‌شود (شکل ۹). کانی هماتیت به صورت نسل اول (Hmt<sub>1</sub>) و نسل دوم (Hmt<sub>2</sub>) مشاهده می‌شود که هماتیت‌های نسل دوم حاصل تبلور هماتیت‌های نسل اول هستند (شکل ۹-ج).



شکل ۹- الف) رخساره رسوبی - برون‌دمی حاوی نوارها و لایینه‌های غنی از آهن و منگنز، ب) تصویر میکروسکوپی از لایینه‌های غنی از هماتیت، ج) تصویر میکروسکوپی از هماتیت نسل اول (Hmt<sub>1</sub>) با بافت توده‌ای، هماتیت‌های نسل دوم (Hmt<sub>2</sub>) با بافت رگه- رگچه‌ای و پیرولوژیت (PyF) با بافت رگه- رگچه‌ای، د) رگه‌های کربناته (cb) - باریتی (Ba) - سیلیسی (Si).



شکل ۱۰- تصاویر میکروسکوپی از پهنه‌های دگرسانی در کانسار نه‌کوهی: الف) دگرسانی کلریتی (Chl) و ب) دگرسانی سریستی (Ser) - کربناتی (Cb) - سیلیسی (Qtz) در کانسار نه‌کوهی.

### ۱۰- پهنه‌بندی فلزی

تغییرات عناصر پایه و قیمتی در رخساره‌های کانه دار در کانسار مس نه‌کوهی در شکل ۱۱ نشان داده شده است. بر اساس مطالعات ژئوشیمی کانسنگ، این کانسار غنی از مس می‌باشد و میزان روی و سرب بسیار پایین است. میزان مس در پهنه رگه- رگچه‌ای در کانسار بیشتر از قسمت‌های لایه‌ای بوده زیرا کانه‌زایی مس به‌صورت کالکوپریت در این پهنه دیده می‌شود. بیشترین مقدار روی در رخساره مجموعه دهانه‌ای و کمترین مقدار در رخساره کانسنگ لایه‌ای می‌باشد. بیشترین مقدار سرب در رخساره کانسنگ لایه‌ای در حدود است. میزان نقره از رخساره استرینگر به طرف رخساره لایه‌ای افزایش نشان می‌دهد.

### ۱۱- الگوی تشکیل کانسار نه‌کوهی

با توجه به ویژگی‌های کانه‌زایی مس در منطقه نه‌کوهی شامل رخداد کانه‌زایی به‌صورت چینه‌سان (همخوان با لایه‌بندی سنگ میزبان شیلی) و چینه کران (به‌صورت رگه- رگچه‌ای و قطع‌کننده سنگ میزبان داسیتی، شیلی) و وجود بافت‌های رگه- رگچه‌ای، توده‌ای- نیمه توده‌ای، لایینه، نواری، دانه‌پراکنده و جانشینی در ماده معدنی و سایر ویژگی‌ها از جمله پهنه‌بندی دگرسانی و رخساره‌های مختلف کانه‌دار، کانه‌زایی نه‌کوهی با کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد (VMS) شباهت زیادی را نشان می‌دهد (شکل ۱۲). وجود رخساره‌های کانه‌دار و نسل‌های مختلف کانی‌ها در کانسار نه‌کوهی، گویای رخداد کانسنگ در چند مرحله است. بر اساس

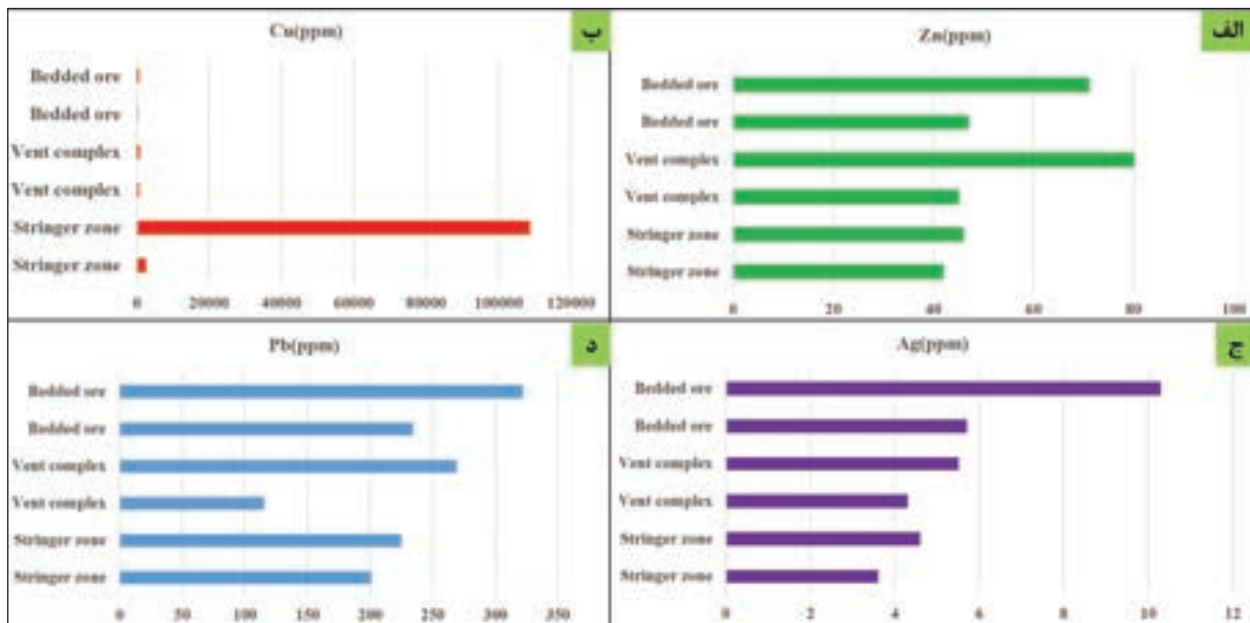


کانسار سولفید توده‌ای آتشفشانزاد نه‌کوهی و ایجاد رخساره‌های استرینگر و مجموعه دهانه‌ای در زیر کف دریا و رخساره‌های لایه‌ای و برون‌دمی در کف دریا می‌باشد. بعد از ته‌نشست سولفیدها و تدفین آنها، فرایند دیاژنز موجب تبلور کانی‌ها شده است. در بخش لایه‌ای پیریت نسل دوم محصول فرایند دیاژنز بوده و از تبلور مجدد پیریت نسل اول حاصل شده است.

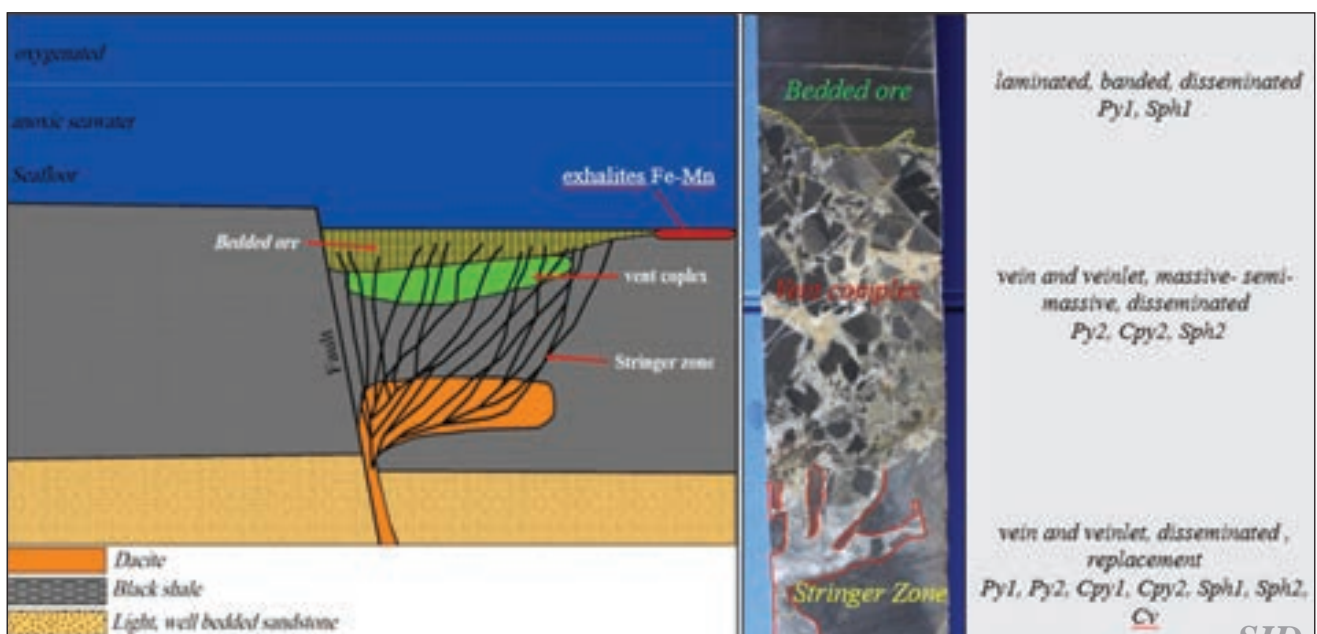
مرحله ۲) پس از کانه‌زایی (هوازدگی و سوپرژن): در این مرحله، عملکرد فرایندهای هوازدگی و سوپرژن باعث تحرک مجدد عناصر و ته‌نشست برخی کانی‌های سولفیدی (مثل کوولین و دیژنیت) و اکسیدی-هیدروکسیدی-کربناتی ثانویه (مالاکیت و اکسید-هیدروکسیدهای آهن و منگنز در کانسار شده است).

پاراژنز کانیایی و مطالعات میکروسکوپی، دو مرحله کانه‌زایی را می‌توان در کانسار نه‌کوهی تشخیص داد (جدول ۱) که شامل مراحل زیر می‌باشند:

مرحله ۱) فعالیت‌های آتشفشانی- برون‌دمی و دیاژنز: اولین مرحله کانه‌زایی در کانسار نه‌کوهی به صورت همزمان با وقوع فعالیت‌های آتشفشانی- برون‌دمی در زمان پرکامبرین پسین- کامبرین پیشین بوده است. نفوذ سیل‌های داسیتی به داخل شیل‌های سیاه در زیر کف دریا موجب فعال شدن جریان‌های همرفتی آب دریا در طول گسل‌های همزمان با آتشفشان و رسوب‌گذاری شده که نتیجه آن ایجاد سیالات داغ و شور بوده که فلزات و عناصر کانسنگ‌ساز را از سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی کمربین شسته و وارد دریا نموده است. نتیجه فعالیت این سامانه گرمایی تشکیل



شکل ۱۱- تغییرات عناصر پایه و قیمتی در رخساره‌های کانه دار در کانسار مس نه‌کوهی.



شکل ۱۲- مدل نمادین از رخساره‌های مختلف کانه دار کانسار مس نه‌کوهی.



### ۱۳- نتیجه گیری

شامل دگرسانی کلریتی و کربناته-سریستی-سیلیسی هستند. کانه‌زایی مس در این کانسار از جهات مختلفی از جمله محیط زمین‌ساختی، توالی میزبان کانه‌زایی، کانی‌شناسی، پهنه‌بندی فلزی و دگرسانی آن و مقایسه آنها با ویژگی‌های اساسی ذخایر مس سولفید توده‌ای آتشفشانزاد (تیپ VMS)، کانسار مس نه‌کوهی بیشترین شباهت را با کانسارهای نوع سیلیسی کلاستیک فلسیک یا بتورست (Bathurst) نشان می‌دهد.

### سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی شاهرود به‌خاطر حمایت مالی و لجستیکی از پایان‌نامه و حاج آقا خواجه‌ی (صاحب معدن مس نه‌کوهی) و آقایان دکتر سید احمد مشکانی و مهندس سعید حاج صادقی به‌خاطر همکاری‌های لازم تشکر و قدردانی می‌نمایند.

کانه‌زایی مس در کانسار نه‌کوهی، به شکل چینه‌کران و چینه‌سان در توالی آتشفشانی-رسوبی بایمدال فلسیک پرکامبرین پسین-کامبرین پیشین رخ داده است. ماده معدنی به دو صورت چینه‌سان و همخوان با لایه‌بندی و رگه-رگچه‌ای ناهم‌ساز با لایه‌بندی سنگ میزبان دیده می‌شود. چهار رخساره کانه‌دار در کانسار مس نه‌کوهی قابل تشخیص است که عبارتند از: ۱) رخساره رگه-رگچه‌ای یا استرینگر ۲) رخساره مجموعه دهانه‌ای، ۳) رخساره لایه‌ای و ۴) رخساره رسوبی-بروندمی نواری غنی از آهن و منگنز. بافت ماده معدنی عمدتاً به صورت رگه-رگچه‌ای، نواری، لامینه، توده‌ای-نیمه توده‌ای، برشی و دانه پراکنده دیده می‌شود. این کانه‌زایی حاوی کانی‌های اولیه پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، هماتیت و پیرولوژیت و کانی‌های ثانویه مالاکیت، کولیت، دیژنیت، ژپیس و اکسید و هیدروکسیدهای آهن و منگنز بوده و کانی‌های باطله به‌طور عمده شامل کلسیت، باریت، کوارتز و کلریت می‌باشد. دگرسانی سنگ دیواره به‌طور عمده

### کتابنگاری

- امامعلی پور، ع.، مسعودی، ج.، ۱۳۷۶- اولین مورد از کانه‌زایی سولفید توده‌ای تیپ قبرس در منطقه قزل‌داش خوی، اولین همایش زمین‌شناسی ایران، تهران، ایران. آقاباتی، س. ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۸۰۵ ص.
- آل طه کوهبانی، ب.، ۱۳۷۲- پترولوژی و ژئوشیمی سنگهای آذرین در شرق زرنند کرمان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران، ۲۳۰ صفحه.
- تاج‌الدین، ح.، راستاد، ا.، یعقوب‌پور، ع.، محجل، م.، ۱۳۸۹- سنگ‌زایی، ژئوشیمی و نقش دگرشکلی در کنترل الگوی پراکنده‌گی عناصر کانه‌ساز در کانسار سولفید توده‌ای غنی از طلای باریکا، خاور سردشت، سندج- سیرجان شمالی، فصلنامه علوم زمین، شماره ۸۳، صفحات ۱۴۱-۱۵۶.
- جمالی، ح.، ۱۳۹۳- گزارش اکتشاف کانسار مس نه‌کوهی. گروه معدنی و بازرگانی زرمش.
- حاج صادقی، س.، ۱۳۹۴- مطالعات زمین‌شناسی اقتصادی و تعیین فاکتورهای کنترل‌کننده کانی‌سازی در کانسار مس نه‌کوهی در مرکز استان کرمان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، دانشکده معدن، ۱۱۳ صفحه. [https://doi.org/10.2458/azu\\_acku\\_ds371\\_4\\_noon75\\_2005](https://doi.org/10.2458/azu_acku_ds371_4_noon75_2005).
- دوست محمدی، ا.، آل طه، ب.، نجف‌زاده، ع. ر.، ناظم‌زاده، م.، ۱۳۹۱- ژئوشیمی و ماگماتیسم سنگ‌های آذرین کوه آبیل چشمه‌گزر (شمال غرب کرمان). ژئوشیمی، جلد ۱، صفحات ۲۶-۳۸.
- صدرزاده، س.، ۱۳۹۰- بررسی پترولوژی و ژئوشیمی سنگ‌های آذرین در محدوده کانسار سنگ آهن جلال‌آباد زرنند، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی زرنند، ۱۲۰ صفحه.
- طاشی، م.، موسیوند، ف.، قاسمی، ح.، ۱۳۹۶- کانه‌زایی مس-نقره سولفید توده‌ای آتشفشان‌زاد نوع بشی در توالی آتشفشانی-رسوبی کرتاسه پسین: مثال موردی کانسار گرماب پایین، جنوب شرق شاهرود. مجله زمین‌شناسی اقتصادی، ج. ۹، ص. ۲۱۳-۲۳۳.
- طهمورثی، ب.، ۱۳۷۵- پترولوژی مجموعه‌های آذرین آلکالن سری دزو در منطقه حرجند (شمال-شمال شرق کرمان) رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان، ۲۵۰ صفحه.
- مشکانی، س. ا.، ۱۳۹۳ الف- گزارش عملیات اکتشاف مقدماتی در محدوده‌ی نه‌کوهی، ۷۴ صفحه.
- مشکانی، س. ا.، ۱۳۹۳ ب- گزارش عملیات اکتشاف نیمه تفصیلی در محدوده‌ی نه‌کوهی، ۱۰۳ صفحه.
- مغفوری، س.، راستاد، ا.، موسیوند، ف.، لین، ی.، ۱۳۹۳- کانسار سولفید توده‌ای آتشفشان‌زاد نوع بشی، جنوب باختر سیزوار. فصلنامه علوم زمین، تهران، شماره ۹۴، ص. ۷۳-۸۴.
- موسیوند، ف.، راستاد، ا.، امامی، م.، پیتر، ج. و سولومون، م.، ۱۳۹۰- کانه‌زایی سولفید توده‌ای آتشفشان‌زاد روی-سرب-مس نوع Bathurst در منطقه چاه‌گزر، جنوب شهربابک، پهنه سندج-سیرجان جنوبی، فصلنامه علوم زمین، تهران، شماره ۸۲، صفحه ۱۵۱-۱۶۴.
- موسیوند، ف.، راستاد، ا.، امامی، م.، پیتر، ج. و سولومون، م.، ۱۳۹۵- رخساره‌های کانسنگ، پهنه‌بندی دگرسانی و شرایط فیزیکوشیمیایی تشکیل کانسار سولفید توده‌ای مس-روی-نقره نوع بشیوانات (جیان)، استان فارس، فصلنامه علوم زمین، تهران، شماره ۹۹، صفحه ۶۱-۷۴.
- نقشه راه‌های کشور، ۱۳۸۱- سازمان نقشه برداری کشور.
- هاشمی، ف.، موسیوند، ف.، رضایی‌کهخانی، م.، ۱۳۹۶- اقی‌های کانه‌دار، رخساره‌های کانسنگ، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و الگوی تشکیل کانسار سولفید توده‌ای آتشفشان‌زاد (VMS) باریت-سرب-مس ورنندان، جنوب غرب قصر. مجله زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، جلد ۹، ص. ۵۸۷-۶۱۶.

### References

- Badrzadeh, Z., Barrett, T.J., Peter, J.M., Gimeno, D., Sabzehei, M. and Aghazadeh, M., 2011- Geology, mineralogy and sulfur isotope geochemistry of the Sargaz Cu-Zn volcanogenic massive sulfide deposit, Sanandaj-Sirjan zone, Iran. *Journal of Mineralium Deposita*, 46: 905-923. <https://doi.org/10.1007/s00126-011-0357-4>.
- Barrie, C.T., Hannington, M.D., 1999- Introduction: classification of VMS deposits based on host rock composition. *Rev Econ. Geol.* 8:2-10.
- Darvishzadeh, A., Al-E Taha Kohbanani, B., 1996- Late Precambrian magmatism and tectono magmatism in Central Iran. *Journal of science of Tehran University* 22: 57-78.

- Djocovic, I. and Dimitrijevic, M., 1979- Baghin Geological map, scale 1:100000, Geological survey of Iran, map no. 7350.
- Franklin, J.M., Gibson, H.L., Galley, A.G. and Jonasson, I.R., 2005- Volcanogenic massive sulfide deposits. In: J.W. Hedenquist, J.F.H. Thompson, R.J. Goldfarb and J.P. Richards (Editors), Economic Geology 100th Anniversary Volume. Society of Economic Geologists, Littleton, Colorado, p.523-560. <https://doi.org/10.5382/av100.17>.
- Galley, A.G., Hannington, M.D. and Jonasson, I.R., 2007- Volcanogenic massive sulphide deposits, in Goodfellow, W.D., ed., Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods: Geological Association of Canada. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.102.7.1355>.
- Goodfellow, W. D., McCutcheon, S. R., 2003- Geologic and genetic attributes of volcanic sediment-hosted massive sulfide deposits of the Bathurst Mining Camp, northern New Brunswick-a synthesis, Economic Geology Vol:11, No:Monograph, p: 245-301.
- Goodfellow, W. D., 2007- Metallogeny of the Bathurst mining camp, northern New Brunswick. Mineral deposits of Canada. A synthesis of major deposit-type, district metallogeny, the evolution of geological provinces and exploration methods. Edited by WD Goodfellow. Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, p.450-470. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.102.7.1355>.
- Mousivand, F., Rastad, E., Meffre, S., Peter, J. M., Solomon, .M., Khin Zaw, 2011- U-Pb geochronology and Pb isotope characteristics of the Chahgaz volcanogenic massive sulfide deposit, South of Iran. International Geology Review, 53: 1239-1262. <https://doi.org/10.1080/00206811003783364>
- Nadimi, A., 2006- Evolution of the Central Iranian basement, Gondwana Research 12: 324-333. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2006.10.012>.
- Rajabi, A., Rastad, E., Alfonso, P., Canet, C., 2012- Geology, ore facies, and sulphur isotopes of the Koushk vent-proximal sedimentary-exhalative deposit, Posht-e-Badam Block, Central Iran. International Geology Review 54:1635-1648.
- Rajabi, A., Rastad, E., Canet, C. and Alfonso, P., 2015- The early Cambrian Chahmir shale-hosted Zn-Pb deposit, Central Iran: an example of vent-proximal SEDEX mineralization. Mineralium Deposita, 50(5):571-590. <https://doi.org/10.1080/00206814.2012.659106>.
- Ramezani, J., Tucker, R., 2003-The Saghand region, Central Iran: U-Pb geochronology, petrogenesis and implications for Gondwana tectonics. American J. of Science, 303: 622-665. <https://doi.org/10.2475/ajs.303.7.622>.
- Rastad, E., Monazami Miralipour, A., Momenzadeh, M., 2002- Sheikh-Ali copper deposit, A Cyprus-type VMS deposit in southeast Iran, Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran, 13: 51-63.
- Shanks III, W. C. P., Koski, R. A., 2012- Introduction. In: Volcanogenic Massive 100 Sulfide Occurrence Model, (eds.) Shanks III, W. C. P. and Thurston, R, pp. 4-8, USGS Scientific Investigations Report 2010-5070-C. <https://doi.org/10.3133/sir20105070c>.
- Talbot, C. J. and Alavi, M., 1996- The past of a future syntaxes across the Zagros, in Alsop, G. I., Blundell, D. J., and Davison, I., editors, Salt Tectonics: Geological Society Special Publications, 100: 89-109. <https://doi.org/10.1144/gsl.sp.1996.100.01.08>.
- Yaghubpur, A. and Mehrabi, B., 1997- Koushk zinc-lead deposit: a typical black-shale-hosted deposit in Yazd State, Iran: Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran, v. 8, no. 2, p. 117-125.

## Nohkuhi volcanogenic massive sulfide deposit: a sample of Bathurst- type mineralization in northwest of Kerman

A. Pakizeh Sanajerdi<sup>1</sup>, F. Mousivand<sup>\*2</sup>, A. Rajabi<sup>3</sup>, S. Maghfouri<sup>4</sup>

<sup>1</sup>M.Sc. Student in Economic Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood

<sup>2</sup>Assistant Professor, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

<sup>3</sup>Assistant Professor, Department of Geology, College of Sciences, Tehran University, Tehran

<sup>4</sup>Assistant Professor, Department of Geology, Tarbiat Modares University, Tehran

Received: 2018 January 28

Accepted: 2019 January 19

### Abstract

The Nohkuhi copper deposit located at 40 Km Northwest of Kerman, occurred in the Central Iran structural zone (Bafq- Posht-e- Badam block), within Late Precambrian-Early Cambrian volcano-sedimentary sequences. Host sequence of mineralization consists of dominantly black shale, sandstone and dacitic lava of Rizu Series. Mineralization occurred as stratabound (vein-veinlets) and stratiform (bedded) in the three copper- and two iron-manganese horizons. The mineralization in the Nohkuhi area involves four ore facieses including stringer, vent complex, bedded, and hydrothermal-exhalative banded iron and manganese-rich sediments. Ore textures are dominantly vein-veinlets, laminated, banded, massive, semi-massive, brecciated, and disseminated. This mineralization contains primary pyrite, chalcopyrite, sphalerite, hematite and pyrolusite, and secondary malachite, covellite, digenite, gypsum and Fe-Mn oxide and hydroxides. Gangue minerals are dominated by calcite, barite, quartz and chlorite. Wallrock alterations are dominated by chloritic and carbonatic-sericitic-silicic. Based on geochemistry of ore, metal zonation was observed in the deposit as enrichment of Cu in the stringer zone, and enrichment of Pb, Zn and Ag in the bedded facies. Considering the most important characteristics of mineralization at the Nohkuhi area, such as tectonic setting, host rocks, ore textures and structures, mineralogy, metal and alteration zonation, and comparison of the mineralization with main characters of the volcanogenic massive sulfide (VMS) deposits, the mineralization shows most similarities with the siliciclastic felsic or Bathurst- type deposits.

**Keywords:** Nohkuhi copper deposit, VMS, Bathurst type, Posht-e- Badam block, Central Iran

For Persian Version see pages 111 to 122

\*Corresponding author: F. Mousivand; E-mail: mousivand@shahroodut.ac.ir