



تعیین مدل کانه‌زایی مگنتیت - اسپیکیولاریت در کانسار آهن ده‌زمان، استان خراسان رضوی: کانی‌شناسی، ساخت و بافت و دگرسانی

حسین حاجی‌میرزاجان، آزاده ملکزاده شفارودی^{*}، سید مسعود همام، محمدرضا حیدریان شهری

گروه زمین‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

(دریافت مقاله: ۹۵/۷/۱۴، نسخه نهایی: ۹۵/۹/۲۸)

چکیده: کانسار آهن ده‌زمان در جنوب غربی بردسکن، استان خراسان رضوی، و در شمال شرقی کمربند زمین‌ساختی کاشمر- کرمان قرار دارد. زمین‌شناسی منطقه مورد بررسی شامل واحدهای رسوبی- آتشفشانی دگرگون شده شامل اسلیت- فیلیت، سرسیت شیست، سنگ‌های کربناته باز تبلور یافته، متاریولیت- متاریوداسیت و توده‌های نفوذی گرانیتی به سن پیشین زیستی نون- کامبرین است. کانه- زایی به شکل‌های رگه‌ای- رگچه‌ای، توده‌ای، برشی و افشان در واحد متاریولیت- متاریوداسیت تشکیل شده است. مگنتیت و اسپیکیولاریت (با Ti و V پایین) با ریزبلورهای از آپاتیت همراه با باطله‌های کلریت، کلسیت و کوارتز مهمترین کانی‌های کانسار هستند. مقادیر جزئی کالکوپیریت نیز وجود دارد. هماتیت و مالاکیت مهمترین کانی‌های ثانویه هستند. مهمترین دگرسانی‌های منطقه عبارتند از: کلریتی‌شدن، کربناتی‌شدن، سیلیسی‌شدن، پتاسی و تورمالینی‌شدن. موقعیت زمین‌ساختی، سنگ میزبان، کانی‌شناسی، دگرسانی و ساخت و بافت این بخش از کانسار ده‌زمان شباهت زیادی با ذخایر آهن نوع کایرونا دارد.

واژه‌های کلیدی: کانی‌شناسی؛ دگرسانی؛ آهن نوع کایرونا؛ ده‌زمان؛ کمربند کاشمر- کرمان.

مقدمه

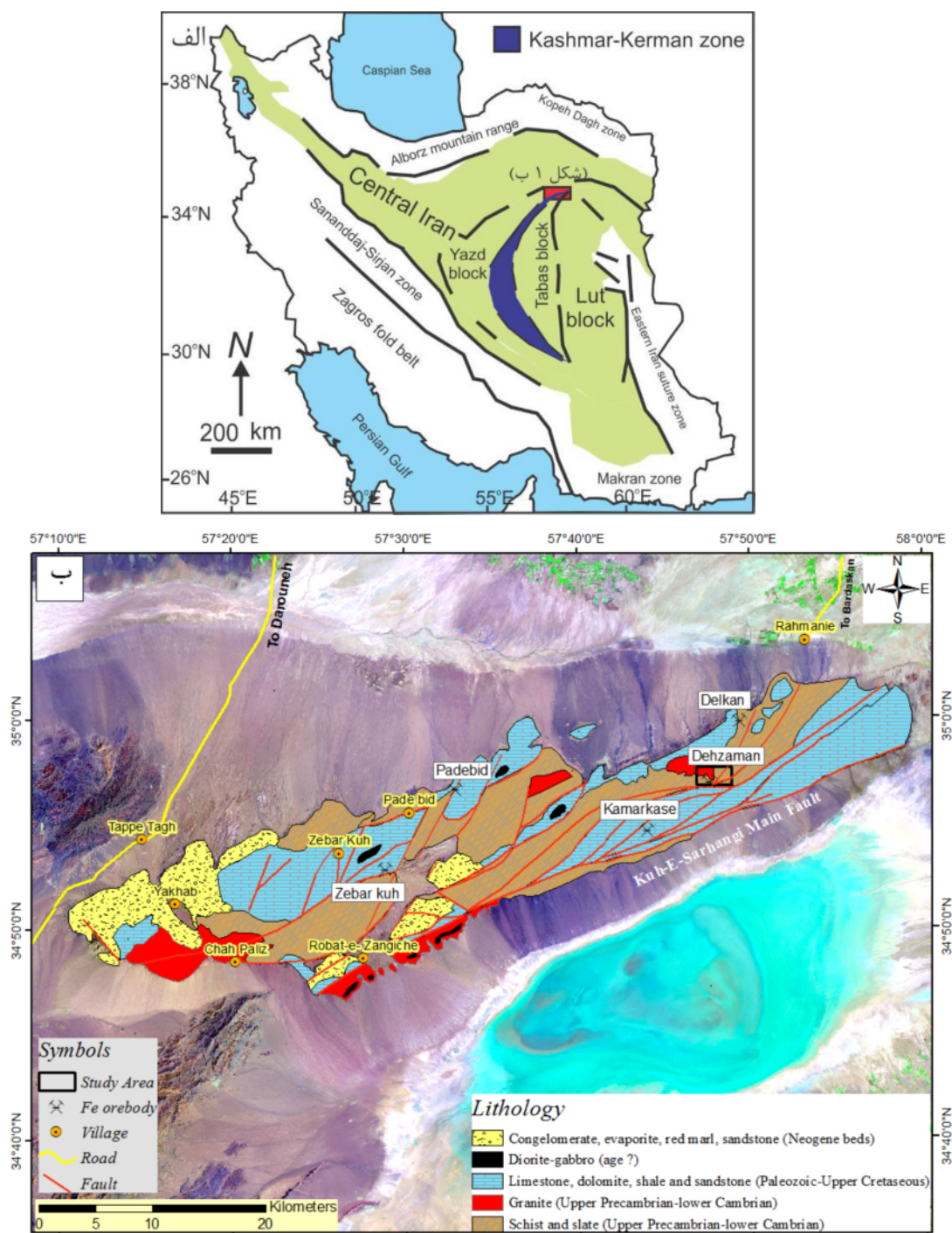
در قسمت شمال دارای خمیدگی در راستای شمال شرق بوده و در جنوب به سمت جنوب شرق میل دارد [۳]. وجود تعداد زیادی شاخص و معدن آهن در این کمربند مانند چغارت، چادرملو، میشدان، سه چاهون، ناریگان، رباط پشت‌بادام، جلال- آباد، لکه‌سیاه، ناهنجاری شمالی و اسفوردی نشان‌دهنده پتانسیل بالای این کمربند برای کانی‌سازی آهن است [۴-۱۳]. کانسار آهن ده‌زمان در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی بردسکن در استان خراسان رضوی و در شرق منطقه‌ای به نام کوه سرهنگی [۱۴] واقع شده است. کوه سرهنگی به طول ۷۵ کیلومتر و عرض ۱۰ تا ۲۰ کیلومتر به صورت یک گوه کشیده جزء ارتفاعات ایران مرکزی بوده و گوشه شمال شرقی کمربند کاشمر- کرمان را شامل می‌شود (شکل ۱). این محدوده شامل

مهمترین مناطق کانی‌سازی اکسیدهای آهن در ایران شامل بلوک پشت بادام در خرد قاره ایران مرکزی، منطقه هرمز در رشته کوه‌های زاگرس، ذخایر گل‌گهر و همه‌کسی در کمربند ماگمایی سنندج- سیرجان و سنگان در شرق ایران است [۱]. از دیدگاه فلززایی، منطقه ایران مرکزی مهمترین ایالت فلززایی آهن در ایران محسوب می‌شود [۲]. از نظر ساختاری کانسار آهن ده‌زمان، در قسمت شمال‌شرق کمربند زمین‌ساختی کاشمر- کرمان [۳] یا همان منطقه پشت بادام در خرد قاره ایران مرکزی قرار دارد. کمربند کمانی و ساختاری کاشمر- کرمان با طول حدود ۶۰۰ کیلومتر با مرزهای گسله، جدا کننده بلوک یزد و طبس است. این کمربند با امتداد شمالی- جنوبی،

^{*}نویسنده مسئول، تلفن: ۰۵۱۳۸۸۰۵۴۸۸، نمابر: ۰۵۱۳۸۷۹۶۴۱۶، پست الکترونیکی: shafaroudi@um.ac.ir

(با سبدهای متفاوت) است که از آن جمله می‌توان به آهن ده- زمان، دلکن، کمرکاسه، زبرکوه، پده بید و چندین منطقه دیگر اشاره کرد (شکل ۱).

سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی است که طی مراحل مختلف کوهزایی به شدت دستخوش دگرریختی شده‌اند و با آرایش نواری به شکل دوتایی‌های راستالغز مشاهده می‌شوند [۱۵]. کوه سرهنگی میزان تعداد زیادی انواع کانی‌سازی آهن



شکل ۱ الف) موقعیت کمر بند کاشمر- کرمان در منطقه ایران مرکزی [۳]. منطقه کوه سرهنگی با کادر قرمز رنگ در شمال شرقی آن نشان داده شده است. ب) نقشه زمین‌شناسی ساده شده کوه سرهنگی (با تغییرات برگرفته از [۱۴]) همراه با موقعیت کانسار آهن ده‌زمان.

کانه‌زایی آهن در کانسار ده‌زمان به دو شکل کانسنگ هماتیته و بخش مگنتیتی \pm اسپیکولاریتی دیده می‌شود. بهره‌برداری از این کانسار معطوف به بخش هماتیته بوده است؛ بطوری‌که تعداد زیادی تونل در آن حفر شده و به شکل زیرزمینی در حال برداشت است. به دلیل چگالی بالای کانسنگ هماتیته، این بخش از ماده معدنی در بخش حفاری شرکت نفت استفاده می‌شود. خاستگاه و نحوه تشکیل کانه‌زایی هماتیت در ناحیه ده‌زمان بحث برانگیز بوده و در بررسی انجام شده پیشین [۱۶]، با توجه به شواهد صحرایی، به عنوان یک کانسار رسوبی و همزاد با دنباله رسوبی-آتشفشانی معرفی شده است. مطالعه اخیر بر اساس شواهد صحرایی و نیز بررسی ریزپردازنده الکترونی، هماتیت را از نوع آهن رسوبی و نوع راپیتان معرفی می‌کند [۱۷]. تاکنون هیچگونه بررسی علمی و دقیق درباره بخش کانی‌سازی مگنتیت \pm اسپیکولاریت صورت نگرفته است. لذا هدف از این مقاله تعیین مدل کانی‌سازی مگنتیت \pm اسپیکولاریت به کمک بررسی ویژگی‌های کانی-شناختی، ساخت و بافت و دگرسانی در ناحیه ذخیره معدنی است. بررسی دقیق این کانسار می‌تواند عوامل کلیدی توزیع زمانی و مکانی را برای اکتشاف کانی‌زایی‌های مشابه در این بخش از منطقه ایران مرکزی معرفی کند و به عنوان الگوی اکتشافی مورد استفاده قرار گیرد.

زمین‌شناسی

قدیمیترین و گسترده‌ترین واحدهای سنگی منطقه کوه سرهنگی، سنگ‌های دگرگونی نهان‌زیستی پسین-کمبرین پیشین است که شامل اسلیت و انواع میکاشیست است. این مجموعه طی تحولات کوهزایی کاتانگایی دچار دگرگونی و دگرشکلی شده‌اند [۱۵]. توده‌های گرانیته در مناطق ده‌زمان، لایه برقی، رباط زنگیچه و یخاب در این سنگ‌های دگرگونی نفوذ نموده‌اند که بر اساس بررسی‌های سن‌سنجی انجام شده به روش U-Pb روی کانی زیرکن، سن آنها بین ۵۳۵ تا ۵۷۵ میلیون سال پیش مطابق با زمان پیشین زیستی نو-کمبرین است [۱۸]. مجموعه سنگ‌های رسوبی دیرینه‌زیستی تا کرتاسه نیز گسترش قابل توجهی در منطقه دارند. این مجموعه شامل سنگ آهک، دولومیت، شیل و ماسه‌سنگ است. در جنوب غرب ده‌زمان واحدهای سیلورین پسین تا پرمین به شدت دگرشکل و دچار دگرگونی ناحیه‌ای ضعیف شده‌اند. این واحدها روی شیل و ماسه‌سنگ قرمز ردیف گردو با سن ژوراسیک میانی رانده

شده‌اند و مارن و آهک کرتاسه نیز به شدت دگرریخت شده است. این وقایع نشان‌دهنده رخداد کوهزایی لارامین (کرتاسه پسین-پالئوسن) است. نبود واحدهای سنگی تریاس تا ژوراسیک پیشین حاکی از عملکرد کوهزایی سیمین آغازین و نبود رسوبات دیرینه‌زا نشان‌دهنده فعالیت فاز کوهزایی لارامین در منطقه کوه سرهنگی است [۱۵]. توده‌های نفوذی دیوریتی-گابرویی نیز در منطقه نفوذ کرده‌اند، که سن آنها نامشخص است. سنگ‌جوش، سنگ‌های تبخیری، مارن قرمز و ماسه‌سنگ نوزا جوانترین واحدهای سنگی منطقه کوه سرهنگی هستند که بیشتر در جنوب و غرب ناحیه رخنمون دارند و به سمت شمال در زیر رسوبات کواترنری مدفون می‌شوند (شکل ۱). مهمترین عارضه ساختاری منطقه، گسل اصلی کوه‌سرهنگی با روند N70E است که همه واحدهای سنگی از نهان‌زیستی تا نوزا را قطع کرده و عملکرد آن باعث بالا آمدگی واحدهای سنگی در جهت شمال غربی شده است [۱۵].

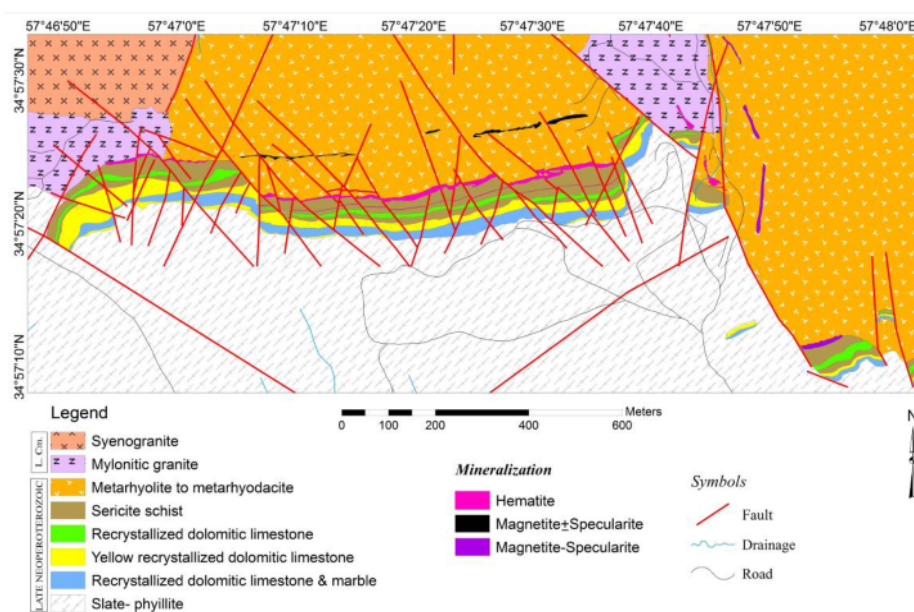
واحدهای سنگی منطقه کانسار ده‌زمان همگی متعلق به پیشین زیستی نو پسین-کمبرین پیشین هستند که تحت تاثیر دگرگونی ناحیه‌ای درجه پایین و دگرشکلی حاصل از فعالیت‌های زیاد زمین‌ساختی قرار گرفته‌اند. مجموعه آتشفشانی-رسوبی دگرگون شده منطقه به ترتیب از پایین به بالا شامل واحدهای زیر است (شکل ۲): ۱) اسلیت و فیلیت‌های سیاه و خاکستری با میان لایه‌های کوارتزیت که در جنوب منطقه گسترش دارند. وجود رگچه‌های فراوان کوارتز شیری با ساخت بودین در جهت شیب‌وارگی، ویژگی بارز این واحد است که تحت تاثیر دگرگونی ناحیه‌ای شکل گرفته‌اند. ۲) آهک دولومیتی بازتبلور یافته و مرمر. ۳) آهک دولومیتی بازتبلور یافته کرم تا زرد رنگ. ۴) آهک دولومیتی بازتبلور یافته. واحد کربناته دگرگون شده دارای روند شرقی-غربی هستند. حرکات زمین‌ساختی باعث شده است که طبقات رسوبی از حالت افقی خارج شده و به صورت شیب‌دار به سمت شمال دیده شوند. در برخی مناطق در درزه‌ها اکسید آهن هماتیت، لیمونیت و گوتیت به صورت ثانویه قابل مشاهده است. ۵) واحد سرسیت‌شیست با مرز تیز، همراستا با واحدهای کربناته دگرگون شده در شمال و جنوب لایه سنگ آهک دولومیتی بازتبلور یافته دیده می‌شود. در شمال و همراستا با این واحد، نوار بزرگ کانه‌زایی هماتیت به طول ۲۵۰۰ متر قرار دارد. سرسیت، مسکویت و کوارتز مهمترین کانی‌های تشکیل دهنده واحد سرسیت شیست هستند که در قسمت‌های بالایی و با نزدیک شدن به مرز لایه

پیشین است. بافت آن نیمه خود ریخت دانه‌ای بوده و کانی‌های اصلی آن کوارتز، فلدسپار قلیایی، پلاژیوکلاز، بیوتیت و مسکویت هستند که در برخی قسمت‌ها مقدار کانی بیوتیت در آن افزایش می‌یابد. زیرکن و آپاتیت نیز مهمترین کانی‌های فرعی این واحد هستند. کانی‌سازی با این توده دیده نمی‌شود. بر اثر حرکات شدید زمین‌ساختی، گرانیت‌ها در کناره و در محل گسل‌ها دچار دگرگونی شدید دینامیکی شده و باعث تشکیل گرانیت‌های میلونیتی شده‌اند. این حالت بیشتر در غرب و شمال شرق منطقه دیده می‌شود (شکل ۲). رنگ خاکستری و صورتی کمرنگ با بافت شیستی و سمتگیری شده، اصلی‌ترین مشخصه این واحد است. وجود پدیده‌هایی همچون برگوارگی میلونیتی در زمینه ریز بلور از کوارتز و فلدسپار، ماهی میکا همسو با جهت برش و گردشدگی لبه‌های کانی فلدسپار همگی نشان‌دهنده تاثیر شدید دگرگونی دینامیکی بر این واحد است [۱۸].

دایک‌های مافیک با ترکیب دیابازی و رنگ صحرایی سبز رنگ، آخرین فاز ماگمایی در منطقه ده‌زمان است که به دلیل کوچکی قابل نمایش در نقشه نبوده‌اند. این دایک‌ها بیشتر با روند شمالی- جنوبی در واحد متاریولیت- متاریوداسیت و گرانیت میلونیتی در مرکز و شرق ناحیه نفوذ کرده‌اند. طول دایک‌ها از ۲۰ تا ۱۵۰ متر متغیر بوده و دارای عرض بیشینه ۴۰ سانتیمتر هستند.

کانی‌سازی، ذرات هماتیت افزایش می‌یابد [۱۷]. ۶) واحد آتشفشانی متاریولیت- متاریوداسیت بیشتر در بخش مرکزی و شرقی ناحیه قابل مشاهده است (شکل ۲). این واحد در نقشه زمین‌شناسی قاسم‌آباد به عنوان ارتوگنیس با سن پیشین زیستی نو معرفی شده است [۱۹]. اما بررسی‌های این پژوهش نشان داد که این واحد، یک گدازه ریولیتی تا ریوداسیتی است که تحت تاثیر دگرگونی ناحیه‌ای و دینامیکی قرار گرفته است. این واحد میزبان اصلی کانه‌زایی مگنتیت±اسپیکولاریت است. بافت غالب در این سنگ‌ها پورفیری با زمینه بسیار ریزدانه است و درشت بلورهای فلدسپار قلیایی، پلاژیوکلاز و کوارتز در یک زمینه از فلدسپار و کوارتز همراه با کانی‌های ثانویه دیده هستند. زیرکن و مگنتیت مهمترین کانی‌های فرعی آن می‌باشند. هاله دگرسانی کلریتی شدید و کربناتی در اطراف کانی- سازی مگنتیت در این واحد آتشفشانی دگرگون شده دیده می‌شود. درشت بلورهای کوارتز، بیشتر در اثر اعمال نیروهای فشارشی حاصل از دگرگونی ناحیه‌ای و حرکات زمین‌ساختی به صورت بلورهای خرد شده با کناره‌های دنداندار و سایه فشاری دیده می‌شود و درشت بلورهای فلدسپار قلیایی ساختار سیگما را نشان می‌دهند. سرسیت نیز از کانی‌های ثانویه مهم در این واحد است که سمتگیری از خود نشان می‌دهد.

واحد سینوگرانیت با رنگ روشن در شمال غرب ناحیه قرار گرفته و دارای مرزهای گسله با واحد متاریولیت- متاریوداسیت است. براساس بررسی‌ها [۱۸] سن این توده نفوذی کامبرین



شکل ۲ نقشه زمین شناسی- کانی‌سازی ۱:۱۰۰۰ کانسار آهن ده‌زمان (سن واحدها براساس نتایج مراجع [۱۹، ۱۸] است).

روش بررسی

بررسی‌های انجام شده شامل مطالعات صحرایی-آزمایشگاهی به منظور تهیه نقشه زمین‌شناسی-کانی‌سازی با مقیاس ۱:۱۰۰۰، بررسی بیش از ۸۰ مقطع نازک جهت بررسی سنگ-نگاری و دگرسانی و ۳۰ مقطع نازک صیقلی و قطعه صیقلی جهت بررسی‌های کانه‌نگاری و تعیین روابط پاراژنری از بخش مگنتیتی-اسپیکولاریتی کانسار، بررسی ریزپردازش پرتو ایکس (XPM) روی ۸ نمونه مگنتیت و اسپیکولاریت در ۲۶ نقطه در شرکت کانساران بینالود تهران است. دستگاه ریز پردازنده پرتو ایکس مورد استفاده Horiba مدل XGT-7200 ساخت کشور ژاپن است. پردازش در شرایط ۲۰ میلی آمپر با ولتاژ ۱۵ تا ۲۰ کیلوولت انجام گرفته است.

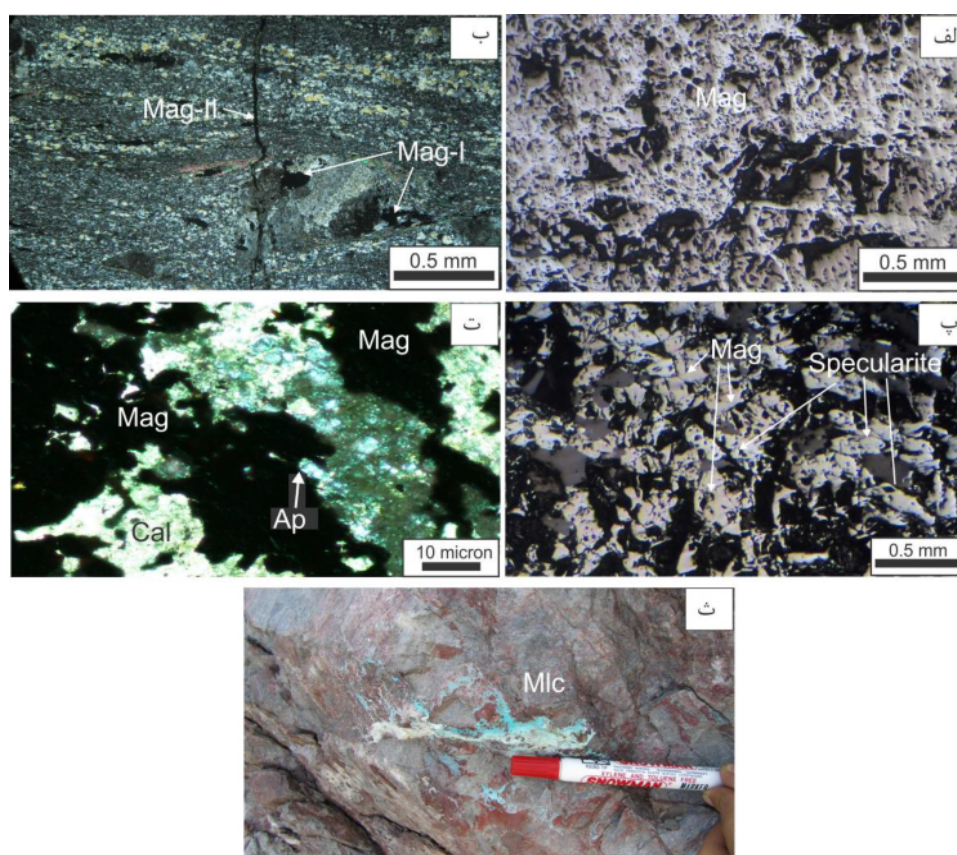
کانی‌سازی

کانی‌سازی مگنتیت±اسپیکولاریت در کانسار ده‌زمان به شکل رگه و رگچه در منطقه‌های گسلی و سطوح درز و شکستگی واحد متاریولیت-متاریوداسیت اواخر پیشین‌زیستی‌نو تشکیل شده است و فعالیت‌های زمین‌ساختی شدید منطقه موجب شده است تا جابه‌جایی‌های متعددی در آن صورت گیرد. روند کلی رگه‌های مگنتیت ± اسپیکولاریت در قسمت مرکزی منطقه به صورت شرقی-غربی با شیب ۸۵ درجه به سمت شمال و در قسمت شرقی دارای روند شمالی-جنوبی و با شیب ۷۵ درجه به سمت غرب است. طول بیشینه رگه‌های کانی‌سازی در قسمت مرکزی ۳۰۰ متر با عرض ۲ تا ۷ متر است که در قسمت‌های میانی به صورت منقطع بوده و در قسمت شرقی دارای طول بیشینه ۱۰۰ متر و عرض حدود ۳ تا ۵ متر است (شکل ۲). مقدار اسپیکولاریت در رگه‌های شرقی منطقه بیشتر است. آثار دگرشکلی به صورت بودین‌شدگی و تغییر ضخامت در رگه‌های کانه‌دار دیده می‌شود. کانی‌سازی رگه-رگچه‌ای و افشان در اطراف رگه‌های اصلی مگنتیت±اسپیکولاریت دیده می‌شود و با دور شدن از آن، درصد کانی فلزی کاهش می‌یابد. ضخامت بیشتر رگچه‌ها از چند میلیمتر تا حدود ۱۰ سانتیمتر متغیر است. کانی‌شناسی کانسار بسیار ساده بوده و شامل مگنتیت و اسپیکولاریت با ریزبلورهای آپاتیت و به مقدار ناچیز کالکوپیریت است که با باطله‌های کلریت، کربنات، کوارتز، بیوتیت ± تورمالین همراه است. هماتیت و به مقدار کمتر

مالاکیت مهمترین کانی‌های ثانویه هستند.

کانی‌شناسی

براساس بررسی‌های میکروسکوپیکی و ریز پردازنده پرتو ایکس، کانی‌شناسی و ترکیب شیمیایی کانی‌های مهم معدن آهن ده-زمان شناسایی شد. مگنتیت و اسپیکولاریت مهمترین کانی‌های منطقه ده‌زمان هستند که دارای ادخال‌هایی از آپاتیت هستند. کانی سولفیدی کالکوپیریت به مقدار بسیار جزئی دیده شد. هماتیت و به‌صورت محدود مالاکیت کانی‌های ثانویه همراه مگنتیت هستند. باطله‌های اصلی منطقه شامل کلریت، کلسیت و کوارتز و باطله‌های فرعی بیوتیت و تورمالین هستند. مگنتیت: مگنتیت مهمترین کانه این بخش از کانه‌زایی کانسار ده‌زمان به شمار می‌رود که در قالب ساخت و بافت‌های رگه-رگچه‌ای، توده‌ای، افشان و برشی مشاهده می‌شود. مگنتیت‌ها بیشتر بی‌شکل هستند و در برخی موارد به صورت شکل‌دار در اندازه‌های ۰/۱ میلیمتر تا ۱۱ میلیمتر نیز دیده می‌شوند. این کانی به‌صورت بخشی و در راستای مرز بلورها و شکستگی‌ها و یا گاهی به طور کامل به هماتیت (مارتیت) تبدیل شده است (شکل ۳ الف). کانی‌زایی مگنتیت در دو مرحله اتفاق افتاده است: ۱) بیشترین کانه‌زایی پیش از رخداد‌های دگرگونی ناحیه‌ای و دگرشکلی رخ داده است. مگنتیت‌های افشان و رگچه‌ای در سنگ میزبان آتشفشانی دگرگون‌شده، آثاری همچون دگرشکلی، بودین‌شدگی، سایه‌واتنشی و دور زدن برگ‌وارگی را از خود نشان می‌دهند (شکل ۳ ب) که حاکی از وجود مگنتیت قبل از فرایند دگرگونی ناحیه‌ای و دگرشکلی است [۲۱، ۲۰]. ۲) رگچه‌های مگنتیت که پس از فرایندهای دگرگونی ناحیه‌ای و دگرشکلی منطقه تشکیل شده و برگ-وارگی میلونیتی واحد میزبان را قطع کرده است (شکل ۳ ب). دگرگونی ناحیه‌ای درحد رخساره شیست‌سبز و دگرگونی دینامیکی باعث تمرکز مگنتیت در راستای شکستگی‌های ایجاد شده در منطقه شده و رگچه‌های مرحله دوم را تشکیل داده است. براساس بررسی ریزپردازنده پرتو ایکس، مقدار V کمتر از ۰/۱۱ درصد، مقدار P کمتر از ۰/۲ درصد و مقدار Ti کمتر از ۰/۶ درصد است که از این نظر این کانه جزء مگنتیت‌های کم تیتان و کم فسفر محسوب می‌شود (جدول ۱).



شکل ۳ تصاویری از کانی سازی در بخش مگنتیتی \pm اسپیکولاریتی کانسار ده زمان. الف) مگنتیت مارتیتی شده در نور بازتابی و PPL، ب) مگنتیت های مرحله نخست که دور زدن برگ وارگی را نشان می دهد و رگچه مگنتیت مرحله دوم که برگ وارگی میلونیتی واحد آتشفشانی دگرگون شده میزبان را قطع کرده است در نور عبوری و XPL، پ) بلورهای مگنتیت با ته رنگ قهوه ای و بلورهای اسپیکولاریت با رنگ سفید و شکل تیغه ای در کنار هم در نور بازتابی و PPL، ت) بلور آپاتیت در کنار مگنتیت در نور XPL، ث) آثار مالاکیت در سنگ میزبان (Mag= مگنتیت، Ap= آپاتیت، Cal= کلسیت، Mlc= مالاکیت [۲۲]).

جدول ۱ نتایج تجزیه ریز پردازنده پرتو ایکس برخی عناصر مهم در کانی مگنتیت (برحسب درصد).

شماره نمونه	P ₂ O ₅	TiO ₂	V ₂ O ₅	MnO ₂	Fe ₂ O ₃
H38.1-4	<۰.۰۱	<۰.۰۱	۰.۰۶	۰.۰۴	۹۶.۸۵
H39- 1	<۰.۰۱	<۰.۰۱	۰.۱۳	۰.۲۶	۹۷.۵۱
H39- 2	<۰.۰۱	۰.۰۶	۰.۱	۰.۰۴	۹۸.۸۲
H39- 3	<۰.۰۱	<۰.۰۱	۰.۱۴	۰.۰۷	۹۸.۱۲
H39- 4	<۰.۰۱	۰.۰۶	۰.۱۴	۰.۰۹	۹۸.۹۶
H42- 2	<۰.۰۱	۰.۳۹	۰.۱۹	<۰.۰۱	۹۷.۹۸
H42- 3	<۰.۰۱	<۰.۰۱	۰.۱۶	<۰.۰۱	۹۷.۷۰
H42- 4	<۰.۰۱	۰.۲۶	۰.۰۶	<۰.۰۱	۹۸.۴۴
H42- 5	<۰.۰۱	<۰.۰۱	۰.۱۶	<۰.۰۱	۹۸.۴
H43- 1	<۰.۰۱	<۰.۰۱	<۰.۰۱	<۰.۰۱	۹۹.۳۶
H43-2	<۰.۰۱	۰.۰۴	<۰.۰۱	<۰.۰۱	۹۹.۵۶
H43- 3	<۰.۰۱	<۰.۰۱	<۰.۰۱	<۰.۰۱	۹۸.۰۷
H43-4	<۰.۰۱	<۰.۰۱	<۰.۰۱	۰.۳۳	۹۹.۶۷
H43- 5	<۰.۰۱	<۰.۰۱	<۰.۰۱	<۰.۰۱	۹۹.۳۱
H2-1	۰.۱۶	<۰.۰۱	<۰.۰۱	<۰.۰۱	۹۷.۰۵
H2-3	۰.۲۱	<۰.۰۱	<۰.۰۱	<۰.۰۱	۹۶.۵۹
H14.1-1	<۰.۰۱	<۰.۰۱	۰.۱۲	<۰.۰۱	۹۷.۲۸
H14.1-2	<۰.۰۱	۰.۲۱	۰.۰۷	<۰.۰۱	۹۷.۲۸
H14.1-3	<۰.۰۱	<۰.۰۱	۰.۰۹	<۰.۰۱	۹۸.۵۹
H14.1-5	<۰.۰۱	۰.۰۷	۰.۰۱	<۰.۰۱	۹۷.۱۷

بخش عمده این کانی به مالاکیت تبدیل شده است. در مجموع شواهد سطحی حاکی از مقدار کم مس در سیال کانه‌دار است. **کلریت:** این کانی فراوان‌ترین باطله همراه با مگنتیت \pm اسپیکولاریت محسوب می‌شود که در قالب ساخت و بافت‌های توده‌ای، رگچه‌ای، افشان و برشی دیده می‌شود. کلریت توده‌ای در نزدیکی رگه‌های مگنتیت \pm اسپیکولاریت تا حدود ۳۰ درصد حجم سنگ وجود دارد. رگچه‌های متعدد کلریت‌دار همراه با کانی‌سازی مگنتیت در واحد آتشفشانی دگرگون شده میزبان نیز دیده می‌شود. کلریت به شکل پراکنده و در تجمع با دانه‌های مگنتیت، اسپیکولاریت و کوارتز در متن سنگ نیز وجود دارد.

کلسیت: کلسیت بعد از کلریت دومین باطله مهم همراه با مگنتیت \pm اسپیکولاریت محسوب می‌شود. دو نوع کلسیت در منطقه دیده می‌شود: (۱) کلسیت‌های مرحله اول که به صورت جانیشینی در فلدسپارهای سنگ آتشفشانی، در بخش مگنتیت توده‌ای در رگه‌ها و یا رگچه‌های کلسیت همراه با مگنتیت و اسپیکولاریت مشاهده می‌شوند و (۲) کلسیت‌های رگچه‌ای مرحله دوم که فاقد کانی‌سازی بوده و رگچه‌های مرحله اول را قطع می‌کنند.

کوارتز: این کانی به دو شکل قابل مشاهده است: ۱- کوارتزهای درشت بلور تا اندازه ۰/۵ میلیمتر همراه با رگه‌های اصلی مگنتیت \pm اسپیکولاریت، ۲- رگچه‌های کوارتز- کلریت- مگنتیت \pm بیوتیت \pm تورمالین و کلسیت- کوارتز- اسپیکولاریت در واحد آتشفشانی دگرگون شده.

اسپیکولاریت: این کانی دومین کانی فلزی مهم این بخش از کانه‌زایی کانسار ده‌زمان به شمار می‌رود که در قالب ساخت و بافت‌های رگه- رگچه‌ای، توده‌ای، افشان و برشی مشاهده می‌شود. اسپیکولاریت‌ها به شکل‌های تیغه‌ای و صفحه‌ای تا اندازه یک سانتیمتر دیده می‌شوند و آثار دگرگونی ناحیه‌ای و دگرشکلی همانند مگنتیت در آنها وجود دارد. بخش عمده اسپیکولاریت به صورت مخلوط با مگنتیت به شکل توده‌ای در رگه‌های اصلی کانی‌سازی در شرق منطقه دیده می‌شود (شکل ۳ پ). براساس بررسی ریزپردازنده پرتو ایکس، مقدار V کمتر از ۰/۰۸ درصد، مقدار P کمتر از ۰/۳ درصد و مقدار Ti کمتر از ۰/۲۶ درصد است که از این نظر این کانی جزء اسپیکولاریت- های کم تیتان و کم فسفر محسوب می‌شود (جدول ۲).

آپاتیت: این کانی بسیار ریزدانه (در حد چند میکرون تا بیشینه اندازه ۰/۰۵ میلیمتر) است. مطالعات آزمایشگاهی و بررسی ریزپردازنده پرتو ایکس مگنتیت و اسپیکولاریت نشان داد که ریزبلورهای آپاتیت به صورت آزاد یا به شکل ادخال در آنها وجود دارد (شکل ۳ ت و جدول ۳). این موضوع در تجزیه‌های زمین‌شیمی کانسنگ و نیز کانی‌های مگنتیت و اسپیکولاریت با بالا بودن مقادیر فسفر، کلسیم و عناصر خاکی نادر (که خارج از بحث این مقاله است) کاملاً تایید شده است. این کانی شکل‌دار بوده و فراوانی آن در کل کانسنگ کمتر از ۱۰ درصد برآورد می‌شود. مقدار آپاتیت با مقدار اسپیکولاریت در کانسنگ همبستگی مثبت دارد و لذا در رگه‌های بخش شرقی منطقه مقدار آن بیشتر است.

کالکوپیریت: مقدار این کانی بسیار ناچیز است، بطوری‌که در برخی نقاط ذرات ریز کالکوپیریت در نمونه دستی دیده شد.

جدول ۲ نتایج تجزیه ریز پردازنده پرتو ایکس برخی عناصر مهم در کانی اسپیکولاریت (برحسب درصد).

شماره نمونه	P ₂ O ₅	V ₂ O ₅	TiO ₂	MnO ₂	Fe ₂ O ₃
H45	<۰/۰۱	۰/۱	۰/۰۷	<۰/۰۱	۹۶/۵۷
A9-1	<۰/۰۱	۰/۱۴	۰/۰۵	<۰/۰۱	۹۹/۲
A9-2	۰/۷۲	<۰/۰۱	۰/۴۴	<۰/۰۱	۹۸/۷۵
A9-3	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	۹۹/۹۵
A9-4	<۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۰۶	۹۹/۶۷

جدول ۳ نمونه‌ای از نتایج تجزیه ریز پردازنده پرتو ایکس کانی آپاتیت در درون اسپیکولاریت (برحسب درصد)

شماره نمونه	P ₂ O ₅	CaO	Fe ₂ O ₃	MnO ₂
H45-5	۳۹/۴۰	۵۹/۱	۰/۱۶	۰/۳۵

سنگ میزبان تشکیل شده و مهمترین مرحله کانی سازی است و با تشکیل بخش های اصلی مگنتیت و اسپیکولاریت همراه با آپاتیت، مقدار جزئی کالکوپیریت همراه با کلریت، کوارتز، کلسیت، بیوتیت و تورمالین مشخص می شود، (۲) تشکیل رگچه های مگنتیت و کلسیت تاخیری پس از دگرگونی ناحیه ای و دگرشکلی که کانی سازی مرحله اول را قطع می کنند و (۳) هواز دگی کانسار که منجر به تشکیل هماتیت و مالاکیت شده است (شکل ۴).

ساخت و بافت












الف) ساخت و بافت رگه- رگچه ای: این نوع ساخت و بافت فراوان ترین شکل کانی سازی محسوب می شود. رگه- رگچه ها در سطوح گسلی و درز و شکستگی های سنگ میزبان تشکیل شده اند و کنترل ساختاری کاملی دارند. رگه- رگچه ها را می- توان براساس ترکیب کانی شناسی می توان به انواع مگنتیت، مگنتیت- اسپیکولاریت، کلریت- مگنتیت، کوارتز- کلریت- مگنتیت \pm بیوتیت \pm تورمالین، کلریت- بیوتیت- مگنتیت \pm تورمالین، کلسیت- مگنتیت، کلسیت- کوارتز- اسپیکولاریت، کلریت- کلسیت- مگنتیت و کلریت- کلسیت تقسیم کرد. از این میان رگچه های مگنتیت و مگنتیت- کلریت از همه فراوانترند (شکل ۵ الف).

بیوتیت: پولک های بی شکل بیوتیت ثانویه در قالب رگچه های کوارتز- کلریت- مگنتیت \pm بیوتیت \pm تورمالین و کلریت- بیوتیت- مگنتیت \pm تورمالین و کمتر پراکنده در متن سنگ کمتر از حدود ۵ درصد در واحد میزبان و در کناره رگه های اصلی کانی سازی مگنتیت \pm اسپیکولاریت دیده می شود.

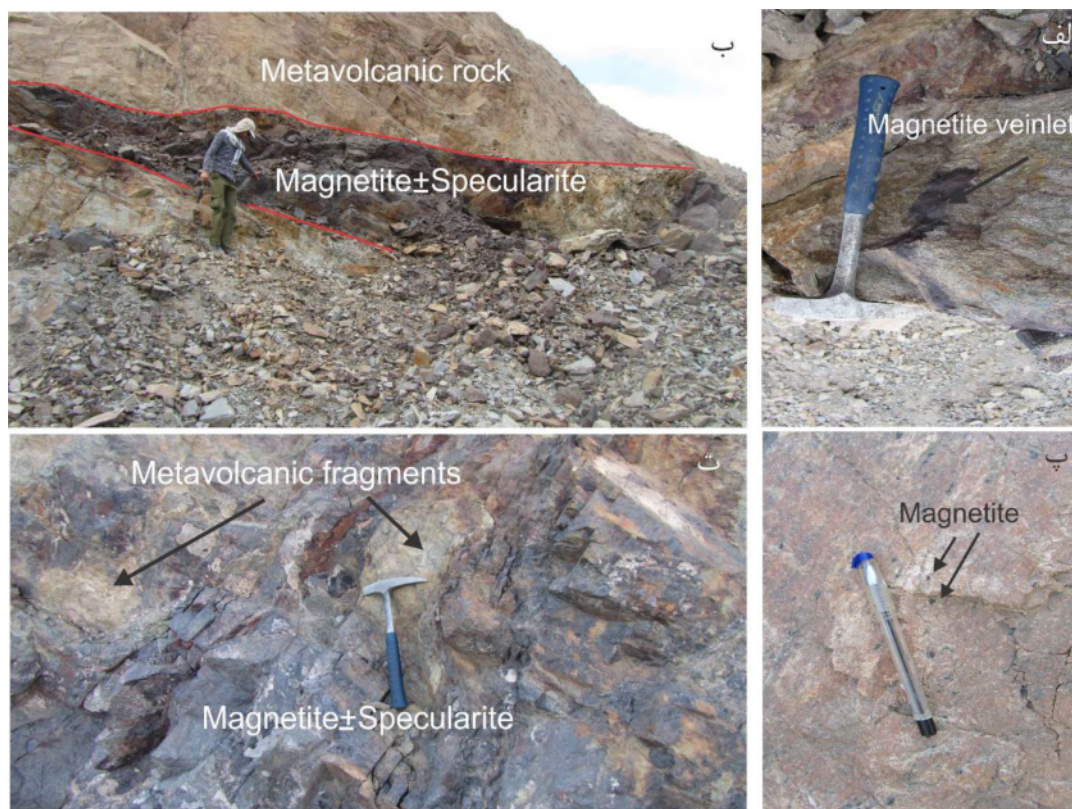
تورمالین: این کانی گاهی در رگچه های بیوتیت دار دیده می- شود و سهم آن در رگچه ها کمتر از ۱۰ درصد حجم رگچه است. براساس مشخصه میکروسکوپیکی به نظر می رسد که این کانی از نوع شورل باشد.

هماتیت و مالاکیت: هماتیت مهمترین کانی ثانویه در منطقه کانی سازی مگنتیت \pm اسپیکولاریت است که بیشتر حاصل تبدیل مگنتیت ها (شکل ۳ الف) و به ندرت اسپیکولاریت است. درصد تمرکز هماتیت در برخی نقاط تا حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد می رسد. مالاکیت حاصل از تبدیل کالکوپیریت به صورت رگچه های با عرض ۱ تا ۳ میلیمتر در نزدیکی منطقه- های کانی سازی قابل مشاهده است. در سه بخش از ناحیه همراه با رگه های مگنتیت \pm اسپیکولاریت، آثار مالاکیت نیز دیده می شود (شکل ۳ ث).

دنباله کنارزایی این بخش کانسار آهن دهمان را می توان در سه مرحله نشان داد: (۱) مرحله اول که قبل از دگرگونی ناحیه- ای و دگرشکلی در منطقه های گسلی و درز و شکستگی های

Minerals	Stage I	Stage II	Oxidized zone
Magnetite			
Specularite			
Apatite			
Chalcopyrite			
Chlorite			
Quartz			
Calcite			
Biotite			
Tourmaline			
Malachite			
Hematite			

شکل ۴ دنباله کنارزایی کانی های فلزی و غیرفلزی بخش مگنتیتی \pm اسپیکولاریتی کانسار آهن دهمان.



شکل ۵ تصاویری از ساخت و بافت‌های مختلف در بخش مگنتیتی ± اسپیکولاریتی کانسار ده‌زمان. (الف) رگچه مگنتیت در واحد آتشفشانی دگرگون شده، (ب) ساخت و بافت توده‌ای مگنتیت ± اسپیکولاریت در رگه‌های کانی‌سازی، (پ) کانی‌سازی افشان مگنتیت در سنگ آتشفشانی دگرگون شده، (ت) نمایی از منطقه‌های برشی شده شامل قطعات دگرسان سنگ آتشفشانی در سیمانی از مگنتیت، اسپیکولاریت، کلریت و کلسیت.

زمان در مقیاس میکروسکوپی و ماکروسکوپی در نقاط مختلف منطقه کانی‌سازی دیده می‌شود. در این نوع کانی‌سازی قطعاتی از سنگ متاریولیت-متاریوداسیت دگرسان شده به شکل زاویه‌دار در سیمانی از مگنتیت یا مگنتیت-اسپیکولاریت و کمتر کلریت و کلسیت به شکل متراکم قرار گرفته‌اند (شکل ۵ ت). اندازه قطعات از چند سانتیمتر تا حدود یک متر متغیر است و بیشتر توسط دگرسانی‌های کلریتی و سیلیسی تحت تاثیر قرار گرفته‌اند. این برش‌ها از نوع گسلی هستند، بطوریکه بر اثر فعالیت‌های زمین‌ساختی همزمان با کانی‌سازی، سنگ آتشفشانی برشی شده و بعد محلول حمل‌کننده آهن فضای خالی بین قطعات را پر کرده است.

دگرسانی

دگرسانی در محدوده کانی‌سازی مگنتیت ± اسپیکولاریت کانسار ده‌زمان بیشتر محدود به بخش‌های کانه‌دار است و به انواع کلریتی‌شدن، کربناتی‌شدن، سیلیسی‌شدن، پتاسی و تورمالینی‌شدن قابل تقسیم است. کلریتی‌شدن مهمترین دگرسانی همراه با کانه‌زایی مگنتیت ± اسپیکولاریت در منطقه

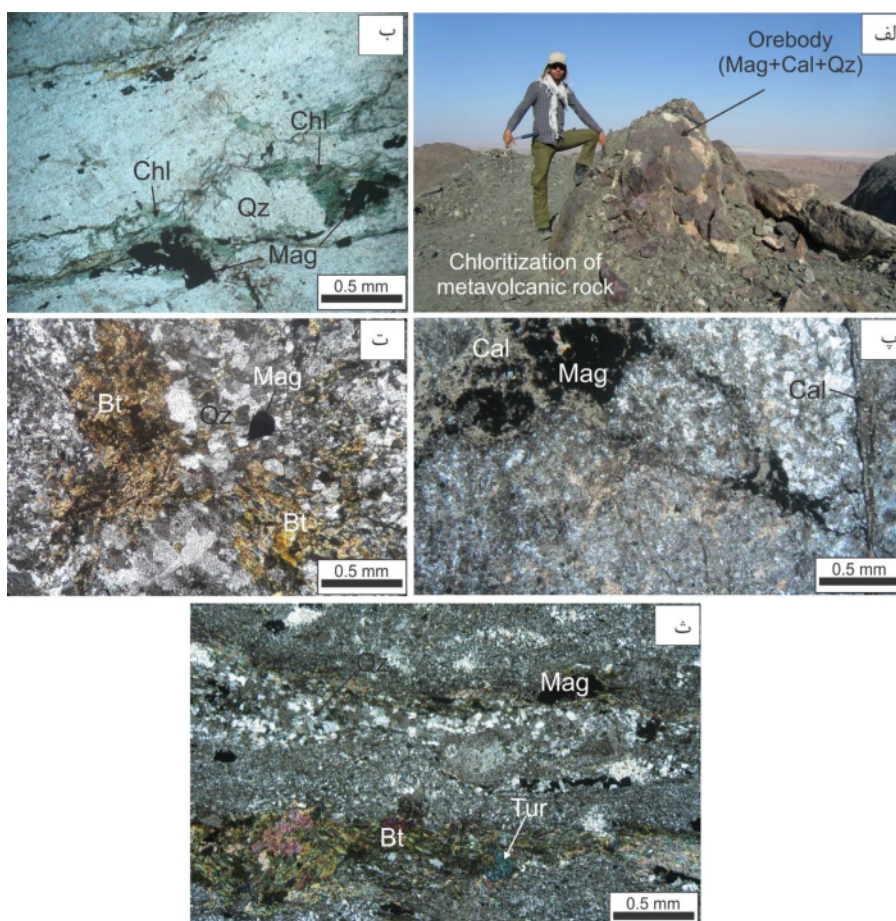
(ب) **ساخت و بافت توده‌ای:** این نوع ساخت و بافت در رگه‌های کانی‌سازی دیده می‌شود (شکل ۵ ب). کانی‌شناسی اصلی این بخش‌ها مگنتیت یا مگنتیت-اسپیکولاریت است که مگنتیت‌ها بیشتر به صورت بی‌شکل و اسپیکولاریت‌ها به شکل تیغه‌ای و صفحه‌ای دیده می‌شوند. کلریت به رنگ سبز پر رنگ است و کلسیت و کمتر کوارتز مهمترین باطله‌های آن هستند.

(پ) **کانی‌سازی افشان:** این بافت بیشتر در اطراف رگه‌ها و در واحد آتشفشانی مشاهده می‌شود به طوری که درصد پراکندگی مگنتیت یا اسپیکولاریت در این نقاط به ۱۵ تا ۲۰ درصد حجم سنگ می‌رسد و با فاصله گرفتن از آن مقدار آنها کاهش می‌یابد (شکل ۵ پ). دانه‌های مگنتیت به صورت شکل‌دار و بی‌شکل و بلورهای اسپیکولاریت به صورت شکل‌دار دیده می‌شوند. اندازه ذرات مگنتیت و اسپیکولاریت از ۰/۱ میلی‌متر تا ۱۱ میلی‌متر متغیر است و با کلریت، بیوتیت، کلسیت و کوارتز همراهند. آثار دگرگونی ناحیه‌ای و حرکات زمین‌ساختی به شکل کشیدگی و قرار گرفتن در راستای برگ‌وارگی در آنها دیده می‌شود.

(ت) **ساخت و بافت برشی:** ساخت و بافت برشی در منطقه ده

است. مقدار کلریت در اطراف رگه‌های اصلی کانی‌سازی به حدود ۳۰ درصد حجمی سنگ می‌رسد، اما با دور شدن از محل کانی‌سازی به کمتر از ۵ درصد کاهش می‌یابد. رنگ سبز تیره این کانی در اطراف رنگ سیاه مگنتیت-اسپیکولاریت یکی از مشخصه‌های شاخص این بخش از کانسار ده‌زمان است (شکل ۶ الف). علاوه بر کلریت‌های توده‌ای در اطراف رگه‌های مگنتیت±اسپیکولاریت، رگچه‌های کلریت-مگنتیت، کوارتز-کلریت-مگنتیت±بیوتیت±تورمالین، کلریت-بیوتیت-مگنتیت±تورمالین، کلریت-کلسیت و کلریت-کلسیت-مگنتیت در واحد متاریولیت-متاریوداسیت نیز دیده می‌شود (شکل ۶ ب). کلسیت یکی دیگر از کانی‌های باطله مهم منطقه است که همراه با کلریت در اطراف رگه‌های مگنتیت±اسپیکولاریت دیده می‌شود. در واحد آتشفشانی دگرگون شده نیز کلسیت به شکل جانیشینی در پلاژیوکلاز، پراکنده در متن

سنگ و رگچه‌های کلسیت-مگنتیت، کلسیت-کوارتز-اسپیکولاریت و کلریت-کلسیت-مگنتیت وجود دارد. همچنین رگچه‌های تأخیری از کلسیت، رگچه‌های اولیه کانی‌سازی را قطع می‌کنند (شکل ۶ پ). کوارتز ثانویه به مقدار کمتر از ۱۰ درصد همراه با کانی‌سازی مگنتیت±اسپیکولاریت رگه‌ای وجود دارد. علاوه بر آن رگچه‌هایی از کوارتز وجود دارد با مگنتیت، اسپیکولاریت، کلسیت، کلریت، بیوتیت و تورمالین در سنگ آتشفشانی همراه و در اطراف رگه‌ها دیده می‌شود (شکل ۶ ب تا ث). پولک‌های بیوتیت ثانویه بیشتر به شکل رگچه‌ای و کمتر پراکنده همراه با مگنتیت، کلریت، کوارتز و تورمالین کمتر از ۵ درصد در واحد متاریولیت-متاریوداسیت دیده می‌شود (شکل ۶ ت و ث). مقدار تورمالین کمتر از ۳ درصد است و در برخی رگچه‌های مگنتیت و بیوتیت‌دار وجود دارد (شکل ۶ ث).



شکل ۶ تصاویری از دگرسانی در بخش مگنتیتی±اسپیکولاریتی کانسار ده‌زمان. الف) رنگ سبز کلریتی شدید در کنار توده کانی‌سازی در صحرای رگچه کوارتز-کلریت-مگنتیت در نور PPL، پ) رگچه کلسیت-مگنتیت و رگچه تأخیری کلسیت که رگچه‌های دیگر را قطع می‌کند در نور XPL، ت) تجمع بیوتیت ثانویه، کوارتز ثانویه و مگنتیت افشان در نور XPL، ث) رگچه کوارتز-مگنتیت در بالا و کلریت-بیوتیت-مگنتیت-تورمالین در پایین در نور XPL (Mag=مگنتیت، Cal=کلسیت، Qz=کوارتز، Chl=کلریت، Bt=بیوتیت، Tur=تورمالین [۲۲]).

تعیین مدل کانی‌سازی

کانسارهای اکسید آهن-آپاتیت با Ti و P پایین که بیشتر با ماگماهای آهکی-قلیایی تا قلیایی همراهند به ذخایر نوع کایرونا معروفند که با علامت اختصاری IOA (Iron Oxide-Apatite) معرفی می‌شوند [۲۳]. منطقه کاشمر-کرمان میزبان کانسارهای آهن نوع کایرونا بزرگی همچون چغارت، چادرملو، میشدوان، سه چاهون و اسفوردی است [۴-۱۳]. آثار این نوع کانی‌سازی حتی در شرق معدن ده‌زمان در کانسار آهن دلکن نیز گزارش شده است [۲۴].

در مورد خاستگاه ذخایر کایرونا تاکنون نظرات مختلفی از جمله ماگمایی [۲۵]، گرمایی آتشفشان‌زاد [۲۶]، دگرتهادی [۲۷]، گرمایی [۶، ۹]، تبخیری [۲۸] و مدل سیال ماگمایی و غیرماگمایی [۲۹] مطرح شده است. بنا به نظر [۳۰] فرآیندهای تشکیل این کانسارها بر اساس فعالیت‌های گرمایی و جدایش ماگمایی است که سیالات جوی نیز در مراحل پایانی وارد سیستم کانی‌سازی می‌شوند. کانی‌سازی در این نوع از کانسارها در سنگ میزبان آتشفشانی و نفوذی روی می‌دهد و بیشتر فلزات خاستگاه ماگمایی دارند.

جدول ۴ ویژگی‌های ذخایر کایرونا را با بخش مگنتیت \pm اسپیکولاریت کانسار ده‌زمان مقایسه می‌کند [۳۱-۳۳]. به عقیده [۳۴] ذخایر کایرونا در محیط‌های زمین‌ساختی ریف‌ت درون قاره‌ای و منطقه‌های فرورانش کرانه قاره تشکیل می‌شوند. کانسار ده‌زمان در گوشه شمال شرقی کمرند کاشمر-کرمان قرار گرفته است. رژیم زمین‌ساختی این منطقه کافت با سن اواخر دوره نهان زیستی معرفی شده است [۳۵] که با توجه به حضور ماگماتیسیم‌های خاص قلیایی و پرآلکالن، مجموعه‌های آتشفشانی-رسوبی و نوع کانسارهای ویژه این منطقه مورد

تایید قرار گرفته است [۴، ۳۶]. ذخایر نوع کایرونا نیز وابسته به ماگماتیسیم آهکی-قلیایی بوده و بسته به محیط تشکیل در گدازه‌های آندزیتی تا تراکیتی و توده‌های نفوذی نیمه عمیق با ترکیب سینیت پورفیری، مونزونیت و دیوریت تشکیل می‌شوند [۳۷، ۳۰]. سنگ‌های تراکیتی قلیایی میزبان کانسار کایرونا در مناطق کشتی هستند [۳۲]. سنگ میزبان این بخش از کانی-سازی کانسار ده‌زمان از واحدهای آتشفشانی ریولیتی-ریوداسیتی دگرگون شده پیشین زیستی نو است و سنگ خاستگاه کانی‌سازی در عمق است. توده معدنی در خایر کایرونا به شکل عدسی هم شیب تا ناهم شیب، رگه‌های دایکی شکل، داربستی و توده‌های صفحه‌ای دیده می‌شود [۳۸]. در کانسار ده‌زمان نیز ساخت و بافت رگه-رگچه‌ای، برشی، توده‌ای و افشان دیده می‌شود. کانی‌شناسی عمده کانسارهای کایرونا مگنتیت، اسپیکولاریت و آپاتیت و نیز اکتینولیت است، درحالی‌که در ده‌زمان بیشتر مگنتیت و اسپیکولاریت دیده می‌شود و حضور آپاتیت به شکل بسیار ریز دانه و یا ادخال در درون این کانی‌ها به اثبات رسیده است. همچنین اکتینولیت دیده نشد و فراوانترین باطله همراه با کانی‌سازی کلریت است. مقدار تیتان به اضافه وانادیوم در مگنتیت‌های ذخایر نوع کایرونا بین ۰/۱۵ تا ۱ درصد است [۳۹]. این مقدار در مگنتیت‌ها و اسپیکولاریت‌های کانسار ده‌زمان کمتر از ۰/۷ درصد است. فسفر نیز کمتر از ۰/۳ درصد است که از این لحاظ نیز همخوانی خوبی با کانسارهای کایرونا دارد. دگرسانی در کانسارهای نوع کایرونا از عمق به طرف سطح شامل دگرسانی سدیمی، پتاسی، سرسیتی و سیلیسی تاخیری است [۲۷]. در کانسار ده‌زمان دگرسانی کلریتی‌شدن، کربناتی‌شدن، سیلیسی‌شدن و پتاسی شاخص‌تر است.

جدول ۴ مقایسه ویژگی‌های بخش مگنتیت \pm اسپیکولاریت کانسار ده‌زمان و کانسارهای آهن نوع کایرونا [۲۷ و ۳۱-۳۳]

ویژگی‌ها	کانسار نوع کایرونا	کانسار ده‌زمان
محیط زمین‌ساختی	کرانه قاره، محیط‌های فرورانش وابسته به کمرند آتشفشانی، رژیم‌های کشتی	رژیم کشتی
سن	پیشین زیستی دیرینه تا پلیوسن و پلیستوسن	پس از پیشین زیستی نو
سنگ میزبان	سنگ‌های آتشفشانی آهکی-قلیایی تا قلیایی و توده‌های پلوتونی	سنگ‌های آتشفشانی ریولیتی-ریوداسیتی
ماهیت ماگماتیسیم	آهکی-قلیایی تا قلیایی نوع I	؟
کانی‌شناسی	مگنتیت با مقدار پایین Ti و V، اسپیکولاریت، آپاتیت، پیریت، کالکوپریت (جزیی)، اکتینولیت، دیوپسید، کلسیت و کوارتز	مگنتیت و اسپیکولاریت با مقدار پایین Ti و V، آپاتیت ریزدانه، مقدار جزئی کالکوپریت، کلریت، کلسیت، کوارتز، بیوتیت، تورمالین
دگرسانی	سدیمی، سدیمی-کلسیمی، اکتینولیت، سرسیتی، سیلیسی، پتاسی، تورمالینی شدن	کلریتی، کلسیتی، سیلیسی، پتاسی، تورمالینی شدن
ساخت و بافت	رگه‌ای، نواری، توده‌ای، جانیشینی	رگه-رگچه‌ای، توده‌ای، برشی، افشان
عوامل کنترل‌کننده	مناطق برشی، شکستگی‌ها	منطقه‌های گسلی، درزه‌ها و شکستگی‌ها

برداشت

بخش مگنتیت \pm اسپیکولاریت کانسار ده‌زمان به لحاظ جایگاه زمین‌ساختی، نوع سنگ میزبان، ساخت و بافت، کنارزایی کانیایی، ترکیب کانی‌شناسی و دگرسانی شباهت زیادی با ذخایر نوع اکسید آهن-آپاتیت کایرونا (IOA) دارد؛ هرچند تفاوت‌هایی نیز وجود دارد که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: ۱- در کانسارهای کایرونا آپاتیت به عنوان یک کانی اصلی حضور دارد ولی در ده‌زمان آپاتیت به صورت بسیار ریزبلور یا به شکل ادخال در درون اسپیکولاریت و مگنتیت وجود دارد و حضور آن توسط بررسی‌های ریزپردازنده پرتو ایکس و تجزیه‌های زمین‌شیمی (تجزیه ICP-MS کل کانسنگ و نیز مگنتیت و اسپیکولاریت‌های خالص‌سازی شده) به اثبات رسید، ۲- اکتینولیت و دگرسانی سدیمی دیده نشد و در عوض کلریت مهم‌ترین کانی باطله همراه با کانی‌سازی است. البته گفتنی است که وجود رگه و رگچه‌های به نسبت باریکی از کانی‌سازی در سطوح درز و شکستگی سنگ میزبان و عدم مشاهده توده‌های نفوذی با خاستگاه در سطح نشان می‌دهد که در حال حاضر سطوح بالایی کانسار بررسی شده است و قطعاً حفاری در منطقه می‌تواند جنبه‌های کامل‌تر از کانی‌سازی و دگرسانی را روشن نماید.

بررسی ویژگی‌های مختلف بخش مگنتیت \pm اسپیکولاریت کانسار ده‌زمان و وجود معدن دلکن در شرق آن نشان می‌دهد که ذخایر نوع کایرونا که علاوه بر آهن حاوی مقادیر بالایی از عناصر خاکی نادر هستند، فقط مختص مرکز منطقه کاشمر-کرمان در ایران مرکزی نیستند و گویا در سراسر این منطقه ساختاری حضور دارند و اکتشاف هرچه بیشتر آنها باید مدنظر قرار بگیرد.

قدردانی

این پروژه با حمایت مالی دانشگاه فردوسی مشهد در ارتباط با طرح پژوهشی شماره ۳۶۹۷۲/۳ مورخ ۱۳۹۳/۱۲/۱۴ انجام شده است. از مدیرعامل و کارکنان محترم شرکت اپال کانی پارس بویژه جناب آقایان مهندس نقی‌پور و مالکی به علت همکاری‌های آنها سپاسگزاریم.

مراجع

- metallogeny", Australian Journal of Earth Sciences 62 (2015) 211-241.
- [2] Ghorbani M., "The economic geology of Iran, mineral deposits and natural resources", Springer (2013) 569 p.
- [3] Ramezani J., Tucker, R., "The saghand region, central Iran: U-Pb geochronology, prtrogenesis and implication for gondwana tectonics", Amrican journal of science 303 (2003) 622-665.
- [4] Daliran F., "The magnetite-apatite deposit of Mishdovan, East Central Iran. An alkali rhyolite hosted, 'Kiruna type' occurrence in the Infracambrian Bafq Metallotect (Mineralogic, Petro-graphic and geochemical study of the ores and the host rocks)", Unpublished PhD thesis, University of Karlsruhe, Karlsruhe, Germany (1990) 248 p.
- [5] Foster H., Jafarzadeh A., "The Bafq mining district in Central Iran—a highly mineralized Infracambrian volcanic field", Economic Geology 89 (1994) 1697-1721.
- [6] Daliran F., "Kiruna type iron oxide-apatite ores and apatities of the Bafq district, Iran, with an emphasis on the REE geochemistry of the their apatites", in Porter, T. M. (eds.), Hydrothermal iron oxide copper gold and related deposits: a global perspective, PGC Publishing, Adelaide 2 (2002) 303-320.
- [7] Moore F., Modabberi S., "Origin of choghart iron oxide deposit, Bafq mining district, central Iran: new isotopic and geochemical evidence", Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran 14 (2003) 259-269.
- [8] Torab F.M., Lehmann B., "Magnetite-apatite deposits of the Bafq district, Central Iran: apatite geochemistry and monazite geochronology", Mineral Magazine 71 (2006) 347-363.
- [9] Jami M., Dunlop A. C., Cohen D. R., "Fluid inclusion and stabele isotope study of the Esfordi apatite-magnetite deposit, Central Iran", Economic Geology 102 (2007) 1111-1128.
- [10] Daliran F., Stosch H. -G., Williams P., "Multistage metasomatism and mineralization at hydrothermal Fe oxide-REE-apatite deposits and apatitites of the Bafq District, Central-East Iran", in Andrew, C.J. et al. (eds), Digging deeper, Proceeding of the 9th Biennial SGA Meeting, Dublin (2007) 1501-1504.
- [11] Daliran F., Stosch H. G., Williams P., "A review of the early Cambrian magmatic and metasomatic events and their bearing on the genesis of the Fe oxide-REE-apatite deposits (IOA) of the Bafq District, Iran", In: Williams P. ed.

- [1] Nabatian Gh., Rastad E., Neubauer M., Honarmand M., Ghaderi M., "Iron and Fe-Mn mineralization in Iran: implication for Tethyan

- [۱۹] سهندی م.ر، قاسمی م.ر، اختیارآبادی ی.، نقشه زمین-شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ قاسم آباد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۸۹).
- [20] Horst Q., Rosiere C.A., Heinrich S., Brokmeier H.G., Janson E.M., "Microstructures, textures and deformation mechanisms in hematite", *Journal of Structural Geology* 23(9) (2001) 1429–1440.
- [21] Kontny A., Engelmann R., Grimmer J.C., Greiling R.O., Hirt A., "Magnetic fabric development in a highly anisotropic magnetite-bearing ductile shear zone (Seve Nappe Complex, Scandinavian Caledonides)", *International Journal of Earth Sciences* 101(3) (2012) 671–692.
- [22] Whitney D. L., Evans B. W., "Abbreviations for names of rock-forming minerals", *American Mineralogist* 95 (2010) 185–187.
- [23] Williams P., "Classifying IOCG deposits", in *Exploring for iron oxide copper-gold deposits: Canada and global analogues*, (2008) 11-19.
- [۲۴] شعبانی س.، کریم‌پور م.ج.، ملکزاده شفاوردی ا.، مطالعات کانی‌شناختی و ژئوشیمیایی در کانسار آهن دلکن، استان خراسان‌رضوی، هشتمین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه زنجان.
- [25] Frietsch R., "On the chemical composition of the ore breccia at Luoassavaara, northern Sweden", *Mineralium Deposita* 17 (1982) 239-243.
- [26] Lundbohm H., Backstrom H., "Geology of the Kirunavaara district", *Geologisks Foreningensi Stockholm Forhandlingar* 20 (1989) 63-74.
- [27] Hitzman M. W., Oreskes N., Einaudi M. T., "Geological characteristics and tectonic setting of Perotrozoic iron oxide (Cu-U-Au-LREE) deposits", *Precambrian Research* 58 (1992) 241-287.
- [28] Barton M. D., Johnson D. A., "An evaporitic source model for igneous-related Fe oxide (Cu-Au-U-REE) mineralization", *Geology* 24 (1996) 259-262.
- [29] Barton M. ., Johnson D. A., "Footprints of Fe oxide (-Cu-Au) system", SEG 2004: Predictive Mineral Discovery under Cover. Center for Global Metallogeny, Spec. Pub. 33, University of Western Australia, (2004) 112-116.
- [30] Gandhi S. S., Bell R. T., "Kiruna/Olympic Dam-type iron, copper, uranium, gold, silver", in *Geology of Canadian mineral deposit types* (eds.) O.R. Eckstrand, W.D. Sinclair, and R.I. Thorpe, Geological Survey of Canada, Geology of Canada, 8 (1996) 513- 522 (also Geological Survey of America, The geology of North America).
- Smart science for exploration and mining, *Proceedings of the 10th Biennial of the SGA*, Townsville, Qld, Australia (2009) 623-625.
- [12] Daliran F., Stosch H. G., Williams P., "Lower Cambrian iron oxide-apatite-REE (U) deposits of the Bafq district, east- Central Iran", in Corriveau, L. and Mumin, H. (eds.) *Exploring for iron-oxide copper-gold deposits: Canada and global analogues*. Published in partnership by Mineral Deposits Division, Geological Association of Canada and Geological Survey of Canada, Geol. Assoc. Can. short course notes, 20, Québec (2010) 143-155.
- [13] Bonyadi Z., Davidson G. J., Mehrabi B., Meffre S., Ghazban, F., "Significance of apatite REE depletion and monazite inclusions in the brecciated Se-Chahun iron oxide-apatite deposit, Bafq district, Iran, insights from paragenesis and geochemistry", *Chemical Geology* 281 (2011) 253–269.
- [14] Nozaem R., Mohajjel M., Rossetti F., Della Seta M., Vignaroli G., Yassaghi A., Salvini S., Eliassi M., "Post-Neogene right-lateral strike-slip tectonics at the north-western edge of the Lut Block (Kuh-e-Sarhangi Fault), Central Iran", *Tectonophysics* 589 (2013) 220–233.
- [۱۵] نوزعیم ر.، محجل م.، یساقی ع.، نصرآبادی م.، تحلیل ساختاری و تعیین شرایط دگرشکلی پهنه برشی کوه سرهنگی در گرانیته ده زمان، شمال باختری بلوک لوت، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۱ (۱۳۹۳) ۱۵–۲۶.
- [16] Momenzadeh M., Wauschkuhn A., "The Allahabad iron deposit and iron, lead, and turquoise occurrences in the Zeber-Kuh Sarhangi mountains SW Kashmar (NE Iran)", In: *Geodynamic project (geotraverse) in Iran* (Ed. Almassi, A.) (1983) 185–204. Geological Survey of Iran, Tehran.
- [۱۷] ایمان‌پور ب.، کریم‌پور م.ج.، ملکزاده شفاوردی الف.، بررسی کانه‌زایی و ژئوشیمی کانسار آهن ده‌زمان، (جنوب غرب بردسکن) و مقایسه آن با کانسارهای آهن نواری، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران (۱۳۹۵) در حال چاپ.
- [18] Rossetti F., Nozaem R., Lucci F., Vignaroli G., Gerdes A., Nasrabadi M., Theye T., "Tectonic setting and geochronology of the Cadomian magmatism in Central Iran, Kuh-e- Sarhangi region (NW Lut Block", *Journal of Asian Earth Sciences* 102 (2014) 24-44.

- [35] Stocklin J., "Structural history and tectonics of Iran: A review", American Association of Petrology and Geology Bulletin 52 (1968) 1229-1258.
- [۳۶] سامانی ب.، "سازند ساغند، یک واحد ریفتوژنیک پرکامبرین فوقانی در ایران مرکزی"، مجله علوم زمین، شماره ۶ (۱۳۷۱) ۳۲-۴۵.
- [37] Hildebrand R. S., "Kiruna type deposits: their origin and relationship to intermediate subvolcanic plutons in the Great Bear magmatic zone, northwest Canada", Economic Geology 81 (1986) 640-659.
- [38] Ray G. E., Lefebure D. V., "A synopsis of iron oxide \pm Cu \pm Au \pm P \pm REE deposits of the Candelaria-Kiruna-Olympic Dan family", Geological Fieldwork (2001) 267-272.
- [39] Dupuis C., Beaudoin G., "Discriminant diagrams for iron oxide trace element fingerprinting of mineral deposit types", Mineralium Deposita 46 (2011) 319-335.
- [31] Hitzman M. W., "Iron oxides Cu-Au Deposits: What, Where, When and Why", In porter, T. M. (eds.), Hydrothermal Iron oxide copper-gold and related deposits: A Global perspective, Australian mineral foundation, Adelaide (2001) 9-25.
- [32] Frietsch R., Perdahl J. A., "Rare earth elements in apatite and magnetite in Kiruna-type iron ores and some other iron ore types", Ore Geology Reviews 9 (1995) 489-510.
- [33] Yu J., Chen Y., Mao J., Pirajno F., Duan C., "Review of geology, alteration, and origin of iron oxide-apatite deposits in the Cretaceous Ningwu basin, lower Yangtze river valley, eastern china: implication for ore genesis and geodynamic setting", Ore Geology Reviews 43 (2011) 170-181.
- [34] Williams P.J., Barton M.D., Fontboté L., de Haller A., Mark G., Oliver N.H.S., Marschik R., "Iron-oxide-copper gold deposits: geology, space-time distribution, and possible modes of origin. Society of Economic Geologists", Economic Geology 100th Anniversary Volume, Denver (2005) 371-405.