

بِسْمِ خَدَائِعِ كَسْمَدِهِ مَجْرَلَانِ



دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی

کانی‌شناسی، ژئوشیمی و الگوی پیدایش کانسار مس ریزاب، شمال غرب بردسکن، استان خراسان رضوی

نگارنده: علی جنیدی

استاد راهنما:

دکتر فرج الله فردوست

شهریور ۱۳۹۷

فرم صورت جلسه

شماره: ۱۳۰۶۵
تاریخ: ۹۷/۶/۱۵

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورت جلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای علی جنیدی با شماره دانشجویی ۹۳۰۵۵۷۴ رشته زمین شناسی، گرایش پتروژئولوژی و زمین شناسی اقتصادی، تحت عنوان "کانی شناسی، ژئوشیمی و الگوی پیدایش کانسار مس ریزاب، شمال غرب بردسکن، استان خراسان رضوی" که در تاریخ ۹۷/۰۶/۲۱ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: ممتاز) مردود

نوع تحقیق: نظری عملی

امضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	عضو هیأت داوران
	دانشیار	دکتر فرج ا... فردوست	۱- استاد راهنمای اول
	استادیار	دکتر افشین قشلاقی	۳- نماینده تحصیلات تکمیلی
	استادیار	دکتر مسعود علی پور اصل	۴- استاد ممتحن اول
	استادیار	دکتر فردین موسیوند	۵- استاد ممتحن دوم

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر پروین اجمندی

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده: ۹۷/۶/۱۴

تجسره: در صورتی که کسی مردود شود حتماً در یک ماه (در صورت مجاز تحصیلی) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).



به نام پروردگار بخشنده و مهربان

سپاس و ستایش خدای را که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار

حکمت او در دل شب تار، در آفریدگاری که خوشتن

را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمر و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش

را علم و معرفت بیازماید.

اعتراف میکنم که نه زبان شکر تو را دارم و نه بندگان تو را، و اما بر حسب وظیفه از کلیه

کسانی که مراد به شکر رساندن این پایان نامه یاری کردند شکر مینمایم.

باشگر و سپاس فراوان از زحمات بی دریغ استاد راهنمای عزیزم، جناب آقای دکتر فرج

... فردوست که با صبر بی پایان و راهنمایی های کار ساز و سازنده مشوق من برای ادامه

کار بوده اند.

همچنین تشکر میکنم از دیگر اساتید بزرگوار جناب آقای دکتر علی پور و جناب آقای

دکتر موسیوند که افتخار کسب دانش از محضرشان را

داشته ام.

و در پایان از پدر، مادر، خواهر عزیزم و دوستان مهربانم که در این راه مرا یاری کرده اند صمیمانه

سپاسگزارم.

تقدیم بہ

پدر و مادر عزیزم

تعهد نامه

اینجانب علی جنیدی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی اقتصادی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده کانی شناسی، ژئوشیمی و الگوی تشکیل کانسار مس ریزاب، شمال غرب بردسکن، استان خراسان رضوی به راهنمایی جناب آقای دکتر فرج الله فردوست متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا «**Shahrood University of Technology**» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده:

کانسار مس ریزاب در استان خراسان رضوی و ۶۰ کیلومتری شمال غرب بردسکن، در ۳ کیلومتری روستای ریزاب، در پهنه ساختاری ایران مرکزی (بخش جنوبی سبزوار) و در داخل سنگ‌های آتشفشانی-نفوذی خواف-کاشمر-بردسکن رخ داده است. سنگ‌های میزبان کانه‌زایی بطور عمده شامل آندزیت، پیروکسن آندزیت تا آندزیت بازالت می‌باشند. واحدهای سنگی رخنمون یافته در منطقه شامل واحدهای آذر آواری از قبیل توف، برش‌های پیروکلاستیک و آگلومرا و نیز سنگ‌های آتشفشانی از جمله آندزیت، پیروکسن آندزیت، بازالت و اولیوین بازالت به سن ائوسن می‌باشند. سنگ‌های آتشفشانی به سری‌های ماگمایی کالک آلکالن و در زیر یک رژیم تکنونیک از نوع کمان آتشفشانی حاشیه فعال قاره‌ای تشکیل شده‌اند. کانی‌سازی به دوصورت رگه-رگچه‌ای و پرکننده فضای خالی رخ داده‌است و کانی‌های سازنده شامل: مالاکیت، کالکوسیت، کوولیت، پیریت، هماتیت، گوتیت و باطله‌ها شامل کوارتز و کلسیت می‌باشد. عوامل اصلی کانه‌زایی وجود سنگ‌های نفوذپذیر آذرآواری و عملکرد شدید نیروهای تکتونیک می‌باشند که با ایجاد گسل‌ها، شکستگی‌ها و درزه‌ها شرایط را برای برقراری چرخه سیالات هیدروترمال فراهم آورده‌اند. از دگرسانی‌های شاخص در منطقه مورد مطالعه می‌توان به دگرسانی کلریتی و سیلیسی اشاره کرد. عمده‌ترین بافت‌های منطقه مورد مطالعه شامل بافت رگه-رگچه‌ای، پرکننده فضای خالی، دانه پراکنده و جانشینی می‌باشد. بر اساس مطالعات ژئوشیمیایی عنصر مس بالاترین مقدار را دارا می‌باشد. با توجه به بررسی‌های انجام گرفته می‌توان گفت که کانی‌سازی در منطقه ریزاب با کانسارهای مس تیپ مانتو بیشترین شباهت را نشان می‌دهد.

کلیدواژه: مس، مانتو، کانی‌شناسی، ژئوشیمی، ریزاب، بردسکن، خواف- درونه

فصل اول کلیات	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه	۳
۳-۱- وضعیت آب و هوایی و پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه	۴
۴-۱- وضعیت معیشتی منطقه مورد مطالعه	۵
۵-۱- زمین ریخت شناسی	۶
۶-۱- تاریخچه معدنکاری و مطالعات انجام شده قبلی	۸
۱-۶-۲- مطالعات انجام شده در ایران (هم‌تپ کانسارمس ریزاب)	۱۲
۷-۱- طرح مسئله و هدف از مطالعه	۱۳
۸-۱- روش مطالعه	۱۵
۱-۸-۱- مطالعات دفتری	۱۵
۲-۸-۱- مطالعات صحرایی	۱۵
۳-۸-۱- مطالعات آزمایشگاهی و دستگاهی	۱۶
۴-۸-۱- مطالعه دفتری و پردازش و تفسیر داده‌ها	۱۶
فصل دوم زمین شناسی	۱۷
۱-۲- مقدمه	۱۸
۲-۲- زمین شناسی ناحیه‌ای	۱۹
۳-۲- چینه شناسی ناحیه‌ای	۲۱
۱-۳-۲- پرکامبرین، پالئوزوئیک و مزوزوئیک	۲۱
۲-۳-۲- سنوزوئیک	۲۲
۴-۲- زمین شناسی ساختمانی	۲۴
۱-۴-۲- گسل‌های راندگی	۲۴
۲-۴-۲- گسل‌های راستالغز	۲۵
۵-۲- زمین شناسی اقتصادی	۲۶
۶-۲- زمین شناسی و چینه شناسی منطقه‌ای	۲۷
۷-۲- چینه شناسی و سنگ شناسی معدنی منطقه ریزاب	۳۱
۱-۷-۲- واحد گدازه‌های با سن ائوسن بالایی	۳۳
۱-۷-۲-۱- آندزیت و پیروکسن آندزیت	۳۳
۲-۷-۲-۱- بازالت و اولیوین بازالت	۳۶

۴۰	..... واحد آذرآواری (توف، کریستال توف، لیتیک توف و آگلوئرا)
۴۱	..... واحدهای رسوبی کواترنری
۴۲	..... تکتونیک منطقه مورد مطالعه
۴۵	فصل سوم کانی‌زایی و دگرسانی
۴۵	..... ۱-۳- مقدمه
۴۵	..... ۲-۳- رخداد کانه‌زایی در منطقه ریزاب
۴۶	..... ۳-۳- کانه‌زایی در توالی آتشفشانی- رسوبی ائوسن در منطقه ریزاب
۴۸	..... ۴-۳- ویژگی‌های کانه‌زایی مس در کانسار ریزاب
۵۱	..... ۵-۳- دگرسانی
۵۲	..... ۱-۵-۳- دگرسانی اکسیدهای آهن
۵۳	..... ۲-۵-۳- دگرسانی کلریتی
۵۴	..... ۳-۵-۳- دگرسانی آرژیلیتی
۵۵	..... ۴-۵-۳- دگرسانی کربناتی
۵۶	..... ۵-۵-۳- دگرسانی سیلیسی
۵۷	..... ۶-۵-۳- دگرسانی زئولیتی
۵۸	..... ۷-۵-۳- دگرسانی سرسیتی

۵۹	فصل چهارم کانی‌شناسی، ساخت، بافت و توالی پاراژنزی کانی‌ها
۶۰	..... ۱-۴- مقدمه
۶۰	..... ۲-۴- کانی‌شناسی
۶۱	..... ۱-۲-۴- کانی‌های سولفیدی
۶۳	..... ۲-۲-۴- کانیهای کربناتی مس
۶۴	..... ۳-۲-۴- کانی‌های اکسیدی و هیدروکسیدی آهن (هماتیت، لیمونیت، گوئتیت و مگنتیت)
۶۶	..... ۴-۲-۴- کانی‌های باطله
۶۷	..... ۳-۴- ساخت و بافت
۶۷	..... ۱-۳-۴- ساخت رگه- رگچه‌ای
۶۸	..... ۲-۳-۴- بافت پرکننده فضای خالی
۶۹	..... ۳-۳-۴- بافت دانه پراکنده
۷۰	..... ۴-۳-۴- بافت جانیشینی
۷۱	..... ۵-۳-۴- بافت کاتاکلاستیکی
۷۲	..... ۴-۴- توالی پاراژنتیک کانی‌ها

۷۵	..... فصل پنجم: ژئوشیمی
۷۶	..... ۱-۵- مقدمه
۷۷	..... ۲-۵- بررسی پترولوژیکی و ژئوشیمیایی سنگهای دربرگیرنده کانسار
۷۷	..... ۱-۲-۵- نامگذاری سنگهای آتشفشانی
۷۸	..... ۲-۲-۵- تعیین سری ماگمایی
۷۹	..... ۳-۲-۵- جایگاه تکتونیکی سنگهای دربرگیرنده کانسار
۸۳	..... ۴-۲-۵- تعیین روند غنی شدگی سنگهای منطقه
۸۵	..... ۵-۲-۵- نمودارهای عنکبوتی
۸۸	..... ۳-۵- ژئوشیمی کانسار ریزاب
۸۹	..... ۱-۳-۵- ضریب همبستگی و ارتباط ژئوشیمیایی بین عناصر
۸۹	..... ۱-۱-۳-۵- ضریب همبستگی بین عنصر مس با اکسیدهای اصلی منطقه ریزاب
۹۰	..... ۲-۱-۳-۵- ضریب همبستگی بین عنصر مس با عناصر کمیاب منطقه ریزاب
۹۲	..... ۲-۳-۵- پراکندگی و همبستگی عناصر در مقطع لیتوژئوشیمیایی منطقه ریزاب
۹۵	..... فصل ششم نتیجه گیری، تیپ و الگوی تشکیل کانسار و پیشنهادها
۹۶	..... ۱-۶- مقدمه
۹۶	..... ۱-۶- خلاصه‌ای از شواهد ژنتیکی موجود در ارتباط با کانه‌زایی ریزاب
۹۶	..... ۱-۱-۶- زمین‌شناسی عمومی مناطق مورد مطالعه
۹۷	..... ۲-۲-۶- کانه‌زایی و دگرسانی
۹۸	..... ۳-۲-۶- کانی‌شناسی، ساخت و بافت
۹۸	..... ۴-۲-۶- ژئوشیمی سنگهای دربرگیرنده
۱۰۰	..... ۵-۲-۶- ژئوشیمی کانسنگ
۱۰۰	..... ۳-۶- بررسی مدل ژنتیکی در کانسار مس ریزاب
۱۰۱	..... ۱-۳-۶- کانسارهای تیپ میشیگان
۱۰۲	..... ۲-۳-۶- ذخایر نوع لایه‌های سرخ آتشفشانی (VRC)
۱۰۴	..... ۳-۳-۶- کانسارهای تیپ مانتو (Manto)
۱۰۶	..... ۴-۶- مقایسه کانسار مس ریزاب با کانسار تیپ مانتو در شیلی
۱۱۰	..... ۵-۶- کانسارهای تیپ مانتو در ایران
۱۱۴	..... ۶-۶- الگوی تشکیل کانسار مس ریزاب
۱۱۷	..... ۷-۶- پیشنهادات
۱۱۹	..... منابع

۱۲۰ منابع فارسی

۱۲۰ منابع لاتین

۱۲۹ **پیوست**

فهرست اشکال

صفحه

- شکل ۱-۱- نقشه موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به کانسار مس ریزاب در شمال غرب بردسکن ۴
- شکل ۱-۲- تصویر صحرایی منطقه و موقعیت منطقه ریزاب ۷
- شکل ۱-۳- الف) نمایی از ترانشه حفر شده در واحد پیروکسن آندزیت. ب و ج) نمایی از تونل و کانال‌های حفر شده حاصل معدن کاری قدیمه ۹
- شکل ۱-۲- الف) زیر پهنه ایران میانی از دیدگاه علوی، ب) نمایش گسل‌های دربرگیرنده زیرپهنه سبزوار، کمربند خواف درونه و موقعیت منطقه ریزاب ۱۸
- شکل ۲-۲- مدل شماتیکی بر گرفته از مطالعات قاسمی و رضایی، فرورانش رو به شمال ورقه اقیانوسی نئوتتیس سبزوار (شاخه درونه) به زیر حاشیه جنوبی ورقه توران، به تشکیل سنگهای آتشفشانی کمان قاره‌ای شمال غرب بردسکن منجر شده است ۲۰
- شکل ۳-۲- نقشه زمین‌شناسی ناحیه‌ای با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ منطقه معدنی ریزاب ۲۸
- شکل ۲-۴- الف) گدازه آندزیت پورفیری خاکستری متمایل به سبز با جابجایی راستالغز چپ بر، ب) توف ماسه ای تا توف با قطعات آندزیت بازالتی ۲۹
- شکل ۲-۵- نمایی از واحد آندزیت پورفیری تا پیروکسن آندزیت پورفیری (دید به سمت شمال باختری) ۳۰
- شکل ۲-۶- نقشه زمین‌شناسی معدنی بزرگ مقیاس منطقه معدنی ریزاب ۳۲
- شکل ۲-۷- الف) فرسایش پوسته پیازی در واحد آندزیتی. ب) حضور فنوکریستهای پلاژیوکلاز در واحد پیروکسن آندزیتی ۳۴
- شکل ۲-۸- خصوصیات پتروگرافی پیروکسن‌اندزیت و آندزیت‌های منطقه مطالعاتی. الف) بافت پورفیریتیک حاصل از فنوکریست‌های پیروکسن و پلاژیوکلاز در زمینه دانه ریز تا شیشه‌ای در واحد پیروکسن آندزیت. ب) کانی‌های پیروکسن و پلاژیوکلاز و کانی اپک همراه با بافت گلومروپورفیریتیک در واحد پیروکسن آندزیتی. ج) بافت حفره ای در واحد آندزیت. د) حفره‌های پر شده با ژولیت در واحد پیروکسن آندزیت ۳۶
- شکل ۲-۹- الف) نمایی از یک گنبد بازالتی، ب) نمای نزدیک از نمونه‌ی صحرایی اولیوین‌بازالت با حضور درشت بلورهای پیروکسن و الیوین. ج) حفرات پر شده توسط ژولیت‌ها در واحد بازالتی ۳۷
- شکل ۲-۱۰- خصوصیات پتروگرافی بازالت- اولیوین بازالت‌های منطقه مطالعاتی. الف) نمایی از بافت پورفیریتیک با حضور فنوکریست‌های شکل‌دار پیروکسن و اولیوین در زمینه دانه ریز و شیشه‌ای. ب) نمایی از فنوکریست شکل‌دار کلینوپیروکسن. ج) بافت گلومروپورفیری در بازالت حاصل تجمع پیروکسن، اولیوین و پلاژیوکلاز در بازالت. د) فنوکریست‌های اولیوین با حاشیه‌های دگرسان شده همراه با پیروکسن و پلاژیوکلاز در واحد بازالتی ۳۹

- شکل ۲-۱۱- تصاویر صحرایی واحدهای آذرآوری منطقه؛ الف) واحدهایی از جنس توف که نمایی تپه ماهوری دارند، ب) نمایی نزدیک از برش توفی. (دید به سمت شمال غرب). ۴۰
- شکل ۲-۱۲- الف و ب) توف‌های بلوری دانه‌ریز با ترکیب آندزیتی حاوی، کانی‌های اوپاسیته شده فرومنیزین و کانی‌های اپک ۴۱
- شکل ۲-۱۳- تصاویر صحرایی از رسوبات منطقه. الف) رسوبات تبخیری. ب) رسوبات پلاسری آهن. ۴۲
- شکل ۲-۱۴- نقشه تکتونیکی کانسار مس ریزاب براساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای. ۴۳
- شکل ۳-۱- ستون چینه‌شناسی و پروفیل منطقه معدنی ریزاب. ۴۷
- شکل ۳-۲- کانه‌زایی به صورت هم شیب و همروند با طبقات درگیرنده و در مرز دو واحد گدازهای ۴۹
- شکل ۳-۳- الف) کانه‌زایی رگه‌ای مالاکیت در امتداد شکستگی در واحد پیروکسن آندزیتی. ۵۰
- شکل ۳-۴- الف) تصویر صحرایی از کانه‌زایی به صورت پرکننده حفرات تو سط کانی‌های مالاکیت و اکسیدهای آهن در واحد توف آندزیتی. ب) تصویر کانه‌زایی پر کننده حفرات توسط کانی‌های مالاکیت و کلسیت در واحد آندزیتی. ۵۱
- شکل ۳-۵- تصویر صحرایی اکسیدهای آهن به همراه کالکوسیت. ۵۳
- شکل ۳-۶- تصویر میکروسکوپی از رگه اکسید آهن همراه با حضور دانه های کانی کالکوسیت. ۵۳
- شکل ۳-۷- الف) تصویر صحرایی از دگرسانی کلریتی. ب) تصویر میکروسکوپی دگرسانی کلریتی. ۵۴
- شکل ۳-۸- نتیجه آنالیز پراش اشعه ایکس، از نمونه آرژیلیتی کانسار مس ریزاب. ۵۵
- شکل ۳-۹- تصویر میکروسکوپی، دگرسانی پلاژیوکلاز به کلسیت. ۵۶
- شکل ۳-۱۰- تصویر صحرایی از دگرسانی سیلیسی. ۵۶
- شکل ۳-۱۱- الف) دگرسان سیلیسی با حضور کارتز سفید رنگ همراه با کانی کلسیت، ب) دگرسانی زئولیتی با حضور زئولیت سفید رنگ با بافت شعاعی همراه با کوارتز، کلریت و کلسیت. ۵۷
- شکل ۳-۱۲- نتیجه آنالیز پراش اشعه ایکس، از نمونه زئولیت کانسار مس ریزاب. ۵۸
- شکل ۴-۱- الف) تصویر میکروسکوپی جانشینی بورنیت توسط کالکوسیت همراه با حضور مالاکیت به صورت پرکننده فضاهای خالی، ب) جانشینی کالکوسیت توسط کولیت آبی رنگ همراه با دانه‌های پراکنده کالکوسیت، ج) حضور پیریت همراه با کالکوسیت، د) کالکوپیریت با بافت دانه پراکنده و مالاکیت به صورت رگه- رگچه‌ای. ۶۲
- شکل ۴-۲- الف) تصویر صحرایی آزروریت در نزدیکی شکستگیهای موجود در سنگ میزبان، ب) تصویر میکروسکوپی مالاکیت به صورت رگه- رگچه‌ای و آزروریت به صورت پرکننده فضای خالی. ۶۳
- شکل ۴-۳- الف و ب) تصویر میکروسکوپی از کالکوسیت‌های دگرسان شده به اکسیدهای آن همراه با رگه- رگچه مالاکیت، ج) حضور هماتیت. ۶۵
- شکل ۴-۴- الف) تصویر میکروسکوپی کلسیت، ب) حضور کوارتز و کلسیت به صورت رگه- رگچه‌ای. ۶۷
- شکل ۴-۵- الف) تصویر صحرایی از بافت رگه- رگچه‌ای مالاکیت- کلسیت. ب) تصویر میکروسکوپی رگه - رگچه مالاکیت- کالکوسیت. همراه با بافت دانه پراکنده کالکوسیتها. ۶۸
- شکل ۴-۶- الف و ب) تصویر میکروسکوپی از بافت پرکننده فضاهای خالی توسط کلسیت و اکسیدهای آهن. ۶۹

- شکل ۴-۷- تصویر میکروسکوپی از دانه‌های پراکنده کالکوسیت..... ۷۰
- شکل ۴-۸- الف) تصویر میکروسکوپی جانشینی کالکوسیت توسط کولیت و مالاکیت و بافت دانه پراکنده کالکوسیت‌های موجود در زمینه سنگ میزبان. ب) تصویر میکروسکوپی از جانشینی بورنیت توسط کالکوسیت همراه با رگه- رگچه‌های از مالاکیت..... ۷۱
- شکل ۴-۹- تصویر میکروسکوپی از بافت کاتاکلاستیکی کالکوسیت..... ۷۱
- شکل ۵-۱- موقعیت سنگهای آتشفشانی محدوده معدنی ریزاب، براساس در نمودار Zr/TiO_2 در مقابل Nb/Yb ۷۸
- شکل ۵-۲- تعیین سری ماگمایی سنگهای آتشفشانی با استفاده از: الف) نمودار نسبت Th/Yb در مقابل Ta/Yb و ب) نمودار Th در مقابل Th ۷۹
- شکل ۵-۳- تعیین محیطهای زمین ساختی سنگهای آتشفشانی مورد بررسی با استفاده از نمودار $Hf/3-Th-Ta$ (ب) تفکیک محدوده‌های کمان آتشفشانی از محیط درون صفحه‌های با استفاده از نمودار Zr در مقابل Y ۸۱
- شکل ۵-۴- محیط تکتونیکی سنگهای منطقه و تفکیک کمان ماگمایی حاشیه فعال قارهای از نوع کمان جزیره‌ای بر اساس: نمودار نسبت Th/Yb در مقابل Ta/Yb ۸۲
- شکل ۵-۵- تعیین غنی شدگی سنگها با استفاده از نمودار Rb / Y در مقابل Nb / Rb ۸۳
- شکل ۵-۶- تعیین نقش رسوبات فرورانده با استفاده از نمودار Bh / Th در برابر Th ۸۴
- شکل ۵-۷- نمودار چند عنصری بهنجار شده نسبت به گوشته..... ۸۶
- شکل ۵-۸- نمودار چند عنصری عناصر کمیاب خاکی به هنجار شده با کندریت..... ۸۷
- شکل ۵-۹- میزان تغییرات عناصر کمیاب در مقطع کانسار ریزاب براساس داده‌های $ICP-MS$ و XRF ۹۳
- شکل ۶-۱- پراکندگی کانسارهای مس تیپ مانتو در ایران و موقعیت کانسار مس ریزاب بر روی نقشه..... ۱۱۱
- شکل ۶-۲- الگوی تشکیل کانسار مس ریزاب به صورت شماتیک..... ۱۱۶

فهرست جداول

صفحه

جدول ۴-۱- توالی پاراژنتیکی کانی‌ها در کانسار ریزاب.....	۷۳
جدول ۵-۱- مختصات نمونه‌های برداشت شده از سنگ‌های رخنمون یافته منطقه ریزاب.....	۷۷
جدول ۵-۲- مختصات نمونه‌های کانسنگ همرا با مقادیر مس و نقره.....	۸۸
جدول ۵-۳- ضریب همبستگی پیرسون بین عنصر مس با اکسیدهای اصلی منطقه ریزاب.....	۹۰
جدول ۵-۴- ضریب همبستگی پیرسون بین عناصر کمیاب در منطقه ریزاب.....	۹۱
جدول ۶-۱- مقایسه کانسار مس ریزاب با کانسارهای تیپ مانتو، طبقات قرمز آتشفشانی و نوع میشیگان.....	۱۰۵
جدول ۶-۲- خلاصه‌ای از کانسارهای اصلی تیپ مانتو در شیلی.....	۱۰۶
جدول ۶-۳- مقایسه کانسار ریزاب با کانسارهای تیپ مانتو در شیلی.....	۱۰۹
جدول ۶-۵- مقایسه کانسار ریزاب با کانسارهای تیپ مانتو در ایران.....	۱۱۲
ادامه جدول ۶-۵- مقایسه کانسار ریزاب با کانسارهای تیپ مانتو در ایران.....	۱۱۳

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

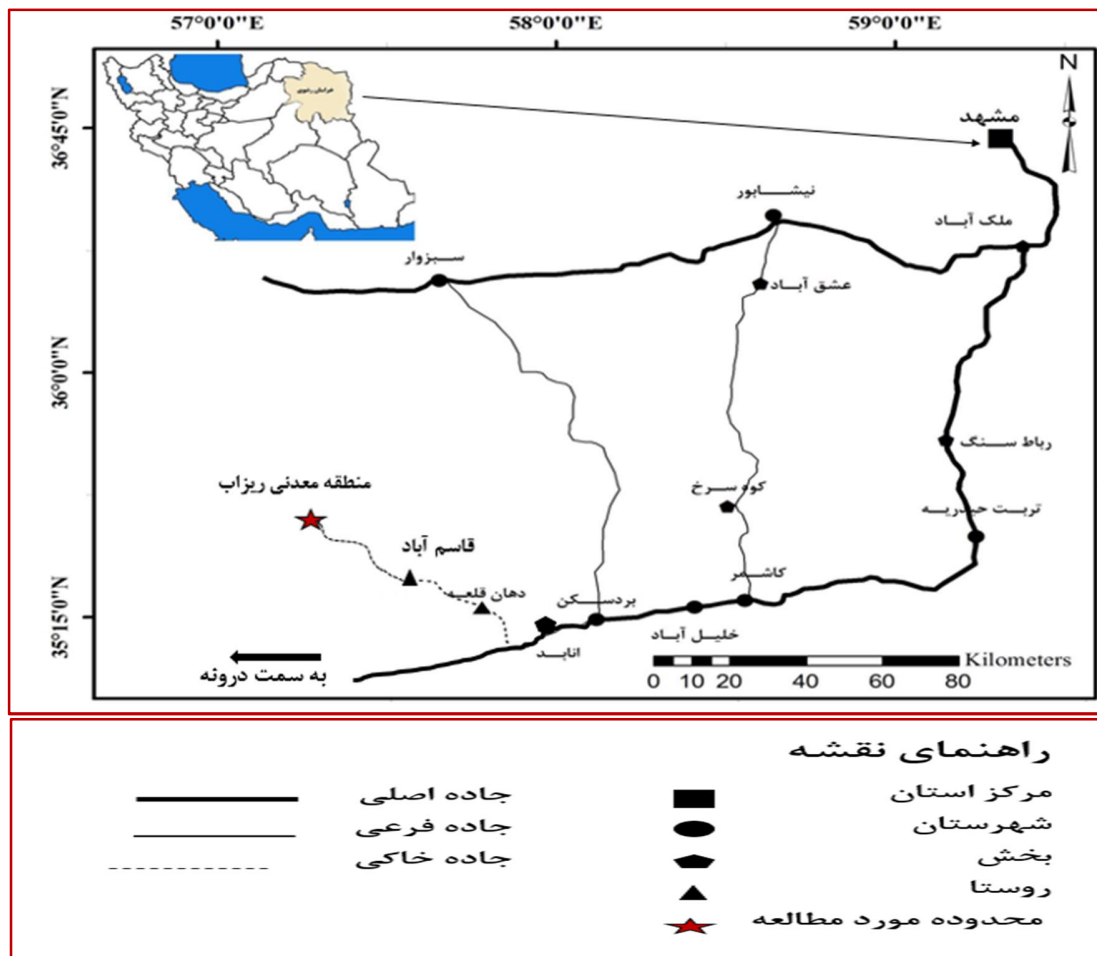
فلات ایران یکی از سرزمین‌های است که آثار قدیمی‌ترین فعالیت‌های انسان برای استخراج و استحصال مس در آن صورت گرفته است. اغلب ذخایر معدنی مس ایران، چه از نظر تعداد و چه از نظر حجم کلی مس شناخته شده، مربوط به دوران ترشیری هستند. این ذخایر، در امتداد کمربند آتشفشانی ارومیه دختر، مناطق جنوب ایران میانی (منطقه انارک)، شمال ایران میانی و کوهپایه‌های جنوبی البرز و شرق ایران قرار می‌گیرند. مس یکی از قدیمی‌ترین، مفیدتر

ین و پر مصرف‌ترین عناصر فلزی است که توسط بشر کشف گردیده است. در جوامع امروزی با توجه به جایگاه و ارزش اقتصادی فلز مس در رشد و توسعه صنعت و تولید و صادرات غیرنفتی، مطالعه و شناسایی مواد معدنی موجود در کشور اهمیت بسزایی دارد. خواصی نظیر هدایت الکتریکی و حرارتی بالا و نرمی و شکل پذیری خوب، مس را به یک فلز اساسی در صنعت امروزی جهان تبدیل کرده است و میزان مصرف آن در رده‌بندی جهانی فلزات، پس از آهن و آلومینیم قرار دارد. گروه‌بندی کانسارها با توجه به ویژگی‌های مشابه آنها، توصیف آنها را آسان و تعمیم درباره زایش و کنترل‌کننده‌ها و مکان تشکیل آنها را امکان‌پذیر ساخته است و توانایی ما را در پی‌جویی و اکتشاف بالامی‌برد (Gilbert and park, 1997). منطقه بردسکن به دلیل قرار گرفتن بر روی نوار آتشفشانی- نفوذی، خواف- درونه که پتانسیل تشکیل کانسارهای مس، آهن و طلا و مگنتیت و غیره دارا می‌باشد (کریم‌پور، ۱۳۸۳)، از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه به اکتشافات سطحی و زیرسطحی انجام شده در منطقه که منجر به کشف ذخایر قابل توجه کانسنگ مس شده و همچنین نتایج و راندمان خوب بدست آمده در مطالعات و آزمایشات فراوری در مقیاس صنعتی، این منطقه مورد توجه متخصصین و سرمایه‌گذاران بخش معدن قرار گرفته است. در محدوده معدنی ریزاب رخنمون‌های قابل توجهی از کانی‌سازی مس مشاهده می‌شود. از طرفی این محدوده در مجاورت و با فاصله نه چندان زیاد از بزرگترین معادن مس منطقه مخصوصاً معدن مس نسیم قرار دارد. با توجه به این

شواهد و اینکه تاکنون مطالعه دقیق زمین‌شناسی اقتصادی در منطقه مورد نظر انجام نگرفته‌است، موضوع این تحقیق به آن اختصاص یافته است.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه

کانسار مس ریزاب در استان خراسان رضوی، ۶۰ کیلومتری شمال غرب بردسکن بین طولهای در طول جغرافیایی $۳۵^{\circ} ۲۳'$ تا $۵۷^{\circ} ۳۰'$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $۳۵^{\circ} ۲۱'$ تا $۳۵^{\circ} ۲۴'$ شمالی واقع شده است. دسترسی به محدوده مورد مطالعه، پس از گذر از شهرستان انابد، در جهت شمال غربی با طی مسافت ۱۷ کیلومتر در جاده خاکی تا روستای دهن قلعه و پس از آن در جهت شمال غربی با طی مسافت حدود ۵/۹ کیلومتر تا روستای قاسم آباد و پس از طی مسافت ۲۰ کیلومتر به سمت شمال غرب روستای قاسم آباد امکان پذیر می‌باشد (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱- نقشه موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به کانسار مس ریزاب در شمال غرب بردسکن

۱-۳- وضعیت آب و هوایی و پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه

شهرستان بردسکن از دو منطقه کوهپایه‌ای شمال و جلگه‌ای جنوب شامل بیابان، نمکزار، شنزارهای حاشیه کویرنمک شکل گرفته است. نواحی شمال بردسکن کوهستانی و نواحی جنوبی و مرکزی آن جلگه است. آب و هوا به دلیل قرارگیری در حاشیه کویر بزرگ، گرم و خشک است. گرمترین دمای آن گاهی به ۴۵ درجه سانتیگراد و سردترین دما به ۵ درجه سانتیگراد زیر صفر می‌رسد. و میزان بارندگی طبق اطلاعات ایستگاه باران سنجی بطور معمول کمتر از ۲۰۰ میلیمتر در سال است. هوای آن در زمستان معتدل و بقیه فصول سال، به ویژه اواسط بهار و تابستان، گرم است. چشمه‌ها بسیار کم و محدودند و

رودخانه‌ها بطور عمده از نوع فصلی هستند. در منطقه بردسکن رودخانه دائمی وجود ندارد و رودهای فصلی که اغلب زیر نام "کال" از آنها در نقشه‌ها یاد شده، در بخش شمالی، همگی دارای جهت جریان شمالی- جنوبی هستند که نشان می‌دهند مرز آب آنها با حوضه کاشمر در نقاط شمالی تر و بیرون از چهارگوش بردسکن قرار دارد، کال‌های خالدار، دهن قلعه و کال قبرستان از مهمترین آنها هستند که سدی نیز در نزدیکی روستای دهن قلعه در محل تلاقی کال‌های خالدار و دهن قلعه ساخته شده است. پوشش گیاهی در منطقه فقیر و شامل انواع گیاه‌های بیابانی از قبیل بوته‌های گون، پسته کوهی، انجیر کوهی و اسپند می‌باشد. حیات وحش منطقه شامل حیواناتی چون گرگ، روباه، کفتار، خرگوش و انواع خزندگان، نظیر انواع مار، مارمولک، لاک‌پشت و انواع پرندگان بومی از قبیل شاهین، عقاب، قرقی، کبک و غیره است.

۱-۴- وضعیت معیشتی منطقه مورد مطالعه

مردم این منطقه بیشتر به کارهای کشاورزی و دامداری اشتغال دارند. از آنجایی که منطقه دارای آب و هوای گرم و خشک است، اقتصاد کشاورزی بیشتر از نوع دیمه‌کاری، پنبه‌کاری و زراعت گندم می‌باشد. کشاورزی در دشت جنوبی و در حاشیه نمکزار جنوب درونه و کال شور گسترده است. آب مورد نیاز کشاورزی به طور عمده از چاه‌های عمیق تأمین می‌شود. علاوه بر کشاورزی، دامداری در مناطق شمالی و میانی منطقه رونق دارد.

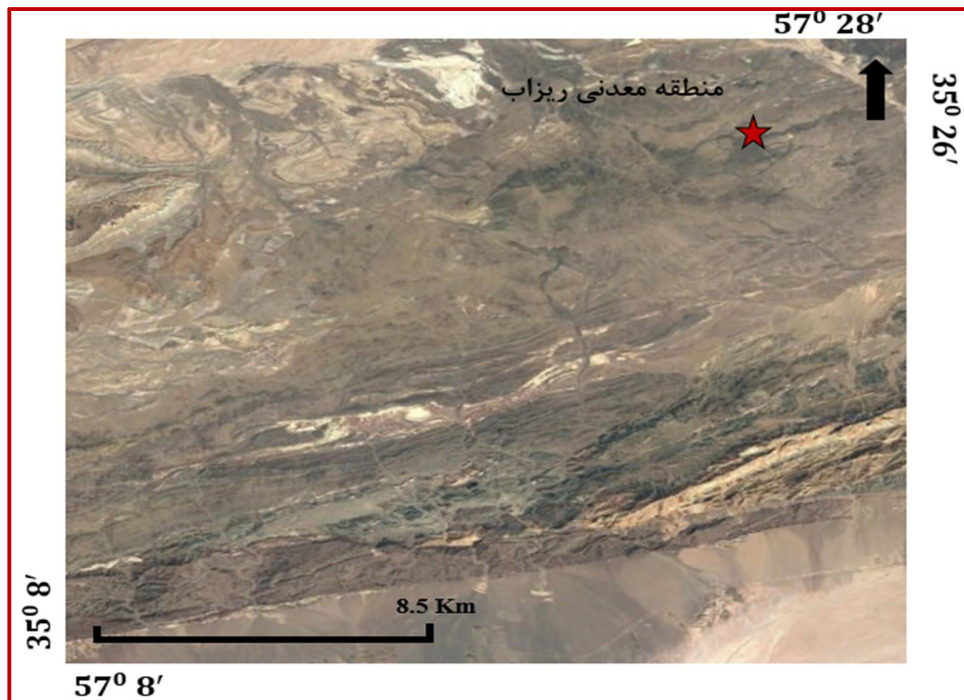
۱-۵- زمین ریخت‌شناسی

زمین ریخت‌شناسی منطقه رابطه‌ای مستقیم با جنس واحدهای سنگی و ساختمان‌های زمین‌شناسی آن دارد. عمده‌ترین ساختار در ناحیه مورد مطالعه، گسل درونه با روند غربی- شرقی است. گسل یاد شده به عنوان گسلی فعال شناخته شده که تغییرات ریختاری را در مجاورت خود سبب شده است. در جنوب گسل درونه، دشت و نمکزار درونه قرار گرفته است. در شمال گسل درونه که همراه با بالآمدگی بوده است، به دلیل وجود ماسه و کنگلومرای سنوزوئیک به عنوان سازند سخت فرسا، بلندای زمین افزایش یافته و زمین‌ریخت‌خشن پدیدار شده است. به طور کلی ریخت‌شناسی منطقه، تحت تأثیر تنوع سنگ-شناسی با تفاوت در فرسایش‌پذیری و عملکرد گسل‌های رورانده و گسل‌های عرضی، شکل گرفته است.

(شکل ۱-۲)

به طور کلی ریخت‌شناسی منطقه، تحت تأثیر تنوع سنگ‌شناسی با تفاوت در فرسایش‌پذیری و عملکرد گسل‌های رورانده بزرگ و کوچک و گسل‌های عرضی کوچک، شکل گرفته است. منطقه را از نظر ریخت-شناسی می‌توان به سه بخش مجزا تقسیم کرد:

الف- بخش دشت جنوبی، که توسط گسل درونه از بخش‌های شمالی جدا می‌شود. ارتفاع این دشت از سطح دریا، بین ۶۵۰ تا ۱۰۵۰ متر متغیر می‌باشد که توسط رسوبات کواترنری از جمله تراس‌های قدیمی، مخروطه افکنه، تراس‌های جوان و کفه‌های نمکی پوشیده شده است. جنوب گسل درونه که با فروافتادگی همراه بوده است، مخروط افکنه‌هایی در پای ارتفاعات ایجاد شده‌اند. فعالیت‌های جوان این گسل سبب گسترش مخلوط افکنه‌ها به سوی دشت جنوبی شده است. در گستره دشت فرو افتاده جنوبی، کفه‌های رسی- نمکی و تپه‌های ماسه‌ای در بلندایی پست دیده می‌شوند. بیشینه بلندای این منطقه ۱۷۸۰ متر در کوه شاداب و کمینه بلندای این منطقه با ۷۸۷ متر در جنوب باختر نقشه واقع شده‌اند.



شکل ۱-۲- تصویر صحرایی منطقه و موقعیت منطقه ریزاب روی تصویر ماهواره‌ای

ب- بخش ارتفاعات، رخنمون سنگ‌های منطقه در وسط نقشه با روند شرقی- غربی در نتیجه بالا- آمدگی توسط گسل درونه ایجاد شده‌است و همچنین سبب بوجود آمدن انحنا در مسیر آبراهه‌هایی که عمود بر راستای گسل‌ها جریان دارند، شده‌اند. سنگ‌آهک کرتاسه صخره‌ساز است و برجستگی‌های تندی را

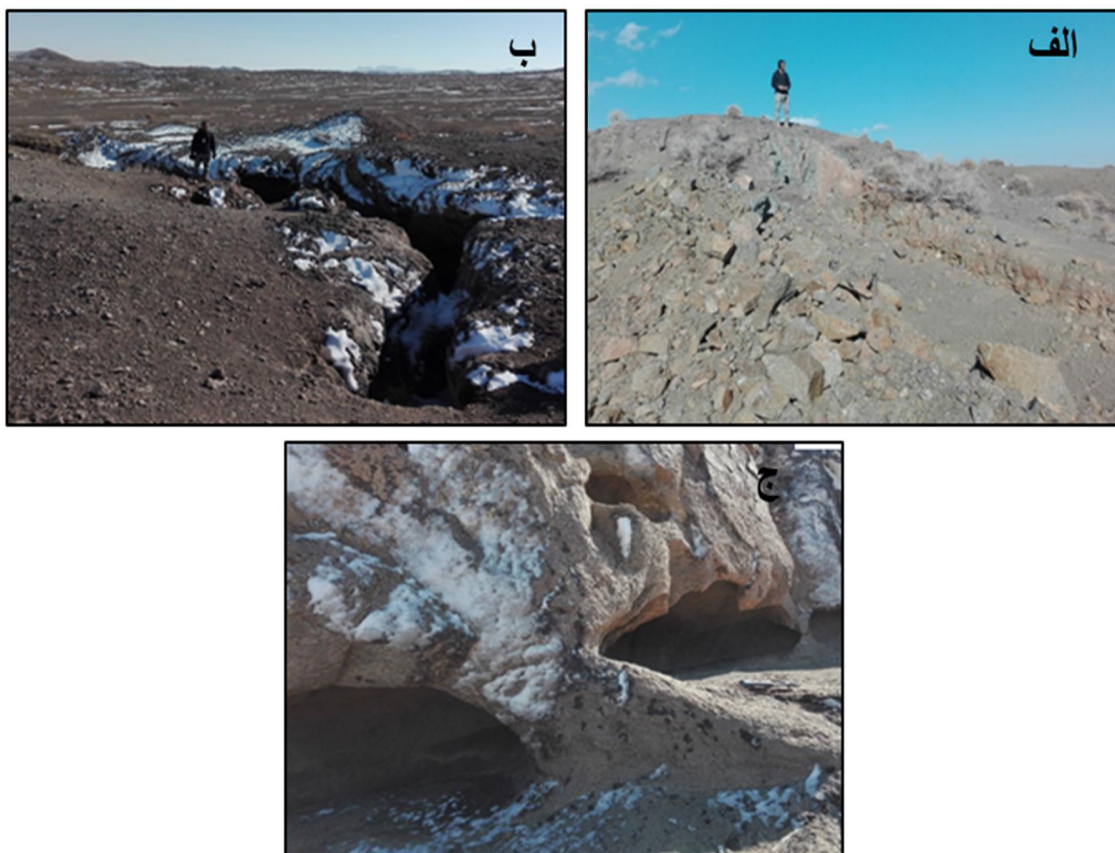
پدید آورده است. واحدهای مارنی و سنگ ماسه‌ای کرتاسه دامنه‌هایی کم شیب را در حاشیه این آهکها ایجاد نموده‌اند. مجموعه‌های سنگی با دیرینه پالئوزوئیک، توپوگرافی یکدست و خشن با آبراهه‌های عمیق را در ناحیه پدید آورده‌اند. در بخش میانی و شمالی منطقه که میزان مارن و سیلت‌استون در سنگ نهشته‌های سنوزوئیک افزایش می‌یابد. سطح زمین پست‌تر سطوح فرسایشی هموار و ریخت‌زمین تپه ماهوری و کم شیب می‌شود. سنگهای آمیزه رنگین که در مجاورت رسوبات سخت سنوزوئیک قرار گرفته‌اند، بلندایی کم را در ناحیه بوجود آورده‌اند. سنگ‌های ولکانیک ارتفاعاتی به نسبت پست با شیب ملایمی را به جوانب خود ایجاد کرده و حتی در بعضی نقاط اشکال تپه ماهوری را پدید آورده‌اند. به دلیل پویا بودن منطقه از دیدگاه زمین ساختی، که عمده آن را میتوان حاصل فعالیت گسل درونه و گسل‌های موازی آن در نظر گرفت، اندازه بالآمدگی در این ناحیه به نسبت زیاد است.

ج- بخش دشت شمالی، که عمدتاً توسط رسوبات کواترنری از جمله مخروطه‌افکنه و پادگانه‌های آبرفتی جوان پوشیده شده است. در این بخش جلگه‌ها و پهنه‌های رسی-نمکی، بصورت انباشته‌های نمکی با آغستگی رس حضور پیدا کرده است. در مناطق شمال غرب نقشه تپه‌های ماسه‌ای نیز حضور دارند سیستم آبراهه‌ای در این بخش از نوع شاخه درختی است و به سمت قسمت جنوبی دشت منتهی می‌شوند.

۱-۶- تاریخچه معدن کاری و مطالعات انجام شده قبلی

مهم ترین پهنه‌های کانی سازی استان خراسان، شامل پهنه کانی‌سازی سبزوار، نیشابور، بردسکن، کاشمر، تربت حیدریه و خواف می‌باشند. این پهنه‌ها دارای مناطق مستعد کانی سازی فلزی مس، سرب، روی، آهن و مولیبدن است همچنین زون بینالود، فریمان و تربت جام دارای فازهای مختلف فلزایی است که مهم ترین آن‌ها سرب، روی و طلا است. علاوه بر پتانسیل های فلزی ذخایر رسوبی ارزش مندی نیز در این پهنه

تشکیل شده که مهم ترین آن ذخایر سلیس جام است. پهنه آمیزه رنگین از باختر سبزواری تا باختر نیشابور امتداد دارد. هر قسمت از این پهنه که حاوی سنگ های دونیت با گسترش زیاد است، محل مناسبی برای اکتشاف ذخایر کرومیت محسوب می شود. پهنه کپه داغ در محدوده شهرستان های سرخس، کلات، بخشی از مشهد، قوچان و درگز، سنگ های عمده این حوزه رسوبی کربنات است و یک حوزه رسوبی واحد برای تجمع ذخایر هیدروکربن است. سایر ذخایر رسوبی استان ذخایر کربنات، زغال سنگ، گچ، نمک و سنگ های کربناته و سنگ های تزئینی است. کمر بند خواف- درونه که منطقه ریزاب نیز بخش کوچکی از آن است به علت دارا بودن پتانسیل های معدنی مورد توجه زمین شناسان و محققین بوده است. حضور تونلهای قدیمی و مواد مذاب کوره های قدیمی در محدوده مورد مطالعه نشان دهنده معدنکاری های قدیمی است (شکل ۱-۳).



شکل ۱-۳-الف) نمایی از ترانشه حفر شده در واحد پیروکسن‌آندزیت. ب و ج) نمایی از تونل و کانالهای حفر شده حاصل معدن کاری قدیمی.

در مورد عنصر مس و پاراژنهای آن با توجه به وجود معادن متروکه، اندیس‌ها و آنومالی‌های زیاد بخصوص در شمال گسل درونه که از اهمیت زیادی برخوردار است، ادامه بررسی‌ها توصیه می‌گردد. مهم-ترین مطالعات صورت گرفته عبارتند از:

- کرمانی و فاستر^۱ (۱۳۷۰)، ماگماتیسیم بخشی از سنگ‌های کمر بند ولکانیکی درونه - کاشمر - خواف را در ارتباط با ماگماتیسیم ائوسن و در پی بسته شدن اقیانوس واقع در شرق ایران و فرورانش صفحه افغان به زیر لوت دانسته‌اند.

- آقا ابراهیمی سامانی (۱۳۷۸)، گدازه‌های کمر بند ولکانیکی درونه - کاشمر - خواف را با توجه به اختصاصات ژئوشیمی، آنها را از نوع کالک آلکالن و در ارتباط با مناطق فرورانش می‌دانند.

- صفری (۱۳۸۱)، پترولوژی و ژئوشیمی توده‌های ماگمایی جنوب بردسکن (با نگرشی برپتانسیل اقتصادی منطقه) را در راستای پایان‌نامه مورد مطالعه قرار داده است وی اظهار داشت سنگهای گرانیتی منطقه عمدتاً در رده سنگهای مونزوگرانیته، کوارتز مونزونیتی، گرانیت، سبینوگرانیته، گرانودیوریت و کوارتزسینیت قرار می‌گیرند.

- افتخارنژاد (۱۳۸۵)، نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشمر را تهیه کرده است.

- شهرابی (۱۳۸۵)، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کاشمر را تهیه کرده است.

- قائمی و حرمی (۱۳۸۵)، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ درونه را تهیه کرده‌اند و در آن واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه را شامل آندزیت، آندزیت‌بازالت و پیروکسن‌آندزیت معرفی کرده‌اند.

- قوی و همکاران (۱۳۸۵)، به کارگیری یافته‌های ژئوشیمیایی در معرفی کانی‌سازی بخش شرقی کمربند ولکانو پلوتونیک شمال گسل درونه را مورد مطالعه قرار داده است و با توجه به مدل‌های کانسازسازی، الگوی کانه‌زایی در پهنه مورد مطالعه کانی‌سازی نوع اکسیدهای آهن را پیشنهاد می‌دهد.
- روحبخش و همکاران (۱۳۸۹)، بر اساس مطالعات صحرایی و بررسی‌های پتروگرافی و مینرالوگرافی منطقه دهن قلعه، واقع در جنوب شرق منطقه مورد مطالعه، دو سیستم کانی‌زایی مرتبط با کانی‌سازی مسیوسولفید تکنار و سیستم مرتبط با توده‌های گرانیتوئیدی را معرفی کردند.
- کریم‌پور و همکاران (۱۳۸۹)، توده‌های نفوذی بخش‌های جنوبی زون سبزوار را به اواسط و اواخر پالئوزویک نسبت داده‌اند و از نوع گرانیت، گرانودیوریت و دیوریت می‌دانند.
- منظمی باقرزاده و همکاران (۱۳۸۹)، اکتشافات ژئوشیمیایی، کانی سنگین و دما سنجی سیالات درگیر بخش شمالی کمپلکس پلوتونیک تکنار در شمال بردسکن را مورد بررسی قرار داده‌اند و نتیجه را به این صورت بیان می‌کند که متوسط دمای همگن شدن برای سیالات رگه‌های تیپ کوارتز- تورمالین دار حدود ۳۵ درجه سانتی‌گراد بالاتر از سیالات رگه‌های کوارتز تیپ مگنتیت است و برای شوری سیال برعکس می‌باشد.
- نعیمی (۱۳۹۰)، نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ درونه را تهیه کرده است.
- قاسمی و همکاران (۱۳۹۰)، با مطالعه بخش‌هایی از زون سبزوار، گدازه‌های بازالتی این مناطق را حاصل ذوب بخشی یک منبع گوشته‌ای گارنت‌لرزلولیتی غنی شده، در عمق ۱۰۰-۱۱۰ کیلومتری عنوان کرده‌اند.
- علمدار و همکاران (۱۳۹۱)، با مطالعه مناطق مجاور ریزآب، به علت قرار گرفتن آن در بین دو گسل بزرگ این منطقه را زونی خرد شده می‌دانند.
- اکبری مقدم (۱۳۹۱)، گزارش مقدمه‌ای بر زمین‌شناسی و پتانسیل‌های معدنی شهرستان بردسکن را تهیه کرده است.

- شاهی و روحانی (۱۳۹۲)، با مطالعه بخش های مجاور این منطقه ماگماتیسم آن را شامل پیروکسن- آندزیت، آلکالی بازالت و تراکی آندزیت با بافت پورفیری و گلوپورفیری می دانند. همچنین به نظر ایشان واحدهای گرانودیوریت و دیوریت در داخل سنگ های ولکانیکی و آذرآواری منطقه نفوذ کرده اند
- شفایی مقدم و همکاران (۱۳۹۳)، سنگ های آتشفشانی جنوب سبزوار را مرتبط با فرورانش صفحه توران به سمت بلوک لوت می دانند.
- جمشیدی و همکاران (۱۳۹۵)، افیولیت سبزوار را باقیمانده لیتوسفر اقیانوسی عنوان نموده که در زمان کرتاسه پالئوسن وجود داشته و در اثر فرورانش و بسته شدن آن افیولیت سازی در این زون شکل گرفته است. آنها همچنین ماگماتیسم بعد از جایگیری افیولیت در سبزوار را شامل واحدهای آندزیتی، تراکی- آندزیت و داسیت عنوان کرده اند.

۱-۶-۲- مطالعات انجام شده در ایران (هم تپ کانسارمس ریزاب)

- سامانی (۱۳۸۱)، در غالب پایان نامه و مقاله به بررسی منطقه معدنی عباس آباد در شمال شرق شاهرود پرداخته است. کانه زایی به صورت چینه کران و محدود به واحد آندزیت مگاپورفیری با میان لایه هایی از توف برش است.
- علی زاده و همکاران (۱۳۸۹)، به بررسی سنگ نگاری، ژئوشیمی، کانی شناسی، مطالعه میانبارهای سیال و تعیین سنگ های آتشفشانی، کانسار مس ورزگ قابل مقایسه با کانسارهای مس نوع مانتو و کانسارهای مس نوع Volcanic redbed است.
- ابولی پور و همکاران (۱۳۹۰)، به بررسی کانه زایی مس چینه کران نوع مانتو کشکوییه رفسنجان، زیر پهنه دهج- ساردوییه، پرداخته است. طبق بررسی ها، شکل هندسی و ژئومتری ماده معدنی در این معادن چینه کران و سنگ درون گیر آنها آندزیت پورفیری و بیتومن دار با سن ائوسن است.

- عادل پور و همکاران (۱۳۹۰)، سنگ‌نگاری، زمین‌شیمی، کانه‌زایی و جایگاه زمین‌ساختی- ماگمایی کانسار مس گرماب- قائن (خراسان جنوبی) را مورد بررسی قرار داده است. وی اظهار می‌دارد احتمالاً کانی‌سازی مس همراه با ولکانیسم‌های زیر دریایی به وجود آمده است و بر اساس مطالعات انجام شده، کانسار مس گرماب قابل مقایسه با کانسارهای مس نوع مانتو می‌باشد.
- طائفی (۱۳۹۳)، در راستای پایان‌نامه ارشد به بررسی ژئزکانه‌زایی مس همراه با سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی- رسوبی ائوسن، شمال ایران مرکزی، شرق و جنوب شرق شاهرود پرداخته است.
- میلانلو (۱۳۹۴)، در راستای پایان‌نامه ارشد به بررسی کانی‌سازی مس در کانسار مس نسیم (بردسکن) با استفاده از شواهد ژئوشیمی و مطالعات سیالات درگیر پرداخته‌اند و این کانسار را به عنوان کانسار تیپ مانتو معرفی کرده‌اند.
- سلطانی (۱۳۹۵)، در راستای پایان‌نامه ارشد به بررسی کانی‌شناسی و ژئزکانسار مس ریزاب در شمال غرب بردسکن پرداخته است و این کانسارها را به عنوان کانسار مس تیپ مانتو معرفی می‌کند.
- مغفوری و همکاران (۱۳۹۶)، با بررسی کانی‌شناسی و ژئوشیمی کانسار مس- نقره ماری، واقع در شمال غرب زنجان، این کانسار را به عنوان کانسار مس با تیپ مانتو معرفی می‌کند.

۱-۷- طرح مسئله و هدف از مطالعه

با توجه به اهمیت و جایگاه مس در جهان مطالعات گسترده‌ای به منظور اکتشاف این فلز در برنامه توسعه کشور در نظر گرفته شده است. منطقه مورد مطالعه بر روی کمر بند آتشفشانی-نفوذی خواف-کاشمر-بردسکن واقع شده است. وجود معادن متعدد طلا، آهن، سرب، روی، مس، قلع، گچ و مرمر در شهرستان بردسکن باعث شده که منطقه از نظر اقتصادی دارای اهمیت ویژه‌ای باشد و نیاز به انجام مطالعات دقیق‌تر و کاربردی‌تر در این منطقه افزایش یابد.

کانه‌زایی مس ریزاب در شمال‌غرب شهر بردسکن در ورقه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشمر و ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ درونه، در زون ساختاری ایران مرکزی در توالی سنگ‌های ائوسن گزارش شده‌است. مطالعات اقتصادی آن می‌تواند داده‌های سودمندی را از چگونگی فرایندهای موثر در تشکیل و تمرکز کانه‌ها در اختیار ما قرار دهد و همچنین بررسی‌های زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ساخت و بافت، ژئوشیمی و ارائه مدل تشکیل برای این کانسار بتوان به عنوان الگو و راهنما در اکتشاف سایر کانه‌زایی‌ها در منطقه و کانه‌زایی‌های مشابه در ایران سودمند باشد. بنابراین اهداف این پژوهش از دیدگاه زمین‌شناسی اقتصادی عبارتند از:

کانی‌شناسی، ساخت و بافت ماده معدنی و سنگ‌های میزبان و همراه کانسار مس ریزاب چگونه است؟

بررسی‌های زمین‌شناسی و ژئوشیمی و پهنه بندی فلزی بر روی این کانه‌زایی

✓ بررسی دگرسانی‌های موجود در منطقه و ارتباط آنها با کانه‌زایی

✓ تعیین محیط تکتونیکی کانسار مورد نظر و ارتباط آنها با کانه‌زایی

✓ ارائه الگوی تشکیل و کنترل‌کننده‌های اصلی کانه‌زایی در کانسار مس ریزاب

✓ تعیین تیپ کانه‌زایی کانسار مس ریزاب در مقایسه با موارد مشابه در سایر نقاط ایران و جهان

✓ ارائه کلیدهای اکتشافی جهت کشف ذخایر جدید در منطقه

۸- روش مطالعه

مراحل مختلف انجام این تحقیق به شرح زیر است:

۱-۸-۱- مطالعات دفتری

مطالعه منابع و گردآوری اطلاعات، گام نخست در این تحقیق بوده که به شرح زیر انجام گردیده است:

- تهیه و مطالعه کتب و مقالات در زمینه موضوع پایان نامه
- گردآوری نقشه‌های زمین‌شناسی و نقشه‌های توپوگرافی منطقه معدنی و گزارش و مقالات مرتبط با منطقه مورد نظر و نواحی اطراف و همچنین کانه‌زایی مشابه در جهان.

۱-۸-۲- مطالعات صحرایی

- بازدیدهای صحرایی در چند مرحله و به شرح زیر انجام گرفت.
- بازدیدهای مقدماتی به منظور آشنایی بیشتر با منطقه مورد مطالعه
- شناسایی و تفکیک واحدهای سنگی و نمونه برداری از واحدهای مختلف
- نمونه برداری در جهت عمود بر کانی‌سازی های منطقه
- نمونه برداری از مناطق دگرسانی در منطقه مورد مطالعه به منظور شناسایی‌های مرتبط با کانی‌سازی
- مطالعه شکل هندسی، ساخت و بافت ماده معدنی
- بررسی ارتباط کانه‌زایی با پدیده‌های مختلف ساختاری مثل گسل و چین خوردگی
- تهیه نقشه زمین‌شناسی بزرگ مقیاس از کانسار ریزاب
- تهیه مقاطع لیتواستراتیگرافی و لیتوژئوشیمیایی به منظور تعیین جایگاه احتمالی افق‌های کانه‌دار

- برداشت نمونه‌های لازم به منظور مطالعات سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی، سیالات درگیر

۱-۸-۳- مطالعات آزمایشگاهی و دستگاهی

در این مرحله پس از انجام نمونه برداری، نمونه‌ها با توجه به هدف مطالعه مقاطع میکروسکوپی تهیه و مورد مطالعه قرار گرفت.

- تهیه و مطالعه ۵۰ عدد مقطع نازک و نازک صیقلی و دوبرصیقل از توده‌های آذرین و اندیس‌های معدنی جهت مطالعات پتروگرافی و کانه‌نگاری.

- بررسی آزمایشگاهی جهت تعیین اکسیدهای عناصر اصلی شامل ۸ نمونه XRF.

- تعداد ۸ نمونه ICP-OES جهت تعیین عناصر فرعی و عناصر معدنی

- تعداد ۸ نمونه ICP-MS جهت تعیین عناصر کمیاب و نادر خاکی

- مطالعات کانی‌شناسی به روش XRD (۵ نمونه) جهت تعیین نوع دگرسانی

۱-۸-۴- مطالعه دفتری و پردازش و تفسیر داده‌ها

- تجزیه و تحلیل و تلفیق داده‌های حاصل از بررسی‌های صحرایی و مطالعه مقاطع میکروسکوپی و داده‌های ژئوشیمیایی

- ترسیم نقشه‌ها با استفاده از نرم افزارهای Arc GIS

- ترسیم نمودارهای ژئوشیمیایی داده‌های حاصل از تجزیه نمونه‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی

مانند GCDkit, IGPET و نرم افزارهای آماری مانند SPSS

- تلفیق داده‌های فوق الذکر با داده‌های حاصل از مطالعه مقالات و کتب مربوط به منظور ارائه مدل کانی-

سازی در منطقه و نیز مقایسه این کانه‌زایی با نهشته‌های مشابه در جهان

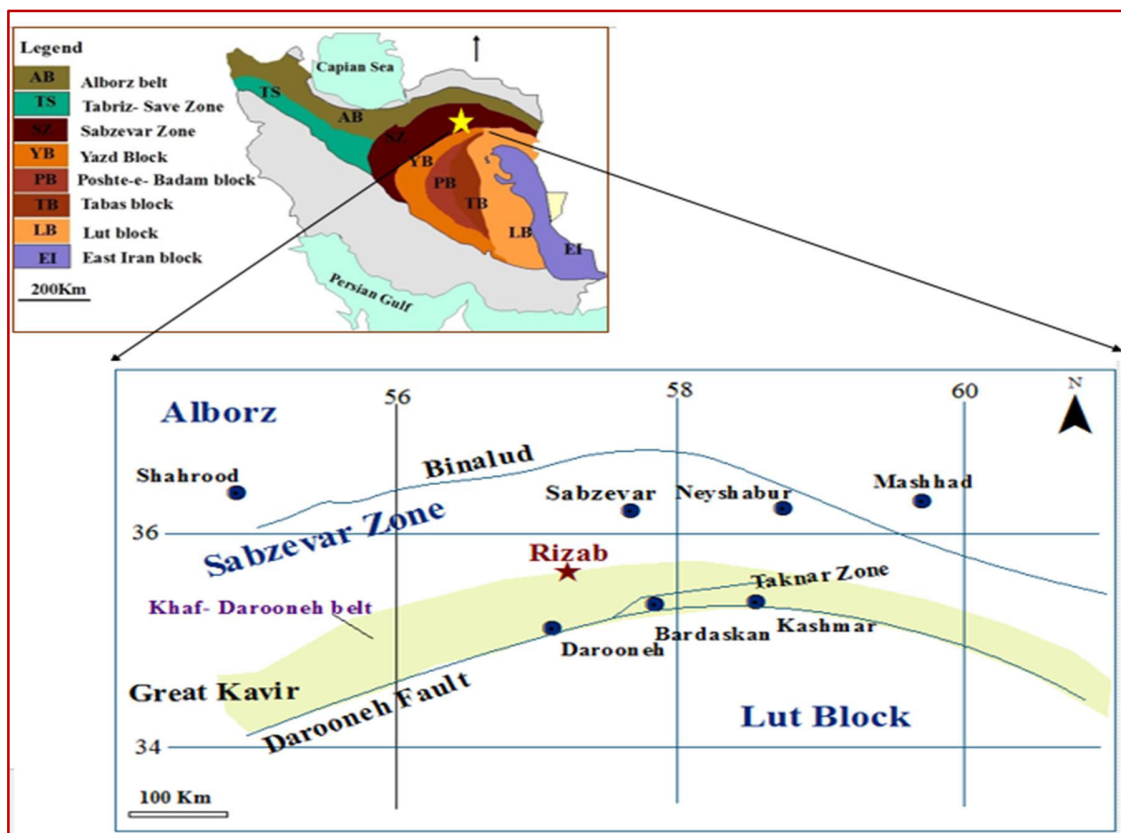
- نگارش فصول پایان‌نامه

فصل دوم

زمین شناسی

۱-۲- مقدمه

منطقه ریزاب در قسمت میانی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ درونه (قائمى و موسوى حرمى، ۱۳۸۵) در استان خراسان رضوى، شمال غرب بردسكن واقع شده است. ورقه درونه با قرار گرفتن در حاشیه شمالی ایران مرکزی و جنوب زیر پهنه سبزوار (Alavi, 1991) و بخشی از کمربند خواف- درونه (خواف- تربت حیدریه- کاشمر- بردسکن) است که بین دو گسل بزرگ درونه در جنوب و گسل بینالود در شمال، محصور شده‌اند و عموماً از سنگهای آتشفشانی و آتشفشانی رسوبی با سن ائوسن تشکیل شده است (شکل ۱-۲). در این فصل به شرح زمین‌شناسی ناحیه‌ای، منطقه‌ای و معدنی و همچنین شرح چینه‌شناسی منطقه ریزاب پرداخته خواهد شد و در انتها ویژگی‌های زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی کانسار مورد نظر را بیان می‌کنیم.



شکل ۱-۲- الف) زیر پهنه ایران میانی از دیدگاه علوی (Alavi, 1991)، ب) نمایش گسل‌های دربرگیرنده زیرپهنه سبزوار

(Linndenberg and jacobsbagen, 1983)، کمربند خواف درونه و موقعیت منطقه ریزاب.

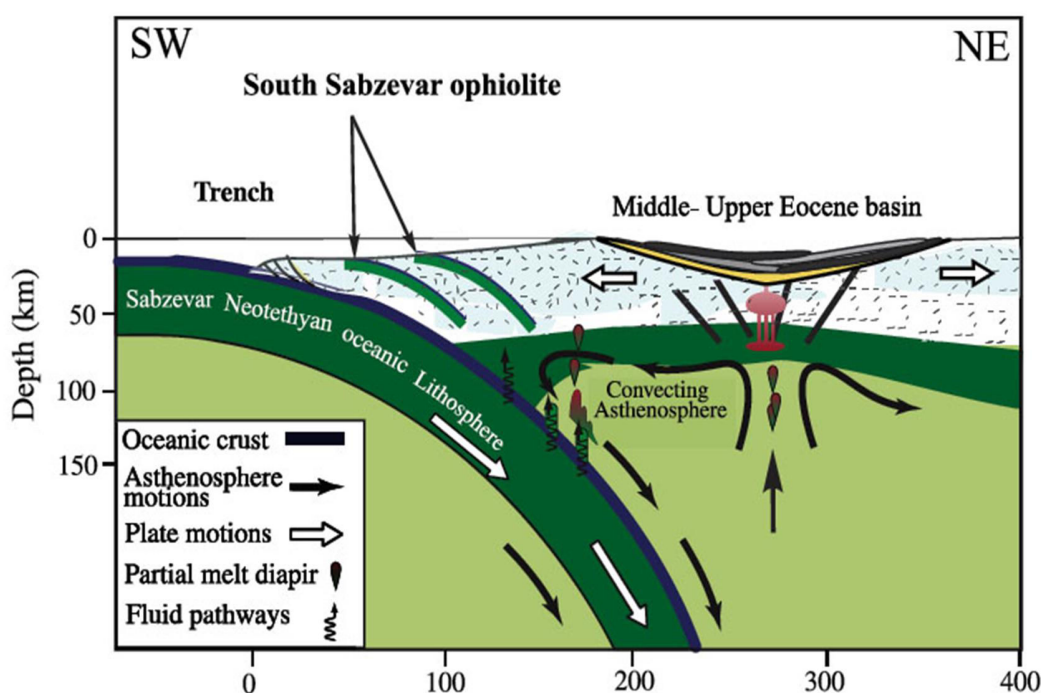
۲-۲- زمین‌شناسی ناحیه‌ای

سرزمین ایران به عنوان بخشی از نواحی مرکزی- غربی سامانه کوهزایی آلپ- هیمالیا به جهت تحمل زمین ساخت خاص نواحی همگرایی صفحات (Ghasemi and Talbot, 2006) جولانگاه فعالیت‌های ماگمایی (آتشفشانی و نفوذی) گسترده‌ای بویژه در دوران سنوزوئیک بوده است (Yousefi *et al.*, 2017). نقشه‌های زمین‌شناسی (Haghipour and Aghanabati, 1985) و ماگمایی ایران (Emami and Sadeghi, 1993) اهمیت این رخداد را به خوبی منعکس کرده‌اند. همراه با همگرایی مداوم صفحه اوراسیا- عربستان و ضخیم‌شدگی و کوتاه‌شدگی پوسته قاره‌ای ایران فعالیت‌های ماگمایی از اوایل دوران سوم تا زمان حال در ایران مرکزی و البرز ادامه داشته است (Shabanian *et al.*, 2012).

رویدادهای ماگمایی سنوزوییک ایران از اواخر پالئوسن آغاز شده و تا کواترنر ادامه پیدا کرده است و آثار آنها را می‌توان در پهنه‌های ساختاری ارومیه دختر، ایران مرکزی، البرز، آذربایجان، فلیش خاور ایران و لوت دید. این رویدادهای ماگمایی در دوره‌های زمانی گوناگون به صورت خروج گدازه، فوران گدازه در پهنه‌های خشکی و آبی، نمودار شده‌اند. سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشان- رسوبی پالئوسن تا ائوسن میانی به گونه گسترده‌ای در ایران رخنمون دارند (به ویژه در پهنه‌های ساختاری ارومیه دختر و شمال ایران مرکزی) در بخش‌های شمالی ایران مرکزی که منطقه سهل بخشی از آن است نوار گسترده‌ای شامل سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی - رسوبی رخنمون دارند.

در دوران مزوزوییک و سنوزوییک، ایران مرکزی از نظر زمین ساختی منطقه پرتکاپویی بوده است به گونه‌ای که افزون بر چندین دگرریختی بسیار آشکار، رویدادهای ماگمایی، به صورت پیدایش سنگ‌های آتشفشانی، آتشفشانی رسوبی و توده‌های آذرین نیمه ژرف، در آن دیده می‌شود (Ilkhchi *et al.*, 2006)

نوار آتشفشانی- نفوذی شمال پهنه ساختاری ایران مرکزی، واقع در لبه شمال شرقی زون ساختاری ایران مرکزی، از شمال سمنان در غرب تا خواف در شرق و شمال شرق ایران امتدا دارد (Yousefi *et al.*, 2017). در بخش شمالی ایران مرکزی که منطقه ریزاب بخشی از آن است رویدادهای ماگمایی به صورت سنگ‌های آتشفشانی، آتشفشانی رسوبی و توده‌های آذرین نیمه عمیق در آن دیده می‌شود (Ilkhchi *et al.*, 2006). این نوار آتشفشانی و آتشفشانی رسوبی در نقاط زیادی توسط توده‌های آذرین نیمه عمیق (به صورت سیل، دایک، گنبد و توده‌های نفوذی) با طیف ترکیبی متنوع، قطع شده‌اند (Yousefi *et al.*, 2017). می‌توان گفت فرورانش رو به شمال ورقه اقیانوسی نئوتتیس سبزوار (شاخه درونه) به زیر حاشیه جنوبی ورقه توران، به تشکیل سنگ‌های آتشفشانی کمان قاره‌ای شمال غرب بردسکن منجر شده است (Ghasemi *et al.*, 2015)، (شکل ۲-۱).



شکل ۲-۲- مدل شماتیکی بر گرفته از مطالعات قاسمی و رضایی (Ghasemi *et al.*, 2015)، فرورانش رو به شمال ورقه اقیانوسی نئوتتیس سبزوار (شاخه درونه) به زیر حاشیه جنوبی ورقه توران، به تشکیل سنگ‌های آتشفشانی کمان قاره‌ای شمال غرب بردسکن منجر شده است.

اوج فعالیت‌های آتشفشانی در ائوسن میانی - بالایی بوده و در نئوژن و کواترنر در بسیاری از بخش‌های ایران مرکزی و سبزوار ادامه داشته اما ظاهراً از شدت آنها کاسته شده است. توالی‌های ائوسن به طور عمده متشکل از سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی- رسوبی و رسوباتی است که بر روی سنگ‌های افیولیتی کرتاسه بالایی قرار گرفته‌اند (Ghasemi et al., 2015).

۲-۳- چینه‌شناسی ناحیه‌ای

واحدهای سنگی متنوعی از پرکامبرین تا عهد حاضر در محدوده ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ رخمون دارند. این واحدها از قدیم به جدید به شرح زیر می‌باشند.

۲-۳-۱- پرکامبرین، پالئوزوئیک و مزوزوئیک

قدیمی‌ترین سنگ‌های ناحیه در شرق ورقه درونه مربوط به سازند تکنار می‌باشد که در شمال شرق درونه دیده می‌شود. این واحد شامل توالی ضخیمی از توف، لاپیلی توف، دیاباز، سیلت‌استون و سنگ ماسه با درون لایه‌هایی از دولومیت با رنگ کلی سبز تیره است. نهشته‌های پالئوزوئیک در شرق ورقه درونه در جنوب شرقی کوه چکو شامل دو سازند دولومیت سلطانیه و سازند لالون می‌باشند که بر روی واحد دگرگون شده پرکامبرین قرار دارند. لیتولوژی این واحدها شامل دولومیت خاکستری تیره، دارای نوارهای چرتی و ساخت استروماتولیت در سازند دولومیت سلطانیه و سنگ‌ماسه کوارتزی نازک تا متوسط لایه به رنگ قرمز تا ارغونی در سازند لالون می‌باشد.

نهبشته‌های ژوراسیک، این مجموعه هم ارز بخش شیل میانی و بخش آهک بالایی در سازند قلعه دختر می‌باشد و شامل شیل، ماسه سنگ و آهک خاکستری رنگ است که با سنگ‌های همجوار ارتباط گسله دارد.

نهبشته‌های کرتاسه زیرین، به طور کلی شامل: واحد سنگ‌ماسه خاکستری تیره و سنگ آهک با رنگ خاکستری روشن، واحد مارن، واحد سنگ ماسه قرمز رنگ و قطعات کنگلومرا، واحد مارن با رنگ سبز روشن با میان لایه‌هایی از سنگ آهک نازک لایه و واحد سنگ آهک توده‌ای می‌باشد که بطور هم‌شیب بر روی هم قرار گرفته‌اند و بدون تحمل دگرگونی نهبشته‌های قدیمی را می‌پوشانند.

در کرتاسه بالایی، از رخساره‌های مهم کرتاسه بالایی رخساره‌های آهکی مربوط به نواحی عمیق است که همراه با سنگ‌های سیلیسی رادیولاریت و سنگ‌های آذرین بازیک و اولترابازیک به صورت مخلوط مشاهده می‌شود

کرتاسه فوقانی، رخنمون‌های سنگی در کرتاسه فوقانی شامل: آمیزه‌های افیولیتی، سنگ‌های آذرآواری (توف، لاپیلی توف، آگلومرا و سنگ ماسه توفی)، سنگ‌های آتشفشانی (آندزیت، تراکی‌آندزیت، کوارتز تراکیت، ریولیت) و سنگ آهک گلوبرترونکا می‌باشند که ارتباط گسله با سنگ‌های مجاور دارند.

۲-۳-۲- سنوزوئیک

ائوسن میانی، در میان رسوبات ائوسن میانی مجموعه‌ای از سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری رخنمون دارند که نشان از فعالیت‌های ماگمایی در ائوسن میانی است. به طور کلی سه مجموعه سنگی در ائوسن میانی قابل تفکیک می‌باشد و عبارتند از: (۱) مجموعه رسوبی، شامل: سنگ‌ماسه، سنگ‌ماسه توفی، مارن، سنگ سیلیت و سنگ آهک. (۲) مجموعه آتشفشانی، شامل: آندزیت، پیروکسن آندزیت، آندزیت بازالت و

بازالت به رنگ سیاه تا سبز. ۳) مجموعه آذرآواری، شامل: آگلومرا، توف، لاپیلی توف و توف آندزیتی به رنگ قرمز تا سبز می‌باشد، رخنمون این واحد در درون لایه‌های آگلومرای، ضخامت اندک از سنگ‌آهک و سنگ‌آهک ماسه‌ای کرم رنگ حاوی نومولیت و آلونین جای دارند.

اٲوسن فوقانی؛ مجموعه سنگ‌های اٲوسن فوقانی شامل یک سری از سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری و مجموعه رسوبی می‌باشند. مجموعه رسوبی شامل تناوبی از سنگ‌ماسه، سنگ سیلت، مارن سیلتی و سنگ آهک می‌باشد بر روی این واحد سنگی مجموعه سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری جای می‌گیرد که عبارتند از: سنگ‌های آشفشانی از نوع آندزیت، آندزیت پورفیری و پیروکسن آندزیت می‌باشد. آگلومرا، بازالت و آندزیت یازالت و آندزیت، تراکی آندزیت و آندزیت.

مجموعه رسوبی الیگوسن - اٲوسن، این مجموعه شامل: ۱) تناوبی از سنگ‌ماسه و کنگلومرای ریز به رنگ قهوه‌ای روشن تا زرد، ۲) تناوبی از سنگ آهک با سیلت‌استون و سنگ‌ماسه سبز رنگ و ۳) تناوبی از کنگلومرای توده‌ای و سنگ‌ماسه با درون لایه‌هایی از مارن به رنگ قرمز تا سبز.

نهبشته‌های میوسن، در قسمت میانی و شمالی ورقه با لیتولوژی سنگ‌ماسه، کنگلومرا، مارن، سنگ سیلت و مارن می‌باشند که بصورت هم‌شیب بر روی هم قرار گرفته‌اند.

در طی دوره کواترنری، نهبشته‌های کواترنری شامل آبرفت‌های پادگانه‌ای سخت نشده با ترکیب کنگلومرا و ماسه سخت نشده، انباشت‌های مخروط افکنه‌ای، انباشته پادگانه‌های آبرفتی جوان، جلگه و پهنه‌های رسی - نمکی که در پلایای جنوب درونه گسترش دارند.

توده‌های نفوذی: در این منطقه توده‌های نفوذی یک سری به صورت توده و یک سری به صورت دایک مشاهده می‌شوند.

دایک: دایک‌هایی از جنس دیاباز با درازا و پهنای ناچیز، در منطقه دیده می‌شوند. کانی‌های اصلی موجود در آن شامل پلاژیوکلاز کلسیم‌دا، پیروکسن و هورنبلند است. کانی‌هایی مانند آپاتیت، اسفن، زیرکن و کانی‌های تیره (اوپک) نیز در آن‌ها یافت می‌شوند. به سبب دگرسانی کانی‌های سنگ اولیه، کانی‌هایی مانند سرسیت، کلریت، لکوکسن و کربنات نیز در آن‌ها ایجاد شده است.

۲-۴- زمین‌شناسی ساختمانی

چین خوردگی شدید و تشکیل ساختارهای فرعی متعدد همراه با گسلش، گویای اثر تکتونیکی شدید در ناحیه مورد مطالعه است. سنگهای با قدمت پرکامبرین با عنوان سازند تکنار در حد رخساره شیست سبز دچار دگرگونی شده است. همچنین حضور سازندهایی از جمله پادها، سیب زار و بهرام با دگرشیبی روی ساند تکنار است که نشان از اثر فاز کوهزایی تاکنونین است. رخداد کیمبرین پسین که از شاخصه‌های مهم تکتونیکی ایران مرکزی است و سبب قرارگیری سنگ‌های کرتاسه با همبری دگرشیبی روی سازندهای قدیمی شده است. کنگلومراها در بسیاری از جاهای ایران از جمله مناطق بردسکن- کاشمر و درونه با همبری دگرشیب روی سازندهای قدیمی‌تر قرار گرفته است و نشان از کوهزایی لارامید در این مناطق می‌باشند. عمده‌ترین ساختمان‌های اصلی در ناحیه مورد مطالعه مربوط به انواع گسل‌هاست که به دو رده، گسل‌های راندگی و گسل‌های راستالغز تقسیم می‌شوند.

۲-۴-۱- گسل‌های راندگی

قدیمی‌ترین شکستگی‌های منطقه را تشکیل می‌دهند و به صورت متمرکز و متعدد در جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه با امتداد شمال شرقی- جنوب غربی گسترش دارند. ناحیه مورد نظر را می‌توان پایانه غربی پهنه تکتونیکی تکنار دانست. یعنی محلی که گسل ریوش به گسل درونه رسیده و سبب درهم

ریختگی تکتونیکی شدیدی در این منطقه می‌شود. فعالیت این گسل‌ها در اوایل سنوزوئیک متوقف شده و جای خود را به گسلش راستالغز داده است.

۲-۴-۲- گسل‌های راستالغز

این گسل‌ها را می‌توان شکستگی‌های فرعی دانست که تحت تاثیر حرکت راستالغز درون تشکیل شده و به فعالیت ادامه داده‌اند. با توجه به اینکه بیشتر فعالیت‌های تکتونیکی این منطقه را باید زیرتاثیر پهنه گسلی درون دانست، همانطور که گفته شد منطقه‌ی مورد نظر در منطقه سبزواری قرار می‌گیرد. منطقه سبزواری برای واحدهایی از زمین‌شناختی بکار برده می‌شود که بین گسل بینالود و گسل ریوش در جنوب قرار گرفته‌اند. منطقه مورد مطالعه از شمال توسط گسل بینالود و از جنوب توسط گسل درون محدود می‌شود. در اینجا به ویژگی‌های آن اشاره می‌شود:

گسل درون: گسل درون از جمله گسل‌های امتداد لغز می‌باشد که در شمال شرق فلات ایران واقع شده و نقش بسیار مهمی در شکل‌گیری وضعیت تکتونیکی شمال شرق ایران ایفا می‌کند. گسل درون براساس تغییر رفتارهای ساختاری به سه بخش تقسیم می‌شود: بخش شرقی با روند NW-SE (از هیرمند تا تربت حیدریه)، بخش مرکزی با روند E-W (از تربت حیدریه تا روستای درون) و بخش غربی با روند NE-SW (از روستای درون تا انارک). منطقه مورد مطالعه در شمال گسل درون و در بخش غربی آن که دارای روند شمال شرقی- جنوب غربی است که انتهای آن در دشت کویر مرکزی ایران پوشیده می‌شود، قرار دارد. بخش فعال این گسل که لرزه‌زایی در سده بیستم نشان می‌دهد، در حد فاصل بین کاشمر و تربت حیدریه است (Tchalenko, 1973).

گسل بینالود: این گسل که هم روند گسل درونه است، بیشتر از آن جهت اهمیت دارد که به احتمال زیاد فعالیت آن سبب فرونشست کفه کال شور شده است (شهرابی، ۱۳۸۵). به گونه‌ای که با فرونشینی تدریجی آبریز هر دو سوی شمالی و جنوبی را به سوی این فرونشست هدایت نموده است.

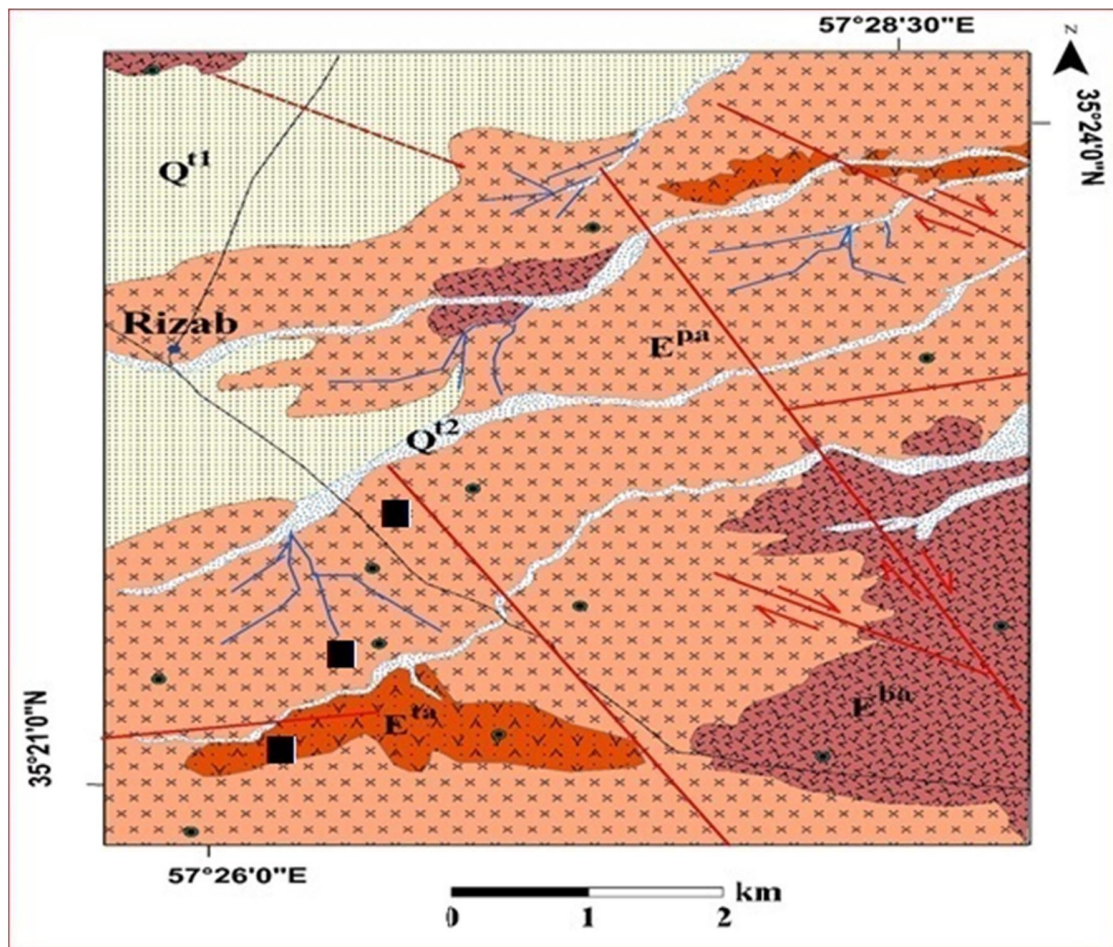
گسل تکنار: این گسل با روند شمال شرقی- جنوب غربی، تعیین کننده مرز بین رخنمون‌های پنجره فرسایشی تکنار و مجموعه افیولیتی آتشفشانی حلقه افیولیتی- سبزوار، تربت حیدریه و فریمان است. رخنساره‌های ترشیری در دو طرف این گسل مشابه هم نبوده و سری‌های ولکانوپلاژیک کرتاسه فوقانی در شمال گسل محدود می‌گردند (همام، ۱۳۷۱).

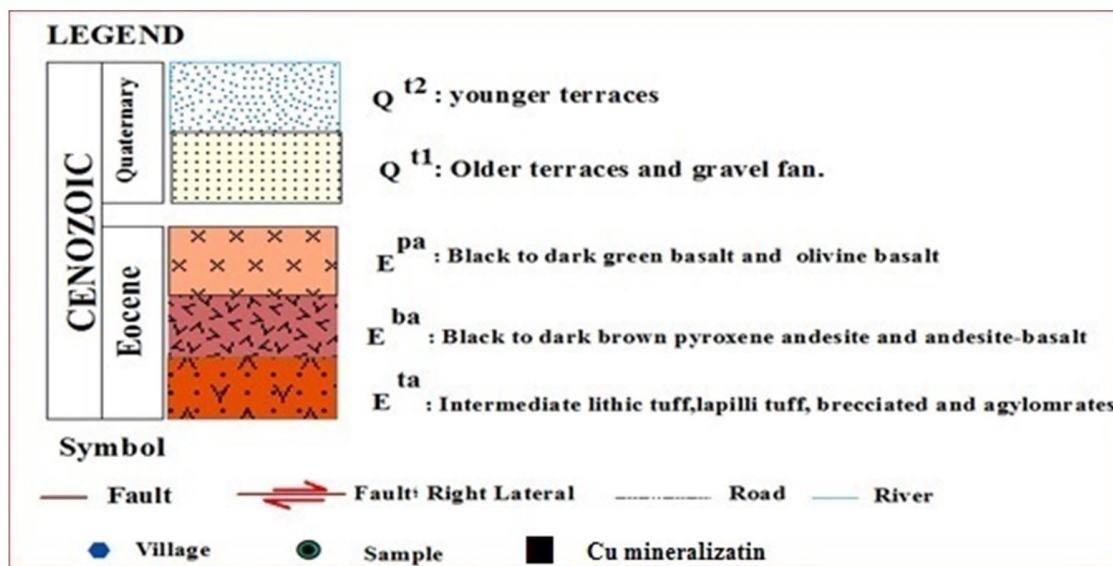
۲-۵- زمین‌شناسی اقتصادی

پتانسیل اقتصادی در محدوده مورد مطالعه شامل مس می‌باشد. این کانه‌زایی بیشتر در واحدهای آتشفشانی و آتشفشانی- رسوبی سنوزوئیک رخ داده است و تشکیل آنها در این مجموعه سنگی تحت تأثیر لیتولوژی و ساختارهای تکتونیکی می‌باشد. کانه‌زایی عمدتاً در غالب کانی‌های کالکوسیت و مالاکیت می‌باشد. کانی‌سازی غیر فلزی در ورقه درونه به طور عمده در سنگ‌های مجموعه مزوزوئیک رخنمون دارند. سنگ آهک‌های توده‌ای کرتاسه در این مجموعه، زمینه مناسبی را برای سنگ‌های تزئینی ایجاد می‌کنند. با توجه به موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی کمربند خواف- درونه، کانی‌سازی‌های مختلفی از جمله مس، آهن، طلا، نقره، آنتیموان و غیره در این کمربند گزارش شده است که از مهم‌ترین آنها می‌توان کانسار پلی‌متال تکنار، معدن مس دهنه سیاه، زنگالو، طلای کوه‌زر، آهن زردکوه، معدن سنگان خواف، معدن مس چشمه‌گز (نسیم)، کانسار مس برجک، نشانه معدنی خالدار ۱ و ۲، نشانه معدنی مس کاسف، کانسار آهن برناباد و کانسار آهن کوه‌دل‌کن، را نام برد.

۲-۶- زمین‌شناسی و چینه‌شناسی منطقه‌ای

چینه‌شناسی منطقه ریزاب اغلب شامل برونزدهای سنوزئیک و رسوبات کواترنری می‌باشد که در زیر به شرح هر یک پرداخته می‌شود (شکل ۲-۳).





شکل ۲-۳- نقشه زمین‌شناسی محلی تهیه شده با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ منطقه معدنی ریزاب.

سنوزوئیک

الف- واحدهای آتشفشانی و آذرآواری ائوسن میانی

در میان رسوبات ائوسن میانی، مجموعه‌ای از سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری رخمون دارند. این واحدها بخش عمده منطقه معدنی را تشکیل می‌دهند. این مجموعه با سنگ‌های ولکانیک شامل آندزیت، پیروکسن آندزیت، آندزیت بازالت و بازالت با رنگ سیاه تا سبز تیره آغاز می‌شود. در پاره‌ای نقاط نیز درون لایه‌هایی از آگلومرا به رنگ سبز تا قرمز در این مجموعه دیده می‌شود. بر روی مجموعه آتشفشانی، سنگ‌های آذرآواری شامل تناوبی از آگلومرا، توف، لاپیلی و توف آندزیتی جای می‌گیرد (شکل ۲-۴). قطعات تشکیل‌دهنده آگلومرا شامل آندزیت، پیروکسن آندزیت و آندزیت بازالت می‌باشد.



شکل ۲-۴- الف) گدازه آندزیت پورفیری خاکستری متمایل به سبز با جابجایی راستالغز چپ بر، ب) توف ماسه ای تا توف با قطعات آندزیت بازالتی

ب- سنگ‌های ولکانیک و آذرآواری ائوسن بالایی

بخش عمده منطقه معدنی را یک سری از سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری تشکیل می‌دهند. که بر روی سنگ‌های کهن‌تر جای گرفته‌اند. اولین واحد سنگی در این مجموعه شامل سنگ‌های آتشفشانی از نوع آندزیت، آندزیت پورفیری و پیروکسن آندزیت به رنگ سبز تا بنفش تیره است (شکل ۲-۵)، که ستبرایی در حدود ۲۰۰ متر از آن در سطح زمین رخنمون دارد. به سبب از میان رفتن پورفیروبلاست‌های درون آندزیت‌ها، در بخش‌های زیادی بافت آمیگدالوئیدال در آنها ایجاد شده‌است. حفره‌های موجود توسط کانی‌های ثانویه مانند کلسیت پرشدگی نشان می‌دهند همچنین در امتداد شکستگی‌ها کانی‌سازی مس به صورت مالاکیت نمایان شده‌است.



شکل ۲-۵- نمایی از واحد آندزیت پورفیری تا پیروکسن آندزیت پورفیری (دید به سمت شمال باختری)

ج- رسوبات الیگوسن - میوسن

این واحد شامل تناوبی از سنگ آهک نازک لایه به رنگ کرم، سنگ ماسه و مارن به رنگ سبز روشن است. در ستبرای واحد سنگی در حدود ۲۵۰-۳۰۰ متر تخمین زده می‌شود. در برخی نقاط دو افق گچی در بخش زیرین و بخش میانی مجموعه دیده می‌شود.

د- رسوبات پلیوسن - کواترنری: این واحد شامل کنگلومرای توده‌ای با رنگ قرمز روشن تا خاکستری است که درون لایه‌هایی از سنگ‌ماسه نیز به همراه دارد. قطعات تشکیل‌دهنده کنگلومرا نیمه گردشده هستند و با سیمانی سست و چورشدگی بد، در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. رخنمون‌های این واحد در شرق منطقه مورد مطالعه گسترش دارند که به صورت همشیب بر روی واحدهای کهن‌تر جای می‌گیرند.

رسوبات آبرفتی کواترنری

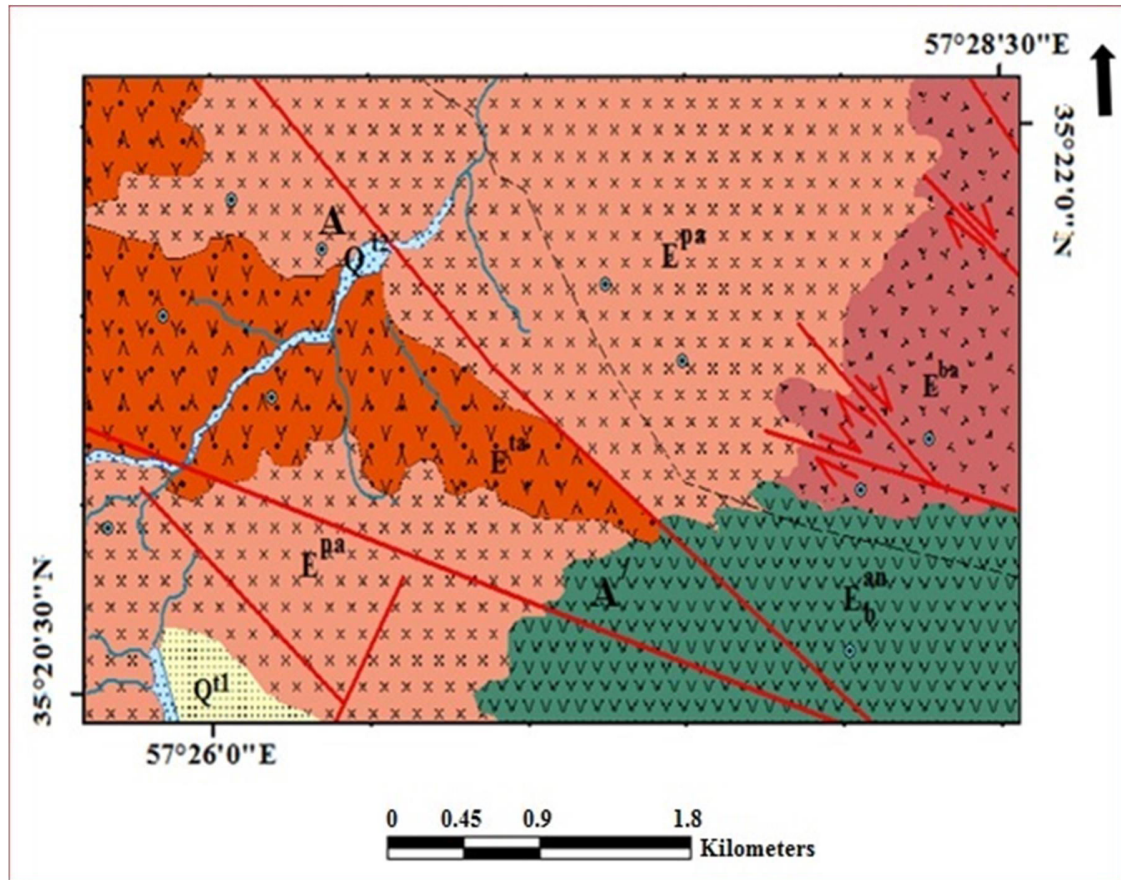
الف- آبرفت‌های کهن: این واحد شامل آبرفت‌های پادگانه‌ای سخت نشده و کهن با ترکیب ماسه و کنگلومرای سست و سخت نشده است. این انباشته‌ها در ارتفاعات و کناره‌های دشت بر جای نهاده شده‌اند.

ب- آبرفت‌های عهد حاضر: این واحد شامل انباشته پادگانه‌های آبرفتی جوان (سیلت، ماسه و پیل) است که سخت نشده‌است و برفراز نقاط پست و کناره‌دشت و رودخانه بر جای گذاشته شده‌اند.

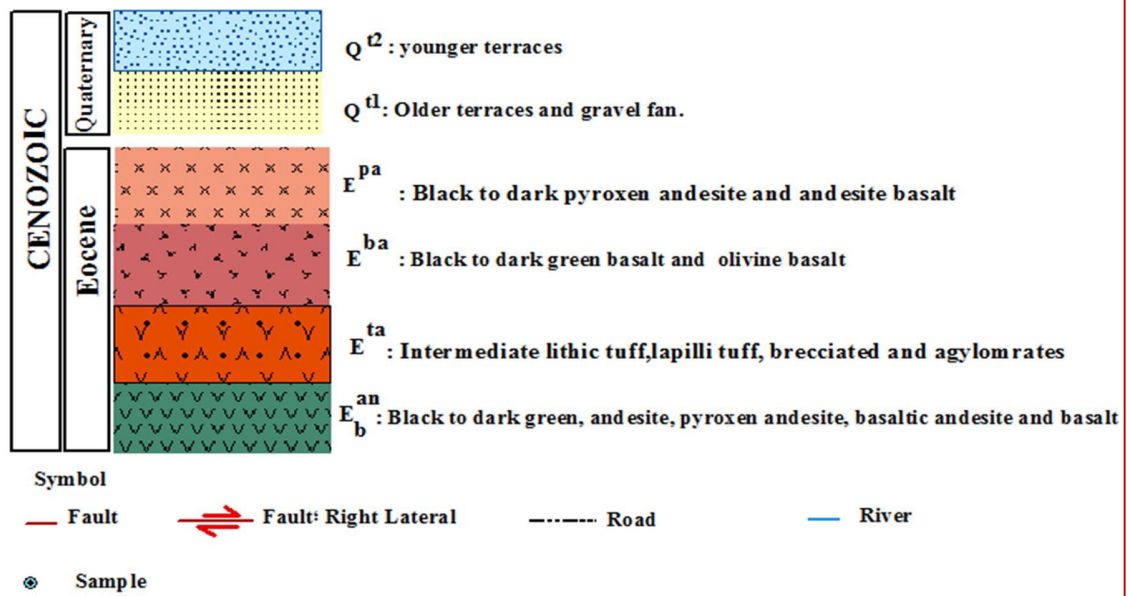
۲-۷- چین‌شناسی و سنگ‌شناسی معدنی منطقه ریزاب

براساس مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی صورت گرفته، مهم‌ترین واحدهای سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه به دو مجموعه مختلف با سن ائوسن بالایی قابل تفکیک می‌باشند که عبارتند از: (۱) مجموعه گدازه‌ای شامل؛ آندزیت، بازالت و آندزیت-بازالت پورفیری آندزیت، پیروکسن آندزیت، بازالت و اولیوین-بازالت و (۲) مجموعه آذرآواری شامل؛ توف، کریستال توف، لیتیک توف و آگلومرا.

با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ درونه (قائمی و حرمی، ۱۳۸۵)، تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های حاصل از برداشت‌های صحرایی (داده‌های پتروگرافی و ژئوشیمی) منطقه مورد مطالعه، نقشه زمین‌شناسی معدنی از منطقه ریزاب تهیه گردید (شکل ۲-۶).



LEGEND



شکل ۲-۶- نقشه زمین‌شناسی معدنی بزرگ مقیاس منطقه معدنی ریزاب

در این قسمت با استفاده از اطلاعات موجود در نقشه زمین‌شناسی تهیه شده، واحدهای سنگی رخنمون یافته در منطقه معدنی ریزاب شرح داده شده و باتکیه بر اطلاعات صحرایی، بررسی‌های سنگ‌شناختی، مطالعات میکروسکوپی و نیز نتایج آنالیزهای شیمیایی به بررسی ویژگی‌های سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی واحدهای آتشفشانی - رسوبی می‌پردازیم.

۲-۷-۱- واحد گدازه‌ای با سن ائوسن بالایی

سنگ‌های آتشفشانی با سن ائوسن بالایی در این مجموعه مورفولوژی ملایمی را به خود اختصاص داده‌اند و به صوت گنبدی کوتاه و کم ارتفاع توده‌های منفردی سر تخت‌های کشیده دیده می‌شوند (قائمی و حرمی ۱۳۸۵). گدازه‌های منطقه مورد مطالعه از نظر ترکیب سنگ‌شناسی شامل آندزیت، پیروکسن- آندزیت، آندزیت- بازالت، بازالت و اولیوین‌بازالت می‌باشند.

۲-۷-۱-۱- آندزیت و پیروکسن آندزیت

در مشاهدات صحرایی، این واحد با گستره وسیعی و با روند شمال شرقی - جنوب غربی بخش اعظم رخنمون‌های منطقه را تشکیل می‌دهند و به رنگ‌های خاکستری تیره، خاکستری متمایل به سبز و قهوه‌ای دیده می‌شوند که اغلب دچار دگرسانی شدید شده‌اند. این واحد، میزبان اصلی کانی‌سازی مس در منطقه ریزاب است. مورفولوژی صخره‌ای و فرسایش پوسته پیازی و لانه زنبوری از جمله پدیده‌های مشاهده شده در این واحد است سخت این واحد نشان از مقاوم بودن این واحد در برابر هوازدگی و فرسایش است (شکل ۲-۷ الف). یکی از ویژگی‌های بارز این واحد بافت مگاپورفیری با حضور فنوکریست‌های پلاژیوکلاز با اندازه ۲ سانتی‌متر می‌باشد (شکل ۲-۷ ب).

در مطالعات میکروسکوپی عموماً بافت غالب پورفیرویتیک، حفره‌ای، گلومروپورفیریتیک، تدریجی، جریان‌ی و پوئیکلیتیک نیز در آنها مشاهده می‌شود. کانی‌های اصلی شامل درشت بلورهای پلاژیوکلاز، آمفیبول، پیروکسن و به میزان کمتری الیون می‌باشند که در زمینه میکروولیتی متشکل از پلاژیوکلاز، پیروکسن و کانی‌های اپک قرار دارند و سبب ایجاد بافت پورفیری شده‌اند (شکل ۲-۸ الف). از کانی‌های فرعی می‌توان به اکسیدهای آهن اشاره نمود. معمولاً در آندزیت‌ها حفره‌هایی دیده می‌شوند که بوسیله کانی‌های ثانویه از جمله کلریت، زئولیت، کلسیت، سرسیت و کانی‌های رسی پر شده‌اند و سبب ایجاد بافت حفره‌ای و بادامکی در این واحد آتشفشانی شده است.



شکل ۲-۷ الف) فرسایش پوسته‌پیزی در واحد آندزیتی. ب) حضور فنوکریست‌های پلاژیوکلاز در واحد پیروکسن آندزیتی

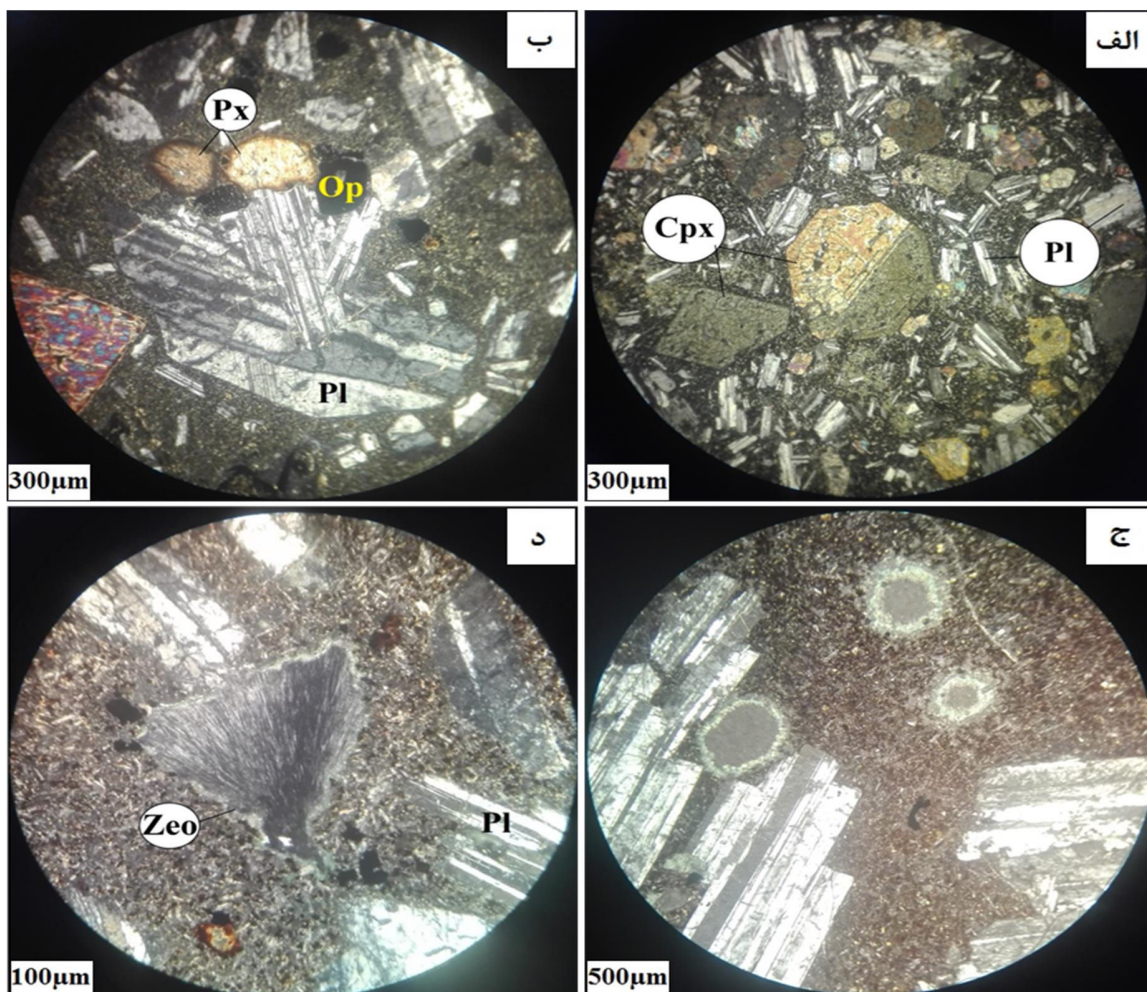
پلاژیوکلاز: بلورهای پلاژیوکلاز صورت درشت بلورهای شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار با اندازه‌های ۲ سانتی-متری و با ماکل پلی سنتتیک و همچنین به صورت ریز دانه و میکروولیتی در زمینه سنگ حضور دارند و حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد حجم سنگ را تشکیل می‌دهند. وجود بافت جریان‌ی را می‌توان حاصل جهت یافتگی بلورهای فلدسپار در جهت جریان گدازه دانست (Gupta, 2007). علاوه بر آن می‌توان به بافت

گلمروپورفیری که بدلیل اغتشاش درضمن تبلور ماگما ایجاد می‌شود، اشاره نمود (Nelson and Montana, 1992) که سبب تجمع بلورهای پلاژیوکلاز و پیروکسن در کنار یکدیگر شده‌است (شکل ۲-۸ ب).

پیروکسن: پیروکسن‌ها به صورت درشت بلورهای شکل‌دار تا بی‌شکل با میانگین اندازه بین ۱-۳/۰ میلی‌متر حدود ۲۵-۳۰ درصد حجمی سنگ را تشکیل می‌دهد. خوردگی برخی از بلورهای پیروکسن حاکی از عدم تعادل کانی تحت شرایط فیزیکی شیمیایی جدید است (chen and zhang, 2008). کلینوپيروكسن‌ها اغلب از نوع اوژیت هستند و گاهی کانی‌های کدر به صورت بافت غربالی در آنها مشاهده می‌شود (شکل ۲-۸ الف).

کانی‌های فرعی: اکسیدهای آهن از جمله کانی‌های فرعی موجود در این سنگ‌ها هستند که لکه‌های قهوه‌ای رنگ و بی‌شکلی را در سطح مقطع ایجاد نموده‌اند. در بر گرفته شدن بلورهای مگنتیت توسط کانی‌های پیروکسن بیانگر تبلور زود هنگام این کانی در یک ماگمای بدون آب است، چرا که در ماگماهای بدون آب مگنتیت همزمان با الیوین و پیروکسن متبلور می‌شود، در حالی که تحت فشار بخار آب و فشار جزئی کم اکسیژن، مگنتیت در مراحل پایانی تفریق بلورین و پس از پلاژیوکلاز متبلور می‌گردد (Hall, 1996).

کانی‌های ثانویه: پرشدن حفرات کروی و بیضوی توسط کانی‌هایی از جمله زئولیت، کلسیت، کلریت و سیلیس سبب تشکیل بافت بادامکی و حفره‌ای شده‌است (شکل ۲-۸ ج و د)

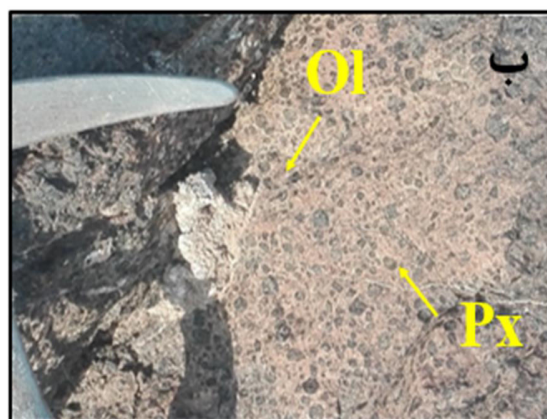
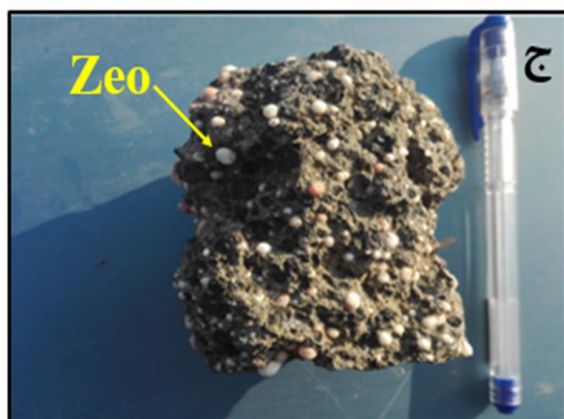


شکل ۲-۸- خصوصیات پتروگرافی پیروکسن‌اندزیت و آندزیت‌های منطقه مطالعاتی. (Pl: پلاژیوکلاز) (Px: پیروکسن) (Cpx: کلینوپیروکسن) (Zeo: زئولیت) (Op: اپک) (الف) بافت پورفیریتیک حاصل از فنوکریست‌های پیروکسن و پلاژیوکلاز در زمینه دانه ریز تا شیشه‌ای در واحد پیروکسن‌اندزیت. (ب) کانی‌های پیروکسن و پلاژیوکلاز و کانی اپک همراه با بافت گلومروپورفیریتیک در واحد پیروکسن‌اندزیتی. (ج) بافت حفره‌ای در واحد آندزیت. (د) حفره‌های پر شده با زئولیت در واحد پیروکسن‌اندزیت. (تمامی تصاویر در تصویر XPL است).

۲-۱-۷-۲- بازالت و اولیوین بازالت

در مشاهدات صحرایی، این واحد با گسترش محدود و به رنگ خاکستری تیره تا سبز تیره رخنمون دارند. دگرسانی و فرسایش این واحد سنگی منجر به حضور پلاسره‌های آهن در اطراف دامنه‌های گنبد‌های آن

شده است (شکل ۹-۲ الف). در نمونه‌های دستی این سنگ‌ها، کانی‌های پیروکسن و الیوین در یک خمیره-ی ریز بلور دیده می‌شوند (شکل ۸-۲ ب). پرشدن حفرات کروی و بیضوی توسط کانی زئولیت در نمونه‌های دستی به وضوح قبل مشاهده است. (شکل ۹-۲ ج).



شکل ۹-۲- الف) نمایی از یک گنبد بازالتی، (Ol: الیوین)(px: پیروکسن)(zeo: زئولیت): وجود پلاسرهای آهن در اطراف واحدهای بازالتی، دید عکس رو به شمال است. ب) نمای نزدیک از نمونه‌ی صحرایی اولیوین‌بازالت با حضور درشت بلورهای پیروکسن و الیوین. ج) حفرات پرشده توسط زئولیتها در واحد بازالتی.

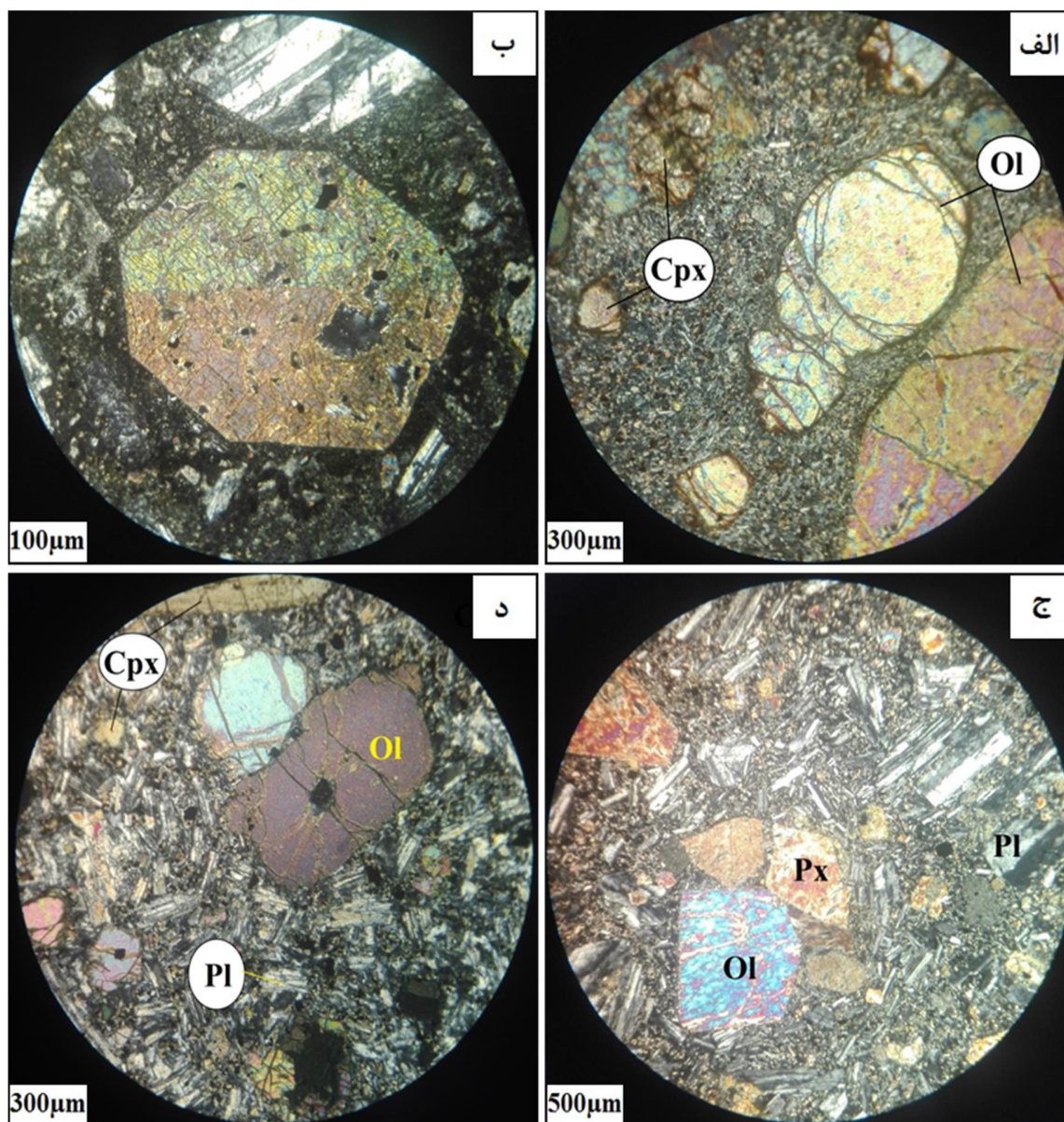
پلاژیوکلاز: درشت بلورهای شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار پلاژیوکلاز در اندازه ۲ تا ۳ میلی‌متر حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد حجم سنگ را تشکیل می‌دهند. ترکیب پلاژیوکلازها با توجه به زاویه خاموشی در محدوده لابرادوریت و نزدیک به قطب کلسیم است. بافت‌های غیرتعادلی مانند بافت غربالی، خوردگی و بافت

گلوپورپورفیری در درشت بلورهای پلاژیوکلاز در زمینه‌ای متشکل از میکروولیت‌های پلاژیوکلاز و پیروکسن با بافت جریانی دیده می‌شود. این بافت‌های غیرتعدلی بیانگر کاهش فشار وارد بر ماگما طی صعود به سطح و یا تغییرات ناگهانی دما، کاهش اکسیژن، فشار بخار آب و هضم سنگ‌های درونگیر است (Tsuchiyama, 1988)

پیروکسن: پیروکسن‌ها در واحد بازالتی اغلب از نوع دیوپسید- اوژیت می‌باشند و به صورت درشت بلورهای خودشکل تا نیمه شکل و ریزبلور، ۳۰ تا ۳۵ درصد حجم سنگ را تشکیل می‌دهند. (شکل ۲-۱۰ ب و ج). در ابتدای تبلور بازالت‌ها، بنابراین بلورهای اوژیت که در مراحل اولیه تفریق تشکیل شده‌اند، غنی از کلسیم و دیوپسیدی هستند و به تدریج با ادامه روند تفریق، اوژیت‌های فقیر از کلسیم ایجاد شده‌اند (Deer *et al.*, 1992). بافت اینترگرانولار در بازالت‌ها حاصل قرارگیری کانی‌های نسبتاً کوچک پیروکسن و کانی‌های اپاک در بین تیغک‌های فلدسپات است در زمینه‌ای از کانی‌های ریزدانه پیروکسن و الیوین دیده می‌شود.

الیوین: الیوین‌ها با فراوانی کمتر حدود ۱۵ درصد حجمی سنگهای الیوین بازالت را تشکیل می‌دهند. این کانی به صورت بلورهای درشت شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار در اندازه ۱ تا ۳ میلی‌متر و همچنین به صورت ریز بلور در زمینه سنگ، دیده می‌شوند. بافت گلوپورپورفیری از تجمع بلورهای پیروکسن، الیوین و پلاژیوکلازها حاصل شده است (شکل ۲-۱۰ ج). در امتداد شکستگی‌های موجود الیوین‌ها دچار دگرسانی رخ داده است (شکل ۲-۱۰ د).

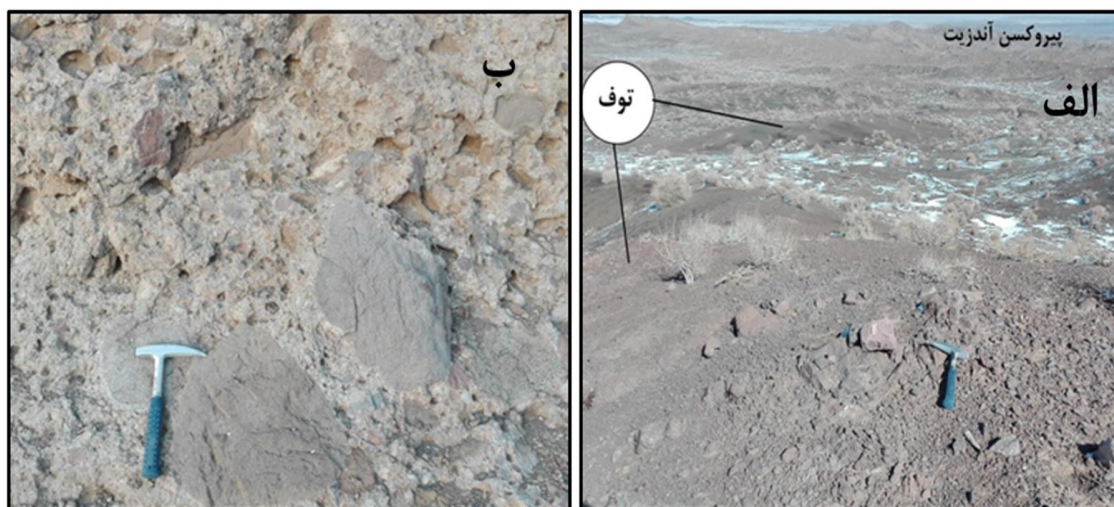
کانی‌های فرعی: از جمله کانی‌های فرعی می‌توان به مگنتیت و کانی‌های اپک اشاره نمود. دگرسانی و فرسایش سنگهای بازالتی باعث ایجاد ذخایر پلاسرمگنتیتی شده‌اند. بازالت‌های حاوی الیوین نسبت به آن‌هایی که فاقد الیوین هستند از مگنتیت بیشتری برخوردارند، زیرا اکسیداسیون الیوین حین سرد شدن بازالت‌ها منجر به تفکیک مگنتیت به صورت فاز مجزا می‌شود (Rasmussen *et al.*, 2005).



شکل ۲-۱۰- خصوصیات پتروگرافی بازالت- اولیوین بازالت‌های منطقه مطالعاتی. (Pl: پلاژیوکلاز)(Px: پیروکسن) (Cpx: کلینوپیروکسن)(الیوین) الف) نمایی از بافت پورفیریتیک با حضور فنوکریست‌های شکل‌دار پیروکسن و اولیوین در زمینه دانه ریز و شیشه‌ای. ب) نمایی از فنوکریست شکل‌دار کلینوپیروکسن. ج) بافت گلومروپورفیری در بازالت حاصل تجمع پیروکسن، اولیوین و پلاژیوکلاز در بازالت. د) فنوکریست‌های اولیوین با حاشیه‌های دگرسان شده همراه با پیروکسن و پلاژیوکلاز در واحد بازالتی

۲-۷-۲- واحد آذرآواری (توف، کریستال توف، لیتیک توف و آگلومرا)

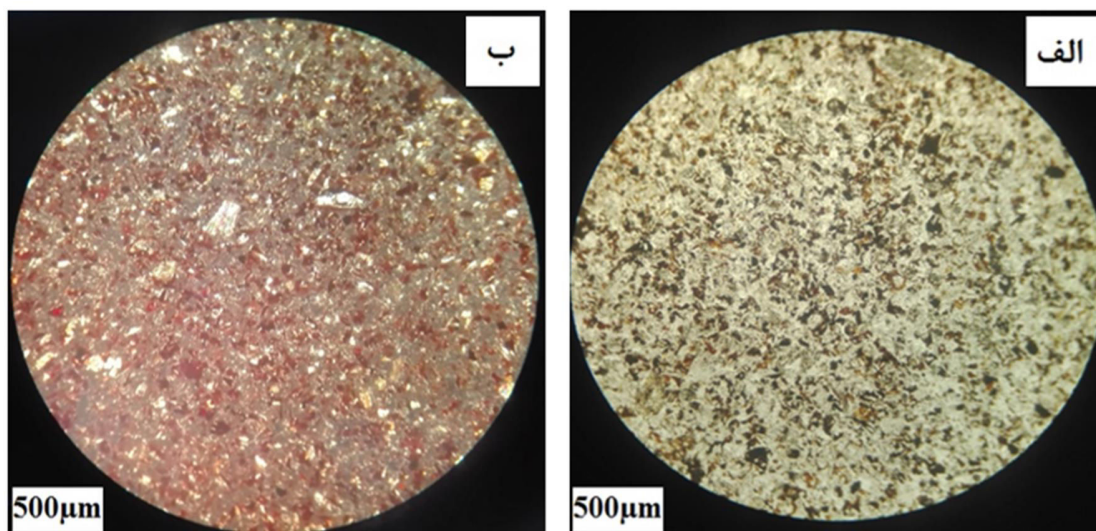
در مشاهدات صحرایی این واحد بخش کوچکی از محدوده مورد مطالعه را در برمی‌گیرد و به صورت هم-روند با واحدهای گدازه‌ای رخنمون دارند و به رنگ‌های خاکستری تیره و قهوه‌ای متمایل به قرمز دیده می‌شوند (شکل ۲-۱۱ الف و ب). سنگ‌های آذرآواری منطقه در رده توف، توف برش، لیتیک توف و آگلومرا قرار می‌گیرند. لیتیک توف‌ها و آگلومراها بیشتر دارای ترکیب آندزیتی تا پیروکسن‌آندزیتی هستند. قطعات لیتیک در توف‌ها به صورت بی‌شکل، در اندازه‌های کمتر از ۲ میلی‌متر دیده می‌شوند.



شکل ۲-۱۱- تصاویر صحرایی واحدهای آذرآواری منطقه؛ الف) واحدهایی از جنس توف که نمایی تپه ماهوری دارند، ب) نمایی نزدیک از برش توفی، (دید به سمت شمال غرب).

در مطالعات میکروسکوپی، کریستال توف‌ها و لیتیک توف‌ها به طور عمده شامل بلورهای شکسته شده پلاژیوکلاز و کوارتز هستند که اغلب دچار دگرسانی شده‌اند (شکل ۲-۱۲ الف و ب). لیتیک توف‌ها عمدتاً

دارای ترکیب اندزیتی تا پیروکسن اندزیتی با بافت پورفیری می‌باشند که به طور غالب از فنوکریست‌هایی پلاژیوکلاز و پیروکسن تشکیل شده‌اند.



شکل ۲-۱۲-الف و ب) توف‌های بلوری دانه‌ریز با ترکیب آندزیتی حاو ، کانی‌های اوپاسیته شده فرومنیزین و کانی‌های اپک (الف: PPL و ب: XPL).

۲-۷-۳- واحدهای رسوبی کواترنری

این واحد رسوبی به علت پراکندگی توده‌های اصلی فراوانی گسترده‌ای در منطقه مورد مطالعه دارد. این واحد شامل نهشته‌های سخت نشده با ترکیب شیل، ماسه سنگ (رخساره فلیش)، قطعه سنگ‌های آتشفشانی چوان، پهنه‌های رسی و نهشته‌های آبرفتی جوان با ترکیب سیلت، ماسه و پیل هستند (شکل ۲-۱۳ الف). علاوه بر این در برخی نقاط در مرز واحدهای آندزیت-بازالتی و بازالت‌های منطقه، مقدار قابل توجهی از آبراهه‌ها و دشت‌های منطقه توسط پلاسره‌های آهن که حاصل دگرسانی این واحدهای سنگی هستند، پوشیده شده‌اند (شکل ۲-۱۳-ب).

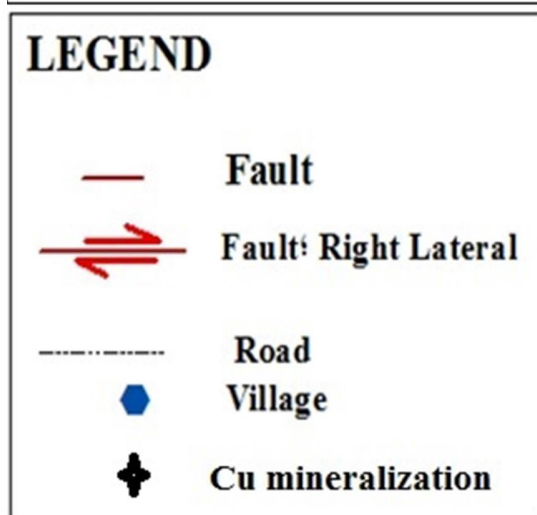
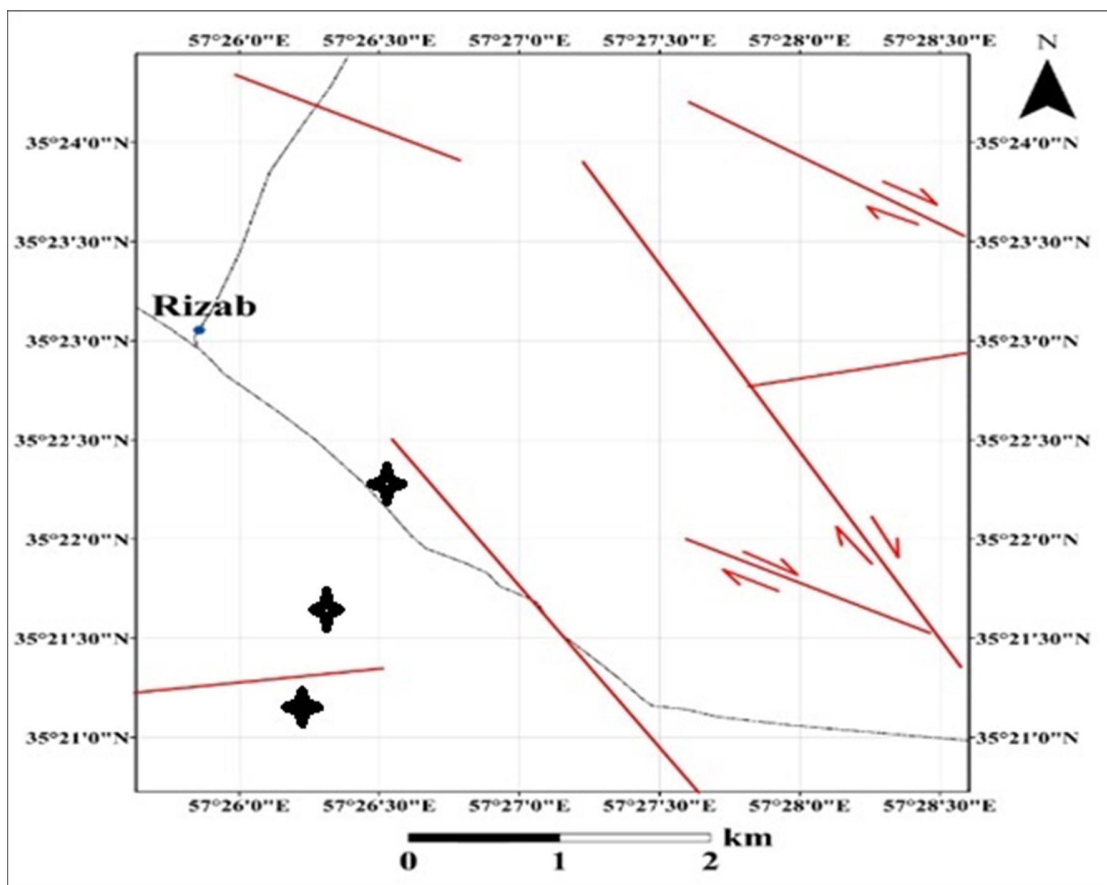


شکل ۲-۱۳- تصاویر صحرایی از رسوبات منطقه. الف) رسوبات تبخیری. ب) رسوبات پلاسری آهن.

۲-۸- تکتونیک منطقه مورد مطالعه

منطقه معدنی ریزاب و دیگر مناطق در کمربند خواف_ درونه، در اثر حرکت گسل‌های اصلی درونه و ریوش به شدت گسله شده‌اند. منطقه مورد مطالعه از شمال توسط گسل بینالود و از جنوب توسط گسل درونه و گسل ریوش محدود می‌شود. با توجه به حضور و نزدیکی این گسل‌ها در جنوب محدوده مطالعاتی، تکتونیک منطقه کاملاً مرتبط با این گسل است.

بر اساس شواهد موجود در نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای در منطقه ریزاب گسل‌های راندگی با روند شمال-غربی - جنوب‌شرقی از اهمیت و فراوانی بیشتری برخوردار هستند. این گسل‌ها در جنوب شرق منطقه دیده می‌شوند ضمن عبور از منطقه مورد مطالعه به سمت شرقی- غربی و به طور محدودتر به سمت شمالی- جنوبی تغییر روند دارند (شکل ۲-۱۴).



شکل ۲-۱۴- نقشه تکتونیکی ۱:۲۰۰۰۰ کانسار مس ریزاب براساس تصاویر ماهواره‌ایی.

فصل سوم

کافی زایی و دگرسانی

۳-۱- مقدمه

کمربند آتشفشانی-نفوذی خواف-درونه، به لحاظ تکتونیکی فعال و دارای گسلها، درزه‌ها و شکستگی‌های فراوان می باشد که زمین ریخت‌شناسی منطقه را تحت تأثیر قرار داده است. در واقع حضور شبکه متراکمی از گسل‌ها در این کمربند، سبب ایجاد زون‌های دگرسانی گرمابی فراوان همراه با تمرکز محلول-های هیدروترمالی کانه‌ساز شده است. در منطقه ریزاب که بخشی از کمربند خواف-درونه را دربرمی‌گیرد عامل اصلی کانه‌زایی، عملکرد شدید نیروهای تکتونیکی و حضور سنگ‌های نفوذپذیر آذرآواری است که شرایط را برای برقراری چرخه سیالات هیدروترمال فراهم آورده‌اند. این کنترل‌کننده‌های کانی‌سازی به عنوان عامل اساسی در قابلیت نقل و انتقال محلول‌های گرمابی چه در مقیاس ناحیه‌ای و چه در مقیاس معدنی عمل می‌نمایند و باعث فرایند دگرسانی گسترده و همچنین تمرکز و تجمع سیالات کانه‌دار و افزایش عیار اقتصادی در این منطقه گردیده است. شکل‌گیری ذخائر و ارتباط آنها با فرایندهای زمین‌ساختی راهنمای ارزشمندی برای کشف ذخائر جدید و یا ارزیابی مجدد ذخائر می‌باشد. در این فصل به تحلیل کانه‌زایی و بررسی انواع دگرسانی در کانسار ریزاب خواهیم پرداخت.

۳-۲- رخدادهای کانه‌زایی در منطقه ریزاب

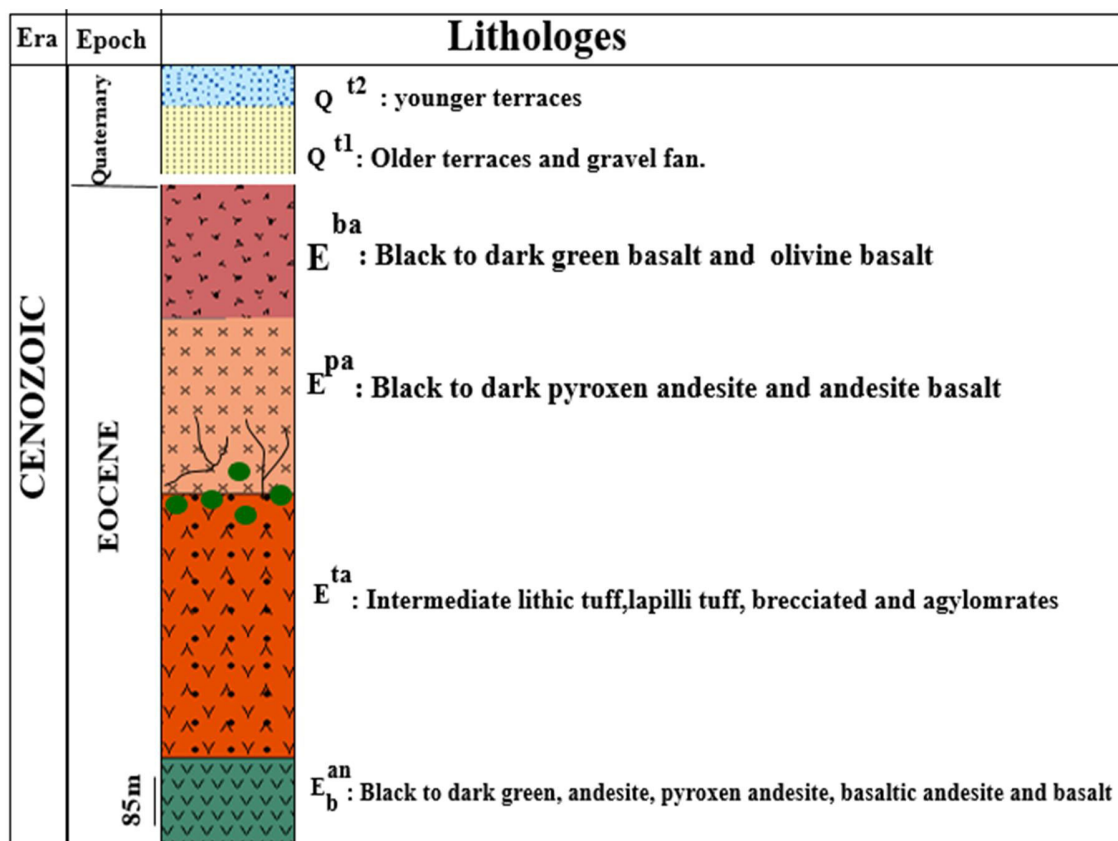
یکی از شواهد و راهنمایی‌های مفید برای رسیدن به نقاط امیدبخش معدنی وجود کارهای قدیمی و معادن متروکه در یک ناحیه است، با توجه به این اصل پذیرفته شده که اغلب معادن نه به صورت توده‌های منفرد بلکه به صورت مجموعه‌ای از رخداد‌های کانه‌زایی در یک منطقه یافت می‌شوند، این احتمال که کانسارهایی مشابه در نزدیکی انواع قدیمی یافت شوند را چندان دور از انتظار نمی‌کند. طی عملیات پی-جویی در محدوده مورد مطالعه (قسمت جنوبی و میانی منطقه)، موقعیت فضایی فعالیت‌های پیشین

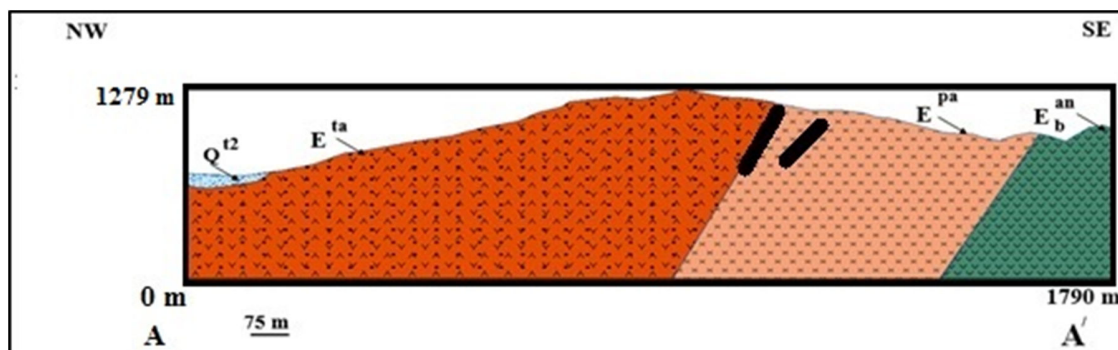
صورت گرفته در قالب تونل و گودبرداری نشان می‌دهد که تمرکز ماده معدنی به صورت هم‌شیب و هم‌روند نسبت به طبقات دربرگیرنده (واحدهای آذرآواری و گدازه)، با روند شمال‌شرق - جنوب‌غرب بیشترین مکان برای فعالیت معدنکاران بوده است. بخش اعظم ماده معدنی به صورت پراکنده فضاهای خالی بین دانه‌ای، رگه - رگچه‌ای و دانه پراکنده و به طور عمده محدود به واحدهای گدازه‌ای است. عوامل کنترل‌کننده برای کانه‌زایی مس در منطقه ریزاب لیتولوژی سنگ‌های دربرگیرنده و کنترل‌های ساختاری (گسل، درزه و شکاف) است. این کنترل‌کننده‌های کانی‌سازی به عنوان فاکتور اساسی در قابلیت نقل و انتقال محلول‌های گرمایی و باعث تمرکز و تجمع سیالات کانه‌دار شده تا فرصتی برای رخداد و ته‌نشست ایجاد نمایند. در منطقه گسل‌های متعدد در مقیاس ناحیه‌ای با روند شمال‌غربی - جنوب‌شرقی و شمال‌شرقی - جنوب‌غربی وجود دارند که شرایط را برای عبور سیال فراهم می‌کند و به عنوان کنترل‌کننده‌های ساختاری در کانه‌سازی عمل کرده‌اند. بدیهی است درصدی از این گسلها و شکستگی‌ها قبل از کانی‌سازی فعال بوده و می‌توانسته‌اند سیستم عبوری را برای سیال‌های کانه‌ساز فراهم کنند در این صورت کانی‌سازی باید در اطراف آنها متمرکز شده باشد درصد دیگری از این گسلها بعد از کانه‌سازی تشکیل و توسعه می‌یابند در این صورت نقش آنها بیشتر به اکسیداسیون کانه‌ها و توسعه پهنه‌های اکسیدی در بخش فوقانی کانسارها خلاصه می‌شود.

۳-۳- کانه‌زایی در توالی آتشفشانی - رسوبی ائوسن در منطقه ریزاب

در مناطق آتشفشانی با میزان بالای فعالیت ولکانیکی، واحدهای سنگی ایجاد شده دارای ضخامت بالایی هستند و به سرعت توسط واحدهای بعدی پوشیده می‌شوند. دفن‌شدگی سریع عاملی برای حفظ گرما در میان واحدهاست. با افزایش ضخامت توالی آتشفشانی سیالات به دلیل بالا بودن درجه زمین‌گرمایی دارای دمای بالایی نیز هستند و می‌توانند کانی‌های فلزی را از داخل سنگ شسته و در شکستگی‌ها ته‌نشین

کنند (Kirkham, 1996). کانه‌زایی مس در منطقه ریزاب نشانگر اهمیت ضخامت قابل توجه توالی آتشفشانی و درزه و شکستگی‌های فراوان است که شرایط لازم را برای نفوذ سیالات و شست و شو و ته نشینی کانه‌های فلزی فراهم آورده است. همانطور که در فصل دوم اشاره شد واحدهای سنگی در برگیرنده منطقه مورد مطالعه به دو مجموعه، یکی مجموعه گدازه‌ای (آندزیت، بازالت و آندزیت-بازالت پورفیری، پیروکسن‌آندزیت، بازالت و اولیوین‌بازالت) و دیگری مجموعه آذرآواری (توف، کریستال توف، لیتیک توف و آگلومرا) با سن ائوسن بالایی قابل تفکیک می‌باشند (شکل ۳-۱)





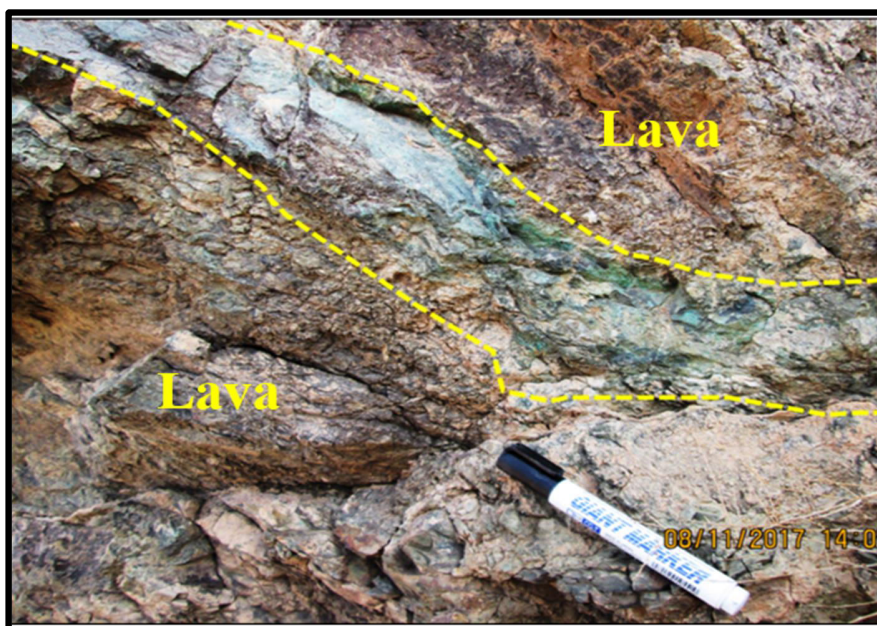
شکل ۳-۱- ستون چینه‌شناسی و پروفیل منطقه معدنی ریزاب.

ستون چینه‌شناسی و مقطع عرضی واحدهای سنگی موجود در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد واحدهای گدازه‌ای بخش عمده منطقه معدنی ریزاب را تشکیل می‌دهد. واحدهای سنگی موجود در بخش کانه‌زایی مرتبط به کانسار مس ریزاب شامل آندزیت، پیروکسن آندزیت تا آندزیت‌بازالت می‌باشد. سنگ میزبان اصلی کانه‌زایی در این منطقه پیروکسن آندزیت است.

۳-۴- ویژگی‌های کانه‌زایی مس در کانسار ریزاب

کانه‌زایی مس در منطقه ریزاب، در بخش‌های سطحی و عمق کم، به شکل چینه‌کران درون واحدهای گدازه‌ای و توسط عوامل ساختاری در امتداد گسل‌ها و شکستگی‌ها کنترل می‌شود (شکل ۳-۲). خلل و فرج سنگ‌ها، درز و شکاف‌هایی که در جهات مختلف سنگ میزبان را قطع کرده‌اند به صورت شبکه‌ای نامنظم ولی متراکم، فضای مناسب برای ورود محلول‌های کانی‌ساز را فراهم کرده است. در بخش‌هایی از منطقه شواهد معینی وجود دارد که حرکت محلول‌های مس‌دار در منطقه ریزاب به وسیله‌ی ساختارهای خطی و منطقه‌های گسلی، کنترل شده و با توجه به ترکیب و بافت سنگ دیواره و نیز حجم محلول، نفوذ در سنگ میزبان از چند سانتیمتر تا چندین متر صورت گرفته است. محدود بودن کانه‌زایی در واحد پیروکسن آندزیت و در مرز واحد آندزیتی و توف آندزیتی نشانگر وضعیت چینه‌کران کانسار است. کانی‌سازی اصلی ریزاب به صورت گرمابی درون درزه‌ها، شکستگی‌ها با امتداد شرقی-غربی و یا شمال‌غربی-

جنوب‌شرقی صورت گرفته است. در امتداد محدوده کان‌سازی گسل و شکستگی‌های عرضی و تقریباً شمالی- جنوبی باعث جابجایی واحدهای پیوسته آتشفشانی- رسوبی شده‌اند و توسط رگه‌های سیلیسی و کربناتی جایگزین شده‌اند. به طور کلی می‌توان گفت سنگ میزبان نقش اساسی و مهمی در ته‌نشست و تمرکز موضعی ماده معدنی به ویژه در کانسارهای غیرهمزاد دارد.



شکل ۳-۲- کان‌زایی مس از نوع مالاکیت و کالکوسیت به صورت رگه‌ای در امتداد شکستگی های مرز دو واحد گدازه‌ای

به طور کلی بر اساس مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی در منطقه ریزاب، کان‌زایی به دو صورت رگه- رگچه‌ای (عمدتاً در داخل واحد گدازه‌ای) و کان‌زایی پرکننده حفره‌ها و فضاهای خالی بین دانه- ای (عمدتاً در واحد آذرآواری) دیده شده است.

الف) کان‌سازی رگه- رگچه‌ای: مهمترین نوع کان‌زایی در منطقه ریزاب است. این نوع کان‌سازی در ارتباط با زون‌های گسله دیده می‌شود. زون‌های گسله دارای روندهای شمالی- جنوبی و شرقی- غربی بوده، ولی روند اصلی این گسل‌ها شمال‌غربی- جنوب‌شرقی با شیب حدود ۶۵ درجه به سمت جنوب شرق

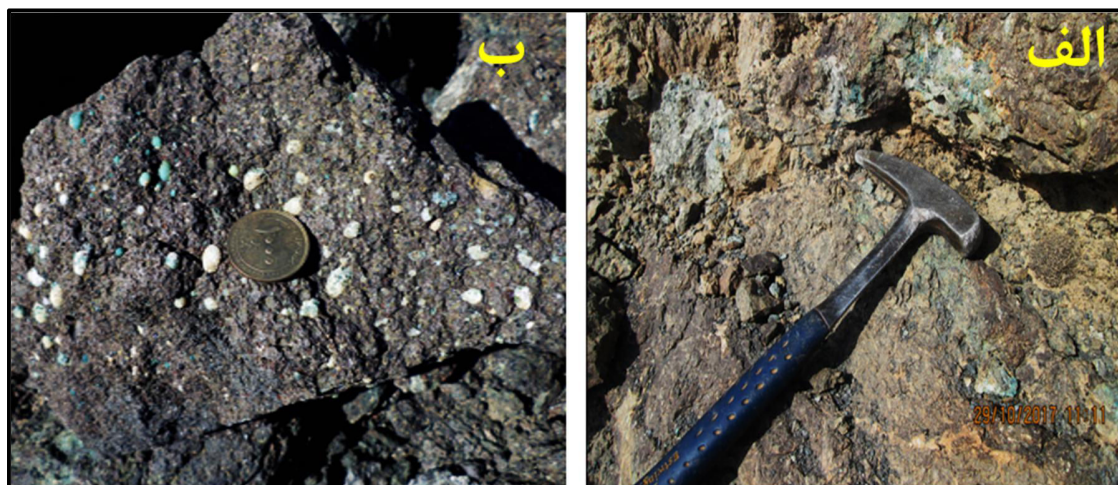
می‌باشد. کانی‌سازی از نوع رگه- رگچه‌ای در زون‌های گسله، درز و شکستگی سنگ‌ها شکل گرفته است. سنگ میزبان رگه- رگچه‌ها شامل واحدهای پیروکسن آندزیت، آندزیت- بازالت همراه با دگرسانی کربناتی، اکسید آهن و سیلیسی است. رگه-رگچه‌ها، کانی‌سازی متنوعی از جمله کربنات‌های مس و اکسید آهن و کوارتز نشان می‌دهند. طبق شواهد صحرایی و میکروسکوپی کانه‌زایی رگه- رگچه‌ای در منطقه به طور عمده شامل رگه- رگچه‌های مالاکیت (شکل ۳-۳ الف)، کالکوسیت، مالاکیت+ آزوریت و رگه-رگچه‌های متعدد اکسیدهای آهن شامل هماتیت، لیمونیت، گوتیت، هماتیت+ مالاکیت و هماتیت+ لیمونیت+ مالاکیت می‌باشند. سامانه رگه‌ای ریزاب نیز از رگه‌های کلسیتی با شیب ۴۵ درجه در راستای شمال غربی- جنوب شرقی تشکیل شده که ضخامت آن‌ها تا ۱۵ سانتی‌متر در تغییر است (شکل ۳-۳ ب). این رگه‌ها در برخی از نقاط به صورت پیوسته و در اغلب موارد به صورت منقطع رخمون داشته و گاه تا چندین متر قابل ردیابی می‌باشند.



شکل ۳-۳- کانه‌زایی رگه‌ای کالکوسیت و مالاکیت در امتداد شکستگی در واحد پیروکسن آندزیتی.

ب) کانی‌سازی پرکننده حفره‌ها و فضاهای خالی بین‌دانه‌ای:

ماده معدنی در واحد آذرآواری به طور عمده به صورت پرکننده حفره‌ها و فضاهای خالی بین دانه‌ای است و به میزان کمتر به صورت رگه- رگچه‌ای در واحد آذرآواری (توف و آگلومراها) مشاهده می‌شود. کانی‌های کربناته از جمله مالاکیت به طور متغیر حدود ۲۰ تا ۸۰ درصد این حفرات را پر می‌کند (شکل ۳-۴ الف و ب) و کالکوسیت به ندرت به صورت پرکننده حفرات دیده می‌شود. اکسیدهای آهن از جمله دیگر کانی‌هایی هستند که به صورت پرکننده حفره‌ها و فضاهای خالی بین دانه‌ای در واحد آذرآواری حضور دارند. همچنین خروج گازها و مواد فرار سبب تشکیل حفرات متعددی در گروهی از سنگ‌ها شده است که با مواد ثانویه نظیر کوارتز، کلسیت و زئولیت و کلریت پر شده‌اند.



شکل ۳-۴ الف) تصویر صحرایی از کانه‌زایی به صورت پرکننده حفرات تو سبب کانی‌های مالاکیت و اکسیدهای آهن در واحد توف آندزیتی. ب) تصویر کانه‌زایی پرکننده حفرات توسط کانی‌های مالاکیت و کلسیت و زئولیت در واحد آندزیتی

۳-۵- دگرسانی

رابطه‌ی بین کانی‌شناسی، زمین‌شیمی و شدت دگرسانی در سیستم‌های دگرسانی به عنوان ابزاری سودمند برای پی‌جویی این کانسارها به کار می‌رود (Large et al., 2001) دگرسانی با تغییرات کانی-

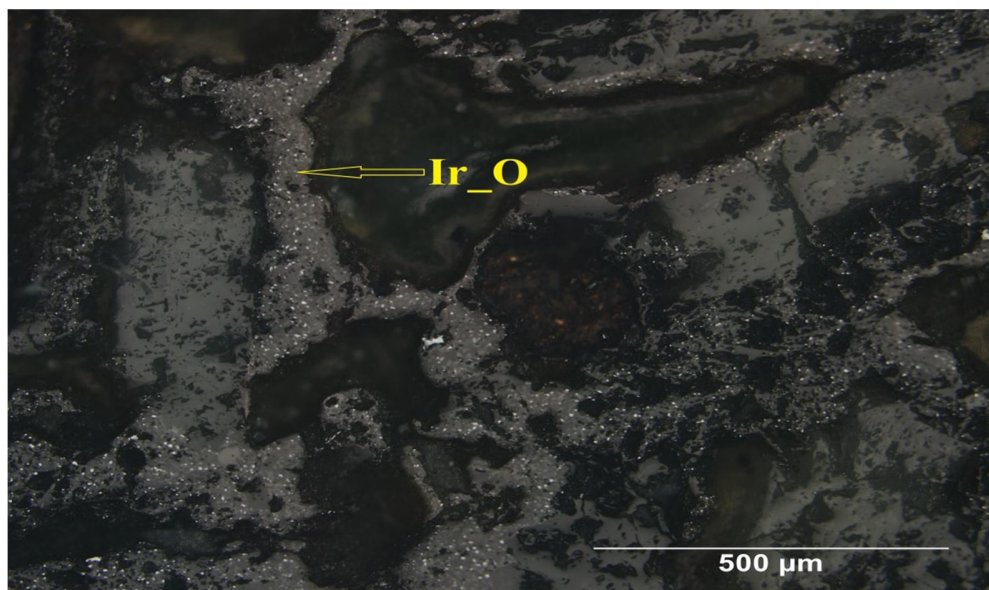
شناسی، شیمیایی و بافتی سنگ دیواره مشخص می‌شوند و با تشکیل کانی‌های گرمابی متنوعی همراهند که اغلب به تغییرات دما و pH حساس هستند و اطلاعات مفیدی درباره‌ی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی سیال گرمابی ارائه می‌کنند (White and Hedenquist, 1995). دگرسانی در توالی آتشفشانی- رسوبی محدوده ریزاب گسترش کمی دارد. شدت دگرسانی در سنگ‌های آتشفشانی متفاوت است و با فاصله گرفتن از زون کانه‌دار از شدت دگرسانی‌ها کاسته می‌شود. حضور گسل‌های متعدد با روندهای مختلف در منطقه و نفوذپذیری بالای سنگ‌های آذرآواری شرایط را برای عبور محلول‌های گرمابی و ایجاد دگرسانی و نیز کانه‌زایی فراهم می‌کند. براساس بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی هفت نوع دگرسانی در ناحیه معدنی ریزاب شناسایی شده است که عبارتند از: دگرسانی آرژیلیکی، دگرسانی کربناتی، دگرسانی سیلیسی، دگرسانی کلریتی، دگرسانی اکسیدهای آهن، دگرسانی سرسیتی و دگرسانی زئولیتی.

۳-۵-۱- دگرسانی اکسیدهای آهن

باتوجه به مطالعات صحرایی دگرسانی اکسیدهای آهن از دگرسانی‌های غالب منطقه است و بیشتر به صورت پرکننده درزه‌ها و شکاف‌ها می‌باشد (شکل ۳-۵). در مطالعات میکروسکوپی، به صورت جانشینی در کانی‌های مافیک دیده می‌شود. این نوع دگرسانی، ظاهراً با فرآیندهای احیایی در ارتباط است که در آن سیالات اکسید کننده با درجه شوری زیاد در مجاورت یک محیط سنگ میزبان احیایی‌تر قرار می‌گیرد یا با سیالات بیشتر احیایی مخلوط می‌شود (شکل ۳-۶).



شکل ۳-۵- تصویر صحرایی اکسیدهای آهن به همراه کالکوسیت. (Ir_2O_3 : اکسید آهن)

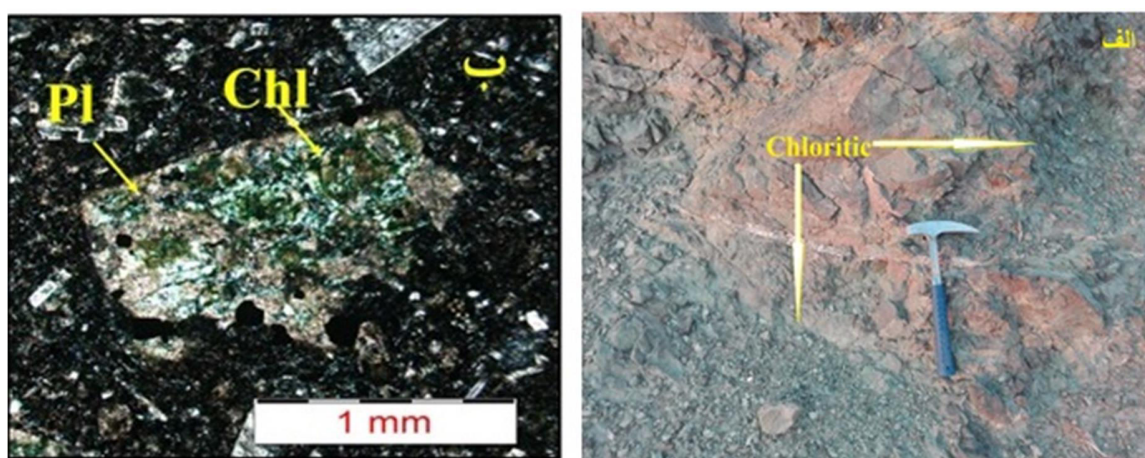


شکل ۳-۶- تصویر میکروسکوپی از رگه اکسید آهن همراه با حضور دانه های کانی کالکوسیت. (Ir_2O_3 : اکسید آهن)

۳-۵-۲- دگرسانی کلریتی

در منطقه معدنی ریزاب، سنگ‌های کم‌رپاین ماده معدنی به شدت دچار دگرسانی کلریتی شده و به رنگ‌های سبز تا قهوه‌ای دیده می‌شوند (شکل ۳-۷ الف). کلریت بصورت جانشینی در حفرات وجود دارند

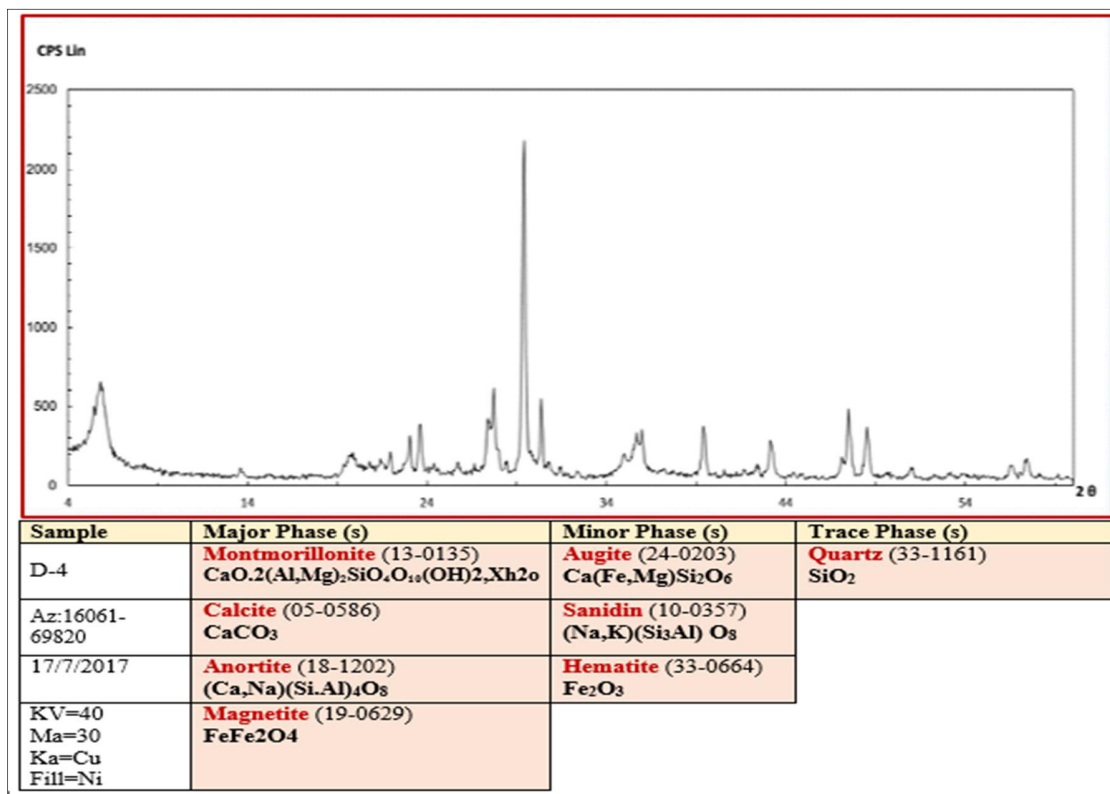
که در نتیجه دگرسانی بلورهای الیوین تشکیل میشود. کلریتها میتوانند در اثر دگرسانی کانیهای مافیک موجود در سنگ تشکیل شوند و یا به واسطه ورود آهن و منیزیم توسط محلولهای گرمابی در سنگ ظاهر شوند (Evans, 1992). دلیل کلریتی شدن سنگهای آذرین را میتوان به حضور سیالات غنی از آهن، منیزیم و آلومینیوم و قرار گرفتن در دماهای بین ۱۶۶ تا ۲۶۶ درجه سانتی گراد نسبت داد (کریم پور، ۱۳۸۱). (شکل ۳-۷-ب).



شکل ۳-۷-الف) تصویر صحرایی از دگرسانی کلریتی ب) تصویر میکروسکوپی دگرسانی کلریتی. (Chl: کلریت) (Pl: پلاژیوکلاز)

۳-۵-۳- دگرسانی آرژیلیتی

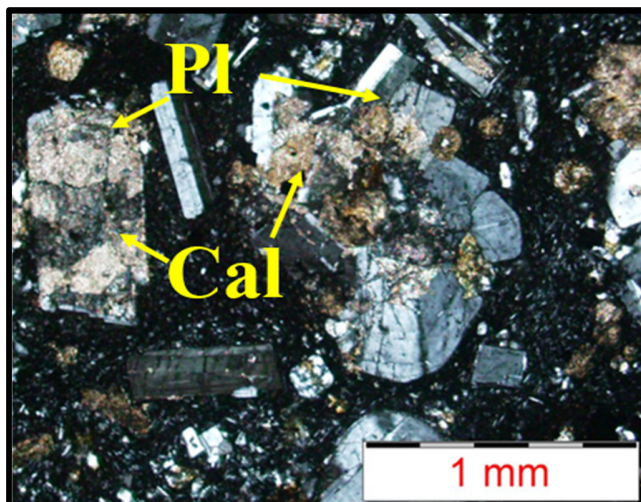
دگرسانی آرژیلیتی از جمله فرایندهای دگرسانی است که سنگهای توف آندزیتی را تحت تأثیر قرار داده است. سنگهای این زون در محدوده مورد مطالعه بسته به درجه خلوص آنها، به رنگهای سفید تا زرد متمایل به قهوه‌ای (در اثر آغشتگی هماتیت) و سبز دیده می‌شوند. این دگرسانی از اکسایش کانیهای سولفیدی و به دنبال اسیدی شدن محیط صورت گرفته است که در نتیجه آن فلدسپات و سرسیت به کانیهای رسی تبدیل می‌شوند. بر اساس مطالعات پراش پرتو ایکس (XRD) دگرسانی آرژیلیک محدوده ریزاب را می‌توان با مجموعه کانی‌شناسی مونتموریونیت و آنورتیت به عنوان کانی‌های اصلی و کوارتز سانیدین همراه با هماتیت به عنوان کانی‌های فرعی شناسایی نمود (شکل ۳-۸).



شکل ۳-۸- نتیجه آنالیز پراش اشعه ایکس، از نمونه آرژیلیتی کانسار مس ریزاب.

۳-۵-۴- دگرسانی کربناتی

این دگرسانی زمانی که واکنش بین یک سیال غنی از دی اکسید کربن با شوری کم، و سنگ میزبان رخ می‌دهد، تشکیل می‌شود در واقع تشکیل کربنات‌ها تابع ترکیب سنگ میزبان است (Robb, 2005). در این دگرسانی کلسیت به رنگ سفید و قهوه‌ای روشن در امتداد درزه و شکستگی‌ها و به صورت پرکننده حفرات و گاهی همراه با ماده معدنی و اکسیدهای آهن دیده می‌شود در مطالعات میکروسکوپی شاهد دگرسانی پلاژیوکلازها به کلسیت هستیم (شکل ۳-۹).



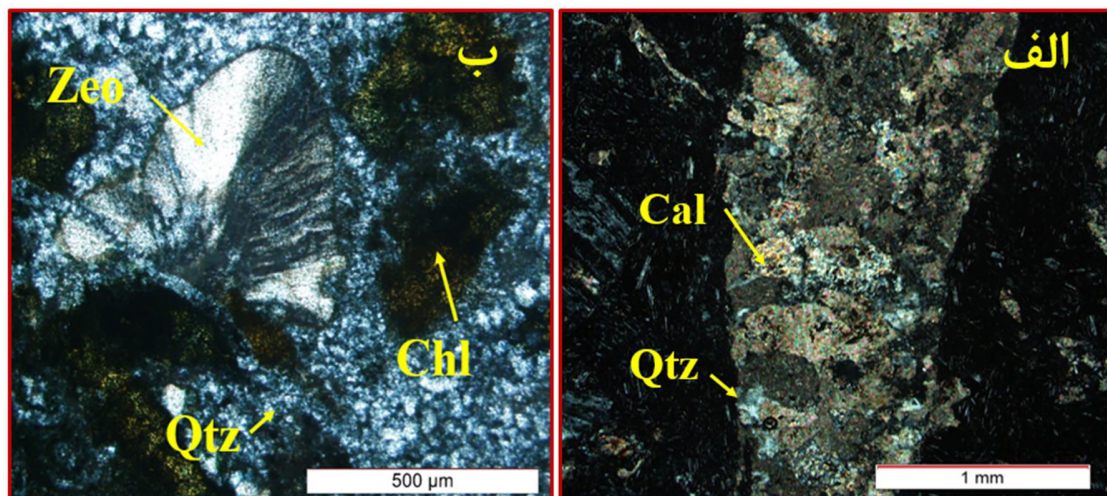
شکل ۳-۹- تصویر میکروسکوپی، دگرسانی پلاژیوکلاز به کلسیت .

۳-۵-۵- دگرسانی سیلیسی

این دگرسانی در منطقه مورد مطالعه معمولاً به تنهایی مشاهده نمی‌شود و همواره در کنار آن دگرسانی کربناته نیز مشهود است. کانی مهم این دگرسانی کوارتز است که به صورت ریز بلور و درشت بلور دیده شده است که مقدار آن کمتر از ۱۰ درصد تا ۵۰ درصد متغیر است. کوارتز به صورت پراکنده و ریزدانه، حفرات سنگ اولیه را پر کرده است و در بخش‌هایی نیز به صورت رگه- رگچه دیده می‌شود. (شکل ۳-۱۰) و (شکل ۳-۱۱ الف).



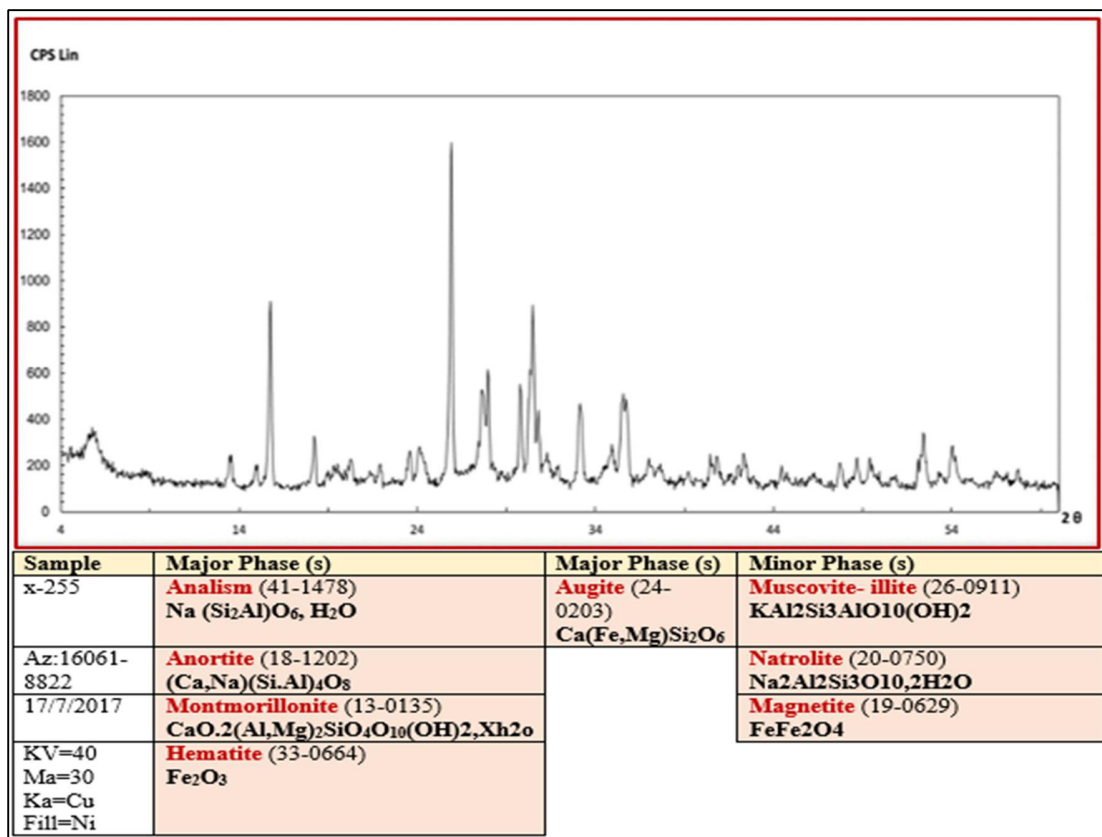
شکل ۳-۱۰- تصویر صحرایی از دگرسانی سیلیسی.



شکل ۳-۱۱- الف) دگرسانی سیلیسی با حضور کوارتز سفید رنگ همراه با کانی کلسیت، ب) دگرسانی زئولیتی با حضور زئولیت سفید رنگ با بافت شعاعی همراه با کوارتز، کلریت و کلسیت.

۳-۵-۶- دگرسانی زئولیتی

در مشاهدات صحرایی و مطالعات میکروسکوپی دگرسانی زئولیتی در سنگهای بازالتی به ویژه در بخش جنوب شرقی منطقه گسترش دارند. کانی‌های زئولیتی نظیر ناترولیت و آنالیم و تامسونیت با بافت شعاعی و به رنگ سفید و بعضاً قهوه‌ای همراه با کوارتز، کلریت و کلسیت، به عنوان محصول دگرسانی سطحی در بازالت‌ها به صورت پرکننده حفرات و فضاهای خالی مشاهده می‌شوند (شکل ۳-۱۱ ب). براساس نتایج آنالیزپراش اشعه ایکس (XRD) زئولیت‌ها از نوع آنالیم و ناترولیت و تامسونیت می‌باشند که همراه با کانی‌های دیگر از جمله مونتموریونیت، مسکویت و همتایت حضور دارند (شکل ۳-۱۲). این نوع دگرسانی ارتباط خاصی با کانه‌زایی را نشان نمیدهد.



شکل ۳-۱۲ - نتیجه آنالیز پراش اشعه ایکس، از نمونه زئولیت کانسار مس ریزاب.

۳-۵-۷- دگرسانی سریسیتی

دگرسانی سریسیتی نشان‌دهنده مناطقی می‌باشد که توسط سیالات اسیدی شسته شده است (Robb, 2005). تشکیل شدن سریسیت به افزایش آب و یون پتاسیم نیازمند بوده و در صورتی رشد مینماید که محلول‌های سرشار از آب حضور داشته باشند. در نتیجه این واکنش‌ها، K^+ با سازنده آنورتیتی پلاژیوکلاز وارد واکنش شده و Ca آزاد میکند، به همین دلیل قسمتهای غنی از آنورتیت در یک پلاژیوکلاز منطقه‌ای، به راحتی سریسیتی میشوند (Shelly, 1993).

فصل چهارم

کانی‌شناسی، ساخت، بافت و توالی

پاراژنری کانی‌ها

۴-۱- مقدمه

با مطالعات کانی‌شناسی، ساخت و بافت و تشخیص دقیق پاراژنز و توالی پاراژنتیکی کانی‌های معدنی و سنگ‌ساز اطلاعات مفیدی را در مورد الگوی پیدایش کانسارها، تعیین رابطه بین کانه‌های معدنی و سنگ درونگیر آنها بدست آورد. کانی‌سازی مس در منطقه معدنی ریزاب، با روند تقریبی شمال شرقی جنوب غربی در داخل سنگهای آتشفشانی پیروکسن آندزیتی و نیز مرز واحد توفهای آتشفشانی با آندزیت و آندزیت-بازالت تشکیل شده است. جهت انجام مطالعات مذکور طی چند مرحله بازدید صحرایی، ۲۰ مقطع صیقلی از کانسنگ و ۳۰ مقطع نازک از سنگ میزبان تهیه گردید و همچنین ۵ نمونه با روش XRD مورد آنالیز قرار گرفت. در این فصل ابتدا کانی‌شناسی کانسار ریزاب و سپس ساخت و بافت و در نهایت توالی پاراژنتیکی کانی‌ها بررسی خواهد شد.

۴-۲- کانی‌شناسی

کانی‌سازی در منطقه معدنی ریزاب، به دو شکل کانی‌سازی اولیه و کانی‌سازی ثانویه صورت می‌گیرد:

الف) کانی‌سازی اولیه (طی مراحل دیاژنتیک و اپی ژنتیک): کانی‌سازی اولیه به صورت دانه پراکنده، رگه-رگچه‌ای، پرکننده فضاهای خالی و به مقدار کمتر جانشینی صورت می‌گیرد و کانی‌هایی از جمله پیریت، کالکوپیریت، بورنیت و کالکوسیت را در بر می‌گیرند. کانی‌های سولفیدی اولیه در منطقه مورد مطالعه اغلب در شرایط سطحی اکسید شده و به کانی‌های سولفیدی ثانویه، کانی‌های کربناته مس و اکسیدهای آهن تبدیل می‌شوند.

ب) کانی‌سازی ثانویه (طی مراحل اپی ژنتیک): کانی‌سازی ثانویه به صورت رگه-رگچه‌ای، پرکننده فضاهای خالی و جانشینی صورت می‌گیرد و شامل کانی‌هایی از جمله کولیت، مالاکیت، آزوریت می‌باشند.

بر اساس مطالعات میکروسکوپی و همچنین نتایج حاصل از آنالیز پراش اشعه ایکس، کانی‌های تشکیل‌دهنده کانسار به چهار گروه اصلی شامل: ۱- کانی‌های سولفیدی (کالکوسیت، کوولیت، بورنیت، پیریت و کالکوپیریت)، ۲- کانی‌های اکسیدی (هماتیت، لیمونیت و گوتیت)، ۳- کانی‌های کربناتی (مالاکیت و آزوریت) و ۴- کانی‌های باطله (کوارتز، کلسیت و زئولیت) گردید.

۴-۲-۱- کانی‌های سولفیدی

از کانی‌های سولفیدی اولیه می‌توان به کالکوسیت، کالکوپیریت و پیریت اشاره نمود که در شرایط احیایی تشکیل شده‌اند. کوولیت به عنوان کانی سولفیدی ثانویه در طی فرایندهای سوپرژن تشکیل شده است.

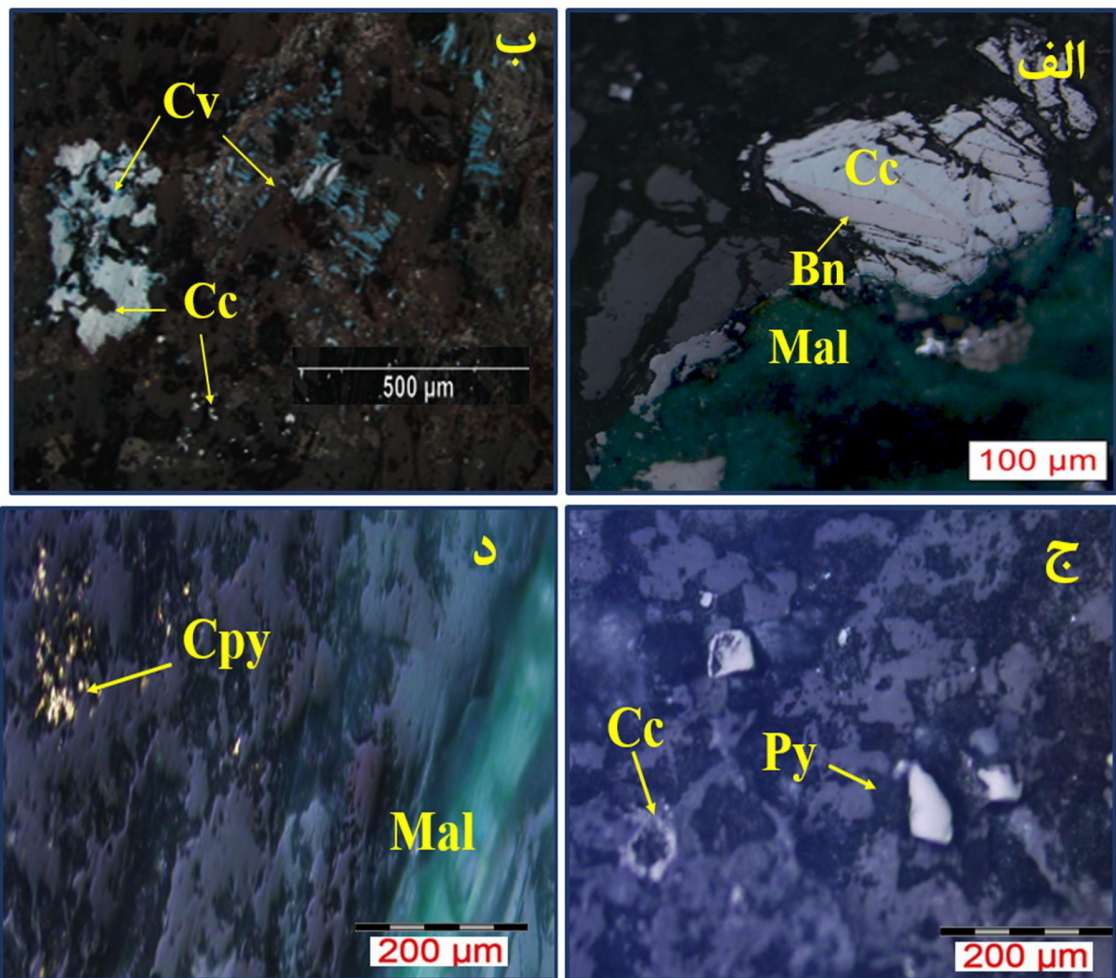
کالکوسیت (Cu_2S): کالکوسیت به عنوان کانی اولیه بخش مهمی از کانه‌زایی سولفیدی را در مجموعه این کانسار تشکیل می‌دهد. بافت غالب این کانی به صورت رگه - رگچه‌ای، جانشینی، پرکننده فضای خالی و دانه پراکنده است (شکل ۴-۱ الف و ب). حضور این کانی به صورت دانه پراکنده، پرکننده فضاهای خالی و به همراه پورفیری‌های پلاژیوکلاز در زمینه سنگ، می‌تواند نشانگر تشکیل آن در زمان انجماد گدازه باشد. در اغلب موارد در امتداد حاشیه و محل شکستگی‌ها کالکوسیت به صورت جانشینی به کوولیت و مالاکیت تبدیل شده است (شکل ۴-۱ ب).

بورنیت (Cu_5FeS_4): بورنیت به عنوان کانی سولفیدی اولیه با فراوانی کم دیده می‌شود. هیچ نشانه‌ای از بورنیت بصورت فاز جدا و بصورت جدا از کالکوسیت دیده نمی‌شود به گونه‌ای که با رنگ صورتی - قهوه‌ای توسط کالکوسیت جانشین شده است (شکل ۴-۱ الف).

کوولیت (CuS): کوولیت از جمله کانی‌های سولفیدی ثانویه است که در گذر از محیط اکسیدان به احیایی با افزایش مس و کاهش تدریجی گوگرد شکل می‌گیرد. کوولیت در اکثر جاها در حاشیه کانه

کالکوسیت یا در ریز شکاف‌های داخل این کانه دیده می‌شود که می‌تواند بیانگر شرایط سوپرژن باشد (شکل ۱-۴ ب)

پیریت (FeS_2) و کالکوپیریت ($CuFeS_2$): پیریت و کالکوپیریت از کانی‌های سولفیدی اولیه کمیاب در منطقه ریزاب می‌باشند و به صورت دانه ریز، دانه پراکنده و بی‌شکل در زیر میکروسکوپ قابل شناسایی هستند (شکل ۱-۴ پ و ت). پیریت در اثر هوازدگی و اکسیداسیون اکسید شده و اکسید و هیدروکسیدهای آهن را شکل می‌دهد که می‌تواند نشان از اکسایش بالا در منطقه باشد. این رویداد نشان‌دهنده سن پاراژنزی جوانتر برای کانه زایی اکسیدی است.

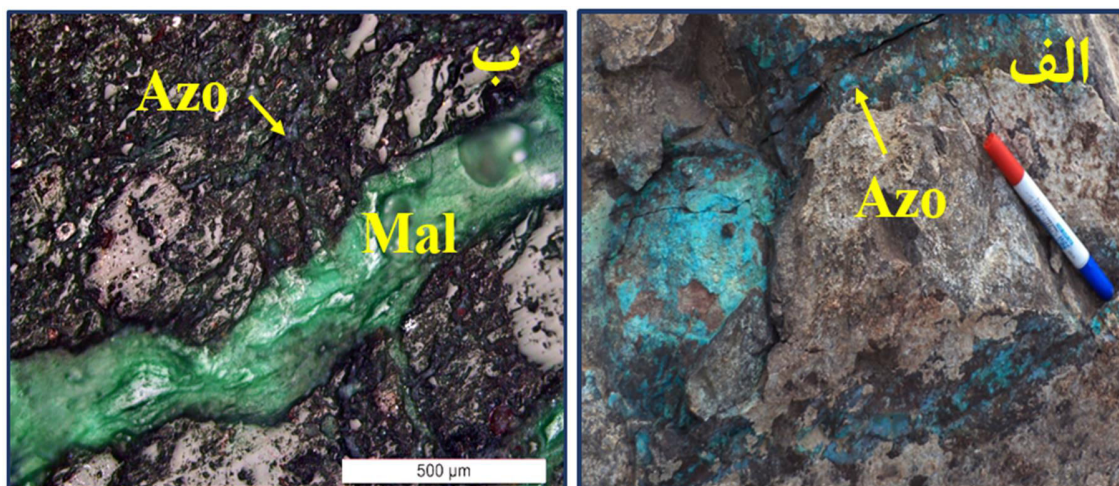


شکل ۱-۴ الف) تصویر میکروسکوپی جانشینی بورنیت (Bn) توسط کالکوسیت (Cc) همراه با حضور ملاکیت (Mal) به

صورت پرکننده فضاهای خالی، ب) جان‌شینی کالکوسیت توسط کوولیت (CV) آبی رنگ همراه با دانه‌های پراکنده کالکوسیت، ج) حضور پیریت (Py) همراه با کالکوسیت، د) کالکوپیریت (Cpy) با بافت دانه پراکنده و مالاکیت به صورت رگه-رگچه‌ای.

۴-۲-۲- کانی‌های کربناتی مس

مالاکیت ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$) و آزوریت ($\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$): فرآیندهای سوپرژن به طور گسترده سبب توزیع کانی‌هایی می‌شوند که پس از کانی‌سازی سولفیدی رخ می‌دهد (Fay and Barton, 2012). در طی فرآیند سوپرژن در اثر اکسیداسیون کانی‌های اولیه و سولفیدی مس کانه‌های کربناته مس نظیر مالاکیت و آزوریت به همراه اکسیدها و هیدروکسیدها آهن به عنوان یک کانی غیر سولفیدی پس از کانه‌زایی سولفیدی، تشکیل می‌گردند. این فرآیندها ترجیحاً در امتداد ورقه‌ها یا شکستگی سنگ میزبان رخ می‌دهند. مالاکیت و آزوریت از جمله کانی‌های ثانویه منطقه می‌باشد که با رنگ‌های سبز و آبی لاجوردی در بخش‌های سطحی کنسار به وفور مشاهده می‌گردند (شکل ۴-۲ الف و ب). کانی آزوریت برخلاف مالاکیت که در اغلب مقاطع مشاهده می‌شود، دارای پراکندگی بسیار کمی بوده و به ندرت مشاهده می‌شود. علت کمیاب بودن آزوریت را می‌توان به ناپایدار بودن آن و تبدیل تدریجی آن به مالاکیت در اثر هوازدگی دانست. بافت غالب این کانی‌ها به صورت رگه-رگچه‌ای و پرکننده حفرات و فضاهای خالی است و اغلب همراه با اکسیدهای آهن حضور دارند.



شکل ۴-۲- الف) تصویر صحرایی آزوریت (AZO) در نزدیکی شکستگی‌های موجود در سنگ میزبان، ب) تصویر میکروسکوپی مالاکیت (Mal) به صورت رگه-رگچه‌ای و آزوریت به صورت پرکننده فضای خالی.

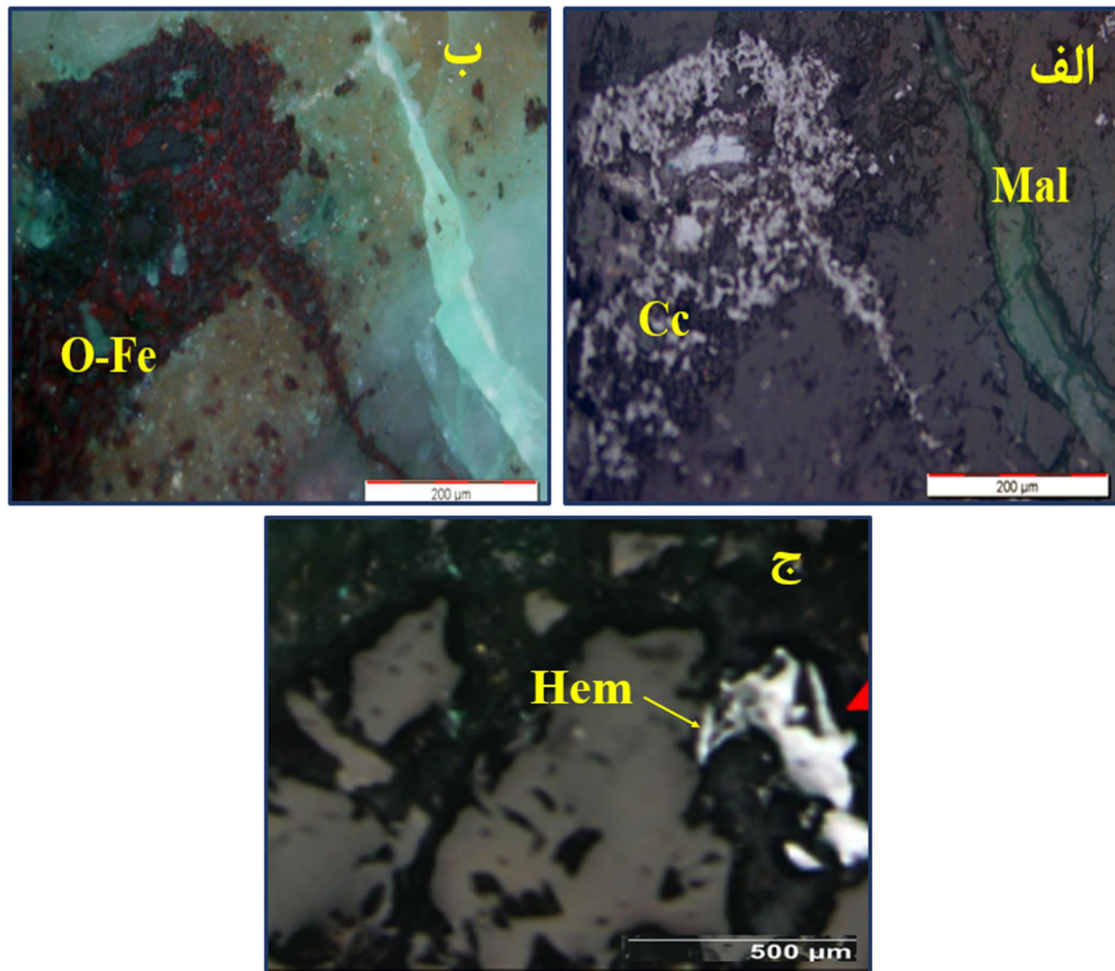
۴-۲-۳- کانی‌های اکسیدی و هیدروکسیدی آهن (هماتیت، لیمونیت، گوئیتیت و مگنتیت)

معمولاً کالکوپیریت و پیریت در حضور اکسیژن، آب و در محیط‌های کم عمق جایی که شرایط برای اکسید شدن آن‌ها مهیا باشد، ناپایدار است (Ramdhor, 1980) و توسط محلولهای اکسیدان به اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن (هماتیت، لیمونیت و گوئیتیت) تبدیل شده‌اند 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 هیدروکسیدهای آهن برجای مانده‌اند (Sillito and Perello, 2005). (شکل ۳-۴ الف و ب). در مشاهدات میکروسکوپی، این کانی‌ها اغلب در مجاورت کانی‌های مس دار از جمله مالاکیت قرار می‌گیرند. بافت غالب این کانی‌ها به صورت رگه - رگچه‌ای، پرکننده فضاهای خالی و دانه پراکنده دیده می‌شوند.

هماتیت (Fe_2O_3) و لیمونیت ($Fe_2O_3 \cdot H_2O$): هماتیت فراوانترین کانی اکسیدی آهن در این بخش است و اغلب همراه لیمونیت که محصول نهایی دگرسانی و هوازدگی اکسیدها و سولفیدهای آهن است، مشاهده می‌شو (شکل ۳-۴ ج). این کانی‌ها با افزایش مقدار اکسیژن در بخش‌های فوقانی کانسنگ، شرایط تشکیل آنها محیا شده است در مجاورت با مالاکیت دیده می‌شوند

گوئیتیت: گوئیتیت تنها کانی اکسید آهن منطقه است که به سبب کم بودن کانی‌های سولفیدی آهن‌دار اولیه به مقدار خیلی کم در برخی نمونه‌ها دیده می‌شود. می‌توان گفت آهن موجود در کانی‌های سولفیدی اولیه از جمله پیریت و کالکوپیریت نقش دارد.

مگنتیت (Fe_3O_4): مگنتیت به عنوان کانی اکسیدی اولیه، به صورت دانه پراکنده و با فراوانی خیلی کم در متن سنگ میزبان مشاهده می‌شود. در محیط‌های سطحی این کانی به آسانی به هماتیت تبدیل شده است.



شکل ۴-۳- الف و ب) تصویر میکروسکوپی از کالکوسیت‌های (Cc) دگرسان شده به اکسیدهای آهن (O-Fe) همراه با رگه- رگچه ملاکیت (Mal)، ج) حضور هماتیت (Hem)

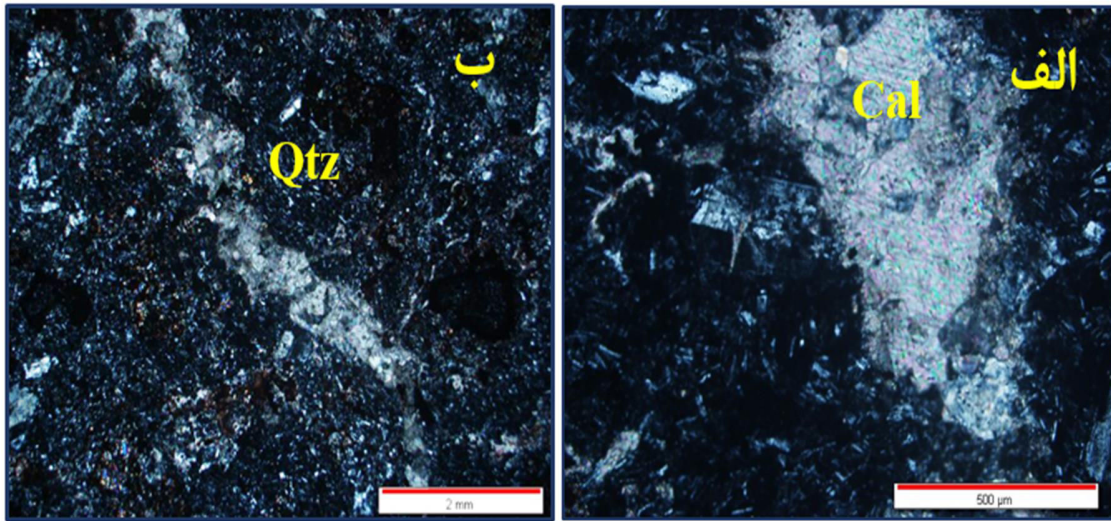
۴-۲-۴- کانی‌های باطله

بر اساس مطالعات مشاهدات صحرایی، مطالعات میکروسکوپی و نتایج حاصل از آنالیز پراش اشعه ایکس، فراوان‌ترین کانی‌های باطله کانسار مورد مطالعه شامل کلسیت، کوارتز، زئولیت، کلریت و کانی‌های رسی می‌باشند.

کلسیت (CaCO_3): کلسیت از فراوان‌ترین کانه‌های باطله در منطقه ریزاب به شمار می‌رود. این کانی به رگه - رگچه‌ای، پرکننده فضاهای خالی و اغلب با ایجاد بافت بادامکی همراه با زئولیت و کوارتز ظاهر می‌شود (شکل ۴-۴ الف). می‌توان گفت که در نتیجه دگرسانی پلاژیوکلازها و کانی‌های فرومنیزین کلسیم‌دار نیز حاصل می‌شوند. رگه - رگچه‌های کلسیت اغلب همراه با مالاکیت همراه هستند.

کوارتز (SiO_2): کوارتز به صورت بلورهای شفاف و ریز بلور حدود ۲۰ درصد کانی‌های سنگ را تشکیل می‌دهند. این کانی بیشتر در امتداد شکستگی‌ها دیده می‌شود و اغلب به صورت رگه - رگچه‌ای و در بخش‌هایی به صورت پرکننده و دانه پراکنده وجود دارد (شکل ۴-۴ ب).

زئولیت: زئولیت از محصولات متداول دگرسانی می‌باشند که به صورت پرکننده حفرات و درزه‌ها و شکستگی‌ها در واحدهای گدازه‌ای با بافت شعاعی و رنگ سفید مشاهده می‌شوند. در واقع می‌توان گفت زئولیت‌ها در اثر فعل و انفعالات شیمیایی سیالات قلیایی با شیشه‌های آتشفشانی و پلاژیوکلازها بوجود می‌آیند. براساس آنالیز پراش اشعه ایکس این زئولیت‌ها از نوع آنالیسم و ناترولیت هستند. حفرات کروی و بیضوی شکل توسط زئولیت، کلسیت و سیلیس پر می‌شوند و تشکیل بافت بادامکی را می‌دهند.



شکل ۴-۴-الف) تصویر میکروسکوپی کلسیت (Cal)، ب) حضور کوارتز (Qtz) و کلسیت به صورت رگه-رگچه‌ای.

۴-۳- ساخت و بافت

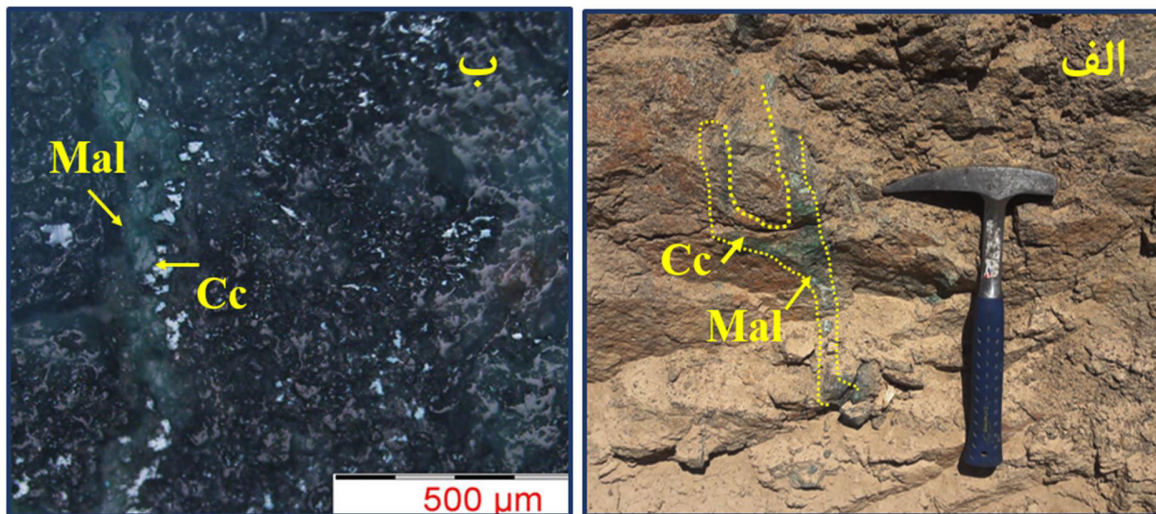
با توجه به مطالعه ساخت و بافت‌های کانی‌های تشکیل دهنده کانسار در منطقه ریزاب، می‌توان به ساخت رگه‌ای، بافت پرکننده فضاهای خالی، بافت دانه پراکنده و بافت جانشینی می‌باشند.

۴-۳-۱- ساخت و بافت رگه‌رگچه‌ای: حضور کانی‌ها به صورت رگه‌رگچه‌ای، یکی از فراوان‌ترین

سیماهای مواد معدنی در بخش کانه‌دار است. ابعاد رگه‌رگچه‌ها از سانتی‌متر تا متر متغیر است و به طور عمده در واحد آتشفشانی دیده می‌شود. بافت‌های رگه رگچه‌ای در کانی‌های مس سولفیدی بیان کننده منشاء اپی‌ژنتیک برای این کانی‌سازی است (Brown, 2014). طبق شواهد صحرایی و میکروسکوپی رگه-

رگچه‌ها دارای ترکیب کانی‌شناسی از جمله: ۱- مالاکیت؛ ۲- کالکوسیت؛ ۳- مالاکیت - کلسیت؛ ۴-

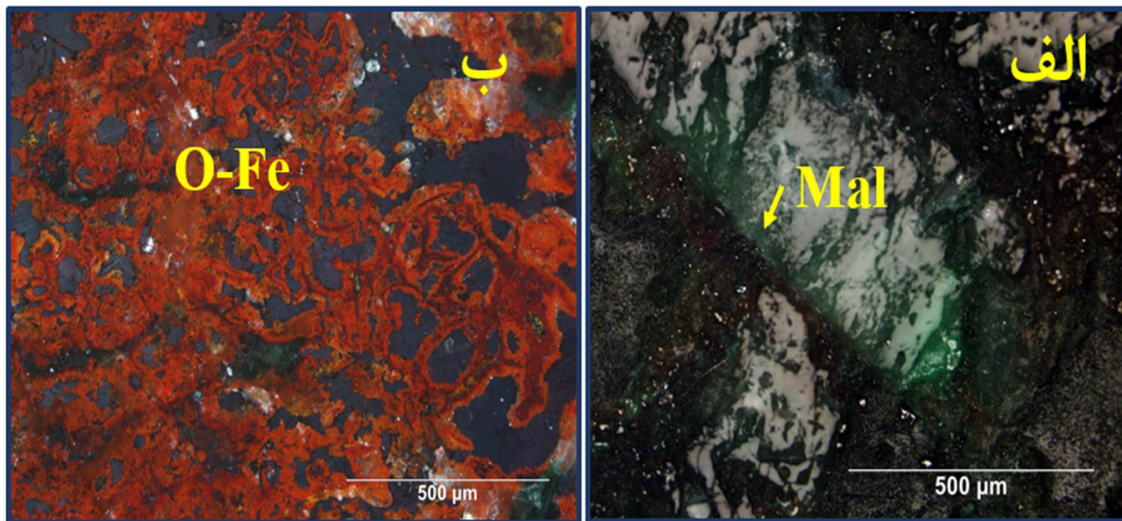
اکسیدهای آهن - مالاکیت؛ ۵- کلسیتی - سیلیسی می‌باشند (شکل ۴-۵-الف و ب).



شکل ۴-۵- الف) تصویر صحرایی از بافت رگه- رگه‌های مالاکیت (Mal) و کالکوسیت (Cc) (ب) تصویر میکروسکوپی رگه - رگه مالاکیت- کالکوسیت همراه با بافت دانه پراکنده کالکوسیت‌ها.

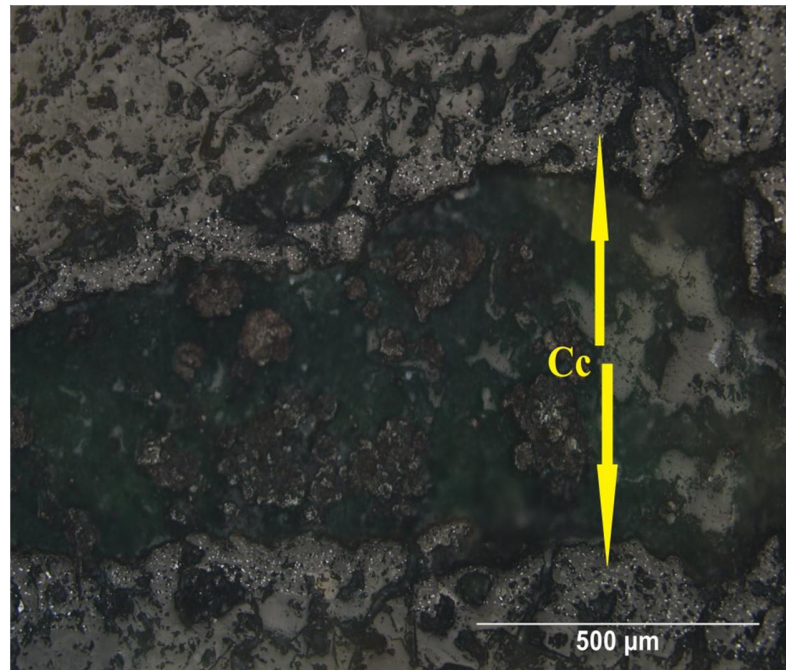
۴-۳-۲- ساخت و بافت پراکنده فضای خالی: بافت پراکنده فضاهای خالی در منطقه ریزاب

به دو شکل دیده می‌شود: الف) پراکنده فضاهای خالی بین قطعات سنگهای آذرآواری و ب) بافت پراکنده فضاهای خالی در امتداد درزه‌ها و شکستگی‌های موجود در سنگ گدازه‌ای. این فضاهای خالی مکان مناسبی برای تجمع و ته‌نشست مواد معدنی محلولهای گرمابی است. در این نوع ساخت و بافت ماده معدنی کانی‌های کالکوسیت، مالاکیت و اکسیدها و هیدروکسید آهن و کانی‌های باطله می‌باشد (شکل ۴-۶ الف و ب).



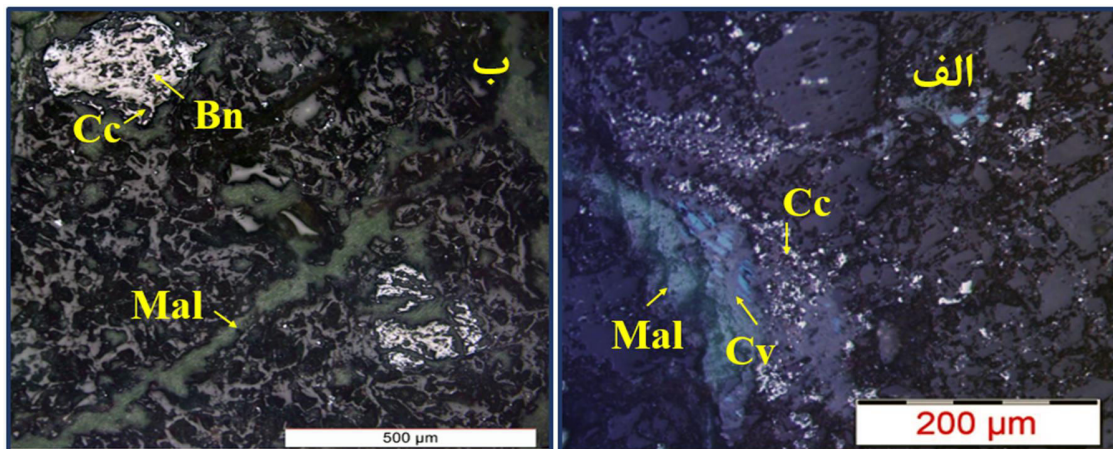
شکل ۴-۶- الف و ب) تصویر میکروسکوپی از بافت پرکننده فضاهای خالی توسط کالکوسیت (Cc) مالاکیت (Mal) و اکسیدهای آهن (O-Fe)

۴-۳-۳- بافت دانه‌پراکنده: براساس مشاهدات میکروسکوپی، کانی‌های سولفیدی از جمله کالکوسیت، کالکوپیریت و پیریت و همچنین مگنتیت به صورت پراکنده در متن واحد سنگی میزبان وجود دارند. فراوان‌ترین کانی با بافت دانه پراکنده کالکوسیت است که در ابعاد یک میکرومتر تا یک سانتی‌متر مشاهده می‌شود. (شکل ۴-۷).



شکل ۴-۷- تصویر میکروسکوپی از دانه‌های پراکنده کالکوسیت (Cc)

۴-۳-۴- بافت جانشینی: بافت جانشینی در بخش‌های مختلف واحد گدازه‌ای و آذرآواری میزبان کانه‌زایی دیده می‌شود. در کانسار مورد مطالعه می‌توان به جانشینی کانی‌های اولیه پیریت و کالکوپیریت توسط کانی‌های ثانویه مانند گوئتیت، هماتیت و لیمونیت، جانشینی کالکوسیت توسط کولیت، و جانشینی بورنیت توسط کالکوسیت و مالاکیت اشاره نمود (شکل ۴-۸ الف و ب).

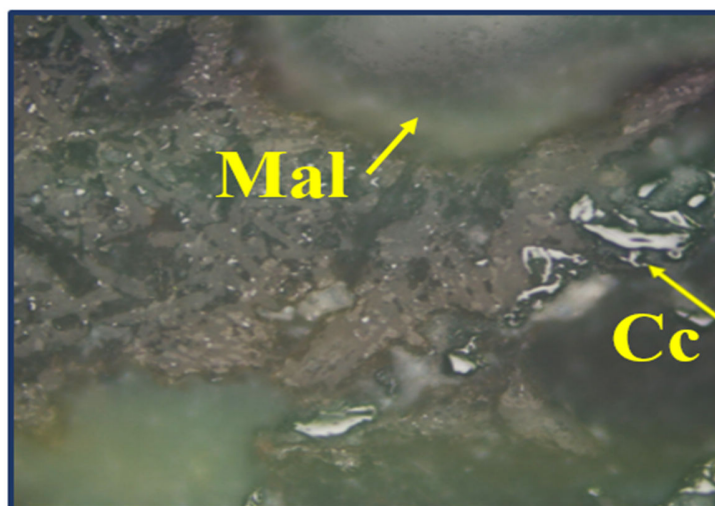


شکل ۴-۸- الف) تصویر میکروسکوپی جانشینی کالکوسیت (Cc) توسط کولیت (Cv) و ملاکیت (Mal) و بافت دانه پراکنده کالکوسیت‌های موجود در زمینه سنگ میزبان. ب) تصویر میکروسکوپی از جانشینی بورنیت (Bn) توسط کالکوسیت همراه با رگه‌رگچه‌هایی از ملاکیت

۴-۳-۵- بافت کاتاکلاستیکی: پدیده‌های تکتونیکی نظیر گسل‌ها و چین خوردگی‌ها می‌تواند

موجب تغییراتی در بافت و شکل کانی‌ها شوند. بافت کاتاکلاستیک کانی کالکوسیت در نمونه‌های مطالعه

شده در کانسار مس ریزاب بصورت بسیار اندک دیده می‌شود (شکل ۴-۹).



شکل ۴-۹- تصویر میکروسکوپی از بافت کاتاکلاستیکی کالکوسیت.

۴-۴- توالی پاراژنتیک کانی‌ها

توالی پاراژنتیک معرف ترتیب یا تقدم و تأخر نهشته‌شدن کانی‌ها به صورت فازهای جدا یا مجموعه کانی‌ها در یک کانسار است و طبق تعریف موجود، به کانی‌هایی که از لحاظ مکانی و زمانی به طور همزمان و از یک منشاء متبلور میشوند پاراژنز میگویند. ترکیب شیمیایی محلول کانه‌دار، دما، فشار و تغییرات Eh و pH در پاراژنز کانسارها تاثیر گذار هستند. با توجه به مطالعات بافتی و کانی‌شناسی در منطقه مورد مطالعه رخدادهای کانی‌سازی مس در منطقه پس از تشکیل پیریت و گذشت زمان (بصورت نامعلوم) در دو مرحله اولیه و برون زاد تشکیل شده است.

مرحله کانه‌زایی اولیه (هیپوژن)

محلول کانه‌ساز احیایی و فقیر از آهن که از عمق منشا گرفته در مسیر خود در برخورد با واحد سنگی نفوذپذیر سبب ته‌نشست سولفیدهای اولیه مس مثل کالکوسیت و غیره شده است. کالکوسیت در نتیجه عملکرد گسلها به صورت ته‌نشست مستقیم از محلول کانه‌ساز و جانشینی در قالب پیریت‌ها تشکیل شده است که این جانشینی در نتیجه جایگزینی مس بجای آهن در ساختمان پیریت صورت گرفته است. آهن آزاد شده در نتیجه این جایگزینی با محلول کانه‌ساز واکنش داده و سبب تشکیل کالکوپیریت و بورنیت به مقدار اندک در سنگ میزبان آندزیت مگا پورفیری شده است.

مرحله کانه‌زایی برون‌زاد (سوپرژن)

در این مرحله فرآیندهای سوپرژن سبب تغییراتی در ترکیب کانه‌نگاری سنگها شده و موجب تغییر و تبدیل کانه‌های سولفیدی اولیه کالکوسیت، کالکوپیریت و بورنیت به کانه‌های ثانویه سولفیدی مس مانند کالکوسیت، کوولیت و همچنین کانه‌های کربناتی مس مانند مالاکیت، آزوریت و کانه‌های اکسیدی و

هیدروکسیدی مانند هماتیت و گوتیت در شرایط کاملا اکسیدان شده است. توالی پاراژنزی برای کانه‌زایی در محدوده معدنی ریزاب به صورت زیر می‌باشد (جدول ۴-۱).

جدول ۴-۱- توالی پاراژنتیکی کانی‌ها در کانسار ریزاب

Mineralization	stage		Per-Mineralization	Mineralization (Hypogen)	Post-Mineralization (Supergen)
	Minerals				
sulfide		Pyrite	██████████		
		Chalcopyrite		-----	
		Chalcocite		██████████	██████████
		Bornite		-----	
		Covellite			-----
Carbonate		Azurite			-----
		Malachite			██████████
Oxide		Hematite			██████████
		Limonite			-----
		Goethite		 ██████████
Gangue		Quartz		██████████	
		Calcite		-----	██████████
		Chlorite		-----	
		Zeolite		██████████	
Texture		Vein- veinlets		-----	██████████
		Disseminated		██████████	
		Open space filling		██████████	██████████
		Replacement		-----	██████████

فصل پنجم

ژئوشیمی

۵-۱- مقدمه

ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی سنگ‌های آذرین تابع ترکیب ماگمایی است که سنگ از آن متبلور شده است. ترکیب ماگما در حین حرکت به طرف سطح زمین و جایگیری آن در اعماق مختلف تغییر نموده و تحت تأثیر نحوه تکامل و فرایندهای مؤثر بر آن از قبیل تفریق بلورین، تبلور بخشی، ذوب بخشی، هضم، آلیش و اختلاط ماگمایی است. چگونگی توزیع و پراکندگی عناصر مختلف در محیط‌های سنگی هر منطقه و تشخیص ارتباط و وابستگی عناصر بایکدیگر در مطالعات ژئوشیمیایی مورد بررسی قرار می‌گیرند و اهمیت بسزایی در جهت تعیین ویژگی‌های محیط تشکیل و فرایندهای مؤثر در تشکیل ذخایر معدنی دارند (Piercey, 2011). به منظور شناخت ویژگی‌های ژئوشیمیایی و پترولوژیکی سنگ‌های منطقه معدنی، سنجش فراوانی، چگونگی توزیع و رفتار ژئوشیمیایی عناصر تعداد ۸ نمونه از سنگ‌های رخنمون یافته منطقه معدنی و ۵ نمونه کانسنگ جهت تجزیه عناصر اصلی به روش XRF و عناصر کمیاب به روش ICP-MS توسط آزمایشگاه زرآما انجام شد. در این فصل داده‌های ژئوشیمیایی حاصل از آنالیزهای XRD و ICP-MS به صورت جدول (پیوست ۱) ارائه شده است و برای بررسی ژئوشیمیایی سنگ‌های دربرگیرنده کانسنگ و ژئوشیمی کانسنگ مس مورد استفاده قرار گرفته است.

نام نمونه	X	Y
A-1	۵۷°۲۷'۳۱/۲"	۳۵°۲۳'۴۱/۰۲"
A-2	۵۷°۲۶'۲۰"	۳۵°۲۱'۲۰"
A-3	۵۷°۲۶'۱۳"	۳۵°۲۱'۲۸"
A-4	۵۷°۲۶'۲۴/۸"	۳۵°۲۱'۳۵"
A-5	۵۷°۲۸'۵/۲"	۳۵°۲۱'۳/۵"
A-6	۵۷°۲۷'۵۷"	۳۵°۲۱'۴/۴"
A-7	۵۷°۲۷'۴۹/۹"	۳۵°۲۳'۱۴/۵"
A-8	۵۷°۲۷'۵۴"	۳۵°۲۲'۱۸"

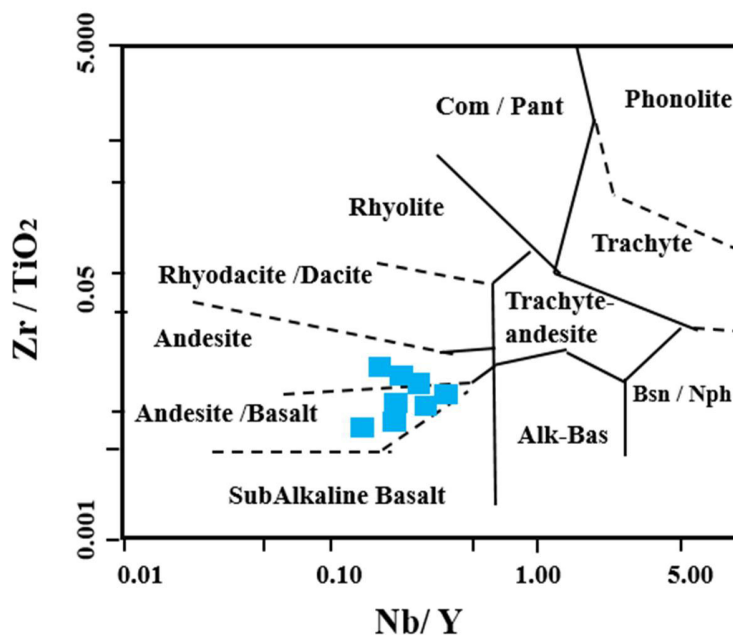
جدول ۵-۱- مختصات نمونه‌های برداشت شده از سنگ‌های رخنمون یافته منطقه ریزاب

۵-۲- بررسی پترولوژیکی و ژئوشیمیایی سنگ‌های دربرگیرنده کانسار

در این بخش سعی شده است که با استفاده از تجزیه‌های شیمیایی و نمودارهای مختلف، شکل‌گیری‌هایی سنگ‌شناسی و شرایط تشکیل سنگ‌های از جمله نامگذاری سنگ‌های آتشفشانی، تعیین سری ماگمایی، جایگاه تکنونیک سنگ‌های دربرگیرنده کانسار ریزاب، عوامل کنترل کننده ماگماتیسم در منطقه مورد مطالعه و ژئوشیمی عناصر کمیاب بررسی می‌شود.

۵-۲-۱- نام‌گذاری سنگ‌های آتشفشانی

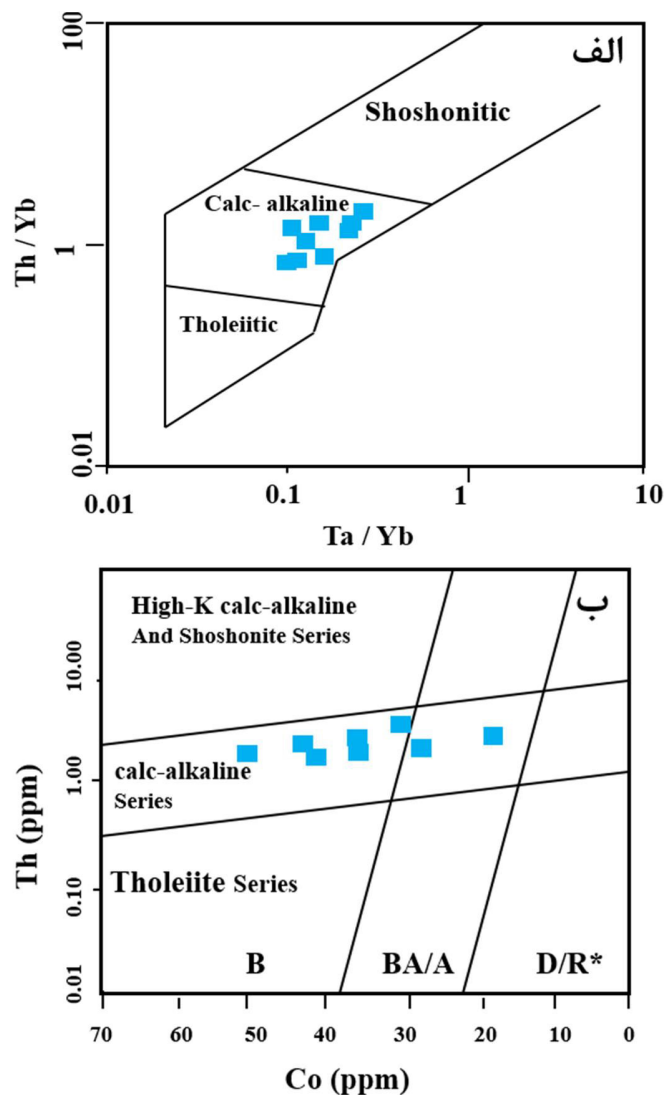
از آنجایی که تحرک عناصر آلکالن در سنگ‌های هوازده و دگرسان شده بالا است، به منظور تعیین ترکیب و ماهیت سنگ‌های مورد نظر، از نمودارهای مربوطه مبتنی بر عناصر کمیاب کم تحرک از جمله Ti ، Zr ، Nb و Y که جزء عناصر دارای قدرت میدانی بالا هستند (Rollinson, 2014) نیز استفاده شد. براساس نمودار Zr/TiO_2 در مقابل Nb/Yb (Winchester and Floyd, 1977)، سنگ‌های آتشفشانی میزبان کانسار ریزاب، دارای ترکیب آندزیت و آندزیت-بازالت هستند (شکل ۵-۱).



شکل ۵-۱- موقعیت سنگ‌های آتشفشانی محدوده معدنی ریزاب، براساس در نمودار Zr/TiO_2 در مقابل Nb/Yb (Winchester and Floyd, 1977)، نمونه‌ها در سری آندزیت و آندزیت-بازالت قرار می‌گیرند.

۵-۲-۲- تعیین سری ماگمایی

یکی از کاربردهای داده‌های تجزیه‌شیمیایی، تعیین سری‌های ماگمایی و جایگاه تکتونیکی تشکیل سنگ‌ها است. یک سری ماگمایی، مجموعه‌ای از سنگ‌های آذرین با ترکیب شیمیایی مختلف را شامل می‌شود که از یک ماگمای مادر بر اثر تبلور بخشی حاصل گردیده است (Kuno, 1968). براساس نمودارهای Th/Yb در مقابل Ta/Yb (Muller and Groves, 1997) و نمودار Th در مقابل Co (Hastie *et al.*, 2007) (شکل ۵-۲ الف و ب)، سنگ‌های مورد بررسی به سری کالک‌آلکان و در سری کالک‌آلکان پتاسیم متوسط تا شوشونیتی در محدوده بازالت و آندزیت بازالتی-آندزیت تعلق دارند.



شکل ۵-۲- تعیین سری ماگمایی سنگ‌های آتشفشانی با استفاده از: الف) نمودار نسبت Th/Yb در مقابل Ta/Yb و (Muller and Groves., 1997)، ب) نمودار Co در مقابل Th (Hastie et al., 2007)، در این نمودار منظور از B بازالت، BA/A آندزیت بازالتی/ آندزیت و D/R* داسیت/ریولیت است.

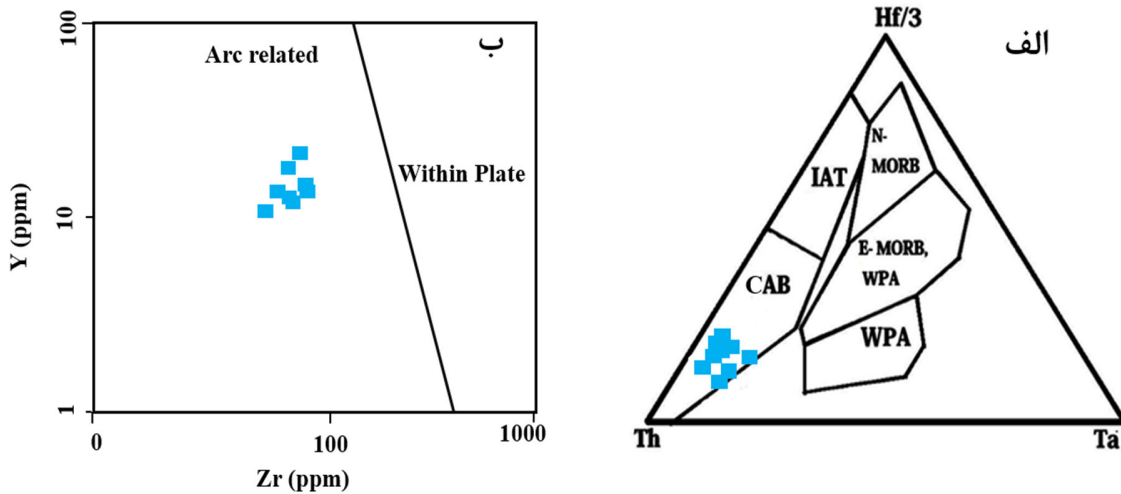
۵-۲-۳- جایگاه تکتونیکی سنگ‌های دربرگیرنده کانسار

یکی از مناسب‌ترین روش‌ها برای تشخیص محیط‌های تکتونیکی تشکیل ماگما، استفاده از داده‌های ژئوشیمیایی است. به منظور تعیین محیط تکتونیکی از نمودارهای مبتنی بر پایه عناصر کمیاب، نسبت‌های بین آنها و عناصر کم‌تحرک استفاده شده است.

نمودار مثلثی (Wood, 1980): با توجه به نمودار مثلثی (Wood, 1980)، که براساس عناصر غیرمتحرک Ta-Hf-Th طراحی شده‌اند، پنج محدوده از جمله تولییت‌های درون صفحه‌ای، E-MORB، N-MORB، بازالت‌های آلكالن داخل صفحات (WPA)، بازالت‌ها و آندزیت‌های کمان قاره‌ای (CAB) و تولییت‌های جزایر قوسی (IAT) قابل تفکیک هستند، نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده بازالت‌ها و آندزیت‌های کمان قاره‌ای واقع می‌شوند (شکل ۵-۳ الف)

نمودار تفکیک محیط کمانی از محیط درون صفحه‌ای: از نمودار Zr در مقابل Y به منظور تفکیک محیط‌های کمان و محیط‌های درون صفحه‌ای استفاده شده است (Muller and Groves., 2000)، طبق این نمودار نمونه‌های مورد نظر در محدوده کمان ماگمایی مرتبط با فرورانش واقع می‌شوند (شکل ۵-۳ ب).

به طور کلی بر اساس این دو نمودار سنگ‌های آتشفشانی منطقه ریزاب در محدوده کمان‌های ماگمایی مرتبط با فرورانش قرار می‌گیرند. از دیدگاه تکتونیک ورقه‌ای، مرزهای همگرا از جمله حاشیه قاره‌ای فعال (CAB) و کمان‌های جزیره‌ای یکی از جایگاه‌های تشکیلی سری ماگمایی کالک آلكالن پتاسیم متوسط تا بالا محسوب می‌شوند.



شکل ۵-۳- تعیین محیط‌های زمین ساختی سنگ‌های آتشفشانی مورد بررسی با استفاده از نمودار Hf/3-Th-Ta (Wood, 1980)، (ب) تفکیک محدوده‌های کمان آتشفشانی از محیط درون صفحه‌ای با استفاده از نمودار Zr در مقابل Y (Muller et al., 2000)

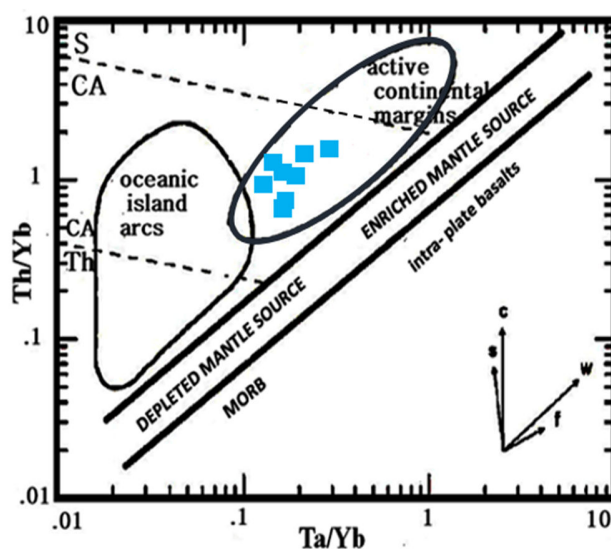
نمودار تفکیک کمان ماگمایی حاشیه فعال قاره‌ای از نوع کمان‌های جزیره‌ای:

برای تفکیک کمان ماگمایی حاشیه فعال قاره‌ای از نوع کمان‌های جزیره‌ای، از نمودارهای Th/Yb در مقابل Ta/Yb (Pearce, 1983) استفاده شده است (شکل ۵-۴). در نمودار Th/Yb در مقابل Ta/Yb ، آلودگی پوسته‌ای سبب Th/Yb در مقابل Ta/Yb افزایش نسبت Th/Yb در مقابل Ta/Yb می‌شود که ناشی از فراوانی بیشتر Th نسبت به Ta در سنگ‌های پوسته‌ای است (Temizel et al., 2012). به طور کلی مقادیر بالای Th در این سنگ‌ها می‌تواند تحت تأثیر دو عامل باشد: (۱) آلودگی ناشی از آلیش با پوسته بالایی و (۲) تأثیر سیالات آزاد شده از پوسته اقیانوسی فرورونده. ماگماهای حواشی قاره‌ای فعال درجات بالاتری از غنی‌شدگی عناصر خاکی نادر ناسازگار که در مقایسه با ماگماهای کمان‌های جزیره‌ای نشان می‌دهد که ممکن است بازتاب تأثیر مشترک سرچشمه گرفتن از یک خاستگاه گوشته‌ای غنی‌شده و آلیش پوسته‌ای باشد. بر اساس نمودار ذکر شده، نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده کالک‌آلکان تا شوشونیتی و در محیط کمان قاره‌ای قرار گرفته و منشائی مرتبط با گوشته غنی‌شده همراه با تأثیر سیالات

زون فرورانش را نشان می‌دهند. بنابراین طبق این نمودار محیط تکتونوماگمایی منطقه مورد مطالعه را می‌توان حاشیه فعال قاره‌ای معرفی کرد

از نسبت Zr/Y نیز می‌توان برای تشخیص جایگاه تکتونیکی استفاده کرد (Pearce and Norry, 1979). اگر در گدازه‌ها نسبت ذکر شده بیش از ۳ باشد، سنگ‌های مورد نظر به کمان‌های آتشفشانی قاره‌ای تعلق دارند و اگر نسبت مورد نظر کمتر از ۳ باشد، آنها به کمان‌های آتشفشانی اقیانوسی، تعلق دارند. سنگ‌های آتشفشانی میزبان کانسار مس ابری این نسبت برابر است با $3/2$ تا $3/4$ که در گروه کمان‌های آتشفشانی قاره‌ای قرار می‌گیرند.

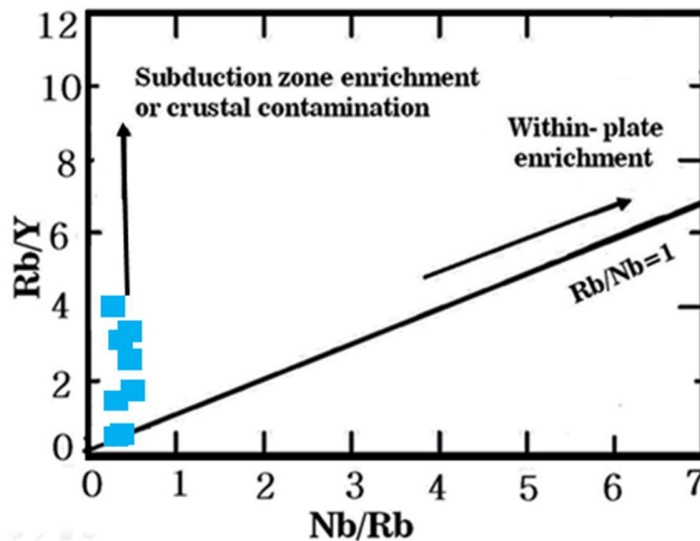
همچنین به عقیده پیرس (Pearce, 1979) مقادیر بالاتر از ۴۵۰ در نسبت Ba/Ta نشان‌دهنده محیط حاشیه‌ی فعال قاره‌ای است. این نسبت در نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده ۴۰۰-۱۰۰۰ متغیر است.



شکل ۵-۴- محیط تکتونیکی سنگ‌های منطقه و تفکیک کمان ماگمایی حاشیه فعال قاره‌ای از نوع کمان جزیره‌ای بر اساس: نمودار نسبت Th/Yb در مقابل Ta/Yb (Pearce, 1983).

۵-۲-۴- تعیین روند غنی‌شدگی سنگ‌های منطقه

نمودار Rb/Y در برابر Nb/Y : به منظور تعیین روند غنی‌شدگی سنگ‌های مورد مطالعه در ارتباط با محیط‌های زمین‌ساختی از نمودار Rb/Y در برابر Nb/Y استفاده شد (Pearce, 1983) که تغییرات این نسبت‌ها در سنگ‌های مورد مطالعه برخلاف محیط‌های درون صفحه‌ای که روند غنی‌شدگی $Rb/Nb=1$ دارند، غنی‌شدگی در زون فرورانش یا آرایش پوسته‌ای را نشان می‌دهند (شکل ۵-۵). علاوه بر این، مقدار کم Nb نشان‌دهنده ماگماهای مربوط به محیط‌های حاشیه فعال قاره‌ای است و می‌تواند در اثر آرایش پوسته‌ای و متاسوماتیسم توسط سیالات آزاد شده از لیتوسفر اقیانوسی فرورونده بوجود آمده باشد (Aldanmaz et al., 2000).

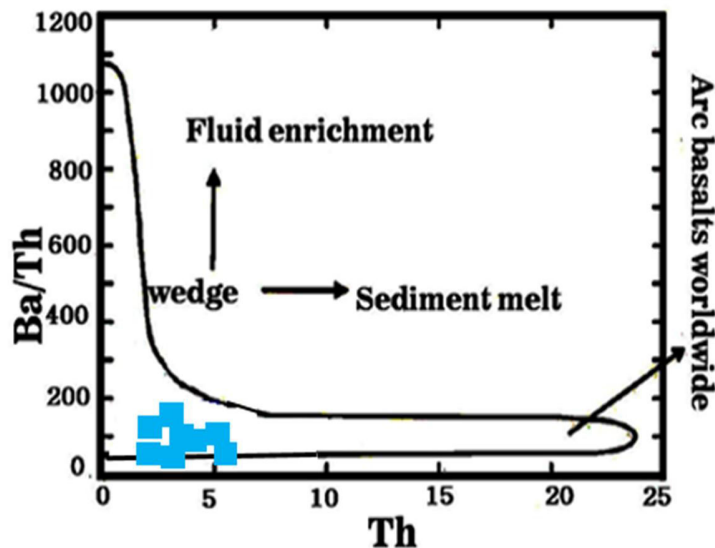


شکل ۵-۵- تعیین غنی‌شدگی سنگها با استفاده از نمودار Rb/Y در مقابل Nb/Rb (Pearce, 1983)، که غنی‌شدگی در زون فرورانش یا آرایش پوسته‌ای را نشان می‌دهد.

نمودار Ba/Th در مقابل Th : یکی دیگر از فاکتورهای مؤثر در تعیین ژنز سنگ‌های منطقه، رسوبات فرورانده شده هستند. از آنجایی که Th در تعیین نقش رسوبات فرورانده در سیستم کمان‌های ماگمایی

مرتبط با فرورانش، از اهمیت به سزایی برخوردار است، بنابراین تعیین نقش رسوبات فرورانده شده از نمودار Ba/Th در مقابل Th استفاده شد (Temel *et al.*, 1998). (شکل ۵-۶). چنانکه این شکل نشان می‌دهد نمونه‌های منطقه مورد مطالعه میزان نسبتاً بالایی Th و نسبت پایینی از Ba/Th را نشان می‌دهند که احتمالاً ناشی از نقش رسوبات فرورانده در تشکیل ماگمای مادر این سنگ‌ها است.

(Pearce and Peate, 1995) بر این باورند که عناصر HFSE و HREE کم تحرک هستند و در صفحه فرورانده باقی می‌مانند، در حالی که عناصر LILE و LREE متحرک‌ترند و با ذوب شدگی یا از دست دادن آب، به ماگمای تولید شده در منطقه فرورانش ملحق می‌شوند. توریم (Th) یک عنصر HFSE است و انتظار می‌رود که رفتاری مانند عناصر کم تحرک داشته باشد، اما در محیط‌های کمانی مانند عناصر متحرک رفتار می‌کند. این عنصر از مواد رسوبی صفحه فرورو حاصل می‌شود (Gorton and Schandl, 2000)



شکل ۵-۶- تعیین نقش رسوبات فرورانده با استفاده از نمودار Ba/Th در برابر Th در تعیین ژنز سنگ‌های منطقه در سیستم کمان ماگمایی مرتبط با فرورانش.

علاوه بر آن، گدازه‌های حاصل از ذوب ورقه فرورانده شده و یا رسوبات فرورانده شده، دارای نسبت بالایی Sr/Ce و نسبت $Nb/Zr > 0.05$ می‌باشد (Elburg, 2002). در نمونه‌های مورد نظر، میانگین نسبت Nb/Zr برابر 0.77 و نسبت Sr/Ce برابر 21/84 محاسبه شده است. که مؤید نقش پوسته فرورانده شده در تولید ماگماهای سازنده سنگهای آتشفشانی میزبان کانسار مس ریزاب است.

به طور کلی می‌توان گفت کاهش HFSE، به خصوص Nb و Ta نسبت به LILE می‌تواند در درجه اول به سه مرحله نسبت داده شود: (۱) اضافه شدن یک سیال فقیر از Nb-Ta رها شده از صفحه فرورانش به گوه گشته‌ای، (۲) حفظ ترجیحی Nb-Ta در آمفیبول‌ها و روتیل‌ها نسبت به فازهای دیگر از صفحه فرورانش یا خاستگاه گشته، و (۳) آلودگی ماگما مشتق شده از گشته توسط ترکیبات پوسته‌ای است (Wilson, 2007).

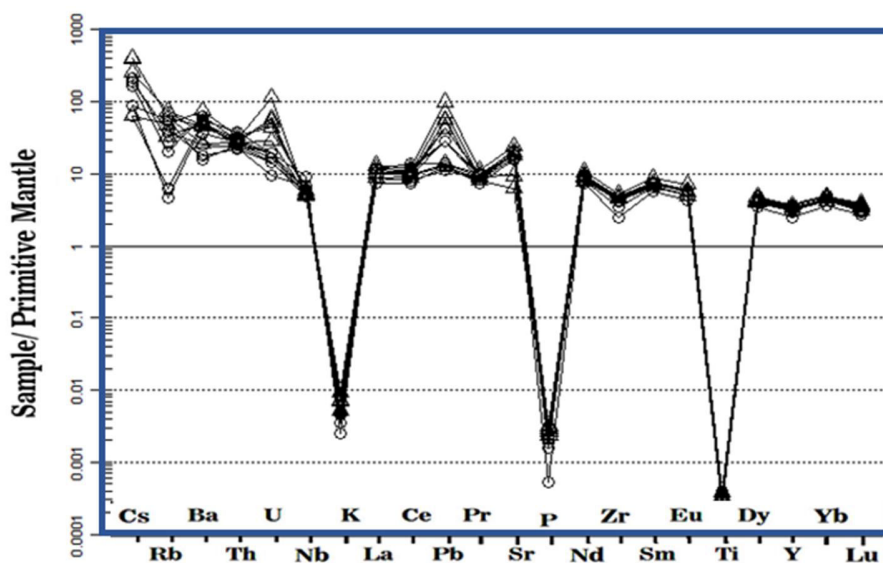
شواهد ژئوشیمیایی بیانگر آن است که ماگمای سازنده سنگ‌های منطقه، از ذوب بخشی گوه گشته‌ای تا حدودی متاسوماتیسم شده توسط سیالات سرچشمه گرفته از آبزدایی ورقه اقیانوسی دگرگون شده در رخساره آمفیبولیت و رسوبات فرورونده همراه آن و آرایش پوسته‌ای حاصل شده است (Yousefi et al., 2017).

۵-۲-۵- نمودارهای عنکبوتی

نمودارهای عنکبوتی جهت بررسی تغییر و تحولات ماگما و مقایسه آنها با ماگمای اولیه مناسب هستند. غلظت عناصر خاکی کمیاب در سنگ‌ها نسبت به یک مرجع استاندارد مشترک که معمولاً مقدار عناصر خاکی نادر در شخانه‌های کندریتی و یا گشته است، بهنجار می‌شود، که در واقع سنجشی برای انحراف از ترکیب اولیه است.

در نمودار بهنجار شده نسبت به گشته اولیه (Sun and Donough, 1989) در (شکل ۵-۷ الف) شاهد تمرکز نسبتاً بالایی از عناصر لیتوفیل بزرگ یون (LILE) مانند Ba و Pb و تمرکز پایینی از عناصر با شدت

میدان بالا (HFSE) مخصوصاً Ti و Nb هستند. روند تغییرات این نمونه‌ها با محیط زمین‌ساختی مرتبط با فرورانش انطباق دارند (Kuscu and Genel., 2010) و شاخص سنگ‌های آتشفشانی وابسته به کمان قاره‌ای است (Zanetti *et al.*, 1999). این ویژگی‌ها می‌توانند نشانه آرایش پوسته‌ای و در واقع ورود اجزای LILE موجود در پوسته اقیانوسی فرورونده به درون گوشته بالایی آن باشد (Seghed *et al.*, 2001) عناصر LILE قابلیت انحلال و تحرک بیشتری از HFSE در سیالات دارند (Pang *et al.*, 2013). بنابراین در مناطق فرورانش، سیالات آزاد شده از بخش بالایی لیتوسفر اقیانوسی فرورونده که از Nb فقیر و از LILE غنی می‌شوند و به گوشته افزوده می‌شوند. بآنومالی منفی عناصر Ti, Nb و Zr می‌تواند به حضور اجزای فرورانش در گوشته منشاء آلودگی پوسته‌ای (Ozdemir, 2011) و یا مرتبط با روتیل باقی‌مانده باشد که این عناصر را در حین ذوب رسوبات حفظ می‌نماید (Pang *et al.*, 2013).

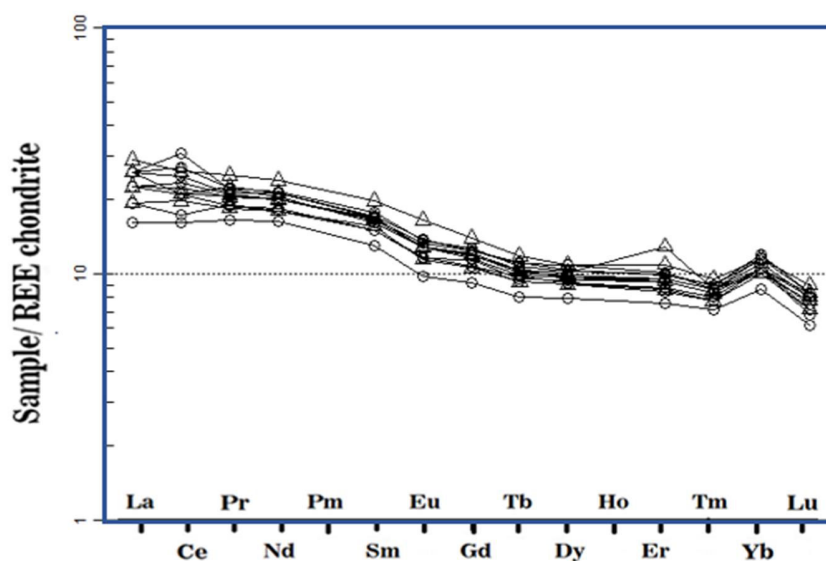


شکل ۵-۷- نمودار چند عنصری بهنجار شده نسبت به گوشته (Sun and McDonough, 1989).

برای بررسی الگوی تغییرات عناصر خاکی کمیاب، از نمودار عنکبوتی عناصر خاکی کمیاب بهنجار شده نسبت به کندریت (Boynton, 1984) استفاده شده است (شکل ۵-۸). همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود عناصر خاکی کمیاب سبک (LREE)، نسبت به عناصر خاکی سنگین (HREE)، غنی‌شدگی نشان

می‌دهند.. این امر از ویژگی‌های ماگماهای کالک‌آلکان کمان‌های آتشفشانی زون‌های فرورانش حاشیه قاره‌ای است.

عناصر خاکی کمیاب سبک، نسبت به عناصر خاکی کمیاب سنگین، ناسازگارتر بوده بنابراین در مذاب تولید شده، عناصر LREE غلظت بیشتری دارند و در طی روند تحولات ماگمایی در سنگ‌های تحول یافته متمرکز می‌شوند و در نتیجه نسبت به عناصر HREE غنی‌شدگی نشان می‌دهند (Krauskoph and bird, 1976). همچنین یکی از خصوصیات بارز سنگ‌های مناطق فرورانش، غنی‌شدگی عناصر خاکی سبک نسبت به عناصر خاکی کمیاب سنگین است (Gencalioglu Kuscı and Geneli, 2010). آرایش ماگما با مواد پوسته‌ای عناصر LREE در پوسته قاره‌ای متمرکز شده‌اند، غلظت بالاتر آن‌ها در سنگ نشانگر آرایش ماگما با مواد پوسته‌ای است (Srivastava and Singh, 2004).



شکل ۵-۸- نمودار چند عنصری عناصر کمیاب خاکی به هنجار شده با کندریت، (Boynton, 1984).

۵-۳- ژئوشیمی کانسار ریزاب

یکی از اهداف پی‌جویی‌های ژئوشیمیایی، دستیابی به تمرکز غیرعادی عناصری است که با کانی‌سازی در ارتباطند. توزیع آماری عناصر اصلی در طبیعت عادی است. در شرایطی که سنگ‌ها تحت تأثیر دگرسانی و کانسارسازی قرار گیرند، این توزیع از حالت عادی خارج می‌شوند.

بررسی پی‌جویی‌های ژئوشیمیایی در کانسار ریزاب بر پایه‌ی واحدهای سنگی بر روی ۵ نمونه کانسنگ انجام شده است. نمونه‌های مورد مطالعه در کانسارهای ریزاب غنی شدگی قابل توجهی در عناصر مس، نقره، و به طور ضعیف‌تر سرب و روی نشان می‌دهند. در میان فلزات پایه مس بیشترین فراوانی را در کانسارهای مورد مطالعه دارد (جدول ۵-۱). به منظور بررسی ژئوشیمیایی عناصر در سنگهای کانه‌زا منطقه مورد مطالعه، نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی عناصر در غالب ضریب همبستگی و تغییرات عناصر در مقطع لیتوژئوشیمیایی کانسار مورد نظر، مورد تحلیل و تفسیر قرار گرفت.

جدول ۵-۲ - مختصات نمونه‌های کانسنگ همرا با مقادیر مس و نقره

نام نمونه	مختصات (UTM)	Cu (ppm)	Ag (ppm)
Or-1	۳۵ ۲۱ ۴/۴ ۵۷۲۵۵۱/۳	۲۹۹۵۵	۰/۵
Or-2	۲۵۲۱۳۹/۱ ۵۷۲۶۱۹/۷	۴۹۹۹۶	۵/۹
Or-3	۳۵۲۱۲۴/۲ ۵۷۲۶۵۲/۱	۲۱۴۴۶	۵
Or-4	۳۵۲۱۴/۴ ۵۷۲۵۵۱/۳	۱۷۰۶۴	۳/۵
Or-5	۳۵۲۱۴/۴ ۵۷۲۵۵۱/۳	۳۳۱۸۳	۱

۵-۳-۱- ضریب همبستگی و ارتباط ژئوشیمیایی بین عناصر

شناخت ارتباط متقابل بین عناصر می‌تواند در درک شرایط محیطی، تفسیر دقیق از محیط‌های ژئوشیمیایی، درک بهتر کانه‌زایی منطقه و حتی در معرفی مناطق کمک شایانی بنماید. در منطقه مورد مطالعه به منظور دست‌یابی به خصوصیات ژئوشیمیایی کانسار، نمونه برداری از رخنمونهای سطحی صورت گرفته است. نتایج به دست آمده مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته و تعبیر و تفسیر داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS شد. به منظور بررسی همبستگی آماری بین متغیرهای کانه‌ساز با یکدیگر در منطقه از ماتریس همبستگی رتبه‌ای پیرسون بهره گرفته شد (جدول ۵-۴ و جدول ۵-۵).

ضریب همبستگی، مقداری است که وابستگی میان متغیرهای X و Y را نشان می‌دهد و ۱- تا ۱+ تغییر می‌کند. علامت مثبت نشان دهنده همبستگی مثبت است، بدین معنی که افزایش یکی از متغیرهای مقایسه‌ای با افزایش در تغییر دیگر همراه است. در مورد همبستگی منفی (علامت منهای)، افزایش (کاهش) در یکی از متغیرها همراه با کاهش (افزایش) متغیر دیگر است. هر چه ضریب همبستگی به یک نزدیک‌تر باشد، همبستگی میان متغیرها قوی‌تر است.

ماتریس‌های همبستگی پیرسون به ترتیب براساس داده‌های نرمال محاسبه شده است. نتیجه این محاسبات در جدول ۵ آورده شده است.

۵-۳-۱-۱- ضریب همبستگی بین عنصر مس با اکسیدهای اصلی منطقه ریزاب

ضریب همبستگی عنصر مس با اکسیدهای اصلی (جدول ۵-۴)، نشان می‌دهد که مس بیشترین همبستگی را با TiO_2 ، K_2O ، Na_2O و Al_2O_3 داشته است. Al_2O_3 با P_2O_5 و FeO دارای بیشترین همبستگی و با K_2O و CaO دارای کمترین همبستگی می‌باشد. همبستگی منفی Al_2O_3 و Fe_2O_3 ممکن

است به دلیل جانشینی آهن فرو (Fe^{+2}) به جای Al_2O_3 در ساختمان سیلیکات‌ها و یا مصرف Fe_2O_3 در تشکیل کانی‌های اکسیدی هماتیت، گوتیت و لیمونیت است.

جدول ۵-۳- ضریب همبستگی پیرسون بین عنصر مس با اکسیدهای اصلی منطقه ریزاب

Cu	۱											
Al_2O_3	۰/۵	۱										
FeO	-۲/۸۳	۰/۶*	۱									
Fe_2O_3	-۲/۹	-۰/۶*	۰/۹۹**	۱								
K_2O	۰/۶*	-۰/۱	-۰/۵	-۰/۵	۱							
Na_2O	۰/۵	۰/۳	-۰/۰۳	۰/۵	۰/۳	۱						
P_2O_5	۰/۶	۰/۶*	-۰/۳	-۰/۳	۰/۴	۰/۶	۱					
MnO	-۰/۳	-۰/۲	۰/۴	۰/۴	-۰/۶	-۰/۵	۰/۳	۱				
MgO	-۰/۶*	-۰/۵	۰/۷	۰/۷	-۰/۶	-۰/۳	-۰/۶	۰/۵	۱			
TiO_2	۰/۹۵**	۰/۲	-۰/۲	-۰/۲	۰/۷	۰/۶	۰/۷**	-۰/۳	-۰/۶	۱		
CaO	-۰/۸*	-۰/۶	۰/۳	۰/۳	-۰/۷**	-۰/۷**	-۰/۶	۰/۷	۰/۵	-۰/۸**	۱	
	Cu	Al_2O_3	FeO	Fe_2O_3	K_2O	Na_2O	P_2O_5	MnO	MgO	TiO_2	CaO	

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

۵-۳-۱-۲- ضریب همبستگی بین عنصر مس با عناصر کمیاب منطقه ریزاب

براساس ضرایب همبستگی پیرسون به دست آمده (جدول ۵-۵)، در میان فلزات پایه، همبستگی بالایی بین مس و نقره ($r=0/9$)، مس و سرب ($r=0/6$) و مس و گوگرد ($r=0/8$)، کبالت و نیکل ($r=0/9$) و کبالت و کروم ($r=0/9$)، وجود دارد. مس به عنوان فلز پایه اصلی کانسار ریزاب، همبستگی ضعیفی با برلیوم، باریم و قلع و همبستگی منفی با روی و کبالت و نیکل نشان می‌دهد. با توجه به این نقره همبستگی بالایی با مس نشان می‌دهد به نظر می‌رسد که نقره در کانی‌های سولفیدی مس وجود دارد،

زیرا کانی‌های سولفید مس مقدار جزئی نقره را در برمی‌گیرند (Reich *et al.*, 20113). در واقع ارتباط قوی مس با نقره در ارتباط با کانی‌سازی سولفیدهای مس از جمله کولیت و کالکوسیت است (Sadati *et al.*, 2016).

جدول ۵-۴- ضریب همبستگی پیرسون بین عناصر کمیاب در منطقه ریزاب.

Cu	۱												
Ag	۰/۹**	۱											
As	۰/۱۲	۰/۳	۱										
Pb	۰/۶*	۰/۶*	۰/۴	۱									
Zn	-۰/۲	۰/۱	-۰/۱	۰/۲	۱								
Ni	-۰/۴	-۰/۳	-۰/۵*	-۰/۵	۰/۳	۱							
Co	-۰/۵	-۰/۴	-۰/۲	-۰/۴	۰/۴	۰/۹**	۱						
Cr	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۴	۰/۲	۰/۹۵**	۰/۹**	۱					
Be	۰/۵	۰/۵	۰/۹	۰/۴	-۰/۱	-۰/۸**	-۰/۸**	-۰/۸**	۱				
Ba	۰/۳	۰/۴	۰/۱	۰/۴	۰/۲	-۰/۸*	-۰/۵	-۰/۵	۰/۵	۱			
Sn	۰/۲	۰/۵	۰/۶*	۰/۴	۰/۳	-۰/۲	-۰/۰۵	-۰/۱	۰/۲	۰/۶*	۱		
S	۰/۸**	۰/۷*	۰/۴	۰/۵	-۰/۵	-۰/۶*	-۰/۶*	-۰/۶*	۰/۵	۰/۲	۰/۰۹	۱	
	Cu	Ag	As	Pb	Zn	Ni	Co	Cr	Be	Ba	Sn	S	

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

پس از آن شاهد همبستگی بالایی بین عنصر نقره و سرب ($r=0/6$)، نقره و گوگرد ($r=0/7$)، نقره و قلع ($r=0/5$) هستیم. بین عناصر سرب و روی به عنوان عناصر با تحرک‌پذیری بالا همبستگی مثبت ضعیفی وجود دارد این دو عنصر همبستگی ضعیفی را با نقره نشان می‌دهند. همبستگی مثبت بین مس و سرب با رفتار ژئوشیمیایی آنها سازگار است. و تحرک‌پذیری بالای آن باعث شده که با افزایش مس، سرب نیز افزایش داشته باشد.

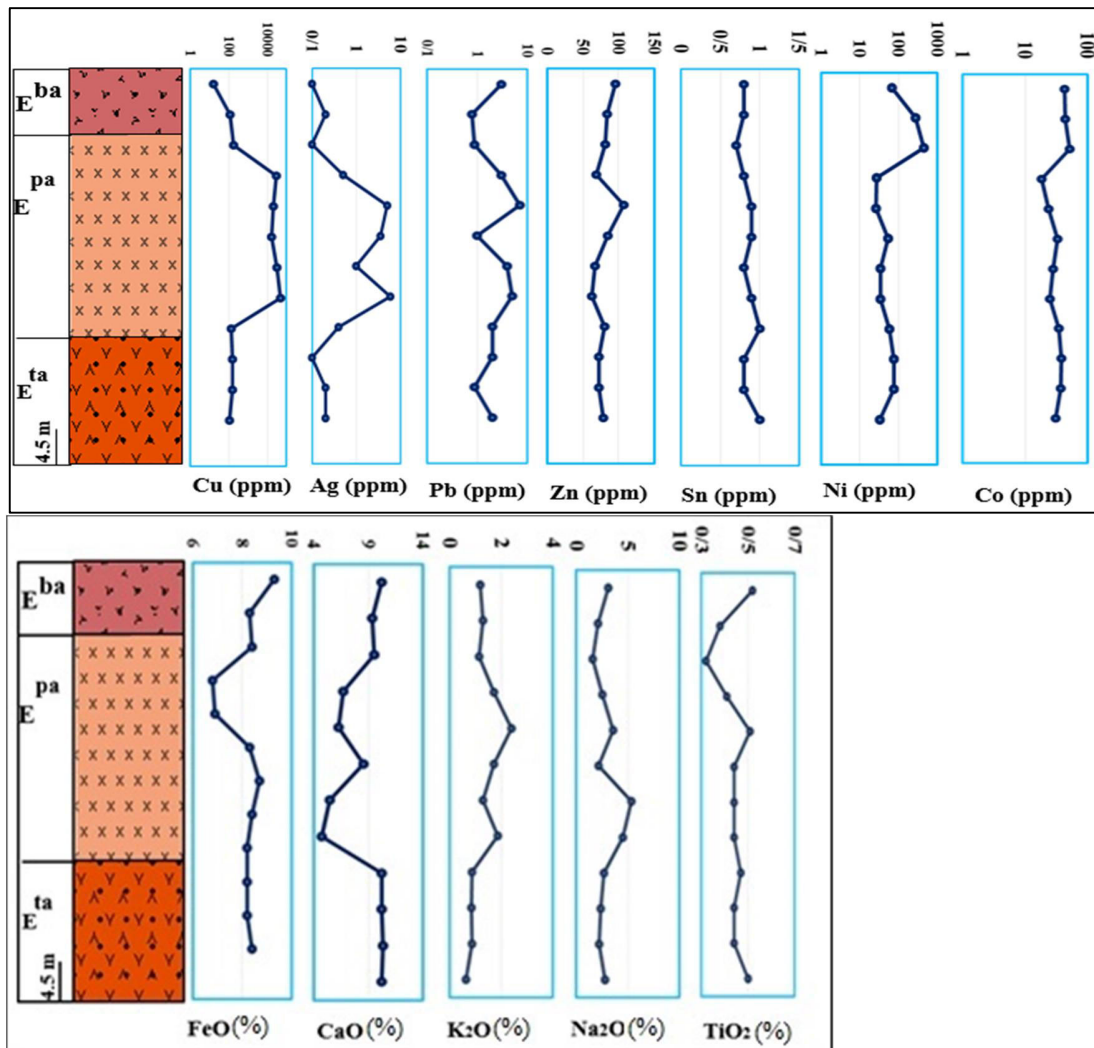
۵-۳-۲- پراکندگی و همبستگی عناصر در مقطع لیتوژئوشیمیایی منطقه ریزاب

مطالعات شیمی چینه شناسی اهمیت زیادی در مطالعات نهشته‌های موجود در توالی‌های آتشفشانی رسوبی دارد. در این مطالعات تغییرات ژئوشیمیایی عناصر اصلی و کمیاب در مقاطع زمین‌شناسی بررسی می‌شود (Schlatter, 2007). نمونه برداری از واحدهای سنگی در امتداد مقطع عمود بر روند عمومی واحدهای لیتولوژیکی، صورت گرفت چگونگی توزیع ژئوشیمیایی عناصر مختلف (S, Zn, Pb, Ag, Cu), (CaO و Na₂O, K₂O, FeO, Ni, Co) در توالی سنگ‌های موجود در منطقه معدنی ریزاب، براساس مقطع لیتوژئوشیمیایی تهیه شده از منطقه بررسی شد. همانطور که در شکل (۵-۹) مشاهده می‌شود مس در تمام مقطع لیتوژئوشیمیایی به مقدار قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. بیشترین تمرکز مس در واحد پیروکسن آندزیتی معادل ۴/۹ ppm می‌باشد. روند تغییرات عنصر مس همراه با عناصر سرب، نقره و قلع از واحد آذرآواری (E^{ta}) به سمت واحد آتشفشانی پیروکسن آندزیت و آندزیت (E^{pa}) افزایش می‌باشد. روند افزایشی این عناصر از مرز واحد آذرآواری با واحد آتشفشانی شروع شده و حداکثر مقدار را در واحد پیروکسن آندزیتی و آندزیتی نشان می‌دهند.

عنصر روی بیشترین تمرکز در واحد بازالتی و الیون - بازالت (E^{ba}) دارد و به سمت بخش‌های کانه‌زایی روند کاهشی را نشان می‌دهد که احتمالاً به تحرک پذیری بالای آن مربوط می‌شود.

روند تغییرات Ni و CO تقریباً مشابه هستند و بیشترین تمرکز را در واحد بازالت و الیون - بازالت (E^{ba}) قرار دارد. و روند کاهشی را به سمت بخش‌های کانه‌زایی (E^{pa}) و (E^{ta}) دارند.

اکسیدهای اصلی از جمله Na₂O, K₂O و TiO₂ همراه با عنصر مس در بخش کانه‌دار یعنی از واحد آذرآواری (E^{ta}) به سمت واحد پیروکسن آندزیت و آندزیتی (E^{pa}) روند افزایش نشان می‌دهد. همبستگی این عناصر به شرایط Eh و Ph بستگی دارد. حداکثر مقدار FeO در بخش کانه‌دار مربوط به واحد آذرآواری است.



E^{ba}: Black to dark green basalt and olivine basalt
 E^{pa}: Black to dark pyroxen andesite and andesite basalt
 E^{ta}: Intermediate lithic tuff, lapilli tuff, brecciated and agglomerates

شکل ۵-۹- میزان تغییرات عناصر کمیاب در مقطع کانسار ریزاب براساس داده‌های ICP-MS و XRF

فصل ششم

نتیجه گیری، تیپ و الگوی تشکیل

کانسار و پیشنهادها

۶-۱- مقدمه

مدل‌سازی کانسارها برای طبقه‌بندی نهشته‌های شناخته شده استفاده می‌شود و راهنمای خوبی برای اکتشاف و جست و جوی نهشته‌های کشف نشده احتمالی دیگر است. اکتشاف ذخایر معدنی به صورت مستقیم و غیرمستقیم انجام می‌شود. به عنوان مثال مشاهده کانسار در سطح، حفاری و گرفتن کانسار در عمق، نمونه‌برداری مستقیم از کانسار و آنالیز، از روش‌های مستقیم‌اند، اما در روش‌های غیر مستقیم براساس ویژگی‌های فیزیکی کانسار پی به وجود احتمالی آن می‌برند. در حقیقت یک مدل کانساری تمام ویژگی‌های شاخص یک گروه از کانسارها را شامل می‌شود. بطور کلی مدل‌هایی که ویژگی‌های شاخص هر گروه از کانسارها را تشریح می‌کنند همراه با تفسیر فرآیندهای تشکیل کانسار هستند و معیار مناسبی را برای اکتشاف کانسار فراهم می‌آورد. پارامترهای شناخته شده برای یک تیپ نهشته خاص در یک ناحیه می‌تواند برای مناطق دیگر با زمین‌شناسی مشابه نیز استفاده می‌شود.

در این فصل، هدف از مطالعات انجام شده بر روی ویژگی‌های مختلف یک کانسار از جمله مطالعات کانی-شناسی، ساخت بافت، دگرسانی و مطالعات ژئوشیمیایی شناسایی پدیده‌هایی است که منجر به تشکیل و تمرکز عناصر در کانسار شده است در نتیجه منجر به ارائه الگوی مناسب جهت شناسایی و اکتشاف ذخایر جدید می‌شود.

۶-۱- خلاصه‌ای از شواهد ژنتیکی موجود در ارتباط با کانه‌زایی ریزاب

۶-۱-۱- زمین‌شناسی عمومی مناطق مورد مطالعه

منطقه ریزاب در قسمت میانی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ در استان خراسان رضوی، شمال غرب بردسکن واقع شده است. ورقه درونه با قرار گرفتن در حاشیه شمالی ایران مرکزی و جنوب زیر پهنه سبزوار و بخشی از کمربند خواف- درونه (خواف- تربت حیدریه- کاشمر- بردسکن) است. نوار آتشفشانی- نفوذی

شمال پهنه ساختاری ایران مرکزی، واقع در لبه شمال شرقی زون ساختاری ایران مرکزی، از شمال سمنان در غرب تا خواف در شرق و شمال شرق ایران امتدا دارد (Yousefi *et al.*, 2017). در بخش شمالی ایران مرکزی که منطقه ریزاب بخشی از آن است رویدادهای ماگمایی به صورت سنگ‌های آتشفشانی، آتشفشانی رسوبی و توده‌های آذرین نیمه عمیق در آن دیده می‌شود (Ilkhchi *et al.*, 2006). می‌توان گفت فرورانش رو به شمال ورقه اقیانوسی نئوتتیس سبزوار (شاخه درونه) به زیر حاشیه جنوبی ورقه توران، به تشکیل سنگ‌های آتشفشانی کمان قاره‌ای شمال غرب بردسکن منجر شده است (Ghasemi *et al.*, 2015).

براساس مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی صورت گرفته، مهم‌ترین واحدهای سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه به دو مجموعه مختلف با سن ائوسن بالایی قابل تفکیک می‌باشند که عبارتند از: ۱) مجموعه گدازه‌ای شامل؛ آندزیت، بازالت و آندزیت-بازالت پورفیری آندزیت، پیروکسن آندزیت، بازالت و اولیوین-بازالت و ۲) مجموعه آذرآواری شامل؛ توف، کریستال توف، لیتیک توف و آگلومرا.

۶-۲-۲- کانه‌زایی و دگرسانی

کانه‌زایی مس در منطقه ریزاب، در بخش‌های سطحی و عمق کم، به شکل چینه‌کران درون واحدهای گدازه‌ای و به صورت هم‌روند و هم‌خوان با لایه‌بندی دیده می‌شود. خلل و فرج سنگ‌ها، درز و شکاف‌هایی که در جهات مختلف سنگ میزبان را قطع کرده‌اند به صورت شبکه‌ای نامنظم ولی متراکم، فضای مناسب برای ورود محلول‌های کانی‌ساز را فراهم کرده است. در بخش‌هایی از منطقه شواهد معینی وجود دارد که حرکت محلول‌های مس‌دار در منطقه ریزاب به وسیله‌ی ساختارهای خطی و منطقه‌های گسلی، کنترل شده و با توجه به ترکیب و بافت سنگ دیواره و نیز حجم محلول، نفوذ در سنگ میزبان از چند سانتیمتر تا چندین متر صورت گرفته است. محدود بودن کانه‌زایی در واحد پیروکسن آندزیت و در مرز واحد

آندزیتی و توف آندزیتی نشانگر وضعیت چینه‌کران کانسار است. براساس بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی هشت نوع دگرسانی در ناحیه معدنی ریزاب شناسایی شده است که عبارتند از: دگرسانی آرژیلیکی، دگرسانی کربناتی، دگرسانی سیلیسی، دگرسانی کلریتی، دگرسانی اکسیدهای آهن، دگرسانی سرسیتی و دگرسانی زئولیتی.

۶-۲-۳- کانی‌شناسی، ساخت و بافت

بر اساس مطالعات میکروسکوپی و همچنین نتایج حاصل از آنالیز پراش اشعه ایکس، کانی‌های تشکیل‌دهنده کانسار به چهار گروه اصلی شامل: ۱- کانی‌های سولفیدی (کالکوسیت، کوولیت، بورنیت، پیریت و کالکوپیریت)، ۲- کانی‌های اکسیدی (هماتیت، لیمونیت و گوتیت)، ۳- کانی‌های کربناتی (مالاکیت و آزوریت) و ۴- کانی‌های باطله (کوارتز، کلسیت و زئولیت) گردید. با توجه به مطالعه ساخت و بافت‌های کانی‌های تشکیل‌دهنده کانسار در منطقه ریزاب، می‌توان به ساخت رگه‌ای، بافت پرکننده فضاهای خالی، بافت دانه پراکنده و بافت جانشینی می‌باشند.

۶-۲-۴- ژئوشیمی سنگ‌های دربرگیرنده

براساس نمودارهای Th/Yb در مقابل Ta/Yb و نمودار Th در مقابل Co (Hastie *et al.*, 2007) سنگ‌های مورد بررسی به سری کالک‌آلکان و در سری کالک‌آلکان پتاسیم متوسط تا شوشونیتی در محدوده بازالت و آندزیت بازالتی- آندزیت تعلق دارند.

به منظور تعیین روند غنی‌شدگی سنگ‌های مورد مطالعه در ارتباط با محیط‌های زمین‌ساختی از نمودار Rb/Y در برابر Nb/Y استفاده شد (Pearce, 1983) که غنی‌شدگی در زون فرورانش یا آلاش پوسته‌ای را نشان می‌دهند. براساس نمودار Ba/Th در مقابل Th (Temel *et al.*, 1998) نمونه‌های منطقه مورد

مطالعه میزان نسبتاً بالایی Th و نسبت پایینی از Ba/Th را نشان می‌دهند که احتمالاً ناشی از نقش رسوبات فرورونده در تشکیل ماگمای مادر این سنگ‌ها است.

به طور کلی؛ شواهد ژئوشیمیایی بیانگر آن است که ماگمای سازنده سنگ‌های منطقه، از ذوب بخشی گوه گوشته‌ای تا حدودی متاسوماتیسم شده توسط سیالات سرچشمه گرفته از آبدزایی ورقه اقیانوسی دگرگون‌شده در رخساره آمفیبولیت و رسوبات فرورونده همراه آن، حاصل شده است (Yousefi *et al.*, 2017).

در نمودار بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه (Sun and Donough, 1989) شاهد تمرکز نسبتاً بالایی از عناصر (LILE) مانند Ba و Pb و تمرکز پایینی از عناصر (HFSE) مخصوصاً Ti و Nb هستیم. روند تغییرات این نمونه‌ها با محیط زمین‌ساختی مرتبط با فرورانش انطباق دارند (Kuscu and Geneli, 2010) و شاخص سنگ‌های آتشفشانی وابسته به کمان قاره‌ای است (Zanetti *et al.*, 1999). این ویژگی‌ها می‌توانند نشانه آرایش پوسته‌ای و در واقع ورود اجزای LILE موجود در پوسته اقیانوسی فرورونده به درون گوشته بالایی آن باشد (Seghed *et al.*, 2001).

بر اساس نمودار عنکبوتی عناصر خاکی کمیاب بهنجار شده نسبت به کندریت (Boynton, 1984) استفاده شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود عناصر خاکی کمیاب سبک (LREE)، نسبت به عناصر خاکی سنگین (HREE)، غنی‌شدگی نشان می‌دهند. این امر از ویژگی‌های ماگماهای کالک‌آلکان کمان-های آتشفشانی زون‌های فرورانش حاشیه قاره‌ای است. عناصر خاکی کمیاب سبک، نسبت به عناصر خاکی کمیاب سنگین، ناسازگارتر بوده بنابر این در مذاب تولید شده، عناصر LREE غلظت بیشتری دارند و در طی روند تحولات ماگمایی در سنگ‌های تحول یافته متمرکز می‌شوند، و در نتیجه نسبت به عناصر HREE غنی‌شدگی نشان می‌دهند (Krauskoph and bird, 1976).

۶-۲-۵- ژئوشیمی کانسنگ

براساس مطالعات ژئوشیمی کانسنگ و براساس ضرایب همبستگی پیرسون، در میان فلزات پایه، همبستگی بالایی بین مس و نقره ($r=0/9$)، مس و سرب ($r=0/6$) و مس و گوگرد ($r=0/8$)، کبالت و نیکل ($r=0/9$) و کبالت و کروم ($r=0/9$) وجود دارد. مس به عنوان فلز پایه اصلی کانسار ریزاب، همبستگی ضعیفی با برلیوم، باریم و قلع و همبستگی منفی با روی و کبالت و نیکل نشان می‌دهد.

۶-۳- بررسی مدل ژنتیکی در کانسار مس ریزاب

برای مشخص شدن نوع کانسار مس ریزاب، به مقایسه این کانسار با انواع ذخایر سولفیدی چینه‌کران و چینه‌سان مس پرداخته می‌شود جدول (۶-۱). ذخایر سولفیدی چینه‌کران و چینه‌سان، به عنوان یکی از بزرگترین ذخایر سولفیدی برای کانه‌زایی مس، محیط ته نشست متنوع داشته و می‌توانند در همه مراحل یک چرخه زمین‌ساختی ماگمایی - رسوبی تشکیل شوند. از جمله ذخایر سولفیدی چینه‌کران و چینه‌سان می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

الف) ذخایر سولفید توده‌ای آتشفشان‌زاد (VMS)

ب) ذخایر مس چینه‌سان رسوبی (SSC)

پ) ذخایر نوع میشیگان

ج) ذخایر نوع لایه‌های سرخ آتشفشانی (VRB)

د) ذخایر نوع مانتو

کانسار مس ریزاب، با توجه به به نوع ساخت و بافت، نوع سنگ میزبان، محیط زمین‌ساختی، توالی پاراژنتیکی و نوع دگرسانی با کانسارهای سولفید توده‌ای و کانسار مس چینه‌سان رسوبی متفاوت است بنابراین از مقایسه یا این دو نوع کانسار پرهیز می‌کنیم. کانسار مورد مطالعه از نظر سنگ میزبان، کانی‌شناسی، بافت و ساخت و دگرسانی بیشترین شباهت را با کانسارهای مس نوع مانتو و نوع لایه‌های سرخ آتشفشانی نشان می‌دهند بنابراین در این قسمت توضیح مختصری در مورد هر یک از کانسارها داده می‌شود.

۶-۳-۱- کانسارهای تیپ میشیگان

کانسارهای تیپ میشیگان از دو نوع کانسارهای مس آندزیتی-بازالتی و کانسارهای مس آندزیتی تشکیل شده‌اند (Guillbert and Park, 1986). کانسارهای نوع کویناوی^۱ که به کانسارهای نوع میشیگان نیز معروفند و در شبه جزیره کویناوی یافت می‌شوند، در گروه کانسارهای مس آندزیتی-بازالتی قرار می‌گیرند.

۲- سنگ میزبان: سنگ میزبان کانسارهای مس نوع کوویناوی سنگهای بازالتی، تولئیتی و زمینه لایه-های کنگلومرا است (Brown, 2006) و کانسارهای مس آندزیتی در سنگهای آتشفشانی آهکی قلیایی مزوزوئیک میانی تا پلیوسن در کردیلراهای آمریکا مشاهده می‌شود.

۳- دگرسانی: دگرسانی‌های شاخص کانسارهای کوویناوی شامل آلبیتی، کربناتی، پروپلیتیک، سیلیسی و زئولیتی است (شهاب‌پور، ۱۳۹۰).

¹ - Keweenaw

۴- **کانی‌شناسی:** در کانسارهای نوع کوویناوی کانی‌شناسی شامل عمدتاً مس طبیعی، بعد از آن کالکوسیت، دیژنیت، بورنیت و ندرتاً کالکوپیریت است (شهاب پور، ۱۳۹۰)، و در کانسارهای مس آندزیتی شامل مس آزاد، کالکوسیت و بورنیت می‌باشد.

۶- **شکل ذخیره:** کانسار نوع کوویناوی اساساً تخت و چینه‌کران هستند. انباشت‌های اقتصادی این نوع کانسنگ تاکنون فقط در شیلی و بولیوی دیده شده‌اند. کانسارهای مانتویی مس آندزیتی عموماً چینه‌وار و چینه‌کران هستند و دهها متر ستبرا و تا چند کیلومتر در امتداد راستای خود گسترش دارند.

۷- **مدل زایشی:** پرتفدارترین نظریه در مورد زایش کانه‌سازی نوع میشیگان، نظریه دیرزاد بودن (اپی ژنتیک) این گونه ذخایر است. در کانسارمس آندزیتی، (Sillitoe, 1977) کانسارهای لایه‌وار مس آزاد، کالکوسیت و بورنیت در طبقات آتشفشانی اسکوریایی و آمیگدالوئیدی و خاکسترهای آتشفشانی در بعضی از مجموعه‌های آتشفشانی آهکی قلیایی (کالک آلکالن) را در گروه اپی ترمال قرار داده است.

۶-۳-۲- ذخایر نوع لایه‌های سرخ آتشفشانی (VRB)

۱- **محیط زمین‌ساختی:** تشکیل کانسارهای نوع VRB را مربوط به رخداد‌های کششی در خاستگاه کوهزایی می‌دانند (Cabral and Beaudoin, 2007).

۲- **سنگ میزبان:** سنگ میزبان کانسارهای مس نوع (VRB) جریانهای آتشفشانی مافیک تا فلیسک، توف، برش و سنگهای رسوبی از جمله کنگلومرا، ماسه سنگ و غیره است (Cabral and Beaudoin, 2007). سنگ‌های آتشفشانی از نظر ترکیب طیفی از بازالت تا ریولیت را پوشش می‌دهند. در کانسار میشیگان سنگ میزبان تا حد رخساره پره‌نیت پومپله‌ایت دچار دگرگونی شده است. در حالی که در کانسارمس ریزاب، آثاری از دگرگونی دیده نمی‌شود.

۳- دگرسانی: دگرسانی‌های آلبیتی، کلریتی، اپیدوتی، زئولیتی، سیلیسی و اکسیدی آهن از دگرسانی‌های شاخص کانسارهای نوع VRB است (Konari *et al.*, 2013). این دگرسانی‌ها بر اثر عملکرد سیالهای گرمایی ایجاد شده در طی دیاژنز تدفینی ایجاد می‌شوند.

۴- کانی‌سازی: کانی‌شناسی شامل کالکوزیت، بورنیت، تنانتیت (آرژانتیت)، دیژنیت، احتمالاً آنیلیت، کولیت، کالکوپیریت، مس طبیعی، نقره پراکنده و ملاکیت است (Cabral and Beaudoin, 2007). کانی‌سازی به صورت پراکنده، رگه‌ای و پرکننده بادامک‌ها و شکستگی‌ها رخ داده است.

۵- کانی‌های باطله: از جمله کانی‌های باطله می‌توان به هماتیت، مگنتیت، کلسیت، کلریت، اپیدوت و زئولیت اشاره نمود (Cabral and Beaudoin, 2007).

۶- شکل ذخیره: برخی نهشته‌ها ساختار تخت دارند و برخی به صورت زون‌های چینه‌کران هستند.

۷- مدل زایشی: بررسی‌های Cabral and Beaudoin (2007) بر روی پهنه مونت الکساندر کبک کانادا، رشته کوه آپالاشین^۱ نشان داد که نه تنها جایگاه بازالتی سطحی برای این گونه نهشته‌ها مناسب‌اند، بازالت‌های زیر دریایی اکسید شده توسط آب‌های دریایی گرم نیز جایگاه مناسبی برای آنها است. آب ژرفایی می‌تواند نقش یکسانی مانند آب زیرزمینی در محیط‌های قاره‌ای، برای شستشو و حمل و نقل مس از بازالت‌ها در طول اسپیلیتی شدن ایفا نماید. ولی هیچگونه اشاره‌ای به اسپیلیتی شدن آنها نشده است. در مورد کانسار میشیگان، اتفاق نظر نسبی وجود دارد که عامل به وجود آورنده کانی‌سازی، همان دگرگونی بوده است در نتیجه کانی‌سازی مس به صورت اپی ژنتیک رخ داده است. اما در مورد کانسار ریزاب، دست کم این موضوع روشن است که سنگ میزبان دچار دگرگونی نشده است.

1- Mont Alexander, Quebec Appalachians, Canada

۶-۳-۳- کانسارهای تیپ مانتو (Manto)

- ۱- محیط زمین‌ساختی: بر پایه مطالعات (Ramirez *et al.*, 2006)، بیشترین رخداد کانه‌زایی مس نوع مانتو در مناطق کششی و در کمربندهای ماگمایی مرتبط با فرورانش ژوراسیک تا کرتاسه صورت گرفته است.
- ۲- سنگ میزبان: بر پایه مطالعات (Kojima *et al.*, 2009)، سنگ میزبان کانسارهای مس نوع مانتو بیشتر سنگهای آذرآواری آندزیتی و گدازه‌های آندزیتی آمیگدالوئیدال در توالی آتشفشانی آندزیتی-بازالتی کالک آلکالن تا آندزیتی داسیتی است.
- ۳- دگرسانی: دگرسانی اصلی کانسارهای مس نوع مانتو نیز کلریتی، اپیدوتی، آلبیتی، سیلیسی، کلسیتی و سرسیتی است.
- ۴- کانی‌سازی: در کانسارهای نوع مانتو کانی‌های اصلی شامل کالکوسیت، بورنیت، کالکوپیریت، کولیت، مس و نقره طبیعی، به همراه مقادیری اسفالریت و پیریت است (Wilson *et al.*, 2003).
- ۵- کانی‌های باطله: بر پایه مطالعات (Sillitoe, 1997) کانی‌های باطله شامل: کوارتز، کلریت، اپیدوت، کلسیت و زئولیت می‌باشد.
- ۶- شکل ذخیره: عموماً شکل هندسی تخت دارند و منطبق یا درون طبقات یا گدازه‌ها بوده و از نوع چینه‌کران به حساب می‌آیند.
- ۷- مدل زایشی: عدم قطعیت در مورد منشاء سین‌ژنتیک یا اپی‌ژنتیک بودن این کانسارها به دلیل کمیاب بودن کانی‌های مناسب برای سن‌سنجی است (Boric, 2002).
با توجه به مقایسه انجام شده کانسار مس ریزاب، از نوع کانسارهای مس تیپ مانتو می‌باشند.

جدول ۶-۱- مقایسه کانسار مس ریزاب با کانسارهای تیپ مانتو، طبقات قرمز آتشفشانی و نوع میشیگان

ویژگی‌های شاخص	کانسار ریزاب	Manto Type	Volcanic Redbed Cu	Type Michigan
موقعیت جغرافیایی	ایران (شمال غرب بردسکن)	شیلی (کانسار بوئنا اسپرانز)	کانادا (کانسار مانت الکساندر)	جزیره کوینا، ایالات متحده (کانسار میشیگان)
محیط تکتونیکی	کمان حاشیه قاره‌ای	محیط کششی مرتبط با فرورانش آند و حوضه های پشت کمانی	کافت درون قاره‌ای و نزدیک به حواشی صفحات	کافت نیمه قاره ای
سری ماگمایی	کالک آلکان	.....	.....	سری تولیتی
سنگ میزبان	گدازه و واحد آذرآوری با ترکیب آندزیت، پیروکسن اندزیت تا آندزیت- بازالت	گدازه‌های آندزیتی و بازالتی	گدازه‌های آتشفشانی مافیک تا فلسیک، توف و سنگ‌های رسوبی وابسته	بازالت آمیگدالوئیدال با میان لایه‌های کنگلومرایی
کانی‌شناسی	کالکوسیت، بورنیت، کوولیت، مالاکیت و آزوریت	کالکوسیت، بورنیت، کالکوپیریت، کوپریت، مس طبیعی، مالاکیت و کریزوکولا	کالکوسیت، بورنیت، مس طبیعی، دیژنیت و کوولیت	مس طبیعی، کوپریت، مالاکیت، آزوریت، کریزوکولا، نقره طبیعی، دیژنیت و کالکوسیت
کانی‌های باطله	کربنات، کلریت، هماتیت، زئولیت و کوارتز	کوارتز، کلریت، اپیدوت، کلسیت و زئولیت	هماتیت، مگنتیت، کلسیت، اپیدوت، کوارتز، کلریت و زئولیت	هماتیت، مگنتیت، کلسیت، اپیدوت، کوارتز، کلریت و زئولیت
دگرسانی	کلریتی، کربناتی، سربستی، سیلیسی، زئولیتی و اکسید آهن	سیلیسی، کلسیتی، آلبیتی، پروپیلیتیک	عموماً بدون دگرسانی مرتبط با کانه‌زایی و اغلب با دگرگونی پرمه‌ای	عموماً بدون دگرسانی مرتبط با کانه‌زایی
محصولات دگرسانی	کلریت، کلسیت، کوارتز و زئولیت	کلریت، آلبیت، کوارتز و اپیدوت	کلسیت، زئولیت، اپیدوت، کلریت و آلبیت	کلسیت، زئولیت، اپیدوت، کلریت و آلبیت
سن کانه‌زایی	اوسن بالایی	ژوراسیک	ژوراسیک	پرکامبرین
منبع فلز	واحد آتشفشانی	واحد آتشفشانی	واحد آتشفشانی	واحد آتشفشانی
ساخت و بافت	پرکننده فضاها، خالی، رگه- رگچه ای، دانه پراکنده و جانیشینی	رگه‌ای و پرکننده فضاها، خالی	رگه‌ای و پرکننده فضاها، خالی	رگه‌ای و پرکننده فضاها، خالی
شکل هندسی	چینه‌کران	چینه‌کران	تخت و چینه‌کران	تخت و چینه‌کران
منبع	تحقیق حاضر	(Oliveros et al. 2008)	(Cabral and Beaudoin, 2007)	(Rosemeyer, 2011)

۴-۶- مقایسه کانسار مس ریزاب با کانسار تیپ مانتو در شیلی

کانسارهای تیپ مانتو بعد از کانسارهای مس پورفیری و کانسارهای IOCG سومین و مهم‌ترین منبع مس در شیلی محسوب می‌شود. خلاصه‌ای از کانسارهای اصلی تیپ مانتو در شیلی در (جدول ۶-۲) ارائه شده است.

جدول ۶-۲- خلاصه‌ای از کانسارهای اصلی تیپ مانتو در شیلی (Gradstein *et al.*, 2004)

Area	Host rock lithology	Principal deposit	Copper sulfides	Main references
Arica- Iquique	(Jurassic)andesitic rocks with subordinate marine sediments	Casa Grande Argolla	Cc, Cv > Bn > Cp	(Oliveros <i>et al.</i> 2006)
Tocopilla- Taltal	(Jurassic) andesitic rocks with subordinate marine sediment	Michilla (Lince – Estefanía, BuenaVista)	Cc, Bn, Cv > Cp	(Tristá- Aguilera <i>et al.</i> 2006)
Copiapó	(Lower Cretaceous) Andesitic rocks with marine carbonate	Ocoita-Pabellón Metallotect	Cp, Bn > Cc, Cv, Tr	(Cisterna and Hermosilla 2006)
La Serena	(Lower Cretaceous) andesitic rocks with limestone	Talcuna	Cp, Bn > Cc, Cv, Tr	(Oyarzun <i>et al.</i> 1998)
Santiago	(Lower Cretaceous) bimodal volcanic rocks with marine sediments	El Soldado	Bn, Cc, Cp	(Carrillo-Rosúa <i>et al.</i> 2006)

Bn, bornite; Cc, chalcocite-digenite; Cp, chalcopyrite; Cv, covellite (secondary); F, Formation; Tr, tetrahedrite- tennantite.

از لحاظ محیط رسوبی؛ ساختارهای قوس قاره‌ای شامل مهم‌ترین منابع اقتصادی از مناطق تیپ مانتو هستند (Carbral and Beaudoin, 2007). اینچنین محیطها تحت تأثیر آتشفشان‌های بایمدال قرار دارند (Vanstaal *et al.*, 2007). با این حال رخدادهای اصلی آتشفشانی در ائوسن اولیه، رخ داده است که با

فوران‌های انفجاری در حوضه‌های آتشفشانی - رسوبی شروع می‌شود (Guest *et al.*, 2006) و با جریان‌های گدازه‌ای زیر دریایی ادامه می‌یابد.

به بیان (Carrillo-Rosúa *et al.*, 2014)، سنگ‌های آتشفشانی ژوراسیک اغلب میزبان کانسارهای تیپ مانتو می‌باشند و ویژگی‌های ژئوشیمیایی مشابه با سنگ‌های آتشفشانی میزبان کرتاسه پایینی کانسار تیپ مانتو شیلی را دارند (Maksaev and Zentilli, 2002).

کانسارهای تیپ مانتوشیلی (ژوراسیک)، اغلب در نزدیکی توده‌های نفوذی نیمه آتشفشانی حدواسط رخ می‌دهد اما این توده‌ها عمدتاً غیرمعدنی هستند و برخی از آنها ماقبل کانی‌سازی مس هستند (Tristá -Aguilera *et al.*, 2006). در صورتی که کانسارهای مس تیپ مانتو مزوزوئیک در طبقه کانسارهای با میزبان رسوبی و کانسارهای مس با میزبان آتشفشانی قرار می‌گیرند (Wilson and Zentilli, 1999).

کانسارهای تیپ مانتو در شیلی به طور گسترده‌ای در توالی‌های رسوبی - آتشفشانی توزیع شده‌اند اما معمولاً در توالی‌های آتشفشانی - رسوبی و جزایر قوسی رخ می‌دهند (Carrillo-Rosúa *et al.*, 2014). کانی‌سازی در کانسار مس ریزاب در قوس‌های آتشفشانی در امتداد حاشیه فعال قاره‌ای تشکیل شده است. ارتباط کانی‌سازی کانسار ریزاب با سنگ‌های آتشفشانی - رسوبی پیشنهاد دهنده نزدیکی این کانسارها به کانسارهای تیپ مانتو یا کانسارهای آتشفشانی لایه قرمز هستند (Case and Zagore vski, 2009). مشابه با کانسارهای تیپ مانتو سنگ میزبان کانسار مس ریزاب توالی‌های آتشفشانی - رسوبی می‌باشد.

میزان مس در کانسارهای تیپ مانتو دامنه‌ای از ۱ درصد تا بیش از ۴ درصد است (Kojima *et al.*, 2009) رسوبات تیپ مانتو شیلی، از درجه نسبتاً بالایی از مس برخوردارند (Carollo-Rosua *et al.*, 2014) به عنوان مثال؛ میزان عیار مس در مهم‌ترین کانسارهای تیپ مانتو، مانتوبلانکو در شمال شیلی و

السولدادو در مرکز شیلی (Boric, 2002)، از ۰/۸۵ تا ۳/۵ درصد متغیر است (Maksaev and Zentilli, 2002) در کانسار مس ریزاب مقدار مس معادل ۴/۹ درصد وزنی می‌باشد.

کانی‌سازی در کانسارهای تیپ مانتو La Serena و Melipilla-Naltahua مرکز شیلی در سنگ‌های آذرآواری و در مرز سنگ‌های آتشفشانی و آهکی به صورت رگه‌ای، دانه پراکنده، جانیشینی، رگه‌ای، نواری و پرکننده حفرات در سنگ‌های آتشفشانی صورت گرفته است (Carollo-Rosua *et al.*, 2014). همچنین برخی کانسارهای مس تیپ مانتو شامل السولدادو و کانسارهای منطقه لاسرنا^۱ در شیلی، همگی دارای سنگ میزبان گدازه‌ای- آذرآواری می‌باشند (Riegar *et al.*, 2008).

کانه‌زایی در منطقه ریزاب، در مرز سنگ‌های آذرآواری و گدازه‌ای کانسار، در افق خاصی از سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی ائوسن بالایی واقع در جنوب زون سبزوار در موقعیت زمین‌ساختی کمان آتشفشانی کالک آلکالن مرتبط با زون فرورانش به صورت چینه‌کران رخ داده است و ماده معدنی به شکل رگه- رگچه‌ای، پرکننده حفره‌ها و فضا‌های خالی بین دانه‌ای و دانه پراکنده تشکیل شده است.

به طور معمول، کانی‌های کالکوسیت، بورنیت، کالکوپیریت در گدازه‌های آتشفشانی و سنگ‌های آذرآواری به صورت دانه پراکنده، رگه‌ای و پرکننده حفرات و شکستگی‌ها در کانسارهای تیپ مانتو شیلی رخ می‌دهند (Kojima *et al.*, 2009). کانی‌های اصلی تشکیل دهنده کانسار مس ریزاب در سه گروه کانی‌های سولفیدی (کالکوسیت، کولیت، بورنیت، کالکوپیریت و پیریت)، کانی‌های کربناته (مالاکیت، آزوریت) و کانی‌های اکسیدی (مگنتیت، هماتیت و لیمونیت) رده‌بندی شده‌اند.

دگرسانی‌ها در کانسارهای تیپ مانتو گسترش کمی دارند. دگرسانی‌های این تیپ کانه‌زایی شامل کربناتی، کلریتی، سیلیسی و سربسیستی است. سیلیسی شدن و کربناتی شدن، از عمده‌ترین و معمولترین دگرسانی‌ها در کانسارهای تیپ مانتو هستند (Cabral and Beaudoin, 2007). از مهم‌ترین دگرسانی‌های موجود

¹ LA serena

در توالی آتشفشانی- رسوبی منطقه ریزاب دگرسانی آرژیلیتی، سیلیسی، زئولیتی، کلریتی و کربناتی می- باشند.

ویژگی‌های مشخص از جمله تشکیل آن در توالی‌های آتشفشانی- رسوبی، کانی‌سازی چینه کران در سنگ-های گدازه‌ای آندزیت و آندزیت- بازالتی، کانی‌شناسی کالکوسیت و ویژگی‌های بافتی نشان دهنده این است که کانسار مس ریزاب معادل کانسارهای تیپ مانتو می‌باشند.

در جدول (۳-۶)، مقایسه کانسار مس ریزاب با کانسارهای تیپ مانتو در شیلی به طور مختصر ارائه شده است.

جدول ۳-۶- مقایسه کانسار ریزاب با کانسارهای تیپ مانتو در شیلی

ویژگی‌های کانسار	کانسار مس تیپ مانتو شیلی	کانسار مس ریزاب
سن واحد میزبان	ژوراسیک - کرتاسه پایینی	اوسن بالای
ساختار تکتونیکی	حوضه پشت کمانی، جزایر کمانی و کمان قاره‌ای	کمان قاره‌ای حاشیه قاره‌ایی
نوع کانه‌زایی	ابی ژنتیک	ابی ژنتیک
سنگ میزبان	آندزیت، بازالت، توف آتشفشانی، سیلتستون، ماسه سنگ و کنگلومرا	آندزیت، پیروکسن آندزیت تا آندزیت بازالت
فرم کانی‌سازی	رگه - رگچه‌ای و چینه‌کران	چینه‌کران
بافت	دانه پراکنده، پرکننده فضاهای خالی، رگه‌ای و جانشینی	دانه پراکنده، رگه‌ای، پرکننده فضاهای خالی و جانشینی
ماده معدنی	کالکوسیت، بورنیت، کالکوپیریت، پیریت، بورنیت و مس خالص	کالکوسیت، بورنیت، کالکوپیریت، پیریت، کولیت، ملاکیت و آزوریت
کانی‌های گانگ	کلسیت، کوارتز، اپیدوت، هماتیت، کلریت و زئولیت	کلسیت، کوارتز، کلریت و زئولیت
دگرسانی	سیلیسی، سرسیتی، پروپیلی تیک و کربناتی	کربناتی، کلریتی، سرسیتی، سیلیسی، آرژیلیکی، اکسیدهای آهن و زئولیتی
منابع	(Carrillo-Rosua <i>et al.</i> , 2014)	تحقیق حاضر

۶-۵- کانسارهای تیپ مانتو در ایران

کانسارهای مس چینه کران در ایران با میزبان آتشفشانی-رسوبی اغلب به عنوان کانسارهای تیپ مانتو شناخته شده‌اند (Alizadeh *et al.*, 2013) و در مکان‌های مختلف به عنوان منبع اقتصادی مهم مس

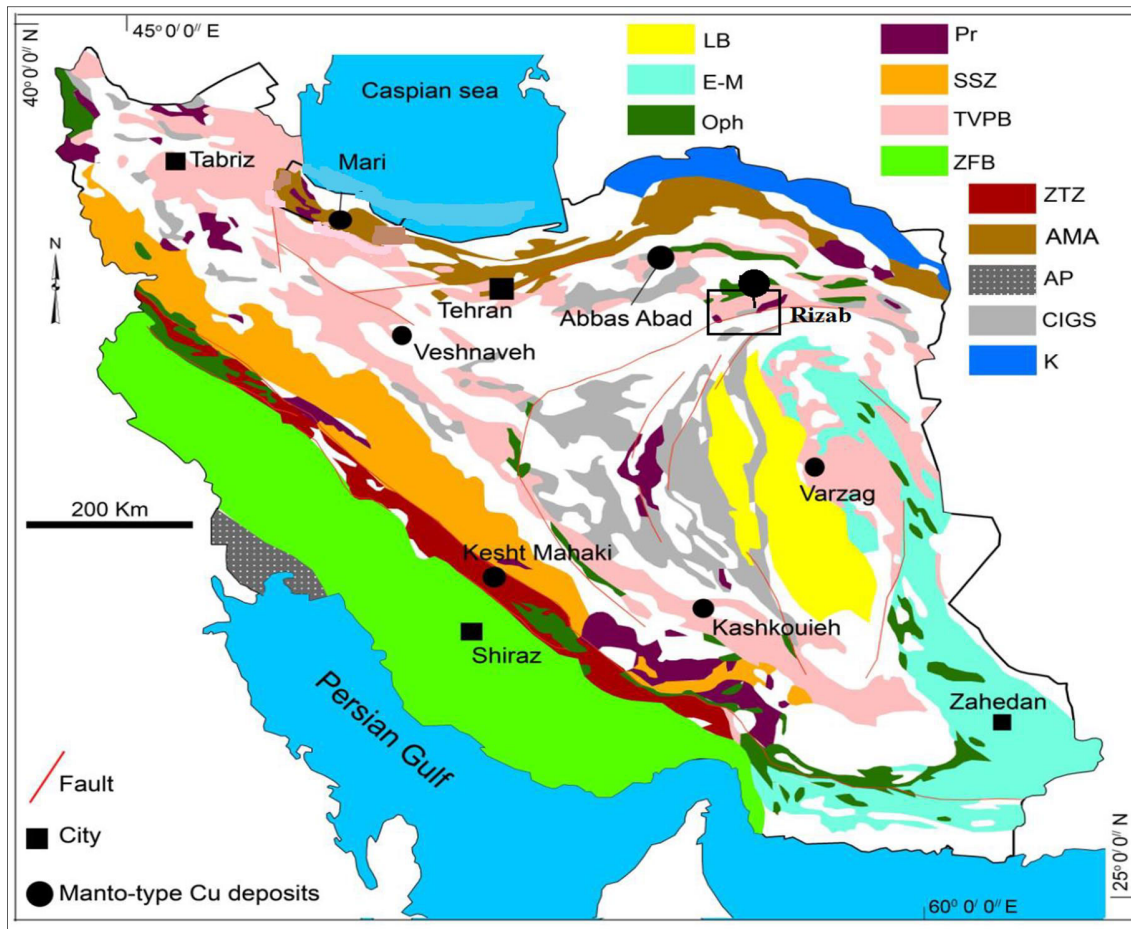
اهمیت بسزایی دارد. مهمترین کانسار مس تیپ مانتو در ایران شامل موارد زیر می‌باشد:

- کانسار مس (نقره) کشت مهکی در زون سنندج- سرجان (Boveiri *et al.*, 2013)،
- کانسار عباس آباد در زون سبزوار (Salehi and Rasa, 2016)،
- کانسار کشکوئیه در مجموعه ماگمایی زون ارومیه دختر (Abolipour *et al.*, 2015)،
- کانسار ورزگ در بلوک لوت (Alizadeh *et al.*, 2013)،
- کانسار ماری در مجموعه ماگمایی البرز (Maghfouri and Movahednia, 2015)

به جز کانسار کشک مهکی همه کانسارهای تیپ مانتو در ایران در توالی آتشفشانی- رسوبی ائوسن تشکیل شده‌اند (Maghfouri and Movahednia, 2015) (شکل ۶-۱).

با بررسی و مقایسه انجام شده بین کانسارها و آثار معدنی کشف شده در ولکانیک‌های ائوسن با کانسارهای نوع مانتو درشیلی (بوئنااسپرانزا) به این نتیجه رسیدند که کانسارهای مانتو، در بخش فوقانی از گدازه‌های آندزیتی پورفیری ائوسن ایران، تشکیل شده است همچنین می‌توان گفت کانسارهای تیپ مانتو در ایران به واحدها یا مرزهای چینه کران محدود می‌شوند (Abolipour *et al.*, 2015).

در (جدول ۶-۴)، کانسار مس ریزاب با کانسارهای مشابه در ایران گزارش شده است.



AMA, Alborz Magmatic Assemblage; AP, Arabian platform; CIGS, Central Iranian geological and structural gradual zone; E-M, East Iran-Makran; K, Kopet-Dagh; LB, Tabas block; Oph, ophiolite belts; Pr, Precambrian basement; SSZ, Sanandaj-Sirjan zone; TVPB, Tertiary volcanic-plutonic belts; ZFB, Zagros folded belt; ZTZ, Zagros thrust zone

(tectonic and structural map of Iran Modified after Stöcklin, 1968).

شکل ۶-۱- پراکندگی کانسارهای مس تیپ مانتو در ایران (Maghfouri and Movahednia, 2015) و موقعیت کانسار مس ریزاب بر روی نقشه .

جدول ۶-۵- مقایسه کانسار ریزاب با کانسارهای تیپ مانته در ایران

ویژگی‌های شاخص	کانسار ریزاب	کانسار عباس آباد	کانسار ورزگ	کانسار کشکوئیه
موقعیت جغرافیایی	شمال غرب بردسکن	شاهرود	جنوب غرب قاین	غرب رفسنجان
محیط تکتونیکی	کمان ماگمایی حاشیه قاره‌ای	.....	کافت درون قاره ای	محیط کششی پشت کمائی
سنگ میزبان	گدازه و واحد آذرآواری با ترکیب آندزیت، آندزیت مگاپورفیری و توف برشی	آندزیت تا آندزیت-بازالت آمیگدالوئیدال	آندزیت دارای شکل های بادامکی	آندزیت دارای شکل های بادامکی
کانی شناسی	کالکوسیت، بورنیت، کولیت، مالاکیت و آزوریت	کالکوسیت، دیژنیت، بورنیت، کولیت و مس طبیعی	کالکوسیت، دیژنیت، کولیت، بورنیت، مس طبیعی و کمی کالکوپیریت	بورنیت، کالکوزیت، کالکوپیریت، پیریت، دیژنیت به همراه میزان بالایی هماتیت
کانی‌های باطله	کربنات، کلریت، هماتیت، زئولیت و کوارتز	کربنات، کلریت، زئولیت و کوارتز	کربنات و سیلیس	کربنات، سیلیس، کلریت، هماتیت و آلکالی فلدسپار
دگرسانی	کلریتی، کربناتی، سیلیسی، اکسید آهن، زئولیتی و سریسیتی	کربناتی، کلریتی، اپیدوتی و سیلیسی	کربناتی، کلریتی، سیلیسی و زئولیتی	کربناتی، هماتیتی و سریسیتی
سن واحد میزبان	اوسن بالایی	اوسن	ترشیری	کرتاسه زیرین
ساخت و بافت	پرکننده فضاهاى خالی، دانه پراکنده، رگه- رگچه ای و جانیشینی	پرکننده فضاهاى خالی، جانیشینی رگه- رگچه‌ای و دانه پراکنده	پرکننده فضاهاى خالی، پرکننده بادامک‌ها، پراکنده، رگچه ای	پرکننده فضاى خالی، دانه پراکنده، جانیشینی و رگه- رگچه ای
شکل هندسی	چینه کران	چینه کران	چینه کران	چینه کران
منابع	تحقیق حاضر	(Salehi and Rasa, 2016)	(Alizadeh et al., 2013)	(Abolipour et al., 2015)

ادامه جدول ۶-۵- مقایسه کانسار ریزاب با کانسارهای تیپ مانو در ایران

ویژگی‌های شاخص	کانسار ماری	کانسار ابری	کانسار گرماب	کانسارکشک مهکی
موقعیت جغرافیایی	شمال زنجان	شمال غرب بردسکن	شمال شرق قائن	شمال شرق صفا شهر
محیط تکتونیکی	فرورانش	کمان ماگمایی حاشیه قاره‌ای	کمان‌های ماگمایی حاشیه فعال قارها	ریف‌های درون کمان آتشفشانی
سنگ میزبان	آندزیت	گدازه و واحد آذرآواری با ترکیب آندزیت، آندزیت-بازالت	آندزیت تا آندزیت-بازالت	واحد آذرآواری با ترکیب آندزیتی- تراکی آندزیتی
کانی‌شناسی	کالکوسیت، بورنیت و پیریت	کالکوسیت، بورنیت، کوولیت، مالاکیت و آزوریت	کالکوسیت، کوولیت، دیژنیت، بورنیت، کالکوپیریت و دیژنیت	کالکوسیت و بورنیت
کانی‌های باطله	کربنات، زئولیت و کوارتز	کربنات، کلریت، هماتیت، زئولیت و کوارتز	کوارتز و کلسیت	اپیدوت، کربنات، کلریت و آلکالی فلدسپار
دگرسانی	کربناتی، کلریتی، سیلیسی و اپیدوتی	پروپیلیتیک، کلریتی، کربناتی، سیلیسی، اکسید آهن و سریسیتی	سیلیسی، کلریتی، کربناتی، آرژیلیکی، پروپیلیتیک و اپاسیتی	کلریتی، سیلیسی، کلسیتی و اپیدوتی
سن واحد میزبان	ائوسن	ائوسن میانی	ترشیری	کرتاسه زیرین
ساخت و بافت	پرکننده فضای خالی، رگه-رگچه‌ای و دانه پراکنده	پرکننده فضاهای خالی، دانه پراکنده، رگه-رگچه‌ای و جانشینی	پراکنده و رگچه‌ای	پرکننده فضای خالی، دانه پراکنده، رگه-رگچه‌ای، جانشینی و لامینه‌ای
شکل هندسی	چینه‌کران	چینه‌کران	چینه‌کران	چینه‌کران
منابع	(Maghfouri and Movahednia, 2015)	(سلطانی، ۱۳۹۵)	(عادل‌پور و همکاران، ۱۳۹۴)	(Boveiri et al., 2013).

۶-۶- الگوی تشکیل کانسار مس ریزاب

مراحل کانه‌زایی و فرآیندهای تشکیل را با توجه به مدل اپی‌ژنتیک دیاژنتیکی می‌توان در سه مرحله که شامل موارد زیر می‌باشد بیان کرد:

مرحله اول: دیاژنز آغازین،

مرحله دوم: مرحله دیاژنز تدفینی

مرحله سوم: مرحله بالآمدگی (فعالیت‌های هیدروترمالی)

مرحله اول؛ دیاژنز آغازین:

در این مرحله فعالیتهای آتشفشانی گسترده باعث تولید واحدهای آذرآواری می‌شوند. فعالیت آتشفشانی با تولید جریان گدازه‌ای فراوان ادامه می‌یابد و واحد آذرآواری اولیه را می‌پوشانند در این مرحله تکامل حوضه سنگهای میزبان آندزیت و پیروکسن آندزیت شکل می‌گیرد.

براساس مطالعات (Carriollorosua *et al.*, 2014)، دو منشاء مجزا برای گوگرد موجود در کانسارهای تیپ مانتوشیلی ارائه شده است:

الف) سولفور مشتق شده از ماگمای نامشخص: از آنجایی که ارتباط زمانی و مکانی قوی بین مس با شدت و گسترش آتشفشان‌هایی که منجر به جریان گدازه‌ای تا چندین کیلومتر شده‌اند وجود دارد و اغلب میزبان مواد معدنی هستند. گوگرد تولید شده از آتشفشانها احتمالاً منشاء اصلی است.

ب) سولفور تولید شده توسط باکتری‌های احیایی (Wilson *et al.*, 2003).

در طی رسوب سنگ میزبان، پیریت‌های دانه پراکنده در شرایط احیایی (حاصل از فعالیت باکتری‌های احیاکننده سولفات‌های آب دریا که در محیط حضور داشته‌اند)، تشکیل می‌شوند. حضور پیریت عامل مهمی برای ایجاد وضعیت احیایی در سنگ میزبان کانه زایی به شمار می‌رود. مطالعات میکروسکوپی، طرح دیاژنتیکی (دیاژنتیک اولیه) را از زمان رسوب تا لیفتینگ سنگ‌ها را در این مرحله تشریح می‌کنند. اولین تغییرات دیاژنتیکی ثبت شده شامل قرمز شدگی به وسیله تولید هماتیت-های نازک لایه می‌باشد. هماتیت از تجزیه کانی‌های غنی از آهن از جمله پیروکسن و آمفیبولها در سنگ‌های آتشفشانی تشکیل می‌شوند (Walker *et al.*, 1970). این رخدادها نشان‌دهنده تغییرات در شیمی آب-های بین روزنه‌ای، قبل از توصیف سیالات حمل‌کننده مس در سنگ‌های آتشفشانی می‌باشد.

مرحله دوم؛ مرحله دیاژنز ثانویه:

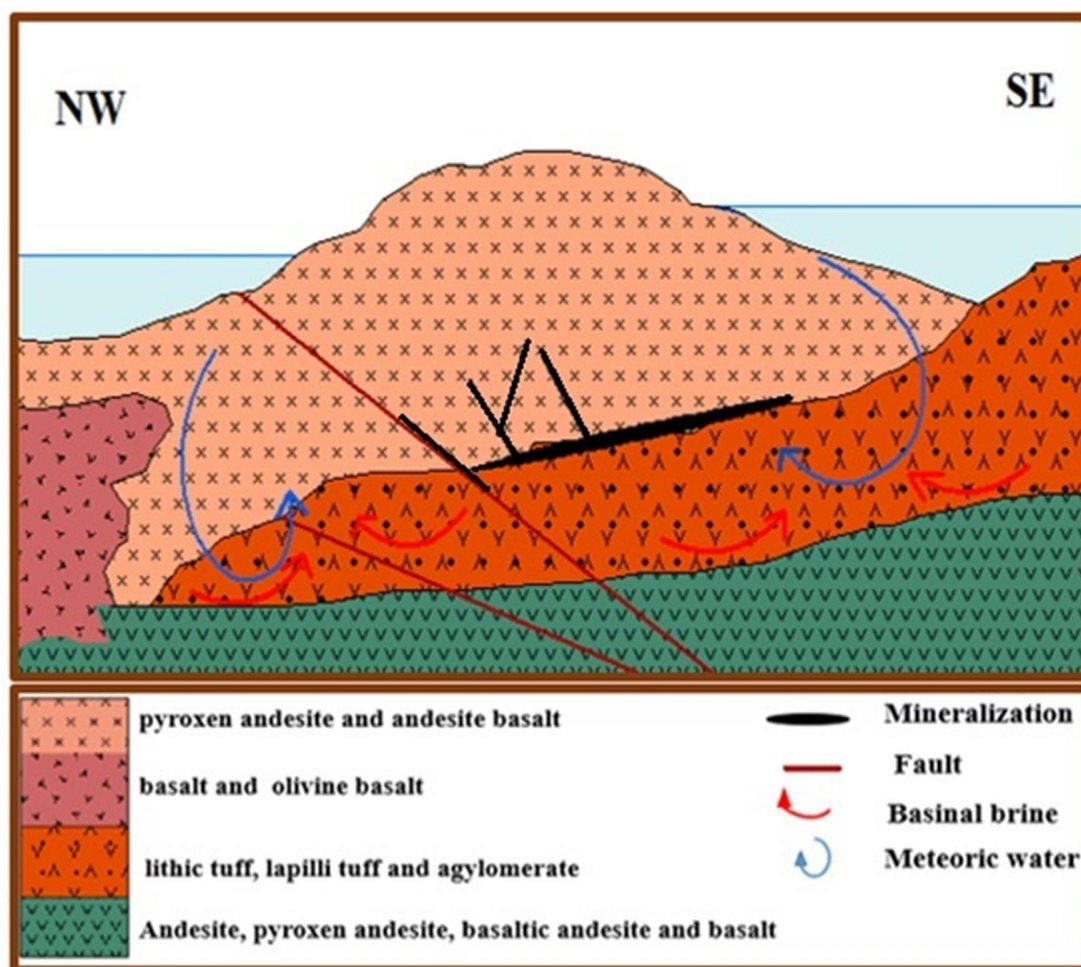
در طول دیاژنز ثانویه توالی‌های آتشفشانی-رسوبی، سیال حوضه‌ای در میان واحدهای آتشفشانی مس آزاد شده از شبکه کانی‌های موجود در واحدهای آتشفشانی دگرسان شده را حمل کرده و و پس از چرخش در واحدهای سنگی به سمت بالا کانی‌های کالکوسیت و کالکوپیریت در مرحله دیاژنز ثانویه تشکیل شده‌اند بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود که عنصر مس از سنگ‌های میزبان آتشفشانی-رسوبی نشأت گرفته است. فاز کانه‌زایی سولفید (پیریت، کالکوپیریت و کالکوسیت اولیه) به صورت دانه پراکنده و پرکننده فضاهای خالی در واحد آذرآواری در مرحله دیاژنز ثانویه تشکیل شده‌اند.

مرحله سوم: مرحله بالآآمدگی (فعالیت‌های هیدروترمالی)

در انتهای فرایند تدفین و با آغاز بالآآمدگی منطقه و غسل خوردگی، فضاهای باز تحت تأثیر غسل‌های درونه و غسل بینالود افزایش می‌یابد و این امر سبب شروع فعالیت و تمرکز دوباره کانه‌زایی سولفیدی و اکسیدی مس در امتداد غسل‌ها، درزه و شکاف‌ها و حتی فضاهای خالی واحدهای آذرآواری می‌شود.

منشاء سیال گرمابی در این فاز کانه‌سازی مس را می‌توان آب‌های جوی و احتمالاً آب ماگمایی دانست. فاز کانه‌زایی اکسیدی و کربناته (مالاکیت، آزوریت و اکسیدهای آهن) و به صورت رگه-رگچه‌ای، پرکننده فضاهای خالی در مرحله اکسیدان صورت گرفته است.

الگوی تشکیل کانسار به صورت شماتیک در شکل (۶-۲) نمایش داده شده است.



شکل ۶-۲- الگوی تشکیل کانسار مس ریزاب به صورت شماتیک

۶-۷- پیشنهادات

در راستای تکمیل اطلاعات بدست آمده در محدوده کانسار ریزاب، و با توجه به نتایج اولیه حاصل شده از این محدوده، پیشنهادات زیر قابل ذکر می‌باشد:

- آنالیز میکروپروپ و SEM ترکیبات کانی مس‌دار.

- مطالعات سیال درگیر بر روی نمونه‌های مناسب سیلیس و کلسیت منطقه مورد مطالعه، جهت به دست آوردن درجه حرارت و شوری محلول کانه‌ساز.

- مطالعات زیر سطحی دقیق در محدوده مورد مطالعه و تعیین عمق دقیق بخش‌های حاوی کانی‌سازی.

منابع

منابع فارسی

- سلطانی ا، (۱۳۹۵)، پایان‌نامه ارشد "کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار ابری، رهبری و چشمه مرضیه شمال غرب درونه"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- سهرابی م، (۱۳۸۵)، "نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ بردسکن"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- شهاب پور، ج، "زمین‌شناسی اقتصادی"، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان، (۱۳۹۰) ۵۰۹ ص.
- عادل پور م، (۱۳۹۱)، پایان‌نامه ارشد زمین‌شناسی اقتصادی: "زمین‌شناسی اقتصادی کانسار مس گرماب-قائن (خراسان جنوبی)"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۳۷ ص.
- قائمی ف و موسوی حرمی ر، (۱۳۸۵)، "نقشه ۱:۱۰۰۰۰ درونه"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- کریم پور، م. ح.، سعادت س.، (۱۳۸۳)، "زمین‌شناسی اقتصادی کاربردی"، نشر مشهد، ۱۳۱ ص.
- محمدی ف، (۱۳۹۴)، پایان‌نامه ارشد: "پتروگرافی و ژئوشیمی سنگ‌های آتشفشانی منطقه ریزاب(شمال غرب بردسکن)، استان خراسان رضوی"، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند.
- همام م، (۱۳۹۲)، "سنگ‌شناسی آذرین"، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۱۷۸.

منابع لاتین

- Alavi M. (1991). "Sedimentary and structural characteristics of the Paleo-Tethys remnants in northeastern Iran". Geological Society of America Bulletin, 103(8), pp. 983-992.
- Alizadeh V., Momenzadeh M., Emami H.M. (2013). "Petrography, geochemistry, mineralogy, fluid inclusions and mineralization study of Varezg-Qayen copper deposit". Scientific Quarterly Journal, Geosciences, 22, 86.

- Abolipour M., Rastad E., Rashidnejad N. (2015). **“Manto-type copper mineralization in pyrobitumen-bearing porphyritic andesite, Kashkouieh district of Rafsanjan, Dehaj-Sardoie subzone”**. Scientific Quarterly Journal, Geosciences. 24, 95.
- Aldanmaz E., Pearce J.A., Thirlwall M.F., Mitchell J.G. (2000). **“Petrogenetic evolution of late Cenozoic, post-collision volcanism in western Anatolia, Turkey”**, Journal of Volcanology and Geothermal Research 102.1 pp.67-95
- Boveiri M., Rstad E., Kojima Sh., Rashidnejad N. (2013). **“Volcanic redbed-type copper mineralization in the Lower Cretaceous volcano-sedimentary sequence of the Brown A.C. (2014). “Low-temperature sediment-hosted copper deposits”**. pp 251-271.
- Beus A. A., Grigorian S. V. (1977). **“Geochemical exploration methods for mineral deposits”**.
- Boynton W. V. (1984). **“Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies”**. In Developments in geochemistry, Vol. 2, pp. 63-114. Elsevier.
- Boric R., Holmgren C., Wilson N. S. F., Zentilli M. (2002). **“The geology of the El Soldado manto type Cu (Ag) deposit, central Chile”**. Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold and related deposits: a global perspective (Porter, TM, pp. 163-184.
- Brown A. C. (2006). **“Genesis of native copper lodes in the Keweenaw district, northern Michigan: a hybrid evolved meteoric and metamorphic model”**. Economic Geology 101(7), pp. 1437-1444.
- Bates, R. L., Jackson, J. A. (1980). **“Glossary of Geology”**. 2nd. American Geological Institute, pp. 751.
- Cas G., Zagorevski A., (2009). **“Volcanic redbed copper mineralization in the Hinds lake area, central Newfoundland”**. Geological survey report, pp. 131-146.
- Cabral A. R., Beaudoin G. (2007). **“Volcanic Red-bed Copper mineralization related to submarine basalt alteration, Mont Alexander, Quebec Appalachians, Canada”**. Mineral. Deposita, p. 901-912.
- Carrillo-Rosúa J., Boyce A.J., Morales-Ruano S., Morata D., Roberts S., Munizaga F., Moreno-Rodríguez V. (2014). **“Extremely negative and inhomogeneous sulfur isotope signatures in Cretaceous Chilean manto-type Cu-(Ag) deposits”**. Coastal Range of central Chile. Ore Geology Reviews, 56, pp.13-24.

Chen Y, and zhang, Y. (2008). "**Olivine dissolution in basaltic melt**". *Geochimica et Cosmochimica Acta* 72. pp. 4756- 4777.

Devos N., Raspe O., JACQUEMART A. L., TYTECA, D. (2006). "**On the monophyly of Dactylorhiza Necker ex Nevski (Orchidaceae): is Coeloglossum viride (L.) Hartman a Dactylorhiza?**". *Botanical Journal of the Linnean Society*, 152(3), PP. 261-269.

Elburg M. A., Bergen M. V., Hoogewerff J., Foden J., Vroon P., Zulkarnain I., Nasution A. (2002). "**Geochemical trends across an arc-continent collision zone: magma sources and slab-wedge transfer processes below the Pantar Strait volcanoes**". *Indonesia. Geochemica et Cosmochimica Acta* 66.15 .pp. 2771–2789

Emami M.H., Sadeghi M. (1993). "**Omrani S.J., "Magmatic map of Iran 1:100000"**". *Geol, Surv, Iran*,

Fleet M. E., Dee, W. A., Howie R. A., Zussman J. (2003). "**Rock-forming minerals: Micas. Geological Society of London**".

Fay I. and Barton M.D. (2012). "**Alteration and ore distribution in the Proterozoic Mines Series, Tenke-Fungurume Cu–Co district, Democratic Republic of Congo**". *Mineralium Deposita*, 47.5 .pp.501-519.

Gorton M. P. Schandl E. S. (2000). "**From continents to island arcs: a geochemical index of tectonic setting for arc-related and within-plate felsic to intermediate volcanic rocks**". *The Canadian Mineralogist*, 38(5), pp. 1065-1073.

Guest B., Axen G.J., Lam P.S., Hassanzadeh J. (2006). "**Late Cenozoic shortening in the westcentral Alborz Mountains, northern Iran, by combined conjugate strike-slip and thinskin deformation**". *Geosphere* 2, pp. 35–52.

Gupta, A. K. (2007). "**Petrology and genesis of igneous rocks**" , Narosa Publishing House, pp. 479

Ghasemi A., Talbot C. J. (2006). "**A new tectonic scenario for the Sanandaj-Sirjan Zone (Iran)**". *Journal of Asian Earth Sciences* 26 .pp. 683-693.

Gilbert j., Park C. F. (1997). "**The geology of ore deposit**". freeman and com-pany, New York, pp. 197.

Ghasemi H., Rezaei Kahkhaei M. (2015). "**Petrochemistry and tectonic setting of the Davarzan-Abbasabad Eocene Volcanic (DAEV) rocks, NE Iran**". *Journal of Mineralogy and Petrology* 109.2. pp. 235-252.

Gradstein F. M., Ogg J. G., Smith A. G., Agterberg F. P., Bleeker W., Cooper R. A., Lourens L. (2004). **"A Geologic Time Scale, Cambridge University Press. Cambridge, UK.**

Hall A., (1996). **"Igneous petrology"**. (2nd ed) Longman New York .p. 537.

Haghipour A. A., Aghanabati S.A. (1985). **"Geological map of Iran 1:100000"**. Geol. Surv. Iran.

Hastie A. R., Kerr A. C., Pearce J. A., Mitchell, S. F. (2007). **"Classification of altered volcanic island arc rocks using immobile trace elements: development of the Th-Co discrimination diagram"**. Journal of Petrology 48: pp. 2341-2357

Ilkchi M. R., Faryad S. W., Schulmann K., Kosler J. (2006). **"Metamorphism and exhumation processes of the Shotur Kuh metamorphic complex, Semnan Province (Central Iran Zone)"**., Geolines 20 . pp. 55.

Kuscu G. G., Geneli F. (2010). **"Review of post-collisional volcanism in the Central Anatolian Volcanic Province (Turkey), with special reference to the Tepekoy Volcanic Complex"**. International Journal of Earth Sciences, 99(3),pp. 593-621.

Kuno H., (1969). **"Plateau Basalts in the earths Crust and Upper Mantle"**. Edited by Pembroke J., Hart. Amer.Geophys.Union., Wash. D. C, pp:495-501.

Kurkcuoglu B. (2010). **"Geochemistry and petrogenesis of basaltic rocks from the Develidag volcanic complex, Central Anatolia, Turkey"**. Journal of Asian Earth Sciences 37.1. pp. 42-51.

Konari M., Rastad E., Kojima S., Rashidnejad Omran N. (2013). **"Volcanic Redbed-Type Copper Mineralization in the Lower Cretaceous Volcano-Sedimentary Sequence of the Keshtmahaki Deposit, Southern Sanandaj-Sirjan Zone, Iran."** Neues Jahrbuch Für Mineralogie-Abhandlungen: Journal of Mineralogy and Geochemistry 190 (2). pp . 107–21.

Kuscu, G. G., Geneli, F. (2010). **"Review of post-collisional volcanism in the Central Anatolian Volcanic Province (Turkey), with special reference to the Te**

Kurkcuoglu B. (2010) **"Geochemistry and petrogenesis of basaltic rocks from the Develidag volcanic complex, Central Anatolia, Turkey"**. Journal of Asian Earth Sciences 37.1.pp. 42-51.

Kirkham R. V. (1996). **"Volcanic redbed copper"**. Geology of Canadian Mineral Deposit Types: Geological Survey of Canada, Geology of Canada, (8), pp. 241-252.

Lindenberg H. G., Jacobshagen V. (1983). **“Post-Paleozoic geology of the Taknar zone and adjacent area, NE Iran, Khorasan”**. GSI. Rep, (51), pp. 145-163.

Large R.R., Gemmeil J.B., Paulick H., Huston D. (2001). **“The alteration box plot: a simple approach to understanding the relationship between alteration mineralogy and litho geochemistry associated with VHMS deposit”**, Economic Geology, 96 .pp. 957-972

Maghfouri S., Movahednia M. (2015). **“Investigation of geology and mineralization of Abbas Abad copper deposit and camper with Manto-type deposit”**. 18th Symposium on Iranian Geosciences, Tarbiat Modares University, Iran (in Persian with English abstract).

Müller D., Groves D. I. (2000). **“Potassic igneous rocks and associated gold-copper mineralization”**. (Vol. 252). Berlin: Springer..

Maksaev V. (2002). **“Chilean strata-bound Cu-(Ag) deposits”**. An overview”. Hydrothermal iron oxide copper-gold & related deposits: a global perspectives, 2, pp.185-205. Oliveros V., Féraud G., Aguirre L., Ramírez L., Fornari M., Palacios G., Parada, M. (2008) **“Detailed $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of geologic events associated with the Mantos Blancos copper deposit, northern Chile”**. Miner Deposita 43: pp. 281–293.

Nelson, S. T., Montana, A. (1992). **“Sieve-textured plagioclase in volcanic rocks produced by rapid decompression”**. American Mineralogist, 77(11-12), pp. 1242-1249

Ozdemir Y. (2011). **“Volcanostratigraphy and petrogenesis of Süphan stratovolcano”**. Ph.D, Thesis, Middle East Technical University ,Ankara, Turkey, pp. 279

Pearce J.A., (1983). **“Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins”**. In: Hawkesworth, C.J. and Nurry, M.L. (Eds.), Continental basalts and Mantle Xenoliths. Shiva, Nantwich .pp. 230-249.

Pearce J. A., Norry M.J. (1979). **“Petrogenetic implication of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks”**. Contribution to Mineralogy and Petrology 69.1 .pp. 33- 47.

Pearce J. A., Peate D. W. (1995). **“Tectonic implications of the composition off volcanic arc magmas”**. Annual review Earth and Planetary Science Letters 23.p. 251-285.

Piercey S. J. (2011). **“The setting, style, and role of magmatism in the formation of volcanogenic massive sulfide deposits”**. Mineralium Deposita, 46(5-6), pp. 449-471.

Pang K.N., Chung S.L., Zarrinkoub M.H., Khatib M.M., Mohammadi S.S., Chiu H.Y., Chu C.H., Lee H.Y., Lo C.H. (2013). "Eocene–Oligocene postcollisional magmatism in the Lut–Sistan region, eastern Iran: magma genesis and tectonic implications", *Lithos* 180. pp. 234-251.

Rosemeyer T. (2011). "News from the Keweenaw, Recent Mineral Finds in Michigan's Copper Country, part 4, Rocks and Minerals". 86.pp. 206- 227.

Rasmussen H., Gunnlaugsson H.P., Kristjansson L., Nørnberg, P. (2005). "Characteristics of highly magnetic olivine basalt: Application to Mars". In Characteristics of highly magnetic olivine basalt: Application to Mars. *Geophysical Research Abstracts*, 7, 04501

Rollinson H. R. (2014). "Using geochemical data: evaluation, presentation

Ramdohr P. (1980). "The ore minerals and their intergrowths", 2nd edn. International Series in Earth Sciences

Robe L., (2005). "Introduction to ore-Forming Processes". Blackwell Publishing, p. 368

Ramírez L., Palacios C., Townley B., Parada M., Sial A. N., Fernandez-Turiel J. L., Gimeno D., Garcia-Valles M., Lehmann B.(2006). "The Mantos Blancos Copper Deposit: An Upper Jurassic Breccia-Style Hydrothermal System in the Coastal Range of Northern Chile". *Mineralium Deposita* 41 (3). pp. 246–258

Rieger A., Schwark L., Cisternas M.E., Miller H. (2008). "Genesis and evolution of bitumen in Lower Cretaceous lavas and implications for strata-bound copper deposits, north Chile". *Econ. Geol.* 103, pp. 387–404.

Reich M., Deditius A., Chryssoulis S., Li J.W., Ma C.Q., Parada M.A., Barra F., Mittermayr F. (2013) "Pyrite as a record of hydrothermal fluid evolution in a porphyry copper system: A SIMS/EMPA trace element study". *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 104 . PP. 42-62

Sirvastava R. K., Singh R.K., (2004). "Trace element geochemistry and gemesis of Precambrian sub-alkaline mafic dikes from the central indian craton". evidence for mantle metasomatism: *Asian Earth Science*, v.23, pp. 373-389.

Sillitoe R. H., Perelló J. (2005). "Andean copper province: Tectonomagmatic settings, deposit types, metallogeny, exploration, and discovery". *Economic Geology* 100th Anniversary Volume, pp. 845-890.

Seghedi I., Downes H., Pecskey Z., Thirlwall M.F., Szakács A., Prychodko M., Matthey D., (2001). **"Magmagenesis in a subduction-related post-collisional volcanic arc segment: the Ukrainian Carpathians"**, Lithos 57.4. pp. 237-262

Shabanian E., Acocella V., Gioncada A., Ghasemi H., Bellier O. (2012). **"Structural control on volcanism in intraplate post collisional settings: Late Cenozoic to Quaternary examples of Iran and Eastern Turkey"**. Journal of Tectonics 31. pp. 3013-3042.

Schlatter D. M. (2007). **"Volcanic stratigraphy and hydrothermal alteration of the Petiknas South Zn- Pb- Cu- Au- Ag volcanic hosted massive sulfide deposit"**. Sweden, Doctoral thesis Lulea University of Technology, Sweden. pp. 208

Sillitoe R.H. (1977). **"Gold and copper Metallogeny of the central Andes: Past, present and future exploration objectives"**. Economic Geology, pp. 2205-2216.

Sadati S.N., Yazdi M., Mao J., Behzadi M., Adabi M.H., Lingang X., Zhenyu C., Mokhtari M.A.A. (2016). **"Sulfide mineral chemistry investigation of sediment-hosted stratiform copper deposits, Nahand-Ivand area, NW Iran"**. Ore Geology Reviews, 72 .pp. 760-776.

Salehi L., Rasa I. (2016). **"Sulfur isotopic characteristics of the chalcocite in Madan Bozorg Cu deposits, Abbas Abad, NE Iran"**. 34th National and the 2nd International Geosciences Congress, Tehran, Iran.

Sasaki A., Ulriksen C. E. , Sato K., Ishihara S. (1984). **"Sulfur isotope reconnaissance of porphyry copper and manto-type deposits in Chile and the Philippines"**. Bull. Geol. Surv. Jpn., 35 , pp. 615 – 622 .

Tchalenko J. S., Berberian M., Behzadi H. (1973). **"Geomorphologic and seismic evidence for recent activity on the Doruneh Fault"**. Iran. Tectonophysics, 19(4), pp. 333-341.

Tsuchiyama A. (1985). **"Dissolution kinetics of plagioclase in the melt of the system diopside-albite-anorthite, and origin of dusty plagioclase in andesites"**. Contributions to Mineralogy and Petrology, 89(1), pp. 1-16

Tristá-Aguilera D., Barra F., Ruiz J., Morata D., Talavera-Mendoza O., Kojima S., Ferraris F. (2006). **"Re–Os isotope systematics for the Lince–Estefanía deposit: constraints on the timing and source of copper mineralization in a stratabound copper deposit. Coastal Cordillera of northern Chile"**. Miner. Deposita 41, pp. 99–105

- Temel A., Gündoğdu M. N., Gourgaud A. (1998). **“Petrological and geochemical characteristics of Cenozoic high-K calc-alkaline volcanism in Konya, Central Anatolia, Turkey”**. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85(1), pp. 327-354.
- Temizel R., Arslan M., Ruffet G., Peucat J.J., (2012). **“Petrochemistry, geochronology and Sr-Nd isotopic systematics of the Tertiary collisional and post-collisional volcanic rocks from the Ulube (Ordu) area, eastern Pontide, NE Turkey implications for extension-related origin and mantle source characteristics”**. Lithos 128 pp. 126–147
- Yousefi F., Sadeghian M., Semyari S., Ghasemi H. (2017). **“Geochemistry and Tectonic setting of high silica adakitic domes Of Ahmad Abad Khartouran (South East of Shahrood)”**. Journal of Earth Sciences 100 pp. 291 -298
- Yousefi F., Sadeghian M., Sadati Jamali S.Z., Mansouri Moghaddam B., Ghasemi H. (2017). **“Petrogenesis of low Silica Adakitic domes of Sah (South of Shahrood, southeast of Semnan Province)”**. Journal of Petrology 28.pp. 95-108.
- Van Stall C.R., Whalen J.B., McNicoll V.J., Pehrsson S., Lissenberg C.J., Zagorevski A., Van Breemen O., Jen G.A. (2007). **“The Notre Dame arc and the tectonic orogeny in Newfoundland, In 4-D framework of Continental crust”**. Edited by R.D.Hatcher Jr., M.P. Carlson J.H. McBride J.R. Martinez Catalan. PP. 511-552.
- Wilson N. S., Zentilli M., Spiro B. (2003). **“A sulfur, carbon, oxygen, and strontium isotope study of the volcanic-hosted El Soldado manto-type copper deposit, Chile: the essential role of bacteria and petroleum”**. Economic Geology, 98(1), pp. 163-174.
- Walker T.R., Waugh B., Crone A., (1978). **“Diagenesis in first-cycle desert alluvium of Cenozoic age, south-western United States and northeastern Mexico”**. Geol. Soc. America Bull, vol 89, p: 19-32
- White N.C., Hedenquist J.W. (1995). **“Epithermal gold deposits: styles, characteristics and Exploration”**, Society of Economic Geologists, Newsletter, 23.pp. 9-13.
- Wilson N.S.F., Zentilli M. (1999). **“The role of organic matter in the genesis of the El Soldado volcanic-hosted manto-type Cu deposit, Chile”**. Econ. Geol. 94, pp. 1115–1136.
- Winchester J. A., Floyd P. A. (1977). **“Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements”**. Chemical geology, 20, pp. 325-343.
- Zanetti A., Mazzucchelli M., Rivalenti G., Vannucci, R. (1999). **“The Finero phlogopite-peridotite massif: an example of subduction-related metasomatism”**. Contributions to Mineralogy and Petrology, 134(2-3), pp. 107-122

پیوست

پیوست ۱: جدول مقادیر غلظت اکسیدهای اصلی بر حسب درصد وزنی (به روش XRF). (منطقه ریزاب)(Or:کانسنگ)

شماره نمونه	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	Or-1	Or-2	Or-3	Or-4	Or-5
Al ₂ O ₃	۱۵/۴	۱۳/۷	۱۳/۴	۱۵/۳	۱۳/۴	۱۱/۱	۱۳/۶	۱۵/۶	۱۴/۹	۱۳/۲	۱۶/۲	۱۳/۲	۱۳/۲
FeO	۸/۴	۸/۲	۸/۲	۸/۳	۸/۴	۹/۳	۶/۶	۶/۸	۸/۴	۶/۹	۸/۳	۸/۷	
Fe ₂ O ₃	۹/۴	۹/۱	۹/۱	۹/۱	۹/۲	۹/۴	۱۰/۴	۷/۴	۷/۵	۹/۴	۷/۷	۹/۲	۹/۷
MgO	۵/۴	۶/۳	۵/۹	۶/۹	۹/۸	۱۱/۳	۱۰/۷	۲	۲/۸	۴/۳	۳/۷	۲/۷	۴
CaO	۱۰/۲	۱۰/۲	۱۰/۴	۱۰/۲	۹/۴	۹/۵	۱۰/۲	۷/۸	۶/۷	۴/۶	۶/۳	۸/۴	۵/۵
Na ₂ O	۲/۸	۲/۴	۲/۲	۲/۷	۲/۱	۱/۶	۳/۱	۲/۸	۲/۶	۴/۵	۳/۶	۲/۳	۵/۴
K ₂ O	۰/۶	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۱/۳	۱/۱	۱/۲	۱/۹	۱/۷	۱/۹	۲/۴	۱/۷	۱/۳
TiO ₂	۰/۵	۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۴	۰/۳	۰/۵	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۴	۰/۴
P ₂ O ₅	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۳
MnO	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۳

پیوست ۲: جدول مقادیر فراوانی عناصر فرعی و کمیاب در نمونه‌های منطقه ریزاب به روش ICP- MS (بر حسب PPM). (Or:کانسنگ)

شماره نمونه	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	Or-1	Or-2	Or-3	Or-4	Or-5
Ag	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۴	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۵	۵/۹	۵	۳/۵	۱
As	۲/۴	۰/۱	۰/۲	۰/۴	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۵	۵/۹	۵	۳/۵	۱
Pb	۲	۲	۰/۹	۲	۰/۸	۰/۹	۳	۱	۳	۵	۷	۱	۴
Zn	۷۹	۷۲	۷۲	۸۰	۸۴	۸۱	۹۶	۶۰	۶۹	۶۲	۱۰۷	۸۵	۶۷
Cu	۱۱۳	۱۵۹	۱۳۷	۱۶۱	۱۱۶	۱۸۲	۱۱۶	۱۰۶	۲۹۹۵	۴۹۹۹۶	۲۱۴۴۶	۱۷۰۶۴	۳۳۱۸۳
Co	۳۰/۸	۳۷/۸	۳۷/۲	۳۴/۶	۴۳/۵	۵۱/۵	۴۲/۵	۱۸	۱۸/۳	۲۵/۱	۲۳/۸	۳۳/۱	۲۸/۳
Cr	۹۳	۲۲۵	۲۳۳	۱۶۵	۳۸۴	۶۷۶	۱۶۲	۱۹	۵۵	۹۱	۳۸	۱۰۷	۹۹
Cd	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۰۹	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۰۹	۰/۱	۰/۱	۰/۱
S	۱۳۶	۴۵	۳۶	۵۰	۲۵	۴۹	۳۸	۵۲۷	۳۸۴	۳۰۶۲	۲۶۱	۶۶۳	۳۷۳۳
Sn	۱	۰/۸	۰/۸	۱	۰/۸	۰/۷	۰/۸	۰/۷	۰/۸	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۸
Ni	۳۳	۷۶	۷۷	۵۸	۲۷۰	۴۴۷	۶۹	۱۱	۲۷	۳۴	۲۶	۵۵	۳۴
Tl	۰/۳	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۲۳	۰/۱۳	۰/۱	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۲۵	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۱۷
Be	۰/۹	۰/۸	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۷	۰/۸	۱	۱	۰/۹	۱	۰/۹	۰/۸
Cs	۱/۷	۰/۵	۰/۷	۱/۳	۰/۷	۰/۴	۱/۵	۰/۴	۰/۴	۳/۱	۰/۵	۲	۳/۲
Rb	۱۷	۴	۳	۱۳	۳۵	۲۶	۲۴	۴۶	۲۱	۳۹	۳۱	۴۷	۳۹
Ba	۳۸۱	۳۵۹	۳۳۹	۴۳۴	۱۱۲	۱۲۴	۱۷۴	۲۵۹	۳۵۷	۳۱۹	۵۲۳	۳۳۳	۱۸۳
Sr	۴۴۰	۳۹۴	۳۹۷	۳۹۹	۳۴۸	۳۲۸	۳۸۶	۴۲۹	۴۲۰	۱۹۷	۵۰۵	۳۷۸	۱۳۱
HSFE													
Th	۳/۲۳	۲/۲۱	۲/۲	۲/۷	۲/۱	۱/۹	۱/۹	۲/۳	۲/۶	۲/۴	۲/۹	۲۲/۹۴	۲/۳
U	۰/۴	۰/۴	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۳	۰/۲	۰/۴	۲/۴	۱/۲	۰/۹	۱/۱	۰/۱۷/۶
V	۲۸۷	۲۶۱	۲۶۰	۲۷۰	۲۵۷	۲۳۰	۲۹۹	۲۲۹	۲۷۷	۲۷۴	۳۰۸	۲۷۴	۲۵۵
Y	۱۷	۱۴/۸	۱۴/۷	۱۶/۷	۱۴/۱	۱۱/۲	۱۶/۴	۱۵/۸	۱۵/۱	۱۴/۳	۱۶/۵	۱۵/۳	۱۴/۱
Zr	۵۵	۴۸	۴۸	۵۴	۳۸	۲۸	۴۶	۴۸	۵۳	۵۰	۶۰	۵۰	۵۰
Hf	۱/۴	۱/۱	۱/۲	۱/۴	۱/۱	۰/۷	۱/۱۵	۱/۲۳	۱/۴	۱/۴	۱/۷	۱/۴	۱/۳
Nb	۶/۴	۴/۲	۳/۹	۴/۲	۳/۴	۳/۴	۴/۸	۴/۳	۳/۵	۳/۹	۴/۲	۳/۷	۳/۷
Ta	۰/۵	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۳	۰/۳

پیوست ۲: ادامه جدول مقادیر فراوانی عناصر فرعی و کمیاب در نمونه‌های منطقه ریزاب به روش ICP- MS (بر حسب PPM). (Or:کانسنگ)

شماره نمونه	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	Or-1	Or-2	Or-3	Or-4	Or-5
	REE												
La	۸	۷	۷	۸	۶	۵	۷	۸	۸	۷	۹	۷	۶
Ce	۲۰	۱۷	۱۷	۲۲	۱۴	۱۳	۱۹	۲۵	۱۷	۱۸	۲۱	۱۷	۱۶
Pr	۲/۶	۲/۳	۲/۳	۲/۴	۲/۳	۲	۲/۶	۲/۷	۲/۸	۲/۵	۳/۱	۲/۵	۲/۳
Nd	۱۲/۸	۱۰/۸	۱۱	۱۲/۹	۱۰/۸	۹/۸	۱۲	۱۲/۳	۱۲/۷	۱۲	۱۴/۴	۱۲/۱	۱۰/۸
Sm	۳/۴	۲/۹	۲/۹	۳/۵	۲/۵	۲/۵	۳/۸	۳/۲	۳/۳	۳/۲	۳/۸	۳/۳	۳/۱
Eu	۱/۰۲	۰/۹	۰/۹	۱	۰/۸۵	۰/۷	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۱/۲	۰/۹	۰/۹
Er	۲/۱	۱/۸	۱/۸	۲/۱	۱/۹	۱/۶	۲/۱	۲	۱/۹	۲	۲/۳	۲/۷	۱/۸
Gd	۳/۲	۲/۸	۲/۸	۳/۸	۲/۹	۲/۴	۳/۲	۲/۹	۳/۱	۳	۳/۶	۳/۱	۲/۷
Tb	۰/۵۳	۰/۵	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۰/۴
Dy	۳/۳	۲/۹	۲/۹	۳/۳	۳	۲/۶	۳/۵	۳/۱	۳/۱	۳/۲	۳/۵	۳/۲	۲/۹
Tm	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۲
Yb	۲/۵	۲/۲	۲/۲	۲/۴	۲/۲	۱/۸	۲/۴	۲/۲	۲/۲	۲/۱	۲/۴	۲/۳	۲/۱
Lu	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۲

Mineralogy, geochemistry and genesis of the Rizab copper deposit Northwest of Bardaskan, Khorasan-Razavi province.

Abstract:

The Rizab copper deposit is located 60 km Northwest of Bardaskan, occurred in the Central Iran structural zone (South part of Sabzevar), within volcanic- plutonic rocks Khaf- Khashmar- Bardaskan. The host rocks consist of dominantly andesite, piroxen andesite, andezi basalt.

Rock units in the study area, including pyroclastic units such as tuff, pyroclastic breccia and agglomerate and volcanic rocks include andesite, piroxen andesite, andezi basalt, basalt and olivine basalt the age of Eocene. The volcanic rocks belong to calc-alkaline magmatic series and have been formed during a volcanic arc tectonic regime of active continental margin. The mineral is formed as veins and vein- veinlet, cavities and open space filling and disseminated. The main minerals formed the deposits are classified contains primary chalcocite, pyrite and secondary malachite, covellite, azurite, and Fe-oxide and hydroxide and Gangue minerals consist of calcite and quartz. The most important alterations in the area of the volcano-sedimentary sequences are the alteration, silicification and chloritic. Based on geochemical study this deposit is Cu-rich. Finally, regarding our research the mineralization in Rizab areas similar copper with manto type deposits.

Keywords: Copper, Manto, mineralogy, geochemistry, Rizab, Bardaskan, Khaf- Darooneh



Shahrood University Technology

Faculty of Earth Sciences

M.Sc. Thesis in Earth Sciences

**Mineralogy, geochemistry and genesis of the Rizab deposit, NW
Bardaskan, Khorasan Razavi Province**

By: Ali Joneidi

Supervisor:

Dr. Farajollah Fardoost

September 2018