

به نام خداوند بخشنده مهربان



دانشکده علوم زمین

رشته زمین‌شناسی گرایش اقتصادی

پایان نامه کارشناسی ارشد

کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار مس ابری، رهبری و چشمه مرضیه، شمال غرب درونه

نگارنده: افسانه سلطانی

استاد راهنما:

دکتر فرج الله فردوست

شهریور ۱۳۹۵

به نام پروردگار بخشنده و مهربان

شکر خدای را که هر چه طلب کردم از خدا، بر نتهای خود کامران شدم. سپاسگذار کسانی هستم که سر آغاز تولد من هستند. از یکی زاده می‌شوم و از دیگری جاودانه. استادانی که سپیدی را بر تخته سیاه زندگیم محاشنند و مادری که تار مویی از او پایی من سیاه نماند.

از قبیلہ‌ی سبز نجابت بوده است و با زبان مردم بهشت سخن می‌گوید، جاده‌ای از ابریشم ایمان بر سر دارد و قلبش به عرش خدای ماند که به اندازه حقیقت خدا بزرگ است. بی آنکه کسی بداند خدا دانه‌ای مابوده است بی آنکه کسی بداند آفتاب از مشرق صدای او در من طلوع می‌کرد. من صدای خدا را از صدای قلب او می‌شنوم، مادرم سپاسگذارم... پدر، برادر، خواهرم، مایان و میا عزیز به خاطر وجودتان خدا را شاکرم.

جناب آقای دکتر فردوست استاد راهنمای کرامی: شماروشنایی، بخش تاریکی جان هستی و ظلمت اندیشه را نور می‌بخشی. چگونه سپاس گویم مهربانی و لطف شمار که سرشار از معرفت و اخلاق است. چگونه سپاس گویم تاثیر علم آموزی شمار که چراغ روشن هدایت را بر کلبه‌ی محقر وجودم فروزان ساخته است. آری در مقابل این همه عظمت و شکوه شمار نه توان سپاس است و نه کلام و وصف.

از اساتید با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر علی پور، آقای دکتر موسیوف، آقای دکتر صادقان، آقای دکتر مؤمنی، دکتر جعفرزاده و آقای دکتر طاهریان که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از پنج کلمی در این عرصه بر من دریغ ننمودند. کمال شکر و قدردانی را دارم باشد که این پایان نامه بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

از آقای موسوی نژاد، مهندس قربانی و مهندس رهبری به پاس یاریها و راهنمایی‌های بی چشمداشت ایشان که بسیاری از سختی‌ها را بر ابرام آسانتر نمودند. از بھکلاسی‌ها و دوستانم به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان و به پاس محبت‌های بی درنیشان که هرگز فروکش نمی‌کند قدردانی می‌کنم.

این پژوهش با حمایت مالی شرکت فراآوری مواد معدنی ایران انجام شده است.

نیست جز آفتاب را قوت دفع سایه
میش کند کمش کند این تو ز آفتاب جو
ور دو هزار سال تو در پی سایه میدوی
آخر کار بنگری تو سپی و پیش او ...

تقدیم به مرحومان علم و دانش

تعهد نامه

اینجانب افسانه سلطانی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی اقتصادی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده کانی شناسی، ژئوشیمی و ژنز تشکیل کانسار مس ابری، رهبری و چشمه مرضیه، شمال غرب درونه 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 پژوهش های 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 می باشد 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 می گردد.
- 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 افزار ها 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 نمی باشد.

فهرست مقالات

- مطالعه پتروگرافی سنگ‌های دربرگیرنده کانسار مس ابری، شمال غرب بردسکن، انجمن زمین‌شناسی ایران، دی ماه ۹۴.

- پتروگرافی سنگ‌های دربرگیرنده کانسار مس چشمه مرضیه، شمال غرب بردسکن، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور، بهمن ۹۳.

- پتروگرافی و ژئوشیمی سنگ‌های در برگیرنده کانسار مس رهبری، شمال غرب بردسکن، هفتمین همایش ملی انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، شهریور ۹۴.

- کانی‌شناسی، ساخت و بافت کانسار مس ابری، شمال غرب بردسکن، بیست و سومین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، بهمن ۹۴.

- کانی‌شناسی، ساخت و بافت کانسار مس چشمه مرضیه، شمال غرب بردسکن، بیست و سومین همایش بلور شناسی و کانی‌شناسی ایران، بهمن ۹۴.

- Petrogenesis and tectonic setting of volcanic host rocks of Abri copper deposit, NW Bardaskan, Journal of Mining and Environment, Shahroud University of Technology.

چکیده

کانسار مس ابری در استان خراسان رضوی و ۸۰ کیلومتری شمال غرب بردسکن، ۲۵ کیلومتری شمال غرب درونه قرار دارد. کانسار مس رهبری در ۴ کیلومتری شرق و کانسار مس چشمه مرضیه در ۴۰ کیلومتری جنوب غرب منطقه ابری واقع هستند. منطقه مورد مطالعه، بخشی از کمربند آتشفشانی- نفوذی خواف- درونه، در زیر پهنه سبزواری را شامل می‌شود. واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه با سن ائوسن میانی شامل سه مجموعه: (۱) گدازه زیر دریایی (آندزیت، بازالت، آندزیت-بازالت پورفیری، آندزیت، تراکی آندزیت، تراکی داسیت و داسیت)، (۲) آذرآواری (توف و آگلومرا) و (۳) رسوبی (آهک، آهک مارنی، مارن، سیلتستون و شیل) می‌باشند که توسط دایک‌های بازالتی در برخی قسمت‌ها قطع می‌شوند. سنگ‌های آتشفشانی به سری ماگمایی کالک آلکالن پتاسیم متوسط تا بالا تعلق دارند و در طی یک رژیم زمین‌ساختی از نوع کمان‌های آتشفشانی حاشیه فعال قاره‌ای تشکیل شده‌اند. عوامل مؤثر کانه‌زایی مس در مناطق مورد مطالعه عبارتند از: ۱- واحدهای سنگ‌های دربرگیرنده، ۲- کنترل‌های ساختاری، ۳- محلول‌های گرمابی و ۴- حضور توده‌های نفوذی در عمق و دایک‌های بازالتی، که نقش بسزایی در نقل و انتقال محلول‌های گرمابی، تجمع و ته‌نشست آنها دارند. کانه‌زایی در منطقه ابری و رهبری، در مرز واحد آهکی با سنگ‌های آذرآواری و گدازه‌ای به صورت چینه‌کران و در منطقه چشمه مرضیه به صورت رگه‌ای در طول صفحات گسلی در واحد گدازه‌ای رخ داده است. ماده معدنی به شکل رگه‌ای و رگه- رگچه‌ای، پرکننده حفره‌ها و فضاهای خالی بین دانه‌ای و دانه پراکنده تشکیل شده است. از مهم‌ترین دگرسانی‌های موجود در توالی آتشفشانی- رسوبی منطقه می‌توان به دگرسانی آرژیلیکی، سیلیسی و کربناتی اشاره نمود. کانی‌های اصلی تشکیل دهنده کانسارها در سه گروه کانی‌های سولفیدی (کالکوسیت، کولیت، بورنیت، کالکوپیریت و پیریت)، کانی‌های کربناته (مالاکیت، آزوریت) و کانی‌های اکسیدی (کوپریت، مگنتیت، هماتیت و لیمونیت) رده‌بندی شده‌اند. عمده‌ترین بافت‌های منطقه شامل: بافت رگه- رگچه‌ای، پرکننده فضاهای خالی، دانه پراکنده و جانشینی می‌باشند. بر اساس مطالعات میکروترمومتری میانگین دمای همگن شدگی میانبارهای سیال در منطقه ابری 229°C و در منطقه چشمه مرضیه 167°C است. میانگین دامنه شوری در منطقه ابری ۷/۱ درصد وزنی معادل NaCl و در منطقه چشمه مرضیه ۱/۸ درصد وزنی معادل NaCl می‌باشند. بر اساس مطالعات ژئوشیمیایی عنصر مس در بین فلزات پایه دارای بالاترین مقدار ضریب تولید بوده است (معادل ۴ تا ۵ درصد وزنی) و بیشترین همبستگی را با عنصر نقره نشان می‌دهد. در مجموع با توجه به مطالعات انجام شده می‌توان گفت کانی‌سازی در منطقه ابری و رهبری با کانسارهای مس تیپ مانتو و در چشمه مرضیه با کانسارهای اپی‌ترمال رگه‌ای با نوع سولفید پایین مشابهت دارند.

کلید واژه: مس، مانتو، کانی‌شناسی، ژئوشیمی، ابری، بردسکن، خواف- درونه.

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه.....	۲
۳-۱- وضعیت آب و هوایی و پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه.....	۴
۴-۱- وضعیت معیشتی منطقه مورد مطالعه.....	۴
۵-۱- زمین ریخت شناسی.....	۵
۶-۱- تاریخچه معدنکاری و مطالعات انجام شده قبلی.....	۷
۱-۶-۱- مطالعات انجام شده در محدوده کمر بند خواف- درونه.....	۸
۲-۶-۱- مطالعات انجام شده در ایران (همتیپ کانسارمس ابری و رهبری).....	۱۲
۳-۶-۱- مطالعات انجام شده در ایران (همتیپ کانسار مس چشمه مرضیه).....	۱۳
۴-۶-۱- مطالعات انجام شده مشابه در جهان.....	۱۴
۷-۱- طرح مسئله و هدف از مطالعه.....	۱۴
۸-۱- روش مطالعه.....	۱۵
۱-۸-۱- مطالعات دفتری.....	۱۶
۲-۸-۱- مطالعات صحرایی.....	۱۶
۳-۸-۱- مطالعات آزمایشگاهی و دستگاهی.....	۱۷
۴-۸-۱- مطالعه دفتری و پردازش و تفسیر داده ها.....	۱۸

فصل دوم: زمین شناسی

۱-۲- مقدمه.....	۲۲
۲-۲- زمین شناسی ناحیه ای.....	۲۲
۱-۲-۲- زیر پهنه سبزوار.....	۲۳
۲-۲-۲- کمر بند آتشفشانی- نفوذی خواف- درونه.....	۲۴
۳-۲- چینه شناسی ناحیه ای.....	۲۶
۱-۳-۲- پرکامبرین، پالئوزوئیک و مزوزوئیک.....	۲۶
۲-۳-۲- سنوزوئیک:.....	۲۷
۴-۲- زمین شناسی ساختمانی.....	۲۸
۱-۴-۲- گسل درونه.....	۲۹
۲-۴-۲- گسل تکنار.....	۳۰
۳-۴-۲- گسل بینالود.....	۳۰
۵-۲- زمین شناسی اقتصادی.....	۳۱
۶-۲- زمین شناسی و چینه شناسی منطقه ای.....	۳۳
۱-۶-۲- پرکامبرین.....	۳۳
۲-۶-۲- پالئوزوئیک.....	۳۳

۳۳	۲-۶-۳- مزوزوئیک
۳۴	۲-۶-۴- سنوزوئیک
۳۶	۲-۷- چینه‌شناسی و سنگ‌شناسی معدنی مناطق مورد مطالعه
۳۹	۲-۷-۱- واحد گدازهای
۴۴	۲-۷-۲- واحدهای آذرآواری ائوسن میانی
۴۶	۲-۷-۳- واحد رسوبی ائوسن
۴۹	۲-۸- دایکهای بازالتی در منطقه چشمه مرضیه
۵۲	۲-۹- تکتونیک مناطق مورد مطالعه

فصل سوم: کانه‌زایی و دگرسانی

۵۴	۳-۱- مقدمه
۵۴	۳-۲- رخداد کانه‌زایی در کانسارهای مورد مطالعه
۵۵	۳-۳- کانه‌زایی در توالی آتشفشانی- رسوبی ائوسن در کانسارهای مورد مطالعه
۵۷	۳-۴- ویژگی‌های کانه‌زایی مس در کانسارهای مورد مطالعه
۵۹	۳-۴-۱- کانی‌سازی رگه‌ای
۶۲	۳-۴-۲- کانی‌زایی پرکننده حفرها و فضاهای خالی بین دانه‌ای
۶۳	۳-۴-۳- کانه‌زایی دانه پراکنده
۶۳	۳-۵- دگرسانی
۶۴	۳-۶- دگرسانی‌های موجود در مناطق مورد مطالعه
۶۴	۳-۶-۱- دگرسانی پروپیلیتیک
۶۵	۳-۶-۲- دگرسانی سیلیسی
۶۵	۳-۶-۳- دگرسانی کلریتی شدن
۶۶	۳-۶-۴- دگرسانی سربستی
۶۷	۳-۶-۵- دگرسانی زئولیتی
۶۸	۳-۶-۶- دگرسانی آرژبلیکی
۷۰	۳-۶-۷- دگرسانی کربناتی
۷۱	۳-۶-۸- دگرسانی اکسیدهای آهن (هماتیت و لیمونیت)

فصل چهارم: کانی‌شناسی، ساخت، بافت و توالی پاراژنتیکی

۷۴	۴-۱- مقدمه
۷۴	۴-۲- کانی‌شناسی مناطق مورد مطالعه (ابری، رهبری و چشمه مرضیه)
۷۵	۴-۲-۱- کانی‌های سولفیدی در مناطق مورد مطالعه
۷۷	۴-۲-۲- کانی‌های اکسیدی در مناطق مورد مطالعه
۸۰	۴-۲-۳- کانی‌های کربناته مناطق مورد مطالعه
۸۱	۴-۲-۴- کانی‌های باطله مناطق مورد مطالعه
۸۳	۴-۳- ساخت و بافت

۸۴.....	۱-۳-۴- ساخت رگه- رگچه‌ای
۸۵.....	۲-۳-۴- بافت پرکننده فضای خالی
۸۶.....	۳-۳-۴- بافت جانشینی
۸۷.....	۴-۳-۴- بافت دانه پراکنده
۸۷.....	۵-۳-۴- ساخت برشی
۸۸.....	۴-۴- توالی پارازنتیک کانی‌ها

فصل پنجم: ژئوشیمی

۹۲.....	۱-۵- مقدمه
۹۲.....	۲-۵- ویژگی‌های پترولوژیکی و ژئوشیمیایی سنگهای دربرگیرنده کانسار
۹۳.....	۱-۲-۵- نامگذاری سنگهای آتشفشانی
۹۷.....	۲-۲-۵- تعیین سری ماگمایی
۹۸.....	۳-۲-۵- جایگاه تکتونیکی سنگهای در برگیرنده کانسارها
۱۰۰.....	۴-۲-۵- عوامل کنترل کننده ماگماتیسم در مناطق مورد مطالعه
۱۰۱.....	۴-۲-۵- نمودار عنکبوتی
۱۰۳.....	۵-۲-۵- ژئوشیمی عناصر کمیاب برای بدست آوردن PH سیال
۱۰۴.....	۳-۵- ژئوشیمی کانسارهای مورد مطالعه
۱۰۴.....	۱-۳-۵- ضریب همبستگی و ارتباط ژئوشیمیایی بین عناصر
۱۰۵.....	۱-۱-۳-۵- ضریب همبستگی بین عناصر در منطقه ابری
۱۰۷.....	۲-۱-۳-۵- ضریب همبستگی بین عناصر در منطقه رهبری
۱۰۸.....	۳-۱-۳-۵- ضریب همبستگی بین عناصر در منطقه چشمه مرضیه
۱۰۸.....	۲-۳-۵- نمودار همبستگی بین عناصر در مناطق (ابری، رهبری و چشمه مرضیه)
۱۱۰.....	۳-۳-۵- پراکندگی و همبستگی عناصر در مقطع لیتوژئوشیمیایی منطقه ابری
۱۱۷.....	۴-۳-۵- پراکندگی و همبستگی عناصر در مقطع لیتوژئوشیمیایی منطقه رهبری
۱۱۸.....	۵-۳-۵- میزان پراکندگی عناصر در سه منطقه (ابری، رهبری و چشمه مرضیه)
۱۲۰.....	۱-۶-۳-۵- رفتار عناصر اصلی در طی دگرسانی
۱۲۱.....	۲-۶-۳-۵- رفتار عناصر کمیاب در طی دگرسانی

فصل ششم: میانبارهای سیال

۱۲۶.....	۱-۶- مقدمه
۱۲۶.....	۲-۶- روش مطالعه
۱۲۷.....	۳-۶- طبقه بندی میانبارهای سیال
۱۲۸.....	۳-۶- پتروگرافی میانبارهای سیال
۱۳۰.....	۴-۶- روش گرمایش
۱۳۰.....	۵-۶- تعیین شوری میانبار سیال
۱۳۲.....	۶-۶- تعیین چگالی و فشار بخار میانبار سیال
۱۳۳.....	۷-۶- تعیین عمق تشکیل سیالات با استفاده از میانبارهای سیال

۶-۷- عوامل مؤثر بر ته نشست کانه‌ها.....	۱۳۴
۶-۸- تعیین منشأ سیال و نوع کمپلکس‌های احتمالی.....	۱۳۵
۶-۹- تعیین احتمالی نوع کانسار.....	۱۳۶
فصل هفتم: نتیجه‌گیری، تیپ و الگوی تشکیل کانسار و پیشنهادها	
۷-۱- مقدمه	۱۳۸
۷-۲- خلاصه‌ای از شواهد ژنتیکی موجود در ارتباط با کانه‌زایی.....	۱۳۸
۷-۳- مقایسه ویژگی کانسار ابری، رهبری و چشمه مرضیه بایکدیگر	۱۴۲
۷-۴- بررسی مدل ژنتیکی در کانسار ابری و رهبری	۱۴۳
۷-۴-۱- مقایسه ویژگی‌های کانسار ابری و رهبری با کانسارهای تیپ مانتو در شیلی.....	۱۴۶
۷-۴-۲- کانسارهای تیپ مانتو در ایران	۱۴۹
۷-۴-۲- بررسی مدل ژنتیکی در کانسار چشمه مرضیه	۱۵۱
۷-۴-۲-۴- مقایسه کانسار چشمه مرضیه با کانسارهای اپی‌ترمال در ایران و جهان.....	۱۵۳
۷-۵- الگوی تشکیل کانسار مس ابری و رهبری	۱۵۷
۷-۶- عوامل مؤثر در کانه‌زایی در منطقه چشمه مرضیه.....	۱۶۲
۷-۷- پیشنهادها	۱۶۷
منابع فارسی	۱۷۰
منابع لاتین	۱۷۲
پیوست	۱۸۰

- شکل ۱-۱- نقشه موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به مناطق ابری، رهبری و چشمه مرضیه ۳
- شکل ۲-۱- نمایی از زمین ریخت‌شناسی منطقه و موقعیت مناطق ابری، رهبری و چشمه مرضیه ۵
- شکل ۳-۱- الف) کانال حفر شده بر روی کار قدیمی (ابری). ب) سرباره قدیمی اطراف معدن (چشمه مرضیه) ۷
- شکل ۱-۲- الف) زیر پهنه ایران میانی از دیدگاه علوی. ب) ناحیه مورد مطالعه بر روی کمر بند خواف- درونه ۲۳
- شکل ۲-۲- نمایش گسل‌های دربرگیرنده زیرپهنه سبزوار و موقعیت مناطق مورد مطالعه ۲۹
- شکل ۳-۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه و کانسارهای مختلف بر روی کمر بند خواف- درونه ۳۲
- شکل ۴-۲- تصویر صحرایی از تناوب گدازه و توف‌ها و دایک بازالتی که قطع کننده این تناوب می‌باشد (چشمه مرضیه) ۳۷
- شکل ۵-۲- نقشه زمین‌شناسی بزرگ مقیاس منطقه معدنی ابری ۳۸
- شکل ۶-۲- کانی‌های مشاهده شده در واحد آندزیتی و تراکی آندزیتی. الف) پلاژیوکلاز سریسیتی شده (ابری). ب) حضور کلسیت بصورت پرکننده حفرات تشکیل بافت بادامکی (رهبری). پ) پلاژیوکلاز با بافت گلومروپورفیری و رگه سیلیسی مجاور آن و پورفیری. (چشمه مرضیه) ت) پلاژیوکلاز با بافت منطقه‌بندی در زمینه میکرولیتی- جریانی (چشمه مرضیه) ۳۸
- شکل ۷-۲- الف) حضور الیوین‌های ایدنگسیتی شده در زمینه‌ای از میکرولیت‌های پلاژیوکلاز مشاهده بافت پورفیری و میکرولیتی- جریانی (رهبری). ب) حضور پیروکسن و اوژیت در واحد بازالتی (ابری). و پ) حضور کانی‌های اکسید آهن دانه متوسط تا دانه درشت (چشمه مرضیه). ت) آراگونیت بصورت پرکننده حفرات و تشکیل بافت بادامکی (رهبری) ۳۹
- شکل ۸-۲- الف) فنوکریست‌های الیوین در زمینه‌ای از پلاژیوکلازهای دانه متوسط (ابری). ب) پیروکسن تبدیل شده به سرپانتین در زمینه‌ای از پلاژیوکلازها و مشاهده بافت پورفیری و میکرولیتی (رهبری). پ) کلریت بافت شعاعی و پرکننده حفرات (ابری). ت) حضور کلسیت به صورت رگه- رگچه‌ای و پرکننده حفرات (چشمه مرضیه) ۴۲
- شکل ۹-۲- الف) حضور کوارتز به صورت رگه‌ای و فنوکریست. ب) کربناتی شدن پلاژیوکلازها و کانی‌های فرومنیزین. پ) دانه‌های ریز سریسیت بر روی سطح پلاژیوکلازها. ت) بلورهای کلریت در مجاورت با پلاژیوکلازها. ث) اکسیدهای آهن و کلریت. س) رگه زئولیت با بافت شعاعی. ۴۳
- شکل ۱۰-۲- نمونه دستی از توف‌ها خاکستری و تهیه مقطع میکروسکوپی و حضور زئولیت، کلسیت و کوارتز (چشمه مرضیه) ۴۳
- شکل ۱۱-۲- تصویر میکروسکوپی از توف‌ها، الف) کریستال توف. ب) لیتیک کریستال توف با قطعات پلاژیوکلاز و پیروکسن در داخل لیتیک (رهبری). پ) تصویر فنوکریست‌های پلاژیوکلاز همراه با بافت گلومروپورفیری و بافت غربالی، بافت جریانی و پورفیری (ابری). ت) الیوین ایدنگسیتی شده در لیتیک توف بازالتی (ابری) ۴۴
- شکل ۱۲-۲- تصویر صحرایی از قرارگیری واحدهای آهکی، توف و آگلومرا به صورت هم‌رند و هم‌شیب (ابری) ۴۷
- شکل ۱۴-۲- تصویر صحرایی و مقاطع میکروسکوپی مشاهده شده در دایک بازالتی موجود در قسمت میانی منطقه. الف) پلاژیوکلازهای کربناته شده. ب) کوارتز به صورت پرکننده حفرات. ۵۰

شکل ۲-۱۵- تصویر صحرایی و مقاطع میکروسکوپی مشاهده شده در دایک بازالتی موجود در قسمت شمال شرق منطقه.

الف) اکسیدهای آهن (ب) پیروکسن‌های دگرسان شده. (پ) رگه کوارتزی. (ت) کلسیت..... ۴۹

شکل ۲-۱۶- نقشه تکتونیکی کانسار ابری ۵۲

شکل ۳-۱- الف) ستون چین‌شناسی منطقه معدنی ابری براساس نقشه زمین‌شناسی بزرگ مقیاس ابری در فصل دوم. . ۵۶

شکل ۳-۱- ب) پروفیل منطقه معدنی ابری براساس نقشه زمین‌شناسی بزرگ مقیاس ابری در فصل دوم..... ۵۷

شکل ۳-۲- کان‌زایی، به صورت هم‌رند با طبقات دربرگیرنده و در مرز واحد آهکی با سنگ‌های آذرآواری و گدازه‌ای..... ۵۸

شکل ۳-۳- کان‌زایی مالاکیت در امتداد گسل موجود در واحد آهکی (ابری)..... ۵۹

شکل ۳-۴- الف و ب) گسل‌ها و شکستگی‌های موجود در واحد آهکی (رهبری)..... ۶۰

شکل ۳-۵- نقشه تکتونیکی از منطقه معدنی چشمه مرضیه و حضور گسل‌های کان‌زایی. مس (A، B و C) و گسل D همراه با کان‌زایی کربناتی مس و کلسیت. (ب) تصویر صحرایی دو گسل C و D، در محل تقاطع این دو گسل کان‌زایی غنی‌تر است..... ۵۹

شکل ۳-۶- الف و ب) تصویر صحرایی از گسل‌های D و C (پ) فرایند برشی شدن در محل تقاطع دو گسل. (ت) کان‌زایی رگه‌ای کربناته مس و کلسیت در امتداد گسل D ۶۲

شکل ۳-۷- کان‌زایی به صورت پرکننده فضاهای خالی و پرکننده شکستگی‌ها در واحد آذرآواری (ابری)..... ۶۳

شکل ۳-۸- الف حضور کلسیت و کوارتز بصورت ریزبلور. (ب) دگرسانی سیلیسی به صورت رگه- رگچه‌ای..... ۶۵

شکل ۳-۹- الف) تصویر صحرایی از هم‌جواری دگرسانی کلریتی با دگرسانی کلریتی- آرژیلیکی. و اکسیدهای آهن (ابری). (ب) تصویر میکروسکوپی از کلریت با بافت شعاعی (ابری). (پ) دگرسانی کانی‌های مافیک به کلریت (چشمه مرضیه)..... ۶۶

شکل ۳-۱۰- الف) تصویر صحرایی از دگرسانی‌های کلریتی، سریسیتی و اکسیدهای آهن. در مجاور یکدیگر (چشمه مرضیه). (ب) سریسیتی شدن پلاژیوکلازها به صورت دانه‌های ریز (چشمه مرضیه). (پ) سریسیتی شدن پلاژیوکلازها (ابری)..... ۶۷

شکل ۳-۱۱- دگرسانی زئولیتی در مشاهدات صحرایی، نمونه دستی و مطالعات میکروسکوپی..... ۶۸

شکل ۳-۱۲- الف و ب) تصویر صحرایی از دگرسانی آرژیلیکی با رنگ‌های متفاوت (چشمه مرضیه) (پ) دگرسانی آرژیلیکی بصورت متجدالمرکز (ابری) ۶۷

شکل ۳-۱۳- نتایج پراش پرتو ایکس حاصل نمونه‌های آرژیلیکی (چشمه مرضیه)..... ۷۰

شکل ۳-۱۴- تصویر صحرایی رگه کلسیتی در امتداد شکستگی‌ها (ابری). (ب) حضور کلسیت به صورت پرکننده فضاهای خالی (ابری). (پ) رگه- رگچه‌های متقاطع کلسیتی (رهبری). (ت) حضور کلسیت همراه با اکسیدهای آهن بصورت بافت دندان سگی (رهبری)..... ۷۱

شکل ۳-۱۵- الف) تصویر صحرایی از هم‌جواری دگرسانی کلریتی و اکسیدهای آهن (ابری). (ب) حضور اکسیدهای آهن در اطراف شکستگی‌های حاوی مالاکیت و کالکوسیت (چشمه مرضیه). (پ) حضور دگرسانی اکسیدهای آهن در نمونه دستی (چشمه مرضیه)..... ۷۰

شکل ۴-۱- الف) کالکوسیت، کوولیت با بافت جانشینی حاشیه‌ای (چشمه مرضیه) و ب) کالکوسیت و بورنیت با بافت جانشینی (رهبری) ۷۶

شکل ۴-۲- الف) پیریت، کالکوپیریت و مس دانه ریز (ابری). ب) تبدیل پیریت به اکسیدهای آهن در نمونه دستی (ابری). پ) حضور دانه‌های ریز و پراکنده کالکوپیریت (رهبری). ت) کالکوپیریت با روند خطی (چشمه مرضیه) ۷۵

شکل ۴-۳- الف) حضور دانه‌های ریز کوپریت و مالاکیت بصورت پرکننده حفرات (ابری). ب) حضور لیمونیت و مالاکیت و کالکوسیت به صورت رگه- رگچه‌ای و پرکننده حفرات (رهبری). پ) اکسید آهن همراه با هماتیت دانه ریز (ابری). ت) تبدیل شدن هماتیت به مگنتیت (چشمه مرضیه) ۷۷

شکل ۴-۴- الف) حضورر گوئیت همراه با دانه‌های پراکنده کالکوپیریت (ابری). ب) حضور گوئیت، کالکوپیریت، مالاکیت و کالکوسیت در مجاورت یکدیگر (چشمه مرضیه) ۷۸

شکل ۴-۵- الف و ب) نمونه دستی از رگچه‌های مالاکیت و آزوریت (چشمه مرضیه). پ) مالاکیت بصورت پرکننده حفرات و اکسیدهای آهن در حاشیه آن (ابری). ت) رگه- رگچه‌های مالاکیت و کالکوسیت و بافت اکسولوشن میان کالکوسیت و بورنیت (رهبری). ۷۹

شکل ۴-۶- الف و ب) همجواری کلسیت و مالاکیت بصورت پرکننده حفرات در مقطع نازک و صیقلی (ابری). پ) رگه- رگچه‌های باریت (چشمه مرضیه). ت) ژئولیت با بافت شعاعی (چشمه مرضیه) ۸۱

شکل ۴-۷- الف) کانی‌سازی مالاکیت و آزوریت در امتداد شکستگی (چشمه مرضیه). ب) رگه- رگچه‌های مالاکیت (ابری). پ) حضور کالکوسیت بصورت رگه- رگچه‌ای و لیمونیت بصورت پرکننده حفرات (چشمه مرضیه). ت) رگه- رگچه لیمونیت و مالاکیت بصورت پرکننده حفرات (ابری) ۸۳

شکل ۴-۸- الف) حضور مالاکیت و کلسیت در فضاهای خالی (ابری). ب) حضور مالاکیت و کالکوسیت بصورت پرکننده فضاهای خالی (چشمه مرضیه). پ) جانشینی کالکوسیت توسط بورنیت (رهبری). ت) جانشینی مگنتیت توسط هماتیت (چشمه مرضیه) ۸۶

شکل ۴-۹- الف) دانه‌های پراکنده کالکوسیت و مالاکیت بصورت پرکننده حفرات (ابری). ب) کانی‌سازی مالاکیت بصورت برشی (ابری). پ) پر شدن قطعات برشی سنگ بعد از غسل خوردگی توسط کربنات کلسیم (چشمه مرضیه) ۸۵

شکل ۵-۱- موقعیت سنگهای آتشفشانی محدوده کانسار مس ابری، رهبری و چشمه مرضیه الف) نمودار SiO_2 در برابر $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ ب) موقعیت آن‌ها در نمودار Zr/Ti نسبت Nb/Y ۹۳

شکل ۵-۳- تعیین سری ماگمایی سنگ‌های آتشفشانی با استفاده از نمودارهای ارائه شده: الف) نمودار $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ در مقابل SiO_2 . ب) نمودار K_2O در مقابل SiO_2 ۹۷

شکل ۵-۴- الف) تعیین محیط‌های زمین‌ساختی سنگ‌های آتشفشانی مورد بررسی با استفاده از نمودار Hf/3- Th- Ta ب) تفکیک محدوده‌های کمان آتشفشانی از درون صفحه‌ای با استفاده از نمودار $\text{Zr/AL}_2\text{O}_3$ در مقابل $\text{TiO}_2/\text{AL}_2\text{O}_3$ ۹۸

شکل ۵-۵- محیط تکتونیکی سنگ‌های منطقه و تفکیک کمان ماگمایی حاشیه فعال قاره‌ای از نوع کمان‌ها جزیره‌ای براساس:
 الف) تغییرات نسبت Th/Yb در برابر نسبت Ta/Yb. ب) تغییرات Zr در برابر Zr/Y ۹۷

شکل ۵-۶- الف) موقعیت سنگ‌های منطقه‌ی مورد بررسی در نمودار Rb/Y در برابر Nb/Rb. ب) نمودار Th/Yb در برابر Nb/Yb. پ) تعیین نقش رسوبات فروانده با استفاده از نمودار Ba/Th در برابر Th. ۱۰۱

شکل ۵-۷- الف و ب) نمودارهای عناصر خاکی نادر و عنکبوتی بهنجار شده به کندریت. پ) نمودار بهنجار شده به گوشته اولیه ۱۰۰

شکل ۵-۸- نمودار ضریب همبستگی پیرسون بین عناصر Cu-Ag, Cu-Zn, Cu-Pb, Zn-Ag, Pb-Ag و Zn-Pb در کانسار ابری، رهبری و چشمه مرضیه ۱۰۸

شکل ۵-۹- میزان تغییرات عناصر کمیاب در مقطع کانسار ابری براساس داده‌های ICP-MS ۱۰۹

شکل ۵-۱۰- الف) محل حفر گمانه‌ها بر روی تصویر ماهواره‌ای، منطقه ابری. ب) نمودار میانگین توزیع عنصر مس در نمونه‌های یازده گمانه بر حسب ppm ۱۱۴ ۱۱۶

شکل ۵-۱۱- تغییرات مس کل و اکسیدی در هر گمانه نسبت به عمق ۱۱۶

شکل ۵-۱۲- میزان تغییرات عناصر (Cu, Ag, Pb, Zn, AS, CO, Ni, Fe, Mn و Bi) در توالی سنگهای موجود در کانسار رهبری ۱۱۸

شکل ۵-۱۳- میزان پراکندگی عناصر Cu, Ag, Zn, Al, Pb و AS در سه منطقه ابری (AB)، رهبری (RH) و چشمه مرضیه (CM). ۱۱۹

شکل ۵-۱۴- نمودار تهی‌شدگی- غنی‌شدگی اکسیدهای اصلی در نمونه‌های دگرسانی نسبت به نمونه غیر دگرسان در منطقه چشمه مرضیه ۱۲۱

شکل ۵-۱۵- نمودار تهی‌شدگی- غنی‌شدگی عناصر کمیاب در نمونه‌های دگرسان نسبت به نمونه سنگ غیر دگرسان در منطقه چشمه مرضیه. ۱۲۳

شکل ۶-۱- پتروگرافی میانبارهای سیال. الف و ب) سیال دو فاز غنی از مایع (ابری)، پ) روند خطی میانبارهای ثانویه (ابری). ت) سیال دو فاز غنی از مایع (چشمه مرضیه). ث) سیال دو فاز غنی از مایع (چشمه مرضیه). ۱۲۷

شکل ۶-۲- الف) هیستوگرام فراوانی میزان شوری بر حسب درصد وزنی معادل NaCl. منطقه چشمه مرضیه (۴-۲) منطقه ابری (۸-۶). ب) هیستوگرام فراوانی دمای همگن شدن میانبارهای سیال دوفازی. منطقه چشمه مرضیه (۱۸۰-۱۵۰) و (۲۱۰-۱۸۰) و منطقه ابری (۲۴۰-۲۱۰). پ) نمودار شوری در مقابل دمای نهایی ذوب یخ. ۱۲۹

شکل ۶-۳- الف) نمودار دما- شوری جهت تعیین چگالی محلولهای NaCl-H₂O اشباع از بخار. ب) نمودار تعیین فشار بخار محلول بر اساس دمای همگن شدن و شوری. ۱۳۲

شکل ۶-۴- تعیین عمق به دام افتادن میانبارهای سیال ۱۳۳

شکل ۶-۵- نمودار شوری- دمای همگن شدن جهت تعیین فرآیندهای موثر در تکامل سیال و نهشت ۱۳۴

- شکل ۶-۶- نمودار محدوده دمای همگن شدن جهت تعیین منشاء سیال به دام افتاده..... ۱۳۵
- شکل ۶-۷- نمودار محدوده شوری و دما (Larg *et al.* 1988) در محدوده A کمپلکس‌های کلریدی و در محدوده B، کمپلکس‌های سولفیدی غلبه دارند..... ۱۳۶
- شکل ۶-۸- نمودار محدوده‌های دما و شوری میانبارهای سیال در کانسار ابری و چشمه مرضیه ۱۳۴
- شکل ۷-۱- موقعیت و پراکندگی کانسارهای با میزبان آتشفشانی- رسوبی و با تیپ‌های مختلف ۱۴۳
- شکل ۷-۳- الگوی تشکیل کانسارمس ابری و رهبری به صورت شماتیک ۱۶۲
- شکل ۷-۴- شوری میانبارهای سیال در مقابل ذخایر اپی‌ترمال (Simmons, 2005)..... ۱۶۵
- شکل ۷-۵- الگوی تشکیل کانسارمس چشمه مرضیه به صورت شماتیک..... ۱۶۶

جدول ۱-۱- مختصات جغرافیایی مناطق ابری، رهبری و چشمه مرضیه.....	۳
جدول ۱-۲- واحدهای سنگی تفکیک شده در سه منطقه ابری، رهبری و چشمه مرضیه.....	۳۷
جدول ۱-۴- کانی‌های تشکیل دهنده کانسار ابری، رهبری و چشمه مرضیه که به روش پراش اشعه ایکس (XRD) شناسایی شده‌اند.....	۷۵
جدول ۲-۴- توالی پاراژنتیکی کانیها در کانسار ابری و رهبری.....	۸۹
جدول ۳-۴- توالی پاراژنتیکی کانیها در کانسار چشمه مرضیه.....	۹۰
جدول ۱-۵- ضرایب همبستگی پیرسون کانسار ابری	۱۰۵
جدول ۱-۶- نتایج مطالعات حرارت سنجی بر روی میانبارهای سیال منطقه ابری (H) و منطقه چشمه مرضیه	۱۲۷
جدول ۱-۷- مقایسه ویژگیهای اساسی کانسارهای مس ابری، رهبری و چشمه مرضیه	۱۴۲
جدول ۲-۷- مقایسه کانسار مس ابری و رهبری با کانسارهای تیپ مانتو، طبقات قرمز آتشفشانی و نوع میشیگان	۱۴۵
جدول ۳-۷- خلاصه‌ای از کانسارهای اصلی تیپ مانتو در شیلی	۱۴۶
جدول ۴-۷- مقایسه کانسار ابری و رهبری با کانسارهای تیپ مانتو در شیلی.....	۱۴۸
جدول ۵-۷- مقایسه کانسار ابری و رهبری با کانسارهای تیپ مانتو در ایران.....	۱۵۰
جدول ۶-۷- تفکیک محیطهای اپی‌ترمال براساس؛ کانی‌شناسی، دگرسانی، PH، سولفیداسیون و اکسیداسیون در کشورهای مختلف	۱۵۱
جدول ۷-۷- مقایسه کانسار مس چشمه مرضیه با کانسار اپی‌ترمال رگه‌ای.....	۱۵۲
جدول ۸-۷- مقایسه کانسار چشمه مرضیه با کانسارهای اپی‌ترمال خنثی تا قلیایی در ایران (LS, IS)	۱۵۵
جدول ۹-۷- مقایسه کانسار چشمه مرضیه با کانسارهای اپی‌ترمال در ترکیه و مکزیک.....	۱۵۶

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

مطالعه و شناسایی مواد معدنی در هر جامعه‌ای، با توجه به رشد و توسعه صنعت در جوامع امروزی از اهمیت خاصی برخوردار است. نظر به اینکه مس نقش مهمی در توسعه اقتصادی کشور ایفا می‌نماید و در واقع با رشد تولیدات صنعتی همبستگی زیادی داشته و عامل مهمی در تضمین توسعه پایدار جامعه است، از این رو تولید و استفاده از آن در توسعه جامعه امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. منطقه بردسکن به دلیل قرار گرفتن بر روی نوار آتشفشانی- نفوذی، خواف- درونه که پتانسیل کانسارهای مس، آهن و طلا و غیره را دارا می‌باشد (Bazin and Hunber, 1969)، از اهمیت زیادی برخوردار است. کانسارهای مس ابری، رهبری و چشمه مرضیه نیز از انواع نهشته‌های مس بر روی این نوار می‌باشند. بدون شک شناخت واقعی یک ذخیره یا نشانه معدنی زمانی امکان پذیر است که کلیه عوامل مؤثر در تشکیل آن مورد شناسایی و بررسی علمی قرار بگیرد. با توجه به اینکه تاکنون مطالعه دقیق زمین‌شناسی اقتصادی در منطقه مورد نظر انجام نگرفته است، موضوع این تحقیق به آن اختصاص یافته است.

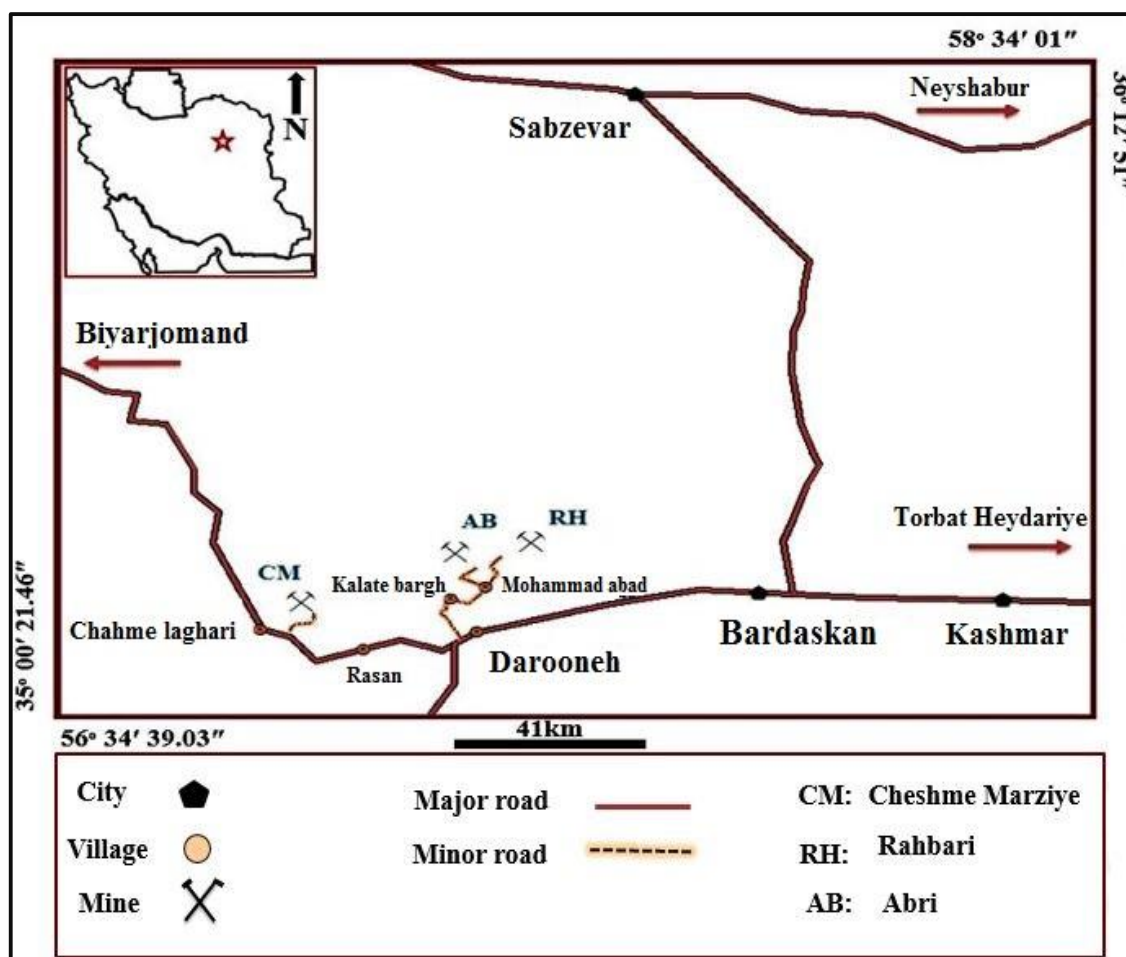
۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه

کانسار مس ابری در استان خراسان رضوی، ۸۰ کیلومتری شمال غرب بردسکن، ۲۵ کیلومتری روستای درونه، کانسار رهبری در ۴ کیلومتری شرق منطقه ابری و منطقه چشمه مرضیه در ۴۰ کیلومتری جنوب غرب منطقه ابری واقع هستند مختصات این مناطق در جدول (۱-۱) آورده شده است. دسترسی به محدوده معدنی از روستای درونه در جهت شمال غرب با طی مسافت ۱۵ کیلومتر در جاده خاکی تا روستای کلات‌برق و پس از آن در جهت شمال شرق با طی مسافت حدود ۱۸ کیلومتر تا روستای محمدآباد و مسافت حدود ۵ کیلومتر به سمت غرب روستای محمدآباد امکان پذیر می‌باشد. دسترسی به محدوده معدنی چشمه

مرضیه از روستای درونه در جهت غرب با طی مسافت ۴۰ کیلومتر در جاده آسفalte و پس از آن در جهت شمال شرق با طی مسافت ۱۵ کیلومتر در جاده خاکی امکان پذیر می‌باشد (شکل ۱-۱).

جدول ۱-۱- مختصات جغرافیایی مناطق ابری، رهبری و چشمه مرضیه.

مناطق مورد مطالعه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
ابری	۵۷° ۲۴' ۲۱"	۳۵° ۳۰' ۳۵/۱"
رهبری	۵۷° ۲۷' ۳۴"	۳۵° ۱۸/۸' ۶۰"
چشمه مرضیه	۵۷° ۷/۸' ۵۵"	۳۵° ۱۲' ۰۲"



شکل ۱-۱- نقشه موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به کانسار ابری، رهبری و چشمه مرضیه در شمال غرب بردسکن

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

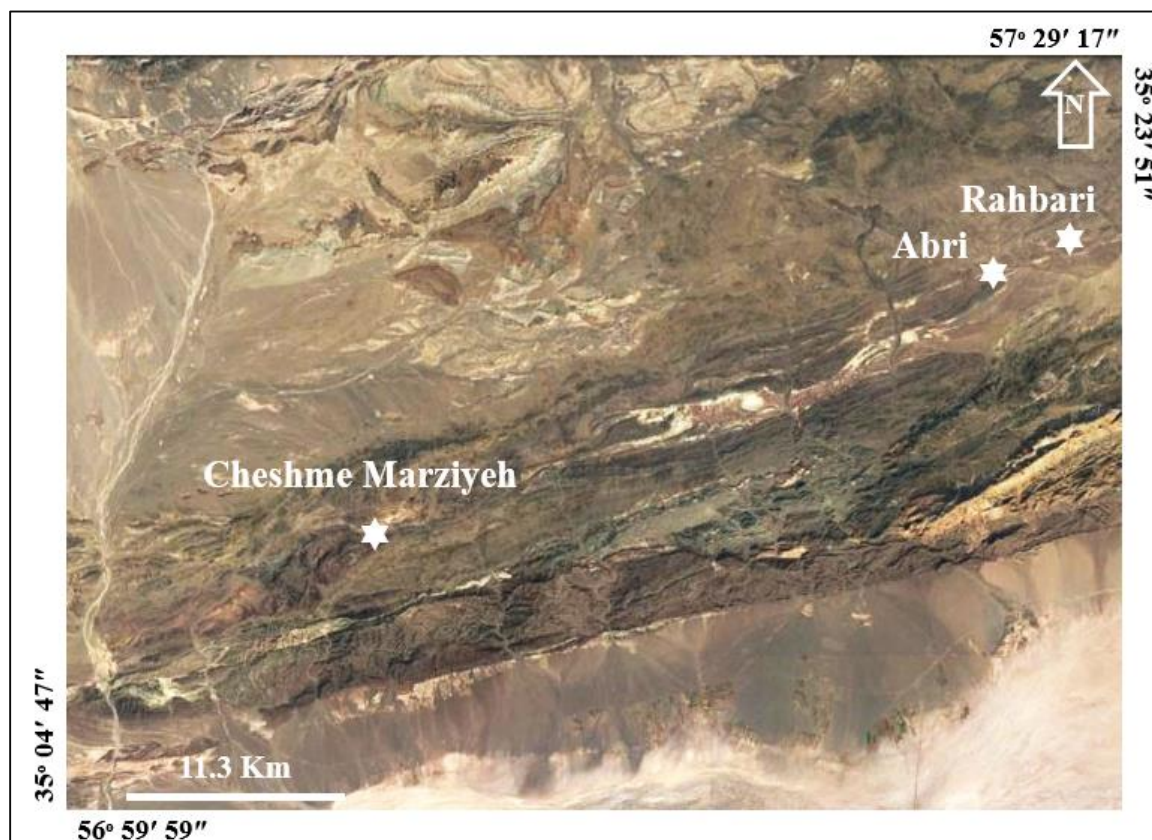
هوای منطقه از نوع آب و هوای گرم و خشک و کویری می‌باشد. منطقه دارای تابستان‌های طولانی و هوا گرم و سوزان زمستان‌های کوتاه و هوای معتدل و سرد می‌باشد. چشمه‌ها بسیار کم و محدودند و رودخانه‌ها بطور عمده از نوع فصلی هستند. کشاورزی در دشت جنوبی و در حاشیه نمکزار جنوب درونه و کال شور گسترده است. آب مورد نیاز کشاورزی به طور عمده از چاه‌های عمیق تأمین می‌شود. علاوه بر کشاورزی، دامداری در مناطق شمالی و میانی منطقه رونق دارد. از انواع مختلف گیاهان این منطقه می‌توان به بلقیص، گل زرد، سلمه، شور، خار گونی، بومادران و اشاره نمود در این منطقه علاوه بر گونه‌های ذکر شده گیاهی انواع مختلفی از گونه‌های درختی از جمله درخت بنه، زرشک، بید کوهی و بادام وحشی نیز رویده‌اند.

۱-۴- وضعیت معیشتی منطقه مورد مطالعه

بر اساس جدیدترین اطلاعات مرکز آمار ایران، روستای درونه دارای جمعیتی بالغ بر ۱۵۸۰ نفر و ۴۵۴ خانوار می‌باشد. علت نام‌گذاری این روستا بدلیل قرارگیری در قسمت جنوبی گسل درونه است. شغل مردم در قدیم‌الایام کشاورزی و دامداری بوده که امروزه بیشتر اهالی به کار دامداری مشغول‌اند و جوانان روستا به راه صنعت پیش رفته‌اند و اغلب آنها در معادن زغالسنگ طبس مشغول به کار هستند و تعداد محدودی از خانم‌ها به کار قالی‌بافی مشغولند. قابل ذکر است که وجود معادن ابری، رهبری و چشمه مرضیه می‌تواند برای اشتغال‌زایی مردم روستا مفید باشد. محصولات کشاورزی روستا بیشتر جو، گندم، پسته، زیره و پنبه است و دارای درختان میوه مختلف می‌باشند که از آن جمله می‌توان به انار، انجیر و انگور اشاره نمود که در حد تأمین مایحتاج آنها می‌باشد. اهالی روستا از امکانات رفاهی همچون آب، برق، مدرسه ابتدایی، راهنمایی، سال اول دبیرستان و درمانگاه بهره‌مند هستند. دهانه آب، آبشار درونه، چشمه جوشان زردکوه، که از آثار ملی ایران به ثبت رسیده از جمله جاذبه‌های گردشگری و تفریحی درونه محسوب می‌شوند.

۵-۱- زمین ریخت‌شناسی

زمین ریخت‌شناسی منطقه رابطه‌ای مستقیم با جنس واحدهای سنگی و ساختمان‌های زمین شناسی 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 زمین ریخت‌خشن پدیدار شده است. به طور کلی مورفولوژی منطقه، تحت تأثیر تنوع لیتولوژیکی با تفاوت در فرسایش‌پذیری و عملکرد گسل‌های رورانده و گسل‌های عرضی، شکل گرفته است. (شکل ۲-۱)



شکل ۲-۱- نمایی از زمین ریخت‌شناسی منطقه و موقعیت مناطق ابری، رهبری و چشمه مرضیه

منطقه را از نظر مورفولوژی 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.

ب- بخش ارتفاعات، رخنمون سنگ‌های منطقه در وسط نقشه با روند شرقی- غربی در نتیجه بالاآمدگی 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 بالاآمدگی در این ناحیه به نسبت زیاد است.

ج- بخش دشت شمالی، که عمدتاً توسط رسوبات کواترنری از جمله مخروطه افکنه 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 آبراه‌ای 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

فعالیت‌های معدنی در رابطه با کانی‌سازی مس در منطقه ابری و رهبری و اطراف آن به صورت فعالیت‌های قدیمی و آثار شدادی در چندین نقطه از توالی سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی میزبان کانه زایی به صورت حفر ترانشه و چاه با عمق محدود قابل مشاهده است. همچنین آثار سرباره‌های معدنی در منطقه چشمه مرضیه به فراوانی مشاهده می‌شود (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۳- الف) کانال حفر شده بر روی کار قدیمی (ابری).



شکل ۱-۳-ب) سرباره قدیمی اطراف معدن (چشمه مرضیه)

کمربند خواف- درونه که محدوده مورد بررسی نیز بخش کوچکی از آن است به علت دارا بودن پتانسیل‌های معدنی مورد توجه زمین‌شناسان و محققین بوده است. در این قسمت به مطالعات انجام شده در کمربند آتشفشانی- نفوذی، خواف- درونه و مطالعات انجام شده در منطقه ابری اشاره شده است. 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.

۱-۶-۱- مطالعات انجام شده در محدوده کمربند خواف- درونه

- کریم‌پور و ملک‌زاده (۱۳۸۳)، زمین‌شناسی، کانی‌سازی و آلتراسیون در محدوده اکتشافی مس KC5 (استان خراسان رضوی) را مورد مطالعه قرار دادند. برداشت آنها از این مطالعات به اینگونه بود که محلول کانه‌دار از مرزگسله میان بخش فوقانی که فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری و بخش تحتانی که سری عریانی بوده حرکت کرده و در افق مناسبی در درزه و شکستگی‌ها، کانی‌سازی مس صورت گرفته است.

- حیدریان و همکاران (۱۳۸۴)، مغناطیس سنجی زمینی بر روی بی-هنجاریهای مغناطیسی هواپردی در منطقه معدن مس دهنه سیاه و منطقه اکتشافی KC5 (بردسکن) را بررسی کرده‌اند و به این نتیجه رسیدند که کانی‌سازی اصلی و بی‌هنجاریهای مغناطیسی با هم مرتبط‌اند و وجه مشترک پردازش این مطالعات با بی‌هنجاریهای ژئوشیمی، نوع دگرسانی، حالت کانی‌سازی و نوع کانسارها نشان می‌دهد که کانی‌سازی از یک خاستگاه و در شرایط یکسانی تشکیل شده‌اند.

- قوی و همکاران (۱۳۸۵)، به کارگیری یافته‌های ژئوشیمیایی در معرفی کانی‌سازی بخش شرقی کمر بند ولکانو پلوتونیک شمال گسل درونه را مورد مطالعه قرار داده است و با توجه به مدل‌های کانسارسازی، الگوی کانه‌زایی در پهنه مورد مطالعه کانی‌سازی نوع اکسیدهای آهن را پیشنهاد می‌دهد.

- قوی و همکاران (۱۳۸۵)، ماگماتیسم ترشیری در بخش شرقی کمر بند ولکانو پلوتونیک درونه- تربت حیدریه- خواف را مورد بررسی قرار داد. تلفیق اکتشافات ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی وجود زون‌های کانی‌سازی آهن، مس را در پهنه مورد مطالعه نشان داده است و پی‌جویی‌های چکشی نیز آن‌ها را تأیید کرده‌اند. نتیجه مطالعات ماهیت کالک-آلکان برای ماگماتیسم و تمایل آشکار آن را نسبت به آلکان نشان می‌دهد.

- سادات عجایی و همکاران (۱۳۸۷)، ماهیت سیالات درگیر در سنگ‌های کالک-آلکان کانی‌سازی مس و طلا منطقه تنورجه (شمال کاشمر) مورد بررسی قرار داد و با توجه به مطالعات انجام شده بیان کرد که نمونه‌های منطقه در دو محدوده پورفیری و اپی‌ترمال قرار گرفته‌اند.

- قائمی و موسوی حرمی (۱۳۸۵)، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ درونه را تهیه کرده است.

- روحبخش (۱۳۸۹)، مطالعات پتروگرافی، آلتراسیون و ژئوشیمی رسوبات رودخانه‌ای در محدوده اکتشافی دهن قلعه، شمال غرب بردسکن را انجام داده است و با توجه به این مطالعات محدوده دهن قلعه را بخشی از کانسار ماسیو سولفید تکنار معرفی کرده است.

- روحبخش (۱۳۸۹)، مطالعه زمین‌شناسی و ارائه مدل کانی‌سازی در محدوده اکتشافی دهن قلعه، شمال غرب بردسکن را مورد مطالعه قرار داده است که مدل آن را مس پورفیری نوع مونزونیتی معرفی کرده است.

- کریم پور و همکاران (۱۳۸۹)، سنگ شناسی توده‌های نفوذی منطقه معدنی تکنار، بردسکن (کاشمر) را بررسی کردند و بر اساس آثار دگرگونی ناحیه‌ای، توده‌های نفوذی را به دو مجموعه: (۱) توده‌های اواسط تا اواخر پالئوزوئیک (گرانیت، گرانودیوریت و دیوریت) و (۲) توده‌های پس از پالئوزوئیک (گرانیت، کوارتز مونزونیت و ترونجمیت) تقسیم بندی کرده است.

- هاشمی (۱۳۸۹)، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز طلا در شمال بردسکن را در راستای پایان نامه ارشد مورد بررسی قرار داده است و براساس داده های حاصله پتانسیل طلای بردسکن را مشابه ذخایر طلای اپی ترمال سولفیداسیون پائین معرفی کرده است.

- 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- تورمالین‌دار حدود ۳۵ درجه سانتی‌گراد بالاتر از سیالات رگه‌های کوارتز تیپ مگنتیت است و برای شوری سیال برعکس می‌باشد.

- شکری و همکاران (۱۳۸۹)، با بررسی کانه‌زایی مس و آلتراسیون‌های موجود در محدوده برناباد بردسکن پیشنهاد می‌کند که کانه‌زایی مس- طلا در منطقه به سه صورت عمده می‌باشد و شامل: (۱) کانی‌سازی انتشاری، (۲) کانی‌سازی مرتبط با گسل‌ها، درزه‌ها و شکستگی‌ها و (۳) رگه‌های کوارتزی هیدروترمالی که دارای کانه‌های ماسیو سولفاید می‌باشد.

- کوچکی (۱۳۹۰)، شناسایی سازوکار گسل درونه در جنوب تربت حیدریه را در راستای پایان نامه ارشد مورد مطالعه قرار داده است. وی اظهار داشته که سازوکار گسل درونه زمانی در بخش مرکزی بصورت

امتداد لغز راست بر بوده و سپس در زمانی دیگر با تغییر میدان تنش در شمال شرق ایران، این سازوکار به امتداد لغز چپ بر تغییر یافته است.

- نعیمی (۱۳۹۰)، نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ درونه را تهیه کرده است.

- توکلی فریمانی (۱۳۹۲)، به بررسی کانی سازی و اکتشافات ژئوشیمی اندیس سرب و روی سرنخواب ۲، شمال غرب بردسکن پرداخته است. با توجه به مطالعات انجام شده کانی سازی کنترل گسلی داشته و به صورت رگه ای و جانشینی در سنگ میزبان تشکیل شده است.

- زیرجانی زاده و همکاران (۱۳۹۰)، با بررسی توزیع فضایی مکانی سازی مس و آهن در شرق کمربند خواف- درونه با استفاده از روش آنالیز فرای ارتباط بین ساختارها و کانی سازی را نشان داده است. و ساختارهای با روند شمال غرب- جنوب شرق را برای کنترل موقعیت اندیس های آهن و امتداد شمال غرب- جنوب شرق و شرقی- غربی را برای اندیس های مس پیشنهاد می کند.

- مرتضی نژاد (۱۳۹۳)، عملیات ژئوفیزیک به روش IP/RS را به منظور اکتشاف سولفور مس و عمق کانی سازی در منطقه ابری و چشمه مرضیه انجام داده است.

- قربانی و صالح پور (۱۳۹۳) نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ منطقه ابری و چشمه مرضیه را تهیه کرده است

- قربانی و صالح پور (۱۳۹۳) نقشه تکتونیکی ۱:۵۰۰۰ منطقه ابری و چشمه مرضیه را تهیه کرده است.

- میلانلو (۱۳۹۴)، در راستای پایان نامه ارشد به بررسی کانی سازی مس در کانسار مس نسیم (بردسکن) با استفاده از شواهد ژئوشیمی و مطالعات سیالات درگیر پرداخته اند و این کانسار را به عنوان کانسار تیپ مانتو معرفی کرده اند.

۱-۶-۲- مطالعات انجام شده در ایران (هم‌تپ کانسارمس ابری و رهبری)

- سامانی (۱۳۸۱)، در غالب پایان نامه و مقاله به بررسی منطقه معدنی عباس آباد در شمال شرق شاهرود پرداخته است. کانه‌زایی محدود به واحد آندزیت مگاپورفیری با میان لایه‌هایی از توف برش بوده و به صورت چینه‌کران و همچنین کانه‌زایی به صورت رگه-رگچه‌ای، پرکننده فضای خالی و لایه‌ای می‌باشد.
- علی‌زاده و همکاران (۱۳۸۹)، به بررسی سنگ‌نگاری، ژئوشیمی، کانی‌شناسی، مطالعه میانبارهای سیال و تعیین سنگ‌های آتشفشانی منطقه قابل تفکیک به آندزیت، آندزیت-بازالت، بازالت و رخنمون‌های کوچکی از آذرآواری‌ها به صورت توف هستند بنابراین براساس ویژگی‌های شناسایی شده، کانسار مس ورزگ قابل مقایسه با کانسارهای مس نوع مانتو و کانسارهای مس نوع Volcanic redbed است.
- ابولی‌پور و همکاران (۱۳۹۰)، به بررسی کانه‌زایی مس چینه‌کران نوع مانتو کشکویه رفسنجان، زیر پهنه دهج- ساردویه، پرداخته است. طبق بررسی‌ها، شکل هندسی و ژئومتری ماده معدنی در این معادن چینه‌کران و سنگ درون‌گیر آنها آندزیت پورفیری و بیتومن‌دار 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. سنگ‌های دربرگیرنده، شامل تناوبی از گدازه‌ها (آندزیت، تراکی آندزیت، آندزیت-بازالت و بازالت) و مواد آذرآواری (انواع توف و آگلومرا) هستند. احتمالاً کانی‌سازی مس همراه با ولکانیسم‌های زیر دریایی به وجود آمده است. بر اساس ویژگی‌های شناسایی شده، کانسارمس گرماب قابل مقایسه با کانسارهای مس نوع مانتو می‌باشد.
- رضاپور و همکاران (۱۳۹۲)، به بررسی کانه‌زایی مس در ورزق با میزبانی سنگهای آندزیت، تراکی آندزیت، آندزیت بازالت به سن پالئوسن - ائوسن زیرین پرداخته‌اند و چرخش محلولهای هیدروترمال در گدازه‌ها، عامل تشکیل کانه‌سازی مس دانسته‌اند.

۱-۶-۳- مطالعات انجام شده در ایران (هم‌تیپ کانسار مس چشمه مرضیه)

- امام جمعه و همکاران (۱۳۸۵)، به معرفی واحد کانه‌زایی افشان- رگچه‌ای و رگه‌ای مس (سرب، روی) در محدوده معدنی چاه موسی- قله کفتران، بخش شرقی کمان ماگمایی ترود- چاه شیرین پرداخته است و نتیجه گرفته که کانه‌زایی مربوط به یک سامانه واحد کانه‌زایی است که در ارتباط با تکامل سیالات گرمایی کانه‌دار و آمیختگی با آب‌های سرد و کم شور، سبب کانه‌زایی مس (سرب، روی) شده است.

- قاسمی سیانی (۱۳۸۸)، در قالب پایان نامه ارشد، زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار پلی‌متال (سرب، روی، مس، نقره و طلا) چشمه حافظ سمنان را مورد بررسی قرار داد و این کانسار را به عنوان کانسار اپی‌ترمال سولفیداسیون حدواسط معرفی کرده است.

- مهرابی و همکاران (۱۳۹۰)، کانه‌زایی پلی‌متال سرب- روی، مس و آنتیموان در محدوده معدنی گله‌چاه- شوراب را مطالعه و کانه‌زایی را از نوع رگه- رگچه‌ای و انتشاری و مرتبط با تحول سیالات گرمایی کانه‌دار و اختلاط با آبهای جوی دارای دما و شوری پایین در منطقه دانسته‌اند.

ناهدی‌فر (۱۳۹۳)، در قالب پایان نامه ارشد، به بررسی کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار مس دیان (جنوب دامغان) پرداخته و این کانسار را در گروه کانسارهای مس رگه‌ای قرار داد.

- حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۴)، سنگ‌شناسی، دگرسانی و کانه‌زایی رگه- رگچه‌ای چندفلزی (مس- سرب- روی) در منطقه لوبین- زرده، شمال خاور زنجان را مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسیدند که می‌توان کانی‌زایی رگه- رگچه‌ای فلزات پایه (مس- سرب- روی) در منطقه لوبین- زرده را می‌توان در رده کانسارهای رگه‌ای اپی‌ترمال قرار داد.

- رئیسی (۱۳۹۴)، به بررسی مطالعات زمین‌شناسی، دگرسانی گرمایی، ژئوشیمی و سیالات درگیر، کانی- سازی مس مزده (جنوب نطنز) پرداخته است و این کانسار را به عنوان کانسار اپی‌ترمال سولفیداسیون حدواسط معرفی کرده است.

۱-۶-۴- مطالعات انجام شده مشابه در جهان

- (Boric *et al.*, 2002)، با بررسی زمین‌شناسی کانسار Cu (Ag) تیپ مانتو در السولدادوا (مرکز شیلی)، این کانسار را به عنوان یک کانسار چینه‌کران مزوترمال معرفی کرده‌اند که در واحد بازالت و ریوداسیت کالک آلکالن کرتاسه به همراه میان لایه‌های شیلهای سیاه و ولکانیک آرنایت‌ها قرار گرفته‌اند.
- (Ramirez *et al.*, 2006)، کانسار مس مانتو بلانکوس در محدوده ساحلی شمال شیلی را مورد بررسی قرار داده است و آن را یک کانسار سولفیدی مس تقریباً چینه‌کران، هیدروترمال و پراکنده در متاولکانیک-های اسیدی آلبیتی تریاس معرفی کرده است.
- (Camprubi and Albinson, 2006)، به بررسی کانسارهای اپی‌ترمال در مکزیک پرداخته است. بر اساس مطالعات صورت گرفته، اکثر کانسارهای اپی‌ترمال در مکزیک متعلق به کانسارهای سولفید حدواسط تا پایین هستند.
- (Oyman *et al.*, 2003)، کانسار طلای اپی‌ترمال Efemcukuru در ازمیر ترکیه را یک کانسار رگه‌ای اپی‌ترمال سولفید پایین معرفی می‌کند. فلزات اصلی این کانسار شامل طلا، منگنز، سرب، روی و مس می‌باشند. کانه‌زایی در آن بصورت رگه‌ای، رگه-رگچه‌ای و جانشینی و در سنگ میزبان ریولیتی رخ داده است.
- (Yilmiz *et al.*, 2010)، کانسار طلا اپی‌ترمال در سنگ‌های آتشفشانی ترشیاری در Sahili (غرب ترکیه)، را به عنوان یک کانسار سولفیداسیون حدواسط معرفی می‌کند. فلزات اصلی در این کانسار طلا، نقره، سرب، روی و مس می‌باشند.

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. کانه‌زایی مس در ورقه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ در زون ساختاری ایران مرکزی در توالی سنگ‌های ائوسن گزارش شده است. نظر به اینکه کانی‌سازی مس ابری، رهبری و چشمه‌مرضیه یکی از پتانسیل‌های مس در منطقه معدنی درونه است، مطالعات اقتصادی آن می‌تواند داده‌های سودمندی را از چگونگی فرایندهای مؤثر در تشکیل و تمرکز کانه‌ها در اختیار ما قرار دهد و همچنین بررسی زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ساخت و بافت، ژئوشیمی و ارائه مدل تشکیل برای این ذخایر 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 زمین‌اقتصادی عبارتند از:

- بررسی‌های زمین‌شناسی و ژئوشیمی (کانسارهای ابری، رهبری و چشمه‌مرضیه) و مقایسه آن با یکدیگر.
- بررسی دگرسانی‌های موجود در منطقه و ارتباط آنها با کانه‌زایی.
- تعیین محیط تکتونیکی کانسار مورد نظر و تأثیر آن بر روی کانه‌زایی.
- تعیین خاستگاه و منشأ عناصر.
- تعیین تیپ کانه‌زایی و سن کانه‌زایی.
- ارائه الگوی تشکیل و کنترل‌کننده‌های اصلی کانه‌زایی در منطقه.
- ارائه کلید اکتشافی جهت پی‌جویی کانه‌زایی‌های مشابه احتمالی در مقیاس ناحیه‌ای.

۸-۱- روش مطالعه

انجام این تحقیق طی چند مرحله صورت گرفته است که شامل مطالعات دفتری، مطالعات صحرایی، مطالعات آزمایشگاهی و دستگاهی، پردازش و در انتها مطالعات دفتری و تفسیر داده‌ها می‌باشد که در این بخش به طور مختصر آنها را معرفی می‌کنیم.

۱-۸-۱- مطالعات دفتری

گام نخست در انجام این پروژه، گردآوری و مطالعه منابع و اطلاعات موجود است که به صورت زیر انجام شده است.

- مطالعات کتب و مقالات مرتبط با موضوع مورد نظر و گردآوری اطلاعات از طریق سازمان‌های تحقیقاتی، کتابخانه، سایت‌های معتبر علمی و غیره.
- 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.
- ارتباط با زمین‌شناسان باتجربه داخلی و خارجی جهت تهیه منابع معتبر.

۱-۸-۲- مطالعات صحرایی

پس از مطالعات دفتری و آشنایی کلی با منطقه مورد نظر، بازدیدهای صحرایی در چند مرحله به شرح زیر انجام گرفت:

- بازدیدهای مقدماتی به منظور آشنایی بیشتر با منطقه مورد مطالعه و انطباق اطلاعات موجود با مشاهدات صحرایی و برداشت‌های مقدماتی.
- شناسایی و تفکیک واحدهای سنگی و نمونه برداری از واحدهای مختلف که برای مطالعات زیر صورت می‌گیرد:
- نمونه‌برداری از رخنمون‌های مختلف در منطقه به منظور تفکیک واحدهای سنگی.
- نمونه برداری از سنگ میزبان و سنگ در برگیرنده به منظور تفکیک آن‌ها.
- نمونه برداری در جهت عمود بر رگه و در امتداد رگه معدنی به منظور مطالعه فراوانی و همبستگی عناصر و مطالعات کانی‌شناسی.

- نمونه‌برداری از مناطق دگرسانی در منطقه معدنی به منظور شناسایی دگرسانی‌های مرتبط با کانی‌سازی.
- بررسی جایگاه چینه‌شناسی کانه‌زایی‌ها و ارتباط آنها با سنگ‌های توالی میزبان
- مطالعه ژئومتری، ساخت و بافت ماده معدنی در مقیاس محلی، رخنمون و نمونه دستی.
- بررسی ارتباط کانه‌زایی با پدیده‌های ساختاری مثل گسل‌ها .
- تهیه نقشه زمین‌شناسی بزرگ مقیاس از کانسار ابری، رهبری و چشمه مرضیه.
- تهیه نقشه تکتونیکی منطقه معدنی به مقیاس ۱:۵۰۰۰ از کانسار ابری، رهبری و چشمه مرضیه
- تهیه مقاطع لیتواستراتیگرافی و لیتوژئوشیمیایی در جهت عمود بر روند لایه‌بندی به منظور تعیین جایگاه احتمالی افق‌های کانه دار در منطقه و برداشت نمونه‌های لازم به منظور مطالعات سنگ‌شناسی، کانی شناسی، ژئوشیمی، سیالات درگیر.
- بازبینی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰ درونه.
- بازدید نهایی از منطقه به منظور کنترل نتایج و اطلاعات بدست آمده.

۱-۸-۳- مطالعات آزمایشگاهی و دستگاهی

- در این مرحله پس از انجام نمونه‌برداری، نمونه‌ها با توجه به هدف مطالعه مقاطع میکروسکوپی تهیه و مورد مطالعه قرار گرفت.
- تهیه مقاطع نازک و صیقلی توسط دانشگاه فردوسی مشهد و مطالعات آن‌ها در بخش زمین‌شناسی دانشگاه شاهرود صورت گرفته است و شامل موارد زیر می‌باشد:
 - تهیه ۱۰۰ مقطع نازک از نمونه‌های سنگی مختلف جهت مطالعات پتروگرافی بر روی کانی آنها
 - تهیه ۳۰ مقطع صیقلی از نمونه‌های معدنی جهت مطالعات مینرالوگرافی.

- تهیه ۲ مقطع دو بر صیقلی از رگه‌های سیلیسی و کانه‌دار جهت مطالعات میکرومتری سیالات درگیر توسط سازمان زمین‌شناسی کشور.

- تجزیه نمونه‌ها توسط شرکت کانساران بینالود ایران و همچنین تحت حمایت سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران در آزمایشگاه‌های مرکز تحقیقات و فرآوری مواد معدنی ایران صورت گرفته است.

- تجزیه ۳۰ نمونه به منظور تعیین میزان عناصر کمیاب و عناصر نادر خاکی به روش‌های طیف سنجی جرمی - پلاسمای القایی^۱ (ICP- MS).

- تجزیه ۱۷ نمونه به روش فلورسانس اشعه ایکس^۲ (XRF)، به منظور تعیین میزان عناصر اصلی و فرعی در سنگ‌های موجود در منطقه.

- تجزیه ۱۱ نمونه به روش پراش اشعه ایکس^۳ (XRD)، به منظور تعیین کانی‌های اصلی و فرعی در سنگ‌های موجود در منطقه.

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

نتایج حاصل از مراحل قبلی با مطالعه کتاب‌های مرجع، مقالات و نیز استفاده از نرم افزارهای کامپیوتری، دسته‌بندی پردازش و تلفیق گردیده و در نگارش پایان نامه مورد استفاده قرار گرفته است که شامل مراحل زیر می‌باشد.

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

1- Inductively coupled plasma mass spectrometry

2- X-Ray Diffraction

3- X-ray fluorescence

- ترسیم نقشه‌های زمین‌شناسی با استفاده از نرم افزار Arc Gis.
- تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از تجزیه نمونه‌ها با استفاده از نرم افزارهای تخصصی GCD kit، Global Mapper و نرم افزار آماری SPSS.
- تلفیق داده‌های فوق‌الذکر با داده‌های حاصل از مطالعه مقالات و کتب مربوط به منظور ارائه مدل کانه‌سازی در منطقه و نیز مقایسه‌ی این کانه‌زایی با نهشته‌های مشابه در جهان.
- نگارش فصول پایان نامه.

فصل دوم

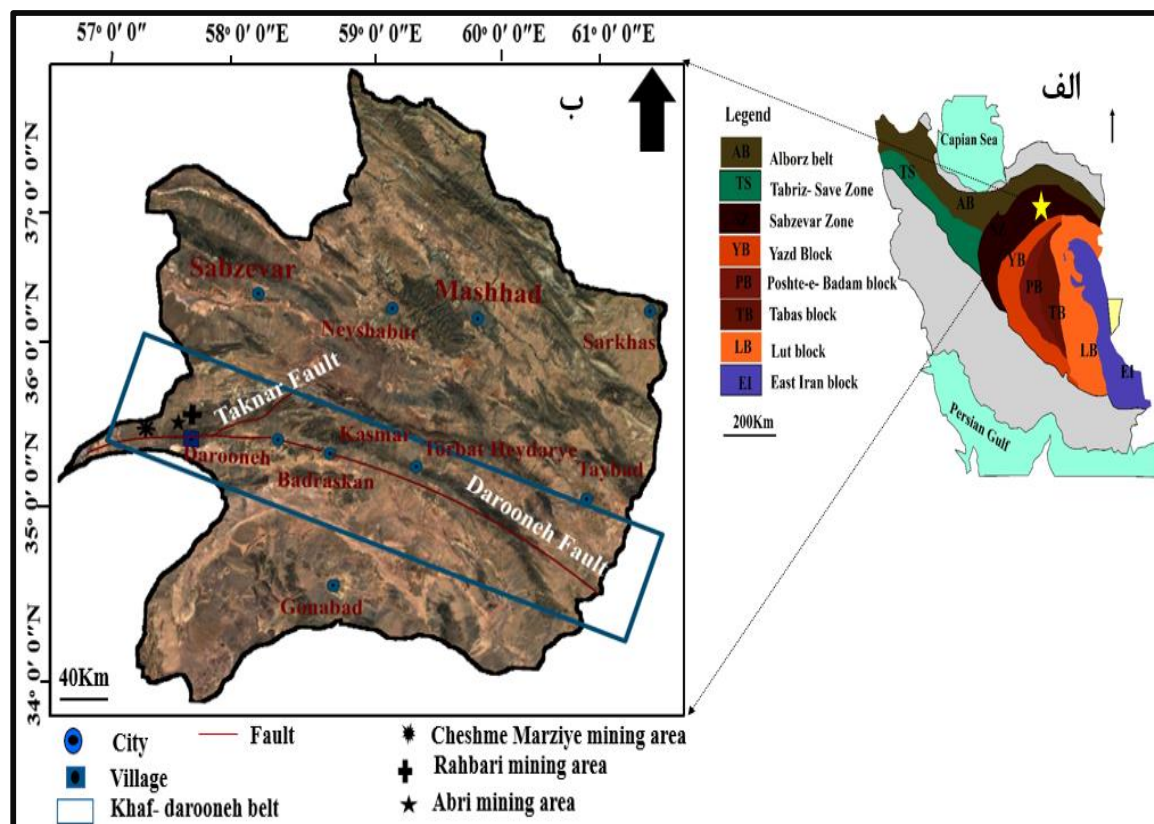
زمین شناسی

۲-۱- مقدمه

محدوده مورد مطالعه در قسمت میانی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ درونه (قائمی و موسوی حرمی، ۱۳۸۵)، در استان خراسان رضوی، شمال غرب بردسکن واقع شده است. ورقه درونه با قرار گرفتن در حاشیه شمالی ایران مرکزی و جنوب پهنه سبزوار (Alavi, 1991) و با وجود فعالیت‌های ماگمایی شدید در سنوزوئیک و همچنین گسل فعال درونه در جنوب آن، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. واحدهای سنگی متنوعی از پرکامبرین تا عهد حاضر در محدوده ورقه رخنمون دارند لذا چینه‌شناسی منطقه مورد نظر شامل برونزدهایی از ائوسن تا رسوبات کواترنری (سنوزوئیک) می‌باشد. رخنمون‌های سنگی منطقه معدنی ابری، رهبری و چشمه مرضیه بخشی از کمربند خواف- درونه (خواف- تربت حیدریه- کاشمر- بردسکن) است که در جنوب توسط گسل درونه از دشت و نمکزارها جدا می‌شود و عمدتاً شامل مجموعه‌های آتشفشانی- رسوبی و رسوبی با سن ائوسن میانی هستند در این فصل با استفاده از اطلاعات بدست آمده به شرح زمین‌شناسی ناحیه‌ای، منطقه‌ای و معدنی و همچنین شرح چینه‌شناسی، زمین‌شناسی اقتصادی و زمین‌شناسی ساختمانی مناطق مورد مطالعه پرداخته خواهد شد و در انتها ویژگی‌های زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی هریک از کانسارهای مورد نظر را بیان می‌کنیم.

۲-۲- زمین‌شناسی ناحیه‌ای

در مقیاس ناحیه‌ای و از نظر زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه بخشی از پهنه ساختاری ایران مرکزی است و در جنوب زیر پهنه سبزوار، در بخش غربی کمربند کمر بند آتشفشانی- نفوذی خواف- درونه قرار دارد (شکل ۲-۱).



شکل ۱-۲- الف) زیر پهنه ایران میانی از دیدگاه علوی (Alavi, 1991). ب) ناحیه مورد مطالعه بر روی کمر بند خواف- درونه

۱-۲-۲- زیر پهنه سبزوار

منطقه مورد مطالعه از نظر زیر پهنه‌های ساختاری، جزئی از زیر پهنه ساختاری سبزوار به شمار می‌آید. زیر پهنه سبزوار- تربت جام شامل گستره‌های محدود بین گسل میامی- سنگ بستر و گسل درونه است که در یک روند تقریبی شرقی- غربی از سبزوار تا مرز افغانستان ادامه دارد. در این زیر پهنه سنگ‌های پالئوزوئیک و مزوزوئیک برونزد محدود دارند. برونزدهای سنگی عمده این زیر پهنه را می‌توان در سه گروه بزرگ دسته بندی کرد:

گروه اول مجموعه‌های افیولیتی سبزوار و تربت حیدریه هستند که خاستگاه اقیانوسی داشته و بیشتر از نوع سنگ‌های اولترامافیک هستند (دونیت ، پریدوتیت ، گابرو و غیره) که سنگ‌های رسوبی همراه آنها معرف

زمان کرتاسه پسین و محیط‌های نسبتاً ژرف اقیانوسی است. این سنگ‌ها میزبان ذخایر گوناگونی از نوع کرومیت، منیزیت، هونتیت و غیره می‌باشند.

گروه دوم مجموعه‌های آتشفشانی اوایل ترشیری (ائوسن) هستند که معمولاً از شمال بردسکن تا شمال تربت حیدریه و تا نزدیک مرز افغانستان (شمال گسل درونه) رخنمون دارند. بطور عام، تزریق توده‌های نفوذی در این مجموعه‌های ولکانیکی همراه با پدیده‌های دگرسانی و کانی‌سازی است. توالی آتشفشانی رسوبی ائوسن در جنوب پهنه سبزوار به فعالیت‌های آتشفشانی زیردریایی در یک حوضه کم عمق نسبت داده شده است (Lindenberg and Jacobshagen, 1983).

گروه سوم توالی‌های رسوبی فلیش گونه هستند که تغییرات سنی آن‌ها از ائوسن تا زمان نئوژن است

۲-۲-۲- کمر بند آتشفشانی - نفوذی خواف - درونه.

کمر بند آتشفشانی - نفوذی خواف - درونه یکی از مشهودترین ساختارهای خطی ایران به شمار می‌آید و با طول بیش از ۵۰۰ کیلومتر، پهنای متغیر از ۱۵ تا ۸۰ کیلومتر و امتداد شرقی-غربی، در شمال شرق ایران و در شمال بلوک لوت و در پهنه ساختاری ایران مرکزی واقع شده است. بخش شرقی این کمر بند (از تربت حیدریه به سمت شرق) به صورت چندین بلوک سنگی بالا زده با امتداد شمال غرب جنوب شرق با متوسط پهنای تقریبی ۱۷/۵ کیلومتر با مرز افغانستان و منطبق بر گسل هریرود گسترش یافته است. این کمر بند به طور عمده از سنگ‌های آتشفشانی اسیدی تا حدواسط و گاه مافیک شامل داسیت، ریوداسیت، آندزیت، پیروکسن آندزیت، آندزیت-بازالت، لاتیت، تراکی آندزیت، توف، لاپیلی توف و آگلومرا با سن ترشیاری تشکیل شده است. از نظر زمین ریخت‌شناسی ادامه شرقی گسل درونه محدود کننده مرز جنوبی این کمر بند می‌باشد. بر اساس مشاهدات صحرایی و مقایسه با سایر نواحی (Fauvele and Eftekhar Nezhad, 1990)،

از لحاظ چین‌نگاری و سنگ‌شناسی در بخش شرقی این کمربند رخنمون‌هایی از سنگ‌های رسوبی- دگرگونی متعلق به پروتروزوئیک تا مزوزوئیک شناسایی شده است و توالی کلی سنگ‌های متعلق به پالئوسن- ائوسن در پهنه مورد مطالعه در قالب سه مجموعه متمایز شده‌اند. در مجموعه زیرین: سنگ‌های آذرین با ترکیب بازی تا اسیدی شامل: بازالت، آندزیت، آندزیت- بازالت، بازالت و تراکی آندزیت از ویژگی‌های این مجموعه می‌باشد. تشکیلات ضخیمی از برش‌های ولکانیکی، ایگنمبریت، توف و واحدهای آندزیتی بارالتی با فنوکریست‌های درشت پلاژیوکلاز در این کمپلکس قرار گرفته‌اند. مجموعه میانی: از واحدهای آتشفشانی- رسوبی تشکیل شده است که در یک محیط دریایی کم‌عمق نهشته شده و خود دارای تنوع سنگ‌شناسی گسترده‌ای می‌باشد. با توجه به محتوی فسیلی از جمله نومولیت، آلووین و غیره سن ائوسن زیرین برای این مجموعه در نظر گرفته شده است. مجموعه زیرین: سنگ‌های آتشفشانی شامل داسیت‌های دگرسان نشده، آندزیت و جریان‌های بازالتی با میان لایه‌های از توف و برش‌های اسیدی و به طور محلی ایگنمبریت‌های پولیتی و افق‌های حاوی ابسیدین و بمب تشکیل دهنده این کمپلکس هستند. نفوذی‌های متعددی با سن ائوسن بالایی- الیگوسن زیرین با ترکیب دیوریت و سینیت، به شکل استوک و دایک به صورت توده‌های مجزا و هم به صورت توده‌های حاشیه‌ای، محصور از تفریق بخش‌های اسیدی در سرتاسر پهنه مورد مطالعه دیده می‌شود. ویژگی‌های کانی‌شناسی سنگ‌های آتشفشانی گستره مورد مطالعه، دگرسانی‌های مختلفی را نشان می‌دهند. از متداولترین فرآیندهای دگرسانی، پروپلیتی شدن (کلریتی و اپیدوتی شدن) و کربناتی شدن می‌باشد. عبور محلول‌های هیدروترمال از خلال شکستگی‌ها ناشی از فعالیت گسل‌ها سریع شده و در نتیجه کانی‌سازی در اطراف شکستگی‌ها نیز شدیدتر شده است. این کمربند با سن ترشیری منطبق بر حاشیه جنوبی فعال پلیت قاره‌ای اوراسیا بوده و در یک پهنه فرورانش پوسته اقیانوسی- قاره‌ای قرار گرفته است. در این کمربند پهنه‌های دگرسانی گرمایی به تعداد زیاد و همچنین شبکه متراکمی از گسل‌ها همراه با تمرکز محلول‌های هیدروترمالی کانه‌ساز وجود دارند.

۲-۳- چینه شناسی ناحیه‌ای

واحدهای سنگی متنوعی از پرکامبرین تا عهد حاضر در محدوده ورقه ۱۰۰۰۰۰: ۱ درونه رخنمون دارند (قائمی و موسوی حرمی، ۱۳۸۵)

۲-۳-۱- پرکامبرین، پالئوزوئیک و مزوزوئیک: قدیمی‌ترین سنگ‌های ناحیه در ورقه درونه مربوط به سازند تکنار می‌باشد و شامل توالی ضخیمی از توف، لاپیلی توف، دیاباز، سیلت‌استون و سنگ ماسه با درون لایه‌هایی از دولومیت با رنگ کلی سبز تیره است. این مجموعه تحت تأثیر دگرگونی، در حد رخساره شیست سبز قرار گرفته است. نهشته‌های پالئوزوئیک در شرق ورقه درونه 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. نهشته‌های ژوراسیک، 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. نهشته‌های کرتاسه زیرین، به طور کلی شامل: واحد سنگ‌ماسه خاکستری تیره و سنگ آهک با رنگ خاکستری روشن، واحد مارن، واحد ماسه سنگ 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 نهشته‌های قدیمی را می‌پوشانند. قابل ذکر است که آمیزه‌های افیولیتی که بخشی از پوسته اقیانوسی سری افیولیتی پهنه سبزوار هستند توسط گسل‌های راندگی و راستا لغز در این مکان جایگزین شده‌اند. رخنمون- های سنگی در کرتاسه فوقانی، شامل؛ آمیزه‌های افیولیتی، سنگ‌های آذرآواری (توف، لاپیلی توف، آگلومرا

و سنگ ماسه توفی سبز رنگ)، سنگ‌های آتشفشانی (آندزیت، تراکی آندزیت، کوارتز تراکیت و ریولیت و سنگ آهک گلوبرتروکانا است.

۲-۳-۲- سنوزوئیک: در گستره وسیعی از قسمت‌های میانی نقشه و 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: ماسه سنگ، ماسه سنگ توفی، مارن، سنگ سیلیت و سنگ آهک، (۲) مجموعه آتشفشانی، شامل: آندزیت، پیروکسن آندزیت، آندزیت بازالت و بازالت به رنگ سیاه تا سبز تیره و (۳) مجموعه آذرآواری، شامل: آگلومرا، توف، لاپیلی توف و توف آندزیتی به رنگ قرمز تا سبز می‌باشد، این واحد در درون لایه‌های آگلومرای، ضخامت اندک از سنگ آهک و سنگ آهک ماسه‌ای کرم رنگ حاوی نومولیت و آلئوین جای دارند. در بخش مرکزی و شرق نقشه مجموعه سنگ‌های ائوسن فوقانی که شامل یک سری از سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری و مجموعه رسوبی می‌باشند، رخنمون دارند. مجموعه رسوبی شامل تناوبی از ماسه سنگ، سنگ سیلت، مارن سیلتی و سنگ آهک می‌باشد بر روی این واحد سنگی مجموعه سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری جای می‌گیرد که به چهار واحد مجزا قابل تفکیک هستند و عبارتند از: (۱) سنگ‌های آتشفشانی از نوع آندزیت، آندزیت پورفیری و پیروکسن آندزیت، (۲) آگلومرا به رنگ قهوه‌ای تا قرمز، (۳) بازالت و آندزیت بازالت به رنگ سیاه و (۴) آندزیت، تراکی آندزیت و آندزیت. مجموعه رسوبی الیگوسن- ائوسن به صورت دگرشیب بر روی نهشته‌های ائوسن تا کرتاسه قرار گرفته‌اند. به طور کلی این مجموعه شامل: (۱) تناوبی از سنگ ماسه و کنگلومرای ریز به رنگ قهوه‌ای روشن تا زرد، (۲) تناوبی از سنگ آهک با سیلت‌استون و سنگ ماسه سبز رنگ و (۳) تناوبی از کنگلومرای توده‌ای و سنگ ماسه با درون لایه‌هایی از مارن به رنگ قرمز تا سبز. نهشته‌های میوسن با لیتولوژی ماسه سنگ، کنگلومرا، مارن، سنگ سیلت و مارن، بصورت هم‌شیب

بر روی هم قرار گرفته‌اند. نهشته‌های کواترنری در ورقه درونه در جنوب گسل درونه به طور وسیعی گسترش دارند و 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،

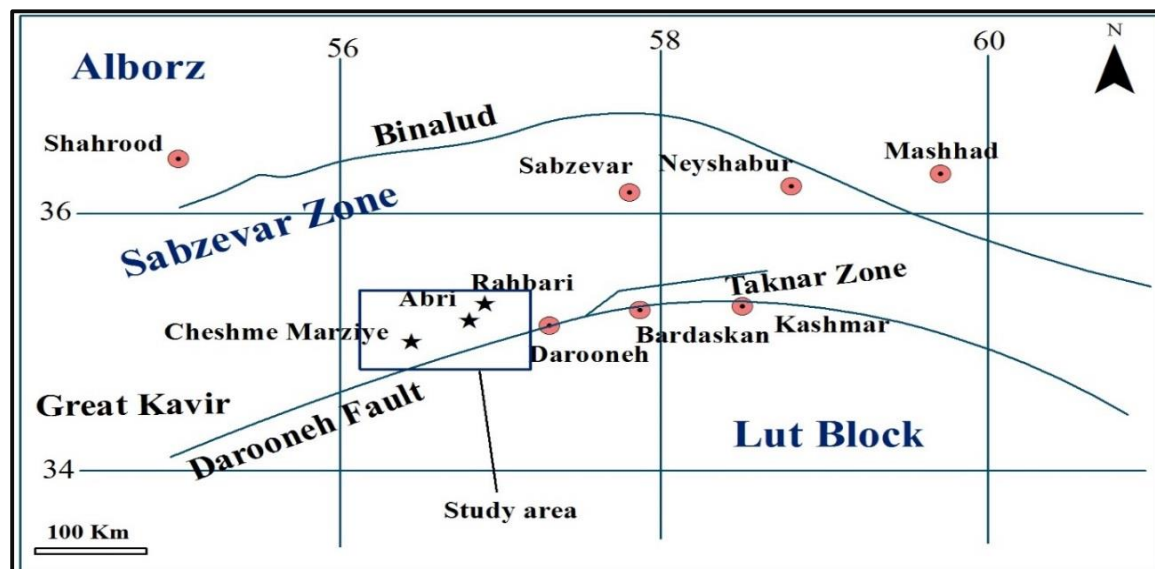
توده‌های نفوذی: در این منطقه توده‌های نفوذی یک سری به صورت توده و یک سری به صورت دایک مشاهده می‌شوند.

دایک: دایک‌هایی از جنس دیاباز با درازا و پهنای ناچیز، در منطقه دیده می‌شوند. کانی‌های اصلی موجود در آن شامل پلاژیوکلاز کلسیم‌دار، 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 و کربنات نیز در آن‌ها ایجاد شده است. این دایک‌ها در واحدهای سنگی کرتاسه و آتشفشانی‌های ائوسن نفوذ نموده‌اند. نفوذ آن‌ها در راستای شکستگی‌های موجود در سنگ‌ها است. بر اساس نفوذ آن‌ها در سنگ‌هایی با سن ائوسن شاید بتوان سن نفوذ دایک‌ها را ائوسن بالایی- الیگوسن در نظر گرفت.

۲-۴- زمین‌شناسی ساختمانی

منطقه مورد مطالعه از شمال توسط گسل بینالود و از جنوب توسط گسل درونه محدود می‌شود. منطقه سبزوار برای واحدهایی از زمین‌شناختی بکار برده می‌شود که بین گسل بینالود و گسل ریوش در جنوب قرار گرفته‌اند (Pilger, 1971)، (شکل ۲-۲). عمده‌ترین ساختمان‌های اصلی در ناحیه مورد مطالعه مربوط به انواع گسل‌هاست که به دو رده، گسل‌های راندگی و گسل‌های راستالغز تقسیم می‌شوند. به نظر می‌رسد

عمده تحولات زمین‌شناسی ناحیه در نتیجه حرکت این گسل‌ها باشد.



شکل ۲-۲- نمایش گسل‌های دربرگیرنده زیرپهنه سبزوار (Linndenberg and jacobsbagen, 1983) و موقعیت مناطق مورد مطالعه.

۲-۴-۱- **گسل درونه:** گسل درونه 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. این گسل به طول ۷۰۰ کیلومتر که از مرز شرقی ایران تا کویر مرکزی ادامه دارد و یکی از بزرگترین گسل‌های ایران به شمار می‌رود. از دیدگاه ژئومورفولوژیکی، گسل درونه جدا کننده دو بخش کوهستانی در شمال گسل و بخش فروافتاده بلوک لوت در نواحی جنوب گسل می‌باشد. قسمت اعظم رسوبات موجود در بخش شمالی گسل شامل رسوبات آواری، قاره‌ای، دریایی و سنگ‌های آتشفشانی ائوسن می‌باشد و همچنین رسوباتی به سن نئوژن که در اکثر مواقع شامل کنگلومرا، مارن و ماسه سنگ می‌باشد و بخش جنوبی گسل بیشتر متشکل از رسوبات کواترنری و پلیوسن است. گسل درونه 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

ترتیب حیدریه تا روستای درونه) و بخش غربی با روند NE-SW (از روستای درونه تا انارک). منطقه مورد مطالعه در شمال گسل درونه و در بخش غربی آن که دارای روند شمال شمال شرقی - جنوب غربی است که انتهای آن در دشت کویر مرکزی ایران پوشیده می‌شود، قرار دارد. قطع شدن پدیده‌های کوتاه‌تر مانند مخروط افکنه‌ها و ماسه‌های بادی از مهمترین نشانه‌های حرکت‌های جدید آن است. پس از گسل زاگرس، گسل درونه یکی از مهم‌ترین و ممتدترین ساختارهای خطی ایران است. این گسل را می‌توان مرز شمالی بلوک لوت دانست (Berberian, 1976). بخش فعال این گسل که لرزه‌زایی در سده بیستم نشان می‌دهد، در حد فاصل بین کاشمر و تربت حیدریه است (Tchalenko, 1973)، در بخش غربی گسل حرکت چپ‌لغز، در بخش مرکزی حرکت نرمال و معکوس و در بخش شرقی حرکت معکوس و چپ‌لغز را برای این گسل پیشنهاد کرده‌اند (Berberian, 1976).

۲-۴-۲- 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. رخساره‌های ترشیاری در دو طرف این گسل مشابه هم نبوده و سری‌های ولکانوپلاژیک کرتاسه فوقانی در شمال گسل محدود می‌گردند (همام، ۱۳۷۱). این گسل در ادامه غربی خود با گسل درونه یکی می‌شود (شهرابی، ۱۳۸۵). بر اساس مطالعات (Lindenberg and Jacobs hagen, 1983)، جابه‌جایی این گسل از نوع امتداد لغز راستگرد است و از پالتوژن تاکنون غیرفعال است

۲-۴-۳- 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 و در

واقع عملکرد این گسل جایگاه جمع آوری آب‌های شمالی جنوبی را به وجود آورده است که نتیجه آن پیدایش یک دریاچه بزرگ فصل (Playa) است که تا غرب درونه نیز ادامه دارد.

۲-۵- زمین‌شناسی اقتصادی

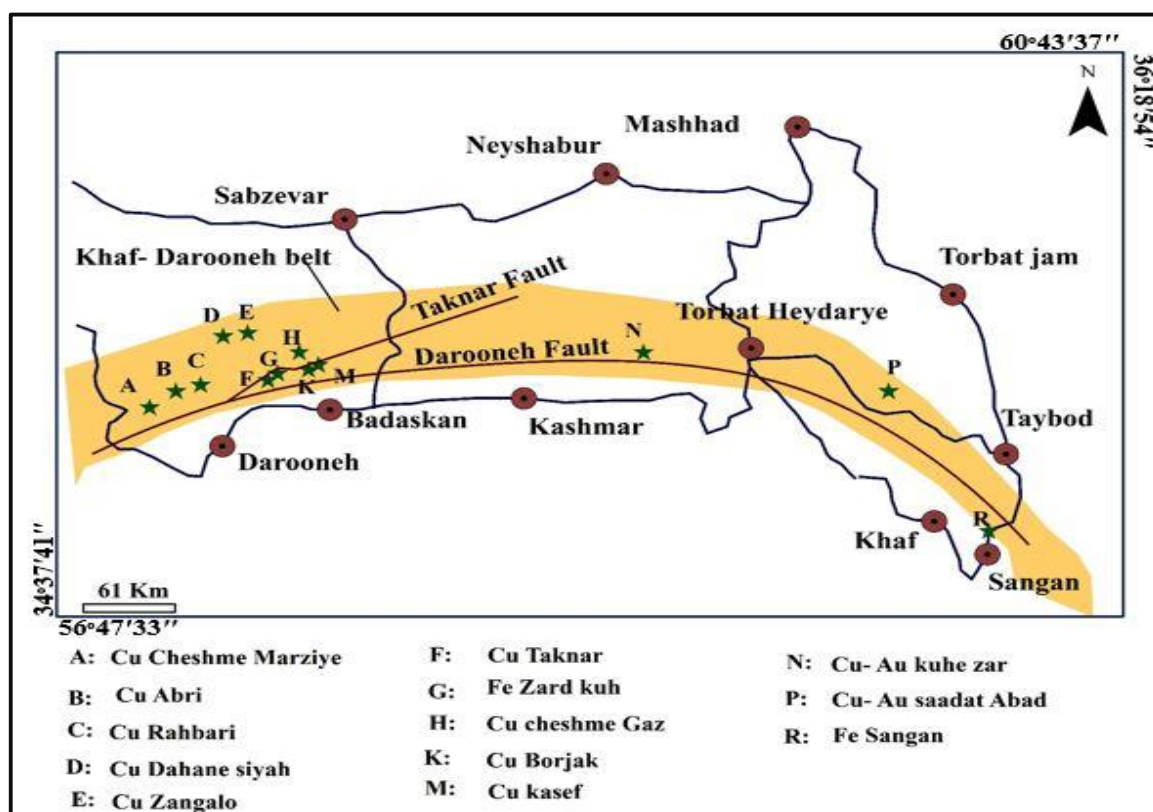
با توجه به مطالعات انجام شده، سنگ‌هایی با سن پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک در سطح منطقه گسترش دارند که پتانسیل اقتصادی در هریک از مجموعه‌ها را به طور مختصر مورد بررسی قرار می‌دهیم. سنگ‌های مجموعه پالئوزوئیک، رخنمون بسیار کوچکی را در بر می‌گیرند و از جنبه توان معدنی، در این محدوده، موردی در آنها گزارش نشده است. به طور کلی کانی‌سازی در ناحیه مورد مطالعه شامل دو گروه کانی‌سازی فلزی و غیر فلزی است.

کانی‌سازی فلزی: سنگ‌های مجموعه سنوزوئیک که بیشترین حجم ورقه درونه را در بر می‌گیرند شامل؛ دو سری سنگ‌های آتشفشانی و رسوبی هستند. کانی‌سازی فلزی در ورقه درونه به صورت کانی‌سازی مس است و به طور عمده در سنگ‌های آتشفشانی رخنمون دارند

کانی‌سازی غیر فلزی: کانی‌سازی غیر فلزی در ورقه درونه به طور عمده در سنگ‌های مجموعه مزوزوئیک رخنمون دارند. مجموعه مزوزوئیک به طور عمده شامل سنگ‌های رسوبی کرتاسه است. سنگ آهک‌های توده‌ای کرتاسه در این مجموعه، زمینه مناسبی را برای سنگ‌های تزئینی ایجاد می‌کنند. در امتداد درزه‌ها و شکستگی‌های موجود در سنگ‌های مزوزوئیک و سنوزوئیک کانی‌سازی از نوع باریت دیده می‌شود. همچنین وجود عدسی‌ها و لایه‌هایی از گچ در مجموعه سنگی سنوزوئیک زمینه مناسبی را برای فعالیت‌های اقتصادی در منطقه فراهم می‌کند.

پتانسیل اقتصادی در محدوده مورد مطالعه شامل مس می‌باشد. این کانه‌زایی بیشتر در واحدهای آتشفشانی و آتشفشانی- رسوبی 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. رگه- رگچه‌های زئولیت، کلسیت و باریت گسترش قابل توجهی در واحدهای آذرآواری به خصوص در منطقه چشمه مرزیه دارند که از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه هستند. یکی از ویژگی‌های بارز کمربند خواف- درونه وجود اندیس‌های معدنی متنوع و فعالیت‌های معدنکاری قدیمی است (حیدری و آقاخانلو، ۱۳۸۵). 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 (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۳- موقعیت منطقه مورد مطالعه و کانسارهای مختلف بر روی کمربند خواف- درونه

۲-۶- زمین‌شناسی و چینه‌شناسی منطقه‌ای

چینه‌شناسی منطقه ابری، رهبری و چشمه مرضیه شامل برونزدهایی از پرکامبرین تا کواترنر می‌باشد که در زیر به شرح هریک پرداخته می‌شود.

۲-۶-۱- پرکامبرین: سازند تکنار به عنوان قدیمی‌ترین واحد در جنوب شرق محدوده مورد مطالعه مشاهده شده و شامل توالی ضخیمی از توف، لاپیلی توف، دیاباز، سیلت‌استون و ماسه سنگ با درون لایه‌هایی از دولومیت با رنگ کلی سبز تیره است.

۲-۶-۲- پالئوزوئیک: دو سازند دولومیت سلطانیه و لالون در جنوب شرق محدوده مورد مطالعه رخنمون دارند. لیتولوژی این واحدها شامل دولومیت خاکستری تیره، دارای نوارهای چرتی و ساخت استروماتولیت در سازند دولومیت سلطانیه و سنگ‌ماسه کوارتزیتی نازک تا متوسط لایه به رنگ قرمز تا ارغونی در سازند لالون می‌باشد.

۲-۶-۳- مزوزوئیک

واحدهای رسوبی ژوراسیک: نهشته‌های ژوراسیک در جنوب شرق محدوده مورد مطالعه شامل واحدهای با لیتولوژی: شیل و سنگ‌ماسه به رنگ سیاه تا سبز تیره به همراه میان لایه‌هایی از سنگ آهک به رنگ خاکستری و سنگ‌آهک نازک لایه تا متوسط لایه به رنگ خاکستری روشن تا قهوه‌ای است.

واحدهای رسوبی کرتاسه زیرین: در جنوب محدوده مورد مطالعه، نهشته‌های کرتاسه بطور همشیب و با جهتی به سمت شمال بر روی هم قرار گرفته‌اند و بدون تحمل دگرگونی نهشته‌های قدیمی را می‌پوشانند که شامل: (۱) سنگ‌ماسه به رنگ خاکستری تا سبز با میان لایه‌هایی از سنگ‌آهک متوسط لایه به رنگ

خاکستری و سنگ‌ماسه به رنگ قرمز است که در پاره‌ای نقاط درون لایه‌هایی از کنگلومرا نیز در آن دیده می‌شود و ۲) ضخامتی از مارن به رنگ سبز روشن با درون لایه‌هایی از سنگ‌آهک نازک لایه به رنگ قهوه‌ای روشن می‌باشد.

مجموعه رسوبی، کرتاسه فوقانی: شامل سنگ‌آهک ضخیم لایه تا توده‌ای به رنگ خاکستری روشن، سنگ آهک مارنی و سنگ آهک ماسه‌ای نازک لایه و سنگ آهک پلاژیک نازک لایه به رنگ صورتی تا کرم می‌باشد. **آمیزه‌های رنگی کرتاسه فوقانی:** مجموعه‌ای درهم‌ریخته شامل اسپیلیت، بازالت، آندزیت-بازالت، گابرو، هازبورگیت و سرپنتینیت است. قطعاتی از رادیولاریت. آهک‌های پلاژیک به رنگ صورتی با همبری گسله نیز داخل این مجموعه دیده می‌شود. در مجموعه آمیزه افیولیتی در پاره‌ای نقاط میتوان سنگ‌های اولترابازیک مانند هارزبورگیت و سرپنتینیت را تفکیک نمود.

مجموعه آذرآواری کرتاسه فوقانی مجموعه‌ای از سنگ‌های آذرآواری شامل تناوبی از توف، لاپیلی توف، آگلومرا و سنگ ماسه توفی به رنگ سبز با درون لایه‌هایی از رادیولاریت به رنگ قرمز و سنگ‌آهک پلاژیک به رنگ صورتی به همراه سنگ‌های آتشفشانی شامل ریولیت، تراکی آندزیت و آندزیت است.

۲-۶-۴- سنوزوئیک

واحدهای آتشفشانی و آذرآواری ائوسن میانی: در گستره وسیعی از قسمت‌های میانی نقشه و در میان رسوبات ائوسن میانی، مجموعه‌ای از سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری رخنمون دارند. این مجموعه با سنگ-های آتشفشانی 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 به

رنگ قرمز تا سبز جای می‌گیرد. قطعات تشکیل‌دهنده آگلومرا شامل؛ آندزیت، پیروکسن آندزیت و آندزیت-بازالت می‌باشد. در درون لایه‌های آگلومرای، ضخامتی اندک از سنگ‌آهک و سنگ‌آهک ماسه‌ای کرم‌رنگ حاوی نومولیت و آلوئولین جای دارد.

سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری ائوسن بالایی: در شمال محدوده مورد مطالعه یک سری از سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری رخنمون دارند که بر روی سنگ‌های قدیمی جای گرفته‌اند. این مجموعه در حد امکان به چهار واحد مجزا تفکیک شده است. اولین واحد سنگی در این مجموعه شامل سنگ‌های آتشفشانی از نوع آندزیت، آندزیت پورفیری و پیروکسن آندزیت به رنگ سبز تا بنفش تیره است. در درون این مجموعه، عدسی‌هایی محدود از آگلومرا به رنگ قهوه‌ای تا قرمز نیز دیده می‌شود.

رسوبات ائوسن فوقانی: این مجموعه شامل تناوبی از سنگ‌ماسه، سنگ‌سیلت، مارن‌سیلتی و سنگ‌آهک نازک لایه به رنگ سبز روشن تا کرم است.

رسوبات الیگوسن-ائوسن: این مجموعه شامل تناوبی از کنگلومرای توده‌ای و سنگ‌ماسه ضخیم لایه با درون لایه‌هایی از مارن به رنگ قرمز تا سبز است.

کنگلومرای میوسن زیرین: این واحد در قسمت جنوبی منطقه مورد مطالعه قرار دارد و شامل کنگلومرای قرمز رنگ با درون لایه‌هایی از سنگ‌ماسه است.

رسوبات پلیوسن-کواترنری: این واحد شامل کنگلومرای توده‌ای با رنگ قرمز روشن تا خاکستری است که درون لایه‌هایی از سنگ‌ماسه نیز به همراه دارد. رخنمون‌های این واحد در شرق منطقه مورد مطالعه گسترش دارند که به صورت همشیب بر روی واحدهای کهن‌تر جای می‌گیرند.

رسوبات آبرفتی کواترنری: این نهشته‌ها در قسمت جنوبی محدوده مورد مطالعه و جنوب گسل درونه رخنمون دارند و شامل آبرفت‌های کهنه، مخروطه افکنه‌ها، آبرفت‌های عهد حاضر انباشت‌های آواری عهد حاضر می‌باشد.

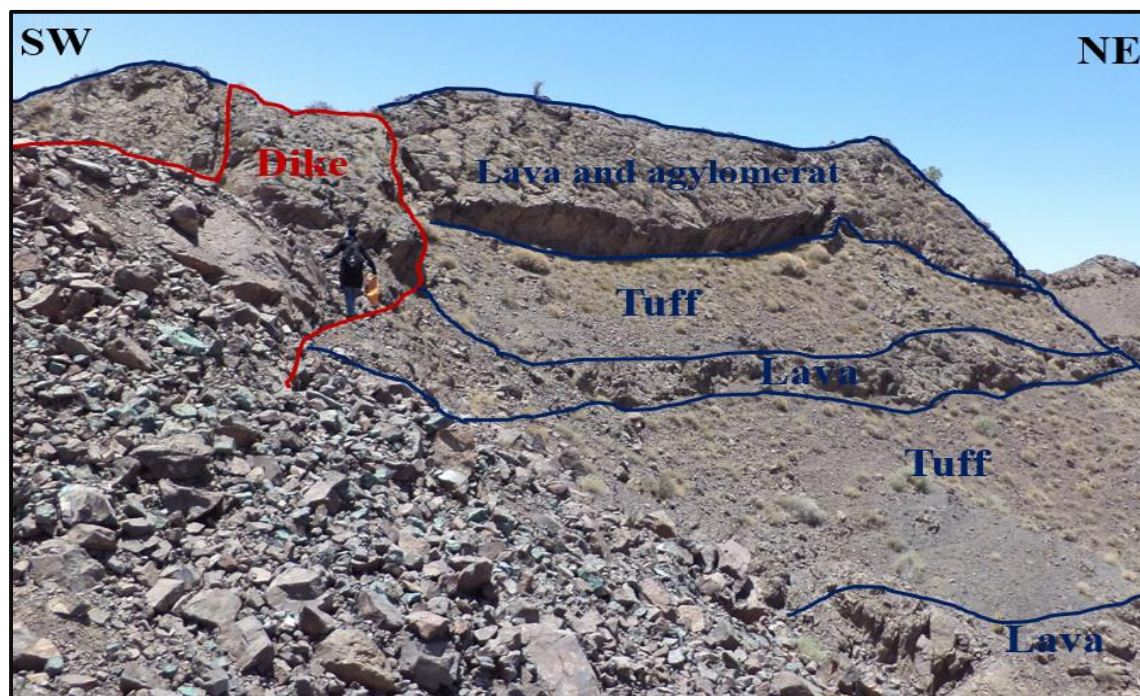
دایک: دایک‌ها در واحدهای سنگی کرتاسه و آتشفشان‌های ائوسن نفوذ نموده‌اند. پراکندگی قابل توجهی از دایک‌ها در اطراف منطقه چشمه مرضیه وجود دارد. در مطالعات میکروسکوپی کانی‌های پلاژیوکلاز کلسیم‌دار و پیروکسن‌های دگرسان شده از کانی‌های اصلی محسوب می‌شوند. به سبب دگرسانی کانی‌های سنگ اولیه، کانی‌هایی مانند سرسیت، کلریت و کربنات نیز در آن‌ها ایجاد شده است. این نفوذ آن‌ها در راستای شکستگی‌های موجود در سنگ‌ها است.

۷-۲- چینه‌شناسی و سنگ‌شناسی معدنی مناطق مورد مطالعه

براساس مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی صورت گرفته، واحدهای سنگی مورد مطالعه به سه مجموعه مختلف با سن ائوسن میانی قابل تفکیک می‌باشند که عبارتند از: (۱) مجموعه گدازه‌های زیر دریایی شامل؛ آندزیت، بازالت و آندزیت-بازالت پورفیری، تراکی آندزیت، داسیت و تراکی داسیت، (۲) مجموعه آذرآواری شامل؛ توف، کریستال‌توف، لیتیک‌توف و آگلومرا و (۳) مجموعه رسوبی شامل؛ آهک، آهک مارنی، مارن، سیلتستون و شیل. واحدهای سنگی در هر یک از مناطق ابری، رهبری و چشمه مرضیه در جدول (۲-۱) ارائه شده است. واحدهای سنگی در مناطق مورد مطالعه به صورت متناوب، هم‌شیب و هم‌روند نسبت به یکدیگر قرار گرفته‌اند. (شکل ۲-۴) تناوبی مجموعه گدازه و آذرآواری را در منطقه چشمه مرضیه نشان می‌دهد. دو واحد آذرآواری و رسوبی در منطقه رهبری از گسترش بیشتری برخوردار هستند.

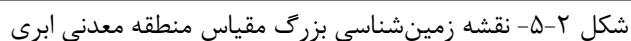
جدول ۱-۲- واحدهای سنگی تفکیک شده در سه منطقه ابری، رهبری و چشمه مرضیه

واحد‌های سنگی	ابری	رهبری	چشمه مرضیه
مجموعه گدازه‌ای	آندزیت، آندزیت- بازالت و بازالت	بازالت، آندزیت- بازالت، آندزیت و تراکی آندزیت	آندزیت، آندزیت- بازالت، تراکی آندزیت، داسیت و تراکی داسیت
مجموعه آذرآواری	آگلومرا، توف، کریستال توف و لیتیک توف	آگلومرا، توف، کریستال توف و لیتیک توف.	آگلومرا، تناوبی از کریستال توف خاکستری رنگ و لیتیک کریستال توف قرمز
مجموعه رسوبی	آهک، آهک مارنی، مارن، سیلتستون و شیل	آهک، آهک مارنی، مارن، سیلتستون و شیل	فاقد مجموعه رسوبی



شکل ۲-۴- تصویر صحرایی از تناوب گدازه و توف‌ها و دایک بازالتی که قطع کننده این تناوب می‌باشد (چشمه مرضیه).

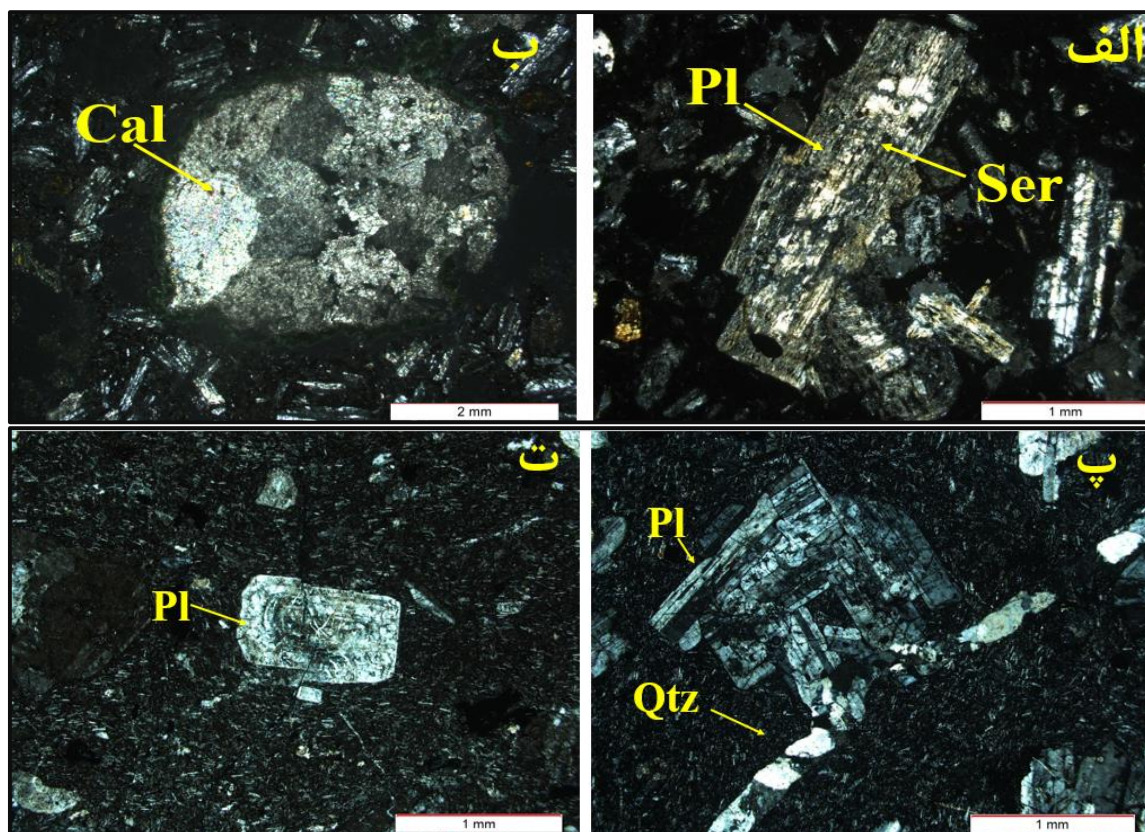
به منظور تفکیک این واحدها و ارتباط آنها با کانی‌سازی و شناسایی رگه‌های معدنی نقشه زمین‌شناسی بزرگ مقیاس منطقه ابری، رهبری و چشمه مرضیه تهیه شد (شکل ۲-۵). نقشه زمین‌شناسی ابری و چشمه مرضیه بصورت پیوست آورده شده است (پیوست ۱ و ۲). با استفاده از اطلاعات موجود در نقشه زمین‌شناسی بزرگ مقیاس واحدهای سنگی رخنمون یافته در منطقه معدنی ابری، رهبری و چشمه مرضیه شرح داده



۲-۷-۱- واحد گدازه‌ای

گدازه‌های مناطق مورد مطالعه از نظر ترکیب شیمیایی در طیف حدواسط (آندزیت، تراکی آندزیت، آندزیت-بازالت و بازالت) قرار دارند و در قسمت شرقی منطقه چشمه مرضیه گرایشی به سمت سری های اسیدی (داسیت و تراکی داسیت) به دلیل بالا بودن مقدار سیلیس نشان می‌دهند. در این قسمت به شرح هریک از واحدهای سنگی پرداخته می‌شود.

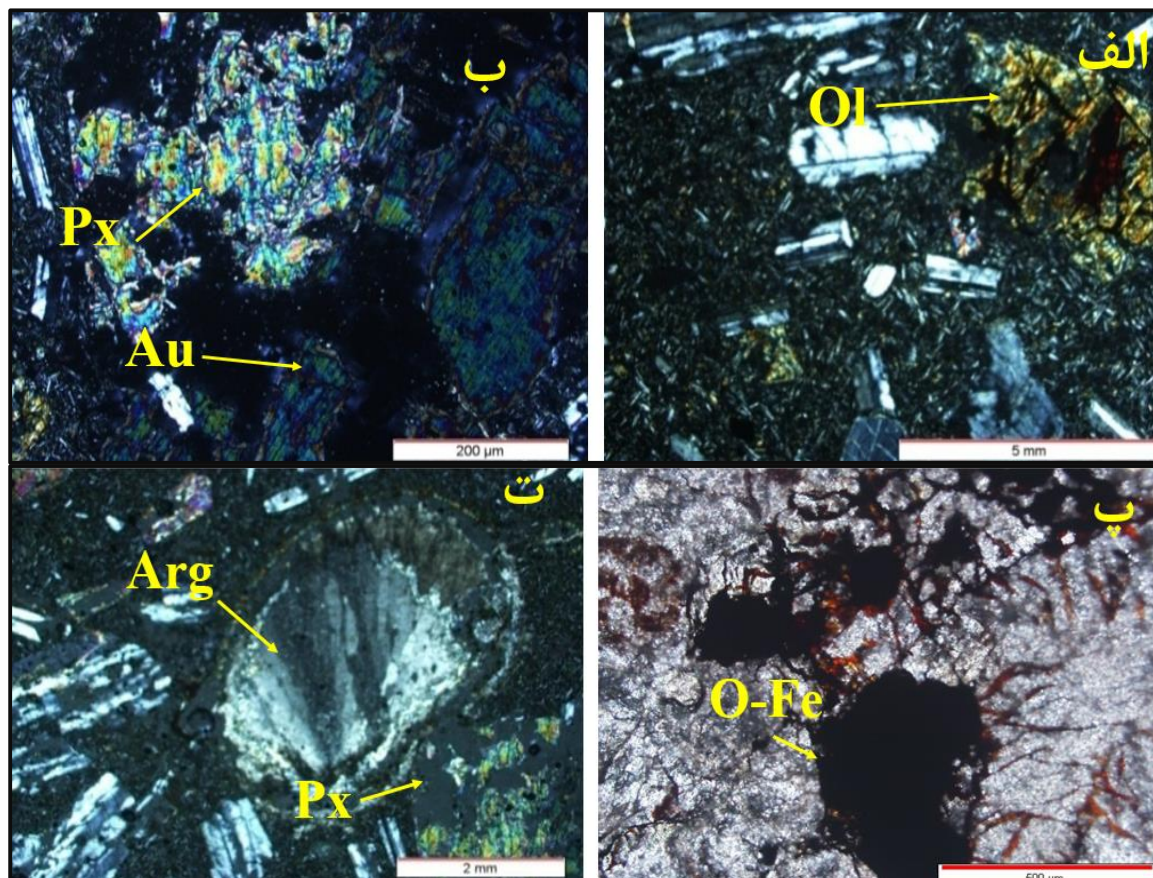
واحد آندزیت و تراکی آندزیت: بیشترین رخمون واحد آندزیتی در غرب و شمال منطقه ابری و قسمت شرقی منطقه چشمه مرضیه می‌باشد. در منطقه رهبری این واحد گسترش محدودی در منطقه دارد و اغلب همراه با سنگ‌های تراکی آندزیت رخمون دارند. گدازه‌های آندزیتی و تراکی آندزیتی در سطح هوازه به رنگ خاکستری متمایل به قهوه‌ای و در سطح تازه خاکستری تیره و در برخی نقاط به دلیل آغستگی اکسیدهای آهن به رنگ قرمز مشاهده می‌شود. در مطالعات میکروسکوپی کانی‌های اصلی شامل؛ پلاژیوکلاز، پیروکسن، اوزیت و هورنبلند است. بلورهای پلاژیوکلاز بیش از ۷۰-۶۵ درصد حجم این سنگ‌ها را تشکیل داده و بعضاً آثار چرخش محلول‌های آهن‌دار در شکستگی‌های آن‌ها مشاهده می‌شود. سرسیتی شدن به مقدار نسبتاً فراوان بلورهای این کانی را تحت تأثیر قرار داده است (شکل ۲-۶ الف). پیروکسن‌ها بصورت فنوکریست‌های بی‌شکل و یا بصورت ریز بلور در زمینه سنگ وجود دارند و بشدت دچار انحلال و خوردگی شده‌اند. کانی‌های ثانویه را کلسیت، کوارتز، سرسیت، کلریت و زئولیت تشکیل می‌دهند (شکل ۲-۷ ب و پ). بافت‌های غیرتعادلی مانند بافت غربالی، خوردگی، منطقه‌بندی و بافت گلومروپورفیری در درشت بلورهای پلاژیوکلاز در زمینه‌ای متشکل از میکروولیت‌های پلاژیوکلاز و پیروکسن با بافت جریان‌ی دیده می‌شود (شکل ۲-۷ پ و ت). اکسیدهای آهن (مگنتیت و هماتیت) از فراوانترین کانی‌های فرعی موجود در این واحد به شمار می‌آیند.



شکل ۲-۶- کانی‌های مشاهده شده در واحد آندزیتی و تراکی آندزیتی . الف) پلاژیوکلاز سریسیتی شده (ابری). ب) حضور کلسیت بصورت پرکننده حفرات تشکیل بافت بادامکی (رهبری). پ) پلاژیوکلاز با بافت گلمروپورفیری و رگه سیلیسی مجاور آن و پورفیری. (چشمه مرضیه) ت) پلاژیوکلاز با بافت منطقه‌بندی در زمینه میکروولیتی- جریانی (چشمه مرضیه).

واحد بازالت: گدازه‌های بازالتی در مشاهدات صحرایی به رنگ سیاه تا سبز تیره و در نمونه دستی به رنگ خاکستری تیره هستند. از لحاظ ویژگی‌های پتروگرافی، دارای فنوکریست‌های پلاژیوکلاز، پیروکسن، اورتیت و الیوین که در زمینه‌ای از میکروولیت‌های پلاژیوکلاز، پیروکسن، آمفیبول، الیوین و کانی‌های کدر قرار دارند (شکل ۲-۷ الف و ب). پلاژیوکلازها بیشترین و درشت‌ترین فنوکریست‌های این واحد سنگی می‌باشند که گاهی به سریسیت و کانی‌های رسی دگرسان شده‌اند. اکسیدهای آهن از جمله کانی‌های فرعی موجود در این سنگ‌ها هستند که لکه‌های قهوه‌ای رنگ و بی‌شکلی را در سطح مقطع ایجاد نموده‌اند (شکل ۲-۷ پ). از کانی‌های ثانویه می‌توان به کلسیت، کلریت و سریسیت اشاره کرد. پرشدن حفرات کروی و بیضوی توسط

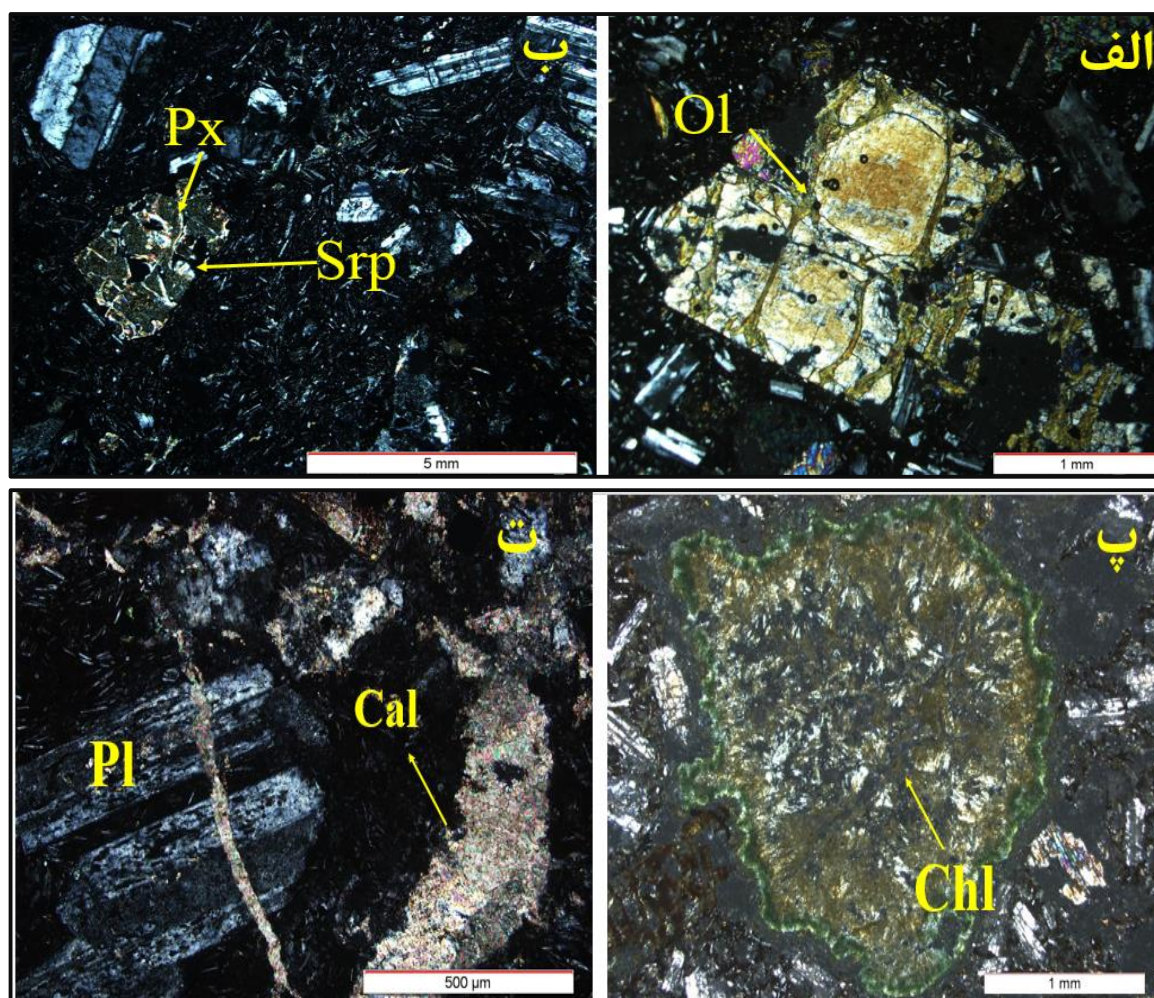
کانی‌هایی از جمله زئولیت، کلسیت، آراگونیت و سیلیس سبب تشکیل بافت بادامکی شده است (شکل ۷-۲ ت). بافت‌های میکرولیتی و پورفیری و گلومروپورفیری از بافت‌های اصلی بازالت‌ها هستند.



شکل ۷-۲ الف) حضور الیوین‌های ایدنگستی شده در زمینه‌ای از میکرولیت‌های پلاژیوکلاز و مشاهده بافت پورفیری و میکرولیتی - جریان (رهبری). ب) حضور پیروکسن و اوزیت در واحد بازالتی (ابری). پ) حضور کانی‌های اکسید آهن دانه متوسط تا دانه درشت (چشمه مرضیه). ت) آراگونیت بصورت پرکننده حفرات و تشکیل بافت بادامکی (رهبری).

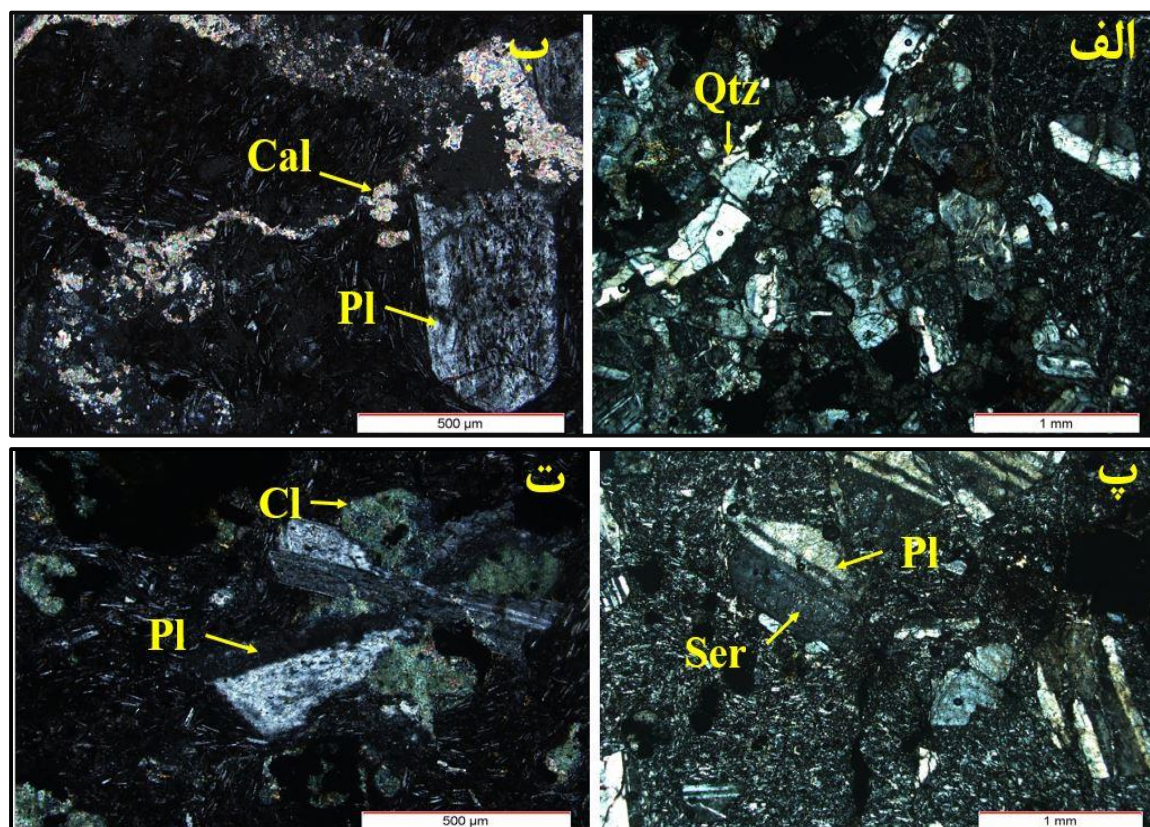
واحد آندزیت - بازالت: بیشترین رخمون این واحد در غرب محدوده ابری می‌باشد. در مشاهدات صحرایی بصورت همشیب، همروند و با مورفولوژی خشن نسبت به سایر واحدها رخمون دارند و اغلب به رنگ سبز تا خاکستری تیره و گاهی قرمز (آغستگی به اکسید آهن) مشاهده می‌شوند. در مقطع میکروسکوپی دارای بافت میکروپورفیری با زمینه میکرولیتی - جریانی می‌باشند. بافت میکرولیتی - جریانی در منطقه چشمه

مرضیه و بافت پورفیری و میکروپورفیری در منطقه ابری و رهبری غالب هستند. کانی‌های اصلی از جمله پلاژیوکلاز، سانیدین، کانی‌های فرومنیزین (پیروکسن، آمفیبول و هورنبلند) و الیوین، به صورت شکل‌دار و بی‌شکل در زمینه میکروولیتی قرار دارند (شکل ۲-۸ الف). آمفیبول‌ها تا اندازه‌ای به کلریت تجزیه شده و پلاژیوکلازها به سرسیست و کلسیت دگرسان شده‌اند. کانی‌های ثانویه شامل سرپانتین، کوارتز، کلسیت و کلریت به صورت بافت بادامکی و رگه-رگچه‌ای دیده می‌شوند (شکل ۲-۸ ب، پ و ت).



شکل ۲-۸-الف) فنوکریست‌های الیوین در زمینه‌ای از پلاژیوکلازهای دانه متوسط (ابری). ب) پیروکسن تبدیل شده به سرپانتین در زمینه‌ای از پلاژیوکلازها و مشاهده بافت پورفیری و میکروولیتی (رهبری). پ) کلریت با بافت شعاعی و پرکننده حفرات (ابری). ت) حضور کلسیت به صورت رگه-رگچه‌ای و پرکننده حفرات (چشمه مرضیه).

تراکی داسیت و داسیت: این واحدها بیشترین رخمون را در شرق منطقه چشمه مرضیه دارند. در مشاهدات صحرایی و میکروسکوپی شاهد مقدار فراوان کلسیت و باریت با بافت برشی و رگه‌ای هستیم. بلورهای کوارتز به صورت بی‌شکل هم در زمینه و هم به صورت فنوکریست دیده می‌شوند و ۲۰ درصد حجمی سنگ را اشغال کرده‌اند. یک سری رگچه‌های به صورت متقاطع در متن سنگ‌ها نیز مشاهده می‌شوند (شکل ۹-۲ الف). کوارتز به طور عمده در سنگ‌های اسیدی و کمتر در سنگ‌های حدواسط دیده می‌شوند. پلاژیوکلازها کانی‌های اصلی هستند که گاهی به کلسیت و سرسیست دگرسان شده‌اند. (شکل ۹-۲ پ). از کانی‌های ثانویه می‌توان به کلسیت، کلریت، زئولیت و کانی‌های اکسید آهن اشاره نمود (شکل ۹-۲ ب و ت).



(شکل ۹-۲ الف) حضور کوارتز به صورت رگه‌ای و فنوکریست. (ب) کربناتی شدن پلاژیوکلازها و کانی‌های فرومنیزین. (پ) دانه‌های ریز سرسیست بر روی سطح پلاژیوکلازها. (ت) بلورهای کلریت در مجاورت با پلاژیوکلازها. (ث) اکسیدهای آهن و کلریت. (س) رگه زئولیت با بافت شعاعی.

۲-۷-۲- واحدهای آذرآواری ائوسن میانی

در مشاهدات صحرایی این واحد بخش اعظم محدوده مورد مطالعه را در برمی‌گیرد و به صورت هم‌روند با واحدهای گدازه‌ای رخنمون دارند و به رنگ‌های قهوه‌ای تا قرمز و خاکستری متمایل به سبز و با دگرسانی بسیار شدید مشخص می‌شوند. سنگ‌های آذرآواری منطقه در رده کریستال توف، لیتیک توف و آگلومرا قرار می‌گیرند. آگلومراها در مشاهدات صحرایی به رنگ قهوه‌ای تا قرمز و درون این مجموعه به خصوص در منطقه رهبری از گسترش وسیعی دارند.

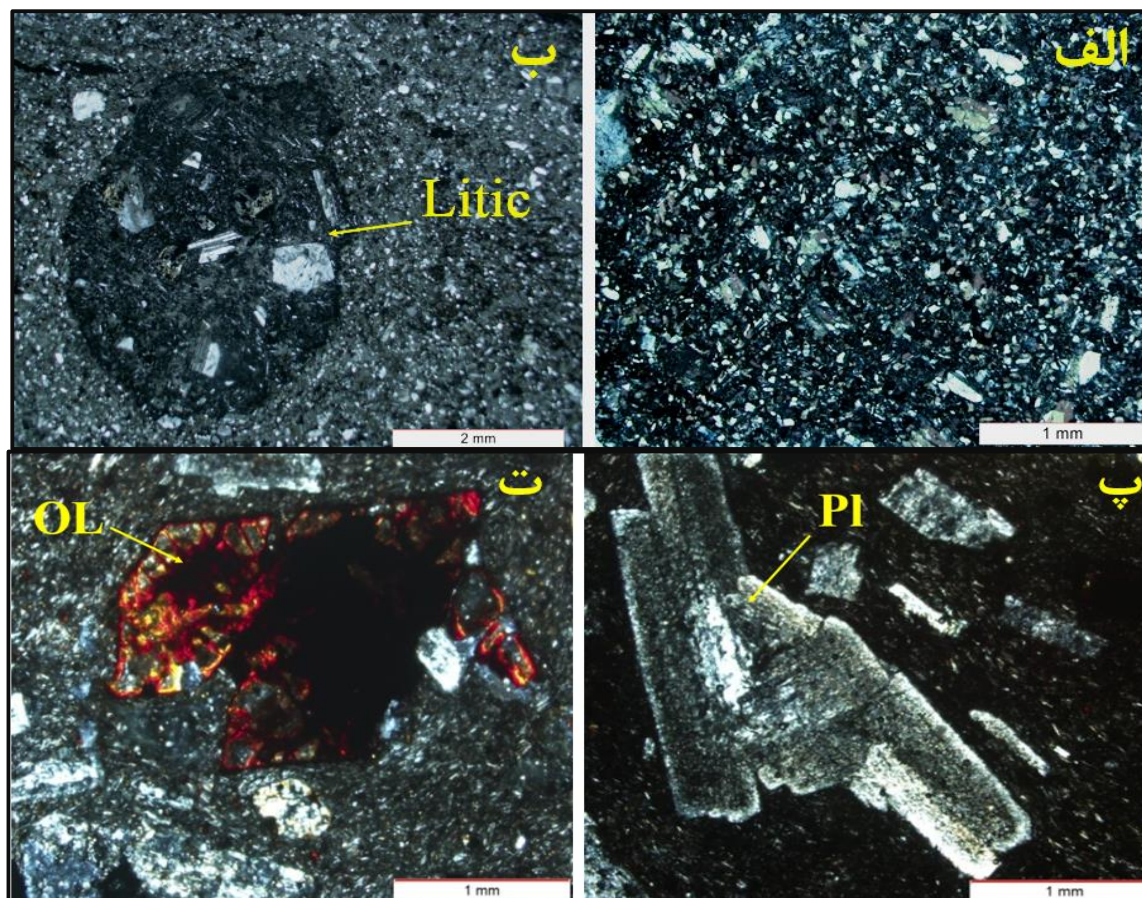
توف‌های منطقه چشمه مرضیه به طور عمده از نوع کریستال توف خاکستری رنگ با مورفولوژی سخت و کریستال لیتیک توف قرمز رنگ با مورفولوژی نرم هستند. کریستال‌های این واحد از نوع کوارتز، پلاژیوکلاز، اکسید آهن، کانی‌های کدر و کلسیت به مقدار فراوان در زمینه خاکستری تا سبز شیشه‌ای قرار گرفته‌اند. پلاژیوکلازها به شدت تحت دگرسانی اپیدوتی و سریسیتی قرار گرفته‌اند. بلورهای پیروکسن موجود در این واحد به طور عمده دچار دگرسانی شده و انحلال و خوردگی در آن‌ها دیده می‌شود. توف‌های خاکستری دستخوش فرایند دگرسانی شده‌اند تا آنجا که در اغلب نمونه شدت دگرسانی به حدی است که کانی‌های ثانویه از جمله کلسیت، کلریت، باریت و زئولیت به میزان فراوان به وجود آمده است (شکل ۲-۱۰). واحد کریستال لیتیک توف قرمز از بلورهای پلاژیوکلاز، پیروکسن دگرسان شده، کوارتز، کلسیت، اکسیدهای آهن و ذرات لیتیک تشکیل شده است. به علت شدت دگرسانی این واحد در مشاهدات صحرایی و مقطع میکروسکوپی به رنگ قرمز مایل به قهوه‌ای دیده می‌شود که ناشی از حضور فراوان اکسیدهای آهن در زمینه سنگ است. اکسیدهای آهن همچنین با ساختمان متحدالمرکز و کروی در اندازه‌های بین ۲۰ تا ۵۰ میکرون دیده می‌شوند.



شکل ۲-۱۰- نمونه دستی از توف‌ها خاکستری و تهیه مقطع میکروسکوپی و حضور زئولیت، کلسیت و کوارتز (چشمه مرضیه).

کریستال‌توف‌ها و لیتیک کریستال‌توف‌ها، به طور عمده شامل بلورهای شکسته شده پلاژیوکلاز، کوارتز و پیروکسن هستند که اغلب دستخوش دگرسانی شده‌اند. (شکل ۲-۱۱ الف و ب). لیتیک توف عمدتاً دارای ترکیب آندزیتی و بازالتی و تراکی آندزیتی با بافت میکرولیتی-جریانی و پورفیری می‌باشند که بطور غالب از فنوکریست‌های پلاژیوکلاز تشکیل شده‌اند. کانی‌های اصلی سازنده آنها بلورهای پلاژیوکلاز، پیروکسن و الیوین و به مقدار کمتر هورنبلند هستند. از جمله بافت‌های مشاهده شده در پلاژیوکلازها می‌توان به بافت غربالی و بافت گلومروپورفیری اشاره نمود (شکل ۲-۱۱ پ). الیوین یکی از مستعدترین کانی‌ها برای دگرسان شدن می‌باشد و گاهی به اکسید آهن (ایدنگسیت) تبدیل شده است (شکل ۲-۱۱ ت). حفرات متعددی در سنگ‌ها با مواد ثانویه نظیر کوارتز، کلسیت و زئولیت و کلریت پر شده‌اند. ملاکیت به صورت رگه-رگچه‌ای

در امتداد درزه و شکاف‌ها و بصورت پرکننده فضاهای خالی در بین ذرات در این مجموعه آذرآواری دیده می‌شوند.

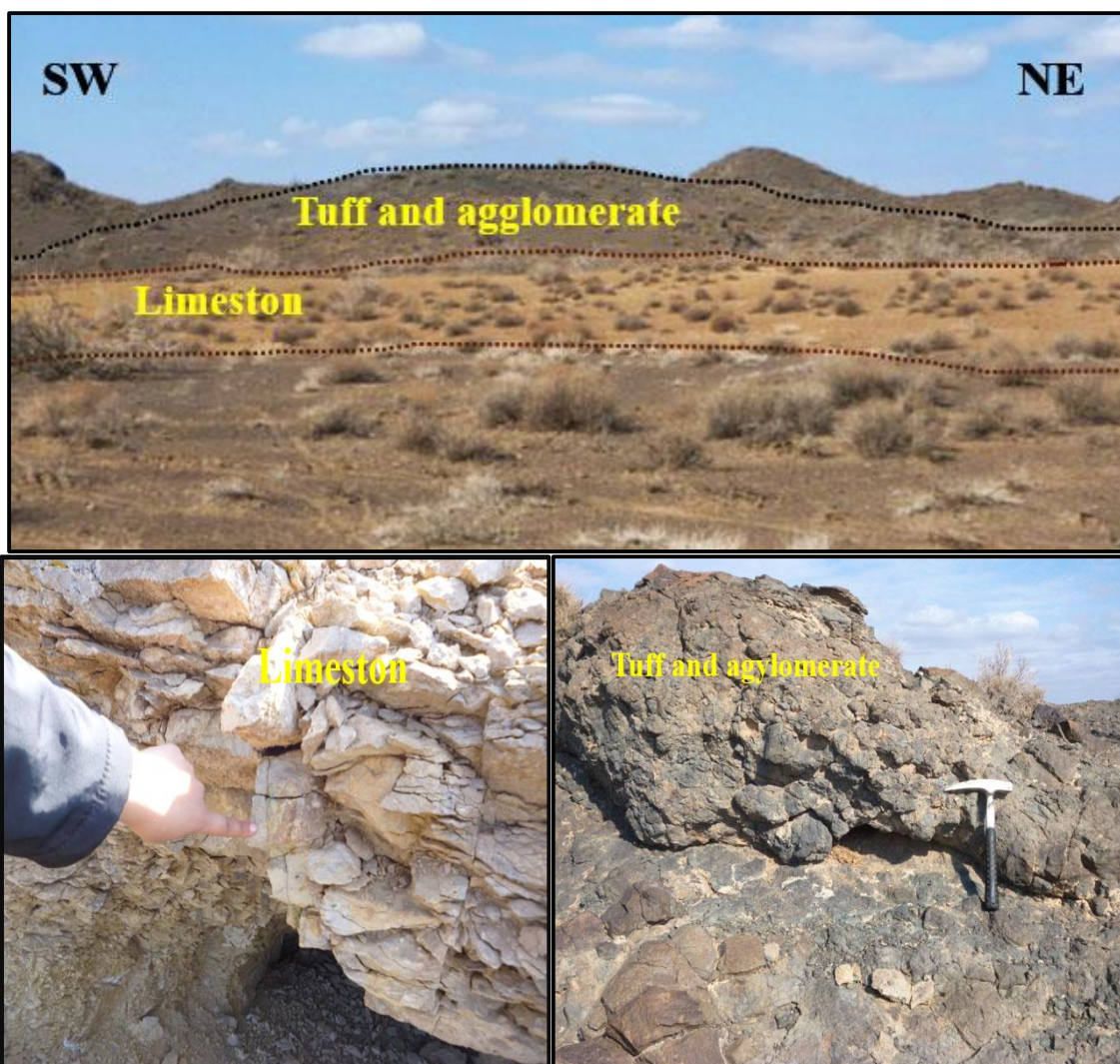


شکل ۲-۱۱- تصویر میکروسکوپی از توفها، الف) کریستال توف، ب) لیتیک کریستال توف با قطعات پلاژیوکلاز و پیروکسن در داخل لیتیک (رهبری). پ) تصویر فنوکریست‌های پلاژیوکلاز همراه با بافت گلومروپورفیری و بافت غربالی، بافت جریانی و پورفیری (ابری). ت) الیوین ایدنگسیتی شده در لیتیک توف بازالتی (ابری).

۲-۷-۳- واحد رسوبی ائوسن

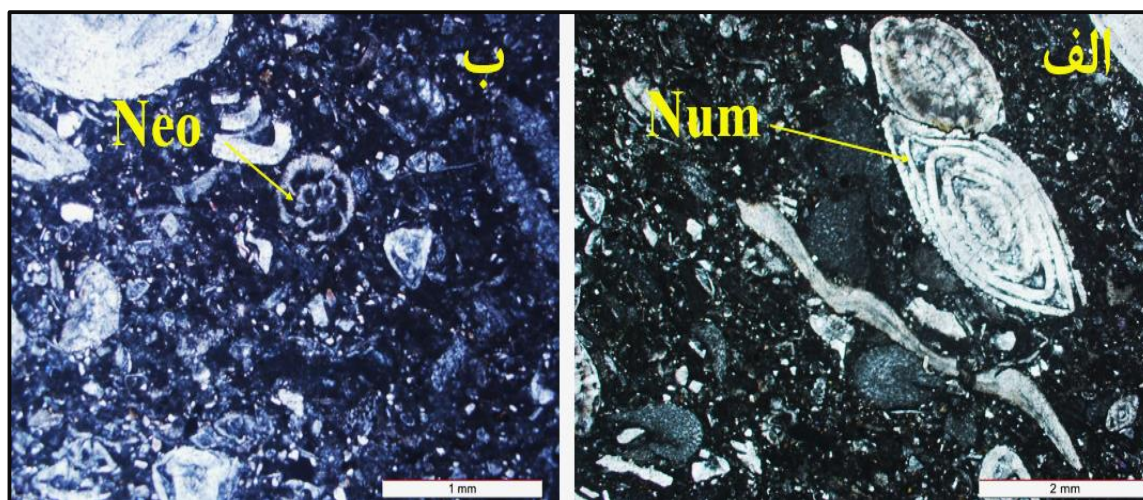
در جنوب محدوده مورد مطالعه، رخنمون‌هایی از نهشته‌های رسوبی گسترش دارند که از واحد آهکی، آهک مارنی، سیلتستون و شیل به سن ائوسن میانی، ژپس‌های الیگوسن و واحد کنگلومرای به سن میوسن و پلیوسن- کواترنری تشکیل شده است.

واحد آهکی ائوسن میانی: در درون لایه‌های آگلومرای، ضخامت اندکی از سنگ آهک کرم رنگ، نازک لایه با میان لایه های مارنی با شیب به سمت جنوب قرار دارند و حاوی فسیل‌های فراوان نومولیت کرم و نخودی رنگ و دوکفه‌ای‌ها می‌باشد. این واحد آهکی با ضخامت در حدود ۵۰-۳۰ متر در شمال و جنوب محدوده مورد مطالعه رخنمون دارد و به سمت غرب به تدریج پایان می‌پذیرد و به صورت همروند با واحدهای گدازه‌ای و آذرآواری رخنمون دارند (شکل ۲-۸ الف). افق های سنگ آهک ماسه‌ای نومولیت‌دار نیز در قسمت شمالی منطقه معدنی دیده می‌شود.



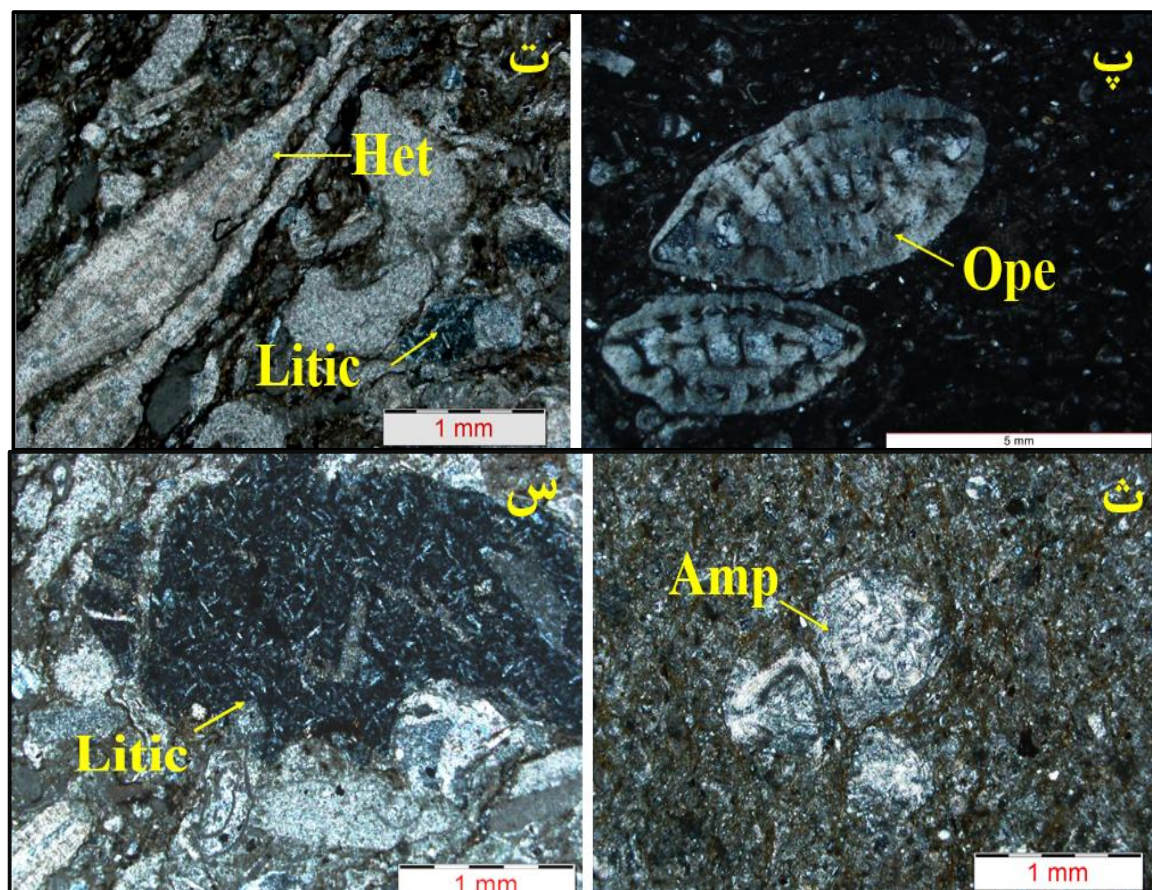
شکل ۲-۱۲- تصویر صحرایی از قرارگیری واحدهای آهکی، توف و آگلومرا به صورت همروند و همشیب (ابری).

در مطالعات میکروسکوپی نمونه‌های آهکی منطقه ابری، نومولیت‌ها به صورت بیوکلاست پکستون در متن دانه ریز و کاملاً میکرایتی آهک‌ها قرار دارند بر این اساس می‌توان واحد آهکی را بیوکلاست نومولیت پکستون نام‌گذاری کرد (مشاهدات طاهری، ۱۳۹۵). در مطالعات میکروسکوپی نمونه‌های آهکی منطقه رهبری، می‌توان با توجه به ماتریکس ریزبلور و وجود فسیل‌های مختلف این آهک‌ها را سنگ‌آهک ریزبلور فسیل‌دار (پکستون یا بایومیکرایت) نام‌گذاری نمود. از جمله فسیل‌های مشاهده شده در منطقه ابری می‌توان به فرامینیفرهای کفزی از جمله: نومولیت^۱، نئوروتالیا^۲، اپرکولینا^۳ و هیتراستگینا^۴ و از فسیل‌های مشاهده شده در منطقه رهبری می‌توان به نومولیت و آمفی‌استگینا^۵ اشاره نمود (شکل ۱۳-۲ الف، ب، پ، ت و ث). با توجه به فسیل‌های مشاهده شده و مشخصات رخساره‌های رسوبی آن‌ها می‌توان سن توالی مورد مطالعه به ائوسن میانی نسبت داد (مشاهدات طاهری، ۱۳۹۵). حضور قطعات سنگی با ترکیب بازالت و آندزیت بازالتی در درون سنگهای آهکی، تأییدی بر هم‌زمانی فوران آتشفشانی با رسوبگذاری می‌باشد (شکل ۱۳-۲ س). هم‌زمان بون فعالیت آتشفشانی با فرآیند رسوبگذاری تنوع فسیلی کمی از دوکفه‌ای‌ها در واحد آهکی رهبری را سبب شده است.



شکل ۱۳-۲ الف) فسیل نومولیت دوکی شکل با بافت پکستون. ب) فسیل نئوروتالیا.

- 1- Nummulite sp
- 2- Neorotalia sp
- 3- Operculona sp
- 4- Heterostegina sp
- 5- Amphistegina sp.

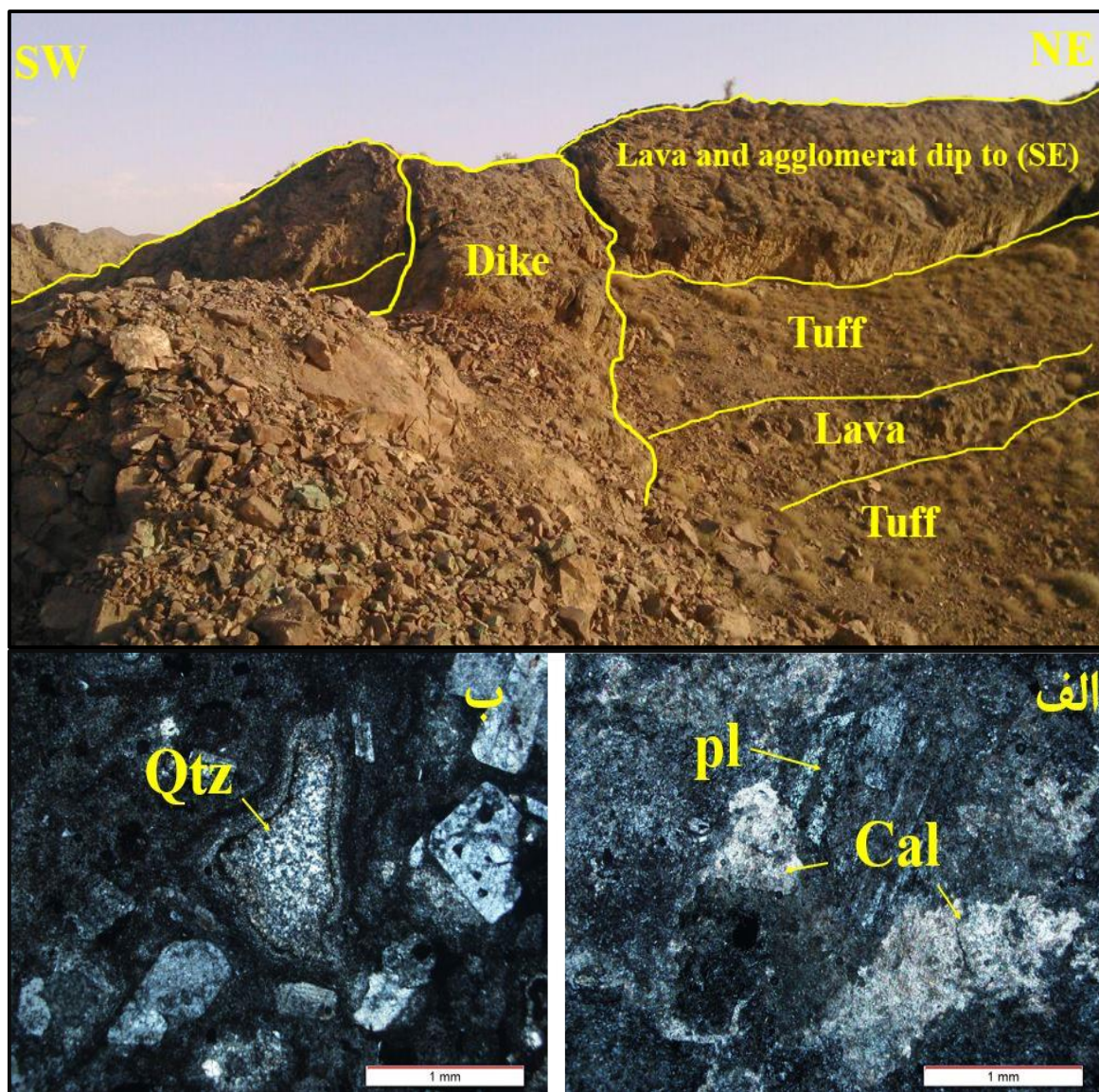


شکل ۲-۱۳- پ) فسیل اپرکولینا. ث) آمفی‌استگینا. ث) حضور قطعات آتشفشانی در واحد آهکی.

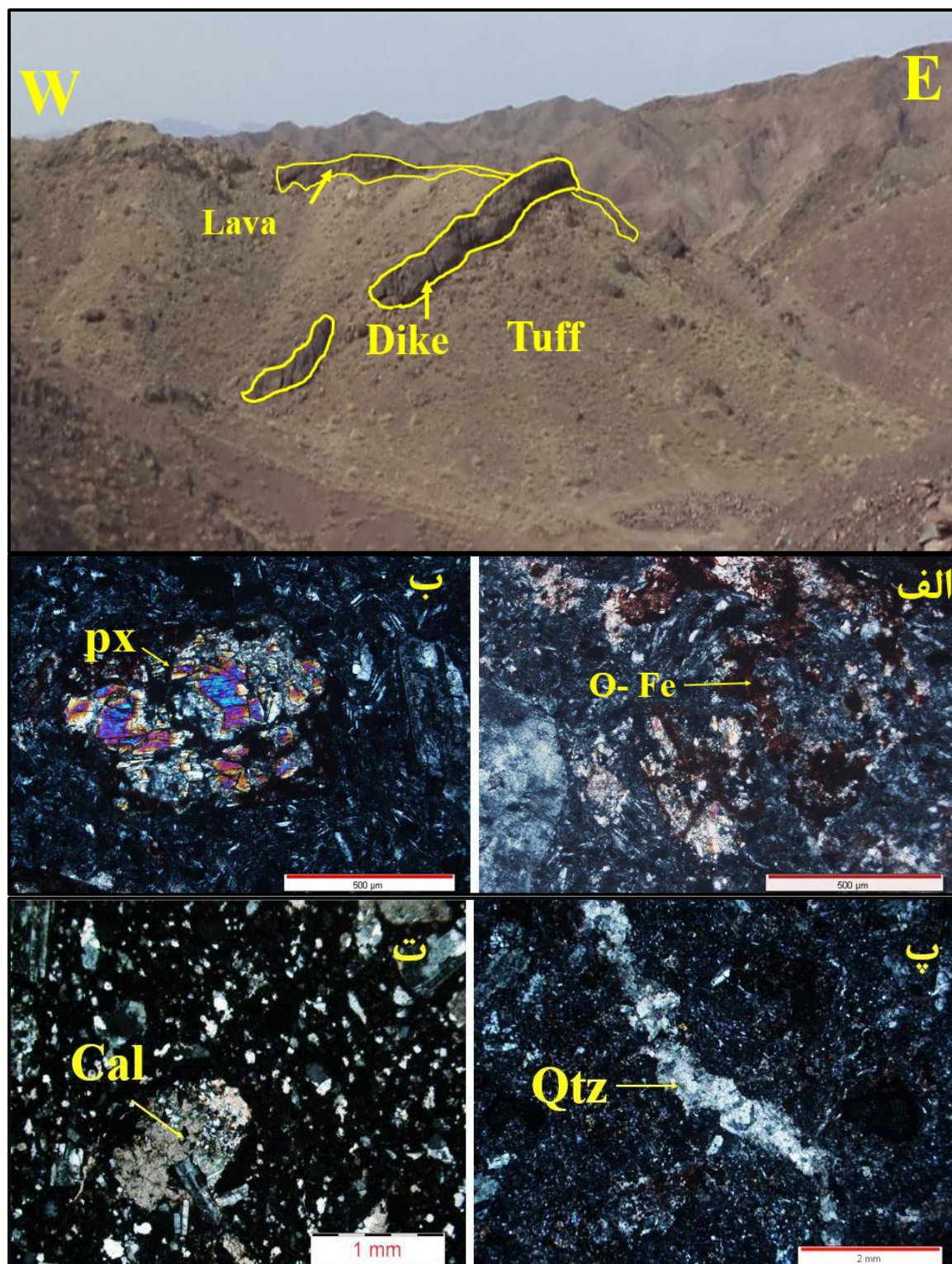
۲-۸- دایک‌های بازالتی در منطقه چشمه مرضیه

دایک‌های بازالتی در مشاهدات صحرایی به رنگ سیاه تا سبز تیره با روند تقریباً شمالی - جنوبی سنگ‌های آتشفشانی ائوسن با روند شمال غربی - جنوب شرقی و با ترکیب آندزیت و آندزیت - بازالت را قطع می‌نمایند (شکل ۲-۱۴ و ۲-۱۵). ضخامت این دایک‌ها متغیر می‌باشد و نفوذ آن‌ها در راستای شکستگی‌های موجود در سنگ‌ها است. در بررسی‌های میکروسکوپی (شکل ۲-۱۴ و ۲-۱۵)، کانی‌های اصلی موجود در آن شامل پلاژیوکلاز کلسیم‌دار و پیروکسن است. پلاژیوکلازها بیشترین و درشت‌ترین فنوکریست‌ها می‌باشند که بشدت دچار دگرسانی شده‌اند و کربنات در آن‌ها ایجاد شده است. کانی‌های فرومنیزین از جمله پیروکسن در دایک بازالتی موجود در شمال غربی منطقه از فراوانی بیشتری برخوردار هستند. کوارتز بصورت رگه‌ای و

پرکننده حفرات نیز دیده می‌شود. بافت غالب در دایک‌های بازالتی میکروگرانولار است و بافت پورفیری شدیدی در آن رخنمون ندارند.



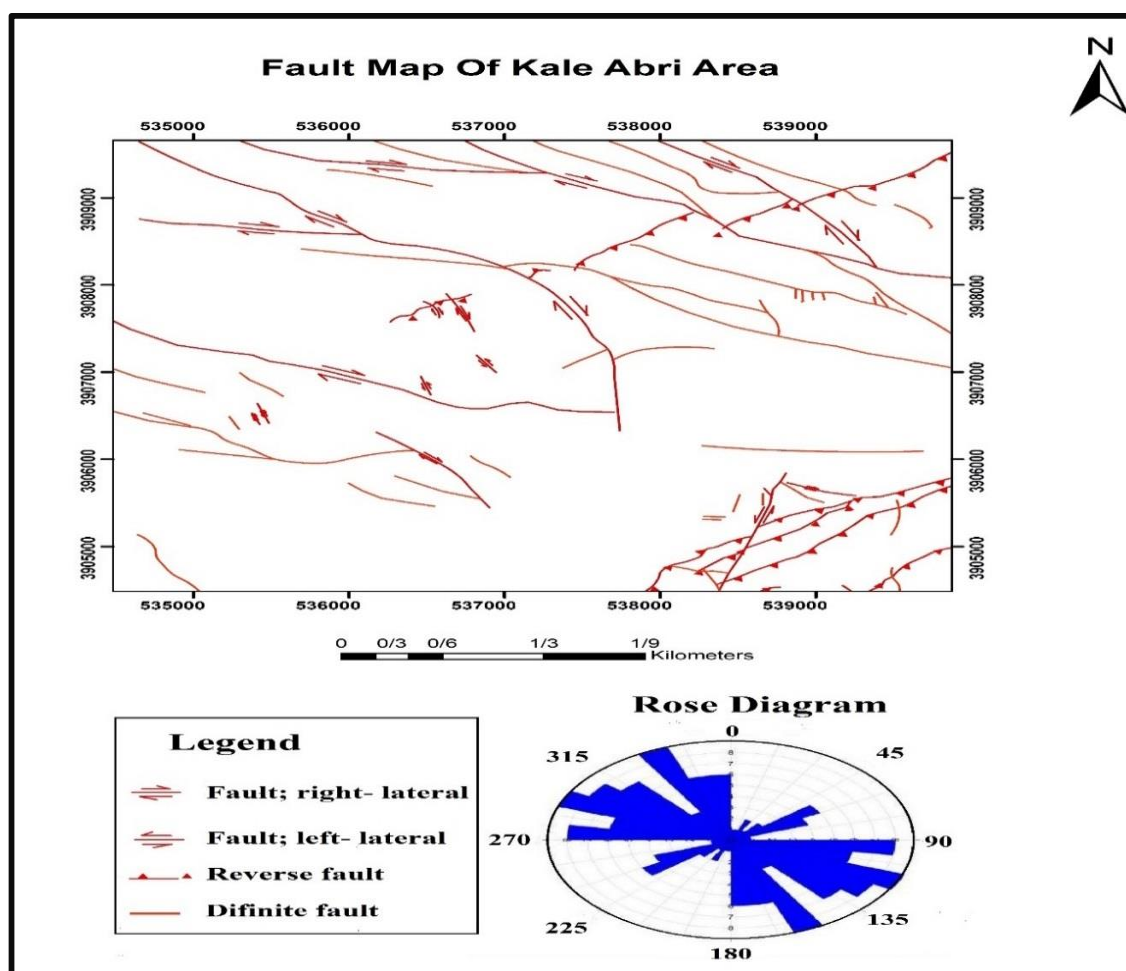
شکل ۲-۱۴- تصویر صحرایی و مقاطع میکروسکوپی مشاهده شده در دایک بازالتی موجود در قسمت میانی منطقه. الف) پلاژیوکلازهای کربناته شده. ب) کوارتز به صورت پرکننده حفرات.



شکل ۲-۱۵- تصویر صحرایی و مقاطع میکروسکوپی مشاهده شده در دایک بازالتی موجود در قسمت شمال شرق منطقه.
الف) اکسیدهای آهن (ب) پیروکسن‌های دگرسان شده. (پ) رگه کوارتزی. (ت) کلسیت

۲-۹- تکتونیک مناطق مورد مطالعه

چهار سیستم گسلی در منطقه ابری قابل تشخیص است و شامل؛ گسل‌های راندگی با روند شمال شرقی- جنوب غربی از فراوانی کمتری برخوردار هستند. گسل‌های امتداد لغز با مولفه راست‌بر با روند شمال غربی- جنوب شرقی از فراوانترین رده گسل‌ها محسوب می‌شوند و گسل‌های شمال- جنوب و شرقی- غربی (شکل ۲-۱۶). سیستم اصلی و غالب در محدوده چشمه مرضیه شمال شرقی- جنوب غربی بوده که از روند عمومی منطقه تبعیت می‌کنند و موازی با گسل اصلی درونه می‌باشند. گسل‌ها با روندهای شمال غربی- جنوب شرقی و شمالی- جنوبی در الویت‌های بعدی قرار می‌گیرند (پیوست ۳).



شکل ۲-۱۶- نقشه تکتونیکی کانسار ابری براساس نقشه ۱:۵۰۰۰ تهیه شده توسط (قربانی و صالحی، ۱۳۹۳).

فصل سوم

کانی‌زایی و دگرسانی

۳-۱- مقدمه

منطقه ابری، رهبری و چشمه مرضیه بر روی کمربند آتشفشانی- نفوذی، خوف- درونه در شمال گسل بزرگ درونه واقع گردیده است. بر اساس مطالعات (حیدری و آقاجانی، ۱۳۸۵) در کمربند خوف- درونه، زون‌های آلتراسیون هیدروترمالی به تعداد زیاد و همچنین شبکه متراکمی از گسل‌ها همراه با تمرکز محلول‌های هیدروترمالی کانه‌ساز وجود داشته‌اند. یکی از ویژگی‌های بارز این کمربند وجود اندیس‌های معدنی متنوع و فعالیت‌های معدنکاری قدیمی است. یکی از عوامل مهم موثر در کانه‌زایی در هر ناحیه‌ای گسلش و شکستگی‌های موجود می‌باشند که در واقع راهی برای نفوذ سیالات کانه‌دار هستند. همچنین فضاهای باز موجب تسهیل نفوذ آب‌های سطحی به اعماق، گرم‌شدن، افزایش انحلال‌پذیری و برگشت آن‌ها به صورت محلول کانه‌دار به مناطق سطحی می‌گردد. شکل‌گیری ذخائر و ارتباط آن‌ها با فرآیندهای زمین- ساختمانی راهنمای ارزشمندی برای کشف ذخائر جدید و یا ارزیابی مجدد ذخائر می‌باشد. لذا با مشاهدات صحرایی و مطالعات میکروسکوپی مناطق مورد مطالعه، زون‌های کانه‌زایی به همراه گستره‌ای از دگرسانی‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. در این فصل به تحلیل کانه‌زایی و بررسی انواع دگرسانی در کانسارهای ابری، رهبری و چشمه مرضیه خواهیم پرداخت.

۳-۲- رخداد کانه‌زایی در کانسارهای مورد مطالعه

در کانسارهای مورد مطالعه دو عامل اصلی کانه‌زایی، حضور سنگ‌های نفوذپذیر آذرآواری و عملکرد شدید نیروهای تکتونیکی می‌باشند که با ایجاد گسلها، شکستگی‌ها و درزه‌ها است که شرایط را برای برقراری چرخه سیالات هیدروترمال فراهم آورده‌اند. به طور کلی بخش اعظم ماده معدنی به صورت پرکننده فضاهای خالی بین دانه‌ای، رگه- رگچه‌ای و دانه پراکنده و به طور عمده در منطقه ابری و رهبری محدود به واحدهای آذرآواری است و در منطقه چشمه مرضیه غالباً در واحد گدازه‌ای گسترش دارد. عوامل مؤثر کانه‌زایی مس

در مناطق مورد مطالعه عبارتند از: ۱- لیتولوژی سنگ‌های دربرگیرنده، ۲- کنترل‌های ساختاری (گسل، درزه و شکاف)، ۳- محلول‌های گرمایی که در سنگ‌های با لیتولوژی مناسب جریان یافته و باعث تمرکز مس گردیده‌اند و ۴- حضور توده‌های نفوذی در عمق به عنوان عامل حرارتی، که دایک‌های بازالتی موجود در منطقه چشمه مرضیه و دایک‌های مشاهده شده در اطراف منطقه شاهدهی بر نقش توده‌های نفوذی می‌تواند باشند. این کنترل‌کننده‌های کانی‌سازی به عنوان فاکتور اساسی در قابلیت نقل و انتقال محلول‌های گرمایی چه در مقیاس ناحیه‌ای و چه در مقیاس معدنی عمل می‌نمایند و باعث تمرکز و تجمع سیالات کانه‌دار شده تا فرصتی برای رخداد و ته‌نشست ایجاد نمایند (Leach et al., 2005). محدوده چشمه مرضیه به لحاظ تکتونیکی فعال و دارای گسلها، درزه‌ها و شکستگی‌های فراوان می‌باشد که زمین ریخت‌شناسی منطقه را تحت تأثیر قرار داده است. ارتباط تنگاتنگ تمرکزهای اقتصادی ماده معدنی با گسلها و شکستگی‌ها، فرضیه ایجاد فضای خالی توسط گسلها و شکستگیها را تقویت می‌کند. در منطقه ابری و رهبری کنترل‌کننده اصلی کانی‌سازی در منطقه لیتولوژی می‌باشد و به صورت موضعی کنترل‌های ساختاری نیز تأثیرگذار بوده‌اند.

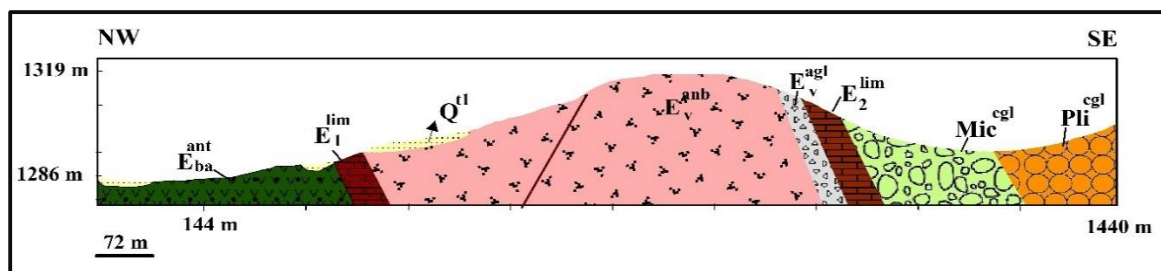
۳-۳- کانه‌زایی در توالی آتشفشانی - رسوبی ائوسن در کانسارهای مورد مطالعه

همانگونه که در فصل سوم اشاره شد در منطقه ابری و رهبری، سنگ‌های آذرآواری و گدازه‌های آتشفشانی به طور جانبی و در جهت قائم به طور تدریجی به سنگ‌های کربناتی دلومیت‌دار تغییر رخساره می‌دهند. سنگ‌های دربرگیرنده کانه‌زایی شامل مجموعه گدازه‌ای با ترکیب آندزیت، بازالت و آندزیت-بازالت، تراکی آندزیت، داسیت و تراکی داسیت و مجموعه آذرآواری با ترکیب توف، کریستال توف، لیتیک توف، توف ماسه‌ای و آگلومرا است که بخش اعظم رخنمون محدوده مورد بررسی را تشکیل می‌دهند. کمر بالای واحد کانه‌دار بیشتر واحدهای کربناته نازک تا متوسط لایه و کمر پایین آن، واحدهای گدازه است (شکل ۳-۱ الف و ب)

ستون چین‌شناسی منطقه رهبری در (پیوست ۴) ارائه شده است. واحدهای آذرآواری (توف و آگلومرا) بخش عمده منطقه معدنی ابری را تشکیل می‌دهد. با توجه به مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی کانه‌سازی عمدتاً به دو صورت رگه- رگچه‌ای در واحدهای آندزیت، بازالت و آندزیت- بازالت منطقه و نیز به صورت پراکنده حفرات و فضاهای خالی بین دانه‌ای و پراکنده در واحدهای آذرآواری (توف و آگلومرا) رخ داده است. در برخی موارد کانه‌زایی در امتداد شکستگی‌ها و گسل‌ها به طور بسیار ضعیفی از واحد آذرآواری کانه‌دار به سوی کمر بالا در واحدهای آهکی ادامه یافته ولی به شدت کاهش می‌یابد. خلل و فرج سنگها، درز و شکاف هایی 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.

Era	Epoch	Lithologies
CENOZOIC	pliocene	Pli ^{egl} : Mainly red Polymictic Conglomerates with limestone patches
	Miocene	Mic ^{egl} : Green to gray polymictic conglomerates.
		E ₂ ^{lim} : Cream Nummulitic limestone, thin bedded and partly mineralized.
	Eocene	E _v ^{agl} : Mainly gray agglomerates and volcano clastic rocks.
		E _v ^{anb} : Green to gray intermediate volcano- sedimentary rocks.
		E ₁ ^{lim} : Mainly Cream Nummulitic and sandy limestone.
		E _{ba} ^{ant} : Mainly gray andesitic tuffs with alternation of thin bedded lava.
	62m	

شکل ۳-۱- الف) ستون چین‌شناسی منطقه معدنی ابری براساس نقشه زمین‌شناسی بزرگ مقیاس ابری در فصل دوم.

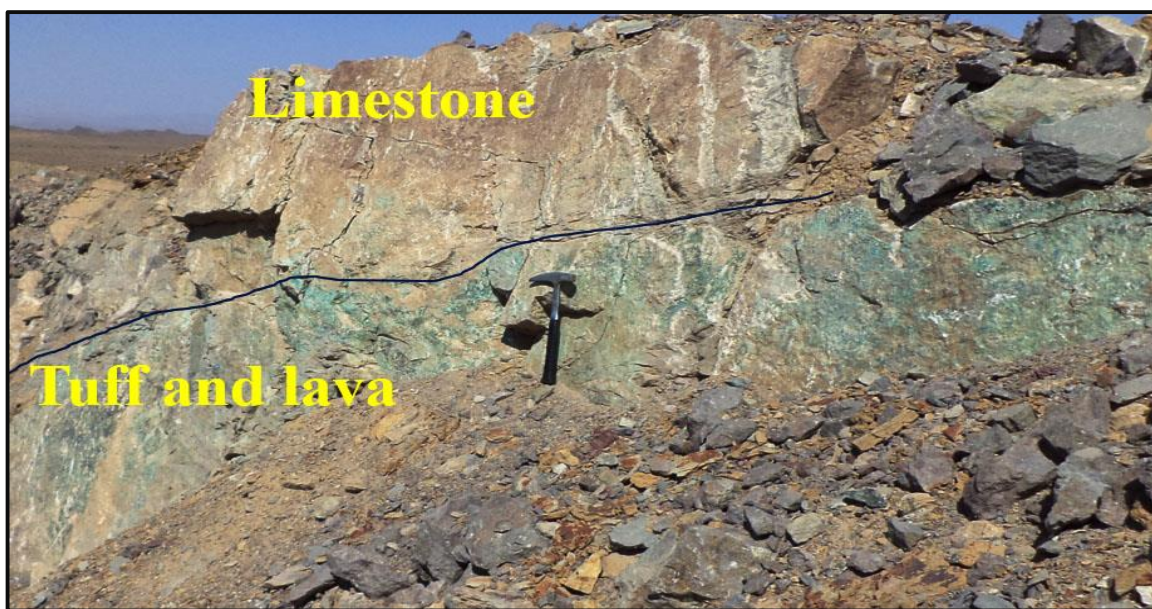


شکل ۳-۱ (ب) پروفیل منطقه معدنی ابری براساس نقشه زمین‌شناسی بزرگ مقیاس ابری در فصل دوم.

سنگ‌های فراگیر ماده معدنی در کانسار چشمه مرضیه، سنگ‌های آتشفشانی شامل توالی از گدازه‌های با ترکیب آندزیت، تراکی آندزیت، آندزیت-بازالت و داسیت می‌باشند که بصورت متناوب همراه با سنگ‌های آذرآواری (توف‌های خاکستری و قرمز رنگ، کریستال توف خاکستری، کریستال لیتیک توف قرمز، آگلومراها) که بخش عمده‌ای از محدوده مورد مطالعه را پوشش می‌دهند، قرار گرفته‌اند ستون چینه‌شناسی چشمه مرضیه در (پیوست ۵) ارائه شده است. با توجه به مطالعات صورت گرفته بخش اعظم ماده معدنی در امتداد درزه‌ها و شکستگی‌های موجود در گدازه‌ها به صورت رگه‌ای، رگه-رگچه‌ای و پراکنده در متن سنگ تا فاصله چند سانتیمتری از رگه و به ندرت در مجموعه آذرآواری بصورت پرکننده فضاهای بین دانه‌ای یافت می‌شود.

۳-۴- ویژگی‌های کانه‌زایی مس در کانسارهای مورد مطالعه

کانه‌زایی در منطقه ابری و رهبری بعد از انسجام سنگ‌های در برگیرنده، به صورت یک باند موازی با روند طبقات دربرگیرنده و در مرز واحد آهکی با سنگ‌های آذرآواری و گدازه‌ای با روند NE-SW و همراه با درزه و شکستگی‌های فراوان رخ داده است، که نشانگر وضعیت چینه‌کران و اپی‌ژنتیک کانه‌زایی در این منطقه است (شکل ۳-۲). شکل ماده معدنی به طور عمده پرکننده فضاهای خالی، دانه پراکنده و رگه-رگچه‌ای است. خلل و فرج سنگها، گسل‌ها، 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.



شکل ۳-۲- کان‌زایی، به صورت هم‌شیب و هم‌روند با طبقات دربرگیرنده و در مرز واحد آهکی با سنگ‌های آذرآواری و گدازه‌ای

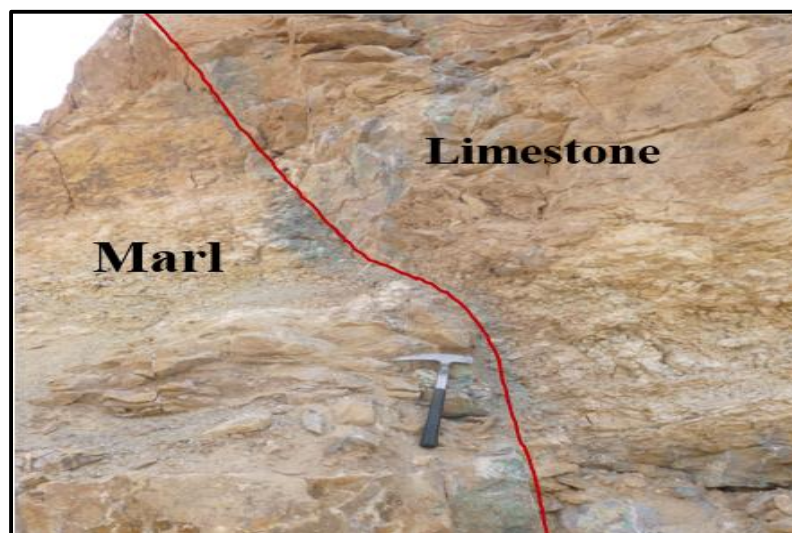
بر اساس مطالعات صحرایی و میکروسکوپی در مناطق مورد مطالعه، کان‌زایی به سه صورت وجود دارد که عبارتند از:

۱- کان‌زایی رگه‌ای و رگه- رگچه‌ای که عمدتاً در داخل واحد گدازه‌های زیردریایی تشکیل شده‌اند.

۲- کان‌زایی پرکننده حفره‌ها و فضاهای خالی بین دانه‌ای و در واحد آذرآواری دیده شده است.

۳- کانه‌زایی به صورت دانه پراکنده در منطقه چشمه مرضیه در واحد گدازه‌ای و در منطقه ابری و رهبری در واحد آذرآواری دیده شده است.

۳-۴-۱- **کانی‌سازی رگه‌ای:** کانی‌زایی رگه‌ای در ارتباط با زون‌های گسله و درزه و شکستگی‌ها دیده می‌شود. زون‌های گسله در منطقه ابری و رهبری 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. سنگ میزبان رگه- رگچه‌ها شامل واحدهای آندزیت، آندزیت- بازالت و به میزان کمتر آهک، همراه با آلتراسیون‌های کربناتی، اکسید آهن و سیلیسی- کربناتی است. طبق شواهد صحرایی و میکروسکوپی رگه- رگچه‌ها کانی‌سازی متنوعی از کانی‌های کربناته و اکسیدهای آهن و کربنات کلسیم نشان می‌دهند (شکل ۳-۳). شکستگی‌ها و گسل خوردگی‌های شدید در واحد رسوبی منطقه رهبری نقش موثری در جریان محلول‌های کانی‌سازی داشته و ماده معدنی ضعیفی را در خود جای داده است زیرا که محلول کانه‌دار بیشتر بار خود را در واحدهای آذرآواری ته نشست کرده است بنابراین شکستگی‌های موجود در واحد آهکی بیشتر توسط کلسیت و سیلیس پر شده‌اند (شکل ۳-۴ ب و پ).



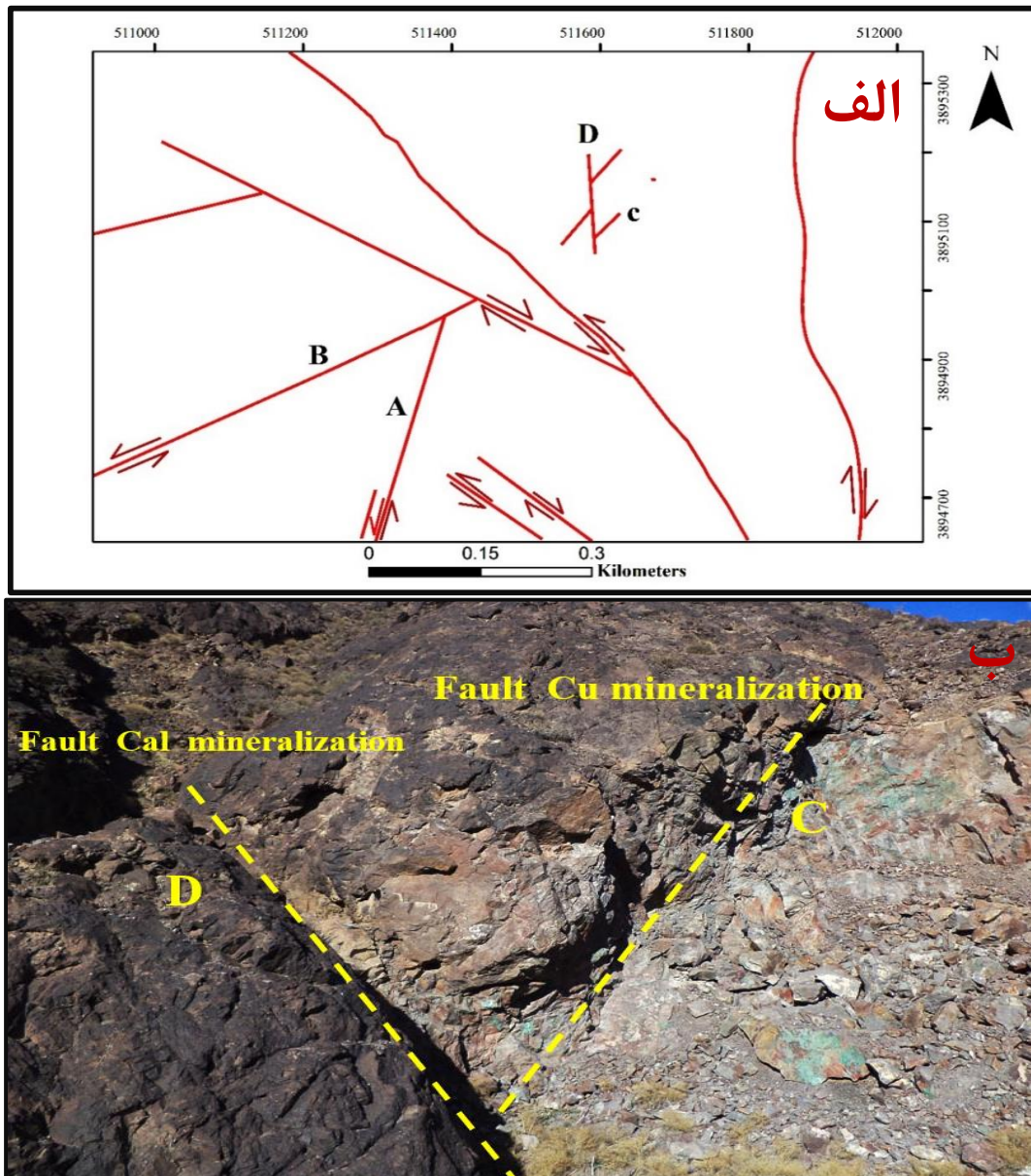
شکل ۳-۳- کانه‌زایی مالاکیت در امتداد گسل موجود در واحد آهکی (ابری).



شکل ۳-۴- الف و ب) گسل ها و شکستگی‌های موجود در واحد آهکی (رهبری).

منطقه چشمه مرضیه به لحاظ تکتونیکی فعال و دارای گسلها، درزه‌ها و شکستگی‌های فراوان می باشد که زمین ریخت‌شناسی منطقه را تحت تأثیر قرار داده است. ارتباط تنگاتنگ تمرکزهای اقتصادی ماده معدنی با گسلها و شکستگی‌ها، فرضیه ایجاد فضای خالی توسط گسلها و شکستگیها را تقویت می کند. کانه‌زایی گرمابی به صورت شکافه پرکن در طول صفحات گسلی و شکستگی‌ها و به صورت رگه- رگچه‌ای در سنگهای میزبان گدازه‌ای رخ داده است. زون‌های گسله دارای روندهای شمال‌شرقی- جنوب‌غربی، شمال‌شرقی- جنوب‌غربی تا شمالی- جنوبی بوده، ولی روند اصلی این گسل‌ها شمال‌شرقی- جنوب‌غربی است که از روند عمومی منطقه تبعیت می‌کنند و موازی با گسل اصلی درونه می‌باشند. کانی‌سازی مس بصورت مالاکیت و کالکوسیت در امتداد سه زون گسله (A، B و C) تمرکز دارند و کانه‌زایی کربنات کلسیم در امتداد گسل (D) تمرکز یافته است (شکل ۳-۵ الف). در محل تقاطع گسل D و C کانه‌زایی فراوانتر است (شکل ۳-۵ ب). بزرگترین آن‌ها در امتداد 50°E تا 10°N و شیب 80°NW تا 75° دیده می‌شوند. در امتداد گسل A و B دایک بازالتی نفوذ پیدا کرده‌اند. سنگ‌های گسترده در راستای زون گسله (C) در راستای 50°E N و با شیب 55°NW و گسل‌های فرعی مجاور آن، برشی و دگرسان (گرمابی) شده‌اند (شکل ۳-۶ الف و پ). در زون

گسله (D) با راستای تقریباً شمالی- جنوبی و شیب ۸۰ درجه به طرف غرب، رگه کلسیتی همراه با کانه‌زایی مس گسترش خوبی در منطقه نشان می‌دهد (شکل ۳-۶ ب).



شکل ۳-۵- نقشه تکتونیکی از منطقه معدنی چشمه مرضیه و حضور گسل‌های کانه-زایی مس (A, B و C) و گسل D همراه با کانه‌زایی کربناتی مس و کلسیت. (ب) تصویر صحرایی دو گسل C و D، در محل تقاطع این دو گسل کانه‌زایی غنی‌تر است.



شکل ۳-۶-الف و ب) تصویر صحرایی از گسل‌های D و C. پ) فرایند برشی شدن در محل تقاطع دو گسل. ت) کانه‌زایی رگه‌ای کربناته مس و کلسیت در امتداد گسل D.

۳-۴-۲- کانی‌زایی پرکننده حفرها و فضاهای خالی بین‌دانه‌ای:

طبق شواهد صحرایی و مطالعات میکروسکوپی این نوع کانه‌زایی در سنگ‌های آذرآواری گسترش دارند. توف و آگلومراها بدلیل حفره و خلل و فرج، تخلخل و نفوذپذیری فراوان فضای مناسب را جهت نفوذ محلول‌های گرمابی فراهم آورده است و در نتیجه فرایند کانه‌زایی و دگرسانی در این واحد تشدید یافته است (شکل ۳-۷ الف و ب). بنابراین کانه‌زایی به وسیله محلول کانه‌دار با پرکردن فضاها و حفره‌های خالی داخل سنگها به صورت اپی‌ژنتیک صورت گیرد. این نوع کانه‌زایی در منطقه ابری و رهبری از گسترش فراوانی برخوردار است.



شکل ۳-۷- کانه‌زایی به صورت پرکننده فضاهای خالی و پرکننده شکستگی‌ها در واحد آذرآواری (ابری).

۳-۴-۳- کانه‌زایی دانه پراکنده: کانی‌سازی پراکنده شامل مگنتیت، پیریت، کالکوپیریت (به مقدار کم) و کالکوسیت در متن سنگ‌های گدازه‌ای (منطقه چشمه مرضیه) و سنگ‌های آذرآواری (منطقه ابری و رهبری) مشاهده می‌شود. برخلاف کانسار ابری و رهبری کانی‌سازی در کانسار چشمه مرضیه به شکل پراکنده از حجم کمتری برخوردار بوده و بیشتر در زون‌های گسله و به صورت رگه- رگچه‌ای دیده می‌شود.

۳-۵- دگرسانی

کانسارهای گرمابی یکی از مهم‌ترین کانسارها هستند که تقریباً ۱۰۰ درصد فلزاتی چون سرب، روی، نقره و ۶۰ الی ۹۰ درصد مس، طلا، اورانیوم مورد نیاز جهان را تأمین می‌کنند (Arndt and Ganino, 2012). دگرسانی گرمابی یکی از پدیده‌هایی است که در بررسی این کانسارها دارای اهمیتی ویژه است. شناسایی منطقه‌های دگرسانی که احتمالاً از نظر ژنتیکی به ذخایر معدنی وابسته باشند گام مهمی در پی‌جویی ذخایر است (Gifkins *et al.*, 2005) در منطقه ابری، رهبری و چشمه مرضیه واحدهای سنگی تحت تأثیر فرآیندهای دگرسانی قرار گرفته‌اند. شدت و ضعف و گسترش زون‌های دگرسانی بسته به جنس سنگ میزبان، ماهیت سیال و وضعیت ساختاری مناطق متفاوت است. در این قسمت دگرسانی‌های موجود در مناطق شرح داده شده است.

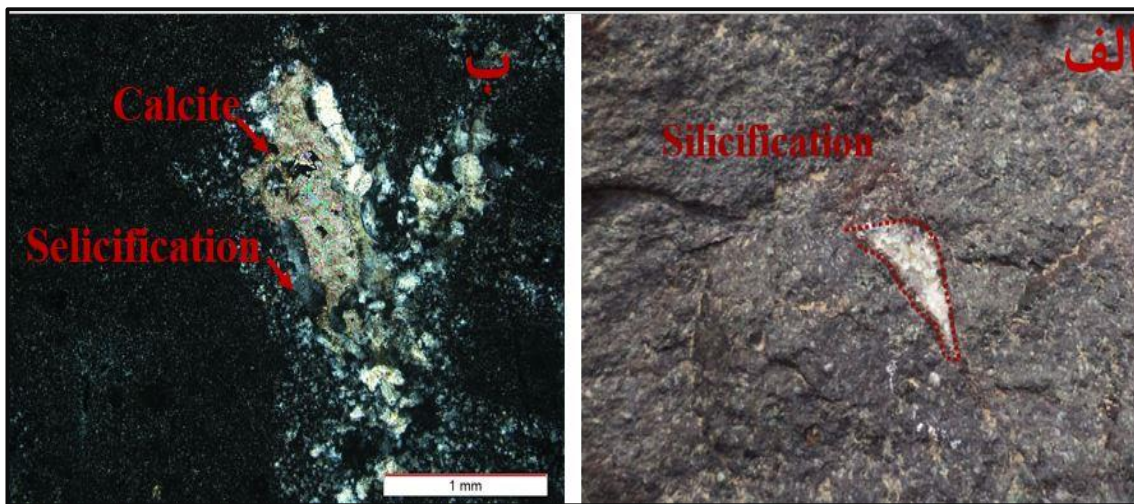
۳-۶- دگرسانی‌های موجود در مناطق مورد مطالعه

دگرسانی در توالی آتشفشانی- رسوبی محدوده مورد مطالعه کم است. بر اساس بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی مجموعه دگرسانی‌ها در مناطق مورد مطالعه عبارتند از: (۱) دگرسانی پروپیلیتیک، (۲) دگرسانی آرژیلیکی، (۳) دگرسانی سربستی، (۴) دگرسانی کلریتی، (۵) دگرسانی سیلیسی، (۶) دگرسانی کربناتی، (۷) دگرسانی زئولیتی و (۸) اکسیدهای آهن. سیلیسی شدن و کربناتی شدن، از عمده‌ترین و معمولترین دگرسانی‌ها در کانسارها می‌باشند و گسترش وسیعی در واحدهای آهکی موجود در منطقه ابری و رهبری دارند. حضور گسل‌های متعدد با روندهای مختلف در منطقه و نفوذپذیری بالای سنگ‌های آذرآواری شرایط را برای عبور محلول‌های گرمایی و ایجاد دگرسانی و نیز کانه‌زایی فراهم می‌کند. کانه‌زایی ارتباطی بسیار نزدیک با این دگرسانی‌ها به ویژه در واحد آذرآواری با نفوذپذیری بالا دارد. وجود کانی‌های همچون سربست و کلریت که در زمینه سنگ یا قالب کانی‌های دیگر می‌باشند نشان‌دهنده یک آلتراسیون فراگیر و عمومی در منطقه می‌باشد. شرایط دما و ترکیب معمولاً در فاصله‌های مختلف از یک شکاف یا یک مجرا متفاوت است، به گونه‌ای که انواع گوناگونی از دگرسانی می‌تواند به طور همزمان در کنار یکدیگر به وجود آید.

۳-۶-۱- دگرسانی پروپیلیتیک: در بعضی از قسمت‌های کانسار، به خصوص درافق‌های بالایی و غربی

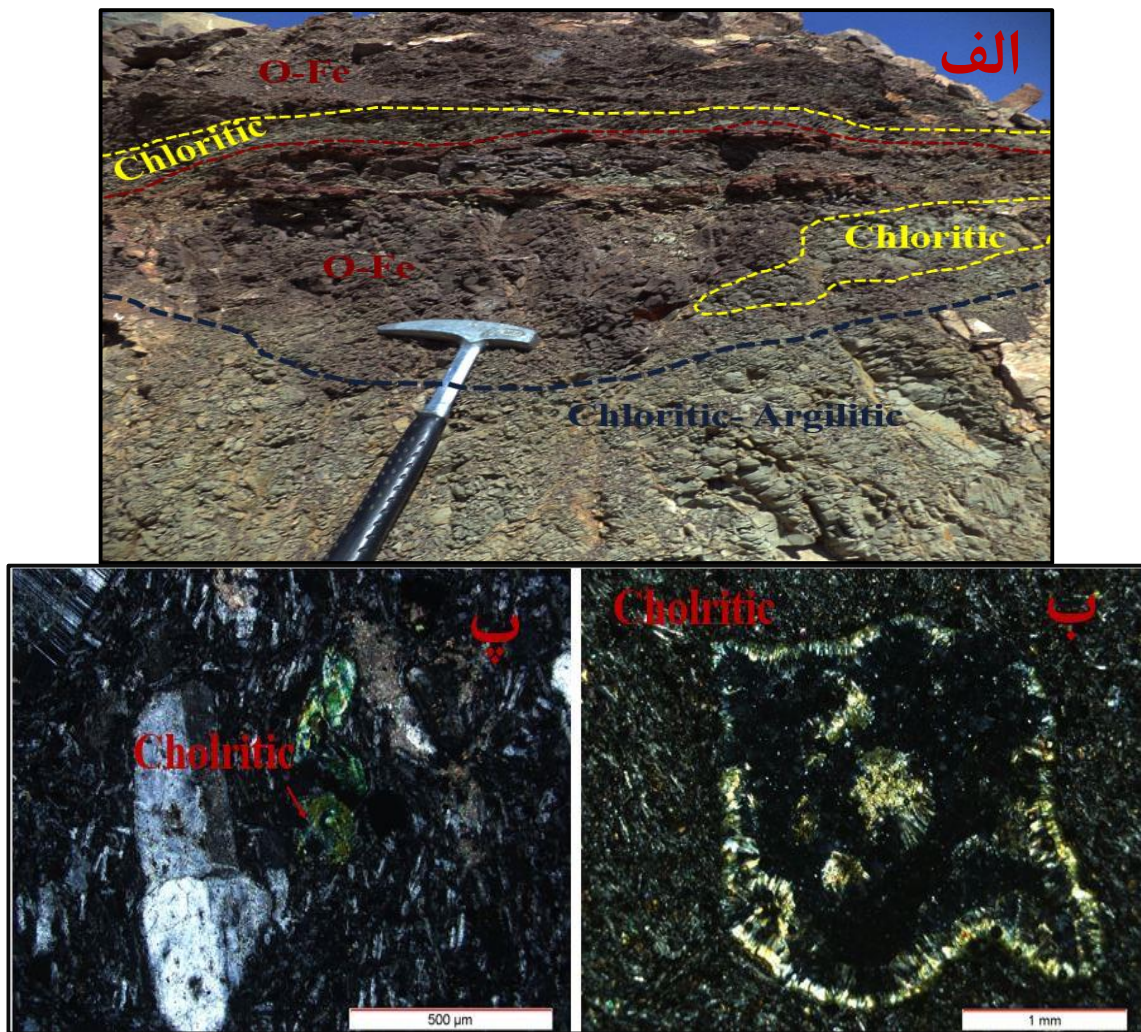
معدن ابری، رگچه‌هایی از کلسیت، کلریت در درون سنگ‌های آندزیت‌های میزبان دیده می‌شود، که معرف دگرسانی پروپیلیتیک می‌باشد. دگرسانی پروپیلیتیک در سنگ‌های حدواسط و مافیک منطقه ابری و رهبری نسبت به سنگ‌های اسیدی‌تر منطقه چشمه مرضیه از گسترش بیشتری برخوردار است از ویژگی‌های بارز این دگرسانی، تغییر رنگ متمایل به رنگ سبز سنگ‌ها است. تحت تأثیر این دگرسانی در واحدهای رخنمون یافته، پلاژیوکلازها به کانی‌های ثانویه از جمله کربنات، اپیدوت، سربست و کانی‌های رسی تبدیل شده‌اند.

۳-۶-۲- دگرسانی سیلیسی: سیلیسی شدن و کربناتی شدن از متداولترین فرآیندهایی هستند که در منطقه دگرسانی رخ می‌دهند. این دگرسانی به طور گسترده رگه‌ها و یا فضاهای خالی نظیر درزه، شکاف‌ها، شکستگی‌ها حفره‌ها بین قطعات یک سنگ را پر می‌کند (شکل ۳-۸ الف) و در بخش‌هایی از سنگ دیواره به صورت پراکنده وجود دارد. این دگرسانی در منطقه مورد مطالعه معمولاً به تنهایی مشاهده نمی‌شود و همواره در کنار آن دگرسانی کربناته نیز مشهود است (شکل ۳-۸ ب).



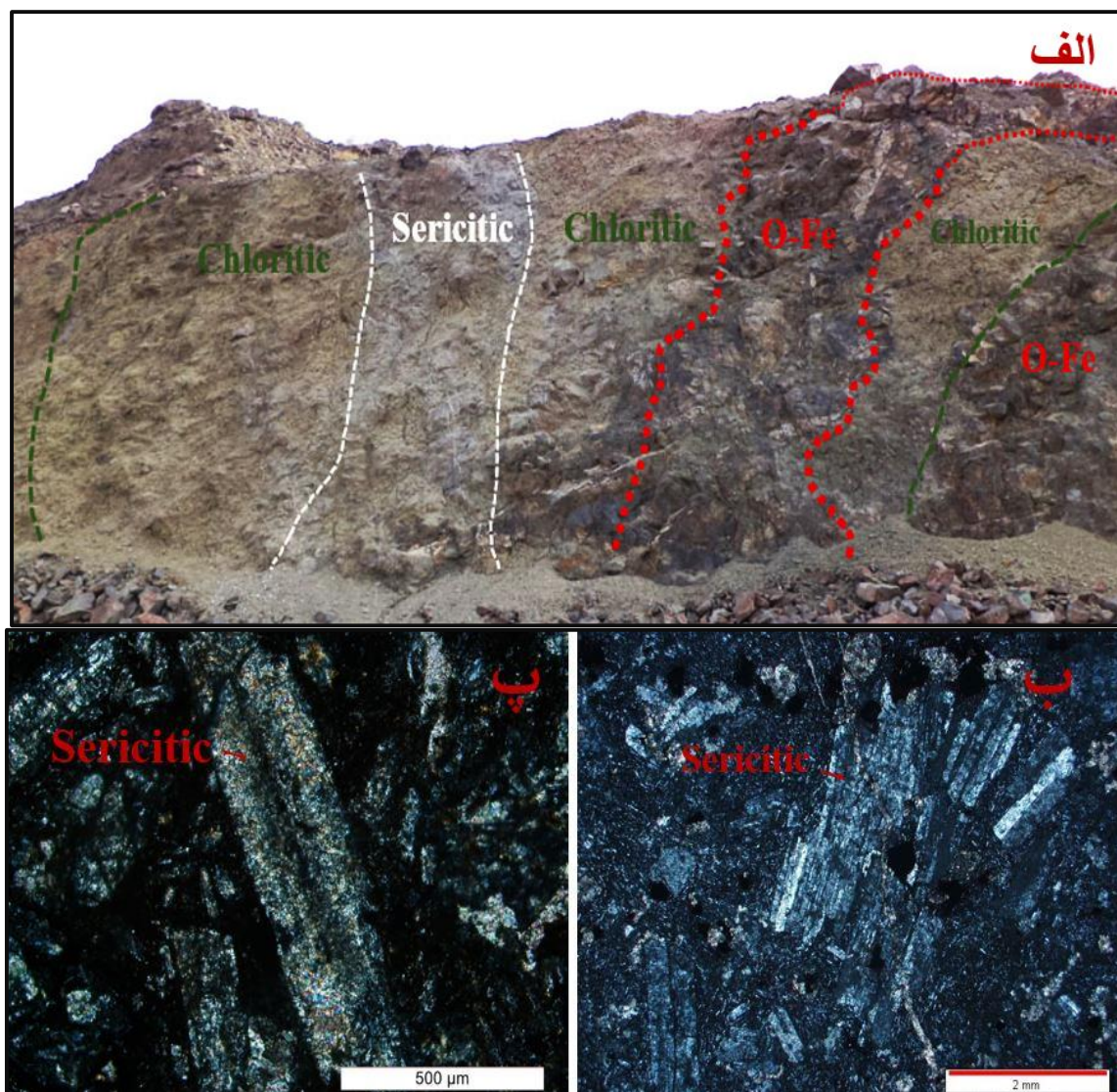
شکل ۳-۸- الف حضور کلسیت و کوارتز بصورت ریز بلور. ب) دگرسانی سیلیسی به صورت رگه- رگچه‌ای.

۳-۶-۳- دگرسانی کلریتی شدن: در بخش‌هایی از مناطق مورد مطالعه که سنگها متحمل دگرسانی کلریتی شده‌اند رنگ سنگ به سبز متمایل می‌باشد (شکل ۳-۹ الف). این دگرسانی در منطقه چشمه مرضیه در حاشیه‌های شمالی منطقه به خوبی قابل رویت می‌باشد و از شدت کمتری برخوردار هستند. در مطالعات میکروسکوپی کلریت بصورت پراکنده در متن سنگ و یا در اثر دگرسانی کلریتی کانی‌های مافیک از جمله آمفیبول و پیروکسن مشاهده می‌شود (شکل ۳-۹ ب و پ).



شکل ۳-۹-الف) تصویر صحرایی از همجواری دگرسانی کلریتی با دگرسانی کلریتی-آرژیلیکی و اکسیدهای آهن (ابری).
ب) تصویر میکروسکوپی از کلریت با بافت شعاعی (ابری). پ) دگرسانی کانی‌های مافیک به کلریت (چشمه مرضیه).

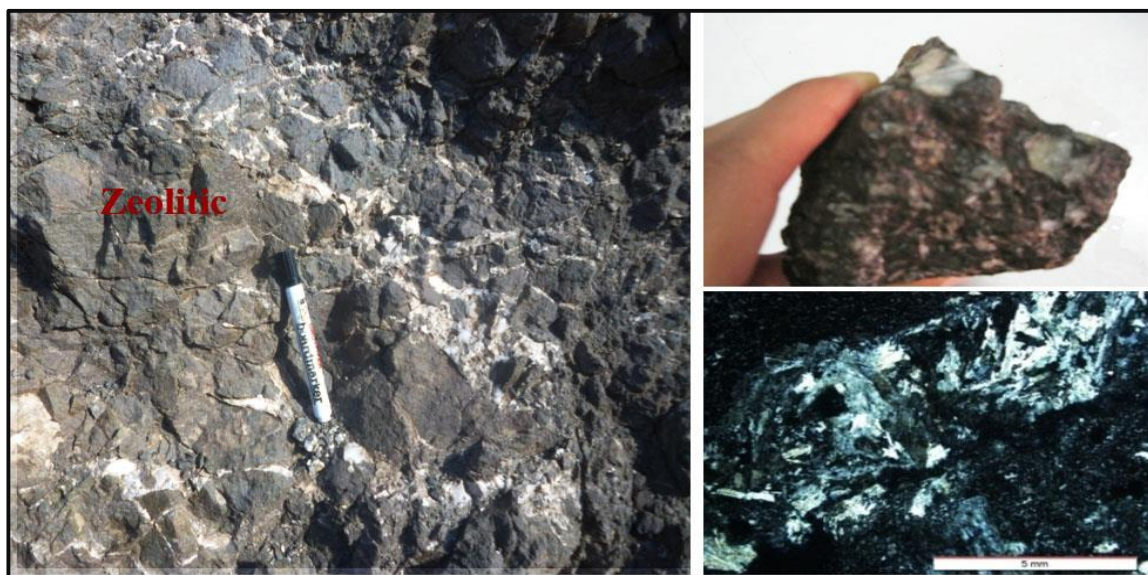
۳-۶-۴- دگرسانی سربستی: در مشاهدات صحرایی سربستی شدن نیز یکی از دگرسانی‌های مرتبط با کانده‌زایی در منطقه چشمه مرضیه است (شکل ۳-۱۰ الف). در مطالعات میکروسکوپی که در این دگرسانی در بلورهای پلاژیوکلاز تقریباً به طور کامل توسط کربنات‌های ریز دانه و سربست جانشین شده‌اند که در هر سه منطقه قابل رؤیت است (شکل ۳-۱۰ ب و پ). واکنش‌هایی که در دگرسانی سربستی رخ می‌دهد باعث مصرف H^+ و وارد شدن فلزات قلیایی و قلیایی خاکی به درون محلول‌های گرمابی می‌شوند.



شکل ۳-۱۰-الف) تصویر صحرایی از دگرسانی‌های کلریتی، سریسیتی و اکسیدهای آهن در مجاور یکدیگر (چشمه مرضیه).
ب) سریسیتی شدن پلاژیوکلازها به صورت دانه‌های ریز (چشمه مرضیه). پ) سریسیتی شدن پلاژیوکلازها (ابری).

۳-۶-۵- دگرسانی زئولیتی: دگرسانی زئولیتی بخشی از پروپیلیتیک است که در دمای پایین و PH خنثی محلول‌های گرمابی در سنگ‌های آذرین موجب جابه جایی و تمرکز Na، K و Ca در نقاط خاصی شده و باعث تشکیل زئولیت می‌شوند. زئولیت‌ها دارای بافت و ساخت شعاعی و متراکم‌اند و اغلب به صورت پرکننده حفرات در مقیاس میکروسکوپی و صحرایی مشاهده شده است (شکل ۳-۱۱) و در منطقه چشمه مرضیه از گسترش بیشتری نسبت به دو منطقه ابری و رهبری برخوردار است. کانی زئولیتی نظیر آنالسیم

توسط پراش پرتو ایکس شناسایی شده است. زئولیت، همراه با کوارتز، باریت، کلریت و کلسیت بصورت پرکننده حفرات، درز و شکاف‌های موجود در آندزیت‌های منطقه مشاهده می‌شوند. باززرگانی و ربانی (Bazargani- Guilani and Rabbani, 2004)، معتقداند زئولیت‌ها در اثر دگرسانی هیدروترمال و در دمای ۱۵۰-۶۰ درجه سانتی‌گراد تشکیل می‌شوند.



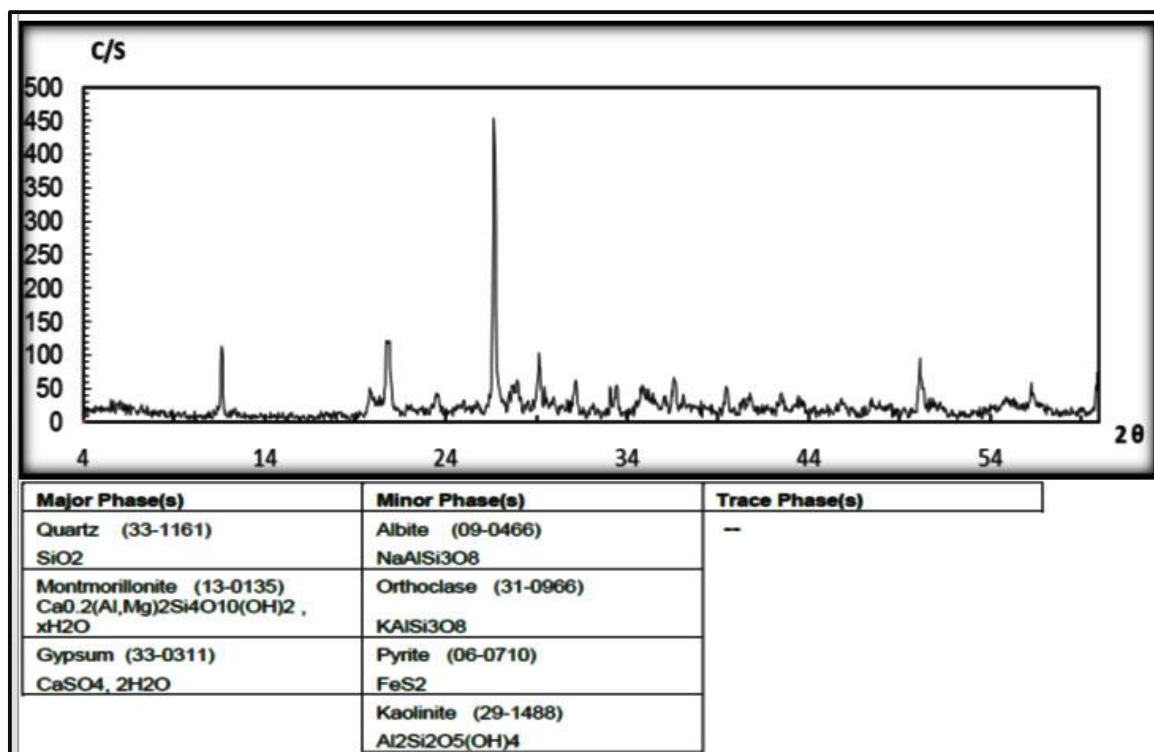
شکل ۳-۱۱- دگرسانی زئولیتی در مشاهدات صحرایی، نمونه دستی و مطالعات میکروسکوپی.

۳-۶-۶- دگرسانی آرژیلیکی: پهنه آرژیلیک به صورت محلی و ناحیه‌ای در مناطق مورد مطالعه گسترش یافته است از فرایندهای عمده دگرسانی، در محدوده معدنی چشمه مرضیه، آرژیلیکی شدن است که واحدهای سنگی توف و گدازه را تحت تأثیر قرار داده است و در اثر آن به پارائیزی شامل کانی‌های سولفات‌ها (ژاروسیت، ژپس، باریت و غیره)، کانیهای رسی (کائولینیت، مونتموریونیت)، هیدرواکسیدها و اکسیدهای آهن (هماتیت و لیمونیت) و همچنین سنگ‌های سیلیسی تبدیل شده‌اند. سنگ‌های این پهنه در محدوده مورد مطالعه بسیار نرم بوده و بسته به درجه خلوص آن‌ها، به رنگ‌های سفید تا زرد متمایل به قهوه‌ای (در اثر آغشتگی هماتیت) و سبز دیده می‌شوند (شکل ۳-۱۲ الف، ب و پ). آثار این دگرسانی در منطقه ابری

توسط کانی‌های رسی (ایلیت) کوارتز و آلبیت می‌باشد، مشخص می‌شوند. مطالعات پراش پرتو ایکس (XRD)، (شکل ۳-۱۳). در منطقه چشمه مرضیه نشان دهنده حضور کوارتز، مونتموریونیت، ایلیت و ژپس به عنوان کانی‌های اصلی و کائولینیت، ژاروسیت، آلبیت، ارتوکلاز و پیریت به عنوان کانی‌های فرعی در این قسمت از کانسار است.



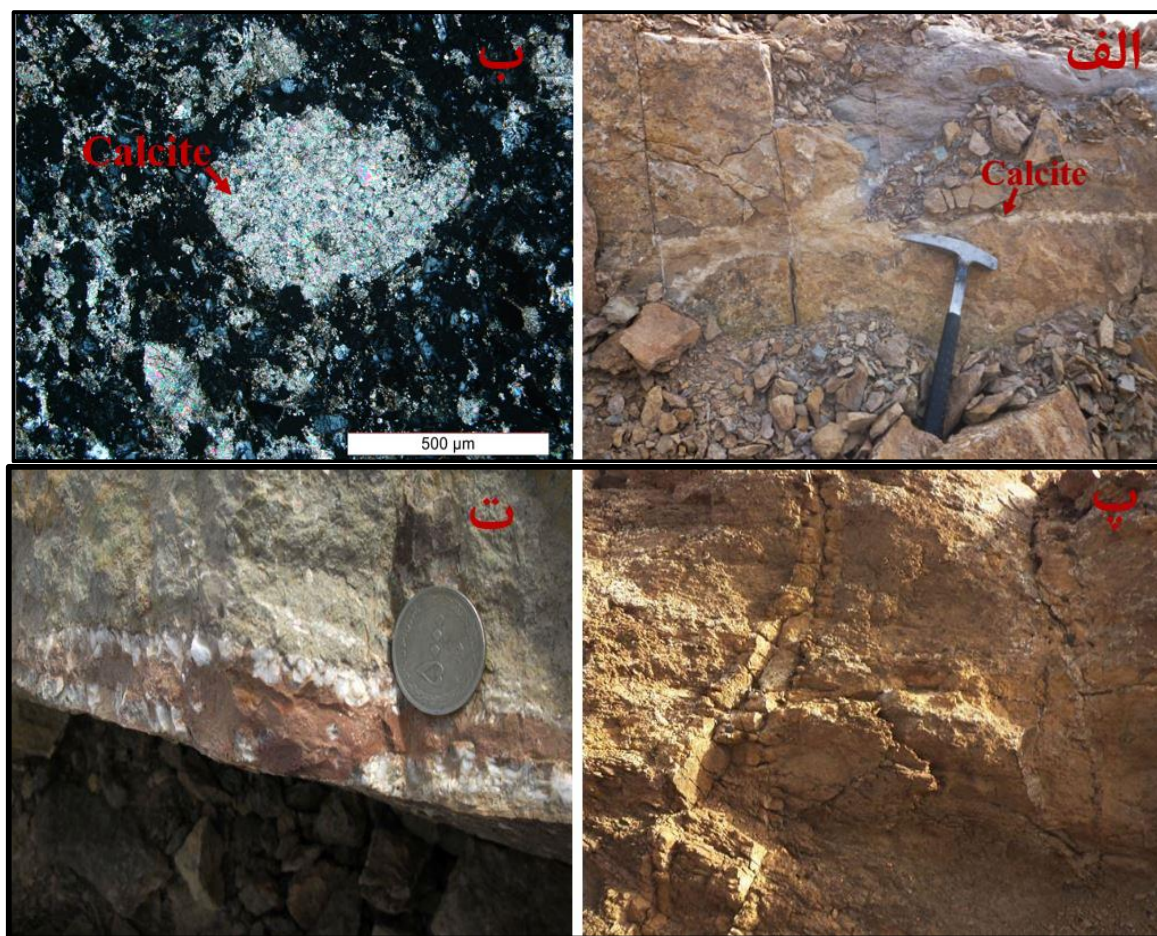
شکل ۳-۱۲- الف و ب) تصویر صحرایی از دگرسانی آرژیلیکی با رنگ‌های متفاوت (چشمه مرضیه) پ) دگرسانی آرژیلیکی بصورت متجدالمرکز (ابری).



شکل ۳-۱۳- نتایج پراش پرتو ایکس حاصل نمونه‌های آرژیلیکی (چشمه مرضیه).

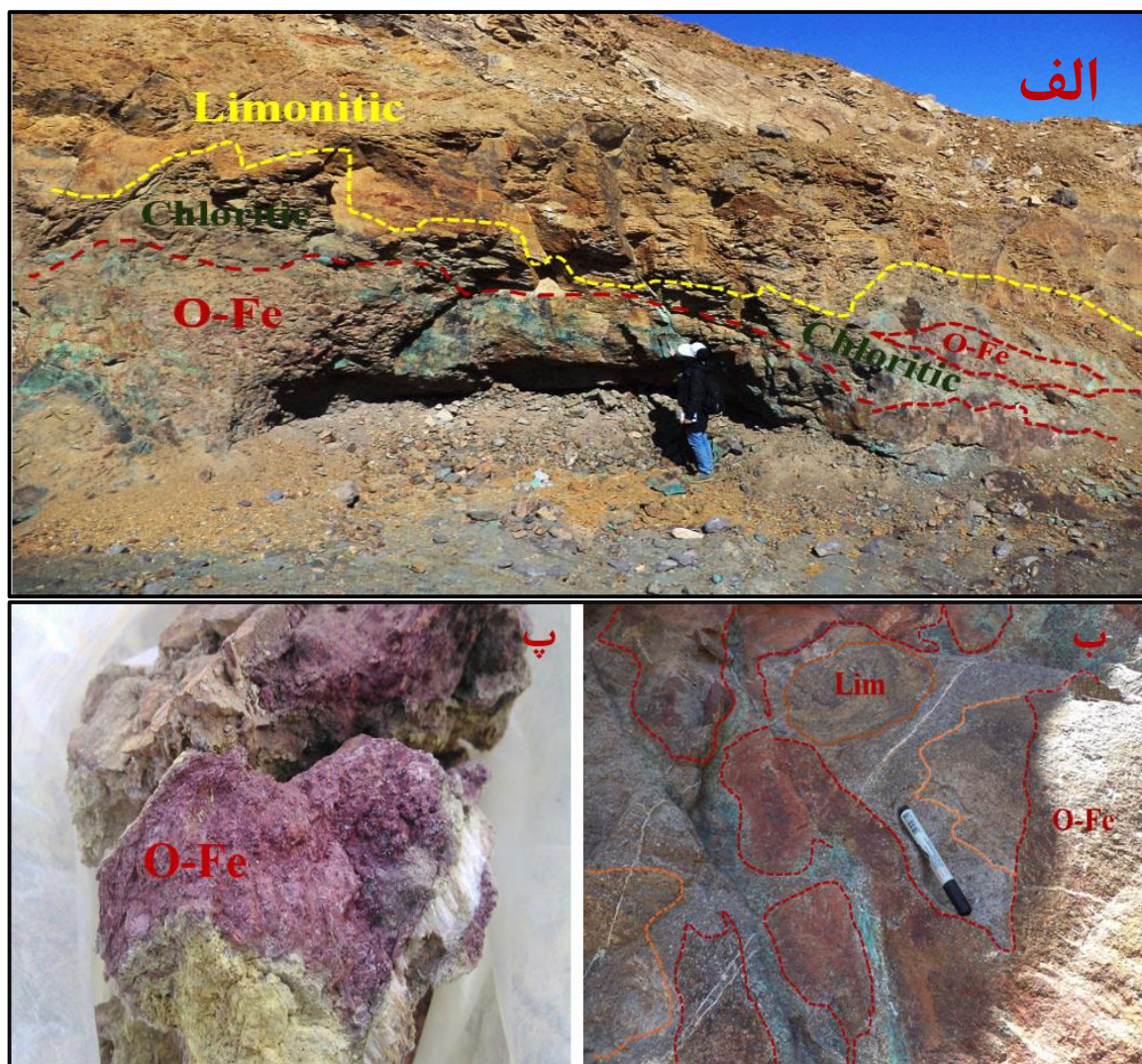
۳-۶-۷- دگرسانی کربناتی: حضور نسبتاً فراوان کانی‌های کربناته در هر سه منطقه حاصل دگرسانی

پیروکسن‌ها و پلاژیوکلازها و نشان دهنده غنی بودن محلول از بی‌کربنات است. همراهی این زون‌ها با شکستگی‌ها، درزه‌ها و گسل نشان از نزدیک بودن این فرآیند با زون‌های گسلی است که در منطقه چشمه مرضیه به فراوانی قابل مشاهده است. کانی‌های کربناته تابعی از ترکیب سنگ میزبان می‌باشد. در این دگرسانی کلسیت و آراگونیت در امتداد شکستگی‌ها، به صورت رگه- رگچه و به صورت پراکنده حفرات و گاهی همراه با ماده معدنی نمود دارد (شکل ۳-۱۴ الف، ب، پ و ت). کلسیت‌ها گاهی رنگ قهوه‌ای روشن به خود گرفته‌اند که حاکی از آغشتگی آنها با آهن است. کربناتی شدن در قسمت‌های آتشفشانی حاشیه قاره‌ها می‌تواند ناشی از چرخش آب‌های زیرزمینی و گرم شدن آنها در مجاورت توده‌های نفوذی باشد (Shelly, 1993).



شکل ۳-۱۴- تصویر صحرایی رگه کلسیتی در امتداد شکستگی‌ها (ابری). (ب) حضور کلسیت به صورت پرکننده فضاهای خالی (ابری). (پ) رگه- رگچه‌های متقاطع کلسیتی (رهبری). (ت) حضور کلسیت همراه با اکسیدهای آهن بصورت بافت دندان سگی (رهبری).

۳-۶-۸- دگرسانی اکسیدهای آهن (هماتیت و لیمونیت): با توجه به مطالعات صحرایی منطقه از جمله دگرسانی‌های غالب منطقه می‌توان به آغستگی‌های اکسیدهای آهن (هماتیت، لیمونیت) اشاره نمود. شدت این دگرسانی در منطقه متفاوت بوده و با تراکم درزه‌ها و شکستگی‌ها رابطه مستقیم دارند. دگرسانی اکسیدهای آهن در واحد گدازه‌ای در امتداد گسل‌ها و شکستگی‌ها در مجاورت با رگه‌های کانه‌دار مشاهده می‌شود. این دگرسانی همچنین بصورت گسترده واحدهای سنگی توف را تحت تأثیر قرار داده است و با رنگ قرمز متمایل به قهوه‌ای دیده می‌شوند (شکل ۳-۱۵ الف، ب و پ).



شکل ۳-۱۵- الف) تصویر صحرایی از همجواری دگرسانی کلریتی و اکسیدهای آهن (ابری). ب) حضور اکسیدهای آهن در اطراف شکستگی‌های حاوی مالاکیت و کالکوسیت (چشمه مرضیه). پ) حضور دگرسانی اکسیدهای آهن در نمونه دستی (چشمه مرضیه).

فصل چهارم

کانی‌شناسی، ساخت، بافت و

توالی پاراژنری کانی‌ها

۴-۱- مقدمه

هدف از شناسایی کانی‌های سازنده یک ذخیره و مطالعات بافت آن‌ها، بررسی شرایط و چگونگی تشکیل کانسار، تغییرات پاراژنز در مراحل تبلور و تشخیص تعداد مراحل کانی‌سازی هر منطقه است. علاوه بر این با مطالعه کانی‌شناسی و پاراژنز می‌توان اطلاعات مفیدی را درمورد الگوی پیدایش نهشته‌ها، تعیین رابطه بین کانه‌های معدنی و سنگ درونگیر آن‌ها بدست آورد. به همین منظور ۳۰ مقطع صیقلی از کانسنگ و ۳۰ مقطع نازک از سنگ‌های درونگیر تهیه گردید و همچنین ۱۱ نمونه با روش XRD مورد آنالیز قرار گرفت. در این فصل به بررسی کانی‌شناسی، ساخت، بافت و پاراژنز کانسارها پرداخته می‌شود.

۴-۲- کانی‌شناسی مناطق مورد مطالعه (ابری، رهبری و چشمه مرضیه)

به طور کلی کانی‌سازی در مناطق مورد مطالعه به دو شکل اولیه و ثانویه دیده می‌شود. کانی‌سازی اولیه در منطقه رهبری و ابری شامل کانی‌سازی پراکنده است. کانی‌سازی اولیه در منطقه چشمه مرضیه خود به دو بخش تقسیم می‌شود، کانی‌سازی پراکنده در واحد ولکانیکی (سین ژنتیک) و کانی‌سازی رگه-رگچه‌ای در منطقه گسله (اپی ژنتیک). کانی‌سازی ثانویه نیز به صورت رگه-رگچه‌ای و پرکننده حفرات و جانشینی مشاهده شده و شامل مالاکیت، آزوریت، همتایت، گوئتیت و کوولیت است. کانی‌سازی پراکنده شامل مگنتیت، پیریت، کالکوپیریت (به مقدار کم) و کالکوسیت در متن سنگ‌های گدازه‌ای (چشمه مرضیه) و سنگ‌های آذرآواری (رهبری و ابری) مشاهده می‌شود. براساس مشاهدات صحرایی، میکروسکوپی و آنالیز XRD، کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده کانسار در چهار گروه: الف) کانی‌های سولفیدی (کالکوسیت، کوولیت، بورنیت، کالکوپیریت و پیریت)، ب) کانی‌های کربناتی (مالاکیت و آزوریت)، پ) کانی‌های اکسیدی (کوپریت، همتایت، لیمونیت و گوئتیت) و ت) کانی‌های باطله (کوارتز، کلسیت، زئولیت و کانی‌های رسی) رده‌بندی شدند. جدول (۴-۱)، کانی‌هایی که به روش پراش پرتو ایکس بررسی و شناسایی شده را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱- کانی‌های تشکیل دهنده کانسار ابری، رهبری و چشمه مرضیه که به روش پراش اشعه ایکس (XRD) شناسایی شده اند.

Sample	Major Phase (s)	Minor Phase (s)
AB1	Albite	Illite+Quartz+Malachite
AB2	Albite+Quartz	Malachite+Illite
AB3	Quartz+Calcite	Hematit+limonite
RA1	Albite+Quartz	Malachite+Hematit+Illite
RA2	Quartz+Analcime+Andesine	Illite+Albite
CM1	Albite+Microcline+Quartz	Malachite+Hematite
CM2	Albite+ Quartz	Calcite+Orthoclase
CM3	Quartz+Gypsum+Montmorillonite	Albite+Orthoclase+Pyrite+Kaolinite
CM4	Quartz+Gypsum+Illite	Jarosite
CM5	Andesine+Quartz	Covellite+Albite
CM6	Montmorillonite	Quartz+Barite

ابری: AB، رهبری: RH، چشمه مرضیه: CM

۴-۲-۱- کانی‌های سولفیدی در مناطق مورد مطالعه

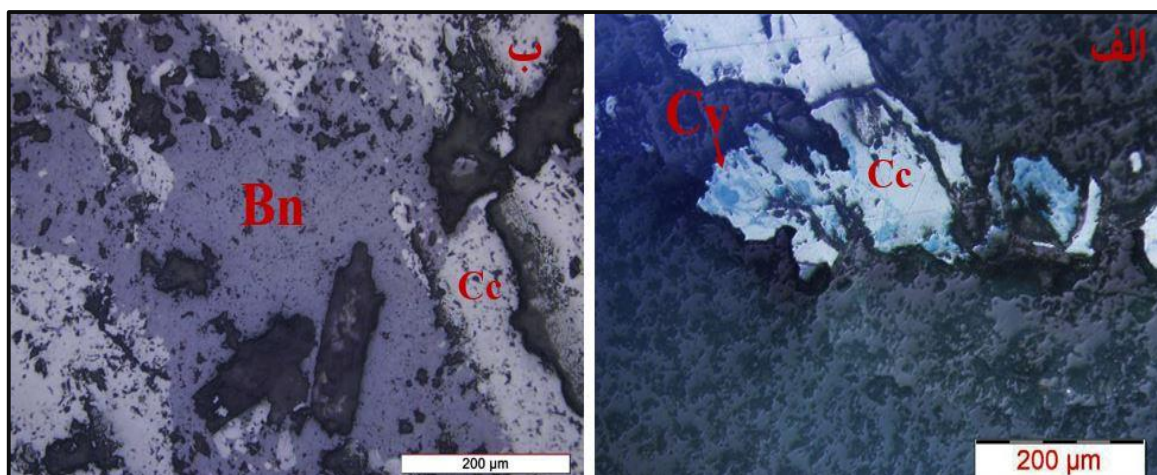
کانی‌های سولفیدی موجود در کانسار ابری، رهبری و چشمه مرضیه شامل کالکوسیت، کوولیت، بورنیت و به میزان کم کالکوپیریت، پیریت می‌باشد. مقدار کانی‌های سولفیدی در منطقه چشمه مرضیه فراوان‌تر از دو منطقه دیگر است. کانی‌های سولفیدی اغلب در شرایط سطحی اکسید شده و کانی‌های ثانویه مس و اکسید و هیدروکسیدهای آهن را به وجود آورده است.

کالکوسیت (Cu_2S): کانی‌سازی اصلی سولفیدی و اولیه در منطقه کالکوسیت است. کالکوسیت به عنوان فراوانترین کانی سولفیدی، بصورت دانه پراکنده و پرکننده فضاهای بیشتر بصورت پراکنده و پرکننده حفره-هاست و گاهی تبدیل‌شدگی به کوولیت و مالاکیت را نشان می‌دهد. علاوه بر این کالکوسیت در منطقه چشمه مرضیه بصورت رگه-رگچه‌ای و گاهی همراه با مالاکیت در رگه-رگچه‌ها یافت می‌شوند (شکل ۴-۱).

کوولیت (CuS): کوولیت در طی مراحل سوپرژن و در اثر جانشینی در سولفیدهای مس قبلی ایجاد می‌شود حضور کوولیت در منطقه می‌تواند نشانه‌ای از تاثیر آبگون‌های اکسیدی و آبشویی مس در منطقه باشد.

(اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۳). بیشترین گسترش این کانی به صورت لکه‌ای و نامنظم در درون و حاشیه کالکوسیت اولیه تشکیل می‌شود (شکل ۴-۱ الف و پ).

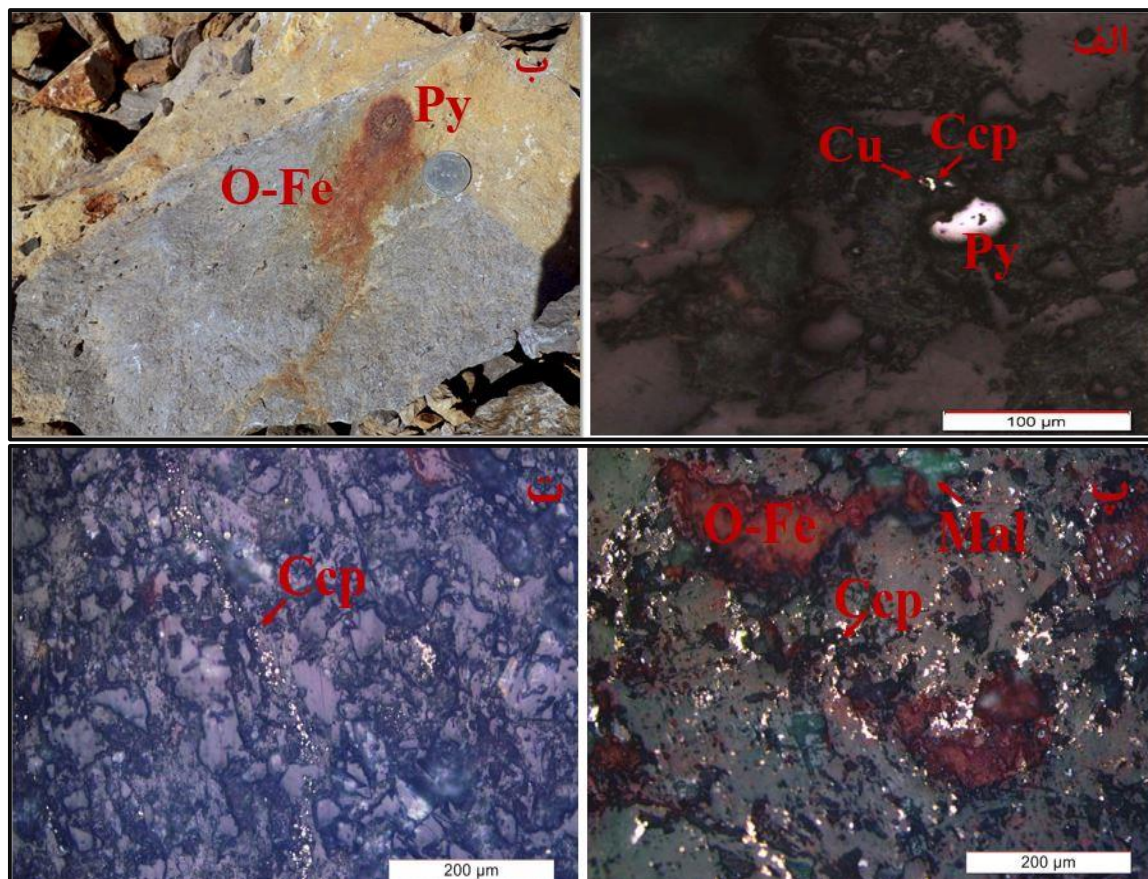
بورنیت (Cu_5FeS_4): بورنیت به عنوان فاز جدا شده و با رنگ صورتی قهوه‌ای در داخل کالکوسیت با رنگ سفید-آبی تشکیل بافت اکسولوشن را داده‌اند (شکل ۴-۱ ب). کانی بورنیت در پاراژنز کانه‌زایی به مقدار خیلی کم مشاهده می‌شود که می‌تواند نشان‌دهنده پایین بودن دمای سیستم کانه‌زایی باشد



شکل ۴-۱ الف) کالکوسیت، کوولیت با بافت جانشینی حاشیه‌ای (چشمه مرضیه) و ب) کالکوسیت و بورنیت با بافت جانشینی (رهبری).

پیریت (FeS) و کالکوپیریت (CuFeS_2): در بررسی‌های صحرایی و میکروسکوپی وجود کالکوپیریت و پیریت بسیار ناچیز و محدود است. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده کمبود سولفید و پایین بودن دمای سیستم کانه‌زایی در محیط تشکیل باشد. از ویژگی‌های کانه‌زایی می‌توان به دانه‌ریز بودن پیریت و کالکوپیریت‌های دانه پراکنده اشاره نمود (شکل ۴-الف). 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

گوتیت) تبدیل شده‌اند (شکل ۲-۴ ب). می‌توان گفت هوازدگی کالکوپیریت و حمل مس توسط کانی‌های فرورو یکی از منابع اصلی تأمین کانی‌های ثانویه مس مانند مالاکیت، آزوریت کولیت بوده است.



شکل ۲-۴-الف) پیریت، کالکوپیریت و مس دانه ریز (ابری). ب) تبدیل پیریت به اکسیدهای آهن در نمونه دستی (ابری).
پ) حضور دانه‌های ریز و پراکنده کالکوپیریت (رهبری). ت) کالکوپیریت با روند خطی (چشمه مرضیه)

۲-۲-۴- کانی‌های اکسیدی در مناطق مورد مطالعه

تأثیر آبهای جوی اکسیدان بر روی کانی‌های سولفیدی اولیه نزدیک سطح موجب شسته شدن مس و انحلال آن از کانی‌ها می‌گردد. این سیالات در طی مسیر خود، کانی‌های سوپرژن نظیر مالاکیت، آزوریت

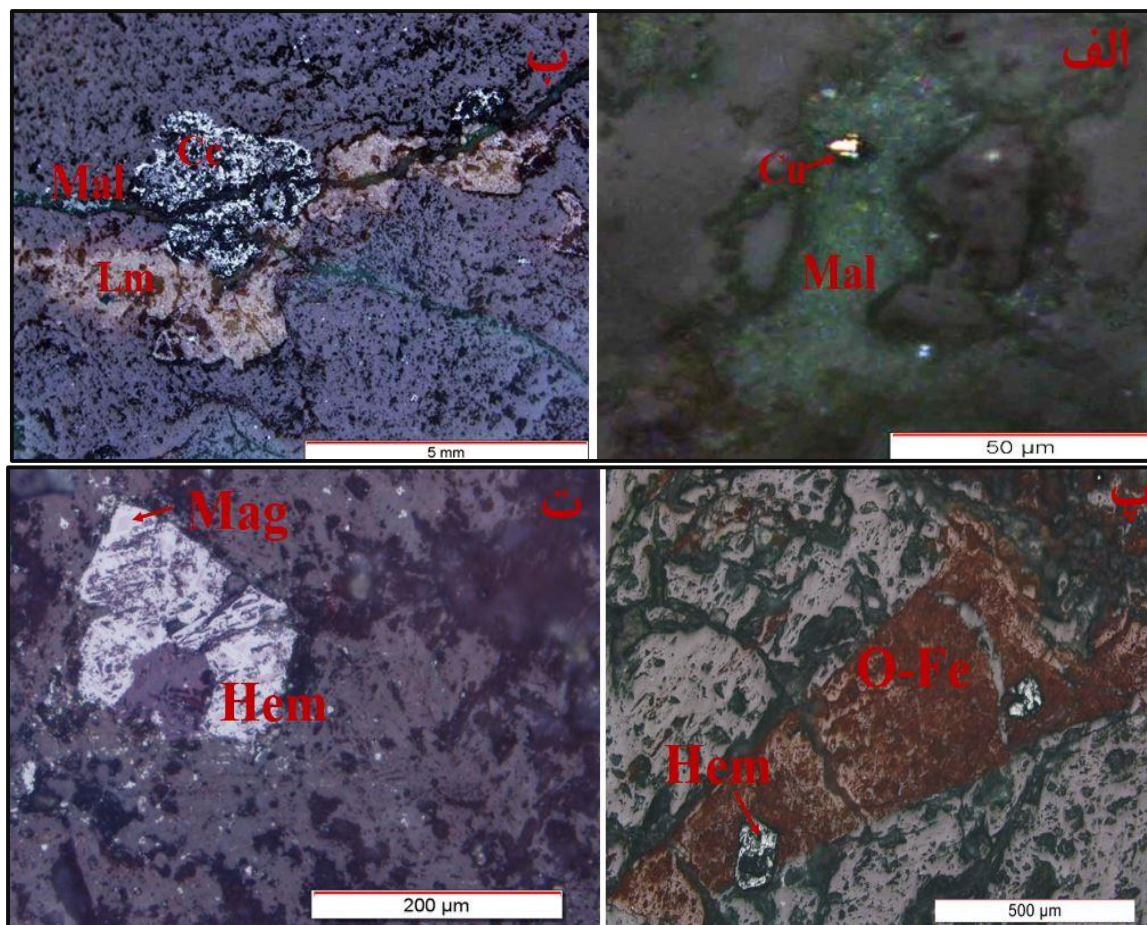
و اکسید و هیدروکسید های آهن را ایجاد می نمایند. تشکیل هماتیت، جایگزینی پیریت، کالکوپیریت و کربنات‌های مس، اشاره به اکسایش در شرایط سوپرژن دارد.

کوپریت (Cu_2O): کوپریت در مناطق اکسیدان ذخایر مس در سنگ‌های آندزیتی همراه با مالاکیت تشکیل شده است (شکل ۴-۳ الف). این کانی در زیر میکروسکوپ با انعکاس داخلی قرمز قابل مشاهده است و به صورت ثانویه در حفره‌ها و شکستگی‌ها تشکیل شده است.

اکسید و هیدروکسیدهای آهن: اکسید و هیدروکسیدهای آهن شامل: مگنتیت، هماتیت، گوئیت و لیمونیت می‌باشند. عملکرد آب‌های جوی از خلال درزه‌ها و شکستگی‌ها موجب اکسید شدن کانه‌های اکسیدی و سولفیدی شده و تشکیل اکسید و هیدروکسیدهای ثانویه آهن را داده است. در واقع در اثر پدیده انحلال و اکسیداسیون سطحی، کانی‌های سولفیدی در قسمت سطحی دچار انحلال می‌شوند و در نتیجه یون گوگرد آن‌ها از محیط خارج و هیدروکسیدهای آهن برجای مانده‌اند (Ramdhor, 2013). این کانی‌ها گاهی همراه با مالاکیت در رگه-رگچه‌های کانه‌دار و به صورت سطحی در طی فرآیندهای ثانویه تشکیل شده‌اند.

هماتیت (Fe_2O_3) و لیمونیت ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$): فراوان‌ترین کانی اکسیدی در این بخش است که با افزایش مقادیر اکسیژن در بخش‌های فوقانی کانسنگ، شرایط تشکیل آن مهیا شده است (شکل ۴-۶ ب و پ). آب‌های جوی غنی از اکسیژن اغلب به عنوان بهترین منبع خارجی تأمین کننده اکسیژن مطرح هستند (Haynes et al., 1995). تشکیل اکسیدهای آهن به همراه کربنات‌های مس (مالاکیت و آزوریت)، همگی شواهد کانه‌زایی سطحی می‌باشند. لیمونیت در قسمت های سطحی، درز و شکاف‌های اکسیدان را پر کرده و اغلب به رنگ زرد تا قهوه‌ای دیده می‌شوند و بیشترین گسترش را در واحدهای آهکی دارند.

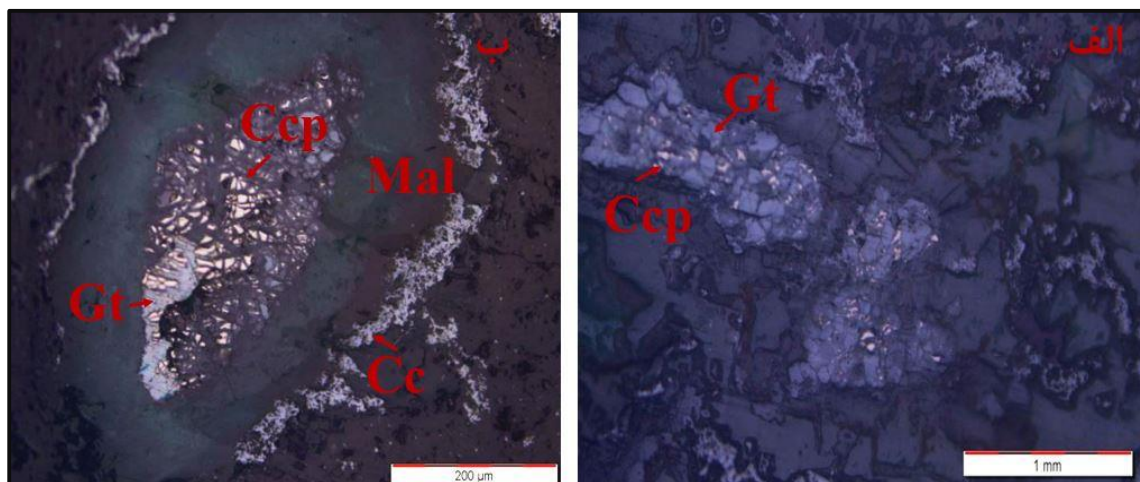
مگنتیت (Fe_3O_4): مگنتیت کانی رایج است که به صورت افشان در بیشتر سنگهای آذرین وجود دارد. کانی مگنتیت بعنوان فاز اولیه و یا فاز اکسیدی بصورت پراکنده و منفرد در منطقه ابری و همراه با هماتیت در منطقه چشمه مرضیه مشاهده گردید (شکل ۴-۶ ت).



شکل ۴-۳ الف) حضور دانه‌های ریز کوپریت و ملاکیت بصورت پراکنده حفرات (ابری). ب) حضور لیمونیت و ملاکیت و کالکوسیت به صورت رگه- رگچه‌ای و پراکنده حفرات (رهبری). پ) اکسید آهن همراه با هماتیت دانه ریز (ابری). ت) تبدیل شدن هماتیت به مگنتیت (چشمه مرضیه).

گوئیتیت (FeOOH): مقدار گوئیتیت در مناطق مورد مطالعه کم، اما در منطقه چشمه مرضیه از فراوانی بیشتری برخوردار است. حضور گوئیتیت نشان دهنده نسبت اندک پیریت به کالکوپیریت، میزان اسیدیته

پائین و میزان سولفید کل پائین می‌باشد (Sillitoe and Perello, 2005). آهن موجود در کالکوپیریت برای تشکیل گوئتیت نقش داشته است (شکل ۴-۴ الف و ب). همچنین در اثر عملکرد آب‌های گرم اکسیدهای آهن به نوع آبدار گوئتیت تبدیل شده‌اند. این شواهد با حضور مقادیر زیادی کانی‌های اکسیدی و کربناته مس در سطح برونزدها تأیید می‌گردد (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸).

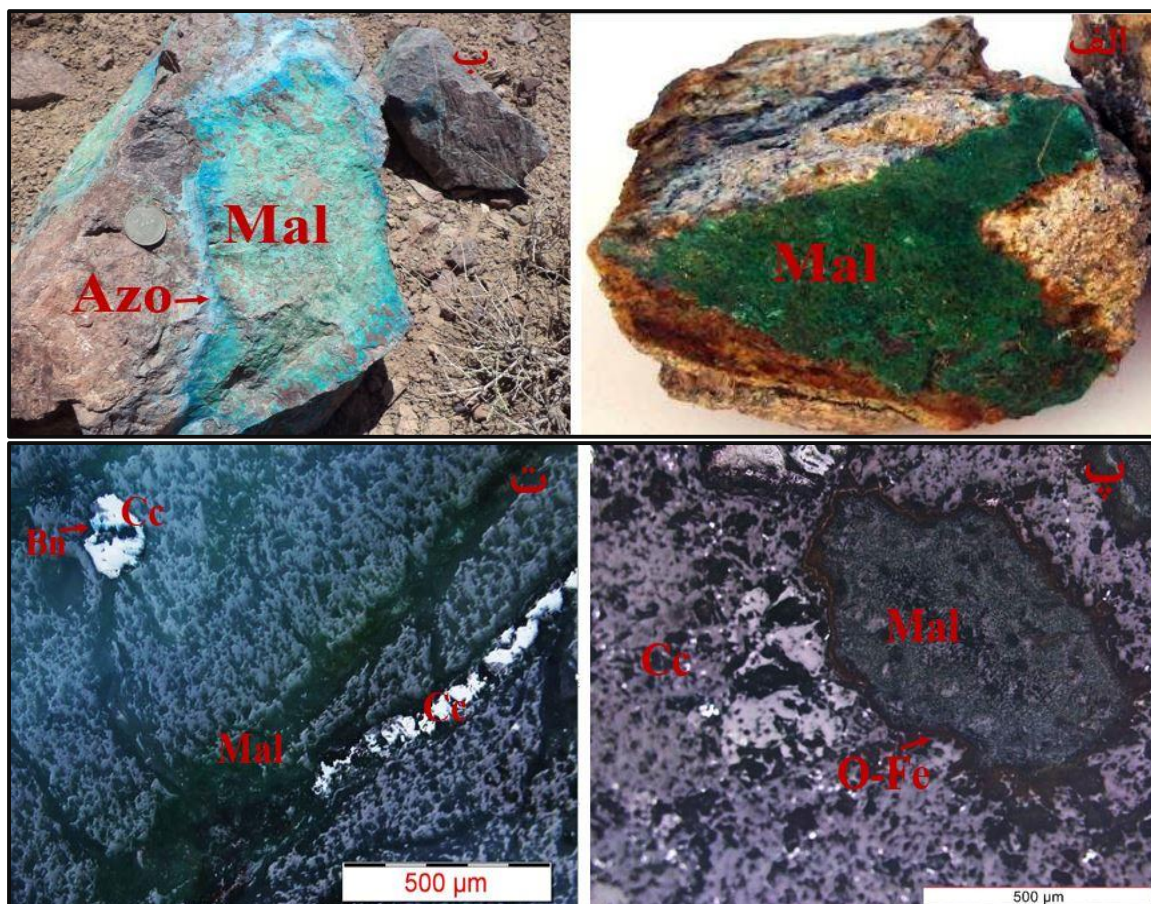


شکل ۴-۴ الف) حضورر گوئتیت همراه با دانه‌های پراکنده کالکوپیریت (ابری). ب) حضور گوئتیت، کالکوپیریت، مالاکیت و کالکوسیت در مجاورت یکدیگر (چشمه مرضیه).

۴-۲-۳- کانی‌های کربناته مناطق مورد مطالعه

مالاکیت $(\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2)$ و آزوریت $(\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2)$: پس از کانی‌زایی سولفیدی، در طی فرآیند سوپرژن اکسیدی کانی‌های کربناته مس نظیر مالاکیت و آزوریت به همراه اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن در شکستگی‌ها و فضاها با کم فشار به شکل رگه‌ای، رگه-رگچه‌ای و پرکننده فضاها با خالی تشکیل می‌گردند (شکل ۴-۵ الف، ب، پ و ت). کانی‌های کربناته به فراوانی در مناطق سطحی کنسارهای مورد مطالعه مشاهده می‌گردند. در رگه‌های دارای کانی‌های سولفیدی مانند کالکوسیت، مالاکیت به صورت سطحی و جزئی دیده می‌شود که نشان می‌دهد شرایط اکسیدان در منطقه حاکم است. آزوریت در منطقه

کمیاب‌تر از مالاکیت است. به نظر می‌رسد که مالاکیت از محلول‌های رقیق‌تر از مس و تحت شرایط فشار دی‌اکسید کربن پایین‌تر و آزوریت نسبت به آن از محلول‌های غلیظ‌تر از مس و در شرایط فشار دی‌اکسید بالاتر شکل گرفته است (Beane, 1982).



شکل ۴-۵-الف و ب) نمونه دستی از رگچه‌های مالاکیت و آزوریت (چشمه مرضیه). پ) مالاکیت بصورت پرکننده حفرات و اکسیدهای آهن در حاشیه آن (ابری). ت) رگه- رگچه‌های مالاکیت و کالکوسیت و بافت اکسولوشن میان کالکوسیت و بورنیت (رهبری).

۴-۲-۴- کانی‌های باطله مناطق مورد مطالعه

مهم‌ترین کانی‌های باطله در کانسار ابری، رهبری و چشمه مرضیه شامل کوارتز، کلسیت، زئولیت، کلریت، باریت و کانی‌های رسی می‌باشند. کلریت و کانی‌های رسی (مونتموریونیت، کائولینیت و ایلیت) محصولات

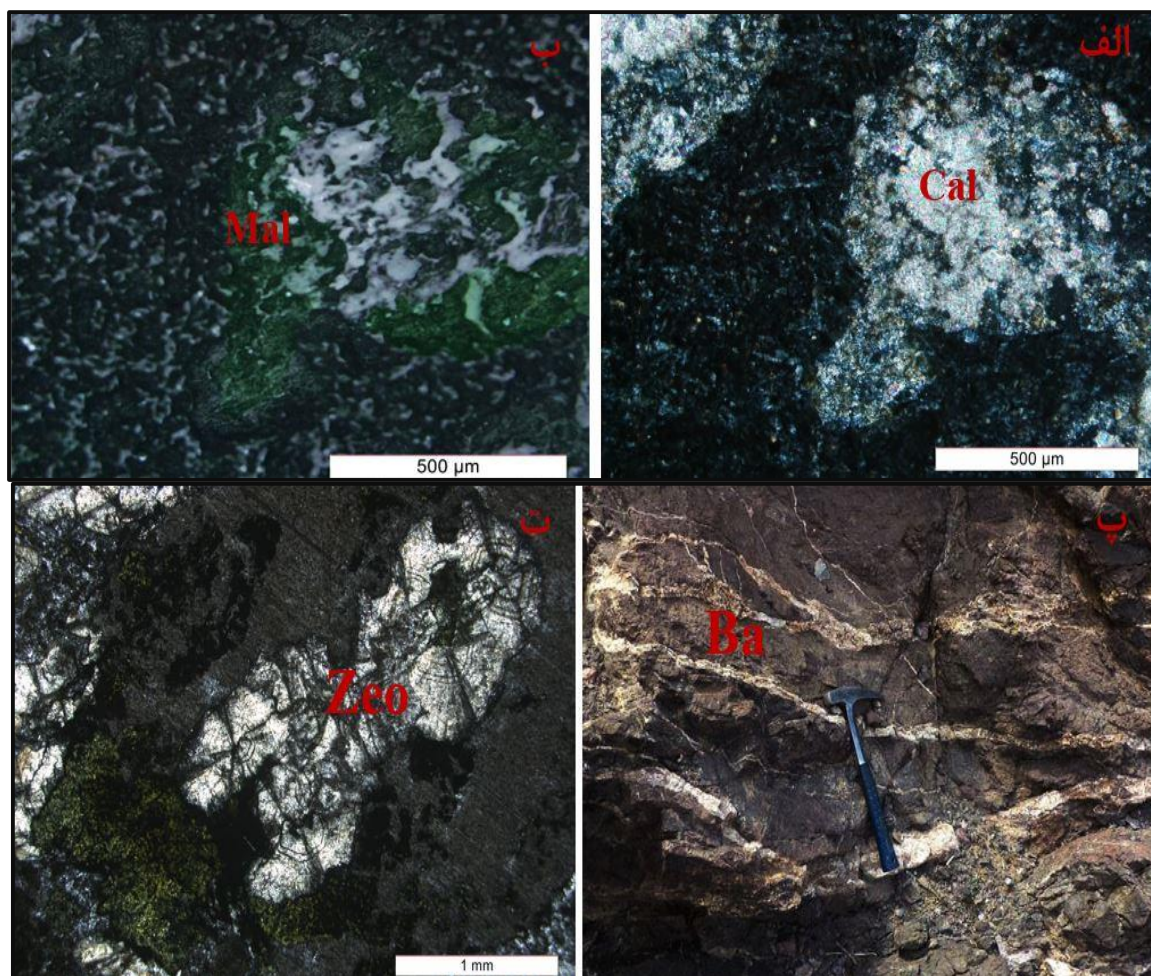
دگرسانی می‌باشند.

کلسیت: کلسیت از فراوان‌ترین کانه‌های باطله در منطقه ابری به شمار می‌روند. در نتیجه دگرسانی پلاژیوکلازها و کانی‌های فرومنیزین کلسیم‌دار حاصل می‌شوند و به صورت دانه‌های بی‌شکل، پراکنده یا مجتمع به صورت بادامکی و رگه- رگچه‌ای و همراه با زئولیت و کوارتز ظاهر می‌شوند. رگه- رگچه‌های کلسیت در واحدهای آهکی بیشترین گسترش را دارند و گاهی همراه با کانه‌زایی مشاهده می‌شوند (شکل ۴-۶ الف و ب).

کوارتز: کوارتز به صورت رگه- رگچه‌ای، پرکننده فضای خالی و دانه پراکنده وجود دارد. عبور محلول‌های گرمایی نیز باعث ایجاد یک سری شکستگی‌ها و تشکیل رگه‌ها و رگچه‌های کوارتزی می‌شود (Siahcheshm et al., 2014).

باریت: باریت در منطقه چشمه مرضیه همراه با زئولیت بصورت پرشدگی حفرات و فضاهای خالی و رگه- رگچه‌ای در توف‌های خاکستری رنگ دیده می‌شوند (شکل ۴-۶ پ). به عقیده‌ی (Pirajno, 2009) باریت عمدتاً در محدوده دمایی پایین حضور دارد. در مطالعات به روش پراش اشعه ایکس (XRD)، همراهی باریت را با کوارتز و مونتموریونیت را نشان می‌دهد.

زئولیت: به صورت پرکننده حفرات و درزه‌ها و شکستگی‌ها در واحدهای گدازه‌ای با بافت شعاعی و رنگ سفید مشاهده می‌شوند (شکل ۴-۶ ت) و اغلب با کانی‌های دیگری مانند کلسیت، کوارتز و کلریت همراه هستند. در مناطق مورد مطالعه حفرات کروی و بیضوی شکل توسط زئولیت، کلسیت و سیلیس پر شده‌اند.



شکل ۴-۶- الف و ب) همجواری کلسیت و مالاکیت بصورت پرکننده حفرات در مقطع نازک و صیقلی (ابری). پ) رگه- رگچه‌های باریت (چشمه مرضیه). ت) زئولیت با بافت شعاعی (چشمه مرضیه).

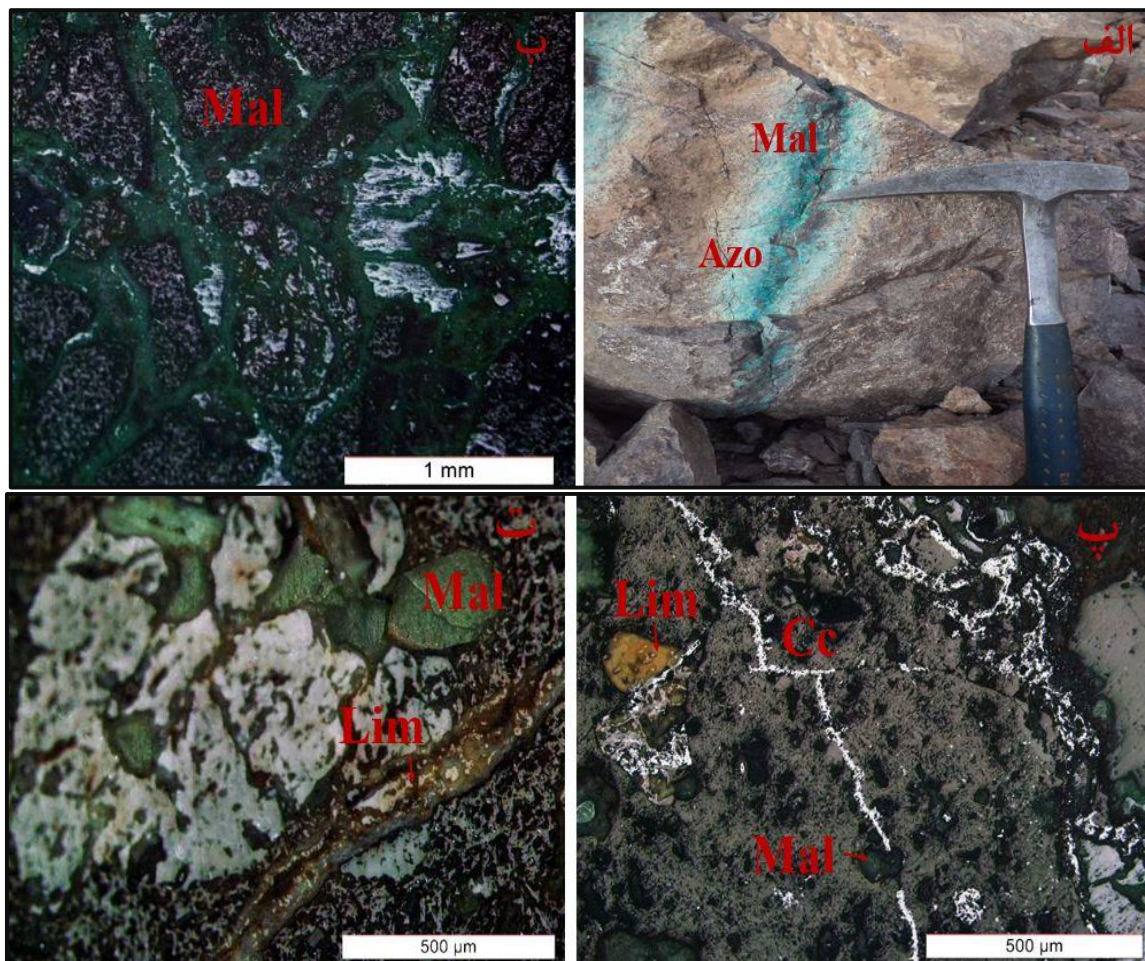
۴-۳- ساخت و بافت

بافت در کانسارهای گوناگون متفاوت هستند و این به ماهیت سیال‌های کانه‌سازی، مشخصات فیزیکی و شیمیایی سنگ‌های میزبان و شیوه‌ی جایگزینی کانسنگ بستگی دارد. تغییر بافت، در تعیین رابطه‌ی زمانی مجموعه‌های متوالی کانی در یک کانسار، محیط کلی تشکیل و شیوه‌ی نهشت اهمیت زیادی دارد. و در شناخت، ارزیابی واکتشاف و توسعه‌ی یک کانسار قابل توجه می‌باشد. با توجه به انواع طبقه بندی‌های بافتی ارائه شده توسط (Craig et al., 1994) عمده‌ترین بافت کانی‌ها در کانسار مس ابری، رهبری و چشمه

مرضیه، بافت رگه- رگچه‌ای است و از بافت‌های دیگر می‌توان به بافت پرکننده فضاهای خالی، جانشینی و دانه پراکنده اشاره کرد. ساخت‌های مشاهده شده در منطقه شامل ساخت رگه‌ای، پرکننده فضاهای خالی و برشی است.

۴-۳-۱- ساخت رگه- رگچه‌ای: یکی از عمده‌ترین سیماهای مواد معدنی در بخش کانه‌دار، حضور آن‌ها به صورت رگه‌ای و رگه- رگچه‌ای است که به طور عمده در واحد گدازه‌ای دیده می‌شود. رگه‌ها از نظر ریخت‌شناسی، ظاهراً مسطح تا انحنادار هستند. و به طور عمده در واحد گدازه‌ای دیده می‌شود. و در منطقه چشمه مرضیه از فراوانی زیادی برخوردار است. به طور کلی در مناطق مورد مطالعه رگه‌ها در دو گروه قرار می‌گیرند که شامل: ۱) رگه‌های کلسیتی با کانه‌زایی ضعیف، ۲) رگه‌های حاوی کانه‌زایی مالاکیت به همراه آزوریت و اکسیدهای آهن می‌باشند. احتمالاً این مرحله از کانی‌سازی پس از کانی‌سازی پراکنده در منطقه رخ داده است. در اینجا راستای عمده رگه‌ها و پهنه‌های کانه‌دار به پیروی از ساخت‌های اصلی (گسل‌ها) است.

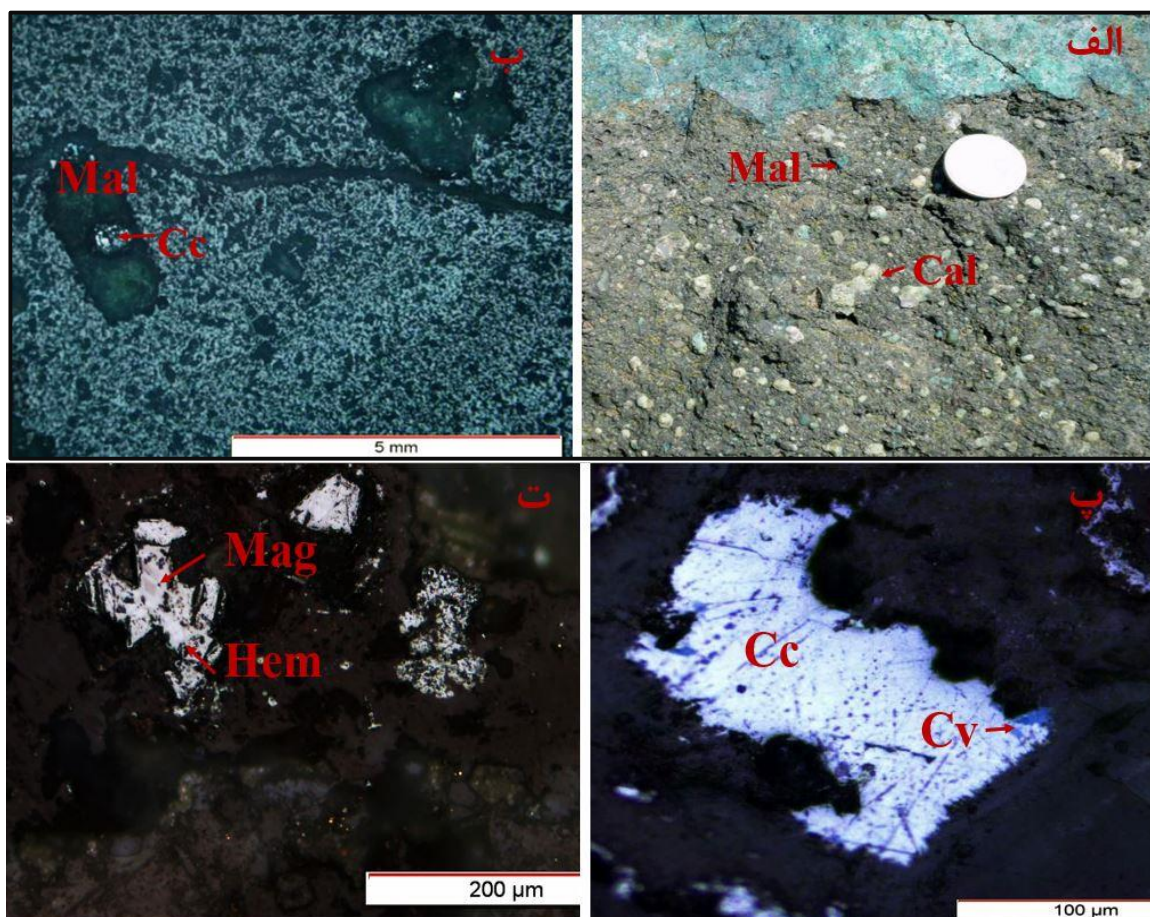
از جمله اصلی‌ترین بافت‌های مشاهده طبق شواهد صحرایی و میکروسکوپی بافت رگه- رگچه‌ها با ترکیب کانی‌شناسی متفاوتی از جمله: ۱- مالاکیت؛ ۲- کالکوسیت (در منطقه چشمه مرضیه)؛ ۳- کالکوسیت- مالاکیت؛ ۴- مالاکیت- اکسیدهای آهن؛ ۵- کلسیت- مالاکیت؛ ۶- کلسیت- مالاکیت- کوارتز؛ ۷- اکسیدهای آهن و ۸- رگه- رگچه‌های کوارتزی می‌باشند (شکل ۴-۷ الف، ب، پ و ت). رگه‌های کلسیتی گسترش خوبی در مناطق ابری و رهبری به خصوص در واحدهای آهکی نشان می‌دهند و بیشتر از شکاف- هایی پیروی می‌کنند که بیشتر روند شرقی- غربی دارند. در برخی موارد کانه‌زایی در رگه‌ها و در امتداد گسل‌ها و شکستگی‌ها به طور بسیار ضعیف از واحد آتشفشانی کانه‌دار به سوی کمر بالا (واحد آهکی) ادامه یافته ولی به شدت کاهش می‌یابد.



شکل ۴-۷- الف) کانی‌سازی مالاکیت و آزوریت در امتداد شکستگی (چشمه مرضیه). ب) رگه- رگچه‌های مالاکیت (ابری). پ) حضور کالکوسیت بصورت رگه- رگچه‌ای و لیمونیت بصورت پرکننده حفرات (چشمه مرضیه). ت) رگه- رگچه لیمونیت و مالاکیت بصورت پرکننده حفرات (ابری).

۴-۳-۲- بافت پرکننده فضای خالی: یکی از عمده‌ترین سیماهای مواد معدنی در بخش کانه‌دار، حضور آنها در نقش پرکننده فضاهای خالی است. در مناطق مورد مطالعه واحد آذرآواری بدلیل تخلخل و نفوذپذیری بالا (به صورت بین دانه‌ای) و واحد گدازه‌ای در امتداد درزه‌ها و شکستگی‌ها، فضای مناسب را جهت تشکیل این بافت بوجود آورده‌اند. ماده معدنی عمده در این بافت کانی کالکوسیت، مالاکیت، آزوریت و اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و کانی‌های باطله می‌باشند (شکل ۴-۸ الف و ب).

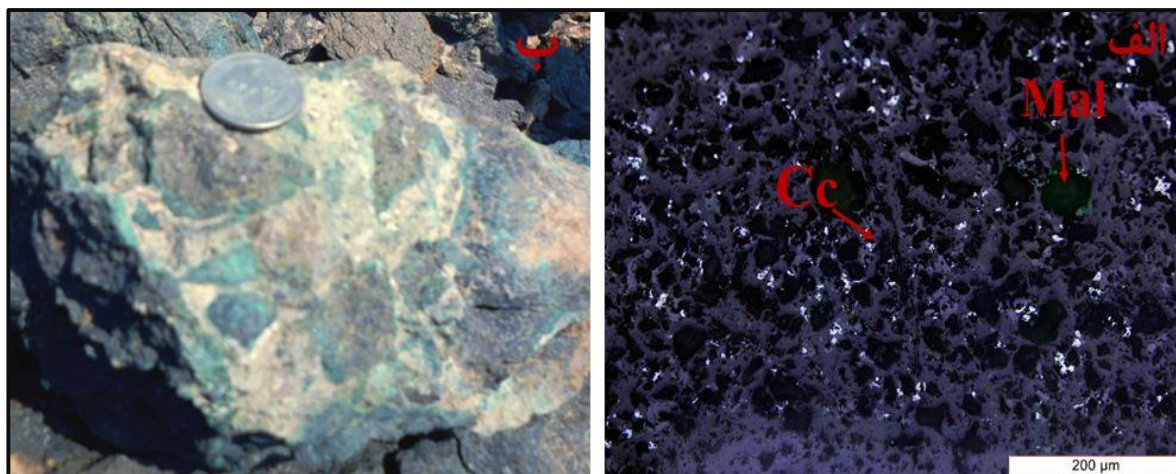
۴-۳-۳- بافت جانشینی: در کانسارهای مورد مطالعه می‌توان به جانشینی سولفیدهای فلزی (نظیر پیریت) با اکسیدها (نظیر هماتیت، گوئتیت و لیمونیت)، جانشینی حاشیه‌ای (تبدیل کالکوسیت به کوولیت) و جانشینی کالکوسیت توسط ملاکیت اشاره نمود (شکل ۴-۸ پ و ت). بافت جانشینی در بخش‌های مختلف آندزیت میزبان کانه‌زایی دیده می‌شود.



شکل ۴-۸ (الف) حضور ملاکیت و کلسیت در فضاها (پ) جانشینی کالکوسیت توسط بورنیت (رهری). (ت) جانشینی مگنتیت توسط هماتیت (چشمه مرضیه). (پ) جانشینی کالکوسیت توسط بورنیت (رهری). (ت) جانشینی مگنتیت توسط هماتیت (چشمه مرضیه)

۴-۳-۴- بافت دانه پراکنده: این بافت، از جمله بافت‌های مهمی است که شواهد زایشی بسیار ارزشمندی در اختیار می‌گذارد. اولین نتیجه حضور مواد معدنی در این شکل، نهشت اولیه ماده معدنی در حین رسوبگذاری و یا دیاژنز همراه با دیگر کانی‌های تشکیل دهنده سنگ است. این بافت کانسار ابری و رهبری تنها در متن واحد آذرآواری و منطقه چشمه مرضیه در سنگ میزبان گدازه‌ای دیده می‌شود. کانی‌های ا ز جمله کالکوسیت (شکل ۹-۴ الف)، کالکوپیریت، پیریت و مگنتیت به صورت افشان در متن سنگ مشاهده می‌شود.

۴-۳-۵- ساخت برشی: بافت برشی در منطقه چشمه مرضیه، در نزدیک گسل‌های کان‌زا گسترش وسیعی دارد و در مناطق ابری و رهبری کمتر دیده می‌شود. برشی بودن در باریت، کلسیت، کوارتز و گاه ماده معدنی دیده می‌شود که می‌تواند نشانه نفوذ آن در سنگ‌های دربرگیرنده باشد وجود آثار برشی و خوردشدگی در کمر پایین ماده معدنی حاکی از وجود گسل‌های موازی با روند عمومی در منطقه را دارد که محلول‌های کربناته در تخلخل ناشی از این خوردشدگی و تخلخل اولیه سنگ جای گرفته‌اند (شکل ۹-۴ ب و پ).



شکل ۹-۴- الف) دانه‌های پراکنده کالکوسیت و مالاکیت بصورت پرکننده حفرات (ابری). ب) کانی سازی مالاکیت بصورت برشی (ابری).



شکل ۴-۹- پ) پر شدن قطعات برشی سنگ بعد از گسل خوردگی توسط کربنات کلسیم (چشمه مرضیه)

۴-۴- توالی پاراژنتیک کانی‌ها

در پی شناسایی کانی‌ها و تعیین ویژگی‌های بافتی آن‌ها، تعیین ترکیب تشکیل کانی‌های مرتبط در توالی زمانی (پاراژنز) و تخمین شرایطی که تحت آن، کانی‌های مرتبط با هم تشکیل شده‌اند و یا دوباره به تعادل رسیده‌اند، دو هدف اصلی در مطالعه میکروسکوپی کانه‌ها محسوب می‌شود (Craig et al., 1981). در این قسمت با توجه به مطالعات کانی‌شناسی در مناطق مورد مطالعه محتمل‌ترین توالی پاراژنزی در جدول (۴-۲) مربوط به منطقه ابری و رهبری و جدول (۴-۳) مربوط به منطقه چشمه مرضیه ارائه شده است.

جدول ۴-۲- توالی پاراژنتیکی کانی‌ها در کانسار ابری و رهبری

	processes minerals	Volcanism and early diagenesis	Late diagenesis	Supergene
Mineralization	quartz	_____	_____	
	Calcite		_____	_____
	Chlorite		_____	
	Sericite		_____	
	Zeolite		_____	
	Hematite	_____		
	Pyrite	_____	_____	
	Chalcopyrite		_____	
	chalcocite		_____	_____
	Bornite		_____	
	Covelite			_____
	Azurite		_____	_____
	Malachite		_____	_____
Texture	Goethite and limonite		_____	_____
	Dissiminated	_____	_____	
	Open space filling		_____	_____
	Vein- veinlet		_____	_____
	Replacement	_____	_____	_____

جدول ۴-۳- توالی پاراژنتیکی کانی‌ها در کانسار چشمه مرضیه

	Processes mineral	Early 		Late mineralization	
		Hypogene		Supergene	
Mineralization	quartz				
	Calcite				
	Chlorite				
	Sericite				
	Barite				
	Zeolite				
	Magnetite				
	Hematite				
	Pyrite				
	Chalcopyrite				
	chalcosite				
	Bornite				
	Covelite				
	Cuprite				
	Azurite				
	Malachite				
	Goethite and limonite				
Texture	Dissiminated				
	Open space filling				
	Vein- veinlet				
	Replacement				

فصل پنجم

ژئوشیمی

۵-۱- مقدمه

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 موثر در تشکیل ذخایر معدنی دارند (Piercey, 2011). در مطالعات زمین‌شناسی اقتصادی استفاده از داده‌های ژئوشیمیایی جهت تعیین نام سنگ‌های دربرگیرنده و سنگ منشاء و همچنین رابطه‌ی ژئوشیمی عناصر سازنده کانسار با یکدیگر و با سنگ منشاء مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این فصل داده‌های ژئوشیمیایی حاصل از آنالیزهای XRF و ICP-MS در بررسی ژئوشیمیایی ۱- سنگ‌های دربرگیرنده ماده معدنی و ۲- کانسنگ مس مورد استفاده قرار گرفته است.

۵-۲- ویژگی‌های پترولوژیکی و ژئوشیمیایی سنگ‌های دربرگیرنده کانسار

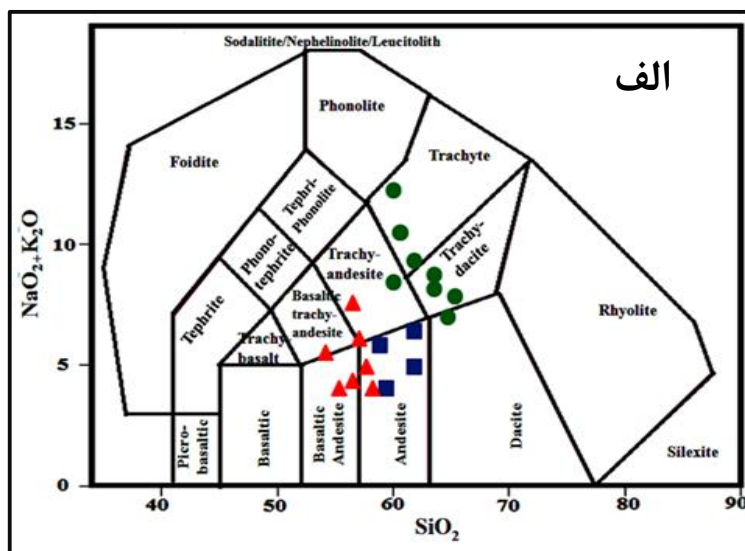
به منظور بررسی ژئوشیمی و پترولوژی سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی دربرگیرنده کانسار مس ابری، رهبری و چشمه مرضیه، تعداد ۱۱ نمونه از منطقه ابری و رهبری و ۹ نمونه از منطقه چشمه مرضیه (که دارای کمترین میزان دگرسانی بودند) به روش XRF و ICP-MS مورد آنالیز قرار گرفت که نتایج آن به صورت جدول در (پیوست ۶) ارائه شده است. در این بخش سعی شده است که با استفاده از تجزیه‌های شیمیایی و نمودارهای مختلف، شرایط تشکیل سنگ‌های منطقه بررسی شود.

نمادی که برای هر منطقه استفاده می‌شود عبارتند از:

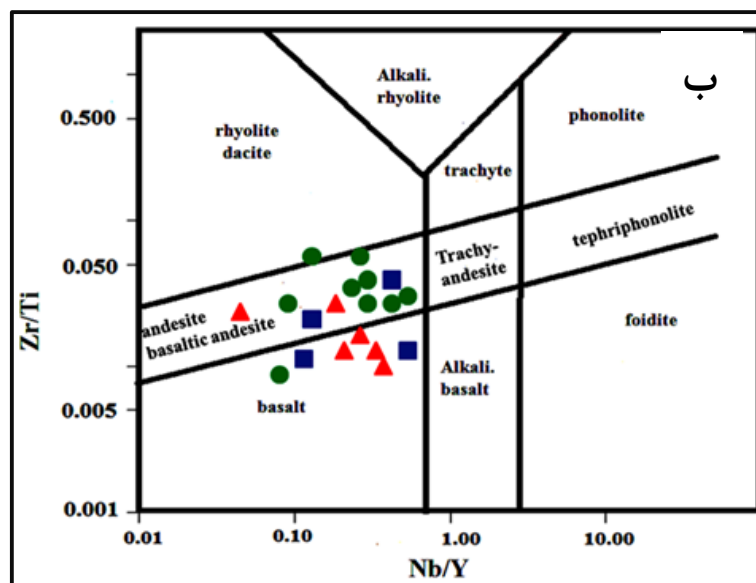
	ابری
	رهبری
	چشمه مرضیه

۵-۲-۱- نام‌گذاری سنگ‌های آتشفشانی

بر اساس نمودار تغییرات ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) در مقابل SiO_2 (Middlemost, 1994)، سنگ‌های آتشفشانی دربرگیرنده کانسار ابری، رهبری و چشمه مرضیه عمدتاً در گستره آندزیت و آندزیت-بازالتی، تراکی‌آندزیت، تراکیت، داسیت و تراکی‌داسیت قرار می‌گیرند (شکل ۵-۱ الف). با توجه به گستردگی دگرسانی در سنگ‌های مورد مطالعه، سعی شد نمونه‌های دارای کمترین دگرسانی برداشت شوند، با این حال 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 Nb, Ti, Zr و Y که جزء عناصر دارای قدرت میدانی بالا هستند (Rollinson, 2014) نیز استفاده شد (شکل ۵-۱، ب). براساس نمودار Zr/Ti در مقابل Nb/Y (Pearce, 1996)، سنگ‌های آتشفشانی میزبان کانسار مس ابری و رهبری دارای ترکیب بازالت، آندزیتی و آندزیت-بازالتی و در منطقه چشمه مرضیه منطقه گرایشی به سمت سری‌های اسیدی (داسیت) را به دلیل بالا بودن مقدار سیلیس نشان می‌دهند.



شکل ۵-۱- موقعیت سنگ‌های آتشفشانی محدوده کانسار مس ابری، رهبری و چشمه مرضیه الف) نمودار SiO_2 در برابر $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$.

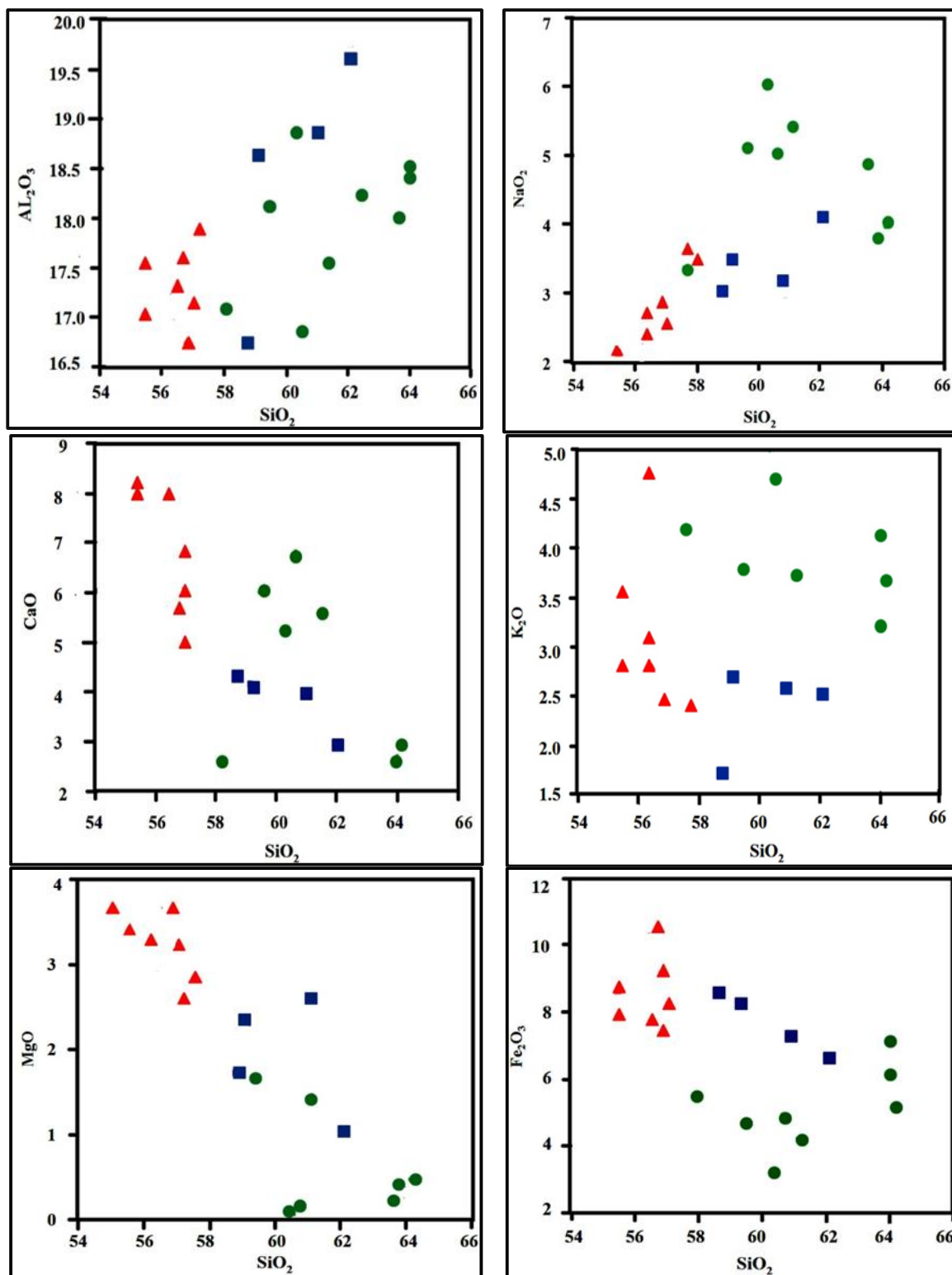


شکل ۵-۱- موقعیت سنگ‌های آتشفشانی محدوده کانسار مس ابری، رهبری و چشمه مرضیه. (ب) موقعیت آنها در نمودار Zr/Ti نسبت به Nb/Y .

براساس نمودارهای مشاهده شده، در منطقه رهبری جنس سنگ‌ها بیشتر بازالتی است و منطقه ابری آندزیت و آندزیت-بازالتی و منطقه چشمه مرضیه آندزیت، آندزیت-بازالت، تراکی آندزیت و داسیت است. به طور کلی از منطقه رهبری به سمت منطقه چشمه مرضیه جنس سنگ‌ها به سمت اسیدی‌تر شدن پیش می‌روند.

مطابق جدول موجود در پیوست (۶)، مقدار SiO_2 سنگ‌های آتشفشانی منطقه‌ی ابری و رهبری بین ۵۶/۳۰ تا ۶۲/۹ درصد وزنی در سنگ‌های آندزیتی و بین ۵۵/۴۵ تا ۵۶/۹۳ درصد وزنی در سنگ‌های بازالت و آندزیت-بازالت متغیر است. مقدار SiO_2 در سنگ‌های آتشفشانی چشمه مرضیه نسبت به دو منطقه دیگر بیشتر است و بین ۶۰ تا ۶۴ درصد وزنی در سنگ‌های آندزیتی و آندزیت-بازالت متغیر است. در شکل (۵-۲)، نمونه‌های مورد مطالعه در نمودار تغییر عناصر اصلی نسبت SiO_2 که موسوم به هارکر است، کم و بیش بر روی یک روند تغییرات قرار می‌گیرند، به طوری که با افزایش مقدار SiO_2 در سنگ‌ها K_2O کم و بیش ثابت و پراکنده است. مقدار Na_2O و Al_2O_3 روند افزایشی و مقدار Ca_2O ، MgO و Fe_2O_3 روند کاهشی را از آندزیت-بازالت به سمت آندزیت‌ها نشان می‌دهند. نمودار هارکر بیانگر فرایند جدایش از طریق

تبلور است. هنگامی که ماگماها، فرایند تبلورجدایشی را بدون آلودگی پوسته‌ای طی می‌کنند، داده‌های مربوط به تجزیه شیمیایی آنها در نمودار هارکر، یک روند خطی پیوسته را به نمایش می‌گذارد این روند خطی در مورد سنگ‌های مناطق مورد مطالعه دیده می‌شود ولی پیوسته نبوده و کمی پراکندگی دارد که این حالت یکی از ویژگی‌های سنگ‌های آتشفشانی در حواشی فعال قاره‌ای می‌باشد و می‌تواند به آن علت باشد که ماگماهای مادر این سنگ‌ها دستخوش آلودگی پوسته‌ای شده‌اند. در نمودار K_2O نسبت به سیلیس، این روند خیلی روشن نیست و پراکندگی ضعیفی را نشان می‌دهند در حالی که صعودی بودن روند تغییرات سدیم نسبت به سیلیس، نمایان است. می‌توان گفت پراکندگی در توزیع K_2O تحت تأثیر فرایندهای جدایشی ماگمایی (تبلور بخشی، اختلاط ماگمایی و هضم) است که حین صعود دستخوش آن شده است (kelman et al., 2003). در حالی که میزان سدیم کمتر تحت تأثیر این فرایندها قرار می‌گیرد. روند تغییرات MgO در مقابل SiO_2 ، در سنگ‌های منطقه با کاهش مقدار کانی‌های مافیک در سنگ‌های بازالتی و آندزیت-بازالتی به سمت سنگ‌های آندزیتی مشخص است. این امر معرف مصرف شدن این اکسیدها در فازهای بازیک‌تر و با تمرکز Mg در کانی‌های الیوین و پیروکسن سازگار است. همچنین می‌تواند نشانه تبلور بخشی کانی کلینوپیروکسن در طی تبلور ماگما باشد (Gourgaud and Vincent, 2004) Fe_2O_3 نیز مانند MgO با افزایش میزان سیلیس، روند کاهشی دارد. علت آن، سازگار بودن این دو عنصر در طول جدایش ماگمایی است. Fe در طول جدایش ماگمایی در کانی‌هایی همچون الیوین، پیروکسن و مگنتیت جای می‌گیرد. بنابراین با زیاد شدن میزان سیلیس در ماگما و پیش روی به سمت سنگ‌های اسیدی‌تر مقدار آن کمتر می‌شود. مقدار آلومینیم نیز یک روند افزایشی را در آندزیت‌ها و یک روند کاهشی را در آندزیت-بازالتی و بازالت‌های منطقه نشان می‌دهد. مقدار CaO نمونه‌ها با افزایش SiO_2 کم و بیش کاهش می‌یابد که این امر می‌تواند مرتبط با تحول پلاژیوکلازها از کلسیک به سدیک در حین تبلور بخشی ماگما باشد. کاهش CaO در مقابل افزایش SiO_2 احتمالاً ناشی از آلبیتی شدن بلورهای پلاژیوکلاز باشد (Morata and Aguirre, 2003).

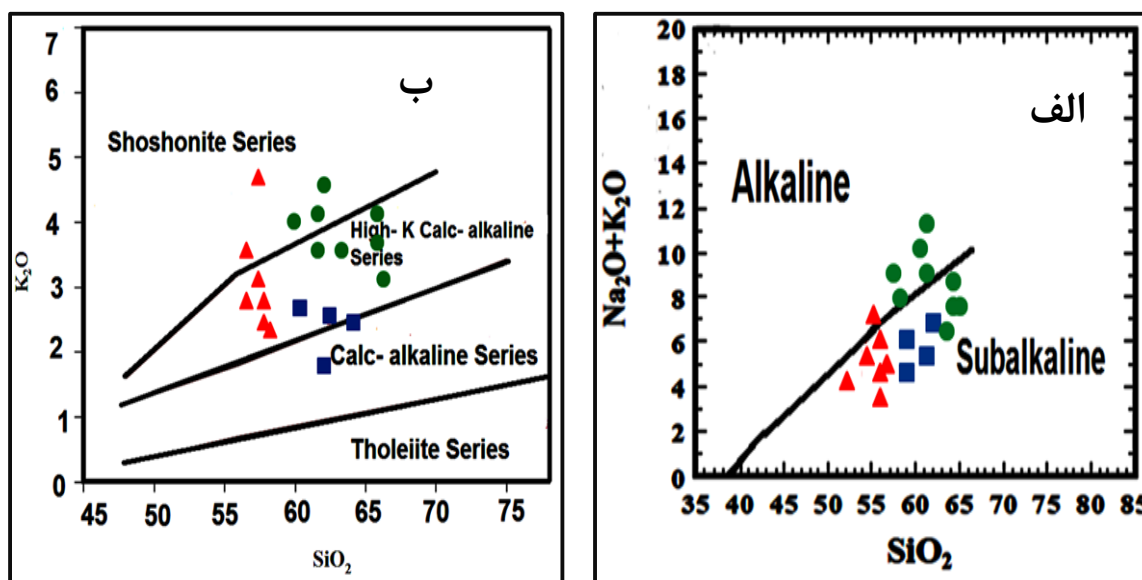


شکل ۵-۲- تغییرات مقادیر اکسیدهای اصلی در برابر درصد وزنی SiO_2 در سنگ‌های آتشفشانی دربرگیرنده کانسار مس ابری، رهبری و چشمه مرضیه.

به طور کلی می‌توان بیان نمود در سنگ‌های منطقه رهبری عناصری از جمله منیزیم و کلسیم نسبت به منطقه ابری و چشمه مرضیه به ترتیب افزایش نشان می‌دهند و عناصری از جمله آلومینیوم، سدیم و کلسیم نسبت به دو محیط یا منطقه افزایش بیشتری نشان می‌دهند. این ویژگی می‌تواند نشان‌دهنده یا معرف تفریق نسبی از منطقه رهبری به سمت چشمه مرضیه باشد.

۵-۲-۲- تعیین سری ماگمایی

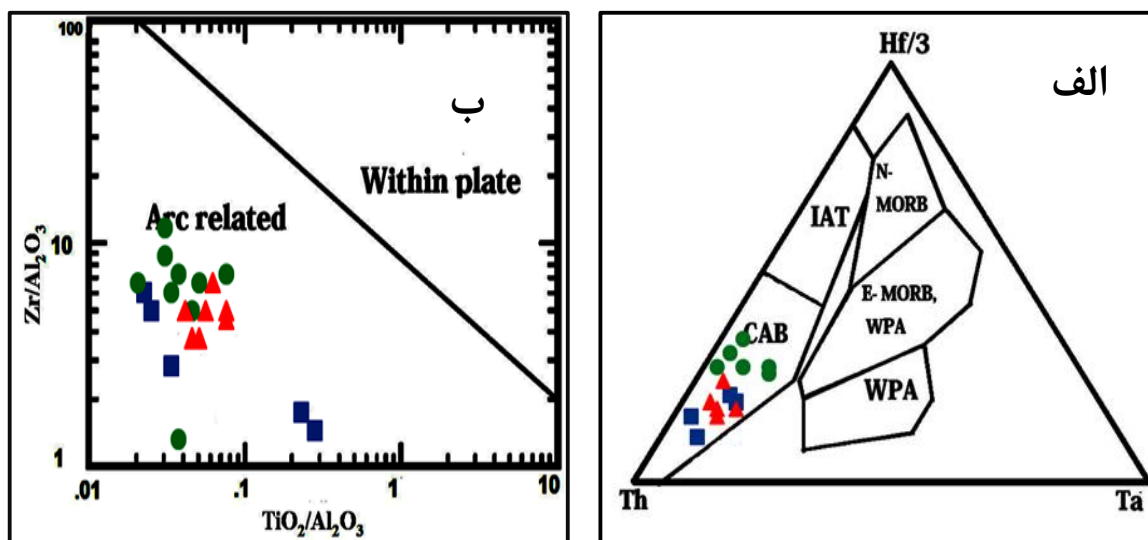
بر اساس نمودارهای $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ در مقابل SiO_2 (Irvine and Baragar, 1971) و نمودار K_2O در مقابل SiO_2 (Middlemost, 1975)، سنگ‌های مورد بررسی در قلمروهای ساب‌آلکالن، کالک‌آلکالن پتاسیم متوسط تا بالا و به ندرت در قلمرو سری شوشونیتی قرار می‌گیرند (شکل ۵-۳ الف و ب). ماگماهای کالک-آلکالن حاصل اختلاط ماگماهای منشأ گرفته از گوشته و پوسته‌اند (Tatsumi and Takahashi, 2006).



شکل ۵-۳- تعیین سری ماگمایی سنگ‌های آتشفشانی با استفاده از نمودارهای ارائه شده: الف) نمودار $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ در مقابل SiO_2 . ب) نمودار K_2O در مقابل SiO_2 .

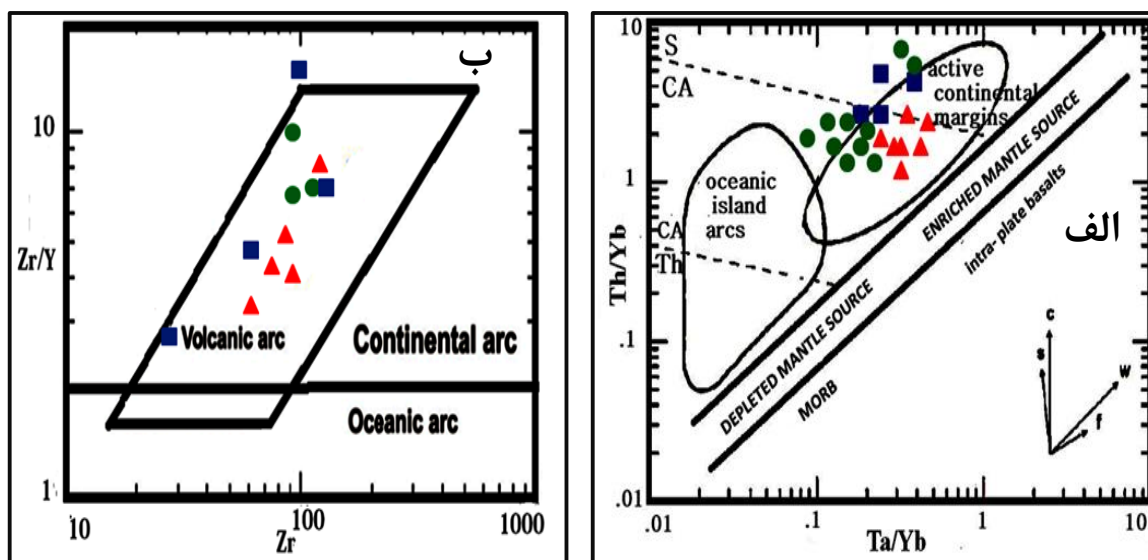
۵-۲-۳- جایگاه تکتونیکی سنگ‌های در برگیرنده کانسارها

به منظور تعیین محیط تکتونیکی از نمودارهای مبتنی بر پایه عناصر کمیاب، نسبت‌های بین آنها و عناصر کم‌ترک استفاده شده است. مقادیر بالاتر از ۲۸ در نسبت Ba/Nb و بالاتر از ۳ در نسبت Ba/La ، نشان‌دهنده جایگاه کمان قاره‌ای برای سنگ‌های آذرین است (Kurkcuoglu, 2010). در نمونه‌های مورد مطالعه، مقادیر نسبت‌های ذکر شده به ترتیب بین ۶ تا ۳۱ و ۱۳ تا ۱۰۲ تغییر می‌کند. با توجه به نمودار (Wood, 1980)، همه نمونه‌ها، در گستره کمان قاره‌ای (CAB) واقع می‌شوند (شکل ۴-۵ الف). از آنجایی که نمونه‌ها نزدیک به رأس Th و زیر خط جداکننده $Hf/Th=3$ قرار گرفته‌اند، همه آن‌ها دارای ماهیت کالک‌آلکان هستند. همچنین به منظور تفکیک محدوده‌های کمانی از درون صفحه‌ای، از نمودار Zr/Al_2O_3 در مقابل TiO_2/Al_2O_3 استفاده شده است (Muller et al., 2000). بر اساس این دو نمودار سنگ‌های آتشفشانی در محدوده کمان‌های ماگمایی مرتبط با فروانش قرار می‌گیرند (شکل ۴-۵ ب).



شکل ۴-۵ الف) تعیین محیط‌های زمین‌ساختی سنگ‌های آتشفشانی مورد بررسی با استفاده از نمودار $Hf/3$ - Th - Ta .
 ب) تفکیک محدوده‌های کمان آتشفشانی از درون صفحه‌ای با استفاده از نمودار Zr/Al_2O_3 در مقابل TiO_2/Al_2O_3 .

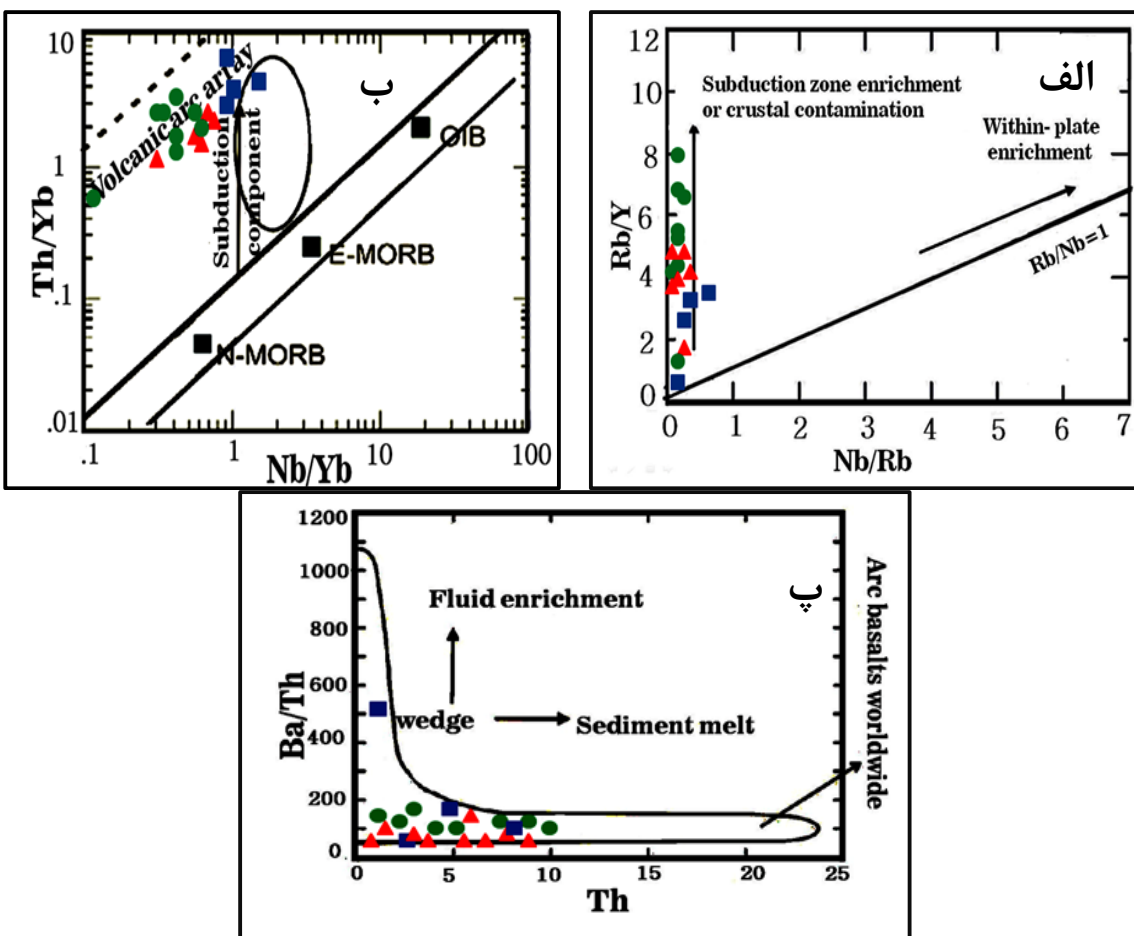
برای تفکیک کمان ماگمایی حاشیه فعال قاره‌ای از نوع کمان‌های جزیره‌ای، از نمودارهای Th/Yb در مقابل Zr/Y و Ta/Yb در مقابل Zr (Pearce, 1983) استفاده شده است (شکل ۵-۵ الف و ب). در نمودار نسبت Th/Yb در مقابل نسبت Ta/Yb ، نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده کالک‌آلکان تا شوشونیتی و در محیط کمان قاره‌ای قرار گرفته و منشائی مرتبط با گوشته غنی‌شده همراه با تأثیر سیالات زون فرورانش را نشان می‌دهند. مقادیر بالای Th در این سنگ‌ها می‌تواند تحت تأثیر دو عامل باشد: (۱) آلودگی ناشی از آرایش 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 در مقایسه با ماگماهای کمان‌های جزیره‌ای نشان می‌دهد که احتمالاً ناشی از تأثیر مشترک سرچشمه گرفتن از یک خاستگاه گوشته‌ای غنی‌شده و آرایش پوسته‌ای باشد. در نمودار نسبت Zr/Y در مقابل Zr ، نمونه‌ها در محدوده کمان قاره‌ای، در گروه کمان‌های آتشفشانی قاره‌ای قرار می‌گیرند که احتمالاً در ارتباط با فرورانش یک ورقه اقیانوسی به زیر پوسته قاره‌ای تشکیل شده‌اند (Franceschelli *et al.*, 2003).



شکل ۵-۵- محیط تکتونیکی سنگهای منطقه و تفکیک کمان ماگمایی حاشیه فعال قاره‌ای از نوع کمان‌ها جزیره‌ای براساس: الف) تغییرات نسبت Th/Yb در برابر نسبت Ta/Yb . ب) تغییرات Zr/Y در برابر Zr .

۵-۲-۴- عوامل کنترل کننده ماگماتیسم در مناطق مورد مطالعه

از عوامل کنترل کننده ماگماتیسم در کمان‌های ماگمایی می‌توان به گوه گوشته‌ای، ورقه اقیانوسی فرورونده، رسوبات فرورونده، ضخامت پوسته و شیب ورقه فرورونده اشاره کرد. در این بخش به توصیف برخی از این عوامل احتمالی کنترل کننده ماگماتیسم در منطقه مورد مطالعه می‌پردازیم. برای تشخیص غنی‌شدگی به وسیله سیالات در زون فروانش یا آلودگی پوسته‌ای از نمودار $Rb/Y-Nb/Rb$ (Temel et al., 1998)، استفاده شد. بر اساس این نمودار ماگمای سازنده سنگ‌ها از ذوب بخشی گوه گوشته‌ای غنی شده واقع در بالای ورقه اقیانوسی فرورونده که تا حدودی متحمل آلودگی پوسته‌ای شده است، نشأت گرفته‌اند (شکل ۵-۶ الف). برای تعیین تحولات ژنتیکی از نمودار Nb/Yb در برابر Th/Y (Leat et al., 2004)، استفاده شده است. در این نمودار Yb به عنوان یک فاکتور به‌هنگارکننده برای Nb و Th عمل می‌کند. Nb و Th دارای ضرایب جدایش مشابه در بلورومذاب هستند (Leat et al., 2004) و Th در زون‌های فروانش به ماگما اضافه می‌شود اما مقدار Nb در ماگما کاهش می‌یابد. جهت فلش در این نمودار غنی‌شدگی در اثر سیالات مشتق شده از لیتوسفر فرورونده در زون‌های فروانش را نشان می‌دهد (شکل ۵-۶ ب). 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 فروانش، از اهمیت به‌سزایی برخوردار است، برای تعیین نقش رسوبات فرورانده شده از نمودار Ba/Th در مقابل Th (Hawkesworth et al., 1997)، استفاده شد. 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 (شکل ۵-۶ پ).

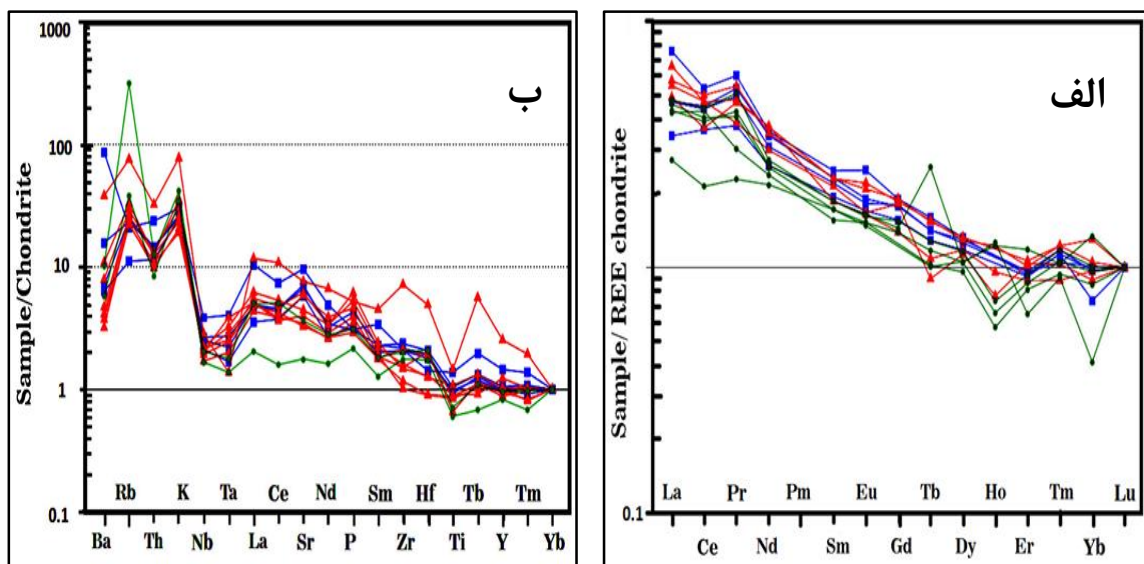


شکل ۵-۶- الف) موقعیت سنگهای منطقه‌ی مورد بررسی در نمودار Rb/Y در برابر Nb/Rb . ب) نمودار Th/Yb در برابر Nb/Yb . پ) تعیین نقش رسوبات فروانده با استفاده از نمودار Ba/Th در برابر Th .

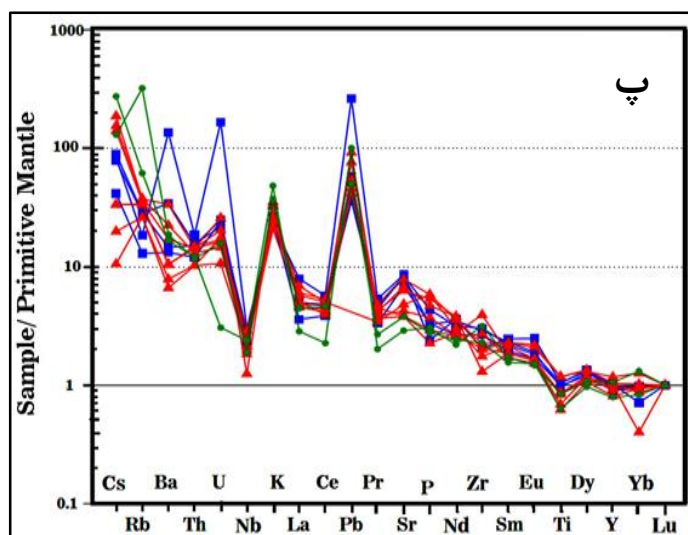
۵-۲-۴- نمودار عنکبوتی

برای شناخت بهتر ویژگی‌های ژئوشیمیایی سنگهای آتشفشانی مورد مطالعه، از نمودارهای به‌هم‌نگار شده (Thompson, 1982., Nakamura, 1974)، مربوط به نمودارهای عناصر خاکی نادر و نمودارهای عنکبوتی نسبت به کندریت و گوشته اولیه استفاده شده است. (شکل‌های ۵-۷ الف و ب)، بیانگر غنی‌شدگی از عناصر خاکی نادر سبک (LREE) نسبت به عناصر خاکی نادر سنگین (HREE) می‌باشند. این امر از ویژگی‌های ماگماهای کالک‌آلکالن کمان‌های آتشفشانی پهنه فروانش حاشیه قاره‌ای است. نمونه‌های مورد مطالعه

آنومالی مثبت از Sr و Eu را نشان می‌دهند. آنومالی Eu توسط پلاژیوکلاز کنترل می‌شود و به فوگاسیته اکسیژن وابسته است. فراوانی فلدسپات در این سنگ‌ها، بیانگر این است که پلاژیوکلاز به عنوان یک کانی نگهدارنده عناصر فوق نتوانسته در فرآیند ذوب بخشی ناحیه منبع تشکیل دهنده ماگمای سنگ‌های منطقه پایدار بماند و در نتیجه ذوب آن، مقادیر زیادی از Eu و Sr وارد ماگمای نهایی و باعث ایجاد آنومالی مثبت این عناصر در نمودار عنکبوتی شده است. نمودار بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه (Sun *et al.*, 1989)، تمرکز نسبتاً بالایی از عناصر لیتوفیل بزرگ یون (LILE) مانند Ba، Th و K و تمرکز پایینی از عناصر با شدت میدان بالا (HFSE) مخصوصاً Ti و Zr و Nb نشان می‌دهد (شکل ۵-۷ پ). بدین ترتیب روند تغییرات این نمونه‌ها با محیط زمی ن‌ساختی مرتبط با فروران‌ش انطباق دارند (Machado *et al.*, 2005) و شاخص سنگ‌های آتشفشانی وابسته به کمان قاره‌ای است (Zanetti *et al.*, 1999). آنومالی منفی عناصر Nb، Ti و P در نمودار عنکبوتی همراه با یک غنی‌شدگی مشخص از عناصر K، Th و Sr از ویژگی‌های مهم سنگ‌های ماگمایی مرتبط با کمان‌های آتشفشانی است که در اثر عملکرد سیالات ناشی از فروران‌ش بوجود می‌آیند (Rollinson, 2014).



شکل ۵-۷ الف و ب) نمودارهای عناصر خاکی نادر و عنکبوتی بهنجار شده به کندریت.



شکل ۵-۷- پ) نمودار بهنجار شده به گوشته اولیه.

۵-۲-۵- ژئوشیمی عناصر کمیاب برای بدست آوردن PH سیال

باتوجه به اینکه Ce^{+3} در محیط‌های اسیدی پایداری پایین‌تری از محیط‌های خنثی و قلیایی دارد و با در نظر گرفتن اینکه تقریباً در تمام نمودارها سریوم تحرک چندانی نداشته است، می‌توان PH خنثی (غیر اسیدی) را برای محلول‌های کانه‌ساز در نظر گرفت (Wenlandt, 1997). نسبت بسیار پایین La/Y (کمتر از یک) شرایط اسیدی و (بیشتر از یک) شرایط قلیایی را نشان می‌دهد. در نمونه‌های مورد مطالعه این نسبت در منطقه ابری (۰/۷۵)، چشمه مرضیه (۰/۷۲) و رهبری (۰/۸۳) می‌باشد و شرایط خنثی-قلیایی را برای سیال نشان می‌دهند. براساس جدول (۲-۵ و ۴-۵) و نمودار عنکبوتی، تمام نمونه‌ها دارای آنومالی مثبت در میزان Eu می‌باشند. بنابراین وجود یک فاز احیای در محیط قابل تأیید است که در این حالت کانه‌ها در دمای حدود ۲۰۰ درجه ته نشین می‌شوند. به اعتقاد (احیا، ۱۳۸۷)، آنومالی مثبت در Eu در شرایط احیایی ایجاد خواهد شد. بی‌هنجاری مثبت Eu می‌تواند در ارتباط با دگرسانی سریسیتی، افزایش سیلیس و حضور اکسیدای آهن باشد (Henderson, 1984).

۵-۳- ژئوشیمی کانسارهای مورد مطالعه

روش‌های ژئوشیمیایی، نقش مهمی در تعریف بی‌هنجاری‌های وابسته به کانسارهای دارای بیرون زدگی و فاقد بیرون زدگی دارند (Robert et al., 2007). از بین ۳۰ فلز واسطه، فقط CO, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo, Au و Ag عموماً ذخایر گرمایی بزرگی را تشکیل می‌دهند. نمونه‌های مورد مطالعه در کانسارهای ابری، رهبری و چشمه مرضیه غنی شدگی قابل توجهی در عناصر مس، نقره و آهن و به طور ضعیف‌تر سرب، روی، تنگستن، بریلیم، مولیبدن، استرانسیم، باریوم و آنتیموان نشان می‌دهند. در این بخش، برای مطالعات ژئوشیمی کانسارهای مورد مطالعه به بررسی چگونگی پراکندگی عناصر و ارتباط و همبستگی عناصر در هر یک از کانسارها پرداخته می‌شود. به همین منظور، تعداد ۹ نمونه از منطقه ابری و رهبری و ۷ نمونه از منطقه چشمه مرضیه به روش ICP-MS مورد آنالیز قرار گرفت.

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

وضعیت توزیع و پراکندگی عناصر مختلف در واحدهای سنگی یک کانسار و بررسی ارتباط و وابستگی این عناصر با یکدیگر، از مهم‌ترین موارد در بررسی‌های ژئوشیمیایی جهت تشخیص فرایندهای مؤثر در تشکیل کانسار است (Barnes, 1997). شناخت ارتباط متقابل بین عناصر می‌تواند در درک شرایط محیطی، تفسیر دقیق از محیط‌های ژئوشیمیایی، درک بهتر کانه‌زایی منطقه و حتی در معرفی مناطق نهایی کمک شایانی بنماید. در این بخش 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 انجام شد و به منظور بررسی همبستگی آماری بین متغیرهای کانه‌ساز با یکدیگر در مناطق مورد مطالعه از ماتریس همبستگی رتبه‌ای- پیرسون استفاده شد. ضریب همبستگی بین دو عدد ۱- و ۱+ متغیر است. وجود همبستگی مثبت بیشتر از ۵/۰+ نشادهنده خروج یا ورود دو عنصر

از یک محیط و یا معرف منشاء یکسان دو عنصر است. همبستگی منفی بیشتر از -0.5 - نشاندهنده ارتباط معکوس دو عنصر با یکدیگر می‌باشد. به این معنی که ورود یک عنصر به یک محیط، همزمان با خروج دیگری صورت می‌پذیرد و یا دو عنصر از دو منبع جدا از یکدیگر مشتق شده‌اند. اعداد $+0.5$ تا صفر و -0.5 تا صفر نشان از همبستگی ضعیف یا عدم همبستگی بین زوج عناصر دارد

۵-۳-۱-۱- ضریب همبستگی بین عناصر در منطقه ابری

بررسی ضرایب همبستگی بین عناصر در منطقه ابری، با توجه به جدول (۵-۱) نتایج زیر را ارائه می‌دهد:

جدول ۵-۱- ضرایب همبستگی پیرسون (Pearson) بین عناصر کمیاب در کانسار ابری

Ag	۱																
As	۰/۳	۱															
Ba	-۰/۱	۰/۳	۱														
Bi	۰/۴	۰/۴	-۰/۶	۱													
Co	۰/۷	۰/۷	۰/۵	۰/۱	۱												
Cu	۰/۸*	۰/۵	۰/۳	۰/۷	۰/۵	۱											
Fe	۰/۲	۰/۳	۰/۹**	۰/۵	۰/۷	۰/۵	۱										
Mo	۰/۳	۰/۷	-۰/۵	۰/۷	۰/۹	۰/۴	۰/۶	۱									
Nb	۰/۱	۰/۴	۰/۴	-۰/۴	۰/۵	۰/۱	۰/۴	-۰/۶	۱								
Ni	۰/۵	۰/۸*	۰/۶	-۰/۱	۰/۹**	۰/۴	۰/۶	۰/۳	۰/۳	۱							
Pb	۰/۵	۰/۷	۰/۷	-۰/۱	۰/۹*	۰/۳	۰/۷	۰/۳	۰/۲	۰/۹**	۱						
S	۰/۱	۰/۶	۰/۱	۰/۵	۰/۳	۰/۳	-۰/۴	۰/۶	۰/۳	۰/۳	۰/۵	۱					
Sb	۰/۳	-۰/۵	-۰/۵	۰/۹۵**	۰/۶	۰/۶	-۰/۳	۰/۸*	-۰/۳	۰/۳	۰/۱	۰/۹*	۱				
Sn	۰/۴	۰/۶	-۰/۵	۰/۹۵**	۰/۷	۰/۷	-۰/۳	۰/۷	-۰/۲	۰/۳	۰/۱	۰/۲	۰/۹۵**	۱			
Zn	۰/۵	۰/۲	۰/۵	-۰/۲	۰/۴	۰/۴	۰/۸*	-۰/۸*	۰/۶	۰/۵	۰/۴	-۰/۰.۳	-۰/۳	-۰/۱	۱		
	Ag	As	Ba	Bi	Co	Cu	Fe	Mo	Nb	Ni	Pb	S	Sb	Sn	Zn		

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

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

در میان فلزات پایه، همبستگی بالایی میان مس و نقره ($r=0.8$)، قلع و آنتیموان ($r=0.95$) وجود دارد.

سرب و روی همبستگی بسیار ضعیفی باهم دارند. به طور کلی عنصر نقره به انحلال مس و سرعت استخراج

مس از کانی‌هایی مانند کالکوپیریت کمک می‌کند (Miller et al., 1981). همراه بودن مس با نقره نشاندهنده پایین بودن فشار مؤثر گوگرد است. با توجه به این نقره همبستگی خوبی با مس نشان می‌دهد و همچنین با توجه به آگاهی از این مطلب که نقره به خوبی در شبکه کانی‌های مس از جمله کالکوسیت و کوولیت جایگزین می‌شود بنابراین انتظار می‌رود، نقره در شبکه کانی‌های مس قرار گرفته باشد. به دو دلیل می‌توان اظهار کرد که کانی کالکوسیت، همان کانی مس مورد نظر است، (۱) کانی کالکوسیت در این مطالعه، فراوان‌ترین کانی مس است و (۲) در تمامی انواع کالکوسیت، عنصر مس ممکن است با مقداری نقره، بویژه در انواع حرارت بالا جانشین شود (Ramdohr, 1980). مس همبستگی مثبت با عناصر نقره و بیسموت دارد همبستگی بین این عناصر ناشی از حضور آن‌ها در کانی‌های سولفیدی و اکسیدی سنگ‌های کانه دار منطقه است. همبستگی متوسط با روی و مولیبدن و آهن و همبستگی ضعیف با سرب دارد. آهن با روی ($r=0.8$)، سرب ($r=0.7$)، آلومینیوم ($r=0.9$)، باریم ($r=0.9$) و کبالت ($r=0.7$) دارای همبستگی مثبت دارد. همبستگی منفی آهن با گوگرد می‌تواند به دلیل تبدیل کانی‌های سولفیدی به اکسیدهای آهن باشد. رخداد شست و شوی اسیدی و هوازدگی باعث خروج گوگرد از ساختمان کانی‌ها و کاهش میزان گوگرد می‌شود. این کمبود با تبدیل کانه‌های پیریت و کالکوپیریت به اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن مرتبط است که در مناطق سطحی مشاهده می‌شود. با این وجود به نظر می‌رسد محلول‌های دما پایین تا متوسطی که باعث ته نشینی عناصر مس، نقره، بیسموت و آهن حاوی کمپلکس‌های سولفیدی بوده‌اند و با توجه به دمای تشکیل این رگه‌های اکسیدی و سولفیدی به نظر می‌رسد کمپلکس‌های کلریدی نیز در انتقال و نهشت این عناصر مؤثر بوده‌اند. زیرا که رفتار مس و نقره در دماهای پایین توسط تغییرات Eh-Ph و کمپلکس‌های کلریدی کنترل می‌شود. همبستگی آهن و مس ($r=0.5$) به تغییرات Ph و Eh در محیط بستگی دارد زیرا که مس تحت شرایط اکسیداسیون و Ph متوسط تا پائین، دارای محدودیت قابلیت انحلال وسیعی می‌باشد. آهن تحت این شرایط از قابلیت انحلال کمتری برخوردار

است. بر خلاف عنصر کروم میزان منگنز در تمامی نمونه‌ها بالاست و دامنه‌ی تغییرات آن از بین ۳۰۰ تا ۱۲۱۰ ppm قرار داشت. این امر به خاطر تشابه خواص ژئوشیمیایی عناصر آهن و منگنز است و این دو عنصر قادرند در ترکیبات اکسیدی جانشین یکدیگر شوند. ژئوشیمی عناصر کبالت و نیکل نیز شبیه هم‌اند و مقدار این دو عنصر در تمامی نمونه‌ها پایین می‌باشد. آرسنیک با نیکل ($r=0/8$)، مولیبدن ($r=0/7$) و سرب ($r=0/7$) همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان می‌دهند. با توجه به این که آرسنیک، کادمیوم و مولیبدن در محیط‌های قلیایی به صورت محلول حضور دارند، همبستگی بین این عناصر نشان دهنده‌ی حمل این عناصر توسط محلول‌های گرمایی با ماهیت قلیایی است.

۵-۳-۱-۲- ضریب همبستگی بین عناصر در منطقه رهبری

با توجه به ضریب همبستگی پیرسون به صورت جدول در (پیوست ۶) ارائه شده است. نتایج ضرایب همبستگی بین عناصر در منطقه رهبری ارائه شد. در منطقه رهبری، در میان فلزات پایه سرب و روی همبستگی بالایی ($r=0/8$) را نشان می‌دهند. میزان همبستگی نقره با این دو فلز بالاست و معادل ($r=0/8$) می‌باشد. مس همبستگی بالایی با نقره و همبستگی متوسط با سرب و روی نشان می‌دهد. در این منطقه شاهد همبستگی بسیار بالای جیوه با مس ($r=0/8$)، نقره ($r=0/96$) و آنتیموان ($r=0/9$) هستیم. گوگرد با اکثر کانی‌ها از جمله مس، سرب، روی و نقره همبستگی منفی نشان می‌دهند. آهن همبستگی بالایی با قلع ($r=0/99$) و نیکل ($r=0/7$) دارد و با سرب و روی همبستگی منفی را نشان می‌دهد. میزان همبستگی مس با سرب و روی در منطقه رهبری نسبت به منطقه ابری بالاتر است و می‌تواند ناشی از تحرک پذیری بالای سرب و روی در این منطقه باشد. و از همبستگی کبالت و نیکل و آرسنیک با یکدیگر کاهش می‌یابد. آرسنیک در منطقه مورد مطالعه به مقدار کم و از ۱- تا ۵/۲ ppm متغیر است و همبستگی منفی با عناصر سرب،

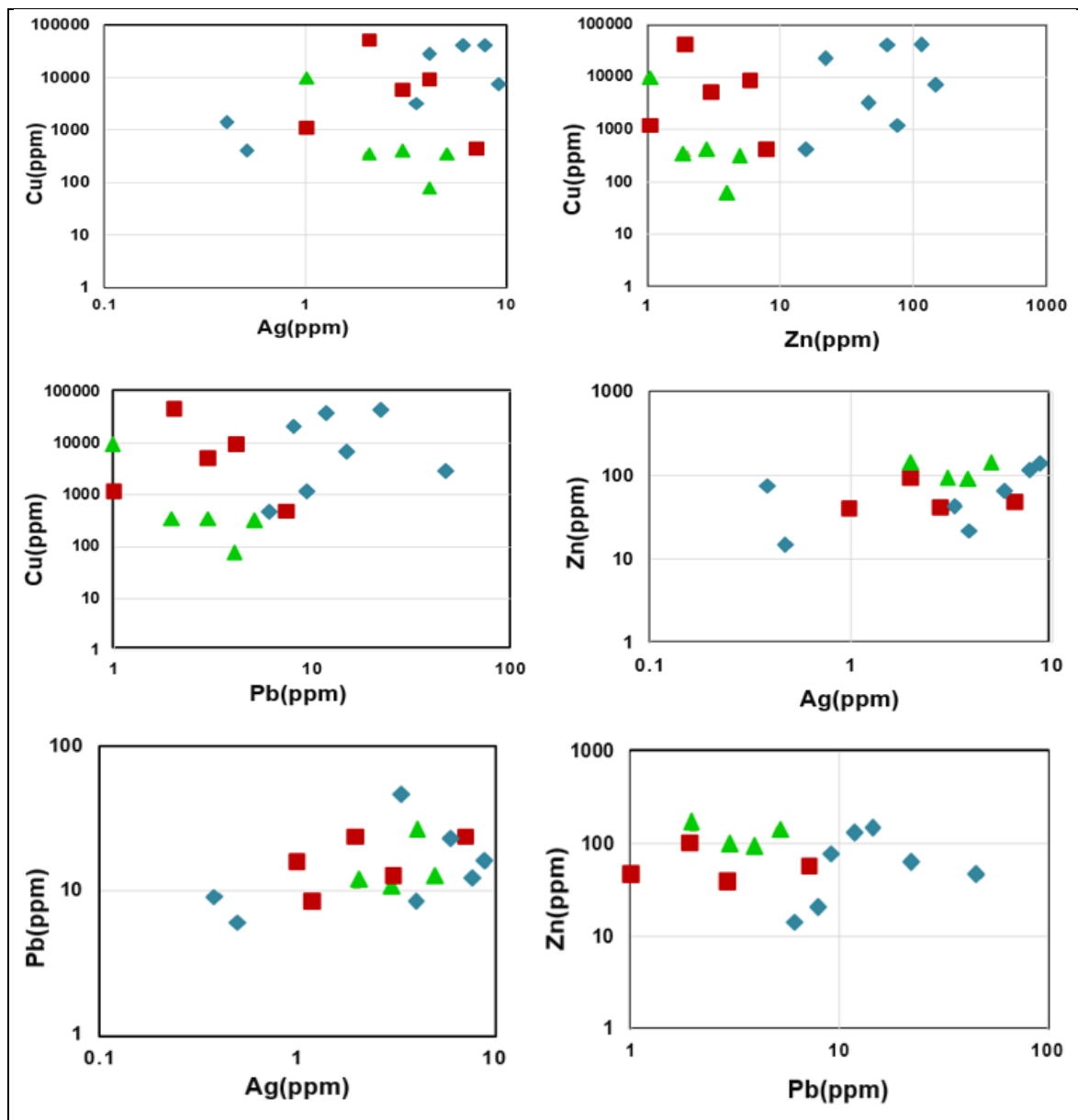
روی، نقره و مولیبدن نشان می‌دهد. در شکل (۵-۱۴)، سازگاری عناصر سرب و روی و نقره به همراه مس کاملاً مشهود است.

۵-۳-۱-۳- ضریب همبستگی بین عناصر در منطقه چشمه مرضیه

با توجه به ضریب همبستگی پیرسون به صورت جدول در (پیوست ۸) ارائه شده است. نتایج ضرایب همبستگی بین عناصر در منطقه چشمه مرضیه ارائه شد. بیشترین همبستگی مثبت بین عناصر مس-نقره ($r=0/9$) می‌باشد. مس همچنین، همبستگی مثبت با گوگرد ($r=0/9$) و آنتیموان ($r=0/8$)، و با درجات کمتر نسبت به کادمیوم، بیسموت و باریم و همبستگی بسیار ضعیف با سرب و همبستگی منفی با روی و آرسنیک نشان می‌دهد. نقره همبستگی مثبت با عناصر مس، گوگرد و روی و همبستگی ضعیفی با کادمیوم و سرب دارد. آرسنیک بیشترین همبستگی را با مس، سرب و مولیبدن و همبستگی مثبت ضعیفی با روی و باریم و دارای همبستگی منفی با کبالت و بیسموت است. روی همبستگی مثبت با نقره و با سرب همبستگی بسیار ضعیف نشان می‌دهند. سرب با اکثر عناصر همبستگی دارای ضریب همبستگی ضعیفی است و تنها با آرسنیک و مولیبدن همبستگی بالایی را نشان می‌دهد. آهن با کبالت همبستگی مثبت بالا و با سایر عناصر از جمله سرب همبستگی ضعیفی را نشان می‌دهد.

۵-۳-۲- نمودار همبستگی بین عناصر در مناطق (ابری، رهبری و چشمه مرضیه)

همبستگی ماتریس انطباقی بین عناصر Cu-Pb، Cu-Zn، Cu-Ag، Zn-Ag، Pb-Ag و Zn-Pb در کانسار ابری، رهبری و چشمه مرضیه رسم شد (شکل ۵-۸).



شکل ۵-۸- نمودار ضریب همبستگی پیرسون بین عناصر Cu-Pb ، Cu-Zn ، Cu-Ag ، Zn-Ag ، Pb-Ag و Zn-Pb در کانسار ابری، رهبری و چشمه مرضیه.

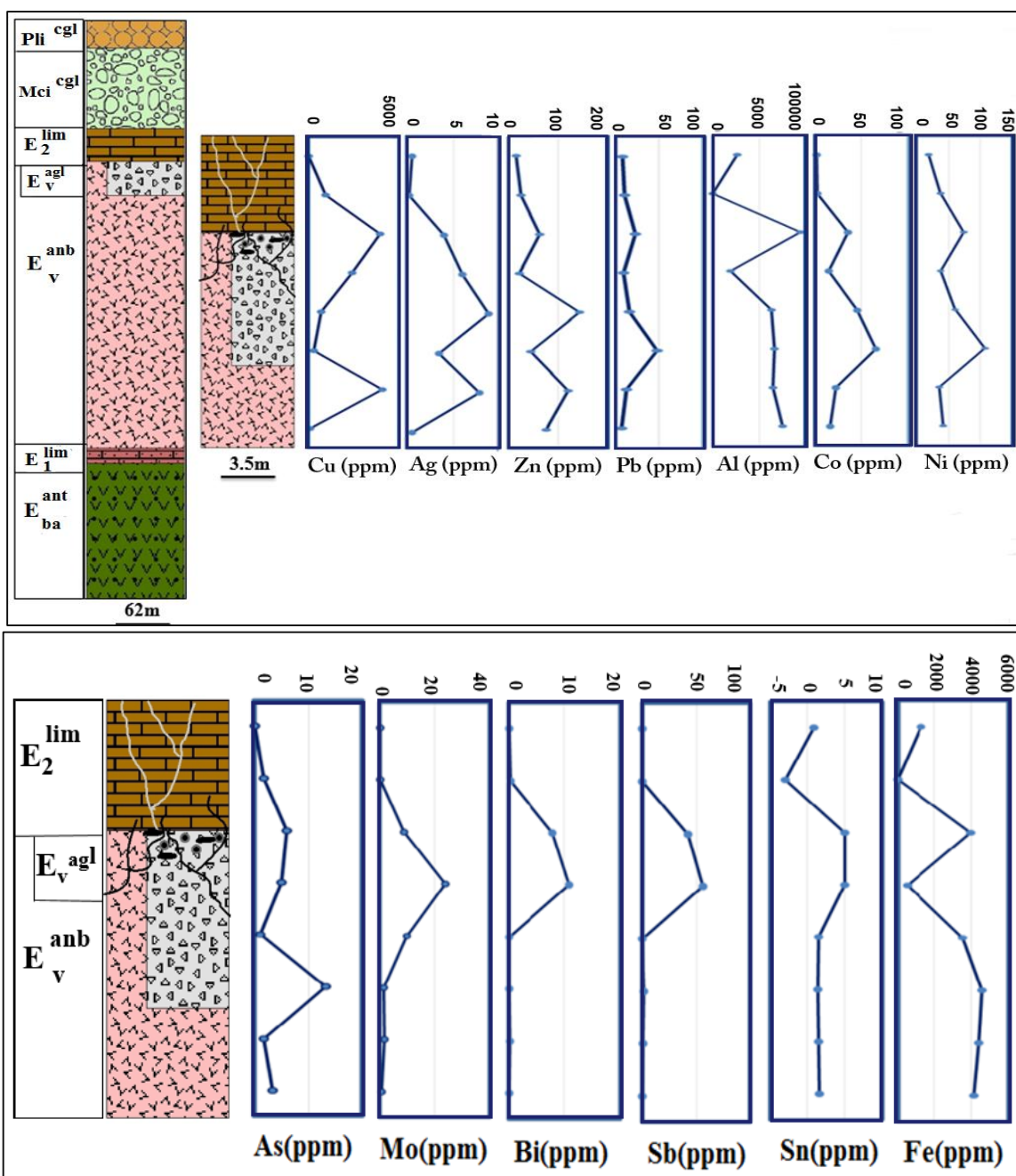
با توجه به نمودار همبستگی رسم شده بین عناصر در مناطق مورد مطالعه، بین نقره و مس در هر سه منطقه همبستگی مثبت وجود دارد و بیشترین همبستگی مربوط به منطقه ابری ($r=0/9$) می‌باشد. در دو منطقه ابری و رهبری همبستگی مثبت بالایی بین عنصر مس و روی و همبستگی منفی بین دو عنصر در منطقه چشمه مرضیه مشاهده می‌شود. مس و سرب همبستگی مثبت در منطقه رهبری و بصورت ضعیف‌تر در

منطقه ابری و همبستگی منفی در منطقه چشمه مرضیه نشان می‌دهند. بین نقره و سرب و روی در هر سه منطقه همبستگی مثبت و تقریباً یکنواختی وجود دارد کمترین همبستگی بین نقره و سرب مربوط به نمونه‌های منطقه چشمه مرضیه می‌باشد. سرب و روی در منطقه رهبری دارای بیشترین همبستگی است و همبستگی مثبت اما بسیار ضعیفی در نمونه‌های ابری و چشمه مرضیه قابل مشاهده است. به طور کلی فلزات پایه از جمله (سرب، روی، مس و نقره) در منطقه رهبری همبستگی مثبت و بالاتری برخوردار هستند و کمترین همبستگی بین عناصر مذکور مربوط به منطقه چشمه مرضیه می‌باشد.

۵-۳-۳- پراکندگی و همبستگی عناصر در مقطع لیتوژئوشیمیایی منطقه ابری

از آنجایی که در مطالعه نهشته‌های موجود در توالی‌های آتشفشانی- رسوبی، مطالعات شیمی چینه‌شناسی از اهمیت زیادی برخوردار هستند تغییرات ژئوشیمیایی عناصر اصلی و کمیاب در مقاطع زمین‌شناسی بررسی می‌شود. منطقه مورد مطالعه به منظور دستیابی به خصوصیات ژئوشیمیایی کانسار، نمونه برداری به روشهای مختلف شامل نمونه برداری از رخنمون‌های سطحی، گمانه‌های اکتشافی انجام و پس از آماده سازی نمونه‌ها، جهت تجزیه شیمیایی مورد استفاده قرار گرفت.

رخنمون‌های سطحی: به منظور بررسی تغییرات عناصر از کمر پایین تا کمر بالای افق کانه‌دار و بررسی همبستگی عناصر در افق‌های کانه‌دار نمونه‌برداری به صورت منظم و عمود بر روند کانه‌زایی صورت گرفته است. نتایج حاصل از آن تغییرات عناصر Cu, Ag, Pb, Zn, Al, Co, Ni, As, Mo, Bi, Sb, Sn و Fe را از کمر پایین تا کمر بالای افق کانه‌دار نشان می‌دهند (شکل ۵-۹).



شکل ۵-۹- میزان تغییرات عناصر کمیاب در مقطع کانسار ابری براساس داده‌های ICP-MS

E₂^{lim}: limestone

E_v^{agl}: agglomerates and volcano clastic rocks

E_v^{anb}: volcano- sedimentary

مس (Cu): مس در تمام مقطع لیتوژئوشیمیایی به مقدار قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. بیشترین تمرکز مس در مرز آهک (E_{lim2}) با واحد آذرآواری (E_{agl_v}) معادل با ۴ تا ۵ درصد وزنی می‌باشد. کانه‌زایی مس در واحد آهکی ادامه داشته است اما روند کاهشی را نشان می‌دهد.

نقره (Ag): مقدار نقره در کل نمونه‌های منطقه پایین است. بیشترین مقدار نقره در واحد دگرسان شده آذرآواری (E_{agl_v}) و معادل (۹ ppm) می‌باشد. پس از آن شاهد افزایش نقره به ترتیب در واحد کانه‌زایی گدازه‌ایی (E_{anb_v}) و آذرآواری (E_{agl_v}) به همراه مس هستیم. در مقطع لیتوژئوشیمیایی به تدریج از نسبت نقره به مس کاهش می‌یابد. نقره در شرایط اکسیدان بدون توجه به تغییرات PH به صورت محلول باقی می‌ماند (Maynard, 2012)، همچنین در محیط‌های کربناتی نقره تقریباً و به طور نسبی متحرک است. به همین دلیل با نزدیک شدن به محیط‌های کربناتی و اکسیدی و در مرز آهکی مقدارش کاهش می‌یابد.

آرسنیک (As): بیشترین تمرکز آرسنیک در واحد آذرآواری (E_{agl_v}) (معادل ۱۳ ppm) است که همبستگی بالایی با کبالت و به طور ضعیف‌تر با نیکل و مولیبدن نشان می‌دهد. آرسنیک به طور ضعیفی در مرز آهک (E_{lim2}) و واحد آذرآواری (E_{agl_v}) همراه با مس افزایش نشان می‌دهد.

مولیبدن (Mo): مقدار مولیبدن در مقطع لیتوژئوشیمیایی در واحد آذرآواری (E_{agl_v}) از بخش‌های غیر دگرسان به سمت بخش‌های دگرسان و مناطق کانه‌زایی، روند افزایش را نشان می‌دهد. حداکثر مقدار این عنصر در مرز آهک (E_{lim2}) با واحد آذرآواری (E_{agl_v}) است و به سمت آهک کاهش نشان می‌دهد.

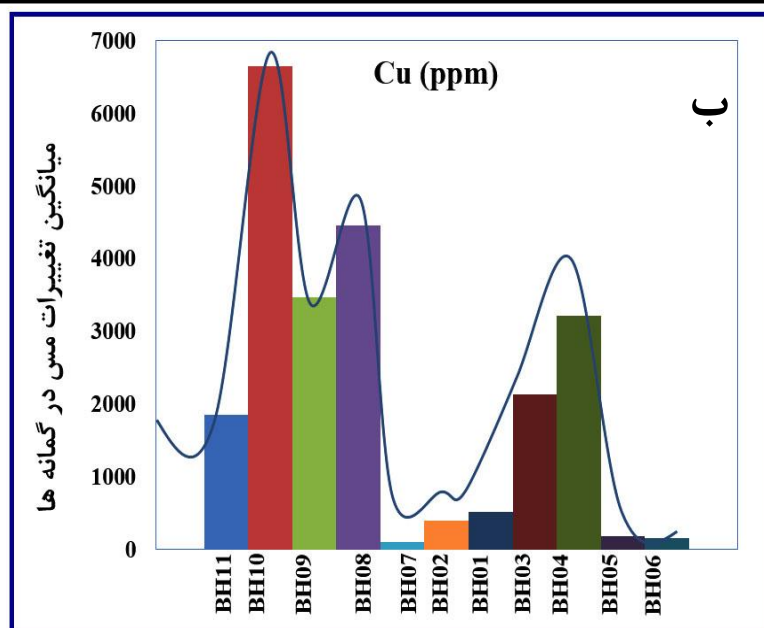
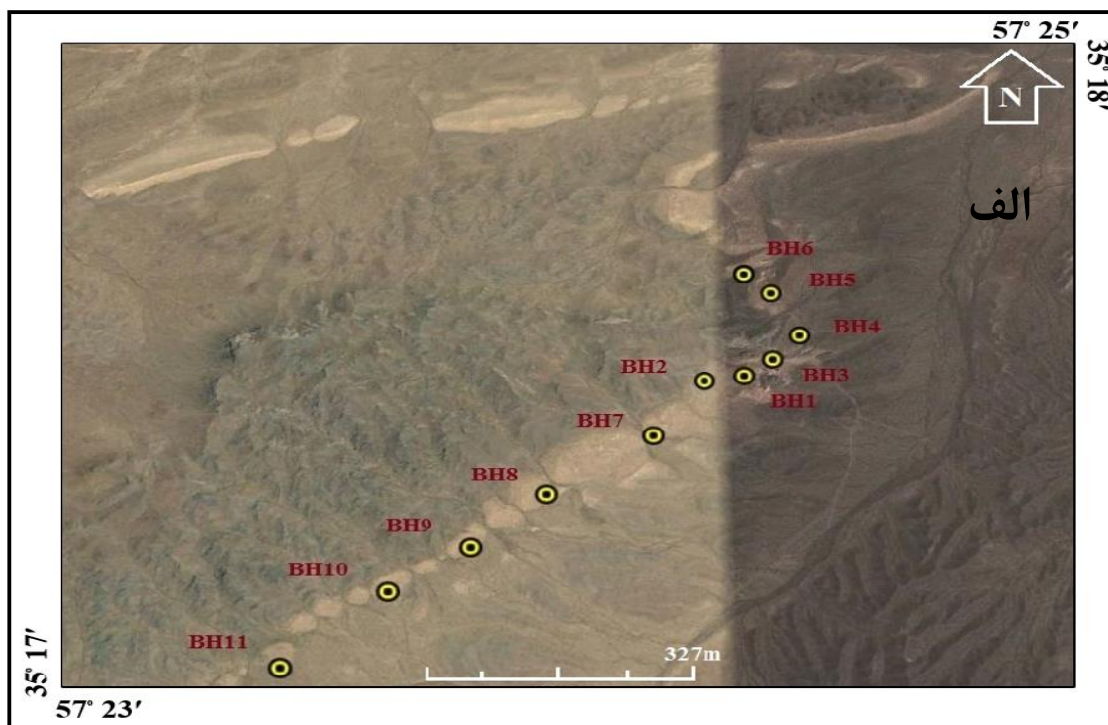
سرب (Pb): مقدار سرب و روی در کل نمونه‌ها پایین است. بیشترین تمرکز سرب (۴۸ ppm) در واحد آذرآواری دارد و به سمت بخش‌های کانه‌زایی کاهش نشان می‌دهد که احتمالاً به تحرک پذیری بالای ارتباط دارد. در مرز واحد آذرآواری با آهک، سرب به مقدار اندکی افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده تغییر شرایط محیط (قلیایی و اکسیدان بالا) در این قسمت است. قابل ذکر است که میزان سرب نسبت به روی و نقره

در واحد آهکی بیشترین فراوانی را نشان می‌دهد. بر اساس مطالعات (حسینی پاک، ۱۳۹۴)، سرب از عناصری است که در PH بالا قادر به مهاجرت کمی هستند

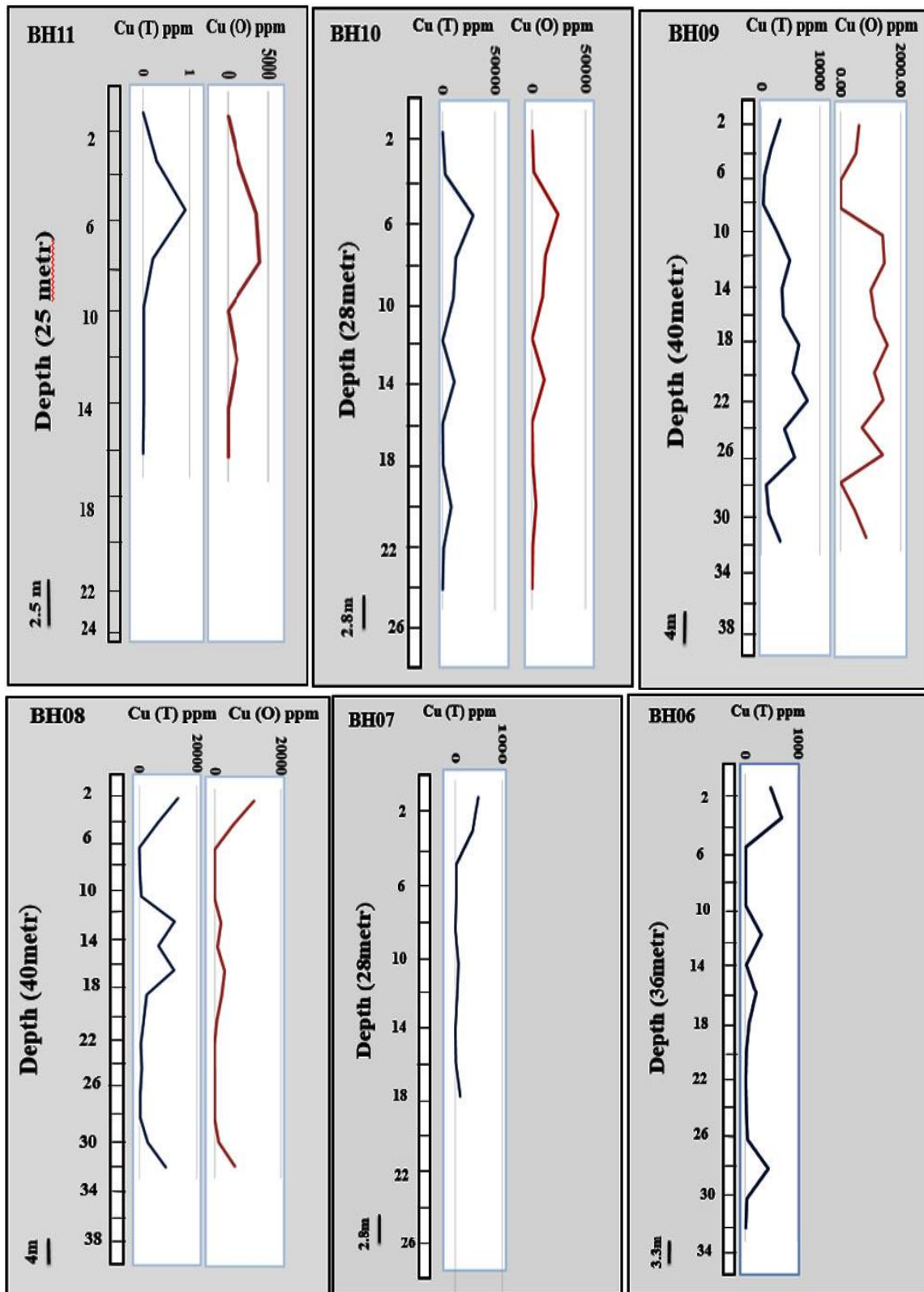
روی (Zn): حداکثر مقدار روی در واحد آذرآواری دگرسان شده (۱۴۵ ppm) است و با مس همبستگی ضعیفی را نشان می‌دهد که با رفتار ژئوشیمیایی آنها سازگار است. تحرک پذیری بالای روی سبب شده که با افزایش مس میزان روی نیز افزایش یابد.

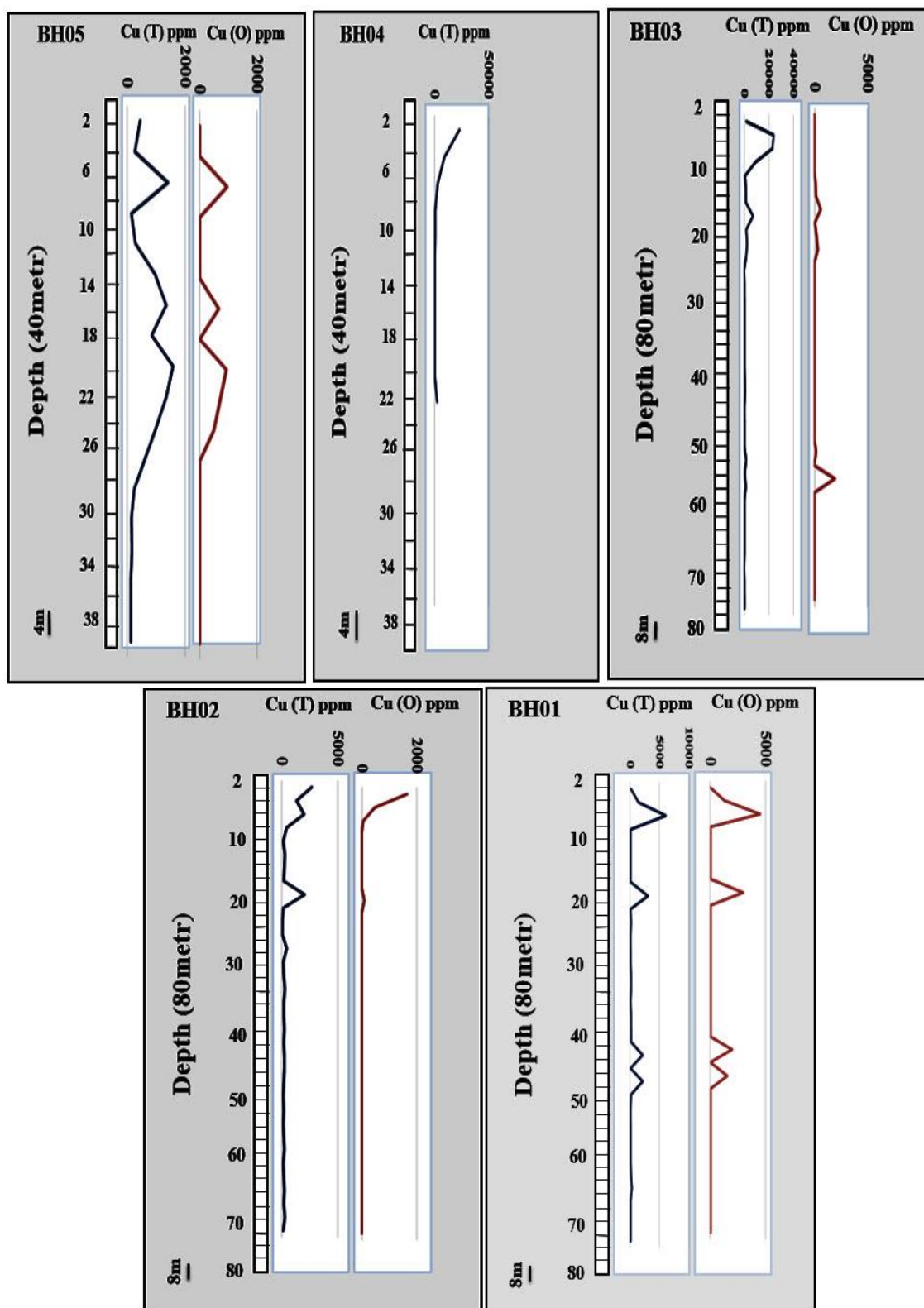
آهن (Fe): مقدار آهن در تمامی نمونه‌ها فراوان و بین ۳ تا ۴/۵ درصد وزنی متغیر است. آهن همبستگی بالایی با مس در مرز واحد آذر آواری با آهک نشان می‌دهد.

گمانه‌های اکتشافی: پس از تفسیر برداشت‌های IP/RS حدود ۱۴ گمانه اکتشافی به منظور مشخص شدن عمق نفوذ کانی‌سازی مس (حداکثر تا عمق ۳۰ تا ۸۰ متر) در قسمت جنوبی منطقه ابری در مناطق پرتجمع ماده معدنی صورت گرفت (شکل ۵-۱۰ الف). حفاری گمانه‌ها با فاصله ۲۰۰ متری از یکدیگر و با اعماق مختلف ۲۵ تا ۸۰ متری در مرز واحدهای آهکی با واحد آذرآواری اجرا شده است. در هر گمانه به ازای هر دومتر، نمونه برداری صورت گرفته است و نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی نمونه‌ها مقادیر مس کل و مس اکسیدی در ۱۲ گمانه را نسبت به عمق بیان می‌کند. حداکثر مقدار مس از قسمت غربی منطقه به سمت شرق در گمانه BH10 می‌باشد. پس از آن گمانه‌های BH8 و BH9 از نظر میزان مس در الویت قرار می‌گیرند (شکل ۵-۱۰ ب). شکل (۵-۱۱) تغییرات مس را در هر گمانه نسبت به عمق بیان می‌کند. در هر گمانه مقدار مس نسبت به عمق کاهش می‌یابد و حداکثر میزان مس در گمانه‌ها در اعماق کم و در مرز واحد آهکی با واحد آذرآواری است.



شکل ۵-۱۰- الف) محل حفر گمانه‌ها بر روی تصویر ماهواره‌ای، منطقه ابری. ب) نمودار میانگین توزیع عنصر مس در نمونه‌های یازده گمانه بر حسب ppm

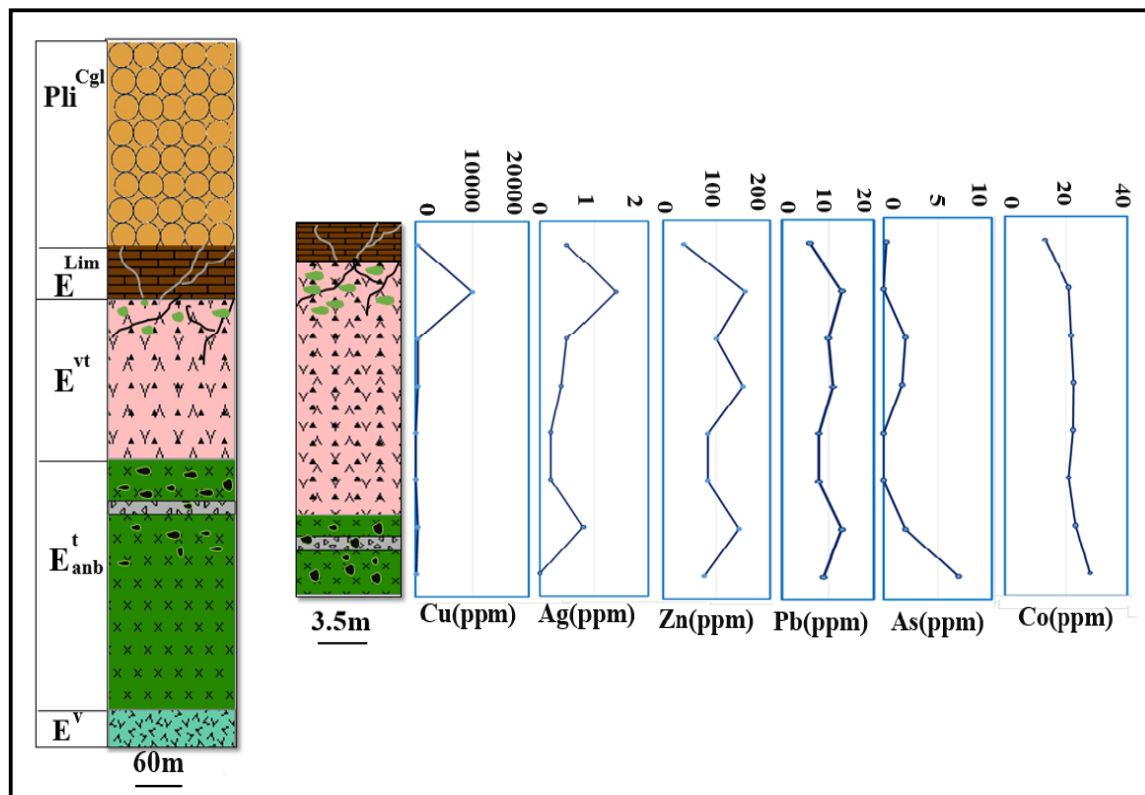


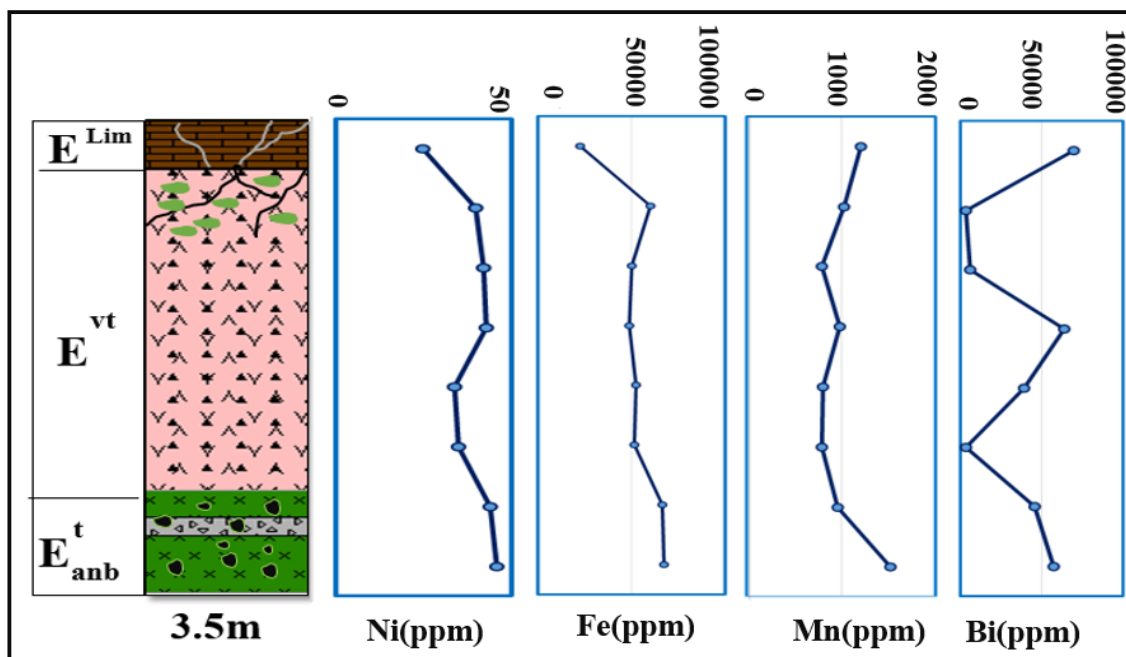


شکل ۵-۱۱- تغییرات مس کل و اکسیدی در هر گمانه نسبت به عمق

۵-۳-۴- پراکندگی و همبستگی عناصر در مقطع لیتوژئوشیمیایی منطقه رهبری

چگونگی توزیع ژئوشیمیایی عناصر مختلف (Cu, Ag, Pb, Zn, As, Co, Ni, Fe, Mn و Bi) در توالی سنگ‌های موجود در منطقه معدنی رهبری، براساس مقطع لیتوژئوشیمیایی تهیه شده از منطقه بررسی شد (شکل ۵-۱۲). به طور کلی واحد کانه‌زایی گدازه و توف (E^{vt}) محل تجمع اصلی اکثر عناصر مذکور می‌باشند. بیشترین میزان مس معادل (۱۰۰۰ ppm) مربوط به واحد گدازه و آذرآواری صورت دانه پراکنده و رگه-رگچه‌ای در این واحد مشاهده می‌شود. میزان سرب و روی در منطقه رهبری پایین است و بیشترین تجمع را در واحد (E^{vt}) که از کانه‌زایی بیشتری برخوردار است، را دارند که می‌تواند ناشی از تحرک پذیری بالای سرب و روی به همراه مس باشد. عناصر آهن، کبالت و نیکل بیشترین تجمع را در واحد آذرآواری (E^{anb}) را دارند و با یکدیگر همبستگی مثبت نشان می‌دهند.





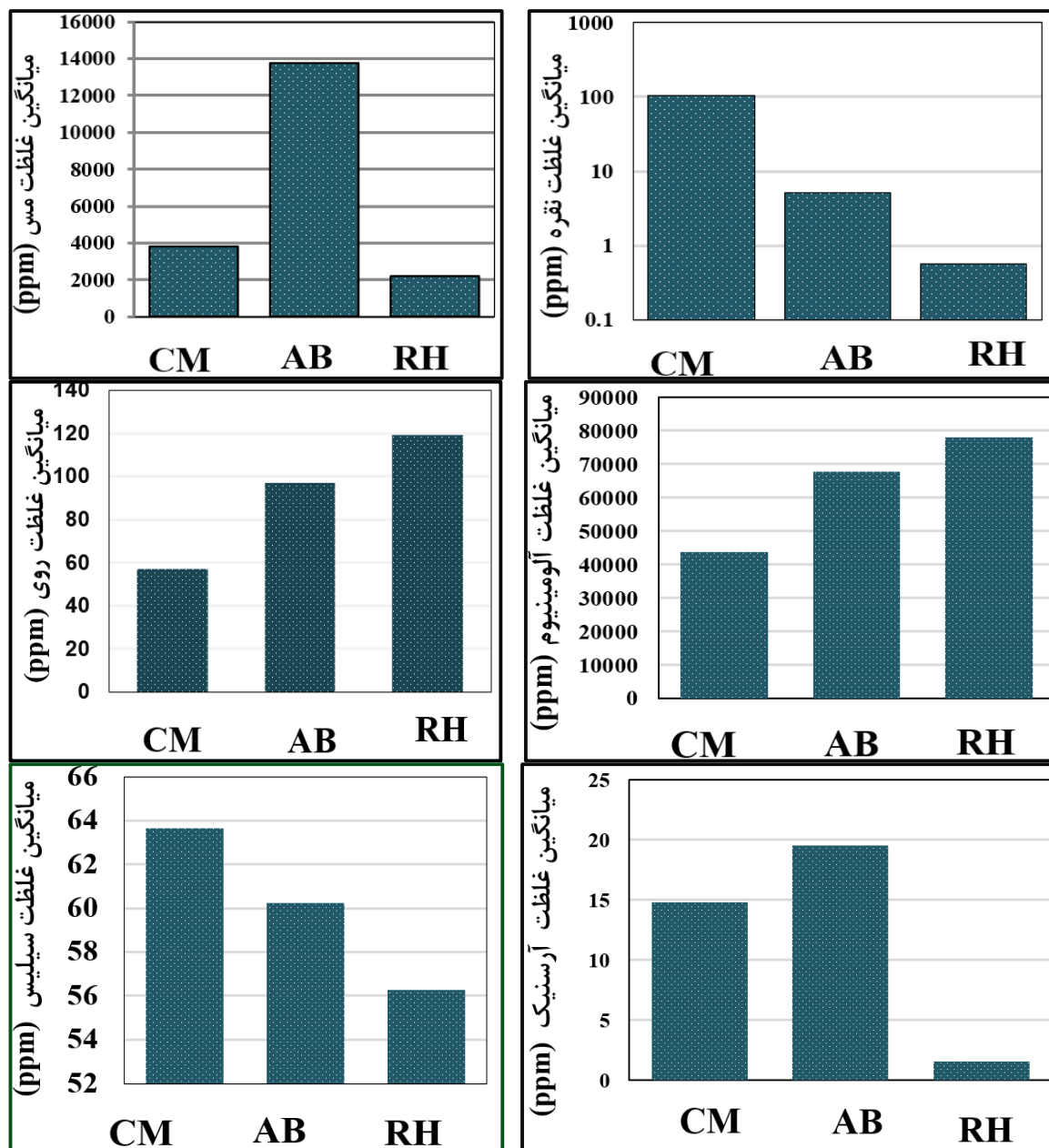
شکل ۵-۱۲- میزان تغییرات عناصر (Bi و Mn، Fe، Ni، Co، As، Zn، Pb، Ag، Cu) در توالی سنگ‌های موجود در کانسار رهبری

E^{lim} : limestone
 E^{vt} : basaltic- andesite and basalt, tuff agglomerate.
 $E^{t_{anb}}$: andesitic and trachy andesite tuffs and lava
 E^{agl} : agglomerates

۵-۳-۵- میزان پراکندگی عناصر در سه منطقه (ابری، رهبری و چشمه مرضیه)

میانگین تغییرات غلظت عناصر Cu، Ag، Zn، Al و As در سه منطقه ابری، رهبری و چشمه مرضیه محاسبه و میزان پراکندگی آن‌ها با هم مقایسه گردید (شکل ۵-۱۳). عنصر مس در بین فلزات پایه دارای بالاترین مقدار ضریب تولید بوده است (معادل ۴ تا ۵ درصد وزنی) و حداکثر فراوانی را به ترتیب در منطقه ابری، چشمه مرضیه و رهبری دارد. نقره پس از مس از فراوانی بیشتر برخوردار بوده‌اند. حداکثر میزان نقره در منطقه چشمه مرضیه است (معادل ۰/۵ تا ۳۱ ppm) و روند نزولی به سمت منطقه رهبری نشان می‌دهد. میزان سرب و روی در مناطق مورد مطالعه بسیار پایین است. بیشترین فراوانی روی در منطقه رهبری

(معادل ۷۰ تا ۱۵۰ ppm) دارد و به سمت منطقه چشمه مرضیه روند نزولی نشان می‌دهد. سرب بیشترین فراوانی را در منطقه ابری (معادل ۶ تا ۴۸ ppm) دارد.



شکل ۵-۱۳- میزان پراکندگی عناصر Cu, Ag, Zn, Al, AS و SiO_2 در سه منطقه ابری (AB)، رهبری (RH) و چشمه مرضیه (CM)

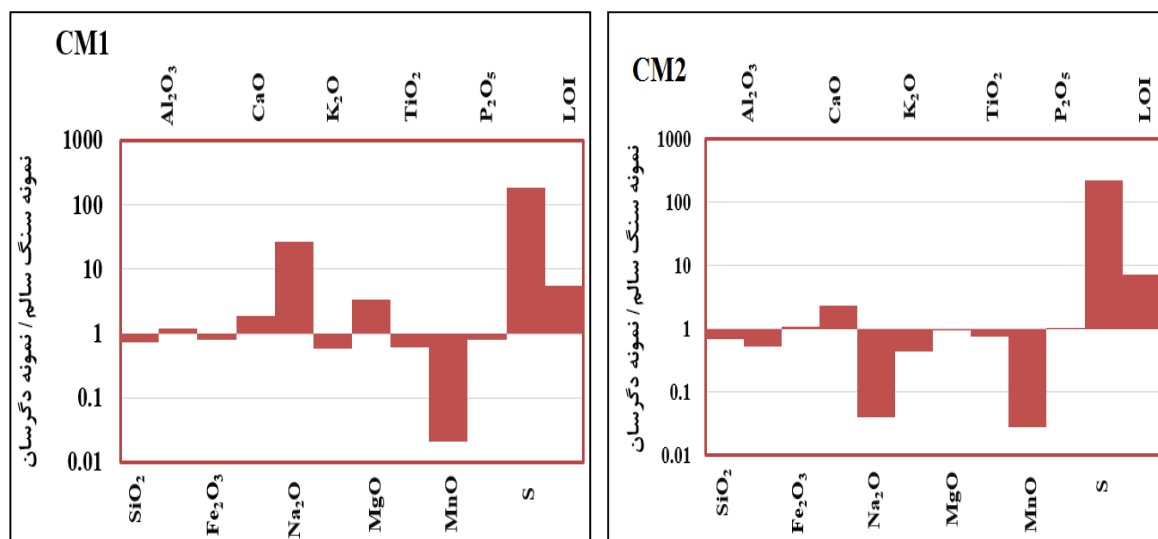
۵-۳-۶- تغییرات عناصر در طی دگرسانی در منطقه چشمه مرضیه

در محدوده کانسار چشمه مرضیه به منظور شناخت رفتار ژئوشیمیایی عناصر و فرآیندهای ژئوشیمیایی درگیر در حین دگرسانی‌های گرمابی از آنالیز نمونه‌های دگرسان شده استفاده شده است. روابط بین سنگ مادر و محصولات دگرسانی از طریق افزایش یا کاهش عناصر تعیین می‌شود. با توجه به قرار گیری نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده آندزیت، می‌توان یک نمونه فرش را انتخاب نمود همه نمونه‌ها و حتی خود نمونه با کمترین هوازدگی را تقسیم بر نمونه فرش و روند تغییرات را نسبت به نمونه‌ی فرش بررسی کرد. نتایج به صورت نمودارهای غنی‌شدگی- تهی‌شدگی، که راهی مناسب برای نشان دادن غنی‌شدگی و تهی‌شدگی عناصر اصلی، جزئی و کمیاب به شمار می‌روند. دگرسانی آرژیلیکی در بخش شمالی و به میزان کم در بخش میانی منطقه، واحد آندزیت را تحت تاثیر قرار داده است. میزان عناصر اصلی و عناصر کمیاب از پهنه آرژیلیکی به روش (Icp-Ms) و آنالیز طلا به روش Fire Assay اندازه گیری شد. میزان طلا قابل توجه نبوده و معادل ۱۰ تا ۱۵ ppb می‌باشد.

۵-۳-۶-۱- رفتار عناصر اصلی در طی دگرسانی

با توجه به نمودار رسم شده در شکل (۵-۱۴) می‌توان این چنین بیان کرد، نمونه‌های آنالیز شده از دگرسانی آرژیلیک کانسار چشمه مرضیه به لحاظ اکسیدهای Al_2O_3 ، MgO ، Na_2O و MnO غنی‌شدگی نشان می‌دهند. غنی‌شدگی در مقدار Al_2O_3 می‌تواند بدلیل تشکیل کانی‌های رسی از جمله (کائولینیت و ایلیت) در این زون باشد. نمونه‌های حاصل از این دگرسانی نسبت به نمونه‌های مبنا از نظر K_2O و Fe_2O_3 دارای تهی‌شدگی اند، که دلیل تهی‌شدگی به کاهش مقدار پیریت در این زون مرتبط است، کوربت (Corbett, 2002) نیز معتقد است که کاهش اکسیدهای آهن می‌تواند زمینه ساز حضور کائولینیت در این زون باشد. کاهش SiO_2 در سنگ‌های با دگرسانی آرژیلیکی نتیجه تجزیه کانی‌های پلاژیوکلاز، الیوین و

پیروکسن سنگ طی واکنش‌هایی چون واکنش‌های تشکیل کلریت و مونت موریلونیت است. این واکنش‌ها همراه با آزاد شدن SiO_2 هستند. بخشی از سیلیس آزاد شده ممکن است توسط محلول حمل شده و از محیط خارج شود. غنی شدن P_2O_5 در نمونه CM2 به حضور ژاورسیت در محیط وابسته است و می‌تواند حاکی از افزایش مواد فرار در محلول‌های هیدروترمال باشد.

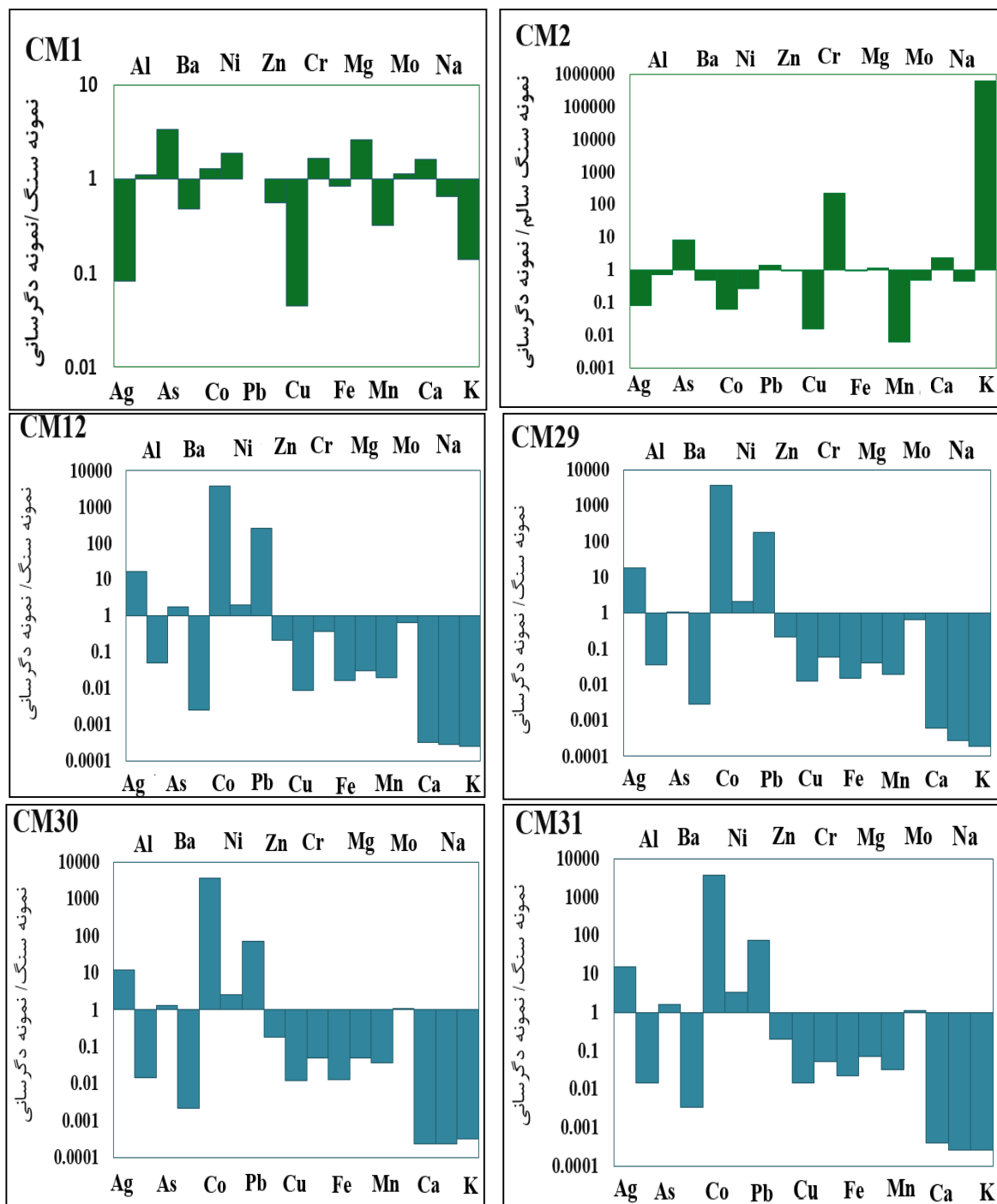


شکل ۵-۱۴- نمودار تهی‌شدگی - غنی‌شدگی اکسیدهای اصلی در نمونه‌های دگرسانی نسبت به نمونه غیر دگرسان در منطقه چشمه مرضیه

۵-۳-۶-۲- رفتار عناصر کمیاب در طی دگرسانی

با توجه به نمودارهای رسم شده در (شکل ۵-۱۵) نمونه‌های دگرسان تهی‌شدگی از مس را نشان می‌دهند. با توجه به اینکه در منطقه آثاری از کانه‌زایی مس نیز دیده می‌شود. این تهی‌شدگی می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که منشاء این کانه‌زایی احتمالاً از واحدهای آندزیتی منطقه بوده است. به عبارت دیگر مس شسته شده از سنگ توسط محلول حمل شده و کانی‌های مس در شرایط مناسب در جای دیگر از محلول رسوب

کرده‌اند. در دگرسانی مربوط به نمونه (CM1) غنی‌شدگی و دگرسانی‌های آرژیلیکی نمونه‌های دیگر تهی-شدگی Zn دیده می‌شود. ترکیب محلول به ویژه خاصیت سولفور آن در مراحل دگرسانی پیشرفته نقش مهمی در این تهی‌شدگی دارد. وجود کمپلکس‌ها سولفوری عامل مهمی در انتقال این عنصر است. نقره در بیشتر نمونه‌ها غنی‌شدگی نشان می‌دهد. بر خلاف عنصر روی، سرب در همه نمونه‌ها غنی‌شدگی دارد که ناشی از تحرک بالای سرب می‌باشد. در تمامی نمونه‌ها غنی‌شدگی آرسنیک مشاهده می‌شود و به نظر می‌رسد محلول‌های هیدروترمال محتوای آرسنیک بالایی داشته است. وجود آرسنیک می‌تواند به انتقال یون‌های فلزی کمک کند. در دو نمونه دگرسان CM1 و CM2 شاهد غنی‌شدگی Cr که البته این غنی‌شدگی Cr صرفاً بدین معناست که غنی‌شدگی Cr موجود در سنگ میزبان (که عمدتاً در ساختمان کلینو پیروکسن حضور داشته است) در مراحل مختلف دگرسانی حتی در حضور محلول‌های اسیدی قوی و با وجود خروج سایر عناصر، از سنگ خارج نشده است، Ni^{+2} از لحاظ بار و شعاع یونی شبیه Mg^{+2} و Fe^{+2} است و در سنگ میزبان در ساختمان کانی‌های مافیک حضور داشته است شست و شوی اسیدی می‌تواند سبب خروج این عنصر از سنگ شود و تهی‌شدگی آن را در نمونه CM1 دیده می‌شود. Ni می‌تواند جانشین Mg^{+2} و Fe^{+2} در ساختمان کلریت یا مونت موریلونیت شده و در سنگ تثبیت شود. بنابراین، نمونه آرژیلیکی حاوی مونت موریلونیت غنی‌شدگی از Ni نشان می‌دهند. Ca^{2+} و Mg^{2+} ، Mn^{2+} که در ساختمان کانی‌های مافیک حضور دارند، جزء عناصر متحرک در محیط‌های هیدروترمال هستند. در مراحل اولیه دگرسانی این عناصر از ساختمان کانی‌های مافیک آزاد شده، وارد ساختمان کانی‌هایی چون مونت‌موریلونیت، سرپانتین، کلریت و غیره می‌شوند. با پیشرفت دگرسانی تهی‌شدگی آنها بیشتر می‌شود.



شکل ۵-۱۵- نمودار تهی‌شدگی - غنی‌شدگی عناصر کمیاب در نمونه‌های دگرسان نسبت به نمونه سنگ غیر دگرسان در منطقه چشمه مرصیه.

فصل ششم

میانبار سیال

۶-۱- مقدمه

در علم زمین‌شناسی اهمیت استفاده از این سیالات به دام افتاده برای شناخت شرایط حاکم بر محیط، در زمان تشکیل بلور کانی‌ها، اعم از محیط‌های رسوبگذاری (از نظر حرارت و شوری)، دگرگونی (از نظر فشار و درجه حرارت) و آذرین (از نظر ترکیب شیمیایی ماگما، فشار و حرارت حاکم بر محیط تشکیل کانی‌ها) کاملاً روشن و واضح است. به طور کلی یکی از راه‌های مطالعه منشاء و دمای کانه‌زایی، مطالعه سیالات درگیر است. مطالعات سیالات درگیر در کنار مطالعات دیگر زمین‌شناسی از جمله کانی‌شناسی و روش‌های تجزیه شیمیایی و ایزوتوپی در نحوه تشکیل کانسارها اهمیت دارند. به منظور مطالعات میانبارهای سیال ۵ نمونه از کانی‌های شفاف (رگه کربناته و سیلیسی) در منطقه معدنی برداشت شده و تنها با مطالعه دو نمونه، ۵ میانبار سیال تشخیص داده شد. در این بخش به منظور تعیین نوع کانسار، منشاء و عوامل مؤثر در ته نشست کانسار به تعیین دما، شوری، چگالی، فشار و عمق تشکیل میانبار سیال پرداخته می‌شود. در این بخش هر منطقه با علامت مشخص می‌شود: ● چشمه مرضیه، ■ ابری.

۶-۲- روش مطالعه

به منظور تعیین دما، شوری، چگالی و حتی ترکیب احتمالی سیال مسئول کانه‌زایی و دگرسانی در سنگ‌های منطقه مورد مطالعه، ۵ نمونه از رگه کربناتی و سیلیسی و رگه کربناته همراه با کانه‌زایی انتخاب گردید. مطالعات بر روی ۵ میانبار سیال حاصل از دو نمونه دو برصیقل^۱ که توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور تهیه شد، صورت پذیرفت. نتایج حاصل از این مطالعات در جدول (۶-۱) ارائه شده است. اندازه‌گیری پارامترهای دمایی بر روی مقاطع با استفاده از استیج گرمایش-انجماد مدل THMS600 ساخت شرکت Linkam که بر روی میکروسکوپ ZEISS نصب است در آزمایشگاه کانی‌شناسی مرکز تحقیقات

1- Doubly Polished Thin Sections

فرآوری مواد معدنی ایران صورت گرفت. دامنه حرارتی دستگاه ۱۹۶- تا ۶۰۰+ درجه سانتیگراد است. همچنین این دستگاه مجهز به دو کنترل گر، گرمایش (TP94) و سرمایش (LNP)، مخزن ازت (جهت پمپ نیتروژن برای انجماد) و مخزن آب (جهت خنک کردن دستگاه در دمای بالا) است. جهت کالیبراسیون دستگاه از استانداردهای زیر استفاده گردید: کالیبراسیون دستگاه با تلورانس:

Heating: ± 0.6 , Freezing: ± 0.2

Heating: Cesium nitrate, melting point: +4

Freezing: n-Hexane, melting point: -94.3°C

کالیبراسیون Stage در گرمایش با دقت ± 0.6 درجه بوده که با نیترات سزیم^۱ و با نقطه ذوب ۴۱۴ درجه سانتیگراد صورت پذیرفت و در انجماد با دقت ± 0.2 درجه و با ماده استاندارد ان-هگزان^۲ با نقطه ذوب ۹۴/۳- درجه سانتیگراد انجام گرفت.

جدول ۶-۱- نتایج مطالعات حرارت سنجی بر روی میانبارهای سیال منطقه ابری (H) و منطقه چشمه مرضیه (C).

(N): تعداد انکلوژیونها، Te: دمای یوتکتیک، Tm_{ice}: دمای ذوب نهایی یخ، Th_{v-l}: دمای همگن شدن سیال

	N	Size(μm)	Type	Te ($^{\circ}\text{C}$)	Tm _{ice} ($^{\circ}\text{C}$)	wt% NaCl	Th _{v-l} ($^{\circ}\text{C}$)
Sample: H (Calcite+Quartz)	1	8	L+V	nv	-4	6.62	238
	2	10	L+V	nv	-4.5	7.36	218
	3	10	L+V	nv	-4.5	7.36	232
Sample: c (calcite)	1	9	L+V	nv	nv	2	153
	2	8	L+V	nv	-1.3	2.13	181

nv: غیر قابل مشاهده

۶-۳- طبقه بندی میانبارهای سیال

تاکنون تقسیم بندی های مختلفی در مورد میانبارهای سیال ارائه شده است. عواملی چون زمان تشکیل میانبارها، فازهای داخلی و نوع میانبارهای سیال ساس این تقسیم بندی ها هستند

1- Cesium nitrate

2- n-Hexane

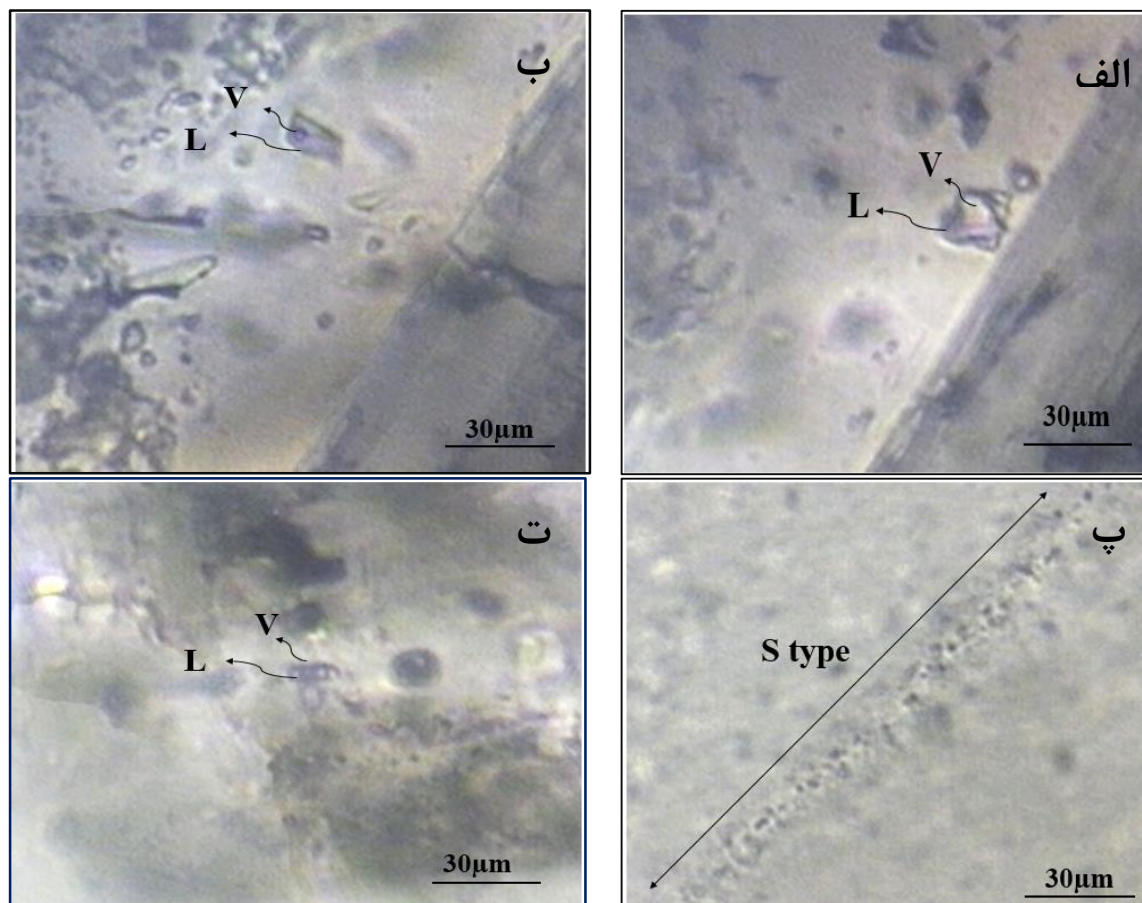
در تقسیم‌بندی رودر (Roedder, 1984)، براساس زمان تشکیل (طبقه‌بندی پاراژنتیک)، زمان تشکیل میانبارهای سیال نسبت به زمان تشکیل بلوردربرگیرنده سنجیده می‌شود. در این طبقه‌بندی سیال به سه گروه اولیه^۱ (P)، ثانویه^۲ (S) و ثانویه کاذب^۳ (PS) تقسیم می‌شوند. با توجه به اینکه هدف از مطالعه میانبارهای سیال بازسازی شرایط زمان تشکیل کانی از جمله فشار، دما و شوری سیال می‌باشد، سعی بر آن شده که میانبارهای سیال جهت مطالعه همگی از میان میانبارهای اولیه انتخاب شوند و از مطالعه مطالعه میانبارهایی که دچار دم‌بردگی^۴ و نشت شده‌اند، اجتناب شود. از آنجایی که تشکیل این نوع سیالات درگیر در شرایطی همزمان با رشد بلور آغاز و و با ادامه دادن رشد آن پایان می‌یابد. در نتیجه ماهیت سیال به خوبی نشانگرماگمایی است که در آن شناور بوده است. تقسیم‌بندی میانبارهای سیال بر اساس نسبت فازهای درونی شامل فازهای مایع، جامد و گاز نیز صورت می‌گیرد. براساس تقسیم‌بندی (Shepherd et al. 1985)، میانبارهای سیال بر اساس فازهای داخلی، در چند گروه از جمله: سیالات درگیر تک فاز (L)، سیالات درگیر دو فازی غنی از مایع (L+V)، سیالات درگیر دو فازی غنی از بخار، سیالات درگیر تک فاز بخار (V)، سیالات درگیر چند فازی جامد و چند جامدی (S+L+V) سیال درگیر حاوی مایع نامیژاک (L_1+L_2+V) و سیالات درگیر شیشه‌ای تقسیم شده‌اند. میانبارهای مطالعه شده بر پایه‌ی فازهای درونی جزء میانبارهای دو فازی غنی از مایع (L+V) محسوب می‌شوند. در تقسیم بندی دیگر میانبارها بر اساس نوع سیال، به دو دسته سیال همگن و غیر همگن گروه بندی می‌شوند که سیالات به دام افتاده در میانبارهای مطالعه شده، همگی از نوع همگن به حساب می‌آیند.

۶-۳- پتروگرافی میانبارهای سیال

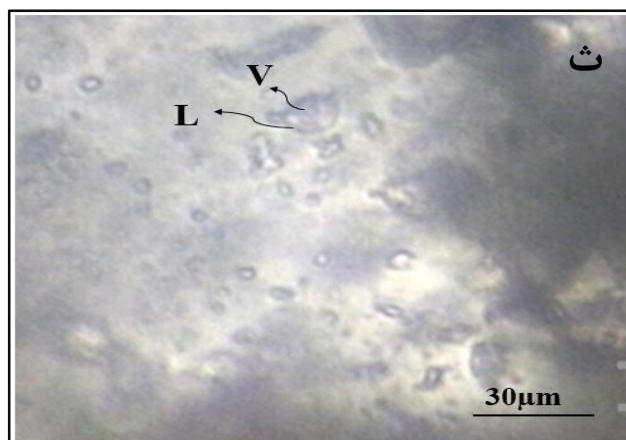
اولین گام در مطالعه‌ی میانبارهای سیال، استفاده از میکروسکوپ نوری برای کسب اطلاعاتی مانند فراوانی،

1- Primary
2- Secondary
3- Pseudosecondary
4- Necking down

شکل، اندازه میانبارهای سیال و نسبت فازهای مختلف داخل انکلوزیون‌ها است. با توجه به نسبت فازهای مختلف داخل انکلوزیون‌ها، می‌توان تخمین‌های تقریبی در مورد ترکیب، چگالی و دمای همگن شدن هر یک از انکلوزیون‌ها بدست آورد (سیمونز، ۱۳۹۳). سیالات درگیر در نمونه‌ها از نوع سیالات درگیر اولیه و ثانویه هستند. سیالات درگیر اولیه با پراکندگی تصادفی دیده می‌شوند (شکل ۱-۶ الف، ب، ت و ث). سیالات درگیر ثانویه در امتداد یک خط قرار گرفته‌اند (شکل ۱-۶ پ) و احتمالاً در ارتباط با شکستگی‌های ایجاد شده تشکیل شده‌اند. اندازه میانبارهای سیال اولیه ۸ تا ۱۰ میکرون متغیر است و اندازه میانبار سیال ثانویه ۱۰ میکرون می‌باشند. این میانبارها از لحاظ شکل مستطیل شکل، کروی و بی‌شکل هستند (شکل ۱-۶).



شکل ۱-۶- پتروگرافی میانبار سیال الف و ب) سیال دوفازی غنی از مایع (بری) پ) روند خطی میانبارهای ثانویه (بری).
ت) سیال دوفازی غنی از مایع (چشمه مرضیه)



شکل ۶-۱- پتروگرافی میانبار سیال. (ث) سیال دو فازی غنی از مایع (چشمه مرضیه)

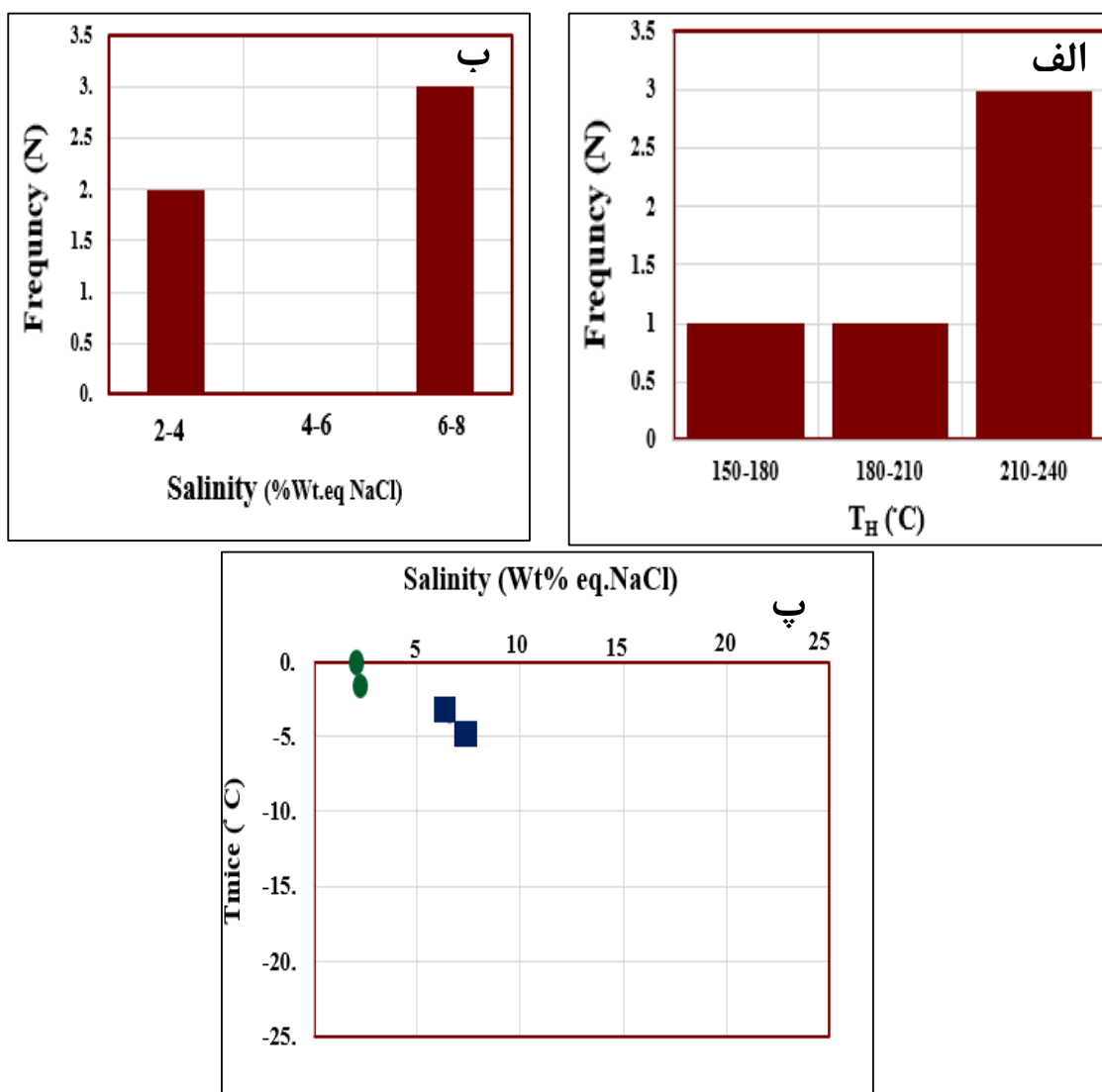
۶-۴- روش گرمایش

در این روش با حرارت‌دهی و افزایش دمای میانبارهای سیال، دمایی را که در آن سیال همگن می‌شود (T_H) اندازه‌گیری می‌کنند. دمای همگن شدن فقط تخمینی از حداقل دمای تشکیل کانی است و به ندرت معادل دمای به دام افتادن سیال (T_T) است (در هنگام به دام افتادن سیال همزمان با جوشش، دمای همگن شدن با دمای به دام افتادن سیال برابر است). اختلاف ($T_T - T_H$) که به تصحیح فشار معروف است، علاوه بر عامل فشار به چگالی سیال نیز وابسته است. بنابراین برای اکثر میانبارها جهت تخمین دمای به دام افتادن با استفاده از دمای همگن شدن، اطلاع از ترکیب سیال (شوری کل بر حسب درصد وزنی معادل NaCl) نیز ضرورت دارد. دمای همگن شدن (T_H) میانبار سیال مطالعه شده در منطقه ابری در بازه‌ی دمایی 238°C - 218°C و در منطقه چشمه مرضیه بین 153°C تا 181°C قرار دارد (شکل ۶-۲ الف).

۶-۵- تعیین شوری میانبار سیال

دمای همگن شدن و شوری معادل درصد وزنی و ارتباط آن‌ها با یکدیگر در سیستم‌های گرمابی حائز اهمیت هستند و هر یک به تنهایی نمی‌توانند بر خصوصیات ذخایر معدنی مؤثر باشند. باتوجه به نمودار هیستوگرام

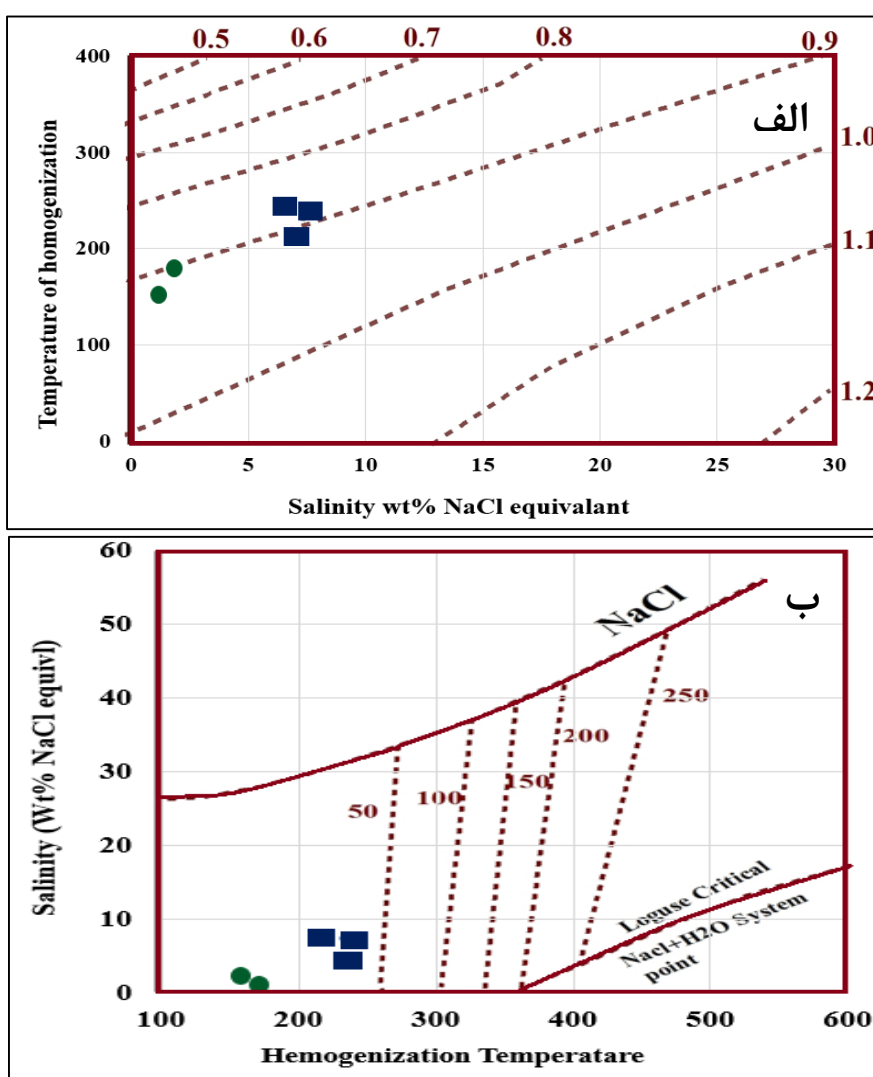
فراوانی مربوط به میزان شوری میانبارهای سیال، میزان شوری در منطقه چشمه مرضیه حدود (۲-۴) کمتر از میزان شوری حدود (۶-۸) در منطقه ابری است (شکل ۳-۶ ب). نمودار شوری در مقابل دمای نهایی ذوب یخ (Large *et al.*, 1988) رسم شده است که براساس این نمودار پایین‌ترین دمای ذوب یخ مطابق با بالاترین درجه شوری در سیال است (شکل ۳-۶ پ).



شکل ۳-۶ الف) هیستوگرام فراوانی میزان شوری بر حسب درصد وزنی معادل NaCl. منطقه چشمه مرضیه (۲-۴) منطقه ابری (۶-۸). ب) هیستوگرام فراوانی دمای همگن شدن میانبارهای سیال دوفازی. منطقه چشمه مرضیه (۱۸۰-۱۵۰ و ۲۱۰-۱۸۰) و منطقه ابری (۲۴۰-۲۱۰). پ) نمودار شوری در مقابل دمای نهایی ذوب یخ.

۶-۶- تعیین چگالی و فشار بخار میانبار سیال

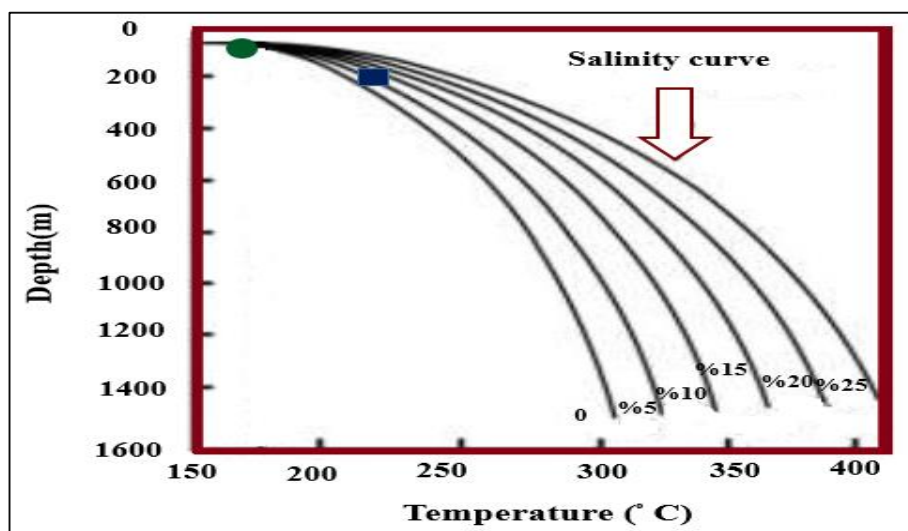
با استفاده از نمودار دمای همگن شدن در مقابل میزان شوری سیال (Wilkinson, 2001)، و نمودار دمای همگن شدن در مقابل میزان شوری (Ramdohr, 1980)، چگالی سیالات در بازه 0.9 gr/cm^3 (شکل ۳-۶ الف) و فشار بخار محلول در منطقه چشمه مرضیه کمتر از ۵۰ بار و در منطقه ابری تا نزدیک ۵۰ بار است (شکل ۳-۶ ب).



شکل ۳-۶- الف) نمودار دما- شوری جهت تعیین چگالی محلول‌های NaCl-H₂O اشباع از بخار. ب) نمودار تعیین فشار بخار محلول بر اساس دمای همگن شدن و شوری

۶-۷- تعیین عمق تشکیل سیالات با استفاده از میانبارهای سیال

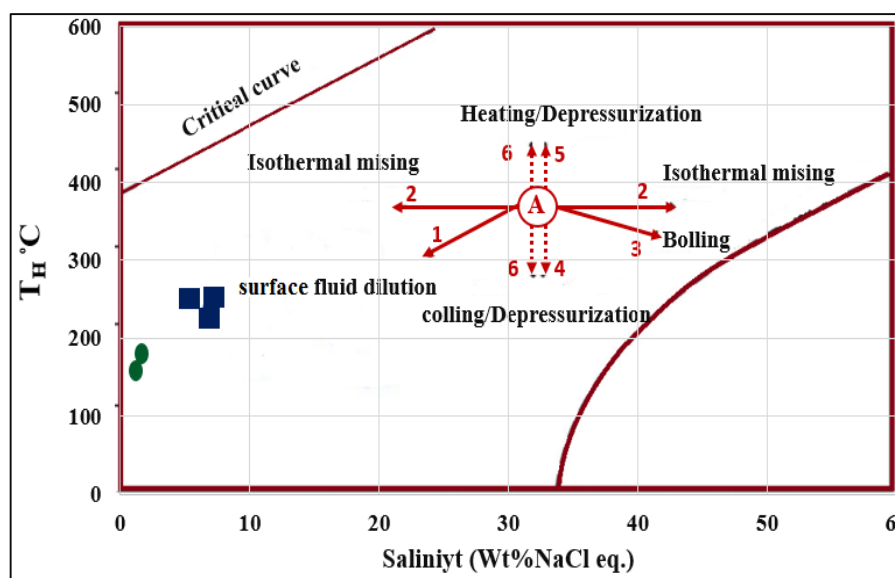
براساس نمودار (Hass, 1971) عمق به دام افتادن میانبار سیال کمتر از ۲۰۰ متر در منطقه چشمه مرضیه و بین ۲۰۰ تا ۲۵۰ متر در منطقه ابری است (شکل ۶-۴). اگر سیال ضمن جوشش به دام افتاده باشد، دمای همگن شدن برابر با دمای به دام افتادن سیال است (Roedder, 1984). وقتی که سیال به دام می‌افتد هر چه فشار بیشتر شود اختلاف دمای بین همگن شدن و دمای واقعی بیشتر می‌شود. مهمترین نشانه جوشش، وجود انکلوژیونهای غنی از بخار با انکلوژیونهای غنی از مایع است که در دمای یکسان به حالت بخار همگن شوند. با توجه به مطالعات میانبار سیال پدیده جوشش در منطقه رخ نداده است. بنابراین دمای همگن شدن برابر دمای تشکیل کانسار نیست. از آنجایی که دمای همگن شدن تابعی از ترکیب، دمای به دام افتادن سیال و فشار است، برای محاسبه دمای واقعی به تله افتادن سیال ابتدا تصحیح فاکتورهای فشار، چگالی و ترکیب سیال لازم است. به دلیل اینکه کانسار مورد مطالعه در عمق کم و فشار کم نهشته شده است، چگالی ترکیب اثر چندانی بر درجه حرارت همگن شدن ندارد و می‌توان از آن صرف‌نظر کرد. در نتیجه می‌توان دمای همگن شدن را به عنوان درجه حرارت واقعی در نظر گرفت.



شکل ۶-۴- تعیین عمق به دام افتادن میانبارهای سیال.

۶-۷- عوامل مؤثر بر ته نشست کانه‌ها

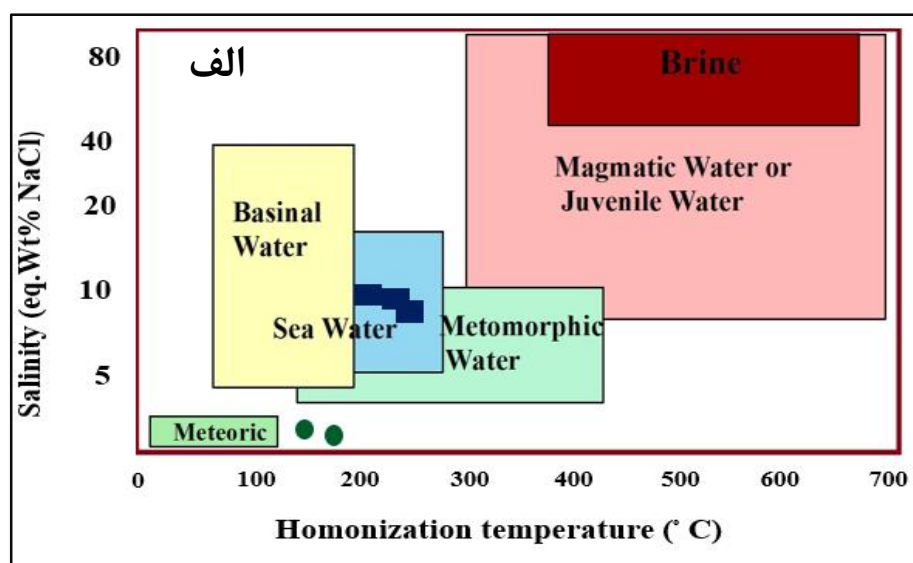
برای پی بردن به سیر تکاملی سیال مسبب کانی‌سازی، با استفاده از روندی که میانبارهای مورد مطالعه در نمودار دمای همگن شدن در مقابل میزان شوری (Willkinson, 2001)، نشان می‌دهد، می‌توان مسیر تحول سیال را تعیین کرد (شکل ۶-۵). روند ۱: حاصل آمیخته شدن سیال با سیالات سردتر و کم‌شورتر است، روند ۲: حاصل آمیخته شدن سیال ایزوترمال با سیال با شوری متفاوت است، سیالات جوی با نفوذ به مناطق عمیق پوسته‌ای داغ شده و ضمن بالا آمدن با سیالات گرمایی افق‌های گرم عمیق آمیخته می‌شوند. در حالیکه سرد شدن ساده روند ۴ را موجب می‌شود. روند ۳: جوشش سیال باعث افزایش شوری فاز مایع باقی مانده خواهد شد. در نمونه‌های مورد مطالعه همه سیالات به فاز مایع همگن شدند بنابراین جوشش رخ نداده است. روند ۵: نابهنجار یعنی نشت انکلوژیونها در طی گرم شدن را نشان می‌دهد. با در نظر گرفتن روند ۱، ۲ و ۴ برای میانبارهای سیال مورد مطالعه فرآیندهای رقیق‌شدگی با سیال‌های سطحی، اختلاط با سیال هم‌دما، سرد شدن و کاهش فشار مسئول تحولات ایجاد شده در سیال دانست. این نمودار نقش آب‌های جوی را به خوبی نمایان می‌کند.



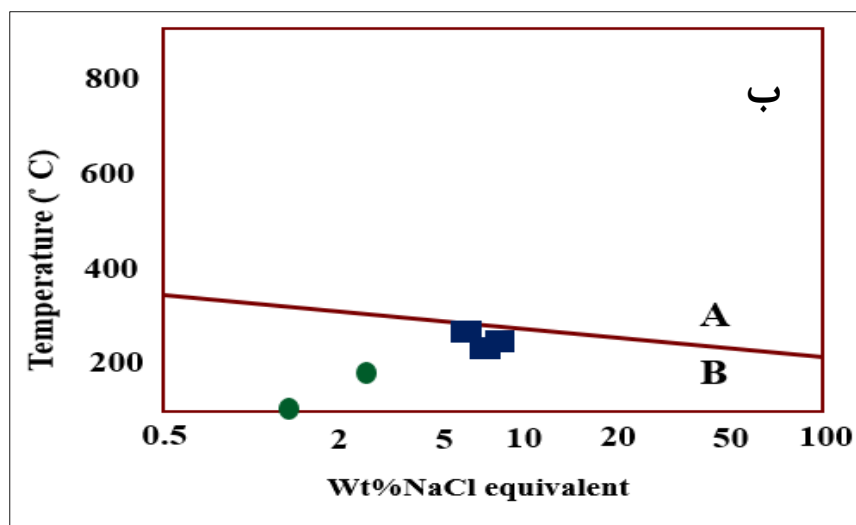
شکل ۶-۵- نمودار شوری- دمای همگن شدن جهت تعیین فرآیندهای مؤثر در تکامل سیال و نهشت

۶-۸- تعیین منشاء سیال و نوع کمپلکس‌های احتمالی

براساس نمودار (Kesler, 2005)، منشاء سیال کانی‌سازی منطقه ابری بیشتر در محدوده آب‌های دریایی قرار می‌گیرد. منشاء سیال کانی‌سازی منطقه چشمه مرضیه آب ماگمایی و آب جوی و عمدتاً جوی است. این نمودار نقش آبهای جوی را غالب می‌کند. (شکل ۶-۶). نمودار مشاهده شده در شکل (۶-۶ ب)، غلبه کمپلکس‌های بی‌سولفیدی را بر کلریدی نشان می‌دهد که در منطقه چشمه مرضیه غالب‌تر است. البته حضور کانه‌های کربناته مس (مالاکیت و آزوریت) و باطله کلسیت در منطقه ابری و رهبری و رگه‌های چشمه مرضیه نیز می‌تواند به حضور آنیون CO_3 یا HCO_3 در سیالات اشاره کند که دارای منشاء جوی می‌باشد. همچنین حضور کم کانه‌های سولفیدی دلیل به نقش کمپلکس‌های کلروری است. به طور کلی می‌توان گفت کمپلکس‌های کلریدی و سولفیدی هر دو در حمل فلزات نقش داشته‌اند که در این میان غلبه با کمپلکس‌های سولفیدی می‌باشد. بر اساس مطالعات (Barenz, 1997)، در سیالهای گرمابی با شوری بالا و دماهای بالا، کمپلکس‌های کلروری، و در دماهای پایین و شوری کم، کمپلکس‌های سولفیدی فلزات پایدارند.



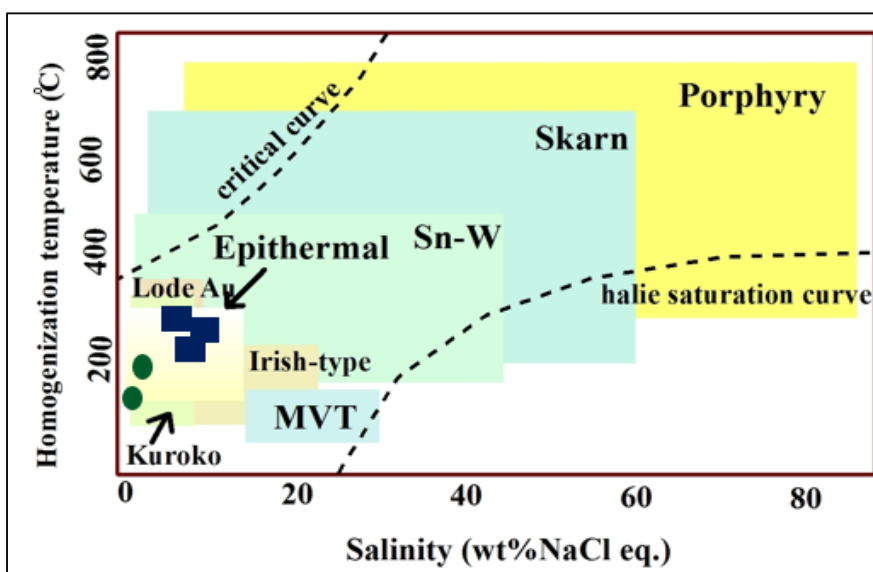
شکل ۶-۶- نمودار محدوده دمای همگن شدن جهت تعیین منشاء سیال به دام افتاده.



شکل ۶-۶- نمودار محدوده شوری و دما (Larg et al. 1988)، در محدوده A کمپلکس‌های کلریدی و در محدوده B، کمپلکس‌های سولفیدی غلبه دارند.

۶-۹- تعیین نوع کانسار احتمالی

بر اساس نمودار دمای همگن شدن و شوری سیال (Willkinson, 2001)، میانبارهای سیال کانسارهای مختلف میانبارهای سیال مورد مطالعه، در محدوده‌ی کانسار اپی ترمال قرار می‌گیرد. شکل (۶-۷).



شکل ۶-۷- نمودار محدوده‌های دما و شوری میانبارهای سیال در کانسار ابری و چشمه مرضیه

فصل هفتم

نتیجه‌گیری، تیپ و الگوی

تشکیل کانسار و پیشنهادها

۷-۱- مقدمه

ارزیابی ذخایر نیازمند پایه‌ای محکم از ویژگی‌های شاخص کانسارها است. این مشخصات از مدل‌های اکتشافی و ژنتیکی ناشی می‌شوند و باید قابل کاربرد برای ذخایر کشف شده و کشف نشده باشند. در حقیقت یک مدل کانساری تمام ویژگی‌های شاخص یک گروه از کانسارها را شامل می‌شود و می‌تواند از طیفی از مدل‌های مبتنی بر الگو تا مدل‌های مبتنی بر داده تغییر کند. به طور کلی مدل‌هایی که ویژگی‌های شاخص هر گروه از کانسارها را تشریح می‌کنند همراه با تفسیر فرایندهای تشکیل کانسار هستند و معیار مناسبی را برای اکتشاف کانسار فراهم می‌آورند. پارامترهای شناخته شده برای یک تیپ نهشته خاص در یک ناحیه می‌تواند برای مناطق دیگر با زمین‌شناسی مشابه استفاده شود. در این قسمت با استفاده از مطالعات انجام شده بر روی ویژگی‌های مختلف یک کانسار از جمله مطالعات ژئوشیمیایی، کانی‌شناسی، دگرسانی، سیالات درگیر و نظایر آن‌ها و شناسایی پدیده‌هایی است که منجر به تشکیل و تمرکز عناصر در کانسار شده است به ارائه الگوی مناسب جهت شناسایی و اکتشاف ذخایر جدید می‌پردازیم.

۷-۲- خلاصه‌ای از شواهد ژنتیکی موجود در ارتباط با کانه‌زایی

زمین‌شناسی عمومی مناطق مورد مطالعه: مناطق ابری، رهبری و چشمه مرضیه در بخش شمالی پهنه ایران مرکزی، زیر پهنه سبزوار و بر روی کمر بند خواف درونه قرار می‌گیرند. واحدهای سنگی مورد مطالعه به سه مجموعه مختلف با سن ائوسن میانی قابل تفکیک می‌باشند که عبارتند از: (۱) مجموعه گدازه‌های زیر دریایی شامل؛ آندزیت، بازالت و آندزیت-بازالت پورفیری، تراکی آندزیت، داسیت و تراکی داسیت، (۲) مجموعه آذرآواری شامل؛ توف، کریستال توف، لیتیک توف و آگلومرا و (۳) مجموعه رسوبی شامل؛ آهک، آهک مارنی، مارن، سیلتستون و شیل. بافت این سنگها اغلب پورفیری تا مگاپورفیری و پورفیری با زمینه میکرولیتی، آمیگدالوئیدال و گلومروپورفیری می‌باشد. این سنگ‌ها به به سری‌های ماگمایی کالک‌آلکالن

پتاسیم متوسط تا بالا تعلّق دارند و در طی یک رژیم زمین‌ساختی از نوع کمان‌های آتشفشانی حاشیه فعال‌قاره‌ای تشکیل شده‌اند.

کانه‌زایی و دگرسانی: کانه‌زایی در منطقه ابری و رهبری بعد از انسجام سنگ‌های دربرگیرنده، به صورت یک باند موازی با روند طبقات دربرگیرنده و در مرز واحد آهکی با سنگ‌های آذرآواری و گدازه‌ای با روند NE-SW و همراه با درزه و شکستگی‌های فراوان رخ داده است، که نشانگر وضعیت چینه‌کران و اپی‌ژنتیک کانه‌زایی در این منطقه است. در منطقه چشمه مرضیه کانه‌زایی گرمابی به صورت شکافه پرکن در طول صفحات گسلی و شکستگی‌ها و به صورت رگه-رگچه‌ای در سنگهای میزبان گدازه‌ای رخ داده است. در مناطق مورد مطالعه کانه‌زایی به صورت رگه-رگچه‌ای، پرکننده حفره‌ها و فضاهای خالی بین دانه‌ای و به صورت دانه پراکنده مشاهده شده است. عوامل کنترل‌کننده کانه‌زایی در مناطق مورد مطالعه عبارتند از: ۱- لیتولوژی سنگ‌های دربرگیرنده، ۲- کنترل‌های ساختاری، ۳- محلول‌های گرمابی که در سنگ‌های با لیتولوژی مناسب جریان یافته و باعث تمرکز مس گردیده‌اند و ۴- حضور توده‌های نفوذی در عمق به عنوان عامل حرارتی، که دایک‌های بازالتی موجود در منطقه چشمه مرضیه و دایک‌های مشاهده شده در اطراف منطقه شاهدهی بر نقش توده‌های نفوذی می‌باشند. این کنترل‌کننده‌های کانی‌سازی به عنوان فاکتور اساسی در قابلیت نقل و انتقال محلول‌های گرمابی چه در مقیاس ناحیه‌ای و چه در مقیاس معدنی عمل می‌نمایند. در منطقه چشمه مرضیه کانی‌سازی به طور غالب در امتداد گسل‌ها و شکستگی‌ها صورت گرفته است. همانطور که اغلب محققین از جمله (Hedenquist, 1994)، ذکر کرده‌اند ذخایر اپی‌ترمال در امتداد گسل‌ها شکل می‌گیرند. دگرسانی در توالی آتشفشانی-رسوبی محدوده مورد مطالعه کم است. بر اساس بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی مجموعه دگرسانی‌ها در مناطق مورد مطالعه عبارتند از: دگرسانی پروپیلیتیک، دگرسانی آرژیلیکی، دگرسانی سربسیتی، دگرسانی کلریتی، دگرسانی سیلیسی، دگرسانی کربناتی، دگرسانی زئولیتی و اکسیدهای آهن. کانسارهای تیپ مانتو زئولیتی شدن در طی دیازنز تدفینی و همزمان با کانه‌زایی

اصلی در منطقه اتفاق می‌افتد (Wilson et al., 2003). سیلیسی شدن و کربناتی شدن، از عمده‌ترین و معمولترین دگرسانی‌ها در کانسارهای تیپ مانتو هستند (Cabral and Beaudoin, 2007).

کانی‌شناسی و ساخت و بافت: کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده کانسار در چهار گروه: الف) کانی‌های سولفیدی (کالکوسیت، کوولیت، بورنیت، کالکوپیریت و پیریت)، ب) کانی‌های کربناتی (مالاکیت و آزوریت)، پ) کانی‌های اکسیدی (هماتیت، لیمونیت و گوئتیت) و ت) کانی‌های باطله (کوارتز، کلسیت و زئولیت) رده‌بندی شدند. این کانی‌شناسی شاخص کانسارهای تیپ مانتو در شیلی است (Wilson et al., 2006). از عمده‌ترین بافت‌های مشاهده شده می‌توان به بافت رگه-رگچه‌ای، بافت پرکننده فضاهای خالی، دانه پراکنده اشاره کرد.

میانبارهای سیال: بر اساس مطالعات سیالات درگیر، میانگین دماهای اندازه‌گیری شده در منطقه چشمه مرضیه 167°C و دامنه تغییرات شوری به دست آمده میان $1/5$ تا $2/13$ با میانگین $1/8$ درصد وزنی نمک طعام است؛ میانگین دماهای اندازه‌گیری شده در منطقه ابری $299/33^{\circ}\text{C}$ و دامنه تغییرات شوری به دست آمده میان $6/62$ تا $7/36$ با میانگین $7/11$ درصد وزنی نمک طعام است. با توجه به روند تغییرات شوری نسبت به دمای همگن شدگی، چگالی سیال $0/9$ است. بر اساس دمای همگن شدگی و شوری طبق امکان تعیین ژرفای تشکیل سیال‌ها و کانی‌سازی نیز وجود دارد، ژرفای به دام افتادن میانبارهای سیال کانسارهای مورد مطالعه کمتر از 200 متر و فشار حاکم در تشکیل سیال‌ها کمتر از 50 بار بوده است.

ژئوشیمی سنگ‌های دربرگیرنده: شواهد ژئوشیمیایی سنگ‌های مناطق مورد مطالعه، بیانگر آنست که ماگمای سازنده این سنگ‌ها، از ذوب بخشی گوه گوشته‌ای تا حدودی متاسوماتیسم شده توسط سیالات سرچشمه گرفته از آب‌زدایی ورقه اقیانوسی دگرگون‌شده در رخساره آمفیبولیت و رسوبات فرورونده همراه آن، حاصل شده‌است. با توجه به ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه‌ای، 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. از عوامل کنترل‌کننده ماگماتیسم در کمان‌های ماگمایی می‌توان به گوه گوشته‌ای، ورقه اقیانوسی فرورونده و رسوبات فرورونده اشاره کرد.

براساس نمودار $Rb/Y-Nb/Rb$ (Temel *et al.*, 1998)، سنگ‌های مورد مطالعه از ذوب بخشی گوه گوشته-ای غنی شده واقع در بالای ورقه اقیانوسی فرورونده که تا حدودی متحمل آلیش پوسته‌ای شده است، نشأت گرفته‌اند. در نمودار Nb/Yb در برابر Th/Y (Leat *et al.*, 2004)، Th در زون‌های فرورانش به ماگما اضافه می‌شود اما مقدار Nb در ماگما کاهش می‌یابد. غنی‌شدگی در اثر سیالات مشتق شده از لیتوسفر فرورونده در زون‌های فرورانش را نشان می‌دهد، احتمالاً تحت تأثیر محلول‌های آزاد شده از لیتوسفر فرورو یا آلودگی پوسته‌ای قرار گرفته‌اند. از نمودار Ba/Th در مقابل (Hawkesworth *et al.*, 1997)، برای تعیین نقش رسوبات فرورانده استفاده شد. میزان نسبتاً بالایی Th و نسبت پایینی از Ba/Th احتمالاً ناشی از نقش رسوبات فرورانده در تشکیل ماگمای مادر این سنگ‌ها است. تغییرات عناصر فرعی و الگوی عناصر خاکی و نادر، غنی‌شدگی از عناصر $LREE$ نسبت به $HREE$ ، تهی‌شدگی از Nb و تا حدودی Ti و تمرکز بالای Pb ، Ba ، K و Th بیانگر آلیش پوسته‌ای ماگمای سازنده این سنگ‌ها می‌باشد.

ژئوشیمی کانسنگ: نتایج مطالعات ژئوشیمی کانسنگ نشان می‌دهد که در منطقه ابری، در میان فلزات پایه، همبستگی بالایی میان مس و نقره، قلع و آنتیموان وجود دارد. سرب و روی همبستگی بسیارضعیفی باهم دارند. در منطقه رهبری، در میان فلزات پایه سرب و روی همبستگی بالایی را نشان می‌دهند. میزان همبستگی نقره با این دوفلز بالاست. مس همبستگی بالایی با نقره و همبستگی متوسط با سرب و روی نشان می‌دهد. در این منطقه شاهد همبستگی بسیار بالای جیوه با مس، نقره و آنتیموان هستیم. در منطقه چشمه مرضیه، مس همبستگی مثبت با مس، همبستگی بسیارضعیف با سرب و همبستگی منفی با روی و آرسنیک دارد.

۷-۳- مقایسه ویژگی کانسار ابری، رهبری و چشمه مرضیه بایکدیگر

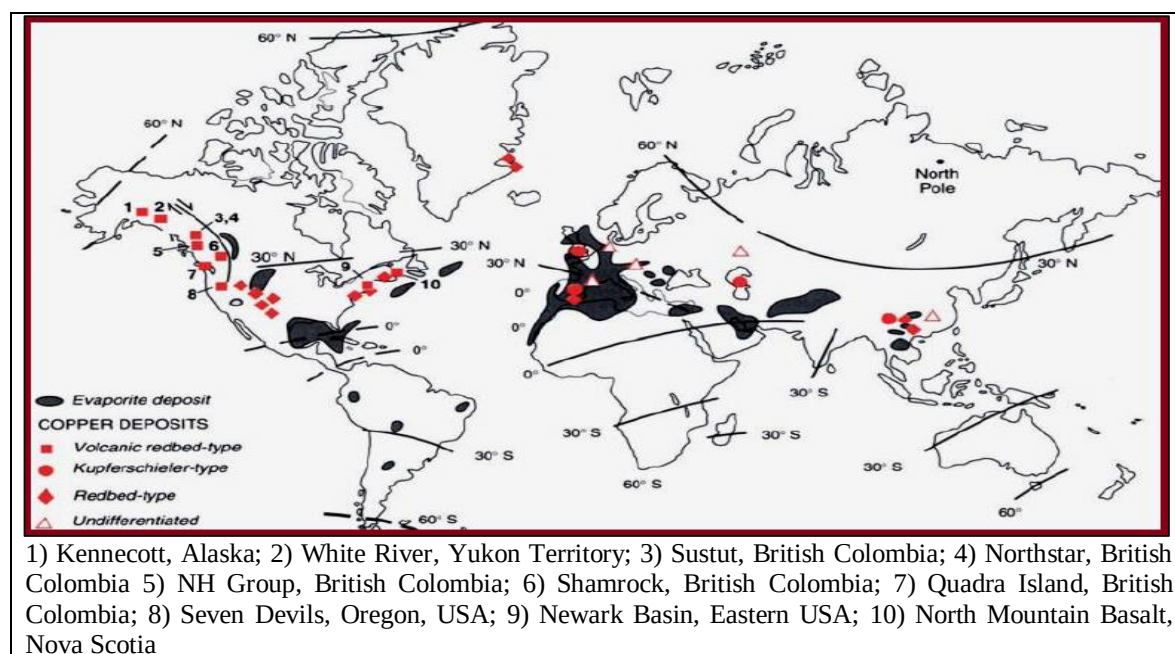
بر اساس نتایج حاصل از بررسی‌های صحرایی، مطالعات آزمایشگاهی (پتروگرافی و کانی‌شناسی) و داده‌های حاصل از مطالعات سیال درگیر و ژئوشیمی می‌توان کانسارمس ابری و رهبری را به عنوان کانسارهای چینه‌کران از نوع تیپ مانتو و کانسار مس چشمه مرضیه را به عنوان کانسار اپی‌ترمال رگه‌ای از نوع سولفید پایین معرفی شد. در این قسمت به طور مختصر ویژگی‌های اساسی کانسارهای مس ابری، رهبری و چشمه مرضیه در جدول (۷-۱) ارائه شده است.

جدول ۷-۱- مقایسه ویژگی‌های اساسی کانسارهای مس ابری، رهبری و چشمه مرضیه

ویژگی‌های شاخص	ابری	رهبری	چشمه مرضیه
موقعیت جغرافیایی	شمال غرب بردسکن	شمال غرب بردسکن	شمال غرب بردسکن
محیط تکتونیکی	حاشیه کمان قاره‌ای	حاشیه کمان قاره‌ای	حاشیه کمان قاره‌ای
سنگ میزبان	گدازه و واحد آذرآواری با ترکیب آندزیت، آندزیت-بازالت	گدازه و واحد آذرآواری با ترکیب آندزیت، آندزیت-بازالت	گدازه با ترکیب آندزیت، آندزیت-بازالت.
کانی‌شناسی	کالکوسیت، بورنیت، کوولیت، مالاکیت، همتایت، لیمونیت و آزوریت	کالکوسیت، بورنیت، کوولیت، مالاکیت، همتایت، لیمونیت و آزوریت	هماتیت، مگنیتیت، گوئتیت، کالکوسیت، بورنیت، کوولیت، مالاکیت و آزوریت
کانی‌های باطله	کربنات، کلریت، زئولیت، کوارتز	کربنات، کلریت، زئولیت، کوارتز	کربنات، کلریت، زئولیت، کوارتز، پروپیلیتیک، آرژیلیکی حدواسط و پیشرفته، زئولیتی، سیلیسی، کلریتی، اکسید آهن و سربستی
دگرسانی	پروپیلیتیک، کلریتی، کربناتی، سربستی، سیلیسی و اکسید آهن.	پروپیلیتیک، کلریتی، کربناتی، سیلیسی، اکسید آهن و سربستی	پروپیلیتیک، آرژیلیکی حدواسط و پیشرفته، زئولیتی، سیلیسی، کلریتی، اکسید آهن و سربستی
سن واحد میزبان	ائوسن میانی	ائوسن میانی	ائوسن میانی
ساخت و بافت	پرکننده فضاها، خالی، رگه-رگه‌ای، دانه پراکنده و جانشینی	پرکننده فضاها، خالی، رگه-رگه‌ای، دانه پراکنده و جانشینی	رگه‌ای، رگه-رگه‌ای، دانه پراکنده و جانشینی
شکل هندسی	چینه‌کران	چینه‌کران	رگه‌ای
منبع	تحقیق حاضر	تحقیق حاضر	تحقیق حاضر

۷-۴- بررسی مدل ژنتیکی در کانسار ابری و رهبری

تقسیم‌بندی نهشته‌های کانسار می‌تواند مبتنی بر گروه‌های کانساری به عنوان مثال (کانسارهای پورفیری، اپی‌ترمال و غیره) و مبتنی بر لیتولوژی‌های میزبان به عنوان مثال (کانسارهای وابسته به توده‌های نفوذی فلسیک و کانسارهای وابسته به توده‌های پورفیروآفانتیک) باشد. در این قسمت به منظور تعیین تیپ کانه‌زایی و مدل ژنتیکی کانسار مس ابری و رهبری، از هر دو تقسیم‌بندی استفاده شده است. موقعیت و پراکندگی کانسارهای با میزبان آتشفشانی- رسوبی و تیپ‌های مختلف در شکل (۷-۱) ارائه شده است. ذخایر سولفیدی چینه‌کران و چینه‌سان، یکی از بزرگترین ذخایر سولفیدی برای کانه‌زایی مس هستند. محیط ته‌نشست این ذخایر بسیار متنوع بوده و می‌توانند در همه مراحل یک چرخه زمین‌ساختی ماگمایی- رسوبی تشکیل شوند. با وجود اهمیت اقتصادی و توزیع گسترده کانسارهای مس استراتاباند درکضعیفی از این کانسارها وجود دارد و شکل‌گیری اپی‌ژنتیک آن در مقابل سین‌ژنتیک آن مورد بحث است (Kojima et al., 2003).



شکل ۷-۱- موقعیت و پراکندگی کانسارهای با میزبان آتشفشانی- رسوبی و با تیپ‌های مختلف (Kirkham, 1996).

با توجه به تمامی ویژگی‌هایی که در فصل‌های قبلی ذکر شد به مطالعه و مقایسه کنسارهایی می‌پردازیم که به صورت چینه‌کران و در سنگهای آتشفشانی- رسوبی تشکیل شده‌اند. برای مشخص شدن نوع کنسار ابری و رهبری، به مقایسه این کنسارها با انواع ذخایر سولفیدی چینه‌کران و چینه‌سان مس که در زیر به آن‌ها اشاره می‌شود، می‌پردازیم.

۱- ذخایر سولفید توده‌ای آتشفشان^۱ (VMS)، (کریم‌پور و سعادت، ۱۳۸۹).

۲- ذخایر مس چینه‌سان رسوبی^۲ (SSC)، (Lefebure and Alldrick, 1996).

۳- ذخایر نوع میشیگان^۳.

۴- ذخایر نوع لایه‌های سرخ آتشفشانی^۴ (VRB)، (Cabral and Beaudoin, 2007).

۵- ذخایر نوع مانتو^۵، (Oliveros *et al.*, 2008).

کنسار ابری و رهبری، با توجه به نوع ساخت و بافت، نوع سنگ میزبان، محیط زمین‌ساختی، توالی پاراژنزی و نوع دگرسانی، با کنسارهای سولفید توده‌ای (VMS) و کنسارهای مس چینه‌سان رسوبی (SSC) متفاوت است. در حالی که از نظر شاخص‌های اصلی (سنگ میزبان، کانی‌شناسی، بافت و ساخت و دگرسانی) بیشترین شباهت را با کنسار مس نوع مانتو و نوع لایه‌های سرخ آتشفشانی نشان می‌دهند. جدول (۷-۲) به طور خلاصه کنسار ابری و رهبری با کنسار تیپ میشیگان، مانتو و لایه‌های سرخ آتشفشانی مقایسه شده‌اند.

¹- Volcanic massive sulfide

²- Sedimentary stratiform copper

³- Michigan Type

⁴- Volcanic Redbed Copper

⁵- Manto

جدول ۷-۲- مقایسه کانسار مس ابری و رهبری با کانسارهای تیپ مانتو، طبقات قرمز آتشفشانی و نوع میشیگان

ویژگی‌های شاخص	کانسار ابری	کانسار رهبری	Manto Type	Volcanic Redbed Cu	Type Michigan
موقعیت جغرافیایی	ایران (شمال غرب بردسکن)	ایران (شمال غرب بردسکن)	شیلی (کانسار بوئنا اسپرانز)	کانادا (کانسار مانت الکساندر)	جزیره کویناوا، ایالات متحده (کانسار میشیگان)
محیط تکتونیکی	حاشیه کمان قاره‌ای	حاشیه کمان قاره‌ای	محیط کششی مرتبط با فرورانش آند و حوضه‌های پشت کمانی	کافت درون قاره‌ای و نزدیک به حواشی صفحات	کافت نیمه قاره‌ای
سری ماگمایی سنگ میزبان	کالک آلکالن	کالک آلکالن			سری تولیتی
	گدازه و واحد آذرآواری با ترکیب آندزیت، آندزیت-بازالت	گدازه و واحد آذرآواری با ترکیب آندزیت، 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، کوولیت، مالاکیت و آزوریت	کالکوسیت، بورنیت، کالکوپریت، 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، همتایت، زئولیت و کوارتز	کربنات، کلریت، همتایت، 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	پروپیلیتیک، کلریتی، کربناتی، سربسیستی، سیلیسی و اکسید آهن	پروپیلیتیک، کلریتی، کربناتی، سربسیستی، اکسید آهن و سربسیستی	سیلیسی، کلسیتی، آلبیتی، پروپیلیتیک	عموماً بدون دگرسانی مرتبط با کانه‌زایی و اغلب با دگرگونی پرهنیت پومپله‌ایت	عموماً بدون دگرسانی مرتبط با کانه‌زایی
محصولات دگرسانی	کلریت، کلسیت، کوارتز و زئولیت	کلریت، کلسیت، کوارتز و زئولیت	کلریت، آلبیت، کوارتز و اپیدوت	کلسیت، زئولیت، اپیدوت، کلریت و آلبیت	کلسیت، زئولیت، اپیدوت، کلریت و آلبیت
سن کانه‌زایی	ائوسن میانی	ائوسن میانی	ژوراسیک	ژوراسیک	پرکامبرین
منبع فلز	واحد آتشفشانی	واحد آتشفشانی	واحد آتشفشانی	واحد آتشفشانی	واحد آتشفشانی
ساخت و بافت	پرکننده فضاهای خالی، رگه-رگچه ای، دانه پراکنده و جانشینی	پرکننده فضاهای خالی، دانه پراکنده، رگه-رگچه ای و جانشینی	رگه‌ای و پرکننده فضاهای خالی	رگه‌ای و پرکننده فضاهای خالی	رگه‌ای و پرکننده فضاهای خالی
شکل هندسی	چینه کران	چینه کران	چینه کران	تخت و چینه کران	تخت و چینه کران
منبع	تحقیق حاضر	تحقیق حاضر	Oliveros et al., 2008	Cabral and Beaudoin, 2007	Sillitoe, 1997

۷-۴-۱- مقایسه ویژگی‌های کانسار ابری و رهبری با کانسارهای تیپ مانتو در شیلی

کانسار مس با میزبان آتشفشانی در ژوراسیک، به عنوان تیپ مانتو (Ruiz *et al.*, 1971) یا کانسارهای استراتاباند (Boric *et al.*, 1990) بعد از کانسارهای مس پورفیری و کانسارهای Fe- Oxid- Cu-Au و (IOCG)، سومین و مهم‌ترین منبع مس در شیلی محسوب می‌شود. این کانسارها در ایالت‌های فلرزایی در سراسر کوردیلرا شمال شیلی گسترش دارند. مهم‌ترین کانسارهای تیپ مانتو، مانتوبلانکو در شمال شیلی و السولدادو در مرکز شیلی است (Boric, 2002). خلاصه‌ای از کانسارهای اصلی تیپ مانتو در شیلی بر پایه‌ی مطالعات (Gradstein *et al.*, 2004)، در جدول (۷-۳) ارائه شده است.

جدول ۷-۳- 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, Buena Vista)	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.

با وجود پژوهش‌های گوناگونی بر روی این کانسارها، هنوز ژنز این کانسارها موضوع بحث است (Kojima, 2008). مدل‌های زایشی مختلفی برای این تیپ از کانسارها ارائه شده است که مهم‌ترین این نظرات عبارتند از:

۱- مدل سین‌ژنتیک ولکانوژن (Ruiz and Peebles, 1988)

۲- مدل اپی ژنتیک سیالات منشا گرفته از نفوذیه‌های گرانیتوئیدی (Carter, 1961).

۳- مدل اپی ژنتیک مشتق شده از سنگ میزبان سیالات آزاد شده در طی دیاژنز دگرگونی- درجه پایین از توده‌های آتشفشانی مسئول کانه‌زایی هستند (Sillitoe, 1992).

داده‌های سن‌سنجی نشان دادند که در این تیپ ذخایر واقع در شیلی، ماده معدنی حداقل ۱۰ میلیون سال بعد از تشکیل سنگ درونگیر جانشین شده است (Maksaev and Zentilli, 2002). مقایسه ویژگی‌های اساسی کانسارهای مس ابری و رهبری با کانسارهای تیپ مانتو در شیلی در جدول (۴-۷) ارائه شده است در این قسمت به طور مختصر به شرح برخی از این ویژگی‌ها می‌پردازیم.

بر اساس مطالعات (Trista- Aguilera *et al.*, 2006) و سایر پژوهشگران سنگ میزبان کانسارهای تیپ مانتو بیشتر از نوع سنگ‌های آذرآوای آندزیت و گدازه‌های آندزیتی و آمیگدالوئیدال در توالی آتشفشانی آندزیتی-بازالتی کالک آلکالن تا آندزیتی-داسیتی است کانه‌زایی در کانسار تیپ مانتو به یک واحد چینه‌ای خاص محدود می‌شود و ماده معدنی در این واحد به صورت رگه-رگچه‌ای، پرکننده فضاهای خالی، لامینه و جانشینی دیده می‌شوند (Kojima *et al.*, 2009). در کانسار ابری و رهبری توالی چینه‌ای میزبان ماده معدنی بوده است. کانه‌زایی در واحد گدازه‌ای و آذرآواری و مرز آن‌ها با واحد آهکی و به صورت چینه‌کران رخ داده است. کانه‌زایی به صورت پرکننده فضاهای خالی، رگه-رگچه‌ای و دانه پراکنده دیده می‌شود.

کانی‌شناسی در کانسارهای تیپ مانتو در شیلی اغلب شامل کالکوسیت، بورنیت، مس طبیعی، کولیت، دیژنیت و پیریت می‌باشد (Willson *et al.*, 2006). در کانسارهای ابری و رهبری نیز کانی‌شناسی شامل کالکوسیت، بورنیت، کولیت، پیریت و کالکوپیریت به مقدار کم و کانی‌های کربناته مس از جمله ملاکیت و آزوریت است. دگرسانی‌های این تیپ کانه‌زایی شامل کربناتی، کلریتی، سیلیسی و سربیتی است. دگرسانی‌های رخ داده در کانسار ابری و رهبری شامل؛ دگرسانی پروپلیتیک، آرژیلیکی، کربناته، کلریتی، زئولیتی و سیلیسی می‌باشند.

ساخت و بافت‌های مهم در کانسارهای تیپ مانتو شامل پرکننده فضاهای خالی، دانه پراکنده، رگه-رگچه‌ای، لامینه‌ای و جانشینی می‌باشد. در کانسارهای مورد مطالعه بافت پرکننده فضاهای خالی، رگه-رگچه‌ای، دانه پراکنده و جانشینی بخوبی دیده می‌شود.

جدول ۷-۴- مقایسه کانسار ابری و رهبری با کانسارهای تیپ مانتو در شیلی

ویژگی‌های شاخص	کانسار ابری	کانسار رهبری	شیلی (بوئنا اسپرانز)	کانسار السولدادو	کانسار Cu-Ag مانتو بلانکو	ذخایر (IOCG) موقعیت آندی
موقعیت جغرافیایی	ایران (شمال- غرب بردسکن)	ایران (شمال- غرب بردسکن)	شیلی	مرکز شیلی	شمال شیلی (محدوده ساحلی)	شمال شیلی (سواحل کردیلرا)
سنگ میزبان	گدازه و واحد آذرآواری با ترکیب آندزیت، آندزیت- بازالت	گدازه و واحد آذرآواری با ترکیب آندزیت، آندزیت- بازالت	گدازه های بازالتی و آندزیتی مگاپورفیری	بازالت- ریوداسیت	آندزیت، داسیت و ریولیت	توف- آندزیت- خاکستر بخش عمیق دریا و کنگلومرای توفی
کانی‌شناسی	کالکوسیت، بورنیت، کوولیت، مالاکیت و آزوریت	کالکوسیت، بورنیت، کوولیت، مالاکیت و آزوریت	بورنیت، کالکوسیت، کالکوپیریت، پیریت، دیژنیت و هماتیت	پیریت، بورنیت، کالکوپیریت، کالکوسیت، کولیت و هماتیت	بورنیت، پیریت، کالکوپیریت، هماتیت، کالکوسیت+ دیژنیت	مگنتیت، هماتیت، پیریت و کالکوپیریت
کانی‌های باطله	کربنات، کلریت، هماتیت، و کوارتز	کربنات، کلریت، هماتیت، و کوارتز	کربنات، کلریت، سیلیس، هماتیت و آلکالی فلدسپار	کلسیت، آلبیت، فلدسپار پتاسیم (آدولاریا و میکروکلین) و کلریت		
دگرسانی	پروپیلیدیتیک، کلریتی، کربناتی، سیلیسی، اکسید آهن و سربستی اکسید آهن و سربستی	کلریتی، کربناتی، سیلیسی، اکسید آهن و سربستی	کربناتی، کلریتی، سیلیسی، آلبیتی، سربستی و هماتیتی	کربناتی، کلریتی، سیلیسی، آلبیتی و هماتیتی	آلبیتی، اپیدوتی (کم)، کلریتی، سربستی- ایلیتی، کوارتز	اسکاپولیتی، آلبیتی و اکتینولیت
سنگ واحد	اوسن میانی	اوسن میانی	کرتاسه	کرتاسه	ژوراسیک	
میزبان						
ساخت و بافت	پرکننده فضاهای خالی، دانه پراکنده، رگچه ای و جانیشینی	پرکننده فضاهای خالی، دانه پراکنده، رگچه ای و جانیشینی	پرکننده فضاهای خالی، دانه پراکنده، رگچه ای و جانیشینی	دانه پراکنده، رگچه ای و پرکننده فضاهای خالی	برشی، پراکنده و استوک ورک	برشی، رگه ای و پراکنده
شکل هندسی	چینه کران	چینه کران	چینه کران	چینه کران مزوترمال	چینه کران	مانتو و رگه ای
منبع	تحقیق حاضر	تحقیق حاضر	(Kirkham, 1999)	(Boric et al., 2002)	(Ramírez et al., 2006)	(Sillitoe, 2003., De haller et al., 2002)

۷-۴-۲- کانسارهای تیپ مانتو در ایران

تاکنون انواع مختلف تیپ‌های کانه‌زایی مس در ایران مورد شناسایی قرار گرفته‌اند ولی ذخایر تیپ مانتو تنها در زون ارومیه- دختر، زون سنندج- سیرجان و زیر پهنه سبزوار گزارش شده‌اند. مقایسه ویژگی‌های اساسی کانسارهای مس ابری و رهبری با کانسارهای مشابه در ایران در جدول (۷-۵) ارائه شده است.

جدول ۷-۵- مقایسه کانسار ابری و رهبری با کانسارهای تیپ مانتو در ایران

ویژگی‌های شاخص	کانسار ابری	کانسار رهبری	کانسار عباس آباد	کانسار ورزگ	کانسار کشکوئیه
موقعیت جغرافیایی	شمال غرب بردسکن	شمال غرب بردسکن	شاهرود	جنوب غرب قاین	غرب رفسنجان
محیط تکتونیکی	کمان ماگمایی حاشیه قاره‌ای	کمان ماگمایی حاشیه قاره‌ای		کافت درون قاره ای	محیط کششی پشت کمانی
سنگ میزبان	گدازه و واحد آذرآواری با ترکیب آندزیت-بازالت	گدازه و واحد آذرآواری با ترکیب آندزیت، آندزیت-بازالت	آندزیت مگاپورفیری و توف برشی	آندزیت تا آندزیت-بازالت و آمیگدالوئیدال	آندزیت دارای شکل‌های بادامکی
کانی‌شناسی	کالکوسیت، بورنیت، کوولیت، مالاکیت و آزوریت	کالکوسیت، بورنیت، کوولیت، مالاکیت و آزوریت	کالکوسیت، دیژنیت، بورنیت، کوولیت و مس طبیعی	کالکوسیت، دیژنیت، کوولیت، 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، هماتیت، زئولیت و کوارتز	کربنات، کلریت، زئولیت و کوارتز	کربنات و سیلیس	کربنات، سیلیس، کلریت، هماتیت و آلکالی فلدسپار
دگرسانی	پروپیلیتیک، کلریتی، کربناتی، سیلیسی، اکسید آهن و سربستی	کلریتی، کربناتی، سیلیسی، اکسید آهن و سربستی	کربناتی، کلریتی، اپیدوتی و سیلیسی	کربناتی، کلریتی، سیلیسی و زئولیتی	کربناتی، هماتیتی و سربستی
سن واحد میزبان	اؤسن میانی	اؤسن میانی	اؤسن	ترشیری	کرتاسه زیرین
ساخت و بافت	پرکننده فضا‌های خالی، دانه پراکنده، رگه- رگچه ای و جانشینی	پرکننده فضا‌های خالی، دانه پراکنده، رگه- رگچه ای و جانشینی	پرکننده فضا‌های خالی، جانشینی رگه- رگچه‌ای و دانه پراکنده	رگه- رگچه ای، پرکننده بادامک‌ها، پراکنده، جانشینی و رگه- رگچه ای	پرکننده فضای خالی، دانه پراکنده، جانشینی و رگه- رگچه ای
شکل هندسی	چینه‌کران	چینه‌کران	چینه‌کران	چینه‌کران	چینه‌کران
منبع	تحقیق حاضر	تحقیق حاضر	(مغفوری و همکاران، ۱۳۹۳)	(علی‌زاده، ۱۳۹۱)	(ابولی و همکاران، ۱۳۹۴)

ادامه جدول ۷-۵- مقایسه کانسار ابری و رهبری با کانسارهای تیپ مانتو در ایران

ویژگی‌های شاخص	کانسار ماری	کانسار چشمه گز (نسیم)	کانسار برزگ	کانسار گرماب	کانسار کشک مهبکی
موقعیت جغرافیایی	شمال زنجان	بردسکن	شرق شاهرود	شمال شرق قائن	شمال شرق صفا شهر
محیط تکتونیکی	فرورانش	کمان ماگمایی حاشیه قاره‌ای	کمان قاره‌ای فرورانشی	کمان‌های ماگمایی حاشیه فعال قارها	ریف‌های درون کمان آتشفشانی
سنگ میزبان	آندزیت	گدازه‌های آندزیتی	تراکی آندزیت	آندزیت تا آندزیت-بازالت پورفیری و توف	واحد آذرآواری با تر کیب آندزیتی-تراکی آندزیتی
کانی‌شناسی	کالکوسیت، بورنیت و پیریت	کالکوسیت، بورنیت، کوولیت، مالاکیت، آزوریت	کالکوسیت، دیژنیت، بورنیت و کوولیت	کالکوسیت، کوولیت، دیژنیت، بورنیت، کالکوپیریت و دیژنیت	کالکوسیت و بورنیت
کانی‌های باطله	کربنات، زئولیت و کوارتز	کوارتز، کلریت، کلسیت، کالسدونی و زئولیت	کوارتز، کلریت، اپیدوت، کلسیت، کالسدونی و زئولیت	کوارتز و کلسیت	اپیدوت، کربنات، کلریت و آلکالی فلدسپار
دگرسانی	کربناتی، کلریتی، سیلیسی و اپیدوتی	سیلیسی، هماتیتی، کلریتی و کلسیتی	پروپیلیتیک، هماتیتی، سیلیسی و کلسیتی	سیلیسی، کلریتی، کربناتی، آرژیلیکی، پروپیلیتیک و اپاسیتی	کلریتی، سیلیسی، کلسیتی و اپیدوتی
سن واحد میزبان	ائوسن	ائوسن	ائوسن	ترشیری	کرتاسه زیرین
ساخت و بافت	پر کننده فضای خالی، رگه-رگچه‌ای، رگه-پر کننده، رگچه‌ای و دانه پراکنده	رگه-رگچه‌ای، پر کننده، پر کننده فضای خالی و بادامکی	پراکنده، رگه-رگچه-ای، پر کننده فضای خالی و بادامکی	پراکنده و رگچه‌ای	پر کننده فضای خالی، دانه پراکنده، رگه-رگچه‌ای، جانشینی و لامینه‌ای
شکل هندسی	چینه‌کران	چینه‌کران	چینه‌کران	چینه‌کران	چینه‌کران
منبع	(اصل ممقانی، ۱۳۹۰)	(میلانو، ۱۳۹۴)	(صالحی و همکاران، ۱۳۹۴)	(عادل پور، ۱۳۹۱)	(بویری و همکاران، ۱۳۹۳)

با بررسی مقایسه انجام شده بین کانسارهای کشف شده در ولکانیک‌های ائوسن با کانسارهای نوع مانتو درشیلی (بوئنا اسپرانزا) به این نتیجه رسیدند که کانسارهای مانتو، در فوقانی‌ترین تر از گدازه‌های آندزیتی پورفیری ائوسن ایران، تشکیل گردیده است. گستردگی ولکانیسم ائوسن با رخساره قاره‌ای- نیمه قاره‌ای، لیتولوژی پورفیری و شواهد موجود، نوید بخش بروز استعداد متالوژنی از کانسارهای مس نوع مانتو در ایران است و می‌تواند دومین نوع پتانسیل مس کشور، بعد از کانسارهای نوع پورفیری به حساب آید (سامانی، ۱۳۸۱). مقایسه ویژگی‌های کانسار مس ابری و رهبری از قبیل سن میزبان، جایگاه زمین‌ساختی،

پاراژنز کانیاپی، بافت ماده معدنی، محصولات دگرسانی دگرسانی و غیره. با کانسارهای بزرگ جهان و ایران نشان می‌دهد که این کانسار بیشترین شباهت را با کانسارهای مس عباس آباد، ورزگ و نسیم (ایران) و بوئنااسپرانز (شیلی) دارد.

۷-۴-۲- بررسی مدل ژنتیکی در کانسار چشمه مرضیه

امروزه اصطلاح کانسارهای اپی‌ترمال برای دسته‌ای از ذخایر معدنی به کار می‌رود که در دماهای نسبتاً پایین (۱۰۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و معمولاً ۱۷۰ تا ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد) و در اعماق کم (کمتر از ۱ کیلومتر) تشکیل می‌شوند (White, 2003). طبقه‌بندی‌های مختلفی برای کانسارهای اپی‌ترمال وجود دارد. تفکیک محیط‌های اپی‌ترمال براساس؛ کانی‌شناسی، دگرسانی، PH، سولفیداسیون و اکسیداسیون در کشورهای مختلف در جدول (۶-۷) ارائه شده است (Einaudi et al., 2003).

جدول ۶-۷- تفکیک محیط‌های اپی‌ترمال براساس؛ کانی‌شناسی، دگرسانی، PH، سولفیداسیون و اکسیداسیون در کشورهای مختلف

Acid pH		Neutral pH
Alunite, kaolinite (dickite), pyrophyllite, residual, vuggy quartz		Quartz- adularia± illite, calcite
High sulfidation		Low sulfidation
Pyrite- enargite,± luzonite, covellite- digenite, famatinite, orpiment,		Arsenopyrite- loellingite- pyrrhotite pyrrhotite Fe- rich sphalerite- pyrite,
Intermediate sulfidation		
Tennantite, tetrahedrite, hematite- pyrite- magnetite, pyrite, chalcopyrite, Fe- poor sphalerite- pyrite		
Oxidized		Reduced
Alunite, hematite-magnetite		Magnetite- pyrite- pyrrhotite, chlorite-pyrite

بر پایه مطالعات (Chen et al., 2012)، فلزاتی از جمله Au، Ag، As، Sb، Hg، Tl، Te، Pb، Zn و Cu در سیستم‌های اپی‌ترمال از لحاظ اقتصادی فراوانی قابل توجهی نشان می‌دهند. بافت‌های معدنی شناخته شده در این کانسارها شامل؛ برشی، پرکننده فضاها، خالی (ویژگی‌های محیط‌های دما پایین)، بافت کلوفرمی و ساختار شانه‌ای می‌باشند. کانسارهای اپی‌ترمال از چشمه‌های آب گرم در سطح زمین نیز شکل می‌گیرند و

در ۱/۵ کیلومتری زیر سطح زمین به صورت رگه‌ای، رگه- رگچه‌ای و پرکننده فضاهای خالی شناسایی می‌شوند.

به منظور تعیین ژنز احتمالی، مقایسه‌ای در خصوص ویژگی‌های کانی‌سازی مس چشمه مرضیه با کانسارهای رگه‌ای اپی‌ترمال صورت پذیرفت. با در نظر گرفتن تمام شواهد صحرایی و آزمایشگاهی شامل ترکیب سنگ میزبان، بافت و ساخت کانی‌سازی، زون‌های دگرسانی، عناصر فلزی اصلی و همراه، توالی پاراژنتیکی، ژئوشیمی و دماسنجی سیالات درگیر، کانسار مس چشمه مرضیه در رده کانسارهای اپی‌ترمال نوع رگه‌ای قرار می‌گیرد. مقایسه کانسار چشمه مرضیه با کانسار اپی‌ترمال رگه‌ای (Bartwaite et al., 2001)، در جدول (۷-۷) ارائه شده است.

جدول ۷-۷- مقایسه کانسار مس چشمه مرضیه با کانسار اپی‌ترمال رگه‌ای		
مشخصات	کانسار اپی‌ترمال رگه‌ای	کانسار چشمه مرضیه
موقعیت تکتونیکی	حاشیه صفحات همگرا	کمان حاشیه فعال قاره‌ای
سنگ میزبان	آندزیت، ریولیت، توف و داسیت	آندزیت، آندزیت- بازالت، بازالت و تراکی داسیت ، داسیت
سن تشکیل	عمدتاً سنوزوئیک	ائوسن میانی
عمق و دمای تشکیل	عمق کمتر از ۴۰۰ متر	حداقل ۲۰۰ متر
دگرسانی‌های رایج	سریسیتیک، آجولاریا و آرژیلیک متوسط	آرژیلیکی، سیلیسی و کربناتی
بافت	شکافه‌پرکن و رگه‌ای	شکافه‌پرکن، رگه‌ای و پراکنده ، پرکننده فضاهای خالی و جانشینی
کانی‌شناسی	اسفالریت، گالن، کالکوپیریت و پیریت	مگنتیت، هماتیت، کالکوپیریت و پیریت به مقدار کم، کالکوسیت، کولیت، بورنیت، ملاکیت و آزوریت
فلزات اصلی	Au±Ag (Pb-Zn-Cu)	Cu
ماهیت سیال کانه‌ساز	خنثی، فقیر از گوگرد و احیایی	خنثی، فقیر از گوگرد و احیایی
منشاء سیال کانه‌ساز	آب‌های جوی و ماگمایی	آب‌های جوی و ماگمایی

ذخایر اپی‌ترمال براساس حالت سولفیداسیون مجموعه‌های سولفیدی هیدروژن به انواع سولفیداسیون پایین، سولفیداسیون حدواسط و سولفیداسیون بالا تقسیم‌بندی می‌شوند (Simmons et al., 2005).

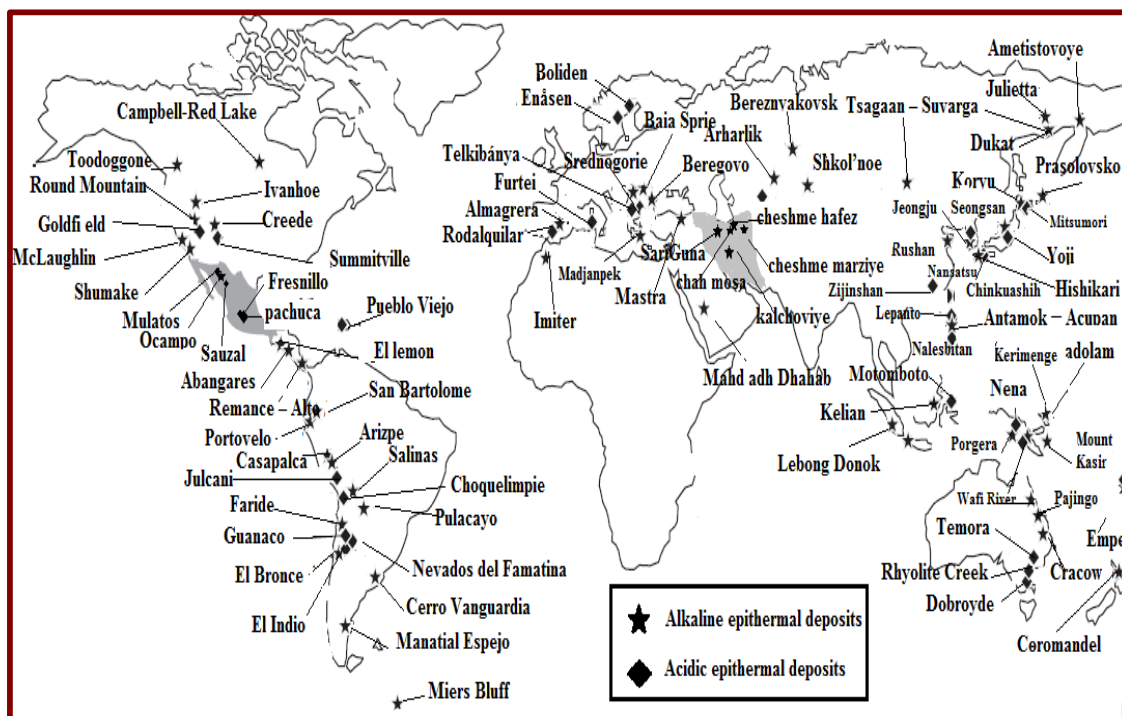
کانسارهای اپی‌ترمال سولفید پایین اشاره به سیستم اپی‌ترمال دارد که در محیط‌های چشمه‌های آب گرم یا زمین‌گرمایی توسعه یافته‌اند و در مقابل سولفیداسیون بالاتر قرار می‌گیرد که در محیط‌های هیدروترمالی آتشفشانی توسعه یافته است. منشاء آب کانه‌ساز در منطقه، ماگمایی و جوی ولی عمدتاً جوی است که در کانسارهای اپی‌ترمال سولفیداسیون پایین نیز منشاء آب عمدتاً جوی است (مهوری، ۱۳۸۸). علی‌رغم کانسارهای سولفیداسیون بالا که عمدتاً ماگمایی می‌باشد (Foster, 1996). گسترش کم دگرسانی، یکی دیگر از مشخصاتی است که آن را جزو کانسارهای اپی‌ترمال سولفیداسیون پایین در نظر می‌گیرد (شهاب‌پور، ۱۳۸۶). دگرسانی در انواع کانسارهای اپی‌ترمال سولفیداسیون بالا معمولاً آرژیلیکی است، در حالی که در انواع سولفیداسیون پایین از نوع پروپیلیتیک تا آرژیلیکی است. با توجه به ویژگی‌هایی از جمله درجه حرارت کم، شوری پایین و همچنین مطالعات سیالات درگیر، ماهیت خنثی و احیایی سیال و دگرسانی‌های مشاهده شده و نسبت پایین گوگرد به فلز، می‌توان کانسار چشمه مرضیه را به عنوان کانسار مس اپی‌ترمال سولفید پایین معرفی نمود.

۷-۴-۲-۴- مقایسه کانسار چشمه مرضیه با کانسارهای اپی‌ترمال در ایران و جهان

در سنگ‌های آتشفشانی ترشیری ایران و بسیاری از کشورهای دیگر شاهد سیستم رگه‌ای با کانی‌سازی فلزات پایه و گرانبها هستیم. این ذخایر در مقیاس قاره‌ای در زون فرورانش در حاشیه صفحات قرار می‌گیرند (Heald et al., 1987). کانسارهای اپی‌ترمال شناخته شده در جهان در شکل (۷-۲) ارائه شده است. در جدول (۷-۸) کانسار چشمه مرضیه با کانسارهای خنثی-قلیایی اپی‌ترمال از نوع سولفید پایین تا حدواسط در کمربندهای مختلف ایران مقایسه شده است.

کانسارهای اپی‌ترمال در مکزیک، از جمله کانسارهای اپی‌ترمال اقتصادی در سطح جهانی. و میزبان تعداد زیادی از کانسارهای اپی‌ترمال فلزات پایه و گرانبها هستند. ثر کانسارهای اپی‌ترمال در مکزیک متعلق به

کانسارهای اپی ترمال نوع سولفید حدواسط (IS) یا نوع سولفید پایین (LS) هستند و تنها چند کانسار سولفید بالا در بخش شمال غربی این کشور توصیف شده‌اند.



شکل ۷-۲- توزیع جغرافیایی کنسارهای اپی ترمال اسیدی (سولفید بالا) و کنسارهای اپی ترمال قلیایی (سولفید پایین) و متوسط در جهان.

بر پایه مطالعات (Sillitoe and Hedenquist, 2003)، ارتباط نزدیکی بین کانسارهای پورفیری و کانسارهای اپی‌ترمال سولفید بالا و متوسط وجود دارد. در حالی که در برخی مناطق به عنوان مثال (Basin Nevada) در مکزیک، کانسارهای سولفیداسیون پایین و حدواسط به طور منحصر به فرد تشکیل می‌شوند. از آنجایی که کانسارهای اپی‌ترمال در مکزیک ترکیبی از ویژگی‌های کانسارهای اپی‌ترمال سولفید پایین و حدواسط در مکزیک را دارند، متقابلاً منحصر به فرد به نظر نمی‌رسند و امکان تشکیل آن‌ها در مکان و زمان مشابه وجود داشته‌اند و حتی در یک کانسار با هم یافت می‌شوند. در جدول (۷-۹) کانسار چشمه مرضیه با کانسار Fresno (مکزیک)، کانسار Sahinli (ترکیه) و کانسار Efemcukuru (ترکیه) مقایسه گردید.

جدول ۷-۸- مقایسه کانسار چشمه مرضیه با کانسارهای اپی‌ترمال خنثی تا قلیایی در ایران (LS, IS)

ویژگی اصلی	چشمه مرضیه	کالچویه	مژده	چاه موسی	لوبین - زرده
فلزات اصلی	مس، نقره، روی و سرب	مس - طلا	مس	مس	فلزات پایه
موقعیت جغرافیایی	شمال غرب بردسکن	جنوب غرب نائین	جنوب نطنز	جنوب شاهرود	شمال شرق زنجان
پهنه ساختاری	خواف - درونه	ارومیه - دختر	ارومیه - دختر	ترود - چاه شیرین	طارم
سنگ درونگیر	گدازه‌های آندزیتی، آندزیت - بازالت و بازالت	پیروکسن آندزیت و تراکی آندزیت	تراکی آندزیت	ساباب ولکانیک بیوتیت هورنبلند آندزیت پورفیری	سنگ‌های رسوبی و آذرآواری
سن کانی سازی	ائوسن	ترشیری	ائوسن میانی	ائوسن	پلیوسن
کنترل کانی زایی	گسل‌ها و شکستگی‌ها	گسل	گسل و شکستگی	گسل	گسل‌ها و شکستگی‌ها
کانی شناسی	کالکوپیریت، پیریت، مگنتیت، هماتیت، لیمونیت، گوئیتیت، کالکوسیت، بورنیت، کوولیت، مالاکیت و آزوریت	کالکوپیریت، گالن، پیریت، مگنتیت، کالکوسیت، بورنیت، کوولیت، هماتیت، گوئیتیت، لیمونیت، مالاکیت، آزوریت، سروزیت و کوپریت	مگنتیت، کالکوپیریت، پیریت، کالکوسیت، دیژنیت، کولین، مالاکیت و گوئیتیت - هماتیت	کالکوسیت، کوئیت، مالاکیت، بورنیت، پیریت، کالکوپیریت، دیژنیت و نئوتوسیت.	کالکوپیریت، پیریت، اسفالریت و گالن
ساخت و بافت	رگه‌های، رگه - رگچه‌ای، دانه پراکنده و جانشینی	پراکنده و رگه - رگچه‌ای	پرکننده فضای خالی، رگچه‌ای و پراکنده	رگچه‌ای و پراکنده	رگه ای، رگچه ای، برشی و پرکننده فضای خالی
دگرسانی	پروپیلیتیک، آرژیلیک، حدواسط، زئولیتی، سیلیسی، کلریتی، اکسید آهن و سربستی	پروپیلیتیک و سیلیسی	آرژیلیک حدواسط و پروپیلیتیک (کلریتی)	فیلیک، کلریتی - کلسیتی و اپیدوتی - کلریتی - کلسیتی	سیلیسی، سربستی، آرژیلیک، پروپیلیتیک
ژنز	اپی ترمال (LS)	اپی ترمال (LS)	اپی ترمال (IS)	اپی ترمال (LS)	اپی ترمال
منبع	تحقیق حاضر	(Hosseini-Dinani, 2015)	(رئسی، ۱۳۹۴)	(امام جمعه و همکاران، ۱۳۸۷)	(حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴)

ادامه جدول ۷-۸- مقایسه کانسار چشمه مرضیه با کانسارهای اپی ترمال خنثی تا قلیایی در ایران (LS, IS).

ویژگی اصلی	کانسار ابوالحسنی	چشمه نقره	کانسار چشمه حافظ	دیان	گلوجه
فلزات اصلی	فلزات پایه، طلا و نقره	طلا- مس	فلزات پایه و نقره	مس	فلزات پایه
موقعیت جغرافیایی	جنوب غرب دامغان	جنوب غرب کاشمر	شمال شرق معلمان	جنوب دامغان	شمال زنجان
پهنه ساختاری	ترود- چاه شیرین	خواف- درونه	ترود- چاه شیرین	ترود- چاه شیرین	طارم- هشتجین
سنگ درونگیر	سنگ‌های پیروکلاستیک و گدازه‌های آندزیتی	سنگ‌های آذرآواری	توف، سنگ‌های آذرآواری، داسیت و ریوداسیت	آندزیت، بازالت، توف و آگلومرا	آندزیت، آندزیت، بازالت، تراکی آندزیت، داسیت و توف‌ها
سن کانی سازی	ائوسن	ترشیری	میوسن	ائوسن	ائوسن - الیگوسن
کنترل کانی زایی	گسل‌ها و شکستگی‌ها	گسل	گسل‌ها و شکستگی‌ها	گسل، درزه و شکستگی	گسل، درزه و شکستگی
کانی شناسی	اسفالریت، گالن، پیریت، تتراهیدریت، کالکوپیریت و نقره	پیریت، اکسیدهای آهن، مالاکیت و آزوریت	گالن، اسفالریت، پیریت، کالکوپیریت، بورزیت، تترا هدریت، تنانتیت و دیژنیت	کالکوسیت، کالکوپیریت، پیریت، مالاکیت و آزوریت	گالن، اسفالریت، کالکوپیریت و پیریت
ساخت و بافت	برششی، دانه پراکنده، فضای خالی، رگه ای، نواری	پرکننده فضاهای خالی، دانه پراکنده و رگه- رگچه‌ای	رگه ای، پرکننده فضای خالی، برشی، شانه ای	پرکننده فضای خالی و رگه‌ای	نواری، برششی، رگه- رگچه‌ای و پرکننده فضای خالی
دگرسانی	آرژیلیک، سیلیسی، پروپیلیتیک	پروپیلیتیک، سیریسیتی و آرژیلیک	سیلیسی، آرژیلیک، سیریسیتی، پروپیلیتیک	کلریتی و آرژیلیک	پروپیلیتیک، آرژیلیک، حدواسط، سیلیسیک و فیلیک
ژنز	اپی ترمال (IS)	اپی ترمال (LS)	اپی ترمال (IS)	اپی ترمال رگه‌ای	اپی ترمال (IS)
منبع	(شمعانیان، ۱۳۸۵)	(Alaminia et al. 2010)	(Mehrabi and Ghasemi siani, 2012)	(ناهیدی فر، ۱۳۹۳)	(مهرابی و همکاران، ۱۳۸۸)

جدول ۷-۹- مقایسه کانسار چشمه مرضیه با کانسارهای اپی‌ترمال در ترکیه و مکزیک.

ویژگی‌ها	کانسار چشمه مرضیه	کانسار Fresno	کانسار Efemukuru	کانسار Sahinli
موقعیت جغرافیایی	ایران	مکزیک	ترکیه (Izmir)	غرب ترکیه (Lapseki)
سنگ میزبان	آندزیت، آندزیت-بازالت، بازالت و تراکی داسیت، داسیت	آندزیتی	ریولیت	آندزیت و به طور محلی داسیت
موقعیت تکتونیکی	کمان حاشیه فعال قاره‌ای			زون فرورانش حاشیه قاره‌ای
فلزات اصلی	مس، نقره، روی و سرب	طلا، نقره، سرب، روی و مس	طلا، منگنز، سرب، روی و مس	طلا، نقره، سرب، روی و مس
کانی‌شناسی	پیریت، کالکوپیریت، مگنتیت، لیمونیت، همتایت، گوئیت، کولیت، کالکوسیت، مالاکیت، آزوریت، بورنیت، و اکسیدهای آهن	پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، گالن، آرسنوفوسالت، نقره، لیمونیت، همتایت، مالاکیت، آزوریت و خالص	آرسنوپیریت، پیریت، اسفالریت، گالن، کالکوپیریت، پیروتیت، طلا، لیمونیت، گوئیت، کولیت، کالکوسیت، مالاکیت، آزوریت، بورنیت، اکسیدهای آهن و اکسید منگنز	پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، گالن، تتراهیدریت، مولیبدنیت، بورنیت، کالکوسیت، کولیت، سروزیت و گوئیت
کانی‌های باطله	کربنات، کوارتز، باریت و زئولیت	کوارتز، کلسیت، کلریت و کلسدون	کوارتز و کلسیت	کوارتز، باریت و کربنات
دگرسانی	آرژیلیک متوسط، سیلیسی و کربناتی		کلریتی، سیریسیتی، ایلیتی، سیلیسی و کربناتی	
بافت	رگه‌ای، رگه-رگه‌ای، دانه پراکنده و جانشینی	رگه‌ای	رگه-رگه‌ای و جانشینی	بافت شانه‌ای کوارتز هیدروترمال، پراکنده، توده‌ای، برش هیدروترمالی
دمای همگن شدن	۱۵۱-۱۸۱ °C	۲۰۰-۳۰۰ °C	۲۰۰-۳۰۰ °C	۲۲۰-۳۰۰ °C
شوری	۱/۵- ۲/۱۳ (%wt NaCl)	۰/۱- ۱۲ (%wt NaCl)	۰- ۹ (%wt NaCl)	۰/۵- ۹ (%wt NaCl)
منبع	تحقیق حاضر	(Simmons et al. 1988)	(Oyman et al. 2003)	(Yilmiz et al. 2010)

۷-۵- الگوی تشکیل کانسار مس ابری و رهبری

نحوه تشکیل و ژنز در کانسارهای تیپ مانتو در دنیا مورد بحث است. منشاء این سیال‌ها را نیز به طور عمده از رخدادهای فرایندهای دیاژنز تدفینی تا دگرگونی می‌دانند (Kojima et al., 2009). برخی محققین چرخش سیالات در واحدهای سنگی را عامل اصلی رخداد کانه‌زایی در کانسارهای تیپ مانتو در نظر گرفته‌اند

(Tosdal and Munizaga, 2003). بر اساس مطالعات (Kirkham, 1996)، برای تشکیل ذخایر مانتو دو

مدل ژنتیکی ارائه شده است: ۱) منشاء دگرگونی: در این مدل، مس در درجات بالای دگرگونی و در طی واکنشهای آبدایی آزاد شده و در سنگهای میزبان نهشته شده است. ۲) مدل اپی ژنتیک دیاژنتیکی: در این مدل، کانه‌زایی مس در ارتباط با دیاژنز آغازین تا تدفینی می‌باشد. مس از آندزیت میزبان که در شرایط احیایی ته نشست یافته است، در طی فرآیند شستشو آزاد می‌شود. سیالاتی که این مس را از سنگهای آندزیتی شستشو می‌دهند، عمدتاً شورابه‌های حوضه‌ای هستند ولی دخالت آب دریا، آبهای جوی و سیالات ماگمایی نیز توسط ایزوتوپهای اکسیژن، هیدروژن و گوگرد تأیید شده است. از آنجاکه رخداد دگرگونی ناحیه‌ای یا محلی در منطقه دیده نمی‌شود، مدل اپی ژنتیک دیاژنتیکی برای کانسارهای مس ابری و رهبری در نظر گرفته شده است. در محدوده معدنی ابری و رهبری واحد گدازه‌ای و آذرآواری با توجه به دگرسانی گسترده در این سنگ‌ها، می‌تواند منبع تأمین مس باشد. در بسیاری از کانسارهای مختلف دنیا منبع مس را واحدهای سنگی می‌دانند که دارای وضعیت اکسیدان شدید هستند (Kojima et al., 2009).

مراحل کانه‌زایی و فرآیندهای تشکیل را با توجه به مدل اپی ژنتیک دیاژنتیکی می‌توان در سه مرحله دیاژنز آغازین، مرحله دیاژنز تدفینی و مرحله بالآمدگی (فعالیت‌های هیدروترمالی) به این صورت بیان کرد: اثرات متقابل آب‌های سطحی و آب‌های شورابه‌ای و سنگ میزبان آتشفشانی نقش مهمی در مکانیزم تشکیل کانسارهای تیپ مانتو دارند. یک منبع حرارتی برای جریان آب‌های سطحی در سنگ میزبان مورد نیاز است. یک مجموعه پلوتونیک عمیق می‌تواند نقش معنی‌داری به عنوان منبع حرارتی احتمالی بازی کرده باشد. به نظر می‌رسد که ماگماهای نفوذی منبع اصلی شکل‌گیری کانسار نیستند. اگرچه اختلاط سیال ماگمایی و اثر حرارتی توده‌های نفوذی باید در نظر گرفته شود

پس از فعالیت‌های آتشفشانی گسترده، در طی مرحله دیاژنز پس از ته‌نشینی رسوبات در کف دریا و تراکم آنها اجزای رسوبی توسط سیمانی (کربنات کلسیم، اکسیدهای آهن یا سیلیس) به یکدیگر متصل شده‌اند.

در این مرحله باکتری‌های احیاکننده سولفات‌های آب دریا در محیط حضور داشته‌اند و فعالیت آنها، سبب ایجاد شرایط احیایی در حوضه شده است. در نتیجه گوگرد حاصل با آهن موجود سبب نهشته شدن پیریت به صورت دانه پراکنده و پرکننده فضاهای خالی در زمینه سنگ می‌شود. حضور پیریت عامل مهمی برای ایجاد وضعیت احیایی در سنگ میزبان کانه زایی به شمار می‌رود.

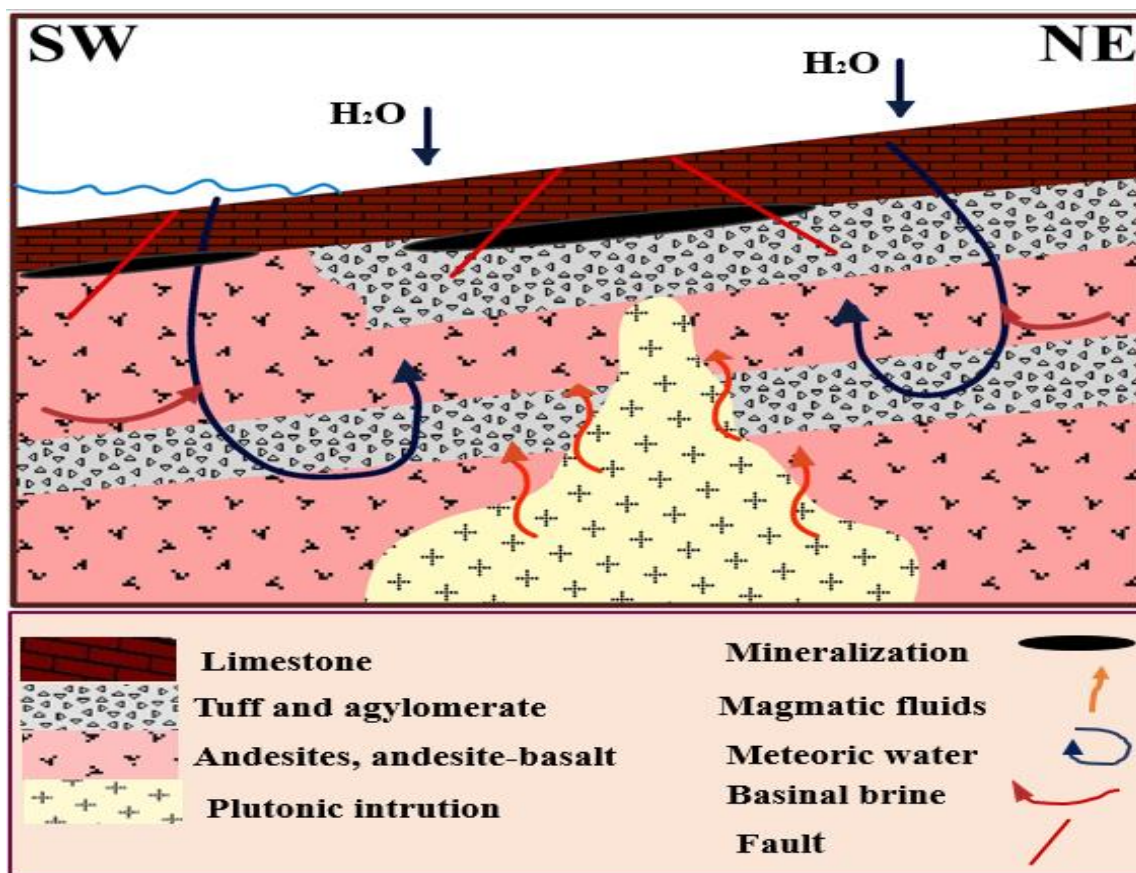
از مرحله دیاژنز به بعد در نتیجه ته‌نشینی رسوبات جدیدتر بر روی آنها، تدفین صورت می‌گیرد اما تغییرات زیادی در بافت و ساخت سنگ صورت نمی‌گیرد. در مرحله کاتازنز (مرحله تدفینی) با توجه به فعالیت‌های آتشفشانی گسترده، توالی ضخیمی از واحدهای آتشفشانی تشکیل می‌شوند که این توالی میزان بالایی از حرارت را در میان خود حفظ می‌کند (Kirkham, 1996). فعالیت‌های آتشفشانی وسیع و ادامه رسوبگذاری سبب اشباع شدن سیال حوضه‌ای و افزایش فشار و حرارت و تحرک سیال و تشکیل برخی از کانی‌های سولفیدی، اکسیدهای آهن و کربناته و حتی پیریت می‌شوند. در واقع سیال حوضه‌ای در میان واحدهای آتشفشانی به گردش در آمده و از مس غنی می‌شوند که به مناطق کم‌فشارتر مهاجرت کرده و سبب ته‌نشست مس به صورت کانی‌های سولفیدی می‌شوند. منشاء گوگرد سولفیدی‌های مس می‌تواند ناشی از جابجایی گوگرد در پیریت‌های اولیه باشد. سیال گرمابی به دلیل دمای بالای محیط و گردش در واحدهای آتشفشانی و آذرآواری، مس آزاد شده از تبدیل کانی‌های هیدروکسید آهن (تشکیل شده در مرحله فعالیت آتشفشانی) به اکسیدهای آهن (هماتیت) و نیز مس آزاد شده در شبکه کانی‌های فلدسپار موجود در واحدهای آتشفشانی دگرسان شده را حمل کرده و پس از چرخش در واحدهای سنگی به سمت بالا به واحد آذرآواری با تخلخل و نفوذپذیری بالا رسیده و کانی‌های کالکوسیت و کالکوپیریت در مرحله دیاژنز تدفینی تشکیل شده‌اند. بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود که عنصر مس از سنگ‌های میزبان آشفشانی- 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 تدفینی تشکیل شده‌اند. در انتهای فرایند تدفین و با آغاز بالاآمدگی

منطقه و گسل خوردگی، فضاهای باز تحت تأثیر گسل‌های درونه و گسل بینالود افزایش می‌یابد و این امر سبب شروع فعالیت‌های و تمرکز دوباره کانه‌زایی سولفیدی و اکسیدی مس در امتداد گسل‌ها، درزه و شکاف‌ها و حتی فضاهای خالی واحدهای آذرآواری می‌شود. منشاء سیالات در این بازه می‌تواند آبهای جوی باشد که البته احتمال حضور آب‌های ماگمایی را نمی‌توان نادیده گرفت.

محدوده مورد نظر به لحاظ تکتونیکی فعال و دارای گسل‌ها، درزه‌ها و شکستگی‌های فراوان می‌باشد که زمین ریخت‌شناسی منطقه را تحت تأثیر قرار داده است. بدیهی است درصدی از این گسل‌ها و شکستگی‌ها قبل از کانی‌سازی حضور داشته 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 که در این صورت نقش آنها بیشتر به اکسیداسیون کانه‌ها و توسعه زون‌های اکسیدی در بخش فوقانی کانسارها خلاصه می‌شود. منشاء سیال گرمابی در این فاز کانه‌سازی مس را می‌توان آب‌های جوی و احتمالاً آب ماگمایی دانست. به نظر می‌رسد محلول‌های فرورو از طریق شکستگی‌های زمین‌شناختی به اعماق کم فرورفته و پس از گرم شدن (بر اثر گرادیان زمین گرمایی بالای منطقه) با ایجاد یک سلول همرفتی گرمایی با گردش در واحدهای منطقه موجب فروشت واحدهای سنگی زیرین شده و از طریق گسل‌ها و شکستگی‌ها و تخلخل و نفوذپذیری بالای واحد آذرآواری، به مناطق سطحی رسیده‌اند و در اثر کاهش حرارت، فلزات موجود در این مناطق ته نشست پیدا کرده‌اند. در بخشهایی از منطقه شواهد معینی وجود دارد که حرکت محلول‌های مس‌دار به وسیله ساختارهای خطی و منطقه‌های گسلی، کنترل شده است. فاز کانه‌زایی اکسیدی و کربناته (مالاکیت، آزوریت و اکسیدهای آهن) و به صورت رگه-رگچه‌ای، پرکننده فضاهای خالی در مرحله اکسیدان صورت گرفته است. برخورد سیال‌های اکسیدان با پیریت سبب آزاد شدن آهن و جانشینی مس به جای آهن می‌شود؛ آهن آزاد شده نیز در نزدیک سولفیدهای مس

تشکیل هماتیت می‌دهد. در بخش‌هایی، که شدت فرآیند اکسیداسیون سیال زیاد است، پیریت‌ها به طور کامل توسط هماتیت جانشین می‌شوند.

کانه‌زایی مس در منطقه ابری و رهبری 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 کاندهای فلزی فراهم آورده است. با توجه به ساخت و بافت‌ها و کانی‌شناسی در واحدهای گدازه و آذرآواری، می‌توان دو فاز کانه‌زایی در کانسارهای مس منطقه ابری و رهبری در نظر گرفت. فاز اول؛ کانه‌زایی سولفید (پیریت، کالکوپیریت و کالکوسیت اولیه) به صورت دانه پراکنده و پرکننده فضاهای خالی که در واحد آذرآواری در مرحله دیاژنز آغازین و تدفینی تشکیل شده‌اند. و فاز دوم؛ فاز کانه‌زایی اکسیدی و کربناتی (مالاکیت، آزوریت و اکسیدهای آهن) به صورت رگه- رگچه‌ای و پرکننده فضاهای خالی در مرحله بالآآمدگی و شروع فعالیت‌های هیدروترمالی صورت گرفته است. الگوی تشکیل کانسار به صورت شماتیک در شکل (۷-۳) نمایش داده شده است.



شکل ۷-۳- الگوی تشکیل کانسارمس ابری و رهبری به صورت شماتیک

۷-۶- عوامل موثر در کانه‌زایی در منطقه چشمه مرضیه

موقعیت تکتونیکی منطقه: با توجه به اینکه کمان‌های ماگمایی حاشیه فعال قاره‌ای، جزایر قوسی آتشفشانی و نواحی آتشفشانی قاره‌ای وابسته به ساختارهای کششی محیط‌های مناسبی برای تشکیل کانسارهای رگه‌ای اپی‌ترمال سولفید پایین هستند (Camprubí and Albinson, 2006). می‌توان گفت منطقه مورد مطالعه به دلیل قرار گیری روی کمان ماگمایی حاشیه قاره‌ای مکان مناسبی برای تشکیل این نوع کانسار است.

ساختار ناحیه‌ای: گسل‌های ناحیه‌ای بعنوان کنترل کننده مهم در تشکیل ذخایر اپی‌ترمال است. مطالعات ساختاری و کانه‌زایی در منطقه نشان می‌دهد که جایگیری سیالات و شکل‌گیری رگه‌ها در ارتباط مستقیم

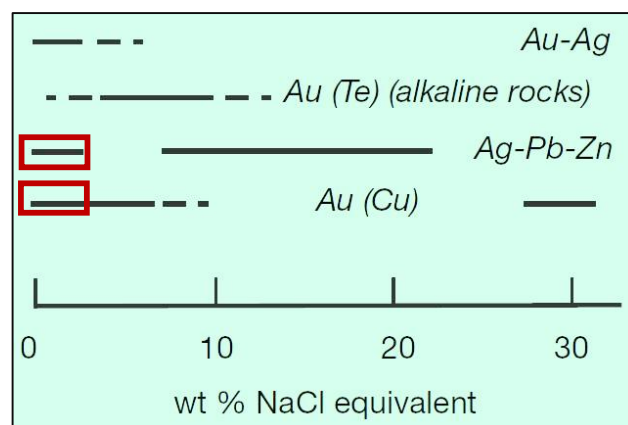
با شکستگی‌های اولیه است. در واقع حضور گسل‌ها و شکستگی‌های فراوان موجود از قبل در منطقه زمینه را برای نفوذ آب‌های جوی فراهم کرده است و با واکنش متقابل بین آب‌های جوی و ماگمایی سیالات شکل گرفته‌اند و طی واکنش سیالات با سنگ‌های میزبان محلول‌های غنی از عناصر فلزی (مس، سرب و روی و غیره) تشکیل شده‌اند و گسل‌های مهم در سنگ میزبان توسط سیالات اپی‌ترمال سولفید پائین تغذیه شده‌اند. بنابراین همپوشانی آب ماگمایی و جوی نقش موثری برای شکل‌گیری رگه ماده معدنی در منطقه ایفا کرده است.

منبع حرارتی: فعالیت‌های آذرین در کانسارهای اپی‌ترمال بعنوان موتور حرارتی و تأمین عناصر لازم جهت تشکیل کانسار نقش مهمی را ایفا می‌کنند. تعداد کمی از ذخایر اپی‌ترمال می‌توانند در ارتباط با توده‌های نفوذی عمیق باشند و چنین ارتباطی تنها زمانی وجود دارد که فرسایش عمیق سطحی صورت گرفته باشد. در کل اکثر ذخایر اپی‌ترمال ارتباط نزدیکی با سنگ‌های پلوتونیک نشان می‌دهند. بنابراین حرارت لازم جهت فعالیت‌های هیدروترمالی از توده‌های ساب و لکانیک که خود آنها از پلوتون‌های عمیق‌تر منشاء می‌گیرند، تأمین می‌شود. پس از نفوذ دایک بازالتی در منطقه مورد مطالعه، احتمال می‌رود سیالات هیدروترمالی از طریق پهنه‌های شکستگی صعود کرده باشند.

ماهیت سیال: ماهیت کانسار چشمه مرضیه از طریق مطالعات شیمیایی و سیالات درگیر خنثی-قلیایی و احیایی و متفاوت از سولفیداسیون بالای اسیدی و اکسیدی است (Barnes, 1997). بر اساس مطالعات ژئوشیمی در فصل سوم، غنی‌شدگی Eu در سیالات هیدروترمالی نتیجه رفتار اکسیداسیون-احیاء این عنصر و ناشی از برهم‌کنش آب به سنگ می‌باشد (Kohler et al., 2005). محاسبات ترمودینامیکی نشان می‌دهد که Eu^{+3} در محلول‌های آبی درجه پایین تا متوسط پایدار است در حالی که Eu^{+2} در محلول با درجه حرارت بالاتر پایدار می‌باشد. نسبت Eu^{+2}/Eu^{+3} اثر قابل توجهی در رفتار اکسیداسیون-احیا این عنصر دارد. در شرایط اکسیدان فعالیت افزایش می‌یابد در صورتیکه در شرایط احیایی مقدار آن کاهش می‌یابد. آنومالی

مثبت Eu، در شرایط احیایی ایجاد می‌شود و نشاندهنده سیال خنثی - قلیایی برای کانی‌سازی در کانسار چشمه مرضیه می‌باشد. نسبت Eu^{+2}/Eu^{+3} نشاندهنده فرآیند کانی‌سازی در کانسار می‌باشد و نشاندهنده: (۱) ترکیب شدن سیال ماگمایی با آب‌های جوی اکسیداسیون و (۲) دگرسانی پروپیلیتیک که منجر به تخریب پلاژیوکلازها شده است. با افزایش دگرسانی، پلاژیوکلازها که حمل‌کننده اصلی Eu هستند، تخریب شده و سبب مهاجرت Eu^{+2} از آنها طی دگرسانی می‌شود. از آنجایی که در وضعیت اکسیداسیون Eu کمترین مقدار پتانسیل یونی را دارد، بنابراین نسبت به سایر عناصر نادر تحرک بیشتری داشته و به مقدار کمتر در نمونه‌ها متمرکز می‌شود (Puchlet, 1976). در دگرسانی پروپیلیتیک وضعیت کمی متفاوت است و هر چه سنگ دگرسان‌تر می‌شود شدت ناهنجاری منفی کمتر می‌شود.

منشاء سیال کانه‌زا: در سیستم کانسارهای اپی‌ترمال سولفید پایین، سیالات کانه‌زا، محلول‌های کم‌دما و رقیقی هستند که حاصل اختلاط سیالات ماگمایی و جوی می‌باشند. دمای پایین (۱۸۱ - ۱۵۱ درجه سانتی‌گراد) و شوری پایین (۲/۱۳ - ۱/۵ معادل درصد وزنی NaCl) نشاندهنده چیرگی آب جوی بر آب ماگمایی است. گسترش کم دگرسانی در حاشیه و سنگ دیواره رگه‌ها نشاندهنده دما پایین بودن سیال و با توجه به کانه‌زایی در سطح، تاثیر آب‌های جوی بیشتر بوده است. شوری پایین سیال نشاندهنده کانی‌سازی در رنج دمایی کانسارهای اپی‌ترمال است (Wilkinson, 2001). با توجه به شکل (۷-۴)، دامنه شوری در کانسار چشمه مرضیه بیشتر با سیالات حاوی نقره و فلزات پایه مشابهت دارد. آمیختگی سیال با محلول‌های جوی باعث افزایش PH، کاهش درجه شوری (از طریق رقیق شدن) می‌شود. نهشت کانسنگ زمانی اتفاق می‌افتد که محلول‌ها در اثر اختلاط سیالات، جوشش و کاهش فشار، دچار سرد شدن و از دست رفتن مواد فرار شوند. با توجه به داده‌ها و مشاهدات می‌توان گفت که رقیق‌شدگی و کاهش درجه حرارت از عوامل اصلی شکل‌گیری کانسار چشمه مرضیه است.

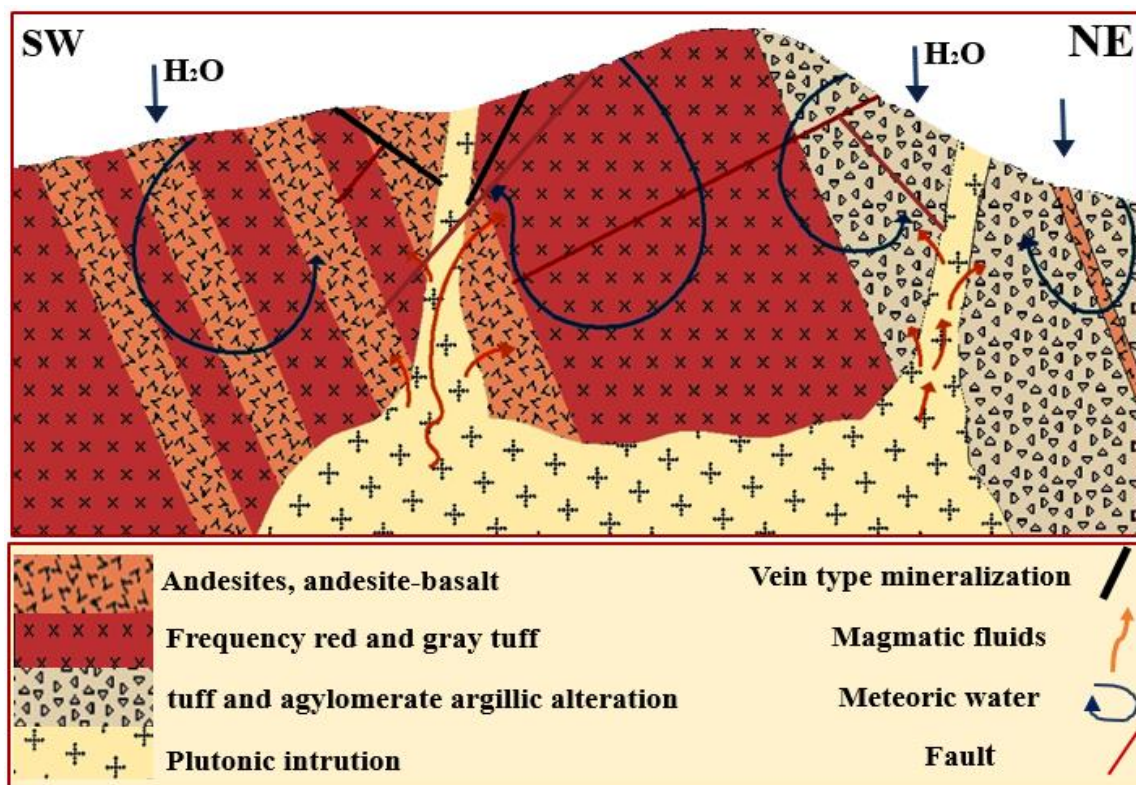


شکل ۷-۴- شوری میانبارهای سیال در مقابل ذخایر اپی‌ترمال (Simmons, 2005)

آمیختگی سیالات ماگمایی با سیالات جوی در نزدیکی سطح زمین، مواجه شدن با فضاها و گسسته سنگ میزبان و شکستگی‌های موجود در آن و در نهایت کاهش فشار به ته نشست فلزات همراه می‌انجامد. رگه‌های کلسیتی موجود در منطقه، با افزایش اختلاط آب جوی و آب ماگمایی و ترکیب CO_2 حاصل از آن با کلسیم آزاد شده ناشی از دگرسانی پروپیلیتیک ایجاد شده است. در طی جوشش و اختلاط، شوری کاهش می‌یابد و محتوی گاز سیال کانی‌ساز افزایش می‌یابد و ته‌نشست عناصر را افزایش می‌دهد. باریت موجود در منطقه نیز، حاصل ترکیب سولفات محلول ماگمایی است که کمتر با آب جوی مخلوط می‌باشد. در واقع سولفور موجود در سیال ماگمایی، در محیط اکسیدان به صورت سولفات، با باریم تشکیل باریت داده است لذا اگر شرایط محیط اکسیدی در منطقه حاکم نبود انتظار تشکیل کانی‌های سولفوره بیشتری داشیم.

با توجه به ویژگی‌هایی از جمله درجه حرارت کم، شوری پایین، PH سیال و کلیه شواهد کانی‌شناسی، دگرسانی، ژئوشیمی، سیالات درگیر می‌توان گفت کانسار مس چشمه مرضیه یک ذخیره اپی‌ترمال سولفیداسیون پایین است که کانه‌سازی در آن توسط گسل‌ها و شکستگی‌ها کنترل می‌شود و عواملی از جمله اختلاط با آب‌های جوی، سرد شدن، جوشش محدود و واکنش با سنگ‌های دربرگیرنده و ایجاد

دگرسانی در ته نشست کانیایی نقش بسزایی دارد. الگوی تشکیل کانسار به صورت شماتیک در شکل نمایش داده شده است



شکل ۷-۵- الگوی تشکیل کانسارمس چشمه مرضیه به صورت شماتیک

۷-۷- پیشنهادات

در راستای تکمیل اطلاعات به دست آمده در محدوده ابری، رهبری و چشمه مرضیه و با توجه به نتایج اولیه حاصل شده از این محدوده، پیشنهادات زیر قابل ذکر می‌باشد:

- مطالعه دقیق تمامی گمانه‌های حفاری شده در محدوده مورد مطالعه و تعیین دقیق عمق بخشهای حاوی

کانی‌سازی کالکوسیت به منظور تعیین تناژ ذخیره

- آنالیز میکروپروپ و SEM ترکیبات کانی مس‌دار.

ترسیم مدل هندسی ماده معدنی و تعیین میزان ذخیره قطعی با استفاده از اطلاعات حفاری توسط نرم

افزار Data Mine

- بررسی کانی‌های سنگین در اطراف منطقه چشمه مرضیه

- مطالعات سن‌سنجی بر روی فسیل‌های موجود در منطقه ابری و رهبری برای تعیین سن دقیق واحدهای

آهکی

منابع

منابع فارسی

- احیا ف، رسا و لطفی، م، (۱۳۸۷)، "کانی سازی سرب و روی ژوراسیک در بابا قله"، فصل نامه زمین شناسی کاربردی، سال ۴، شماره ۴، ص ۲۳۴-۲۴۶.
- اسماعیلی زینلی م، کریم پور م ح و ملک زاده شفاوردی آ، (۱۳۹۳)، "سنگ نگاری، دگرسانی، کانی سازی و پی جویی های ژئوشیمیایی در منطقه ی شمال غرب ارغش نیشابور"، مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران، سال ۲۲، شماره ۱، ص ۶۳ تا ۷۴.
- امام جمعه ا، راستاد ا، بوذری ف و رشید نژاد عمران ن، (۱۳۸۷)، "معرفی سامانه واحد کانه زایی افشان-رگچه ای و رگه ای (مس، سرب، روی) در محدوده معدنی چاه موسی-قله کفتران، بخش خاوری کمان ماگمایی تروود-چاه شیرین"، مجله علوم زمین، سال ۱۸، شماره ۷۰، ص ۱۱۲-۱۲۵.
- ابولی پور م، راستاد ا و رشید نژاد عمران ن، (۱۳۹۴)، "کانه زایی مس چینه کران نوع مانتو (Manto-Type) در پهنه دهج-ساردوییه در ناحیه کشکویه رفسنجان"، دومین همایش زمین شناسی اقتصادی، سال ۲۴، شماره ۲۵، ص ۱۴۴-۱۲۳.
- اصل ممقانی ف، (۱۳۹۰)، پایان نامه ارشد: "مطالعه ژنز کانسار مس ماری (شمال زنجان) با نگرشی ویژه بر فرایندهای غنی شدگی و اکسید/سیون سوپرژن"، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری.
- بویری کناری م، راستاد ا و رشید نژاد عمران ن، (۱۳۹۳)، "کانه زایی مس (نقره) نوع "Volcanic Redbed" در کانسار کشک مہکی، شمل باختر صفا شهر، پهنه سندنج-سیرجان جنوبی"، مجله علوم زمین، سال ۲۴، شماره ۹۳، ص ۳۶-۱۹.
- حسین-زاده م، مغفوری س، موید م، لطفه نیا م و حاج علیلو ب، (۱۳۹۴)، "سنگ شناسی، دگرسانی و کانه زایی رگه-رگچه ای چندفلزی (مس-سرب-روی) در منطقه لوبین-زرده، شمال خاور زنجان"، مجله علوم زمین، دوره ۲۴، شماره ۹۶، ص ۴۱-۵۲.
- حیدری ع ع و آقاخانلو م، (۱۳۸۵)، "گزارش پروژه اکتشاف طلا-مس تنورچه-کاشمر"، گروه صنعتی معدنی زرمهر، مشهد.
- حسینی پاک ع ا، (۱۳۹۴)، "اصول اکتشافات ژئوشیمیایی (مواد معدنی)"، چاپ نهم، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۶۱۵.

حسین‌زاده ق، موید م و اصفهانی‌پور ر، (۱۳۸۸)، "فرایندهای سوپرژن در کانسار مس پورفیری سوناجیل (شرق هریس- آذربایجان شرقی) با نگرشی بر استفاده از کلاهیك شسته شده جهت تخمین میزان غنی- شدگی سوپرژن"، فصلنامه زمین‌شناسی ایران، سال ۳، شماره ۱۰، ص ۸۵-۹۶.

رئیزی م، (۱۳۹۴)، پایان نامه ارشد: "مطالعات زمین‌شناسی، دگرسانی گرمابی، ژئوشیمی و سیالات درگیر کانی‌سازی مس مزده (جنوب نطنز)"، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، ۱۸۵ ص.

سامانی ب، (۱۳۸۱)، "متالوژنی کانسارهای مس (نوع مانتو) در ایران"، ششمین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران.

سیمونز و، (۱۳۹۳)، راهنمای عملی برای مطالعات سیالات درگیر، انتشارات دانیال، تبریز.

شهرابی م، (۱۳۸۵)، "نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ بردسکن"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

شمعانیان غ، (۱۳۸۲)، پایان نامه دکتری: "مطالعه دگرسانی و کانی‌سازی گرمابی فلزات پایه و گرانبها در منطقه معلمان، جنوب خاور دامغان"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران.

صالحی ل، رسا، علیرضایی س و کاظمی مهرنیا، (۱۳۹۴)، "کانسار مس معدن بزرگ با میزبان آتشفشانی، نمونه‌ای از کانسارهای مس نوع مانتو، خاور شاهرود"، مجله علوم زمین، سال ۲۵، شماره ۹۸، ص ۹۳-۱۰۴.

علی‌زاده و، مومن‌زاده م و امامی م ه، (۱۳۹۱)، "سنگ نگاری، ژئوشیمی، کانی‌شناسی، مطالعه میانبارهای سیال و تعیین نوع کانه زایی کانسار مس ورزگ-قاین"، مجله علوم زمین، سال ۲۲، شماره ۸۶، ص ۵۸-۴۷.

عادل‌پور م، (۱۳۹۱)، پایان نامه ارشد زمین‌شناسی اقتصادی: "زمین‌شناسی اقتصادی کانسار مس گرماب-قائن (خراسان جنوبی)"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۳۷ ص.

قائم‌ف و موسوی حرمی ر، (۱۳۸۵)، "نقشه ۱:۱۰۰۰۰ درونه"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

مهرابی ب، طالع فاضل ا، قاسمی سیانی م و علی اقبالی م، (۱۳۸۸)، "بررسی نحوه کانی‌سازی و تشکیل رگه‌ای مس- طلا گلوچه (شمال زنجان) بر اساس شواهد کانی‌شناسی، ژئوشیمی و سیالات درگیر"، مجله علوم دانشگاه تهران، جلد ۳۵، شماره ۴، ص ۱۹۹-۱۸۵.

مهوری ر، (۱۳۸۸)، پایان نامه ارشد: "مطالعات پترولوژیکی و کانی‌شناسی دگرسانی‌های گرمابی در گردنه ملا/حمد"، دانشگاه اصفهان، ۳۱۰ ص.

مغفوری س، موحدی‌نیا م و لای ک، (۱۳۹۳)، "زمین‌شناسی و کانه‌زایی کانسارهای مس عباس آباد شاهرود و مقایسه آن‌ها با کانسارهای تیپ مانتو"، انجمن زمین‌شناسی ایران.

میلانلو م، (۱۳۹۴)، پایان نامه ارشد زمین‌شناسی اقتصادی: "کانی‌سازی مس در کانسار مس نسیم بردسکن (خراسان رضوی) با استفاده از شواهد ژئوشیمی و ماهیت سیالات گرمابی"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۵۵ ص.

ناهیدی فر م، (۱۳۹۳)، پایان نامه ارشد: "کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار مس دیان (جنوب دامغان)"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شاهرود.

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.

Alaminia Z., Karimpour, M. H., Haidarian, M. R. (2010). "The cheshmeh Noghreh abandoned mine: Type of Epithermal Au-Cu Mineralization in the Northwest of kashmar", Iran. In 1st International Applied Geological Congress, Department of Geology.

Arndt N., Ganino C. (2012). "Metals and society". An Introduction to Economic Geology.

Berberian M. (1976). "Quaternary faults in iran", Geological survey of iran, Report (No 39), pp. 201- 205.

Barnes H. L. (1997). "Geochemistry of hydrothermal ore deposits" (Vol. 1). John Wiley & Sons.

Bazin D., Hübner H. (1969). "Copper deposits in Iran", (No. 13-14). Geological Survey of Iran.

Bazargani-Guilani K., Rabbani M. S. (2004). "Amygdaloidal and other cavity filling zeolites of Kuh-e-Aradeh, Central Iran". Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran, 15(2), pp. 149-157.

Beane R. E. (1982). "Hydrothermal alteration in silicate rocks. Advances in Geology of the Porphyry Copper Deposits", Southwestern North America, pp. 117-137.

Boric R., Díaz F., Maksaev, V. (1990). "Geología y yacimientos metalíferos de la Región de Antofagasta". (No. 40). Servicio Nacional de Geología y Minería.

- 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.
- Brathwaite R. L., Simpson M., Faure K., Skinner D. (2001). **“Telescoped porphyry Cu-Mo-Au mineralisation, advanced argillic alteration and quartz-sulphide-gold-anhydrite veins in the Thames District, New Zealand.Mineralium Deposita”**, 36(7), pp. 623-640.
- Corbett G. (2002) **“Epithermal gold for explorationists”**. Abstract for AIG Journal, Paper, 1.
- Craig J. R., Vaughan D. J., Hagni R. D. (1981). **“Ore microscopy and ore petrography”**. (Vol. 406). New York: Wiley.
- Carter W. D. (1961). **“Yacimieo de cober tipo, manto. su distribucion en fajas mineraizadas”**, provincia de aconcagua.
- Chen Y. J., Pirajno F., Wu, G., Qi, J. P., Xiong, X. L. (2012). **“Epithermal deposits in north Xinjiang, NW China. International Journal of Earth Sciences”**, 101(4), pp. 889-917.
- Camprubi A., Albinson T. (2006). **“Depósitos epitermales en México-Actualización de su conocimiento y reclasificación empírica”**. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 58(1), 27-81
- De Haller A., Zúñiga A. J., Corfu, F., Fontboté L. (2002). **“The iron oxide-Cu-Au deposit of Raúl-Condestable”**. In Mala, Lima, Peru [abs.]: Congreso Geológico Peruano, 11th, Resúmenes, p. 80
- Einaudi M. T., Hedenquist J. W., Inan E. E. (2003). **“Sulfidation state of fluids in active and extinct hydrothermal systems: transitions from porphyry to epithermal environments”**. Special Publication-Society of Economic Geologists, 10, pp. 285-314.
- Fauvelet E., Eftekhar Nezhad J. (1990). **“Explanatory text of the Taybad quadrangle map 1/250000”**, Ministry of mines and metals. Geological map Iran, survey of Iran, Tehran.
- Foster R. P. (2012). **“Gold metallogeny and exploration”**. Springer Science & Business
- Gourgaud A., Vincent P. M. (2004). **“Petrology of two continental alkaline intraplate series at Emi Koussi volcano, Tibesti, Chad”**. Journal of volcanology and geothermal research, 129(4), pp. 261-290
- Franceschelli M., Cruciani G., Puxeddu M., Utzeri D. (2003). **“Pre-Variscan metagabbro from NW Sardinia, Italy: evidence of an enriched asthenospheric mantle source for continental alkali basalts”**. Geological Journal, 38(2), pp. 145-159
- Gifkins C. C., Herrmann W., Large, R. R. (2005). **“Altered volcanic rocks: A guide to description and interpretation”**.
- 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.**

- Haynes D. W., Cross K. C., Bills R. T., Reed M. H. (1995). **“Olympic Dam ore genesis; a fluid-mixing model”**. *Economic Geology*, 90(2), pp. 281-307.
- Haas J. L. (1971). **“The effect of salinity on the maximum thermal gradient of a hydrothermal system at hydrostatic pressure”**. *Economic Geology*, 66(6), pp. 940-946.
- Hedenquist J. W., Lowenstern J. B. (1994). **“The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits”**. *Nature*, 370(6490), pp. 519-527.
- Heald, P., Foley, N. K., Hayba, D. O. (1987). Comparative anatomy of volcanic-hosted epithermal deposits; acid-sulfate and adularia-sericite types. *Economic Geology*, 82(1), 1-26.
- Hosseini-Dinani H., Bagheri H., Esmaeili-Vardanjani M. (2015). **“Mineralization and structural features of Kalchouyeh copper-gold deposit (west-central Iran)”**. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(5), pp. 3007-3018.
- Hawkesworth C., Turner S., Peate D., McDermott F., van Calsteren P. (1997). **“Elemental U and Th variations in island arc rocks: implications for U-series isotopes”**. *Chemical Geology*, 139(1), pp. 207-221.
- Henderson P. (1984). **“Rare earth element geochemistry”** (No. 550.42 RAR).
- Irvine T. N. J., Baragar W. R. A. F. (1971). **“A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks”**. *Canadian journal of earth sciences*, 8(5), pp. 523-548.
- Kojima S., Trista-Aguilera D., Hayashi K. I. (2009). **“Genetic Aspects of the Manto-type Copper Deposits Based on Geochemical Studies of North Chilean Deposits”**. *Resource geology*, 59(1), pp. 87-98.
- Kirkham R. V. (1996). **“Volcanic redbed copper. Geology of Canadian Mineral Deposit”**. Types: Geological Survey of Canada, *Geology of Canada*, (8), pp. 241-252.
- Kojima S., Trista-Aguilera D., Hayashi, K. I. (2009). **“Genetic Aspects of the Manto-type Copper Deposits Based on Geochemical Studies of North Chilean Deposits”**. *Resource geology*, 59(1), pp. 87-98.
- Kirkham R. V. (1996). **“Volcanic redbed copper”**. *Geology of Canadian Mineral Deposit Types: Geological Survey of Canada, Geology of Canada*, (8), pp. 241-252.
- Kohler S. J., Harouiya N., Chairat C., Oelkers E. H. (2005). **“Experimental studies of REE fractionation during water–mineral interactions: REE release rates during apatite dissolution from pH 2.8 to 9.2”**. *Chemical Geology*, 222(3), pp. 168-182.
- Kesler S. E. (2005). **“Ore-forming fluids. Elements”**, 1(1), pp. 13-18.
- Kelemen P. B., Hanghøj K., Greene A. R. (2003). **“One view of the geochemistry of subduction-related magmatic arcs, with an emphasis on primitive andesite and lower crust”**. *Treatise on geochemistry*, 3, pp. 593-659.

- Kurkcuoglu B. (2010). **“Geochemistry and petrogenesis of basaltic rocks from the Develidağ volcanic complex, Central Anatolia, Turkey”** . Journal of Asian Earth Sciences, 37(1), pp. 42-51.
- Leat P. T., Pearce J. A., Barker P. F., Millar I. L., Barry T. L., Larter R. D. (2004). **“Magma genesis and mantle flow at a subducting slab edge: the South Sandwich arc-basin system”**. Earth and Planetary Science Letters, 227(1), pp. 17-35.
- 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.
- Leach D. L., Sangster D. F., Kelley K. D., Ross R. L., Garven G., Allen C. R. (2005). **“Sediment-hosted Pb-Zn deposits: a global perspective”**. Economic Geology, 100, pp. 561-608.
- Large R., Huston D., McGoldrick P., McArthur G., Ruxton P. (1988). **“Gold distribution and Genesis in Paleozoic Volcanogenic massive sulphide systems, Eastern Australia”**. Bicentennial Gold, 88, pp. 121-126.
- Large R., Huston D., McGoldrick P., McArthur G., Ruxton P. (1988). **“Gold distribution and Genesis in Paleozoic Volcanogenic massive sulphide systems, Eastern Australia”**. Bicentennial Gold, 88, pp. 121-126.
- Middlemost E. A. (1994). **“Naming materials in the magma/igneous rock system”**. Earth-Science Reviews, 37(3), pp. 215-224.
- Morata D., Aguirre L. (2003). **“Extensional Lower Cretaceous volcanism in the Coastal Range (29°20'–30°S), Chile: geochemistry and petrogenesis”**. Journal of South American Earth Sciences, 16(6), pp. 459-476.
- Middlemost E. A. (1975). **“The basalt clan”** . Earth-Science Reviews, 11(4), pp. 337-364.
- Müller D., Groves D. I. (2000). **“Potassic igneous rocks and associated gold-copper mineralization”**. (Vol. 252). Berlin: Springer.
- Machado A., Lima E. F., Chemale F., Morata D., Oteiza O., Almeida D. P. M., Urrutia J. L. (2005). **“Geochemistry constraints of Mesozoic–Cenozoic calc-alkaline magmatism in the South Shetland arc, Antarctica”**. Journal of South American Earth Sciences, 18(3), pp. 407-425.
- Miller J. D., McDonough P. J., Portillo H. Q. (1981). **“Electrochemistry in silver catalyzed ferric sulfate leaching of chalcopyrite. In Process and Fundamental Considerations of Selected Hydrometallurgical Systems”**. (Vol. 27), p. 327. AIME New York.
- Maynard J. B. (2012). **“Geochemistry of sedimentary ore deposits”**. Springer Science & Business Media.
- Mehrabi B., Siani M. G. (2012). **“Intermediate Sulfidation Epithermal Pb-Zn-Cu (±Ag-Au) Mineralization at Cheshmeh Hafez Deposit, Semnan Province, Iran”**. Journal of the Geological Society of India, 80(4), pp. 563-578.

- Maksaev V., Zentilli, M. (2002). **“Chilean strata-bound Cu-(Ag) deposits: An overview. Hydrothermal iron oxide copper–gold and related deposits: a global perspective, 2, pp. 185-205.**
- Nakamura N. (1974). **“Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites”**. *Geochimica et Cosmochimica Acta*,38(5), pp. 757-775.
- Oyman T., Minareci F., Pişkin O. (2003). **“Efemcukuru B-rich epithermal gold deposit (Izmir, Turkey)”**. *Ore Geology Reviews*, 23(1), pp. 35-53.
- 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.
- Pearce J. A. (1983). **“Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins”**.
- Pearce J.A., Noory M.J. (1979). **“Petrogenetic implication of Ti, Zr, Y and Nb variation in volcanic rocks; cotributions to mineralogy and petrology”**, volume 69, pp. 33-47.
- Pilger A. (1971). **“Die zeitlich-tektonische Entwicklung der iranischen Gebirge”**. Pilger.
- Pirajno F. (2009). **“Hydrothermal processes associated with meteorite impactsIn Hydrothermal Processes and Mineral Systems”**. Springer Netherlands. pp. 1097-1130
- Puchelt H., Emmermann R. (1976). **“Bearing of rare earth patterns of apatites from igneous and metamorphic rocks”**. *Earth and Planetary Science Letters*, 31(2), pp. 279-286.
- Ruiz C., Peebles F. (1988). **“Geología, distribución y génesis de los yacimientos metalíferos chilenos”**. Editorial Universitaria.
- Rollinson H. R. (2014). **“Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Routledge”**.
- Ramdohr P. (1980). **“The ore minerals and their intergrowths”**, 2nd edn. International Series in Earth Sciences 35.
- Robert F., Brommecker R., Bourne B.T., Dobak P.J., McEwan, C.J., Rowe R. R., Zhou X. (2007). **“Models and exploration methods for major gold deposit types”**. In *Proceedings of Exploration*, Vol. 7, pp. 691-711.
- Rodder E. (1976). **“Fluid inclusions: Reviews in mineralogy”**. v.12, miner. Soc. Am. Reston, Virginia.
- Roedder E. (1984). **“Fluid inclusions”** (Vol. 12, pp. 12-45). P. H. Ribbe (Ed.). Washington, DC: Mineralogical Society of America.
- 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.

- Siahcheshm K., Calagari A. A., Abedini A. (2014). **“Hydrothermal evolution in the Maher-Abad porphyry Cu–Au deposit, SW Birjand, Eastern Iran: evidence from fluid inclusions”**. Ore Geology Reviews, 58, 1-13.
- Sillitoe R. H. (2003). **“Iron oxide-copper-gold deposits: an Andean view.Mineralium Deposita”**. 38(7), pp. 787-812.
- Simmons S. F., White N. C., John D. A. (2005). **“Geological characteristics of epithermal precious and base metal deposits”**. Economic Geology 100th anniversary volume, 29, pp. 485-522.
- Sillitoe R. H., Hedenquist J. W. (2003). **“Linkages between volcanotectonic settings, ore-fluid compositions, and epithermal precious metal deposits”**. Special Publication-Society of Economic Geologists, 10, pp. 315-343.
- Sillitoe R. H., Hedenquist J. W. (2003). **“Linkages between volcanotectonic settings, ore-fluid compositions, and epithermal precious metal deposits”**. Special Publication-Society of Economic Geologists, 10, pp. 315-343.
- Simmons S. F., White N. C., John D. A. (2005). **“Geological characteristics of epithermal precious and base metal deposits”**. Economic Geology 100th anniversary volume, 29, pp. 85-522.
- Shepherd T. J., Rankin A. H., Alderton D. H. M. (1985). **“A practical guide to fluid inclusion studies”**. Blackie.
- Sun S. S., McDonough W. S. (1989). **“Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes”**. Geological Society, London, Special Publications, 42(1), pp. 313-345.
- Shelley D., Shelley D. (1993). **“Igneous and metamorphic rocks under the microscope: classification, textures, microstructures and mineral preferred-orientations”**. (No. 552.3/. 4 SHE).
- Sillitoe R. H. (1992). **“Gold and copper metallogeny of the central Andes-Past, present, and future exploration objectives”**. Economic geology and the bulietin of society f economic geologist 87(8), pp. 2205-2216
- Simmons S. F., Gemmell J. B., Sawkins F. J. (1988). **“The Santo Nino silver-lead-zinc vein, Fresnillo District, Zacatecas; Part II, Physical and chemical nature of ore-forming solutions”**. Economic Geology, 83(8), pp. 1619-1641.
- 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”** . Mineralium Deposita, 41(1), pp. 99-105.
- Tatsumi Y., Takahashi T. (2006). **“Operation of subduction factory and production of andesite”**. Journal of Mineralogical and Petrological Sciences, 101(3), pp. 145-153.

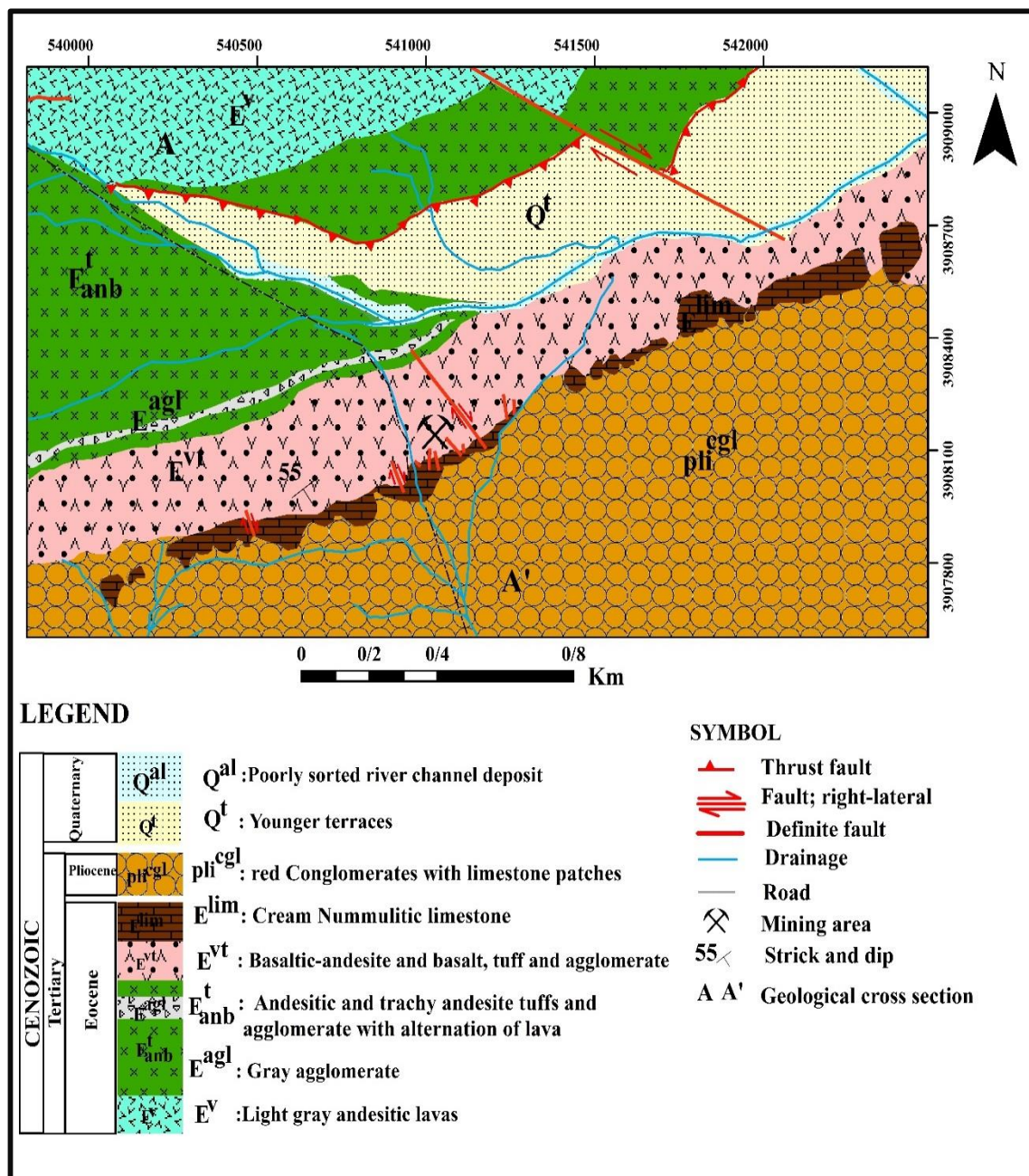
- Temel A., Gündoğdu M. N., Gourgaud A. (1998). **“Petrological and geochemical characteristics of Cenozoic high-K calc-alkaline volcanism in Konya, Central Anatolia, Turkey”**. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85(1), pp. 327-354.
- Thompson R. N. (1982). **“Magmatism of the British Tertiary volcanic province. Scottish Journal of Geology”**, 18(1), pp. 49-107.
- Tchalenko J. S., Berberian M., Behzadi H. (1973). **“Geomorph1c and seismic evidence for recent activity on the Doruneh Fault, Iran”**. Tectonophysics, 19(4), pp. 333-341..
- Tosdal R. M., Munizaga F. (2003). **“Lead sources in Mesozoic and Cenozoic Andean ore deposits”**, north-central Chile (30–34 S). Mineralium Deposita, 38(2), pp. 234-250.
- 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.
- White N. C., Hedenquist J. W. (1995). **“Epithermal gold deposits: styles, characteristics and exploration”**. SEG newsletter, 23(1), pp. 9-13.
- Wendlandt R. F., Harrison W. J. (1979). **“Rare earth partitioning between immiscible carbonate and silicate liquids and CO₂ vapor: results and implications for the formation of light rare earth-enriched rocks”**. Contributions to Mineralogy and Petrology, 69(4), pp. 409-419.
- Wilkinson J. J. (2001). **“Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits”**. Lithos, 55(1), pp. 229-272.
- Wilson N. S., Zentilli, M. (2006). **“Association of pyrobitumen with copper mineralization from the Uchumi and Talcuna districts, central Chile”**. International journal of coal geology, 65(1), pp. 158-169.
- White N.C. (2003). **“Epithermal gold deposits. Society of Economic Geologists Beijing Gold Workshop”**, 25–26 Oct, p 118 (confidential document distributed in China University of Geosciences)
- White N. C., Hedenquist J. W. (1995). **“Epithermal gold deposits: styles, characteristics and exploration”**. SEG newsletter, 23(1), pp. 9-13.
- Wood D. A. (1980). **“The application of a Th Hf Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary Volcanic Province”**. Earth and planetary science letters, 50(1), pp. 11-30.
- Wilkinson J. J. (2001). **“Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits”**. Lithos, 55(1), pp. 229-272.
- Yilmaz H., Oyman T., Sonmez F. N., Arehart G. B., Billor Z. (2010). **“Intermediate sulfidation epithermal gold-base metal deposits in Tertiary subaerial volcanic rocks,**

Sahinli/Tespih Dere (Lapseki/Western Turkey)”. Ore Geology Reviews, 37(3), pp. 236-258.

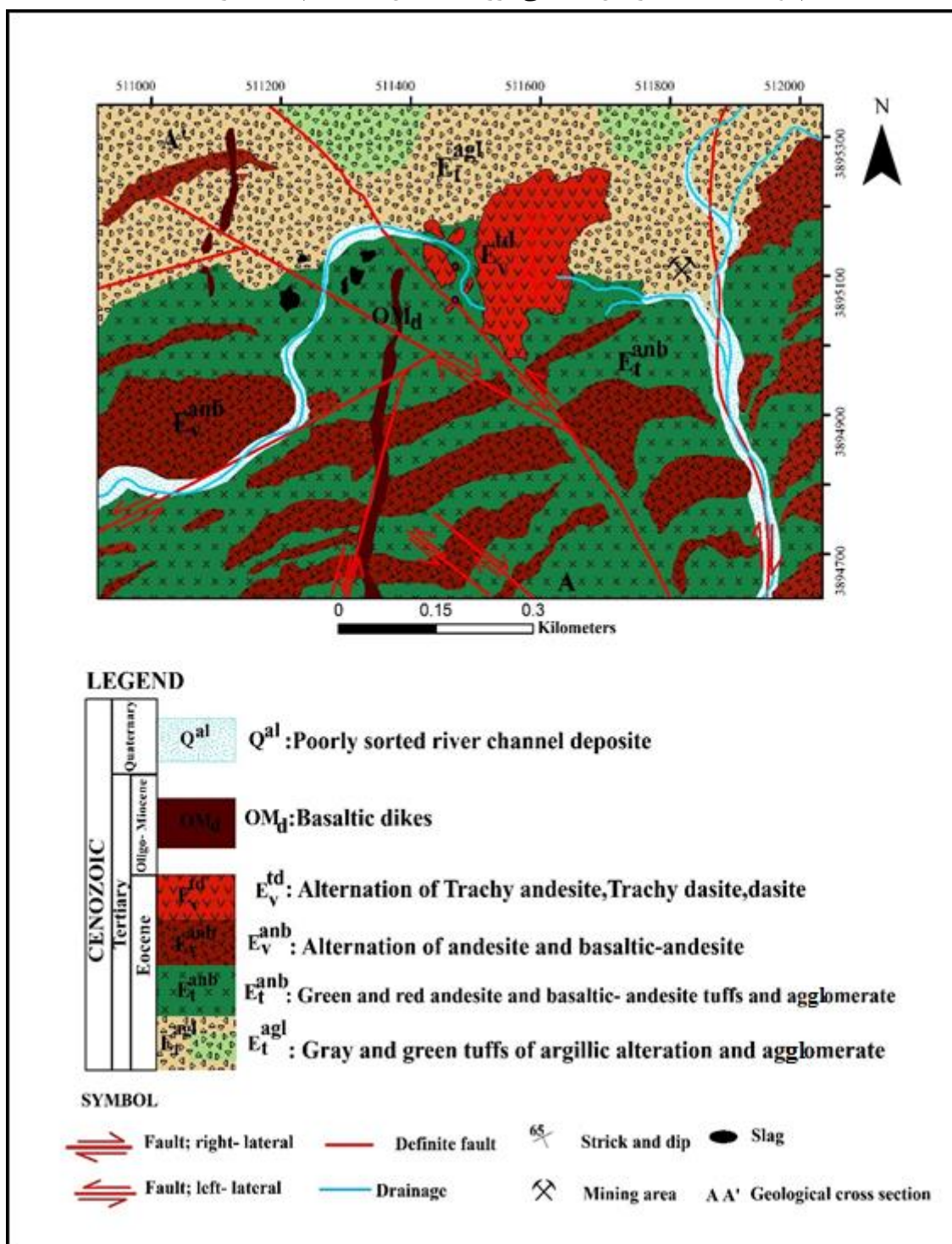
Zanetti A., Mazzucchelli M., Rivalenti G., Vannucci, R. (1999). **“The Finero phlogopite-peridotite massif: an example of subduction-related metasomatism”**. Contributions to Mineralogy and Petrology, 134(2-3), **pp. 107-122.**

پیوست

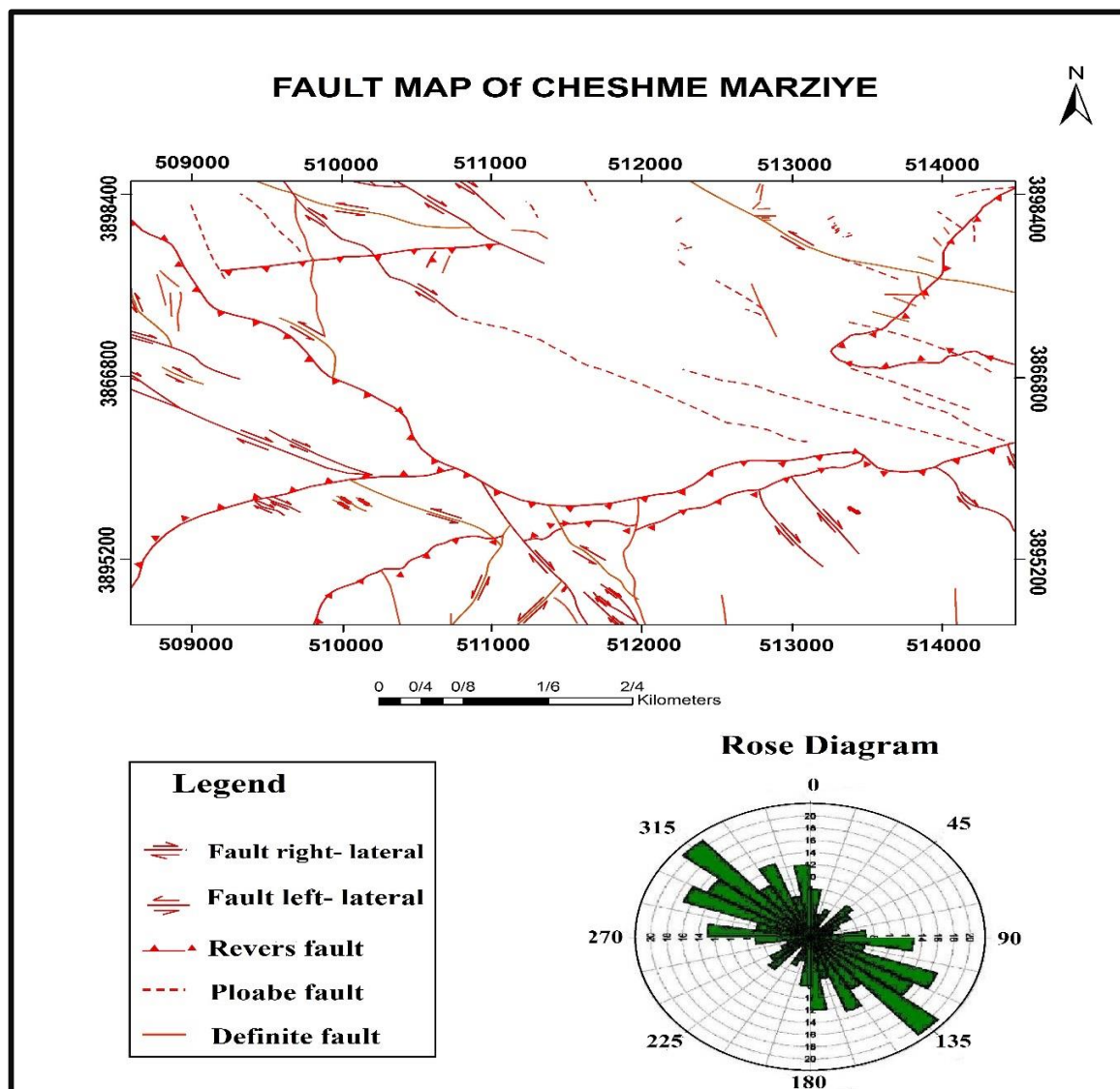
پیوست ۱: نقشه زمین‌شناسی بزرگ مقیاس منطقه رهبری.



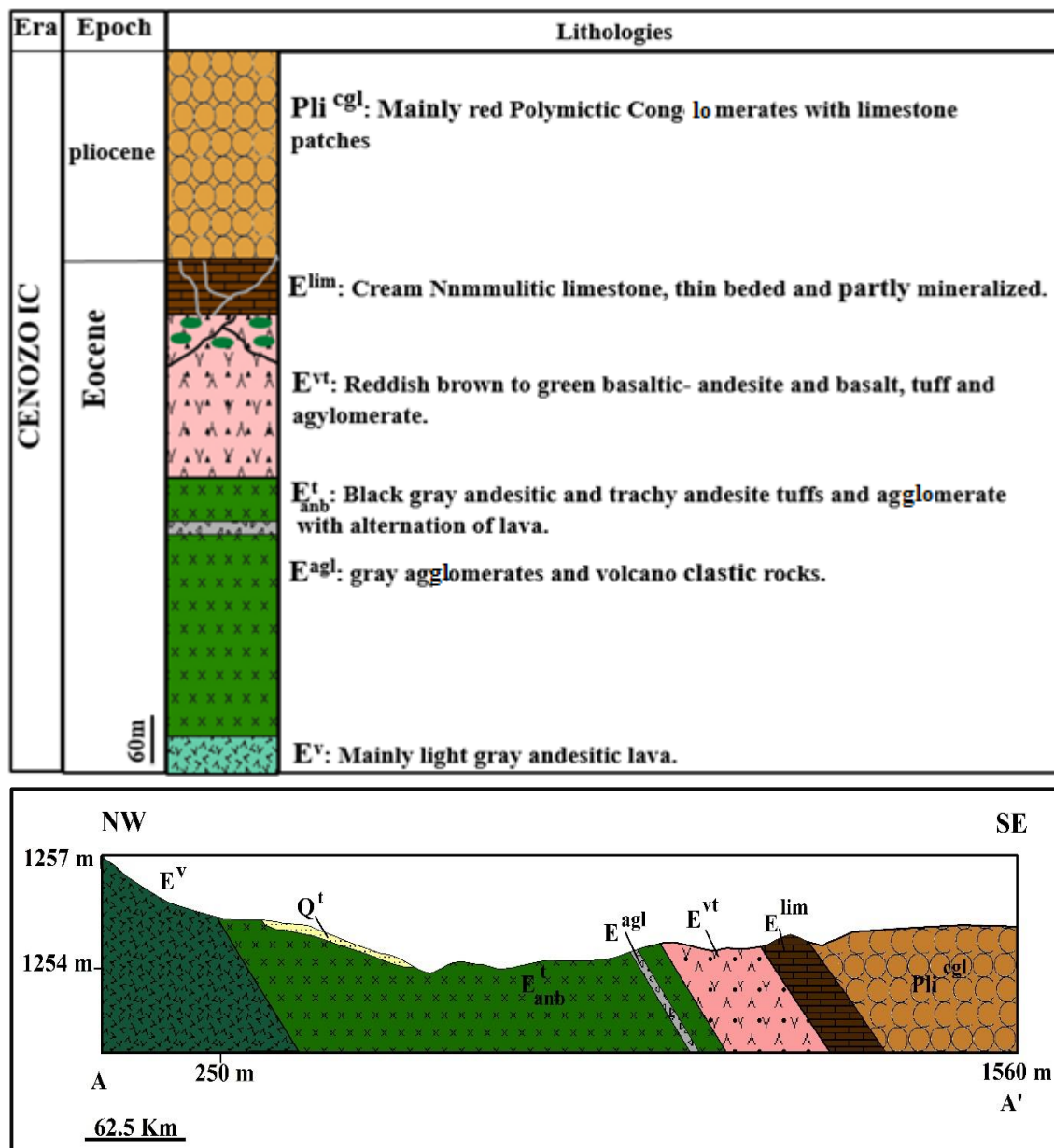
پیوست ۲: نقشه زمین شناسی بزرگ مقیاس منطقه چشمه مرضیه.



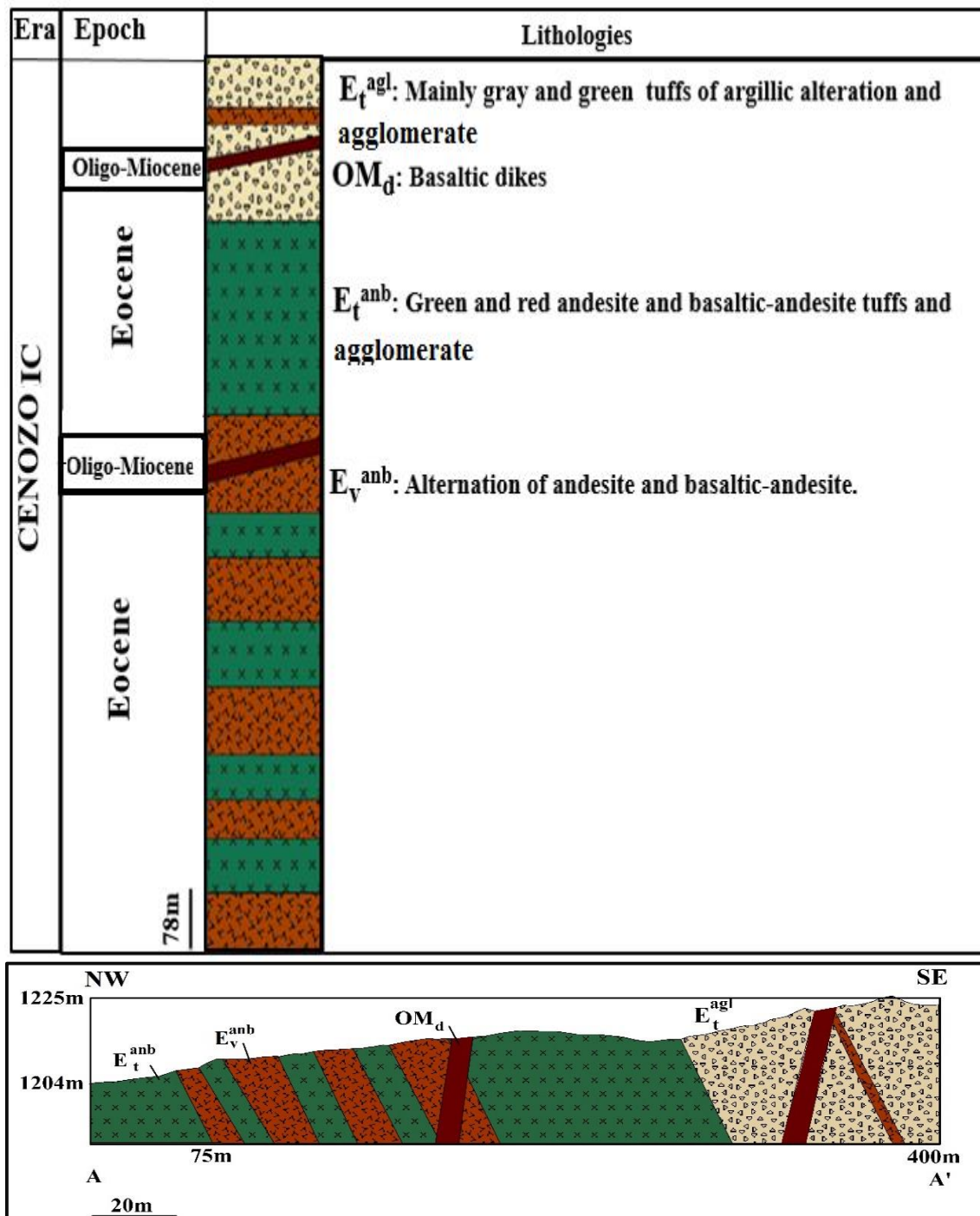
پیوست ۳: نقشه تکتونیکی کانسار چشمه مرضیه براساس نقشه ۱:۵۰۰۰ تهیه شده توسط صالحی و قربانی، ۱۳۹۳.



پیوست ۴: ستون چینه‌شناسی و پروفیل منطقه معدنی رهبری



پیوست ۵: ستون چین‌شناسی و پروفیل منطقه معدنی چشمه مرضیه



پیوست ۶: جدول مقادیر غلظت اکسیدهای اصلی بر حسب درصد وزنی (به روش XRF). (منطقه ابری و رهبری)

شماره نمونه	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	A-9	A-10	A-11
SiO ₂	۶۲/۱	۵۹/۱	۵۸/۸	۶۰/۹	۵۶/۳	۵۶/۹	۵۵/۵	۵۵/۴	۵۴/۴	۵۶/۸	۵۶/۶
Al ₂ O ₃	۱۹/۸	۱۸/۷	۱۶/۸	۱۸/۹	۱۷/۲۰	۱۶/۸	۱۷/۸	۱۷	۱۷/۵	۱۷/۲	۱۶/۹
Fe ₂ O ₃	۶/۷	۸/۳	۸/۵	۷/۲	۷/۸۹	۹/۳	۸/۳	۸	۸/۶	۷/۹	۱۰/۵
CaO	۳	۴/۲	۴/۳	۳/۹	۵/۷۷	۶/۱	۷/۱	۸/۲	۸	۵/۸	۴/۸
Na ₂ O	۴/۱	۳/۵	۳	۳	۲/۰۸	۲/۲	۳/۴	۲/۱	۲/۲	۲/۱	۲/۷
K ₂ O	۲/۵	۲/۷	۱/۷	۲/۶	۳/۰۶	۲/۵	۲/۴	۳/۵	۲/۸	۳/۱	۴/۸
MgO	۱	۲/۳	۱/۷	۲/۶	۳/۴۱	۳	۳	۳/۴	۳/۵	۳/۴	۲/۹
TiO ₂	۰/۷	۰/۶	۳/۸	۰/۶	۱/۱۵	۰/۷	۰/۷	۱/۳	۱	۱/۲	۰/۸

پیوست ۶: ادامه جدول مقادیر فراوانی عناصر فرعی و کمیاب در نمونه‌های منطقه ابری و رهبری به روش ICP- MS (بر حسب PPM).

شماره نمونه	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	A-9	A-10	A-11
Ag	۳/۴	۱/۴	۹	۷/۹	۱/۴۰	۰/۱۰	۰/۴	۰/۵	۰/۱۹	۰/۸	۰/۱۹
Pb	۴۸	۹	۱۵	۱۲	۱۰	۸	۱۱	۱۰	۵	۱۳	۵
Cu	۳۲۳۲	۱۲۶۰	۷۵۹۵	۴۲۹۲۲	۱۰۰۰۰	۱۵۳	۳۴۷	۳۵۴	۷۲	۳۵۲	۸۷/۵
Mo	۱۰	۰/۸	۱/۵	۱/۹	۳/۷۳	۱/۰۷	۱	۰/۵	۱/۵	۱/۳۶	۱/۴۸
Bi	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۲	۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۰۵	۰/۵	۰/۱۴	۰/۲۵	۰/۱۱
Fe	۴۵۷۸۱	۴۱۳۳۸	۳۵۲۴۲	۴۳۸۶۲	۶۰۲۰۰	۶۷۳۰۰	۴۹۰۰۱	۵۰۲۳	۵۴۳۲	۴۳۲۶	۵۲۳۰۰
Co	۶۵/۵	۱۷/۸	۴۵/۹	۲۳/۵	۲۱/۷	۲۸/۳	۲۲/۶	۲۱/۸	۲۲/۴	۲۳/۳	۲۱/۴
Cr	۲۲۳	۲۸	۲۹	۲۶	۱/۷۶	۱۷۴/۱	۷۶	۷۶/۵	۷۸/۹	۷۳/۲	۸۵/۵
Ni	۱۰۸	۴۲	۶۱	۳۵	۳۸/۶	۴۶/۶	۴۳	۳۲	۳۳	۲۵/۹۵	۳۱/۲
Ti	۳۴۸۱	۴۴۰۹	۴۷۷۱	۴۴۰۸	۵۵۰۰	۵۷۰۰	۵۱۶۱	۵۲۰۰	۴۸۲۱	۴۷۵۲	۴۷۰۰
Sb	۱/۵	۰/۶	۰/۲۵	۰/۸	۰/۵۸	۰/۱۱	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۳	۰/۲۵	۰/۲۰
Tl	۳,۳۵	۰/۲۶	۱/۵۲	۰/۸۹	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۶۲	۰/۱۴	۰/۱۴
Li	۴۲	۲۲	۹	۱۹	۱۵,۲	۲۲,۵	۹	۱۰	۲۳/۵	۱۳/۲۶	۲۵/۳
Be	۲/۷	۵/۹	۶/۷	۷/۲	۱/۴	۱	۹/۴	۸/۴	۱/۶	۷/۳	۱/۴
Na	۲۳۵۰	۲۸۸۳	۳۶۲۴۲	۲۶۲۳۷	۲۲۰۰۰	۴۲۷۰۰	۲۴۸۰۸	۲۳۷۰۲	۲۳۲۳	۲۵۰۳	۲۲۴۰۰
K	۱۴۸۵۰	۲۳۱۹۵	۲۲۶۰۱	۲۱۶۳۰	۲۶۵۰۰	۲۴۱۰۰	۲۱۵۹۱	۲۱۷۳۲	۲۶۷۴۱	۲۲۴۱۵	۲۸۰۰۰
Ca	۳۳۵۵۱	۳۰۰۸۰	۲۴۳۸۳	۲۹۳۸۴	۳۶۰۰	۵۷۳۰۰	۶۴۱۶۷	۶۵۱۴	۳۸۵۲	۴۲۵۱۲	۳۹۵۰۰
Mg	۱۴۵۵۷	۱۲۲۵۵	۵۰۶۷	۹۲۳۵	۲۶۷۰۰	۲۵۴۰۰	۱۷۰۲۵	۱۶۰۳۲	۲۷۶۲	۱۸۲۶	۲۸۶۰۰
Al	۶۷۲۰۵	۷۵۵۰۷	۶۳۵۵۲	۶۴۸۵۱	۷۱۱۰۰	۸۴۱۰۰	۹۰۴۵۱	۸۰۹۴۱	۷۰۰۰۰	۸۰۷۷۵	۶۸۹۰۰
Ga	۰	۰	۰	۰	۱۹/۷	۱۹/۴	۱۴/۸	۱۳/۸	۱۵/۶	۱۳/۲	۱۴/۸
Cs	۱/۷	۲/۲	۱/۲	۲/۳	۰/۳۸	۱۱/۱	۰/۹	۰/۸۹	۰/۷	۰/۳۶	۰/۶۸
Rb	۳۰	۶۳	۳۰	۵۹	۸۲/۶	۳۱/۱	۷۱	۷۳	۷۴/۲	۷۲/۳	۷۷/۵
Ba	۲۴۹۳	۸۴۱	۳۳۷	۳۳۰	۳۲۹	۴۱۸	۲۵۰	۲۴۵	۲۴۵	۲۰	۲۴۰,۸
Sr	۴۶۴	۶۱۱	۵۲۶	۵۷۱	۵۹۷	۴۴۴	۵۶۱	۴۴۸	۴۵۲	۶۲۱	۴۴۹
HSFE											
Th	۴/۰۶	۴/۶۸	۳/۷۳	۴/۱۷	۵/۶	۲/۷	۴/۱	۴/۳	۳/۸۹	۳/۷۵	۴/۷
U	۹	۱/۶	۱/۸۶	۱/۷	۲/۱	۰/۳	۱/۱۶	۱/۲	۱	۱/۶	۱/۵

پیوست ۶: ادامه جدول مقادیر فراوانی عناصر فرعی و کمیاب در نمونه‌های منطقه ابری و رهبری به روش ICP- MS (بر حسب PPM).

Y	۱۱/۹	۱۵/۳	۱۴/۹	۱۴/۴	۲۳/۷	۲۰/۷	۱۶	۱۸	۲۱/۲۴	۱۸/۳	۲۱/۳
Zr	۵۹	۱۱۴	۱۱۰	۱۱۰	۹۸٫۸	۶۱	۸۵	۷۶	۸۷/۳۳	۶۳	۸۷/۸
Hf	۱/۱۶	۳	۲/۷۶	۲/۸۲	۲/۹۲	۱/۹۲	۱/۹۴	۱/۷۳	۲/۲۳	۱/۶۳	۲/۲۳
Nb	۵/۵	۷/۲	۵/۷	۶	۸/۴	۴/۳	۵/۹	۶/۹	۶/۸	۶/۵	۷/۴
Ta	۰/۳۳	۰/۴۲	۰/۲۶	۰/۳	۱/۱۲	۰/۶۵	۰/۳۹	۰/۵۵	۰/۵۶	۰/۷	۰/۶۶
P	۵۸۳	۱۰۸۹	۱۱۴۹	۱۳۴۰	۲۷۰۰	۱۶۰۰	۱۸۷۲	۱۷۲۳	۲۴۳۵	۱۹۲۳	۲۵۰۰
REE											
La	۱۴	۱۲	۹	۱۱	۲۱/۷	۱۵/۱	۱۴	۱۶	۱۷/۱۶	۱۵/۳	۱۸/۴
Ce	۲۶	۳۰	۲۵	۲۷	۴۴/۲	۳۱/۱	۳۲	۳۰	۳۹/۸	۳۰/۱	۴۰/۹
Pr	۳/۷۸	۴/۹۵	۳/۳۶	۳/۹۴	۵/۴۴	۳/۹۱	۴/۵۱	۳/۹۲	۴/۲۱	۴/۹۵	۵/۰۱
Nd	۱۲/۶	۱۶/۶	۱/۳	۱۳/۸	۲۱/۷	۱۷/۴	۱۶٫۳	۱۷/۳	۱۸/۳۵	۲۲/۳	۲۱/۱
Sm	۲/۸۱	۳/۶	۳/۱۳	۳/۱۶	۵/۰۸	۴/۲۶	۳/۴۴	۳/۴۳	۴/۲۱	۳/۵۶	۴/۳۴
Eu	۱/۰۷	۱/۱۲	۱/۰۴	۰/۹۹	۱/۵۲	۱/۳۹	۱/۱۸	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۱۹	۱/۳۳
Er	۱/۱۷	۱/۶۵	۱/۶۴	۱/۵۳	۲/۵۲	۲/۲۵	۱/۷۶	۱/۶۷	۲/۲۶	۱/۸۷	۲/۳۸
Gd	۲/۹۳	۳/۷۴	۳/۴۲	۳/۵	۵/۲۲	۲/۶۵	۳/۶۸	۳/۷۵	۴/۸۵	۳/۶۲	۴/۶۱
Tb	۰/۴۲	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۷۱	۰/۶۴	۰/۵۳	۰/۵۴	۰/۴۱	۰/۴۸	۰/۶۳
Dy	۲/۵۳	۳/۳	۳/۲۱	۳/۱۴	۴/۰۲	۳/۶۵	۳/۳۵	۳/۲۵	۳/۷۶	۳/۸	۳/۹۳
Ho	۰	۰	۰	۰	۰/۸۵	۰/۷۸	۰/۷۳	۰/۶۳	۰/۵۲	۰/۶۳	۰/۷۳
Er	۱/۱۷	۱/۶۵	۱/۶۴	۱/۵۳	۲/۵۲	۲/۲۵	۱/۷۶	۱/۶۷	۲/۲۶	۱/۸۷	۲/۳۸
Tm	۰/۱۹	۰/۲۴	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۳	۰/۲۵	۰/۳۱
Yb	۰/۹	۱/۷	۱/۱۷	۱/۵	۲/۴	۲	۱/۷	۲/۱	۱/۹	۲	۲/۲
Lu	۰/۱۹	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۳۲	۰/۳۴

پیوست ۶: جدول مقادیر درصدی اکسیدهای اصلی بر حسب درصد وزنی (به روش XRF). (منطقه چشمه مرضیه)

شماره نمونه	cm1	cm 2	cm 3	cm4	cm 5	cm 6	cm 7	cm 8	cm 9
SiO ₂	۶۴/۱۴	۶۴	۸۱/۲۴	۵۷/۶۱	۶۱/۱۳	۶۰/۶۵	۵۹/۴۶	۶۰/۳۵	۶۴
Al ₂ O ₃	۱۸/۲	۱۷/۸۹	۷/۶۷	۱۶/۹۳	۱۷/۲۶	۱۶/۶۴	۱۸/۱۳	۱۸/۹۲	۱۸/۵۰
Fe ₂ O ₃	۵/۱۹	۷/۰۹	۲/۹۳	۵/۴۰	۴/۲۲	۴/۹۴	۴/۷۱	۳/۲۰	۶/۰۹
CaO	۲/۹۶	۲/۷۰	۴/۲۰	۲/۳۲	۵/۷۳	۶/۸۳	۶/۰۲	۵/۲۵	۲/۷۰
Na ₂ O	۳/۹۶	۳/۸۲	۱/۵۱	۳/۳۶	۵/۴۴	۵/۰۵	۵/۲۰	۶/۰۲	۴/۸۰
K ₂ O	۳/۶۸	۳/۱۹	۱/۶۶	۴/۱۴	۳/۶۹	۴/۶۸	۳/۷۷	۴/۹۹	۴/۱۰
MgO	۰/۴۶	۰/۲۶	۰/۴۳	۰	۱/۴۶	۰/۰۵	۱/۶۶	۰/۰۵	۰/۳۵
TiO ₂	۰/۶۰	۰/۶۵	۰/۲۳	۰/۷۶	۱/۶۵	۰/۶۵	۰/۶۸	۰/۷۳	۰/۵۶

پیوست ۶: جدول مقادیر عناصر فرعی و کمیاب بر حسب (PPM (ICP- MS). (چشمه مرضیه)

شماره نمونه	Cm-1	Cm-2	Cm-3	Cm-4	Cm-5	Cm-6	Cm-7	Cm-8	Cm-9
Ag	۰/۶	۳۱/۹	۱/۶	>۱۰	۰/۴۲	۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۵	۰/۱۴
Pb	۱۵	۲۳	۱۱	۳۸	۲۲	۲۰	۲۲	۱۴	۱۷
Cu	۱۰۶۸	>۵٪	۵۳۲۹	>۱۰۰۰	۵۴۱	۵۷۵	۴۵۸	۱۰۶۸	۳۹۷
Mo	۲/۲	۳/۸	۱/۴	۶/۸۲	۳/۰۱	۳/۷۵	۳/۲۵	۲/۱	۲/۷۹
Bi	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۴۶	۰/۱۶	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۰۵	۰/۱۱
Fe	۳۵۷۹۴	۳۵۶۵۸	۲۵۴۴۱	۴۱۰۰۰	۳۷۹۰۰	۳۴۷۰۰	۳۲۰۰۰	۳۴۲۱	۳۲۲۰۰
Co	۸/۲	۴/۲	۷/۶	۴/۹	۸/۴	۶/۲	۴/۲	۲/۳	۹/۹
Ni	۲۹	۱۸	۲۳	۱۳/۸	۱۹/۶	۱۶/۲	۱۷/۳	۲۹	۱۸/۷
Ti	۴۴۵۶	۳۱۳۹	۱۶۳۲	۳۸۰۰	۴۰۰۰	۳۹۰۰	۳۴۰۰	۳۲۱۵	۰/۴۴
Sb	۱/۱	۲/۲	۸/۱	۱/۳۳	۰/۵۸	۰/۸۴	۰/۸۴	۱/۵	۱/۸۴
Tl	۰/۵۵	۰/۴۱	۰/۵	۰/۶۰	۰/۵۱	۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۳۹	۰/۵۶
Li	۱۱	۱۰	۲۱	۱۵/۸	۲۲/۶	۱۸/۵	۱۷/۳	۱۰	۲۰/۶
Be	۴/۹	۳/۹	۱/۲	۱/۱	۱/۴	۱/۲	۱/۵	۳/۹	۱/۳
Na	۳۱۳۴۸	۲۷۳۸۹	۱۲۳۷۲	۳۲۶۰۰	۳۶۶۰۰	۳۵۷۰۰	۳۵۷۲۳	۳۰۲۲۱	۲۹۰۰۰
K	۳۴۶۲۶	۲۸۲۴۸	۱۶۸۶۶	۳۵۲۰۰	۳۶۲۰۰	۳۸۱۰۰	۳۷۵۱۲	۳۶۶۲۰	۴۲۱۰۰
Ca	۲۴۹۶۶	۱۸۰۲۴	۳۲۰۴۸	۱۳۵۰۰	۴۷۷۰۰	۳۴۵۰۰	۳۵۰۰۰	۲۳۲۳۰	۳۲۲۲۰
Mg	۲۸۷۱	۱۸۵۶	۲۶۸۸	۲۴۰۰	۳۹۰۰	۱۴۰۰	۱۲۹۰	۲۷۸۱	۴۱۰۰
Al	۷۴۶۵	۶۴۹۷	۴۲۱۲	۲/۶۶	۴/۱۷	۲/۵۶	۲/۳۶	۷۳۶۵	۳۴۵۰
Ga	۱۵/۲	۱۵/۲	۱۵/۲	۱۵/۲	۱۸/۶	۱۷/۳	۱۶/۲	۱۵	۱۷/۸
Cs	۴/۸	۳/۹	۳	۵/۳۹	۵/۶۷	۶/۶۹	۶/۷۸	۴	۵/۵۱
Rb	۹۴	۷۹	۴۸	۷۴/۳	۷۸/۲	۱۰۱	۱۲۲	۸۰۲	۸۶/۱
Ba	۶۱۳	۴۲۰	۴۷۷	۲۵۴	۳۶۸	۴۰۰	۳۵۹	۵۱۲	۳۹۸
Sr	۳۱۶	۳۱۵	۱۶۳	۱۳۲	۲۲۳	۱۸۴	۱۹۰	۳۱۲	۱۷۳
HSFE									
Th	۴/۳۵	۴/۲۹	۲/۴۷	۲/۷	۳/۹	۳/۲	۳/۲	۳/۹	۴/۵
U	۱/۲	۱/۵	۱/۱	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۱/۳	۰/۲
Y	۱۴/۴	۱۴/۵	۹/۲	۸/۷	۱۸	۱۵	۱۵	۱۴	۲۰/۶
Zr	۱۱۹	۱۸	۸۹	۱۰۹	۱۲۸	۱۱۰	۱۱۰	۱۰۰	۱۴۲
Hf	۳/۰۸	۳/۱۲	۱/۷۸	۳/۷۸	۳/۶۵	۳/۱۵	۳/۱۴	۳/۰۴	۴/۱۵
Nb	۵/۵	۴/۶	۱/۸	۴/۷	۵/۴	۴/۹	۵/۳	۵/۲	۶
Ta	۰/۴	۰/۳۱	۰/۰۵	۰/۴۶	۰/۴۳	۰/۳۷	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۴۸
P	۱۰۹۰	۱۲۳۷	۴۳۵	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۸۰۰	۹۰۰	۱۰۳۲	۱۰۰۰
REE									
La	۱۳	۱۱	۷	۴/۶	۸/۹	۵/۶	۶/۱	۱۲	۷/۴
Ce	۳۰	۲۶	۱۷	۹/۹۱	۱۹/۵	۱۳/۵	۱۲/۵	۳۲	۱۸
Pr	۳/۹۳	۳/۷	۲/۵۳	۱/۳۵	۲/۶۰	۱/۸۲	۱/۷۳	۲/۹	۲/۳۱
Nd	۱۳/۷	۱۲/۶	۷/۶	۵/۸۰	۱۱	۸/۰۲	۹/۲۶	۱۲/۸	۱۰/۸
Sm	۲/۹۸	۲/۸۹	۱/۶۶	۱/۵	۳/۰۲	۲/۳۵	۲/۳۶	۲/۷	۳/۲۴
Eu	۱	۰/۹۵	۰/۵۶	۰/۶۰	۱/۰۴	۰/۹۲	۰/۷۷	۱	۱/۰۲

پیوست ۶: ادامه جدول مقادیر عناصر فرعی و کمیاب بر حسب PPM (ICP- MS) (چشمه مرضیه)

Er	۱/۶۶	۱/۶۱	۰/۶۴	۱/۳۰	۲/۳۴	۱/۷۷	۱/۸	۱/۵۶	۲/۵۰
Gd	۳/۲۶	۳/۲۶	۱/۷۶	۰	۰	۰	۰	۰	۳/۳۹
Tb	۰/۴۷	۰/۴۶	۰/۵۳	۰/۲۷	۰/۵۰	۰/۴۲	۰/۳۲	۰/۴۱	۰/۵۲
Dy	۳/۰۷	۳/۰۵	۱/۵۸	۱/۸۵	۳/۳۷	۲/۷۸	۲/۴۵	۲/۸	۳/۳۰
Ho	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۶۸	۰/۵۷	۰/۵۸	۰/۳۴	۰/۷۴
Tm	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۱۲	۰/۲۱	۰/۳۳	۰/۳	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۳۲
Yb	۱/۸	۱/۷	۰/۴	۱/۴	۲/۳	۱/۸	۲	۱/۶	۲/۵
Lu	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۱۵	۰/۲۳	۰/۳۶	۰/۳۰	۰/۲۳	۰/۲۹	۰/۴۱

پیوست ۷: ضریب همبستگی پیرسون (Pearson) بین عناصر کمیاب در کانسار رهبری

Ag	۱														
As	-۰/۴	۱													
Co	-۰/۵	۰/۵	۱												
Cu	۰/۸*	۰/۳	-۰/۲	۱											
Fe	۰/۲	۰/۷	۰/۳	۰/۲	۱										
Hg	۰/۶	۰/۹۶*	-۰/۵	۰/۸*	۰/۵	۱									
Mo	۰/۴	-۰/۹	-۰/۲	۰/۶	۰/۴	۰/۷	۱								
Ni	-۰/۳	۰/۹۸	۰/۵	۰/۲	۰/۷	۰/۵	۰/۶	۱							
Pb	۰/۷	۰/۱	۰/۱	۰/۶	-۰/۱	۰/۱	-۰/۱	۰/۰۱	۱						
S	-۰/۹	۰/۳	-۰/۹	-۰/۲	-۰/۴	۰/۹۷	-۰/۵	۰/۸	-۰/۹*	۱					
Sb	۰/۸*	-۰/۴	-۰/۷	۰/۷	-۰/۳	۰/۹**	۰/۵	-۰/۲	۰/۲	۰/۶	۱				
Sn	-۰/۷	-۰/۵	۰/۰۴	-۰/۹	۰/۹۹*	۰/۲	۰/۲	۰/۹	-۰/۲	۰/۴	-۰/۵	۱			
U	۰/۸*	-۰/۵	-۰/۹**	۰/۵	-۰/۲	۰/۷	۰/۴	-۰/۶	۰/۲	-۰/۹۸	۰/۸*	-۰/۶	۱		
Zn	۰/۸*	-۰/۵	-۰/۳	۰/۷	-۰/۰۱	۰/۳	۰/۳	-۰/۱	۰/۸*	-۰/۵	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۱	
	Ag	As	Co	Cu	Fe	Hg	Mo	Ni	Pb	S	Sb	Sn	U	Zn	

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

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

پیوست ۸: ضرایب همبستگی پیرسون (Pearson) بین عناصر کمیاب در کانسار چشمه مرضیه

Ag	۱																	
Al	۰/۳	۱																
As	۰/۰۰۳	-۰/۳۴	۱															
Ba	۰/۱	۰/۷*	۰/۶	۱														
Bi	-۰/۵	-۰/۸**	-۰/۶	۰/۹**	۱													
Cd	۰/۵	۰/۹۴**	-۰/۳	۰/۶	۱	۱												
Co	-۰/۳۰	-۰/۰۲	-۰/۳	۰/۰۴	۰/۹**	-۰/۲	۱											
Cu	۰/۹*	۰/۵	۰/۹۶**	۰/۶	۰/۶	۰/۷	-۰/۰۱	۱										
Fe	۰/۱۲	-۰/۴۰	۰/۳	-۰/۴	۰/۰۴	-۰/۴	۰/۷*	-۰/۲	۱									
Mo	۰/۱۴	-۰/۶	۰/۸*	۰/۲	۰/۶	-۰/۵	-۰/۱	-۰/۹**	۰/۴	۱								
Ni	-۰/۱	۰/۷*	-۰/۶	-۰/۸**	-۰/۴	۰/۶	-۰/۱	۰/۵	-۰/۶	-۰/۸**	۱							
Pb	۰/۲	-۰/۷*	۰/۸**	-۰/۸**	۰/۲	-۰/۵	-۰/۱	-۰/۸*	۰/۵	۰/۹**	-۰/۸**	۱						
S	۰/۹۷*	-۰/۶	۰/۵	۰/۵۷	-۰/۸**	-۰/۶	-۰/۰۲	۰/۹	۰/۵	۰/۷	-۰/۹*	۰/۷	۱					
Sb	۰/۳۹	۰/۶	-۰/۶	۰/۲۵	۱	۰/۷*	-۰/۰۵	۰/۸*	-۰/۱	۰/۵	۰/۲	-۰/۵	۰/۲	۱				
Sr	۰/۴	۰/۵	-۰/۰۴	۰/۷*	۰/۹**	۰/۵	-۰/۳۴	-۰/۰۳	-۰/۴	-۰/۳	۰/۷	-۰/۳	-۰/۵	-۰/۱	۱			
Zn	۰/۷	۰/۲	۰/۲	۰/۱۳	۰/۶	۰/۱	-۰/۰۳	-۰/۹**	۰/۲	۰/۱	-۰/۱	۰/۱	۰/۳	-۰/۲	۰/۵	۱		
	Ag	Al	As	Ba	Bi	Cd	Co	Cu	Fe	Mo	Ni	Pb	S	Sb	Sr	Zn		

Abstract

Abri copper deposit is at the in Khorasan Rasavi province: located in 80 km NW Bardaskan, 25 km NW Darooneh. Rahbari copper deposit in 4 km east and Cheshmeh Marziyeh copper deposit are located in 40 km SW Abri area. The study area is a part of Khaf-Darooneh volcanic-plutonic belt, Sabzevar Sub- Zone. The studied area rock units consisted of three categories with Middle Eocene include: 1-submarine lava (andesite, basalt, porphyry andesite-basalt, andesite, trachy andesite, trachy dacite and dacite), 2- pyroclastic (tuff and agglomerate) and 3- Eocene sedimentary which is cut off by basaltic dikes in some areas. The volcanic rocks belong to medium to high K calc-alkaline magmatic series and have been formed during a volcanic arc tectonic regime of active continental margin. The effective factors copper mineralization in the study areas including: 1- The lithology of host rocks, (2) structural controls, 3- hydrothermal fluids and 4- The presence of intrusive bodies at depth and basaltic dykes. The controllers play a significant role in the transfer of hydrothermal fluids and their accumulation and deposition. Mineralization in Abri and Rahbari areas, on the border of limestone units with pyroclastic rocks and lava as strata bound and in Cheshmeh Marzieh area occurred as veins along the fault planes in a lava unit. The mineral is formed as veins and vein- veinlet, cavities and open space filling and disseminated. The most important alterations in the area of the volcano-sedimentary sequences are the argillic alteration, silicification and carbonate. The main minerals formed the deposits are classified in three groups of sulfide minerals (chalcocite, covellitis, bornite, chalcopyrite and pyrite), carbonate minerals (malachite, azurite) and oxide minerals (cuprite, magnetite, hematite and limonite). The main texture of the area including: vein-veinlets, open space filling, disseminated and replacement. Based on the micro thermometry studies the average of fluid inclusions homogenization temperature in Abri area 229 °C and in Cheshmeh Marziyeh is 167 °C. The average of salinity in the Abri and Cheshmeh Marziyeh area 1.7 and 1.8 wt% NaCl, respectively. Based on the geochemical studies copper is the highest production element (The equivalent of 4 to 5 weight percent) and display the maximan correlation with silver. finally, regarding our research the mineralization in Abri and Rahbari areas similare copper whith manto type deposits and in the Cheshmeh Marziyeh whith low-sulfidation epithermal system.

Keywords: Copper, Manto, mineralogy, geochemistry, Abri, Bardaskan, Khaf- Darooneh.



Shahrood University Technology

Faculty of Geosciences

M.Sc Thesis in Earth Sciences

**Mineralogy, geochemistry and genesis of the Abri, Rahbari, Cheshmeh
Marziyeh Cu deposit, NW Darooneh**

By: Afsaneh Soltani

Supervisor:

Dr. Farajollah Fardoost

September 2016