

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



عنوان طرح:

بررسی زمین‌شناسی، دگرسانی و کانی‌زایی کانسار سرب و روی منطقه عنبران

(شهرستان نمین) با پردازش داده‌های سنتینل ۲A

کارفرما: سازمان صنعت، معدن و تجارت استان اردبیل

مجری طرح: معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه محقق اردبیلی

مدیر طرح: دکتر سیده نرگس ساداتی

ناظر علمی طرح: دکتر رضا طلایی

ناظر سازمان: مهندس شاپور رجبی

تابستان ۱۴۰۰

محدوده مورد مطالعه در شمال غرب روستای عنبران در استان اردبیل و از لحاظ زمین‌شناسی ساختاری در زون البرز غربی- آذربایجان واقع شده است. قدیمی‌ترین واحدهای منطقه رخنمون‌های سازند بایندر (پرکامبرین بالایی) و سلطانیه (کامبرین زیرین) بوده و سازندهای دوران مزوزوئیک (سازندهای الیکا، شمشک و لار) و کرتاسه بالایی در مناطق محدودی از گستره حضور دارند. کانه‌های سرب و روی عمدتاً در هسته ساختمان تاقدیسی عنبران با روند شمال باختری- جنوب خاوری و در میان لایه‌های دولومیتی سازند شیلی بایندر قرار گرفته است. در این مطالعه از پردازش داده‌های سنتینل ۲ به منظور آشکارسازی دگرسانی‌ها استفاده گردید و از تلفیق نتایج حاصل از پردازش تصاویر به همراه استخراج خطواره‌ها و زمین‌شناسی محلی، مناطق امیدبخش معدنی در قسمت‌هایی از شرق، مرکز و شمال منطقه معرفی گردید. سپس از پهنه‌های معرفی شده به منظور مطالعه پراکندگی عناصر سرب و روی، بررسی پتروگرافی، مینرالوگرافی و ژئوشیمی با استفاده از آنالیزهای XRD, XRF و ICP-MS انجام شده است. نتایج مطالعات حکایت از حضور سه گروه کانه‌های در منطقه دارد: ۱- کانه‌های اصلی: اسفالریت، گالن و در برخی مناطق پیریت و کالکوپیریت ۲- کانه‌های فرعی: کوولیت، مالاکیت، آزوریت، مگنتیت، هماتیت، سروزیت و همی مورفیت ۳- کانی‌های باطله: کلسیت، دولومیت، باریت، کوارتز، فلدسپار، ژیپس، سرب و کانی‌های رسی. بافت‌های متنوعی از قبیل بافت پرکننده فضای خالی، رگه‌ای و رگچه‌ای، جانشین، برشی و... در سنگ‌های میزبان کانه‌های مشاهده شده است. در منطقه مورد مطالعه فعالیت‌های ماگمایی و واحدهای ولکانیکی ارتباطی با واحدهای کانه‌زایی نشان نمی‌دهند. همراهی نزدیک کانه‌های سولفیدی با تهنشست‌های سیلیسی و باریتی نشان‌دهنده این است که سیلیسی شدن مقدمه گسترش درز و ترک و شکستگی در سنگ‌های میزبان بوده که در مراحل بعدی به وسیله کانه‌های فلزی و بعضاً سیلیس‌ها و باریت‌های تحرک مجدد یافته در بخش برشی پر شده است. مقادیر مثبت یوروپیوم در نمونه‌های حاوی کانه‌های زایی برداشت شده از منطقه عنبران دال بر نقش سیال گرمابی در کانه‌زایی است و همراهی آن با ناهنجاری سرب نشان‌دهنده اختلاط سیال گرمابی با آب‌های دریایی است. غنی بودن رسوبات از عناصر نادر خاکی سبک (LREE) نیز نقش سیالات گرمابی همزمان با رسوبگذاری در منطقه را تایید می‌کند. در مجموع با در نظر گرفتن شواهدی از جمله سنگ میزبان، بافت و ساخت ماده معدنی، محدود بودن کانه‌زایی به افق‌های خاص استراتیگرافی، همچنین شواهد ژئوشیمیایی این کانسارها را می‌توان در زمره سین تا دیاژنتیک تقسیم‌بندی کرد. بخشی از ماده معدنی همزمان با تشکیل سنگ میزبان کربناته به صورت اولیه با عیار پایین رسوب کرده و سپس طی فرایندهای دیاژنتیک و تکتونیک در مراحل بعدی جابه‌جا شده و تمرکز یافته است و در نهایت فرایندهای هوازدگی انواع مختلف کانی‌های اکسیدی و کربناته را تشکیل داده است.

فهرست

فصل اول: کلیات	۱
۱-۱- بیان مساله	۲
۲-۱- هدف انجام طرح	۲
۳-۱- ضرورت انجام تحقیق	۳
۴-۱- فرضیات یا سوال های تحقیق	۴
۵-۱- موقعیت جغرافیایی و راه های دسترسی	۴
۶-۱- آب و هوا و ژئومورفولوژی	۷
۷-۱- بررسی منابع	۷
۱-۷-۱- نقشه های زمین شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰	۸
۲-۷-۱- اکتشافات موضوعی	۸
فصل دوم: مواد و روش ها	۱۰
۱-۲- مواد	۱۱
۱-۲-۱- ماهواره سنتینل 2A	۱۱
۲-۲- روش ها	۱۶
۱-۲-۲- بررسی های زمین شناسی	۱۶
۲-۲-۲- بررسی های دورسنجی	۱۶
۳-۲-۲- بررسی های پتروگرافی و کانه نگاری	۱۷
۴-۲-۲- بررسی های ژئوشیمی	۱۷
۵-۲-۲- تلفیق اطلاعات و ارائه نتایج نهایی	۱۸
فصل سوم: نتایج و بحث	۲۰
۱-۳- زمین شناسی	۲۱
۱-۱-۳- زمین شناسی عمومی منطقه	۲۱
۲-۱-۳- زمین شناسی ساختمانی	۲۶
۳-۱-۳- زمین شناسی محلی منطقه	۲۸
۴-۱-۳- زمین شناسی ساختاری منطقه	۳۵
۲-۳- دورسنجی اکتشافی	۴۱
۱-۲-۳- پردازش تصویر	۴۱

۵۳	..... ۲-۲-۳- همپوشانی تصاویر و معرفی مناطق امیدبخش معدنی
۵۵	..... ۳-۳- پتروگرافی، دگرسانی و کانه زایی
۵۷	..... ۱-۳-۳- ویژگی سنگ میزبان
۵۸	..... ۲-۳-۳- دگرسانی‌ها و محصولات حاصل از فرایندهای گرمایی منطقه مورد مطالعه
۶۹	..... ۳-۳-۳- شاخص دگرسانی
۶۹	..... ۴-۳-۳- انواع ساخت‌های مهم مشاهده شده در منطقه عنبران
۷۶	..... ۵-۳-۳- انواع کانه‌های فلزی در منطقه عنبران
۸۸	..... ۶-۳-۳- تعیین توالی پاراژنتیکی
۹۰	..... ۴-۳- ژئوشیمی
۹۱	..... ۱-۴-۳- پردازش آماری نمونه‌ها
۱۰۱	..... فصل چهارم: نتیجه‌گیری
۱۰۲	..... ۱-۴- نتیجه‌گیری
۱۰۷	..... پیشنهادات
۱۰۹	..... منابع
۱۱۱	..... پیوست

فصل اول: کلیات

پیرو قرارداد منعقدشده مابین سازمان صنایع و معادن استان اردبیل و دانشگاه محقق اردبیلی، در تاریخ ۱۳۹۹/۱۲/۲۳ به شماره ۱۲۵/۵۲۷۸۸، این‌جانب سیده نرگس ساداتی در ۷ نوبت از منطقه مورد مطالعه بازدید نموده‌ام. این پروژه بر طبق شرح خدمات ارائه‌شده در پروپوزال تأییدی در سامانه سمات با عنوان (بررسی زمین‌شناسی، دگرسانی و کانی‌زایی کانسار سرب و روی منطقه عنبران (شهرستان نمین) با پردازش داده‌های سنتینل 2A) اجرا شده است که به شرح زیر می‌باشد،

۱- پردازش تصاویر ماهواره‌ای (سنتینل 2A)

- بررسی انواع و شدت دگرسانی‌های موجود در منطقه مورد مطالعه
- بررسی تراکم خطواره‌ها و شکستگی‌ها در منطقه مورد مطالعه
- رابطه دگرسانی و خطواره‌ها
- مشخص شدن نقاط نمونه‌برداری

۲- نمونه‌برداری و مطالعه مقاطع نازک و نازک صیقلی (۱۵ عدد)

- شناسایی مناطق دگرسان شده مرتبط با کانه‌زایی
- تعیین نوع کانی‌های معدنی و باطله

۳- نمونه‌برداری و پردازش نمونه‌های لیتوژئوشیمیایی (۱۵ عدد)

- بررسی نوع و تغییرات غلظت عناصر ژئوشیمیایی در محیط
- بررسی ویژگی‌های ژئوشیمیایی سنگ میزبان
- ارتباط دگرسانی و ناهنجاری ژئوشیمیایی در منطقه مورد مطالعه بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های سنگی

- تجزیه و تحلیل داده‌ها و کشف رابطه الگوهای ساختاری و دگرسانی با کانه‌زایی

۴- تلفیق و تجزیه و تحلیل اطلاعات (ارائه یک جلد گزارش همراه با سی دی و چکیده انگلیسی)

۱-۱- بیان مساله

از آنجاکه بخشی از کمر بند کوهزایی آلپ-هیمالیا که میزبان ذخایر عمده فلزی مانند مس، مولیبدن، طلا، سرب و روی و هستند، از ایران می‌گذرد، اکتشاف این عناصر به‌خصوص در کمر بند ماگمایی ارومیه دختر که بر این پهنه کوهزایی منطبق است، بسیار حائز اهمیت می‌شود. اردبیل در منطقه‌ای کاملاً استراتژیک از نظر پراکندگی مواد معدنی و در ادامه زون ماگمایی ارومیه دختر قرار گرفته است. از این رو تنوع مواد معدنی همچون سنگ‌های ساختمانی و تزئینی، آهن، منگنز، طلا، مس، سرب و روی و از شاخصه‌های مهم معدنی این زون است، با توجه به ارتباط بین نواحی دگرسانی با کانی‌سازی‌های فلزی، شناخت و به‌نقشه درآوردن این نواحی در اکتشاف این کانسارها اهمیت زیادی دارد. در سال‌های اخیر علم سنجش‌ازدور با توسعه ماهواره‌ها و سنجنده‌های چندطیفی با قدرت تفکیک مکانی بالا جایگاه ویژه‌ای در علوم مرتبط با زمین‌شناسی یافته است که در میان آن‌ها سنجنده سنتینل به‌واسطه قابلیت‌های منحصر به فرد از جمله بالاتر بودن قدرت تفکیک مکانی آن نسبت به سنجنده‌های لندست و استر اهمیت ویژه‌ای دارد و کاربرد وسیعی در بهنگام‌سازی نقشه‌های زمین‌شناسی، بهبود کیفی نقشه‌ها و تهیه نقشه‌های موضوعی مانند زون‌های دگرسانی، واحدهای سنگی، خطواره‌ها و الگوهای شکستگی یافته و در تهیه نقشه پتانسیل معدنی بسیار مثمر ثمر بوده و از نظر وقت و هزینه نیز بسیار مقرون به‌صرفه می‌باشد. استخراج ساختارهای خطی و حلقوی که فقط در تصاویر ماهواره‌ای با دقت بالا قابل تفکیک بوده و تأثیر آن‌ها در کانه‌زایی‌ها ثابت شده، به همراه امکان جداسازی دگرسانی‌های مختلف در پردازش‌های طیفی و بصری، استفاده از این نوع سنجنده‌ها را بررسی زمین‌شناسی، کانه‌زایی و دگرسانی امری ضروری و کاربردی نموده است. همچنین از آنجاکه کنترل‌کننده‌های ساختاری همچون گسل‌ها و خطواره‌ها به‌عنوان معبر عبور سیال در تشکیل سیستم‌های کانه‌زایی مس بسیار حائز اهمیت می‌باشند، این امر نقش استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا نظیر سنتینل را (به دلیل پوشش وسیع داده‌های آن که امکان مطالعات زمین‌ساخت ناحیه‌ای و منطقه‌ای را ممکن می‌سازد)، امری ضروری و کاربردی نموده است. البته باید در نظر داشت که برای شناسایی مناطق امیدبخش معدنی دورسنجی اکتشافی به‌تنهایی کافی نمی‌باشد، لذا در این مطالعه از روش اکتشافی دیگر مثل مطالعات مطالعه مقاطع نازک و صیقلی و همچنین آنالیزهای لیتوژئوشیمیایی نیز استفاده خواهد شد تا مستعدترین محدوده برای کانه‌زایی معرفی گردد.

۱-۲- هدف انجام طرح

اکثر ذخایر معدنی مرتبط با سیالات گرمابی در سطح زمین با هاله‌های دگرسانی همراه می‌باشند؛ که شناسایی این مناطق دگرسانی و زون بندی آن‌ها از طریق تصاویر دورسنجی، می‌تواند جهت عملیات

اکتشافی بسیار مفید بوده و به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای زمان و هزینه‌های پی‌جویی و اکتشاف را کاهش دهد. هدف از پژوهش حاضر ارزیابی پتانسیل تصاویر سنتینل ۲ برای استخراج خطوط‌ها و دگرسانی همراه با کانه زایی سرب و روی در منطقه عنبران به‌منظور هدایت برنامه پی‌جویی مقدماتی به سبکی مؤثر می‌باشد که موجب صرفه‌جویی در زمان و هزینه شود. با توجه به مشابهت نسبی باندهای سنجنده‌های چندطیفی روش پردازش که در مطالعات پیشین با استفاده از تصاویر لندست و استر انجام شده است، به‌طور مشابه برای تصاویر سنتینل ۲ نیز می‌تواند کاربردی باشد. هدف از این پژوهش این است که برای فراهم کردن اطلاعات سنگ‌شناسی و زمین‌شناسی ساختاری، با تصاویری با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ و ۲۰ متر به‌جای ۳۰ متر کار کنیم که با بارزسازی نواحی دگرسانی و خطوط‌ها اطلاعات ارزشمندتری را برای فعالیت‌های اکتشافی و پی‌جویی در اختیار ما قرار دهد. از این‌رو هدف این طرح پژوهشی را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

- شناسایی مناطق دگرسان شده مرتبط با کانه زایی

- تجزیه و تحلیل اطلاعات و کشف رابطه الگوهای ساختاری و دگرسانی با کانه زایی

- انواع و شدت دگرسانی‌های موجود در منطقه

- نوع و پراکندگی عناصر ژئوشیمیایی در منطقه مورد مطالعه

- ویژگی‌های ژئوشیمیایی سنگ میزبان کانی سازی

- نوع کانی‌های معدنی و باطله

- ارتباط دگرسانی و آنومالی ژئوشیمیایی در منطقه مورد مطالعه

۱-۳- ضرورت انجام تحقیق

آنچه در جامعه کنونی باعث تعالی و رشد کشورهاست کامل‌ترین شناخت از ذخایر معدنی، بهترین برنامه‌ریزی‌های اکتشافی و مدرن‌ترین نوع اکتشاف و بهره‌وری از مواد معدنی است. امروزه استفاده از تکنولوژی‌های جدید در اکتشافات سیستماتیک مواد معدنی جهت معرفی مناطق امیدبخش معدنی پیشرفت قابل‌توجهی داشته است. تاکنون در منطقه مورد مطالعه بررسی جامع و کاملی به‌وسیله پردازش تصاویر ماهواره‌ای نظیر سنتینل و تلفیق آن با داده‌های ژئوشیمیایی جهت پتانسیل‌یابی مواد معدنی انجام نشده است. با توجه به پتانسیل بالای تصاویر ماهواره‌ای در شناسایی نواحی دگرسانی مرتبط با کانسارهای گرمابی و همچنین بارزسازی خطوط‌ها و گسل‌ها، پردازش این تصاویر و استخراج اطلاعات از آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است و می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی هزینه‌های پی‌جویی و اکتشاف را کاهش دهد.

۴-۱- فرضیات یا سؤال‌های تحقیق

- تعیین انواع دگرسانی‌های مرتبط با سیستم‌های پلی متال و ارتباط آن با زون‌های غنی‌شدگی
- تعیین انواع خطواره‌ها و شکستگی‌ها و بررسی ارتباط آن‌ها با الگوهای کانه زایی
- معرفی مناطق امیدبخش معدنی

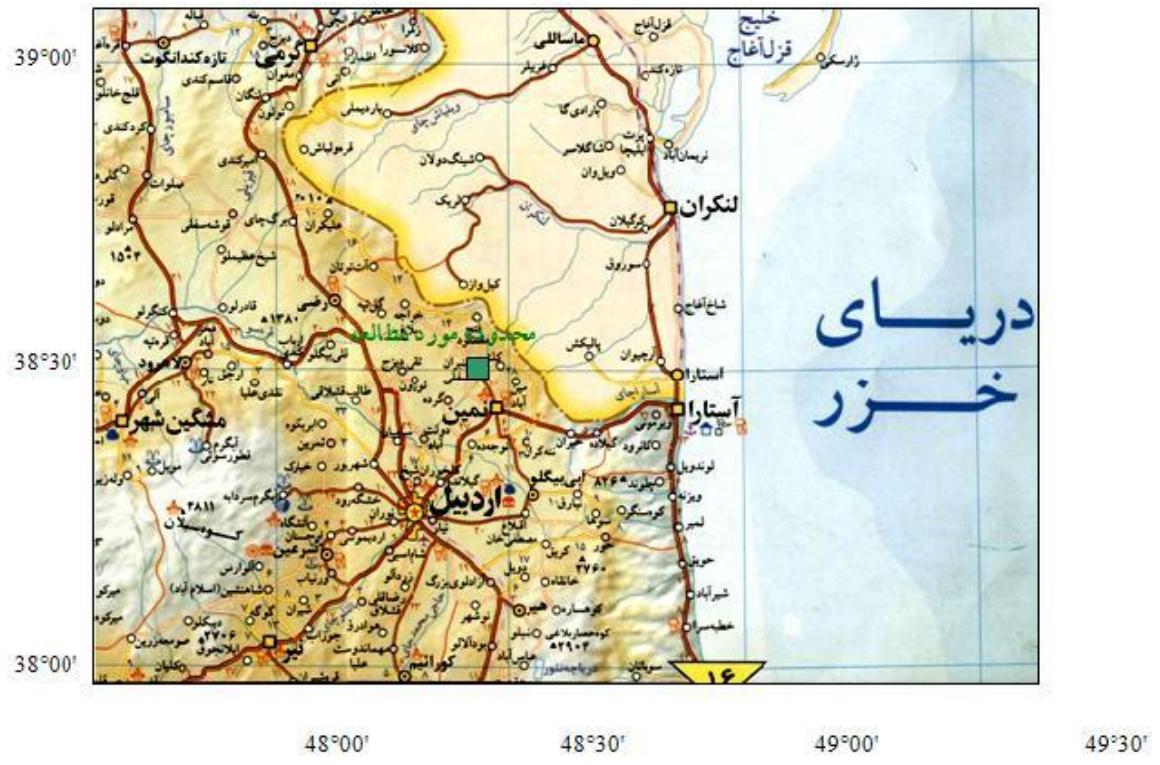
۵-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی

استان اردبیل با ۱۷۹۵۳ کیلومترمربع وسعت در شمال غربی فلات ایران جای گرفته و حدوداً ۱/۰۹ درصد مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد. این استان از شمال با جمهوری آذربایجان، از جنوب با استان زنجان، از غرب با آذربایجان شرقی و از شرق با استان گیلان همسایه است. ۵ شهرستان این استان حدود ۳۶۹ کیلومتر با کشور جمهوری آذربایجان مرز مشترک دارد که در ۱۵۹ کیلومتر آن رودهای ارس و بالهارود جریان دارد. سه عامل شکل‌دهنده اقلیم آب و هوایی استان، توپوگرافی، زاویه تابش نور و جریانات هوایی می‌باشد. سبلان با وسعت حدود ۶ هزار کیلومترمربع و ۴۸۱۱ متر ارتفاع در بین دو دشت پهناور مشکین‌شهر و اردبیل واقع شده است.

بر اساس آخرین تقسیمات کشوری استان اردبیل شامل ۹ شهرستان، ۲۶ بخش، ۲۳ شهر و ۶۸ دهستان است. این استان طبق آخرین سرشماری دارای بیش از ۱۲۲۸۱۵۵ نفر جمعیت است که شهر اردبیل به‌عنوان مرکز استان بیش از ۴۱۸۲۶۲ نفر از آن را در خود جای داده است. نمین در منطقه‌ای کوهستانی و در حاشیه دریای خزر، با ارتفاع ۱۷۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. نمین دارای آب و هوایی معتدل، زمستان‌هایی سرد و تابستان‌هایی ملایم است. نمین دارای جنگل‌های طبیعی فندق، ازگیل، زالزالک، تمشک و باغات میوه فراوان است. فاصله نمین از اردبیل ۲۵ کیلومتر بوده و از سویی دیگر پس از عبور از گردنه حیران گیلان به شهر ساحلی آستارا می‌رسد. نمین از دیرباز به داشتن فرهنگی غنی معروف است. شهر عنبران یکی از شهرهای شهرستان نمین واقع در استان اردبیل می‌باشد. مردم عنبران به زبان تالشی صحبت می‌کنند. محلات این شهر تشکیل شده است از سه روستای سابق عنبران بالا، عنبران پایین و امین

جان یا به زبان محلی (امجون). عنبران بالا در گذشته پناهگاهی بوده برای چله‌نشینی درویشان و صوفیه. در محل امروزی عنبران پایین، زمین‌های کشاورزی و مراتع و چراگاه قرار داشته است که با گذشت زمان و کوچ عده‌ای از مردم عنبران بالا و روستاهای پیرامون به این منطقه روستای عنبران پایین شکل گرفته است. عنبران دارای باغات سرسبز و چشمه‌های آب فراوان است.

منطقه مورد مطالعه در استان اردبیل و شمال غرب شهرستان نمین قرار دارد. این محدوده در حدود ۱۰ کیلومتری شمال نمین قرار دارد که شهر عنبران بخشی از محدوده را شامل می‌شود. به لحاظ جغرافیایی محدوده مطالعاتی بین طول‌های $48^{\circ} 22' 56''$ تا $48^{\circ} 26' 23''$ شرقی و عرض‌های $38^{\circ} 28' 34''$ تا $38^{\circ} 31' 49''$ شمالی واقع شده است. برای دسترسی به محدوده مورد مطالعه از راه اصلی اردبیل - آستارا پس از طی ۲۰ کیلومتر جاده آسفالتی از اردبیل، به شهر نمین می‌رسیم، سپس از نمین در جهت شمال خارج شده و بعد از طی مسافت ۱۰ کیلومتر جاده آسفالتی فرعی به شهر عنبران می‌توان دست یافت که بخش جنوب-شرقی محدوده مطالعاتی را شامل می‌شود (شکل ۱-۱). در شکل شماره ۱-۲ موقعیت محدوده مطالعاتی در تصاویر ماهواره‌ای Google earth ارائه شده است.



شکل ۱-۱- نقشه راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه (مربع سبز رنگ)



شکل ۱-۲- تصاویر ماهواره‌ای Google earth و موقعیت منطقه مورد مطالعه

۱-۶- آب و هوا و ژئومورفولوژی

منطقه عنبران در میانه ارتفاعات شمال اردبیل واقع شده است. بیشترین و کمترین ارتفاع در محدوده به ترتیب ۱۷۲۰ و ۱۶۵۰ متر می‌باشد. منطقه مورد مطالعه، دارای آب‌وهوای معتدل تا سرد و مرطوب می‌باشد و درجه حرارت آن از ۲۸- درجه در زمستان تا ۳۸+ درجه در تابستان متغیر است. بزرگ‌ترین مرکز جمعیت، شهر عنبران است که در حدود ۱۸۰۰ خانوار سکنه دارد. شغل بیشتر اهالی منطقه کشاورزی، باغداری، دام‌پروری، پرورش زنبور عسل و صنایع دستی می‌باشد. فصل کار به دلیل سردسیر بودن منطقه محدود می‌باشد و به دلیل برف‌گیر بودن تنها حدود ۸ ماه از سال فعالیت معدنی صورت می‌گیرد.

۱-۷- بررسی منابع

کاربرد سنجش از دور در اکتشاف مواد معدنی تقریباً از ۶۰ سال پیش با استفاده از دوربین‌های موجود در هواپیما، آغاز گردید و از عکس برداری هوایی استریوسکوپیک تا تکنولوژی عصارضا با سیستم‌های تصویربرداری رقومی چند طیفی و فراطیفی، که بسیار پیچیده‌اند، توسعه یافته است. در سال‌های اخیر، انجام مطالعات اکتشافی با استفاده از روش‌های مدرن یکی از اولویت‌های مطالعاتی در کشورهای مختلف جهان بشمار می‌رود. تاکنون گزارش‌های بسیار متعددی از کاربرد داده‌های ماهواره‌ای جهت بارزسازی، شناسایی و تفکیک زون‌های دگرسانی مرتبط با کانی‌زایی فلزی در مناطق مختلف ایران و جهان ارائه شده است و همچنان با تولید سنجنده‌های جدید و پیشرفت تکنولوژی در عرصه‌های فناوری اطلاعات و فضا رو به رشد و توسعه روزافزون می‌باشد. با این وجود در محدوده مورد مطالعه کارهای اکتشافی چندانی به‌ویژه با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای مانند سنتینل و استر صورت نگرفته است و فعالیت‌های زمین‌شناسی انجام‌شده در استان اردبیل در راستای شناخت ویژگی‌های زمین‌شناسی و توان بالقوه معدنی استان بوده است که به شرح زیر سامان داده شده‌اند:

۱-۷-۱- نقشه‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰

نقشه‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ دارای ارزش کیفی بالاتری هستند و به‌طور عموم در مناطق کلیدی و پرتوان معدنی تهیه می‌شوند.

تمام استان اردبیل با حدود ۱۴ برگ نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ (که هر یک بخشی از استان را پوشش می‌دهد) پوشیده می‌شود، تمامی نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ استان به مرحله چاپ آزمایشی و نهایی رسیده‌اند. محدوده مطالعاتی در دو برگه اردبیل و رضی واقع شده است.

اکتشافات ناحیه‌ای استان اردبیل از نوع اکتشافات ژئوشیمیایی، به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، می‌باشد از مجموعه حدود ۱۴ برگ نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ استان، برگه‌های اردبیل، لاهرود، خلخال، مشکین‌شهر و کیوی به روش ژئوشیمیایی مطالعه و نقشه‌های آستارا، هشتچین و ماسوله در دست بررسی می‌باشند.

۱-۷-۲- اکتشافات موضوعی

در استان اردبیل از سال ۷۲ تا سال ۷۷ تعداد ۱۸ طرح اکتشافی و مطالعاتی انجام شده که ۱۱ مورد آن‌ها از محل اعتبارات استانی و بقیه از نوع ملی بوده‌اند.

مشخصات طرح‌های فوق‌الذکر به شرح زیر است:

۱- پتانسیل‌یابی و بررسی توان کانی‌زایی فلزی استان و تهیه نقشه پیش‌داوری

۲- ارزیابی ذخایر و منابع معدنی استانی اردبیل و پیشنهاد صنایع مربوطه

۳- گزارش مطالعات تفصیلی تأمین مواد اولیه مورداحتیاج کارخانه سیمان (منطقه اردبیل - نمین) -

(سازمان زمین‌شناسی کشور ۱۳۶۰)

۴- پروژه پی‌جویی به روش اکتشاف ژئوشیمیایی ۱:۲۵۰۰۰ در محدوده اکتشافی عنبران نوشتیق (استان

اردبیل) (تحقیقات معدنی خاک خوب، ۱۳۸۷)

نتایج حاصل از مطالعات فوق به‌خصوص بررسی به روش اکتشافات ژئوشیمیایی (مورد چهارم) نشان داد

که رخداد آثار گالن و باریت به‌صورت کانی سنگین، وجود مقادیر بالا زیرکن، گسترش دگرسانی

آرژلیک و حضور دایک‌های سیلیسی و هماتیتی حاکی از احتمال وجود توده نفوذی اسیدی در منطقه است که در دگرسانی گرمابی و کانه زایی سرب و روی نقش ایفا کرده است، بر اساس این مطالعات منطقه عنبران به‌عنوان محدوده امیدبخش معدنی معرفی شد که در پژوهش حاضر مطالعات دورسنجی و لیتوژئوشیمیایی به‌منظور بررسی بیشتر دگرسانی و کانه زایی در منطقه صورت گرفته است.

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

به منظور اجرای پروژه ابتدا نقشه‌ها، تصاویر ماهواره‌ای و گزارش‌های زیر جمع‌آوری شد:

- نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ برگه‌های اردبیل و پیرزاده (پیرزوار)
- نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ برگه‌های اردبیل و رضی
- نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ برگه اردبیل
- لایه‌های اطلاعاتی ژئوشیمی و دورسنجی در برگه‌های اردبیل و رضی
- تصاویر ماهواره‌ای سنتینل 2A

۲-۱-۱- ماهواره سنتینل 2A

به‌عنوان بخشی از برنامه کوپرنیک اروپا آژانس فضایی اروپا ماهواره سنتینل ۲ را به‌طور موفقیت‌آمیزی پرتاب کرد که برای مشاهدات نوری با قدرت تفکیک طیفی بالا از سطح زمین در سرتاسر جهان مجهز شده است. ماهواره سنتینل ۲ تصویربرداری چندطیفی MSI را حمل می‌کند که سنجنده‌ای با رزولوشن فضایی بالا و باند پهن است. علاوه بر این ۱۳ باند طیفی در گستره مرئی (V) و مادون‌قرمز نزدیک (NIR) تا مادون‌قرمز کوتاه (SWIR) دارد (محدوده ۲۱۹۰-۴۳۳ نانومتری) (جدول ۲-۱) که دارای عرض برداشت ۲۹۰ کیلومتر است. تصویر ماهواره‌ای سنتینل ۲ (با کد DS_MTI_20191016T095537_S20191016T074518) از سایت USGS دانلود شده است و بر اساس محدوده مطالعاتی برش خوردند و توسط نرم‌افزار ENVI 5.3 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

جدول ۲-۱- باندهای سنجنده سنتینل ۲

شماره باند	طول موج (nm)	پهنای باند (nm)	محدوده طیفی	قدرت تفکیک مکانی (m)
2	490	65	Blue	10m
3	560	35	Green	
4	665	30	Red	
8	842	115	NIR	
5	705	15	Vegetation Red Edge	20m
6	740	15	Vegetation Red Edge	
7	783	20	Vegetation Red Edge	
8a	865	20	Vegetation Red Edge	
11	1610	90	SWIR	
12	2190	180	SWIR	
1	443	20	Coastal aerosol	60m
9	945	20	Water vapour	
10	1380	30	SWIR - Cirrus	

۲-۱-۱-۱- مزیت سنجنده سنتینل ۲

تصاویر سنتینل ۲ سطح 1C از موزاییک ۱۰۰×۱۰۰ کیلومتر در سیستم مختصات UTM (WGS1984) تشکیل شده است و بازتاب بالای اتمسفر^۱ (TOA) دارد. ویژگی‌های زیر سنجنده سنتینل را در نقشه برداری زمینی منحصربه‌فرد ساخته است:

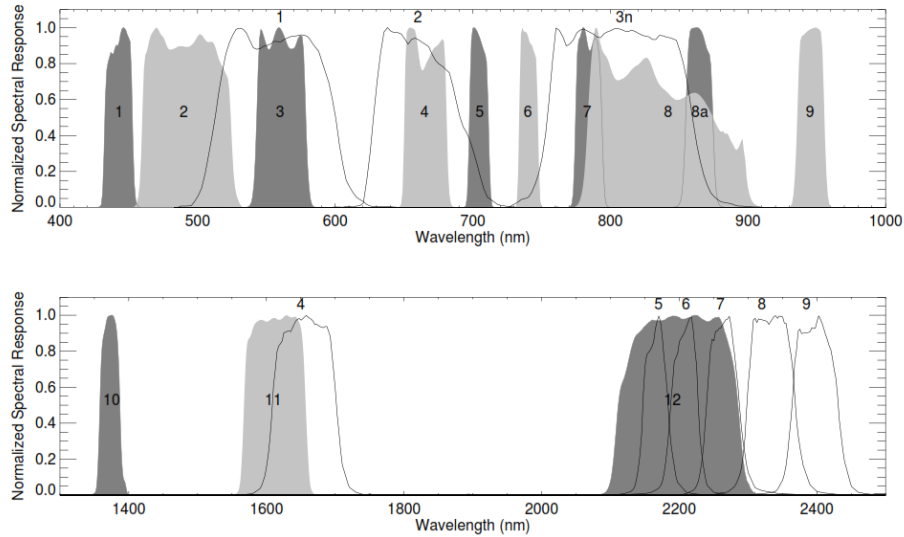
- پوشش وسیع عرض برداشت (تقریباً ۲۹۰ کیلومتر)
- زاویه میدان دید ۲۰,۶ و ارتفاع ۷۸۶ کیلومتر

^۱ Top of Atmosphere

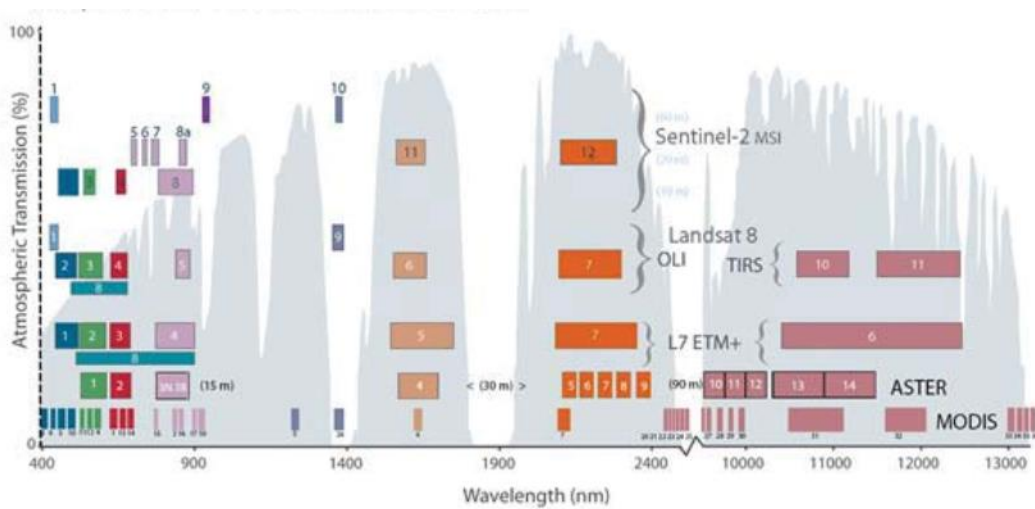
- وضوح فضایی بالا (تا ۱۰ متر)
- ۳ بانده طیفی جدید (لبه قرمز) به طور ویژه برای پوشش گیاهی
- زمان بازدید مجدد کوتاه (امکان پوشش هر ۵ روز)

۲-۱-۱-۲- مقایسه سنجنده سنتینل ۲ با لندست ۸ و استر

اهمیت استفاده از Sentinel-2 MSI برای دورسنجی زمین‌شناختی با مقایسه آن با سنجنده انتشار و بازتابش حرارتی پیشرفته فضایی (ASTER) ماهواره ترا قابل ارزیابی است (شکل ۱-۲). شش بانده SWIR سنجنده استر به دلیل وضوح طیفی نسبتاً باریک آن‌ها در این محدوده اجازه نقشه‌برداری از کانی‌های سطح زمین را می‌دهد و به همین دلیل برخی نسبت‌های باندهای باندی به‌عنوان شاخصی برای شناسایی کانی‌های مجزا یا مجموعه‌هایی از کانی‌ها کاربرد دارد. شکل ۱-۳ نشان می‌دهد که سنجنده سنتینل ۲ آن باندهای باریک SWIR مشابه سنجنده استر را ندارد، بلکه بیشتر مشابه سنجنده لندست ۸ است، یعنی شاخص‌های زمین‌شناسی که با سنجنده سنتینل ۲ می‌توانیم به آن دست یابیم مشابه سنجنده لندست ۸ (با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر) است، البته با این تفاوت که قدرت تفکیک مکانی سنجنده سنتینل ۲، ۲۰ متر است که با انجام عملیات فیوژن و تلفیق تصاویر تا ۱۰ متر هم قابل افزایش است. طراحی سنجنده چندطیفی سنتینل ۲ به‌گونه‌ای است که در محدوده VNIR که باندهای جذبی آهن در آن واقع می‌شوند، باندهای باریکی دارد، درحالی‌که سنجنده استر و لندست ۸ تنها یک بانده در محدوده طول موج ۰,۹ میکرومتری دارد (شکل ۲-۲) (van der Werff et al., 2016). به‌وسیله این مقایسه، می‌توان قیاسی برای ایجاد روش پردازش داده‌های سنتینل ۲ ایجاد کرد.



شکل ۲-۱- باندهای طیفی سنجنده سنتینل ۲ (هاشور) در مقایسه با سنجنده استر(خط)، استر چندین باند باریک در محدوده طول موج مادون قرمز کوتاه دارد در حالی که سنجنده سنتینل ۲ دارای چندین باند در محدود مرئی و مادون قرمز نزدیک است.



شکل ۲-۲- مقایسه باندهای سنجنده لندست ۷، ۸ استر و مودیس و سنتینل ۲، باندهای سنجنده سنتینل ۲ تشابه زیادی با سنجنده لندست ۸ دارد.

دورسنجی به‌منظور نقشه‌برداری از زون‌های دگرسانی گرمابی و پی‌جویی معدنی مفید است. زون‌های دگرسانی شامل کانی‌هایی است که ویژگی‌های طیفی جذبی بارزی در ناحیه طول موج VNIR و SWIR نشان می‌دهد. دگرسانی فیلک عمدتاً شامل مسکویت (سریسیت) است که شامل ویژگی طیفی جذبی قوی AL-OH در محدوده نزدیکی به ۲۲۰۰ نانومتری و یک ویژگی طیفی جذبی ثانویه نزدیک به طول موج ۲۳۵۰ نانومتری است. محدوده دگرسانی آرژیلیک شامل کائولینیت است که جذب شدید در طول موج ۲۲۰۰ نانومتری و ویژگی ثانویه در ۲۱۷۰ نانومتری نشان می‌دهد. این ویژگی‌های جذبی در کانی‌های رسی نواحی غنی، شاخص خوبی برای شناسایی آن‌ها به‌وسیله داده‌های طیفی است. علاوه بر این سفید شدگی به‌عنوان عاملی ثانویه موجب افزایش خصوصیات طیفی کانی‌های رسی در خاک می‌شود (Chen et al., 2018). اپیدوت و کلریت کانی مرسوم قسمت‌های بیرونی محدوده دگرسانی پروپلیتیک است. اپیدوت ویژگی جذبی شدید به خاطر وجود پیوند Mg-OH در طول موج نزدیک ۲۳۳۵ نانومتر و جذب ثانویه نزدیک به ۲۲۵۰ نانومتر نشان می‌دهد. لیمونیت ویژگی جذبی قوی در ۴۸۰ نانومتر و جذب کمتر در ۹۳۰ نانومتر نشان می‌دهد. اگرچه کائولینیت اغلب مرتبط با هوازدگی فلدسپارهاست و اپیدوت اغلب مربوط به دگرگونی ناحیه است، پهنه‌های دگرسانی کائولینیت و اپیدوت می‌توانند ارتباط ژنتیکی با کانسار داشته باشد، به‌ویژه وقتی که در ارتباط نزدیکی با گسترش پهنه‌های مسکویت هستند (Hu et al., 2018). کانی‌های کربناته مانند کلسیت و دولومیت ویژگی‌های جذبی باریک و مفیدی در طول موج ۲,۳۵ میکرومتری دارند که به علت وجود پیوند C-O است. عمدتاً سیدریت به‌عنوان کربنات دیاژنتیک نزدیک به سطح از طریق انحلال آهن فریک موجود در دیگر کانی‌ها تشکیل می‌شود. ویژگی جذب متوسط در ۲,۳ میکرومتری به‌وسیله محتوای کلسیت و برحسب ویژگی‌های طیفی کربنات‌هاست، کربنات‌ها ویژگی‌های جذبی کمتری در ۱,۹ و ۲ و ۲,۵ میکرومتری هم می‌توانند نشان دهند. این باندهای مرسوم کربناته برای استخراج ناهنجاری‌ها و نقشه‌برداری تجمعات کربناته کاربردی است. بنابراین کربنات‌ها به‌وسیله تغییرات ویژگی‌های جذبی‌شان در دامنه مادون‌قرمز کوتاه (SWIR) قابل‌تفکیک و شناسایی هستند (Chen et al., 2018).

(al., 2018) در منطقه مورد مطالعه مهم‌ترین کانی‌های دگرسانی شامل آهن، کانی‌های رسی، ترکیبات کربناته، سیلیسی و دولومیتی و سایر مواد زمین‌شناسی هستند که در این پژوهش کانی‌های دگرسانی از طریق عملیات ریاضی باندها و روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی و نقشه‌بردار زاویه طیفی از تصاویر سنتینل ۲ استخراج شدند.

۲-۲-۲- روش‌ها

۱-۲-۲-۲- بررسی‌های زمین‌شناسی

پس از انجام مطالعات دفتری و دورسنجی و مشخص شدن نقاط نمونه‌برداری، عملیات صحرایی و بررسی مقدماتی در محدوده مورد مطالعه به منظور ارزیابی صحت داده‌های ماهواره‌ای انجام گردید. در زمان بازدید در محل‌های مناسب نمونه‌برداری جهت آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی صورت پذیرفت.

۲-۲-۲-۲- بررسی‌های دورسنجی

در این پژوهش از تصویر سنتینل ۲ برداشت‌شده در تاریخ ۲۰۱۹/۱۰/۱۶ استفاده شده است که دارای سطح پردازش IC است. این تصویر کیفیت بالا، پوشش ابر پایین (کمتر از ۱۰ درصد) دارد و برخی تصحیحات رادیومتریک و هندسی با دقت زیر پیکسل روی آن انجام شده است. بنابراین پیش‌پردازش تنها نیاز به مراحل زیر دارند:

- تصحیح دقیق هندسی (که موجب افزایش دقت مختصات جغرافیایی شود)
- برش منطقه مورد مطالعه
- تبدیل مقادیر بازتاب بالای اتمسفر به بازتاب سطحی و تصحیح اتمسفری
- انتخاب اندازه پیکسل ۲۰ متری برای یکپارچه‌سازی باندها (باید توجه داشت این به معنای تغییر قدرت تفکیک مکانی باندها نیست و فقط یک همسان‌سازی بین داده‌های این دو محدوده طیفی صورت

می‌گیرد تا بتوان اطلاعات استخراج شده از محدوده باندهایی با پیکسل ۱۰ متری با را بر روی باندهایی با پیکسل ۲۰ متری اعمال کرد).

- برش طیفی (در مطالعه حاضر ۱۰ باند طیفی تصویر سنتینل ۲ - باندهای ۲، ۳، ۴، ۷، ۶، ۵، ۸، ۸، آ، ۱۱ و ۱۲ - با وضوح رادیومتریکی و طیفی و مکانی بالا انتخاب شدند)

- بهبود تصویر (که عمدتاً شامل نسبت باندی، ترکیب رنگی کاذب، تحلیل مؤلفه‌های اصلی، طبقه‌بندی تصویر و نقشه‌برداری زاویه طیفی است)

در این پژوهش از نرم‌افزار ENVI 5.3 برای اعمال انواع تکنیک‌های طبقه‌بندی تصویر و برای تولید نقشه و هم‌پوشانی دگرسانی‌ها و معرفی مناطق امیدبخش از نرم‌افزار ARCGIS 10.6.1 استفاده شده است.

۲-۲-۳- بررسی‌های پتروگرافی و کانه‌نگاری

به‌منظور شناسایی ویژگی‌های کانی‌شناسی و مینرالوگرافی در منطقه مورد مطالعه بیش از ۵۰ نمونه از منطقه برداشت گردید که از بین آن‌ها نمونه‌های معرف انتخاب شد و ۱۵ مقطع نازک به‌منظور مطالعات پتروگرافی و ۱۵ مقطع نازک صیقلی برای مطالعات کانه‌نگاری تهیه گردید. همچنین ۱۰ نمونه به‌منظور مطالعات XRD به آزمایشگاه زرآزمای زنگان ارسال شد.

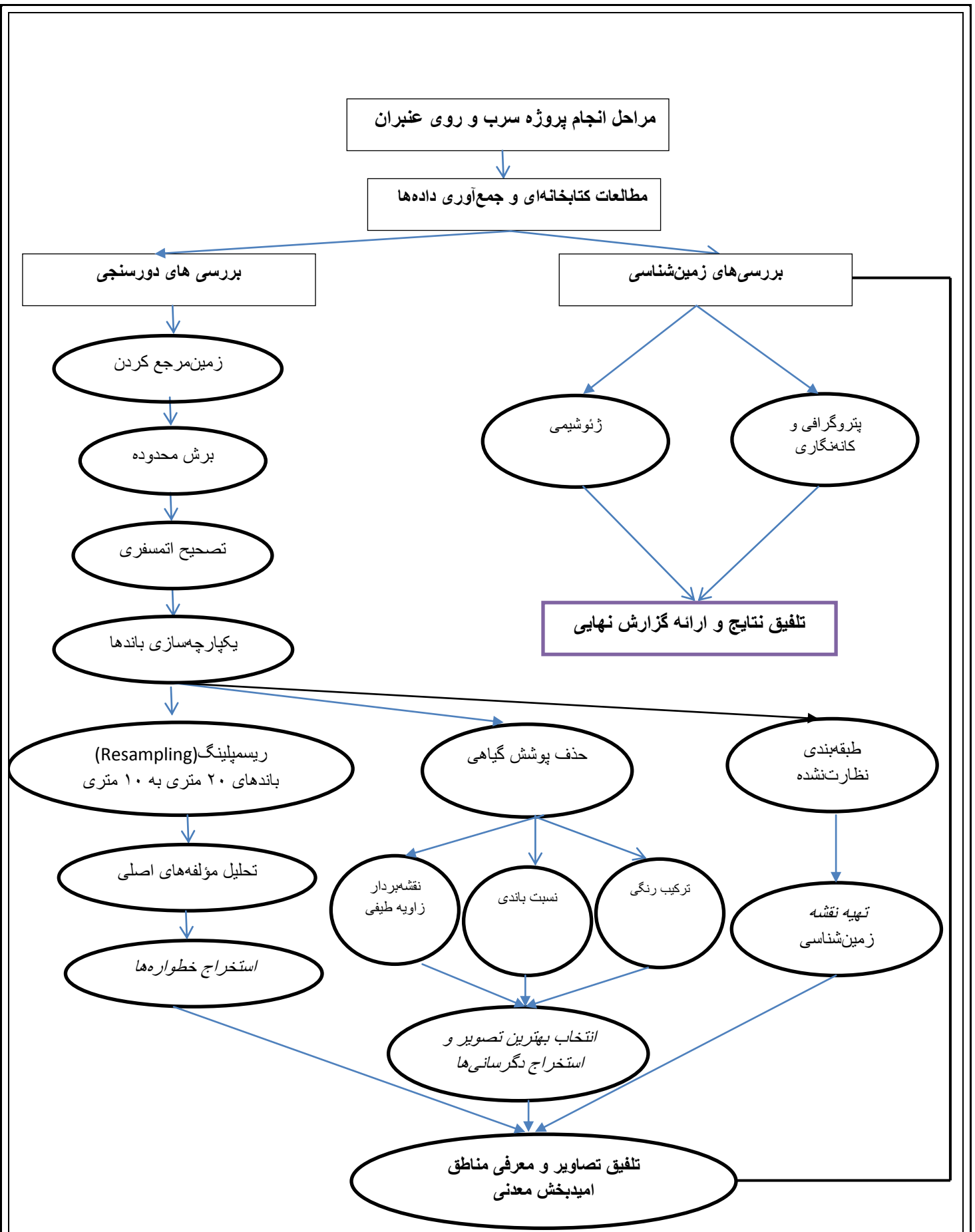
۲-۲-۴- بررسی‌های ژئوشیمی

پس از مطالعه مقاطع نازک و نازک صیقلی برداشت شده، تعداد ۲۰ نمونه از رخنمون‌های سنگی که اغلب آن‌ها منطبق بر پهنه‌های کانه‌زایی واقع در میان لایه‌های دولومیتی واقع در سازند شیل بایندر بود، برای انجام آنالیزهای ژئوشیمیایی انتخاب گردید و در آزمایشگاه زرآزمای زنگان مطالعه شد. نمونه‌برداری از افق‌های متوالی واحدهای شیلی، مرز واحد شیلی و دولومیتی و میان لایه‌های دولومیتی در برخی نواحی انجام گردید. این نمونه‌ها به روش ICP-MS و همچنین آنالیز تک عنصری برای عناصر سرب و روی در آزمایشگاه زرآزمای زنگان آنالیز گردید. حد حساسیت این دستگاه برای عنصر سرب و روی 1 ppm است.

هدف از این مطالعات درک توزیع عناصر سرب و روی در کانسار و سنگ‌های دربرگیرنده به‌منظور تفسیر ژنتیکی منطقه مورد مطالعه است. البته از آنجایی که شناسایی سایر عناصر مانند نقره، کادمیوم، مس و ... که همراهی نزدیکی با این تیپ کانسارها نشان می‌دهند می‌تواند موجب افزایش ارزش اقتصادی این کانسار شود، لذا در ناحیه مورد مطالعه ICP-MS ۵۶ عنصری بر روی ۲۰ نمونه انجام گرفت و نتایج آن در پیوست لیست شده است. همچنین تعداد ۲۰ نمونه نیز برای انجام مطالعات XRF به‌منظور بررسی اکسیدهای اصلی انتخاب شد و در آزمایشگاه زرازمای زنگان آنالیز شده است.

۲-۲-۵- تلفیق اطلاعات و ارائه نتایج نهایی

در نهایت بعد از بررسی‌های زمین‌شناسی، دورسنجی، پتروگرافی، مینرالوگرافی و ژئوشیمی نتایج این مطالعات تلفیق شده و نتایج نهایی به‌صورت گزارش کتبی به سازمان ارائه گردید. فلوچارت انجام پروژه حاضر در شکل ۲-۳ خلاصه شده است.



شکل ۲-۳- فلوجارت مراحل انجام پروژه سرب و روی عنبران

فصل سوم : نتایج و بحث

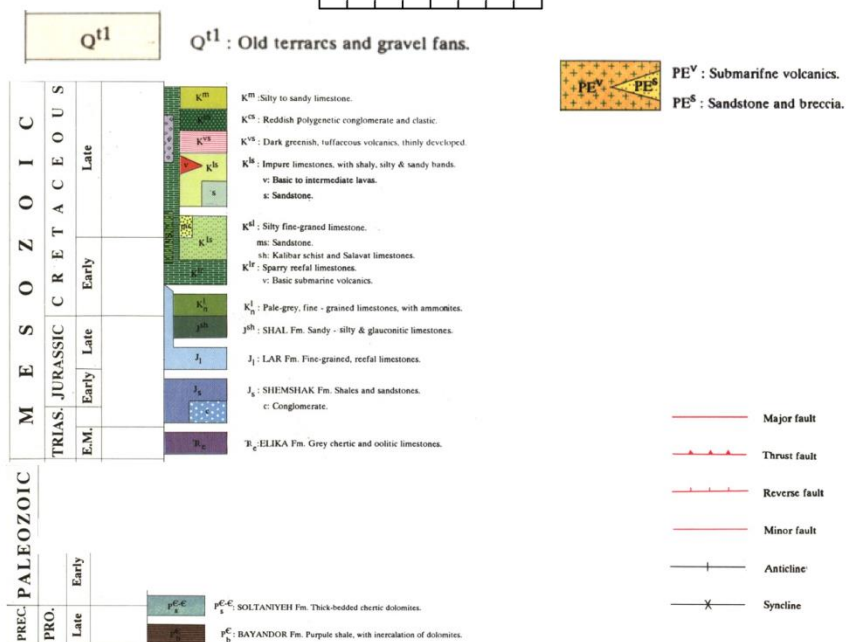
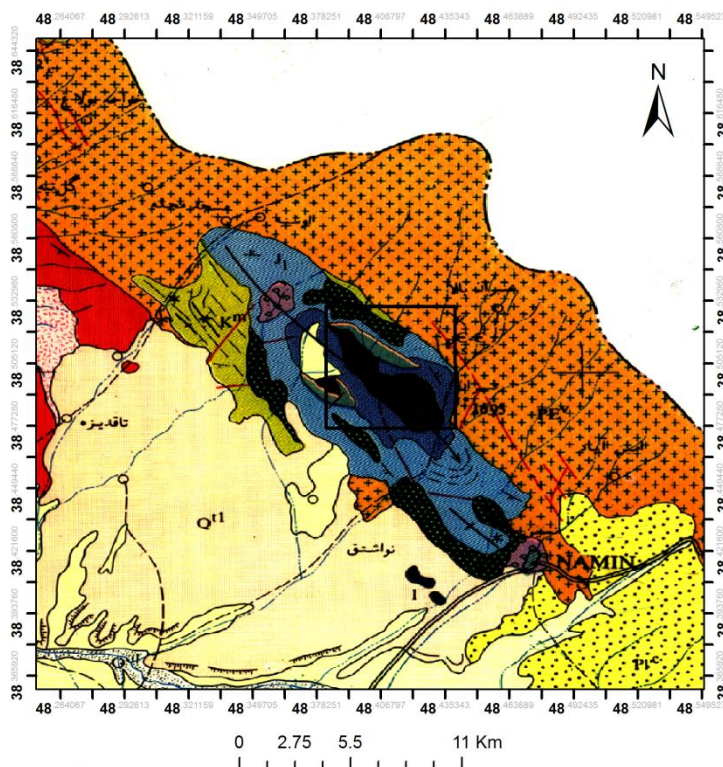
۳-۱- زمین‌شناسی

محدوده اکتشافی عنبران به وسعت تقریبی ۳۰ کیلومترمربع در بخشی از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ اردبیل و بخش‌هایی از جنوب شرقی برگه ۱:۱۰۰،۰۰۰ رضی و شمال شرقی برگه ۱:۱۰۰،۰۰۰ اردبیل واقع شده است. سنگ‌ها و سازندهای دوران پالئوزوئیک و کهن‌تر از آن گسترش چندانی در برگه ۱:۲۵۰۰۰۰ اردبیل ندارند و محدود به رخنمون‌های سازند بایندر (پرکامبرین بالایی) و سلطانیه (کامبرین زیرین) بوده و به‌وسیله سازندهای دوران مزوزوئیک، سازندهای الیکا (تریاس)، شمشک (ژوراسیک زیرین) و لار (ژوراسیک بالایی) و کرتاسه بالایی پوشیده می‌شوند. در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ اردبیل بیش از ۸۰ درصد این منطقه زیر پوشش سنگ‌ها و سازندهای پالئوژن به‌ویژه سنگ‌های ولکانیکی ائوسن قرار دارد. به همین جهت مورفولوژی ویژه‌ای بر آن حاکم است به‌نحوی که واحدهای ولکانیکی مورفولوژی خشن‌تری را نسبت به سایر واحدهای سنگ‌شناسی منطقه نمایش می‌دهند. در محدوده مورد مطالعه در این پژوهش کمتر از ۲۰ درصد واحدهای سنگی موجود در منطقه مورد مطالعه را واحدهای ولکانیکی تشکیل می‌دهد و همان‌طور که در فصل‌های بعدی خواهید دید این واحد لیتولوژیکی ارتباط خاصی با واحدهای کانه‌زایی نشان نمی‌دهد. کانه‌زایی سرب و روی در واحدهای سنگی مربوط به سازند بایندر متمرکز شده است که تقریباً ۷ کیلومترمربع از محدوده مورد مطالعه را در برمی‌گیرد. روند اصلی کوه‌های منطقه شمال غربی- جنوب شرقی است و محور چین‌ها و امتداد کانه‌زایی هم تقریباً از همین روند پیروی می‌نمایند. در ادامه شرح واحدهای چینه‌شناسی منطقه از قدیم به جدید ارائه می‌شود.

۳-۱-۱- زمین‌شناسی عمومی منطقه

با توجه به اینکه محدوده اکتشافی عنبران در نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰،۰۰۰ اردبیل قرار گرفته است لذا ذیلاً به بررسی خصوصیات واحدهای سنگی و سازندهای ذکر شده در این نقشه پرداخته‌ایم. بخشی

از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ اردبیل در شکل ۳-۱ به همراه قسمتی از راهنمای نقشه نمایش داده شده است.



شکل ۳-۱- بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ اردبیل که موقعیت منطقه مورد مطالعه در آن مشخص شده است.

بر اساس نقشه ۲۵۰۰۰:۱۱ اردبیل، سنگ‌ها و سازندهایی که در منطقه رخنمون دارند از قدیم به جدید به شرح زیر می‌باشند.

۳-۱-۱-۱-۳ - سازند بایندر (Pcb (Bayandor Formation)

در مرکز چهارگوش ۱:۲۵۰،۰۰۰ اردبیل در فاصله بین روستاهای پیرزوار و عنبران، ساختار تاقدیسی نسبتاً بزرگی وجود دارد که در هسته آن سازند بایندر رخنمون دارد و به‌عنوان قدیمی‌ترین سنگ‌های این منطقه شناسایی شده است. مقطع تیپ این سازند در نزدیکی روستای بایندر در کوه‌های سلطانیه قرار دارد. در این محل، بیش از ۱۵۰۰ متر تناوبی از شیل‌های رنگارنگ، ماسه‌سنگ‌های کوارتزی و دولومیت‌های کریستالیزه تشکیل شده است. رخنمون‌های این سازند در اکثر نقاط استان‌های زنجان، آذربایجان (شرقی و غربی) دیده می‌شود. رخنمون این سازند در هسته تاقدیس پیرزوار- عنبران نیز از نظر لیتولوژی، دارای ویژگی‌های کم‌وبیش مشابه مقطع نمونه است و از تناوبی از شیل‌های میکاسه بنفش و صورتی‌رنگ همراه با میان‌لایه‌هایی از دولومیت‌های به‌شدت متبلور با ضخامت‌هایی از ۵۰ تا ۲۰ متر می‌باشند. محور تاقدیس مذکور، روند شمال باختری- جنوب خاوری دارد، از این‌رو، ادامه رخنمون‌های این سازند را می‌توان از جنوب تا روستای عنبران و از شمال تا نزدیکی پیرزوار مشاهده نمود. سن سازند بایندر را پرکامبرین بالایی در نظر گرفته‌اند.

۳-۱-۱-۲-۳ - سازند سلطانیه (PCS-CS (Soltaniyeh Formation)

رخنمون‌های سازند سلطانیه نیز همانند سازند بایندر، در تاقدیس پیرزوار - عنبران دیده می‌شوند. برش نمونه این سازند در کوه‌های سلطانیه زنجان، قرار گرفته است و ضخامت آن در حدود ۱۲۰۰ متر اندازه‌گیری و از سه بخش تشکیل شده است که عبارت‌اند از: بخش دولومیت زیرین، بخش شیل چپقلو و بخش دولومیت بالایی. بخش زیرین سازند سلطانیه، دارای سن پرکامبرین بالایی می‌باشد. ولی بخش بالایی آن با توجه به فسیل‌های تریلوبیت یافت شده در آن، کامبرین زیرین تعیین گردیده است. در منطقه مورد مطالعه به نظر می‌رسد دولومیت‌های بخش بالایی این سازند وجود دارند. در این محل حدود ۴۰۰-۳۰۰ متر دولومیت ضخیم لایه تا توده‌ای، دوباره متبلور شده همراه با لایه‌های نازک و گرهک‌های (Noduls) چرت رخنمون دارد. این دولومیت، دانه‌ریز تا متوسط با جلای شکری است. دیگر سازندهای زمان

پالئوزوئیک که در رشته کوه‌های البرز وجود دارند، به دلیل موقعیت ویژه زمین‌شناسی آن و همچنین گسترش سنگ‌های ولکانیکی زمان ائوسن دیده نمی‌شوند.

۳-۱-۱-۳ - سازند شمشک (JS (Shemshak Formation)

بخش نسبتاً وسیعی از تاقدیس پیرزوار- عنبران زیر پوشش سازند شمشک قرار دارند که شامل تناوبی از ۳۰۰ متر شیل و ماسه‌سنگ همراه با میان‌لایه‌ها و عدسی‌هایی از زغال‌سنگ می‌باشد. باباخانی و رحیم‌زاده (۱۳۶۷) به وجود لایه‌های نازک زغال‌سنگ به ضخامت یک تا پنج سانتیمتر در سازند شمشک در تاقدیس پیرزوار- عنبران اشاره کرده‌اند. در تاقدیس مذکور، سازند شمشک به‌طور تدریجی توسط یک توالی سنگ‌آهک ماسه‌ای و ماسه‌سنگ با ضخامت ۵۰ متر پوشیده می‌شود. سن این سازند تریاس پایانی- ژوراسیک زیرین می‌باشد. با توجه به لیتولوژی و جایگاه چینه‌شناسی، این واحد معادل سازند دلپچای از ژوراسیک میانی در نظر گرفته شده است (خدابنده و امینی‌فضل، ۱۳۷۲).

۳-۱-۱-۴ - سازند لار (J1 (Lar Formation)

سازند لار که در تاقدیس پیرزوار- عنبران گسترش نسبتاً زیادی دارد، شامل حدود ۱۵۰ متر سنگ‌آهک متبلور کرم‌رنگ تا خاکستری و چرت‌دار است. بخش پایینی این واحد، نازک‌لایه و بخش بالایی آن ضخیم‌لایه و دارای رگه‌های کلسیتی فراوان است. این واحد با توجه به موقعیت چینه‌شناسی آن، تقریباً در همه‌جا بر روی سازند شمشک قرار دارد و نیز با توجه به شواهد فسیل‌شناسی، معادل سازند لار از ژوراسیک میانی- بالایی در البرز در نظر گرفته شده است (باباخانی و رحیم‌زاده، ۱۳۶۷). این واحد تأمین‌کننده سنگ‌آهک موردنیاز کارخانه سیمان اردبیل است.

۳-۱-۱-۵ - واحدهای آواری- کربناتی کرتاسه

رسوبات مربوط به این دوره در تاقدیس پیرزوار- عنبران نیز گسترش دارند. سازندهای کرتاسه به دو بخش زیرین و بالایی تقسیم می‌شوند. واحد زیر مشتمل بر شیل و ماسه‌سنگ قرمز، سپس آهک‌های بلورین کرم تا خاکستری‌رنگ چرت‌دار هستند که در مسیر جاده عنبران بخش فوقانی این آهک‌ها به تدریج به تناوب

لایه‌های آهکی مارنی، کنگلومرا و ماسه‌سنگ گچ‌دار تبدیل می‌گردد. واحد بالایی با تناوب کنگلومرا و ماسه‌سنگ قرمز شروع شده و توسط آهک توده‌ای خاکستری‌رنگ پوشیده می‌شود. این لایه‌ها توسط دایک‌ها و سیل‌هایی با ترکیب تراکی‌بازالت پتاسیک مورد هجوم قرار گرفته‌اند.

۳-۱-۱-۵-۱- واحد کنگلومرای قاعده *KC (Basal Conglomerate)*

این واحد از کنگلومرای قرمز رنگ همراه با لایه‌هایی از ماسه‌سنگ‌های دانه‌درشت، با لایه‌بندی متوسط تا ضخیم تشکیل شده که با واسطه دگرشیبی روی سازندهای کهن تر قرار گرفته است و نشان از آغاز پیشروی دریای کرتاسه بالایی است. رخنمون‌هایی از این سازند را می‌توان در تاقدیس پیرزوار- عنبران دید.

۳-۱-۱-۵-۲- واحد آهکی- مارنی *Kml (Marly limestone unit)*

واحد کنگلومرای قاعده به صورت تدریجی (از ماسه‌سنگ و آهک‌های ماسه‌ای) به واحدی جدیدتر از جنس آهک‌های متبلور و آهک‌های مارنی تبدیل می‌شود که ضخامت نسبتاً زیادی (بیش از ۳۰۰ متر) دارد. رخنمون آن را در روستای پیرزوار می‌توان دید. در این محل، این سازند تشکیل یک ساختار ناودیسی را داده است. از نظر لایه‌بندی این سازند از آهک‌های ضخیم‌لایه کریستالیزه و آهک‌های مارنی با لایه‌بندی نازک فسیل‌دار تشکیل گردیده که بر اساس وجود آن‌ها سن کرتاسه بالایی برای این واحد در نظر گرفته شده است. همبری این سازند با واحد زیرین و بالایی تدریجی است.

۳-۱-۱-۶- واحدهای ائوسن

واحدهای سنگی ائوسن در چهارگوش رضی بیشترین گسترش را دارند به گونه‌ای که می‌توان گفت بیش از نیمی از گستره محدوده ورقه رضی را پوشش داده‌اند.

۳-۱-۱-۶-۱- واحد ولکانیکی- برشی *PEv (Volcanic -breccia)*

این واحد که از جنس پیروکسن‌آندزیت و برش‌های ولکانیکی است گستره وسیعی از حاشیه مرزی ایران و آذربایجان و زون مرکزی چهارگوش ۱:۲۵۰,۰۰۰ اردبیل را زیر پوشش دارد.

۳-۱-۱-۲-۶-۲ واحد آندزیت - بازالت (Eb1)

این واحد در واقع بخشی از واحدهای ولکانیکی منطقه است که به نظر می‌رسد هم‌زمان با واحد PE^v باشد ولی در اثر تزریق ماگما، ترکیب مینرالوژیکی دیگری جدا از واحد PE^v یافته باشند. در هر حال سنگ‌های تشکیل‌دهنده آن بیشتر از جنس پیروکسن- آندزیت- بازالت هستند که در شرق محدوده مورد نظر مشاهده می‌شوند.

۳-۱-۱-۳-۶-۳ واحد لاتیتی (Ep1)

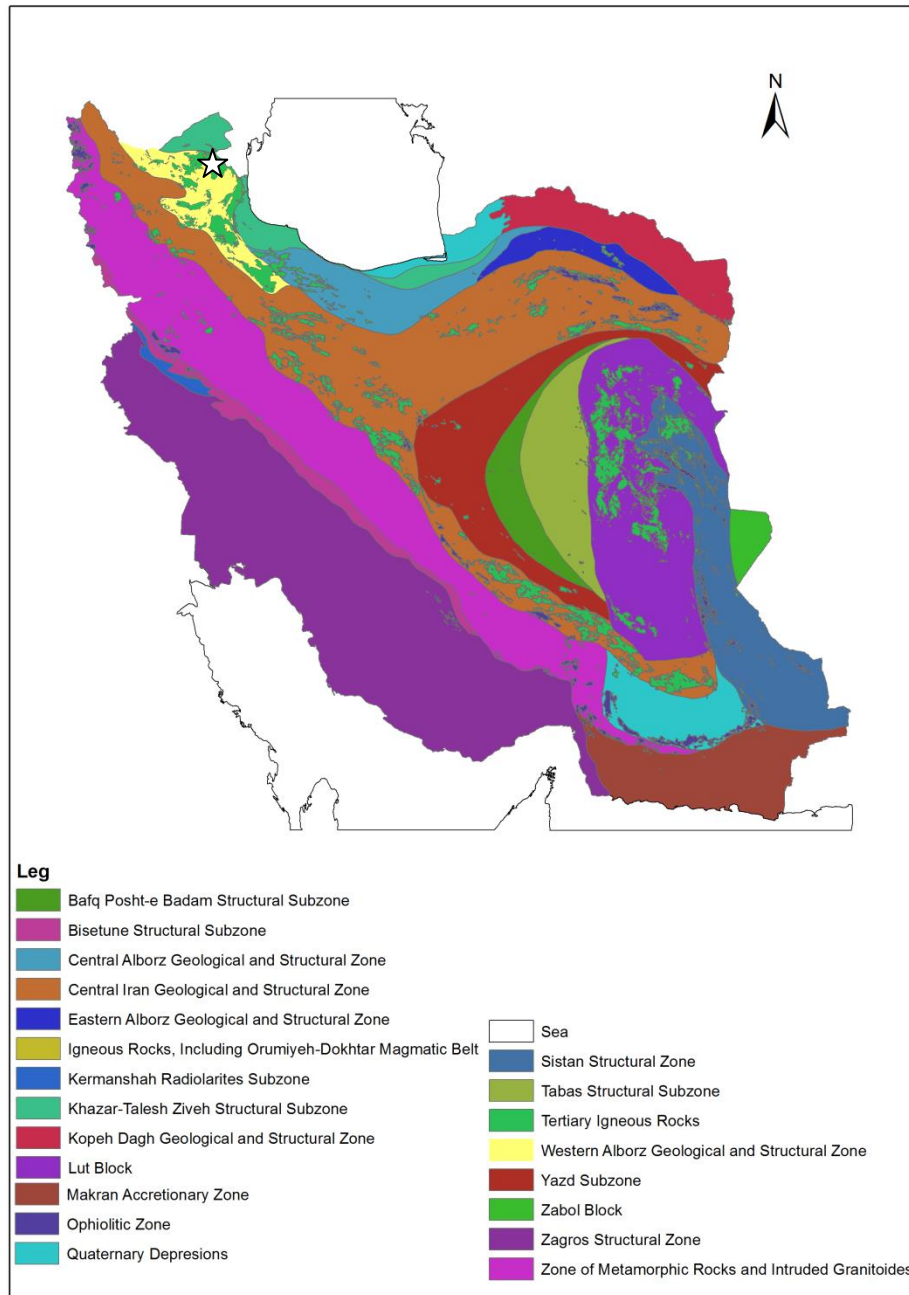
واحد E^p₁ در بخشی از چهارگوش ۱:۲۵۰,۰۰۰ اردبیل رخنمون دارد. این واحد از لاتیت مگاپورفیری تشکیل شده است.

۳-۱-۱-۷-۱-۱-۳ سازندهای کواترنری (Qt2, Qt1 (Quaternary Formations)

در محدوده مورد نظر سازندهای کواترنری گسترش چندانی ندارند با وجود این رخنمون‌هایی از پادگانه‌های آبرفتی قدیمی (Q^{t1}) دیده می‌شود که جنس آن‌ها از کنگلومرای سخت‌نشده و ماسه‌سنگ‌های دانه‌درشت است که در سیمانی از جنس ماسه و سیلت و رس قرار گرفته‌اند. این رسوبات به صورت دگرشیبی زاویه‌دار، روی سنگ‌ها و سازندهای کهن‌تر جای دارند.

۳-۱-۲-۲-۱-۳ زمین‌شناسی ساختمانی

محدوده مورد نظر در بخشی از واحد زمین‌ساختی البرز غربی - آذربایجان قرار دارد (شکل ۳-۲). از نظر ساختمانی محدوده اکتشافی عنبران و نواحی اطراف آن به دو بخش قابل تقسیم هستند:



شکل ۳-۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه در نقشه زمین‌شناسی ساختاری ایران (سهندی، ۱۳۸۵)

۳-۱-۲-۱- زون چین خورده و بالا آمده غرب نمین

در این ناحیه روند عمومی طبقات، شمال غرب جنوب شرق بوده و تاقدیس‌ها و ناودیس‌هایی که محور عمومی آن‌ها در راستای NW-SE می‌باشد در نهشته‌های مزوزوئیک تشکیل گردیده است. چین‌های منطقه، عموماً متقارن هستند و مهم‌ترین آن‌ها تاقدیس عنبران می‌باشد که کهن‌ترین رسوبات منطقه در هسته این طاقدیس جای گرفته، یال شرقی آن توسط ولکانیک‌های ائوسن، به‌طور دگرشیب پوشیده شده است. شکستگی‌های زیادی در این مجموعه به چشم می‌خورد. روند کلی این شکستگی‌ها همسو با راستای محور چین‌ها است.

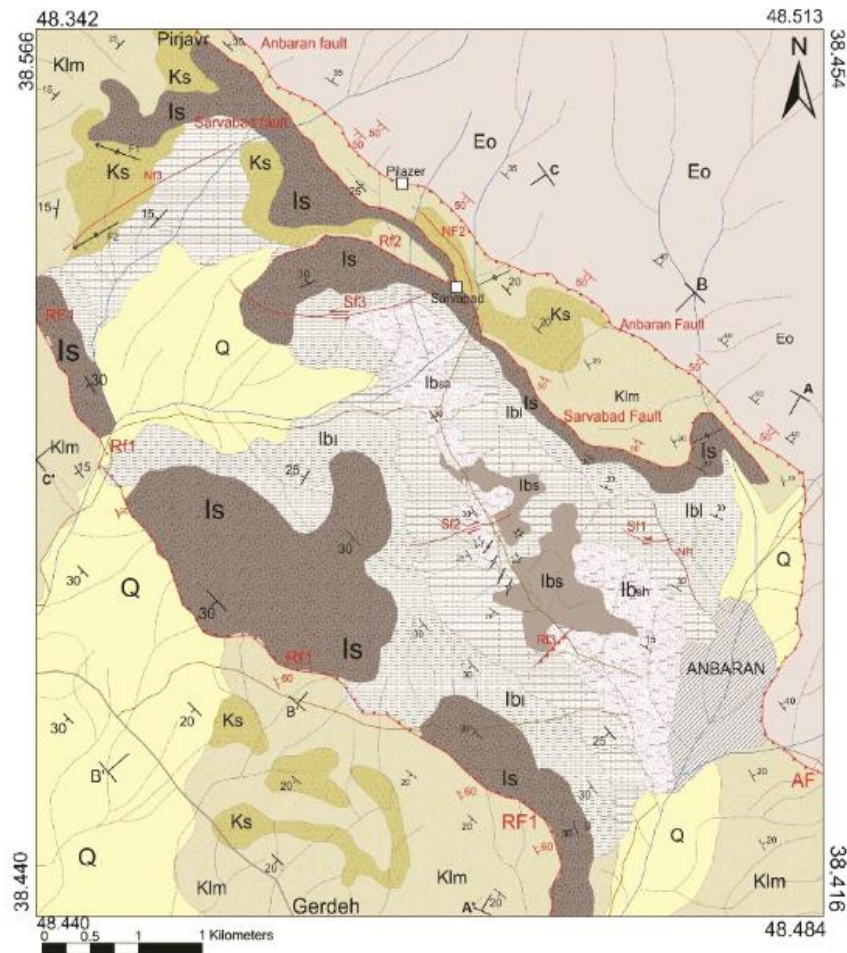
۳-۲-۱-۲- بخش ولکانیکی شمالی و شرقی، شمال غرب محدوده عنبران

متشکل از توالی عظیمی از سنگ‌های آتشفشانی ائوسن می‌باشد که با شیب کم بر روی نهشته‌های قدیم‌تر جای گرفته‌اند. این نهشته‌ها از دیدگاه ساختمانی به بخش خاوری فلات آذربایجان متعلق است که با فعالیت شدید ولکانیکی و دگرشیبی مشخص می‌گردد و قابل مقایسه با ولکانیک‌های ائوسن در البرز و ارمنستان است.

۳-۱-۳- زمین‌شناسی محلی منطقه

منطقه مورد مطالعه بخشی از زون البرز غربی- آذربایجان است و در آن مجموعه‌ای از واحدهای سنگی از زمان پرکامبرین و پالئوزوئیک تا ائوسن رخنمون یافته است. امتداد کلی واحدهای لیتولوژیکی منطقه شمال باختری - جنوب خاوری است و ساختمان‌های چین خورده موجود در منطقه نیز همین روند را با محور مایل نشان می‌دهند که هم‌روند با گسل اصلی عنبران است. تاقدیس عنبران مهم‌ترین تاقدیس در منطقه مورد مطالعه است که در هسته آن واحدهای قدیمی‌تر متشکل از شیل و ماسه‌سنگ‌های قرمز رخنمون یافته‌اند که به دلیل نبود فسیل سن دقیق آن مشخص نیست اما به‌وسیله رسوبات آواری معادل سازند شمشک پوشانیده شده لذا سن آن مربوط به قبل از ژوراسیک است. بر اساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ شیل‌ها و دولومیت‌های رخنمون یافته در هسته تاقدیس منسوب به پرکامبرین و کامبرین زیرین

هستند، درحالی که در نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ این واحدها تعیین سن نشده و به طور کلی به قبل از ژوراسیک نسبت داده شده‌اند. بر اساس مقاله (Yasaghi and Imanpour., 2014) نیز شیل‌ها و دولومیت‌های یافت شده در هسته تاقدیس منسوب به پرکامبرین و کامبرین زیرین هستند و شامل توالی از شیل‌های ارغوانی، ماسه‌سنگ، آهک و میان لایه‌های دولومیتی زردرنگ چرت‌دار هستند و با توجه به مطالعات ماکروسکوپی و لیتولوژی مقاطع و حضور فسفات در برخی نمونه‌ها آن را معادل سازند بایندر در نظر گرفته‌اند. یال شرقی تاقدیس عنبران با مرز دگرشیب به وسیله ولکانیک‌های ائوسن پوشانده می‌شود. اغلب شکستگی‌های مشاهده شده در منطقه هم‌روند با محور چین و گسل عنبران است. در زیر زمین شناسی محلی بر اساس نقشه ۱:۲۰۰۰۰ شرح داده می‌شود (شکل ۳-۳):



شکل ۳-۳- نقشه زمین شناسی ۱:۲۰۰۰۰ (برگرفته از ایمان پور نمین، ۱۳۹۰) که دربردارنده واحدهای زمین شناسی - ساختاری منطقه مورد مطالعه است.

۳-۱-۳-۱- واحدهای پرکامبرین پسین

سازند بایندر و سلطانیه واحدهای اصلی دربردارنده نهشته‌های پرکامبرین در زون ساختاری البرز- آذربایجان هستند که در منطقه عنبران به صورت واحدهای شیلی، مارنی، آهکی و دولومیتی رخنمون دارند و بر اساس نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ نیز در هسته تاقدیس عنبران مشاهده شده‌اند.

۳-۱-۳-۱-۱- سازند بایندر *1b* (پرکامبرین)

این سازند در منطقه عنبران به صورت توالی از شیل‌های میکادار ارغوانی نازک لایه و دانه‌ریز با میان لایه‌های دولومیتی زردرنگ استروماتولیت‌دار به همراه ماسه‌سنگ‌های میکادار و آثار گیاهی است. مرز این واحد با واحد بالایی که معادل دولومیت سازند سلطانیه است، به صورت هم‌شیب می‌باشد (شکل ۳-۴ الف و ب).

۳-۱-۳-۱-۲- دولومیت سلطانیه *1s* (کامبرین زیرین)

این واحد شامل دولومیت‌های ضخیم لایه حاوی چرت سیاه می‌باشد که با مرز هم‌شیب بر روی واحدهای شیلی بایندر قرار گرفته است و سن آن کامبرین زیرین در نظر گرفته شده است (شکل ۳-۴ ج، د، ه).



شکل ۳-۴- الف: مرز واحد شیلی بایندر با دولومیت سلطانیه، ب: نمایی نزدیک از شیل‌های نازک لایه بایندر، ج: دولومیت‌های ضخیم لایه معادل سازند سلطانیه حاوی چرت‌های سیاه، د: نمونه دستی از دولومیت حاوی چرت سیاه و لایه کلسیتی در دولومیت سلطانیه، ه: تصویر میکروسکوپی از لایه چرتی و کربناته در دولومیت سلطانیه (بزرگنمایی 4x، نور عبوری XPL)

۳-۱-۳-۲- شیل، ماسه‌سنگ و کنگلومرا قرمز Ks1 (ژوراسیک- کرتاسه زیرین)

این واحد از شیل و ماسه‌سنگ و کنگلومرای قرمز تشکیل شده است و با ناپیوستگی بر روی دولومیت سلطانیه واقع شده است (شکل ۳-۵ الف و ب) و در برخی نواحی با مرز هم‌شیب به‌وسیله آهک‌های متبلور کرم تا خاکستری‌رنگ حاوی چرت پوشانده می‌شود.

ب



شکل ۳-۵- الف: ماسه‌سنگ قرمز بر روی دولومیت سلطانیه حاوی کانه زایی قرار گرفته است، ب: نمای نزدیک از ماسه‌سنگ و کنگلومرای قرمز رنگ

۳-۱-۳-۳- آهک ضخیم لایه Kim (کرتاسه بالایی)

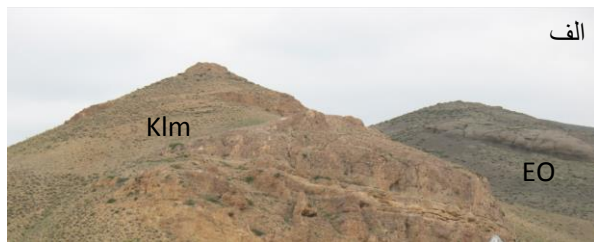
این واحد به‌صورت ناپیوسته بر روی واحدهای کنگلومرا و ماسه‌سنگ قرمز رنگ کرتاسه زیرین قرار می‌گیرد و شامل آهک‌های توده‌ای ضخیم لایه است که بر اساس گزارش امامی در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ اردبیل حاوی فسفیل رودسیت است که با کنتاکت گسله عنبران در مجاورت ولکانیک‌های ائوسن قرار گرفته است (شکل ۳-۶ الف و ب).

۳-۱-۳-۴- سنگ‌های ولکانیکی Eo (ائوسن)

در قسمت شمال شرقی منطقه رخنمون وسیعی از واحدهای ولکانیکی بر روی واحدهای قدیمی‌تر مشاهده می‌شود که متشکل از برش‌های ولکانیکی، گدازه‌های برشی همراه با جریان گدازه می‌باشد (شکل ۳-۶ الف و ب) که گاهی بافت پورفیری داشته و درشت‌بلور پیروکسن و آمفیبول در سطح آن نمایان می‌باشد. همچنین توف با فنوکریست کوارتز و پیروکسن نیز در منطقه مورد مطالعه مشاهده گردید.



ب



الف

شکل ۳-۶-الف: رخنمون آهک توده‌ای ضخیم لایه Klm و مرز گسله با واحد ولکانیکی (دید به سمت شمال)، ب، کنتاكت واحدهای ولکانیکی و واحدهای قدیمی تر در مجاورت روستای عنبران

۳-۱-۳-۵- پادگانه‌های آبرفتی Q (کواترنری)

قسمت زیادی از منطقه به‌خصوص در جنوب غرب به‌وسیله پادگانه‌های آبرفتی و رسوبات بستر رودخانه‌ها پوشانیده شده است که جوان‌ترین واحد رسوبی در منطقه مورد مطالعه است (شکل ۳-۷).



شکل ۳-۷-نمایی از رسوبات آبرفتی عهد حاضر در منطقه عنبران به سمت روستای سروآباد

۳-۱-۴- زمین‌شناسی ساختاری منطقه

تاق‌دیس عنبران در بردارنده واحدهای اصلی لیتولوژیکی و کانه‌زایی صورت گرفته در منطقه مورد مطالعه است و تاق‌دیزی مایل با امتداد شمال غرب- جنوب شرق می‌باشد. این تغییر شکل در کوه‌های البرز را ناشی از فشار حاصل از نیروی همگرایی شمالی-جنوبی صفحات عربی- اوراسیا می‌دانند. البرز در اردوویسن و سیلورین از گندوانا جدا شده و در تریاس پسین با اوراسیا برخورد کرده است. در نتیجه فرورانش بخش شمالی خزر جنوبی به زیر آپشرون- بالکان در بخش شمالی صفحه تالش، تنش کششی هم‌زمان با فشارش اعمال شده است. عملکرد گسل‌های معکوس منطقه موجب بالاآمدگی و راندگی این واحدهای قدیمی بر روی ولکانیک‌های ائوسن (مجاورت روستای عنبران) و در قسمت‌هایی بر روی آهک‌های کرتاسه شده است. در ادامه به شرح مهم‌ترین گسل‌های موجود در منطقه عنبران می‌پردازیم:

۳-۱-۴-۱- گسل اصلی عنبران

مهم‌ترین گسل رخمون یافته در منطقه گسل عنبران است که با طول ۱۰ کیلومتر و با روند شمال غرب- جنوب شرق و شیب ۵۰ درجه به سمت جنوب غرب در حاشیه شمال شرقی منطقه کشیده شده است و مرز ساختاری شاخصی بین ولکانیک‌های ائوسن و آهک‌های کرتاسه تشکیل می‌دهد (شکل ۳-۸الف). آثار ناشی از فعالیت این گسل به صورت آینه گسل، زون‌های به شدت خردشده و برشی‌شده، لنزهای گسلی و همراهی با دگرسانی و کانه‌زایی (سرب و روی) در منطقه مورد مطالعه مشاهده شده است. طبق مطالعات انجام شده این گسل با سازوکار معکوس با مؤلفه امتداد لغز راستاگرد باعث رانده شدن واحدهای آهکی پلاژیک کرتاسه در فرادیواره بر روی واحدهای ولکانیک فرودیواره شده است.

۳-۱-۴-۲- گسل سروآباد

گسل سروآباد در غرب گسل عنبران واقع شده است، شیبی به اندازه ۵۰ درجه به سمت جنوب غرب دارد و همانند گسل عنبران روند شمال غربی - جنوب شرقی دارد و مرز ساختاری واحدهای دولومیتی معادل سلطانیه و آهک‌های کرتاسه را تشکیل می‌دهد (مرز شکل ۳-۸الف و ب). فعالیت این گسل نیز معکوس بوده

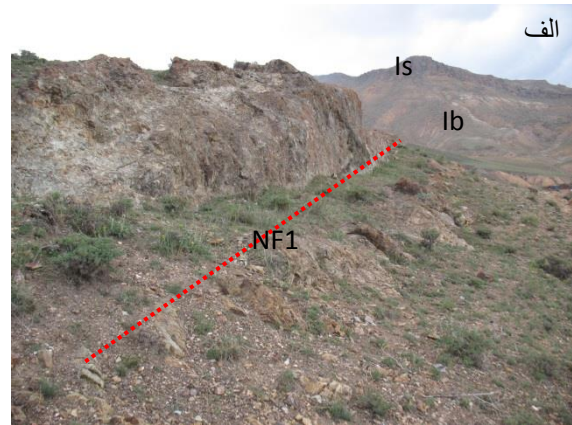
در مسیر روستای عنبران به سمت عنبران علیا واحدهای سلطانیه و قدیمی‌تر از آن را بر روی واحدهای جدیدتر آهکی کرتاسه رانده است و مورفولوژی صخره‌ای را ایجاد کرده است. ادامه این گسل تا بخش‌های شمالی منطقه نیز امتداد دارد و در روستای سروآباد واحدهای دولومیتی سازند سلطانیه را بر روی آهک‌های کرتاسه قرار داده است (شکل ۳-۸ ج).



شکل ۳-۸- الف: مرز گسله واحدهای ولکانیکی و واحد آهکی، گسل اصلی عنبران با روند شمال غرب جنوب شرق مرز شاخص واحدهای آهکی کرتاسه و ولکانیک ائوسن را تشکیل می‌دهد. ب: کنتاکت هم‌شیب سازند سلطانیه و بایندر) عکس الف و ب از مجاورت یکدیگر گرفته شده و کنتاکت بین آن‌ها نیز گسلی است، ج: کنتاکت گسله (گسل سروآباد) بین واحد Is و KIm

۳-۱-۴-۳- گسل NF1

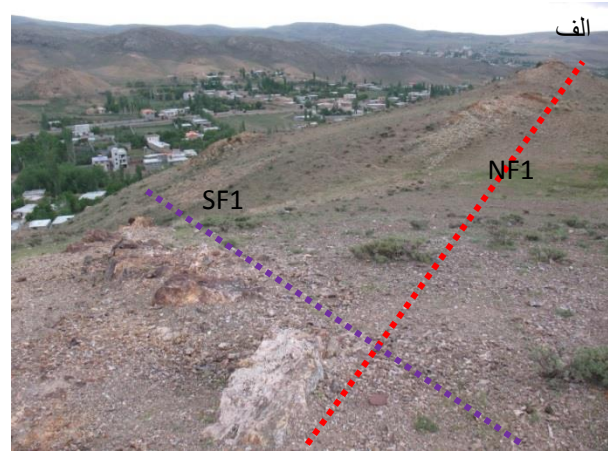
در کنار منبع آب سرخه کوه کانه زایی سولفیدی با آثار سطحی آغشتگی مالاکیته و آزریت در مجاورت گسل NF1 مشاهده می‌شود. این گسل در واحدهای شیل ارغوانی معادل سازند بایندر رخنمون دارد و دارای مؤلفه امتدادلغز راستگرد می‌باشد (موقعیت سطح گسل: 40/050) (شکل ۳-۹ الف). عملکرد گسل در این ناحیه موجب شکل‌گیری پهنه برشی، سطح گسلی، پله گسلی و خش لغزهای گسلی شده است و تقریباً هم‌روند با باریت‌ها و کانه‌زایی در منطقه است (شکل ۳-۹ ب) که در فصل‌های بعدی به آن خواهیم پرداخت.



شکل ۳-۹-الف: رخنمون کنتاکت واحد شیلی بایندر و واحد دولومیتی سلطانیه به همراه رخنمونی از سطح گسل و پله گسل دید به سمت شمال، ب: رگه باریت به موازات گسل NF1 در شیل‌های ارغوانی معادل سازند بایندر

۳-۴-۱-۴-۳ گسل SF1

عملکرد این گسل در کنار منبع آب سرخه کوه و به صورت متقاطع (با زاویه ۸۰ درجه) نسبت به گسل NF1 قرار گرفته است (شکل ۳-۱۰ الف) که باعث جابجایی واحدهای شیلی و میان لایه‌های آهکی بایندر شده است و شواهدی به صورت رگه‌های سیلیسی-هماتیتی با بافت برشی در این زون مشاهده می‌شود در محل تقاطع آن با گسل NF1 کانه زایی سولفیدی به وفور مشاهده می‌شود که می‌تواند به عنوان کلید اکتشافی در منطقه عنبران به کار گرفته شود (شکل ۳-۱۰ ب). این گسل شیب زیادی به سمت شمال غرب نشان می‌دهد (موقعیت سطح گسل 80/330) و دارای سازوکار امتداد لغز است، البته مقدار جزئی مؤلفه شیب لغز نرمال نشان می‌دهد که به صورت ۲-۳ متر صفحه گسلی و برش‌های گرمابی است (شکل ۳-۱۰ ج و د).



شکل ۳-۱۰-الف: محل تقاطع دو گسل NF1 (همروند با رگه باریتی حاوی کانه‌زایی) و گسل SF1 (همروند با سیلیس برشی)، ب: نمای نزدیک از رگه‌های باریتی-سیلیسی حاوی کانه‌زایی، ج: نمای نزدیک از رگه سیلیسی-هماتیتی فاقد کانه‌زایی، د: نمای نزدیک از برش سیلیسی گرمابی حاوی آغشتگی آهن فاقد کانه‌زایی

۳-۱-۴-۵-گسل RF1

این گسل معکوس با مؤلفه امتدادلغز راست‌گرد است که در بخش غربی منطقه مورد مطالعه و در میان واحدهای شیلی آهکی بایندر با روند شمال غرب-جنوب شرق واقع شده است (موقعیت سطح گسل 60/050)، و به دلیل شدت فرسایش حاکم بر واحد شیلی در بسیاری از قسمت‌ها رخنمون ندارد.

RF2 ۳-۱-۴-۶-گسل

این گسل در شمال منطقه و خارج از محدود مطالعاتی برون‌زد دارد و ادامه گسل سروآباد است و دارای سازوکار معکوس با مؤلفه امتدادلغز راستگرد است (موقعیت سطح گسل: 40/190) و باعث رانده شدن واحد دولومیتی سلطانیه بر روی واحدهای آهکی کرتاسه شده است (ایمان پور نمین، ۱۳۹۰).

RF3 ۳-۱-۴-۷-گسل

در نزدیکی روستای سروآباد، عملکرد این گسل با سازوکار معکوس با مؤلفه امتدادلغز راستگرد (موقعیت سطح گسل ۱۵۰/۶۰) باعث جابجایی واحدهای شیلی ارغوانی و میان لایه‌های آهکی زردرنگ سازند بایندر شده است و شواهد گسلی از قبیل آینه گسل و شواهد کانه زایی گرمابی باریت به همراه دگرسانی سیلیسی و کانه زایی سولفیدی در این منطقه به‌وفور مشاهده می‌شود (شکل ۳-۱۱ الف و ب).



شکل ۳-۱۱- الف: آینه گسل مشاهده شده در مرز ساختاری شیل و آهک‌های سازند بایندر با دولومیت‌های این سازند ، ب:

نمای نزدیک از واحدهای شیلی و سیلتستونی بایندر در مجاورت واحدهای دولومیتی

درمجموع مطالعات صحرائی انجام شده در منطقه حضور دو دسته کلی گسل را در منطقه شناسایی کرده است، گسل‌های معکوس که موجب جابه‌جایی واحدهای قدیمی‌تر شیلی و دولومیتی بایندر و سلطانیه بر روی ولکانیک‌های ائوسن شده‌اند و گسل‌های عادی و یا امتدادلغز که احتمالاً جوان‌تر از گسل‌های معکوس بوده و موجب ایجاد گسل خوردگی و زون برشی و آینه گسل و ... در منطقه شده است. در نزدیکی روستای عنبران تقاطع این دو دسته گسل موجب شکل‌گیری کانه‌زایی در رگه‌های باریتی و سیلیسی شده است.

شیب تند نشان‌دهنده این است که سازوکار اولیه گسل نرمال بوده و سپس در فاز فشارشی بعدی به صورت راندگی تجدید فعالیت کرده است، به عبارتی در منطقه تغییر رژیم از کششی به فشارشی یا وارون شدگی ساختاری را شاهد هستیم. از طرفی در فرادیواره این گسل رسوبات کرتاسه یافت شده است که نشان‌دهنده این است که گسل عنبران تا زمان کرتاسه در محیط زمین‌ساختی کششی فعالیت داشته و در نتیجه گسلی عادی بوده است که پایین رفتن فرادیواره در آن موجب رسوب‌گذاری واحدهای آهکی کرتاسه شده است. سپس تغییر محیط زمین‌ساختی از کششی به فشارشی موجب تغییر عملکرد گسل عنبران و تبدیل آن به گسل با سازوکار معکوس شده است و واحدهای آهکی فرادیواره را به سمت بالا بر روی واحدهای جوان‌تر رانده است. نتایج مطالعات ساختاری انجام شده توسط ایمان پور نمین (۱۳۹۰) در ناحیه عنبران نشان می‌دهد که وارون شدگی گسل عنبران، همراه با گسل پس‌راند فرادیواره‌ای RF1 موجب ایجاد تاقدیس بالاآمده در بین این دو گسل شده است و نهشته‌های قدیمی معادل سازندهای بایندر و سلطانیه در هسته تاقدیس در اثر عملکرد این گسل‌ها به سطح رانده شده است.

۳-۲- دورسنجی اکتشافی

امروزه دورسنجی با استفاده از داده‌های چندطیفی و ابرطیفی نقش مهمی در نقشه‌برداری زمین‌شناسی و کانی‌شناسی ایفا می‌کند (Bentahar et al., 2020). بارزسازی دگرسانی‌ها و خطواره‌ها برای شناسایی پتانسیل ذخایر معدنی بر اساس ویژگی‌های طیفی خاص پهنه‌های دگرسانی و با استفاده از داده‌های زمین‌شناسی و ژئوشیمی انجام می‌گردد. مطالعات کمی تاکنون با استفاده از پردازش تصاویر سنتینل 2A برای استخراج دگرسانی‌های همراه با توده معدنی در ایران انجام شده است. اغلب مطالعات پیشین از داده‌های استر به دلیل ویژگی‌های طیفی باندهای سازنده آن استفاده کرده‌اند، باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک برای شناسایی تشکیلات آهن‌دار، مادون قرمز کوتاه برای شناسایی کربنات‌ها، هیدرات‌ها و هیدروکسیدها مفید هستند، درحالی‌که باندهای حرارتی برای شناسایی سیلیکات‌ها کاربرد دارند. در سالیان اخیر محققان از تصاویر سنتینل ۲ به دلیل ویژگی‌های طیفی مناسب آن در نقشه‌برداری زمین‌شناسی بهره جسته‌اند (Bentahar and Raji., 2020). این تصاویر به وسیله در نظر گرفتن تفاوت اطلاعات طیفی و کانی‌شناسی قادر به شناسایی ساختارها، ترکیب سنگ‌ها، ویژگی‌های مورفولوژیکی، خطواره‌ها، ترکیب سنگ‌ها و الگوی زهکشی هستند

۳-۲-۱- پردازش تصویر

در این پژوهش نقشه‌برداری سنگ‌شناسی به وسیله داده سنتینل انجام شد. پردازش داده‌ها بر اساس بهبود تصاویر به منظور بارزسازی واحدهای زمین‌شناسی سازنده ناحیه مورد مطالعه است.

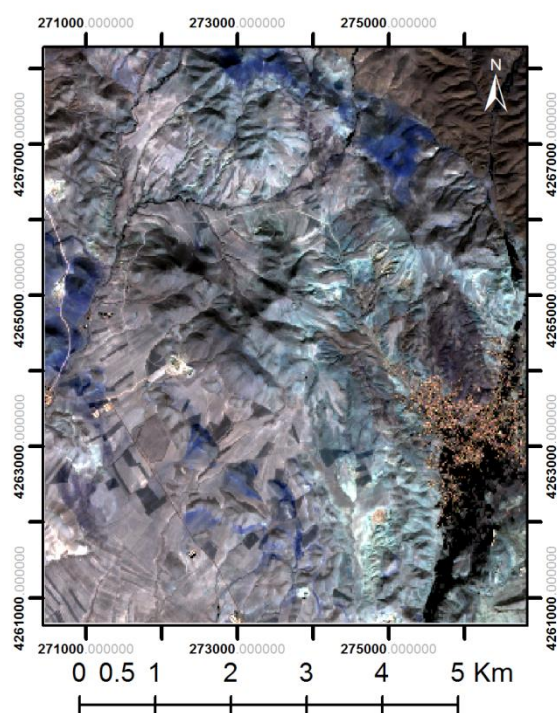
۳-۲-۱-۱- پیش پردازش

پیش پردازش داده‌های ماهواره‌ای اولین مرحله پردازش تصویر است که بازتاب سطحی را با توجه به پارامترهای معین مربوط به تأثیر اتمسفر، نور خورشید و مکان هندسی افزایش می‌دهد. بعد از تصحیح رادیومتریک تصحیح اتمسفری داده چند طیفی سنتینل ۲ با استفاده از روش QUICK انجام گرفت. باندهای تصحیح شده شامل ۱۰ باند سنجنده سنتینل ۲ است (باندهای 2,3,4,5,6,7,8,8A,10,11). سپس

تصاویر تصحیح شده سنتینل ۲ به فرمت انوی تبدیل و یکپارچه‌سازی شدند و برای پردازش در نرم‌افزار انوی مورد استفاده قرار گرفتند.

۳-۱-۲-۳- حذف پوشش گیاهی

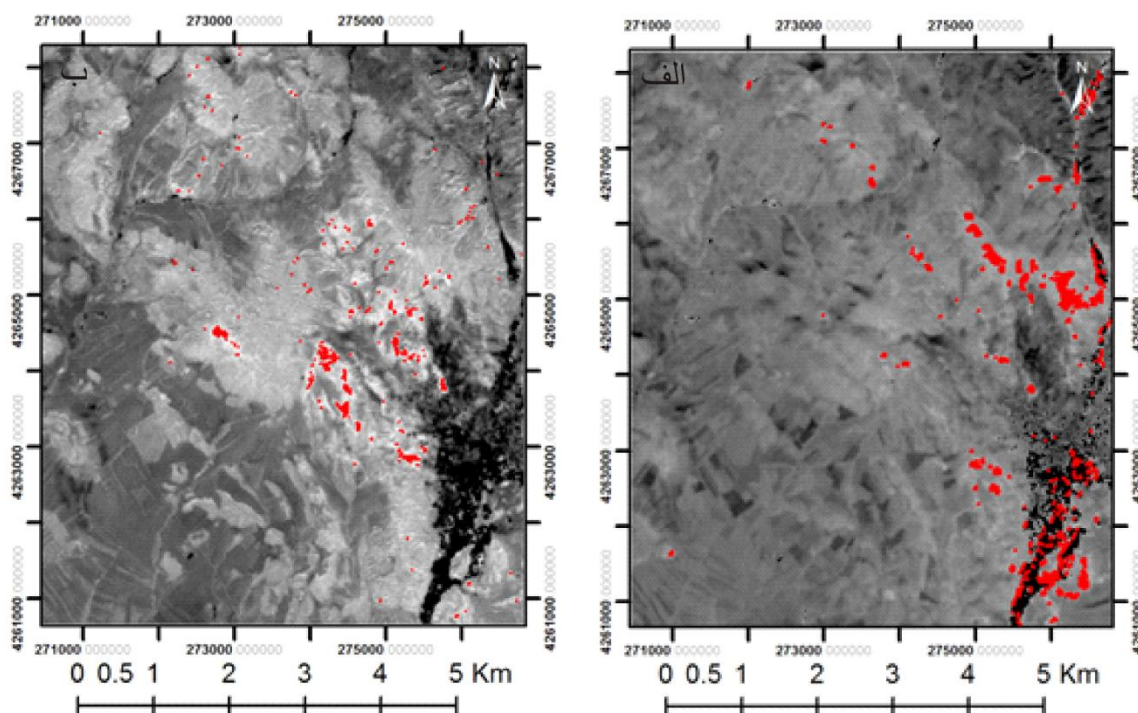
رفتار پوشش گیاهی در محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک می‌تواند روی شناسایی کانی‌های اکسید آهن و حتی کانی‌های هیدروکسیل دار تأثیر گذاشته و نتایج را دچار خطا کند. از این رو حذف پوشش گیاهی قبل از بسیاری از پردازش‌ها الزامی است. برای مثال سنتینل ۲ مانند لندست ۸ از طریق شیب ایجاد شده در دو باند آخر SWIR کانی‌های رسی را نقشه‌برداری می‌کند. متأسفانه این شیب طیف پوشش گیاهی را نیز در برمی‌گیرد که به منظور حذف ناهنجاری کاذب حاصل از پوشش گیاهی، باید با استفاده از نسبت بانندی ۸/۴ پوشش گیاهی را از منطقه حذف کرد (El Atillah et al., 2019). شکل ۳-۱۲ تصویر ماهواره سنتینل ۲ در محدوده مورد مطالعه بعد از حذف پوشش گیاهی را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱۲- تصویر ماهواره سنتینل 2A در محدوده مورد مطالعه، پوشش گیاهی حذف شده با پیکسل‌های سیاه نمایش داده شده است.

روش نسبت بانندی کاربرد وسیعی در پردازش تصاویر ماهواره‌ای دارد و اطلاعات منحصر به فردی به این طریق حاصل می‌شود که این اطلاعات با استفاده از یک باند به دست نخواهد آمد. در این روش دو بانندی که تصحیحات جوی بر روی آن‌ها اعمال شده است پیکسل به پیکسل بر هم تقسیم می‌شوند. بانندی که میزان بازتابش از هدف مورد نظر بیشتر باشد در صورت کسر و بانندی که میزان جذب برای همان هدف بالاتر باشد، در مخرج کسر قرار می‌گیرد. نتایج حاصل از به‌کارگیری نسبت بانندی، تصاویری به صورت *Gray Scale* هستند که به‌تنهایی ملاک و مقیاس مناسبی برای تعیین نواحی هدف در منطقه مورد مطالعه نیست، بلکه تنها مشخص‌کننده مناطقی هستند که بیشترین احتمال حضور ماده معدنی مورد نظر و یا به‌طور کلی اهداف مورد جستجو در آن‌هاست (جوی زاده و همکاران، ۱۳۹۷). سنجنده سنتینل ۲ دارای باندهای متعددی در طول موج مرئی و مادون قرمز نزدیک است و در این محدوده طول موج کانی‌های شاخص محدوده دگرسانی (کانی‌های اکسید آهن و کانی‌های رسی، کائولینیت، مونتموریلونیت، سریسیت و ...) که در قسمت‌های پیشین بحث شد، رفتار طیفی خاصی نشان می‌دهند که از منحنی طیفی این کانی‌ها که در کتابخانه نرم‌افزار انوی موجود است می‌توان برای انتخاب نسبت بانندی مناسب استفاده کرد.

برای ناهنجاری مرتبط با کانی‌های هیدروکسیل دار و اکسیدهای آهن حدآستانه به وسیله $2\sigma + \mu$ تعیین می‌شود که در آن μ و σ ، به ترتیب مقادیر میانگین و انحراف استاندارد آنالیز مؤلفه‌های مرتبط تصویر است. در این پژوهش برای شناسایی دگرسانی رسی از نسبت بانندی ۱۱/۱۲ و برای شناسایی اکسیدهای آهن از نسبت بانندی 11/8a سنجنده سنتینل ۲ استفاده شده است (El Atillah et al., 2019)، در این تصاویر دگرسانی‌ها با رنگ روشن به نمایش در آمدند که برای بارسازی آن‌ها از تکنیک‌های حدآستانه‌ای استفاده کردیم و پیکسل‌های هدف را با رنگ قرمز نشان دادیم (شکل ۳-۱۳- الف و ب).

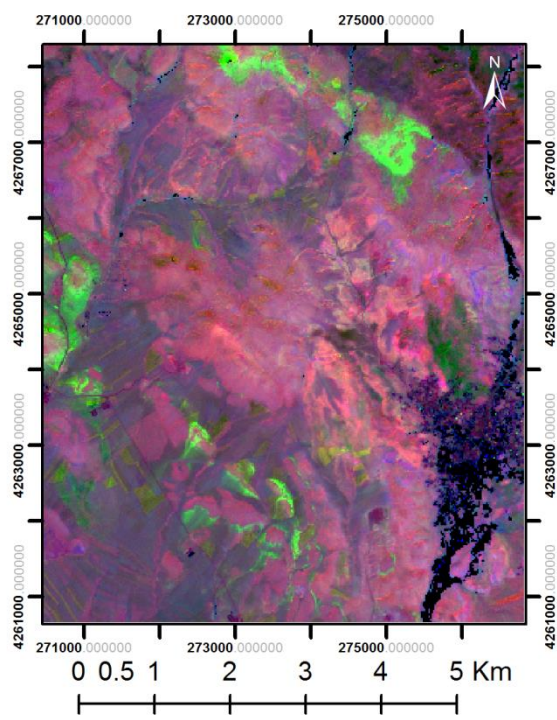


شکل ۳-۱۳- الف: نسبت بانندی ۱۱/۱۲ سنجنده سنتینل ۲ نقاط روشن دگرسانی رسی را نشان می‌دهد ب نسبت بانندی 11/8a سنجنده سنتینل ۲ نقاط روشن دگرسانی اکسیدهای آهن را نشان می‌دهد.

۳-۲-۱-۴- ترکیب رنگی نسبتی

ویژگی‌های بازتابی و جذبی کانی‌های رسی مانند مونت‌موریلونیت و کائولینیت در طول موج ۱۶۱۰ و ۲۱۹۰ میکرومتری است که به ترتیب مطابق با باندهای ۱۱ و ۱۲ داده سنتینل ۲ است. همان‌طور که کانی‌های آهن لیمونیت و هماتیت ویژگی جذبی واضحی در ۸۶۵ نانومتر دارند که مطابق با باند 8A است و دو ویژگی بازتابی واضح در طول موج ۶۶۵ و ۱۶۱۰ نانومتری دارند که به ترتیب مطابق با باند ۶ و ۱۱ است (ویژگی‌های بازتابی کانی ژاروسیت مشابه ولی با شدت بیشتری است). بنابراین نسبت بانندی ۱۱/۱۲ و ۴/۲ و 11/8A داده سنتینل ۲ موجب بهبود نمایش نواحی غنی از کانی‌های هیدروکسیل دار، اکسیدهای آهن و هماتیت و لیمونیت می‌شود (El Atillah et al., 2019). ترکیب رنگی این باندها به صورت ترکیب رنگی کاذب برای تفسیر بهتر نواحی دگرسانی در ناحیه مورد مطالعه کاربردی است. از طرف دیگر از آنجاکه داده‌های سنتینل ۲ باندهای کمی در SWIR دارند، ویژگی‌های طیفی بارز کربنات‌ها در طول موج ۲۳۰۰

نانومتری به خوبی قابل نقشه برداری نیست. در این تصویر نواحی احتمالی حضور کانی های رسی با طیف نزدیک به قرمز و صورتی، اکسید آهن به رنگ سبز (مطابقت با نقشه زمین شناسی نشان دهنده ماسه سنگ های قرمز بود) و آبی (هماتیت، لیمونیت، گوتیت همراه با سنگ های کربناته) به نمایش درآمد (شکل ۳-۱۴).

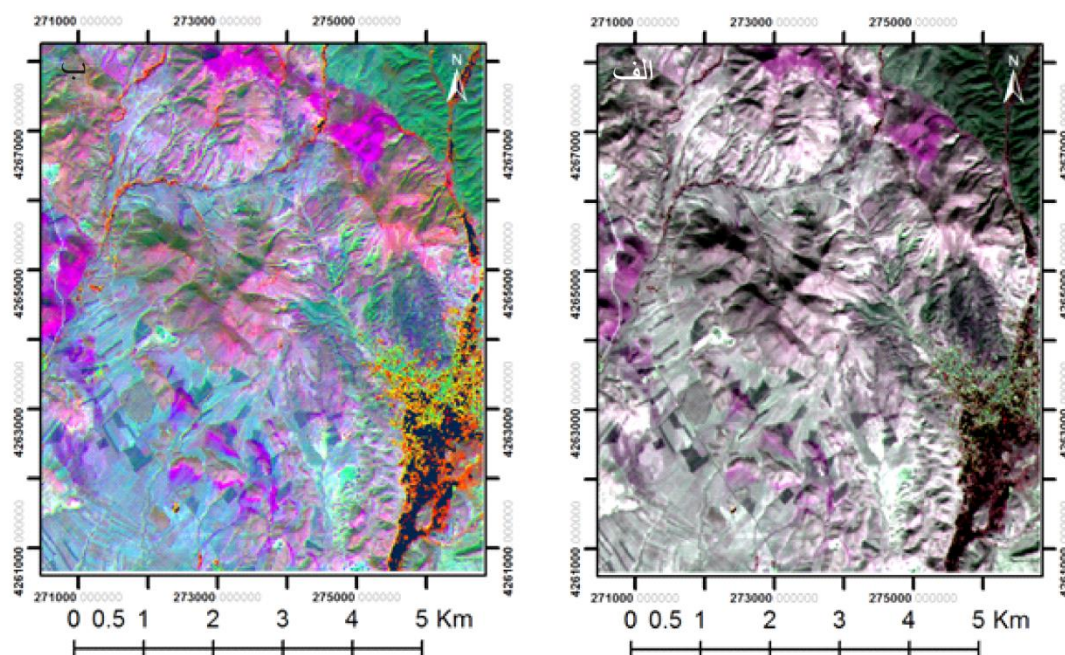


شکل ۳-۱۴- ترکیب رنگی 11/12, 4/2, 11/8a به ترتیب در RGB، در این تصویر نواحی احتمالی حضور کانی های رسی با رنگ صورتی و اکسیدهای آهن با رنگ آبی به نمایش در آمده است.

۳-۲-۱-۵- ترکیب رنگی در RGB و تکنیک بسط همبستگی DS

نقشه برداری سنگ شناسی با استفاده از تصاویر چند طیفی یا ابرطیفی برای مقاصد زمین شناسی بسیار سودمند است. بعد از مطالعه مقایسه ای میان انواع ترکیب های رنگی به این نتیجه رسیدیم که ترکیب رنگی ۷۳۵ به ترتیب در جعبه رنگی RGB از لحاظ تشخیص واحدهای زمین شناسی بهتر از بقیه تصاویر است (شکل ۳-۱۵ الف). سپس از تکنیک بسط همبستگی برای بارزسازی بهتر واحدهای لیتولوژیکی استفاده کردیم. این تکنیک همبستگی های بالای میان داده های ماهواره ای چندطیفی را حذف می کند و به وسیله

تولید تصویر ترکیب رنگی با شدت رنگ بیشتر موجب بهبود تفسیر بصری می‌شود. این تکنیک به‌طور موفقیت‌آمیزی برای نقشه‌برداری لیتولوژیکی استفاده می‌شود. در پژوهش حاضر بسط همبستگی بر روی ۱۰ باند سنتینل ۲ اجرا شده است از میان نتایج حاصل از روش بسط همبستگی تصویر ترکیب رنگی بسط داده شده ۷۳۵ در ایجاد تمایز بیشتر بین واحدهای سنگی مختلف در ناحیه مورد مطالعه مؤثرتر بوده است. در این تصویر سنگ‌های آهکی با رنگ آبی کم‌رنگ، سنگ آهک دولومیتی و چرتی به رنگ صورتی، ماسه‌سنگ‌ها به رنگ بنفش، سنگ‌های ولکانیکی به رنگ سبز نمایش داده می‌شود (شکل ۳-۱۵ ب).

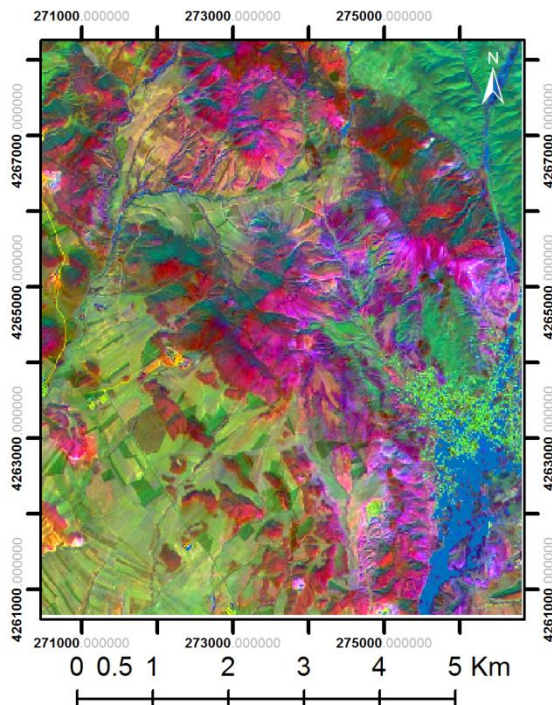


شکل ۳-۱۵- الف- ترکیب رنگی 735 به ترتیب در RGB ، ب: تصویر بسط همبستگی ترکیب رنگی 735

۳-۱-۲-۶- تحلیل مؤلفه‌های اصلی

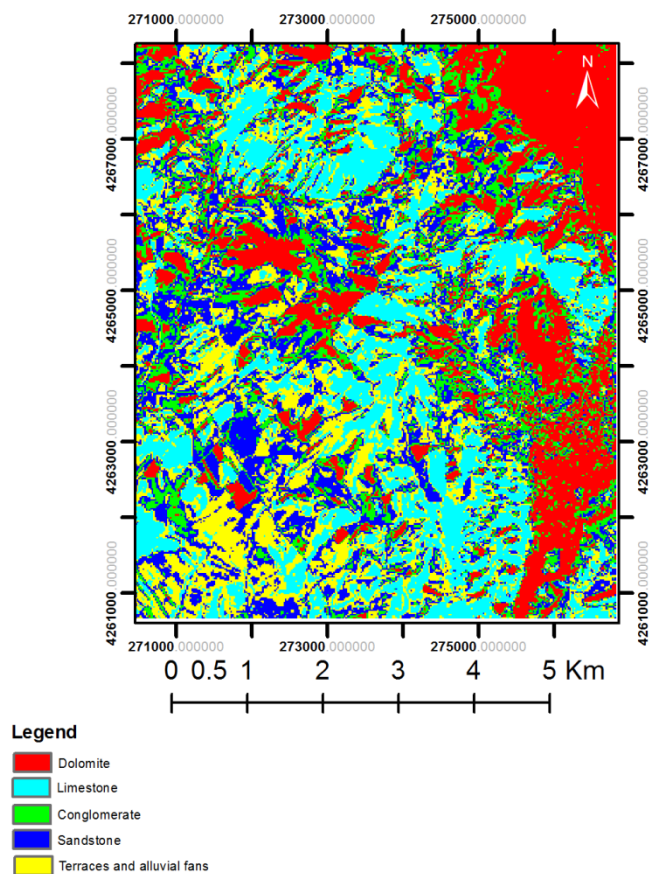
آنالیز مؤلفه‌های اصلی تکنیک پردازش داده‌های چندطیفی است که عمدتاً در نقشه‌برداری سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی و خطواره‌های زمین‌شناسی کاربرد دارد. این تکنیک روش آماری چند متغیره بر اساس حذف نویز و بارزسازی اطلاعات هدف برای کشف ارتباط بین متغیرها و پدیده‌ها است (Bentahar and Raji., 2020). آنالیز مؤلفه‌های اصلی اغلب برای پردازش تصاویر لندست برای شناسایی اطلاعات دگرسانی استفاده شده است. تصاویر سنتینل ۲ تاکنون اغلب به‌وسیله تکنیک نسبت‌های باندهای پردازش شده‌اند، اما از آنجاکه

ویژگی‌های طیفی و فضایی کارآمد سنتینل ۲ مشابه سنجنده لندست است، بنابراین تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای تصاویر سنتینل نیز می‌تواند کاربردی باشد. اگرچه نتایج پژوهش‌های قبلی بر اساس مطالعات میدانی نشان داده است که دگرسانی‌های کاذب (اکسید آهن و کانی‌های هیدروکسیل دار) به وسیله وجود پوشش گیاهی، ابر، سایه و دیگر فاکتورها می‌تواند نتایج را به شدت تحت تأثیر قرار دهد. اما در قسمت‌های بعدی توضیح خواهیم داد که ناهنجاری‌های کاذب مرتبط می‌تواند به طور مؤثر به وسیله هم‌پوشانی دگرسانی به دست‌آمده با الگوریتم‌های متفاوت حذف گردد. در این پژوهش ترکیب رنگی کاذب به دست‌آمده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی مورد بررسی قرار گرفت (El Atillah et al., 2019) و ترکیب رنگی کاذب، RGB: PC1, PC2, PC4 سنجنده سنتینل ۲ بهترین تمایز سنگ‌شناسی و دگرسانی را نشان داد و موجب تشخیص واحدهای زمین‌شناسی متفاوت گردید. در این تصویر مطابقت با نقشه زمین‌شناسی نشان داد که سنگ‌های آهکی با رنگ سبز کم‌رنگ، سنگ آهک دولومیتی و چرتی به رنگ بنفش، ماسه‌سنگ‌ها به رنگ قرمز متمایل به قهوه‌ای، سنگ‌های ولکانیکی به رنگ سبز پررنگ نمایش داده می‌شود (شکل ۳-۱۶).



شکل ۳-۱۶- ترکیب رنگی کاذب شامل نوارهای PCA: 124 سنجنده سنتینل ۲ به ترتیب در RGB

نتایج طبقه‌بندی نظارت‌نشده، طبق الگوریتم‌های متفاوت Iso-data و K-means، در تهیه نقشه‌برداری زمین‌شناسی مفید است. در این پژوهش نقشه‌های متعددی به وسیله تغییر تعداد کلاس‌ها تولید کردیم. شکل ۳-۱۷ مثال ساده‌ای از نتایج حاصل از طبقه‌بندی به ۵ کلاس به وسیله الگوریتم Iso-data را نشان می‌دهد با استفاده از روش k-means نیز نتیجه کاملاً مشابهی به دست آمد که به منظور جلوگیری از تکرار در اینجا نمایش داده نشده است. مقایسه با نقشه زمین‌شناسی نشان‌دهنده طبقه‌بندی اشتباه دولومیت‌ها همراه با واحدهای ولکانیکی و پوشش گیاهی است، این طبقه‌بندی نادرست در هر دو روش طبقه‌بندی چندطیفی ناشی از مشابهت ویژگی‌های طیفی این واحدهاست. یادآوری می‌شود که نقشه‌برداری رخساره‌های کربناتی متفاوت ناحیه مورد مطالعه با استفاده از تصاویر سنتینل ۲ دشوار است، زیرا واحدهای مختلف شباهت نسبی در ویژگی‌های طیفی‌شان دارند. باید توجه کرد که پیکسل‌هایی در برخی قسمت‌ها به تصویر کشیده شده که با نقشه زمین‌شناسی همخوانی ندارد و نیازمند بررسی صحرایی برای تأیید صحت داده‌هاست.

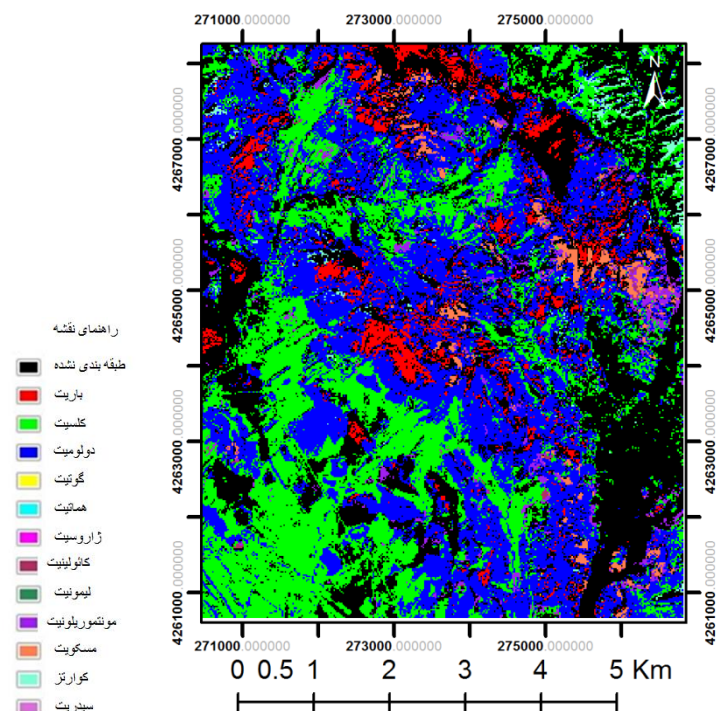


شکل ۳-۱۷- طبقه‌بندی نظارت‌نشده تصویر سنتینل ۲

۳-۲-۱-۱- نقشه‌بردار زاویه طیفی

الگوریتم SAM در نرم‌افزار ENVI از تعدادی کلاس آموزشی (کتابخانه طیفی) به‌عنوان مرجع استفاده می‌کند. تصویر به‌دست‌آمده یک تصویر طبقه‌بندی شده است که بهترین SAM تطبیق یافته در هر پیکسل را نشان می‌دهد. پیکسل‌های روشن‌تر در تصویر واقعی نشان‌دهنده زاویه طیفی کوچک‌تر و بیشترین شباهت با طیف مرجع است. این مطالعات طبقه‌بندی رخساره‌های سنگی در نواحی خشک و نیمه‌خشک با استفاده از تصاویر سنتینل ۲ را میسر می‌سازند. درنهایت با استفاده از اندازه‌گیری درجای ویژگی‌های طیفی برای سازندهای تیپیک ناحیه تصاویر سنتینل ۲ با دقت بیشتری طبقه‌بندی رخساره‌های سنگی را انجام می‌دهد. بنابراین سهم بزرگی در مطالعه تجزیه و تحلیل طیفی منطقه دارد. مقایسه نتایج حاصل از پردازش تصاویر با نقشه زمین‌شناسی به‌عنوان مرجع نشان داد که تکنیک پردازش به کار گرفته شده در این پژوهش بر روی

تصویر با رزولوشن فضایی ۲۰ متری بهترین نتیجه را داده است. اگرچه برخی از پیکسل‌ها به صورت نادرست طبقه‌بندی شده‌اند (مانند پیکسل‌های خیلی روشن در قسمت شمالی منطقه)، زیرا روش SAM تنها جهت عمودی طیف و نه طول آن را به کار می‌گیرد و این امر موجب می‌شود که به روشنایی حساس نباشد (Lanfranchi et al., 2020). در این پژوهش نقشه‌برداری کلاس‌های زمین‌شناسی به وسیله طبقه‌بندی SAM انجام شد زیرا این روش در نقشه‌برداری سنگ‌شناسی مفید هستند. نتایج نشان دادند که نقشه‌برداری سنگ‌شناسی به دست آمده از تصاویر سننتیل ۲ با استفاده از این روش تطابق خوبی با نقشه زمین‌شناسی تهیه شده در ناحیه مورد مطالعه دارد. شکل ۳-۱۸ نتایج نهایی کانی‌های دگرسانی را که از پردازش داده‌های چندطیفی سننتیل ۲ به دست آمده است نشان می‌دهد. سنگ آهک سیلتی و ماسه‌ای با پیکسل‌های سبز و سنگ آهک چرتی، کلسیت‌های دولومیتی و دولومیت‌های ضخیم لایه با پیکسل‌های آبی نمایش داده شده است. واحدهای حاوی باریت به صورت پیکسل‌های قرمز رنگ به نمایش در آمده است. اغلب اکسیدهای آهن (هماتیت، ژاروسیت، سیدریت و ...) تطابق خوبی با واحدهای آهک چرتی و دولومیتی نشان داده‌اند. کانی‌های هیدروکسیل‌دار نزدیک به مرکز و شرق ناحیه متمرکز شده‌اند که بر اساس نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین‌شناسی منطبق با شیل‌های ارغوانی با میان لایه‌های دولومیتی و ماسه‌سنگ‌ها و شیل‌های سازند شمشک است. در این تصویر پیکسل‌هایی به صورت طبقه‌بندی نشده با رنگ سیاه نشان دیده می‌شود.



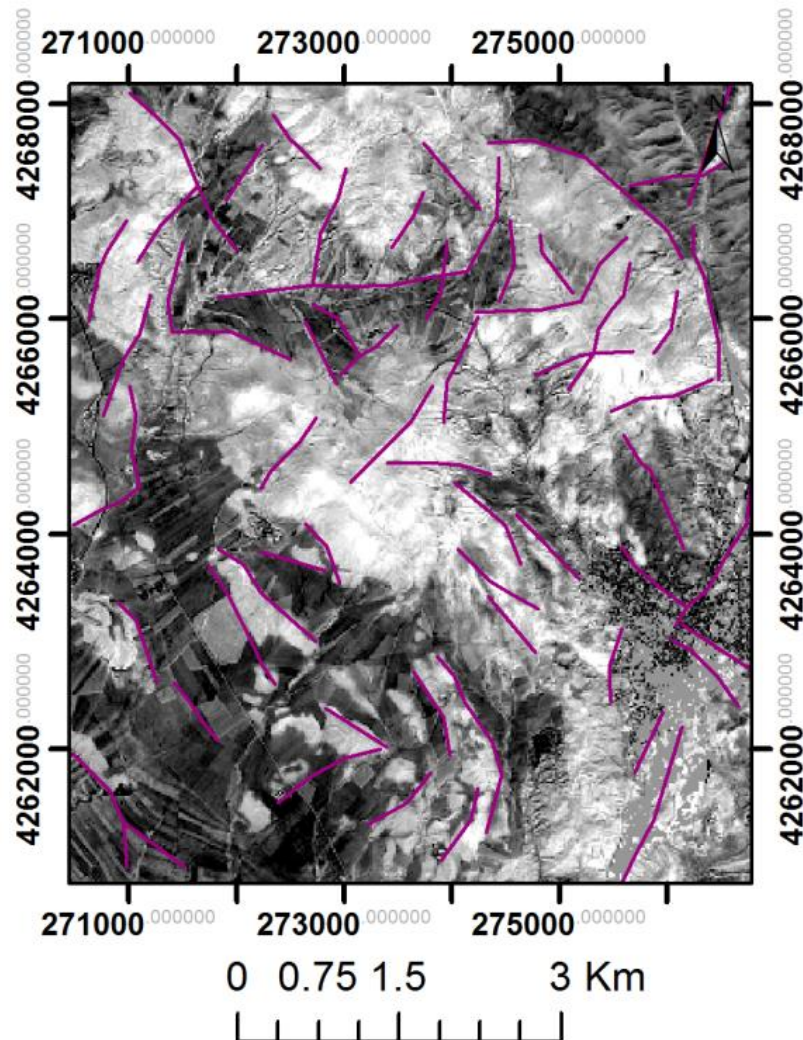
شکل ۳-۱۸- طبقه‌بندی تصاویر سنتینل ۲ با استفاده از نقشه‌بردار زاویه طیفی

در پردازش تصاویر ماهواره‌ای باید به این نکته توجه داشت که برخی دگرسانی‌ها به علت کوچک بودن یا هم‌پوشانی طیفی قابل تشخیص نیستند و مطالعات پتروگرافی و دگرسانی به‌منظور شناسایی و تفکیک آن‌ها پیشنهاد می‌شوند از جمله:

- وجود سیلیس در سازندها به‌صورت اولیه که قابل تفکیک از دگرسانی سیلیسی شدن نیست.
- عدم تشخیص سیدریتی شدن و آنکرایتی شدن به دلیل همراهی و وسعت کم این دگرسانی‌ها
- هم‌پوشانی طیفی اکسیدهای آهن‌دار مرتبط با کانه زایی با برخی سازندهایی که حاوی اکسیدهای آهن هستند (بالا بودن زمینه).
- در مناطقی که میزان پیریت بالاست هوازدگی در مجاورت سطح موجب تشکیل آلونیت ژاروسیت اکسیدهای آهن و ژپیس می‌شود که به دلیل شدت اختلاط این کانی‌ها با یکدیگر که با توجه به قدرت تفکیک مکانی و طیفی داده‌ها و وسعت کم این نوع دگرسانی‌ها تشخیص آن‌ها از یکدیگر با سنجنده استر امکان‌پذیر نیست، لذا این مجموعه را به‌صورت دگرسانی ژاروسیت در تصویر مشخص کردیم.

۳-۲-۱-۹- استخراج خطواره‌ها

شواهد ساختاری در دورسنجی اکتشافی به صورت خطواره‌ها و ساختارهای حلقوی رخنمون می‌یابند. به منظور نمایش محل تقاطع گسل‌ها، طول و روند شکستگی‌ها در اینجا با استفاده از روش‌هایی چون ترکیب‌های رنگی، تحلیل مؤلفه‌های اصلی، فیلترهای جهت‌دار آشکارساز لبه خطواره‌ها را آشکار ساختیم. از بین چندین تصویر تولیدشده، تصویر فیوژن شده مؤلفه دوم PCA بهترین نتیجه را نشان داده است (شکل ۳-۱۹) و از نقشه تراکم خطواره‌های به دست آمده از آن (شکل ۳-۲۰) در تلفیق تصاویر به منظور معرفی مناطق امیدبخش معدنی استفاده کردیم.



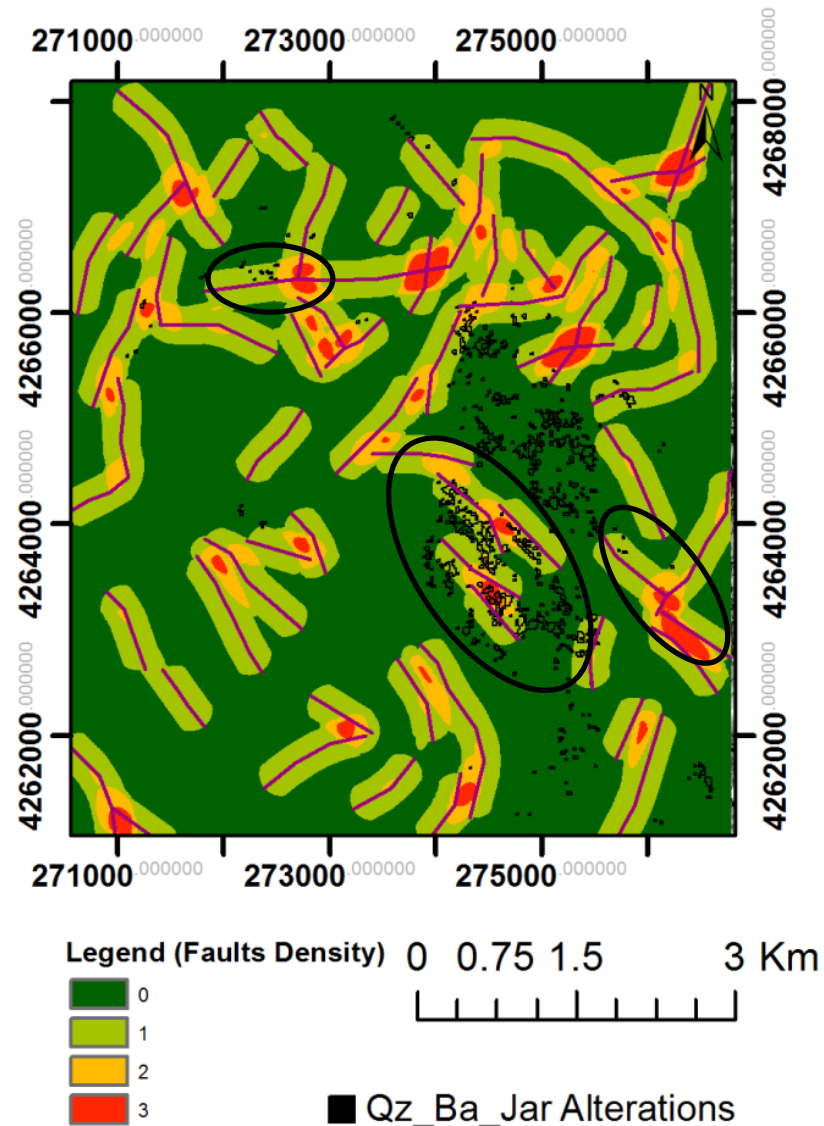
شکل ۳-۱۹- نقشه خطواره‌های استخراج‌شده از تصویر سنتینل ۲ مؤلفه دوم PCA

۳-۲-۲- هم‌پوشانی تصاویر و معرفی مناطق امیدبخش معدنی

در مقیاس ناحیه‌ای نمی‌توان تشخیص داد که کدام الگوریتم به کار گرفته شده در این پژوهش بهتر است، همه آن‌ها نواحی مطلوب برای پی‌جویی دگرسانی‌ها را نقشه‌برداری می‌کنند، اما نواحی که اغلب این روش هم‌پوشانی نداشته باشند را می‌تواند ناهنجاری کاذب نامید و با استفاده از تکنیک هم‌پوشانی تصاویر آن‌ها را حذف کرد. مقایسه پردازش‌های به‌دست‌آمده از انواع روش‌های نسبت بانندی، ترکیب رنگی، تحلیل مؤلفه‌های اصلی و نقشه‌برداری زاویه طیفی نشان می‌دهد که در تصاویری که با روش‌های متفاوت ایجاد می‌شوند، محدوده‌های دگرسانی واقعی تغییر نمی‌کنند، درحالی‌که ناهنجاری‌های کاذب ایجادشده به‌وسیله نویزها به‌صورت تصادفی توزیع شده‌اند. ناهنجاری‌های کاذب حاصل از نویزها به‌وسیله پردازش‌های متفاوت تصاویر سنتینل ۲ و هم‌پوشانی دگرسانی استخراج‌شده از آن‌ها قابل حذف است.

در این پژوهش روش انتخاب هم‌پوشانی ناهنجاری‌ها با استفاده از نرم‌افزار ARCGIS برای حذف ناهنجاری‌های حاصل از نویز به کار گرفته شده است. پیکسلی به‌عنوان ناهنجاری واقعی طبقه‌بندی می‌شود که در اغلب روش‌های به‌کاررفته هم‌پوشانی داشته باشند. همچنین از پراکندگی فضایی واحدهای زمین‌شناسی هم برای شناخت این نواحی استفاده کردیم. مثلاً از آنجاکه می‌دانیم میزبان کانه زایی سرب و روی در منطقه مورد مطالعه سازندهای کربناته هستند، این واحد زمین‌شناسی به‌خصوص زمانی که همراه با دگرسانی (باریتی - سیلیسی - ژاروسیتی) باشد، مورد توجه قرار می‌گیرد. همچنین فاکتورهای ساختاری هم به‌عنوان عامل بعدی می‌تواند در نظر گرفته شود و مناطقی که فاکتورهای دگرسانی، لیتولوژیکی و ساختاری هر سه مطلوب باشند، نواحی مستعدتری برای کشف نواحی جدید غنی از سرب و روی است. با استفاده از این روش همان‌طور که نقشه زمین‌شناسی و پردازش داده‌های حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد قسمت‌هایی در شرق، مرکز و شمال منطقه مورد مطالعه بیشترین تجمع کانی‌های رسی و اکسید آهن، سیلیس و باریت ناشی از فرایندهای دگرسانی را نشان می‌دهد و در سازند کربناته و نزدیک به گسل واقع شده است (شکل ۳-۲۰) و می‌توان آن را به‌عنوان منطقه امیدبخش معدنی معرفی کرد که در فصل‌های بعد نمونه‌برداری روی آن‌ها متمرکز می‌گردد. زیرا نتایج پردازش به دست آمده از روش دورسنجی نیازمند

تأیید صحرایی و نمونه‌برداری از مناطقی است که بر اساس روش تلفیق و هم‌پوشانی اطلاعات دارای بیشترین ارزش باشند. درنهایت اعتبار سنجی واقعی بر اساس دقت روش ارزیابی است که ترکیبی از تفسیر بصری داده‌های دورسنجی با داده‌های زمین‌شناسی است.



شکل ۳-۲۰- معرفی مناطق امیدبخش معدنی بر اساس تلفیق داده‌های دگرسانی سیلیسی- باریتی- ژاروسیتی، لیتولوژی و تراکم خطواره‌ها

۳-۳- پتروگرافی، دگرسانی و کانه زایی

مطالعات میکروسکوپی کانه‌های فلزی و غیرفلزی و تعیین مجموعه پاراژنزی، در شناخت فرایندهای گوناگون کانی سازی و بازسازی تاریخچه تکامل آن‌ها اهمیت بسزایی دارد. مطالعات صحرایی و بررسی‌های دورسنجی اکتشافی در منطقه عنبران نشان داده است که اغلب دگرسانی‌ها با ساختارهای تکتونیکی ارتباط دارند به طوری که رخنمون آن‌ها بیشتر در محل تاقدیس عنبران، مجاورت گسل‌ها، شکستگی‌ها و سطوح چین خوردگی سنگ‌ها مشاهده می‌شود. احتمالاً عملکرد گسل‌های معکوس که باعث قرارگیری ساختارهای قدیم‌تر در سطح زمین شده است، موجب حرکت سیال‌های کانه دار از عمق به سطح و تشکیل کانه زایی به حالت استراتی باند شده است، بدین معنی که کانه زایی سرب و روی اغلب در توالی چینه‌شناسی خاصی یافت می‌شود که در منطقه عنبران محدود به مرز واحد شیلی بایندر و میان لایه‌های دولومیتی آن است و کانه زایی عمدتاً در رگه و رگچه‌های باریتی و سیلیسی این واحدها اتفاق افتاده است و راهنمای اکتشافی مناسبی برای شناسایی و پیگیری افق حاوی ماده معدنی است. کانی‌های موجود در منطقه مورد مطالعه را می‌توان به دو گروه عمده کانه‌های فلزی و غیرفلزی تقسیم کرد. کانه‌های اصلی فلزی (عمدتاً سولفیدی) شامل اسفالریت و گالن و در برخی مناطق پیریت و کالکوپیریت است و کانه‌های فرعی فلزی (عمدتاً اکسیدی و کربناته) اغلب شامل کوولیت، مگنتیت، هماتیت، سروزیت، مالاکیت و ... است. سروزیت تشکیل شده در سطح این کانی‌ها به دلیل پایداری در محدوده هوازده از هوازده‌گی بیشتر گالن و اسفالریت جلوگیری می‌کند. نتایج مطالعات میکروسکوپی و آنالیزهای XRD نشان می‌دهد که در نمونه‌های مورد مطالعه عمده کانی‌های غیرفلزی شامل کلسیت، دولومیت، کوارتز، باریت، ژیبس و کانی‌های رسی هستند که از میان آن‌ها باطله همراه کانه زایی اغلب کربنات و باریت و در مواردی سیلیس (جانشینی سیلیس به جای کلسیم) است. بنابراین می‌توان گفت دگرسانی دولومیتی، سیلیسی و کربناتی شدن از دگرسانی‌های غالب سنگ‌های دربردارنده است که در بخش دگرسانی به‌طور مفصل در مورد آن بحث خواهد شد. بافت‌های عمده که در مقاطع مشاهده شده است (از قبیل جانشینی، رگچه‌ای، شکافه‌پرکن، شانه‌ای و...) نشانه تشکیل کانه زایی بعد از سنگ میزبان است. در منطقه عنبران علاوه بر دگرسانی فرایندهای حاصل از هوازده‌گی و سوپرژن نیز

مشاهده می‌شود. بدین ترتیب که در نتیجه اکسیداسیون پیریت ها در نزدیکی سطح زمین اسید سولفوریک حاصل می‌شود و موجب تشکیل هیدروکسید و اکسیدهای آهن نظیر لیمونیت، گوتیت و هماتیت می‌شود. در بخش‌های سطحی و هوازده کانسارها ناشی از عمل شستشوی آب‌های جوی این کانی‌ها تشکیل می‌شوند. حضور کانی‌های رسی در سنگ‌های کربناته نیز در ارتباط با فرایندهای هوازدگی است. نتایج حاصل از مطالعات XRD در جدول ۳-۱ آورده شده است. در ادامه ابتدا ویژگی‌های سنگ میزبان کانه زایی شرح داده شده و سپس انواع دگرسانی‌های موجود در منطقه معرفی می‌گردد و در نهایت پس از شرح انواع بافت و ساخت‌های موجود در ناحیه مورد مطالعه، کانه‌های فلزی و توالی پاراژنتیکی منطقه عنبران بررسی می‌شود.

جدول ۳-۱- کانی‌های شناسایی شده به وسیله روش XRD در کانسار سرب و روی عنبران

شماره نمونه	Y	X	فاز اصلی	فاز فرعی	فاز نادر
A-N-3	38° 31' 21"	48° 24' 51"	دولومیت	کلسیت- باریت	کانی‌های رسی
A-N-8c	38° 29' 46"	48° 26' 0.6"	کوارتز	هماتیت- گوتیت	کانی رسی
A-N-8m	38° 29' 59"	48° 26' 12"	باریت- کوارتز	مسکویت- گوتیت- کلسیت	
A-N-9a	38° 31' 0.9"	48° 23' 20"	باریت- کوارتز- دولومیت	کائولینیت- ژیپس- کلسیت	مسکویت
A-N-10a1	38° 31' 0.9"	48° 23' 20"	کوارتز- کائولینیت- مسکویت	پتاسیم فلدسپار- گوتیت	
A-N-11	38° 31' 0.9"	48° 23' 20"	کوارتز- کائولینیت	پتاسیم فلدسپار- گوتیت- کلسیت	
Ba-Ca1	38° 30' 55"	48° 23' 26"	باریت- کوارتز	کلسیت- دولومیت- مسکویت	گوتیت
Ba-Cu-Anb1	38° 31' 00.49"	48° 23' 09.59"	باریت- کوارتز	کلسیت- دولومیت- کائولینیت- گالن	
Ba-Qu2	38° 30' 14"	48° 25' 44"	باریت- کوارتز		
Sp-Ba5	38° 31' 01"	48° 23' 19"	باریت	کوارتز- دولومیت- کائولینیت- گالن	اسفالریت

۳-۳-۱- ویژگی سنگ میزبان

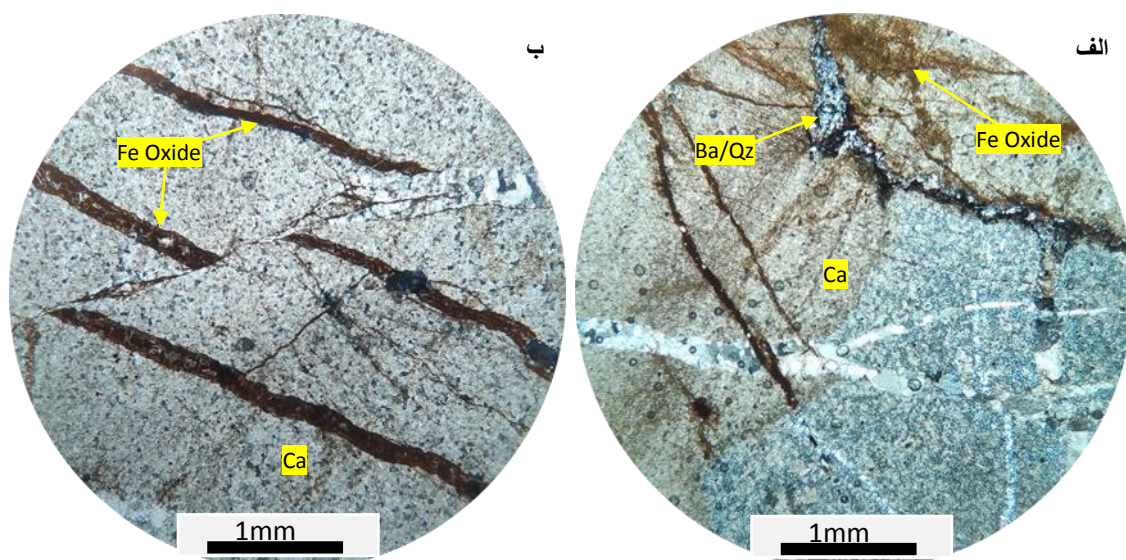
سنگ میزبان کانه زایی اغلب آهک و آهک دولومیتی است که به صورت میان لایه در سازند بایندر و اغلب در مرز شیل ها و دولومیت ها مشاهده شده است. مطالعات دورسنجی اکتشافی نیز نشان داده است که با توجه به تمرکز محصولات حاصل از فرایندهای گرمایی و دگرسانی شامل باریت- سیلیس و اکسید آهن در این واحد لیتولوژی به عنوان سنگ میزبان می توان آن را در نظر گرفت. در مقیاس ماکروسکوپی و میکروسکوپی خردشدگی ناشی از فرایندهای تکتونیکی دیده می شود و به همین علت در برخی نمونه ها تهیه مقاطع از آن دشوار است اما در جاهایی که سنگ بافت توده ای نشان می دهد در مقابل فرسایش بسیار مقاوم بوده و مورفولوژی نسبتاً مرتفعی را در منطقه تشکیل داده است. در شکستگی های سنگ های دولومیتی تبلور مجدد کلسیت و آراگونیت به چشم می خورد و همراهی آن با دگرسانی سیلیسی و ته نشینت های گرمایی (مانند باریت ها) به علت همراهی با ماده معدنی به عنوان راهنمای اکتشافی قابل استفاده است. در زیر به شرح یکی از نمونه های برداشت شده از واحد دولومیتی همراه با رگچه های باریتی- سیلیسی می پردازیم.

نام سنگ: دولومیت

اجزای اصلی: میکرایت و اسپارایت (کلسیت، دولومیت)، هیدروکسیدهای آهن

اساس نمونه را کانی های کربناته می سازد که با توجه به ویژگی های کانی شناختی میکروسکوپی عمدتاً از نوع کلسیت (CaCO_3) و دولومیت بوده و در هر دو فرم آلومک و ارتوکم حضور دارد. زمینه در این سنگ دارای بافت دانهای و رگچه ای است. کانی های فوق همراه خرده بلورهای بی شکل کوارتز، پلاژیوکلاز و پتاسیم فلدسپات (در اندازه سیلت و گاه ماسه ریز) با ارتوکم (بیشتر ماتریکس) به صورت گل کربناته متشکل از انبوه خیلی ریز و نهان بلور کلسیت که با ری کریستاله شدن درشت تر شده، کمی کانی رسی و سیمان آهکی دربر گرفته شده اند. زمینه کربناتی به اکسید و هیدروکسیدهای آهن آغشته شده است و در بخش- هایی از سطح نمونه، کانی های مذکور در امتداد شکستگی ها نیز تشکیل شده اند. کانی های کوارتز به همراه باریت به صورت ثانویه و در امتداد شکستگی ها با ابعاد بلوری کوچک تر از 0.5 میلی متر در این نمونه تشکیل

شده‌اند (شکل ۳-۲۱ الف). کمی کربنات آهن‌دار (بلورهای شکل‌دار- نیمه شکل‌دار سیدریت)، تخلخل (یا فضاهای ریز خالی)، ریزترک‌های کربناته و رگه آهنی هم در سطح مقطع پدیدار است. زمینه دارای بافت دانه‌ای و رگچه‌ای است و شکستگی‌هایی که در راستای آن تشکیل شده‌اند، کوارتز- باریت، اکسید آهن و کربنات‌های ثانویه متبلور شده است (شکل ۳-۲۱ ب).



شکل ۳-۲۱- الف: تصویری از رگچه‌های ثانویه کربناتی آغشته به اکسید آهن در زمینه کربناتی (Ca) ریز تا مخفی بلور که توسط رگچه‌های کوارتز- باریتی (Ba/ Qz) قطع شده است، ب: زمینه کربناتی ریزبلور توسط رگچه‌ی اکسید و هیدروکسید آهنی (Fe Oxide) قطع شده و در ادامه توسط ریز گسل جابجا شده است، نور عبوری XPL.

۳-۲-۳- دگرسانی‌ها و محصولات حاصل از فرایندهای گرمایی منطقه مورد مطالعه

مطالعات دورسنجی اکتشافی نشان داد که در منطقه عنبران دگرسانی ارتباط نزدیکی با خطواره‌ها و گسل‌های اصلی منطقه نشان می‌دهد و مطالعات صحرایی به همراه میکروسکوپی و نتایج آنالیز شیمیایی که در فصل بعدی بحث خواهد شد نشان می‌دهند که اغلب کانه زایی در امتداد گسل اصلی و در محل تقاطع گسل‌های واقع در منطقه رخ داده است و در نقاط دور از گسل کانه زایی خاصی مشاهده نشده است. دگرسانی‌ها و محصولات حاصل از ته‌نشست‌های گرمایی عمده در منطقه شامل تشکیل دولومیت، سیلیس و باریت است. به دلیل نقش بااهمیتی که دگرسانی‌ها و محصولات حاصل از فرایندهای گرمایی در تشکیل کانه

زایی در منطقه عنبران ایفا می‌کنند در ادامه به شرح هرکدام از این دگرسانی‌ها و تهنشست‌های گرمابی خواهیم پرداخت.

۳-۳-۲-۱- دگرسانی‌ها و تهنشست‌های گرمابی قبل از کانه زایی

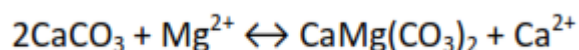
۳-۳-۲-۱-۱- پیریتی شدن

پیریت اولین محصول حاصل از تهنشست سیالات گرمابی در واحدهای کربناته است که می‌توان گفت همزمان با رسوبگذاری و قبل از دولومیتی شدن، سیلیسی شدن و باریتی شدن در سنگ میزبان صورت گرفته است و به‌صورت پیریت های ریزدانه و گاهی فرامبوئیدال با بافت پراکنده در سنگ میزبان مشاهده می‌شود. رنگ سیاه سنگ میزبان نیز حاکی از حضور مواد آلی و شرایط احیایی حاکم بر محیط تشکیل دارد (شکل ۳-۲۲ الف-د).

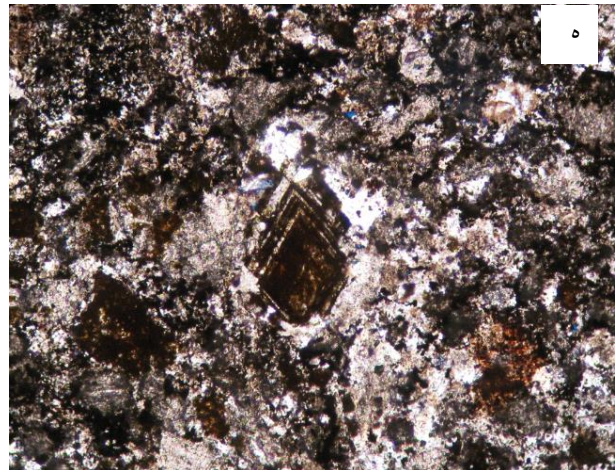
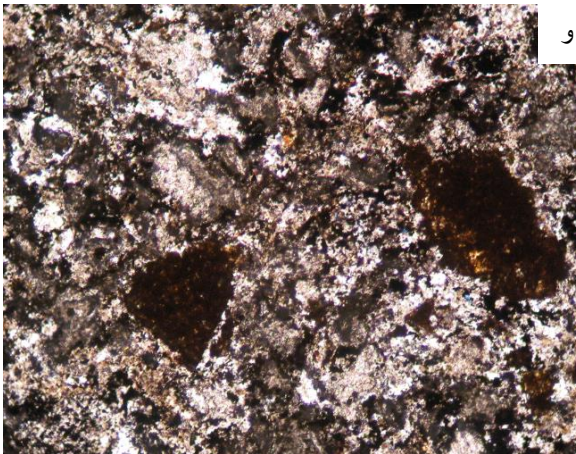
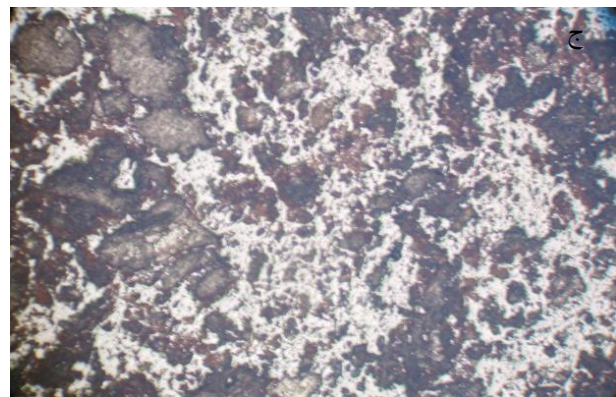
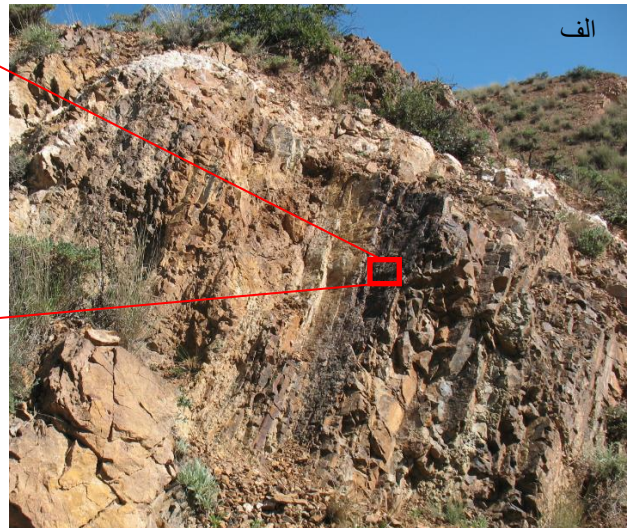
۳-۳-۲-۱-۲- دولومیتی شدن

یکی از مهم‌ترین فرایندهای حاصل از سیالات گرمابی در منطقه عنبران که نقش مهمی در ایجاد فضای خالی و تهنشست سولفیدی متعاقب آن داشته است، پدیده دولومیتی شدن است. این دگرسانی بعد از پیریتی شدن و قبل از تشکیل سیلیس و باریت و ... در سنگ‌های منطقه به وقوع پیوسته است و به دلیل افزایش تراکم و کاهش حجم تبدیل کلسیت به دولومیت، فضاهای کافی در سنگ میزبان به وجود آمده است. دولومیتی شدن هم به‌صورت ریزبلوردر زمینه سنگ کربناته و هم به‌صورت تبدیل کامل سنگ آهک به دولومیت قابل مشاهده است. واکنش‌پذیری بالای دولومیت با سیالات گرمابی به همراه فضاهای خالی ایجاد شده شرایط مطلوبی برای تهنشست کانه‌های فلزی در سنگ میزبان را فراهم می‌کند. دولومیتی شدن در اعماق کم به‌وسیله سیالاتی که در نتیجه چرخش در اعماق زیاد گرم شده و به سمت بالا حرکت می‌کنند صورت می‌پذیرد به این منظور این سیالات باید از یون منیزیم غنی باشند تا در محل برخورد به سنگ‌های آهکی موجب دولومیتی شدن موضعی و یا گسترده آن‌ها شوند. همچنین این سیالات می‌توانند از فلزات پایه مختلف غنی باشد و در هنگام بالا آمدن در طول گسل‌ها کانه زایی سولفیدی را نیز در سنگ‌های کربناته ایجاد کنند. شواهد دورسنجی نشان داده است که دگرسانی رسی یکی از دگرسانی‌های عمده صورت گرفته

در سنگ‌های منطقه است و در نتیجه می‌توان گفت تبدیل مونتموریلونیت به ایلیت منیزیم لازم برای دگرسانی سنگ‌های آهکی و تبدیل آن به دولومیت را در اختیار سیال قرار می‌دهد. به عبارت دیگر دولومیت طبق واکنش زیر از سیالاتی که حاوی مقادیر بالایی منیزیم باشند، تشکیل می‌شود و کلسیم آزاد شده طی این واکنش می‌تواند در ته‌نشینی باریت مؤثر باشد:



نتایج مطالعات XRD به همراه آنالیزهای ژئوشیمیایی نشان داده است که دولومیتی شدن در ارتباط نزدیکی با پرعیار شدن سنگ میزبان کربناته بوده است و همراهی آن در امتداد گسل نشان‌دهنده نقش سیالات گرمابی در تشکیل آن‌ها و کانه زایی متعاقب آن است. مطالعات میکروسکوپی و دستگاهی (XRD, XRF) نشان‌دهنده حضور دولومیت به‌عنوان یکی از کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده سنگ‌های کربناته در ناحیه مورد مطالعه است و این دگرسانی با شدت‌های متفاوتی در سنگ میزبان صورت گرفته است. اغلب این دولومیت‌ها از نوع آهن‌دار (آنکرایت) هستند (شکل ۳-۲۲، و). باید توجه داشت که تعیین منشأ دولومیت‌ها دشوار است، زیرا دولومیت‌ها می‌توانند به‌صورت اولیه، دیاژنتیکی و یا در مرحله گرمابی تشکیل شوند، دولومیت‌های مورد مطالعه در این پژوهش به دلیل بالا بودن مقدار آهن دولومیت‌ها می‌توانند در نتیجه دیاژنز تدفینی عمیق نیز تشکیل شده باشند (Winfield et al., 1996). در برخی نمونه‌ها در نتیجه استرس‌های حاکم در منطقه دولومیت‌ها برشی شده‌اند.



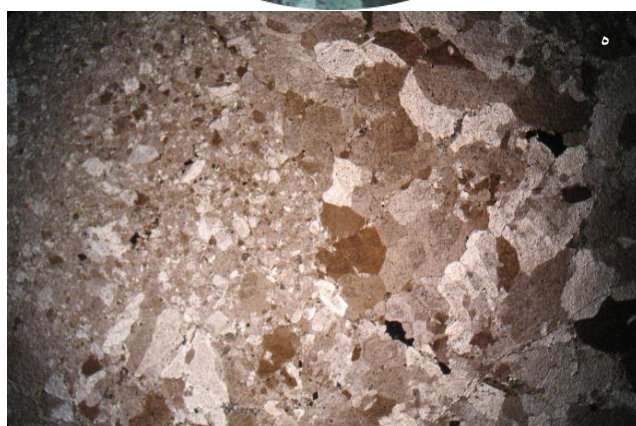
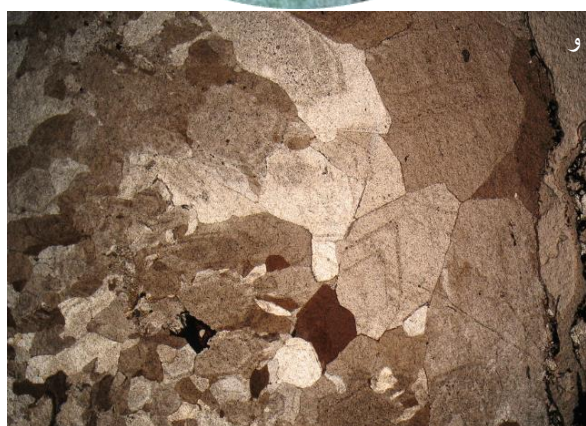
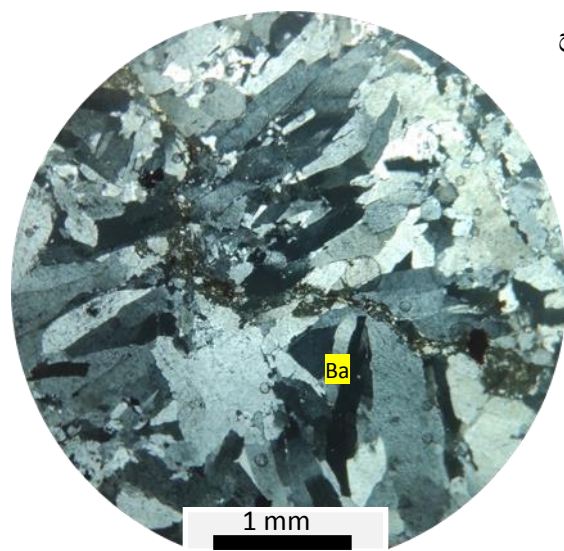
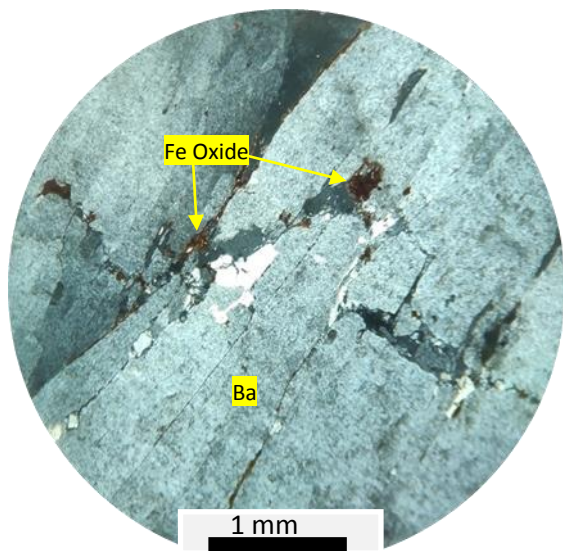
شکل ۳-۲۲- الف: مرز شیل و سیلتستون های سیاه‌رنگ و دولومیت، ب: نمای نزدیک از سیلتستون سیاه‌رنگ غنی از پیریت فرامبوئیدال، ج: زمینه سنگ دولومیتی از پیریت تشکیل شده که در حال تبدیل به گوتیت می‌باشد (بزرگنمایی 4x نور انعکاسی PPL)، د: زمینه سنگ دولومیتی از پیریت تشکیل شده که در حال تبدیل به گوتیت می‌باشد (بزرگنمایی 4x نور انعکاسی XPL)، ه: دولومیت آهن‌دار (آنکرایت) جانشین کلسیت رمبوندری شده و سنگ میزبان به وسیله رگچه های تأخیری کلسیتی قطع شده است (بزرگنمایی 4x نور عبوری XPL)، و: جانشینی آنکرایت به جای کلسیت در زمینه‌ای از پیریت های فرامبوئیدال (بزرگنمایی 4x نور عبوری XPL)

۳-۳-۲-۲- دگرسانی‌ها و ته‌نشست‌های گرمایی مرحله اصلی کانه زایی

۳-۳-۲-۱- باریتی شدن

باریت یکی از اصلی‌ترین کانه‌های غیرفلزی است که همراهی بسیار نزدیکی با کانه زایی دارد. باریت به‌صورت بلورین و ریزبلور و با بافت گرانولار و رگچه‌ای تشکیل شده است. بر اساس مطالعات پتروگرافی بلورهای باریت با ابعاد ۲ تا ۴ میلی‌متر و بزرگ‌تر به‌صورت شکل‌دار و شفاف در زمینه ریزبلور از باریت و کوارتز تشکیل شده‌اند. کوارتز به‌صورت فرعی و ابعاد بلوری کوچک‌تر از ۰,۱ میلی‌متر تشکیل شده است. ملاحظات بافتی نشان از تشکیل برخی از باریت‌ها بعد از دولومیت زایی منطقه دارد و در برخی مقاطع تبلور مجدد باریت‌ها نیز مشاهده می‌شود. همچنین شکستگی‌ها نیز به‌وسیله رگچه‌های باریت پر شده است. بر اساس شواهد مینرالوگرافی و بافتی، کانه زایی فلزی به‌صورت افشان و رگچه‌ای و با تقدم و تاخر نسبت به همدیگر در رگچه‌ها و قسمت‌های برشی شده همراه با ته‌نشست غالب باریت تشکیل شده است (شکل ۳-۲۳).





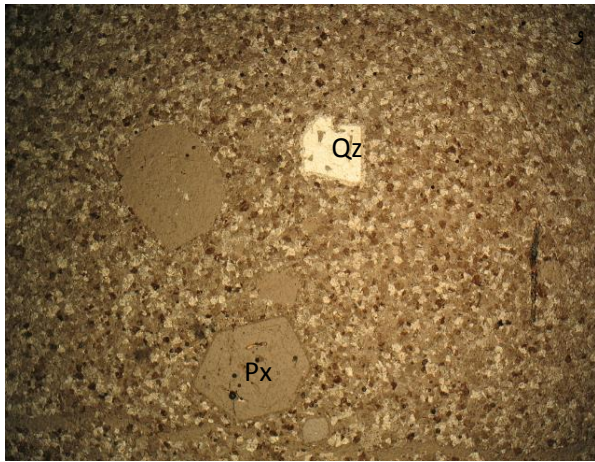
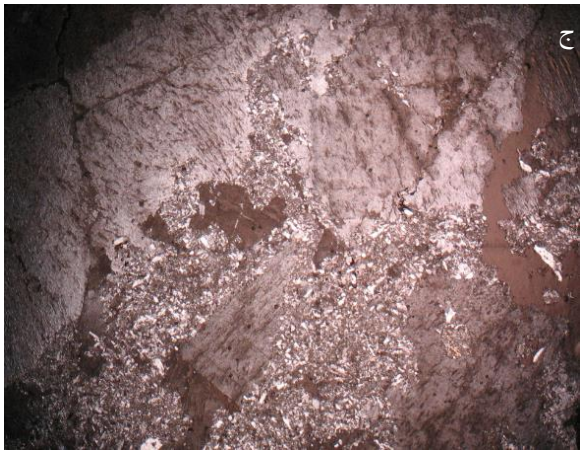
شکل ۳-۲۳- الف: لایه‌های باریت با ضخامت چندین سانتی‌متر در بین لایه‌های دولومیتی، ب: نمونه دستی باریت حاوی کانه زای سولفیدی با رگچه‌های اکسید آهن، ج: تصاویری از بلورهای باریت (Ba) در زمینه ریزبلور از جنس باریت و کوارتز، د: تشکیل اکسید و هیدروکسیدهای آهن در شکستگی‌های آهن، نور عبوری XPL، ه: نسل‌های مختلف باریت ریزبلور و درشت‌بلور و همراهی کانه زای سولفیدی با باریت درشت‌بلور بزرگنمایی 2X نور عبوری XPL و: جانشینی دولومیت زونه به‌وسیله باریت به همراه کانه زای سولفیدی در بزرگنمایی 2X نور عبوری XPL، ز - ح: کانه زای سولفیدی در مرز باریت و

کوارتز ریزدانه همراه با شکستگی‌ها بزرگنمایی 2X به ترتیب نور عبوری XPL و PPL.

۳-۳-۲-۲-۲-۲-۲ سیلیسی شدن

یکی از رایج‌ترین دگرسانی‌های مرتبط با کانه زایی سرب و روی در منطقه عنبران سیلیسی شدن سنگ میزبان است که به صورت انحلال و جانشینی سنگ کربناته به وسیله کوارتزهای ریزبلور و تبلور مجدد این کوارتزها و پرشدگی شکاف‌های بین سنگ میزبان سیلیسی شده به خصوص در محل خروج چشمه‌های هیدروترمال اتفاق می‌افتد (شکل ۳-۲۴ الف و ب). دگرسانی سیلیسی به خصوص در مجاورت منبع آب سرخه کوه در شمال روستای عنبران به خوبی مشاهده می‌شود و رابطه نزدیکی با گسل‌ها و شکستگی‌ها دارد و مشاهدات میکروسکوپی تشکیل کانه‌های سولفیدی به صورت شکافه‌پرکن در آن را نشان داده است. بنابراین هم‌جواری این سیلیس‌ها با گسل عنبران به همراه کانه زایی سولفیدی مشاهده شده در آن دال بر نقش سیالات گرمابی در تشکیل آن‌هاست. منشا سیلیس را می‌توان به فرایند دیاژنز رس‌ها و تبدیل مونتموریلونیت و اسمکتیت به ایلیت و انحلال فشاری ذرات سیلیسی آواری نسبت داد. همچنین هیدرولیز کانی‌های رسی طی فرایندهای دیاژنز موجب آزادسازی CO₂ و ایجاد سیال اسیدی می‌شود که در انحلال کربنات‌ها و جانشینی سیلیسیم به جای آن مؤثر است. دگرسانی سیلیسی همراه با اوج فعالیت‌های گرمابی در منطقه عنبران بوده است، سیلیس‌های گرمابی در رگه‌ها و رگچه‌ها به صورت کوارتزهای ریزبلور با رنگ خاکستری روشن تا تیره مشاهده می‌شود و همراهی بسیار نزدیک آن‌ها با کانی‌های سولفیدی نشانه بالا بودن عناصر فلزی نظیر مس، سرب و روی در سیال حاوی کانه زایی بوده است. همزیستی رگچه‌های کوارتز و کانه‌های فلزی این مطلب را تداعی می‌کند که همزمان با ته‌نشست سیلیس گرمابی شرایط لازم برای ناپایداری کمپلکس‌های حاوی کانه‌های فلزی و ته‌نشست و تبلور آن در فضاها یا خالی رگه‌های سیلیسی فراهم آمده است. گسترش شدت این دگرسانی در منطقه عنبران به نحوی است که تمامی سنگ میزبان یا قسمت اعظم آن توسط سیلیس گرمابی جانشین شده است. مطالعات صحرایی و میکروسکوپی نیز نشان‌دهنده بخشی از فرایند سیلیسی شدن قبل از کانه زایی اصلی در منطقه است که مشاهده کانه‌های سولفیدی در فضاها یا خالی رگچه‌های سیلیسی آن را تایید می‌کند، اگرچه مقدار کمی از سیلیسی شدن

در نتیجه تحرک مجدد و یا تبلور مجدد دانه‌های کوارتز در فضاهای خالی متعاقب کانه زایی نیز صورت پذیرفته است، اما بخش اعظم این دگرسانی مربوط به زمان قبل از کانه زایی سولفیدی است. این امر موجب پیچیده شدن رابطه دگرسانی باریتی و سیلیسی می‌شود به نحوی که در برخی نواحی باریت ها توسط رگه‌های سیلیسی قطع شده‌اند که نشان‌دهنده تشکیل آن قبل از دگرسانی سیلیسی است و در برخی نواحی تشکیل باریت در فضاهای خالی رگچه‌های سیلیسی مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده تشکیل این کانه بعد از دگرسانی سیلیسی است (شکل ۳-۲۴ ج و د). بنابراین می‌توان گفت دگرسانی سیلیسی شدن و باریتی شدن با تقدم و تاخر نسبت به یکدیگر بارها انجام شده است به نحوی که در برخی مقاطع جانشینی سیلیس به وسیله باریت و در برخی مواقع جانشینی باریت به وسیله سیلیس مشاهده شده است. در اغلب نمونه‌ها کانه‌های سولفیدی همراه با تبلور مجدد کوارتز مشاهده می‌شود. بنابراین می‌توان گفت دو نسل کوارتز در نمونه‌ها حضور دارد: کوارتزهای ریزدانه فاقد کانه زایی و کوارتزهای درشت‌بلور حاوی کانه زایی. در واقع عاملی که موجب تبلور مجدد کوارتز شده است می‌تواند در کانه زایی هم نقش داشته باشد. مطالعات صحرایی نشان می‌دهد که سنگ‌های توفی مشاهده شده در سرخه کوه آثار زیادی از دگرسانی سیلیسی را نمایش نمی‌دهند که احتمالاً نشان‌دهنده تأخیری بودن آن نسبت به فاز دگرسانی سیلیسی است (شکل ۳-۲۴-و) و بنابراین نقشی در کانه زایی منطقه نداشته و تنها به‌عنوان موتور حرارتی می‌تواند عمل کرده باشد.



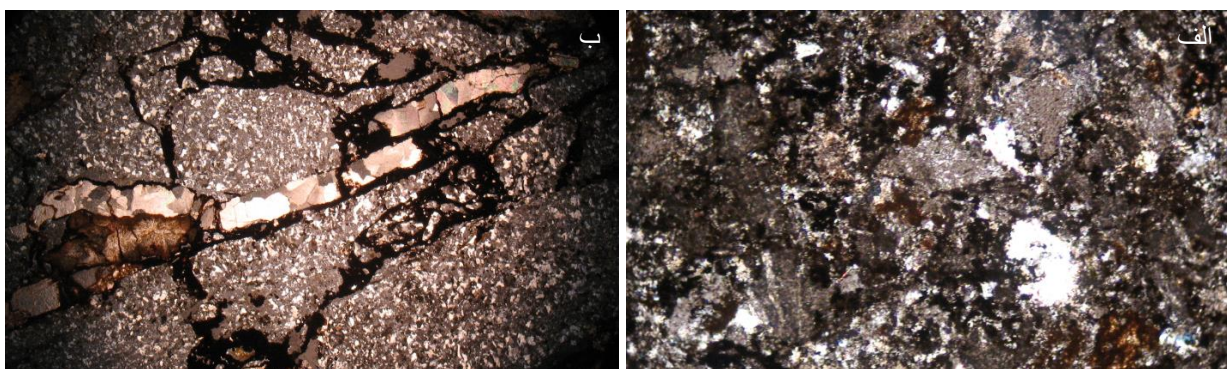
شکل ۳-۲۴- الف: محل دهانه خروج سیالات هیدروترمال غنی از سیلیس، ب: دگرسانی سیلیسی در محل خروجی چشمه هیدروترمال، ج: خوردگی و جانشینی باریت توسط سیلیس ریزبلور در بزرگنمایی 2X نور عبوری XPL، د: همراهی کانه زایی سولفیدی با دگرسانی سیلیسی (تبلور مجدد سیلیس) و قطع شدگی توسط رگچه باریتی در بزرگنمایی 2X نور عبوری PPL، ه: نمایی از واحد توفی در منطقه شمال روستای نمین در مجاورت سیلیس و باریت های حاوی کانه زایی، و: توف کربناته در بزرگنمایی 2X نور عبوری XPL با فنوکریست کوارتز و پیروکسن

۳-۳-۲-۳- دگرسانی‌ها و ته‌نشست‌های گرمایی بعد از کانه زایی اصلی (مرحله سوپرژن و هوازدگی)

دولومیتی شدن سنگ آهک قبل از مرحله کانه زایی تخلخل کافی برای ته‌نشینی سیالات کانه زا را فراهم آورده است و ضمن دگرسانی باریتی و سیلیسی شدن کانه زایی سولفیدی در منطقه صورت گرفته است. دگرسانی کربناتی و اکسید آهن در مرحله بعد از کانه زایی اصلی اتفاق افتاده است و چنانچه در بخش کانه‌های فلزی خواهیم دید کانه‌های سولفیدی را تحت تأثیر قرار داده است.

۳-۳-۲-۱- کربناتی شدن

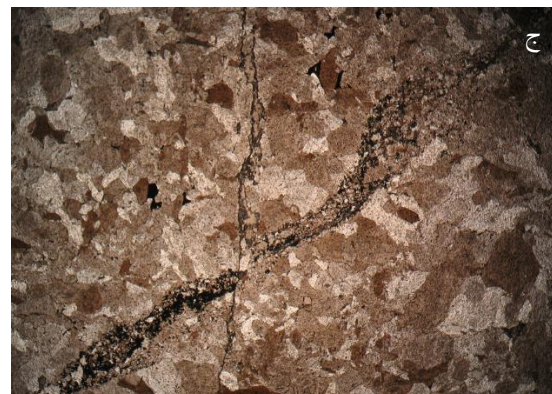
چندشکلی‌های کربنات کلسیم از مهم‌ترین باطله‌های کربناته در ناحیه مورد مطالعه است. کلسیت به سه فرم کلسیت ریزبلور، درشت‌بلور و رگه‌ای در سنگ‌های منطقه قابل‌رؤیت می‌باشد که توسط سیالات کانه ساز بر روی سنگ میزبان حاوی کانه زایی به وجود آمده است (شکل ۳-۲۵ الف). اسپاری کلسیت ها در نتیجه تبلور مجدد میکرایت به وجود آمده است. تشکیل رگه‌های تأخیری و تبلور مجدد سنگ آهک نشانه دگرسانی کربناتی سنگ میزبان است (شکل ۳-۲۵ ب).



شکل ۳-۲۵- الف: کلسیت به فرم ریزبلور (میکرایت) و درشت‌بلور (اسپاریت) در سنگ میزبان دولومیتی در بزرگنمایی 2X نور عبوری XPL، ب: رگه کلسیتی در توف کربناته و قطع‌شدگی آن با اکسیدهای آهن بزرگنمایی 2X نور عبوری XPL

۳-۳-۲-۲-۳-۳-۳-۳ اکسیدهای آهن

در مراحل نهایی فرایندهای هوازدگی و سوپرژن موجب تشکیل انواع مختلف کانی‌های اکسیدی و هیدروکسیدی در منطقه عنبران شده است. در بعضی جاها در نتیجه هماتیتی شدن سنگ دولومیت به رنگ قرمز مشاهده می‌شود (شکل ۳-۲۶ الف). در بخش‌های کانه زایی شده در نتیجه فرایندهای هوازدگی کانه‌های سولفیدی اولیه آغستگی آهن در فضاهای برشی سنگ میزبان کانه زایی مشاهده می‌شوند (شکل ۳-۲۶ ب) گاهی رگچه های اکسید آهن همدیگر را قطع کرده‌اند (شکل ۳-۲۶ ج). این دگرسانی در منطقه عنبران مختص به واحدهای کانه زایی شده نیست بلکه واحدهای غیرکانه زایی مثل توف ها و نیز تحت دگرسانی اکسید آهن قرار گرفته‌اند (شکل ۳-۲۶ د).



شکل ۳-۲۶- الف: آغستگی دولومیت به وسیله اکسیدهای آهن و ایجاد رنگ قرمز در ظاهر سنگ ب: برشی شدن و قطع شدگی رگچه سیلیسی به وسیله اکسیدهای آهن بزرگنمایی 2x نور XPL، ج: قطع شدگی باریت حاوی کانه زایی سولفیدی به وسیله اکسید آهن و جابه‌جایی اکسید آهن تشکیل شده توسط شکستگی بعدی پر شده از اکسید آهن تأخیری بزرگنمایی 2x نور عبوری PPL د: آغستگی توف های کربناته با اکسیدهای آهن.

۳-۳-۳- شاخص دگرسانی

در بسیاری از کانسارهای سرب و روی استراتی باند برای تعیین تأثیر فرایندهای دگرسانی از شاخص زیر استفاده می‌کنند:

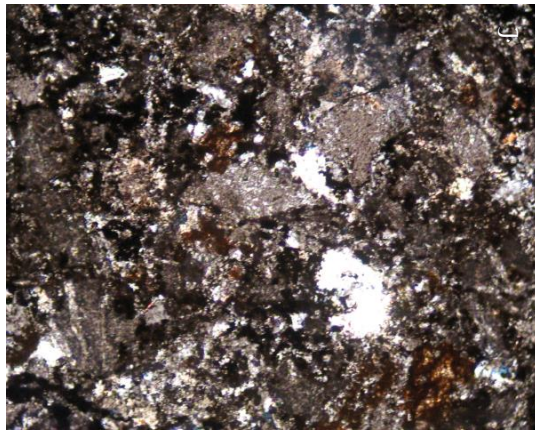
$$\text{Alteration Index} = \frac{(Fe_2O_3 + 10MnO)100}{Fe_2O_3 + 10MnO + MgO}$$

اگر میزان شاخص دگرسانی بزرگ‌تر از ۳۰ باشد نشان‌دهنده نقش مؤثر فرایندهای دگرسانی در تشکیل کانسار است. از آنجاکه مقدار این عدد برای اغلب نمونه‌های کانسار سرب و روی عنبران بالاتر از ۳۰ با میانگین ۹۵ درصد است می‌توان دریافت که دگرسانی نقش مهمی در تشکیل سرب و روی در منطقه عنبران ایفا کرده است.

۳-۳-۴- انواع ساخت‌های مهم مشاهده شده در منطقه عنبران

۳-۳-۴-۱- ساخت لایه‌ای یا نواری به همراه چین‌خوردگی

یکی از مهم‌ترین ساخت‌های مشاهده شده در نواحی کانه زایی منطقه عنبران ساخت لایه‌ای یا نواری است که در آن لایه‌های متوالی کانه‌های فلزی (کالکوپیریت، اسفالریت و گاهی گالن و ...) در بین سنگ میزبان و در مواردی همراه سیلیس و باریت گرمابی مشاهده می‌شود (شکل ۳-۲۷ الف). سولفیدها اغلب به صورت لایه‌ای، دانه پراکنده همراه با بخش‌های غنی از مواد آلی (قسمت‌های سیاه‌رنگ در سنگ میزبان) مشاهده می‌شود. در این لایه‌های رسوبی گاهی لایه‌های متوالی از کانه‌های سولفیدی مانند پیریت فرامبوئیدال مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده همزمانی کانه زایی با رسوبگذاری حداقل در مرحله‌ای از تشکیل کانسار می‌باشد (شکل ۳-۲۷ ب). در اینجا لایه‌های کانی‌های باطله عمدتاً ذرات کربناتی و سیلتی می‌باشد و اندازه ضخامت لامینه‌های تشکیل شده در حد ۱۰-۵ سانتیمتر است و به موازات چین‌بندی سنگ میزبان است که به کانسنگ حالت استراتیفورم داده است (شکل ۳-۲۷ ج). در برخی نمونه‌ها چین‌خوردگی همزمان لایه‌های سولفیدی و سنگ میزبان به چشم می‌خورد که نشان‌دهنده تأثیر چین‌خوردگی بعد از کانه زایی در سنگ‌های منطقه است (شکل ۳-۲۷ د-و).

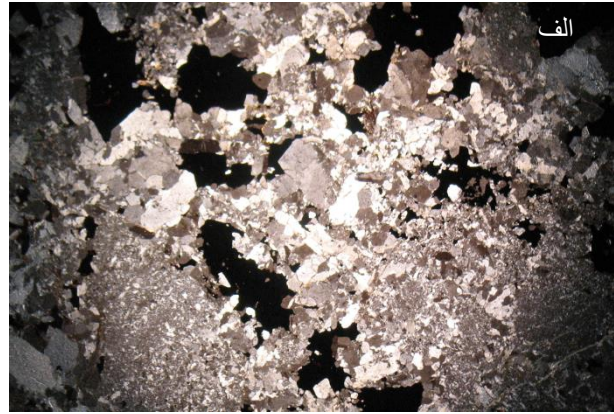
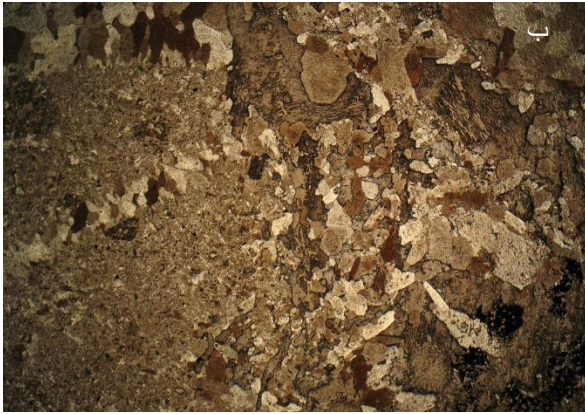


شکل ۳-۲۷- الف: لایه های متناوب سیلتستون های حاوی مواد آلی و پیریت های فرامبوئیدال و دولومیت فاقد کانه

زایی و رگه‌های باریت کانه زایی شده، ب: تصویر میکروسکوپی دولومیت‌های سیاه‌رنگ غنی از پیریت‌های فرامبوئیدال، ج: تشکیل باریت به موازات امتداد سنگ میزبان دولومیتی هم‌روند با امتداد گسل، د: بافت لایه‌ای و چین‌خورده کانه‌های فلزی در باریت، ه: نمای نزدیک از بافت لایه‌ای گالن و اسفالریت، و: نمای نزدیک از بافت چین‌خورده در باریت همراه با آغشتگی اکسیدهای آهن

۳-۳-۴-۲- ساخت رگه‌ای و رگچه‌ای

در برخی نمونه‌ها کانه زایی سولفیدی همراه با شکستگی‌های سنگ میزبان و به صورت رگه و رگچه‌هایی مشاهده می‌شود، این ساخت در نتیجه گسترش شکستگی‌ها در منطقه و فعالیت سیال گرمایی به وجود آمده است. مشاهده رگه و رگچه‌های سیلیسی و باریتی که در آن کانه‌هایی فلزی در روندهای مشابه به صورت متناوب تکرار شده‌اند می‌تواند نشان‌دهنده ورود پالس‌های متناوب سیال گرمایی داخل رگه‌ها و رگچه‌ها بوده که موجب ته‌نشست سیلیس و در مواردی کانه‌های فلزی در رگچه‌هایی به امتداد یکدیگر شده است، در نتیجه شاهدهی بر منشا اپی ژنتیک است (شکل ۳-۲۸ الف). این ساخت همچنین در برخی سنگ‌های دولومیتی قطع شده توسط رگچه‌های باریتی مشاهده می‌شود (شکل ۳-۲۸ ب). پرشدگی شکستگی‌ها به وسیله باریت و کوارتز نیز در برخی نمونه‌ها مشاهده شده است (شکل ۳-۲۸ ج).

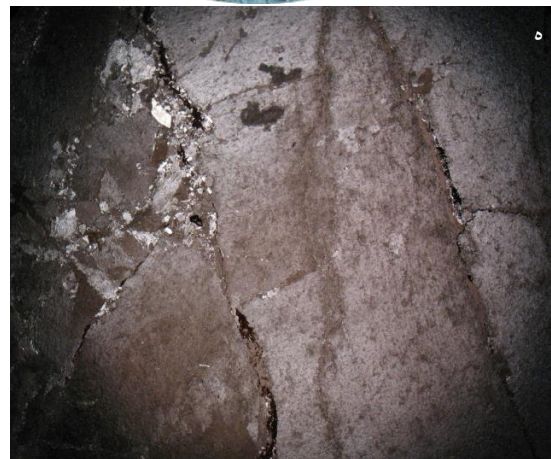
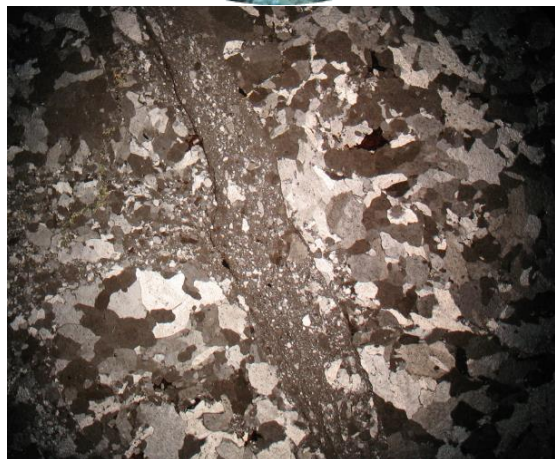
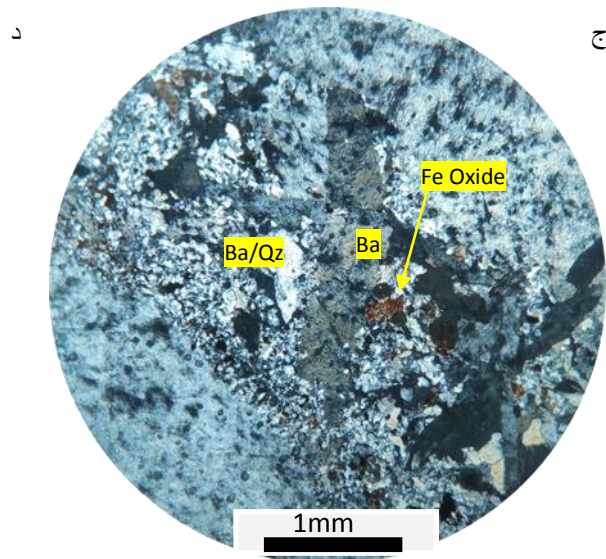
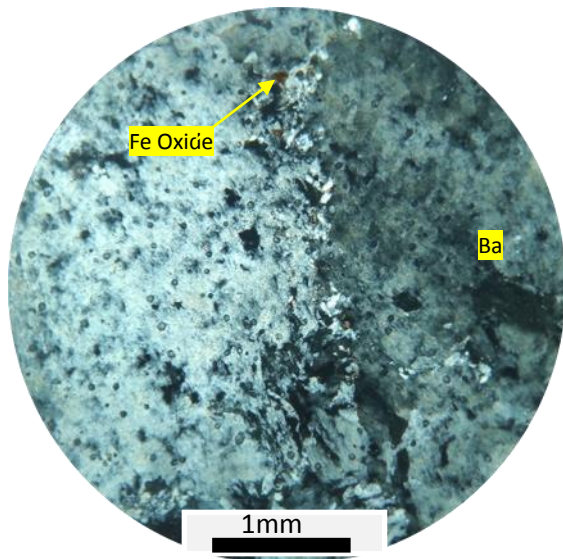


شکل ۳-۲۸- الف: کانه زایی سولفیدی همراه با کوارتز درشت بلور بزرگنمایی 2X نور عبوری XPL، ب: قطع شدگی آهک دولومیتی ریزدانه به وسیله رگچه باریتی درشت بلور بزرگنمایی 2X نور عبوری XPL، ج: پرشدگی فضای خالی به وسیله درشت بلورهای کوارتز و باریت با بافت شانه‌ای

۳-۳-۴-۳- ساخت برشی شدن

به دلیل شدت فرایندهای تکتونیکی برشی شدن در محل عملکرد گسل مشاهده می‌شود. برشی شدن نشان‌دهنده خروج سریع سیالات گرمابی است که به دلیل لرزش‌های ناشی از گسل همزمان با رسوبگذاری به داخل حوضه رسوبی راه یافته‌اند (Goodfellow, 2004). همچنین بافت برشی می‌تواند از فروریزش حفرات کارستی و خرد شدن کانسنگ نیز به وجود آید که در نهایت توسط سیمان کلسیتی، سیلیسی و اکسیدهای آهن به هم متصل می‌شوند. برشی شدن در منطقه عنبران فرایند رایجی به‌ویژه در رگه و رگچه های باریتی- سیلیس حاوی کانه زایی است، در برخی نمونه‌ها باریت به صورت بلورهای تیغه‌ای و همچنین توده‌ای تشکیل شده است (شکل ۳-۲۹ الف). در کنار منبع آب سرخه کوه نیز باریت ها و سیلیس‌ها برشی

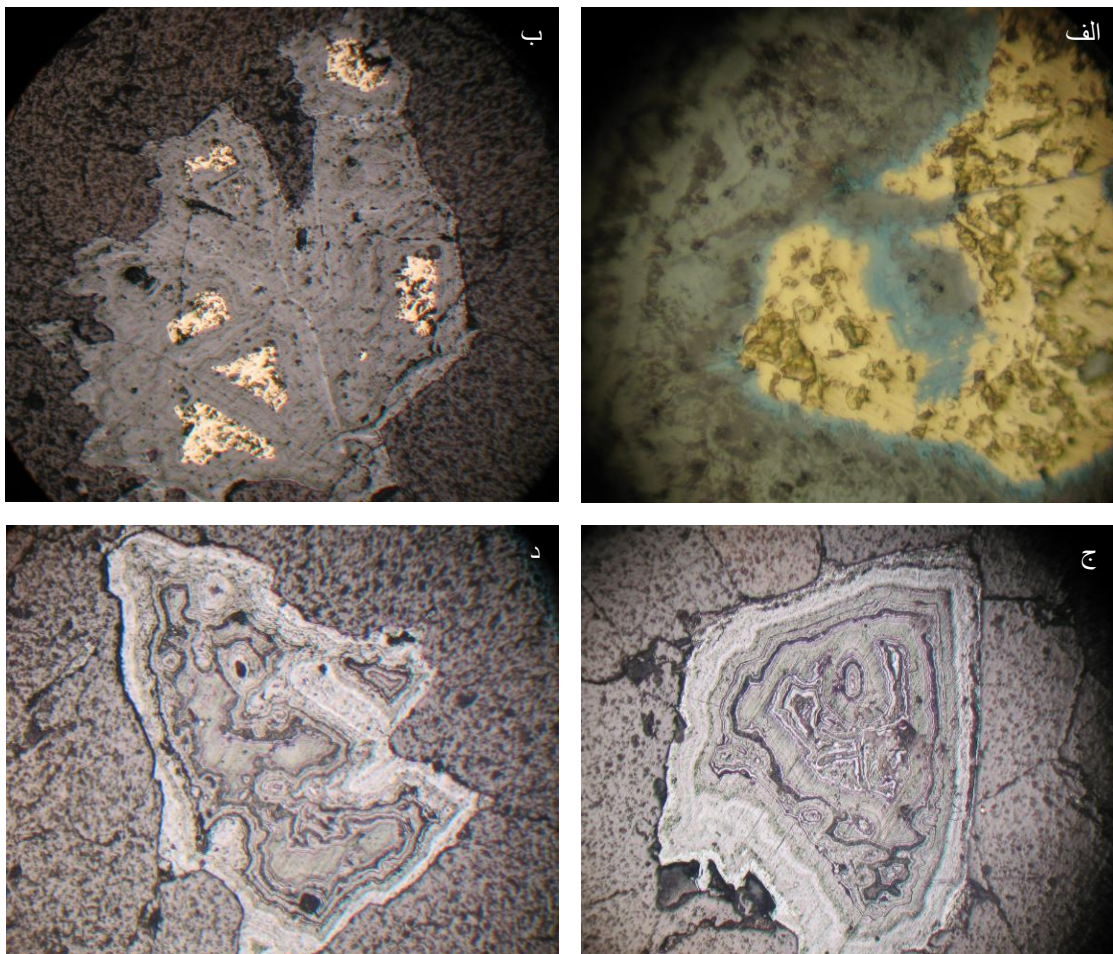
شده‌اند و فضای خالی بین آن‌ها توسط اکسیدهای آهن پر شده است که نشان‌دهنده آخرین فازهای کانه زایی است (شکل ۳-۲۹ ب). مطالعات میکروسکوپی نشان داده است که قطعات برشی (خرده‌سنگ‌ها) دارای ابعاد بین ۰,۵ تا ۵ میلی‌متر و گاهی بزرگ‌تر هستند (شکل ۳-۲۹ ج، د). همچنین قطعاتی از کانی‌های اکسیدی و هیدروکسیدی آهن به صورت برشی در زمینه دیده می‌شود که احتمالاً از دگرسانی کانی‌های سولفیدی حاصل شده‌اند. زمینه و سیمان بین قطعات برشی توسط کوارتز و باریت با ابعاد بلوری عمدتاً کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر تشکیل و پر شده است. رگچه‌های اکسیدی و هیدروکسیدی آهن، زمینه و قطعات برشی را قطع کرده است. در میان واحدهای دولومیتی، رگه و رگچه‌های سولفیدی شامل اسفالریت و گالن عمدتاً همراه با دگرسانی باریتی مشاهده می‌شود که در فضاهای باز ناشی از دولومیتی شدن و برشی شدن سنگ میزبان به صورت قطع‌کننده لایه‌بندی ظاهر شده‌اند و بافت برشی و در مواردی جانشینی نشان می‌دهند (شکل ۳-۲۹ ه). در برخی نمونه‌ها نحوه تشکیل بافت برشی به این صورت است که در نتیجه فرایندهای تکتونیکی قطعاتی از سنگ دیواره شکسته شده و به صورت قطعات زاویه‌دار داخل شکستگی‌ها فرو افتاده و به وسیله کلسیت و یا کانه‌های فلزی سیمانی می‌شوند (شکل ۳-۲۹ و).



شکل ۳-۲۹-الف: ساخت برشی در باریت، ب: تصویر نمونه دستی از برش گرمابی سیلیسی فاقد کانه زایی، شکستگی‌ها با اکسید آهن پر شده است، ج: رگچه ی ثانویه سیلیسی (QZ)، باریت (Ba) را قطع کرده است، د: تشکیل رگچه‌های اکسیدی و هیدروکسیدی آهن (Fe Oxide) در مرز کانی‌های درشت‌بلور باریت (Ba)، نور عبوری XPL، ه: کانه زایی سولفیدی همراه با کوارتزهای ریزدانه پس از فرایند برشی شدن در رگچه باریت بزرگنمایی 2X نور XPL، و: بافت برشی در سیلیس گرمابی

۳-۳-۴- ساخت و بافت کلو فورم

در فضاهای خالی رگچه های سیلیسی کانه های فلزی با بافت کلو فورم و به صورت لامینه های متحدالمرکز مشاهده می شود این بافت در کانسارهای سرب و روی با میزبان کربناته مرسوم است (موحدی نیا، ۱۳۹۴). بافت پوششی به صورت لایه های متوالی که نشانه ته نشست متوالی کانه درون فضاهای باز و تیپیک تشکیل در شرایط گرمایی دما پایین است نیز در برخی مقاطع مشاهده می شود (پورکاسب، ۱۳۸۱). در شکل ۳-۳۰ قسمت الف و ب بافت کلو فورم مشاهده شده در نتیجه هوازگی و جانشینی کانه های سولفیدی دما بالا (کالکوپیریت) توسط کانه هایی که در دمای کمتری پدیدارند (کوولیت، تتراهدریت، تنانتیت، هماتیت و گوتیت) نشان داده شده است که در بخش کانه های فلزی در مورد آن ها بحث خواهد شد. در برخی موارد جانشینی کامل این کانی ها با اکسیدهای آهن گوتیت و هماتیت مشاهده می شود (شکل ۳-۳۰ ج و د)



شکل ۳-۳۰- بافت کلو فورم مشاهده شده در نتیجه هوازگی و جانشینی کانه های سولفیدی، الف: جانشینی

کالکوپیریت با کوولیت و اسفالریت، ب: جانشینی کالکوپیریت با تتراهدیریت و تنانتیت، ج و د: بافت کلسفرم مشاهده شده در هماتیت و گوتیت که به طور کامل جانشین کانه‌های سولفیدی شده‌اند.

۳-۳-۵-انواع کانه‌های فلزی در منطقه عنبران

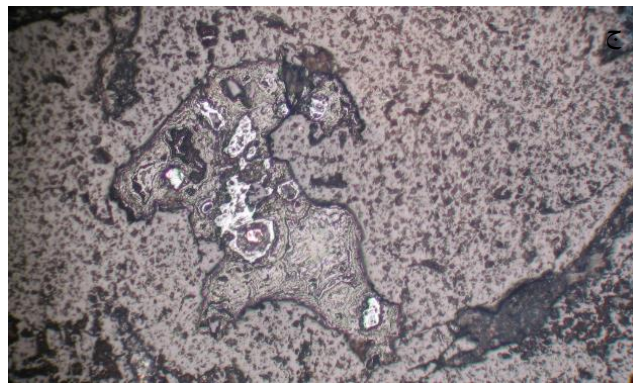
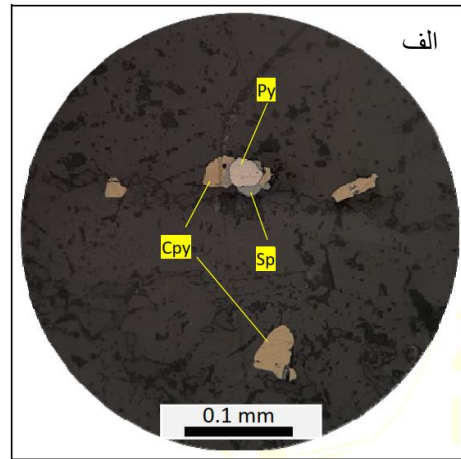
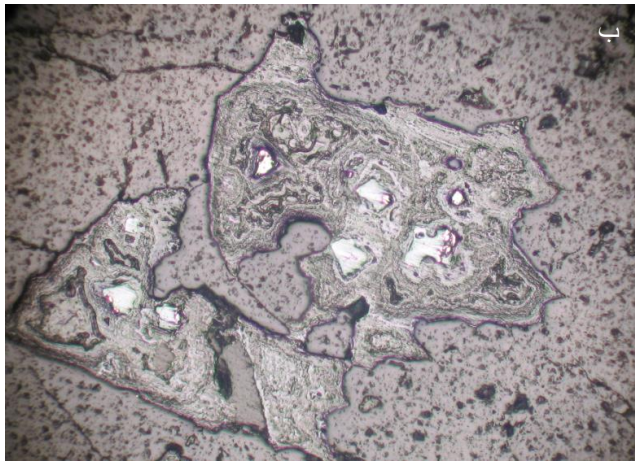
۳-۳-۵-۱- مرحله قبل از کانه زایی اصلی

۳-۳-۵-۱-۱- پیریت

در منطقه عنبران پیریت ها به صورت سین ژنتیک یا در مرحله دیاژنز تشکیل شده‌اند. بافت رایج در این کانی جانشینی توسط هماتیت است و هوازدگی سطحی آن‌ها باعث ایجاد اکسیدهای آهن شده است، لذا در برخی مناطق محدوده‌های کانه دار با رنگ‌های قرمز تا قهوه‌ای نمایان می‌شوند.

پیریت در کانسار سرب و روی عنبران به اشکال زیر مشاهده می‌گردد:

- پیریت های فرامبوئیدال پراکنده در بافت سنگ (شکل ۳-۲۷ ج)
- بلورهای خود شکل احاطه شده به وسیله کالکوپیریت و اسفالریت (شکل ۳-۳۱ الف و ب)
- پیریت های اکسیده: تبدیل شدگی کامل پیریت به اکسیدهای ثانویه آهن با حفظ قالب اولیه پیریت (شکل ۳-۳۱ ج)



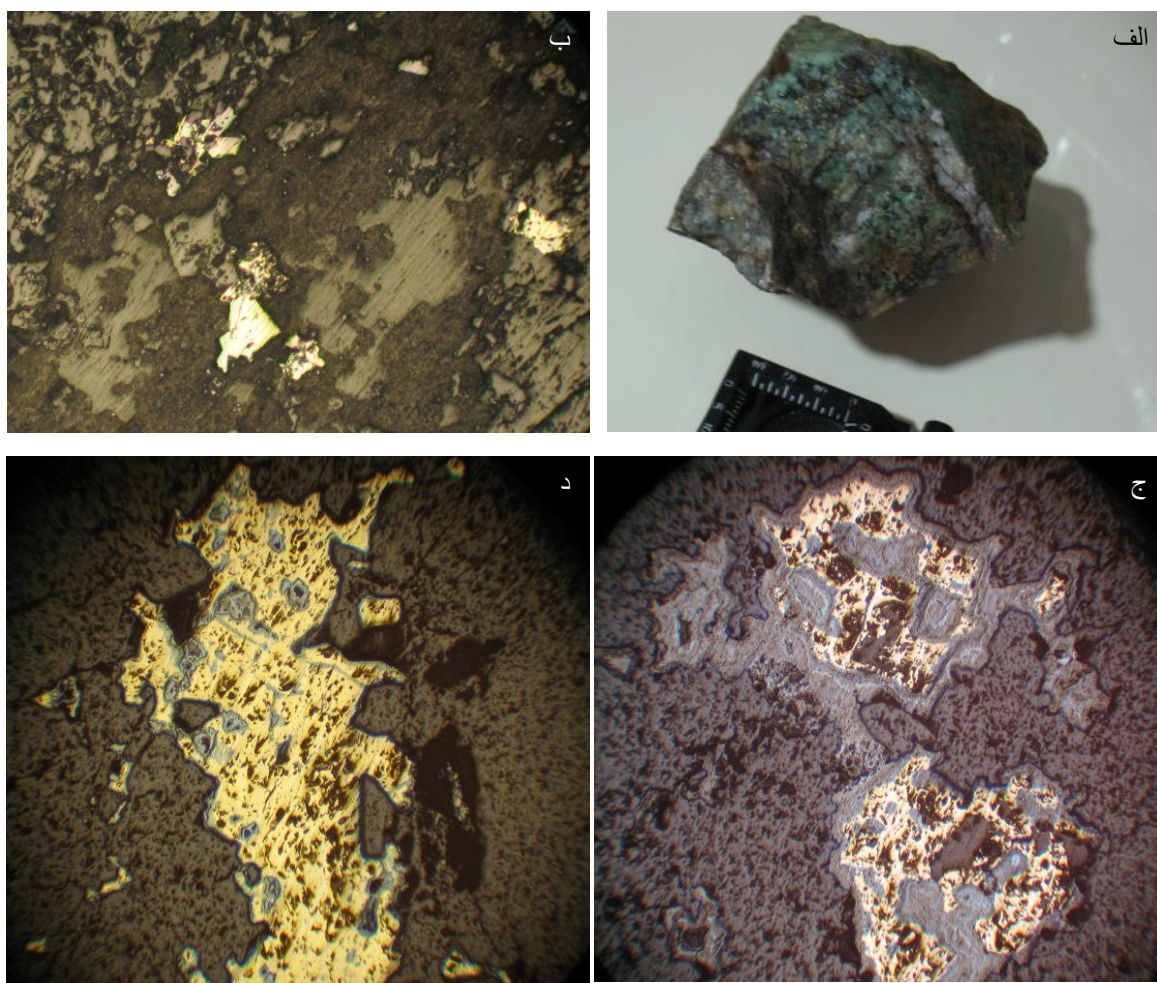
شکل ۳-۳۱-الف: هم‌رشدی کالکوپیریت، اسفالریت و پیریت با بافت دانه پراکنده نور انعکاسی PPL، ب: تبدیل‌شدگی پیریت به هماتیت و گوتیت در بزرگ‌نمایی 10X نور انعکاسی PPL، ج: تبدیل‌شدگی پیریت به هماتیت و گوتیت در بزرگ‌نمایی 10X نور انعکاسی PPL

۳-۳-۵-۲- مرحله کانه زایی اصلی

۳-۳-۵-۱- کالکوپیریت (بورنیت) - تتراهدریت - تنانتیت

در نزدیکی منبع آب سرخه کوه فراوانی کانی کالکوپیریت زیاد است (شکل ۳-۳۲ الف) و اندازه آن‌ها نیز درشت است، اما در سایر نواحی منطقه مورد مطالعه پراکندگی کمی (کمتر از ۱٪ سطح مقطع) دارد و ابعاد آن نیز اغلب کوچک‌تر از ۰,۰۵ میلی‌متر است. بافت اکسلوشن در کانی کالکوپیریت مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده ناپایداری محلول جامد با کاهش درجه حرارت و جدایش بورنیت از کالکوپیریت است که به صورت تیغه‌های عدم آمیختگی را نمایش می‌دهد (شکل ۳-۳۲ ب). در این بافت کالکوپیریت بافت غالب را

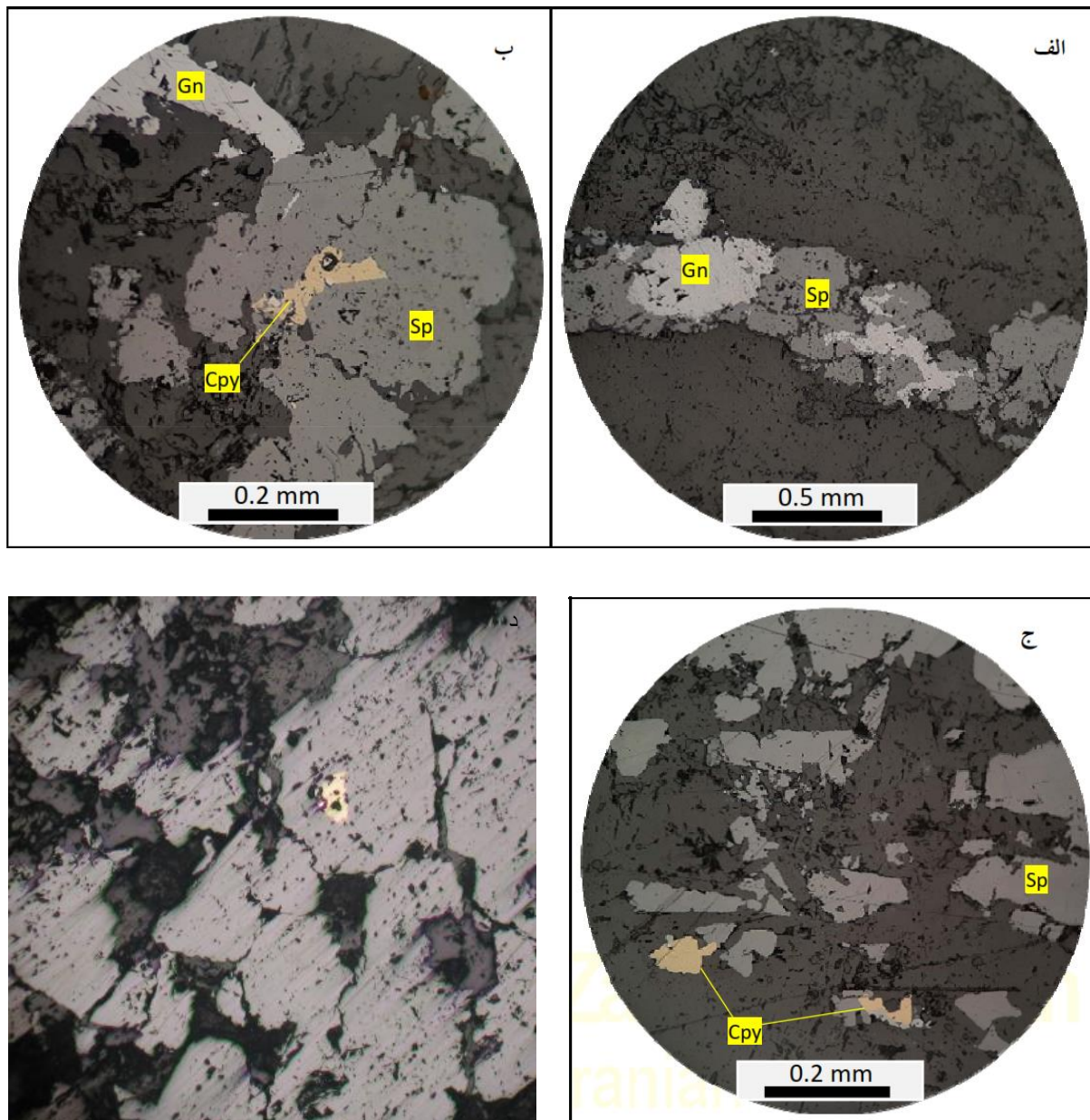
تشکیل می‌دهد، بنابراین کانی میزبان است و بورنیت به صورت تیغه‌های از آن جدا شده است و فاز میهمان را تشکیل می‌دهد (پورکاسب، ۱۳۸۱). کانی کالکوپیریت با حاشیه‌ای از کانی‌های تتراهدریت و تنانتیت در برگرفته شده است (شکل ۳-۳۲ ج). همچنین ادخال‌هایی از این کانی‌ها درون کالکوپیریت نیز مشاهده می‌شود (شکل ۳-۳۲ د).



شکل ۳-۳۲- الف: تصویر نمونه دستی از کانه کالکوپیریت همراه با آغستگی ملاکیت ب: اکسولوشن بورنیت از کالکوپیریت در بزرگنمایی 4X، ج: تصویر میکروسکوپی جانشینی کالکوپیریت به وسیله تتراهدریت (خاکستری تیره) تنانتیت (خاکستری روشن)، در بزرگنمایی 4X، د: ادخال‌های تتراهدریت و تنانتیت درون کالکوپیریت در بزرگنمایی 4X (تمامی تصاویر میکروسکوپی در نور انعکاسی PPL).

۳-۳-۵-۲- اسفالریت

اصلی ترین کانه سولفیدی در منطقه عنبران کانی اسفالریت است که فراوانی آن بیشتر از گالن می باشد و گاهی اوقات با حاشیه ای از گالن احاطه شده است که نشان دهنده تشکیل آن قبل از گالن است. ابعاد اسفالریت در نمونه بین ۰,۰۲ تا ۲ میلی متر است. فراوانی آن در سطح مقطع حدود ۵ تا ۱۰ درصد است. عمده بافت های تشکیل دهنده اسفالریت به دو صورت رگچه ای و پرکننده فضای خالی یافت می شود، از این رو شکل آن ها کاملاً وابسته به اندازه این فضاهای خالی دارد (شکل ۳-۳۳ الف) و شواهدی حاکی از حضور همزمان با پیریت های مرحله سین ژنتیک نشان نمی دهد. گاهی اسفالریت ادخال هایی از کالکوپیریت نشان می دهند که نشانه جانشینی آن به جای کانی کالکوپیریت است (شکل ۳-۳۳ ب-د). در نمونه های عنبران در نمونه هایی که عیار روی بالا بودن مقدار آهن به طور متوسط ۸ درصد بود که می تواند نشانه دهنده کم آهن بودن اسفالریت باشد و دمای پایین تشکیل این کانه زایی را پیشنهاد دهد. در مرحله بعد گالن درون آن تشکیل شده است.

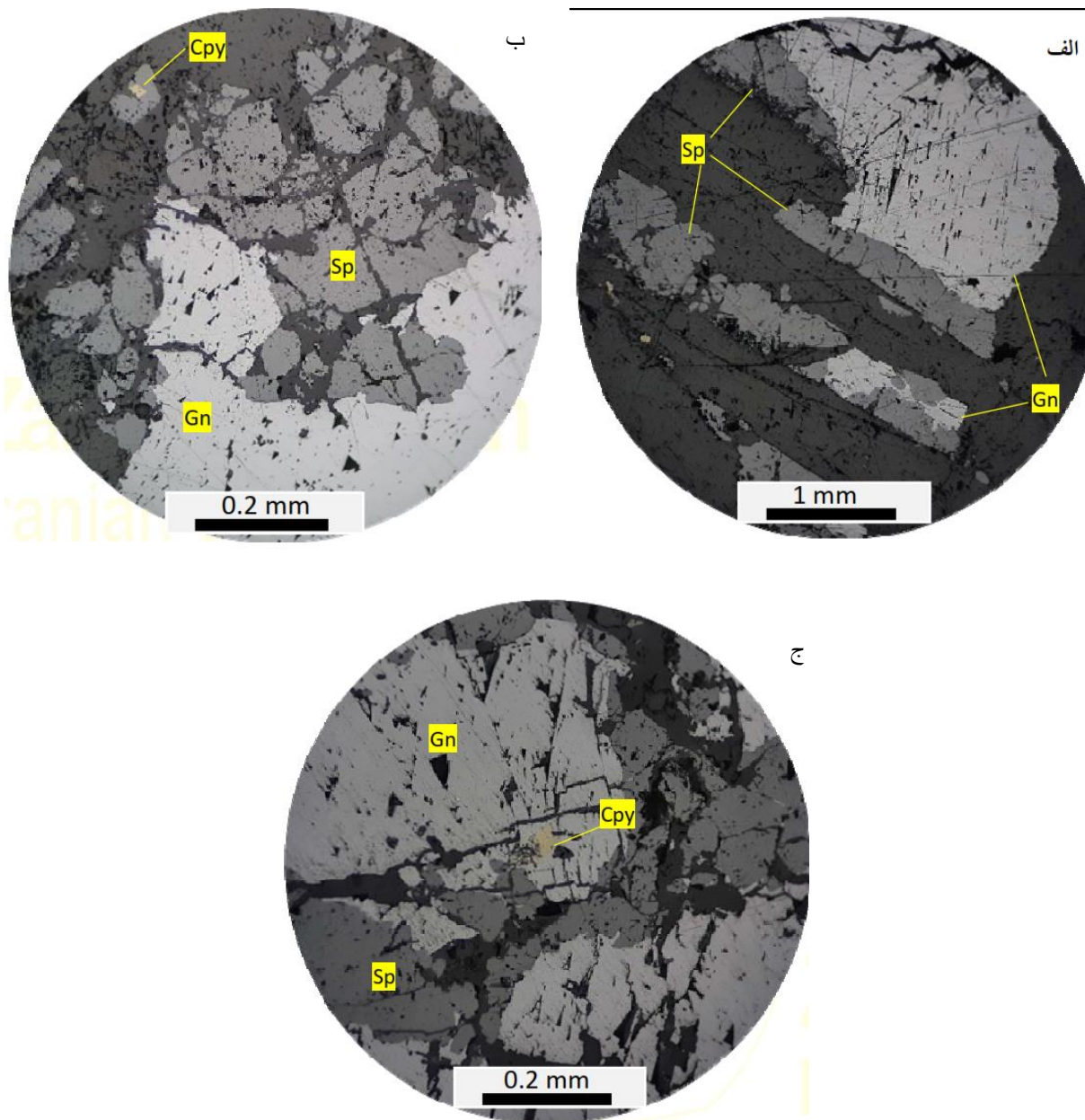


شکل ۳-۳۳-الف: تشکیل اسفالریت و گالن به صورت رگچه ای، ب: جانشینی اسفالریت به جای کالکوپیریت و هم رشدی با گالن، ج: تشکیل اسفالریت و کالکوپیریت به صورت دانه پراکنده، د: تبدیل شدگی کالکوپیریت به اسفالریت و باقی ماندن کالکوپیریت با بافت جزیره‌ای در بزرگنمایی 4X (تمامی تصاویر نور انعکاسی PPL)

۳-۳-۵-۲-۳-گالن

کانی گالن بعد از اسفالریت فراوان‌ترین کانه فلزی در کانسار سرب و روی عنبران است و اغلب بدون شکل و به صورت بافت پراکنده، رگچه ای، جانشینی و پرکننده فضای خالی در حفره‌های حاصل از انحلال یافت

می‌شود، ابعاد متوسط گالن در نمونه‌ها بین ۰,۰۵ تا ۴ میلی‌متر متغیر است. فراوانی آن‌ها در سطح مقطع ۵ تا ۱۰ درصد است. تشکیل گالن در شکستگی‌های کانی اسفالریت حاکی از تشکیل این کانی در مرحله بعد از کانیه زایی اسفالریت است (شکل ۳-۳۴ الف). رخ‌های مثلثی شکل در کانی گالن در مقاطع میکروسکوپی به‌وفور مشاهده می‌شود (شکل ۳-۳۴ ب، ج). ورود پالس‌های متناوب سیال موجب تشکیل نسل‌های مختلف اسفالریت و گالن شده است به گونه‌ای که برخی از اسفالریت‌ها نسبت به گالن تقدم و برخی تاخر دارند، به‌نحوی که گاهی اسفالریت دارای ادخال کالکوپیریت است و توسط گالن احاطه می‌شود و گاهی گالن دارای ادخال‌های کالکوپیریت است و توسط اسفالریت احاطه می‌شود (شکل ۳-۳۴ الف و ج).

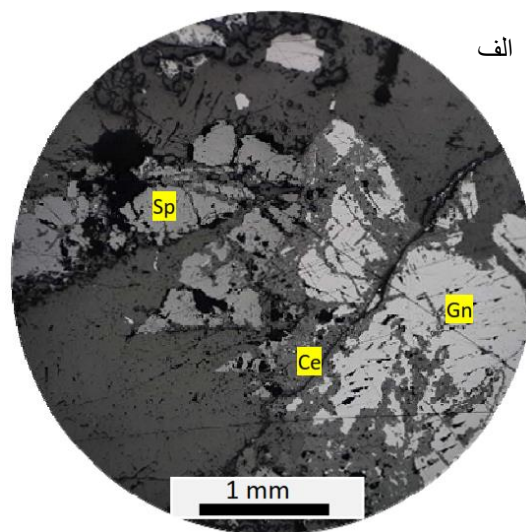


شکل ۳-۳۴- الف: تشکیل اسفالریت و گالن به صورت رگچه ای، ب: جانشینی گالن به جای اسفالریت و ادخال کالکوپیریت درون اسفالریت، ج: تشکیل اسفالریت در شکستگی گالن و ادخال کالکوپیریت در داخل گالن

۳-۳-۵-۳ - مرحله بعد از کانه زایی اصلی (مرحله سوپرژن)

۳-۳-۵-۳-۱ - سروزیت و اسمیت زونیت

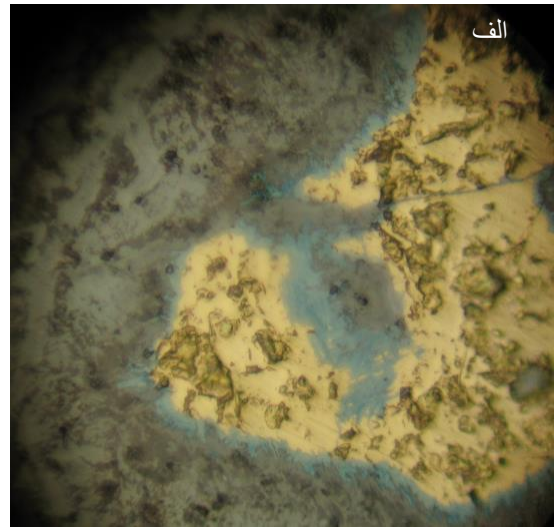
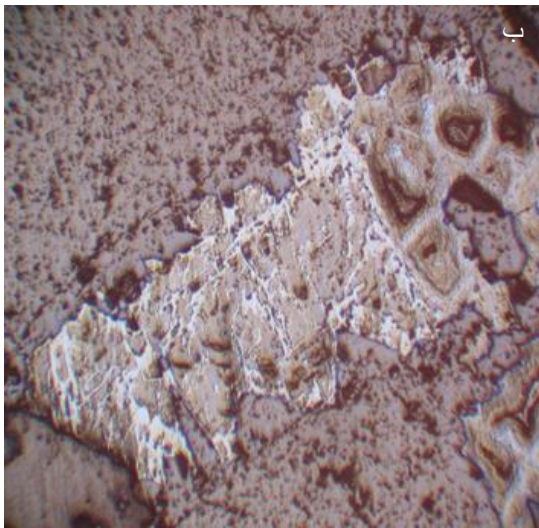
در سطوح شکستگی سنگ‌های کربناته میزبان سرب و روی، عمدتاً در نتیجه هوازدهی گالن و اسفالریت (ایجاد محیط اسیدی و انحلال کربنات‌ها) به ترتیب کانی‌های سروزیت و اسمیت زونیت تشکیل می‌شود. این کانی‌ها به دلیل کربناته، شفاف و ریز بودن با میکروسکوپ انعکاسی به خوبی قابل شناسایی نیست و در برخی مقاطع حضور سروزیت و اسمیت زونیت در نتیجه هوازدهی گالن و اسفالریت در محیط‌های کربناتی مشاهده شده است (شکل ۳-۳۵ الف و ب).



شکل ۳-۳۵-الف: هم‌رشدی گالن و اسفالریت و جانشینی سروزیت به جای گالن، ب: کانه زایی اسمیت زونیت در رگچه سیلیسی توسط دگرسانی باریتی قطع شده است (بزرگنمایی 2X).

۳-۳-۵-۳-۲ - کالکوسیت و کولیت

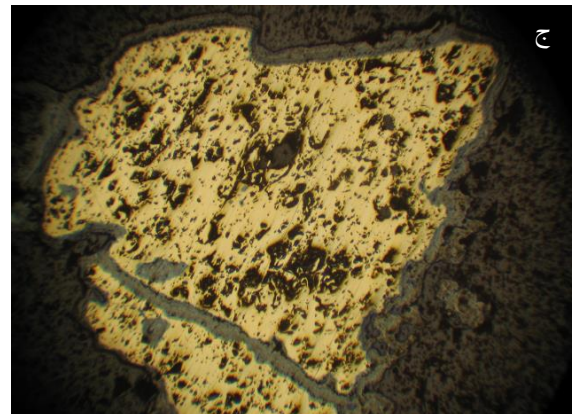
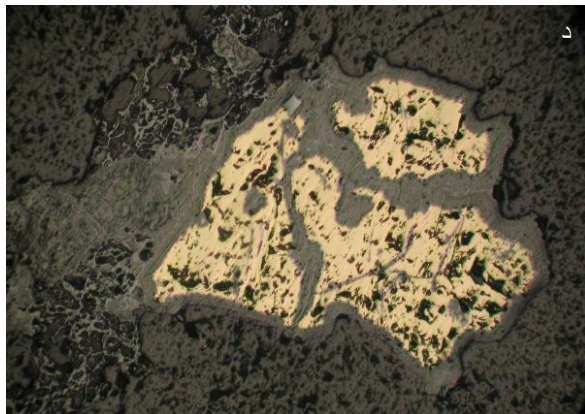
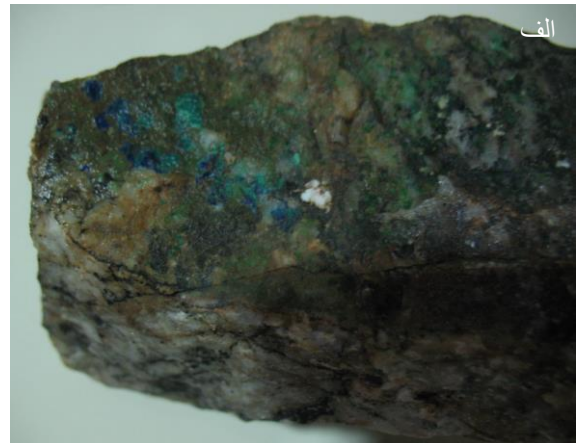
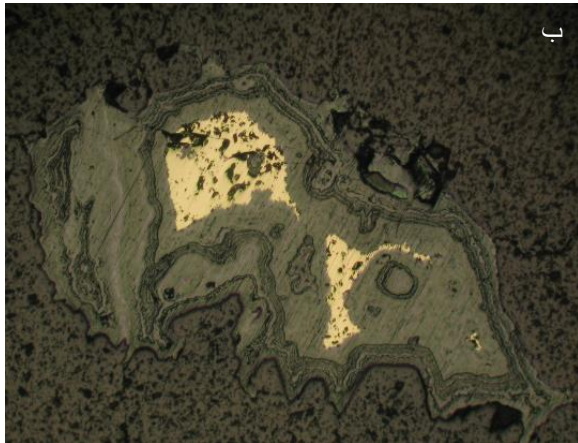
کانی کالکوپیریت در کانسار سرب و روی عنبران به استثنا سرخه کوه (نزدیک منبع آب) از فراوانی زیادی برخوردار نیست و در نمونه‌های دستی به ندرت مشاهده می‌شود و اغلب طی فرایندهای سوپرژن سولفیدی تبدیل‌شدگی به کولیت و کالکوسیت نشان می‌دهد (شکل ۳-۳۶ الف و ب).



شکل ۳-۳۶- الف: جانشینای کالکوپیریت به وسیله کولیت بزرگنمایی 10X نور انعکاسی PPL، ب: جانشینای کامل کالکوپیریت به وسیله کالکوسیت به گونه‌ای که هیچ اثری از کالکوپیریت باقی نمانده است.، بزرگنمایی 4X نور انعکاسی PPL

۳-۳-۵-۳-۳- مالاکیت و آزوریت

کالکوپیریت ضمن فرایندهای سوپرژن اکسیدی به خصوص در نزدیکی سرخه کوه تبدیل شدگی به مالاکیت و آزوریت نشان می‌دهند (شکل ۳-۳۷ الف و ب)، کانی مالاکیت گاهی شکستگی‌های کانی کالکوپیریت را پر می‌کند (شکل ۳-۳۷ ج)، قطع شدگی رگه هماتیتی به وسیله مالاکیت نشانه تقدم این پدیده است (شکل ۳-۳۷ د).

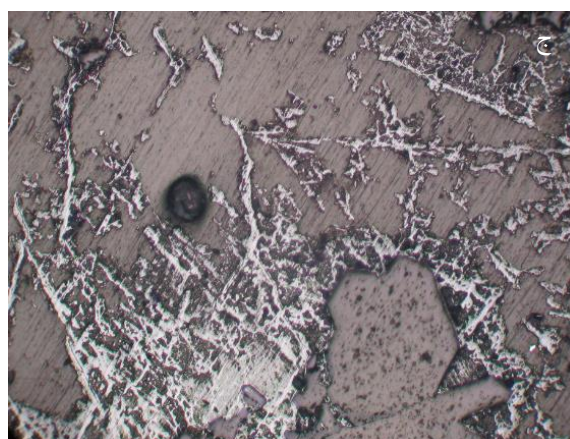
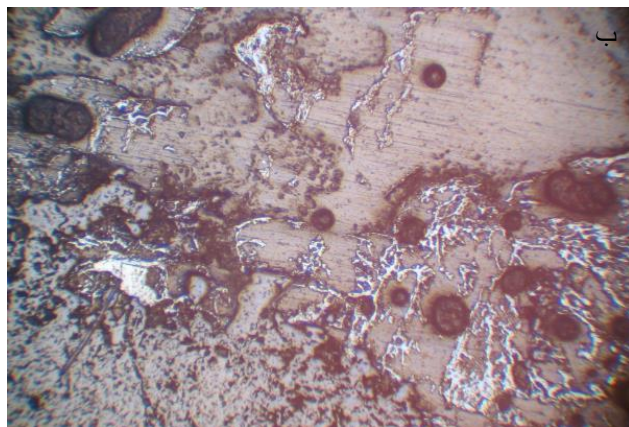


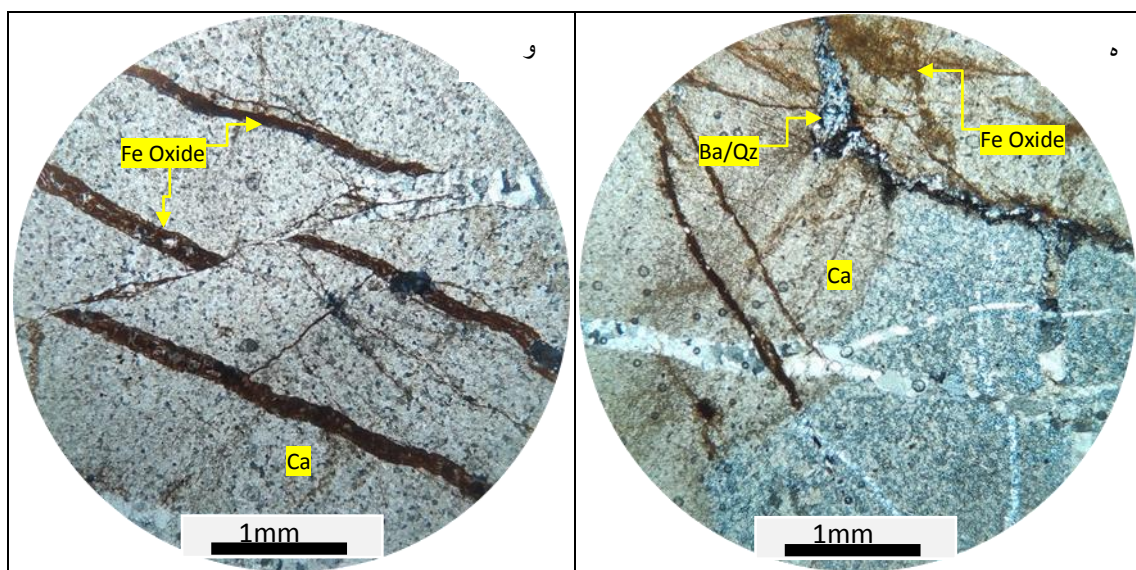
شکل ۳-۳۷- الف: دگرسانی سیلیسی همراه با آغشتگی ملاکیت، ب: تبدیل شدگی کالکوپیریت به ملاکیت در بزرگنمایی 10X، ج: شکستگی کالکوپیریت و پرشدگی شکاف به وسیله ملاکیت در بزرگنمایی 4X، د: تبدیل شدگی کالکوپیریت به ملاکیت و قطع شدگی رگه هماتیته در بزرگنمایی 10X نور انعکاسی PPL.

۳-۳-۵-۴- هماتیت-گوتیت

آغشتگی با اکسیدهای آهن در رگه‌های سیلیسی منطقه مورد مطالعه به‌وفور مشاهده می‌شود (شکل ۳-۳۸ الف). هوازدگی پیریت در منطقه مورد مطالعه موجب تشکیل هماتیت و گوتیت به‌صورت گسترده شده است که با بافت مارتیتی همراه با بقایای کانی اولیه (پیریت) مشاهده می‌شود و در مراحل شدید اکسیداسیون هیچ بقایایی از کانی اولیه باقی نمانده است (شکل ۳-۳۸ ب). تشکیل هماتیت نیازمند حضور سیالات با فوگاسیته اکسیژن بالا نظیر سیالات جوی است، از این‌رو در قسمت‌های بالایی کانسار و در نتیجه فرایند اکسیداسیون به وجود می‌آید. همچنین پرشدگی فضاهای خالی نیز توسط هماتیت و گوتیت در بسیاری از مقاطع عادی است و اغلب بافت سوزنی نشان می‌دهند (شکل ۳-۳۸ ج). در بخش‌هایی از سطح

نمونه، کانی گوتیت نیز در امتداد شکستگی‌ها تشکیل شده است (شکل ۳-۳۸د) که گاهی رگچه های اکسیدهای آهن رگچه های سیلیسی را قطع کرده‌اند و گاهی رگچه های سیلیسی- باریتی رگچه های اکسید آهن را قطع کرده‌اند(شکل ۳-۳۸ه) و گاهی توسط ریز گسل جایجا شده‌اند(شکل ۳-۳۸و).





شکل ۳-۳۸- الف: نمونه دستی از رگه سیلیسی همراه با آغستگی اکسید آهن، ب: تبدیل شدگی پیریت به هماتیت با حفظ قالب پیریت در بزرگنمایی 4X نور انعکاسی PPL، ج: بلورهای سوزنی هماتیت و تبدیل شدگی به گوتیت در بزرگنمایی 10X نور انعکاسی PPL، د: گوتیت با بافت پرکننده فضای خالی در بزرگنمایی 10X نور انعکاسی PPL، ه: تصویری از رگچه های ثانویه کربناتی آغشته به اکسید آهن در زمینه کربناتی (Ca) ریز تا مخفی بلور که توسط رگچه های کوارتز- باریتی (Ba / Qz) قطع شده است و گاهی رگچه اکسید آهن رگچه سیلیسی را قطع کرده است، و: زمینه کربناتی ریزبلور توسط رگچه ی اکسید و هیدروکسید آهنی (Fe Oxide) قطع شده و در ادامه توسط ریز گسل جایجا شده است.

۳-۳-۴- سایر کانی ها

مطالعه برخی نمونه ها به روش XRD نشان دهنده این است که در زون اکسیدان علاوه بر اکسید آهن ژیپس، کائولینیت و ... هرچند به صورت جزئی حضور دارد.

۳-۳-۶- تعیین توالی پاراژنتیکی

در منطقه عنبران دگرسانی سیلیسی و باریتی اغلب بعد از دگرسانی دولومیتی اتفاق افتاده و درنهایت به وسیله سولفیدی شدن جانشین شده است به نحوی که کانه زایی سولفیدهای فلزی در فضای باز دگرسانی سیلیسی و باریتی مشاهده می شود. در نتیجه فعالیت متناوب سیالات گرمایی سیلیسی شدن و باریتی شدن به صورت متناوب به وقوع می پیوندد که بررسی روابط تقاطع رگه ها و رگچه ها نشانه نسل های مختلف باریت و سیلیس است که با تقدم و تاخر نسبت به یکدیگر تشکیل شده اند و کانه زایی سولفیدی به صورت متناوب صورت گرفته به نحوی که در برخی نواحی کانه زایی سولفیدی در فضای خالی باریت و سیلیس مشاهده شده و در برخی نواحی باریت و سیلیس کاملاً کانی باطله و فاقد کانه زایی هستند. سیلیسی شدن چنانچه در مراحل اولیه کانه زایی اتفاق بیفتند موجب افزایش شکنندگی در نتیجه افزایش فرایندهای حاصل از عملکرد نیروهای تکتونیکی می شود، اما با گسترش این دگرسانی تخلخل ها بسته شده و فضای لازم برای ته نشست کانه از بین می رود (بعقوب پور، ۱۳۷۳). در مجموع با توجه به نتایج مطالعات پتروگرافی و مینرالوگرافی مقاطع نازک و نازک صیقلی به همراه ملاحظات بافتی و ساختی و نحوه ارتباط کانه ها در منطقه مورد مطالعه توالی پاراژنتزی در منطقه عنبران را می توان به صورت مجموعه کانی شناسی زیر در نظر گرفت:

- ۱- مرحله قبل از کانه زایی اصلی : پیریت، کلسیت، دولومیت
- ۲- مرحله اصلی کانه زایی: باریت، سیلیس، کالکوپیریت، اسفالریت، گالن
- ۳- مرحله بعد از کانه زایی اصلی: کالکوسیت، کوولیت، سروزیت، همی مورفیت، هماتیت، گوتیت،

لیمونیت، ملاکیت و آزوریت

البته باید در نظر داشت که به دلیل وجود نسل های مختلف کانی ها در تقسیم بندی بالا هم پوشانی هایی در کانی های تشکیل شده در مراحل مختلف مشاهده می شود که در جدول توالی پاراژنتیکی آن را مشخص کرده ایم (جدول ۳-۲).

جدول ۳-۲- توالی پاراژنتیک کانی‌های تشکیل شده در کانسار سرب و روی عنبران

Mineral	Pre- Mineralization	Main- Mineralization	Post- Mineralization	
			Sulfide	Oxide
Calcite	—————
Dolomite	—————		
Quartz	—————	
Barite	—————	
Gypsum		
Clay minerals	
Pyrite		
Chalcopyrite		
Sphalerite			
Galena			
Chalcocite			
Covelite			
Hemimorphite			
Cerussite			
Malachite			
Azurite			
Fe-Oxide			

۳-۴- ژئوشیمی

در این پژوهش به منظور شناخت ویژگی‌های ژئوشیمیایی عناصر که نقش مهمی در پی بردن به شرایط تشکیل کانسار و ارائه الگوی ژنتیکی در پی جویی و اکتشاف دارند، به مطالعه ژئوشیمیایی کانسار با استفاده از آنالیز اکسیدهای اصلی و عناصر فرعی در سنگ‌های همراه با کانه سازی پرداخته شد. همان‌طور که در فصل‌های پیشین ذکر شد کانسار سرب و روی عنبران در مرز میان لایه‌های دولومیتی واقع در سازند شیلی بایندر متعلق به پرکامبرین همراه با دگرسانی باریتی و سیلیسی قرار گرفته است. پس از انجام مطالعات دورسنجی و تلفیق آن با لایه زمین‌شناسی معرفی مناطق امیدبخش صورت گرفت. نتایج آنالیز ژئوشیمیایی نمونه‌های برداشت شده از این پهنه‌ها به همراه مقایسه با سایر منابع پوسته در جدول ۳-۳ لیست شده است. نتایج حاصل از آنالیز ژئوشیمیایی نشان می‌دهد که با توجه به غنی‌شدگی مس، سرب، روی و نقره نسبت به میانگین پوسته‌ای این عناصر می‌تواند از لحاظ اکتشافی حائز اهمیت باشد.

جدول ۳-۳- عیار متوسط سرب و روی و ... در سنگ‌های مختلف (بونی، ۲۰۰۳)

نقره	نیکل	کبالت	آهن	روی	سرب	مس	محیط سنگی
ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	واحد
۰/۰۱	۲۰	۰/۱	۰/۴	۲۰	۵	۱۵	کربنات‌ها
۰/۰۷	۵۰	۱۹	۱/۴	۱۰۰	۱۰	۵۰	شیل‌ها
۰/۱۲	۷۰	۲۰	۴/۸۸	۲۰۰	۲۴	-	شیل‌های آلی
۲۰	۲۳	۱۳	۱۰-۱۵	۵۵۰۰۰	۵۵۰۰۰	-	MVT
۰/۰۷	۷۵	۲۵	۵,۵	۷۰	۱۲/۵	۵۵	متوسط پوسته‌ای
۱۱۰	۳۵۰	۴۱۰	۴	۲۸۰۰۰۰	۲۴۰۰۰	۲۱۰	کانسار انگوران
۰/۷۶	۲۰/۹	۹/۶۵	۲/۶۳	۴۳۹۳/۷	۱۳۰۳/۷	۲۷۸۹	کانسار عنبران (میانگین)
۰/۱-۳,۱	۰/۷۵-۸۲	۰/۷۵-۴۲/۴	۰/۰۶-۹,۵۴	۱-۴۵۱۰۰	۰/۷۵-۱۷۷۰۰	۶-۲۸۳۶۴	کانسار عنبران (حداقل- حداکثر)

۳-۴-۱- پردازش آماری نمونه‌ها

به دلیل ویژگی عددی داده‌های ژئوشیمیایی برای پردازش آن‌ها از روش‌های آماری استفاده کردیم، بدین منظور ابتدا داده‌های سنسورد که مقادیر آن به وسیله دستگاه گزارش نشده بود (مقادیر کوچک‌تر یا بزرگ‌تر از حد حساسیت دستگاه)، با مقادیر مناسب با استفاده از روش‌های آماری جایگزین شدند. به این صورت که مقادیری که تعداد زیادی از نمونه‌ها به صورت سنسورد گزارش شد کاملاً حذف گردید (Be, Bi, Cs, Er, Hf, In, Mo, Nb, Rb, Se, Sn, Ta, Te, Tm, W) و نمونه‌هایی که مقادیر آن کمتر از حد حساسیت آستانه پایینی دستگاه بود با $3/4$ حد حساست دستگاه جایگزین گردید و نمونه‌هایی که مقادیر آن بالاتر از حد آستانه بالایی دستگاه بود با $4/3$ حد حساسیت دستگاه جایگزین گردید. سپس از آنجا که پردازش‌های آماری تنها بر روی داده‌های نرمال صدق می‌کند، با حذف مقادیر خارج از رده توزیع داده‌ها را به نرمال نزدیک کردیم، البته باید توجه داشت که از آنجا که نمونه‌ها کانه زایی شده بودند، مقادیر خارج از رده را از تفسیر نهایی حذف نکردیم تا بخش بزرگی از ناهنجاری‌ها از بین نرود. همچنین از نتایج همبستگی داده‌ها به روش اسپیرمن به منظور بررسی روابط بین عناصر استفاده شد. مقایسه عیار میانگین سرب و روی و مس در نمونه‌های کانه زایی شده منطقه عنبران نسبت به متوسط آن در سنگ‌های کربناته مطابق جدول ۳-۴ نشان‌دهنده بالا بودن عیار سرب و روی و مس از حد زمینه سنگ‌های کربناته است. محاسبه ضریب همبستگی عناصر و اکسیدهای اصلی با استفاده از روش اسپیرمن صورت پذیرفت. ماتریس ضرایب همبستگی در جدول ۳-۵ و ۳-۶ نمایش داده شده است. تعریف مقادیر معنی‌دار بودن ضرایب همبستگی به شرح زیر است:

محدوده معنی‌دار مثبت:

ضریب همبستگی بزرگ‌تر از $0/75$: همبستگی شدیداً مثبت

ضریب همبستگی $0/6-0/75$: همبستگی مثبت

ضریب همبستگی $0/4-0/6$ همبستگی نسبتاً مثبت

محدوده معنی دار منفی:

ضریب همبستگی کوچک تر از $0/75$ - : همبستگی شدیداً منفی

ضریب همبستگی $0/75$ - $0/6$ - : همبستگی منفی

ضریب همبستگی $0/6$ - $0/4$ - : همبستگی نسبتاً منفی

در صورتی که مقادیر ضرایب همبستگی بین $0/4$ - و $0/4$ + باشد ارتباط معناداری بین دو متغیر یافت نشده و روابط بین آنها قابل تفسیر نیست. همبستگی مثبت و قوی بین سرب و روی با عناصر نقره و کادمیوم نشان دهنده این است که این عناصر می توان ردیاب مهمی برای عناصر سرب و روی در منطقه باشند (جدول ۳-۶). برای درک رابطه متقابل سرب و روی با دیگر عناصر در ادامه پس از بررسی اکسیدهای اصلی به بررسی عناصر فرعی و همبستگی بین آنها می پردازیم.

جدول ۳-۵- ضرایب همبستگی به روش اسپیرمن اکسیدهای اصلی (نمونه های منطقه عنبران)

	SiO2	Al2O3	BaO	CaO	Fe2O3	K2O	MgO	MnO	Na2O	P2O5	SO3	TiO2	SrO
SiO2	1.00	0.17	-.849	-0.19	.572	-0.13	-0.14	0.17	0.10	0.22	-.847	0.23	-.942
Al2O3	0.17	1.00	-0.47	0.41	.630	.965	0.44	.652	0.47	0.42	-0.47	0.58	-0.21
BaO	-.849	-0.47	1.00	-0.15	-.860	-0.20	-0.21	-0.47	-0.18	-.841	.998	-0.69	.955
CaO	-0.19	0.41	-0.15	1.00	0.40	0.50	.977	.686	0.03	0.73	-0.17	.683	-0.08
Fe2O3	.572	.630	-.860	0.40	1.00	.550	0.45	.654	0.16	0.75	-.851	0.35	-.647
K2O	-0.13	.965	-0.20	0.50	.550	1.00	0.40	0.45	0.48	0.47	-0.20	0.50	-0.01
MgO	-0.14	0.44	-0.21	.977	0.45	0.40	1.00	.751	0.04	0.67	-0.21	0.60	-0.18
MnO	0.17	.652	-0.47	.686	.654	0.45	.751	1.00	0.14	.873	-.478	.812	-0.12
Na2O	0.10	0.47	-0.18	0.03	0.16	0.48	0.04	0.14	1.00	0.39	-0.18	-0.05	0.07
P2O5	0.22	0.42	-.841	0.73	0.75	0.47	0.67	.873	0.39	1.00	-.841	.837	-0.80
SO3	-.847	-0.47	.998	-0.17	-.851	-0.20	-0.21	-.478	-0.18	-.841	1.00	-0.69	.948
TiO2	0.23	0.58	-0.69	.683	0.35	0.50	0.60	.812	-0.05	.837	-0.69	1.00	-0.43
SrO	-.942	-0.21	.955	-0.08	-.647	-0.01	-0.18	-0.12	0.07	-0.80	.948	-0.43	1.00

جدول ۳-۶- ضرایب همبستگی به روش اسپیرمن عناصر فرعی (نمونه های منطقه عنبران)

	Ag	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	S	Sb	Sr	Ti	Zn
Ag	1.000	.662	.169	.006	.082	.145	.608	.059	.292	-.157	.372	.834
Cd	.662	1.000	.340	.374	-.014	.266	.854	.317	.210	-.181	.351	.893
Co	.169	.340	1.000	.692	-.174	.935	.433	.031	-.180	-.380	.500	.383
Cr	.006	.374	.692	1.000	-.343	.696	.479	.042	-.083	-.388	.450	.320
Cu	.082	-.014	-.174	-.343	1.000	-.125	.015	.815	.282	.558	-.500	.008
Ni	.145	.266	.935	.696	-.125	1.000	.411	.084	-.178	-.368	.243	.377
Pb	.608	.854	.433	.479	.015	.411	1.000	.374	.380	-.101	.117	.881
S	.059	.317	.031	.042	.815	.084	.374	1.000	.564	.600	-.381	.244
Sb	.292	.210	-.180	-.083	.282	-.178	.380	.564	1.000	.230	-.381	.270
Sr	-.157	-.181	-.380	-.388	.558	-.368	-.101	.600	.230	1.000	-.267	-.096
Ti	.372	.351	.500	.450	-.500	.243	.117	-.381	-.381	-.267	1.000	.383
Zn	.834	.893	.383	.320	.008	.377	.881	.244	.270	-.096	.383	1.000

۳-۴-۱-۱- ژئوشیمی اکسیدهای اصلی

آنالیزهای XRF بر روی تعداد ۲۰ نمونه از منطقه عنبران انجام شد و نتایج آن در پیوست آورده شده است. بر اساس آنالیز XRD که فصل پیش در مورد آن بحث شد، در سنگ‌های حاوی کانه زایی سیلیس و باریت کانی اصلی و دولومیت و آهک و کوارتز کانی‌های فرعی است و کانه زایی با دگرسانی سیلیسی و ته‌نشست‌های گرمابی باریت ارتباط تنگاتنگی نشان می‌دهد و در سنگ‌های فاقد کانه زایی کلسیت کانی اصلی و دولومیت و کوارتز کانه فرعی است. البته در برخی نمونه‌ها باریت و سیلیس نیز فاقد کانه زایی است. در زیر نتایج آنالیز برخی از مهم‌ترین اکسیدهای اصلی در نمونه‌های برداشت شده از منطقه عنبران را شرح می‌دهیم:

Fe₂O₃

این اکسید در اغلب نمونه‌ها ناهنجاری نشان نمی‌دهد و فقط در نمونه‌های کاملاً اکسیده عیار غیرعادی نشان می‌دهد. عیار Fe₂O₃ در نمونه‌ها بین ۰/۱۱ و ۱۷/۲ درصد متغیر است (میانگین ۳/۴۱٪). در بخش سولفیدی آهن به صورت پیریت و کالکوپیریت و در قسمت‌های اکسیداسیون به صورت انواع مختلف اکسیدهای آهن ظاهر می‌شود. از لحاظ میزان آهن کانسار سرب و روی عنبران مشابه کانسارهای متصاعدی-رسوبی است.

BaO

میزان اکسید باریم در اغلب سنگ‌های میزبان سرب و روی بالاست، این امر نشان‌دهنده شرایط احیایی (H₂S > SO₄²⁻) و اسیدی حاکم بر سیال است که موجب حمل باریم در محلول می‌شود (Cooke et al., 2000). حضور مقدار بالای BaO نشانه تشکیل آن به صورت کانی باریت در نمونه‌هاست که مشاهدات صحرائی و پتروگرافی نیز آن را تایید می‌کند. حداقل و حداکثر آن در نمونه‌ها به ترتیب ۰/۳۶٪ و ۶۳/۶۶٪ می‌باشد که مقادیر بالا مربوط به رگه‌ها و رگچه‌های حاوی باریت است. بر اساس مطالعات پتروگرافی و مینرالوگرافی فراوانی باریت همراهی نزدیکی با کانه زایی سولفیدی داشت.

SiO₂

همان‌طور که در نتایج آنالیز XRF در پیوست لیست شده است، فراوانی SiO_2 در نمونه‌های مختلف تغییرات گسترده‌ای نشان می‌دهد و بیشترین مقدار آن مربوط به رگه‌های سیلیسی با فراوانی ۹۲/۸۸ درصد می‌باشد. بررسی نمونه‌های حاوی کانه زایی نشان می‌دهد که بیشترین تمرکز مس مربوط به رگه و رگچه‌های سیلیسی و بیشترین تمرکز سرب و روی مربوط به نقاطی است که همراهی نزدیکی با رگه و رگچه‌های باریتی دارد. البته در برخی قسمت‌ها باریت‌ها و سیلیس‌ها فاقد کانه زایی بوده‌اند که نشانه پالس‌های متناوب ورود سیال گرمایی در منطقه مورد مطالعه است. فراوانی کانه‌های سولفیدی در قسمت‌های سطحی نشان می‌دهد که در منطقه عنبران اسیدهای تولید شده در نتیجه اکسیداسیون کانی‌های سولفیدی قادر به حمل روی نبوده و مقادیر زیادی کانی‌های سولفیدی در سطح باقی مانده است.

$\text{Al}_2\text{O}_3, \text{TiO}_2$

میزان متوسط Al_2O_3 در سنگ‌های حاوی کانه زایی ۲/۵۵ و برای TiO_2 در بسیاری از نمونه‌ها زیر حد آشکارسازی دستگاه است. پایین بودن این اکسیدها در سنگ‌های حاوی کانه زایی نشانه عدم ورود مواد آواری به محدوده کانه زایی است (Cook et al., 2000).

CaO, MgO

این اکسیدهای اصلی در رابطه با دولومیتی شدن سنگ‌های کربناته هستند که شرایط لازم برای کانه زایی را فراهم می‌کند. نکته جالب توجه این است که مقادیر CaO و MgO در نمونه‌های حاوی کانه زایی اغلب بسیار پایین است به ترتیب ۰/۲۴۹٪ و ۰/۰۹۷٪ و اغلب این نمونه‌ها غنی از باریت و سیلیس هستند و این نشان‌دهنده جانشینی دولومیت‌ها به وسیله محلول‌های غنی از باریت و سیلیس است که می‌تواند ناشی از سیالات دیاژنزی و یا گرمایی در منطقه مورد مطالعه باشد. نتایج حاصل از آنالیز XRD نمونه‌های حاوی کانه زایی نیز دال بر حضور سیلیس به عنوان فاز اصلی به همراه باریت است.

مس

وجود مقادیر زیاد مس در رگه‌های سیلیسی-باریتی نزدیک به منبع آب سرخه کوه نشانه دمای بالای سیال کانه ساز و احتمالاً خروج سیالات گرمایی در مجاورت گسل است. در کانسارهای سرب و روی با سنگ میزبان کربناته معمولاً همبستگی منفی مس با سرب و روی مشاهده می‌شود و در یک توالی از پایین به بالا و از مرکز به سمت حاشیه کانسار از میزان مس کاسته و بر میزان سرب و روی افزوده می‌شود از این رو به‌عنوان راهنمای اکتشافی نیز کاربرد دارد. در نمونه‌های جمع‌آوری شده در این مطالعه میانگین غلظت مس ۲۷۸۹ ppm و حداقل و حداکثر آن در نمونه‌ها به ترتیب ۶ و ۲۸۳۶۴ پی پی ام بوده است. مس همبستگی با سرب و روی نشان نمی‌دهد (ضریب همبستگی به ترتیب ۰/۰۱۵ و ۰/۰۸)، عدم رابطه معنادار مس با سرب و روی طبیعی است و به دلیل بالاتر بودن دمای پایداری کمپلکس مس نسبت به سرب و روی و متفاوت بودن منشا است.

روی

در اغلب نمونه‌های برداشت شده میزان عیار روی ۲۱۷ پی پی ام است که مقدار آن بالاتر از کلارک جهانی بوده است (جدول ۳-۳) و ماکزیمم آن در نمونه حاوی کانی اسفالریت ۴/۵۱ درصد بوده است. سرب و روی در اغلب نمونه‌ها همبستگی مثبت (۰/۸۸) نشان می‌دهند که به دلیل تشابه منشا است.

سرب

میزان فراوانی سرب در نمونه‌های مورد بررسی بین ۰/۷۵ و ۱۷۷۰۰ پی پی ام متغیر است که در اغلب آن‌ها ناهنجاری نسبت به کلارک جهانی مشاهده می‌شود (میانگین ۱۳۰۳ ppm). نسبت Pb/Zn در ناحیه مورد مطالعه از ۰/۰۴ تا ۴ متغیر است (میانگین ۰/۶۳)، تغییرات وسیع در نسبت بین Pb/Zn می‌تواند تایید کننده نظریه اپی ژنتیک باشد.

نیکل - کبالت

میانگین عیار نیکل و کبالت در منطقه مورد مطالعه به ترتیب برابر با ۲۰/۹ و ۹/۶۵ پی پی ام است. برای شناسایی محیط‌های گرمایی از رسوبی و همچنین سین ژنتیک یا اپی ژنتیک بودن کانسار استفاده از نسبت Ni/Co مفید است. مقادیر $Ni/Co > 1$ نشانه نقش محیط‌های گرمایی در تشکیل کانسار و همچنین کانه زایی همزاد با رسوبگذاری است در حالی که مقادیر کمتر از یک این نسبت نشانه محیط رسوبی و کانه زایی دیرزاد می‌باشد (Zheng and Wang, 1991). نسبت نیکل به کبالت در نمونه‌های منطقه بیشتر از ۱ است (میانگین ۲/۷۲) که حاکی از کانه زایی گرمایی و سین ژنتیک (همزمان بودن کانه زایی با رسوبگذاری) ماده معدنی است.

کادمیوم

میانگین غلظت کادمیوم در نمونه‌های برداشت شده از منطقه ۲/۱۸ پی پی ام و ماکزیمم آن ۱۵/۹ پی پی ام بوده است. تغییرات عیار این عنصر همبستگی مثبت قوی با روی نشان می‌دهد که احتمالاً به دلیل جایگزینی آن به جای روی در ساختمان اسفالریت می‌باشد (ضریب همبستگی ۰/۸۹).

نقره

میزان میانگین نقره در نمونه‌های مورد مطالعه ۰/۷۶ ppm است و ماکزیمم آن ۳/۱ ppm است که قابل مقایسه با سایر کانسارهای سرب و روی با میزبان کربناته نیست و عیار پایینی دارد و همبستگی خوبی با عناصر روی، سرب و کادمیوم (ضریب همبستگی به ترتیب ۰/۸۳، ۰/۶۶، ۰/۶) نشان می‌دهد که حاکی از حضور آن در کانی سولفیدی روی و سرب است و با توجه به غنی‌شدگی آن نسبت به میانگین پوسته، موجب مقرون به صرفه شدن استخراج روی می‌شود.

۳-۴-۱-۳ - ژئوشیمی عناصر خاکی کمیاب

نتایج آنالیز عناصر خاکی کمیاب در جدول ۳-۷ آورده شده است، بررسی الگوی عناصر نادر خاکی در نمونه دولومیتی فاقد کانه زایی و رگه‌های سیلیسی و باریتی همراه با کانه زایی مس و سرب و روی انجام شد و نتیجه آن‌ها در نمودار شکل ۳-۳۹ به ترتیب با رنگ‌های قرمز، سبز و آبی نمایش داده شده است. نتایج حاصل از آنالیز نشان می‌دهد که داده‌های به دست آمده از عناصر نادر خاکی نرمالیز شده نسبت به کندریت برای نمونه‌های فاقد کانه زایی و نمونه‌های حاوی سرب و روی روند تقریباً مشابهی را نشان می‌دهند و در همه نمونه‌ها (به جز نمونه‌هایی که به دلیل پایین بودن حد حساسیت دستگاه برخی عناصر در آن اندازه‌گیری نشده است)، غنی‌شدگی نسبت به عناصر نادر خاکی سبک (LREE) مشاهده می‌شود که این امر ویژگی ته‌نشست ماده معدنی از سیالات گرمابی مرحله پایانی فعالیت ماگمایی است، زیرا کمپلکس‌سازی عناصر نادر خاکی سنگین (HREE) موجب تهی شدن سیال باقیمانده از عناصر نادر سنگین و سپس جانشینی عناصر نادر خاکی سبک به جای کلسیم در ساختمان سنگ‌های کربناته موجب غنی‌شدگی آن نسبت به عناصر نادر خاکی سبک می‌شود که نشانه فعالیت‌های گرمابی در تشکیل کانسار است. همچنین یکی بودن این روند می‌تواند نشانه منشا گرفتن سرب و روی از دولومیت‌های منطقه به‌وسیله شستشو توسط آب دریا یا سیالات دیاژنزی باشد و تهی‌شدگی دولومیت‌ها در نمونه‌های فاقد کانه زایی نیز می‌تواند شاهد این امر باشد، برای تایید یا رد این فرضیات مطالعات ایزوتوپی و سیال درگیر و تعیین دمای سیال کانه ساز بر روی نمونه‌ها الزامی است. روند کانه زایی سرب و روی در منطقه با روند کلی مشاهده شده در نمونه‌هایی که در آن کانه زایی مس غنی‌شدگی بیشتری نسبت به سرب و روی نشان می‌داد، متفاوت است و می‌تواند نشان‌دهنده منشا متفاوت سیال (سیال گرمابی با دمای بالاتر) باشد. پایین بودن مقادیر برخی عناصر خاکی کمیاب در برخی نمونه‌ها به دلیل عدم اندازه‌گیری توسط دستگاه و جانشینی آن‌ها با مقادیر سنسورد است.

جدول ۳-۷- نتایج عناصر خاکی کمیاب آنالیز شده به روش ICP-MS (نمونه‌های منطقه عنبران)

Elements	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Er	Tm	Yb	Lu	Eu/Eu*	Ce/Ce*
DL	1	0.5	0.05	0.5	0.02	0.1	0.05	0.1	0	0.05	0.1	0.05	0.1		
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm		
A-N-8a1	0.08	1/00	0/03	1/00	14/70	11/67	0/56	0/14	0/33	0/03	<0/1	0/03	0/12	12/44	5/07
A-N-8a2	0/08	1/00	0/03	0/90	9/73	7/48	0/54	0/14	0/31	0/03	<0/1	0/03	<0/1	9/98	5/07
A-N-8C	0/08	1/00	0/03	1/20	3/07	2/89	0/81	0/20	0/81	0/19	<0/1	0/90	<0/1	5/60	5/07
A-N-8I	0/08	2/00	0/03	1/10	15/97	12/80	0/56	0/14	0/35	0/03	<0/1	0/03	<0/1	13/09	10/15
A-N-8M	5/00	12/00	1/15	6/20	4/12	3/13	1/14	0/22	0/95	0/30	<0/1	0/30	<0/1	4/42	1/20
A-N-9b	0/08	1/00	0/03	0/70	7/50	6/17	0/48	0/13	0/27	0/03	<0/1	0/03	<0/1	9/94	5/07
A-N-9c	0/08	1/00	0/03	0/70	10/31	8/52	0/49	0/12	0/25	0/03	<0/1	0/03	<0/1	11/59	5/07
A-N-10b	0/08	1/00	0/03	0/80	9/75	7/77	0/52	0/13	0/26	0/03	<0/1	0/03	<0/1	10/55	5/07
BA-QU2	0/08	1/00	0/03	0/90	9/71	7/36	0/56	0/14	0/32	0/03	<0/1	0/03	<0/1	9/65	5/07
BA-A1	12/00	25/00	2/73	14/00	6/83	4/44	2/93	0/54	3/22	1/45	0/20	1/60	0/30	3/03	1/05
BA-AZ3	0/08	2/00	0/03	1/30	6/45	5/04	0/61	0/14	0/41	0/03	<0/1	0/03	<0/1	7/77	10/15
QZ-HY2	15/00	33/00	3/94	16/80	3/29	0/93	3/16	0/53	3/17	1/46	0/20	1/30	0/25	0/88	1/03
AN-FEY53	5/00	6/00	0/73	4/80	1/72	1/37	1/16	0/24	1/10	0/35	<0/1	4/20	0/10	2/97	0/76
BA-AL50	11/00	18/00	2/19	10/20	1/75	1/20	1/75	0/31	1/41	0/58	0/10	0/70	0/12	2/10	0/88
OR-AN1	27/00	57/00	6/60	27/20	6/54	3/02	4/11	0/68	4/40	2/20	0/31	2/60	0/42	1/78	1/03
BA-DO1	1/00	3/00	0/03	1/70	0/01	0/11	0/61	0/14	0/41	0/03	<0/1	0/10	<0/1	4/31	4/17
QU-CU2	4/00	10/00	0/53	4/00	3/30	2/68	0/92	0/19	0/73	0/15	<0/1	0/20	<0/1	4/70	1/65
A-N-3	11/00	15/00	1/13	3/60	3/82	1/47	1/35	0/19	1/27	0/37	<0/1	0/40	<0/1	1/98	1/02
A-N-10a1	14/00	32/00	4/38	15/90	34/36	8/99	2/72	0/42	2/52	1/42	0/17	1/40	0/23	2/84	0/98
A-N-11	24/00	59/00	8/43	29/60	8/99	1/41	5/04	1/11	9/21	5/34	0/84	5/00	0/82	0/64	1/00
Average	6/48	14/05	1/61	7/13	8/10	4/92	1/50	0/29	1/59	0/70	0/30	0/95	0/30	6/01	3/53
Min	0/08	1/00	0/03	0/70	0/01	0/11	0/48	0/12	0/25	0/03	0/10	0/03	0/10	0/64	0/76
Max	27/00	59/00	8/43	29/60	34/36	12/80	5/04	1/11	9/21	5/34	0/84	5/00	0/82	13/09	10/15

۳-۴-۱-۳-۱- بی‌هنجاری سربیم و یوروپیم

عموما، ناهنجاری یوروپیم و سربیم در سنگ‌های رسوبی منعکس‌کننده شرایط اکسیداسیون- احیا محیط رسوبی و دیاژنتیکی هستند. آب دریا در محیط اکسیدان به دلیل از دست دادن Ce ناهنجاری منفی سربیم را نشان می‌دهد، در حالی که مواد رسوبی در چنین محیطی به دلیل غنی‌شدگی از سربیم ناهنجاری مثبت یا نزدیک به یک نشان می‌دهند. در محیط احيایی مقادیر سربیم آب دریا و رسوبات عکس حالت گفته شده را نمایش می‌دهد.

بی‌هنجاری در عنصر Ce با نسبت Ce/Ce^* سنجیده می‌شود که طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود
(Boynton, 1984):

$$Ce/Ce^* = Ce_n / (La_n * Pr_n)^{1/2}$$

در صورتی که مقدار به دست آمده از فرمول بالا بزرگ‌تر از یک باشد، ناهنجاری Ce مثبت و در صورتی که این مقدار کوچک‌تر از ۱ باشد ناهنجاری Ce منفی است. برای نمونه‌های منطقه عنبران اغلب نمونه‌ها ناهنجاری مثبت Ce با میانگین ۳/۵۳ نشان می‌دهند. بی‌هنجاری مثبت Ce نشانه غنی بودن محیط از اکسیژن (سیال اکسیدان و دریایی) است که موجب اکسید شدن Ce (تبدیل Ce^{3+} به Ce^{4+}) و ته‌نشینی متعاقب آن از سیال خواهد شد که این فرضیه نقش سیالات دریایی در تشکیل کانسار سرب و روی عنبران را تقویت می‌کند.

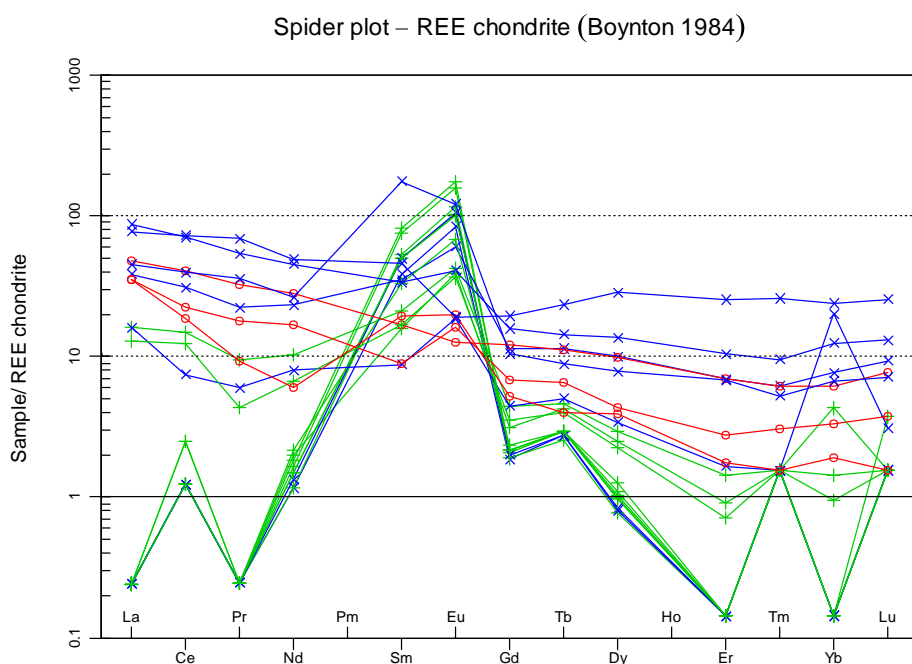
مقادیر یوروپیم معمولاً به دما حساس است و ناهنجاری مثبت یوروپیم به وسیله رسوبگذاری از سیالات دما بالا در مرز واکنشی آب-سنگ در طول فرایندهای دیاژنزی و یا حضور سیالات گرمابی به وجود می‌آید. در صورت بالا بودن مقدار LREE در نمونه‌ها نقش سیالات گرمابی مؤثرتر از سیالات دیاژنزی خواهد بود. به عبارت دیگر از آنجایی که ناهنجاری یوروپیم در رسوبات دریایی عمدتاً به وسیله واریزه‌های ولکانیکی و یا ورودی‌های گرمابی به وجود می‌آید، مقادیر مثبت یوروپیم به همراه غنی‌شدگی از LREE دال بر نقش سیال گرمابی در کانه زایی است و همراهی آن با ناهنجاری سریم نشان‌دهنده اختلاط سیال گرمابی با آب دریا است (Liu et al., 2017).

بی‌هنجاری در عنصر Eu با نسبت Eu/Eu^* سنجیده می‌شود که طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود (Boynnton, 1984):

$$Eu / Eu^* = Eu_n / (Sm_n * Gd_n)^{1/2}$$

در صورتی که مقدار به دست آمده از فرمول بالا بزرگ‌تر از یک باشد، ناهنجاری Eu مثبت و در صورتی که این مقدار کوچک‌تر از ۱ باشد ناهنجاری Eu منفی است. برای نمونه‌های منطقه عنبران اغلب نمونه‌ها ناهنجاری مثبت Eu با میانگین ۶/۰۱ نشان می‌دهند. ناهنجاری یوروپیم به شدت به دما حساس است، بنابراین سیالات گرمابی دما بالا یا سیالات دیاژنتیک حوضه‌ای موجب ایجاد ناهنجاری یوروپیم می‌شوند. بنابراین

می توان گفت که ناهنجاری مثبت یوروپیم همراه با کربنات های حاوی پیریت است و سیال گرمابی احیا و اسیدی را نشان می دهد درحالی که مقادیر منفی یوروپیم در کربنات های غنی از اکسید آهن شکل می گیرد (Özkan et al., 2019). البته باید توجه داشت که آلودگی به وسیله تخریبی ها هم می تواند موجب ناهنجاری مثبت یوروپیم شود، بنابراین تشخیص منشا آلودگی حائز اهمیت است. از آنجاکه در نمونه های مورد مطالعه همبستگی بین آلومینیوم و سیلیسیم مشاهده نمی شود ($r=0/17$) بنابراین تخریبی بودن منشا نفی می شود و بار دیگر منشا گرمابی تقویت می گردد. همچنین بالا بودن باریم در سیال نیز نشانی دیگر از گرمابی بودن سیال است. مقادیر بالای ناهنجاری Eu در رسوبات زمانی اتفاق می افتد که سیال گرمابی با سیال دریایی اختلاط حاصل کند که ناهنجاری مثبت سریم در نمونه های منطقه عنبران این فرضیه را تایید می کند (Tostevin et al., 2016).



شکل ۳-۳۹- الگوی پراکندگی عناصر خاکی کمیاب نرمالیز شده به کندریت (Boynton, 1984) در نمونه های منطقه مورد مطالعه، نمودار سبز(مس)، آبی (سرب و روی)، قرمز(فاقد کانه زایی)

فصل چهارم: نتیجه گیری

۴-۱- نتیجه گیری

در این پژوهش به منظور معرفی مناطق امیدبخش معدنی، انواع دگرسانی‌های به دست آمده از تصاویر سنتینل ۲ به روش‌های مختلف (نسبت بانندی، ترکیب مؤلفه‌های اصلی و نقشه‌بردار زاویه طیفی) را هم‌پوشانی کرده و تصویر نهایی به دست آمده را برای معرفی مناطق مستعد کانه زایی پس از تلفیق با نقشه خطواره‌ها به کار گرفتیم. نتایج حاصل از مطالعات دورسنجی، زمین‌شناسی، پتروگرافی، مینرالوگرافی و ژئوشیمیایی در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که:

۱- قدیمی‌ترین واحدهای رخنمون یافته در منطقه در هسته تاقدیس عنبران واقع شده و منطبق بر محدوده‌های حاوی کانه زایی سولفیدی است و مطالعات صحرایی انجام شده در منطقه به همراه مطالعات پیشین نشان‌دهنده انطباق آن بر واحد شیلی و میان لایه‌های دولومیتی بایندر در زمان پرکامبرین است که در فاز دگرشکلی بعد از ائوسن به وسیله گسل‌های معکوس دچار بال‌آمدگی شده‌اند.

۲- مطالعات صحرایی انجام شده در منطقه حضور دو دسته کلی گسل را در منطقه شناسایی کرده است، گسل‌های معکوس که موجب جابه‌جایی واحدهای قدیمی‌تر شیلی و دولومیتی بایندر و سلطانیه بر روی ولکانیک‌های ائوسن شده‌اند و گسل‌های عادی و یا امتدادلغز که احتمالاً جوان‌تر از گسل‌های معکوس بوده و موجب ایجاد گسل خوردگی و محدوده برشی و آینه گسل و ... در منطقه شده است. در نزدیکی روستای عنبران تقاطع این دو دسته گسل موجب شکل‌گیری کانه زایی در رگه‌های باریتی و سیلیسی شده است. شیب تند نشان‌دهنده این است که سازوکار اولیه گسل نرمال بوده و سپس در فاز فشارشی بعدی به صورت راندگی تجدید فعالیت کرده است، به عبارتی در منطقه تغییر رژیم از کششی به فشارشی یا وارون شدگی ساختاری را شاهد هستیم. از طرفی در فرادیواره این گسل رسوبات کرتاسه یافت شده است که نشان‌دهنده این است که گسل عنبران تا زمان کرتاسه در محیط زمین‌ساختی کششی فعالیت داشته و در نتیجه گسلی عادی بوده است که

پایین رفتن فرادیواره در آن موجب رسوبگذاری واحدهای آهکی کراتاسه شده است. سپس تغییر محیط زمین‌ساختی از کششی به فشارشی موجب تغییر عملکرد گسل عنبران و تبدیل آن به گسل با سازوکار معکوس شده است و واحدهای آهکی فرادیواره را به سمت بالا بر روی واحدهای جوان‌تر رانده است. می‌توان گفت عملکرد نیروهای تکتونیک به صورت چین‌خوردگی و گسل خوردگی موجب برشی شدن و ایجاد فضاهای خالی شده که مقدمه تشکیل کانسنگ بوده است و در نتیجه عملکرد گسل‌های معکوس احتمالاً فرایندهای کانه‌زایی حتی بعد از ائوسن نیز ادامه داشته‌اند.

۳- مطالعات دورسنجی نشان داده است که در منطقه دگرسانی‌های دولومیتی، باریتی-سیلیسی و اکسید آهن که در ارتباط نزدیکی با کانه‌زایی هستند، رابطه خوبی با خطواره‌ها نشان می‌دهند.

۴- گسترش پدیده سیلیسی شدن و باریتی در مجاورت گسل نشان می‌دهد که حرکت سیالات غنی از سیلیس و باریم از طریق گسل‌ها و شکستگی‌ها و ورود آن به حوضه رسوبی موجب حرکت این سیالات در مرز واحدهای کربناتی و تخریبی از طریق نفوذپذیری این واحدها شده است و واکنش‌پذیری واحدهای کربناته موجب جاننشینی کامل این واحد با سیالات گرمابی غنی از سیلیس شده است و زمینه لازم برای کانه‌زایی سولفیدی در فضاهای خالی را در ادامه فراهم آورده است. یکی از مهم‌ترین سیماهای مشاهده شده در منطقه عنبران همراهی کانه‌زایی سرب و روی در مرز سازند شیلی و میان لایه‌های دولومیتی بایندر بوده است. پیمایش‌های صحرایی انجام شده در منطقه حاکی از این است که در نواحی دور از گسل‌آثاری از دگرسانی گرمابی و کانه‌زایی سولفیدی همراه با آن مشاهده نمی‌شود و اغلب کانه‌زایی‌ها در امتداد گسل اصلی منطقه و هم‌روند با گسل‌های مرتبط با آن صورت گرفته است و می‌توان گفت شکل ذخیره معدنی به احتمال زیاد از روند گسل‌ها پیروی می‌کند.

۵- واحد آتشفشانی توفی تنها در مجاورت سرخه کوه مشاهده شده است و در سایر واحدهای کانه‌زایی شده در منطقه آثاری از فعالیت‌های آتشفشانی مشاهده نمی‌شود، البته احتمال تأثیر این توده‌ها در عمق و موتور حرارتی ناشی از آن‌ها در چرخش سیالات در منطقه مورد مطالعه بعید نیست.

۶- کانی‌های اصلی در ناحیه عنبران گالن و اسفالریت هستند که عمدتاً بافت رگه و رگچه ای داشته‌اند و در بیشتر آن‌ها معمولاً فراوانی اسفالریت بیشتر از گالن است، در برخی نمونه‌های کانه‌های سولفیدی پیریت و کالکوپیریت نیز با نسبت‌های کمتر حضور دارد و کانی‌های ثانویه نظیر آزوریت و هماتیت و کوولیت و مالاکیت و آزوریت نیز در قسمت‌های هوازده به‌وفور مشاهده می‌شود. بافت‌های غالب منطقه بافت شکافه‌پرکن، جانشینی و دانه پراکنده است.

۷- نتایج اکسیدهای اصلی حاصل از XRF حاکی از متفاوت بودن دگرسانی‌های رخ داده در منطقه عنبران و وجود نوعی پهنه‌بندی افقی می‌باشد به‌نحوی که در نزدیکی منبع آب سرخه کوه (نزدیک گسل اصلی عنبران) غلبه با دگرسانی سیلیسی به علت رخساره رگه - رگچه ای غنی از کوارتز است و این دگرسانی نسبت به سایر بخش‌های کانسار گسترش بالاتری دارد. درحالی که در مناطق دور از گسل اصلی عنبران کانه زایی همراهی نزدیک‌تری با باریت نشان می‌دهد. از لحاظ نوع کانه زایی نیز غلبه با دگرسانی سیلیسی همراه با افزایش میزان مس به سرب و روی و غلبه بخش باریتی با مقادیر کمتری مس مشاهده می‌شود که احتمالاً به دلیل متفاوت بودن دمای سیال و پایداری کمپلکس‌هاست. این پهنه‌بندی افقی می‌تواند ناشی از تغییرات منظم در نتیجه فاصله از گسل اصلی و کاهش نسبی سیالات گرمایی و کاهش دما و pH سیالات باشد.

۸- با توجه به ضرایب همبستگی پیرسون مس رابطه معناداری با سرب و روی نشان نمی‌دهد (ضریب همبستگی به ترتیب ۰,۰۱۵ و ۰,۰۰۸) که می‌تواند به دلیل بالاتر بودن دمای پایداری کمپلکس مس نسبت به سرب و روی و متفاوت بودن منشا باشد. سرب و روی در اغلب نمونه‌ها همبستگی مثبت قوی نشان می‌دهند که به دلیل تشابه منشا است ($r=0.88$). در بخش‌های سولفیدی همبستگی مثبتی بین سرب و روی، نقره و کادمیوم و کبالت مشاهده می‌شود که به دلیل همراهی این عنصر در ساختمان اسفالریت و جانشینی آن به‌جای روی است.

۹- نسبت‌های $Ni/Co > 1$ نشان‌دهنده کانه زایی گرمایی و سین ژنتیک (هم‌زمان بودن کانه زایی با رسوبگذاری) ماده معدنی است. درحالی که نسبت Pb/Zn در نمونه‌های منطقه عنبران از ۰,۰۴ تا

۴ متغیر است (میانگین ۰,۶۳) که این تغییرات وسیع دال بر منشا پبی ژنتیک است که می‌تواند تحت تأثیر گسل‌ها و جابجایی مجدد مواد معدنی و ته‌نشینی آن در رگچه‌های باریتی و سیلیسی به وجود آمده باشد که موجب غنی‌شدگی بیشتر سرب و روی می‌شود. در مجموع با در نظر گرفتن شواهدی از جمله سنگ میزبان، بافت و ساخت ماده معدنی، محدود بودن کانه‌زایی به افق‌های خاص استراتیگرافی، همچنین شواهد ژئوشیمیایی این کانسارها را می‌توان در زمره سین تا دیاژنتیک تقسیم‌بندی کرد و با توجه به گسترش سطحی و امتداد کانه‌زایی در افق‌های استراتی باند از لحاظ اکتشاف و کانه‌زایی حائز اهمیت است.

۱۰- نتایج حاصل از عناصر خاکی کمیاب نشان‌دهنده ناهنجاری مثبت سریم و یوروپیم در منطقه مورد مطالعه است که به ترتیب منطبق بر حضور آب دریا و سیال گرمایی در محیط کانه‌زایی است. به عبارتی می‌توان گفت ورود سیال گرمایی به محیط دریایی از طریق تخلخل‌ها و درز و شکاف‌ها و اختلاط آب با آب دریا موجب کانه‌زایی همزمان با رسوبگذاری شده است. ناهنجاری مثبت یوروپیم، غنی‌شدگی از LREE، عدم همبستگی آلومینیوم و سیلیسیوم به همراه ناهنجاری مثبت سریم همگی دال بر اختلاط سیال گرمایی با آب دریاست. احتمالاً کانه‌های فلزی سرب و روی و ... از واحدهای شیلی سازندهای بایندر ضمن بالآمدگی سیالات شسته شده (احتمالاً وجود توده نفوذی اسیدی در عمق موجب بالا بردن دمای سیال و ایجاد جریان همرفتی شده) و موجب ایجاد سیالات غنی از فلزات شده و ضمن ورود به سنگ‌های دولومیتی که از یک طرف فضای مناسبی برای کانه‌سازی در اختیار سیال قرار می‌دهند و از طرف دیگر به دلیل واکنش‌پذیری بالا ویژگی‌های ژئوشیمیایی سیال را تغییر می‌دهند، ته‌نشست عناصر فلزی صورت می‌گیرد و ضمن فرایندهای تکتونیکی بعدی غنی‌شدگی در رگچه‌های برشی شده باریتی و سیلیسی صورت می‌گیرد.

در مجموع نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که کانه‌زایی صورت گرفته در سرخه کوه (نزدیک گسل اصلی عنبران، واقع در شرق نقشه) از نوع غنی از مس بوده است و کانه‌های عمده فلزی آن شامل کانی‌های

کالکوپیریت، اسفالریت، هماتیت و ... و کانه غیرفلزی آن باریت، سیلیس و ... بوده است. دگرسانی سیلیسی در نزدیک منبع آب سرخه کوه گسترش بیشتری نسبت به سایر مناطق مورد مطالعه داشته و همراهی نزدیک آن با کالکوپیریت نشان دهنده بالا بودن دمای سیال کانه زا نسبت به سایر قسمت های منطقه است. درحالی که در مناطق دور از گسل اصلی عنبران (مناطق شمالی و مرکزی نقشه) دگرسانی باریتی شدن نسبت به سیلیسی شدن غلبه دارد و کانه زایی درون باریت ها به صورت شکافه پرکن و در بخش های برشی رخ داده است که کالکوپیریت در اینجا فاز فرعی است و فراوانی با کانی های اسفالریت و در مواردی گالن می باشد. البته تمامی باریت ها حاوی کانه زایی نیستند و در مواردی باریت های خالص و فاقد کانه زایی مشاهده شده است. مطالعات میکروسکوپی نشان داده است که تشکیل رگه و رگچه ها به موازات هم و در امتداد لایه بندی و گاهی قطع کننده آن بوده و در برخی قسمت ها (نواحی برشی) همراه با کانه زایی و در برخی قسمت ها فاقد کانه زایی است که نشان دهنده نقش مؤثر فرایندهای تکتونیکی در تحرک مجدد و غنی شدگی فلزی در این واحدهاست. درحقیقت کانه زایی سرب و روی در منطقه عنبران حاصل عملکرد پیچیده فرایندهای رسوبگذاری، دیاژنز، تکتونیک (چین خوردگی و برشی شدن) در منطقه مورد مطالعه بوده است. نسل اول کانه زایی سولفیدی (پیریت فرامبوئیدال) در مرحله همزمان با رسوبگذاری و در سطح مشترک آب دریا- رسوب تشکیل می شود و سپس در مراحل بعدی تحت تأثیر سیالات گرمابی با سولفیدهای نسل بعدی (طی ته نشینی تدریجی عناصر فلزی برحسب تغییرات دمایی محلول های گرمابی) جانشین می شود و طی فرایندهای تکتونیکی دچار غنی شدگی مجدد در قسمت های برشی می شود. مطالعات پتروگرافی و کانه نگاری انجام شده در امتداد گسل عنبران نشان می دهد که در واقع نوعی پهنه بندی بر اساس دوری و نزدیکی به گسل از جهت جانبی مشاهده می شود که به منظور بررسی دقیق تر منطقه بندی کانه زایی در جهت افقی و قائم باید نمونه برداری های بیشتری هم در جهت عمود بر امتداد گسل و روند کانه زایی و هم به صورت پروفیل های قائم انجام شود و باید توجه کرد که به دلیل عملکرد فازهای فرسایشی و تکتونیکی نظم و چینه بندی اولیه تا حدودی دستخوش تغییر شده است و بررسی تغییرات جانبی رخساره ها دقت و مطالعات بیشتری را می طلبد.

پیشنهادات

پیشنهادات

- با توجه به همراهی کانه زایی با گسل‌های همزمان با رسوبگذاری و حوضه‌های کششی و همراهی آن با واحدهای تخریبی (شیلی) - کربناته (دولومیتی)، بررسی این واحدهای لیتولوژیکی به‌خصوص در نواحی نزدیک به گسل پیشنهاد می‌شود.
- غنی‌شدگی کانه زایی در بخش‌های برشی شده سیلیسی و باریتی که تحت تأثیر گسلش معکوس در ناحیه به وجود آمده‌اند، راهنمای اکتشافی دیگری برای شناسایی نواحی مستعد کانه زایی سرب و روی در منطقه عنبران است که پیشنهاد می‌شود در پی‌جویی‌های اکتشافی در نظر گرفته شود.
- منطقه بندی ژئوشیمیایی عناصر در مجاورت گسل و بخش‌های دور از گسل در هنگام اکتشاف کنترل شود که به ترتیب غنی از عناصر مس و سرب و روی است.
- برای درک دقیق نحوه تشکیل کانسار و منشا سیالات مطالعات زیر نیز پیشنهاد می‌شود:
 - الف: انجام مطالعات EPMA بر روی کانی‌های سولفیدی جهت تعیین مقدار عناصر فرعی نظیر نقره و کادمیوم
 - ب: مطالعات سیال درگیر در کانی‌های سولفیدی و کربناته جهت تعیین دما و شوری سیال کانه ساز
 - ج: استفاده از نسبت Ga/Ge در اسفالریت برای تعیین دمای تشکیل کانسار
 - د: انجام مطالعات ایزوتوپی گوگرد بر روی کانه‌های سولفیدی برای یافتن منشا سیال
 - ه: انجام مطالعات ایزوتوپی Re-Os بر روی کانی‌های سولفیدی و تعیین سن کانه زایی
 - و: انجام مطالعات ایزوتوپی سرب برای تعیین سن و منشا سرب
 - ز: حفاری عمیق به منظور بررسی توزیع عناصر در جهت قائم و احتمال یافتن ذخایر جدید به‌ویژه در مناطق شرق و مرکزی و شمالی نقشه

منابع

- ایمان پور نمین، آ. (۱۳۹۰)، تحلیل ساختاری درونپشته عنبران (شمال غرب نمین)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس،
- باباخانی، علیرضا و رحیم‌زاده، فرامرزی، (۱۳۶۷)، شرح نقشه زمین‌شناسی چهارگوش اردبیل مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، تهران: انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.
- بویری کناری، م. (۱۳۹۴)، رخساره‌های کانسنگ سولفیدی و الگوی تشکیل کانه زایی روی-سرب با سنگ میزبان آواری-کربناته در کانسار تپه سرخ، منطقه معدنی ایرانکوه، جنوب اصفهان، رساله دکتری دانشگاه تربیت مدرس.
- جوی‌زاده، سعید، ابراهیمی، منیژه، اسکندری، میلاد، (۱۳۹۷). پردازش تصاویر ماهواره‌ای در زمین‌شناسی و معدن. تهران: آکادمیک.
- خدابنده، آ.، امینی فضل، آ.، (۱۳۷۲)، نقشه زمین‌شناسی چهارگوش تسوج ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور
- عابدیان، ن. (۱۳۸۷)، پروژه پی‌جویی به روش اکتشافات ژئوشیمیایی ۱:۲۵۰۰۰ در محدوده اکتشافی عنبران-نوشتق (استان اردبیل)، تحقیقات معدنی خاک خوب، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- موحدنیا، م. (۱۳۹۴)، رخساره‌های کانسنگی، ژئوشیمی و تیپ کانه زایی روی-سرب (باریم) در کانسار آب باغ (کهرویه)، جنوب شهرضا، پهنه سندنج-سیرجان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- پتانسیل‌یابی و بررسی توان کانی‌سازی استان اردبیل، (۱۳۷۴)، شرکت تحقیقات کانی‌شناسی و زمین‌شناسی کان پژوه، وزارت معادن و فلزات استان اردبیل
- گزارش مطالعات تفصیلی تأمین مواد اولیه مورداحتیاج کارخانه سیمان (منطقه اردبیل - نمین) - ۱۳۶۰ سازمان زمین‌شناسی کشور

Bentahar, I., Raji, M., (2020), Comparison of Landsat OLI, ASTER, and Sentinel 2A data in lithological mapping : A Case study of Rich area (Central High Atlas, Morocco), Advances in Space Research.

Bonsall, T.A., Spry, P.G., Voudouris, P.C.H., Tombros, S., Seymour, K.St. and Melfos, V., (2011), The Geochemistry of Carbonate Replacement Pb-Zn-Ag Mineralization in the Lavrion District, Attica, Greece: Fluid Inclusion, Stable Isotope and Rare Earth Element Studies. Economic Geology, 106(5): 619-651.

Boni, M. (2003), Non-sulfide Zinc Deposits: a new-(old)type of economic mineralization,SGA News, 15, August 2003, 1 and 6-11 .

Boynton, W.V. (1984) Geochemistry of Rare Earth Elements: Meteorite Studies. In: Henderson, P., Ed., Rare Earth Element Geochemistry, Elsevier, New York, 63-114.

B. Hu, Y. Xu, B. Wan, X. Wu, G. Yi, (2018), Hydrothermally altered mineral mapping using synthetic application of Sentinel-2A MSI, ASTER and Hyperion data in the Duolong area, Tibetan Plateau, China, Ore Geology Reviews

Chang, Ch , Fu, Q., Wang, W., (2019), Linear Correlation of Ba and Eu Contents by Hydrothermal Activities: A Case Study in the Hetang Formation, South China, Geofluids.

EL ATILLAH, A., EL MORJANI, Z., Souhassou, M., (2019), Use of the Sntinel 2A multispectral image for litho-structural mapping in Gloa map sheet, ARTIFICIAL SATELLITES, 54,

Lanfranchi, R., Cerqueira Pereira Cruz, S., Franca Rocha, W., (2020) Application of remote sensing and reflectance spectroscopy to explore iron-enriched domains in the north region of the intracontinenta,lOre Geology Reviews

Ozkan, A., (2019), Geochemical Features of Rare Earth Elements in the Dolomites of the Bozdağ Formation (Early Silurian–Middle Devonian) from Soğütozü-Ladik (Konya/Turkey) Area, The International Journal of Engineering and Science (IJES), (8):23-19.

Tostevin, R., Shields, G., Tarbuck, G., Clarkson, M., Wood, R., (2016), Effective use of cerium anomalies as a redox proxy in carbonate-dominated marine settings, Chemical Geology, 8:30-46

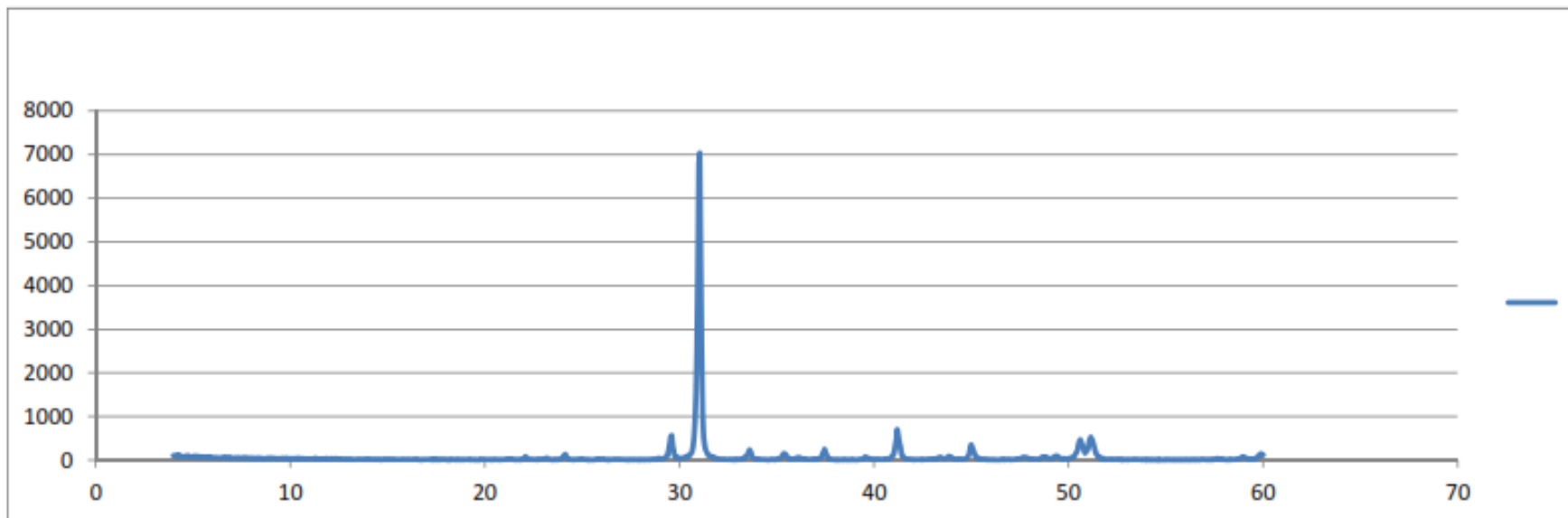
Van der Werff, H., van der Meer,f.,(2016), Sentinel-2A MSI and Landsat 8 OLI Provide Data Continuity for Geological Remote Sensing, remote sensing.

Yasahi, A, Imanpour, A., (2014), Structural analysis of the anbaran fault, northwest of Talesh mountains, JOURNAL OF SCIENCE, 13(4).

Zheng, M.H., Wang, X.C., (1991), Genesis of the Daliangzi Pb–Zn deposit in Sichuan, China. Econ. Geol. 86, 831–846.

پیوست

نتائج أناليز XRD

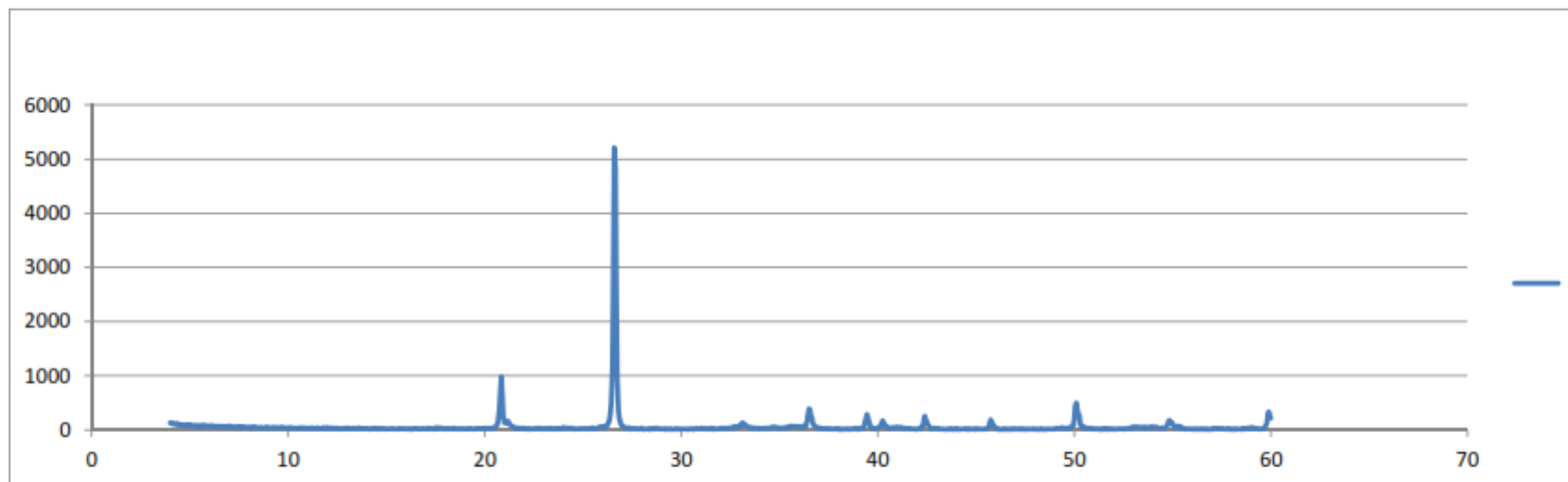


Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-0646

Sample:	Major Phase(s)	Minor Phase(s)	Trace Phase(s)
AN-3	Dolomite (36-0426)	Calcite (05-0586)	Clay Mineral
Date :	CaMg(CO ₃) ₂	CaCO ₃	
15.6.2021		Barite (24-1035)	
kV = 40		BaSO ₄	
mA = 30			
Ka. = Cu			
Fil. = Ni			





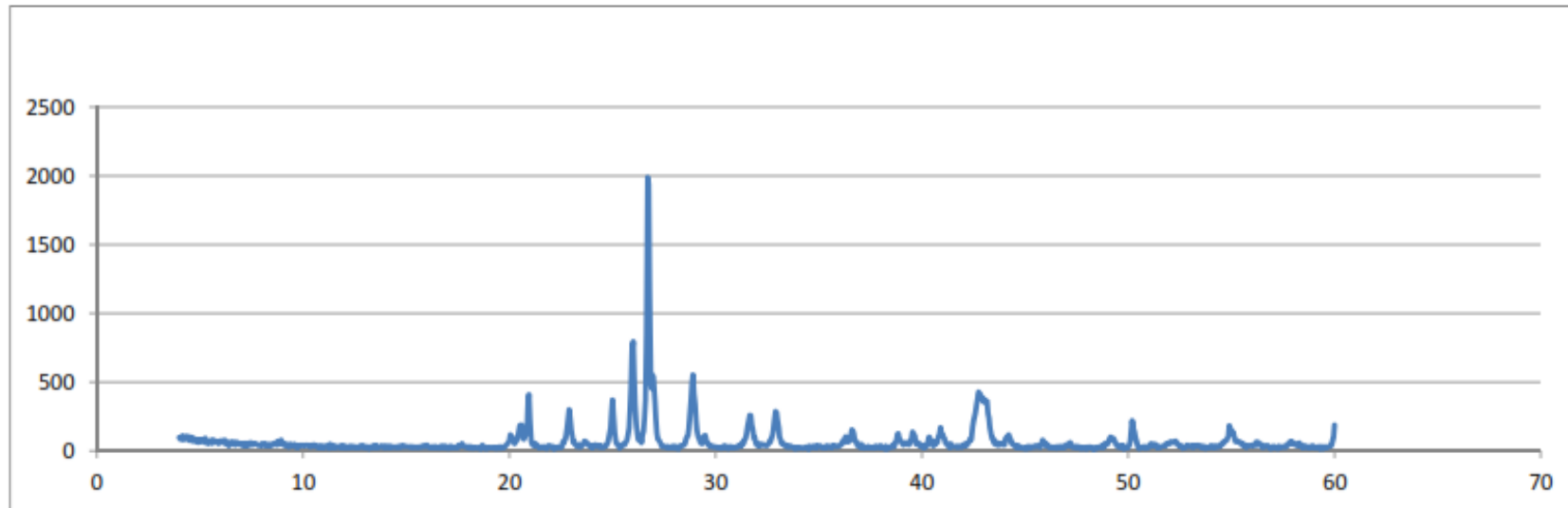
Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-0646

Sample:	Major Phase(s)	Minor Phase(s)	Trace Phase(s)
A.N.8C	Quartz (33-1161)	Hematite (33-0664)	Clay Mineral
Date :	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	
15.6.2021		Goethite (29-0713)	
kV = 40		FeO(OH)	
mA = 30			
Ka. = Cu			
Fil. = Ni			

زرآزمایشگاه
ایرانیان ثبت ۱۰۵۹۶





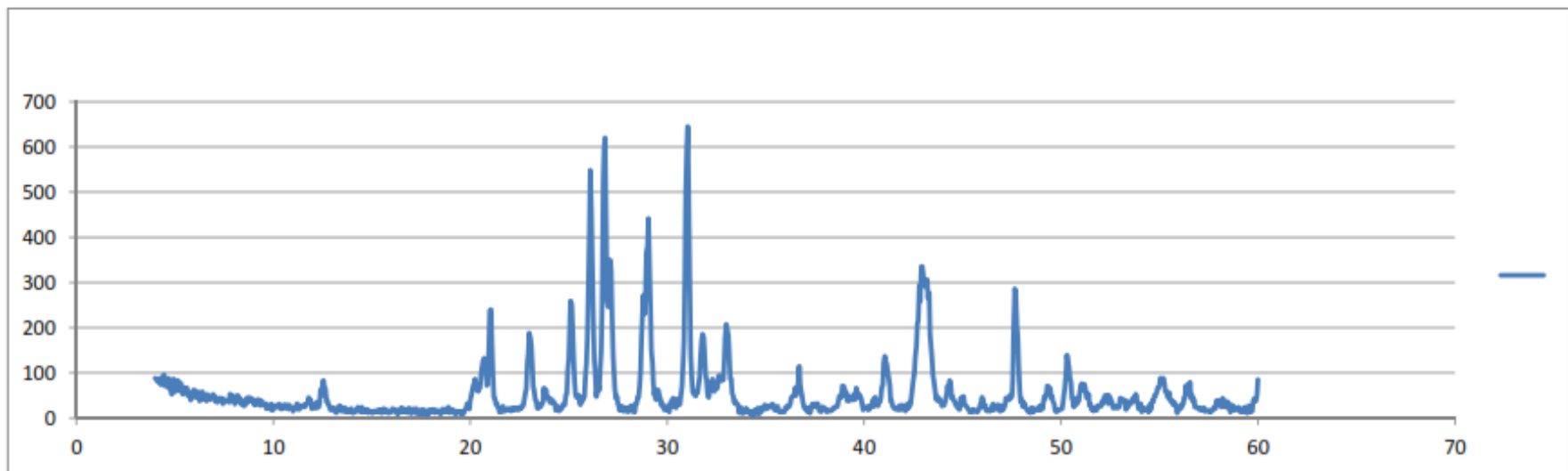
Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-0646

Sample:	Major Phase(s)	Minor Phase(s)	Trace Phase(s)
AN.8M	Barite (24-1035)	Muscovite - illite (26-0911)	--
Date :	BaSO4	KAl2Si3AlO10(OH)2	
15.6.2021	Quartz (33-1161)	Goethite (29-0713)	
kV = 40	SiO2	FeO(OH)	
mA = 30		Calcite (05-0586)	
Ka. = Cu		CaCO3	
Fil. = Ni			

زرآزمایان
ایرانیان ثبت ۱۰۵۹۶





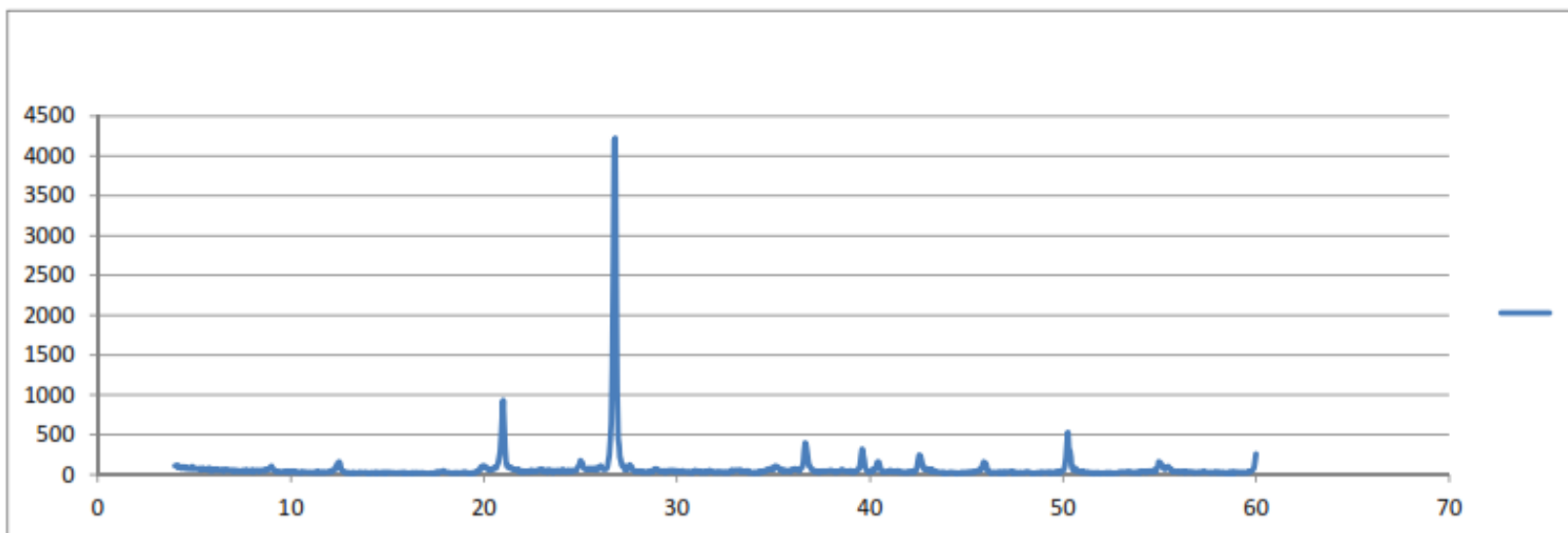
Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-0646

Sample:	Major Phase(s)	Minor Phase(s)	Trace Phase(s)
AN.9a	Barite (24-1035) (Ba,Sr)SO ₄	Kaolinite (29-1488) Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	Muscovite - illite (26-0911) KAl ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂
Date : 15.6.2021	Quartz (33-1161) SiO ₂	Gypsum (33-0311) CaSO ₄ · 2H ₂ O	
kV = 40	Dolomite (36-0426) CaMg(CO ₃) ₂	Calcite (05-0586) CaCO ₃	
mA = 30			
Ka. = Cu			
Fil. = Ni			

زرآزما زنگان
ایرانیان ثبت ۱۰۵۹۶





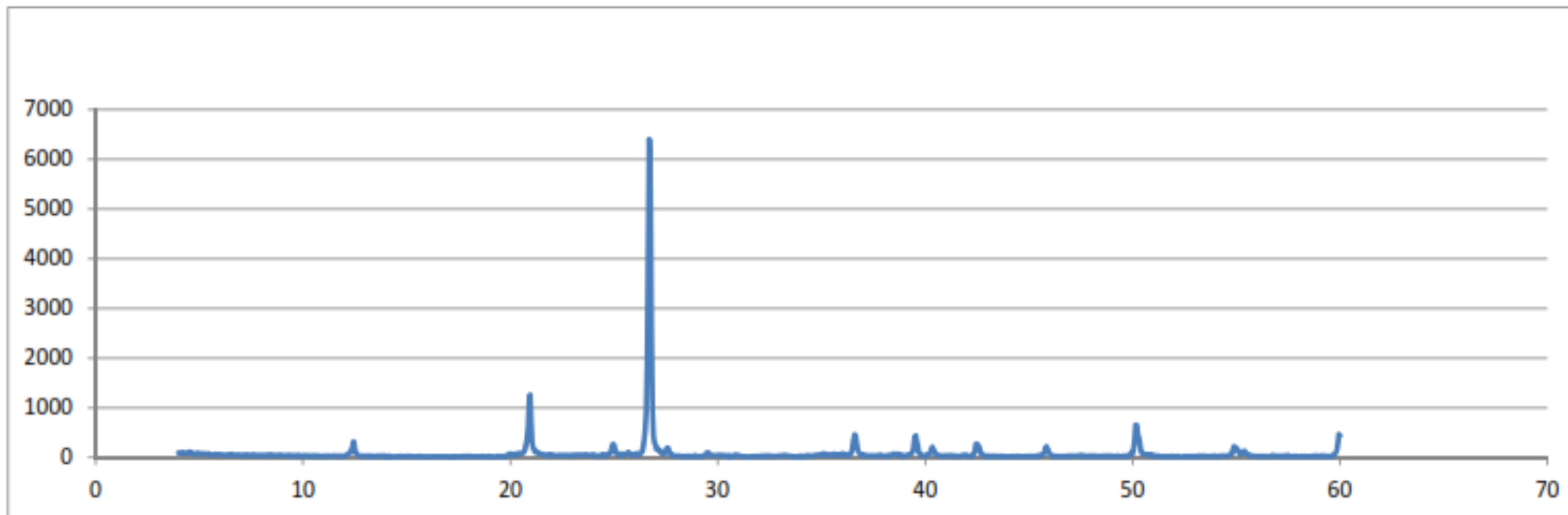
Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-0646

Sample:	Major Phase(s)	Minor Phase(s)	Trace Phase(s)
AN.10a1	Quartz (33-1161)	Potassium Feldspar	--
Date :	SiO ₂	KAlSi ₃ O ₈	
15.6.2021	Kaolinite (29-1488)	Goethite (29-0713)	
kV = 40	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	FeO(OH)	
mA = 30	Muscovite - illite (26-0911)		
Ka. = Cu	KAl ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂		
Fil. = Ni			

زرآزما زنگان
ایرانیان ثبت ۱۰۵۹۶



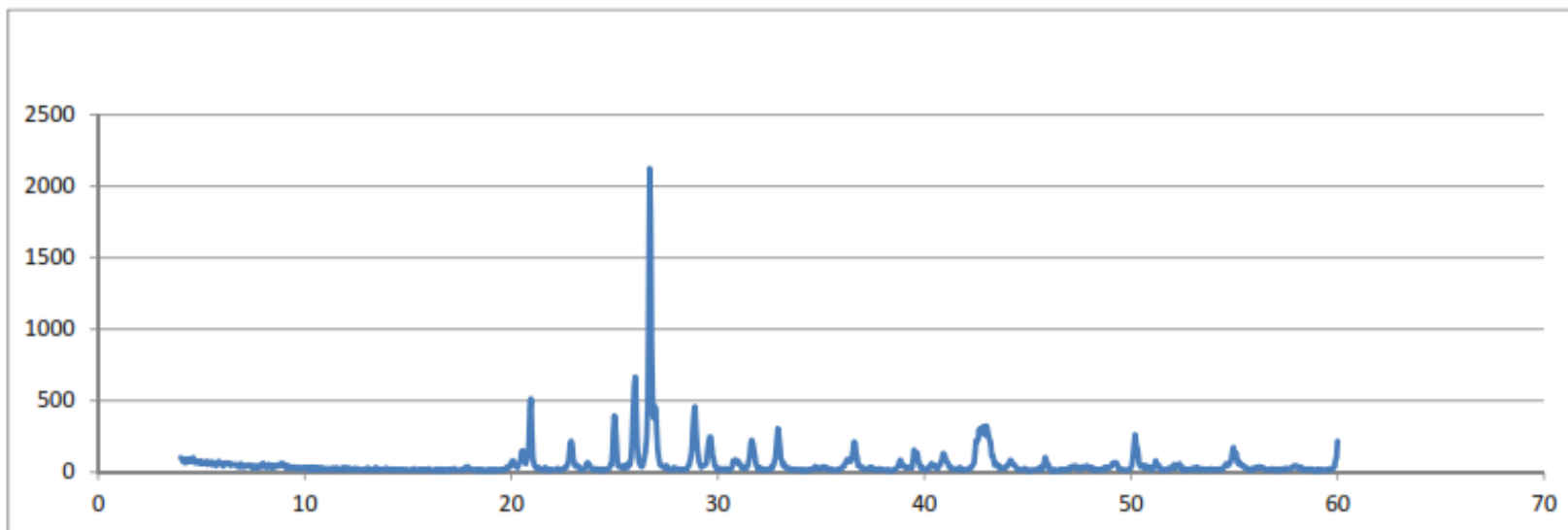


Client: Dr. Narges Sadati
Job No: ZZI-00-0646

Sample:	Major Phase(s)	Minor Phase(s)	Trace Phase(s)
AN.11	Quartz (33-1161)	Potassium Feldspar	--
Date :	SiO ₂	KAlSi ₃ O ₈	
15.6.2021	Kaolinite (29-1488)	Goethite (29-0713)	
kV = 40	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	FeO(OH)	
mA = 30		Calcite (05-0586)	
Ka. = Cu		CaCO ₃	
Fil. = Ni			

زرآزما زنگان
 ایرانیان ثبت ۱۰۵۹۶





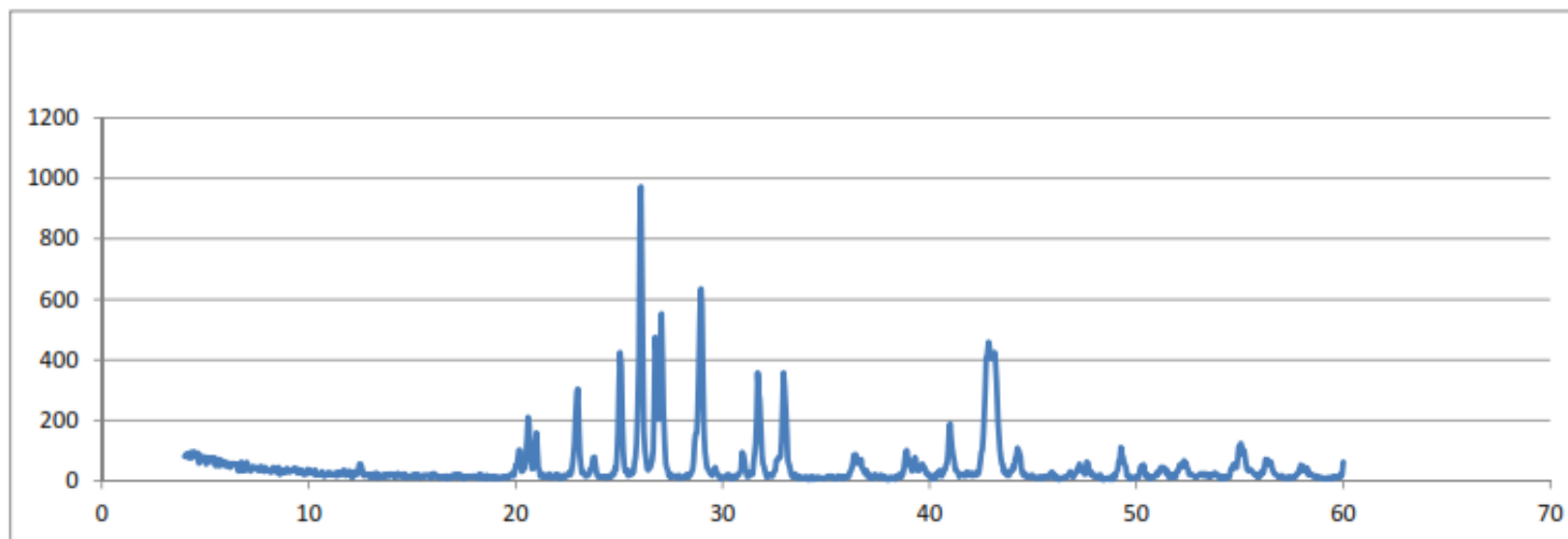
Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-0647

Sample:	Major Phase(s)	Minor Phase(s)	Trace Phase(s)
Ba-Ca1	Barite (24-1035) BaSO ₄	Calcite (05-0586) CaCO ₃	Goethite (29-0713) FeO(OH)
Date : 15.6.2021	Quartz (33-1161) SiO ₂	Dolomite (36-0426) CaMg(CO ₃) ₂	
kV = 40		Muscovite - illite (26-0911) KAl ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂	
mA = 30			
Ka. = Cu			
Fil. = Ni			

زرآزما زنگان
ایرانیان ثبت ۱۰۵۹۶





Client: Dr. Narges Sadati

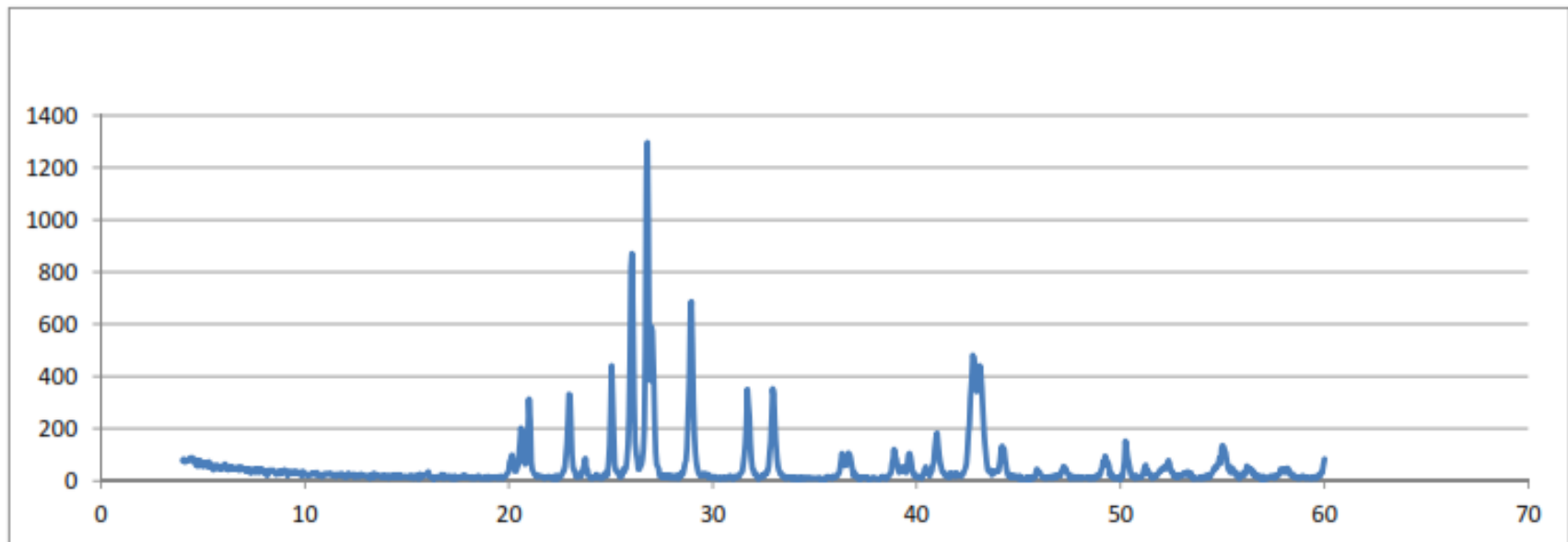
Job No: ZZI-00-0647

Sample:	Major Phase(s)	Minor Phase(s)	Trace Phase(s)
Ba-Cu-Anb1	Barite (24-1035)	Calcite (05-0586)	--
Date :	BaSO ₄	CaCO ₃	
15.6.2021	Quartz (33-1161)	Dolomite (36-0426)	
kV = 40	SiO ₂	CaMg(CO ₃) ₂	
mA = 30		Kaolinite (29-1488)	
Ka. = Cu		Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	
Fil. = Ni		Galena (05-0592)	
		PbS	

زرآزمایان زنگان
ایرانیان ثبت ۱۰۵۹۶



[Handwritten signature]



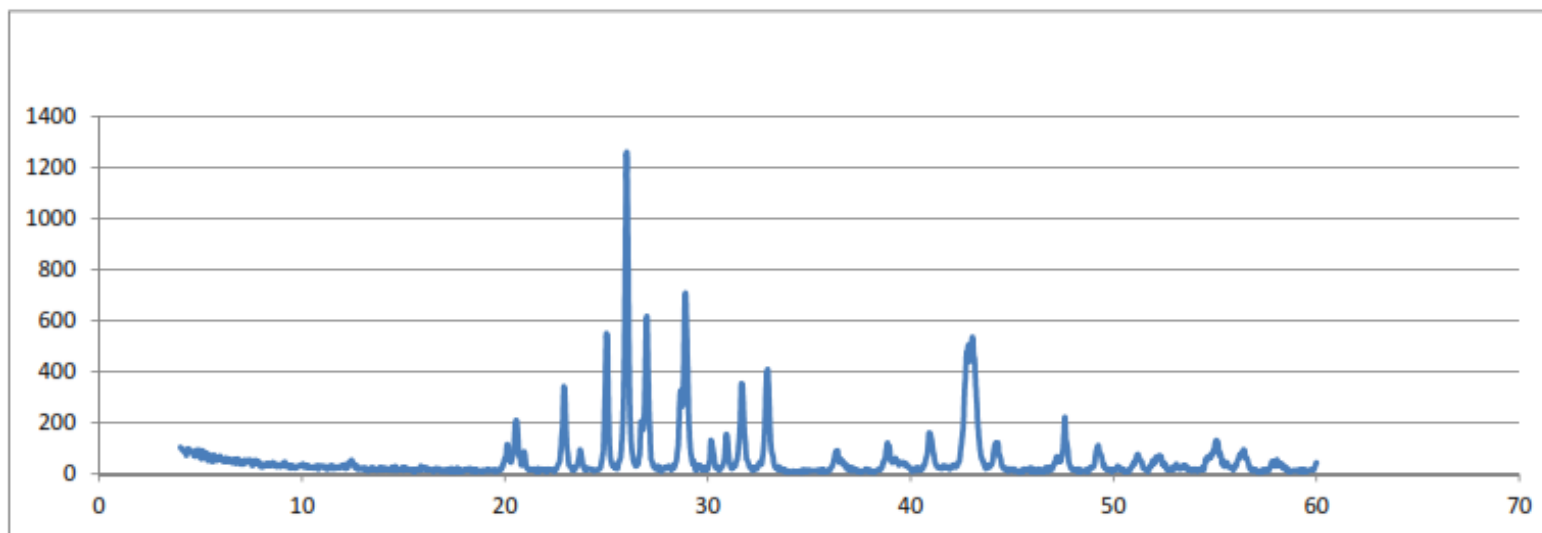
Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-0647

Sample:	Major Phase(s)	Minor Phase(s)	Trace Phase(s)
Ba-QU2	Barite (24-1035)	--	Calcite (05-0586)
Date :	BaSO ₄		CaCO ₃
15.6.2021	Quartz (33-1161)		
kV = 40	SiO ₂		
mA = 30			
Ka. = Cu			
Fil. = Ni			

زرآزما زنگان
ایرانیان ثبت ۱۰۵۹۶





Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-0647

Sample:	Major Phase(s)	Minor Phase(s)	Minor Phase(s)
SP-BA5	Barite (24-1035)	Quartz (33-1161)	Sphalerite (05-0566)
Date :	BaSO4	SiO2	ZnS
15.6.2021		Dolomite (36-0426)	
kV = 40		CaMg(CO3)2	
mA = 30		Kaolinite (29-1488)	
Ka. = Cu		Al2Si2O5(OH)4	
Fil. = Ni		Galena (05-0592)	
		PbS	

زرآزمایان
ایرانیان ثبت ۱۰۵۹۶



نتایج آنالیز XRF



Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-0646

Receiving Date: 1400/03/05

Report Date: 1400/03/10

Method:

Project:

www.zarazmazangan.com

Email: zarazmazangan@gmail.com

Code: P21F01/00

آدرس: زنجان، میدان بسیج، ابتدای بلوار ۲۲ بهمن، سایت کارگاهی، بلوار صنعت، صنعت ۸، دانش ۹، کدپستی: ۴۵۱۶۸-۷۳۸۹۳

تلفن و شماره: ۰۲۴) ۳۳ ۷۸ ۸۹ ۸۲ همراه: ۰۹۱۲ ۵۴۸ ۶۵ ۸۳ و ۰۹۱۲ ۰۷۹ ۴۹ ۸۱

این برگه بدون مهر و امضاء فاقد ارزش می باشد.

باقیمانده نمونه ها به مدت ۱۵ روز پس از ارایه نتایج نگهداری می شود و پس از این مدت شرکت مسئولیتی در قبال نگهداری آنها ندارد.

آنالیز ارایه شده فقط مربوط به نمونه تحویلی از طرف مشتری می باشد و از نظر این شرکت نمی تواند بیانگر محصول تولیدی، دپوی معدنی و محدوده اکتشافی خاصی باشد.

Add: Danesh 9, Sanat 8, Sanat Blvd, 22 Bahman Blvd, Zanjan, Iran Tel: 98 (24) 33 78 89 82 Mob: +98 912 548 65 83 (Email: zarazmazangan@gmail.com)

Signature in this report indicates final approval and validity of data reference.

Pulps & bulk samples processed and reported by the laboratory will be stored after approving final results just for 15 days.

ZZI-00-0646

Element	SiO2	Al2O3	BaO	CaO	Fe2O3	K2O	MgO	MnO	Na2O	P2O5	SO3	TiO2	LOI	SrO
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
DL	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
CO														
A-N-8A1	83.67	0.4	7.56	<0.05	2.64	0.06	<0.05	<0.05	0.05	<0.05	4.03	<0.05	1.08	0.11
A.N.8A2	54.37	0.22	27.93	0.06	1.54	<0.05	<0.05	<0.05	0.06	<0.05	14.86	<0.05	0.61	0.35
A.N.8C	77.99	0.42	0.36	0.15	17.2	0.06	0.16	0.41	0.05	<0.05	0.19	<0.05	2.82	<0.05
AN-8I	92.88	0.54	1.61	0.08	2.31	0.11	<0.05	<0.05	0.08	<0.05	0.84	<0.05	1.11	<0.05
A-N-8M	51.06	1.92	22.99	0.09	5.24	0.48	0.09	<0.05	<0.05	<0.05	12.2	0.08	2.82	0.34
AN-9A	30.46	4.77	24.77	4.44	5.34	0.52	2.27	0.23	0.05	0.07	13.35	0.69	8.53	0.54

مدیر اوجالی

مدیر ارشد:

حسین حاجی

مدیر فنی:

نام و سمت تصدیق کننده:



زرآزما زنگان
ایرانیان ثبت ۱۰۵۹۶



Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-0646

Receiving Date: 1400/03/05

Report Date: 1400/03/10

Method:

Project:

www.zarazmazangan.com

Email: zarazmazangan@gmail.com

Code: P21F01/00

آدرس: زنجان، میدان بسیج، ابتدای بلوار ۲۲ بهمن، سایت کارگاهی، بلوار صنعت، صنعت ۸، دانش ۹، کدپستی: ۳۳۸۹۳-۷۳۸۹۳-۴۵۱۶۸

تلفن و شماره: ۰۹۱۲ ۰۷۹ ۴۹ ۸۱ و ۰۹۱۲ ۵۴۸ ۶۵ ۸۳ همراه: (۰۲۴) ۳۳ ۷۸ ۸۹ ۸۲

این برگه بدون مهر و امضاء فاقد ارزش می باشد.

باقیمانده نمونه ها به مدت ۱۵ روز پس از ارایه نتایج نگهداری می شود و پس از این مدت شرکت مسئولیتی در قبال نگهداری آنها ندارد.

آنالیز ارایه شده فقط مربوط به نمونه تحویلی از طرف مشتری می باشد و از نظر این شرکت نمی تواند بیانگر محصول تولیدی، دپوی معدنی و محدوده اکتشافی خاصی باشد.

Add: Danesh 9, Sanat 8, Sanat Blvd, 22 Bahman Blvd, Zanjan, Iran Tel: 98 (24) 33 78 89 82 Mob: +98 912 548 65 83 (Email: zarazmazangan@gmail.com)

Signature in this report indicates final approval and validity of data reference.

Pulps & bulk samples processed and reported by the laboratory will be stored after approving final results just for 15 days.

ZZI-00-0646

Element	SiO2	Al2O3	BaO	CaO	Fe2O3	K2O	MgO	MnO	Na2O	P2O5	SO3	TiO2	LOI	SrO
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
DL	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
CO														
AN-9B	0.34	<0.05	63.66	0.07	0.14	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	33.97	<0.05	0.75	0.95
AN9C	2.68	<0.05	62.23	0.06	0.11	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	33.45	<0.05	0.23	1.24
A.N.10A1	74.22	9.78	0.93	0.79	6.15	1.87	0.39	0.13	0.08	0.07	0.49	0.72	4.38	<0.05
A.N.10B	3.94	0.08	61.19	<0.05	0.12	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	32.83	<0.05	0.49	1.15
A.N-11	82.73	7.53	<0.05	0.65	3.74	1.55	0.05	0.08	0.12	0.06	<0.05	0.32	3.16	<0.05

مدیر ارجانی

مدیر ارشد:

حسین حاجی

مدیر فنی:

نام و سمت تصدیق کننده:



زرآزما زنگان
ایرانیان ثبت ۱۰۵۹۶



Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-1158

Receiving Date: 1400/04/20

Report Date: 1400/04/22

Method:

Project:

www.zarazmazangan.com

Email: zarazmazangan@gmail.com

Code: P21F01/00

آدرس: زنجان، میدان بسیج، ابتدای بلوار ۲۲ بهمن، سایت کارگاهی، بلوار صنعت، صنعت ۸، دانش ۹، کدپستی: ۴۵۱۶۸-۷۳۸۹۳

تلفن و نمابر: ۰۹۱۲ ۰۷۹ ۴۹ ۸۱ و ۰۹۱۲ ۵۴۸ ۶۵ ۸۳ همراه: (۰۲۴) ۳۳ ۷۸ ۸۹ ۸۲

این برگه بدون مهر و امضاء فاقد ارزش می باشد.

باقیمانده نمونه ها به مدت ۱۵ روز پس از ارایه نتایج نگهداری می شود و پس از این مدت شرکت مسئولیتی در قبال نگهداری آنها ندارد.

آنالیز ارایه شده فقط مربوط به نمونه تحویلی از طرف مشتری می باشد و از نظر این شرکت نمی تواند بیانگر محصول تولیدی، دپوی معدنی و محدوده اکتشافی خاصی باشد.

Add: Danesh 9, Sanat 8, Sanat Blvd, 22 Bahman Blvd, Zanjan, Iran Tel: 98 (24) 33 78 89 82 Mob: +98 912 548 65 83 (Email: zarazmazangan@gmail.com)

Signature in this report indicates final approval and validity of data reference.

Pulps & bulk samples processed and reported by the laboratory will be stored after approving final results just for 15 days.

ZZI-00-1158

Element	SiO2	Al2O3	BaO	CaO	Fe2O3	K2O	MgO	MnO	Na2O	P2O5	SO3	TiO2	LOI
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
DL	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
CO													
A-N-3	0.94	0.38	0.15	29.63	1.05	<0.05	21.17	<0.05	<0.05	<0.05	0.11	<0.05	46.57

مدیر ارشد: علی اوجالی

مدیر فنی: حسین حاجی

نام و سمت تصدیق کننده:

زرآزما زنگان
ایرانینان ثبت ۱۰۵۹۶





Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-0647

Receiving Date: 1400/03/04

Report Date: 1400/04/08

Method:

Project:

www.zarazmazangan.com

Email: zarazmazangan@gmail.com

Code: P21F01/00

آدرس: زنجان، میدان بسیج، ابتدای بلوار ۲۲ بهمن، سایت کارگاهی، بلوار صنعت، صنعت ۸، دانش ۹، کدپستی: ۴۵۱۶۸-۷۳۸۹۳

تلفن و شماره: ۳۳ ۷۸ ۸۹ ۸۲ (۰۲۴) همراه: ۰۹۱۲ ۵۴۸ ۶۵ ۸۳ و ۰۹۱۲ ۰۷۹ ۴۹ ۸۱

این برگه بدون مهر و امضاء فاقد ارزش می باشد.

باقیمانده نمونه ها به مدت ۱۵ روز پس از ارایه نتایج نگهداری می شود و پس از این مدت شرکت مسئولیتی در قبال نگهداری آنها ندارد.

آنالیز ارایه شده فقط مربوط به نمونه تحویلی از طرف مشتری می باشد و از نظر این شرکت نمی تواند بیانگر محصول تولیدی، دپوی معدنی و محدوده اکتشافی خاصی باشد.

Address: Danesh 9, Sanat 8, Sanat Blvd, 22 Bahman Blvd, Zanjan, Iran Tel: 98 (24) 33 78 89 82 Mob: +98 912 548 65 83 (Email: zarazmazangan@gmail.com)

Signature in this report indicates final approval and validity of data reference.

Pulps & bulk samples processed and reported by the laboratory will be stored after approving final results just for 15 days.

ZZI-00-0647

Element	SiO2	Al2O3	BaO	CaO	Fe2O3	K2O	MgO	MnO
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%
DL	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
CO								
Ba-Ca1	53.42	3.03	15.13	5.71	3.28	0.77	1.12	0.14
Ba-Cu1	24.82	2.75	40.67	1.38	1.43	0.17	0.43	0.06
Sp-Ba5	13.42	2.26	46.53	1.45	1.86	0.12	0.58	0.06
Ba-Cu-Anb1	24.34	2.78	40.98	1.43	1.45	0.18	0.44	0.05
Ba-Qu2	49.14	0.37	31.21	0.26	1.05	0.06	<0.05	0.05
Ba-Qu1	54.08	0.33	27.96	0.27	1.04	0.05	<0.05	0.05
Ba-bla1	5.43	0.09	48.65	6.09	1.56	<0.05	2.59	0.05
Ba-A1	26.12	6.10	0.51	19.49	8.64	1.17	8.28	0.26

علی اوجانی

مدیر ارشد:

حسین حاجی

مدیر فنی:

نام و سمت تصدیق کننده:



زرآزمایان زنگان
ایرانیان ثبت ۱۰۵۹۶



Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-0647

Receiving Date: 1400/03/04

Report Date: 1400/04/08

Method:

Project:

www.zarazmazangan.com

Email:zarazmazangan@gmail.com

Code:P21F01/00

آدرس: زنجان، میدان بسیج، ابتدای بلوار ۲۲ بهمن، سایت کارگاهی، بلوار صنعت، صنعت ۸، دانش ۹، کدپستی: ۳۳۸۹۳-۷۳۱۶۸
تلفن و شماره: ۰۹۱۲ ۰۷۹ ۴۹ ۸۱ و ۰۹۱۲ ۵۴۸ ۶۵ ۸۳ همراه: (۰۲۴) ۳۳ ۷۸ ۸۹ ۸۲

این برگه بدون مهر و امضاء فاقد ارزش می باشد.

باقیمانده نمونه ها به مدت ۱۵ روز پس از ارائه نتایج نگهداری می شود و پس از این مدت شرکت مسئولیتی در قبال نگهداری آنها ندارد.

آنالیز ارائه شده فقط مربوط به نمونه تحویلی از طرف مشتری می باشد و از نظر این شرکت نمی تواند بیانگر محصول تولیدی، دپوی معدنی و محدوده اکتشافی خاصی باشد.

Add: Danesh 9, Sanat 8, Sanat Blvd, 22 Bahman Blvd, Zanjan, Iran Tel: 98 (24) 33 78 89 82 Mob: +98 912 548 65 83 (Email: zarazmazangan@gmail.com)

Signature in this report indicates final approval and validity of data reference.

Pulps & bulk samples processed and reported by the laboratory will be stored after approving final results just for 15 days.

ZZI-00-0647

Element	Na2O	P2O5	SO3	TiO2	LOI	Pb	Zn	SrO
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%
DL	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.50	0.50	0.05
CO								
Ba-Ca1	0.06	0.08	9.05	0.99	6.79	<0.05	<0.05	0.32
Ba-Cu1	<0.05	0.05	21.23	0.35	3.04	<0.05	2.71	0.70
Sp-Ba5	0.10	<0.05	24.29	0.26	2.67	0.86	4.51	0.82
Ba-Cu-Anb1	0.05	0.06	21.39	0.34	3.09	<0.05	2.45	0.73
Ba-Qu2	0.07	<0.05	16.29	<0.05	0.71	<0.05	<0.05	0.39
Ba-Qu1	0.06	<0.05	14.60	<0.05	0.77	<0.05	<0.05	0.39
Ba-bla1	0.05	<0.05	25.40	<0.05	7.52	1.77	<0.05	0.80
Ba-A1	0.44	0.19	0.42	0.97	27.40	<0.05	<0.05	<0.05

علی اوجانی

مدیر ارشد

حسین حاجی

مدیر فنی

نام و سمت تصدیق کنند:



زرآزما زنگان
ایرانیان ثبت ۱۰۵۹۶

نتائج أناليز ICP-MS



Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-0646

Receiving Date: 1400/03/20

Report Date: 1400/04/03

Method:.....

Project:.....

www.zarazmazangan.com

Email:zarazmazangan@gmail.com

Code:P21F01/00

آدرس: زنجان، میدان بسیج، ابتدای بلوار ۲۲ بهمن، سایت کارگاهی، بلوار صنعت، صنعت ۸، دانش ۹، کدپستی: ۳۵۱۶۸-۷۳۸۹۳

تلفن و نمابر: ۰۲۴) ۳۳ ۷۸ ۸۹ ۸۲ همراه: ۰۲۴) ۳۳ ۷۸ ۸۹ ۸۲ و ۰۹۱۲ ۵۴۸ ۶۵ ۸۳

این برگه بدون مهر و امضاء فاقد ارزش می باشد.

بایمانده نمونه ها به مدت ۱۵ روز پس از ارایه نتایج نگهداری می شود و پس از این مدت شرکت مسئولیتی در قبال نگهداری آنها ندارد.

آنالیز ارایه شده فقط مربوط به نمونه تحویلی از طرف مشتری می باشد و از نظر این شرکت نمی تواند بیانگر محصول تولیدی، دپوی معدنی و محدوده اکتشافی خاصی باشد.

Add: Danesh 9, Sanat 8, Sanat Blvd, 22 Bahman Blvd, Zanjan, Iran Tel: 98 (24) 33 78 89 82 Mob: +98 912 548 65 83 (Email: zarazmazangan@gmail.com)

Signature in this report indicates final approval and validity of data reference.

Pulps & bulk samples processed and reported by the laboratory will be stored after approving final results just for 15 days.

ZZI-00-0646

Element	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Dy
DL	0.1	100	0.1	1	0.2	0.1	100	0.1	0.5	1	1	0.5	1	0.02
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
CO														
A-N-8a1	0.7	2669	74.2	>1%	<0.2	<0.1	694	0.4	1	4.7	12	<0.5	4601	0.33
A-N-8a2	<0.1	1115	10.1	>1%	<0.2	<0.1	254	<0.1	1	5	8	<0.5	458	0.31
A-N-8C	0.5	2185	12.7	3927	0.3	<0.1	1493	0.4	1	19.8	20	<0.5	2058	0.81
A-N-8I	0.8	2612	56.1	>1%	0.2	<0.1	354	0.4	2	3.2	25	<0.5	4650	0.35
A-N-8M	0.4	9651	44.6	>1%	0.4	<0.1	526	0.1	12	2.8	20	0.6	28364	0.95
A-N-9a	15.9	22525	70.2	590	0.3	<0.1	32581	71.2	13	18.2	48	5.3	3723	2.74
A-N-9b	3.1	310	4.7	>1%	<0.2	<0.1	519	2	1	<1	7	<0.5	292	0.27
A-N-9c	0.4	158	10.5	>1%	<0.2	<0.1	319	0.3	1	<1	3	<0.5	300	0.25
A-N-10b	1.9	341	13.9	>1%	<0.2	<0.1	304	8.3	1	<1	10	<0.5	251	0.26



Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-0646

Receiving Date: 1400/03/20

Report Date: 1400/04/03

Method:.....

Project:.....

www.zarazmazangan.com

Email:zarazmazangan@gmail.com

Code:P21F01/00

آدرس: زنجان، میدان بسیج، ابتدای بلوار ۲۲ بهمن، سایت کارگاهی، بلوار صنعت، صنعت ۸، دانش ۹، کدپستی: ۳۵۱۶۸-۷۳۸۹۳

تلفن و شماره: ۰۲۴) ۳۳ ۷۸ ۸۹ ۸۲ همراهِ: ۰۹۱۲ ۵۴۸ ۶۵ ۸۳ و ۰۹۱۲ ۰۷۹ ۴۹ ۸۱

این برگه بدون مهر و امضاء فاقد ارزش می باشد.

باقیمانده نمونه ها به مدت ۱۵ روز پس از ارایه نتایج نگهداری می شود و پس از این مدت شرکت مسئولیتی در قبال نگهداری آنها ندارد.

آنالیز ارایه شده فقط مربوط به نمونه تحویلی از طرف مشتری می باشد و از نظر این شرکت نمی تواند بیانگر محصول تولیدی، ذوبی معدنی و محدوده اکتشافی خاصی باشد.

Add: Danesh 9, Sanat 8, Sanat Blvd, 22 Bahman Blvd, Zanjan, Iran Tel: 98 (24) 33 78 89 82 Mob: +98 912 548 65 83 (Email: zarazmazangan@gmail.com)

Signature in this report indicates final approval and validity of data reference.

Pulps & bulk samples processed and reported by the laboratory will be stored after approving final results just for 15 days.

ZZI-00-0646

Element	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Dy
DL	0.1	100	0.1	1	0.2	0.1	100	0.1	0.5	1	1	0.5	1	0.02
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
CO														
Element	Er	Eu	Fe	Gd	Hf	In	K	La	Li	Lu	Mg	Mn	Mo	Na
DL	0.05	0.1	100	0.05	0.5	0.5	100	1	1	0.1	100	5	0.1	100
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
CO														
A-N-8a1	<0.05	11.67	18649	0.56	<0.5	<0.5	613	<1	15	0.12	285	346	<0.1	401
A-N-8a2	<0.05	7.48	11578	0.54	<0.5	<0.5	191	<1	7	<0.1	144	164	<0.1	147
A-N-8C	0.19	2.89	95421	0.81	<0.5	<0.5	596	<1	23	<0.1	1179	3374	1	368
A-N-8I	<0.05	12.8	17526	0.56	<0.5	<0.5	804	<1	18	<0.1	197	197	1	310
A-N-8M	0.3	3.13	37785	1.14	0.82	<0.5	3358	5	17	<0.1	684	189	<0.1	229
A-N-9a	0.97	2.25	33287	2.25	1.66	<0.5	4054	3	23	0.21	11257	1636	<0.1	247
A-N-9b	<0.05	6.17	1480	0.48	<0.5	<0.5	<100	<1	<1	<0.1	183	<5	<0.1	<100
A-N-9c	<0.05	8.52	714	0.49	<0.5	<0.5	<100	<1	<1	<0.1	122	<5	<0.1	<100
A-N-10b	<0.05	7.77	611	0.52	<0.5	<0.5	<100	<1	1	<0.1	<100	<5	<0.1	<100



Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-0646

Receiving Date: 1400/03/20

Report Date: 1400/04/03

Method:.....

Project:.....

www.zarazmazangan.com

Email:zarazmazangan@gmail.com

Code:P21F01/00

آدرس: زنجان، میدان سیچ، ابتدای بلوار ۲۲ بهمن، سایت کارگاهی، بلوار صنعت، صنعت ۸، دانش ۹، کدپستی: ۳۵۱۶۸-۷۳۸۹۳
تلفن و شماره: ۳۳ ۷۸ ۸۹ ۸۲ (۰۲۴) همراهِ: ۸۳ ۶۵ ۵۴۸ ۰۹۱۲ و ۴۹ ۸۱ ۰۷۹ ۰۹۱۲

این برگه بدون مهر و امضاء فاقد ارزش می باشد.

باقیمانده نمونه ها به مدت ۱۵ روز پس از ارایه نتایج نگهداری می شود و پس از این مدت شرکت مسئولیتی در قبال نگهداری آنها ندارد.

آنالیز ارایه شده فقط مربوط به نمونه تحویلی از طرف مشتری می باشد و از نظر این شرکت نمی تواند بیانگر محصول تولیدی، دپوی معدنی و محدوده اکتشافی خاصی باشد.

Add: Danesh 9, Sanat 8, Sanat Blvd, 22 Bahman Blvd, Zanjan, Iran Tel: 98 (24) 33 78 89 82 Mob: +98 912 548 65 83 (Email: zarazmazangan@gmail.com)

Signature in this report indicates final approval and validity of data reference.

Pulps & bulk samples processed and reported by the laboratory will be stored after approving final results just for 15 days.

ZZI-00-0646

Element	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Dy
DL	0.1	100	0.1	1	0.2	0.1	100	0.1	0.5	1	1	0.5	1	0.02
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
CO														
Element	Nb	Nd	Ni	P	Pb	Pr	Rb	S	Sb	Sc	Se	Sm	Sn	Sr
DL	1	0.5	1	10	1	0.05	1	50	0.5	0.5	0.5	0.02	0.1	1
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
CO														
A-N-8a1	<1	1	19	32	17	<0.05	<1	>1%	5.5	0.6	<0.5	14.7	<0.1	1049.7
A-N-8a2	<1	0.9	14	22	3	<0.05	<1	>1%	10.7	<0.5	<0.5	9.73	<0.1	1319
A-N-8C	<1	1.2	50	100	34	<0.05	<1	1068	6.7	1.6	<0.5	3.07	<0.1	93.4
A-N-8I	<1	1.1	22	46	35	<0.05	<1	3240	26.9	<0.5	<0.5	15.97	<0.1	270
A-N-8M	1	6.2	12	168	11	1.15	8	>1%	11.9	1.6	4.08	4.12	<0.1	2449.3
A-N-9a	3.4	9.9	27	317	357	1.66	12	16165	27.8	11.9	<0.5	3.97	0.1	3031.3
A-N-9b	<1	0.7	2	15	207	<0.05	<1	>1%	10.9	<0.5	<0.5	7.5	<0.1	2104.8
A-N-9c	<1	0.7	1	<10	4	<0.05	<1	>1%	8.2	<0.5	<0.5	10.31	<0.1	1133.4
A-N-10b	<1	0.8	1	14	84	<0.05	<1	>1%	25.4	<0.5	<0.5	9.75	<0.1	1063.7



Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-0646

Receiving Date: 1400/03/20

Report Date: 1400/04/03

Method:.....

Project:.....

www.zarazmazangan.com

Email:zarazmazangan@gmail.com

Code:P21F01/00

آدرس: زنجان، میدان سیچ، ابتدای بلوار ۲۲ بهمن، سایت کارگاهی، بلوار صنعت، صنعت ۸، دانش ۹، کدپستی: ۳۸۹۳-۷۳۱۶۸-۴۵۱۶۸

تلفن و نمابر: ۰۹۱۲ ۰۷۹ ۴۹ ۸۱ و ۰۹۱۲ ۵۴۸ ۶۵ ۸۳ همراه: (۰۲۴) ۳۳ ۷۸ ۸۹ ۸۲

این برگه بدون مهر و امضاء فاقد ارزش می باشد.

باقیمانده نمونه ها به مدت ۱۵ روز پس از ارایه نتایج نگهداری می شود و پس از این مدت شرکت مسئولیتی در قبال نگهداری آنها ندارد.

آنالیز ارایه شده فقط مربوط به نمونه تحویلی از طرف مشتری می باشد و از نظر این شرکت نمی تواند بیانگر محصول تولیدی، دپوی معدنی و محدوده اکتشافی خاصی باشد.

Add: Danesh 9, Sanat 8, Sanat Blvd, 22 Bahman Blvd, Zanjan, Iran Tel: 98 (24) 33 78 89 82 Mob: +98 912 548 65 83 (Email: zarazmazangan@gmail.com)

Signature in this report indicates final approval and validity of data reference.

Pulps & bulk samples processed and reported by the laboratory will be stored after approving final results just for 15 days.

ZZI-00-0646

Element	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Dy
DL	0.1	100	0.1	1	0.2	0.1	100	0.1	0.5	1	1	0.5	1	0.02
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
CO														
Element	Ta	Tb	Te	Th	Ti	Tl	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
DL	0.1	0.1	0.1	0.1	10	0.1	0.1	0.1	1	1	0.5	0.05	1	5
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
CO														
A-N-8a1	<0.1	0.14	<0.1	0.25	<10	0.24	<0.1	1.2	3	<1	<0.5	<0.05	66	<5
A-N-8a2	<0.1	0.14	<0.1	0.15	<10	<0.1	<0.1	0.4	2	<1	<0.5	<0.05	29	<5
A-N-8C	<0.1	0.2	<0.1	0.29	<10	<0.1	<0.1	1.9	9	<1	2.5	0.9	76	7
A-N-8I	<0.1	0.14	<0.1	0.21	<10	0.31	<0.1	1.8	3	<1	<0.5	<0.05	101	<5
A-N-8M	<0.1	0.22	<0.1	1.35	193	<0.1	<0.1	4.1	10	<1	2.6	0.3	41	15
A-N-9a	0.39	0.49	<0.1	0.68	4232	0.19	0.14	0.2	86	<1	8.5	0.8	36300	41
A-N-9b	<0.1	0.13	<0.1	<0.1	<10	<0.1	<0.1	0.3	3	<1	<0.5	<0.05	995	<5
A-N-9c	<0.1	0.12	4.7	<0.1	<10	<0.1	<0.1	<0.1	1	<1	<0.5	<0.05	53	<5
A-N-10b	<0.1	0.13	<0.1	<0.1	<10	<0.1	<0.1	0.1	2	<1	<0.5	<0.05	1945	<5

طی اوجالی

مدیر ارشد:

حسین حاجی

مدیر فنی

نام و سمت تصدیق کننده:

زرآزما زنگان
ایرانیان ثبت ۱۰۵۴





Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-1158

Receiving Date: 1400/04/20

Report Date: 1400/04/28

Method:.....

Project:.....

www.zarazmazangan.com

Email:zarazmazangan@gmail.com

Code:P21F01/00

آدرس: زنجان، میدان بسیج، ابتدای بلوار ۲۲ بهمن، سایت کارگاهی، بلوار صنعت، صنعت ۸، دانش ۹، کدپستی: ۴۵۱۶۸-۷۳۸۹۳

تلفن و نمابر: ۰۲۴) ۳۳ ۷۸ ۸۹ ۸۲ همراه: ۰۹۱۲ ۵۴۸ ۶۵ ۸۳ و ۰۹۱۲ ۰۷۹ ۴۹ ۸۱

این برگه بدون مهر و امضاء فاقد ارزش می باشد.

باقیمانده نمونه ها به مدت ۱۵ روز پس از ارایه نتایج نگهداری می شود و پس از این مدت شرکت مسئولیتی در قبال نگهداری آنها ندارد.

آنالیز ارایه شده فقط مربوط به نمونه تحویلی از طرف مشتری می باشد و از نظر این شرکت نمی تواند بیانگر محصول تولیدی، دپوی معدنی و محدوده اکتشافی خاصی باشد.

Add: Danesh 9, Sanat 8, Sanat Blvd, 22 Bahman Blvd, Zanjan, Iran Tel: 98 (24) 33 78 89 82 Mob: +98 912 548 65 83 (Email: zarazmazangan@gmail.com)

Signature in this report indicates final approval and validity of data reference.

Pulps & bulk samples processed and reported by the laboratory will be stored after approving final results just for 15 days.

ZZI-00-1158

Element	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Dy
DL	0.1	100	0.1	1	0.2	0.1	100	0.1	0.5	1	1	0.5	1	0.02
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
CO														
A-N-3	<0.1	1601	6	1206	<0.2	<0.1	>10%	0.1	15	1.3	5	<0.5	17	1.27
A-N-10a1	0.7	49341	57.8	7786	0.9	0.2	6597	0.4	32	21.1	64	12	22	2.52
A-N-11	1.4	37762	>100	1200	0.7	0.2	4433	0.8	59	24.9	31	0.6	92	9.21



Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-1158

Receiving Date: 1400/04/20

Report Date: 1400/04/28

Method:

Project:

www.zarazmazangan.com

Email: zarazmazangan@gmail.com

Code: P21F01/00

آدرس: زنجان، میدان بسیج، ابتدای بلوار ۲۲ بهمن، سایت کارگاهی، بلوار صنعت، صنعت ۸، دانش ۹، کدپستی: ۴۵۱۶۸-۷۳۸۹۳

تلفن و نمابر: ۳۳۷۸۸۹۸۲ (۰۲۴) همراه: ۰۹۱۲ ۵۴۸ ۶۵ ۸۳ و ۰۹۱۲ ۰۷۹ ۴۹ ۸۱

این برگه بدون مهر و امضاء فاقد ارزش می باشد.

باقیمانده نمونه ها به مدت ۱۵ روز پس از ارایه نتایج نگهداری می شود و پس از این مدت شرکت مسئولیتی در قبال نگهداری آنها ندارد.

آنالیز ارایه شده فقط مربوط به نمونه تحویلی از طرف مشتری می باشد و از نظر این شرکت نمی تواند بیانگر محصول تولیدی، دپوی معدنی و محدوده اکتشافی خاصی باشد.

Address: Danesh 9, Sanat 8, Sanat Blvd, 22 Bahman Blvd, Zanjan, Iran Tel: 98 (24) 33 78 89 82 Mob: +98 912 548 65 83 (Email: zarazmazangan@gmail.com)

Signature in this report indicates final approval and validity of data reference.

Pulps & bulk samples processed and reported by the laboratory will be stored after approving final results just for 15 days.

ZZI-00-1158

Element	Er	Eu	Fe	Gd	Hf	In	K	La	Li	Lu	Mg	Mn	Mo	Na
DL	0.05	0.1	100	0.05	0.5	0.5	100	1	1	0.1	100	5	0.1	100
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
CO														
A-N-3	0.37	1.47	7247	1.35	<0.5	<0.5	306	11	1	<0.1	>2%	218	1	275
A-N-10a1	1.42	8.99	40181	2.72	3.12	<0.5	14257	14	36	0.23	3080	1094	1	380
A-N-11	5.34	1.41	25217	5.04	5.52	<0.5	11516	24	56	0.82	513	622	3	652



Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-1158

Receiving Date: 1400/04/20

Report Date: 1400/04/28

Method:.....

Project:.....

www.zarazmazangan.com

Email:zarazmazangan@gmail.com

Code:P21F01/00

آدرس: زنجان، میدان بسیج، ابتدای بلوار ۲۲ بهمن، سایت کارگاهی، بلوار صنعت، صنعت ۸، دانش ۹، کدپستی: ۴۵۱۶۸-۷۳۸۹۳

تلفن و نمابر: ۰۲۴) ۳۳ ۷۸ ۸۹ ۸۲ همراه: ۰۹۱۲ ۵۴۸ ۶۵ ۸۳ و ۰۹۱۲ ۰۷۹ ۴۹ ۸۱

این برگه بدون مهر و امضاء فاقد ارزش می باشد.

باقیمانده نمونه ها به مدت ۱۵ روز پس از ارایه نتایج نگهداری می شود و پس از این مدت شرکت مسئولیتی در قبال نگهداری آنها ندارد.

آنالیز ارایه شده فقط مربوط به نمونه تحویلی از طرف مشتری می باشد و از نظر این شرکت نمی تواند بیانگر محصول تولیدی، دپوی معدنی و محدوده اکتشافی خاصی باشد.

Add: Danesh 9, Sanat 8, Sanat Blvd, 22 Bahman Blvd, Zanjan, Iran Tel: 98 (24) 33 78 89 82 Mob: +98 912 548 65 83 (Email: zarazmazangan@gmail.com)

Signature in this report indicates final approval and validity of data reference.

Pulps & bulk samples processed and reported by the laboratory will be stored after approving final results just for 15 days.

ZZI-00-1158

Element	Nb	Nd	Ni	P	Pb	Pr	Rb	S	Sb	Sc	Se	Sm	Sn	Sr
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
DL	1	0.5	1	10	1	0.05	1	50	0.5	0.5	0.5	0.02	0.1	1
CO														
A-N-3	2.4	3.6	2	552	<1	1.13	<1	704	<0.5	0.7	<0.5	3.82	<0.1	109.6
A-N-10a1	11.4	15.9	34	381	29	4.38	47	2596	13.9	11.2	<0.5	34.36	0.2	549
A-N-11	25.8	29.6	31	316	141	8.43	20	2623	13	4.2	<0.5	8.99	3	295.3



Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-1158

Receiving Date: 1400/04/20

Report Date: 1400/04/28

Method:.....

Project:.....

www.zarazmazangan.com

Email:zarazmazangan@gmail.com

Code:P21F01/00

آدرس: زنجان، میدان بسیج، ابتدای بلوار ۲۲ بهمن، سایت کارگاهی، بلوار صنعت، صنعت ۸ دانش ۹، کدپستی: ۴۵۱۶۸-۷۳۸۹۳

تلفن و نمابر: ۰۹۱۲ ۰۷۹ ۴۹ ۸۱ و ۰۹۱۲ ۵۴۸ ۶۵ ۸۳ همراه: ۰۲۴) ۳۳ ۷۸ ۸۹ ۸۲

این برگه بدون مهر و امضاء فاقد ارزش می باشد.

باقیمانده نمونه ها به مدت ۱۵ روز پس از ارایه نتایج نگهداری می شود و پس از این مدت شرکت مسئولیتی در قبال نگهداری آنها ندارد.

آنالیز ارایه شده فقط مربوط به نمونه تحویلی از طرف مشتری می باشد و از نظر این شرکت نمی تواند بیانگر محصول تولیدی، دپوی معدنی و محدوده اکتشافی خاصی باشد.

Add: Danesh 9, Sanat 8, Sanat Blvd, 22 Bahman Blvd, Zanjan, Iran Tel: 98 (24) 33 78 89 82 Mob: +98 912 548 65 83 (Email: zarazmazangan@gmail.com)

Signature in this report indicates final approval and validity of data reference.

Pulps & bulk samples processed and reported by the laboratory will be stored after approving final results just for 15 days.

ZZI-00-1158

Element	Ta	Tb	Te	Th	Ti	Tl	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
DL	0.1	0.1	0.1	0.1	10	0.1	0.1	0.1	1	1	0.5	0.05	1	5
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
CO														
A-N-3	0.31	0.19	<0.1	4.39	<10	<0.1	<0.1	0.7	13	<1	10.3	0.4	1	<5
A-N-10a1	1.08	0.42	<0.1	8.87	4713	0.45	0.17	3.4	89	<1	11.2	1.4	96	92
A-N-11	2.78	1.11	<0.1	7.72	2115	0.83	0.84	4.1	35	<1	50.4	5	243	108

علی اوجانی

مدیر ارشد:

حسین حاجی

مدیر فنی:

نام و سمت تصدیق کننده:

زرآزما زنگان
ایرانیان ثبت ۱۰۵۹۶





Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-0647

Receiving Date: 1400/03/05

Report Date: 1400/03/27

Method:

Project:

www.zarazmazangan.com

Email: zarazmazangan@gmail.com

Code: P21F01/00

آدرس: زنجان، میدان بسیج، ابتدای بلوار ۲۲ بهمن، سایت کارگاهی، بلوار صنعت، صنعت ۸، دانش ۹، کدپستی: ۳۳۸۹۳-۴۵۱۶۸
 تلفن و نمابر: ۰۲۴) ۳۳ ۷۸ ۸۹ ۸۲ (همراه: ۰۹۱۲ ۵۴۸ ۶۵ ۸۳ و ۰۹۱۲ ۰۷۹ ۴۹ ۸۱

این برگه بدون مهر و امضاء فاقد ارزش می باشد.

باقیمانده نمونه ها به مدت ۱۵ روز پس از ارایه نتایج نگهداری می شود و پس از این مدت شرکت مسئولیتی در قبال نگهداری آنها ندارد.

آنالیز ارایه شده فقط مربوط به نمونه تحویلی از طرف مشتری می باشد و از نظر این شرکت نمی تواند بیانگر محصول تولیدی، دپوی معدنی و محدوده اکتشافی خاصی باشد.

Add: Danesh 9, Sanat 8, Sanat Blvd, 22 Bahman Blvd, Zanjan, Iran Tel: 98 (24) 33 78 89 82 Mob: +98 912 548 65 83 (Email: zarazmazangan@gmail.com)

Signature in this report indicates final approval and validity of data reference.

Pulps & bulk samples processed and reported by the laboratory will be stored after approving final results just for 15 days.

ZZI-00-0647

Element	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Dy
DL	0.1	100	0.1	1	0.2	0.1	100	0.1	0.5	1	1	0.5	1	0.02
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
CO														
BA-QU2	0.5	1496	4	6717	<0.2	<0.1	1479	0.1	1	2.6	15	<0.5	3976	0.32
BA-A1	0.4	28882	>100	3981	0.5	<0.1	>10%	1.5	25	42.4	48	27	50	3.22
BA-AZ3	0.1	420	28.2	4468	<0.2	<0.1	12098	0.1	2	<1	10	<0.5	283	0.41
QZ-HY2	0.4	24937	11.2	287	0.9	<0.1	>10%	<0.1	33	4.5	33	6.4	13	3.17
AN-FEY53	0.7	9684	>100	1494	0.3	<0.1	8260	15.9	6	30.1	354	0.8	105	1.1
BA-AL50	0.4	11078	82.9	792	0.5	<0.1	>10%	0.2	18	11.3	22	0.6	6	1.41
OR-AN1	0.7	87812	>100	1913	4.7	<0.1	11467	12	57	11.9	63	19.2	69	4.4
BA-DO1	0.3	2586	42.9	231	<0.2	<0.1	>10%	0.2	3	<1	31	<0.5	7	0.41
QU-CU2	0.3	9928	>100	2276	0.4	<0.1	5969	0.4	10	3.7	24	<0.5	10166	0.73

علی اوجاقی

مدیر ارشد:

حسین حاجی

مدیر فنی:

نام و سمت تصدیق کننده:

زرآزما زنگان
ایرانیان ثبت ۱۰۵۹۶





Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-0647

Receiving Date: 1400/03/05

Report Date: 1400/03/27

Method:

Project:

www.zarazmazangan.com

Email: zarazmazangan@gmail.com

Code: P21F01/00

آدرس: زنجان، میدان بسیج، ابتدای بلوار ۲۲ بهمن، سایت کارگاهی، بلوار صنعت، صنعت ۸، دانش ۹، کدپستی: ۳۵۱۶۸-۷۳۸۹۳
 تلفن و نمابر: ۰۹۱۲ ۰۷۹ ۴۹ ۸۱ و ۰۹۱۲ ۵۴۸ ۶۵ ۸۳ همراه: ۰۲۴) ۳۳ ۷۸ ۸۹ ۸۲

این برگه بدون مهر و امضاء فاقد ارزش می باشد.

باقیمانده نمونه ها به مدت ۱۵ روز پس از ارایه نتایج نگهداری می شود و پس از این مدت شرکت مسئولیتی در قبال نگهداری آنها ندارد.

آنالیز ارایه شده فقط مربوط به نمونه تحویلی از طرف مشتری می باشد و از نظر این شرکت نمی تواند بیانگر محصول تولیدی، دپوی معدنی و محدوده اکتشافی خاصی باشد.

Add: Danesh 9, Sanat 8, Sanat Blvd, 22 Bahman Blvd, Zanjan, Iran Tel: 98 (24) 33 78 89 82 Mob: +98 912 548 65 83 (Email: zarazmazangan@gmail.com)

Signature in this report indicates final approval and validity of data reference.

Pulps & bulk samples processed and reported by the laboratory will be stored after approving final results just for 15 days.

ZZI-00-0647

Element	Er	Eu	Fe	Gd	Hf	In	K	La	Li	Lu	Mg	Mn	Mo	Na
DL	0.05	0.1	100	0.05	0.5	0.5	100	1	1	0.1	100	5	0.1	100
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
CO														
BA-QU2	<0.05	7.36	7585	0.56	<0.5	<0.5	255	<1	11	<0.1	153	234	<0.1	166
BA-A1	1.45	4.44	50692	2.93	2.17	<0.5	10091	12	16	0.3	>2%	1400	<0.1	2937
BA-AZ3	<0.05	5.04	5575	0.61	<0.5	<0.5	109	<1	1	<0.1	5099	208	<0.1	104
QZ-HY2	1.46	0.93	36031	3.16	1.73	<0.5	8490	15	27	0.25	12364	1264	<0.1	486
AN-FEY53	0.35	1.37	>10%	1.16	0.81	<0.5	3873	5	4	0.1	2264	96	28	660
BA-AL50	0.58	1.2	40706	1.75	0.58	<0.5	1935	11	20	0.12	>2%	1849	33	144
OR-AN1	2.2	3.02	78628	4.11	4.38	<0.5	29059	27	44	0.42	6467	457	8	9672
BA-DO1	<0.05	0.11	2529	0.61	<0.5	<0.5	1005	1	<1	<0.1	4487	36	<0.1	334
QU-CU2	0.15	2.68	22203	0.92	0.62	<0.5	3640	4	24	<0.1	874	252	1	276

علی اوجانی

مدیر ارتقا:

حسین حاجی

مدیر فنی:

نام و سمت تصدیق کنند:

زرآزما زنگان
 ایرانیان بیت ۱۰۵۸۶





Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-0647

Receiving Date: 1400/03/05

Report Date: 1400/03/27

Method:

Project:

www.zarazmazangan.com

Email: zarazmazangan@gmail.com

Code: P21F01/00

آدرس: زنجان، میدان بسیج، ابتدای بلوار ۲۲ بهمن، سایت کارگاهی، بلوار صنعت، صنعت ۸ دانش ۹، کدپستی: ۳۳۸۹۳-۷۳۱۶۸

تلفن و نمابر: ۰۲۴) ۳۳ ۷۸ ۸۹ ۸۲ همراه: ۰۹۱۲ ۵۴۸ ۶۵ ۸۳ و ۰۹۱۲ ۰۷۹ ۴۹ ۸۱

این برگه بدون مهر و امضاء فاقد ارزش می باشد.

باقیمانده نمونه ها به مدت ۱۵ روز پس از ارایه نتایج نگهداری می شود و پس از این مدت شرکت مسئولیتی در قبال نگهداری آنها ندارد.

آنالیز ارایه شده فقط مربوط به نمونه تحویلی از طرف مشتری می باشد و از نظر این شرکت نمی تواند بیانگر محصول تولیدی، ذپوی معدنی و محدوده اکتشافی خاصی باشد.

Add: Danesh 9, Sanat 8, Sanat Blvd, 22 Bahman Blvd, Zanjan, Iran Tel: 98 (24) 33 78 89 82 Mob: +98 912 548 65 83 (Email: zarazmazangan@gmail.com)

Signature in this report indicates final approval and validity of data reference.

Pulps & bulk samples processed and reported by the laboratory will be stored after approving final results just for 15 days.

ZZI-00-0647

Element	Nb	Nd	Ni	P	Pb	Pr	Rb	S	Sb	Sc	Se	Sm	Sn	Sr
DL	1	0.5	1	10	1	0.05	1	50	0.5	0.5	0.5	0.02	0.1	1
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
CO														
BA-QU2	<1	0.9	5	32	2	<0.05	<1	2664	4.8	<0.5	<0.5	9.71	<0.1	1070.8
BA-A1	5.1	14	65	637	36	2.73	45	1675	5.2	14	<0.5	6.83	0.2	374.2
BA-AZ3	<1	1.3	4	<10	<1	<0.05	<1	3489	9.9	<0.5	<0.5	6.45	<0.1	3358
QZ-HY2	3.4	16.8	23	275	18	3.94	35	610	0.5	5.6	<0.5	3.29	0.3	354.5
AN-FEY53	1.4	4.8	82	2132	262	0.73	7	4373	>0.01%	6.3	<0.5	1.72	<0.1	225.6
BA-AL50	2.9	10.2	23	217	28	2.19	<1	574	10.1	3.2	<0.5	1.75	<0.1	151.8
OR-AN1	12.6	27.2	16	1597	37	6.6	93	877	1.6	15.2	<0.5	6.54	0.8	218.4
BA-DO1	<1	1.7	1	34	4	<0.05	<1	888	<0.5	<0.5	1.42	<0.02	<0.1	131.6
QU-CU2	<1	4	11	115	125	0.53	3	4502	17	2	<0.5	3.3	<0.1	3183.4

مدیر ارجانی

مدیر ارتقا:

مدیر فنی:

مدیر حساسیتی:

نام و سمت تصدیق کننده:



زرآزما زنگان
ایرانیان ثبت ۱۰۵۹۶



Client: Dr. Narges Sadati

Job No: ZZI-00-0647

Receiving Date: 1400/03/05

Report Date: 1400/03/27

Method:

Project:

www.zarazmazangan.com

Email:zarazmazangan@gmail.com

Code:P21F01/00

آدرس: زنجان، میدان بسیج، ابتدای بلوار ۲۲ بهمن، سایت کارگاهی، بلوار صنعت، صنعت ۸، دانش ۹، کدپستی: ۳۳۸۹۳-۴۵۱۶۸

تلفن و نمابر: ۰۲۴) ۳۳ ۷۸ ۸۹ ۸۲ (همراه: ۰۹۱۲ ۵۴۸ ۶۵ ۸۳ و ۰۹۱۲ ۰۷۹ ۴۹ ۸۱

این برگه بدون مهر و امضاء فاقد ارزش می باشد.

باقیمانده نمونه ها به مدت ۱۵ روز پس از ارایه نتایج نگهداری می شود و پس از این مدت شرکت مسئولیتی در قبال نگهداری آنها ندارد.

آنالیز ارایه شده فقط مربوط به نمونه تحویلی از طرف مشتری می باشد و از نظر این شرکت نمی تواند بیانگر محصول تولیدی، دپوی معدنی و محدوده اکتشافی خاصی باشد.

Address: Danesh 9, Sanat 8, Sanat Blvd, 22 Bahman Blvd, Zanjan, Iran Tel: 98 (24) 33 78 89 82 Mob: +98 912 548 65 83 (Email: zarazmazangan@gmail.com)

Signature in this report indicates final approval and validity of data reference.

Pulps & bulk samples processed and reported by the laboratory will be stored after approving final results just for 15 days.

ZZI-00-0647

Element	Ta	Tb	Te	Th	Ti	Tl	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
DL	0.1	0.1	0.1	0.1	10	0.1	0.1	0.1	1	1	0.5	0.05	1	5
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
CO														
BA-QU2	<0.1	0.14	0.14	<0.1	<10	<0.1	<0.1	0.3	1	<1	<0.5	<0.05	35	<5
BA-A1	0.78	0.54	<0.1	1.26	5806	0.5	0.2	1.4	163	<1	13.7	1.6	130	58
BA-AZ3	<0.1	0.14	0.11	<0.1	<10	<0.1	<0.1	<0.1	3	<1	0.7	<0.05	14	<5
QZ-HY2	0.81	0.53	0.36	3.8	1572	<0.1	0.2	1.1	56	1.4	14.2	1.3	44	45
AN-FEY53	<0.1	0.24	<0.1	2.72	211	15.32	<0.1	8.1	449	<1	3.8	4.2	250	26
BA-AL50	0.39	0.31	0.21	3.27	648	0.15	0.1	3.4	44	4.8	6.2	0.7	59	8
OR-AN1	2.35	0.68	<0.1	9.62	6501	0.14	0.31	1.9	189	2.1	24.1	2.6	132	141
BA-DO1	<0.1	0.14	0.32	0.21	<10	<0.1	<0.1	0.7	5	<1	1	0.1	1	<5
QU-CU2	<0.1	0.19	<0.1	0.67	354	<0.1	<0.1	1.5	17	<1	2.2	0.2	45	14

مدیر اوجالی

مدیر ارشد:

حسین حاجی

مدیر فنی:

نام و سمت تصدیق کننده:



زرآزما زنگان
ایرانیان بیت ۱۰۵۹۶