

## پetroگرافی و مینرالوگرافی کانسارهای مس منطقه جنوب کاشمر

فرانک فیضی<sup>۱</sup>، سیداحسان حقیقی بردینه<sup>۲</sup>

۱- استادیار گروه مهندسی اکتشاف معدن، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب

۲- دانشجوی دکتری زمین‌شناسی اقتصادی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

### چکیده

کانسارهای دهنه‌سیاه، زنگالو، چشمه‌گز و اندیس چشمه‌زلزله در چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشمر در شمال گسل درونه و در زون سبزوار قرار دارند. مطالعات سنگ‌شناسی منطقه حاکی از وجود سنگ‌هایی از جنس بازالت آندزیتی تا آندزیت بازالتی و آندزیت به عنوان سنگ میزبان است که به شکل هم‌جوار با سنگ‌آهک و توف قرار گرفته‌اند. کانه‌سازی در مرز آندزیت و سنگ‌آهک، به ویژه در اطراف قطعات به دام افتاده آندزیتی رخ داده و به طور پراکنده در شکستگی‌های آندزیت‌ها نیز گسترده می‌شود. در کانسار دهنه‌سیاه، بافت غالب پورفیریک و بافت‌های تراکیتی، حفره‌ای و بادامکی نیز دیده می‌شوند. ترکیب پلاژیوکلازها بین الیگوکلاز و آندزین تغییر می‌کند. بیوتیت و هورنبلندسبز و قهوه‌ای همراه با یکدیگر و پیروکسن‌های درشت اولیه شامل دیوپسید، اوژیت و هیپرستن است. بلورهای شکل‌دار آپاتیت به شکل انکلوزیون در بلورهای درشت کانی‌های فرومنیزین یا در خمیره دیده می‌شوند. کانی‌های فرعی شامل مگنتیت، اسفن و زیرکن است و حفرات با کلسیت، کلریت و کوارتز پر شده است. در کانسار چشمه‌گز، پلاژیوکلازهای موجود در میزبان آندزیتی اکثراً به کانی‌های رسی تبدیل شده‌اند. در کانسار زنگالو کانی اصلی پلاژیوکلاز و کانی‌های فرعی شامل الیوین و پیروکسن تجزیه شده می‌باشند. در اندیس چشمه‌زلزله کانی‌های اصلی پیروکسن و پلاژیوکلاز و کانی فرعی الیوین‌هایی است که به اکسید آهن و سرپانتین تجزیه شده‌اند. در مقاطع مربوط به این اندیس کانه فلزی یافت نشده است.

پاراژنز کانه‌ها در کانسارهای دهنه‌سیاه، چشمه‌گز و زنگالو شامل: مگنتیت ← پیریت ← کالکوپیریت ← کالکوسیت ← بورنیت ← هماتیت ← کولیت ← مس خالص ← مالاکیت ← آزوریت ← کریزوکولا ← لپیدوکروزیت ← لیمونیت می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** پتروگرافی، مینرالوگرافی، کاشمر، بردسکن، کانسار مس.

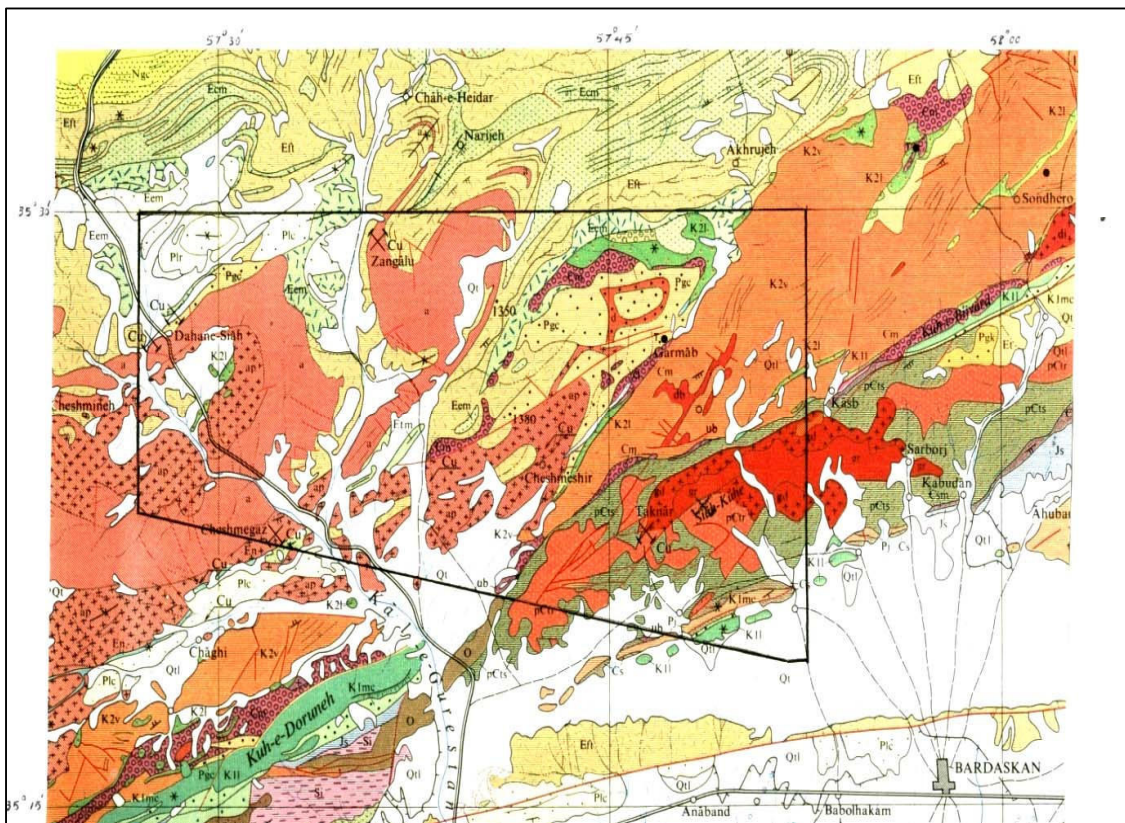
### مقدمه

یافته‌اند. این منطقه با وجود معادن متروکه مس مورد پژوهش چندانی قرار نگرفته و مستندات موجود، از پراکندگی مطالعات در منطقه حکایت می‌کند؛ برای انجام یک کار منسجم، محدوده جنوب شهرستان

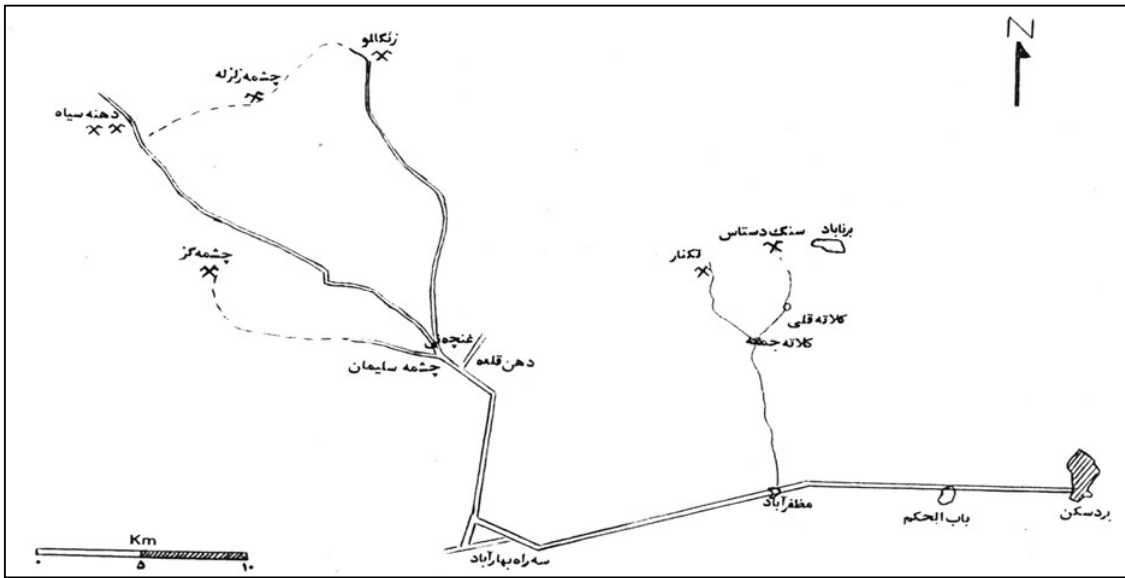
منطقه کاشمر که در جنوب غرب استان خراسان در زون ایران مرکزی از تقسیم‌بندی اشتوکلین و روتنر (۱۹۶۸) قرار دارد [5] از قدیمی‌ترین سازندهای منتسب به پرکامبرین تا سازندهای سنوزوئیک در آن رخنمون

کاشمر مشتمل بر کانسارهای دهنه‌سیاه، زنگالو، چشمه‌گز و اندیس چشمه زلزله انتخاب شد. مقاله حاضر نتایج بدست آمده از بررسی‌های صحرایی، مطالعه مقاطع نازک و مقاطع صیقلی و آزمایشات SEM می‌باشد. گستره مورد مطالعه که در شمال گسل کویر بزرگ (گسل درونه) و در جنوب گسل سبزواری قرار گرفته است، در چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشمر و مابین طول‌های جغرافیایی ۵۷°،۲۶' تا ۵۷°،۵۳' و عرض‌های جغرافیایی ۳۵°،۱۸' تا ۳۵°،۳۰' شمالی واقع شده است (شکل ۱). وضعیت زمین شناسی،

چینه‌شناسی و زمین‌ساخت منطقه بسیار پیچیده بوده و از قدیمی‌ترین سازندهای پرکامبرین (تکنار) [4] تا سازندهای سنوزوئیک را شامل می‌شود. دسترسی به منطقه از دو مسیر امکان‌پذیر است. مسیر اول جاده اسفالته مشهد، تربت حیدریه، کاشمر، بردسکن به مسافت ۲۶۵ کیلومتر که پس از آن از طریق جاده بردسکن، انابد، دهنه‌سیاه به مسافت ۶۵ کیلومتر به منطقه مورد مطالعه می‌رسد. مسیر دوم از طریق جاده سبزواری، محمدآباد عریان، دهنه‌سیاه به مسافت ۷۰ کیلومتر می‌باشد (شکل ۲).



شکل ۱- گستره مورد مطالعه در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشمر، جنوب شهرستان کاشمر



شکل ۲- راه‌های دسترسی به کانسارهای مورد نظر در جنوب شهرستان کاشمر

### زمین‌شناسی منطقه

رسوبات آب‌های کم عمق از کرتاسه پایینی به طور کامل در منطقه تعیین شده و محدوده کرتاسه بالایی به وسیله رسوبات اقیانوسی با ولکانیسم آندزیتی مشخص شده است [3]. خروج آندزیت‌های ضخیم و توف‌ها، شاهدهی قوی بر آتشفشانی در بخش بالایی ائوسن میانی است. یک عقب‌نشینی نهایی و خشک شدن دریا در اثر بالاآمدگی، کل منطقه را تحت رژیم رسوبات قاره‌ای (لایه‌های قرمز) قرار می‌دهد.

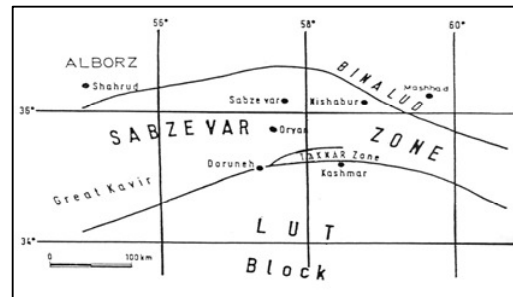
پنجره فرسایشی تکنار [7] تشکیل یک بالازدگی از پی‌سنگ پوسته قاره‌ای ایران مرکزی به سن احتمالی پرکامبرین - پالئوزویک را داده است [6]. سنگ‌های دگرگونی درجه بالا در این ناحیه رخمون ندارد. واحدهای پرکامبرین پایانی شامل سری‌های گسترده‌ای از ریولیت و رسوبات ولکانوکلاستیک می‌باشد. سن بخش غربی محدوده مورد مطالعه یا منطقه سبزوار و زیرمنطقه عریان از زمان کرتاسه به بعد می‌باشد

(شکل ۳). [5]

### پترولوژی و پتروگرافی

– کانسار مس دهنه سیاه

سنگ غالب میزبان در منطقه دهنه‌سیاه از خانواده آندزیت‌ها است (شکل ۴)، که گاه به سمت بازالت آندزیتی آندزیت بازالتی (شکل ۵) میل می‌کند و یا به اشکال مختلف برش یا گدازه آندزیتی در مجموعه دهنه سیاه دیده می‌شود.

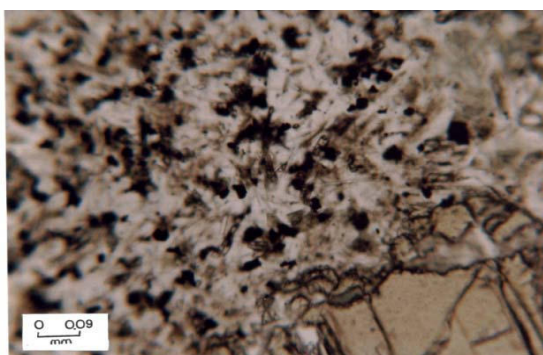


شکل ۳- موقعیت حوضه عریان در منطقه سبزوار

قهوه‌ای در این سنگ‌ها دیده می‌شود که مانند بیوتیت استثنائاً در خمیره دیده می‌شود. پیروکسن‌های درشت اولیه شامل دیوپسید، اوژیت دیوپسیدی و هیپرستن است. الیون در بازالت‌های آندزیتی به ندرت دیده می‌شود. بلورهای شکل‌دار آپاتیت به صورت انکلوزیون در بلورهای درشت کانی‌های فرومنیزین و یا در خمیره دیده می‌شود (شکل ۶).

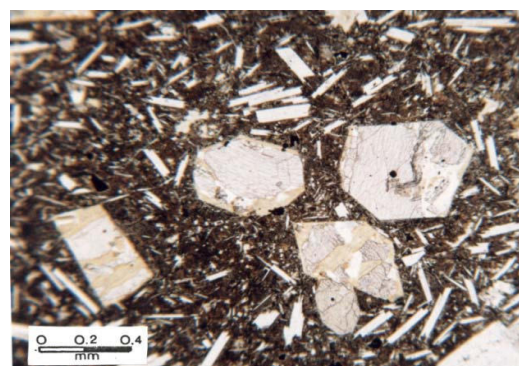


شکل ۴- سنگ میزبان آندزیتی با فنوکریست‌های درشت پلاژیوکلاز



شکل ۶- سوزن‌های آپاتیت در آندزیت بازالتی که نشان‌دهنده بالا بودن میزان  $P_2O_5$  است. (P.PL)

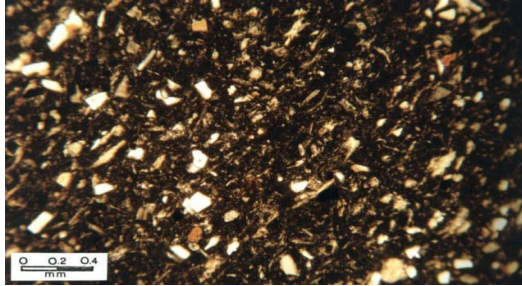
مگنتیت، اسفن و زیرکن به صورت فرعی در آندزیت‌ها دیده شده است. کانی‌هایی که ممکن است در حفرات این سنگ‌ها دیده شود عبارتند از: کلسیت، کلریت و کوارتز. تقریباً تمام آندزیت‌ها دارای بافت پورفیریک با خمیره تمام بلورین هستند که در این میان خمیره‌های شیشه‌ای یا نیمه متبلور نیز وجود دارد. بافت‌های تراکیتی، حفره‌ای و بادامکی از دیگر بافت‌هایی است که در این سنگ‌ها دیده می‌شود. در مجاورت واحد آندزیتی که شرح آن رفت، توف‌های شیشه‌ای و همچنین آهک‌های میکروکریستالین که فاقد آثار فسیلی می‌باشند در منطقه دهنه‌سیاه شناسایی شده است. کانه‌زایی در این کانسار در مرز گدازه و مواد رسوبی و داخل سنگ‌های آتشفشانی، برش‌ها و در اطراف قطعات به دام افتاده می‌باشد (شکل ۷ و ۸).



شکل ۵- سنگ آندزیت‌بازالتی حاوی پیروکسن‌های اورالیتی شده (P.PL)

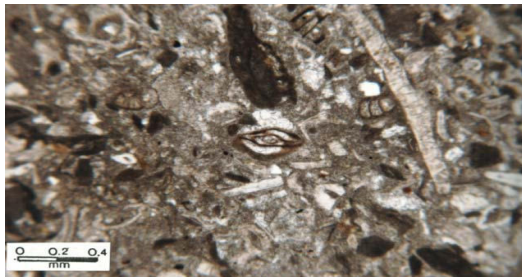
آندزیت‌ها، به صورت گدازه‌های آتشفشانی و سنگ‌های نفوذی کم عمق مثل دایک و سیل دیده می‌شوند. بافت این سنگ‌ها تمام بلورین یا نیمه بلورین است و از نظر ترکیب شبیه دیوریت‌ها است. ترکیب پلاژیوکلازها در این سنگ عموماً بین الیگوکلاز و آندزین تغییر می‌کند. پلاژیوکلازها اکثراً دارای منطقه‌بندی هستند. در بعضی از آندزیت‌ها دو نوع پلاژیوکلاز با هم به صورت بلورهای درشت اولیه وجود دارند که اختلاف آنها در جزئیات مربوط به ساختمان منطقه‌ای و ترکیب متوسط آنهاست. سانیدین معمولاً در این سنگ‌ها وجود ندارد و معمولاً بیوتیت و هورنبلند و همچنین هورنبلند و دیوپسید با یکدیگر ظاهر می‌شوند. بیوتیت به ندرت در خمیره یافت می‌شود. بلورهای منشوری شکل هورنبلندسبز و

همچنین کریستال ویتریک توف که به طور کلی از قطعات شیشه تشکیل شده و اجزای آن به طور ثانویه به کانی‌های رسی و کوارتز تبدیل شده، در این منطقه تشخیص داده شد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- کریستال ویتریک توف که شیشه به طور ثانویه به کانی‌های رسی و کوارتز تبدیل شده است. (X.PL)

از طرفی سنگ رسوبی آهنی فسیل‌دار در مجاورت واحد آندزیتی قرار گرفته است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- سنگ آهنی فسیل‌دار در چشمه‌گز (X.PL)

کانی‌سازی در این کانسار در درزها و شکستگی‌های پراکنده در سنگ میزبان و درزه‌های انقباضی که در اثر سرد شدن گدازه در اطراف پیروکلاست‌های آندزیتی ایجاد شده، می‌باشد (شکل ۱۲ و ۱۳).



شکل ۱۲- رگچه‌های مسی در شکستگی‌های آندزیت



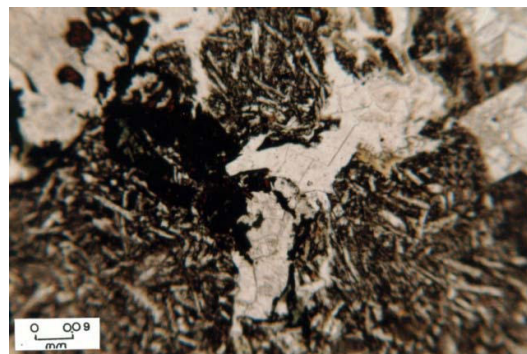
شکل ۷- کانی‌سازی از نوع در مرز بین رسوبات و آندزیت



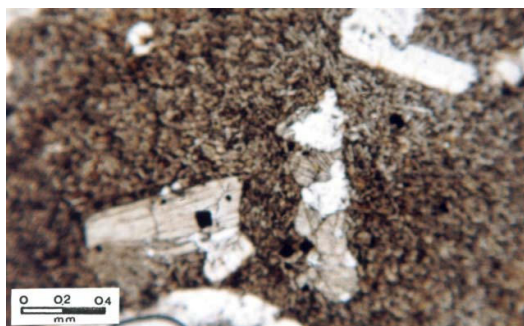
شکل ۸- کانه‌زایی در اطراف کلاست‌ها

#### - کانسار چشمه‌گز

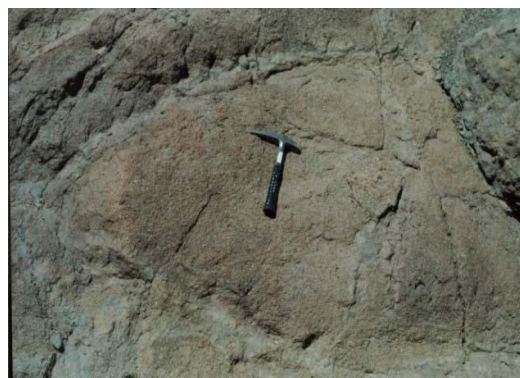
واحدهای سنگی این کانسار از نظر لیتولوژیک به چند گروه کلی تقسیم می‌شوند. آندزیت‌های تشکیل دهنده سنگ میزبان در این کانسار دارای بافت پورفیریک با خمیره میکروولیتی بوده و کانی‌های اصلی آن شامل بلورهای درشت پلاژیوکلاز به فراوانی تقریبی ۴۵٪ و حداکثر ۴ میلی‌متر می‌باشد (شکل ۹). زمینه سنگ از میکروولیت‌های پلاژیوکلاز و تیره ساخته شده است. پلاژیوکلازها اکثراً به کانی‌های رسی تبدیل شده‌اند.



شکل ۹- آندزیت بازالتی در چشمه‌گز (P.PL)

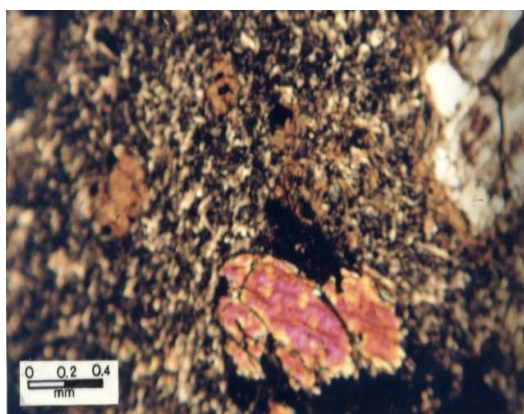


شکل ۱۵- آندزیت بازالتی با بافت میکرولیتیک پورفیریک  
(P.PL)



شکل ۱۳- کانه سازی در درزه های اطراف پیروکلاست ها

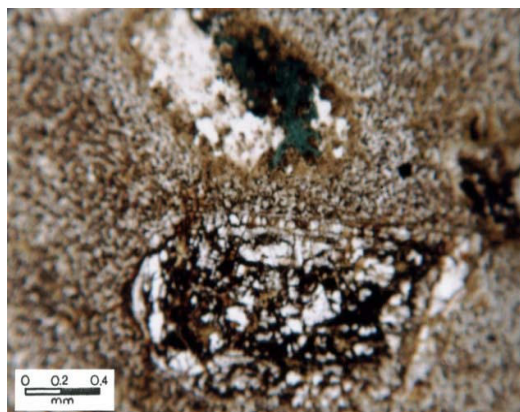
خمیره سنگ از میکرولیت های پلاژیوکلاز تشکیل شده و کانی های کدر حدود ۱۵٪ از خمیره را تشکیل می دهند. سنگ های خانواده آندزیت دارای بافت میکرولیتیک پورفیری است. کانی های اصلی شامل پلاژیوکلاز با ساختمان منطقه ای است که حدود ۲۰٪ از حجم سنگ را دربر گرفته و کانی فرعی درصد کمی پیروکسن و کانی های کدر می باشد. الیوین ها کلریتی و سرپانتینیته شده اند (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- الیوین های کلریتی و سرپانتینیته شده در آندزیت بازالتی در کانسار زنگالو (X.PL)

واحدهای توف از نوع کریستال لیتیک توف (شکل ۱۷) و سنگ آهک فسیل دار به شکل هم جوار با سنگ میزبان (شکل ۱۸) در کانسار زنگالو شناسایی شده است.

- کانسار زنگالو  
سنگ های این محدوده معدنی در چند گروه اصلی جای گرفته اند. که شامل الیوین بازالت (شکل ۱۴)، خانواده آندزیت (شکل ۱۵) و سنگ آهک می باشند. الیوین بازالت مربوط به کانسار زنگالو دارای بافت میکرولیتیک پورفیریک و بادامکی بوده و به طور فراگیر مورد دگرسانی کلریتی شدن قرار گرفته است و کانی های اصلی آن شامل فنوکریست های پلاژیوکلاز به طول ۵ میلیمتر و کانی های فرعی آن، الیوین ها و پیروکسن های کاملاً تجزیه شده به کلریت - سرپانتین می باشد.



شکل ۱۴- الیوین بازالت با بافت پورفیریک و بادامکی همراه با کلریتی شدن در زنگالو (P.PL)

- اندیس چشمه زلزله

سنگ‌های این منطقه معدنی از جنس آندزیت بازالتی و اگومرا با قطعاتی از جنس بازالت آندزیتی و آندزیت بازالتی می‌باشد. بازالت‌های آندزیتی حاوی پیروکسن‌هایی با اندازه حدود ۲ میلیمتر که ۱۰٪ از سنگ و پلاژیوکلازهایی با اندازه ۲ میلیمتر که ۳۰٪ از سنگ و الیون‌هایی به اندازه ۱ میلیمتر که حدوداً ۸٪ از سنگ را تشکیل داده‌اند می‌باشند.

الیون‌ها به اکسید آهن و سرپانتین تجزیه شده‌اند (شکل ۲۰).

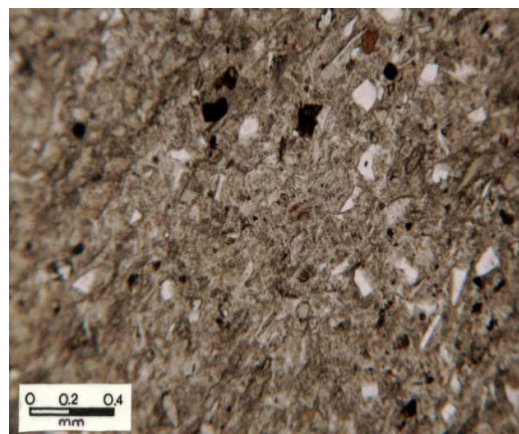


شکل ۲۰- بازالت آندزیتی در چشمه زلزله که الیون‌ها به اکسید آهن و سرپانتین تبدیل شده‌است (X.PL)

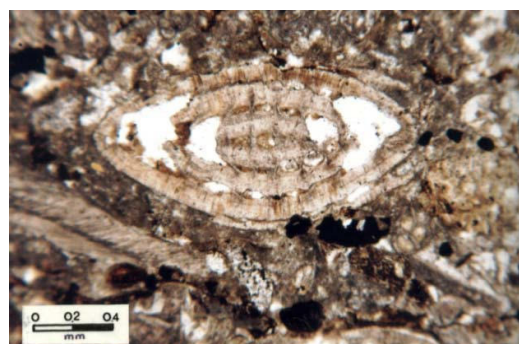
خمیره از سوزن‌های پلاژیوکلاز و کانی‌های کدر و شیشه که تا اندازه‌ای تبلور مجدد پیدا کرده است تشکیل شده است. بافت سنگ پورفیریک با خمیره شیشه‌ای است و پلاژیوکلازها بافت‌های غربالی نشان می‌دهند. حفرات سنگ با کلسیت پرشدگی دارد که نشانه هجوم محلول‌های کربناته است.

### مینرالوگرافی و مطالعات SEM

مطالعه مقاطع صیقلی کانسار دهنه سیاه نشان می‌دهد که ۱۵ تا ۲۰٪ از کل درصد دانه‌ها، پیریت‌های فرامبوئیدال با اشکال گویچه مانند است که در یک محیط هیدروترمال با درجه حرارت کم ایجاد شده و در



شکل ۱۷- کریستال لیتیک توف در زنگالو (P.PL)



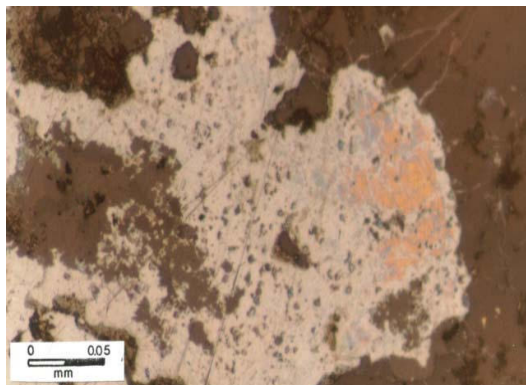
شکل ۱۸- آهک فسیل دار که پوشاننده سنگ میزبان در کانسار زنگالو است (X.PL)

رگچه‌های معدنی از نوع کلسیت در شکستگی درون آندزیت‌ها و مرز بین گدازه و مواد رسوبی تشکیل شده است (شکل ۱۹).

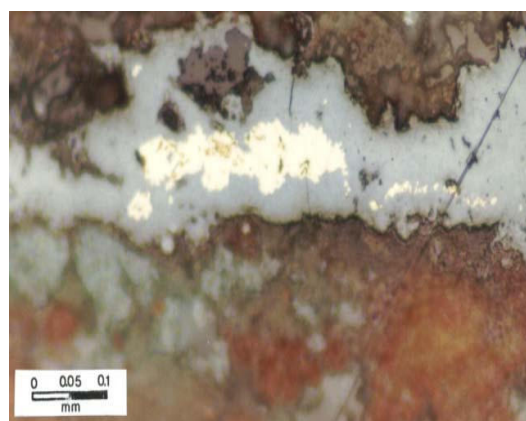


شکل ۱۹- کانه‌زایی در اطراف کلاست‌ها در زنگالو

کالکوپیریت به اشکال توده‌ای و اولیه دیده می‌شود که ضمن خوردگی در سطح از حاشیه به هیدروکسید آهن تبدیل شده است (شکل ۲۴).



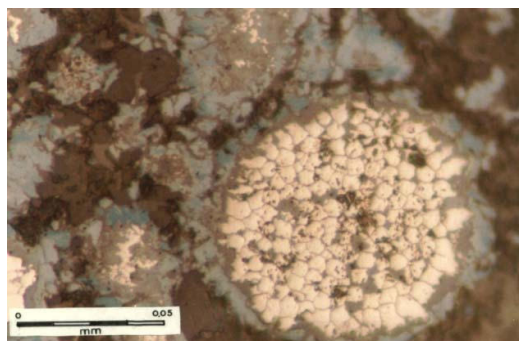
شکل ۲۳- مقطع کالکوسیت که به طور ثانویه به بورنیت و کولیت تبدیل شده است، کانسار دهنه‌سیاه (P.PL)



شکل ۲۴- تصویر کالکوپیریت که در حاشیه به اکسید آهن تبدیل شده است، کانسار دهنه‌سیاه (P.PL)

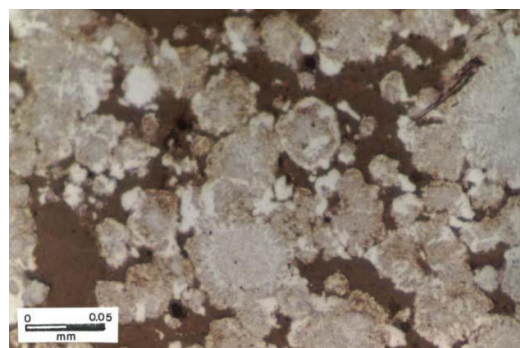
کالکوسیت‌های ثانویه از تبدیل‌شدگی کالکوپیریت بدست آمده است. پیریت‌ها بیشتر به صورت بلورهای کاملاً شکل‌دار همراه با دانه‌های ریز کالکوپیریت که نشانه همزمان بودن تشکیل آنها با ماگمای اولیه است، دیده می‌شود (شکل ۲۵).

اطراف به اکسیدهای آهن تبدیل‌شدگی نشان می‌دهند. در کنار این مجموعه، ریزدانه‌های متداخل از کولیت دیده می‌شود که به شکل ثانویه تشکیل شده است (شکل ۲۱).



شکل ۲۱- فرامبوئیدال در کانسار دهنه‌سیاه (P.PL)

اکسیدهای آهن به شکل دایری که در قسمت مرکزی مگنتیت و در اطراف هماتیت است دیده می‌شود (شکل ۲۲) که احتمالاً طی فرایند هوازدگی از تبدیل‌شدگی پیریت در یک محیط دریایی با مواد آلی فراوان ایجاد شده است.

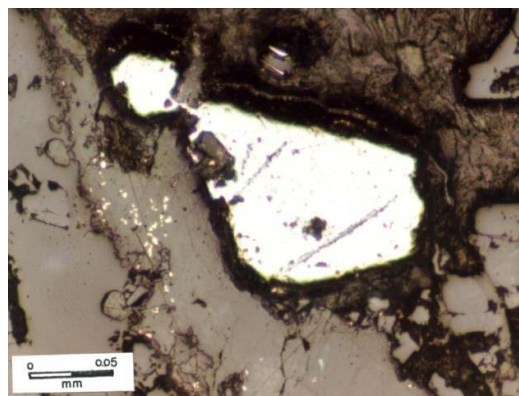


شکل ۲۲- مگنتیت‌هایی که در اطراف به هماتیت تبدیل شده‌اند

کانه کالکوسیت در بعضی قسمت‌ها به بورنیت و گاهی به کولیت به شکل ثانویه تبدیل شده است (شکل ۲۳).

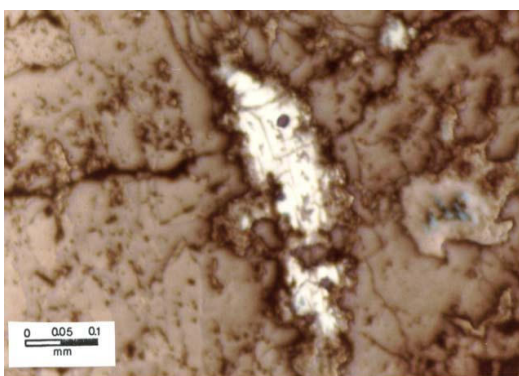


مقاطع کانسار زنگالو عمدتاً پوشیده از اکسیدهای آهن و خصوصاً پراکندگی دانه‌های مگنتیت می‌باشد و کالکوسیت‌ها به کولیت تبدیل‌شدگی نشان می‌دهند (شکل ۲۸). نتیجه مطالعات SEM نشان دهنده حضور کانه کالکوسیت با وجود عنصر Fe در شبکه و همچنین مس خالص و کالکوپیریت در کانسار دهنه سیاه بوده و اندیس چشمه‌زلزله به دلیل گسترش هوازدگی و اکسیداسیون در سطح سنگ‌ها آغشتگی شدید به اکسید آهن و کربنات‌های مس را نشان می‌دهد و مطالعات SEM در این اندیس نیز نشان دهنده کانه فلزی خاصی نمی‌باشد (شکل ۲۹ تا ۳۳).

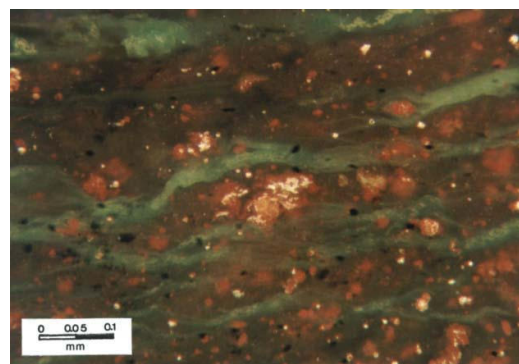


شکل ۲۵- حضور دانه‌های ریز کالکوپیریت به شکل کوماگماتیک در کانسار دهنه‌سیاه (P.PL)

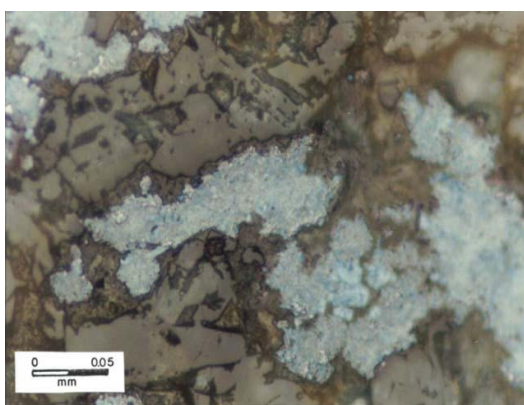
در کانسار چشمه‌گز در اثر میلونیته شدن، درز و شکاف‌هایی ایجاد شده است که مسیر را برای عبور سیال باز کرده و یک تیپ دگرسانی فراگیر، تشکیل هیدروکسیدها و اخرای آهن را داده است و هیدروکربنات‌های مس خصوصاً مالاکیت در امتداد شکستگی‌ها ایجاد شده است. حضور کانی لپیدوکروزیت با انعکاس داخلی قرمز شدید در این مقاطع تایید می‌شود (شکل ۲۶).



شکل ۲۷- دانه کالکوسیت که در اطراف به کولیت تبدیل‌شدگی نشان می‌دهد، کانسار چشمه‌گز (P.PL)

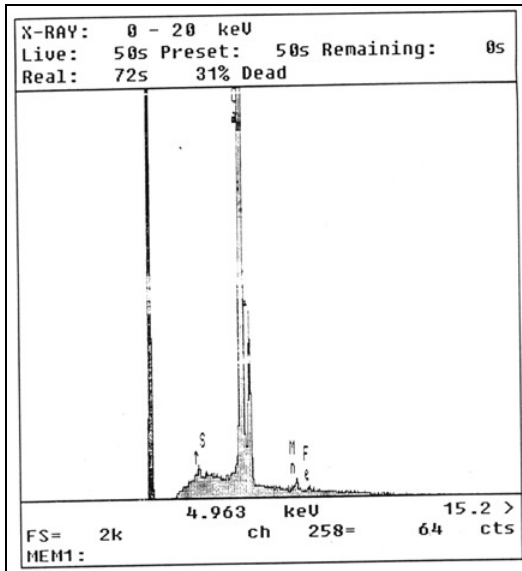


شکل ۲۶- میلونیته شدن و حضور کانی‌های مالاکیت و لپیدوکروزیت در کانسار چشمه‌گز (X.PL)

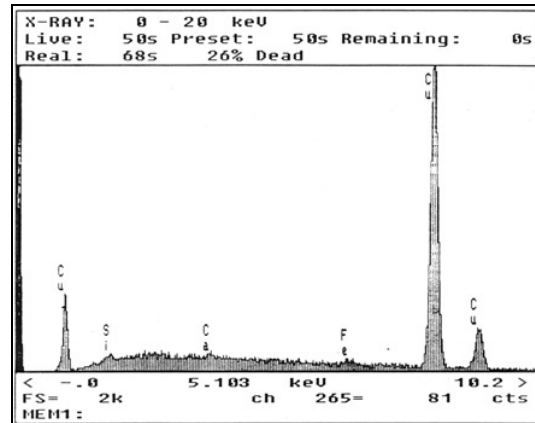


شکل ۲۸- کالکوسیت‌هایی که از اطراف به کولیت تبدیل‌شده‌اند، کانسار زنگالو (X.PL)

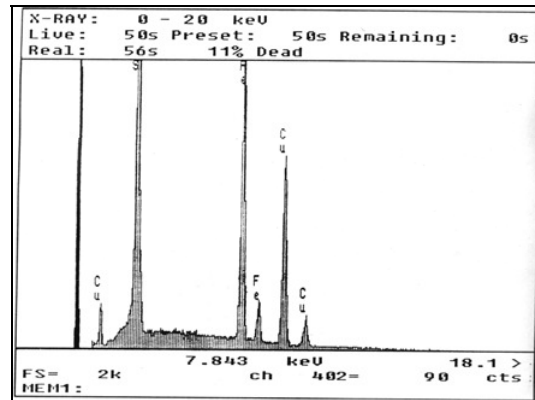
پیریت‌ها و کالکوپیریت‌های قدیمی در حاشیه مضرس شده‌اند و کالکوپیریت به کولیت تبدیل‌شدگی نشان می‌دهد و همچنین تبدیل‌شدگی کالکوپیریت به اکسید آهن کاملاً قابل مشاهده است. کانه کالکوسیت به مقدار بسیار کم در مقطع دیده می‌شود (شکل ۲۷).



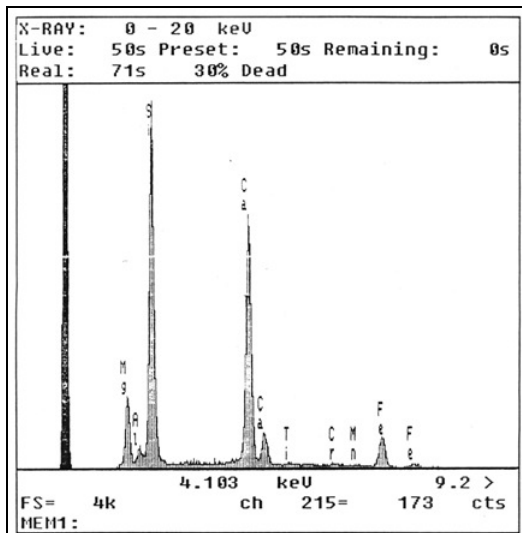
شکل ۲۹- نمودار SEM مربوط به اندیس چشمه زلزله نشان دهنده حضور یک فاز سیلیکاته است



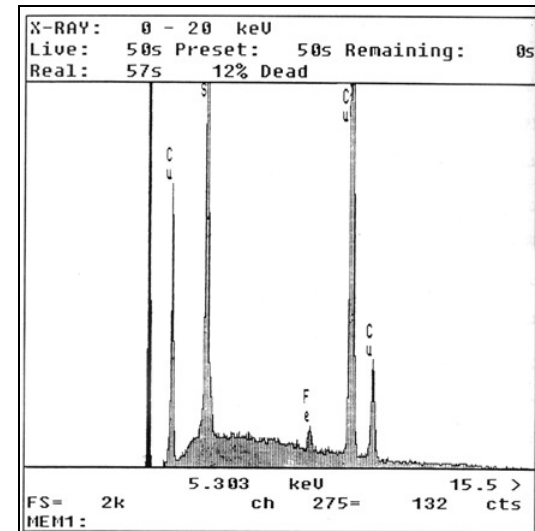
شکل ۳۰- نمودار SEM مربوط به کانسار دهنه سیاه حضور مس خالص را تأیید می کند



شکل ۳۱- نمودار SEM مربوط به کانسار دهنه سیاه حضور کانی کالکوپیریت را تأیید می کند



شکل ۳۲- نمودار SEM مربوط به اندیس چشمه زلزله نشان دهنده وجود یک فاز کلسیتی در فاز سیلیکاته قبلی است



شکل ۳۳- نمودار SEM مربوط به کانسار دهنه سیاه نشان می دهد که کانی غالب کالکوسیت است

### نتیجه گیری

از جمع‌بندی اطلاعات به دست آمده می‌توان بشرح زیر نتیجه گیری کرد:

الف) کانسار دهنه‌سیاه

سنگ‌های ولکانیکی منطقه شامل بازالت آندزیتی تا آندزیت بازالتی، لاوای آندزیتی و برش آندزیتی می‌باشد. واحدهای هم‌جوار با سنگ میزبان، سنگ آهک و کریستال توف می‌باشد.

بافت غالب میکرولیتیک و در کنار آن بافت‌های جریان‌ی، حفره‌ای و بادامکی و برشی دیده می‌شود. پلاژیوکلازها به شدت به انواع کانی‌های رسی، کربنات و کلریت تبدیل شده‌اند. کلریتی شدن، کربناتی شدن و هماتی شدن در زمینه به شکل فراگیر وجود دارد. حفرات به‌طور ثانویه با کلسیت، کوارتز، آنالسیم و کلریت پر شده است. خمیره برخی سنگ‌ها به شدت تحت عمل شیشه‌زدایی قرار گرفته است.

ب) کانسار چشمه‌گز

سنگ‌های آتشفشانی منطقه شامل: آندزیت بازالتی و آندزیت می‌باشند. واحدهای هم‌جوار با سنگ میزبان، سنگ‌آهک و توف می‌باشند. بافت غالب ولکانیک‌ها، میکرولیتیک پورفیریک و کانی اصلی پلاژیوکلاز است. پلاژیوکلازها اکثراً به کانی رسی تبدیل شده‌اند. دگرسانی‌های کلریتی شدن، هماتی شدن، کربناتی شدن و آرژیلیتی شدن در منطقه دیده می‌شود.

ج) کانسار زنگالو

سنگ‌های آتشفشانی منطقه شامل بازالت آندزیتی، آندزیت بازالتی و آندزیت می‌باشند. واحدهای سنگ آهک، توف، ژپیس به شکل هم‌شیب با واحد آتشفشانی قرار گرفته‌اند.

بافت میکرولیتیک پورفیریک و بادامکی در سنگ‌ها قابل تشخیص است.

کانی اصلی پلاژیوکلاز و کانی فرعی پیروکسن و الیون‌هایی که کاملاً به سرپانتین تجزیه شده‌اند می‌باشند. کلریتی شدن، سرپانتینی شدن و سوسوریتی شدن از دگرسانی‌های شاخص منطقه می‌باشند.

د) اندیس چشمه‌زلزله

سنگ‌های منطقه از جنس بازالت آندزیتی و آگلومرا می‌باشند. دگرسانی‌های فراگیر از نوع سرپانتینی شدن، کلریتی شدن و اکسیدشدگی در منطقه مشاهده می‌شود. بافت سنگ‌ها پورفیریک با خمیره شیشه‌ای و غالباً حفره‌دار است. حفره‌ها با کلسیت و اکسید آهن پر شده و نشانه کلسیتی شدن و اکسیدشدگی ثانویه با محلول‌های کربناته و آهن‌دار می‌باشد.

ه) پاراژنز کانه‌ها در کانسارهای دهنه‌سیاه، چشمه‌گز و زنگالو عبارتست از:

مگنتیت ← پیریت ← کالکوپیریت ← کالکوسیت  
 ← بورنیت ← هماتیت ← کولیت ← مس خالص  
 ← مالاکیت ← آزوریت ← کریزوکولا ←  
 لپیدوکروزیت ← لیمونیت.

و) در اندیس چشمه زلزله با توجه به عملیات معدنکاری سطحی انجام شده کانه سولفیدی یافت نشده و تنها کربنات‌های مس در سطح سنگ‌ها پخش شده است.

## منابع

- 5- Lindenberg, H.G., Gorler, K.-Ibbeken, H., (1983); Stratigraphy, structure and orogenetic evolution of the sabzvar zone in the area of Oryan, (Khorasan, NE-Iran).
- 6- Müller, R., Walter, R., (1983); Geology of the Precambrian – Paleozoic Taknar Inliner northwest of Kashmar, Khorasan province (NE Iran), GSI. , Report NO.51, P.165-185.
- 7- Razzaghmanesh, B., (1968); Die kupfer – Blei – Zink - Erzlägerstätten von taknar und ihr geologischer Rahmen (NE-Iran). Diss. Aachen, 131p. , Aachen.
- 8- Stöcklin, J., Ruttner, A., (1968); Structural history and tectonics of Iran, a review, American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 52(7), pp. 1229 – 1258.
- ۱- حقیقی، احسان، (۱۳۷۸)، گزارش زمین شناسی ۱:۱۰۰۰ کانسار مس دهنه سیاه بردسکن در جنوب غرب خراسان، شرکت مس توس.
- ۲- فیضی، فرانک، (۱۳۸۱)، بررسی ارتباط ژنتیک کانسارهای مس منطقه بردسکن، استان خراسان (کانسارهای دهنه سیاه، چشمه گز، زنگالو، سنگ دستاس و اندیس چشمه زلزله)، رساله دکتری زمین شناسی - اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، ۳۲۷ ص.
- 3- Förster, H., (1968); Associations of Volcanic – rocks in the mountains south of sabzvar (NE-Iran), 23. IGK. 2, 197-212, Montreal.
- 4- Hushmandzadeh, A., (1978); Asummary of isotopic data for Iran. München, Hannover.