

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



وزارت  
**صنایع و معادن**  
سازمان زمین شناسی و  
اکتشافات معدنی کشور

طرح تلفیق لایه‌های اطلاعاتی پایه و معرفی مناطق امیدبخش معدنی

معاونت اکتشاف

مدیریت کانه‌آرایی و فرآوری

گروه کانه‌آرایی

امکان‌سنجی فرآوری نمونه طلای انیق  
خاروانا (منطقه قره‌داغ) در مقیاس آزمایشگاهی

تهیه‌کنندگان

پورنگ شمسی

غلامرضا ملاطاهری

بهار ۱۳۸۹

بسمه تعالی

## کانی شناسی فرایند کانسار طلای زرلی دره آذربایجان شرقی

فتح اله مصوری

اسفند ماه ۱۳۸۸

### مقدمه

به منظور بررسی کانی شناسی فرایند کانسار زرلی دره (Zerly Darra) یک مقطع نازک و یک مقطع صیقلی از کانسنگ و نیز ۸ مقطع صیقلی از فراکسیون‌های دانه‌بندی و تعداد ۵ عدد مقطع صیقلی از محصول میز، در مراحل مختلف کانه‌آرایی این کانسار، جمعاً ۱۵ مقطع توسط یک دستگاه میکروسکوپ پلاریزه دو منظوره MEIJI مورد مطالعه قرار گرفت.

مطالعه مقاطع نشان می‌دهد که کانی‌های گوتیت-لیمونیت و بندرت هماتیت، کالکوپیریت‌های سالم و اکسیده و دانه‌های زاویه دار و بی‌شکل پیریت در معیت گانگ کوارتز-سریسیتی همراه کمی کانی‌های رسی و مالاکیت فازهای تشکیل دهنده مقاطع تهیه شده از این کانسنگ است.

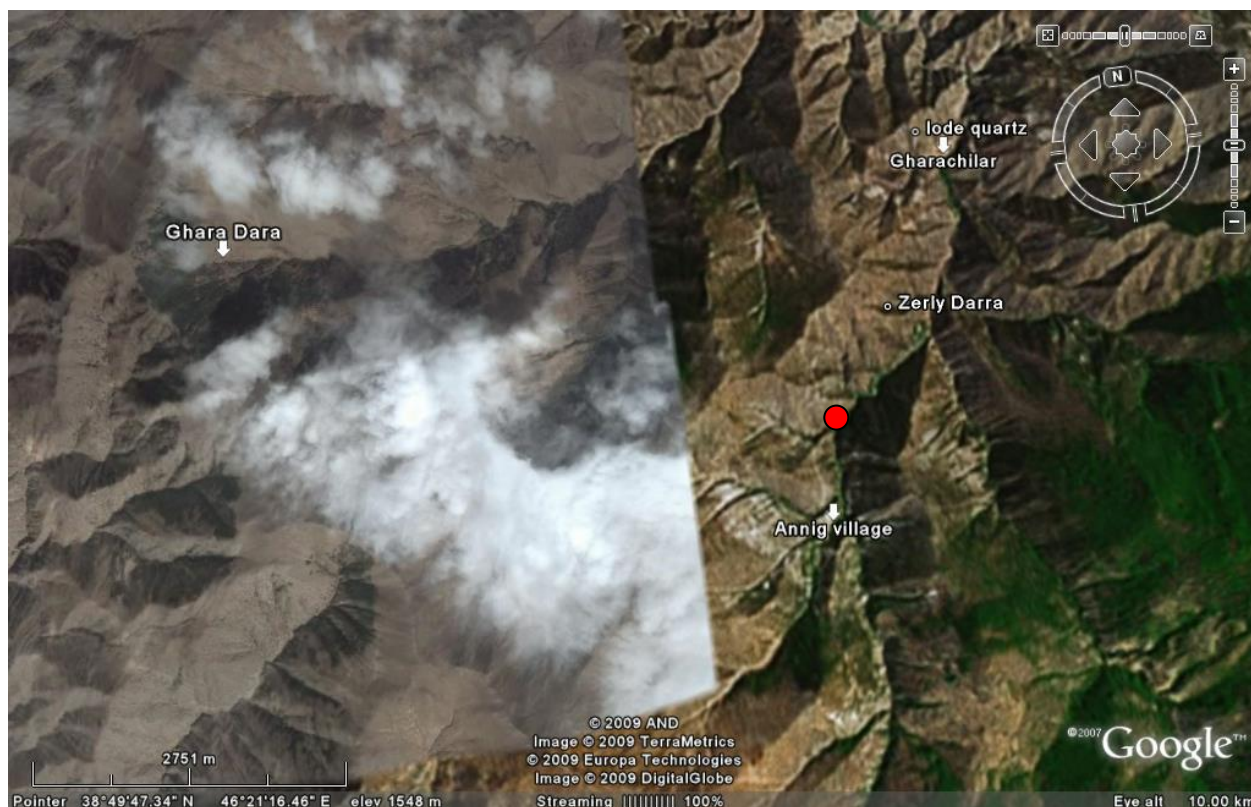
در اینجا ابتدا موقعیت کانسنگ و سپس کانی شناسی آن و در ادامه درجه آزادی برای کانی‌های اکسیدی آهن که بندرت حاوی آثار مشکوکی از ذرات طلا در ابعاد کمتر از ۵ میکرون است، برای مقاطع صیقلی تهیه شده از فراکسیون‌های دانه‌بندی و محصولات میز شرح داده می‌شود. باید توجه داشت که در مطالعات قبلی نیز جایگاه طلا و فاز طلا دار نامشخص مانده بوده است. با توجه به آن که مطالعه صحرائی و آزمایشات عیار سنجی طلا در مطالعه قبلی نیز حاکی از تمرکز بخش‌های پر عیار تر بر بخش‌های کوارتزی با بافت لانه زنبوری بوده است، این امکان وجود دارد که حداقل

بخشی از طلا در متن دانه های کالکوپیریت (و احتمالاً پیریت) محبوس بوده که پس از هوازگی و تشکیل اکسیدهای آهن به خرج کانی های سولفیدی، طلا در اکسیدهای آبدار باقیمانده است. و اما ابعاد بسیار ریز مانع شناسایی آن ها (به ویژه اگر مقاطع از کیفیت مطلوب بر خوردار نباشند) می باشد. باید توجه داشت که دانه های حاوی اکسیدهای آبدار آهن اغلب بافتی لانه زنبوری دارند و بنابراین عیار اکسیدهای آبدار آهن حتی در نمونه های آزاد نیز اغلب کمتر از ۹۰-۸۰ درصد یک دانه است. به عبارت دیگر دانه های با عیار بیش از ۹۰ درصد کانه آهن ثانویه اغلب کمیاب است. این در مورد هم فراکسیون های دانه بندی و هم محصولات میز صادق است. ابعاد حفره ها نیز اغلب کمتر از ۲۵ میکرون است. بنابراین خردایش بیشتر نیز تاثیری در آزادسازی دانه هایی از این نوع ندارد.

### الف- موقعیت کانسار

این کانسار واقع در بخش خاروانا از آذربایجان شرقی و در ورقه یک صد هزارم سیه رود در فاصله ۲۵ کیلومتری (هوایی) شمال خاوری بخش خاروانا و در حد فاصل روستاهای انیق و قره چیلر قرار دارد. مهمترین سیمای کانی سازی در منطقه اکتشافی انیق-قره چیلر رگه های کوارتزی و زون های سیلیسی مینرالیزه در داخل گرانودیوریت ها (وابسته به باتولیت قره داغ به سن الیگومیوسن) می باشد. این رگه ها در جنوب، جنوب باختر، باختر و شمال باختر روستای قره چیلر واقع شده اند. کانی سازی طلا در یک سیستم از رگه های کوارتز-سریستی به وقوع پیوسته است.

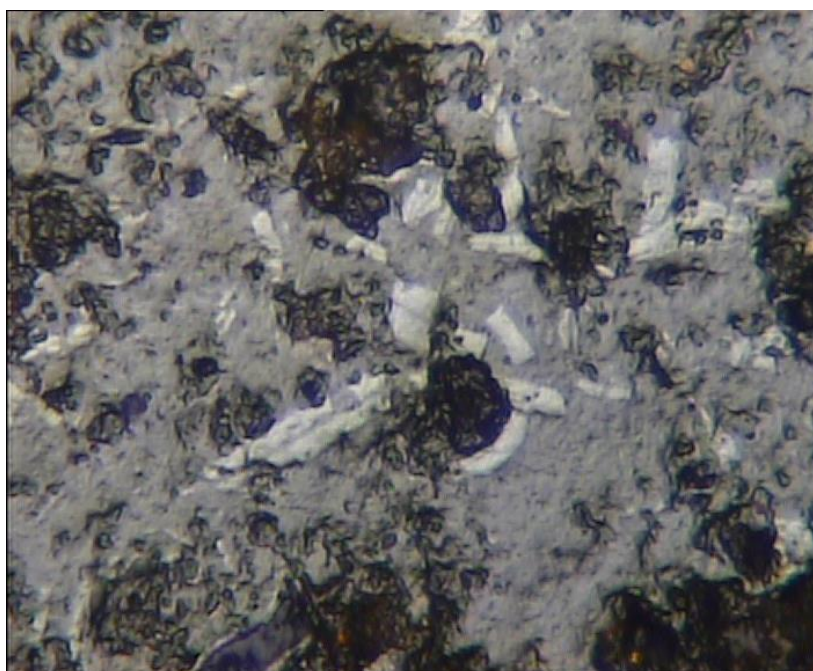
نمونه مورد مطالعه از منطقه زرلی دره که بخشی از ناحیه کانی سازی شده فوق می باشد جمع آوری شده است. نمایی از عکس ماهواره ای منطقه مورد مطالعه در عکس ۱ نمایش داده شده است.



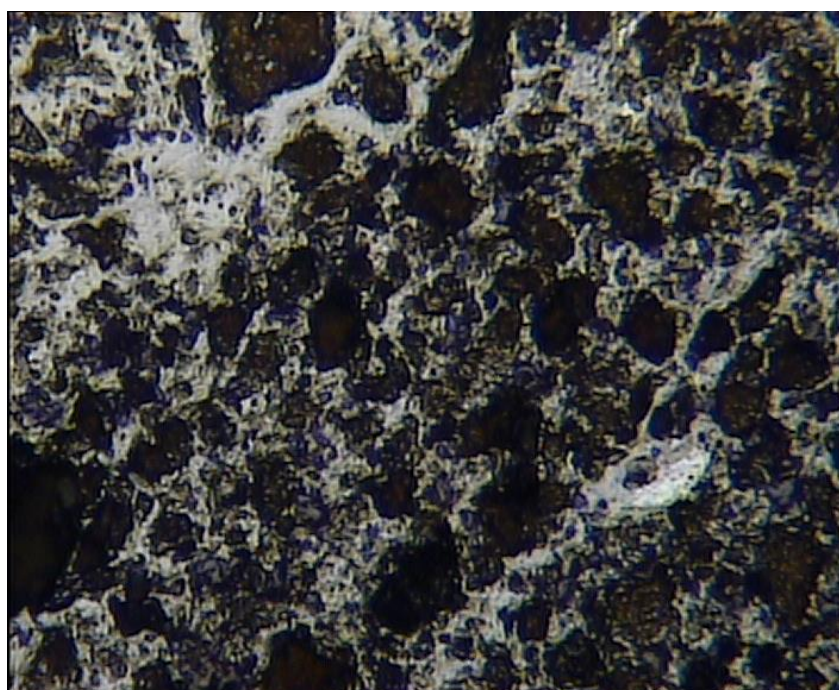
عکس ۱- موقعیت منطقه زرلی دره بر روی عکس ماهواره ای

## ب- مطالعه میکروسکوپی کانسنگ

سنگ میزبان شامل رگچه‌های کوارتزی اپی ترمال حاوی مقادیر متناهی کانی‌های صفحه‌ای سریستی است. کوارتز در محدوده‌ای از کوارتز بلورین تا نهران بلور تغییر می‌کند. اکسیدهای آبدار آهن و احتمالاً ژاروسیت (سولفات آبدار آهن و پتاسیم) که به نظر می‌رسد حاصل آلتراسیون شدید سولفیدها (پیریت و کالکوپیریت) باشد گاهی در سطح مقطع دیده می‌شود. در مجموع فراوانی کانی‌ها ثانویه آهن در سطح مقطع صیقلی تهیه شده از کانسنگ کمتر از ۱۰ درصد تخمین زده می‌شود. ابعاد آن‌ها از کمتر از ۱۰ میکرون تا حدود ۲/۵ میلیمتر در تغییر است. وارپته‌های اکسیدهای آبدار آهن به صورت پرکننده فضاهای خالی و درز و شکستگی‌ها دیده می‌شود (عکس ۲).

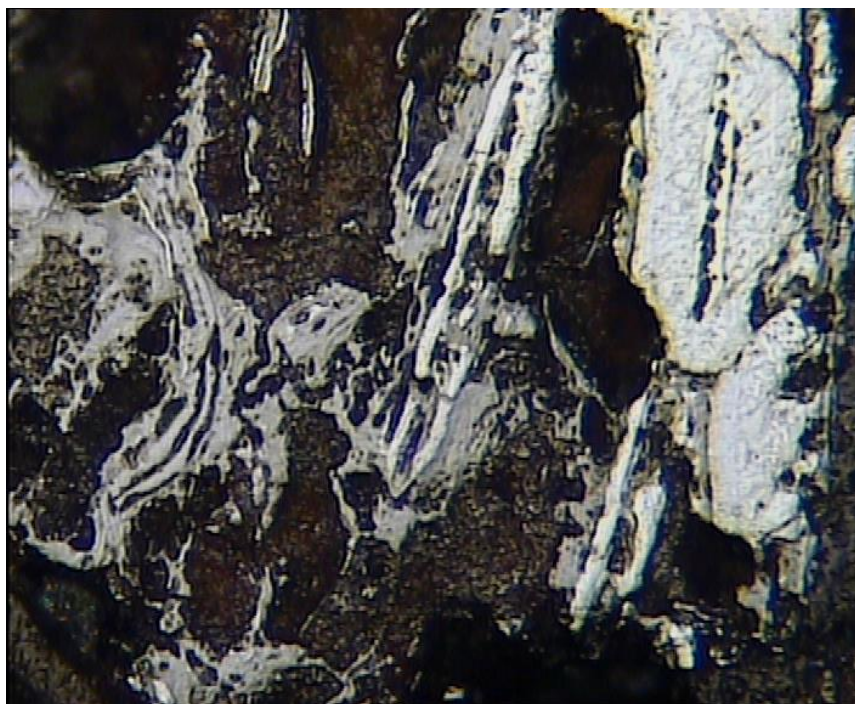


عکس ۲- نمایی از وارپته های مختلف اکسیدهای آبدار آهن در سطح مقطع صیقلی تهیه شده از کانسنگ با بافت لانه زنبوری. طول عکس ۳۴۰ میکرون است.



عکس ۳- بافت لانه زنبوری کانی های ثانویه اکسید آهن در کانسنگ زرلی دره. طول عکس ۳۴۰ میکرون است.





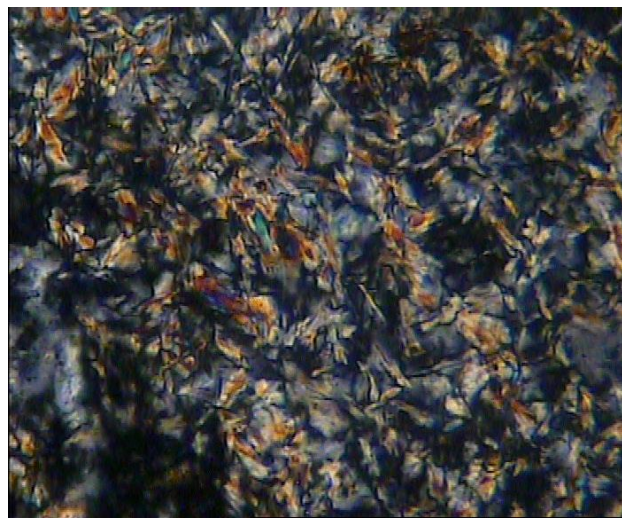
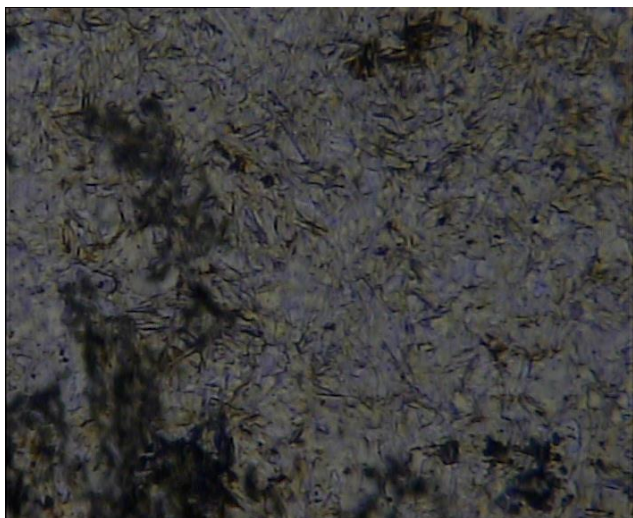
عکس ۴- درگیری واریته های مختلف کانی های ثانویه اکسیدی آهن با گانگ کوارتزی در کانسنگ  
طلای زرلی دره. طول عکس ۳۴۰ میکرون است.

بعضی از حفرات میلیمتری کمی از مالاکیت پر شده است. پیریت به صورت پر کننده فضای  
خالی در متن رگه و رگچه های کوارتزی در ابعاد ۱۰۰ میکرون تا ۸۰۰ میکرون به مقدار ناچیز در سطح  
مقطع صیقلی دیده می شود..

زمینه اغلب نهران بلور است ولی بلورهای ریز کوارتز در ابعاد ۱۰ تا ۲۰ میکرون نیز دیده می  
شود. تجمعات درشت کوارتز شامل عمدتاً بلورهایی در ابعاد ۷۰ میکرون تا ۱۰۵ میکرون است ولی  
بلورهای درشت تا ابعاد ۱/۵ میلیمتر نیز در سطح مقطع نازک قابل رویت می باشد. در سطح مقطع چند  
رگچه کوچک حاوی بلورهای کوارتز با بافت موزائیکی در ابعاد ۷۰ تا ۱۰۰ میکرون دیده می شود.

این سنگ آلتزه احتمالاً حاصل آلتراسیون شدید سریسیتی و کوارتزی سنگ اولیه کوارتز  
مونزونیتی جنوب روستای انیق بوده است. به نظر می رسد سریسیت به خرج فلدسپات های

پلاژیوکلاز تشکیل شده است ولی هیچ اثری از کانی اولیه در سطح مقطع مورد مطالعه قابل مشاهده نمی باشد.

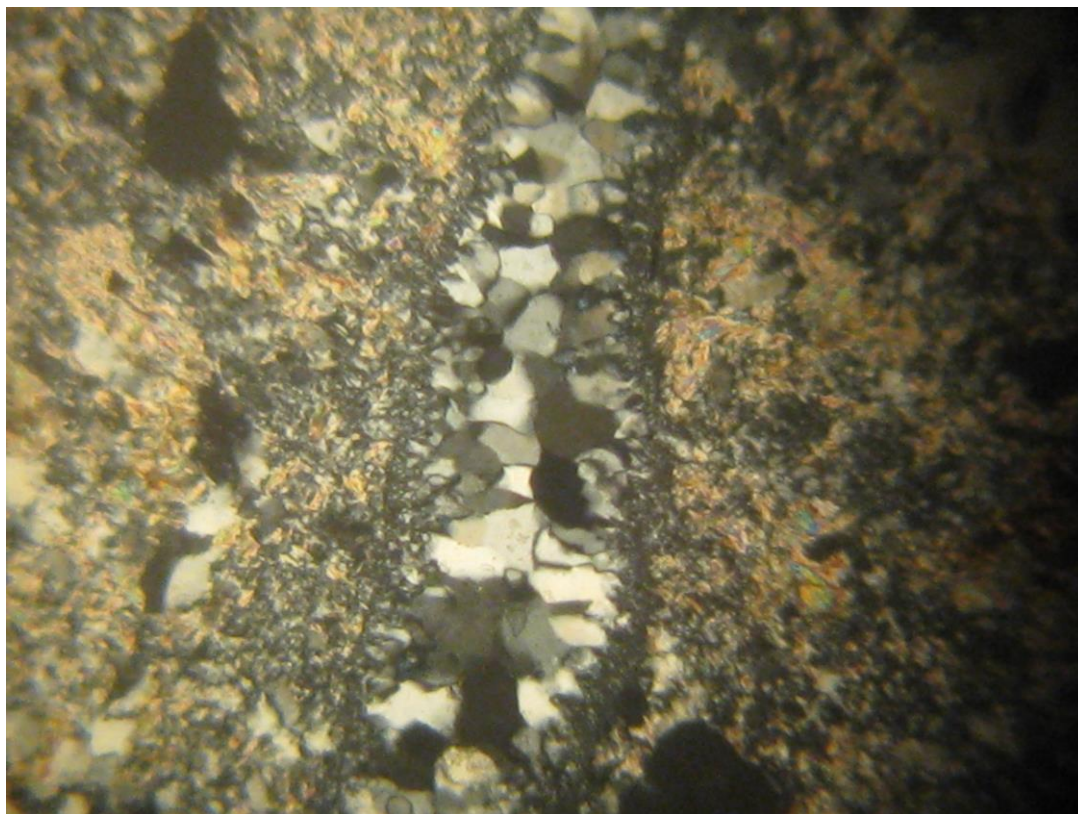


عکس ۵- نمای سطح مقطع نازک کانسنگ زرلی دره در نور عادی و پلاریزه عبوری. کانی های فراوان سربیسیت و کوارتز. طول عکس ۹۰۰ میکرون است.

همچنان که در عکس ۵ نشان داده شده است، سربیسیت بصورت بلورهای بسیار ریز با بیرفرنژانس بالا در ابعاد کمتر از ۱۰ میکرون تا حدود ۳۰ میکرون به مقدار فراوان بلورهای کوارتز را همراهی می کند به طوری که بعضی از قسمت های سطح مقطع بیش از ۵۰ درصد به این کانی اختصاص دارد.

کوارتز بسیار ریز بلور تا نهان بلور و کوارتزهای متبلور بی شکل است که در اثر آلتراسیون و فرایندهای ثانویه تشکیل شده است. سطح نمونه توسط رگچه های کوارتز با بافت موزائیکی قطع شده است (عکس ۶).





عکس ۶- نمایی از سنگ کوارتز-سرسیتی در نور پلاریزه عبوری که توسط رگچه کوارتز با بافت موزائیکی قطع شده است.

### ج- مطالعه میکروسکوپی فراکسیون‌های دانه‌بندی

نتایج مطالعه میکروسکوپی مقاطع تهیه شده از فراکسیون‌های دانه بندی این کانسار به شرح

زیر است:

#### ۱- فراکسیون دانه‌بندی ۱۲-۷ مش به شماره نمونه 871-S1-1

بخش اصلی دانه‌ها در این فراکسیون شامل دانه‌های بسیار درشت گانگ کوارتزی است و

کانی‌های فلزی که شامل وارپته‌های مختلف اکسیدهای آبدار آهن است بخش ناچیزی از یک دانه را

در این فراکسیون تشکیل می‌دهد. به عبارت دیگر عیار اکسیدهای آبدار آهن در یک دانه اغلب کمتر

از ۱۰ درصد یک دانه است. به ندرت دانه‌هایی که عیار کانی فلزی در آن‌ها به حدود ۷۰ درصد می‌رسد نیز در این فراکسیون قابل مشاهده است.

## **۲- فراکسیون دانه‌بندی ۲۰-۱۲ مش به شماره نمونه 871-S1-2**

دانه‌ها در این فراکسیون نیز مشابه فراکسیون قبلی بسیار درشت و کانی فلزی اغلب بخش ناچیزی از یک دانه گانگ کوارتزی را تشکیل می‌دهد. دانه‌های آزاد کانی فلزی با عیار بیش از ۹۰ درصد اکسیدهای آبدار آهن در آن نادر است.

## **۳- فراکسیون دانه‌بندی ۳۰-۲۰ مش به شماره نمونه 871-S1-3**

این فراکسیون نیز دارای دانه‌هایی است که اکسیدهای آبدار آهن اغلب درگیر با گانگ کوارتزی است و بخش کوچکی از یک دانه را تشکیل می‌دهد. دانه‌های آزاد یا دانه‌هایی که بیش از ۹۰ درصد آن از کانی فلزی اکسیدهای آبدار آهن تشکیل شده باشد نسبت به فراکسیون‌های قبلی بیشتر است ولی درجه آزادی اکسیدهای آبدار آهن در آن کمتر از ۲۰ درصد برآورد می‌شود.

## **۴- فراکسیون دانه‌بندی ۵۰-۳۰ مش به شماره نمونه 871-S1-4**

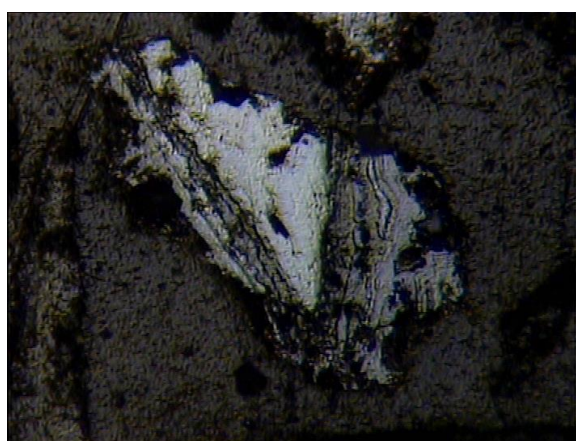
دانه‌ها در این فراکسیون نیز اغلب شامل دانه‌های گانگ است و درجه آزادی اکسیدهای آبدار در آن بسیار کم می‌باشد.

### ۵- فراکسیون دانه بندی ۷۰-۵۰ مش به شماره نمونه 871-S1-5

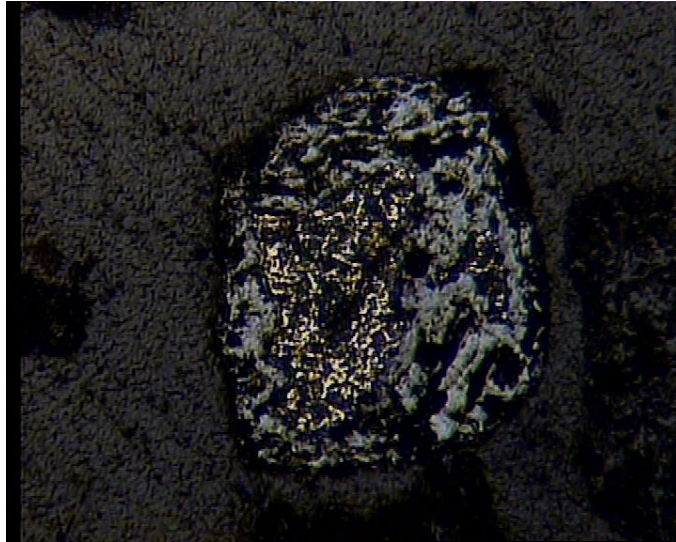
بخش عمده دانه‌ها در این فراکسیون از گانگ تشکیل شده است. از مجموع ۵۵ دانه کانه داری (اکسیدهای آبدار آهن) که در این فراکسیون مورد بررسی قرار گرفت دو دانه عیاری کمتر از ۱۰ درصد دارند. ۴۷ دانه عیاری بیش از ۱۰ درصد اکسیدهای آبدار داشته و فقط ۶ دانه فقط از اکسیدهای آبدار آهن تشکیل شده است. بنابراین برای این فراکسیون نیز درجه آزادی کمتر از ۲۰ درصد برآورد می شود. در این فراکسیون بندرت دانه‌های پیریت سوزنی شکل قابل مشاهده است.

### ۶- فراکسیون دانه بندی ۱۰۰-۷۰ مش به شماره نمونه 871-S1-6

درجه آزادی در این فراکسیون نیز برای کانی فلزی اکسیدی آهن بسیار پائین و به حدود ۲۷ درصد می رسد. به عبارت دیگر از مجموع ۱۳۴ دانه که حاوی اکسید آبدار آهن بوده است، ۲ عدد عیاری کمتر از ۱۰ درصد دارند و ۹۶ دانه عیاری بیش از ۱۰ درصد دارند. تنها ۳۶ دانه آزاد (عکس ۷) حاوی اکسیدهای آبدار آهن است. در متن بعضی از دانه‌ها آثاری از کانی اولیه (پیریت و یا کالکوپیریت) در متن دانه‌های اکسیدی آهن دیده می شود (عکس ۸).



عکس ۷- نماهایی از وارپته های مختلف اکسیدهای آهن ثانویه آزاد با بافت نواری و لانه زنبوری در این فراکسیون. طول عکس ۳۴۰ میکرون است. بخشی از یک دانه کالکوپیریت آزاد نیز در عکس چپ دیده می شود.



عکس ۸- نمایی از بافت باقیمانده کالکوپیریت در این فراکسیون. که از اطراف به کانی های اکسیدی آهن ثانویه (گوتیت) تبدیل شده است. طول عکس ۳۴۰ میکرون است.

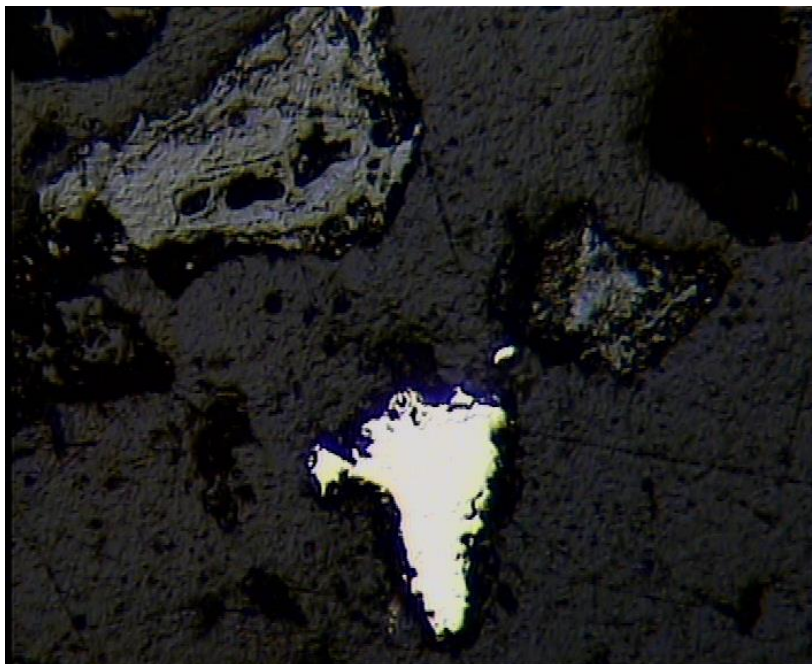
#### ۷- فراکسیون دانه بندی ۲۰۰-۱۰۰ مش به شماره نمونه 871-S1-7

درجه آزادی در این فراکسیون حدود ۳۷ درصد برای کانی های اکسیدی آهن برآورد می شود. بنابراین در این فراکسیون نیز درجه آزادی برای کانی های اکسیدی آهن پائین است.

از مجموع ۴ دانه کالکوپیریت که در طی بررسی درجه آزادی اکسیدهای آبدار آهن در این این فراکسیون مشاهده شد، ۳ دانه آزاد کالکوپیریت و یک دانه درگیر دیده می شود. بنابراین درجه آزادی این فراکسیون برای دانه های کالکوپیریت بسیار بالا و در حدود ۷۵ درصد برآورد می شود.

درجه آزادی برای کانی پیریت در طی این بررسی ۸۰ درصد است. به عبارت دیگر از مجموع ۵ دانه پیریت ۴ دانه آزاد است.





عکس ۹- نمایی از پیریت آزاد در کنار دو دانه گوتیت نسبتاً آزاد در این فراکسیون. طول عکس ۹۰۰ میکرون است.

#### ۸- فراکسیون دانه بندی ۲۰۰-۴۰۰ مش به شماره نمونه 8-S1-871

ابعاد دانه‌ها در این فراکسیون بسیار ریز و در محدوده ۳۷ تا ۷۴ میکرون است. اغلب دانه‌ها در این فراکسیون از گانگ تشکیل شده است. به مقدار کم دانه‌های کانی اکسیدی ثانویه نیز در این فراکسیون قابل مشاهده می باشد. پیریت مانند فراکسیون‌های قبلی اغلب به صورت تیغه‌ای نازک است که اغلب آن‌ها آزاد می باشد.

درجه آزادی دانه‌ها برای اکسیدهای آبدار آهن در این فراکسیون حدود ۵۰ درصد برآورد می

شود.



## د- مطالعه میکروسکوپی محصولات میز

تعداد ۵ عدد مقطع صیقلی از محصول میز پس از کانه آرایه اولیه توسط یک دستگاه

میکروسکوپ پلاریزه دو منظوره MEIJI به شرح زیر مورد مطالعه قرار گرفت:

### ۱- محصول میز به شماره نمونه 871-T1

درجه آزادی در این فراکسیون برای اکسیدهای آبدار آهن حدود ۴۱ درصد است. از مجموع

۸۷ دانه حاوی اکسیدهای آهن ۲۶ دانه آزاد، ۷ دانه با عیار کمتر از ۱۰ درصد اکسیدهای آهن آبدار و

۶۰ دانه حاوی بیش از ۱۰ درصد کانه آهن مشاهده شد.

درجه آزادی برای کانی پیریت با وجود ۴ دانه آزاد و یک دانه درگیر همچنان در حدود ۸۰

درصد برآورد می شود.

از مجموع ۸ دانه حاوی کالکوپیریت که در طی این بررسی دیده شد، ۷ دانه آزاد و فقط یک

دانه درگیر با گانگ است. بنابراین درجه آزادی این محصول برای کالکوپیریت حدود ۸۸ درصد

برآورد می شود.

### ۲- محصول میز به شماره نمونه 871-T2

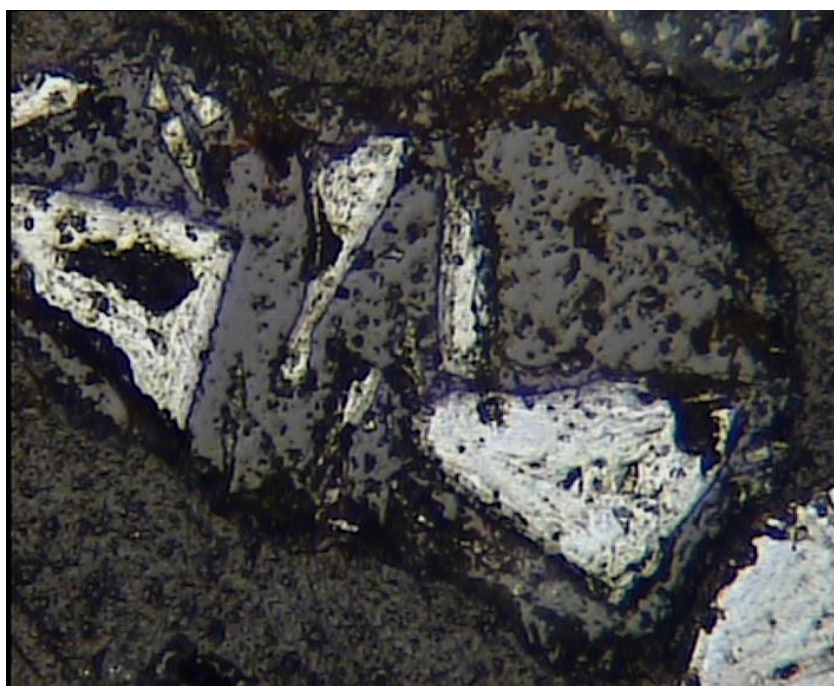
درجه آزادی در این فراکسیون برای اکسیدهای آبدار آهن نیز با محصول قبلی تقریباً یکسان و

حدوداً ۴۳ درصد است. به عبارت دیگر از مجموع ۱۰۷ دانه حاوی اکسیدهای آهن ۴۶ دانه آزاد، ۷

دانه با عیار کمتر از ۱۰ درصد اکسیدهای آهن آبدار و ۵۴ دانه حاوی بیش از ۱۰ درصد کانه آهن است

(عکس ۹).

درجه آزادی برای کانی پیریت بیش از ۹۰ درصد برآورد می شود. از مجموع ۱۱ دانه حاوی کالکوپیریت که در طی این بررسی دیده شد، ۷ دانه آزاد و ۴ دانه درگیر با گانگ است (درگیری اغلب دو طرفه). بنابراین درجه آزادی این محصول برای کالکوپیریت حدود ۶۴ درصد برآورد می شود. ابعاد دانه های کالکوپیریت در محدوده ۵۰ تا ۴۵۰ میکرون است.



عکس ۹- درگیری کانی های اکسیدی آبدار آهن با گانگ در این فراکسیون. طول عکس ۳۴۰ میکرون است.

### ۳- محصول میز به شماره نمونه 871-T3

درجه آزادی در این فراکسیون برای اکسیدهای آبدار آهن برابر حدود ۳۳ درصد است. به عبارت دیگر از مجموع ۸۹ دانه حاوی اکسیدهای آهن ۲۹ دانه آزاد، ۲ دانه با عیار کمتر از ۱۰ درصد اکسیدهای آهن آبدار و ۵۸ دانه حاوی بیش از ۱۰ درصد کانه آهن است. در این محصول دانه ها درگیری بیشتری با گانگ نسبت به محصولات قبلی نشان می دهد.

درجه آزادی برای کانی پیریت با ابعاد ریز در محدوده کمتر از ۱۰۰ میکرون بیش از ۹۰ درصد برآورد می شود. مقدار آن همچنان بسیار کمتر از کالکوپیریت است. از مجموع ۱۰ دانه حاوی کالکوپیریت که در طی این بررسی دیده شد، ۷ دانه آزاد و ۳ دانه درگیر با گانگ است (درگیری اغلب دو طرفه). بنابراین درجه آزادی این محصول برای کالکوپیریت حدود ۷۰ درصد برآورد می شود. ابعاد دانه های کالکوپیریت در محدوده ۴۵ تا ۳۵۰ میکرون است.

#### ۴- محصول میز به شماره نمونه 871-T4

درجه آزادی در این فراکسیون برای اکسیدهای آبدار آهن حدوداً ۲۴ درصد است. به عبارت دیگر از مجموع ۵۵ دانه حاوی اکسیدهای آهن ۱۳ دانه آزاد، ۴ دانه با عیار کمتر از ۱۰ درصد اکسیدهای آهن آبدار و ۳۸ دانه حاوی بیش از ۱۰ درصد کانه آهن است.

درجه آزادی برای کانی پیریت با ابعاد ریز در محدوده کمتر از ۱۰۰ میکرون بیش از ۹۰ درصد برآورد می شود. مقدار آن همچنان بسیار کمتر از کالکوپیریت است. از مجموع ۷ دانه حاوی کالکوپیریت که در طی این بررسی دیده شد، ۶ دانه آزاد و ۱ دانه درگیر با گانگ است (درگیری اغلب دو طرفه). بنابراین درجه آزادی این محصول برای کالکوپیریت حدود ۸۶ درصد برآورد می شود. ابعاد دانه های کالکوپیریت در محدوده ۴۵ تا ۵۰۰ میکرون است.

#### ۵- محصول میز به شماره نمونه 871-T5

درجه آزادی در این فراکسیون برای اکسیدهای آبدار آهن برابر حدوداً ۴۳ درصد است. به عبارت دیگر از مجموع ۹۹ دانه حاوی اکسیدهای آهن ۴۳ دانه آزاد، ۳ دانه با عیار کمتر از ۱۰ درصد اکسیدهای آهن آبدار و ۵۳ دانه حاوی بیش از ۱۰ درصد کانه آهن است.

درجه آزادی برای کانی پیریت با ابعاد تا ۶۰۰ میکرون بیش از ۹۰ درصد برآورد می شود. مقدار آن همچنان بسیار کمتر از کالکوپیریت است. از مجموع ۲۰ دانه حاوی کالکوپیریت که در طی این بررسی دیده شد، ۱۷ دانه آزاد و ۲ دانه درگیر با گانگ است (درگیری اغلب دو طرفه). بنابراین درجه آزادی این محصول برای کالکوپیریت حدود ۸۹ درصد برآورد می شود. ابعاد دانه های کالکوپیریت در محدوده ۴۵ تا ۳۵۰ میکرون است.

### نتایج

کانسار زرلی دره بخشی از یک منطقه معدنی طلا دار است که طبق گزارش های قبلی طلا عمدتاً در رگه های کوارتز با بافت لانه زنبوری تجمع یافته است. میزبان کانی سازی طلا یک سنگ کاملاً آلتره کوارتز-سریستی است که به نظر می رسد حاصل آلتراسیون شدید سریستی و کوارتز سنگ اولیه کوارتز مونزونیتی به سن الیگومیوسن است که بخش های آن در جنوب روستای انیق برونزد دارد.

ابعاد دانه های کوارتز از کمتر از ۱۰ میکرون تا ۱/۵ میلیمتر تغییر می کند. فراوانی سریست که به صورت بلورهایی در ابعاد ۱۰ تا ۳۰ میکرون دیده می شود، در بعضی از قسمت های مقطع نازک مورد مطالعه به بیش از ۵۰ درصد می رسد.

کانی های عمده فلزی تشکیل دهنده اساساً انواع مختلف اکسیدهای آبدار آهن است که به صورت لکه های بی شکلی در ابعاد ۱۰ میکرون تا ۲/۵ میلیمتر دیده می شود. با توجه به بافت های باقیمانده از کانی اولیه کالکوپیریت در مقاطع مشاهده شده به نظر می رسد کانی های ثانویه آهن به خرج کانی های سولفیدی مس و یا آهن-مس تشکیل شده است. مقدار فراوانی کالکوپیریت نسبت به پیریت بیشتر و ابعاد دانه های آن نیز بزرگتر است. کانی های اکسیدی آبدار آهن اغلب بافتی لانه

زنبوری و خوشه انگوری دارند. درجه آزادی اکسیدهای آبدار آهن در تمام فراکسیون ها بسیار کم و در محدوده کمتر از ۲۰ درصد تا ۳۷ درصد تغییر می کند.

پیریت شامل عمدتاً بلورهای بسیار ریز بی شکل و استخوانی است ولی ابعاد آن ها از ۱۰۰ میکرون تا ۸۰۰ میکرون تغییر می کند. ابعاد کالکوپیریت که به صورت دانه های آزاد و درگیر با اکسیدهای ثانویه آهن دیده می شود، اغلب در محدوده ۴۵ تا ۵۰۰ میکرون است.

درجه آزادی پیریت در فراکسیون های دانه بندی ریز اغلب بیش از ۸۵ درصد است. درجه آزادی دانه های کالکوپیریت در این فراکسیون های ریز نیز در محدوده تا ۷۵ درصد تخمین زده می شود..

رئیس گروه فرآوری مواد معدنی  
دکتر سید عباس فاضلی