

## مطالعات زمین شناسی اقتصادی و آلتراسیون کانسار کیقال

لیلا مریخی شهریور<sup>۱</sup>، دکتر ایرج رسا<sup>۲</sup>، دکتر منصور وثوقی عابدینی<sup>۳</sup>، مهندس شهره حسن پور<sup>۴</sup> و احسان حاج ملاعلی<sup>۵</sup>

### چکیده

در این مطالعه که با هدف اکتشافی صورت گرفته است، سعی شده معیارهای موثر در شناخت کانی سازی با استفاده از ابزارهای مطالعاتی و با در نظر گرفتن روشهای نوین مشخص گردد تا بتوان از آنها در شناسایی پتانسیل های معدنی استفاده کرد. مطالعات حاضر انجام مطالعات زمین شناسی، تهیه نقشه زمین شناسی و آلتراسیون در منطقه شمال و شمال غرب اهر در محدوده کیقال به وسعت ۱۲ کیلومتر مربع و در مقیاس ۱:۵۰۰۰ می باشد. واحد های لیتولوژیکی منطقه شامل سنگهای آذرین ولکانیکی و ساب ولکانیکی می باشند که در زمانهای ائوسن تا کواترنر تشکیل شده اند که شامل توف، آندزیت، آگلومرا و تراکی بازالت و نفوذی های گرانودیوریت و مونزودیوریت پورفیری که بیشتر ماهیت ساب ولکانیکی دارند، و گدازه ها و گنبد های آتشفشانی بازیک پلیو کواترنر با ترکیب بازالتی تا آندزیتی می باشد. آلتراسیون در منطقه در ارتباط با فعالیت سیالات هیدروترمال ناشی از نفوذ سنگهای ساب ولکانیک الیگوسن با ترکیب گرانودیوریت در شمال شرق و مونزونیتی، داسیتی و ریولیتی در غرب محدوده و دایکهای فراوان رخ داده است که شمال شرق کیقال از نظر کانه زائی مهمترین بخش محدوده مورد مطالعه محسوب می شود این دگرسانی ها شامل پروپیلیتیک، آرژیلیک، آرژیلیک پیشرفته، فلیک و پتاسیک است که وجود منطقه بندی مشابه با سیستمهای پورفیری در آلتراسیون های منطقه و حضور کانی زائی مس بصورت استوک ورک در زون پتاسیک این آلتراسیون ها از شواهد امیدوار کننده ای است که احتمال حضور سیستم پورفیری را در این بخش قوت می بخشد. کلید واژه ها: کیقال، آلتراسیون، آنالیز، مقیاس و پتروگرافی، مینرالوگرافی.

## Study of economic geology and alteration of Kighal deposit

Leila Merikhi-Shahrivar, Dr. Iraj Rasa, Dr. Mansour Vosoughi, Shohreh Hasanpour and Ehsan Haj- Molaali

### Abstract

In this research which is done for the purpose of exploration, we try to specify the effective criteria in knowing the mineralogy by using study tools and new methods in order to use them for identifying the mineral potentials.

Present studies are geology studies and preparing geology and alteration map in north and north-west of Ahar in Kighal area with an area of 12 km<sup>2</sup> and a scale of 1:5000.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۳- عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی

۴- دانش آموخته دکترای زمین شناسی اقتصادی دانشگاه شهید بهشتی

۵- دانش آموخته کارشناسی ارشد اکتشاف معدن دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

The lithologic units of area are igneous volcanic and sub-volcanic rocks which have been formed in eocene to quaternary periods that included andesit, tuff, agglomerate, tracy-basalt and intrusive rocks of porphyritic granodiorite and porphyritic monzodiorite with nature of sub-volcanic, and lavas and basic volcano domes of plio-quaternary with compositions of basalt and andesite.

Alteration in this area are related to activity of hydrothermal fluids resulting from intrusion of oligocene sub-volcanic rocks with composition of granodiorite in north-east and monzonite, dacite and riolite in west of area and numerous dikes have been occurred that north-eastern part of Kighal is considered as the most important restricted area from the view point of mineralization. This alteration is included propylitic, argilic, advance argilic, serisitic and potasic that have same zoning with porphyritic systems in the area's alterations and the presence of mineral creation of ore copper as stockwork in potasic zone in these alterations are helpful evidence which are vigorated the probability of the presence of porphyritic system in this area.

**Keywords:** Kighal, Alteration, Analysis, Scale, Petrology, Mineralogy.

مقیاس ۱:۵۰۰۰ براساس عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای و همچنین کنترل های زمینی تهیه شد. لازم به ذکر است که این نقشه بانگرس ویژه بر روی آلتراسیون های تیپیک کانسارهای پورفیری و به تفکیک واحدهای پلوتونیک تهیه گردیده است در مرحله سوم، نتایج نمونه های پتروگرافی، کانی شناسی و مقاطع صیقلی و به منظور شناسایی هرچه دقیق تر ژنز کانسار بررسی شد و نهایتاً کلیه داده های زمین شناسی، زمین شناسی اقتصادی، دگرسانی، با یکدیگر تلفیق و مطالعات مورد ارزیابی قرار گرفت و پیشنهادات لازم به منظور ادامه کار ارائه گردید.

#### ناحیه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه بخشی از ورقه یکصد هزارم ورزقان است که میان طولهای جغرافیایی "۳۳، ۴۱، ۴۶" تا "۰۲، ۴۴، ۴۶" و عرضهای جغرافیایی "۳۶، ۵۶، ۳۸" تا "۳۲، ۳۸، ۳۸" واقع شده است. که بخشی از کوههای قره-داغ و ارسباران را شامل می شود (نبوی ۱۳۵۵).

#### جهت دسترسی به محدوده از طریق جاده آسفالتی

اگر بعد از طی ۴۲ کیلومتر به سمت غرب به شهر ورزقان رسیده که از ورزقان پس از طی حدود ۱۲ کیلومتر و عبور از روستاهای گویچه سلطان و بکرآباد به

#### مقدمه:

در راستای اهداف اکتشافی، شرکت ملی صنایع مس ایران بخشی از منطقه کيقال را به عنوان یک منطقه از زونهای با پتانسیل مس ایران انتخاب و مطالعات گسترده ای را در زمینه اکتشافات ژئوشیمیایی و زمین شناسی اقتصادی صورت داده که در این مقاله نتایج حاصل از آن به همراه سایر اطلاعات موجود در جهت شناسایی مناطق با اهمیت عنصر مس بهره گرفته شد.

از محدوده کيقال تعداد ۱۰۶ نمونه برای مطالعات مختلف گرفته شد که به ترتیب عبارتند از: ۳۶ نمونه جهت آنالیز ICP، ۳۴ نمونه جهت مطالعات پتروگرافی، ۱۷ نمونه جهت مطالعات مینرالوگرافی و ۱۸ نمونه جهت آنالیز XRD به منظور تعیین کانیها (عمدتاً برای کانیهای دگرسان) برداشت شد.

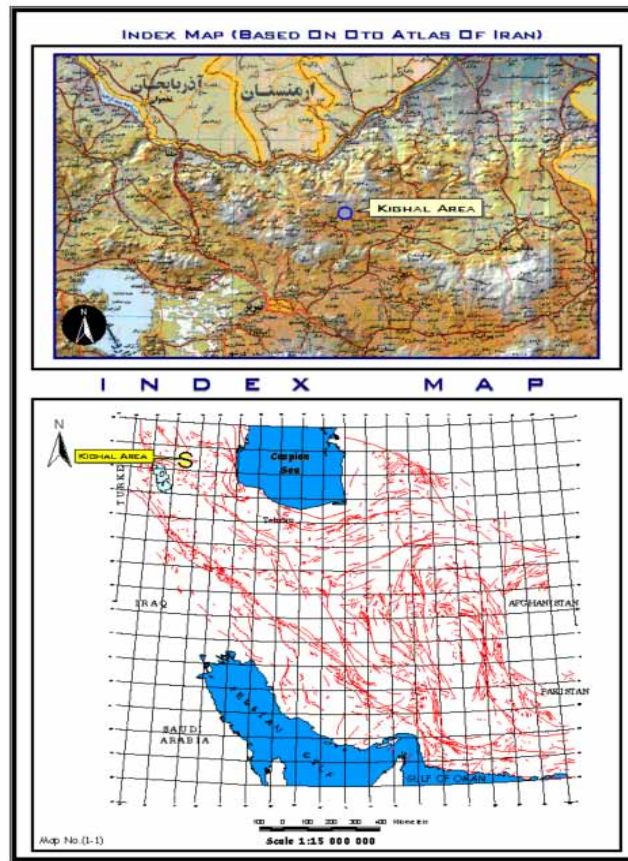
#### شیوه مطالعات

این پروژه در چند مرحله کلی انجام پذیرفته است. در گام نخست اقدام به جمع بندی اطلاعات پیشین و دانسته های گذشته گردید و از یکسو بر اساس این مطالعات و از سوی دیگر بر پایه شواهدی که حکایت از پتانسیل احتمالی کانی سازی مس پورفیری در منطقه داشت، استراتژی و شیوه مطالعات طراحی گردید. بطوریکه در مرحله دوم نقشه زمین شناسی - دگرسانی منطقه در

اواخر فروردین (حدود ۵ ماه از سال) منطقه معمولا از برف پوشیده می شود که در بعضی مواقع ارتفاع برف به یک متر هم می رسد بطوریکه امکان دسترسی به منطقه در ماههای دی و بهمن خیلی سخت می شود.

روستای لیلی خانه رسیده و پس از طی مسافت ۱/۵ کیلومتر در جهت شمال به محدوده کیقال میرسیم (شکل ۱).

محدوده مورد مطالعه بخشی از استان آذربایجان شرقی بوده و آب و هوای آن نسبتا سرد است. از اوایل آذر تا



شکل ۱: راههای دسترسی به محدوده مورد مطالعه و موقعیت آن بر روی نقشه ایران

کوچکتری باشند، تفکیک کانیها و عوارض بهتر انجام خواهد شد.

برای محدوده مورد مطالعه تصاویر لندست ۷ مربوط به سنجنده  $ETM^+$  مورد بررسی و پردازش قرار گرفت (اشکال ۲ و ۳ . ۴).

با مطالعه و بررسی تصاویر ماهواره ای لندست مشاهده می گردد که محدوده مورد مطالعه یکی از سیماهای دگرسانی مشخص و واضح در کمربند متالوژنی زون ارسباران می باشد. این موضوع با بررسی تصاویر رنگی از ترکیب باندهی  $ETM^+ RGB, 531$  (شکل ۲) و یا  $ETM^+ RGB, 742$  (شکل ۳) حاصل می شود.

## مطالعه تصاویر ماهواره ای

بررسی تصاویر ماهواره ای از چند جهت اهمیت دارد، یکی از این نظر که دید کلی از ناحیه به دست می دهد و سیماهای ناحیه ای به خوبی در آن مشخص می شود که این ویژگی به خصوص از نظر بررسی تکتونیک ناحیه ای حائز اهمیت است. از جنبه دیگر خصوصیت چند باندهی و ایجاد تصاویر رنگی برای تشخیص واحدها و عوارض بسیار مهم می باشد. علاوه براین، ویژگی خاص طیفی برخی کانیها (بطور مثال رس ها و اکسیدهای آهن) امکان تفکیک آنها را در تصاویر ماهواره ای ایجاد می کند در تصاویر چند باندهی هرچه باندها مربوط به رنج طیفی

### زمین شناسی ناحیه مورد مطالعه

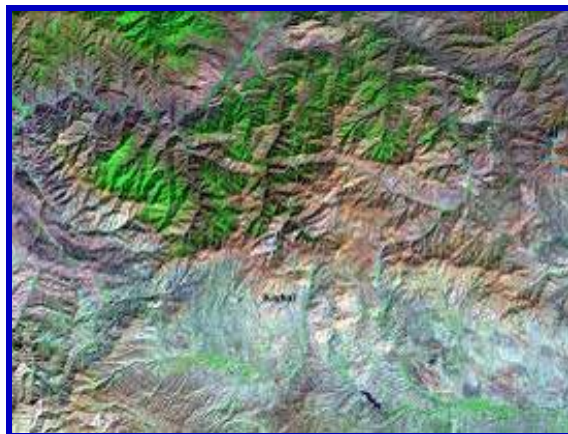
با توجه مطالعات صحرایی و نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ کیقال (شکل ۵) کالبد پیکره کیقال بیشتر از سنگهای ولکانیک آندزیتی و لایتیتی و توف اسیدی تشکیل شده که پی سنگ منطقه مورد مطالعه می باشد (شکل ۶) و با یک وقفه زمانی و فعالیت ماگمایی الیگوسن، سنگهای آتشفشانی با ترکیب تراکی آندزیت، توف، آگلومرا، تراکی بازالت و ریولیت ظاهر شده است (شکل ۷) و پس از مدتی تغییر ماهیت داده به سنگهای نفوذی تبدیل می گردد، که متشکل از گرانودیوریت و مونزودیوریت پورفیری می باشد (شکل ۸) که بیشتر ماهیت ساب ولکانیکی دارند و پس از یک دوره آرامش کوتاه در منطقه از میوسن فعالیت های ماگمایی مجدداً آغاز شده بطوریکه در پلیوکواترن گدازه ها و گندهای آتشفشانی بازیک به صورت محدود تشکیل میشود در محدوده مورد نظر سیستم های گسله عمدتاً باروندهای شمال غرب - جنوب شرق و بعضاً شمال شرق - جنوب غرب میباشد. همچنین اکثر مرزهای بین واحدهای سنگی مختلف گسله می باشد. چهار دسته گسل اصلی در محدوده کیقال شناسایی شده که سه دسته آن با روندهای N60W-N25W، S80W-N70W و S70W-S25W دارای فعالیت کششی بوده و عامل ایجاد زونهای ضعیف شده و سپس نفوذ دایکها در شکستگی ها شده اند و دسته چهارم با روند شمالی - جنوبی احتمالاً بقایای گسلهای قدیمی هستند (شکل ۹).

### دگرسانی منطقه مورد مطالعه

در محدوده اکتشافی کیقال از مطالعه نوع هاله های دگرسانی، شکل گسترش و منطقه بندی مشاهده شده و سطح فرسایش موجود در هاله های دگرسان آنها جهت شناسایی مناطق مشکوک به کانه زایی مرتبط با سیستم پورفیری کمک گرفته شده است. (شکل ۱۰)

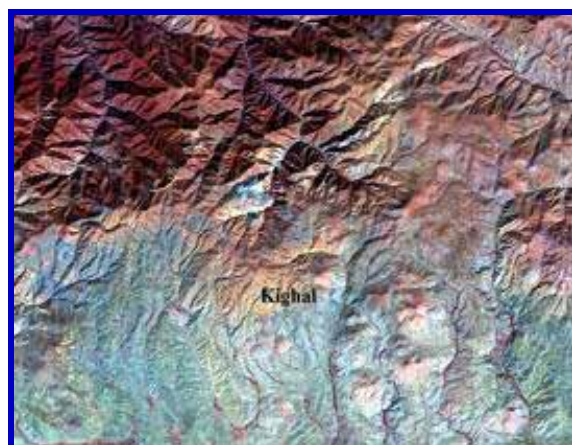
در این محدوده نفوذ توده های ساب ولکانیک و متعاقباً دایکهای وابسته به آنها همراه با خردشدگی شدید منطقه باعث تسهیل گردش سیالات گرمایی شده است. نفوذ

پردازش تصاویر ماهواره ای لندست که توسط نگارندگان انجام شد نشان می دهد، وجود کانی های رسی و اکسیدهای آهن گسترش خوبی در محدوده دارند (شکل ۴) و حتی ساخت منطقه ای نیز بوضوح در این تصاویر قابل مشاهده می باشد.



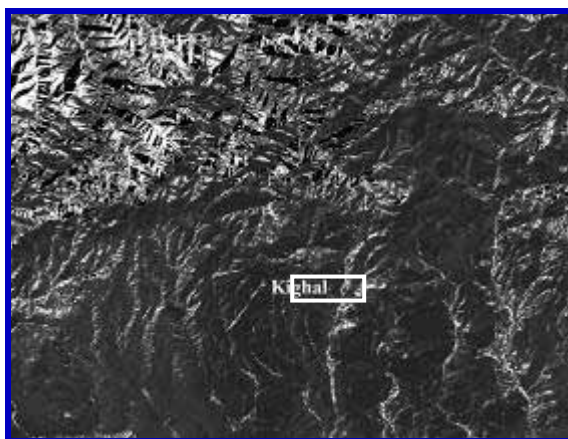
شکل ۲- تصویر رنگی مجازی با ترکیب باندی

$$R=۷, G=۴, B=۲$$



شکل ۳: تصویر رنگی مجازی با ترکیب باندی

$$R=۵, G=۳, B=۱$$



شکل ۴: تصویر رنگی مجازی (Clay ration) MMI

آرژلیک پیشرفته، حضور استثنائی زون پتاسیک و وجود کانه کالکوپیریت در دو نمونه از مقاطع صیقلی این محدوده نشاندهنده احتمال وجود سیستم پورفیری در اعماق بسیار پائین در این بخش از محدوده مورد مطالعه است که جهت دسترسی به آن باید تا اعماق قابل توجهی حفاری انجام شود.

گنبدی بودن اطراف تپه کان در غرب محدوده مورد مطالعه به اضافه آبراهه‌های نیمه‌حلقوی در شرق، و غرب این محل و همچنین وجود دایکهای ریولیتی با روندهای متفاوت، احتمال وجود ساختار حلقوی با طول و عرض ۱×۱ کیلومتر را در اطراف تپه کان قوت می‌بخشد. در بخش باختری، وجود شواهدی مانند حضور آلتراسیونهای منطبق بر واحدهای ساب‌ولکانیکی  $O^d$  و  $O^f$  با ساخت استوک‌ورک و کانی‌زایی‌های قابل توجه (بر اساس نتایج آنالیز با روش ME-ICP61 نمونه‌های برداشت شده)، نشاندهنده پتانسیل کانی‌زایی در این محل است. مقادیر بالای عناصر دما پائین مانند سرب، روی و آنتیموان و همبستگی این عناصر با مس و آلتراسیونهای موجود، مؤید کانی‌سازی تیپ اپی‌ترمال مرتبط با پورفیری احتمالی در این بخش می‌باشد. در بخش باختری دگرسانی‌های ذکر شده به جز پتاسیک دیده شده است و با توجه به شواهدی از قبیل پاراژنز عناصر دما پائین با مس و آلتراسیون آرژلیک پیشرفته می‌توان انتظار کانی‌زایی در زونهای سلیسی را داشت، حضور آاناتاز و آلونیت در اطراف این کانی‌سازیه‌ها حاکی از سولفیداسیون بالا و احتمال کانی‌سازی تیپ اپی‌ترمال در این بخش است که معمولاً در بالای سیستم‌های مس پورفیری تشکیل میشود.

مطالعه مقاطع نازک نمونه‌های پتروگرافی برداشت شده (KG-308,304) (شکل ۱۲ و ۱۳) از شمال خاوری و مرکز محدوده با کانیهای ثانویه اپیدوت - کلریت و کلسیت دگرسانی پروپیلیتیکی را نشان میدهد. در بخش باختری، این دگرسانی ارتباط مکانی مشخصی با نفوذ دایکها و توده‌های مونزونیتی داشته و بیش از آنکه دارای منطقه‌بندی با دگرسانیهای دیگر باشد از روند دایکهای

پی‌درپی در استوکها و دایکها داخل یکدیگر، شکل و نوع آلتراسیونهای اولیه محدوده را شدیداً تحت تأثیر قرار داده و در صورتیکه تأثیر زونهای گسله را نیز در نظر بگیریم، معلوم می‌شود که در محدوده وضعیت کاملاً پیچیده‌ای حاکم است بطوریکه برقراری ارتباط بین آلتراسیونها، منطقه‌بندی آنها و رابطه آنها با توده‌های ساب‌ولکانیکی و نفوذی را بسیار مشکل نموده است. علاوه بر آن تأثیر سیالات جوی در تشکیل آلتراسیونهای ثانویه نیز مزید بر علت شده است. بنابراین در این بخش به مواردی که بیشترین احتمال حضور کانی‌زایی پورفیری در آنها می‌رود، اشاره می‌گردد.

دگرسانی در منطقه در ارتباط با فعالیت سیالات هیدروترمال ناشی از نفوذ سنگهای ساب‌ولکانیک الیگوسن با ترکیب گرانودیوریت در شمال شرق و مونزونیتی و داسیتی و ریولیتی در غرب محدوده و دایکهای فراوان رخ داده است که شمال شرق کیکال از نظر کانه‌زایی مهمترین بخش محدوده مورد مطالعه محسوب می‌شود دگرسانی‌های شمال شرق شامل پروپیلیتیکی، آرژلیک، آرژلیک پیشرفته، فیلیک و پتاسیک است (شکل ۱۱) وجود منطقه بندی مشابه با سیستم‌های پورفیری در آلتراسیون‌های منطقه و حضور کانی‌زایی مس بصورت استوک‌ورک در زون پتاسیک این آلتراسیون‌ها از شواهد امیدوارکننده‌ای است که احتمال حضور سیستم پورفیری را در این بخش قوت می‌بخشد.

در بخش مرکزی محدوده مورد مطالعه وضعیت واحدهای ساب‌ولکانیک و ارتباط آنها با آلتراسیون کاملاً مشخص نیست، با این حال بدلیل مشابهت با محیط نفوذی و ساختاری شمال شرق کیکال احتمالاً آلتراسیونها و کانی‌سازیهای آن با مدل پورفیری ناشی از نفوذ واحد گرانودیوریت پورفیری قابل مقایسه است. بنابراین احتمال حضور یک استوک کوچک با طول ۲/۳ کیلومتر و عرض حدود یک کیلومتر در زیر و اطراف واحد Md (میکرو گرانودیوریت) وجود دارد. شواهدی مانند حجم بالای آلتراسیون سلیسی و فیلیک همراه با آلتراسیون آرژلیک و

دگرسانی است. در شکل ۱۶ تبدیل پیریت به هیدروکسیدهای آهن نمایان است و در این مقطع آثاری از دگرسانی پتاسیک به صورت رگه های سیلیس و آلکالی فلدسپار دیده می شود که نشان از حمله فیلیک به پتاسیک است.

وسعت دگرسانی پتاسیک در محدوده مرکزی بسیار کوچک (مجموعاً کمتر از ۲۰۰ مترمربع)، و در شمال شرق محدوده بسیار گسترده می باشد. کانیهای اصلی تشکیل شده در این زون عبارت است از بیوتیت ثانویه، ارتوز و سریسیت که بیوتیتهای آن در حال تجزیه شدن به سریسیت می باشند.

مطالعه پتروگرافی نمونه های برداشت شده از این بخش، خصوصاً نمونه های KGBT-275-313 (اشکال ۱۷ و ۱۸) نیز دگرسانی پتاسیک را تایید می کند که در تمام مقاطع این دگرسانی، بیوتیت های نئوفرمه که در حال تبدیل شدن به کلریت می باشند، رگه و رگچه هایی که توسط کوارتز پر شده اند، بیوتیت های اولیه که روتیل آزاد کرده اند و پاره ای از کانیهای اپاک سنگ که به هیدروکسیدهای آهن تبدیل شده اند مشاهده می شود. در واقع این نمونه ها تحت تاثیر دو تیپ دگرسانی قرار گرفته اند زیرا. به سمت حاشیه های این زون دگرسانی فیلیک با جانشینی بخشی سریسیت به جای بیوتیت های اولیه و ثانویه سنگ بتدریج آغاز می شود. مراحل آغازین این دگرسانی را به عنوان حدواسط فیلیک - پتاسیک تعریف می کنند.

مونزونیتی پیروی می کنند.

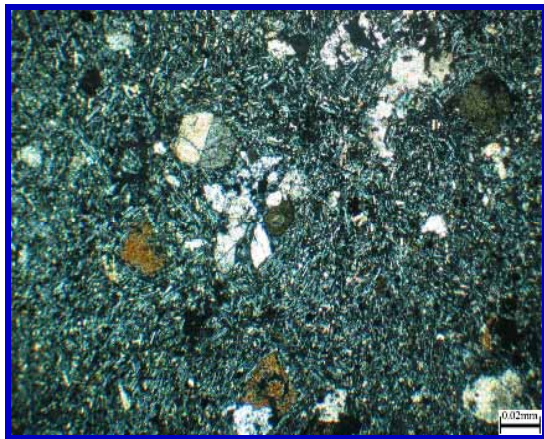
نتایج XRD نمونه های اخذ شده از دگرسانیهای آرژیلیک و آرژیلیک پیشرفته در بخش باختری و شمال خاوری و مرکز محدوده مورد مطالعه (KGBD295- (جدول ۱) نمایانگر (249-267-274-268-361-368) حضور کانیهای مونت موریلونیت در فاز غرعی و کوارتز، موسکویت، ایلیت، آلبیت، کلسیت و کلریت در فاز اصلی می باشد که حضور ژاروسیت و پیریت در فاز فرعی نمونه های ۲۴۹ و ۲۶۷ دگرسانی آرژیلیک پیشرفته را تصویب میکند که دارای رابطه مکانی با دایکها و توده های ساب ولکانیکی ریولیتی است. از مشخصه های اصلی دگرسانی آرژیلیک پیشرفته در این نواحی، شدت بالای سیلیسی شدن نسبت به آرژیلی شدن است. و آلتراسیون آرژیلیک بیشتر دارای ارتباط مکانی با دگرسانی آرژیلیک پیشرفته، رگه ها و زونهای سیلیسی می باشد. مطالعه مقاطع نازک نمونه های پتروگرافی برداشت شده (KG-010) (شکل ۱۴) در شمال خاوری محدوده با کانی های کلریت، آلونیت، کواتز، کانی های، رسی تائید کننده دگرسانی آرژیلیک می باشد.

دگرسانی فیلیک در بخش بزرگی از شمال شرقی کیقال، باختر کوه قلعه داغی و مرکز محدوده گسترش دارد که در بخش باختری با کانه زایی های پیریت، اسفالریت، گالن، کالکوپیریت و کوارتز به صورت استوک ورک همراه است و توسط دگرسانیهای آرژیلیک و آرژیلیک پیشرفته محصور می شود. و غالباً در حاشیه تماس دایکهای مونزونیتی با توفهای سبزرنگ ایجاد شده است.

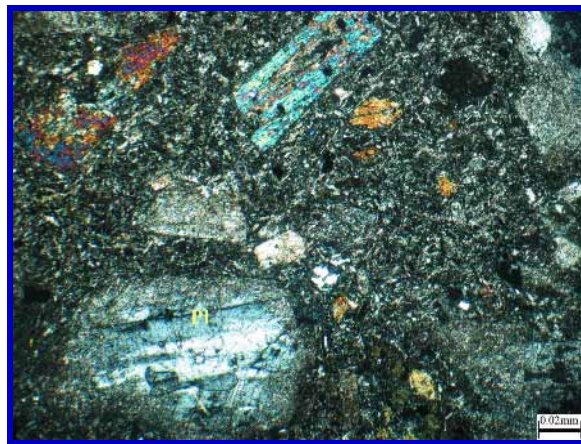
نتایج تجزیه کانی شناسی به روش XRD به شماره های KGBD355-290-293-287 (جدول ۱) نمایانگر حضور کانیهای کوارتز - پیریت - سریسیت - کانیهای رسی و آلبیت می باشد.

مطالعه پتروگرافی نمونه های برداشت شده از این بخش خصوصاً نمونه KG02 (شکل ۱۵) از شمال شرق و KG-08 (شکل ۱۶) از مرکز محدوده نمایانگر حضور این

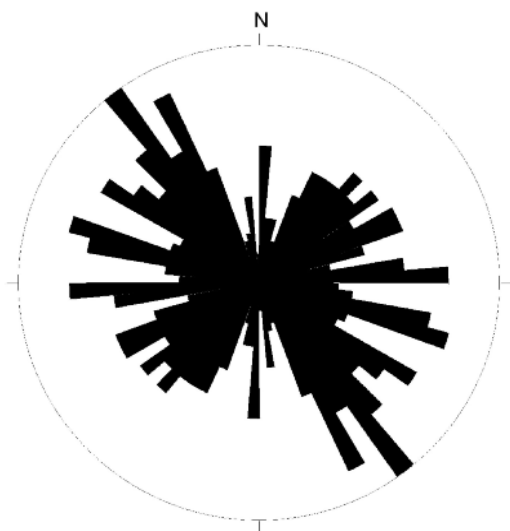




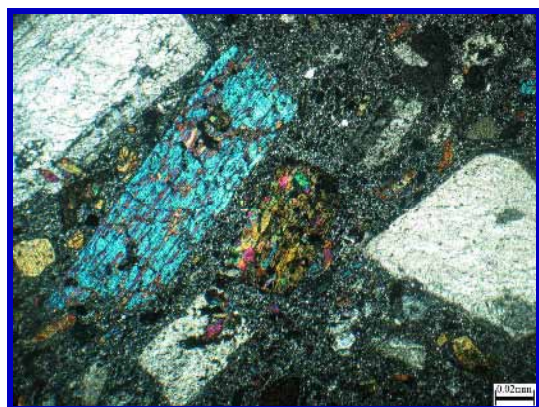
شکل ۷: درشت بلورهای پلاژیوکلاز پیروکسن در زمینه میکرولیتی سنگ بازالت دیده میشود بافت جریانیه در این مقطع نیز مشهود است (2.5×10)XPL



شکل ۶: کانی های فرو منیزین و پلاژیو کلاز در واحد لاتیت آندزیت در زمینه میکرولیتی (2.5×10)XPL



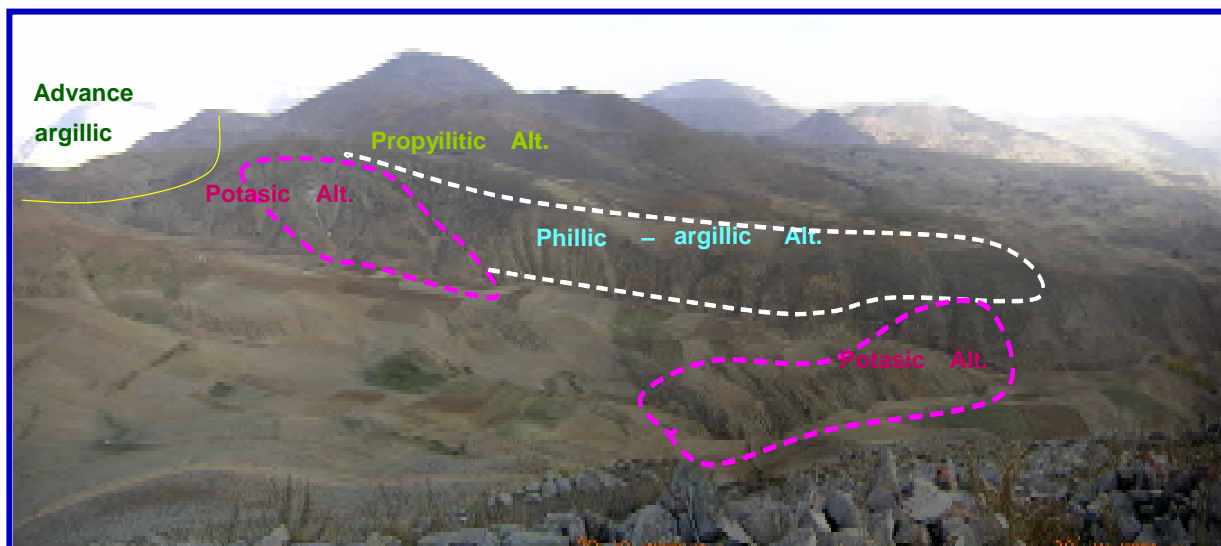
شکل ۹: زردیagram روند گسلهای برداشت شده در نقشه ۱:۵۰۰۰ کیقال



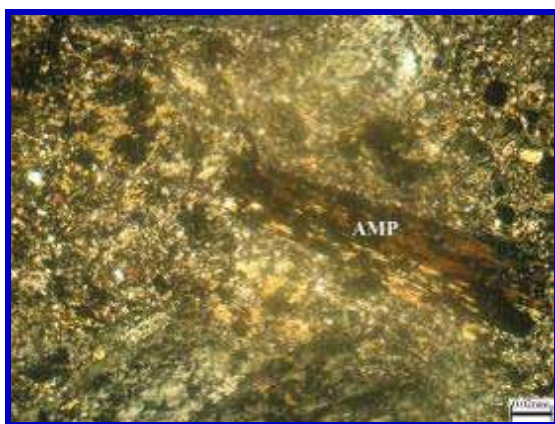
شکل ۸: زمینه میکروگرانولار حاوی بلورهای ریز و بی شکل کوارتز و فلدسپار و بلورهای درشت پلاژیوکلاز با ساختمان منطقه‌ای، آلکالی فلدسپار، کوارتز، هورنبلند و بیوتیت در سنگ گرانودیوریت پورفیری (2.5×10)XPL



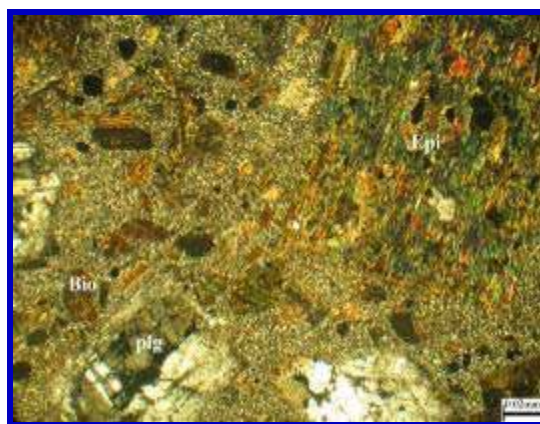




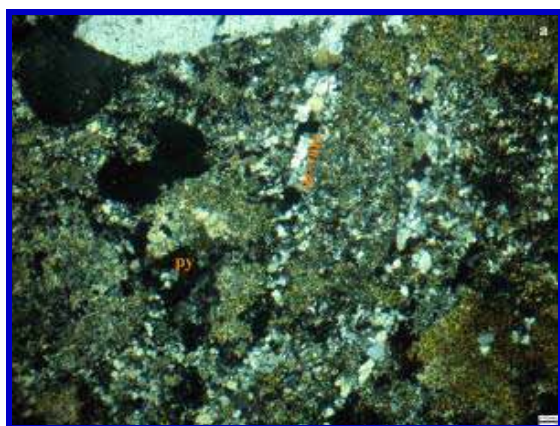
شکل ۱۱: پراکنده‌گی هاله‌های دگرسانی در حاشیه رودخانه جیجرچای (دید به سمت شرق)



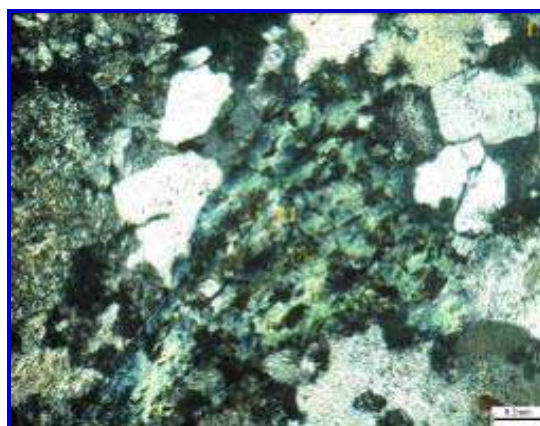
شکل ۱۳: زمینه میکروگرانولار حاوی بلورهای ریز و بی شکل کوارتز و فلدسپار بلورهای درشت پلاژیوکلاز، آلکالی فلدسپار (به میزان کم) و آمفیبول در سنگ کوارتز مونزونیت پورفیری. در این مقطع به طور خفیف تبدیل شدگی به کانیهای رسی و بلوهای فلدسپار به اپیدوت و کانی های فرو منیزین به کلریت و اپیدوت را شاهد هستیم -  $(2.5 \times 10) \times \text{XPL}$



شکل ۱۲: زمینه میکروگرانولار حاوی بلورهای ریز و بی شکل فلدسپار و کوارتز و بلورهای درشت پلاژیوکلاز، آلکالی فلدسپار، کوارتز، آمفیبول و بیوتیت این مقطع تبدیل شدگی به کانیهای رسی - کلریت و اپیدوت و آغشنگی به اکسید و هیدروکسیدهای آهن را نشان میدهد  $(2.5 \times 10) \times \text{XPL} - \text{KGBT-308}$



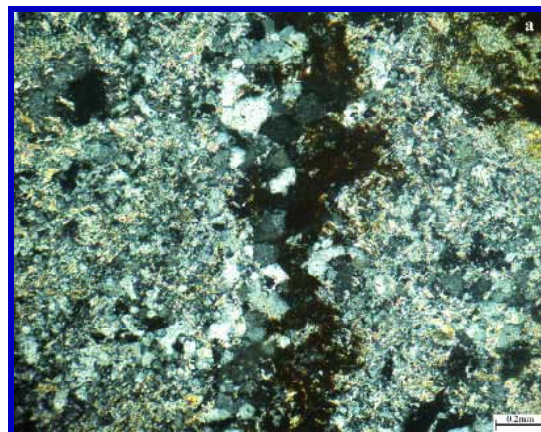
شکل ۱۵- سنگ آذرین بیرونی بسیار دانه ریز با بافت میکرو پورفیریک که حاوی درشت بلورهایی از کوارتز (با مقادیر کمتر) - اورتوز کائولینی شده و پلاژیوکلاز (با مقادیر بیشتر) میباشد، رگه نوع D را نشان میدهد که کنتاکت بین رگه کوارتز و زمینه سریسته شده است و کانه های پیریت به صورت اپک قابل تشخیص است - KG-02 - (2.5×10)XPL



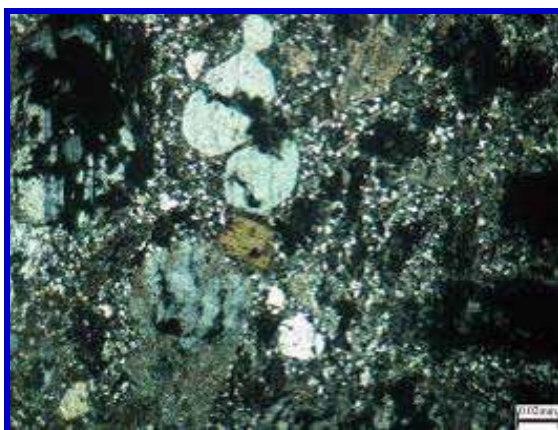
شکل ۱۴- کلریت سبز و آبی و کانی های رسی و آلونیتیزاسیون در شمال شرق کيفال (10×10)XPL



شکل ۱۷: بیوتیت های ثانویه و نئوفرم که در مقطع به فراوانی دیده می شود (2.5×10) XPL



شکل ۱۶: رگه نوع A و دانه های ریز اورتوز پراکنده پیریت و کالکوپیریت به صورت اپک در مقطع KG-08 (2.5×10)XPL



شکل ۱۸: در این مقطع بلورهای شکل دار تا نیمه شکل دار پلاژیوکلاز، بلورهای آلکالی فلدسپار، کوارتز و بیوتیت، بیوتیت های ثانوی که از تبدیل شدگی بیوتیت های اولیه حاصل شده است مشاهده می گردد. در کنار بیوتیت های ثانوی تجمعاتی از اکسیدهای تیتان و آپاک مشاهده می شود در ضمن در حاشیه بعضی از بلورهای پلاژیوکلاز هاله ای از آلکالی فلدسپار مشاهده می شود و پولکهای اولیه و ثانویه بیوتیت به کلریت تبدیل شده اند و در بعضی از بلورهای فلدسپار تیغکهای سریست و مسکوویت مشاهده می گردد. - KGBT-275 (2.5×10)XPL

جدول ۱- نتایج آنالیز XRD

Sample No	Location	Typ of Alteration	Major phases	Minor phases
KGBD 249	N-E of Kighal	Advance argilic	Quartz, Muscovite ,Illite	Albit
KGBD 267	N-E of Kighal	Advance argilic	Quartz,albite, Muscovite ,Illite	Natrojarosite
KGBD 268	N-E of Kighal	argilic	Quartz,albite,	Muscovite ,Illite ,chlorite, montmorilonite
KGBD 274	N-E of Kighal	argilic	Quartz,albite,	Muscovite ,Illite ,chlorite, montmorilonite
KGBD 287	N-E of Kighal	philic	,albite, Quartz	Muscovite ,Illite ,chlorite, montmorilonite
KGBD 290	N-E of Kigha	philic	,albite, Quartz	Chlorite, montmorilonite, Muscovite ,Illite
KGBD 293	N-E of Kigh	Philic	albite, Quartz, Chlorite	Muscovite ,Illite
KGBD 295	N-E of Kigh	argilic	Quartz, Muscovite ,Illite	albite
KGBD 325	W of kighal	Philic	Sphalerite -Quartz,	Calsite
KGBD 327	W of kigha	Philic	Quartz, Muscovite ,Illite	Pyrite-Jarosite
KGBD 336	W of kigha	argilic	Quartz, Muscovite ,Illite	Jarosite -Ortoclase-Anataz
KGBD 355	Middle of kighal	Philic	Quartz, Muscovite ,Illite	pyrite
KGBD 361	Middle of kigha	Advance argilic	Quartz, Muscovite ,Illite	Natrojarosite-Pyrite
KGBD 368	Middle of kigha	Advance argilic	Quartz, ortoclase	

### کانی سازی

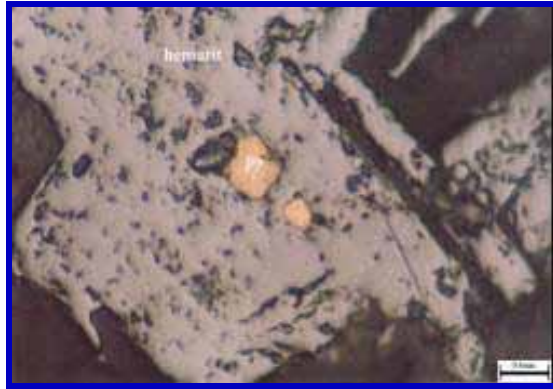
کانی‌زایی‌های قابل توجه با وسعت نسبتاً زیاد نشان‌دهنده یک پتانسیل کانی‌زایی در این محل می‌باشد. شواهد مربوط به نوع و وسعت آتراسیون و پتانسیل کلی محدوده باعث شده است که این محل نیز از نظر احتمال حضور ذخیره پورفیری مورد بررسی دقیق قرار گیرد.

در شمال شرق روستای کیمقال محدوده‌ای با طول ۱/۵ کیلومتر و عرض یک کیلومتر با روند NNE-SSW مشخص گردیده که مهمترین و بیشترین شواهد حضور کانی‌زایی پورفیری را نشان داده است. در این بخش شواهدی از قبیل منطقه بندی آتراسیونها و وجود زون پتاسیک به همراه کانی‌زایی مس با ساخت استوک‌ورک مشابه با آنچه که در سیستم‌های پورفیری دیده می‌شود، تداعی‌کننده محدوده‌های امیدبخشی است که احتمالاً ناشی از نفوذ استوک مذکور می‌باشد. شواهد دیگری مانند

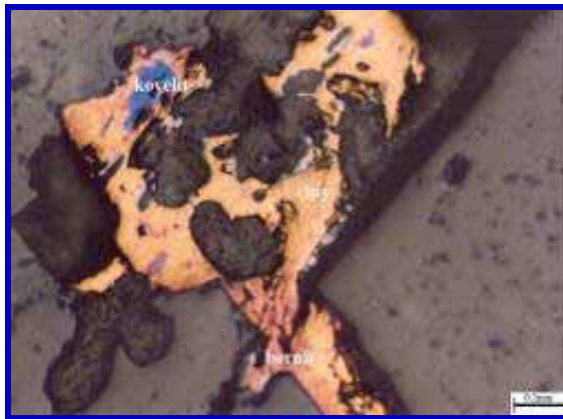
تغییر ناگهانی روند دایکها نیز وجود این استوک را تأیید می‌کند.

با توجه به نتایج مطالعات مینرالوگرافی نمونه‌های برداشت شده از این محدوده مهمترین کانه‌های موجود در آنها شامل پیریت، کالکوپیریت، اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن می‌باشد.

در مطالعات مینرالوگرافی (شکل ۱۹ و ۲۰) مشخص شد که بعضی از ذرات پیریت داخل هماتیت به دام افتاده‌اند که بیانگر جوانتر بودن هماتیت نسبت به پیریت می‌باشد از نظر توالی پاراژنتیک بنظر می‌رسد، ابتدا پیریت، سپس مگنتیت، کالکوپیریت و در نهایت هماتیت تشکیل شده است. ضمناً بعضی از بلورهای مگنتیت موجود در نمونه‌های مینرالوگرافی این محدوده تحت تأثیر فرآیند اکسیداسیون در حال تبدیل شدن به هماتیت می‌باشند و خود هماتیتها در برخی نقاط تحت تأثیر همین پدیده به لیمونیت و گوتیت تبدیل شده‌اند.



شکل ۱۹- پیریت و هماتیت kg-11 (40×10)XPL



شکل ۲۰- کالکوپیریت - بورنیت - کولیت kg-09

(20×10)XPL

با توجه به نتایج آنالیز با روش ME-ICP61 (جدول ۲) عیار مس در ۵ نمونه به شماره‌های KGBI-276, 277, 288, 302, 309 بیش از ۷۵۰ گرم در تن گزارش شده است. بطوریکه حداکثر عیار آن با مقدار ۳۹۱۰ و ۳۸۲۰ گرم در تن در ۲ نمونه به شماره‌های KGBI-288 و KGBI-309 در واحد گرانودیوریتی گزارش شده است. مقادیر طلا در این نمونه‌ها عمدتاً کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم در تن گزارش شده است. ضمناً در ۵ نمونه به شماره‌های KGBI-269, 277, 288, 292, 302 مقدار مولیبدن بیش از ۲۵ گرم در تن گزارش شده بگونه‌ای که بیشترین عیار آن با مقدار ۶۸۳ گرم در تن مربوط به نمونه KGBI-277 است که از واحد گرانودیوریتی برداشت شده است.

جدول ۲- مقادیر برخی از عناصر مهم در نمونه‌های ICP زون کانی‌سازی شمال شرق محدوده مورد مطالعه (PPM)

Row	Sample No	Au	Pb	Fe	S	Hg	Ag	As	Bi	Cu	Mo	Sb	Zn	Sn	W	Te
1	KGB-283	15	69.5	24300	610	0	0.25	10.2	0.7	46.9	3.8	4.2	76.8	0.7	2.2	0.6
2	KGB-294	13	56.6	46900	880	0	0.15	8.8	1.6	85.2	10	3.5	56	0.8	1.1	1.2
3	KGB-269	32	25.2	36200	700	0.05	0.27	3.2	0.3	306	26.6	1.3	77.4	1.2	2.6	0.4
4	KGB-296	7	11.4	31800	2520	0	0.14	28.7	0.5	24.5	5.6	4.6	17.5	1.1	0.9	0.5
5	ZKGB-30	8	12	28800	13000	0	0.1	5.1	0.7	13.7	22.9	0.9	3.9	1.4	2.5	1.4
6	KGB-234	5	13.9	26000	9660	0	0.1	7.1	0.9	19.2	65	0.8	28.6	1.2	1.5	0.6
7	KGB-259	22	73.5	46700	24000	0	0.29	16.2	1.1	19.9	5.5	3	98.7	1.2	2.4	2.2
8	KGB-289	13	35.5	29700	3910	0.1	0.26	4.8	0.3	200	10.2	0.7	63.6	1.3	4.5	0.4
9	KGB-292	25	21.5	35800	1930	0	0.18	6	0.1	337	42.7	0.5	59.9	0.9	1.9	0
10	KGB-299	8	9.5	22800	420	0.1	0.1	9.7	0.7	15.2	10.4	1.6	21.4	3.2	3.8	0.2
11	KGB-286	12	22.9	28900	4850	0	0.14	2.8	0.5	37.9	4.7	1.2	26.2	0.7	1.5	0.3
12	KGB-276	19	30.7	24400	70	0.07	0.19	7.9	0.4	777	2.6	0.8	61.5	0.9	3.2	0
13	KGB-288	66	32	28000	2910	0.11	0.65	1.4	0.5	38.20	27.6	2.5	86.2	0.9	4.8	0.2
14	KGB-302	17	21.8	31100	420	0.06	0.32	4.2	0.2	1460	39.3	1.3	65.7	0.7	2.8	0.3
15	KGB-309	62	17.4	27200	210	0	0.69	6.4	0.5	3910	7.3	0.7	84.4	1.7	4.8	0
16	KGB-236	2	19.9	17500	3630	0	0.06	12.9	0.2	13	5.5	1.7	19.6	0.6	1.9	0.8
17	KGB-279	27	47.1	25100	270	0	0.33	7.4	0.2	16.4	12.1	4.6	51.6	0.6	1.9	0.3
18	KGB-305	10	50.1	7840	0	0	0.28	18	0.2	70.9	3.7	2.5	42.6	0.5	1.6	0
19	KGB-265	9	16.4	36300	7000	0.07	0.27	4.4	0.4	98.4	12.8	4.4	81.2	0.8	3.3	0.3
20	KGB-277	18	33.5	34100	150	0.11	0.27	3.5	0.3	812	68.3	2.4	77.4	1	4.4	0.3

نبوده بطوریکه بیشترین عیار مس با مقدار ۲۲۶ و ۲۲۳ گرم در تن در دو نمونه به شماره KGBI-357,350 و حداکثر عیار مولیبدن با مقدار ۴۹/۹ گرم در تن در نمونه KGBI-350 گزارش شده است. عیار عناصر فوق کانساری مانند سرب و روی نیز در این محدوده قابل توجه نیست. حداکثر عیار سرب در نمونه KGBI-354 با مقدار ۲/۶ گرم در تن و حداکثر عیار روی در نمونه KGBI-357 با مقدار ۵/۹ گرم در تن گزارش شده است. در این بخش اگر چه در نتایج نمونه‌های آنالیز به روش ME-ICP61 مقادیر قابل توجهی برای مس و طلا ثبت نشده اما برخی عناصر فوق کانساری مقادیر غنی شده‌ای را نشان می‌دهند، به هر حال کلیه شواهد نشاندهنده قرارگیری در سطوح خیلی بالایی برای یک سیستم پورفیری احتمالی است و جهت دسترسی به ذخیره احتمالی ضخامت قابل توجهی باید حفاری گردد.

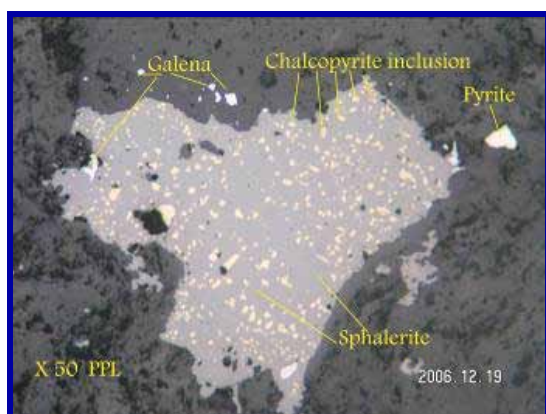
در بخش مرکزی مجموعاً تعداد ۸ نمونه به شرح جدول ۳ برای آنالیز عنصری به روش ME-ICP61 و ۵ نمونه جهت مطالعات مینرالوگرافی برداشت شد.

با توجه به نتایج حاصل از مطالعات مینرالوگرافی، در بخش مرکزی محدوده مورد مطالعه کانه‌های موجود عبارتند از: پیریت، اکسید تیتان، هیدروکسیدهای آهن و کالکوپیریت. پیریتها در بعضی از نمونه‌ها تحت تأثیر فرآیند سوپرژن توسط هیدروکسیدهای آهن نظیر لیمونیت و گوتیت جانشین شده‌اند و فقط بقایایی از آنها برجای مانده است. در بعضی قسمتها نیز پیریت‌های دانه‌ریز در کنار هم مجتمع شده و لکه‌های درشت‌تری را ایجاد کرده‌اند. در این مطالعه فقط در دو نمونه حضور کالکوپیریت ثبت شده است.

زونها و رگه‌های سیلیسی در این محدوده گسترش بیشتری دارند. با توجه به نتایج آنالیز عنصری به روش ME-ICP61، مقادیر عناصر در این بخش قابل توجه

جدول ۳- نتایج آنالیز ICP بخش مرکزی محدوده کیفال (PPM)

Row	Sample No	Au	Pb	Fe	S	Hg	Ag	As	Bi	Cu	Mo	Sb	Zn	Sn	W	Te
1	KGB-344	6	12.7	25700	11400	0	0.09	3.4	0.4	164	7.7	0.9	40.6	1.1	2.5	0.2
2	KGB-350	7	11.1	31300	550	0	0.08	5.9	0.6	223	49.9	0.9	59.8	2.1	1	0.3
3	KGB-354	18	216	30800	28400	0	0.77	6.3	0.4	23	3	0.7	233	3	2.5	0.5
4	KGB-357	1	19.9	11900	420	0	0.17	8.7	1.4	226	3.3	2.7	519	1.1	0.9	0.8
5	KGB-367	6	189	31300	1450	0	0.22	14.5	0.2	48.4	3.1	1.2	162	1.2	2.7	0.5
6	KGB-370	4	56.4	36600	1260	0	0.12	18.8	0.7	35.6	4	3.5	86.6	1.5	0.8	1.3
7	KGB-383	18	92.6	40500	190	0	0.59	37	0.4	39.6	2.6	1.9	291	0.8	2.1	1
8	ZKGB-59	13	33.7	34200	7940	0	0.25	7	1.8	56.2	8.6	0.9	26.7	0.8	2.7	1.4



شکل ۲۱- ادخال های کالکوپیریت در زمینه اسفالریت

با توجه به نتایج حاصل از مطالعات مینرالوگرافی نمونه‌های برداشت شده از جنوب باختری محدوده مورد مطالعه، پیریت، کالکوپیریت، مالاکیت، اسفالریت، گالن، کالکوسیت، ترکیبات تیتان و هیدروکسیدهای آهن کانه‌های تشکیل دهنده این بخش می‌باشند (شکل ۲۱). پیریت در تمام نمونه‌های مینرالوگرافی این بخش گزارش شده است.

آنتیموان در این محدوده نیز قابل توجه است، بطوریکه در نمونه ZKGBI-400 مقدار آن ۳۰/۹ گرم در تن گزارش شده است.

در این بخش از محدوده تعدادی زون ژاروسیتی دیده می‌شوند. حضور ژاروسیت ممکن است حاکی از پیریت فراوان در محیط باشد که در اثر فعالیت سوپرژن به ژاروسیت تبدیل شده است.

کانی‌زایی عناصر دما پایین مانند سرب، روی و آنتیموان به مقدار قابل توجه، پارائز این عناصر با مس و آلتراسیونهای رخ داده همگی مؤید کانی‌سازی تیپ اپی‌ترمال در این بخش می‌باشند. با توجه به وجود آلتراسیون آرژلیک پیشرفته، احتمالاً سیال سولفیداسیون بالایی داشته و کانی‌سازی از نوع HS رخ داده است. حضور قابل توجه مس در این کانی‌سازی‌ها ممکن است نشان‌دهنده یک منشأ مناسب مس‌دار در عمق باشد که می‌توان آن را به یک سیستم پورفیری مس نسبت داد. به هر حال جهت دسترسی به استوک احتمالی مولد کانی‌زایی، حفاری عمیق لازم است. با توجه به نتایج حاصل از آنالیزها و مطالعات فوق و شواهد صحرایی این بخش از محدوده مورد مطالعه هم از نظر کانی‌سازی مس و هم از نظر کانی‌سازی طلا و پارائزهای آهن حائز اهمیت است.

در جدول ۴ عیار برخی از عناصر مربوط به نمونه‌های آنالیز یافته با روش ME-ICP61 بخش باختری آورده شده است. با نگاهی به این جدول می‌توان دریافت که این بخش از نظر کانی‌زایی وضعیتی به مراتب بهتر از دو محدوده قبلی دارد بطوریکه در ۲ نمونه مقدار طلا بیش از ۱۰۰ میلی‌گرم در تن گزارش شده است مقدار سرب در اکثر نمونه‌های این محدوده قابل توجه است بگونه‌ای که غیر از ۳ نمونه در بقیه نمونه‌ها مقدار آن بیش از ۵۰۰۰ گرم در تن می‌باشد. حداکثر عیار سرب در نمونه KGBI-411 با مقادیر ۲/۷ درصد گزارش گردیده است. عیار نقره نیز در نمونه‌های این بخش قابل توجه است به طوریکه در نمونه KGBI-411 مقدار آن ۳۶/۶ گرم در تن است. از نظر کانی‌سازی مس در این بخش نیز حائز اهمیت می‌باشد زیرا که در ۲ نمونه این محدوده مقدار مس بیش از ۶۰۰ گرم در تن گزارش شده است و حداکثر عیار آن در نمونه ZKGBI-411 با مقدار ۱۴۳۰۰ گرم در تن می‌باشد.

عیار عنصر فوق کانساری روی نیز مانند سرب غیر از ۲ نمونه در بقیه نمونه‌های این بخش بیش از ۱۲۰۰ گرم در تن می‌باشد. ضمناً قابل ذکر است که مقادیر عنصر

جدول ۴- مقادیر برخی از عناصر مهم در نمونه‌های ICP زون کانی‌سازی غرب محدوده مورد مطالعه (PPM)

Row	Sample No	Au	Pb	Fe	S	Hg	Ag	As	Bi	Cu	Mo	Sb	Zn	Sn	W	Te
1	KGB-373	120	5280	38000	1010	0	7.46	13.5	12	456	5.5	19.1	318	1.1	0.5	4.8
2	KGB-400	18	7603	32400	10000	0	2.74	27.2	5.2	621	8.2	30.9	2160	0.7	1.2	0.6
3	KGB-402	131	72.8	37100	19800	0	0.96	19.1	1.4	193	4.8	5.5	1490	0.7	4.9	0.7
4	KGB-403	3	106	9660	260	0	0.77	18.9	0	33.7	7.8	3.2	59.4	1	2.2	0
5	KGB-410	78	13100	57000	1440	0	11.1	28.6	1.5	5270	6.5	33	9220	0.6	3.9	1.1
6	KGB-411	67	27000	35100	4200	0	36.6	28.8	16.7	14300	4.9	27.3	5510	0.7	1.6	6.6

متفاوتی تشکیل شده که برخی قبل از کانی‌زایی و برخی دیگر بعد از کانی‌زایی جایگزین شده‌اند. شواهد صحرایی، سنگ میزبان از نوع گرانودیوریت پورفیری، تنوع آلتراسیونها و منطقه‌بندی‌های مشاهده شده و کانی‌زایی‌های مرتبط با آنها و احتمالاً فازهای کششی که محیط ایده‌آلی را برای جایگزینی توده ساب و لکانیک و تشکیل و بلوغ سلول هیدروترمالی ایجاد می‌کنند، همگی

## نتیجه گیری

فازهای ساب و لکانیک متعلق به الیگوسن در محدوده کیکال عامل ایجاد تغییرات شدید فیزیکی و شیمیایی در محدوده می‌باشند. مهمترین این فازها واحد گرانودیوریتی در شرق و واحد مونزونیتی در غرب محدوده است احتمالاً خود توده گرانودیوریتی که در وسعت قابل توجهی در محدوده مورد مطالعه رخنمون دارد از فازهای

منطقه آذربایجان، گزارش شماره ۶۹، سازمان زمین شناسی کشور

- باباخانی، ع.ر.، لسکویه، ل. و ریو، ر.، ۱۳۶۹، شرح نقشه زمین شناسی چهارگوش اهر در مقیاس ۱:۲۵۰،۰۰۰، سازمان زمین شناسی کشور.

- مهرپرتو، م.، امینی فضل، آ.، رادفر، ج.، ۱۳۷۱، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ و رزقان، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

- کریم پور، م.ح.، سعادت، سعید، ۱۳۸۱، زمین شناسی اقتصادی کاربردی (ویرایش جدید)، نشر مشهد.

- Prost, G.L., (2001), Remote sensing for geologist, A guide to image interpretation, Second edition, Taylor and Francis, 355 pp.

حاکی از شباهتهایی هستند که در یک مدل ذخیره مس پورفیری ممکن است رخ دهند. مشاهده زون پتاسیک و کانی سازی مرتبط با آن و رخداد نفوذی های پی در پی که تأمین کننده سیالات کانه دار به درون سلول هیدروترمال پورفیری می باشند، احتمال تشکیل یک ذخیره بارور اقتصادی را می دهند.

### منابع

- نبوی، م.ح.، ۱۳۵۵، دیباچه ای بر زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی کشور.
- وثوقی عابدینی، م.، ۱۳۵۶، مقدمه ای بر تحقیقات پتروگرافی - پترولوژی و لکانیکهای بازیک کواترنر