

## پترولوژی و دگرسانی توده‌های نفوذی مرتبط با کانی‌سازی طلای کوه‌زر تربت حیدریه

علیرضا مظلومی بجزستانی<sup>۱</sup>، ایرج رسا<sup>۲</sup>

- ۱- گروه زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور، مرکز مشهد  
۲- دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۱/۲۶، نسخه نهایی: ۱۳۸۸/۴/۲۸

### چکیده

کانسار طلای کوه‌زر در شرق ایران و ۳۵ کیلومتری غرب شهرستان تربت حیدریه (استان خراسان رضوی) قرار دارد. این کانسار نوع اکسید آهن (IOCG) غنی از اسپیکولاریت است. این معدن در کمربند ولکانیکی-پلوتونیک خواف-بردسکن واقع شده است. پی جوئیهای اخیر در این کمربند موجب شناسایی ذخایر مختلف مس-طلای نوع غنی از اکسید آهن (IOCG) از جمله در کوه‌زر شده است. در ناحیه مورد مطالعه انواع توف و گدازه‌های اسیدی تا حد واسط مربوط به ائوسن فوقانی گسترش دارند. توده‌های نفوذی با ترکیب گرانیت، گرانودیوریت، سینوگرانیت و مونزونیت‌های الیگومیوسن در آندزیت، داسیت و ریوداسیت ائوسن فوقانی نفوذ نموده‌اند. توده‌های نفوذی از سری مگنتیت، غنی از پتاسیم و متالومینوس هستند. نمودارهای عنکبوتی گرانیتوئیدها غنی‌شدگی عناصر لیتوفیل با شعاع یونی بزرگ (Rb, K, Th, Ce) و تهی‌شدگی در عناصر Ti, Sr, Nb را نشان می‌دهند. براساس شاخصهای ژئوشیمیایی احتمالاً ماگماتیسیم در حاشیه قاره‌ها صورت گرفته است. انواع دگرسانی‌های پروپلیتیک (کلریتی)، سیلیسی، آلبیتی، آرژیلیکی، کربناتی و سریسیتی مشاهده شده‌اند. در توده‌های نفوذی دگرسانی آلبیتی و در سنگهای آتشفشانی دگرسانی پروپلیتیک (اپیدوتی) نمود بیشتری دارند. سیالات کانه‌دار با منشأ ماگمایی سبب کانی‌سازی اسپیکولاریت و طلا در سنگهای نفوذی و آتش فشانی شده‌اند. کانی‌سازی در راستای زونهای شکستگی و گسلی امتداد لغز و فضاهای کششی بین آنها رخ داده است. طلای آزاد همراه با کوارتز و اسپیکولاریت یافت می‌شود. ذخیره کانسار (در یخش اکتشاف شده) بالغ بر ۰/۷۲۵ میلیون تن بوده و هم‌اکنون در حال بهره‌برداری و استحصال طلا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کوه‌زر، پترولوژی، طلا، اسپیکولاریت، کوارتز، دگرسانی.

### مقدمه

و در رژیمهای زمین‌ساختی متفاوتی یافت می‌شوند [۴]. ذخایر IOCG در مراحل اولیه شناسایی قرار داشته و هنوز ابعاد مختلف آنها شناسایی و توصیف نشده است. نخستین بار در ایران این نوع از ذخایر توسط کریم‌پور و همکاران [۵] معرفی شده‌اند. کانسار طلای کوه‌زر یکی از این کانسارها است که در بخش مرکزی کمربند ولکانیکی-پلوتونیک خواف-بردسکن قرار دارد. در کمربند مزبور انواع کانسارهای IOCG شناسایی شده‌اند [۵]. کانسار طلای کوه‌زر نوع خاصی از ذخایر IOCG

کانسار طلای کوه‌زر نوع خاصی از کانسارهای مس و طلای همراه با اکسیدهای آهن (IOCG<sup>۱</sup>) است [۱]. این کانسارها نخستین بار در سال ۱۹۹۲ توسط هیتزمن [۲] معرفی و بعدها توسط پژوهشگران مختلف توصیف و رده‌بندی شده‌اند. این گروه از ذخایر دارای مگنتیت و هماتیت (اسپیکولار) گرمایی و مقادیر قابل توجهی کالکوپیریت هستند [۳ و ۴]. ذخایر یاد شده در ارتباط مستقیم با توده‌های نفوذی آذرین نوع I بوده

<sup>۱</sup>مسئول مکاتبات alr.mazloumi@gmail.com

سنگهای آتشفشانی اسیدی تا حدواسط ترشباری زیرین پوشیده شده است [۱۵ و ۱۴ و ۱۶ و ۱۷] (شکل ۲). سنگهای آذرآوری به ویژه انواع توفها و گدازه‌ها به عنوان سنگ دربرگیرنده توده‌های نفوذی حضور دارند. توفها غالباً ترکیب ریولیتی تا ریوداسیتی داشته و گدازه‌ها ترکیب حد واسط دارند. توده‌های نفوذی با ترکیب حد واسط تا اسیدی (الیگو-میوسن) در بخشهای شمالی و جنوب منطقه رخنمون دارند. این توده‌ها شامل کوارتز مونزوگابروپورفیری، مونزونیت، کوارتز مونزونیت، بیوتیت گرانودیوریت، مونزوگرانیت و سینوگرانیت است و سنگهای آتشفشانی را قطع کرده‌اند.

بر اساس شواهد صحرایی، یافته‌های چینه‌شناسی [۱۰] و شواهد نقشه زمین‌شناسی فیض‌آباد و تربت‌حیدریه [۷ و ۶] فعالیت‌های آتشفشانی در ائوسن فوقانی صورت گرفته و فعالیت‌های پلوتونیک دست‌کم در الیگوسن به وقوع پیوسته است. با توجه به زونهای کانه‌دار که توده‌های نفوذی را قطع نموده و خود توسط پیروکسن آندزیت‌های پلیوسن تحتانی پوشیده شده، کانی‌سازی در محدوده الیگوسن تا انتهای میوسن قرار دارد [۱۳].

زون‌های کانی‌سازی به صورت رگه و رگه‌چه‌های موازی تا متقاطع در راستای  $N60^{\circ}E$  تا  $N20^{\circ}-35^{\circ}W$  درون سنگهای آتشفشانی و توده‌های نفوذی قرار دارد. این رگه‌ها در راستای گسل‌های امتداد لغزی قرار دارند که خود شاخه‌های فرعی از گسله اصلی درونه محسوب می‌شوند.

کانیهای تشکیل‌دهنده‌ی مناطق کانی‌سازی به ترتیب فراوانی عبارت است از: اسپیکولاریت، باریت، کالکوپیریت، گالن، اسفالریت، پیریت، آلانیت و مقادیر جزئی بورنیت، پیروتیت و آرسنوپیریت، کانیهای مارکاسیت، گوتیت، لپیدوکروسیت، ملاکیت، سروزیت، هیدروسروزیت، دیژنیت، کولیت، پیرولووسیت و اسمیت زونیت به عنوان محصولات هوازدگی شناسایی شده‌اند.

کانیهای گانگ به ترتیب عبارت از: کوارتز، کلریت، کربنات آهن‌دار (سیدریت)، کلسیت و کانیهای رسی می‌باشد. در زونهای کانی‌سازی طلا در شکل ذرات آزاد (شکل ۳) ۲ تا ۱۸۰ میکرونی بوده و در هفت موقعیت مختلف استقرار یافته‌اند. بیشتر دانه‌های طلا در مجموعه کوارتز + اسپیکولاریت قرار دارد. براساس مطالعات سیالات درگیر [۱۵] و نتایج تجزیه ایزوتوپ

است [۱]. کانسار یاد شده به دلیل شرایط منحصر به فرد کانی‌سازی مورد توجه زمین‌شناسان و پژوهشگران شاخه زمین‌شناسی اقتصادی است.

### روش مطالعه

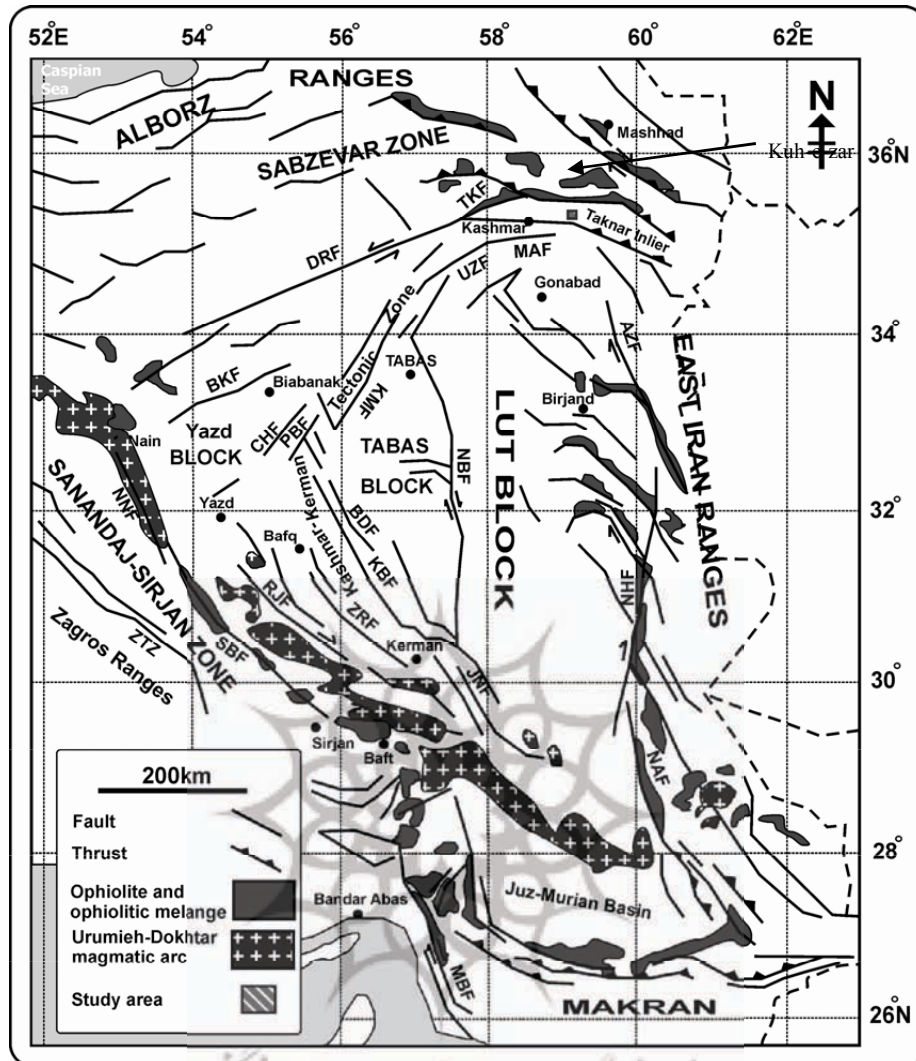
- ۱- مطالعات سنجش از دور از منطقه مورد نظر به منظور تهیه نقشه نواحی دگرسانی و کانی‌سازی.
- ۲- مطالعات صحرایی جهت تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۰۰۰۰ از توده‌های نفوذی، سنگهای میزبان و نواحی کانی‌سازی.
- ۳- نمونه برداری از توده‌های نفوذی به منظور بررسیهای پتروگرافی، سنگ‌شناسی و تجزیه با دستگاه XRF مدل X-Unique در دانشگاه فردوسی مشهد (نمونه‌های استاندارد سازمان زمین‌شناسی آمریکا و کانادا) و نیز اندازه‌گیری پذیرفتاری مغناطیسی سنگها.
- ۴- نمونه‌های زون‌های کانی‌سازی در آزمایشگاههای شرکت طلای مته و خارج از کشور به روش جذب اتمی و ICP تجزیه شده‌اند.

### موقعیت جغرافیایی

کانسار طلای کوه‌زر در فاصله ۴۰ کیلومتری غرب شهرستان تربت‌حیدریه و ۳ کیلومتری جنوب روستای فدیبه در بین طولهای جغرافیایی  $58^{\circ}50'$  تا  $58^{\circ}57'$  شرقی و عرض جغرافیایی  $35^{\circ}20'$  تا  $35^{\circ}25'$  شمالی در استان خراسان رضوی قرار دارد (شکل ۱). این منطقه در محدوده نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ تربت‌حیدریه [۶] و ۱/۱۰۰۰۰۰ فیض‌آباد [۷] واقع شده است.

### زمین‌شناسی و کانی‌سازی

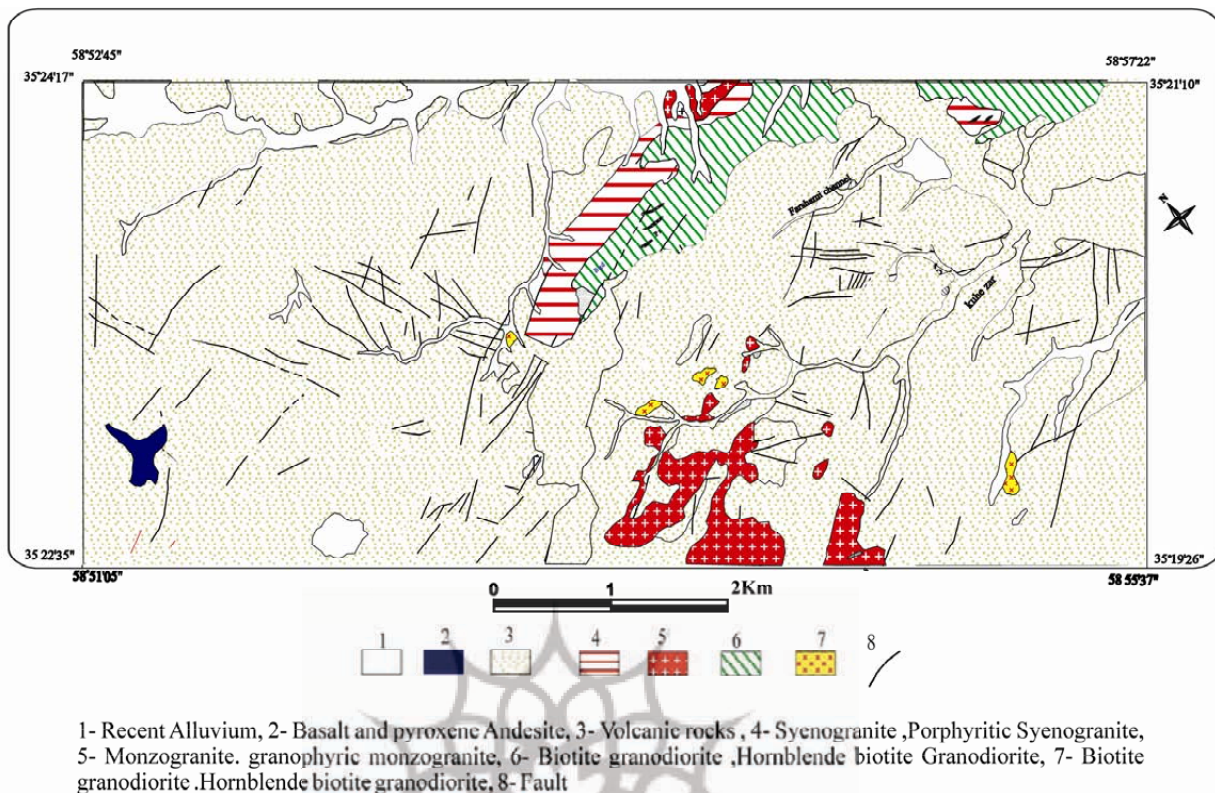
منطقه کوه‌زر در بخش مرکزی کمربند ولکانیکی - پلوتونیک خواف - بردسکن [۵ و ۱] بین دو گسل اصلی درونه در جنوب و تکنار (ریوش) در شمال قرار دارد. این کمربند به عنوان زون تکنار نیز معرفی شده است [۱۱ و ۱۲]. پژوهشگران مختلف در بررسیهای خود کانسارهای واقع در این کمربند را توصیف کرده، ضمن توجه به شاخصهای ژئوشیمیایی و زمین‌شناسی به این نتیجه رسیده‌اند که کمربند یاد شده در مقطع خاصی دارای شرایط زمین‌شناسی و ماگماتیسم ویژه‌ای بوده که موجب کانی‌سازی انواع مختلف کانسارهای رده اکسید آهن (IOCG) شده است [۵ و ۱۳ و ۱۴]. بخش بزرگی از منطقه مورد مطالعه با



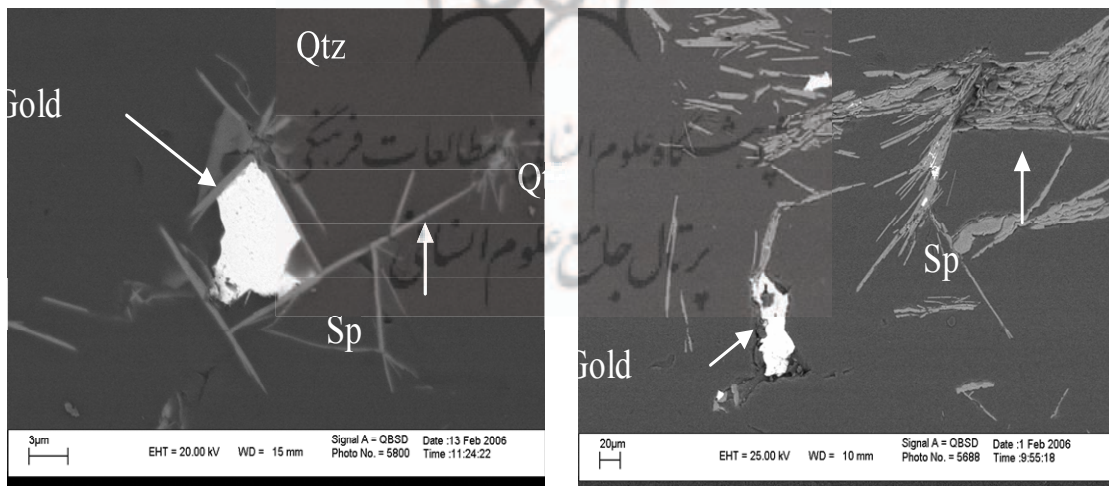
شکل ۱. نقشه تکتونیکی شرق- مرکز ایران [۸] با تغییرات جزئی [۹ و ۱۰] که واحدهای مختلف ساختاری آن را نشان می‌دهد. منطقه مطالعاتی و کمر بند خواف - بردسکن در نقشه نشان داده شده است.

تن بوده و شرکت طلای زر مهر استخراج و تولید طلای این کانسار را بر عهده دارد.

های ثابت اکسیژن ( $^{18}\text{O}$ ) در کوارتز و سیدریت و گوگرد ( $^{34}\text{S}$ ) در کالکوپیریت [۱۳] سیالات کانسار ساز منشأ ماگمایی داشته‌اند. ذخیره قطعی کانسار حدود ۰/۷۲۳ میلیون



شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی ساده شده منطقه کوه زر [۱۱].



شکل ۳. ذرات آزاد طلا در مجاورت یا محصور شده با اسپیکیولاریت، خمیره سنگ از کوارتز تشکیل شده است.

**پتروگرافی:**

سرسیت از ۳۰ درصد حجمی بلورهای درشت تجاوز نمی‌کند. از ویژگی‌های مهم این سنگ وقوع متاسوماتیسم آلکالی است که با حدوث بافت میرمیکیت نمود پیدا کرده است. پیشرفت میرمیکیت به داخل پلاژیوکلاز از بلورهای درشت شروع شده در حالی که در بلورهای کوچکتر مشاهده نمی‌گردد. هورنبلند به طور کامل به کلریت آهن تجزیه شده است.

هورنبلاند بیوتیت گرانودیوریت: این سنگ دارای بافت گرانولار تا هیپ ایدیومورف گرانولار است. در این سنگ کوارتز به صورت بلورهای بی‌شکل (۲۰ تا ۳۰ درصد)، پلاژیوکلاز در شکل درشت بلورهای خوش فرم دارای منطقه بندی و ماکل کارلسباد (۳۵ تا ۴۰ درصد)، ارتوکلاز به صورت بلورهای بی‌شکل (۱۵ تا ۲۰ درصد)، بیوتیت در شکل بلورهای لوحه‌ای درشت (۱۰ تا ۱۵ درصد) و هورنبلاند به صورت بلورهای کشیده کلریتی شده (۵ تا ۸ درصد)، از تشکیل دهنده‌های اصلی و زیرکان و آپاتیت مهمترین کانیهای فرعی سنگ می‌باشند. بلورهای پلاژیوکلاز بین ۵ تا ۴۰ درصد سرسیتی شده‌اند. میزان دگرسانی سرسیتی در ارتوکلازها حداکثر به ۱۰ درصد (حواشی توده‌های نفوذی) محدود می‌شود. بلورهای بیوتیت بین ۱۰ تا ۱۰۰ درصد به کلریت آهن (رپیدولیت) تجزیه شده‌اند. مقدار کانی تیره در کل سنگ ناچیز است.

بیوتیت گرانودیوریت: مجموعه گرانودیوریت گسترش قابل توجهی داشته و شباهت زیادی به یکدیگر دارند. بافت غالب این سنگها گرانولار بوده ولی بافت گرانوفیری نیز به عنوان بافت فرعی مشهور است. مقدار کوارتز این سنگ بین ۲۰ تا ۲۵ درصد، پلاژیوکلاز ۳۵ تا ۴۰ درصد، فلدسپات پتاسیم ۱۰ تا ۱۵ درصد، بیوتیت ۵ تا ۱۰ درصد و هورنبلاند حداکثر ۲ تا ۳ درصد است. بلورهای آپاتیت و اسفن نیز کانیهای فرعی سنگ می‌باشند.

درشت بلورهای پلاژیوکلاز تا ۴۰ درصد به سرسیت تجزیه شده‌اند در حالی که بلورهای کوچکتر حداکثر تا ۱۵ درصد این دگرسانی را تحمل نموده‌اند. دگرسانی سرسیتی در ارتوکلازها حداکثر به ۱۵ درصد می‌رسد. بلورهای پلاژیوکلاز تا ۱۵ درصد به کانی رسی تجزیه شده‌اند، در حالی که بلورهای ارتوکلاز سالم هستند. بلورهای بیوتیت تا ۸۰ درصد و بلورهای آمفیبول به طور کامل به کلریت تجزیه شده‌اند.

زون‌های خردشده و برشی شده نیز به طور کامل با کلریت

کوارتز مونوزوگابروپورفیری: بافت این سنگ گرانولار تا ساب‌پورفیری است. حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد بلورها کاملاً رشد یافته و مابقی خمیره سنگ را تشکیل داده‌است. پلاژیوکلاز با ترکیب لابرادریت تا آندزین (۶۰ تا ۷۰ درصد)، بلورهای بی‌شکل کوارتز (حداکثر ۵ تا ۱۰ درصد) و آلکالی-فلدسپات از همین مقدار تجاوز نمی‌کند. درشت بلورهای شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار پیروکسن (اوژیت) فراوان و حدود ۱۰ درصد از بلورها را تشکیل می‌دهد. مقدار آمفیبول حداکثر به ۵ درصد می‌رسد.

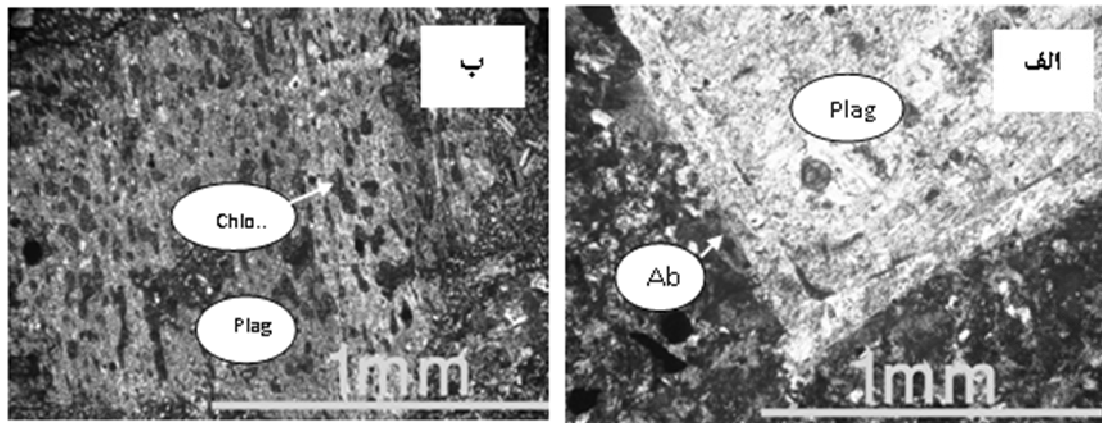
بلورهای درشت پلاژیوکلاز به مقدار کم (حداکثر ۱۰ درصد) به کانی رسی تجزیه شده‌اند. برخی از بلورهای پیروکسن به صورت جزئی کلریتی شده‌اند.

مونوزونیت: این واحد سنگی دارای بافت گرانولار تا هیپ-ایدیومورف گرانولار بوده و از کانیهای پلاژیوکلاز در حد آلبیت تا آندزین (۴۰ تا ۵۰ درصد)، فلدسپات آلکالی (۱۵ تا ۲۵ درصد)، کوارتز به صورت بلورهای بی‌شکل (۱ تا ۳ درصد)، هورنبلاند (۳ تا ۵ درصد)، پیروکسن در حد اوژیت (۵ تا ۷ درصد) و ۲ تا ۳ درصد بیوتیت تشکیل شده است.

پلاژیوکلاز تا ۴۰ درصد به سرسیت و کانیهای رسی تجزیه شده که البته مقدار سرسیت به مراتب از کانیهای رسی بیشتر است. سرسیتی شدن در بلورهای فلدسپات پتاسیم بین ۱۵ تا ۲۰ درصد است. از ویژگیهای این سنگ وجود حاشیه‌های مشخص آلبیتی در لبه پلاژیوکلازهای درشت است (شکل ۴). کانیهای مافیک (بیوتیت و هورنبلاند) به کلریت آهن (رپیدولیت) تجزیه شده‌اند.

-کوارتز مونوزونیت پورفیری: بافت غالب در این سنگ ساب‌پورفیری تا هیپ‌ایدیومورف گرانولار است و رشد در هم گرانوفیری و میرمیکیتی نیز مشاهده می‌شود. در ترکیب کلی سنگ مقدار کوارتز تا ۱۵ درصد حجمی افزایش یافته است. مقدار کلی پلاژیوکلاز بین ۴۰ تا ۵۰ درصد، ارتوکلاز تا ۲۰ درصد، هورنبلاند (۴ تا ۵ درصد) و مقادیر جزئی بیوتیت کلریتی شده نیز در سنگ دیده می‌شود. کانیهای زیرکان و آپاتیت مهمترین کانیهای فرعی سنگ است.

پلاژیوکلازها تا ۵۰ درصد به سرسیت تجزیه شده‌اند. این وضعیت در پلاژیوکلازهای درشت کاملاً پیشرفته و در بلورهای کوچکتر حداکثر به ۱۰ درصد می‌رسد. دگرسانی ارتوکلاز به



شکل ۵. الف. تشکیل حاشیه آلبیتی در واحد کوارتز مونزونیت پورفیری. ب: بافت غربالی حاصل از جانشینی کلریت در پلاژیوکلاز. (Ab : آلبیت، Chlo: کلریت، Plag: پلاژیوکلاز).

بین ۵ تا ۱۰ درصد به کانیهای رسی تجزیه شده‌اند. سرسیتی شدن نمونه‌ها بسیار ناچیز و مقادیر جزئی کانی مافیک به طور کامل به کلریت آهن (رپیدولیت) تجزیه شده است. مقادیر قابل توجهی کلریت نیز فضای قطعات برش را پر نموده است. دایک و نفوذهای تاخیری: رخنمون‌های کوچکی از دایک و توده های تاخیری در نقاط مختلف منطقه (درون توده های نفوذی) دیده می‌شوند. این توده ها عمدتاً بافت پورفیری داشته و دارای ترکیب هورنبلاند کوارتز مونزونیت پورفیری، گرانودیوریت پورفیری و آلکالی گرانیات آپلیت می‌باشند. به دلیل رخنمون و گسترش ناچیز از توصیف این واحد ها صرف نظر شده است.

#### شیمی سنگ

مطالعات پترولوژی ناحیه‌ای قبلاً توسط گورابجیری‌پور [۱۷] انجام شده است. با توجه به شدت دگرسانی، نمونه‌های واجد کمترین میزان دگرسانی از توده‌های نفوذی برداشت و برای تجزیه‌های شیمیایی انتخاب شدند. نتایج تجزیه‌ها در جدول (۱) آمده است. مطالعات دگرسانی و پتروگرافی نشان دهنده وقوع دگرسانی فراگیر پروپلتیک در کلیه سنگها و سایر دگرسانیها با شدت کمتر در برخی واحدهای سنگی است. لذا مطالعات مبتنی بر شیمی سنگ به تنهایی انتظارات پترولوژیکی را برآورده نمی‌کند. بدین منظور علاوه بر شیمی سنگ و پتروگرافی دقیق نمونه ها، خصوصیات پتروفیزیک (پذیرفتاری مغناطیسی) نیز اندازه‌گیری و در رده بندی آنها مورد استفاده قرار گرفت.

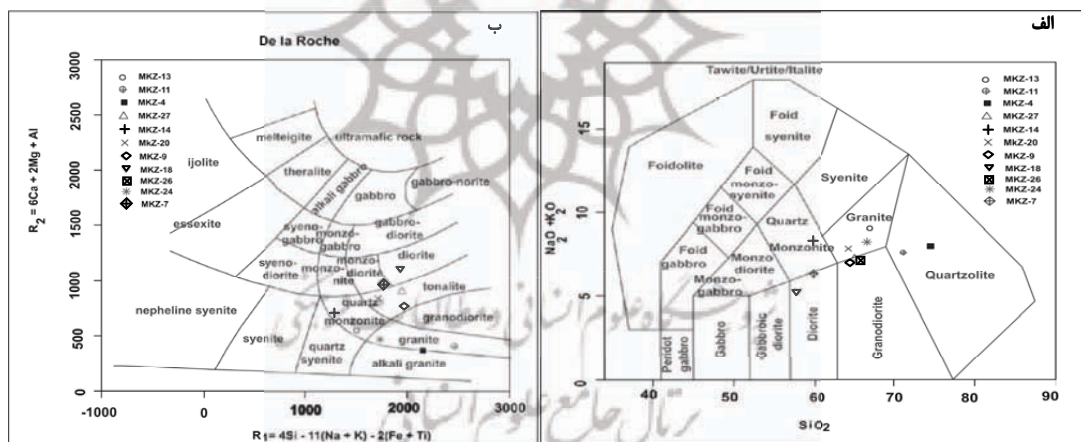
آهن (رپیدولیت) پوشیده شده است.

مونزوگرانیات تا گرانیات: بافت اصلی سنگ گرانولار و رشد توام گرانوفیری بافت فرعی سنگ محسوب می‌گردد و ظاهر پورفیریک به سنگ داده‌است. کوارتز (۲۵ تا ۳۰ درصد) هم به صورت بی شکل و هم به صورت گرانوفیری حضور دارد، پلاژیوکلاز (۳۰ تا ۴۰ درصد)، ارتوکلاز (حداکثر ۳۰ تا ۴۰ درصد)، بیوتیت (۳ تا ۵ درصد) و آمفیبول (حداکثر ۳ تا ۵ درصد) تشکیل دهنده این سنگها می‌باشند. درشت دانه‌های زیرکان و اسفن نیز کانیهای فرعی محسوب می‌شوند. دگرسانی سرسیتی در این واحد به مراتب ضعیف تر از توده‌های گرانودیوریتی است. بلورهای پلاژیوکلاز حداکثر تا ۲۰ درصد و به طور متوسط حدود ۱۰ درصد سرسیتی شده‌اند. در برخی نقاط حاشیه توده‌ای نفوذی بلورهای پلاژیوکلاز تا ۱۵ درصد به کانی رسی تجزیه شده‌اند. کانیهای مافیک به طور کامل به کلریت آهن (رپیدولیت) تجزیه شده‌اند. مقادیر قابل توجهی کربنات کلسیم در محل زدومورفهای کانی مافیک مشاهده می‌گردد. سینوگرانیات: بافت سنگ گرانولار بوده و رشد توام گرانوفیری نیز به وفور دیده می‌شود. مقدار کوارتز این سنگ بین ۳۵-۴۰ درصد، فلدسپات پتاسیم (۲۵ تا ۳۰ درصد)، پلاژیوکلاز (حداکثر ۲۰ درصد) و میزان کانی مافیک در برخی نمونه‌ها ۲ تا ۳ درصد است که در حال حاضر به صورت زدومورفهای کلریتی شده مشاهده می‌شود. در نمونه های منتخب این واحد دگرسانی آرژیلیک نسبتاً شدیدتر و سرسیستی ضعیف‌تر عمل کرده است. بلورهای پلاژیوکلاز بین ۱۰ تا ۲۰ درصد و ارتوکلاز

برای تفکیک سنگهای نفوذی از اندیس آلکالی یا اندیس شاندر (A/CNK) استفاده شده است [۲۰]. اندیس شاندر در اغلب سنگهای نفوذی منطقه کوچکتر از ۱ بوده و در نورم غالب آنها کروندوم مشاهده نمی‌شود. لذا از نوع متاآلمین هستند (شکل ۷). برخی از سینوگرانیت‌ها خصوصیات فوق آلمینیوم نشان می‌دهند. در شکل (۸) مقادیر اکسید سیلیسیم در مقابل اکسید پتاسیم سنگها نشان داده شده است. با توجه به این نمودار [۱۸] گرانیتوئیدهای منطقه به لحاظ پتاسیم بسیار غنی می‌باشند. نمودارهای عنکبوتی سنگهای گرانیتوئیدی [۲۲] غنی شدگی از عناصر لیتوفیل با شعاع یونی بزرگ (LILE=Ti, K, Th) را نشان می‌دهند (شکل ۹) که احتمالاً نشان دهنده ماگماتیسم در حاشیه قاره‌ها یا زون فرورانش است.

نمونه‌های اخذ شده به وسیله دستگاه XRF مدل X-Unique با استفاده از استانداردهای سازمان زمین شناسی آمریکا و کانادا مورد تجزیه قرار گرفتند. به منظور نام گذاری توده‌های نفوذی از سه روش مد و نمودارهای استاندارد [۱۸ و ۱۹] استفاده شد (شکل ۶). در جدول (۲) تجزیه های شیمیایی در جدول (۱) ترکیب کانی شناسی سنگهای نفوذی بر اساس نورم (CIPW) ارائه شده است. با توجه به حدوث دگرسانی گرمایی، برخی کانی‌های نامتعارف به دست آمده که نباید به آنها توجه کرد.

بر اساس میدل موس [۱۸] گرانیتوئیدی منطقه شامل گرانیت، گرانودیوریت، کوارتز مونزونیت، مونزونیت و دیوریت است. در رده بندی دلاروچ [۱۹] انواع سنگهای آلکالی گرانیت، گرانیت، گرانودیوریت، تونالیت، کوارتز مونزونیت و دیوریت شناسایی شده‌اند.



شکل ۶. الف) نمودار میدل موس [۱۸]، ب) نمودار دلاروچ [۱۹] بر اساس اکسیدهای اصلی برای گرانیتوئیدهای منطقه کوه زر.

جدول ۱. تجزیه عناصر اصلی و فرعی نمونه‌های اخذ شده از توده‌های گرانیتوئیدی کوه زر.

	MKZ <sub>۱۳</sub>	MKZ <sub>۱۴</sub>	MKZ <sub>۱۵</sub>	MKZ <sub>۱۶</sub>	MKZ <sub>۱۷</sub>	MKZ <sub>۱۸</sub>	MKZ <sub>۱۹</sub>	MKZ <sub>۲۰</sub>	MKZ <sub>۲۱</sub>	MKZ <sub>۲۲</sub>	MKZ <sub>۲۳</sub>
SiO <sub>2</sub>	۶۳/۹۴	۶۲/۱۸	۶۴/۱۲	۶۱/۶۹	۶۱/۳۸	۵۵/۴۹	۶۴/۴۸	۶۳/۳۳	۵۷/۳۸	۶۹/۱۰	۷۲/۱۷
TiO <sub>2</sub>	۰/۸۴	۰/۹۸	۰/۸۲	۰/۹۴	۱/۱۰	۱/۹۶	۰/۸۳	۱/۱۰	۲/۱۱	۰/۷۴	۰/۳۲
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۱۴/۴۱	۱۳/۶۳	۱۳/۱۹	۱۳/۳۴	۱۴/۱۶	۱۴/۵۶	۱۵/۵۰	۱۳/۹۲	۱۳/۹۲	۱۳/۶۸	۱۲/۴۸
FeO	۴/۹۰	۵/۳۲	۴/۰۶	۵/۹۳	۶/۵۰	۸/۰۵	۵/۳۱	۶/۵۲	۷/۶۸	۴/۹۶	۳/۶۱
MnO	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۱۹	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۱۹	۰/۱۴
MgO	۱/۵۴	۲/۲۷	۱/۴۸	۲/۵۴	۱/۵۱	۳/۵۶	۲/۵۸	۱/۷۰	۳/۳۴	۱/۲۴	۰/۸۸
CaO	۱/۶۵	۴/۷۸	۳/۵۹	۴/۱۵	۳/۸۵	۵/۹۲	۲/۵۳	۰/۹۹	۴/۹۸	۰/۶۷	۰/۶۵
Na <sub>2</sub> O	۴/۷۵	۳/۰۳	۳/۷۳	۳/۴۹	۲/۶۷	۲/۱۱	۳/۵۴	۳/۴۳	۲/۷۲	۱/۸۸	۵/۷۲
K <sub>2</sub> O	۴/۰۴	۴/۱۲	۴/۰۰	۴/۱۹	۴/۱۶	۳/۱۸	۳/۶۱	۴/۵۶	۳/۵۱	۵/۱۷۰	۲/۲۲
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۲۴	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۴	۰/۱۵	۰/۰۵
L.O.I	۲/۲۳	۱/۴۰	۳/۳۲	۱/۹۵	۲/۵۸	۳/۷۳	۲/۹۳	۲/۱۰	۲/۴۹	۱/۷۴	۱/۲۳

نورم CIPW

Q	۱۵/۸۳	۱۷/۹	۱۰/۲۸	۱۳/۲۱	۱۸/۹۶	۱۴/۳۷	۳۰/۳۱	۲۱/۶۹	۱۳/۱۲	۲۹/۷۳	۲۷/۶۱
C	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۵۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۵۷	۱/۹۰	۰/۰۰	۳/۵۵	۰/۰۰
Or	۲۳/۸۷	۳۴/۳۴	۲۸/۷۳	۲۴/۷۶	۲۴/۵۸	۱۸/۷۹	۲۱/۳۳	۲۶/۹۴	۲۰/۷۴	۳۳/۷۷	۱۳/۱۲
Ab	۳۷/۷۹	۲۵/۶۳	۲۷/۰۹	۲۹/۵۳	۲۲/۵۹	۱۷/۸۰	۲۹/۹۵	۲۹/۰۲	۲۳/۰۱۶	۱۶/۰۸	۴۸/۴۱
An	۶/۸۷	۱۱/۴۲	۱۰/۶۲	۸/۳۵	۱۴/۳۶	۲۰/۸۶	۱۱/۴۴	۳/۹۳	۱۵/۴۰	۲/۳۴	۱/۸۲
Ac	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
Di	۰/۰۵۸	۸/۹۶	۰/۰۰	۹/۰۸۶	۲/۸۹	۵/۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۸۷۱
Hy	۵/۵۲	۳/۲۴	۹/۸۱	۷/۰۳	۶/۱۷	۸/۱۲	۸/۵۳	۸/۶۴	۸/۶۴	۱۱/۳۲	۲/۷۱
Mt	۳/۹۳	۳/۵۹	۳/۵۳	۵/۰۱	۳/۷۷	۵/۲۳	۳/۳۴	۳/۲۳	۳/۷۷	۲/۴۹	۳/۳۶
Il	۱/۹۵	۱/۸۶	۲/۴۳	۱/۷۸	۲/۰۹	۳/۷۵	۱/۶۸	۲/۰۹	۴/۰۰	۱/۴۳	۰/۶۰۸
Ap	۰/۴۵۰	۰/۴۰	۰/۶۶	۰/۴۲۷	۰/۴۵۶	۰/۵۶۲	۰/۴۰۳	۰/۳۵۴	۰/۵۶۳	۰/۳۵۵	۰/۱۱۸
Tn	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
Hm	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰

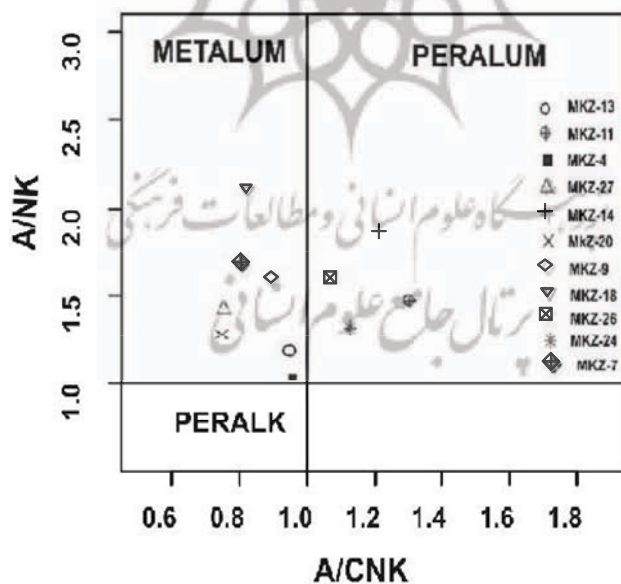
عناصر فرعی (ppm)

V	۹۳	۱۲۸	۱۵۸	۱۲۶	۱۱۶	۲۲۳	۱۱۱	۱۰۷	۱۹۱	۷۷	۵۴
Cr	۸۴	۹۰	۱۴۳	۷۶	۲۴۳	۱۷۰	۱۹۴	۳۰۸	۱۵۱	۹۰	۳۱۳
Co	۲۹	۳۱	۲۶	۲۵	۲۴	۳۷	۲۳	۲۸	۳۶	۳۴	۱۹
Ni	۳۹	۴۱	۳۴	۳۶	۳۹	۴۴	۴۰	۳۹	۴۶	۴۰	۴۲
Cu	۲۳	۴۳	۲۳	۵۴	۲۹	۲۰	۲۵	۲۰۴	۱۹	۴۵	۳۷
Zn	۲۶۲	۲۳۹	۲۰۶	۲۵۱	۲۹۹	۳۴۵	۳۲۱	۳۰۷	۲۹۲	۳۳۸	۳۳۸
Rb	۱۲۷	۱۲۴	۱۱۸	۱۳۰	۱۱۲	۹۳	۱۳۰	۱۲۱	۸۷	۲۰۲	۹۱
Sr	۱۷۸	۲۳۵	۲۱۲	۳۸۴	۲۳۱	۲۸۳	۲۶۲	۱۰۰	۲۹۷	۵۸	۱۰۲
Y	۱۷	۴۹	۴۲	۵۰	۴۶	۲۷	۶۱	۵۱	۱۵	۵۹	۴۵
Zr	۳۶۰	۱۸۹	۱۱۴	۱۷۷	۱۴۷	۱۲۸	۱۸۸	۱۳۲	۱۲۱	۱۴۵	۱۳۱
Nb	۱۰	۲۳	۲۱	۲۵	۲۳	۲۳	۳۴	۳۰	۱۰	۲۱	۳۶
La	-	۳۸	-	۴۹	-	۵۰	-	-	-	-	-
Ce	۹۱	۷۲	۱۱۹	۷۵	۱۱۰	۱۱۷	۸۵	۱۳۴	۹۴	۴۳	۳۰
Ba	۱۷۱۹	۱۳۰۷	۱۵۳۱	۱۳۳۶	۱۲۰۹	۱۳۰۶	۱۴۳۱	۱۶۹۹	۱۰۵۸	۱۴۶۲	۳۰
Th	۱۴۰	۸۷	۸۰	۹۸	۸۱	۸۴	۱۵۰	۱۲۱	۲۸	۷۹	۱۱۰۰
La/Ce	-	۰/۵۲	-	۰/۶۵	-	۰/۴۲	-	-	-	-	۱/۲۳

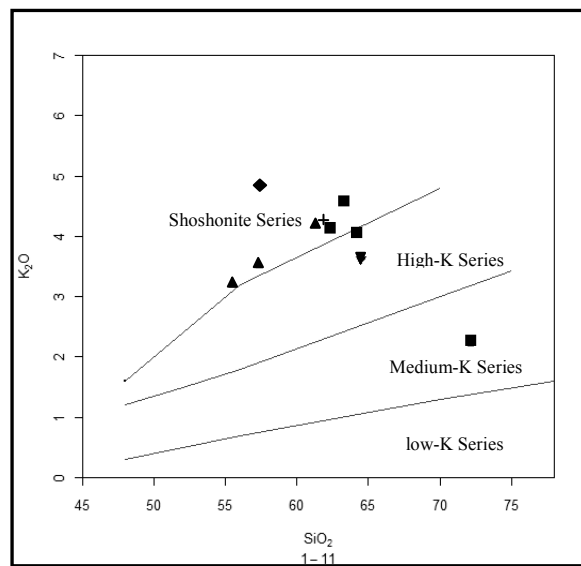


جدول ۲. طبقه بندی گرانیتوئیدهای منطقه بر اساس اکسیدهای اصلی و پتروگرافی (Mode).

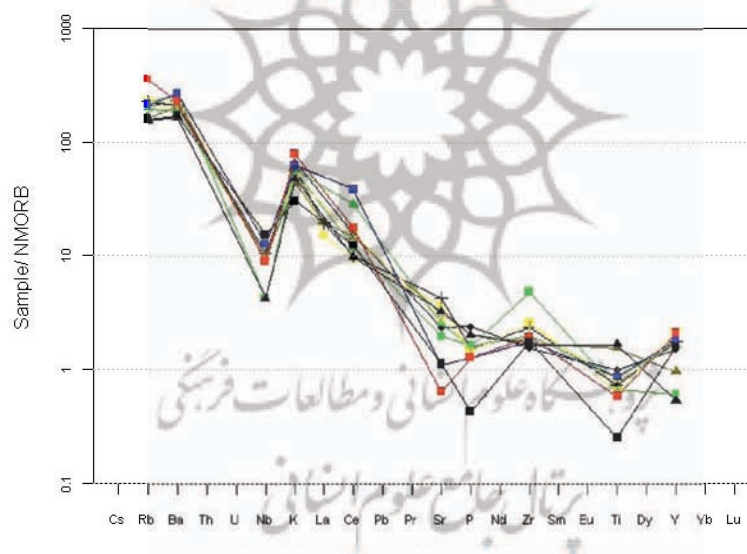
شماره نمونه	پتروگرافی (بر اساس Mode)	رده بندی De la roche [۱۹]	رده بندی میدل موسست [۱۸]
Mkz. ۱۸	هورنبلند بیوتیت گرانودیوریت	دیوریت	دیوریت
Mkz. ۴	سینوگرانیت	آلکالی گرانیت	گرانیت
Mkz. ۲۷	هورنبلند بیوتیت گرانودیوریت	مونزودیوریت	مونزونیت
Mkz. ۷	گرانیت گرانوفیری	تونالیت	کوارتز مونزونیت
Mkz. ۹	بیوتیت گرانودیوریت	تونالیت	گرانودیوریت
Mkz. ۲۶	کوارتز مونزوگرانیت	گرانودیوریت	گرانودیوریت
Mkz. ۲۰	کوارتز مونزونیت پورفیری	تونالیت	کوارتز مونزونیت
Mkz. ۱۳	گرانودیوریت	کوارتز مونزونیت	کوارتز مونزونیت
Mkz. ۲۴	گرانودیوریت	گرانیت	کوارتز مونزونیت
Mkz. ۱۴	هورنبلند-کوارتز مونزونیت	کوارتز مونزونیت	مونزونیت
Mkz. ۱۱	مونزوگرانیت	آلکالی گرانیت	گرانیت



شکل ۷. بر اساس اندیس شاندر [۲۰] اغلب گرانیتوئیدهای منطقه کوه زر از نوع متآلومین هستند.



شکل ۸. بر اساس نمودار میدل موسست [۱۸]، گرانیتوئیدهای منطقه در محدوده غنی از پتاسیم قرار دارند.

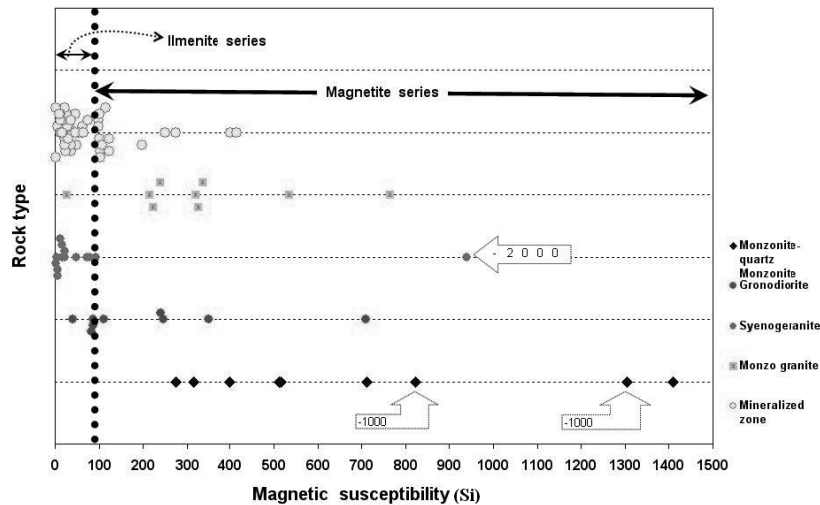


شکل ۹. نمودار عنکبوتی برای سنگ‌های گرانیتوئیدی منطقه کوه‌زر که نسبت به کندریت عادی سازی شده است. بر اساس این نمودار عناصر Rb, K, Th, Ce غنی‌شدگی و عناصر Ti, Sr, Nb تهی‌شدگی دارند.

### پذیرفتاری مغناطیسی

ضمن مطالعات پترولوژی که مبتنی بر شیمی سنگ و پتروگرافی است به خصوصیات پتروفیزیک سنگ نیز توجه شده است. ایشی‌هارا [۲۳] یادآور شده که سنگهای متعلق به سری مگنتیت دارای پذیرفتاری مغناطیسی بیش از  $10^{-5} \times 50 \text{ SI}$  می‌باشند. برای بررسی پذیرفتاری مغناطیسی ۶۵ نمونه از

توده‌های نفوذی مختلف مورد اندازه‌گیری و سنجش قرار گرفتند. نتایج به‌دست‌آمده در شکل ۱۰ نشان داده شده است. بر اساس این نمودار اکثر توده‌های نفوذی در محدوده گرانیتوئیدهای نوع مگنتیت قرار گرفته‌اند. در تعدادی از نمونه‌های سینوگرانیت پذیرفتاری مغناطیسی پایین است.



شکل ۱۰. پذیرفتاری مغناطیسی در سنگ‌های نفوذی. بیشترینه سنگها در محدوده سری ماگمایی I قرار دارند. مقادیر پایین پذیرفتاری مغناطیسی زون‌های کانی‌سازی شده به دلیل شرایط فوق اکسیدان محلول گرمایی است.

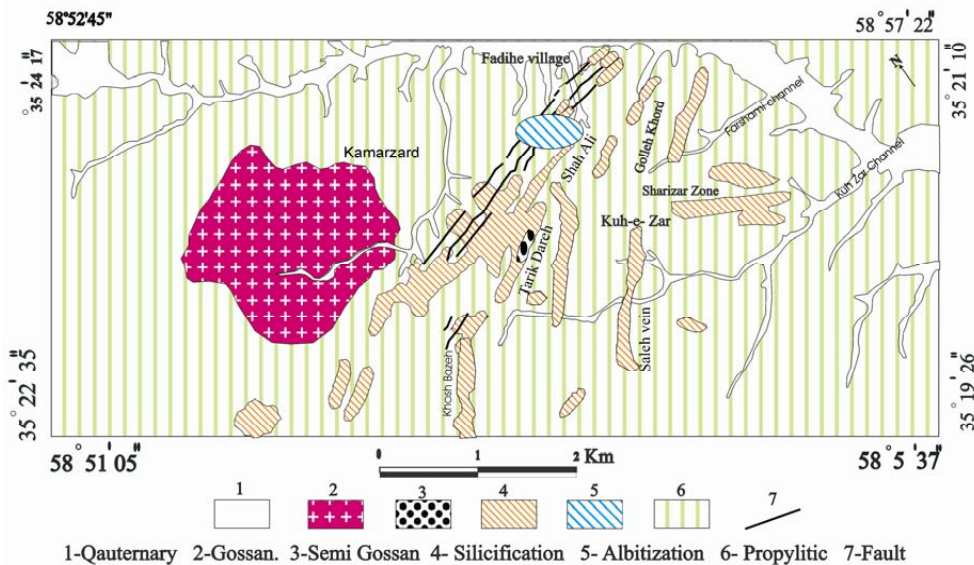
## دگرسانی

اسپیکولاریت و طلا یافت می‌شود. در نواحی واجد ژاسپروئید، عیار طلا پایین است. کانی شاخص زون پروپلیتیک کلریت‌های غنی شده از آهن (رپیدولیت) است. کلریت به صورت جانیشینی اسپیکولاریت دیده می‌شود. دگرسانی آلپیتی با آلپیتی شدن پلاژیوکلازها در توده‌های نفوذی مونزونیت، کوارتز مونزونیت و بیوتیت گرانودیوریت رخ داده است. مقدار اکسید سدیم ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) این سنگ‌ها تا ۷/۲۷٪ اندازه گیری شده است. دگرسانی سرسیتی فقط حریم توده‌های نفوذی یا در حد سرسیتی شدن جزئی درشت بلورهای پلاژیوکلاز محدود شده است.

### نتیجه گیری

توده‌های نفوذی با ترکیب حد واسط تا اسیدی از قبیل مونزونیت تا سینوگرانیت در سنگهای آتشفشانی سنوزوئیک بخش مرکزی کمربند خواف، درونه نفوذ کرده‌اند. سری ماگمایی سنگها از نوع کالک آلکالن غنی از پتاسیم است. پذیرفتاری مغناطیسی و شاخصهای ژئوشیمیایی گرانیتوئیدها نشان دهنده تعلق آنها به سری مگنتیت (I) است. نمودارهای عنکبوتی غنی‌شدگی از عناصر لیتوفیل با شعاع یونی بزرگ ( $\text{LILE}=\text{Th, K, Rb}$ ) و تهی‌شدگی یکنواخت از عناصر با قدرت پایداری بالا ( $\text{HFSE}=\text{Nb, Sr, Ti}$ ) را نشان می‌دهد که بیانگر پلوتونیسم در حاشیه‌های فعال قاره ای است. سنگ‌های

پدیده‌های دگرسانی که خود بخشی از سیستم‌های کانی‌سازی محسوب می‌شوند در حجمی بسیار گسترده‌تر از مناطق کانی‌سازی تجلی می‌یابند و بررسی آنها کمک شایانی به شناسایی نواحی امید بخش می‌کند. نواحی دگرسانی را در گستره کوه زر محققان مورد بررسی قرار داده‌اند. [۱۳، ۲۴ تا ۲۷]. در این بررسیها گسلهای ناحیه‌ای قابل تشخیص است، ولی به دلیل محدود بودن سولفیدهای اولیه در سیالات کانی ساز، مناطق دارای اکسید آهن ثانویه (گوسان) تشکیل نشده است. لذا زونهای کانی‌سازی از مناطق دیگر به خوبی قابل تفکیک نیستند. سنگهای ناحیه به صورت گسترده‌ای تحت تاثیر دگرسانیهای مختلف قرار گرفته‌اند. دگرسانیهای شناسایی شده شامل پروپلیتی شدن، سیلیسی شدن، آلپیتی شدن و مقادیر جزئی آرژیلیتی شدن، کربناتی شدن و سرسیتی شدن است (شکل ۱۱). در سنگهای نفوذی و خروجی دگرسانی پروپلیتیک (کلریتی) به صورت یکسان گسترش دارد. دگرسانی آلپیتی و سرسیتی ضعیف فقط در توده‌های نفوذی، آرژیلیتی ضعیف در حواشی توده‌های نفوذی و اپیدوتی و آرژیلیتی ضعیف در سنگهای خروجی گسترش دارد. دگرسانی سیلیسی فقط در نواحی کانی‌سازی گسترش دارد. این دگرسانی با کانی‌سازی همراه بوده و به صورت غلافی نواحی کانی‌سازی را در برمی‌گیرد. سیلیس به صورت کوارتز ریز دانه در حالتی خاص در شکل ژاسپروئید است. غالباً همراه با سیلیس،



شکل ۱۱. نقشه دگرسانی منطقه کانی سازی طلای کوهزر.

of proterozoic Iron Oxide (Cu-U-Au-REE) deposits", *precamb. Res.*, 58, (1992) 241-287.

[3] De Haller A., Fontboté L., "The Raúl-Condastable Iron Oxide Copper-Gold Deposit, Central Coast of Peru: Ore and Related Hydrothermal Alteration, Sulfur Isotopes, and Thermodynamic Constraints", *Econ. Geo.*, 104, 3, (2009), p.365-384.

[4] Siltoe R. H., "Iron oxide-copper-gold deposits: an Andean view", *Miner Depos.*, 38, (2003), 787-812.

[۵] کریم پور م، ح مظلومی بجهستانی ع، "گزارش اکتشافات طلا در منطقه کوهزر تربت حیدریه"، گزارش داخلی شرکت طلای زر مهر، (۱۳۷۷)، ۳۱ صفحه.

[۶] واعظی پور م. ج.، بهروزی، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰/۰۰۰ تربت حیدریه چهار گوش شماره K5"، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران، ایران (۱۳۷۰).

[۷] بهروزی الف، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰/۰۰۰ ورقه فیض آباد"، ورقه شماره ۷۷۶۰، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران، ایران (۱۳۶۶).

[8] Alavi M., "Tectonic Map of Middle East", Tehran, GSI, Scale, 1:50000, (1991).

[9] Ramazani J., Tucker R.D., "The saghand region, central Iran: U-Pb Geochronology, Petrogenesis and Implications for Gondwana

منطقه به طور کلی تحت تاثیر دگرسانی فراگی بر پروپلیتی قرار گرفته اند. در توده‌های نفوذی مونزونیت، کوارتز مونزونیت، و هورنبلاند بیوتیت گرانودیوریت دگرسانی آلبیتی مشاهده می‌شود. دگرسانی گرمایی در حاشیه رگه‌ها از نوع سیلیسی است که به صورت غلافی زون‌های کانی‌سازی را در بر گرفته است. دگرسانی آرژیلیکی و سرسیتی بسیار محدود بوده و در حریم توده‌های نفوذی دیده می‌شود.

#### سپاس‌گزاری و قدردانی

نویسندگان از حمایت‌های شرکت طلای زر مهر برای انجام این پژوهش و از آقای مهدی پور اسماعیل جهت خدمات فنی سپاس‌گزاری می‌نمایند.

#### مراجع

[۱] مظلومی بجهستانی ع، کریم پور م. ح، رسا ا، رحیمی ب، وثوقی عابدینی م، "کانسار طلای کوه زر تربت حیدریه مدل جدیدی از کانی‌سازی طلا"، *مجله ی بلور شناسی و کانی شناسی ایران*، سال شانزدهم، شماره ۳، (۱۳۸۷)، صفحات ۳۶۳ تا ۳۷۶.

[2] Hitzman W.M., Oreskes N., Einaudi M.T., "geological characteristics and tectonic setting

- [19] De La Roche H., Leterrier J., "Grandclaude, P., & Marchal, M., *A Classification of Volcanic and Plutonic Rocks using R<sub>1</sub>-R<sub>2</sub> diagram and major element analyses – its relationships with current nomenclature*". Chem Geol, v.29, (1980), p.183-210.
- [20] Shand S.J., "Eruptive Rocks": T.Murby, London, (1947),488p.
- [21] peccerillo A. Taylor S. R., "Geochemistry of Eocene Calc-alkaline Volcanic Rocks From The Kastamonu area, Northern Turkey", Contributions to Mineralogy and Petrology, 58, (1976), 63-81.
- [22] Pearce J.a., Haris N.B.W. Tindle A. G., "Trace Element Discrimination Diagrams for Tectonic Interpretation of Granitic Rocks", Journal of Petrology, 25, Part 4, (1984), 956-312.
- [23] Ishihara S., "Significance of the Magnetite-series and Ilmenite series of granitoids in mineral exploration", Fifth IAGOD Symposium, (1980), p.309-312.
- [۲۴] کفاش طوسی م، ح، "گزارش پردازش تصاویر ماهواره-ای منطقه کوه‌زیر به منظور اکتشاف طلا"، گزارش داخلی شرکت طلای زرمهر، (۱۳۷۸)، ۱۶ صفحه.
- [۲۵] مظلومی بجستانی ع، همام م و کریم‌پور م، ح، "گزارش وقوع کانی‌دوم‌تیریت از منطقه سرسپیدار تربت‌حیدریه"، چکیده مقالات دوازدهمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، اهواز، (۱۳۸۳)، صفحه ۲۱۰-۲۱۴.
- [۲۶] شرکت طلای زرمهر، "گزارش نهایی اکتشاف کانسار طلای کوه‌زیر"، گزارش داخلی شرکت طلای زرمهر، (۱۳۸۳)، ۳۷۲ صفحه.
- [۲۷] کریم‌پور م، ح، "کانی‌شناسی، دگرسانی، سنگ‌منشا و محیط تکتونیکی کانسارهای Iron Oxide Cu-Au و مثال‌هایی از ایران"، فشرده مقالات یازدهمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، یزد، (۱۳۸۲)، صفحه ۱۸۴-۱۸۹.
- "Tectonics", American journal of Science, 303,(2003), 622-665
- [10] Malekzadeh Shafaroodi A., Karimpour M.H., Mazaheri, A., "Rb- Sr and Sm- Nd Isotopic Compositions and Petrogenesis of Ore Related Intrusive Rocks of Gold-rich Porphyry Copper", Maherabad Prospect area (North of Hanich), Eaes Iran, Journal Of Crystallography & Mineralogy, in press.
- [11] Eftekharneshad J., Aghanabati A., Baroyant V., Hamzhepour B., "Geological Quadrangle Map of kashmar", 1: 250000", GSI, Tehran, Iran, (1976).
- [12] Lindenberg H.G., Gorler K., Ibbeken H., "Stratigraphy, structure and orogenic evolution of the sabzevar zone in the area of oryan Khorasan, NE Iran", GSI, Rep. No. 51, (1983),119-143, Tehran Ira.
- [۱۳] مظلومی بجستانی ع، "کانی‌شناسی، ژئوشیمی و کانسارسازی طلا و تنگستن در منطقه کوه‌زیر تربت‌حیدریه"، رساله منتشر نشده دوره دکتری زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه شهید بهشتی (۱۳۸۷)، ۲۹۱ صفحه.
- [۱۴] قائمی ف، "مطالعات زمین‌شناسی منطقه کوه‌زیر"، گزارش داخلی شرکت طلای زرمهر (۱۳۷۷)، ۶۷ صفحه.
- [۱۵] مظلومی بجستانی ع، کریم‌پور م، ح، رساء الف، و ثوقی-عابدینی م، "کاربرد مطالعات حرارت‌سنجی در اکتشافات کانسار طلای کوه‌زیر تربت‌حیدریه"، مجله علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی. (پاییز ۸۵)، شماره شانزدهم، صفحات ۱۱۷ الی ۱۳۰.
- [16] Mazloumi A.R., Karimpour M.H, Stern C.R., Rasa I., Saadat S. ", *Fluid Inclusion Thermometry , s-isotop,petrology of Kuh-e-e Zar specularite rich Iron Oxide Gold deposit*" north eastern Iran. Gsa abstract 39,6, (2007), Abs.No.122959.
- [۱۷] گورابجیری پور آر، "پترولوژی و پتروژنز منطقه کوه‌زیر-تربت‌حیدریه) با نگرش ویژه برکانه‌زائی طلا"، پایان‌نامه منتشر نشده دوره کارشناسی‌ارشد دانشگاه شهید بهشتی (۱۳۷۹)، ۱۲۶ صفحه.
- [18] Middlemost E.A.K, "Magmas and Magmatic Rocks", Longman, London and New York, (1985), 266p.