

## ویژگی‌های زمین‌شناختی کانه‌زایی طلا و مس و اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات آبراه‌های و کانی سنگین طلا در کالیجار نطنز، استان اصفهان

پوران کریمی<sup>۱\*</sup>، محمد یزدی<sup>۲</sup>، ایرج رسا<sup>۲</sup> و مهدی مرادی<sup>۳</sup>

۱ - کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه شهید بهشتی

۲ - عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی

۳ - مدیریت مرکز زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی غرب کشور (سنندج)

\*ponekarimi@yahoo.com

دریافت: ۹۱/۱/۲۸ پذیرش: ۹۱/۷/۱۷

### چکیده

منطقه کالیجار در شمال نطنز در استان اصفهان قرار دارد. مجموعه‌ای از سنگ‌های آذرین در دو فاز در این منطقه برونزد یافته‌اند. فاز اول سنگ‌های آتشفشانی شامل آندزیت بیوتیت‌دار، آندزیت آمفیبول‌دار و توف‌های سبز رنگ (ائوسن - میوپلیوسن) و فاز دوم سنگ‌های درونی شامل دیوریت، گرانودیوریت هورنبلنددار و کوارتز مونزونیت (الیگومیوسن) می‌باشند. دگرسانی‌های سرسیتیک، آرژیلیک و پروپیلیتیک (کلریتی و اپیدوتی) مخصوصاً در محل همبری واحدهای زمین‌شناسی با واحدهای گسله در منطقه دیده می‌شود. براساس مطالعات XRD، کانی‌های شاخص دگرسانی‌ها شامل: کلسیت، کوارتز، فلدسپات آلکان (Na-Ca)، میکا، هماتیت، دولومیت و کانی‌های رسی می‌باشد. به منظور پی‌جویی طلا و مس در منطقه از روش اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات آبراه‌های و کانی سنگین استفاده شد که در مرحله اول تعداد ۲۸ نمونه ژئوشیمی و ۱۱ نمونه کانی سنگین و در مرحله دوم تعداد ۶۸ نمونه ژئوشیمی و ۱۸ نمونه کانی سنگین برداشت شد. نتایج به دست آمده از آنالیز نمونه‌ها در آزمایشگاه ALS Chemex کانادا به روش ICP-MS جهت تعیین عناصر سنگ‌ساز و کانساز نشان داد که عناصر (Au, Ag, Pb, Mo, Cu, As, Zn, W) در منطقه دارای آنومالی می‌باشند. محاسبه ضرایب همبستگی به روش اسپرمن بیش‌ترین همبستگی را به (Fe, V(0.94); Pb, Zn(0.76); Mo, W(0.75); Cu, As(0.60); W, Cr(0.81) نسبت می‌دهد. طلا بیش‌ترین همبستگی (۰/۵۴) را با فلز تنگستن نشان داد. همبستگی ضعیف طلا با عناصر فلزی و عدم همبستگی آن با عناصر سنگ‌ساز نشان از توزیع مستقل این عنصر در منطقه دارد. مطالعات کانی سنگین نشان داد که عناصر Fe و Cu, Pb, Au دارای آنومالی می‌باشند. در این مطالعات، نمونه Nt-11 حاوی ۳۵ میلی‌گرم در تن و نمونه Nt-12 حاوی ۲۰ میلی‌گرم در تن طلا از منطقه برداشت گردید. نمونه اول از مرز بین توده دیوریتی و واحد توف ریوداسیتی و نمونه دوم نیز از واحد دایک آندزیت تراکیت تا پورفیری برداشت شد. نقشه‌های ناهنجاری ژئوشیمیایی گویای بیش‌ترین تمرکز طلا در جنوب و بیش‌ترین تمرکز مس در شمال منطقه می‌باشند، بنابراین می‌توانند معرف بهترین گزینه برای انتخاب محل کانی‌سازی احتمالی مس و طلا باشند. تلفیق داده‌های حاصل از نقشه‌های ناهنجاری ژئوشیمیایی و مطالعات کانی سنگین، ارتباط کانه‌زایی طلا را با دگرسانی آرژیلیک و کانه‌زایی مس را با دگرسانی پروپیلیتیک نشان می‌دهند. به نظر می‌رسد که کانه‌زایی گرمایی مس و طلا و دگرسانی‌های همراه با آن‌ها در ارتباط با محلول‌های گرمایی برخاسته از توده‌های نفوذی دیوریتی با سن الیگوسن فوقانی در بخش شمالی ناحیه باشد.

**واژه‌های کلیدی:** زمین‌شناسی، کانه‌زایی، رسوبات آبراه‌های، طلا، مس، کالیجار، نطنز، اصفهان

### مقدمه

رسوبات آبرفتی کواترنری واحدهای رسوبی منطقه را تشکیل می‌دهند. دگرسانی‌های آرژیلیک، سرسیتیک و پروپیلیتیک (کلریتی و اپیدوتی) به ویژه در کنتاکت این واحدها (درونی و بیرونی) با گسل‌های منطقه دیده می‌شود [۱۲].

منطقه کالیجار از واحدهای مختلف آذرین و رسوبی تشکیل شده است. واحدهای آذرین منطقه شامل سنگ‌های آذرین درونی (عمدتاً از نوع دیوریت) و سنگ‌های آذرین بیرونی (از نوع آندزیت، توف، لیتیک توف، توف ریولیتی، توف ریوداسیتی و ایگنمبریت) می‌باشد.

### موقعیت جغرافیایی

منطقه کالیجار با وسعتی در حدود ۴ هزار کیلومتر مربع، در شمال شهر نطنز در استان اصفهان بین طول‌های جغرافیایی UTM (۵۷۸۳۰۰-۵۸۲۲۸۸) و عرض‌های جغرافیایی UTM (۳۷۱۵۸۹۰-۳۷۱۶۹۰۰) واقع شده است. این منطقه بخش جنوب شرقی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ نطنز و بخش شرقی زون زمین درز زفره را به خود اختصاص داده است (شکل ۱) [۱۲].

### زمین‌شناسی عمومی و دگرسانی‌های منطقه

بر اساس تقسیم‌بندی اشتوکلین و نبوی (۱۹۹۳) [۱۲] این منطقه در زون تکتونیکی خرد قاره ایران مرکزی قرار می‌گیرد. نتایج حاصل از مطالعات زمین‌شناسی (نقشه زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰ منطقه) نشان داد که رسوبات آبرفتی کواترنری و دیوریت هورنبلندهای پورفیری تا گرانولار (شکل ۲) شاخص‌ترین واحدهای زمین‌شناسی در بخش‌های میانی منطقه هستند که با سایر واحدهای ولکانیکی همبرگی گسلی دارند [۶ و ۸]. شواهد و بررسی‌های صحرائی نشانگر دگرسانی واحد های دیوریتی و ولکانیکی در بخش میانی (با دگرسانی عمدتاً آرژیلیک) و واحد آندزیت بازالت‌های پورفیری تا گرانولار (شکل‌های ۳ و ۴ و ۵) واقع در بخش شمالی (با دگرسانی سرسیت، پروپیلیتیک (کلریتی-اپیدوتی)) می‌باشد. با توجه به حضور انواع سنگ‌های ولکانیکی مستعد دگرسانی (دایک، تراکی آندزیت (شکل ۶)، توف (شکل ۹ و ۷) و ایگنمبریت (شکل ۸)) هم در کنتاکت با توده‌های نفوذی به صورت متمرکز (مخصوصاً در بخش میانی) و هم در سایر بخش‌های منطقه به صورت پراکنده و نیز تشکیل کانی‌های آلیت و تیتانیت در این واحدهای ولکانیکی (در بخش‌های شمالی) و شکل‌گیری کانه‌های اکسیدی (عمدتاً هماتیت) در این سنگ‌ها بر لزوم بالا آمدگی محلول‌های گرمایی احتمالاً به صورت مکرر و در زمان‌های متناوب در سنگ‌های منطقه (با توجه به وجود انواع بافت‌های ناشی از عدم تعادل ترمودینامیکی) در منطقه تاکید دارد [۱۲].

### روش مطالعه

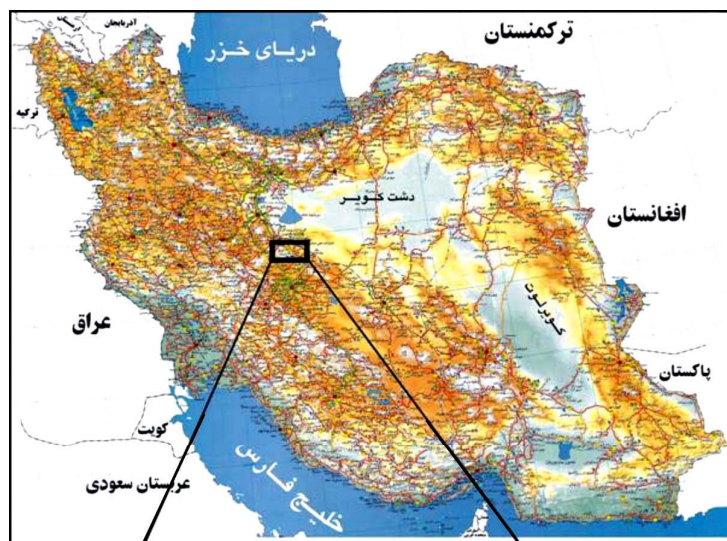
هدف اصلی از این پژوهش بررسی‌های زمین‌شناختی، پتروگرافی، مینرالوگرافی، عملیات صحرائی، مطالعات پراش پرتو ایکس، اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات آبراه‌های و کانی سنگین و آنالیز ICP-MS در منطقه کالیجار است که مقاله حاضر حاصل این بخش از مطالعات می‌باشد. در مرحله اکتشافات مقدماتی و به منظور پی‌جویی طلا و مس در منطقه از روش اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات آبراه‌های و کانی سنگین استفاده شد [۱۷ و ۱۸] که در مرحله اول تعداد ۲۸ نمونه ژئوشیمی و ۱۱ نمونه کانی سنگین و در مرحله دوم تعداد ۶۸ نمونه ژئوشیمی و ۱۸ نمونه کانی سنگین برداشت شد [۱۲]. در منطقه کالیجار جهت تشخیص کانی‌های شاخص دگرسانی‌ها، ۶ نمونه برداشت و در بخش کانی‌شناسی سازمان زمین‌شناسی کشور مورد آنالیز XRD قرار گرفت. (جدول ۲) [۱۲]. نتایج به دست آمده از آنالیز نمونه‌ها در آزمایشگاه ALS Chemex کانادا به روش ICP-MS جهت تعیین عناصر سنگ‌ساز و کانسارساز نشان داد که عناصر (Au, Ag, Pb, Mo, Cu, As, Zn, W) در منطقه دارای آنومالی می‌باشند.

### بحث و بررسی

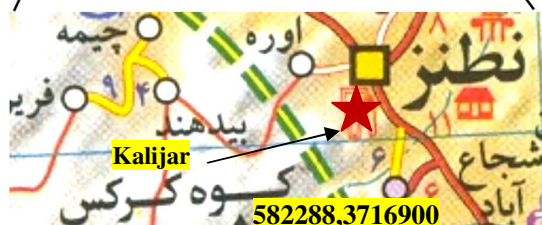
#### مطالعات پتروگرافی و مینرالوگرافی

به منظور مطالعات پتروگرافی تعداد ۲۹ مقطع نازک و جهت مطالعات مینرالوگرافی تعداد ۱۸ مقطع صیقلی از واحدهای آذرین منطقه تهیه و مورد مطالعه قرار گرفت [۱۲]. نتایج بررسی‌های پتروگرافی نشان داد که عمده‌ترین بافت‌های شاخص در سنگ‌های منطقه شامل منطقه‌بندی نوسانی (Oscillatory Zoning) [۲۴] در سنگ‌های ساب آکالن (بازالتیک آندزیت‌ها، آندزیت‌ها، داسیت‌ها)، اپاسیته‌شدن کانی‌های فرومنیزین (Opacitization texture) در سنگ‌های ساب آکالن (داسیت و ریولیت) و بافت غربالی (Sieve texture) [۲۵] در داسیت‌ها، بافت ساژنیت یا زاگنیت (Sagenitetexture) [۲۶] در توف‌های ریولیتی منطقه است (شکل ۱۲). هم‌چنین بر اساس مطالعات مینرالوگرافی مشخص گردید که بیش‌ترین کانه‌زایی فلزی مربوط به کانه‌زایی آهن (هماتیت، مگنتیت، الیژست و پیریت) با بافت ستاره‌ای،

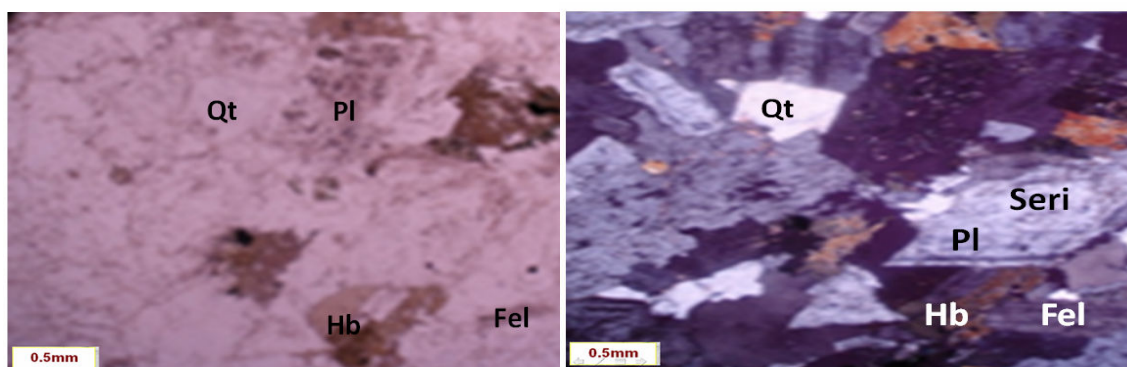
شعاعی، غربالی، و مارتیتیزاسیون می‌باشد (شکل‌های ۱۲ و ۱۱).



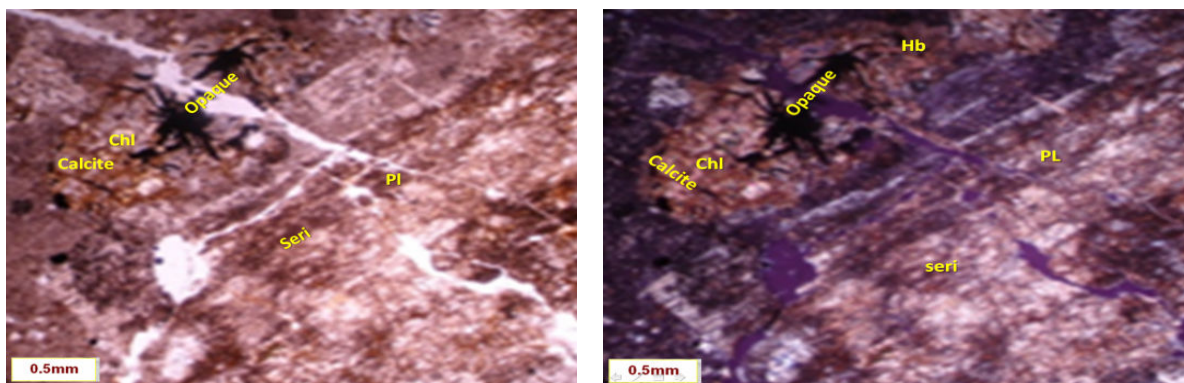
578300,3715890



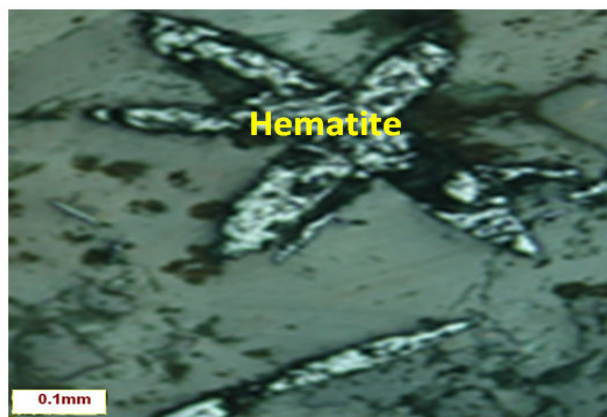
شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه کالیجار



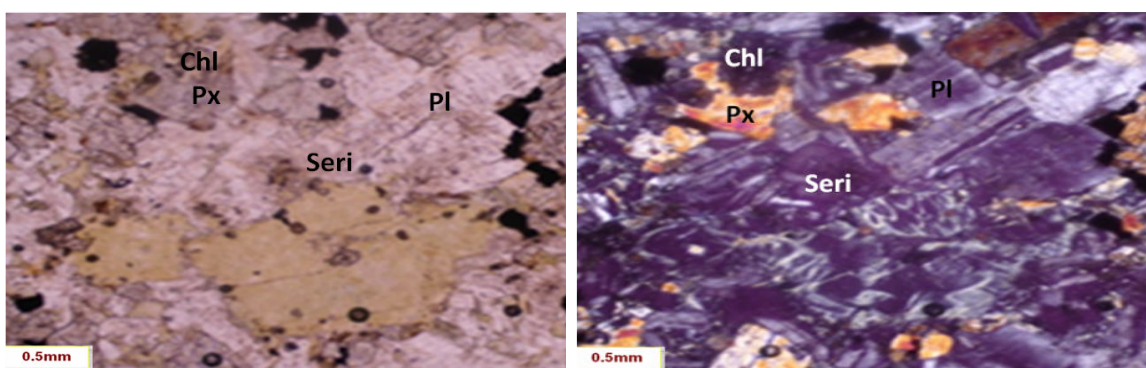
شکل ۲: الف) بلورهای پلاژیوکلاز، کوارتز، هورنبلند و فلدسپار آلکالن در نور (XPL) (ب) همان مقطع با تبدیل‌شدگی هورنبلند به بیوتیت در نور (PPL) در کوارتز مونزودیوریت‌ها



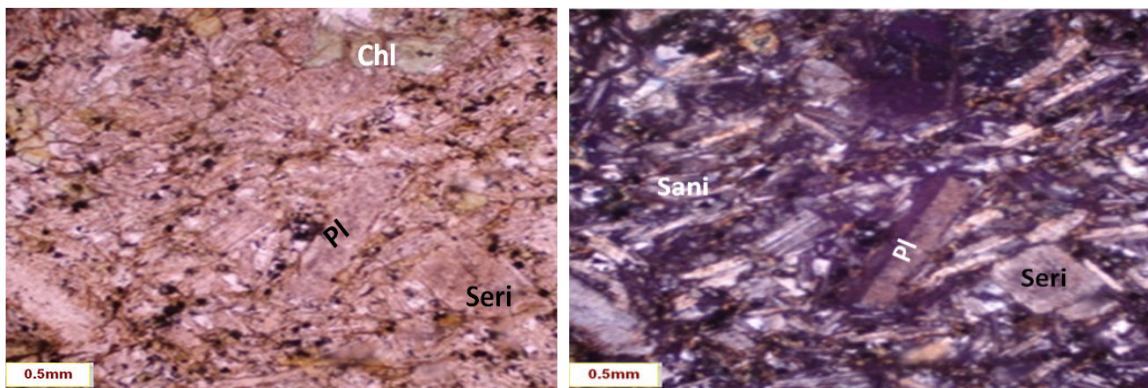
شکل ۳: الف) بلورهای درشت پلاژیوکلاز به شدت سرسیتی شده و یک بلور آمفیبول که در اثر دگرسانی به کلریت، کلسیت، اکسیدهای آهن و کانی‌های اوپاک (به شکل اسکلتال) تبدیل شده است در نور (XPL) ب) همان مقطع در نور (PPL) در آندزیت‌ها



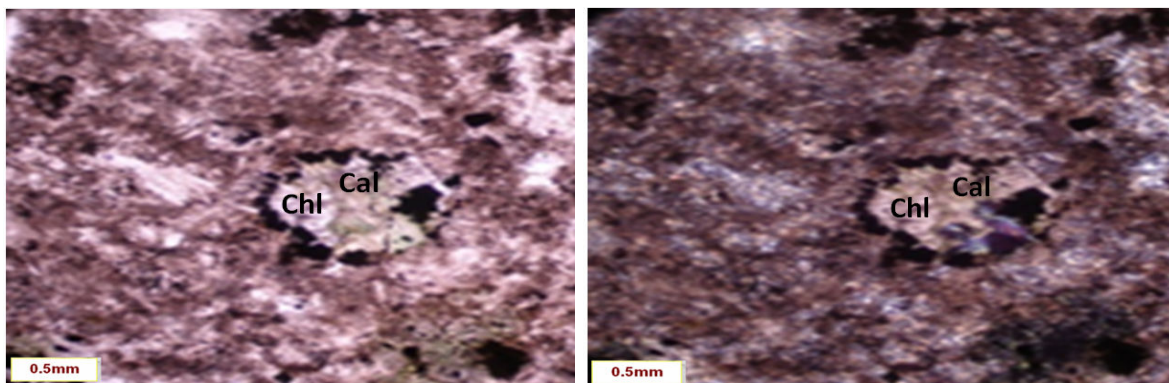
شکل ۴: بلورهای ستاره‌ای شکل هماتیت در مقیاس (۲۰X) در آندزیت‌ها



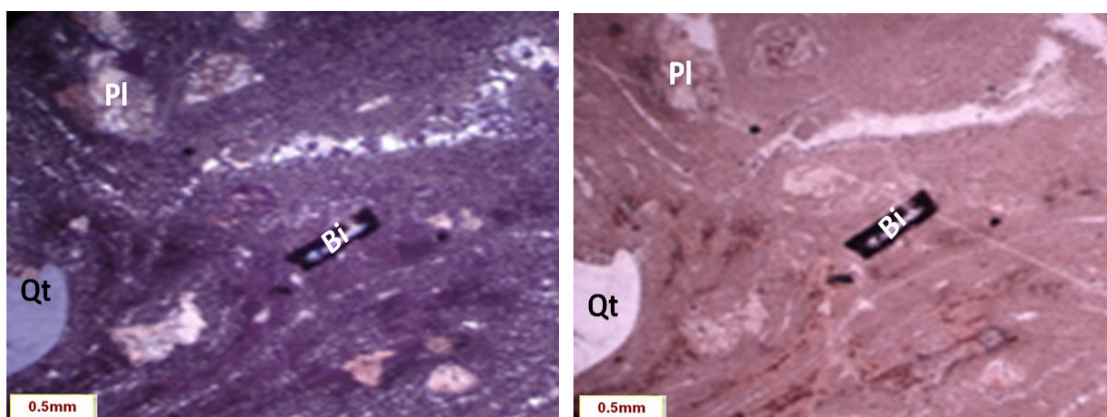
شکل ۵: الف) بلورهای پلاژیوکلاز سرسیتی شده و بلورهای کلریت حاصل از دگرسانی بلورهای پیروکسن (اوژیت) در نور (XPL) ب) همان مقطع در نور (PPL) در بازالتیک آندزیت‌ها



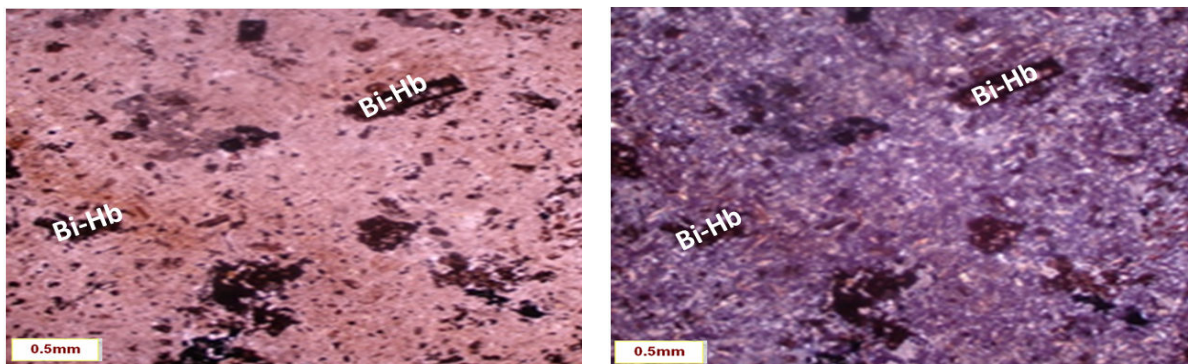
شکل ۶: الف) بلورهای پلاژیوکلاز آلبیتی سرسیتی شده، بلورهای دانه‌ریز کوارتز در زمینه و بلورهای سانیدین با ماکل کارلسباد و بلورهای کلریت حاصل از دگرسانی در نور (XPL) ب) همان مقطع در نور (PPL) در تراکی آندزیت‌ها



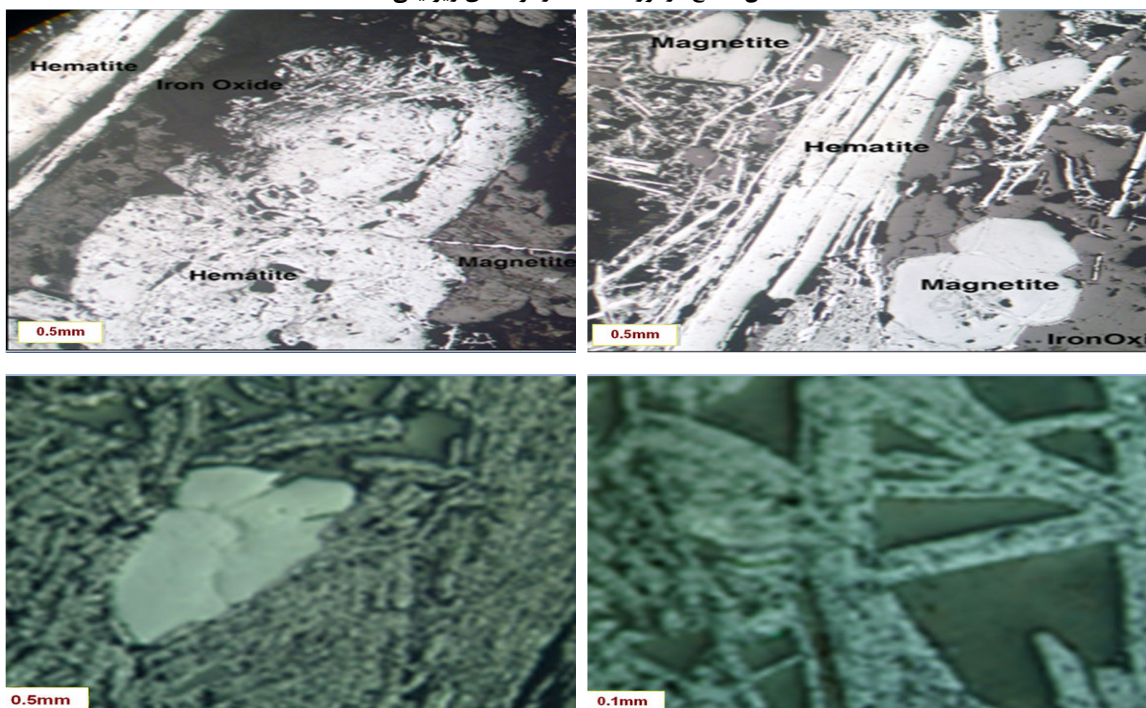
شکل ۷: الف) بلورهای کلریت و کلسیت با بافت اسفرولیتی و شعاعی در زمینه شیشه‌ای در داخل توف ویتروفیریک در نور (XPL) ب) همان مقطع در نور (PPL)



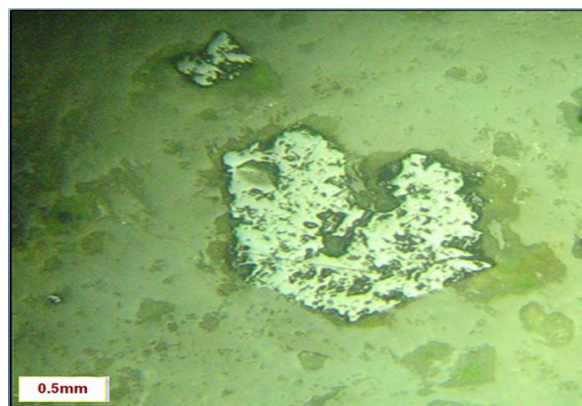
شکل ۸: الف) بلورهای کوارتز و پلاژیوکلاز با بافت اوتاکسیتیک که در زمینه شیشه‌ای به دور فنوکریست‌ها می‌چرخند و نیز بلورهای اپاسیته شده بیوتیت در متن سنگ در نور (XPL) ب) همان مقطع در نور (PPL) در سنگ‌های ایگنمبریتی



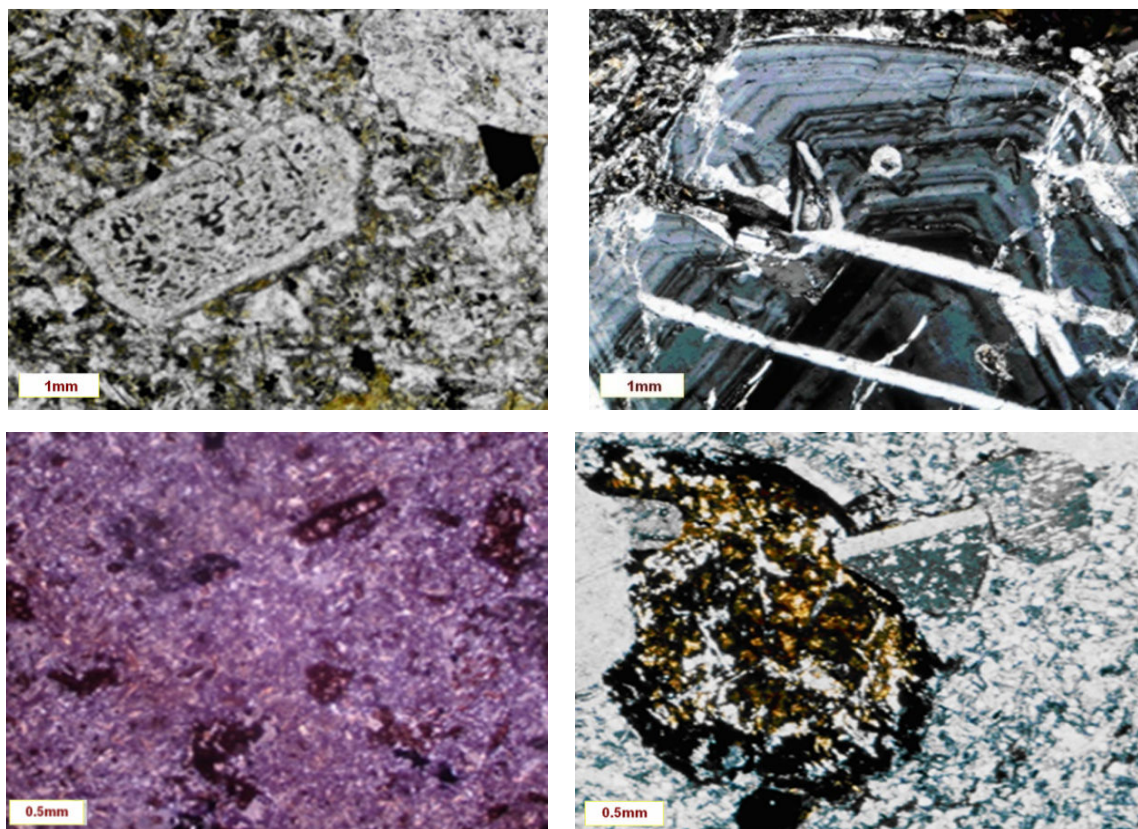
شکل ۹: الف) بلورهای فرومنیزین (بیوتیت و آمفیبول) در زمینه توف شیشه‌ای به شدت اپاسیته شده و زاگنیته شده در نور (XPL) (ب) همان مقطع در نور (PPL) در توف‌های ریولیتی



شکل ۱۰: الف) بلورهای هماتیت تیغه‌ای، مگنتیت انهدرال و اکسیدهای آهن، ب) بافت مارتیتی شدن، ج) بلورهای تیغه‌ای هماتیت (specularite) و تیغه‌ای هماتیت د) بلورهای انهدرال و تیغه‌ای هماتیت



شکل ۱۱: تصویر بلور انهدرال پیریت با حاشیه اکسید آهن



شکل ۱۲: بافت منطقه‌بندی نوسانی، غربالی، اپاسیته‌شدن و سازنیت یا زاگنیت در کالیجار

نقشه‌های ناهنجاری ژئوشیمیایی عناصر طلا و مس در کالیجار ترسیم گردید (شکل‌های ۱۴ و ۱۵) [۱۲ و ۲۱ و ۲۲].

مطالعات کانی سنگین در منطقه نشان داد که عناصر Fe, Cu, Pb, Au دارای آنومالی می‌باشند. در فرآیند جداسازی کانی‌های سنگین، مگنتیت و هماتیت به عنوان کانه‌های آهن؛ گالن، اکسید سرب، پیرومورفیت، سرب آزاد و میمیتیت به عنوان کانه‌های سرب و مالاکیت و مس آزاد به عنوان کانه‌های مس تشخیص داده شد. در مطالعات کانی سنگین، نمونه Nt-11 با مختصات جغرافیایی UTM (۳۷۱۶۲۲۶-۵۷۹۴۲۸)، حاوی ۳۵ میلی‌گرم در تن طلا و نمونه Nt-12 با مختصات جغرافیایی UTM (۳۷۱۶۴۵۰-۵۸۰۲۵۰)، حاوی ۲۰ میلی‌گرم در تن طلا از منطقه برداشت گردید. نمونه اول از مرز بین توده دیوریتی و واحد توف ریوداسیتی و نمونه دوم نیز از واحد دایک آندزیت تراکیت تا پورفیری تیک برداشت شد. در جدول نتایج مطالعات کیفی منطقه کالیجار AA (کانی‌های مغناطیسی) AV، (کانی‌های نیمه مغناطیسی)، NM (کانی‌های

### مطالعات ژئوشیمیایی رسوبات آبراه‌های و کانی سنگین

محاسبه ضرایب هم‌بستگی به روش اسپیرمن بیش‌ترین هم‌بستگی را به  $b, Zn(0.76); Mo, W(0.75); Cu, As(0.60); W, Cr(0.81)$  و  $Fe, V(0.94)$  نسبت می‌دهد. طلا هم‌بستگی ضعیفی با سایر عناصر نشان داد. این عنصر بیش‌ترین هم‌بستگی (۰/۵۴) را با فلز تنگستن داشت [۱۲]. هم‌بستگی ضعیف طلا با عناصر فلزی و عدم هم‌بستگی آن با عناصر سنگ ساز نشان از توزیع مستقل این عنصر در منطقه دارد. نتایج حاصل از نمودار خوشه‌ای عناصر به صورت زیر است: ۱- خوشه اول همبود عناصر Mn, As, Zn, Co, V, Fe, Mo ۲- خوشه دوم همبود عناصر Cu, Pb, W, Cr, Ba, Ag, Ni, Au, Sb را نشان می‌دهد که می‌تواند در ارتباط با کانی‌سازی طلا و نقره باشد. ۳- در خوشه سوم تنها عنصر Ti قرار دارد. در این نمودار به دلیل خطای دستگاهی ارتباطی بین Cr, W دیده نمی‌شود (شکل ۱۳). پس از آنالیز نمونه‌ها و پردازش داده‌ها،

دهنده‌ی تعداد ذره می‌باشد) همگی بر حسب درصد است (جداول ۱) [۱۲].

غیرمغناطیسی) و Q,F (کانی‌های سبک کوارتز و فلدسپات) می‌باشد و مقادیر عددی موجود در جدول (به جز مقادیری که در داخل پرانتز آورده شده است و نشان

جدول (۱-۱) نتایج مطالعات کیفی کانی سنگین کالچار

Sample No:	NT.002			NT.003			NT.004			NT.006			NT.007		
Total Volume cc A	4500			3000			5500			5000			4000		
Panned Volume cc B	25			24			29			25			24		
Study Volume cc C	25			24			29			25			24		
Heavy Volume cc Y	13.5			12.5			24.5			16.5			4.5		
Fractions	AA	AV	NM	AA	AV	NM	AA	AV	NM	AA	AV	NM	AA	AV	NM
Ratio	2.5	7.5	0.5	4	6	0.5	6.5	3	0.5	5	5	0.5	4	6	0.5
<b>Ferromagnetic Mineral's</b>															
Magnetite	9.5			8.5			9.5			8.5			8.5		
Ilmenomagnetite															
<b>Paramagnetic Mineral's</b>															
Hematite		1.5			2			2			2.5			3	
Ilmenite		0.01			0.7			2.5			0.01			0.05	
Garnets		1			0.5			0.05			0.5			0.05	
Pyroxenes		0.5			0.5			0.5			0.3			0.5	0.05
Amphiboles		1.5			2			1.5			2.5			1.5	
Epidotes		5			4			3			3			4.5	
Biotite		0.01			0.05			0.01			0.7			0.01	
Pyrite oxide		0.05			0.01			0.01			0.01			0.01	
Pyrite Limonite								0.01							
Oligiste		0.01			0.01			0.01			0.05			0.05	
Limonite		0.01			0.01			0.01			0.01			0.01	
Pyrolusite								0.01			0.01			0.01	
Spinel															
Chromite											0.01				
Olivine															
Martite		0.01			0.01			0.01			0.01			0.01	
Goethite								0.01			0.01			0.01	
Chlorite					0.01			0.01			0.01				
<b>Diamagnetic Mineral's</b>															
Zircon					2.5			3.5			4			3.5	2.5
Apatite					0.01			0.01			0.01			0.3	0.5
Rutile					0.01			0.01			0.05			0.7	0.05
Barite					0.5			0.05			0.5			1	3
Sphene					0.5			0.5			1			2.5	1
Anatase								0.01						0.01	0.01
Nigrine					0.01						0.01			0.01	
Leucoxene					0.01			0.01			0.01			0.01	0.01
Pyrite					0.01			0.01			0.01			0.01	0.01
Scheelite															
Galena											0.01(2)				
Cerussite															
Sphalerite															
Chalcopyrite															
Malachite														0.01(2)	
Azurite															
Cinnabar															
Gold															
Corundum															
Native lead											0.01(2)				
Massicote											0.01(6)				
Pyromorphite											0.01(2)			0.01(3)	
Mimetite															0.01(1)
Native copper															
Carbonates					1.5			0.5			1			0.5	0.5
Altered minerals	0.5	0.5	1.5	1.5	0.3	1	0.058	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	1.5	0.5	1.5
Light minerals			0.01			0.01					0.01			0.01	0.01
Q,F			3.5			4.5					3			1	1



ادامه جدول (۱-۱)

Sample No:	NT.008			NT.009			NT.010			NT.011			NT.012		
Total Volume cc A	3000			3000			3500			2500			5000		
Panned Volume cc B	24			25.5			27			26			27		
Study Volume cc C	24			25.5			27			26			27		
Heavy Volume cc Y	8.5			11.5			2.5			2.5			9.5		
Fractions	AA	AV	NM	AA	AV	NM	AA	AV	NM	AA	AV	NM	AA	AV	NM
Ratio	5	5	0.5	4.5	5	0.5	5	5	0.5	3	7	0.5	4	6	0.5
<b>Ferromagnetic Mineral's</b>															
Magnetite	8			2.5			8			8.5			8.5		
Ilmenomagnetite															
<b>Paramagnetic Mineral's</b>															
Hematite		0.5		2.5			3.5	0.05		4			0.5		
Ilmenite		0.01		0.05			0.05			0.01			0.7		
Garnets		0.05		0.01			0.01			0.01			0.05		
Pyroxenes		0.05	0.05	0.5			2.5	1		2			0.05	0.5	
Amphiboles		3.5		2			1			0.7			1		
Epidotes		4		2.5			1.5			2.5			6		
Biotite	0.5	1.5		1.5			0.5			0.01			1.5		
Pyrite oxide		0.01		0.01			0.5			0.05			0.01		
Pyrite Limonite															
Oligiste		0.01		0.05			0.01			0.3			0.01		
Limonite		0.01		0.01			0.01			0.01			0.01		
Pyrolusite										0.01					
Spinel													0.01		
Chromite															
Olivine															
Martite		0.01		0.01			0.01			0.01					
Goethite				0.01						0.01					
Chlorite		0.01		0.01										0.01	
<b>Diamagnetic Mineral's</b>															
Zircon			4.5				3.5			2.5			2.5		2.5
Apatite			0.01				0.01			0.01			0.05		1.5
Rutile			0.01				0.01			0.01			0.05		0.01
Barite			0.05				0.5			0.05			1.5		0.5
Sphene			3				1.5			1.5			0.01		0.01
Anatase			0.01				0.01			0.01			0.01		
Nigrine			0.01				0.01			0.01			0.01		0.01
Leucosene			0.01				0.01			0.01			0.01		0.01
Pyrite			0.01							0.01					
Scheelite															
Galena															
Cerussite															
Sphalerite															
Chalcopyrite															
Malachite															
Azurite															
Cinnabar															
Gold															
Corundum			0.01												
Native lead													0.01(1)		
Massicote															
Pyromorphite															
Mimetite															
Native copper													0.01(1)		
Carbonates			0.05				0.5			0.5			1.5		0.5
Altered minerals	1.5	0.5	0.5	2	1	1.5	2	0.5	2	1.5	0.5	1.5	1.5	0.3	1.5
Light minerals			0.01				0.01			0.01			0.01		0.01
Q,F			2				2.5			2.5			3		2

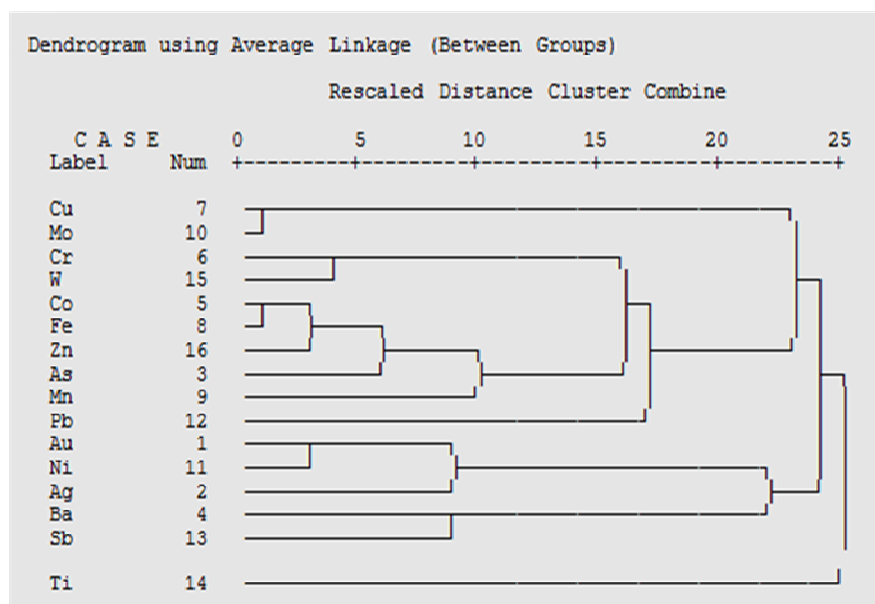
سرسیت و یا پروپیلتیک در منطقه می‌باشند شامل: کلسیت، کوارتز، فلدسپات آلکان (Na-Ca)، میکا، هماتیت، دولومیت و کانی‌های رسی تشخیص داده شد (جدول ۲) [۱۲].

### مطالعات XRD

بر اساس این مطالعات کانی‌های شاخص دگرسانی‌ها که اغلب منطبق بر اجزای سازنده دگرسانی‌های آرژیلیک،

جدول (۲-۱) نتایج مطالعات کمی کانی‌های سنگین کالیچار

FIELD NO:	NT.002	NT.003	NT.004	NT.006	NT.007	NT.008	NT.009	NT.010	NT.011	NT.012
Total Volume cc A	4500	3000	5500	5000	4000	3000	3000	3500	2500	5000
Panned Volume cc B	25	24	29	25	24	24	25.5	27	26	27
Study Volume cc C	25	24	29	25	24	24	25.5	27	26	27
Heavy Volume cc Y	13.5	12.5	24.5	16.5	4.5	8.5	11.5	2.5	2.5	9.5
<b>Ferromagnetic Mineral's</b>										
Magnetite	1476.30	2935.33	5699.41	2905.98	792.54	2348.27	893.55	592.00	528.36	1338.51
Ilmenomagnetite	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Paramagnetic Mineral's</b>										
Hematite	710.10	1052.00	562.34	867.90	426.06	149.03	1008.17	263.38	589.12	119.93
Ilmenite	0.01	<b>329.00</b>	<b>628.09</b>	0.01	6.35	0.01	18.02	3.36	0.01	<b>150.02</b>
Garnets	360.00	200.00	10.69	132.00	5.40	11.33	0.01	0.57	0.01	9.12
Pyroxenes	135.00	150.00	80.18	59.40	40.84	9.35	115.00	111.43	168.00	12.54
Amphiboles	405.00	600.00	240.55	495.00	121.50	595.00	460.00	42.86	58.80	136.80
Epidotes	1575.00	1400.00	561.27	693.00	425.25	793.33	670.83	75.00	245.00	957.60
Biotite	0.01	15.00	0.01	138.60	0.01	340.00	345.00	21.43	0.01	205.20
Pyrite oxide	22.50	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	35.71	7.00	0.01
Pyrite Limonite	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Oligiste	0.01	0.01	0.01	17.16	7.02	0.01	19.93	0.01	43.68	0.01
Limonite	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Pyrolusite	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Spinel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Chromite	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Olivine	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Martite	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Goethite	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
Chlorite	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01
<b>Diamagnetic Mineral's</b>										
Zircon	67.50	131.25	160.36	103.95	25.31	114.75	120.75	16.07	22.50	42.75
Apatite	0.01	0.01	0.01	5.94	3.38	0.01	0.01	0.01	0.30	17.10
Rutile	0.01	0.01	1.78	18.48	0.45	0.01	0.01	0.01	0.40	0.01
Barite	13.50	1.88	20.05	29.70	30.38	1.28	17.25	0.32	13.50	8.55
Sphene	10.50	14.58	31.18	57.75	7.88	59.50	40.25	7.50	0.01	0.01
Anatase	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Nigrine	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Leucoxene	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Pyrite	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	0.00	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	0.00	<b>0.01</b>	0.00	0.00
Scheelite	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Galena	0.00	0.00	<b>.01(2)</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cerussite	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sphalerite	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chalcopyrite	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Malachite	0.00	<b>.01(2)</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azurite	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cinnabar	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gold	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corundum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Native lead	0.00	0.00	<b>.01(2)</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>.01(1)</b>	0.00
Massicote	0.00	0.00	<b>.01(6)</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pyromorphite	0.00	0.00	<b>.01(2)</b>	<b>.01(3)</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mimetite	0.00	<b>.01(1)</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Native copper	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>.01(1)</b>	0.00
Carbonates	24.39	11.29	24.14	8.94	3.05	0.77	10.39	1.94	8.13	5.15
Altered minerals	207.00	415.00	113.70	405.90	131.63	348.50	678.50	115.71	105.00	194.94
Light minerals	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Q,F	54.60	97.50	69.49	17.16	5.85	29.47	49.83	9.29	15.60	19.76



شکل ۱۳: نمودار خوشه‌ای منطقه کالیجار

جدول ۲: نتایج مطالعات XRD در کالیجار (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۹)

LAB. NO	FIELD.NO	XRD RESULT
۱۷۲۸	KLJ-a	CALCITE
۱۷۲۹	KLJ-b	CALCITE
۱۷۳۰	KLJ-c	QUARTZ+CALCITE+FELDSPAR+MICA+HEMATITE.
۱۷۳۱	KLJ-d	QUARTZ+FELDSPAR+CALCITE+CLAY MINERAL+DOLOMITE+HEMATITE(MINOR)
۱۷۳۲	KLJ-e	QUARTZ+CALCITE+FELDSPAR(K-NA)+CLAY MINERAL+HEMATITE(MINOR).
۱۷۳۳	KLJ-f	QUARTZ+FELDSPAR+CALCITE+CLAY MINERAL+HEMATITE(MINORE).

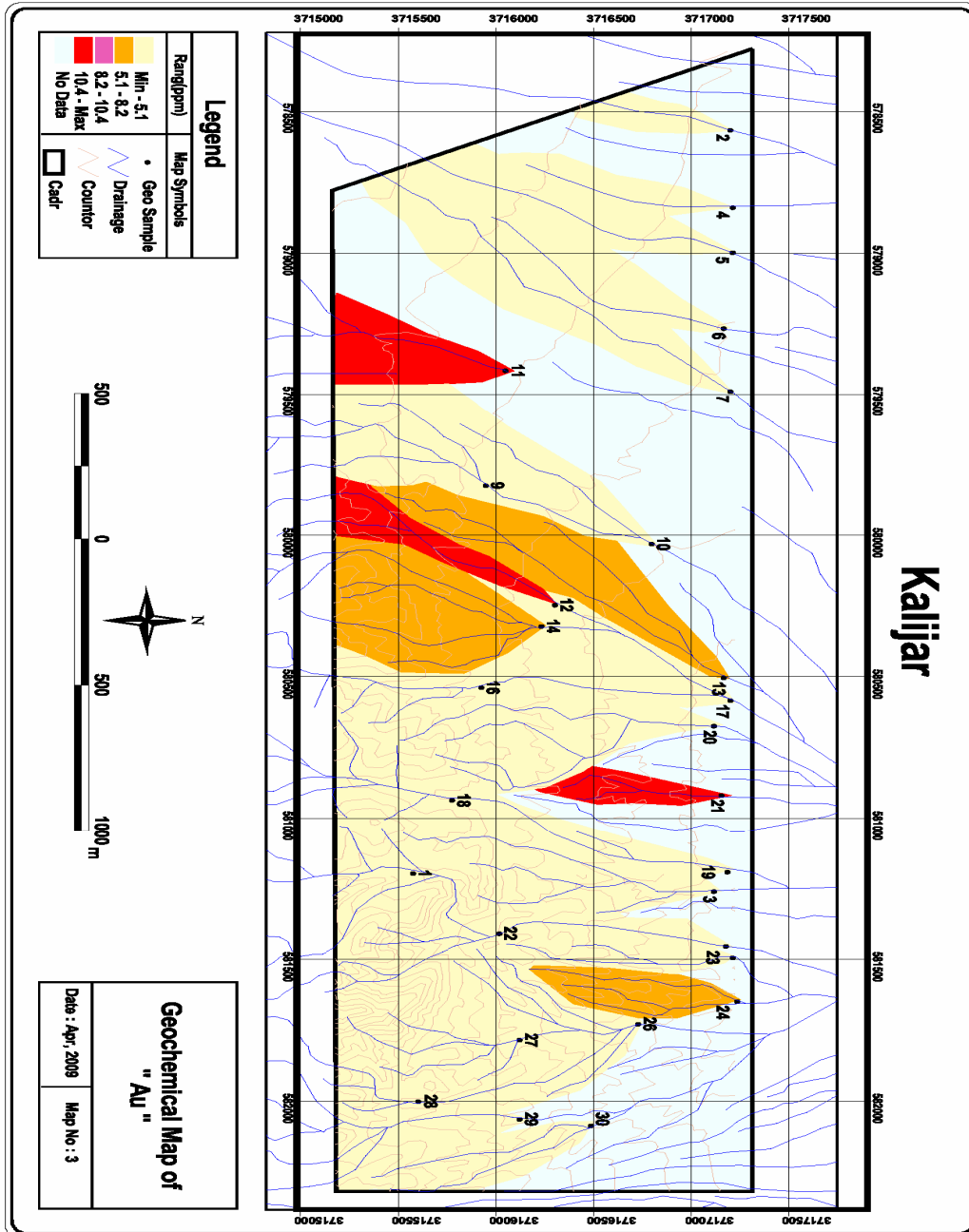
### نتیجه‌گیری

فاز متالوژنی پلوتونیسیم ترشیری (الیگومیوسن) عامل اصلی شکل‌گیری کانه‌زایی در ورقه نطنز و منطقه کالیجار می‌باشد و کانه‌زایی‌های آهن، مس، سرب و روی و باریت در سیستم کالیجار- نطنز تحت تاثیر این فاز متالوژنی تشکیل شده است [۲ و ۶]. شواهد صحرایی (ارتباط دگرسانی‌ها با توده‌های درونی، بیرونی، واحدهای گسلی)، مطالعات پتروگرافی و مینرالوگرافی (وجود بافت‌های عمدتاً ناشی از حالت عدم تعادل در سنگ‌های منطقه)، تلفیق نقشه‌های ژئوشیمیایی طلا و مس با مطالعات کانی‌سنگین (بیش‌ترین کانه‌زایی طلا در ارتباط با توده‌های واقع در بخش جنوبی و بیش‌ترین کانه‌زایی مس در ارتباط با توده‌های

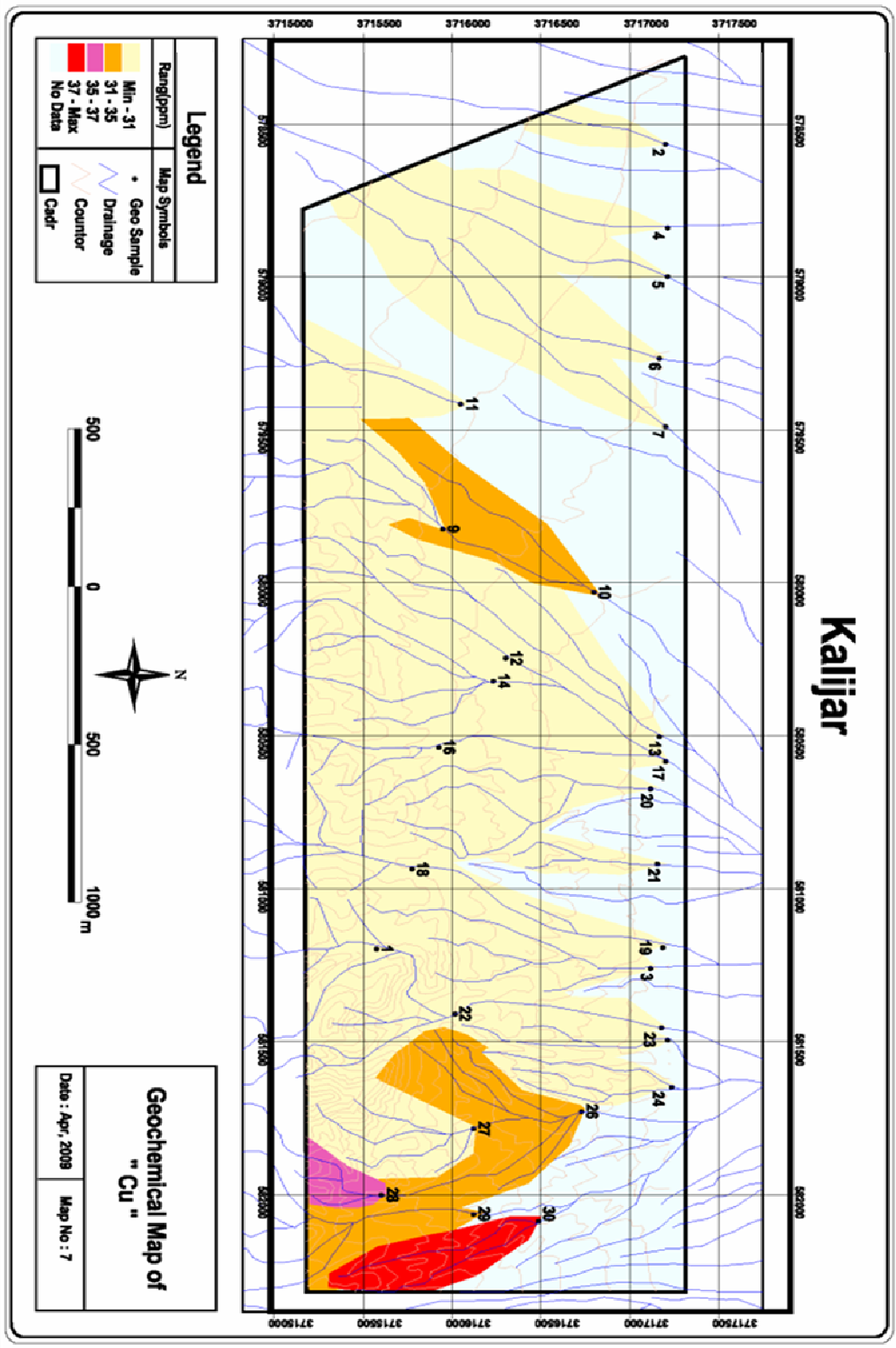
شمالی) (شکل‌های ۱۴ و ۱۵)، مطالعات XRD (انطباق کانی‌های اصلی دگرسانی‌ها با کانی‌های تشخیص داده شده از این مطالعات) بررسی انواع دگرسانی‌ها (از لحاظ موقعیت مکانی و ارتباط کانه‌زایی مس با دگرسانی آرژیلیک و کانه‌زایی طلا با دگرسانی پروپیلیتیک) و از همه مهم‌تر ارتباط و هم‌بستگی تنگاتنگ تمامی عوامل نامبرده شده در بالا و همپوشانی آن‌ها با کانه‌زایی (مخصوصاً طلا و مس) بیانگر اهمیت هر چه بیش‌تر و بررسی‌های دقیق‌تر در منطقه می‌نماید که چه بسا با مطالعات نیمه تفضیلی و تفضیلی (به عنوان نمونه مطالعه آنکلوژیون‌های سیال، حفاری و...) می‌توان به این مهم دست یافت. هم‌چنین با توجه به وجود کانی‌های سولفیدی (پیریت) و اکسیدی

(اکسیدهای آهن عمدتاً مگنتیت و هماتیت) در منطقه می‌توان گفت که احتمالاً سیالات بالا آمده از لحاظ گوگرد و اکسیژن ممکن است غنی بوده باشند. تلفیق داده‌های حاصل از مطالعات کانی سنگین با نقشه‌های ناهنجاری ژئوشیمیایی، حاکی از نقش مهم توده نفوذی دیوریتی و واحد آندزیتی در تولید آنومالی‌های مشاهده شده و معرف غنی‌شدگی این واحدهای لیتولوژی از عناصر نامبرده می

باشد؛ به طوری که رسوبات حاصل از فرسایش این واحدها حاوی کانه‌هایی از این عناصر بوده‌اند. نقشه‌های ناهنجاری ژئوشیمیایی نشان می‌دهند که بیش‌ترین تمرکز طلا در جنوب و بیش‌ترین تمرکز مس در شمال منطقه است، بنابراین می‌توانند معرف بهترین گزینه برای انتخاب محل کانی‌سازی احتمالی مس و طلا باشند [۱۲].



شکل ۱۴: نقشه ناهنجاری ژئوشیمیایی طلا در کالیجار



شکل ۱۵: نقشه ناهنجاری ژئوشیمیایی مس در کالیجار

منابع

- [۱] برنا، ب، و جان‌نثاری، م. ر (۱۳۷۳) "گزارش عملیات اکتشافی چکشی و متالوژی در ورقه یکصد هزارم کاشان"، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- [۲] زاهدی، م، "شرح نقشه زمین‌شناسی چهارگوش کاشان مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰" (۱۳۷۰) سازمان زمین‌شناسی کشور.
- [۳] زاهدی، م، "بررسی زمین‌شناسی ناحیه سه (Soh) جنوب کاشان"، گزارش شماره ۲۷ (۱۳۵۱) سازمان زمین‌شناسی کشور.
- [۴] حسنی‌پاک، ع، اصول اکتشافات ژئوشیمیایی (۱۳۷۰) انتشارات دانشگاه تهران، ۵۶۳ ص.
- [۵] حسنی‌پاک، ع، اکتشافات ذخایر طلا (۱۳۷۸) انتشارات دانشگاه تهران، ۶۰۹ ص.
- [۶] خلعتبری- م، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ نطنز" (۱۳۷۳)، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- [۷] "گزارش بررسی‌های اکتشافات سیستماتیک ناحیه‌ای و شناسایی نواحی امید بخش معدنی در زون معدنی آران" (۱۳۸۳) سازمان زمین‌شناسی کشور.
- [۸] سعدالدین، ن، رشید نژاد عمران، ن، "گزارش پی‌جویی و پتانسیل مواد معدنی در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ نطنز" (۱۳۷۴) سازمان زمین‌شناسی کشور.
- [۹] عمیدی، س.م.، صمیمی‌نمین، م، "گزارش مربوط به فلوگوپیت زنجانبر کاشان و گرونی فشارک اصفهان" (۱۳۶۷) سازمان زمین‌شناسی کشور.
- [۱۰] عمیدی، م، "بررسی زمین‌شناسی منطقه نطنز- سورک (ایران مرکزی)، چینه‌شناسی و پترولوژی" (۱۳۵۶) سازمان زمین‌شناسی کشور.
- [۱۱] قربانی، م، "دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی اقتصادی ایران" (۱۳۸۱) پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، ۸۵۴ ص.
- [۱۲] کریمی، پ، "اکتشافات ژئوشیمیایی طلا در منطقه کالیجار نطنز" (۱۳۸۹) پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی گرایش اقتصادی، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۱۳ ص.
- [۱۳] مهدوی زفرقندی، م، "مطالعات زمین‌شناسی و پترولوژی سنگ‌های آذرین ناحیه شمال دره ابیانه، ایران مرکزی" (۱۳۵۷) پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- [۱۴] مهرداد، م، "اکتشافات ژئوشیمیایی آبراه‌های طوطی‌زار با نگرشی بر طلا و مس" (۱۳۸۵) پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی گرایش اقتصادی، دانشگاه شهید بهشتی.
- [۱۵] محبی و ظهراب، "نقشه زمین‌شناسی چهارگوش آران مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰" (۱۹۹۶) سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- [۱۶] واعظی‌پور، م. ج، "گزارش بررسی‌های داورسنگی به منظور شناسایی مواد در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ نطنز" (۱۳۷۹) سازمان زمین‌شناسی کشور.
- [۱۷] یزدی، م، خاکزاد، ا.، موحدی، م. و چیتگری، ا.، "اکتشافات ژئوشیمیایی در منطقه طوطی‌زار با نگرشی بر طلا، مس و تنگستن" (۱۳۸۵) نشریه دانشکده علوم زمین، شماره ۱۶، ص ۹۷-۱۰۵.
- [۱۸] یزدی، م، "روش‌های مرسوم در اکتشافات ژئوشیمیایی" (۱۳۸۱) انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، ۱۸۰ ص.
- [19] Brown, Thorpe. R. S and Webb .P .C (1984) "The geochemical characteristics of granitoids in contrasting arcs and comments on magma sources", Journal of Geological Society London, 141, 413-426.
- [20] Change Q., Waterberg F. P, and Carter, G. F (1996) "A spatial analysis method for geochemical anomaly separation, Journal of geochemical exploration", 65, 175-192.
- [21] Day, S. and Fletcher K (1989) "Effect of Valley and local channel Morphology on the Distribution of Gold in Stream Sediments from Harris Creek, British Columbia, Canada" Journal of Geochemical Exploration. 32, 1-16.
- [22] Day, S. and Fletcher K (1986) "Particle Size and Abundance of Gold in selected stream sediments, southern British Columbia, Canada. J. Geochemical Explore", 26, 203-214.
- [23] Yazdi M, and Movahedi M (2005) "Geochemical exploration in igneous rocks in Tootizar area, Aran, central of Iran, mineral - deposit research": Meeting the global challenge, 2, 1019-1020.
- [24] Holten T (2000) "Statistical Characteristics and Origin of Oscillatory Zoning in Crystals", Am. Minerals., 82, 596-606.
- [25] Stephen, T. Nelson, ART, Montana (1992) "Sieve-textured Plagioclase in Volcanic rocks Produced by Rapid decompression", American Mineralogist, 77, 1242-1249.
- [26] Yen-Hong, Sheau (1991) "On Oriented Titanite and Rutile Inclusions in Sagenitic biotite, American" Mineralogist, 76, 1205-1217.