

فصل اول :

کلیات

1-1- پیشگفتار

مواد معدنی در توسعه صنعتی هر کشوری نقش اصلی و محوری دارند. این نقش و اهمیت از آنجا ناشی میشود که بار رشد فزاینده تولیدات صنعتی، نیاز به استخراج و استفاده از مواد معدنی روز بروز بیشتر میشود.

برخی از مواد معدنی به سبب طبیعت و خصلت ذاتی شان در پوسته زمین از فراوانی کمتری برخوردار هستند و در عین حال به علت برخی خواص ویژه خود از دید انسان جستجوگر پنهان مانده اند. طلا یک از این مواد است که در طول قرنهای مورد کاوش بوده است. نقش ابتدایی طلا در جوامع انسانی بیشتر جنبه تزئینی داشته ولی بتدریج وارد مبادلات تجاری و اقتصادی گردید. امروزه این فلز نه تنها در تهیه زیورآلات بلکه در پزشکی، صنایع الکترونیک و آبکاری کاربردهای وسیعتری یافته است. اما مهمترین نقش طلا در تهیه زیورآلات و مبادلات تجاری و پشتوانه مالی دولتها نهفته است.

بیش از 5 هزار سال از اکتشاف اولین معدن طلا در جهان سپری شده است (حسینی پاک، 1378) آثار معدنی برجای مانده از گذشتگان نشان میدهند که کانسارهای طلا در ایران نیز قدمتی دیرینه دارند. بطور کلی ذخایر شناخته شده طلا در ایران نسبت به برخی کشورها رقم ناچیزی را تشکیل میدهند. با وجود این شرایط زمین شناسی و معدنی حاکم بر کشورمان اکتشاف کانسارهای با ارزش آن را متحمل می سازد و عدم پیدایش ذخایر زیاد آن به دلیل انجام نگرفتن مطالعات علمی و عملی کافی در این زمینه است.

استانهای شمال غربی کشور به ویژه آذربایجان شرقی از نظر موقعیت زمین شناسی جایگاه مناسبی جهت اکتشاف طلای اپی ترمال دارند (زون ارسباران). با توجه به مطالعات زمین شناسی و اکتشافی اخیر در این منطقه و پیدایش چندین اندیس طلا لزوم بررسی های نیمه تفصیلی و تفصیلی بر روی آنها بیش از پیش احساس میشود. محدوده اکتشافی نی جان که گزارش حاضر نیز مربوط به این منطقه اکتشافی میباشد دارای استعداد مناسبی برای طلا و برخی فلزات همراه آن میباشد. مطالعات اکتشافی مقدماتی و آنالیزهای اولیه بیانگر مناسب بودن منطقه برای اکتشاف طلا میباشد بهر حال انجام مطالعات تکمیلی و معرفی یک کانسار طلا در منطقه شمال باختری کشور میتواند کمک شایسته ای به وضعیت محروم منطقه و هم اقتصاد کشور بعمل آورد.

1-2- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی منطقه مورد مطالعه :

منطقه‌ی مورد مطالعه در شمال غرب کشور، استان آذربایجان شرقی، شهرستان کلیبر (20 کیلومتری جنوب غربی کلیبر) و بخش مرزروود واقع شده است. این منطقه بین طول جغرافیایی $47^{\circ} 46'$ و 50° شمالی و بین عرض جغرافیایی $38^{\circ} 46'$ و $38^{\circ} 47'$ شمالی قرار دارد. دسترسی اصلی به منطقه از طریق جاده آسفالتی کلیبر- اهر امکان پذیر است. روستای پیغام در 10 کیلومتری (فاصله هوایی) جنوب کلیبر و در مسیر راه فوق قرار دارد. راه خاکی پیغام به مرزروود، شکاربانی کلن و روستای نبی جان پس از طی حدود 25 کیلومتر به منطقه مورد مطالعه منتهی می‌شود. شکل 1-1 نمایی از موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه و راههای دسترسی به آن را نمایش می‌دهد.



شکل 1- موقعیت و راههای دسترسی منطقه مطالعاتی

3-1- جغرافیا و زمین ریخت شناسی :

شکل 1-2 تصویری از نقشه برجسته نما، به همراه تقسیم بندی واحدهای ژئومورفیک ایران را نمایش

می دهد.



شکل 2- نقشه برجسته‌نمای ایران که در آن حدود تقریبی واحدهای ژئومورفیک مشخص شده است.

چنانچه در شکل 1-2 نیز مشخص شده است، مساحت ایران با توجه به معیارهای مختلف به 9 واحد

ژئومورفیک بترتیب زیر تقسیم‌بندی شده است :

1- واحد شمال غربی (زیرواحدهای الف : آذربایجان و کردستان شمالی ب : کردستان شرقی

ج- زنجان) 2- واحد شمالی 3- واحد جنوب غربی 4- واحد شمال شرقی 5- واحد شرقی

6- واحد جنوب شرقی (مکران) 7- واحد ایران مرکزی 8- واحد جلگه کناره‌ای شمال (جلگه خزر)

9- واحد جلگه‌های کناره‌ای جنوب.

طبق تعریف، یک فضای ژئومورفیک، ناحیه یا منطقه بزرگی است که با شرایط ساختمان زمین‌شناسی نسبتاً یکنواخت و حاکمیت سیستم‌های شکل‌زایی تقریباً یکسان، تاریخ تحول ژئومورفولوژی تقریباً مشابهی را پشت سر گذاشته است.

از آنجائیکه منطقه‌ی مورد مطالعه در واحد «شمال غربی» و زیرواحد «آذربایجان و کردستان شمالی» و واحد کوچکتر «رشته ارسباران» قرار دارد تنها به شرح آن می‌پردازیم.

1-3-1- رشته ارسباران

شمالی‌ترین رشته کوه‌های آذربایجان که به وسیله فرورفتگی دره ارس از کوه‌های قفقاز و ارمنستان جدا شده‌اند، ارسباران(قره‌داغ) نام دارد. رشته ارسباران از حدود جلفا شروع شده، ابتدا به سوی جنوب شرقی می‌رود و سپس در امتداد نصف النهار تبریز جهت آن متوجه مشرق می‌گردد. از این محل به بعد دره عمیق ساختمانی اهر این کوهستان را به بخش شمالی و جنوبی تقسیم می‌کند. رشته شمالی همان قره‌داغ یا ارسباران است و رشته جنوبی قوشه‌داغ نام می‌گیرد.

ارسباران از رشته‌های مرتفع و مهم آذربایجان محسوب می‌شود. این رشته‌کوه آرات در ترکیه را به تالش در مغرب خزر پیوند داده است. ارتفاعات آن به دلیل بهره‌مندی از رطوبت دریای خزر و رود ارس، باران قابل ملاحظه‌ای دریافت می‌کند. به همین دلیل بخش‌های زیادی از ارتفاعات ارسباران پوشیده از جنگل می‌باشد و انتخاب و اطلاق نام قره‌داغ به آن نیز به خاطر رنگ تیره قله پوشیده از گیاه این کوهستان می‌باشد (خیام، بی‌تا).^۱

^۱ در زبان ترکی قره علاوه بر «سیاه» معنی بزرگ، وسیع، بلند و والامقام را هم می‌دهد، مثل قره‌بولاغ بمعنی چشمه بزرگ، قره‌چمن به معنی چمن وسیع، قره‌باغ به معنی باغ بزرگ و وسیع. (زبان ترکی و موقعیت گذشته و کنونی آن در ایران(جزوه)، نوشته حسن راشدی، بهار 83). با این ترتیب قره‌داغ بمعنی کوه بزرگ نیز می‌تواند باشد.

خطالراس ارسباران در بیشتر طول مسیر در ارتفاع بیش از 2400 متر کشیده شده است. چندین قله با ارتفاع بیش از 3000 متر را روی آن می‌توان دید. در شمال اهر فرورفتگی «دره‌رود» که آب‌های دره اهر و قره‌سو را به سوی ارس هدایت می‌کند، سبب انقطاع در امتداد ارسباران می‌شود و کوه‌های آنسوی «دره‌رود» رشته صلوات نام می‌گیرد.

دامنه‌های شمالی قره‌داغ به طرف فرورفتگی ارس و دامنه‌های جنوبی آن به سمت دره اهر زهکشی می‌شوند. رودهایی که در دامنه شمالی قره‌داغ جریان دارند، بدلیل برخورداری از بارش زیاد و شیب تند از قدرت سایشی بالایی برخوردارند. این رودها دره خود را به سرعت توسعه داده و در حال تجزیه این کوهستان هستند. به علاوه دخالت فرسایش موجب پیدایش دشت‌های پاکوهی وسیع در دامنه شمالی آن شده است. این ویژگی همراه با شیب تند و توپوگرافی بریده بریده، دامنه شمالی ارسباران را به خوبی از دامنه جنوبی آن متمایز ساخته است، علاوه‌براین دخالت توده‌های ماگمائی فراوان سبب بی‌نظمی شدید در ساختمان ارسباران شده است.

1-3-2- نئی جان و مناطق اطراف

در حالت کلی این منطقه دارای آب و هوای سرد و مرطوب است. بدلیل ارتفاع زیاد این منطقه (بیش از 2400 متر از سطح دریا)، هوای آن در تابستان خنک و در پاییز و زمستان سرد و پر برف می‌باشد بطوریکه تقریباً از اوایل آذرماه تا اواخر فروردین‌ماه منطقه پوشیده از برف است. دمای هوا در این منطقه از +30 تا -20 درجه‌ی سانتی‌گراد متغیر است.

میزان بارندگی سالیانه این منطقه در سال‌های پرباران بیش از 450 میلیمتر و در سال‌های خشک 310 میلیمتر گزارش شده است (در محدوده‌ی معدن سونگون در نزدیکی نبی جان).

بدلیل رطوبت‌گیری بسیار زیاد منطقه از دریای خزر، پوشش غلیظی از مه در بسیاری از روزهای سال در آن دیده می‌شود بطوریکه در فصل تابستان، قله‌ها و مناطق بلندتر و در پاییز و زمستان معمولاً دره‌ها و مناطق کم‌ارتفاع‌تر مه‌گیرتر هستند.

نکته مهم و جالب در ارتباط با وضعیت آب و هوایی این منطقه این است که در محدوده‌ای کوچک ما شاهد دو نوع آب و هوا و پوشش گیاهی هستیم، در روستای مرز رود (و مناطق شرقی آن) که در حدود 4 کیلومتری شرق روستای نبی جان قرار دارد، آب و هوای سرد و نیمه‌خشک نظیر سایر نقاط آذربایجان حاکم است، درحالیکه در روستای نبی جان و غرب آن منطقه آب و هوای سرد و مرطوب با پوشش جنگلی متراکم از نوع بلوط دیده می‌شود. مرز طبیعی این دو نوع آب و هوا و پوشش گیاهی دامنه بلندی‌های مشرف بر روستای نبی جان و منطقه‌ی مطالعاتی می‌باشد. همچنین در داخل محدوده‌ی با پوشش جنگلی معمولاً اینطور است که دامنه‌های شمالی بلندی‌ها، تراکم بیشتری از پوشش گیاهان را دارند و یا در دامنه جنوبی بسیاری از ارتفاعات، اصلاً پوشش گیاهی دیده نمی‌شود و مرز ناگهانی از تراکم پوشش گیاهی در خط‌الرأس ارتفاعات با روند شرقی‌ت غربی دیده می‌شود (شکل 1-3). این امر ظاهراً به دو دلیل می‌تواند توجیه گردد، نخست اینکه ارتفاعات شمالی نور و گرمای کمتری از خورشید دریافت می‌کنند و بدین ترتیب خاک رطوبت کمتری را از دست می‌دهد و دوم اینکه چون توده هوای مرطوب (با منشاء دریای خزر و رود ارس) در این منطقه از طرف دره اصلی رود ارس (در شمال منطقه) تامین می‌گردد، دامنه‌های شمالی رطوبت بیشتری دریافت می‌کنند و پوشش آن‌ها متراکم‌تر است. اصولاً

وضعیت خاص زمین‌ریخت‌شناسی این منطقه باعث شده که بطور استثنائی قدرت رطوبت‌گیری و حفظ نسبی رطوبت را داشته باشد و در ارتفاعات آن پوشش متراکم جنگلی تشکیل شود و در منطقه در هر جا که دره‌های منتهی به رود ارس، خیلی باریک و یا خیلی باز هستند و یا پیچ و خم زیادی دارند، و همچنین در نقاطی که این دره‌ها به ارتفاعات بسیار بلند منتهی شده‌اند (مثل ارتفاعات شمال ورزقان)، بدلیل عدم رطوبت‌گیری و یا عدم توانایی در حفظ آن، پوشش جنگلی -حتی با تراکم کم نیز- نتوانسته تشکیل شود.

در داخل محدوده‌ی مطالعاتی بیشترین ارتفاع، 2896 متر و کمترین ارتفاع 2536 متر می‌باشد (میزان اختلاف 360 متر است). سیستم آبراهه‌ای در داخل محدوده از نوع دندریتی با تراکم کم تا متوسط می‌باشد.



شکل 1-3- مرز ناگهانی از پوشش گیاهی در دامنه‌ی شمالی و جنوبی در غرب نی جان

1-4- هدف :

با توجه به اهمیت اکتشاف طلا در مناطق مختلف کشور اسلامی، بخصوص در زون اکتشاف طلای ارسباران، لذا عملیات اکتشافی در منطقه نبی جان با توجه به مثبت بودن اکتشاف اولیه ادامه یافت. در این مرحله علاوه بر تهیه نقشه زمین‌شناسی معدنی با مقیاس 1:5000 بر پایه عکسهای هوایی بزرگ مقیاس شده طراحی و حفاری چند تراشه و چاهک در این منطقه صورت پذیرفت. هدف اصلی عملیات اکتشافی، پی‌جویی ذخایر طلا در این منطقه با توجه به شواهد بدست آمده می‌باشد.

1-5- کارهای انجام شده قبلی :

مهمترین مطالعات انجام شده مدون در مورد زمین‌شناسی این منطقه عبارت است از :

1- نقشه زمین‌شناسی 1:250000 اهر

2- نقشه زمین‌شناسی 1:100000 ورزقان که به توده مورونیتی نبی جان اشاره شده است.

3- نمونه‌برداری مقدماتی (اکتشاف چکشی) توسط اکیپ اکتشافی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی شمال باختر کشور.

4- گزارش اکتشاف مقدماتی طلا در محدوده نبی جان جنوب باختری کلبر، حسن شکوئی (1382).

5- گزارش ژئوفیزیک به روش پلاریزاسیون القایی در منطقه نبی جان، داود پوره (1382).

سوابق عملیات زمین‌شناسی و معدن کاری غیر مدون به وجود تونلها، چاهک‌ها و ترانشه‌های قدیمی باز می‌گردد که اطلاعات موجود فقط بصورت شواهد صحرایی است و روستائیان اطراف (نبی جان، کلاسور و مرزورد) نیز از چنین عملیات اکتشافی و یا استخراجی بی‌خبر بوده‌اند و حفرات و تونلهای موجود را لانه‌های روباه می‌انگاشتند.

همچنین با توجه به گفتگوهای شفاهی با معاونت معدنی سازمان صنایع و معادن استان، در سال 62 و 63 اکتشافات مقدماتی در شمال محدوده اکتشافی جهت پی‌جویی آهن اسکارنی صورت پذیرفته که گزارش مدونی در این مورد در دسترس نمی‌باشد.

فصل دوم:

زمین شناسی

1-2- موقعیت منطقه مورد مطالعه در زمین شناسی ایران :

منطقه‌ی آذربایجان در تقسیم‌بندی‌های مختلف ارائه شده توسط زمین‌شناسان جایگاه یکسانی ندارد. معمولاً براساس دیدگاه هر یک از آن‌ها آذربایجان گاهی بصورت یک پهنه مستقل و بیشتر بصورت جزئی از پهنه‌های بزرگتر آورده می‌شود.

در تقسیم بندی معروف اشتوکلین (1968) بخش اعظم آذربایجان جزو پهنه ایران مرکزی آمده است (بخش شمال خاوری آن جزو البرز و بخش جنوب باختری جزو سندج- سیرجان). در حالیکه افتخارنژاد (1359) این منطقه را با عنوان پهنه‌ی سلطانیه- میشو، مهدی علوی (1991) به عنوان کمربند البرز، علوی نائینی (1972) با عنوان ایران مرکزی، بربریان و کینگ (1981) با عنوان ارس- آذربایجان، نبوی با عنوان البرز-آذربایجان و آقناباتی (1377) آن را تحت عنوان قلمرو مرکزی معرفی می‌نماید.

اینوستی و دیگران (1982) در دیدگاهی فرامنطقه‌ای، واحدهای ساختاری باختر ایران، آذربایجان و خاور ترکیه تا ترکیه مرکزی را توسط دو کمربند کوهزایی مشخص نموده‌اند:

1- کمربند پانتوس ت قفقاز کوچک و البرز (آذربایجان)

2- کمربند تاروس ت ایران مرکزی در جنوب

بنابر این بخش شمالی آذربایجان را با قفقاز و کوه‌های پانتوس در ترکیه، و بخش جنوبی آن را با سری‌های ایران مرکزی و باختر ایران تا رشته کوه‌های تاروس در ترکیه تفکیک نموده است.

رخساره‌های مربوط به دوره‌ی زمانی پرکامبرین تا اردوویسین در این زون، شباهت زیاد به رخساره‌های ایران مرکزی دارند. در پالئوزوئیک رخداد حرکات قائم در کامبرین، سبب ایجاد تغییر ناگهانی رخساره‌های سنگی با یک نبود رسوبگذاری (بین میلا و لالون) شده است (همزمان با کالدونین). پدیده‌ی زمین‌ساختی مهمی که در اوایل دونین رخ داده و با شکستگی همراه بوده، باعث تقسیم بسیار مشخص رخساره‌ها در آذربایجان شده است (افتخارنژاد، 1975) و گسله تبریز در اثر این پدیده شکل گرفته است. این پدیده‌ی زمین‌ساختی آذربایجان را به دو بلوک تقسیم می‌کند (مشابه تقسیم‌بندی اینوسیتی، 1976). بلوک شمال خاوری در دونین آغازی در حال فرونشینی بوده، ولی بلوک جنوب باختری تا کربنیفر پایانی به صورت بالا آمده باقی مانده است.

رسوبات کربنیفر بالایی نیز مانند دیگر نقاط ایران، در آذربایجان وجود ندارد. سیستم پرمین در سراسر این زون با واحد قرمز رنگ آواری آغاز می‌گردد و به دنبال آن آهک‌های دریایی پرمین تشکیل شده‌اند.

حرکات مهم تریاس بالایی باعث شکافته شدن سکوی پالئوزوئیک آذربایجان به دو بخش جداگانه شده است (افتخارنژاد، 1975). این خط جداکننده (گسل زرینه رود) کاملاً متفاوت از خط جداکننده‌ی پیش از دونین است. این دو خط احتمالاً به یکدیگر پیوسته و به صورت یک خط منفرد به سمت شمال باختری آذربایجان و از آنجا تا قفقاز ادامه می‌یابد.

بخش باختر و جنوب باختری این خط جداکننده، به یک گودی با فرونشینی مداوم تبدیل شده که رسوبات ضخیم با رخساره شیلی همراه مواد آتشفشانی زیردریایی از تریاس پسین تا کرتاسه پسین در آن انباشته شده‌اند. حاشیه‌ی خاوری این زون، بتدریج فرونشسته و به یک محیط دریایی ژرف تبدیل شده

که رسوبات پلاژیک همراه با مواد آتشفشانی زیردریایی، طی کرتاسه‌ی پسین تا ائوسن پیشین در آن انباشته شده‌اند.

فرایندهای زمین‌ساختی در سمت دیگر خط جداکننده (گسل زرینه‌رود)، پس از حرکات تریاس پسین، منجر به ایجاد یک محیط قاره‌ای و گاه دریایی (ژوراسیک بالایی) در خاور و شمال خاوری منطقه شده است. فعالیت کوهزایی آلی اصلی در این منطقه، با چین‌خوردگی شدید و گسل‌خوردگی در کرتاسه پسین تا ترشیری آغاز می‌شود. اولین آثار آتشفشانی قابل توجه مربوط به کرتاسه بالایی است (دیدون و ژمن، 1976) ولی فعالیت آتشفشانی مهم و عمدتاً زیردریایی، در ائوسن به ظهور رسیده است (افتخارنژاد، 1975).

با یک نگاه کلی به نقشه زمین‌شناسی آذربایجان به این نکته پی می‌بریم که بخش اعظم آن از رسوبات ترسیر و سنگ‌های آتشفشانی پوشیده شده است.

در آغاز اولیگوسن، طی حرکات کوهزایی پیرنه، توده‌های نفوذی متعددی مانند سینیت بزقوش (لطفی، 1354) و اهر (باباخانی، 1360) به درون سنگ‌های آتشفشانی ائوسن نفوذ کرده که موجب چین‌خوردگی در رسوبات باختر و جنوب باختری آذربایجان شده است.

پس از بالازدگی ناشی از چین‌خوردگی اولیگوسن آغازی، که آثار آن کم و بیش در سرتاسر ایران دیده می‌شود، رسوبات دریایی قم در بخش‌های مرکزی و منتهی‌الیه شمال خاوری (جلفا) و غربی (ماکو) آذربایجان ته‌نشین شده است.

رسوبات پلیوسن (کنگلوما که بتدریج به رس، سیل و خاکسترهای آتشفشانی ختم می‌شود) هم به طور دگرشیب بر روی رسوبات قرمز فوقانی ته‌نشین شده‌اند.

در مورد فعالیت‌های آتشفشانی نیمه‌خاموش آذربایجان، باید از سبلان که ویژگی‌های آتشفشانی حاشیه قاره‌ای دارد (درویش‌زاده، 1354) و سهند را نام برد. گدازه‌های بازالتی و اسکوری‌های کوه آرارات در داخل مرز ترکیه، که دشت‌های اطراف ماکو را با وسعت زیاد پوشانده است، آخرین گواه فعالیت آتشفشانی آذربایجان محسوب می‌شود.

افتخارنژاد (1375) بر این باور است که حرکات زمین‌ساختی در پلیوسن، اهمیت زیادی داشته‌اند و گواه آن، فعالیت‌های مهم آتشفشانی در پلیو-کواترنر و همچنین فعالیت گسل‌های بی‌شماری است که حتی رسوبات عهد حاضر و نهشته‌های آبرفتی را قطعه‌قطعه کرده است. گسل‌های اصلی شمال تبریز و سلماس از فعال‌ترین مناطق زلزله خیز بشمار می‌آید.

2-2- منطقه‌ی مورد مطالعه در شمال آذربایجان و ورقه یک صد هزام زمین‌شناسی

ورزقان :

منطقه مورد مطالعه، در ورقه‌ی یک صد هزارم زمین‌شناسی ورزقان قرار دارد. زمین‌شناسی عمومی این منطقه با توجه به گزارش زمین‌شناسی ورقه‌ی ورزقان، مهرپرتو (1371) بدین ترتیب است.

1-2-2- چینه‌شناسی

کهن‌ترین سنگ‌های نقشه ورزقان را مجموعه سنگ‌های دگرگون شده (اسلیت، فیلیت، شیست‌های سبز، آمفیبولیت و متاولکانیک) کلیبر با سن قدیمی‌تر از ژوراسیک تشکیل می‌دهد که رخمون آن به صورت یک طاقدیس با روند شرقی-غربی در شمال شهرستان کلیبر قرار گرفته است.

رخساره‌های مربوط به کرتاسه، عمدتاً گسترش سراسری و وسیع به استثنای جنوب غرب ورقه ورزقان دارد و غالباً از رخساره‌های کربناته کم عمق و عمیق همراه با سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب بازیک و اسید و کنگلومرا و ماسه‌سنگ در بخش‌های بالایی تشکیل شده است. سنگ‌های مربوط به کرتاسه در ورقه‌ی ورزقان حداقل به 32 واحد تفکیک شده‌اند.

نزدیک به 45 درصد از رخمون‌های موجود در ورقه‌ی ورزقان از سنگ‌های ترشیر که بخش اعظم آن از نوع سنگ‌های آذرین درونی و بیرونی (و مقادیر بسیار کمتر رخساره‌های رسوبی) است، پوشیده شده است.

قاعده‌ی پالئوسن با یک ناپیوستگی هم‌شیب و با رخساره ماسه‌سنگی نازک‌لایه همراه با یک واحد آهکی در بخش فوقانی بر روی رخساره آهکی کرتاسه بالایی (ماستریشین) قرار می‌گیرد. این واحد بلافاصله بوسیله سری سنگ‌های آتشفشانی پوفیریتیک، با ساخت بالشی و ترکیب آندزیت تا لاتیت پورفیر ادامه می‌یابد. این واحد اولین ظهور سنگ‌های آتشفشانی در زمان پالئوسن است.

بخش اعظمی از نهشته‌ها و رخساره‌های ائوسن در ورقه ورزقان را واحدهای آتشفشانی، سنگ‌های ولکانوژنیک و ماسه‌سنگ کمی کربناته تشکیل می‌دهد. در زمان ائوسن شمال ورقه سرگذشت متفاوتی نسبت به سایر بخش‌های ورقه داشته است. درحالی‌که در دیگر قسمت‌ها بیشتر سنگ‌های آتشفشانی رخنمون دارد، در شمال ورقه‌تکه به حوضه‌ی رسوبی مغان تعلق دارد- بیشتر سنگ‌های تخریبی اعم از ماسه‌سنگ، کنگلومرا و ... تشکیل شده‌اند.

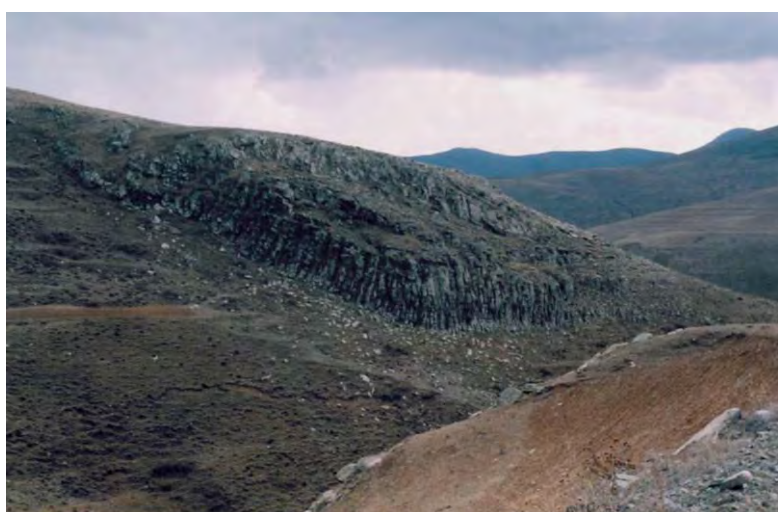
در بخش‌هایی از ورقه ورزقان، در زمان الیگوسن، استمرار فعالیت‌های آتشفشانی همچنان تداوم خود را حفظ کرده است و گسترش نسبتاً وسیعی را دارا است. نتیجه این فعالیت‌ها تشکیل سنگ‌های داسیتی، برش‌های داسیتی، آندزیتی و تراکی آندزیتی می‌باشد.

در زمان میوسن، احتمالاً بخش‌های مختلف این منطقه خارج از آب بوده، زیرا به سبب برجسته بودن و وجود توده‌های عظیم سنگ‌های آتشفشانی و نفوذی حوضه‌های رسوبی میوسن در این ناحیه تشکیل نگردیده است.

بخش‌های وسیعی از ورقه‌ی ورزقان توسط سنگ‌هایی که زمان تشکیل آن‌ها پلیوسن-کواترنر مشخص شده، پوشیده شده است. تنوع لیتولوژیکی این سنگ‌ها زیاد بوده و از میان آنها می‌توان به کنگلومرا،

سیلتستون، مارن، برش ولکانیکی، کنگلومرای ولکانوژنیک، ایگنمبریت و کنگلومراهایی که قطعات اصلی آن سنگ‌های گرانیتی هستند، اشاره کرد.

بخش گسترده‌ای از منطقه توسط مواد گدازه‌های مربوط به کواترنری پوشیده شده است (شکل شماره 2-1). تنوع ترکیب و فواصل میان فوران‌ها و سنگ‌های آتشفشانی برشی و کنگلومرای آتشفشانی میان گدازه‌ها، خود دلیل و شاهدهی بر تعدد فعالیت‌های آتشفشان‌ها در این منطقه می‌باشد. ترکیب شیمیایی این گدازه‌های آتشفشانی عبارت است از : کوارتزآندزیت، تراکیت تا تراکی آندزیت، آندزیت، پیروکسن آندزیت، تراکی‌بازالت (با دهانه‌های خروجی مشخص و مورفولوژی گنبدی)، ریوداسیت و آندزیت‌بازالت. علاوه بر گدازه‌های آتشفشانی، سنگ‌های غالباً تخریبی از قبیل کنگلومرا، ماسه‌سنگ، سیلت و ... نیز رخنمون دارند که از نهشته‌های مربوط به کواترنر محسوب می‌گردند.



شکل 1-2- دورنما از بازالت- آندزیت‌های کوتاه‌تر در شرق مرز رود. ساخت منشوری در این واحدها از فواصل دور مشخص است.

2-2-2- توده‌های نفوذی

تقریباً همه توده‌های نفوذی این منطقه -که بخش وسیعی از آن را می‌پوشانند- با فعالیت ماگماتیک عمده این ناحیه در زمان الیگومیوسن ارتباط دارند(بجز دو مورد که سن آنها به بعد از کرتاسه نسبت داده شده). اینگونه فعالیت‌های ماگماتیک که نقش عمده و مهمی را در منطقه ایفا نموده است، به صورت سنگ‌های نفوذی و ساب ولکانیک و ولکانیک همراه با آلتراسیون، به صورت یک نوار به عرض 30 کیلومتر با روند شرقی-غربی در بخش میانی ورقه ورزقان تظاهر نموده و ارتفاعات نسبتاً بلندی را ایجاد کرده است. شباهت سنگ‌های نفیلین‌سینیت، سینیت، دیوریت، مونزونیت و گرانودیوریت اولیگوسن با رخساره‌های آندزیتی، تراکی‌آندزیت و آندزیت-لاتیتی می‌تواند نشان‌دهنده‌ی این موضوع باشد که احتمالاً سنگ‌های نفوذی بعد از ائوسن ورزقان، ادامه‌ی ماگماتیسم آلکالن ائوسن باشد.

در جنوب و جنوب باختری شهرستان کلپیر، رخساره نفوذی با ترکیب نفیلین‌سینیت بخش عمده‌ای را اشغال کرده است. این توده که اخیراً برای استحصال خاک چینی، مورد استخراج قرار می‌گیرد، سنگ‌های با رخساره آتشفشانی - رسوبی کرتاسه بالا شمال ولکانیک‌های بازیگ و آهک‌های کرتاسه بالا را قطع کرده و در حواشی خود به سبب دگرگونی خفیف از نوع تماسی گردیده است.

توده نفوذی دیگری (مونزونیت-گرانودیوریت و مجموعه‌های نفوذی نیمه‌عمیق) به صورت سنگ‌های عمیق و نیمه‌عمیق با نفوذ در سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی کرتاسه و ائوسن در خاور و جنوب خاوری روستای سونگون ناحیه وسیعی را دربر گرفته است. مینرالیزه بودن ناحیه‌ای و آلتراسیون اینگونه سنگ‌ها

اهمیت ویژه‌ای از لحاظ کانی‌زایی به این منطقه داده است. با توجه به رخساره‌های مختلف و وجود آلتراسیون در بعضی سنگ‌ها و عدم آلتراسیون در بعضی دیگر از سنگ‌های نفوذی منطقه شمال ورزقان، چنین به نظر می‌رسد که یک تناوب در نفوذ اینگونه سنگ‌ها و همچنین سن مشخص و محدودی برای آلتراسیون موجود در این منطقه وجود داشته باشد. نفوذ سنگ‌های نفوذی مینرالیزه که از نظر بافت و ترکیب با دیگر سنگ‌های نفوذی منطقه مغایر است، خود دلیلی بر انفکاک توده‌های نفوذی از لحاظ زمان نفوذ با یکدیگر است.

در شمال و شمال باختری اهر (شیور داغ) یک توده باتولیت دیگری با ترکیب گرانیت و گرانودیوریت قرار دارد. در تماس این توده با سنگ‌های کربناته (کرتاسه بالا) در چندین نقطه پدیده اسکارن حادث شده است. معادن مس اسکارنی مزرعه و انجرد (متروکه) از جمله مهمترین آن‌ها هستند. با توجه به تاثیر این توده بر سنگ‌های کرتاسه و ائوسن به نظر می‌رسد سن این توده بعد از ائوسن و احتمالا همانند سایر سنگ‌های نفوذی موجود در منطقه، الیگومیوسن باشد.

3-2-2- دگرگونی

رخساره‌های دگرگونه در ورقه ورزقان غالباً از نوع همبری بوده و بیشتر همراه با کانی‌زایی و تولید اسکارن می‌باشد. این نوع دگرگونی را می‌توان در نواحی اطراف باتولیت گرانیتی شیورداغ (معادن مزرعه، انجرد و چندین نقطه دیگر)، اطراف روستای سونگون (بخش اسکارنی معدن مس سونگون که استخراج به روش شدادی بر روی آن صورت گرفته و در حال حاضر متروک است)، اطراف

روستاهای مازگر (اندیس مس اسکارنی مازگر)، بالان، عباس‌آباد (اندیس مس)، کرنگان (اندیس مس) و ... مشاهده نمود.

در حوالی روستای دیشگدیک با یک روند شرقی- غربی به صورت یک نوار به عرض یک کیلومتر سنگ‌های دگرگونی در حد فیلیت که دارای سن کرتاسه بالا می‌باشد، قرار گرفته است. دگرگونی ناحیه‌ای در این ناحیه همراه با پیدایش و ایجاد کانی‌های فلزی است. به نظر می‌رسد نیروهای فشاری قائم رسوبات کرتاسه بالایی سبب دگرگونی شدن بخش‌های پایینی سنگ‌های رسوبی و آتشفشانی مربوط به کرتاسه بالا در این ناحیه شده باشد.

4-2-2- زمین‌ساخت

با توجه به روند گسل‌های موجود در منطقه چنین تصور می‌شود که زمان تاثیر نیروهای تغییرشکل‌دهنده همزمان با فازهای کوهزایی آلپی پسین باشد. در طول این گسل‌ها حذف، تکرار و جابجایی واحدهای زمین‌شناسی رخ داده است. با توجه به روند گسل اولیه اینطور استنباط می‌شود که بیشترین فشار از جنوب و شمال وارد شده است. استمرار حرکات زمین‌ساختی در زمان‌های بعد از ائوسن سبب انقطاع و جابجایی گسل‌های قدیمی‌تر شده است. روند اصلی گسل‌های ثانویه غالباً شمالی- جنوبی و جهت نیروی وارده شرقی- غربی است. حتی تاثیر نیروی عمده وارده از شرق در شمال غربی منطقه سبب جابجایی و تغییر روند ساختمانی واحدهای ژوراسیک- کرتاسه پایینی و کرتاسه بالا شده است. علاوه بر این نفوذ توده‌های آذرین به درون سنگهای قدیمی‌تر باعث ایجاد گسل‌های مهمی در منطقه شده

است. این مسئله بخصوص در مورد معدن مس سونگون و در مطالعات بزرگ مقیاس (نقشه زمین‌شناسی ساختمانی پیت معدنی سونگون با مقیاس 1:1000) مشاهده می‌شود (فریدی-شکوئی، 1384).

2-3- زمین‌شناسی محدوده‌ی شمال روستای نی‌جان (محدوده‌ی اکتشافی):

2-3-1- چینه‌شناسی

کهن‌ترین واحد زمین‌شناسی محدوده اکتشافی، سری‌های آتشفشانی کرتاسه می‌باشد. لیتولوژی این سری عبارتند از گدازه‌های جریان‌ی ریوداسیتی، برش‌های آتشفشانی آندزیتی و گدازه‌های آندزیتی تا تراکی آندزیتی. بر روی این سری آتشفشانی مجموعه رسوبی کرتاسه (بخش‌های مارنی، ماسه‌سنگی و آهکی) قرار می‌گیرد. مجموع سنگ‌های آتشفشانی و رسوبی کرتاسه در اثر نفوذ یک توده نفوذی با سن الیگوسن قطع شده و در برخی نقاط متحمل دگرگونی همبری شده‌اند. جوانترین سنگ‌های محدوده نیز، گدازه‌های آندزیتی بازالتی کواترنر می‌باشند که در محدوده‌ی مطالعاتی و غرب آن رخمون گسترده‌ای یافته‌اند. بیشترین سطح محدوده مورد بررسی از توده‌ی نفوذی فوق تشکیل شده و پیچیدگی چندانی به لحاظ تنوع لایه‌های سنگی دیده نمی‌شود.

2-3-1-1- واحدهای آتشفشانی و آذرآواری کرتاسه (K^{vb} و K^{vad})

چنانچه در نقشه زمین‌شناسی محدوده نیز مشخص است، این واحدها در بخش غربی منطقه مطالعاتی رخنمون دارند. ترکیب این سنگ‌های آتشفشانی از اسیدی (ریوداسیت) تا حدواسط (آندزیت تا تراکی آندزیت) متغیر است. در بخش‌هایی، البته نه به مقدار قابل توجه، سنگ‌های آذرآواری از نوع توف نیز تشکیل شده است. در گزارش و نقشه زمین‌شناسی ورقه یک‌صد هزارم ورزقان (مهرپر تو، 1371) سن این واحد کامپانین تا ماستریشین تعیین شده است.

در نزدیکی محدوده‌ی مطالعاتی این سنگ‌ها در زیر گدازه‌های آندزیتی-بازالتی قرار گرفته است ولی در فواصل دورتر، توسط رسوبات مارنی کرتاسه نیز پوشیده می‌شود.

مطالعه‌ی پتروگرافی شش نمونه از واحد آتشفشانی و آذرآواری موارد زیر را مشخص می‌نماید:

نمونه‌های شماره Nb5 و Nbp15 ، Nbp14

بافت سنگ: پورفیری، پورفیری با زمینه میکرولیتی، کریپتوکریستالین

فنوکریست‌های فلسیک شامل پلاژیوکلاز با بلورهای شکل‌دار و فلدسپار پتاسیک با بلورهای شکل‌دار تا بی‌شکل.

فنوکریست‌های مافیک شامل آمفیبول، بیوتیت (بلورهای شکل‌دار تا بی‌شکل) و پیروکسن (با ترکیب اوژیت)

زمینه شامل میکرولیت‌های ظریف و سوزنی‌شکل پلاژیوکلاز که بافت جریان‌ی دارد و نیز بلورهای کریپتوکریستالین کوارتز-فلدسپات، بلورهای ریز پیروکسن، آمفیبول، کانی‌های اپک، آپاتیت و اسفن.

کانی‌های ثانویه: کربنات، اپیدوت، کانی‌های رسی، کلریت و سریسیت.

کانی‌های فرعی: کانی‌های اپک، آپاتیت و اسفن.

نام سنگ: تراکی داسیتیک آندزیت (Nbp14 و Nbp15) و نمونه شماره Nb5 تراکی آندزیت.

نمونه شماره Nb-a-6:

بافت: پورفیری تیک

کانی ها : 1- فلدسپات با ترکیب متوسط تا بازیگ با ابعاد تا 2/5 میلیمتر و گاه با تجزیه به سرسیت دیده می شود. 2- آمفیبول با پلئوکروئیک سبزرنگ و گاه تا حدی خورد شده و ابعاد تا 2 میلیمتر (عمدتا در ابعاد کوچکتر دیده می شود) قابل مشاهده است، آمفیبولها گاه به بیوتیت تجزیه شده اند.

زمینه: عمدتا از بلورهای ریزدانه فلدسپات (پلاژیوکلاز و فلدسپات آلکان) تشکیل شده است. علاوه بر آن آمفیبول (در ابعاد ریزدانه)، بیوتیت و گاه اپیدوت (بمیزان کم) نیز دیده می شود. برخی از فلدسپات های زمینه سرسیتیزه شده اند و کلا زمینه سنگ در برخی نقاط سیلیسی شده است.

کانی ثانویه: بیوتیت و اپیدوت. کانی فرعی: آپاتیت و کانی اوپک.

نام سنگ: تراکی آندزیت.

پتروگرافی نمونه گرفته شده (دو نمونه) از بخش توفی واحد آتشفشانی-آذرآواری کرتاسه :

بافت سنگ: کلاستیک

کانی شناسی قطعات کریستالین؛ فلدسپار با ترکیب سدیک و قالب هایی از کانی مافیک که توسط اپیدوت جانشین شده اند. کانی شناسی قطعات سنگی؛ شامل قطعات آتشفشانی با ترکیب اسیدی تبلور مجدد و

قطعات آتشفشانی با ترکیب تراکیتی به شدت آرژیلیزه و قطعات آتشفشانی با ترکیب ریولیتی-ریوداسیتی و همچنین قطعاتی از سنگ‌های آذرین نیمه عمیق به شدت آرژیلی اپیدوتی شده.

کانی‌های ثانویه: اپیدوت، کانی‌های رسی، سریسیت و کربنات.

کانی‌های فرعی: کانی‌های اپک.

نام سنگ: کریستال لیتیک توف اسیدی (نمونه Nbp4) و در مورد نمونه شماره Nbp21 با توجه به وجود بخش‌های شیشه‌ای در نمونه و همچنین وجود کانی‌های بازیک، نام سنگ «کریستال ویتریک توف بازیک» می‌باشد.

2-1-3-2- واحدهای رسوبی کرتاسه (K^1 و K^{ml})

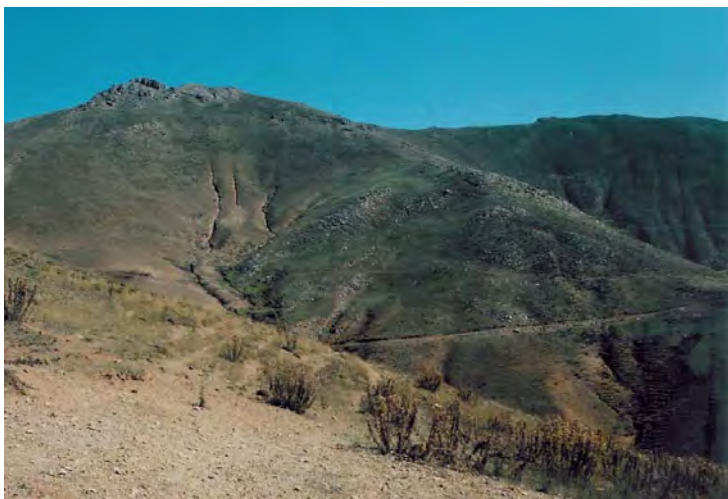
این واحدها که شامل مجموعه‌ای از سنگ‌های رسوبی مارنی، شیلی و آهکی هستند، در بخش غربی ناحیه مطالعاتی رخنمون دارند. واحد K^1 از آهک‌های کرم‌رنگ و ضخیم‌لایه و واحد K^{ml} نیز از شیل‌های خاکستری‌رنگ تشکیل شده است. این واحدهای رسوبی مقاومت خوبی در برابر فرسایش دارند بطوریکه مرتفع‌ترین کوه‌های منطقه‌ی نی‌جان و مرز رود (ارتفاعات قندران‌باشی و زینقالو) را تشکیل داده‌اند. در مقابل سنگ‌های نفوذی و واحدهای آتشفشانی کرتاسه، با اختلاف ارتفاع زیاد در دره‌های نسبتاً عمیق محدوده رخنمون دارد.

روند عمومی این واحدها، بموازات امتداد گسترش توده‌ی نفوذی و شمال‌شرق ت جنوب غرب است. این واحدها در مقایسه با ولکانیک‌های کرتاسه، بدلائل مختلف از قبیل اختلاف در خصوصیات فیزیکی و ترکیب شیمیایی و همچنین دارا بودن سطح تماس بیشتر با توده‌ی نفوذی، تاثیر بیشتری

از نفوذ توده آذرین عمده منطقه گرفته و دگرگونی بیشتری را متحمل شده‌اند. نتیجه نفوذ توده آذرین، تشکیل باند دگرگونی حرارتی و همبری و از دیدگاه اقتصادی اسکارن آهن بوده است که در بخش‌های آینده به آن پرداخته خواهد شد. علاوه‌براین در خارج از محدوده‌ی مورد بررسی چندین مورد دگرسانی و رگه سیلیسی طلادار نیز دیده می‌شود که حاصل از نفوذ توده آذرین فوق بوده است. در شکل 2-2 از واحد شیلی کرتاسه و در شکل 2-3 نمایی از آهکهای کرتاسه مشاهده می‌شود.



شکل 2-2- نمایی از واحدهای شیلی کرتاسه Km¹ (دید به شرق)



شکل 2-2- واحدهای آهکی کرتاسه و همبری آنها با توده‌ی نفوذی نیی جان (دید به شمال شرق)

3-1-3-2- واحد آتشفشانی کوتاه‌تر (Q^{ab})

این واحد که جوانترین سنگ‌های منطقه مطالعاتی و یکی از جوانترین واحدهای محدوده‌ی شمال اهر را تشکیل می‌دهد، رخنمون بسیار کوچکی در غرب منطقه مورد بررسی دارد. سنگ‌های مزبور که گدازه‌های جریان‌ی آندزیتی بازالتی هستند، کاملاً تیره‌رنگ بوده، بافت پورفیری (فنوکرست‌های پیروکسن در یک زمینه میکروولیتی) و ساخت منشوری دارند. در شکل 2-4 برونزد این واحد در خارج از محدوده اکتشافی مشاهده می‌شود.



شکل 2-4- منشورهای بازالتی کوتاه‌تر در نزدیکی محدوده‌ی مورد بررسی نی جان

هرچند واحد فوق در سطح کوچکی از محدوده‌ی مورد بررسی برونزد دارد، در خارج از محدوده‌ی مورد بررسی و بویژه شرق آن، برونزد گسترده‌ای از این واحد بصورت طولی و خطی (که می‌تواند دلیلی بر فوران از شکاف یک گسل یا سیستم گسلی باشد) از روستای مرز رود تا پیغام در راستای

شرقی- غربی و بموازات رودخانه مرز رود دیده می‌شود. در نقشه زمین‌شناسی ورقه ورزقان (مهرپرتو، 1371) سن این واحد کواترنر معرفی شده و نشانه آخرین فعالیت آذرین در منطقه شمال و شمال غربی اهر می‌باشد. در محدوده‌ی مورد بررسی این سنگ‌ها بر روی واحدهای آتشفشانی کرتاسه قرار می‌گیرد ولی در مناطق دورتر واحدهای جوانتر از جمله برش‌های آندزیتی کواترنر را نیز می‌پوشاند. واحد آتشفشانی کواترنر بدلیل جوان و مقاوم بودن در برابر فرسایش، مورفولوژی برجسته و خشنی را بنمایش گذاشته است.

پتروگرافی نمونه گرفته شده از این واحد آتشفشانی جوان بشرح زیر است :

بافت: پورفیری

فنوکریست‌های فلسیک :

پلاژیوکلاز با بلورهای نیمه‌شکلدار با طول 2 میلی‌متر و ترکیب شیمیایی در حد آندزین-لابرادوریت که برخی از بلورها دارای ماکل زونه هستند.

فنوکریست‌های مافیک :

آمفیبول: با رنگ قهوه‌ای متمایل به سبز و پیروکسن با بلورهای شکل‌دار و نیمه‌شکل‌دار که آثار تبدیل شدگی به آمفیبول در آن‌ها مشهود است. برخی کانی‌ها تمایل به سدیک‌شدن دارند و بعضی در حال فروپاشی به کلریت و سرپانتین هستند.

زمینه سنگ : از میکرولیت‌های پلاژیوکلاز که در حال تبدیل به آلکالی فلدسپار هستند، تشکیل شده است. حفاصل میان میکرولیت‌های پلاژیوکلاز را بلورهای ریز پیروکسن و آمفیبول و کانی‌های اپک تشکیل داده است.

کانی‌های ثانویه: اکسید آهن، کلریت و سرپانتین.

کانی‌های فرعی: کانی‌های اوپک.

نام سنگ: آلکالی آمفیبول پیروکسن آندزی بازالت.

2-3-2- پلوتونیسیم

2-3-2-1- مشخصات کلی و پتروگرافی

بخش اعظم نقشه زمین‌شناسی یک پنجهزارم محدوده‌ی مورد بررسی از رخنمون توده‌ی نفوذی تشکیل شده است (شکل 2-5). این توده بخش مرکزی محدوده‌ی مطالعاتی را بصورت یک نوار با امتداد شمال‌شرق- جنوب‌غرب تحت پوشش دارد. ترکیب کلی این توده مونزوگابرویی، مونزودیوریتی تا کوارتز مونزودیوریتی است ولی در بخش‌هایی که غالباً در همبری این توده با سنگ‌های آهکی دیده می‌شود ترکیب توده‌ی نفوذی به طرف دیوریت و گابرو میل می‌کند.



شکل 2-5- نمایی از توده نفوذی نبی جان و همبری آن با آهک کرتاسه

در اثر جایگیری این توده نفوذی، یک حاشیه دگرگونی مجاورتی در همبری آن با سنگ‌های شیلی، کربناته و ولکانیکی تشکیل شده است. شدت این دگرگونی در همبری آن با بخش کربناته و شیلی شدیدتر است، بطوریکه موجب تشکیل هورنفلس (در بخش شیلی)، مرمر و اسکارن آهن طلادار شده است.

در بخش مرکزی این توده و بموازات روند جایگیری آن (شمال شرق- جنوب غرب) و در دره منتهی به روستای نبی جان- که جاده مرز رود به این روستا از این بخش عبور می‌کند- نشانه‌هایی از وجود یک گسله در امتداد جایگیری و گسترش توده به چشم می‌خورد. یک دره نسبتاً عمیق، یک چشمه پرآب، کانی‌سازی و دگرسانی از پدیده‌های مربوط به این گسل می‌تواند باشد. به جز این مورد گسله‌خوردگی و شکستگی چندانی در سنگ‌های توده نفوذی فوق در محدوده‌ی مورد بررسی به چشم نمی‌خورد.

در بخشی از محدوده‌ی مطالعاتی و در متن سنگ‌های نفوذی کانی‌سازی مس، طلا و کوارتز (زون استوک‌ورک) انجام گرفته است. فعالیت قدیمی معدنکاری در این منطقه که به صورت حفر دو مورد تونل و بیش از ده‌ها مورد چاه بوده، همگی در برونزد توده نفوذی صورت گرفته است (شکل 2-6).



شکل 2-6- آثار فعالیت قدیمی معدنکاری در بخش‌های میانی توده‌ی نفوذی نی‌جان

در بخش‌های کوچک ولی پر تعداد از این توده (داخل محدوده‌ی مورد بررسی)، پدیده‌ی آرنیتی شدن با شدت متوسط تا شدید دیده می‌شود. این توده‌ی نفوذی در بخش‌های مختلف حاوی قطعات بیگانه متفاوتی می‌باشد که ابعاد آن‌ها نیز حداکثر به 10 تا 15 سانتیمتر می‌رسد. این قطعات بیگانه بیشتر از جنس سنگ‌های دربرگیرنده می‌باشد، بطوریکه در بخش غربی بیشتر از جنس آندزیت و در بخش شرقی کربنات‌هایی هستند که بشدت دگرگون و تیره شده‌اند (اشکال 2-7 و 2-8).



شکل 2-7- قطعات بیگانه آهنی شدیداً دگرگون شده در توده نفوذی در نزدیکی همبری با واحدهای رسوبی کرتاسه



شکل 2-8- قطعات بیگانه آتشفشانی در توده‌ی نفوذی

این توده نفوذی در نزدیکی همبری آن با واحدهای شیلی کرتاسه توسط چند دایک کوچک با ضخامت نیم تا یک متر قطع شده است. در برخی موارد موقعیت اصلی دایک مشخص نیست ولی قطعات نابرجای مربوط به این دایکها در آبراهه‌های موجود در این توده دیده می‌شود. در نمونه دستی نمونه‌های مربوط به این دایک تیره‌رنگ بوده بافت خاصی را نشان نمی‌دهد و در سطح مقطع نازک نیز، بافت سنگ به علت پدیده دگرسانی شدید قابل تشخیص و تفکیک نیست. بلورهای دگرسان شده پلاژیوکلاز و بیوتیت مهمترین کانی‌های آن می‌باشند که طی دگرسانی معمولاً به کانی‌های کلریت، اپیدوت، اکسیدهای آهن و کانی‌های رسی تبدیل شده‌اند. کانی‌های فرعی موجود نیز، کانی‌های اوپیک، آپاتیت، اسفن و لوکوکسن هستند که احتمالاً در یک محیط نیمه‌عمیق تشکیل شده‌اند.

بمنظور بررسی پتروگرافی توده‌ی نفوذی تعداد 7 نمونه از بخش‌های میانی این توده و در راستای گسترش آن (بفاصله 100 تا 200 متر از یکدیگر) گرفته شد که در زیر به شرح آنها پرداخته می‌شود. لازم به ذکر است در عین حال تعدادی از نمونه‌های فوق مورد تجزیه شیمیایی بروش XRF نیز قرار گرفتند که نتیجه آن‌ها بعداً مورد بحث قرار خواهد گرفت.

پتروگرافی نمونه‌های شماره **Nj-Th-42, 44, 46, 48, 49, 52, 54**

بافت سنگ: اغلب گرانولار، بمقدار کمتر ایتترگرانولار و بندرت پورفیریتیک

1- کانی‌های اصلی

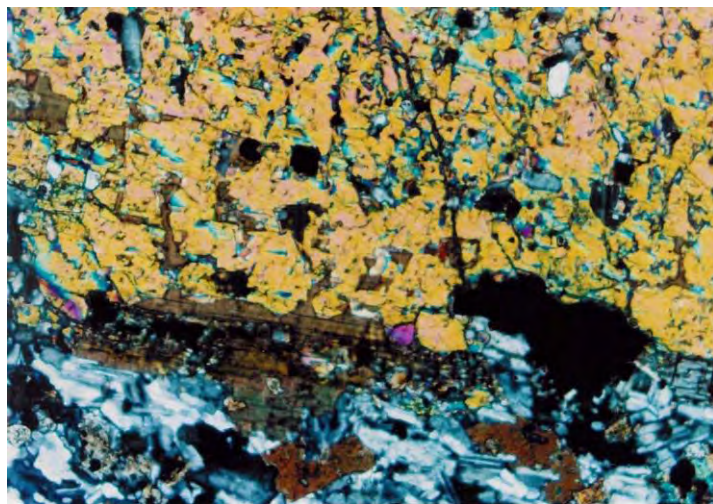
- کانی‌های فلسیک (روشن):

- فلدسپات : شامل پلاژیوکلاز در ابعاد مختلف تا 5 میلی متر و با ترکیب‌های مختلف از اسیدی تا متوسط و بازیگ در نمونه‌های مختلف. در بیشتر نمونه‌ها، برخی از فلدسپات‌ها از حاشیه به فلدسپات آکالن تبدیل شده‌اند. علاوه بر پلاژیوکلازها، فلدسپات آکالن بمیزان بسیار کمتر در برخی نمونه‌ها قابل مشاهده هستند.

- کانی‌های مافیک(تیره) :

- بیوتیت در برخی نمونه‌ها بمیزان کم دیده می‌شود. در برخی نمونه‌ها بصورت کانی ثانویه در اثر تجزیه پیروکسن تشکیل شده است. (شکل 2-9)

- پیروکسن عمدتاً نیمه‌شکل دار و در ابعاد مختلف تا 5 میلی متر در همه نمونه‌ها دیده می‌شود که در برخی نمونه‌ها به بیوتیت و کلریت تبدیل شده است.



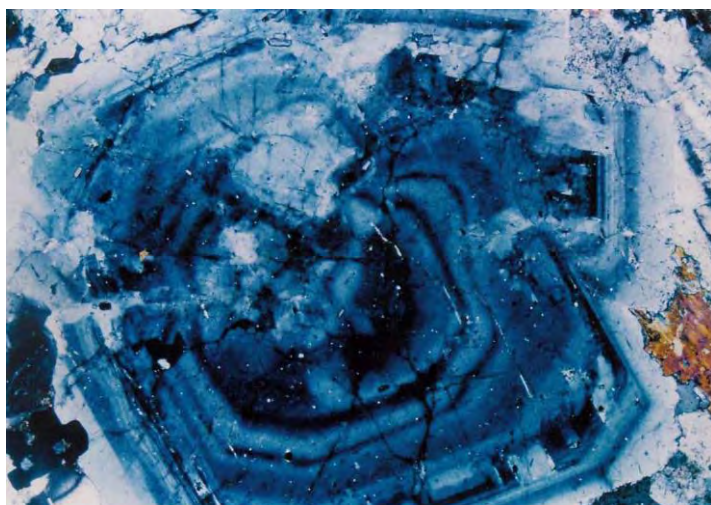
شکل 2-9- بیوتیت ثانویه حاصل از تجزیه پیروکسن‌ها در نمونه شماره 42-Nj-Th (XPL,4X)

- آمفیبول (هورنبلند): با پلئوکروئیک سبزرنگ و بصورت بی شکل و نیمه شکل دار بر برخی نمونه‌ها دیده می شود.

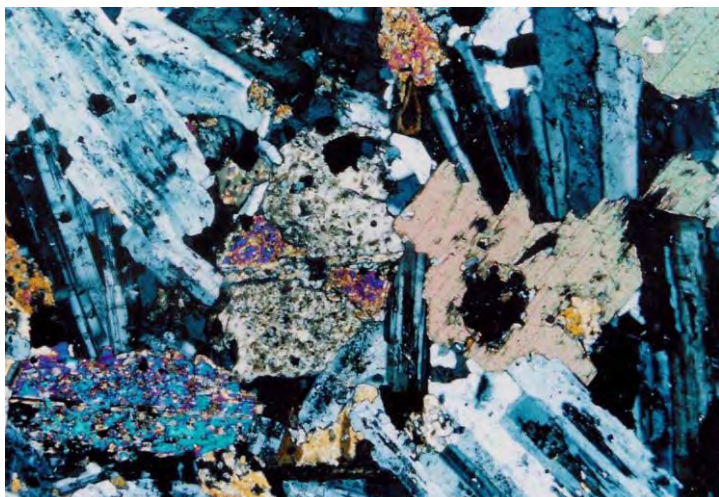
2- کانی های فرعی: آپاتیت، کانی های اوپک، اسفن و زیرکن

3- کانی های ثانویه: کلریت، بیوتیت و اپیدوت

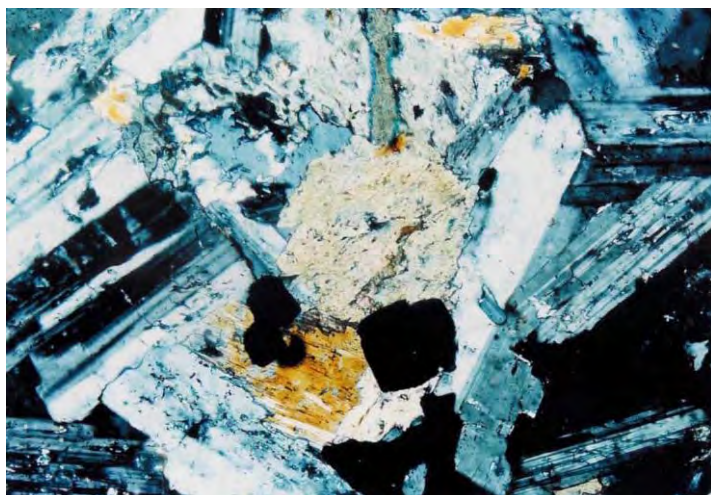
نام سنگ: میکرو مونزوگابرو (Nj-Th-42)، مونزوگابرو (Nj-Th-44,46)، مونزو دیوریت تا دیوریت (Nj-Th-48)، (شکل 2-10) مونزو دیوریت (Nj-Th-49,52)، (شکل 2-11 و 2-12) میکرو مونزو دیوریت (Nj-Th-54).



شکل 2-10- پلاژیوکلاز دارای زونینگ در نمونه شماره Nj-Th-48، (XPL,4X)



شکل 2-11- پروکسن زونه، بیوتیت و پلاژیوکلاز در نمونه شماره Nj-Th-49. (XPL,4X)



شکل 2-12- آمفیبول، پلاژیوکلاز و کانی اوپیک در نمونه شماره Nj-Th-52. (XPL,10X)

مطالعه پتروگرافی نمونه‌های شماره **Nbp1, 10, 17**

بافت سنگ: گرانولار

1- کانی‌های اصلی

کانی‌های فلسیک (روشن):

پلاژیوکلاز: بصورت بلورهای متقاطع شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار و با ترکیب شیمیایی در حد آندزین-لابرادوریت. این بلورها از حواشی و بعضی بطور کامل به آلکالی‌فلدسپار تبدیل شده‌اند. تجزیه به سریسیت، اپیدوت و کانی‌های رسی نیز دیده می‌شود.

کوارتز: با بلورهای شفاف و بی‌شکل فواصل کانی‌ها را پر کرده و با فلدسپار بصورت رشد همزمان گرافیکی و میکروگرافیکی دیده می‌شود.

کانی‌های مافیک (تیره):

بیوتیت: به صورت بلورهای شکل‌دار کشیده و صفحه‌ای تا بی‌شکل و به رنگ قهوه‌ای و دارای انکلوژیون آپاتیت مشاهده می‌شود. بعضی از بلورها کلریتیزه شده‌اند.

پیروکسن: با بلورهای شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار و با ترکیب اژرین‌اژریت تیتان‌اژریت و با تجزیه به مجموعه‌ای از کانی‌های کلریت، اپیدوت و اکسیدهای اوپک آهن.

آمفیبول: به رنگ سبز و با تجزیه به مجموعه‌ای از کانی‌های گروه کلریت و کانی‌های اوپک دیده می‌شود. کلریت به صورت شعاعی در فواصل کانی‌ها تشکیل شده است.

2- کانی‌های فرعی: کانی‌های اوپک، آپاتیت، اسفن و زیرکن.

کانی‌های ثانویه: کلریت، سریسیت، کانی‌های رسی، اپیدوت، کانی‌های اوپک ثانویه.

نام سنگ: کوارتز مونزودوریت.

چنانچه ذکر شد، نمونه‌های فوق از میانی‌ترین بخش توده نفوذی و در راستای گسترش آن گرفته شده‌اند، علاوه بر این نمونه‌ها در محل نزدیکی کتاکت توده نفوذی و واحدهای آهکی کرتاسه و بمنظور تعقیب تغییرات احتمالی توده نفوذی و بررسی تاثیر احتمالی توده از سنگ میزبان کربناته 4 نمونه بصورت سیستماتیک و بفاصله 20 متر از یکدیگر در راستای عمود بر روند گسترش توده گرفته شد که مطالعه پتروگرافی آن‌ها موارد زیر را مشخص می‌نماید:

مطالعه پتروگرافی نمونه‌های شماره **Nj-Th- 15, 16, 19, 20**

بافت: گرانولار و ایتترگرانولار

کانی‌های اصلی:

پلاژیوکلاز، با ترکیب متوسط تا بازیک با بلورهای عمدتاً نیمه‌شکل‌دار و گاهی بی‌شکل.

2- پیروکسن، بصورت بلورهای عمدتاً نیمه‌شکل‌دار و ابعاد تا 2 میلیمتر که گاهی دارای انکلوژیون‌هایی از کانی‌های اوپک هستند، در بیشتر نمونه‌ها دیده می‌شوند. پیروکسن در برخی موارد به کانی‌های بیوتیت، کلریت و آمفیبول تجزیه شده‌اند.

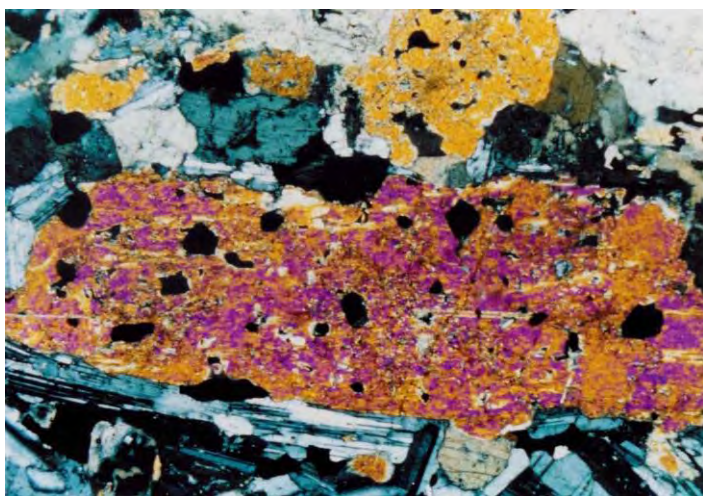
3- اولیوین، بصورت بلورهای بی‌شکل و کمتر از پیروکسن‌ها در بیشتر نمونه‌ها حضور دارد که در برخی موارد به کلریت (بیشتر) و ایدنگسیت تبدیل شده‌اند. در نمونه شماره Nj-Th-15 اولیوین وجود ندارد.

کانی‌های فرعی: آپاتیت، کانی‌های اوپک.

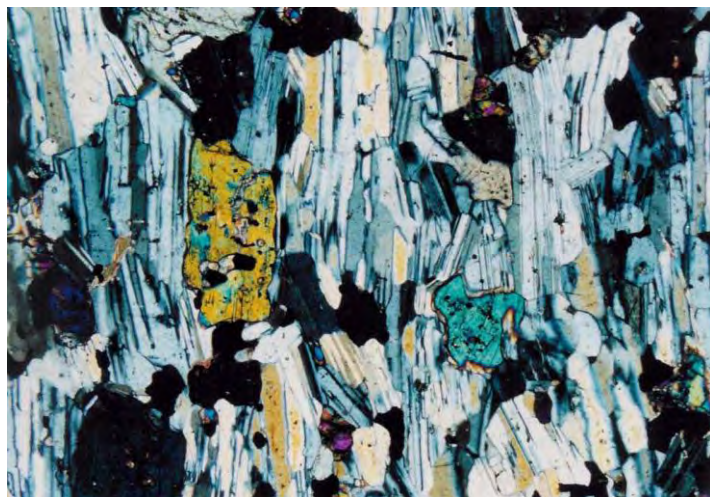
کانی‌های ثانویه: بیوتیت، کلریت، ایدنگسیت و آمفیبول.

نام سنگ: گابرو (Nj-Th-16, 19, 20) و دیوریت (Nj-Th-15).

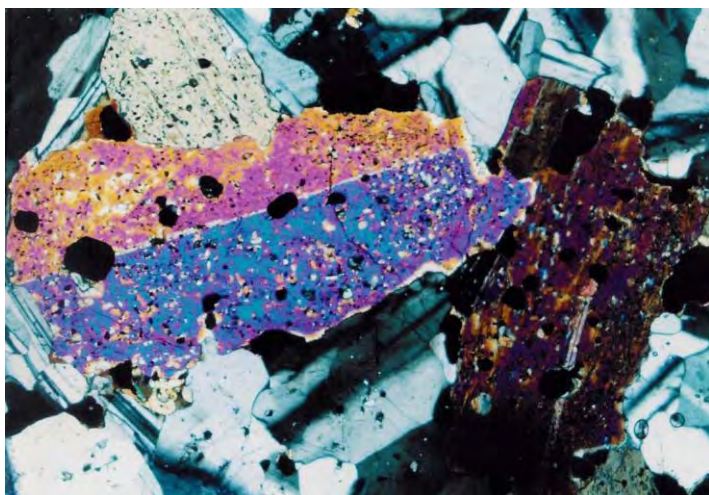
در اشکال 13-2 الی 15-2 تصاویر میکروسکوپی این نمونه‌ها مشاهده می‌شود.



شکل 2-13- پیروکسن با ادخال کانی اوپک، نمونه شماره Nj-Th-15 (XPL,4X)



شکل 2-14- بافت تراکیتونیدی در نمونه شماره Nj-Th-19 (XPL,4X)



شکل 2-15- پروکسن با ماکل کالسیاد همراه با ادخال کانی اوپک، (XPL,4X), Nj-Th-20

ترتیب نمونه‌گیری و برداشتن نمونه‌ها طوری بوده که نمونه شماره (Nj-Th-15)، دورترین نمونه نسبت به آهک‌ها و نمونه‌های شماره Nj-Th-16، Nj-Th-19، Nj-Th-20، بترتیب پس از آن به سنگ میزبان آهکی نزدیک می‌شود (نمونه شماره 20 دقیقاً متعلق به محل کنتاکت است). در نمونه شماره Nj-Th-15 که دورترین نمونه نسبت به سنگ میزبان آهکی است، اولیون وجود ندارد و نظیر سایر نمونه‌های بخش اصلی و میانی توده نفوذی دیوریتی می‌باشد. چنانچه از پتروگرافی نمونه‌ها و شواهد صحرایی (بیشتر شدن درصد کانی‌های مافیک و ریزبلورتر شدن کانی‌ها در حاشیه) برمی‌آید (همچنین آنالیز شیمیایی نمونه‌های فوق بروش XRF که در بخش‌های بعدی مورد بحث قرار خواهد گرفت)، توده نفوذی در نزدیکی حدود 100 تا 150 متری کنتاکت آهک‌ها، تفاوت آشکاری با بخش میانی دارد

که با توجه به دیده شدن زینولیت‌های آهکی به شدت متامورف شده (تصویر شماره) در نزدیکی کنتاکت آن با آهک‌ها، به نظر می‌رسد که این تغییر مربوط به آلودگی توده نفوذی توسط آهک‌ها در این بخش باشد.

علاوه بر این دو نمونه دیگر (Nb_4, Nbp_2) که این‌ها نیز از حاشیه توده نفوذی (با فاصله زیاد نسبت به نمونه‌های فوق) گرفته شده‌اند، و مطالعه پتروگرافی آن‌ها در زیر می‌آید کاملاً شبیه به نمونه‌های فوق هستند و این امر نشان‌دهنده یکسان بودن شرایط در نزدیکی همبری توده نفوذی و سنگ میزبان آهکی است.

پتروگرافی نمونه‌های Nb_4 و Nbp_2

بافت سنگ: اینترگرانولار و ساب افیتیک

کانی‌های فلسیک (روشن):

پلاژیوکلاز: بصورت بلورهای شکل‌دار تا کمی شکل‌دار و با ترکیب شیمیایی در حد لابرادوریت با آثار تجزیه به سریسیت و کانی‌های رسی. این بلورها به حالت متقاطع نسبت به هم قرار داشته و در حواشی بعضی آلکالی فلدسپات تشکیل شده است.

کانی‌های مافیک (تیره):

پیروکسن: بصورت بلورهای شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار و با ترکیب اوژیت و تیتان‌اوژیت دیده می‌شود و غالب بلورها دارای کانی‌هی اوپک می‌باشند.

بیوتیت: با بلورهای شکل‌دار تا بی‌شکل و به رنگ قهوه‌ای و حاوی پلاژیوکلاز و پیروکسن.

اولیون: با بلورهای شکل دار تا بی شکل دیده می شود. این بلورها در حواشی و شکستگی ها غالباً اکسیده و کلریتیزه و سرپانتینیزه شده اند. برخی بلورها نیز کاملاً تجزیه شده اند.

کانی های فرعی: کانی های اوپک و آپاتیت.

کانی های ثانویه: سریسیت، کلریت، سرپانتین و اکسید آهن.

نام سنگ: میکرومونزودیوریتیک گابرو تا میکرومونزوگابرو.

در منتهی الیه شمال غربی محدوده مطالعاتی و در نزدیکی همبری توده نفوذی و آهک ها، در برخی قسمت ها بطور محلی رگچه های فراوان متقاطع روشن رنگ که بیشتر ترکیب فلدسپاتی (و بمقدار کمتر کوارتزی) دارند، در متن توده نفوذی دیده می شود (اشکال 2-16 و 2-17). ضخامت این رگچه ها که در این محل از تراکم زیادی نیز برخوردار هستند، به 3 تا 5 سانتیمتر نیز می رسد. 2 نمونه از این بخش ها گرفته شد که مطالعه پتروگرافی آن ها بشرح زیر است:

نمونه شماره Nj-Th-73

بافت: گرانولار

کانی ها: 1- فلدسپات بدو صورت فلدسپات آلکالن و پلاژیوکلاز دیده می شود. پلاژیوکلازها با ترکیب متوسط تا اسیدی بوده و از حاشیه به فلدسپات آلکالن تجزیه شدگی دارند.

2- آمفیبول (هورنبلند) با پلئوکروئیک سبز رنگ و ابعاد تا 1 میلی متر بصورت صفحات بی شکل و تاحدی کشیده دیده می شود.

3- کوارتز تبلور مجدد در فواصل بین کانی‌ها کم دیده می‌شود. علاوه بر آن رگه‌های نسبتاً قطوری از سیلیس با قطر 1 تا 2 میلی‌متر نیز قابل مشاهده است.

نمونه شماره Nj-Th-74

بافت: میکروپورفیریتیک با زمینه میکروگرانولار

کانی‌ها: 1- فلدسپات با ترکیب سدیک (آلیبت ت الیگوکلاز) و پتاسیک (برخی مشخصاً میکروکلین) با ابعاد تا 2/2 میلی‌متر بصورت بی‌شکل و نیمه‌شکل‌دار دیده می‌شود. پلاژیوکلازها گاهی به سریسیت و کانی‌های رسی تجزیه‌شدگی دارند.

2- کوارتز عمدتاً بصورت رشد همزمان با فلدسپات و یا بصورت بلورهای مستقل دیده می‌شود.

3- بیوتیت با پلئوکروئیک قهوه‌ای و با بلورهای کشیده

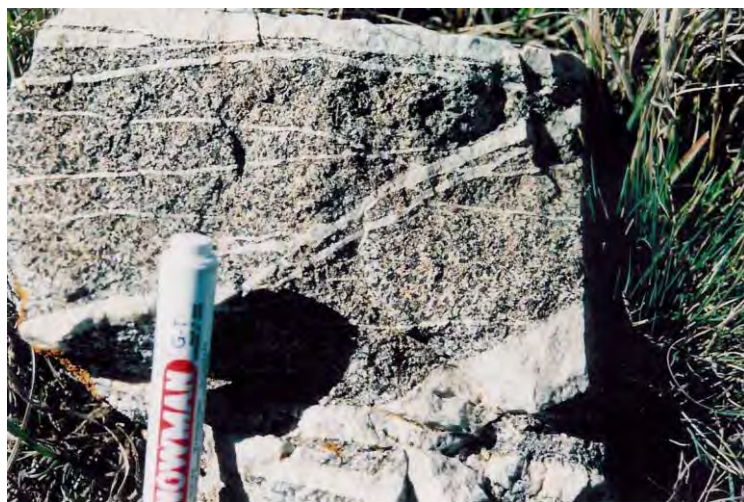
4- آمفیبول (هورنبلند) گاهی تا ابعاد 2 میلی‌متر که گاهی به کلریت تجزیه‌شده‌اند.

نکته مهم اینکه در بخش دیگری از همین مقطع، ترکیب متفاوتی دیده می‌شود که مربوط به رگچه است.

در این بخش بافت سنگ گرانولار بوده و فلدسپات‌های با ترکیب متوسط دیده می‌شود که در متن آن هورنبلند و کمی کوارتز دیده می‌شود.



شکل 2-16- رگچه‌های فلدسپاتی در منتهی‌الیه شمال غربی محدوده‌ی مورد بررسی



شکل 2-17- رگچه‌های فلدسپاتی در منتهی‌الیه شمال غربی محدوده‌ی مورد بررسی

2-2-3-2- رده بندی شیمیایی سنگ های آذرین درونی محدوده با استفاده از نتایج اکسیدهای اصلی

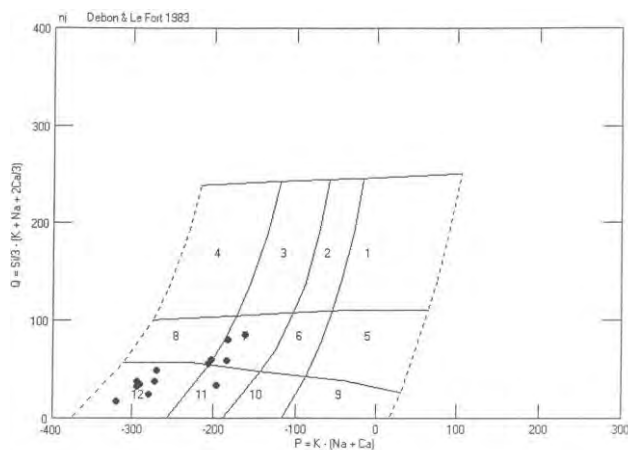
یکی از روش های نامگذاری سنگ ها، تجزیه شیمیایی آنها و استفاده از درصد وزنی اکسیدهای اصلی موجود - اکسیدهای سنگ ساز - می باشد. در این رابطه چندین مورد طبقه بندی توسط محققین مختلف ارائه شده است که تفاوت های جزئی با یکدیگر دارند. در اینجا رده بندی سنگ های منطقه با استفاده از دو روش ارائه شده توسط (Debon & Le fort (1983 و Middlemost(1985 که به کمک نرم افزارهای کامپیوتری ترسیم شده اند، آمده است:

- روش (Debon & Le fort (1983

در این تقسیم بندی پس از محاسبه پارامترهای Q و P بصورت مولتی کاتیونی و استفاده از نمودار Q-P، نام سنگ مشخص می شود. نحوه ی محاسبه پارامترهای مذکور بصورت زیر است :

$$P = K \cdot (Na + Ca) \quad \text{و} \quad Q = Si/3 \cdot (K + Na + 2Ca/3)$$

در شکل 2-18 نمودار ترسیم شده بر روش فوق آورده شده است.



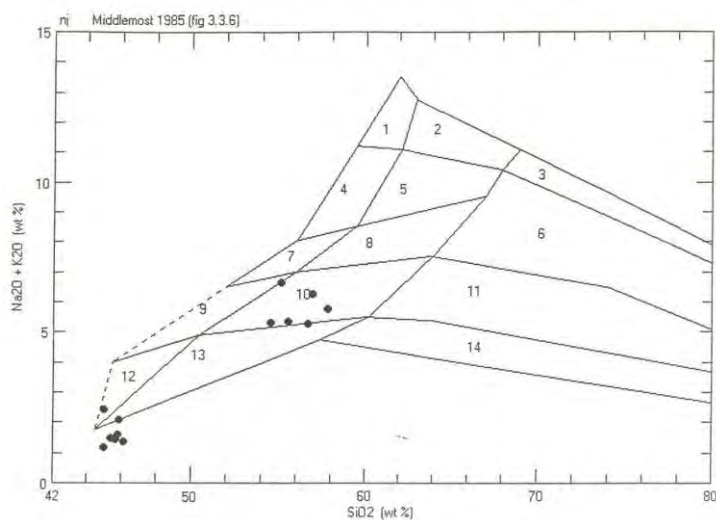
شکل 2-18- نمودار رده بندی سنگ های آذرین (Debon & Lefort (1983

چنانچه از نمودار طبقه‌بندی فوق مشخص می‌شود، نمونه‌های توده‌ی نفوذی در محدوده کلی بترتیب زیر متمرکز هستند؛

- 1- دیوریت و گابرو
2- کوارتز مونزونیت- مونزونیت

طبقه‌بندی Middlemost(1985)

نمودار ارائه شده در این تقسیم‌بندی برای نامگذاری سنگ‌های آذرین برمبنای درصد وزنی مجموع اکسیدهای آلکالن ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) در مقابل درصد وزنی سیلیس (SiO_2) می‌باشد. شکل 2-19 نشان‌دهنده نمودار ترسیم شده به روش فوق برای نمونه‌های گرفته شده از توده‌ی نفوذی محدوده‌ی مورد بررسی است.



شکل 2-19- نمودار رده‌بندی سنگ‌های آذرین از Middlemost (1985)

چنانچه ملاحظه می‌شود، نمونه‌های این توده‌ی نفوذی طبق طبقه‌بندی میدلموست، در دو محدوده‌ی 1- کوارتز مونزونیت و 2- گابرو دیوریت و کوارتز دیوریت متمرکز بیشتری دارند.

2-3-2-3- تعیین سری ماگمایی سنگ‌های آذرین منطقه

در مباحث پترولوژیکی، تعیین سری‌های ماگمایی از مهمترین اهداف به‌شمار می‌رود. طبق تعریف کونو (Kuno 1968)، یک سری ماگمایی به مجموعه‌ای از سنگ‌های آذرین با ترکیب شیمیایی مختلف می‌گویند که از یک ماگمای مادر در نتیجه تفریق حاصل شده باشند. اگرچه تبلور بخشی و ذوب مهمترین عامل تفریق محسوب می‌شوند ولی اخیراً روشن شده است که فرایندهای دیگر از قبیل هضم، آلیش و آلودگی موضعی می‌تواند در تنوع سنگ‌های آذرین نقش داشته باشد و سنگ‌های مختلف را در یک سری وابسته کاذب قرار دهد. انواع سری‌های ماگمایی که در سنگ‌های آذرین تاکنون مطالعه شده‌اند، عبارتند از:

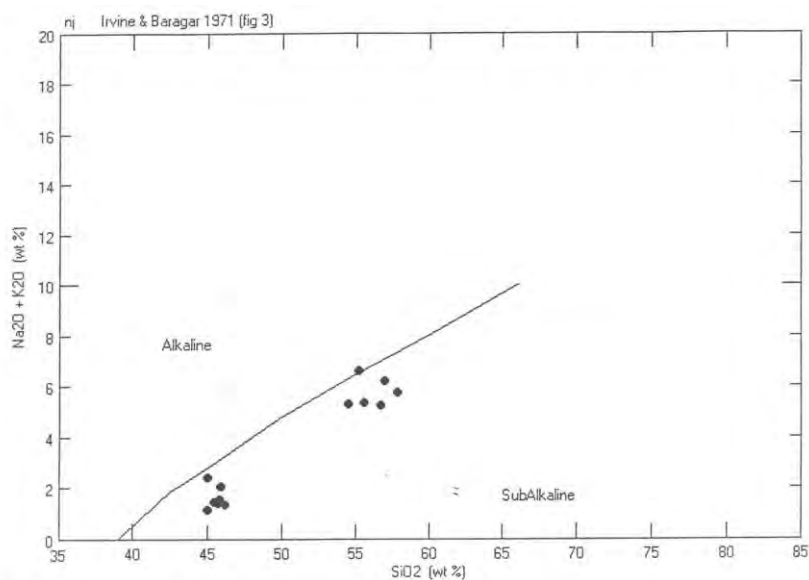
1- سری ساب‌آلکانل 2- سری تولیتی 3- سری کالک‌آلکانل 4- سری شوشونیتی (فوق‌آلکانل غنی از پتاسیم) 5- سری تحولی 6- سری آلکانل

بمنظور تعیین سری‌های ماگمایی نمودارهای متعددی ارائه شده است که تعیین این سری‌ها با استفاده از نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌ها و موقعیت آن‌ها در این نمودارها امکان‌پذیر است. در محدوده‌ی مورد مطالعه، از دو نمودار سری‌های ماگمایی بشرح زیر استفاده شد؛

- نمودار Na_2O+K_2O در مقابل SiO_2 (ایروین و بارگار 1971)

این نمودار، یکی از نمودارهای مهم جهت تفکیک سری‌های ماگمایی سنگ‌های آذرین می‌باشد که بر پایه مجموع اکسیدهای آلکانل (Na_2O+K_2O) در مقابل سیلیس و براساس درصد وزنی ترسیم می‌شود. این نمودار توسط Invine&Bargar (1971) ارائه شده و محدوده‌های سری

ساب‌آلکالن و آلکالن بوسیله یک خط ممتمد جدا شده‌اند. در نمودار ترسیم شده (شکل 2-20) برای نمونه‌های گرفته شده از توده‌ی نفوذی محدوده‌ی مورد بررسی، تمامی نمونه‌های گرفته شده از محدوده مطالعاتی در بخش ساب‌آلکالن قرار می‌گیرند هرچند که دو تمرکز عمده در طرف ساب‌آلکالن دیده می‌شود.

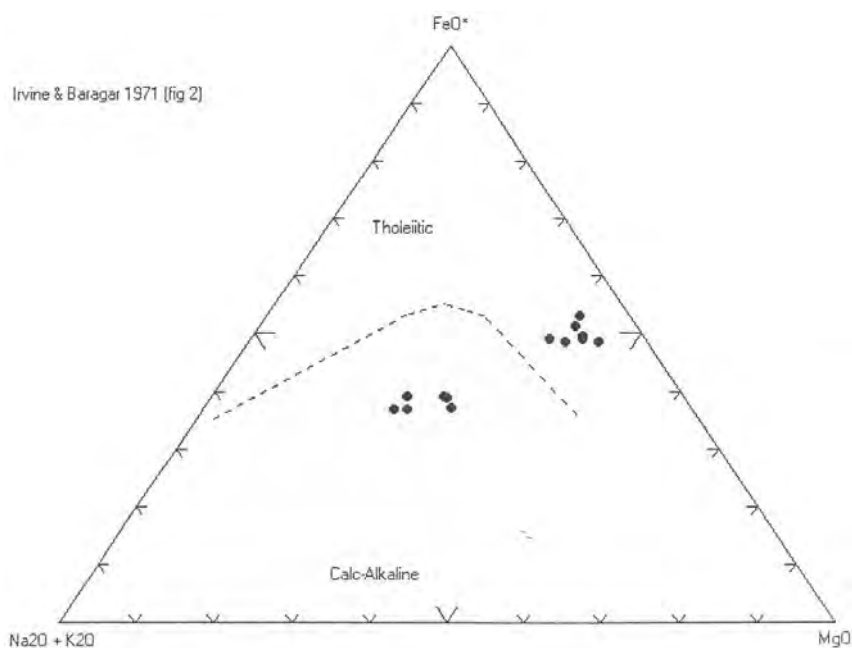


شکل 2-20- نمودار تفکیک سری‌های ماگمایی آلکالن و ساب‌آلکالن از Irvine&Baragar(1971)

- نمودار AFM (ایروین و بارگار 1971)

تمامی سنگ‌های آذرین ساب‌آلکالن می‌توانند از نوع تولیتی (هیپرستن‌دار) و یا کالکوالکالن (پیژونیتی) باشند. جهت تفکیک این دو گروه از یکدیگر می‌توان از نمودار AFM کمک گرفت. این نمودار براساس سه قطب درصد وزنی $A=Na_2O+K_2O$ ، $F=FeO$ ، $M=MgO$ ترسیم شده است. چنانچه

در شکل 2-21 نیز ملاحظه می‌شود، نمونه‌های گابرویدیوریتی در محدوده‌ی تولیتی و واحدهای کوارتز مونزونیتی در محدوده‌ی کالکوآلکالن نمودار AFM قرار می‌گیرند.



شکل 2-21- نمودار تفکیک سری‌های ماگمایی تولیتی و کالکوآلکالن از Irvin&Baragar(1971)

2-3-2- ژئوشیمی سنگ‌های آذرین منطقه

روابط کمی بین عناصر نشان می‌دهد که پارامترهای شیمیایی یک سنگ یا در مقیاس وسیعتر، یک توده ماگمایی بصورت مستقل از یکدیگر تغییر نمی‌یابند، که این رفتار تطابق ژئوشیمیایی نامیده می‌شود و عنوان می‌گردد که بسیاری از زوج عناصری که تغییرات کمی آن‌ها نسبت به هم سنجیده می‌شود، نشانگر تطابق زیاد، چه از نوع مثبت و چه از نوع منفی می‌باشد.

از دیدگاه وسیعتر، در یک سری سنگ‌های آذرین که از نظر زمانی و مکانی باهم مرتبط می‌باشد نیز تغییرات شیمیایی در سنگ‌های مختلف در ارتباط با یکدیگر است. اصولاً تحولات سنگ‌های آذرین تحت کنترل دو فرایند مرتبط به هم می‌باشند که عبارت از تبلور تفریقی و ذوب بخشی بوده و در مجموع فرایند تفریق مایع به بلور نامیده می‌شود (کاکس و همکاران 1979).

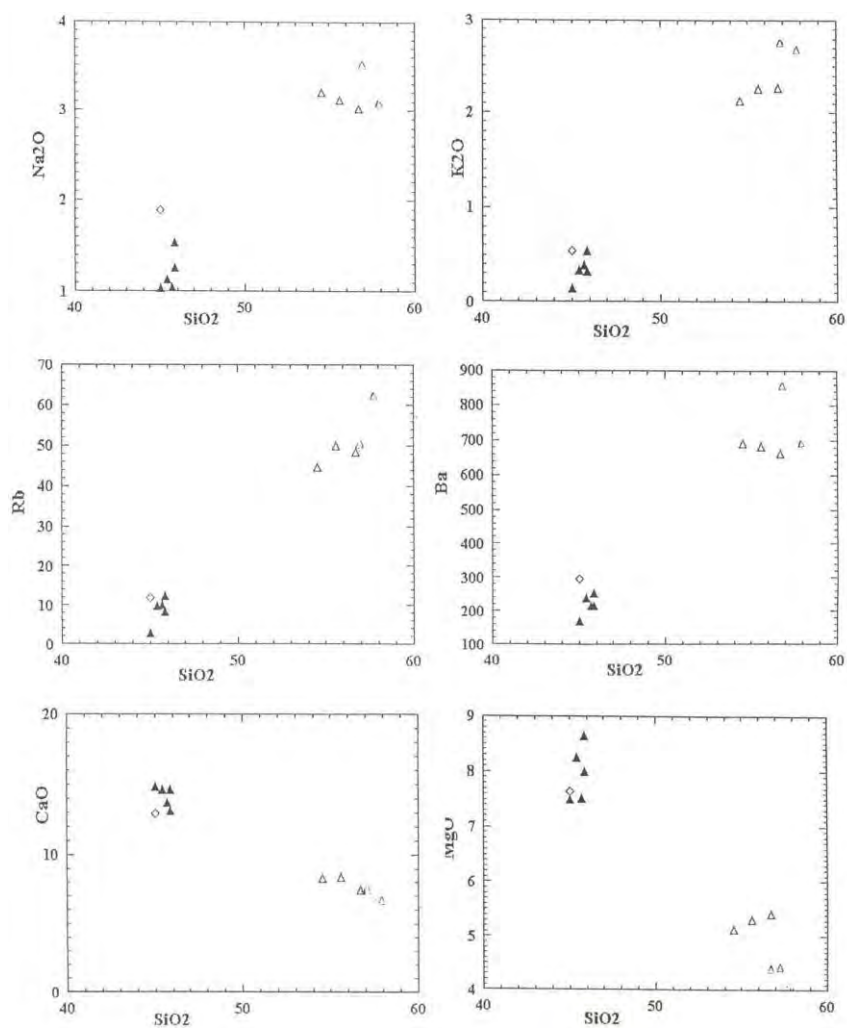
نمودار تغییرات عناصر، نمایشی ساده از اختلافات شیمیایی و روندهایی است که توسط سنگ‌های مربوط به یک سری یا چند سری ایجاد می‌گردد. در واقع نمودارهای تغییرات عناصر، روش مفیدی برای تجزیه و تحلیل داده‌هایی است که مقایسه آن‌ها بصورت جدول (بویزه اگر حجم داده‌ها زیاد باشد) با دشواری‌های فراوانی همراه است.

این نمودارها عموماً برای بررسی روابط پتروژنتیک و تاثیر فرایندهای ماگمایی مشتمل بر تفریق بلورین، ذوب بخشی، تبلور بخشی، هضم و آلیش ماگمایی بکار برده می‌شود. با استفاده از نمودارهای تغییرات می‌توان وجود یا عدم وجود ارتباط ژنتیک بین سنگ‌های مختلف را مورد بررسی قرار داد و از این طریق به این امر که آیا ماگمای مادر آن‌ها ویژگی‌های یکسانی داشته‌اند یا خیر، آگاهی یافت. البته در مواردی پدیده‌هایی از قبیل آلیش ماگمایی، هضم سنگ دربرگیرنده و ... بر روی ویژگی‌های ژئوشیمیایی سنگ‌ها تاثیر گذاشته و ممکن است تغییراتی در آن‌ها ایجاد نماید.

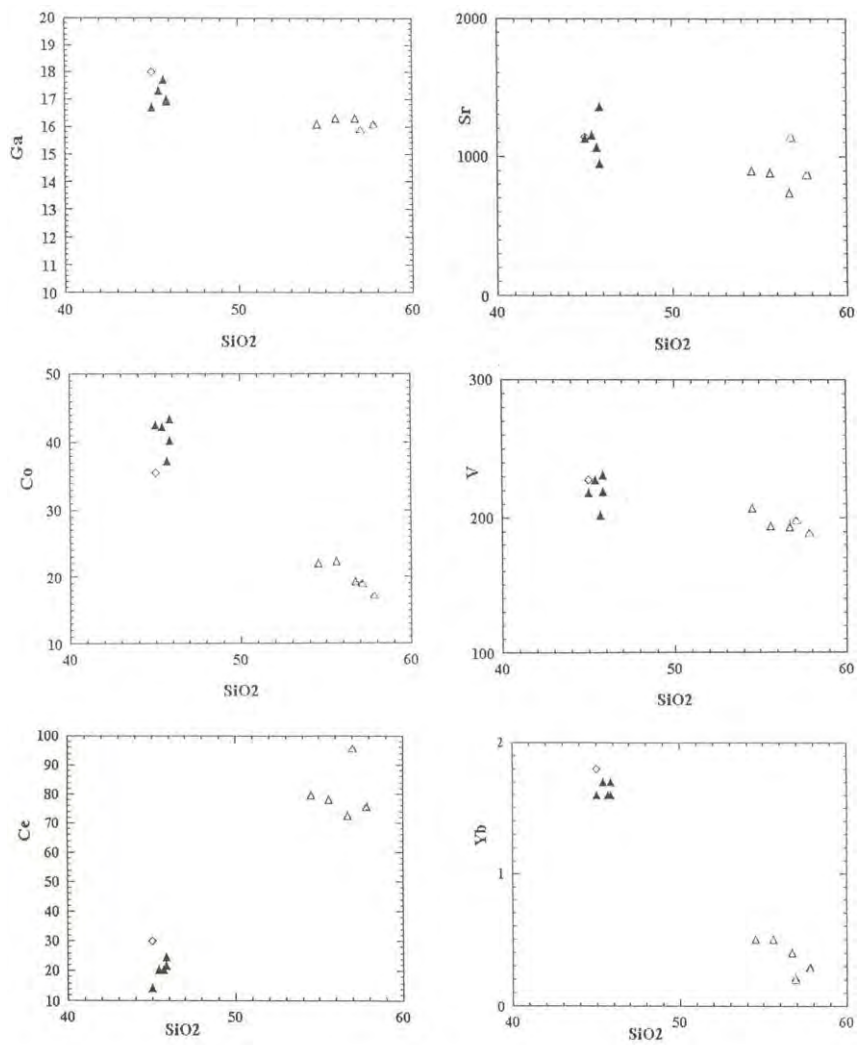
رایج‌ترین انواع نمودارهای تغییرات در پترولوژی سنگ‌های آذرین نمودار تغییرات درصد وزنی اکسیدهای سازنده به درصد سیلیس است که نخستین بار هارکر (1909) ارائه داد و بنام نمودار هارکر

خوانده می‌شود. علت انتخاب SiO_2 بعنوان مبنا در نمودارهای مذکور آن است که با پیشرفت مراحل تفریق و تبلور ماگما، غلظت سیلیس در مایع باقی مانده افزایش می‌یابد.

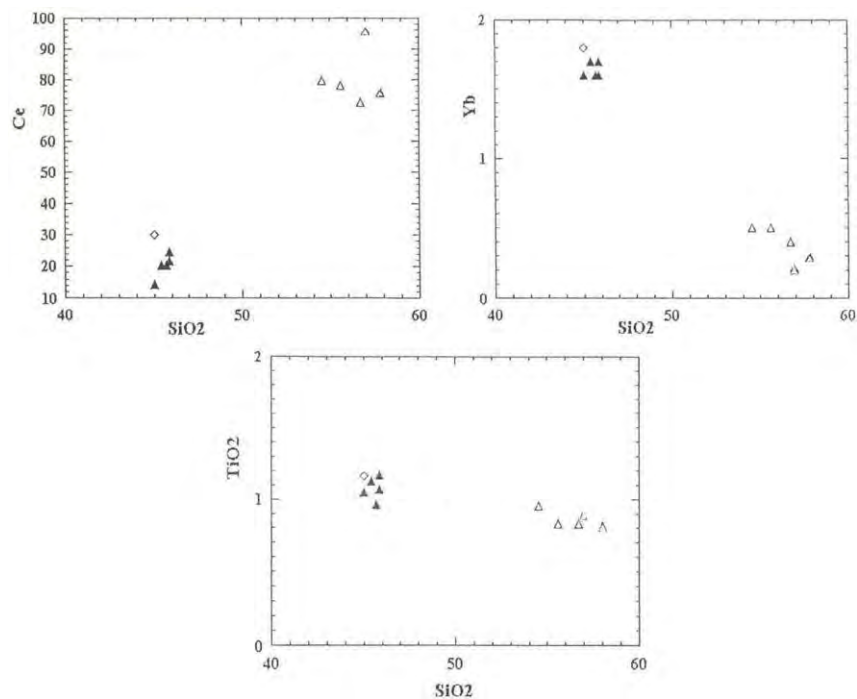
در شکل 2-22 نمودارهای هارکر (اکسیدهای اصلی و برخی عناصر کمیاب) مربوط به نمونه‌های گرفته شده از توده‌ی نفوذی محدوده‌ی مورد بررسی که توسط نرم‌افزار کامپیوتری minpet ترسیم شده‌اند، آمده است.



شکل 2-2- نمودارهای تغییرات اکسیدها و عناصر در مقابل درصد سیلیس (نمودارهای هارکر)



ادامه شکل 22-2



ادامه شکل 2-22

چنانچه در نمودارهای فوق، نمودارهای طبقه‌بندی شیمیایی و نمودارهای تعیین سری ماگمایی توده‌ی نفوذی - که قبلاً مورد بحث قرار گرفتند - ملاحظه می‌شود، هریک از نمودارها تمایل به تمرکز در دو منطقه مجزا دارند و یا دو دسته شده‌اند. این دو دستگی می‌تواند به هریک و یا چند مورد از دلایل زیر مربوط باشد :

- عدم ارتباط ژنتیکی و جداگانه بودن منشأ ماگمایی و وجود دو توده مجزا در کنار هم
- تعداد اندک نمونه‌های تهیه و آنالیز شده

- هضم سنگ آهکی در برگیرنده توده‌ی نفوذی و آلودگی در نزدیکی همبری توده‌ی نفوذی و سنگ میزبان کربناته و در نتیجه ایجاد سنگ‌های بازیک با CaO بالا.

- خطای آزمایشگاهی

با توجه به اینکه تنها تغییر قابل توجه در ترکیب شیمیایی توده‌ی نفوذی در حاشیه توده‌ی نفوذی و در نزدیکی همبری آن با سنگ در برگیرنده کربناته (در سایر نقاط چنین تغییری نداریم) دیده می‌شود، احتمال سوم یعنی آلودگی توده‌ی نفوذی در همبری آن با سنگ‌های کربناته قویتر به نظر می‌رسد. مطالعه پتروگرافی نمونه‌های گرفته شده از بخش‌های میان توده و نزدیکی همبری با سنگ در برگیرنده نیز تایید کننده این موضوع هستند، بطوریکه ترکیب توده در نزدیکی همبری بازیک‌تر شده و از دیوریتی به گابرویی میل می‌کند. لازم به ذکر است که کل نمونه‌ها در یک مرحله گرفته شده و در یک مرحله و در همان آزمایشگاه مورد تجزیه قرار گرفته‌اند این درحالی است که خطای آزمایشگاهی (در صورت موجود بودن) قاعدتا بصورت پراکنده دیده می‌شود و تمرکز منطقه‌ای (بطوریکه تنها نزدیکی همبری را در برگیرد) نمی‌تواند داشته باشد.

2-3-2- دگرگونی

در محدوده‌ی شمال ورزقان و اهر عمده‌ی فرایند دگرگونی از نوع حرارتی و همبری بوده و جز چند مورد ضعیف (حوالی روستای دیشگدیک)، اثری از دگرگونی ناحیه‌ای در کل منطقه دیده نمی‌شود (مهرپرتو، 1371). یکی از دلایل این امر به فعالیت شدید آذرین درونی در زمان ترشیری

(بویژه الیگوسن) برمی‌گردد. در اثر این پلوتونیزم گسترده، در مناطقی که واحدهای کربناته (عمدتا کرتاسه) نیز حضور داشته است، باندهای دگرگونی همبری و اسکارن تشکیل شده و مهمترین مثال آن، معادن مس مزرعه، انجرد و مازگر می‌باشد.

در محدوده مطالعاتی نی جان اثری از دگرگونی ناحیه‌ای دیده نمی‌شود و عمده‌ی فعالیت دگرگونی از نوع همبری بوده که حاصل جایگیری توده‌ی نفوذی نی جان است. این توده‌ی نفوذی به شکل خطی و با روند شمال شرقی جنوب غرب جایگزین شده است. در شرق این توده واحد آتشفشانی کرتاسه و در غرب آن واحدهای رسوبی کرتاسه رخنمون دارند و سنگ دربرگیرنده توده‌ی نفوذی را در این منطقه تشکیل می‌دهند. در همبری شرقی توده نفوذی با واحد آتشفشانی کرتاسه در برخی نقاط، بصورت یک باند منقطع و با ستبرای 1 تا 3 متر، نشانه‌هایی از تاثیر توده‌ی نفوذی بر این واحد دیده می‌شود.

میزان این حرارت و دگرگونی حاصل از آن در حدی نبوده که باعث تغییر در بافت و کانی‌های موجود در سنگ‌ها باشد بلکه اثرات آن اغلب با رشد و تبلور مجدد (تبلور مجدد شیشه زمینه و تشکیل فلدسپار و کوارتز) قابل مشاهده است، این درحالی است که برخی کانی‌های دگرگونی نظیر ترمولیت و اکتینولیت در محل تماس توده نفوذی با توف‌های واحد آتشفشانی کرتاسه دیده می‌شود و در فرایند دگرگونی سنگ‌های ریوداسیت، تراکی‌اندزیتی و توفی بترتیب به متاریوداسیت، متاتراکی‌اندزیت و متاتوف اسیدی تبدیل شده‌اند (حسن شکوئی، 1382).

برخلاف همبری توده‌ی نفوذی با واحد آتشفشانی کرتاسه در غرب (که دگرگونی گسترش و شدت چندانی ندارد)، در همبری شرقی این توده که با رخنمون‌های آهکی و شیلی کرتاسه است، دگرگونی

همبری نسبتاً گسترده و شدید است و در برخی نقاط در اثر آن، کانی‌سازی نیز انجام شده است. علت اختلاف در شدت و گسترش پدیده دگرگونی همبری در دو طرف توده‌ی نفوذی به دلایل مختلفی از قبیل تفاوت در سطح تماس، خصوصیات فیزیکی و ترکیب شیمیایی بین واحدهای رخنمون یافته در این دو سو، می‌تواند مربوط باشد. همبری واحد شیلی و توده‌ی نفوذی در بسیاری از نقاط بدلیل پوشش ضخیم خاک، رخنمون ندارد ولی آثار دگرگونی همبری در برخی نقاط بصورت تشکیل هورنفلس، با ضخامت متفاوت تا 5 متر، دیده می‌شود.

مطالعه پتروگرافی نمونه‌های دگرگونی همبری در بخش شیلی، موارد زیر را مشخص می‌نماید؛

بافت سنگ: گرانوبلاستیک

کانی‌های شاخص: کوارتز، آلکالی‌فلدسپار (آلبیت). سایر کانی‌ها بمیزان کمتر: اپیدوت، گارنت، بیوتیت، پیروکسن و اسفن

نام سنگ : آلبیت-اپیدوت-بیوتیت هورنفلس (نمونه شماره Nb9) و کوارتز-فلدسپار-گارنت-اسفن-پیروکسن-اپیدوت هورنفلس (Nbp3) که از نزدیکی همبری گرفته شده است).

در مورد نمونه دیگر (Nj-Th-5) که از شدت دگرگونی کمتری برخوردار است، چنین می‌توان گفت که این سنگ دارای لایه‌بندی اولیه بوده و از بافت بسیار دانه‌ریزی برخوردار است و بیشتر از کانی‌های کریپتوکریستالین تا میکروکریستالین تشکیل شده است. بخش قابل توجهی از سنگ متشکل از کانی‌های آمفیبول (ترمولیت-اکتینولیت) و ولاستونیت و ریزکریستال‌های کربنات و کوارتز است.

در همبری توده‌ی نفوذی با سنگ‌های آهکی کرتاسه، در نقاط مختلف اثرات متفاوتی از پدیده دگرگونی همبری، اعم از؛ حاشیه پخته‌شده (تا 4 متر ضخامت)، تشکیل مرمر، گرونا تیت و اسکارن دیده می‌شود. وجود کانی‌های گارنت، اپیدوت، مگنتیت از نشانه‌های تاییدکننده حضور اسکارن در این محدوده هستند. در حالت کلی شدت و گسترش دگرگونی همبری (بموازات روند جایگیری توده نفوذی) از جنوب غرب بطرف شمال شرق افزایش می‌یابد، بطوریکه در شمال شرق و تقریباً آخرین رخنمون‌های همبری آهک و توده‌ی نفوذی در محدوده‌ی مورد بررسی، یک اسکارن آهن تپیک تشکیل شده است. ضخامت مناطق دگرگون‌شده از 1 متر (حاشیه پخته‌شده) تا 150 متر (اسکارن) متغیر است.

مطالعه پتروگرافی نمونه‌های گرفته شده از بخش‌های دگرگون‌شده موارد زیر را نشان می‌دهد که در مقطع نازک شماره Nj-Th-5، لایه‌بندی اولیه سنگ مشخص است و بافت دانه‌ریزی نیز دارد و بیشتر از کانی‌های کریپتوکریستالین تا میکروکریستالین تشکیل شده است. کانی‌های آمفیبول (ترمولیت) اکتینولیت، ولاستونیت و ریزکریستال‌های کربنات و کوارتز در متن مقطع دیده می‌شود. نام این سنگ مادستون آهکی متامورف شده می‌باشد.

در نمونه شماره Nj-Th-72 (که از محل نزدیکی رخنمون اسکارنی برداشته شد): سنگ از مجموعه‌ای از کانی‌های مختلف از قبیل اسفن لوکوکسن و آلبیت تشکیل شده که در بین آن‌ها کانی‌های کربناته، بصورت پچ‌های بی‌شکل دیده می‌شود. علاوه بر این گرونا نیز در سطح نمونه تشکیل شده و قابل مشاهده است. با توجه به این‌که بافت این نمونه گرانوبلاستیک بوده و کانی‌های فوق

نیز در آن دیده می‌شود، اسکارن (یا کتتاکت متامورفیک) می‌تواند نام مناسبی برای این نمونه (سنگ) باشد.

در مقطع نازک شماره Nj-Th-78، که از نزدیک رخنمون اسکارن موجود در محدوده‌ی مورد بررسی گرفته شد، کانی‌های زیر که با بافت گرانوبلاستیک باهم ارتباط دارند، دیده می‌شوند:

- کربنات کلسیم که با بافت موزائیکی حجم عمده سنگ را تشکیل داده و بر روی آن‌ها لکه‌های اکسید آهنی دیده می‌شود.

- گارنت بشکل بلورهای درشت در ابعاد مختلف تا 2 میلی‌متر که بر روی آن‌ها نیز لکه‌هایی از اکسید آهن دیده می‌شود. همچنین اثراتی از کلریتیزه شده گارنت بوضوح مشخص است.

- کانی‌های اوپیک نیز در سطح نمونه دیده می‌شود.

گارنت در مرحله پیشرونده (Prograde) و کلریتی شدن گارنت (همچنین گارنت که در نمونه دستی دیده می‌شود) در مرحله پسرونده (Retrograde) دگرگونی همبری تشکیل شده است. با توجه به بافت و کانی‌های موجود در سنگ، مرمر گرونا دار (اسکارن) نام مناسبی می‌تواند برای این نمونه باشد.

از محدوده‌ی اسکارنی نمونه‌های دیگری نیز گرفته شده و مورد آزمایش XRD و تهیه مقطع صیقلی قرار گرفته‌اند که در بخش زمین‌شناسی اقتصادی مورد بحث و بررسی قرار خواهند گرفت.

علاوه بر تشکیل هاله دگرگونی، نفوذ این توده بر شیب واحدهای رسوبی در نزدیکی همبری تأثیر گذاشته و آنها را افزایش داده و در برخی نقاط به 80 درجه تا عمود رسانده است. در چندین مورد در خارج از محدوده مطالعاتی، در اثر محلول‌های هیدروترمالی حاصل از توده‌ی نفوذی آلتراسیون و رگه‌های سیلسی (عیار طلا کمتر از 100 میلی‌گرم در تن) تشکیل شده است که البته گسترش چندانی نیز ندارند.

Formatted: Bullets and Numbering

فصل سوم:

کانیسیازی و دگرسانی

3-1- مقدمه :

در محدوده اکتشافی نی جان انواع کانی سازی ها بچشم می خورد که همگی در رابطه با نفوذ توده آذرین در منطقه می باشد. کانی سازیهای کوارتز نوع استوک ورک، سولفیدی افشان، رگه و رگچه ای، اسکارنی، پلاسری و ... از انواع کانی سازی های مشاهده شده در منطقه اکتشافی می باشند که هر کدام در چندین نقطه تظاهر می نمایند. در شکل 3-1 نمای عمومی محدوده اکتشافی مشاهده می شود.



شکل 3-1- دورنمایی از محدوده اکتشافی نی جان - دید به جنوب

3-2- کانی سازی کوارتز نوع استوک ورک :

یکی از مهمترین انواع کانی سازی در محدوده مطالعاتی نی جان مربوط به این کانی سازی می باشد. در بخش های میانی توده نفوذی (شرق ایستگاه شکاربانی کلن)، در محدوده ای به ابعاد تقریبی 6000 متر مربع (به دلیل پوشش ضخیم خاک تعیین دقیق ابعاد گسترش ممکن نیست) که بخشی از آن توسط

مزارع نی جان و خاک کشاورزی پوشیده شده است، کانی سازی کوارتز بصورت رگچه های نامنظم، متقاطع و متراکم انجام گرفته است. این رگچه ها بصورت پرکننده فضای خالی و بدون دارا بودن روند و جهت خاصی در درزه و شکاف های بخش مونزودیوریتی توده ی نفوذی نی جان جای گرفته اند. ضخامت این رگچه ها بشدت متغیر بوده و از چند میلی متر تا 20 سانتی متر می باشد. رگچه های کوارتزی، رگچه های بسیار نازک و چندلایه از جنس اکسید آهن و اکسید منگنز (مطالعه مقاطع صیقلی و آنالیز شیمیایی) که با داشتن رنگ تیره با وضوح بسیار زیادی در بین زمینه ای از سنگ های نفوذی دگرسان شده و رگچه های کوارتزی دیده می شوند، وجود دارد (شکل 3-2)

کوارتزها غالبا از نوع اتومورف می باشد و اندازه ی آنها از ابعاد بسیار دانه ریز (چند میلی متر) تا درشت دانه (3 تا 4 سانتی متر) تغییر می کند.

با توجه به حفاری انجام شده، ضخامت زون استوک ورک در بیشترین حالت به 3 متر می رسد و با توجه به عمق، بتدریج از تراکم رگچه های کوارتزی کاسته و بر تراکم کانی سازی سولفیدی افزوده می شود.

بدلیل وفور و پراکنده بودن بلورهای درشت و روشن رنگ کوارتز در سطح زمین در محدوده ی اطراف شکاربانی کلن، این منطقه توسط مردم محلی (روستا های نی جان، کلاسور، مرز رود و ...)، «درّ یوردی» - بمعنی زمین دارای در- نامیده می شود.

بلورهای کوارتز غالبا از نوع بسیار شفاف و سفید رنگ می باشد. سطح بسیاری از این بلورها بدلیل حضور اکسید آهن، برنگ قهوه ای و لیمویی درآمده است.



شکل 3-2- تصاویری از رگچه‌های کوارتزی، حاوی اکسید آهن، منگنز و بخش‌های مس‌دار

ساخت غالب دانه‌های کوارتز، شانه‌ای و دروزی است؛ رشد بلورهای کوارتز از دو دیواره‌ی رگه بصورت متقارن صورت گرفته و در بخش وسطی رگه این بلورهای کوارتز به هم رسیده و در هم فرو رفته و بافت شانه‌ای را بوجود آورده است و در حالت دیگر (بافت دروزی) بلورهای کوارتز از هر طرف بداخل حفره رشد کرده‌اند ولی حفره بطور کامل پر نشده و در وسط آن فضای خالی باقی مانده است (شکل 3-3)



شکل 3-3- نمایی از بلورهای کوارتز پراکنده حفرات

سنگ میزبان این کانی‌سازی، بخش مونزودیوریتی توده‌ی نفوذی نی‌جان است. برشی شدن (هیدروترمالی) در سنگ‌های نفوذی میزبان، یکی از مشخصات بارز این بخش از کانی‌سازی می‌باشد (شکل 3-4).



شکل 3-4- برشی شدن و آتراسیون در توده مونزودیوریتی

دگرسانی در این محدوده ضعیف تا قوی و از نوع انتخابی، فراگیر و رگچه‌ای دیده می‌شود. در زمینه‌ای از گانگ کوارتزی در مونزودیوریت دگرسان شده، کانه‌های سولفیدی کالکوپیریت، پیریت، مارکاسیت، بورنیت، اسفالریت، گالن و ... و کانه‌های اکسیدی آهن آبدار، اکسید منگنز و روتیل با بافت‌های Disseminated ، Open Space و ... تشکیل شده‌اند (شکل 3-5). وجود کانی‌سازی طلا در این بخش بر اهمیت اقتصادی آن افزوده است بطوریکه در عملیات اکتشافی صورت گرفته میزان بیشترین طلای آنالیز شده به 4900 میلی‌گرم در تن می‌رسد.



شکل 3-5- نمایی از انواع کانی‌سازی‌ها در زمینه دگرسان شده مونزودیوریتی و بخش‌های کوارتزار

3-3- کانی‌سازی سولفیدی نوع افشان (Disseminated) :

چنانچه در بخش کانی‌سازی استوک‌ورک ذکر شد، به‌مراه رگچه‌های کوارتز، کانی‌سازی سولفیدی نیز دیده می‌شود. در ترازهای ارتفاعی پایینتر (2 تا 3 متر)، با تغییراتی در کانی‌سازی کوارتز، زون کانی‌سازی به سمت عمق‌های پایین‌تر با حضور پررنگ‌تر سولفیدها ادامه می‌یابد (ادامه زون کانی‌سازی شماره 1).

موقعیت دقیق این در دامنه‌ی جنوب شرقی ایستگاه شکاربانی کلن (حدود 150 متری) تا کف دره اصلی می‌باشد، در شکل 3-6 نمای عمومی این منطقه مشاهده می‌شود.

وضعیت رخنمون سطحی این بخش به این ترتیب است که در دامنه مورد اشاره که سنگ‌های مونوزودیوریتی برونزد دارند، در نزدیکی کف دره لکه‌های پراکنده از کانه‌های سولفور پیریت و کالکوپیریت (در مقیاس نمونه دستی) در ابعاد حدود چند میلی‌متر تا 2 سانتی‌متر با تراکم کم و در محدوده‌ای با وسعت تقریبی 3000 متر مربع دیده می‌شود.

دگرسانی در این محدوده خفیف تا متوسط و از نوع انتخابی بوده و کانی‌سازی کوارتز نوع استوک‌ورک در این‌جا به مقدار کمتر دیده می‌شود. تعیین دقیق ابعاد رخنمون دارای کانی‌سازی فوق به دلیل پوشش ضخیم و گسترده خاک کشاورزی بویژه در تراز ارتفاعی کم‌ارتفاع‌تر و کف دره امکان‌پذیر نیست. با این حال در کف آبراهه و در کنار جاده خاکی روستای نی‌جان در برخی نقاط حفاری‌های تا عمق 3 متری برای احداث تیرهای انتقال برق انجام شده که با توجه به وضعیت پوشش خاک منطقه مکان نسبتاً مناسبی (هرچند محدود) برای مطالعه ادامه کانی‌سازی سولفیدی پدید آورده است.

نمونه‌های گرفته شده از این بخش نشان‌دهنده این موضوع است که شدت و گسترش کانی‌سازی و دگرسانی همراه با آن، با شدت بیشتر در عمق ادامه می‌یابد، بطوریکه گاهی بیش از 30 درصد نمونه سنگی از کانی‌های سولفور تشکیل می‌یابد. از مشخصات دیگر این بخش حضور کانی‌سازی کوارتز از نوع رگچه‌های متقاطع با مشخصاتی که در بخش مربوط به این کانی‌سازی ذکر شد، می‌باشد با این تفاوت که از تراکم آن در این قسمت به شدت کاسته می‌شود. کانه‌های مشاهده شده در مقیاس نمونه

دستی غالباً کالکوپیریت و پیریت هستند ولی در مقاطع صیقلی تهیه شده کانه‌های دیگر از جمله بورنیت، مارکاسیت، کالکوسیت، گالن و اسفالریت نیز حضور دارند. بافت برشی در این بخش نیز دیده می‌شود.

از نظر فضایی این کانی‌سازی در زون استوک‌ورک با شدت کم و در ترازهای کم‌ارتفاع‌تر از آن، با شدت بیشتر حضور دارد.

مطالعات ژئوفیزیک بروش IP-RS که دقیقاً در این بخش و محدوده‌ی اطراف انجام شد و شرح کامل آن در بخش بررسی‌های ژئوفیزیکی آمده است، نشان‌دهنده شدت و گسترش عمقی بسیار زیاد (تا بیش از 90 متری) کانی‌سازی سولفیدی می‌باشد.

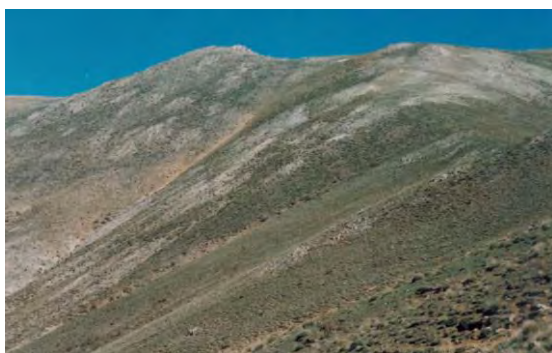


شکل 3-6- نمای عمومی بخش کانی‌سازی سولفیدی نوع افشان دید به شمال

3-4- کانی‌سازی تیپ اسکارن :

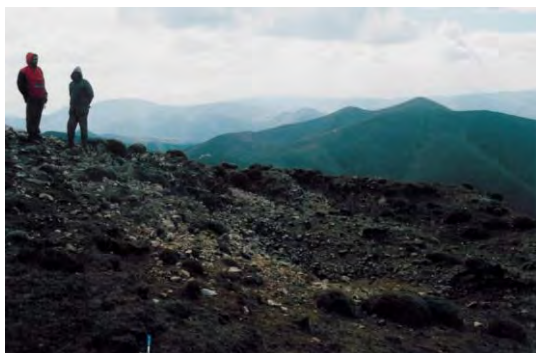
در شمال شرقی محدوده‌های کانی‌سازی فوق و ایستگاه شکاربانی کلن (حدود 900 متری)، رخنمونی نسبتاً کوچک از کانی‌سازی تیپ اسکارن در همبری توده‌ی نفوذی نی‌جان و آهک کرتاسه (K^1) دیده می‌شود (زون کانی‌سازی شماره 2).

اثراتی از حفاری قدیمی بصورت ترانشه که ظاهراً جهت استخراج آهن بوده، در این محل دیده می‌شود. گسترش طولی زون اصلی اسکارنی-که به شدت منقطع و بریده‌بریده است- به 200 متر و گسترش عرضی آن نیز به 50 متر می‌رسد و بخش اعظم آن توسط پوشش ضخیمی از خاک پوشیده شده است. از مشخصات این خاک حضور قطعات زاویه‌دار و درشت اسکارنی با جورشدگی بسیار ضعیف است. البته در خارج از محدوده‌ی اصلی کانی‌های شاخص اسکارن بصورت کاملاً پراکنده، نامنظم و با گسترش کم و نقطه‌ای دیده می‌شود. در شکل 3-7 و 3-8 و 3-9 به ترتیب دور نمای زون اسکارنی، اثرات حفاری‌های قدیمی و ترانشه حفاری شده در این زون مشاهده می‌شود.



شکل 3-7- دورنمایی از زون اسکارنی که در آنها آهکها (رنگ روشن) و توده (تیره‌تر) مشاهده

می‌شوند - دید به شمال



شکل 3-8- آثار حفاری‌های قدیمی در زون اسکارنی که واریزه‌ها کاملاً مشخص می‌باشند. دید به جنوب شرق



شکل 3-9-نمایی از ترانشه حفاری شده که تا عمق دو متری واریزه‌های حفاری قدیمی می‌باشد.

مهمترین کانی‌های شاخص اسکارن در این رخنمون گارنت، اپیدوت، تالک، کلسیت و مهمترین کانه آن مگنتیت، پیریت و طلا می‌باشد (شکل 3-10). گسترش این کانی‌ها در این بخش به این ترتیب است که کانی‌های غیرفلزی فوق در کل محدوده اسکارنی بصورت لکه‌های پراکنده و رگچه‌ای یافت می‌شود. پهنای بخش مگنتیت‌دار (منقطع) نیز در بیشترین حالت به 8 متر می‌رسد و مگنتیت به صورت رگچه‌های نامنظم با 1 تا 5 سانتیمتر ضخامت در گانگ کربنات کلسیم حضور دارد.



شکل 3-10-نمایی از کانی دگرگونی اپیدوت در زون اسکارنی

روند کلی زون اسکارنی شرقی ت غربی است و زون بندی تپییک که در غالب کانسارهای اسکارنی دیده می شود، در اینجا ضعیف بوده و یا اصلا دیده نمی شود (و یا به دلیل پوشش خاک نمی توان آن را مشخص نمود).

حضور کانی سازی طلا در این زون کانی سازی بر اهمیت اقتصادی آن افزوده است. بیشترین طلای اندازه گیری شده در این زون کانی سازی طی عملیات اکتشافی به 5 گرم در تن و متوسط طلای اندازه گیری شده (کلیه نمونه های ترانسه ها و همچنین نمونه های انتخابی) نیز به گرم در تن می رسد.

بدلیل اینکه کانه اصلی اسکارن مگنتیت به همراه کانی سازی طلا است، اسکارن فوق از دیدگاه اقتصادی «اسکارن آهن طلا دار» و از دیدگاه دیگر بدلیل تشکیل در محل کنتاکت و در داخل واحد آهکی، از نوع برون اسکارن (یا اگزواسکارن) است.

3-5- کانی سازی رگه‌ای - رگچه‌ای :

این نوع کانی سازی بصورت پراکنده، کم تعداد و باگسترش سطحی کم در برخی نقاط از توده‌ی نفوذی نبی جان و سنگ‌های اطراف انجام گرفته، دیده می‌شود. رگه‌ها و رگچه‌ها همگی سیلیسی بوده و غالباً عدسی شکل هستند. بافت سیلیس از نوع آمورف، رنگ آن غالباً سفید و در برخی نقاط کریستال‌های اتومورف پیریت و یا قالب‌های انحلالی آن نیز دیده می‌شود. مشخصات کلی (بدلیل تشکیل شدن این نوع کانی سازی در خارج از محدوده مورد بررسی به مشخصات کلی آنها بسنده می‌شود) در سه مورد از رگه‌های مشاهده شده در خارج از محدوده‌ی مورد بررسی بشرح زیر است :

الف- جنوب ایستگاه شکاربانی کلن

سه رگه و رگچه سیلیسی با بافت آمورف و برنگ کرم تا خاکستری که در برخی نقاط بدلیل حضور اکسید آهن برنگ قهوه‌ای و لیمویی در آمده است. سنگ میزبان این رگه‌ها عبارت است از سنگ‌های ولکانیکی با ترکیب آندزیتی (واحد k^v). در سطح نمونه‌ها کانی پیریت و یا قالب‌های خالی که حاصل انحلال پیریت هستند، دیده می‌شود.

ابعاد این رگه‌ها عبارتند از ؛ 3*7 متر، 3*80 متر (N80E) و 4*8 متر.

میزان طلای اندازه گیری شده در این رگه و رگچه‌ها عبارتست از: 10 تا 60 میلی گرم در تن.

ب- غرب رخنمون اسکارنی

یک رگه سیلیسی عدسی شکل با ابعاد $7*35$ متر (روند شرقی- غربی) با بافت آمورف و شانه‌ای و رنگ روشن که در نقاطی بدلیل حضور اکسیداسیون پیریت، برنگ قهوه‌ای و لیمویی درآمده است. این رگه در سنگ‌های نفوذی نپی جان تزریق شده است (شکل 3-11).

طلای اندازه‌گیری شده در 3 نمونه گرفته شده از این رگه به 30، 80 و 190 میلی‌گرم در تن می‌رسد.



شکل 3-11-نمایی از رگه سیلیسی در غرب رخنمون اسکارنی دید به شمال غرب

ج- جنوب شرقی رخنمون اسکارنی

در جنوب شرقی رخنمون اسکارن اصلی، در متن سنگ‌های آهکی کرتاسه (واحد K^1)، یک رگه سیلیسی پیریت و هماتیت‌دار با بافت آمورف رخنمون دارد. ابعاد این رگه (که بشدت خرد شده و شکسته شده است) در حدود 25 متر در 5 متر می‌باشد و سنگ‌های اطراف آن در اثر تزریق رگه بشدت آتره شده‌اند.

در این رگه نیز کانی‌سازی طلا انجام شده و میزان طلای اندازه‌گیری شده در 2 نمونه گرفته شده از رگه برابر 300 و 4900 میلی‌گرم در تن می‌باشد.

6-3- کانی‌سازی نوع پلاسیر

در محدوده‌ی شرقی زون کانی‌سازی شماره 1 که حفاری‌های قدیمی در آن قرار دارد، پوشش ضخیمی (بیش از 12 متر) از خاک برجا محدوده‌ای با وسعت بیش از 3 هکتار را پوشانده است. سنگ مادر خاک برجای تشکیل شده -که جورشدگی آن خیلی ضعیف و قطعات سنگی آن زاویه‌دار هستند- غالباً مربوط به توده‌ی نفوذی و به مقدار کمتر از مارن و شیل‌های کرتاسه (واحد k^{ml}) می‌باشد. از این زون کانی‌سازی، در این نوشته تحت عنوان زون کانی‌سازی شماره 3 نام برده می‌شود (اشکال 3-12 و 3-13).



شکل 3-12- دور نمایی از کانی‌سازی نوع پلاسیر بر روی کانی‌سازی شماره 1 - دید به شرق



3-13-نمایی نزدیک از زون کانی سازی پلاسری در پایین دست بخش‌های حفاری شده قدیمی - دید به شرق

بمنظور بررسی وضعیت کانی‌سازی در این بخش، چنانچه در بخش بررسی ترانسه و چاهک‌های اکتشافی نیز آمده است، تعداد 6 فقره چاهک اکتشافی حفر گردید و 45 عدد نمونه جهت بررسی وضعیت کانی‌سازی طلا به صورت شیاری از دیواره چاهک‌ها گرفته شد. علاوه بر این چهار نمونه کانی‌سنگین برای بررسی‌های بیشتر کانی‌سازی انجام گرفته احتمالی، از این بخش گرفته شد.

نتیجه مطالعه نمونه‌های کانی‌سنگین (حجم 10 لیتر) گرفته شده از خاک برجای این بخش عبارتست از:

1- کانی‌های سنگ‌ساز مشاهده شده در این نمونه‌ها عبارتند؛ کوارتز، فلدسپات، بیوتیت و تا اندازه‌ای زیرکن و آپاتیت. با توجه به اینکه سنگ بستر خاک تشکیل شده از نوع مونزودیوریتی است، کوارتز در این مجموعه می‌تواند مربوط به نوع رگچه‌های نامنظم از نوع استوکورک (زون کانی‌سازی شماره 1) باشد.

2- کانی‌های کانسارساز در نمونه‌های کانی سنگین گرفته شده عبارتند از؛ ملاکیت (1 تا 5 ذره)، طلا، گالن (تا 1 درصد بخش سنگین)، سروزیت (تا 1 درصد بخش سنگین)، پیرومورفیت (تا 2 درصد بخش سنگین)، همی‌مورفیت (تا 2 درصد بخش سنگین)، اسفالریت (جزئی) و اسمیت‌زونیت (تا 2/5 درصد بخش سنگین) که با کانی‌های هماتیت، لیمونیت، پیریت، پیریت‌لیمونیت، پیریت‌اکسید و جاروسیت (جزئی) همراهی می‌شوند.

تعداد ذرات طلای مشاهده شده در این نمونه‌ها 6 ذره، 7 ذره، 9 ذره و 12 ذره (حجم اولیه نمونه برابر 10 لیتر) است که برآورد کمی طلا در آن‌ها با توجه به اندازه دانه‌ها و حجم کلی نمونه‌ها، تقریباً برابر 120 تا 180 میلی‌گرم در تن می‌باشد. ذرات طلای مشاهده شده به شکل لامپی و با اندازه 80 تا 150 میکرون و به لحاظ گردشگری زاویه‌دار تا نیمه‌زاویه‌دار می‌باشد. شکل ذرات طلا و زاویه‌دار بودن آن‌ها بهترین گواه بر برج‌بودن نسبی و عدم حمل آن‌ها می‌باشد.

در این راستا چند نمونه به روش شیاری از دیواره تونل قدیمی گرفته شد که چنانچه در بخش بررسی ترانسه‌های اکتشافی نیز آمده است، میزان طلای اندازه‌گیری شده در آن‌ها بین 50 تا 600 میلی‌گرم در تن متغیر است.

فصل چہارم:

کانی شناسی

1-4- مقدمه :

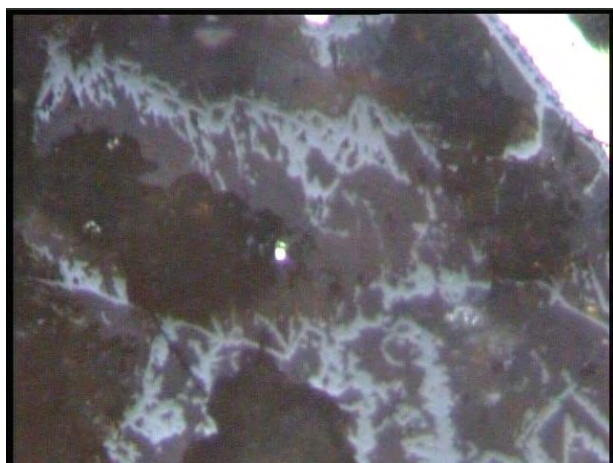
مطالعات کانه نگاری بر روی مقاطع صیقلی تهیه شده صورت گرفته است که نتایج آن در این فصل آمده است. مهمترین کانه‌ه‌هی مشاهده شده در این مقاطع طلا، کانه‌های سولفیدی (پریت، کالکوپریت، بورنیت، گالن، اسفالریت و ... کانه‌های اکسیدی (همانیت، مگنتیت و ...) و سایر کانه‌ها می‌باشد.

4-2- کانی شناسی در زون کانی سازی شماره 1

- فلز طبیعی

- طلا

بر اساس مطالعات کانه‌نگاری، دو مورد طلا بصورت ذرات غیرهندسی در پسماند دگرسانی ذرات پریت (اکسیدهای ثانویه آهن) و همچنین همراه با پریت دیده می‌شود که ابعاد آن‌ها بین 2 تا 5 میکرون متغیر است (شکل 4-1).



شکل 4-1- طلا بصورت ذرات غیر هندسی در پسماند دگرسانی ذرات پریت

- کانه‌های سولفیدی

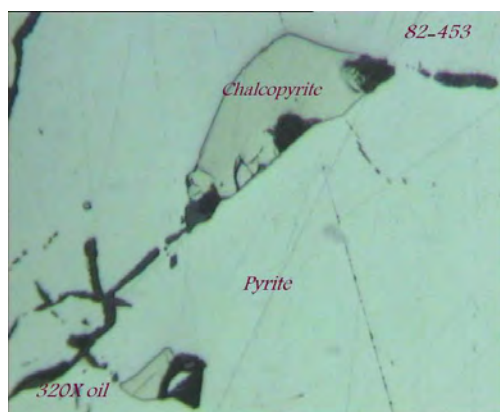
- پیریت :

در بیشتر مقاطع صیقلی تهیه شده از این زون کانی‌سازی کانه پیریت دیده می‌شود. اندازه بلورهای پیریت در این نمونه‌ها بین 5 تا 3000 میکرون در تغییر است هر چند که بلورهای در حد چند سانتیمتر نیز گاهی دیده می‌شود. درصد فراوانی کانه پیریت در کمترین حالت به 5 درصد و در بیشترین حالت به 50 درصد نیز می‌رسد درحالی‌که فراوانی متوسط پیریت در بیشتر نمونه‌ها بین 10 تا 30 درصد است.

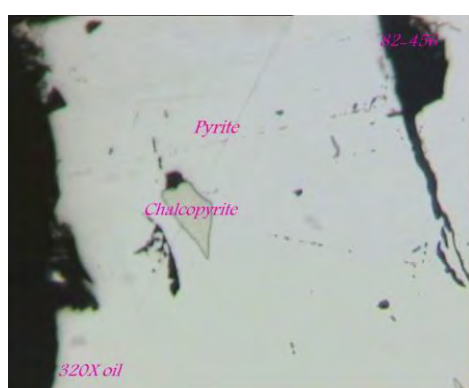
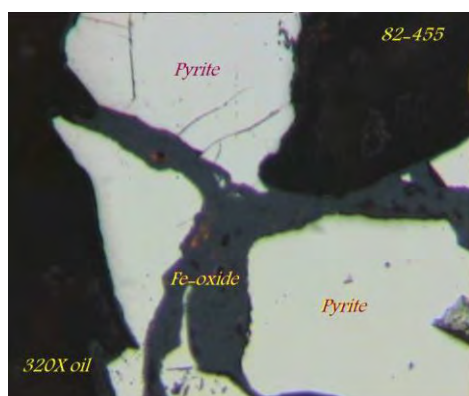
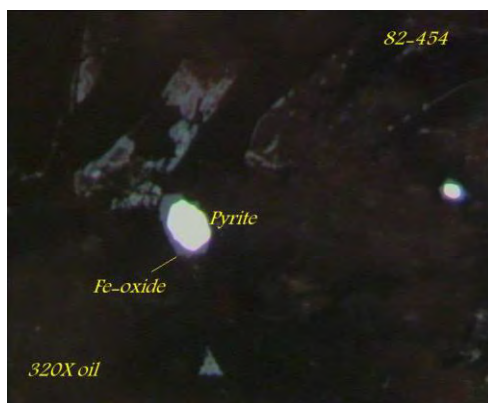
کانه پیریت در این زون کانی‌سازی غالباً بصورت اتومورف و کمتر ساب‌اتومورف و گاهی نیز بصورت اشکال هندسی نامنظم ظاهر می‌شود.

بافت کانی‌سازی نیز بیشتر *Open Space* است. در برخی نقاط کانه پیریت رگچه‌های متقاطع را در جهات مختلف و در متن گانگ تشکیل داده‌اند. متن بسیاری از پیریت‌ها حفره‌دار است. در برخی موارد انکلوزیون‌هایی از کالکوپیریت، بورنیت، اسفالریت و پیروتیت در متن پیریت دیده می‌شود.

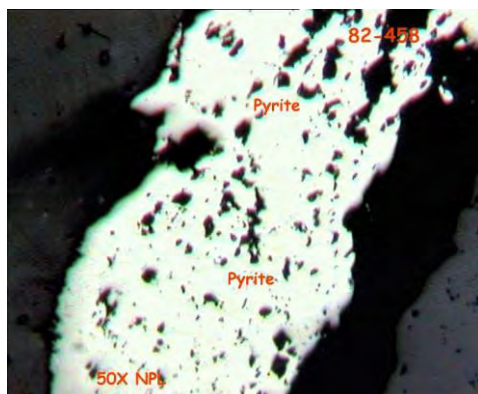
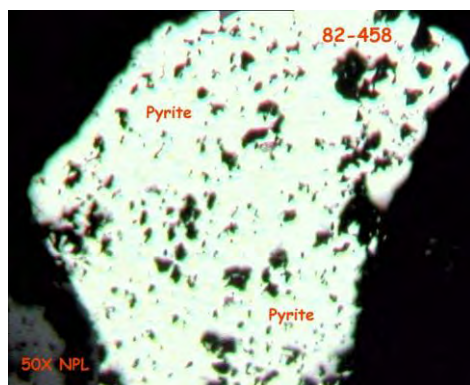
پیریت‌ها در این زون کانی‌سازی در برخی موارد از حاشیه و محل شکستگی‌ها (که تقریباً فراوان نیز هستند) آلتراسیون ضعیفی را به اکسیدهای آهن آبدار ثانویه از خود نشان می‌دهند. در شکل 4-2 تصاویری از انواع پیریت در مقاطع صیقلی مشاهده می‌شود.



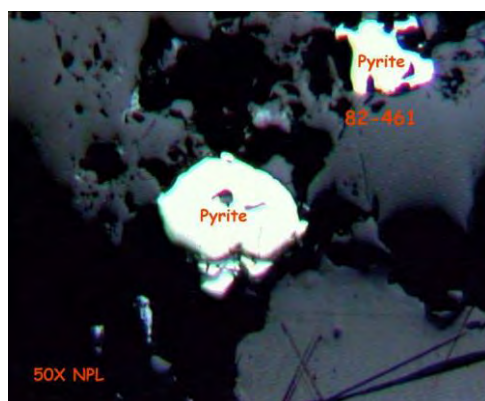
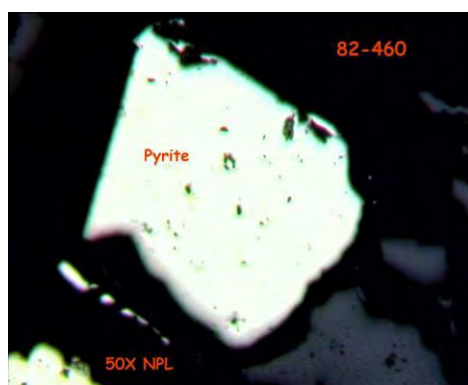
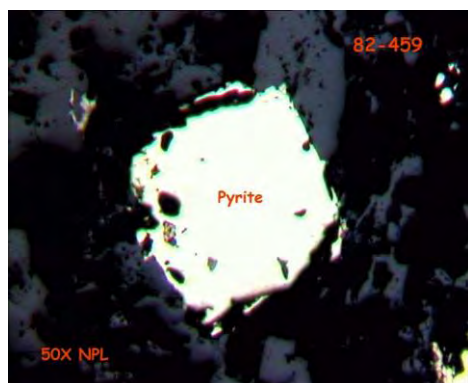
شکل 4-2- تصاویری از بلورهای پیریت و کانه‌های مجاور در مقاطع صیقلی



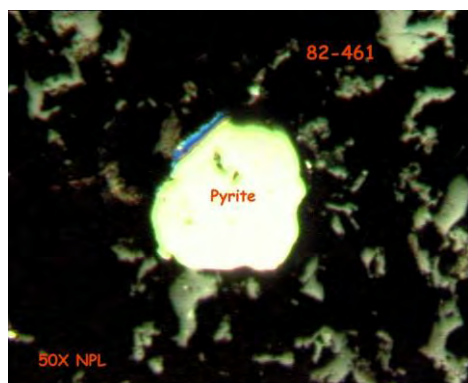
ادامه شکل 2-4



ادامه شکل 2-4



ادامه شکل 2-4



ادامه شکل 2-4

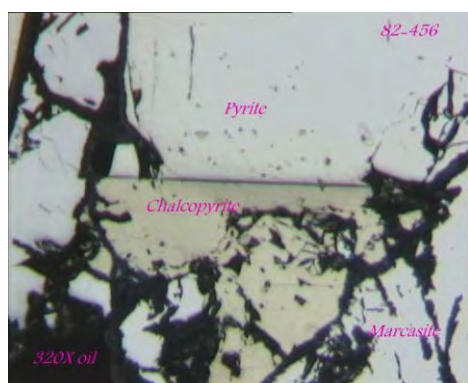
کالکوپیریت $CuFeS_2$:

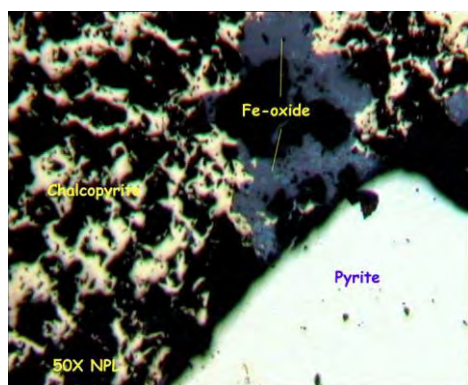
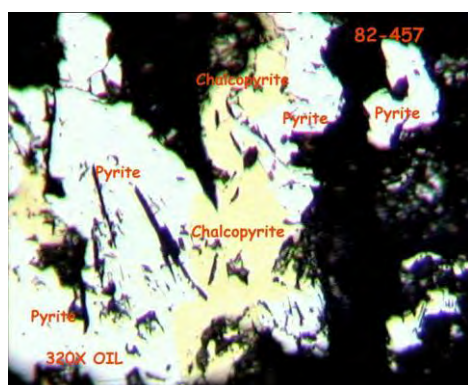
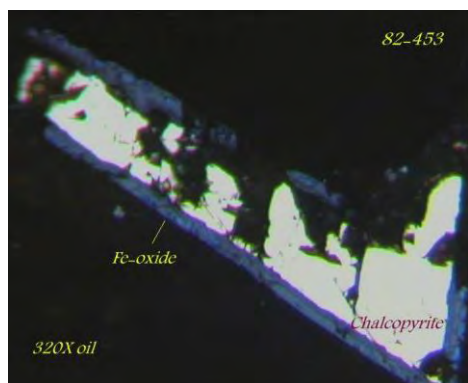
کالکوپیریت در بیشتر نمونه‌های زون کانی‌سازی شماره 1 و بدو صورت دیده می‌شود : انکلوزیون و بلورهای بسیار درشت.

اندازه کالکوپیریت‌ها ت که معمولا غیرهندسی هستند- بین 10 تا 500 میکرون متغیر است. در بسیاری از قسمت‌ها کالکوپیریت، بلورهای پیریت را در برمی‌گیرد. بافت کانی‌سازی کالکوپیریت نیز غالبا Open Space است.

درصد فراوانی کالکوپیریت در نمونه‌ها غالبا بین 3 تا 10 درصد است ولی در مواردی حتی تا 30 درصد نیز می‌رسد. شکل بلورهای کالکوپیریت از نیمه‌اتومورف تا اشکال نامنظم هندسی (گزنومورف) در تغییر است.

در برخی از نمونه‌ها، تعداد کمی از بلورهای کالکوپیریت در حاشیه و محل شکستگی‌ها آلتراسیون خفیفی پیدا کرده و به کانی‌های ثانویه‌ای از قبیل کولیت، کالکوسیت و هماتیت تبدیل شده‌اند (شکل 2-5).

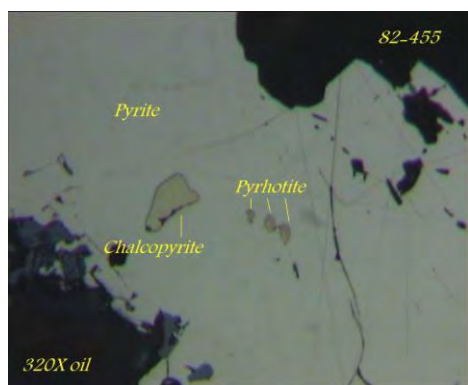




شکل 4-3- تصاویری از کانال کالکوپریت در مقاطع صیقلی

- پیروتیت

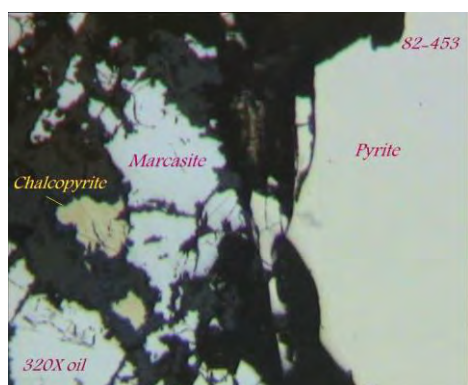
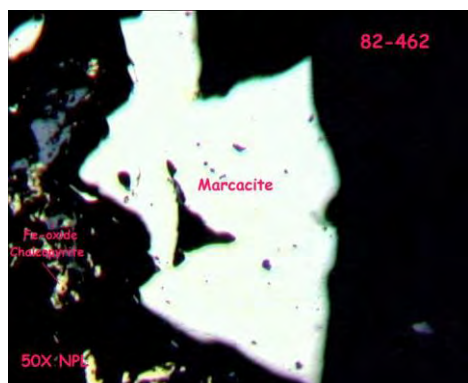
پیروتیت تنها در یکی از نمونه‌های مورد مطالعه، بصورت انکلوزیون در متن یک بلور درشت کالکوپیریت دیده شد. اندازه این بلور در نمونه تهیه شده، حداکثر به 7 میکرون می‌رسد. از پیروتیت به عنوان کانه نشانگر دمای بالا نام برده می‌شود (شکل 4-4).



شکل 4-4- تصویر میکروسکوپی از کانه پیروتیت

- مارکاسیت

مارکاسیت در برخی از نمونه‌ها ولی با درصد فراوانی نسبتاً زیاد دیده می‌شود. اندازه بلورهای مارکاسیت بین 50 تا 800 میکرون در تغییر هستند. بافت کانی‌سازی مارکاسیت Open Space است و به اشکال اتومورف و نیمه‌اتومورف دیده می‌شود. وضعیت فراوانی مارکاسیت در زون کانی‌سازی شماره 1 به این ترتیب است که این کانی معمولاً به تعداد کم و در برخی نقاط تجمع زیاد پیدا کرده بطوریکه فراوانی آن در نمونه‌هایی که دارای این کانی‌سازی هستند غالباً زیاد بوده و حتی به 45 درصد نیز می‌رسد (شکل 4-5).



شکل 4-5- تصویر میکروسکوپی کانه مارکسیت در مقاطع صیقلی

بلورهای درشت مارکاسیت غالباً دارای شکستگی هستند و در برخی نقاط از این شکستگی‌ها و یا حواشی این کانی، آلتراسیون ضعیفی از مارکاسیت به کولیت و اکسیدهای آبدار ثانویه آهن دیده می‌شود.

- بورنیت :

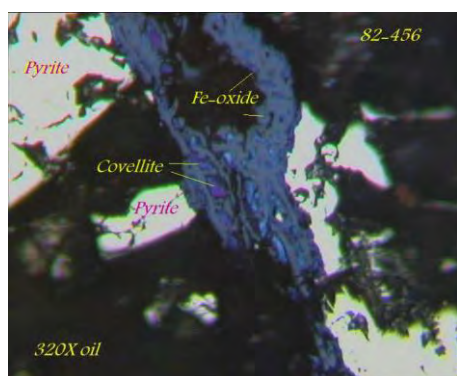
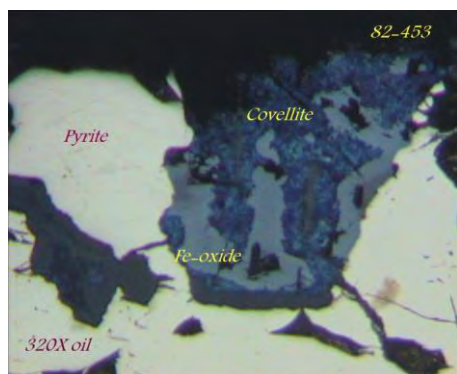
این کانه بندرت و با درصد فراوانی کم (تا 1/5 درصد) در برخی از نمونه‌ها دیده می‌شود. اندازه کریستال‌های این کانه بین 10 تا 30 میکرون، متغیر است. این کانی غالباً در داخل سایر کانه‌ها و به صورت اشکالی نیمه‌اتومورف و گزومورف دیده می‌شود.

این کانی غالباً در حواشی و شگستگی‌ها به کانی‌های کولیت و کالکوسیت و اکسیدهای ثانویه آهن آلتراسیون خفیفی پیدا کرده است.

- کولیت :

این کانه به تعداد نه‌چندان زیاد و غالباً بصورت ذرات غیرهندسی متشکل از ذرات بسیار دانه‌ریز، در حاشیه کانه‌های سولفیدی اولیه پیریت و کالکوپیریت به صورت جانشینی تشکیل شده است. تشکیل این کانه در حاشیه دانه‌های (غالباً) درشت پیریت می‌تواند نشانه‌ای از حضور یون مس در ساختمان پیریت‌های این زون کانی‌سازی باشد.

فراوانی کولیت غالباً در حد 2 تا 5 درصد (و بندرت تا 10 درصد) می‌باشد و اندازه‌ی بلورهای آن نیز بین 30 تا 100 میکرون متغیر هستند (شکل 4-6).

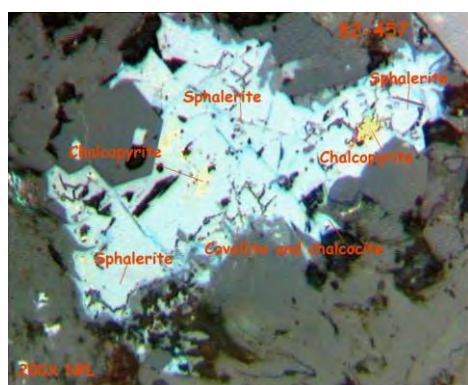
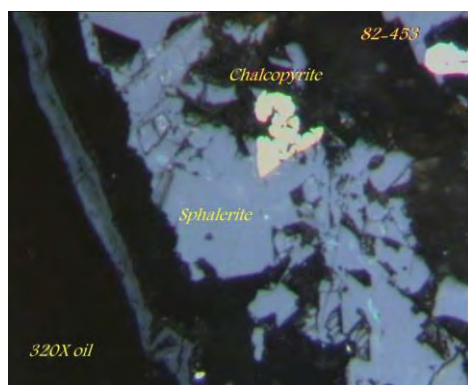


شکل 4-6- تصاویر بلورهای کولیت در مقاطع صیقلی

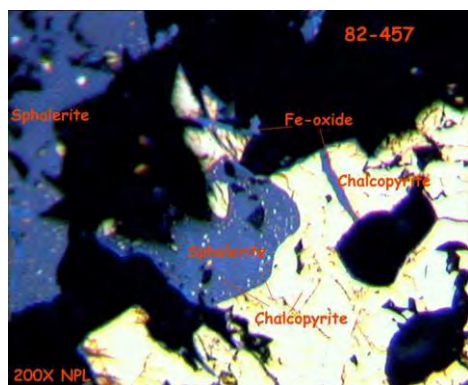
- اسفالریت :

اسفالریت بصورت بلورهای گزنومورف و نیمه اتومورف در برخی از نمونه‌ها دیده می‌شود. اندازه بلورهای اسفالریت بین 20 تا 200 میکرون متغیر است و درصد فراوانی آن تا 7 درصد سطح مقطع مورد مطالعه می‌رسد.

انکلوزیون‌هایی از کالکوپیریت در برخی نقاط اسفالریت دیده می‌شود. آلتراسیون خفیفی از این کانه در حاشیه و در برخی نقاط دیده می‌شود (شکل 4-7).



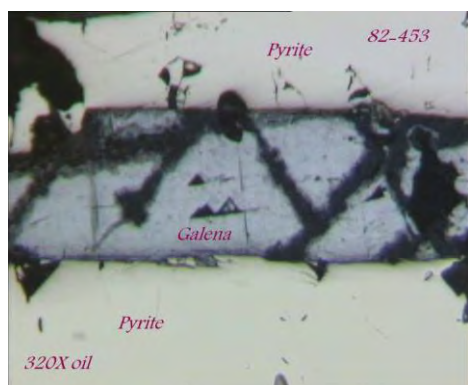
شکل 4-7- تصاویر میکروسکوپی اسفالریت در مناطق سیقلی



ادامه شکل 4-7

- گالن

این کانه به تعداد کم و غالباً بصورت انکلوزیون در متن سایر کانی‌ها (بویژه پیریت) و در اندازه‌های کوچک در حد 50 میکرون و ریزتر دیده می‌شود. همچنین اطراف این کانی توسط بلورهای کوچک کولیت احاطه شده است و در برخی از گالن‌ها جانشینی محدودی را توسط کریستال‌های کوچک کالکوسیت و کولیت از خود نشان می‌دهد (شکل 4-8).



شکل 4-8- تصویر میکروسکوپی گالن در مقاطع صیقلی

- کانه‌های اکسیدی

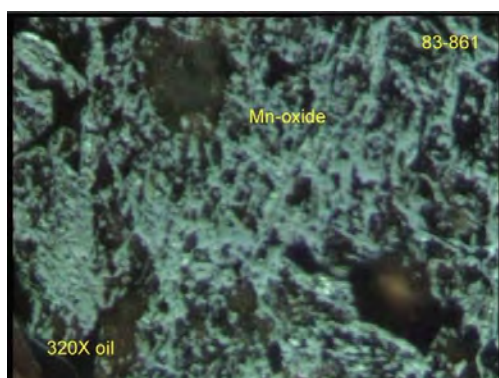
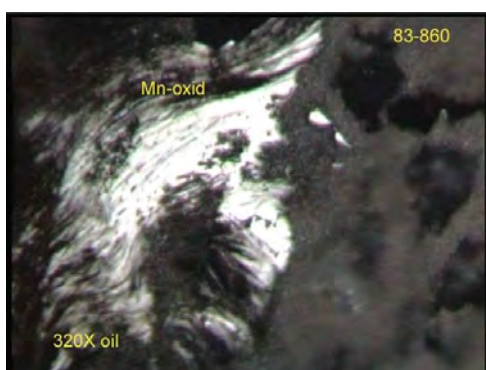
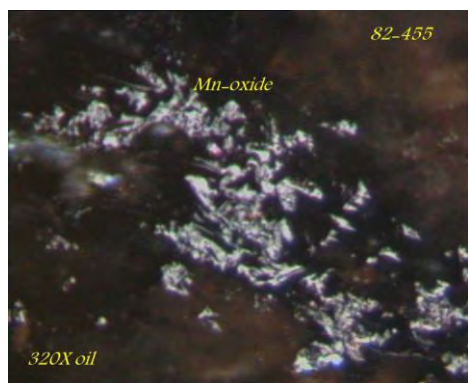
- هماتیت و اکسیدهای آهن

اکسیدهای آهن در این زون کانی‌سازی غالباً حاصل دگرسانی و اکسیداسیون فاز سولفیدی اولیه می‌باشد. اکسیدهای آهن بصورت لکه‌های پراکنده، رگچه‌های پراکنده، همراه با کانی‌سازی سولفور (غالباً پیریت و کالکوپیریت و درحاشیه آنها) و در متن گانگ مشاهده می‌شود و نشاندهنده‌ی آخرین فاز کانی‌سازی در این زون (بصورت ثانویه) است.

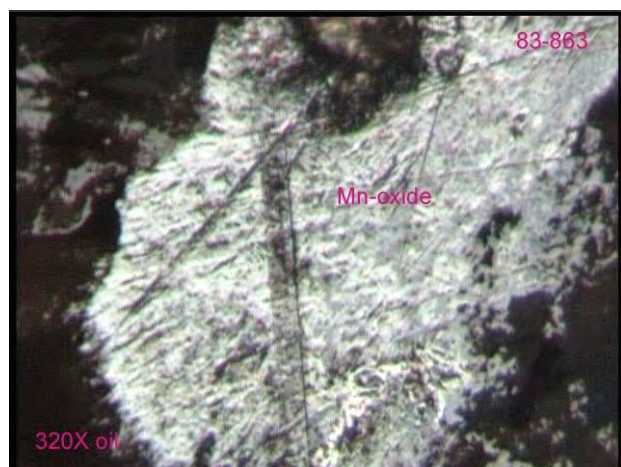
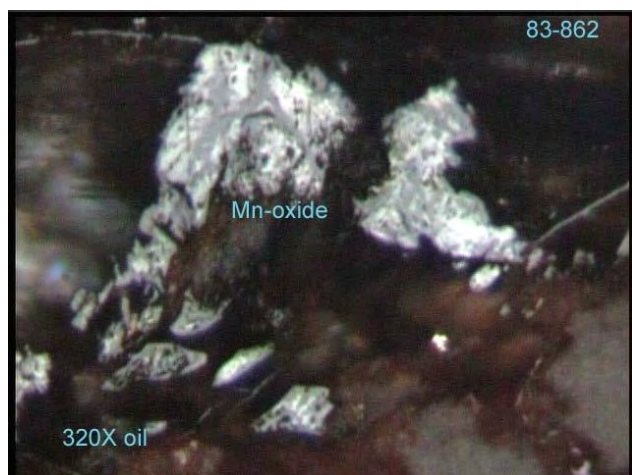
بافت کانی‌سازی اکسیدهای آهن بصورت **Open Space** می‌باشد. درصد فراوانی اکسیدهای آهن در کمترین حالت 1 درصد و در بیشترین حالت به 3 درصد می‌رسد که نسبت به حجم گسترده کانی‌سازی سولفور خیلی کم می‌باشد و این نشاندهنده شدت و شدت کم اکسیداسیون فاز سولفور و کانی‌سازی ثانویه است.

- اکسید منگنز

زمینه بسیاری از نمونه‌ها که از بخش استوک‌ورک تهیه شده‌اند، از اکسید منگنز تشکیل شده است. بافت کانی از نوع **Open Space** است. در برخی نمونه‌ها آغشتگی به اخری آهن در این اکسیدها دیده می‌شود. فراوانی اکسید منگنز از 2 تا 20 درصد و بیشتر متغیر است. در نمونه‌های تراز ارتفاعی پایینتر که در آنجا از شدت کانی‌سازی رگچه‌های نامنظم کوارتز کاسته می‌شود، حضور اکسید منگنز نیز کم‌رنگ‌تر شده و بندرت دیده می‌شود. (شکل 4-9).



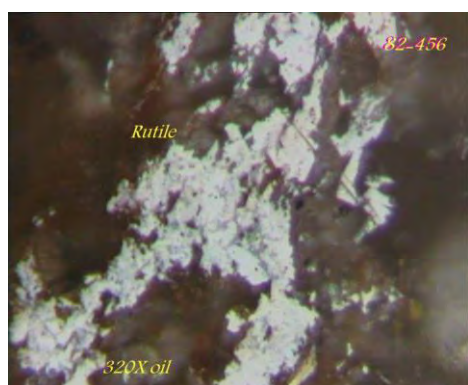
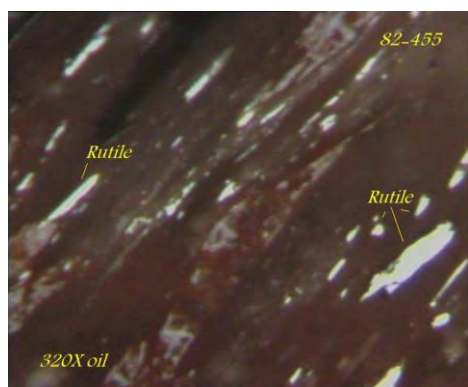
شکل 4-9- تصاویر میکروسکوپی اکسید منگنز در مقاطع صیقلی



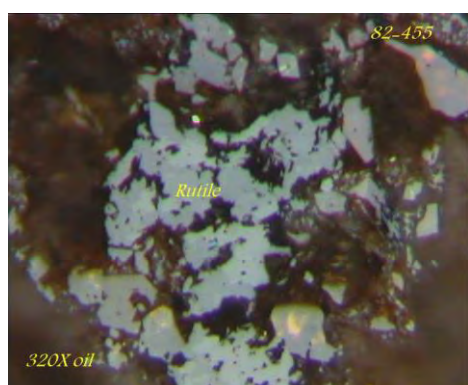
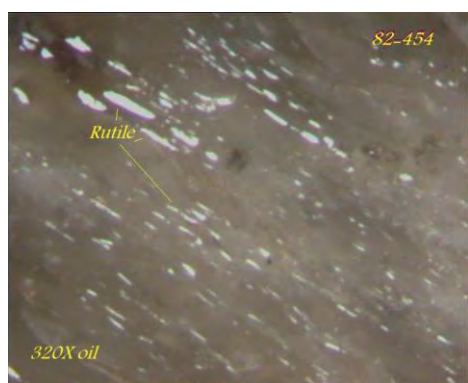
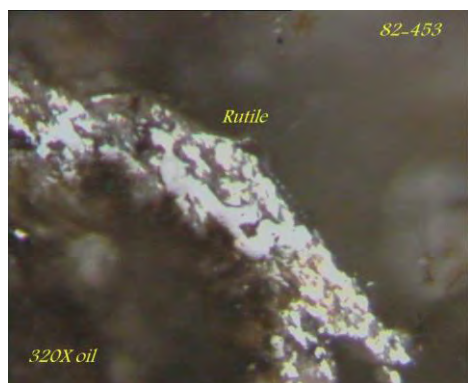
ادامه شکل 9-4

- روتیل

روتیل در برخی از نمونه‌های کانی‌سازی شماره یک و بافرآوانی 1 تا 6 درصد دیده می‌شود. اندازه کریستال‌های این کانی بین 5 تا 30 میکرون متغیر است. بلورهای سوزنی‌شکل روتیل در برخی نمونه‌ها در سطوح کریستالوگرافی کانی غیرفلزی دیگر (معمولا پیروکسن) و بموازات همدیگر تشکیل شده‌اند ولی بافت **Open Space** هم در در نمونه‌های دیگر وجود دارد که لکه‌های درشتی را ایجاد کرده است. روتیل در اشکال غیرهندسی نیز دیده می‌شود (شکل 4-10).



شکل 4-10- تصاویر میکروسکوپی روتیل در مقاطع صیقلی



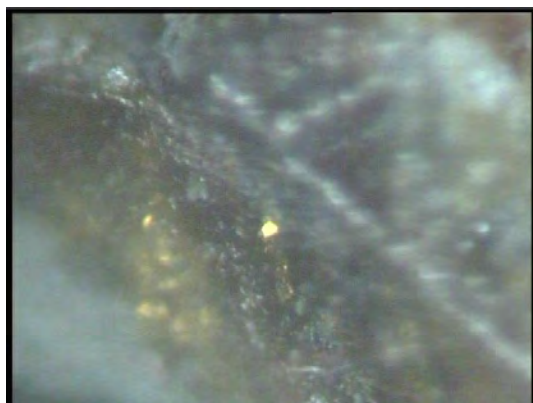
ادامه شکل 10-4

3-4- کانی شناسی در زون کانی سازی شماره 2

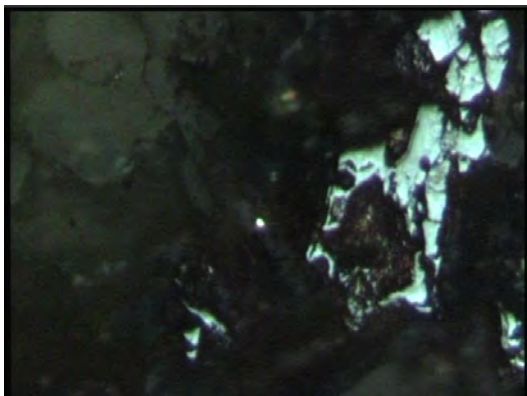
- فلز طبیعی

- طلا

بر اساس مطالعات کانه نگاری، سه مورد طلا بصورت ذرات غیرهندسی در پسماند دگرسانی ذرات پیریت و اکسیدهای ثانویه آهن و همچنین همراه با پیریت دیده می شود که ابعاد آنها بین 2 تا 5 میکرون متغیر است (شکل 4-11).



شکل 4-11- تصاویر میکروسکوپی طلا در مقاطع صیقلی



ادامه شکل 4-11

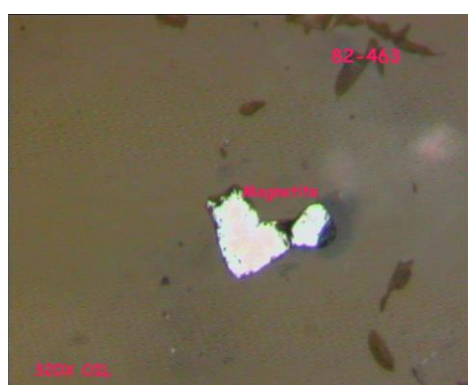
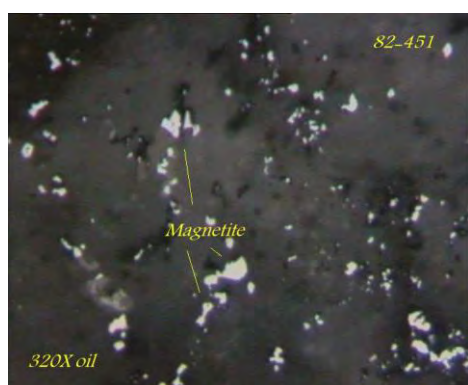
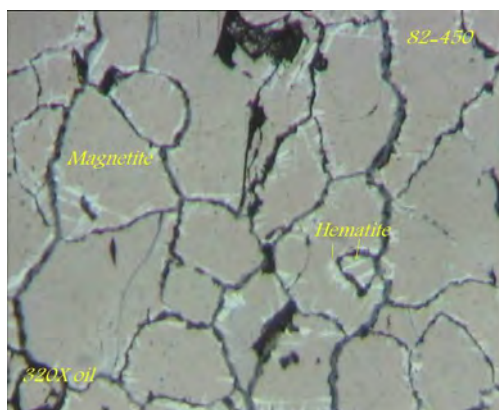
- دانه‌های اکسیدی

- منیتیت :

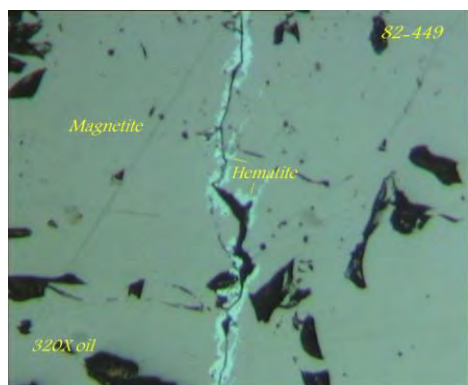
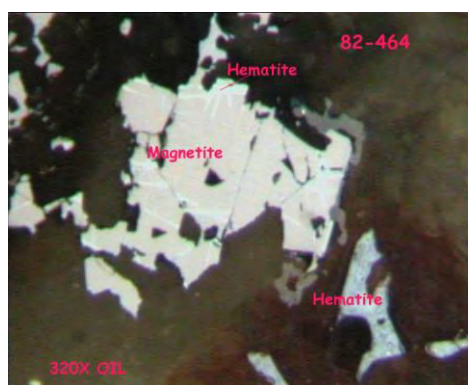
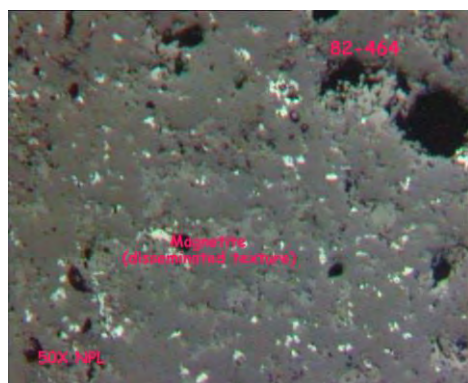
کانه اکسیدی منیتیت، مهمترین کانه زون کانی‌سازی بخش اسکارنی را تشکیل می‌دهد بطوریکه زمینه اصلی بیشتر مقاطع تهیه شده را این کانی تشکیل می‌دهد. در برخی نمونه‌ها فشردگی کانه به حدی است که بافت آن را می‌توان توده‌ای (Massive) نامید و در سایر موارد، افشان (Disseminated) بافت غالب کانه منیتیت را تشکیل می‌دهد.

اندازه بلورها در نمونه‌های مختلف متفاوت است؛ در دو نمونه فشردگی بلورها بحدی است که امکان تعیین حد و مرز کریستال‌ها وجود ندارد، و در بقیه نمونه‌ها اندازه بلورهای منیتیت از 5 میکرون تا 1 میلی‌متر در تغییر است و اندازه متوسطی نمی‌توان برای آن‌ها تعیین نمود.

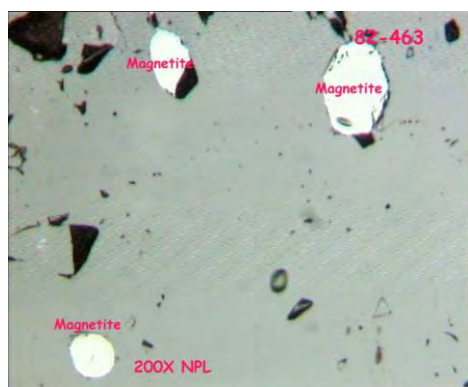
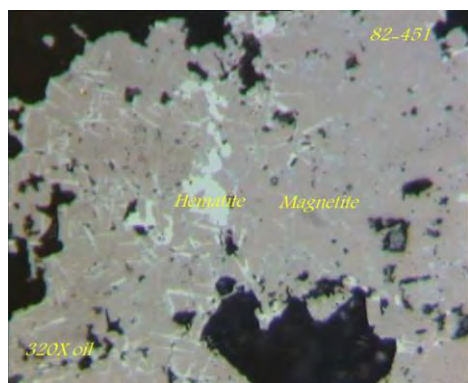
پدیده مارتیتیزاسیون با شدت ضعیف، در تعداد کمی از نمونه‌ها دیده می‌شود. در برخی نقاط و تعدادی از نمونه‌ها، فواصل بین شکستگی‌ها و بلورها را اکسیدهای آبدار و ثانویه آهن پرکرده است. بلورهای منیتیت در زون اسکارنی دارای حفرات ریزی هستند که این حفرات توسط کانی‌های سولفورهای پیریت، کالکوپیریت و بورنیت بصورت اکسولوشن پر شده است. کانه‌های سولفور فوق‌گالبا ریز بوده و در بیشترین حالت اندازه آن‌ها به 50 میکرون می‌رسد (شکل 4-12).



شکل 4-12- تصاویر میکروسکوپی مگنتیت و هماتیت در مقاطع صیقلی



ادامه شکل 12-4



ادامه شکل 4-12

- روتیل

این کانی تنها در یکی از نمونه‌ها و در یک مورد، به شکل ذرات غیرهندسی و در اندازه 5 تا 30 میکرون در متن گانگ نمونه دیده می‌شود (شکل 4-13).



شکل 4-13- تصویر میکروسکوپی کانی روتیل در مقطع صیقلی

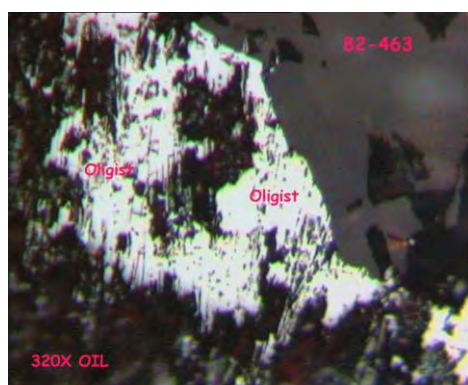
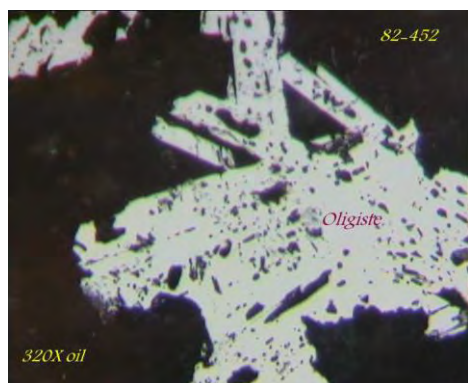
- اولیژیست

در برخی از نمونه‌های مربوط به بخش اسکارنی، اولیژیست بصورت سوزن‌های ظریف و کشیده (اتومورف)، بافت پرکننده فضای خالی در ابعاد حدود 20 تا 40 میکرون و با فراوانی کم (در حد 2 درصد) دیده می‌شود (شکل 4-14).

- کانه‌های سولفیدی

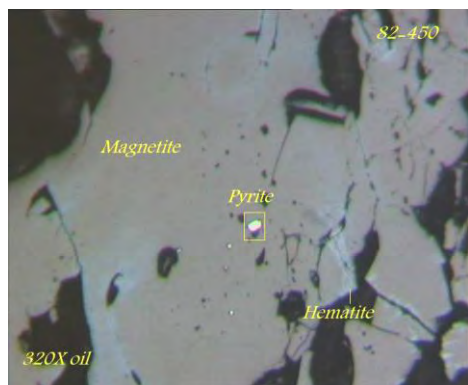
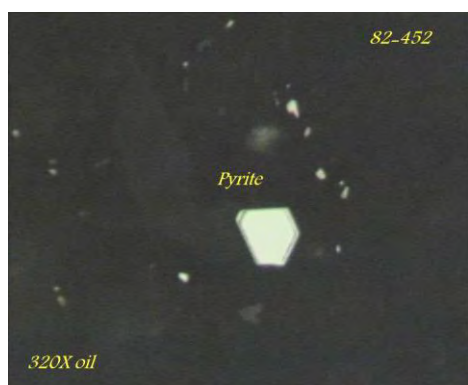
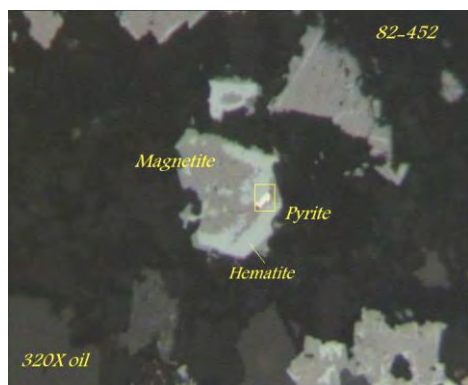
- پیریت

تقریباً در بیشتر نمونه‌های مقطع صیقلی مربوط به بخش اسکارنی کانه پیریت دیده می‌شود. اندازه بلورهای پیریت بین 20 تا 50 میکرون متغیر هستند، البته تعداد بلورهای پیریت کم بوده و بطور کلی فراوانی این کانی در بیشترین حالت به 5 درصد می‌رسد. بلورهای پیریت در زون اسکارنی، غالباً در حفرات کانه اکسیدی منیتیت بصورت اکسولوشن تشکیل شده‌اند. شکل این کانه بیشتر اتومورف است ولی در مواردی بصورت اشکال غیرهندسی نیز دیده می‌شود.

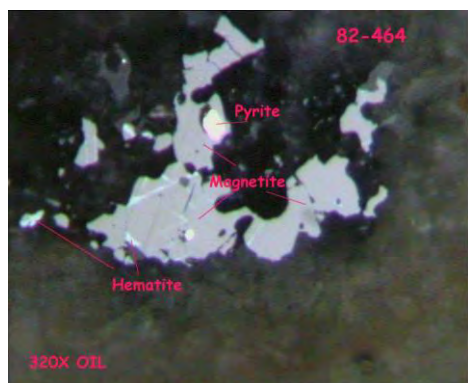


شکل 4-14- تصاویر میکروسکوپی کانی اولیژیست

در برخی از بلورهای پیریت، حالت زونینگ مانند دیده می‌شود که می‌تواند مربوط به حضور عناصر دیگری از قبیل طلا در ساختمان آن باشد. برخی از بلورهای پیریت در حواشی و شکستگی‌ها در اثر اکسیداسیون ناشی از هوازدگی و یا دگرسانی (دگرسانی پسروده) تبدیل به اکسیدهای آبدار و ثانویه آهن شده‌اند(شکل 4-15).



شکل 4-15- تصاویر میکروسکوپی کانی پیریت در مقاطع صیقلی

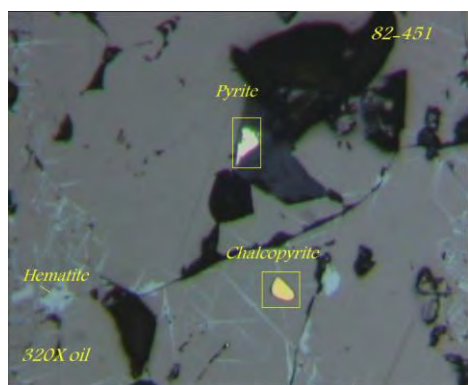


ادامه شکل 4-15

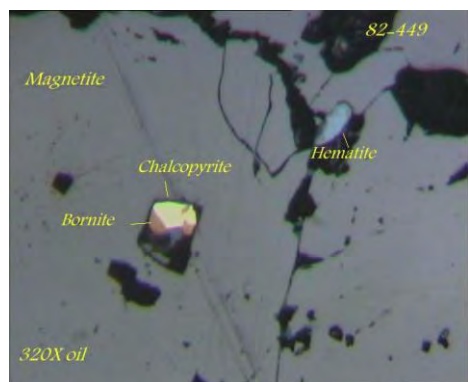
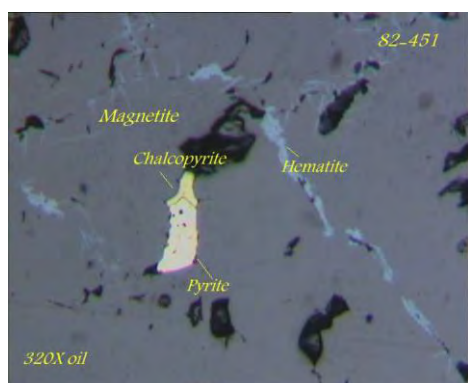
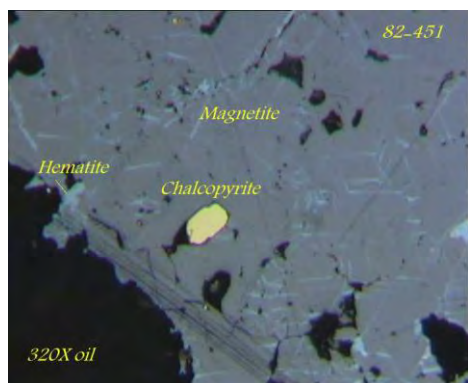
- کالکوپیریت

کالکوپیریت بمقدار کمتر از پیریت در برخی از نمونه‌های بخش اسکارنی دیده می‌شود. اندازه بلورهای کالکوپیریت کمی کوچکتر از پیریت‌ها و بین 3 تا 30 میکرون متغیر است. فراوانی این کانی نیز در بیشترین حالت به کمتر از 5 درصد می‌رسد.

بلورهای کالکوپیریت نیز نظیر پیریت‌ها، غالباً در حفرات بلورهای منیتیت بصورت اکسولوشن تشکیل شده‌اند (شکل 4-16).



شکل 4-16- تصاویر میکروسکوپی کالکوپیریت در مقاطع صیقلی



ادامه شکل 16-4

- اسفالریت

کریستال‌های کوچک این کانی به تعداد کم و در یک نمونه در حفرات موجود در متن مگنتیت دیده می‌شود که خود حاوی ذرات بسیار کوچکی از کانه کالکوپیریت است.

- دگرسانی در محدوده‌ی مورد بررسی

- دگرسانی در محدوده‌ی زون کانی‌سازی شماره 1

محدوده‌ی مورد بررسی نبی‌جان به لحاظ دگرسانی از شدت و گسترش زیادی برخوردار نیست. در زون کانی‌سازی شماره 1 دگرسانی با شدت‌های ضعیف تا قوی انجام گرفته و گسترش آن محدود به محدوده‌ی دارای کانی‌سازی می‌باشد. شدت دگرسانی از محدوده‌ی مرکزی کانی‌سازی به اطراف کمتر می‌شود و با رسیدن به انتهای زون کانی‌سازی، دگرسانی نیز به طور ناگهانی قطع می‌شود. این حالت بخصوص در ترانشه‌های حفاری شده مشاهده می‌شود که در انتهای ترانشه بطور ناگهانی دگرسانی قطع شده است (شکل 4-17).

دگرسانی نوع فراگیر (Prevasive)، در رخنمون سطحی زون کانی‌سازی شماره 1 به صورت عدسی‌های کوچک (در حد چند سانتی‌متر) و بزرگ (ابعاد تا 6 متر) دیده می‌شود.



شکل 4-17-انتهای ناگهانی دگرسانی در ترانشه حفاری شده

دگرسانی نوع دوم از نوع انتخابی (Selective) است که بر روی انواع کانی‌ها، بصورت متفاوت انجام گرفته است و زون‌بندی خاصی به لحاظ تغییرات کانی‌شناسی و در مقیاس ماکروسکوپی و میکروسکوپی در این بخش مشاهده نمی‌شود و تنها تغییر قابل ذکر، تغییر خفیف در شدت دگرسانی از مرکز به طرفین است. در نمونه‌هایی که از اعماق پایینتر (بخش کانی‌سازی سولفیدی افشان) تهیه شده‌اند، کانی‌سازی از نوع انتخابی، افزایش محسوسی می‌یابد و از شدت و گسترش سایر انواع دگرسانی کم می‌شود.

سومین نوع دگرسانی دیده شده در این زون کانی‌سازی، دگرسانی نوع رگه-رگچه‌ای (Vein-Veinlet) است که در برخی نقاط به صورت کاملاً محدود و معمولاً با گسترش کم دیده می‌شود. در محدوده‌ی ترائشه شماره T4 (بمقدار کمتر در ترائشه شماره T3) و بویژه در کف و دیواره این ترائشه رگچه‌هایی از کانی دگرسانی ایلیت (دیفرکتومتری اشعه ایکس) و سایر کانی‌های رسی، غالباً برنگ سفید که در برخی نقاط به گنویت آغشتگی پیدا کرده، وجود دارد. ضخامت این رگچه‌های نامنظم و متقاطع به 2 تا 3 سانتی‌متر می‌رسد (شکل 4-18).

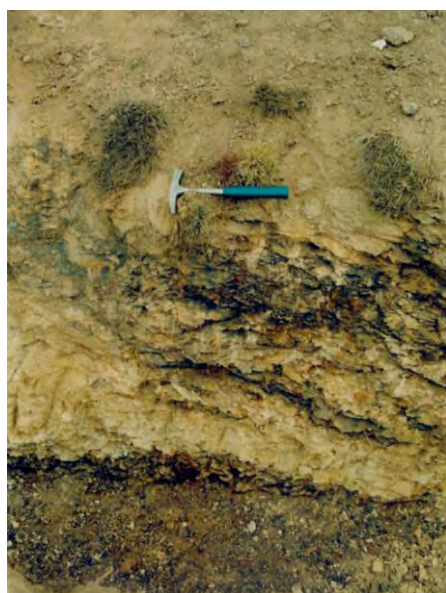
در اثر عوامل ایجاد کننده‌ی دگرسانی، تغییرات کانی‌شناسی (و بافتی) زیر انجام شده است (با توجه به مقاطع نازک تهیه شده و نتایج آزمایش دیفرکتومتری اشعه ایکس):

- بافت :

در خارج از محدوده‌ی کانی‌سازی و دگرسانی بافت غالب توده‌ی نفوذی، گرانولار (و میکروگرانولار) می‌باشد که در اثر پدیده‌ی دگرسانی، عملاً در بیشتر موارد بافت سنگ دیگر قابل تشخیص نیست.



شکل 4-18- دگرسانی‌های نوع رگه و رگچه‌ای در ترانشه 4



ادامه شکل 4-18

کانی‌ها

1- فلدسپات

فلدسپات‌های این محدوده در بیشتر موارد تبدیل به کان‌ی دگرسانی سربیسیت (همچنین سایر کان‌ی‌های رسی و کلسیت بمقدار کمتر) شده‌اند. در یکی از نمونه‌ها فلدسپات بصورت تبلور مجدد یافته همراه با

کوارتز دیده می‌شود. بدین ترتیب کانی سریسیت یکی از مهمترین محصولات پدیده دگرسانی است که از سریسیتی شدن فلدسپات‌ها حاصل شده است.

2- پیروکسن

تقریباً تمامی پیروکسن‌ها در این محدوده تبدیل به کانی‌های ثانویه اپیدوت (بیشتر) و کلریت شده‌اند. اپیدوت‌ها غالباً از نوع پیستاسیت بوده و از نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل متغیر هستند.

3- آمفیبول

آمفیبول‌ها غالباً به کانی‌های بیوتیت، کلریت، کلسیت و کانی‌های اکسید آهن تجزیه شده‌اند. اکسید آهن حاصل از آمفیبول و سایر کانی‌های فرومنیزین بصورت لکه‌های پراکنده در روی سایر کانی‌های روشن با وضوح بسیار بالا قابل تشخیص هستند.

4- بیوتیت

در بیشتر موارد کانی‌های بیوتیت در اثر پدیده دگرسانی به اکسیدهای آهن تبدیل شده‌اند و به صورت کانی‌های اپک در سطح نمونه مشخص هستند.

5- کوارتز

مهمترین تحولی که در اثر پدیده دگرسانی در کوارتزها حاصل شده، تبلور مجدد (Recrystallization) می‌باشد که این عمل گاهی بصورت رشد همزمان با فلدسپات‌ها انجام گرفته است. کوارتز بصورت بی‌شکل نیز در نمونه‌های تهیه شده از بخش آلتزه دیده می‌شود که غالباً ریزدانه بوده و ابعاد آن‌ها گاه تا 3 میلی‌متر هم می‌رسد.

کوارتزها در بخش آلتزه شده، در بسیاری از موارد اشکال رگچه‌مانندی را در سنگ بنمایش می‌گذارند که این امر در مقیاس ماکروسکوپی به عنوان کانی‌سازی کوارتز نوع رگچه‌های نامنظم یا استوک‌ورک مشخص شده است.

با توجه به مطالب فوق پدیده‌های سریسیتی شدن، تبلور مجدد، اکسید شدن، کلریتی شدن، اپیدوتی شدن به صورت انتخابی (که محدود به بخش کانی‌سازی است) در محدوده‌ی مورد بررسی دیده می‌شود. همچنین زون‌بندی و تفکیک طبیعی در سنگ‌های دگرسان شده که البته رخنمون سطحی آن‌ها بسیار کم است، دیده نمی‌شود. در کل مشخصات دگرسانی در این زون کانی‌سازی با زون دگرسانی آرژلیک مطابقت می‌کند.

با توجه به حضور دگرسانی در محدوده‌ی اطراف گسل و قطع شدگی و ضعیف شدن آن با فاصله گرفتن از گسل، می‌توان اظهار داشت که گسلش و در کل تکنونیک، کنترل کننده دگرسانی در زون کانی‌سازی شماره 1 می‌باشد.

- دگرسانی در محدوده‌ی زون کانی‌سازی شماره 2

دگرسانی نوع هیدروترمال در محدوده کانی‌سازی شماره 2 دیده نمی‌شود. تنها در برخی از ترانشه‌ها سنگ‌های خرد شده که در آن‌ها سنگ‌های مربوط به اسکارن نیز دیده می‌شود، توسط کانی‌های رسی که خاص زون سطحی و سوپرژن هستند، به‌مراه ذرات مربوط به پوشش خاک احاطه شده‌اند. کانی‌های دگرسانی قهقرایی که غالباً اپیدوت، آمفیبول و کلریت می‌باشد، نیز تقریباً در این بخش دیده نمی‌شود و یا به مقدار کم در سنگ‌های اطراف رخنمون اصلی اسکارنی بطور پراکنده یافت می‌شود (اپیدوت). دگرسانی قهقرایی **Retrograde Alteration** به مرحله‌ای از دگرسانی در کانسارهای اسکارنی اشاره می‌کند که طی آن؛ کانی‌های دمای بالا که معمولاً متعلق به فاز بدون آب هستند به کانی‌های دمای پایین که معمولاً جزو فاز آبدار هستند، تبدیل می‌شود.

فصل پنجم:

**بررسی ترانندها
و چاهكهاى اکتشافى**

1-5- بررسی ترانشه‌ها در زون کانی‌سازی شماره 1

1-1-5- مقدمه

چنانچه ذکر شد، کانی‌سازی اصلی در محدوده‌ی مطالعاتی نی‌جان در این زون کانی‌سازی صورت گرفته است. متاسفانه سه عامل مورفولوژی، پوشش ضخیم خاک و زمین‌های زراعی ساکنین روستای نی‌جان باعث ایجاد محدودیت در گمانه‌زنی و حفر ترانشه در طول مدت اجرای پروژه اکتشاف مقدماتی در این محدوده بوده است. رخنمون اصلی رگچه‌های کوارتزی مس و طلا دار در ابتدای خط‌القعر یک دره باشیب بسیار تند قرار دارد. ادامه این بخش دارای کانی‌سازی، تنها به طرف شمال و غرب تا فاصله 70 متری قابل پی‌گیری است و در این جهت رخنمون بدون پوشش (و یا پوشش نازک خاک) سنگ‌های مونزودیوریتی وجود دارد که البته در فاصله فوق (70 متری از کف دره) کانی‌سازی با وضوح بسیار زیاد و بطور ناگهانی قطع می‌شود. این درحالی است که ادامه بخش کانی‌سازی بطرف شرق به پوشش ضخیم خاک (با بیش از 12 متر) در دامنه شرقی دره نی‌جان منتهی می‌شود. به طرف جنوب و شمال نیز در نقاطی که رخنمون توده‌ی نفوذی قابل مشاهده است، اثری از کانی‌سازی و یا دگرسانی دیده نمی‌شود.

در زمان اجرای پروژه اکتشافی نی‌جان به دلایل فوق و مخالفت کشاورزان روستا با حفر گمانه در زمین‌های کشاورزی متاسفانه امکان حفاری در نقاط مطلوب و با تعداد مناسب وجود نداشت. با این حال تعداد 4 ترانشه در زون کانی‌سازی شماره 1 برای بررسی مستقیم زون کانی‌سازی (و تغییرات احتمالی) در نقاطی که امکان حفاری وجود داشت، حفر گردید.

سه مورد از این ترانشه‌ها (T1, T2, T3) راستای نزدیک به هم داشته و با فاصله حدود 15 متری از یکدیگر حفر گردید (شکل 1-5) و مورد چهارم با فاصله حدود 150 متری از ترانشه‌های فوق و تقریباً

عمود بر روند آنها مورد حفاری قرار گرفت. مجموع نمونه‌های گرفته شده در این زون که از کف و دیواره ترانشه‌های فوق‌الذکر برابر 56 نمونه می‌باشد.



شکل 5-1-نمایی از سه ترانشه حفاری شده (T_3, T_2, T_1) در زون کانی‌سازی شماره 1

محدوده‌ی ترانشه‌ها به لحاظ سنگ‌شناسی کاملاً یکنواخت بوده و از نوع مونوزودیوریتی دگرسان‌شده (شرح دگرسانی در بخش دگرسانی آمده است)، می‌باشد. رگچه‌های نامنظم و متقاطع کوارتزی که در برخی نقاط آنها، کانی‌سازی سولفوریه نیز دیده می‌شود، کف و دیواره ترانشه را تشکیل می‌دهد. علیرغم وجود این رگچه‌ها که تعداد آنها بسیار زیاد است، یکنوع یکنواختی به لحاظ پراکندگی، تراکم، اندازه، ضخامت و سایر شرایط آنها در گسترش عمودی و افقی وجود دارد و عملاً هیچگونه مشخصه‌ای که بتوان بر مبنای آن در این زون کانی‌سازی، پهنه‌بندی (زون‌بندی) انجام داد، دیده نمی‌شود. نکته قابل ذکر در مورد کانی‌سازی سولفیدی در این زون کانی‌سازی به این ترتیب است که در زون استوک‌ورک در مواردی نه چندان زیاد این کانی‌ها به صورت لکه‌هایی یافت می‌شود، و در افق ارتفاعی پایین‌تر (تقریباً 5 متر-محل حفاری قدیمی برای تیر انتقال برق به روستای نبی‌جان) از شدت کانی‌سازی کوارتز

کم شده و بر شدت کانی‌سازی سولفیدی به شدت افزوده می‌شود. در محدوده‌ی ترانسه شماره T4 بصورت کاملاً محدود بر شدت دگرسانی افزوده می‌شود.

نقشه 1:100 تمامی ترانسه‌ها و آنالیز نمونه‌ها در پیوست این گزارش موجود می‌باشد.

5-1-2- ترانسه شماره 1 (T1)

این ترانسه در شرقی‌ترین بخش ممکن که امکان حفاری وجود داشت، با روند N035E در محلی به مختصات 0656967E و 4292373N حفر گردید. طول ترانسه برابر 19/5 متر، عرض برابر 1/2 متر می‌باشد. چنانچه ذکر شد، کف و دیواره ترانسه کلاً از رگچه‌های کوارتزی متقاطع در یک میزبان مونزودیوریتی آلتزه تشکیل شده و قابل تفکیک و پهنه‌بندی نیست (شکل 5-2).



شکل 5-2- نمایی از ترانسه T₁ - دید به شمال شرق

تعداد 13 نمونه بروش شیاری از کف و 5 نمونه بهمین روش از دیواره ترانسه با رعایت محدوده‌های مشخص‌شده‌ی 1/5 متری گرفته شد.

نتایج آنالیز این نمونه‌ها به شرح جدول 1-5 می‌باشد :

جدول 1-5- نتایج تجزیه نمونه‌های ترانشه 1

شماره نمونه	Au ppb	تکرار از Au سازمان	Au: تکرار اکتشاف سراسری	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	Cu ppm	Zn ppm	XRD
NJ-T1-1	-							کوارتز+فلدسپار+کلسیت+هماتیت+ کانی رسی
NJ-T1-2	-							کوارتز+فلدسپار+پیروکسن+هماتیت+ کانی رسی+آمفیبول
NJ-T1-3	-							
NJ-T1-4	-							
NJ-T1-5	70							
NJ-T1-6	74							
NJ-T1-7	100							
NJ-T1-8	1780	1050	4900	61.7	9.4	875	699	کوارتز+موسکویت
NJ-T1-9	-	360	360					
NJ-T1-10	85							
NJ-T1-11	70							
NJ-T1-12	150							
NJ-T1-13	73							کوارتز+فلدسپار+کانی رسی
NJ-T1-1V	25							
NJ-T1-3V	600							
NJ-T1-4V	600							فلدسپار+کوارتز+کانی رسی
NJ-T1-6V	350							
NJ-T1-8V	160							
NJ-T1-10V	150							

مقدار طلای اندازه‌گیری شده در این ترانشه حداکثر 4900 میلی‌گرم در تن و حداقل 25 میلی‌گرم در تن می‌باشد. متوسط طلای اندازه‌گیری شده در این ترانشه 363 میلی‌گرم در تن می‌باشد.

3-1-5- ترانسه شماره 2 (T2)

این ترانسه به فاصله حدود 40 متری شمال غرب ترانسه شماره 1، با روند N75E و در محلی به مختصات 0656938E و 729246N حفر گردید. طول ترانسه برابر 21 متر و عرض آن حدود 1/3 متر می‌باشد. در این بخش نیز کف و دیواره ترانسه کلا از رگچه‌های کوارتزی نامنظم در متن سنگ مونوزودیوریتی آلتزه شده، تشکیل شده است. در کل تعداد 14 نمونه از کف ترانسه بروش شیاری با رعایت فواصل 1/5 متری (به ازای هر 1/5 متر 1 نمونه) و 6 نمونه دیگر نیز با همین روش و از دیواره ترانسه (از فواصل علامتگذاری شده 1/5 متری برای نمونه‌گیری از کف ترانسه) گرفته شد. در شکل 3-5 نمایی از نمونه‌گیری شیاری از دیواره ترانسه 2 مشاهده می‌شود.



شکل 3-5- نمونه‌گیری شیاری از دیواره ترانسه 2

مقدار طلای اندازه‌گیری شده در این ترانسه حداکثر 2360 میلی‌گرم در تن و حداقل 150 میلی‌گرم در تن می‌باشد. متوسط طلای اندازه‌گیری شده 587 میلی‌گرم در تن می‌باشد. جدول 2-5 وضعیت طلای اندازه‌گیری شده از نمونه‌های گرفته شده را نشان می‌دهد.

جدول 5-2- نتایج تجزیه نمونه‌های ترانشه 2

شماره نمونه	Au ppb	سازمان	سراسری	SiO2%	Al2O3%	Fe2O3%	Cu	Zn	Ag	XRD
NJ-T2-1	280	310	200							
NJ-T2-2	620			63.8	12.7	10.5	2140	2353		
NJ-T2-3	550	560	600							
NJ-T2-4	390	290	180							
NJ-T2-5	380	410	290	68.5	12.6	11.9	1392	1154		
NJ-T2-6	710	790	860							
NJ-T2-7	240									کوارتز + فلدسپار + کلسیت + کانی رسی
NJ-T2-8	390									
NJ-T2-9	270									کوارتز + فلدسپار + کانی رسی
NJ-T2-10	560	570	600	66.2	14	11.9	1308	1272	34	
NJ-T2-11	850	730	890							
NJ-T2-12	790	860	680						35	کوارتز + فلدسپار + کانی رسی
NJ-T2-13	480	450	230							
NJ-T2-14	270									فلدسپار + کوارتز + هماتیت + کانی رسی
NJ-T2-1V	640			67.7	10.1	12.4	2531	2037		
NJ-T2-3V	460			65.9	10.1	12.6	3197	2859		
NJ-T2-5V	2360	2200	1400							
NJ-T2-9V	320			62.2	10.8	17.9	1474	1368		
NJ-T2-10V	2070	1410	1200							
NJ-T2-13V	150									کوارتز + فلدسپار

5-1-4- ترانسه شماره 3 (T3)

این ترانسه بفاصله حدود 25 متری شمال ترانسه شماره 2، با روند N75E در محلی به مختصات 0656933E و 4292424E حفر گردید. طول ترانسه برابر 10/5 متر و عرض آن 1/3 می باشد. در این بخش نیز کف و دیواره ترانسه کلا از رگچه های کوارتزی نامنظم در متن سنگ مونزودیوریتی آلتره شده، تشکیل شده است (شکل 4-5).



شکل 4-5- نمایی از ترانسه 3- دید به شرق- شمال شرق

در این ترانسه 7 نمونه بروش شیاری با رعایت حدفاصل های 1/5 متری (1 نمونه در ازای هر 1/5 متر) از کف ترانسه و 3 نمونه نیز بروش شیاری از دیواره و محدوده های 1/5 متری مشخص شده فوق گرفته شد.

چنانچه در جدول 3-5 نیز مشخص شده مقدار طلای اندازه گیری شده در 10 نمونه گرفته شده از ترانسه شماره 3 به طور متوسط به 0/202 گرم در تن می رسد.

جدول 3-5- نتایج تجزیه نمونه‌های ترانشه 3

شماره نمونه	Au ppb	SiO2%	Al2O3%	Fe2O3%	CaO%	Cu	Zn	XRD
NJ-T3-1	220	70.5	12.6	8.6	2.4	1743	497	کوارتز + فلدسپار + کانی رسی
NJ-T3-2	130							
NJ-T3-3	190							
NJ-T3-4	150	71.5	13.2	8.1	2	497	221	فلدسپار + هماتیت + آمفیبول + کانی رسی
NJ-T3-5	150							
NJ-T3-6	160							
NJ-T3-7	170							
NJ-T3-1V	300							
NJ-T3-3V	460							کوارتز + ایلیت
NJ-T3-5V	90							کوارتز + کلسیت + فلدسپار + دولومیت + هماتیت + کلریت + آمفیبول

5-1-5- ترانشه شماره 4 (T4)

این ترانشه با فاصله حدود 110 متری از ترانشه شماره 2 و با روندی کاملاً متفاوت N005E، طول 10 متر، عرض 1/2 متر حفر گردید. در محدوده این ترانشه نیز رگچه‌های کوارتزی نامنظم و متقاطع در سنگ میزبان مونزودیوریتی آلتیره شده، رخنمون دارند و در واقع ترانشه در این سنگ‌ها حفر گردید (شکل 5-5). تفاوت بارز و آشکار این بخش با محدوده‌ی ترانشه قبلی در شدت آلتراسیون و رگچه‌های کوارتزی است بطوریکه در این بخش از شدت و تراکم کانی‌سازی کوارتز کمتر شده ولی بر شدت دگرسانی به شدت افزوده می‌شود. در حالیکه دگرسانی در محدوده‌ی ترانشه‌های 1، 2 و 3 غالباً از نوع انتخابی (Selective) بود، در محدوده‌ی ترانشه شماره 4 غالباً از نوع رگچه‌ای (Veinlet) و در مواردی فراگیر (Prevasive) تشکیل شده از کانی‌های رسی (ایلیت، XRD) است. در انتهای این ترانشه مدخل یک تونل به چشم می‌خورد.

5-1-6- بررسی دیواره تونل در زون کانی‌سازی شماره 1

در شرق زون کانی‌سازی شماره 1 یک تونل قدیمی افقی به ارتفاع حدود 1/5 متر، عرض نزدیک به 2متر و طول حدود 12 متر وجود دارد که دقیقاً مشخص نیست که اکتشافی بوده و یا برای استخراج مورد حفاری قرار گرفته است. انتهای برخی از چاهک‌های زون کانی‌سازی شماره 1 به این تونل ختم می‌گردد.

این تونل در سنگ‌های نفوذی مونزودیوریتی حفر گردیده است و در دیواره آن اثری از دگرسانی و کانی‌سازی به چشم نمی‌خورد. تنها سنگ‌های محدوده‌ی دهانه و برخی موارد از دیواره و کف تونل با شدت‌های ضعیف تا متوسط آرنیتی شده‌اند.

جهت بررسی وضعیت کانی‌سازی احتمالی طلا در محدوده‌ی این تونل، 6 نمونه بروش شنیاری (1 نمونه به ازای هر 2متر از دیواره تونل)، گرفته و مورد آنالیز قرار گرفت که نتیجه آن به شرح جدول 5-5 است :

جدول 5-5- نتایج تجزیه طلا در نمونه‌های تونل

	شماره نمونه	Au ppb	تکرار سازمان Au	تکرار اکتشاف سراسری Au
TL	NJ-TI-1	100	50	
	NJ-TI-2	110	110	37
	NJ-TI-3	490	560	600
	NJ-TI-4	190		
	NJ-TI-5	170		
	NJ-TI-6	220		

5-1-7- بررسی چاهک‌های اکتشافی در زون کانی‌سازی شماره 3

در زون کانی‌سازی شماره 3، آثار یک سری حفاری قدیمی بصورت چاهک‌های پشت سر هم که در یک روند و بموازات یکدیگر در چند ردیف مورد حفاری قرار گرفته‌اند و شمار آن‌ها به بیش از 20 عدد می‌رسد، دیده می‌شود. در شکل 5-6 نمونه‌ای از این آثار حفاری مشاهده می‌شود.



شکل 5-6- حفره ایجاد شده بر اثر حفاری‌های قدیمی

زون کانی‌سازی شماره 3 در واقع همبری سنگ‌های شیلی و توده‌ی نفوذی و بخشی از توده‌ی نفوذی را در بر گرفته است (شکل 5-7). شیب توپوگرافی در این زون فوق‌العاده زیاد است و بدلیل پوشش بسیار ضخیمی از خاک برجا که قطعاتی از سنگ‌های شیلی و نفوذی در آن دیده می‌شود، مشاهده رخنمون سنگی سنگ‌های این زون امکان‌پذیر نیست.



شکل 5-7- آثار حفاری‌ها در زون کانی سازی شماره 3

تعداد 6 فقره چاهک اکتشافی در حین انجام اکتشاف در محدوده‌ی مطالعاتی نی جان جهت دسترسی به رخنمون مستقیم و مطالعه‌ی مستقیم کانی‌سازی در زون کانی‌سازی شماره 3 مورد حفاری قرار گرفت. محل این چاهک‌ها ترجیحا منطبق بر آثار چاهک‌های قدیمی انتخاب شد تا احتمالا انگیزه‌ی حفاری قدیمی نیز مشخص شود. حداکثر عمق حفاری در این چاهک‌ها به 8/2 متر می‌رسد و 2 مورد از این چاهک‌ها در ادامه حفاری به تونل قدیمی موجود که در تراز ارتفاعی پایین‌تر نسبت به چاهک‌ها قرار داشت، برخورد نمود و در مورد 4 مورد چاهک دیگر به دلیل احتمال ریزش دیواره و عدم امکان حفاری عمقی بیشتر بدون اینکه به رخنمون سنگی برسند، حفاری در آن‌ها متوقف شد. در شکل 5-8 تصاویری از چاهک‌های حفاری شده مشاهده می‌شود.



شکل 5-8- تصاویری از چاهک‌های حفاری شده

مشخصات، روش نمونه‌گیری و نتیجه آنالیز طلای نمونه‌های گرفته شده از هر یک از این چاهک‌ها به شرح زیر می‌باشد:

چاهک شماره 1 (B1)

این چاهک به عمق 4 متر و قطر دهانه 2 متر، در پوشش خاک برجای زون کانی‌سازی شماره 3 حفر گردید. حفاری در این چاهک بدلیل سست بودن دیواره و احتمال ریزش در این عمق متوقف گردید.

قطعاتی زاویه‌دار و درشت از سنگ‌های شیلی کرتاسه و قطعاتی کوچکتر از جنس سنگ‌های نفوذی در دیواره چاهک‌ها دیده می‌شود.

تعداد 4 نمونه بروش شیلی (Nj-B1-1 تا Nj-B1-4) و در فواصل 1متری از دیواره چاهک و 1 نمونه (Nj-BH-1) نیز بهمین روش از کل دیواره چاهک گرفته شد. نتیجه آنالیز طلا در نمونه‌های گرفته شده از این چاهک بشرح جدول 5-6 است :

جدول 5-6- نتایج آنالیز طلا در چاهک 1

	شماره نمونه	Au ppb	تکرار سازمان Au	تکرار اکتشاف سراسری Au
B1	B1-1	20	60	
	B1-2	50		
	B1-3	30		
	B1-4	100	130	54
	BH-1	85		

- چاهک شماره 2 (B2)

این چاهک به عمق 8/2 متر و قطر دهانه 2 متر، در پوشش خاک برجای موجود حفر گردید. حفاری در این چاهک بدلیل سست بودن دیواره و احتمال ریزش در این عمق متوقف گردید. قطعاتی زاویه‌دار و درشت از سنگ‌های شیلی کرتاسه و قطعاتی کوچکتر از جنس سنگ‌های نفوذی در دیواره چاهک‌ها دیده می‌شود.

تعداد 8 نمونه بروش شیلی (Nj-B2-1 تا Nj-B2-8) و در فواصل 1متری از دیواره چاهک و 1 نمونه (Nj-BH-2) نیز بهمین روش از کل دیواره چاهک گرفته شد. نتیجه آنالیز طلا در نمونه‌های گرفته شده از این چاهک بشرح جدول 5-7 است :

جدول 5-7- نتایج آنالیز طلا در چاهک 2

	شماره نمونه	Au ppb
B2	B2-1	10
	B2-2	10
	B2-3	20
	B2-4	90
	B2-5	50
	B2-6	20
	B2-7	50
	B2-8	10
	BH-2	160

- چاهک شماره 3 (B3)

این چاهک به عمق 7/3 متر و قطر دهانه 2 متر، در پوشش خاک برجای زون کانی‌سازی شماره 3 حفر گردید. حفاری در این چاهک بدلیل رسیدن به تونل قدیمی موجود در این عمق متوقف گردید. قطعاتی زاویه‌دار و درشت از سنگ‌های شیلی کرتاسه و قطعاتی کوچکتر از جنس سنگ‌های نفوذی (با توجه به افزایش عمق تراکم این نمونه‌ها افزایش می‌یابد) در دیواره چاهک‌ها دیده می‌شود.

تعداد 7 نمونه بروش شیاری (Nj-B3-1 تا Nj-B3-7) و در فواصل 1متری از دیواره چاهک و 1 نمونه (Nj-BH-3) نیز بهمین روش از کل دیواره چاهک و یک نمونه نیز از بخش تونل قدیمی موجود که چاهک اکتشافی به آن برخورد نمود (Nj-BH3-T)، گرفته شد. نتیجه آنالیز طلا در نمونه‌های گرفته شده از این چاهک بشرح جدول 5-8 است :

جدول 5-8- نتایج آنالیز طلا در چاهک 3

	شماره نمونه	Au ppb	تکرار سازمان Au
B3	B3-1	80	
	B3-2	70	
	B3-3	10	110
	B3-4	20	
	B3-5	50	
	B3-6	30	
	B3-7	20	
	BH-3	100	
	BH3-T	140	

چنانچه ملاحظه می شود مقدار طلای اندازه گیری شده در بخش های پایینی چاهک و نمونه گرفته شده از دیواره تونل قدیمی افزایش یافته و به 100 تا 140 میلی گرم در تن می رسد.

- چاهک شماره 4 (B4)

این چاهک به عمق 5/5 متر و قطر دهانه 2 متر، در پوشش خاک برجای زون کانی سازی شماره 3 حفر گردید. حفاری در این چاهک بدلیل رسیدن به تونل قدیمی متوقف شد. قطعاتی زاویه دار و درشت از سنگ های شیلی کرتاسه و قطعاتی کوچکتر از جنس سنگ های نفوذی در دیواره چاهک ها دیده می شود (با توجه به عمق بر تعداد سنگ های مربوط به توده ی نفوذی افزوده می شود).

تعداد 6 نمونه بروش شیار (Nj-B1-1 تا Nj-B1-6) و در فواصل 1 متری از دیواره چاهک و 1 نمونه (Nj-BH-6) نیز بهمین روش از کل دیواره چاهک و دو نمونه دیگر نیز به دلیل مهمتر بودن محل برخورد تونل قدیمی و چاهک (Nj-BH4-TI و Nj-B4-TI1) گرفته شد.

کمترین مقدار طلای اندازه‌گیری شده در این چاهک 10 میلی‌گرم در تن و بیشترین مقدار آن به 130 میلی‌گرم در تن (مربوط به محل تقاطع تونل قدیمی و چاهک شماره 4) می‌رسد. نتیجه آنالیز طلا در نمونه‌های گرفته شده از این چاهک بشرح جدول 5-9 است :

جدول 5-9- نتایج آنالیز طلا در چاهک 4

	شماره نمونه	Au ppb
B4	B4-1	90
	B4-2	10
	B4-3	70
	B4-4	40
	B4-5	120
	B4-6	60
	B4-TL1	20
	BH4-TL	130
	BH4	110

- چاهک شماره 5 (B5)

این چاهک به عمق 5/2 متر و قطر دهانه 2 متر، در پوشش خاک برجای زون کانی‌سازی شماره 3 حفر گردید. حفاری در این چاهک بدلیل برخورد نمودن به تونل قدیمی و دسترسی به رخنمون سنگی در این عمق متوقف گردید. قطعاتی زاویه‌دار و درشت از سنگ‌های شیلی کرتاسه و قطعاتی کوچکتر از جنس سنگ‌های نفوذی در دیواره چاهک‌ها دیده می‌شود.

تعداد 5 نمونه بروش شیباری (Nj-B5-1 تا Nj-B5-5) و در فواصل 1متری از دیواره چاهک و 1 نمونه (Nj-BH-5) نیز بهمین روش از کل دیواره چاهک و نمونه شماره (Nj-BH5-Tl) از محل برخورد تونل قدیمی و چاهک، گرفته شد.

نتیجه آنالیز طلا در نمونه‌های گرفته شده از این چاهک بشرح جدول 5-10 است :

جدول 5-10- نتایج آنالیز طلا در چاهک 5

	شماره نمونه	Au ppb	تکرار سازمان Au	تکرار اکتشاف سراسری Au
B5	B5-1	90		
	B5-2	40		
	B5-3	10		
	B5-4	30		
	B5-5	80	140	79
	BH-5	140		
	BH5-TL	110		

حداقل مقدار طلای اندازه‌گیری شده در این چاهک در حد 10 میلی‌گرم در تن و بیشترین مقدار اندازه‌گیری شده آن نیز به 140 میلی‌گرم در تن در نزدیکی انتهای چاهک و محل برخورد آن با تونل قدیمی، می‌رسد.

- چاهک شماره 6 (B6)

این چاهک به عمق 6/2 متر و قطر دهانه 2 متر، در پوشش خاک برجای زون کانی‌سازی شماره 3 حفر گردید. حفاری در این چاهک بدلیل سست بودن دیواره و احتمال ریزش در این عمق متوقف گردید. قطعاتی زاویه‌دار و درشت از سنگ‌های شیلی کرتاسه و قطعاتی کوچکتر از جنس سنگ‌های نفوذی در دیواره چاهک‌ها دیده می‌شود.

تعداد 6 نمونه بروش شیاری (Nj-B6-1 تا Nj-B6-6) و در فواصل 1 متری از دیواره عمودی چاهک و 2 نمونه (Nj-BH6-H و Nj-BH6-H) نیز بهمین روش از کل دیواره چاهک گرفته شد. نتیجه آنالیز طلا در نمونه‌های گرفته شده از این چاهک بشرح جدول 5-11 است :

جدول 5-11- نتایج آنالیز طلا در چاهک 6

	شماره نمونه	Au ppb	تکرار سازمان Au	تکرار اکتشاف سراسری Au
B6	B6-1	160		
	B6-2	90		
	B6-3	230		
	B6-4	50		
	B6-5	10		
	B6-6	80	170	110
	Bh6	150		
	BH6-H	170		

چنانچه در جدول نیز آمده است، کمترین مقدار طلا در این چاهک برابر 10 میلی گرم در تن (Nj-B6-5) و بیشترین مقدار طلا نیز در نمونه شماره (Nj-B6-3) برابر 230 میلی گرم در تن اندازه گیری شده است که نسبتاً قابل ملاحظه است.

مطالعات کانی سنگین در محدوده‌ی زون کانی سازی شماره 3، نشان دهنده وجود مقادیر نسبتاً قابل ملاحظه‌ای از طلای آزاد (در حد 6 تا 12 ذره و معادل با 120 تا 180 میلی گرم در تن) در این بخش می باشد. شکل ذرات طلا در نمونه‌های گرفته شده کاملاً زاویه دار با گوشه‌های تیز است و این امر نشان از برجا بودن کانی سازی طلا در این محدوده می باشد. در آنالیزهای شیمیایی انجام گرفته (47 نمونه) حداکثر مقدار 230 میلی گرم در تن طلا اندازه گیری شد که البته با توجه به محدودیت‌ها و مشکلات اندازه گیری طلا (بویژه طلای آزاد) بروش شیمیایی و دقیقتر بودن مشاهده مستقیم و شمارش طلا در مطالعات کانی سنگین، مقدار متوسط طلای موجود در این زون کانی سازی به نتیجه مطالعه کانی سنگین نزدیکتر می تواند باشد.

5-2- بررسی ترانشه‌ها در زون کانی‌سازی شماره 2 (بخش دارای کانی‌سازی اسکارنی)

در زون کانی‌سازی شماره 2، که بخشی از واحدهای آهکی کرتاسه و توده‌ی نفوذی را در بر دارد، کانی‌سازی نوع اسکارن، البته با رخنمون سطحی نه چندان وسیع، انجام شده است. هر چند محدوده‌ی دگرگونی حرارتی و کانی‌شناسی تپ اسکارن تنها منحصر به بخشی که ترانشه‌ها در آن حفر گردیده نیست و در همبری آهکها (و گاه شیل) و توده‌ی نفوذی بطور پراکنده و با گسترش سطحی بسیار کم، این نوع کانی‌سازی دیده می‌شود، بنا بر 2 دلیل عمده تنها این بخش برای حفاری و ترانشه‌زنی انتخاب گردید؛

1- در سایر نقاط وسعت و شدت دگرگونی بسیار کمتر است

2- تنها در این بخش کانی‌سازی اقتصادی مگنتیت و طلا انجام گرفته است.

در زون کانی‌سازی شماره 2، مشکل زمین‌های زراعی مطرح نیست ولی پوشش ضخیم خاک تراز کم‌ارتفاع‌تر زون کانی‌سازی را پوشانده است و علاوه‌براین شیب توپوگرافی نیز نسبتاً زیاد است. با توجه به اینکه مساحت زون کانی‌سازی در بیشترین حالت و با در نظر گرفتن نمونه‌های نابرجا در متن خاک به $150*80$ متر می‌رسد، در نقاطی که امکان حفاری وجود داشت، 4 ترانشه جهت نمونه‌گیری و بررسی نوع و تغییرات کانی‌سازی در این زون حفاری گردید که مشخصات آن‌ها بشرح زیر می‌باشد:

- ترانشه شماره 1 (T5)

این ترانشه در بخش‌های میانی زون اسکارنی حفر گردید، طول ترانشه برابر 33 متر، عرض آن برابر 1/4 متر و مختصات آن $6657458E$ و $4294187N$ می‌باشد. امتداد ترانشه $N155E$ می‌باشد. کل منطقه حفاری شده جهت ترانشه تا عمق 2/5 متری را واریزه‌های سنگهای اکسید آهن‌دار به رنگ لیمویی تشکیل می‌دهد. بدین جهت در کل طول ترانشه بجز بخش انتهایی که منطبق بر اسکارن آهک‌دار

می باشد سنگ بستر مشاهده نشد. بدین لحاظ کل ترانشه به 6 قسمت 5 متری و یک قسمت 3 متری در انتها تقسیم و نمونه برداری صورت پذیرفت. در شکل 5-9 و 5-10 نمایی از این ترانشه حفاری شده مشاهده می شود.

تعداد 7 نمونه با روش شپاری از کف و دیواره این ترانشه جهت انجام آنالیز طلا و آزمایش دیفرکتومتری اشعه ایکس، گرفته شد که بیشترین مقدار طلای اندازه گیری شده در آن 2920 میلی گرم در تن می رسد.



شکل 5-9- نمایی از ترانشه T₅



شکل 5-10- نمایی دیگر از ترانشه حفاری شده شماره T5

نتیجه آزمایشات صورت گرفته بر نمونه‌های گرفته شده از این ترانشه به شرح جدول 5-12 می‌باشد :

جدول 5-12- نتایج آنالیز ترانشه 5

شماره نمونه	Au ppb	تکرار سازمان Au	تکرار اکتشاف Au	سر اسری	SiO2%	Al2O3%	Fe2O3%	Cu	Zn	XRD
NJ-T5-1	220									
NJ-T5-2	2830	1120	1200	55.1	6.4	23.7	330	77		مگنتیت + گارنت + کوارتز + پیروکسن + گنویت + کلسیت
NJ-T5-3	1250	1370	1500							گارنت + کلسیت + کوارتز + دولومیت
NJ-T5-4	2310	2300	2300	36.8	<1	43.6	413	147		
NJ-T5-5	2920									همانیت + مگنتیت + کوارتز + گنویت + گارنت + پیروکسن + تالک + کانی رسی
NJ-T5-6	210									گارنت + کوارتز + دولومیت + گنویت + آمفیبول
NJ-T5-7	400			31	3	30.6	337	1167		

- ترانشه شماره 2 (T6)

این ترانشه در غربی‌ترین و کم‌ارتفاع‌ترین نقطه‌ای که نمونه‌های سنگی مربوط به کانی‌سازی نوع اسکاران در زمینه پوشش خاک دیده می‌شد، برای بررسی وضعیت کانی‌سازی حفر گردید. طول ترانشه برابر 7 متر، عرض آن برابر 1/3 متر و مختصات آن برابر 6657420E و 4294173N می‌باشد. امتداد این ترانشه N80E است.

بدلیل ضخیم بودن پوشش خاک، حفاری در این ترانشه منجر به رخنمون مستقیم سنگی نگردید و نمونه‌گیری از خاک کف ترانشه (که قطعات کوچکی از سنگ‌های مگنتیت و سایر سنگ‌های بشدت دگرسان شده و لیمویی و سفیدرنگ) به روش شیاری (1 نمونه به ازای هر 3/5 متر) به شمار 2 عدد انجام گردید.

در دو نمونه تهیه شده کمترین مقدار طلای اندازه‌گیری شده در این ترانشه برابر 910 میلی‌گرم در تن و بیشترین مقدار آن 2780 میلی‌گرم در تن می‌باشد.

- ترانشه شماره 3 (T7)

ترانشه شماره 3 در بخش‌های میانی زون اسکارانی و با هدف دستیابی به رخنمون مستقیم سنگی و بررسی کانی‌سازی در محلی به مختصات 0657534N و 4294209E حفر گردید. امتداد ترانشه N035W می‌باشد.

طول ترانشه برابر 12 متر و عرض آن نیز 1/3 متر می‌باشد. بدلیل ضخیم بودن پوشش خاک منطقه، حفاری در این ترانشه منجر به رخنمون مستقیم سنگی نگردید و نمونه‌برداری از خاک تقریباً برجای کف ترانشه که سنگ‌های دارای کانی‌های گارنت و مگنتیت نیز در بین آن‌ها دیده می‌شد، انجام گردید. روش نمونه‌برداری بصورت شیاری و تعداد نمونه‌ها با توجه به طول ترانشه 5 مورد گرفته شد.

در جدول 5-13 مقدار طلای اندازه‌گیری شده و همچنین کانی‌های موجود (آزمایش بروش دیفرکتومتری اشعه ایکس) آورده شده است:

جدول 5-13- نتایج آنالیز نمونه‌های ترانشه 7

شماره نمونه	Au ppb	SiO2%	Al2O3%	Fe2O3%	CaO%	Cu	Zn	XRD
T7 NJ-T7-1	540	42.6	7.3	18	18.3	97	319	گارنت
NJ-T7-2	450							گارنت + مگنتیت
NJ-T7-3	210	51.3	3.9	7.2	18.8	55	228	
NJ-T7-4	190							کوارتز + گارنت + کلسیت + گنویت + فلدسپار + کریستوبالیت
NJ-T7-5	132	77.2	13.7	<1	1	<5	39	گارنت + کلسیت + کوارتز + هماتیت

- ترانشه شماره 4 (T8)

این ترانشه در منتهی‌الیه شرقی رخمون اسکارنی و بالاترین تراز ارتفاعی آن با طولی برابر 10/5 متر، عرض 1/4 متر و طی روند N045W و در محلی به مختصات 0657522N و 4294227E حفر گردید.

حفاری در این ترانشه بدلیل ضخیم بودن پوشش خاک منجر به رخنمون مستقیم سنگی نگردید و نمونه‌گیری از خاک برجای کف ترانشه که از قطعات سنگی دگرسان برنگ سفید، آهکی بشدت متامورف شده و سنگ‌های دارای کانی‌های گارنت و مگنتیت تشکیل شده انجام شد.

نتیجه آنالیز طلا و آزمایش دیفرکتومتری اشعه ایکس در نمونه‌های گرفت شده از این ترانشه بشرح جدول 5-14 است:

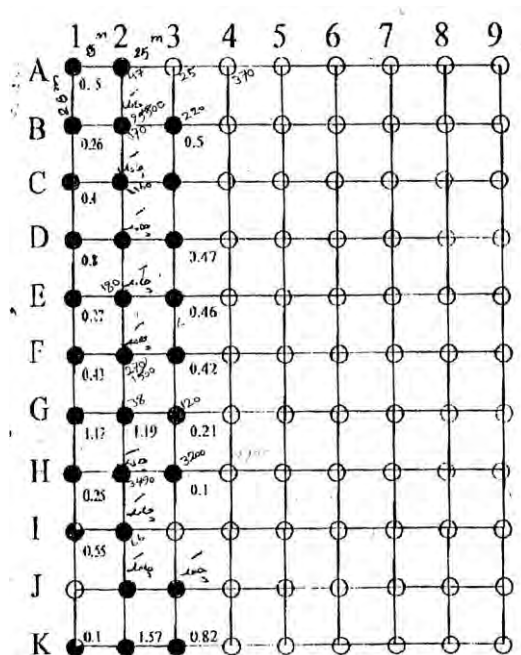
جدول 5-14- نتایج آنالیز نمونه‌های ترانشه 8

شماره نمونه	Au ppb	تکرار سازمان Au	تکرار اکتشاف Au سراسری	SiO2%	Al2O3%	Fe2O3%	Cu	Zn	XRD
T8 NJ-T8-1	110								کوارتز + فلدسپار + دولومیت + موسکویت + کلسیت
NJ-T8-2	170	250	170	38.7	5.5	35.7	204	153	
NJ-T8-3	190								هماتیت + مگنتیت + کوارتز + گنویت + گارنت + پیروکسن + تالک + کانی رسی

3-5- شبکه نمونه برداری

جهت بدست آوردن اطلاعات از پراکندگی محدوده‌های با عیار بالا در زون کانی‌سازی شماره 1، یک شبکه نمونه‌برداری با وسعت 200x250 متر طراحی و چاهک‌های اکتشافی حداکثر به عمق 4 متر در فاصله 25 متری حفاری گردید.

متأسفانه پس از حفاری 15 چاهک بعلت عدم هماهنگی با اهالی منطقه توسط اکیپ حفار، عملیات حفاری قطع شود و تعداد 2 حلقه چاهک پر گردید. از 13 حلقه چاهک باقی مانده تعداد 15 نمونه جهت آنالیز طلا و عناصر همراه تهیه و به آزمایشگاه ارسال گردید. نتایج ارسالی بسیار امیدوار کننده و دارای حداکثر 95/5 گرم در تن برای نمونه NJ-82-6 و 0/038 گرم در تن برای نمونه NJ-G2 می‌باشد. در شکل 5-10 نقشه شبکه نمونه‌ها مشاهده می‌شود.



شکل 5-10- شبکه نمونه‌برداری پیشنهادی و نتایج آنالیز آنها

فصل ہفتم :

بررسی عملیات ژئوفیزیکی

1-4- مقدمه

ژئوفیزیک (شامل دو شاخه اصلی علمی و اکتشافی) بطور کلی شامل مطالعه زمین بوسیله‌ی اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی سنگ‌ها با استفاده از وسایل مناسب و بکارگیری تکنیک‌های بخصوص در سطح زمین می‌باشد. ژئوفیزیک اکتشافی که مورد اصلی بحث حاضر می‌باشد، شامل اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی سنگ‌های زیرسطحی با استفاده از تکنیک‌ها و وسایل بویژه برای اکتشاف و پی‌جویی ذخایر پنهان شده در دل زمین اعم از؛ نفت، گاز، آب و کانی‌های اقتصادی و برای مقاصد مهندسی می‌باشد. در ژئوفیزیک اکتشافی از تفاوت در ویژگی فیزیکی مختلف سنگ‌ها نظیر؛ وزن مخصوص، خاصیت مغناطیسی، سرعت انتشار امواج، مقاومت مخصوص الکتریکی و شارژیبیلیتی (بارپذیری الکتریکی) برای اکتشاف آن‌ها استفاده می‌شود. معمولاً این‌طور است که کانی‌های مورد اکتشاف و سنگ‌های دربرگیرنده در ویژگی‌های ذکر شده، تفاوت زیادی دارند و ما از این تفاوت برای شناسایی و اکتشاف آن‌ها استفاده می‌کنیم.

از نظر طبیعی یا مصنوعی بودن پدیده مورد مطالعه، علم ژئوفیزیک به دو دسته زیر تقسیم می‌گردد؛
- روش طبیعی: پدیده مورد مطالعه بطور طبیعی در درون زمین یا سطح آن و یا در اتمسفر زمین وجود دارد، مانند اندازه‌گیری میدان مغناطیسی زمین (منیتومتری).
- روش مصنوعی: پدیده مورد بررسی بطور طبیعی در زمین در حد دقت مورد نیاز وجود ندارد و باید بطور مصنوعی توسط دستگاه مربوطه ایجاد گردد (ژئوالکتریک و پلاریزاسیون القایی).
یکی از روش‌های بسیار متداول در ژئوفیزیک اکتشافی، که در عین حال روش مصنوعی نیز است، روش پلاریزاسیون القایی و یا IP می‌باشد. این روش بطور گسترده برای اکتشاف ذخایر دارای کانه‌های رسانای جریان الکتریکی ت بویژه کانسارهای نوع افشان یا Disseminated که در آن‌ها روش‌های پتانسیل خودزا و الکترومنیتیک کاربرد کمتری دارند- بکار می‌رود.

اصول و منشاء این روش بدین ترتیب است که؛ هنگام استفاده از چهار الکتروود (دوالکتروود برای تزریق جریان مستقیم و دو الکتروود برای اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل ایجاد شده) در اندازه‌گیری رزیستیویته، اگر جریان الکتریکی بطور ناگهانی قطع شود ولتاژ بین دو الکتروود پتانسیل صفر نخواهد شد. پس از قطع جریان، ولتاژ یک افت ناگهانی نشان می‌دهد و سپس بتدریج بعد از گذشت چند ثانیه به صفر نزدیک می‌گردد. علت این امر به این موضوع برمی‌گردد که انرژی الکتریکی (حاصل از تزریق جریان مستقیم) در داخل سنگ‌ها اساساً توسط فرایندهای الکتروشیمیایی ذخیره می‌شود. موقعیکه جریان الکتریکی بداخل سنگ تزریق شود، ذرات فلزی هادی (بعلت هدایت الکتریکی) پلاریزه خواهند شد و در نتیجه سبب جلب یون‌های مثبت و منفی موجود در سیالات اطراف خود خواهند شد (یون‌های مثبت برای گرفتن الکترون از ذره فلزی و یون‌های منفی برای دادن الکترون به آن).

معمولاً میزان سرعت هدایت الکترون‌ها از طریق ذره فلزی کمتر از سرعت تبادل الکترونی بین یون‌ها و ذره فلزی خواهد بود. در نتیجه در دو طرف ذره فلزی، یون‌های مثبت و منفی (که هنوز بار خود را از دست نداده‌اند) تجمع پیدا می‌کنند. هنگامیکه جریان تزریقی ناگهانی قطع شود ریال یون‌ها به آهستگی پراکنده شده و به محل اولیه خود مراجعت خواهند نمود و سبب پیدایش ولتاژ ضعیف و رو به فنای IP می‌شوند. تمام کانی‌هایی که قابلیت هدایت خوب دارند (مثل سولفیدهای فلزی، اکسیدها، گرافیت و ...) سهم بسزایی در این نوع IP دارند. طول مدت دوام ولتاژ روبه زوال IP در داخل زمین به عواملی مثل ساخت سنگ‌ها، تخلخل، نفوذپذیری، قابلیت هدایت الکتریکی کانی‌های فلزی و قابلیت هدایت الکتروولیت موجود در حفرات سنگ‌ها بستگی دارد.

بزرگی و شدت IP فلزی (الکتروودی) به مقدار ولتاژ تزریقی، نوع ماده معدنی، درصد ماده معدنی، اندازه دانه‌ها، تخلخل، مقاومت و نوع الکتروولیت و مقاومت ظاهری سنگ‌های دربرگیرنده بستگی دارد. هرچه ماده معدنی هادی‌تر و درصد آن بیشتر باشد، IP بزرگتر و هرچه کانی‌ها پراکنده‌تر (More

(Disseminated) در متن سنگ میزبان باشد IP برجسته تر خواهد بود زیرا در این حالت سطح تماس جهت تبادل الکترونی-یونی به بیشترین مقدار خود خواهد رسید. به همین دلیل کانسارهای سولفیدی افشان و پراکنده (Disseminated&Porphyry) بهتر از کانسارهایی که در آن‌ها کانه بصورت حجمی و توده‌ای انباشته شده (کانسارهای رگه‌ای) به روش IP پاسخ می‌دهند.

معمولا اکتشافات ژئوفیزیکی به روش IP به دو روش کلی زیر انجام می‌گیرد:

1- اندازه‌گیری IP در قلمرو زمان Time Domain IP Surveying

2- اندازه‌گیری IP در قلمرو فرکانس Frequency Domain IP Surveying

2-4- تعبیر و تفسیر مطالعات ژئوفیزیک در منطقه‌ی مطالعاتی

در تابستان سال 1382، توسط گروه ژئوفیزیک سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور یک سری عملیات اکتشافی به روش IP-RS (Time Domain) در محدوده مطالعاتی نی‌جان انجام گرفت. بحث زیر نتیجه تعبیر و تفسیر داده‌های حاصل از این مطالعه می‌باشد.

مشخصات این عملیات بشرح زیر است:

انواع آرایش: - آرایش مستطیلی برای تعیین موقعیت کلی آنومالی

- آرایش دایپل- دایپل برای تعیین گسترش عمقی آنومالی (محل پروفیل‌ها بر مبنای نتیجه‌ی آرایش مستطیلی تعیین می‌شود)

منطقه‌ی مطالعاتی ابتدای چهار آرایش مستطیلی، بشرح زیر مورد برداشت قرار گرفت:

- فاصله الکترودهای تزریق جریان مستقیم از یکدیگر برابر 600 متر (AB= 600m)

- طول پروفیل‌ها برابر 300 متر و هر پروفیل شامل 15 نقطه اندازه‌گیری.

- فاصله پروفیل‌ها از یکدیگر برابر 25 متر. بدین ترتیب هر آرایش مستطیلی 135 نقطه اندازه‌گیری را دربردارد.

نقشه ترسیم شده شبه‌مقطع شارژیبلیتته ظاهری منطقه که حاصل اندازه‌گیری 4 آرایش مستطیلی فوق است، در نقشه شماره 1 آمده است. چنانچه ملاحظه می‌گردد، کمترین مقدار شارژیبلیتته 15 و بیشترین آن 73 میلی‌ولت بر ولت است. بین ایستگاه‌های 50- تا 130 در حفاصل پروفیل‌های 0 تا 725، یک باند نسبتاً عریض (با روند شمال‌شرق ت جنوب‌غرب) از آنومالی‌های با شارژیبلیتته بالای 40 میلی‌ولت بر ولت (تا حداکثر 73 میلی‌ولت بر ولت) دیده می‌شود. تراکم عمده‌ی آنومالی‌ها در سه ناحیه از باند و در محدوده‌ی پروفیل‌های 100، 300 و 525 قرار دارد. فعالیت معدنی قدیمی بصورت چاه و تونل در حفاصل پروفیل‌های 100 تا 250 هستند و همچنین ترانسه‌های معدنی جدید در فاصله بین پروفیل‌های 100 تا 150 حفر گردیده‌اند.

برای مشخص نمودن وضعیت آنومالی در عمق و با توجه به نقشه شماره 1، در سه پروفیل فوق (100، 300 و 525) سه مورد اندازه‌گیری با روش IP-RS و با آرایش داپیل-دایپل، انجام گردید. نتایج این اندازه‌گیری‌ها در نقشه‌های شماره 2، 3 و 4 آمده است.

چنانچه در نقشه شماره 2 آمده است، در پروفیل شماره‌ی 100، کمترین مقدار شارژیبلیتته 3 و بیشترین مقدار اندازه‌گیری شده 60 میلی‌ولت بر ولت است. یک آنومالی شارژیبلیتته با مقادیر بیش از 50 میلی‌ولت بر ولت در حفاصل ایستگاه‌های 60 تا 170 وجود دارد. این آنومالی که به سمت جنوب‌شرق شیب دارد، از عمق حدود 65 متر شروع شده و تا عمق 90 متر، که حداکثر عمق اندازه‌گیری در این پروژه بوده، ادامه دارد. به دلیل بسته نشدن آنومالی، امکان ادامه داشتن آنومالی و حتا شدت یافتن آن در اعماق بیشتر وجود دارد. مقدار ضعیف‌تر این آنومالی با شدت‌های 20 تا 30 میلی‌ولت بر ولت به نزدیکی سطح زمین می‌رسد. چنانچه ذکر شد در محدوده‌ی اطراف پروفیل 100

سه مورد ترانشه اکتشافی حفر گردیده و کانی سولفور کالکوپیریت در آن‌ها دیده می‌شود. بدین ترتیب آنومالی شارژیبلایته می‌تواند مربوط به حضور کالکوپیریت (و یا کانی سولفور احتمالی دیگر) با مقادیر بیشتر و یا پراکنده‌تر در اعماق 65 متر به بعد باشد.

در نقشه شماره 3 وضعیت شارژیبلایته در پروفیل شماره 300 و از نزدیک سطح زمین تا عمق 90 متری، آمده است. در این پروفیل، کمترین شارژیبلایته 3 و بیشترین میزان آن 60 میلی‌ولت بر ولت است. بین ایستگاه‌های 80 تا 110 و در عمق بیش از 70 متر یک آنومالی (شیب به طرف جنوب شرق) با مقدار شارژیبلایته بیش از 50 میلی‌ولت بر ولت دیده می‌شود. ادامه این آنومالی به طرف عمق کمتر، بخش ضعیفتر آنومالی با مقادیر کمتر شارژیبلایته (15 تا 20 میلی‌ولت بر ولت) در نزدیکی سطح زمین (بین ایستگاه‌های 0 تا 40) به سطح زمین می‌رسد. این ناحیه کلا در محدوده‌ی زمین‌های زراعی قرار داشته و با خاک پوشیده شده است. در کنار حفاری‌های صورت گرفته برای خطوط انتقال برق برای روستای نی‌جان، قطعاتی از سنگ‌های گرانیتوئیدی دارای کالکوپیریت درشت‌دانه یافت می‌شود که آنومالی اصلی ذکر شده می‌تواند در اثر حضور مقادیر بیشتر (یا پراکنده‌تر) این کانی سولفور، در اعماق بیش از 70 متر باشد. لازم به ذکر است این آنومالی که از اعماق 70 متر شروع می‌شود، تا عمق 90 متر، که حداکثر برد اندازه‌گیری در این پروژه بوده، بسته نشده و امکان ادامه‌دار بودن و یا حتی شدت یافتن آن در اعماق بیشتر وجود دارد.

وضعیت تغییرات عمقی پلاریزاسیون القایی پروفیل شماره 525 در نقشه شماره 4، آمده است. چنانچه ملاحظه می‌گردد کمترین مقدار اندازه‌گیری شده‌ی IP، 3 و بیشترین مقدار آن 70 میلی‌ولت بر ولت بوده است. در محدوده‌ی حدفاصله‌ی بین ایستگاه‌های 60- تا 170 (و عمق بیش از 43 متر) یک آنومالی با شارژیبلایته بیش از 50 میلی‌ولت بر ولت و گسترش بیشتر نسبت به پروفیل‌های 100 و 300 دیده می‌شود. آنومالی مزبور از دو طرف شمال‌غرب و جنوب‌شرق

گسترش تقریبا یکسانی دارد و شیب خاصی را نمی‌توان برای آن تعیین کرد. مقادیر ضعیف‌ترین آنومالی با شدت‌های 25 تا 35 میلی‌ولت بر ولت به نزدیکی سطح زمین می‌رسد. در این محدوده پوشش خاک کشاورزی مانع از رخنمون سطحی سنگ‌ها است و امکان بررسی نمونه‌ها وجود ندارد، با این حال بدلیل پیوسته بودن باندها IP بالا در شبهه مقطع آرایش مستطیلی، عدم وجود تغییر مهم در سنگ دربرگیرنده و حضور کانی سولفور کالکوپیریت در رخنمون سنگی مناطق بالاتر (پروفیل‌های قبلی)، می‌توان آنومالی را با حضور کانی کالکوپیریت (و یا کانی سولفور دیگر) در اعماق بیشتر از 43 متر مرتبط دانست. بدلیل بسته نشدن آنومالی (مثل پروفیل‌های قبلی) در 90 متری، امکان وجود و یا حتا شدت یافتن آنومالی در اعماق بیشتر نیز وجود دارد.

نتیجہ گیری و پیشنہادها

1-9- نتیجه گیری :

با توجه به عملیات اکتشافی محدودی که در این منطقه صورت پذیرفته است، به نظر اعلام نتیجه‌گیری قطعی در این مورد منطقی نبوده و فقط می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود :

1- وجود زونهای کانی‌سازی متعدد در این منطقه اکتشافی ادامه عملیات اکتشافی را در منطقه طلب می‌نماید.

2- مطالعات ژئوفیزیک بیانگر وجود و ادامه زونهای کانی‌سازی سولفیدی تا عمق حداقل 90 متری می‌باشد که این مسئله، به اهمیت مطالعات زیر سطحی اشاره می‌نماید.

3- گستردگی طلا در یک زون پلاستی و سست در این منطقه به اثبات رسیده است (مطالعات کانی سنگین، نتایج آنالیزهای موجود و ...) با توجه به این گسترش و همچنین سست بودن سنگهای این منطقه و آزاد بودن طلا در این سنگها می‌تواند به ایده برداشت طلا با لاوک شویی کمک نماید (با توجه به اینکه در این روش میزان 0/5 گرم در تن طلا دارای صرفه اقتصادی می‌باشد) به این مسئله در بازدید آقای جرن (کارشناس فیلیپینی) نیز اشاره شد.

4- در زون کانی‌سازی شماره 2 با توجه به همراهی طلا با بخشهای اسمارنی آهن‌دار اثبات شده می‌باشد.

2-9- پیشنهادها

با توجه به نتایج به نتایج به دست آمده از مطالعات زمین‌شناسی و ژئوفیزیک، موارد ذیل جهت ادامه فعالیت‌های اکتشافی پیشنهاد می‌گردد:

1- ادامه حفر چاهک در شبکه ارائه شده و تکمیل نمونه‌برداریها در صورت حفر چاهک توسط دستگاه دریل واگن صورت پذیرد.

2- تهیه نقشه زمین‌شناسی معدنی با مقیاس 1:1000 بر پایه نقشه توپوگرافی به همین مقیاس از حداقل 35 هکتار زونهای کانی‌سازی سولفیدی، پلاسری و ...

3- حفاری‌های عمیق جهت تعیین گسترش زون سولفیدی با توجه به اطلاعات بدست آمده از مطالعات ژئوفیزیکی حداقل در 5 نقطه و عمق 500 متر.

4- در زون کانی‌سازی شماره 2 با توجه به همراهی طلا با اسکارن آن‌دار، بررسی‌های مگنتومتری پیشنهاد می‌گردد.

منابع و مأخذ :

- 1- آقائاتی، علی (1383) زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور، 606 صفحه.
- 2- امامی، محمد هاشم (1379) ماگماتیسم در ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (کتاب شماره 71)، 622 صفحه.
- 3- ترکیان، اشرف (1380) سنگ های گرانیتوئیدی، ترجمه، انتشارات نور علم، 250 صفحه.
- 4- پوره، داوود (1382) گزارش ژئوفیزیک به روش پلاریزاسیون القایی در منطقه نبی جان (کلیبر)، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (گزارش داخلی)، 24 صفحه.
- 5- درویش زاده، علی (1370) زمین شناسی ایران، انتشارات امیرکبیر، 901 صفحه.
- 6- شکوئی، حسن (1382) اکتشاف مقدماتی طلا در محدوده نبی جان. سازمان زمین شناسی شمال باختری. 39 ص.
- 7- شهاب پور، جمشید (1380) زمین شناسی اقتصادی، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان، 543 صفحه.
- 8- علایی طالقانی، محمود (1381) ژئومورفولوژی ایران، نشر قومس، 416 صفحه.
- 9- فریدی، م، شکوئی، ح. و انوری، آ. زمین شناسی ساختمانی معدن مس سونگون در مقیاس 1:1000. شرکت مس. 85 ص.
- 10- قربانی، منصور (1381) دیباچه ای بر زمین شناسی اقتصادی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، 695 صفحه.

- 11- کریم پور، محمدحسن (1368) زمین شناسی اقتصادی کاربردی، انتشارات جاوید، 404 صفحه.
- 12- کریم زاده ثمرین، ع (1381) کاربرد داده های ژئوشیمیایی (ارزیابی، نمایش، تفسیر)، انتشارات دانشگاه تبریز، 557 صفحه.
- 13- کلاگری، اصغر (1371) اصول اکتشافات ژئوفیزیکی، انتشارات تابش.
- 14- مهرپرتو، محمود (و همکاران) (1371) نقشه و گزارش زمین شناسی ورقه ی یکصد هزارم زمین شناسی ورزقان، سازمان زمین شناسی کشور.
- 15- یعقوب پور، عبدالمجید (1366) مبانی زمین شناسی اقتصادی، مرکز نشر دانشگاهی، 266 صفحه.

پیوستها

1- نقشه 1:100 ترانسه‌های اکتشافی

2- نتایج آنالیز نمونه‌ها