



pdfMachine

**A pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!



دانشکده: علوم زمین

گروه: پترولوژی و زمین شناسی اقتصادی

پتروژنز کانسار سرب و روی چشمه حافظ (ترود)، ایران مرکزی

ندا جنتی

استاد راهنما:

دکتر فرج الله فردوست

استاد مشاور:

دکتر محمود صادقیان

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

تابستان ۱۳۹۰

pdfMachine

**A pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

تقدیم به ...

تقدیم به ملایم که وجودش برایم همه عشق است و وجودم برایش همه رنج، توانش رفت تا به توانایی

برسم، مویش سپیدی گرفت تا روی سپید بمانم و

پدرم، بزرگ معلم زندگی که لست را به من آموخت و

همسرم که فروغ نگاهش، گرمی کلامش و روشنی رویش سرمایه زندگی من است .

**pdfMachine**

**A pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

## تشکر و قدردانی

نخست بر خود می‌دانم که پروردگار خود را شکر گویم به پاس لبخندهای محبت بار، دستان یاری رسان، عشق و محبت و همه آنچه را که از رحمت او دریافت کرده‌ام و از او می‌خواهم که لیاقت تشکر از لستاد را بر من ارزانی کند که

*قدر استاد نکو دانستن، حیف! استاد به من یاد نداد،...*

از لستاد فرهیخته جناب آقای دکتر فرج الله فردوست به خاطر راهنمایی‌های بی‌منتشان کمال تشکر را دارم، همچنین از لستاد فرزانه‌ام جناب آقای دکتر محمود صالحیان به خاطر راهنمایی‌های بی‌دریغشان قدردانی می‌کنم،

و برای هر دوی این عزیزان آرزوی سربلندی و روزگاری سبزی دارم،

همچنین لازم می‌دانم از خانواده و همسر عزیزم که مرا در این مهم یاری نمودند، تقدیر و تشکر کنم.

pdfMachine

**A pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

## چکیده

کلسار چشمه حافظ که در حال حاضر به صورت یک معدن متروکه می‌باشد، در ۱۹۰ کیلومتری جنوب غرب شاهرود در حاشیه شمالی زون ساختاری ایران مرکزی واقع شده است. سنگ‌های میزبان این کلسار مجموعه آتشفشلی و آتشفشلی - رسوبی ائوسن می‌لی تا فوق‌لی هستند. طیف ترکیبی این سنگ‌ها از بازالت، تراکی‌بازالت، آندزیت و تراکی آندزیت می‌باشد. آن‌ها دارای ملهیت کالکوالکان و کمی آلکان بوده و از نظر جلیگاه تکتونیک به محیط‌های قوس قاره‌ای تعلق دارند. کلسار پلی‌متال چشمه حافظ از نظر کلمی‌شنلی بسیار متنوع است که شامل گالن، بوزنیت، کالکوپیریت، دیژنیت، لسفالریت، کوولین، پیریت، کالکوسیت، مالاکیت، سرروزیت و باریت می‌باشند. کوارتز و کلسیت نیز به عنوان فازهای پلی‌متالور سیالات کلساز می‌باشند و به عنوان پس‌ماده تفریقی تبلور شده همراه با کلسارهای مذکور یافت می‌شوند. توده‌های سنگی این کلسار، از طریق جلیشینی در سنگ‌های میزبان یا پر شدن فضای خالی ایجاد شده‌اند. ساخت‌های رگ‌های و رگچه‌ای و بافت‌هایی از قبیل شله‌ای، واکنشی و پوئی‌کیلیتیک در مقطع صیقلی و نازک مشاهده می‌شود. سرب، مس و روی عنصر بارز سازنده کلسار چشمه حافظ هستند که می‌لگین فراوانی آن‌ها به ترتیب ۴/۴۷، ۲/۶۴ و ۱/۷۳ درصد وزنی می‌باشد. به دلیل عملکرد تنش‌های تکتونیک و پی‌لمدهای آن‌ها و همچنین وجود توده‌های نفوذی در اعماق، تکوین، تفریق و تحولات بعدی آن‌ها نظیر چرخه‌های سیالات گرم‌لی به تشکیل این کلسار منجر شده است. بر اساس مطالعات صورت گرفته کلسار چشمه حافظ را در گروه کلسارهای اپی‌ترمال نوع پلی‌متال  $Cu \pm Pb \pm Zn \pm Ag$  جای دارد.

**کلمات کلیدی:** کلمی‌شنلی، پلی‌متال، اپی‌ترمال، کلسار، چشمه حافظ، ترود.

## مقالات استخراجی

- ✓ مطالعه کلی شناسی کلسار سرب و روی چشمه حافظ، اولین همایش زمین شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۹
- ✓ پتروگرافی و ژئوشیمی سنگهای دربرگیرنده کلسار سرب و روی چشمه حافظ، اولین همایش ملی زمین شناسی ایران، دانشگاه آزاد شیراز، ۱۳۹۰
- ✓ زمین شناسی کلسار چشمه حافظ و بررسی پتلسیل آلودگی محیط به عناصر سمی، هفتمین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۳۹۰

pdfMachine

**A pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

## فهرست مطالب

چکیده.....	۵
مقالات استخراجی.....	۹

### فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه.....	۳
۲-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای ارتباطی.....	۳
۳-۱- وضعیت آب و هوایی و جغرافیایی انسانی.....	۴
۴-۱- ژئومورفولوژی.....	۵
۵-۱- تاریخچه معدنکاری در منطقه.....	۷
۶-۱- تاریخچه مطالعات قبلی در منطقه و اطراف آن.....	۸
۷-۱- اهداف مطالعه.....	۱۲
۸-۱- روش مطالعه.....	۱۲
۸-۱-۱- جمع آوری اطلاعات زمین شناسی.....	۱۲
۸-۱-۲- عملیات صحرائی.....	۱۳
۸-۱-۳- مطالعات آزمایشگاهی.....	۱۳

### فصل دوم: زمین شناسی عمومی

۲-۱- مقدمه.....	۱۴
۲-۲- زمین شناسی عمومی منطقه تروند.....	۱۶
۲-۲-۱- پرکلمبرین - کلمبرین.....	۱۶
۲-۲-۲- واحدهای پالئوزوئیک.....	۱۶
۲-۲-۳- واحدهای مزوزوئیک.....	۱۶
۲-۲-۴- واحدهای سنوزوئیک.....	۱۷
۳-۲- توده های نفوذی.....	۱۸
۴-۲- شرح واحدهای سنگی محدوده چشمه حافظ.....	۲۰
۴-۲-۱- واحد سنگی آندزیت- تراکی آندزیت.....	۲۳
۴-۲-۲- واحد سنگی آندزی پزالت.....	۲۴
۴-۲-۳- واحدهای سنگی آذر آوری.....	۲۴
۴-۲-۴- واحد سنگی کریستال توف.....	۲۶
۴-۲-۵- دایکها.....	۲۶
۴-۲-۷- پلاگمهای آبرفتی قدیمی.....	۲۷
۴-۲-۸- پلاگمهای آبرفتی جوان.....	۲۸
۴-۲-۹- مخروط افکنهها.....	۲۸
۴-۲-۱۰- آبرفت های عهد حاضر.....	۲۸
۵-۲- زمین شناسی ساختمانی منطقه چشمه حافظ.....	۲۸

### فصل سوم: پتروگرافی

۳-۱- مقدمه.....	۳۲
۳-۲- پتروگرافی سنگهای آتشفشانی.....	۳۲
۳-۲-۱- لیون پزالتها.....	۳۳

۳۸	۲-۲-۳ - بلزالتها.....
۴۱	۳-۲-۳ - تراکی آندزیتها.....
۴۷	۴-۲-۳ - آندزیتها.....
۵۲	۳-۳ - پتروگرافی سنگهای آذرآواری.....
۵۲	۴-۳ - تودهای نفوذی.....

### فصل چهارم: کانی شناسی

۵۵	۴-۱ - مقدمه.....
۵۵	۴-۲ - کلی شناسی.....
۵۶	۴-۲-۱ - کلههای هیپوژن.....
۶۰	۴-۲-۲ - کلههای سوپرژن.....
۶۵	۴-۲-۳ - باطلهها.....

### فصل پنجم: ژئوشیمی و پتروژنز

۶۷	۵-۱ - مقدمه.....
۶۸	۵-۲ - منابع بروز خطا در طی آماده سازی و تجزیه شیمیایی نمونهها.....
۶۹	۵-۳ - تصحیح دادههای حاصل از تجزیه ژئوشیمیایی.....
۷۳	۵-۴ - کاربرد نتایج تجزیه شیمیایی عنصر اصلی و کمیاب در طبقه بندی سنگهای مورد مطالعه.....
۷۵	۵-۵ - تعیین سری ماگمایی.....
۷۶	۵-۶ - بررسی تغییر و تحولات ژئوشیمیایی سنگها به کمک نمودارهای تغییرات.....
۸۳	۵-۷ - نمودارهای تغییرات عنصر نلسازگار در مقابل یکدیگر.....
۸۴	۵-۸ - نمودارهای تغییرات عنصر سازگار در مقابل نلسازگار.....
۸۵	۵-۹ - نمودارهای چندعنصری عنصر کمیاب.....
۸۶	۵-۹-۱ - نمودارهای چندعنصری بهنجار شده نسبت به کلدريت.....
۸۷	۵-۹-۲ - نمودارهای چندعنصری بهنجار شده نسبت به گوشتهی اولیه.....

### فصل ششم: ژنز کانسار

۹۱	۶-۱ - مقدمه.....
۹۱	۶-۲ - خصوصیات سنگ میزبان.....
۹۲	۶-۳ - وضعیت ساختمانی.....
۹۲	۶-۴ - شکل و ساختار مله معدنی.....
۱۰۶	۶-۵ - مکلیزم تشکیل کانسار چشمه حافظ.....

### فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۱۱۲	۷-۱ - نتیجه گیری.....
۱۱۴	۷-۲ - پیشنهادات.....

### منابع

۱۱۶	منابع فارسی.....
۱۱۹	Refrence.....



## فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه..... ۴
- شکل ۱-۲- تصویر ماهواره ای منطقه مورد مطالعه ۱:۱۰۰۰۰۰ (تصویر ماهواره ای لندست)..... ۷
- شکل ۱-۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه در واحدهای ساختمانی ایران..... ۱۵
- شکل ۲-۲- توالی چینشندگی در زون تروود - چاه شیرین..... ۱۹
- شکل ۳-۲- بخشی از نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ معلم..... ۲۱
- شکل ۴-۲- تصویری از گدازهای آندزیت تا تراکی آندزیت همراه با آندزی بازلت..... ۲۲
- شکل ۵-۲- دگرسانی با تشکیل رگه سیلیسی و کلسیتی در سنگ آندزیت..... ۲۴
- شکل ۶-۲- نمایی از دگرسانی در واحد آذرآواری به رنگ کلاً روشن..... ۲۴
- شکل ۷-۲- میان لایه‌های گدازه آندزیتی تا آندزی بازلت در واحد آذرآواری..... ۲۵
- شکل ۸-۲- واحد کریستال توف با مورفولوژی تپه مله‌وری..... ۲۵
- شکل ۹-۲- نمایی از تراس‌های موجود در منطقه چشمه حافظ..... ۲۶
- شکل ۱۰-۲- دیگرام گل‌سرخ‌ی فراوانی گسل‌ها..... ۳۰
- شکل ۱۱-۲- چگونگی تشکیل چین‌خوردگی‌های مارپیچی شکل..... ۳۰
- شکل ۱-۳- تصویری از بافت غربالی در فوکریست‌های پلاژیوکلاز و تجزیه به سرسیت در الیون بازلت..... ۳۷
- شکل ۲-۳- تصویری از پلاژیوکلازهای سرسیتی شده و حضور کلمی‌های اوپک به صورت ادخال در الیون بازلت..... ۳۷
- شکل ۳-۳- تصویری از تجمع فوکریست‌های پیروکسن و ایجاد بافت گلوپور فیری در الیون بازلت..... ۳۷
- شکل ۴-۳- تصویری از فوکریست‌های الیون، ایندگزیتی شدن از حلیه‌ها و شکستگی‌ها شروع شده و تا مرکز بلورها ادامه می‌یابد..... ۳۷
- شکل ۵-۳- تصویری از فوکریست‌های پلاژیوکلاز تجزیه شده و حضور کلینوپروکسن و کلمی اوپک با بافت پور فیری در زمینه کریپتوکریستالین در بازلت..... ۴۱
- شکل ۶-۳- تصویری از فوکریست‌های کلینوپروکسن در بازلت بافت پور فیری که حضور کلمی‌های اوپک به صورت محدب نشان‌دهنده تقدم آنها می‌باشد..... ۴۱
- شکل ۷-۳- تصویری از الیون‌های ایندگزیتی شده و نیز فوکریست‌های پلاژیوکلاز تجزیه شده به سرسیت در بازلت..... ۴۱
- شکل ۸-۳- تصویری از بافت میکرولیتی پور فیری و تراکی در تراکی آندزیت..... ۴۲
- شکل ۹-۳- تصویری از حفرات پر شده از کلسیت در تراکی آندزیت. حفرات به صورت بافت آمیگدالی در مقاطع ظاهر می‌شوند..... ۴۲
- شکل ۱۰-۳- تصویری از رگه‌های کلسیت در تراکی آندزیت که فوکریست پلاژیوکلاز را قطع کرده‌اند..... ۴۲
- شکل ۱۱-۳- تصویری از پلاژیوکلازها به صورت اشکال کشیده هم به صورت فوکریست و هم میکرولیتی و همچنین شکل ۱۲-۳- تصویری از فوکریست هورنبلند و کلمی اپک در تراکی آندزیت..... ۴۷
- شکل ۱۳-۳- تصویری از فوکریست‌های پلاژیوکلاز، هورنبلند، کلینوپروکسن در تراکی آندزیت..... ۴۷
- شکل ۱۴-۳- تصویری از پلاژیوکلازهای سرسیتی شده در تراکی آندزیت..... ۴۷
- شکل ۱۵-۳- تصویری از بافت پور فیری با زمینه میکرولیتی در آندزیت..... ۴۸
- شکل ۱۶-۳- تصویری از بافت غربالی فوکریست‌های پلاژیوکلاز در آندزیت..... ۴۸
- شکل ۱۷-۳- تصویری از رگه‌های کلسیت که فوکریست‌های پلاژیوکلاز را در آندزیت‌ها قطع کرده‌اند..... ۴۸
- شکل ۱۸-۳- تصویری از حالت خوردگی خلیجی را در حواشی فوکریست‌های پلاژیوکلاز و وجود کلمی‌های اپک در داخل آنها و نیز وجود رگه‌های کلسیت در آندزیت..... ۵۱

- شکل ۳-۱۹- تصویری از تجمع فوکریست‌های اوژیت و پلاژیوکلاز در آندزیت، پلاژیوکلازها در حال تجزیه به سرسپیت می‌باشند..... ۵۱
- شکل ۳-۲۰- تصویری از پلاژیوکلازهای سرسپیتی شده و حضور کلی‌های اوپک به صورت ادخال در آن‌ها در آندزیت..... ۵۱
- شکل ۳-۲۱- تصویری از فوکریست هورنبلند تجزیه شده به کلریت در آندزیت..... ۵۱
- شکل ۳-۲۲- لیتیک توف با زمینه‌ای از میکرولیت‌های پلاژیوکلاز به همراه فلدسپات و کلی‌های فرومنیزین..... ۵۲
- شکل ۴-۱- همراهی گالن و کالکوپیریت..... ۵۶
- شکل ۴-۲- جلشینی کالکوپیریت به وسیله کوولین همراه با مالاکیت..... ۵۶
- شکل ۴-۳- نمودار تجزیه XRD که حضور کالکوپیریت و پیریت به همراه دیگر کلی‌ها در آن به اثبات رسیده است..... ۵۷
- شکل ۴-۴- حضور پیریت به صورت دانه‌های پراکنده..... ۵۷
- شکل ۴-۵- حضور بورنیت به رنگ صورتی به همراه کوولین و دیرتیت در حلیه‌ها به رنگ آبی در مقطع صیقلی که نشانه‌دهنده بافت جلشینی در آن است..... ۵۸
- شکل ۴-۶- حضور گالن در سطح تازه شکسته شده به رنگ سفید تیره متمایل به آبی و یاسرپی در نمونه دستی..... ۵۹
- شکل ۴-۷- گالن با انعکاس نوری بالا و حفره‌های مثلثی در مقطع صیقلی..... ۵۹
- شکل ۴-۸- نمودار تجزیه XRD که وجود گالن همراه کلسیت و سیلیس در آن به اثبات رسیده است..... ۵۹
- شکل ۴-۹- حضور کالکوسیت در اطراف بورنیت به رنگ خاکستری به همراه کوولین و کالکوپیریت با بافت جلشینی در مقطع صیقلی..... ۶۰
- شکل ۴-۱۰- حضور کوولین به رنگ آبی همراه با بورنیت در مقطع صیقلی..... ۶۰
- شکل ۴-۱۱- حضور مالاکیت به صورت توده‌ای در نمونه دستی..... ۶۱
- شکل ۴-۱۲- حضور مالاکیت سبز رنگ در مقطع صیقلی همراه با کالکوپیریت، لسفالریت و هماتیت به صورت پراکنده در زمینه..... ۶۱
- شکل ۴-۱۳- نمودار تجزیه XRD که حضور مالاکیت همراه با کلی‌های رسی در آن به اثبات رسیده است..... ۶۲
- شکل ۴-۱۴- حضور سروریت در اطراف گالن در مقطع صیقلی..... ۶۲
- شکل ۴-۱۵- اکسید آهن (هماتیت) به همراه رگه‌های کلسیتی و سیلیسی که نتیجه دگرسانی در منطقه می‌باشند..... ۶۳
- شکل ۴-۱۶- نمودار تجزیه XRD که هماتیت همراه با سیلیس و کلسیت در آن به اثبات رسیده است..... ۶۳
- شکل ۴-۱۷- حضور منگنز دندریتی در سطوح سنگ‌ها (الف) و دهله تونل‌ها (ب)..... ۶۴
- شکل ۴-۱۸- حضور باریت به صورت شعلی در رگه‌ها (الف) و متراکم (ب) در منطقه چشمه حافظ..... ۶۵
- شکل ۴-۱۹- نمودار تجزیه XRD که حضور باریت به همراه کلسیت و سیلیس در آن به اثبات رسیده است..... ۶۵
- شکل ۵-۱- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  در مقابل  $\text{SiO}_2$  (لومتر، ۱۹۷۶)..... ۷۰
- شکل ۵-۲- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  در مقابل  $\text{SiO}_2$  (کاکس و همکاران، ۱۹۷۹) به منظور نلمگذاری آن‌ها..... ۷۴
- شکل ۵-۳- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  در مقابل  $\text{SiO}_2$  (میدلموست، ۱۹۹۴) به منظور نلمگذاری آن‌ها..... ۷۴
- شکل ۵-۴- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار  $\text{Zr} / \text{TiO}_2$  در مقابل  $\text{Nb} / \text{Y}$  (وینچستر و فلوید، ۱۹۷۷) به منظور نلمگذاری آن‌ها..... ۷۴
- شکل ۵-۵- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار تعیین سری ماگمایی..... ۷۶
- شکل ۵-۶- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در نمودارهای تغییرات هارکر..... ۷۹
- شکل ۵-۷- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در نمودارهای هارکر عنصر کمیاب..... ۸۲

- شکل ۵-۸- نمودارهای تغییرات عنصر نلسازگار در مقابل یکدیگر..... ۸۳
- شکل ۵-۹- نمودارهای تغییرات عنصر سازگار در مقابل نلسازگار..... ۸۴
- شکل ۵-۱۰- نمودارهای نسبت - نسبت..... ۸۵
- شکل ۵-۱۱- نمودار چندعنصری بهنجار شده عنصر نادر خاکی نمونه‌های مورد مطالعه نسبت به متئوریت کندریتی (ناکلورا، ۱۹۷۴)..... ۸۷
- شکل ۵-۱۲- نمودار چند عنصری بهنجار شده نمونه‌های مورد مطالعه نسبت به گوشته‌ی اولیه (سان و مک دونوف، ۱۹۸۹)..... ۸۹
- شکل ۶-۱- نمایی از ترانسه Tr-15(الف) به همراه رگچه‌های سیلیسی مشاهده شده در طول ترانسه(ب)..... ۹۴
- شکل ۶-۲- نمایی از ترانسه Tr-10..... ۹۴
- شکل ۶-۳- نمایی از سنگ کلمه‌دار که دارای کلمی‌سازی گالن و کالکوپیریت ..... ۹۴
- شکل ۶-۴- نمایی از اوکلون W13 همراه با کلمی‌سازی منگنز در اطراف آن..... ۹۸
- شکل ۶-۵- نمایی از اوکلون W16..... ۹۸
- شکل ۶-۶- نمایی از سه تونل گوی..... ۱۰۰
- شکل ۶-۷- نمایی از تونل قربان که دارای دو دهله ورودی می‌باشد..... ۱۰۰
- شکل ۶-۸- نمایی از جعبه مغزه ها..... ۱۰۱
- شکل ۶-۹- طرح شماتیکی از مکلیزم تشکیل کلسار چشمه حافظ..... ۱۰۹

## فهرست جداول

- جدول ۵-۱- علائم به کار رفته برای ترکیب سنگها ..... ۷۰
- جدول ۵-۲- نتایج تجزیه‌ی شیمیایی اکسیدهای عنصر اصلی، مقادیر کلماتی‌های نورماتیو، عنصر کمیاب و نادر خاکی نمونه‌های سنگی منطقه مورد مطالعه (قربلی، ۳۸۴) ..... ۷۱
- جدول ۵-۳- نتایج تجزیه‌ی شیمیایی اکسیدهای عنصر اصلی، مقادیر کلماتی‌های نورماتیو، عنصر کمیاب و نادر خاکی نمونه‌های سنگی منطقه مورد مطالعه (قلسمی، ۳۸۹) ..... ۷۲
- جدول ۶-۱- مشخصات ترانسه‌های پیمایش شده در منطقه ..... ۹۵
- جدول ۶-۲- مشخصات دو نمونه از اوکلون‌های حفر شده در کلسار چشمه حافظ ..... ۹۷
- جدول ۶-۳- مشخصات تونل قربان ..... ۱۰۰
- جدول ۶-۴- مشخصات عمومی گم‌له‌های مطالعه شده ..... ۱۰۲
- جدول ۶-۵- نتایج تجزیه شیمیایی XRF نمونه‌هایی از کلسار ..... ۱۱۱
- جدول ۶-۶- نتایج تجزیه نمونه هلیی از کلسار توسط شرکت زرناب ..... ۱۱۱

pdfMachine

A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

# فصل اول

## کلیات

**pdfMachine**

**A pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

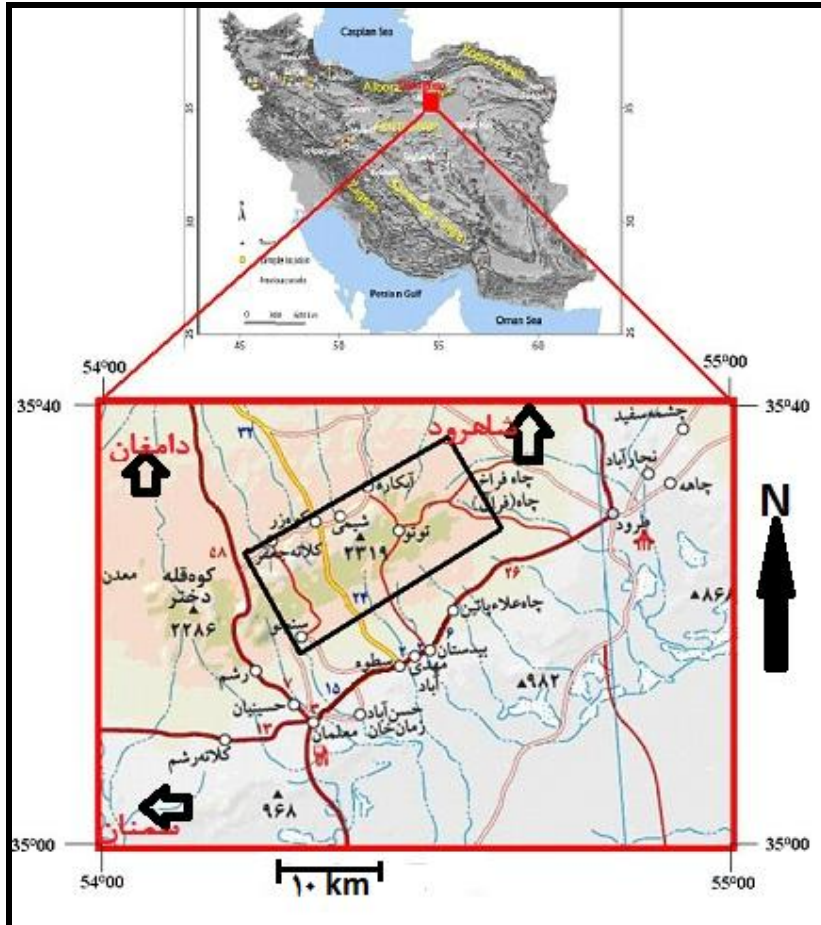
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

## ۱-۱- مقدمه:

نیاز روز افزون جوامع بشری به مواد خام اولیه و از آنجا که مواد معدنی زیر بنای اقتصاد هر جامعه را تشکیل می‌دهند، اکتشاف مواد معدنی و شناخت آنها برای هر منطقه امری لازم و ضروری می‌باشد. با توجه به این که ایران بخش قابل توجهی از ذخایر معدنی جهان را در دل خویش نهفته دارد و از آنجایی که منطقه ترود - معلمان یکی از مناطق غنی و پر بار معدنی کشور به شمار می‌آید، این منطقه از دیر باز مورد توجه معدنکاران قدیمی بوده است. منطقه یاد شده از نظر کم‌سازی به ویژه فلزی برای عنصری همچون طلا، نقره، سرب، روی و مس حائز اهمیت است. منطقه چشمه‌حافظ یکی از مواردی می‌باشد که شواهد معدنکاری قدیمی را داشته و همچنین فعالیت اکتشافی در حال انجام می‌باشد، بنابراین انجام چنین تحقیقی در منطقه ضروری به نظر می‌رسد.

## ۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی

محدوده مورد بررسی در ۱۵۴ کیلومتری جنوب شرق شهرستان دامغان، جنوب غرب شهرستان شاهرود و غرب روستای ترود، ۲۵ کیلومتری شمال شرق آبادی سطوه، در محلی بنام گردنه بند توتو، با موقعیت جغرافیایی  $54^{\circ}44'27''$  تا  $54^{\circ}44'54''$  طول شرقی و  $35^{\circ}25'16''$  تا  $35^{\circ}25'41''$  عرض شمالی واقع شده است. در جنوب این منطقه، کویر بزرگ یا کویر نمک و در شمال آن مناطق کویر حلاج علی قلی و کویر چاه جم قرار دارند. راه‌های اصلی دسترسی به منطقه، جاده‌های آسفالتی دامغان - معلمان (۱۲۰ کیلومتر) و شاهرود - ترود - معلمان (۱۸۰ کیلومتر) می‌باشند. دسترسی به این محدوده از راه شوسه معلمان ترود امکان پذیر است، پس از طی ۲۳ کیلومتر از جاده معلمان - ترود به سهراهی سراجی می‌رسیم. از این سهراهی پس از طی ۹ کیلومتر جاده خاکی به ابتدای محدوده می‌رسیم (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه (منطقه مورد مطالعه توسط کادر مشخص شده است) (اقتباس از سایت اطلس جامع راههای ایران).

### ۳-۱- وضعیت آب و هوایی و جغرافیای انسانی

این منطقه دارای آب و هوای گرم و خشک با تلبستان‌های بسیار گرم و زمستان‌های سرد و خشک می‌باشد. بر اساس آمار سازمان هواشناسی در سال ۱۳۸۲ بالاترین میزان دما در منطقه در تیرماه برابر ۴۵ درجه سانتیگراد و پایین‌ترین دمای منطقه در آذرماه برابر ۸- درجه سانتیگراد بوده است. به دلیل خشک بودن منطقه میزان بارندگی بسیار ناچیز و در بیشتر ماه‌های سال فقد بارندگی می‌باشد. بالاترین میزان بارندگی ثبت شده برابر ۱۸ میلیمتر، که در بهمن ماه بوده است.

قرار گرفتن منطقه در حاشیه شمالی کویر بزرگ ایران و نیز وجود کوه‌های نسبتاً مرتفع، موجب تغییرات فشار، جلبجیلی هوا و وزش باد در منطقه می‌شوند. علاوه بر بلدهای محلی، بلدهای غربی و کویری نیز بر آب و هوای این منطقه تأثیر می‌گذارند. بلدهای غربی مرطوب و باران‌زا هستند و بلدهای کویری موجب افزایش دما و خشکی هوا می‌شوند.

پوشش گیاهی در نیمه شمالی بیشتر از نیمه جنوبی و شامل بوته‌های کویری، درختچه‌های گز و بوته‌های زیره، لسپند کوهی، خاک شیر و ... می‌باشند. آب مورد نیاز در منطقه از چشمه‌ها، قنات‌ها، بندهای خاکی بسیار کوچک و پمپاژ سفره‌های زیرزمینی تأمین می‌گردد. با این حال، در ارتفاعات شرایط آب و هوایی تا حدودی متفاوت است و معمولاً فصل زمستان با بارش باران و برف همراه می‌باشند که این وضعیت موجب برودت هوا در فصل زمستان تا چند درجه زیر صفر می‌شود.

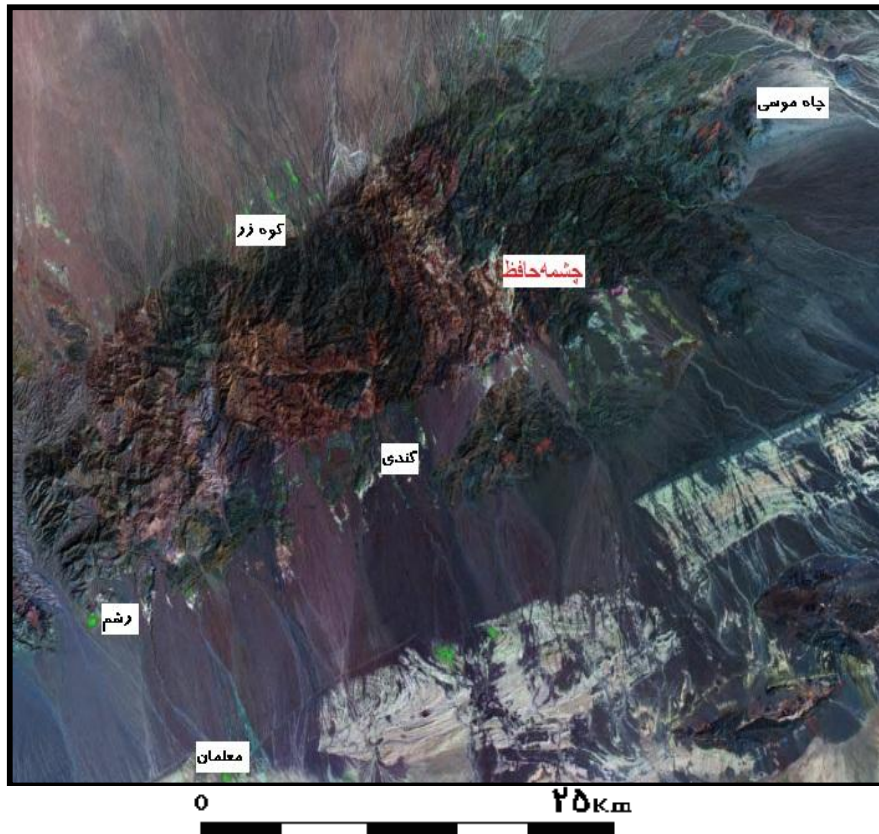
مهمترین مرکز مسکونی منطقه مورد مطالعه، روستای رشم است که در بخش غربی منطقه قرار گرفته و در جنوب آن روستاهای حسینیان و معلمان از دیگر مراکز مهم جمعیتی منطقه هستند. آبادی‌های کوچکی نظیر سطوه، مهدی‌آباد، سینگ، حسین‌آباد، بیله‌ستان، سوسنوار، کلاته‌میرزا با تمرکز جمعیتی کمتر از دیگر مراکز هستند. روستای ترود نیز یکی دیگر از مراکز مهم جمعیتی منطقه به شمار می‌آید ولی به طور کلی، شرایط سخت زندگی، آب و هوای گرم کویری، طوفان‌های ملسای، کمبود بارش، اندک بودن زمین‌های قابل کشت و زرع باعث شده که این ناحیه از نظر تمرکز جمعیت بسیار پایین باشد.



#### ۴-۱- ژئومورفولوژی

منطقه مورد مطالعه از نظر ژئومورفولوژیکی دو چهره کاملاً متفوت را نشان می‌دهد. بخش شمالی از بلندی‌هایی با ارتفاع بیش از ۲۰۰۰ متر و بخش جنوبی از سرزمین‌های پست و مسطح کویری که توسط تپه‌های رسی، نمکی و در دامنه‌ها از سنگ فرش صحرایی پوشیده شده است. سنگ‌های رسوبی آوسن به علت سختی، کم فرسوده شده و تقریباً مسطح به نظر می‌رسند (آقلیمی، ۳۴۹). به طور کلی نقاط مرتفع‌تر به طرف شمال و زمین‌های پست و کم ارتفاع به طرف جنوب قرار دارند.

رشته کوه ترود - چامشیرین ارتفاعات زبلی را در بر دارد که از غرب به شرق می‌توان به کوه سیاه پشته با بلندی ۱۴۰۰ متر، کوه کاله کجوقرا با بلندی ۲۱۷۱ متر، بالا احمد با بلندی ۲۲۹۹ متر و کوه چاه فراخ با بلندی ۱۲۰۶ متر از سطح دریا اشاره نمود (قربلی، ۳۸۴). ارتفاعات موجود بوسیله دره‌هایی با روند تقریبی شمالی - جنوبی که اکثراً خلستگاه تکتونیکی (گسله) دارند، بریده شده‌اند و به دلیل تنوع واحدهای سنگی و مقاومت غیر یکسان سنگ‌ها در برابر پدیده‌های تکتونیکی و فرسایشی، دره‌هایی به شکل متفوت اما بیشتر به صورت V شکل ایجاد شده است و آبراهه‌های اصلی نیز در امتداد دره‌ها، از شمال به جنوب حرکت می‌کنند که از نوع فصلی هستند (درویش‌زاده، ۳۵۷). هم‌گونه که در تصویر مله‌وارهای لندست، منقطه مورد مطالعه مشاهده می‌شود نوار ماگمایی معلمان - ترود دارای روند شمال شرق - جنوب غرب می‌باشد که این مجموعه ماگمایی - رسوبی ارتفاعات منطقه را تشکیل می‌دهد و رسوبات نرم جوان‌تر در بخش جنوبی به دلیل فرسایش منطقه دشت را بوجود آورده‌اند. همچنین در شمال این مجموعه، دشتی پوشیده از رس و نمک قرار گرفته است (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲- تصویر ماهواره ای منطقه مورد مطالعه ۱:۱۰۰۰۰۰ (تصویر ماهواره ای لندست)

### ۱-۵- تاریخچه معدنکاری در منطقه

منطقه ترود - معلمان از دیرباز مورد توجه معدنکاران کهن بوده، به نحوی که کوره‌ها و سردارهای نوب قدیمی که به نام معدنکاری شدادی معروف هستند، در بسیاری از نقاط منطقه مشاهده می‌شوند و امروزه به عنوان نشانه و راهنمایی برای اکتشاف مواد معدنی مورد استفاده قرار می‌گیرند که واژه شدادی برای معدنکاری و معدن قدیمی رها شده در ایران به کار می‌رود (قربلی، ۱۳۸۱). از جمله معدن قدیمی و شدادی منطقه می‌توان به معدن مس چاه موسی، سرب و روی قله کفتران، فلزات پلیمه ابوالحسنی، مس چاه حامد، طلای بلغو، سرب رشم، روی انارو، مس - سرب و روی چشمه حافظ، طلای گندی، آهن چالو، سرب زرشکوه، طلای کوه‌زر و غیره اشاره کرد. بر اساس اطلاعات محلی فعالیت معدنکاری در منطقه به حدود ۵۰ سال قبل باز می‌گردد که بیشتر

جهت استخراج مس صورت می‌گرفته و حضور سرباره‌های مس نوب گویای انجام فعالیت‌های نوب و تغلیظ ماده معدنی در مجاورت کلسار می‌باشد.

## ۱-۶- تاریخچه مطالعات قبلی در منطقه و اطراف آن

منطقه ترود به دلیل جاه‌بدهای معدنی از دیرباز مورد توجه زمین شناسان و معدنکاران بوده است و مطالعات زیادی در این منطقه صورت گرفته، که در قالب تهیه نقشه‌های زمین شناسی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ ترود و ۱/۱۰۰۰۰۰ معلمان توالی لیتولوژیکی و سنی واحدهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. ماده معدنی مس در این نوار آتشفشانی از زمان‌های بسیار قدیم شناخته شده بود که عامل مهمی در معرفیت و توجه به این منطقه بوده است. کلسازی مس که در حاشیه شمال غربی کویر بزرگ در طول بیش از ۳۵ کیلومتر دیده می‌شود، توجه محققین زیادی را به خود جلب کرده است.

همچنین در زمینه اکتشاف مواد معدنی مختلف مطالعاتی صورت گرفته و گزارشاتی ارائه شده است که در زیر به برخی از آنها اشاره خواهد شد.

- هنمک<sup>۱</sup> (۱۸۹۹)، و هلمهاکر<sup>۲</sup> (۱۸۹۸)، اولین محققانی هستند که با هدف پی‌جویی طلا زمین شناسی منطقه را مورد مطالعه قرار داده‌اند.

- دیچل<sup>۳</sup> (۱۹۴۴)، درباره نخلیر طلا و عیار آن مطالعاتی انجام داده است. وی به این نتیجه رسید که پیدایش طلا با رگه‌های سیلیسی موجود در منطقه و توده‌های گرانیتی شرق کوه زر مرتبط است.

- موحد اول (۱۳۴۷)، درباره معدن فیروزه بلغو در منطقه تحقیقاتی انجام داده و احتمال وجود مس پورفیری را در این ناحیه یادآور شده است.

- تقی زاده (۱۹۶۸)، درباره مس و فیروزه در شمال کوه ترود تحقیقاتی به عم<sup>۴</sup> آورده است.

<sup>۱</sup> - Henmcke  
<sup>۲</sup> - Helmhacker  
<sup>۳</sup> - Dichal

- هوبر<sup>۵</sup> و اشتوکلین<sup>۶</sup> (۱۹۵۶)، و هوبر (۱۹۵۷)، مطالعات مقدماتی زمین شناسی ترود - معلمان را انجام داده‌اند که توسط علوی (۱۹۷۰)، مورد تجدید نظر قرار گرفته است. هوبر و اشتوکلین (۱۹۵۶)، تمام بخش جنوبی رشته کوه‌های ترود - چاه شیرین را با دیدی دقیق مطالعه کرده و نقشه ۱/۱۰۰۰۰ آن را تهیه کرده‌اند.

در رلستای اکتشاف مواد معدنی در این ناحیه، نهادها و موسسات دولتی پروژه‌هایی را در منطقه ترود - معلمان انجام داده‌اند که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- گزارش ترود (۱۳۵۷)، با عنوان تحول پدیده‌های زمین شناسی ناحیه ترود همراه با تهیه نقشه زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰ ترود توسط سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

- شرکت مشلورین تهران پادیر (۱۳۷۰)، بنابه تقاضای سازمان صنایع و معادن لستان سمنان مبادرت به مطالعه زمین شناسی - معدنی ناحیه در مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ نموده است.

- سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۷۰)، منطقه‌ای را به منظور پی‌جویی طلا بررسی نمود که محدوده‌ی مورد نظر را نیز شامل می‌گردد.

- اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه‌ای با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ توسط سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۷۳-۱۳۷۶)، و یک شرکت چینی بنام جیلگسی (Jiangxi) بین محور سمنان - تربت حیدریه صورت گرفته است.

- گزارشی تحت عنوان گزارش ارزیابی و اکتشاف کلسارها توسط شرکت علوم زمین همراه با سازمان صنایع و معادن لستان سمنان توسط آقایان برنا و عشق آبادی (۱۳۷۵)، که به بررسی معادن سرب و روی لستان پرداخته‌اند و محدوده‌ی مورد بررسی با مقیاس ۱/۵۰۰۰ مطالعه شده است.

- شرکت توسعه علوم زمین همراه با اداره کل معادن و فلزات سلیق لستان سمنان به بررسی اندیس‌های مس در سطح لستان توسط ن. علی‌دیان (۱۳۷۵)، پرداخته‌اند.

<sup>۵</sup> - Huber

<sup>۶</sup> - Stocklin

- طرح اکتشاف طلا توسط آقایان اشراقی و سعدالدین در منطقه معلمان (۱۳۷۵)، و تهیه نقشه با مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ در دو منطقه چشمه حافظ - ابوالحسنی و گندی - زرشکوه و در همین محدوده - های اکتشافی اکتشافات ژئوشیمیایی - کلمی سنگین نیمه تفصیلی توسط س. فضیلمی صورت گرفته است.

- گزارش پروژه اکتشاف مقدماتی معادن شهرستان دامغان توسط شرکت توسعه علوم زمین (۱۳۷۹)، منتشر شده که در آن تهیه نقشه زمین شناسی به مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ از منطقه ترود - معلمان انجام شده است.

- تهیه نقشه زمین شناسی - معدنی با مقیاس ۱/۵۰۰۰ توسط مسهیلی و ق. بذخشان (۱۳۸۱).

- پروژه اکتشافی نیمه تفصیلی در مناطق پلی متال - طلا دار چشمه حافظ و چالو (۱۳۸۱).

- نقشه مقدماتی زمین شناسی با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ معلمان توسط سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۸۵)، منتشر گردیده است.

- طرح اکتشاف روی چشمه حافظ لستان سمنان (۱۳۸۶)، توسط سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران با همکاری سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی و صنایع و معادن لستان سمنان.

در ضمن، برخی مطالعات، به بررسی ماگماتیسم و تکتونیک منطقه پرداخته‌اند که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- پورحسینی (۱۳۶۲)، فعالیت‌های ماگمایی منطقه را با همگرایی عربستان - ایران مرتبط دانسته و از نوع پس از برخورد<sup>۷</sup> می‌داند.

- جعفریان (۱۳۶۸)، سنگ‌های آتشفشانی منطقه را عمدتاً آندزیتی و توده‌های نفوذی را از نوع گرانیت نوع I معرفی کرده‌اند و جلیگه فعالیت‌های ماگمایی منطقه را کمان آتشفشانی قاره‌ای می‌دانند.

<sup>۷</sup> - Post collisional

- رشید نژاد عمران ( ۳۷۱ )، منطقه بلغو را از نظر تحولات سنگ شناسی، ماگمایی و ارتباط آن با کلسازی طلا مورد بررسی قرار داده است. وی گرانیتهای کوهزر را از نوع I معرفی نموده است.

- کهنسال ( ۳۷۷ )، تودههای نفوذی نیمه عمیق در ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰ معلمان را مورد بررسی قرار داده و سنگهای این منطقه را در سه گروه زیر طبقه بندی کرده است:

۱- سنگهای لسیدی (میکروگرانیته تا میکروگرانودیوریت)، ۲- سنگهای حدولسط (کوارتز مونوزودیوریت تا میکروکوارتزیدیوریت) و ۳- سنگهای بازیک (دولریت و میکروگلبرو). این محقق بر پایه نمودارهای ژئوشیمیایی، محیط تکتونیکی تشکیل سنگهای نفوذی منطقه را از نوع پس از برخورد دانسته است.

- فولقاری ( ۳۷۷ )، به بررسی آتشفشانی ائوسن در محدوده معلمان - دامغان پرداخته است. بر پایه این تحقیق، سنگهای آتشفشانی این منطقه از نوع آکالن و کالکوالکالن بیشتر با گرایش پتلسیک هستند.

- شمعلیان ( ۳۸۱ )، ضمن مطالعه ژنز کلسارهای طلای گندی و ابوالحسنی (شمال معلمان)، سنگهای نیمه عمیق را به کمان ماگمایی درون قاره‌ای نسبت داده و معتقد است که این کمان هم زمان با فرورانش پوسته اقیانوسی تتیس جوان به زیر پوسته قاره‌ای ایران مرکزی پدید آمده است. وی بالا بودن نسبت LILE/HFSE در سنگهای آذرین منطقه را به عنوان یک ویژگی بارز سنگهای وابسته به محیطهای فرورانش معرفی نموده است.

- ایراجیان ( ۳۸۳ )، به مطالعه فرایند بنتونیت زایی و ژئولیت زایی سنگهای ائوسن میلی منطقه معلمان (رشم - گندی)، جنوب دامغان در غالب پیمان نلمه کارشناسی ارشد پرداخته است.

- قربلی ( ۳۸۴ )، ماگماتیسم منطقه در جنوب تروود را بلزیکتر و در شمال آن را لسیدیتر می‌داند و در ضمن یک منشأ درون قاره‌ای برای آن قائل است. او معتقد است که ملهیت کالکوالکالن<sup>۱</sup> سنگهای شمال گسل تروود حاصل اختلاط ماگمای آکالن مشتق شده از گوشته با ماگمای کالکوالکالن<sup>۱</sup> نشی از

ذوب سنگ‌های پوسته است. وی با توجه به ویژگی‌های ژئوشیمیایی، توده‌های گرانیتوئیدی منطقه را از نوع I، متآلومین تا پرآلومین دانسته و ولکلیسم و پلوتونیسم این منطقه را بر اساس یافته‌های ژئوشیمیایی و صحرایی بیشتر در ارتباط با سیستم‌های کشش (Pull apart) منطبق می‌داند.

- خواجه‌زاده (۱۳۸۸)، پترولوژی و ژئوشیمی توده‌های آذرین نفوذی شمال معلمان که در غالب پلان‌نامه کارشناسی ارشد منطقه را مورد بررسی قرار داده است.

- قاسمی (۱۳۸۹)، به بررسی زمین‌شناسی، کلسی‌شناسی، ژئوشیمی و ژئز کلسار پلی‌متال چشمه حافظ در غالب پلان‌نامه کارشناسی ارشد پرداخته است.

#### ۷-۱- اهداف مطالعه

به دلیل تنوع کلسی‌سازی در منطقه ترود - معلمان و نیز با توجه به ارزش جهانی فلزات به ویژه سرب و روی، مطالعات گسترده‌ای به منظور اکتشاف فلزات در کشور صورت گرفته است. منطقه چشمه حافظ یکی از پتلسیل‌های معدنی در ناحیه ترود - چامشیرین می‌باشد که با بررسی چگونگی و نحوه تشکیل کلسه‌ها در این منطقه، می‌توان از نتایج بدست آمده در جهت اکتشاف سایر کلسی‌سازی‌های منطقه و کلسی‌سازی‌های مشابه در ایران استفاده کرد.

پلان‌نامه حاضر در همین راستا جهت مطالعه کلسی‌شناسی، ژئوشیمیایی و تعیین ژئز کلسار چشمه حافظ تعریف شده است.

#### ۸-۱- روش مطالعه

۸-۱-۱- جمع آوری اطلاعات زمین‌شناسی منتشر شده قبلی و نقشه‌های زمین‌شناسی و

توپوگرافی منطقه

در این مرحله اطلاعات منتشر شده قبلی موجود اعم از گزارش‌های تحقیقاتی موجود، پلیمان نامه‌ها، نقشه‌های زمین شناسی، توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای مختلف جمع آوری و مورد بررسی قرار گرفتند.

### ۱-۸-۲- عملیات صحرائی

عملیات صحرائی طی دو مرحله کلی انجام گرفت.

مرحله اول بازدید مقدماتی، که با هدف آشنایی با منطقه و توجیه نقشه زمین شناسی و بررسی وضعیت کلی ماده معدنی، گسترش و ارتباط آن با سنگ‌های در برگیرنده انجام شد. مرحله دوم که طی چند روز انجام گرفت شامل برداشت کارهای اکتشاف سطحی (ترانشه‌ها و اوکلون‌ها) و گم‌های حفر شده و نمونه‌برداری آن‌ها به صورت سیستماتیک بوده است.

### ۱-۸-۳- مطالعات آزمایشگاهی

نمونه‌های برداشت شده، ابتدا در نمونه دستی مورد مطالعه قرار گرفتند و بر اساس توزیع مگمایی و تنوع سنگی تعداد ۲۰ نمونه جهت تهیه مقاطع نازک به منظور مطالعات پتروگرافی و ۱۵ نمونه جهت تهیه مقاطع صیقلی به منظور مطالعه کلمه‌ها و بافت آن‌ها انتخاب شدند. پس از مطالعه میکروسکوپی نمونه‌ها، تعداد ۱۱ نمونه جهت آنالیز به روش دیفراکسیون اشعه ایکس (XRD) به منظور شناسایی برخی از کلمی‌ها که توسط میکروسکوپ قبلی شناسایی نبودند، در آزمایشگاه دانشکده علوم پایه دامغان و تعداد ۱۳ نمونه به روش فلورسینس اشعه ایکس (XRF) به منظور تعیین عناصر اصلی و فرعی و همچنین تعیین غلظت آن‌ها انتخاب شده که در آزمایشگاه شرکت کلمساران بینالود مشهود مورد آنالیز قرار گرفتند.



## فصل دوم

### زمین شناسی عمومی

pdfMachine

**A pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

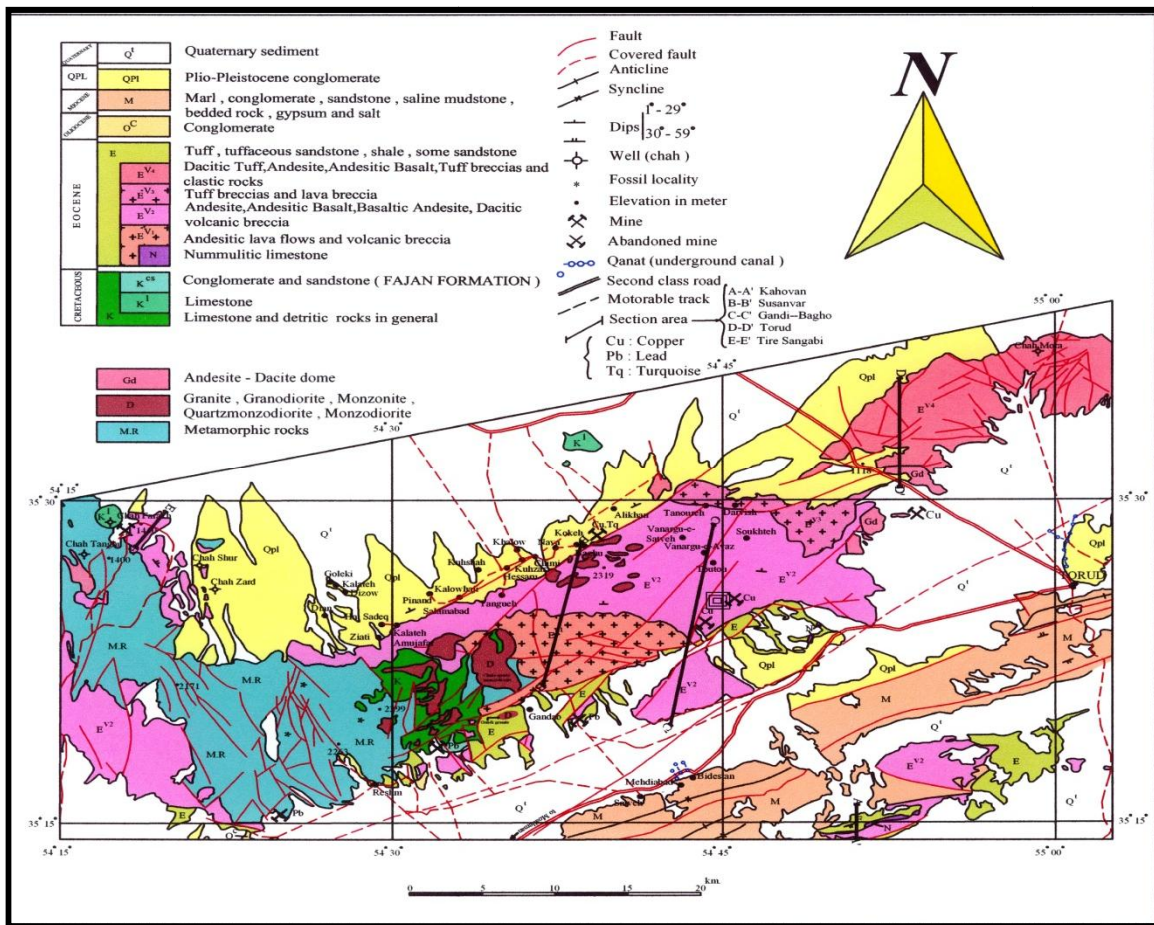
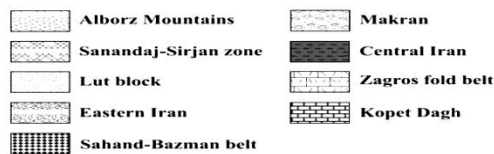
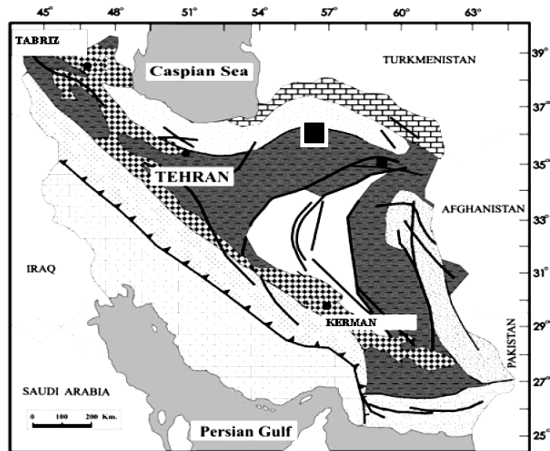
## ۲-۱- مقدمه

منطقه مورد مطالعه در لبه‌ی شمالی زون ایران مرکزی (آقلیت‌ی، ۱۳۸۳، اشتوکلین و نبوی، ۱۹۷۲)، در محدوده‌ی شمالی نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ (معلمان (اشراقی و جلالی، ۱۳۸۵) و بخش مرکزی نقشه زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ ترود (علوی و هوشمندزاده، ۱۳۵۷) واقع شده است (شکل ۲-۱).

واحدهای سنگی موجود در این منطقه، شامل سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب آندزیت، تراکی-آندزیت، تراکی آندزیت-بازالت، بازالت، دلسیت، ریودلسیت، ... و به مقدار کمتر رسوبی - آتشفشانی شامل توف و توفیت متعلق به دوران سوم بویژه ائوسن میانی - فوقانی هستند، که در برخی نقاط توسط آبرفت‌های قدیمی و رسوبات کواترنری شامل تراس‌های قدیمی، رسوبات آبرفتی از جمله شن، ملسه، سیلت پوشیده شده‌اند. توده‌های نفوذی کوچکی با ترکیب حدوداً تا لسییدی در بین واحدهای آتشفشانی - رسوبی ائوسن نمایان هستند که زمان تشکیل آن‌ها به ائوسن پایانی - الیگوسن نسبت داده شده است (هوشمندزاده، ۱۳۵۷).

سنگ‌های آتشفشانی ائوسن و توده‌های نفوذی توسط دایک‌های بازیک تا حدوداً قطع شده‌اند که بیشتر دایک‌های منطقه روند شمال شرقی - جنوب غربی دارند (قریبی، ۱۳۸۴).

کلسارهای مس - سرب و روی چشمه حافظ، مس چاه موسی، سرب و روی گندی و ... نمونه‌های بارز کلسارهایی در منطقه می‌باشند.



شکل ۱-۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه در واحدهای ساختمانی ایران (به نقل از اشتوکلین ۱۹۷۲؛ اصلاح شده توسط شهاب پور، ۱۹۹۴) و نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰,۰۰۰ ترود (هوشمندزاده و همکاران، ۳۵۷ برگرفته از خواجه زاده، ۱۳۸۴)

## ۲-۲- زمین شناسی عمومی منطقه ترود

### ۲-۲-۱- پرکامبرین - کامبرین

قدیمی‌ترین سنگ‌های منطقه را سنگ‌های دگرگونی منصوب به قبل از اردوئیسین، احتمالاً پرکامبرین تشکیل می‌دهند که در کوه‌های سیاه پشته و کوه شتر رخمون دارند. گدازه‌های آندزیت بازالتی دگرگونه، شیست، میکلشیست، مرمر و سرپلتنیت این مجموعه را تشکیل می‌دهند و در حد رخسارهای شیست سبز تا آمفیبولیت دگرگون شده‌اند. مرز پلیین واحدهای دگرگونی در منطقه نمایان نیست و مرز بالایی آن با سنگ‌های دگرگونی پالئوزوئیک به صورت ناپیوسته می‌باشد (قربلی، ۱۳۸۴).

### ۲-۲-۲- واحدهای پالئوزوئیک

سنگ‌های پالئوزوئیک به صورت دگرگون و با مرز هم شیب در کوه سیاه پشته بر روی سنگ‌های دگرگون قدیمی‌تر نمایان هستند. همچنین این سنگ‌ها با گسترش و ضخامت قلیل توجه در نواحی چاه شیرین، سپیدلتو و دره رشم رخمون دارند و بلندترین کوه‌های منطقه رشم را پدید آورده‌اند. شیست، سنگ آهک و دولومیت متبلور، مرمر، ملسه سنگ دگرگون شده و متولکللیک‌ها این مجموعه را تشکیل داده‌اند که به طور محلی ضخامت آن‌ها به بیش از ۲۰۰۰ متر می‌رسد. به لحاظ ترکیب سنگی و موقعیت سنگ چینه‌ای این مجموعه دگرگونی با سازند جمال قلیل مقیسه می‌باشد (قربلی، ۱۳۸۴).

### ۲-۲-۳- واحدهای مزوزوئیک

مرمرهای سفید رنگ پرمین توسط یک واحد تخریبی که با سازند سرخ شیل قلیل مقیسه است پوشیده می‌شود. این واحد تخریبی متشکل از شیست و ملسه سنگ است و ۸۰ تا ۱۰۰ متر ضخامت دارد. بر روی واحد یاد شده ۲۰۰ متر سنگ آهک دولومیتی دگرگون نمایان است که احتمالاً با سازند شتری هم ارز است (قربلی، ۱۳۸۴).

نهبشته‌های کرتلمسه آغازی و پیلای به صورت سالم و ناددگرگون و با مرز دگرشیب بر روی واحدهای قدیمی‌تر نمایان هستند. قلعه رسوبات سخت شده کرتلمسه آغازی در منطقه چامشیرین کنگلومرایی است که توسط ۲۰۰ متر تنلوب مارن و ملسه‌سنگ به رنگ سبز روشن پوشیده شده است. در این واحد رسوبی فسیل‌های آپسین - آلبین گزارش شده است (قربلی، ۱۳۸۴).

## ۲-۲-۴- واحدهای سنوزوئیک

نهبشته‌های دوران سنوزوئیک با فعالیت‌های آتشفشانی ائوسن زیرین آغاز می‌شود (نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰/معلمان). واحدهای آتشفشانی - رسوبی ائوسن گسترش زیادی در منطقه دارند. این مجموعه با ضخامت حدود ۳۰۰۰ متر به گونه دگرشیب واحدهای قدیمی‌تر را می‌پوشد. قلعه واحدهای ائوسن تخریبی است و از ملسه‌سنگ، شیل، مارن، کنگلومرا و توفیت تشکیل شده است. این واحد قلعه-ای حدود ۳۰۰ متر ضخامت دارد و فسیل‌های ائوسن در آن یافت می‌شود (قربلی، ۱۳۸۴). هوشمندزاده و همکاران (۱۳۵۷) ترکیب بیشتر سنگ‌های آتشفشانی ائوسن در منطقه ترود - چامشیرین را آندزیتی دانسته و چهار بخش گدازه قلعه‌ای یا آندزیت، برش آتشفشانی زیرین، برش‌های آتشفشانی میلی که در بین آنها گنبد‌های نیمه عمیق وجود دارد و سرانجام برش‌های آتشفشانی بالایی شامل تنلویی از کنگلومرا، ملسه‌سنگ، گدازه و برش آتشفشانی را معرفی نموده‌اند.

نهبشته‌های الیگو - میوسن بیشتر از نوع تخریبی - مارنی می‌باشند که به صورت سازندهای قرمز زیرین، قم و قرمز بالایی در بخش‌های جنوبی منطقه نمایانند. این نهبشته‌ها چین خورده‌اند و تالیدیس‌ها و نلودیس‌های متنوع را پدید آورده‌اند، یا اینکه نفوذ گنبد‌های نمکی موجب به هم ریختگی آنها شده است. لایه‌های محدودی از توف و توفیت در بین واحدهای رسوبی الیگو - میوسن منطقه وجود دارد که نشانه فعالیت‌های ماگمایی محدود منطقه در این زمان‌ها می‌باشند (قربلی، ۱۳۸۴).

نهشته‌های جوان پلیو - کواترنری منطقه بخش وسیعی از ناحیه را پوشش می‌دهد. این نهشته‌ها شامل پادگله‌های قدیم و جدید که به اشکال مخروط افکنه، دشتهای سیلابی و بالاخره بستر رودخانه‌ها تظاهر می‌کند. درجه سفت شدگی این نهشته‌ها خیلی کم بوده و به آسانی فرسوده می‌شوند.

## ۲-۳- توده‌های نفوذی منطقه

سنگ‌های آتشفشلی ائوسن در منطقه ترود - چامشیرین توسط توده‌های نفوذی متعددی قطع شده‌اند. این توده‌ها به شکل گنبد، لستوک و یا دایک در بین سنگ‌های آتشفشلی جلیگزیل شده‌اند. بر پایه ترکیب و روابط صحرایی سنگ‌های نفوذی منطقه به سه گروه زیر قلیل طبقه‌بندی هستند (قربلی، ۱۳۸۴):

## - توده‌های مونزودیوریتی - گرانودیوریتی - گرانیتی

این گروه قدیمی‌ترین سنگ‌های نفوذی منطقه به شمار می‌آیند که به صورت لستوک در بین سنگ‌های کربنله یا سنگ‌های آتشفشلی ائوسن نمایانند. بر پایه سن سنگ‌های درونگیر (ائوسن میلی) زمان تشکیل آنها به ائوسن پلیلی - الیگوسن نسبت داده شده است (هوشمندزاده و همکاران، ۱۳۵۷).

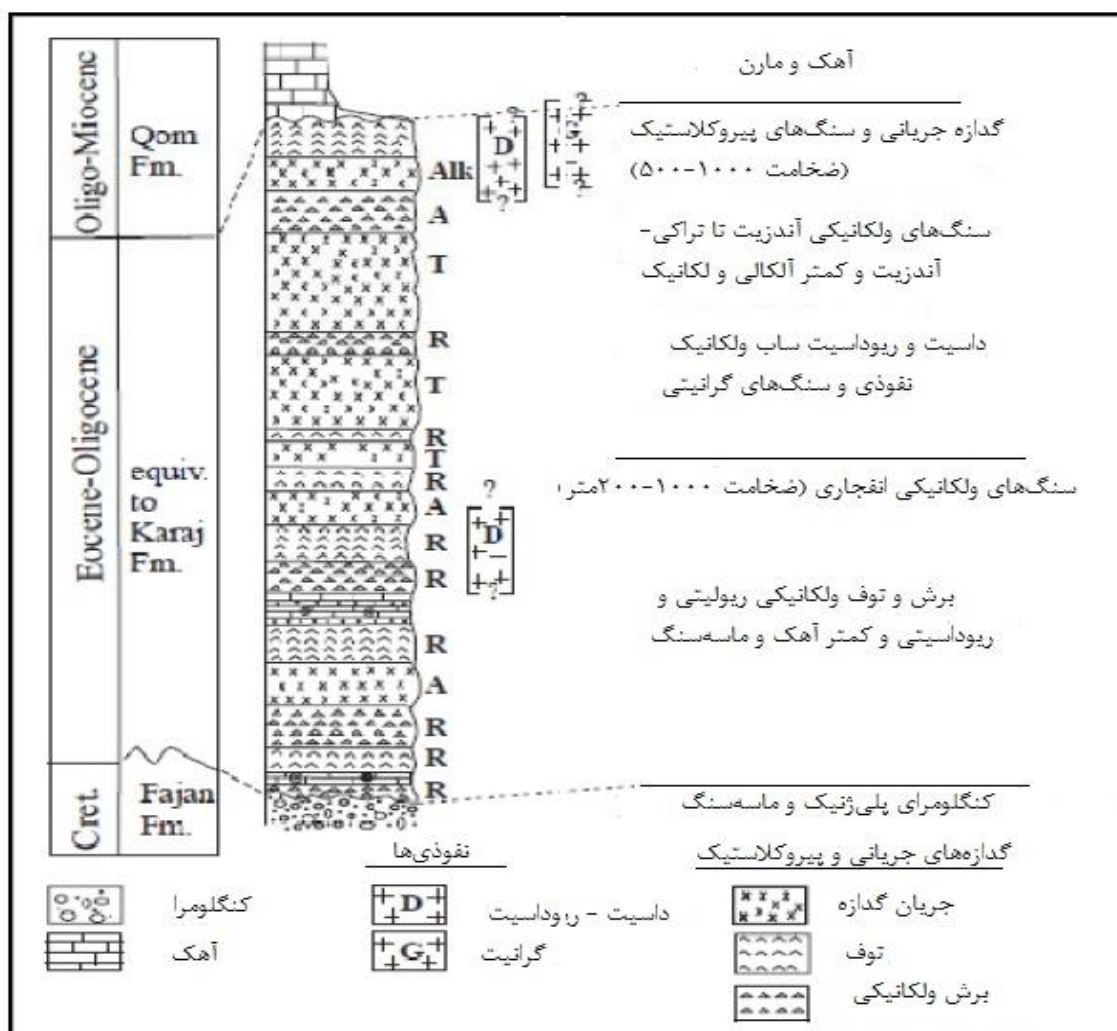
## - دایک‌های حدواسط - بازیگ

تمام توده‌های مونزودیوریتی - گرانودیوریتی - گرانیتی توسط دایک‌های حدواسط - بازیگ که اغلب روند شمال شرقی - جنوب غربی تا شرقی - غربی با شیب تقریباً قائم دارند. افزون بر توده‌های نفوذی، دایک‌ها در بین سنگ‌های رسوبی کرتاسه و سنگ‌های آتشفشلی ائوسن نیز رخمون دارند. ترکیب آنها با ترکیب سنگ‌های آتشفشلی میزبان خود عموماً همخوانی داشته و به عنوان دایک‌های تغذیه‌کننده عمل کرده‌اند.

## گنبد‌های آندزیت - داسیتی

گنبد‌های موجود در منطقه در نزدیک به سطح زمین تا سطح زمین جلیگزمین شده‌اند. این گنبد‌های به وضوح سنگ‌های آتشفشانی را قطع نموده و به علت گرانیروی بالا گسترش جلیبی محدودی دارند.

در شکل ۲-۲ توالی چین‌شده‌ی از واحدهای سنگی زون تروود - چاه شیرین به طور مختصر شرح داده شده است:



شکل ۲-۲ - توالی چین‌شده‌ی در زون تروود - چاه شیرین (هوشمندزاده، ۱۳۵۷)



## ۲-۴- شرح واحدهای سنگی محدوده چشمه حافظ

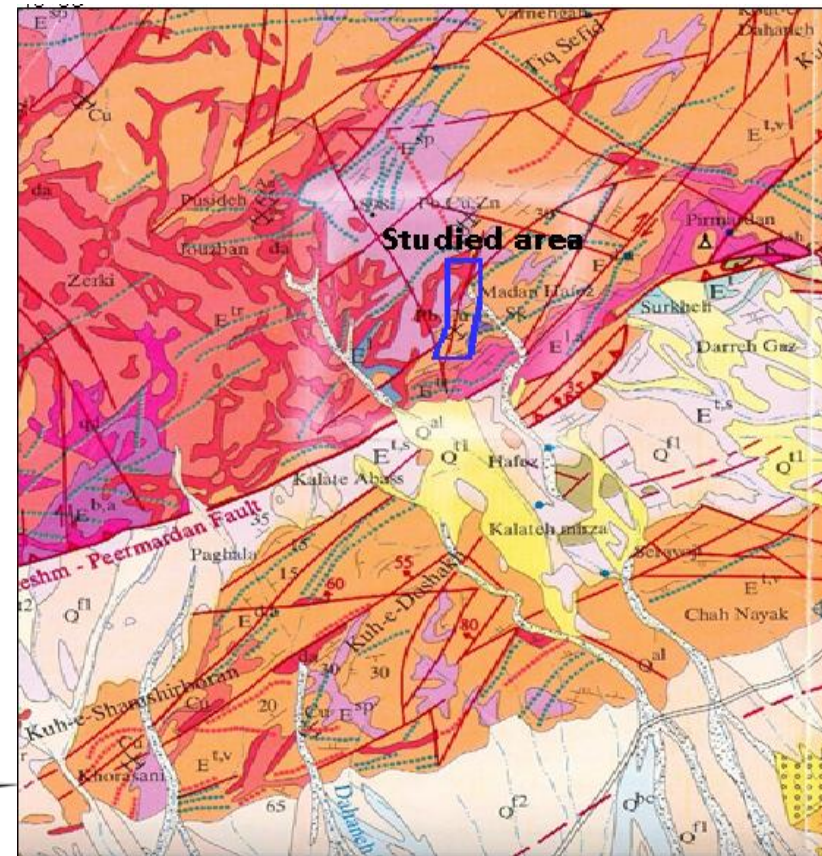
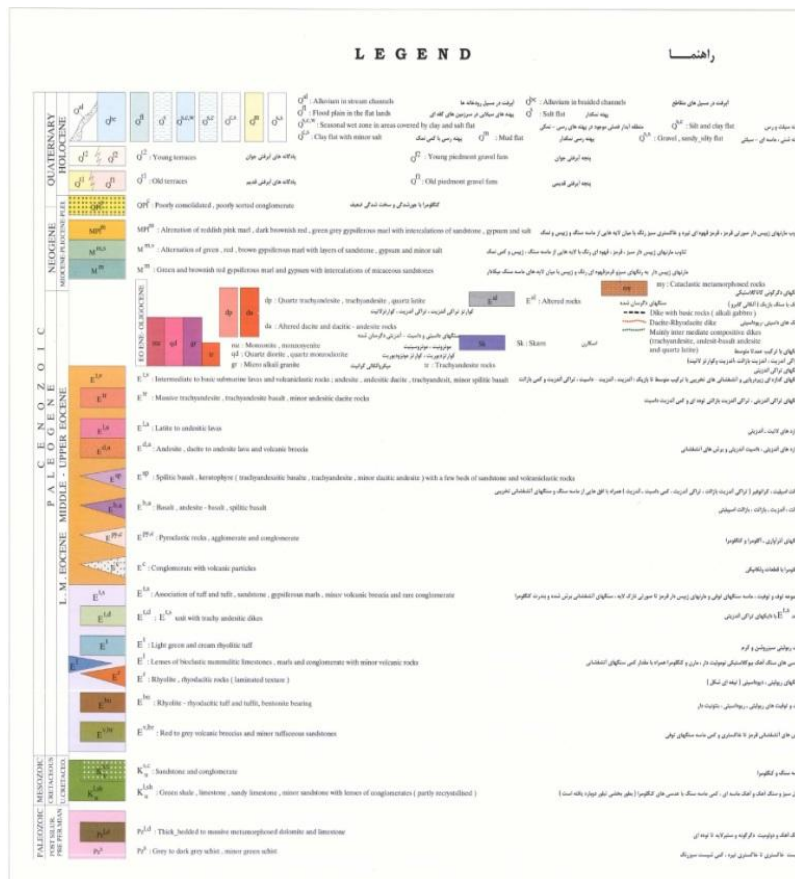
واحدهای سنگی محدوده مورد مطالعه شامل سنگهای آتشفشانی با ترکیب جدولسط تا بازیک شامل بازالت، آندزیت، تراکی آندزیت، آنڈزیت، توف و توده‌های نفوذی با ترکیب جدولسط تا لسییدی و همچنین آبرفت‌های قدیمی و جوان می‌باشند. سن این واحدها را بر اساس مطالعات صورت گرفته در این منطقه، به ائوسن میله تا بالایی نسبت داده‌اند. همچنین توده نفوذی و دایک‌های محدوده با سن ائوسن - الیگوسن و آبرفت‌های قدیمی و جوان با سن کواترنر مشخص می‌باشند.

زون‌های دگرسانی در این محدوده شامل زون‌های سیلیسی و آرژیلیتی آغشته به اکسیدهای آهن می‌باشند. همچنین رگه‌های سیلیسی و کلسیتی در محدوده گسترش قابل توجهی دارند. واحدهای سنگی اصلی که در محدوده چشمه حافظ رخنمون دارند عبارتند از:

- واحد سنگی آنڈزیت - تراکی آنڈزیت ( $E_{an}$ )
- واحد سنگی آنڈزیت بازالت ( $E_{ab}$ )
- واحد سنگی آنراواری ( $E_t$ )
- واحد سنگی کریستال توف ( $E_{ct}$ )
- دایک‌ها
- رسوبات آبرفتی کواترنر

در شکل ۲-۳ بخشی از نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ معلمان همراه با تعیین موقعیت منطقه مورد مطالعه آورده شده است که در ادامه به شرح هر یک از واحدهای مذکور می‌پردازیم:





شکل ۲-۳- بخشی از نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ معلمان

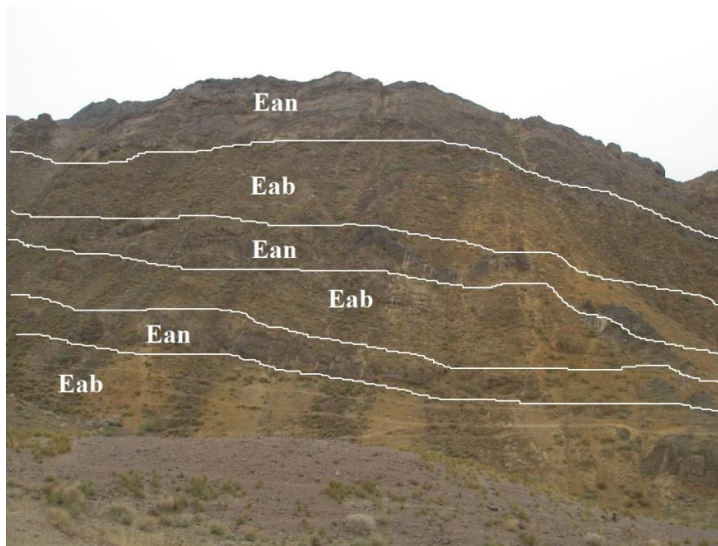
pdfMachine

A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

## ۲-۴-۱- واحد سنگی آندزیت - تراکی آندزیت (Ean)

این واحد سنگی متشکل از گدازه‌های آندزیت تا تراکی آندزیت و در برخی از قسمت‌ها آگلومرا با قطعات آندزیت می‌باشد (شکل ۲-۴). رنگ این واحد متغیر بوده و از خاکستری تا قهوه‌ای، خاکستری تیره تا سبز می‌باشد. در برخی مواقع آلترلسیون سیلیسی و آرژیلیتی بر روی آن تأثیر گذاشته و به رنگ روشن و نخودی مشاهده می‌شود. واحد آندزیت - تراکی آندزیت قدیمی‌ترین واحد محدوده مورد مطالعه بوده و بیشترین وسعت محدوده را در بر گرفته است. این واحد، با واحد آندزی‌پالزت (Eab) در تنلوب می‌باشد، که واحد Ean با ظاهری خشن و تیره‌تر نسبت به واحد Eab، از آن متمایز می‌شود. در برخی از مواقع، این واحد خرد شده است و تنها قطعات خرد شده آن را می‌توان دید که اکثراً با مورفولوژی تپه مله‌وری در صحرا مشخص می‌باشد. این واحد در بیشتر نقاط تحت تأثیر رگه‌های سیلیسی، کلسیت و دایک‌های با ترکیب مختلف قرار گرفته (شکل ۲-۵) و در برخی موارد کلمی‌سازی مس در مرز رگه‌ها با سنگ میزبان دیده می‌شود. همچنین آثاری از دگرسانی سرسیتی و کلریتی به همراه آغشتگی‌های اکسید آهن در این واحد مشاهده می‌شود.



شکل ۲-۴- تصویری از گدازه‌های آندزیت تا تراکی آندزیت همراه با آندزی‌پالزت (دید به سمت غرب)

pdfMachine

A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!



شکل ۲-۵- دگرسانی با تشکیل رگه سیلیسی و کلسیتی در سنگ آندزیت

#### ۲-۴-۲- واحد سنگی آندزیتی بازالت (E<sub>ab</sub>)

واحد آندزیتی بازالت متشکل از گدازه‌های آندزیتی بازالت- تراکی آندزیت تیره می‌باشد و در نمونه دستی بیشتر به رنگ خاکستری تیره متمایل به سیاه تا سبز تیره و خاکستری تیره متمایل به قهوه‌ای در قسمت‌های اکسیده و هوازده مشاهده می‌شود. واحد آندزیتی بازالت نیز رخنمون قبلی ملاحظه‌های در منطقه دارد که اغلب به صورت میان‌لایه‌های مشخص و تیره رنگ درون واحد آندزیت - تراکی آندزیت (E<sub>an</sub>) قرار گرفته است (شکل ۲-۴). این واحد نیز در بیشتر نقاط تحت‌تأثیر رگه‌های سیلیسی و کلسیت و دایک‌ها قرار گرفته است و در برخی موارد در کنتاکت آن‌ها کلی‌سازی دیده می‌شود.

#### ۲-۴-۳- واحدهای سنگی آذرآواری (E<sub>t</sub>)

واحدهای سنگی آذرآواری متشکل از لیتیک‌توف، کریستال لیتیک‌توف می‌باشند. رخنمون این واحدها را می‌توان در قسمت‌های وسیعی از شمال، غرب، شرق و جنوب محدوده مورد مطالعه مشاهده کرد. رنگ این واحدها بر حسب نوع سنگ و شدت دگرسانی از خاکستری تیره متمایل به سبز تا خاکستری و خاکستری متمایل به زرد متغیر است.

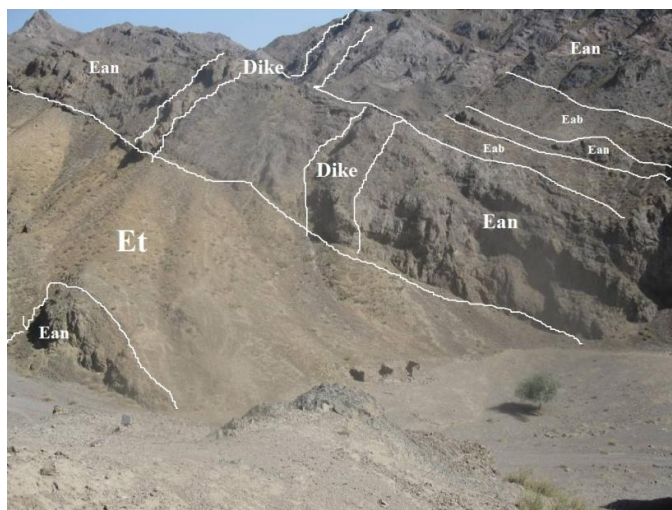


این واحد سنگی به دلیل ملهیت نرم خود غالباً به وسیله مقدار کمی خاک پوشیده شده است و لایه‌های مختلف ذکر شده به صورت متدلوب و نازک لایه تکرار می‌شوند، به همین دلیل تفکیک آن‌ها میسر نمی‌باشد. شیب لایه‌ها اکثراً به طرف شرق و جنوب شرق می‌باشد. در بیشتر مواقع این واحد تحت تأثیر دگرسانی‌های کربناتی، سیلیسی، آرژیلیتی، کلریتی همراه با آغشتگی اکسید آهن قرار گرفته است. در مواردی که دگرسانی سیلیسی و آرژیلیتی بر روی آن تأثیر گذاشته، رنگ آن روشن و خردشدگی آن نیز شدیدتر می‌باشد (۲-۶).



شکل ۲-۶- نمایی از دگرسانی در واحد آذرآواری به رنگ کلاً روشن (دید به سمت شرق)

میان لایه‌هایی با ترکیب آندزیتی‌بازالت تا تراکی‌آندزیت تیره درون این واحد مشاهده می‌شود که توسط مورفولوژی خشن و رنگ تیره‌تر از واحد Et قبل تفکیک می‌باشند (شکل ۲-۷).



شکل ۲-۷- میان لایه‌های گدازه آندزیتی تا آندزی بلزالت در واحد آنراواری (دید به جنوب شرق)

#### ۲-۴-۴- واحد سنگی کریستال توف (E<sub>ct</sub>)

واحد سنگی کریستال توف در واقع یکی از لایه‌های تشکیل‌دهنده واحد آنراواری است که به دلیل گسترش قلیل توجه در قسمت جنوب شرقی منطقه، از آن تفکیک شده است. رنگ این واحد خاکستری که با مورفولوژی تپه مهوری در صحرا قلیل تشخیص می‌یابد (شکل ۲-۸).



شکل ۲-۸- واحد کریستال توف با مورفولوژی تپه مهوری (دید به سمت شمال شرق)

pdfMachine

A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

## ۲-۴-۵- دایک‌ها

دایک‌ها در محدوده چشمه حافظ دارای ترکیب جدولسط - بلزیک (آندزیتی، تراکی‌آندزیتی، دلسیتی، بلزالتی) و از نظر پیدایش دارای سن ائوسن- الیگوسن می‌باشند. اغلب دایک‌ها دارای روند شمال شرق - جنوب غربی تا شرقی - غربی با شیب قائم هستند و موازی و در امتداد گسل‌های اصلی منطقه تشکیل شده‌اند. ترکیب آن‌ها با ترکیب سنگ‌های آتشفشلی میزبان خود عموماً همخوانی داشته و به عنوان دایک‌های تغذیه‌کننده عمل می‌کنند. ضخامت دایک‌ها متغیر و تا چند متر و طول رخنمون آن‌ها در سطح زمین گاه به بیش از صد متر می‌رسد (قرنبل، ۱۳۸۴) (شکل ۲-۷).

## ۲-۴-۶- یادگانه‌های آبرفتی قدیمی (Q<sub>t1</sub>)

این واحد مربوط به تراس‌های قدیمی می‌باشد و در مرکز منطقه رخنمون دارد که متشکل از گراول‌های درشت تا متوسط دانه‌ای هستند و در مکان‌های نسبتاً مرتفع حلیشه آبراهه‌ها رخنمون دارند (شکل ۲-۹).



شکل ۲-۹- نمایی از تراس‌های موجود در منطقه چشمه حافظ (دید به سمت شمال)

## ۲-۴-۷- پادگانه‌های آبرفتی جوان (Q<sub>2</sub>)

رسوبات کلاً سست با ترکیب گل و لای، شن، ماسه و قطعات سنگی بسیار درشت حاصل از سنگ‌های بالاست، این نهشته‌ها را تشکیل می‌دهند. این رسوبات معمولاً در منطقه چشمه حافظ در کنار آبرفت‌های عهد حاضر مشهود می‌شوند.

## ۲-۴-۸- مخروط افکنه‌ها (Q<sub>f</sub>)

در برخی قسمت‌ها در منتهی‌الیه آبراهه‌ها، رسوبات عصر حاضر که متشکل از قطعات سنگی بالاست می‌باشند، به شکل مخروط افکنه در چندین قسمت منطقه نمایش شده‌اند.

## ۲-۴-۹- آبرفت‌های عهد حاضر (Q<sub>al</sub>)

آبرفت‌های عهد حاضر در حال تشکیل در بستر یا حاشیه رودهای فصلی و آبراهه‌ها هستند که عرض آن‌ها گاه به ۶۰ متر نیز می‌رسد. رسوبات شامل قطعات سنگی حاصل از فرسایش سنگ‌های بالاست و اطراف با ترکیب آندزیت و آندزیت‌بازالت می‌باشند. باطله‌های سنگ‌های لستخراچی قدیمی، تونل‌ها و همچنین سرباره‌های نوب‌نلشی از فعالیت‌های شدیدی نیز پهنه‌های نسبتاً وسیعی را در سطح محدوده می‌پوشانند.

## ۲-۵- زمین‌شناسی ساختمانی منطقه چشمه حافظ

### - گسل‌ها

روند اصلی عوارض ساختمانی (گسل‌ها و چین‌ها) در منطقه مورد مطالعه شمال شرقی - جنوب غربی است. گسل‌های انجیلو در شمال و ترود در جنوب با امتداد N60-70E مهمترین شکستگی‌های منطقه‌اند که این دو گسل مولفه امتداد لغز چپ‌گرد و شیب لغز معکوس دارند.

pdfMachine

A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

(قربلی، ۱۳۸۴). به نظر می‌رسد عمده تحولات زمین‌شناسی منطقه در نتیجه حرکت این گسل‌ها می‌باشد. حرکات چپ‌گرد آن‌ها موجب چین خوردگی شدید رسوبات پیش از کرتاسه در امتداد و محدوده بین گسل‌های انجیلو و تروود می‌شود (هوشمندزاده و همکاران، ۱۳۵۷). بر اساس سیستم‌های گسله و عملکرد نیروهای وارد بر منطقه می‌توان گسلش در منطقه را به دو دسته تقسیم کرد.

- دسته اول گسل‌های قبل از کلمه‌زایی که نقش مهمی در جریان محلول‌های کلمی‌ساز داشته و ماده معدنی را در خود جای داده‌اند و شامل گسل‌های اصلی انجیلو در شمال و تروود در جنوب که دارای رلستای شمال شرقی - جنوب‌غربی و نیز شمالی - جنوبی می‌باشند که گسل‌های شمال شرقی - جنوب غربی از نوع سینتتیک بوده و جلبجیلی امتداد لغز چپ‌گرد داشته و همچنین گسل‌های شمالی - جنوبی به دلیل جلبجیلی چپ‌گرد گسل‌های انجیلو و تروود دارای مولفه اصلی شیب لغز معکوس هستند (قربلی، ۱۳۸۴). در محدوده چشمه‌حافظ گسل‌هایی که در رلستای شمال شرقی - جنوب‌غربی هم‌روند با گسل‌های اصلی منطقه هستند و از اعمال فشار بر منطقه شکل گرفته‌اند که اغلب توسط رگه‌های کلمه‌دار پر شده‌اند. رگه اصلی کلمه‌دار چشمه‌حافظ در امتداد گسل چشمه‌حافظ (روند شمالی - جنوبی) تشکیل شده است.

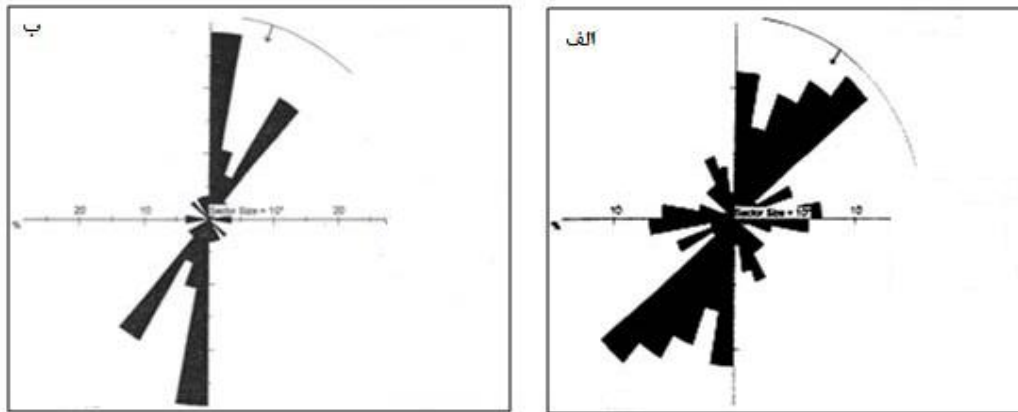
- دسته دوم گسل‌های بعد از کلمی‌سازی که در برخی نقاط ماده معدنی را قطع کرده‌اند و بیشتر توسط کلسیت، سیلیس و باریت پر شده‌اند. این گسل‌ها در رلستای شمال‌غربی - جنوب شرقی می‌باشند، که عمود بر نیروی فشارشی وارد تشکیل شده و احتمالاً در اثر رهلیی از تنش شکل گرفته‌اند و همراه با گسل‌های شرقی - غربی از نوع آنتی‌تتیک بوده و جلبجیلی امتداد لغز رلست‌گرد دارند. روند گسل‌ها در منطقه از تنوع بالایی برخوردار است و این از خصوصیات ذاتی زون‌های گسلی امتداد لغز است (قربلی، ۱۳۸۴). در بیشتر موارد گسل‌های شرقی - غربی باعث جلبجیلی واحدهای سنگی و سایر گسل‌ها شده‌اند. به نظر می‌رسد که این گسل‌ها آخرین نسل گسله در محدوده مورد مطالعه می‌باشند که در امتداد آن‌ها رگه‌های کربناته و سیلیسی فقد آثار کلمه‌زایی تشکیل شده است.



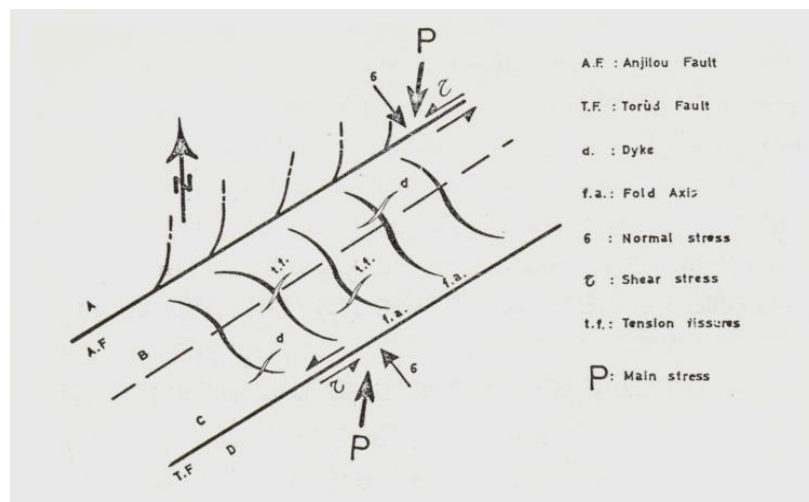
همچنین گسل‌های منطقه را می‌توان به دو دسته گسل‌های اصلی و فرعی تقسیم نمود. روند گسل‌های اصلی N60-70E موازی با گسل ترود (شمال شرق - جنوب غرب) است. این گسل‌ها دارای دو نوع جلیجلی عمودی با شیب ۸۰ درجه که قسمت جنوبی گسل را به سمت پلیین و جلیجلی افقی که قسمت جنوبی گسل را به سمت شرق سوق می‌دهد. روند گسل‌های فرعی N20-30E است (هوشمندزاده و همکاران، ۱۳۵۷). در شکل ۲-۱۰ دیاگرام گل‌سرخ‌ی رسم شده برای گسل‌های محدوده چشمه‌حافظ ملاحظه می‌شود. هم‌لطور که در این دیاگرام دیده می‌شود روند گسل‌ها در محدوده از تنوع زیادی برخوردار است لیکن روندهای N-S و NE-SW از اهمیت نسبی بیشتری برخوردار است.

### - چین‌ها

روند چین‌خوردگی در نواحی مختلف ناحیه ترود متفوت است. روند چین‌خوردگی اواخر تریاس به علت ضعف چین‌خوردگی و شدت چین‌خوردگی‌های بعدی مشخص نیست. چین‌خوردگی ژوراسیک بالایی و کرتله پلیین بین گسل‌های انجیلو و ترود دارای روند شمال غرب - جنوب شرق است که از N40W در منتهالیه غربی تا N20W در مرکز و شمال تا N40W در جنوب و جنوب شرق است که به چین‌ها حالت مارپیچ می‌دهد (شکل ۲-۱۱). چین‌خوردگی پس از کرتله و پیش از ائوسن نیز دارای چنین وضعیتی است به طوری‌که محور تقدیس و نلودیس‌های کرتله رو به شمال است. چین‌خوردگی پس از ائوسن نیز روندهای مختلفی را دارند که روند حاکم بر آن N70E است. حالت مارپیچی نیز در این چین‌خوردگی‌ها وجود دارد (هوشمندزاده و همکاران، ۱۳۵۷).



شکل ۲-۱۰- دیاگرام گل‌سرخ‌ی فراوانی گسل‌ها (الف) و دیاگرام گل‌سرخ‌ی فراوانی رگه‌های کله‌دار در منطقه چشمه-حافظ (قلمی، ۱۳۸۹).



شکل ۲-۱۱- چگونگی تشکیل چین‌خوردگی‌های ماریچی شکل (هوشمندزاده و همکاران، ۱۳۵۷) برگرفته از قربلی، ۱۳۸۴.

فصل سوم

پتروگرافی سنگ‌های

دربرگیرنده کلسار

**pdfMachine**

**A pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

## ۳-۱- مقدمه

مطالعات سنگ‌شنه‌سی به منظور شناخت منشأ، جایگاه تکتونیک‌ی و شرایط تشکیل سنگ‌ها، در درجه اول وابسته به مطالعات پتروگرافی و بررسی‌های صحرایی است. بررسی‌های دقیق و جامع ژئوشیمیایی بدون در نظر گرفتن مطالعات پتروگرافی نمی‌تواند جوابگوی پتروژنز دقیق سنگ‌ها باشد و بررسی میکروسکوپی سنگ‌ها و ژئوشیمی آن‌ها مکمل یکدیگرند و امروزه پتروژنی بیشتر از پتروگرافی محض نیازمند به بررسی‌های میکروسکوپی سنگ‌ها دارد (شلی، ۱۹۹۳).

بدین منظور طی چهار مرحله عملیات صحرایی در مسیرهای متعدد به صورت عمود بر روند لیتولوژیک‌ی و ماده معدنی، بیش از ۵۰ نمونه سنگی برداشت شد. پس از توصیف نمونه‌های دستی، تعداد ۲۰ مقطع نازک از آن‌ها جهت مطالعات پتروگرافی تهیه گردید.

همان طور که در فصل قبل بیان شد و همچنین بر اساس مطالعات آزمایشگاهی انجام شده،

سنگ‌های منطقه مورد مطالعه به چهار دسته تقسیم شده‌اند که عبارتند از:

- ۱) سنگ‌های آتشفشانی شامل: اولیوین‌بازالت، بازالت، تراکی‌آندزیت و آندزیت.
- ۲) سنگ‌های آذرآواری شامل: لیتیک توف، کریستال لیتیک توف.
- ۳) توده نفوذی شامل: توده‌های گرانیتی - مونزودیوریتی، دایک‌های حدولسط - بازیک (گلبرویی و میگروگلبرویی، بازالتی، آندزی‌بازالتی، میکرودیوریتی)، گنبد‌های آندزیت - دلسیتی (قربلی، ۱۳۸۴).

در ادامه به توصیف ویژگی‌های پتروگرافی هر یک از آن‌ها پرداخته خواهد شد.

## ۳-۲- پتروگرافی سنگ‌های آتشفشانی

با توجه به مطالعات صحرایی و پتروگرافی، به احتمال قوی سنگ‌های آتشفشانی منطقه‌ی مورد مطالعه دارای یک روند تفریق از بازالت تا آندزیت می‌باشند. در این گروه‌های سنگی با پیشرفت فرایند تفریق از مقدار الیوین موجود در سنگ‌ها کلمسته و بر مقدار پلاژیوکلاز افزوده می‌شود. نکته قابل توجه

در سنگ‌های منطقه وجود شواهد بافتی شرایط عدم تعادل شامل حلیه واکنشی، ادخال، بافت غربالی و منطقه‌بندی در فنوکریست‌های پلاژیوکلاز و پیروکسن است که در سنگ‌های آتشفشلی منطقه به خوبی مشاهده می‌شوند.

علائم اختصاری مورد استفاده در اشکال این فصل عبارتند از:

Oli	اولیوین	Opc	کلی اوپک	Fld	فلدسپات
Plg	پلاژیوکلاز	Ca	کلسیت	Qa	کوارتز
Cpx	کلینوپیروکسن	Ser	سرسیت	Hbl	هورنبلند

### ۳-۲-۱- اولیوین بازالت‌ها

الیوین‌بازالت‌ها در منطقه مورد مطالعه به رنگ خاکستری تیره تا سیاه دیده می‌شوند. از مشخصه‌ی عمده‌ی سنگ‌های آتشفشلی منطقه می‌توان به وجود منطقه‌بندی در فنوکریست‌ها، بافت غربالی و گلومروپورفیری اشاره کرد. کلی‌های اصلی الیوین‌بازالت‌ها را کلینوپیروکسن، اولیوین و پلاژیوکلاز تشکیل می‌دهند. کلی‌های فرعی شامل کلی‌های اوپک و کلی‌های ثلویه شامل کلریت، ایدنگزیت، کلسیت و سرسیت می‌باشند. به نظر دیبر و همکاران (۱۹۹۱)، فرآیند ایدنگزیتی شدن یک تغییر و تبدیل پیوسته در ساختمان الیوین و یا پیروکسن است که در حالت جامد روی می‌دهد و طی آن ورود اتم‌های هیدروژن به درون ساختمان الیوین و اتصال آن‌ها به اتم‌های اکسیژن موجب آزاد شدن کاتیون‌های  $Mg^{+2}$  و  $Fe^{+2}$  شده و در عوض کاتیون‌های  $Fe^{+3}$ ،  $Al$  و  $Ca$  وارد شبکه شده و جایشین آن‌ها می‌گردند. پلاژیوکلاز و الیوین، اولین کلی‌های متبلور شده از مایع بازالتی هستند. این روند با تبلور کلینوپیروکسن دنبال می‌شود که در بعضی مواقع دارای ادخال‌های از پلاژیوکلاز می‌باشد.

## - کانی‌های اصلی در الیوین بازالته‌ها

### • پلاژیوکلاز

بیشترین حجم را در بین فوکریست‌های سنگ‌های بازالته‌ی دارا می‌دهد. اندازه آن‌ها بین ۰/۲ تا ۴ میلی‌متر است که اکثراً خودشکل تا نیمه خودشکل هستند. این کلمی به صورت فوکریست، تیغه‌ای، میکرولیتی و سوزنی شکل دیده می‌شود. برخی از آن‌ها ماکل پلی‌سننتیک و بافت غربالی نشان می‌دهند (شکل ۳-۱). پلاژیوکلازها متحمل سریسیتی شدن و سوسوریتی شدن گردیده‌اند (شکل ۳-۲). رگه‌های کلسیتی نیز در برخی از نمونه‌ها قابل مشاهده است.

### • پیروکسن

پیروکسن‌های موجود در الیوین بازالته از نوع کلینوپیروکسن هستند که اکثراً به صورت خودشکل می‌دهند. با توجه به ویژگی‌های میکروسکوپی این کلمی که شامل برجستگی زیاد، بیرفرنژانس متوسط، مقاطع هشت ضلعی با رخ‌های منشوری و زاویه خلموشی ملیل است، کلینوپیروکسن‌های موجود، احتمالاً از نوع اورثیت هستند (شکل ۳-۳). منطقه‌بندی سلامت شنی در آن‌ها قابل مشاهده می‌دهد. منطقه‌بندی سلامت شنی موقعی پدید می‌آید که سطوح با ترکیب مختلف در یک بلور، رشد کنند (شلی، ۱۹۹۸). نکته‌ی قابل توجه در پیروکسن‌ها، وجود بافت گلمروپورفیری می‌دهد (شکل ۳-۴). بافت گلمروپورفیری وجود تجمع‌های از فوکریست‌ها یا میکروفوکریست‌هاست و می‌تواند نقش مهمی در تفریق مذاب ایفا کند زیرا توده‌های سنگین‌تر، راحت‌تر از هر یک از ذرات منفرد آن‌ها فرو می‌روند، و بر عکس، کلمی‌های سبک مثل فلدسپات، در صورت قرار گرفتن در میان یک دسته کلمی سنگین، تغشین خواهند شد (شلی، ۱۹۹۳). این بافت حاصل تجمع کلمی‌های مشابه (فوکریست‌های پیروکسن و پلاژیوکلاز)، با اندازه‌های تقریباً یکسان در زمینه‌ی دانه ریز است (بست، ۲۰۰۳). محققان نشان دادند که اغلب اجتمعات فوکریستی و تجمعات گلمروپورفیری در سنگ‌های آتشفشلی پورفیری، در مرحله‌ی

اینترانلوریک در اطاق ماگمیلی و قبل از فوران ایجاد می‌شوند (باربی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۵؛ میلوانوویچ<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۵؛ سلموئل<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). بنا به عقیده‌ی کرکپاتریک<sup>۴</sup> (۱۹۷۷) و کمپل<sup>۵</sup> (۱۹۷۸)، تجمع بلورهایی از یک نوع و تشکیل گومرول، نتیجه‌ی نطفه‌بندی نلهمگن این کلمی‌ها می‌باشد. شلی (۱۹۹۳) نیز معتقد است که بلورها ضمن صعود با یکدیگر برخورد می‌کنند و در صورتی که شبکه‌ی بلوری آن‌ها با یکدیگر موازی باشد و یا در جهت روابط اپی‌تاکسیال مناسب قرار گیرند، به همدیگر چسبیده و گومرول‌ها را ایجاد می‌کنند. به عبارت دیگر مکلیسم تشکیل این بافت را اتصالات سینوسی می‌داند. به عقیده‌ی وینتر (۲۰۰۱) و بست (۲۰۰۳)، بلورهای معلق و هم منشأ و یا بلورهای حاصل از شکسته شدن دیواره‌ی متبلور اطاق ماگمیلی، این بافت را تشکیل می‌دهند. طبق نظر ژو<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۰۹)، بافت گومروپورفیری نتیجه‌ی تجمع فنوکریست‌هاست و شامل سه مرحله می‌باشد (الهیاری، ۱۳۸۹):

مرحله‌ی اول: در طی جلیگ‌زینی ماگمای اولیه در اطاق ماگمیلی و در مراحل اولیه‌ی تبلور، فنوکریست-هایی حاصل می‌شوند.

مرحله‌ی دوم: تزریق تصادفی مذاب به درون ماگمای در حال تبلور موجود در اطاق ماگمیلی، باعث تشکیل مذاب‌های مختلط می‌شود. کاهش چگالی و گرانیروی مذاب در بردارنده‌ی این فنوکریست‌ها، باعث تجمع فنوکریست‌های چگال‌تر به صورت انباشتی<sup>۷</sup> در کف اطاق ماگمیلی می‌شود (هیوس<sup>۸</sup>، ۱۹۸۲ در ژو و همکاران، ۲۰۰۹).

مرحله‌ی سوم: تزریق ماگمای چگال‌تر با حرکت سریع به سمت بالا، سبب آشفته شدن مخزن، انتقال مذاب و افزایش فشار درون اطاق ماگمیلی می‌گردد. افزایش فشار مذاب باعث شکسته شدن بلورهای زودرس موجود در کف اطاق ماگمیلی عمیق شده و به درون اطاق ماگمیلی بالاتر انتقال می‌یابند. در این

۱-Barbey  
۲-Milovanovic  
۳-Samuel  
۴-Kirkpatrick  
۵-Kempel  
۶-Xu  
۷-Cumulate

زمان، کاهش فشار بلعث ایجاد نیروی کششی برای فوکریست‌های انبلاستی شده و جوشش و احتمالاً انفجار در مذاب مذکور را در پی دارد. در اثر تزریق و انتقال مذاب، تنش برشی بین بلورهای انبلاستی و مذاب ایجاد می‌شود. نیروهای کششی و تنش برشی، منجر به شکسته شدن بلورهای انبلاستی و تولید اجتمعات گلوپورپوری می‌شوند. در اثر صعود مذاب و سرد شدن سریع آن، خمیره‌ای در اطراف اجتمعات گلوپورپوری تشکیل می‌شود.

### • الیوین

الیوین غالباً به صورت نیمه شکل‌دار در زمینه‌ی سنگ پراکنده و اغلب در محل شکستگی‌ها دچار دگرسانی شده است (شکل ۳-۴). بلورهای این کلمی اکثراً به صورت گرد شده‌اند که نلشی از تحلیل رفتگی و هضم سطوح و کنارهای بلور می‌باشد. تحلیل رفتگی یک فاز جامد در یک فاز سیال نشان‌دهنده تحت اشباع بودن سیال مذبور از آن فاز است. بدین ترتیب، تغییر شرایط (تغییر ترکیب شیمیایی، دما یا فشار) بر پایداری فوکریست‌هایی که قبلاً به علت فوق اشباع بودن آن در سیال اولیه متبلور شده‌اند، تأثیر گذاشته و بلعث هضم و تحلیل آن‌ها می‌شود. گردش‌دگی بلورها را می‌توان به حرکت بلورهای اولیوین در اتاق ماگمایی و زمان کوتاه تعادل مذاب در مرحله‌ی تشکیل آن‌ها نسبت داد (الهیاری، ۱۳۸۹).

### - کانی‌های فرعی در الیوین بازالت‌ها

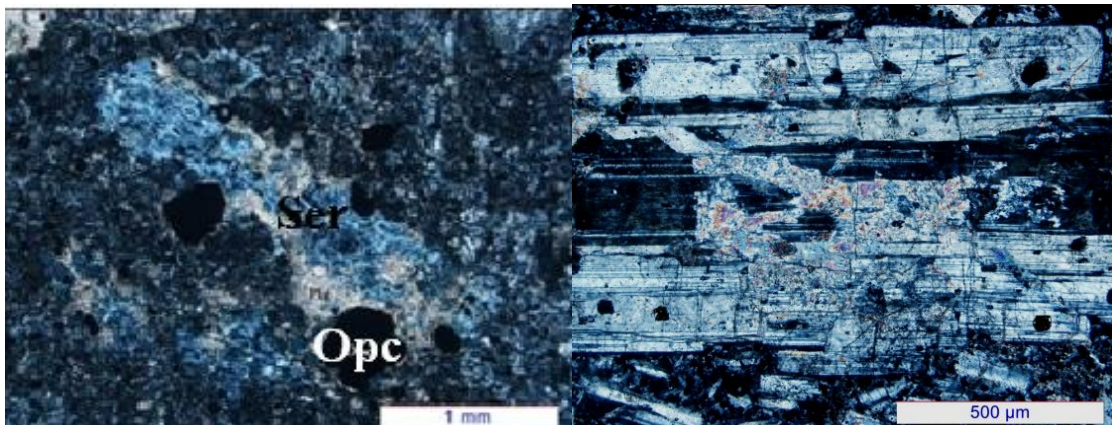
#### • کانی‌های اوپک

کلمی‌های اوپک به صورت پراکنده و در ابعاد متوسط تا درشت در بین کلمی‌های دیگر دیده می‌شوند. این کلمی‌ها غالباً به صورت ادخال درون سلیر کلمی‌ها حضور دارند. این امر نشان‌دهنده‌ی تبلور تقریباً هم‌زمان کلمی‌های روشن و اوپک است. با توجه به مقاطع صیقلی کلمی‌های اوپک بیشتر شامل پیریت، کالکوپیریت و هم‌نیت می‌باشند (شکل ۳-۲).



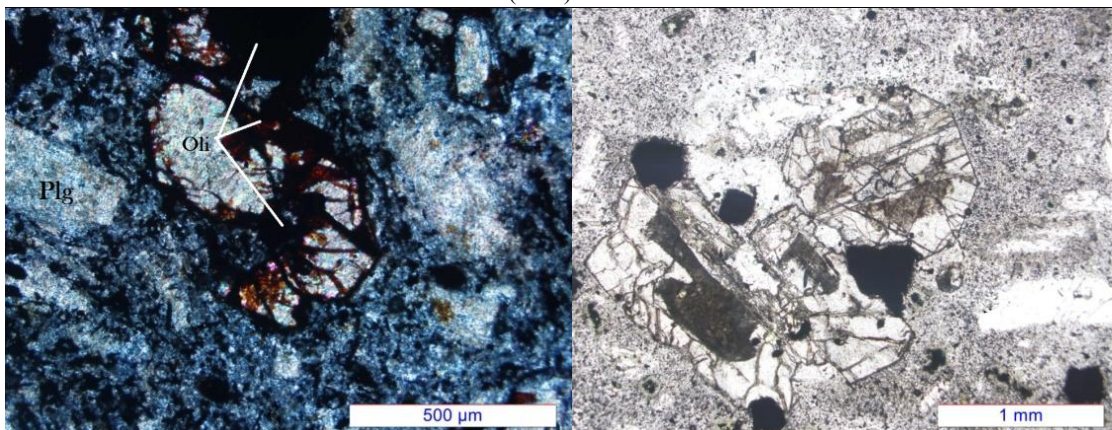
## - کان‌های ثانویه در الیوین بازالت‌ها

از مهمترین این کان‌ها می‌توان به سریسیت، کلسیت، کان‌های رسی و ایدنگزیت اشاره کرد. برخی از بلورهای اولیوین و پیروکسن به طور کامل بوسیله کان‌های کلسیت، کلریت و اکسیدهای آهن جایشین شده‌اند و سودومورفهای این کان‌ها را ایجاد کرده‌اند.



شکل ۳-۲- تصویری از پلاژیوکلازهای سریسیتی شده و حضور کان‌های اوپک به صورت ادخال در الیوین-بازالت (XPL).

شکل ۳-۱- تصویری از بافت غربالی در فنوکریستهای پلاژیوکلاز و تجزیه سریسیت در الیوین بازالت (XPL).



شکل ۳-۴- تصویری از فنوکریستهای الیوین، ایدنگزیتی شدن از حلیه‌ها و شکستگی‌ها شروع شده و تا مرکز بلورها ادامه می‌یابد (XPL).

شکل ۳-۳- تصویری از تجمع فنوکریستهای پیروکسن و ایجاد بافت گلمروپور فیری در الیوین-بازالت (PPL).

### ۳-۲-۲ - بازالت‌ها

بازالت‌ها در نمونه دستی به رنگ سبز تیره تا خاکستری تیره دیده می‌شوند. بافت غالب بازالت‌ها، پورفیری و زمینه کریپتوکریستالین می‌باشد. عبارت پورفیری برای آن دسته از سنگ‌ها به کار می‌رود که شامل فوکریست‌های مشخص در داخل یک زمینه‌ی دانه ریز باشند. بافت پورفیری به صورت چندزادی (پلی ژنتیک<sup>۱</sup>) تشکیل می‌شود. احتمالاً سازوکار اصلی ایجاد این بافت شامل دو مرحله سرد شدن مذاب است. ابتدا، تعداد کمی هسته در زیر دمای لیکیدوس و در زیر سطح زمین تشکیل می‌شود. سپس، رشد این هسته‌ها، فوکریست‌های نسبتاً بزرگی تولید می‌کند. کلهش دما منجر به تشکیل زمینه شیشه‌ای یا دانه ریز در اطراف فوکریست‌ها می‌گردد. پترولوژیست‌های مختلف (کاکس<sup>۲</sup> و همکاران، ۱۹۷۹؛ بست، ۱۹۸۲؛ هیندمن<sup>۳</sup>، ۱۹۸۵؛ لومتر<sup>۴</sup>، ۱۹۸۹؛ بست و کریستین سن<sup>۵</sup>، ۲۰۰۲؛ لومتر، ۲۰۰۴)، مسیرهای کینتیک دیگری را نیز برای تشکیل بافت پورفیری ذکر کرده‌اند اما این بافت عموماً در سنگ‌های آتشفشانی به طریق فوق تشکیل می‌شود (وینتر<sup>۶</sup>، ۲۰۰۱؛ بست، ۲۰۰۳).

کلی‌های زمینه میکروولیت‌های پلاژیوکلاز، ریزبلورهای فراوان از کلی‌های اوپک و اغلب تجمعات کربنات + کلریت و کلریت + کوارتز نیز مشاهده می‌شوند.

### - کانی‌های اصلی در بازالت‌ها

#### • پلاژیوکلاز

بازالت‌ها دارای درشت بلورهای پلاژیوکلاز با ابعاد نسبتاً بزرگ می‌باشند (شکل ۳-۵). اندازه‌ی بلورها در سنگ‌های ماگمایی را می‌توان به این صورت توجیه کرد که همزمان با هسته‌بندی، رشد نیز صورت می‌گیرد، در صورتی که سرعت رشد نسبتاً کم باشد، ممکن است هسته‌های زیادی تشکیل شوند،

<sup>۱</sup>-Polygenetic

<sup>۲</sup>-Cox

<sup>۳</sup>-Hyndman

<sup>۴</sup>-Le Maiter

<sup>۵</sup>-Christian sen

در نتیجه، اندازه دانه‌ها نسبتاً کوچک و حتی آفلتیک می‌شود. اما در حالتی که سرعت رشد نسبت به سرعت هسته‌بندی بیشتر باشد، تعداد کمی هسته تشکیل می‌شود و اندازه دانه‌ها بزرگتر و آشکار بلور می‌شوند (بست، ۲۰۰۳). شو<sup>۱</sup> (۱۹۶۵) پیشنهاد کرد که اندازه‌ی دانه بوسیله نسبت سرعت رشد بلور ( $\phi$ ) به سرعت هسته‌بندی ( $n$ ) کنترل می‌شود (الهیاری، ۱۳۸۹):

$$\sim (\phi/n)^{1/4}$$

همچنین به نظر بست (۲۰۰۳)، تبدیل شدن بلورهای کوچکتر به بلورهای بزرگتر، به تبعیت از اصل بلوغ بافتی استوالد، باعث کاهش انرژی سطحی دانه‌ها و در نتیجه پایداری بیشتر بلورها می‌شود. علاوه بر این با توجه به رقیق بودن ماگمای بازالتی، سرعت بالای انتشار را نیز می‌توان در اندازه بزرگ بلورها مؤثر دانست.

فوکریستهای پلاژیوکلاز که اغلب کشیده و شکل‌دار می‌باشند در برخی مقاطع دچار خوردگی شده‌اند. این خوردگی‌ها در اثر رامیلی مذاب به درون بلور انجام شده‌اند. به نظر تلیت<sup>۲</sup>، (۱۹۹۲)، فوکریستهایی که حلی‌ی ادخال مذاب می‌باشند، به هنگام صعود ماگما فشار داخل ادخال‌های محبوس افزایش یافته و بلور را متحمل تنش‌های کششی می‌سازند که در نتیجه آن بلور قطعه قطعه می‌شود.

## • پیروکسن

بلورهای پیروکسن اغلب سالم و خودشکل می‌باشند. با توجه به خصوصیات میکروسکوپی که قبلاً ذکر شد، به نظر می‌رسد که نوع پیروکسن، اوژیت و یا تیتان اوژیت باشد. چند رنگی بلورهای اوژیت نسلگر وجود تیتان در سنگ‌های منطقه است. از نظر تقدم و تأخر تبلور می‌توان به تحذب و تقعر وجوه کلمی‌ها اشاره کرد، به طوری که سطوح محدب سریع‌تر از سطوح مقعر متبلور شده‌اند. درون بلورهای اوژیت، کلمی‌های اوپک وجود دارند که نشانه‌دهی تقدم تبلور آن‌ها نسبت به کلینوپيروکسن است (اشکال ۳-۵ و ۳-۶).

<sup>۱</sup>-Shaw

## • الیوین

بلورهای اولیوین موجود در بازالت‌ها عمدتاً دگرسان شده و انحلال و خوردگی در آن‌ها دیده می‌شود (شکل ۳-۷). انحلال و تجزیه شدگی در حلیه بلور بیشتر است که در امتداد این شکستگی‌ها، ایندنگزیتی شدن بوقوع پیوسته و تا مرکز بلور ادامه دارد.

## - کانی‌های فرعی در بازالت‌ها

### • کانی‌های اوپیک

کلی‌های اوپیک به صورت بلورهای شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار، در زمینه سنگ پراکنده‌اند. همچنین درون بلورهای پلاژیوکلاز و پیروکسن به صورت ادخال وجود دارند (شکل ۳-۶).

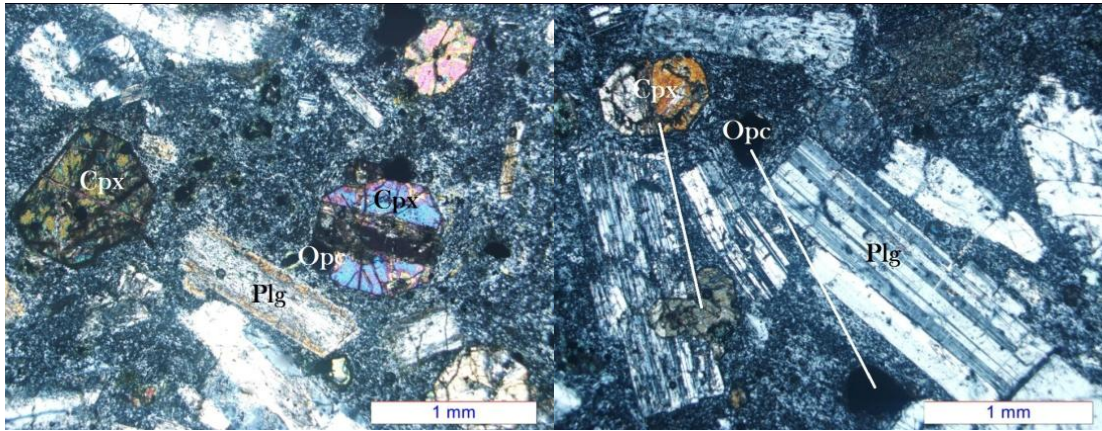
## - کانی‌های ثانویه در بازالت‌ها

### • سریسیت

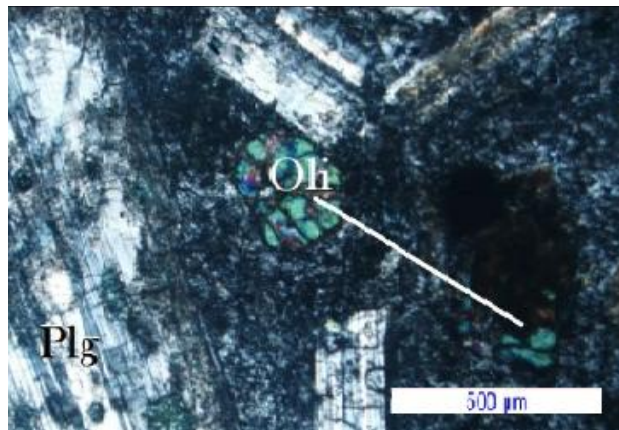
سریسیت یک کلی‌تلموبه حاصل دگرسانی در سنگ‌های آذرین می‌باشد که به همراه اپیدوت، کلریت، آلبیت، کلسیت و پرهنیت مجموعه سوسوریت را بوجود می‌آورند (شکل ۳-۷). رشد سریسیت نیازمند افزایش آب و یون پتاسیم است. یکی از منابع مهم یون پتاسیم، فرایند کلریتی شدن بیوتیت است که در نتیجه‌ی این عمل یون پتاسیم با سازنده‌ی آنورتیتی پلاژیوکلاز وارد واکنش شده و یون کلسیم آزاد می‌کند. از این رو قسمت‌های غنی از آنورتیت پلاژیوکلاز به راحتی سریسیتی می‌شوند (شلی، ۱۹۹۳).

سوسوریت، محصول دیگر دگرسانی پلاژیوکلاز است که طی آن با افزایش آب، سازنده‌ی آنورتیتی به اپیدوت (کلینوزوئیزیت یا زوئیزیت) تغییر می‌یابد و پلاژیوکلاز بلقیده نیز به صورت آلبیت در می‌آید. همچنین ایندنگزیت و کلریت، کلی‌های تلموبه‌ی آندزی بازالت‌ها هستند.





شکل ۳-۵- تصویری از فوکریستهای پلاژیوکلاز تجزیه شده و حضور کلینوپیروکسن و کلی اوپک با بافت پور فیری در بازالت (XPL).  
 شکل ۳-۶- تصویری از فوکریستهای کلینوپیروکسن در بازالت با بافت پور فیری که حضور کلی‌های ایک به صورت محذب نشان‌دهنده‌ی تقدم تبلور آنها می‌باشد (XPL).

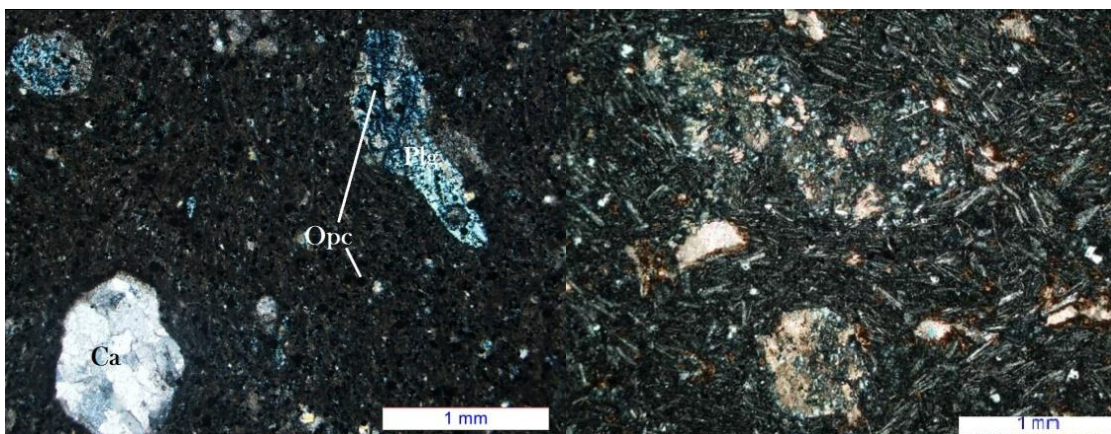


شکل ۳-۷- تصویری از الیوین‌های ایندنگزیتی شده و نیز فوکریستهای پلاژیوکلاز تجزیه شده به سرسپیت در بازالت (XPL).

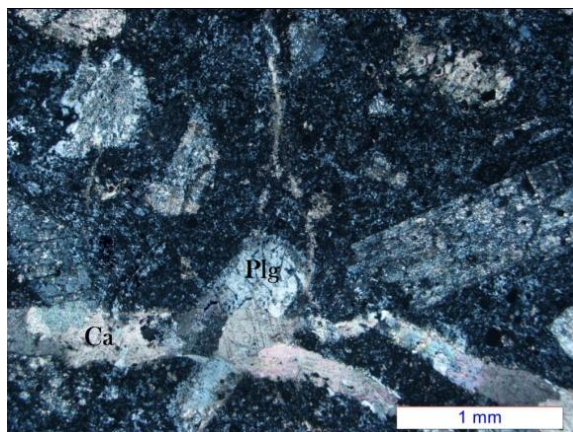
### ۳-۲-۳- تراکی آندزیت‌ها

این واحد در شمال و شمال غرب منطقه چشمه‌حافظ رخنمون دارد. رنگ این واحد در نمونه دستی خاکستری تا قهوه‌ای، خاکستری تیره تا سبز و در برخی مواقع آلتراسیون سیلیسی و آرژیلیتی بر روی آن تأثیر گذاشته که به رنگ روشن و نخودی مشاهد می‌شود. عمده‌ترین بافت میکروسکوپی آنها میکرولیتی پور فیری و بافت تراکییتی است (شکل ۳-۸). بافت تراکییتی در اثر جهت یافتگی بلورهای

فلدسپار در جهت جریان گدازه حاصل می‌شود (گوپتا، ۲۰۰۷). از جمله فوکریست‌های قبیل مشاهده در تراکی آندزیت‌ها می‌توان به پلاژیوکلاز، فلدسپات آلکالن و کلسی‌های مافیک ملند هورنبلند و پیروکسن اشاره کرد. گدازه‌های این ناحیه حوی رگچه و آمیگدال‌های نسبتاً فراوان هستند که توسط کلسی‌های ثلویه ملند کوارتز، کلریت و کلسیت پر شده‌اند. قطر این حفرات بین ۱-۳ میلی‌متر متغیر است و به صورت بافت آمیگدالی در مقاطع ظاهر می‌شوند (شکل ۳-۹). رگچه‌های سیلیسی و کلسیتی در متن سنگ مشاهده می‌شوند که گاهی فوکریست‌های پلاژیوکلاز را قطع کرده‌اند (شکل ۳-۱۰).



شکل ۳-۸- تصویری از بافت میکرولیتی پورفیری و بافت تراکی در تراکی آندزیت (XPL).  
شکل ۳-۹- تصویری از حفرات پر شده از کلسیت در تراکی آندزیت. حفرات به صورت بافت آمیگدالی در مقطع ظاهر می‌شوند (XPL).



شکل ۳-۱۰- تصویری از رگچه‌های کلسیت در تراکی آندزیت که فوکریست پلاژیوکلاز را قطع کرده‌اند (XPL).

## - کانی‌های اصلی در تراکی‌اندزیت‌ها

### • پلاژیوکلاز

بیشترین حجم سنگ را بلورهای پلاژیوکلاز تشکیل می‌دهند که هم به صورت فوکریست و هم به صورت میکروولیت در سنگ پراکنده‌اند. پلاژیوکلازها غالباً شکل دار و دارای ساختمان منطبق‌بندی می‌باشند، اشکال بلوری کشیده پلاژیوکلازها نتیجه رشد سریع و غیر تعادلی آن‌هاست. علت این پدیده آن است که هر گاه کلمی با سطوح بلورین مشخص در یک ماگمای در حال سرد شدن رشد می‌کند، هنگامی دارای سطوح صاف و منظم می‌باشد که در پایین‌ترین سطح انرژی خود قرار داشته باشد. این حالت نیازمند آن است که همگام با رشد سریع بلور، محل انتشار بتواند آن‌ها را به محل‌های مناسب انتقال دهد. در عمل امکان چنین پدیده‌ای بسیار کم است، زیرا در یک ماگمای در حال سرد شدن در حالی که سرعت هسته‌بندی و رشد زیاد می‌شود، بالعکس سرعت انتشار دچار نقصان می‌شود و مواد لازم برای رشد بلورها عمدتاً در کنارها و گوشه‌های بلور انباشته می‌شود. این محل‌ها با حجم زیادتری از ماگما محصور می‌شوند و در صورتی که عمل انتشار همراه با رشد بلورها پیشرفت کند، کنارها و گوشه‌های بلور سریع‌تر از بقیه نقاط بلور رشد می‌کند و اشکال بلوری کشیده و تیغه‌ای و تعداد زیادی میکروولیت پدید می‌آیند (شلی، ۱۹۹۳). رایتر<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۱)، بر این باورند که وجود آب ملع پایداری کلمی پلاژیوکلاز می‌شود. بنابراین فراوانی قبل توجه بلورهای پلاژیوکلاز در نمونه‌های منطقه و عدم حضور درشت بلور آمفیبول ممکن است نشانه‌ی تبلور این سنگ‌ها از یک ماگمای کم آب باشد، که این امر خود تأییدی بر منشأ گوشته‌های ماگمای اولیه بدون ورود سیال است. از دیگر مشخصات بافتی در پلاژیوکلازها وجود بافت غربالی در آن‌هاست (شکل ۳-۱۱). بافت غربالی<sup>۲</sup> حاصل به دام افتادن اذخال‌های مذاب در بلور است. تغییر شرایط فیزیکی و شیمیایی ماگما در مخزن یا مجرای ماگمایی باعث انحلال بلور و نفوذ ملع بلقیده در قسمت‌های حل شده و ایجاد مجاری مذکور می‌شود. رشد بعدی بلور در اطراف قسمت‌های تحلیل یافته‌ی قدیمی و پوشش کامل آن‌ها باعث قطع محدود ارتباط بلور اولیه و

<sup>۱</sup>-Righter



مواد به دام افتاده در داخل با مایع بقیه‌مانده شده و در نهایت خروج و سردشدگی موجب تثبیت این وضعیت می‌شود (لستفان و همکاران<sup>۱</sup>، ۱۹۹۲). تشکیل چنین بافتی دارای تفسیرهای پتروژنتیکی متفاوتی می‌باشد. عوامل اصلی ایجاد بافت غربالی عبارتند از (الهیاری، ۱۳۸۹):

### - تغییر ترکیب ماگمای در حال تبلور

ورود ماگمای تازه به داخل یک مخزن در حال تبلور یا هضم و آرایش ماگما با مواد خارجی، موجب تغییر ترکیب شیمیایی و دمای آن می‌شود که در مجموع بر پایداری ترمودینامیکی فوکرست-هلیی که در شرایط قبل از این متبلور شده و پایدار بوده‌اند، اثر می‌گذارد. از طرفی، عدم تعادل ترکیبی را بدین صورت می‌توان تشریح کرد که در یک مخزن ماگمایی با منطبق‌بندی حرارتی قلم که لایه‌های سردتر در نقاط فوق‌قلمی مخزن قرار دارند و در آنجا پلاژیوکلازهای سدیک‌تر متبلور می‌شوند، این بلورهای تازه تشکیل شده به علت نیروهای کنوکسیونی ناشی از اختلاف حرارتی، به کف مخزن فرو رفته و مسلماً در آنجا با محیطی گرم‌تر که با آن در حال تعادل نیستند، مواجه می‌شوند و این عدم تعادل می‌تواند منجر به خوردگی شیمیایی بلورها گردد (تسوچی یلما<sup>۲</sup>، ۱۹۸۵).

آرایش ماگما توسط مواد خارجی نیز می‌تواند باعث تغییر ترکیب ماگمای در حال تبلور و ایجاد بافت غربالی در پلاژیوکلاز شود (آسیللمها<sup>۳</sup>، ۱۳۸۰).

### - کاهش فشار

لستوارت<sup>۳</sup> و پیرس<sup>۴</sup> (۲۰۰۴)، معتقدند که ناپایداری بلورهای پلاژیوکلاز در حین حرکت سریع ماگما به سمت بالا و در نتیجه کاهش فشار، باعث پیدایش بافت غربالی در پلاژیوکلاز می‌شود. با کاهش فشار، تمام فازها در امتداد رخها و شکستگی‌ها تحت تأثیر انحلال قرار می‌گیرند (تحلیل رفتگی و انحلال

<sup>۱</sup>-Stephan  
<sup>۲</sup>-Tesochoyama  
<sup>۳</sup>-Stwart



در عمق کمتر صورت می‌گیرد). محصولات نلشی از انحلال پلاژیوکلاز، درون بلور به صورت سریع شروع به تبلور می‌کنند و بلعث ظهور بافت غربالی می‌شوند. نلسون<sup>۱</sup> و مونتانا<sup>۲</sup> (۱۹۹۲) نیز این نظر را تأیید می‌کنند. طبق نظر آنها فرآیند تشکیل بافت‌های غربالی در پلاژیوکلازها ممکن است بر اثر افت سریع فشار خشک (همراه یا بدون کلهش اندک دما) بوجود آمده باشد.

## - افزایش دما

این عمل نیز به علت ورود ماگمای گرم‌تر به درون مخزن ماگمایی می‌باشد که تبعاً تغییر در ترکیب شیمیایی ماگما را در پی دارد (نیکسون<sup>۳</sup> و پیرس، ۱۹۸۷). در سنگ‌های منطقه‌ی مورد مطالعه، مهمترین مکلیسم تشکیل دهنده بافت غربالی، با توجه به وجود بلورهای خودشکل پلاژیوکلاز در خمیره سنگ، افت فشار می‌باشد؛ اما عمل تغییر ترکیب ماگمای در حال تبلور را نیز نمی‌توان نادیده گرفت.

فوکریست‌های پلاژیوکلاز به سریسیت، کربنات‌ها و کلمی‌های رسی دگرسان شده‌اند.

## • هورنبلند

فوکریست‌های هورنبلند شکل‌دار، اکثراً کشیده و اندازه آن‌ها بین ۰/۱ تا ۳ میلیمتر متغیر است. در تراکی‌اندزیت‌ها این بلورها بیشتر هورنبلند معمولی هستند (شکل ۳-۱ و ۳-۲).

## • پیروکسن

فوکریست‌های پیروکسن موجود در تراکی‌اندزیت‌ها از نوع اوژیت هستند که غالباً شکل‌دار می‌باشند. بر طبق قلمون روزنبوش<sup>۴</sup> کلمی‌هایی که زودتر متبلور می‌شوند، در مذاب آزادانه رشد می‌کنند و

<sup>۱</sup>-Nelson  
<sup>۲</sup>-Montana  
<sup>۳</sup>-Nikson

دارای حدود خارجی منظمتر (شکل دار) می‌باشند و بلورهایی که دیرتر متبلور می‌شوند به صورت دانه-های نیمه شکل دار و بی‌شکل حضور دارند. لازم به یادآوری است که شکل دار بودن یک کلمی همیشه تضمینی برای زودتر متبلور شدن آن نیست. در بسیاری از نمونه‌ها حالت هشت ضلعی با رخی‌های منشوری و برجستگی زیاد قبل مشاهده می‌باشد (شکل ۳-۲).

### - کانی‌های فرعی در تراکی آندزیت‌ها

#### • کوارتز

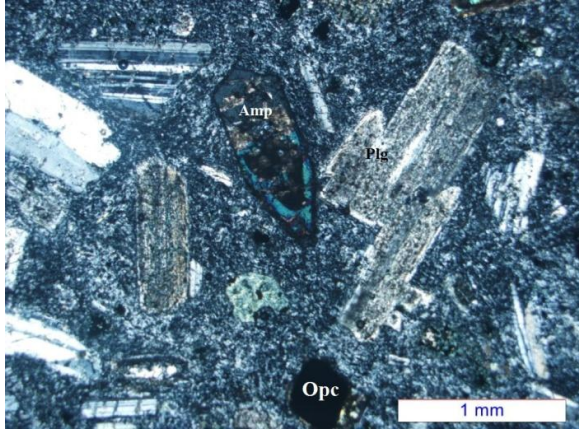
بلورهای کوارتز در این سنگ‌ها به صورت بی‌شکل، ریزدانه در خمیره یا زمینه سنگ پراکنده هستند (شکل ۳-۱۱).

#### • کانی‌های اوپک

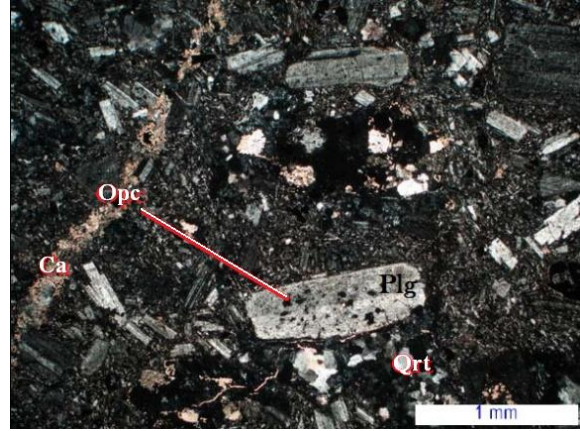
این کلمی‌ها به صورت بلورهای بی‌شکل تا شکل دار و پراکنده به وفور در زمینه سنگ و یا به صورت ادخال درون پیروکسن یافت می‌شوند (شکل ۳-۱۲). علت وفور کلمی‌های اوپک در سنگ‌های منطقه را نیز می‌توان به بالا بودن فشار بخشی اکسیژن در هنگام تبلور نسبت داد. در این حالت یون آهن دو ظرفیتی در محیط مذاب به جای آن‌که در ساختمان کلمی‌های سیلیکاته وارد شود، به صورت کلمی اکسیدی (اوپک) متبلور می‌گردد (درویش‌زاده، ۱۳۶۵).

### - کانی‌های ثانویه در تراکی آندزیت‌ها

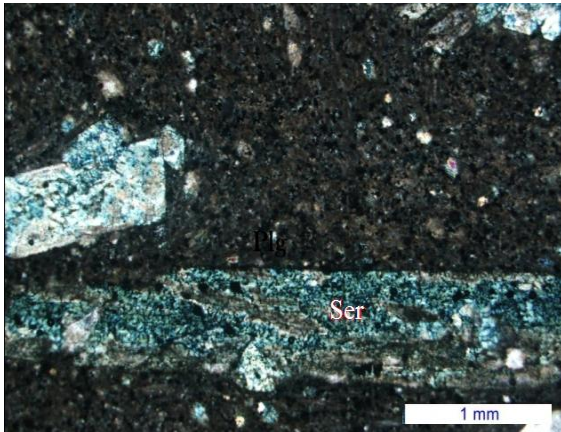
کلریت، کلسیت، سربیسیت مهم‌ترین کلمی‌های ثلویه در این سنگ‌ها می‌باشند (شکل ۳-۱۴). کوارتز، کلسیت ثلویه حفرات و رگچه‌های موجود را پر کرده‌اند.



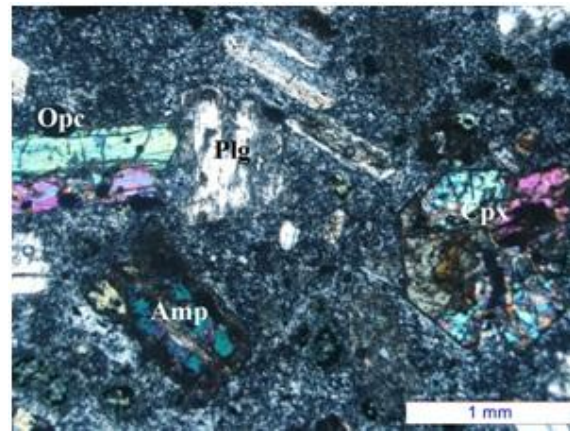
شکل ۳-۱۲- تصویری از فنوکریست هورنبلند و کلمی اپیک در تراکی آندزیت (XPL).



شکل ۳-۱۱- تصویری از پلاژیوکلازها به صورت اشکال کشیده هم به صورت فنوکریست و هم میکرولیتی و همچنین حضور کوارتز در تراکی آندزیت. بافت غربالی در پلاژیوکلازها مشاهده می‌شود (XPL).



شکل ۳-۱۴- تصویری از دگرسانی فنوکریستهای پلاژیوکلاز به سرسیت در تراکی آندزیت (XPL).



شکل ۳-۱۳- تصویری از فنوکریستهای پلاژیوکلاز، هورنبلند، کلینوپیروکسن در تراکی آندزیت (XPL).

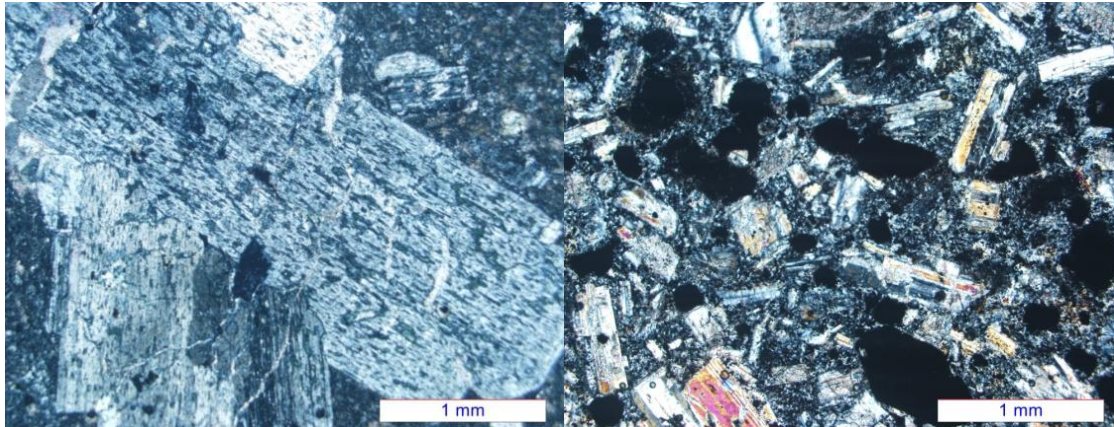
### ۳-۲-۴- آندزیت‌ها

آندزیت‌ها در بخش جنوبی منطقه در اطراف روستاهای کلاته‌میرزا و سراجی رخنمون دارند. گدازه‌های آندزیتی در نمونه دستی بسیار دانه‌ریز و به رنگ خاکستری تا بنفش دیده می‌شوند. بیشتر از فنوکریست‌های پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن و هورنبلند با زمینه‌های بسیار دانه‌ریز از بلورهای پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن، فلدسپات آلکان و کلمی‌های اپیک تشکیل شده‌اند. بافت غالب قلیل مشاهده در آندزیت‌ها پورفیری با زمینه میکرولیتی است (شکل ۳-۱۵). بافت غربالی نیز در آندزیت‌ها مشاهده

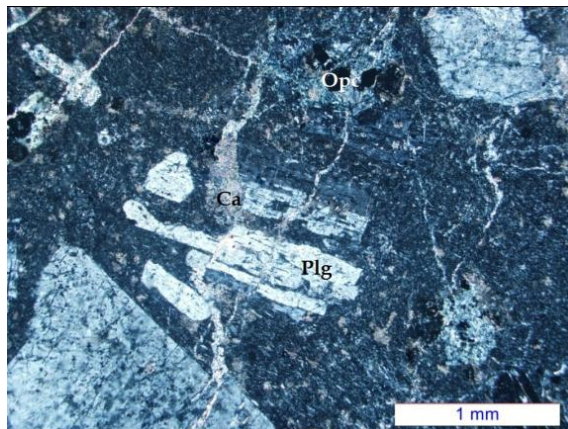


می‌شود (شکل ۳-۱۶). رگه‌ها و رگچه‌های فراوانی در آنها ایجاد شده که توسط کلسیت، سیلیس و

اکسیدهای آهن پر شده‌اند (شکل ۳-۱۷).



شکل ۳-۱۵- تصویری از بافت پورفیری با زمینه میکرولیتی شکل ۳-۱۶- تصویری از بافت غربالی فنوکریستهای پلاژیوکلاز در آندزیت (XPL).  
در آندزیت (XPL).



شکل ۳-۱۷- تصویری از رگه‌های کلسیت که فنوکریستهای پلاژیوکلاز را در آندزیتها قطع کرده‌اند (XPL).

## - کانی‌های اصلی در آندزیت‌ها

- پلاژیوکلاز

فراوان‌ترین کانی سازنده سنگ‌های آندزیتی می‌باشد که اغلب به صورت فنوکریست و یا بلورهای

ریز در این سنگ‌ها یافت می‌شود. پلاژیوکلازها معمولاً شکل‌دار تانیمه شکل‌دار بوده و در برخی از موارد

تحت تأثیر فرایند متسوملیسم قرار گرفته‌اند و شواهدی نظیر خوردگی خلیجی را در حواشی خود به

نمایش می‌دهند (شکل ۳-۱۸). پلاژیوکلازها در این منطقه نیز دیده می‌شوند که نشان‌دهنده

pdfMachine

**A pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

شدن سریع گدازها می‌باشند (شلی، ۱۹۹۸). منطبق‌بندی در آنها به این علت به وجود می‌آید که در حین تعادل بلورهای پلاژیوکلاز با مذاب، تبادل سیلیسیم و آلومینیوم به سختی صورت می‌گیرد. البته مشخص بودن این ویژگی در این پلاژیوکلازها به این علت است که آنها، تری‌کلینیک هستند و محور نوری بلور تغییر جهت می‌دهد که همان زاویه خموشی محسوب می‌شود (شلی، ۱۹۹۳). به عقیده میدلموست (۱۹۹۸) فراوانی پلاژیوکلازها حاکی از آن است که در هنگام فوران ماگمای آندزیتی، پلاژیوکلاز، فلز لیکیدوس ماگما می‌باشد.

با توجه به شواهد بافتی، پلاژیوکلازها دیرتر از کلمی‌های اوپک مبتلور شده‌اند زیرا آنها را به صورت ادخال در بر گرفته است. برخی پلاژیوکلازها متناسب با ترکیب کلمی‌شناسی خود متحمل سریسیتی شدن، سوسوریتی شدن گردیده‌اند (شکل ۳-۱۹ و ۳-۲۰).

#### • پیروکسن

فئوکریست‌های کلینوپیروکسن به صورت بلورهای اوژیت اکثراً خودشکل، با زاویه خموشی میلل و رنگ سبز شناخته می‌شوند. همچنین بلورهای اوژیت به همراه پلاژیوکلازها تجمعات خوشه‌ای (گلمرول) نیز نشان می‌دهند (شکل ۳-۱۹).

#### • هورنبلند

هورنبلند قهوه‌ای اکثراً به کلریت دگرسان شده و گلهی به صورت کامل کلریت جلشین آن شده و تنها قالبی از آن باقی مانده است (شکل ۳-۲۱). مقدار بالای آب در مذابی که آشیله‌ی ماگمایی را پر می‌کنند (۳-۱/۵ درصد وزنی) به آمفیبول اجازه می‌دهد تا به عنوان یک کلمی پلیدار و اولیه، حتی در مجموعه‌های انبلاستی اولیه، ظاهر شود (کلیسون<sup>۱</sup> و میرو<sup>۲</sup>، ۲۰۰۴). دیبر و همکاران (۱۹۹۱) در چگونگی تشکیل هورنبلندهای بازالتی معتقدند که هورنبلند معمولی به واسطه تحمل حرارت زیاد گدازه

- تا حدود ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد- در مجاورت هوا، به هورنبلند بلزالتی تبدیل می‌شود. طی این عمل هیدروژی که یون‌های هیدروکسیل را تشکیل می‌دهد، جدا شده و یون‌های اکسیژن آزاد می‌شوند. آزاد شدن یون‌های اکسیژن موجب تبدیل  $Fe^{+2}$  به  $Fe^{+3}$  می‌گردد و بدین ترتیب  $Fe_3O_4$  (مگنتیت) تولید می‌شود.

## - کانی‌های فرعی در آندزیت‌ها

### • کانی‌های اوپک

کانی‌های اوپک نیز اغلب به صورت پراکنده، ریز و ادخال درون سایر کانی‌ها حضور دارند. این امر نشان‌دهنده تبلور تقریباً همزمان کانی‌های روشن و اوپک است. سرعت سردشدگی به تنهایی عامل تفاوت در اندازه‌ی رشد بلورها نیست، بلکه این امر به اثر منقلبل سرعت هسته‌بندی و رشد کانی‌های مختلف در مذاب بستگی دارد. بدین صورت که نرخ بالای هسته‌بندی و نرخ پایین رشد، اندازه‌ی کوچک کانی‌های اوپک را در پی خواهد داشت (بست، ۲۰۰۳) (شکل ۳-۲۱).

## - کانی‌های ثانویه در آندزیت‌ها

از مهمترین این کانی‌ها می‌توان به کلریت، سربیسیت، کلسیت و کانی‌های رسی اشاره کرد. برخی از بلورهای پیروکسن به طور کامل بوسیله‌ی کانی‌های کلسیت، کلریت و اکسیدهای آهن جایشین شده‌اند و سودومورفهای ایجاد کرده‌اند. در برخی مقاطع پلاژیوکلازها کاملاً به سربیسیت تجزیه شده‌اند.

### • کلریت

کلریت فراوان‌ترین کانی ثانویه در این سنگ‌ها می‌باشد، که در اثر دگرسانی کانی‌های فرومنیزین بوجود می‌آیند (شکل ۳-۲۱). در نور پلاریزه کلریت به رنگ سبز همراه با کلسیت، اپیدوت و اکسیدهای آهن یافت می‌شود. کانی‌های اوژیت و هورنبلندسبز تا حدودی به کلریت دگرسان شده‌اند. کلریتی شدن هورنبلندسبز و پیروکسن با خروج مقداری کلسیم از این کانی‌ها همراه است. کلسیم آزاد شده با توجه

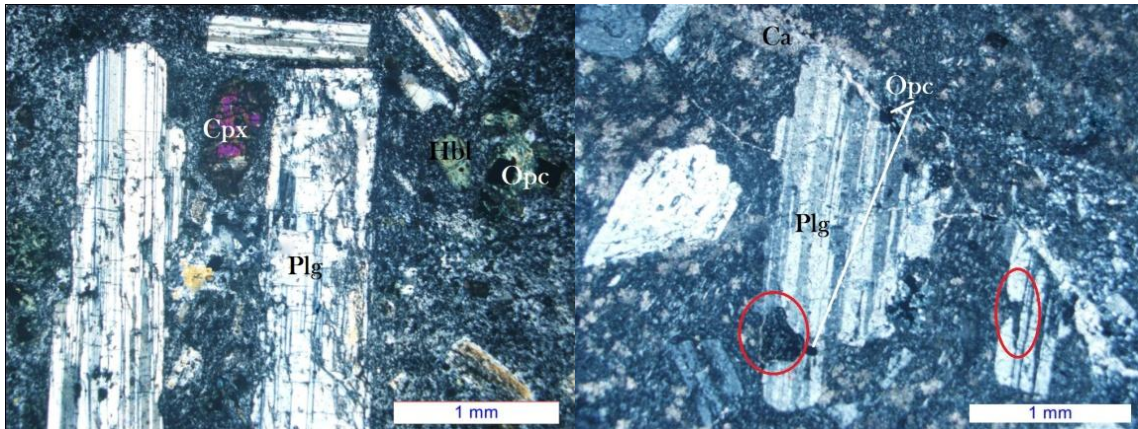
pdfMachine

A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

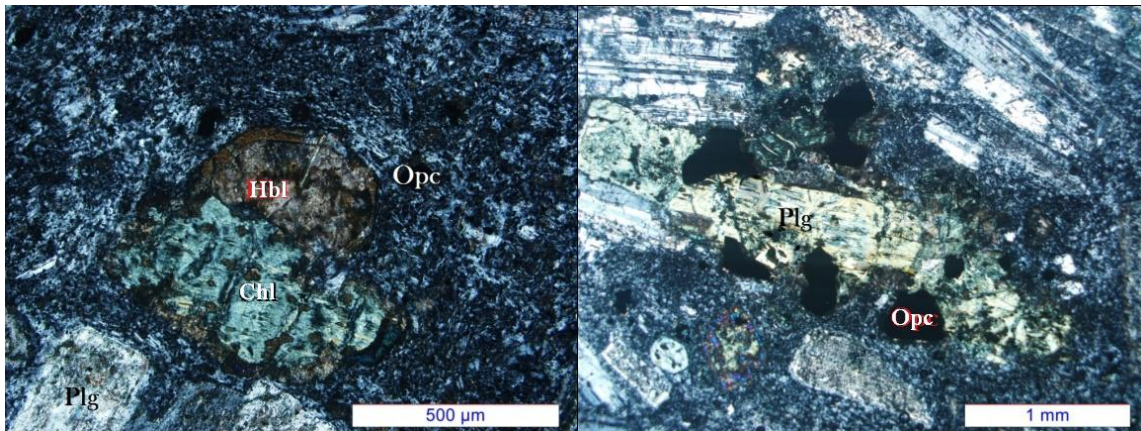
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!



به شرایط محیطی حاکم بر سنگ در ساختمان کلسیت، دولومیت و یا اپیدوت شرکت کرده است. یعنی اگر فوگلسیته  $CO_2$  زیاد باشد کلسیم ترجیحاً کلسیت می‌سازد و اگر آب یا مقداری آلومینیم در محیط باشد کلسیم جهت ساخت اپیدوت مصرف می‌شود.



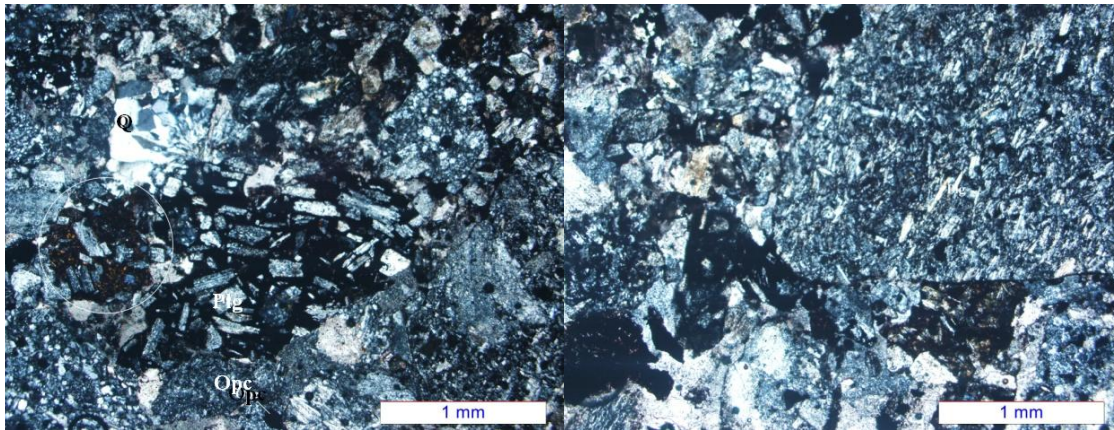
شکل ۳-۱۸- تصویری از حالت خوردگی خلیجی را در حواشی فوگریست‌های پلاژیوکلاز و وجود کلمی‌های اپک در داخل آن‌ها و نیز وجود رگه‌های کلسیت در آندزیت (XPL).  
 شکل ۳-۱۹- تصویری از تجمع فوگریست‌های اوژیت و پلاژیوکلاز در آندزیت، پلاژیوکلازها در حال تجزیه به سریسیت می‌باشند (XPL).



شکل ۳-۲۰- تصویری از پلاژیوکلازهای سریسیتی شده و حضور کلمی‌های اوپک به صورت ادخال در آن‌ها در آندزیت (XPL).  
 شکل ۳-۲۱- تصویری از فوگریست هورنبلند تجزیه شده به کلریت در آندزیت (XPL).

### ۳-۳- پتروگرافی سنگ‌های آذر آواری

سنگ‌های آذر آواری شامل توف، کریستال لیتیک‌توف و لیتیک‌توف می‌باشند. آن‌ها در منطقه به رنگ خاکستری روشن تا رنگ قهوه‌ای تا زرد نخودی دیده می‌شوند. بافت در این سنگ‌ها به صورت پورفیروکلاستیک بوده که اغلب تشخیص زمینه اصلی سنگ از زمینه قطعات سنگی مشکل می‌باشد. زمینه اصلی سنگ متشکل از شیشه آتشفشانی دگرسان شده، میکرولیت‌های پلاژیوکلاز همراه با ریز بلور کلسی‌های اوپک می‌باشد. کلسی‌های تشکیل‌دهنده آن‌ها شامل فلدسپات، کوارتز، کلسی‌های فرومنیزین با حواشی اکسیده و قطعات سنگی خرد شده هستند. لیتیک‌های موجود بیشتر از خرد شدن سنگ میزبان تشکیل شده‌اند. دگرسانی‌های مشاهده شده شامل تجزیه فلدسپات‌ها به سرسیت و کلسی‌های فرومنیزین به اکسیدهای آهن و کلریت می‌باشد (شکل ۳-۲۲).



شکل ۳-۲۲- لیتیک‌توف با زمینه‌ای از میکرولیت‌های پلاژیوکلاز به همراه فلدسپات و کلسی‌های فرومنیزین (XPL).

### ۳-۴- توده‌های نفوذی

توده‌های نفوذی و نیمه نفوذی در قسمت‌های مختلف منطقه مورد مطالعه به اشکال مختلف (گنبد، دایک، آپوفیز و لستوک) درون سنگ‌های کربناته کرتاسه و سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی - رسوبی نفوذ نموده‌اند و پیلمدهای متعدد و متنوعی از قبیل دگرگونی مجاورتی، متاسوماتیسم، دگرسانی گرمایی و کلمه زایی به همراه داشته‌اند که آن‌ها را به چهار گروه سنگ‌های گابرو دیوریتی،



مونزونیتهی، گرانودیوریتی و گرانیتی تقسیم کرده‌اند (خواج‌زاده، ۳۸۸). در نگلهی دیگر قریلی (۳۸۴) این توده را به سه گروه توده‌های گرانیتی - مونزودیوریتی، دایک‌های حدولسط - بازیک (گ‌لروی و میگروگ‌لروی، بازالتی، آندزی بازالتی، میکرودیوریتی)، گنبد‌های آندزیت - دلسیتی تقسیم کرده است. این توده‌ها دارای گسترش و پراکندگی زیادی در منطقه می‌باشند.

**pdfMachine**

**A pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

# فصل چہارم

## کلی شنیدی

**pdfMachine**

**A pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

#### ۴-۱- مقدمه:

مطالعه و شناسایی کلیه‌های تشکیل‌دهنده کلسار، به جهت تعیین کلیه‌های اصلی و فرعی و نیز فاز کلیلی آن‌ها، از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. یک عنصر خاص ممکن است در چند فاز کلیلی مثلاً اکسیدی، کربناته، سولفیدی و... شرکت داشته باشد، که هر یک از آن‌ها فرایند خالصی را جهت استحصال عنصر نیاز دارند، به طوری که در فرایند استحصال عنصر از فاز سولفیدی؛ دیگر فازهای کلیلی به عنوان باطله محسوب شده و می‌بایست تفکیک شوند.

علاوه بر فاز کلیلی، مطالعه بافت ماده معدنی در کلسنگ بسیار حائز اهمیت می‌باشد. بید میزان درجه آزادی کلی مشخص شود. گاهی با وجود عیار بالای یک عنصر، بازیافت آن کمتر از حد انتظار می‌باشد، که ممکن است به دلیل بافت نامناسب و عدم جدایش کامل کله در حین کله‌آرایی باشد.

به منظور تعیین کلی‌شناسی و بافت کلسار چشمه حافظ تعداد ۱۵ نمونه صیقلی، ۱۱ نمونه جهت آنالیز دیفرانسیون اشعه ایکس (XRD) انتخاب و آماده مطالعه شدند.

#### ۴-۲- کانی‌شناسی

مطالعات کلی‌شناسی نشان می‌دهد که کلی‌شناسی در منطقه چشمه حافظ به دو صورت هیپوزن و سوپرژن می‌باشد. کلی‌های کالکوپیریت، پیریت، بورنیت، دیژنیت، گالن، لسفالریت به عنوان کله‌های هیپوزن و کلی‌های کوولین، سروزیت، کالکوسیت، مالاکیت، اکسیدهای آهن و منگنز به عنوان کله‌های سوپرژن و باریت، کوارتز و کلسیت به عنوان باطله‌های کلسار شناسایی شدند. بافت اصلی کلسار شامل بافت پرکننده فضای خالی می‌باشد که یک زون برشی به عرض تقریبی ۲-۴ متر و به طول تقریبی ۲ کیلومتر حاصل از عملکرد گسل‌ها را پر کرده است. محلول‌های کله‌دار در مسیر شکستگی‌ها حرکت کرده و با تغییر شرایط فیزیکوشیمیایی از جمله کلهش دما و

فشار بار خود را در فضاهای خالی بر جای گذاشته است. مهمترین بافت‌های مشاهده شده در زیر

میکروسکوپ شامل بافت جلمشینی، توده‌ای و رگچه‌ای می‌باشند.

در اینجا به شرح برخی از کلمه‌های مهم در کلمسار چشمه حافظ می‌پردازیم:

#### ۴-۲-۱- کانه‌های هیپوژن

#### - کالکوپیریت

کالکوپیریت به صورت بلورهای خودشکل تا نیمه شکل‌دار به صورت بافت توده‌ای و پراکنده

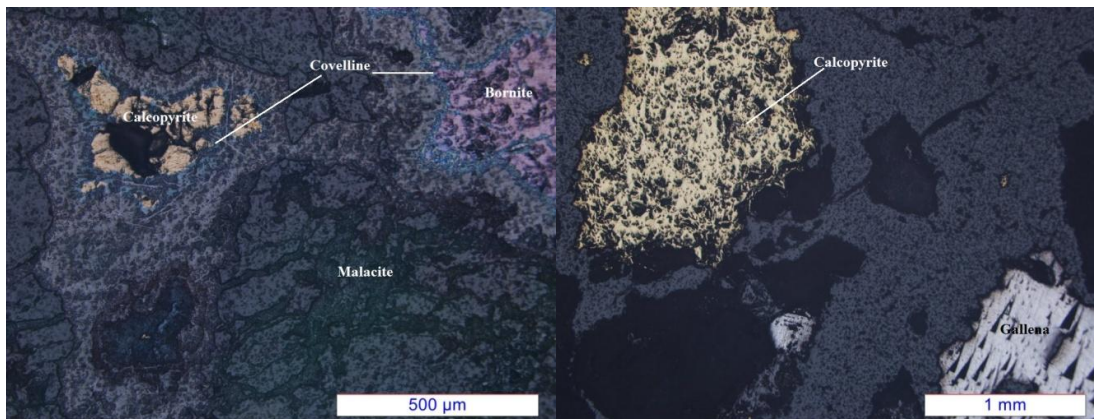
همراه با سایر کلمی‌های سولفیدی همچون گالن یافت می‌شود (شکل ۴-۱). کالکوپیریت به وسیله

کولین در حلشیه‌ها جلمشین شده‌اند (شکل ۴-۲). کالکوپیریت یک کلمی سولفورده می‌باشد که در

محیط‌های گرمابی و پورفیری در زون هیپوژن تشکیل می‌شود.

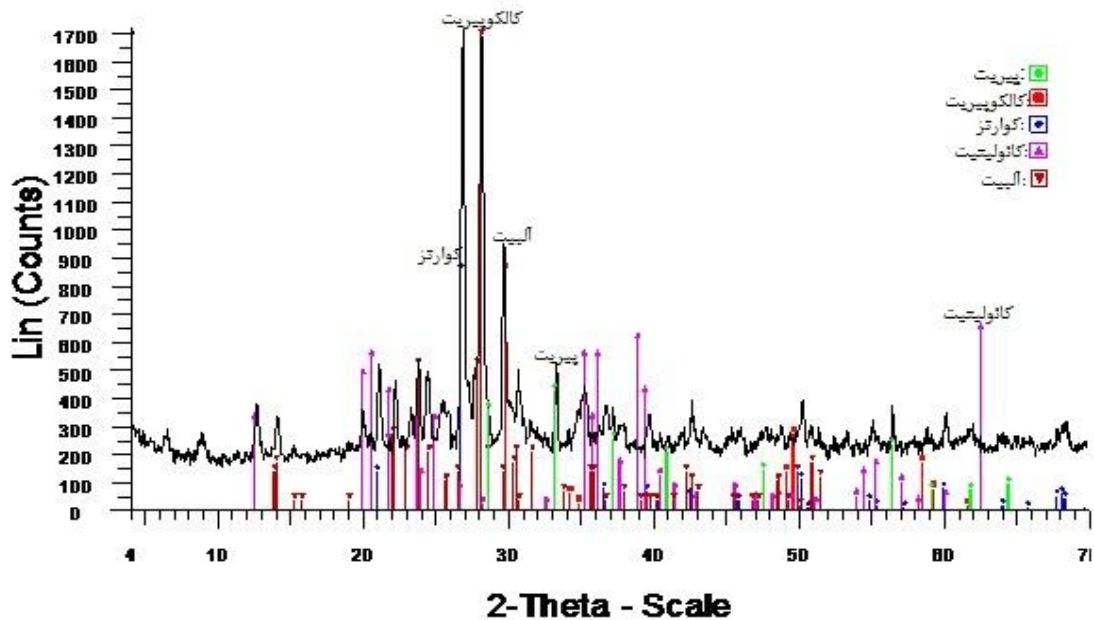
شکل ۴-۳ نمودار دیفراکسیون اشعه ایکس برای یک نمونه از کلمسنگ منطقه چشمه حافظ نشان

می‌دهد که همراهی آن را با پیریت، کئولینیت و کوارتز تأیید می‌نماید.



شکل ۴-۲- جلمشینی کالکوپیریت به وسیله کولین همراه با مالاکیت به صورت رگه‌ای

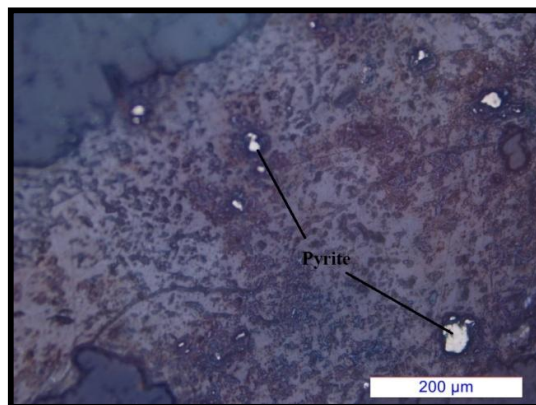
شکل ۴-۱- همراهی کالکوپیریت با گالن



شکل ۴-۳- نمودار تجزیه XRD که حضور کالکوپیریت و پیریت به همراه دیگر کلمی‌ها در آن به اثبات رسیده است.

### - پیریت

پیریت به صورت معکب‌های نیمه خودشکل تاب‌ی شکل در منطقه به صورت دانه‌های پراکنده در ابعاد بسیار زیر یافت می‌شود (شکل ۴-۴). این کلمی به طور رایج همراه با کلمی‌های سولفیدی از جمله کالکوپیریت، لسفالریت و گالن در رگه‌های گرمابی یافت می‌شود.



شکل ۴-۴- حضور پیریت به صورت دانه‌های پراکنده

pdfMachine

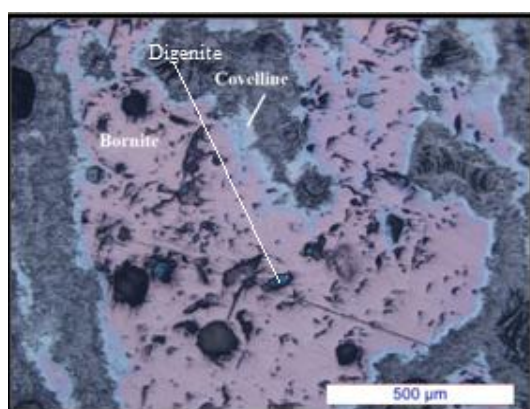
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

## - بورنیت

بورنیت به صورت نیمه شکل دار تابشی شکل و پراکنده دیده می‌شود. این کلمی همراه با دیژنیت از اطراف طی فرایندهای سوپرژن به کوولین تبدیل می‌شوند (شکل ۴-۵).

بورنیت به عنوان کلمی مس در مقابل کالکوسیت و کالکوپیریت از اهمیت کمتری برخوردار است. حضور بورنیت معرف غلظت نسبتاً زیاد گوگرد ( $\log fS_2$  بالا) در محلول کلمه‌دار می‌باشد (کریچپور و سعادت، ۱۳۸۱).

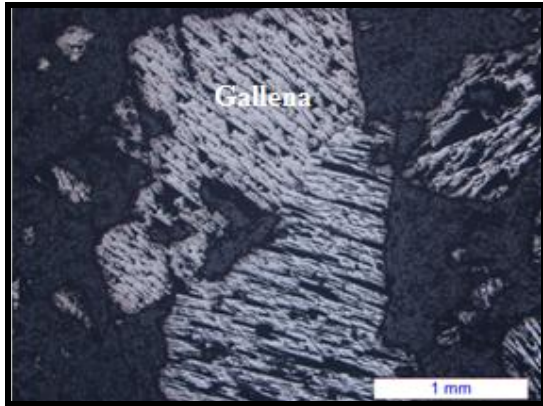


شکل ۴-۵- حضور بورنیت به رنگ صورتی به همراه کوولین و دیژنیت در حلیشه‌ها به رنگ آبی در مقطع صیقلی که نشانه‌دهنده بافت جلیشینی در آن است.

## - گالن

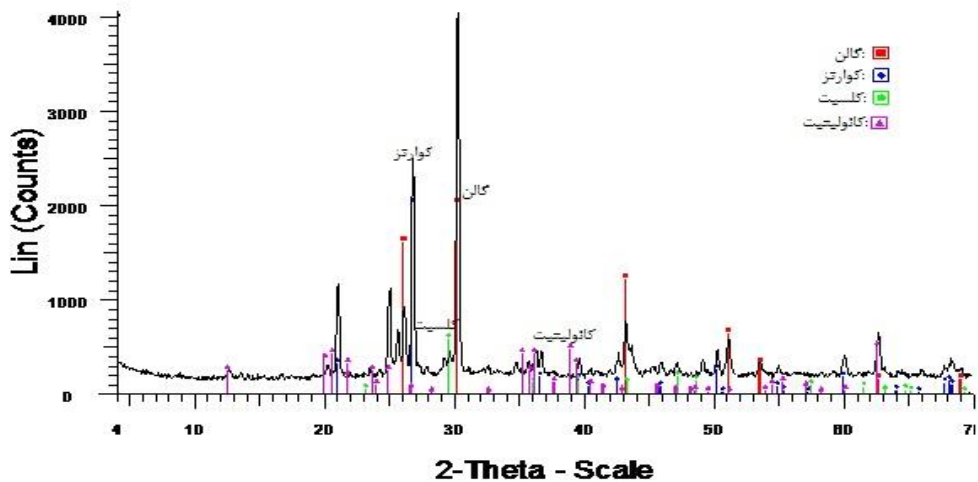
گالن اغلب به صورت توده‌ای و تجمعات دانه‌ای یافت می‌شود (شکل ۴-۶). این کلمی به صورت هم‌رشدی با لسفالریت و کالکوپیریت دیده می‌شود (شکل ۴-۱). گالن همراه با لسفالریت، پیریت، کالکوپیریت، سروزیت، کلسیت، کوارتز و باریت در کلسارهای رگه‌ای یافت می‌شود.

هم‌لطور که در شکل ۴-۸ مشاهده می‌شود حضور گالن همراه با کلسیت، سیلیس و کلمی‌های رسی در دیفراکسیون اشعه ایکس یک نمونه از منطقه به اثبات رسیده است.



شکل ۴-۷- گالن با انعکاس نوری بالا و حفره‌های مثلی در مقطع صیقلی

شکل ۴-۶- حضور گالن در سطح تازه شکسته شده به رنگ سفید تیره متمایل به آبی و یاس‌رزی در نمونه دستی



شکل ۴-۸- نمودار تجزیه XRD که وجود گالن همراه کلسیت و سیلیس در آن به اثبات رسیده است.

## - اسفالریت

در منطقه لسفالریت به صورت نمونه دستی مشاهده نشده است. اغلب به صورت بی‌شکل و گله‌ی نیمه شکل‌دار با ابعاد بسیار ریز قابل مشاهده است. لسفالریت همراه با دیگر کلمی‌های سولفیدی مس با بافت جلمشینی و انعکاس نوری کم یافت می‌شود که تقریباً کمترین انعکاس نوری را در بین کلمی‌های سولفیدی دارد و چنانچه درصد آهن به شکل ناخالصی زیاد شود، انعکاس نوری آن هم تا حدودی افزایش می‌یابد. مهمترین مشخصه میکروسکوپی آن انعکاس داخلی به رنگ‌های مختلف است. همراهی ادخال‌های گالن و کالکوپیریت در لسفالریت‌های منطقه مشاهده می‌شود (شکل ۴-۳).



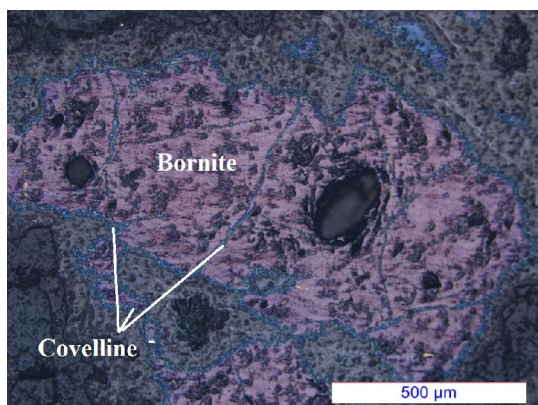
شرایط تشکیل آن ملند گالن می‌باشد. کلدی لسفالریت در سنگ‌های آذرین در شرایط پگماتی، گرمایی، متامورفیک و رسوبی تشکیل می‌شود.

#### ۴-۲-۲- کانه‌های سوپرژن

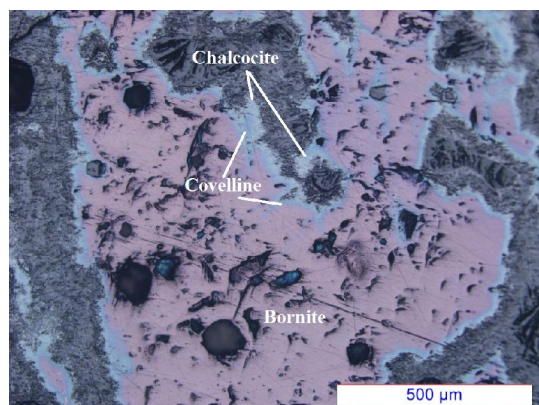
#### - کالکوسیت و کوولین

کالکوسیت و کوولین به علت همراهی با بورنیت به صورت توده‌ای یافت می‌شود. این دو کلدی طی فرایندهای سوپرژن از کالکوپیریت و بورنیت به وجود می‌آیند و اغلب در حلیشه بلورهای بورنیت و کالکوپیریت به صورت بافت جلمشینی مشاهده می‌شود (شکل ۴-۹).

کالکوسیت ممکن است به عنوان کلدی اولیه در رگه‌ها رخنمون داشته باشد ولی در اصل رخنمون آن به صورت کلدی سوپرژن در زون غنی شده کلسارهای پورفیری می‌باشد. کوولین معمولاً از تخریب و جلمشینی کالکوپیریت تشکیل می‌شود و تقریباً همراه بیشتر کلدی-های حلوی مس ملند کالکوپیریت، کالکوسیت و بورنیت یافت می‌باشد (شکل ۴-۱۰). کوولین از کلدی‌های رایج مس محسوب نمی‌شود اما در محیط سوپرژن بیشتر یافت می‌شود. کوولین در کلسارهای گرمایی، در زون سوپرژن همراه با کلدی‌های سولفیدی غنی از مس دیده می‌شود.



شکل ۴-۱۰- حضور کوولین به رنگ آبی همراه با بورنیت و کالکوسیت در مقطع صیقلی



شکل ۴-۹- حضور کالکوسیت در اطراف بورنیت به رنگ خاکستری به همراه کوولین و کالکوپیریت با بافت جلمشینی در مقطع صیقلی

pdfMachine

A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

## - مالاکیت

مالاکیت بیشتر به صورت توده‌ای و در سطوح شکستگی‌ها و حفرات مشاهده شده است (شکل

۴-۱۱). این کلمی نیز از تجزیه کالکوپیریت و دیژنیت تشکیل می‌شود (شکل ۴-۱۲) (فلمسی، ۱۳۸۹).

مالاکیت با ترکیب شیمیایی  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$  که دارد حدوداً کربنات‌های آبدار و بی‌آب است زیرا آب

موجود در کلمی آب تبلور نیست. مالاکیت یک کلمی ثانویه است که در نواحی هوازده و اکسیدلسیون

توده‌های مس سولفوری و در محیط غنی از آنیون کربنات تشکیل می‌شود.

شکل ۴-۱۳ نمودار دیفراکسیون اشعه ایکس را برای یک نمونه از کلمسنگ از چشمه حافظ را

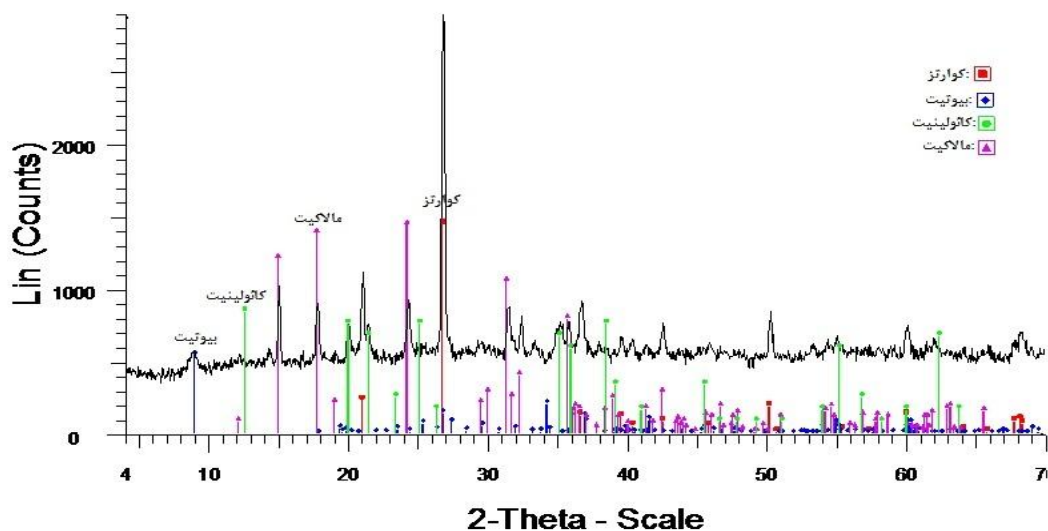
نشان می‌دهد که حضور مالاکیت را تأیید می‌نماید.



شکل ۴-۱۲- حضور مالاکیت سبز رنگ در مقطع صیقلی همراه با کالکوپیریت، لسفالریت و هماتیت به صورت پراکنده در زمینه (برگرفته از گزارش شرکت زرناپ).



شکل ۴-۱۱- حضور مالاکیت به صورت توده‌ای در نمونه دستی



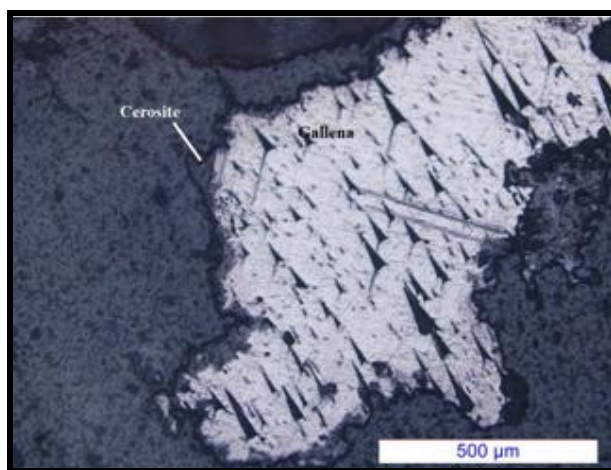
شکل ۴-۳ نمودار XRD را برای یک نمونه از کلسنگ از چشمه حافظ که حضور مالاکیت را به اثبات می‌رساند.

### - سروزیت

سروزیت در حلشیه گالن‌های دگرسان شده به صورت بافت جلشینی مشاهده می‌شود. این

کلی به طور گسترده در کلی‌های حلی سرب در ناحیه سوپرژن دیده می‌شود که از تخریب گالن به

دست می‌آید (شکل ۴-۵).



شکل ۴-۴- حضور سروزیت در اطراف گالن در مقطع صیقلی

pdfMachine

A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

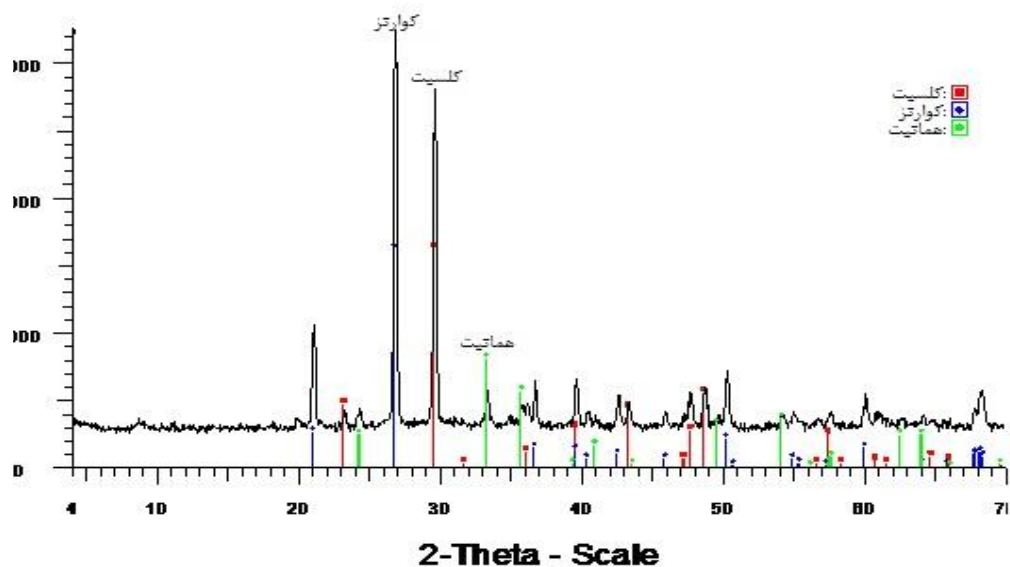
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

## - اکسید آهن (هماتیت)

حضور اکسید آهن در منطقه بیشتر به شکل آغشتگی سنگ‌های میزبان و کلاه‌ها می‌باشد (شکل ۴-۱۵). اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن موجود در منطقه حاصل دگرسانی پیریت و کالکوپیریت می‌باشند (قلسمی، ۱۳۸۹). در شکل ۴-۱۶ نمودار تجزیه دیفراکسیون اشعه ایکس برای یک نمونه از منطقه حضور هماتیت را تأیید می‌کند.



شکل ۴-۱۵- اکسید آهن (هماتیت) به همراه رگه‌های کلسیتی و سیلیسی که نتیجه دگرسانی در منطقه می‌باشند.



شکل ۴-۱۶- نمودار تجزیه XRD که هماتیت همراه با سیلیس و کلسیت در آن به اثبات رسیده است.

pdfMachine

A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!



## - منگنز دندریتی

حضور منگنز نیز به صورت دندریتی در سطوح سنگها مشاهده می‌شود که ناشی از اشعاع

اکسید منگنز بر روی سطوح شکستگی یا لایه بندی سنگ می‌باشد (شکل ۴-۱۷).



ب



الف

شکل ۴-۱۷- حضور منگنز دندریتی در سطوح سنگها (الف) و دهله تونلها (ب)

## - باریت

باریت به صورت اشکال شعاعی، متراکم در فضاهای خالی و به عنوان باطله یافت می‌شود

(شکل ۴-۱۸). گستردگی باریت در طبیعت زیاد و همراه با کلمی‌های سرب، مس، منگنز و نقره می‌باشد.

در رگه‌های گرمابی به صورت گمگ همراه با کوارتز و کلسیت دیده می‌شود. شکل ۴-۱۹ نمودار

دیفراسیون اشعه ایکس را برای یک نمونه از کلمسنگ منطقه چشمه حافظ که همراهی آن را با کلسیت

و سیلیس تأیید می‌نماید.

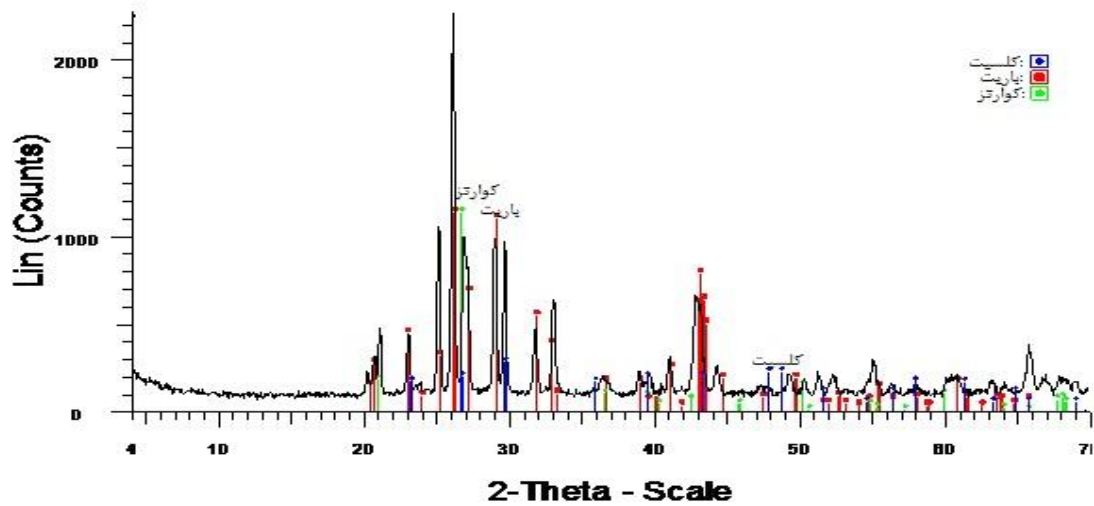


ب



الف

شکل ۴-۱۸- حضور باریت به صورت شعاعی در رگه‌ها (الف) و متراکم (ب) در منطقه چشمه حافظ



شکل ۴-۱۹- نمودار تجزیه XRD که حضور باریت به همراه کلسیت و سیلیس در آن به اثبات رسیده است.

#### ۴-۲-۳- باطله‌ها

کلسیت و کوارتز باطله‌های اصلی کلسار چشمه‌حافظ را تشکیل می‌دهند. حضور آن‌ها در

بیشتر تجزیه‌ها XRD مشخص شده است. کوارتز به همراه با کلسیت در زمینه سنگ‌ها و رگه‌ها

موجود می‌باشند.



## فصل پنجم

# ژئوشیمی سنگ‌های آتشفشانی

## در برگیرنده

pdfMachine

**A pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

## ۵-۱- مقدمه

ژئوشیمی علمی است که ترکیب یک سنگ نسبتاً پیچیده را به یک سری اعداد ساده قابل فهم تبدیل می‌کند. به منظور استفاده از ژئوشیمی اولین گام درک اصول دقیق آن و رفتار ژئوشیمیایی عنصر در ماگمای سیلیکاتی و سیالات وابسته به آنها می‌باشد (هندرسون<sup>۱</sup>، ۱۹۸۲). به عبارت دیگر ژئوشیمی قویترین ابزارهای قابل دسترس برای تشریح منشأ و تحول سنگها را در اختیار ما قرار می‌دهد.

پس از مطالعات صحرایی و پتروگرافی، به دلیل شباهت‌های بسیار زیاد پترولوژیکی و ژئوشیمیایی بین سنگ‌های منطقه و آنالیزهای شیمیایی قریبی (۱۳۸۴) و قلمسی (۱۳۸۹)، از نتایج آنها به منظور تکمیل مطالعات و بررسی سیر تحول عنصر، استفاده شد. این نمونه‌ها به روش ICP-MS مورد تجزیه قرار گرفته‌اند که ICP-MS، روشی نسبتاً جدید است که به دلیل حد آشکارسازی بسیار پایین، درستی و دقت خوب، در حکم ابزاری برای تجزیه ایزوتوپی و عنصر جزئی، مورد پذیرش گسترده قرار گرفته است (رولینسون<sup>۲</sup>، ۱۹۹۳). سپس، نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی توسط نرم افزارهای پترولوژیکی GCDKIT و Icpet مورد پردازش قرار گرفتند.

اکسیدهای عنصر اصلی و مقادیر نورمئو کلی‌های مجازی به صورت درصد وزنی (Wt. %) و عنصر کمیاب و کمیاب خاکی به صورت قسمت در میلیون (ppm) می‌باشند. شایان ذکر است که تصحیحات لازم ملند حذف مواد فرار (L.O.I) و تصحیح نسبت  $Fe_2O_3/FeO$  برای تمام نمونه‌های سنگی اعمال گردیده است. نتایج تجزیه شیمیایی ICP-MS نمونه‌های منطقه مورد مطالعه در جدول ۵-۱ نمایش داده شده است.

همچنین در این فصل علاوه بر روابط ژئوشیمیایی و روابط صحرایی و پتروگرافی، که در فصل-های گذشته مورد بررسی گرفته است، با توجه به نتایج به دست آمده به تعیین محیط تکتونیک می‌پردازیم.

<sup>۱</sup>-Henderson

## ۵-۲- منابع بروز خطا در طی آماده سازی و تجزیه شیمیایی نمونه‌ها

قبل از بحث و بررسی در مورد روابط ژئوشیمیایی سنگ‌ها باید به فرآیندهایی که احتمالاً نتایج

تجزیه شیمیایی سنگ‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند، اشاره نمود (اله‌یاری، ۱۳۸۹).

در زیر به مهمترین این عوامل اشاره خواهد شد.

- آلاینش در طول آماده‌سازی نمونه، یک منبع مهم خطا در تجزیه شیمیایی است. به احتمال زیاد این

اتفاق در طول خرد کردن و پودر کردن نمونه‌ها رخ می‌دهد که هم به صورت آلاینش منقل شده از

نمونه‌هایی که قبلاً آماده شده‌اند و هم از خود دستگاه آسیاب ناشی می‌شود. آلاینش منقل شده،

توسط تمیز کردن دقیق قطعات آسیاب برطرف خواهد شد.

آلاینش ناشی از ورود مواد سازنده قطعات آسیاب از دیگر موارد آلاینش است، آسیاب‌های فولادی

بیشترین آلودگی را ایجاد می‌نمایند. بنابراین برای تجزیه‌هایی با بیشترین دقت، باید از آسیاب آگلی

استفاده کرد. با این حال آسیاب آگلی نیز ممکن است آلاینش کمی از سیلیس ایجاد کند

(رولینسون، ۱۹۹۳؛ جچوم<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۹۰).

- منبع دیگر آلاینش، در طبیعت هستند و آن زملی است که نمونه به وسیله پوشش نازکی از رسوبات

ناشی از مواد محلول در آب‌های زیرزمینی یا آب دریا پوشیده شود و یا به دلیل طولانی بودن زمان

بین نمونه‌برداری و پودر کردن، نمونه‌ها در معرض عوامل جوی قرار گرفته و آلودگی یابند. این موارد

بوسیله شستشوی تک‌های سنگ پس از بردن و قبل از پودر کردن با HCl یک مولار، به مدت چند

دقیقه مرتفع می‌شود.

- از دیگر منابع خطا می‌توان به خطای ناشی از کالیبراسیون، خطای ناشی از همپوشانی پیکها و

خطای آشکارسازی داده‌های ژئوشیمیایی اشاره کرد.

- از آنجائیکه نمونه‌های منطقه به روش ICP-MS مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفته‌اند، می‌توان با

اطمینان بیشتری نتایج به‌سست آمده را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. ICP-MS روشی به نسبت تازه

لست که از توسعه طیفسنجی نشری پلاسمای جفت شده القایی حاصل شده است ( دیت و جارویس<sup>۱</sup>، ۱۹۸۹).

### ۵-۳- تصحیح داده‌های حاصل از تجزیه‌ی ژئوشیمیایی

قبل از استفاده از نتایج حاصل از تجزیه‌ی ژئوشیمیایی نمونه‌های مورد مطالعه و پردازش آن‌ها، لازم است تصحیحاتی در مورد آن‌ها اعمال شود. از جمله‌ی این تصحیحات می‌توان به حذف مواد فرّار (L.O.I) و نسبت  $Fe_2O_3/FeO$  اشاره کرد.

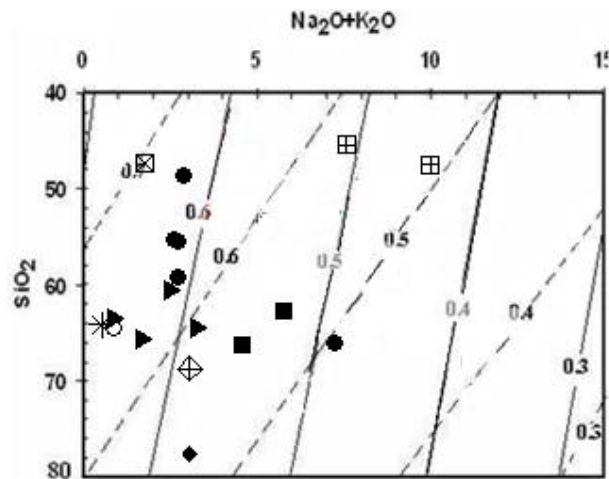
میزان مواد فرّار در سنگ‌های ماگمایی کم‌لست و حضور آن‌ها عمدتاً ناشی از فرآیندهای ثلویبه ملند دگرسلمی و هوازدگی می‌باشد (ویلسون<sup>۲</sup>، ۱۹۸۹). به منظور حذف مواد فرّار برای هر نمونه‌ی سنگی، درصد L.O.I را از مقدار حاصل جمع اکسیدهای آن نمونه کم کرده، عدد به‌سبب آمده، مقدار جدید مجموع اکسیدها در سنگی خواهد بود که مواد فرّار آن حذف شده است. سپس، نسبت (۱۰۰ تقسیم بر مجموع جدید) را به صورت ضربی در مقدار درصد هر یک از اکسیدهای سنگ ضرب کرده، تا درصد وزنی اکسیدها بدون مواد فرّار محاسبه گردد.

در تجزیه‌های شیمیایی، مقدار اکسیدهای آهن به صورت  $Fe_2O_3$  کل ارائه می‌شود. نسبت  $Fe_2O_3 / FeO$  در سنگ‌های آذرین به دلیل دگرسلمی در شرایط اکسیدان افزایش می‌یابد. به این دلیل مقادیر محاسبه شده‌ی  $FeO$  و  $Fe_2O_3$ ، مقادیر واقعی نمی‌باشند. این امر بر ترکیب کلی شنللمی نورمائیو سنگ تأثیر قابل توجهی خواهد داشت، به طوری که در محاسبه‌ی نورم، به دلیل افزایش نسبت  $Fe_2O_3 / FeO$ ، سنگ اکسیده شده میزان مگنتیت بیشتری نشان خواهد داد و  $FeO$  کمتری جهت تشکیل نورم کلی‌های سیلیکاته بقی می‌ماند (میدلموست<sup>۳</sup>، ۱۹۹۸). لذا از نمودار  $Na_2O + K_2O$  در مقابل  $SiO_2$  (لومتر، ۱۹۷۶) برای تعیین نسبت  $Fe_2O_3 / FeO$  استفاده شده است (شکل ۵-۱).

<sup>۱</sup> - Date & Jarvis

<sup>۲</sup> - Wilson

<sup>۳</sup> - Middlemost



شکل ۵-۱- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  در مقابل  $\text{SiO}_2$  (لومتر، ۱۹۷۶)، که در آن خطوط نسبت‌های اکسیدلسیون مسلولی درصد  $\text{FeO} / (\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$  برای سنگ‌های آذرین درونی (با خطوط ممتد) و برای سنگ‌های آتشفشانی (با خط چین) نشان داده شده است.

جدول ۵-۱- علائم به کار رفته برای ترکیب سنگ‌ها در تمام نمودارهای این فصل

بازالت	تفریت	تراکی آندزیت	تراکیت	داسیت	آندزیت	آندزی بازالت	تراکی بازالت	تراکی آندزی بازالت
☒	✱	◊	⬠	⊞	■	●	▲	◆

جدول ۵-۲- نتایج تجزیه‌ی شیمیایی اکسیدهای عنصر اصلی، مقادیر کلی‌های نورماتیو، عناصر کمیاب و نادر خاکی نمونه‌های سنگی منطقه مورد مطالعه (قرنبل، ۱۳۸۴)

Samples	FT-2	FT-3	FT-4	kah120	kah2x	kah1x	kahn1	kah10	kaban	kah6
<b>Major oxides(Wt%)</b>										
SiO <sub>2</sub>	64.16	61.44	59.78	51.85	47.5	46.99	49	47.63	59.15	55.64
TiO <sub>2</sub>	0.46	0.51	0.49	1.12	1.18	1.18	1.1	0.4	0.64	0.89
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.67	16.31	15.13	15.89	16.66	17.21	16.9	16.91	17.5	17.51
FeO(t)	7.54	7.9	7.9	15.79	17.63	17.37	17.58	16.93	11.95	13.6
MnO	0.08	0.06	0.14	0.09	0.16	0.16	0.16	0.14	0.11	0.13
MgO	0.52	1.46	0.65	6.25	6.59	6.72	6.22	8.74	2.56	2.56
CaO	1.36	3.13	3.87	8.62	9.59	9.38	8.7	9.64	7.84	7.44
Na <sub>2</sub> O	1.38	3.52	0.38	4.46	4.59	4.73	4.63	4.84	4.75	4.23
K <sub>2</sub> O	10.23	5.9	10.89	1.02	0.72	0.7	1.04	0.65	1.01	2.15
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.18	0.27	0.2	0.27	0.29	0.31	0.29	0.26	0.21	0.51
Sum	94.22	103.58	93.8	106.56	108.28	108.16	108.88	107.99	105.87	108.49
L.O.I	1.64	3.08	3.37	1.2	3.37	3.41	3.26	1.85	0.15	1.75
<b>Norm (CIPW)</b>										
Q	42.217	4.526	35.282	0	0	0	0	0	1.066	0
C	10.027	0	5.901	0	0	0	0	0	0	0
Or	7.269	34.867	11.169	6.028	4.255	4.137	6.146	3.841	5.969	24.298
Ab	11.677	29.785	3.215	28.244	14.584	13.681	18.129	10.656	40.193	24.65
An	5.571	11.277	17.893	20.335	22.728	23.660	29.258	22.495	23.445	16.297
Ne	0	0	5.144	0	13.140	14.271	11.023	16.414	0	6.037
Di	0	2.146	0	17.434	19.196	17.598	16.093	19.718	12.1	14.901
Hy	14.53	16.305	15.577	0	0	0	0	0	21.245	0
Ol	0	0	0	25.434	27.896	28.446	28.511	31.593	0	16.988
Il	0.874	0.969	0.931	2.128	2.242	2.443	2.09	0.76	1.216	1.691
Ap	0.426	0.64	0.474	0.64	0.687	0.734	0.678	0.616	0.497	1.208
Sum	92.59	100.515	90.442	105.376	104.928	104.769	105.638	106.156	105.733	106.769
<b>Trace elements(ppm)</b>										
Ba	1660	1340	841	121	136	127	225	56.3	336	357
Co	7	5.8	9.1	33.9	35.9	36.2	33	27.1	20.8	17.2
Cr	7	6	6.1	278	426	476	745	149	474	403
Ni	0	3	3	157	193	198	270	121	166	184
Nb	22.6	17.2	20.4	5.2	5.7	5.8	6.2	5.2	7.3	10.6
Rb	162	205	89.6	8.8	11.2	12.5	24.5	2.2	27.6	19.6
Sc	4	5	5.1	29	24.6	30	29	26	11.6	16
Sn	0	0	0	0.9	1.1	1.2	0	0.6	1.2	1.2
Sr	1377	1241	1002	624	529	599	610	246	576	821
Th	13.5	10.5	11.8	1.1	1	0.8	2.1	0.7	4	2.6
U	3.87	4.59	4.46	0.26	0.3	0.3	0	0.21	1.2	1
Zn	112	64	157	48	65	71	0	51	74	102
Pb	69.9	88.8	20.6	3.4	3	3	0	1.2	10	17
Cu	15.6	49.2	32.4	104	100	104	0	109	64	25
V	24	63	69	199	221	233	245	93	141	186
Y	15.5	13.9	14.8	22.6	21.3	23.9	22	21	20.4	18.6
<b>Rare Earth Elements (ppm)</b>										
La	44	42	37	8.9	10.2	10	11.8	8.3	17.1	21.4
Ce	73.9	68.6	71.1	26.3	23.6	24.1	27.5	18.3	36.2	44.3
Nd	28.3	26.6	28.7	0	16.5	16.1	16.5	0	18.3	24.4
Sm	4.33	4.37	4.67	4.04	4.3	4.2	3.85	0	3.9	5.2
Eu	1.43	1.34	1.61	0	1.3	1.3	1.26	0	1	1.3
Hf	0	0	0	2.7	2.6	2.6	0	0.32	3.8	4.2
Yb	1.75	1.48	1.49	0	2	2	1.93	0	1.9	1.9
Lu	0.26	0.21	0.21	0	0.3	0.3	0	0	0.3	0.3
Er	1.77	1.55	1.56	0	2.1	2.2	2.1	0	1.8	1.9

pdfMachine

A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!



جدول ۵-۳- نتایج تجزیه شیمیایی اکسیدهای عناصر اصلی، مقادیر کلمی‌های نورماتیو، عناصر کمیاب و نادر خاکی

نمونه‌های سنگی منطقه مورد مطالعه (قلمسی، ۱۳۸۹)

Sample	CH-1	CH-2	CH-3	CH-4	CH-5	CH-6	CH-7	CH-8	CH-9	CH-10
<b>Major oxides(Wt%)</b>										
SiO <sub>2</sub>	50.5	49.26	51.6	51.6	56.44	54.3	50.91	50.72	50.92	51.24
TiO <sub>2</sub>	0.9	0.78	0.8	1.1	0.77	0.6	0.8	10.7	0.8	1.59
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.3	15.45	16.96	16.6	14.22	13.7	16.3	13.82	14.15	11.5
FeO(t)	8	11.4	8.1	7.9	9.29	5.7	12	8.45	11.27	11.59
MnO	0.7	0.2	0.4	0.3	0.16	0.1	0.13	0.24	0.14	0.26
MgO	11.2	10.1	2.1	1.3	4	1.1	7.04	6.11	6.73	3.75
CaO	4.32	5	8.1	4.5	6	8.1	5.1	4.88	5.87	11.18
Na <sub>2</sub> O	1.8	1.5	2	0.4	2.5	2.4	3.5	1.46	2.65	2.61
K <sub>2</sub> O	3.03	1.1	5.7	5.8	2.7	3.4	1.1	2.64	1.3	0.19
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.7	0.14	0.8	0.6	0.12	0.3	0.19	0.25	0.21	0.24
Sum	100.95	100.13	98.76	98.6	99.16	100.9	100.84	101.13	97.03	99.65
L.O.I	3.5	5.2	2.2	8.5	2.96	7.8	3.77	2.25	5.6	5.6
<b>Norm (CIPW)</b>										
Q	0	1.132	0	11.154	7.783	9.454	0	7.961	0.622	5.529
C	3.88	3.036	0	2.918	0	0	0.533	0.481	0	0
Or	17.906	6.501	33.685	34.276	15.95	20.093	6.501	14.538	7.683	1.123
Ab	15.231	12.693	16.478	3.385	21.154	20.308	29.616	12.538	22.424	22.085
An	16.589	23.891	20.464	18.405	19.604	16.567	24.061	22.577	22.875	19.102
Ne	0	0	0.241	0	0	0	0	0	0	0
Di	0	0	12.392	0	7.887	18.648	0	0	4.055	29.488
Hy	34.573	45.174	0	16.485	22.077	2.797	22.779	28.373	34.377	13.521
Ol	5.678	0	9.932	0	0	0	11.662	0	0	0
Il	1.71	1.482	1.52	2.09	1.463	1.14	1.52	3.23	1.52	3.021
Ap	1.658	0.332	1.895	1.421	0.284	0.711	0.45	0.592	0.497	0.567
Sum	97.967	94.94	96.607	90.135	105.733	89.717	97.082	90.107	94.053	94.166
<b>Trace elements(ppm)</b>										
Ba	2.71	23	441	622	515	58	492	932	94	409
Co	18.9	10.8	14.8	26.5	29.6	18.4	20.8	20	16.1	20.4
Cr	31	14	44	44	45	14	29	27	14	39
Ni	12.8	9.4	15.8	19.5	24.4	20.8	32	14.2	8.9	18
Nb	4.57	0.74	7.09	5.99	6.56	1.27	4.11	4.32	0.55	7
Rb	69.5	12.3	90.4	100.5	50.5	18.1	108.9	148.4	9.9	71.6
Sb	1.6	16.05	0.92	6.39	0.97	3.36	4.21	1.75	15.12	1.02
Sc	13.9	2	19	14.4	25.5	6.9	13.6	14.8	1.9	17.8
Sn	0.7	0.6	1.1	1.2	1.2	0.4	0.8	0.8	0.4	1
Sr	142	38	334	80	766	29	202	204	55	406
Th	3.8	0.5	4.2	2.26	5	0.8	1.6	3.3	0.4	4.8
U	0.1	0.5	1	1.8	1.5	0.5	0.7	1.1	0.6	1.3
Zn	158.6	559.8	102.5	10000>	90.1	195.7	441.3	197.7	65	107.3
Pb	36.01	7320	18.34	10000>	36.71	13.75	273	85.9	280.7	32.44
Cu	4504	2496	103.5	746.3	39.98	10000>	49.86	121.6	772.1	528
V	124	30	222	195	274	52	185	160	35	215
Y	20	2.6	16.2	5.9	18.7	3	8.03	12.7	2.7	18
<b>Rare Earth Elements (ppm)</b>										
La	16	2	14.07	9.06	19.3	11.1	7.4	14.2	1.8	17.5
Ce	34.3	4.16	33.76	17.57	38.52	16.14	17.41	27.19	4.68	37.4
Nd	25.5	2.8	22	12.8	22.5	5.9	10.8	16.5	3.6	20.5
Sm	5.5	0.5	4.4	2.6	4.4	1.1	2.4	2.8	0.8	4.1
Eu	1.8	0.2	1.2	0.5	1.3	0.3	0.6	0.8	0.3	1
Hf	1.95	0.28	2.45	1.48	3.15	0.38	1.51	2.08	0.11	2.7
Yb	1.6	0.2	1.7	0.8	1.9	0.3	0.9	1.4	0.2	1.6
Lu	0.2	0.01	1.2	0.1	0.3	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3
Er	1.6	0.3	1.7	0.8	2.2	3	1	1.4	0.2	1.8

علائم معرف کلمی‌های نورماتیو عبارتند از :

Q: کوارتز، C: کروندوم، Or: ارتوز، Ab: آلبیت، An: آنورتیت، Ne: نفلین، Di: دیوپسید، Hy:

هیپرستن، Ol: اولیوین، Ap: آپتیت، Il: ایلمنیت.

pdfMachine

A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

## ۵-۴- کاربرد نتایج تجزیه‌ی شیمیایی عناصر اصلی و کمیاب در طبقه‌بندی سنگ‌های

### مورد مطالعه

یکی از سودمندترین روش‌های طبقه‌بندی شیمیایی، استفاده از نمودارهای طبقه‌بندی مجموع آلکالی ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) در مقابل سیلیس ( $\text{SiO}_2$ ) است. چنین نمودارهایی بوسیله‌ی کاکس و همکاران (۱۹۷۹) و میدلموست (۱۹۹۴) و غیره ارائه شده‌اند. تفلوت این نمودارها در نحوه‌ی مرزبندی میدان‌های مختلف می‌باشد.

### الف- نمودار $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ در مقابل $\text{SiO}_2$ (کاکس و همکاران، ۱۹۷۹)

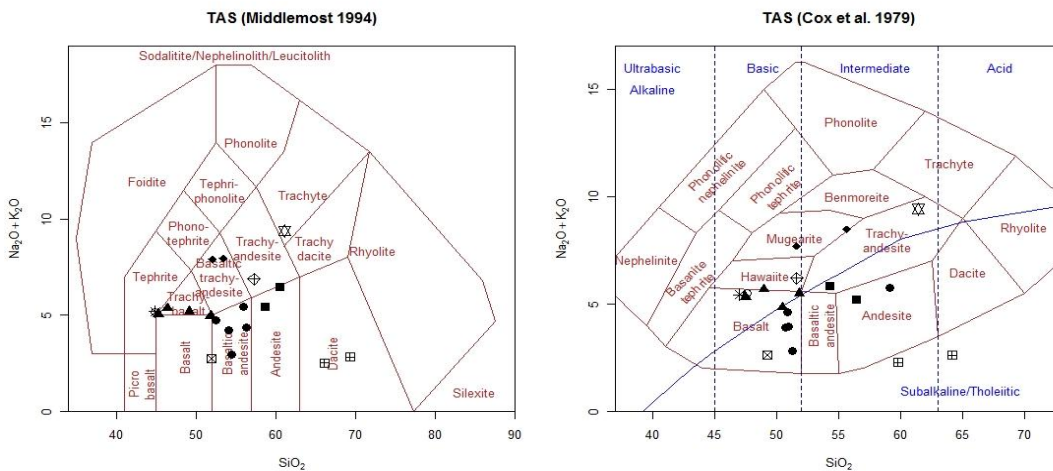
این نمودار بر اساس میزان  $\text{SiO}_2$ ، به محدوده‌های اولترامافیک، بازیک، حدوسط و لسیدی تقسیم شده است و توسط یک خط ممتد به دو محدوده آلکالی و ساب آلکالی تقسیم می‌شوند. نمونه‌های مورد مطالعه در این نمودار در محدوده‌های بازالت، آندزیت‌بازالت، آندزیت، تراکی‌آندزیت، هلوایت و موزه‌آریت قرار می‌گیرند (شکل ۵-۲).

### ب- نمودار $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ در مقابل $\text{SiO}_2$ (میدلموست، ۱۹۹۴)

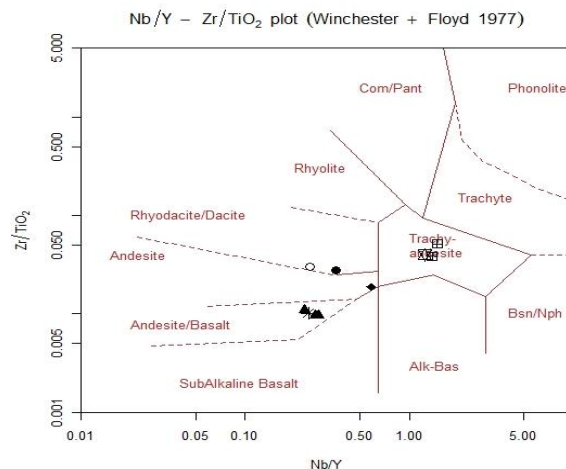
این نمودار نیز بر اساس مقادیر  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  در مقابل درصد وزنی  $\text{SiO}_2$  ترسیم شده است (شکل ۵-۳). با توجه به این نمودار، سنگ‌های مورد مطالعه در محدوده‌ی بازالت، تراکی‌بازالت، تراکی‌آندزیت، بازالت، تراکی‌آندزیت و آندزیت‌بازالت واقع می‌شوند و یک سری تفریق از بازالت تا تراکی‌آندزیت را نشان می‌دهند.

### ج - نمودار $Zr / TiO_2$ در مقابل $Nb / Y$ (وینچستر<sup>۱</sup> و فلویید<sup>۲</sup>، ۱۹۷۷)

در نمودار طبقه‌بندی وینچستر و فلویید، نسبت  $Zr / TiO_2$  بر روی محور x و نسبت  $Nb / Y$  بر روی محور y ارائه شده است. نمونه‌های مورد مطالعه در این نمودار، در محدوده‌های آندزیت و آندزیتی بازالت قرار می‌گیرند (شکل ۵-۴).



شکل ۵-۲ - موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار  $Na_2O + K_2O$  در مقابل  $SiO_2$  (کاس و همکاران، ۱۹۷۹) به منظور نامگذاری آن‌ها. شکل ۵-۳ - موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار  $Na_2O + K_2O$  در مقابل  $SiO_2$  (میدلموست، ۱۹۹۴) به منظور نامگذاری آن‌ها.



شکل ۵-۴ - موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار  $Zr / TiO_2$  در مقابل  $Nb / Y$  (وینچستر و فلویید، ۱۹۷۷) به منظور نامگذاری آن‌ها.

Winchester

pdfMachine

A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

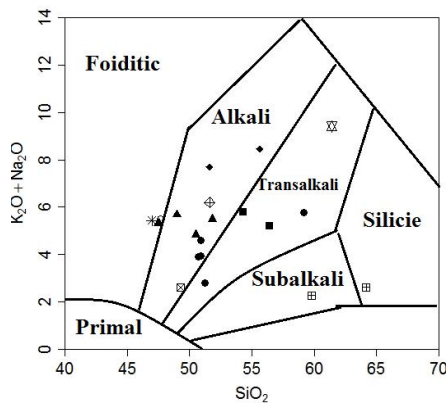
## ۵-۵- تعیین سری ماگمایی

به طور کلی سنگ‌های آذرین به سری‌های ماگمایی مختلفی تعلق دارند و مؤلفین مختلف بر اساس ویژگی‌های ژئوشیمیایی نام‌های متفاوتی را به آنها اختصاص داده‌اند. یک سری ماگمایی شامل مجموعه‌ای از سنگ‌های آذرین با ترکیب شیمیایی مختلف است که از یک ماگمای مادر بر اثر تبلور بخشی حاصل گردیده‌اند (کونو<sup>۱</sup>، ۱۹۶۸). در حال حاضر ۵ سری ماگمایی مشخص شده‌اند که عبارتند از سری تولئیتی، آلکان، کالک آلکان، شوشونیتی و تحولی (انقالی)، که جهت تعیین سری ماگمایی سنگ‌های مورد مطالعه از نمودارهای مختلف استفاده شده است که در زیر به معرفی و شرح آنها خواهیم پرداخت.

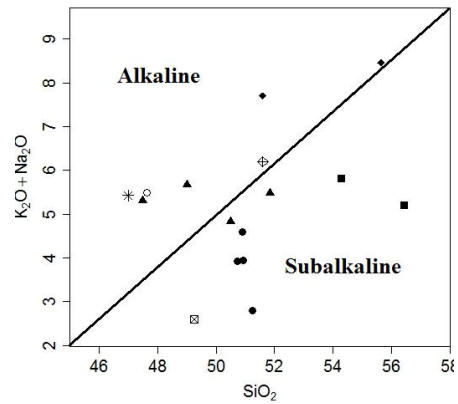
### • نمودار $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ در مقابل $\text{SiO}_2$

به منظور تعیین سری ماگمایی نمونه‌های مورد مطالعه از نمودارهای مجموع درصد وزنی  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  در مقابل  $\text{SiO}_2$ ، ایروین<sup>۲</sup> و باراگار<sup>۳</sup> (۱۹۷۱)، میدلموست (۱۹۹۴) و پکسریلو و تیلور<sup>۴</sup> (۱۹۷۶) استفاده شده است (شکل ۵-۵-الف تا ج). در نمودار میدلموست (۱۹۹۴)، ۵ سری ماگمایی فوئیدیتی، آلکالی، آلکالی - تحولی، ساب آلکالی و سیلیسی تفکیک شده‌اند. بر اساس این نمودارها، سنگ‌های مورد بررسی در محدوده‌ی سری ساب آلکان تا آلکان واقع می‌شوند.

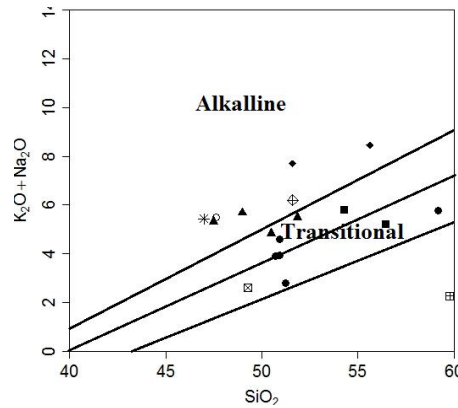
<sup>۱</sup>-Kuno  
<sup>۲</sup>- Irvine  
<sup>۳</sup>- Baragar



ب



الف



ج

شکل ۵-۵- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار تعیین سری ماگمایی الف- نمودار  $Na_2O + K_2O$  در مقابل  $SiO_2$  (ایروین و باراگرا، ۱۹۷۱)، ب- نمودار  $Na_2O + K_2O$  در مقابل  $SiO_2$  (میدلموست، ۱۹۹۴)، ج- نمودار  $Na_2O + K_2O$  در مقابل  $SiO_2$  (یکسریلو و همکاران، ۱۹۷۹).

## ۵-۶- بررسی تغییر و تحولات ژئوشیمیایی سنگ‌ها به کمک نمودارهای تغییرات

به منظور شناخت تغییرات و تحولات ماگمایی و بررسی روند حوادث ماگمایی در طی تکامل که منجر به ایجاد سنگ‌های مختلف آذرین می‌شوند، مطالعه و بررسی توأم روابط بافتی و کلی‌شناسی سنگ‌ها، همراه با تغییرات ژئوشیمیایی آن‌ها، کمک زیادی به شناخت و تفسیر واقعی تحولات ماگمایی خواهند نمود.

برای این منظور از نمودارهای درصد اکسیدهای عنصر اصلی و کمیاب در مقابل  $\text{SiO}_2$  (هارکر<sup>۱</sup>)، استفاده می‌شود. با استفاده از نمودارهای تغییرات می‌توان روابط ژئوشیمیایی و پترولوژیکی بین سنگ‌های موجود در یک منطقه را تعیین کرد. تغییرات مشاهده شده در این نمودارها از فرایندهایی نظیر تبلور تفریقی، نوب بخشی، اختلاط ماگمایی یا آلیش و هضم پوسته‌ای ناشی می‌شوند (ویلسون، ۱۹۸۹). این نمودارها، تحول ماگما را از زمان تشکیل تا زمان جلیگ‌زینی نشان می‌دهند.

### الف - نمودارهای درصد اکسید در مقابل درصد $\text{SiO}_2$ (هارکر، ۱۹۰۹)

نمودارهای تغییرات هارکر، قدیمی‌ترین نوع نمودارهای تغییرات بوده و یکی از رایج‌ترین روش‌های نمایش داده‌های عنصر اصلی و کمیاب می‌باشد. با کمک دیگر اهرام‌های هارکر می‌توان به فرایندها و تحولاتی نظیر نوب بخشی، تبلور تفریقی، اختلاط ماگمایی و آلودگی پوسته‌ای که در تشکیل یا تبلور ماگما به صورت می‌گیرد، پی‌برد (ویلسون، ۱۹۸۹).

به طور کلی در نمودارهای هارکر، با افزایش  $\text{SiO}_2$  مقدار اکسیدهای  $\text{FeO}$ ،  $\text{TiO}_2$ ،  $\text{MgO}$ ،  $\text{CaO}$  و  $\text{P}_2\text{O}_5$  کاهش و  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  و  $\text{Al}_2\text{O}_3$  افزایش می‌یابند.

#### MgO -

در این نمودار (شکل ۵-۶-الف)، با افزایش مقدار  $\text{SiO}_2$ ، مقادیر  $\text{MgO}$  روند نزولی را نشان می‌دهند. به دلیل مشارکت این اکسید در تبلور کلسی‌های چون اولیوین، کلینوپیروکسن مقدار آن در مایع باقیمانده کاهش می‌یابد.

#### TiO<sub>2</sub> -

در این نمودار (شکل ۵-۶-ب) با افزایش مقدار  $\text{SiO}_2$ ، مقادیر  $\text{TiO}_2$  روند کاهشی دارد. احتمالاً دلیل این کاهش، مشارکت اکسید تیتانیوم در ساختار تیتان‌اوزیت و اکسیدهای آهن - تیتان می‌باشد.



با پیشرفت تفریق و کلهش فوگلسیته اکسیژن و دما، محتوی  $Ti$  در کلهی‌های تیتان‌دار کلهش می‌یابد (فولی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۰).

#### $FeO_t$ -

در این نمودار (شکل ۵-۶-ج) با افزایش مقدار  $SiO_2$ ، مقادیر این اکسید روند نزولی را نشان می‌دهد. کلهی‌های مافیک همچون الیوین، پیروکسن و آمفیبول بیشترین مصرف کننده اکسیدهای آهن می‌باشند. بنابراین با تبلور این کلهی‌ها، مقادیر اکسیدهای آهن در مایع بقیملمده کلهش می‌یابد.

#### $CaO$ -

در این نمودار (شکل ۵-۶-د) با افزایش مقدار  $SiO_2$ ، مقادیر این اکسید روند نزولی را نشان می‌دهد. در طی تبلور تفریقی،  $CaO$  وارد ساختمان کلهی‌هایی مانند پلاژیوکلاز، پیروکسن غنی از کلسیم (اورتیت) و هورنبلند می‌شود (داچنز و چارلیه<sup>۲</sup>، ۲۰۰۵)، لذا مقدار آن در مایع بقیملمده کلهش می‌یابد. بیشترین مقدار  $CaO$  در سنگ‌های بازالتی و تراکی بازالتی به علت حضور کلینوپیروکسن و پلاژیوکلاز با آنورتیت درصد بالا می‌باشد.

#### $P_2O_5$ -

در این نمودار (شکل ۵-۶-ه) با افزایش مقدار  $SiO_2$ ، مقادیر این اکسید روند نزولی را نشان می‌دهد. نمونه‌های بازالتی دارای بیشترین مقدار از این اکسید و نمونه‌های آندزیتی کمترین میزان را دارا می‌باشند.

#### $Na_2O+K_2O$ -

در این نمودار (شکل ۵-۶-و) میزان مجموع این اکسیدها با افزایش تفریق در ماگما، افزایش می‌یابد. این اکسیدها به دلیل داشتن شعاع یونی بزرگ، در ترکیب کلهی‌های اولیه‌ی حرارت بالا شرکت نمی‌کند و با افزایش تفریق، سدیم وارد شبکه پلاژیوکلاز سدیک و پتلسیم وارد کلهی‌های فلدسپار آلکالن می‌شوند.

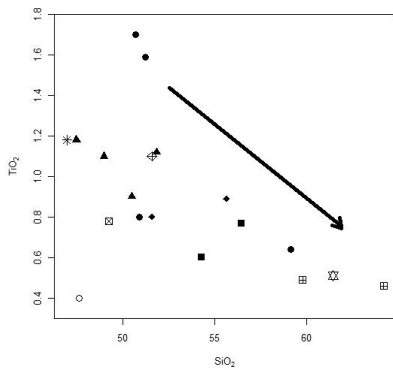
<sup>۱</sup> - Foley

## $Al_2O_3$ -

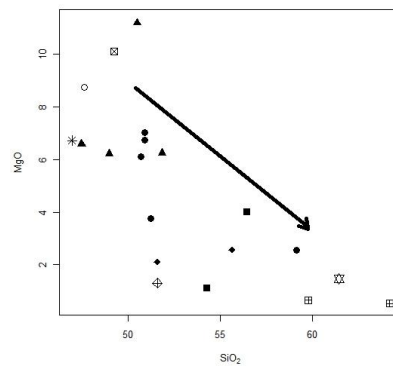
در این نمودار (شکل ۵-۶) با افزایش MgO مقدار این اکسید افزایش می‌یابد. پلاژیوکلازها

عمل کنترل کننده‌ی این اکسید می‌باشند، لذا حضور فراوان این فلوکریست در نمونه‌های تراکی

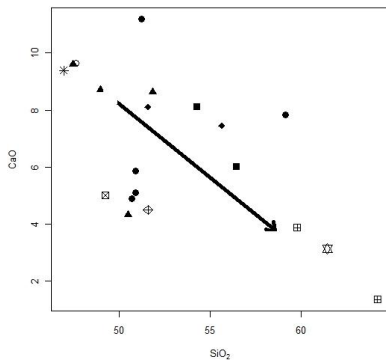
آندزیتی، افزایش  $Al_2O_3$  را در طی تفریق تأیید می‌کند.



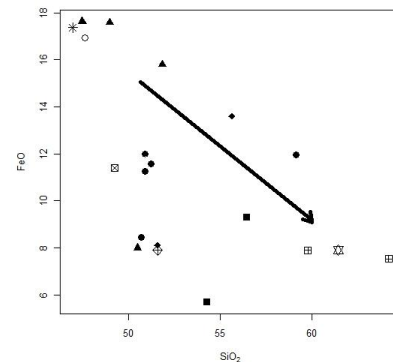
ب



الف



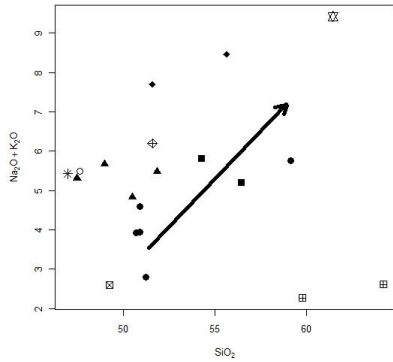
د



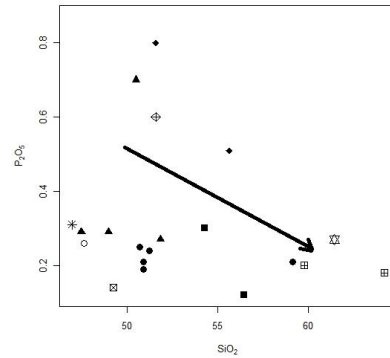
ج

شکل ۵-۶- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در نمودارهای تغییرات هارکر

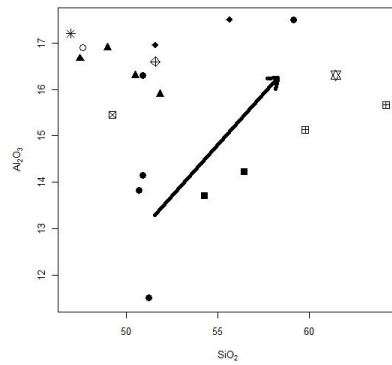
ادامه شکل در صفحه بعد ارائه شده است.



و



و



ز

ادامه شکل ۵-۶

### ب- تغییرات عناصر کمیاب در نمودارهای هارکر

عناصر کمیاب در طی تحولات ماگمایی رفتار بسیار حساسی دارند و نقش آنها در بررسی ژئوشیمی ماگما و ارائه مدل‌های پتروژنتیکی و تکتونوماگمایی بسیار مهم می‌باشد (قریلمی، ۱۳۸۴). این نمودارها نیز دارای روندهای معناداری می‌باشند که این امر نشان‌دهنده ارتباط ژنتیکی این سنگ‌ها با یکدیگر است.

#### Rb -

در نمودار تغییرات Rb در مقابل  $SiO_2$  (شکل ۵-۷ الف)، روند صعودی نشان می‌دهد. این روند با روند تغییرات  $K_2O$  در مقابل  $SiO_2$  مشابه می‌باشد. Rb جانشین K موجود در شبکه کلسی‌های

آلکالی فلوسپار و هورنبلند می‌شود. به طور کلی تمرکز عنصر نلسازگار در یک سنگ با میزان  $K_2O$  آن همبستگی مثبت نشان می‌دهد (کومار و راتنا<sup>۱</sup>، ۲۰۰۷).

#### Ba -

در نمودار تغییرات Ba در مقابل  $SiO_2$  (شکل ۵-۷-ب)، روند صعودی نشان می‌دهد. Ba در ماگما به دلیل بار بیشتر و شعاع یونی با پتلسیم، می‌تواند توسط کلمی‌های پتلسیم‌دار تصرف می‌شود. همچنین باریوم می‌تواند در شبکه پلاژیوکلاز و هورنبلند شرکت کند (معین وزیری، ۱۳۷۱).

#### Th و U -

در نمودار تغییرات U و Th در مقابل  $SiO_2$  (شکل ۵-۷-ج، د)، دارای روند صعودی می‌باشند. این دو عنصر دارای شعاع یونی بزرگتر از  $0.1$  انگسترم و همچنین دارای ظرفیت زیاد هستند. لذا از عنصر بسیار نلسازگارند و با افزایش تفریق مقدار آن‌ها در سنگ‌های لسیدی مراحل انتهایی تفریق افزایش می‌یابد.

#### V -

نمودار تغییرات عنصر سازگار V در مقابل  $SiO_2$  (شکل ۵-۷-ه) روند نزولی مشاهده می‌شود. وانادیوم رفتاری سازگار دارد و احتمالاً بصورت  $V^{3+}$  در ماگما حضور داشته و جلمشین  $Fe^{3+}$  در مگنتیت می‌شود. وانادیم در پیروکسن‌ها و هورنبلند وارد شده و در نتیجه به علت فراوانی این کلمی‌های در مراحل اولیه تبلور در بازالت‌ها این سنگ‌ها بیشترین مقدار وانادیم را دارند. روند منفی V با پیشرفت تفریق و افزایش  $Si_2O$ ، بیلگر تفریق الیومین و کلینوپیروکسن است (بلمگ و هورنس<sup>۲</sup>، ۲۰۰۰).

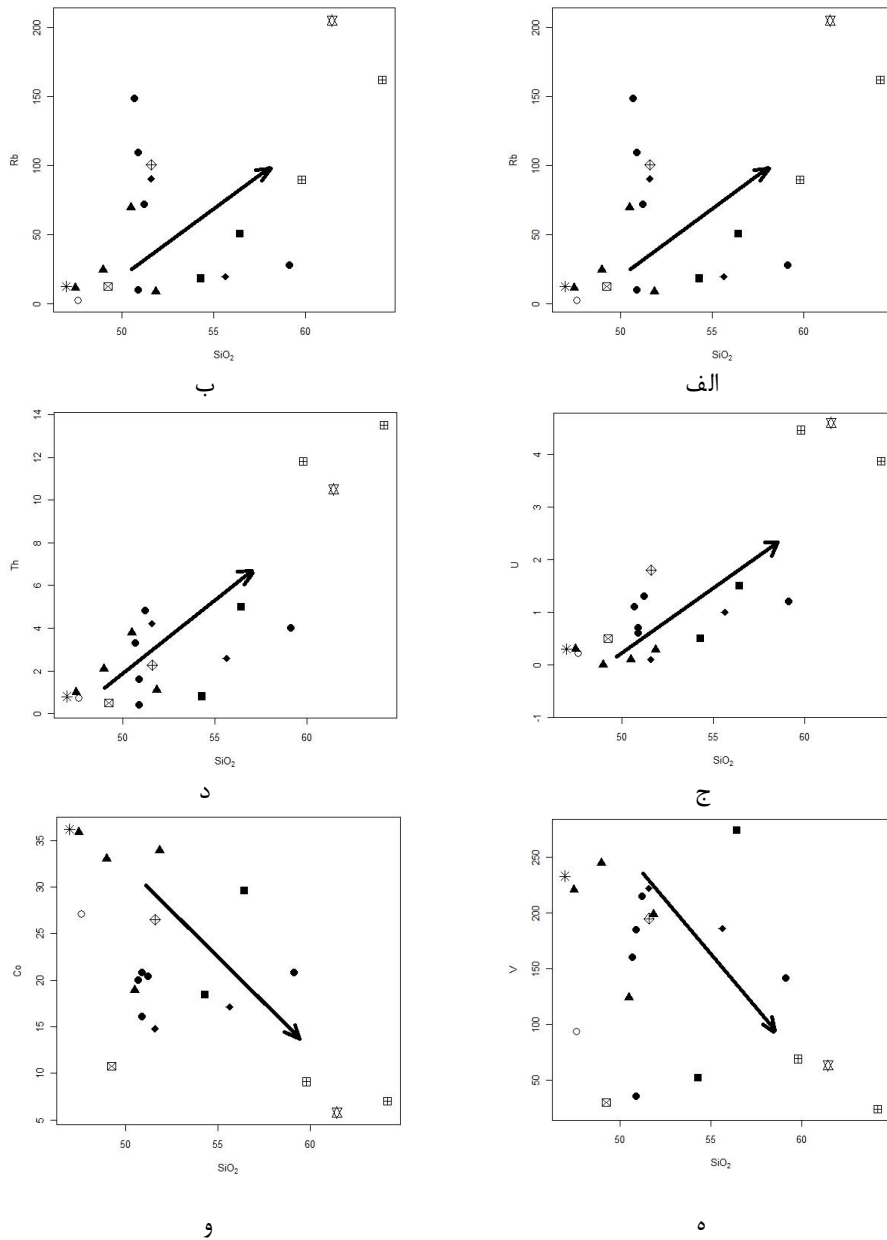
#### Co -

نمودار تغییرات Co در مقابل ضریب تفریق (شکل ۵-۷-و)، دارای روند نزولی می‌باشند. از آنجا که شعاع یونی کبالت با شعاع یونی منیزیم تقریباً برابر است، بخش عمده‌ای از عنصر کبالت موجود در ماگما در مراحل اولیه تبلور توسط ترکیبات منیزیم‌دار حرارت بالا مخصوصاً اولیومین از ماگما خارج

<sup>۱</sup> - Kmar & Rathna

می‌شود. به همین دلیل فراوانی این عنصر در بازالت‌ها و تراکی بازالت‌ها بیشتر بوده و به سمت تراکی

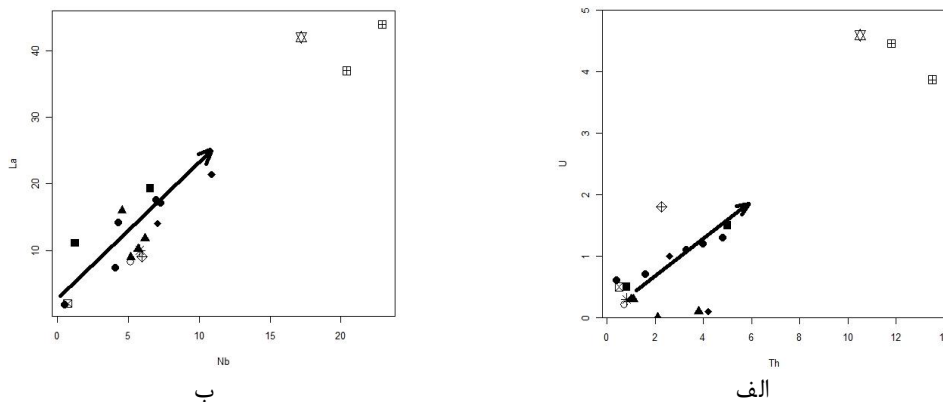
آندزی بازالت و تراکی آندزیت کلهش می‌پلبد.



شکل ۵-۷- نمودارهای هارکر عنصر کمیاب برای نمونه‌های مورد مطالعه.

## ۵-۷- نمودارهای تغییرات عناصر ناسازگار در مقابل یکدیگر

برای پی بردن به چگونگی تغییرات موجود در بین سنگ‌های منطقه و ارتباط زایشی آنها با یکدیگر از نمودارهای تغییرات عنصر کمیاب نیز استفاده شده است. عبور روندها از مبدأ، نشانه شروع پذیرش عنصر سازگار در ساختمان کلی‌های سنگ‌ساز است. با پیشرفت تبلور تفریقی مقدار عنصر نلسازگار در مذاب باقیمانده افزایش یافته و یک خط با شیب مثبت به وجود می‌آورد. در صورتی که نمودار تغییرات دو عنصر نلسازگار در مقابل یکدیگر دارای روند خطی و مثبت باشد و از مبدأ مختصات نیز بگذرد، و یا در نمودارهای تغییرات عنصر سازگار - نلسازگار به صورت منفی و کلهشی باشند، فرایند اصلی تشکیل دهنده سنگ‌ها تبلور تفریقی می‌باشد (راجرز<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۸۵). نمودار تغییرات U/Th و La/Nb برای نمونه‌های منطقه‌ی مورد مطالعه رسم شده‌اند (شکل ۵-۸). هم‌طور که مشاهده می‌شود، این نمودارها، روند خطی و صعودی را نشان می‌دهد که از مبدأ مختصات نیز می‌گذرد. بنابراین، بر اساس این الگو فرایند غالب در تحولات ماگمایی منطقه، تبلور تفریقی می‌باشد.



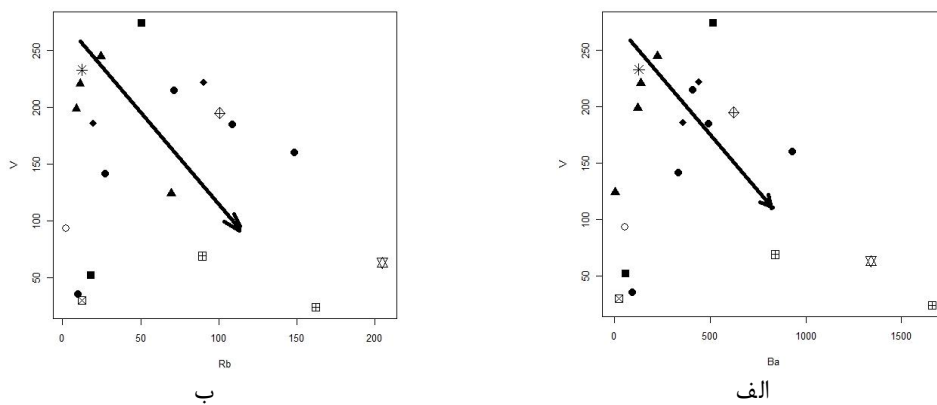
شکل ۵-۸- نمودارهای تغییرات عنصر نلسازگار در مقابل یکدیگر



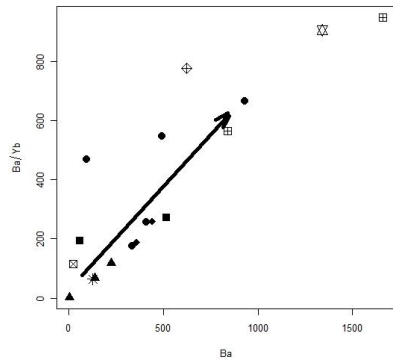
## ۵-۸- نمودار تغییرات عناصر سازگار در مقابل ناسازگار

جهت تشخیص فرایند تبلور تفریقی در سنگ‌های مورد مطالعه از نمودار تغییرات عنصر سازگار در مقابل ناسازگار نیز استفاده شده است (شکل ۵-۹). شیب منفی در این نمودارها، نقش فرایند تبلور تفریقی را در تحولات ماگمایی سنگ‌های منطقه تأیید می‌کند.

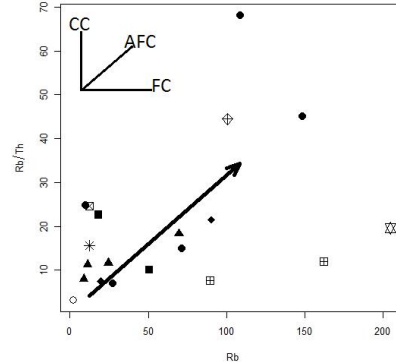
همچنین که در نمودارهای نسبت - نسبت  $Rb/Th-Rb$  ،  $Ba/Yb-Ba$  و  $La/Sm-La$  (چگنی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۶) مشاهده می‌شود، ارتباط ژنتیکی پیوسته‌ای میان سنگ‌های منطقه وجود دارد و از این رو احتمال تشکیل آن‌ها از یک منبع تولید ماگمای واحد، زیاد است (شکل ۵-۱۰).



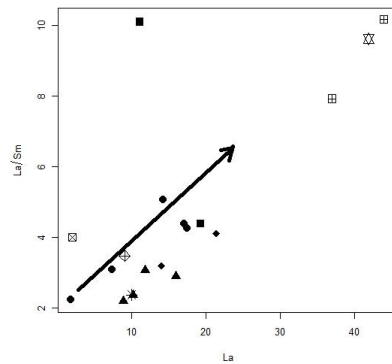
شکل ۵-۹- نمودارهای نمودار تغییرات عنصر سازگار در مقابل ناسازگار



ب



الف



ج

شکل ۵-۱۰- نمودارهای تغییرات عنصر کمیاب روندهای مشخص شده در نمودار (الف) عبارتند از: CC: آرایش پوسته-ای، AFC: تبلور تفریقی همراه با هضم، FC: تبلور تفریقی

## ۵-۹- نمودارهای چند عنصری عناصر کمیاب

از جمله روش‌های بررسی عنصر کمیاب به منظور پی بردن به فرآیندهای پترولوژیکی، استفاده از نمودارهای چند عنصری است (وود<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۷۹؛ سان<sup>۲</sup>، ۱۹۸۰؛ تلمپسون<sup>۳</sup>، ۱۹۸۲ و تلمپسون و همکاران، ۱۹۸۴). نمودارهای چند عنصری جهت بررسی میزان تغییر و تحولات ماگمهای مولد نسبت به ماگمهای اولیه، درصد ذوب بخشی و همچنین منشأ و قرابت‌های ژنتیکی آن‌ها از اهمیت خاصی برخوردارند. در این نمودارها فراوانی گروه‌هایی از عنصر کمیاب و کمیاب‌خاکی موجود در نمونه‌های سنگی، نسبت به فراوانی این عنصر در سری نمونه‌های استاندارد خاص بهنجار می‌شود

<sup>۱</sup>-Wood  
<sup>۲</sup>-Sun

(رولینسون، ۱۹۹۳). شخلمه‌های کندریتی به دلیل این‌که مواد اولیه‌ی منظومه‌ی شمسی می‌باشند و ممکن است با هسته‌سازی اولیه‌ی زمین مرتبط باشند، انتخاب شده‌اند (ویلسون، ۱۹۸۹).

#### ۵-۹-۱- نمودار چند عنصری بهنجار شده نسبت به کندریت

برای نرمالیزه کردن عنصر REE نمونه‌های مورد مطالعه، از روش بهنجارسازی نسبت به کندریت ناکامورا<sup>۱</sup> (۱۹۷۴) استفاده شده است (شکل ۵-۱۱). بر اساس این نمودار، همه‌ی نمونه‌ها از عنصر نادر خاکی سبک (LREE)، غنی‌شدگی و از عنصر نادر خاکی سنگین (HREE) تهی‌شدگی نشان می‌دهند. تفریق یافتگی عنصر LREE نسبت به HREE ممکن است به علت مشارکت بیوین، پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن در فرآیند تفریق نیز باشد و در نتیجه در خلال تفریق، به طور فزاینده‌ای در میلهات تحول یافت‌تر متمرکز می‌شوند (رولینسون، ۱۹۸۹). تمرکز بالای عنصر نسل‌زگار و غنی‌شدگی از عنصر نادر خاکی سبک را می‌توان به دو عامل درجات پایین ذوب بخشی یک منبع گوشته-ای غنی شده از LREE (ویلسون، ۱۹۸۹؛ چن<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۲) و آرایش ماگمایی توسط مواد پوسته‌ای نسبت داد (سریولستوا<sup>۳</sup> و سین<sup>۴</sup>، ۲۰۰۴). پیرس (۱۹۸۲) فراوانی پلین عنصر با پتلسیل یونی بالا را به عوامل مختلف زیر نسبت می‌دهد: (۱) درجات بالای ذوب بخشی از یک منشأ گوشته، (۲) پایداری و باقی‌ماندن فازهای فرعی در منشأ گوشته و (۳) ذوب دوباره از یک منشأ گوشته قبلاً تهی شده (قرلمی، ۱۳۸۴).

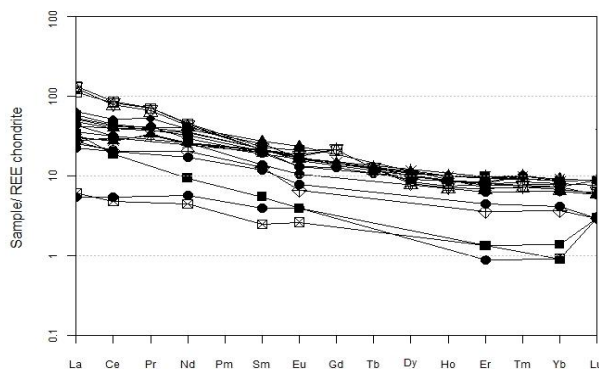
بی‌هنجاری‌های Eu عمدتاً توسط پلاژیوکلاز کنترل می‌شود و به فوگلسیتته‌ی اکسیژن وابسته است. یوروپیم (در حالت دو ظرفیتی)، بر خلاف REE سه ظرفیتی که در پلاژیوکلاز و فلدسپار پتلسیم عنصری نسل‌زگارند، عنصری سازگار به شمار می‌آید. بنابراین خارج شدن فلدسپارها از طریق تفریق بلوری در شرایط فوگلسیتته‌ی پلین اکسیژن باعث آنومالی منفی در مذاب می‌شود (ویلسون،

<sup>۱</sup>-Nakamura

<sup>۲</sup>- Chen

<sup>۳</sup>-Srivastava

۱۹۸۹؛ کگلین<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸). عدم وجود آنومالی منفی این عنصر در نمونه‌های مورد مطالعه را می‌توان به حضور معمول پلاژیوکلاز در آنها مرتبط دانست و نشان می‌دهد که تفریق پلاژیوکلاز نقش مهمی در تحول ماگما نداشته است. در نمونه‌های مورد مطالعه فاقد آنومالی یوربومیم می‌باشد.



شکل ۵-۱۱- نمودار چند عنصری بهنجار شده عناصر نادر خاکی نمونه‌های مورد مطالعه نسبت به متئوریت کندریتی (ناکلورا، ۱۹۷۴)

### ۵-۹-۲- نمودار چند عنصری بهنجار شده نسبت به گوشته‌ی اولیه

برای بررسی الگوی تغییرات عنصر کمیاب بهنجار شده نسبت به گوشته‌ی اولیه برای نمونه‌های مورد مطالعه از نمودار سان و مک دونوف<sup>۲</sup> (۱۹۸۹) استفاده شده است. در این نمودار (شکل ۵-۱۲) نیز همانند نمودارهای بهنجار شده نسبت به کندریت، غنی‌شدگی از LREE و تهی‌شدگی از HREE مخصوصاً Nb و Ti را نشان می‌دهد که از خصوصیات ماگماهای مرتبط با فورانش است (گاس<sup>۳</sup> و کای<sup>۴</sup>، ۲۰۰۹؛ کوالنکو<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). در بیان عوامل تهی‌شدگی HFSE نسبت به LILE در محیط‌های قوسی دلایل پیشنهادی زیر را می‌توان عنوان کرد (شجلمی، ۱۳۸):

<sup>۱</sup>-Koglin  
<sup>۲</sup>-Mc Donough  
<sup>۳</sup>-Goss  
<sup>۴</sup>-Kay

۱) قابلیت انحلال نسبتاً بالای LILE و LREE در سیالات ورقه فرورنده نسبت به HFSE، در نتیجه آبدیاری ورقه اقیانوسی باعث بالا رفتن نسبت LILE/HFSE در ناحیه منبع می‌شود (تلسومی<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۸۶).

۲) خروج قبلی HFSE از گوشته در نتیجه نوب بخشی (گمبل<sup>۲</sup> و همکاران، ۱۹۹۳ و وودهد<sup>۳</sup> و همکاران، ۱۹۹۳).

۳) حضور یک فاز بلقیمی‌ده غنی از تیتان ملند آپلیت، مونازیت و زیرکن در گوه گوشته‌ای که توسط سیالات فرورنده تثبیت شده و عنصر HFSE در طی نوب بخشی در آن تجمع می‌یابد (پول<sup>۴</sup>، ۱۹۸۶؛ گرین و پیرسون<sup>۵</sup>، ۱۹۸۶ و ریبرسون و واتسون<sup>۶</sup>، ۱۹۸۷).

همچنین آنومالی منفی Nb شاخص سنگ‌های قاره‌ای و بیلمگر مشارکت پوسته در فرآیندهای ماگمایی است (کنت<sup>۷</sup>، ۱۹۹۵؛ ناگودی<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۰۳). به عقیده این محققین بلزالت‌های قاره‌ای که به وسیله آرایش پوسته‌ای متأثر نشده‌اند و یا به مقدار خیلی کم آرایش یافته‌اند، دارای آنومالی کوچک و یا فقد آنومالی منفی نیوبیوم هستند. بنابراین دلیل این تهی شدگی کلی نمونه‌ها از Nb، تهی بودن شدید ترکیب متوسط پوسته از این عنصر است، که هر ماگمایی که با مواد پوسته‌ای آرایش یابد این آنومالی منفی را در خود منعکس خواهد کرد. همچنین آنومالی منفی Nb, Ta, Ti ممکن است مرتبط با فرایندهای پتروژنتیکی ملند مشارکت پوسته‌ای قاره‌ای در فرایندهای ماگمایی باشد (چلمنی و همکاران، ۲۰۰۶). در این نمودار غنی‌شدگی در CS, K و Rb مشهود می‌شود که به عقیده فان (۲۰۰۳) این آنومالی‌ها نسبت به گوشته اولیه از ویژگی‌های ماگمای وابسته به فرورانش بوده و غنی‌شدگی شدید U و Th می‌تواند در نتیجه اضافه شدن رسوبات پلاژتیک و پوسته هوازده اقیانوسی به منبع مذاب ایجاد شده است (شجاعی، ۱۳۸). به طور کلی در مورد Sr نیز می‌توان غنی‌شدگی را در نظر

<sup>۱</sup> - Tatsumi

<sup>۲</sup> - Gamble

<sup>۳</sup> - Wood head

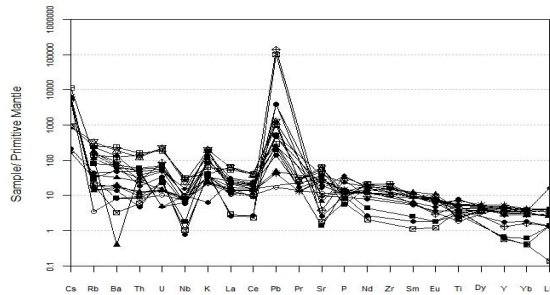
<sup>۴</sup> - Powell

<sup>۵</sup> - Green & Pearson

<sup>۶</sup> - Reyerson & Watson

<sup>۷</sup> -Cont

گرفت، که این امر می‌تواند ناشی از وفور کلسی پلاژیوکلاز در این نمونه‌ها قلمداد شود. گرچه دگرسانی هیدروترمالی ممکن است باعث کاهش Sr شود (ژو، ۱۹۹۵) ولی در نمونه‌های مورد مطالعه این مقادیر بالا می‌ماند.



شکل ۵-۲-۱ نمودار عنکبوتی چند عنصری بهنجار شده نمونه‌های مورد مطالعه نسبت به گوشته‌ی اولیه (سان و مک دونوف، ۱۹۸۹)



فصل ششم

ژنز کلسار

**pdfMachine**

**A pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

## ۶-۱- مقدمه

تعیین ژنز کلسار بخشی از مطالعات زمین شناسی اقتصادی می‌باشد که با توجه به وضعیت قرارگیری ماده معدنی نسبت به سنگ درون‌گیر، عناصر اصلی و فرعی، کلمی‌های تشکیل دهنده، بافت و همچنین ارتباط ماده معدنی با سنگ منشأ به چگونگی تشکیل کلسار می‌پردازد. در این فصل پس از معرفی خصوصیات مختلف کلسار که در چگونگی تشکیل کلسار نقش دارند، به معرفی ژنز احتمالی کلسار می‌پردازیم.

## ۶-۲- خصوصیات سنگ میزبان

کلسارهای متعلق به سنوزوئیک در کمربند آتشفشلی - نفوذی تروود - چامشیرین حاصل ماگماتیسم گسترده ترشیاری در ناحیه تروود می‌باشد. ماگماتیسم ترشیاری در ناحیه تروود موجب تشکیل سنگ‌هایی با ترکیب متفلوت (از بلزالت تارپولیت و از گلبرو تا گرانیت) شده است (کهنسال، ۱۳۷۶).

هم‌لطور که در فصل دوم بیان شد، واحدهای سنگی محدوده چشمه حافظ شامل سنگ‌های آتشفشلی با ترکیب جدولت تا بلزیک شامل بلزالت، آندزی‌بلزالت، تراکی‌آندزیت، آندزیت و آتشفشلی - رسوبی شامل توف و توفیت‌ها، توده‌های نفوذی با ترکیب جدولت تا لسیدی و همچنین آبرفت‌های قدیمی و جوان می‌باشند. سن این واحدها را بر اساس مطالعات صورت گرفته در این منطقه، به ائوسن می‌تواند تا بالای نسبت داده‌اند. همچنین توده نفوذی و دایک‌های محدوده باسن ائوسن - الیگوسن می‌باشند. بدنه اصلی این مجموعه ماگمایی راسنگ‌های آتشفشلی ائوسن پدید آورده است که توسط توده‌های نفوذی (عمیق و نیمه عمیق) قطع شده‌اند (قربلی، ۱۳۸۴). فوران این توده، بیان کننده رخداد مهم تکتونوماگمایی و متالورژیک مرتبط با کوهزایی پیرنه است (قلسمی، ۱۳۸۹). سنگ‌های این مجموعه دارای ملهیت کالکواکالان - آلکان می‌باشند و شواهد پترولوژیکی موقعیت تکتونیک آن‌ها را قلیل مقیسه با قوس آتشفشلی نشان می‌دهد.

سیالات گرمایی منشأ گرفته از توده‌های نفوذی در سنگ‌های منطقه ایجاد دگرسانی وسیعی همچون دگرسانی‌های سریسیتیک، آرژلیک، سیلیسی و پروپلیتیک را کرده‌اند و با شستن فلزات از سنگ‌های منطقه باعث کلاهزایی در منطقه شده است. می‌توان گفت که سنگ‌های میزبان در منطقه به عنوان منشأ فلزات پلیمه و نقره می‌باشند (قلسمی، ۱۳۸۹).

### ۶-۳- وضعیت ساختمانی

منطقه ترود واقع بر روی حاشیه شمالی زون ایران مرکزی، خود بخشی از کمان ماگمایی ترود - چاه شیرین می‌باشد. از نظر تکتونیکی منطقه بسیار فعال بوده و تحت تأثیر یک سیستم برشی چپگرد شامل گسل انجیلو در شمال و گسل ترود در جنوب قرار دارد. تحت تأثیر حرکت این گسل‌ها در منطقه چشمه‌حافظ گسل‌های زیادی شکل گرفته‌اند که روند کلاهزایی در امتداد این گسل‌ها رخ داده است. در محدوده چشمه‌حافظ گسل‌هایی در رستای شمال شرقی - جنوب غربی و نیز شمالی - جنوبی هم‌روند با گسل‌های اصلی منطقه بوده و اغلب توسط رگه‌های کلاه‌دار پر شده‌اند. دسته دیگری از گسل‌ها در رستای شمال غربی - جنوب شرقی می‌باشند، که بیشتر توسط کلسیت، سیلیس و باریت پر شده‌اند. گسل‌های شرقی - غربی موجود در منطقه اغلب در اثر جابه‌جایی واحدهای سنگی و سایر گسل‌ها ایجاد شده‌اند و به نظر می‌رسد که این گسل‌ها آخرین نسل گسله در محدوده مورد مطالعه می‌باشند و اکثراً توسط کلسیت پر شده‌اند. گسل‌ها در منطقه چشمه‌حافظ به عنوان معبری برای صعود سیالات کلاهزا عمل کرده و در تمرکز ماده معدنی نقش مهمی داشته‌اند.

### ۶-۴- شکل و ساختار ماده معدنی

مشخصات ساختاری و شکل کلسار یکی از پارامترهای مهم در تعیین ژنز کلسار می‌باشد. به این منظور کارهای اکتشافی مختلفی که توسط شرکت‌های معدنی صورت گرفته شامل کارهای اکتشافی سطحی ملند ترانشه، چاهک، اوکلون و ... و کارهای اکتشافی زیر سطحی ملند تونل و گملمه

pdfMachine

A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

به طور دقیق مورد بررسی قرار گرفت تا شکل و ساختار کلی ماده معدنی تا عمق حدود ۰۰ امتری مشخص گردید.

مشخصات هر یک از کارهای اکتشافی به شرح زیر می‌باشد (شرکت زرناب، ۳۸۸، ۱).

## • مطالعات اکتشافی سطحی

### - ترانشه‌ها

جهت مشاهده مرز ماده معدنی، اندازه‌گیری ضخامت و نمونه‌برداری مناسب بسته به ضرورت در فواصل مشخص تعداد ۱۹ ترانشه عمود بر روند ماده معدنی توسط کمپرسور شرکت زرناب (Ingersoll 160)، نیروی انسانی و ابزارهایی همچون بیل، کلنگ و دیلم حفر شده است. عرض متوسط ترانشه‌ها ۷۰ سانتی‌متر و عمق آنها ۸۰ تا ۱۹۰ سانتی‌متر متغیر می‌باشد.

برداشت ترانشه‌ها و نمونه‌برداری در امتداد آنها طی عملیات صحرائی صورت گرفت که در مطالعه شکل و کیفیت کلسار بسیار راهگشا بود. در جدول ۶-۱ مشخصات تعدادی از ترانشه‌های حفر شده در محدوده کلسار با شرح مختصری از هر کدام بیان شده است. اشکال (۶-۱ و ۶-۲) نمونه‌هایی از ترانشه‌های حفر شده در منطقه و همراهی رگچه‌های سیلیسی و کلسازی موجود در طول آنها را نشان می‌دهند.



ب



الف

شکل ۶-۱- نمایی از ترانشه Tr-15 (دید به سمت غرب) (الف) به همراه رگچه‌های سیلیسی مشلهده شده در طول ترانشه (ب)



شکل ۶-۲- نمایی از ترانشه Tr-10 (دید به سمت جنوب)



ب

الف

شکل ۶-۳- نمایی از سنگ کله‌دار که دارای کلی‌سازی گالن و کالکوپیریت

جدول ۶-۱- مشخصات ترانشه‌های پیمایش شده در منطقه (شرکت زرناب، ۱۳۸۸)

شماره ترانشه	مختصات نقطه ابتدایی (utm)		طول ترانشه (m)	عمق متوسط (cm)	آزموت (درجه)	سنگ شناسی	مشخصات رگه‌های سیلیسی موجود در ترانشه‌ها		دگرسانی	کلاس‌بندی در ترانشه
	عرض	طول					موقعیت	ضخامت (cm)		
Tr-2	۲۹۲۰۹۹۲	۲۹۵۸۴۱	۳۷/۵	۵۰	۲۶۵	توف ملس‌های و آندزی‌پزالت	۲۶۰/۶۰ NW	۴۰ (۱)	آرژیلیتی ضعیف به همراه آغشتگی اکسید آهن	پیریت، کالکوپیریت، گالن، مسروزیت، کوولین، مالاکیت
							۲۷۰/۶۰ NW	۶۰ (۲)		
Tr-3	۳۹۲۰۹۲۳	۲۹۵۸۴۹	۱۸	۴۰	۲۵۲	توف ملس‌های و آندزی‌پزالت	۲۵۶/۵۵ NW	۳۵ (۱)	برشی شده	پیریت و گالن
Tr-4	۳۹۲۰۸۰۳	۲۹۵۷۸۷	۳۸	۳۰	۲۵۴	توف ملس‌های و آندزی‌پزالت	۲۴۵/۴۰ NW	۶۰ (۱)	برشی - سیلیسی	پیریت، کالکوپیریت، گالن و لسفالریت
Tr-5	۳۹۲۰۷۳۰	۲۹۵۸۱۴	۱۱/۵	۳۰	۲۶۵	آندزیت	۲۵۴/۴۴ NE	۸۰ (۱)	برشی	گالن و باریت
Tr-6	۳۹۲۰۶۷۷	۲۹۵۸۰۰	۲۸	۴۰	۲۶۴	آندزیت و آندزی‌پزالت	۲۶۰/۴۴ NW	۲۰ (۱)	آرژیلیتی بسیار ضعیف و آغشتگی اکسید آهن	گالن، پیریت، کالکوپیریت، لسفالریت و باریت
							۲۵۹/۵۹ NW	۲۵ (۲)		
Tr-7	۳۹۲۰۵۸۶	۲۹۵۷۷۳	۱۱	۵۰	۲۴۴	آندزیت	۲۷۰/۴۰ SW	۲۰ (۱)	برشی - سیلیسی با آغشتگی اکسید آهن	گالن و باریت

pdfMachine

A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!



باریت، پیریت، کالکوپیریت و به طور ضعیف گالن	سیلیسی - کلسیتی شدیداً برشی شده	۲۵۲/۵۰ NW	۲۰ (۱)	آندزیت برشی	۲۷۴	۴۰	۱۰	۳۹۲۰۵۴۶	۲۹۵۷۸۹	Tr-8
باریت و گالن	آرژیلیتی به همراه آغشتگی اکسید آهن	۳۰۸/۵۰ SW	۱۵ (۱)	آندزیت	۲۸۰	۵۰	۲۱/۵	۳۹۲۰۴۹۶	۲۹۵۸۱۰	Tr-9
		۲۷۰/۵۰ SW	۵۰ (۲)							
باریت، گالن، پیریت و کالکوپیریت	آرژیلیتی به همراه آغشتگی اکسید آهن	۲۲۰/۳۲ SW	۱۵ (۱)	آندزیت	۲۷۶	۵۰	۲۱/۵	۳۹۲۰۴۶۴	۲۹۵۸۲۷	Tr-10
		۲۴۲/۴۸ SW	۴۵ (۲)							
گالن و کمی باریت	برشی شده به همراه آغشتگی اکسید آهن	۲۴۸/۵۴ SW	۴۵ (۱)	آندزیت	۲۶۴	۳۰	۱۶/۵	۳۹۲۰۴۳۷	۲۹۵۸۲۸	Tr-11
گالن به مقدار کم	شدیداً برشی شده	۲۴۸/۵۰ SW	۲۰ (۱)	آندزیت برشی	۲۹۵	۴۰	۱۰/۵	۳۹۲۰۳۳۴,۳۹	۲۹۵۴۵۷,۸۶	Tr-15

ادامه جدول ۶-۱.

pdfMachine

A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

برداشت و مطالعه ترانشه‌ها نشان می‌دهد که کلی‌سازی در یک زون برشی به ضخامت تقریبی

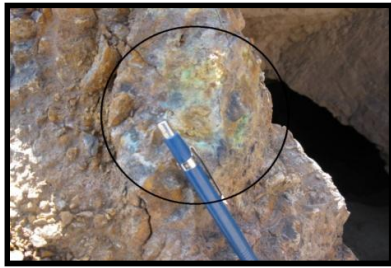
۲-۴ متر با روند شمالی - جنوبی و شیب حدود ۵۰ درجه به سمت غرب تا شمال غرب به طول تقریبی ۲ کیلومتر گسترش یافته است.

### - اوکلون (چاه شیبدار)

پس از مطالعه ترانشه‌ها به منظور مشاهده و بررسی ماده معدنی در عمق اقدام به حفر اوکلون کرده‌اند. اوکلون‌ها در واقع چاه‌های شیب‌داری هستند که در کف ترانشه‌ها و یا سطح رخنمون ماده معدنی حفر می‌شود که بسته به شیب ماده معدنی و عمق آن، دارای شیب متغیر ۱۸ تا ۹۰ درجه می‌باشند (عطایی، ۱۳۸۴).

در منطقه چشمه حافظ تعدادی اوکلون حفر شده که مشخصات دو نمونه از آن‌ها در جدول ۶-۲ آورده شده است. اشکال ۴-۶ و ۵-۶ تصویری از وضعیت اوکلون‌ها را نشان می‌دهد. ضخامت زون کلی‌سازی در آن‌ها از ۰/۵ تا ۱/۹ متر متغیر می‌باشد. در دیواره اوکلون‌ها زون برشی و کلی‌سازی به شکل پراکنده در فضاهای خالی به خوبی مشاهده می‌شود.

توضیحات	امتداد	مختصات		اوکلون
		عرض	طول	
لیتولوژی اوکلون شامل آندزیت - تراکی آندزیت و نیز دارای کلی-سازی مالاکیت، منگنز و باریت همراه با رگه‌های سیلیسی می‌باشد (شکل ۴-۶).	۰۹۶	۳۹۲۰۶۶۶	۲۹۵۷۸۶	W13
لیتولوژی اوکلون شامل آندزیت - تراکی آندزیت و نیز دارای کلی-سازی منگنز به صورت دندریتی می‌باشد (شکل ۵-۶).	۲۶۰	۳۹۲۱۴۹۱	۲۹۵۷۷۶	W16



ب



ج

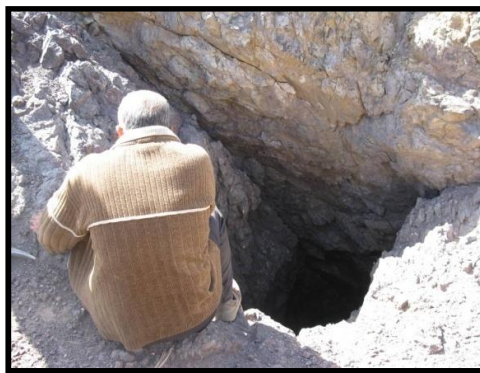


الف

شکل ۶-۴- نمایی از اوکلون W13 همراه با کلمی سازی منگنز در اطراف آن (دید به سمت شرق) (الف)، کلمی سازی ملاکیت و آزوریت در آن (ب)، رگه های سیلیسی همراه با آغشتگی اکسید آهن در آن (ج).



ب



الف

شکل ۶-۵- نمایی از اوکلون W16 (دید به سمت شمال شرق) (الف)، کلمی سازی منگنز به صورت دندریتی (ب).

pdfMachine

A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

## • مطالعات اکتشافی زیرسطحی

پس از مطالعه اکتشافات سطحی و جهت بررسی گسترش و کیفیت ماده معدنی در عمق اقدام به کارهای اکتشافی زیر سطحی می‌گردد. تونل و گم‌له‌ها از جمله کارهای اکتشافی زیر سطحی هستند که در منطقه ایجاد شده‌اند که در اینجا مشخصات و نتایج حاصل از آنها به اختصار ارائه می‌گردد.

### - تونل

در منطقه چشمه حافظ در شرایطی که توپوگرافی مناسب بوده، تعدادی تونل دنبال لایه حفر شده‌اند که از نظر تاریخی به دوران شدادی مربوط می‌شوند. از این تونل‌ها علاوه بر اهداف اکتشافی، استخراج ماده معدنی نیز صورت گرفته و در دهله تونل انباشته شده‌اند. آثار سرباره‌های نوب ماده معدنی نیز در مجاورت دهله تونل‌ها مشاهده می‌شود.

مجموعاً چهار تونل در منطقه حفر شده که شامل تونل‌های قربان، گلوی، آبی و چهارسنگ می‌باشد که همه آنها در حال حاضر متروکه هستند و استفاده از آنها مستلزم ترمیم و بازسازی می‌باشد.

تونل آبی به علت وجود آب فراوان و تونل چهارسنگ نیز به علت وجود یک چاه قلم تقریباً ۴۵ متری در ابتدای آن قبیل دسترسی نیستند. تونل گلوی خود شامل سه تونل است که در فصل‌های از یکدیگر حفر شده‌اند (شکل ۶-۶) و همچنین تونل قربان تا حدودی قبیل دسترسی می‌باشد که مشخصات آن به نام تونل T1 مورد مطالعه قرار گرفته است (شکل ۶-۷).

جدول ۶-۳- مشخصات تونل قربان (شرکت زرناب، ۱۳۸۸)

شماره تونل	مختصات تونل		ارتفاع دهله (m)	طول تونل (m)	سنگ شنله ی	کلی سازی	آترلسیون
	عرض	طول					
T1	۳۹۲۲۳۵۰	۲۹۵۵۶۱	۲	۴۸/۵	توف کریستالین سبز تاخاکستری و توف آتره که سنگ دربگیرنده شدیداً تکتونیزه شده	گلن، لسفالریت، پیریت، کالکوپیریت، بورنیت، مالاکیت، آزوریت و باریت	آرژلیک ضعیف، سیلیسی به همراه اکسید آهن



شکل ۶-۶- نمایی از سه تونل گوی (دید به سمت شمال)



شکل ۶-۷- نمایی از تونل قربان که دارای دو دهله ورودی می باشد (دید به سمت شمال)

pdfMachine

A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!



## - گمانه‌ها

اصولاً حفر گمانه‌های اکتشافی به منظور آگاهی یافتن از عمق، ضخامت، کیفیت ماده معدنی، عیار و ابعاد ماده معدنی در زیر سطح زمین و همچنین ارزیابی نخیره در قسمت‌هایی که رخنمون سطحی نداشته، صورت می‌گیرد. بدین منظور تعداد ۱۴ گمانه به فواصل تقریبی ۱۰۰ متر از یکدیگر در بخش غربی زون کلسازی حفر شده‌اند. مغزه‌های بدست آمده در جعبه‌های مخصوص نگهداری و مورد مطالعه می‌گیرند (شکل ۶-۸). طول مغزه‌ها نیز بسته به تغییر شدت کلسازی، تغییر سلیز و میزان حفاری متغیر می‌باشد. محل گمانه‌ها با توجه به شرایط زمین شناسی، رخنمون رگه‌های کلسه‌دار و نتایج بدست آمده از ترانشه‌ها، چلک‌ها، مطالعه تونل‌ها و اطلاعات حاصل از مطالعات ژئوفیزیکی تعیین شده است.

جدول ۶-۴ مشخصات عمومی مربوط به هفت گمانه که مورد مطالعه قرار گرفته‌اند را نشان

می‌دهند.



شکل ۶-۸- نمایی از جعبه مغزه‌ها

pdfMachine

A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

جدول ۴-۶- مشخصات عمومی گم‌له‌های مطالعه شده (شرکت زرناب، ۱۳۸۸)

مشخصات ماده معدنی	لیتولوژی	میزان بازیلی مغزه	عمق گم‌له (m)	ارتفاع (m)	آزیموت (درجه)	شیب	مختصات		شماره گم‌له
							عرض	طول	
کلی‌سازی ضعیف شامل مالاکیت، کالکوپیریت، پیریت، لسفالریت، گالن (بالاترین میزان سرب ۰/۷٪) و باریت و بالاترین مقادیر طلا و نقره نیز به ترتیب ۰/۳٪ و ۵/۴ گرم در تن است.	آندزی‌پالزالت-تراکی آندزیت و آندزیت	٪۹۲	۶۹/۴	۱۵۵۱	۱۰۰	۶۰	۳۹۲۰۶۷۰	۲۹۵۷۲۹	BH-10
کلی‌سازی خوبی از سرب (۰/۸٪)، روی (۰/۳٪) دارد و بالاترین مقادیر طلا و نقره نیز به ترتیب ۰/۲٪ و ۲/۰۳ گرم در تن است.	آندزی‌پالزالت-تراکی آندزیت	٪۹۴	۷۸/۵	۱۵۳۵	۲۶۲	۴۵	۳۹۲۰۵۶۱	۲۹۵۷۹۵	BH- 11
کلی‌سازی ضعیفی از سرب (۰/۲٪)، روی (۰/۵۰٪) دارد و مقدار متوسط طلا و نقره به ترتیب برابر ۰/۰۲٪ و ۱/۱ گرم در تن است.	آندزی‌پالزالت همراه با رگه‌های سیلیسی	٪۹۷	۷۳	۱۵۲۲	۰۹۱	۶۰	۳۹۲۰۴۲۳	۲۹۵۷۳۷	BH-12
کلی‌سازی ضعیف شامل کالکوپیریت، پیریت به همراه آغشتگی اکسیدهای آهن و منگنز	آندزی‌پالزالت و تراکی آندزیت همراه با رگه‌های سیلیسی	٪۹۸	۱۰۰	۱۵۲۰	۱۱۵	۹۰	۳۹۲۰۴۲۳	۲۹۵۶۷۳۷	BH-12.1

pdfMachine

A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!



کلی سازی در این گملمه ضعیف بوده و بالاترین مقادیر سرب، مس و روی به ترتیب برابر ۰/۱۶، ۰/۰۶ و ۰/۰۳ درصد و بالاترین مقادیر طلا و نقره نیز به ترتیب ۰/۰۴ و ۰/۵ گرم در تن است.	آندزی یازالت و تراکی یازالت	۹۴/۵٪	۱۲۴,۵	۱۵۱۹	۱۰۵	۷۰	۳۹۲۰۳۶۳	۲۹۵۷۳۴	BH-13
این گملمه به منظور دستیابی به اطلاعات عمقی حفر گردید ولی در محل پیش بینی شده، ۱۰ متر پس از حفاری به حفره برخورد که یکی از احتمالات وجود حفره این است که رگه تا این عمق مورد بهره برداری قرار گرفته است، پس انتظار کلی سازی قبل توجهی نمی توانیم از این گملمه داشته باشیم.	آندزی یازالت و ولکلو کلاستیک	۸۰٪	۱۰۰,۳۵	۱۵۳۹	۲۴۶	۴۵	۳۹۲۱۰۷۰	۲۹۵۸۲۱	BH-14
کلی سازی در این گملمه ضعیف بوده و عیار قبل ملاحظه ای در آن دیده نمی شود. بالاترین مقادیر سرب، مس و روی به ترتیب برابر ۰/۰۲، ۰/۱ و ۰/۰۲ درصد و بالاترین مقادیر طلا و نقره نیز به ترتیب ۰/۰۴ و ۰/۵ گرم در تن است.	آندزی یازالت، ولکلو کلاستیک و تراکی آندزیت همراه با رگه کلسیتی	۹۶/۲٪	۶۹,۴	۱۵۶۰	۱۰۰	۶۰	۳۹۲۰۷۰	۲۹۵۶۸۵	BH-24

ادامه جدول ۴-۶.

pdfMachine

A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

## ۶-۵ - مکانیزم تشکیل کانسار چشمه حافظ

بر اساس توصیف پارامترهای همچون خصوصیات سنگ میزبان و شکل ساختارها در منطقه، موثر بر تشکیل کلسار چشمه حافظ، می‌توان مکانیزم تشکیل آن را به شرح زیر بیان نمود.

مجموعه آتشفشانی و آذرآواری تروند - چامشیرین که متشکل از آندزیت، تراکی آندزیت، بازالت و... می‌باشد، پس از جلیگیری در داخل حوضه رسوبی، تحت تأثیر آب دریا قرار گرفته و دگرسان شده‌اند ولی در این مرحله یا به دلیل حجم کم محلول و یا فرصت کم جهت ایجاد چرخه گرمایی، کلسار به صورت ملسیوسولفید تشکیل نشده است. طی فرایند چین‌خوردگی و کوهزایی، شکستگی‌ها و گسل‌های فراوانی در منطقه ایجاد و در نتیجه مسیری برای نفوذ آب‌های سطحی فراهم شده است.

بر اساس مطالعات انجام گرفته توسط قلمی (۱۳۸۹) بر روی سیالات درگیر، دو نوع سیال کلسار مشخص شده است: ۱) سیال با شوری متوسط ۴/۷ تا ۸ درصد وزنی معادل نمک طعام و ۲) سیال با شوری بالاتر از ۱۰ تا ۱۸ درصد وزنی معادل نمک طعام، و همچنین دمای همگن شدن کلسار ۳۰۰-۱۴۰ درجه سانتیگراد بیان شده است که احتمالاً سیال با شورپی و دمای کمتر مربوط به آب‌های جوی و سیال با شوری و دمای بالاتر مربوط به سیال ماگمایی می‌باشد (کلمپروبی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶).

به دلیل فعال بودن منطقه از نظر ماگمایی و حضور منبع حرارتی در عمق (توده نفوژیبا ترکیب حدولسط تا لیدی)، آب‌های نفوذی گرم شده و به سمت بالا حرکت کرده‌اند و ضمن عبور از سنگ‌های اطراف فرایند شستشو (Leaching) صورت گرفته و عنصر فلزی و غیر فلزی قبل حل وارد سیال شده و به افق‌های بالاتر انتقال یافته‌اند. ضمن حرکت سیال به طرف بالا به دلیل کاهش دما، فشار و تغییرات pH، کمپلکس‌های حامل عنصر، ناپدید شده و بار خود را در فضاهای خالی داخل شکستگی‌ها بر جای گذاشته‌اند. حضور عنصری همچون مس، سرب، روی، نقره، طلا، باریم، منگنز و آهن در این سیستم باعث شده که به این کلسار پلی‌متال گفته شود. همچنین با توجه به خصوصیات کلسارهای اپی‌ترمال از جمله اینکه در حداکثر دمای تشکیل این کلسارها را بین ۳۵۰-۳۰۰ درجه

<sup>۱</sup> - Camprubi

سالمتیگراد در نظر می‌گیرند (هیلد<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۸۷؛ هملی<sup>۲</sup>، ۱۹۹۲؛ وایت و هدنکوئیست<sup>۳</sup>، ۱۹۹۵). عمق تشکیل آنها از سطح زمین تا عمق تقریبی ۸۰۰ متری می‌باشد (عمق اندازه‌گیری شده برای چشمه‌حافظ ۳۸۰ متر (قلمی، ۱۳۸۹))، بافت غالب در آنها از نوع پرکننده فضای خالی، برشی و جلشینی، شکل کلسار بیشتر به صورت رگه‌ای، رگچه‌ای و افشان و آلترلسیون مشاهده شده در آنها بیشتر از نوع آرژلیک، سریسیتیک، پروپلیتیک و سیلیسی می‌باشد. آبهای ماگمایی و جوی نقش لسانی در شکل‌گیری این کلسارها دارد (شهاب‌پور، ۱۳۸۴) می‌توان گفت کلسار چشمه‌حافظ از نوع اپی‌ترمال می‌باشد.

همچنین کلسارهای اپی‌ترمال را با توجه به محیط شکل‌گیری، ویژگی‌های سیال کلسارها، کلسی‌شناسی و دگرسانی به سه دسته: (۱) سولفیدلسیون بالا، (۲) سولفیدلسیون متوسط و (۳) سولفیدلسیون پایین تقسیم می‌شوند.

حضور کلسی انارژیت (اوندادی، ۲۰۰۳)، دگرسانی‌های کوارتز - آلونیت، کوارتز - پیروفیلیت و کوارتز - دیکیت (سیلیتو، ۲۰۰۳) و حضور کلسی کالکوسیت و کوولین اولیه از ویژگی‌های کلسارها با سولفیدلسیون بالاست که در کلسار چشمه‌حافظ مشاهده نشده است. اگر چه این کلسار به صورت رگه‌ای نیز دیده می‌شود اما عمده کلسازی در آنها به صورت دانه پراکنده و جلشینی می‌باشد (وایت و هدنکوئیست، ۱۹۹۵).

کلسی آرسنوپیریت و دگرسانی آدلاریا - لسمکتیت (اوندادی، ۲۰۰۳) شاخص کلسارهای اپی-ترمال با سولفیدلسیون پایین است که نبود این ویژگی‌ها در کلسار چشمه‌حافظ، آن را در این رده قرار نمی‌دهد.

با مقایسه ویژگی‌های کلسار چشمه‌حافظ از جمله: (۱) کلسازی پیریت، کالکوپیریت، گالن، لسفالریت، بورنیت و دیژتیت، (۲) نسبت Ag/Au تقریباً ۲۸، (۳) دگرسانی سریسیتی، (۴) عمق کلسی-

<sup>۱</sup> - Heald  
<sup>۲</sup> - Hemeley  
<sup>۳</sup> - White & Hedenquist

سازی ۳۸۰ متر و ۴) حجم بالای سولفید، با ویژگی‌های کلسارهای اپی‌ترمال با سولفیدلسیون متوسط از جمله: (۱) مجموعه کلسارهای پیریت، کالکوپیریت، گالن و لسفالریت، (۳) نسبت  $Ag/Au$ ، ۱۰ تا ۵۰۰، (۳) عمق کلسار سازی بین ۳۰۰ تا ۸۰۰ متر، (۴) حوی فلزات پلیمه و نقره، (۵) حجم زیاد کلسار سازی سولفیدی ۲۰-۵ درصدی و (۶) حضور دگرسانی سربیسیت (سیلیتو و هیدروکسیست، ۲۰۰۳؛ گمل، ۲۰۰۴ و داونس، ۲۰۰۶) می‌توان این کلسار را در این گروه جای داد (قلمسی، ۱۳۸۹).

نوع و تعداد عناصر موجود در محلول‌ها معرف ترکیب شیمیایی سنگ‌های مسیر می‌باشند. مقایسه‌ای که بین این کلسار و کلسارهای تقریباً مشابه آن در همین مجموعه آتشفشلی ولی در فواصل دورتر صورت گرفته، تفوٹی در ترکیب شیمیایی آن‌ها مشاهده می‌شود که مهمترین آن حضور سرب قابل توجه در کلسار چشمه حافظ و عدم حضور آن در کلسارهای دیگر از جمله عباس آباد می‌باشد. دلیل این تفوٹی را می‌توان این چنین توجیه نمود که سرب لسلماً یک عنصر پوسته‌ای می‌باشد و در گوشته غنی‌شدگی کمتری را نشان می‌دهد. در تقاطعی که عنصر مس را همراهی نمی‌کند اثری از توده‌های نفوذی مشاهده نمی‌شود در حالیکه در منطقه چشمه حافظ دایک‌های فراوانی حضور داشته که نسبت به مجموعه آتشفشلی جوانتر می‌باشند و احتمالاً در عمق گسترش بیشتری دارند. این توده نفوذی احتمالاً علاوه بر نقش حرارتی در ایجاد چرخه هیدروترمالی خود تأمین کننده بخشی از محلول کلسار بوده و عنصر سرب که از طریق هضم پوسته فراهم شده را به سیستم هیدروترمالی وارد نموده است. با فرض درست بودن این مدعا می‌توان گفت در تشکیل کلسار چشمه حافظ دو نوع سیال شرکت داشته که شامل سیال باقیمانده ماگمای سازنده توده نفوذی و دایک‌های منطقه و سیال حاصل از نفوذ آب‌های سطحی در امتداد شکستگی‌ها می‌باشد (صادقیان، گفتگوی شفاهی).

عناصر مس، سرب، روی و نقره لسلماً به صورت کمپلکس‌های کلروری (سوارد<sup>۱</sup>، ۱۹۹۷ و پالینو<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸) و طلا بیشتر به صورت کمپلکس‌های بی‌سولفیدی حمل می‌شوند (بنینگ<sup>۲</sup>، ۱۹۹۶).

<sup>۱</sup> - Seward

عوامل موثر بر ناپایداری کمپلکس‌ها و نهایتاً تخشینی عنصر عبارتند از: کاهش دما، افزایش pH و کاهش غلظت  $H_2S$ . با کاهش دما ابتدا کمپلکس‌های حلی مس سپس سرب و نهایتاً روی ناپایدار شده و از محلول جدا می‌شوند که این تفلوت گلهی باعث ایجاد منطقه بندی در کلسار می‌شود ولی اگر کاهش دما ناگهانی باشد کمپلکس‌ها به طور همزمان ناپایدار شده و تخشینی همه عنصر به همراه یکدیگر صورت می‌گیرد.

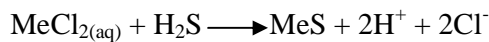
عواملی مثل جوشش و کاهش دما باعث تخشینی فلزات از کمپلکس‌های بی‌سولفیدی می‌شود.

Me = فلزات پلوه و طلا



حضور  $H_2S$  در محیط طی واکنش زیر کمپلکس‌های کلروری را ناپایدار کرده و سولفید

فلزات تخشین می‌شود.



همچنین در اثر رقیق‌شدگی محلول‌ها توسط آب‌های جوی و اضافه شدن  $Ca^{2+}$  به سیال ضمن

ترکیب شدن با Cl، واکنش فوق را به سمت رست هدایت کرده و سبب سرعت بخشیدن به تخشینی سولفید فلزات می‌شود.

افزایش یون  $H^+$  سبب لسیدی شدن محلول شده و پایداری کمپلکس‌ها را افزایش می‌دهد

ولی تجزیه کلی‌های سیلیکته و رها شدن فلزات قلیلی و قلیلی خاکی سبب مصرف  $H^+$  و افزایش

pH می‌گردند. افزایش pH و قلیلی شدن سیال سبب ناپایداری کمپلکس‌های فلزات شده و تخشینی

آن‌ها را در پی خواهد داشت. همچنین کاهش فوگلسیته اکسیژن سبب ناپایداری کمپلکس‌های فلزی و تخشینی آن‌ها می‌گردد.

<sup>1</sup> - Palyanaova

<sup>2</sup> - Benning

میلگین سه عنصر اصلی مس، سرب و روی به ترتیب ۲/۶۴، ۴/۴۷ و ۱/۷۳ درصد وزنی و نقره ۳/۲۳ گرم در تن و طلا ۰/۱۵ گرم در تن و نیز نسبت Ag/Au، ۲۸ تعیین شده است (قلمی، ۱۳۸۹) (جدول ۶-۲).

همانطور که مشاهده می‌شود عنصر طلا در کلسار چشمه حافظ از عیار کمتری برخوردار می‌باشد (به طور میلگین ppm ۰/۱۵) که علت کمبود آن را می‌توان به عوامل زیر نسبت داد.

کلسارهای پلی‌متال اپی‌ترمال از لحاظ میزان طلا به شوری سیال بستگی دارند. انواع غنی از طلا با سیال با شوری کم (۱-۲ درصد وزنی نمک طعام) و نوع فلزات پلیمه و نقره با شوری بالاتر همراه هستند (رودرو<sup>۱</sup>، ۱۹۸۴؛ بودنار<sup>۲</sup>، ۱۹۹۳). هر گاه سیال از درجه شوری بالایی برخوردار باشد طلا نمی‌تواند به صورت دانه‌های آزاد تشکیل شود. جوشش یک از فرایند مهم تغشینی فلزات در سیستم‌های اپی‌ترمال می‌باشد (گیگن باخ<sup>۳</sup>، ۱۹۹۷) که بیشترین تجمع طلا در سیستم اپی‌ترمال در این مرحله صورت می‌گیرد و احتمالاً فندان مرحله جوشش در کلسار چشمه حافظ سبب عدم تمرکز طلا شده است. فندان جوشش با مطالعه سیالات درگیر در منطقه توسط قلمی (۱۳۸۹) نتیجه‌گیری شده است ولی حضور مسکویت ریز دانه و ایلیت در نزدیکی رگه‌ها نشان می‌دهد جوشش محدودی در منطقه رخ داده است. دلیل دیگری که احتمالاً نقش سلسی در کمبود این عنصر داشته، مقدار عیار کم طلا در سنگ‌های منشأ می‌باشد.

در ردبندی اشنایدرهون (۱۹۴۱)، این کلسار در گروه کلسارهای گرمابی و نیز در ردبندی که بر اساس منشأ و موقعیت تکنونیککی صورت گرفته، این کلسار در گروه کلسارهای اپی‌ترمال از نوع پلی‌متال  $Cu \pm Zn \pm Pb \pm Ag$  قرار می‌گیرد (کریم‌پور، ۱۳۸۴).

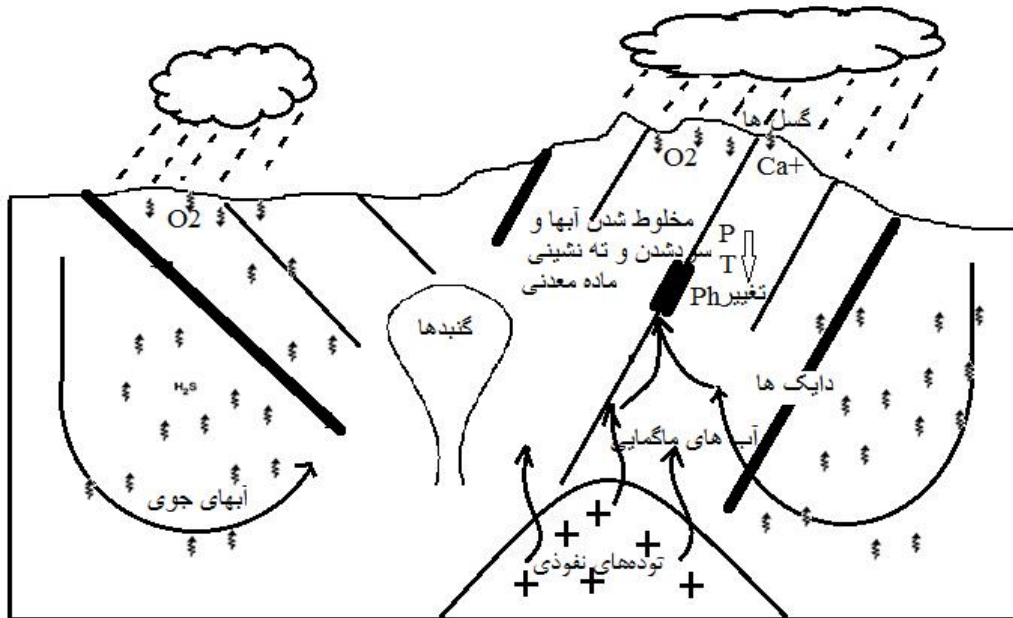
در شکل ۶-۹ طرح شماتیککی از مکلیزم تشکیل کلسار چشمه حافظ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، با صعود سیالات منشأ گرفته از توده نفوذی و نفوذ آب‌های جوی و فعال

<sup>۱</sup> - Roedder

<sup>۲</sup> - Bodnar

<sup>۳</sup> -Giggenbach

شدن آنها توسط توده ماگمایی و اثر آنها بر سنگ‌های میزبان باعث تشکیل محلول‌های کلاه‌داری شده که در امتداد گسل‌ها و شکستگی‌های تشکیل رگه‌های معدنی را داده‌اند.



شکل ۶-۹- طرح شماتیکی از مکلیزم تشکیل کلسار چشمه حافظ



جدول ۵-۶- تجزیه شیمیایی XRF نمونه‌هایی از کلسنگ در منطقه ه

Ba(ppm)	Zn(ppm)	Pb(ppm)	Cu(ppm)	شماره نمونه
۸۶۹	۵۹۸۱۱	۲۹۳۳۴۷	۳۳۷۳۰	J1
۴۲۵	۱۹۲	۸۰	۸۲۴	J2
۱۰۵۶	۲۰۵۱	۲۵۴۴	۲۱۵۹۳	J3
۷۰۵	۱۸۹۹	۵۵۵۰	۱۹۴۹	J4
۲۳۷	۱۰۰	۹۲	۹۹۱۷۴	J5
۵۳۳	۲۴۷	۳۷۹۱	۳۱۵۱۳۱	J6
۳۳	۵۱۹۱	۷۶۸۰	۴۰۲۲۲	J7
۲۴۲۲	۱۵۰۹	۳۴۰	۲۰۲۲۰۶	J8
۳۰۴۳	۱۵۳	۲۴۹	۱۶۸۰۸۶	J9
۱۰	۲۰۲۰	۴۴۴۱۲	۲۹۵۱۴	J10
۴۰	۸۱۳	۲۰۱۵۹۲	۲۶۴۰۸	J11
۳۴۹۸	۶۰۰	۵۳۲	۹۸۱۸	J12
۷۵	۴۵۹	۲۸۰۰۰	۹۱۱۰	J13

جدول ۶-۶- نمونه‌های تجزیه شده توسط شرکت زرناپ

Ag(ppm)	Au(ppb)	شماره نمونه
۳,۱	۳۶۱	ZHT-1
۳,۲	۲۴۲	ZHT-2
۷,۳	۱۶۸۰	ZHT-3
۴,۳	۹۶۱	ZHT-4
۵,۶	۸۱۲	ZHT-5
۵,۴	۱۶۴	ZHT-6
۲,۱	۲۴۸	ZHT-7
۸,۲	۱۷۸	ZHT-8
۵,۳	۲۲۳	ZHT-9
۱۲,۹	۵۳۳	ZHT-10
۳,۵	۵۴	ZHT-11
۲,۸	۳۶	ZHT-12

## فصل هفتم

### نتیجه‌گیری و پیشنهادات

**pdfMachine**

**A pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

## ۷-۱- نتیجه گیری

بر اساس مشاهدات صحرایی، برداشت و مطالعه ترانشه‌ها، اوکلون‌ها، تونل‌ها، گم‌ها و همچنین مطالعات آزمایشگاهی در خصوص کلسار چشمه حافظ نتایج زیر حاصل گردید:

مجموعه آتشفشلی و آتشفشلی - رسوبی کمان ماگمایی ترود - چامشیرین تشکیل شده از سنگ‌های آندزیت، تراکی آندزیت، تراکی آندزیت بازالیت و ... با سن ائوسن میلی - فوق‌لی با ترکیب شیمیایی آلکان تا کالکوآلکان می‌باشند که به داخل حوضه رسوبی کم عمق فوران کرده‌اند و در نتیجه مجلورت با آب دریا دگرسانی در کل مجموعه صورت گرفته که سبب تغییر ملهیت و رنگ در آنها شده است. ضمن کوهزایی و عملکرد دو گسل انجیلو در شمال و ترود در جنوب، مجموعه‌ای از گسل‌ها و شکستگی‌ها ایجاد شده‌اند که روندهای متفوتی را نشان می‌دهند. ماده معدنی در یک زون گسلی - برشی با روند شمالی - جنوبی، به طول حدود ۲ کیلومتر با ضخامت تقریبی ۴-۲ متر جلیگزین شده‌اند.

مجموعه آتشفشلی منشأ اصلی عنصر مس و روی و توده نفوذی عمیق که سازنده دایک‌های منطقه نیز می‌باشند، به عنوان منشأ احتمالی سرب در نظر گرفته شده است. گسل‌ها و شکستگی‌ها نقش سلسلی در نفوذ آب‌های سطحی، ایجاد چرخا هیدروترمالی و فضای خالی مناسب برای تنشینی ماده معدنی ایفا کرده‌اند. توده نفوذی علاوه بر تأمین بخشی از محلول‌های گرم و برخی از عنصر، در گرم کردن آب‌های نفوذی نیز نقش بسزایی را ایفا می‌کند.

ضمن چرخش محلول‌های گرم، عنصر مس، سرب، روی، نقره، طلا، باریت، آهن، منگنز و ... از سنگ‌های مسیر شسته شده و به افق‌های بالاتر انتقال یافته‌اند. در انتقال عنصر مس، سرب، روی و نقره کمپلکس‌های کلروری و در انتقال طلا کمپلکس‌های بی‌سولفیدی نقش داشته‌اند. ضمن حرکت محلول‌های گرمایی به طرف بالا، در نتیجه کاهش درجه حرارت - فشار و افزایش pH، کمپلکس‌ها ناپایدار شده و بار محلول را در فضای خالی شکستگی‌ها بر جای می‌گذارند.

از نظر ژئوشیمیایی، دو محیط متفلوت حاکم می‌باشد که هر یک از آنها با فازهای کلسیومی خاص مشخص می‌شوند. محیط اخیلی که دو نوع کلسی سازی هیپوژن و سوپرژن را تشکیل داده است. مهمترین کلسی‌های مرحله هیپوژن عبارتند از: پیریت، کالکوپیریت، بورنیت، دیژتیت، گالن و لسفالریت و کلسی‌های مرحله سوپرژن شامل: کوولین، کالکوسیت، مالاکیت، سروریت و اکسیدهای آهن و منگنز می‌باشند.

یکی از عناصر مورد انتظار در این کلسار عنصر طلا می‌باشد که بر اساس آنالیزهای انجام شده مقدار آن بسیار ناچیز بوده که سه دلیل عمده برای آن ارائه شده است: ۱- درجه شوری بالا، ۲- غلظت کم آن در سنگ منشأ و ۳- عدم جوشش سیال.

مهمترین بافت‌های مشاهده شده عبارتند از: ۱- بافت پر کننده فضای خالی که مشخصه کل توده می‌باشد و تشکیل رگه معدنی را می‌دهد، ۲- بافت جلمشینی که در نتیجه جلمشینی کلسی‌هایی همچون کالکوسیت و کوولین در حلیه‌ها و امتداد شکستگی‌های از کالکوپیریت و بورنیت ایجاد می‌شوند، ۳- بافت توده‌ای و پراکنده که در کلسی‌های کالکوپیریت، بورنیت، پیریت، گالن و لسفالریت دیده می‌شود و ۴- بافت رگچه‌ای و غده‌ای که کلسی‌های مالاکیت از خود نشان می‌دهند. با توجه به مشخصات کلسی شناسی، بافت، شکل و ترکیب شیمیایی می‌توان گفت که کلسار چشمه حافظ یک کلسار گرمابی گروه اپی‌ترمال نوع پلی‌متال  $Cu \pm Zn \pm Pb \pm Ag$  نلמיד.

## ۷-۲- پیشنهادات

- انجام مطالعات ایزوتوپی جهت تعیین منشأ دقیق سیالات کلمساز و در نتیجه تعیین منشأ عنصر.
- مطالعات EPMA دقیق جهت تعیین پراکندگی عنصر طلا و نقره در کلمسار.
- بررسی دیگر کلمسارهای واقع بر روی این مجموعه آتشفشانی و مقایسه آنها با یکدیگر به منظور ارائه یک الگوی متالوژی در آن.
- مطالعه دورسنجی جهت تعیین محل‌های امیدبخش در کل منطقه.
- مطالعه اثرات زیست محیطی منطقه در حال حاضر و آینده.

# منابع

**pdfMachine**

**A pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

## منابع فارسی

- آسیجللهه، ع. (۱۳۷۴)، "بررسی میکروسکوپی سنگ‌های آذرین و دگرگونی (ترجمه)"، انتشارات دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، ۶۳۰ صفحه.
- آسیجللهه، ع. (۱۳۸۰)، "زمین‌شناسی و پتروژنز رخساره‌های آتشفشانی منطقه یوزباشی جای (غرب قزوین)"، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت مدرس، ۳۲۱ صفحه.
- آقلبلی، ع. (۱۳۴۹)، "زمین‌شناسی منطقه فرومد و عباس‌آباد"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، ۷۴ صفحه.
- آقلبلی، ع. (۱۳۸۳)، "زمین‌شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ صفحه.
- اشراقی، الف، جلالی، الف (۱۳۸۵)، "نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ معلمان".
- املی، م. ه. (۱۳۷۹)، "ماگماتیسم در ایران"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۰۸ صفحه.
- الهیاری، س. (۱۳۸۹)، "پتروژنز سنگ‌های آذرین ائوسن فوقانی نوار ماگمایی کاهک - عباس‌آباد"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- ایراجیان، (۱۳۸۳)، "فرایند بنتونیت‌زایی و زئولیت‌زایی سنگ‌های ائوسن میانی منطقه معلمان (رشم - گندی)، جنوب دامغان"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- برناه، ب.، عشق‌آبادی، م. (۱۳۷۶)، "گزارش ارزیابی و اکتشافی کانسارها و اندیس‌های سرب و روی استان سمنان"، اداره کل معادن و فلزات استان سمنان.
- جعفریان، ع.، ۱۳۶۸، "بررسی پترولوژیکی قوس ولکانو-پلوتونیک رشته کوه کوه زر-تروند و کانه‌زایی وابسته به آن"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.



- خواجهزاده، م.ح (۱۳۸۸). "پتروولوژی و ژئوشیمی توده‌های آذرین نفوذی شمال معلمان"، پیلان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود. ۱۵ و ۲ صفحه.
- درویش زاده، ع. (۱۳۸۳)، "زمین شناسی ایران"، انتشارات امیرکبیر تهران، ۴۲۳ صفحه.
- ذوالفقاری، ص.، ۱۳۷۷، بررسی پتروولوژی سنگ های ولکلیک آئوسن منطقه معلمان دامغان، پیلان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال.
- رشید نژادعمران، ن. (۱۳۷۱)، "بررسی تحولات سنگ شناسی و ماگمایی و ارتباط آن با کانه سازی طلا در منطقه باغو(جنوب دامغان)"، پیلان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران.
- شجاعی، ح.، (۱۳۸۷)، "پتروولوژی و ژئوشیمی سنگ‌های آتشفشانی پلیوسن منطقه بایگ، شمال غرب تربت حیدریه"، پیلان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود. ۷۴-۷۵ صفحه.
- شرکت مهندسیین مشور زرناب اکتشاف، (۱۳۸۸)، "گزارش اکتشاف تفصیلی کانسار سرب و روی در محدوده چشمه حافظ"، شرکت تحقیقات و کاربرد مواد معدنی ایران.
- شمعلیان اصفهلی، غ.ح (۱۳۸۱)، "مطالعه دگرسانی گرمابی فلزات پایه و گرانبها در منطقه معلمان دامغان"، رساله دکتری، دانشگاه شهید بهشتی.
- شهاب‌پور، ج.، (۱۳۸۴)، "زمین شناسی اقتصادی"، انتشارات دانشگاه شهید بهمن کرمان، ۵۴ صفحه.
- قلمی، م.، مهرابی، ب. (۱۳۸۹)، "کانی شناسی و زمین شناسی اقتصادی کانسار پلی متال چشمه حافظ"، مجله زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه تربیت معلم تهران.
- قلمی، م. (۱۳۸۹)، "زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، کانی‌شناسی و ژنز کانسار پلی‌متال چشمه حافظ"، پیلان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران، ۸۴-۸۵-۸۹ صفحه.

- قردلی، ق. (۳۸۴)، "پترولوژی سنگ‌های ماگمایی جنوب دامغان"، رساله دکتری، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۱۴، ۴۷، ۲۷، ۲۸ صفحه.
- قردلی، م. (۳۸۱)، "دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی اقتصادی ایران"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۳۸۵ صفحه.
- کریم‌پور، م، ح، سعادت، س. (۳۸۱)، "زمین‌شناسی اقتصادی کاربردی"، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۵۹ صفحه.
- کریم‌پور، م.ح، ملک‌زاده، الف، حیدریان، م. (۳۸۴)، "اکتشاف ذخایر معدنی، مدل‌هایی زمین‌شناسی، ژئوشیمی، ماهواره‌ای و ژئوفیزیکی"، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- کهنسال، ر. (۳۷۷)، "بررسی توده‌های نفوذی نیمه ژرف در محدوده ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰: معلمان دامغان". رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شمال.
- عطایی، م. (۳۸۴)، "معدن‌کاری زیرزمینی"، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.
- معین وزیری، ح، احمدی، ع، (۳۷۱)، "پتروگرافی و پترولوژی سنگ‌های آذرین"، دانشگاه تربیت معلم، ۵۵۵ صفحه.
- موحد اول، م. (۳۴۷)، "گزارش مقدماتی معدن فیروزه باغو، ناحیه کوه زر"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- هوشمندزاده، ع، و همکاران، (۳۵۷)، "تحول پدیده‌های زمین‌شناسی تروید (پرکامبرین تا عهد حاضر)"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

## Reference

- Azizi, H., & Jahangiri A., (2008). “*Cretaceous subduction-related volcanism in the northern Sanandaj-Sirjan Zone, Iran*”. Journal of Geodynamics 45 178–190.
- Azizi, H., Moinevaziri, H., (2009). “*Review of the tectonic setting of Cretaceous to Quaternary volcanism in northwestern Iran*”. Journal of Geodynamics 47, 167–179.
- Barbey, P., Ayalew, D., Yirgu, G., 2005. “*Insight into the origin of gabbro-dioritic cumulo-phyrlic aggregates from silicic ignimbrites: Sr and Ba zoning profiles of plagioclase phenocrysts from Oligocene Ethiopian Plateau rhyolites*”. Contribution to Mineralogy and Petrology 149, 233–245.
- Benning, L.G., Seward, T.M.,(1996). “*hydrosulfide complexing of Au in hydrothermal solutions from 150 to 400 °C and 500 to 1500 bars*”, Geochimica et Cosmochimica Acta, 60, 1849-1871.
- Berberian, M., & King, G. C. P. (1981). “*Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran*”. Can. J. Earth Sci., 18, 210 – 256.
- Berberian, M., (1983). “*The southern Caspian: A compression floored by a trapped modified oceanic crust*”. Canadian Earth Sciences, 20, 163 – 183.
- Berberian, M., King G.C.P. (1981): “*Toward the paleogeography and tectonic evolution of Iran Report no. 52*”: 626pp.
- Best, M.G., Christiansen, E.H., (2001). “*Igneous Petrology*”. Blackwell Science. 458pp.
- Best, G. (2003). “*Igneous and metamorphic petrology*”, 729pp.
- Bodnar, R.J. (1993), “*Revised equation and table for determining the freezing point depression of H<sub>2</sub>O-NaCl solutions*”, Geochimica et Cosmochimica Acta, v. 57, 683–684.
- Camprubi, A., Chomiak, B.A., Canals, A., Norman, D.I. (2006), “*Fluid sources for the La Guitarra epithermal deposit (Temascaltepec district, Mexico): Volatile and helium isotope analyses in fluid inclusions*”. Chemical Geology 231, pp: 252-284.
- Chen, Y., Zhang, Y., (2008). Olivine dissolution in basaltic melt. Geochimica et Cosmochimica Acta, 72, 4756-4777 pp.
- Corbett, G. (1994). “*Controls to low sulphidation epithermal Au/Ag mineralization*”. NSW Australia.

pdfMachine

A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

- Cox, K. G., Bell, J.D., Pankhursts, R. J., (1979). The interpretation of igneous rocks. George Allen and Unwin., 450 pp.
- Date, A.R. and Jarvis K.E., (1989), *The applications of ICP-MS in the earth sciences*.
- Deer, W. A., Howie, R. A., & Zussman, J., (1991). *An introduction to rock forming minerals*. Longman., 528 pp.
- Downes, P.M. (2006), "*Yerranderie a Late Devonian Silver–Gold–Lead intermediate sulfidation epithermal district, Eastern Lachlan Orogen, New South Wales, Australia*": Resource Geology. v 57, 1 – 23
- Einaudi, M.T., Hedenquist, J.W., Inan, E.E. (2003). "*Sulfidation state of fluids in active and extinct hydrothermal systems*", Transitions from porphyry to epithermal environments. Soc. Economic Geology Spec. Pub.,10,285-313.
- Fan, W. (2003). "*Geochemistry of the Jurassic mirdita ophiolite (Albania) and the MORB to SSZ evolution of a marginal basin oceanic crust*". Science direct, Lithos volume 100, Issues 1-4.p.174-209.
- Farhoudi, G. (1978). "*A comparison of Zagros geology to Island arcs*". Jour. Geol. 86: 323-334.
- Foley, S.F., Barth, M.G., Jenner, G.A. (2000). "*Rutile/melt partition coefficients for trace elements and an assessment of the influence of rutile on the trace element characteristics of subduction zone magmas*". Geochimica and Cosmochimica Acta, 64, 933-938.
- Gamble, J.A., Smth, I.E.M., Muculloch, M.T., Graham, I.J., and koke laar, B.P., (1993). "*The geochemistry and petrogenesis of basalt from the Taupo volcanic zone and Kermadec island arc, S.W. pacific*". Journal of volcanology and geothermal research 54.p 265-290
- Gemmell, J.B. (2004), "*Low, and intermediate-sulfidation epithermal deposits. ARC- AMIRAP, Australia*", 57 – 63.
- Giggenbach, W.F. (1997). "*The origin and evolution of fluids in magmatic-hydrothermal system*", in Barnes, H.L., Geochemistry of hydrothermal ore deposits, 3<sup>rd</sup> ed., New York, Wiley Interscience,737-796.

- Green, T.H., Pearson, n.J., (1987). *“Ti-rich accessory phase saturation in hydrous mafic-felsic compositions at high P,T”*. *Chemical Geology*, 54, p185-201.
- Goss, A.R., Kay, S.M., (2009). *“Extreme high field strength element (HFSE) depletion and near-chondritic Nb/Ta ratios in Central Andean adakite-like lavas (~28°S, ~68°W)”*. *Earth and Planetary Science Letters*.
- Gupta, Alok, K. (2007). *“Petrology and genesis of igneous rocks”*. 479 pp.
- Harker, A. (1909). *“The Natural History of Igneous Rock”*, Methuen Co. London.
- Hawkesworth, C. J., Gallagher, K., Hergt, J. M., McDermott, F. (1994). *“Destructive plate margin magmatism: Geochemistry and generation”*. *Lithos* 33, 169 – 188.
- Heald, P., Foley, N.K., and Hayba, D.O., (1987), *“Comparative anatomy of volcanic- hosted epithermal deposits; acid- sulfate and adularia- sericite types”*; *Economic Geology*, v.82, p.1-26.
- Hemley, J.J., and Jones, W.R.( 1964), *“Chemical aspect of hydrothermal alteration with emphasis on hydrogen metasomatism”*; *Economic Geology*, v.59, p.538-569.
- Henderson, p. (1982). *“Rare earth element geochemistry Elsevier science”*. Publishing company Inc. Evidence from mantle interaction-evidence from mantle xenoliths in the north Kamchatka arc. *Journal of petrology*. vol. 36 , pp 1505-1527.
- Hyndmon, D.W.(1985). *“Petrology of igneous and metamorphic rocks”*. Donnelly Company Pub.
- Irvine T.N., Baragar W.R.A. (1971). *“A guide to the classification of the common volcanic rocks”*, *Can. Journal of Earth Sciences* 8, 235-458.
- Jung, S., Hoernes, S. (2000). *“The major and trace element and isotope (Sr,Nd,O) geochemistry of Cenozoic alkaline rift-type volcanic rocks from Rhon area (central Germany)”*: *Petrology, mantle source characteristics and implications for asthenosphere-litosphere interactions. Journal of Volcanology and Geothermal Research* 99,27-53.
- Kent, R. (1995). *“Continental and oceanic flood basalt provinces: current and future perspective”*. In: Srivastava, R.K., Chandra, R. (Eds), *Magmatism in Relation to Diverse tectonic Settings*, A.A, Balkema Rotterdam, pp.17-42.

- Karim zadeh Somarin, A, (2006). “*Geology and geochemistry of the mendejin, plutonic rocks*”, Mianeh, Iran. Journal of Asian Earth Science 27, 819 – 834.
- Kirkpatrick, R.J. (1977). “*Nucleation and growth of plagioclase, Makaopuhi and Alae lava lakes, Kilauea volcano, Hawaii*”. Geol. Soc. Am. Bull., 88, 78-84.
- Kovalenko, V. I., Naumov, V. B., Girmis, A. V., Dorofeeva, V. A. And Yarmolyuk, V. V.( 2010). “*Average Composition of Basic Magmas and Mantle Sources of Island Arcs and Active Continental Margins Estimated from the Data on Melt Inclusions and Quenched Glasses of Rocks*”. ISSN 0869\_5911, Petrology, Vol. 18, No. 1, pp. 1–26.
- Kumar, K.V., Rathna, K. (2008).” *Geochemistry of the mafic dykes in the Prakasam Alkaline Province of Eastern Ghats Belt, Implications for the genesis of continental rift-zone magmatism*”. Lithos 104,306-326.
- Kuno, H.(1968). “*Orgin of andesite and its bearing on the island arc structure*”.Ball.Vol 32,141-176.
- Le Bas, Le Maitre, Streckeisen and Zanettin, (1986). “*A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali – silica diagram*”. Journal Petrol, 27, Part 3, 375 – 750.
- Le Maitre R.W. (1976). “*The chemical variability of some common igneous rocks*”. Journal Petrol., 17, 589 – 637.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyer Le Bas, M.J., Sabine, P.n., Schmid, R., Sorensen, streckeisen, A., Wooly, A.R., and Zanettin, B. (1989). “*A classification of igneous rocks and glossary of terms*”. Blackwell, Oxford.
- Le Maitre, R.W. (2004). “*Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms*”. Recommendations of the IUGS, Subcommittee on the Systematic of Igneous Rocks. Cambridge University Press. 236pp.
- Mason, B.,Moore, B. (1982). “*Principles of geochemistry*” , john Wiley & Sons,344 pp.
- Middlemost, E. A. K.(1994). “*Naming materials in the magma / igneous rock system*”. Longman Groun u. k., 73 – 86.

- Milovanovich, D., Kramata, S., Banjesevic, M., (2005). “*Petrology of alkali basalts of Zlot, Timok Magmatic Complex (Eastern Serbia)*”. Tectonophysics. 410,501-509 pp.
- Mohajjel, M., Fergusson, C.L. (2000). “*Dextral transpression in Late-Cretaceous continental collision, Sanandaj–Sirjan zone, Western Iran*”. J. Struct. Geol. 22, 1125–1139.
- Nagudi, N.O, K oberl, CH., Kurat, G. (2003). “*Petrography and geochemistry of The Syenogranite, Uganda and implications for its origine*”. Journal of African earth Sciences. vol 35, pp. 51-59.
- Nakamura N. (1974). “*Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites*”. Geochim. Cosmochim. Acta, 38, 757 – 775.
- Nelson S.T., Montana A. (1992). “*Sieve texture plagioclase in volcanic rocks produce by rapid decompression*”. Amer. Min. **77**: 1242-1249.
- Nixon, G.T., Pearce, T.H., (1987). “*Lase – interferometry study of oscillatory zoning in plagioclase: The record of magma mixing and phenocryst recycling in calc alkaline of magma chamber Iztaceihaut volcano, mexico*”. American. Mineral, 72, 1144 – 1162.
- Palyanaova, G. (2008). “*Physicochemistry modeling of the coupled behavior of gold and silver in hydrothermal processes, gold fineness, Au/Ag ratios and their possible implications*”. Chemical Geology,255,399-413.
- Peccerillo R., Taylor S. R. (1976). “*Geochemistry of Eocene calk – alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey*”. Contrib. Mineral. Petrol., 58, 63 – 81.
- Reyerson, F.J., Watson, E.B., (1987). “*Rtile saturation in magmas: implications for Ti-Nb-Ta depletion in arc basalts*. Earth planet.Sci.Lett.,86: p225-239.
- Righter, k., Rosas – Elguera, J. (2001). “*Alkaline lava in the volcanic front of western Mexican volcanic belt: Geology and petrology of Ayulta and Tapalpa volcanic fields*”. Journal of Petrology, 42, 2333 – 2361.
- Roedder, E. (1984), “*Fluid inclusions*”: Reviews in Mineralogy, v.12,644 p.



- Rogers, G., Saunders, A.D., Terrell, D.J., Verma, S.P., Marriner G.F., (1985). “*Geochemistry of Holocene volcanic rocks associated, with ridge subduction in Baja California, Mexico*”. *Nature* 315, 389– 392.
- Rollinson, h. R., (1993). “*Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*”. John Wiley and Sons, 325p.
- Samuel, M.D., Moussa, H.E., Azer, M.K.(2007). “*A-type volcanics in Central Eastern Sinai, Egypt*”. *Journal of African Earth Sciences* 47, 203– 226.
- Seward, T.M., Barnes, H.L. (1997). “*Metal transport by hydrothermal ore fluids*”, in Barnes H.L., ed., *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*, New York, John Wiley and Sons, 435-486 pp.
- Shahabpour, J.( 2007). “*Island – arc affinity of the central Iranian volcanic belt*”. *Journal of Asian Earth. Sci.* 30, 652 – 665.
- Shaw, D. M. (1970). “*Trace element fractionation during anatexis*”. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 34, pp. 273-243.
- Shelly D. (1993). “*Igneous and metamorphic rocks under microscope classification features, microstructures and mineral preferred orientations*”. Chapman & Hall, London, 405 pp.
- Sillitoe, R.H., Hedenquist, J.W. (2003). “*Linkages between volcano-tectonic setting, Ore-fluid deposits*”, *Society of Economic Geologists Spec. No.*, 10, 315-343.
- Sirvastava, R. K., & Singh, R. K.( 2004). “*Trace element geochemistry and genesis of Precambrian sub – alkaline mafic dikes from the Central Indian craton: evidence for mantle metasomatism*”. *Journal of Asian Earth Science*, 23, 373 – 389.
- Smith, R. E. & Smith, S. E. (1976). “*Comments on the use of Ti, Zr, Y, Sr, K, P and Na in classification of basaltic magmas*”. *Earth and Planetary Science Letters* 32, 114–120.
- Stewart M.L., Pearce T.H. (2004). “*Sieve-textured plagioclase in dacitic magma: Interference imaging results*”. *Amer. Min.* 89: 348-351.
- Stocklin, J. (1974). “*Possible ancient continental margins in Iran*”. In: Burk, C. A. and Drake, C. A. (Eds). *The geology of continental margins*. Springer – Verlag, Berline, 873- 887.7

- Streckeisen A., Le Maitre R. (1979). "*A chemical approximation to the modal QAPF classification of igneous rocks*". Neues jahrb. Mineral Abh. 136, 169 – 206.
- Stephan, T., Nelson, ST., and Montana. A. (1992). "*Sieve- textured plagioclase in volcanic rocks produced by rapid decompression*". Am. Min., 77, 1242-1249.
- Sun S. S., McDonough W. F. (1989). "*A chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implication for mantle composition and processes*". In: Saunders, A. D., Norry M. J. (eds), Magmatism in oceanic basins. Geology. Soc. London. Spec. Pub., 42, 313 – 345.
- Tatsumi, Y., Hamilton, D.L., Nesbitt, R.W., (1986). "*Chemical characteristics fluid phase released from a subducted lithosphere and origin of arc magmas: evidence from high pressure experiments and natural rocks*". J. volcano.Geotherm.Res.,29:p 293-309.
- Tchameni R., Pouclet A., Penay J., Ganwa A. A., Toteu S. F. (2006). "*Petrography and geochemistry of the Ngaondere Pan – African granitoids in Central North Cameroon: Implication for their sources and geological setting*". Journal of African Earth Sciences, 44, 511 – 529.
- Thompson, R. N. (1982). "*British Tertiary volcanic province*". Scot. J. Geol., 18, 49 – 107.
- White, N. C., and Hedenquist, J. W., (1995), "*Epithermal gold deposits: Styles, Characteristic and exploration*": Society of Economic Geology Newsletter, no. 23, p. 9-13.
- Welch, S. A., & Benfield, G. F. (2002). "*Modification of olivine surface morphology and reactivity by microbial activity during chemical weathering*". Geochim. Cosmochim. Acta., 66, 213 – 221.
- Willson, M. (1989). "*Igneous petrogenesis a global tectonic approach*". Unwin Hyman. London.
- Wilkinson, J.J. (2001). "*Fluid Inclusion in hydrothermal ore deposit*".Lithos,55.229-272.
- Winter, O. (2001). "*An introduction of igneous and metamorphic petrology*". Department of Geology whit man college. 697pp.

- Wood, D.A., Joron, J.L., and Treui, M. (1979). “*A re-appraisal of the use of trace elements to classify and discriminate between magma series in different tectonic settings, Earth*”. Planet. Sci. lett, 45, 326-336.
- Wood D. A. (1980). “*The application of Th- Hf- Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. Earth Planet*”. Sci. Lett., 50, 11 – 30.
- Woodhead, J., Eggins, S., Gamble, J., (1993). “*Hight field strength and transition element systematic in island and back-arc basin basalt. Evidence for multi phase extraction and a depleted mantle wedge*”. Earth and Planetary Science Letters, 114,491-504.
- Xu, X-W., Jiang, N., Yang., Zhang, B.L., Liang, G.H., Mao, Q., Li, J.X., Du, S.J., Ma, Y.G., Qin, K.Z., (2009). “*Accumulated phenocrysts and origin of feldspar porphyry in the Chanhao area, western Yunnan, China*”. Lithos 113,595-611.

**pdfMachine**

**A pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

## **Abstract**

Cheshmeh Hafez deposit, which now is an abundant mine, is located in the 190 km of southwest of Shahrood and in the northern margin of Central Iran Zone. Surrounding rocks of this deposit are middle – upper Eocene volcanic and volcanosedimentary complex. These rocks include a wide variety of the compositional range from basalt, trachybasalt, andesite to trachyandesite. They have calc-alkaline and weakly alkaline nature and they belong to continental arc tectonic setting.

Polymetallic Cheshmeh Hafez deposit has very wide variety of minerals such as galena, bornite, chalcopyrite, digenite, sphalerite, covellite, pyrite, calcosite, malachite, cerussite and barite. Quartz and calcite are late phases which resulted from crystallization ore forming fluids and from final products of fractional crystallization, which find with the mentioned above minerals. Ore bodies of this deposit generated by substitution in host rock and ore filling the open spaces, vein and veinlet structures and comb, reactional and poikilitic textures have been seen in the studied polished and thin sections of this deposit. Lead, copper and zinc are the major elements of the ore minerals of the Cheshmeh Hafez deposit and their average frequency are as follows: 4.47, 2.64 and 1.73 (% wt). Because of the action of tectonic activity and their results and also the existence of the plutons in depths, evolution, fractionation and their later evolutions such as hydrothermal fluid cycles are resulted in producing of the studied deposit. Based on the carried out studies, Cheshmeh Hafez deposit is belongs to polymetallic epithermal (Cu±Pb±Zn±Ag) deposits.

**Key words:** Mineralogy, polymetal, epithermal, deposit, Cheshmeh Hafez, Torud.



Shahrood University of Technology

Faculty of Earth Science

Subject:

Petrogenesis of Lead and Zinc ore deposit of Cheshmeh  
Hafez (Torud)(Central Iran)

By:

Neda Jannati

Supervisor:

Dr.Faraj Fardoost

Consultant:

Dr.Mahmoud Sadeghian

June 2011

**pdfMachine**

**A pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!