

## مطالعه کانی شناختی سنگ‌های دگرشکل شده در جنوب شرقی قروه، پهنه سنندج - سیرجان

دکتر سیدجمال شیخ ذکریایی<sup>۱</sup>، امیرحسین مجتهدزاده<sup>۲</sup> و مرتضی غفاری فاخر<sup>۳</sup>

### چکیده

سنگ‌های دگرگونه و آذرین نفوذی فلسیک و مافیک در جنوب شرقی قروه، دارای طیف وسیعی بوده که در بخش میانی زون سنندج-سیرجان واقع شده است. سنگ‌های دگرگونه در این منطقه از نوع دگرگونی ناحیه‌ای، مجاورتی و سنگ‌های آذرین نفوذی از خانواده گرانیتوئیدی و گابروئیدی هستند. به منظور مطالعه کانی‌شناختی سنگ‌های مورد مطالعه تعداد ۱۱۰ مقطع نازک تهیه شد، که از این تعداد ۴۵ مقطع نازک جهت دار هستند. پس از انجام مطالعات پتروگرافی بر روی سنگ‌های پیش گفته کانی‌هایی همچون آندالوزیت، کیانیت، سیلیمانیت، گارنت، بیوتیت، کوارتز، کلریت، کلریتوئید، آمفیبول، کلسیت و کانی‌های اوپاک در مجموعه سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای، گارنت زونه (آندرادیت-گروسولر)، کلریت و اپیدوت در دگرگونی مجاورتی و کوارتز، فلدسپات آلکالن، پلاژیوکلاز، موسکویت، بیوتیت، استارولیت و کانی‌های اوپاک در سنگ‌های آذرین نفوذی فلسیک و الیوین، پیروکسن، پلاژیوکلاز و بیوتیت در سنگ‌های آذرین نفوذی مافیک مشاهده شد. وجود گونه‌های متفاوت کانیایی و ویژگی‌هایی همچون خاموش موجی، پدیده دانه‌های فرعی، نوظهور در کوارتز، اشکال گرد تا نیمه گرد در گارنت-ها، ماکل‌های دگرشکل شده در پلاژیوکلاز و فلدسپات آلکالن نشان از اعمال تنش‌های دینامیکی در طی فازهای دگرشکلی متفاوت دارد.

کلید واژه‌ها: کانی شناختی، گونه کانیایی، قروه، پهنه سنندج-سیرجان

## Study of Deformed Rocks Mineralogy in South East of Ghorveh, Sanandaj-Sirjan Zone

Dr. Seyed-Jamal Sheikh-Zakariaee, Amir Hossein Mojtahed-Zadeh and Morteza Ghaffari-Fakher

### Abstract

Metamorphosed and felsic and mafic plutonic rocks in the southeast of Ghorveh have wide range and located medial Sanandaj-Sirjan zone. Metamorphosed rocks in this region are regional and contact metamorphic type and plutonic rocks are granitoid and gabbroid. With intent of study of mineralogical of region rocks provided 110 thin sections overall existent rock that 45 thin sections are oriented. After performed petrographic studies on those rocks previously mentioned observed minerals such as andalusite, kyanite, sillimanite, garnet, biotite, chlorite, chloritoid, amphibole, calcite and opaque in the regional metamorphic complex, zoned garnet (andradite-grossularite), chlorite, epidote in contact metamorphism and quartz, alkali feldspar, plagioclase, muscovite, biotite, straurolite and

۱- عضو هیات علمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد زمین شناسی (پترولوژی) دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۳- دانشجوی دکتری زمین شناسی (پترولوژی) دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

opaque in felsic plutonic and olivine, pyroxene, biotite and plagioclase in mafic plutonic rocks. Existence different genesis and characteristics like undulatory extinction, sub and new grains in quartz, round and semi round shape in garnets, deformed twins in alkali feldspar and plagioclase indicate performed dynamic stresses during different deformation phases that change and/or generated them.

**Keywords:** Mineralogy, Mineral type, Ghorveh, Sanandaj-Sirjan zone

### ۱- مقدمه

در نتیجه تنش‌های دینامیکی اعمال شده در زون‌های دگرشکلی ماهیت اولیه کانی‌های تشکیل دهنده سنگ‌ها اعم از فابریک و شیمی دچار تغییر می‌شود. این تغییرات سبب کاهش اندازه دانه و یا تغییر در ساختمان بلورین کانی‌ها می‌شود. در بخش جنوب شرقی قروه سنگ‌های دگرگونه و آذرین نفوذی فلسیک و مافیک رخنمون داشته که به واسطه واقع شدن در زون‌های دگرشکلی با ماهیت‌های شکل‌پذیر و شکننا دچار تغییراتی در ساختمان کانی شناختی شده‌اند. در سنگ‌های دگرشکل شده کانی‌ها شواهدی از کاهش اندازه دانه و پدیده‌های مرتبط با دگرشکلی‌ها را نشان می‌دهند. در این نوشتار سعی شده است، که کانی‌های تشکیل دهنده سنگ‌ها اعم از دگرگونه و آذرین مورد مطالعه قرار گیرد.

بخش واقع شده است)، عمدتاً دگرگونه هستند. دگرگونی یکی از بارزترین و مهمترین پدیده حاکم، و به صورت دگرگونی ناحیه ای، مجاورتی و دینامیک (میلونیتی و کاتاکلاستیکی) ظهور یافته است. افزون بر این، ماگماتیزم و پدیده‌های وابسته نیز فعال و کارساز بوده و تأثیر بسزایی در سرنوشت زمین شناسی این منطقه داشته است. نهشته‌های نئوژن و کواترن در اطراف کوه‌ها گسترش زیاد دارد. توالی چین‌های سنگ‌های نیمه جنوبی از پایین به بالا شامل سنگ‌های دگرگونه تریاس و تریاس-ژوراسیک، و سنگ‌های نادگرگونه ائوسن می‌باشد. در این منطقه توده‌های نفوذی با ترکیب گابرویدیوریت، دیوریت، گرانودیوریت، سینیت و گرانیت رخنمون داشته، که از لحاظ سن، جوان تر از دگرگونه ناحیه‌ای هستند.

### ۲- زمین شناسی عمومی

منطقه مورد مطالعه در جنوب خاوری شهر قروه واقع شده است. همچنانکه پیشتر ذکر شد، منطقه مورد مطالعه، از نظر ساختمانی، در زون سندج - سیرجان واقع شده است که به تبع آن دارای ویژگی‌های خاص زون یاد شده است (شکل ۱). سنگ‌های نیمه جنوبی (منطقه مورد مطالعه در این

### ۳- روش مطالعه

با توجه به تنوع سنگ شناسی منطقه مورد مطالعه سعی شد، از کلیه سنگ‌های موجود، نمونه برداری صورت گیرد. به منظور مطالعه کانی شناختی، سنگ‌های منطقه مورد مطالعه، تعداد ۱۱۰مقطع نازک و از این تعداد ۴۵ مقطع نازک جهت دار تهیه شد. شایان ذکر است، که به منظور مطالعه دقیق تر، از

(And) به صورت شکل دار (کیاستولیت) تا بی‌شکل و با اندازه‌هایی بین  $400\mu\text{m}$  تا  $150\mu\text{m}$  و با پراکندگی کم دیده می‌شود. سیلیمانیت (Sil) به دو گونه دیده می‌شود: (۱) دسته‌های سوزن‌گون (فیبرولیتی) بسیار ریز به همراه تیغه‌های بیوتیت (درهم‌رشدی) و با اندازه‌هایی از  $2/2\text{mm}$  تا  $50\mu\text{m}$  (Sil-1)، و (۲) به صورت سیلیمانیت ماهی‌گون گروه یک و دو، که در بین اجزای سازنده برگواری میلونیتی تشکیل شده است (Sil-2). در برخی موارد سیلیمانیت‌های نوع اول، نوار برشی C'-type با گسترش محلی را ایجاد کرده، که به صورت میکرومورفولوژی ریزگسلش‌گون مشاهده می‌شود. فرآیند تشکیل این گونه ریزفابریک‌ها را به نیروهای کششی نسبت می‌دهند (Passchier and Trouw, 2005; Lin, 2008) (شکل ۱ تا ۴). گارنت (Grt) این کانی به صورت نیمه شکل‌دار (نیمه گرد - با حاشیه‌های مضرسی) تا بی‌شکل (گرد) (Grt-1) بوده، که با اندازه‌هایی از  $2/5\text{mm}$  تا  $100\mu\text{m}$  مشاهده می‌شود (شکل ۲). بیوتیت (Bt) با چند رنگی قهوه‌ای تا قهوه‌ای کمی تیره به چهار گونه در متن سنگ دیده می‌شود (شکل ۲): (۱) به صورت یکی از اجزای تشکیل دهنده برگواری شستی مربوط به پروتولیت یا سنگ مادر پیش دگرریختی (Bt-1)، (۲) به صورت یکی از اجزای تشکیل دهنده برگواری میلونیتی که در امتداد زون میکروبرشی آرایش یافته‌اند (Bt-2)، و (۳) به صورت هم‌رشد با فیبرولیت‌های سیلیمانیت (Bt-3)، و (۴) به

برخی نمونه‌ها چندین مقطع نازک در جهات مختلف تهیه شده است.

#### ۴- کانی شناختی سنگ‌های دگرشکل شده در منطقه مورد مطالعه

برای انجام مطالعه با تمرکز بر کانی شناختی سنگ‌ها به ترتیب، به بررسی گونه‌های کانیایی دگرگونی ناحیه‌ای، مجاورتی و آذرین شده می‌پردازیم. کلیه سنگ‌ها تحت تأثیر دگرشکلی‌های چندگانه (شکل‌پذیر-شکنا) قرار گرفته‌اند.

#### ۴-۱- کانی شناختی سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای

در این سنگ‌ها کانی‌های همچون کیانیت، آندالوزیت، سیلیمانیت، گارنت، بیوتیت، موسکویت، سریسیت، کوارتز، کردیریت، کلریتوئید، کانی‌های اوپاک، کلسیت، کلریت پلاژیوکلاز، کلریت و آمفیبول با گونه‌های متفاوت مشاهده می‌شوند. کانی‌های پیش گفته در سنگ‌های کلریتوئید - کردیریت اسلیت مزومیلونیتی، آندالوزیت - سیلیمانیت - گارنت شیست مزومیلونیتی، کیانیت - گارنت - سیلیمانیت - آندالوزیت میکاشیست مزومیلونیتی، آمفیبول شیست مزومیلونیتی و کالک شیست مزومیلونیتی یافت می‌شوند.

کیانیت (Ky) به صورت نیمه شکل دار تا بی‌شکل با اندازه‌های متوسط تا ریز دیده می‌شود. این کانی‌ها در ارتباط با کانی‌های آندالوزیت و سیلیمانیت فیبرولیتی مشاهده می‌شوند (شکل ۱). آندالوزیت

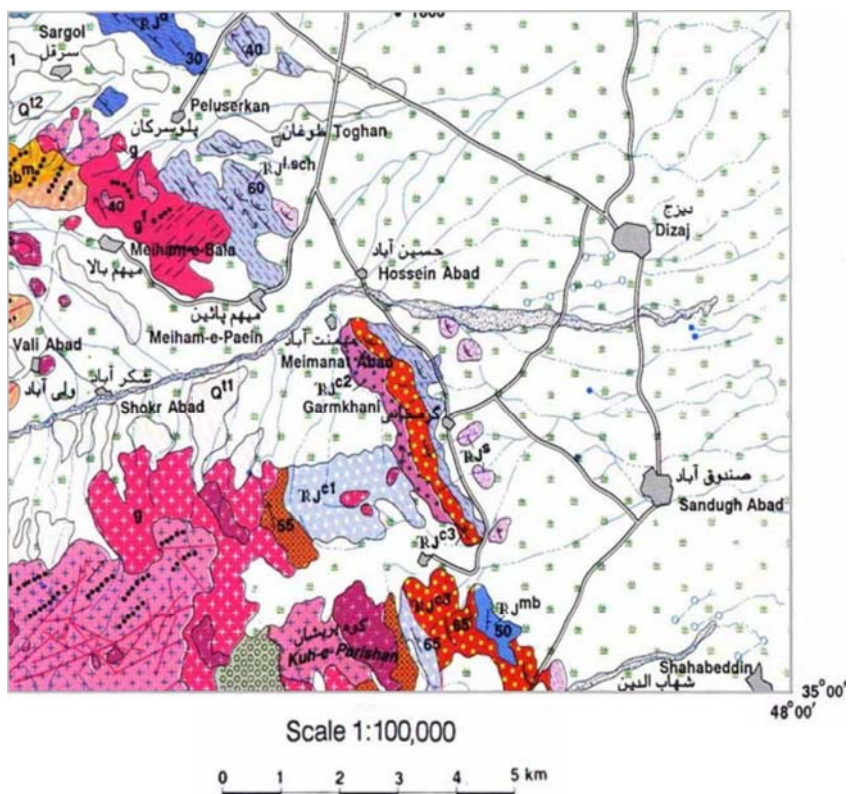
پیرامون زون‌های اصطکاکی ایجاد شده است (Qtz-2) (شکل‌های ۱ و ۴)، و ۳) به صورت نهان بلورین-از جنس کلسدون- که در بین فضاهای حاصل از دگرریختی شکنا ایجاد شده است (Qtz-3) (شکل ۱). **کردیریت (Crd)** به دو گونه مشاهده می‌شود: ۱) به صورت نیمه شکل دار تا بی شکل با اندازه بین  $50\mu\text{m}$  تا  $200\mu\text{m}$  که در سنگ مادر تشکیل شده است (Crd-1)، و ۲) به صورت کردیریت‌های ماهی-گون (Crd-2Fish) (شکل ۴). **کلریتوئید (Cld)** به صورت شکل دار تا بی شکل با اندازه کمتر از  $100\mu\text{m}$  دیده می‌شوند. کلریتوئیدهایی که در بین برگوارگی میلونیتی فعلی (برگوارگی به ارث رسیده از سنگ مادر که در نتیجه دگرریختی حاصل از پدیده میلونیتی شدن دگرریخت شده است) قرار گرفته‌اند (شکل‌های ۱۱ و ۱۲). **کانی‌های اوپاک (Op)** به صورت بی‌شکل تا طویل‌شده در امتداد برگوارگی شیستی و میلونیتی آرایش یافته است. **کلسیت** به چهار گونه دیده می‌شود (شکل‌های ۵ تا ۸): ۱) کلسیت گونه اول (Cal-1) به صورت نیمه شکل دار زاویه دار تا بی شکل با اندازه‌های بزرگ تا ریز دیده می‌شوند. از ویژگی‌های این کلسیت‌ها می‌توان به ماکل‌های تیپ ۲ و ۳ اشاره نمود (Passchier and Trouw, 2005)، ۲) کلسیت گونه دوم (Cal-2) به صورت شکل دار تا بی شکل با اندازه‌های بزرگ تا متوسط در امتداد برگوارگی میلونیتی آرایش یافته‌اند. از ویژگی‌های این کانی‌ها می‌توان به تاب برداشتگی و ماکل تیپ ۱ و ۲ اشاره نمود، ۳) کلسیت گونه

صورت تیغه‌ای در امتداد محور ریزچین‌ها تشکیل شده، به طوریکه بیوتیت‌های ایجاد کننده برگوارگی شیستی و موسکویت‌های ایجاد کننده ریزچین را قطع نموده است (Bt-4)، اشاره نمود (شکل ۴ تا ۴). از ادخال‌های موجود در بیوتیت‌ها می‌توان به دانه‌های زیرکون و کانی‌های اوپاک اشاره نمود. **موسکویت (Ms)** به سه گونه در متن سنگ دیده می‌شود: ۱) به صورت تیغه‌های کوچک که در امتداد صفحات میکروبرشی، برگوارگی میلونیتی را ایجاد نموده‌اند (Ms-1)، ۲) موسکویت‌های ماهی‌گون نوع چهار و یک (Ms-2)، ۳) به صورت پولک‌گون با اندازه درشت که احتمالاً حاصل درشت شدن در پی تزریق توده نفوذی در منطقه بوده است (Maeder et al., 2007). **سریسیت (Ser)** به صورت تیغه‌های ریز در امتداد برگوارگی میلونیتی و به صورت اجزای تشکیل‌دهنده، کلاه و اتنش دیده می‌شود. **کوارتز (Qtz)** به صورت نیمه شکل دار زاویه دار تا بی شکل با اندازه‌های نسبتاً متوسط تا ریز بلور در بین برگوارگی شیستی و میلونیتی دیده می‌شود. از ویژگی‌های این کانی‌ها می‌توان به ظاهر کدر و مات و مرزهای غیر مستقیم اشاره نمود. کوارتز به سه گونه دیده می‌شود: ۱) به صورت بلورین که در متن سنگ و در بین عناصر برگواره ساز تشکیل شده است. این کوارتزها دارای ظاهری کدر هستند. از ویژگی‌های آن‌ها می‌توان به خاموشی موجی، دانه-های فرعی و نوظهور اشاره نمود (Qtz-1) (شکل ۵)، ۲) به صورت ریزبلورین که در نتیجه خردشدگی در

در منطقه مورد مطالعه، افزون بر سنگ‌های دگرگونه ناحیه‌ای، سنگ‌های دگرگونه مجاورتی نیز یافت می‌شود. این سنگها اغلب از نوع کالک سیلیکات هورنفلس مزوکاتاکلاستی هستند. در این سنگها کانی‌های همچون گارنت، اپیدوت و کلریت مشاهده می‌شود. گارنت (Grt) به دو گونه مشاهده می‌شود (شکل ۳): (۱) به صورت شکل‌دار تا بی‌شکل (شکسته شده) با اندازه بین  $500\mu\text{m}$  تا  $2\text{mm}$  که دارای منطقه بندی بوده، و در قالب کانی اصلی تشکیل دهنده سنگ (Grt-1) و (۲) به صورت پرکننده ریزشکستگی‌ها و ریزدرزه‌ها (Grt-2) هستند. اپیدوت به دانه‌ای و بی‌شکل و کلریت به صورت شعاعی در متن سنگ پراکنده است.

سوم (Cal-3) به صورت بی‌شکل (طویل شده) در امتداد برگواری میلوئیتی به همراه کلریت دیده می‌شوند (گونه‌های ۱ تا ۳ در کالک شیست‌های مزومیلوئیتی دیده می‌شوند)، (۴) کلسیت گونه چهارم (Cal-4) به صورت کلسیت‌های ماهی‌گون در آمفیبول شیست‌های مزومیلوئیتی. کلریت به صورت تیغه‌های باریک برگواری میلوئیتی، کلاه واتنش و ریزفابریک C را ایجاد نموده‌اند. ریزفابریک C در واقع یک کلیواژ نوار برشی بوده که بیشتر در سنگ‌های میلوئیتی ایجاد می‌شود. آمفیبول (Am) به صورت شکل‌دار تا بی‌شکل تا منشورهای بلند با اندازه‌های بزرگ تا ریزبلور دیده می‌شوند. این کانی‌ها دارای دو گونه متفاوت هستند (شکل‌های ۷ و ۸): (۱) آمفیبول‌های گونه اول (Am-1) به صورت منشورهای بلند با چند رنگی سبز تا سبز تیره خطوارگی L1 را ایجاد نموده است، و (۲) آمفیبول‌های گونه دوم (Am-2) به صورت شکل‌دار تا بی‌شکل با اندازه‌های بزرگ تا ریز بلور دیده می‌شوند. این کانی‌ها در نتیجه شاره حرارتی حاصل از تزریق توده نفوذی تشکیل شده‌اند. این کانی‌ها خطوارگی L2 را ایجاد نموده‌اند. پلاژیوکلاز (Pl) به صورت نیمه شکل‌دار تا بی‌شکل با اندازه‌های نسبتاً متوسط تا ریز در بین خطوارگی‌ها تشکیل شده‌اند. این کانی‌ها در نتیجه تنش‌های اعمال شده دارای ماکل‌های دگرشکل شده هستند (شکل‌های ۷ و ۸).

۴-۱- کانی‌شناختی سنگ‌های دگرگونه مجاورتی



**METAMORPHOSED IGNEOUS ROCKS (MOSTLY MYLONITIC ROCKS)**

|  |   |   |
|--|---|---|
|  | gn <sup>1</sup> : Mylonitised granite, coarse grain.                            | gn <sup>1</sup> : گرانیت مهلونیته دانه درشت                                 |
|  | gn <sup>2</sup> : Mylonitised granite, fine grain.                              | gn <sup>2</sup> : گرانیت مهلونیته دانه ریز                                  |
|  | g <sup>f</sup> : Foliated granite.  | g <sup>f</sup> : گرانیت دارای فولیاسیون                                     |
|  | di <sup>M</sup> : Foliated and brecciated diorite and gabbro- diorite, diorite. | di <sup>M</sup> : دیوریت و گابرو-دیوریت برشی شده، دارای فولیاسیون و دیوریت. |
|  | gb <sup>M</sup> : Foliated and brecciated gabbro and gabbro- diorite            | gb <sup>M</sup> : گابرو و گابرو-دیوریت برشی شده و دارای فولیاسیون           |

**CONTACT METAMORPHIC ROCKS**

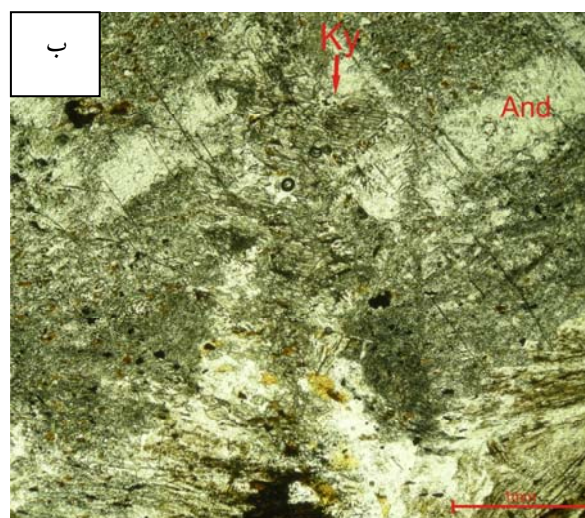
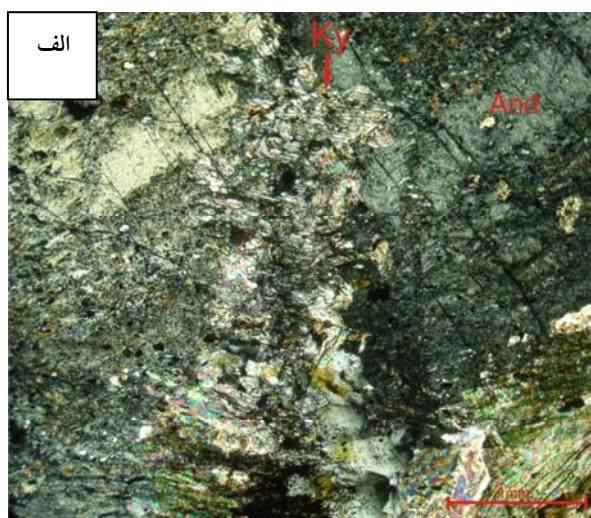
|  |  |   |
|--|--|---|
|  | R <sub>J</sub> <sup>h1</sup> : Pyroxene hornfels (Tactite).  | R <sub>J</sub> <sup>h1</sup> : پیروکسن هورنفلس (تاکتیت).  |
|  | R <sub>J</sub> <sup>h2</sup> : Cordierite hornfels.  | R <sub>J</sub> <sup>h2</sup> : هورنفلس دارای کوردیریت   |
|  | R <sub>J</sub> <sup>an</sup> : Andalusite cordierite schist  | R <sub>J</sub> <sup>an</sup> : شمست دارای آندالوزیت و کوردیریت  |
|  | R <sub>J</sub> <sup>c1</sup> : Cordierite schist (spotted schist).   | R <sub>J</sub> <sup>c1</sup> : شمست دارای کوردیریت (شمست لکه دار).  |
|  | R <sub>J</sub> <sup>c2</sup> : Cordierite schist (spotted schist) with intercalations of marble and lenses of hornfels, andalusite schist. | R <sub>J</sub> <sup>c2</sup> : شمست دارای کوردیریت (شمست لکه دار) با نوارهای لایه های از مرمر و عسسی های از هورنفلس و آندالوزیت شمست. |
|  | R <sub>J</sub> <sup>c3</sup> : Alternation of cordierite schist (spotted schist) and marble with scapolite and garnet.                     | R <sub>J</sub> <sup>c3</sup> : تناوبی از شمست کوردیریت دار (شمست لکه دار) و مرمر دارای اسکاپولیت و گارنت.                             |
|  | Sk: Scarn  | اسکارن:Sk   |

**INTRUSIVE ROCKS**

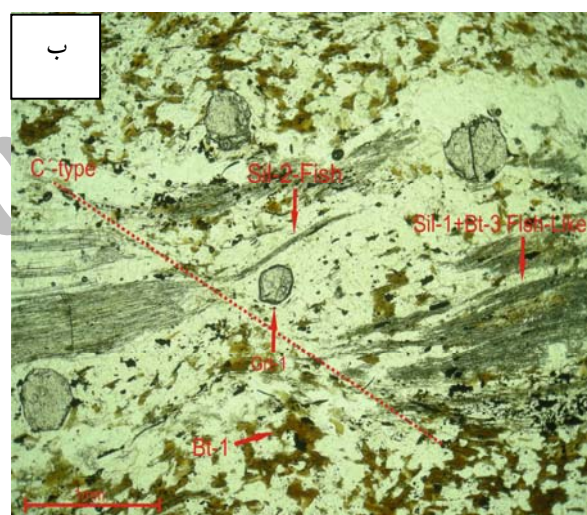
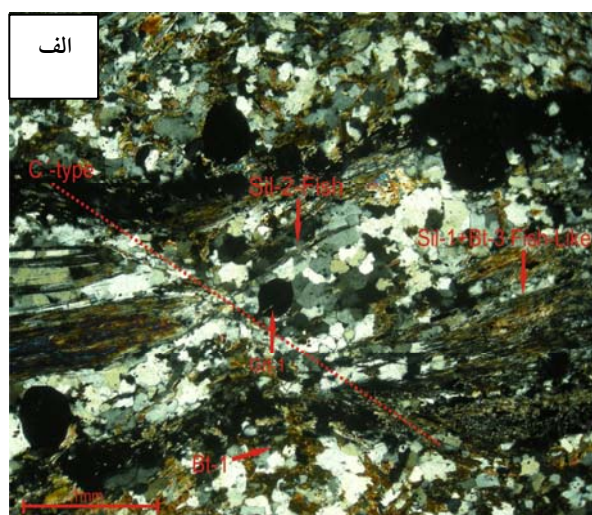
|  |  |   |
|--|--|---|
|  | d: Dikes and apophysis of aplite granite and granite.            | d: دایک ها و زبانه های از گرانیت آپلهتی و گرانیت.         |
|  | g: Granite, amphibole granite, granodiorite, quartz monzonite.   | g: گرانیت، آمفیبول گرانیت، گرانودیوریت و کوارتز مونزونیت. |
|  | g <sup>P</sup> : Porphyritic granite.                            | g <sup>P</sup> : گرانیت پورفیری.                          |
|  | md: Monzodiorite, quartz monzonite, syenite, and quartz diorite. | md: مونزودیوریت، کوارتز مونزونیت، سنیت و کوارتز دیوریت.   |
|  | gd: Microgranodiorite, granodiorite, and epidotized granite.     | gd: میکروگرانودیوریت، گرانودیوریت و گرانیت اپیدوتیزه.     |
|  | di: Diorite, and quartz diorite with apophysis of granite.       | di: دیوریت و کوارتز دیوریت به همراه زبانه های از گرانیت.  |
|  | dg: Diorite, diorite- gabbro and gabbro                          | dg: دیوریت، دیوریت گابروی و گابرو                         |
|  | gb: Gabbro   | gابرو: gb   |

شکل ۱- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه. برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰,۰۰۰ قروه.

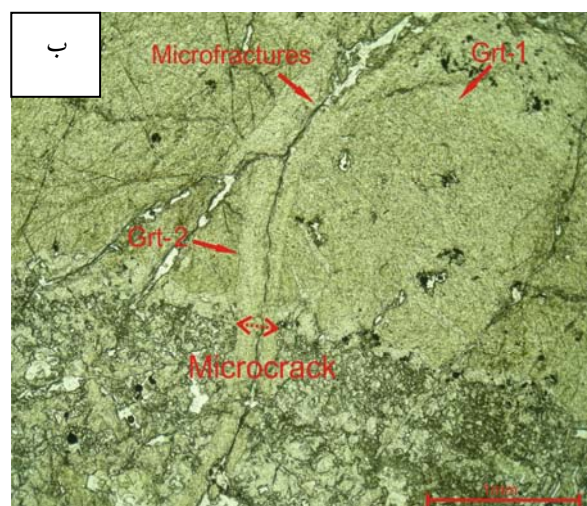
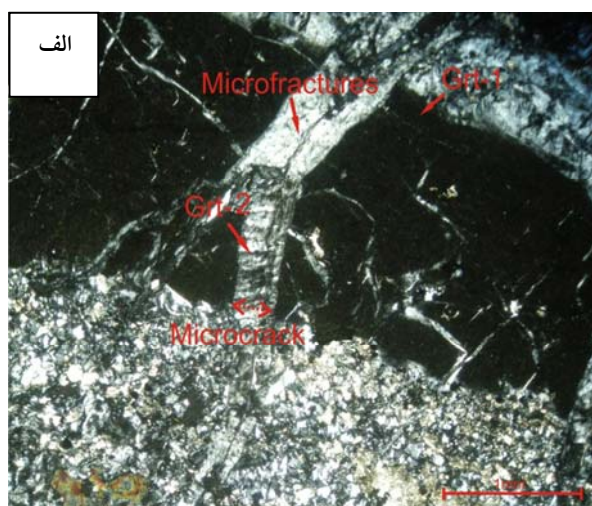




شکل ۱- کینایت و آندالوزیت در میکاشیست مزومیلونیتی. در وضعیت نوری XPL (الف) و PPL (ب).

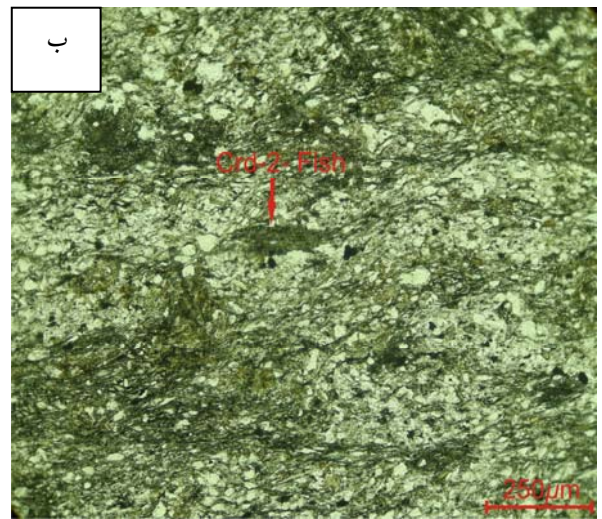
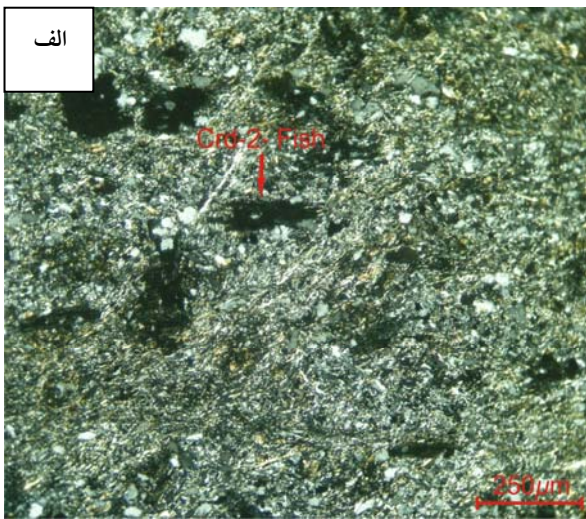


شکل ۲- سیلیمانیت‌های گونه اول و دوم (ماهی‌گون)، گارنت گونه اول (گرد شده) و بیوتیت گونه اول. در وضعیت نوری XPL (الف) و PPL (ب).

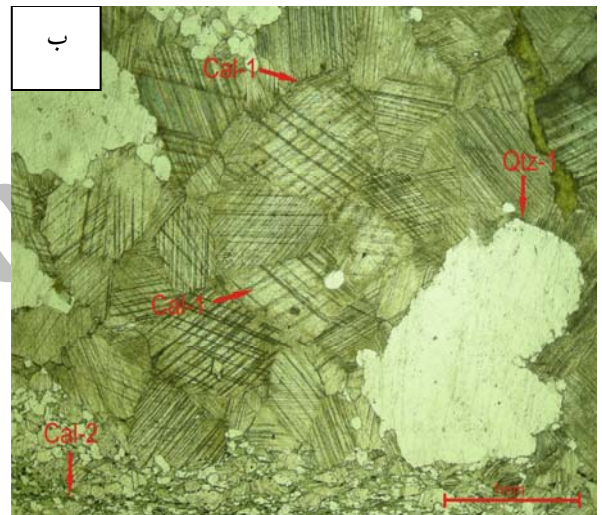
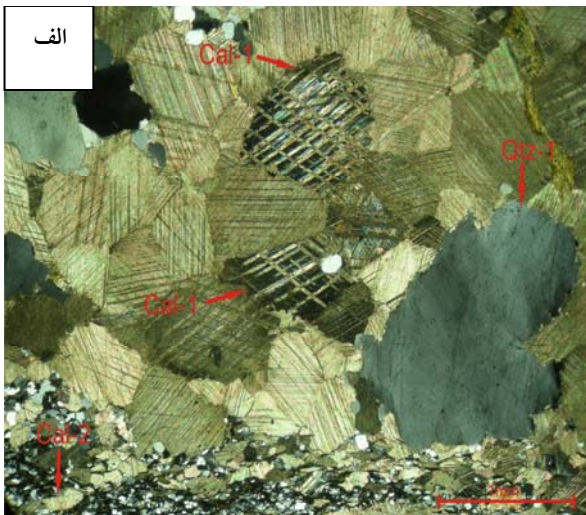


شکل ۳- گونه‌های متفاوت گارنت در کالک سیلیکات هورنفلس مزوکاتاکلاستی. در وضعیت نوری XPL (الف) و PPL (ب).

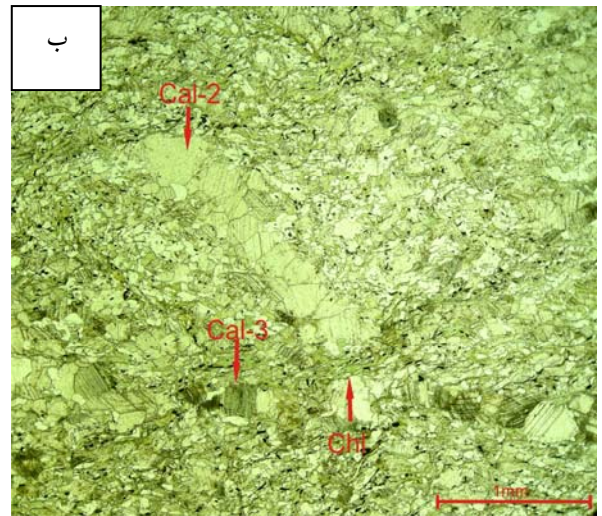
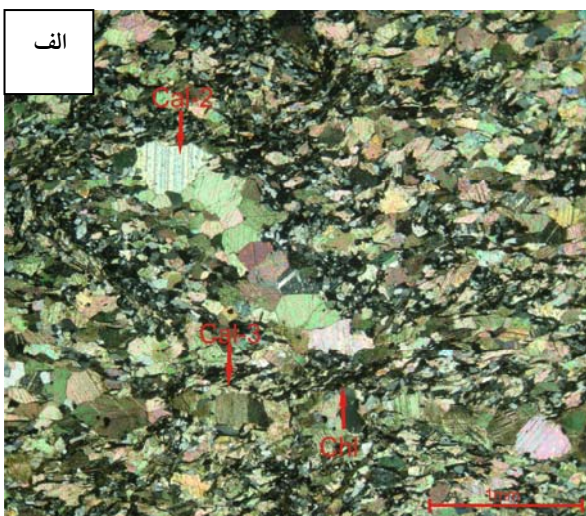




شکل ۴- کردیریت گونه دوم با نمایی ماهی گون کلریتوئید-کردیریت اسلیت مزومیلونیتی. در وضعیت نوری XPL(الف) و PPL(ب).

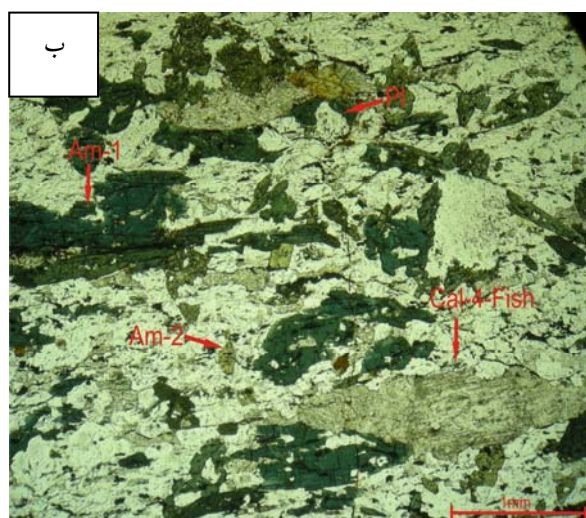
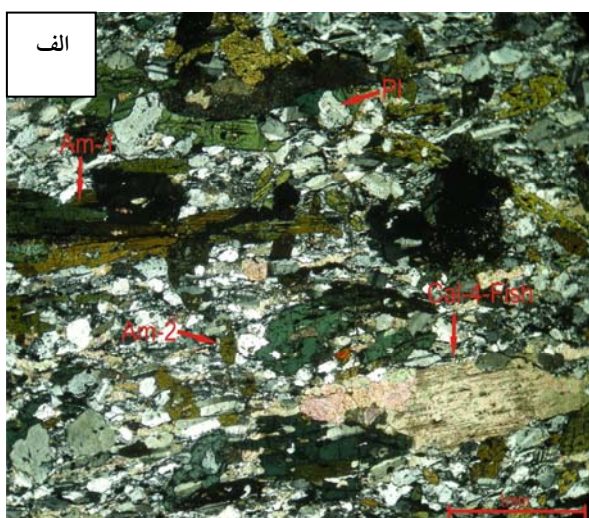


شکل ۵- کلسیت گونه اول و دوم و کوارتز در کالک شیست مزومیلونیتی. در وضعیت نوری XPL(الف) و PPL(ب).

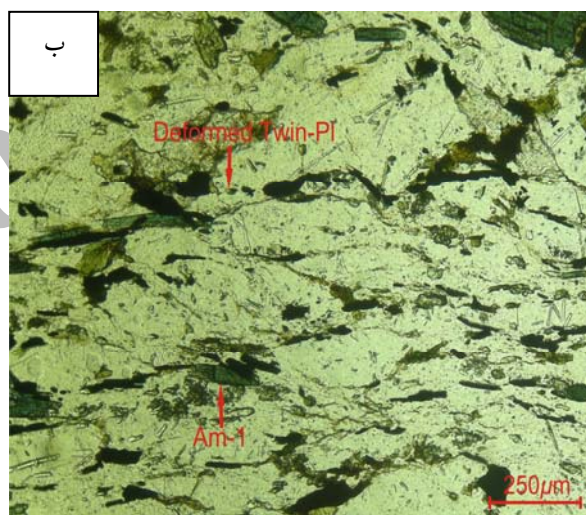
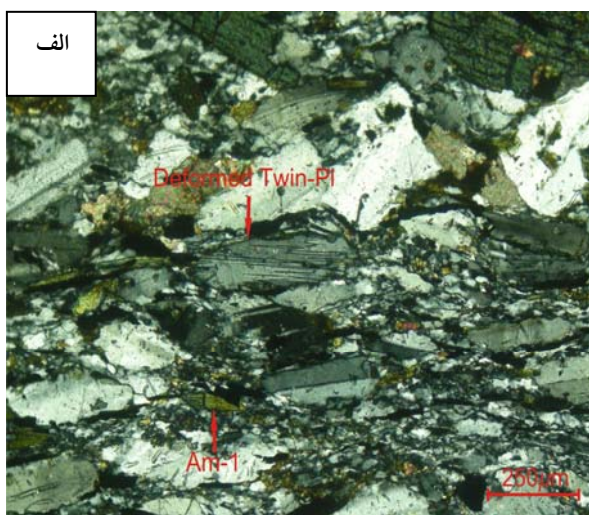


شکل ۶- گونه‌های دوم و سوم کلسیت در کالک شیست مزومیلونیتی. در وضعیت نوری XPL(الف) و PPL(ب).





شکل ۷: کلسیت گونه چهارم (کلسیت ماهی‌گون) و گونه‌های اول و دوم آمفیبول در آمفیبول شیست مزومیلونیتی. در وضعیت نوری XPL (الف) و PPL (ب).



شکل ۸: پلاژیوکلاز با ماکل دگرشکل شده و آمفیبول گونه اول در آمفیبول شیست مزومیلونیتی. در وضعیت نوری XPL (الف) و PPL (ب).

به صورت میلونیتی، میلونیتی-کاتاکلاستی و کاتاکلاستی هستند. از کانی‌هایی تشکیل دهنده این سنگ‌های می‌توان به کوارتز، فلدسپات آلکالن، پلاژیوکلاز، تیتانیت، استارولیت اشاره نمود. کوارتز به صورت نیمه شکل دار زاویه دار تا بی شکل با اندازه‌های نسبتاً متوسط تا ریز دیده می‌شوند. این کوارتزها دارای چهار گونه متفاوت هستند (شکل-

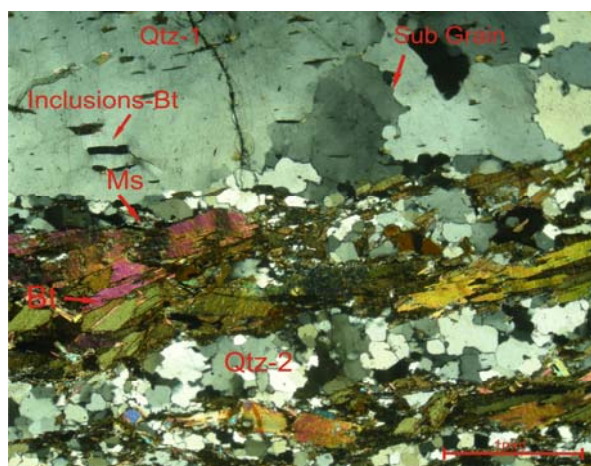
### ۳-۴- کانی‌شناختی سنگ‌هایی با پروتولیت آذرین نفوذی (گرانیتوئیدی)

در جنوب شرقی قروه طیف وسیعی از سنگ‌های گرانیتوئیدی همچون تونالیت، گرانودیوریت، مونزوگرانیت و سینوگرانیت رخنمون دارند. مطالعات کانی‌شناختی بر روی این سنگ‌ها نشان از دگرشکلی آن‌ها دارد. به طوریکه برخی از سنگ‌ها

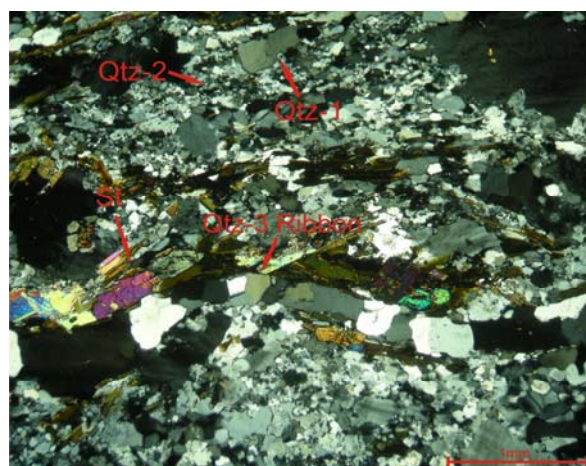
پوششی سیگماگون اشاره نمود. این کانی‌ها در نتیجه فاز دگرشکلی شکل پذیر دچار تغییراتی در ساختمان بلورین شده‌اند. این تغییرات به صورت تغییر در ماکل قابل مشاهده است (شکل ۱۲). **پلاژیوکلاز** به صورت نیمه شکل‌دار تا بی شکل‌دار و با اندازه‌های بزرگ تا ریز بلور و با ماکل آلبیتی دیده می‌شوند. این کانی‌ها در نتیجه تنش‌های اعمال شده دچار تغییراتی در ساختمان بلورین شده‌اند. از ویژگی‌های آن‌ها می‌توان به ماکل‌های آلبیتی دگرشکل شده (خمیدگی و تغییر در شکل ماکل)، تاب برداشتن، خاموشی موجی، دانه‌های فرعی، دانه‌های نوظهور و ادخال‌های غیرفعال اشاره نمود (Vernon, 2004) (شکل‌های ۱۳ و ۱۴). **تیتانیت** (Ttn) به صورت شکل‌دار تا بی شکل با اندازه‌های متوسط تا ریز در متن سنگ دیده می‌شود. **استارولیت** (St) به صورت نیمه‌شکل‌دار تا بی شکل با اندازه متوسط در امتداد برگوارگی ضعیف میلونیتی دیده می‌شود (شکل‌های ۱۰ و ۱۱). **بیوتیت** به صورت پولکی و تیغه‌های درشت شده و با چند رنگی قهوه‌ای تا سبز دیده می‌شود. برخی از بیوتیت‌ها حاوی ادخال‌های از زیرکن هستند. این کانی‌ها در امتداد برگوارگی ضعیف میلونیتی و کاتاکلاستی آرایش یافته‌اند (شکل ۹). **موسکویت** به دو صورت مشاهده می‌شود: (۱) به صورت تیغه‌ای که برگوارگی میلونیتی و کاتاکلاستی را ایجاد نموده، و (۲) به صورت ماهی‌گون در امتداد برگوارگی آرایش یافته است (شکل ۹).

های ۹ تا ۱۳): (۱) کوارتز گونه اول (Qtz-1) این کوارتزها مربوط به سنگ مادر پیش از این دگرشکلی هستند. از ویژگی‌های آن‌ها می‌توان به ظاهر نسبتاً کدر و مات، خاموشی موجی، دانه‌های فرعی، دانه‌های نوظهور و مهاجرت مرز دانه اشاره نمود. از ریزساخت‌های ایجاد شده توسط این گونه کوارتزها می‌توان به کوارتزهای ماهی‌گون گروه دو اشاره نمود، (۲) کوارتزهای گونه دوم (Qtz-2) به صورت نیمه شکل تا بی شکل با اندازه ریز دیده می‌شوند. این گونه به علت اعمال تنش‌های تکتونیکی دچار خردشدگی و در نتیجه کاهش اندازه و تبلور مجدد یا تبلور جدید شده‌اند. این گونه از کوارتزها را می‌توان در پیرامون پورفیروکلاست‌ها مشاهده نمود، (۳) کوارتزهای گونه سوم (Qtz-3) به صورت نیمه شکل زاویه دار تا بی شکل با اندازه نسبتاً متوسط تا ریز و ظاهری روشن تر از گونه اول دیده می‌شوند. این کانی‌ها به صورت نوار گون یا ریونی تشکیل شده‌اند، و (۴) کوارتزهای گونه چهارم (Qtz-4) به صورت اجتماع سیگماگون از بلورهای نیمه شکل دار زاویه دار تا بی شکل با اندازه‌های نسبتاً متوسط تا ریز که دارای ظاهری روشن تر از گونه اول بوده و مرزهای تقریباً مستقیم دارند، تشکیل شده‌اند. **فلدسپات آلکان** (Afs) به صورت نیمه شکل دار تا بی شکل با اندازه‌های متوسط تا ریز دیده می‌شوند. از ویژگی‌های آن‌ها می‌توان به ماکل‌های دگرشکل شده، ماکل پرتیتی (آتش‌گون و نامنظم) و پورفیروکلاست‌های

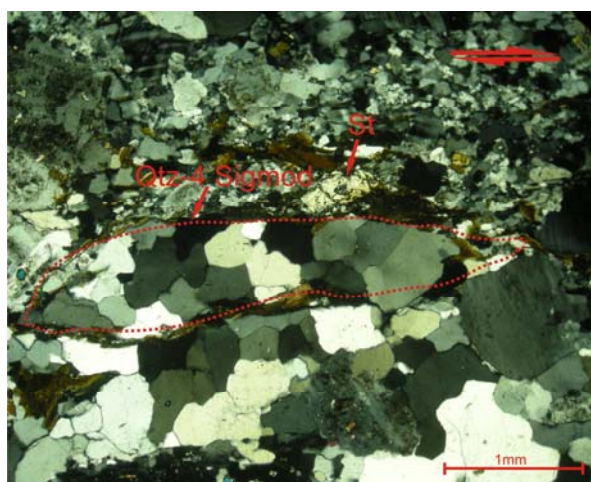




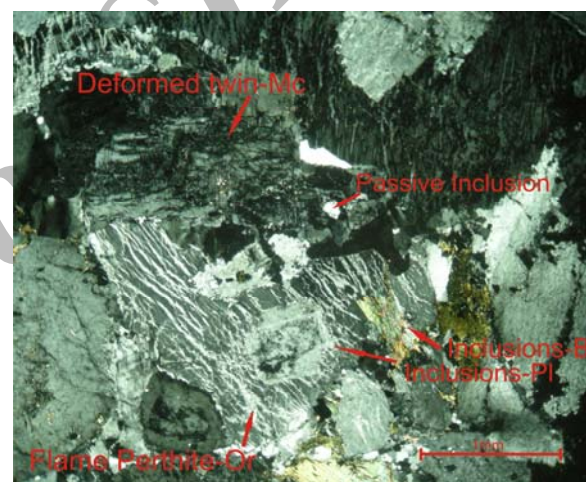
شکل ۹- نمایی از گونه‌های متفاوت کوارتز، بیوتیت و موسکویت. در وضعیت نوری XPL.



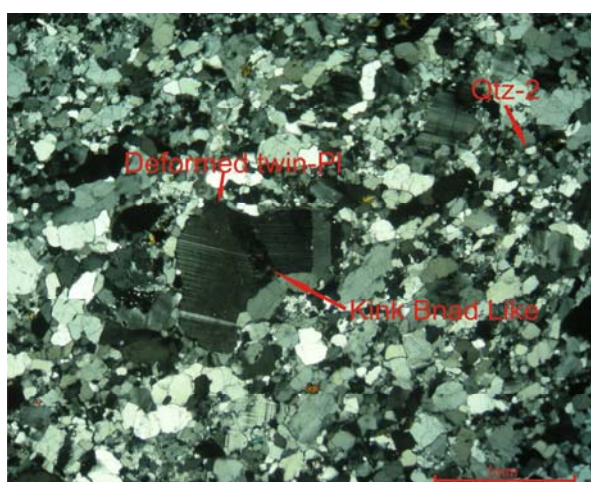
شکل ۱۰- گونه‌های متفاوت کوارتز و استارولیت. در وضعیت نوری XPL.



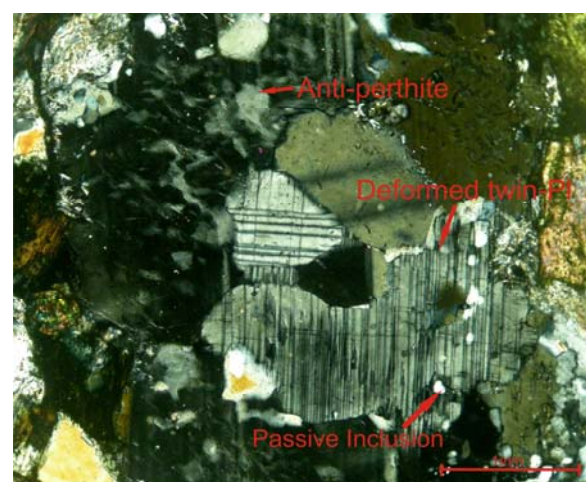
شکل ۱۱- کوارتز گونه چهارم (سیگماگون) و استارولیت. در وضعیت نوری XPL.



شکل ۱۲- فلدسپات‌های آلکالن پرتیتی آتش‌گون و ادخال‌های غیرفعال. در وضعیت نوری XPL.



شکل ۱۳- پلاژیوکلاز تاب‌برداشته با ماکل دگرشکل شده و کوارتز گونه دوم. در وضعیت نوری XPL.



شکل ۱۴- لازئوکلاز با ماکل دگرشکل شده. در وضعیت نوری XPL.

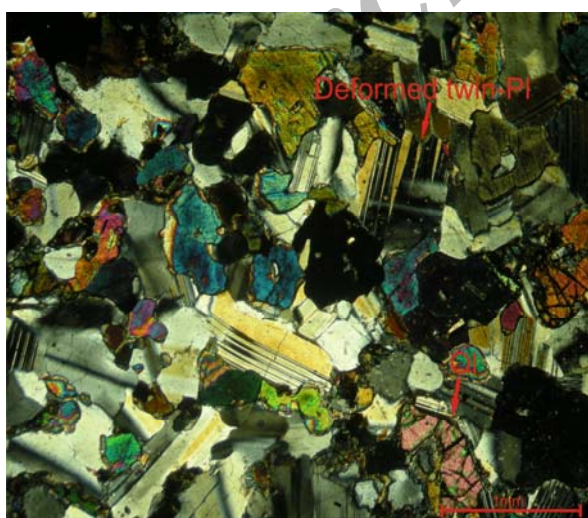


#### ۴-۴- کانی‌شناختی سنگ‌هایی با پروتولیت آذرین نفوذی (گابروئیدی)

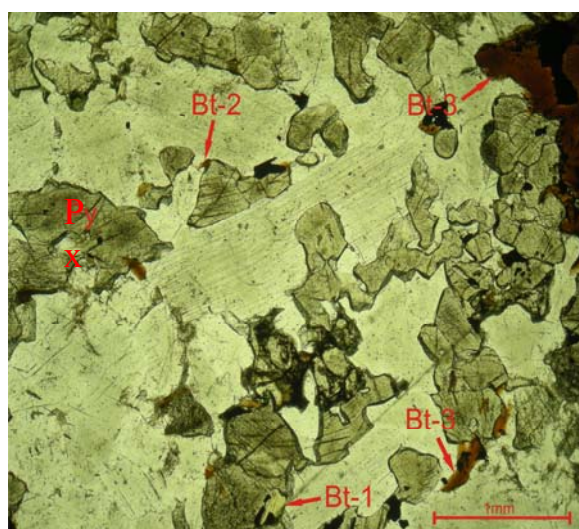
در منطقه مورد مطالعه سنگ‌های گابرویی مشاهده می‌شود، که تا حدی شواهد دگرشکلی از خود نشان می‌دهند. در این سنگ‌ها می‌توان کانی‌هایی همچون الیوین، پیروکسن، پلاژیوکلاز و بیوتیت را مشاهده نمود.

**الیوین (Ol)** به صورت نیمه شکل دار تا بی شکل با اندازه متوسط در متن سنگ دیده می‌شود. این کانی ۱۵ درصد حجمی سنگ را به خود اختصاص داده است (شکل ۱۵). این کانی‌ها ریزترک‌ها و ریزشکستگی‌هایی ناشی از تنش‌های دینامیکی اعمال شده مشاهده می‌شود. **پیروکسن (Px)** به صورت نیمه شکل دار تا بی شکل در متن سنگ دیده می‌شود. این کانی ۳۵ درصد حجمی سنگ را به خود اختصاص داده است (شکل ۱۶). **پلاژیوکلاز** به صورت شکل دار تا بی شکل و با ماکل آلیت-

کارلسباد و آلیت-پریکیلین دیده می‌شوند و بر اساس اندازه‌گیری ضریب شکست و زاویه خاموشی پلاژیوکلازها از نوع لابرادوریت تا بیتونیت هستند. این کانی‌ها که ۵۰ درصد حجمی سنگ را به خود اختصاص داده است. این کانی‌ها در نتیجه اعمال تنش‌های دینامیکی دچار تغییر درماکل (ماکل عدسی گون و تیغه ای) و تاب برداشستگی شده‌اند (شکل ۱۵). **بیوتیت** به سه گونه دیده می‌شود (شکل ۱۶: ۱): برخی از بیوتیت‌ها در ارتباط با پیروکسن‌ها بوده که حاصل دگرسانی آن‌ها می‌باشند، (۲) بیوتیت‌هایی که به صورت مستقل و شکل دار بوده که منشاء ماگمایی دارند. در برخی از این بیوتیت‌ها می‌توان بلورهای سوزنی روتیل را مشاهده نمود، و (۳) بیوتیت‌هایی که بی شکل بوده و در ارتباط با پیروکسن‌ها نیستند. این بیوتیت‌ها را می‌توان نتیجه متاسوماتیسم دانست.



شکل ۱۵- الیوین ترک دار و پلاژیوکلاز با ماکل تاب برداشته و دگرشکل شده. در وضعیت نوری XPL.



شکل ۱۶- نمایی از گونه‌های متفاوت بیوتیت. در وضعیت نوری PPL.

## ۵- نتیجه گیری

مطالعات کانی‌شناختی، سنگ‌های دگرگونه و آذرین نفوذی (فلسیک و مافیک) دگر شکل شده در جنوب شرقی قروه نشان می‌دهد که:

الف- سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای از نوع کلریتوئید-کردیریت اسلیت مزومیلونیتی، آندالوزیت - سیلیمانیت - گارنت شیست مزومیلونیتی، کیانیت - گارنت - سیلیمانیت - آندالوزیت میکاشیست مزومیلونیتی، آمفیبول شیست مزومیلونیتی و کالک شیست مزومیلونیتی بوده، و از کانی‌هایی همچون کیانیت، آندالوزیت، سیلیمانیت، گارنت، بیوتیت، موسکویت، سریسیت، کوارتز، کردیریت، کلریتوئید، کانی‌های اوپاک، کلسیت، پلاژیوکلاز، کلریت و آمفیبول با گونه‌های متفاوت تشکیل شده‌اند.

ب- سنگ‌های دگرگونی مجاورتی اغلب از نوع و کالک سیلیکات هورنفلس مزوکاتاکلاستی بوده، و از کانی‌هایی همچون گارنت، اپیدوت و کلریت تشکیل شده‌اند.

ج- کیانیت و آندالوزیت تنها به یک گونه، سیلیمانیت به دو گونه، دسته‌های سوزن‌گون (فیبرولیتی)، و هم‌رشد با بیوتیت، گارنت به سه گونه، نیمه‌شکل دار (نیمه گرد) تا بی‌شکل (گرد) در سنگ‌های دگرگونه ناحیه‌ای، شکل دار تا بی‌شکل (شکسته شده)، و پرکننده ریزدزرها در سنگ‌های دگرگونه مجاورتی، بیوتیت به چهار گونه، به ارث رسیده از سنگ مادر پیش از این دگرشکلی، به صورت اجزای تشکیل دهنده برگوارگی میلونیتی در

امتداد زون‌های میکروبرشی، به صورت هم‌رشد با سیلیمانیت، و به صورت تیغه‌ای در امتداد محور ریزچین‌ها، و موسکویت به دو گونه، تیغه‌ای در امتداد صفحات میکروبرشی، به صورت پولک‌گون با اندازه درشت و به صورت موسکویت ماهی‌گون یافت می‌شوند. کیانیت در ارتباط با آندالوزیت و سیلیمانیت است. کوارتز به سه گونه بلورین که در امتداد برگوارگی تشکیل شده، به صورت دانه‌های شکسته در پیرامون زون ریزخردشده، و به صورت نهان بلورین در فضاها ناشی از ریزشکستگی‌ها، کردیریت به دو گونه، کلسیت به چهار گونه، نیمه شکل دار زاویه دار با ماکل نوع ۳ و ۲ که از سنگ مادر پیش از این دگرشکلی به ارث رسیده، به صورت نیمه شکل دار با ماکل نوع ۱ و ۲ در امتداد برگوارگی میلونیتی تشکیل شده، به صورت طویل شده، و به صورت کلسیت‌های ماهی‌گون، و آمفیبول به دو گونه مشاهده می‌شود.

د- سنگ‌های آذرین نفوذی فلسیک و مافیک به ترتیب عبارتند از بیوتیت-فلدسپات-کوارتز مزومیلونیت گنیسی، مونزوگرانیت دگرشکل شده و الیون گابروی دگرشکل شده. سنگ‌های پیش گفته از کانی‌هایی همچون کوارتز، فلدسپات آلکالن، پلاژیوکلاز، تیتانیت، استارولیت، الیون، پیروکسن و بیوتیت تشکیل شده‌اند.

ه- در سنگ‌های آذرین نفوذی فلسیک، کوارتز به چهار گونه، به ارث رسیده از سنگ مادر پیش از دگرشکلی که دارای خاموشی موجی، پدیده دانه‌های فرعی و نوظهور، به صورت ریزبلور در پیرامون

بی شکل که در ارتباط با پیروکسنها نیستند. گونه سوم را مرتبط با متاسوماتیسم می دانند.

#### منابع

- Karato S. I., 2008, Deformation of Earth Matrials, Cambridge, England.
- Lin A., 2008, Fossil Earthquakes: The formation and Preservation of Pseudothachylytes, Springer.
- Maeder X., Passchier C. W. and Trouw R. A. J., 2007, Flame foliation: Evidence for a schistosity formed normal to the extension direction, Journal of Structural Geology, 29, 378-384.
- Passchier C. W. and Trouw R. A. J., 2005, Microtectonics 2nd ed. Springer.
- Vernon R. H., 2004, a Practical Guide to Rock Microstructure, Cambridge, England.

پوفیروکلاستها، به صورت نواری (ریبونی)، و به صورت اجتماع سیگماگون، فلدسپات آلکالن با ماکل دگرشکل شده و پرتیت دگرشکل شده (آتشگون و نامنظم)، پلاژیوکلاز با ماکل دگرشکل شده، خمیده و تاب برداشته و ادخالهای غیرفعال مشاهده می شوند. موسکویت به دو گونه تیغه ای و ماهی گون، استارولیت، بیوتیت و تیتانیت در امتداد برگوارگی میلونیتی آرایش یافته اند.

و- در سنگهای آذرین نفوذی مافیک الیوین، پیروکسن تنها به یک گونه و پلاژیوکلاز با ماکل دگرشکل شده، تاب برداشته و خمیده در متن سنگ مشاهده می شود. بیوتیت به سه گونه، بی شکل که در ارتباط با دگرسانی پیروکسنها هستند، به صورت شکل دار در و مستقل در متن سنگ، و به صورت

Archive