

## بررسی دگرریختی چند مرحله‌ای و رشد پورفیروبلاست‌ها در منطقه کمربندی - ده نو اسداله خان، جنوب خاور همدان

لیلی ایزدی کیان<sup>(۱\*)</sup>، سید احمد علوی<sup>۲</sup>، محمد محجل<sup>۳</sup>، علی اصغر سپاهی گرو<sup>۴</sup> و محمد رهگشای<sup>۵</sup>

۱. دانشجوی دکترا، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران

۲. دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

۳. دانشیار دانشکده علوم، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۴. دانشیار دانشکده علوم، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۵. دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

تاریخ دریافت: ۸۷/۹/۴

تاریخ پذیرش: ۸۷/۲۹

### چکیده

منطقه کمربندی - ده نو اسداله خان، در بخش شمال باختر پهنه سندانج - سیرجان و در ۲۵ کیلومتری جنوب خاوری شهر همدان واقع شده است. در این منطقه سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای، مجاورتی و پگماتوئیدهای دگرریخت شده رخنمون دارند. در این تکتونیت‌ها، پورفیروبلاست‌های متنوعی به صورت هم‌زمان با تکتونیک رشد کرده‌اند. در مجموعه سنگ‌های این منطقه، چهار مرحله دگرریختی شکل‌پذیر شناسایی گردیده که تمام مراحل آن با تشکیل چین و برگوارگی همراه بوده است. چین‌های نسل اول، دوم و سوم هم‌محور بوده و محور آن‌ها به هر دو سمت شمال - شمال باختر و جنوب - جنوب خاور میل دارد. محور ریزچین‌های نسل چهارم با کمی زاویه نسبت به چین‌های نسل قبل در راستای شمال - شمال خاور و جنوب - جنوب باختر قرار گرفته است. رشد سیلیمانیت‌تن‌ها در مرحله چهارم دگرریختی صورت گرفته و نشان می‌دهد که این مرحله دمای بیشتری نسبت به مراحل قبلی داشته است. با توجه به دمای هر مرحله از دگرریختی‌ها پورفیروبلاست‌های متفاوت به صورت‌های مختلف نسبت به فابریک‌های هر مرحله رشد کرده‌اند. تفسیر فابریک این روابط، شرایط دگرگونی را در طول دگرریختی‌های چهارگانه روشن می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: دگرریختی چند مرحله‌ای، پورفیروبلاست، تکتونیک، همدان

### مقدمه

پگماتیت‌های آن صورت گرفته است. تنها چند مورد مطالعه ساختاری از جمله بربریان و علوی تهرانی (۱۹۷۷)، فرهپور (۱۳۷۶)، نوزعیم (۱۳۸۲) و رباطی (۱۳۸۶) در همدان صورت گرفته است که از این میان نوزعیم (۱۳۸۲) پنج مرحله دگرریختی برای منطقه چشمه پهن که در جنوب منطقه مورد مطالعه قرار دارد معرفی نموده است. منطقه ده نو اسداله خان در زیر پهنه با دگرریختی‌های پیچیده از پهنه سندانج - سیرجان قرار گرفته است (Mohajjel et al., 2003). در این منطقه سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای (انواع شیبست‌ها با پورفیروبلاست‌های دگرگونی ناحیه‌ای، اعم از گارنت،

منطقه مورد مطالعه در بین دو روستای کمربندی و ده نو اسداله خان در مسیر فرعی جاده همدان - ملایر و در جنوب خاور شهر همدان واقع شده است (شکل ۱). منطقه همدان به خاطر قرار گرفتن در دگرریخت‌ترین پهنه ساختاری ایران و داشتن تنوعی از سنگ‌های دگرگونی و توده‌های نفوذی مهمی همچون الوند، ازدیرباز مورد توجه زمین‌شناسان و محققان داخلی و خارجی بوده است. مطالعات انجام شده در همدان اغلب شامل مطالعات سنگ‌شناسی می‌باشد که بر روی توده الوند و سنگ‌های دگرگونی مجاورتی

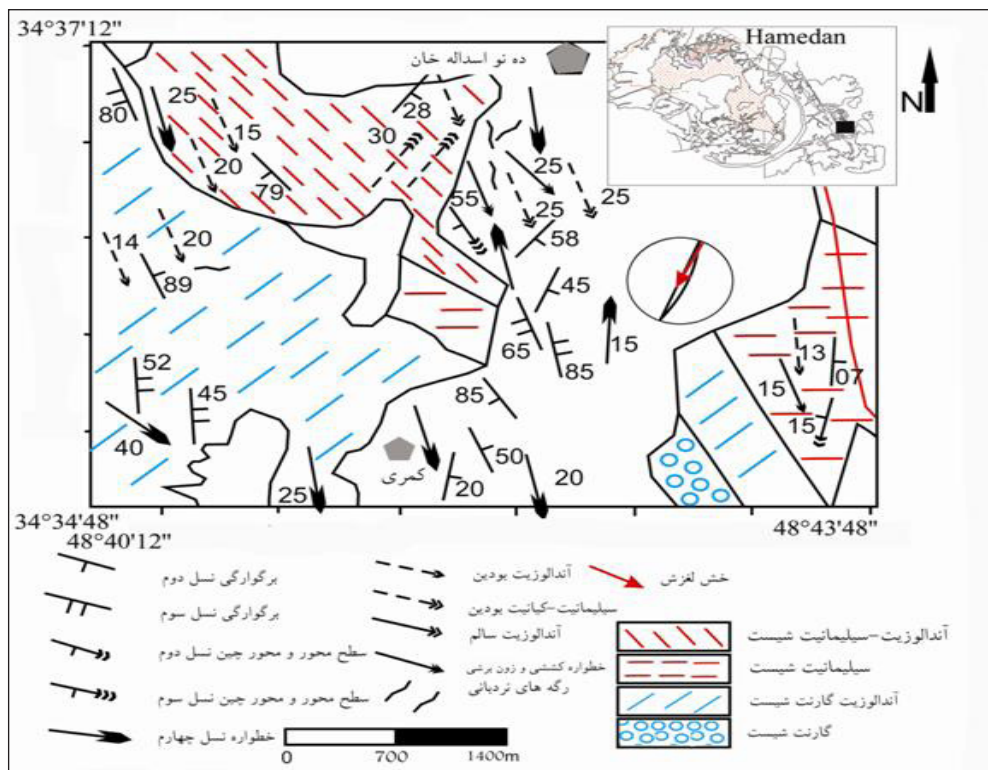
\* نویسنده مرتبط

شدگی نشان می دهند که در بخش بودین شده آن ها، کوارتز هم بعد و یا فیبر های سیلیمانیت رشد کرده است. جهت یابی پورفیروبلاست های بودین شده آندالوزیت در قسمت های مختلف منطقه کمی متفاوت است. این پورفیروبلاست ها در شمال باختر منطقه به سمت جنوب خاور میل دارند (شکل ۱الف) و در سمت جنوب و جنوب خاور منطقه جهت یابی آن ها به جنوب تا جنوب باختر تغییر می کند (شکل ۱ب) و زاویه ای در حدود ۳۰-۲۰ درجه با هم می سازند. جهت بودین شدگی بیشتر سیلیمانیت ها به سمت جنوب خاور است. در لایه بندی اولیه پورفیروبلاست های سالم سیلیمانیت-کیانیت با پورفیروبلاست های بودین شده زاویه کمی در حدود ۱۵ تا ۲۰ درجه می سازند (شکل ۱الف و ب). جهت سیلیمانیت های بودین شده به جنوب نزدیکتر است.

### دگرریختی های شکل پذیر

در منطقه شواهد فراوانی از چند دگرریختی به صورت شکل پذیر دیده می شود. همچنین چهار مرحله دگرریختی شکل پذیر توسط چین ها و برگوارگی ها نیز شناسایی شده است که با توجه به شرایط دما در هر مرحله پورفیروبلاست های گوناگونی رشد کرده اند و بنابراین ابتدا دگرگونی ها به صورت اجمالی توصیف می شوند، سپس ارتباط رشد پورفیروبلاست ها با هر کدام از مراحل دگرریختی بیان می گردد.

آندالوزیت، سیلیمانیت، استارولیت، کیانیت) و سنگ های دگرگونی مجاورتی (هورنفلس های سیلیمانیت-کیانیت دار، هورنفلس های آندالوزیت دار) در کنار پگماتوئیدها قرار گرفته اند. پگماتوئید های منطقه به پگماتوئید منگاو می مشهورند و سن آن ها ۱۰۰ میلیون سال (کرتاسه بالایی) بر آورد شده است (Valizadeh and Cantagrel, 1975). کانی های آن عبارتند از آلپیت، آلکالی فلدسپار، تورمالین، کوارتز و مسکویت. برخی از تورمالین ها در این پگماتوئید بودین شده اند و در بین شکستگی های آن ها کوارتز های درشت بلور و هم بعد رشد کرده است (شکل ۲الف). تورمالین های بودین شده تغییرات میل زیادی دارند اما راستای اصلی کشیدگی آن ها به سمت جنوب خاور می باشد (شکل ۲ب). لایه بندی اولیه در هورنفلس ها و شیبست های سیلیمانیت دار واقع در محدوده مطالعاتی به صورت تناوبی از لایه های غنی و فقیر از سیلیکات آلومینیم (آندالوزیت، سیلیمانیت) دیده می شود (شکل ۳). در اکثر بخش ها لایه بندی اولیه در اثر پدیده فراگذاری<sup>۱</sup> به صورت لایه بندی ترکیبی<sup>۲</sup> و ثانویه درآمده است (Passchier and Trouw, 1996). هر سه پلی مورف سیلیکات آلومینیم (آندالوزیت، سیلیمانیت و کیانیت) در این منطقه دیده می شوند. اکثر سیلیمانیت ها و حتی کیانیت ها در قالب پورفیروبلاست های آندالوزیت رشد کرده اند. برخی از پورفیروبلاست های سیلیمانیت، آندالوزیت و کیانیت بودین



شکل ۱- نقشه ساختاری منطقه مورد مطالعه

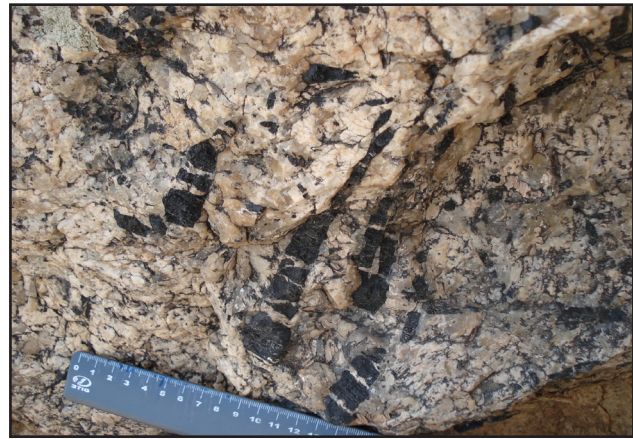
1- Transposition

2- Compositional layering

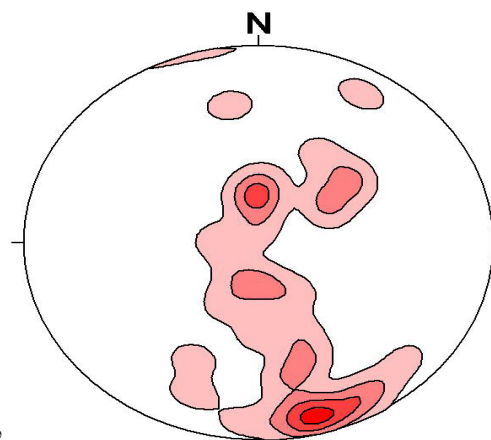
با توجه به شواهد صحرایی و مقاطع میکروسکوپی، استارولیت ها در دگرریختی مرحله اول رشد کرده‌اند به طوری که برخی از آن‌ها در مرحله بعد بودین شده (شکل ۷الف) و یا با چین‌های نسل دوم چین خورده‌اند (شکل ۷ب). گارنت مهمترین پورفایروبلاست منطقه می‌باشد که طیف وسیعی از تبلور را در خود نشان می‌دهد. گارنت‌هایی که در مرحله اول دگرریختی تشکیل شده‌اند، نسبت به برگوارگی نسل دوم، سایه فشاری متقارن دارند. گارنت‌های این مرحله بیشتر در بخش میکرولیتن کلیواژها دیده می‌شوند. در دگرریختی مرحله اول، رگه‌های کوارتزی و پگماتوئیدی تزریق شده‌اند که در مراحل بعدی دگرریخت شده‌اند. یکی از این رگه‌های پگماتوئیدی، ساختار نردبانی بزرگی با موقعیت ۰۹۴/۳۵ (جهت شیب/شیب) در منطقه ایجاد کرده است و در هورنفلس‌های سیلیمانیت-کیانیت دار شکل گرفته است (شکل ۸الف). پله‌های این ساختار حرکت راست بر را در هنگام تشکیل آن نشان می‌دهد. انتهای رگه‌های نردبانی، در دگرریختی‌های بعدی چین خورده و تغییر جهت داده است. در انتهای رگه‌ها علاوه بر چین خوردگی آن‌ها، رگه‌های نازکی منشعب شده است که آن‌ها نیز به صورت چین‌های روده‌ای (پتیگماتیک) چین خوردگی یافته‌اند (شکل ۸ب). بلورهای سیلیمانیت نیز متناسب با چین خوردگی انتهای رگه‌ها تغییر جهت داده و از چین خوردگی آن‌ها تبعیت کرده‌اند.

### دگرریختی مرحله دوم

دگرریختی مرحله دوم در سنگ‌های منطقه بیشترین اثر را نسبت به دگرریختی‌های دیگر داشته است و قوی‌ترین دگرریختی محسوب می‌شود. در این مرحله، برگوارگی نسل دوم با ایجاد شیستوارگی به موازات سطح محوری چین‌ها، برگوارگی اصلی منطقه همدان را بوجود آورده است که با رشد کانی‌های صفحه‌ای بیوتیت و مسکویت مشخص می‌شود و از نوع برگوارگی کنگره‌ای پیوسته، متقارن، نامتقارن (شکل ۶ب) و فاصله دار می‌باشد. این برگوارگی به جز در بخش‌های جنوبی این منطقه، در قسمت‌های دیگر برگوارگی غالب می‌باشد. در مقاطع میکروسکوپی، این برگوارگی موازی با لایه بندی اولیه و برگوارگی نسل اول دیده می‌شود و در ادامه برگوارگی نسل دوم، چین‌های میکروسکوپی نسل دوم مشاهده می‌شود (شکل ۶الف) که از کانی‌های صفحه‌ای مسکویت و بیوتیت (برگوارگی نسل اول) و پورفایروبلاست‌های هم‌زمان با تکتونیک گارنت، آندالوزیت و استارولیت تشکیل شده است (شکل ۶ب). این پورفایروبلاست‌ها، بیان‌گر دمایی در حدود  $550^{\circ}$  -  $350^{\circ}$  درجه سانتیگراد و فشاری حدود ۲-۴ کیلو بار است که نشان دهنده شرایط دگرریختی شکل‌پذیر و درجه دگرگونی در حد رخساره شیست سبز-آمفیبولیت است (ولی زاده و



الف



ب

شکل ۲- الف) تورمالین‌های بودین شده و جهت یافته در پگماتیت‌های منگاو، نگاه به شمال باختر.

ب) کتور دیگرام تورمالین‌های بودین شده

### دگرریختی مرحله اول

برگوارگی نسل اول محصول دگرریختی مرحله اول است که از کانی‌های مسکویت و بیوتیت تشکیل شده است و پورفایروبلاست‌های گارنت، آندالوزیت و استارولیت هم‌زمان با تشکیل این برگوارگی رشد کرده‌اند (شکل ۶الف و ب). در اثر پدیده فراگذاری، لایه بندی اولیه و برگوارگی نسل اول به موازات هم دیده می‌شوند. با پیش روی دگرریختی در منطقه، آثار این برگوارگی بسیار کم شده و در اغلب موارد از بین رفته است. مشاهده چین‌های نسل اول فقط در طرح‌های تداخلی این چین‌ها با چین‌های مراحل بعدی دگرریختی امکان‌پذیر است و به تنهایی نمی‌توان آن‌ها را شناسایی کرد. چین‌های نسل اول در محدوده مطالعاتی مشاهده نگردیده است ولی در شیست‌های منطقه چشمه پهن واقع در جنوب خاور این منطقه، چین‌های نسل اول و دوم به صورت طرح تداخلی نوع منقاری (Ramsay and Huber, 1988) دیده شده‌اند (Mohajjel et al., 2006).

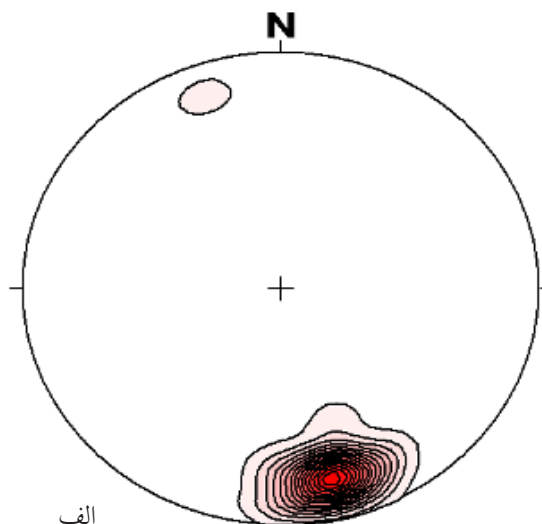
صادقیان، ۱۳۷۹). در اطراف کانی گارنت و آندالوزیت، سایه فشاری به صورت متقارن و نامتقارن ایجاد شده است، کوارتز ها رشد کرده اند و بعضی از استارولیت ها نیز با برگوارگی نسل دوم چین خورده اند (شکل ۷ب). کوارتز هایی که در بین برگوارگی قرار دارند اغلب موازی با برگوارگی نسل اول و دوم پهن شدگی و کشیدگی نشان می دهند. برگوارگی نسل دوم سطح محوری چین های بسته و یال موازی نسل دوم است که از چین خوردن شیبست ها، رگه های کوارتزی (شکل ۹الف) و پگماتوئیدی در رخنمون سنگی و در مقیاس میکروسکوپی (شکل ۹الف) تشکیل شده اند. سطح محوری این چین ها  $50^{\circ}$  تا  $60^{\circ}$  درجه به سمت خاور شیب دارد و محور آن ها با شیب حدود  $20^{\circ}$  درجه به سمت جنوب- جنوب خاور میل دارد (شکل ۹ب). در این مرحله نیز رگه های کوارتزی و پگماتوئیدی در منطقه تشکیل شده اند که در مراحل بعد دچار چین خوردگی یا بودین شده اند. در مناطقی که رگه ها به صورت دو بعدی قابل بررسی هستند مشاهده می شود که رگه ها در یک جهت چین خوردگی و در جهت دیگر بودین شدگی نشان می دهند. در اثر کشیدگی موازی لایه بندی، رگه های بودین شده اغلب شکل متقارن دارند و برگوارگی نسل دوم در قسمت های بودین شده خمش نشان می دهد (شکل ۱۰). خمش برگوارگی نسل دوم به داخل بخش بودین شده و نازک شده را هم می توان به وضوح در اطراف پورفایروبلاست های آندالوزیت مشاهده کرد (شکل ۱۰). در این نوع از پورفایروبلاست های بودین شده، رشد کوارتز در بخش های بودین شده کاملاً متقارن است (Passchier and Trouw, 1996).

### دگرریختی مرحله سوم

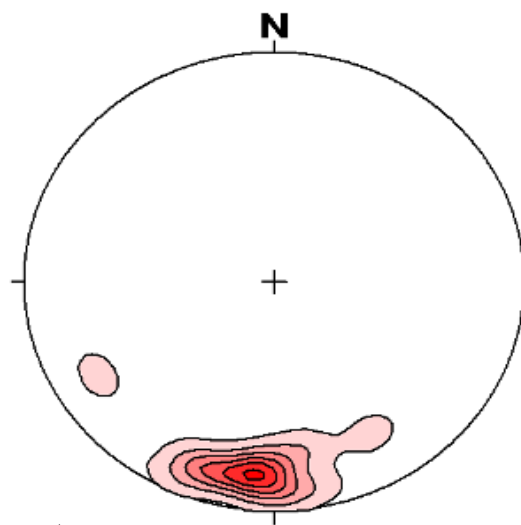
در دگرریختی سوم، برگوارگی نسل سوم تشکیل شده است که در بخش های جنوبی منطقه مورد مطالعه، برگوارگی غالب بوده و به صورت قائم تا شیبدار (شکل ۱۱الف) و از نوع سطح محوری مشاهده می شود. این برگوارگی از چین خوردن برگوارگی نسل دوم شکل گرفته است و از نوع برگوارگی کنگره ای متقارن، نامتقارن و فاصله دار است. هم زمان با تشکیل برگواره نسل سوم، کانی های دگرگونی گارنت، استارولیت و کلریت نیز رشد کرده اند. برگوارگی نسل سوم در واقع سطح محوری چین های باز و جناغی نسل سوم است که از چین خوردن رگه های پگماتوئیدی (شکل ۱۱ب) و شیبست ها در منطقه تشکیل شده اند. محور چین های نسل سوم به جنوب- جنوب خاور و شمال- شمال باختر (شکل ۱۲الف) میل دارند و سطح محوری آن ها شیب زیادی به سمت شمال خاور دارد. پورفایروبلاست های بودین شده آندالوزیت توسط چین های جناغی این مرحله از دگرریختی چین خورده اند و حادثه بودین شدگی پورفایروبلاست های



شکل ۳- لایه بندی اولیه به صورت لایه غنی و فقیر از پورفایروبلاست سیلیکات آلومینیم، نگاه به شمال.

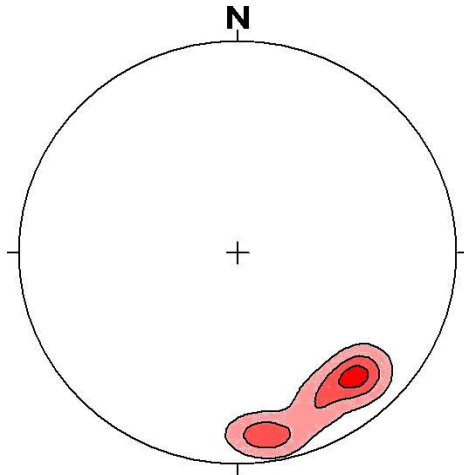


الف

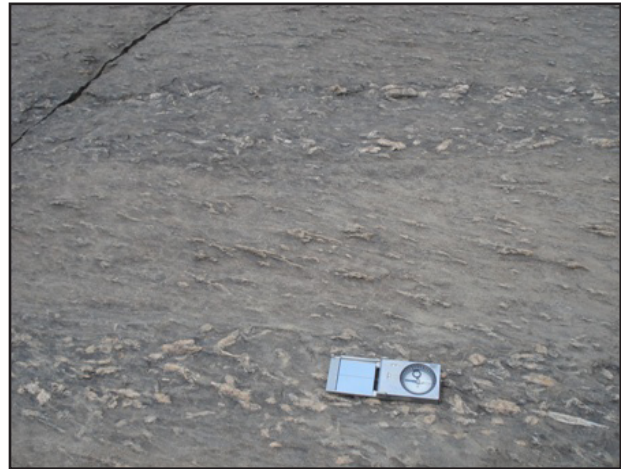


ب

شکل ۴- الف) جهت یابی پورفایروبلاست آندالوزیت در شمال باختر منطقه. ب) جهت یابی پورفایروبلاست آندالوزیت در جنوب خاور منطقه.

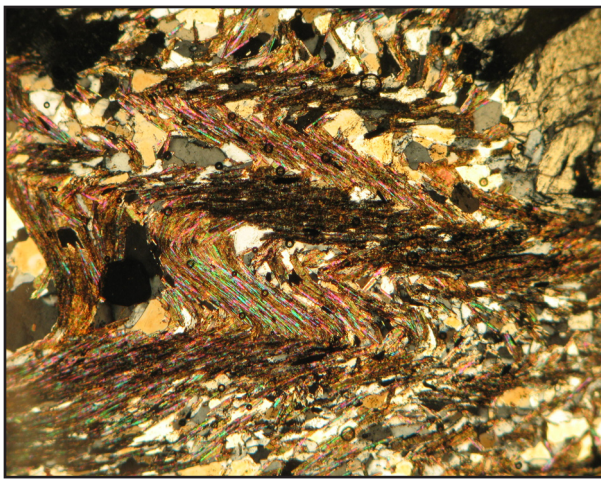


ب

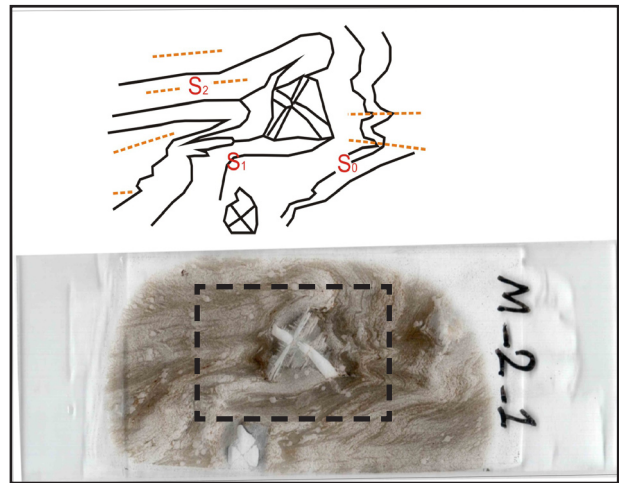


الف

شکل ۵- الف) لایه بندی اولیه به صورت لایه غنی و فقیر از سیلیمانیت. ب) جهت یابی سیلیمانیت های بودین شده و بودین نشده. سیلیمانیت هایی که بودین شده اند میل میانگین (dip/dip direction) 30/165 دارند.

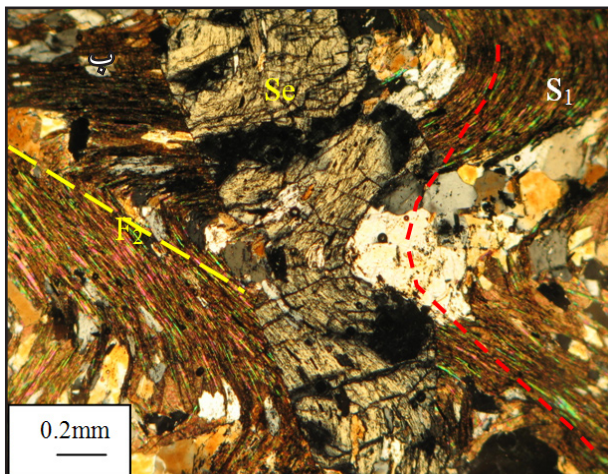


ب



الف

شکل ۶- الف) چین های ریزمقیاس نسل دوم و لایه بندی اولیه در مقطع نازک. ب) برگوارگی نسل اول و دوم از نوع برگوارگی کنگره ای نامتقارن در مقیاس میکروسکوپی



ب



الف

شکل ۷- الف) بلور استارولیت که بودین شده و در بین قطعات آن کوارتز رشد کرده است، منطقه کمری، نگاه به خاور. ب) بخش مرکزی بلور استارولیت همزمان با D1 رشد کرده است و برگوارگی داخلی (Se) هماهنگ با F2 چین خورده است و در بخش های انتهایی آن که همزمان با D2 رشد کرده اند، برگوارگی داخلی مستقیم بوده و حاشیه های این بلور برگوارگی S1 را قطع می کند. این پورفیروبلاست از نوع Syn-inter tectonic است، XPL.

رشد را در راستای N185 نشان می دهند (شکل ۱۴ب). این پورفایروبلاست ها کاملاً سالم هستند و برخلاف گروه اول، بودین شدگی و چین خوردگی نشان نمی دهند. در این مرحله اغلب پورفایروبلاست های آندالوزیت از حاشیه، به مسکویت و سیلیمانیت تبدیل شده اند. خط واره نسل چهارم با میل کم راستای شمال-شمال خاور و جنوب-جنوب باختر دارد (شکل ۱۴الف). سیلیمانیت هایی که آزادانه رشد کرده اند موازی این خط واره می باشند (شکل ۱۴ب). به عقیده بهاری فر (۱۳۸۳) اوج دگرگونی در منطقه همدان در زمان تبلور سیلیمانیت بوده (شکل ۱۵) و منبع حرارتی آن را می توان به تزریق توده گرانیتی منطقه همدان نسبت داد که این امر موجب گرم تر شدن سنگ های منطقه گشته و درجه دگرگونی نیز بالاتر از مرحله قبل و در حد رخساره آمفیبولیت می باشد (ولی زاده و صادقیان، ۱۳۷۹).

در این مرحله از دگرریختی، پهنه برشی با موقعیت  $145/60$  در مرکز منطقه شکل گرفته است. این پهنه در هورنفلس سیلیمانیت دار وارد شده و شیب لغز است. قالب بلوری پورفایروبلاست های آندالوزیت در این منطقه در مرحله چهارم دگرریختی توسط سیلیمانیت و کیانیت پر شده اند و به صورت پورفایروکلاست نوع سیگما و دلتا حرکت راست بر نرمال را نشان می دهند (شکل ۱۶الف). فیبر های سیلیمانیت در بعضی از قسمت های بودین شده رشد کرده اند (شکل ۱۶ب) و چون اوج حرارت در منطقه، هم زمان با دگرریختی چهارم بوده است (Mohajjel et al., 2006) لذا تشکیل این پهنه برشی همزمان با دگرریختی چهارم  $D_4$  اتفاق افتاده است. در اثر عملکرد این پهنه برشی، رگه های کوارتزی و پگماتوئیدی به صورت چین های نامتقارن و بودین های نامتقارن با حرکت راست بر درآمده اند (شکل ۱۶ج) و در روی آن ها خط واره کششی واضح با موقعیت شیب و جهت شیب  $165/55$  دیده می شود (شکل ۱۶د). آثار این پهنه برشی تا نزدیکی روستای ده نو- اسداله خان دیده می شود.

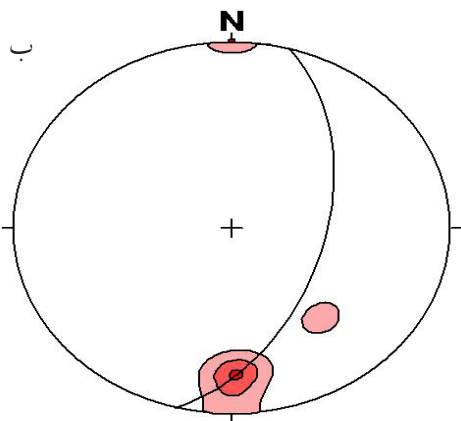


شکل ۸- ساختار نردبانی رگه پگماتیته با حرکت راست بر (نگاه به خاور).

آندالوزیت را قبل از مرحله سوم نشان می دهند (شکل ۱۲ب). پورفایروبلاست های گارنت و استارولیت که سایه فشاری ندارند و بر گوارگی نسل سوم که با کمی چرخش وارد بلور می شود و یا آن ها را قطع می کند، مربوط به مرحله دگرریختی سوم هستند. کلریت نیز در برخی از مقاطع میکروسکوپی که دور از توده های نفوذی برداشت شده اند دیده می شود و با توجه به چرخش بر گوارگی نسل سوم نسبت به این بر گوارگی رشد هم زمان را نشان می دهد.

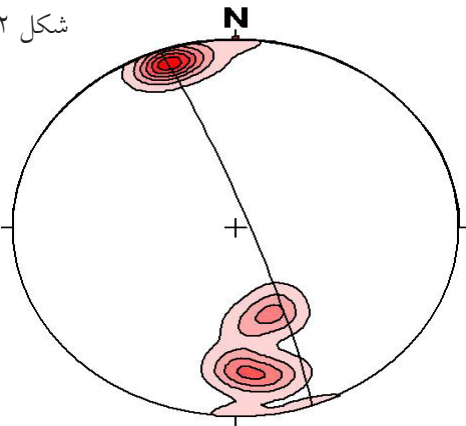
### دگرریختی مرحله چهارم

دگرریختی چهارم با تشکیل خط واره هایی در منطقه دیده می شوند که اغلب به صورت ریز چین باز هستند (شکل ۱۳الف) و یا به صورت خط واره کانایی می باشند که در اثر رشد پورفایروبلاست سیلیمانیت ایجاد شده اند. سیلیمانیت ها اغلب در قالب پورفایروبلاست های آندالوزیت بودین شده و یا به صورت چین خورده رشد کرده اند (شکل ۱۳ب) در نتیجه روند آن ها غیر واقعی به نظر می رسد. اما پورفایروبلاست های سیلیمانیت که آزادانه رشد کرده اند بیشترین روند

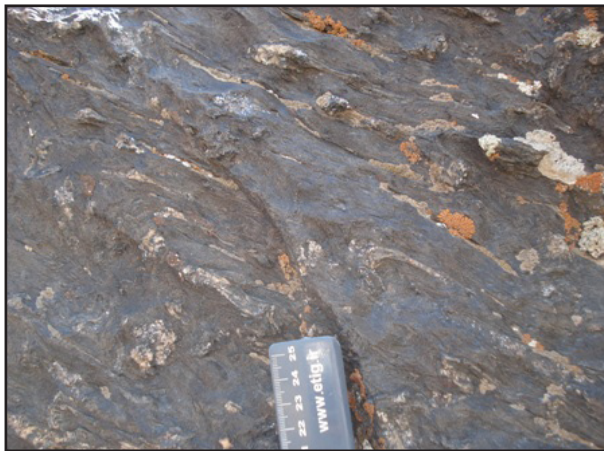


شکل ۹- الف) رگه های کوارتزی با چین های بسته و یال موازی نسل دوم (دید به شمال خاور) ب) سطح محوری و کنتور دیاگرام محور چین های نسل دوم

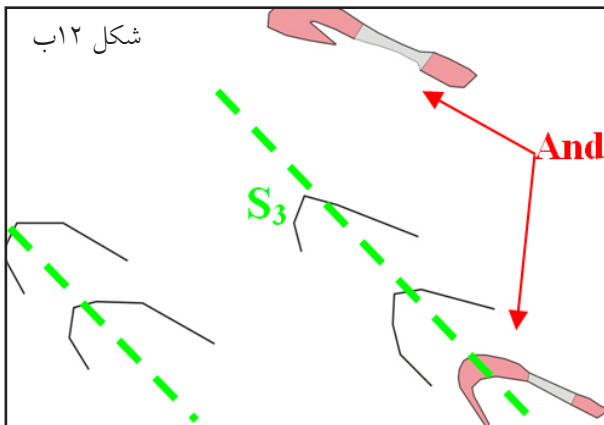
شکل ۱۲ الف



شکل ۱۰- آندالوزیت بودین شده بدون رشد کوآرتز در بین قطعات و خمیدگی برگوارگی نسل دوم در اطراف آن، نگاه به خاور.



شکل ۱۱ الف



شکل ۱۲ ب



شکل ۱۱ ب

شکل ۱۲-الف) موقعیت سطح محور وکتور دیاگرام محور چین های نسل سوم.

ب) آندالوزیت های بودین شده که با چین های جناغی نسل سوم چین خورده اند (دید به جنوب خاور) و شکل شماتیک آن.

شکل ۱۱-الف) ریز چین های نسل سوم در شیست های گارنت- استارولیت دار (دید به جنوب خاور).

ب) رگه پگماتیته چین خورده نسل سوم (دید به جنوب باختر و نگاه از بالا به سطح زمین).

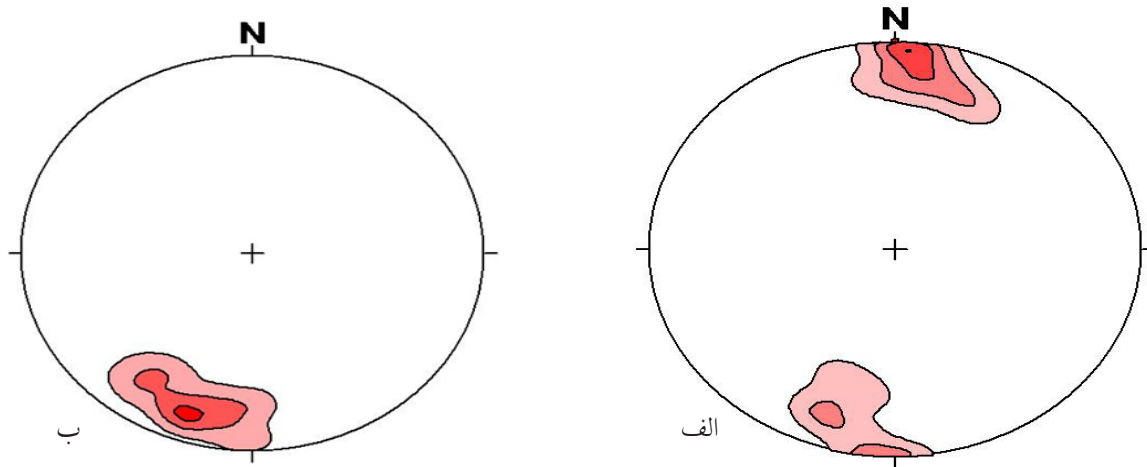
اطراف آن ها مسکویت رشد کرده است. رشد استارولیت ها قبل از برگوارگی نسل دوم، هم زمان و حتی بعد از نسل سوم ادامه داشته است و در بعضی از مقاطع استارولیت همراه با برگوارگی دوم چین خورده است. در مرحله چهارم نیز سیلیمانیت و مسکویت تشکیل شده اند. رشد پورفایروبلاست ها نشان می دهد که در طی مراحل دگرریختی، حرارت در این

### ارتباط رشد پورفایروبلاست ها با مراحل دگرریختی

پورفایروبلاست گارنت و آندالوزیت هم زمان با تشکیل برگوارگی نسل دوم تشکیل شده اند. رشد گارنت در تمام مراحل دگرریختی دیده می شود. پورفایروبلاست های آندالوزیت در مراحل بعدی دگرریختی سرپسیده شده و در

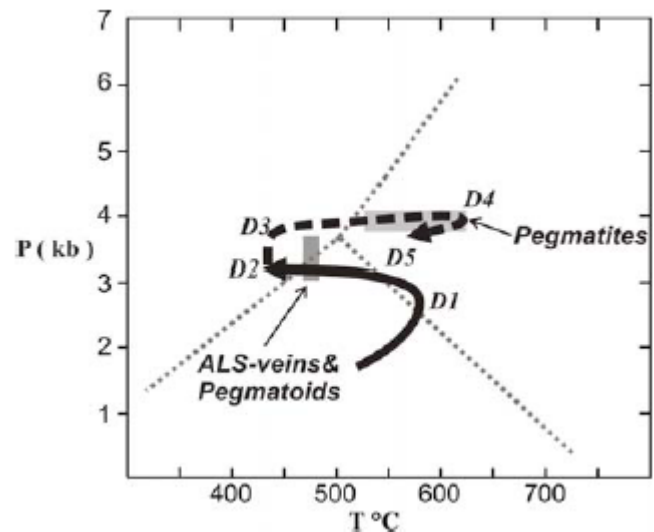


شکل ۱۳-الف) خطواره های ریزچین نسل چهارم در شیب های سیلیمانیت دار (دید به شمال خاور).  
ب) در قالب پورفایروبلاست های آندالوزیت چین خورده ، سیلیمانیت ها رشد کرده اند



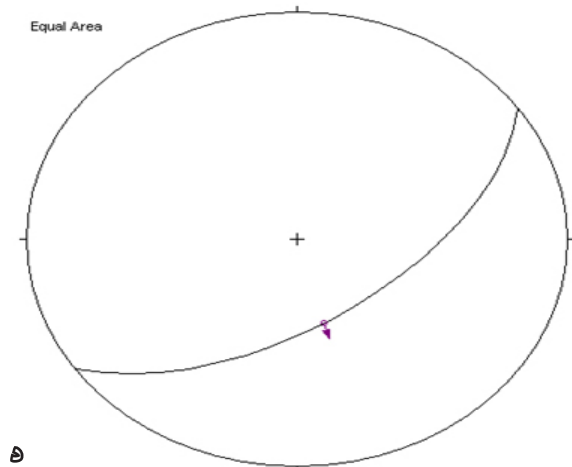
شکل ۱۴-الف) کنتور دیاگرام محور ریزچین های نسل چهارم.  
ب) کنتور دیاگرام پورفایروبلاست سیلیمانیت .

منطقه در حال افزایش بوده است. بعد از دگرریختی آخر، منطقه تحت دگرسانی قرار گرفته و کانی های کلریت و سریسیت تشکیل شده است (شکل ۱۷). همان گونه که اشاره شد، تنوع ترکیب کانی شناسی سنگ های دگرگونی منطقه همدان متأثر از وقایع دگرگونی پی در پی در منطقه است و اغلب کانی های دگرگونی، چند مرحله از رشد و تخریب را نشان می دهند و چند نوبت در واکنش های دگرگونی شرکت نموده اند. تبلور کانی هایی نظیر میکاها، استارولیت، گارنت، کردیریت و سیلیکات های آلومین معمولاً در چند واقعه دگرگونی انجام شده است (بهاری فر، ۱۳۸۳).



شکل ۱۵- نمودار PTt منطقه همدان (نقل از بهاری فر، ۱۳۸۳).





شکل ۱۶-الف) پورفیروکلاست های سیگما و دلنا در هورنفلس سیلیمانیت دار با سوی برش راست برنرمال. (ب) رشد فیبر های سیلیمانیت در بین قطعات بودین شده بلور بزرگ. (ج) رگه های پگماتوئیدی با بودین های نامتقارن که حرکت راست بر را نشان می دهد، نگاه به خاور. (د) موقعیت برگوارگی میلونیتی و خطواره کششی زون برشی ده نو اسداله خان.

	D1	D2	D3	D4
بیوتیت	—————			
مسکویت	—————			
گارنت	—————			
آندالوزیت	—————			
سیلیمانیت			—————	
استارولیت	-----	—————		
کلریت			—————	—————

شکل ۱۷- جدول رشد پورفیروبلاست ها نسبت به مراحل مختلف دگرریختی.

## نتیجه گیری

منطقه کمربندی - ده نو اسداله خان متحمل چهار مرحله دگرریختی شکل پذیر گشته است که در طی این چهار مرحله، دما به تدریج در حال افزایش بوده است. محصول چهار مرحله دگرریختی شکل پذیر، تشکیل برگواره، خط واره، چین ها، رگه ها و رشد پورفایروبلاست ها به صورت های مختلف نسبت به تکنونیک بوده است. الگوی کلی دگرریختی در مراحل دوم و سوم در این منطقه هم محور و از نوع چین خوردگی مکرر نوع سوم رمزی (Ramsay, and Huber, ۱۹۸۸) می باشد و در مرحله چهارم جهت آن کمی تغییر کرده است. جهت محور چین ها از شمال باختر - جنوب خاور در دگرریختی های مرحله دوم و سوم به شمال خاور - جنوب باختر در مرحله چهارم تغییر کرده و چرخش ساعت گرد محور های تنش را نشان می دهد. کشیدگی موازی لایه بندی (LPE) به صورت عمود بر تنش فشاری حاکم بر پهنه سندج سیرجان در زمان دگرریختی دوم باعث بودین شدن پورفایروبلاست آندالوزیت در سنگ ای دگرگونی ناحیه ای شده است.

## منابع

- دانشگاه شهید بهشتی.
- نوزعیم، ر.، ۲۸۳۱. تحلیل شیبست های همدان در منطقه چشمه پهن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- ولی زاده، م. و، صادقیان، م.، ۱۳۷۹. پتروژنز سنگ های دگرگونی، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۳.
- Berberian, M., and Alavi-tehrani, M., 1977. Structural Analyses of Hamadan Metamorphic Tectonites : A Paleotectonic Discussion. Geological and Mining Survey of Iran. 263-278.
- Mohajjel, M., Baharifar, A., Moinevaziri, H., and Nozaem, R., 2006. Deformation history, micro-structure and P-T-t path in ALS bearing schist's, southeast Hamadan, Sanandaj-Sirjan zone, Iran. Journal of Geological Society of Iran 1, 11-19.
- Mohajjel, M., Fergusson, C. L. and Sahandi, M. R., 2003. Cretaceous-Tertiary Convergence and Continental Collision, Sanandaj-Sirjan Zone, western Iran. Journal of Asian Earth Science, 21, 397-412.
- Passchier, C.W., Trouw, R. A. J., 1996. Microtectonics. Springer-Verlag Helderberg, New York, 289.
- Ramsay, J. G., and Huber, M., 1988. The Techniques of Modern Structural Geology. Academic Press, 2., 1-308.
- Valizadeh, M. V., and Cantagrel, J. M., 1975. Premieres donnees radiometriques (K-Ar et Rb-Sr) sur les micas du complexe magmatique du mont Alvand, Pres Hamedan (Iran occidental). Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences, Serie D: Sciences Naturelles, 281., 1083-1086.

- اقلیمی، ب.، ۱۳۷۹. نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ همدان، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- بهاری فر، ع.، ۱۳۸۳. پتروژنی سنگ های دگرگونی منطقه همدان، دانشگاه تربیت معلم. ۲۱۸.
- رباطی، ش.، ۱۳۸۷. تحلیل ساختاری و پتروفابریکی منطقه منگاو (جنوب خاور همدان)، پایان نامه کارشناسی ارشد،