

ساخت و بافت‌های دیاژنزی و پس از دیاژنز در معدن فلئوریت کمرپشت (شرق استان مازندران): تبیین و تفسیرهای زایشی

فائزه نبی‌لو، بهنام شفیعی بافتی* و آرش امینی

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰۵/۰۴، پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۰۵

چکیده

معدن کمرپشت واقع در جنوب شرقی دوآب در استان مازندران به صورت چینه کران در سنگ‌های کربناته بخش بالایی سازند الیکا (تریاس میانی) میزبان شده است. مشاهدات صحرایی نشان داد که بخش‌های با قابلیت معدن کاری اقتصادی در افق‌های کربناته سازند الیکا دارای فلئوریت، باریت و گالن بوده که غالباً در شکستگی‌های واقع در مناطق گسله و حفرات کارستی رخ داده‌اند. فلئوریت‌های دانه درشت و شکل‌دار با رنگ‌های متنوع، حضور قابل ملاحظه باریت به شکل توده‌ای و رگه‌ای، گالن فراوان و تماس نزدیک بین زون‌های کانی‌سازی در کربنات‌های میزبان کانسار (سازند الیکا) و شیل‌های زغالی پیریت‌دار (قاعده سازند شمشک) به صورت گسله یا به شکل میان‌لایه از ویژگی‌های بارز زمین‌شناسی معدن کمرپشت است. فلئوریت به شکل توده‌های منقطع، اما مترکم و حجیم با/یا بدون همراهی گالن اغلب حفرات و فضاهای خالی بین قطعات برشی سنگ آهک دولومیتی پرکرده است و کمتر به شکل دانه پراکنده، رگه‌های ظریف و ژئود رخ داده است. باریت به صورت تجمعات توده‌ای و حجیم در حفرات انحلالی و کارستی و همچنین رگه‌هایی رخ داده است که ساخت‌های شعاعی، برشی و گورخری را شامل می‌شوند. گالن به صورت رگه‌چهای و برشی با اندازه ذرات متوسط تا درشت با یا بدون فلئوریت در سنگ میزبان اغلب دولومیتی و سیلیسی و همچنین غالباً به صورت رگه-رگه‌چهای در درون و یا در حاشیه باریت‌های توده‌ای رخ داده است. ساخت‌ها و بافت‌های دیده شده در بررسی حاضر نشان داد که کانی‌سازی فلئوریت و کانه‌های همراه در دو مرحله همزاد با دیاژنز و بعد از دیاژنز رخ داده‌اند. بر پایه این بررسی، کانسنگ‌های دارای بافت‌های دانه پراکنده، استیلولایتی، ژئودی و ریز رگه‌چهای به عنوان ساخت و بافت‌های اولیه کانی‌سازی و همزاد با دیاژنز تفسیر شده‌اند؛ در حالی که ساخت‌های شکافه پُرکن مانند رگه‌ای و برشی با بافت‌های جانیشینی، شبکه‌ای و گورخری که عمده ساخت و بافت‌های کانی‌سازی را در معدن کمرپشت شکل داده‌اند، پس از دیاژنز به دست آمده‌اند. بازپویایی کانه‌های دیاژنتیک در نتیجه عملکرد محلول‌های گرمابی ناشی از کوهزاد سیمین و افزایش انحلال‌پذیری و دولومیتی و سیلیسی شدن سنگ میزبان احتمالاً فرآیندهای اصلی مسؤول در کانی‌سازی اپی‌ژنتیک معدن کمرپشت بوده‌اند.

واژه‌های کلیدی: معدن کمرپشت، فلئوریت، سازند الیکا، مازندران

مقدمه

مازندران (مناطق سوادکوه، خطیرکوه و کیاسر) (Alirezaee, 1989) میزبان کانی‌سازی‌های فراوان و مهم فلوریت-گالن-باریت است که به صورت زنجیره‌ای در نوار باریکی به درازای

بخش‌های بالایی سازند کربناته الیکا به سن تریاس میانی در بخش مرکزی پهنه ساختاری-رسوبی البرز، در شرق استان

می‌سی‌سی‌پی غنی از فلوریت، مرتبط با حوادث کوه‌زایی سیمین پیشین معرفی کرده است. وهاب‌زاده و همکاران (Vahabzadeh et al., 2014) بر پایه زمین‌شیمی عناصر نادر خاکی، کانی‌سازی فلوریت را از دو نسل رسوبی-دیاژنتیک و اپی‌ژنتیک معرفی کرده است و فلوریت‌های مرحله اپی‌ژنتیک را حاصل انحلال و انتقال مجدد فلوریت‌های دیاژنتیک دانسته است. مهربان (Mehraban, 2013) و مهربان و همکاران (Mehraban et al., 2016) بر پایه بررسی جامع ساخت و بافت کانی‌سازی فلوریت و همچنین زمین‌شیمی عناصر نادر خاکی در معادن فلوریت پاچی میانا و شش رودبار، تشکیل فلوریت‌ها در این معادن را اغلب بعد از رسوب‌گذاری و سنگ‌شدگی سنگ‌های کربناته میزبان و توسط محلول‌های گرمابی رسوبی‌زاد شبیه کانسارهای نوع دره می‌سی‌سی‌پی غنی از فلوریت در ایلینویز- کنتاکی (امریکا) و پناین (انگلستان) معرفی کرده است. ذبیحی‌تبار (Zabihitabar, 2013) و ذبیحی‌تبار و شفیع (Zabihitabar and Shafiei, 2015) بر پایه بررسی جامع ساخت و بافت کانی‌سازی سولفیدها (گالن و پیریت) و سولفات‌ها (باریت) در معادن فلوریت سازند الیکا و بررسی ایزوتوپ گوگرد و کربن، ضمن شناسایی و معرفی بافت‌های همزاد با سنگ‌شدگی سنگ میزبان و ساخت و بافت‌های ناهم‌زاد نشان داده است که کانی‌سازی فلوریت-باریم-سرب در این معادن در دو گامه (۱) اولیه همزاد با سنگ‌شدگی و (۲) اصلی ناهم‌زاد تکوین و تکامل یافته است. یکی دیگر از معادن فعال فلوریت در سازند الیکا در البرز مرکزی معدن کمپریش است که در ارتفاعات خطیر کوه (شرق استان مازندران) در جنوب شرقی دوآب در مسیر شهرستان پل سفید به روستای ورسک (طول ۰۶' ۵۳° شرقی و عرض ۵۴' ۳۵° شمالی) واقع شده است (شکل ۱-A). این معدن با ذخیره‌ای حدود ۷۵۰۰۰ تن از سال ۱۳۸۴ در حال استخراج است. آثار و شواهد معدن‌کاری زیرزمینی در دو بخش شمالی و جنوبی این معدن گویای حضور مناطق کانی‌سازی فلوریت، گالن و باریت پریکار و درشت‌دانه است که این معدن را در کنار معدن

۸۰ کیلومتر و پهنای ۳۰ کیلومتر توزیع شده‌اند (شکل ۱) (Zabihitabar and Shafiei, 2015). برخی از این کانی‌سازی‌ها مانند معادن پاچی میانا (Gorjizad, 1996)، شش‌رودبار (Shariatmadar, 1999)، اراء (Sefidian, 2014) و کمپریش (پژوهش حاضر)، معادن فعال در حال بهره‌برداری هستند و کانسارهای در اسله، اشجال، بایجان در حال حاضر متروکه شده‌اند. این تمرکز چشم‌گیر، البرز مرکزی را به یکی از مهمترین ایالت معدنی فلوریت-باریم-سرب در ایران تبدیل کرده است (Rajabi et al., 2013). پژوهش‌های ارزشمند بالا به تناسب نوع بررسی، جنبه‌هایی از ویژگی‌های کانی‌سازی را در این رخ‌دادها آشکار کرده‌اند. علیرضایی (Alirezaee, 1989) چینه‌شناسی تطبیقی افق‌های کانه‌دار سرب-روی-باریم-فلوریت سازند الیکا در البرز مرکزی را مورد بررسی قرار داده و ستون چینه‌شناسی سازند الیکا را همراه با مشخص کردن افق‌های کانی‌سازی ارائه کرده است. گرجی‌زاد (Gorjizad, 1996) و شریعتمدار (Shariatmadar, 1999) اغلب بر پایه بررسی ساخت و بافت کانی‌سازی، تحلیل رخساره‌ای و تعداد محدودی داده زمین‌شیمیایی و میان‌بارهای سیال از ستون چینه‌شناسی به ترتیب در محیط معدن‌های پاچی میانا و شش‌رودبار الگوی خاستگاه این کانسارها را ارائه کرده‌اند. به عقیده آنها، کانی‌سازی در معادن پاچی میانا و شش‌رودبار اغلب (۱) همزاد با رسوب‌گذاری، و (۲) همزاد با دیاژنز و به طور فرعی (۳) بعد از دیاژنز (اپی‌ژنتیک) بوده است. وهاب‌زاده و همکاران (Vahabzadeh et al., 2009) بر پایه داده‌های ایزوتوپ گوگرد در گالن (از معادن کمپریش و اراء) و باریت (از اشجال، کمپریش و در اسله)، خاستگاه گوگرد را در زایش کانه‌های سولفیدی و سولفات‌ها همراه با فلوریت این معادن مورد بحث قرار داده است و کانی‌سازی در معادن فلوریت سازند الیکا را اغلب گرمابی و ناهم‌زاد با سنگ کربناته میزبان معرفی کرده است. رجیبی و همکاران (Rajabi et al., 2013) کانسارهای فلوریت سازند الیکا در البرز مرکزی را دارای خاستگاه ناهم‌زاد با سنگ میزبان کربناته و از نوع دره

آهک و سپس به نهشته‌های تخریبی - تبخیری موسوم به پالند تبدیل می‌شود (Alirezaee, 1989; Vahabzadeh et al., 2008; Brunet et al., 2009; Rajabi et al., 2013). بر پایه بررسی چینه‌شناسی تطبیقی (Alirezaee, 1989)، تمام کانسارهای فلئوریت منطقه در بخش بالایی سازند الیکا (بخش‌های ۲ و ۳) رخ داده‌اند و بخش پایینی و نهشته‌های پالند بدون کانی‌سازی هستند.

از نظر زمین‌شناسی، معدن فلئوریت کمرپشت در تاقدیس کوه لامرد (با امتداد شمال‌خاوری - جنوب‌باختری) واقع شده است که این تاقدیس دارای واحدهای تریاس زیرین - میانی (سازند الیکا و بخش ورسک) تا بالایی (سازند پالند و شمشک) و گابرو - دیابازهای قلیایی تریاس بالایی - ژوراسیک است (شکل ۲). یال جنوب‌شرقی این تاقدیس توسط زون گسلی با امتداد شمال‌شرقی - جنوب‌غربی با شیب به سمت شرق - جنوب‌شرق قطع شده است که میزبان ماده معدنی نیز بوده است (Tadaion et al., 2014). کانی‌سازی داخل لایه‌های کربناته بخش‌های بالایی سازند الیکا (تریاس میانی) و در تماس با واحدهای شیلی و شیل سیاه (احتمالاً قاعده سازند شمشک) رخ داده است که در دو بخش شمالی و جنوبی در حال معدن‌کاری است؛ ولی بخش جنوبی فعالتر است (شکل ۳-A). بر پایه مشاهدات صحرایی، افق‌های کربناته میزبان کانی‌سازی در بخش شمالی دارای مرز گسله با واحدهای شیلی سازند شمشک است. در بخش جنوبی که به دلیل فعالیت و حجم بیشتر معدن‌کاری پوشیده از باطله‌هاست، مناطق معدن‌کاری اقتصادی در مرز بین واحدهای کربناته تریاس میانی (سازند الیکا) و واحدهای شیل سیاه رنگ تریاس بالایی (سازند شمشک) تمرکز نشان می‌دهد و که اغلب در مجاورت زون‌های گسله و هم‌شیب با آنها قرار دارد (شکل ۳-B، C و D). همچنین در جبهه کار معروف به نخودی معدن (بخش جنوبی معدن) نیز واحد توف آرژیلیتی دارای پیریت به رنگ سبز کم‌رنگ در تماس بالایی با سنگ کربناته میزبان شناسایی شد که این جبهه کار دارای تمرکزهای قابل توجه از ماده معدنی پرعیار در کربنات‌های میزبان است (شکل ۴-A، B، C و D).

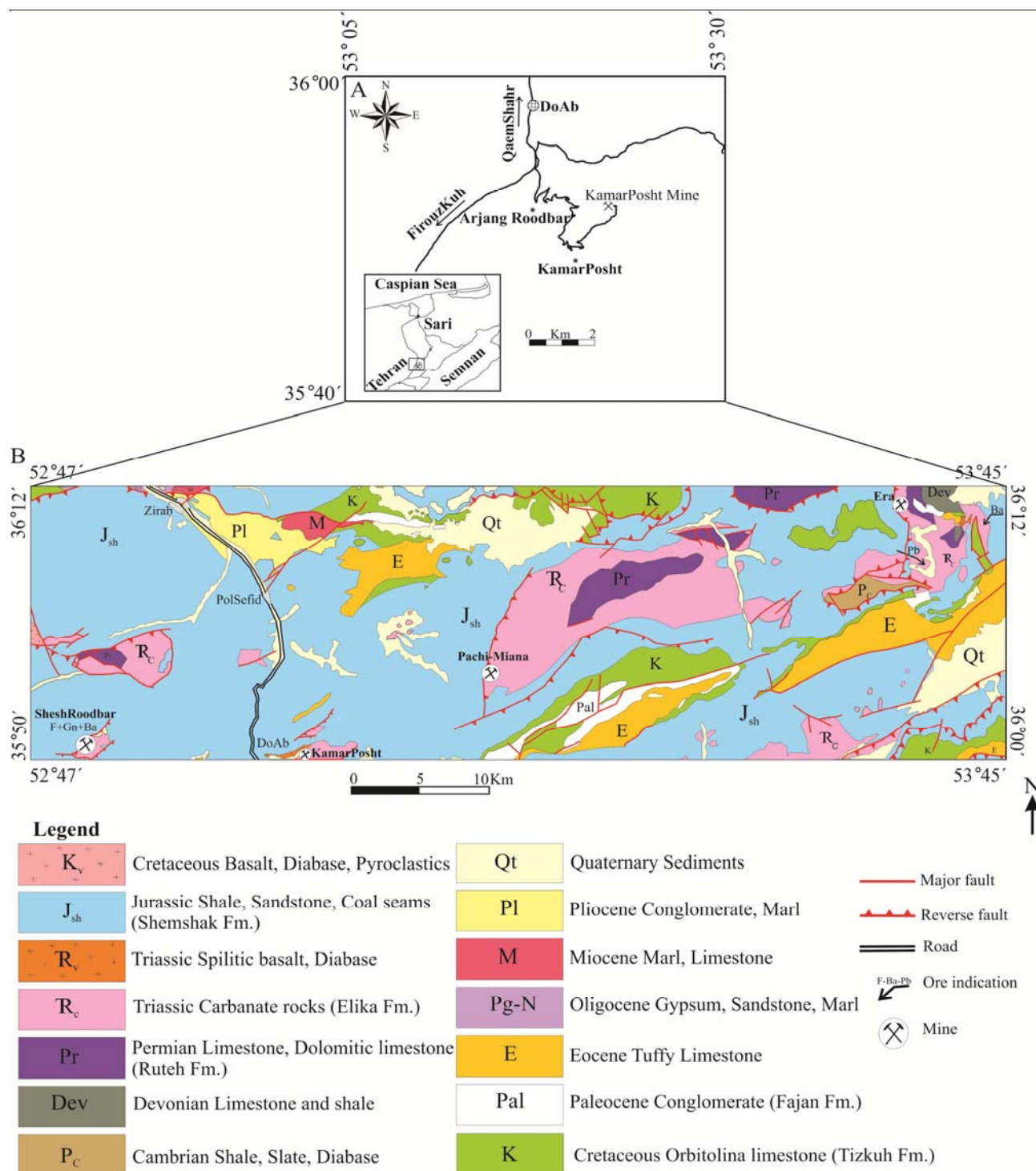
پاچی میانا به‌عنوان نگینی دیگر بر کمرپند فلئوریت‌دار البرز مرکزی معرفی می‌کند. بررسی‌های پایه‌ای زمین‌شناسی اقتصادی در این معدن شامل بررسی‌های کانی‌شناسی، ساخت و بافت کانی‌سازی برای معرفی این معدن جدید از فلئوریت در ایران تاکنون انجام پذیرفته است. پژوهش حاضر بر پایه مشاهدات و برداشت‌های صحرایی، تشریح ماکروسکپی و بررسی‌های میکروسکپی کانسنگ‌ها و سنگ‌های میزبان، چگونگی رخ‌داد و تظاهر ماده معدنی در محیط معدن، کانی‌شناسی و ساخت و بافت کانی‌سازی را در این معدن شناسایی کرده است و از نتایج این بررسی‌ها و مشاهدات، جنبه‌های خاص‌نگاهی از کانی‌سازی در این معدن را آشکار کرده است.

روش مطالعه

برای انجام پژوهش حاضر، ضمن مشاهدات و برداشت‌های صحرایی از معدن کمرپشت، نمونه‌برداری از کانسنگ‌ها بر پایه تنوع در بافت و ساخت و هم‌یافت کانیایی به تعداد ۱۰۰ نمونه انجام شد. در بخش کارگاهی و آزمایشگاهی، ابتدا ویژگی‌های بافتی، ساختی و کانیایی در نمونه‌های دستی شناسایی و تشریح شد. در ادامه برای شناسایی کانه‌ها و کانی‌ها و ارتباط بافتی بین آنها و همچنین شناسایی ترکیب سنگ میزبان، تعداد ۵۵ عدد مقطع نازک و ۲۲ عدد مقطع نازک - صیقلی تهیه شد و بعد از رنگ‌آمیزی مقاطع با محلول آلیزارین، به روش‌های مرسوم میکروسکپی مورد بررسی قرار گرفتند.

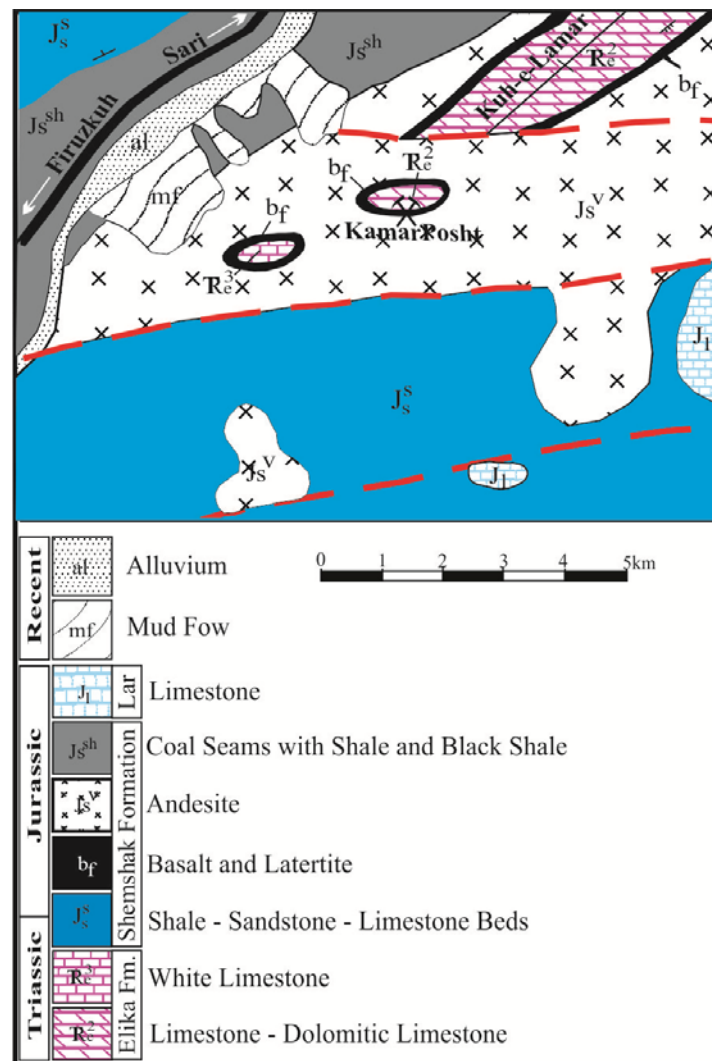
موقعیت زمین‌شناسی ناحیه‌ای معدن

از لحاظ زمین‌شناسی ناحیه‌ای، معدن فلوریت کمرپشت در سنگ‌های کربناته تریاس میانی مربوط به بخش بالایی سازند الیکا در البرز مرکزی جای گرفته است (شکل ۱-B). سازند الیکا در البرز مرکزی دارای گسترش وسیعی است و به‌طور کلی از سنگ‌شناسی نسبتاً یکنواختی برخوردار است؛ به‌طوری‌که در بخش‌های پایینی (بخش ۱) شامل سنگ آهک خاکستری و آهک ورمیکوله با طبقات ضخیم است که در بخش‌های میانی (بخش ۲) به آهک دولومیتی و در بخش‌های بالایی (بخش ۳) به



شکل ۱. A: نقشه راه معدن کمرپشت و B: نقشه زمین‌شناسی ساده شده ایالت فلئوریت‌دار البرز مرکزی (با تغییرات نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ ساری، وحدتی دانشمند و سعیدی (Vahdati Daneshmand and Saeidi) و موقعیت معدن کمرپشت و دیگر معادن فلئوریت سازند الیکا در شرق استان مازندران

Fig. 1. A: Road map of KamarPosht mine, and B: Simplified geological map of central Alborz fluorite district (modified 1:250000 scale geological map of Sari, (Vahdati Daneshmand and Saeidi, 1991)) and location of KamarPosht and other fluorite mines in Elika formation in east of Mazandaran province



شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی محلی معدن کمرپشت در تاق‌دیس کوه‌لامرد واقع در جنوب‌شرق منطقه دوآب

Fig. 2. Local geological map of KamarPosht mine in Lamard anticline located in southeast of DoAb area

بنفش کم‌رنگ تا پررنگ، سفید دانه شکری، بی‌رنگ و شفاف و به شکل توده‌های منقطع؛ اما متراکم و حجیم حفرات موجود در سنگ‌های کربناته برشی دیده می‌شود (شکل ۵-A، B و C). باریت با رنگ سفید تا کرم و وزن مخصوص بالا از کانه‌های فراوان و شاخص در معدن کمرپشت است که کانسنگ‌های قابل استخراج آن به صورت تجمع‌های توده‌ای و حجیم (حفرات کارستی داخل سنگ میزبان؛ شکل ۶-A و B) تا برشی و رگه‌ای (ناهم‌شیب نسبت به سنگ میزبان، شکل ۶-C و D) با همراهی دیگر کانی‌ها به‌ویژه گالن رخ داده‌اند.

داده‌ها و نتایج

تظاهر، ریخت‌شناسی و کانی‌شناسی ماده معدنی

بر پایه مشاهدات صحرائی در بررسی حاضر، ماده معدنی با ترکیب کانی‌شناسی غالب فلونوریت، باریت و گالن اغلب از نوع پرشدگی فضای خالی به شکل رگه‌ای، عدسی، توده‌ای در مناطق گسله و یا حفرات انحلالی و کارستی و به صورت ناهم‌شیب در سنگ‌های کربناته است که در تماس نزدیک با واحدهای شیل سیاه‌رنگ (دارا یا بدون پیریت) به صورت گسله و یا به صورت میان‌لایه رخ داده‌اند (شکل ۳). در مناطق دارای تمرکزهای اقتصادی از ماده معدنی، فلونوریت به رنگ‌های



شکل ۳. ریخت‌شناسی توده‌های معدنی در مناطق معدن‌کاری کانسار کم‌پشت A: تصویری از مناطق معدن‌کاری در سنگ میزبان کربناته (HR.) که توسط لایه‌های شیلی و مارنی پوشیده شده است، B و C: روراندگی سنگ میزبان کربناته (HR.) بر روی شیله زغال‌دار سازند شمشک (تریاس پایانی- ژوراسیک) در منطقه معدن‌کاری شماره ۲ و D: تمرکز ماده معدنی در کنار روراندگی و گسل خوردگی لایه‌های شیله بر روی سنگ میزبان کربناته (HR.)

Fig. 3. Morphology of ore bodies in mining zones of KamarPosht deposit, A: Image of mining zones in carbonate host rock (HR.) which overlain by shale and marl beds. B and C: Carbonate host rock (HR.) which thrusts on coal-bearing shale of Shemshak formation (late Triassic-early Jurassic) in mining zone 2, and D: localization of ore body adjacent to shale beds which faulted and thrusts on carbonate host rock (HR.)

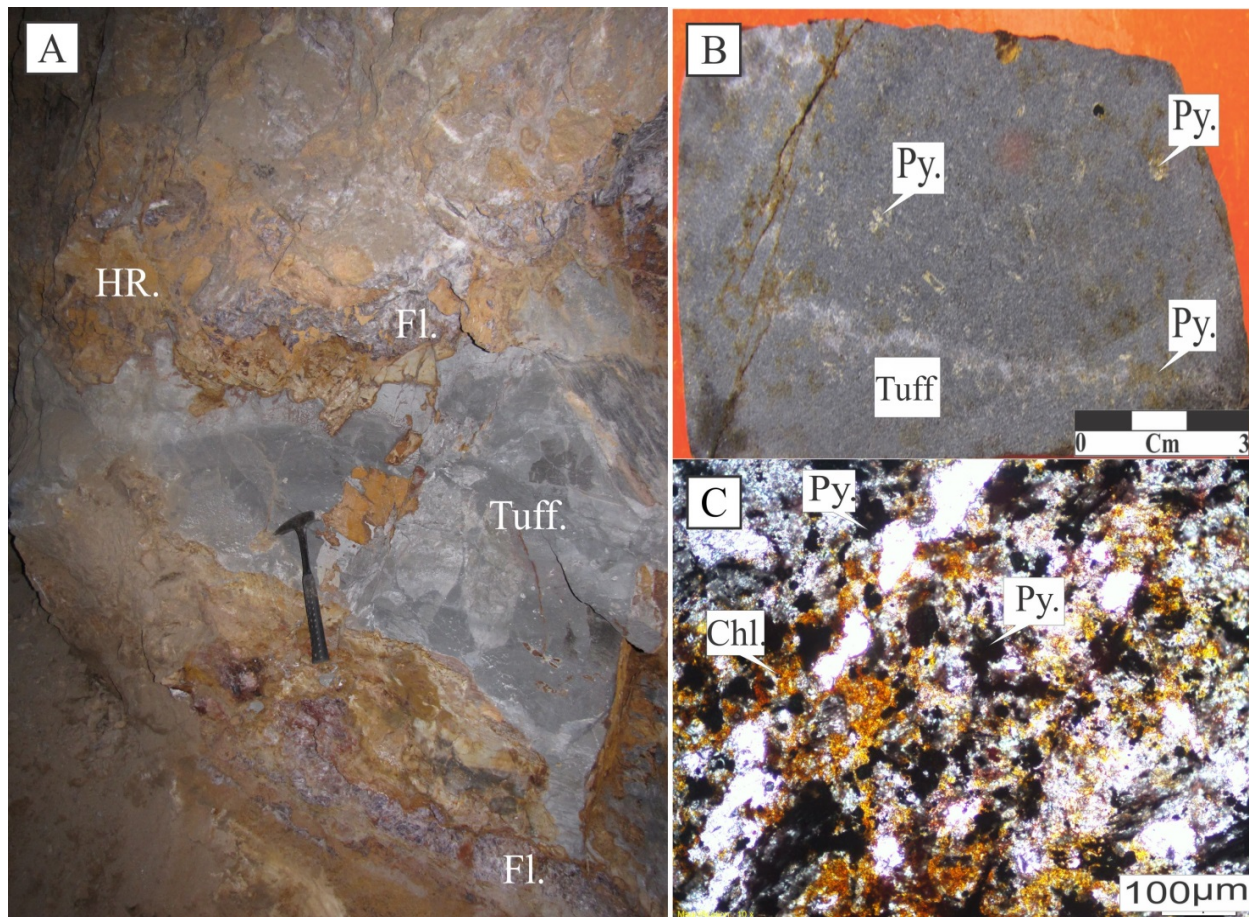
سنگ‌شناسی سنگ میزبان

بر پایه بررسی‌های میکروسکوپی، سنگ‌های کربناته میزبان کانی‌سازی در معدن کم‌پشت اغلب ترکیب آهکی داشته که دو رخساره میکرایتی و اسپارایتی را نمایان ساخته‌اند (شکل ۷-). آهک‌های میزبان در اثر فرآیندهای دیاژنتیکی و همچنین دگرسانی گرمایی کم دما به آهک دولومیتی و آهک

سیلیسی تبدیل شده‌اند. دولومیتی شدن و سیلیسی شدن سنگ آهک میزبان که در نزدیکترین محل‌ها به زون‌های کانی‌سازی رخ داده‌اند به ترتیب به رنگ قهوه‌ای کم‌رنگ و خاکستری متمایل به سیاه دیده می‌شوند. دولومیت‌ها غالباً از نوع دانه‌شکری بوده و در موارد جزئی به صورت بلورهای لوزی شکل رخ داده‌اند و سیلیسی شدن به صورت بلورهای بی‌شکل اما

شدیدتر از کانی‌سازی همراه شده با سنگ آهک معمولی رخ داده است.

همسان‌دانه از کوارتز با بافت موزاییکی، رگه-رگه‌چه‌ها و شکستگی‌ها در سنگ آهک را پر کرده‌اند (شکل ۷- C و D). در تمامی موارد، کانی‌سازی با آهک‌های دولومیتی و سیلیسی



شکل ۴. A: توف آرزلیتی (Tuff) دارای پیریت (Py.) در تماس با سنگ کربناته میزبان (HR.) در کانسار کمرپشت، B: نمونه دستی از توف (Tuff) دارای پیریت دانه پراکنده (Py.) و C: تصویر میکروسکوپی از توف دارای کانی اوپک، پیریت (Py.) و کلریت (Chl.)

Fig. 4. A: pyrite-bearing argillic tuff in contact with carbonate host rock in KamarPosht deposit, B: hand-specimen of disseminated pyrite-bearing tuff, and C: microscopic image of tuff composed of opaque mineral, pyrite (Py.) and chlorite (Chl.)

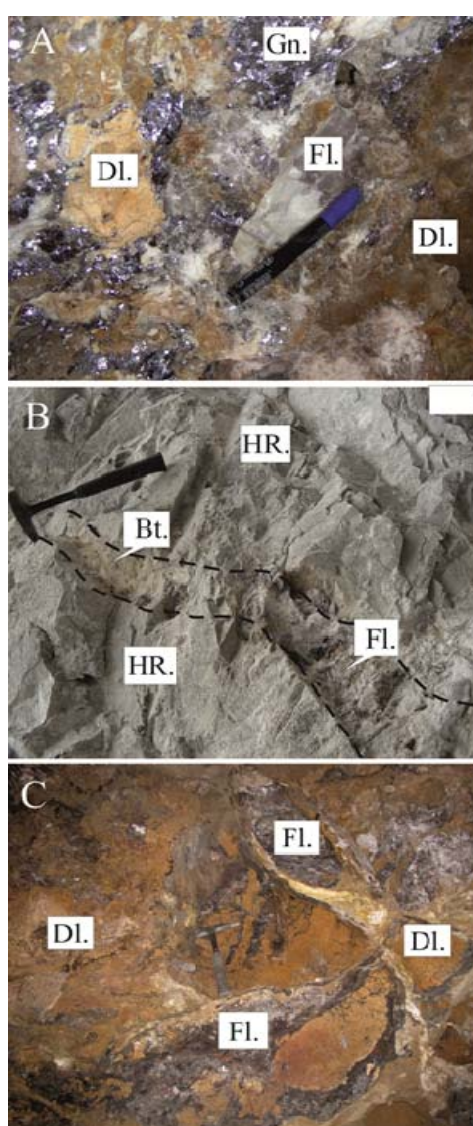
پراکنده حضور دارد (شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰). ساخت رگه‌چه‌ای و رگه‌ای از ساخت‌های متداول کانی‌سازی فلوئوریت در معدن کمرپشت هستند که رگه‌چه‌ها با ضخامت کمتر از یک میلی‌متر و رگه‌ها با ضخامت چند میلی‌متر در سنگ میزبان غالباً دولومیتی رخ داده‌اند (شکل ۸-A و B). غیر از مواردی که رگه‌چه‌های ظریف به‌تنهایی در متن سنگ حضور دارند، به‌نظر می‌رسد

ساخت و بافت کانی‌سازی

تشریح ماکروسکوپی کانسنگ‌ها در نمونه‌دستی و مشاهدات میکروسکوپی مقاطع نازک و نازک-صیقلی رنگ‌آمیزی شده از کانسنگ‌های معدن کمرپشت نشان داد که فلوئوریت در کانسنگ‌ها اغلب در ساخت‌های پرکننده فضای خالی به‌صورت رگه‌چه‌ای، رگه‌ای و برشی رخ داده است و کمتر به شکل دانه-

پرعیار با باریت و گالن دانه درشت دیده می‌شود (شکل ۸-۸). کانسنگ‌های برشی فلئوریت در معدن کمربست کمتر مشاهده می‌شوند؛ اما در موارد جزئی، فلئوریت به صورت قطعاتی بی‌شکل و همچنین به شکل رگه‌چهای در زمینه‌ای از برش‌های زمین‌ساختی (قطعات برش دارای ترکیب سنگ‌شناسی مشابه با سیمان سیلیسی و فلئوریتی) رخ داده‌اند که در مورد اخیر قطعات سنگ‌های میزبان را نیز قطع کرده‌اند (شکل ۸-۸ C و D).

همراهی برخی رگه‌چهای ضخیم‌تر با رگه‌ها نشان‌دهنده انشعاب آنها از رگه‌چهای ضخیم باشد (شکل ۸-۸). بر این اساس، می‌توان دو نسل فلئوریت‌زایی را از نوع رگه-رگه‌چهای در معدن کمربست در نظر گرفت. بر پایه مشاهدات میکروسکوپی، فلئوریت در رگه‌چهای ظریف گاهی با سیلیکا و کلسیت همراهی شده است؛ اما در رگه‌چهای ضخیم و رگه‌ها با کلسیت اسپاری و در برخی نمونه‌ها به‌ویژه در کانسنگ‌های

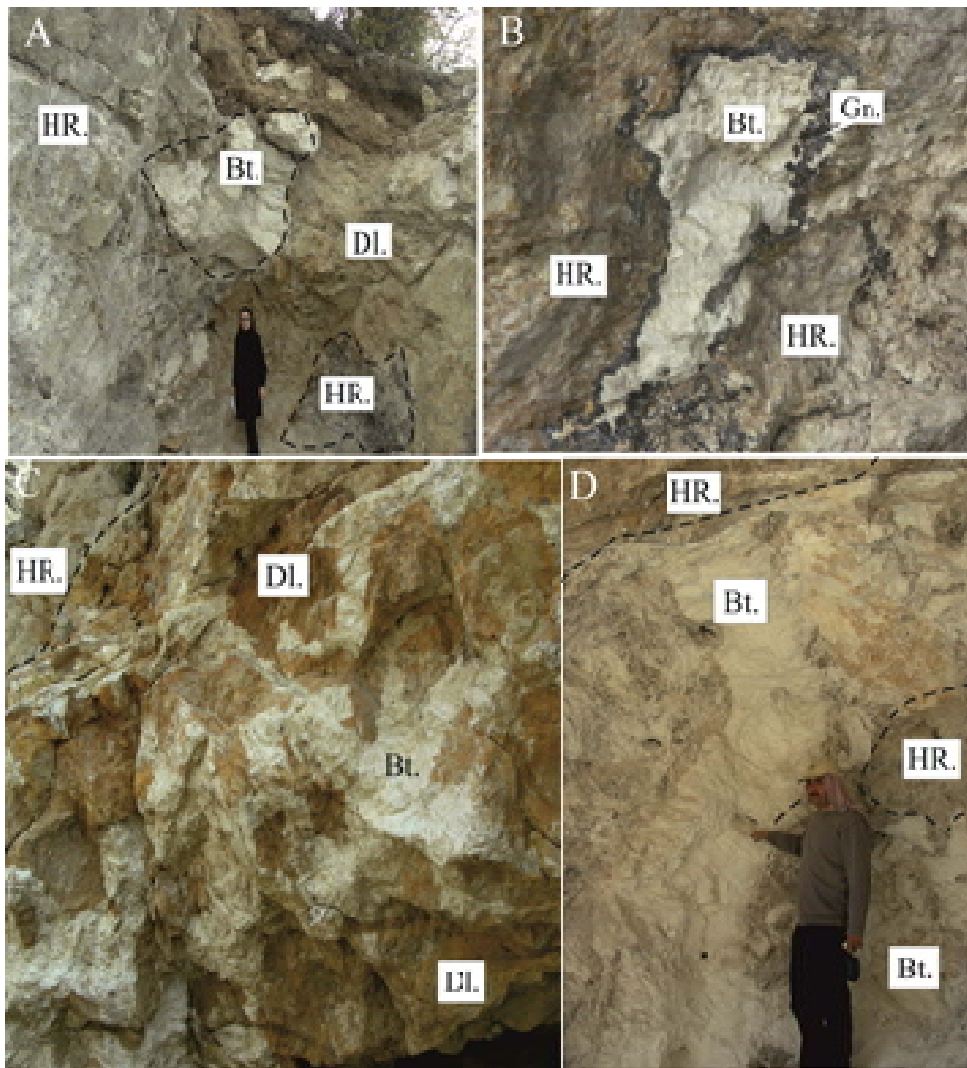


شکل ۵. نحوه رخداد فلئوریت (Fl.) در مناطق معدن‌کاری کانسار کمربست، A: به صورت پرکننده فضای خالی در سنگ میزبان آهک دولومیتی (Dl.)، B: به صورت رگه‌ای در سنگ میزبان آهکی (HR.) و C: به صورت برشی و پرکننده فضاهای خالی در سنگ میزبان آهک دولومیتی (Dl.)

Fig. 5. Mode occurrence of fluorite in mining zones of KamarPosht deposit, A: as open-space filling in dolomitic limestone hostrock (Dl.), B: as veins within limestone hostrock (HR.), and C: as breccia and open-space filling filling in dolomitic limestone hostrock (Dl.)

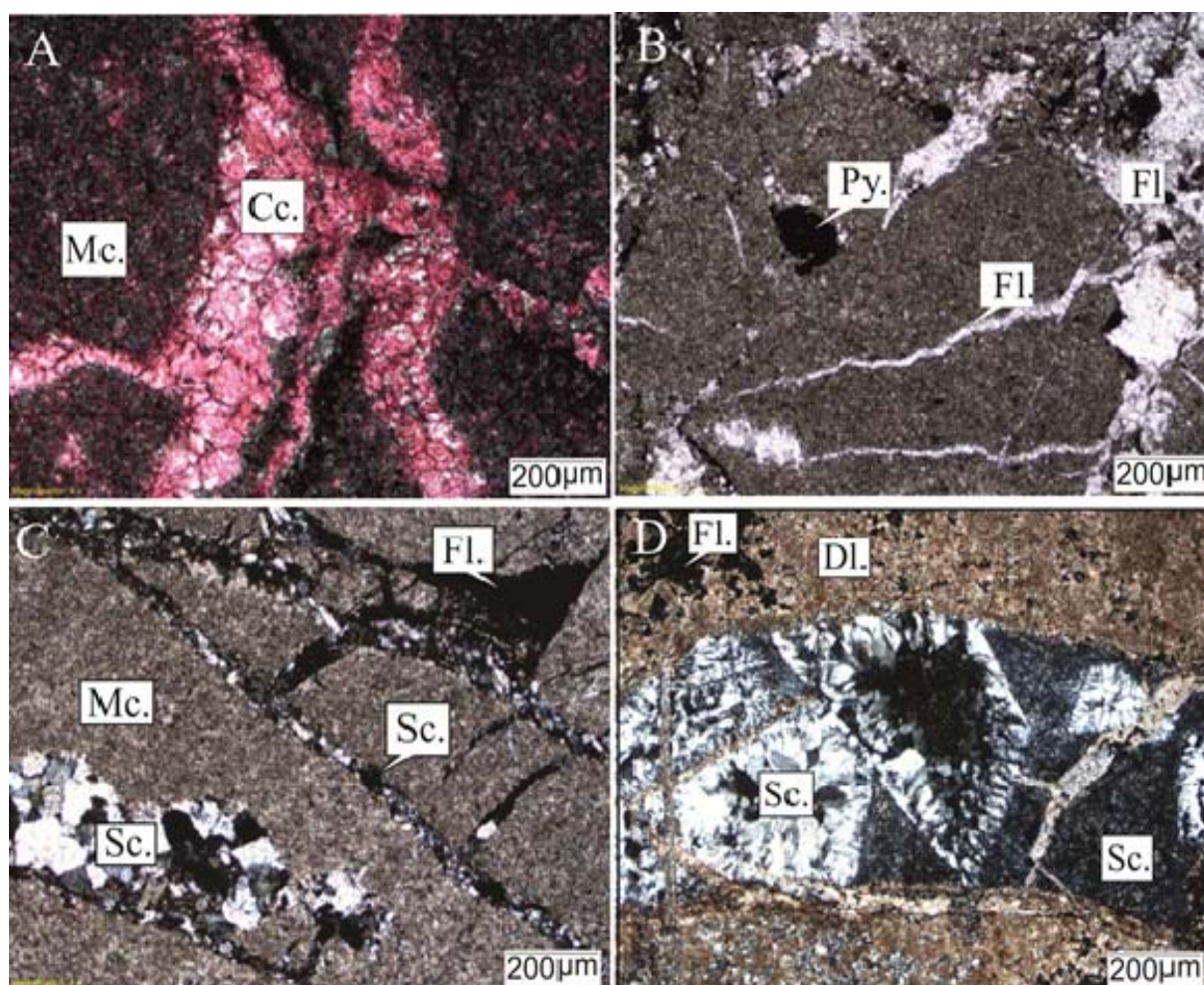
فلوئوریت‌زایی در معدن کم‌پشت قلمداد شود که جوانتر از فلوئوریت‌های دانه پراکنده خواهند بود (شکل ۹-C و D). بر این اساس می‌توان دست کم سه نسل فلوئوریت‌زایی در معدن کم‌پشت تصور کرد که عبارتند از: دانه پراکنده، ریزرگه‌چه‌ای و رگه-رگه‌چه‌ای

در بافت دانه پراکنده، دانه‌های ریز تا درشت؛ اما غالباً بی‌شکل فلوئوریت در حفرات موجود در زمینه آهک دولومیتی و سیلیسی توزیع شده‌اند که به‌نظر می‌رسد در مراحل بعدی دچار رشد و تبلور مجدد شده باشند (شکل ۹-A و B). منشعب شدن برخی از ریزرگه‌چه‌های فلوئوریتی از فلوئوریت‌های دانه پراکنده در زمینه سنگ میزبان می‌تواند به‌عنوان نسلی دیگر از



شکل ۶. ریخت‌شناسی و چگونگی رخداد توده‌های کانسنگی باریت (Bt.) در زون‌های معدن کاری کانسار کم‌پشت، A: ساخت عدسی شکل باریت (Bt.) به‌صورت متراکم درون سنگ میزبان آهکی (HR.) در مجاورت آهک دولومیتی (Dl.)، B: پرشدگی فضای خالی در سنگ میزبان آهکی توسط باریت با گالن (Gn.) در حاشیه آن، C: ساخت برشی از کانی‌سازی باریت در سنگ میزبان آهک دولومیتی (Dl.) و D: رگه ضخیم از باریت درون سنگ میزبان آهکی

Fig. 6. Morphology and mode occurrence of barite (Bt.) ore bodies in mining zones of KamarPosht deposit, A: Dense lensoid fabric of barite (Bt.) within limestone hostrock (HR.) adjacent to dolomitic limestone (Dl.), B: open-space filling of barite along with galena (Gn.) in its rim within limestone hostrock, C: breccia fabric of barite mineralization in dolomitic limestone hostrock (Dl.), and D: thick vein of barite within limestone hostrock

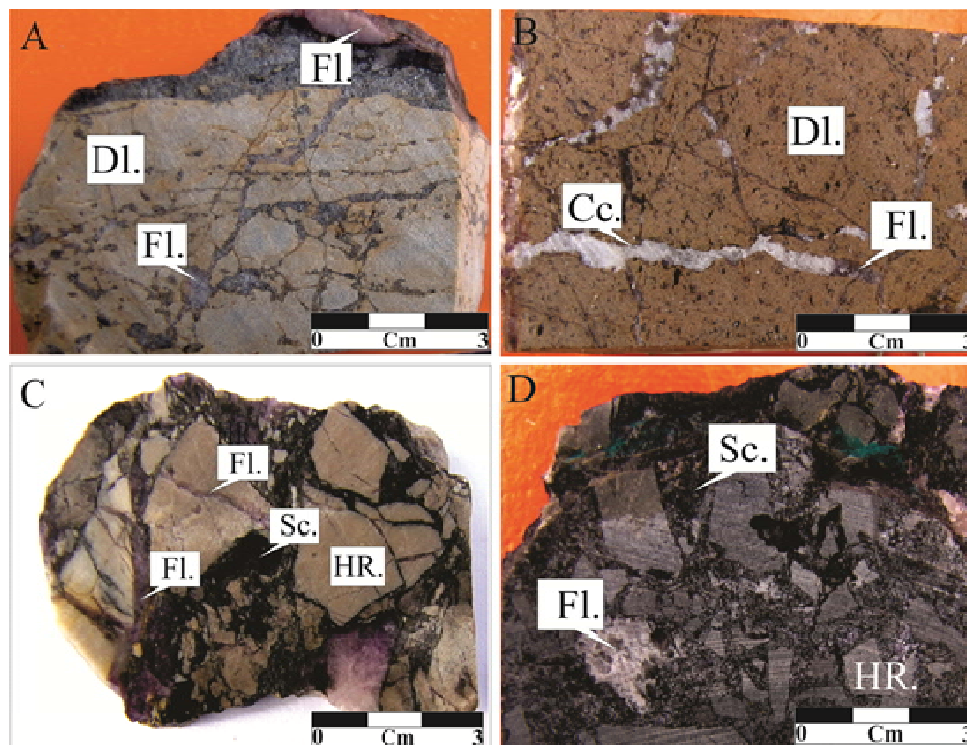


شکل ۷. ترکیب سنگ‌شناسی سنگ میزبان معدن کم‌پریش در پایه مقاطع نازک رنگ‌آمیزی شده، A: آهک میکرایتی میزبان (Mc.) با رگچه‌های ضخیم اسپاری کلسیت (Spt.)، B: آهک میکرایتی دارای پیریت (Py.) که با رگچه‌های نازک تا ضخیم فلئوریتی (Fl.) قطع شده است، C: آهک میکرایتی که با رگچه‌های سیلیکا (Sc.) و فلئوریت به صورت برشی درآمده است و D: رگه ضخیم سیلیکا در سنگ آهک دولومیتی دارای کانی‌سازی دانه پراکنده از فلئوریت

Fig. 7. Rock composition of hostrock in KamarPosht mine based on colored thin sections, A: Micritic limestone hostrock (Mc.) associated with thick veinlets of sparry calcite (Spt.), B: Pyrite-bearing micritic limestone which cut by thin/thick veinlets of fluorite (Fl.), C: Micritic limestone which brecciated by silica and fluorite veinlets, and D: Thick vein of silica within dolomitic limestone hostrock containing disseminated mimeralization of fluorite

منطقه‌بندی، کلسیت موجود در زمینه سنگ کربناته میزبان و یا کلسیت‌های موجود در رگچه‌های ضخیم توسط فلئوریت جانشین شده‌اند که در برخی موارد، تناوب لایه‌ها یا نوارهای نازک مصون‌مانده از جانشینی کلسیت و یا دولومیت اولیه سنگ میزبان توسط فلئوریت، باعث ایجاد بافت منطقه‌بندی در فلئوریت شده است (شکل ۱۰-B).

بر پایه بررسی‌های میکروسکوپی، بافت‌های جانشینی مانند منطقه‌بندی (زونینگ) و شبکه‌مانند از مهمترین بافت‌های کانی‌سازی فلئوریت در معدن کم‌پریش هستند (شکل ۱۰). در بافت شبکه‌مانند، نظم و ترتیب بافت منطقه‌بندی دیده نمی‌شود؛ لکن جانشینی گسترده و بی‌نظم کلسیت و یا دولومیت اولیه باعث ایجاد این بافت شده است (شکل ۱۰-A). در بافت



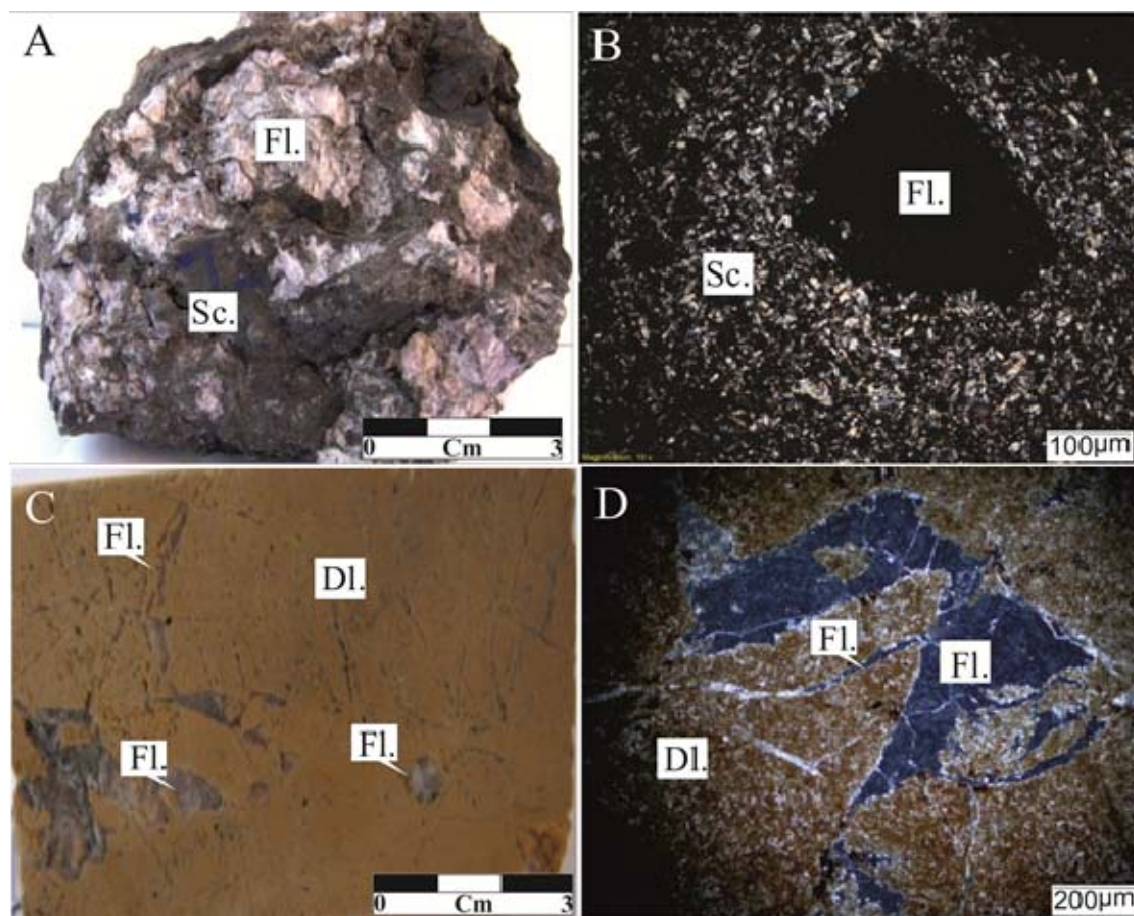
شکل ۸. نحوه رخداد فلئوریت در کانسنگ‌های اصلی معدن کمرپشت، A: ساخت رگه-رگه‌چه‌ای از فلئوریت در سنگ آهک میزبان که از رگه‌چه‌ها از رگه ضخیم منشعب شده‌اند، B: رگه‌چه‌های ممتد و منقطع از فلئوریت-کلسیت در سنگ آهک دولومیتی میزبان، C: ساخت برشی برای کانسنگ فلئوریت دارای قطعات سنگ میزبان آهک میکرایتی (HR.) که با زمینه‌ای از سیلیکا (Sc.) و فلئوریت (Fl.) سیمانی شده است و D: کانسنگ برشی دارای قطعات سنگ میزبان آهک دولومیتی (HR.) که با زمینه‌ای از سیلیکا (Sc.) و فلئوریت (Fl.) سیمانی شده است

Fig. 8. Mode occurrence of fluorite in main ores of KamarPosht mine, A: vein-veinlets of fluorite in limestone hostrock which has been derived from thick veins, B: Continuous and interrupted of fluorite-calcite in dolomitic limestone hostrock, C: Breccia fabric for fluorite ore containing fragments of micritic limestone hostrock (HR.) which cemented by silica (Sc.) and fluorite (Fl.), and D: Breccia ore composed of dolomitic limestone hostrock fragments (HR.) which cemented by silica (Sc.) and fluorite (Fl.)

مناطق کانی‌سازی بیشتر به همراه باریت و کمتر با فلئوریت حضور دارد (شکل ۱۲). کانسنگ‌های پرعیار از گالن اغلب ساخت برشی و رگه-رگه‌چه‌ای را با دانه‌های درشت به نمایش گذاشته‌اند (شکل ۱۲- A، B، C و D). گالن به صورت رگه‌ای (خالص و متراکم) با سنگ میزبان سیلیسی شده از دیگر ساخت‌های غیر معمول برای کانی‌سازی گالن در معدن کمرپشت است که در جبهه کار اصلی معدن دیده شد (شکل ۱۲-D). هوازدگی و اکسیدشدن گالن به سروزیت ($PbCO_3$) در گالن‌های دانه درشت معدن کمرپشت دیده شد که اغلب در حاشیه و همچنین در امتداد رخ‌های گالن رخ داده بود (شکل ۱۲-E و F).

باریت در کانسنگ‌های پرعیار معدن کمرپشت دارای ساخت شعاعی است؛ اما در کانسنگ‌های کم‌عیار به صورت دانه پراکنده و سوزنی حضور دارد. در اکثر موارد، باریت و گالن هم‌یافت داشته که گالن یا در حاشیه باریت و یا داخل آن نفوذ کرده است (شکل ۱۱-A و B). باریت با ساخت گورخری به صورت نادر در جبهه کار شمالی معدن در سنگ آهک دولومیتی دیده شد (شکل ۱۱-C). در بررسی‌های میکروسکوپی، باریت بافت‌های دم‌چلچله‌ای، دسته‌جاریبی با ماکل کارلسباد یا پلی‌سنتیک را با همراهی انیدریت نشان داده است (شکل ۱۱-D).

گالن کانی سولفیدی غالب در معدن کمرپشت است که در اکثر

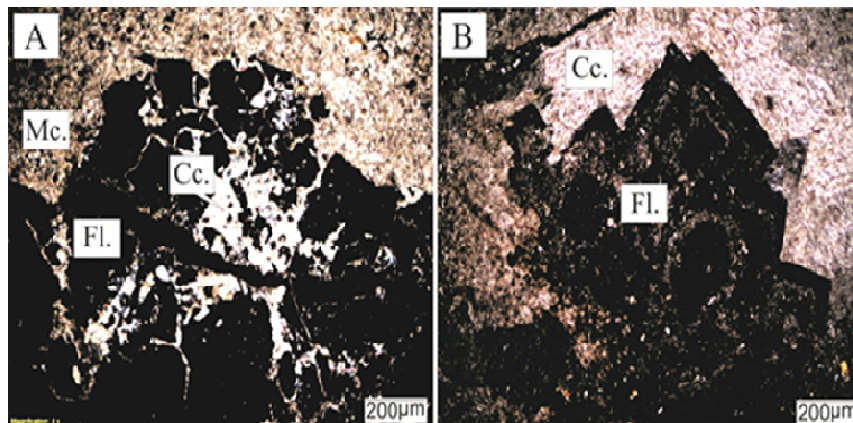


شکل ۹. ساخت و بافت دانه پراکنده برای فلوریت در کانسنگ‌های معدن کمرپشت، A: فلوریت‌های دانه‌درشت به صورت پراکنده که در حفرات زمینه سنگ آهک سیلیسی (Sc.) رشد کرده‌اند، B: تصویر میکروسکوپی از کانسنگ نشان‌داده شده در تصویر A، C: فلوریت‌های دانه متوسط تا دانه‌درشت پراکنده که به نظر می‌رسد ریز رگه-رگه‌های فلوریتی از آنها در سنگ آهک دولومیتی میزبان نتیجه شده‌اند و D: تصویر میکروسکوپی از کانسنگ نشان‌داده شده در تصویر C

Fig. 9. Disseminated fabric and texture for fluorite in ores from KamarPosht mine, A: Disseminated coarse-grained fluorite which grown within vugs of silicified limestone hostrock, B: Microscopic image of ore which shown in A-image, C: Medium-to-coarse-grained fluorite which seems that thin vein-veinlets of fluorite resulted from them in dolomitic limestone hostrock, and D: Microscopic image of ore which shown in C-image

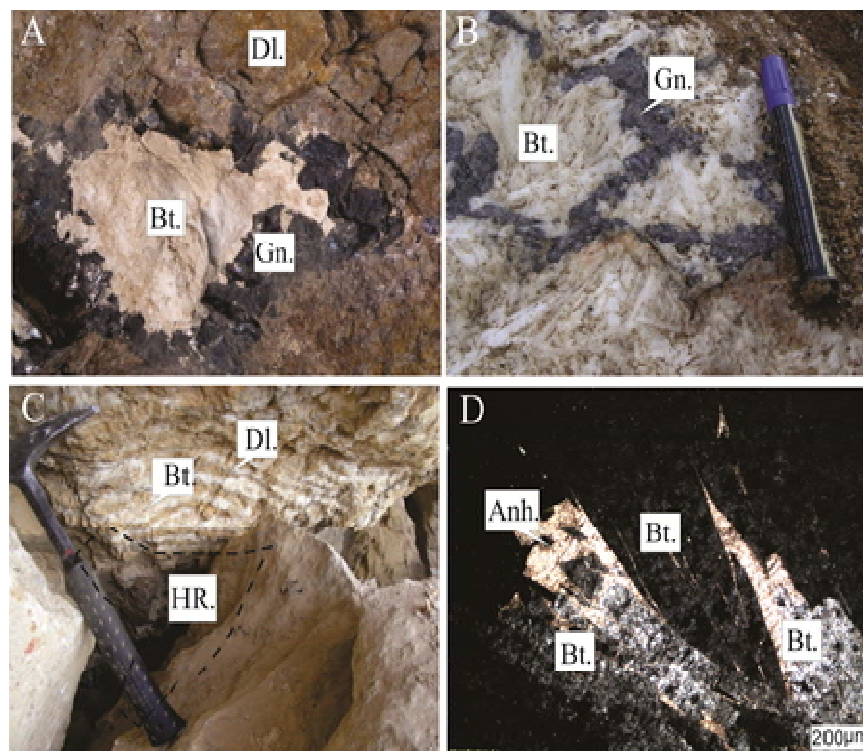
فلوریت با کلسیت دارای هم‌رشدی است و در جوار یکدیگر حضور دارند. بلورهای رومبوئدر درشت و خالص از کلسیت در چهره رگه-رگه‌های ضعیف بدون همراهی کانه‌ها، نسل سوم از کلسیت در معدن کمرپشت هستند که یا فضاهای خالی را در سنگ میزبان پر کرده‌اند و یا با نفوذ در سنگ کربناته که دارای کانی‌سازی بوده، به آن ساخت و بافت برشی داده‌اند (شکل ۱۳- D و C).

کلسیت فراوانترین کانی کربناته در معدن کمرپشت است که حداقل سه نسل از آن شناسایی شد. اولین نسل از کلسیت به صورت ریز رگه‌چه و درشت رگه‌چه‌هایی است که بدون همراهی فلوریت زمینه سنگ کربناته را قطع کرده‌اند (شکل ۱۳-A). نسل دوم از کلسیت‌ها با همراهی فلوریت و کمتر با گالن و باریت به صورت رگه‌رگه‌چه‌ای (ظریف تا ضخامت متوسط) و پرکننده فضاهای خالی است که بیانگر کلسیت‌های مرحله کانی‌سازی هستند (شکل ۱۳-B). در این رگه‌چه‌ها،



شکل ۱۰. بافت جانشینی فلوئوریت به جای کلسیت در کانستگ‌های کانسار کمرپشت (نور پلاریزه قطبی)، A: بافت شبکه‌ای برای فلوئوریت ناشی از جانشینی نامنظم کلسیت توسط فلوئوریت و B: بافت منطقه‌بندی که در آن کلسیت اسپاری به‌وسیله فلوئوریت جانشین شده است و باعث شکل‌گیری بلور درشت زونه از فلوئوریت شده است.

Fig. 10. Replacement texture of fluorite which replaced calcite in ores of KamarPosht deposit (cross-nicol light), A: Network texture for fluorite due to irregular replacement of calcite by fluorite, and B: Zoning texture due to replacement of sparry calcite by fluorite which is formed a zoned coarse-grained fluorite

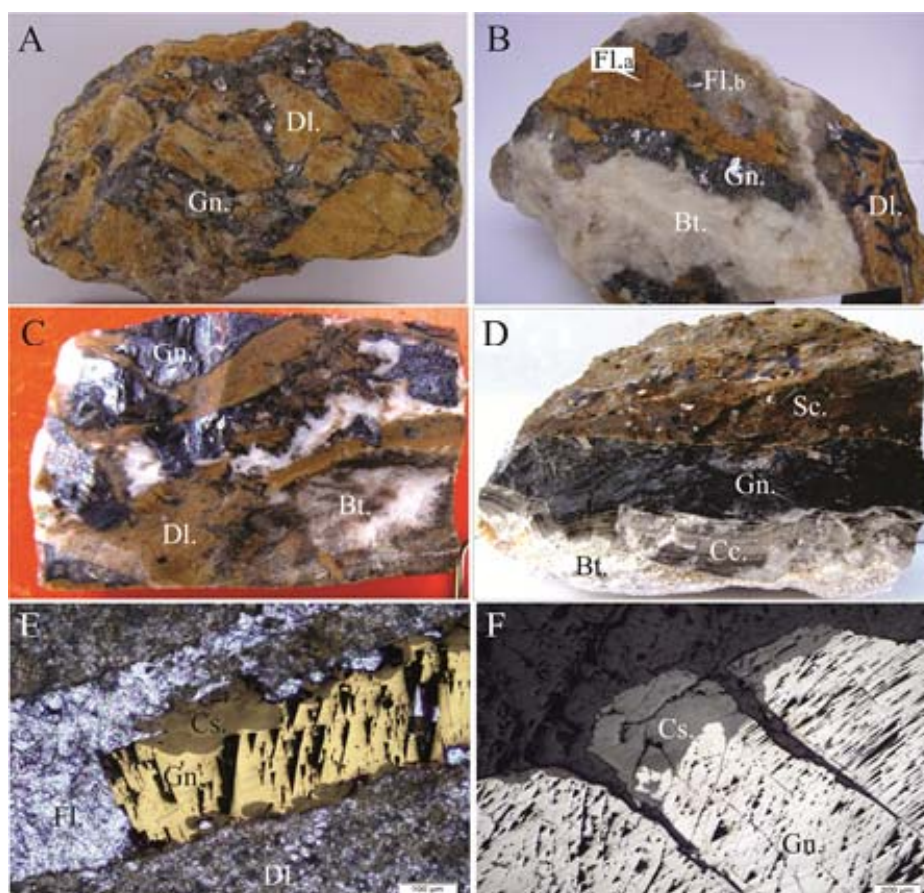


شکل ۱۱. ساخت و بافت کانی‌سازی باریت در معدن کمرپشت، A: باریت توده‌ای به‌صورت پرکننده فضای خالی در سنگ میزبان آهک دولومیتی با حاشیه جانشینی توسط گالن، B: باریت با ساخت شعاعی که توسط رگه‌چه گالن مورد نفوذ قرار گرفته است، C: ساخت گورخری باریت (Bt.) و سنگ میزبان دولومیتی (Dl.) و D: جانشینی انیدریت (Anh.) توسط باریت (Bt.) با ماکل پلی‌سنتتیک

Fig. 11. Fabric and texture of barite in KamarPosht mine, A: massive barite as open-space filling in dolomitic hostrock with replacement rim by galena, B: Barites Radiated fabric for barite which intruded by galena veinlets, C: Zebra texture of barite (Bt.) and dolomitic hostrock (Dl.), and D: Replacement of anhydrite by barite (Bt.) with polysynthetic twin.

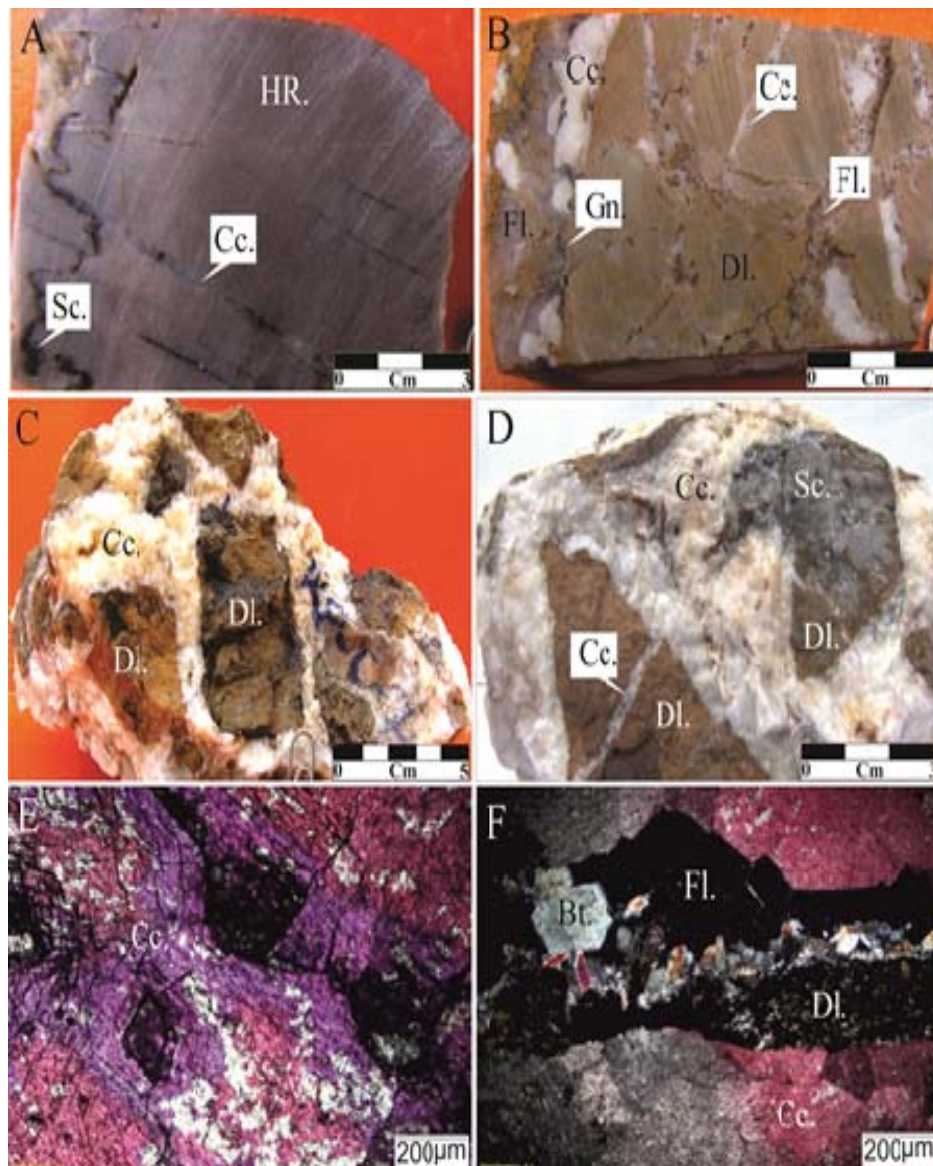
کلسیت‌های موجود در زمینه سنگ میزبان یا در رگه‌چه‌های کلسیتی توسط فلوتوریت از موارد شایع در معدن فلوتوریت کمرپشت است (شکل ۱۳-F).

بر پایه رنگ آمیزی انجام‌شده با محلول آلزارین، این رگه‌چه‌های کلسیتی رنگ‌های قرمز و ارغوانی را به‌نمایش گذاشتند که بیانگر حضور کلسیت‌های غنی از آهن و فقیر از آهن در معدن کمرپشت هستند (شکل ۱۳-E). جانشینی اسپاری



شکل ۱۲. ساخت‌ها و بافت‌های رایج کانی‌سازی گالن (Gn.) در معدن کمرپشت، A: کانسنگ برشی دارای قطعات سنگ آهک دولومیتی میزبان (Dl.) که توسط گالن (Gn.) سیمان شده است، B: کانسنگ برشی از سنگ میزبان آهک دولومیتی (Dl.) دارای ریزرگه‌چه‌های فلوتوریت نسل اول (Fl.a) در معدن کمرپشت که توسط سیمانی از فلوتوریت نسل بعد (Fl.b)، گالن (Gn.) و باریت (Bt.) به شکل رگه‌چه ضخیم در برگرفته شده است، C: هم‌رشدی گالن (Gn.) و باریت (Bt.) در فضاهای خالی سنگ میزبان آهک دولومیتی، D: رگه ضخیم و متراکم از گالن (Gn.) همراه با باریت (Bt.) و کلسیت (Cc.) که با سیلیسی شدن سنگ میزبان (Sc.) همراه شده است، E: هم‌رشدی گالن (Gn.) سروزیتی شده (Cs.) و فلوتوریت (Fl.) در رگه‌چه‌ای که در سنگ آهک دولومیتی میزبان (Dl.) نفوذ کرده است (نور توامان XPL و PPL) و F: هوازدگی و اکسید شدن گالن (Gn.) به سروزیت (Cs.).

Fig. 12. Common fabrics and textures for mineralization of galena in KamarPosht mine, A: Breccia ore containing fragments of dolomitic limestone hostrock which cemented by galena (Gn.), B: Breccia ore of dolomitic limestone hostrock composed of thin veinlets of fluorite as the first-generation (Fl.a) in KamarPosht mine which cemented by the late-generation of fluorite (Fl.b), galena (Gn.) and barite (Bt.) in the form of thick veinlets, C: Intergrow of galena (Gn.) and barite (Bt.) in open spaces within dolomitic limestone, D: Thick and dense vein of galena (Gn.) accompanying with barite (Bt.) and calcite (Cc.) which is associated with silicification (Sc.), E: Intergrow of cerussitized (Cs.) galena (Gn.) and fluorite (Fl.) in veinlets which intruded within dolomitic limestone hostrock (Dl.), and F: Weathering and oxidation of galena (Gn.) to cerussite (Cs.).



شکل ۱۳. نحوه رخداد کلسیت (Cc.) در معدن کم‌پشت، A: جابه‌جاشدن رگه‌چه کلسیتی نسل اول (Cc.) در زمینه سنگ آهک میکرایتی میزبان (HR.) توسط استیلولایت سیلیسی (Sc.)، B: رگه‌چه‌هایی از کلسیت نسل دوم (Cc.) در همراهی با فلوئوریت (Fl.) و گالن (Gn.) در سنگ میزبان آهک دولومیتی (Dl.)، C: کانسنگ برشی (زمین‌ساختی) با قطعات سنگی از سنگ میزبان آهک دولومیتی (Dl.) که توسط رگه‌چه‌های اسپاری کلسیت خالص (Cc.) در بر گرفته شده‌اند، D: کانسنگ برش گرمایی با قطعاتی از سنگ آهک سیلیسی (Sc.) و آهک دولومیتی (Dl.) که توسط کلسیت خالص (Cc.) در بر گرفته شده‌اند، E: مقطع نازک رنگ‌آمیزی شده از سنگ میزبان آهک اسپاریتی که متشکل از اسپاری کلسیت‌های (Cc.) قرمز رنگ (غنی از آهن) و ارغوانی‌رنگ (فقیر از آهن) است و F: رگه‌چه فلوئوریت (Fl.) - باریت (Bt.) که کلسیت اسپاری (Cc.) را جانشین ساخته است.

Fig. 13. Mode occurrence of calcite (Cc.) in KamarPosht mine, A: displacement of the first-generation of calcite veinlet (Cc.) in matrix of micritic limestone hostrock (HR.) by silicic stylolite (Sc.), B: The second-generation of calcite veinlets associated with fluorite (Fl.) and galena (Gn.) in dolomitic limestone hostrock (Dl.), C: Breccia ore (tecnonically) dolomitic limestone hostrock (Dl.) composed of dolomitic limestone hostrock (Dl.) which is surrounded by pure sparry calcite veinlets (Cc.), D: Hydrothermally breccia ore composed of silicified limestone and dolomitic limestone which is surrounded by cements of thick and pure veinlet of sparry calcite (Cc.), E: Stained thin section of micritic limestone hostrock which is composed of red (Fe-rich) and purple (Fe-poor) sparry calcites, and F: Fluorite-barite vein which replaced sparry calcite.

اولیه و ۲) اصلی رخ داده است. کانی‌سازی اولیه همزاد با مراحل نهایی دیاژنز و گامه اصلی کانی‌سازی بعد از دیاژنز تکوین و تکامل یافته است که تا حدودی توسط فرآیندهای برون‌زاد به‌صورت کانی‌سازی ثانویه دچار تحول شده است (شکل ۱۴).

با استناد به شواهد میدانی از نحوه تظاهر و ریخت‌شناسی ماده معدنی و چگونگی رخداد کانه‌ها و کانی‌ها در کانسنگ‌های معدن کمرپشت، ترتیب زمانی شکل‌گیری ساخت و بافت‌ها و در نتیجه تکوین و تکامل کانی‌سازی در این معدن نشان می‌دهد که کانی‌سازی در معدن فلوئوریت کمرپشت در دو گامه (۱)

Textures	Mineralization stages		
	Primary Syn-diagenetic	Main Post-diagenetic	Secondary Supergene
Disseminated	---		
Stylolite	-----		
Veinlets	-----		
Vein		=====	
Zebra		=====	
Breccia		=====	
Primary Replacement		=====	
Secondary Replacement			=====
Minerals			
Fluorite	---	=====	
Galena	-----	=====	
Calcite	-----	=====	
Pyrite	-----		
Barite	-----	=====	
Silica	-----	=====	
Dolomite	-----	=====	
Cerussite			=====

شکل ۱۴. توالی زمانی تشکیل بافت‌ها و نهشت کانی‌ها در معدن فلوئوریت کمرپشت

Fig. 14. Paragenetic sequence for formation of textures and deposition of minerals in KamarPosht mine

بحث

زایش این معدن مورد بحث قرار گرفته‌اند. در مقیاس ناحیه‌ای، واحدهای کربناته سازند الیکا در معدن کمرپشت که میزبان کانی‌سازی هستند، بر روی واحدهای شیلی - ماسه‌سنگی - مارنی

نتایج حاصل از بررسی‌های ساخت و بافت کانی‌سازی در معدن فلوئوریت کمرپشت با هدف دستیابی به درک و فهم بیشتر از

سازند شمشک رانده شده‌اند و با گسل‌های معکوس محبوس شده‌اند. در محیط معدن، ریخت‌شناسی و تظاهر ماده معدنی در مناطقی از معدن کمپریش که در حال حاضر مورد معدن‌کاری اقتصادی قرار می‌گیرند، غالباً به شکل توده‌ای، عدسی و گاهی رگه‌ای است که در مناطق گسله (برشی) و حفرات انحلالی و کارستی و عمدتاً ناهم‌شیب و کمتر هم‌شیب با سنگ‌های کربناته میزبان و در سطح تماس با سازند شمشک تمرکز یافته‌اند. این نحوه تظاهر از ماده معدنی به همراه کنترل ساختاری ناحیه‌ای بر معدن کمپریش (گسلش معکوس) دلالت بر شکل‌گیری بخش عمده و قابل بهره‌برداری اقتصادی معدن کمپریش به صورت ناهمزاد (اپی‌ژنتیک) با تشکیل سنگ کربناته میزبان دارد. علاوه بر این شواهد میدانی در محیط معدن، بررسی‌های نمونه دستی و میکروسکوپی از کانسنگ‌های معدن کمپریش ساخت و بافت‌های دال بر کانی‌سازی ناهمزاد با سنگ میزبان را در معدن کمپریش آشکار کرد و نشان داد کانی‌سازی اغلب از نوع پرکننده فضای خالی به صورت رگه‌ای، رگه‌چهای، برشی و جانیشینی بوده است که به صورت فرعی با بافت‌های دانه پراکنده و ریزرگه‌چهای از کانه‌های اصلی معدن همراه شده‌اند. ساخت و بافت‌های رگه‌ای، رگه‌چهای و برشی که دارای کانه‌های درشت از فلوتوریت، باریت و گالن با دگرسانی‌های کم دمای دولومیتی و سیلیسی همراه شده‌اند را می‌توان اغلب حاصل فرآیندهای گرمایی بعد از دیاژنز (اپی‌ژنتیک) در نظر گرفت. از آن‌جا که کانسنگ‌های مرحله بعد از دیاژنز به دلیل دارا بودن دانه‌های متوسط تا درشت اندازه از کانه‌ها از جمله ساخت و بافت‌های اقتصادی در معدن کمپریش هستند، می‌توان آنها را به عنوان مرحله اصلی کانی‌سازی در این معدن معرفی کرد. هرچند که اپی‌ژنتیک بودن بخش عمده کانی‌سازی گسترده فلوتوریت در سازند الیکا با پژوهش حاضر و همچنین پژوهش‌های رجیبی و همکاران (Rajabi et al., 2013)، ذبیحی‌تبار و شفیع‌ی (Zabihitabar and Shafiei, 2015) و مهربان و همکاران (Mehraban et al., 2016) پیشنهاد پذیرفته شده است؛ لکن، در پژوهش حاضر شواهدی وجود دارد که بیانگر کانی‌سازی دیاژنتیک علاوه بر کانی‌سازی اپی‌ژنتیک در معدن

کمپریش است. بر این اساس، شکل‌گیری و تکامل کانی‌سازی در معدن کمپریش می‌تواند در ۱) مراحل نهایی دیاژنز و ۲) بعد از دیاژنز سنگ میزبان (اپی‌ژنتیک) صورت گرفته باشد. وجود ریزرگه‌چهای فلوتوریتی با/ یا بدون همراهی کلسیت و گالن در سنگ میزبان و همچنین داخل قطعات سنگ میزبان موجود در کانسنگ‌های برشی و رخ‌داد کانه‌ها به صورت دانه‌ریز و پراکنده که برخی کلسیت‌های سنگ میزبان را جانشین ساخته‌اند، می‌توان به احتمال زیاد از شواهد کانی‌سازی اولیه در معدن کمپریش در نظر گرفت که در طی و یا مراحل نهایی دیاژنز شکل گرفته‌اند. رشد بلورها با پیشرفت دیاژنز (افزایش حجم بلور ناشی از افزایش دمای دیاژنز) می‌تواند به جانیشینی بلورهای درشت و اولیه کلسیت یا دولومیت نیز منجر شود. در نتیجه، این بافت جانیشینی اولیه خواهد بود و نه ثانویه. این آثار کانی‌سازی اولیه با ساخت استیلولایتی و پیریت‌های پراکنده ریزدانه در متن سنگ آهک‌های سیلیسی و دولومیتی نیز همراه شده‌اند. پیشرفت فرآیند دیاژنز که از افزایش عمق تدفین در حوضه ناشی می‌شود، با افزایش دما و فشار حوضه و شکسته شدن و واکنش‌های آب‌زای دیاژنتیکی (انحلال کانی‌های تبخیری موجود در سیمان و زمینه سنگ‌ها مانند ژیپس و انیدریت Gorjizad, 1996; Rastad and Shariatmadar, 2001;) (Zabihitabar and Shafiei, 2015) زمینه را برای افزایش انحلال‌پذیری سنگ میزبان و در نتیجه هسته‌زایی اولیه کانه‌ها و رشد آنها را در حفرات و فضاهای خالی فراهم می‌کند (Maynard, 1983; Force et al., 1991; Robb, 2005). در تأیید این الگو، حائری اردکانی (Haeri-Ardakani et al., 2013) کانی‌زایی فلوتوریت از نوع دره می‌سی‌سی‌پی در سازند کربناته لوکاس با سن دونین میانی در جنوب غربی اونتاریو کانادا را نتیجه فرآیندهای تکاملی دیاژنتیک دانسته است که زمینه‌سازی برای این کانی‌زایی با جاسپروئیدی شدن در مراحل اولیه دیاژنز، انحلال در مراحل میانی - پایانی دیاژنز و کانی‌سازی در مرحله پایانی دیاژنز انجام شده است. تغییر و تحول ساخت و بافت‌های کانی‌سازی دیاژنزی توسط فرآیندهای اپی‌ژنتیک افزایش شدت کانی‌سازی را به دنبال داشته است. توسعه

برای تبلور فلوتوریت از انحلال کلسیت در زمینه سنگ میزبان یا از رگه‌های ضخیم کلسیتی تأمین شده است (Nordstrom and Jenne, 1977). وجود بافت جانشینی برون‌زاد (سوپرژن) در کانسنگ‌های مورد بررسی نشانگر متأثر شدن کانی‌سازی‌های دیاژنتیک و اپی‌ژنتیک توسط فرآیندهای برون‌زاد بعدی مانند اکسیدشدن و غنی‌شدگی برون‌زاد است. سروریتی‌شدن گالن‌های دانه درشت مربوط به مراحل اصلی کانی‌سازی از حاشیه و همچنین در امتداد رخ‌ها با توجه به سنگ میزبان کربناته و در نتیجه حضور کربنات در محیط قابل توجه است (Guilbert and Park, 1997).

الگوی زایشی پیشنهادی

با استفاده از نتایج بررسی‌های ساخت و بافت کانی‌سازی در پژوهش حاضر و همچنین بهره‌گیری از داده‌های مربوط به زمینه‌شناسی حوضه رسوبی الیکا در البرز مرکزی (Vahdati Daneshmand, 1985; Alirezaee, 1989; Lasemi et al., 1997; Lasemi et al., 2000; Rastad and Shariatmadar, 2001; Brunet et al., 2009; Rajabi et al., 2013)، الگوی زیر برای تشکیل معدن فلوتوریت کم‌رشت پیشنهاد می‌شود که می‌تواند به دیگر معادن فلوتوریت در سازند الیکا در البرز مرکزی مانند پاچی‌میانا و شش‌رودبار تعمیم داده شود (شکل‌های ۱۵ و ۱۶):

الف- نوع حوضه رسوبی کانی‌سازی

حوضه رسوبی تریاس میانی در البرز مرکزی که میزبان رسوب‌گذاری سازند الیکا و کانی‌سازی فلوتوریت در مقیاس ناحیه‌ای بوده است از نوع حوضه‌های رسوبی کششی در جایگاه زمین‌ساختی حاشیه غیرفعال قاره‌ای (حاشیه شمالی خرده صفحات قاره‌ای سرزمین‌های گندوانایی) در جنوب اقیانوس پالئوتتیس شناخته شده است (Lasemi et al., 1997; Lasemi et al., 2000). مطابق بربریان و کینگ (Berberian and King, 1981) سرزمین یکپارچه البرز-ایران مرکزی-سندج-سیرجان در فاصله زمانی ۲۷۰ تا ۲۲۰ میلیون سال پیش (پریمین میانی-تریاس میانی) کشش درون قاره‌ای را تجربه کرده است و این کشش را به مرحله فروانش پرسیب تتیس جوان به

شکستگی‌ها و افزایش نفوذپذیری ساختاری می‌تواند عامل اصلی کنترل‌کننده کانی‌سازی در مرحله بعد از دیاژنز بوده باشد. بافت‌های پرکننده فضای خالی که در کانسارهای رگه‌ای و توده‌ای فلزات پایه و کانسارهای سرب و روی در کربنات‌ها بسیار رایج است، در اثر نهشته‌شدن پی‌درپی کانه‌ها درون شکستگی‌ها و یا شکاف‌های باز موجود در سنگ دیواره پدید می‌آیند. این بافت می‌تواند چندکانه‌ای یا تک‌کانه‌ای و یا به صورت تناوبی باشد که در این صورت بیانگر رخ‌دادهای گوناگون نهشته‌شدن هستند (Craig and Vaughan, 1981; Fontbote and Gorzawski, 1990; Sangster, 1996; Leach et al., 2005). از جمله بافت‌های دیگر در منطقه بافت گورخری است که در باریت دیده شد. این بافت جزو بافت‌های اپی‌ژنتیک رایج در کانسارهای نوع دره می‌سی‌سی‌پی معرفی شده است (Leach et al., 2005)؛ لکن فونتبوتی و گورزاوسکی (Fontbote and Gorzawski, 1990) رخ‌داد این ساخت را خاص مراحل نهایی دیاژنز دفنی و ناشی از واکنش سنگ‌های کربناته میزبان با شوراب‌های حوضه‌ای دانسته است. در مقیاس بررسی‌های میکروسکوپی، باریت‌های دسته جارویی و دم‌چلچله‌ای نیز همگی نشان‌دهنده نهشت در فضاهای خالی از محلول‌های گرمابی دمای پایین معرفی شده‌اند (Jazi and Shahabpour, 2010). جانشین‌شدن کلسیت در زمینه سنگ میزبان و یا موجود در رگه-رگه‌های ضخیم از جمله متداولترین بافت‌های کانی‌سازی فلوتوریت در معدن کم‌رشت بودند. در مورد جانشینی کلسیت‌های زمینه به‌نظر می‌رسد حاصل رشد فلوتوریت در طی دیاژنز در حفرات و فضاهای خالی و جانشین کردن تدریجی کلسیت‌های اطراف بوده باشد که این نوع جانشینی مربوط به مرحله اولیه کانی‌سازی خواهد بود؛ در حالی که، جانشینی‌شدن کلسیت‌های موجود در رگه-رگه‌ها می‌تواند جانشینی‌های مربوط به مرحله ناهمزاد کانی‌سازی باشد که احتمالاً در اثر عملکرد محلول‌های گرمابی فلوتوردار بر رگه-رگه‌های ضخیم کلسیت شکل گرفته در مراحل پایانی دیاژنز حاصل شده‌اند. در هر دو حالت، جانشینی‌های اولیه و ثانویه نشان می‌دهد که کلسیم مورد نیاز

دریای نسبتاً غنی از عناصر کانه‌ساز به صورت دانه پراکنده در سنگ‌های کربناته سازند الیکا صورت گرفته است (Gorjizad, 1996; Shariatmadar, 1999) (شکل ۱۵). حضور واحدهای تبخیری-شیلی-مارنی سازند پالند بر روی بخش‌های بالایی سازند الیکا (Vahdati Daneshmand, 1989; Alirezaee, 1985) می‌تواند تأییدی بر نقش عامل تبخیر در تأمین عناصر کانه‌ساز برای کانی‌سازی اولیه در معدن کمرپشت و معادن مشابه در سازند الیکا باشد (شکل ۱۵).

پ- مراحل و فرآیندهای کانی‌سازی

بر پایه شواهد صحرایی و بررسی‌های ساخت و بافت کانسنگ‌ها در پژوهش حاضر، مراحل کانی‌سازی فلوتوریت در معدن کمرپشت از مراحل تکاملی حوضه رسوبی (از ابتدای تریاس میانی تا انتهای تریاس بالایی) پیروی داشته است؛ به گونه‌ای که می‌توان کانی‌سازی اصلی در معدن کمرپشت را وابسته به مراحل نهایی دیاژنز و پس از دیاژنز (اپی‌ژنتیک) دانست (شکل ۱۶). کانی‌سازی هم‌زاد با مراحل نهایی دیاژنز را می‌توان ناشی از افزایش ژرفای تدفین و پیرو آن افزایش دما و فشار آب‌های آزاد شده دیاژنتیکی نسبت داد. ساخت و بافت‌های دیاژنتیکی (مانند کانه‌های ریزدانه پراکنده و ریزرگه‌چه‌ها) در نتیجه فرآیندهایی مانند هسته‌زایی اولیه، تبلور مجدد، آب‌زایی دیاژنتیکی و افزایش انحلال‌پذیری سنگ میزبان حاصل شده‌اند. بعد از پایان رسوب‌گذاری مولاسی در حوضه نوع پیش‌خشکی در گذر تریاس میانی به ژوراسیک آغازین و هم‌زاد با کوه‌زاد سیمین (Wilmsen et al., 2009; Rajabi et al., 2013)، فشارش، چین‌خوردگی و گسلس معکوس در حوضه رسوبی باعث شکل‌گیری و توسعه ساخت‌های ناهم‌زاد و ناهم‌شیب با سنگ کربناته میزبان (زون‌های گسله و کارست‌های انحلالی گرمابی) در طول فصل مشترک این سنگ‌ها با رسوبات مولاسی سازند شمشک شده است (شکل ۱۶). این ساخت‌ها با مواد معدنی حاصل از پویایی مجدد کانه‌های دیاژنتیک احتمالاً ناشی از فعالیت محلول‌های گرمابی حاصل از آب‌زدایی طبقات رورانده و فشرده شیلی-ماسه‌سنگی سازند شمشک آکنده شدند و کانی‌سازی مهم ناهم‌زاد (اپی‌ژنتیک) را در معدن کمرپشت

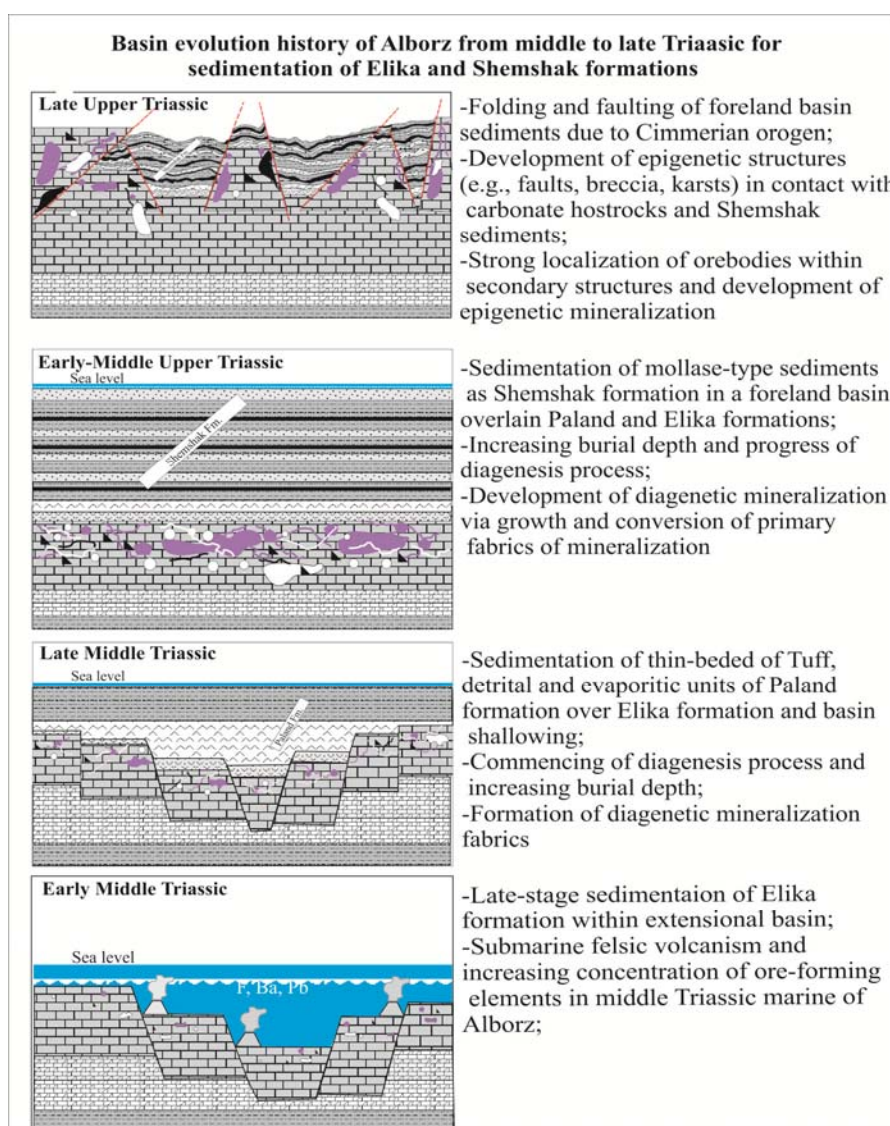
زیر لبه جنوبی سرزمین یادشده نسبت داده‌اند. وجود سنگ‌های دو منشأی (بازالت-توف) به صورت میان لایه بین سازندهای روتنه، نسن، الیکا در طی این دوره زمانی در سراسر البرز تأییدکننده شرایط کشتی در این بخش از سرزمین یکپارچه البرز-ایران مرکزی-سنندج-سیرجان باشد. از دیدگاه رسوب‌شناسی، حوضه رسوبی الیکا دارای شرایط دریایی کم‌عمق و اقلیم گرم و خشک با رسوب‌گذاری کربناته فلات قاره‌ای نوع رمپ بوده است (Lasemi et al., 1997; Lasemi et al., 2000). رخساره‌های نوع لاگونی، کولابی، ساحلی و پهنه‌های جزر و مدی دارای قالب کانی‌های تبخیری با بیشترین گسترش و ضخامت در بخش‌های بالایی سازند الیکا معرفی شده‌اند (Lasemi et al., 2000) (شکل ۱۵). بنابراین سازند الیکا در یک حوضه با رژیم کشتی و فعالیت‌های محدود آذرآواری فلسیک (توف) رسوب‌گذاری را تجربه کرده است.

ب- منشأ عناصر کانه‌ساز

در مراحل پایانی رسوب‌گذاری سازند الیکا در حوضه کشتی تریاس میانی، فعالیت‌های آتشفشانی محدود از نوع فلسیک (توف) رخ می‌دهد که به رسوب‌گذاری طبقات توفی (توف‌های آرژیلیتی کلریتی در نزدیکترین سطح تماس با کربنات‌های میزبان) بر روی واحدهای کربناته میزبان کانی‌سازی منجر شده است (شکل ۱۵ و شکل ۴-A). در پژوهش حاضر توف آرژیلیتی پیریت‌دار در جبهه کار نخودی معدن کمرپشت در تماس زیرین با سنگ آهک دولومیتی میزبان مشاهده شد (شکل ۴-A) و در معدن فلوتوریت شش رودبار نیز توسط شریعتمدار (Shariatmadar, 1999) گزارش شده است. آتشفشانی فلسیک زیرآبی همراه با کم عمق شدن حوضه رسوبی سازند الیکا و افزایش شدت تبخیر می‌تواند از عوامل اصلی افزایش غلظت عناصر کانه‌ساز به‌ویژه هالوژن‌ها مانند فلوتور در آب دریای حوضه تریاس میانی باشند. تحت این شرایط و همراه با رسوب‌گذاری طبقات توفی (توف‌های آرژیلیتی کلریتی در نزدیکترین سطح تماس با کربنات‌های میزبان) بر روی واحدهای رسوبی در حال دیاژنز سازند الیکا، ته‌نشست ماده معدنی از آب

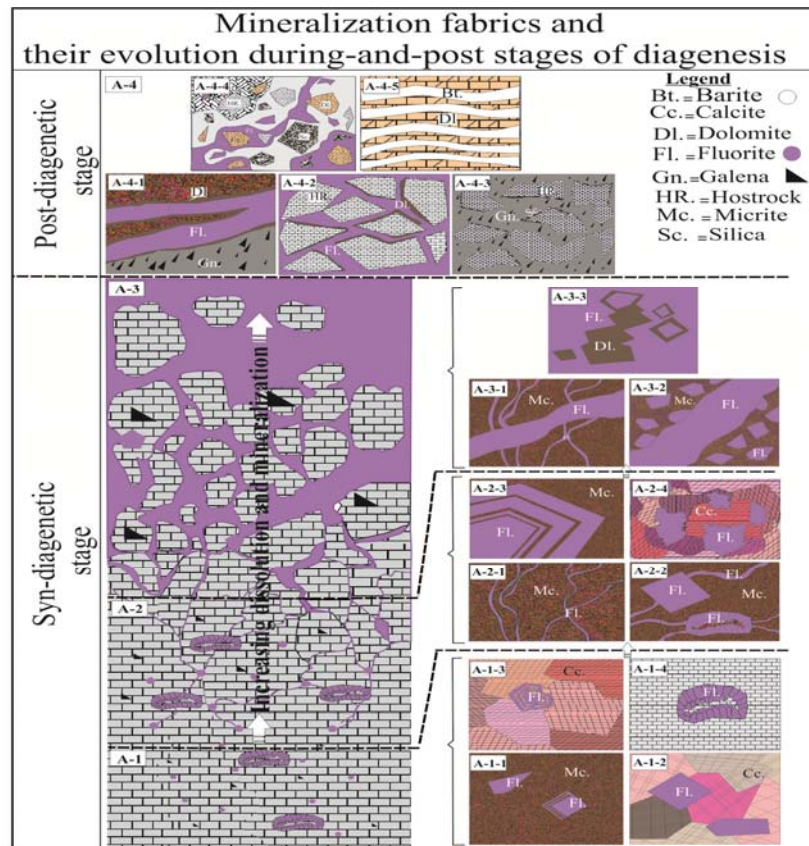
اپی ژنتیک گالن به‌عنوان کانی بسیار نرم و با تحرک پذیری بالا (Craig and Vaughan, 1981) در معدن کمپریشت باشد. با این تفاسیر، رخداد معدن فلئوریت کمپریشت و دیگر معادن مشابه در سازند الیکا در زیر ناپیوستگی مرتبط با کوه‌زایی سیمین اصلی همراه با کانی‌سازی در زون‌های گسله و کارستی الگوی اپی ژنتیک را الگوی غالب برای زایش معدن کمپریشت معرفی می‌کند.

شکل دادند که با دولومیتی‌شدن و سیلیسی‌شدن گرمایی همراه بوده‌اند. در تأیید الگوی پویایی مجدد کانه‌های دیاژنتیک، وهاب‌زاده و همکاران (Vahabzadeh et al., 2014) از شباهت الگوی عناصر نادر خاکی در فلئوریت‌های دیاژنتیک و فلئوریت‌های اپی ژنتیک در معدن کمپریشت به این نتیجه رسیده‌اند که فلئوریت‌های اپی ژنتیک از انحلال، انتقال و تحرک مجدد فلئوریت‌های اولیه (دیاژنتیک) منشأ گرفته‌اند. الگوی پویایی کانه‌های اولیه می‌تواند قابل تعمیم به کانی‌سازی



شکل ۱۵. الگوی پیشنهادی برای تکامل حوضه رسوبی سازندهای الیکا و شمشک در گذر تریاس میانی تا ژوراسیک زیرین به‌عنوان حوضه میزبان کانی‌سازی فلئوریت در البرز مرکزی

Fig. 15. Proposed model for sedimentary basin evolution of Elika and Shemshak formations during middle Triassic-Early Jurassic transition as host basin for fluorite mineralization in central Alborz



شکل ۱۶. الگوی مفهومی پیشنهادشده برای مراحل و بافت‌های کانی‌سازی در معدن فلئوریت کمرپشت در طی فرآیند دیاژنز و پس از آن. A-1: بافت‌های مراحل اولیه دیاژنز: A-1-1: فلئوریت‌های دانه پراکنده شکل‌دار در حفرات آهک میکرایتی که رشد مجدد آنها کلسیت‌های زمینه را جانشین ساخته است، A-1-2: فلئوریت‌های شکل‌دار دانه پراکنده در حفرات زمینه آهک اسپیرایتی که تبلور مجدد آنها اسپاری کلسیت‌های زمینه را جانشین ساخته است، A-1-3: بافت منطقه‌بندی در فلئوریت دانه پراکنده درشت دانه ناشی از تبلور مجدد که اسپاری کلسیت‌های زمینه سنگ آهک را جانشین ساخته است، A-1-4: رشد ژئودی فلئوریت در آهک میزبان در طی دیاژنز. A-2: بافت‌های مراحل میانی دیاژنز: A-2-1: توسعه رگه-رگه‌های فلئوریت در زمینه سنگ آهک میکرایتی به دلیل افزایش شکنندگی و انحلال‌پذیری سنگ میزبان با پیشرفت دیاژنز، A-2-2: رشد بلورهای فلئوریت دانه پراکنده اولیه و شکل‌گیری رگه-رگه‌های ظریف فلئوریت از آنها در زمینه سنگ آهک میکرایتی در نتیجه پویایی دیاژنتیکی فلئوریت با پیشرفت دیاژنز، A-2-3: تبلور مجدد فلئوریت دارای منطقه‌بندی در زمینه آهک میکرایتی، A-2-4: تبلور مجدد فلئوریت‌های دانه پراکنده اولیه و توسعه بافت جانشینی آنها به جای کلسیت‌های اسپاری زمینه. A-3: بافت‌های مراحل نهایی دیاژنز: A-3-1: رگه-رگه‌های ضخیم فلئوریت (به‌عنوان نسل سوم فلئوریت‌زایی) که رگه‌های ظریف مربوط به نسل دوم فلئوریت را در زمینه سنگ آهک میکرایتی قطع کرده است، A-3-2: توسعه رگه-رگه‌های ضخیم فلئوریت در زمینه سنگ آهک میکرایتی دارای فلئوریت‌های دانه پراکنده اولیه، A-3-3: جانشینی کامل سنگ آهک میزبان و جانشینی ناقص بلورهای رومبوئدر دولومیت در زمینه توسط فلئوریت‌های نسل سوم. A-4: بافت‌های کانی‌سازی پس از دیاژنز: A-4-1: توسعه رگه-رگه‌های ضخیم فلئوریت-گالن همراه شده با دگرسانی دولومیتی، A-4-2: کانسنگ برش زمین‌ساختی از فلئوریت همراه شده با دگرسانی دولومیتی، A-4-3: کانسنگ برش زمین‌ساختی از گالن همراه شده با دگرسانی سیلیسی، A-4-4: کانسنگ برش گرمایی با سیمان از کلسیت و فلئوریت، A-4-5: بافت گورخری برای باریت در آهک دولومیتی میزبان

Fig. 16. Conceptual model proposed for mineralization stages and their fabric-textures in KamarPosht fluorite mineduring-and-post-diagenesis process. B-1: Early diagenetic textures: B-1-1: Euhedral grain of disseminated fluorite in vugs of micritic limestone which their re-crystallization is caused replacement of calcites in matrix, B-1-2: Euhedral grain of disseminated fluorite in vugs of sparritic limestone which their re-crystallization is caused replacement of sparry calcites in matrix, B-1-3: Zoning texture in disseminated coarse-grained fluorite due to re-crystallization which replaced sparry calcites in matrix of limestone, B-1-4: Geodal growth of fluorite in limestone hostrock during diagenesis. B-2: Textures related to middle stage of diagenesis: B-2-1: Vein-veinlets development of fluorite in matrix of micritic limestone due to increasing fracturing and dissolution of host rock during progress of diagenesis, B-2-2: Growth of primary disseminated fluorite crystals and generation of thin vein-veinlets fluorites in matrix of micritic limestone due to redistribution diagenetic of fluorite with progress of diagenesis, B-2-3: Re-crystallization of zoned fluorite in matrix of micritic limestone, B-2-4: Re-crystallization of primary disseminated fluorites and development of replacement texture replacing sparry calcites of matrix. B-3: Late diagenetic textures: B-3-1: Thick vein-veinlets of fluorite (as a third-generation of fluorite mineralization) which cut tiny veinlets of the second generation of fluorites in matrix of micritic limestone, B-3-2: Development of thick vein-veinlets of fluorite in matrix of micritic limestone containing primary disseminated fluorite, B-3-3: Complete replacement of limestone hostrock and partially replacement of rhombic dolomite crystals in matrix by the third-generation of fluorites. B-4: Post-diagenetic textures: B-4-1: Development of thick vein-veinlets for fluorite-galena associated with dolomitization alteration, B-4-2: Tectonically ore breccia of fluorite associated with dolomitization alteration, B-4-3: Tectonically breccia ore of galena associated with silicification alteration, B-4-4: Hydrothermally breccia ore cemented by calcite and fluorite, B-4-5: Zebra texture for barite in dolomitic limestone host rock

مقایسه معدن کمرپشت با معادن فلوتوریت البرز و رده‌های جهانی کانسارهای فلوتوریت با سنگ میزبان کربناته

معدن فلوتوریت کمرپشت از دیدگاه چینه‌شناسی تطبیقی و ناحیه‌ای همانند دیگر معادن فلوتوریت موجود در سازند الیکا (تریاس میانی) مانند پاچی‌میانا، شش‌رودبار، اراء و عالی‌کلا در بخش‌های بالایی این سازند کربناته و در زیر ناپیوستگی بخش شیلی-ماسه‌سنگی قاعده سازند شمشک واقع شده است (Alirezaee, 1989; Rajabi et al., 2013). بنابراین همجواری واحدهای کربناته میزبان با واحدهای تخریبی سازند شمشک وجه تشابه این معدن با دیگر معادن موجود در سازند الیکا در البرز مرکزی است و این سطح تماس چینه‌شناختی می‌تواند به‌عنوان کلیدی اکتشافی برای یافتن دیگر مناطق تمرکز فلوتوریت در البرز مرکزی مورد توجه قرار گیرد. سنگ میزبان در معدن کمرپشت اغلب آهک میکرایتی، میکرواسپارایتی و تا حدودی دولومیتی و سیلیسی شده است که شبیه به معادن پاچی‌میانا (Gorjizad, 1996) و شش‌رودبار (Shariatmadar, 1999) است. حضور توف‌های آرژیلیتی مستقیماً در بالای واحدهای کربناته کانه‌دار در معدن کمرپشت از جمله موارد مشابه در چینه‌شناسی این معدن با معادن شش‌رودبار است که می‌توان نقشی برای آن در کانی‌سازی در نظر گرفت. کنترل‌کننده‌های ساختاری مانند گسل‌ها و درزه‌ها در دو مقیاس ناحیه‌ای و محلی علاوه بر معدن کمرپشت، در معدن پاچی‌میانا و شش‌رودبار نیز نقشی مهم در متمرکز کردن زون‌های کانی‌سازی در افق‌های کربناته الیکا به‌ویژه جایی که باعث راندگی این افق‌ها بر روی واحدهای شیلی-ماسه‌سنگی سازند شمشک شده داشته‌اند (Tabasi, 1997; Tadaion et al., 2015; Zabihitabar and Shafiei, 2015; Mehraban et al., 2016). حفرات انحلالی و کارستی که محل تمرکز ماده معدنی به‌صورت توده‌ای، عدسی و پرکننده فضاهای خالی بوده است، از رخنمون‌های متداول و مشترک در همه معادن فلوتوریت سازند الیکا است (Alirezaee, 1989; Gorjizad, 1996; Rastadand Shariatmadar, 2001; Mehraban et al., 2016; Zabihitabar and Shafiei,

2015) که در معدن فلوتوریت کمرپشت نیز این چنین بوده است. محدودبودن ساخت و بافت کانی‌سازی دانه پراکنده و ژئودی در مقابل ساخت و بافت رگه-رگه‌چهای و برشی در معدن کمرپشت مشابه با معادن کانسنگ‌های پاچی‌میانا و شش‌رودبار است. ساخت گورخری برای باریت همانند آنچه که در معدن شش‌رودبار گزارش شده است، در معدن کمرپشت نیز دیده شد. جانشینی فلوتوریت به‌جای کلسیت و دولومیت سنگ میزبان به‌صورت شکل‌های واقعی تبلور آن (مکعبی) و یا در قالب این کانی‌ها (ریخت‌های دروغین) از جمله بافت‌های مشترک در همه معادن فلوتوریت در سازند الیکا در البرز مرکزی است که شواهدی است بر دیاژنتیک بودن بخشی از کانی‌سازی در معادن مذکور دلالت دارند (Fontbote and Gorzawski, 1990; Rastadand Shariatmadar, 2001). از نظر کانی‌شناسی، فراوانی باریت و گالن فراوان و نبود اسفالریت در معدن کمرپشت مشابه با وضعیت کانی‌سازی باریت در معادن پاچی‌میانا (Gorjizad, 1996) و شش‌رودبار (Shariatmadar, 1999) است.

از منظر مقایسه جهانی، کانسارهای فلوتوریت با سنگ میزبان کربناته در دنیا در سه رده جهانی (۱) نوع دره می‌سی‌سی‌پی غنی از فلوتور (Hall and Heyl, 1968; Ruiz et al., 1980; Kendrick et al., 2002; Fischer et al., 2013)، (۲) نوع آلپسی (Schneider et al., 1977) و (۳) نوع مانتو (Kesler, 1977) رده‌بندی شده‌اند. علی‌رغم شباهت نسبی در سنگ میزبان معدن کمرپشت با رده‌های یادشده، وجود لایه‌های شیلی در بالای سنگ میزبان، تمرکز بخش عمده کانی‌سازی به‌صورت چینه‌کران و ناهم‌شیب با سنگ‌های میزبان کربناته در زون‌های گسله، شکستگی‌ها و حفرات کارستی و انحلالی و هم‌یافت کانی‌شناسی و ساخت و بافت کانی‌سازی از نوع همزاد با دیاژنز تا بعد از دیاژنز، بیشترین شباهت را به کانسارهای نوع آلپی در اروپا و نوع دره می‌سی‌سی‌پی غنی از فلوتوریت مانند ناحیه Cave-in-Rock در ایلینویز-کنتاکی ایالات متحده آمریکا و South Penine در انگلستان دارد.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر که برای نخستین بار به معرفی زمین‌شناسی معدن فلئوریت کمرپشت به‌عنوان یکی دیگر از چندین معدن فعال فلئوریت در سازند الیکا (تریاس میانی) پرداخته است، ویژگی‌های پایه‌ای زمین‌شناسی اقتصادی از کانی‌سازی در این معدن را آشکار کرده است که به‌طور خلاصه به شرح زیر معرفی می‌شوند:

الف- تمرکز ماده معدنی با قابلیت معدن‌کاری اقتصادی در معدن کمرپشت اغلب در مناطق گسله و حفرات انحلالی و کارستی و در تماس نزدیک با واحدهای شیل زغال‌دار قاعده سازند شمشک واقع شده‌اند که این مناطق ناهم‌شیب با سنگ‌های کربناته میزبان توسعه یافته‌اند.

ب- در مناطق کانی‌سازی، فلئوریت به رنگ‌های بنفش کم‌رنگ تا پررنگ، سفید دانه شکری، بی‌رنگ و شفاف و به شکل توده‌های منقطع، اما مترآکم و حجیم حفرات موجود در سنگ‌هایی که دولومیتی و برشی شده‌اند، متمرکز شده است.

پ- باریت در معدن کمرپشت به مقدار فراوان و به‌صورت تجمعات توده‌ای و حجیم (حفرات داخل سنگ میزبان) تا رگه‌ای (ناهم‌شیب نسبت به سنگ میزبان) به رنگ سفید تا کرم با ساخت شعاعی، برشی و کمتر گورخری با بدون همراهی گالن در سنگ آهک و آهک دولومیتی میزبان رخ داده است.

ت- گالن نیز به‌صورت رگه- رگه‌چه‌ای و اغلب دانه درشت تا متوسط و شکل دار با / یا بدون همراهی فلئوریت در سنگ آهک دولومیتی و رگه‌های سیلیسی شده و همچنین در حاشیه یا داخل باریت‌های توده‌ای و رگه‌ای به‌وجود آمده است.

ث- ساخت‌ها و بافت‌های دیده شده در نمونه دستی و بررسی‌های میکروسکوپی، پیدایش و تکامل کانی‌سازی این معدن

را در دو مرحله همزاد با دیاژنز و بعد از دیاژنز معرفی می‌کند.
ج- مرحله کانی‌سازی همزاد با دیاژنز در کانسنگ‌های دارای بافت‌های دانه پراکنده، استیلولایتی، ژئودی و ریز رگه‌چه‌ای آشکار شده است؛ در حالی که ساخت‌های شکافه پرکن مانند رگه‌ای و برشی با بافت‌های جانیشینی، شبکه‌ای و گورخری که عمده ساخت و بافت‌های کانی‌سازی را در معدن کمرپشت شکل داده‌اند، بعد از دیاژنز یا ناهمزاد با سنگ میزبان (اپی‌ژنتیک) به‌وجود آمده‌اند.

چ- کانسنگ‌های با قابلیت کانه‌آرایی بهینه دارای ساخت و بافت‌های رگه- رگه‌چه‌ای و برشی هستند که خاص مراحل بعد از دیاژنز سنگ‌های کربناته میزبان هستند. همراهی این ساخت و بافت‌ها با مناطق نسبتاً دولومیتی و تا حدودی سیلیسی آنها را در زمره کانی‌سازی گرمابی دیاژنتیک قرار می‌دهد. تمرکز معدن‌کاری فلئوریت در مناطق گسله و حفرات انحلالی- کارستی نزدیک به واحدهای شیلی سیاه رنگ زغال‌دار و همراهی آنها با دولومیتی شدن و سیلیسی شدن گرمابی نشان‌دهنده نقش اصلی فرآیندهای بعد از دیاژنز در شکل‌گیری مناطق اصلی و اقتصادی معدن‌کاری این کانسار است.

ح- تغییر و تحول ساخت و بافت‌های دیاژنتیک به اپی‌ژنتیک که توسعه و افزایش شدت کانی‌سازی فلئوریت- باریت- گالن را به همراه داشته است به بازپویایی کانه‌های دیاژنتیک ناشی از عملکرد محلول‌های گرمابی کوه‌زادی در افزایش انحلال‌پذیری و دولومیتی و سیلیسی کردن سنگ میزبان نسبت داده شده است.
خ- بر پایه وجود ساخت و بافت‌های کانی‌سازی همزاد با دیاژنز و اغلب ناهمزاد و ناهم‌شیب با سنگ‌های کربناته میزبان، الگوی تشکیل معدن کمرپشت را می‌توان چند منشأی یا پلی‌ژنتیک معرفی کرد.

References

- Alirezaee, S., 1989. Contribution to stratigraphy and mode of generation of F-Pb-Ba deposits in Triassic of eastern Alborz. M.Sc. Thesis, Tehran University, Tehran, Iran, 87 pp. (in Persian with English abstract).
- Berberian, M. and King, G.C.P., 1981. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. Canadian Journal of Earth Sciences, 18(2): 210-265
- Brunet, M.F., Wilmsen, M. and Granath, J.W., 2009. South Caspian to Central Iran basin.

- Geological Society, Special Publications, 312, London, 352 pp.
- Craige, J.R. and Vaughan, D.J., 1981. Ore microscopy and ore petrography. John Wiley & Sons Incorporated, USA, 851 pp.
- Fisher, J., Lillie, R. and Rakovan, J., 2013. Fluorite in Mississippi Valley-Type Deposits. *Rocks & Minerals*, 88(1): 20-47.
- Fontbote, L., 1981. Stratabound Pb-Zn-F-Ba deposits in carbonate rocks: New aspects of Paleogeographic location. Facies factors and diagenetic evolution (with a comparison of occurrence from the Triassic of southern Spain, The Triassic Liassic of central Peru and other localities). Ph.D. Thesis, Heidelberg University, Heidelberg, Germany, 193 pp.
- Fontbote, L. and Gorzawski, H., 1990. Genesis of the Mississippi Valley-Type Zn-Pb Deposit of San Vicente, Central Peru: Geologic and Isotopic (Sr, O, C, S, Pb) Evidence. *Economic Geology*, 85(7): 1402-1437
- Force, E.R., Eidel, J.J. and Maynard, J.B., 1991. Sedimentary and diagenetic mineral deposits: A basin analysis approach to exploration. Society of Economic Geologist Publication, *Reviews in Economic Geology* 5, USA, 217 pp.
- Gaetani, M., Angiolini, L., Ueno, K., Nicora, A., Stephenson, M.H., sciunnach, D., Rettori, R., Price, G.D. and Sabouri, J., 2009. Pennsylvanian–Early Triassic stratigraphy in the Alborz Mountains (Iran). In: M.F Brunet, M. Wilmsen, and J.W. Granath, (Editors), South Caspian to Central Iran basin. Geological Society, Special Publications 312, London, pp.79–128.
- Gorjizad, H., 1996. Study on geology, mineralogy, facies analysis and genesis of Pachi Miana fluorite deposit. M.Sc. Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, 156 pp. (in Persian with English abstract)
- Guilbert, J.M. and Park, Ch.F., 1997. The geology of ore deposits. Freeman and Company, New York, 985 pp.
- Haeri-Ardakani, O., Al-Asem, I., Coniglio, M. and Samson, I., 2013. Diagenetic evolution and associated mineralization in Middle Devonian carbonates, southwestern Ontario, Canada. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 61(1): 41–58.
- Hall, W.E. and Heyl, A.V., 1968. Distribution of minor elements in ore and host rock, Illinois-Kentucky fluorite district and Upper Mississippi-Valley Zinc-lead district. *Economic Geology*, 63(4): 655-670.
- Jazi, M.A. and Shahabpour, J., 2010. Study on mineralogical, fabric, textural and geochemical characteristics of Nakhlak Pb mine, Esfahan, Iran. *Journal of Economic Geology*, 2(2): 131-151. (in Persian with English abstract)
- Kendrick, M.A., Burgess, R.A., Patrick, D. and Turner, G., 2002. Hydrothermal fluid origins in a fluorite-rich Mississippi Valley–type district: Combined noble gas (He, Ar, Kr) and halogen (Cl, Br, I): Analysis of fluid inclusions from the South Pennine ore field, United Kingdom. *Economic Geology*, 97(3): 435-451.
- Kesler, S.E., 1977. Geochemistry of Manto Fluorite Deposits, Northern Coahuila, Mexico. *Economic Geology*, 72(2): 204-218.
- Lasemi, Y., Jahani, D. and Kohansal Ghadimvand, N., 2000. Study on Elika formation in west of central Alborz (Ghoznavi area): facies, sedimentary environment and sequence stratigraphy. 4th Congress of Geological Society of Iran, University of Tehran, Tehran, Iran. (in Persian with English abstract)
- Lasemi, Y., Lotfpour, M. and Tahmasebi, A., 1997. Microfacies, sedimentary environment reconstruction and stratigraphy sequence of Elika formation in East of central Alborz (Shahmirzad area). 1th Congress of Geological Society of Iran, University of Tehran, Tehran, Iran. (in Persian with English abstract)
- Leach, D., Sangster, D., Kelley, K., Large, R., Garven, G., Allen, C., Gutzmer, J. and Walters, S., 2005. Sediment-hosted lead-zinc deposits: a global perspective. In: J. Hedenquist, J. Thompson, R. Goldfarb, and J. Richards, (Editors), 100th Anniversary Volume of Economic Geology, Society of Economic Geologist Publication, USA, pp. 561-607.
- Mehraban, Z., 2013. REEs geochemistry in fluorite deposits of Elika Formation (East of Mazandaran Province). M.Sc Thesis, Golestan University, Gorgan, Iran, 93 pp. (in Persian with English abstract)
- Mehraban, Z., Shafiei, B. and Shamanian, G.H., 2016. Rare Earths in fluorite deposits of Elika Formation (East of Mazandaran Province).

- Journal of Economic Geology, 8 (1): 201-221. (in Persian with English abstract)
- Nordstrom, D.K. and Jenne, E.A., 1977. Fluorite solubility equilibria in selected geothermal waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 41 (1): 175-188.
- Rajabi, A., Rastad, E. and Canet, C., 2013. Metallogeny of Permian-Triassic carbonate-hosted Zn-Pb and F deposits of Iran: A review for future mineral exploration. *Australian Journal of Earth Sciences*, 60(2): 197-216.
- Rastad, E. and Shariatmadar, A., 2001. Sheshroodbar fluorite deposits, sedimentary and diagenetic fabrics and its depositional environment (Savad Kuh, Mazandaran province). *Journal of Geosciences*, 10(41-42): 20-38. (in Persian with English abstract)
- Robb, L.J., 2005. Introduction to ore-forming processes. Blackwell Science, USA, 373 pp.
- Ruiz, J., Kesler, S.E., Jones, L.M. and Sutter, J.F., 1980. Geology and geochemistry of the Las Cuevas fluorite deposit, San Luis Potosi, Mexico. *Economic Geology*, 75(8): 1200-1209.
- Sangster, D.F., 1996. Carbonate-hosted lead-zinc deposits. Society of Economic Geology, Special Publication No.4, 664 pp.
- Schneider, H.J., Moller, P., Parekh, P.P. and Zimmer, E., 1977. Fluorine contents in carbonate sequences and rare earths distribution in fluorites of Pb-Zn deposits in East-Alpine Mid-Triassic. *Mineralium Deposita*, 12(1): 22-36.
- Sefidian, S., 2014. Geology and mineralogy of Era fluorite mine, southeast of Kiasar, Mazandaran province. M.Sc. Thesis, Golestan University, Gorgan, Iran, 72 pp. (in Persian with English abstract)
- Shariatmadar, A., 1999. Geology and genesis of Sheshroodbar fluorite deposit. M.Sc. Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, 230 pp. (in Persian with English abstract)
- Tabasi, H., 1997. Structural analysis of Sheshroodbar fluorite mine. M.Sc. Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, 130 pp. (in Persian with English abstract)
- Tadaion, M., Mohajel, M. and Rashidnejad Omran, N., 2014. Structural and mineralization analysis of Fluorite in eastern Alborz. Proceeding of 32th National and 1th International Geosciences Congress, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran. (in Persian with English abstract)
- Vahabzadeh, G., Khakzad, A., Rasa, I. and Mosavi, M.R., 2008. Oxygen and carbon isotopes and REE study in the Emaft fluorite mine, Savad Kuh region (Mazandaran province). *Research Journal of Isfahan University*, 29(3): 189-200. (in Persian with English abstract)
- Vahabzadeh, G., Khakzad, A., Rasa, I. and Mosavi, M.R., 2009. Study on S isotopes in galena and barite of Savad Kuh fluorite deposits. *Journal of Sciences, Islamic Azad University*, 69(18): 99-108. (in Persian with English abstract)
- Vahabzadeh, G., Khakzad, A., Rasa, I. and Mosavi, M.R., 2014. Fluorite REEs geochemistry in fluorite deposits of central Alborz. *New Finds of Applied Geology*, 16(1): 58-70. (in Persian with English abstract)
- Vahdati Daneshmand, F., 1985. New data about the upper boundary of Elika formation and introducing the Paland deposits. Geological Survey of Iran, Tehran, Internal Report, 17 pp.
- Vahdati Daneshmand, F. and Saeidi, A., 1991. Geological map of Sari scale 1:250000. Geological Survey of Iran.
- Wilmsen, M., Fursich, F.T., Seyed-Emami, K., Majidifard, M.R. and Taheri, J., 2009. The Cimmerian orogeny in northern Iran: tectono-stratigraphic evidence from the foreland. *Terra Nova*, 21(3): 211-218.
- Zabihitabar, Sh., 2013. Stable isotope study in fluorite mines of SavadKuh region, Mazandaran province. M.Sc Thesis, Golestan University, Gorgan, Iran, 117 pp, (in Persian with English abstract)
- Zabihitabar, Sh. and Shafiei, B., 2015. Mineralogy and mode occurrence of sulfides, sulfates and carbonates at fluorite mines in East of Mazandaran province. *Iranian Journal of Geology*, 33(1): 62-78. (in Persian with English abstract)



Diagenetic and post-diagenetic fabrics in the Kamarposht fluorite mine (east of Mazandaran province): Explainaton and genetic interpretation

Faezeh Nabiloo, Behnam Shafiei Bafti* and Arash Amini

Department of Geology, Faculty of Sciences, Golestan University, Gorgan, Iran

Submitted: July 26, 2014

Accepted: May 25, 2016

Keywords: *The Kamarposht mine, Fluorite, Elika Formation, Mazandaran*

Introduction

Upper part of Elika Formation (middle Triassic) in the central Alborz as one of the most important fluorite districts in Iran is the host of some carbonate rock-hosted fluorite deposits such as Kamarposht, Pachi-Miana, Shashroodbar, Era (Alirezaee, 1989; Gorjizad, 1996; Rastad and Shariatmadar, 2001; Rajabi et al., 2013; Vahabzadeh et al., 2013; Zabihitabar and Shafiei, 2015). One of the main active fluorite mines in the central Alborz is Kamarposht which is located at the southeast of DoAb in the Mazandaran province. The Kamarposht mine has 75000 tons of ores and mining there has begun in 2005. The effects and evidences of underground mining in the northern and southern parts of this mine indicate high-grade and coarse-grained ore zones which have fluorite, galena and barite. Until now, basic economic geology studies in the Kamarposht mine including mineralogy, fabric and texture of mineralization for introducing a new fluorite mine in Iran have not been carried out. The present study is based on field observations and macroscopic as well as microscopic studies aimed at identification of morphology and mode of occurrence of the ore body, mineralogy and fabric of mineralization and discussion of as well as presentation of a new genetic model for the Kamarposht mine.

Materials and methods

For the present research study, field geology and sampling were carried out to collect 100 samples from various fluorite ore-types and carbonate host

rocks. The samples prepared for thin section (n=55) and polished-thin sections (n=22).

Results

Field observations indicate that economic mineable ore zones of the Kamarposht mine are mainly hosted by dolomitic limestone and silicified carbonate horizons of the Elika Formation. The ore zones have fluorite, barite and galena which are mainly located in fractured and faulted zones as well as karstic cavities in the host horizons. Coarse grain and euhedral fluorites with various colors, significant presence of barite as massive and vein, abundant galena and near contact between mineralization zones in carbonate host rocks (Elika Fm.) and pyrite-bearing coalified shales (base of Shemshak Fm.?) as faulted and/or interbedded are all distinctive geological features for the Kamarposht mine. Fluorite mainly occurs as interrupted, dense and voluminous massive bodies with/without galena which have occupied cavities and open spaces between brecciated fragments of dolomitic limestone relative to the form of disseminate grains, veinlets and geode. Massive and voluminous accumulations of barite in dissolution and karstic cavities and also as discordant veins relative to the bedding of the host rock which have been generated radial, breccias and zebra structures in barite ores. Galena occurs as veinlets and breccias with medium to coarse grain size with/without fluorite in dolomitic and silicified host rocks and also as vein-veinlets into and/or rime of massive barites.

Discussion

Based on field evidences and mode occurrence of ore minerals and ore textures, mineralization in the Kamaposht mine has occurred as syn-diagenetic (primary) and post-diagenetic/epigenetic (main) fabrics. Ores with disseminate particles of ore minerals, strolite, geode and tiny veinlets fabrics have been interpreted as primary textures that co-exist with diagenesis of host rocks. These fabrics have been formed under diagenetic processes such as nucleation, re-crystallization and dissolution of host rocks by diagenetic phreatic reactions that have caused increasing temperature-pressure due to increasing depth of burial diagenesis (Force et al., 1991; Fontbote and Gorzawski 1990; Rastad and Shariatmadar, 2001; Haeri-Ardakani et al., 2013). The main textures of mineralization in the Kamarposht mine namely open-space filling fabrics including veins and breccias fabrics with replacement, network and zebra textures which are associated with dolomitized and silicified host rock have been caused by late and/or post-diagenetic processes (Fontbote and Gorzawski 1990; Sangster, 1996; Leach et al., 2005). Change and conversion of diagenetic mineralization fabrics to epigenetic ones which is associated with developing and increasing the intensity of fluorite-barite-galena mineralization, is attributed to the function of hydrothermal solutions/basinal brines generated due to the main Cimerian orogeny (Rajabi et al., 2013). The increasing dissolution of host rock along with its dolomitization and silicification were probably the main processes responsible for epigenetic mineralization in the Kamarposht mine. Finally, the present study shows that the Kamarposht mine is a fluorite-rich MVT deposit with poly-genetic origin.

References

- Alirezaee, S., 1989. Contribution to stratigraphy and mode of generation of F-Pb-Ba deposits in Triassic of eastern Alborz. M.Sc. Thesis, Tehran University, Tehran, Iran, 87 pp. (in Persian with English abstract).
- Fontbote, L. and Gorzawski, H., 1990. Genesis of the Mississippi Valley-Type Zn-Pb Deposit of San Vicente, Central Peru: Geologic and Isotopic (Sr, O, C, S, Pb) Evidence. *Economic Geology*, 85(7): 1402-1437
- Force, E.R., Eidel, J.J. and Maynard, J.B., 1991. Sedimentary and diagenetic mineral deposits: A basin analysis approach to exploration. Society of Economic Geologist Publication, Reviews in Economic Geology 5, USA, 217 pp.
- Gorjizad, H., 1996. Study on geology, mineralogy, facies analysis and genesis of Pachi Miana fluorite deposit. M.Sc. Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, 156 pp. (in Persian with English abstract)
- Haeri-Ardakani, O., Al-Asem, I., Coniglio, M. and Samson, I., 2013. Diagenetic evolution and associated mineralization in Middle Devonian carbonates, southwestern Ontario, Canada. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 61(1): 41-58.
- Leach, D., Sangster, D., Kelley, K., Large, R., Garven, G., Allen, C., Gutzmer, J. and Walters, S., 2005. Sediment-hosted lead-zinc deposits: a global perspective. In: J. Hedenquist, J. Thompson, R. Goldfarb, and J. Richards, (Editors), 100th Anniversary Volume of Economic Geology, Society of Economic Geologist Publication, USA, pp. 561-607.
- Rajabi, A., Rastad, E. and Canet, C., 2013. Metallogeny of Permian-Triassic carbonate-hosted Zn-Pb and F deposits of Iran: A review for future mineral exploration. *Australian Journal of Earth Sciences*, 60(2): 197-216.
- Rastad, E. and Shariatmadar, A., 2001. Sheshroodbar fluorite deposits, sedimentary and diagenetic fabrics and its depositional environment (Savad Kuh, Mazandaran province). *Journal of Geosciences*, 10(41-42): 41-42.
- Sangster, D.F., 1996. Carbonate-hosted lead-zinc deposits. Society of Economic Geology, Special Publication No.4, 664 pp.
- Vahabzadeh, G., Khakzad, A., Rasa, I. and Mosavi, M.R., 2014. Fluorite REEs geochemistry in fluorite deposits of central Alborz. *New Finds of Applied Geology*, 16(1): 58-70. (in Persian with English abstract)
- Zabihitabar, Sh. and Shafiei, B., 2015. Mineralogy and mode occurrence of sulfides, sulfates and carbonates at fluorite mines in East of Mazandaran province. *Iranian Journal of Geology*, 33(1): 62-78. (in Persian with English abstract)