

# کانه‌زایی سولفید توده‌ای آتشفشان‌زاد روی-سرب-مس نوع Bathurst در منطقه چاه‌گز، جنوب شهر بابک، پهنه‌سنندج-سیرجان جنوبی

فردین موسیوند<sup>۱</sup>، ابراهیم راستاد<sup>۱</sup>، محمد هاشم امامی<sup>۲</sup>، جان پیتر<sup>۳</sup> و میسائیل سولومون<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> گروه زمین‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

<sup>۲</sup> پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

<sup>۳</sup> سازمان زمین‌شناسی کانادا

<sup>۴</sup> مرکز ممتاز در تحقیقات نهشته‌های معدنی (CODES)، دانشگاه تاسمانیا، استرالیا

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۰۷/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۰۲/۱۴

## چکیده

کانه‌زایی روی-سرب-مس در منطقه چاه‌گز در ۶۰ کیلومتری جنوب شهر بابک، در پهنه سنندج-سیرجان جنوبی و در درون توالی آتشفشانی-رسوبی بایمودال و دگرگون شده ژوراسیک میانی رخ داده است. کانه‌زایی با شکل هندسی اغلب چینه‌سان و لایه‌ای و صفحه‌ای شکل و در چندین افق چینه‌ای خاص به همراه رسوبات برون‌دیمی (exhalites) در واحدهای ۲، ۱ و ۳ رخ داده است که در واحدهای ۱ و ۲ به صورت رخداد‌های معدنی متعدد و در واحد ۳ به صورت کانسار چاه‌گز و تعدادی رخداد معدنی است. سنگ‌های میزبان کانه‌زایی به ترتیب اهمیت، متاتوف ریولیتی، متاپلیت توفی و متاریولیت هستند. بافت ماده معدنی به صورت توده‌ای، نیمه توده‌ای، نواری، لامینه، دانه پراکنده و رگه - رگچه‌ای است. پاراژنز کانسنگ شامل کانی‌های اولیه پیریت، اسفالریت، گالن، کالکوپیریت، تتراهدريت، آرسنوپیریت، بورنیت و پیرویت و کانی‌های ثانویه از جمله کوولیت، کالکوسیت، مالاکیت، سروسیت و اسمیت سونیت بوده و کانی‌های باطله بیشتر سریسیت، کوارتز، کلریت، کلسیت و باریت است. دگرسانی‌های سنگ دیواره به طور عمده شامل دگرسانی سریسیتی و کلریتی و به مقدار کمتر دگرسانی‌های کربناتی و سیلیسی است. سنگ‌های میزبان دگرسان شده در اثر دگرگونی و دگرشکلی دچار برگوارگی شده و به همراه ماده معدنی دچار چین خوردگی و گسلسش شده و بافت‌ها و فابریک‌های کاتاکلاستیک، پیوسته‌سگانه، سایه فشاری و کنگره‌ای (کریولیشن) و بودیناز در آنها گسترش یافته است. بر اساس مطالعات زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و دگرسانی، کانه‌زایی روی-سرب-مس در منطقه چاه‌گز در اثر فعالیت‌های آتشفشانی زیردریایی در یک حوضه کافتی کم‌انرژی، به صورت سولفید توده‌ای آتشفشان‌زاد (VMS) نهشته شده و سپس به همراه سنگ‌های درونگیر توسط فازهای کوه‌زایی کیمبرین جوان و لارامید و رویدادهای جوان‌تر دچار دگرشکلی و دگرگونی ناحیه‌ای در حد رخساره شست سبز شده است. این کانه‌زایی بر اساس مقایسه آن با نهشته‌های مشابه جهانی، بیشترین شابهت را به تیپ سیلیسی آواری فلسیک مثل کانسارهای منطقه معدنی باتورست (Bathurst) کانادا و کمربند پیریتی ایبریا اسپانیا و پرتغال دارد که برای اولین بار در ایران معرفی می‌شود.

**کلیدواژه‌ها:** چاه‌گز، سولفید توده‌ای، VMS، باتورست، سنندج-سیرجان جنوبی

\*نویسنده مسئول: ابراهیم راستاد

E-mail: rastad@modares.ac.ir

## ۱- مقدمه

کانه‌زایی روی-سرب-مس در منطقه چاه‌گز در ۶۰ کیلومتری جنوب شهر بابک و در پهنه سنندج-سیرجان جنوبی (شکل‌های ۱ و ۲) در یک توالی آتشفشانی-رسوبی دگرگون شده رخ داده است. نخستین نوشته علمی در مورد کانسار چاه‌گز توسط Burnol (1968) منتشر شده است. سپس Watters et al. (1970) نمونه‌هایی از ماده معدنی چاه‌گز را مطالعه کرده و پاراژنز کلی آن را در گزارش سنگ‌شناسی و زمین‌شناسی نقشه چهارگوش نیریز ارائه داده است. البته Milosakovic et al. (1971) نیز به صورت مقدماتی معدن چاه‌گز را ارزیابی کرده و از نظر زمین‌شناسی بررسی نموده است.

در گذشته این توالی به پرمین بالایی (سبزه‌یی و همکاران، ۱۳۷۲ الف و ج) یا دونین بالایی (سبزه‌یی و همکاران، ۱۳۷۲ ب) نسبت داده می‌شد، اما به تازگی Mousivand et al. (2011) بر اساس مطالعات سن‌سنجی به روش اورانیم-سرب بر روی کانی زیرکن در سنگ‌های فلسیک توالی میزبان، سن آن را ژوراسیک میانی (174Ma) تعیین نموده‌اند. این کانه‌زایی، کانسار چاه‌گز و دست کم ۱۴ اثر معدنی را شامل می‌شود. کانسار چاه‌گز از کانسارهای بزرگ منطقه بوده و گسترش سربراه‌های ذوب قدیمی و کارگاه‌های قدیمی، نشانه قدمت زیاد معدن‌کاری در آن است.

مطالعات انجام شده پیشین بر روی این کانه‌زایی، بیشتر جنبه اکتشافی داشته (سبزه‌یی و افروز، ۱۳۶۸؛ شرکت کاوشگران، ۱۳۶۹؛ شرکت تهران پادیر، ۱۳۷۰؛ شرکت مینوک، ۱۳۷۲؛ سبزه‌یی و همکاران، ۱۳۷۲ ج)، با این حال سبزه‌یی و

همکاران (۱۳۷۲ ج) مطالعات زمین‌شناسی مناسبی را بر روی کانسار انجام داده‌اند. عامل رخداد این کانه‌زایی را سبزه‌یی و افروز (۱۳۶۸)، شرکت کاوشگران (۱۳۶۹) و سبزه‌یی و همکاران (۱۳۷۲ ج)، سیال‌های منشأ گرفته از توده‌های نفوذی جوان (با سن سنوزویک) دانسته که موجب کانه‌زایی در طول گسل‌های اصلی در درون سنگ‌های دگرگونی پالتوزویک بالایی شده است.

هدف از این پژوهش، بحث در مورد چگونگی الگوی تشکیل این کانه‌زایی و مشخص کردن تیپ آن بر اساس مطالعات زمین‌شناسی و ساختاری، چینه‌شناسی، سنگ‌نگاری، مطالعات بافت و ساختار، کانی‌شناسی، دگرسانی و ژئوشیمی است.

## ۲- زمین‌شناسی منطقه

بر اساس مطالعات انجام شده، منطقه چاه‌گز از یک تاقدیس اصلی و بزرگ تشکیل شده که دارای روند محوری NE-SW و شیب سطح محوری نسبتاً قائم و گاه به سمت شمال‌باختر است (شکل‌های ۳ و ۴). این روند محوری در محدوده منتهی‌الیه شمال‌خاور منطقه، مقداری انحراف و چرخش به سمت شمال دارد. گسل‌ها و شکستگی‌های منطقه و درزه‌های سنگ‌ها بیشتر روند NE-SW و NNW-SSE دارند. گسل‌های منطقه بیشتر از نوع امتدادلغز یا وارون هستند. دو نسل چین‌خوردگی با روند سطح محوری NE-SW و سه نوع برگوارگی نیز در سنگ‌های منطقه با همان روند (N60-70E) دیده می‌شود (سراچه اورنگ، ۱۳۸۹).

پهنه سنندج-سیرجان جنوبی در منطقه نیریز تا شهر بابک بیشتر از مجموعه‌های

جهت NW-SE در واحدهای سنگی منطقه نفوذ کرده (شکل ۵) و برگراری سنگ‌ها را قطع کرده‌اند. این سنگ‌ها دارای بافت‌های اینترگرانولار و ساب‌افیتیکی بوده و کانی‌های پلاژیوکلاز، فلدسپار قلیایی، هورنبلند سبز، کلریت، کلسیت، اپیدوت، کوارتز و اسفن دارند.

### ۳- کانه‌زایی

کانه‌زایی به صورت چینه کران (stratabound) و چینه سان (stratiform) دست کم در سه افق معدنی کانه‌دار به ترتیب در واحدهای ۱، ۲ و ۳ توالی میزبان رخ داده است، که در واحدهای ۱ و ۲ به صورت رخدادهای معدنی متعدد و در واحد ۳ به صورت کانسار روی-سرب-مس چاه‌گز و تعدادی رخدادهای معدنی دیده می‌شود (شکل‌های ۵ و ۶). گفتنی است که کانسار چاه‌گز و بیشتر رخدادهای معدنی در یال جنوب‌خاوری تاقدیس منطقه و تعداد اندکی از رخدادهای شمال‌باختری این تاقدیس قرار دارند (شکل ۵). افق‌های معدنی کانه‌دار به ترتیب از پایین به بالا عبارتند از:

**۳-۱. افق اول:** این افق معدنی، تنها رخدادهای معدنی ۱ را شامل می‌شود (شکل ۶) که دارای کارگاه نه‌چندان قدیمی معدنکاری بوده و به صورت چینه‌سان در درون یک واحد توف ریولیتی در واحد اول توالی میزبان رخ داده است. ماده معدنی، دارای اکسیدهای سرب، روی و مس و آهن می‌باشد که حالت توده‌ای، نواری یا دانه پراکنده دارند. کمرپایین و کمربالای افق معدنی را متاپلیت‌ها تشکیل می‌دهند. متاپلیت‌های کمرپایین دارای پیریت اکسیده دانه پراکنده بوده و در زیر آنها نیز متاریولیت‌های پیریت‌دار دیده می‌شوند.

**۳-۲. افق دوم:** این افق معدنی رخدادهای معدنی متعددی (۲ تا ۹) را شامل می‌شود (شکل ۶) که همه آنها دارای کارگاه قدیمی هستند و در در واحد دوم توالی میزبان، رخ داده‌اند. ویژگی‌های این کانه‌زایی‌ها نیز مشابه رخدادهای معدنی ۱ است. سنگ درونگیر آنها نیز عدسی‌ها یا لایه‌های متاریولیتی یا متاتوف ریولیتی است. رخدادهای معدنی ۹ با طول حدود ۱۰۰ متر و ستبرای ۳-۴ متر، بزرگ‌ترین رخدادهای معدنی است که دارای کارگاه‌های قدیمی متعدد است. در کمرپایین این رخدادهای معدنی ریولیت‌ها با کربنات‌ها در هم آمیخته‌اند. سنگ‌های کمرپایین به شدت دچار دگرسانی کربناتی-سیلیسی شده و در آنها رگه‌های کوارتزی کربنات و سولفیددار دیده می‌شود. البته این پهنه به شدت اکسیده شده است.

**۳-۳. افق سوم:** این افق معدنی، افق اصلی بوده و کانسارهای چاه‌گز و رخدادهای معدنی ۱۰، ۱۱، ۱۲ و چاه‌انجیر و کوه الماس را شامل می‌شود و در بخش‌های میانی واحد ۳ توالی میزبان رخ داده است (شکل ۶). در کانسار چاه‌گز یک افق معدنی با روند عمومی ENE-WSW و با طول بیش از یک کیلومتر و ستبرای متغیر ۳۰-۱۰ وجود دارد که به صورت همخوان و همروند با سنگ‌های توالی میزبان قرار دارد. شیب عمومی افق معدنی به صورت تقریباً قائم، اما متغیر به سمت شمال‌باختر و جنوب‌خاور است. در برخی نقاط بویژه در دو انتهای این افق معدنی، آغشتگی شدید به اکسیدهای آهن به همراه قطعات کوارتزی به صورت کلاهدک آهنی مشاهده می‌شود. در مناطق چاه‌انجیر و کوه الماس (به ترتیب واقع در ۵ کیلومتری شمال‌باختر و ۱۰ کیلومتری جنوب‌باختر معدن چاه‌گز) نیز کانه‌زایی به صورت چینه‌سان در واحد ۳ توالی میزبان رخ داده است (شکل ۴) که با دگرسانی شدید سریستی همراه است. در چاه‌انجیر نیز کارگاه‌های قدیمی دیده می‌شود که به همراه رخدادهای معدنی ۹ از نظر ابعاد، پس از کانسار چاه‌گز اهمیت اقتصادی دارند.

در توالی چاه‌گز در حدود ۳۰۰ متر پایین‌تر از افق معدنی اصلی چاه‌گز، یک واحد چرتی آهن‌دار با ساختار نواری با ستبرای ۳ متر و طول تا بیش از ۴۰ متر دیده می‌شود که تقریباً در امتداد رخدادهای معدنی ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ واقع در افق دوم کانه‌دار و در حدود ۵۰۰ متری شمال‌خاور آنها قرار دارد. کمربالا و کمرپایین این واحد چرتی آهن‌دار، متشکل از متاپلیت خاکستری تا سیاه بوده و از سمت جنوب‌باختر به طور

دگرگونی پالئوزویک تشکیل شده است، با این حال، در منطقه چاه‌گز توالی‌های مزوزویک گسترش زیادی دارند. مجموعه‌های پالئوزویک مورد نفوذ توده‌های مافیک و فلسیک قرار گرفته‌اند (شکل ۴) که مهم‌ترین آنها توده‌های گابرو-پیروکسنیتی چاه قند و رباط (سبزه‌یی و همکاران، ۱۳۷۲ الف، اتردی، ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵) به سن احتمالی تریاس پسین-ژوراسیک پیشین و توده‌های آنورتوزیتی و گرانیتی چاه دزدان به سن ژوراسیک میانی (Fazlnia et al., 2007; Sheikholeslami et al., 2008) و توده‌های ترونجمیتی به سن ژوراسیک پسین (Fazlnia et al., 2009) هستند.

بر اساس مطالعات انجام شده در این تحقیق، توالی آتشفشانی-رسوبی ژوراسیک میانی که در منطقه چاه‌گز میزبان کانه‌زایی است، ماهیت بایمودال داشته و می‌توان آن را از پایین به بالا به چهار واحد عمده تقسیم کرد (شکل‌های ۵ و ۶):

واحد ۱: شامل متاتوف ریولیتی و بازالتی، متاریولیت، متابازالت و متاپلیت واحد ۲: عمدتاً شامل متاپلیت و گاه دارای عدسی‌های متاریولیتی و متاداسیتی و متاتوف ریولیتی و آهکی

واحد ۳: عمدتاً شامل متاریولیت، متاریوداسیت، متاداسیت و متاتوف ریولیتی با میان لایه‌ها و عدسی‌های متاپلیتی و کمی متابازالت

واحد ۴: شامل سنگ‌های آهکی نازک لایه تبلور دوباره یافته، کالک شیسیت، متاپلیت، متابازالت و متاتوف بازالتی و ریولیتی

بر اساس مطالعات (Mousivand et al., 2011) این توالی در یک محیط کافتی درون کماتی نهشته شده است، در حالی که در گذشته سبزه‌یی و همکاران (۱۳۷۲ ج) یک محیط کافت درون قاره‌ای و اولاکوژن‌رابر برای منطقه پیشنهاد کرده بودند. متاریولیت‌ها و متابازالت‌ها دارای برگراری خفیف بوده و بیشتر دچار شکستگی‌های مزدوج (همیوگ) (conjugate) شده‌اند. متاریولیت‌ها دارای بافت پورفیری و حاوی فنوکریست‌های پلاژیوکلاز و کوارتز تا اندازه ۱ سانتی‌متر در زمینه‌ای از کوارتز، آلپیت، سریسیت، کلریت، اپیدوت، بیوتیت، کلسیت، میکروکلین، زیرکن و کانی‌های کدر هستند. میزان فلدسپارهای فنوکریست در حدود ۵ درصد است. گاه میزان بالای کلریت در این سنگ‌ها موجب سبز شدن رنگ آنها شده است. متاداسیت‌ها نیز دارای برگراری روشن و بافت پورفیری بوده و حاوی فنوکریست‌های پلاژیوکلاز و فلدسپار قلیایی در زمینه‌ای از کوارتز، پلاژیوکلاز، سریسیت، کلریت، زیرکن و کانی‌های کدر هستند. متابازالت‌ها نیز برگراری ضعیفی داشته و دارای بافت گرانوبلاستیک بسیار ریزدانه و حاوی اپیدوت، کینوزویسیت، کوارتز، آلپیت، کلریت، سریسیت، کلسیت، اسفن، آپاتیت و کانی‌های کدر هستند. این سنگ‌ها گاه با متاریولیت‌ها و متاداسیت‌ها آمیخته شده‌اند. متاتوف‌های ریولیتی و بازالتی به شدت دچار برگراری شده و به ترتیب به صورت کوارتز سریسیت شیسیت و کلریت شیسیت دیده می‌شوند. متاپلیت‌ها دارای رنگ خاکستری تا سیاه و حاوی میکا، مواد آلی، کوارتز و کلسیت و کانی‌های کدر بوده و برگراری آشکاری دارند.

آهک‌های نازک‌لایه بیشتر متشکل از کلسیت، کمی دولومیت و آنکریت و اجزای آتشفشانی بوده و گاه در مرز با متاپلیت‌ها یا کلریت شیسیت‌ها حاوی هاله واکنشی هستند.

مقدار کمی سیل‌های متاریولیتی و متاریوداسیتی نیز در میان سنگ‌های آتشفشانی و متاپلیت‌ها دیده می‌شود که دچار دگرگونی و برگراری هستند. شدت برگراری در این سیل‌ها، از مرکز به سمت حاشیه‌ها افزایش می‌یابد. مرز این سیل‌ها با متاپلیت‌ها به صورت پیریتی (peperitic) (Mephie et al., 1993) و تدریجی و در هم آمیخته است که به عقیده کاوشگران (۱۳۶۹) و سبزه‌یی و همکاران (۱۳۷۲ ج) نشانه نفوذ سیل‌ها در زمانی پیش از سنگی شدن رسوبات است.

یک مجموعه از دایک‌های جوان بازی گابرویدوریتی و مونوزیدوریتی دگرگون نشده با سن احتمالی سنوزویک (سبزه‌یی و همکاران، ۱۳۷۲ ج) به طور عموم در

## ۶- بافت و ساختار

ماده معدنی دارای بافت توده‌ای، نیمه توده‌ای، نواری، لامینه، دانه پراکنده و رگه- رگچه‌ای است. بافت توده‌ای و نیمه توده‌ای به دو صورت عمده غنی از پیریت، و غنی از اسفالریت- گالن دیده می‌شود که گاهی میزان کالکوپیریت در آنها بالاست. بافت نواری شامل تناوب نوارهای روشن (نوارهای غنی از پیریت یا نوارهای غنی از کالکوپیریت و یا نوارهای غنی از پیریت و کالکوپیریت) و نوارهای تیره (نوارهای غنی از اسفالریت یا نوارهای غنی از گالن و یا نوارهای غنی از اسفالریت و گالن) است (شکل‌های ۹- الف، ب، ج و د). در نوارهای غنی از سرسیت آثار دگرگونی و دگرشکلی به صورت برگوارگی و چین خوردگی نمایان‌تر است (شکل ۹- ه). بافت دانه‌بندی تدریجی نیز دیده می‌شود که از جمله بافت‌های شاخص اولیه مربوط به رسوبگذاری و ناشی از جابه‌جایی مکانیکی دانه‌های پیریت در حوضه رسوبی است. در این بافت نوارهایی از پیریت دیده می‌شود که به تدریج اندازه دانه‌های پیریت در آنها تغییر می‌کند و برگوارگی اول (S1) بر لایه‌بندی اولیه با دانه‌بندی تدریجی (S0) منطبق است (شکل ۹- و). بافت دانه پراکنده بیشتر دارای پیریت و گاهی اسفالریت، گالن و کالکوپیریت بوده و در افق معدنی و بخش‌های بالایی آن و عمدتاً در متاپلیت‌های کم‌رپاین مشاهده می‌شود. در متاپلیت‌های کم‌رپاین، پیریت‌ها به صورت تجمعات عدسی شکل و یا به صورت دانه پراکنده دیده می‌شوند که بیشتر خود شکل بوده و دچار دگرشکلی شده‌اند. اندازه این پیریت‌های سالم و به نسبت خودشکل، تا ۱ سانتی‌متر می‌رسد. گفتنی است که بافت نواری در واحد چرتی آهن‌دار نیز به صورت نوارهای غنی از مگنتیت دیده می‌شود (شکل ۱۰- الف). در کم‌رپاین افق معدنی و عمدتاً در درون متاپلیت‌ها یک پهنه رگه- رگچه‌ای دیده می‌شود که در آن رگه- رگچه‌های سیلیسی- کربناتی- سولفیدی سنگ میزبان را در جهت‌های مختلف قطع کرده و به همراه آن دچار دگرگونی و دگرشکلی شده‌اند (شکل‌های ۱۰- ب، ج و د). به عبارت دیگر تاریخچه دگرگونی و دگرشکلی در این رگه‌ها با سنگ میزبان یکسان است. در این رگه‌ها و سنگ میزبان یک برگوارگی چیره دیده می‌شود که دچار بافت کنگره‌ای (Crenulation) و شکنجی (kinking) شده‌اند. از نظر کانی‌شناسی این رگه‌ها دارای کوارتز، کلسیت، پیریت، کالکوپیریت، و مقدار کمی آرسنوپیریت، اسفالریت و گالن هستند. اسفالریت به صورت میانبار در درون پیریت قرار دارد. در لابه‌لای رگه- رگچه‌ها در درون سنگ میزبان، تجمعات کوارتزی، سولفیدی و کلسیتی دانه پراکنده دیده می‌شود که دگرگون و دگرشکل شده‌اند. این تجمعات از نظر کانی‌شناسی با رگه‌ها مشابه هستند. به طور کلی بر اساس مطالعه در مقیاس نمونه دستی و میکروسکوپی در پهنه رگه- رگچه‌ای، سه نسل رگه با پاراژنز متفاوت دیده می‌شود (شکل ۱۰- د):

- ۱- رگچه‌های کوارتزی- کلسیتی با سولفید کم: این رگچه‌ها عمدتاً به صورت موین و با ستبرای کم (در حد ۱ میلی‌متر یا کمتر) بوده و توسط رگه‌های بعدی قطع شده‌اند.
  - ۲- رگه - رگچه‌های کوارتزی- کلسیتی با سولفید فراوان که دارای ستبرای تا ۱۰ سانتی‌متر بوده و رگه‌های پیشین را قطع کرده‌اند.
  - ۳- رگه- رگچه‌های کلسیتی- آنکریتی بدون سولفید دارای کلسیت‌های دانه درشت که همه رگه‌های پیشین را قطع کرده‌اند.
- رگه - رگچه‌های نسل اول و دوم از نوع اولیه هستند زیرا به همراه سنگ میزبان دچار دگرگونی و دگرشکلی شده‌اند. این رگه‌ها که تنها در کم‌رپاین بلافضل افق معدنی دیده می‌شوند، جهت‌های گوناگونی دارند و البته گاه در اثر دگرشکلی جهت یافته شده‌اند. اما رگه- رگچه‌های نسل سوم از نوع ثانویه بوده و در بیشتر سنگ‌های منطقه دیده می‌شوند. این رگه‌ها بدون دگرشکلی بوده و فابریک‌های دگرگونی و دگرشکلی را قطع کرده و بیشتر جهت‌های NW-SE یا NE-SW دارند.

جانبی به یک واحد آتشفشانی متاریوداستیتی سرشار از کلریت و به سمت شمال‌خاور به متاپلیت تبدیل می‌شود که می‌تواند حاکی از نهشت آن در حوضه رسوبی باشد. بر اساس مطالعات میکروسکوپی این واحد چرتی آهن‌دار دارای نوارها و لامینه‌های غنی از مگنتیت و هماتیت بوده که به صورت متناوب با نوارهای غنی از کوارتز هستند. در این واحد مقدار کمی کالکوپیریت نیز دیده می‌شود. این واحد سنگی به‌طور جانبی به یک واحد آتشفشانی سرشار از کلریت و دارای پیریت، کالکوپیریت، پیرویت، اسفالریت و گالن تبدیل می‌شود. کانی مگنتیت به صورت خودشکل تا نیمه‌شکل‌دار بوده و دچار خوردشدگی و دگرشکلی کاتاکلاستیک شده و در کنار آنها رشته‌های کوارتز به صورت سایه فشاری دیده می‌شود. کانی هماتیت، ثانویه است و به شیوه ماریتی شدن جایگزین مگنتیت شده است.

بر اساس پیمایش‌های انجام شده در پنج مقطع عرضی عمود بر افق معدنی در کانسار چاه گز میزان نسبت سنگ‌های آتشفشانی به سنگ‌های رسوبی از شمال‌خاور به سمت شمال‌باختر کاهش می‌یابد (شکل ۷) که نشانه نزدیک‌تر بودن بخش شمال‌خاوری افق معدنی کانسار چاه گز به مرکز آتشفشانی است.

## ۴- سنگ‌های درونگیر

سنگ‌های درونگیر در کانسار چاه‌گز بیشتر شامل متاتوف ریولیتی، متاپلیت و متاسیلستون توفی، و متاریولیت هستند. بخش عمده مواد معدنی در درون متاتوف ریولیتی دیده می‌شود. متاپلیت‌ها در کم‌رپاین، کم‌ربالا و به صورت میان لایه‌ای با متاریولیت‌ها و متاتوف‌های ریولیتی قرار دارند. سنگ‌های درونگیر به شدت دارای دگرسانی سرسیتی شدید و به صورت سرسیت شیبست سفیدرنگ هستند. متاتوف‌ها و متاریولیت‌های دگرسان، افزون‌بر کانی‌های سولفیدی دارای کوارتز فراوان، سرسیت، پلاژیوکلاز و باریت هستند (شکل ۸- الف، ب، ج، د). سنگ‌های سرسیت شیبستی با پیش سنگ (protolith) متاپلیتی، نسبت به سرسیت شیبست‌های با پیش سنگ متاریولیتی، کوارتز کمتر و برگوارگی بارزتری دارند. متاپلیت‌های نادگرسان با با دگرسانی ناچیز، به علت داشتن مواد آلی، سیاه‌رنگ هستند. با این حال، این سنگ‌ها بر حسب میزان دگرسانی و سرسیت، به ترتیب از کم‌رپاین تا افق معدنی به رنگ‌های تیره، خاکستری، زرد و سفید دیده می‌شوند. متاپلیت‌های دگرسان کم‌رپاین دارای سرسیت فراوان و پیریت دانه پراکنده و رگچه‌های سولفیددار می‌باشند (شکل ۸- ه، و). سنگ‌های پلیتی کم‌رپاین دچار دگرسانی سیلیسی و کلریتی نیز شده و گاه حاوی عدسی‌های متاریولیتی سیلیسی شده هستند. سنگ‌های متاپلیتی خاکستری، کم‌ربالای افق معدنی را تشکیل می‌دهند. این سنگ‌ها به درجات مختلف دارای سرسیت هستند. بر روی این متاپلیت‌ها، متاریولیت‌ها قرار دارند که آنها نیز حاوی سرسیت فراوان و آغشتگی به اکسیدهای آهن (پیریت‌های اکسیده) هستند.

## ۵- شکل هندسی ماده معدنی

پیکره‌های معدنی به صورت چینه‌سان صفحه‌ای و لایه‌ای شکل و به صورت همخوان و همروند با لایه‌بندی سنگ‌های درونگیر هستند که در زیر آنها پهنه کانه‌دار رگه- رگچه‌ای نیز دیده می‌شود. این پیکره‌ها که دارای ستبرای متغیر از چند سانتی‌متر تا ۴ متر و طول تا ۵۰ متر هستند، دچار چین خوردگی، گسل خوردگی و ساختار بودیناژ شده‌اند. در کانسار چاه‌گز این پیکره‌های لایه‌ای شکل به صورت ناپیوسته در یک افق معدنی به طول بیش از یک کیلومتر رخ داده‌اند (شکل ۵). افق‌های کانه‌دار در منطقه چاه‌گز و بویره در کانسار چاه‌گز دارای یک شکل هندسی بسیار کشیده با طول بیش از یک کیلومتر و ستبرای ۱۰ تا ۳۰ متر (میانگین ۲۰ متر) به موازات روند لایه‌بندی (NE-SW) هستند. بنابراین نسبت بیشینه طول به میانگین عرض (aspect ratio) در کانسار چاه‌گز، حداقل ۵۰ است.

و کلریتی و به مقدار کمتر دگرسانی‌های کربناتی و سیلیسی هستند. بر اساس نتایج پراش پرتو ایکس (XRD) و دستگاه تشخیص دهنده فروسرخ قابل حمل (PIMA) (موسوند، ۱۳۸۹) سنگ‌های دگرسان سریسیتی بیشتر دارای میکای سفید و کانی‌های رسی هستند. کانی میکای سفید از نوع مسکوویت یا فنزیت است. دگرسانی سریسیتی به‌طور شدید در سنگ‌های افق معدنی رخ داده است. در اثر این دگرسانی رنگ سنگ‌ها به سفید، کرم و زرد تغییر کرده است. در درون پهنه دگرسانی سریسیتی رگه و نوارها یا عدسی‌های کوارتزی ناشی از دگرگونی و دگرشکلی نیز به چشم می‌خورد که فاقد سولفید یا دارای مقادیر ناچیزی سولفید بوده و به‌صورت هم‌روند با برگوارگی و با قطع‌کننده آن هستند. دگرسانی کلریتی شدید، بلافاصله در زیر افق معدنی رخ داده است. سنگ‌های پلیتی کم‌رپاین به شدت دچار دگرسانی کلریتی شده و به رنگ سبز دیده می‌شوند. دگرشکلی با مؤلفه برشی، موجب شده است که پهنه دگرسانی کلریتی به موازات پهنه دگرسانی سریسیتی قرار گیرد. دگرسانی سیلیسی در برخی سیل یا گدازه‌های متاداسیتی- متاریولیتی و سنگ‌های پلیتی کم‌رپاین کانسار چاه‌گز نمایان بوده و باعث ایجاد حالت شکنندگی در آنها در برابر دگرشکلی شده است. دگرسانی کربناتی نیز در پهنه رگه- رگچه‌ای در متاپلیت‌های کم‌رپاین کانسار چاه‌گز دیده می‌شود. این کربنات‌ها از نوع غنی از آهن و منیزیم هستند. دگرسانی کوارتز- کربنات- سریسیت- پیریت در پهنه رگه- رگچه‌ای در رخداد معدنی ۹ گسترش زیادی داشته و کربنات‌ها از نوع غنی از آهن و منیزیم هستند. براساس بررسی‌های انجام شده، یک پهنه‌بندی آشکار برای انواع دگرسانی‌ها در کانسار چاه‌گز قابل تشخیص است. به‌طور کلی از مرکز سیستم دگرسانی در کانسار چاه‌گز به سمت حاشیه‌ها و کم‌ربالا و کم‌رپاین، در ابتدا دگرسانی کلریتی و سپس دگرسانی سریسیتی گسترش دارند و مجموعه‌های کانی‌های دگرسانی زیر به ترتیب از مرکز به سمت حاشیه‌ها دیده می‌شوند:

- کوارتز- کلریت- سریسیت- فنزیت- پیریت
- کلریت- فنزیت- آلپیت
- فنزیت- سریسیت- کلریت

براساس نتایج تجربه EPMA و PIMA ترکیب کلریت‌ها نیز به ترتیب از مرکز به اطراف و حاشیه سیستم تغییر می‌کند، به گونه‌ای که کلریت موجود در افق معدنی و نزدیک آن بیشتر از نوع غنی از آهن بوده و به سوی حاشیه‌ها و پایین و بالای توالی میزبان از نوع کلریت حد واسط یا نوع آهن- منیزیم دار است. گفتنی است که سنگ‌های پهنه دگرسانی مانند دیگر سنگ‌های توالی کانسار دارای برگوارگی بوده و دچار دگرگونی و دگرشکلی شده‌اند و در آنها کلریت‌ها و سریسیت‌ها در جهت برگوارگی قرار دارند. البته پهنه‌های دگرسانی سیلیسی دارای برگوارگی کمتر بوده و بیشتر دچار خوردشدگی شده‌اند. کاوشگران (۱۳۶۹) و سبزه‌بی و همکاران (۱۳۷۲ ج) قرارگیری سریسیت‌ها در جهت برگوارگی را یک اتفاق و نتیجه عملکرد پهنه‌های گسلی جوان دانسته‌اند، در حالی که برگوارگی موجود در سریسیت شیب‌ها در همه جا دیده می‌شود و تاربخچه دگرگونی و دگرشکلی در سریسیت شیب‌ها مانند دیگر سنگ‌های دگرگونی توالی میزبان است.

#### ۱۰- تأثیرات دگرگونی و دگرشکلی بر کانه‌زایی

به‌طور کلی سه حادثه اصلی دگرگونی و دگرشکلی بر روی سنگ‌های دگرسان و نادگرسان منطقه تأثیر گذاشته است: (۱) فاز دگرگونی درجه پایین در حد رخساره شیب‌سبز در اثر فاز کیمیرین جوان که دگرشکلی همراه آن (D1) موجب ایجاد برگوارگی S1 با روند NE-SW در سنگ‌ها و چین خوردگی در لایه بندی اولیه (S0) شده است. با توجه به گسترش کانی‌های کلریت و اپیدوت در درون سنگ‌های متابازالتی و نیز نبود کانی‌های دما بالا در سنگ‌های توالی میزبان به نظر می‌رسد درجه دگرگونی از رخساره شیب‌سبز فراتر نرفته باشد، (۲) فاز دگرشکلی دوم (D2)

گفتنی است که میزان فراوانی رگه‌های نوع سوم بسیار کمتر از انواع دیگر است. همچنین در درون رگه‌های نوع اول و دوم آثار برگوارگی نمایان است در حالی که، رگه‌های نوع سوم تنها دچار جابه‌جایی موضعی شده‌اند.

#### ۷- کانی‌شناسی

کانی‌های معدنی اولیه در کانه‌زایی چاه‌گز بیشتر شامل پیریت، اسفالریت، گالن، کالکوپریت، تتراهدريت، آرسنوپیریت، بورنیت و پیروتیت (شکل ۱۱- الف، ب، ج، د، ه) و کانی‌های ثانویه به‌طور عمده شامل کالکوسیت، کوولیت، اسمیت سونیت، سروسیت، مالاکیت و اکسیدهای آهن هستند. کانی‌های باطله عمدتاً شامل سریسیت، کوارتز، کلریت، فلدسپار، کلسیت و باریت هستند. گفتنی است که بافت‌های فراموبیدی در پیریت دیده می‌شود، با این حال بافت‌های بیان شده بیشتر در اثر تبلور دوباره ناشی از دگرشکلی و دگرگونی از میان رفته‌اند.

واحد چرتی آهن‌دار در توالی معدنی نیز عمدتاً دارای مگنتیت و هماتیت (شکل ۱۱- و) و مقادیر ناچیزی پیریت، کالکوپریت، اسفالریت، گالن و پیروتیت به همراه کوارتز، کلریت، سریسیت و فلدسپار است. بر اساس مطالعات کانی‌شناسی و ساختار و بافت کانی‌ها و مطالعه دقیق ارتباط کانی‌های معدنی و سنگ‌ساز و با کمک گرفتن از داده‌های مربوط به تجزیه الکترون میکروپروب (EPMA) کانی‌های مختلف در دانشگاه تاسمانیا استرالیا، توالی پاراژنری کانی‌ها برای کانسار چاه‌گز در ۳ مرحله شامل (۱) مرحله همزمان با رسوبگذاری و دیاژنز، (۲) مرحله دگرگونی ناحیه‌ای و دگرشکلی پیش‌رونده و پس‌رونده و (۳) مرحله اکسایش و غنی‌شدگی سوپرژن پیشنهاد شده است (شکل ۱۲).

#### ۸- پهنه‌بندی فلزی

بر اساس مطالعات کانی‌شناسی، در پهنه رگه- رگچه‌ای در کم‌رپاین مقدار کالکوپریت بسیار بیشتر از میزان گالن و اسفالریت است، به گونه‌ای که در این پهنه اسفالریت و گالن بیشتر به‌صورت میانبار در درون پیریت مشاهده می‌شود. اما در ماده معدنی توده‌ای چینه‌سان که در بالای پهنه رگه- رگچه‌ای قرار دارد، میزان اسفالریت و گالن نسبت به کالکوپریت بیشتر است. بنابراین در کانسار چاه‌گز از پایین به بالا میزان نسبت مس به روی و سرب کاهش می‌یابد. گفتنی است که پیروتیت تنها در پهنه رگه- رگچه‌ای مشاهده می‌شود و میزان باریت نیز در بخش بالایی افق کانه‌دار افزایش می‌یابد. البته این پهنه‌بندی به‌طور کامل آشکار و همه‌گیر نیست، به گونه‌ای که گاهی میزان کالکوپریت در برخی کانسنگ‌های توده‌ای غنی از گالن و اسفالریت افزایش یافته است و گاه آثار جانیشینی در آنها دیده می‌شود، به گونه‌ای که به‌نظر می‌رسد کالکوپریت ماده معدنی سولفید توده‌ای غنی از اسفالریت را مورد هجوم قرار داده است که می‌تواند نشانه پدیده پالایش پهنه‌ای (zone refining) باشد که البته رخداد این پدیده نیز، ناواضح و خفیف است.

#### ۹- انواع دگرسانی و پهنه‌بندی آنها

پهنه‌های دگرسانی در منطقه چاه‌گز، از نظر شکل به دو صورت نیمه همخوان (semiconformable) و قیفی (Funnel-Shaped) یا لوله‌ای شکل (pipe like) هستند. پهنه‌های نیمه همخوان به‌صورت افق‌های متعدد در توالی میزبان رخ داده‌اند. گسترش طولی این افق‌ها گاهی به بیش از یک کیلومتر می‌رسد. پهنه‌های قیفی شکل به‌صورت خفیف در کانسار چاه‌گز و رخداد معدنی ۹ رخ داده است. این نوع پهنه دگرسانی در کانسار چاه‌گز به‌صورت قطع‌کننده در کم‌رپاین و در زیر پهنه چینه‌سان تا ژرفای ۲۰۰ متری گسترش یافته است و در رخداد معدنی ۹ نیز گسترش آن تا ژرفای ۲۰ متری در پهنه استرینگر دیده می‌شود.

دگرسانی‌های سنگ دیواره در توالی چاه‌گز به‌طور عمده شامل دگرسانی سریسیتی

گفتنی است که در این پژوهش مشخص شد که برخلاف نظر کاوشگران (۱۳۶۹) و سبزه‌بی و همکاران (۱۳۷۲ ج)، به غیر از رخدادهای معدنی ۱۰، ۱۱ و ۱۲ که بر اثر تحرک دوباره در طول گسل‌های جوان تشکیل شده‌اند، تشکیل و تمرکز کانسار چاه‌گز و دیگر رخدادهای معدنی نه تنها هیچ گونه ارتباطی با گسل ندارد بلکه این کانه‌زایی‌ها در اثر عملکرد گسل‌های موضعی بعدی دچار جابه‌جایی و دگرشکلی شده‌اند و این کانه‌زایی‌ها مانند سنگ‌های میزبان و توالی کانسار دچار فازهای مختلف دگرگونی و دگرشکلی شده‌اند. در واقع، کنترل کننده این کانه‌زایی‌ها افق‌های چینه‌ای خاص است نه پهنه‌های گسلی.

در کانسار چاه‌گز فرایندهای دگرگونی و دگرشکلی بر پهنه رگه-رگچه‌ای در کمربین مانند سنگ‌های درونگیر به شدت تأثیر گذاشته، به گونه‌ای که در این پهنه‌ها رگه‌های اولیه در جهت برگوارگی قرار گرفته‌اند. البته یک‌سری رگه‌ها یا عدسی‌های کوارتزی کربناتی جدید نیز در طی دگرگونی و دگرشکلی تشکیل شده‌اند که برگوارگی را قطع کرده‌اند.

## ۱۱- ژئوشیمی ماده معدنی

فلزهای پایه در کانسار چاه‌گز، بیشترین فراوانی را داشته و به ترتیب عیار شامل روی، سرب و مس است. در میان فلزات قیمتی نیز نقره، فراوانی بالایی دارد اما میزان طلا پایین و متغیر می‌باشد. ماده معدنی سولفیدی در این کانسار به‌طور میانگین دارای ۲۴/۸ درصد روی، ۱۶/۶ درصد سرب، ۱/۴۷ درصد مس، ۵۴/۰۱ گرم در تن نقره و ۰/۴۵ گرم در تن طلا است. در بیشتر نمونه‌ها میزان روی بیشتر از سرب بوده و میزان مس نیز کمتر از سرب است. بنابراین نسبت Zn/Cu در کانسار چاه‌گز بالا و به‌طور میانگین برابر ۲۷/۱ است، از سوی دیگر به‌علت بالا بودن میزان پیریت در ماده معدنی، میزان نسبت Fe/Cu نیز بالا و به‌طور میانگین برابر ۵۹/۳ است.

## ۱۲- بحث و نتیجه‌گیری

### - الگوی تشکیل کانسار چاه‌گز

نظر به این که کانه‌زایی روی-سرب-مس در منطقه چاه‌گز به‌صورت چینه‌سان و در افق‌های چینه‌ای خاص و در سنگ‌های درونگیر آتشفشانی-رسوبی دگرگون شده (شامل متاتوف ریولیتی، متاریولیت، متاریوداسیت و متاپلیت) رخ داده است و ماده معدنی دارای بافت‌های اولیه توده‌ای و نواری و رخداد بافت‌های ثانویه کاتاکلاستیک، پیوستگاه سه‌گانه، سایه فشاری، طولیل شدگی، بودیناژ و کنگره‌ای بوده و سنگ‌های میزبان دگرسان شده و مواد معدنی به همراه دیگر واحدهای توالی میزان دچار برگوارگی، چین خوردگی و گسلس شده‌اند، این گونه استنباط می‌شود که کانه‌زایی روی-سرب-مس در منطقه چاه‌گز در زمانی پیش از فرایند دگرگونی و دگرشکلی و به‌صورت همزمان با نهشته شدن سنگ‌های میزبان در اثر فعالیت‌های آتشفشانی زیر دریایی در یک حوضه کافتی درون کمانی (موسیوند، ۱۳۸۹; Mousivand et al., 2011)، به‌صورت سولفید توده‌ای آتشفشانزاد (VMS) نهشته شده و سپس به‌همراه سنگ‌های درونگیر دگرسان توسط فازهای کوهزایی کیمبرین جوان و لارامید دچار دگرگونی و دگرشکلی در حد رخساره شیست سبز شده است. در کانسار چاه‌گز پدیده پالایش پهنه‌ای (zone refining) که در برخی نهشته‌های سولفید توده‌ای رخ داده است به‌روشنی دیده نمی‌شود. در واقع پهنه دارای کانه‌زایی رگه-رگچه‌ای و دانه پراکنده در کمربین کانسنگ توده‌ای چینه‌سان کانسار چاه‌گز و برخی رخدادهای معدنی، همان پهنه تغذیه‌کننده (stringer zone) است که از بخش‌های کلیدی و مهم نهشته‌های سولفید توده‌ای است و نهشته‌های چرتی آهن‌دار در توالی چاه‌گز نیز همان رسوبات برودمی (exhalites) و گرمابی دگرگون شده (Spry et al., 2000; Grenne & Slack, 2005) هستند که همراه کانه‌زایی سولفید توده‌ای نهشته شده‌اند.

به دلیل یکسان بودن جهت و امتداد به‌احتمال ادامه همان فاز دگرشکلی اول (D1) بوده و احتمال دارد در کرتاسه پسین بر اثر فاز کوهزایی معادل لارامید رخ داده باشد که دارای مؤلفه برشی بوده و نتایج آن ایجاد برگوارگی نوع اول (S2)، میلونیتی شدن و ایجاد چینه‌ای نوع دوم (F2) است. به‌اعتقاد سراچه اورنگ (۱۳۸۹) در این مرحله نیز یک فاز دیگر دگرگونی در حد رخساره شیست سبز بر توالی چاه‌گز اثر گذاشته است و به‌احتمال برگوارگی S2 ناشی از ادامه یافتن فاز کوهزایی کیمبرین پسین بوده و مربوط به فاز کوهزایی معادل لارامید نباشد. این برگوارگی در منطقه چیره است (سراچه اورنگ، ۱۳۸۹)، و ۳) رخدادهای جوان (پالوژن و نئوژن) که موجب رخداد فاز دگرشکلی سوم (D3)، ایجاد شکن (Kink) در برگوارگی‌های پیشین و در نتیجه ایجاد برگوارگی نوع سوم (S3) با روند NW-SE و چین‌های حاصل از شکن‌ها (F3) شده است. البته این فاز نیز ماهیت برشی شکل‌پذیر-شکنا نیز داشته است (سراچه اورنگ، ۱۳۸۹).

در طی دگرسانی ناشی از سیال‌های گرمابی، همرفتی (کنوکسیون) در زیر بستر دریا که پیش از رویداد دگرگونی رخ داده است، در اثر اضافه شدن مقدار زیادی  $K_2O$  به سنگ، مقدار زیادی سریست تشکیل شده (سریست نوع اول) که در این سریست آثار تمام سه رویداد دگرگونی و دگرشکلی بیان شده از جمله دگرگونی و برگوارگی‌های S1، S2 و S3 در آنها دیده می‌شود. نظر به این که درجه دگرگونی بسیار خفیف بوده است، کانی‌های سریست به مسکوویت تبدیل نشده‌اند. سریست‌های نوع دوم در مرحله دگرگونی و در نتیجه فروپاشی برخی کانی‌ها مانند فلدسپار ایجاد شده‌اند. در این کانی‌ها، سریست به‌صورت تجمع‌اتی در محل کانی مادر قبلی دیده می‌شوند. این کانی‌ها به‌علت این که محصول دگرگونی (حادثه اول) هستند، فقط آثار حوادث بعدی شامل برگوارگی S2 و S3 در آنها دیده می‌شود.

نمودهای دگرشکلی به‌شکل‌های چین خوردگی، گسل خوردگی، خردشدگی، تبلور و تحرک دوباره در درون مواد معدنی و سنگ‌های میزبان آنها مانند سنگ‌های توالی میزبان دیده می‌شود. تبلور دوباره در ماده معدنی دانه پراکنده و بویژه در کانی‌های پیریت به روشنی نمایان است. کانی‌های سولفیدی اولیه مانند کانی‌های سنگ‌ساز فابریک‌های کاتاکلاستیک، پیوستگاه سه‌گانه (triple junctions)، کشیده شدگی و سایه فشاری نشان می‌دهند. به‌طور کلی تاریخچه دگرگونی و دگرشکلی در مواد معدنی و سنگ‌های دگرسان شده مانند دیگر سنگ‌های دگرگونی توالی میزبان است.

تحرک دوباره نیز به‌صورت عدسی‌ها و نواری‌های سیلیسی و کوارتزی همروند با برگوارگی و یا رگه‌های قطع‌کننده برگوارگی که عمدتاً فاقد سولفید و گاهی دارای مقادیر ناچیزی سولفید (پیریت و کالکوپیریت) هستند، دیده می‌شود. گفتنی است که این رگه و عدسی‌های کوارتزی به‌نظر می‌رسد که خود نیز تحت تأثیر یک فرایند دگرشکلی پایانی قرار گرفته و دچار خردشدگی و یا چین خوردگی شده‌اند.

در توالی میزبان سنگ‌ها بر حسب نوع ویژگی‌های فیزیکی متفاوت به درجات مختلف دگرشکل شده‌اند و در آنها چین خوردگی یا شکستگی‌های مزدوج دیده می‌شود. در متاریولیت‌ها و متابازالت‌ها نیز برگوارگی خفیفی ایجاد شده که این برگوارگی در کناره‌های لایه سنگی در مقایسه با مرکز آن شدیدتر است و این سنگ‌ها بیشتر دچار شکستگی‌های مزدوج شده‌اند. اما متاتوف‌های ریولیتی و سریست شیست‌های افق کانه‌دار به‌شدت دچار برگوارگی و چین خوردگی شده‌اند. در میان واحدهای منطقه تنها دایک‌های بازی مزوزوییک فاقد دگرشکلی هستند که در واقع شکستگی‌های با روند NW-SE در واحدهای پیشین را مورد هجوم قرار داده‌اند. واحدهای کربناتی نازک‌لایه بخش بالایی توالی میزبان نیز دچار تبلور دوباره شده و افزون بر چین خوردگی‌ها و دگرشکلی پلاستیک، دچار هاله واکنشی در مرز با متاپلیت‌ها شده‌اند. به‌طور کلی تاریخچه دگرشکلی در ماده معدنی و سنگ‌های توالی میزبان یکسان است.

(Iberian Pyrite Belt) و کانسارهای کمر بند پیریتی ایبریا (McCutcheon, 2006 Solomon et al., 2002; در اسپانیا و پرتغال به سن دونین پسین-کرنیفر پیشین (Dawson et al., 2001; Tornos, 2006). بسیاری از نهشته‌های VMS غول پیکر دنیا مربوط به این تیپ هستند.

کانه‌زایی سولفید توده‌ای روی-سرب-مس در منطقه چاه‌گز، به علت داشتن محیط آتشفشانی-رسوبی بایمودال، بالا بودن حجم سنگ‌های رسوبی در توالی میزبان (حدود ۷۰-۶۰ درصد توالی)، رسوبات برون‌دومی و گرمایی، سنگ‌های میزبان آتشفشانی فلیسیک و رسوبات پلیتی، شکل هندسی لایه‌ای و صفحه‌ای، بافت و ساختار نواری زیاد، حضور پیریت فرامبوییدی، پاراژنز کانی‌شناسی احیایی (پیریت-آرسنوپیریت-پروتیت) و میزان باریت ناچیز، نوع پهنه‌بندی دگرسانی، گسترش کم پهنه‌بندی فلزی و پدیده پالایش پهنه‌ای، نسبت‌های Zn/Cu و Fe/Cu بالا و مدل تشکیل استخر شورابه‌ای، بیشترین شباهت را با نهشته‌های تیپ سیلیسی کلاستیک فلیسیک یا تیپ باتورست مانند کانسارهای منطقه معدنی باتورست کانادا و کمر بند پیریتی ایبریا اسپانیا و پرتغال نشان می‌دهد که برای اولین بار در ایران معرفی می‌شود. بنابراین، منطقه چاه‌گز به علت داشتن کانه‌زایی تیپ سیلیسی کلاستیک فلیسیک، پتانسیل رخداد نهشته‌های غول پیکر را داشته و منطقه‌ای بسیار جذاب برای اکتشاف این تیپ نهشته‌ها است.

گفتنی است که نهشته‌های سولفید توده‌ای دیگری نیز در پهنه سندانج-سیرجان شناخته شده و مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، مانند کانسار غنی از طلای تیپ کوروکو (Kuroko-type) باریکا (یارمحمدی، ۱۳۸۵، یارمحمدی و همکاران، ۱۳۸۷، (Yarmohammadi et al., 2008)، کانسار مس-روی-نقره تیپ بشی (Besshi-type) (Mousivand et al., 2007، ۱۳۸۲) و کانسار مس-روی تیپ نوراندا سرگز (بدرزاده، ۱۳۸۸). بنابراین پهنه سندانج-سیرجان و بویژه بخش جنوبی آن به علت داشتن انواع گوناگون نهشته‌های سولفید توده‌ای، مهم‌ترین پهنه ساختاری ایران برای اکتشاف این تیپ نهشته‌ها است (Mousivand et al., 2008).

### تشکر و قدردانی

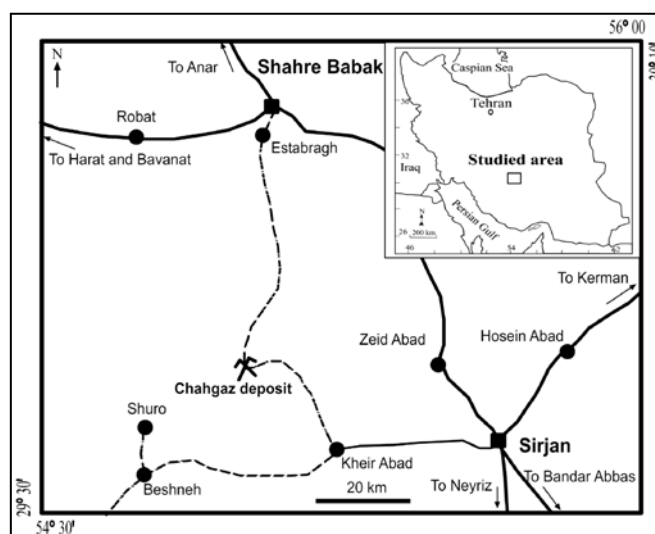
بدینوسیله از حوزه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس به خاطر حمایت مالی و مسئولان محترم معدن چاه‌گز به خاطر فراهم آوردن امکان اسکان و دسترسی به معدن و نیز جناب آقای دکتر محمد محجل و جناب آقای کیوان سراچه اورنگ به خاطر همکاری در حل مسائل زمین‌ساختی منطقه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

دو نوع مدل برای تشکیل نهشته‌های سولفید توده‌ای روی-سرب-مس شامل مدل دودکش‌های سیاه (black smokers) یا پلوم‌های شناور (buoyant plumes) و مدل حوضچه شورابه‌ای (brine pool) ارائه شده است (Solomon et al., 2004; Solomon & Inverno, 2006). مدل تشکیل کانسار چاه‌گز با توجه به شکل هندسی صفحه‌ای و کشیده و نسبت طول به عرض بالا در این کانسار، وجود بافت نواری بارز، چیرگی پاراژنز کانی‌شناسی احیایی (پیریت-آرسنوپیریت-پروتیت)، کمبود باریت، همراهی کربنات‌های لایه‌ای و رگه‌ای در پهنه استرینگر، نبود پدیده پالایش پهنه‌بندی گسترده و میزان نسبت‌های Zn/Cu و Fe/Cu بالا، بیشترین شباهت را با مدل استخر شورابه‌ای دارد که توسط Solomon (2008a, b) برای کانسارهای منطقه باتورست (Bathurst mining camp) در کانادا و کمر بند پیریتی ایبریا (Iberian pyrite belt) در اسپانیا و پرتغال، و کانسار Rosebery در کمر بند آتشفشانی Mount Read تاسمانیای استرالیا پیشنهاد شده است. بر اساس این مدل سیال کانه دار دارای ماهیت اسیدی، کاهیده، داغ (۳۰۰-۳۵۰ درجه سانتی‌گراد) و شور بوده که با ورود به کف دریا دمای آن به کمتر از ۱۰۰ درجه کاهش یافته است. کاهش دما موجب افزایش چگالی سیال و حرکت آن به سمت کف دریا شده که نتیجه آن ایجاد یک استخر شورابه بوده که کانسار چاه‌گز به تدریج از آن نهشته شده است (موسیوند، ۱۳۸۹).

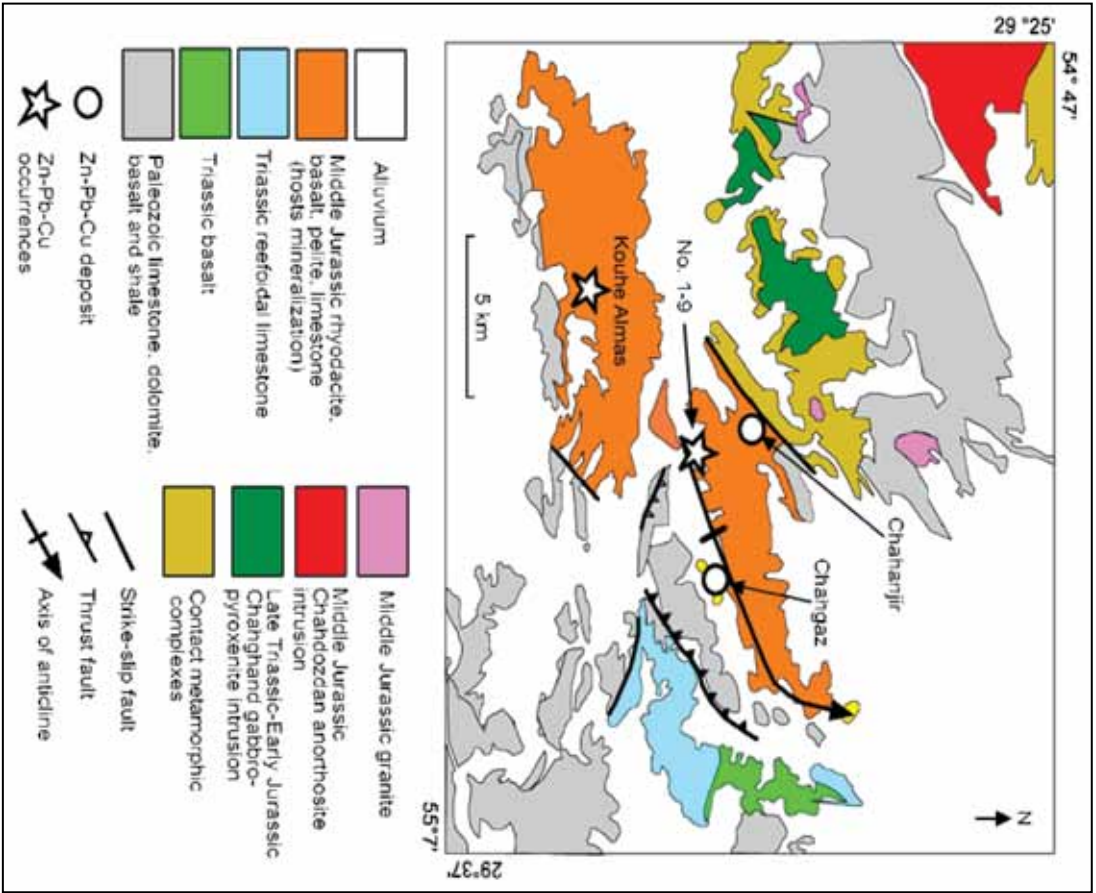
### تیپ کانه‌زایی

(Franklin et al., 2005) در جدیدترین تقسیم‌بندی، بر اساس سنگ‌چینه‌نگاری توالی میزبان نهشته‌های VMS را به ۵ دسته لیتوتکتونیک زیر تقسیم‌بندی کرده‌اند: (۱) بایمودال مافیک، (۲) مافیک، (۳) مافیک پلیتی، (۴) بایمودال فلیسیک و (۵) سیلیسی کلاستیک فلیسیک. کانسار چاه‌گز با توجه به ویژگی‌هایی از جمله نوع سنگ درونگیر، نوع محیط زمین‌ساختی، نسبت سنگ‌های آتشفشانی به سنگ‌های رسوبی، پاراژنز کانی‌ها، دگرسانی و ژئوشیمی بادودسته‌ای کانسارهای VMS قابل مقایسه است (جدول ۱): (۱) تیپ بایمودال فلیسیک شامل کانسارهای نوع کوروکو مانند کانسارهای کمر بند توف سبز زاین به سن میوسن (Ohmoto & Skinner, 1983)، برخی کانسارهای کمر بند آتشفشانی Mount Read تاسمانیای استرالیا مانند Rosebery Skellefte و کانسارهای کمر بند (Large, 1992; Large et al., 2001) سوئد به سن پالئو پروتروزویک (Allen et al., 1996; Schlatter, 2005, 2007; Montelius, 2005).

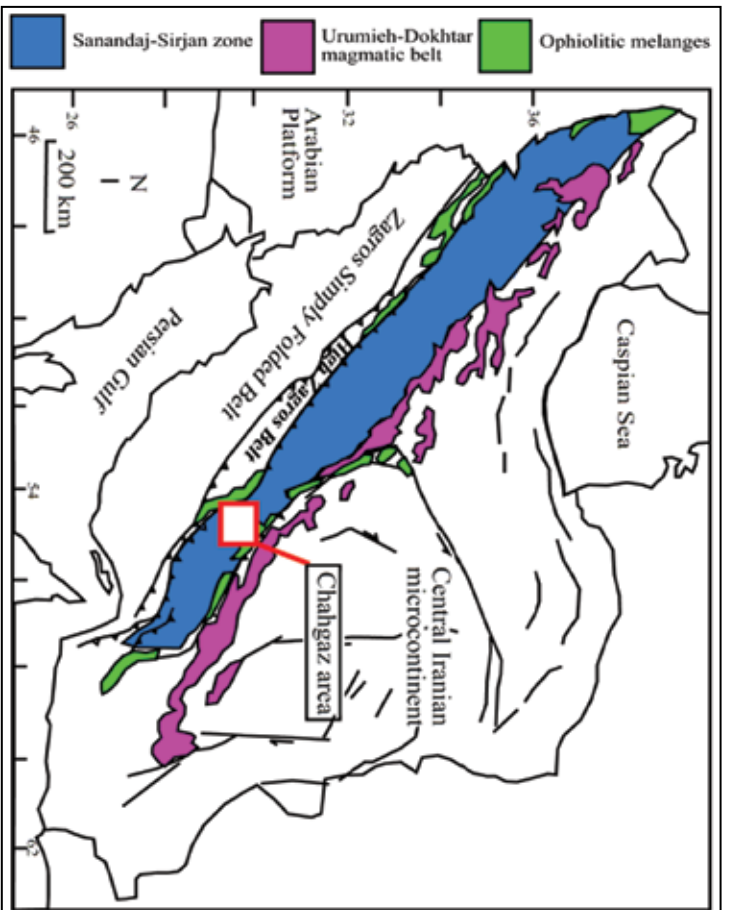
(۲) کانسارهای تیپ سیلیسی کلاستیک فلیسیک یا تیپ باتورست (Bathurst) مانند کانسارهای منطقه معدنی باتورست کانادا به سن اردوویسین پیشین (Goodfellow & McCutcheon, 2003; Goodfellow et al., 2003; Lentz &



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به کانسار چاه‌گز



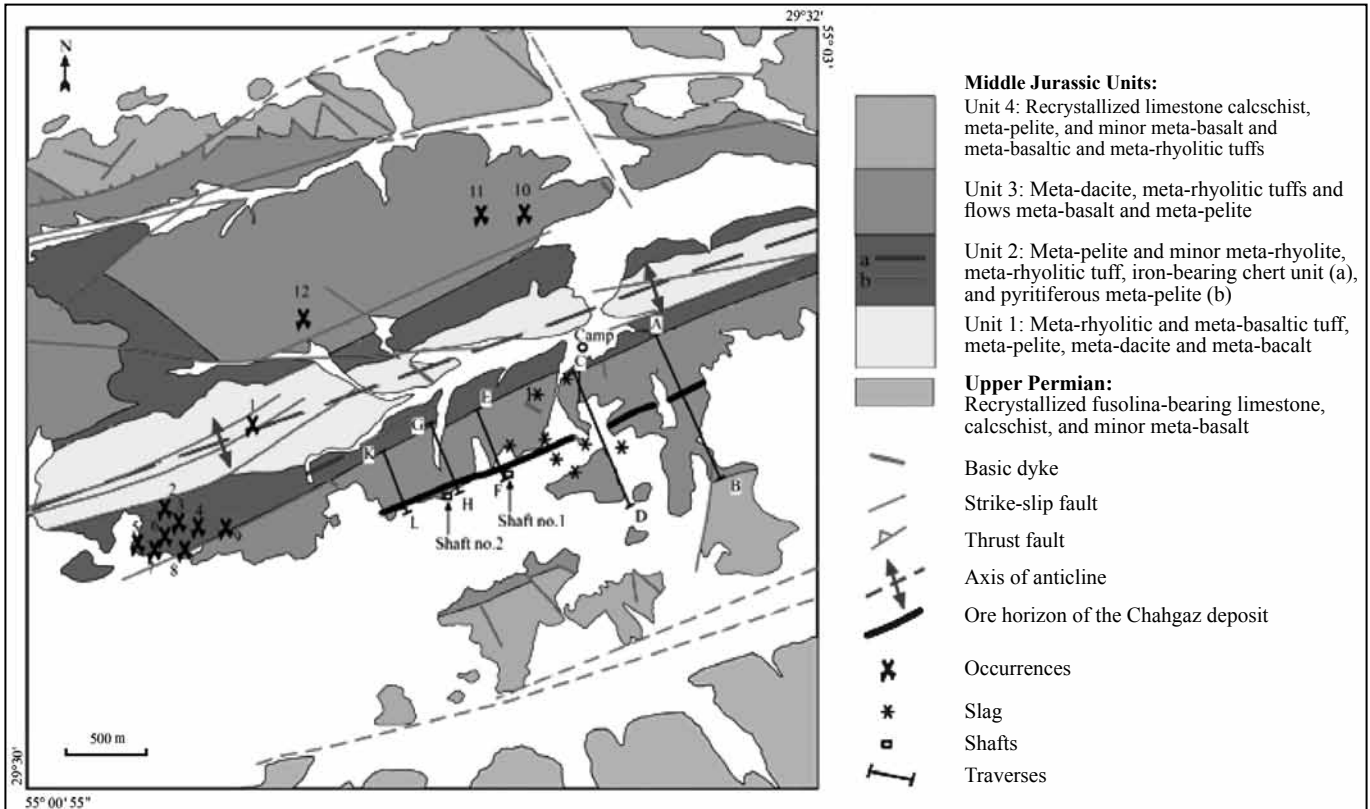
شکل ۴- نقشه زمین شناسی ناحیه‌ای منطقه چاه کوه بر اساس سیزه‌یی و همکاران (۱۳۷۲ الف) و موقعیت کانستار و رخسادهای معدنی روی - سرب - مس در گستره آتشفشانی - رسوبی زوراسیک میانی



شکل ۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه در پهنا سهندج - سیرجان جنوبی



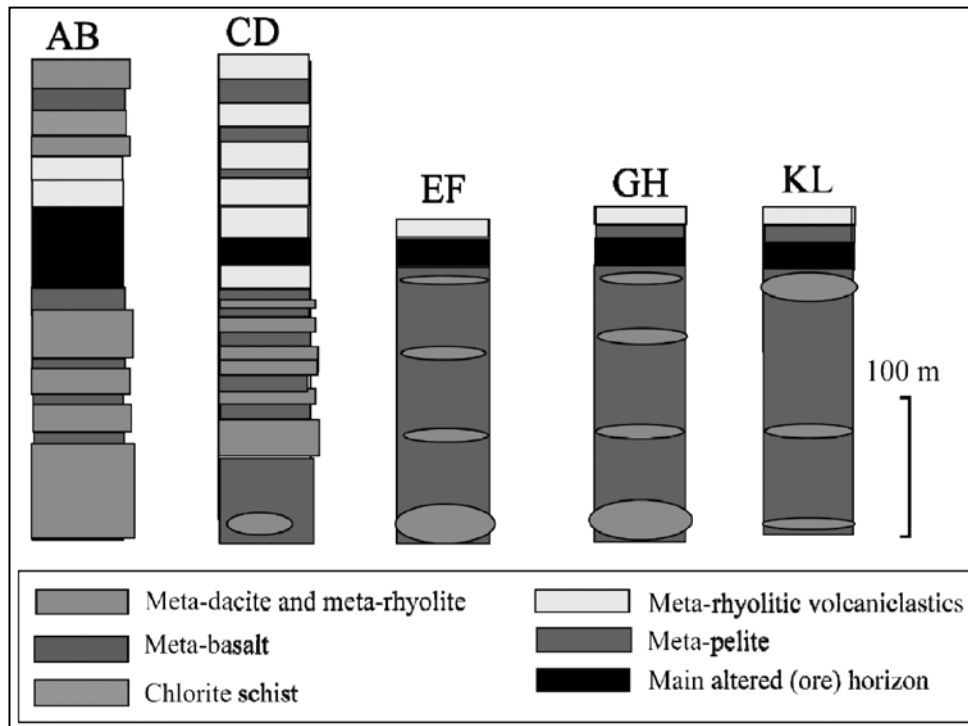
شکل ۳- تصویر ماهواره‌ای لندست ۷ نشان دهنده ساختارهای چین خوردگی در منطقه چاه کوه



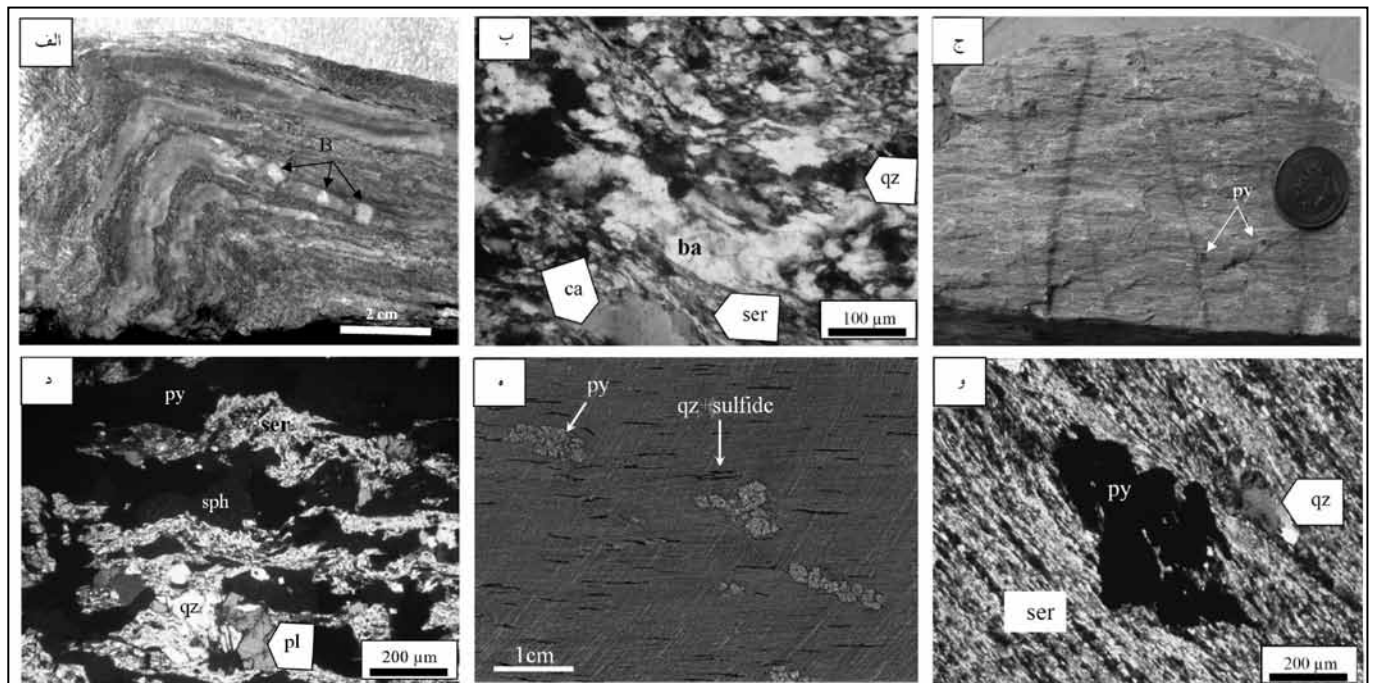
شکل ۵- نقشه زمین‌شناسی - معدنی منطقه چاه‌گاز و موقعیت کانسار چاه‌گاز و رخدادهای معدنی

Age	Symbol	Lithology	Ore-bearing horizons	
MIDDLE JURASSIC	UNIT 4	Thin layered to massive recrystallized limestone and meta-basalt	OH3: <b>Chahanjir, Kouhe Almas and occurrences no. 10, 11, 12</b>	
		Meta-pelite, meta-sandstone, meta-rhyolitic and meta-basaltic volcaniclastics		
		Thin layered recrystallized limestone		
		Meta-basalt		
	UNIT 3	Ore-bearing meta-rhyolitic volcaniclastics, meta-pelite and meta-rhyolite		OH2: <b>Occurrences no. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</b>
		Meta-rhyodacite and meta-rhyolite		
		Ore-bearing meta-rhyolitic volcaniclastics Iron-bearing chert unit		
	U.1 UNIT 2	Meta-pelite		OH1: <b>Occurrence no. 1</b>
		Meta-rhyolitic volcaniclastics and meta-basalt		
		Ore-bearing meta-rhyolitic volcaniclastics		

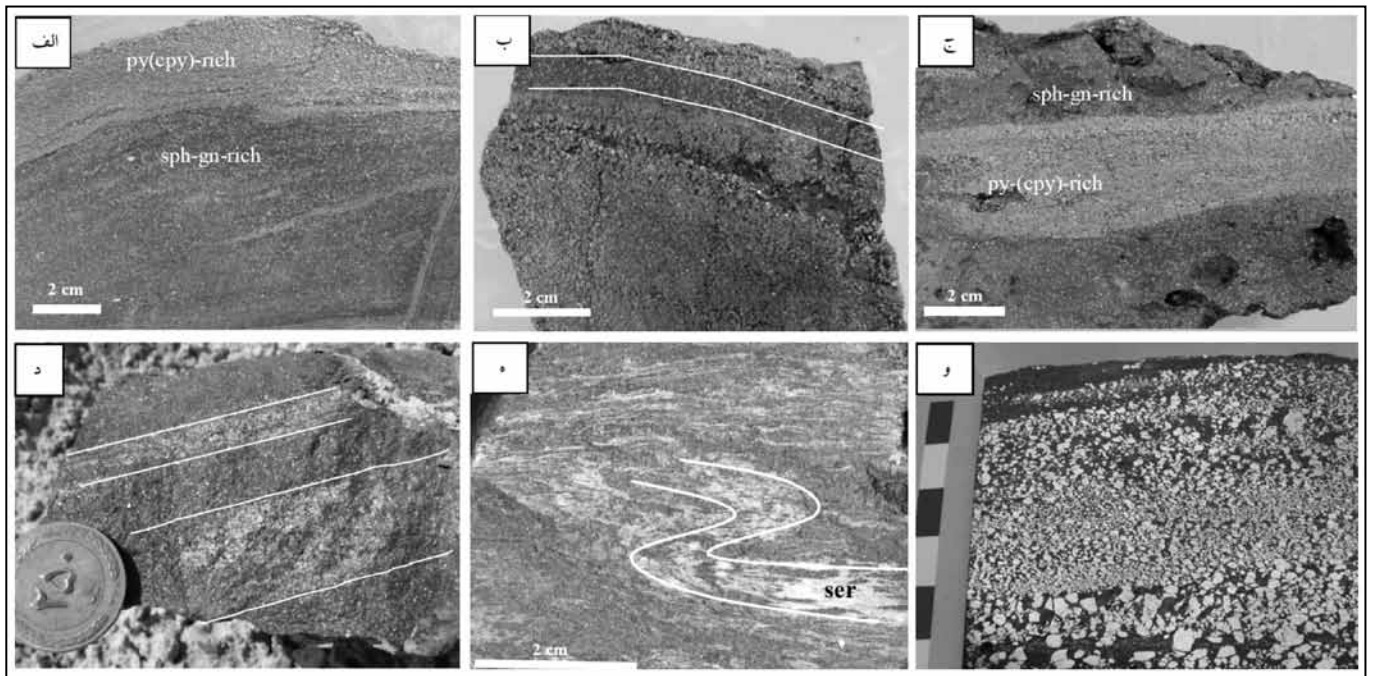
شکل ۶- شمایی از توالی میزبان کانه‌زایی در منطقه چاه‌گاز و موقعیت افق‌های کانه‌دار آن



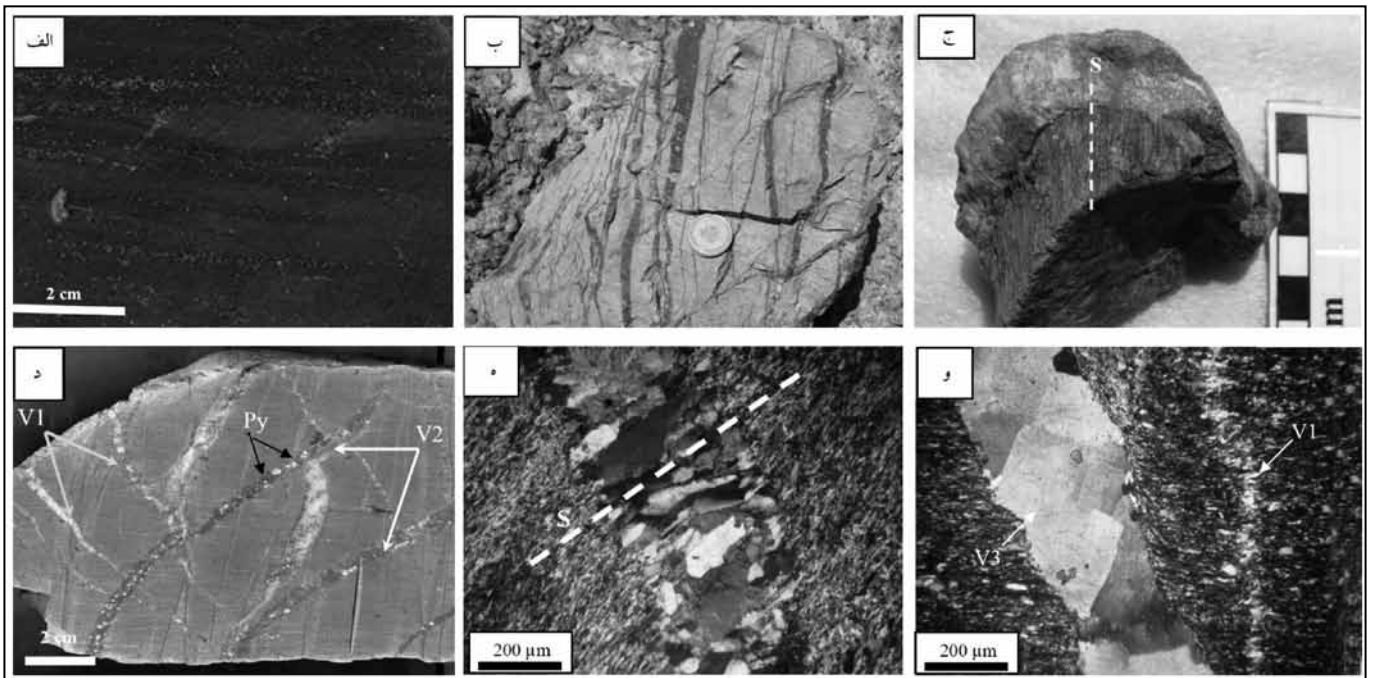
شکل ۷- تغییرات نسبت سنگ‌های آتشفشانی به سنگ‌های رسوبی در واحد سوم توالی چاه گز در طول مقاطع عرضی عمود بر افق معدنی کانسار چاه گز. موقعیت مقاطع عرضی در شکل ۵ نمایش داده شده است.



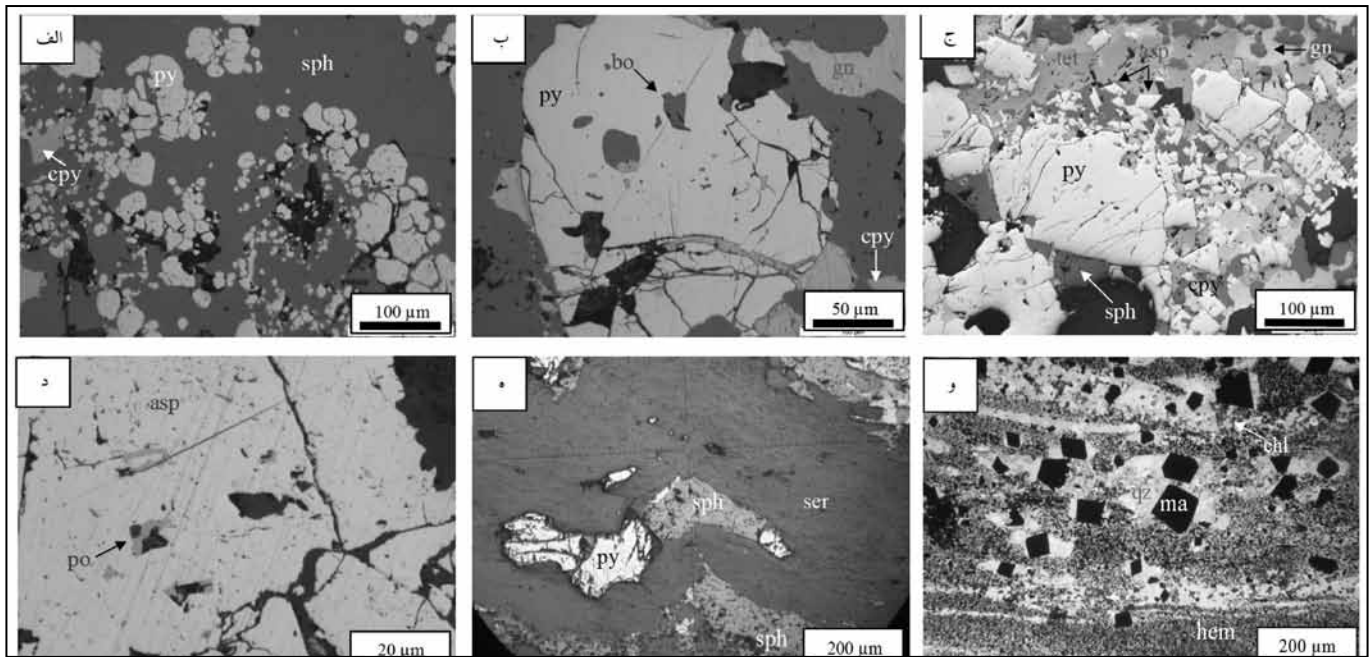
شکل ۸- تصاویری از سنگ‌های درونگیر ماده معدنی: الف) سنگ آذرآواری ریولیتی دارای نوارهای غنی از پیریت، سریسیت و فلدسپار (تیره) و نوارهای غنی از کوارتز (روشن) که چین خورده و یکی از نوارهای غنی از کوارتز دچار ساختار بودیناژ (B) شده است، ب) رخداد باریت (ba) به صورت بی‌شکل در سنگ آذرآواری میزبان کانسار چاه گز که به همراه کلسیت، سریسیت و کوارتز دگرشکل شده‌اند (نور متقاطع، XPL)، ج) متاریولیت دارای پیریت دانه پراکنده، د) متاریولیت دارای پیریت و اسفالریت (تیره رنگ) در زمینه‌ای از سریسیت، پلاژیوکلاز (pl) و کوارتز، (نور متقاطع، XPL)، ه) متاپلیت دگرسان شده دارای تجمعات پیریتی دانه پراکنده و دگرشکل شده، و) متاپلیت دگرسان شده کمربند دارای پیریت دانه پراکنده (نور متقاطع، XPL)



شکل ۹- تصاویری از بافت‌ها و ساختارهای ماده معدنی: الف) بافت توده‌ای متشکل از بخش غنی از پیریت و کالکوپیریت و بخش غنی از اسفالریت و گالن، ب) نوار غنی از اسفالریت و گالن (تیره) در درون ماده معدنی توده‌ای غنی از پیریت، ج) نوار غنی از پیریت و کالکوپیریت در درون ماده معدنی توده‌ای غنی از اسفالریت و گالن، د) نوارهای غنی از کالکوپیریت (روشن) در درون ماده معدنی توده‌ای غنی از اسفالریت و گالن (تیره)، ه) چین خوردگی در ماده معدنی دارای گالن، اسفالریت و پیریت (تیره) و سریسیت (روشن)، و) دانه‌بندی تدریجی در ماده معدنی غنی از پیریت



شکل ۱۰- تصاویری از بافت و ساختارهای ماده معدنی: الف) نوارهای غنی از مگنتیت و هماتیت در زمینه‌ای از چرت در واحد چرتی آهن‌دار، ب) رگه- رگچه‌های استوک و رکی با جهات مختلف در درون متاپلیت کم‌پایین، ج) چین خوردگی و برگوارگی (S) در رگه کوارتزی-کربناتی- سولفیدی، د) رگه‌های نسل اول و دوم کوارتزی-کربناتی- سولفیدی، ه) وجود برگوارگی و جهت یافتگی کانی‌ها در درون رگه اولیه همانند سنگ میزبان، (نور متقاطع، XPL)، و) رگه ثانویه (V3) دارای کلسیت دانه درشت بوده و برخلاف رگه اولیه (V1) بدون دگرشکلی و برگوارگی است (نور متقاطع، XPL)



شکل ۱۱- تصاویر میکروسکوپی: الف) کانی‌های پیریت بی‌شکل و گاه کروی شکل داخل زمینه‌ای از اسفالریت، در ماده معدنی توده‌ای غنی از اسفالریت و گالن در کانسار چاه گز، ب) بورنیت به صورت میانبار در درون پیریت، در ماده معدنی توده‌ای در کانسار چاه گز، ج) دانه‌های خود شکل آرسنوپیریت در هم‌شدی با تتراهدریت، پیریت، گالن، اسفالریت و کالکوپیریت، در ماده معدنی توده‌ای در کانسار چاه گز، د) پیروتیت به صورت میانبار در آرسنوپیریت، در پهنه رگه-رگچه‌ای در کانسار چاه گز، ه) چین خوردگی پیریت و اسفالریت به همراه سریسیت، در ماده معدنی نیمه توده‌ای در کانسار چاه گز، و) کانی‌های مگنتیت هماتیت، کوارتز، کلریت و سریسیت در واحد چرتی آهن دار در واحد دوم توالی میزبان در منطقه چاه گز (نور متقاطع، XPL)

Mineral	Syn-sedimentary and diagenetic		Regional metamorphism and deformation		Oxidation/ supergene enrichment
	Stringer ore	Stratiform ore	Prograde D1→D2	Retrograde D3	
Pyrrhotite	=====				
Arsenopyrite	=====	=====	=====	=====	
Bornite		=====			
Pyrite	=====	=====	=====	=====	
Chalcopyrite	=====	=====			
Sphalerite	=====	=====			
Galena	=====			=====	
Tetrahedrite		=====			
Barite	=====	=====			
Calcite	=====	=====	=====	=====	
Fe-Mn-Mg carbonates	=====	=====	=====	=====	
Hematite		=====	=====	=====	=====
Iron hydroxides					=====
Malachite					=====
Cerussite					=====
Smithsonite					=====
Chrysocolla					=====
Chalcocite					=====
Covellite					=====
Sericite/phengite	=====	=====	=====		
Chlorite	=====	=====	=====		
Quartz				=====	
Feldspar	=====	=====			
Clay minerals	=====	=====			=====
Textures	Banded	=====			
	Massive		=====		
	Disseminated	=====	=====		
	Vein and veinlets	=====		=====	=====

شکل ۱۲- توالی پاراژنری کانی‌ها و تحولات ساخت و بافت در کانه‌زایی روی - سرب-مس منطقه چاه گز

جدول ۱- مقایسه کانسار چاه‌گزر با کانسارهای سولفید توده‌ای تیب کوروکو در ژاپن، کانسارهای منطقه معدنی باتورست کانادا، کمر بند پیریتی ایبریا در اسپانیا و پرتغال و کانسار Rosebery در تاسمانیا، استرالیا

مهم‌ترین خصوصیات کانه‌زایی	کانسار چاه‌گزر	کانسارهای منطقه باتورست کانادا	کانسارهای کمر بند پیریتی ایبرین اسپانیا-پرتغال	کانسار Rosebery در تاسمانیا، استرالیا	کانسارهای کوروکو، ژاپن
محیط زمین‌ساختی	کمانی (intra-arc)	پشت کمانی (back-arc)	پیش کمانی (fore-arc) یا پشت کمانی	پشت کمانی یا درون کمانی	پشت کمانی
سنگ‌های میزبان و همراه	داسیت، ریولیت، شیل سیاه	داسیت، ریولیت، شیل سیاه	ریولیت، داسیت، شیل سیاه	ریولیت، داسیت	ریولیت، داسیت
سن کانه‌زایی و سنگ میزبان	ژوراسیک میانی	اردوویسین	دونین بالا-کرنیفر زیرین	کامبرین	میوسن
شکل هندسی پیکره‌های معدنی	صفحه‌ای شکل	صفحه‌ای شکل	صفحه‌ای شکل	صفحه‌ای شکل و عدسی شکل	عدسی شکل
ساخت و بافت	توده‌ای، نواری زیاد، دانه پراکنده، رگه‌ای	توده‌ای، نواری زیاد، دانه پراکنده، رگه‌ای	توده‌ای، نواری زیاد، دانه پراکنده، رگه‌ای	توده‌ای، نواری زیاد، دانه پراکنده، رگه‌ای	توده‌ای، نواری، دانه پراکنده، رگه‌ای
کانی‌های معدنی	پیریت، اسفالریت، گالن، کالکوپیریت، آرسنوپیریت، بورنیت، پروتیت	پیریت، اسفالریت، گالن، کالکوپیریت، آرسنوپیریت، تتراهدريت، کاسیتريت، استانتیت پروتیت	پیریت، اسفالریت، گالن، کالکوپیریت، آرسنوپیریت، تتراهدريت، کاسیتريت، استانتیت پروتیت	پیریت، اسفالریت، گالن، کالکوپیریت، آرسنوپیریت، تتراهدريت، بورنویت، یولانژریت، جوردانیت، الکتروم	اسفالریت، گالن، پیریت، کالکوپیریت، تتراهدريت
کانی‌های باطله	کوارتز، سریسیت، کلریت، کربنات، باریت ناچیز	کوارتز، کربنات، سریسیت، کلریت، باریت ناچیز	کوارتز، کربنات، سریسیت، کلریت، باریت ناچیز	کوارتز، سریسیت، کلریت، کربنات، باریت (گاهی زیاد)	باریت فراوان، کوارتز
پهنه بندی فلزی	خفیف	خفیف	خفیف	از کمر پایین به کمر بالا: Cu-(Au) → Zn-Pb-Au → Ba-Au	از کمر پایین به کمر بالا: Cu → Zn-Pb → Ba
پالایش پهنه‌ای	خفیف	خفیف	خفیف	خفیف	خفیف
دگرسانی	سریسیتی، پیریتی، سیلیسی، کلریتی، کلسیتی	سریسیتی، پیریتی، سیلیسی، کلریتی، کلسیتی	سریسیتی، پیریتی، سیلیسی، کلریتی، کلسیتی	سریسیتی، پیریتی، سیلیسی، کلریتی، کلسیتی، آلپیتی	سریسیتی، پیریتی، سیلیسی، کلریتی
مراجع	موسیوند (۱۳۸۹)، Mousivand et al. (2011)	Goodfellow and Mc-Cutcheon, 2003; Goodfellow et al., 2003; Lentz and McCutcheon, 2006	Sáez et al., 1999; Solomon et al., 2002; Dawson et al., 2001; Tornos, 2006	Large, 1992; Large et al., 2001	Ohmoto and Skinner, 1983; Hoy, 1995

## کتابنگاری

- اتریدی، س.، ۱۳۸۴- پتروگرافی، پتروژنز و مسائل تکتونوماگمایی توده‌های نفوذی چهارگوش ۱/۱۰۰۰۰۰ کرسفید واقع در زون سندج - سیرجان. رساله دکتری پترولوژی دانشگاه شهید بهشتی، ۳۸۰ ص.
- اتریدی، س.، وثوق عابدینی، م.، پورمعافی، م.، ۱۳۸۵- مطالعه ژئوشیمیایی و محیط زمین ساختی- ماگمایی توده های نفوذی اولترامافیک تا حد واسط چاه قند، در بخش جنوبی زون سندج - سیرجان. فصلنامه علوم زمین، شماره ۶۰، ص. ۸۸ تا ۹۷.
- بدرزاده، ز.، ۱۳۸۸- پترولوژی و ژئوشیمی گدازه های بالشی بازالتی شمالغرب جیرفت با نگرشی ویژه بر کانه زایی مس- روی (VMS) همراه آنها. رساله دکتری پترولوژی، دانشگاه تربیت مدرس، ۳۵۰ ص.
- سبزه‌یی، م. و افروز، ع.، ۱۳۶۸- گزارش کالبد زمین شناسی کانسار سرب و روی چاه گز و ارائه برنامه اکتشاف نیمه تفصیلی و تفصیلی آن. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۷۰ ص.
- سبزه‌یی، م.، اشراقی، ص.، روشن روان، ج.، امینی، ب.، سراج، م.، علایی مهابادی، ۱۳۷۲ الف- نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ نیریز. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- سبزه‌یی، م.، اشراقی، ص.، و روشن روان، ج.، ۱۳۷۲ ب- نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زردو، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- سبزه‌یی، م.، غیائی، م.، تفضلی، ه. و اعتمادی، ف.، ۱۳۷۲ ج- شرح نقشه ۱:۱۰۰۰ معدن چاه گز، جنوب غرب شهر بابک. شرکت مهندسی مشاور کاوشگران، ۲۵۰ ص.
- سراچه اورنگ، ک.، ۱۳۸۹- دگرریختی چند مرحله ای در ناحیه غرب سیرجان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی ساختمانی، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۰۰ ص.
- شرکت مهندسی مشاور تهران پایرو، ۱۳۷۰- عملیات اکتشاف ژئوفیزیکی به روش IP و RS در معدن چاه گز، شمال غرب سیرجان، وزارت معادن و فلزات، ۱۰۰ ص.
- شرکت مهندسی مشاور کاوشگران، ۱۳۶۹- مقدمه ای بر زمین شناسی و کانی شناسی سرب و روی چاه گز و تهیه نقشه ۱:۵۰۰۰، ۲۱۰ ص.
- شرکت مهندسی مشاور مینوک، ۱۳۷۲- گزارش نهایی پردازش و تحلیل داده های ژئوشیمیایی منطقه چاه گز، برداشت ژئوشیمیایی ۱:۵۰۰۰، طرح اکتشاف تفصیلی سرب و روی، وزارت معادن و فلزات، ۱۵۰ ص.
- موسیوند، ف.، ۱۳۸۲- کانی شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانه‌زایی مس در مجموعه آتشفشانی-رسوبی سوریان در منطقه بوانات، استان فارس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس، ۳۰۰ ص.
- موسیوند، ف.، ۱۳۸۹- زمین شناسی، ژئوشیمی و الگوی تشکیل کانسار روی-سرب-مس چاه گز و مقایسه آن با کانسار سولفید توده‌ای آتشفشانزاد مس-روی-نقره بوانات در پهنه سندج-سیرجان جنوبی. رساله دکتری زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس، ۵۰۵ ص.
- یارمحمدی، ع.، ۱۳۸۵- کانی شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانه زایی طلای باریکا، شمال شرق سردشت، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۵۰ ص.
- یارمحمدی، ع.، راستاد، ا.، محجل، م.، شمس، م. ج.، ۱۳۸۷- رخداد طلای باریکا: کانه‌زایی تیپ ماسیوسولفید و لکانوژنیک غنی از طلا در ایران. مجله علوم دانشگاه تهران، ص. ۴۷-۶۰.

## References

- Allen, R. L., Weihed, P. & Svenson, S-Å. 1996- Setting of Zn-Cu-Au-Ag massive sulfide deposits in the evolution and facies architecture of a 1.9 Ga marine volcanic arc, Skellefte district, Sweden. *Economic Geology*, 91: 1022-53.
- Burnol, L., 1968- Contribution a l'etude des gisement de plomb et zinc de l' Iran. *Essais de classification paragenetique*. GSI Report, Tehran.
- Dawson, G. L., Caessa, P., Alverca, R. & Sousa, J. C., 2001- Geology of the Aljustrel Mine area, southern Portugal, In *GEODE Workshop "Massive sulfide deposits in the Iberian Pyrite Belt: New advances and comparisons with equivalent systems"*, Aracena, Spain, October 2001: Aljustrel, Eurozinc, Aljustrel Field Trip Guidebook, 28 p.
- Fazlnia, A., Volker, S., Van der Straaten, F. & Mirmohammadi, M., 2009- Petrology, geochemistry, and geochronology of trondhjemites from the Qori Complex, Neyriz, Iran. *Lithos*, 112: 413-433.
- Fazlnia, A. N., Moradian, A., Rezaei, K., Moazzen, M. & Alipour, S., 2007- Synchronous activity of anorthositic and S-type granitic magmas in the Chah Dozdan batholith, Neyriz, Iran: evidence of zircon SHRIMP and monazite CHIME dating. *Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran*, 18: 221-237.
- Franklin, J. M., Gibson, H. L., Galley, A. G. & Jonasson, I. R., 2005- Volcanogenic Massive Sulfide Deposits. In: Hedenquist, J. W., Thompson, J. F. H., Goldfarb, R. J. & Richards, J. P. (eds.) *Economic Geology 100th Anniversary Volume*, Littleton, CO, Society of Economic Geologists, 523-560.
- Goodfellow, W. D., McCutcheon, S. R. & Peter, J. M., 2003- Massive sulfide deposits of the Bathurst mining camp, New Brunswick and northern Maine. *Economic Geology monograph* 11, 300p.
- Goodfellow, W. D. & McCutcheon, S. R., 2003- Geologic and genetic attributes of volcanic-hosted massive sulphide deposits of the Bathurst mining camp, northern New Brunswick. *Economic Geology Monograph* 11, 245-311.
- Grenne, T. & Slack, J. F., 2005- Geochemistry of Jasper Beds from the Ordovician Lokken Ophiolite, Norway: Origin of Proximal and Distal Siliceous Exhalites. *Economic Geology*, 100(8): 151-1527.
- Hoy, T., 1995- Noranda/kuroko massive sulphide Cu-Zn, in selected British Columbia mineral deposit profiles, volume 1- *Metallics and Coal*, Lefebure, D.V. and Ray, G.E., (eds.), British Columbia Ministry of Energy Employment and Investment, open file, 1995-20, p.53-54.

- Large, R., Mc Phie, J., Gemmill, J.B. & Davidson, G., 2001-The Spectrum of Ore Deposits Types, Volcanic environment, alteration halos, and Related Exploration Vectors in Submarine Volcanic Succession: Some Example From Australia, *Economic Geology*, 96: 913-938.
- Large, R. R., 1992- Australian Volcanic-hosted Massive Sulfide Deposits: Features, Styles, and Genetic Models, *Economic Geology*, 87: 471-510.
- Lentz, D. R. & McCutcheon, S. R., 2006- The Brunswick No. 6 Massive Sulfide Deposit, Bathurst Mining Camp, Northern New Brunswick, Canada: A Synopsis of the Geology and Hydrothermal Alteration System, and Geochemical Vectors for Exploration. *Exploration and Mining Geology Journal (Bathurst Camp Special Issue)*, 15: 1-34.
- McPhie, J., Doyle, M. & Allen, R., 1993- Volcanic textures: a guide to the interpretation of textures in volcanic rocks . University of Tasmania Centre for ore deposit and exploration studies, 196 p.
- Milosakovic, R., Ciric, V. & Gojkovic, S., 1971- Report on prospecting and useful minerals, sheets Dehaj, Anar, Robat, Shahr-e-Babak and Zardu. Report 29/YU.
- Montelius, C., 2005- The Genetic Relationship between Rhyolitic Volcanism and Zn-Cu-Au Deposits in the Maurleden Volcanic Centre, Skellefte district, Sweden: Volcanic facies, Litho-geochemistry and Geochronology. Ph.D. thesis, Lulea University of Technology, Sweden. 135 p.
- Mousivand F., Rastad E. & Peter M., 2008- An overview of volcanogenic massive sulfide deposits of Iran. 33rd Int Geol Congress, Oslo. CD ROM.
- Mousivand, F., Rastad, E., Hoshino, K. & Watanabe, M., 2007- The Bavanat Cu-Zn-Ag orebody: First recognition of a Besshi-type VMS deposit in Iran: *Neues Jahrbuch Fur Mineralogie-Abhandlungen*, 183: 297-315.
- Mousivand, F., Rastad, E., Meffre, S., Peter, J. M., Solomon, M. & Khin Zaw, 2011- U-Pb geochronology and Pb isotope characteristics of the Chahgaz volcanogenic massive sulfide deposit, South of Iran. *International Geology Review*, 53 (10): 1239-1262.
- Ohmoto, H. & Skinner B. J., 1983- The Kuroko and related volcanogenic massive sulfide deposits. *Econ Geol Monograph* 5, 604 p.
- Sáez, R., Pascual, E., Toscano, M., Almodóvar, G.R., 1999-The Iberian type of volcano-sedimentary massive sulphide deposits. *Mineralium Deposita* 34, 549-570.
- Schlatter, D. M., 2005- Volcanic stratigraphy, chemical stratigraphy, and hydrothermal alteration of the Petiknäs South Volcanic-hosted massive sulfide deposit, Sweden. Licentiate thesis (including maps), Lulea University of Technology, Sweden. 128p.
- Schlatter, D. M., 2007- Volcanic Stratigraphy and Hydrothermal Alteration of the Petiknäs South Zn-Pb-Cu-Au-Ag Volcanic-hosted Massive Sulfide Deposit, Sweden, Doctoral thesis, Lulea University of Technology, Sweden. 208p.
- Sheikholeslami, M. R., Pique, A., Mobayen, P., Sabzehei, M., Bellon, H. & Emami, M.H., 2008- Tectono-metamorphic evolution of the Neyriz metamorphic complex, Quri-Kor-e-Sefid area (Sanandaj-Sirjan Zone, SW Iran). *Journal of Asian Earth Sciences* 31: 504-521.
- Solomon, M. & Inverno, C., 2006- Zn-Pb-Cu VHMS deposits — extending the brine-pool pool. AESC2006, Melbourne, Australia. 1-11.
- Solomon, M., 2008a- Brine-pool deposition for the Zn-Pb-Cu massive sulphide deposits of the Bathurst mining camp, New Brunswick, Canada. II. Ocean anoxia during mineralisation. *Ore Geology Reviews*, 33: 352-360
- Solomon, M., 2008b- Brine pool deposition for the Zn-Pb-Cu massive sulphide deposits of the Bathurst mining camp, New Brunswick, Canada. I. Comparisons with the Iberian pyrite belt. *Ore Geology Reviews*, 33: 329-351
- Solomon, M., Tornos, F. & Gaspar, O. C., 2002- Explanation for many of the unusual features of the massive sulfide deposits of the Iberian pyrite belt: *Geology*, 30: 87-90.
- Solomon, M., Tornos, F., Large, R. R., Badham, J. N. P., Both, R. A. & Khin Zaw, 2004- Zn-Pb-Cu volcanic hosted massive sulfide deposits: criteria for distinguishing brine pool-Type from black smoker type sulfide deposition. *Ore Geology Reviews*, 25: 259-283.
- Spry, P. G., Peter, J. M. & Slack, J. F., 2000- Meta-exhalites as exploration guides to ores: *Reviews in Economic Geology*, 11:168-201.
- Tornos, F., 2006- Environment of formation and styles of volcanogenic massive sulfides: The Iberian Pyrite Belt; *Ore Geology Reviews*, 28: 259-307
- Watters, W. A., Sabzehei, M., Alavi Tehrani, M., Etminan, H. & Majidi, B., 1970- Preliminary report on the geology and petrography of the metamorphic and igneous rocks of central part of Neyriz Quadrangle. Geological Survey of Iran, Internal report, 113 p.
- Yarmohammadi, A., Rastad, E., Mousivand, F. & Watanabe, M., 2008- Barika Au-Ag-(Zn-Pb-Cu) deposit: First recognition of gold-rich Kuroko-type VMS mineralization in Iran. 33rd Int Geol Congress, Oslo. CD-ROM.