# Fluid inclusions and Chemistry of sulphide minerals (sphalerite and chalcopyrite) in the Baba-Gholleh and Emarat Pb-Zn deposits, middle part of Malayer- Isfahan metallogenic belt.

Alireza Zarasvandi<sup>1</sup>, Elham Poursheikhi<sup>\*1</sup>, Somayeh Dolatshahi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Natural Science, <sup>1</sup>Department of Geology, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran <sup>2</sup> Department of Geology, Lorestan University, Khorramabad, Iran Corresponding author:e. pgeo2015@gmail.com 09106040492

#### Abstract

Baba Golleh and Emarat Zn-Pb deposits are located in Markazi province and in the middle part of Malayer Isfahan belt. Mineralization in Emarat and Baba Golleh deposits occurred in Lower Cretaceous carbonate and Middle Jurassic black phyllites units, respectively. The difference in the ratio of zinc to iron, silver and copper elements in sphalerite indicate the different genesis of Baba Golleh and Emarat deposits. The ratio of Sn to In and Ga to In in the spherites of the Emarat deposit is more than one, and these ratios are less than one in the Baba Golleh deposit. The highest average concentration of Ga and Sn in the chalcopyrites of Emarat is higher than Baba- Golleh. The results of microthermometry of fluid inclusions in Baba Golleh deposits show the homogenization temperature of 130-195 °C and salinity of 1.9-18 wt. % NaCl equivalents, respectively. The homogenization temperature and salinity of Emarat deposit fluid inclusions are between 95-113 °C and 7.8-10.6 wt. % NaCl equivalents, respectively. Based on the geochemical evidence, the type of host rock and studies of the fluids inclusions data, Emarat and Baba Golleh deposits are the most similar to the MVT (Mississippi Valley type) and SEDEX (Sedimentary exhalative) deposits, respectively.

Keywords: Emarat, Baba Golleh, fluid inclusions sphalerite, chalcopyrite,

میانبارهای سیال و شیمی کانیهای سولفیدی( اسفالریت و کالکوپیریت) در کانسارهای سرب و روی عمارت و باباقله، بخش میانی کمربند فلززایی ملایر- اصفهان.

علیرضا زراسوندی<sup>۱</sup>، الهام پورشیخی<sup>۱</sup>، سمیه دولتشاهی<sup>۲</sup>

اگروه زمینشناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز

<sup>۲</sup>گروه زمینشناسی، دانشگاه لرستان

<u>e.pgeo2015@gmail.com</u>

تاريخ تنظيم: ۴/۳۱ ۱۴۰۴٬۲۰

• 9 ] • ۶ • ۴ • ۴ 9 ۲

کانسارهای سرب و روی باباقله و عمارت در استان مرکزی و در بخش میانی کمربند ملایر- اصفهان قرار گرفتهاند. کانهزایی در کانسارهای عمارت و باباقله به ترتیب در واحدهای کربناته کرتاسه زیرین و فیلیتهای سیاه ژوراسیک میانی رخ داده است. متفاوت بودن نسبت روی به عناصر آهن، نقره و مس در اسفالریت، بیانگر تفاوت ژنزی کانسارهای عمارت و باباقله است. نسبت Sn به In و Ga به Ga در اسفاریتهای کانسار عمارت بیش از یک است، و این نسبتها در کانسار باباقله کمتر از یک میباشد. میانگین غلظت Ga و Sn در اسفاریتهای کانسار عمارت ایش از یک است، و این نسبتها در کانسار باباقله کمتر از یک میباشد. کانسارهای باباقله به ترتیب دمای همگنشدگی ۱۹۹۵ – ۱۳۰ درجه سائتی گراد و شوری ۱۸–۱۹ درصد وزنی نمک طعام را نشان میدهد. دمای همگنشدگی و شوری میانبارهای سیال کانسار عمارت به ترتیب در محدوده ۱۳۱–۹۵ درجه سانتی گراد و میدهد. دمای همگنشدگی و شوری میانبارهای سیال کانسار عمارت به ترتیب در محدوده ۱۳۱–۹۵ درجه سانتی گراد و کانسارهای باباقله به ترتیب دمای همگنشدگی ۱۹۵۵ – ۱۳۰ درجه سائتی گراد و شوری ۱۸–۱۸ درصد وزنی نمک طعام را نشان میدهد. دمای همگنشدگی و شوری میانبارهای سیال کانسار عمارت به ترتیب در محدوده ۱۳۱–۹۵ درجه سانتی گراد و کانسار عمارت و باباقله به ترتیب بیشترین مطابقت را با دخایر نوع MVT (ذخایر نوع دره می سی سی سی پی) و SEDEX (رسوبی-بروندمی) دارند.

كلمات كليدى: عمارت، باباقله، ميانبار سيال، اسفالريت، كالكوپيريت

مقدمه

چکیدہ

وجود سکوهای کربناته و شرایط ژئودینامیک ایران، شرایط را برای نهشته گذاری سرب و روی در میزبانهای کربناتی فراهم کرده است. ذخایر سرب و روی با سنگ میزبان رسوبی شامل کانسارهای تیپ MVT (ذخایر نوع دره می سی سی پی)، SEDEX(ذخایر رسوبی-بروندمی)، Irish و سرب نوع ماسه سنگی میباشند[۱،۲]. ذخایر سرب و روی ایران با میزبان رسوبی از دو بعد زمانی و مکانی قابل تامل هستند به نحوی که پراکندگی زمانی آنها عمدتاً طیفی از پالئوزوئیک و مزوزوئیک را در بر میگیرد[۱٬۴] و گستردگی زمانی آنها عمدتاً طیفی از پالئوزوئیک و مزوزوئیک را در بر میگیرد[۱٬۴] و گستردگی مکانی قابل تامل هستند به نحوی که پراکندگی زمانی آنها عمدتاً طیفی از پالئوزوئیک و مزوزوئیک را در بر میگیرد[۱٬۴] و گستردگی مکانی قابل تامل هستند به زمانی آنها عمدتاً طیفی از پالئوزوئیک و مزوزوئیک را در بر میگیرد[۱٬۴] و گستردگی مکانی آنها منجر به رخداد کمربندهای فلززرایی ملایر- اصفهان، طبس- پشت بادام، البرز مرکزی، و یزد- انارک شده است[۵]. کمربند فلزرایی ملایر- اصفهان، طبس- پشت بادام، البرز مرکزی، و یزد- انارک شده است[۵]. کمربند فلزرایی ملایر- اصفهان، طبس- پشت بادام، البرز مرکزی، و یزد- انارک شده است[۵]. کمربند فلزرایی ملایر- اصفهان، طبس- پشت بادام، البرز مرکزی، و یزد- انارک شده است[۵]. کمربند فلزرایی ملایر- اصفهان با طول ۴۰۰ کیلومتر و عرض ۹۰ کیلومتر و با راستای شمال فربی- جنوب شرقی با دربرگیری عمده استانهای مرکزی، اصفهان، همدان و لرستان و چهارمحال بختیاری، بخشی از قسمت میانی پهنه سنندج- سیرجان را به خود اختصاص داده است. دو کانسار باباقله و عمارت از جمله ذخایر سرب و روی در این

کمربند فلززایی هستند (شکل۱). ذخیره باباقله با مختصات جغرافیایی " ۳۰ "۴۹ ۵۲ طول خاوری و عرض شمالی " ۲۰ "۳۲ در ۳۳ کیلومتری جنوبغربی شهرستان خمین در استان مرکزی قرار دارد. نظریههای مختلفی در مورد منشأ آن ارائه شده است. [۶] رخداد باباقله را رگهای نوع تله ترمال میداند، برخی دیگر از پژوهشگران این ذخیره را ناشی از تولید محلولهای است. و ایا رخداد باباقله را رگهای نوع تله ترمال میداند، برخی دیگر از پژوهشگران این ذخیره را ناشی از تولید محلولهای سطحی بالاروندهی حاوی سرب، روی و گوگرد به وسیلهی ماگماتیسم و آناتکسی عمیق و اختلاط این محلولها با محلولهای سطحی و ته نشست کانهها در شکستگیها و سازندهای کربناته میدانند [۷]. [۸، ۹] این ذخیره را نوع رگهای معرفی کردهاند، در بایا معلولهای این محلول مای معرفی کردهاند، در و ته نشست کانهها در شکستگیها و سازندهای کربناته میدانند [۷]. [۸، ۹] این ذخیره را نوع رگهای معرفی کردهاند، در بهای نوع رگهای معرفی معرفی کردهاند. در این دخیره را نوع رگ مای معرفی کردهاند، در و ته نشست کانهها در شکستگیها و سازندهای کربناته میدانند [۷]. [۸، ۹] این ذخیره را نوع رگ معرفی کردهاند، در این معلول مای معرفی نوع رگ معرفی کردهاند، در و ته نشست کانهها در شکستگیها و سازندهای کربناته میدانند [۷]. [۸، ۹] این ذخیره را نوع رگ معرفی کردهانی کردهاند، در نهایت مطابق نظر[۱۰] این کانسار از نوع رسوبی- بروندمی (SEDEX) است.

کانسار عمارت با مختصات جغرافیایی " ۲۶ ۴۳ ۴۹ طول شرقی و " ۴۳ ۴۳ ۵ عرض شمالی در ۴۵ کیلومتری جنوب غرب اراک قرار گرفته است و یکی از بزرگترین ذخایر سرب و روی در کمربند ملایر – اصفهان است. [۱۱] براساس مطالعات زمین -شناسی و ژئوشیمی این کانسار را از نوع ذخایر دره میسی پی (MVT) معرفی کردهاند. مطابق نظر [۱۲] این کانسار از نوع لایه کران بوده که در سنگهای کربناته کرتاسه زیرین نهشته شده است و آن را زیر ردهای از کانسارهای MVT به شمار آورده است و مهم ترین فرآیندهای تشکیل کانسار عمارت را احیای گرمایی – شیمیایی سولفات، برهم کنش محلول با سنگ دیواره و سرد شدن آن برشمرده است. [۱۳] این کانسار را از نوع MVT قلمداد کرده است و اذعان داشته است که تحت شرایط محیط احیایی و محیط کم عمق و گرم تشکیل شده است. براساس نظر [۱۰] این کانسار از نوع MVT است. در این تحقیق ذخیره مرابعه و مقایسه قرار گرفتهاند.

### روش مطالعه

در این پژوهش بهمنظور مطالعات کانیشناسی و سنگشناسی در مجموع تعداد ۱۸ بلوک صیقلی و ۱۳ مقطع نـازک از هـر دو کانسار تهیه و مورد مطالعات کانهنگاری، کانیشناسی و سنگشناسی قرار گرفته است. بهمنظور تعیین شیمی عناصر فرعی درکانیهای سولفیدی آنالیز SEM-EDX با مطالعه ۲۱ نقطه برای هر یک از کانیها در مجموع بر روی ۶ نمونه کالکوپیریت و اسفالریت دو ذخیره در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه لرستان انجام گردید. این آنـالیز توسط دستگاه SEM-EDX با مـدل THSEM ساخت کشور جمهوری چک انجـام پـذیرفت. همچنـین بـا هـدف بررسی ویژگیهـای سـیال کانـهسـاز مطالعـات ریزدماسنجی میانبار سیال در کوارتزهای حاوی کانهزایی با استفاده از اندازه گیری پارامترهای دمایی در آزمایشگاه کانیشناسی مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران (ایمیدرو) به کمک استیج THMS600 گرم کننده و منجمدکننده با مدل متصل به میکروسکوپ ZEISS با دامنه حرارتی۱۹۶۶ – تا ۲۰۰۰ درجه سانتیگراد انجام شد و کالیبراسیون اسـتیج در گرمـایش با دقت ۶/۰±درجه بوده که با نیترات سزیم و با نقطه ذوب ۲۱۴ درجه صورت پذیرفت و در انجماد بـا دقت ۲/۰± درجـه و بـا ماده استادارد انهگزان با نقطه ذوب ۹۴/۳ – درجه سانتیگراد انجام گرفته و در انجماد با دقت ۲/۰± درجـه و بـا ماده استادارد انهگزان با نقطه ذوب ۹۴/۳ – درجه سانتیگراد انجام گرفته است. در این مطالعه تعـداد ۲۸ میانبار سیال بـرای ذخیره باباقله و تعداد ۲۹ میانبار سیال برای ذخیره عمارت در کوارتزهای حاوی کانهزایی مورد مطالعه قرار گرفت. زمینشناسی ناحیهای و منطقهای

پهنه سنندج سیرجان در موقعیت زمینساختی پشت کمانی قرار دارد [۱۵، ۱۶] و در نتیجه فرورانش اقیانوس تتیس جوان به زیر صفحه ایران ایجاد شده است [۱۷]. در تریاس فوقانی- ژوراسیک فرورانش تتیس جوان به زیر ایران مرکزی شروع شده و با تداوم این رخداد حوضه کششی پشت قوسی پهنه سنندج سیرجان در کرتاسه تحتانی تشکیل شده است[۱۸]. ایـن حوضـه کششی به کمربند فلززایی ملایر- اصفهان موسوم است [۱۵]. رخداد کششی کرتاسه زیرین منجر به ایجاد حوضههای فرا زمین و فرو زمین در کمربند فلززایی ملایر – اصفهان شده است. حوضههای فروزمینی این کمربنـد جایگـاه بسـیاری از کانسـارهای سرب وروی با میزبان کربناته هستند [۵].شکل ۲ (الف و ب) بخشهایی از ستون چینهشناسی در دو ذخیره باباقله و عمارت را نشان میدهد. بیشتر ذخایر سرب و روی کمربند فلززایی ملایر- اصفهان در توالی واحدهای کرتاسه قرار دارند. کانسار عمارت در توالی چینهشناسی Ks به سن کرتاسه زیرین قرار گرفته است ، سنگ میزبان ذخایری که در این توالی قرار می گیرند شامل تناوب آهکهای سیلیسی اربیتولیندار ضخیم لایه تا لایههای متوسط با شیل و سیلتستون آهکی میباشد[۱۹] (شکل ۲الف). ذخایر سرب و روی ژوراسیک در زون متالوژنی ملایر- اصفهان در توالی رسوبات تخریبی ژوراسیک که معادل سازند شمشک هستند ایجاد شدهاند؛ از این دسته ذخایر کانسار باباقله را میتوان نام برد[۱۹]

در منطقه ذخیره باباقله قدیمی ترین واحد سنگی رخنمون یافته مربوط به سنگهای دگرگونی ژوراسیک زیرین و میانی می-باشد (شکل۳)؛ که واحد ژوراسیک زیرین (J<sub>ph</sub>) شامل سرسیت کلریت شیستهای خاکستری تا سیاه رنگ شدیداً چین خورده هستند که در نتیجه دگرگونی سنگهای پلیتی رسی، سیلتی و کمی ماسهای دانه ریز تشکیل شدهاند [۸]. واحد سنگی ژوراسیک میانی (J<sub>s,sh</sub>) متشکل از شیلهای سیلتی و رسی و تا حدی فیلیتی میباشد که به طور ناپیوسته بر روی فیلیتهای همدان قرار دارد [۲۰]. فیلیتهای سیاه در واحد ژوراسیک میانی (J<sub>s,sh</sub>) در واقع سنگ میزبان کانسنگ ذخیره باباقله محسوب می شوند. این فیلیتهای سیاه همراه با میان لایههای ماسه سنگ گریوکی دگرگون شده هستند. کنگلومرا، سیلتستون، مارن سیلتی و آبرفت جوانترین نهشتههای رسوبی در ناحیه باباقله محسوب می شوند که دارای سن ترشیاری تا کواترنری می-

کانسار سرب و روی عمارت بر روی بخشی از یال جنوبی ناودیس الیم آباد-موچان-کوه برآفتاب قرار دارد. واحد ژوراسـیک در این ناحیه معادل سازند نایبند در ایران مرکزی است. این واحد شامل شیل، ماسه سنگ و کمی آهک است که در برخی نقـاط تبدیل به فیلیت، اسلیت، کوارتزیت، مرمر و آمفیبولیت میشود. مرز واحد ژوراسیک با واحد تریاس بهصورت تدریجی میباشـد. در این ناحیه واحد کرتاسه به صورت دگرشیب روی واحد ژوراسیک قرار میگیرد. رسوبات کواترنری جوان شامل آبرفت، ماسه سنگ، کنگلومرا، و مارن سیلتی بهعنوان جوانترین رسوبات، منطقـه وسیعی از محـدوده کانسار عمارت را دربـر میگیرنـد (شکل۴). دگرگونی در این منطقه ناشی از عملکرد فاز دگرگونی کوهزایی آلپی با سن کرتاسه پایینی- پالئوسن میباشد. در اثر این دگرگونی، کالک شیست، کالـک فیلیـت و کوارتزیـت ایجـاد شـده اسـت. نزدیـک تـرین تـوده نفـوذی بـه منطقـه عمارت گرانودیوریت آستانه میباشد که با کانسار ۲۵ کیلومتر فاصله دارد.

#### سنگشناسی و کانیشناسی

بررسی مقاطع ناز ک در ذخیره باباقله نشان داد که سنگ میزبان از نوع کوارتزیت و یک نوع ماسهسنگ لیتیکدار است که تحت تاثیر فازهای دگرگونی قرار گرفته و در واقع یک فیلارنایت میباشد. در محدوده ذخیره باباقله سه مرحله کانهزایی اتفاق افتاده است در مرحله اول یعنی قبل از مرحله کانهزایی فلزی، دولومیت و کلسیت تشکیل شده است. در این ذخیره دو نسل کوارتز مشاهده میشود نسل اول کوارتزهای فاقد کانهزایی فلزی میباشند و نسل دوم کوارتز همزمان با تهنشست کانههای فلزی از محلول هیدروترمال تشکیل شده است[۲۱]. دگرگون شدن سنگ میزبان در مرحله اصلی کانهزایی رخ داده و در این مرحله اسفالریت، پیریت، کالکوپیریت و گالن از سیال کانهزا تهنشین شدهاند. در مرحله سوم کانهزایی کانیهای مالاکیت و دیگر اکسیدهای آهن تشکیل شدهاند (شکل۵–الف).

سنگ میزبان کانسار عمارت از آهکهای تودهای و ضخیم لایه به رنگ خاکستری تیره با درزهها و شکستگیهای فراوان تشکیل شده است و دارای ضخامتی از ۰/۵ تا ۳ متر میباشد. سیلیسی شدن مهمترین ویژگی این بخش است که در مجاورت بخش شیلی Ks بر شدت آن افزوده میشود. سیلیسی شدن مرحله اول موجب جانشینی بخشی از سنگ آهک توسط کوارتز شده است. کوارتزهای ریزبلور موجود در حاشیه رگچههای موازی دارای تظاهر چین خورده و جهتدار هستند که نشانه عملکرد نیروهای زمینساختی پس از ایجاد رگچههاست. فعالیتهای تکتونیکی منطقه موجب شکستگی در سنگ میزبان شده و سپس محلولهای غنی از سیلیس فضاهای خالی و شکستگیها را پر کرده و کانههای اصلی اسفالریت، گالن و پیریت تشکیل شده و بخشی از فضاهای شکستگی را پر کردهاند. همانطور که در شکل مشاهده میشود، کانههای اسفالریت در سنگ میزبان کربناته که شدیداً سیلیسی شدهاند و در داخل شکستگیها و درون استیلولیتهای ریز قرار گرفتهاند [۲۱]. فراوان ترین کانی سولفیدی در کانسار عمارت، اسفالریت است که به صورت رگچهای و دانههای ریز پراکنده در سنگ میزبان (اندازه ۲۰/ ۲۰ تا ۳ میلیمتر) مشاهده میشود. کانیزایی اسفالریت ها در دو مرحله اصلی رخ داده است. در مرحله اول اسفالریتهای با آهن بیشتر و رنگ تیرهتر مشخص میشوند؛ و اسفالریتهای مرحله دوم فقیر از آهن هستند[۲۲].

گالن در این کانسار بهصورت رگچهای و دانههای ریز پراکنده در سنگ میزبان مشاهده می شوند. کانیزایی گالن در دو مرحله و همزمان با اسفالریت رخ داده است [۲۱]. در کانسار عمارت سه مرحله اصلی کانیزایی رخ داده و کانیزایی سـرب و روی در دو مرحله اصلی اتفاق افتاده است (شکل۵– ب).

# میانبار سیال

## سنگنگاری

در این پژوهش مطالعه میانبارسیال بر روی نمونههای برداشت شده از رگههای کوارتزی همراه با کانیسازی صورت گرفته است. اغلب میانبارهای سیال مطالعه شده براساس فازهای درونی جزء میانبارهای تک فازی و دو فازی غنی از مایع (L+V) میباشند (شکل ۶ الف تا ت). در نمونههای مطالعه شده میانبارهای تک فازی گاز، فراوانی کمتری دارند و اندازه آنها کوچک است و اغلب بهصورت منفرد مشاهده میشوند. این میانبارها بهعلت وجود فاز گازی به رنگ تیره میباشند و دارای شکلهای لوزی، بیضوی و گرد هستند. بیشترین تعداد میانبار در این مطالعه مربوط به میانبارهای دو فازی غنی از مایع است که شامل دو فاز مایع و بخار میباشند. حجم فاز بخار در آنها از ۱۰ تا ۴۰ درصد حجم میانبار متغیر است؛ این میانبارها اغلب به صورت منفرد و به شکلهای دایره، بیضی و لوزی مشاهده میشوند.

اندازه میانبارهای سیال در ذخیره باباقله بین ۵ تا ۱۲ میکرون هستند که بیشترین فراوانی در اندازه ۵ میکرون می باشد. میانبارهای سیال مورد مطالعه در نمونههای کانسار عمارت در اندازه ۵ تا ۱۰ میکرون با میانگین اندازه ۶/۹ میکرون قرار دارند.

#### ريزدماسنجى

دامنه تغییرات دمای همگنشدگی برای میانبارهای سیال کانسار باباقله ۱۳۰ تا ۱۹۵ درجـه سـانتیگـراد است (جـدول ۱)؛ و همانطور که در هیستوگرام آن مشاهده میشود بیشترین فراوانی دمای همگنشدگی در دمـای ۱۶۰ تـا ۱۸۰ درجـه مـیباشـد (شکل ۷ – الف، شکل ۸ الف). دمای همگنشدگی برای کانسار عمارت در محدوده ۹۵–۱۳۰ درجـه بـهدست آمـد و میـانگین دمای همگنشدگی آن ۱۱۶/۸۳ میباشد بدین صورت دمای همگنشدگی کمتری نسبت به کانسـار باباقلـه را نشـان مـیدهـد (شکل ۷ – پ، شکل ۸ الف)

میانگین دمای ذوب نهایی یخ (Tm-ice) برای میانبارهای سیال ذخیره باباقله ۲/۹- درجه و در دامنـه دمـایی ۱۱/۸– تـا ۱/۲-درجه است. بر این اساس میزان شوری سیال در این ذخیره بر حسب درصد وزنی معادل نمـک طعـام در محـدوده ۱/۹ تـا ۱۸ درصد وزنی با میانگین ۱۲/۰۸ درصد وزنی معادل نمک طعام قرار دارد و بیشترین داده مربوط به ۱۵ درصد وزنی معادل نمـک طعام است. بالاترین میانگین شوری متعلق به منطقه باباقله است (شکل ۲– ب، شکل ۸– ب). میانگین دمای ذوب نهایی یخ (Tm-ice) برای میانبارهای سیال ذخیره باباقله ۶/۱- درجه و در دامنه دمایی ۵- تا ۶/۹- درجـه است. بر این اساس میزان شوری سیال در این ذخیره بر حسب درصد وزنی معادل نمک طعام در محدوده ۷/۸ تا ۱۰/۶ درصـد وزنی با میانگین ۹/۳۳ درصد وزنی قرار دارد و بیشترین داده مربوط به ۱۰ تا ۱۰/۲۵ درصـد وزنـی معـادل نمـک طعـام اسـت (شکل۷- ت، شکل ۸- ب).

جهت شناخت مکانیسم احتمالی نهشت کانهها میتوان از نمودار دمای همگنشدگی در برابر شوری[۲۳] استفاده کرد. بر اساس این نمودار دادههای میانبارهای سیال برای نمونههای باباقله در محدوده اختلاط همدما و برای نمونههای عمارت روند جوشش را نشان میدهد.

برای شناسایی کمپلکس غالب در حمل فلزات، از نمودار دمای همگنشدگی در مقابل شوری[۲۴] استفاده شد. نمونههای میانبار سیال در هردو ذخیره مورد مطالعه، در محدوده حمل با کمپلکس سولفیدی قرار گرفتهاند (شکل ۹)، که میتوان نتیجه گرفت که آنیونهای غالب در هر دو ناحیه <sup>-</sup>HS و <sup>2</sup>-SO است، و با توجه به نمودار دمای همگنشدگی- شوری برای انواع مختلف کانسارها براساس سیال سازنده آنها[۲۵] ، بیش از ۷۰ درصد نمونههای میانبار سیال باباقله در محدوده ذخایر نوع SEDEX واقع میشوند و ۱۰۰ درصد نمونههای میانبار سیال کانسار عمارت در محدوده ذخایر (شکل ۱۰).

#### ژئوشيمى

تصاویر مربوط به آنالیز SEM-EDX اسفالریتهای دو ذخیره مورد مطالعه در شکل (۱۱- الف و ب) نشان داده شده است. ساختمان اسفالریت به گونهای است که عناصر فرعی زیادی می توانند در آن جایگزین عنصر روی شوند. عناصر Ga، Ga، Fe، Cd Sb، Ge، In، دارای شعاع یونی مشابه با Zn هستند، این عناصر به صورت ایزومورف جانشین روی می شوند (۲۶، ۲۷، ۲۸]. به-علاوه عناصری مانند Co، Cu، که یونهای هم اندازه با عنصر Zn دارند، نیز می توانند از طریق جانشینی ساده وارد ساختمان اسفالریت شوند (۲۹،۲۶]. میزان غلظت عناصر در ساختار اسفالریت تحت تاثیر دمای تبلور و منبع فاز از یک ذخیره به ذخیره دیگر متفاوت است (۲۹).

میانگین غلظت Cu در کانسار باباقله کمتر از ۵ درصد وزنی میباشد (۴٬۰۷ درصد وزنی)، میانگین مس در اسفالریتهای کانسار عمارت بیش از ۵ درصد وزنی است (۵٬۹۸ درصد وزنی). میانگین غلظت Ag و Fe برای اسفالریتهای باباقله بیش در از ۲ درصد وزنی هستند اما برای ذخایر عمارت کمتر از ۲ درصد وزنی است (جدول ۳).

غلظت گالیم و ژرمانیم در ذخایری که دمای بیشتر دارند، کمتر است. مقادیر این عناصر در ذخایر سرب و روی نوع MVT بیش از ذخایر دما بالاست [۳۰،۲۶]. میانگین غلظت Ga و Ge در اسفالریتهای باباقله کمتر از میانگین آنها در کانسار عمارت است، در صورتی که غلظت ایندیم در اسفالریتهای کانسار باباقله بیشتر از میانگین غلظت این عنصر در عمارت می باشد. میانگین غلظت Ge در باباقله کمتر از ۲ درصد وزنی است و مقدار این عنصر در کانسار عمارت بیشتر از ۲ درصد وزنی می ب باشد. بیشترین غلظت Ga در نمونه اسفالریت کانسار عمارت ۲/۲۴ درصد وزنی می باشد. مقدار ایندیم در اسفالریتهای عمارت کمتر از ۲ درصد وزنی است. میانگین غلظت برای عنصر در کانسار عمارت بیشتر از مقدار این عنصر در عمارت می ما کمتر از ۲ درصد وزنی است. میانگین غلظت برای عنصر DC در ذخایر باباقله (۲/۴۰ درصد وزنی) کمتر از مقدار این عنصر در ذخایر عمارت (۲/۴۰ درصد وزنی) است. میزان عنصر SG در اسفالریتهای باباقله ۲/۲۵ درصد وزنی بود درحالی که میزان این

شکل (۱۲) به گونهای طراحی شده است که براساس مقدار گالیم و ایندیم در اسفالریتها انواع ذخایر سرب و روی طبق میندی می شوند. در این شکل ذخایر گل زرد، باباقله، تکیه و عمارت با کانسار سرب و روی Xiyi (نوع MVT) در جنوب غربی چین [۳۱] و دیگر ذخایر سرب و روی[۲۸] مقایسه شده است. در این دیاگرام سه محدوده وجود دارد، محدوده A، در این محدوده نسبت گالیم به ایندیم کمتر از یک است (Sa/In<1) و شامل ذخایر ماگمایی، هیدروترمال و ذخایر SEDEX میباشد. محدوده B، در این محدوده نسبت گالیم به ایندیم برابر با یک است (Ga/In=1) و شامل ذخایر سرب و روی ولکانیکی می-باشد. محدوده C، در این محدوده میزان گالیم به ایندیم بیشتر از یک است (Ga/In) و در این ناحیه ذخایرسرب و روی نوع MVT قرار می گیرند. در اسفالریتهای باباقله مقدار ایندیم بیشتر از گالیم بود که موجب گردید نسبت Ga/In بیشتر از یک شود و نمونههای این ذخیره در محدوده A همراه با دیگر ذخایر SEDEX قرار بگیرند، بنابراین یکی ازدلایل زمین شیمی برای معرفی این ذخیره بهعنوان نوع SEDEX میباشد. در اسفالریتهای عمارت مقدار گالیم بیشتر از ایندیم بوده به گونهای که معرفی این ذخیره بهعنوان نوع SEDEX میباشد. در اسفالریتهای عمارت مقدار گالیم بیشتر از ایندیم بوده به گونهای که

نمودارهای دو متغیره Zn در برابر Zn ، Ag در برابر Sn ، Cu در برابر Zn ، In در برابر Fe ، Fe در برابر Zn ، Ag در برابر Cu در نحیره ZDA در برابر SEDEX برای اسفالریتهای دو کانسار در دو گروه SEDEX و MVT ترسیم گردید. نسبت Zn/Ag در نخیره SEDEX (باباقله) بیشتر از ۲۰ می باشد و نسبت Zn/Cu بیشتر از ۸ و نسبت Zn/Fe بیشتر از ۲۰ است و در تمام نمونهها این نسبتها بالاتر از خط مربوط قرار می گیرند، در حالی که نمونههای عمارت در بخش پایینی این خطوط قرار دارند، یعنی این نسبتها در این نوع ذخایر کمتر است. نمودارهای دو متغیره SEDEX در برابر Th Cl بیشتر از ۲۰ است و در تمام نمونهها این نسبتها بالاتر از نوع خایر کمتر است. نموداره ی در حالی که نمونههای عمارت در بخش پایینی این خطوط قرار دارند، یعنی این نسبتها در این نوع ذخایر کمتر است. نموداره ای دو متغیره Sc در برابر In Ch در برابر Fe و In در مقابل Cu در مقابل Cu در نوع نوع ذخایر نوع SEDEX در برابر Th ch در برابر Th ch در مقابل Cu در مقابل Cu در مونههای در این SEDEX در برابر Th ch در مقابل Cu در مقابل Cu در این نسبتها در این SEDEX در برابر Secore قرار دارند، یعنی این نسبتها در این SEDEX در برابر Secore می در مقابل Cu در مونه های دخایر نوع Secore در مقابل Cu در مقابل Cu در مقابل Secore در در این Secore در برابر Secore در مقابل Cu در مقابل Cu در در این Secore در در در در در در در در Secore در در در در Secore در Secore در در Secore در در Secore در در Secore در Secore در Secore در Secore در Secore در در Secore در Secore در Secore در Secore در Secore در در Secore در Secore در Secore در در Secore در Secore در در Secore در در Secore در در Secore در Secore در Secore در Secore در در Secore در در Secore در در Secore در Secore در Secore در Secore در Secore در Secore در Secore در Se

نمودارهای جعبهای برای عناصر نقره، کادمیوم، مس، آهن، روی، ایندیم، ژرمانیم و گالیم برای اسفالریتهای دو ذخیره سرب و روی مورد مطالعه ترسیم گردید (شکل ۱۴ الف تا چ). نمودارهای جعبهای کم یا زیاد بودن هر عنصر را به وضوح نمایش می-دهند. کمترین مقدار کادمیوم متعلق به باباقله (ذخایر نوع SEDEX) نسبت به ذخایر عمارت است. بالا بودن فعالیت گوگرد احیا اصحاً کرو بالا بودن دمای سیال در ذخایر سرب و روی SEDEX موجب کاهش مقدار کادمیوم در اسفالریتها می شود. دمای کم سیال در ذخایر نوع MVT یکی از دلایل پایین بودن غلظت کادمیوم در اسفالریتهاست [۳7]. تفاوت در مقدار و محتوای عناصر هم، رود مای سیال در ذخایر سرب و روی وجود دارد؛ بهنظر می سد ذخایر MVT مهم ترین ذخایر سرب و روی برای عناصر گالیم و ژرمانیم هستند[۳۳]. میزان عناصر آهن، ژرمانیم و گالیم در اسفالریتهای ذخایر عمارت بیشتر از ذخایر باباقله است. اسفالریتهای عمارت از لحاظ رنگ، تیره تر از اسفالریتهای باباقله هستند که یکی از دلایل مهم آن وجود مقادیر بیشتر آهن در اسفالریتهای عمارت از لحاظ رنگ، تیره تر از اسفالریتهای باباقله هستند که یکی از دلایل مهم آن وجود مقادیر بیشتر آهن در اسفالریتهای فرات آن از المالریتهای باباقله هستند که یکی از دلایل مهم آن وجود آهن مهم ترین عامل در رنگ آنهاست[۳۴]. همچنین. مقدار Fe رابطه مستقیمی با میزان فعالیت گوگرد و فشار در زمان مقادیر بیشتر آهن در اسفالریتهای ذخایر عمارت است؛ زیرا اسفالریتها در طیف وسیعی از رنگها قرار می گیزند، و میزان مقادیر بیشتر آهن در اسفالریتهای دخایر عمارت است؛ زیرا اسفالریتهای بابقله هستند که یکی از دلایل مهم آن وجود آهن مهم ترین عامل در رنگ آنهاست[۳۴]. همچنین. مقدار Fe رابطه مستقیمی با میزان فعالیت گوگرد و فشار در زمان تشکیل کانسنگ دارد. در شرایط ثابت بودن فشار، مقدار آهن با افزایش دما، زیاد میشود و در حالتی که دما ثابت باشد با

براساس مطالعات [۳۶] زمانی که میزان Zn کم باشد آهن به راحتی وارد ساختمان اسفالریت می شود. میزان روی در اسفالریت های عمارت کمتر از مقدار این عنصر در باباقله است و احتمالا به این علت میزان آهن بیشتری وارد ساختمان اسفالریت های کانسار عمارت شده است.

نتایج آنالیز عناصر موجود در کالکوپیریتهای ذخایر مورد مطالعه (جدول۴) نشان داد که بالاترین میانگین گالیم و قلع این مربوط به کانسار عمارت (۳< Ga و ۱/۲۹ (Sn) با کمترین دمای تشکیل (۱۱۶/۸۳ درجه سانتی گراد) میباشد، در نمونه های کالکوپیریت کانسار عمارت غلظت عنصر گالیم (۳/۵–۳ درصد وزنی) و بیشترین مقدار عنصر قلع ۲/۵۷ درصد وزنی است. همانطور که اشاره شد مقدار عناصر گالیم و قلع در دماهای پایینتر در سیال بیشتر از دماهای بالاست[۳۷] و احتمالا مهمترین دلیل بالا بودن میزان این عناصر در کالکوپیریتهای عمارت پایین بودن دمای سیال کانه ساز است. عموماً میزبان ضعیفی برای اکثر عناصر هستند به استثناء Se و Hg که می توانند به اندازه کافی در کالکوپیریتها غنی شوند[۳۸].

مقادیر بالایی از عنصر Se در کالکوپیریتهای هر دو ذخیره مشاهده شد (باباقله با میانگین ۱/۲۶ درصد وزنی عمارت با ۱/۴۲ درصد وزنی). میانگین غلظت عنصر کبالت در کالکوپیریت های باباقله (۱/۶ درصد وزنی) بیشتر از میانگین غلظت این عنصر(۱/۹۱) در کالکوپیریت های عمارت است. بیشتر از عنصر کبالت تمایل دارد در ذخایر دما بالا تمرکز پیدا کند[۲۶] و مقدار کبالت در سیال با افزایش دما افزایش مییابد و بهدنبال آن مقدار کبالت بیشتری میتواند وارد ساختمان کانیهای سولفیدی شود[۳۹].

# نتيجه گيرى

- ۱- نتایج زیر حاصل از مطالعه میانبار سیال در دو منطقه مورد مطالعه است.
- بر مبنای مطالعات ریزدماسنجی میانبارهای سیال برای ذخیره باباقله، دمای همگن شدگی ۱۳۰ تا ۱۹۵ درجـه سانتی-گراد و میزان میانگین شوری سیال در این ذخیره ۱۲/۰۸ درصد وزنی است و دارای شوری بیشتری نسـبت بـه عمـارت است.
- دمای همگنشدگی برای کانسار عمارت در محدوده ۱۳۰-۹۵ درجه سانتی گراد بهدست آمد و میانگین دمای همگنشدگی آن ۱۱۶/۸۳ میباشد و نسبت به کانسار باباقله دمای همگنشدگی کمتری را برای سیالات نشان می-دهد. بیشترین فراوانی شوری در این کانسار در محدوده ۱۰ تا ۱۰/۵ درصد وزنی نمک طعام قرار دارد.
- ب با توجه به نمودار دمای همگنشدگی در مقابل میزان شوری سیال میزان فشار بخار در زمان تشکیل میانبارهای سیال برای هر دو در زیر منحنی اشباع-سیال برای هر دو ذخیره کمتر از ۵۰ اتمسفر میباشد و کلیه میانبارهای سیال برای هر دو در زیر منحنی اشباع-شدگی هالیت قرار گرفتهاند که ممکن است نشان دهنده این موضوع باشد که میانبارها (با توجه به NaCl) از یک سیال همگن غیراشباع در دماها و فشارهای پایین به دام افتاده باشند.
- · روند تکامل سیال برای نمونههای باباقله در محدوده اختلاط همدما و برای نمونه های کانسار عمارت در محدوده جوشش قرار گرفته است.
- · نمونههای میانبار سیال در هر دو منطقه مورد مطالعه در محدوده حمل با کمپلکس سولفیدی قرار می گیرند. که می توان نتیجه گرفت که آنیونهای غالب در هر دو ناحیه <sup>-</sup>HS و SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> است.
- با توجه به نمودار دمای همگنشدگی- شوری برای انواع مختلف کانسارها براساس سیال سازنده آنها، بیش از ۷۰ درصد نمونههای میانبار سیال کانسار باباقله در محدوده ذخایر نوع SEDEX و ۱۰۰ درصد نمونههای میانبار های سیال عمارت در محدوده ذخایر MVT قرار گرفته است

۲- براساس مطالعات SEM صورت گرفته بر روی دو کانی اسفالریت و کالکوپیریت در دو کانسار باباقله و عمارت نتایج زیر به دست آمده است.

- برخی عناصر فرعی همچون Sb ، Ga ،Ge ،In ،Cu ،Cd ،Co ،Ag و Sb در اسفالریتهای کانسار سرب و روی MVT عمارت و SEDEX عمارت و MVT عمارت و SEDEX باباقله با یکدیگر متفاوت هستند که موجب تمایز این دو نوع ذخیره از یکدیگرشده است.

- نسبت ۲۰ Zn / Ag> ۲۰ ،Zn / Fe> ۲۰ و Xn / Cu> ۸ و Zn / Ag> ۲۰ ،Zn / Fe> ۲۰ نسبت ۲۰ فخایر نوع SEDEX و نسبت ۲۰ ، Zn / Ag محوانی دارد. نسبت ۲۰ ،Zn / Ag
- براساس نمودارهای دو متغیره Sn در برابـر Cd ،In در برابـر Fe و In در مقابـل Cu، نمونـههـای کانسـار باباقلـه در محدوده ذخایر SEDEX و کانسار عمارت در محدوده ذخایر MVT قرار می گیرند.
- نمونههای کالکوپیریت کانسار عمارت در مقایسه با کانسار باباقله غنی شدگی بیشتری از دو عنصر گالیم و قلع را نشان میدهند، این عناصر در سیالات کانهزا با دمای کمتر، بیشتر تمرکز پیدا می کنند و مقادیر بیشتری از این عناصر فرصت ورود به کانی های سولفیدی پیدا می کنند.
- بالا بودن میزان کبالت در کالکوپیریتهای کانسار باباقله نسبت به عمارت را می توان به بالا بودن دمای سیال کانه-ساز در این کانسار مرتبط دانست.

بدین وسیله از حوزه معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز برای فراهم آوردن امکانات پژوهشی و نیز از سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران(ایمیدرو) برای حمایت مالی سپاسگزاری میشود.

تشکر و قدردانے

### References

[1] Wilkinson, J. J., "Sediment-hosted zinc-lead mineralization: processes and perspectives", Treatise on Geochemistry 2nd edition (2014) 219-249.

[2] Leach D.L., Sangster D.F., Kelley K.D., Large R.R., Garven G., Allen C.R., Gutzmer J., Walters S., *"Sediment-hosted lead-zinc deposits: a global perspective"*, In: Hedenquist J.W., Thompson J. F.H., Goldfarb R.J., Richards J.P. (eds) Economic Geology 100th Anniversary, Society of Economic Geology Inc (2005) 561-607.

[3] Momenzadeh, M., "Stratabound lead-zinc ores in the lower Cretaceous and Jurassic sediments in the Malayer–Esfahan district (west Central Iran), lithology, metal content, zonation and genesis", Unpublished PhD thesis, University of Heidelberg (1976) 300.

[4] Momenzadeh, M., "Investigation of the Kolisheh Lead-Zinc prospect, Khomein area", Geological survey of Iran(1973) 35.

[5] Rajabi, A., Rastad, E. and Canet, C., "Metallogeny of Cretaceous carbonate-hosted Zn–Pb deposits of Iran: geotectonic setting and data integration for future mineral exploration". International Geology Review 54 (2012)1649-1672.

[6] Momenzadeh, M.," The BabaGholleh lead-zinc prospect, Khomein area", (1968).

[7] Kavoshgaran Consulting Engineers., "preliminary exploration report of Lead and zinc of the 1:20000 geology map of Baba Gholleh and Hoseinabad area(in persian)", (1994) 225.

[8] Ehya, F., Lotfi, M., Rasa, I., *"Jurassic Pb-Zn mineralization at Baba Gholleh"*, Iranian Journal of Geotechnical Geology 4(2008) 234-246.

[9] Ehya, F., "Geochemistry and genesis o Emarat and Baba Gholleh Pb Zn deposits, South Arak(in persian)", P.h.D thesis, Azad University(2008) 178.

[10] Zarasvandi, A. Poursheikhi, E., Saki, A.," Sulfide Minerals and Fluid Chemistry of Zn–Pb Deposits in Central Sanandaj–Sirjan Zone, Iran", Iranian Journal of Science and Technology Transactions A:Science 45(2021) 2001-2020.

[11] Ehya, F., M. Lotfi and I. Rasa "*Emarat carbonate-hosted Zn-Pb deposit, Markazi province, Iran: A geological, mineralogical and isotopic (S, Pd) study*", Journal of Asian Earth Sciences 37(2010) 186-194.

[12] Fazli,S., Shamanian,Gh., Shafei, B., " *The Emarat and Mouchan stratabound Pb Zn deposits with sedimentary host rock, new data and genesis( in persian)*", Iranaian Journal of Crystallography and Mineralogy 20(2012) 67-80.

[13] Derogar Khabici, F., "Geology, mineralogy and evolution of fluid inclusions in Pb-Zn Tekyeh and Emarat deposits, Arak, Iran (In Persian)", (2013).

[14] Zarasvandi, A., Sameti, M., Sadeghi, M., Rastmanesh, F., Pourkaseb, H., "*The Gol-e-Zard Zn–Pb deposit, Lorestan Province, Iran: a metamorphosed SEDEX deposit*", ACTA Geol Sin (Engl Ed) 88(2014) 142–153.

[15] Mohajjel, M., Fergusson, C. L., "Jurassic to Cenozoic tectonics of the Zagros Orogen in northwestern Iran", International Geology Review 3(2014)263-287.

[16] Mohajjel, M., Fergusson, C., and Sahandi, M., "Cretaceous–Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj–Sirjan zone, western Iran", Journal of Asian Earth Sciences 21 (2003) 397-412.

[17] Ghasemi, A., and Talbot, C. J., "A new tectonic scenario for the Sanandaj–Sirjan Zone (Iran)", Journal of Asian Earth Sciences 26(2006) 683-693.

[18] Stampfli, G. M., and Borel, G. D., "A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrones", Earth and Planetary Science Letters196 (2002)17-33.

[19] Akbari, Z., "The pattern of formation of Ahangaran Iron-Lead deposit(SE of Malayer), based on the studies of different types of ores, geochemistry and stable isotopes", PhD thesis, Shahid Beheshti University(2017).

[20] Sahandi, M. R., J. Radfar, J. Hoseinidoust and M. Mohajjel" *Shazand quadrangle map 1:100,000. Geological Survey and Mineral Exploration of Iran (in Persian)* ", (2006).

[21] Poursheikhi, E., "Chemistry of sulfide minerals of the Pb-Zn deposits, middle Sanandaj-Sirjan zone: with emphasis on the geochemistry of rare earth elements(in persian)", P.h.D thesis, Shahid Chamran university of Ahwaz(2021) 208.

[22] Karimzadeh, A., "The study of type, mineralization relationship and possible geneis of Emarat Pb and Zn mine(in persian)", (1992) 304.

[23] Wilkinson, J. J., "Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits", Lithos 55(2001) 229-272.

[24] Pirajno, F., "Hydrothermal processes and mineral system. New York", Springer Science(2009).

[25] Kesler, S. E., "Ore- Forming Fluids", Elements 1(2005) 13-18.

[26] Cook, N. J., C. L. Ciobanu, A. Pring, W. Skinner, M. Shimizu, L. Danyushevsky, B. Saini-Eidukat and F. Melcher., "*Trace and minor elements in sphalerite: A LA-ICPMS study*", Geochimica et Cosmochimica Acta 73(2009) 4761-4791.

[27] De Vivo, B., A. Lima and J. D. Webster., "Volatiles in magmatic-volcanic systems", Elements 1(2005) 19-24.

[28] Zhang, Q., "Trace elementes in Galena and Sphalerite and their geochemical significance in distinguishing the genetic types of Pb-Zn ore deposits", Geochemistry 6 (1987)177-190.

[29] Ye, L., N. J. Cook, C. L. Ciobanu, L. Yuping, Z. Qian, L. Tiegeng, G. Wei, Y. Yulong and L. Danyushevskiy ., "*Trace and minor elements in sphalerite from base metal deposits in South China: A LA-ICPMS study*", Ore Geology Reviews 39(2011) 188-217.

[30] Paradis, S., H. Keevil, G. J. Simandl and M. Raudsepp ., "Carbonate-hosted nonsulphide Zn–Pb mineralization of southern British Columbia, Canada", Mineralium Deposita 50(2015) 923-951.

[31] Li, J., Z. Chen, T. Zhou, X. Gu, N. C. White and H. Gao., "Genesis of the Xiyi Pb–Zn deposit, Yunnan Province, SW China: Evidence from trace element and fluid inclusion data", Ore Geology Reviews 119(2020)

[32] Schwartz, M. O., "Cadmium in zinc deposits: Economic geology of a polluting element", International Geology Review 42(2000) 445-469.

[33] Frenzel, M., T. Hirsch and J. Gutzmer., "Gallium, germanium, indium, and other trace and minor elements in sphalerite as a function of deposit type - A meta-analysis", Ore Geology Reviews 76(2016) 52-78.

[34] Beaudoin, G., "Acicular sphalerite enriched in Ag, Sb, and Cu embedded within color-banded sphalerite from the Kokanee Range, British Columbia, Canada", Canadian Mineralogist 38(2000) 1387-1398.

[35] Barnes, H. L., "Geochemistry of hydrothermal ore deposits, John Wily", (1997).

[36] Wright, K. and J. D. Gale ., "A first principles study of the distribution of iron in sphalerite", Geochimica et Cosmochimica Acta 74(2010)3514-3520.

[37] Lockington, J. A., "*Trace and minor elements in sphalerite from metamorphosed sulphide deposits*", Mineralogy and Petrology 108(2014): 873-890.

[39] George, L. L., N. J. Cook, B. B. P. Crowe and C. L. Ciobanu ., "*Trace elements in hydrothermal chalcopyrite*", Mineralogical Magazine 82(2018) 59-88.

[40] Lin, Y., N. J. N. J. Cook, L. C. Cristiana, Y. Yulong, Q. Zhang, L. Tiegeng, G. Wei, Y. Yulong,
L. Danyushevskiy, L. Ye, N. J. N. J. Cook, C. L. C. L. Ciobanu, L. Yuping, Z. Qian, L. Tiegeng, G.
Wei, Y. Yulong, L. Danyushevskiy, Y. P. Liu, Q. Zhang, W. Ao, Y. L. Yang and L. V. Danyushevsky
., "Trace and minor elements in sphalerite from base metal deposits in South China: A LA-ICPMS study", Ore Geology Reviews 39(2011) 188-217.



**شکل ۱** موقعیت مناطق مورد مطالعه در پهنه سنندج- سیرجان، مستطیل سیاه نشان دهنده کمربند سرب وروی ملایر اصفهان است، با

تغييرات از [۱۴].



**شکل ۳** نقشه زمینشناسی ساده شده منطقه باباقله با تغییرات از [۸].



**شکل۴** نقشه زمینشناسی کانسارهای سرب و روی عمارت، استان مرکزی، با تغییرات از [۱۱].

Mineral	Pre-mineralization	Main-mineralization	Post-mineralization	Mineral	Pre-mineralization	Main-mineralization	Post-mineralization
Limestone Calcite				Calcite Dolomite	•		(آلف)
Dolomite Quartz				Quartz Phyllite			
Pyrite Sphalerite	_			Pyrite Sphalerite Chalconvrite			
Chalcopyrite		-		Galena		-	
Galena				Malachite			-
Fe-Oxide				Fe-Oxide			

**شکل۵** توالی پاراژنزی کانیها در مراحل مختلف کانیسازی. الف- کانسار باباقله. ب- کانسار عمارت



**شکل ۶** الف و ب- نمایی از میانبارهای سیال دوفازی غنی از مایع (L+V) در میانبارهای سیال کانی کوارتز کانسار باباقله. پ و ت-میانبارهای سیال دوفازی غنی از مایع (L+V) در میانبارهای سیال کانی کوارتز کانسار عمارت. (L : فاز مایع و V: فاز بخار).



**شکل ۷** الف و ب- به ترتیب هیستوگرام دمای همگنشدگی و شوری برای کانسار باباقله. پ و ت- به ترتیب هیستوگرام دمای همگن-شدگی و شوری برای کانسار عمارت.



شکل ۸ الف- نمودار جعبه ای مقادیر دمای همگنشدگی برای مناطق مورد مطالعه. ب- نمودار جعبهای مقادیر شوری برای مناطق مورد



**شکل ۱۰** نمودار دمای همگنشدگی- شوری برای تعیین کمپلکس فلزی[۲۴] (ذخایر باباقله و عمارت).



**شکل۱۱** نمودار تعیین تیپ کانهزایی براساس شوری و دمای همگنشدگی[۲۵]، برای دو کانسار باباقله و عمارت.



**شکل۱۲** تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM-EDX) از کانیهای سولفیدی مناطق مورد مطالعه. الف- اسفالریت باباقله. ب-اسفالریت عمارت. پ- کالکوپیریت باباقله. ت- کالکوپیریت عمارت



**شکل۱۳** مقایسه میزان تمرکز گالیم در برابر ایندیم در اسفالریتهای مناطق مورد مطالعه با ذخایر SEDEX و MVT، با تغییرات از [۲۸،



شکل ۱۴ مقایسه کانیهای اسفالریت باباقله و عمارت؛ الف- نمودار دو متغیره Zn در برابر Cu. ب- نمودار دو متغیره Zn در برابر Ag، پ-نمودار دو متغیره Sn در برابر In. ت- نمودار دو متغیره Zn در برابر Fe. ث- نمودار دو متغیره Fe در برابر Cd. ج- نمودار دو متغیره In در برابر Cu.



**شکل ۱۵** نمودارهای جعبهای ترسیم شده برای عناصر فرعی اسفالریتهای مناطق مورد مطالعه. الف-نقره. ب- کادمیم. پ- مس. ت- آهن. ث- آهن. ح- روی. ج-ژرمانیم. چ-گالیم.

**جدول ۱** دادههای آماری میکروترمومتری میانبارهای سیال دوفازی کانیهای کوارتز مناطق باباقله (BG) و عمارت (EM).

		Te(°C)		Tl	n(°C)		NaCl wt%						
	Ν	Mean	Max	Min	Mode	Mean	Max	Min	Mode	Mean			
BG	28	-71	۱۹۵	۱۳۰	۱۷۵	188	١٨	١/٩	۱۵	17/1			

EM	29	-71	13.	٩۵	120	۱ ۱۶/۸	۱۰/۶	٧/٩	١٠	٩/٣
			Tm-ic	e (°C)			Size	e(µm)		-
	Ν	Max	Min	Mode	Mean	Max	Min	Mode	Mean	-
BG	28	-17	- <i>\ \/</i> A	-٩/٨	-V/٩	١٢	۵	۶	٧/٢	-
EM	29	-Δ	<i>_୨</i> /۹	<i>_୨</i> /੧	-1/8	١٠	۵	۶	۶/۹	-

**جدول ۲** نتایج آنالیز عناصر فرعی در نمونههای اسفالریت کانسارهای باباقله و عمارت

		Ag	Cd	Cu	Fe	Ga	Ge	In	Mn	S	Sb	Sn	Zn
Baba Gholleh	Mean(21)	۱/۸۸	٠/٧۶	۴/۰۷	١/٢٨	١/٩٢	١/٨٢	۲/۹	١/٢٧	۳۳/۱	۲/۲۵	١/١٩	۴۵/۷
	Median	١/٧٠	٠/٧٣	٣/٨٣	١/٢٢	۱/۸۰	۱/۷۵	۲/۷	۱/۲۰	۳۵/۷	۲/۱۸	1/17	4818
	Minimum	۱/۳۳	۰/۵۴	۲/۹٩	٠/٨٩	۱/۴۳	٠/۴١	۲/۲۶	٠/٧٣	۲۳/۵	•	۰/۹۵	۳١/٢
	Maximum	۳/۰۱	۱/۲۸	٧/۶١	۲/۶۳	۲/۵۰	٣/١٩	۴/۲۵	١/٨٩	۳۸/۲	٣/٣٩	۲/۱۲	۵۰/۶
Emarat	Mean(21)	۲/۵۳	٠/٩٧	۵/۹۸	۲/۴۱	۲/۲۴	۲/۲۹	١/٢٧	۲/۱۲	٣٢	٣/۴٢	۱/۵۲	۳۶/۹
	Median	۲/۵۰	٠/٩٩	۵/۹۱	۲/۴۱	۲/۲۲	۲/۲۹	1/18	۲/• ۹	۳۳/۱	37/48	۱/۵۲	۳۷/۸
	Minimum	۲/۰۸	۰/۷۳	۵/۱۵	١/٩٨	١/٧٧	۲/۰۲	•/٩•	۱/۷۴	۲ • /۵	۲/۳۶	۱/۳۱	٣٠/٢
	Maximum	۳/۲۳	١/•٨	۶/۸۲	۲/۸۶	۲/۶۵	۲/۶۳	1/54	۲/۶۰	۳۸	۴/۳۳	١/٧٢	43/2

**جدول ۳** نتایج آنالیز عناصر فرعی در نمونههای کالکوپیریت کانسارهای باباقله و عمارت

		Fe	Cu	S	Sn	Ga	Ge	Ag	Со	As	Cd	Se	In
Baba Gholleh	Mean(21)	24/10	74	۳۱/۸	١/١٢	۱/۹	١/٢٧	١/٧	۱/۶	١/١١	۰/۷۶	۱/۲۶	٠/٩٢
	Median	74	۲۳/۷	37/8	١/٢	۸/۸	١/٢٢	۱/۶	۱/۶۲	١/•٧	۰/۷۶	١/١٩	٠/٩١
	Minimum	Y1/Y	۲۰/۴	۲۳	•/98	١/٢	۰/۹۶	١/٣	۱/۲۳	۰/۸۳	٠/۵٨	۰/٩٠	۰/۷۶
	Maximum	21/1	۲۸/۳	٣٩/٢	۱/۸۳	۲/۸	۱/۸۳	۲/۱	۲/۱	۱/۵۵	٠/٩٨	۱/۹۱	1/17
Emarat	Mean(21)	78	22/4	۲۷	1/29	٣/۴	١/٩	١/٨٧	٠/٩١	۰/۳۸	۰/۸۳	1/47	۳/۱
	Median	78	۲۳/۲	۲۷/۴	١/٢٢	٣/٢	۱/۶۵	1/88	٠/٨٢	•	• /YA	١/٢٣	۰/٩۶
	Minimum	۲۵/۵	۱۸/۵۲	۱۹	۰/٨۶	۲/۵۹	۱/•۶	۱/۳۸	۰/۵۰	•	٠/۵٩	١	٠/۵٩
	Maximum	۲٩/٨	۲۵/۴	٣٢	۲/۷۵	۵/۹	۴/۹۵	۴/۴۷	۲/۱۲	١/٣٣	١/٧٢	٣/۶٩	١/٧٢