

## رفتار ژئوشیمیایی مس، مولیبدن، سرب و روی در پروفیل، سنگ، دگرسانی و گمانه‌های کانسار مس سریدون

ایرج رسا<sup>۱</sup>، سارا امانی لاری<sup>۲\*</sup>، زهرا نوریان<sup>۳</sup>

۱- دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

۲- کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی مدرس دانشگاه فرهنگیان

۳- دانشجوی دکتری زمین‌شناسی اقتصادی دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۴/۱۷

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۲/۱۰/۱۳

### چکیده

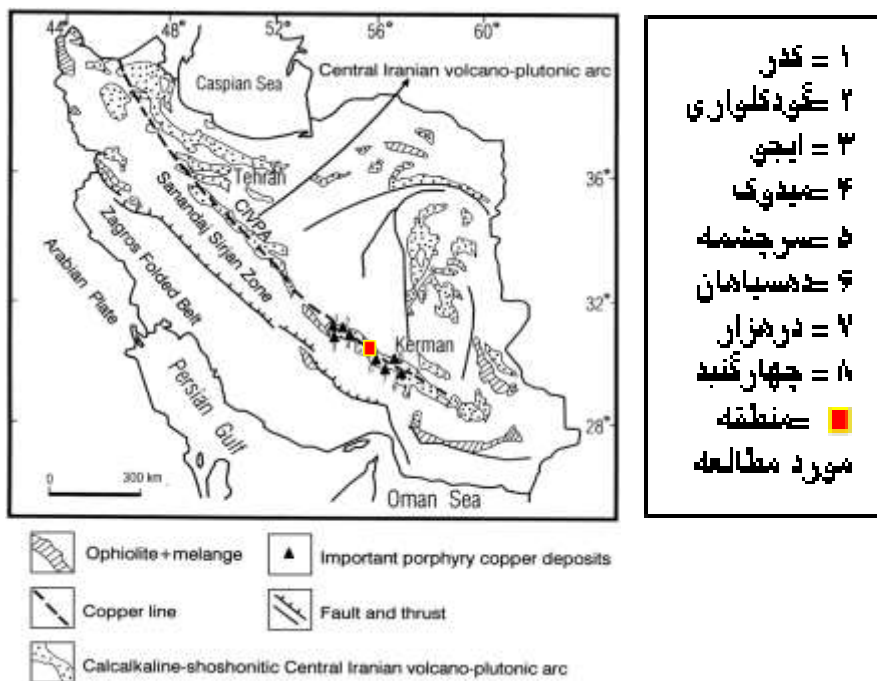
محدوده مورد مطالعه در قسمت جنوبی کمربند آتشفشانی - نفوذی ایران مرکزی و در ۳/۵ کیلومتری شمال-شرق معدن سرچشمه واقع شده است. توده داسیتی-ریولیتی پورفیری با نفوذ در واحدهای آتشفشانی-رسوبی قدیمی تر باعث دگرسانی و کانی‌زایی شده است. براساس نتایج حاصل از آنالیز، عنصر مس دارای میانگین عیار ۷۱۴، مولیبدن ۲۰/۲۴، سرب ۶۱/۵۲ و روی ۲۳/۵۴ گرم در تن در سنگ‌های منطقه می‌باشد و بهترین زون غنی‌شده از کانی‌های ثانویه کالکوسیت، بورنیت و کوولیت در عمق ۳۰ تا ۶۰ متری گمانه S1 منطبق بر سیستم استوکورکی کوارتز-مالاکیت-آزوریتی در مرکز توده نفوذی وجود دارد. توده نفوذی نسبت به سنگ‌های دیواره از لحاظ مس، سرب و روی فقیرتر و از نظر محتوای مولیبدن غنی‌تر است. دگرسانی‌های پروپیلی‌تیک و آرژیلیک به ترتیب دارای کمترین مقادیر مس، سرب، روی و مولیبدن می‌باشند و اثری از دگرسانی پتاسیک دیده نمی‌شود. بالاترین سهم عنصر مس متعلق به دگرسانی آرژیلیکی-فیلیکی است. تغییرات عناصر در پروفیل‌های شمالی-جنوبی و شرقی-غربی و هم‌چنین سطح به عمق در کانسار متاثر از سنگ‌شناسی، دگرسانی و کانی‌زایی بوده و عناصر مس و مولیبدن روندی متفاوت با دو عنصر سرب و روی نشان می‌دهند. با وجود مساعد بودن فیزیکوشیمیایی و هم‌چنین وجود پوشش هماتیتی سطحی که برخی آن را به عنوان راهنمای اکتشافی منطقه غنی‌سازی سولفیدی ثانویه معرفی نموده‌اند، اما در کانسار سریدون به دلیل فقیربودن توده نفوذی از کانی‌های مس‌دار اولیه، منطقه غنی‌شده قابل توجهی تشکیل نشده و این کانسار از لحاظ بهره برداری غیراقتصادی می‌باشد.

واژه های کلیدی: مس پورفیری، رفتار ژئوشیمیایی، سریدون

## مقدمه

اقتصادی حائز اهمیت می‌باشند. منطقه مورد مطالعه به مساحت ۲۷۰۰ متر مربع، در ۳ کیلومتری شمال شرق معدن سرچشمه و ۶۳ کیلومتری جنوب شهرستان رفسنجان، با مختصات جغرافیایی ۳۳۱۴۴۰۰ تا ۳۳۱۷۷۰۰ شمالی و ۳۹۳۳۰۰ تا ۳۹۴۹۰۰ شرقی در سیستم جغرافیایی UTM و در زون ایران مرکزی قرار دارد (شکل ۱).

کانسارهای پورفیری مس وابسته به تحرکات سیالات گرمایی ماگمایی یا جوی (گیلبرت و پارک، ۱۹۹۷)، با تناژ بالا، عیار پایین، غیرهمزاد و درونزاد بوده که با روش‌های معدنکاری بزرگ مقیاس قابل بهره‌برداری هستند (تیتلی و هیکس، ۱۹۹۶). همراهی رگه‌های حاوی کانسارسازی سرب و روی در اطراف بسیاری از این کانسارها امری معمول است که در برخی موارد نیز از لحاظ



شکل ۱: کمربند مس و نوار ولکانو-پلوتونی ایران مرکزی و تعدادی از کانسارهای مهم مس پورفیری (اشتوکلین ۱۹۶۸؛ آقاناتی ۱۹۹۰؛ آفتابی و انوری ۱۹۹۲؛ آفتابی و عطاپور ۲۰۰۰)

زون‌های کانی‌سازی، بررسی مناطق ارزشمند احتمالی می‌باشد.

## روش تحقیق

مجموعاً ۹ گمانه در منطقه حفاری گردیده که دارای اعماق بین ۲۵۶ تا ۳۶۰ متر از سطح مورفولوژیک می‌باشند. نمونه برداری از مغزه‌های حفاری پس از برش، به ازای هر ۲ متر یک نمونه،

واحدهای سنگی منطقه شامل سنگ‌های ولکانوکلاستیک آئوسن، ساب ولکانیک‌های الیگومیوسن و ولکانیک‌های نئوژن به همراه رسوبات کواترنر می‌باشد. توده ساب‌ولکانیک داسیتی-ریوداسیتی سریدون پس از نفوذ در سنگ‌های منطقه، شرایط ایجاد دگرسانی‌های خاص کانسارهای مس پورفیری را فراهم آورده است. هدف از این پژوهش علاوه بر مشخص نمودن

بین یکسری داده، باعث ایجاد اختلاف در بررسی‌های آماری می‌گردد. وجود داده‌های سنسورد موجب ارزیابی‌های غیردقیق شده، اما در صورت تخمین داده‌های سنسورد و جایگزینی آن، مقدار زمینه و شدت آنومالی‌ها دقیق‌تر محاسبه می‌شوند. چنانچه فقط بخشی از داده‌های مربوط به یک عنصر سنسورد باشد، با استفاده از تکنیک-های آماری می‌توان در مورد توزیع داده‌های زیرحد آشکارسازی، تخمین‌های لازم را انجام داد. این تخمین‌ها مخصوصاً در مورد میانگین توزیع مقادیر زیرحد آشکارسازی الزامی می‌باشد؛ به‌طور معمول برای جایگزینی مقادیر خارج از حدود آشکارسازی در کران پایین توزیع از  $3/4$  حد حساسیت پایینی دستگاه استفاده می‌شود (جدول ۱).

انجام پذیرفت و پس از آماده‌سازی به روش AAS تجزیه گردید. تعداد نمونه‌های تجزیه شده با این روش به بیش از ۱۴۰۰ مورد می‌رسد. همچنین ۴۳ نمونه نیز به منظور انجام تجزیه XRF و XRD از سنگ‌ها و مناطق دگرسان‌شده انتخاب گردید. تمامی آنالیزها در مجتمع معدنی مس سرچشمه انجام پذیرفته است.

### پردازش داده‌های خارج از حد آشکارسازی

در عملیات ژئوشیمیایی به دلیل عدم تناسب بین حد حساسیت دستگاه‌های اندازه‌گیری، غلظت عناصر و فراوانی آن‌ها در طبیعت، معمولاً بخشی از داده‌ها به صورت اعدادی کوچک‌تر و یا بزرگ‌تر از یک مقدار معین، حد قابل ثبت دستگاه اندازه‌گیری، گزارش می‌شوند. وجود چنین اعدادی در

جدول ۱: لیست عناصر، داده‌های خارج از حدود آشکارسازی، تعداد و درصد داده و مقادیر جانیشینی

مقدار جانیشینی	درصد داده‌های خارج از حد آشکارسازی	تعداد داده‌های خارج از حد آشکارسازی	عنصر	ردیف
۰/۰۰۷۵	۲/۹	۱۲۹	مس	۱
۳/۷۵	۸۲/۱۶	۲۳۶	مولیبدن	۲
۰/۷۵	۲۵/۱۲	۱۷۲	سرب	۳
۰/۷۵	۲۱/۱	۱۷	روی	۴

مولیبدن کمترین مقدار را داراست. در ذیل هر کدام از این عناصر به تفکیک، بحث می‌شوند. جدول ۲ نشان می‌دهد که تفاوت نسبتاً فاحشی بین میانگین و میانه وجود دارد؛ به‌گونه‌ای که میزان میانگین بیش از دو برابر میانه می‌باشد. این وضوح ناشی از آن دسته نمونه‌هایی است که عیار بسیار بالاتر از بازه‌ی اصلی عیاری در سنگ‌های منطقه دارند. با توجه به جدول (۲) مقدار آماری عنصر مولیبدن میانگین این عنصر در منطقه بیش از سه برابر مقدار میانه آن است و این تفاوت

### پردازش آماری تک متغیره و تفسیر آن‌ها

با توجه به اهداف مورد نظر اقدام به تعیین پارامترهای آماری تک متغیره شامل پارامترهای مرکزی، پراکندگی و پارامترهای نشانگر نحوه پراکندگی و توزیع عناصر گردید، علاوه بر آن نحوه پراکندگی عناصر تجزیه‌شده در جهت‌های مختلف، لیتولوژی‌ها، دگرسانی‌ها و اعماق مختلف مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. عناصر اندازه‌گیری شده شامل مس، مولیبدن، سرب و روی می‌باشند که از نظر میانگین، مس بیشترین عیار و

سریدون در نظر گرفت. عیار میانگین روی در سنگ‌های کانسار سریدون ۳۹ گرم در تن می‌باشد و می‌توان حد کانسارسازی غنی‌شده را برای سنگ‌های منطقه در نظر گرفت.

نشان‌گر وجود نمونه‌هایی با عیار بالاتر در منطقه است. عیار میانگین سرب منطقه، ۴۶/۱۷ گرم در تن بوده و بیش از ۸ برابر میانگین آن در پوسته زمین می‌باشد. بر اساس مقایسه میان محدوده عیار سرب در تقسیم‌بندی عیاری عناصر می‌توان کانساری پراکنده سرب را برای سنگ‌های منطقه

جدول ۲: نمایش پارامترهای آماری عناصر مس، مولیبدن، سرب و روی در نمونه‌های مغزه‌های حفاری منطقه

پارامترهای رقمی	مس (گرم در تن)	مولیبدن (گرم در تن)	سرب (گرم در تن)	روی (گرم در تن)
تعداد نمونه	۱۴۱۰	۱۳۲۵	۱۴۱۰	۱۴۱۰
میان	۷۱۴/۷۸	۲۰/۴۲۳۲	۹۱/۵۲	۹۳/۵۴
میانگین	۳۰۰	۶	۴۶/۱۷	۳۹
مد	۱۰۰	۶	۰/۱	۳
کمترین	۷۵	۳/۷۵	۷۵	۷۵
بیشترین	۹۸۰۰	۵۲۵	۱۸۲۰	۱۹۳۴

(شکل ۲ ج). در هیستوگرام عنصر روی (شکل ۲ د) کج‌شدگی مثبت نسبتاً شدیدی دیده می‌شود که ناشی از حضور نمونه‌های با عیار بیش از ۵۰۰ گرم در تن روی می‌باشد. این در حالی است که غالب نمونه‌ها عیاری کمتر از ۴۰۰ گرم در تن دارند و حتی بیشترین تکرار عیاری و یا مد نمونه‌ها بر عیار ۳ گرم در تن منطبق است.

### تغییرات عناصر با افزایش عمق

#### مس

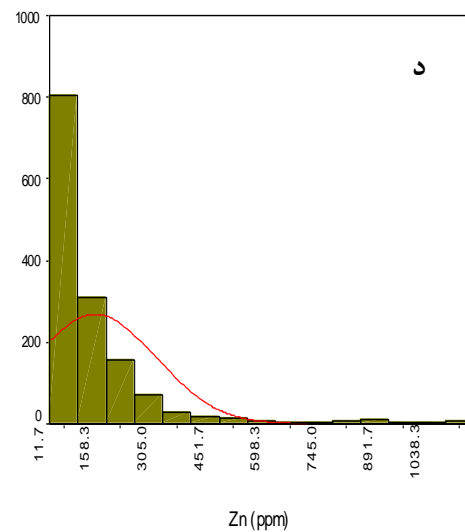
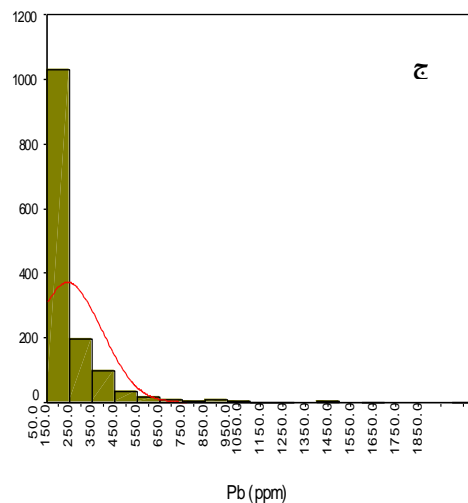
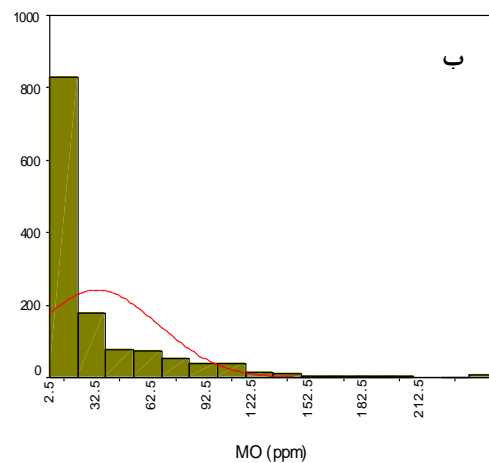
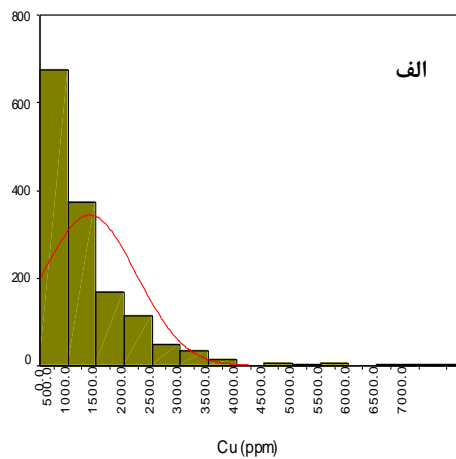
تغییرات عیاری مس در گمانه‌های مختلف متفاوت بوده، به طوری که برخی در سطح و در بعضی در اعماق عیار بیشینه خود را نشان می‌دهند. با این حال می‌توان بر حسب نوع و شباهت رفتار این تغییرات، گمانه‌ها را تفکیک نمود. بعد از این اعماق یک افت عیاری رخ داده که در مورد گمانه S9 شاخص‌تر است. با افزایش عمق مجدداً عیار تا حدودی افزایش می‌یابد که در مقابل مقادیر بازه‌ی ۴۰ تا ۱۰۰ متری شدت کمتری، دارد، هر چند

### بررسی هیستوگرام های عناصر

جدول ۲ پارامترهای آماری مربوط به عناصر مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به جدول و کج‌شدگی موجود در هیستوگرام عنصر مس نیز این مسأله مورد تأیید قرار می‌گیرد که تعدادی از نمونه‌های برداشت شده از مغزه‌های حفاری دارای عیار بسیار بالاتر از میانگین عیار در سنگ‌های منطقه دارند (شکل ۲ الف). کشیدگی نمودار در عیارهای پایین رخ داده است، هر چند این عیارها نیز از کلارک سنگ‌های معمول و غیر کانه‌سازی بالاترند، اما به لحاظ کانه‌سازی نمی‌تواند چندان اهمیت داشته باشد. کج‌شدگی مثبت موجود در هیستوگرام توزیع عنصر مولیبدن نیز ناشی از وجود گونه‌های با عیار بالاتر نسبت به جامعه اصلی است (شکل ۲ ب). مقدار میانگین سرب تقریباً دو برابر میانه بوده و نشان‌گر وجود نمونه‌هایی با محتوای سرب بالاتر از منطقه می‌باشد. این نمونه‌ها عاملی در کج‌شدگی زیاد نمودار ستونی پراکنده‌ی این عنصر در منطقه گردیده است

ذکر دیگر نزدیک بودن فاصله مکانی این گمانه‌ها نسبت به یکدیگر است. در قسمت شمال منطقه اکتشافی دو گمانه S7 و S10 قرار دارند (شکل ۳).

قطع گمانه در اعماق ۲۵۰ تا ۲۷۰ متری مانع اظهار نظر دقیق در مورد روند تغییرات عیار در زیر این متر از می‌شود. با این حال روند کلی نمودارها نشان‌گر عدم ادامه افزایش عیاری، حداقل در اعماق نزدیک به انتهای گمانه می‌باشد. نکته قابل



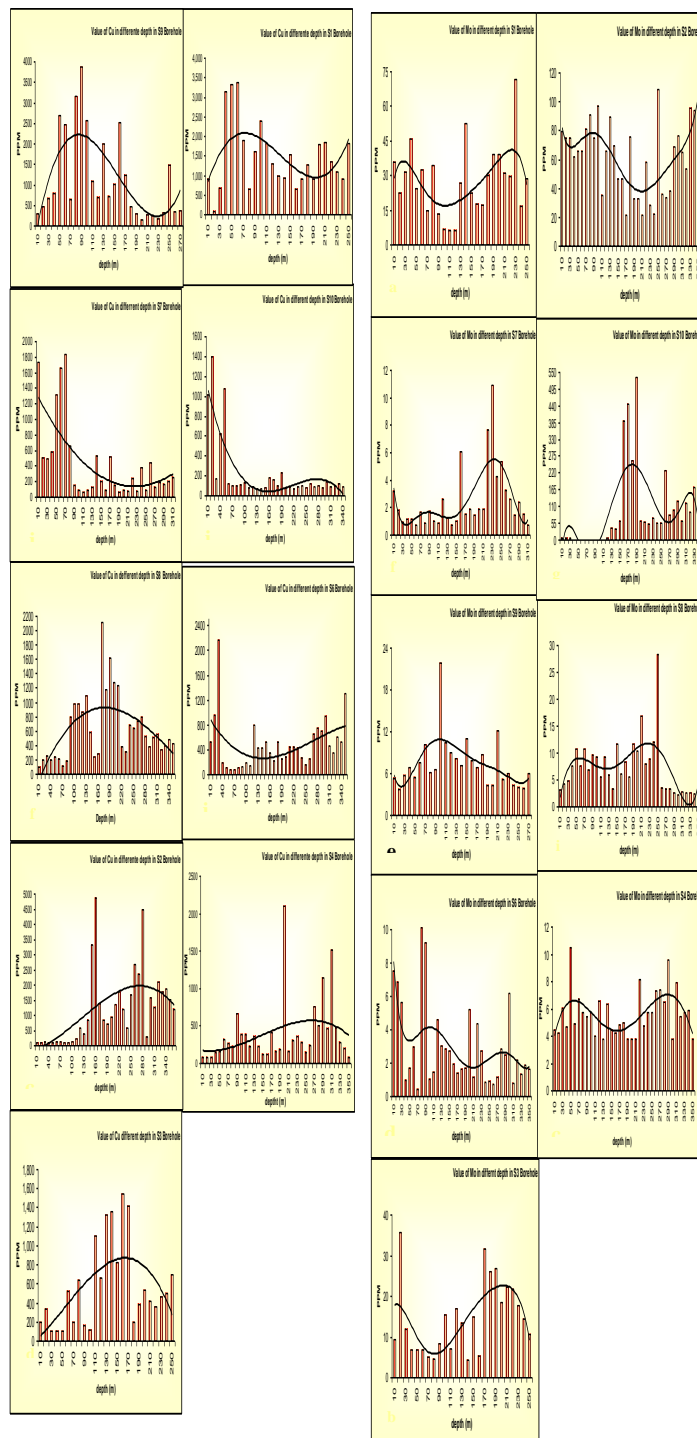
شکل ۲: هیستوگرام فراوانی عناصر مس، مولیبدن، سرب و روی نمونه‌های مغزه‌های حفاری منطقه سریدون  
الف- عنصر مس، ب- عنصر مولیبدن، ج- عنصر سرب و د- عنصر روی

هر دو در این گمانه، بیشترین مقادیر مس در اعماق کمتر از ۶۰ متر دیده می‌شود و بعد از این بازه تا انتهای طول گمانه‌ها یک افت نسبی عیاری دیده می‌شود. این افت در گمانه S10 از شدت

بیشتری برخوردار است. گمانه‌های S6 و S8 از نظر مکانی در شرق و جنوب شرقی منطقه قرار گرفته‌اند. این دو گمانه بر خلاف گروه‌های گمانه‌ای که تا کنون بررسی شده‌اند، رفتاری متفاوت نسبت به

یکدیگر دارند؛ بدین صورت که بالاترین مقدار مس در گمانه S8 در اعماق ۱۰۰ تا ۲۰۰ متری وجود دارد و این در حالی است که این اعماق در گمانه S6 همراه با افت عیار مس می‌باشد. در مقابل در طرفین این اعماق گمانه S6 با افزایش عیار و S8 با کاهش عیار همراه است (شکل ۳). از نظر جغرافیایی گمانه‌های S2 و S4 نزدیک به یکدیگر

بوده و در شمال گمانه S3 و با فاصله از آن قرار گرفته‌اند. میانگین عیار مس در گمانه S2 وضعیت بهتری نسبت به گمانه‌های S3 و S4 دارد ولی از نظر قرارگیری بیشینه مقادیر مس در میانه گمانه و پایین بودن عیار در مترژهای اول می‌باشد با گمانه‌های مقایسه شده مشابه است (شکل ۳).



شکل ۳: نمایش تغییرات عناصر مس و مولیبدن در عمق‌های مختلف گمانه‌های مورد مطالعه منطقه

### مولیبدن

روند تغییرات عیار مولیبدن در گمانه‌های منطقه سریدون چندان معنادار نیست. در واقع تفاوت عیار در بسیاری از این گمانه‌ها صرفاً در حد چندگرم در تن بوده که می‌تواند ناشی از دقت آنالیز دستگاهی باشد. در این S میان افزایش نسبی عیار در گمانه S2 (با میانگین ۶۰ گرم در تن) جالب توجه می‌باشد که در کل گمانه روند نسبتاً یکسانی دارد و به طور همگن افزایش مقدار نشان می‌دهد. گمانه S1 نیز با شدت کمتری چنین وضعیتی دارد. در گمانه S10 تا عمق ۱۵۰ متری عیار در حد صفر بوده و یک افزایش ناگهانی به متر ۴۰ متر و به مقدار بیش از ۴۰۰ گرم در تن دیده می‌شود که این موضوع می‌تواند با تأثیرات غنی‌شدگی ثانویه در ارتباط باشد (شکل ۳).

### سرب

مغزه‌های حفاری منطقه سریدون دارای محدوده‌های پرعیار از عنصر سرب بوده اما در گمانه‌های حاشیه‌ای مانند گمانه S7 این مقدار بسیار کم و قابل اغماض است. هرچند برخی از گمانه‌ها چون S4، S10 و S9 باشند کمتر در عمق‌های کم و نزدیک به سطح مقدار سرب بسیار پایین بوده، اما به سمت اعماق به مناطق غنی‌تری منتهی می‌شود (شکل ۴).

### روی

روند تغییرات عیاری عنصر روی نسبت به تمامی عناصری که تا کنون تفسیر شده‌اند از وضعیت مناسب‌تری برخوردار می‌باشد. عیار این عنصر در گمانه‌های S3، S7، S1 و S8 و با مطلوبیت کمتر S6 و S9 به سمت عمق افزایش می‌یابد. ولی روند عیاری در این گمانه‌ها چندان نیز با یکدیگر

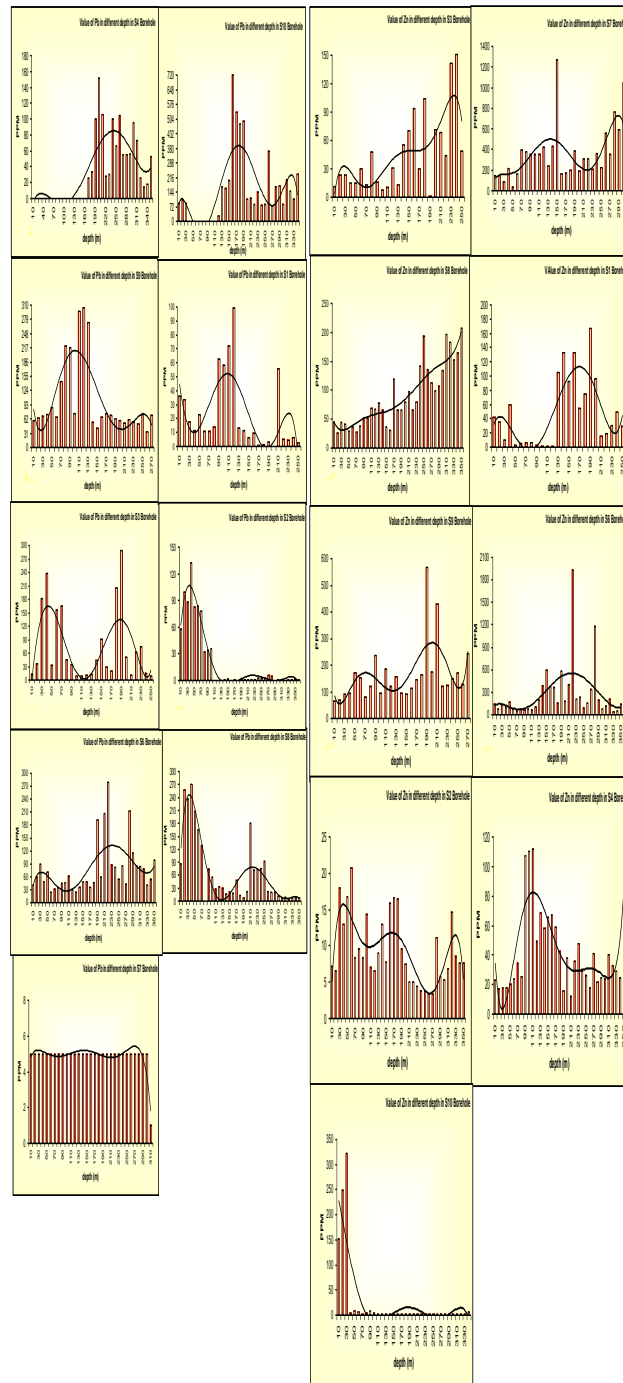
شبهت ندارد. بر این اساس بیش از هر موردی می‌توان دلیل این تغییرات عیاری را قابلیت انتقال بالای عنصر روی از محل منشأ گرفتن آن مرتبط دانست. گمانه‌های سه گانه باقی‌مانده یعنی S2، S4 و S10 روندی تقریباً عکس را نشان می‌دهند و عیار در بخش‌های پایینی کاهش می‌یابد. با توجه به شواهد می‌توان چنین تفسیر نمود که عیار در گمانه S2 آن‌چنان کم است که کلاً تغییرات عیاری بیش از آن که مرتبط با پدیده‌های خاصی باشد، حاصل خطای دستگاهی است. کاهش عیار در S10 متعارف و غیر عادی است. به نظر عدم تشخیص عیار در زیر متر ۳۰ متری حاصل تغییر استانداردهای دستگاه باشد که در ضمن آن تشخیص عیار در مقادیر زیر حدی بالاتر از آن چه در گمانه‌های دیگر امکان‌پذیر بوده، غیر ممکن شده و لذا تفسیر عیاری در این چاه را با مشکل مواجه می‌نماید. باید توجه داشت که عیار در بخش‌های اندازه‌گیری شده در حد نسبتاً بالایی بوده و آنالیز مجدد نمونه‌های این گمانه جهت عنصر روی با روش‌های مناسب‌تر و حد آشکارسازی پایین‌تر می‌تواند مفید باشد (شکل ۴).

### تغییرات عناصر مس، مولیبدن، سرب و روی

#### در پروفیل جنوبی- شمالی

موقعیت گمانه‌هایی که بر روی پروفیل جنوبی- شمالی قرار می‌گیرند در شکل ۵ نشان داده شده است. همان‌طور که در تصویر نیز مشخص است، اطلاعات گمانه‌های S3، S1، S2، S7 و S10 در این بررسی استفاده گردیده است. گمانه S3 نزدیک‌ترین و گمانه S10، دورترین گمانه نسبت به سرچشمه می‌باشد. همان‌گونه که در شکل ۵ نیز مشخص است، میزان عیار مس به سمت شمال با روند افزایشی مواجه است؛ به عبارت دیگر عیار مس در گمانه‌های نزدیک به سرچشمه پایین‌تر

بوده و با دور شدن از آن بر مقدار عیار این عنصر افزوده می‌شود.

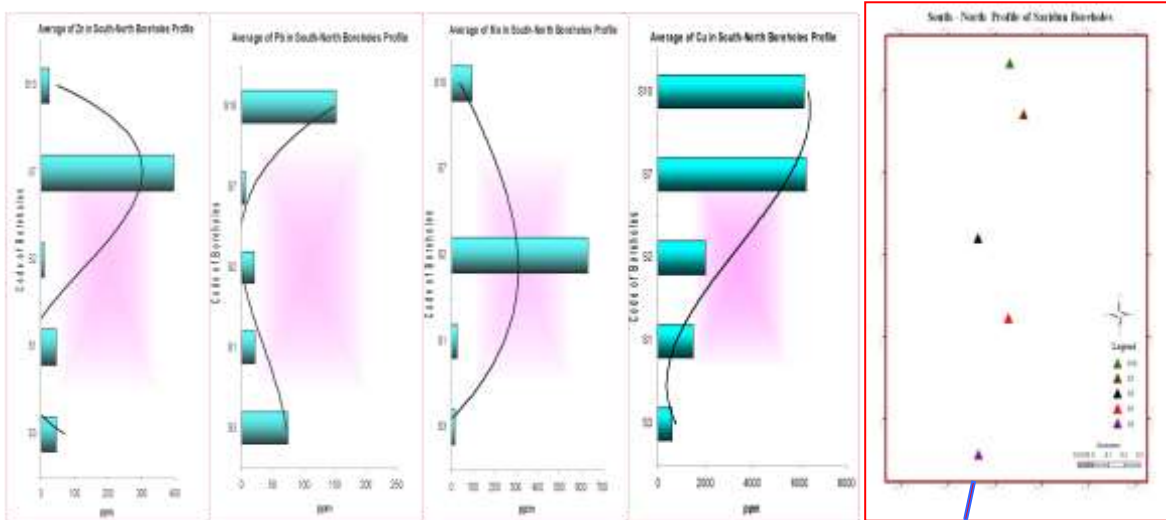


شکل ۴: نمایش تغییرات عناصر سرب و روی در عمق‌های مختلف گمانه‌های مورد مطالعه منطقه



کاملاً متضاد با روند تغییرات عیار مولیبدن می- باشد. همان‌گونه که از شکل نیز قابل تشخیص می‌باشد، گمانه‌های جنوبی این پروفیل نسبت به انواع شمالی عیار کمتری از روی را دارا هستند. مقدار روی در گمانه‌های جنوبی تقریباً مشابه است؛ اما تفاوت زیادی در محتوی روی گمانه‌های شمالی می‌توان مشاهده نمود. افزایش عیار آن- گونه که قابل پیش‌بینی بود در ارتباط با توده نفوذی منطقه می‌باشد.

بیشترین تمرکز عیار مولیبدن در مرکز پروفیل قابل مشاهده است. عیار مولیبدن در گمانه‌های شمالی نیز کمی بیش تر از گمانه‌های جنوبی می- باشد. با توجه به محل قرارگیری توده‌های نفوذی ارتباط ژنتیکی غنی‌شدگی مولیبدن با این توده را نشان می‌دهد. مقدار سرب در گمانه‌های میانی این پروفیل نسبت به لبه جنوبی و شمالی کاهش چشم‌گیری نشان می‌دهد، آن‌گونه که پیش‌تر نیز ذکر شد، مناطق میانی منطبق با نواحی حضور توده‌های نفوذی می‌باشد. این روند تغییرات عیاری



به طرف معدن سرچشمه

شکل ۵: سمت راست: موقعیت گمانه‌های پروفیل شمالی- جنوبی، سمت چپ: روند تغییر مقدار عناصر مس، مولیبدن، سرب و روی

دارد. روند مقدار عیار مولیبدن غرب به شرق کاهشی است. میانگین مولیبدن در گمانه لبه غربی این پروفیل ۳/۶۳ گرم در تن و بیشترین مقدار این عنصر در گمانه لبه غربی پروفیل ۲۲ گرم در تن می‌باشد. این روند عیاری تأییدی دیگر بر تأثیر توده نفوذی و سیال ناشی از آن در غنی- شدگی عنصر مولیبدن است. با توجه به شکل ۷ مقدار عیار سرب از غرب به شرق دارای روند افزایشی است. در واقع این نمودار نیز روند تغییرات و افزایش عیاری عنصر سرب را نسبت به

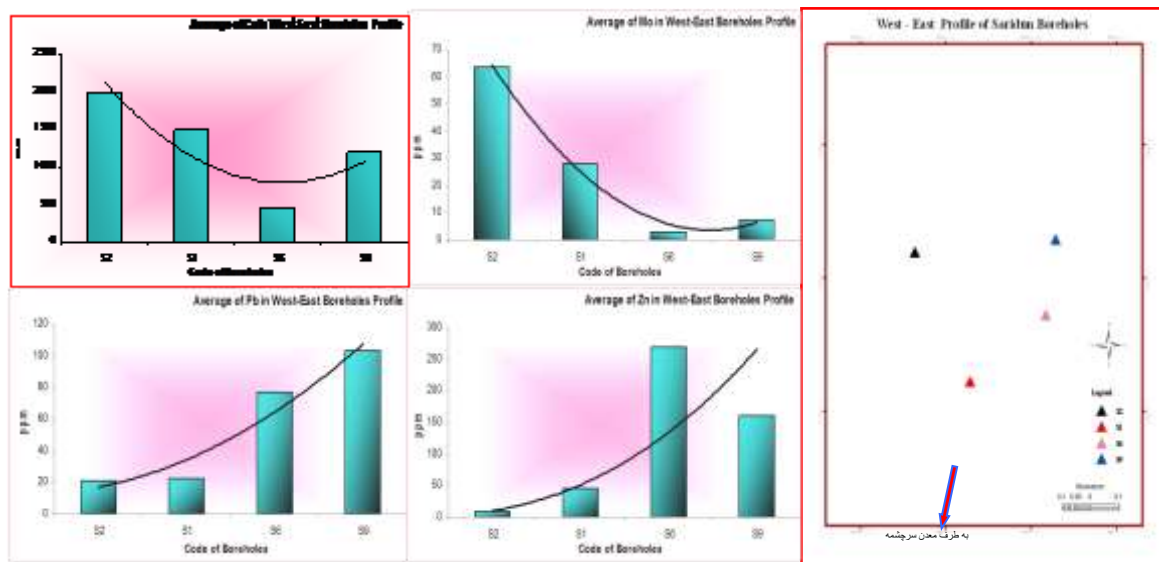
### تغییرات عناصر مس، مولیبدن، سرب و روی

#### در پروفیل غربی- شرقی

این پروفیل تقریباً به موازات معدن سرچشمه بوده که از غرب به شرق به ترتیب گمانه‌های S1، S2، S6 و S9 قرار می‌گیرند (شکل ۶). تغییر مقدار عیار مس از سمت غرب به شرق مقدار مس به طور نسبی کاهش می‌یابد؛ به طوری که گمانه S2 در غرب منطقه دارای بیشینه ۴۸۸۰ و میانگین ۲۰۰۰ گرم در تن و گمانه S9 در شرق عیار بیشینه‌ی ۳۸۸۰ و میانگین آن ۱۲۰۰ گرم در تن

با عنصر سرب رفتاری مشابه و با عناصر مس و مولیبدن رفتاری متضاد دارد. این موضوع می‌تواند به منشأ متفاوت و یا اختلاف در تحرک این عنصر باز گردد.

توده نفوذی نشان می‌دهد. این موضوع کاملاً با توجه به تحرک عنصر سرب قابل توجیه می‌باشد و می‌توان توده‌ی موجود و سیالات ناشی از آن را عامل کانه‌سازی سرب در منطقه دانست. مقدار عیار روی از غرب به شرق افزایش یافته‌است. در مقایسه با عناصر دیگر عنصر روی در این پروفیل



شکل ۶: سمت راست: موقعیت گمانه‌های پروفیل غربی- شرقی سمت چپ: روند تغییر مقدار عناصر مس، مولیبدن، سرب و روی

در اعماق کم دگرسانی آرژیلیک و فلیک به شدت سنگ‌های مغزه‌ی حفاری را تحت تاثیر قرار داده و در برخی مناطق این سنگ‌ها سیلیسی شده‌اند به طوری که شناسایی سنگ اولیه بسیار دشوار بوده، هرچند در اعماق بیش از ۱۵۰ متری آثاری از بافت پورفیری اولیه‌ی آن باقی مانده‌است کانی-های اولیه علاوه بر سرسیت به کوارتز، کلریت و کانی‌های فلزی تبدیل گردیده‌اند. با توجه به محصولات دگرسانی، احتمال این می‌رود که سنگ اولیه از نوع ریوداسیت باشد.

#### گمانه S2

فنوکریست‌های پلاژیوکلاز در زمینه‌ای از کوارتز و پلاژیوکلاز قرار گرفته‌اند که تحت تاثیر دگرسانی شدید گرمایی به سرسیت تبدیل گردیده و با

**بررسی لیتولوژی سنگ‌های مغزه‌های حفاری**  
مرتضوی علی آباد (۱۳۸۲) سنگهای منطقه را به گروه‌های آتشفشانی، ساب‌ولکانیک و آذرآواری تقسیم‌بندی نمود. عطاپور (۱۳۸۶) سنگ‌های منطقه را به همراه منطقه سرچشمه در گروه‌های کوارتزومونزونیت، آندزیت، داسیت و ریوداسیت قرار داد. به منظور شناخت ویژگی‌های میکروسکوپی سنگ‌های تحت‌الارضی منطقه پس از بررسی ۹ مغزه‌ی حفاری، نمونه‌برداری جهت تهیه مقاطع نازک صورت گرفت. در زیر به طور خلاصه نتایج حاصل از مطالعات میکروسکوپی مقاطع مغزه‌های این گمانه‌ها به ترتیب شماره گمانه‌ی حفاری ارائه می‌گردد.

#### گمانه S1

بافت پورفیری و غلبه فنوکریست‌های پلاژیوکلاز و بیوتیت که به کانی‌های رسی و سرسیت تبدیل گردیده‌است، حاکی از ترکیب ریوداسیت- داسیتی سنگ‌های اعماق اولیه این گمانه است و این وضعیت تا عمق ۱۱۶ متری ادامه می‌یابد. نمونه‌ی عمق ۱۲۲/۵ متری دارای بافت تراکیتی بوده و فنوکریست‌های کوارتز و پلاژیوکلازهایی را نشان می‌دهد که پلاژهای آن در اثر دگرسانی تماماً به سرسیت و کانی‌های رسی تبدیل شده‌اند. با افزایش عمق سنگ هوربلند- آندزیت حجم اصلی مغزه‌ها را تشکیل می‌دهد (۱۵۳ متری تا ۲۸۶ متری). هورنبلندهای این نمونه‌ها به کلریت و کانی‌های فلزی دگرسان شده‌اند. مقاطع نازک سنگ‌های اعماق ۲۹۰ تا ۳۰۶ متری بافت دلریتی به همراه پورفیری را نشان می‌دهند. فنوکریست‌ها، پلاژیوکلاز و کانی‌های بازیک هستند که در زمینه‌ای از پلاژیوکلاز قرار گرفته‌اند. پلاژیوکلازها به سرسیت دگرسان شده‌اند و اپیدوت محصول تبدیل‌شدگی کانی‌های بازیک می‌باشد. با توجه به خصوصیات بافتی به نظر می‌رسد، این سنگ در شرایط نیمه عمیق، همانند ساختار یک دایک ایجاد شده باشد.

### گمانه S8

ریوداسیت و داسیت، سنگ‌های اصلی مغزه‌ی حفاری این گمانه را تشکیل می‌دهند. فنوکریست‌های آن پلاژیوکلاز و کوارتز بوده، که دارای بافت پورفیری با زمینه‌ای دانه ریز از فلدسپات آلکالن و کوارتز می‌باشد. این کانی‌ها نیز تحت تأثیر دگرسانی‌های شدید به کانی‌های ثانویه سرسیت و کانی‌رسی تبدیل شده‌اند و چیزی از آن‌ها باقی نمانده‌است. در مقطع مربوط به عمق ۲۹۸ متری رگه‌های حاوی کانی‌سازی فلزی قابل مشاهده است. این مقطع به دلیل وجود بیوتیت، ترکیبی

افزایش عمق به جز کاهش در تراکم شکاف‌ها تغییر دیگری مشاهده نمی‌شود.

### گمانه S3

نمونه‌های برداشتی از گمانه S3 از نظر لیتولوژی تشابه زیادی نشان می‌دهند و می‌توان تماماً در گروه ساب‌ولکانیک اسیدی یا ریولیت پورفیری جای داد. نمونه متعلق به عمق ۲۹ متری دگرسانی شدیدی را نشان می‌دهد. نمونه عمق ۱۲۲ متری به علت قرارگیری در زون تکتونیکی به شدت خرد شده‌است. گرمای موجود در این زون تکتونیکی و یا گرمای حاصل از توده‌های مجاور عامل تبلور مجدد کانی‌های سنگ به ویژه کوارتزها گردیده است.

### گمانه S6

بررسی مقاطع نازک این گمانه حاکی از آن است که سنگ‌ها تا عمق کمتر از ۱۰۰ متر دارای ترکیبی آندزیتی بوده و پلاژیوکلازهای یوهدرال آن به کربنات و سرسیت تبدیل گردیده‌اند. آثار ماگل آلپیتی نشان‌دهنده منشأ سدیک این کانی-های دگرسان شده می‌باشد. فنوکریست‌های آمفیبول به مقدار بسیار کم وجود دارند و غالباً به اکسید آهن و کربنات تبدیل شده‌اند. ترکیب کانی-شناسی نشان‌گر ترکیب گرانودیوریتی سنگ اولیه است، به طوری که بافت اصلی دانه‌ای بوده، هر چند هم رشدی کوارتز و فلدسپات آلکالن در برخی از مقاطع باعث به وجود آمدن بافت گرانوفیلی گردیده است. پلاژیوکلاز و فلدسپات آلکالن، به کانی رسی و سرسیت دگرسان شده‌اند. بیوتیت و آمفیبول به کلریت و اکسید آهن تبدیل گردیده‌اند. آرژیلیکی و فیلیکی‌شدن، اصلی‌ترین دگرسانی‌های رخ‌یافته در این سنگ‌ها می‌باشند و رخداد شدید این دگرسانی‌ها، عامل عدم قطعیت در نام‌گذاری است.

### گمانه S7

مطالعات پتروگرافی مقاطع نازک و بررسی آنالیزهای XRD، نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی نمونه‌های مربوط منطبق گردید. مطالعات پتروگرافی نشان می‌دهد سنگ‌های منطقه غالباً از جنس داسیت، ریوداسیت، ریولیت، گرانودیوریت و آندزیت می‌باشند که رخداد دگرسانی و تأثیر سیالات کانه‌دار باعث تغییر عیار این عناصر در سنگ‌های مختلف شده‌است؛ لذا تعیین عیار متوسط در منطقه را غیرممکن می‌نماید؛ از کلارک جهانی عناصر مورد مطالعه جهت بررسی نحوه غنی‌یافتگی و یا تهی‌یافتگی سنگ‌ها در این منطقه استفاده گردید.

#### مس

تمام سنگ‌های منطقه نسبت به کلارک مس در ترکیب سنگی مشابه افزایش عیار نشان می‌دهند؛ که این افزایش در گرانودیوریت‌ها، به عنوان سنگ‌های نفوذی منطقه در کمترین مقدار و در مقابل در سنگ‌های ولکانیک و ساب‌ولکانیک به ویژه ریولیت‌ها و ریوداسیت‌ها بالاترین افزایش عیاری و غنی‌شدگی را دارد (شکل ۷).

#### مولیبدن

عنصر مولیبدن نیز مانند مس در مقایسه با کلارک، در سنگ‌های منطقه سریدون افزایش عیار نشان می‌دهد. با وجود این که گمانه‌ها دارای همبستگی مکانی بیشینه با توده نفوذی و ساب-ولکانیک با ترکیب متمایل به اسیدی دارای بیشترین مقدار مولیبدن می‌باشد، اما در مجموع عیار سنگ‌های آندزیتی دیواره عیار بیشتری را نشان می‌دهند. این موضوع می‌تواند تأثیر این توده و سیالات منشأ گرفته از آن‌ها بر روی سنگ‌های آندزیت و افزایش عیاری در آن‌ها باشد (شکل ۷).

#### سرب

عنصر سرب نیز مانند دیگر عناصر در سنگ‌های منطقه سریدون در مقایسه با کلارک افزایش عیار

متمایل به بازیگ داشته و پلاژیوکلازهای آن کمی درشت‌تر هستند.

#### گمانه S9

بیش از ۸۰ درصد مقاطع مطالعه شده مربوط به مغزه‌های این گمانه، به دلیل شدت دگرسانی، سنگ اولیه آن غیر قابل تشخیص است و تنها چیزی که می‌توان در برخی از مقاطع مشاهده نمود، قالب پلاژیوکلازهایی است که به طور کامل سرسیتی شده‌اند. فقط فنوکریست‌های پلاژیوکلاز، کوارتز، فلدسپات آلکالن و کانی فلزی در زمینه‌ای از فلدسپات آلکالن متعلق به ریوداسیت عمق ۲۳۲ متری قابل تشخیص است.

#### گمانه S10

تغییرات لیتولوژی در این گمانه نسبت به سایر گمانه‌ها بیشتر بوده به طوری که با مطالعه مقاطع نازک نشان داده است، در اعماق کمتر از ۴۰ متری آندزیت‌های بازالتی با فنوکریست‌های پلاژیوکلاز، آمفیبول، پیروکسن و الیوین حجم اصلی سنگ‌ها را تشکیل داده‌اند. از عمق ۴۰ تا بیش از ۱۶۰ متری از خاصیت بازی سنگ‌ها کاسته شده و آندزیت با فنوکریست‌های اصلی پلاژیوکلاز و آمفیبول حاکم می‌باشد. از این عمق تا عمق ۲۸۰ متری سنگ‌های داسیت جایگزین شده‌اند. سیر صعودی خاصیت اسیدی در این گمانه با افزایش عمق، افزوده شده و در عمق بیش از ۳۰۰ متری سنگ داسیت توسط ریوداسیت‌ها جایگزین می‌شود. سنگ‌های عمیق‌تر از ۲۰۰ متری مغزه‌ی این گمانه تحت تأثیر دگرسانی پروپیلیتیک قرار گرفته‌اند.

#### رفتار عناصر مس، مولیبدن، سرب و روی در سنگ‌های منطقه

به منظور پی بردن به چگونگی تغییرات این عناصر در ترکیبات سنگی و دگرسانی‌های منطقه، پس از

موجود غنی‌شدگی بیشتری نشان می‌دهد. این موضوع می‌تواند تأییدی دیگر بر منشأ متفاوت روی و حتی سرب نسبت به سایر عناصر در منطقه بوده و به نوعی افزایش عیاری این عنصر را نسبت به متوسط آن در کانسار سرچشمه که فاصله‌ی چندانی از آن ندارد را توجیه می‌کند (شکل ۷).

با توجه به نمودارهای شکل ۷ می‌توان تغییرات هر کدام از عناصر مورد مطالعه در انواع دگرسانی‌های موجود در منطقه را مورد بررسی قرار داد.

نشان می‌دهند. آندزیت‌ها بیشترین و گرانودیوریت و ریوداسیت‌های پورفیری کمترین مقدار را نشان می‌دهند. نکته قابل توجه دیگر، افزایش همگن این عنصر در اغلب سنگ‌های منطقه می‌باشد و مانند عناصر دیگر تغییرات بسیار شدید میان لیتولوژی‌های مختلف وجود ندارد (شکل ۷).

### روی

روی برخلاف عنصر سرب در گرانودیوریت‌های منطقه سریدون در مقایسه با انواع دیگر سنگ‌های



شکل ۷: نمایش تغییرات عناصر مس، مولیبدن، سرب و روی در دگرسانی‌های منطقه (سمت راست) و تغییرات عناصر مس، مولیبدن، سرب و روی سنگ‌های منطقه نسبت به میانگین جهانی سنگ‌های مشابه در در عمق‌های مختلف گمانه‌های مورد مطالعه منطقه سریدون (سمت چپ)

میان منطقه نسبت به سایر گمانه‌ها از شدت بیشتری برخوردار است. دگرسانی فیلیک در تمام گمانه‌ها حضور داشته اما دگرسانی پروپیلی تیک در گمانه‌های حاشیه‌ای منطقه نمایان می‌باشد. سیلیسی شدن در برخی از سنگ‌های سطحی و در اعماق محدودی از گمانه‌ها می‌توان مشاهده نمود.

رفتار عناصر مس، مولیبدن، سرب و روی در دگرسانی‌های منطقه

براساس مطالعات پتروگرافی و آنالیز XRD، چهار گروه دگرسانی منطقه شامل فیلیک، آرژیلیک، پروپیلی تیک و سیلیسی شدن می‌باشد که عمده آن فیلیک همراه با آرژیلیک بوده که در گمانه‌های

آثاری از دگرسانی پتاسیک در این بررسی‌ها مشاهده نگردید.

#### مس

افزایش میانگین عیار مس در دگرسانی فیلک-آرژلیک و فیلک و پروپلی تیک کمترین عیار را با خود دارند. دگرسانی آرژلیک نیز در حد واسط این دو قرار می‌گیرد. با توجه به تحقیقات علمی در کانسارهای پورفیری، دگرسانی پتاسیک دارای بالاترین حجم کانه‌سازی بوده و بعد از آن مرز فیلک ارزش بیشتری دارند (شکل ۷).

#### مولیبدن

افزایش میانگین عیار مولیبدن در دگرسانی فیلک می‌باشد. در مقابل کمترین عیار به همراه دگرسانی آرژلیک است. دگرسانی پروپلی تیک نیز در میانه این دو قرار می‌گیرد. این روند با آن چه در مورد مس گفته شد هم‌خوانی چندانی ندارد زیرا در مورد مس نوع دگرسانی آرژلیک بود که عیار بالا را از خود نشان می‌دهد در حالی که مولیبدن دقیقاً در نقطه مقابل قرار می‌گیرد (شکل ۷).

#### روی

تغییرات عنصر روی در دگرسانی‌های منطقه، مشابه با رفتار سرب می‌باشد. نمونه‌هایی که تحت تأثیر دگرسانی فیلک قرار گرفته‌اند، بیشترین مقدار روی را در خود جای داده‌اند و در مقابل منطقه دگرسانی پروپلی تیک حاوی کمترین مقادیر عیار روی می‌باشند (شکل ۷).

#### سرب

دگرسانی پروپلی تیک تقریباً از سرب تهی و سیلیسی شدن نیز با مقدار اندکی سرب همراهی می‌شود. این در حالی است که دگرسانی فیلک بالاترین مقدار سرب که برابر با ۲۳۴ گرم در تن

می‌باشد را در خود دارد و آرژلیک بعد از آن قرار می‌گیرد (شکل ۷).

#### نتیجه‌گیری

جایگزینی توده‌های نفوذی از جنس داسیت-ریوداسیت تا ریولیتی با بافت پورفیری در واحدهای آندزیتی قبلی باعث دگرسانی و کانی-زایی گردیده‌است. مهم‌ترین دگرسانی‌هایی که سنگ‌های منطقه را تحت تأثیر قرار داده‌است، شامل آرژلیک، فیلک، پروپلیتیک و سیلیسی شدن می‌باشد هم‌چنین با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه و تشکیل محلول‌های اسیدی شستشوی توده‌های نفوذی به خوبی انجام گرفته-است. غنی‌ترین منطقه کانی‌سازی ثانویه مس در گمانه S1 و در عمق بین ۳۰ تا ۶۰ متری با عیار متوسط ۳۲۸۱ گرم در تن می‌باشد. نکته قابل توجه نزدیک بودن این گمانه به سیستم‌های قوی استوک‌ورکی کوارتز-مالاکیتی است. استوک پورفیری سریدون در مقایسه با سنگ‌های آندزیتی دیواره از لحاظ مس فقیرتر و از نظر مولیبدن غنی‌تر می‌باشد.

با این‌که وجود پوشش هماتیتی در بسیاری موارد راهنمای مهمی جهت رسیدن به منطقه غنی-سازی شده ثانویه رضایت‌بخش، در کانسارهای نوع پورفیری مطرح است، اما در کانسار سریدون با وجود وسیع بودن چنین پوششی، منطقه غنی-سازی شده ثانویه تشکیل شده وسعت چشمگیری را نشان نمی‌دهد.

در انتها پیشنهاد می‌گردد در مورد دلایل غنی بودن آندزیت‌های دیواره از مس به عنوان سنگ درونگیر توده نفوذی مطالعات دقیق‌تری صورت گیرد.

## منابع

- استان کرمان با نگرشی ویژه به عناصرخاص، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۴۰۱ صفحه
- مرتضوی علی آباد، س. م.، ۱۳۸۲. پتروگرافی و پترولوژی سنگ‌های آذرین شمال سرچشمه (سریدون) و ارتباط کانی‌سازی مس با آنها، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ۲۰۱ ص
- Guilbert, J. M., and Park, Jr. C. F., 1997. The Geology of Ore Deposits, Freeman and company, New York, 985p.
- Titley, S.R., and Hicks, C., 1966. Geology of the Porphyry Copper Deposits, Southwestern. North America. Tucson: Univ. Ariz. Press, 287 p.
- Stocklin, J., 1968. Structural history and tectonics of Iran. Areview Am. Assoc. Petroleum Geology Bulletin, v. 52, p.1229-1258.
- شهاب پور، ج.، ۱۳۷۹. زمین شناسی اقتصادی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۵۴۳ صفحه.
- عطاپور، ح.، ۱۳۸۶. رساله دکتری، تکوین ژئوشیمیایی و متالوژی سنگ‌های آذرین پتاسیم-دار در کمربند آتشفشانی-نفوذی دهج-ساردوئیه، -Aftabi, A., and Anvari, M., 1992. Metallogenic map of important resources and reserves of Iran. Mines Metall. v.46, p. 11-23.
- Aftabi, A., and Atapour, H., 2000. Regional aspects of shoshonitic, volcanism in Iran, Episodes, v.23 (2), p. 119-125.
- Aghanabati, A., 1990. Mineral Distribution Map of Iran, Geological Survey of Iran, Tehran, 375 p.