

## کانی‌سازی آهن در آنومالی شرقی سنگان، شمال شرق ایران

محمد یزدی<sup>۱</sup>، مهرداد بهزادی<sup>۲</sup>، مهدی حاجی‌علی<sup>۳</sup>

۱- دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

۲- استادیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

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

### چکیده

کانسار آهن سنگان از آنومالی‌های غربی، مرکزی و شرقی تشکیل شده است. آنومالی شرقی برخلاف دو آنومالی دیگر، از کان‌سازی‌های متعدد و پراکنده‌ای با ذخیره کم تشکیل شده است. توده نفوذی اصلی میزبان کان‌سازی در شمال آنومالی شرقی قرار دارد و بنام سرنوسر معروف است. ترکیب این توده نفوذی مونوزوگراتیتی است و خصوصیات مشابه با گرانیت‌های تیپ I، سری کالک‌آلکان با پتاسیم بالا را دارد. محیط تکتونیکی این توده منطبق بر قوس‌های حواشی قاره‌ای و ماگماهای مشتق شده از گوشته در نواحی قوس است. رخدادهای کان‌سازی با ماگماتیسیم ائوسن-الیگوسن و محلول‌های گرمابی حاصل از آن مرتبط می‌باشند. در منطقه آنومالی شرقی دو نوع کان‌سازی آهن تشخیص داده شد: ۱- کان‌سازی مگنتیت دمای بالا نوع اسکارنی در مرز بین گرانیت با آهک‌ها و آهک‌های دولومیتی، ۲- کان‌سازی گرمابی دمای پایین ولستونیت، کلریت، هماتیت و گوتیت با، یا بدون باریت در آهک‌های دولومیتی، ماسه سنگ‌های آهکی و ولکانیک‌های اسیدی. در نوع اول، مگنتیت به صورت توده‌ای، عدسی‌شکل (اغلب هم‌روند با لایه‌بندی میزبان)، لامیناسیون و رگه‌ای همراه با مقدار کمی پیریت و کالکوپیریت و کان‌های گانگ از جمله فورستریت، گارنت، کلینوپیروکسن، تره‌مولیت-اکتینولیت، اسکاپولیت، فلوگوپیت، اپیدوت، کلریت، کوارتز و کربنات دیده می‌شود. در نوع دوم نیز بسته به نوع سنگ میزبان و وضعیت ساختاری محل، کان‌سازی به فرم‌های توده‌ای نامنظم (از چند سانتی‌متر تا چند صد متر)، جانشینی، دانه پراکنده، پرکننده حفرات و فضای بین قطعات برشی، رگه و رگچه‌ای و استوک ورک به همراه تغییراتی مثل دولومیتی‌شدن، سیلیسی‌شدن، سریسیتی‌شدن، کربناتی‌شدن و تورمالینی‌شدن در سنگ میزبان دیده می‌شود.

**واژگان کلیدی:** کان‌سازی اسکارن، گرمابی آهن، آنومالی شرقی، کانسار سنگان.

### مقدمه

آنومالی‌های کانسار آهن سنگان شامل سه محدوده آنومالی‌های غربی، آنومالی‌های مرکزی و آنومالی شرقی می‌باشند. این منطقه در استان خراسان رضوی، شهرستان خواف و در طول جغرافیایی  $28^{\circ}$  و  $60^{\circ}$  تا  $37^{\circ}$  و  $37^{\circ}$  و عرض  $27^{\circ}$  و  $34^{\circ}$  تا  $31^{\circ}$  و  $34^{\circ}$  قرار دارد. بر اساس نقشه زمین‌شناسی تایباد [۱] واحدهای سنگی رخنمون‌دار منطقه از سازندهایی با سن پرکامبرین تا کواترنری تشکیل شده‌اند (شکل ۱).

آنومالی‌های کانسار آهن سنگان شامل سه محدوده آنومالی‌های غربی، آنومالی‌های مرکزی و آنومالی شرقی می‌باشند. این منطقه در استان خراسان رضوی، شهرستان خواف و در طول جغرافیایی  $28^{\circ}$  و  $60^{\circ}$  تا  $37^{\circ}$  و  $37^{\circ}$  و عرض  $27^{\circ}$  و  $34^{\circ}$  تا  $31^{\circ}$  و  $34^{\circ}$  قرار دارد.

همچنین برای شناسایی ترکیب ژئوشیمیایی سنگ میزبان، ۷ نمونه در آزمایشگاه سازمان زمین شناسی کشور به وسیله دستگاه XRF نوع Majix-Pro تجزیه شدند [۵]. به منظور مطالعه ویژگی‌های سنگ شناسی، بافت کانی‌های فلزی و نحوه حضور کانسنگ در سنگ میزبان، مطالعات کانی شناسی (نور عبوری و نور انعکاسی) بر روی ۴۰ نمونه برداشت شده از شش محل B-site، Ba-site، سم آهنی، فرزنه، سنجدک و معدنچو صورت گرفت.

اما یافته‌های بعدی سنی معادل مزوزوئیک را به جای پروتروزوئیک پسین پیشنهاد می‌کنند [۱۲ و ۱]. دو توده بزرگ گرانیتی (گرانیت سرنوسر در شمال و گرانیت برمانی در شرق) به سن ائوسن- الیگوسن (روی نقشه با علامت  $E^{ga}$ ) به همراه سیل‌ها و دایک‌های اسیدی متعدد در این سازندها نفوذ کرده‌اند. ترکیب این توده‌ها بین آلکالی‌گرانیت تا گرانودیوریت متغیر است. در راستای انجام این پژوهش مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی در محل حاوی کانی سازی آهن با نام‌های B-site، Ba-site، سم آهنی، فرزنه، سنجدک و معدنچو (به ترتیب از ۱ تا ۶ در شکل ۲) انجام گرفت. مقاله حاضر بخشی از نتایج این پژوهش می‌باشد [۵]. در این مقاله، توده گرانیتی سرنوسر بعنوان توده آذرین اصلی این منطقه بررسی شده و سپس در بخش بعدی به انواع کانی‌سازی‌ها در منطقه آنومالی شرقی پرداخته می‌شود.

### روش تحقیق

به منظور مطالعات پترولوژی و ژئوشیمیایی، تعداد ۲۰ نمونه، از هر نمونه به مقدار ۲۰۰ گرم، از توده سرنوسر در مناطق سنجدک، سم آهنی (هر دو جزء آنومالی شرقی) و دردوی (جزء آنومالی مرکزی) برداشت شد. به منظور شناخت کانی‌های منطقه اسکارنی و دگرسانی ۱۲ نمونه با دستگاه XRD در آزمایشگاه سازمان زمین شناسی کشور تجزیه شدند که نتایج آن در جدول ۱ ارائه می‌شود.



## بحث و بررسی

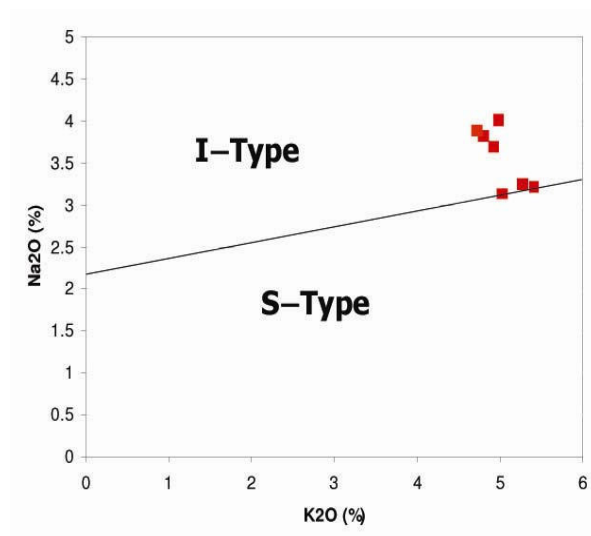
## الف- ویژگی های پترولوژیکی توده سرنوسر

توده گرانیتوئید سرنوسر به عنوان توده آذرین اصلی این منطقه شناخته می شود و سایر قسمت های دیگر منطقه مورد بررسی تحت تاثیر آن قرار گرفته است. مطالعات صحرایی و میکروسکوپی نمونه های توده نفوذی سرنوسر در منطقه آنومالی شرقی سنگان نشان می دهد، که ترکیب اصلی این توده مونزوگرانیته است [۵]. سنگ های ولکانیک اسیدی تا حد واسط و سنگ های پیروکلاستیک در منطقه گسترش چشمگیری دارند. توده سرنوسر دارای مرزی مشخص با سنگ هایی است که در آنها نفوذ کرده و در آنها پدیده های دگرگونی مجاورتی و اسکارنی شدن ایجاد کرده است. در داخل این توده دایک های آپلیتی نیز مشاهده می شود [۱۰ و ۱۲]. کانی های اصلی توده آذرین سرنوسر کوارتز، آلکالی فلدسپار با بافت پرتیتی و پلاژیوکلاز می باشد. بیوتیت، آمفیبول، اسفن، آپاتیت و زیرکن از دیگر کانی های این سنگ ها هستند. این توده در حواشی خود دچار دگرسانی های سریسیتی و اپیدوتی در پلاژیوکلازها، رسی شدن آلکالی فلدسپارها و کلریتی شدن در بیوتیت ها شده است.

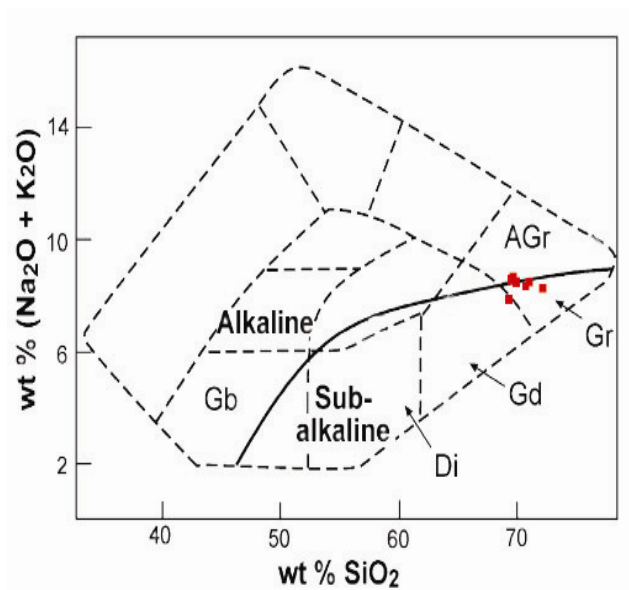
نبود سنگ هایی مثل گنایس و میگماتیت که همراه گرانیت های آناتکسی هستند، نبود کانی هایی مثل کردیریت، گارنت و سیلیکات های آلومین، مقدار کربنوم در نورم کمتر از ۱٪، میزان سیلیس بین ۵۳ تا ۷۶ درصد، نسبت مولار اکسید آلومینیم به کلسیم، سدیم و پتاسیم (A/CNK) کمتر از ۱/۱ و درصد اکسید سدیم بیش از ۳/۲ سنگ های گرانیتی مورد

مطالعه را در گرانیت های تیپ I قرار می دهد [14]. این موضوع در نمودار اکسید سدیم در مقابل پتاسیم در نمونه های کم و غیر دگرسان شده این منطقه هم دیده می شود (نمودار ۱) [14]. بر اساس نمودار مجموع آلکالی در برابر سیلیس، نمونه ها در محدوده گرانیت قرار می گیرند (نمودار ۲) [۳].

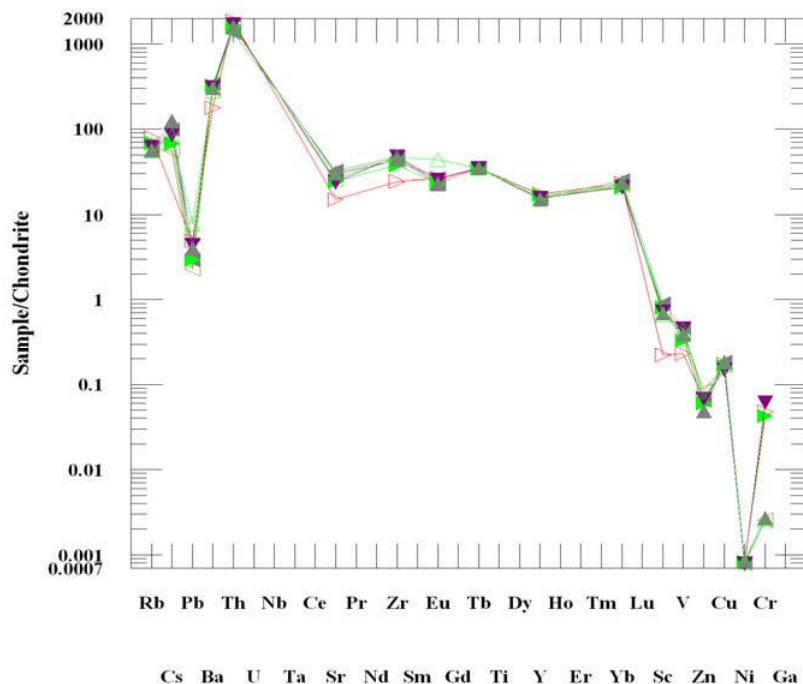
به منظور بررسی عناصر کمیاب و برخی عناصر نادر در توده نفوذی سرنوسر، نمودار نرمالیز شده این عناصر نسبت به کندریت رسم گردید (نمودار ۳). همان طور که در این نمودار مشاهده می شود عناصر لیتوفیل با شعاع یونی بزرگ مانند Rb, Sr, Ba, Zr, Cs, Th دارای آنومالی مثبت می باشند در صورتی که عناصر با میدان پایداری بالا مانند V, Sc و عناصر کمیاب سنگین مانند Yb و همچنین عنصر نیکل دارای آنومالی منفی هستند (نمودار ۳). چنین روندی از ویژگی های محیط فرورانش می باشند [16]. در نمودار عنکبوتی عناصر نادر خاکی مشاهده می شود عنصر Yb دارای آنومالی منفی و غنی شدگی بسیار ضعیف می باشد. به نظر می رسد این حالت به دلیل حضور گارنت باقیمانده در ماگمای منبع باشد [17].



نمودار ۱- موقعیت نمونه های گرانیت سرنوسر در نمودار اکسید پتاسیم در مقابل سیلیس [14]



نمودار ۲- ترکیب نمونه های گرانیت سرنوسر در نمودار مجموع آلکالی در مقابل سیلیس [15]



نمودار ۳- تغییرات عناصر کمیاب و نادر خاکی گرانیت سرنوسر، نرمالیز شده نسبت به کندریت [15]

### محل سایت B

این محل در حدود ده کیلومتری شرق سایت معدن قرار دارد (محل شماره ۱ در شکل ۱). در شیل‌ها و سنگ‌های سیلتی این منطقه، رگچه‌های هماتیت وجود دارد. در قسمت ماسه‌سنگی این ناحیه رگه‌ها و رگچه‌های اکسید آهن (پولک‌های اسپیکولاریت) و هم به صورت پنخس شده، در متن سنگ دیده می‌شود. در آهک‌ها و بین لایه‌های چرتی آن‌ها، کانی‌سازی به شکل رگه‌ها تا توده‌های هماتیت و گوتیت دیده می‌شود (شکل ۲-۲). در حدود ۵۰۰ متری جنوب غرب این نقطه که مرز بین سنگ‌های سیلتی و قسمت‌های آهکی بصورت همبری گسله است، هماتیت (پولکی) و گوتیت در این مرز تشکیل شده است.

### ب- کانی‌سازی آهن در منطقه آنومالی شرقی

آنومالی شرقی سنگان از رخنمون‌های پراکنده کانی‌سازی آهن با ذخیره پایین تشکیل شده است. از نظر اندازه، این کانی‌سازی‌ها در مقیاس یک رگچه کوچک تا توده‌ها و عدسی‌های چند صد متری اکسید و هیدروکسیدهای آهن تشکیل شده‌اند. کانی‌سازی آهن در سنگ‌های میزبان مانند آهک، ماسه‌سنگ آهکی، سنگ‌های ولکانیک و توف دیده می‌شود. نوع کانی‌سازی و سنگ میزبان در محل‌های مختلف آنومالی شرقی متفاوت است که در بخش‌های زیر به صورت مختصر توضیح داده می‌شود:

## محل سایت Ba

محل مورد مطالعه در سه کیلومتری جنوب شرق چشمه باغک قرار گرفته است (محل شماره ۲ در شکل ۲). در قسمت شرقی منطقه، در ماسه سنگ‌های قرمز و خاکستری همراه با کنگلومرای آهکی رگچه‌های اکسید آهن و کلسیت دیده می‌شود. این روند طوری است که رگچه‌های گوتیت در دو طرف یک رگچه کلسیت قرار گرفته‌اند. این ماسه‌سنگ‌ها دارای درز و شکاف‌های متعددی بوده و در طول این شکاف‌ها و به سمت ماسه‌سنگ، گوتیت لایه نازکی را روی سنگ میزبان تشکیل می‌دهد (شکل ۳-b). این واحدهای ماسه‌سنگی و کنگلومرای، به سمت غرب توسط یک گسل، از بخش آهکی که حاوی توده‌های کوچک و بزرگی از هماتیت، گوتیت و باریت هست، جدا می‌شوند. با توجه به مقادیر بالای باریت در نمونه‌های گرانیت (با میانگین ۸۹۰ ppm)، توده‌ی سرنوسر از پتانسیل قابل قبول برای تأمین باریت مورد نیاز این ناحیه برخوردار بوده است. در قسمت‌هایی که فضا برای رشد کافی وجود داشته، بلورهای تیغه‌ای و طویل باریت در کنار هم شکل گرفته‌اند، طوری که ضمن ضخیم‌تر شدن تیغه‌ها، مجموعه بلورها یک حالت شعاعی به خود گرفته است (شکل ۳-c). در این محل رگه‌های ضخیم کوارتز که آهک‌ها را قطع می‌کنند (شکل ۲-d) به علاوه نمونه‌های سیلیس کریپتوکریستالین (کلسدونی) و بلورهای وجه‌دار کوارتز با طول سه سانتی‌متر نیز دیده شدند. در چندین متری جنوب این آهک‌ها، کنگلومرای متشکل از قطعات کوچک و بزرگ آهک ریز بلور و ماسه‌سنگ کوارتزی وجود دارد که حاوی گوتیت و باریت هستند، عمده این کانی‌سازی‌ها در

بین قطعات صورت گرفته و در خود قطعات هم شکستگی‌هایی دیده می‌شود که با این کانی‌ها پر شده‌اند. در این قسمت، رخنمونی از واحدهای ولکانیک آندزیتی دیده می‌شود، که شبکه‌ای از رگه‌ها و رگچه‌های اکسید و هیدروکسید آهن در آن‌ها به وجود آمده است (شکل ۳-e).

## محل سُم آهنی

این محل در فاصله ۸/۵ کیلومتری شمال شرق چشمه سنجدک و سه کیلومتری (فاصله فضایی) جنوب غرب فرزنه قرار دارد (محل شماره ۳ در شکل ۱). کانسنگ این محل از هماتیت و گوتیت تشکیل شده است. کانسنگ به صورت توده‌ای و پرشدگی شکستگی‌ها در مرمهرهای بلورین سفید رنگ، آهک‌های دگرگون شده و به صورت چینه‌کران در آهک‌های کرم رنگ متبلور یافته، دیده می‌شود (شکل ۲-f). بر خلاف مرز مشخص مرمهرهای سفید با کانسنگ، آهک‌های کرم‌رنگ با کانسنگ مرز تدریجی دارند. کوارتزی، آمفیبول و پیروکسن-اسکاپولیت اسکارن سبزرنگ و گارنتیت‌های عسلی‌رنگ به ضخامت حدود ۲۰ متر، با مرز مشخصی از گرانیت سرنوسر جدا می‌شوند. رگه‌ها و رگچه‌های هماتیت و گوتیت تا فواصل چند صد متری داخل گرانیت و سنگ‌های دگرگونی مجاور آن دیده می‌شود.

## محل فرزنه

این محل در سه کیلومتری جنوب غرب فرزنه (محل شماره ۴ در شکل ۲) قرار دارد. در سنگ‌های این محل کانی‌سازی هماتیت، گوتیت و لیمونیت به

است (شکل ۳-۱). رگه‌های فلوگوپیت نوارهای مگنتیت و گانگ (شکل ۳-۱) را قطع می‌کنند. علاوه بر کانی‌های ذکر شده، وجود کلریت، سرپانتین (به صورت رگچه‌ای در مرز بین مگنتیت و مرمر دولومیتی)، فورستریت و دولومیت نیز با مطالعات میکروسکوپی و اشعه ایکس، در منطقه ثابت شد. رگه‌ها و رگچه‌های گوتیتی که در مرکز خود حاوی رگچه‌های کلسیت می‌باشند، نیز در سنگ میزبان جای گرفته‌اند. بقایایی از مرمر و همچنین قسمت‌های کوارتزی نیز وجود دارند، که کوارتزی‌ها می‌توانند حاصل سیلیس‌زدایی از ماگمای گرانیتی هم باشند. این سنگ‌های سیلیسی در بعضی نقاط شکسته شده و رگچه‌های اکسید و هیدروکسید آهن حاوی بلورهای پیریت در آنها به حالت شبکه‌ای جای گرفته است.

#### محل معدنچو

محل معدنچو در حدود ۵/۵ کیلومتری شمال شرق چشمه سنجدک قرار دارد (محل شماره ۶ در شکل ۱). در این محل مگنتیت کانه اصلی را تشکیل می‌دهد (شکل ۲-۱). سنگ میزبان آن آهک‌ها و آهک‌های دولومیتی دگرگون شده با لایه‌بندی متوسط تا ضخیم است که به سمت شمال شرق شیب دارند. جایگزینی توده‌ها و لنزهای اسکارنی و مگنتیت به همراه کالکوپیریت، دقیقاً در امتداد همین روند و شیب سنگ میزبان صورت گرفته است. مگنتیت‌ها در امتداد این لایه‌بندی طوری جای گرفته‌اند که مجموعه حالت برشی گرفته، به صورتی که قطعات و لنزهای آهک دگرگون شده در میان رگه‌ها و لایه‌های کم و بیش موازی مگنتیت به چشم می‌خورد (شکل ۲-۱). شکل کلی توده کانسار را می‌توان به

اشکال لایه‌ای، عدسی بزرگ، توده‌ای، رگه‌ای و رگچه‌ای، عمدتاً به حالت پودری دیده می‌شود. این کانه‌ها شکل بلوری خاصی ندارند و فقط بافت گل‌کلمی در بعضی از گوتیت‌ها دیده شد. شکل‌های دروغین گوتیت بعد از کربنات‌ها نیز قابل توجه‌اند (شکل ۳-۱). سنگ میزبان، آهک‌های دولومیتی کریستالین سفید تا کرم رنگی است (که در بعضی جاها به علت پخش اکسید آهن، قهوه‌ای رنگ هستند) که دگرگون شده و تبلور مجدد یافته‌اند.

#### محل سنجدک

محل سنجدک در ۴/۵ کیلومتری شمال غرب چشمه‌ای بنام سنجدک قرار دارد (محل شماره ۵ در شکل ۱). در محل سنجدک، توده گرانیتی سرنوسر به درون آهک‌ها و آهک‌های دولومیتی با سن احتمالی ژوراسیک - کرتاسه نفوذ کرده است [۵]. به طوری که به همراه یک توده کوچک میکروگرانیتی (در فاصله پنجاه متری جنوب توده کانسار)، از شمال، غرب و جنوب کانسار را احاطه کرده‌اند. در محل کنتاکت، قطعات دگرسان شده میکروگرانیت در داخل اسکارن آمفیبولی دیده می‌شود. رگچه‌های آمفیبول بعلاوه دانه‌های گارنت (شکل ۲-۱) و اپیدوت در بین این قطعات به چشم می‌خورد.

در قسمت شرقی محل، مگنتیت به صورت توده‌ای و چینه‌کران در دو طرف یک زبانه گرانیتی وجود دارد. در نزدیکی مرز گرانیت دارای درزه‌های موازی کنتاکت و همچنین شبکه‌ای از رگه‌ها و رگچه‌های اکسید و هیدروکسید آهن است (شکل ۲-۱). دو کانی فلوگوپیت و آمفیبول بیشترین فراوانی را در بین کانی‌های دگرسانی دارد و همه‌جا با مگنتیت همراه



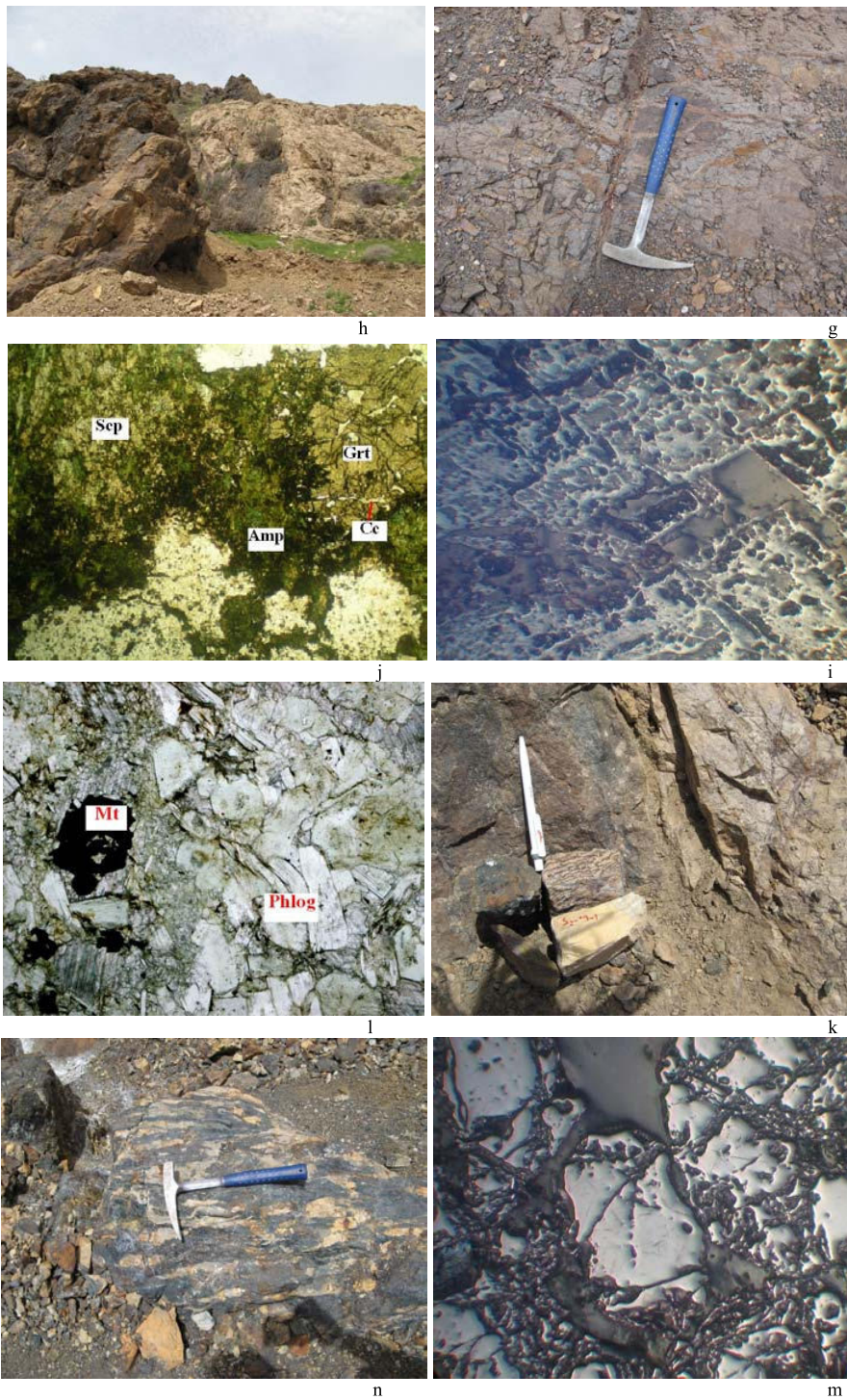
توده کانساری، شبکه وسیعی از رگه‌ها و رگچه‌های اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن وجود دارد که قطعات اسکارنی در میان آن‌ها قابل مشاهده است (شکل ۲).

صورت چینه‌کران در نظر گرفت، که در یک سمت آن اسکارن‌های گارنت-پروکسن-اسکاپولیت جانشین آهک میزبان شده و لایه‌بندی آن را به طور کامل از بین برده و در سمت دیگر آن، آهک تبلور مجدد یافته‌ای دیده می‌شود که لایه‌بندی خود را به طور کامل حفظ کرده است. در فوقانی‌ترین بخش



شکل ۲- a: رگه‌ها تا توده‌های هماتیت و گوتیت در آهک؛ b: رگچه دولومیت در آهک، دولومیت زین‌اسبی در وسط تصویر مشخص شده است؛ c: تشکیل لایه نازک گوتیت در طول درز و شکاف‌های ماسه‌سنگ؛ d: باریت در ماسه سنگ آهکی، بین دانه‌های کوارتز با سریسیت پر شده است؛ e: مجموعه شعاعی بلورهای تیغه‌ای و طویل باریت به همراه گوتیت در آهک ماسه‌ای؛ f: رگه سیلیس در آهک؛





ادامه شکل ۲- g - شبکه استوک‌ورک هیدروکسید آهن در زمینه ولکانیک؛ h- هماتیت و گوتیت به صورت توده‌ای و با مرز مشخص در ممرهای درشت‌بلور سفید رنگ (راست) و به صورت چینه‌کران در آهک (چپ)؛ i- شکل دروغین گوتیت بعد از کرنات‌های لوزی‌وجه،  $\times 20$  ppl -j گارنت (Grt)، اسکاپولیت (Sep)، آمفیبول (Amp) و کلسیت (Cc)، قسمت‌های سفید پایین تصویر، بقایای میکروگرانیت هستند،  $\times 10$  ppl -k مرز گرانیت (راست) و اسکارن (چپ) و چند نمونه از این محل؛ l- فلوگوپیت (Phlog) و مگنتیت (Mt)، در داخل مگنتیت ادخال‌های فلوگوپیت دیده می‌شود،  $\times 4$  ppl -m تصویر بلورهای مگنتیت در نور انعکاسی،  $\times 10$  ppl -n مگنتیت به صورت لتهای موازی در آهک میزبان دیده می‌شود.

## نتیجه‌گیری

نهشته‌های اسکارنی تداعی‌کننده تشکیل کانسار اسکارنی در مناطق سنجدک و معدن‌جو است [۹ و ۶]. از طرف دیگر، خصوصیات برشمرده شده در مناطق B site, Ba site، سُم‌آهنی و فرزنه به خوبی با نهشته‌های گرمابی دما پایین نیز هم‌خوانی دارد [۱۲ و ۲۵]. محلول‌های کانی‌دار (احتمالاً بخشی از آن ماگمایی و بخشی دیگر می‌بایست جوی، منفذی و یا دگرگونی باشد) آهن (به حالت احیایی) و دیگر عناصر مثل باریم را از سنگ‌های آذرین و سنگ‌های رسوبی مسیر خود حمل کرده و آن‌ها را در درز و شکستگی‌ها و همچنین به صورت جانشینی در سنگ میزبان مناسب ته‌نشست داده است.

## سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از مدیران، کارشناسان و سایر همکاران در شرکت آهن سنگان به خصوص در طرح اکتشافی آنومالی شرقی که اطلاعات و امکانات لازم را برای انجام این پژوهش در اختیار اینجانبان قرار دادند، تشکر و سپاسگزاری می‌نمایند.

مطالعات صحرایی و میکروسکوپی در منطقه آنومالی شرقی نشان داد که کانی‌سازی آهن تحت تاثیر توده نفوذی سرنوسر قرار دارد. این توده ترکیب مونوزوگرانیته داشته و از نظر ژئوشیمی مشابه گرانیته‌های تیپ I در محیط تکتونیکی قوس‌های قاره ای محیط‌های فرورانش است. کانی‌سازی در محل‌های B site, Ba site، سُم‌آهنی و فرزنه از نوع گرمابی و در دو محل سنجدک و معدن‌جو از نوع اسکارنی می‌باشد. پیدایش توده مگنتیتی در کنتاکت مستقیم با گرانیته و در افق‌های کربناته، کنتاکت مشخص گرانیته با سنگ‌های دیواره، وجود دگرسانی‌های سریسیتی، رسی و پروپلیتیکی در گرانیته، وجود کانی‌های اسکارنی مثل گارنت، کلینوپروکسن، اسکاپولیت، فلوگوپیت و همچنین فورستریته، اپیدوت و کلریت که خود گویای متاسوماتیسم‌های رخ داده در منطقه هستند، وجود بلورهای اتومورف به اندازه‌ی یک سانتی‌متر، وجود رگچه‌های مگنتیت و هماتیت و پنخس اکسیدهای آهن در سنگ‌های اطراف و در نهایت بافت و اشکال بلورها که بر اساس کارهای انجام شده روی

## منابع

۴- بومری، م؛ (۱۳۷۱)، ژنز کانسنگ آهن خراسان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، ۲۷۰ صفحه.

۵- حاج علی م، (۱۳۸۶)، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار آهن سنگان (آنومالی شرقی)، خواف، خراسان رضوی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۵۰ صفحه.

۱- آقاباتی، ع؛ (۱۳۸۳)، زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.

۲- ابراهیمی‌زاده، م. ن؛ (۱۳۷۴)، پیدایش معادن سنگ آهن سنگان خراسان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه کرمان.

۳- برنا، ب؛ (۱۳۶۷)، گزارش پی‌جویی منگنز در نواحی تربت‌جام و تایباد، سازمان زمین‌شناسی کشور.

- 14-Chappel, B.W., White, A.J.R., (1974) Two Contrasting Granite Types: Expanded Abstract. *Pacific Geology* 8, 173-174.
- 15- Cox, D.P. and Singer, D.A. (1986), *Mineral Deposit Models*. U.S. Geol. Survey, Bulletin 1693, 379 p.
- 16- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre, J., Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorencen, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R., Zanettin, B., (1989) *A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms*, Blackwell, Oxford, UK.
- 17- Meinert, L.D. (1992), *Skarns and Skarn Deposits*. *Geoscience Canada*, V. 19, No. 4, pp. 145-162.
- 18 - *Metallics and Coal*, Lefebure, D.V. and Ray, G.E., Editors, British Columbia Ministry of Energy of Employment and Investment, Open File 1995-20, pp. 63-65.
- 19- Ray, G.E., and Webster, I.C.L. (1991), *An Overview of Skarn Deposits*; in *Ore Deposits, Tectonics and Metallogeny in the Canadian Cordillera*; McMillan, W.J., compiler, B. C. Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, Paper 1991-4, pp. 213-252.
- 20- Ray, G. E. (1995), *Fe Skarns*, in *Selected British Columbia Mineral Deposit Profiles*, Volume
- 21- Shraga, M. G., (1971), *The Hydrothermal Iron Deposits of the Menuha Ridge*. *Israel Journal of EarthScience*, V. 20, pp. 51-88.
- ۶- حاج علی م.، یزدی م. و بهزادی م.، (۱۳۸۶)، ژئوشیمی و پترولوژی توده گرانیتی سرنوسر در منطقه آنومالی شرقی سنگان خواف، خراسان رضوی، سومین همایش منطقه ای زمین شناسی و محیط زیست، اسلام شهر، ص ۱۱۹-۱۲۰.
- ۷- جعفرزاده، ا؛ قربانی، م و پزشک پور، م؛ (۱۳۷۴)، زمین شناسی ایران، کانسارهای آهن؛ سازمان زمین شناسی کشور.
- ۸- قوامی، ح؛ (۱۳۷۱)، بررسی ژئوشیمیایی و ژنتیکی سنگ های آذرین و دگرگونی و کانسار آهن منطقه سنگان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۶۰ صفحه.
- ۹- کاهنی، ش؛ مظاهری، ا و کریم پور، م. ح؛ ۱۳۸۳، بررسی ژئوشیمیایی سنگ آهن توده های C شمالی و باغک، وجود یا عدم وجود طلا و تعیین تیپ کانی سازی، هشتمین همایش انجمن زمین شناسی.
- ۱۰- کریم پور، م. ح؛ (۱۳۷۷)، دما، نحوه تشکیل و پاراژنز مگنتیتی در بخش های مختلف کانسار آهن سنگان خراسان، هفدهمین گردهمایی علوم زمین، ص ۱۶۷-۱۶۱.
- ۱۱- کریم پور، م. ح؛ (۱۳۸۲)، کانی شناسی، آلتراسیون سنگ منشأ و محیط تکنونیک کانسارهای IOCG و مثال هایی از ایران، مجموعه مقالات یازدهمین کنفرانس بلورشناسی و کانی شناسی ایران، دانشگاه یزد، ص ۱۸۴-۸۹.
- ۱۲- مظاهری، ا؛ (۱۳۷۷)، مطالعه شیمی کانی ها در اسکارن های آهن دار سنگان خراسان، هفدهمین گردهمایی علوم زمین، ص ۱۹۶-۱۸۹.
- 13- Chan, M. A., Parry, W. T., and Bowman, J. R. (2000), *Diagenetic Hematite and Manganese Oxides and Fault-Related Fluid Flow in Jurassic Sandstones, SE Utah*. *AAPG Bulletin*, V. 84, No. 9, pp. 1281-1310.

- 22- Sun C.H., and Stern R.J., 2001. Genesis of Mariana Shoshonites: Contribution of the 'Subduction Component', Journal of Geophysical Research, Solid Earth, 106, 589-608.
- 23-Ternet, Y., (1990), Explanatory Text of the Taybad Quadrangle Map, 1:250000, Ministry of Mines and Metals, Geological Survey of Iran, Tehran, 200 p. .
- 24- Wilson, M., (1989) Igneous Petrogenesis. Uniwin Hyman, London.
- 25- Wright, J. D. (1975), Iron deposits of Nova Scotia. Mineral Resources and Geological Services, 154 p.
- 26- Zheng, G., Lang, Y., Miyahara, M., Nozaki, T., and Haruaki, T. (2007), Iron Oxide Precipitate in Seepage of Groundwater from a Landslide Slip Zone. Environmental Geology, V. 51, No. 8, pp. 1455-1464(10).

