

# زمین شیمی و تشکیل کانسار آهن – منگنز ناریگان، بافق، استان یزد

نوشته: زهرا بنیادی\* و دکتر فرید مر\*\*

## Geochemistry and Genesis of Narigan Ferromanganese Deposit, Bafgh, Yazd Province

By: Z. Bonyadi\* & Dr. F. Moore\*\*

### چکیده

کانسار آهن- منگنز ناریگان در ۳۰ کیلومتری شمال خاور بافق و ۲۰ کیلومتری خاور معدن چغارت واقع است. منطقه مورد مطالعه در زون ایران مرکزی قرار دارد. سنگهای دربرگیرنده کانسنگ، شامل سنگ آهک دولومیتی و توفهای ریولیتی است که کانسنگ را از بالا و پایین احاطه کرده‌اند. مجموعه اطلاعات به دست آمده از مطالعات سنگ نگاری و کانه نگاری، حاکی از تشکیل کانسار و سنگهای پیرامون آن، در نواحی کم ژرفا و سکوی قاره‌ای می‌باشد. بر اساس مطالعات زمین شیمیایی، زایش گرمابی کانسار مشخص می‌شود. مطالعات صحرایی و سنگ نگاری کانسنگ و سنگهای دربرگیرنده، منجر به تشخیص دو مرحله فعالیت گرمابی شده است:

۱. کانه زایی اولیه به صورت خروج محلولهای برون‌دمی از بستر دریا و ته نشست ژلهای اکسیدی و هیدروکسیدی آهن و منگنز و تبلور بعدی آنها؛
  ۲. حرکت محلولهای گرمابی ثانویه از مناطق اکسیدی و انتقال آهن و منگنز به این مناطق و نهشت آنها.
- همچنین از مجموعه بررسیهای انجام شده، می‌توان به این نتیجه رسید که احتمالاً در زمان تشکیل کانسار، در منطقه کافتش رخ داده و باعث تشکیل حجم وسیعی از ماگمای فلسیک گردیده است. بدین ترتیب و بر اثر فعالیت محلولهای گرمابی، کانسار فرومنگنز در این منطقه تشکیل شده است.

**کلید واژه‌ها:** آهن – منگنز، ناریگان، گرمابی، برون‌دمی، بافق

### Abstract

The Narigan ferro-manganese deposit is located in 30 km NE of Bafq, and 20 km of Chogart mine. The deposit is situated in Central Iran. Dolomitic limestone and rhyolitic tuffs are the main host rocks.

Petrological and ore microscopic data indicate that ore and associated host rocks formed in shallow water, on a platform.

Furthermore, geochemical studies show that hydrothermal genesis was responsible for the formation of the ore deposit.

Field and petrographical studies show that two stages of hydrothermal activities were involved:

- 1- Exhalation of hydrothermal fluids from seafloor, then primitive ore forming process in the form of precipitation of Fe and Mn oxide and hydroxide gels followed by final crystallization.
- 2- Migration of secondary hydrothermal fluids from reducing to oxidizing area, and transportation and precipitation of Fe and Mn in the latter area; therefore, an increase of ore grade in the oxidizing area.

Finally, it could be concluded that at the time of ore formation, rifting had probably occurred in the area, and large volumes of felsic magmas formed. In this way and due to hydrothermal activities, Fe and Mn leached from these rocks and precipitated on the sea floor.

**Key Words:** Ferromanganese, Narigan, Hydrothermal, Exhalative, Bafq

### مقدمه

یکی از مهم‌ترین آنها کانسار ناریگان است (سامانی، ۱۳۷۴) (شکل ۱). این

در ایران حدود ۴۰ تا ۴۵ معدن، کانسار و رخداد منگنز وجود دارد که

مغزه‌های حفاری دیده می‌شود.

کانسنگهایی که در سطح زمین و در سینه کارهای معدن قابل رؤیت است، عمدتاً دارای بافت توده‌ای، متخلخل و کلوform بوده و تقریباً به طور کامل از هماتیت، مگنتیت، پیرولولزیت، پسیلوملان و گاه لیمونیت تشکیل شده است (شکل ۵).

لازم به ذکر است که مجموعه سنگهای دربرگیرنده کانسنگ، مدت‌ها تحت تأثیر هوازدگی و دگرسانی قرار داشته اند، همچنین هجوم سیالهای مختلف در چندین مرحله به این سنگها، هم در مقیاس میکروسکوپی و هم در مقیاس میکروسکوپی قابل مشاهده است. کلسیتی شدن، سیلیسی شدن، و ته نشینی کانیهای اکسیدی Fe و Mn ثانویه در سنگها، همگی اثرات هجوم این سیالها را نشان می‌دهند.

## ۲- مطالعات سنگ نگاری

با تهیه ۲۵ مقطع نازک، مطالعات سن نگاری بر روی سنگهای دربرگیرنده کانسار انجام گرفته است. نمونه‌ها از سینه کارهای معدن و مغزه‌های حفاری مربوط به ژرفای مختلف انتخاب شده است. سنگهای میزبان عمدتاً توفهای ریولیتی سبزرنگ و در بعضی نقاط، سنگ آهک دولومیتی است. توفها به طور عمده دربرگیرنده بلورهای بی شکل و تقریباً گرد شده کوارتز، به همراه بلورهای ارتوکلاز نسبتاً دگرسان شده (کلریتی) هستند. پلاژیوکلازها همگی به سریسیت دگرسان شده‌اند. حفره‌های خالی، اغلب توسط سیلیس ثانویه (به صورت کلسدون) به شکل اسفرولیتی پر شده‌اند. اکسیدهای آهن نیز به گونه‌ای خود شکل در متن توفها پراکنده‌اند.

کلسیتی شدن نیز به میزان زیادی در این سنگها دیده می‌شود. گرد بودن تقریبی دانه‌های کوارتز و حضور این کانی در اندازه‌های مختلف، آذرآواری بودن سنگ را تأیید می‌کند. در این سنگها، بلورهای درشت و گرد شده کوارتز، به صورت افشان در زمینه‌ای از بلورهای ریز کلسیت و کوارتز قرار دارد. گاهی کلسیت به طور کامل جانشین کوارتز شده است (شکل ۶).

دانه‌های نسبتاً ریزی از کانیهای مات (Ore minerals) که احتمالاً مگنتیت است، به صورت شش ضلعی در بیشتر نقاط سنگ پراکنده شده است. شواهد موجود، نشان دهنده نفوذ یک محلول Mn و Fe دار به درون شکستگیهای سنگ است که کانیهای اکسیدی Fe و Mn را در امتداد مرز دانه‌ها و شکستگی آنها ته نشین ساخته است (شکل ۷)؛ تأثیر نفوذ این محلول در توفهایی که به توده معدنی نزدیک‌ترند، بسیار شدیدتر از دیگر مناطق است (شکل ۸).

دایکهای دیابازی موجود در منطقه نیز که به درون توفها تزریق شده‌اند، دارای بافت افیتیک (Ophitic) و شامل تبلور بلورهای کوارتز و ارتوکلاز در فضای بین پلاژیوکلازها است. بلورهای اسکلتی مگنتیت در

کانسار در ایران مرکزی و در سری ریزو متعلق به اینفراکامبرین (پروتروزوییک پسین - کامبرین پیشین) قرار دارد. این سری تناوبی است از شیل، ماسه سنگ، کنگلومرا، برش، کربنات و سنگهای آتشفشانی (بازالت تا ریولیت) و آذرآواری؛ که در این منطقه به وسیله توده‌های گرانیتی و سینی و همچنین دایکهای دیوریتی و دیاباز پورفیری قطع شده است. منطقه معدنی ناریکان، بخشی از ناحیه آهن‌دار بافق است و از سه توده اصلی و چندین توده فرعی مجزا تشکیل می‌شود. منطقه اصلی معدنی از نظر منگنز، توده اصلی ناریکان ۱ است. شکل توده اصلی فرو منگنز، لایه‌ای و تا حدودی عدسی شکل است. طول آن ۷۰۰ متر و ستبرای آن در مرکز، افزون بر ۶۰-۴۰ متر و در اطراف حدود ۷ تا ۱۰ متر است. کانسار از نظر ساختاری، به صورت چندین بلوک تقریباً موازی درآمده که به وسیله گسلهای بزرگی با روند شمال خاور- جنوب باختر محدود می‌شود. در سالهای گذشته، بخشی از کانسار به روش روباز استخراج شده است (شکل ۲). عیار میانگین این کانسار حدود ۳۷ درصد آهن و ۵ درصد منگنز، و ذخیره آن حدود ۱/۴ میلیون تن محاسبه شده است (گزارش شرکت ملی فولاد ایران، ۱۹۸۲).

مطالعه بر روی کانسار شامل چند بخش می‌باشد که به شرح زیر است:

## ۱- مطالعات صحرایی

در جنوب باختر کانسار، لایه‌های سیاه رنگ آهن- منگنز با ستبرای حدود ۱۰ متر، شیب NE ۴۰° و امتداد N ۴۵° W رخمون دارد. بلافاصله پس از این لایه، لایه‌ای از برشهای آتشفشانی دیده می‌شود که با لایه منگنز دار مرز ناگهانی دارد (شکل ۳). در مجاورت برشهای آتشفشانی، سنگ آهک دولومیتی با لایه بندی مشخص و در کنار آن توفهای سبز رنگ دیده می‌شود که ستبرای آن به ۳۰۰ تا ۴۰۰ متر می‌رسد، و حاکی از فعالیت آتشفشانی اسیدی در دریای کم ژرفای زمان تشکیل کانسار است. در مجاورت لایه آهن- منگنز، اثرات نفوذ محلول Mn و Fe دار به درون درز و شکاف توفها قابل مشاهده است (شکل ۴)، که با کم شدن فاصله از لایه معدنی، این نفوذ و اثرات آن شدیدتر می‌شود. توفهای اسیدی در چند نقطه نفوذ دایکهای دیابازی را متحمل شده‌اند.

کانسنگ ناریکان را می‌توان به تپهای زیر تقسیم کرد (گزارش زمین شناسی و اکتشافی کانسار منگنز ناریکان، ۱۳۷۱):

۱- سنگ معدن هماتیت- مگنتیت- پیرولولزیت- لیمونیت؛  
۲- سنگ معدن منگانوسیدریت.

تیپ اول بر اثر اکسایش تیپ منگانوسیدریت حاصل شده و در مناطق سطحی زمین قرار دارد، در حالی که تیپ منگانوسیدریت، مربوط به ژرفای بیشتر بوده و از کانیهای منگانتیت و سیدریت تشکیل شده است. تیپ اخیر در سطح زمین قابل مشاهده نبوده، و تنها در نمونه‌های برگرفته از

#### ۱-۴ مقایسه تمرکز آهن و منگنز

هر چند آهن و منگنز از نظر زمین شیمیایی رفتار بسیار مشابهی دارند، اما بویژه در محیطهای رسوبی، منگنز می تواند به دلیل تحرک زمین شیمیایی بیشتر، از آهن جدا شود. بدین معنی که آهن نسبت به منگنز انحلال پذیری کمتری داشته و سریع تر ته نشین می شود، و باعث جدایش این دو عنصر در محیطهای رسوبی می گردد (Roy, 1980; Krauskopf, 1967).

نسبت Fe/Mn در نهشته های برونمی- رسوبی منگنز و نهشته های گرمایی بسیار متغیر بوده و از مقادیر بزرگ تر از ۱۰ تا مقادیر کوچک تر از ۰/۱ را شامل می شود. این امر، حاکی از تفریق شدید آهن و منگنز در محیط رسوبگذاری این نهشته ها، و یکی از مهم ترین شاخصهای این ذخایر است (Bonatti, 1975; Cann et al., 1977; Bonatti et al., 1972)، در حالی که این نسبت برای نهشته های آهن و منگنز آبرزاد (Hydrogenous)، حدود ۱ می باشد (Bonatti, 1972). در کانسنگ نارینگان نسبت Fe/Mn بالا بوده و در محدوده ۳/۴۷-۸/۷۲ متغیر است. بدین ترتیب می توان نتیجه گرفت که کانسار آهن و منگنز نارینگان دارای زایش گرمایی است.

#### ۲-۴ رابطه Si-Al

از نمودار غلظت این دو عنصر می توان به عنوان ابزاری ساده در تشخیص نهشته های گرمایی، آبرزاد و خاکزاد (Terrigenous) و نیز تعیین منبع عناصر استفاده کرد. با توجه به اینکه سیلیس موجود در ذخایر آهن و منگنز، عمدتاً توسط فرایندهای آتشفشانی زیر دریایی تولید می شود، بنابراین در نهشته های گرمایی زیر دریایی میزان سیلیس نسبتاً بالا است. در حالیکه Al توسط دانه های آواری کانیه های رسی موجود در رسوبات قاره ای فراهم می آید (Creat et al., 1982). این امر باعث می شود که نسبت Si/Al در نهشته های گرمایی به گونه ای مشخص بالاتر از نهشته های آبرزاد باشد. شکل ۱۲ رابطه این عناصر را در کانسار نارینگان نشان می دهد.

#### ۳-۴ رابطه TiO<sub>2</sub>- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Ti در محلولهای گرمایی، عنصری نامتحرک (Immobile) است و می تواند به عنوان شاخصی برای اندازه گیری میزان مواد آواری مخلوط شده با نهشته به کار رود (Sugisaki, 1984). مقادیر نسبتاً بالای Ti در کانسارهای اکسیدی Mn می تواند بیانگر آمیختگی مواد آواری در حین رسوبگذاری باشد. بنابراین در کانسارهای گرمایی زیر دریایی، مقادیر کم Ti با غلظت پایین Al منطبق است. هر دو عنصر منشأ خاکزاد دارند. مقادیر پایین TiO<sub>2</sub> و Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> در کانسنگ فرومنگنز نارینگان، بیانگر زایش گرمایی کانسار می باشد (شکل ۱۳).

مقاطع نازک این دایکها مشاهده می شود که می تواند معرف سرد شدن سریع این کانی از یک مذاب سیلیکاتی باشد.

#### ۳- کانه نگاری

در این بخش از مطالعه، ۱۵ مقطع صیقلی از قسمتهای سطحی و ژرف تر کانسار مطالعه گردید. از روش تجزیه XRD، تعیین سختی میکروسکوپی و تأثیر محلولهای شیمیایی مختلف بر کانه (Etching) نیز به منظور شناسایی کانیهای Fe و Mn استفاده شده است.

بررسیهای مذکور منجر به شناسایی کانه هایی از جمله مگنتیت، هماتیت، گوتیت، پیرولولزیت، منگائیت، رومانشیت (پسیلوملان)، سیدریت و روتیل گردید.

در مقاطع صیقلی، حضور اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و منگنز در بین ذرات آذرآواری و عمدتاً کوارتزی، به صورت پسیلوملان و پیرولولزیت، مگنتیت و هماتیت قابل توجه است. کانیهای پیرولولزیت، مگنتیت و هماتیت عمدتاً دارای بافت سیمانی و توده ای بوده و در بین ذرات آواری به صورت سیمان قرار دارند (شکل ۹). به نظر می رسد که این مواد، ابتدا به صورت ژل رسوب کرده و پس از تبلور، به کانیهای اکسیدی و هیدروکسیدی آهن و منگنز تبدیل می شود.

کانی پیرولولزیت، علاوه بر بافت سیمانی، در برخی مناطق دارای بافت شعاعی و رشته ای است. گاهی نیز این کانی، کانی اصلی سازنده مقطع بوده و با بافت سیمانی، کانیهای کوارتز پراکنده را در برگرفته است. کانی پسیلوملان (رومانشیت) نیز رشد پر مانند داشته و در بیشتر مقاطع به صورت کولوفرم و حاکی از نهشت ژل اولیه در یک محیط باز است. بافت پرمانند در این کانی، بر اثر قرار گرفتن رشته های این کانی در کنار هم ایجاد شده است (شکل ۱۰). در قسمت مرکزی پسیلوملان و در قاعده بلورهای پرمانند این کانی، کانی گوتیت با بازتابش درونی قهوه ای مایل به سرخ دیده می شود.

در مقاطع صیقلی تهیه شده از مغزه های حفاری که مربوط به مناطق ژرف تر کانسار هستند، کانیهایی معرف شرایط کم اکسیژن تر و نسبتاً کاهیده دیده می شود از جمله سیدریت و پیریت به همراه کلسیت (شکل ۱۱).

#### ۴- زمین شیمی

به منظور مطالعه ترکیب شیمیایی کانسنگ و سنگهای در برگیرنده آن، از واحدهای سنگی و همچنین خود کانسنگ ۲۸ نمونه انتخاب شد، که مربوط به مناطق سطحی و ژرف کانسار بود. با استفاده از روشهای نورسنج شعله ای (Flame photometer)، وزن سنجی، و فعال سازی نوترونی (Neutron Activation Analysis)، عناصر اصلی، فرعی و جزئی موجود در نمونه ها اندازه گیری گردید که نتایج تجزیه برخی از کانسنگها در جدول ۱ دیده می شود.

#### ۴-۴ بررسی غلظت عناصر جزئی (Trace elements)

اکسیدهای آهن و منگنز، به میزان زیادی توانایی جذب کاتیونهای مثبت را از محیط دارند. این امر به دلیل وجود بار منفی اضافی در سطح این اکسیدها صورت می‌پذیرد. از آنجا که فراوانی این کاتیونها در محیطهای زمین‌شیمیایی مختلف، متفاوت است، غلظت و ماهیت این عناصر می‌تواند نشان دهنده زایش کانسارهای Fe و Mn باشد. به گونه‌ای که در نهشته‌های با منشأ آبرزاد، میزان کاتیونهایی مانند Na, K, Ca, Mg, Sr بالا است، در حالی که نهشته‌های ژرف اقیانوسی مانند گرهکها، افزون بر این عناصر، از عناصر Ni, Cu, Co نیز غنی شده‌اند (Nicholson, 1992). البته غلظت بالای عناصر ناچیز در نهشته‌های آبرزاد، حاکی از طولانی بودن مدت زمان رسوبگذاری اکسیدها و هیدروکسیدهای Fe و Mn است. این امر می‌تواند به دلیل فاصله زیاد محل رسوبگذاری از محل خروج محلولهای گرمایی نیز باشد (Choi, 1992). (Nicholson, 1992). نیز بر این باور است که همراهی عناصر Mo, Li, Cu, Ba, V, Zn, As, Sb, Pb یکی از ویژگیهای آشکار نهشته‌های گرمایی است.

با استفاده از غلظت عناصر ناچیز، نمودارهای زیادی ابداع شده که در شکل‌های ۱۴ و ۱۵ و ۱۶ وضعیت کانسنگهای نارینگان در برخی از آنها دیده می‌شود.

#### ۴-۵ عناصر خاکی کمیاب

غلظت عناصر خاکی کمیاب در سه نمونه کانسنگ و سه نمونه از سنگهای در برگیرنده کانسار، به روش فعال سازی نوترونی اندازه گیری شده است. در شکل‌های ۱۷، الگوی بهنجار شده این عناصر نسبت به کندریت، در کانسنگها و سنگهای پیرامون کانسار نشان داده شده است. در این نمودارها، عناصر Gd و Yb تهی شدگی نسبی از خود نشان می‌دهند. با مشاهده نمودار ۱۷، شباهت تقریبی میان کانسنگها و توفها نمایان می‌شود، که احتمالاً حاکی از شباهت زایش کانسنگها با توفهای ریولیتی و تشکیل همزمان آنها است.

#### ۴-۶ رابطه فراوانی عناصر سازنده کانسنگ با یکدیگر

با تعیین ضریب همبستگی عناصر مختلف سازنده کانسنگ می‌توان اطلاعات مفیدی درباره منشأ این عناصر و شیوه نهشته شدن آنها به دست آورد. ضریب همبستگی +۱ نشان دهنده یک ارتباط مستقیم بین دو متغیر و ضریب -۱ نشان دهنده تغییرات معکوس آنهاست. مقدار صفر نیز حاکی از عدم هر گونه ارتباط خطی بین دو متغیر می‌باشد. ضرایب همبستگی با مقدار عددی بالای ۹۵٪ معنی دار تلقی می‌شوند.

بر اساس نتایج به دست آمده، عناصر K, Al, B, Cr, As, Zn, Ba, Sc, Th, V همبستگی مثبت بزرگ تری با هم دارند. این مطلب نشان دهنده تأمین این

عناصر از یک منشأ مشترک است. با توجه به اینکه عناصر Al و K در فرایندهای گرمایی فعال نبوده و معمولاً از منشأ خشکی زاد فراهم می‌آیند، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کلیه عناصر بالا، دارای منشأ خشکی زاد می‌باشند (Crerar et al., 1982). از سوی دیگر، Fe و Mn نیز دارای همبستگی مثبت نسبتاً بزرگی هستند، این دو عنصر با عناصری مانند Na, Ca, U, Mo, Sr, Ti همبستگی مثبت دارند. همبستگی منفی عنصر منگنز با عناصری که منشأ خشکی زاد دارند (Th, V)، ناشی از منشأ متفاوت این عناصر است.

همچنین بر اساس نظر (Nicholson, 1992)، همبستگی مثبت عناصر Mn-Mo و Mn-Sr یکی از ویژگیهای کانسارهای منگنز گرمایی است.

#### بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از مطالعات انجام شده بر روی کانسار نارینگان حاکی از آن است که:

وجود مرز آشکار کانسنگ با سنگهای میزبان، لایه‌ای بودن کانسنگ، حضور توفهای ریولیتی، ساخت توده‌ای و بافت کلوفرم و گل کلمی و در برخی نقاط لامیناسیون ظریف کانسنگ، و نبود دگرسانی سنگ دیواره، همگی شواهدی بر منشأ آتشفشانی - رسوبی کانسار و رسوبگذاری در یک محیط دریایی است. وجود سنگهای آهکی، ماسه سنگ و سیلتستون نیز نشانه تشکیل کانسار در یک محیط سکوی قاره‌ای (پلاتفرمی) است. حضور کانهای آواری مانند کوارتز در میان کانسنگ نیز نشان دهنده تشکیل کانسار در یک حوضه رسوبی و میزان فاصله محل تشکیل کانسار از محل خروج محلول گرمایی کانه دار از بستر دریا می‌باشد. با توجه به نسبت Fe/Mn در کانسنگ، می‌توان نتیجه گرفت که میان این دو عنصر جدایش و تفریق صورت گرفته است. این امر علاوه بر اثبات منشأ گرمایی برای این عناصر، نشان دهنده دور دست بودن این نهشته نیز می‌باشد. نمودارهای زیادی که با استفاده از غلظت عناصر اصلی و جزئی رسم شده‌اند نیز جایگاه کانسار را در محدوده کانسارهای گرمایی تعیین می‌کند. بنابر شواهد به دست آمده، می‌توان نتیجه گرفت که بر اثر فعالیت محلولهای برون‌دمی - آتشفشانی عناصر Fe و Mn به همراه دیگر عناصر وارد محیط رسوبی شده و به صورت یک ژل اولیه متبلور شده و به صورت اکسیدها و هیدروکسیدهای Fe و Mn در آمده است.

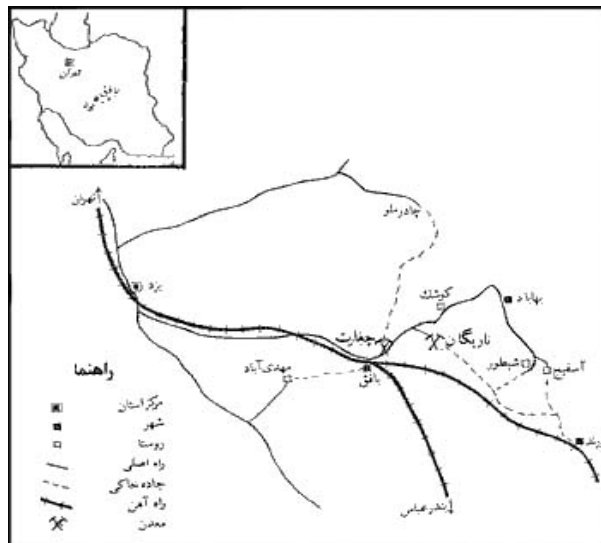
پس از تشکیل کانسار نیز Fe و Mn از قسمتهای ژرف تر کانسار که شرایط کاهیدگی داشته‌اند (زیر سطح ایستابی) به صورت محلول درآمده و به سمت مناطق اکسیدی سطحی تر مهاجرت کرده و باعث بالا رفتن عیار در قسمتهای بالایی کانسار شده‌اند. تأثیر این محلولها را به صورت تشکیل بلورهای خود شکل اکسیدهای Fe در امتداد درز و شکاف سنگهای میزبان می‌توان مشاهده کرد.

جدول ۱- غلظت اکسیدهای عناصر اصلی (%/.) و عناصر فرعی (ppm) در نمونه های کانسار نارینگان.

| عناصر                          | NR.139 | NR.140 | NR.141 | NR.142 | NR.143 | NR.145 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | ۱۱/۷۶  | ۱۱/۵۰  | ۶/۱۲   | ۵۲/۶۷  | ۴/۷۵   | ۹/۱۹   |
| MnO                            | ۸/۷۴   | ۷/۲۹   | ۷/۵۰   | ۳/۹۶   | ۱۱/۷۸  | ۹/۱۶   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | ۵۷/۳۶  | ۴۱/۴۵  | ۴۸/۵۴  | ۳۰/۹۰  | ۶۰/۱۸  | ۶۲/۳۶  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | ۰/۱۲   | ۰/۲۸   | ۰/۱۰   | ۰/۲۰   | ۰/۲۶   | ۰/۱۰   |
| TiO <sub>2</sub>               | ۰/۱۶   | ۰/۱۵   | ۰/۱۷   | ۰/۱۱   | ۰/۱۷   | ۰/۱۶   |
| CaO                            | ۶/۱۴   | ۴/۳۶   | ۲/۵۸   | ۰/۹۴   | ۴/۴۰   | ۳/۷۶   |
| MgO                            | ۰/۵۱   | ۳/۲۲   | ۲/۷۸   | ۰/۲۰   | ۹/۹۶   | ۰/۲۶   |
| K <sub>2</sub> O               | ۱/۵۱   | ۰/۲۴   | ۰/۲۲   | ۰/۶۴   | ۰/۳۲   | ۰/۴۰   |
| Na <sub>2</sub> O              | ۰/۴۰   | ۰/۲۰   | ۰/۲۴   | ۰/۱۰   | ۰/۷۰   | ۱/۸۲   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | ۰/۱۰   | n.d.   | n.d.   | ۰/۰۲   | ۰/۰۲   | n.d.   |
| L.O.I.                         | ۱۳/۰۰  | ۳۱/۰۵  | ۳۱/۶۰  | ۹/۸۱   | ۱۱/۰۴  | ۱۲/۲۶  |
| Total                          | ۹۹/۸۰  | ۹۹/۷۴  | ۹۹/۸۵  | ۹۹/۵۵  | ۱۰۰/۵۸ | ۹۹/۴۷  |
| Cu                             | n.d.   | ۷۰۲    | n.d.   | n.d.   | n.d.   | n.d.   |
| Pb                             | n.d.   | n.d.   | n.d.   | n.d.   | n.d.   | ۳۶۵    |
| Zn                             | ۷۳/۴   | ۱۶۸    | ۸۴     | ۳۱۷    | ۱۱۱    | ۸۱     |
| Co                             | n.d.   | ۸۱     | n.d.   | n.d.   | n.d.   | n.d.   |
| Ni                             | n.d.   | n.d.   | n.d.   | n.d.   | n.d.   | n.d.   |
| Sr                             | ۷۵۶    | n.d.   | n.d.   | n.d.   | ۳۴۴    | ۵۱۱    |



شکل ۲- چشم انداز کلی کانسار که بخشی از آن به صورت روباز استخراج شده است.



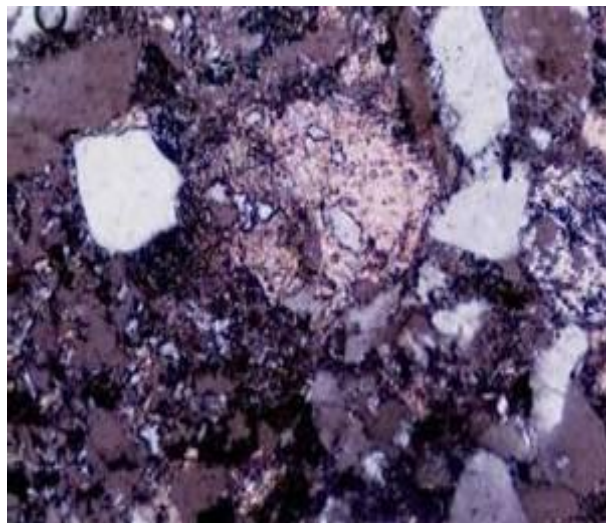
شکل ۱- موقعیت کانسار ناریگان و راههای دسترسی به آن.



شکل ۴- نفوذ محلولهای حاوی آهن و منگنز به درون درز و شکاف توفها نزدیکی توده منگنزدار.



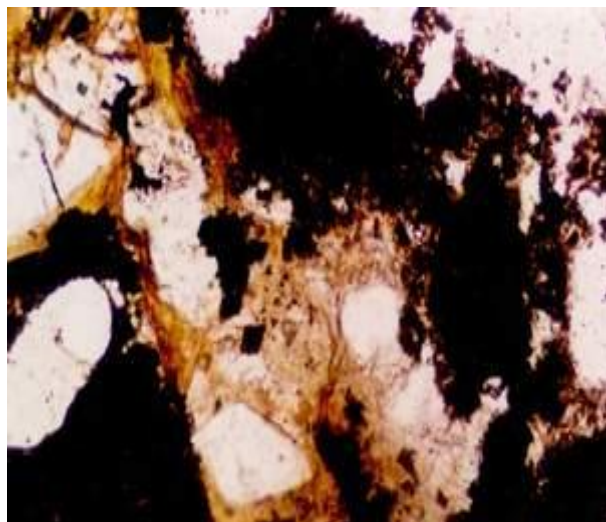
شکل ۳- مرز تماس ناگهانی کانسنگ (سمت چپ) با سنگهای دربرگیرنده.



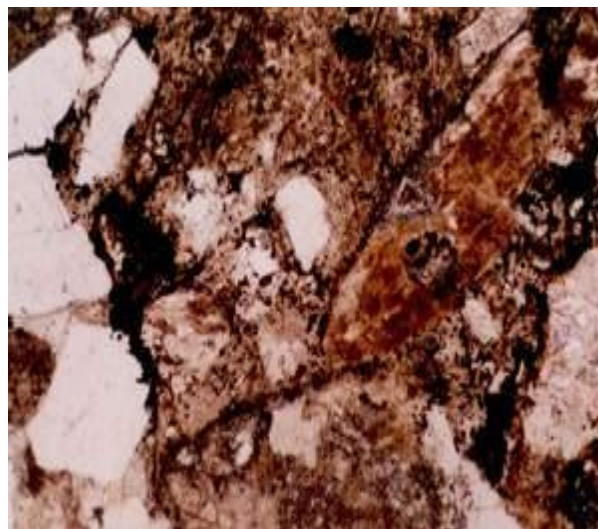
شکل ۶- بلورهای تقریباً گرد شده کوآرتز در توف که توسط کلسیت جایگزین شده اند. (نور پلاریزه، بزرگنمایی ۴۰×).



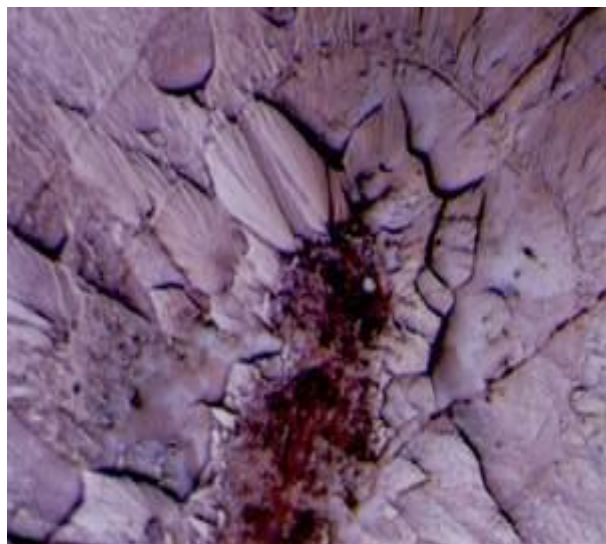
شکل ۵- بافت متخلخل و کلوفرمی در کانسنگ.



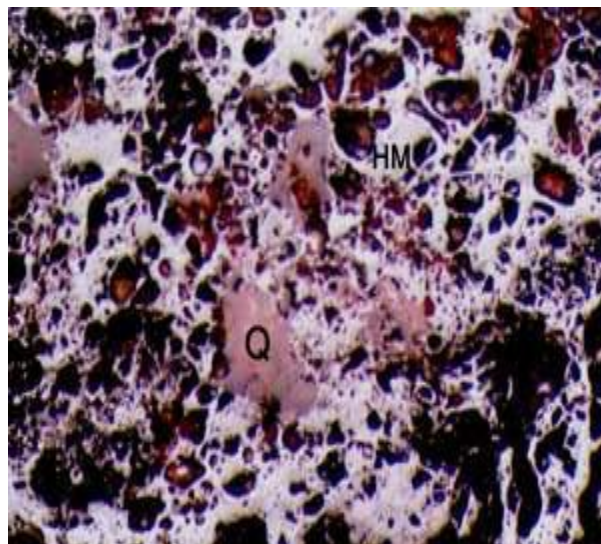
شکل ۸- نفوذ سیال ثانویه حاوی آهن و منگنز به درون توفهایی که در نزدیکی کانسنگ قرار دارند. (بزرگنمایی ۴۰×).



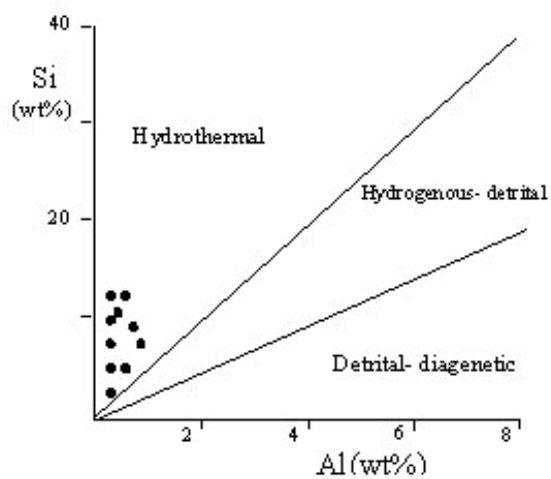
شکل ۷- نفوذ سیال حاوی آهن و منگنز به درون توف، که منجر به نهشت کانیهای اوپاک در امتداد شکستگی ها و مرز دانه ها شده است (بزرگنمایی ۴۰×).



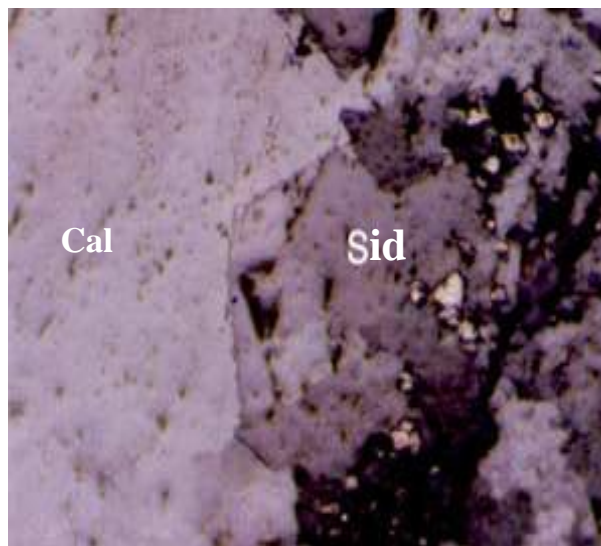
شکل ۱۰- پسیلوملان با بافت پرمانند و کلوفرمی.  
(نورمنعکسه، بزرگنمایی ۱۰۰×).



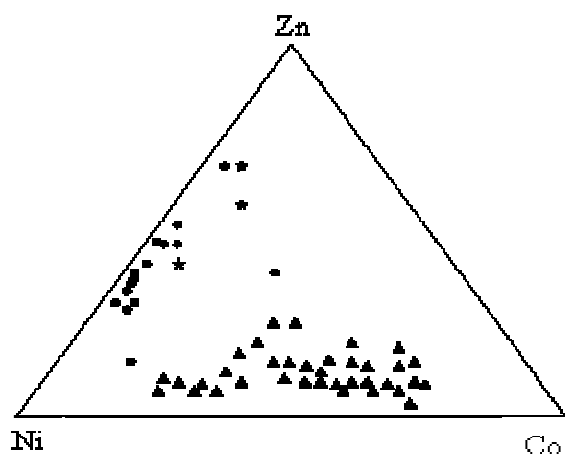
شکل ۹- هماتیت (HM) که به صورت سیمان در میان ذرات کوارتز (Q) قرار گرفته است. (نورمنعکسه، بزرگنمایی ۱۰۰×).



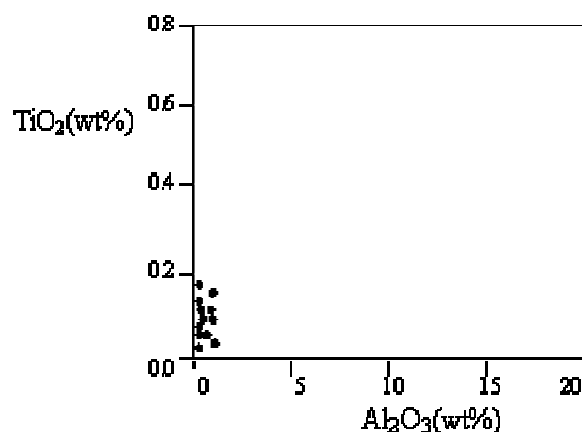
شکل ۱۲- رابطه Al-Si در کانسنگ ناریگان (Crerar et al., 1982)



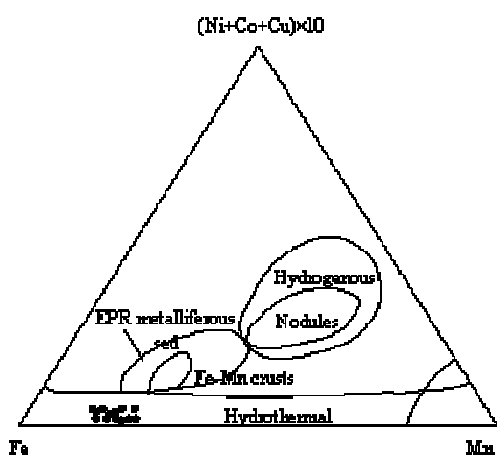
شکل ۱۱- پیریت و سیدریت (S)، در کنار کلسیت  
(نورمنعکسه، بزرگنمایی ۱۰۰×).



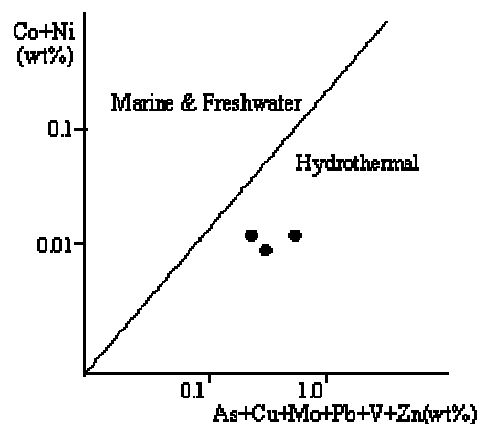
شکل ۱۴- نمودار مثلثی Zn-Ni-Co. در این نمودار، نهشته های آزاد با علامت ▲، و نهشته های گرمایی زیردریایی با علامت\*، و کانسنگ های نارینگان با علامت ★ نشان داده شده است



شکل ۱۳- نمودار  $Al_2O_3$ - $TiO_2$  در کانسنگ نارینگان. (Choi et al., 1992)

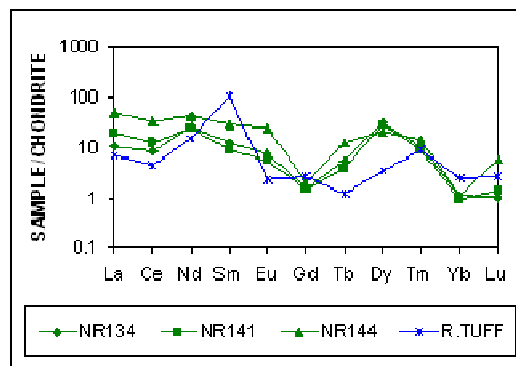


شکل ۱۶- نمودار مثلثی  $Mn-Fe-(Ni+Co+Cu) \times 10$



شکل ۱۵- رابطه عناصر  $Co+Ni$  در مقابل  $As+Cu+Mo+Pb+V+Zn$  کانسنگ نارینگان با علامت ● (Nicholson, 1992).  $V+Zn$  نشان داده شده است.

شکل ۱۷- الگوی نرمالیزه شده عناصر نادر خاکی در سه نمونه کانسنگ نارینگان و یک نمونه توف ریولیتی نسبت به کندریت.



**کتابنگاری**

بنیادی، ز.، ۱۳۷۸- ژئوشیمی و ژنز کانسار منگنز نارینگان، بافق، استان یزد؛ پایان نامه کارشناسی ارشد؛ دانشگاه شیراز.  
بخش زمین‌شناسی طرح توسعه مجتمع معدنی چغارت، ۱۳۷۱- گزارش زمین‌شناسی و اکتشافی در منطقه معدنی نارینگان.  
سامانی، م.ا.، ۱۳۷۴- کانسارهای منگنز، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.  
شرکت ملی فولاد ایران، ۱۹۸۲- گزارش راجع به پی‌جویی و ارزیابی سنگ آهن منگنز دار کانسار نارینگان.

**References**

- Acharya, B.C., Rao, D.S., Sahoo, R.K., 1997- Mineralogy, chemistry and genesis of Nishikhal manganese ores of South Orissa, India. *Mineralium Deposita*, Vol. 32, PP. 79-93.
- Bonatti, E., Kramer, T., Tydell, H., 1972b- Classification and genesis of submarine iron- manganese deposits, in: Horn, D.R., (Ed.) *Ferromanganese deposits on the ocean floor: Palisades, N.Y., Lamont-Doherty observatory, Columbia Uni.*, PP. 149-165.
- Cann, J.R., Winter, C.K. & Pritchard, 1977- A hydrothermal deposit from the floor of the Gulf of Aden. *Mineralogical Magazine*, Vol. 41, PP. 193-199.
- Choi, J.H., Harya, Y., 1992- Geochemistry and depositional environment of Mn oxide deposits in the Tokoro belt, Northeastern Hokaido, Japan. *Econ. Geol.*, Vol. 87, PP. 1265-1274.
- Crerar, D.A., Cormic, P.K., Barnes, H.L., 1980- Geochemistry of manganese: An overview, in: Varentsov, I.M. and Grassely, G.Y., ed.; *Geology and geochemistry of manganese*, Vol. I, Akadematical, Budapest, PP. 293-334.
- Crerar, D.A., Namson, J., Chyi, M.S., Williams, L., Feigenson, M.D., 1982- Manganiferous cherts of Franciscan Assemblage: I. General geology, ancient and modern analogies, and implication for hydrothermal convection at oceanic spreading centers. *Econ. Geol.*, Vol. 77, PP. 519-540.
- Hem, J.D., 1972- Chemical factors that influence the availability of iron and manganese in aqueous system. *Geol. Soc. Am. Bull.*, Vol. 83, PP. 443-450.
- Krauskopf, K.B., 1967- Separation of manganese from iron in sedimentary processes. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, Vol. 12, PP. 61-84.
- Lavelle, J.W., Cowen, J.P., Massoth, G.J., 1992 - A model for the deposition of hydrothermal manganese near ridge crests. *Jour. of Geophysical Research*, Vol. 97, PP. 36-47.
- Laznicka, P., 1992- Manganese deposits in the global lithogenetic system: Quantitative approach. *Ore Geology Review*, Vol. 7, PP. 279-356.
- Nicholson, K., 1992- Contrasting mineralogical-geochemical signature of manganese oxides: Guides to metallogenesis. *Econ. Geol.*, Vol. 87, PP. 1253-1264.
- Roy, S., 1980- Genesis of sedimentary manganese formations: Processes and products in recent and older geological ages, in Varentsov, I.M. and Grasselly, G.Y., ed., *Geology and geochemistry of manganese*. Akadematical, Budapest, Vol. 2, PP. 13-44.
- Sugisaki, R., 1984- Relation between chemical composition and sedimentation rate of Pacific ocean-floor sediments deposited since the Middle Cretaceous: Basic evidence for chemical constraints of depositional environments of ancient sediments. *Jour. of Geology*, Vol. 92, PP. 235-259.

دانشگاه تربیت معلم، دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی، تهران، ایران  
\*\*دانشگاه شیراز، دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی، شیراز، ایران

\*Department of Geology, Faculty of Science, Tarbiat Moallem University, Tehran, Iran.

\*\*Department of Geology, College of Science, Shiraz University, Shiraz, Iran.