



مطالعه کانه‌زایی منگنز در مجموعه‌های آمیزه رنگین افیولیتی در مناطق بشاگرد و رودان استان هرمزگان با استفاده از داده‌های کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی

محمدعلی رجبزاده^{*}، نازنین زمان‌ثانی^۲

۱- دانشیار زمین‌شناسی اقتصادی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۲- دانشجوی دکتری زمین‌شناسی اقتصادی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

* عهده‌دار مکاتبات: rajabzad@susc.ac.ir

دریافت مقاله: ۹۳/۲/۲۵ پذیرش مقاله: ۹۳/۶/۲۵

چکیده

ذخایر معدنی منگنز در مناطق بشاگرد و رودان استان هرمزگان همراه با آمیزه رنگین مجموعه‌های افیولیتی رخنمون یافته‌اند. کانه‌زایی منگنز در سه سیمای همزاد (سین‌ژنتیک)، دیاژنتیک- دگرگونی و دیرزاد (اپی‌ژنتیک) صورت گرفته است. براونیت و پسیلوملان ترکیبات اولیه منگنز در سیمای همزاد هستند که به صورت بین‌نواری با نوارهای سیلیسی در محیط رسوبی تشکیل شده‌اند. سیمای دیاژنتیک با حضور کانی بی‌کسبیت مشخص می‌شود که از واکنش براونیت و همتایت در چرت‌های سیلیسی غنی از منگنز به وجود می‌آید. ساخت‌های عدسی و انبانه‌ای شکل نهشته‌های منگنز در سنگ‌های میزبان نشانگر تاثیر دیاژنز و دگرگونی اولیه بر روی ساختارهای نواربندی اولیه است. دگرگونی در برخی از رخدادهای معدنی با رخساره‌های شیبست سبز و سپس گلوکوفان شیبست و آمفیبولیت با تشکیل سیلیکات‌ها و هیدروسیلیکات‌های منگنز نظیر یوهانستیت در منطقه بشاگرد و تفروئیت در منطقه رودان همراه است. تشکیل رودوکروزیت در منطقه رودان نشانگر شدت بالاتر دگرگونی در این منطقه نسبت به بشاگرد است. پیرولولزیت کانی اصلی سیمای دیرزاد است که بر اثر فرایندهای گرمایی ثانویه و به صورت بافت‌های شکافه پرکن تشکیل شده است. بالا بودن میانگین نسبت‌های Mn/Fe (۵۵/۲) و Si/Al (۱۲۴/۳) و غلظت عناصر Zn (۶۸-۲) و Ni (۴۵۰-۳) با منشا گرمایی و بی‌هنگاری منفی Ce و مثبت Eu و فقیرشدگی از REE با تشکیل ترکیبات اولیه منگنز در محیط‌های مجاور پشته‌های میان‌اقیانوسی در امتداد مجراهای برونمی سیال گرمایی بستر دریا مطابقت دارند.

واژه‌های کلیدی: منگنز، افیولیت، ژئوشیمی، رودان، بشاگرد

۱- مقدمه

آبراد بوده که از طریق رسوب مستقیم از آب دریا به همراه عناصر خاکزاد و به دور از محیط‌های آتشفشانی تشکیل می‌شوند و یا با منشا گرمایی هستند که طی فرایند برونمی سیال گرمایی زیردریایی به وجود می‌آیند (Shah and Moon, 2007; Tumiat et al., 2010). مطالعات کانی‌شناسی و ویژگی‌های ژئوشیمیایی در تعیین منشا و جایگاه زایشی نهشته‌های رسوبی منگنز مورد استفاده قرار می‌گیرند (Skarpelis et al., 1992; Dasgupta et al., 1999; Shah and Moon, 2007).

حضور ذخایر متعدد منگنز در مناطق بشاگرد و رودان در استان هرمزگان همراه با مجموعه‌های افیولیتی نشانگر جدایش منگنز و آهن در محیط دریایی است. به‌رغم وجود ذخایر بالارزش منگنز در این مناطق، داده‌های مدون زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی مرتبط با آنها ناچیز بوده و تفسیر هدفمندی از آنها نیز انجام نگرفته است (ابراهیمی، ۱۳۸۲). فعالیت‌های معدنی نیز محدود به عملیات استخراج به شکل سنتی می‌شود. در این مقاله از روابط صحرائی، داده‌های کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی برای تعیین نحوه تشکیل، منشا و جایگاه نهشته‌های معدنی منگنز استفاده شده است.

منگنز فلزی پایه در صنعت فولاد است به گونه‌ای که در هر تن فولاد بین ۵۰ تا ۶۰ کیلوگرم ماده معدنی منگنز با کیفیت بالا استفاده می‌شود (Tengfel, 1999). این عنصر برای کنترل ناخالصی‌هایی مانند اکسیژن و گوگرد در فرایند تولید فولاد به کار می‌رود و باعث افزایش پایداری و سختی آن در برابر سایش مکانیکی و خوردگی شیمیایی می‌شود (Kesler, 1994). به‌علت شباهت ژئوشیمیایی و فراوانی آهن نسبت به منگنز ($Fe/Mn = 50$)، تشکیل کانسارهای بارزش اقتصادی منگنز، مستلزم جدایش این عنصر از آهن در محیط‌های مختلف زمین‌شناسی است. مهم‌ترین نهشته‌های معدنی منگنز مربوط به محیط‌های رسوبی است که در آنها به دلایل اختلاف جزئی در رفتار ژئوشیمیایی این دو عنصر در شرایط Eh و pH معین و احتمالاً نقش کاتالیزوری میکروارگانیسم‌ها، منگنز از آهن تفریق یافته و نهشته‌های بارزش اقتصادی را ایجاد می‌کند (Stone, 1987; Preat et al., 2011). نهشته‌های رسوبی منگنز یا دارای منشا

۲- روش مطالعه

منطقه زون گسترش بستر اقیانوس، به‌وسیله کمپلکس‌های گنج و مختارآباد معرفی می‌شود که هر دو به صورت مجموعه‌های افیولیتی با سن کرتاسه پیشین تا اوایل پلیوسن هستند. کمپلکس گنج شامل یک مجموعه آتشفشانی حاوی گدازه بالشی، رسوبات دریایی عمیق و دایک‌های متقاطع همراه با سنگ‌های پلوتونیک و کمپلکس مختارآباد بیشتر حاوی سنگ‌های تولیتی است که بخش بالایی، یک سری افیولیتی را نشان می‌دهد. حوضه پیش‌کمانی، با سنگ‌های کربناتی رخساره ساحلی مناطق کم‌عمق که به‌صورت میان‌لایه در کمپلکس دورکان قرار گرفته‌اند مشخص می‌شود و زون افیولیت ملانژ (حاشیه ژرفناوه اقیانوسی) توسط آمیزه رنگینی معرفی می‌شود که شامل رسوبات دریایی عمیق حاوی دو نمونه مجزای سنگ آهک گلوبوترونکانایی صورتی با سن کرتاسه پیشین و یک لجن گلوبیژنایی با رنگ کرمی مربوط به پالئوسن پسین (یک بیومیکریت حاوی روزن‌داران متراکم) است. رادیولاریت‌های سرخ‌رنگ میزبان ذخایر منگنز منطقه بوده و بیشتر به‌همراه نمونه گلوبوترونکانایی هستند که سن اغلب آنها کرتاسه پیشین است.

سنگ‌های جوان منطقه طاهرویی، رسوبی است که پس از یک وقفه رسوبگذاری در پالئوسن پسین مرتبط با کوهزایی لارامید به‌وجود آمده‌اند و شامل توالی متشکل از سری‌های فلیش، واحدهای ساحلی به همراه مولاس‌های میوسن پسین- پلیوسن می‌شوند.

چهارگوش میناب بین طول جغرافیایی 57° و $58^{\circ}30'$ شرقی و عرض جغرافیایی 27° و 28° شمالی قرار گرفته است و از نظر توپوگرافی به سه ناحیه قابل تقسیم است: (۱) فروافتادگی جازموریان در شرق منطقه (۲) محدوده کوهستانی در بخش‌های مرکزی که بیشترین بخش این چهارگوش را تشکیل داده است و (۳) خط ساحلی میناب در جنوب غرب منطقه جازموریان حاوی رسوبات سیلت و ماسه به همراه قله‌سنگ‌های کوتاه‌تری است. در غرب محدوده کوهستانی، کمپلکس‌های باجگان و بند زیارت قرار دارد که با توپوگرافی خشن مشخص می‌شوند. در غرب، شرق و جنوب این کمپلکس‌ها، آمیزه رنگین حاوی مقادیر قابل توجهی از سنگ‌های اولترامافیک و فلیش‌های اولیگوسن- میوسن و ائوسن- اولیگوسن قرار می‌گیرند. آمیزه رنگین در جنوب کمپلکس‌های باجگان و بند زیارت، به‌صورت یک کمان و با توپوگرافی خشن ذخایر اصلی منگنز منطقه را در برمی‌گیرد و دیگر بخش‌ها از نظر وسعت کانه‌زایی و تنوع زمین‌ساختی کم‌اهمیت‌تر هستند. در منطقه میناب بر خلاف بشاگرد که سنگ‌های رخمون شده بیشتر رسوبی و جوان هستند، سنگ‌های آذرین آتشفشانی و دگرگونی با سنین بالاتر را نیز به‌خوبی نشان می‌دهد. به عبارتی در این منطقه بیشتر رخدادهای معدنی منگنز، درون سنگ میزبان اصلی خود دیده می‌شوند و کمتر از بالآمَدگی حاصل از عملکرد گسل‌ها متأثر شده‌اند.

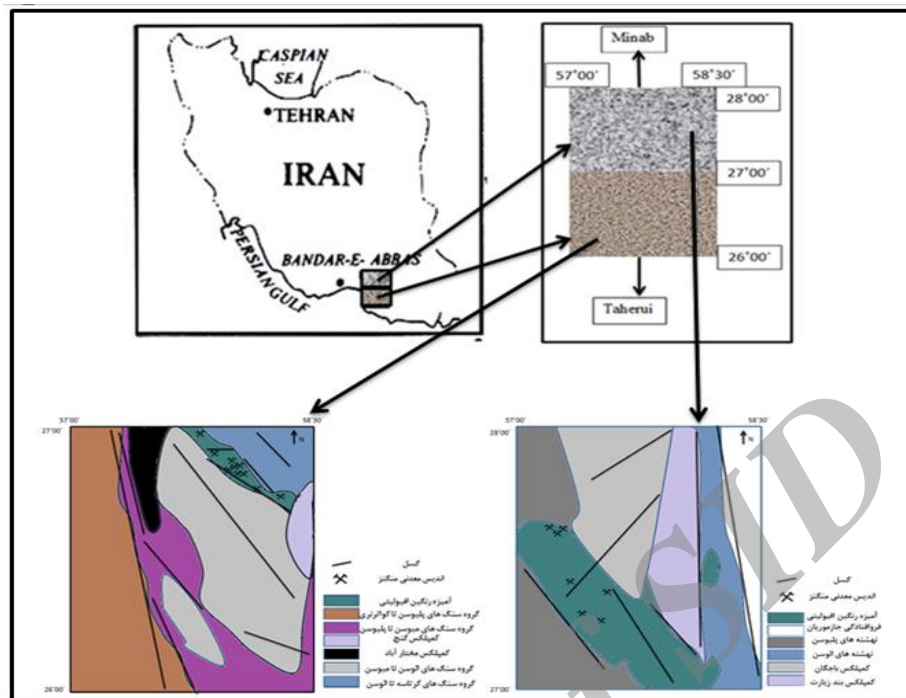
۷۵ نمونه از رخدادهای معدنی منگنز در مناطق بشاگرد (۶ رخداده) و رودان (۴ رخداده) و سنگ‌های بخش‌های دگرگون‌شده این مناطق برداشت شد. ۴۴ نمونه شاخص با استفاده از روش‌های میکروسکوپی نور شکستی و بازتابی در تعیین روابط بافتی و پاراژنزی کانی‌ها مطالعه شدند. مطالعات کانی‌شناسی با تجزیه ۱۰ نمونه به روش XRD در شرکت کانساران بینالود تکمیل شد. ۱۰ نمونه به روش شیمی تر در دانشگاه شیراز و ۵ نمونه نیز با هدف تعیین الگوی توزیع عناصر خاکی کمیاب با استفاده از روش فعال‌سازی نوترونی INAA در راکتور مینیاتوری سازمان انرژی اتمی اصفهان تجزیه شدند. از نمودارهای استاندارد ژئوشیمیایی در تفسیر داده‌های شیمیایی استفاده شده است.

۳- زمین‌شناسی

رخدادهای معدنی منگنز در مناطق بشاگرد و رودان از نظر زمین‌شناسی در دو چهارگوش نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ طاهرویی (صمیمی نمین، ۱۹۷۹) و میناب (صمیمی نمین، ۱۹۸۳) قرار می‌گیرند (شکل ۱).

چهارگوش طاهرویی بین طول جغرافیایی 57° و $58^{\circ}30'$ شرقی و عرض جغرافیایی 26° و 27° شمالی واقع شده است و از نظر توپوگرافی به سه ناحیه قابل تقسیم است: (۱) بخش کوچک شمال شرق که بخشی از فروافتادگی جازموریان است، (۲) فلات‌ها و دشت‌های مجزا با تیغه‌های نواری برآمده که رخنمون‌های اصلی سنگی منطقه را شامل می‌شوند و بخش عمده چهارگوش طاهرویی را تشکیل می‌دهند و (۳) ناحیه باریک ساحلی که بخش جنوبی چهارگوش را در بر گرفته است.

با توجه به اینکه رخدادهای معدنی منگنز به‌طور تقریباً یکنواخت در رخنمون‌های سنگی بخش شمالی چهارگوش طاهرویی پراکنده شده‌اند، بنابراین سنگ‌شناسی چهارگوش طاهرویی با تاکید بر رخنمون شمالی و واحدهای حاوی رخدادهای منگنز معرفی می‌شوند که شامل سنگ‌های قدیمی‌تر با سن کرتاسه تا ائوسن و گروه سنگ‌های جوان‌تر مربوط به ائوسن تا پلیوسن هستند. ذخایر منگنز همراه با واحدهای سنگی با سن کرتاسه در امتداد گسل‌های پی‌سنگی اصلی منطقه رخنمون یافته‌اند که به نظر می‌رسد مربوط به مرز همگرای حاشیه خردقاره قدیمی بلوک لوت باشد. سه وضعیت زمین‌ساختی در جنوب این خردقاره وجود دارد که از شمال به جنوب شامل منطقه گسترش حاوی یک تولیت خارجی و یک آندزیت داخلی (زون کافت) است و بیانگر یک حوضه کمانی است. سپس منطقه پیش‌کمان کربناتی با پی‌سنگ قاره‌ای قرار دارد و در نهایت به حاشیه ژرفناوه (Trench) که زون افیولیت ملانژ است ختم می‌شود (صمیمی نمین، ۱۹۷۹).



شکل ۱- موقعیت رخدادهای معدنی منگنز همراه با آمیزه رنگین افیولیتی بر روی نقشه‌های زمین‌شناسی ساده شده مناطق بشاگرد و رودان (برگرفته از صمیمی نمین، ۱۹۷۹ و صمیمی نمین، ۱۹۸۳ با کمی تغییرات)

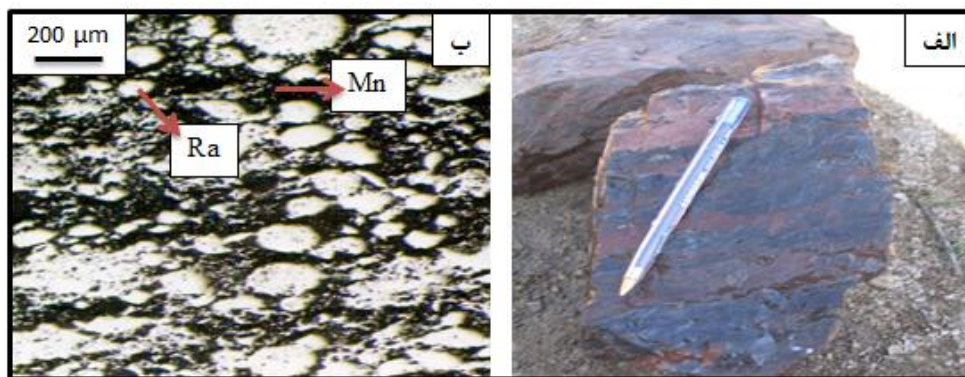
۴- سنگ‌نگاری

(Maescotti and Frezzotti, 2000):



کانی کوارتز و SiO_2 بی‌وجه به‌همراه هماتیت، به‌عنوان فازهای اصلی نوارهای سیلیسی نمونه‌ها هستند. بافت‌های تبدیل تدریجی فازها به یکدیگر و شکل‌های کلوفرمی در این نمونه‌ها فراوان بوده و نوارهای سیلیسی منگن‌دار به‌تدریج به نوارهای سیلیسی هماتیت‌دار تقریباً فاقد منگنز تبدیل می‌شوند. در بسیاری از این نمونه‌ها پوسته‌های فسیلی شعاعیان به‌خوبی حفظ شده‌اند. این فسیل‌ها در اندازه‌های ریز (۵۰ میکرون) تا درشت (۳۵۰ میکرون) در زمینه سنگ دیده می‌شوند و تجمع اکسیدهای منگنز در اطراف فسیل‌های شعاعیان به‌طور واضحی مشخص است. حضور فسیل‌های شعاعیان در نوارهای چرت سیلیسی نشانگر حفظ ساختارهای اولیه است که با دور شدن از نهشته‌های معدنی منگنز با سیمای همزاد از میزان آنها در سنگ‌های چرت سیلیسی به‌شدت کاسته می‌شود (شکل ۲- ب).

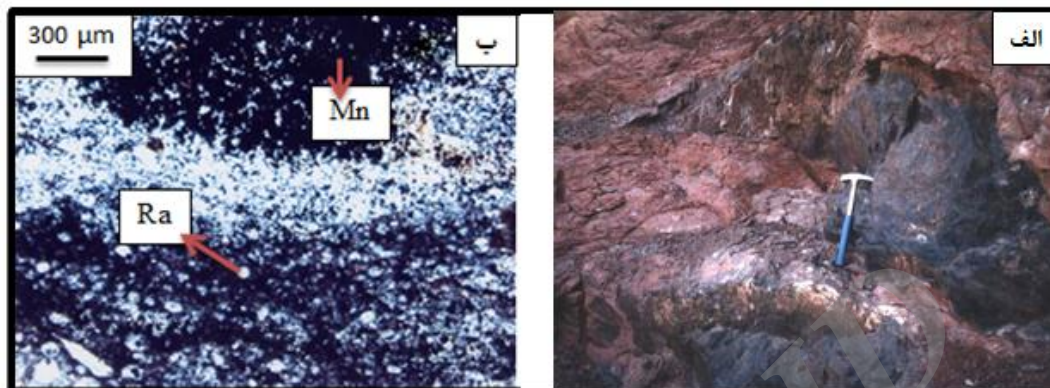
کانه‌زایی در مناطق بشاگرد و رودان در سه سیمای همزاد (سین‌ژنتیک)، دیاژنتیک- دگرگونی و دیرزاد (اپی‌ژنتیک) رخ داده است. سیمای همزاد، با نواربندی متناوب چرت سیلیسی با ترکیبات منگنز نشان داده می‌شود که بیانگر نهشت منگنز و سیلیس از یک منشا در محیط رسوبی است و جدایش نوارهای غنی از ترکیبات منگنز و سیلیس به تفریق اولیه آنها در زمان تشکیل نسبت داده می‌شود (شکل ۲- الف). در زیر میکروسکوپ نمونه‌های کانسنگ اغلب شامل ترکیبات نامتبلور منگنز (احتمالاً پسیلوملان) و کانی سیلیکاتی منگنز (براونیت) می‌شوند. براونیت کانی اصلی منطقه بشاگرد و کانی فرعی منطقه رودان است که از واکنش بین اکسیدهای بی‌شکل اولیه منگنز و لجن‌های سیلیسی با منشا گرمایی و یا با منشا زیستی (پوسته شعاعیان) طی واکنش زیر تشکیل می‌شود (Velilla and Jimenez Millan, 2003;)



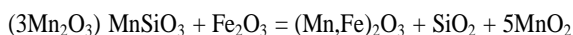
شکل ۲- الف- نواربندی متناوب نوارهای غنی از ترکیبات منگنز و نوارهای چرت رادیولاریتی میزان در نهشته‌های با سیمای همزاد ب- تصویر میکروسکوپی از تناوب نوارهای غنی از منگنز (Mn) و اثرات فسیل‌های شعاعیان (Ra) در کانسنگ‌های منگنز با سیمای همزاد (تصویر در نور شکستی تهیه شده است)

کوچک ریتمی درون سنگ‌های سیلیسی میزبان تشکیل شده‌اند. ساختار توده‌ای با بافت متراکم، از ویژگی‌های این نوع کانه‌زایی است (شکل ۳).

در کانه‌زایی با سیمای دیاژنتیک، به علت مقاومت کمتر و رفتار پلاستیکی ترکیبات منگنز نسبت به فازهای سیلیسی میزبان در برابر فشار، نهشته‌های منگنز به صورت عدسی و بودین در بخش لولای چین‌های



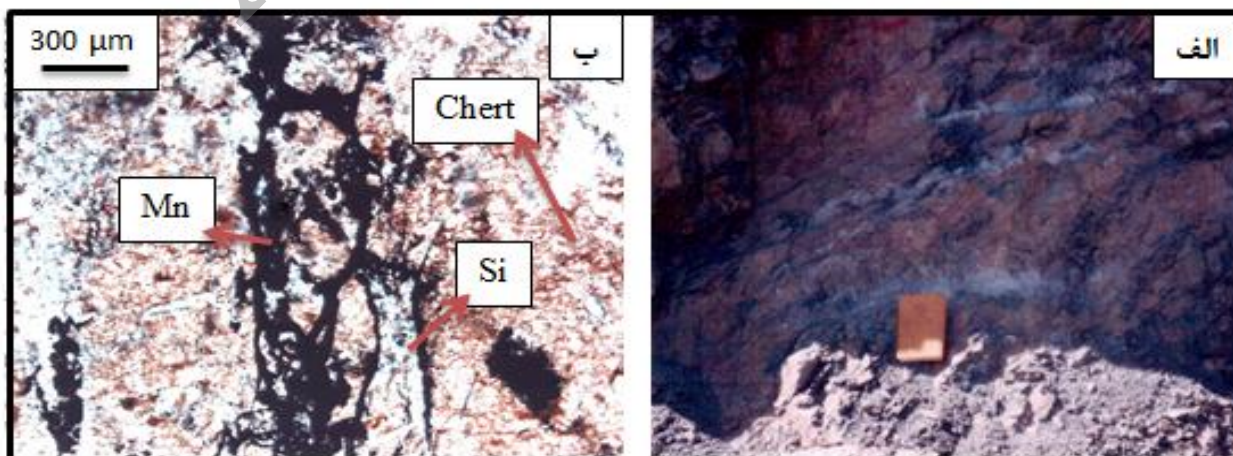
شکل ۳- الف- عدسی منگنز در میان چرت‌های سیلیسی میزبان، نشان‌دهنده نهشته‌های سیمای دیاژنتیک ب- تصویر میکروسکوپی توده‌های عدسی شکل منگنز با سیمای دیاژنتیک. اثرات باقیمانده فسیل شعاعیان (Ra) در برخی نمونه‌ها مشاهده می‌شود (تصویر در نور شکستی تهیه شده است)



کانی‌های کوارتز و هماتیت به‌عنوان کانی‌های باطله در سراسر کانسنگ حضور دارند و اثری از سیلیس بدون وجه در نمونه‌های با سیمای دیاژنتیک-دگرگونی دیده نمی‌شود.

در سیمای دیرزاد کانسنگ‌ها، اثر فرایندهای زمین‌ساختی شکن با ایجاد گسل، شکستگی و سامانه‌های درزه‌ای با سازوکارهای متفاوت در سنگ‌های سیلیسی میزبان و هم در واحدهای منگنزدار منطقه دیده می‌شود. ترکیبات معدنی منگنز تحت تاثیر غنی‌شدگی سوپرژن و احتمالاً عملکرد آب‌هایی با ماهیت اسیدی و گرم، تحرک دوباره یافته و ضمن آبشویی از سنگ میزبان در شرایط اکسایشی فزاینده به صورت ترکیبات اکسیدی درجه بالای منگنز در امتداد گسل‌ها و درزه‌های موجود سنگ‌های سیلیسی افق‌های بالاتر نهشته شده‌اند. در این کانسنگ‌ها عیار منگنز بالا (بیش از ۶۰ درصد) و پیرولوژیت، کانی اصلی است. مرز بین ماده معدنی و سنگ سیلیسی میزبان کاملاً مشخص و مواد معدنی در امتداد شکستگی‌ها با بافت‌های شکافه پرکن مانند بافت تاج‌خروسی، تغییرات تدریجی اندازه بلورها، وجود حفره‌هایی در بخش‌های مرکزی مواد معدنی و انواع بافت‌های کلوفرمی در نمونه‌های دستی و میکروسکوپی تشکیل شده‌اند (شکل ۴) (Guilbert and Park, 1986).

در نمونه‌های رخساره دیاژنتیک کانی بی‌کسبیت (از واکنش براونیت و هماتیت موجود در چرت‌ها) به همراه مقادیری از منگانتیت و کوارتز به‌وجود آمده است. در اثر فرایند دگرگونی از نوع پره‌نیت-پمپلی‌ایت و شیست سبز (در اعماق به‌ندرت گلوکوفان و آمفیبولیت) سیلیکات‌ها و هیدروسیلیکات‌هایی مانند تفرولیت در منطقه رودان و یوهانسیت در منطقه بشاگرد تشکیل شده‌اند. شدت دگرگونی بالاتر در منطقه رودان نسبت به منطقه بشاگرد با حضور رودوکروزیت مشخص می‌شود. فراوانی بسیار زیاد سنگ‌هایی با رخساره آمفیبولیت در منطقه رودان، نشانگر شدت بالای دگرگونی در این منطقه است. بافت‌های جانشینی شامل مرزهای تبدیل تدریجی کانی‌ها به هم، جزایر باقیمانده، شکل‌های هلالی در مرز کانی‌ها، عدم جابه‌جایی محل درزه‌ها و جانشینی فسیل شعاعیان به‌وسیله ترکیبات منگنز در کانسنگ منگنز فراوان هستند (Guilbert and Park, 1986). شرایط تشکیل کانی براونیت (واکنش بین ترکیبات اولیه منگنز و چرت‌های میزبان) با افزایش دما و فشار ضمن دیاژنز ابتدایی فراهم می‌شود و سپس با پیشرفت دیاژنز کانی بی‌کسبیت به‌صورت یک محصول واکنشی بین آهن موجود در چرت‌های هماتیتی و بخشی از براونیت طی واکنش زیر به‌وجود می‌آید (Salem et al., 2012) که در زیر میکروسکوپ با رگچه‌های جدایشی سیلیس نشان داده می‌شود:



شکل ۴- الف- نمونه کانسنگ منگنز در سیمای دیرزاد ب- تصویر میکروسکوپی از رگچه‌های منگنز (Mn) در چرت سیلیسی میزبان با سیمای دیرزاد منگنز (تصویر در نور شکستی تهیه شده است)

۵- کانی‌شناسی

دولومیت فاز غالب و یوهانسینیت (کلینوپیروکسن منگنزدار) و پیرولووزیت به صورت فرعی وجود دارند در حالی که در منطقه رودان پیرولووزیت، منگائیت، رودوکروزیت، تفرویت (اولیوین منگنزدار)، هماتیت و کوارتز، فازهای غالب و براونیت، کلسیت و کانی‌های رسی فاز فرعی را تشکیل می‌دهند (جدول ۱).

نتایج تجزیه کانی‌شناسی کانسنگ منگنز و سنگ سیلیسی میزبان به روش XRD نشانگر کانی‌شناسی پیچیده در مناطق بشاگرد و رودان است. در منطقه بشاگرد کانی‌های براونیت، بیکسبیت، هولاندیت، کوارتز و

جدول ۱- نتایج کانی‌شناسی به روش XRD بر روی نمونه‌های کانسنگ منگنز با سیمای متفاوت

نمونه	سیمای منگنز	کد نمونه	کانی‌ها
منگنز رودان	همزاد	۶	کوارتز- براونیت (فرعی)- هماتیت (فرعی)- کلسیت (فرعی)
	دیاژنتیک- دگرگونی	۴	کوارتز- براونیت- هماتیت- منگائیت- رودوکروزیت- تفرویت پیرولووزیت (فرعی)
	دیرزاد	۷	پیرولووزیت- کوارتز- کلسیت (فرعی)
منگنز بشاگرد	دیرزاد	۵	پیرولووزیت- هماتیت- کوارتز- کانی‌های رسی (فرعی)
	همزاد	۸	کوارتز- هماتیت (فرعی)- براونیت (فرعی)
	همزاد	۱۰	کوارتز- براونیت (فرعی)- کانی‌های رسی (فرعی)
	دیاژنتیک- دگرگونی	۲	کوارتز- هماتیت- براونیت- بیکسبیت- هولاندیت
	دیاژنتیک- دگرگونی	۱	کوارتز- براونیت- بیکسبیت- یوهانسینیت- پیرولووزیت (فرعی)
	دیاژنتیک- دگرگونی	۳	کوارتز- براونیت- یوهانسینیت- دولومیت (فرعی)- پیرولووزیت (فرعی)
	دیرزاد	۹	کوارتز- پیرولووزیت

تشکیل شده‌اند. پیشرفت دگرگونی تا رخساره شیبست سبز در منطقه بشاگرد با تشکیل هیدروسلیکات یوهانسینیت نشان داده می‌شود (Marescotti and Frezzotti, 2000). پیرولووزیت بر اثر فرایندهای گرمایی ثانویه در شرایط سوپرژن به‌عنوان کانی اصلی در منطقه رودان و کانی فرعی در منطقه بشاگرد در کانه‌زایی سیمای دیرزاد تشکیل شده است. براساس داده‌های سنگ‌نگاری و کانی‌شناسی به روش XRD می‌توان توالی پاراژنتیکی کانی‌های مختلف در سه سیمای کانه‌زایی را برای مناطق بشاگرد و رودان معین کرد (شکل ۵).

براونیت کانی اصلی سیمای همزاد در منطقه بشاگرد و کانی فرعی منطقه رودان است. کانه‌زایی سیمای دیاژنتیک با پیدایش بیکسبیت در منطقه بشاگرد مشخص می‌شود که به همراه مقادیر فرعی از منگائیت و کوارتز ایجاد می‌شود. براونیت می‌تواند به‌عنوان فاز فرعی تا مرحله دگرگونی، حضور داشته باشد در حالی که بیکسبیت در مرحله دگرگونی ناپایدار بوده و به همین دلیل در نمونه‌های منطقه رودان که شدت دگرگونی بالاست، مشاهده نمی‌شود (Roy, 1992; Ostwald, 1992). در اثر پیشرفت دگرگونی در رخساره شیبست سبز سلیکات منگنز تفرویت و سپس در رخساره گلوکوفان و آمفیبولیت کربنات منگنز رودوکروزیت در منطقه رودان

سوپرژن	دگرگونی	دیاژنز	بروندمی
			سیلیس آمورف
			کوارتز
			پسیلوملان
			براونیت
			هماتیت
			بیکسبیت
			منگائیت
			هولاندیت
			پیرولووزیت
			یوهانسینیت
			تفرویت
			رودوکروزیت

شکل ۵- توالی پاراژنتیکی کانی‌ها در نمونه‌های کانسنگ مناطق بشاگرد و رودان

۶- ژئوشیمی

گسترش بستر اقیانوس تاکید دارد. همچنین از نسبت Mn/Fe برای تعیین منشأ ذخایر منگنز استفاده می‌شود (Shah and Moon, 2004; Jach and Dudek, 2005). بالابودن میانگین نسبت Mn/Fe (۵۵/۲) در ذخایر پرعیار منگنز نشانگر جدایش بسیار خوب این عنصر از آهن در محیط رسوبی است. حلالیت کمتر آهن نسبت به منگنز موجب رسوبگذاری آهن در ابتدای ورود سیال گرمابی همراه با تغییر شرایط Eh و pH می‌شود، در حالی که نهشت منگنز در فاصله‌ای کمی دورتر از مجرای برون‌دهی سیال گرمابی از محلول باقیمانده غنی از Mn صورت می‌گیرد. حاصل این جدایش تشکیل نهشته‌هایی با نسبت بالای Mn/Fe است در حالی که در نهشته‌های معدنی منگنز با منشأ آبراد این میزان در حدود ۱ است (Alexe et al., 2004; Jach and Dudek, 2005; Shah and Moon, 2007). بالابودن این نسبت در ذخایر مناطق بشاگرد و رودان بیانگر منشأ گرمابی این ذخایر است (جدول ۲).

از نسبت Si/Al برای تعیین منشأ ذخایر گرمابی، آبراد و خاکزاد منگنز استفاده شده است (Acharya et al., 1997; Holtstam and Mansfeld, 2001). میانگین بالای این نسبت در نهشته‌های گرمابی معمول بوده و نشانگر تامین محلی سیلیس به‌وسیله سیال گرمابی در مجاورت مجراهای برون‌دهی است در حالی که در نهشته‌های رسوبی با منشأ آبراد دریایی این میزان اندک (در حدود ۳) است. غنی‌شدگی محلی آب دریا از سیلیس در اثر فعالیت گرمابی بستر دریا موجب تکثیر فراوان شعاعیان می‌شود (Acharya et al., 1997; Dessle et al., 2000; Alexe et al., 2004; Shah and Moon, 2007; Reolid et al., 2011). داده‌های تجزیه نمونه‌های معدنی به روش شیمی تر (جدول ۲) در مناطق مورد مطالعه میانگین بالایی از نسبت (۱۲۴/۳) Si/Al را نشان می‌دهند که بر منشأ گرمابی برون‌دهی این ذخایر در محل

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی به روش شیمی تر بر روی نمونه‌های کانسنگ منگنز (مقادیر عناصر اصلی بر حسب درصد و عناصر فرعی بر حسب ppm هستند. شماره نمونه‌ها مطابق جدول ۱ است)

نمونه‌ها عناصر	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
SiO ₂	۲۳/۸۲	۲۹/۰۲	۴۱/۰۴	۵۶/۲۹	۲۹/۰۳	۸۶/۳۱	۴۳/۰۷	۲۴/۱۷	۳۰/۷۵	۴۱/۰۷
MnO	۶۷/۵۵	۶۵/۵۴	۵۰/۷۲	۶۷/۰۷	۶۴/۴۴	۶۷/۳۸	۵۱/۷۶	۶۷/۸۱	۶۱/۴۲	۵۳/۷۶
Fe ₂ O ₃	۱/۱۷	۱/۱۲	۱/۱۷	۵/۱۰	۲/۵۱	۱/۶۲	۳/۳۵	۰/۶۹	۰/۴۷	۵/۳۵
Al ₂ O ₃	۰/۰۶	۰/۲۲	۰/۳۱	۰/۳۸	۰/۳۴	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۳۴	۰/۴۷	۰/۰۷
Si	۲۳/۸۸	۱۲/۶۶	۱۷/۹۱	۱۰/۵۳	۱۲/۶۷	۱۰/۱۱	۱۹/۰۷	۱۰/۵۵	۱۳/۴۲	۱۷/۰۷
Mn	۵۲/۳۰	۵۰/۷۵	۳۹/۲۷	۵۱/۹۰	۴۹/۸۶	۵۲/۱۷	۴۰/۰۸	۵۲/۵۱	۴۷/۵۶	۴۲/۰۸
Fe	۰/۸۲	۰/۷۸	۰/۸۲	۳/۵۷	۱/۷۶	۱/۱۳	۲/۳۴	۰/۴۷	۰/۳۳	۳/۳۴
Al	۰/۰۳	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۱۸	۰/۲۵	۰/۰۴
Cu	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	۳۱	۴۲	n.d
Ni	n.d	۶۲	۳	۳۶	n.d	n.d	۴۵۰	۵۲	۳۸	۴۵۰
Co	n.d	۷	n.d	۳	۵۷	۱۱	n.d	۵۳	۳۹	n.d
Zn	۵	۱۳	n.d	۲	۱۴	۴	n.d	۶۸	۵۴	n.d
Mn/Fe	۶۴	۶۵	۴۸	۱۵	۲۸	۴۶	۱۷	۱۱۲	۱۴۴	۱۳
Si/Al	۷۹۶	۱۲۷	۱۶۳	۷۱	۷۱	۱۶۹	۵۱۵	۵۹	۵۴	۴۶۱

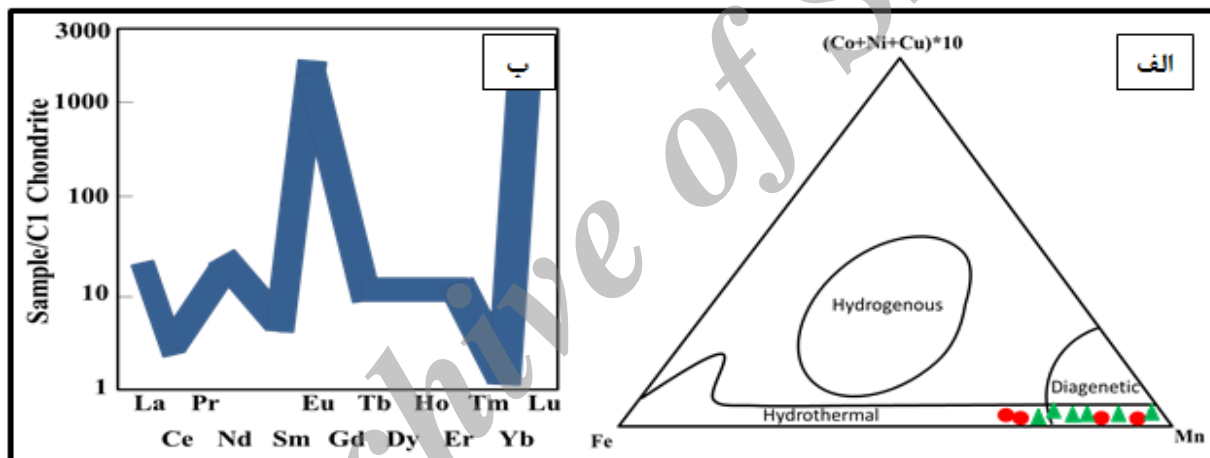
نهشته‌های گرمابی منگنز جذب سطحی عناصر جزئی بسیار اندک خواهد بود (شکل ۶- الف) (Hein et al., 2008; Bazilevskaya, 2009).

نتایج تجزیه نمونه‌های کانسنگ منگنز به روش فعال‌سازی نوترونی نشان دهنده شباهت بسیار زیاد میزان غلظت و الگوی توزیع عناصر خاکی کمیاب در دو منطقه بشاگرد و رودان هستند (جدول ۳).

همچنین مقادیر بالای Mn و بسیار اندک Fe و Co از ویژگی‌های نهشته‌های گرمابی منگنز است در صورتی که نهشته‌های منگنز آبراد تفکیک اندکی از Mn و Fe و مقادیر بالایی از عناصر جزئی مانند Co، Ni و Cu را نشان می‌دهند که بیانگر زمان تماس طولانی این نهشته‌ها با آب دریا و در نتیجه جذب سطحی عناصر جزئی توسط فازهای کلوییدی منگنز و آهن از آب دریا هستند. در ته‌نشینی سریع

جدول ۳- داده‌های شیمیایی عناصر خاکی کمیاب با استفاده از روش فعال‌سازی نوترونی INAA (شماره نمونه‌ها مطابق جدول ۱ است)

نمونه (ppm)	۲	۴	۶	۸	۱۰
La	۳/۷۴	۳/۱۶	۳/۵۴	۳/۲۰	۳/۴۴
Ce	۱/۴۵	۱/۶۸	۱/۵۵	۱/۵۰	۱/۶۲
Nd	۶/۴۴	۷/۴۰	۶/۵۴	۷/۰۰	۶/۶۴
Sm	۰/۶۰	۰/۸۲	۰/۷۰	۰/۷۷	۰/۸۱
Eu	۰/۳۰	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۳۰
Tb	۰/۳۲	۰/۳۵	۰/۳۰	۰/۳۲	۰/۳۳
Dy	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Tm	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۱۴
Yb	۰/۲۸	۰/۳۵	۰/۳۰	۰/۳۳	۰/۳۱
Lu	۶۵	۷۵	۶۸	۷۰	۷۳



شکل ۶- الف- موقعیت نمونه‌های کانستگ منگنز بشاگرد (مثلث‌های سبزرنگ) و رودان (دایره‌های قرمز رنگ) بر روی نمودار شیب‌تایی $(Co+Ni+Cu) \times 10$ Fe-Mn. ب- نمودار الگوی توزیع غلظت میانگین REE در نمونه‌های کانستگ منگنز در مناطق بشاگرد و رودان (Hein et al., 2008; Bazilevskaya, 2009).

رودان و یوهانسیت در منطقه بشاگرد نشان‌دهنده تاثیر دگرگونی تا رخساره شیبست سبز در این مناطق است. حضور کانی رودوکروزیت در منطقه رودان نشانگر پیشرفت بیشتر دگرگونی در این منطقه نسبت به بشاگرد است. فرایندهای گرمایی ثانویه و هوازدگی سوپرژن نیز موجب پویایی و نهشت دوباره و در نتیجه تغییرات گسترده کانی‌شناسی در این ذخایر شده است. بالا بودن میانگین نسبت‌های Mn/Fe (۵۵/۲) و Si/Al (۱۲۴/۳) و غلظت عناصر Zn (۲-۶۸ ppm) و Ni (۳-۴۵۰ ppm) با منشأ گرمایی و بی‌هنجاری مثبت عنصر Eu و منفی عنصر Ce و فقیرشدگی از REE با تشکیل ترکیبات اولیه منگنز در محیط‌های مجاور پشته‌های میان‌اقیانوسی در امتداد مجراهای برون‌دمی سیال گرمایی بستر دریا مطابقت دارند.

تقدیر و تشکر

نگارندگان این مقاله لازم می‌دانند از معاونت محترم پژوهشی

مقدار پایین این عناصر در نمونه‌ها با منشأ گرمایی ذخایر منگنز در مناطق مورد مطالعه منطبق است. همچنین بی‌هنجاری مثبت Eu و منفی Ce در نمونه‌ها با نهشته‌های گرمایی در دیگر نقاط دنیا مشابه است (شکل ۶- ب) (Jach and Dudek, 2005; Mishra et al., 2007; Dubinin et al., 2008).

نتیجه‌گیری

ذخایر منگنز مناطق بشاگرد و رودان در استان هرمزگان در سه سیمای همزاد، دیاژنتیک- دگرگونی و دیرزاد همراه با مجموعه‌های افیولیتی در سطح زمین رخمون یافته‌اند. این ذخایر در اثر فعالیت برون‌دمی سیال گرمایی در بستر دریا نهشته شده‌اند. سپس به دنبال همگرایی صفحات قاره‌ای و طی فرارانش بخشی از پوسته اقیانوسی ضمن تاثیرپذیری از فرایندهای دیاژنز و دگرگونی در حاشیه قاره جایگیری شده‌اند. حضور کانی تفرؤئیت در منطقه

P.391.

Marescotti, P., and Frezzotti, M.L., 2000, "Alteration of braunite ores from Eastern Liguria (Italy) during syntectonic veining processes: Mineralogy and fluid inclusions", *European Journal of Mineralogy*, 12, P.341-356.

Mishra, P.P., Mohapatra, B.K., and Singh, P.P., 2007, "Contrasting REE signatures on manganese ores of iron ore group in North Orissa, India", *Journal of rare earths*, 25, P.749-758.

Ostwald, J., 1992, "Mineralogy, paragenesis and genesis of Braunite deposits of the marry valley manganese belt, Queensland, Australia", *Mineralium Deposita*, 27, P.326-335.

Preat, A., Mamet, B., Di Stefano, P., Martire, L., and Kolo, K., 2011, "Microbially-induced Fe and Mn oxides in condensed pelagic sediments (Middle-Upper Jurassic, Western Sicily)", *Sedimentary Geology*, 237, P.179-188.

Reolid, M., Kadiri, K.E.L., Abad, I., Oloriz, F., and Jimenez-Millan, J., 2011, "Jurassic microbial communities in hydrothermal manganese crust of the Rifian Calcareous Chain, Northern Morocco", *Sedimentary Geology*, 233, P.159-172.

Roy, S., 1992, "Environment and processes of manganese deposition", *Economic Geology*, 187, P.1218-1236.

Salem, I.A., Ibrahim, M.E., and Monsef, M.A.E., 2012, "Mineralogy, geochemistry, and origin of hydrothermal manganese veins at Wadi Malik, Southern Eastern Desert, Egypt", *Arabian Journal of Geosciences*, 5, P.385-406.

Shah, M.T., and Moon, C.J., 2004, "Mineralogy, geochemistry and genesis of ferromanganese ores from Hazara area, NW Himalayas, Northern Pakistan", *Journal of Asian Earth science*, 23, P.1-15.

Shah, M.T., and Moon, C.J., 2007, "Manganese and ferromanganese ores from different tectonic settings in the NW Himalayas, Pakistan", *Journal of Asian Earth Sciences*, 29, P.455-465.

Skarpelis, N., Hatzipanagiotou, K., and Kaiserloglou, M., 1992, "Manganiferous cherts in siliceous sediments overlying the Koziakas ophiolite, Western Thessaly, Greece", *The Canadian Mineralogist*, 30, P.415-421.

Stone, A.T., 1987, "Microbial metabolites and the reductive dissolution of manganese oxides: Oxalate and pyruvate", *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 51, P. 919-925.

Tengfel, L., 1999, "Types and genesis of manganese oxide ores in Guangxi", *southwest Chines Journal of Geochemistry*, 18, P.87-96.

Tumiati, S., Martin, S., and Godard, G., 2010, "Hydrothermal origin of manganese in the high-pressure ophiolite metasediments of Praborna ore deposit (Aosta Valley, Western Alps)", *European Journal of Mineralogy*, 22, P.577-594.

Velilla, N., and Jimenez Millan, J., 2003, "Origin and metamorphic evolution of rocks with braunite and pyrophanite from the Iberian Massif (SW Spain)", *Mineralogy and petrology*, 98, P.73-91.

دانشگاه شیراز به خاطر حمایت مالی و معنوی در این پژوهش تشکر و قدردانی کنند.

مراجع

ابراهیمی، ب.، ۱۳۸۲، "بررسی زمین‌شیمیایی اندیس‌های منگنز کمربند رودان- بشاگرد" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز، ۱۹۸ صفحه.

صمیمی نمین، م.، ۱۹۷۹، "نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ طاهروی" سازمان زمین‌شناسی کشور.

صمیمی نمین، م.، ۱۹۸۳، "نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ میناب" سازمان زمین‌شناسی کشور.

Acharya, B. C., Rao, D. S., and Sahoo, P. K., 1997, "Mineralogy, chemistry and genesis of Nishikhal Manganese ore of south Orissa, India", *Mineralium Deposita*, 32, P.79-93.

Alexe, V., Trandafir, V., Saptefrati, G., and Mihalache, A., 2004, "Black chert-hosted manganese deposits from the Bistritei Mountains, Eastern Carpathians (Romania): petrography, genesis and metamorphic evolution", *Ore Geology Reviews*, 24, P.45-65.

Bazilevskaya, E. S., 2009, "Ocean Environment and Developing of Oceanic Iron-Manganese Ores", *Doklady Earth Sciences*, 429, P.1417-1419.

Dasgupta, H. C., Sambasiva Rao, V. V., and Krishna, V., 1999, "Chemical environments of deposition of ancient iron and manganese rich sediments and cherts", *Sedimentary Geology*, 125, P.83-98.

Dessle, L. W., Cronan, V., Marchig, M., and Wiedicke, M., 2000, "Hydrothermal sedimentation adjacent to propagating Valu Fa Ridge, Lau Basin, SW Pacific", *Marine Geology*, 162, P.479-500.

Dubinina, A.V., Uspenskaya, T.Y., Gavrilenko, G.M., and Rashidov, V.A., 2008, "Geochemistry and Genesis of Fe-Mn Mineralization in Island Arcs in the West Pacific Ocean", *Geochemistry International*, 46, P.1206-1227.

Guilbert, J.M., and Park, C.F., 1986, "The geology of ore deposits", *Freeman W.H and company New York*, P.985.

Hein, J.R., Schulz, M.S., Dunham, R.E., Stern, R.J., and Bloomer, S.H., 2008, "Diffuse flow hydrothermal manganese mineralization along the active Mariana and southern Izu-Bonin arc system, western Pacific", *Journal of Geophysical Research*, 113, P.29.

Holtstam, D., and Mansfeld, Y., 2001, "Origin of carbonate hosted Fe-Mn-(Ba, As, Pb, Sb, W) deposit of Langbon in Central Sweden", *Mineralium Deposita*, 36, P.641-657.

Jach, R., and Dudek, T., 2005, "Origin of a Toarcian Manganese carbonate/silicate deposit from Krizna unit, Tatra Mountains, Poland", *Chemical Geology*, 224, P.136-152.

Kesler, S.E., 1994, "Mineral resources, Economic and environment", *Mac Milian and Maxwell publishing, New York*,