

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده: علوم زمین

گروه: پترولوژی و زمین‌شناسی اقتصادی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

موضوع

کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانه زائی منگنز در توالی آتشفشانی - رسوبی
کرتاسه پسین در جنوب غرب سبزوار، با تأکید بر کانسار منگنز نوده

نگارش:

علی نصرالهی

استاد راهنما:

دکتر فردین موسیوند

استاد مشاور:

دکتر حبیب‌الله قاسمی

بهار ۱۳۹۳

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : علوم زمین

گروه : پترولوژی و زمین شناسی اقتصادی

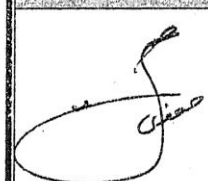
پایان نامه کارشناسی ارشد آقای علی نصرالهی

تحت عنوان: کانی شناسی، ژئوشیمی و ژئز کانه زائی منگنز در توالی آتشفشانی - رسوبی کرتاسه پسین در جنوب غرب

سبزوار، با تاکید بر کانسار منگنز نوده

در تاریخ ۱۳۸۴/۳/۲۲ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد زمین شناسی (صحرایی) مورد ارزیابی و با درجه ~~مستوفی~~ ~~مستوفی~~ مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی : دکتر حبیب الله قاسمی		نام و نام خانوادگی : دکتر فردین موسیوند

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی : دکتر		نام و نام خانوادگی : دکتر فرج الله فردوسی
			نام و نام خانوادگی : دکتر مسعود علی پور اصل
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :



معاونت تحصیلات تکمیلی
فرم شماره (6)

باسمه تعالی

شماره: ۱۸۴۵
تاریخ:
ویرایش:

فرم صورت جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) نتیجه ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای علی نصرالهی رشته زمین شناسی گرایش اقتصادی تحت عنوان کانی شناسی، ژئوشیمی و ژئو کانه زائی منگنز در توالی آتشفشانی - رسوبی کرتاسه پسین در جنوب غرب سبزوار، با تأکید بر کانسار منگنز نوده که در تاریخ 1393/3/12 با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: بسیار خوب امتیاز: ۱۸/۵) ☒ دفاع مجدد ☐ مردود ☐

2. بسیار خوب (18-18/99)

1. عالی (19-20)

4. فاین قبول (14-15/99)

3. خوب (16-17/99)

5. نمره کمتر از 14 غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
1- استاد ارجمند	دکتر فردین موسیوند	استادیار	
2- استاد مشاور	دکتر حبیب الله قاسمی	دانشیار	
3- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر علی دینوری	استادیار	
4- استاد مدحت	دکتر فرج الله فردوست	استادیار	
5- استاد مدحت	دکتر مسعود علی پور اصل	استادیار	

رئیس دانشکده: دکتر پرویز امیدی اعضاء

تعهد نامه

اینجانب علی نصرالهی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی اقتصادی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه کانی شناسی، ژئوشیمی و ژئز کانه زائی منگنز در توالی آتشفشانی- رسوبی کرتاسه پسین در جنوب غرب سبزوار، با تاکید بر کانسار منگنز نوده تحت راهنمایی دکتر فردین موسیوند متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ ۹۳/۴/۸

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد، این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

تقدیر و تشکر

بسم خالق هستی. نش

سپاس بیکران خداوند قادر مطلق را که همواره در تمام مراحل زندگی و از جمله در انجام این تحقیق یار و یاور من بوده است. در به نتیجه رسیدن این تحقیق، خود را مدیون زحمات و مساعدت‌های عزیزان بسیاری می‌دانم که بی‌تردید، بدون همکاری و پشتیبانی ایشان، امکان بثمر رسیدن مطلوب آن وجود نمی‌داشت. لذا بر خود لازم می‌دانم بدینوسیله زحماتشان را ارج نهاده و از همه آنها صمیمانه قدردانی و تشکر نمایم.

- استاد راهنمای دلسوز و بزرگوارم، جناب آقای دکتر موسیوند، که دلسوزانه برای این تحقیق زحمات زیادی کشیدند، راهنمای‌های ارزنده ایشان در تمام مراحل تحصیل و تحقیق بسیار راهگشا و تعیین کننده بوده و برای این حقیر علاوه بر جنبه علمی، از جهت روحی، اخلاقی، معنوی و ایجاد اعتماد و خودباوری پشتوانه بزرگی بودند. بنابراین و همواره افتخار خود می‌دانم که دانشجوی ایشان باشم.
- استاد مشاور محترم، جناب آقای دکتر حبیب‌الله قاسمی، که با قبول زحمات مشاوره این تحقیق، در کمک به مسائل سنگ‌شناسی از هر کوششی فروگذار نکردند و لذا سپاس فراوان خود را پیشکش ایشان می‌نمایم.
- جناب آقای دکتر صادقیان، استادی مهربان و دلسوز که همواره مرا از راهنمای‌های ارزشمند سنگ‌شناسی خود برخوردار ساخته و پیشنهادهای بسیار ارزنده ایشان بر ارزش کار افزوده است.
- دوستان عزیز و گرامی، آقایان مجید و کیلی نوش‌آبادی، فایق هاشمی، مجید تاشی و خانم‌های طائفی، باقرزاده و تقی‌زاده، بخاطر همکاری در طول مراحل تحقیق و همچنین بسیاری از عزیزانی که متأسفانه اینجا امکان تشکر از تک تک ایشان مقدور نیست. تشکر و قدردانی می‌کنم.
- و در پایان نه بعنوان کمترین، از پدر و مادر بسیار دلسوز و مهربانم، همچنین برادران، همسر و خواهرگرامیم که ضمن تحمل رنج‌ها و سختی‌ها همواره در تمام دوران تحصیل مشوق اصلی من بوده‌اند، خالصانه تشکر و سپاسگزاری می‌نمایم.

علی نصرالهی

اردیبهشت ماه ۱۳۹۳

چکیده فارسی

کانه‌زایی‌هایی از منگنز در جنوب غرب سبزوار در زیر پهنه ساختاری سبزوار و در توالی آتشفشانی- رسوبی کرتاسه رخ داده‌اند. این کانه‌زایی‌ها بر اساس جایگاه چینه‌ای، سن نسبی و نوع سنگ دربرگیرنده ماده معدنی در دو افق اصلی به شرح ذیل قرار دارند:

الف) افق I: این افق که کانسارهای منگنز نوده، فریزی و گف را در بر می‌گیرد، در بخش زیرین توالی کرتاسه پسین قرار داشته و سنگ درونگیر ماده معدنی در آن توف قرمز می‌باشد.

ب) افق II: این افق شامل کانسارهای منگنز ذاکری و چشمه سفید بوده، در بخش بالایی توالی کرتاسه پسین قرار می‌گیرد و سنگ درونگیر ماده معدنی در این افق شامل توف مارنی و توف کربناتی می‌باشد.

کانه‌زایی اکسید منگنز در افق I، در شش زیر افق مختلف در کانسار منگنز نوده و دو زیرافق مختلف در کانسارهای فریزی و گف به شکل پیکره‌های عدسی و لایه‌ای شکل رخ داده است.

در کانسار منگنز نوده، بر اساس ساخت و بافت، کانی‌شناسی و نوع ارتباط ماده معدنی با سنگ میزبان می‌توان سه رخساره کانه‌دار را از هم متمایز نمود: ۱) رخساره کانسنگ توده‌ای (۲) رخساره کانسنگ لایه‌ای (۳) رخساره دانه پراکنده- برشی (استرینگر). از لحاظ کانی‌شناسی این رخساره‌ها حاوی کانی- های پیرولوزیت، پسیلوملان، براونیت و منگنیت هستند. دگرسانی غالب در کانسار نوده شامل دگرسانی کلریتی می‌باشد. دگرسانی آرژیلیتی نیز بلافاصله در زیر رخساره توده‌ای دیده می‌شود که توسط دگرسانی کلریتی احاطه شده است. در کانسارهای فریزی و گف نیز تنها دگرسانی کلریتی دیده می‌شود. دگرسانی کلریتی عمدتاً در کمر پایین و به نسبت کمتری در کمر بالای ماده معدنی رخ داده است.

بر اساس مطالعات ژئوشیمیایی، بالا بودن نسبت‌های U/Th ، La/Ce ، Mn/Fe و Si/Al ، پایین بودن نسبت Co/Zn ، مقادیر فلزات کمیاب و بویژه فلزات Co ، Cu و Ni ، پایین بودن مقادیر عناصر نادر خاکی (REE) (به‌ویژه Eu و Ce ، Sm) و بالا بودن مقادیر SiO_2 ، Mn و Fe به عنوان شواهدی از ته- نشست Mn از سیالات گرمابی- برون‌دمی در یک محیط دریایی هستند و نقش فرآیندهای آزاد در پیدایش این کانسار ناچیز است. همچنین مطالعه الگوی REE کانسار منگنز نوده، خاستگاه گرمابی- برون‌دمی و اکسیدان بودن محیط دریایی ته‌نشست را برای این کانسار نشان می‌دهد. مطالعه الکترون میکروپروب بر روی کانی‌های منگنز نشان می‌دهد که با دور شدن از رخساره توده‌ای به سمت رخساره لایه‌ای، یک نوع پهنه‌بندی افقی منظم برای عناصر آهن و منگنز قابل تشخیص است.

با توجه به ویژگی‌های اصلی کانه‌زایی منگنز در منطقه نوده و مقایسه آنها با ویژگی‌های اساسی انواع شاخص ذخایر منگنز با میزبان آتشفشانی- رسوبی، کانسار منگنز نوده را می‌توان در رده کانسارهای آتشفشانی- رسوبی نوع کوبا طبقه بندی نمود.

واژگان کلیدی: منگنز، آتشفشانی- رسوبی، تیپ کوبا، کرتاسه پسین، نوده، جنوب غرب سبزوار

مقالات مستخرج از پایان نامه

- ۱- نصرالهی، ع.، موسیوند، ف.، قاسمی، ح.، (۱۳۹۱)، "الگوی تشکیل کانسار منگنز نوده در توالی آتشفشانی- رسوبی کرتاسه بالایی، زیرپهنه سبزوار"، سی و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور. (ارائه شده به صورت شفاهی).
- ۲- نصرالهی، ع.، موسیوند، ف.، قاسمی، ح.، (۱۳۹۲)، "مطالعات ژئوشیمی عناصر اصلی، کمیاب و نادر خاکی (REE) و خاستگاه کانسار منگنز نوده، جنوب غرب سبزوار" هفدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران. (ارائه شده به صورت شفاهی).

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات..... ۱

- ۱-۱- مقدمه..... ۲
- ۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه..... ۲
- ۱-۳- زمین ریخت شناسی..... ۳
- ۱-۴- شرایط آب و هوایی و پوشش گیاهی منطقه..... ۶
- ۱-۵- وضعیت معیشتی..... ۶
- ۱-۶- مطالعات انجام شده قبلی..... ۶
- ۱-۷- رده بندی کانسارهای منگنز..... ۸
- ۱-۷-۱- رده بندی نیکلسون (۱۹۹۲ b)..... ۸
- ۱-۷-۲- رده بندی گیلبرت و پارک (۱۹۹۷)..... ۹
- ۱-۷-۳- رده بندی کانسارهای منگنز ایران..... ۱۰
- ۱-۸- طرح مسئله و هدف از مطالعه..... ۱۱
- ۱-۹- روش مطالعه..... ۱۲
- ۱-۹-۱- گردآوری اطلاعات و مطالعه منابع..... ۱۲
- ۱-۹-۲- مطالعات صحرایی..... ۱۳
- ۱-۹-۳- مطالعات آزمایشگاهی و دستگاهی..... ۱۳
- ۱-۹-۴- مطالعات دفتری و تجزیه و تحلیل دادهها..... ۱۴

فصل دوم: زمین شناسی ناحیه ای..... ۱۵

- ۲-۱- مقدمه..... ۱۶
- ۲-۲- ویژگی های ساختاری- تکتونیکی پهنه ی سبزوار..... ۱۶
- ۲-۳- چینه شناسی..... ۲۲
- ۲-۳-۱- پرمین..... ۲۲
- ۲-۳-۲- تریاس..... ۲۲
- ۲-۳-۳- کرتاسه پیشین..... ۲۳
- ۲-۳-۴- کرتاسه پسین..... ۲۴
- ۲-۳-۵- پالئوسن..... ۲۹
- ۲-۳-۶- آئوسن..... ۳۱
- ۲-۳-۷- میوسن..... ۳۱
- ۲-۳-۸- کواترنری..... ۳۲

۳۲.....	۲-۴- ماگماتیسم.....
۳۴.....	۲-۵- تکتونیک و زمین‌شناسی ساختاری.....
۳۴.....	۲-۵-۱- گسل خوردگی و چین‌ها.....

فصل سوم: زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی محدوده‌ی معدنی.....۳۷

۳۸.....	۳-۱- مقدمه.....
۴۸.....	۳-۲- چین‌شناسی و سنگ‌شناسی منطقه.....
۳۹.....	۳-۲-۱- بخش ۱.....
۵۲.....	۳-۲-۲- بخش ۲.....
۵۳.....	۳-۳- زمین‌شناسی ساختمانی منطقه معدنی.....
۵۳.....	۳-۳-۱- چین‌خوردگی‌ها.....
۵۵.....	۳-۳-۲- گسل‌ها.....

فصل چهارم: کانه‌زائی و دگرسانی.....۵۹

۶۰.....	۴-۱- مقدمه.....
۶۰.....	۴-۲- افق‌های کانه‌دار مس و منگنز در توالی آتشفشانی- رسوبی، جنوب غرب سبزوار.....
۶۴.....	۴-۳- ویژگی‌های کانی‌زایی منگنز در کانسار نوده و رخساره‌های کانه دار آن.....
۶۴.....	۴-۴-۱- شکل هندسی ماده معدنی.....
۶۴.....	۴-۴-۲- رخساره کانه دار.....
۷۱.....	۴-۵- ویژگی‌های کانی‌زایی منگنز در کانسار فریزی.....
۷۲.....	۴-۶- ویژگی‌های کانی‌زایی منگنز در کانسار گف.....
۷۲.....	۴-۷- مقایسه توالی‌های کانه‌دار در کانسارهای نوده، گف و فریزی.....
۷۳.....	۴-۸- دگرسانی سنگ دیواره.....
۷۵.....	۴-۸-۱- دگرسانی کلریتی.....
۷۵.....	۴-۸-۲- دگرسانی آرژیلیتی.....

فصل پنجم: ساخت، بافت، کانی‌شناسی و توالی پاراژنزی.....۸۱

۸۲.....	۵-۱- مقدمه.....
۸۳.....	۵-۲- ساخت‌های اولیه.....
۸۳.....	۵-۲-۱- ساخت برشی.....

۸۳	۵-۲-۲- ساخت لامینه و عدسی شکل
۸۵	۵-۲-۳- ساخت توده‌ای
۸۵	۵-۲-۴- بافت دانه پراکنده
۸۶	۵-۳-۳- کانی شناسی
۸۹	۵-۳-۱- کانی‌های اصلی
۹۳	۵-۳-۲- کانی‌های فرعی
۹۴	۵-۳-۳- کانی‌های باطله
۹۵	۵-۴- مطالعات پراش اشعه ایکس (XRD)
۹۹	۵-۵- پاراژنز و توالی پاراژنتیک کانی‌ها

فصل ششم: مطالعات ژئوشیمیایی.....۱۰۳

۱۰۴	۶-۱- مقدمه
۱۱۰	۶-۲- ژئوشیمی منگنز
۱۱۰	۶-۲-۱- ژئوشیمی منگنز در شرایط ماگمایی
۱۱۱	۶-۲-۲- ژئوشیمی منگنز در محیط‌های سطحی
۱۱۳	۶-۲-۳- ژئوشیمی منگنز در محیط‌های هوازدگی سوپرژن
۱۱۵	۶-۳- ستون‌های لیتوژئوشیمیایی و بررسی تغییرات عناصر
۱۱۸	۶-۴- مطالعه شیمی کانسنگ
۱۲۳	۶-۴-۱- نمودارهای عناصر اصلی
۱۲۵	۶-۴-۲- نمودارهای عناصر کمیاب
۱۳۱	۶-۴-۴- عناصر نادر خاکی (REEs)
۱۳۶	۶-۴-۴- جمع بندی
۱۳۷	۶-۵- ارتباط و همبستگی عناصر در کانسنگ منگنز نوده
۱۳۸	۶-۶- عناصر لیتوفیل بزرگ یون
۱۴۰	۶-۷- شیمی کانی‌ها بر اساس روش الکترون میکرو پروب (EPMA)
۱۴۱	۶-۷-۱- هدف و ضرورت انجام مطالعه
۱۴۱	۶-۷-۲- نتایج آنالیز EPMA
۱۴۲	۶-۷-۳- جمع بندی

فصل هفتم: نتیجه گیری: الگوی تشکیل، تیپ کانه زایی و پیشنهاد اکتشافی.....۱۴۷

۱۴۸	۷-۱- مقدمه.....
۱۴۸	۷-۲- شواهد ژنتیکی مهم.....
۱۴۸	۷-۲-۱- محیط تکتونیکی تشکیل.....
۱۴۸	۷-۲-۲- محیط زمین شناسی ته نشست.....
۱۴۹	۷-۲-۳- سنگ میزبان و سنگ های همراه.....
۱۴۹	۷-۲-۴- شکل هندسی پیکره های معدنی.....
۱۴۹	۷-۲-۵- رخساره کانه دار و ساخت و بافت ماده معدنی.....
۱۵۰	۷-۲-۶- کانی شناسی.....
۱۵۰	۷-۲-۷- دگرسانی ها و منطقه بندی آنها.....
۱۵۰	۷-۲-۸- شواهد ژئوشیمیایی.....
۱۵۱	۷-۳-۱- ارائه مدل ژنتیکی کانسار منگنز نوده.....
۱۵۱	۷-۳-۱- منشأ عناصر کانه ساز.....
۱۵۳	۷-۳-۲- منشأ سیال کانه ساز.....
۱۵۳	۷-۳-۳- مدل ژنتیکی و شیوه تشکیل کانسار نوده.....
۱۵۶	۷-۴- بازسازی حوضه آتشفشانی - رسوبی جنوب غرب سبزوار.....
۱۶۰	۷-۵- مقایسه کانسار منگنز نوده با کانسارهای تیپیک آتشفشانی - رسوبی منگنز دنیا و ایران.....
۱۶۱	۷-۵-۱- مقایسه با کانسارهای تیپیک منگنز آتشفشانی - رسوبی دنیا.....
۱۶۵	۷-۵-۲- مقایسه با کانسارهای تیپیک منگنز آتشفشانی - رسوبی ایران.....
۱۶۸	۷-۶- تقسیم بندی کانسارهای آتشفشانی - رسوبی منگنز.....
۱۶۸	۷-۶-۱- مقایسه کانه زایی منگنز نوده با تیپ کوبا.....
۱۷۲	۷-۷- پیشنهاد های اکتشافی.....
۱۷۳	منابع.....

فهرست شکل ها

۴	شکل ۱-۱: موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به محدوده مطالعاتی.....
۵	شکل ۱-۲: نمایی از توپوگرافی منطقه.....
۵	شکل ۱-۳: تصویر ماهواره Land sat 7 از منطقه جنوب غرب سبزوار.....
۱۰	شکل ۱-۴: نقشه پهنه ساختاری ایران
۱۷	شکل ۲-۱: موقعیت کانسار منگنز نوده.....

- شکل ۲-۲: نقشه تکتونیکی ساده شده مهمترین صفحات تکتونیکی ایران را نشان می‌دهد..... ۲۰
- شکل ۲-۳: بازسازی حاشیه اوراسیا در کشور ایران در ارتباط با بسته شدن نئوتتیس..... ۲۱
- شکل ۲-۴: نقشه ساده شده زمین‌شناسی منطقه سبزوار ۲۵
- شکل ۲-۵: نمایی از واحداًتشفشانی- رسوبی کرتاسه پسین..... ۲۶
- شکل ۲-۶: نقشه ساده شده ۱:۱۰۰۰۰۰ دارین (وحدتی دانشمند، ۱۳۷۷)..... ۲۷
- شکل ۲-۷: ستون چین‌شناسی ناحیه‌ای از واحدهای سنگی موجود در جنوب غرب سبزوار ۳۰
- شکل ۲-۸: نمایی از چین خوردگی آهک‌های پلاژیک گلوبوترونکانادار..... ۳۱
- شکل ۲-۹: نقشه زمین‌شناسی ساده شده ۱:۱۰۰۰۰۰ دارین..... ۳۶
- شکل ۳-۱: گسترش توالی آتشفشانی- رسوبی کرتاسه پسین..... ۳۹
- شکل ۳-۲: ستون چین‌شناسی عمومی از واحدهای سنگی کرتاسه در منطقه مورد مطالعه..... ۴۱
- شکل ۳-۳: نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰ منطقه معدنی نوده..... ۴۲
- شکل ۳-۴: نمایی از رخنمون توف بلور- قطعه‌سنگی که در زیر توف‌های قرمز قرار دارد. ۴۳
- شکل ۳-۵: نمایی از واحدهای ۵ و ۶ توف قرمز که میزبان کانسار منگنز منطقه می‌باشد..... ۴۵
- شکل ۳-۶: مقطع عرضی در جهت عمود بر لایه‌بندی واحدها در منطقه معدنی نوده..... ۴۷
- شکل ۳-۷: نمایی از داسیت‌های محدوده معدنی گفت..... ۴۹
- شکل ۳-۸: موقعیت سیل گابرویی در منطقه معدنی نوده..... ۵۰
- شکل ۳-۹: مقطع عرضی در جهت عمود بر لایه‌بندی واحدها در منطقه معدنی نوده..... ۵۱
- شکل ۳-۱۰: تناوب ماسه توفی و شیل توفی که در زیر آهک‌های پلاژیک قرار دارند..... ۵۲
- شکل ۳-۱۱: نمایی از معدن منگنز ذاکری..... ۵۴
- شکل ۳-۱۲: چین خوردگی واحدهای توفی میزبان کانسار منگنز گفت ۵۵
- شکل ۳-۱۳: سیستم گسلی چپگرد نرمال که باعث جابجایی واحدهای منگنزدار شده است..... ۵۶
- شکل ۳-۱۴: نقشه ساختاری ۱:۵۰۰۰ منطقه نوده..... ۵۷
- شکل ۴-۱: تلفیقی از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ سبزوار و ۱:۱۰۰۰۰۰ دارین..... ۶۲
- شکل ۴-۲: ستون چین‌شناسی عمومی از واحدهای سنگی کرتاسه..... ۶۳
- شکل ۴-۳: ستون چین‌شناسی عمومی از منطقه معدنی نوده..... ۶۴
- شکل ۴-۴: مقطع عرضی از واحدهای سنگی منطقه معدنی نوده..... ۶۵
- شکل ۴-۵: مقطع عرضی در جهت عمود بر لایه‌بندی واحدها در منطقه معدنی نوده..... ۶۶
- شکل ۴-۶: نقشه ساده زمین‌شناسی سینه کار A ۶۷
- شکل ۴-۷: نمایی از رخساره کانسنگ توده‌ای..... ۶۸
- شکل ۴-۸: موقعیت رخساره کانسنگ لایه‌ای در کانسار منگنز نوده..... ۷۰
- شکل ۴-۹: مقطع عرضی از واحدهای سنگی منطقه معدنی فریزی..... ۷۱
- شکل ۴-۱۰: مقطع عرضی از واحدهای سنگی منطقه معدنی گفت..... ۷۳
- شکل ۴-۱۱: انطباق زیر افق‌های منگنز در کانسارهای نوده، گفت و فریزی..... ۷۴
- شکل ۴-۱۲: نمایی از دگرسانی کلریتی در کانسار نوده ۷۶

- شکل ۴-۱۳: داده‌های XRD سنگ‌های دارای دگرسانی آرژیلیتی ۷۷
- شکل ۴-۱۴: داده‌های XRD سنگ‌های دارای دگرسانی آرژیلیتی ۷۸
- شکل ۴-۱۵: نمایی از گسترش دگرسانی آرژیلیتی ۷۹
- شکل ۴-۱۶: نقشه دگرسانی‌های محدوده معدنی کانسار منگنز نوده ۸۰
- شکل ۵-۱: نمایی از ساخت برشی ۸۴
- شکل ۵-۲: لامینه‌های تیره رنگ منگنز در داخل توف قرمز ۸۴
- شکل ۵-۳: ماده معدنی منگنز دارای ساخت توده‌ای ۸۵
- شکل ۵-۴: ساخت دانه پراکنده منگنز در سنگ‌های آتشفشانی - رسوبی کانسار منگنز نوده ۸۶
- شکل ۵-۵: بافت سوزنی کانی پیرولولوزیت در کانسار منگنز نوده ۹۰
- شکل ۵-۶: کانی‌های پسیلوملان که به صورت دانه پراکنده در زمینه سنگ معدنی قرار دارند ۹۱
- شکل ۵-۷: کانی منگنیت که با انعکاس داخلی قرمز قابل مشاهده است ۹۲
- شکل ۵-۸: تصویر میکروسکوپی از کانی براونیت ۹۲
- شکل ۵-۹: نمونه دستی از سنگ‌های کمر پایین توده معدنی که دارای مگنتیت لایه‌ای است ۹۳
- شکل ۵-۱۰: تناوب لایه‌های توف قرمز و منگنز ۹۵
- شکل ۵-۱۱: داده‌های XRD از نمونه کانسنگ ۹۶
- شکل ۵-۱۲: داده‌های XRD از نمونه کانسنگ ۹۷
- شکل ۵-۱۳: داده‌های XRD از نمونه کانسنگ ۹۸
- شکل ۶-۱: موقعیت مقاطع لیتوژئوشیمیایی ۱۰۵
- شکل ۶-۲: نمودار محدوده‌های پایداری ترکیبات منگنز ۱۱۲
- شکل ۶-۳: نمودار تغییرات عناصر در مقطع A کانسار منگنز نوده بر اساس داده‌های XRF ۱۲۰
- شکل ۶-۴: نمودار Si/Al ۱۲۵
- شکل ۶-۵: نمودار سه‌تایی Ni- Cu- Co ۱۲۷
- شکل ۶-۶: نمودار Co/Zn- Co+Ni+Cu ۱۲۸
- شکل ۶-۷: نمودار سه‌تایی Mn- Fe- (Cu- Ni- Co) ۱۲۹
- شکل ۶-۸: نمودار U/Th ۱۳۰
- شکل ۶-۹: نمودار الگوی عناصر نادر خاکی ۱۳۲
- شکل ۶-۱۰: مقایسه الگوی عناصر نادر خاکی با کانسارهای گرمابی ۱۳۳
- شکل ۶-۱۱: نمودار تمرکز La در برابر Ce ۱۳۴
- شکل ۶-۱۲: نمودار عناصر لیتوفیل بزرگ یون ۱۳۸
- شکل ۶-۱۳: دستگاه الکترون پروپ در مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران ۱۴۲
- شکل ۶-۱۴: تصویر از مقطع N که آنالیز الکترون پروپ بر روی آن انجام شده است ۱۴۳
- شکل ۶-۱۵: تصویر از مقطع N که آنالیز الکترون پروپ بر روی آن انجام شده است ۱۴۴
- شکل ۶-۱۶: تصویر از مقطع B که آنالیز الکترون پروپ بر روی آن انجام شده است ۱۴۶

- شکل ۷-۱: محیط تکتونیکی تشکیل کانسار منگنز نوده ۱۴۹
- شکل ۷-۲: نحوه تشکیل کانسار منگنز نوده بر اساس مدل بروسنیتسین و همکاران (۲۰۰۹)..... ۱۵۷
- شکل ۷-۳: بازسازی حوضه آتشفشانی- رسوبی جنوب غرب سبزوار ۱۵۹

فهرست جداول

- جدول ۱-۱: رده‌بندی انواع کانسارهای منگنز بر حسب فرایندها و محیط ۱۱
- جدول ۱-۲: تقسیم بندی مهمترین دخیلر منگنز ایران..... ۱۴
- جدول ۴-۱: کانسارها و اندیس‌های منگنز و مس منطقه سبزوار..... ۶۲
- جدول ۵-۱: گروه‌های مهم کانی‌های منگنز و محیط تشکیل آنها ۸۷
- جدول شماره ۵-۲: محل برداشت و شماره نمونه‌های برداشت شده جهت آنالیز پراش اشعه ایکس..... ۹۵
- جدول ۵-۳: توالی پاراژنتیک و ساخت و بافت کانی‌ها در کانسارمنگنز نوده..... ۱۰۱
- جدول ۶-۱: فراوانی عناصر اندازه‌گیری شده در نمونه‌های کانسارهای منگنز نوده، فریزی و گفت..... ۱۰۶
- جدول ۶-۲: فراوانی عناصر اندازه‌گیری شده در نمونه‌های مقطع لیتوژئوشیمیایی (A)..... ۱۱۹
- جدول ۶-۳: مقایسه دامنه تغییرات Mn/Fe ۱۲۳
- جدول ۶-۴: غلظت عناصر نادر خاکی (REE) ۱۳۵
- جدول ۶-۵: ضریب همبستگی پیرسون ۱۳۹
- جدول ۶-۶: ترکیب شیمیایی نقاط مقطع N ۱۴۴
- جدول ۶-۷: ترکیب شیمیایی نقاط مقطع N ۱۴۵
- جدول ۶-۸: ترکیب شیمیایی نقاط مقطع B ۱۴۵
- جدول ۷-۱: رده بندی موسیر و پیچ (۱۹۸۸)..... ۱۷۱

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

منگنز یکی از فلزات مهم مورد نیاز صنایع کشور است. منگنز به علت دارا بودن خواص فیزیکی و شیمیایی مطلوب کاربردهای متنوعی در صنعت یافته است. در اواسط قرن نوزدهم منگنز به عنوان یکی از مواد اولیه فولاد برای اکسید زدایی و سولفید زدایی و تولید آلیاژهای سخت فولاد اهمیت پیدا کرد. حدود ۸۰-۹۰٪ منگنز تولیدی دنیا در صنعت فولاد سازی مصرف می‌شود. به طور متوسط فولاد دارای ۰/۶ درصد وزنی منگنز است که این مقدار به ۱۰٪ نیز می‌رسد و در فولادهای بسیار سخت بیش از این نیز می‌تواند باشد. مصارف دیگر منگنز شامل: آلیاژهای مخصوص آلومینیوم، ترکیبات شیمیایی، کاتالیزور، تصفیه آب، تغذیه دام، کود، رنگ دهنده آجر و باتری سازی می‌شود. اکسید منگنز طبیعی (اصولاً نزوتیت) به عنوان مواد کاتدی در باتری‌های خشک کربن- روی استفاده می‌شود. در سال‌های اخیر باتری‌های آلکالن که از اکسید منگنز مصنوعی، الکترولیتی، در ساخت آنها استفاده می‌شود، بازار مصرف بهتری پیدا کرده‌اند. با توجه به نیاز شدید صنایع مختلف و از جمله فولاد کشور به این ماده‌ی ارزشمند و کافی نبودن ذخایر و منابع شناخته شده فعلی آن در کشور، کاوش برای یافتن منابع جدید آن در ایران امری اجتناب ناپذیر است. بنابراین، ذخایر منگنز جنوب غرب سبزوار می‌تواند، بخشی از این نیاز را تأمین کند. در نتیجه مطالعه کانسارها و اندیس‌های منگنزدار این منطقه مورد توجه و بررسی این تحقیق بوده و نتایج حاصل از این بررسی می‌تواند بعنوان الگویی جهت شناسایی و اکتشاف ذخایر جدید منگنز در شمال و شرق ایران مرکزی مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه

کانسارهای مورد مطالعه با مختصات جغرافیایی $35^{\circ} 70'$ عرض جغرافیایی و $57^{\circ} 27'$ طول جغرافیایی در فاصله‌ی ۹۲ کیلومتری جنوب غرب سبزوار و ۴۷ کیلومتری بخش روداب (قلعه‌نوی) واقع شده‌اند. راه اصلی دسترسی به کانسار منگنز نوده جاده آسفالت سبزوار- حارث‌آباد- ملوند- نورآباد

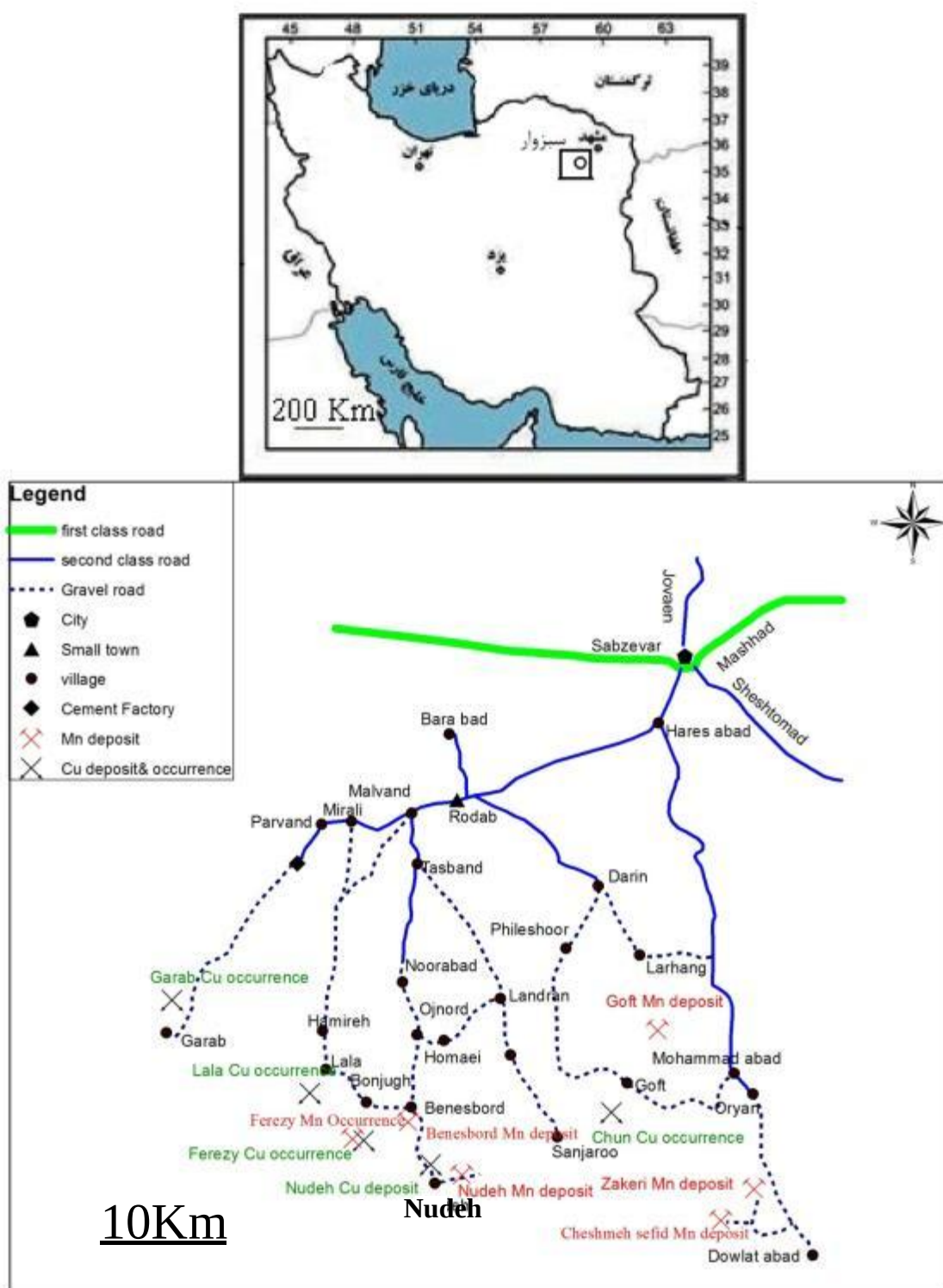
است که بعد از طی حدود ۶۵ کیلومتر از سبزوار به سمت جنوب غرب- جنوب، جاده خاکی از نورآباد شروع می شود که پس از طی ۲۷ کیلومتر در این جاده و پس از عبور از روستاهای اجنورد- بنسبرد- نوده به سمت شمال شرق می توان به محل کانسار رسید شکل (۱-۱).

دسترسی به کانسار فریزی با مختصات جغرافیایی $۷۳^{\circ} ۳۵'$ عرض جغرافیایی و $۲۲^{\circ} ۵۷'$ طول جغرافیایی از طریق راه دسترسی به کانسار نوده امکان پذیر می باشد با این تفاوت در ۴ کیلومتری نرسیده به روستای نوده جاده خاکی به سمت غرب منحرف می شود و پس از طی ۵ کیلومتر به محل کانسار می توان رسید (شکل ۱-۱).

راه اصلی دسترسی به کانسار گفت جاده آسفالته سبزوار- حارث آباد- محمدآبادعریان است که بعد از طی حدود ۶۵ کیلومتر از سبزوار به سمت جنوب جاده خاکی محمدآباد به سمت شمال غرب در مسیر رودخانه (کال مرغ) شروع می شود و پس از طی ۷ کیلومتر به کانسار منگنز گفت می توان رسید (شکل ۱-۱).

۱-۳- زمین ریخت شناسی

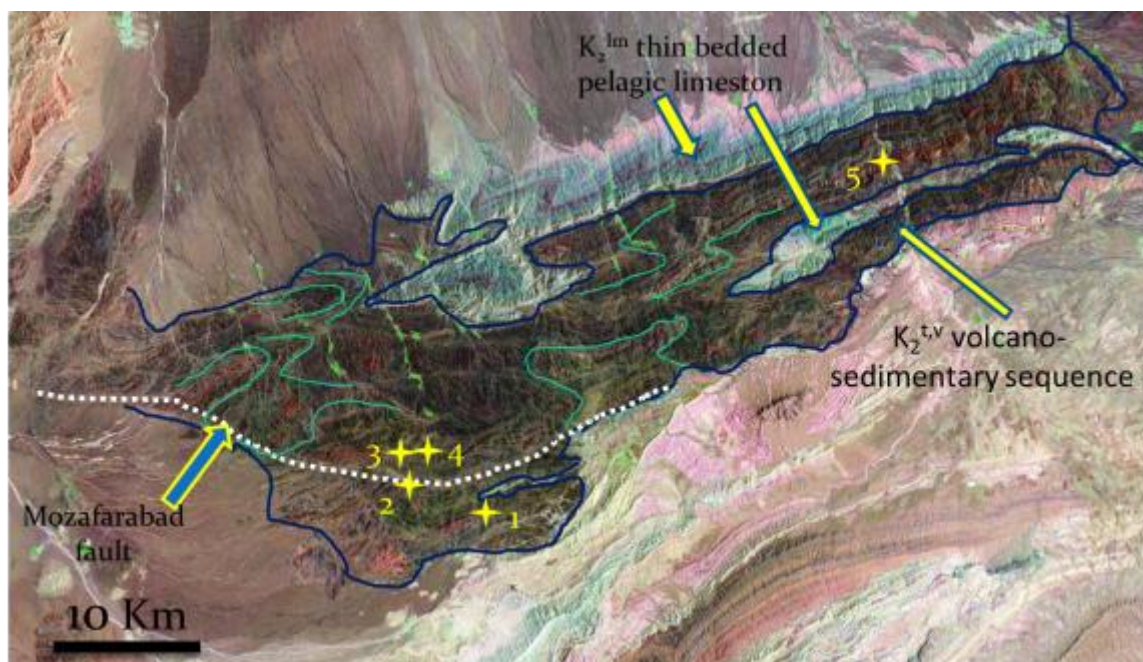
رخمون های سنگی در منطقه منحصر به انواع سنگ های آتشفشانی- رسوبی می باشند که دارای سیمای تپه ماهوری تا ستیغ های مرتفع با روند شمال شرق- جنوب غرب هستند. مورفولوژی عمده منطقه را سنگ های توفی تشکیل می دهد. سنگ های آتشفشانی و توفی به دلیل قابلیت بالای هوازدگی و فرسایش، دارای سیمای تپه ماهوری و سنگ های کربناته کرتاسه بالایی به دلیل قابلیت پایین بودن هوازدگی و فرسایش، دارای سیمای ستیغ مانند با ارتفاع ۱۵۰۰ متر از سطح دریا می- باشند (شکل های ۱-۲ و ۱-۳).



شکل ۱-۱: موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به محدوده مطالعاتی



شکل ۱-۲: نمایی از توپوگرافی منطقه که تپه ماهورها را توالی آتشفشانی-رسوبی و ستیغ‌ها را آهک‌های کرتاسه تشکیل می‌دهند. (دید به سمت شمال غرب)



شکل ۱-۳: تصویر ماهواره Land sat 7 از منطقه جنوب غرب سبزوار و موقعیت ذخایر منگنز در واحد آتشفشانی-رسوبی K_2^{tv} . ۱: منگنز نوده ۲: منگنز گستر خاور زمین ۳: منگنز چشمه فریزی ۴: منگنز بنسبرد ۵: منگنز گشت. ساختار کلی منطقه یک تاقدیس بزرگ می‌باشد که در داخل آن تاقدیس‌ها و ناودیس‌های کوچک رخنمون دارند. مهمترین گسل‌های منطقه، گسل گراپ-مظفرآباد است (سمت چپ، پایین نقشه).

۱-۴- شرایط آب و هوایی و پوشش گیاهی منطقه

منطقه مورد مطالعه با قرارگیری در حاشیه کویر دارای آب و هوای خشک و کم باران است. زمستان در این منطقه سرد و خشک و تابستان گرم و طاقت فرسا است. بیشترین درجه حرارت در تابستان بعضاً بالای ۵۰ درجه سانتیگراد و کمترین آن در زمستان به ۱۵ درجه زیر صفر می‌رسد. میانگین بارش سالیانه در این منطقه کمتر از ۴۰ میلیمتر در سال است (اقتباس از سایت سازمان جغرافیایی). به علت بدی شرایط آب و هوایی و پایین بودن میزان بارندگی، منطقه فاقد پوشش گیاهی غنی بوده و فقط به طور پراکنده در اطراف روستاها و مظهر قنات‌ها باغات و زمین‌های کشاورزی دیده می‌شوند. در منطقه مورد مطالعه، رودخانه‌های دائمی روان نیستند ولی در شمال غرب روستای محمدآباد عریان در دره کال مرغ رودخانه‌ی دائمی وجود دارد که از سمت جنوب سرچشمه می‌گیرد و به سمت شمال و بخش روداب روانه می‌گردد.

۱-۵- وضعیت معیشتی

آب و هوای خشک منطقه، پایین بودن میزان بارندگی سالیانه و فقدان کشاورزی مناسب، مانع از گسترش و رونق آبادی‌های موجود در منطقه گردیده است. با این حال منابع درآمد مردم این منطقه به ترتیب اهمیت شامل، دامداری، کشاورزی (بویژه کشت گندم، باغ توت و انگور، پسته، پنبه و سبزیجات) و کار در معادن منگنز می‌باشد. به طور کلی به دلیل فقدان کشاورزی و نبود واحدهای صنعتی، نرخ بیکاری جوانان بالا بوده و این منطقه به خاطر داشتن فقر اقتصادی جزء مناطق محروم کشور محسوب می‌شود.

۱-۶- مطالعات انجام شده قبلی

فعالیت معدنی در رابطه با کانه‌زایی منگنز در جنوب غرب سبزوار به صورت نیمه فعال در حال اجرا است. البته فعالیت‌های معدنی در رابطه با کانی سازی مس نیز به صورت فعالیت قدیمی و آثار شدادی

در چندین نقطه از گستره توالی آتشفشانی - رسوبی به صورت حفر ترانشه، چاه و چاهک قابل مشاهده است.

اما مطالعات زمین شناسی صورت گرفته بر روی ذخایر منگنز این ناحیه بسیار محدود است. مهمترین مطالعات قبلی صورت گرفته در منطقه شامل موارد زیر می باشند:

- روزبه کارگر (۱۳۷۷)، در قالب طرح اکتشاف مواد معدنی با استفاده از داده های ماهواره ای و ژئوفیزیک هوایی (پروژه سبزوار) گزارشاتی را ارائه کرده است.

- عشق آبادی (۱۳۷۷)، در قالب طرح اکتشاف مواد معدنی با استفاده از داده های ماهواره ای و ژئوفیزیک هوایی (پروژه سبزوار)، گزارشاتی را ارائه کرده است.

- طاطاوسیان (۱۳۷۸)، گزارش نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ سبزوار را در سازمان زمین شناسی تهیه کرده است.

- وحدتی دانشمند (۱۳۷۷)، گزارش نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ دارین را در سازمان زمین شناسی تهیه کرده است.

- وطن پور، (۱۳۸۸)، کاربرد عناصر گروه پلاتین (PGE) در اکتشاف و ارزیابی اقتصادی در کانسارهای کرومیت کمر بند افیولیتی سبزوار را ارائه کرده است.

- مسعودی (۱۳۸۸) در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد کانسار منگنز بنسبرد (شمال غرب کانسار منگنز نوده) را مورد مطالعه قرار داده و این کانه زایی را محصول فعالیت برون دمی و آتشفشانی - رسوبی دانسته اند.

- قنبری طر قبه و مقدسی (۱۳۸۹) مقاله ای در باره ی زمین شناسی کانسار منگنز چشمه سفید سبزوار نوشته و تشکیل آن را از نوع گرمابی - برون دمی دانسته است.

- نصیری و همکاران (۱۳۹۰) با مطالعات کانی شناسی بر روی ذخیره معدنی منگنز همایی، الگوی تشکیل آن را از نوع فعالیت برون‌دمی و آتشفشانی - رسوبی دانسته‌اند.

- مغفوری (۱۳۹۱) در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد، کانسارمس نوده (غرب کانسار منگنز نوده) را مورد مطالعه قرار داده و این نوع کانه‌زایی مس را از نوع سولفید توده‌ای نوع بشی^۱ معرفی کرده است. با اینحال تاکنون هیچگونه مطالعه زمین‌شناسی اقتصادی بر روی کانسار منگنز نوده، گفت و فریزی صورت نگرفته است.

۱-۷- رده بندی کانسار های منگنز

تاکنون رده بندی‌های گوناگونی برای کانسارهای منگنز توسط محققین مختلف: (نیکلسون^۲، b ۱۹۹۲؛ ودپول^۳، ۱۹۸۰؛ ماچامر^۴، ۱۹۸۷؛ مویسور و جپیچ^۵، ۱۹۸۸؛ گیلبرت و پارک، ۱۹۹۷؛ کولیشو، ۲۰۱۱) ارائه شده است از میان این رده‌بندی‌ها، رده بندی‌های نیکلسون (b ۱۹۹۲) و گیلبرت و پارک (۱۹۹۷) به جهت کاربردی بودن و جدید بودن از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد لذا به اختصار به این رده‌بندی‌ها اشاره می‌گردد.

۱-۷-۱- رده بندی نیکلسون (b ۱۹۹۲):

نیکلسون کانسارهای منگنز را بر مبنای فرآیند تشکیل به دو گروه تقسیم کرده است (جدول ۱-۱).

¹- Besshi- type

²- Nicholson

³-Wedphol

⁴- Machamer

⁵- Mosier and page

جدول ۱-۱: رده‌بندی انواع کانسارهای منگنز بر حسب فرایندها و محیط تشکیل (نیکلسون، ۱۹۹۲ b)

فرایند تشکیل		گرمایی		سوپرژن
محیط تشکیل	دریایی	خشکی	دریایی	خشکی
انواع کانسارها	بروندمی - رسوبی	چشمه‌های آب گرم رگه‌ای	پوسته‌ها پوششها گرهکها رسوبات	لجن‌ها و خاکها آب شیرین هوازدگی دابیهیتس ^۱

Doubhets* گونه‌ای است که در آن منگنز از سکانس‌های کانه‌زایی شده قبلی مشتق شده است.

۱-۷-۲- رده بندی گیلبرت و پارک (۱۹۹۷):

بر اساس این رده بندی کانسارهای منگنز را به سه دسته تقسیم کرده‌اند:

الف- کانسارهای آتشفشانی

- کانسارهای همراه با آگلومرا، توف و سایر سنگهای آذرآواری که خاستگاه آنها خشکی یا دریا بوده و همراه با چشمه‌های آب داغ می‌باشند.

- کانسارهایی که مرتبط با سازند آهن نواری دور از منشأ^۲ بوده و منشأ بروندمی دارند.

ب- کانسارهای غیر آتشفشانی

- کانسارهای مردابی، دریاچه‌ای و رودخانه‌ای.

- کانسارهای رسوبی با منشأ قاره‌ای که در موقعیت زمین ناودیس یا فلات قاره تشکیل شده‌اند.

ج- کانسارهای دورگه

- گرهکهای منگنز.

- رسوبات کف دریا که دور از چشمه‌های آب داغ زیردریایی ته‌نشین شده‌اند.

^۱- Doubhets

^۲- distal

۱- ۷- ۳- رده بندی کانسارهای منگنز ایران

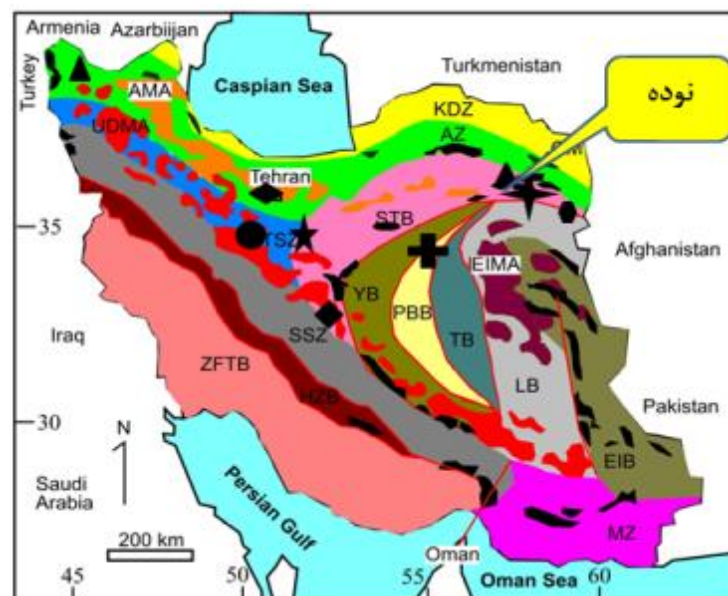
مهمترین کانسارهای منگنز ایران را می توان بر اساس الگوی تشکیل به دو گروه تقسیم کرد:

الف) گرمابی رگه ای

ب) آتشفشانی- رسوبی

- با میزبان رسوبی

- با میزبان آتشفشانی- رسوبی (شکل ۱- ۴)، (جدول ۱- ۲).



Main tectonic units of iran

- Alborz belt
- Folded Zagros zone
- Sea
- East Iran belt
- Trust Zagros zone
- Kopeh Dagh
- Lut block
- Makran
- Posht- Badam block
- Sanandaj- Sirjan zone
- Sabzevar block
- Tabas block
- Tabriz- Qom belt
- Yazd block
- Alborz magmatic assemblage
- East Iran magmatic assemblage
- Uromieh-Dokhtar magmatic assemblage

بنسبرد	▲	ونارچ	★
ذاکری	✦	شمس آباد	●
ناریگان	✚	هنشک	◆
تربت حیدریه	●	صفو	▲
ترود	●	گراپ	◆

شکل ۱- ۴: نقشه پهنه ساختاری ایران (آقائباتی، ۱۳۸۵) توزیع مهمترین کانسارهای منگنز آتشفشانی -رسوبی ایران.

جدول ۱-۲: تقسیم بندی مهمترین دخیل منگنز ایران بر اساس الگوی تشکیل، سنگ میزبان و سن تشکیل.

نام کانسلر	پهنه ی سلخلاری	سنگ میزبان	سن	نوب کله زایی	مرجع
قرلجه و آذر شهر			عهد حاضر	چشمه های آب گرم	برنا، ۱۳۷۰
گراب	البرز مرکزی	توف و آهک توفی	الیگوموسن	آتشفشانی- رسوبی (تیب کوبا)	دولت خواه ، ۱۳۸۱
ریلک کریم	اروسیه دختر	ولحد های آترواری، تراکیتی ، لیگنیریتی	اوسن بالایی	آتشفشانی- رسوبی	امیری، ۱۳۷۴
تروند	زون سوزوار	سنگ های ولکانیکی، توف و مازن	اوسن	آتشفشانی- رسوبی	یاقوزانه، ۱۳۹۲
ونارچ	اروسیه دختر	توف و آهک	اوسن	آتشفشانی- رسوبی	فردوست، ۱۳۷۰
ذاکری	زون سوزوار	توف آهکی	یاقوسن	آتشفشانی- رسوبی	تقی زاده، ۱۳۹۱
نوده	زون سوزوار	توف	کرتاسه فوقانی	آتشفشانی- رسوبی	لصراهی، ۱۳۹۱
آب بند	ایران مرکزی	لایه های چرتی رادیولاریت	کرتاسه فوقانی	آتشفشانی- رسوبی	برنا، ۱۳۷۰
بنسورت	زون سوزوار	توف	کرتاسه فوقانی	آتشفشانی- رسوبی	مسعودی، ۱۳۸۸
صفو	زون آلوئیتی خوی	رسوینا ت پالزیک و چرت رادیولاریتی	کرتاسه فوقانی	آتشفشانی- رسوبی	اسماعیلی پور، ۱۳۸۴
تربت حنریه	ایران مرکزی	دولومیت سنگ آهک	کرتاسه ی تمدنی	آتشفشانی- رسوبی (distal)	امندی، ۱۳۸۵
شمس آباد ارک	سلنلج سیرجان	سنگ آهک دولومیتی	کرتاسه ی تمدنی	آتشفشانی- رسوبی (distal)	فرهادی، ۱۳۷۴
هشنگ	سلنلج سیرجان	ریولیت، توف و دولومیت	تریاس ژوراسیک	آتشفشانی- رسوبی	برنا، ۱۳۷۰
ناریگان	ایران مرکزی	توف ریولیتی سبز رنگ	پرکامبرین	آتشفشانی- رسوبی (distal)	پلهادی، ۱۳۷۹

۱-۸- طرح مسئله و هدف از مطالعه

کانه زایی منگنز در ورقه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دارین (وحدتی دانشمند، ۱۳۷۷)، در زیر پهنه سبزواری، از بلوک ایران مرکزی، در داخل توالی آتشفشانی- رسوبی کرتاسه پسین گزارش شده است. این توالی آتشفشانی- رسوبی گسترش زیادی در منطقه داشته و در بر گیرنده ی کانسارهای منگنز نوده، گف، فریزی، همایی، بنسبرد، چشمه سفید و ذاکری می باشد. نظر به اینکه در رابطه با این کانسارها مطالعه ی دقیقی بویژه از نظر کانی شناسی، ساخت و بافت و همچنین چگونگی تشکیل و ژنز صورت نگرفته است، لذا به نظر می رسد بررسی های زمین شناسی، کانی شناسی، ساخت و بافت، ژئوشیمی و ارائه مدل تشکیل برای این دخیل بتواند به عنوان الگو و راهنما در شناسایی و اکتشاف دخیل مشابه از این نوع کانه زایی در منطقه مؤثر باشد. بنابراین اهداف مورد نظر این پژوهش عبارتند از:

- ارائه الگوی تشکیل برای کانسار منگنز نوده، گفت و فریزی بر اساس مطالعات زمین‌شناسی ناحیه‌ای، ساخت و بافت ماده‌ی معدنی، کانی‌شناسی، دگرسانی و ژئوشیمی.

- مشخص کردن نوع کانه‌زایی در کانسارهای نوده، گفت و فریزی و مقایسه آن با موارد مشابه در ایران و جهان.

- ارائه کلید اکتشافی جهت پی‌جویی کانه‌زایی‌های مشابه احتمالی در مقیاس ناحیه‌ای در این بخش از ایران.

۱-۹- روش مطالعه

انجام این تحقیق طی چند مرحله به شرح ذیل صورت گرفته است:

۱-۹-۱- گردآوری اطلاعات و مطالعه منابع

گام نخست در انجام این تحقیق، گردآوری اطلاعات و مطالعه‌ی منابع بوده که به شرح ذیل صورت گرفته است:

- تهیه و مطالعه کتب و مقالات در زمینه‌ی موضوع پایان نامه

- گردآوری نقشه‌های زمین‌شناسی کوچک مقیاس موجود، تصاویر ماهواره‌ای و نیز بررسی کلیه گزارش‌ها و مقالاتی که به نحوی در ارتباط با منطقه‌ی مورد مطالعه و نواحی اطراف و نیز کانه‌زایی‌های مشابه در جهان می‌باشند.

- برقراری ارتباط با زمین‌شناسان داخلی و خارجی جهت تهیه و تأمین منابع به روز

۱-۹-۲- مطالعات صحرایی

مطالعات صحرایی در چند نوبت و ۱۰ روز به شرح ذیل صورت گرفته است:

- بازدیدهای مقدماتی به منظور آشنایی با محدوده‌ی مورد مطالعه و انطباق اطلاعات موجود با مشاهدات صحرایی.

- شناسایی و تفکیک واحدهای سنگی و نمونه برداری دقیق و بررسی چگونگی ارتباط آنها با یکدیگر

- بررسی جایگاه چینه‌شناسی کانه‌زایی‌ها و ارتباط آنها با سنگهای توالی میزبان.

- مطالعه ژئومتری، ساخت و بافت ماده‌ی معدنی در مقیاس محلی، رخنمون و نمونه دستی.

- بررسی احتمال کانه‌زایی‌ها با پدیده‌های ساختاری مثل گسل‌ها و چین خوردگی‌ها.

- تهیه مقاطع سنگ چینه‌ای و لیتوژئوشیمیایی در جهت عمود بر روند لایه‌بندی به منظور مطالعات سنگ شناسی، کانی‌شناسی و ژئوشیمی.

- تهیه نقشه زمین‌شناسی معدنی به مقیاس ۱:۵۰۰۰ از کانسار نوده.

- بازدیدهای نهایی از منطقه به منظور کنترل نتایج و اطلاعات به دست آمده.

۱-۹-۳- مطالعات آزمایشگاهی و دستگاہی

در این مرحله، پس از نمونه‌برداری با توجه به اهداف مطالعه، بر روی این نمونه‌ها مطالعات مختلف به شرح ذیل صورت گرفته است:

- تهیه ۳۰ مقطع نازک از نمونه‌های سنگی مختلف و انجام مطالعات پتروگرافی بر روی آنها.

- تهیه ۲۵ مقطع نازک- صیقلی و ۱۸ مقطع صیقلی از نمونه‌های معدنی جهت مطالعات الکترون مایکروپروب (EPMA)، بافت و پاراژنز کانه‌ها

- استفاده از پراش اشعه ایکس جهت مطالعه ۵ نمونه از مواد معدنی و سنگ‌های دگرسان شده و تشخیص کانی‌های اصلی و فرعی کانسنگ‌ها و سنگ‌های درونگیر و برخی از کانی‌های دگرسانی.

- انجام ۱۶ نمونه آنالیز ژئوشیمیایی به روش فلوتورسانس اشعه ایکس (XRF)، به منظور تعیین میزان عناصر اصلی و فرعی در سنگهای موجود در منطقه در مرکز تحقیقات و فرآوری مواد معدنی ایران وابسته به سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران (ایمیدرو)^۱.

- انجام ۱۷ نمونه آنالیز ژئوشیمیایی به منظور تعیین میزان عناصر کمیاب^۲ و عناصر نادرخاکی به روش‌های ICP-MS و ICP-OES با حمایت مالی شرکت ایمیدرو توسط شرکت کانادایی Acme.

۱-۹-۴- مطالعات دفتری و تجزیه و تحلیل داده‌ها:

- ترسیم نقشه‌های زمین‌شناسی با استفاده از نرم افزار Arc GIS.

- تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از تجزیه نمونه‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی مانند Excel، Spss و GCD kit.

- پردازش و تجزیه و تحلیل و تلفیق داده‌های حاصل از بررسی‌های صحرایی، مطالعات مقاطع میکروسکوپی و داده‌های ژئوشیمیایی.

- تلفیق داده‌های فوق‌الذکر با داده‌های حاصل از مطالعه مقالات و کتب مربوط به منظور ارائه مدل کانه‌سازی در منطقه و نیز مقایسه‌ی این کانه‌زایی با نهشته‌های مشابه در جهان.

- نگارش فصول پایان‌نامه

^۱- IMIDRO

^۲- Trace

فصل دوم

زمین‌شناسی ناحیه‌ای

۲-۱- مقدمه

محدوده معدنی منگنز نوده، گف و فریزی در بخش شمال شرقی پهنه‌ی سبزوار قرار گرفته است. این پهنه قسمتی از خرده قاره‌ی ایران مرکزی می‌باشد. خرده قاره ایران مرکزی از پهنه‌های ساختاری بلوک‌های لوت، طبس، پشت بادام، یزد و بلوک سبزوار تشکیل شده است (علوی^۱، ۱۹۹۱) (شکل ۱-۳).

۲-۲- ویژگی‌های ساختاری - تکتونیکی پهنه‌ی سبزوار

پهنه سبزوار از جنوب به گسل بزرگ کویر (گسل درونه) و از شمال به گسل میامی و نیشابور- تربت- جام یا گسل بینالود محصور می‌شود. در حقیقت این پهنه، به صورت بلوک دوزنقه‌ای شکل در بین پهنه‌های بینالود، البرز و لوت واقع شده است (شکل ۲-۱). این پهنه را به طور کلی از دیدگاه زمین- شناسی و فلز زایی، می‌توان به دو کمر بند کویر- سبزوار و تکنار تقسیم کرد. کمر بند کویر- سبزوار که توسط بیشتر زمین‌شناسان، پهنه سبزوار نامیده می‌شود، از خاور نیشابور تا سرکویر سمنان را در بر می‌گیرد (لیندنبگ^۲، ۱۹۸۳). جغرافیای دیرینه پهنه سبزوار زیاد مشخص نیست ولی بیشتر محققین آن را با افیولیت‌های نائین- بافت و افیولیت‌های سیستم مرتبط می‌دانند (استامفلی و بورل^۳، ۲۰۰۴؛ باقری و استامفلی^۴، ۲۰۰۸؛ آگارد^۵ و همکاران، ۲۰۱۱). (شکل ۲-۲). این افیولیت‌ها که به طور ناپیوسته اطراف ایران مرکزی را احاطه کرده‌اند نشان‌دهنده‌ی پوسته‌های اقیانوسی ناپیوسته هستند (باروز و همکاران^۶، ۱۹۸۴؛ آگارد و همکاران، ۲۰۱۱). افیولیت‌های سبزوار، افیولیت‌های نائین- بافت و افیولیت‌های سیستم در یک محیط کششی از نوع حوضه‌های پشت کمانی^۷ در خلال کرتاسه میانی-

¹ - Alavi

² - Lindenberg

³ - Stampfli and Borel

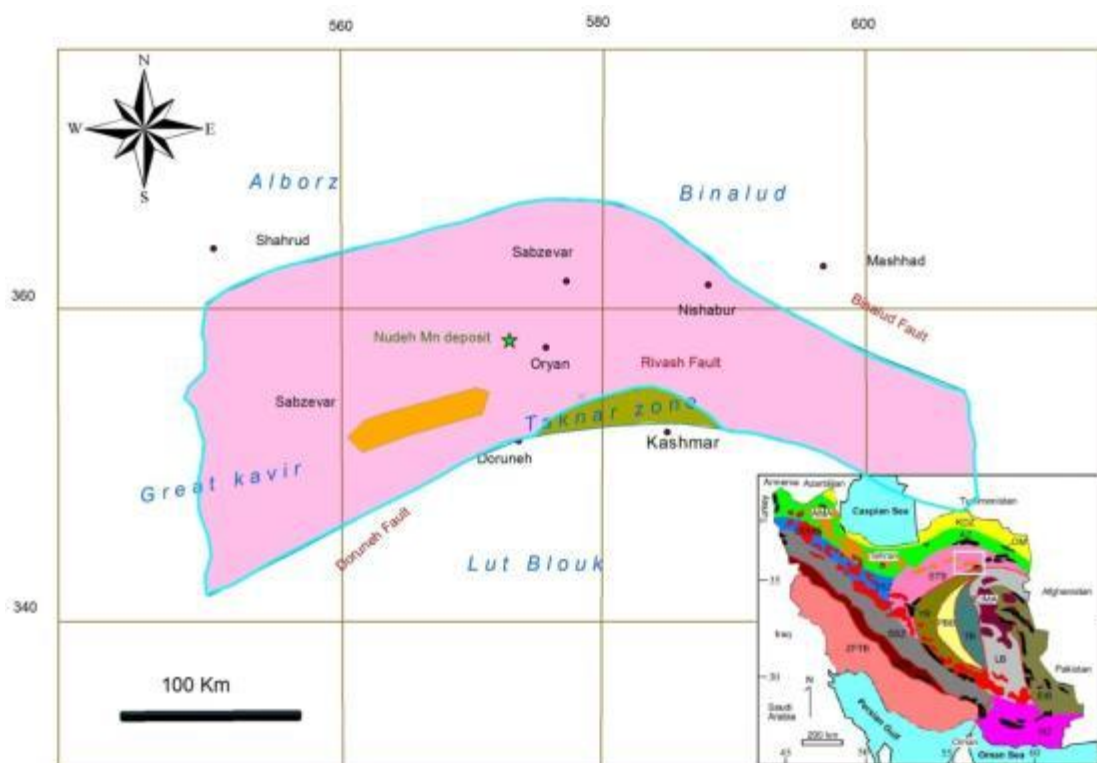
⁴ - Bagheri and Stampfli

⁵ - Agard

⁶ - Baroz

⁷ - Back- arc

کرتاسه فوقانی تشکیل شده‌اند. این کشش در اثر فروانش نئوتتیس به زیر پهنه سندج- سیرجان رخ داده است (روزتی و همکاران، ۲۰۱۰) (شکل ۲-۳). این محیط‌های اقیانوسی کششی پشت کمانی در آغاز پالئوسن شروع به بسته‌شدن کرده و در زمان ائوسن به طور کامل بسته شده‌اند (روزتی و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۲-۱: موقعیت کانسار منگنز نوده و منطقه مورد مطالعه در زون ساختاری سبزوار در ایران مرکزی (با تغییرات از لیندنبرگ (۱۹۸۳)).

داده‌های ایزوتوپی سن افیولیت‌های نائین- بافت را ۹۳ میلیون سال به روش K-Ar بر روی هورنبلند (شفایی‌مقدم^۱ و همکاران، ۲۰۰۹) و برای افیولیت‌های سبزوار ۸۶-۸۷ میلیون سال تعیین کرده است (باروز و همکاران، ۱۹۸۴). این داده‌های سن‌سنجی به خوبی زمین‌کشش این محیط‌ها را تأیید می‌-

¹ - Shafaii Moghadam

کنند. بنابراین نظریه عمومی در مورد ماگماتیسیم و رسوبگذاری پهنه‌ی سبزوار، ایجاد محیط کشتی و تشکیل یک کافت پشت کمانی در طی کرتاسه‌ی پسین می‌باشد (روزتی و همکاران، ۲۰۱۰).

به عقیده‌ی این محققین با آغاز بسته‌شدن (شروع فروورانش) نئوتتیس، در زمان تریاس فوقانی- ژوراسیک زیرین حواشی فعال^۱ در حاشیه‌ی اوراسیا شروع به تشکیل شدن می‌کند (بربریان و کینگ^۲، ۱۹۸۱؛ بشی^۳ و همکاران، ۱۹۹۸؛ استامفلی و بورل، ۲۰۰۴؛ آروین^۴ و همکاران، ۲۰۰۷؛ روزتی و همکاران، ۲۰۱۰؛ قاسمی و جمشیدی، ۱۳۹۰). به این صورت که این فروورانش اقیانوسی باعث تشکیل کمان ماگمایی تیپ کردیلرا^۵ در طول پهنه سنندج- سیرجان در زمان ژوراسیک- کرتاسه شده (بربریان، ۱۹۸۱؛ قاسمی و تالبوت^۶، ۲۰۰۶؛ روزتی و همکاران، ۲۰۱۰) و به طبع آن در پشت این کمان ماگمایی، حوضه‌های اقیانوسی پشت کمانی تشکیل شده است (مک‌کال^۷ و همکاران، ۱۹۹۷؛ روزتی و همکاران، ۲۰۱۰). در عین حال، مطالعات سن‌سنجی از افیولیت‌های خرده قاره‌های شرق ایران مرکزی^۸، تشکیل این حوضه‌های اقیانوسی پشت کمانی را در دو زمان اصلی ارائه می‌دهد: (۱) در طول ژوراسیک فوقانی- کرتاسه‌ی زیرین (افیولیت‌های سیستم فنوج) (فتوحی‌راد^۹ و همکاران، ۲۰۰۹). (۲) در طول کرتاسه‌ی پسین (افیولیت‌های سبزوار- نائین- بافت) (شجاعت^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۳؛ شفاعی‌مقدم و همکاران، ۲۰۰۹؛ روزتی و همکاران، ۲۰۱۰).

سیر تکامل پهنه سبزوار بر اساس مدل ارائه شده بوسیله روزتی و همکاران (۲۰۱۰) از زمان کرتاسه‌ی زیرین تا ائوسن عبارت است از:

¹- Active Margin

²- Berberian and King

³- Besse

⁴- Arvin

⁵- Margin Cordilleran- type

⁶- Ghasemi and Talbot

⁷- Maccall

⁸- East Iranian Microcontinent Central (CEIM)

⁹- Fotoohi Rad

¹⁰- Shojaat

(۱) **کرتاسه‌ی زیرین:** شرایط زمین‌ساختی پهنه سبزوار را می‌توان با شروع فرورانش اقیانوس نئوتتیس

در طول پهنه سهندج- سیرجان در زمان کرتاسه‌ی زیرین بازسازی کرد (قاسمی و تالبوت، ۲۰۰۶؛

آگارد و همکاران، ۲۰۰۷؛ روزتی و همکاران، ۲۰۱۰). به طرف شمال‌شرق این پهنه فرورانشی به

اقیانوس سیستان وصل می‌شود و همین عامل باعث شکل‌گیری یک پهنه فرورانشی مرکب (اقیانوس

نئوتتیس و اقیانوس سیستان) در طول حاشیه اوراسیا می‌شود (قاسمی و تالبوت، ۲۰۰۶؛ آگارد و

همکاران، ۲۰۰۷؛ روزتی و همکاران، ۲۰۱۰). مطالعه‌ی اورانیوم- سرب بر روی سنگ‌های فلسیک

موجود در گرانولیت‌های سبزوار، زمان اوج دگرگونی را در کرتاسه زیرین نشان می‌دهد که حدود ۲۰-

۲۵ میلیون سال قبل از بازشدگی حوضه پشت‌کمانی سبزوار- نائین است. روزتی و همکاران (۲۰۱۰)

معتقداند گرانولیت‌های سبزوار در اثر فرورانش حوضه‌ی اقیانوسی پشت‌کمانی سیستان، در زمان

ژوراسیک فوقانی- کرتاسه‌ی زیرین به زیر صفحه‌ی اوراسیا تشکیل شده است.

(۲) **کرتاسه‌ی پسین:** در زمان کرتاسه پسین فرورانش درون اقیانوسی^۱ در نئوتتیس ایجاد شده

که با شکل‌گیری زمین‌درز جزیره کمانی^۲ و راندگی افیولیت در طول حاشیه‌ی غربی (افیولیت‌های

عمان) دنبال شده است. در ادامه‌ی فرورانش، حوضه‌ی کششی پشت‌کمانی^۳ سبزوار- نائین، در بخش

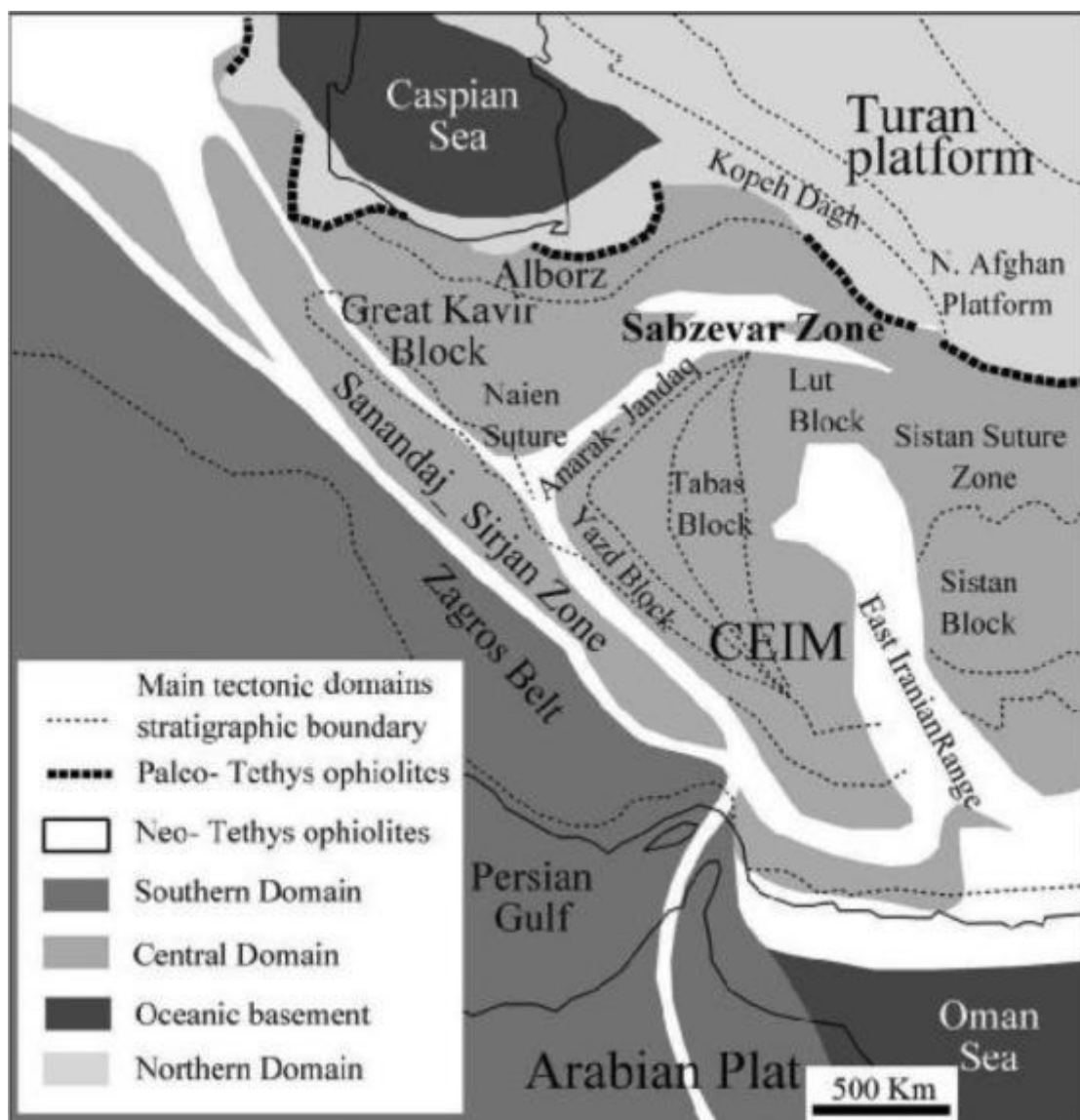
بالایی صفحه فرورانش نئوتتیس تشکیل شده که با فاز اصلی ماگماتیسم در پهنه سهندج- سیرجان

همزمان بوده است (آگارد و همکاران، ۲۰۰۷؛ عمرانی و همکاران، ۲۰۰۸؛ روزتی و همکاران، ۲۰۱۰).

¹ - Intra oceanic

² - Island Arc- Continent Suturing

³ - Extentional Back Arc basin

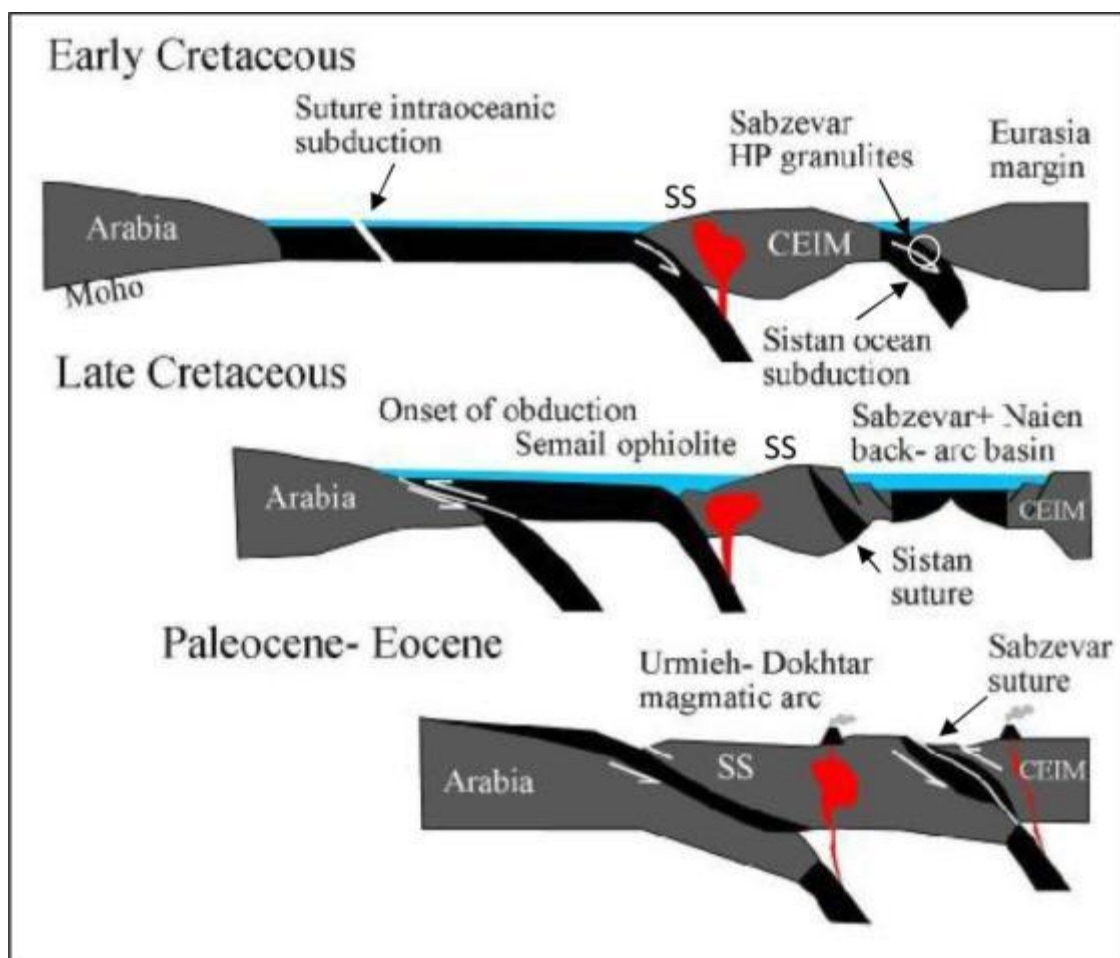


شکل ۲-۲: نقشه تکتونیکی ساده شده که مهمترین صفحات تکتونیکی (Tectonic domains) ایران را نشان می-دهد. کمربندهای افیولیتی مهم با رنگ سفید روی نقشه مشخص می‌باشد. (روزتی و همکاران، ۲۰۱۰).

(۳) پالتوسن - اتوسن: در این زمان زمین درزی بین صفحه ایران مرکزی و البرز شرقی (بینالود) تشکیل می‌شود که حاصل فرورانش حوضه پشت کمانی سبزوار به زیر البرز شرقی (بینالود) است (بربریان و بربریان، ۱۹۸۱؛ آروین و همکاران، ۲۰۰۷؛ عمرانی^۱ و همکاران، ۲۰۰۸؛ روزتی و همکاران، ۲۰۱۰).

^۱ - Omrani

پهنه سبزوار با افیولیت ملانژهای کرتاسه پسین شناخته می‌شود و بر اساس مطالعات روزتی و همکاران، (۲۰۱۰) این افیولیت ملانژها، نشان از یک محیط کششی کافت پشت کمانی می‌باشند. از آن جایی که حجم عمده‌ای از مجموعه افیولیتی در شمال سبزوار گسترش دارد ولی در جنوب سبزوار در ورقه دارین اثری از افیولیت ملانژ دیده نمی‌شود (شکل ۲-۴)، در نتیجه این اطلاعات نشان دهنده کشش زیاد و بازشدگی عمیق پوسته در شمال سبزوار بوده است که باعث شکل‌گیری پوسته‌ی اقیانوسی مافیک در شمال سبزوار شده است.



شکل ۲-۳: بازسازی حاشیه اوراسیا در کشور ایران در ارتباط با بسته شدن نئوتتیس (قاسمی و تالپوت، ۲۰۰۶؛ آگارد و همکاران، ۲۰۰۷؛ شفایی‌مقدم و همکاران، ۲۰۰۹؛ روزتی و همکاران، ۲۰۱۰).

وحدتی‌دانشمند (۱۳۷۷) این بخش از پهنه سبزوار (ورقه دارین) را مرتبط با سیستم کافت دانسته که متشکل از واحدهای آتشفشانی- رسوبی (K_2^{tv}) می‌باشد. این واحدها شامل تناوبی از توف، سنگ‌های

آشفشانی، سیلتستون، شیل سیلیسی همراه با آهک پلاژیک می‌باشد (شکل ۲-۵، ۲-۶). رسوبات آهکی غنی از پلانکتون و فرامینوفر می‌باشند که بیانگر زمان از سنومانین تا ماستریشیتین هستند (وحدتی دانشمند، ۱۳۷۷). نکته‌ی حائز اهمیت و اثبات کافت در این بخش از پهنه سبزوار حضور سنگهای ریولیتی، داسیتی، آندزیتی و بخصوص توف‌های اسیدی در میان سنگ‌های با ترکیب بازیک تا متوسط می‌باشد که نشان از آغشتگی مذاب‌های گوشته‌ای صعودی با پوسته قاره‌ای باز شده می‌باشد که باعث تولید سنگ‌هایی با طیف ترکیبی دوگانه (فلسیک و مافیک) در ورقه‌ی دارین شده است.

۲-۳- چینه‌شناسی

منطقه‌ی مورد مطالعه در برگه‌ی زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشمر (افتخارنژاد و همکاران، ۱۳۵۵) و دربرگه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دارین (وحدتی دانشمند، ۱۳۷۷) قرار دارد. توضیح واحدهای سنگی رخنمون یافته در منطقه مورد مطالعه از قدیم به جدید با استفاده از نقشه‌های فوق (بخصوص نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ دارین) و گزارشهای مربوط به اختصار در زیر آورده شده است (شکل‌های ۲-۶، ۲-۷).

۲-۳-۱- پرمین

در شمال غرب منطقه‌ی مورد مطالعه، رخنمون‌های کوچکی از سنگ‌های مربوط به پلاتفرم پالئوزویک تا تریاس ایران، با ارتباطات گسله در مجاورت سنگ‌های اربیتولین‌دار کرتاسه‌ی پیشین ظاهر شده و از سنگ آهک‌ها و دولومیت‌های به رنگ خاکستری تیره تا سیاه دارای رگه‌های فراوان چرت و نیز قلوه-های چرتی تشکیل گردیده است که به بخش بالایی و دولومیتی سازند جمال شباهت دارند.

۲-۳-۲- تریاس

بر روی سازند جمال رخساره‌های مربوط به سازند سرخ شیل به ضخامت حداکثر ۲-۳۰ متر قرار گرفته است که از شیل‌های سیلت‌دار سیلیسی کمی آهکی به رنگ خاکستری روشن متناوب با افق-

های نازک ماسه سنگ و کوارتزیت گاهی قرمز رنگ اکسید آهن (لاتریتی) تشکیل شده است. بر روی سازند سرخ‌شیل دولومیت‌های قرمز-قهوه‌ای ضخیم‌لایه تا توده‌ای شکل سازند شتری قرار گرفته است که گاهی دارای رگه‌های چرت نیز می‌باشد.

۲-۳-۳- کرتاسه پیشین

واحدهای کرتاسه پیشین شامل سنگ آهک‌های کالپیونل‌دار، سنگ‌های آتشفشانی، توف، توف برش، سنگ آهک و مارن سیلت‌دار، مارن، سنگ آهک و شیل، سنگ آهک‌های اربیتولین‌دار، ماسه‌سنگ و واحد کنگلومرایی (جوان‌ترین واحد کرتاسه پیشین) می‌باشد. سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه پیشین شامل آندزیت، اسپلیت، کراتوفیر به رنگ سبز پسته‌ای، توف و توف برش می‌باشد. در کنگلومرای قرمز رنگ قاعده‌ای، قلوه‌های فرسایش‌یافته توف و یا آندزیت نیز به فراوانی دیده می‌شود. نهشته‌های بخش تحتانی کرتاسه پیشین از شرق به غرب ورقه‌ی دارین جوانتر می‌شوند. این واحدها در شمال محمدآباد و عریان در غرب ورقه‌ی ششتمد سن والانزینین (وحدتی دانشمند، ۱۳۷۷) و در اواسط ورقه دارین (غرب روستای کروج) سن هوتریوین تا بارمین پیشین دارند و حال آنکه در مرز ورقه‌ی دارین دارای سن بارمین تا آپسین هستند. نهشته‌های جوانتر کرتاسه پیشین در ناحیه مورد بررسی شامل دو ردیف رسوبی با خصوصیات متفاوت می‌باشند. این نهشته‌ها در شمال غرب منطقه با مقداری رسوبات نرم فرسایشی در قاعده و آهک‌های اربیتولین‌دار دیده می‌شوند که بر روی آنها فقط واحد کنگلومرایی قرار می‌گیرد و حال آنکه هم‌ارز آنها در جنوب غرب ورقه‌ی دارین شباهت‌هایی با شیل آلبین (شیل بیابانگ) را نشان می‌دهند و بر روی آنها رسوبات جوانتر دیده نمی‌شود. همچنین در واحدهای کرتاسه پیشین، فسیل‌های جانوری مانند خرده صدف‌های ریز، اسفنج‌ها، مرجانها و آثار جانوران حفر مانند دو کفه ای‌ها، بلمنیت، آمونیت و فسیل آگ‌دار درون لایه‌های کربناتی مارنی و کربناتهای ماسه‌ای دیده می‌شوند.

۲-۳-۴- کرتاسه پسین

بر اساس نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ سبزوار (طاطاوسیان، ۱۳۶۸) و دارین (وحدتی دانشمند، ۱۳۷۷) مجموعه واحدهای سنگی کرتاسه‌ی پسین پهنه سبزوار را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد. بخش اول سنگهایی که تشکیل دهنده سری افیولیت ملانژ بوده و طیفی از سنگ‌های فوق بازیک تا بازیک را شامل می‌شوند و بخش دوم سنگهای غیر افیولیتی که شامل سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی بوده و ارتباط ژنتیکی با سنگهای افیولیتی ندارند (وطن پور و همکاران، ۱۳۸۸).

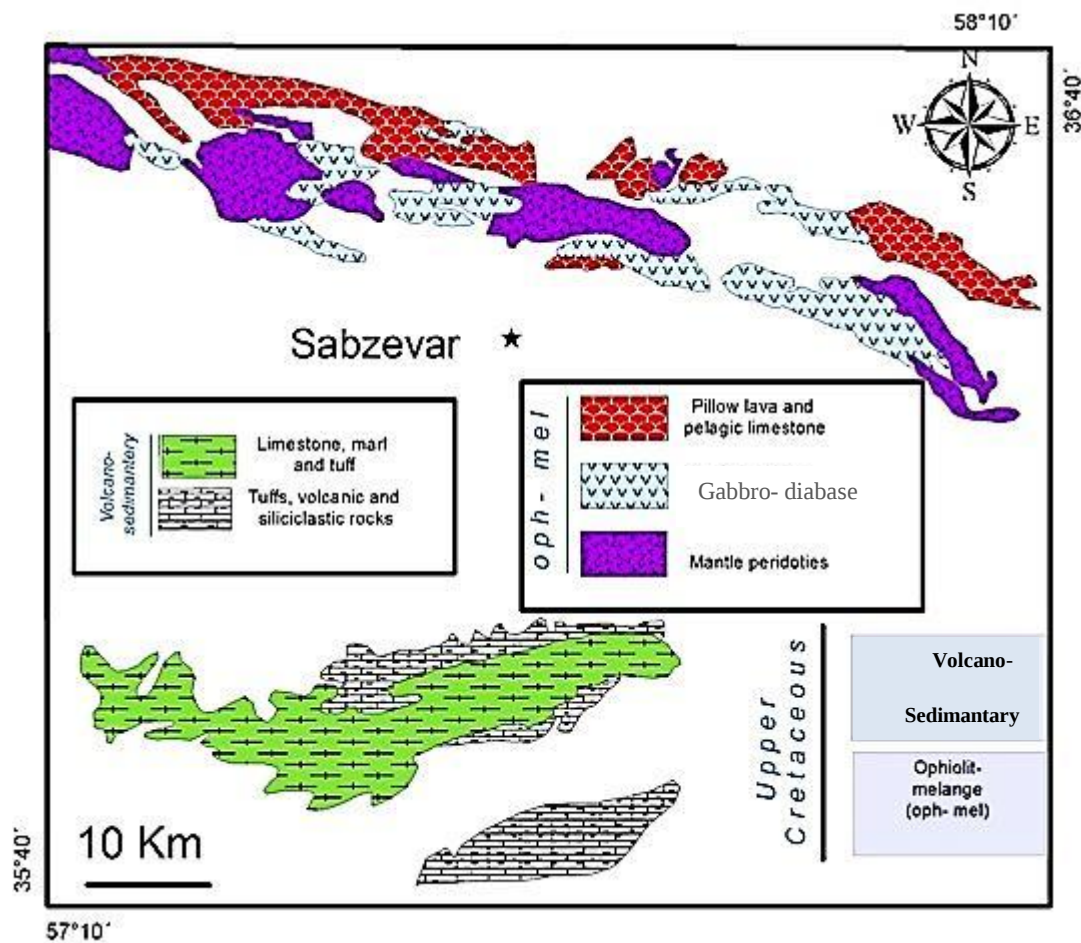
الف) بخش افیولیتی

بر اساس ترکیب سنگ شناسی و بافتی به سه واحد قابل تقسیم است (شکل ۲-۴):

- **واحد پریدوتیت‌های گوشته‌ای:** شامل مجموعه‌هایی از سنگ‌های دونیتی و هارزبورژیته می‌باشد که تحت فرآیند سرپانتینی شدن قرار گرفته‌اند. (مجیدی و خبازنیا، ۱۳۷۷).

- **واحد گابرو- دیاباز:** گستره‌ی وسیعی از سنگ‌های این واحد در شمال خاوری ورقه‌ی سبزوار بروز دارند. سنگهای مزبور با رنگ خاکستری، روندهای گوناگون و ضخامت‌های متغیر، سنگ‌های دونیتی و هارزبورژیته را قطع نموده است. بافت سنگ‌های واحد مذکور کومولا، گرانولار و افیتیکی می‌باشد. ارتباط سنگ‌های گابرویی و دایک‌های دیابازی توسط گسل‌های تراستی قطع شده است.

- **واحد گدازه‌های بالشی و کربنات‌های پلاژیک:** این واحد دارای رخنمون‌های متعددی از گدازه‌های خاکستری تیره تا سبزرنگ و حفره‌دار با حاشیه سرد شده است که اندازه بالش‌ها از ۲۵ سانتیمتر تا ۹۰ سانتیمتر متغیر است. گدازه‌های مذکور توسط آهک‌های نازک لایه میکرایتی کرم تا صورتی رنگ پوشیده می‌شوند.



شکل ۲-۴: نقشه ساده شده زمین‌شناسی منطقه سبزوار بر اساس نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ سبزوار و ۱:۱۰۰۰۰۰۰ دارین بخش شمالی سبزوار در برگیرنده کمپلکس افیولیت ملانژ و بخش جنوبی آن متشکل از واحدهای آتشفشانی- رسوبی بخش بالایی کرتاسه پسین می‌باشد (وحدتی دانشمند، ۱۳۷۷، طاووسیان و همکاران، ۱۳۶۸).

ب) بخش آتشفشانی- رسوبی

توالی سنگ‌های بخش آتشفشانی- رسوبی کرتاسه پسین را می‌توان به دو بخش کلی آتشفشانی- رسوبی و رسوبی- آتشفشانی تقسیم کرد (شکل‌های ۲-۵، ۲-۶) (توضیحات بیشتر در فصل سوم).



شکل ۲-۵: نمایی از واحد آتشفشانی- رسوبی کرتاسه پسین که در آن واحد کربناتی نازک لایه به صورت هم شیب بر روی واحد رسوبی- آتشفشانی $K_2^{t,v}$ قرار گرفته است (دید به سمت شمال غرب).

- **بخش آتشفشانی - رسوبی:** این بخش از واحد آتشفشانی- رسوبی در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰

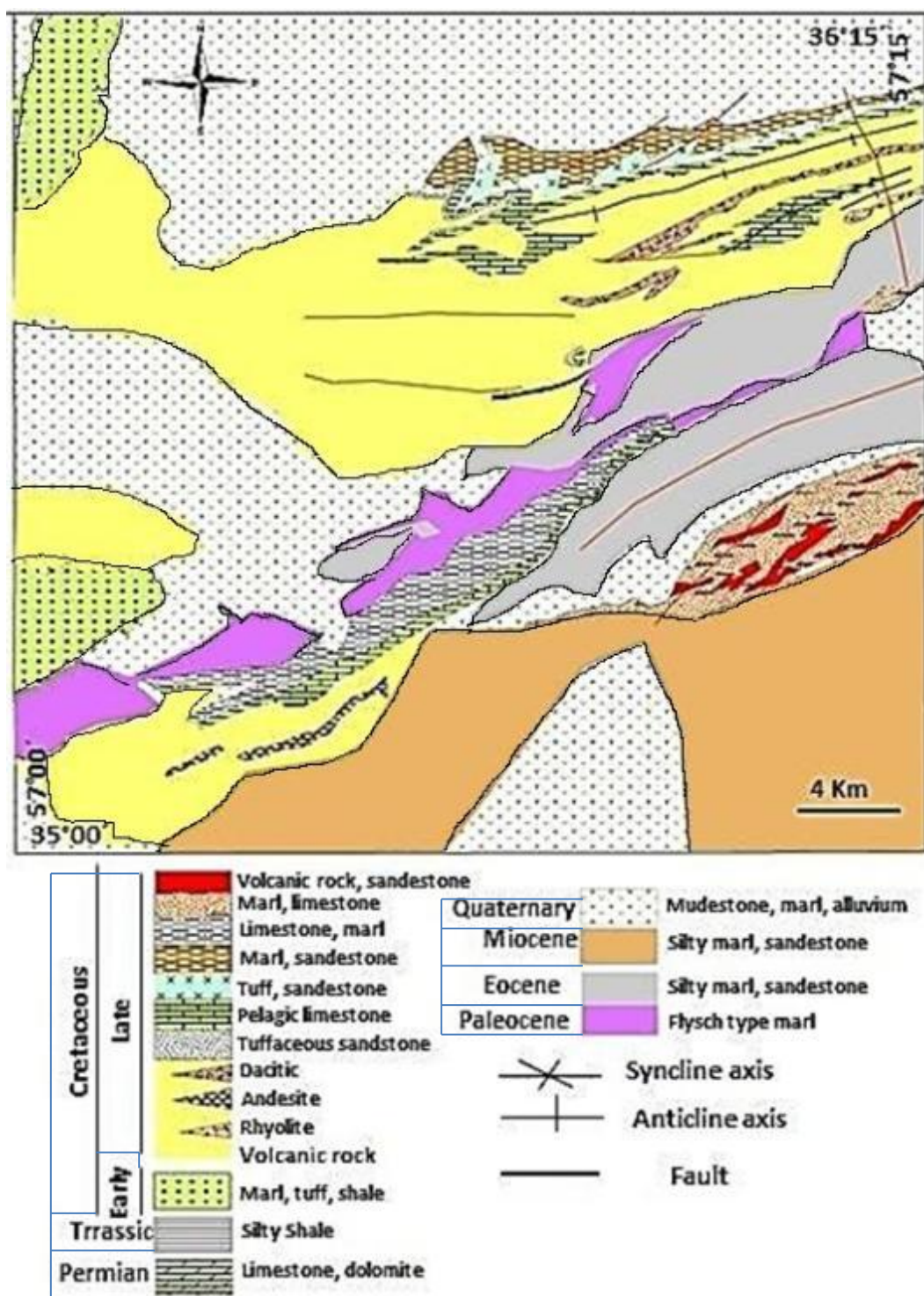
دارین بنام مجموعه $K_2^{t,v}$ نامیده شده است. این مجموعه شامل تناوبی از توف، سنگ‌های آتشفشانی، سیلتستون، شیل، ماسه‌سنگ توفی با میان لایه‌هایی از آهک پلاژیک گلوبروترونکانادار می‌باشد که در یک محیط رسوبی کششی تشکیل شده است (وحدتی دانشمند، ۱۳۷۷).

هر چند که تخمین ضخامت این واحد آتشفشانی- رسوبی $K_2^{t,v}$ به دلیل دیده نشدن قاعده‌ی آن و بهم ریختگی‌های زیاد زمین ساختی عملی نیست ولی ضخامت بخش ظاهر شده‌ی آن بیش از ۲ کیلومتر می‌باشد.

در لابه‌لای واحدهای آتشفشانی- رسوبی مجموعه ($K_2^{t,v}$)، سنگ‌های آذرین ذیل مشاهده می‌گردند:

- **ریولیت و سنگ‌های آتشفشانی اسیدی (K_2^r):** در ابتدای دره محمدآباد به فیل‌شور (کال مرغ)

در لابه‌لای سنگ‌های واحد K_2^{tv} ، واحد ریولیتی به رنگ نخودی دیده می‌شود که قابل نمایش به صورت یک واحد جدا بر روی نقشه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ دارین می‌باشد (شکل ۲-۷).



شکل ۲-۶: نقشه زمین شناسی ناحیه ای ساده شده منطقه بر اساس نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ دارین (وحدتی دانشمند، ۱۳۷۷) که در آن واحدهای سنگی پرمین تا کواترنری به صورت ساده نشان داده شده است.

- اسپلیت و کراتوفیر کرتاسه‌ی پسین ($K_2^{sp,K}$): در حدود ۴ کیلومتری شمال‌شرقی روستای چاه‌شن، افقی از سنگهای آتشفشانی تیره رنگ در لابه‌لای سنگ‌های واحد $K_2^{t,v}$ دیده می‌شود که در بررسی انجام‌شده آندزیت و آندزیت بازالتی در محدوده‌ی سنگ‌های اسپلیتی تشخیص داده شده‌اند.

- داسیت‌های کرتاسه پسین (K_2^{da}): در رودخانه‌ی کال مرغ، دو افق ممتد و مشخص از گدازه - های آتشفشانی با ضخامت‌های حدود ۱۰۰ متر و قابل نمایش به صورت جداگانه دیده می‌شوند که داسیت می‌باشد. (توضیحات بیشتر فصل سوم).

- بخش رسوبی - آتشفشانی: این واحد شامل سری زیر می‌باشد:

ماسه‌سنگ با میان لایه‌هایی از میکروگنگلومرا ($K_2^{s,l}$): این بخش شامل رخساره‌های ماسه‌سنگ آهکی و ماسه‌سنگ کوارتزیتی با سیمان آهکی بوده و به ندرت افق‌های ماسه‌سنگ و میکروگنگلومرای در لابه‌لای آنها دیده می‌شود.

سنگ آهک‌های پلاژیک گلوبروترونکانادار (K_2^l): سنگ آهک‌های به رنگ خاکستری روشن تا صورتی و با لایه‌بندی نازک می‌باشند که به صورت هم‌شیب بر روی واحد K_2^{tv} قرار گرفته‌اند (شکل ۲-۸).

توف - ماسه سنگ و سنگ های آتشفشانی ($K_2^{t,s,v}$): این واحد با ضخامت ۵۰ تا ۱۰۰ متر در جنوب فیل شور رخنمون دارد ولیکن به سمت شرق نازکتر و به سمت غرب ضخیم‌تر می‌شود و از توف ماسه‌سنگ آهکی، ماسه‌سنگ توفی‌آهکی و گاهی سنگ‌های آتشفشانی عمدتاً آندزیتی تشکیل شده است.

مارن و ماسه سنگ ($K_2^{m,s}$): این واحد شامل مارن و مارن سیلت‌دار گاهی متناوب با درون لایه‌های سنگ آهک مارنی و نیز درون لایه‌های ماسه‌آهکی و آهک ماسه‌ای در بخش تحتانی می‌باشد.

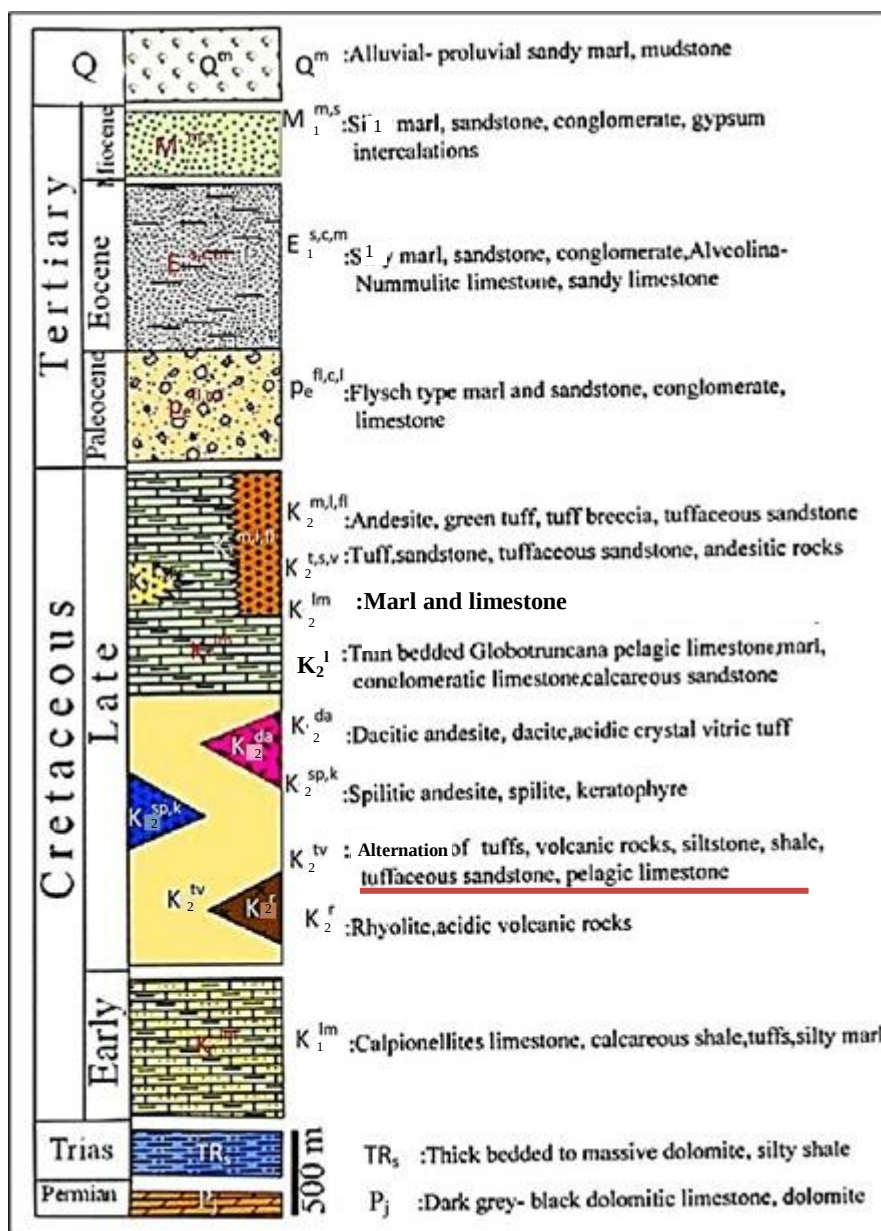
سنگ آهک و مارن‌های تفکیک نشده ($K_2^{l,m}$): در برخی نقاط سنگ آهک‌ها و مارن‌های گلوبروترونکانادار کرتاسه‌ی پسین مرزهای مشخصی جهت تقسیم‌بندی نشان نمی‌دهند و لذا به صورت تفکیک نشده معرفی می‌شوند.

مارن، سنگ آهک و فلیش ($K_2^{m,l,fi}$): این واحد در یک پهنه خرد شده در جنوب روستای مهرکرد ظاهر شده که کمابیش خصوصیات فلیش‌ها و فلیش ولکانیک‌های مربوط به پوسته‌ی رسوبی سری افیولیتی را نشان می‌دهد. در پهنه خرد شده و گسله واحد سنگ آهک پلاژیک حضوری ثابت و پایدار دارد که بر روی آن مارن‌های سفید، ماسه‌ی آهکی، توف و سنگ آتشفشانی دیده می‌شود.

سنگ‌های آتشفشانی، توف و ماسه‌سنگ ($K_2^{v,t,s}$): در محدوده‌ی واحد $K_2^{m,l,fi}$ در برخی نقاط رخساره‌های آذرآواری و سنگ‌های آتشفشانی شامل آندزیت، توف سبز، توف برشی، ماسه‌سنگ توفی و ماسه‌سنگ آهکی در لابه‌لای واحد مزبور و گاهی بر روی آن قابل مشاهده است. قاعدتاً بخش زیادی از آن بصورت هم‌ارز چینه‌شناسی با واحد $K_2^{t,s,v}$ واقع در میان مارن‌ها و آهک‌های جنوب فیله‌شور می‌باشد.

۲-۳-۵- پالتوسن

در نهشته‌های پالتوسن منطقه مورد مطالعه تنوع فراوان و تغییرات جانبی نسبتاً شدید رخساره‌ها مشاهده می‌شود که به خوبی شدت فعالیت‌های زمین‌ساختی منطقه در آن زمان را که مقارن با بسته شدن کافت‌ها و حوضه رسوبی فلیشی می‌باشد منعکس می‌سازد. به همین خاطر قسمت عمده‌ی واحدهای پالتوسن را ماسه‌سنگ‌های قرمز، کنگلومرا، مارن و ماسه‌سنگ‌های شبه فلیش تشکیل می‌دهند که دارای میان لایه‌هایی از توف و سنگ‌های آتشفشانی، سنگ آهک ریفی و سنگ آهک مارنی می‌باشند که به صورت ناپیوسته بر روی بخش کربناته‌ی کرتاسه‌ی پسین واقع شده است.



شکل ۲-۷: ستون چینه‌شناسی ناحیه‌ای از واحدهای سنگی موجود در جنوب غرب سبزوار بر اساس نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰، دارین (وحدتی دانشمند، ۱۳۷۷) واحد میزبان کانی‌زایی با علامت K_2^{tv} نشان داده شده است که توسط واحد K_2^{lm} پوشیده می‌شود.



شکل ۲-۸: نمایی از چین خوردگی آهک‌های پلاژیک گلوبروترونکانادار (K_2^1) (دید به سمت شمال شرق).

۲-۳-۶- ائوسن

واحدهای ائوسن تغییرات رخساره‌ی جانبی زیادی در نقشه‌ی زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دارین نشان می‌دهند که از واحدهای ماسه‌سنگی، مارن‌های قرمز و زرد رنگ، کنگلومرا، سنگ آهک‌های نومولیت-آلوئولینادار و رسوبات شبه فلیش شامل تناوب‌های سبز-خاکستری مارن سیلت‌دار، سیلت‌سنگ و ماسه‌سنگ تشکیل شده است که در نهایت به کنگلومرای ضخیم‌لایه تا توده‌ای شکل و کنگلومرا با میان لایه‌های ماسه‌سنگ ائوسن-الیگوسن منتهی می‌شود.

۲-۳-۷- میوسن

آخرین پیشروی گسترده سراسری در ایران مرکزی در اوایل میوسن سبب نهشته‌شدن رسوبات ضخیم و با شرایط قاره‌ای-تبخیری در منطقه گردیده است. این رسوبات شامل مارن‌های سیلت‌دار، سیلت‌سنگ، ماسه‌سنگ با میان لایه‌هایی از کنگلومرا و گچ می‌باشد.

۲-۳-۸- کواترنری

واحدهای کواترنری در منطقه شامل کنگلومرا و چینه‌های افقی از مارن‌های سیلت‌دار می‌باشد. رسوبات مخروط‌افکنه‌ای، تراس‌های آبرفتی و آبرفت‌های در حال تشکیل در بستر رودخانه‌ها از جمله سازند های کواترنری می‌باشد.

۲-۴- ماگماتیسیم

ماگماتیسیم موجود در منطقه مورد مطالعه شامل دو دسته سنگ‌های درونی مانند سنگ‌های گرانیتی، گابرویی، مونزودیوریت و کوارتز مونزونیت و سنگ‌های بیرونی شامل داسیت و هورنبلند آندزیت بازالتی می‌باشد که اکثراً در داخل توالی آتشفشانی - رسوبی کرتاسه پسین ($k_2^{t,v}$) و در بخش‌های بالایی کرتاسه پسین و به واحد کربناتی- مارنی محدود می‌شود که در ذیل به توصیف هر کدام از این واحدها می‌پردازیم:

گرانیت: در شمال و شمال شرق دارین توده‌های گرانیتی دیده می‌شوند که سنگ‌های واحد K_2^{tv} را قطع نموده و بالا آمده و قطعات و بلوک‌هایی از آنها نیز در داخل گرانیت‌ها دیده می‌شود و لذا بایستی از آنها جوانتر باشند. توف‌ها و سنگ‌های آتشفشانی واحد K_2^{tv} در مجاورت توده گرانیتی مختصری دگرگون شده‌اند. در کنگلومرای به سن پالئوسن (واحد $Pe^{c,s}$) واقع در چند صد متری شمال روستای سرخو (جنوب توده گرانیتی) قلوه‌های گرانیتی دیده نمی‌شود و لذا سن ترشیری و جوان‌تر از پالئوسن بودن توده‌های گرانیتی مزبور تایید می‌گردد.

واحد گابرویی: در نقاط متعددی از منطقه مورد مطالعه توده‌های نفوذی- نیمه آتشفشانی گابرویی دیده می‌شوند که وجه مشترک تمامی آنها در این است که فقط در سنگ‌های واحد ($k_2^{t,v}$) دیده می‌شوند. بنابراین نمی‌توانند جوانتر از کرتاسه باشند. رخنمونی از سیل نیمه آتشفشانی گابروی واقع در حدود ۳ کیلومتری جنوب روستای لارهنگ در دره‌ی لارهنگ و همچنین سیل با ترکیب گابرو در

جنوب معدن مس نوده دیده می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد تشکیل گابروها همزمان با فعالیت‌های آتشفشانی در زمان کرتاسه پسین باشد زیرا که رخساره‌های ریز بلور (شیشه ای) آنها نیز در لابلاهای سنگ‌های واحد $(k_2^{t,v})$ در ارتباط با فعالیت‌های آتشفشانی - رسوبی مجموعه $(k_2^{t,v})$ دیده می‌شوند. بنابراین سن کرتاسه پسین را برای این سنگ‌ها می‌توان در نظر گرفت توضیحات بیشتر در فصل سوم).

مونزودیوریت، کوارتز مونزونیت: در نقاط متعددی از منطقه مورد مطالعه توده‌های نفوذی - نیمه آتشفشانی مونزودیوریتی دیده می‌شوند. وجه مشترک تمامی آنها در این است که فقط در سنگ - های واحد K_2^{tv} دیده می‌شوند. به طور کلی مونزودیوریت‌ها و داسیت‌ها بایستی مرتبط با همان فعالیت‌های آتشفشانی در زمان کرتاسه پسین باشند.

داسیت: در حدود ۲ کیلومتری شمال روستای گراب توده‌ای از سنگ‌های داسیتی و درون لایه‌های توفی زرد - قهوه‌ای روشن با خرد شدگی‌ها و فرسایش شدید دیده می‌شود که در قله‌های آن توده - هایی از سنگ‌های آندزیتی و داسیتی دیده می‌شود. سن کرتاسه پسین یا با احتمال، جوانتر از آن برای این سنگ‌ها در نظر گرفته شده است.

واحد هورنبلند آندزیت بازالتی: در حدود ۲ کیلومتری شمال روستای گراب و همچنین در شرق روستای نورآباد توده‌ای از سنگ‌های هورنبلند آندزیت بازالتی، با درون لایه‌های مارنی - آهکی و توفهای زرد - قهوه‌ای روشن با خرد شدگی و فرسایش شدید دیده می‌شود که باعث برشی شدن و قطع این واحدهای رسوبی شده است. احتمال دارد که این واحد هم ارزهای خروجی‌های توده‌های گابرویی باشد و به احتمال بیشتر می‌تواند در ارتباط با فعالیت‌های آتشفشانی - رسوبی مجموعه $(k_2^{t,v})$ باشند.

۲-۵- تکتونیک و زمین‌شناسی ساختاری

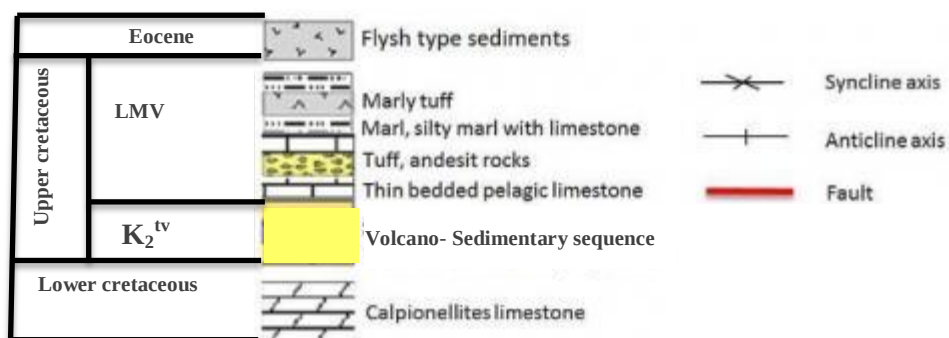
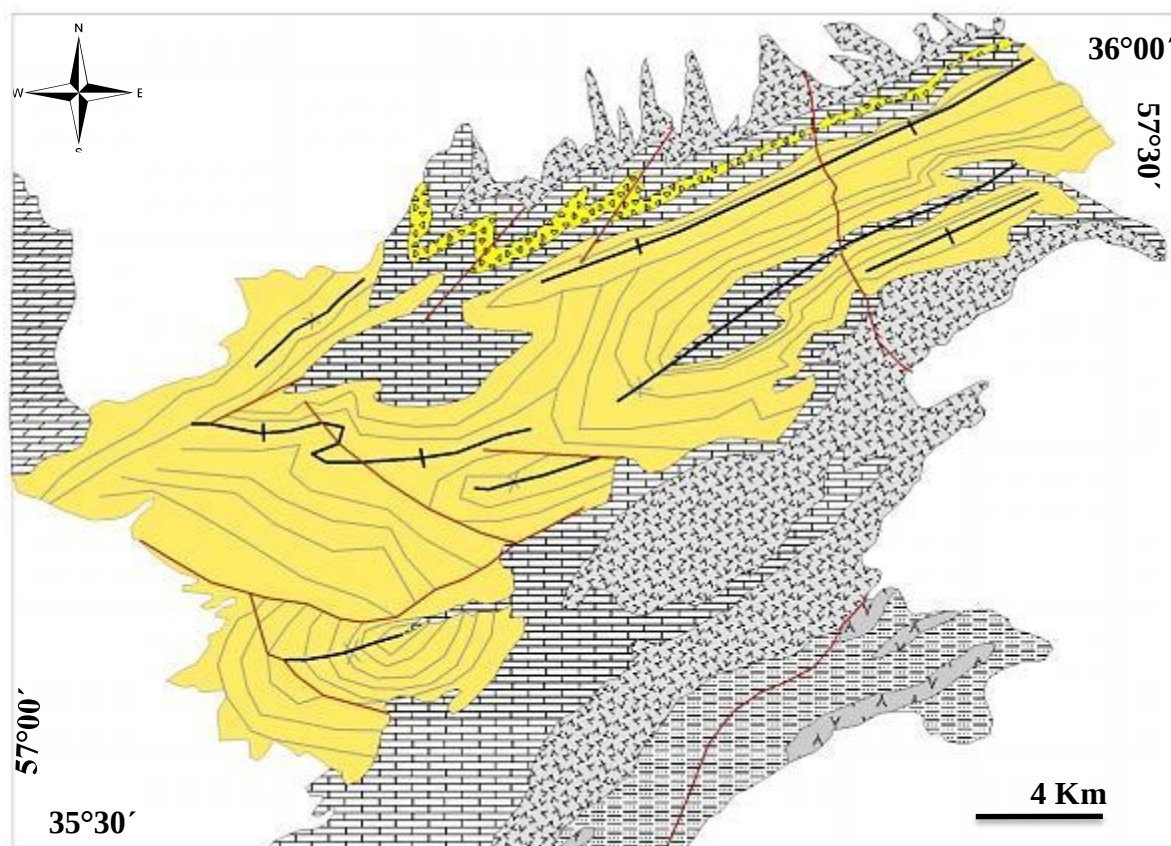
دیدگاه‌ها و نظرات متفاوت و گاهی متضاد درباره ی تاریخچه‌ی تکتونیک منطقه‌ی سبزوار ارائه شده است که چکیده‌ای از آن‌ها به همراه شواهد زمین‌شناسی مربوطه در محدوده‌ی مورد بررسی در زیر ارائه گردیده است. حوضه ی کششی باریکی که در بخش شرق ایران مرکزی و شرق ایران، اطراف بلوک‌های لوت و طبس (تقسیم بندی اشتوکلین، ۱۹۶۸) را احاطه نموده در طی کرتاسه پسین و احتمالاً از زمان سنومانین بوجود آمده است (افتخارنژاد، ۱۳۵۹). چنین به‌نظر می‌رسد که در زمان مزبور بخش اعظم ایران تحت تأثیر یک نیروی کششی قرار گرفته و در امتداد برخی از شکستگی‌های موجود در پی‌سنگ، جداسدگی‌های ژرف به صورت کافت به وجود آمده که در آن سنگ‌های آتشفشانی زیردریایی بازیک و فلسیک همراه با رسوبات آواری به صورت آتشفشانی- رسوبی انباشته شده است (وحدتی دانشمند، ۱۳۷۷).

در منطقه‌ی مورد مطالعه برای سنگ آهک‌ها و مارن‌های پلاژیک گلوبروترونکانادار تپه شیربر در ۳ کیلومتری جنوب غرب روستای دریاچه، سن تورونین ارائه شده است و لذا واحد k_2^{tv} در زیر آنها به مراتب قدیمی‌تر از سنومانین و حداکثر در همان محدوده‌ی تورونین و شاید با احتمال به سن سنومانین می‌باشد که قدیمی‌ترین سنی است که تاکنون برای پیدایش کافت در منطقه تشخیص داده شده است (وحدتی دانشمند، ۱۳۷۷).

۲-۵-۱- گسل خوردگی و چین‌ها:

اکثر گسل‌های مهم منطقه دارای روند شرق شمال‌شرق- غرب جنوب‌غرب هستند که کم و بیش به موازات گسل درونه واقع در حدود ۴۰ کیلومتری جنوب این منطقه می‌باشد (شکل ۱-۳). منطقه مورد مطالعه دارای مجموعه‌ای از گسل‌های راندگی و گسل‌های معکوس و راستالغز می‌باشد و به طور کل حضور گسل‌های راندگی با جهت شیب به سمت شمال و شمال‌غرب قابل توجه است که بیانگر دو جهت اصلی فشارش از سمت شمال و شمال‌غرب می‌باشد. گسل‌های با امتداد تقریباً شرقی- غربی نیز

فراوان هستند و یکی از گسل‌های مهم منطقه، گسل گراب- مظفرآباد می‌باشد (شکل ۱-۳). که از گراب تا شمال روستای نوده دارای امتداد شرق جنوب‌شرق- غرب شمال‌غرب است و از نوده به سمت شرق، چرخیده و به گسل مظفرآباد پیوسته است. نیروهای عمل‌کننده در گسل‌های رانده یا معکوس، در برخی نقاط سبب چین‌خوردگی، افزایش شیب لایه‌ها و یا در پاره‌ای موارد برگشتگی طبقات نیز شده‌اند. منطقه‌ی مورد مطالعه و بخصوص واحد آتشفشانی- رسوبی ($K_2^{t,v}$) از لحاظ ناحیه‌ای در وسط یک تاقدیس بزرگ قرار دارد که در اطراف آن واحدهای جوان بخش بالایی کرتاسه‌ی پسین (آهک و مارن) قرار می‌گیرند (شکل ۲-۹). همچنین چین‌خوردگی‌های متعدد به شکل تاقدیس و ناودیس کوچک و بزرگ در منطقه مورد مطالعه قابل مشاهده هستند که نیروهای فشارشی به وجودآورنده‌ی گسل‌های منطقه، سبب چین‌خوردگی آن‌ها شده است و لذا راستاهای متعددی را کم‌وبیش به موازات جهات محورهای تغییر شکل و گسل‌های اصلی منطقه نشان می‌دهند. در برخی نقاط نیز چین-خوردگی‌های تکراری قابل مشاهده است. چین‌خوردگی با درجات متفاوت از ملایم تا متوسط، شدید و خیلی شدید و در نقاط متعددی به صورت برگشته نیز در سنگ‌ها و رسوبات منطقه قابل مشاهده است.



شکل ۲-۹: نقشه زمین‌شناسی ساده ناحیه‌ای شده منطقه بر اساس نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ دارین و گسترش توالی آتشفشانی- رسوبی کرتاسه پسین. ساختار کلی منطقه یک تاقدیس بزرگ می‌باشد که در داخل آن تاقدیس‌ها و ناودیس‌های کوچک رخنمون دارند.

فصل سوم

زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی

محدوده‌ی معدنی

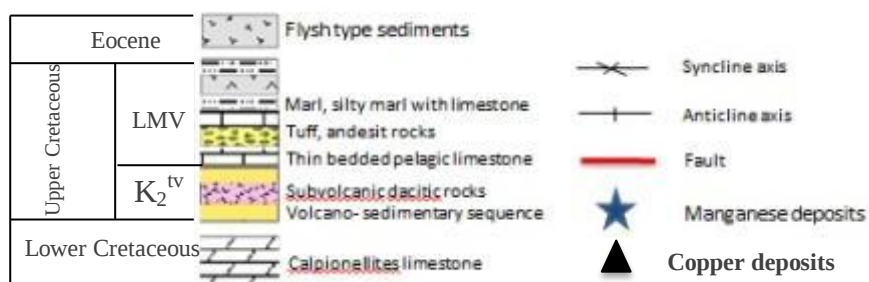
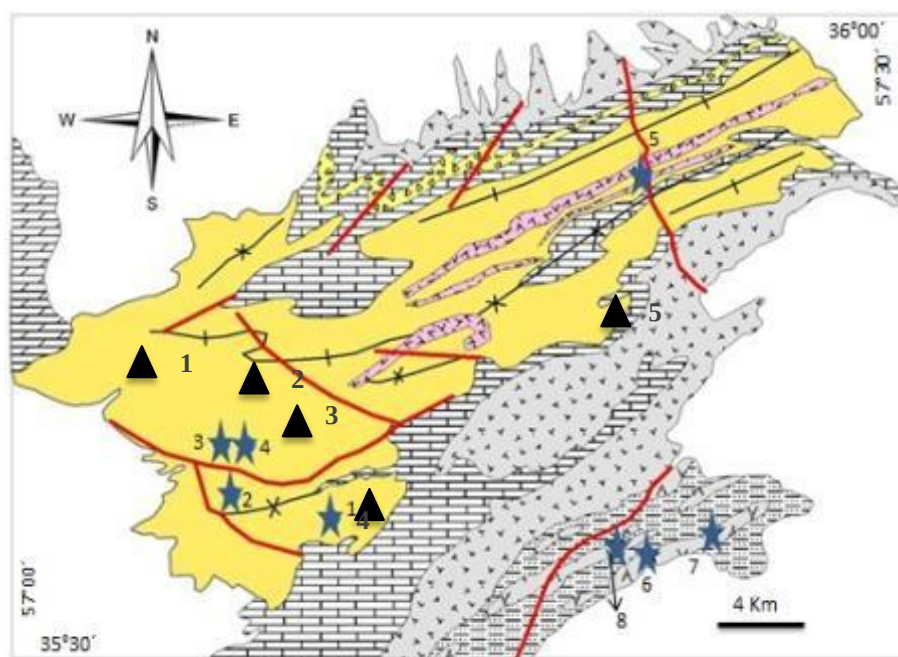
۳-۱- مقدمه

هدف از بررسی زمین‌شناسی یک محدوده معدنی، مطالعه واحدهای سنگی، روابط آن‌ها، زمین‌ساخت و ارتباط هر یک از این پدیده‌ها با کانی‌سازی می‌باشد. بررسی این پدیده‌ها و ویژگی‌ها، کمک بسیار زیادی به شناخت موقعیت زمانی و مکانی کانه‌زایی و پی‌جویی آن در دیگر نقاط مشابه خواهد کرد. همچنین به منظور شناخت دقیق این واحدهای سنگی و تشخیص منشأ و نحوه تحول ماگما، مطالعات پتروگرافی جهت بررسی، ساخت و بافت و ترکیب کانیایی سنگ‌ها صورت گرفت است.

از آنجا که توالی آتشفشانی- رسوبی کرتاسه پسین میزبان کانی‌زایی منگنز می‌باشد لذا سعی گردید تا با استفاده از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ دارین (شکل ۳-۱)، تصاویر ماهواره‌ای و عملیات صحرایی (پیمایش عرضی) صورت گرفته در محدوده معدنی، ستون چینه‌شناسی (شکل ۳-۲) و نقشه ۱:۵۰۰۰ زمین‌شناسی و ساختاری از محدوده‌ی مورد مطالعه و کانسار تهیه شود (شکل ۳-۳). بنابراین با توجه به ستون چینه‌شناسی عمومی از توالی آتشفشانی- رسوبی (مغفوری و همکاران، ۱۳۹۱)، هر یک از واحدهای سنگی که در ارتباط نزدیک با کانسارهای منگنز اشاره شده هستند به ترتیب سن در زیر توضیح داده می‌شوند.

۳-۲- چینه‌شناسی و سنگ‌شناسی منطقه

واحدهای سنگی کرتاسه‌ی پسین در محدوده مورد مطالعه برحسب جایگاه چینه‌شناسی و تغییرات ترکیب سنگ‌شناسی از پایین به بالا به ۲ بخش تقسیم می‌شوند: بخش ۱ بیشتر شامل سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی است که در بخش کم عمق دریا تشکیل شده‌اند و مربوط به قسمت زیرین کرتاسه پسین می‌باشند و بخش ۲ بیشتر شامل آهک‌های نازک‌لایه پلاژیک گلوبوترونکانادار، مارن و ماسه-سنگ توفی است که مربوط به بخش عمیق‌تر دریا هستند (شکل ۳-۲).



شکل ۳-۱: نقشه زمین‌شناسی ناحیه‌ای ساده شده منطقه بر اساس نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ دارین (وحدتی دانشمند، ۱۳۷۷) و گسترش توالی آتشفشانی- رسوبی کرتاسه پسین و موقعیت ذخایر مگنز و مس در آن. **کانسارهای مگنز**: (۱) مگنز نوده (۲) مگنز گستر خاور زمین (۳) مگنز چشمه فریزی (۴) مگنز بنسبرد (۵) مگنز گفت (۶) مگنز چشمه فریزی (۷) مگنز ذاکری (۸) مگنز ذاکری ۲ و **کانسارها و اندیس‌های مس**: (۱) اندیس مس گراب (۲) اندیس مس کلاته لالا (نیران) ۳: اندیس مس فریزی (۴) کانسار مس نوده (۵) اندیس مس چون. (مغفوری و همکاران، ۱۳۹۱).

۳-۲-۱- بخش ۱

این بخش توسط مغفوری و همکاران (۱۳۹۱) بر حسب جایگاه چینه‌شناسی و تغییرات ترکیب سنگ- شناسی از پایین به بالا به ۳ واحد مجزا تقسیم شده است:

الف) واحد اصلی ۱

زیر واحدهای سنگی این واحد اصلی شامل توف بلور - قطعه سنگی نازک لایه، ریولیت، توف آندزیتی، واحد آندزیتی (میزبان اندیس مس فریزی)، توف قرمز (میزبان منگنز منطقه)، واحد تراکی آندزیتی آمیگدالوئیدی، سیل اسپیلیتی کراتوفیری همراه با بازالت بالشی و منشورهای داسیت پورفیری می- باشد (شکل ۳-۳). ترکیب سنگ شناختی شبیه واحد ۱ در توالی آتشفشانی- رسوبی حوضه لانکونس^۱ در پرو نیز که در بردارنده ذخایر منگنز و مس می‌باشد، دیده می‌شود. این ترکیب سنگ شناختی در پرو را مربوط به مرحله همزمان با شروع کافت زایی^۲ دانسته‌اند (وینتر^۳ و همکاران، ۲۰۰۹).

- توف بلور - قطعه سنگی

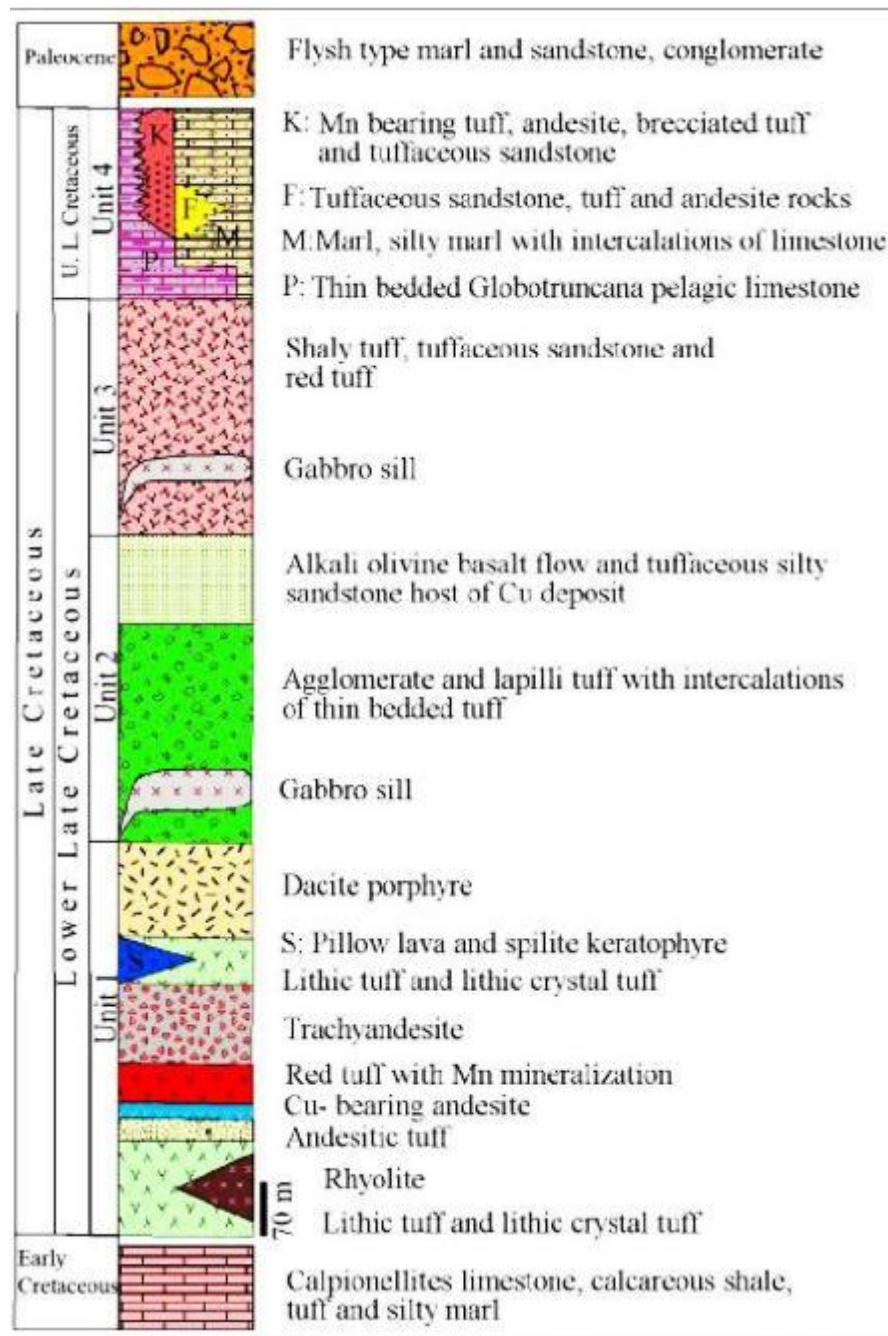
این واحد با روند تقریباً NE-SW و شیب ۴۵-۴۰ درجه شمال غربی اولین واحد چینه‌ای کرتاسه پسین می‌باشد که در شمال روستای نوده برونزد دارد. رنگ رخساره‌ی آن سبز همراه با لکه‌های بلورین تیره بوده و دارای حدود ۱۰۰ متر ضخامت است. این واحد توفی در محل تماس با سیل‌ها دچار تبلور مجدد شده و به صورت بلور توف درآمده است. در این واحد تغییر رخساره در جهت قائم از پایین به سمت بالا و به صورت جانبی با افزایش میزان ذرات تخریبی (لیتیک) دیده می‌شود. از ویژگی‌های پتروگرافی این واحد سنگی داشتن بلورهای کوارتز، پلاژیوکلاز و کلریت در یک زمینه خاکستر همراه قطعات خرده‌سنگی است (شکل ۳-۴). بیشترین حجم سنگ را قطعات سنگی به صورت بی شکل و در ابعاد ۰/۵ تا ۱ سانتیمتر تشکیل می‌دهد. در حالی که اجزای بلوری در اندازه متفاوت بوده و در درجه دوم فراوانی قرار می‌گیرند. بلورهای کوارتز به صورت زاویه‌دار و بی شکل بوده و دارای ریز شکستگی‌هایی در داخل خود می‌باشند که احتمالاً ناشی از فشار وارده بر بلور در هنگام انفجار و خروج مواد

¹ - Lancones

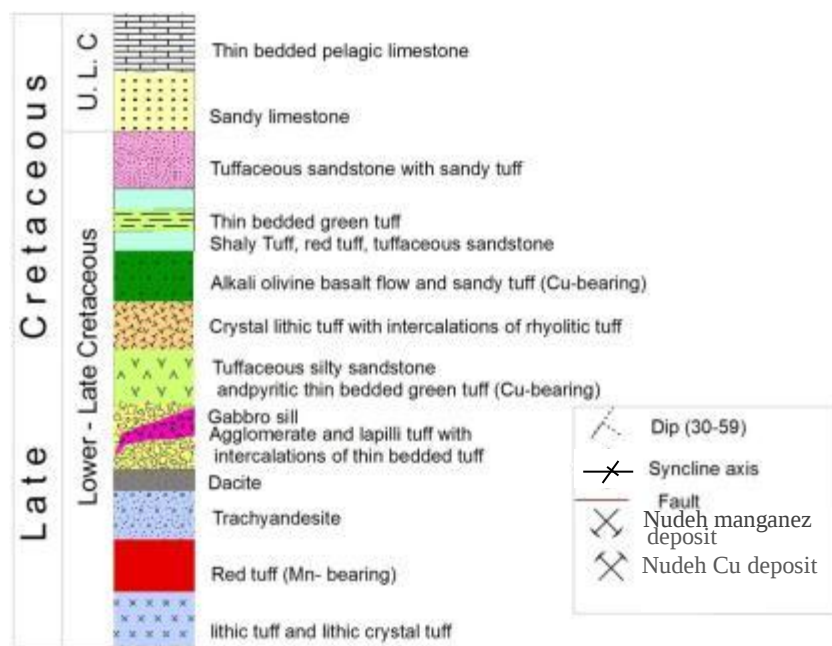
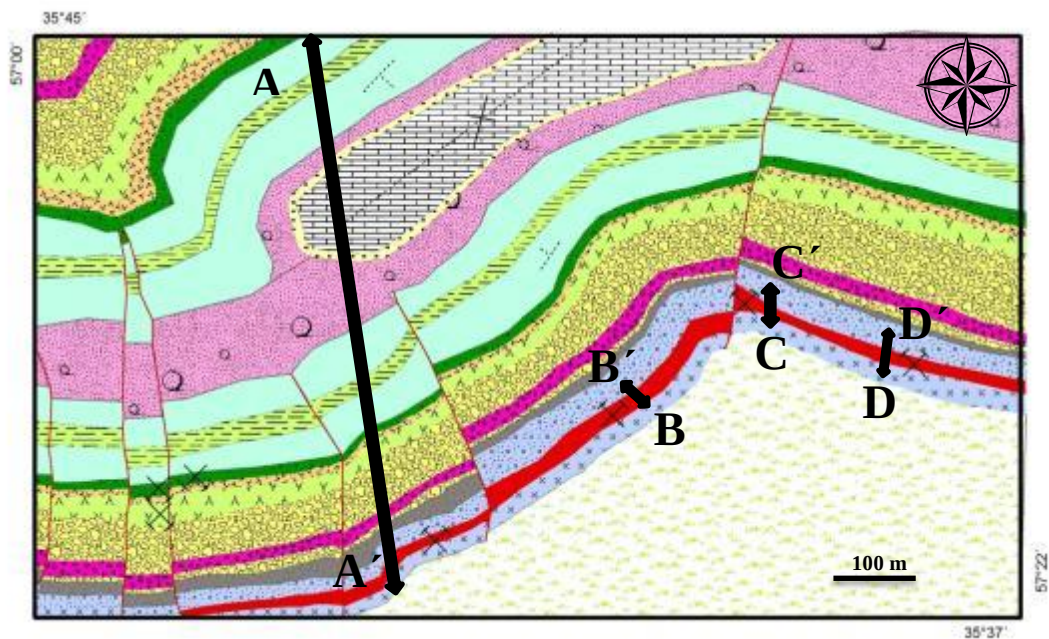
² - Early synrift phase

³ - Winter

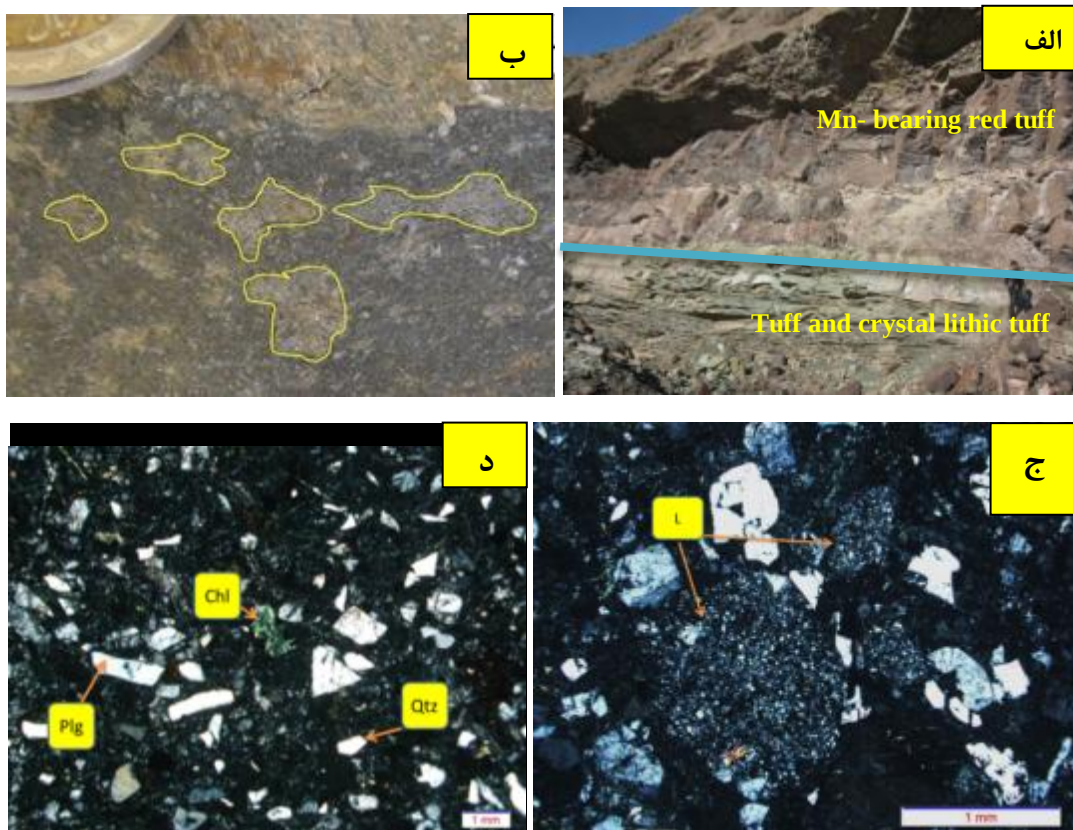
پیروکلاستیکی می‌باشد. بافت این سنگ تخریبی و زمینه خاکستر می‌باشد. تجمع بلورهای تشکیل دهنده سنگ در کنار هم باعث شده تا بافت جوش خورده در این واحد پیروکلاستیک تشکیل شود (شکل ۳-۴).



شکل ۳-۲: ستون چینه‌شناسی عمومی از واحدهای سنگی کرتاسه در منطقه مورد مطالعه در جنوب غرب سبزوار (مغفوری و همکاران، ۱۳۹۱).



شکل ۳-۳: نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ منطقه معدنی نوده و موقعیت کانسارهای منگنز و مس نوده در آن.



شکل ۳-۴: الف) نمایی از رخنمون توف بلور-قطعه‌سنگی که در زیر توف‌های قرمز قرار دارد. ب) نمونه دستی توف و توف بلور-قطعه‌سنگی. ج و د) تصویر میکروسکوپی از توف بلور-قطعه‌سنگی در نور عبوری (Plg: پلاژیوکلاز، Qtz: کوآرتز، Chl: کلریت، L: قطعات لیتیک).

- توف قرمز (میزبان افق‌های منگنز در بخش زیرین کرتاسه‌پسین)

کانی زایی منگنز در این واحد شامل کانسارهای نوده، فریزی و گف می‌باشد. این واحد به ۱۷ لایه (bed) در کانسار منگنز نوده قابل تقسیم است که لایه‌های ۳، ۵، ۸، ۱۰، ۱۳، ۱۶، آن دارای منگنز می‌باشند. این لایه‌ها از پایین به بالا عبارتند از:

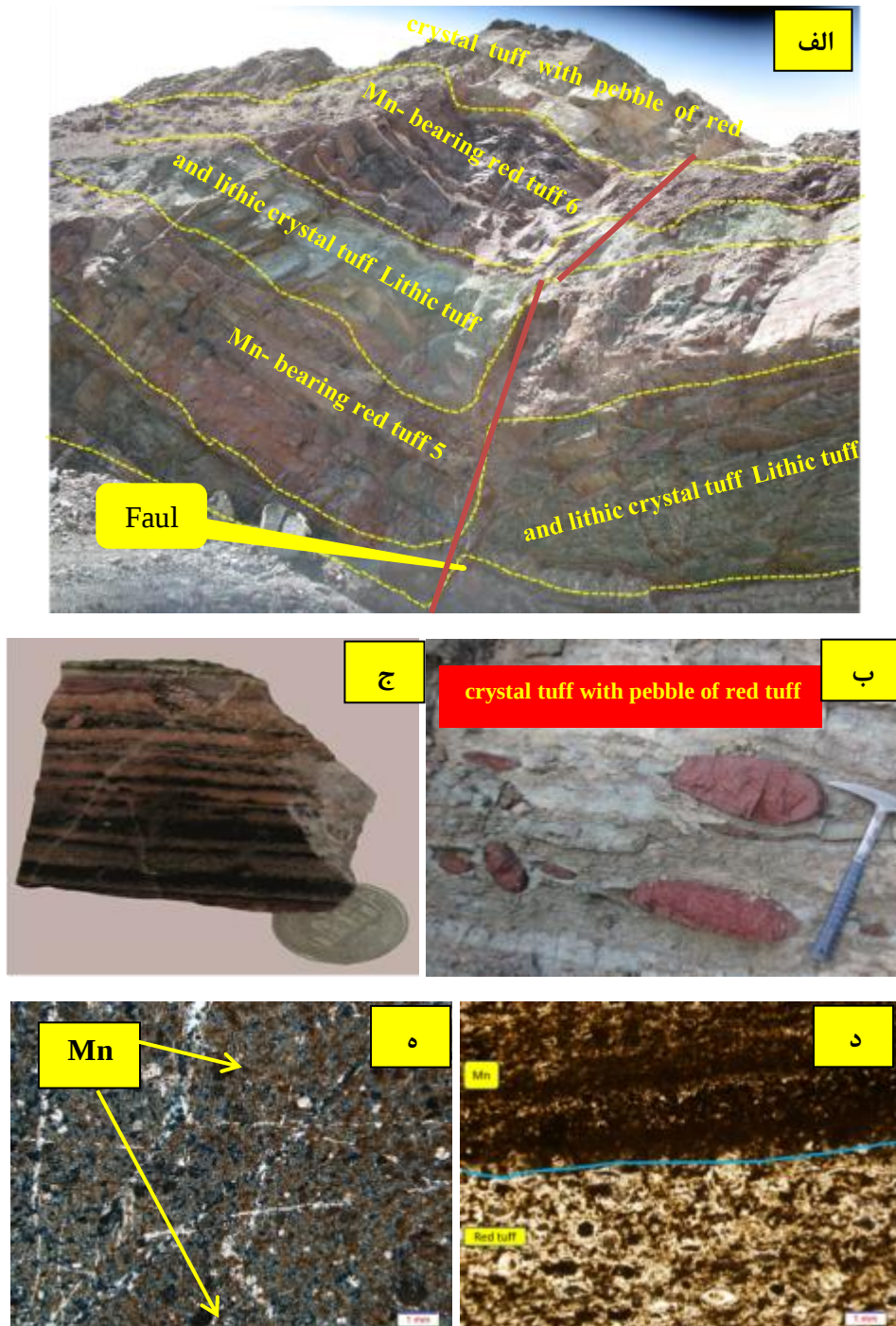
- ۱) توف قرمز، ۲) توف بلور-قطعه‌سنگی، ۳) افق منگنز دار (Ia)، ۴) توف بلور-قطعه‌سنگی، ۵) افق منگنز دار (Ib)، ۶) توف قرمز، ۷) توف بلور-قطعه‌سنگی، ۸) افق منگنز دار (Ic)، ۹) توف بلور-قطعه‌سنگی، ۱۰) افق منگنز دار (Id)، ۱۱) توف قرمز، ۱۲) توف بلور-قطعه‌سنگی، ۱۳) افق منگنز دار (Ie)، ۱۴) توف قرمز، ۱۵) توف بلور-قطعه‌سنگی، ۱۶) افق منگنز دار (If)، ۱۷) توف قرمز و توف بلور با

قطعاتی از توف قرمز می‌باشد که به صورت هم‌روند و هم‌شیب روی هم قرار دارند (شکل ۳-۵). این واحدها با روند تقریباً NE-SW و شیب ۳۵-۴۵ درجه شمال غربی به صورت میزبان کانسارهای منگنز نوده، فریزی و گف گسترش دارند. کانی‌زایی منگنز به صورت هم‌روند با لایه‌های میزبان در ۶ افق مجزا تشکیل شده است که ضخیم‌ترین این واحدهای کانه‌دار مربوط به کانسار منگنز نوده می‌باشد. البته کانسارهای فریزی و گف فقط دو افق شماره ۱۶ (If) و ۱۳ (Ie) را در بر دارند. میزان گسترش و امتداد این لایه‌های کانه‌دار در واحد آتشفشانی-رسوبی K_2^{IV} بسیار زیاد است. به طوری‌که، به صورت رخنمون‌های کوچک و گاهی به صورت اندیس و کانسار دیده می‌شود. این لایه‌ها تحت تأثیر فرایندهای تکتونیکی دچار چین‌خوردگی و گسل خوردگی نیز شده‌اند (شکل ۳-۵ الف). واحد پوشاننده، که یک کریستال توف است، قطعاتی از لایه‌های زیرین (توف قرمز) را در بر گرفته است. اندازه قطعات ریز تا متوسط بوده و بصورت نیمه زاویه دار تا نیمه گرد شده و جورشدگی متوسط تاضعیفی را نشان می‌دهد که در داخل زمینه رسوبی قرار دارند (شکل ۳-۵ ب). کانی‌های منگنز به صورت لایه‌ای و دانه پراکنده در داخل توف‌ها قرار دارند (شکل ۳-۵ ج) از ویژگی‌های پتروگرافی این واحد سنگی دارا بودن کریستال‌هایی از نوع کانی‌های منگنز می‌باشد که در یک خاکستر شیشه‌ای قرار گرفته‌اند (شکل ۳-۵ د).

- تراکی آندزیت

این واحد آتشفشانی در منطقه نوده از لحاظ چینه‌شناسی بر روی کانسار منگنز نوده قرار داشته و خود توسط واحد داسیتی پوشیده می‌شود (شکل ۳-۶). ضخامت این واحد ۱۲۰ متر بوده که به صورت گدازه در بین واحدهای دیگر قرار گرفته و دارای رخنمون سبز مایل به خاکستری می‌باشد. واحد تراکی آندزیتی یک واحد حفره‌دار-بادامکی است بدین صورت که حفره‌هایی نسبتاً گرد و بیضوی شکل در این سنگ دیده می‌شود که توسط بلورهای ثانویه (فلدسپار کوارتز) پر شده است. بزرگترین

اندازه این حفره‌ها در حدود ۵/۵ سانتی‌متر است که به صورت غیر یکنواخت در متن سنگ توزیع شده اند.

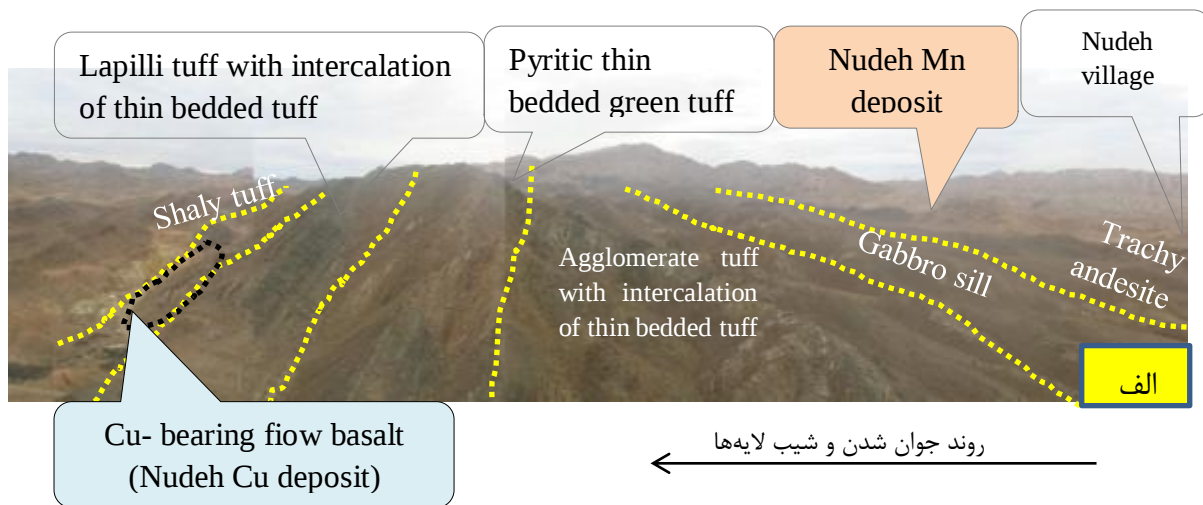


شکل ۳-۵: الف) نمایی از واحدهای ۵ و ۶ توف قرمز که میزبان کانسار منگنز منطقه می‌باشد. (دید به سمت شمال غرب)، ب) توف بلوری همراه قطعاتی از توف قرمز، ج) تصویر نمونه دستی از توف‌های قرمز که به صورت متناوب دارای لایه‌های تیره رنگ منگنز هستند، د و ه) تصویر میکروسکوپی از توف‌های قرمز که به صورت لایه‌ای و دانه پراکنده دارای کانی‌های منگنز (Mn) هستند. این سنگ‌ها توسط رگه-رگچه‌های جوان سیلیسی قطع گردیده است.

این حفره‌ها نشان از خروج گازها در حین فوران این واحد آتشفشانی از متن سنگ اولیه می‌باشد که آثار آن به صورت حفره دیده می‌شود. از لحاظ ویژگی‌های پتروگرافی این واحد دارای فنوکریست‌های پلاژیوکلاز، فلدسپار و کوارتز می‌باشد که بلورهای پلاژیوکلاز و فلدسپار به صورت میکرولیت و سوزنی در متن سنگ حضور دارند (شکل ۳-۶ ب و ج). زمینه سنگ به صورت شیشه‌ای است که در اثر تبلور دوباره به میکرولیت‌های ریز بلور متبلور شده است. تجمع بلورهای پلاژیوکلاز، فلدسپار و کوارتز در کنار هم باعث تشکیل بافت گلومروپورفیری در این واحد آتشفشانی شده است.

- داسیت

این واحد با مورفولوژی برجسته و دیده می‌شود. ضخیم‌ترین واحد آتشفشانی فلسیک در منطقه مطالعاتی می‌باشد. این سنگ‌های آتشفشانی دارای رنگ زرد نخودی بوده و به صورت ارتفاعات صخره ساز بر روی کانسار منگنز گف قرار می‌گیرند (شکل ۳-۷). از لحاظ ویژگی‌های پتروگرافی، این واحد آتشفشانی از فنوکریست‌های پلاژیوکلاز و کوارتز تشکیل شده است که در زمینه ریز بلور قرار دارد. پلاژیوکلازها در اثر دگرسانی به کانی‌های ثانویه کلریت و اپیدوت تبدیل شده‌اند. این جانشینی از وسط بلور شروع شده و به اطراف ادامه پیدا کرده است. تجمع کوارتز با بلورهای پلاژیوکلاز باعث بوجود آمدن بافت گلومروپورفیری شده است. متبلور شدن زمینه شیشه‌ای طی فرایند شیشه زدایی باعث تشکیل میکرولیت‌های پلاژیوکلاز و کوارتز در زمینه سنگ شده است که همراه با زمینه شیشه‌ای فنوکریست‌های درشت بلور را در بر گرفته اند (شکل ۳-۷).



شکل ۳-۶: الف) مقطع عرضی در جهت عمود بر لایه‌بندی واحدها در منطقه معدنی نوده (دید به سمت شمال شرق) ب) تصویری از نمونه دستی واحد تراکی آندزیتی امیگدالوئیدال دار ج) تصویر میکروسکوپی از این واحد که فنوکریست کوارتز (Qtz) در زمینه میکروکریستالین پلاژیوکلاز (Pl) قرار دارند.

ب) واحد اصلی ۲

این واحد توسط مغفوری و همکاران (۱۳۹۱) به چهار عضو تقسیم شده است که عضوهای ۲ و ۴ آن

میزبان افق‌های کانه‌دار مس در کانسار مس نوده می‌باشند. این عضوها از پایین به بالا عبارتند از:

عضو ۱: شامل آگلومراتوف با میان لایه‌هایی از توف نازک لایه، لاپیلی‌توف با میان لایه‌هایی از توف

نازک لایه سبز و سیل گابرویی

عضو ۲: شامل توف نازک لایه سبز پیریتی و ماسه سنگ سیلتی توفی میزبان افق مس دار II

عضو ۳: توف بلور - قطعه سنگی با میان لایه هایی از توف ریولیتی

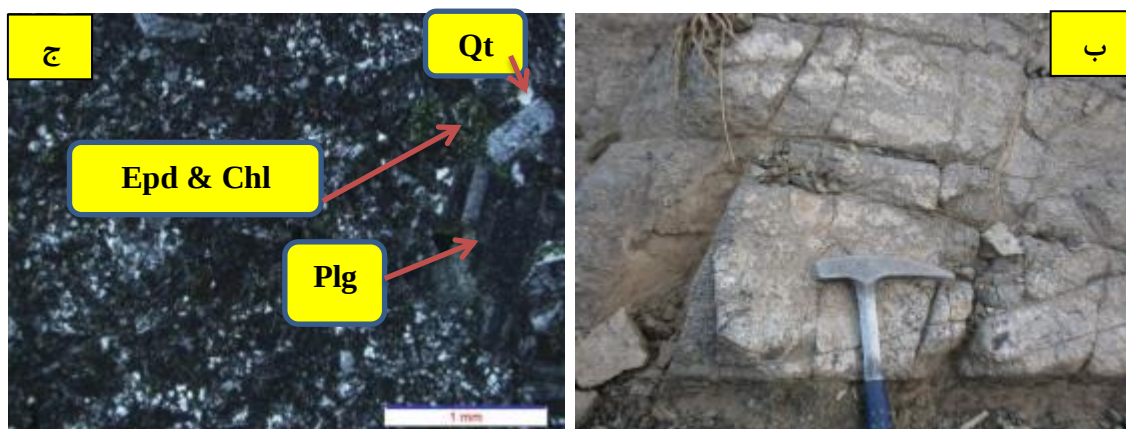
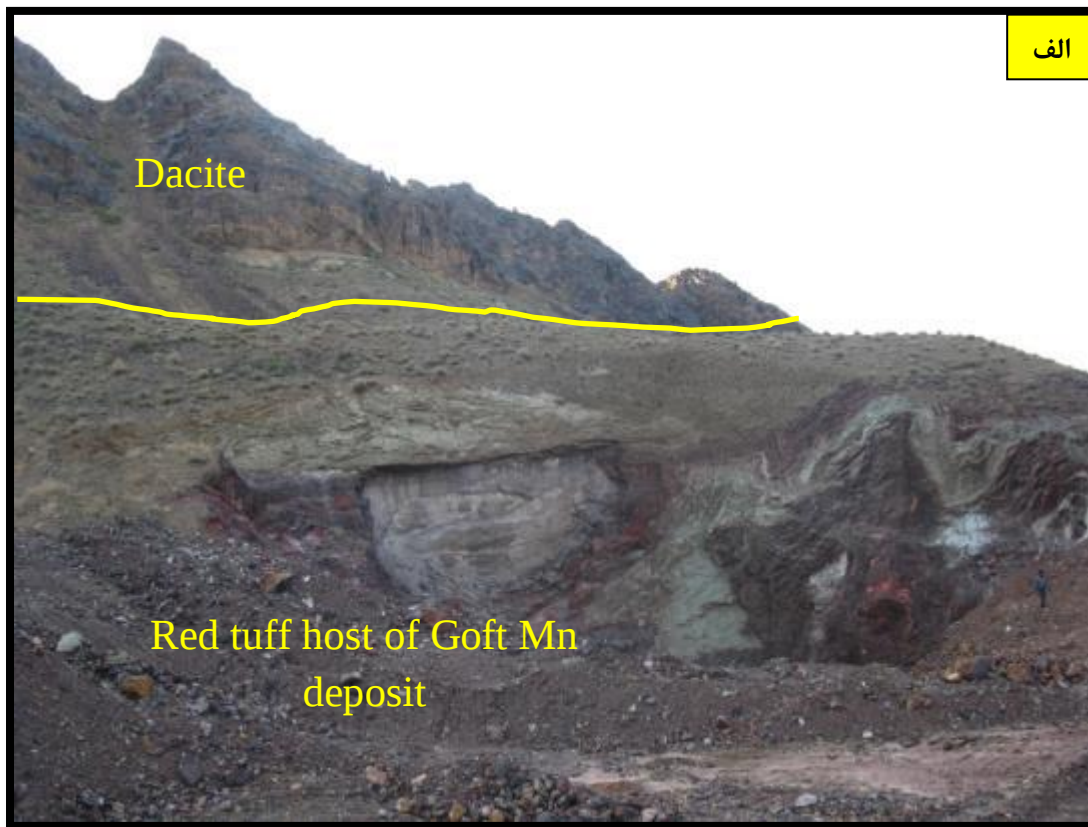
عضو ۴: شامل توف ماسه ای نازک لایه، گدازه ی آلکالی الیوین بازالتی که به طور جانبی در کنار ماسه

سنگ های سیلتی توفی قرار دارد (میزبان افق مس دار III (افق اصلی) - شیل و توف شیلی (شکل ۳ -

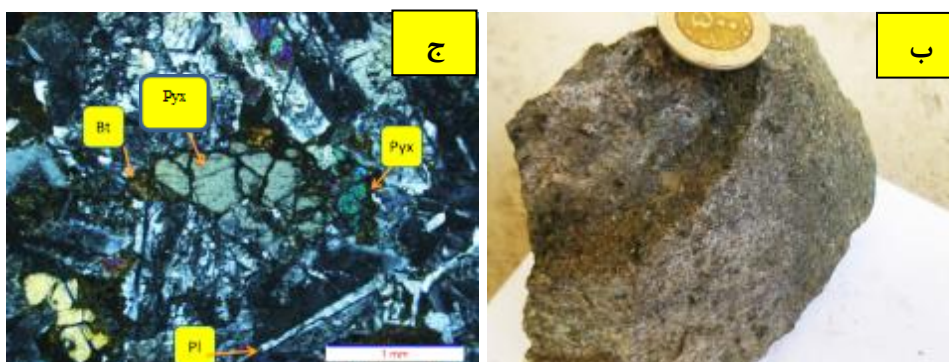
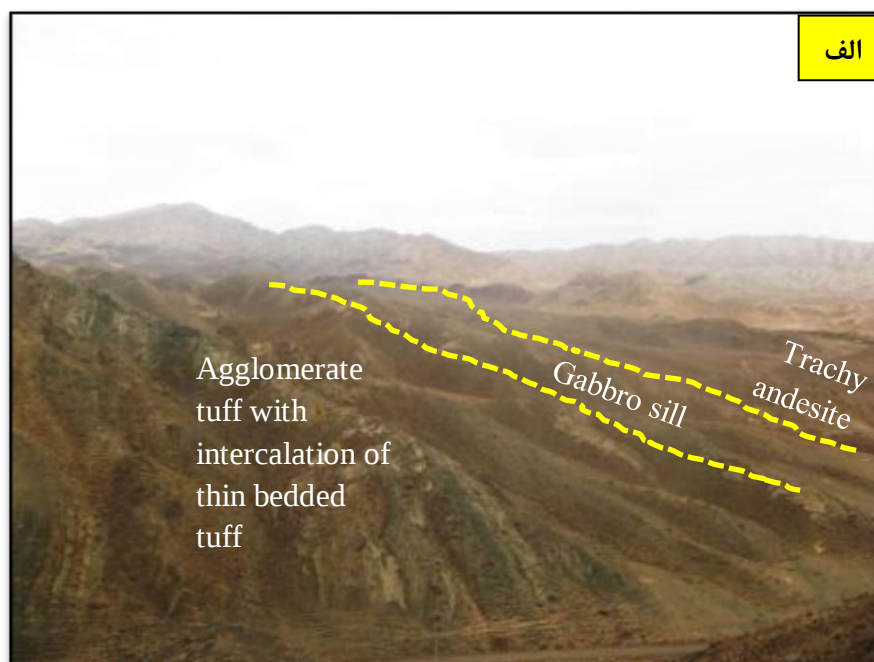
۶).

- سیل گابرویی

این واحد سنگی نفوذی نیمه عمیق در واحد دوم توالی چینه شناسی ناحیه ای رخنمون دارد. این واحد به صورت سیل و با ضخامت های حدود ۷۰ متر در داخل اگلومرا توف منطقه نوده، به صورت هم روند با آنها قرار گرفته است (شکل ۳ - ۸). از لحاظ ویژگی های پتروگرافی، از بلورهای پلاژیوکلاز، پیروکسن، هورنبلند و کانی های کدر تشکیل شده است. پیروکسن که به همراه پلاژیوکلاز بیشترین تشکیل دهنده سنگ های گابرویی منطقه می باشند به صورت بلورهای درشت و شکل دار تا ریز بلور دیده می - شوند که بیشتر از نوع اوژیت می باشند. این بلورها دگرسانی کمی داشته و در صورت دگرسانی توسط کلریت جانشین شده اند. بافت عمومی سنگ گرانولار است (شکل ۳ - ۸).



شکل ۳-۷: الف و ب) نمایی از داسیت‌های محدوده معدنی گفت که به صورت ستیخ دیده بوده و دچار خرد شدگی شده‌اند (دید به سمت شمال)، ج) تصویر میکروسکوپی از داسیت پورفیر که در آن فنوکریست‌های کوارتز (Qtz) و (Plg) در زمینه میکروکریستالین قرار دارند، پلاژیوکلازها تحت تأثیر دگرسانی به کانی‌های اپیدوت (Epd) و کلریت (Chl) ثانویه تبدیل شده‌اند.

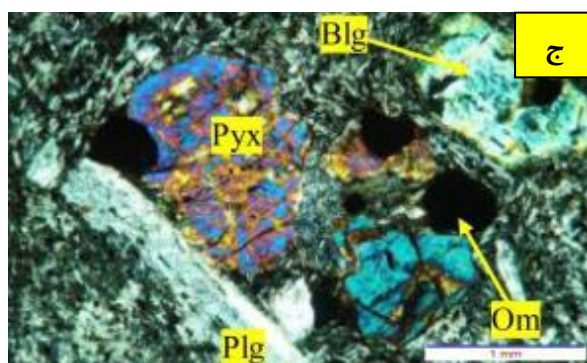
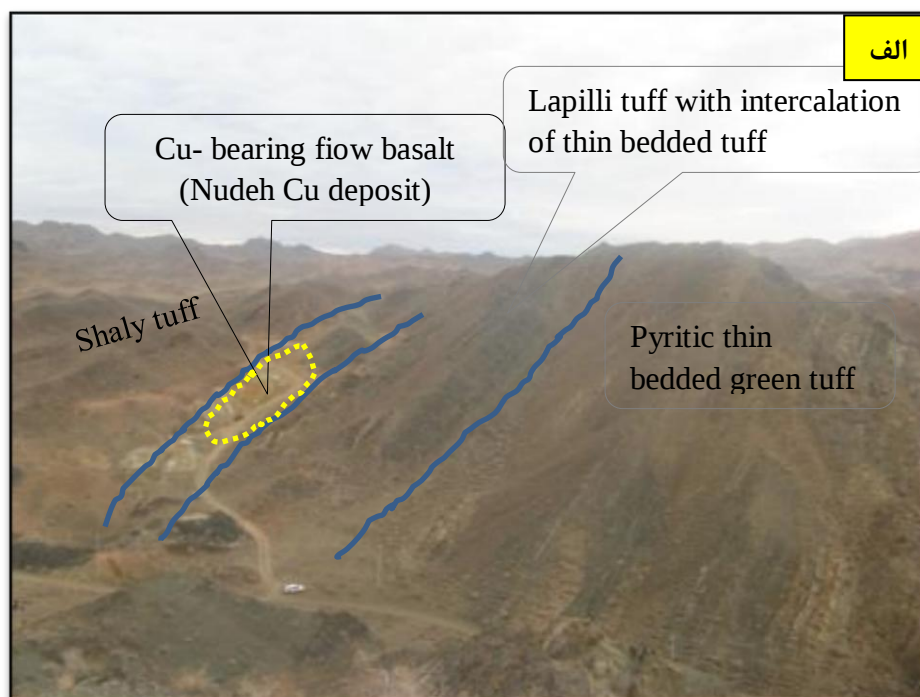


شکل ۳- ۸: الف) مقطع عرضی طبیعی در راستای NW- SE در جهت عمود بر لایه بندی واحدها در منطقه معدنی نوده که نشان دهنده موقعیت سیل گابرویی می باشد، ب) تصویر نمونه دستی از سنگ گابرویی منطقه ج) تصویر میکروسکوپی از کانی های اولیه موجود در سنگ گابرویی که شامل پلاژیوکلاز (Plg)، پیروکسن (Pyx) و بیوتیت (Bt) می باشد.

- بازالت

این گدازه آتشفشانی در نمونه دستی به صورت خاکستری تیره دیده می شود. این واحد که میزبان رخساره کانسنگ توده ای در کانسار مس نوده بوده غنی از کانی های کدر می باشد. حرکت خمیره این واحد بازالتی باعث ایجاد نوارهای جریان میلی متری در سطح نمونه های دستی شده است. این گدازه در سمت غرب کانسار مس نوده گسترش دارد که در آن رخساره مس سولفید توده ای قرار دارد و با

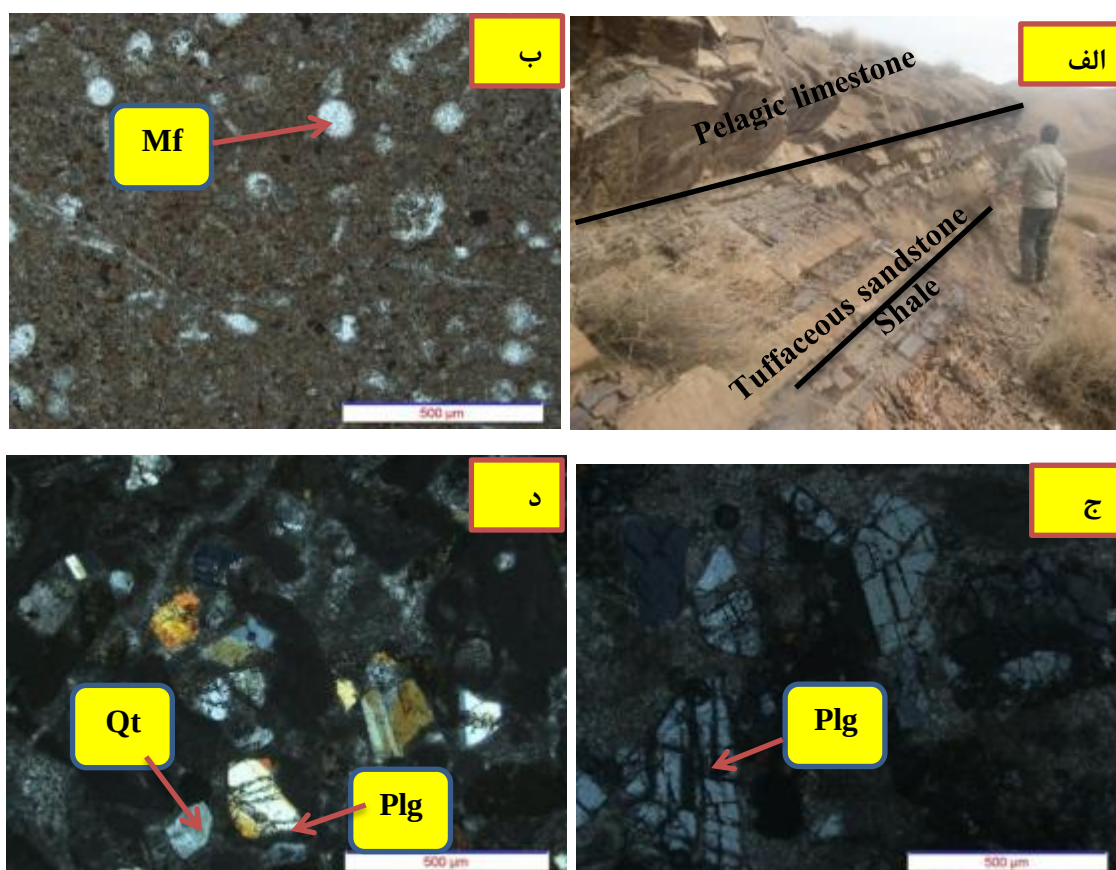
بیشتر شدن فاصله از این گدازه به سمت شرق نسبت رسوبات (ماسه سنگ، توف و سیلت) بیشتر شده و به رخساره لایه‌ای تبدیل می‌شود. از لحاظ ویژگی‌های پتروگرافی این واحد سنگی مافیک بوده و دارای فنوکریست‌های پلاژیوکلاز، پیروکسن، الیوین بولنزیتی شده و کانی‌های کدر می‌باشد که در یک زمینه میکروکریستالین تا کریپتوکریستالین قرار دارند. پلاژیوکلازها بیشترین و درشت‌ترین فنوکریست‌های این واحد سنگی می‌باشند. این گدازه مافیک میزبان کانه‌زایی کانسارمس نوده می‌باشد که دارای کانی‌های مس به صورت توده‌ای و دانه پراکنده می‌باشد (شکل ۴-۹).



شکل ۳-۹: الف) مقطع عرضی طبیعی در راستای NW-SE در جهت عمود بر لایه‌بندی واحدها در منطقه معدنی نوده، ب) تصویر میکروسکوپی از این سنگ مافیک که دارای کانی‌های پلاژیوکلاز (Plg)، پیروکسن (Pyx)، بولنزیت (Blg) و کانی‌های کدر (Om) می‌باشد.

ج) واحد اصلی ۳

واحد اصلی ۳ به طور کل دارای ۲ زیر واحد می‌باشد: الف) توف قرمز، توف شیلی و ماسه‌سنگ توفی با میان‌لایه‌هایی از توف نازک‌لایه سبز و ب) ماسه‌سنگ توفی با میان‌لایه‌هایی از توف ماسه‌ای (شکل ۳-۱۰).



شکل ۳-۱۰: الف) نمایی از تناوب ماسه توفی و شیل توفی که در زیر آهک‌های پلاژیک قرار دارند. ب) تصویر میکروسکوپی از شیل که دارای میکروفسیل‌های (Mf) سیلیسی شده هدبرگلا است. ج) تصویر میکروسکوپی از توف ماسه سنگی که حاوی پلاژیوکلاز (Plg) است د) ماسه سنگ توفی که از قطعات کوارتز (Qtz) و پلاژیوکلاز (Plg) تشکیل شده است.

۳-۲-۲- بخش ۲

الف) واحد اصلی ۴

زیر واحدهای واحد اصلی ۴ عبارتند از:

الف) آهک‌های نازک لایه پلاژیک گلوبوترونکانادار (شکل ۳-۱۱)

ب) توف، آندزیت، توف برشی و ماسه‌سنگ توفی (میزبان کانسارهای منگنز چشمه‌سفید و ذاکری ۱ و ۲) (شکل ۳-۱۳).

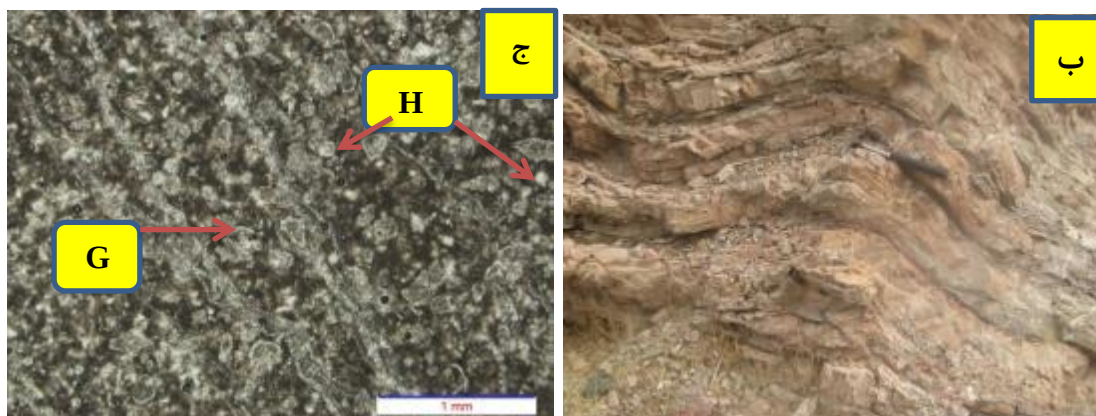
ج) مارن، سیلت مارنی با میان‌لایه‌هایی از آهک

د) ماسه‌سنگ توفی، توف و سنگ آندزیتی

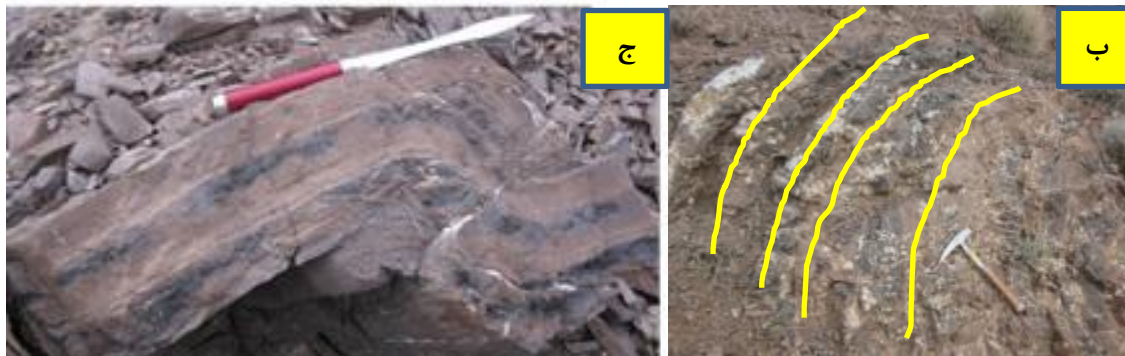
۳-۳- زمین‌شناسی ساختاری منطقه مورد مطالعه

۳-۳-۱- چین‌خوردگی‌ها

منطقه مورد مطالعه به صورت یک تاقدیس بزرگ می‌باشد بطوری‌که واحد آتشفشانی - رسوبی میزبان کانی‌زایی از دو طرف توسط واحدهای جوانتر پوشیده می‌شود (شکل ۳-۳). این ساختار تاقدیسی در داخل خود دچار چین‌خوردگی شده و ناودیس‌ها و تاقدیس‌های متعددی را در بر می‌گیرد. این ساختار تاقدیسی بزرگ دارای روند محوری شرق شمال‌شرق - جنوب‌غرب می‌باشد. این کانسارها و اندیس‌ها در یال‌های شمالی و جنوبی این تاقدیس پراکنده می‌باشند. این ساختار ناحیه‌ای در داخل خود دارای ناودیس‌ها و تاقدیس‌هایی می‌باشد به عنوان مثال کانسار نوده در داخل ناودیس قرار گرفته است که روند محوری آن با روند محوری تاقدیس بزرگ هم‌سو می‌باشد. ضمناً واحدهای میزبان کانه‌زایی شامل ریز چین‌های متعدد می‌باشند. توف‌های میزبان منگنز از این چین‌خوردگی پیروی می‌نمایند که این امر نشان دهنده کانی‌سازی اکسیدی قبل از فعالیت تکتونیکی و چین‌خوردگی می‌باشد (شکل ۳-۱۲).



شکل ۱۱-۳: الف) نمایی از معدن منگنز ذاکری که در آن توف و توف‌های کربناتی میزبان کانی‌زایی منگنز می باشد (دید به سمت غرب)، ب) نمایی از آهک‌های پلاژیک منطقه و ج) تصویر میکروسکوپی آهک پلاژیک که دارای فسیل-های گلوبروترونکانا (Gt) و هدبرگلا (Hd) است



شکل ۳-۱۲: الف) چین خوردگی واحدهای توفی میزبان کانسار منگنز گت (دید به سمت شمال)، ب) چین خوردگی واحد توفی میزبان کانسار منگنز نوده و ج) چین خوردگی در مقیاس نمونه دستی در توفهای قرمز کانسار منگنز نوده

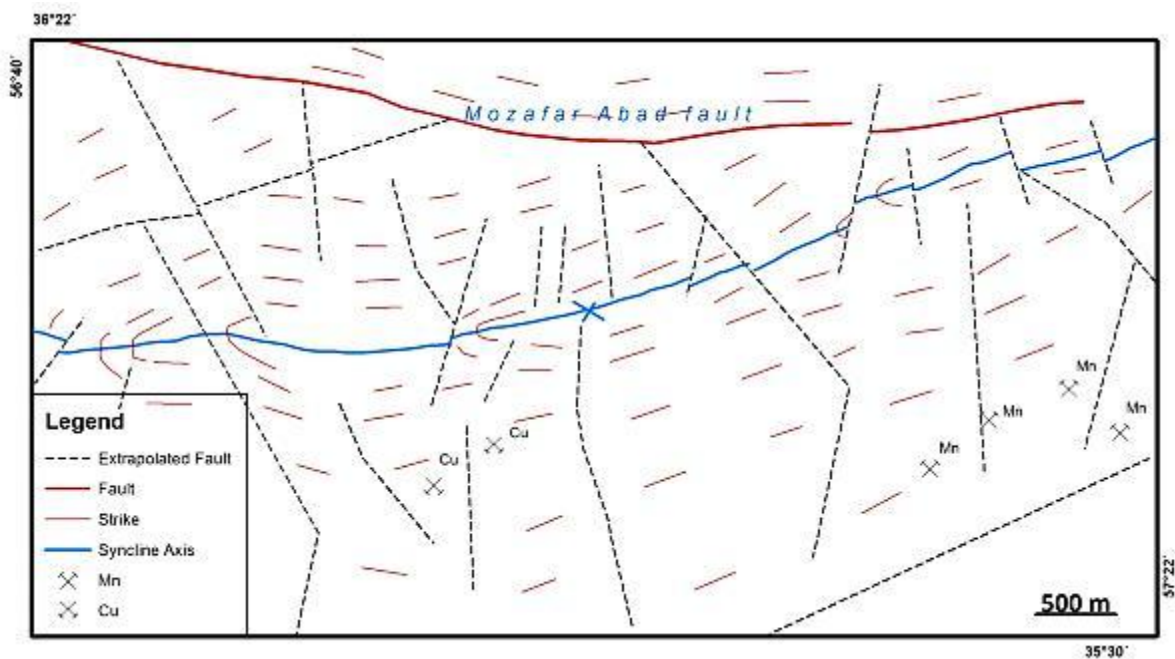
۳-۲-۳- گسل‌ها

گسل‌ها و شکستگی‌های منطقه و درزهای سنگ‌ها عمدتاً دارای دو سیستم با روند شرق شمال‌شرقی - غرب جنوب‌غربی و شمال‌غرب - جنوب‌شرق داشته و بیشتر از نوع امتداد لغز می‌باشند. گسل‌های امتداد لغزی که دارای روند شمال‌غرب - جنوب‌شرق می‌باشند، گسل‌های دارای روند شمال‌شرق - جنوب‌غرب را قطع کرده و باعث جابجایی آنها شده است و این نشان از جوان بودن فشارش در این امتداد از منطقه می‌باشد. گسل‌ها در مقیاس‌های وسیع (جابجایی واحدهای سنگی مختلف) تا کوچک مقیاس (جابجایی درون یک واحد سنگی) عمل کرده‌اند. سیستم شکستگی و درزهای موجود در

سنگ‌ها نیز با سیستم گسل خوردگی منطقه منطبق بوده و به صورت موازی یا متقاطع با روند لایه-
بندی مشاهده می‌شوند (شکل ۳-۱۳).



شکل ۳-۱۳: سیستم گسلی چپگرد نرمال که باعث جابجایی واحدهای منگنزدار در کانسار منگنز نوده شده است.



شکل ۳-۱۴: نقشه ساختاری ۱:۵۰۰۰ منطقه نوده. از لحاظ ساختاری منطقه یک ناودیس با روند محوری شمال شرق- جنوب غرب بوده که گسل‌های امتداد لغز روند محوری ناودیس منطقه معدنی را جا بجا نموده‌اند و کانسارهای منگنز و مس نوده در یال جنوبی آن واقع شده است.

فصل چہارم

کانہ زائی و دگرسانی

۴-۱- مقدمه

منطقه سبزوار از نظر تنوع کانی‌زایی به خصوص کانی‌زایی منگنز و مس بسیار جالب توجه می‌باشد. مطالعاتی که در چند سال اخیر توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و همچنین محققین دانشگاهی صورت گرفته است، منجر به شناسایی رخدادهای متنوعی از کانی‌زایی‌های مس و منگنز در این ناحیه گردیده است (شکل ۴-۱) (جدول ۴-۱). از جمله این کانی‌زایی‌های شناخته شده می‌توان به کانسارهای منگنز ذاکری (تقی زاده و همکاران، ۱۳۹۱)، بنسبرد (مسعودی و همکاران، ۱۳۸۸)، همایی (نصیری و همکاران، ۱۳۹۰) و کانسار گود ایثاق در داخل مجموعه افیولیتی شمال سبزوار (روزبه کارگر و قمیان، ۱۳۷۷؛ عشق آبادی، ۱۳۷۷) اشاره نمود.

۴-۲- افق‌های کانه‌دارمس و منگنز در توالی آتشفشانی- رسوبی کرتاسه پسین، جنوب

غرب سبزوار

توالی آتشفشانی- رسوبی کرتاسه پسین در جنوب غرب سبزوار از تناوب توف نازک لایه، توف بلور قطعه سنگی، ماسه سنگ توفی، سیلتستون، شیل، ماسه سنگ، کربنات و سنگ‌های آذرین بیرونی و نیمه عمیق مافیک و فلسیک تشکیل شده است. بررسی‌ها نشان داده است که در ناحیه جنوب غرب سبزوار، کانسارها و اندیس‌های منگنز و مس فوق‌الذکر دارای جایگاه چینه‌شناسی خاص می‌باشند. این کانسارها و اندیس‌ها را می‌توان بر اساس نوع ماده معدنی، موقعیت چینه‌شناسی و سنگ میزبان به دو گروه تقسیم نمود (شکل ۴-۲):

۱- کانسارها و اندیس‌های مس: این ذخایر که در توالی ستون چینه‌ای سنگ‌های بخش زیرین

کرتاسه بالایی تشکیل شده‌اند بر حسب نوع سنگ میزبان و جایگاه چینه‌ای به سه زیر گروه تقسیم می‌شوند (مغفوری و همکاران، ۱۳۹۱):

الف) ذخایر مس با سنگ میزبان آندزیتی (افق I) مانند اندیس‌های فریزی و گراب.

ب) ذخایر مس با سنگ میزبان ماسه سنگ‌های سیلتی توفی (افق II)، مانند افق ۱ کانسار نوده و اندیس‌های مس کلاته لالا (نیران) و چون.

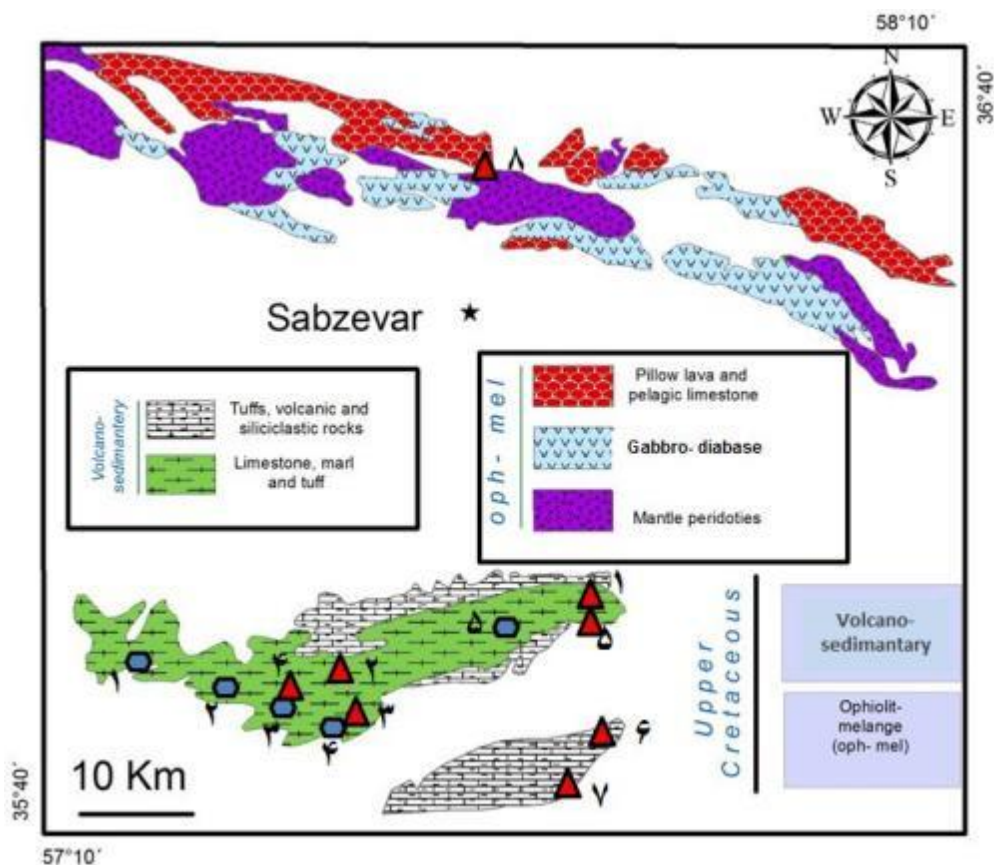
ج) ذخایر مس با سنگ میزبان آلکالی الیوین بازالت (افق III)، مانند افق ۲ کانسار نوده.

نظر به اینکه موضوع این تحقیق و پایان نامه بررسی کانه زایی منگنز در جنوب غرب سبزوار، با تأکید بر کانسار منگنز نوده است، لذا در این فصل صرفاً کانه‌زایی منگنز مورد توجه قرار گرفته است.

۲- کانسارها و اندیس‌های منگنز: این ذخایر نیز بر حسب نوع سنگ میزبان و جایگاه آنها در توالی چینه‌ای به دو زیر گروه تقسیم می‌گردند:

الف) ذخایر منگنز با سن بخش زیرین کرتاسه بالایی (افق I) و با سنگ میزبان توفی، مانند کانسارهای منگنز بنسبرد، فریزی و گفت که دارای دو زیر افق (افق If, Ie) بوده و کانسار منگنز نوده که دارای ۶ زیر افق (افق Ia, Ib, Ic, Id, Ie, If) منگنز دار هستند.

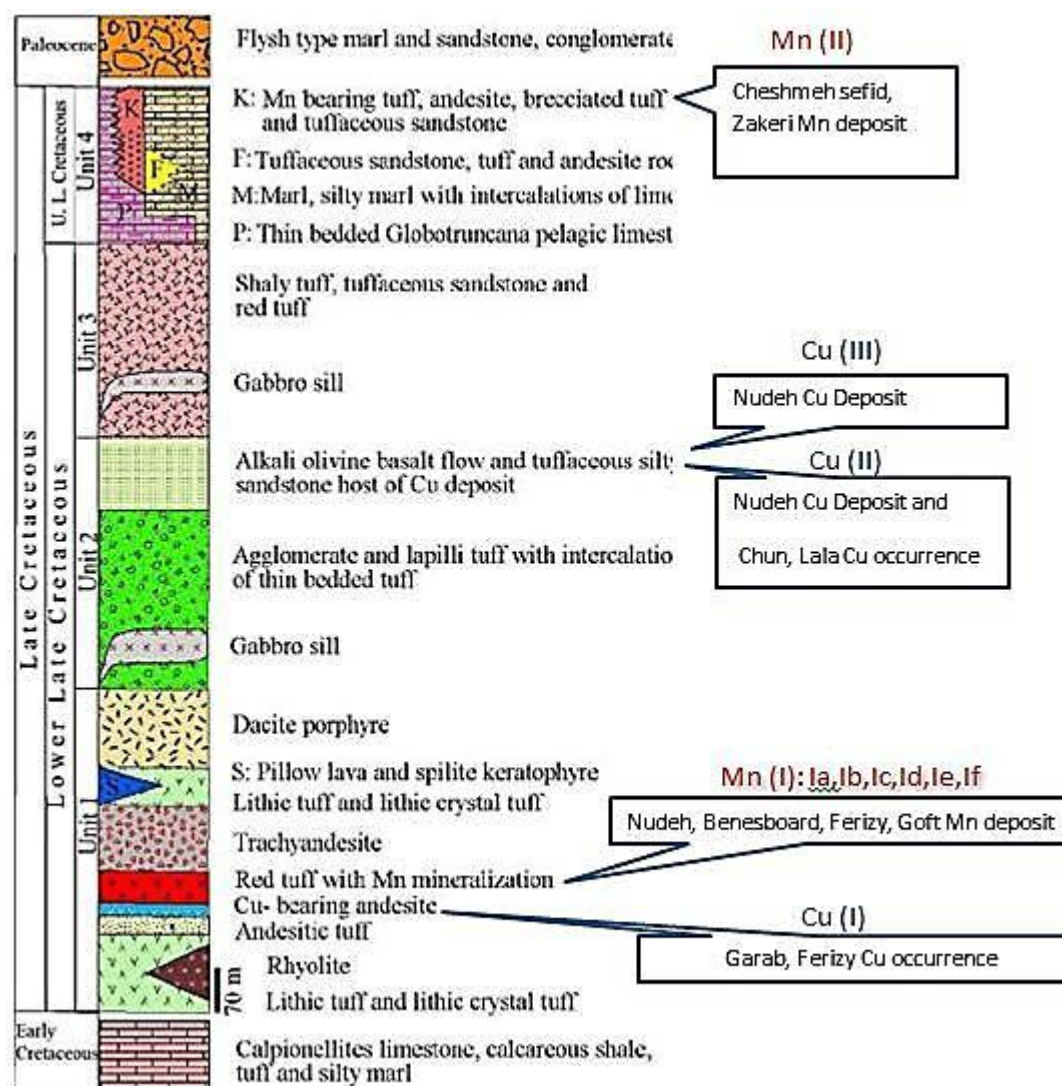
ب) ذخایر منگنز با سن بخش بالایی کرتاسه بالایی (افق II) و با سنگ میزبان توف آندزیتی و توف کربناتی مانند کانسارهای منگنز ذاکری و چشمه سفید.



شکل ۴- ۱: تلفیقی از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ سبزوار (طاطاوسیان، ۱۳۶۸) و ۱:۱۰۰۰۰۰ دارین (وحدتی دانشمند، ۱۳۷۷)، که در آن موقعیت ذخائر منگنز و مس با میزبان توالی آتشفشانی- رسوبی و میزبان مجموعه افیولیتی کرتاسه پسین نشان داده شده است.

جدول ۴- ۱: کانسارها و اندیس‌های منگنز و مس منطقه سبزوار

کانسارها و اندیس‌های مس	کانسارهای منگنز		
با سنگ میزبان آتشفشانی- رسوبی (کرتاسه پسین)	با سنگ میزبان بازالت‌های بالشی افیولیت ملانژ (بخش بالایی کرتاسه پسین)	با سنگ میزبان توفی- کربناتی (بخش بالایی کرتاسه پسین)	با سنگ میزبان توفی (بخش زیرین کرتاسه پسین)
۱- گراب	۸- گود ایناق	۵- محمد آباد	۱- گف
۲- اندیس کلاته لالا		۶- ذاکری	۲- بنسبرد
۳- فریزی		۷- چشمه سفید	۳- نوده
۴- نوده			۴- فریزی
۵- چون			



شکل ۴-۲: ستون چینه شناسی عمومی از واحدهای سنگی کرتاسه در منطقه مورد مطالعه در جنوب غرب سبزوار (مغفوری و همکاران، ۱۳۹۱). کانی زایی منگنز در دو افق و کانی زایی مس در سه افق تشکیل شده است.

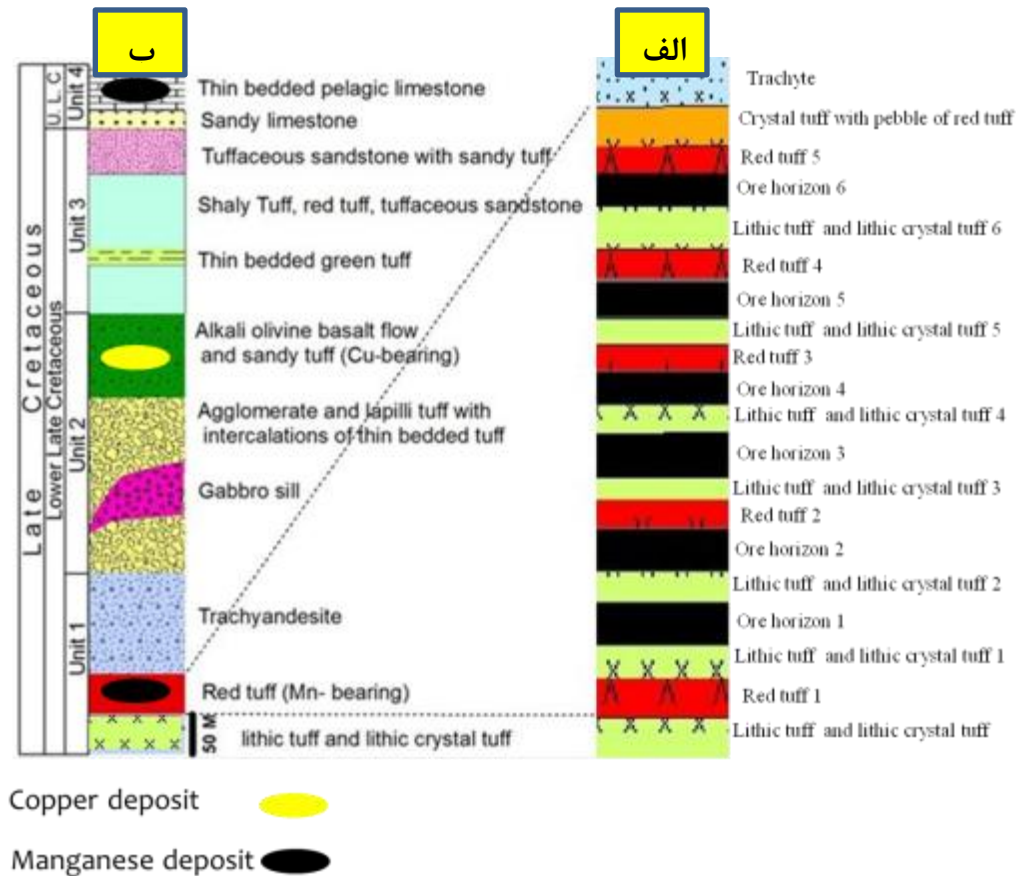
با توجه به بررسی های صحرایی صورت گرفته، ویژگی های کنسارهای منگنز نوده، فریزی و گفیت به ترتیب مورد بررسی قرار می گیرد.

۴-۳- ویژگی‌های کانی‌زایی منگنز در کانسار نوده و رخساره‌های کانه دار آن

فعالیت معدنکاری در کانسار نوده در امتداد روند واحدهای سنگی کانه‌دار صورت گرفته است (شکل

۴-۳). کانه‌زایی اکسیدی در کانسار نوده، در توف قرمز و ۶ زیر افق (افق Ia, Ib, Ic, Id, Ie, If)

رخ داده است (شکل ۴-۴).



شکل ۴-۳: الف) ستون چینه‌شناسی عمومی از منطقه معدنی نوده و موقعیت افق‌های منگنز و مس در آن. ب) ستون چینه‌ای از از توف‌های قرمز میزبان منگنز نوده

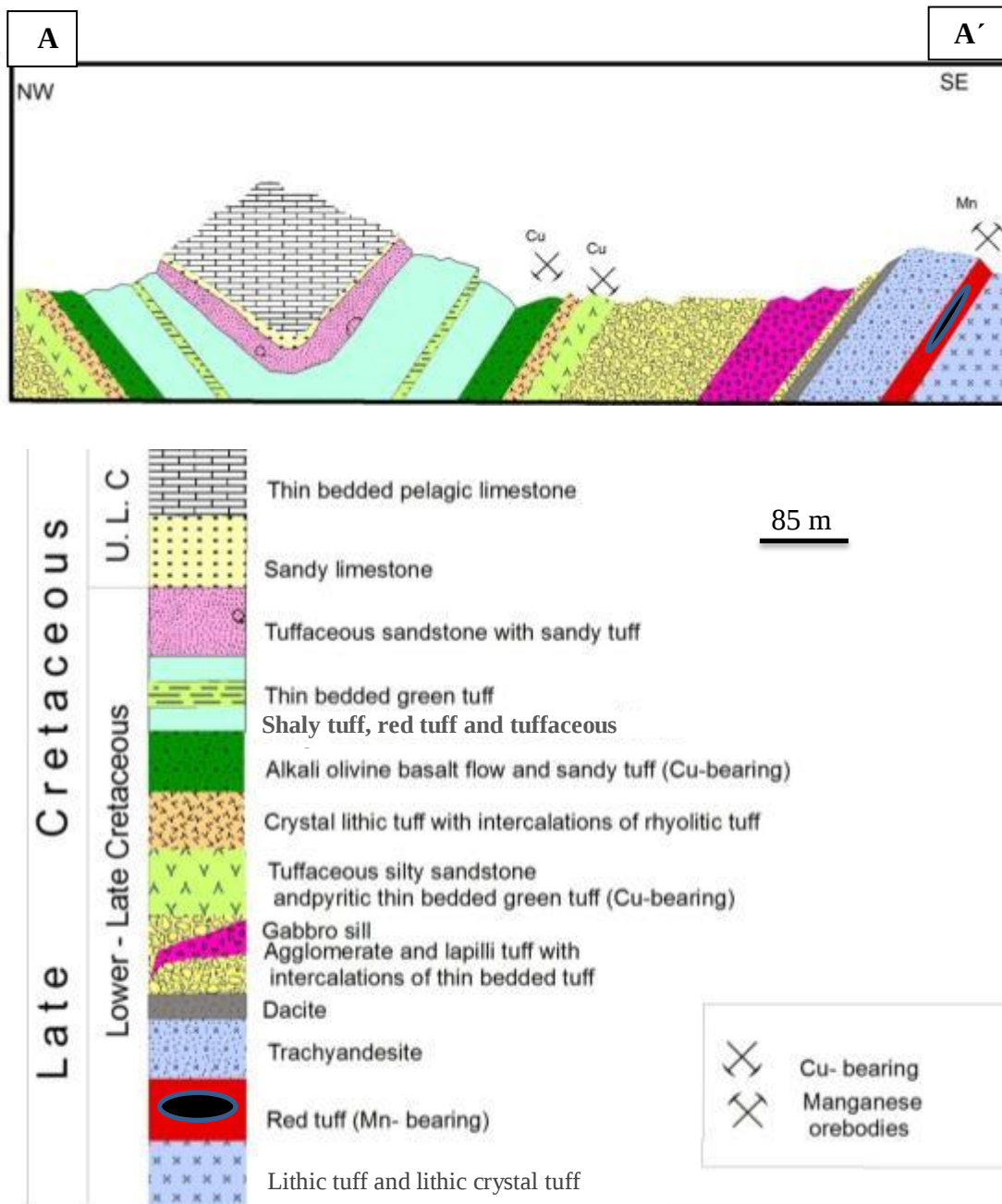
۴-۳-۱- شکل هندسی ماده معدنی

کانه‌زایی اکسیدی در محدوده معدنی نوده بصورت پیکره عدسی شکل رخ داده است (اشکال ۴-۴، ۴-۵)

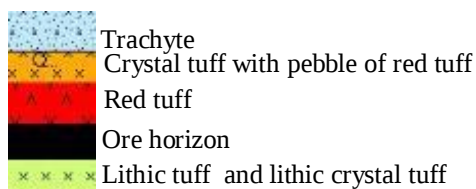
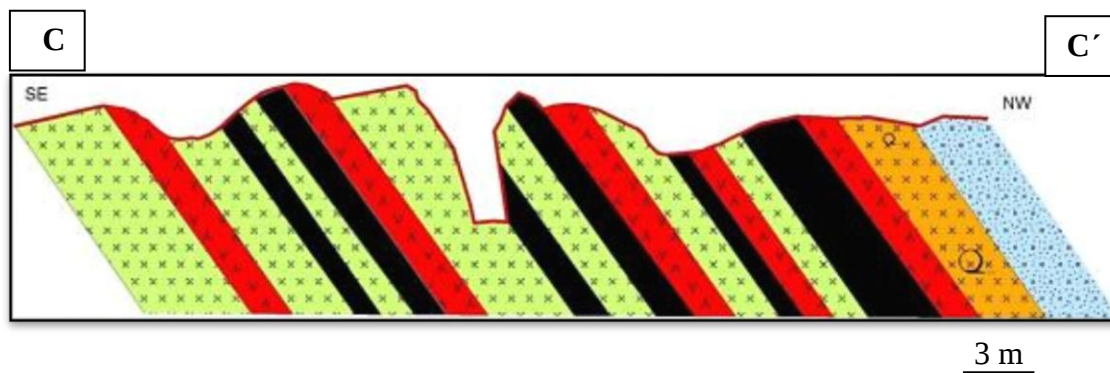
و با کاهش ضخامت در سمت شرق، کانسار شکل لایه‌ای به خود گرفته و هم روند با لایه بندی

سنگ میزبان می‌گردد. گسترش طولی افق کانه‌دار کانسار نوده بسیار بیشتر از ضخامت آن است به

طوری که طول آن به طور ناپیوسته بیش از ۱۵۰۰ متر و ضخامت آن در حدود ۳ تا ۵ متر می‌باشد که این یکی از ویژگی‌های عمده کانسارهای منگنز آتشفشانی- رسوبی می‌باشد. این حالت لایه‌ای و عدسی شکل در کانسار نوده، در مقایسه با کانسارهای اکسیدی با سنگ میزبان آتشفشانی- رسوبی، عمدتاً در کانسارهای آتشفشانی- رسوبی تیپ کوبا (مویسور و پیچ، ۱۹۸۸) دیده می‌شود.



شکل ۴-۴: مقطع عرضی از واحدهای سنگی منطقه و موقعیت افق‌های کانهدار منگنز و مس در منطقه نوده. (موقعیت مقطع در شکل ۳-۳ مشخص شده است).



شکل ۴-۵: مقطع عرضی در راستای NW-SE در جهت عمود بر لایه‌بندی واحدها در منطقه معدنی نوده. (موقعیت مقطع در شکل ۳-۳ مشخص شده است)

۴-۳-۲- رخساره کانه دار

کانی‌سازی در کانسار منگنز نوده شکل (۴-۶) بر اساس ساخت، بافت، کانی‌شناسی و نوع ارتباط با سنگ میزبان به سه رخساره متفاوت قابل تقسیم است:

الف) رخساره کانسنگ توده‌ای^۱

ب) رخساره کانسنگ لایه‌ای^۲

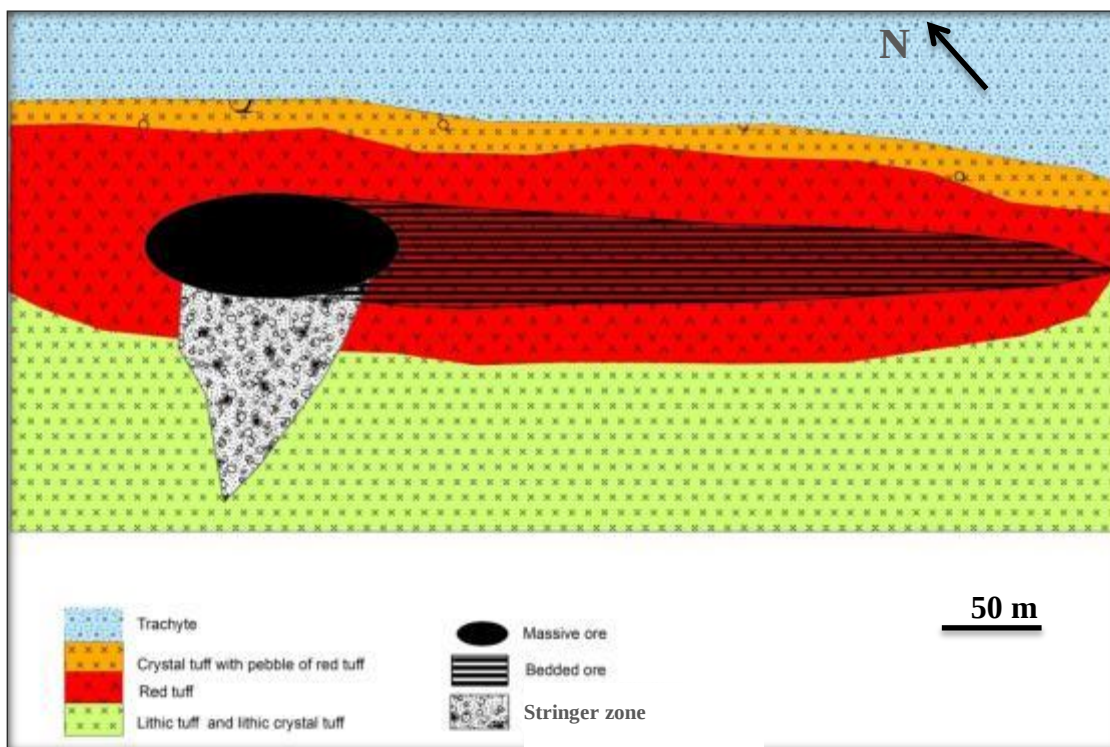
ج) رخساره دانه پراکنده-برشی^۳

شکل نمادین از این رخساره‌ها (از غرب به شرق کانسار و چگونگی ارتباط آن‌ها با یکدیگر) که بر اساس مطالعات نمونه‌های دستی و میکروسکوپی، و بررسی‌های صحرایی ترسیم گردیده، در شکل ۴-۶ نشان داده شده است. ویژگی‌های هر یک از این رخساره‌ها به شرح زیر می‌باشد:

^۱- Massive ore facies

^۲- Bedded ore facies

^۳-Stringer- Vent complex



شکل ۴-۶: نقشه ساده زمین‌شناسی سینه کار A که در آن رخساره‌های کانهدار توده‌ای، لایه‌ای و استرینگر مشخص است.

الف) رخساره کانسنگ توده‌ای

این رخساره که در سمت غربی کانسار، مهم‌ترین بخش کانسار، یعنی بخش ضخیم و عیار بالای آن را تشکیل می‌دهد دارای شکل عدسی مانند به ضخامت ۰/۵ تا ۵ متر و طول ۳۰۰ متر می‌باشد (شکل الف ۴-۷) و در اغلب کانسارهای آتشفشانی- رسوبی ملاحظه می‌گردد. رخساره کانسنگ توده‌ای در مقایسه با رخساره لایه‌ای کانسار منگنز نوده، دارای بافتی توده‌ای با ماهیتی ناهمگون و تقریباً چینه-کران می‌باشد که محدود به سنگ میزبان خود یعنی توف قرمز می‌باشد. کانی‌های تشکیل دهنده این رخساره پیرولولوزیت، پسیلوملان، براونیت و منگانیت می‌باشند (شکل ب ۴-۷). از دیگر ویژگی‌های اساسی این رخساره، نسبت بسیار پایین کانی‌های اولیه توف میزبان به کانی‌های تولید شده در اثر فرآیند گرمایی- برون‌دمی یعنی کانی‌های اکسیدی و سیلیسی است. به دلیل فراوانی میزان کانی‌های منگنز، عیار منگنز در این رخساره، بیشترین میزان خود را داراست.



شکل ۴-۷: الف) نمایی از رخساره کانسنگ توده‌ای (دید به سمت شمال شرق)، ب) نمونه دستی از رخساره کانسنگ توده‌ای، ج) تصویر میکروسکوپی از این نمونه که از پیرولوزیت (Pyr)، براونیت (Br)، پسیلوملان (Ps) و کوارتز (Qtz) تشکیل یافته است.

ب) رخساره کانسنگ لایه‌ای

این بخش از کانسار نوده دارای ضخامت و عیار کمتری نسبت به رخساره کانسنگ توده‌ای بوده و شامل تناوبی از لایینه‌های متعدد اکسیدی متشکل از کانی‌های پیرولوزیت و پسیلوملان می‌باشد که

توسط لامینه‌های ترکیبات سنگ میزبان از هم جدا می‌شوند (شکل ۴-۸). رخساره کانسنگ لایه‌ای، همروند با لایه بندی (چینه‌سان) بوده، و از انتهای بخش توده‌ای به سمت شرق کانسار، دارای گسترش است. سنگ دربرگیرنده این رخساره کانه‌دار توف قرمز می‌باشد. رخساره کانسنگ لایه‌ای، از جنوب غرب به سمت شمال شرق، پس از کانسنگ توده‌ای، در برش طولی کانسار قابل پی‌گیری می‌باشد. گسترش و تداوم این رخساره به سمت شمال شرق است. ضخامت این رخساره به سمت شرق کاهش می‌یابد. این کاهش ضخامت به دلیل کاهش میزان کانی‌های گرمابی-بروندمی اکسیدی نسبت به کانی‌های تشکیل دهنده سنگ میزبان کانه‌زایی می‌باشد. اکسیدها غالباً بصورت لامینه، نواری و دانه پراکنده همراه با کانی‌های سنگ میزبان تشکیل شده‌اند. این بافت‌ها سیمایی رسوبی به اکسیدهای این رخساره داده است. بیشتر لایه‌های توفی میزبان کانه‌زایی دارای چندین تناوب از لامینه‌های اکسیدی می‌باشند. این پدیده نشان دهنده شرایط رسوبی در هنگام تشکیل این لامینه‌ها است. اکسیدها از لامینه‌های با ضخامت میلی‌متری تا نوارهای در حد سانتی متری، به صورت همروند با سنگ درون‌گیر تشکیل شده‌اند. ضخامت نوارهای اکسیدی در این رخساره، با دور شدن از کانسنگ توده‌ای، کاهش می‌یابد. سیمای چینه‌سان و همروند رخساره کانسنگ لایه‌ای در کانسار نوده، مشابه خصوصیات بافتی و کانی‌شناسی کانسنگ لایه‌ای کانسارهای ونارچ قم (فردوست، ۱۳۷۰)، گراب (دولت خواه، ۱۳۸۰)، فیزولی^۱ در کشور روسیه (بروسنیتسین و ژوکو^۲، ۲۰۰۵) و بیککولوسکو^۳ در کشور روسیه (بروسنیتسین و همکاران، ۲۰۰۹) می‌باشد.

ج) رخساره دانه پراکنده-برشی

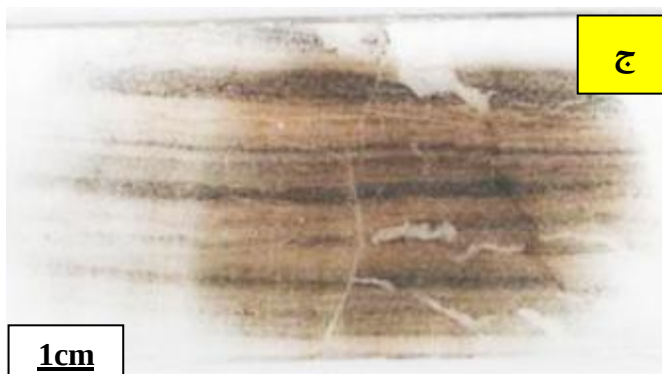
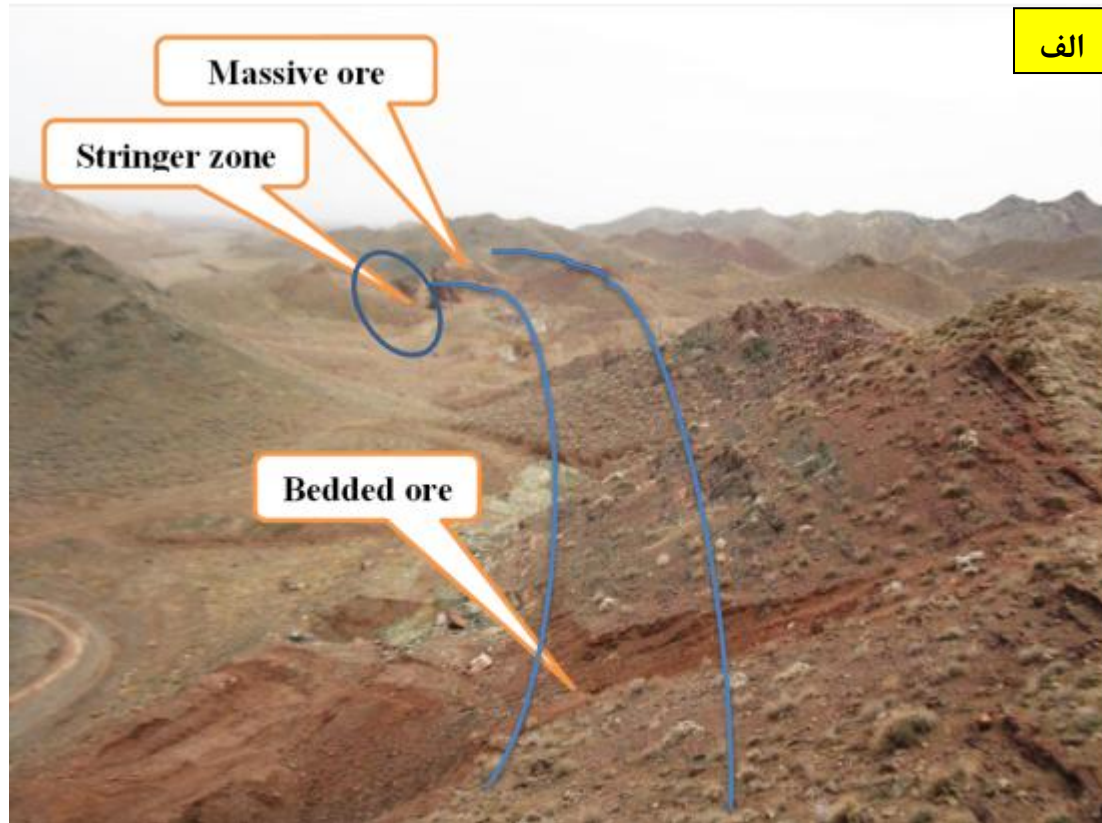
این رخساره شامل دانه‌های منگنز به صورت پراکنده و قطعات خرد شده سنگ میزبان در زیر رخساره کانسنگ توده‌ای است. دگرسانی‌های کلریتی و آرژیلیتی در این رخساره دارای گسترش فراوانی

¹ - Faizuly

² - Brusnitsyn and Zhukov

³ - Bikkulovskoe

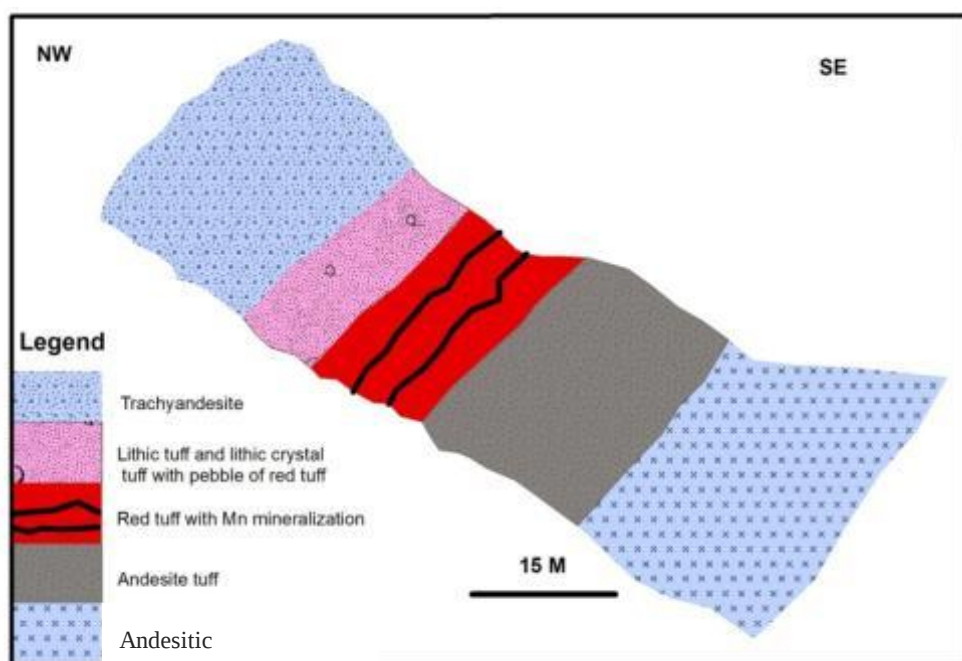
هستند. کانی شناسی این رخساره بیشتر شامل کانی براونیت و به نسبت کمتری پیرولوژیت و پسیلوملان است (شکل ۴-۱۴).



شکل ۴-۸: الف) موقعیت رخساره کانسنگ لایه‌ای در کانسار منگنز نوده. روند این رخساره هم‌شیب و هم‌روند با لایه-بندی سنگ میزبان است که از انتهای رخساره کانسنگ توده‌ای به سمت شمال شرق کشیده شده است. (دید به سمت جنوب غرب). ب و ج) تصاویر دستی و مقطع نازک صیقلی از توف‌های قرمز میزبان کانسنگ لایه‌ای. نوارها و لامینه-های تیره غنی از منگنز هستند.

۴-۴- ویژگی‌های کانی‌زایی منگنز در کانسار فریزی

کانه‌زایی منگنز در کانسار فریزی، در دو زیر افق (افق If و Ife) و در درون توف‌های قرمز تشکیل گردیده است (شکل ۴-۹). در شکل ۴-۱۱ موقعیت کانه‌زایی در کانسار فریزی نسبت به واحدهای میزبان و نیز توالی‌های میزبان کانسار نوده و گفت نشان داده شده است. رخساره کانه‌داری که در این کانسار تشخیص داده شده است، کانسنگ لایه‌ای است. رخساره کانسنگ لایه‌ای در کانسار فریزی، شامل تناوبی از لامینه‌های متعدد اکسیدی است که توسط لامینه‌های سنگ میزبان از هم جدا شده‌اند. رخساره کانسنگ لایه‌ای بصورت همروند با لایه‌بندی (چینه‌سان) بوده، و در برش طولی کانسار قابل پی‌گیری تا ۱۵۰۰ متر می‌باشد. امتداد این رخساره شمال شرقی- جنوب غربی بوده و فعالیت معدنکاری در امتداد این رخساره صورت می‌گیرد. اکسیدها غالباً بصورت لامینه، نواری، دانه پراکنده بوده و همراه با کانی‌های تشکیل دهنده سنگ میزبان می‌باشند. لایه‌های توفی میزبان کانه‌زایی دارای چندین تناوب از لامینه‌های اکسیدی می‌باشند. این پدیده نشان دهنده شرایط رسوبی در هنگام تشکیل این لامینه‌ها است.



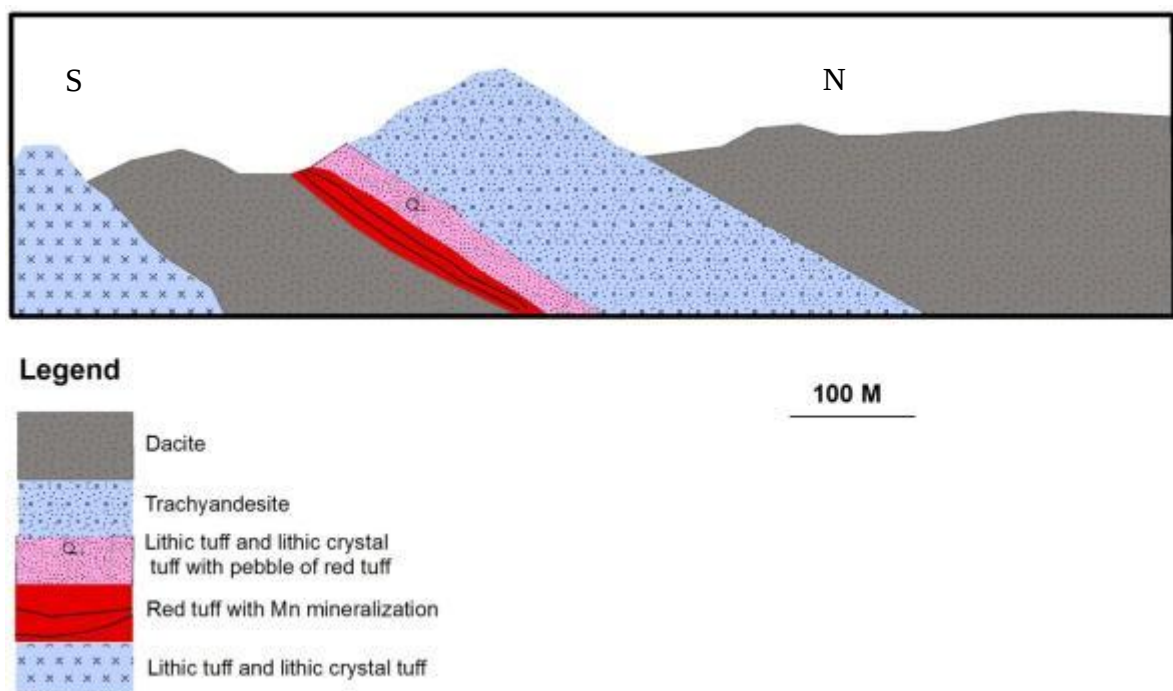
شکل ۴-۹: مقطع عرضی از واحدهای سنگی منطقه معدنی فریزی و موقعیت افق‌های کانه‌دار در آن

۴-۵- ویژگی‌های کانی‌زایی منگنز در کانسار گف

کانی‌زایی در کانسار گف در دو زیر افق مشابه (افق If و Ie) تشکیل گردیده است (شکل‌های ۴-۱۰ و ۴-۱۱). سنگ میزبان این افق کانه‌دار توف قرمز است. رخساره کانه داری که در این کانسار تشخیص داده شده است کانسنگ لایه‌ای بوده که شامل تناوبی از لامینه‌های متعدد از اکسیدهای منگنز است که توسط لامینه‌های سنگ میزبان از هم جدا می‌شوند. رخساره کانسنگ لایه‌ای بصورت همروند با لایه‌بندی (چینه‌سان) بوده و در برش طولی کانسار قابل پی‌گیری تا ۱۰۰۰ متر می‌باشد. امتداد این رخساره شرقی- غربی بوده و فعالیت معدنکاری در امتداد این رخساره صورت می‌گیرد. کانی‌های اکسیدی منگنز غالباً بصورت لامینه، نواری، دانه پراکنده بوده و همراه با کانی‌های تشکیل دهنده سنگ میزبان نهشته شده‌اند. لایه‌های توفی میزبان کانه‌زایی در کانسار گف همانند کانسار نوده و فریزی دارای چندین تناوب از لامینه‌های اکسیدی منگنز می‌باشند که بر این اساس می‌تواند نشانه شرایط رسوبی در هنگام تشکیل این لامینه‌ها باشد.

۴-۶- مقایسه توالی‌های کانه‌دار در کانسارهای نوده، گف و فریزی

در شکل ۴-۱۱ موقعیت کانه‌زایی نسبت به واحدهای میزبان در کانسارهای نوده، گف و فریزی با هم مقایسه شده است. با توجه به حضور گدازه آتشفشانی در ستون چینه‌شناسی کانسارهای گف و فریزی که نشان دهنده نزدیک بودن به محل خروج سیال گرمابی- برون‌دمی بوده و عدم وجود این گدازه‌ها در ستون چینه‌شناسی کانسار نوده، می‌توان به این نتیجه رسید که دلیل فراوانی لایه‌های منگنزدار در کانسار نوده به دلیل فاصله داشتن، از دریچه گرمابی- برون‌دمی و محیا شدن شرایط آرام مورد نیاز، برای ته‌نشینی عنصر منگنز است.



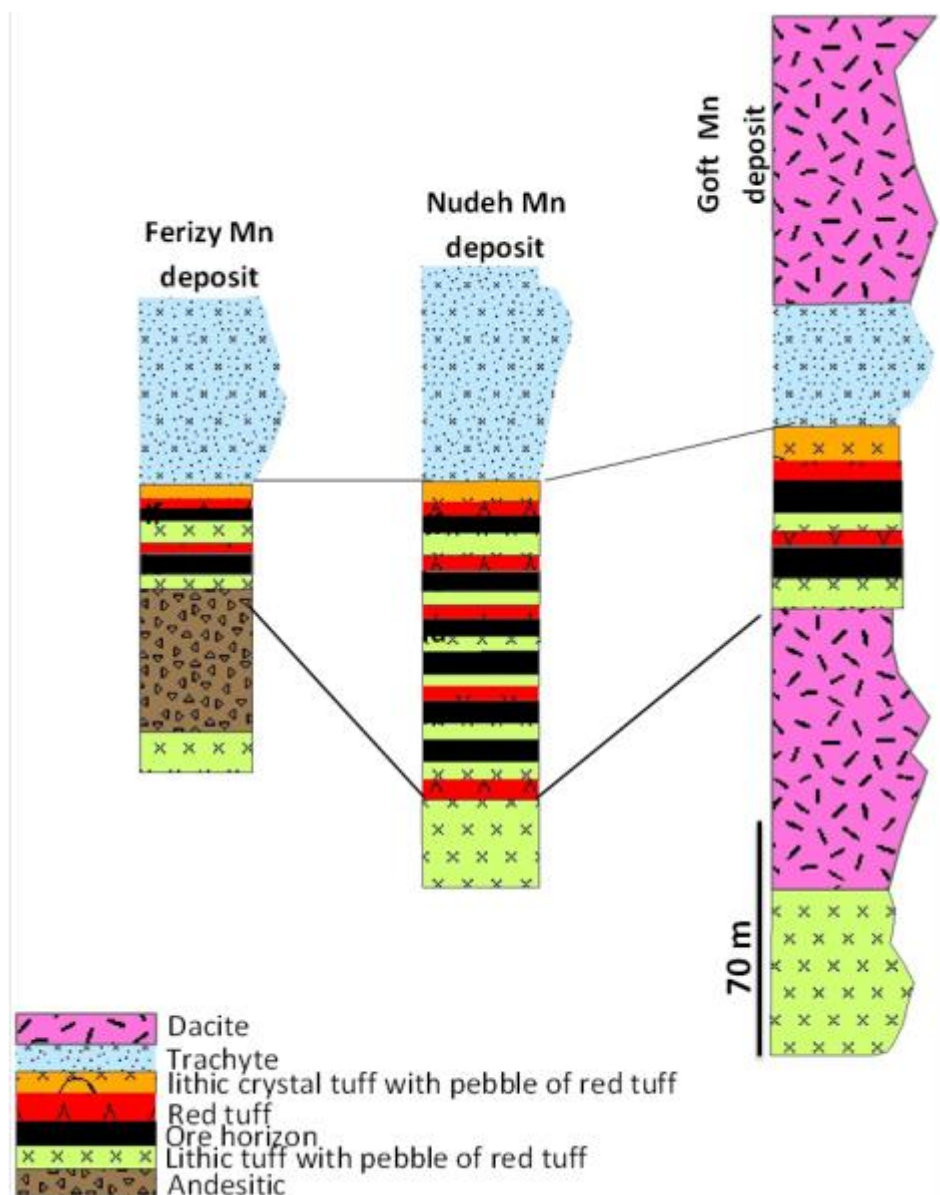
شکل ۴-۱۰: مقطع عرضی از واحدهای سنگی منطقه معدنی گف و موقعیت افق‌های کانه‌دار آن.

۴-۷- دگرسانی سنگ دیواره

دگرسانی به طور شاخص یک فرآیند شستشوی اصلی می‌باشد که توسط نسبت کانی‌های فلزی به یون هیدروژن در محلول دگرسان کننده کنترل می‌شود. اگر نسبت فلزهای قلیایی به یون هیدروژن در محلول پایین باشد، فلدسپات‌ها و سایر سیلیکات‌ها ناپایدار شده و فرایند هیدرولیز رخ می‌دهد که منجر به خروج کاتیون‌ها شده و سیستم گرمایی-بروندمی به سوی تعادل پیش می‌رود. مؤثرترین عوامل در کنترل واکنش‌های دگرسانی، فشار، مقدار (حجم)، ترکیب و رفتار دینامیکی سیال و میزان واکنش پذیری سنگ درونگیر می‌باشد (مک‌میلان و پانتلیو^۱، ۱۹۹۰). شناخت محصولات و فرآیندهای دگرسانی که می‌تواند همراه با کانی‌زایی رخ دهد، یکی از بنیان‌های شناسایی فرآیندهای مربوط به نحوه تشکیل کانسار است که در اکتشاف کانسارها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (لنتز^۲، ۱۹۹۸).

^۱- McMillan and Panteleyev

^۲- Lentz



شکل ۴-۱۱: جایگاه افق I منگنز (زیر افق‌های Ia, Ib, Ic, Id, Ie و If) در بخش زیرین کرتاسه پسین و انطباق زیر افق‌های منگنز در کانسارهای نوده، گف و فریزی. بیشترین زیر افق در کانسار منگنز نوده دیده می‌شود.

بر اساس مطالعات صحرایی، میکروسکوپی و نتایج XRD از تعدادی از نمونه‌های گرفته شده از پهنه-های دگرسانی در کانسارهای اشاره شده، دگرسانی‌های کلریتی و آرژیلیتی، بیشترین گسترش را در آن‌ها دارند. بیشترین شدت دگرسانی در کانسار نوده در نزدیکی افق معدنی بوده و به سمت کمر پایین و کمر بالا از میزان آن کاسته می‌شود. حضور سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری به همراه میان

لایه‌هایی از واحدهای رسوبی، حاکی از رخداد آتشفشان عمدتاً مافیک و کمی فلسیک در محیط زیر دریایی است. بنابراین با توجه به رویداد کانی‌زایی در محیط زیردریایی، عمده‌ترین دگرسانی موجود در منطقه شامل دگرسانی‌های کلریتی و آرژیلیتی می‌باشد. در این قسمت دگرسانی‌های موجود در منطقه به اختصار توضیح داده خواهد شد.

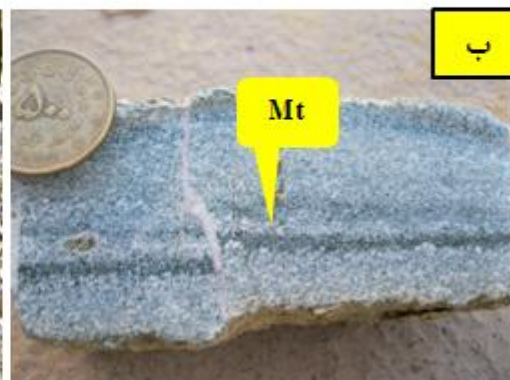
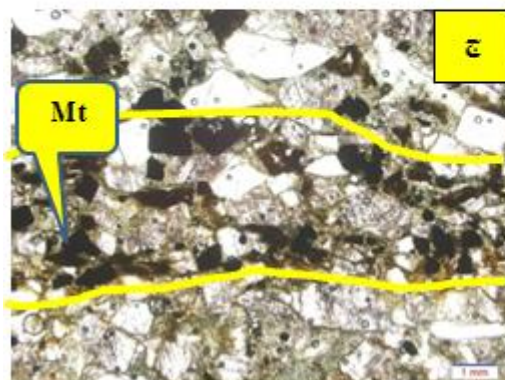
۴-۷-۱- دگرسانی کلریتی

این دگرسانی، گسترده‌ترین نوع دگرسانی در کانسار نوده بوده و با رخساره‌های توده‌ای ولایه‌ای همراه می‌باشد. سنگ‌های کمر پایین ماده معدنی به شدت دچار دگرسانی کلریتی شده و دارای رنگ سبز می‌باشند و در رده کلریت‌های آهن- منیزیم‌دار قرار می‌گیرند (شکل ۴-۱۲). بنا به نظر گالی و همکاران^۱ (۲۰۰۷) کلریتی شدن یکی از مهمترین پدیده‌هایی است که در اثر محلول‌های گرمابی غنی از Fe و Mg ایجاد می‌شود و در اثر این فرآیند سنگ ظاهری سبز رنگ پیدا می‌کند.

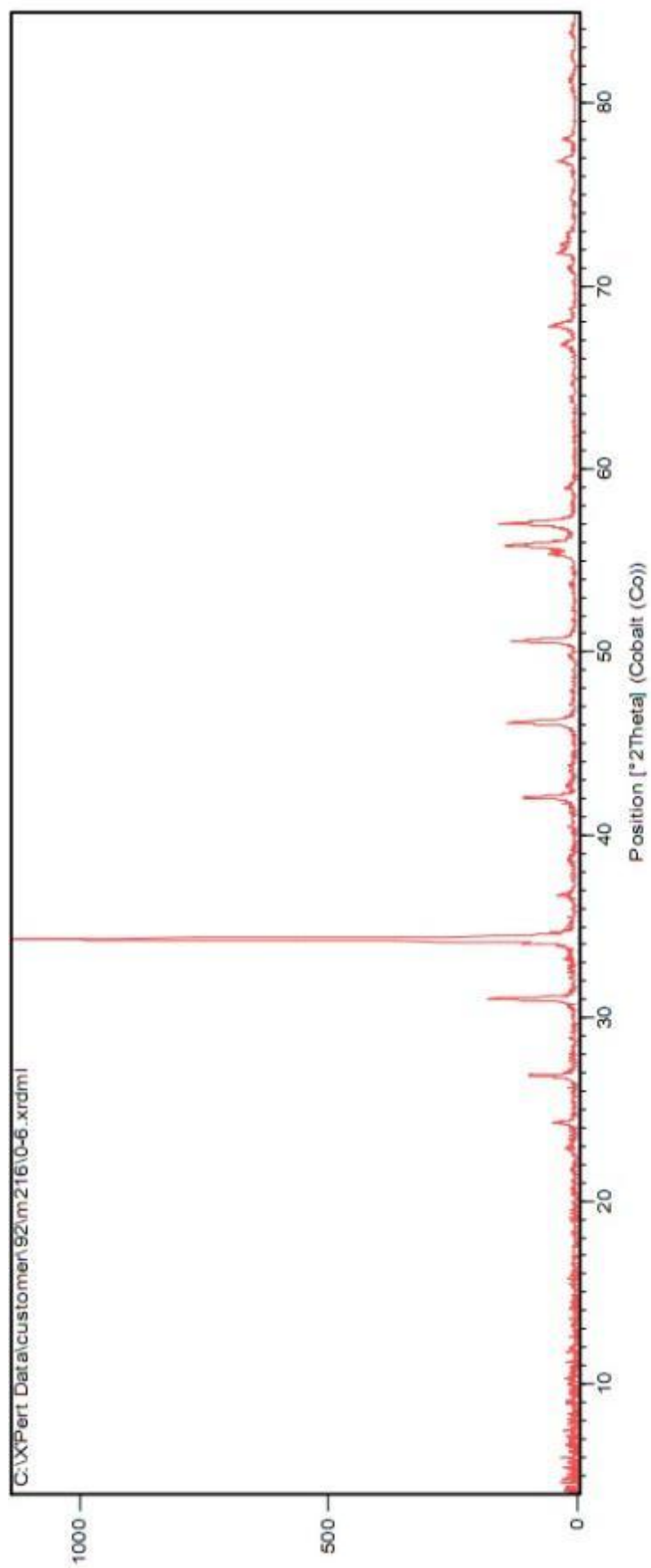
۴-۷-۲- دگرسانی آرژیلیتی

دگرسانی آرژیلیتی نیز در افق‌های کانه‌دار و سنگ‌های دیواره کمر پایین گسترش دارد این دگرسانی در حد فاصل دگرسانی کلریتی و بلافاصله در زیر لایه‌های منگنزدار قرار داشته که باعث تشکیل مقادیر فراوان کانی‌های رسی و در نتیجه سفید رنگ شدن سنگ‌های دیواره شده است (شکل‌های ۴-۱۳، ۴-۱۴، ۴-۱۵، ۴-۱۶). در اثر این دگرسانی کانی‌های فلدسپات موجود در سنگ‌های میزبان به شدت تخریب و فرسایش یافته و به کانی‌های رسی و کوارتز تبدیل شده‌اند.

¹ - Galley

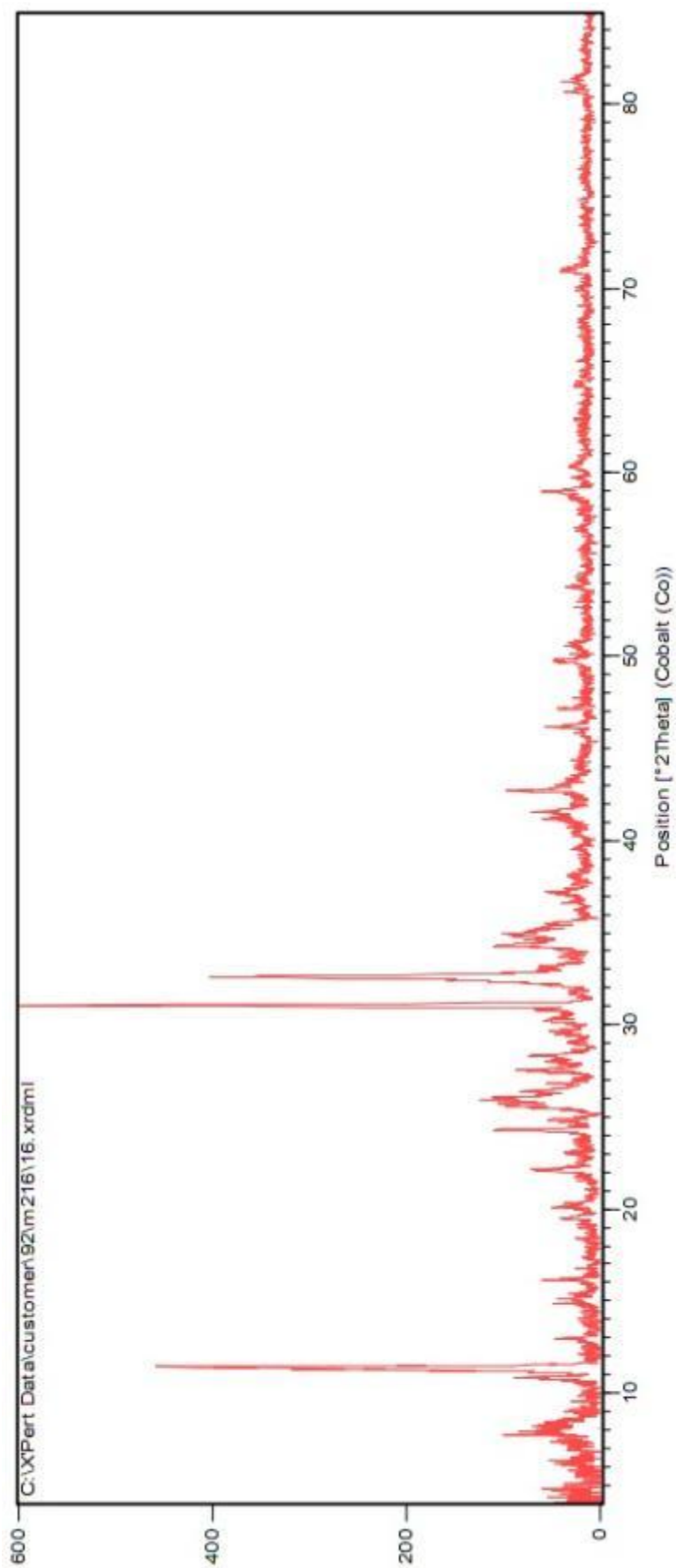


شکل ۴-۱۲: الف) نمایی از دگرسانی کلریتی در کانسار نوده که در زیر توف‌های قرمز میزبان منگنز لایه‌ای قرار دارند. ب) نمونه دستی از سنگ‌های کمر پایین که دارای مگنتیت لایه‌ای است. نوارهای مگنتیت توسط ریز گسل‌های بعدی جابجا شده و این ریز گسل‌ها توسط کلسیت پر شده است. ج) تصویر میکروسکوپی از سنگ‌های کمر پایین که اطراف کانی‌های مگنتیت کلریتی شده است.

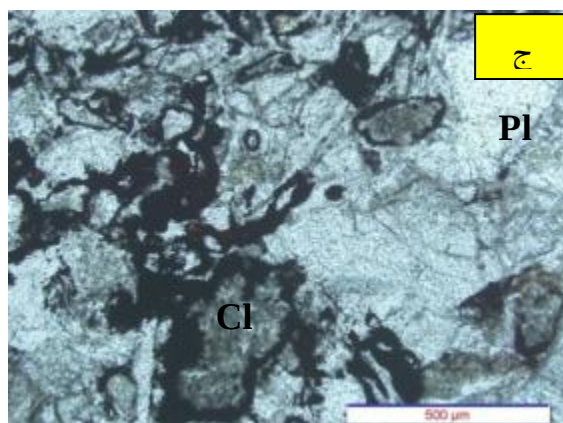


Peak List	
01-083-0578; Ca (C O ₃); Calcite	
01-037-2096; Si O ₂ ; Quartz	
01-065-2342; Ca (C O ₃); Calcite	
00-013-0135; Ca _{0.2} (Al, Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ · 4 H ₂ O; Montmorillonite-15A	
01-074-1756; Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄ (HCO ₃ NH ₂); Dickite	

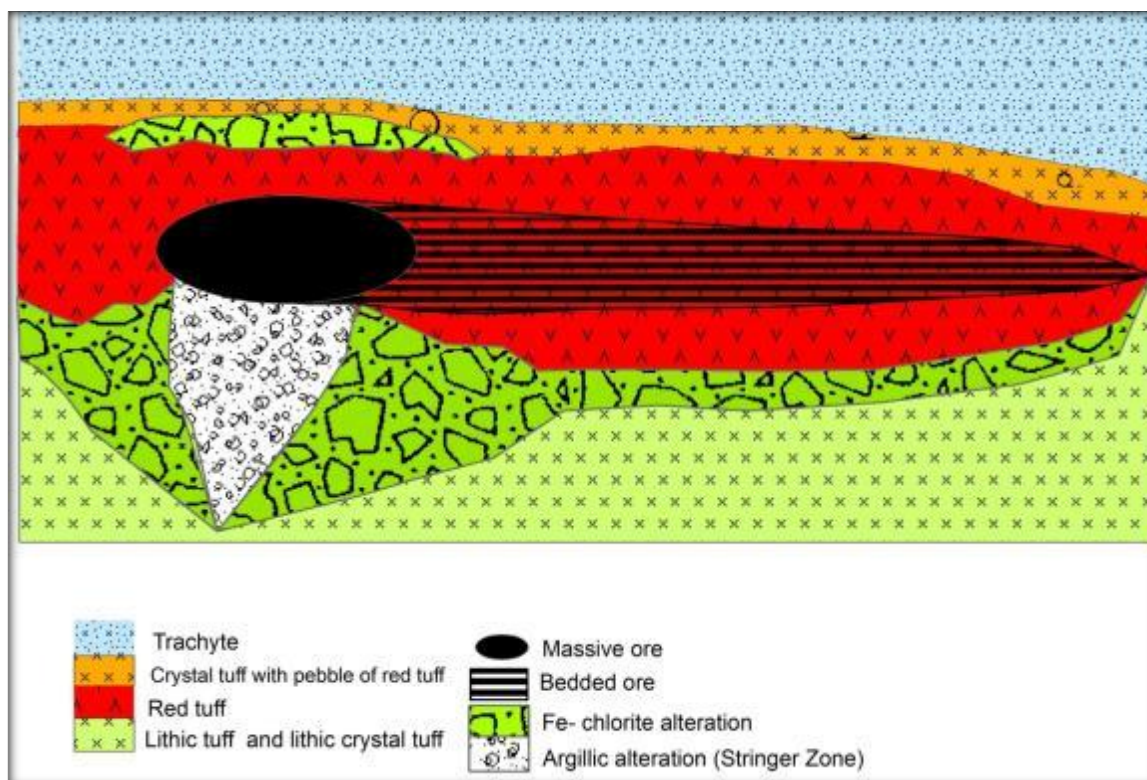
شکل ۴-۱۳: داده‌های XRD از سنگه‌های دارای دگرسانی آریلیتی که شامل کانی‌های دیکیت، مونت موریلونیت، کلسیت و کوارتز می‌باشد



شکل ۴-۱۴: داده‌های XRD از سنگ‌های دارای دگرسانی آرژیلیتی که شامل کانی‌های کوارتز، هیولاندیت، آلبیت، لامونیت و کینوپتیلولیت می‌باشد



شکل ۴-۱۵: الف) نمایی از گسترش دگرسانی آرژیلیتی واقع در مرز رخساره استرینگر و رخساره توده‌ای. ب) تصویر نمونه دستی از سنگ دارای دگرسانی آرژیلیتی (سفید) که کانی‌های منگنز (سیاه) به صورت بی نظم در داخل آن قرار دارند. ج) تصویر میکروسکوپی از سنگ دارای دگرسانی آرژیلیتی که در آن کانی‌های پلاژیوکلاز (PI) تبدیل به کانی-های رسی (CI) شده‌اند.



شکل ۴-۱۶: نقشه دگرسانی‌های محدوده معدنی کانسار منگنز نوده: از مرکز سیستم به حاشیه به ترتیب دگرسانی آرژیلیتی و کلریتی مشاهده می‌گردد

فصل پنجم

ساخت، بافت، کانی

شناسی و توالی پاراژنتیک

مطالعه و بررسی بافت و ساخت کانی‌ها و کانه‌ها، اطلاعات ارزشمندی به دست می‌دهد که می‌توان با توجه به آنها به شرایط و نحوه تشکیل ماده معدنی پی برد. علاوه بر آن، آگاهی در مورد بافت ماده معدنی، اندازه ذرات و نحوه قرارگیری ماده معدنی در ارتباط با باطله و سنگ درونگیر، از مسائلی است که به فراوری و کانه‌آرایی کانسنگ کمک می‌کند. همخوانی بافت‌های ماده معدنی با ساخت‌های رسوبی و لایه بندی و یا برعکس ناهمخوانی این دو در فهم و درک زایش کانسارهای سین‌ژنتیک و اپی‌ژنتیک بسیار مؤثر است و حتی در تصمیم‌گیری و طراحی استخراج نقش اصلی و اساسی دارد.

کانی‌شناسی و تشخیص پاراژنز کانه یکی از مهم‌ترین پارامترهای شناسایی ویژگی‌های محیط تشکیل هر کانسار است. این مطلب در مورد کانسارهای منگنز نیز صادق است و کانی‌شناسی این کانسارها، اطلاعات ارزشمندی در مورد محیط و فرآیند تشکیل آنها در اختیار می‌گذارد.

عنصر منگنز در طبیعت به صورت خالص یافت نمی‌شود. اکسیدها و هیدرواکسیدها، سیلیکات‌ها و کربنات‌های منگنز رایج‌ترین و مهم‌ترین کانی‌های این عنصر محسوب می‌شوند. علاوه بر این سولفیدها، بورات‌ها، فسفات‌ها، آرسنات‌ها و سایر ترکیبات منگنز نیز به مقدار ناچیزی در طبیعت یافت می‌شوند. عنصر منگنز تقریباً در تمامی گروه‌های اصلی کانی‌ها به عنوان یک جزء تشکیل دهنده حضور دارد. در بعضی از این کانی‌ها، ممکن است منگنز بخش اعظم کانی را ساخته و در واقع کانی مستقلی از منگنز را به وجود آورد. اما در بعضی دیگر تنها بخش ناچیزی از کانی را شامل می‌شود.

شناسایی کانی‌های منگنز پیچیده و مشکل‌می‌باشد و به دلیل وجود تشابه زیاد ترکیبات مختلف با یکدیگر تشخیص این ترکیبات به سختی صورت می‌گیرد. همچنین تنوع زیاد کانی‌های منگنز، ریز دانه بودن و رشد تداخلی آنها شناسایی این کانی‌ها را مشکل‌می‌سازد (مینارد^۱، ۱۹۸۳). به همین دلیل برای شناسایی این ترکیبات، علاوه بر استفاده از تکنیک‌های نوری و میکروسکوپی از پراش اشعه ایکس هم استفاده می‌شود. استفاده از میکروپروب نیز می‌تواند شناخت دقیق‌تری از این کانی‌ها در

¹- Maynard

اختیار گذارد. استفاده از دو پارامتر کانی‌شناسی و ژئوشیمی می‌تواند به عنوان ابزار مهمی برای شناسایی نهشته‌های منگنز مورد استفاده قرار گیرد. این موضوع نشانگر اهمیت نقش کانی‌شناسی می‌باشد.

در این فصل ابتدا به انواع ساخت و بافت‌های ماده معدنی و کانه و ارتباط آن با کانی‌های تشکیل دهنده سنگ درونگیر و ویژگی‌های انواع رخساره کانه‌دار اشاره و سپس به بررسی کانی‌شناسی و پاراژنز و توالی پاراژنتیک کانی‌ها و کانه‌ها پرداخته می‌شود.

۵-۲- ساخت‌های اولیه

۵-۲-۱- ساخت برشی

این ساخت در رخساره استرینگر و بخش دارای دگرسانی کلریتی و آرژیلیتی در کانسارهای نوده و فریزی دیده می‌شود (شکل ۵-۱). در نمونه‌های برداشته شده از بخش دارای دگرسانی آرژیلیتی از این نوع کانسنگ قطعات کریستال لیتیک توف با رنگ روشن (سفید تا شیری) و کانی‌های منگنز (سیاه رنگ) فضای بین این قطعات را پر کرده‌اند. شکل دانه‌ها نیمه گردشده و زاویه‌دار است. در قسمت دارای دگرسانی آرژیلیتی سیال دارای دمای بالا بوده و نقش بسزایی در ایجاد کانی‌های منگنز داشته است. در نمونه‌های برداشت شده از بخش دارای دگرسانی کلریتی سیال دما بالا، باعث خرد شدن و کلریتی شدن سنگ‌های رخساره استرینگر شده است.

۵-۲-۲- ساخت لامینه‌ای و عدسی شکل

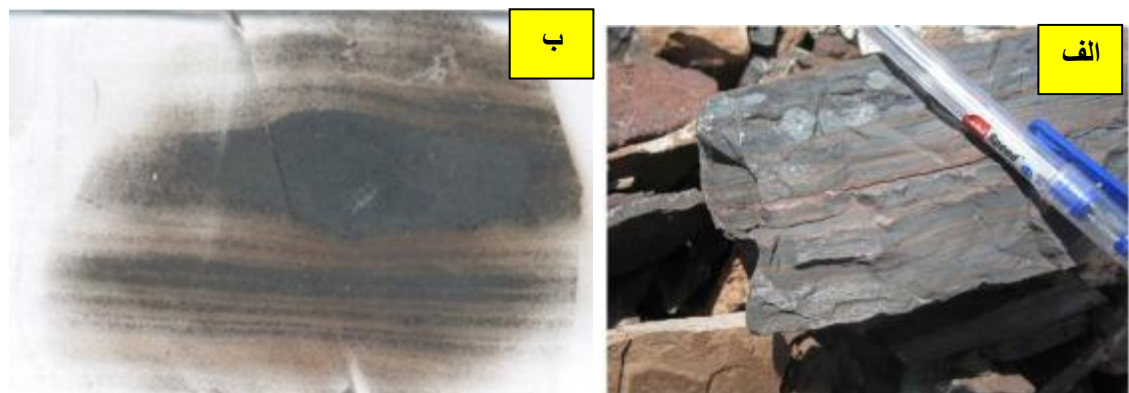
این ساخت در رخساره لایه‌ای قابل مشاهده است و نشان دهنده همزمانی تشکیل این لامینه‌ها با رسوب گذاری است (شکل ۵-۲). این لامینه‌ها در توف‌های قرمز و کریستال لیتیک توف قابل مشاهده هستند و از تناوب افق‌های کم منگنز و پر منگنز، منظره‌ای تیره و روشن ایجاد کرده‌اند. یکی از ویژگی‌های رخساره کانسنگ لایه‌ای، ته نشست اکسیدها به صورت دانه پراکنده در کنار هم و تشکیل لایه‌ای غنی از کانی‌های منگنز می‌باشد که نشان از افزایش شرایط رسوبگذاری در یک محیط

آرام و ته نشست کانی‌های منگنز می‌باشد. ضخامت لایینه‌ها در بافت‌های لایینه‌ای مختلف متغیر بوده و از میلی‌متری تا سانتی‌متری تغییر می‌نماید. البته گاهی این لایینه‌ها کاملاً پیوسته نبوده و حالت عدسی شکل دارند (شکل ۵-۲). حضور این نوع بافت نشانگر آن است که در دیاژنز آغازین، منگنز از آب حفره‌ای به صورت دانه ریز تبلور یافته است (بروسنیتسین و همکاران، ۲۰۰۹).

ساخت لایینه می‌تواند نمایشگر مراحل مختلف ته‌نشست کانی‌های منگنز از سیالی باشد که به طور متناوب شرایط فیزیکوشیمیایی آن تغییر می‌کرده و در هر مرحله، کانی خاصی را ته نشست داده است. این ساخت می‌تواند بر اثر نفوذ سیال‌های کانه‌دار در مراحل مختلف نیز تشکیل شود که نشان دهنده تکوین چند مرحله‌ای کانسار می‌باشد.



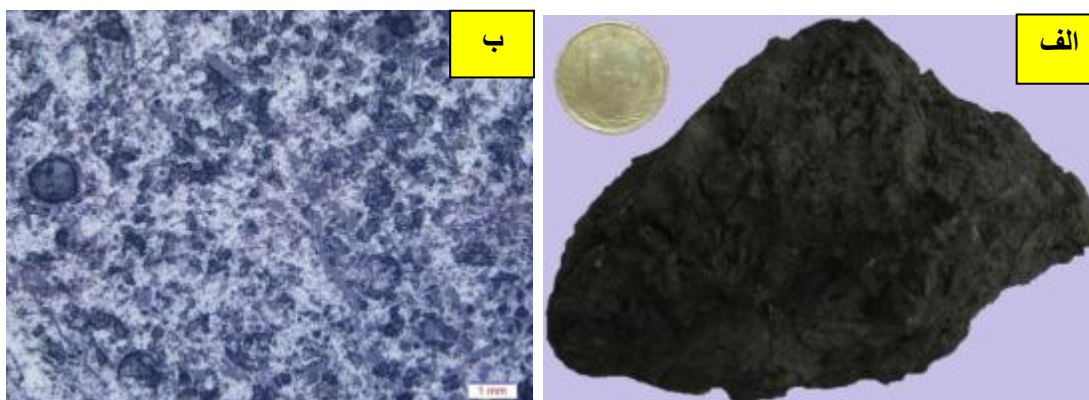
شکل ۵-۱: الف) ساخت برشی، سیمان سفید رنگ (سنگ درونگیر دارای دگرسانی آرژیلیتی) قطعات منگنز سیاه رنگ را در بر گرفته است. ب) ساخت برشی رخساره استرینگر دارای قطعات خرد شده و کلریتی از جنس ماسه سنگ توفی که توسط سیمان سیلیسی احاطه شده است.



شکل ۵-۲: الف) لایینه‌های تیره رنگ منگنز در داخل توف قرمز ب) بافت لایینه‌ای در مقطع نازک صیقلی.

۵-۲-۳- ساخت توده‌ای

ساخت توده‌ای، خاص رخساره کانسنگ توده‌ای است که ۴۰ درصد آن، از کانی‌های منگنز تشکیل شده است. کانی‌های این رخساره شامل پیرولولزیت، براونیت و منگانیت می‌باشد. اغلب کانی‌های پیرولولزیت درشت دانه و کانی‌های دیگر ریز دانه هستند و قرارگیری آن‌ها در کنار یکدیگر بصورت توده‌ای دیده می‌شود (شکل ۵-۳).



شکل ۵-۳: الف) نمونه دستی ماده معدنی منگنز دارای ساخت توده‌ای. ب) تصویر میکروسکوپی ماده معدنی دارای بافت توده‌ای که عمدتاً از پیرولولزیت تشکیل شده است.

۵-۲-۴- ساخت و بافت دانه پراکنده

ساخت دانه پراکنده در بخش‌هایی از کانسنگ لایه‌ای که فراوانی منگنرها کم است، قابل مشاهده است. کانی‌های منگنز، بصورت دانه پراکنده و عدسی شکل هستند که در کانسنگ لایه‌ای، در بین لامینه‌های دارای منگنز تشکیل گردیده‌اند (شکل ۵-۴). تراکم بالای منگنرهای دانه پراکنده غالباً در بخش‌های نزدیک به رخساره کانسنگ توده‌ای دیده می‌شود. همچنین در این بخش اندازه دانه‌های منگنز بزرگتر است. این بافت نشان دهنده، نهشت اولیه ماده معدنی در حین تشکیل سنگ در بر-گیرنده و همراه با سایر ذرات تشکیل دهنده آن است.



شکل ۵- ۴: الف) ساخت دانه پراکنده منگنز (دانه سیاه) در سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی کانسار منگنز نوده. ب) دانه‌های پراکنده منگنز (Mn) در داخل توف قرمز.

۵- ۳- کانی‌شناسی

همانگونه که در فصل یک بیان شد، تاکنون دسته بندی‌های مختلفی برای کانی‌های منگنز ارائه شده است. کانی‌شناسی فازهایی که در آنها منگنز به عنوان جزء اصلی یا مهم تلقی می‌شود، قبلاً کمتر مورد توجه بوده است و حتی امروزه نیز مسائل زیادی در مورد کانی‌شناسی منگنز باقی است. مطالعات سنتز آزمایشگاهی فازهای منگنزدار و تعادل فازها در سیستم‌های مختلف می‌تواند به حل مسائل متعدد کانی‌شناسی منگنز کمک نماید.

کانی‌های منگنزدار در چند گروه مهم طبقه بندی شده‌اند (روی، ۱۹۸۱). این گروه‌ها شامل اکسیدها و هیدرواکسیدهای درجه بالا و پایین، کربنات‌ها، سیلیکات‌ها، سولفیدها و گروه‌های نادر آرسنات‌ها، آرسنیدها، فسفات‌ها، بورات‌ها، وانادات‌ها و غیره می‌باشند. به عنوان یک فرض اولیه، معمولاً اکسیدها و هیدرواکسیدهای منگنز، کانسنگ تشکیل می‌دهند، در حالیکه کربنات‌ها غالباً به عنوان سنگ مادر محسوب می‌شوند (روی، ۱۹۸۱). اکسیدهای منگنز ساختارهای اتمی مختلفی تشکیل می‌دهند و می‌توانند طیف وسیعی از کاتیون‌های فلزات دیگر را به آسانی در ساختار خود شرکت دهند (پست، ۱۹۹۸).

مهمترین گروه‌های کانی‌های منگنز در جدول ۵- ۱ جمع‌آوری شده‌اند.

جدول ۵- ۱: گروه‌های مهم کانی‌های منگنز و محیط تشکیل آنها
(نیکلسون، ۱۹۹۲ a؛ مینارد، ۱۹۸۳؛ روی، ۱۹۶۸، ۱۹۸۱)

اسم کانی	فرمول شیمیایی	محیط تشکیل*
-Higher oxides and hydroxides		
Birnesite	$(Ca, Na)(Mn^{+2}, Mn^{+4})_7O^{I4}.3H_2O$	f/w, n, w, Sedex
Chalcophanite	$(Zn, Mn, Fe)Mn_3O_7.3H_2O$	d, w
Coronadite	$Pb_{1-2}(Mn^{+2}, Mn^{+4})_8O_{16}.XH_2O$	d, w
Cryptomelane	$(Ba, K)_{1-2}(Mn^{+2}, Mn^{+4})_8O_{16}.XH_2O$	d, s, h/s, w, sp
Groutite	$\alpha-MnO(OH)$	sp, d
Hollandite	$(Ba, K)_{1-2}(Mn^{+2}, Mn^{+4})_8O_{16}.XH_2O$	f/w, w, d, m, s
Lithiophorite	$(Al, Li)(Mn^{+2}, Mn^{+4})O_2(OH)_2$	d, w, f/w
Manganite	$\gamma-MnO(OH)$	m, w, Sedex
Romanechite	$(Ba, K, Mn^{+2}, Co)_2Mn_5O_{10}.XH_2O$	d, w, f/w, h/s, s
Pyrolusite	$\beta-MnO_2 = \text{Polianite}$	d, w, f/w, h/s, Sedex
Ramsdelite	MnO_2	w, sp
Todorkite	$(Na, Ca, K)(Mn^{+2}, Mg)Mn^{+4}O_{12}.XH_2O$	d, w, f/w, Sedex, n
-Lower Oxides and hydroxides		
Bixbite	$\alpha-(Mn^{+3}, Fe^{+3})_2O_3$	h/v, m
Braunite #	$Mn^{+2}, Mn^{+3}O_8(SiO_4)$	Sedex, h/v, m, s, h/s, s, sd
Franklinite	$(Zn, Fe^{+2}, Mn^{+2})(Fe^{+3}Mn^{+3})_2O_4$	M
Galaxite	$MnAl_2O_4$	M
Hausmannite	Mn_3O_4	M, sp, h/v
Jacobsite	$MnFe_2O_4$	m, h/v
Manganosite	$Mn_{1-x}O$	M, sp, h/v
Pyrochroite	$Mn(OH)_2$	M, h/v
Vredenburgite	$3Mn_3O_4. 2Fe_3O_4$	M

-Manganese Carbonates

Kutnahorite	$(Ca,Mn)(CO_3)_2$	S
Manganosiderite	$(Mn,Fe)CO_3$	S
Rhodochrosite	$MnCO_3$	s, m, h/v

-Manganese Silicates

Bementite [#]	$Mn_8Si_6O_{15}(OH)_{10}$	S
Neotocite [#]	Hydrous silicate of Mn and Fe of uncertain formula	S
Rhodonite	$MnSiO_3$	M
Spessartite	$Mn_3Al_2(SiO_4)_3$	M

-Manganese Sulphides

Alabandite	MnS	h/v
Hauerite	MnS_2	h/v

-Manganese Borates, Arsenates and Phosphates

Jimboite	$Mn_3(Bo_3)_2$	p, h/v
Roeddingite	$(Mn, Fe)_3(PO_4)_3 \cdot 3H_2O$	p, h/v
Wiserite	$Mn_4B_2O_7 \cdot H_2O$	p, h/v

* علائم اختصاری محیط‌های تشکیل:

S- محیط رسوبی به طور اعم، m- محیط‌های دگرگونی، sp- محیط‌های سوپرژن، w- محیط هوازدگی، d- داپهیت‌ها، n- ندول‌های مناطق عمیق دریا، f/w- محیط‌های آب شیرین، h/v- رگه‌های هیدروترمال، h/s- چشمه‌های آب داغ، Sedex- محیط رسوبی- برون‌دمی، sd- رسوبی- دپازنتیکی، p- محیط پگماتیتی
کانی‌های براونیت، نئوتسیت و بمنتیت مختص نهشته‌های با منشأ آتشفشانی می‌باشند.

این خاصیت باعث می‌شود که گاهی اوقات آنومالی‌های دروغین از عناصر در محل تجمع اکسیدهای منگنز ایجاد شود. بزرگی این آنومالی بسته به کانی‌های منگنز و تجمع آنها در محیط متغیر می‌باشد. شناخت کانی‌های اکسیدی منگنز در بسیاری از نمونه‌ها تا به امروز امکان پذیر نمی‌باشد. در واقع روش آنالیز XRD برای شناسایی کانی‌های با تبلور خوب و تک فازی کاربرد دارد. متأسفانه ساختار

بلوری و متعاقباً الگوی پراکنش اشعه X، در بسیاری از کانی‌های اکسیدی منگنز بسیار مشابه هم هستند. در بسیاری از موارد برای تکمیل نتایج آنالیز XRD باید از روش‌های دیگری همچون میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، طیف سنجی مادون قرمز (IRS) و الکترون مایکروپروب (EPMA) استفاده کرد. به عنوان مثال تحقیقات اخیر نشان داده است که نمونه‌هایی که پیش از این به پیرولوزیت نسبت می‌داده‌اند، در واقع کانی پسیلوملان (رومانشیت) هستند (پست^۱، ۱۹۹۸).

با این وجود در این پایان نامه سعی شده که با مطالعه مقاطع صیقلی، نازک صیقلی، آنالیز XRD و الکترون مایکروپروب تا حد امکان کانی‌های اصلی سازنده کانسار را شناسایی کنیم.

به منظور شناسایی کانی‌های اصلی و فرعی کانسنگ و کانی‌های باطله، تعداد ۲۰ عدد مقطع صیقلی و ۳۰ عدد مقطع نازک- صیقلی تهیه و مطالعه شده و برای بررسی صحت نتایج، ۳ آزمایش XRD بر روی نمونه‌های منتخب انجام شده است (شکل‌های ۵-۱۱، ۵-۱۲، ۵-۱۳).

همچنین برای تشخیص ترکیب شیمیایی و روابط بافتی موجود بین اجزا کانسنگ، ۲ نمونه به کمک دستگاه الکترون مایکروپروب مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته که نتایج این بررسی نیز در جای خود شرح داده خواهد شد.

۵-۳-۱- کانی‌های اصلی

کانی‌های اصلی شناسایی شده عبارتند از:

الف- پیرولوزیت

ب- منگانیت

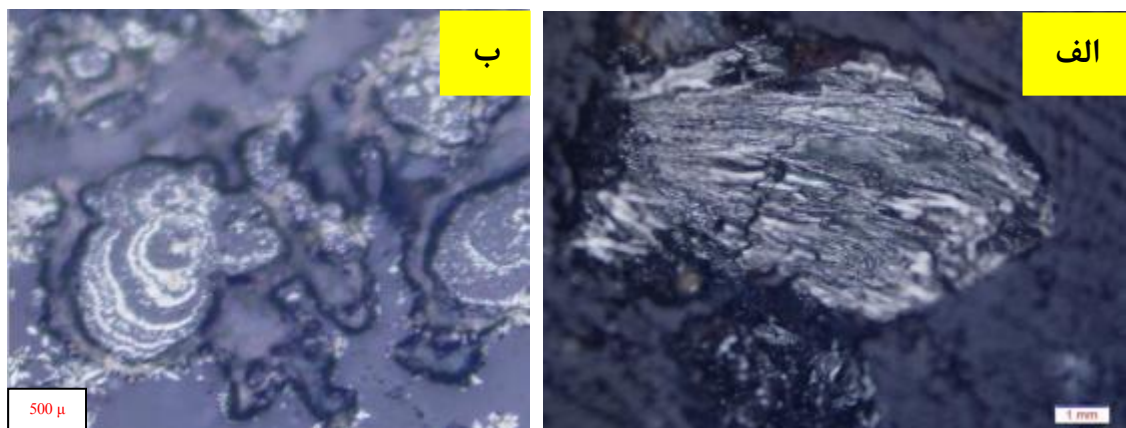
ج- براونیت

د- پسیلوملان

¹ - Post

الف) پیرولولوزیت - $\beta\text{-MnO}_2$

پیرولولوزیت با رنگ سفید- کرمی، چند رنگی ضعیف و ناهمسانگردی قوی (زرد) در زیر میکروسکوپ پلاریزان نور انعکاسی قابل تشخیص است (رامدور^۱، ۱۹۸۰). بافت این کانی عمدتاً توده‌ای و گل کلمی می‌باشد و تجمعات آن سوزنی است. طول این سوزن‌ها معمولاً بین ۲۰ تا ۵۰ و گاه ۱۰۰ میکرون است. (شکل ۵-۵). آزمایش XRD نیز حضور این کانی را تأیید می‌کند (شکل ۵-۱۲). این کانی به مقدار فراوان در کانسارهای منگنز برون‌دیمی یافت می‌شود.



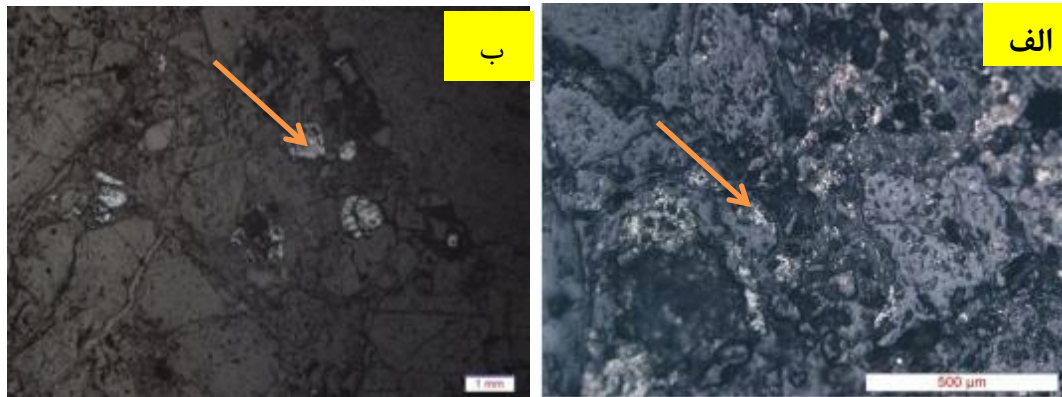
شکل ۵-۵: الف) بافت سوزنی کانی پیرولولوزیت (نور انعکاسی ppl) در کانسار منگنز نوده ب) بافت کولونیدی گل کلمی (colloform) در کانسار منگنز نوده (نور انعکاسی ppl).

ب) پسیلوملان - $(\text{Ba}, \text{K}, \text{Mn}^{+2}, \text{Co})_2\text{Mn}_5\text{O}_{10} \cdot x\text{H}_2\text{O}$

رنگ سفید، چندرنگی و ناهمسانگردی قوی در زیر میکروسکوپ پلاریزان انعکاسی قابل تشخیص است. پسیلوملان با داشتن ۱۶/۵ درصد BaO در ترکیب شیمیایی خود به اکسیدهای سخت و توده‌ای منگنز با بافت خوشه انگوری یا بوتروئیدال اطلاق می‌شود (روی، ۱۹۸۱). نسبت $\text{Mn}^{+4} / \text{Mn}^{+2}$ این کانی به مراتب پایین‌تر از کریپتوملان و هولاندیت است. این کانی به مقدار فراوان در کانسارهای منگنز رسوبی اکسیدی یافت می‌شود. این کانی به صورت ریز بلور در داخل کانی پیرولولوزیت دیده می‌شود.

^۱- Ramdohr

درصد بالای Ba و Co در نمونه‌های آنالیز شده رخداد پسیلوملان به همراه پیرولوزیت را نشان می‌دهد (شکل ۵-۶).



شکل ۵-۶ الف و ب) کانی‌های پسیلوملان که به صورت دانه پراکنده در زمینه کانسنگ معدنی قرار دارند.

ج) منگانیت $\gamma\text{-MnO(OH)}$

رنگ خاکستری-سفید، ناهمسانگردی ضعیف، برجستگی زیاد، چندرنگی ضعیف و انعکاس داخلی قرمز خونی از مشخصات نوری این کانی در مطالعات میکروسکوپی نور انعکاسی پولاریزه است (رامدور^۱، ۱۹۸۰). منگانیت به فراوانی در کانسارهای رسوبی-بروندمی و کانسارهای سوپرژن یافت می‌شود. این کانی در مقاطع مطالعه شده به صورت متبلور و نیمه‌وجه‌دار قابل مشاهده است (شکل ۵-۷). نتایج مطالعات XRD نیز حضور این کانی را تأیید می‌کند (شکل ۵-۱۱).

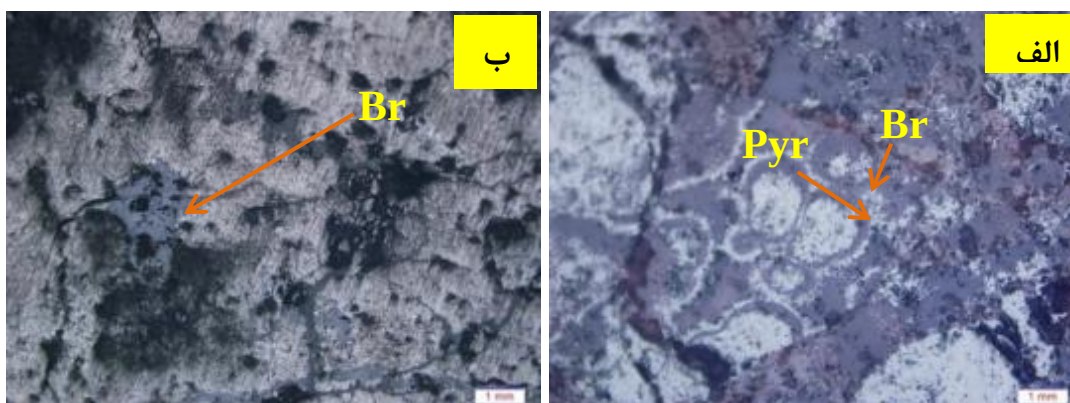
^۱ - Ramdohr



شکل ۵-۷: کانی منگانیت که با انعکاس داخلی قرمز به صورت بلور نیمه وجه دار قابل مشاهده است (نور انعکاسی XPL).

د) براونیت $Mn^{+2}, Mn^{+3}_6O_8(SiO_4)$

در میکروسکوپ، براونیت با داشتن رنگ خاکستری متمایل به قهوه‌ای و آنیزوتروپی ضعیف قابل تشخیص است و معمولاً به صورت رگه ثانویه دیده می‌شود. برای تشخیص مطمئن‌تر این کانی از دستگاه الکترون مایکروپروپ نیز استفاده شده است. این کانی به مقدار بسیار ناچیز در توده معدنی دیده می‌شود (شکل ۵-۸).

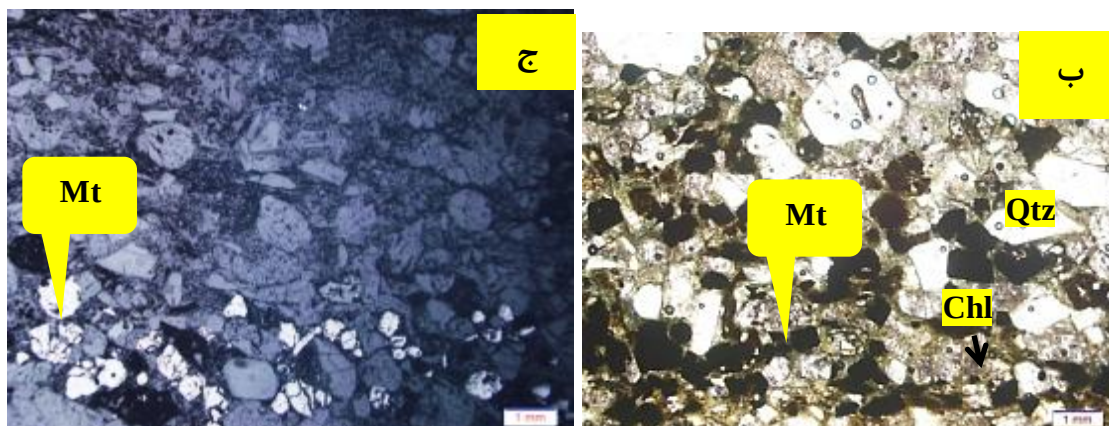
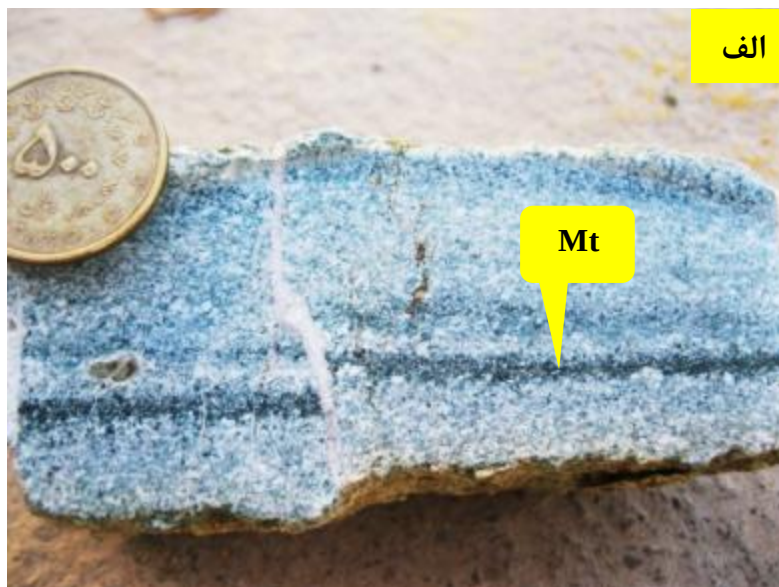


شکل ۵-۸: الف) کانی براونیت (Br) که اطراف کانی‌های پیرولوزیت (Pyr) را به صورت شعاعی احاطه کرده‌اند. ب) رگه ثانویه براونیت در درون پیرولوزیت‌های توده‌ای

۵-۳-۲- کانی فرعی

مگنتیت

کانی مگنتیت به صورت لایه‌ای و دانه پراکنده در سنگ‌های کمر پایین (پهنه استرینگر) در نقاطی که دارای دگرسانی کلریتی هستند دیده می‌شود. اطراف کانی‌های مگنتیت بشدت دچار دگرسانی کلریتی می‌باشد (شکل ۵-۹). که در زیر لایه‌های منگنز دار قرار دارند. که نشان دهنده شرایط احیایی و اکسیداسیون پایین در کمر پایین می‌باشد



شکل ۵-۹: الف) نمونه دستی از سنگ‌های کمر پایین توده معدنی که دارای مگنتیت (Mt) لایه‌ای است این لایه‌ها توسط گسل جابجا شده و محل گسل توسط کلسیت پر شده است. ب) دگرسانی کلریتی (Chl) در اطراف کانی‌های تیره رنگ مگنتیت ج) تصویر میکروسکوپی از نوار غنی از کانی مگنتیت (Mt) که به صورت لایه‌ای ته نشین شده‌اند.

۵-۳-۳- کانی‌های باطله

الف- سیلیس

سیلیس یکی از مهمترین باطله‌هایی است که ماده معدنی را در کانسارهای منگنز نوده، فریزی و گفت همراهی می‌کند. به طوری که در کانسنگ با عیار ۴۰ درصد منگنز، مقدار آن گاهی به بیش از ۳۰ درصد می‌رسد. تشکیل این کانی همزمان با فعالیت گرمابی- برون‌دیمی در کانسار بوده و به صورت لامینه‌های متناوب با منگنز بخصوص در بخش کانسنگ لایه‌ای دیده می‌شود (شکل الف ۵- ۱۰). با توجه به محیط فراگیر کانسار، وجود میزان بالای سیلیس قابل توجه است. در این کانسار، ماده معدنی در سنگ‌های آتشفشانی قرار گرفته و این سنگ‌ها در ترکیب خود مقادیر قابل توجهی سیلیس دارند. بنابراین، وجود مقادیر زیاد سیلیس در کانسنگ نیز دور از انتظار نیست. تحت تأثیر فرایندهای مختلف و از جمله فرایندهای سطحی و سوپرژن و همچنین در طی فعالیت تکتونیکی، مقداری سیلیس نیز محلول شده و به صورت رگه ثانویه در داخل لایه منگنز دار دیده می‌شود. همان‌طور که قبلاً در همین فصل به آن اشاره گردید، در این کانسار کانی سیلیکاته منگنز (براونیت) نیز حضور دارد. حضور این کانی به همراه سایر کانی‌های سیلیکاته نیز می‌تواند میزان بالای سیلیس را در کانسار نمایان سازد. بنابراین، سیلیس علاوه بر این که در کانسار به شکل کوارتز وجود دارد، می‌تواند سازنده سایر کانی‌های سیلیکاته نیز باشد.

ب- کلسیت

کانی کلسیت با درصد کمتری نسبت به سیلیس کانسنگ منگنز را همراهی می‌کند. این کانی تحت تأثیر فرایندهای مختلف و از جمله فرایندهای سطحی و سوپرژن، به صورت رگه‌های ثانویه در کانسنگ دیده می‌شود (شکل ۵- ۱۰).



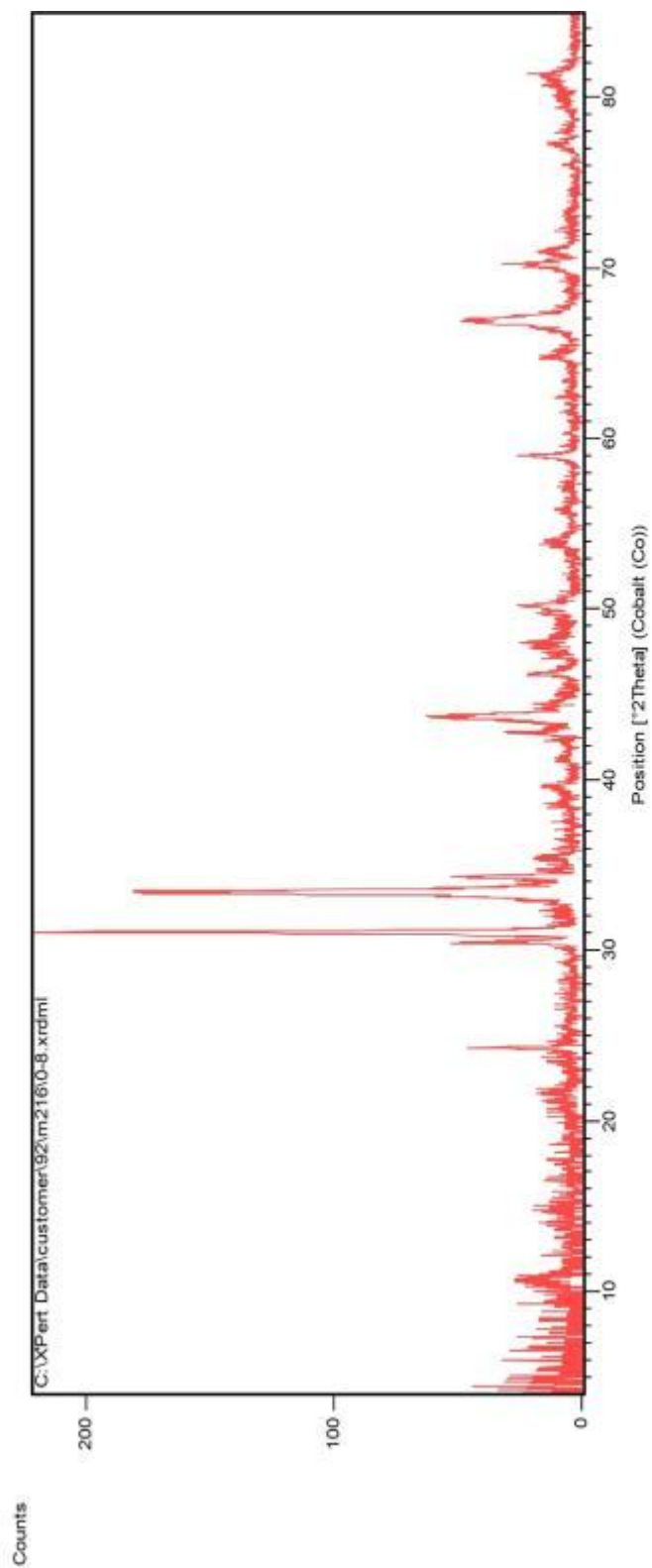
شکل ۵-۱۰: الف) تناوب لایه‌های توف قرمز و منگنز در نمونه دستی که توسط رگه‌های ثانویه کلسیت قطع شده‌اند. ب) تصویر میکروسکوپی رگه‌های ثانویه کلسیت که لامینه‌های منگنز را قطع کرده‌اند.

۵-۴- مطالعات اشعه ایکس (XRD)

برای شناسایی دقیق‌تر کانی‌های موجود در کانسنگ تعداد ۳ نمونه نیز به کمک پراش اشعه ایکس (XRD) مورد مطالعه قرار گرفته است که محل نمونه برداری و نتایج آن در جدول شماره ۵-۲ آورده شده است.

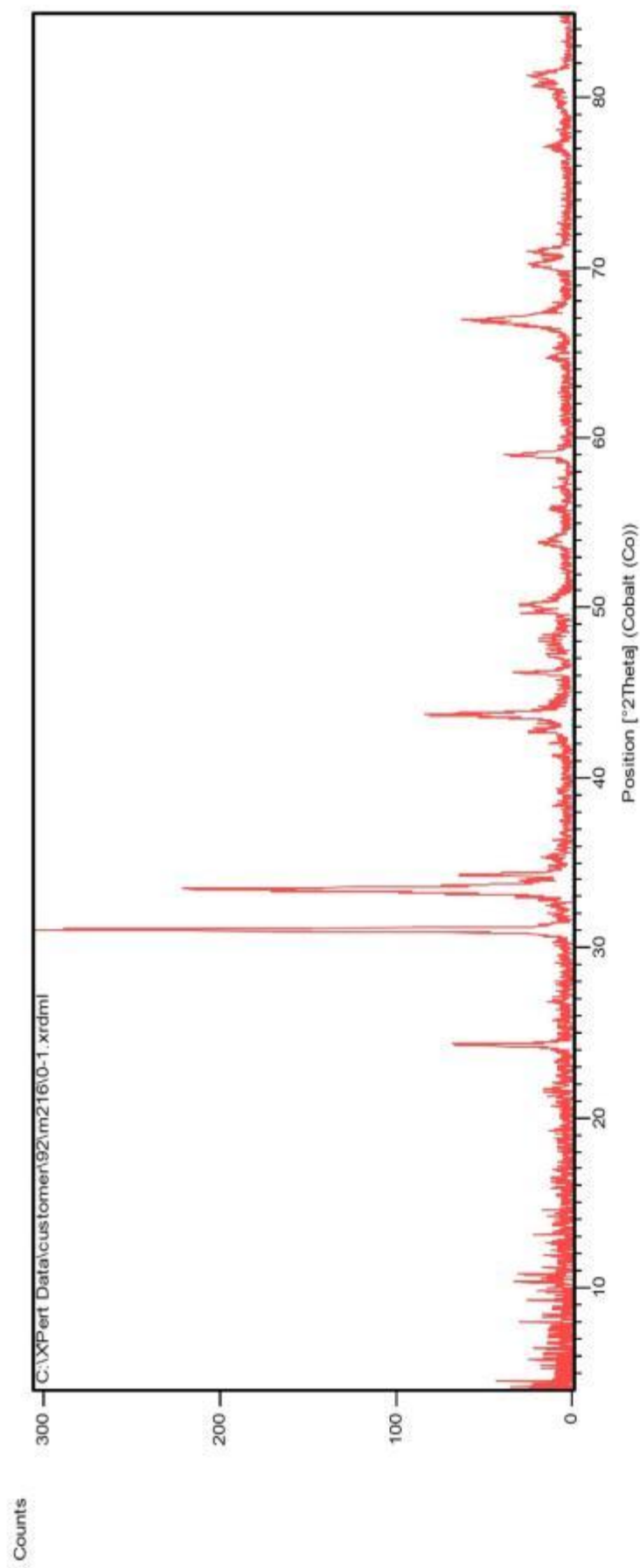
جدول شماره ۵-۲: نتایج، محل برداشت و شماره نمونه‌های برداشت شده جهت آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD).

شماره نمونه	مکان برداشت	نوع کانی در میکروسکوپ	کانی تشخیص داده شده توسط XRD	باطله‌ها
O- 5	سینه کار A	پیرولوزیت و منگانیت	پیرولوزیت و منگانیت	کلسیت و کوارتز
O- 7	سینه کار B	پیرولوزیت و براونیت	پیرولوزیت	کوارتز و کلسیت
O- 8	سینه کار C	پیرولوزیت و پسیلوملان	پیرولوزیت	کلسیت، میکروکلین و مسکویت



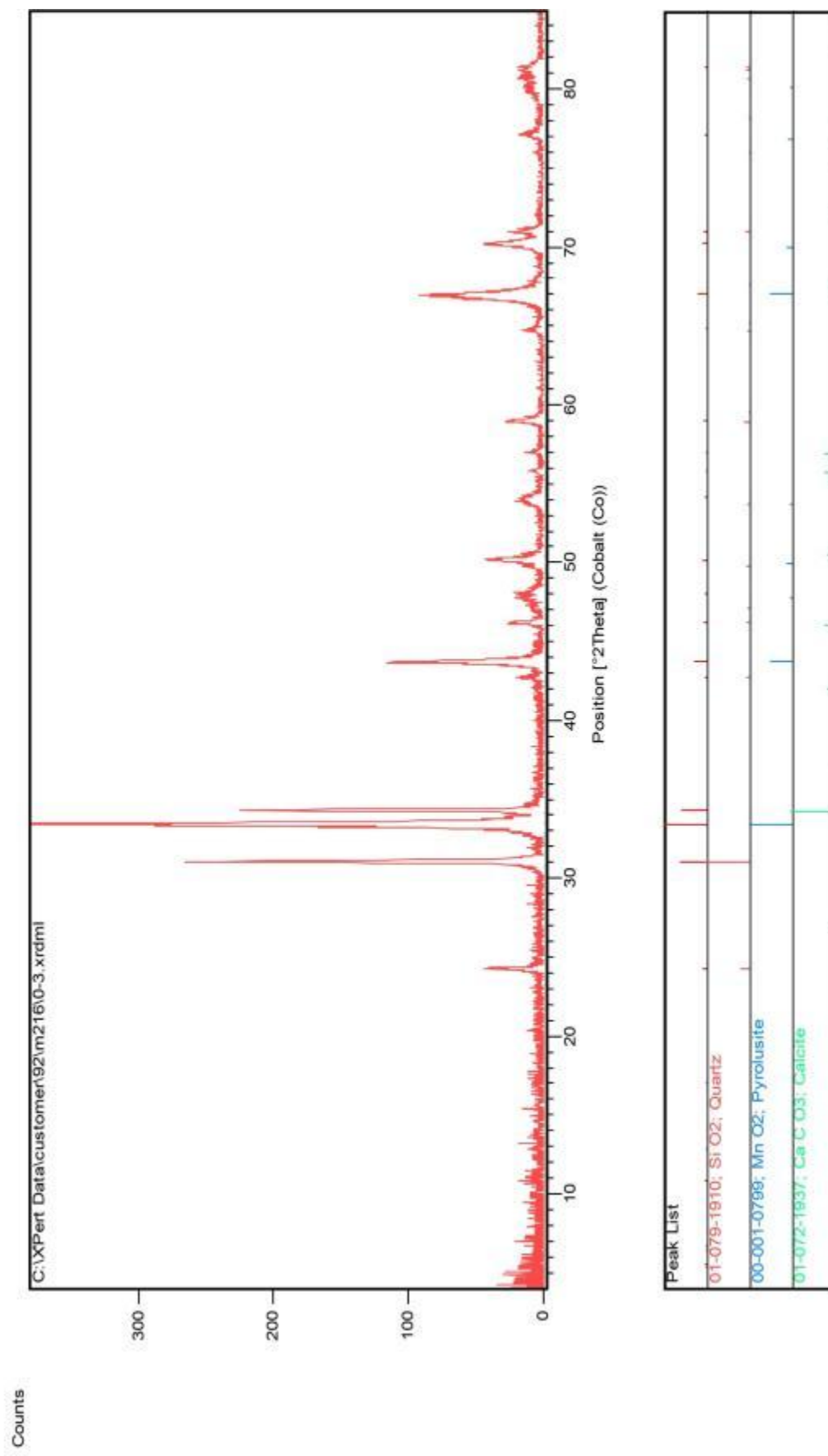
Peak List	
01-085-0798; SiO ₂ ; Quartz	
00-001-0799; MnO ₂ ; Pyrolusite	
00-041-1379; Mn + 3 O (OH); Manganite	
01-086-2334; Ca (CO ₃); Calcite	

شکل ۵-۱۱: داده‌های XRD که دارای کانی‌های کوارتز، پیرولوژیت، منگانیست و کلسیت می‌باشد. نمونه شماره (O-5)



Peak List	
01-085-0930; Si O ₂ ; Quartz	
00-001-0799; Mn O ₂ ; Pyrolusite	
01-086-2334; Ca (C O ₃); Calcite	
01-087-1790; K (Al Si ₃ O ₈); Microcline	
00-046-1311; (K , N H ₄ , Na) Al ₂ (Si , Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ; Muscovite-2M1MTRG, ammonian	

شکل ۵-۱۲: داده‌های XRD که دارای کانی‌های کوارتز، پیرولوزیت، کلسیت، میکروکلین، موسکویت و آمیت می‌باشد. نمونه شماره (O-8)



شکل ۵-۱۳: داده‌های XRD که دارای کانی‌های کوارتز، پیرولوژیت و کلسیت می‌باشد. نمونه شماره (O-8)

۵-۴- پاراژنز و توالی پاراژنتیک کانی‌ها

پاراژنز کانی‌ها یکی از پارامترهای مهمی است که معمولاً به منظور آگاهی از چگونگی تشکیل کانسار و مراحل مختلف تکوین آن بررسی می‌شود. در این راستا مؤلفانی همچون ودپل^۱ (۱۹۸۰)، روی (۱۹۸۱)، نیکلسون (۱۹۹۷) در مورد ارتباط توالی پاراژنتیکی کانی‌ها در کانسارهای منگنز مقالات مختلفی ارائه داده‌اند.

بر اساس مطالعات انجام شده در مقیاس رخنمون، نمونه دستی، مشاهدات میکروسکوپی و میکروپروب مراحل زیر را می‌توان برای تشکیل کانی‌های افق‌های کانه‌دار رسوبی پیشنهاد داد:

الف) مرحله برون‌دمی (Exhalative): در این مرحله کاتیون‌های دو ظرفیتی منگنز، آهن و سیلیس از طریق سیالات برون‌دمی وارد حوضه رسوبی شده‌اند. در کف حوضه رسوبی به علت شرایط احیایی و کم اکسیدان ابتدا کانی مگنتیت به صورت کلوئیدی (ژل هیدرواکسیدی) ته نشین شده و در بخش‌های کم عمق‌تر، منگنز در بالای رخساره استرینگر به علت نا آرام بودن محیط به صورت توده‌ای و هیدرواکسیدی رسوب کرده و رخساره توده‌ای را بوجود آورده است. با دور شدن از رخساره توده‌ای در رخساره لایه‌ای کانی‌های هیدرواکسیدی منگنز همچون منگانیت به صورت لامینه و متناوب با سیلیس به علت آرام بودن محیط رسوبگذاری بر روی همدیگر قرار گرفته‌اند. در مرحله آخر عنصر آهن باقی مانده به صورت کانی هماتیت ته‌نشین شده و باعث قرمز رنگ شدن توف‌ها می‌شود.

ب) مرحله دیاژنز: دیاژنز شامل مجموعه فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیوشیمیایی است که بلافاصله بعد از ته‌نشست نهایی رسوبات بر روی آنها تأثیر گذاشته و موجب تبدیل آنها به سنگ‌های سخت و طبقات مختلف رسوبی می‌گردد. این فرایندها شامل فشردگی، سیمانی شدن، انحلال، تبلور مجدد، جان‌شینی و دگرسانی تا مرحله قبل از دگرگونی می‌شود (لوئیس^۲، ۱۹۹۴). در این مرحله بر اثر تبلور کانی‌های براونیت و منگانیت و خروج آب از شبکه مولکولی آنها، کانی‌های پیرولوژیت و

^۱- Wedepohl

^۲- Lewis

پسیلوملان تشکیل می‌شود. همچنین در بعضی نقاط جانشین اجزا باقی مانده جانوران شده و در محدوده وسیعتری از تحولات کانسار تشکیل شده‌اند. این دو کانی گاه همزمان با هم مشاهده می‌شوند و تقدم تشکیل عمدتاً با پیرولولزیت است. همچنین در این مرحله در اثر خروج سیالات ناشی از دیاژنز رگه‌های ثانویه سیلیس و کلسیت، لامینه‌های اولیه سیلیس- منگنز را قطع کرده‌اند.

ج) مرحله بالا آمدگی (Uplift) و هوازدگی: با بالا آمدن حوضه آتشفشانی- رسوبی بر اثر فشارش، چین خوردگی‌ها و گسلهایی توالی رسوبی کرتاسه پسین را متأثر کرده است. با توجه به اینکه ماده معدنی نیز در این توالی قرار دارد، از این رهگذر بی نصیب نمانده و گسل‌ها و چین خوردگی‌های مذکور باعث چین خوردگی لایه‌های سنگ میزبان منگنز نیز شده‌اند. این گسل‌ها توسط کلسیت پر شده‌اند. در مرحله هوازدگی کانی‌های پیرولولزیت تحت تاثیر هوازدگی دچار انحلال، حمل و تبلور مجدد گردیده‌اند (جدول ۵- ۳).

جدول ۵-۳: توالی پاراژنتیک و ساخت و بافت کانی‌ها در کانسارمگنز نوده

Stages Minerals		Exhalative		Diagenesis	Weathering and uplift
		Stringer	Stratiform		
Magnetite		██████	■ ■ ■ ■		
Manganite		██████	██████		
Braunite		██████	██████	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■
Pyrolusite				████████████████	██████
psilomelane				■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■
Calcite		■ ■ ■ ■	██████		████████
Quartz		■ ■ ■ ■ ■ ■	████████████████	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	
Chlorite		██████	■ ■ ■ ■		
Clay Minerral		██████		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
Hematite			████████		████████
Textures	Disseminated	██████	██████	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■
	Laminated and lenticular		██████		
	Massive		████████		
	Brecciated	██████		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	
	Replacement	██████		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	

فصل ششم

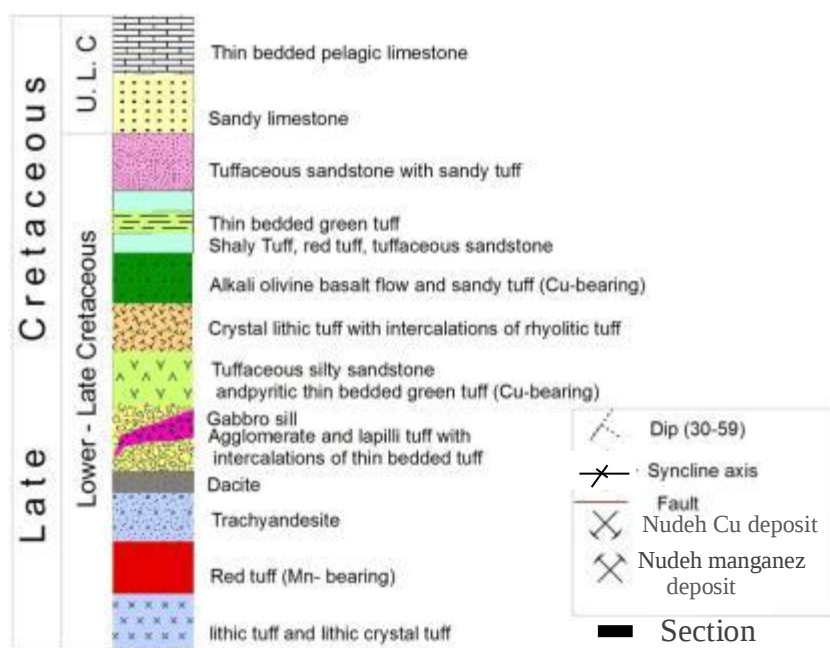
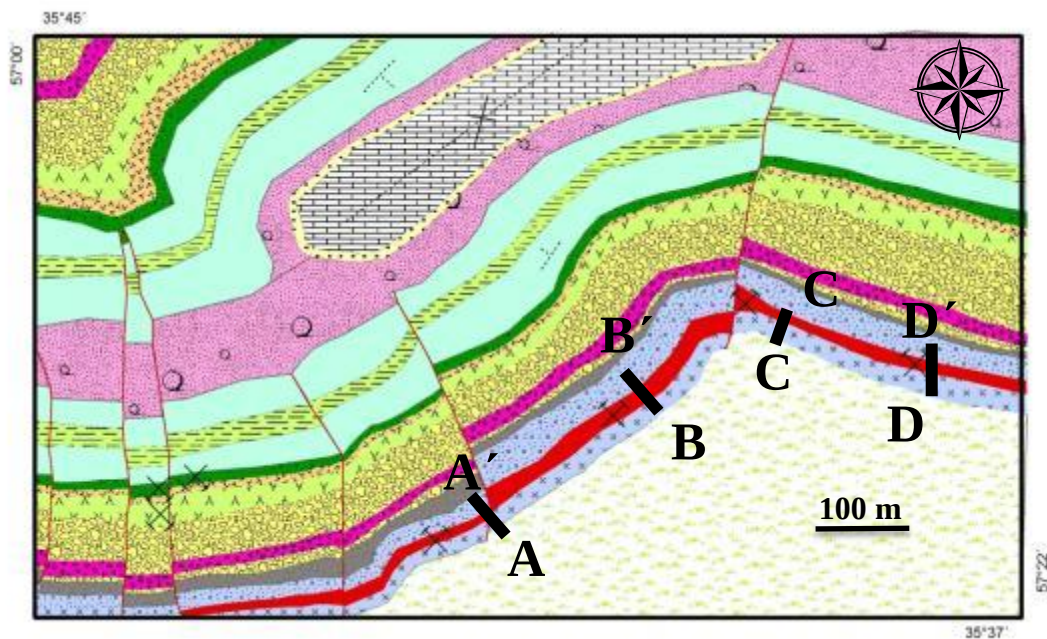
مطالعات ژئوشیمیایی

۶-۱- مقدمه

مطالعات ژئوشیمیایی زمانی ثمر بخش هستند که یک مدل یا فرضیه خاص مورد آزمایش قرار گیرد. این مدل یا فرضیه نهایتاً بر فهم روشنی از رابطه زمین‌شناسی و کانی‌سازی استوار است. هر مطالعه ژئوشیمیایی موفقیت آمیز باید بر اساس درک صحیح از زمین‌شناسی منطقه باشد. ویژگی‌های ژئوشیمیایی سنگها همواره تحت تأثیر فرآیندهای حاکم بر آنها می‌تواند متغیر باشد و از زمان تشکیل، دیاژنز و نهایتاً رخنمون آنها در سطح و فرسایش، دائماً از شکلی به شکل دیگر درآید.

لذا تمرکز و پراکندگی عناصر و ایزوتوپ‌های آنها و نسبت‌های تفکیک هر یک در هر زمان تابع شرایط خاص محیطی مثل Eh، pH، درجه حرارت، فشار هیدرواستاتیک، فشار لیتواستاتیک و خصوصیات عناصر، مثل پتانسیل یونی، تمایل و ویژگی‌های ذاتی هر عنصر و یا مجموعه‌های عناصر بوده و آگاهی از این موارد بیش از هر چیز دیگر می‌تواند راهگشای ما در درک حقیقی خصوصیات ژئوشیمیایی سنگها و چگونگی تمرکز عناصر بصورت کانسارهای مختلف گردد.

توزیع و پراکندگی عناصر در واحدهای سنگی هر منطقه و هر کانه‌زایی، ارتباط و وابستگی این عناصر با یکدیگر، یکی از مهمترین جنبه‌هایی است که معمولاً در مطالعات ژئوشیمیایی مد نظر می‌باشد چرا که با استفاده از این ارتباط تا حدودی می‌توان به محیط و فرآیندهای مؤثر در تشکیل کانسار پی برد. در این بخش برای بررسی روابط بین عناصر مختلف (ضریب همبستگی عناصر و توزیع و پراکندگی آنها در واحدهای سنگی موجود)، همچنین اطلاع از چگونگی و میزان تمرکز عناصر گوناگون در کانسنگ منگنز کانسار نوده به روش لیتوژئوشیمیایی نمونه‌گیری گردیده است (شکل ۶-۱). سپس نمونه‌ها به روش ICP-MS، XRF و EPMA، آنالیز گردیده و نتایج داده‌های آنها برای مطالعه تغییرات عناصر در ستونهای لیتوژئوشیمیایی و شیمی کانسنگ و کانی‌ها مورد استفاده قرار گرفته است (جداول ۶-۱ تا ۶-۸). اما قبل از هر چیز در ابتدای این فصل کلیاتی در باره ژئوشیمی عنصر منگنز ارائه می‌شود.



شکل ۶-۱: نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ منطقه معدنی نوده و موقعیت مقاطع A، B و C جهت نمونه برداری لیتوژئوشیمیایی در آن مشخص شده است.

جدول ۶- ۱: فراوانی عناصر اندازه گیری شده در نمونه های کانسارهای منگنز نوده، فریزی و گت به روش های ICP- MS و ICP- OES

شماره نمونه در آزمایشگاه	شماره نمونه در صحرای	شماره کاتستر (طبق)	نام سنگ	علاقه	بافت	Mn	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe
		نمونه (A)			نمونه ای	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	%
M143	21	نمونه (A)	Trachyte		نمونه ای	0.05	0.02	0.02	0.2	20	0.1	0.2	2	0.02
M144	0-6	نمونه (A)	Ore horizon		نمونه ای	1.39	8.68	2.1	17.9	56	8.6	3.8	831	1.8
M144		نمونه (A)	Ore horizon		نمونه ای	1.92	97.31	37.96	45	28	40.5	5.6	>10000	2.23
M145	17	نمونه (A)	tuff		نمونه ای	9.63	75.78	45.1	75.7	<20	77.7	11.6	>10000	2.65
M146	0-5	نمونه (A)	Ore horizon		نمونه ای	47.37	17.03	2.43	54.4	<20	38.7	2.8	>10000	0.19
M147	16	نمونه (A)	tuff		نمونه ای	0.14	22.09	2.75	71.9	34	20.7	10.3	642	3.39
M148	0-4	نمونه (A)	Ore horizon		نمونه ای	93.85	53.7	17.2	51.6	60	34.7	39.6	>10000	1.17
M149	11	نمونه (A)	tuff		نمونه ای	0.18	19.95	5.68	48.8	32	3.1	6.4	894	2.04
M150	0-3	نمونه (A)	Ore horizon		نمونه ای	39.06	9.3	2.38	13.3	32	21.4	2.8	>10000	0.21
M151	8	نمونه (A)	tuff		نمونه ای	2.57	62.29	23.82	22.3	<20	21.8	5.2	8543	1.24
M152	0-2	نمونه (A)	Ore horizon		نمونه ای	175.7	47.51	12.52	36.7	260	24.2	13.4	>10000	1.13
M153	7	نمونه (A)	tuff		نمونه ای	0.41	23.72	3.92	111.1	43	3.9	11.9	2265	5.36
M154	0-1	نمونه (A)	Ore horizon		نمونه ای	34.84	10.51	4.67	33.3	32	44	38	>10000	0.29
M156	22	نمونه (A)	tuff		نمونه ای	0.21	11.82	1.95	25.7	33	1.2	7.4	625	1.85
M155	0-7	نمونه (B)	Ore horizon		نمونه ای	7.52	194.3	84.79	105	33	110.5	20.9	>10000	5.64
M158	0-8	نمونه (C)	Ore horizon		نمونه ای	64.72	29.05	5.17	56.8	65	42	35.3	>10000	0.72
M159	0-9	گت	Ore horizon		نمونه ای	43.47	25.89	5.05	37.8	70	35.4	84.9	>10000	0.88
M157	0-10	فریزی	Ore horizon		نمونه ای	77.97	41.1	13.85	47.1	61	39.4	43.5	>10000	0.98

ادامه جدول ۶- ۱

	U	Au	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca	P	La	Cr	Mg	Ba	Ti	Al
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%	ppm	ppm	%	ppm	%	%
شماره نمونه در آزمایشگاه	0.1	0.1	0.1	1	0.02	0.02	0.04	1	0.02	0.001	0.1	1	0.02	1	0.001	0.02
	0.3	<0.1	0.8	23	0.04	0.37	<0.04	14	0.84	0.026	3.9	225	0.33	21	0.185	3.91
	M143															
	0.4	<0.1	1.8	183	0.11	0.5	0.2	31	28.43	0.043	16.5	14	0.36	149	0.062	1.24
M144																
M145	0.3	<0.1	1.9	58	0.09	0.43	0.19	26	23.56	0.04	18.3	18	0.18	32	0.07	1.34
M146	1.3	<0.1	<0.1	79	0.02	0.58	<0.04	<1	2.65	0.014	2.3	85	0.06	380	0.008	0.33
M147	0.3	<0.1	0.2	445	0.1	0.11	<0.04	109	2.87	0.035	1.6	65	0.95	224	0.293	6.82
M148	1.5	<0.1	1.3	1444	<0.02	0.57	0.09	<1	5.35	0.017	11.4	24	0.27	>10000	0.102	3.56
M149	0.3	<0.1	1	809	0.03	0.41	<0.04	36	5.15	0.028	4.3	23	0.78	492	0.21	5.76
M150	3	<0.1	0.2	160	0.04	0.3	<0.04	<1	2.09	0.016	1.8	93	0.03	413	0.009	0.22
M151	0.2	<0.1	1	244	0.1	0.56	0.07	9	23.91	0.025	15.1	99	0.2	35	0.045	1
M152	2.7	<0.1	0.8	2221	0.13	1.38	<0.04	<1	5.95	0.014	9.7	23	0.26	4461	0.062	1.98
M153	0.2	<0.1	0.4	397	0.12	0.06	<0.04	101	2.92	0.077	3.6	55	1.05	104	0.55	7.26
M154	1.6	<0.1	0.2	328	0.04	2.59	<0.04	137	3.07	0.013	3.7	75	0.07	3251	0.01	0.38
M156	0.2	<0.1	0.6	84	0.05	0.05	<0.04	44	16.67	0.05	3.6	19	0.4	41	0.179	5.21
M155	1.1	<0.1	7.4	101	0.06	0.73	0.52	126	3.5	0.072	57.3	36	1.01	144	0.264	5.11
M158	1.9	<0.1	0.6	830	0.07	1.26	<0.04	11	3.27	0.018	7.6	75	0.18	5339	0.045	1.51
M159	1.7	<0.1	0.9	1121	0.1	1.96	<0.04	197	2.93	0.017	11.1	60	0.24	9907	0.074	2.57
M157	1.6	<0.1	1.1	1163	<0.02	1.46	0.08	33	4.72	0.018	9.5	40	0.22	9213	0.079	2.69

ادامه جدول ۶- ۱

	K	W	Zr	Sn	Be	Sc	S	Y	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb
	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
شماره نمونه در آزمایشگاه	0.02	0.1	0.2	0.1	1	0.1	0.04	0.1	0.02	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
M143	0.23	0.3	48.8	1	<1	9.6	<0.04	19.2	9.02	1.5	6.9	2.1	0.6	2.6	0.5
M144	0.55	0.3	18.5	0.6	<1	2.6	0.05	20.2	12.66	3	13.2	2.7	0.6	2.9	0.5
M145	0.24	0.5	18.7	0.5	<1	2.8	0.06	18.5	13.73	3.6	15.5	3.1	0.8	3.3	0.5
M146	<0.02	0.8	2.3	0.1	<1	0.8	0.08	3.7	1.44	0.4	1.7	0.3	<0.1	0.3	<0.1
M147	0.2	<0.1	41.1	0.5	<1	16.3	<0.04	15.5	4.25	0.8	4	1.8	0.6	2.4	0.5
M148	0.25	3	49	0.5	<1	6.9	0.07	18.6	12.18	2.3	8.7	2.2	<0.1	3	0.4
M149	0.2	<0.1	56.6	0.5	<1	12.2	<0.04	20.8	10.19	1.5	8.1	2.5	0.6	2.9	0.5
M150	0.02	0.3	2.8	0.2	<1	0.9	0.06	3.3	1.84	0.4	1.2	0.3	<0.1	0.3	<0.1
M151	0.36	0.5	11.5	0.4	<1	2	0.04	18.3	12.76	2.6	10.6	2.2	0.5	2.7	0.4
M152	0.39	6.4	10	0.3	<1	3.1	0.07	11.3	7.84	1.9	8.8	1.8	0.1	2	0.3
M153	0.43	0.1	44.3	0.6	<1	25.1	<0.04	22.1	8.76	1.4	7.4	2.3	1	3.4	0.6
M154	<0.02	8	3.5	0.2	<1	0.7	0.07	16.5	2.26	0.6	2.4	0.5	<0.1	1.2	0.2
M156	0.27	<0.1	19.7	0.2	<1	7	<0.04	7.3	6.77	1	4.2	1	0.4	1.1	0.2
M155	1.87	2.2	72.7	1.5	2	12.1	0.07	47.7	56.17	13.8	53.4	10.8	2.7	10.6	1.7
M158	0.11	4.3	16.3	0.3	<1	3.1	0.09	13	7.1	1.3	5.9	1.2	<0.1	2	0.2
M159	0.1	7.8	32.6	0.4	<1	4.4	0.07	25.2	11.92	2.1	8.1	2.1	<0.1	4.8	0.5
M157	0.18	4.9	36.5	0.3	<1	5.2	0.07	18.8	9.63	1.8	7.9	1.5	<0.1	2.6	0.4

ادامه جدول ۶-۱

	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Li	Rb	Ta	Nb	Cs	Ga	In	Re
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
شماره نمونه در آزمایشگاه	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.02	0.1	0.1	0.1	0.04	0.1	0.02	0.01	0.002
M143	3.6	0.8	2.3	0.3	2.2	0.3	1.63	22.3	2.4	<0.1	0.7	<0.1	5.45	0.03	0.004
M144	2.8	0.6	1.9	0.2	1.4	0.2	0.42	6.3	20.1	<0.1	1.56	1.4	3.16	0.08	0.002
M145	2.9	0.7	2.1	0.3	1.7	0.2	0.5	9	9.4	0.1	1.78	0.6	7.43	0.07	0.004
M146	0.4	<0.1	0.3	<0.1	0.3	<0.1	0.07	8	0.2	<0.1	0.18	<0.1	7.64	<0.01	0.002
M147	2.7	0.6	2	0.3	2.1	0.3	1.37	6.4	1.3	<0.1	0.61	0.3	12.3	0.04	0.002
M148	3	0.7	2.2	0.3	2.6	0.4	1.64	5.4	2.1	<0.1	1.37	<0.1	10.75	0.03	0.005
M149	3.6	0.8	2.5	0.4	2.5	0.4	1.87	22.7	4	<0.1	1.1	0.1	8.27	0.04	<0.002
M150	0.3	<0.1	0.2	<0.1	0.2	<0.1	0.06	10.3	0.6	<0.1	0.19	<0.1	8.8	<0.01	0.005
M151	2.6	0.6	1.6	0.2	1.3	0.2	0.29	9.8	12.4	<0.1	0.98	0.8	3.04	0.02	<0.002
M152	1.8	0.4	1.2	0.2	1.3	0.2	0.3	10.1	1.1	<0.1	0.76	<0.1	15.26	<0.01	0.003
M153	3.8	0.9	2.7	0.4	2.3	0.4	1.32	10.4	8.2	<0.1	1	0.2	15.64	0.07	<0.002
M154	1.4	0.4	1.6	0.2	1.6	0.2	0.06	10	0.2	<0.1	0.22	<0.1	10.16	<0.01	0.003
M156	1.3	0.3	0.7	0.1	0.7	0.1	0.57	3	6.4	<0.1	0.87	0.1	5.36	0.02	<0.002
M155	9.6	1.9	4.8	0.7	4.4	0.6	1.95	19.8	75.8	0.4	6.29	4.8	14.52	0.11	<0.002
M158	2.1	0.5	1.3	0.2	1.4	0.2	0.5	8.2	1.1	<0.1	0.64	<0.1	11.11	<0.01	<0.002
M159	3.2	0.7	2.6	0.4	2.7	0.4	1.01	8.7	1.9	<0.1	0.96	0.1	9.98	0.02	<0.002
M157	2.8	0.6	2	0.3	2.2	0.3	1.14	8.5	1.7	<0.1	1.1	<0.1	10.49	<0.01	<0.002

۶-۲- ژئوشیمی منگنز

منگنز از عناصر گروه هفتم و ردیف چهارم جدول تناوبی عناصر است. عدد اتمی آن ۲۵ و دارای جرم اتمی ۵۴/۹۴ و شعاع اتمی $137 \text{ \AA}$ است و از نظر گرایش ژئوشیمیایی در گروه عناصر لیتوفیل قرار می‌گیرد. این عنصر از نظر فراوانی دهمین عنصر در پوسته زمین است و بعد از آهن مقام دوم را در بین فلزات سنگین دارد (پست^۱، ۱۹۹۸). مقدار متوسط آن در شهاب‌سنگ‌ها برابر ۲۰۸۰ گرم در تن بوده و به صورت سیلیکات‌های آهن و منگنز و یا همراه فاز CaS وجود دارد (روی، ۱۹۸۱). مقدار متوسط منگنز در پوسته زمین ۱۰۰۰ گرم در تن و مقدار آن در بازالت نوع MORB ۰/۱۸ و در آندزیت‌ها ۰/۱۲ در صد است (وایت^۲، ۱۹۹۸). مقدار متوسط منگنز در سنگ‌های رسوبی به طور عمومی برابر ۰/۵۶ درصد، در سنگ‌های رسوبی کربناتی ۰/۰۸ درصد و در ماسه سنگ‌ها حداکثر ۰/۰۵ درصد می‌باشد (روی، ۱۹۸۱).

۶-۲-۱- ژئوشیمی منگنز در شرایط ماگمایی

رفتار منگنز در ماگما بسیار شبیه به آهن است بنابراین مقادیر آن در سنگ‌های بازیک بیشتر از سنگ‌های اسیدی است و نسبت Mn/Fe تقریباً در تمام سنگ‌های آذرین ثابت است (مینارد، ۱۹۸۳). منگنز از نظر ژئوشیمیایی شبیه به Mg، Fe، Ni و Co عمل می‌کند و تمایل دارد که در مراحل اولیه تبلور ماگما وارد ترکیب کانی‌ها شود (بارنز^۳، ۱۹۷۹). اما به سبب شعاع یونی بزرگی که در حالت دو ظرفیتی دارد، مقادیر قابل توجهی منگنز در مذاب باقی می‌ماند که می‌تواند طی آخرین مراحل تبلور ماگما در پگماتیت‌ها متمرکز شده و کانی‌های غنی از منگنز را تشکیل دهد و یا در نهشته‌های پنوماتولیتی و گرمابی شرکت کند و گاهی نیز به صورت گرمابی-بروندی به بستر حوضه رسوبی راه یابد. بنابراین تشکیل کانسارهای گرمابی منگنز تابع ترکیب شیمیایی اولیه ماگما و تابع

¹- Post

²- White

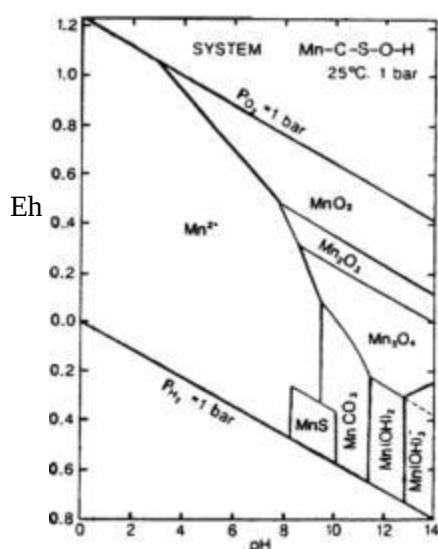
³- Barnes

درجه حرارت و فشار محلول کانه‌ساز در یک محیط ژئوشیمیایی اولیه است. با توجه به توضیحات بالا فرآیندهای ماگمایی نقش به سزایی در تشکیل کانسارهای منگنز ندارند چراکه این فرآیندها قادر به جدا سازی منگنز از آهن نیستند (مینارد، ۱۹۸۳).

۶-۲-۲- ژئوشیمی منگنز در محیط‌های سطحی

منگنز به آسانی و تحت تأثیر آب‌های جوی و زیرزمینی از ترکیب سنگ‌های آذرین خارج می‌شود (پست، ۱۹۹۸). منگنز به صورت Mn^{+2} در سیال‌های اسیدی بسیار متحرک است. منگنز در محیط‌های نزدیک به سطح زمین به راحتی اکسیده می‌شود و می‌تواند در ساختار بیش از ۳۰ کانی اکسیدی و هیدروکسیدی شرکت کند. این اکسیدها مهمترین کانی‌های منگنز را در پوسته تشکیل می‌دهند و از نظر اقتصادی نیز بسیار مهم‌اند. در محیط‌های سطحی، طی فرآیندهای فرسایش و حمل نوعی تفریق یا جدایش در عناصر رخ می‌دهد. در اولین مرحله رسوبگذاری، مجموعه‌های کنگلومرایی، ماسه‌سنگی و سیلتی حاصل از فرسایش با حداقل متوسط منگنز نهشته می‌شوند. اما منگنز حاصل از تخریب شیمیایی سنگ‌ها به صورت یون محلول یا هیدروکسید و اکسیدهای کلوئیدی همچنان حمل می‌گردد و بر خلاف محیط ماگمایی نسبت Mn/Fe در سنگ‌های رسوبی بسیار متغیر است (جدول ۷-۲). مرحله دوم رسوب گذاری شامل نهشت شیل‌ها و کربنات‌ها است، در این مرحله منگنز بر حسب وضعیت شیمیایی محیط (pH, Eh) و تمرکز یون‌های مختلف) رسوب می‌کند (مینارد، ۱۹۸۳). بنابراین، تشکیل کانسارهای رسوبی و آتشفشانی- رسوبی منگنز بشدت تابع شیمی محیط رسوبی می‌باشد. از طرفی پتانسیل اکسیداسیون- احیا (Eh) و غلظت یا تراکم یون هیدروژن (pH) دو عامل کنترل‌کننده شیمی محلول‌های آبی هستند. منگنز حلالیت بسیار بالایی در آب‌های احیایی و اسیدی دارد و در محیط‌های اکسیدی و قلیایی رسوب می‌کند.

شکل ۶-۲ محدوده‌های پایداری بعضی از اکسیدها و کربنات‌های مهم منگنز را برحسب تغییرات Eh و pH محیط نشان می‌دهد. اگر چه در این شکل مرز بین ترکیبات مختلف توسط مقدار دی‌اکسید کربن موجود در آب و میزان تمرکز منگنز کنترل می‌شود، اما این نمودار نشان می‌دهد که در آب‌های طبیعی اکسیژن‌دار امروزه، منگنز باید به صورت اکسید نامحلول وجود داشته باشد و البته حلالیت اکسید منگنز در آب‌های طبیعی نیز حدود یک هزارم گرم در تن است. آب‌های احيایی دارای pH طبیعی (pH ≈ ۷)، منگنز را به صورت یون دو ظرفیتی در خود حمل خواهند کرد و چنانچه pH افزایش یابد منگنز به صورت کربنات نهشته می‌شود. بالاخره در pH طبیعی مقدار منگنز محلول در آب‌های احيایی بسیار بیشتر از آب‌های اکسیدان خواهد بود، به عبارت دیگر در pH معمولی و محیط اکسیدان منگنز به صورت اکسید رسوب خواهد کرد، اما در pH معمولی و محیط احيایی منگنز محلول است. در pH قلیایی و محیط احیا نیز منگنز به صورت کربنات نهشته می‌شود. محدوده کوچک پایداری آلاباندیت (MnS) نشان می‌دهد که Eh و pH مناسب برای نهشت سولفید منگنز بندرت در محیط‌های رسوبی فراهم می‌شود.



شکل ۶-۲: نمودار محدوده‌های پایداری ترکیبات منگنز (بروکینز^۱، ۱۹۸۸) در سیستم Mn-C-S-O-H، فشار ۱ بار و دمای ۲۵ درجه سانتیگراد.

^۱ - Brookins

مواد آلی از جمله عوامل کنترل کننده تحرک ژئوشیمیایی منگنز در محیط‌های سطحی هستند. تجمع و پوسیدگی مواد گیاهی بر روی سنگ‌ها عاملی برای جدایش منگنز است. در خاکهای نواحی سرد و مرطوب (در افق A و B خاک نواحی تندرا) که pH اسیدی است مقدار زیادی اسیدهای آلی وجود دارند و منگنز را حل می‌کنند. این محلول‌ها به سمت پایین حرکت کرده و روی افق C جاری می‌شوند. در این شرایط منگنز بیشترین تحرک را دارد و به صورت ترکیبات آلی غنی از فلز از سنگ بستر جدا و حمل می‌گردد. اما در آب و هوای گرم و مرطوب با pH خنثی (خاکهای نواحی استوایی) ترکیبات آلی منگن‌دار به صورت درجا ایجاد می‌شوند و قدرت حمل مواد ناچیز است و لذا تحرک منگنز کمتر از نواحی تندرا است. اکسیداسیون منطقه هوازده در آب و هوای گرم و خشک (صحراها)، باعث تشکیل اکسیدهای منگنز می‌گردد اما محیط غالباً قلیایی است و جدایش منگنز از سنگ‌ها فقط در سطح سنگ رخ می‌دهد و به علت تحرک بسیار ناچیز منگنز در این محیط‌ها، پوششی از اکسیدهای منگنز و آهن ایجاد می‌گردد که به قیر صحرا معروف است. مواد آلی در محیط‌های خشکی به صورت جذب سطحی یا تبادل یونی منگنز را جذب می‌کنند و گاهی نیز یک یون منگنز (Mn^{+2}) توسط دو اتم از یک ملکول ماده آلی جذب می‌شود و ترکیب حاصل معمولاً محلول بوده و توسط آب حمل می‌شود (روی، ۱۹۸۱). ترکیبات نامحلول نیز به صورت کولوئیدی یا معلق حمل می‌گردند و گاهی نیز ترکیب نامحلول تمرکزهایی از منگنز را در محیط‌های باتلاقی ایجاد می‌کنند. اکسیدها و هیدروکسیدهای کولوئیدی منگنز قابلیت جذب کاتیونی بسیار بالایی دارند و چنانچه در محلی متمرکز شوند آنومالی‌های ژئوشیمیایی دروغین از کاتیون جذب شده تشکیل خواهند داد.

۶-۲-۳- ژئوشیمی منگنز در محیط‌های هوازده‌گی سوپرژن

محیط‌های هوازده‌گی سوپرژن توسط آب‌های زیرزمینی کنترل می‌شوند و ژئوشیمی محیط سوپرژن در دما و فشار پایین تابع تغییرات Eh و pH آب‌های فرورو است. فرآیندهای زمین شناسی عمده‌ای از قبیل انحلال، اکسیداسیون، انتقال، رسوبگذاری و تبلور دوباره در محیط‌های سوپرژن شناخته شده‌اند.

انحلال سولفیدها و کربنات‌های منگنز توسط آب‌های فرورو اولین مرحله برای تشکیل کانی‌های سوپرژن منگنز است. اکسیدها و کربنات‌های دو ظرفیتی منگنز در محیط‌های اکسیدان سطحی ناپایدار هستند و به سرعت به یون‌هایی با ظرفیت‌های بالاتر از دو اکسیده شده و کانی‌های اکسیدی درجه بالا را تشکیل می‌دهند. در محیط‌های هوازدگی سوپرژن قسمت‌های کم عمق معمولاً اکسیدان‌تر از قسمت‌های عمیق‌تر هستند. گاهی محیط احیایی نیز در اعماق بیشتر منطقه سوپرژن فراهم می‌شود و همچنین شرایط فیزیکی و شیمیایی در نقاط مختلف محیط شدت متغیر است. اکسیداسیون کامل منگنز به کاتیون چهار ظرفیتی بندرت اتفاق می‌افتد و معمولاً کانی‌هایی از منگنز دو و چهار ظرفیتی با یکدیگر در منطقه سوپرژن یافت می‌شوند (روی، ۱۹۸۱).

منگنز در آب‌های زیرزمینی منطقه سوپرژن به صورت ذرات اکسیدی (MnO_2) کلوئیدی حضور دارد و چون این کلوئیدها دارای بار سطحی منفی هستند. لذا کاتیون‌های محلول را جذب کرده، خنثی شده و به طور درجا نهشته می‌شوند و یا پس از حمل توسط آب‌های زیرزمینی در محلی دیگر رسوب خواهند کرد. انحلال کربنات‌ها و سیلیکات‌های منگنز و رسوبگذاری همزمان اکسیدهای منگنز به طور درجا باعث ایجاد بافت‌های جانشینی با شکل دروغین خواهد شد. در این حالت منگنز اکسیدی ظرفیت بالاتری نسبت به منگنز موجود در سنگ اولیه دارد و فرآیند جانشینی معمولاً همراه با افزایش یا کاهش مواد در چرخه واکنشی می‌باشد. رسوبگذاری اکسیدهای منگنز از محلول‌های کلوئیدی یا غیر کلوئیدی نیز امکان پذیر است و اشکال بلورین کانی‌های مختلف منگنز (از کولوفرم تا تجمعات بلورین) منعکس کننده تغییرات شدیدی در وضعیت آب‌های زیرزمینی هستند. رسوبگذاری تکراری دو یا سه کانی با اشکال کولوفورم معرف تغییرات دوره‌ای در شرایط فیزیکی و شیمیایی محیط سوپرژن است (واسچکن^۱ و همکاران، ۱۹۸۴).

^۱- Wauschkuhn

۶-۳- ستون‌های لیتوژئوشیمیایی و بررسی تغییرات عناصر

به منظور روشن شدن چگونگی توزیع ژئوشیمیایی عناصر مختلف در توالی سنگ‌های موجود در منطقه معدنی، اقدام به تهیه مقاطع لیتوژئوشیمیایی از منطقه مذکور شد. این مقاطع عمود بر روند عمومی واحدهای لیتولوژیکی منطقه و تا حد امکان به دور از آلودگی‌های معدنی انتخاب شده‌اند (شکل ۶-۱).

نمونه برداری از واحدهای منطقه که نسبتاً همگن هستند به این ترتیب است، که از واحدهای به ضخامت کمتر از ۲۰ متر یک نمونه به وزن حداقل ۲۰۰ گرم از قسمت‌های نسبتاً سالم‌تر سنگ تهیه گردیده است. از واحدهایی که ضخامت بیشتری دارند به فواصل ۲۰ مترنمونه‌گیری شده است و در صورت وجود تغییراتی نظیر تغییر رنگ یا بافت، از این تغییرات نیز نمونه برداری انجام شده است.

با توجه به روش فوق یک مقطع (A) از محدوده معدنی تهیه و ۱۳ عدد نمونه از کانسنگ و سنگ میزبان برای آزمایشات ICP-MS، ICP-OES و XRF برداشته شد و برای بررسی تغییرات جانبی از کانسنگ مقاطع B و C دو نمونه نیز برداشته شد. نمونه‌های فوق ابتدا در کارگاه کانه آرایی دانشکده معدن دانشگاه شاهرود پودر شده و پس از برداشتن یک نمونه شاهد، برای آنالیز شیمیایی به آزمایشگاه مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران وابسته سازمان توسعه نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران (ایمیدرو) ارسال گردید. نمونه‌های مذکور به روش XRF آنالیز گردیده و در آنها مقادیر عناصر اصلی Mn، Fe، Ca، S، Sr، P، Na، Ba، K و Al اندازه‌گیری شده است. همچنین از هر کدام از این نمونه‌ها یک نمونه جهت آزمایش ICP-MS و ICP-OES به شرکت Acme کانادا ارسال گردید. با استفاده از روش آنالیزی ICP-MS که یک روش بسیار دقیق (تشخیص در حد ppm و ppb) برای اندازه‌گیری بیش از ۷۰ عنصر است می‌توان امیدوار بود که آنالیزها از دقت مناسبی برخوردار باشند. از نتایج آنالیزها (جدول ۶-۱) برای مطالعه تغییرات عناصر در سنگ‌ها، کانسنگ و میزان همبستگی این عناصر نسبت به هم به طور مجزا برای هر مجموعه، استفاده شده است. با توجه به اینکه کانسارهای گف و فریزی در افق مشابه کانسار نوده قرار گرفته‌اند، از هر کدام

یک نمونه از کانسنگ برداشت شده است. با استفاده از نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی (XRF) و (ICP- MS) (جداول ۶-۱ و ۶-۲) نمونه‌های مقطع (A)، تغییرات عناصر منگنز و آهن و سایر عناصر در طول ستون مورد نظر ترسیم گردیده است (شکل ۶-۳) که در زیر به طور اجمالی توضیح داده خواهد شد.

- منگنز

همان‌طور که در مقاطع لیتوژئوشیمیایی شکل (۶-۳) نشان داده شده است، در طول این مقاطع آنومالی منگنز در ۶ موقعیت چینه‌ای و واحد سنگی خاص مشاهده می‌گردد که منطبق با لایه‌های منگنزدار می‌باشند و دارای همبستگی منفی با اکسید آهن می‌باشد. پس از مقایسه این تغییرات چنین استنتاج می‌شود که واحدهای در بر گیرنده افق‌های کانه‌دار از نسبت چند برابری در مقایسه با واحدهای بالا و پایین خود برخوردار می‌باشد، لذا در زمان تشکیل با وفور منگنز در حوضه رسوبی روبرو بوده است. از طرفی منگنز به دلیل تحرک بیشتر از آهن تفکیک شده است و بنابراین این دو عنصر همبستگی منفی نشان می‌دهند.

- آهن

همان‌طور که در مقاطع لیتوژئوشیمیایی مشخص است. در واحدهای سنگی کمر پایین لایه‌های منگنزدار، مقدار آهن چندین برابر می‌شود و با منگنز آنومالی منفی نشان می‌دهد که این نشان دهنده تفکیک و ته نشین شدن عنصر آهن قبل از منگنز در حوضه رسوبی می‌باشد (شکل ۶-۳).

- مولیبدن

بیشترین مقدار مولیبدن در مقاطع لیتوژئوشیمیایی مربوط به لایه‌های منگنز دار است. و معادل ۴۵ ppm است و بیشترین همبستگی را با منگنز، آرسنیک، باریوم و استرانسیوم نشان می‌دهد.

- آرسنیک

بیشترین مقدار آرسنیک در مقاطع لیتوژئوشیمیایی مربوط به لایه‌های منگنز دار است. و معادل ppm ۷۰ است و بعد از منگنز بیشترین همبستگی را با مولیبدن ، آرسنیک، باریوم و استرانسیوم نشان می‌دهد.

- باریوم

بیشترین مقدار باریوم در مقاطع لیتوژئوشیمیایی مربوط به لایه‌های منگنز دار است. و معادل ppm ۶۰۰ است و بعد از منگنز بیشترین همبستگی را با آرسنیک، مولیبدن و استرانسیوم نشان می‌دهد.

- استرانسیوم

بیشترین مقدار استرانسیوم مانند عناصر باریوم، آرسنیک و مولیبدن در مقاطع لیتوژئوشیمیایی مربوط به لایه‌های منگنز دار است. و معادل ppm ۹۵۴ است و بعد از منگنز بیشترین همبستگی را با آرسنیک، مولیبدن و استرانسیوم نشان می‌دهد. مطابق با نظر نیکلسون (۱۹۹۲ a) همبستگی عنصر منگنز با عناصر آرسنیک، استرانسیوم، مولیبدن و باریوم می‌تواند معرف منشأ گرمایی- برون‌دمی برای کانسار باشد.

- مس

میانگین مقدار مس در کل نمونه‌های مقاطع لیتوژئوشیمیایی ppm ۴۳ است. بیشترین همبستگی را با آهن، منیزیم و سرب دارد. و بیشترین همبستگی منفی را با منگنز دارد.

- روی

میانگین مقدار روی در کل نمونه‌های مقاطع لیتوژئوشیمیایی ppm ۵۳ است. بیشترین همبستگی را با نیکل و روی دارد. و بیشترین همبستگی منفی را با منگنز و مولیبدن دارد.

- سرب

میانگین مقدار سرب در کل نمونه‌های مقاطع لیتوژئوشیمیایی بسیار کم بوده و 13 ppm می‌باشد. و بیشترین همبستگی را با مس و منیزیم و بیشترین همبستگی منفی را با منگنز و باریوم نشان می‌دهد.

- نیکل

میانگین مقدار نیکل در کل نمونه‌های مقاطع لیتوژئوشیمیایی 34 ppm است. و بیشترین همبستگی را با روی و آهن و بیشترین همبستگی منفی را با منگنز و مولیبدن دارد.

- کبالت

میانگین مقدار کبالت در کل نمونه‌های مقاطع لیتوژئوشیمیایی بسیار کم بوده و 8 ppm می‌باشد. و بیشترین همبستگی را با کبالت و استرانسیوم و بیشترین همبستگی منفی را با سرب و آهن نشان می‌دهد.

- آلومینیوم

میانگین مقدار آلومینیوم در کل نمونه‌های مقاطع لیتوژئوشیمیایی ۴ درصد است. و بیشترین همبستگی را با منیزیم و آهن و بیشترین همبستگی منفی را با منگنز و آرسنیک دارد.

- منیزیم

میانگین مقدار منیزیم در کل نمونه‌های مقاطع لیتوژئوشیمیایی ۰/۵ درصد است. و بیشترین همبستگی را با آهن و مس و بیشترین همبستگی منفی را با منگنز و مولیبدن دارد.

۶-۴- مطالعه شیمی کانسنگ

یکی از خصوصیات ژئوشیمیایی اکسیدهای آهن و منگنز ظرفیت بالای جذب یون‌ها توسط آنها است. عوامل مختلفی همچون ماهیت سیال کانه‌ساز، pH محیط تشکیل، کنترل کننده ظرفیت جذب یون توسط اکسیدهای آهن و منگنز می‌باشند (نیکلسون، ۱۹۹۲). صرف نظر از فرآیند تشکیل دهنده، اکسیدهای منگنز دارای بار سطحی ویژه‌ای می‌باشند که نقش مهمی در ژئوشیمی و کانی شناسی آنها بازی می‌کند. در pH معادل ۲، این بار سطحی صفر بوده و در چنین شرایطی، فازهای بی‌شکل این

اکسیدها تشکیل می‌شوند. در pH های بالاتر که از خصوصیات اغلب محیط‌های تشکیل اکسیدهای منگنز می‌باشد، اکسیدهای مزبور دارای بار منفی زیاد بوده که سبب جذب کاتیون‌های مختلف می‌شود. با افزایش pH، قدرت جذب کاتیون اکسیدهای منگنز نیز بالا می‌رود (کریرار^۱ و همکاران، ۱۹۸۲).

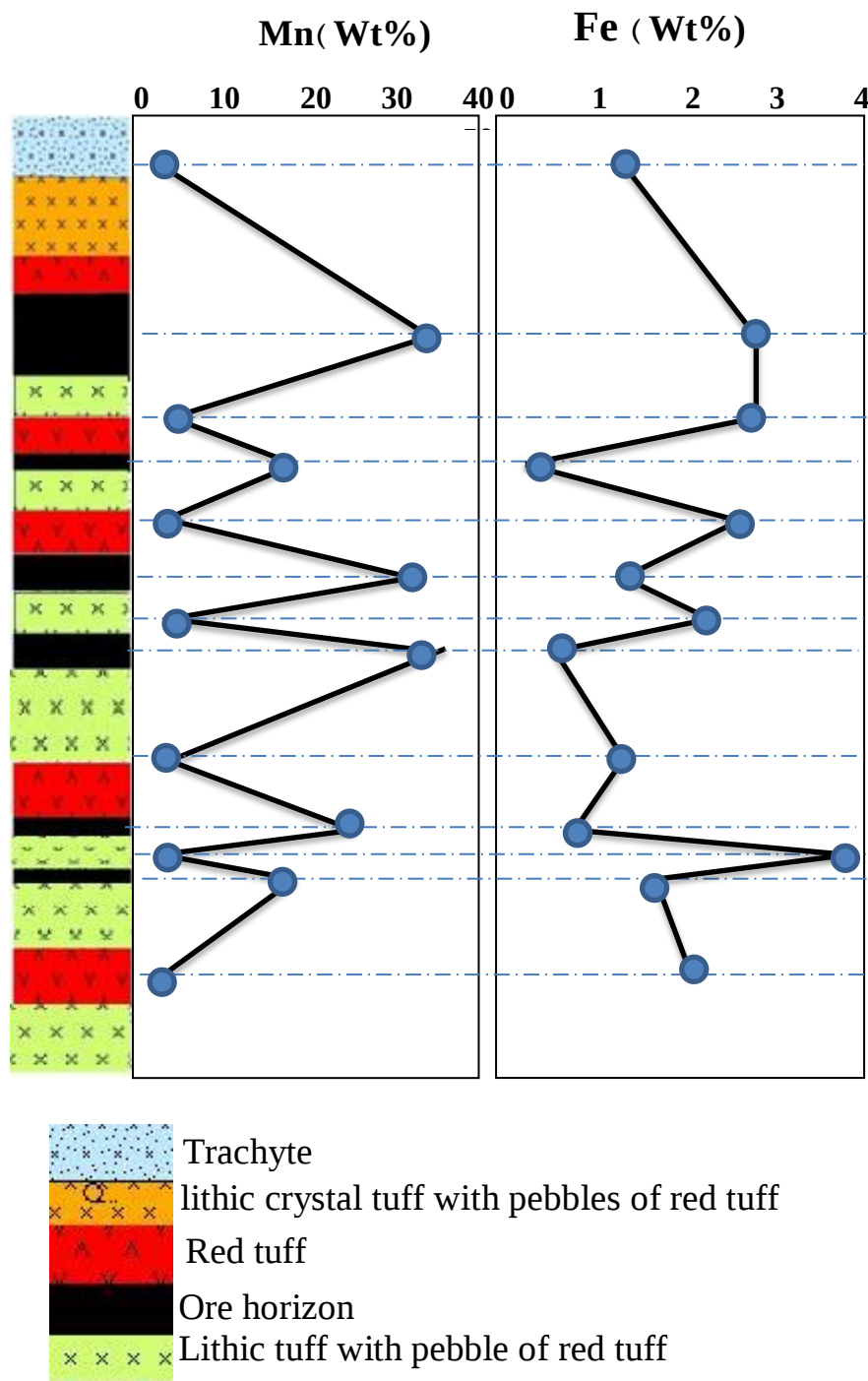
جدول ۶-۲: فراوانی عناصر اندازه‌گیری شده در نمونه‌های مقطع لیتوژئوشیمیایی (A) کانسار منگنز نوده به روش XRF.

شماره نمونه در صحرا	نام سنگ	نام کانسار (مقطع)	Mn	Fe	Mn/Fe
			%	%	
21	Trachyte	نوده (A)	0.08	1.51	0.05
0-6	Ore horizon	نوده (A)	1.87	3.36	0.55
17	Tuff	نوده (A)	3.21	3.678	0.87
0-5	Ore horizon	نوده (A)	45.50	0.29	154.62
16	Tuff	نوده (A)	0.06	3.20	0.02
0-4	Ore horizon	نوده (A)	28.71	1.39	20.57
11	Tuff	نوده (A)	0.16	2.15	0.07
0-3	Ore horizon	نوده (A)	44.97	0.40	110.07
8	Tuff	نوده (A)	1.45	1.86	0.78
0-2	Ore horizon	نوده (A)	46.93	1.22	38.35
7	Tuff	نوده (A)	0.26	5.04	0.05
0-1	Ore horizon	نوده (A)	36.97	0.46	80.02
22	Tuff	نوده (A)	0.06	2.25	0.02

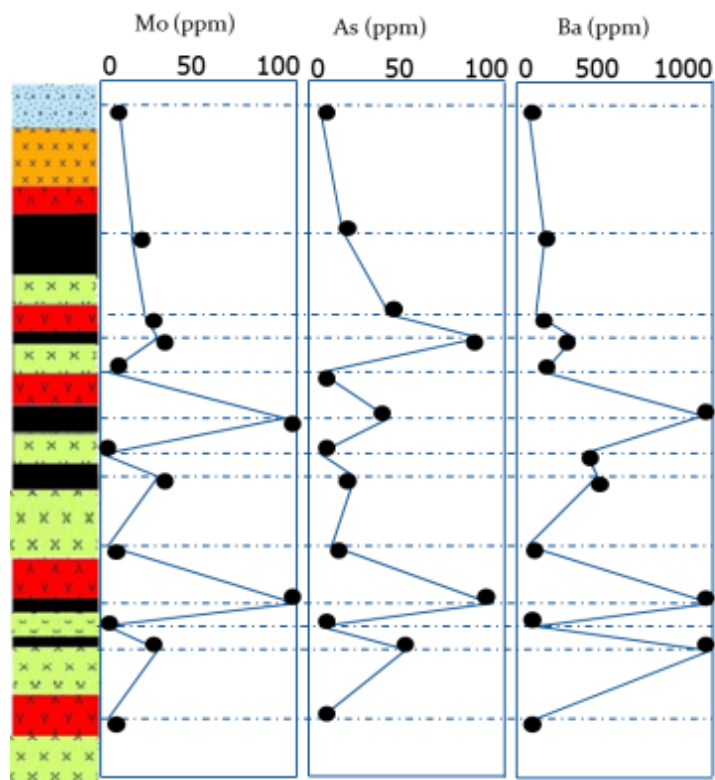
تفاوت شیمی کانسنگ‌های منگنز، ناشی از سیالات متفاوتی است که نهشته‌ها از آن حاصل شده‌اند و در نتیجه نوع کانی‌های تشکیل دهنده در هر محیط و شیمی آنها متفاوت خواهد بود. بنابراین مطالعه شیمی کانسنگ به همراه مطالعه دقیق کانی شناسی می‌تواند چگونگی کانه‌زایی را روشن کند.

¹ - Crerar

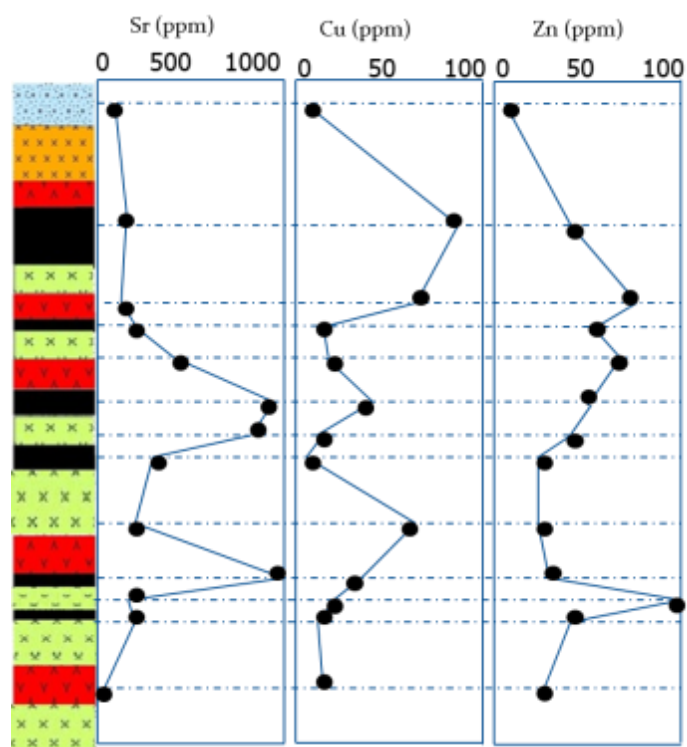
به منظور مطالعه شیمی کانسنگ در کانسارهای منگنز نوده، گفت و فریزی از نمونه‌های کانسنگ‌هایی که برای آزمایش‌های لیتوژئوشیمیایی ارسال شد، استفاده گردید.



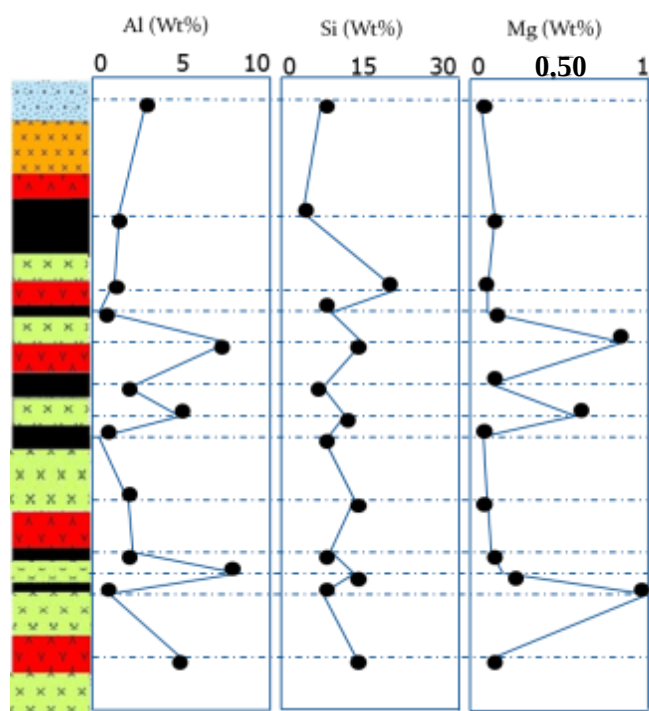
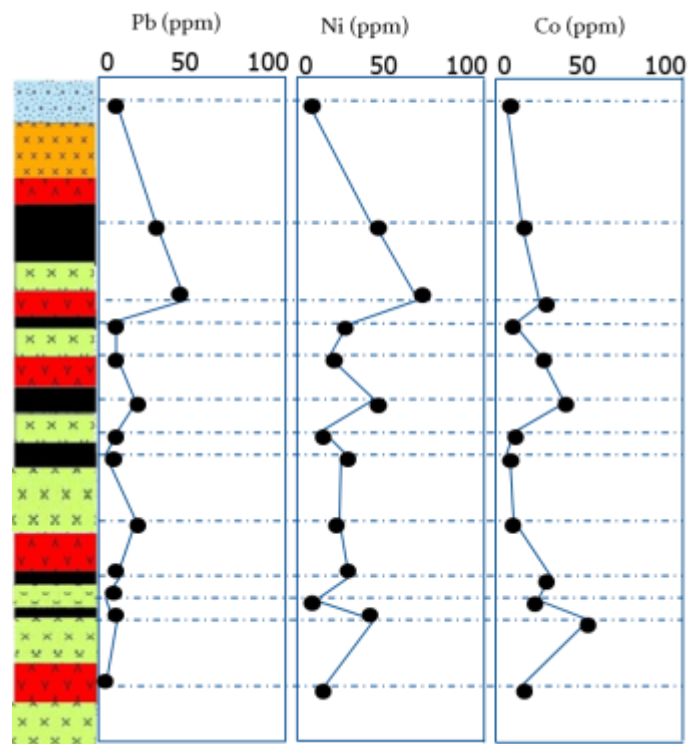
شکل ۶-۳: نمودار تغییرات عناصر در مقطع A کانسار منگنز نوده بر اساس داده‌های XRF.



ادامه شکل ۳-۶



ادامه شکل ۳-۶



نسبت Mn/Fe -

پژوهشگران متعددی بر روی اطلاعات حاصل از ندول‌های منگنز و رسوبات برون‌دیمی غنی از منگنز کار کرده‌اند و چنین استنباط نموده‌اند که ملاک‌های غنی‌شدگی عنصری می‌تواند به عنوان شاخص ژنتیکی این کانسارها به کار رود. آهن و منگنز در جریان نهشت از سیالات گرمابی- برون‌دیمی به شیوه خاصی از هم جدا می‌شوند که این جدایش متأثر از درجه حلالیت آنها می‌باشد و نسبت‌های متفاوتی از Mn/Fe در رسوبات برون‌دیمی ایجاد می‌کنند (جدول ۶-۳).

جدول ۶-۳ مقایسه دامنه تغییرات Mn/Fe در نهشته‌های مختلف منگنز و در کانسارهای منگنز منطقه مورد مطالعه

مرجع	میانگین	دامنه تغییرات Mn/Fe	
نیکلسون و همکاران، ۱۹۹۷؛ مارچین و ارزینگر ^۱ ، ۱۹۸۶	۱	۲/۵ - ۰/۸	نهشته‌های آزاد
نیکلسون و همکاران، ۱۹۹۷	<۱	-	نهشته‌های دریاچه‌ای
دکو و ساولی ^۲ ، ۲۰۰۴	>۲/۵	-	نهشته‌های گرمابی- برون‌دیمی
این تحقیق	۵۶/۶	۵۵۸ - ۰/۱۵	کانسارهای نوده، فریزی و گف

در کانسار منگنز نوده میانگین نسبت Mn/Fe برابر ۵۶/۶ می‌باشد. این نسبت بین ۰/۵۵ تا ۱۵۴ در تغییر است.

در تعدادی از پوسته‌های گرمابی^۳، در پشته ژان دو فوکا^۴ که به طور کلی از ورنادیت (MnO₂) تشکیل شده‌اند، در مقایسه با نودول‌های کف دریا و پوسته‌های آزاد، تمرکز پایینی از نیکل، مس و

^۱ - Marching and Erzinger

^۲ - Dekov and Savelli

^۳ - Hydrothermal crust

^۴ - Juan de Fuca

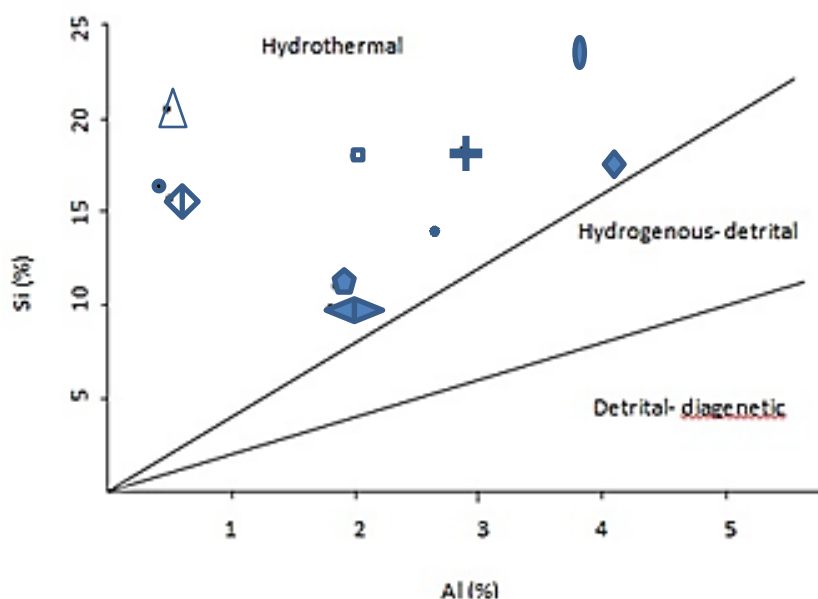
کبالت نشان می‌دهند. دلیل این امر، رشد خیلی سریع‌تر و در نتیجه زمان به دام افتادن بسیار کوتاه عناصر فوق بوده است (روی، ۱۹۹۲).

نهشت در جای اکسیدها با نسبت Mn/Fe بالا نشان دهنده خروج سیالات کم دما با نرخ جریان پایین می‌باشد (هین^۱ و همکاران، ۱۹۹۷). با توجه به این موضوع و نسبت پایین عناصر نیکل، کبالت و مس می‌توان این نتیجه‌گرفت کرد که کانسار نوده از نوع گرمابی-بروندمی کم دما با نرخ جریان پایین و نزدیک به منشأ همراه با رشد خیلی سریع اکسیدهای منگنز است.

- نسبت Si/Al

در این روش، مقادیر Si در برابر Al در یک نمودار دوتایی ارائه می‌شود. از این نمودار جهت تشخیص کانسارهای با منشأهای مختلف استفاده می‌شود (شکل ۶-۴) و با توجه به نسبت‌های مختلف این دو عنصر، سطح محصور بین این نمودار دوتایی به سه بخش تقسیم می‌شود که از نمودار معرف مقدار Al به سمت نمودار معرف مقدار Si اولین بخش که معرف بیشترین مقدار Al می‌باشد، مربوط به کانسارهای با منشأ تخریبی - دیاژنتیکی می‌باشد. سطح دوم مربوط به کانسارهای با منشأ آزاد - آواری و سطح سوم مربوط به کانسارهای با منشأ گرمابی-بروندمی (اتشفشانی-بروندمی) می‌باشد. کانسارهای گرمابی-بروندمی عموماً در ارتباط نزدیک با ژل‌های سیلیسی آهن‌دار بوجود می‌آیند که بوسیله فرآیندهای فورانی زیر دریایی و تخلیه فلز در داخل رسوبات دریایی تشکیل شده اند (روی، ۱۹۹۲).. به همین جهت درصد وزنی Si در مقابل Al در این کانسارها معرف درصد بالای SiO_2 در طی فعالیت‌های بروندمی می‌باشد. اما در کانسارهای با منشأ تخریبی Al نسبت به Si از درصد بالاتری برخوردار می‌باشد. این امر ناشی از تخریب و تجزیه فلدسپات‌ها در طی فرآیند حمل و نقل از خشکی به حوضه رسوبی می‌باشد. در کانسار منگنز نوده نمونه های آنالیز شده در گستره نهشته‌های منگنز با خاستگاه گرمابی-بروندمی قرار می‌گیرند (شکل ۶-۴).

¹ - Hein



شکل ۶-۴: نمودار Si/Al برای تفکیک ساده تیپ‌های گرمابی-بروندمی، آزاد و آواری (کریرار و همکاران، ۱۹۸۲) و موقعیت نمونه‌های کانسارهای منگنز مورد مطالعه در آن

۶-۴-۲- نمودارهای عناصر کمیاب

از پیشگامان استفاده از عناصر کمیاب در شناسایی تیپ‌های مختلف کانسارهای منگنز می‌توان به هوت^۱ و همکاران، ۱۹۶۴ اشاره کرد. آنها خاطر نشان کردند که کانسارهای گرمابی-بروندمی منگنز هم از جایگاه خشکی و هم از جایگاه دریایی از عناصر W، Ti، Sr، Sb، Pb، Ge، Ba، B، As غنی شدگی نشان می‌دهند. کارهای محققین بعدی (بناتی و همکاران، ۱۹۷۵؛ روی، ۱۹۸۱) تأیید کرده است که بعضی از این عناصر همراه با عناصر V، Mo، Cd، Li و Zn همواره در اکسیدها غنی شدگی نشان می‌دهند، که این اکسیدها از سیالات گرمابی در دو محیط خشکی و دریایی مشتق شده‌اند.

^۱ - Hewett

علاوه بر این، نیکلسون (۱۹۹۲ a) فرض کرده است که کانسارهای گرمابی - برونومی منگنز به وسیله غنی شدگی از عناصر As, Ba, Cu, Pb, Sb, Sr, Li, Cd, Mo, V و Zn و در مقابل کانسارهای رسوبی با غنی شدگی از عناصر Na, K, Ca, Mg, Sr, Co, Cu و Ni مشخص می‌شوند.

مؤلفان متعددی تلاش کرده‌اند تا با استفاده از عناصر اصلی و کمیاب، کانسارهای رسوبی دریایی منگنز را از کانسارهای گرمابی - برونومی متمایز کنند. بناتی و همکاران (۱۹۷۵) نسخه اولیه‌ی نمودار سه‌تایی $10 \times (\text{Fe-Mn-(Co+Cu+Ni)})$ را جهت تمایز کانسارهای رسوبی - دریایی و گرمابی - برونومی آهن - منگنز ترسیم کردند. این نمودار نشان می‌دهد که کانسنگ‌های گرمابی - برونومی از عناصر Zn, Co, Cu و Ni نسبت به کانسنگ‌های رسوبی دریایی تهی شده‌اند.

نیکلسون (۱۹۹۲ a) استفاده از نمودار دوتایی درصد وزنی Ni و Co در مقابل درصد وزنی $\text{As} + \text{Cu} + \text{Mo} + \text{Pb} + \text{V} + \text{Zn}$ را برای شناسایی اکسیدهای رسوبی دریایی از اکسیدهای گرمابی - برونومی منگنز توصیه کرده است. از آنجا که، اغلب این نمودارهای دوتایی و سه‌تایی، جهت تمایز کانسارهای منگنز با تیپ‌های ژنتیکی مختلف طراحی شده است. لذا کاربرد آنها در راستای شناسایی تیپ رسوبی یا گرمابی - برونومی کانسار منگنز نوده سودمند خواهد بود که در اینجا به اختصار به برخی از آنها اشاره می‌شود:

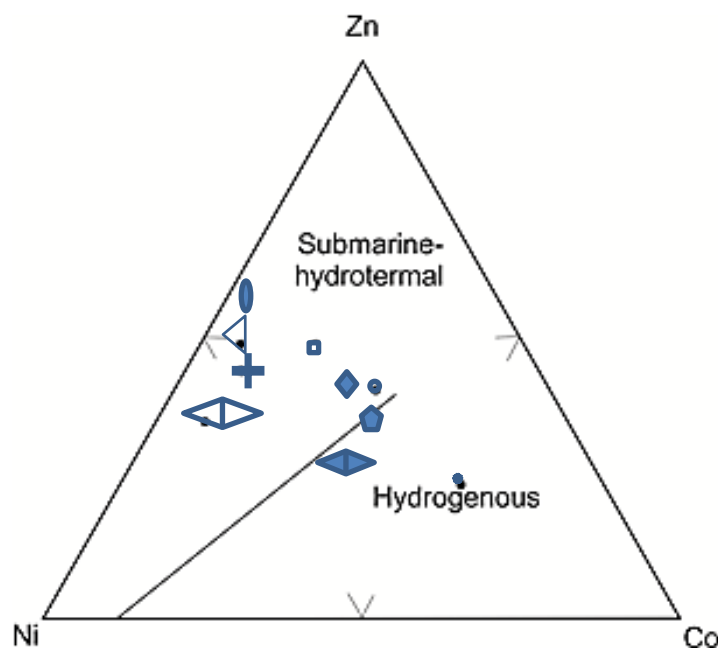
- نسبت Co/Zn

نسبت Co به Zn به عنوان متمایز کننده کانه زایی تیپ گرمابی (برونومی) از آزاد مورد استفاده قرار گرفته است (تو^۱، ۱۹۸۰)، به طوریکه این نسبت برای کانسارهای گرمابی - برونومی دارای میانگینی در حدود ۰/۱۵ و برای کانه‌زایی آزاد ۲/۵ می‌باشد. در کانسارهای مورد مطالعه، میانگین نسبت فوق ۰/۶۶ است که شباهت بیشتری با کانسارهای گرمابی - برونومی نشان می‌دهد.

^۱ - Toth

- نمودار Co-Ni-Zn

چویی و هاریا^۱ (۱۹۹۲) کانسارهای آبرزد منگنز را از کانسارهای گرمابی-بروندی زیر دریایی، به وسیله بررسی کردن روابط بین عناصر Zn, Ni و Co در یک نمودار سه‌تایی مشخص و متمایز کردند (شکل ۷-۵). طبق بررسیهای انجام شده، غلظت‌های پائین عناصر (۲-۷۵ppm) Co، (۴۵۰-۸) Cu، (۲۲-۹۰۰) Ni و (۱۸-۱۰۷۰) Zn مشخصه کانسارهای منگنز گرمابی-بروندی زیر دریایی می‌باشد. در کانسار منگنز نوده غلظت‌های عناصر (۲-۸۴ppm) Co، (۹-۱۹۴) Cu، (۲۱-۱۱۰) Ni و (۱۳-۱۰۵) Zn می‌باشد (شکل ۶-۵). بر این اساس، کانسارهای منطقه مورد مطالعه، ضمن غنی بودن از Zn، خاستگاه گرمابی بروندی نشان می‌دهند.



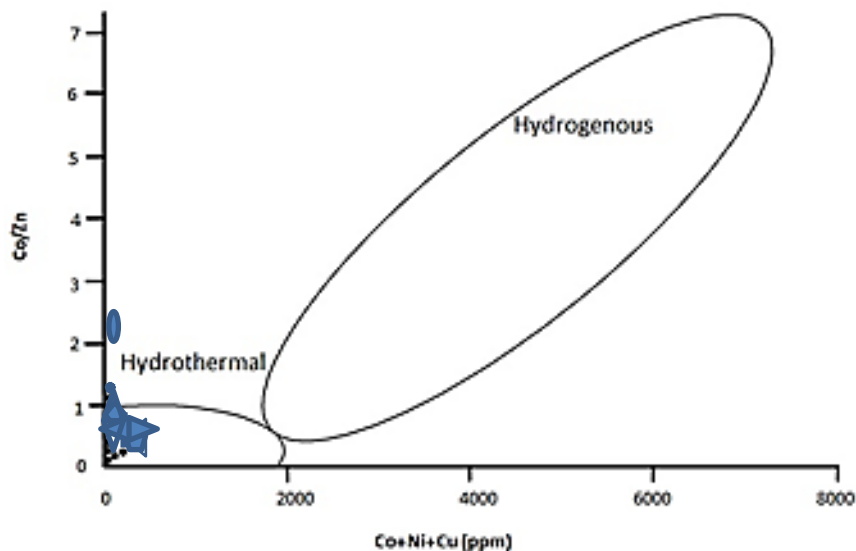
شکل ۶-۵: نمودار سه‌تایی Ni-Cu-Co جهت تفکیک تیپ‌های آبرزد از گرمابی-بروندی (چویی و هاریا، ۱۹۹۲) و موقعیت نمونه‌های کانسارهای منگنز مورد مطالعه در آن.

- نمودار (Co/Zn) - (Co+Cu+Ni)

این نمودار، توسط توت (۱۹۸۰) برای تفکیک کانسارهای منگنز گرمابی-بروندی از آبرزد معرفی شده است. مقادیر پایین عناصر Ni, Cu, Co حاکی از ورود اندک این عناصر از طریق فعالیت‌های

¹ - Choi and Hariya

گرمابی- برون‌دمی و در عوض اشتقاق بالای Zn را از منبع گرمابی- برون‌دمی نشان می‌دهد (تو، ۱۹۸۰). همان طور که از نمودار استنتاج می‌شود (شکل ۶-۶)، کانسارهای منگنز تیپ آزاد نسبت به کانسارهای گرمابی- برون‌دمی از غنی شدگی بالاتری از عناصری مانند Ni, Cu, Co برخوردار می‌باشند (بناتی و همکاران، ۱۹۷۲). نمونه‌های منطقه مورد مطالعه از قرابت بسیار بالایی با کانسارهای نوع گرمابی- برون‌دمی برخوردار می‌باشند.



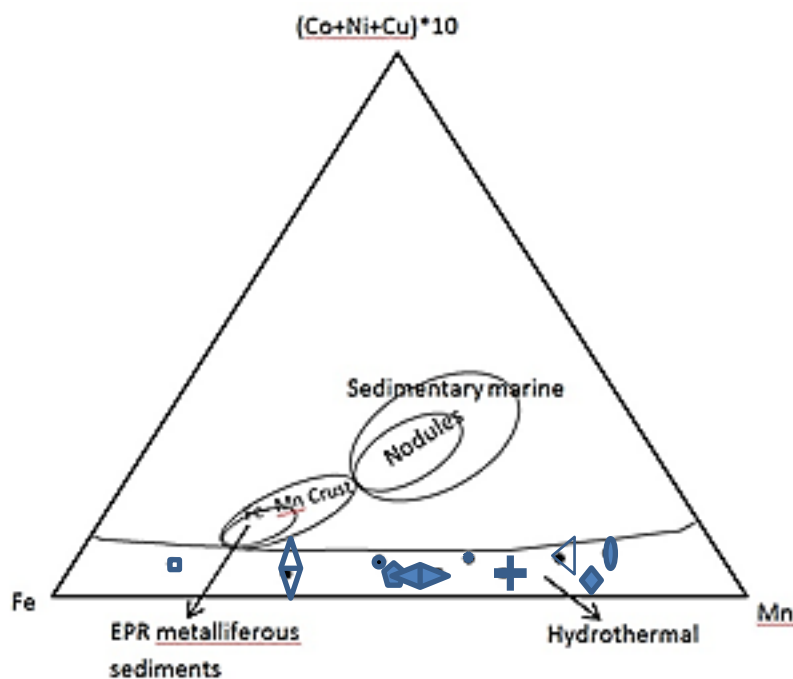
شکل ۶-۶: نمودار $Co/Zn - Co+Ni+Cu$ جهت تفکیک تیپ‌های آزاد از گرمابی- برون‌دمی (تو، ۱۹۸۰) و موقعیت نمونه‌های کانسارهای منگنز مورد مطالعه در آن.

- نمودار $Fe-Mn-(Co+Ni+Cu) \times 10$

مؤلفین زیادی تلاش کرده‌اند تا کانسارهای گرمابی- برون‌دمی و رسوبی- دریایی منگنز را با استفاده از عناصر اصلی و فرعی تفکیک کنند. بناتی (۱۹۷۵) برای اولین بار این نمودار سه‌تایی را جهت تمایز کانسارهای گرمابی از کانسارهای رسوبی- دریایی، طراحی نمود. یکی از معیارهای تشخیص در این نمودار (شکل ۶-۷) غلظت مس، کبالت و نیکل می‌باشد. مقدار این عناصر در نهشته‌های تیپ آزاد نسبت به نهشته‌های گرمابی- برون‌دمی بیشتر است. علت این امر، رشد آرام و در نتیجه، حضور

طولانی تر کانسارهای آیزاد در آب دریا و تأثیر فرآیندهای مختلفی است که در جذب ویژه دخالت دارند (توت، ۱۹۸۰؛ یوسوی و سومیا^۱، ۱۹۹۷).

ندول‌های منگنز خصوصاً ندول‌های مناطق پلاژیک، در مقایسه با آب‌های کم عمق از عناصری مانند Ni، Co و Cu غنی‌تر می‌باشند. بنابر نظر عده‌ای از محققین، این امر شاید به دلیل آهنگ کند رسوب گذاری و خاصیت جذب کاتیون توسط اکسیدهای آبدار آهن و منگنز باشد. نمونه‌های منطقه مورد مطالعه در نمودار $Fe-Mn-(Co+Ni+Cu) \times 10$ در محدوده کانسارهای گرمابی-بروندمی قرار می‌گیرند (شکل ۶-۷) که در عناصر گفته شده غنی‌شدگی نشان نمی‌دهند. این امر می‌تواند به خاطر نهشت سریع آنها در یک محیط رسوبی کم عمق باشد.



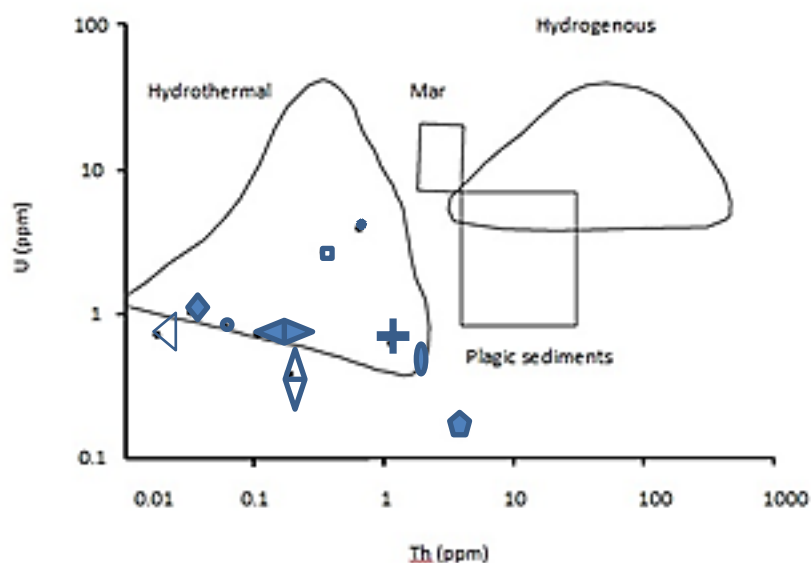
شکل ۶-۷: نمودار سه‌تایی Mn-Fe-(Cu-Ni-Co) جهت تفکیک تیپهای مختلف کانسارهای منگنز (بناتی، ۱۹۷۵) و موقعیت نمونه‌های کانسارهای منگنز مورد مطالعه در آن.

نسبت U/Th -

غلظت اورانیوم در آب دریا تقریباً ثابت و برابر با $10^{-6} \times 3/3$ گرم در لیتر می‌باشد. از طرف دیگر توریم به دلیل حلالیت بسیار کم و زمان اقامت بسیار کوتاه، تقریباً در آب دریا حضور ندارد. غلظت توریم در

¹ - Usui and Somya

آب‌های سطحی اقیانوس‌ها کمتر از $10^{-11} \times 7$ گرم در لیتر گزارش شده است (وایت^۱، ۱۹۹۸). میزان اورانیم در نهشته‌های گرمابی-بروندی زیر دریایی بیشتر از رسوبات پلاژیک معمولی است و نسبت U/Th این نهشته‌ها چندین برابر نهشته‌های آزاد می‌باشد (بناتی و همکاران، ۱۹۷۲، ۱۹۷۵). احتمالاً آهنگ رسوب گذاری سریع نهشته‌های گرمابی-بروندی سبب می‌شود تا امکان جذب توریم از آب دریا وجود نداشته باشد و در نتیجه این نهشته‌ها به طور نسبی از اورانیم غنی می‌شوند (بناتی، ۱۹۷۵). همان طور که در شکل ۶-۸ مشخص شده است، میزان توریم اندازه گیری شده در نمونه‌های منطقه مورد مطالعه در مقایسه با نهشته‌های آزاد بسیار کم است که حاکی از رسوب گذاری سریع آنها است (شکل ۶-۸).



شکل ۶-۸: نمودار U/Th برای تفکیک کانسارهای گرمابی (بروندی) - آزاد و رسوبات پلاژیک نرمال Marta (ویلسون^۲، ۱۹۸۹) و موقعیت نمونه‌های کانسارهای منگنز مورد مطالعه در آن.

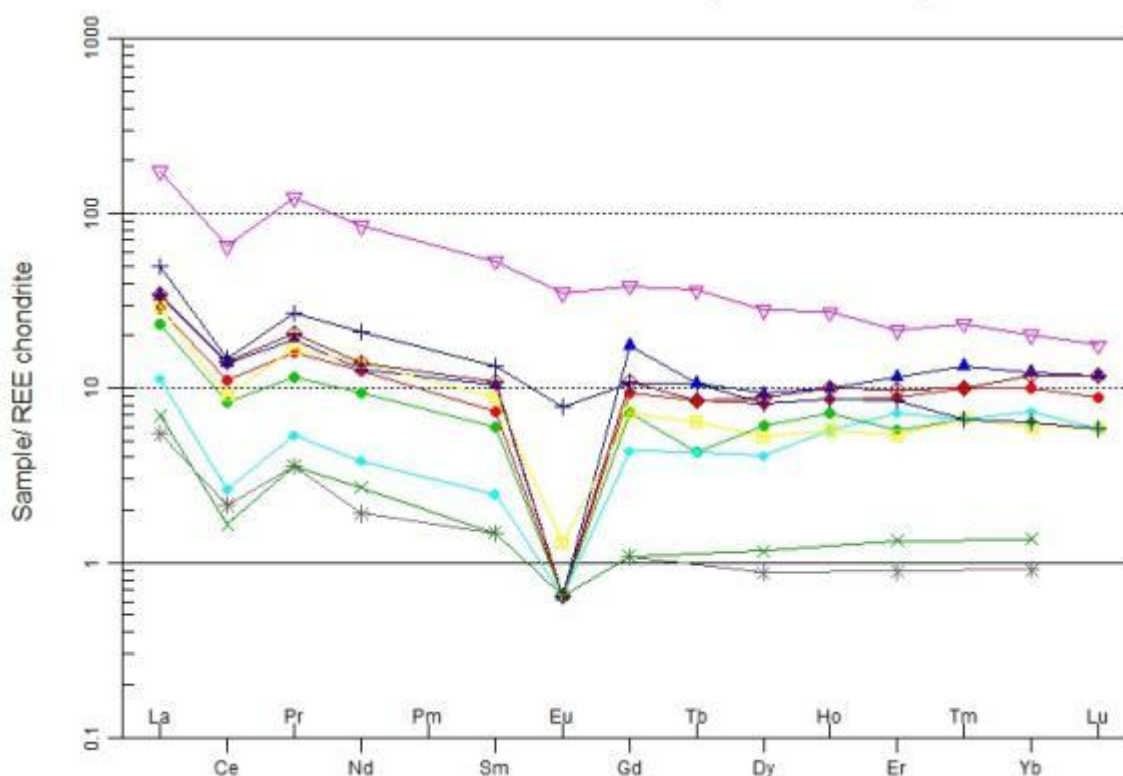
¹- White

²- Wilson

۶-۴-۳- نمودارهای عناصر نادر خاکی (REEs):

اطلاعات عناصر نادر خاکی REEs در کانسارهای منگنز تیپ گرمابی-بروندی و آبزاد، به طور قابل ملاحظه‌ای از هم متفاوتند، بنابراین می‌توانند اطلاعات اساسی و مؤثری را در مورد فرآیندهای ژنتیکی موثر در تشکیل کانسارهای منگنز زیر دریایی فراهم کنند (هین و همکاران، ۱۹۹۷).

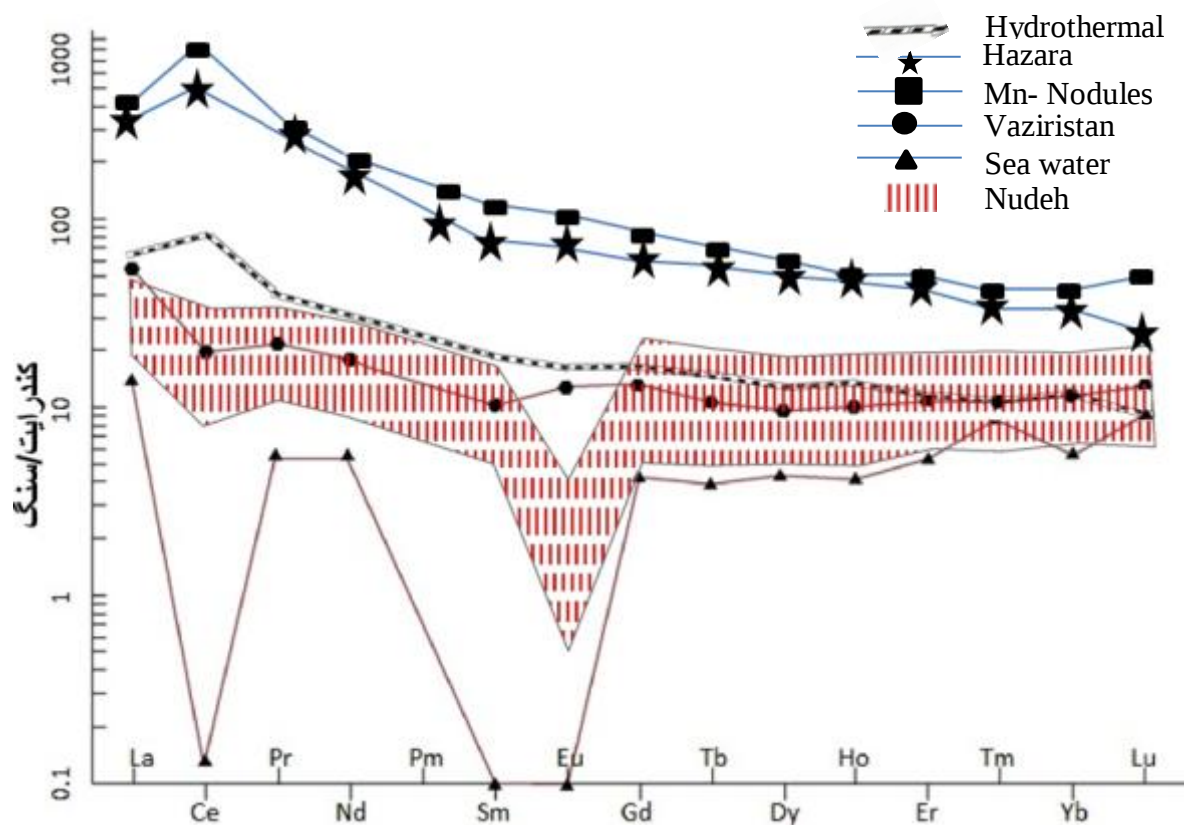
یکی از تفاوت‌های رایج بین کانسارهای آبزاد و گرمابی-بروندی، در میزان غنی شدگی این دو گروه کانسار از REEs می‌باشد. غنی شدگی REEs در کانسارهای منگنز آبزاد چندین برابر کانسارهای گرمابی-بروندی می‌باشد. به طوری که $\sum REEs$ در کانسارهای گرمابی-بروندی در حدود ۱۰۰ ppm می‌باشد، ولی این مقدار در کانسارهای آبزاد نزدیک به ۱۰۰۰ ppm است (شکل ۶-۹). از دیگر تفاوت‌های بارز بین کانسارهای آبزاد و گرمابی-بروندی، تفاوت الگوی آنومالی Ce در این دو نوع کانسارها می‌باشد. آنومالی Ce به عواملی همچون دمای سیال، نزدیکی به منبع گرمابی-بروندی، شرایط احیاء و مقدار آلودگی یا آلاینده‌های آبزاد بستگی دارد. الگوی آنومالی Ce در کانسارهای آبزاد مثبت است، دلیل این امر مدت زمان اقامت بیشتر یون‌های Mn و Fe در آب و جذب Ce^{+4} توسط آن‌ها است. اما اکسیدهای منگنز گرمابی-بروندی در محیط‌های دریایی عموماً دارای آنومالی منفی قوی Ce می‌باشند. هر چند که هین و همکاران (۱۹۹۷) معتقد است آنومالی Ce در کانسارهای گرمابی-بروندی بسته به نرخ ته نشست و مقدار اختلاط با آب دریا دارای گستره‌ای از حالت منفی قوی تا حالت بدون آنومالی، می‌باشد. نمونه‌های منطقه مورد مطالعه دارای آنومالی منفی Ce بوده و $\sum REEs$ در این نمونه‌ها در حدود ۷۰/۶۲ ppm است (جدول ۷-۵). یکی از شباهت‌های بارز الگوی عناصر نادر خاکی منطقه مورد مطالعه با بعضی از کانسارهای گرمابی-بروندی، آنومالی منفی Eu در این کانسارها است. نمونه‌های کانسنگ نوده آنومالی منفی Eu نشان می‌دهند که حاکی از شرایط کاملاً اکسیدان در محیط تشکیل می‌باشد (شکل ۶-۹).



شکل ۶-۹: الگوی عناصر نادر خاکی، نرمالیزه شده نسبت به کندرایت، سان و مک دونف

الگوی عناصر نادر خاکی، در کانسنگ‌های منطقه مورد مطالعه شباهت زیادی با الگوی عناصر نادر خاکی کانسارهای منگنز وزیرستان در پاکستان (طاهرشاه^۱ و همکاران، ۲۰۰۷) نشان می‌دهد (شکل ۶-۱۰). طاهر شاه و همکاران (۲۰۰۷) با مطالعه الگوی عناصر نادر خاکی کانسار منگنز وزیرستان، خاستگاه گرمابی- برون‌دیمی را برای این کانسارها در نظر گرفته‌اند. البته برخلاف نمونه‌های کانسارهای منگنز وزیرستان، نمونه‌های کانسنگ نوده آنومالی منفی Eu نشان می‌دهند که حاکی از شرایط کاملاً اکسیدان در محیط تشکیل می‌باشد.

¹- Tahir Shah



شکل ۶-۱۰: الگوی عناصر نادر خاکی کانسار منگنز نوده، بهنجار شده نسبت به کندرایت، (سان و مک دونف، ۱۹۸۹) و شباهت نمونه‌های منطقه به نمونه کانسارهای منگنز گرمابی-بروندی (روحلین و اون^۱، ۱۹۸۶) و همچنین کانسار منگنز گرمابی-بروندی وزیرستان پاکستان (طاهرشاه و همکاران، ۲۰۰۷) و تفاوت آنها با کانسارهای آزاد (هاسکین و همکاران^۲، ۱۹۶۶) مانند کانسار منگنز هزارا (طاهرشاه و همکاران، ۲۰۰۷).

غنی شدگی LREE نسبت به HREE مشخصه کانسارهای گرمابی-بروندی می‌باشد (میل و الدفیلد^۳، ۱۹۹۵). در کانسارهای مورد مطالعه، میانگین نسبت LREE/HREE برابر با ۱/۲۶ است، که نشان از غنی شدگی LREE نسبت به HREE دارد (جدول ۶-۴).

(جدول ۶-۴).

- نسبت La/Ce

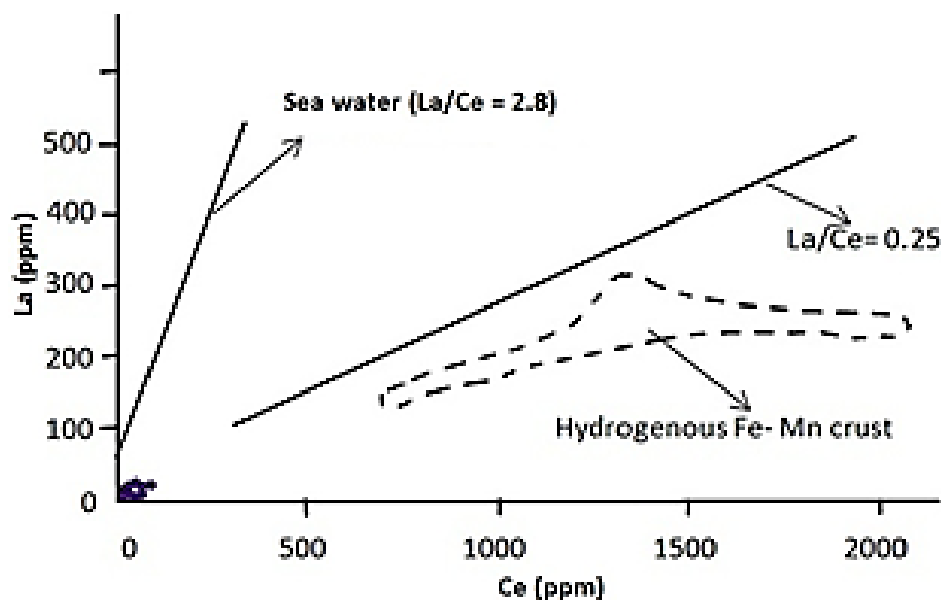
نسبت La به Ce (توت، ۱۹۸۰) در کانسارهای گرمابی-بروندی مشابه آب دریا و در حدود ۲/۸ می‌باشد، اما سایر کانسارها نسبت به آب دریا در Ce غنی شدگی نشان می‌دهند و نسبت La به Ce در

^۱ - Ruhlin and Owen

^۲ - Haskin

^۳ - Mill and Eldefield

این کانسارها برابر ۰/۲۵ است. در نمونه‌های منطقه مورد مطالعه، نسبت La/Ce بین ۰/۹۳ تا ۱/۶۳ تغییر می‌کند (شکل ۶-۱۱) که مشابه کانسارهای گرمایی-بروندمی می‌باشد.



شکل ۶-۱۱: نمودار تمرکز La در برابر Ce (تو، ۱۹۸۰) و موقعیت نمونه‌های کانسارهای منگنز

مورد مطالعه در آن

جدول ۴-۳: غلظت عناصر نادر خاکی (REE) کانسار منگنز نوده، فریزی و گفتم به ppm:

Sample NO.	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Sum	LREE/HREE
0-10	9.5	9.63	1.8	7.9	1.5	<0.1	2.6	0.4	2.8	0.6	2	0.3	2.2	0.3	18.8	60.33	1.011
0-8	7.6	7.1	1.3	5.9	1.2	<0.1	2	0.2	2.1	0.5	1.3	0.2	1.4	0.2	13	44	1.105263158
0-9	11.1	11.92	2.1	8.1	2.1	<0.1	4.8	0.5	3.2	0.7	2.6	0.4	2.7	0.4	25.2	75.82	0.872098765
0-1	3.7	2.26	0.6	2.4	0.5	<0.1	1.2	0.2	1.4	0.4	1.6	0.2	1.6	0.2	16.5	32.76	0.406008584
0-7	57.3	56.17	13.8	53.4	10.8	2.7	10.6	1.7	9.6	1.9	4.8	0.7	4.4	0.6	47.7	276.17	2.367926829
0-2	9.7	7.84	1.9	8.8	1.8	0.1	2	0.3	1.8	0.4	1.2	0.2	1.3	0.2	11.3	48.84	1.611764706
0-3	1.8	1.84	0.4	1.2	0.3	<0.1	0.3	<0.1	0.3	<0.1	0.2	<0.1	0.2	<0.1	3.3	9.84	1.288372093
0-4	11.4	12.18	2.3	8.7	2.2	<0.1	3	0.4	3	0.7	2.2	0.3	2.6	0.4	18.6	67.98	1.178846154
0-5	2.3	1.44	0.4	1.7	0.3	<0.1	0.3	<0.1	0.4	<0.1	0.3	<0.1	0.3	<0.1	3.7	11.14	1.228
0-6	16.5	12.66	3	13.2	2.7	0.6	2.9	0.5	2.8	0.6	1.9	0.2	1.4	0.2	20.2	79.36	1.585016287

۶-۴-۴- جمع بندی

نمودارهای ژئوشیمیایی نشان می‌دهند که:

- بر اساس نسبت Mn/Fe و U/Th نمونه‌های کانسنگ، کانسارهای مورد مطالعه از نوع گرمابی- بروندمی کم دما با نرخ جریان پایین و نزدیک به منشأ همراه با رشد خیلی سریع اکسیدهای منگنز در یک محیط رسوبی است.
- در نمودار Si نسبت به Al، نمونه‌های آنالیز شده در گستره نهشته‌های منگنز با خاستگاه گرمابی- بروندمی قرار می‌گیرند.
- نمودارهای عناصر کمیاب منشأ گرمابی- بروندمی را برای این کانسار نشان می‌دهند.
- کانسارهای آبزاد بر خلاف کانسارهای گرمابی- بروندمی عمدتاً از عناصر Na، K، Ca، Mg، Cu، Co، Sr، و Ni غنی شدگی نشان می‌دهند. و در این میان عناصری همچون Cu، Co، Ni و به دلیل پایداری بیشتر در برابر فرآیندهای ثانویه سوپرژن نسبت به دیگر عناصر ذکر شده از اهمیت بیشتری برخوردارند. در نمودارهای مختلف، در همه نمونه‌های منطقه مورد مطالعه در محدوده کانسارهای گرمابی- بروندمی قرار گرفته و گویای مقدار پایین این عناصر در نمونه‌های کانسنگ می‌باشند.
- ΣREE در کانسارهای با منشأ گرمابی- بروندمی در حدود ۱۰۰ ppm است و در کانسارهای مورد مطالعه میانگین این مقدار ۷۰/۶۲ ppm است، که نزدیکی بسیار بالایی با نهشته‌های هیدروترمالی دارد.
- غنی شدگی LREE به HREE مشخصه کانسارهای هیدروترمالی است و در کانسارهای مورد مطالعه نیز این غنی شدگی به خوبی دیده می‌شود.
- آنومالی منفی Eu در نمونه‌های مطالعه شده نشان دهنده شرایط کاملاً اکسیدان در محیط تشکیل است..

- در نمودار La/Ce نمونه های آنالیز شده در گستره نهشته های منگنز با خاستگاه گرمابی - برونومی قرار می گیرند.

در پایان می توان چنین گفت که کانسار منگنز نوده در یک محیط دریایی اکسیدان و به وسیله سیالات گرمابی - برونومی نزدیک به محل منبع و با نرخ نهشت سریع ته نشست کرده است.

۶-۵- ارتباط و همبستگی عناصر در کانسنگ منگنز نوده

مؤلفین مختلف، مجموعه های عنصری متعددی را به عنوان مجموعه های با ضرایب بالای همبستگی برای کانسارهای منگنز معرفی کرده اند. در اینجا به مجموعه هایی که نیکلسون (۱۹۹۲ a) عنوان کرده است اشاره می کنیم.

- کانسارهای سوپرژن آب شیرین

در این کانسارها همبستگی بالایی بین منگنز با باریم، کبالت، مس، نیکل و روی وجود دارد.

- کانسارهای سوپرژن دریایی

در این کانسارها منگنز همبستگی بالایی با کبالت، نیکل و مس دارد.

- کانسارهای سوپرژن دابهیت

منگنز همبستگی بالایی با کبالت، مس، نیکل، روی و سرب دارد.

- کانسارهای گرمابی - برونومی

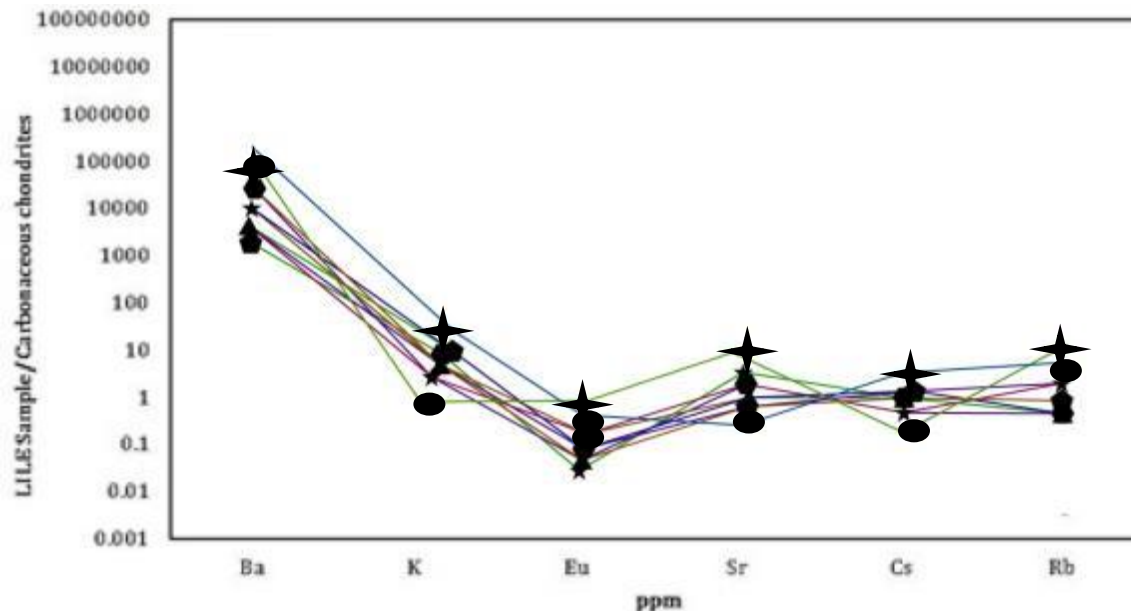
در این تیپ کانه زایی، منگنز بیشترین همبستگی را با آرسنیک، باریم، استرانسیم، مولیبدن، وانادیم و مس دارد.

ماتریس همبستگی عناصر در کانسنگ منگنز نوده (جدول ۶-۵) نشان می دهد که منگنز بیشترین همبستگی مثبت را به ترتیب با عناصر Mo، As، Ba و Sr و بیشترین همبستگی منفی را به ترتیب با Cu، Pb، Fe، Mg، Ni، Zn، Al، V، Na و Co دارد.

مطابق با نظر نیکلسون (۱۹۹۲ a) همبستگی با عناصر آرسنیک، استرانسیم، مولیبدن، وانادیم و مس می‌تواند معرف منشاء گرمابی-بروندمی برای کانسار باشد.

۶-۶- عناصر لیتوفیل بزرگ یون

مقدار Ba در محلول‌های گرمابی-بروندمی غنی‌شدگی بالایی نسبت به آب دریا دارد. مقدار میانگین باریم در بخش غنی از منگنز کانسار منگنز نوده ۸۶۰ ppm است. علت این امر را می‌توان در ساختار بلوری ترکیبات کانیایی منگنز جستجو کرد. مقادیر عناصر لیتوفیل بزرگ یون به کندریت کربن‌دار (مک دونوف و همکاران^۱، ۱۹۹۴) به‌نچار شده است که در شکل ۶-۱۲ آورده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود، عناصر Ba و K دارای غنی‌شدگی بالا و در مقابل، Rb، Sr و Cs از تهی‌شدگی برخوردار است. علت این تهی‌شدگی را می‌توان به عدم جذب این عناصر در ساختار کانی‌های منگنز نسبت داد.



شکل ۶-۱۲: نمودار عناصر لیتوفیل بزرگ یون به‌نچار شده به کندریت کربن‌دار (مک دونوف و همکاران، ۱۹۹۴) در کانسنگ منگنز نوده.

^۱- McDonough

جدول ۶-۵: ضریب همبستگی پیرسون (pearson) برای کلیه عناصری که در بحث خاستگاه مهم هستند با نرم افزار SPSS. V.12 محاسبه شده است.

	Mo	Cu	Pb	Zn	Mn	Al	Na	Ba	Co	Ni	As	V	Fe	Sr	Mg
Mo	1	-.318	-.380	-.262	.603	.043	.259	.340	.031	-.476	.837**	-.422	-.334	.906**	-.264
Cu		1	.994**	.833**	-.832**	.756*	.248	-.354	-.173	.865**	-.194	.207	.991**	-.201	.977**
Pb			1	.819**	-.832**	.726*	.201	-.386	-.188	.889**	-.258	.243	.991**	-.275	.970**
Zn				1	-.617	.744*	.316	-.204	-.018	.911**	-.076	.199	.840**	-.199	.861**
Mn					1	-.601	-.297	.179	-.096	-.692*	.524	-.414	-.815**	.330	-.788**
Al						1	.792**	.157	.345	.674*	-.074	.291	.776**	.273	.837**
Na							1	.539	.673*	.161	-.067	.209	.259	.560	.349
Ba								1	.826**	-.266	.216	.367	-.303	.572	-.215
Co									1	-.014	-.097	.679*	-.104	.361	-.014
Ni										1	-.271	.426	.901**	-.404	.898**
As											1	-.283	-.196	.690*	-.140
V												1	.296	-.163	.329
Fe													1	-.210	.992**
Sr														1	-.120
Mg															1

تعداد ستاره‌ها نشان دهنده ضریب همبستگی بیشتر می‌باشد ★

۶-۷- شیمی کانی‌ها بر اساس روش الکترون میکرو پروب (EPMA)

در میکروسکوپ نوری شاید بتوان با تغییر انحنای (تقعر و تحدب) سطح عدسی‌ها و تعداد آنها بزرگنمایی تصاویر را به هر مقدار زیاد کرد اما به علت بلند بودن طول موج نور، عملاً تصاویر در بزرگنمایی‌های بالای ۲۰۰۰ برابر وضوح خود را از دست می‌دهند. منظور از وضوح، کمترین فاصله بین دو نقطه است که بتوان آنها را با دیدن از هم تفکیک کرد.

اساس کار EPMA بمباران الکترونی حجم بسیار کوچکی از نمونه توسط یک تفنگ الکترونی با انرژی بین ۵ تا ۳۰ کیلو الکترون ولت و اندازه گیری میزان فوتونهای X-Ray ساطع شده توسط نمونه می باشد. از آنجائیکه طول موج X-Ray ساطع شده، مشخصه عنصر معینی می باشد، ترکیب نمونه به سادگی توسط ثبت اسپکترومهای WDS شناسایی می گردد. الکترون میکروپروب روشی تمام کیفی و تمام کمی است که قادر است بدون تخریب نمونه، حجم بسیار کوچکی (در حد میکرونی) از نمونه را با حساسیت حدود ppm آنالیز کند. این دستگاه را می توان در مقایسه با دیگر میکرو آنالیزورها بعنوان دستگاهی که قادر است آنالیز با دقت و صحت بالاتری ارائه دهد، معرفی نمود. همچنین تمام عناصر جدول تناوبی از Be تا U قابل اندازه گیری می باشند. اتوماسیون کامپیوتری دستگاه و تفسیر آسان و مستقیم دستگاه سبب گردیده است که EPMA در رقابت با دستگاههای آنالیز مشابه از قابلیت بیشتری برخوردار باشد. EPMA در مقایسه با سیستمهای SEM /EDS نتایج بسیار معتبرتری بدست می دهد و برتری دارد که دلیل آن، خصوصیات WDS، حساسیت عمومی، آنالیز عناصر سبک و خطر تفسیر غلط از یک اسپکتروم کیفی می باشد. همچنین سیستم تحریک الکترونی و پایداری صفحه نگهدارنده نمونه امکان پایداری شرایط و تکرار آزمایشات را بدست می دهد.

مطالعه حاضر در آزمایشگاه EPMA مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران وابسته به شرکت ایمیدرو صورت پذیرفته است (شکل ۶-۱۳).

۶-۷-۱- هدف و ضرورت انجام مطالعه

به دلیل شباهت خواص نوری بسیاری از کانی‌های منگنز، شناسایی آنها با استفاده از میکروسکوپ‌های نوری و روش‌های اپتیکی بسیار سخت و در مواردی عملاً غیر ممکن است. از طرفی به دلیل شباهت نزدیک ترکیبات شیمیایی و ساختار بلوری کانی‌های اکسیدی منگنز و محتوای بسیار پایین عناصر شاخص در هر کانی، امکان شناسایی آنها به روش XRD، اگر نگوییم غیر ممکن، خیلی مشکل است. اما با استفاده از روش EPMA می‌توان تا حد زیادی بر این مشکل فایده‌آمیز و در اینجا سعی بر این است که با استفاده از روش کارآمدی نظیر EPMA در درجه‌ی اول به شناسایی کانی‌های موجود در کانسنگ بپردازیم و سپس با توجه اینکه محل‌های نمونه‌برداری ما در قسمت رخساره‌های توده‌ای و لایه‌ای قرار گرفته است؛ به بررسی تغییر مقادیر عناصر شاخصی مثل آهن و منگنز در یک افق مشخص برای یک کانی مشترک پرداخته شود.

۶-۷-۲- نتایج آنالیز EPMA

برای تشخیص ترکیب شیمیایی و شناسایی کانی‌های موجود در کانسنگ، از رخساره‌های توده‌ای و لایه‌ای ۲ نمونه به کمک دستگاه الکترون مایکروپروب مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت که نتایج آنالیز این ۲ نمونه در زیر به تفکیک می‌آید:

- نمونه N

این نمونه از مقطع A-A' و افق منگنزدار شماره ۵ (شکل ۶-۱) از رخساره توده‌ای برداشت گردیده است. همان طور که در شکل‌های (۶-۱۴، ۶-۱۵) و جدول‌های (۶-۶، ۶-۷) مشاهده می‌گردد، انجام آنالیز EPMA بر روی این نمونه منجر به شناسایی کانی‌های پیرولوزیت، براونیت و کلسیت گردید.

– نمونه B

این نمونه از مقطع B-B' و افق منگن‌دار شماره ۵ (شکل ۶-۱) در رخساره لایه‌ای برداشت گردیده است. همان طور که در شکل (۶-۱۶) و جدول (۶-۸) مشاهده می‌گردد، انجام آنالیز EPMA بر روی این نمونه منجر به شناسایی کانی‌های پیرولوژیت و براونیت گردید.

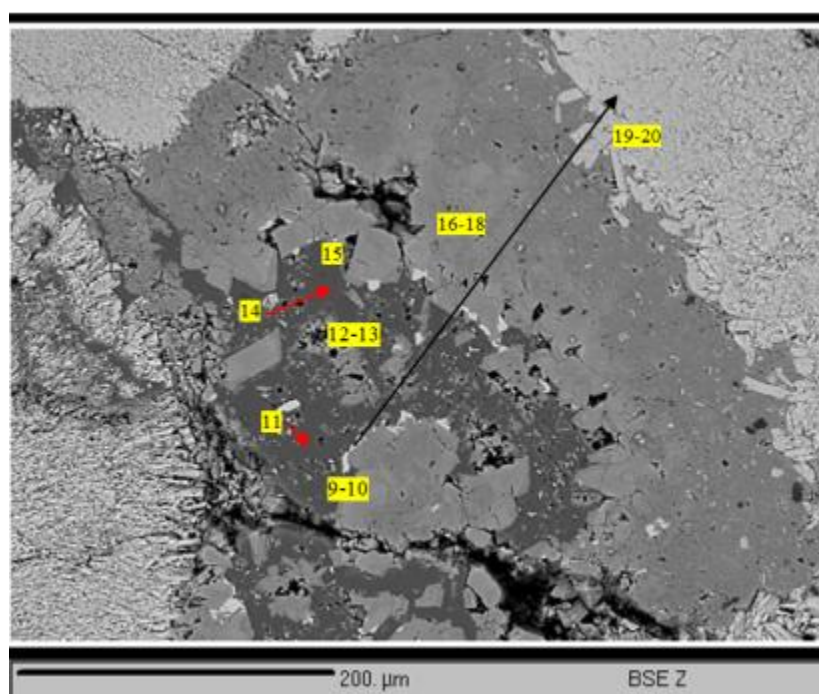
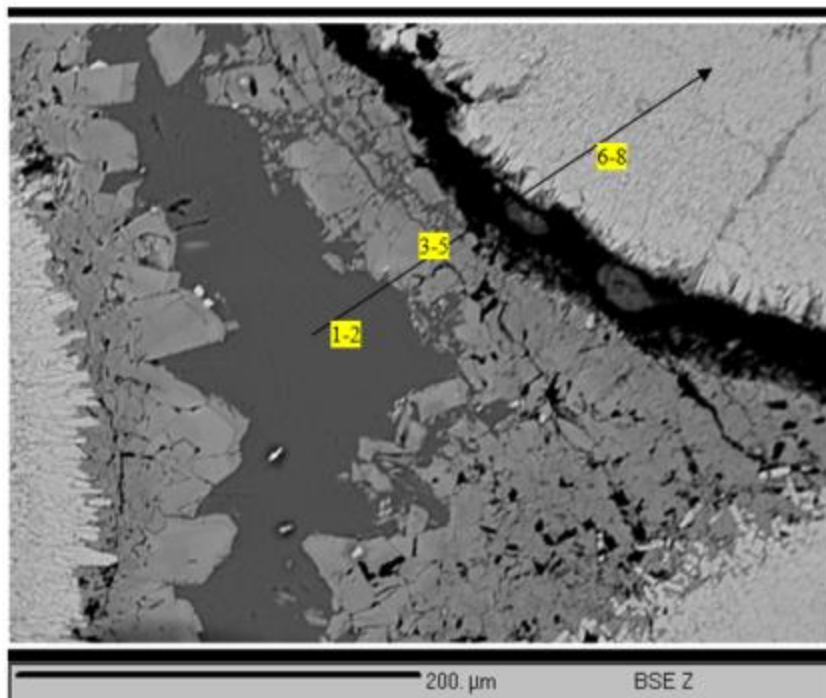


شکل ۶-۱۳: دستگاه الکترون پروب در مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران مدل SX100 ساخت شرکت Cameca فرانسه می باشد.

۶-۷-۳- جمع بندی

نتایج آنالیز نمونه‌های N (قرار گرفته در رخساره توده‌ای) و نمونه B (قرار گرفته در رخساره لایه‌ای) نشان داد که مقدار آهن از نمونه N به نمونه B به دلیل انحلالیت بیشتر منگنز نسبت به آهن کاهش پیدا کرده است؛ به طوری که مقدار آن از ۲.۴۹ در کانی براونیت نمونه N (جدول ۶-۶) به مقدار ۲.۳۵ در نمونه B (جدول ۶-۸) رسیده است و این در حالی است میانگین مقدار منگنز از نمونه N به

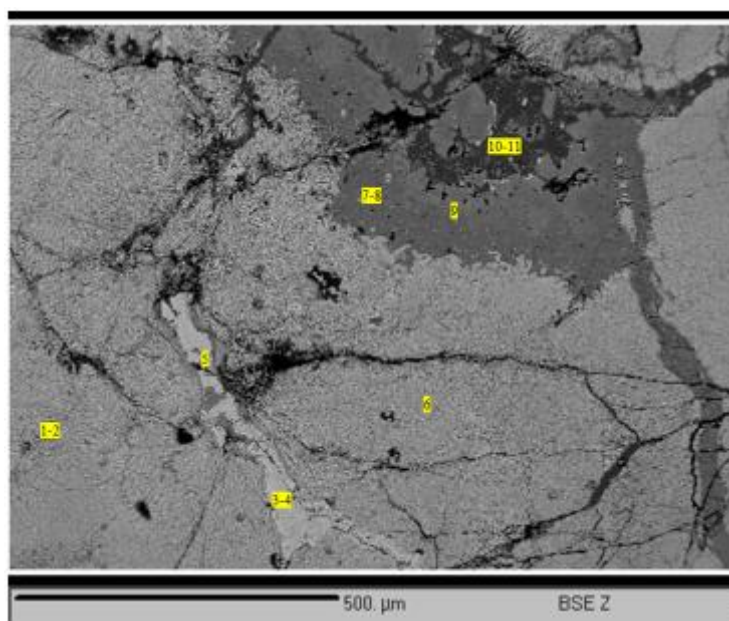
نمونه B افزایش پیدا کرده است و از ۴۲.۹ به ۷۰.۹ افزایش پیدا کرده است و این با جابجایی منگنز به واسطه انحلال بیشتر از محل خروج سیال هیدروترمال به اطراف به طور کامل همخوانی دارد.



شکل ۶-۱۴: تصویر از مقطع N که آنالیز الکترون پروب بر روی آن انجام شده است (اعداد محل آنالیز را انجام می‌دهد (جدول ۶-۶)).

جدول ۶-۶: ترکیب شیمیایی نقاط مقطع N به روش الکترون پروپ بر حسب درصد وزنی.

N	K ₂ O	MgO	CaO	MnO	FeO	ZnO	PbO	SiO ₂	Total	
1	0.00	0.53	57.86	0.14	0.00	0.00	0.00	0.07	58.60	کلسیت
2	0.00	0.00	58.85	0.16	0.00	0.04	0.00	0.04	59.09	
3	0.00	0.13	19.63	32.77	0.00	0.29	0.00	34.23	87.05	براونیت
4	0.00	1.10	20.59	31.79	0.00	0.15	0.07	35.08	88.77	
5	0.00	0.45	20.73	30.26	0.00	0.21	0.00	34.69	86.33	پیرولوزیت
6	0.00	0.00	0.79	73.71	0.00	0.00	0.00	1.69	76.20	
7	0.00	0.01	0.47	70.4	0.00	0.00	0.03	1.89	72.80	براونیت
8	0.00	0.00	0.23	74.17	0.00	0.00	0.19	0.88	75.47	
9	0.00	1.11	20.64	29.61	0.00	0.01	0.00	34.96	86.33	کلسیت
10	0.00	1.54	20.79	30.53	0.00	0.25	0.00	35.22	88.33	
11	0.01	0.27	31.43	23.60	0.00	0.00	0.03	15.10	70.42	براونیت
12	0.01	0.26	59.75	1.13	0.00	0.09	0.02	0.87	62.12	
13	0.00	0.77	57.82	0.82	0.00	0.00	0.00	0.43	59.84	پیرولوزیت
14	0.00	0.08	4.36	73.29	0.00	0.00	0.00	13.54	91.27	
15	0.00	0.72	20.36	33.60	0.00	0.05	0.00	34.86	89.59	کلسیت
16	0.00	0.00	20.28	30.29	0.00	0.43	0.00	34.84	85.84	
17	0.00	1.03	0.10	25.68	2.49	0.09	0.05	37.17	66.62	براونیت
18	0.00	0.00	0.00	27.09	0.00	0.00	0.00	35.9	63.00	
19	0.00	0.00	0.00	77.88	0.00	0.00	0.00	1.16	79.04	پیرولوزیت
20	0.00	0.15	0.00	75.25	0.00	0.09	0.00	1.48	76.98	



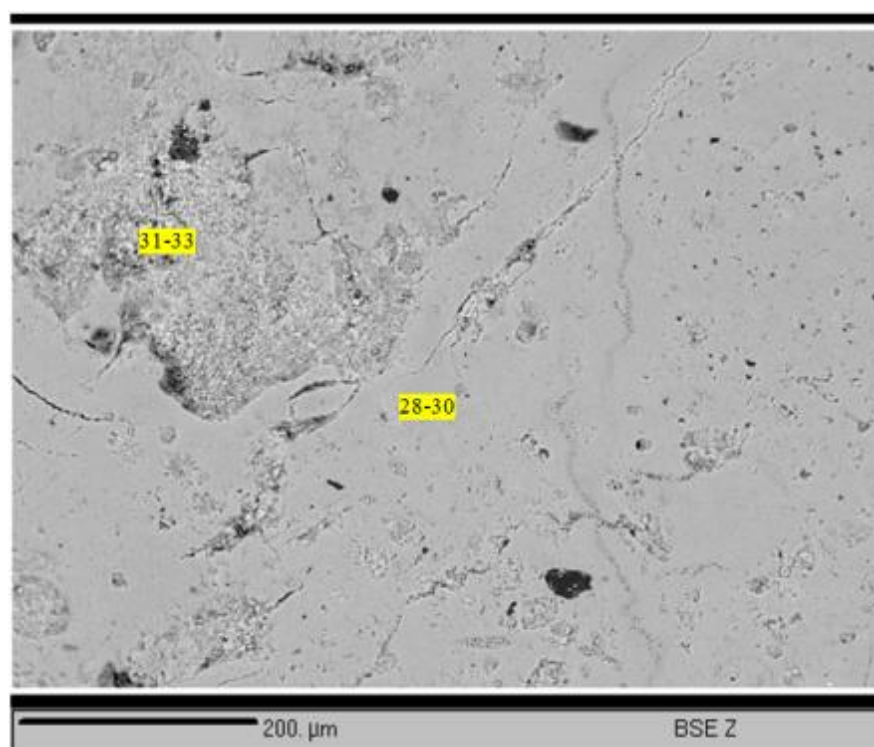
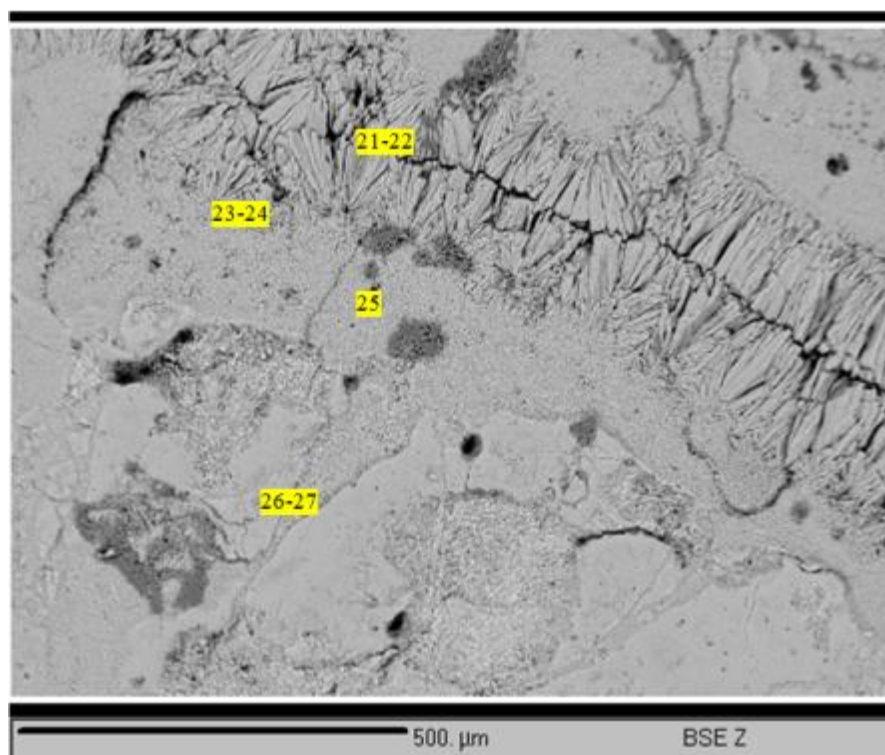
شکل ۶-۱۵: تصویر از مقطع N که آنالیز الکترون پروپ بر روی آن انجام شده است (اعداد محل آنالیز را انجام می‌دهد (جدول ۶-۷)).

جدول ۶-۷: ترکیب شیمیایی نقاط مقطع N به روش الکترون پروپ بر حسب درصد وزنی.

N	K2O	MgO	CaO	MnO	FeO	NiO	ZnO	PbO	Al2O3	SiO2	Total	
1	0.00	0.09	0.53	76.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.37	1.47	78.51	۲۰۰۰
2	0.00	0.00	0.57	75.48	0.00	0.01	0.05	0.01	0.00	1.75	77.86	
3	0.00	0.00	2.09	78.36	0.00	0.01	0.00	0.05	0.00	9.78	90.28	
4	0.00	0.02	3.49	75.16	0.00	0.03	0.04	0.02	0.00	12.06	90.82	
5	0.00	0.94	21.14	34.59	0.00	0.01	0.00	0.05	0.00	29.95	Total	
6	0.00	0.52	20.90	34.66	0.00	0.01	0.05	0.00	0.00	32.28	88.43	
7	0.00	0.00	0.73	76.98	0.00	0.00	0.05	0.04	0.00	1.73	79.54	۲۰۰۰
8	0.00	0.89	22.89	28.51	0.00	0.02	0.00	0.00	6.36	33.00	91.68	
9	0.00	0.83	22.95	27.2	0.00	0.00	0.00	0.08	6.65	32.85	90.56	
10	0.00	0.26	21.72	35.30	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	32.81	90.13	
11	0.00	0.21	58.63	2.74	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	2.12	63.79	

جدول ۶-۸: ترکیب شیمیایی نقاط مقطع B به روش الکترون پروپ بر حسب درصد وزنی.

B	K2O	MgO	CaO	MnO	FeO	ZnO	PbO	SiO2	Total	
21	0.00	0.00	0.00	75.77	0.00	0.15	0.00	1.86	77.78	پیرولوزیت..
22	0.00	0.13	0.00	77.08	0.00	0.00	0.00	2.06	79.26	
23	0.00	0.36	0.34	81.14	0.00	0.09	0.05	1.49	83.47	
24	0.00	0.00	0.46	78.96	0.00	0.03	0.00	1.69	81.14	
25	0.00	0.00	21.13	21.20	2.35	0.11	0.00	33.51	78.30	براونیت
26	0.09	0.11	1.38	74.37	0.00	0.63	0.00	1.72	78.32	پیرولوزیت
27	0.22	0.10	1.41	77.13	0.00	0.22	0.00	1.46	80.55	
28	0.70	0.03	1.57	73.78	0.00	0.27	0.00	1.45	77.8	
29	0.73	0.00	1.57	73.60	0.00	0.18	0.04	0.00	76.12	
30	0.47	0.08	1.70	75.98	0.00	0.09	0.00	1.31	79.62	
31	0.62	0.16	1.94	68.42	0.00	0.00	0.01	1.16	72.3	
32	0.87	0.00	3.68	69.32	0.00	0.27	0.01	1.11	75.26	
33	0.36	0.00	1.18	71.75	0.00	0.00	0.03	1.93	75.25	



شکل ۶-۱۶: تصویر از مقطع B که آنالیز الکترون پروپ بر روی آن انجام شده است (اعداد محل آنالیزها را نشان می- دهد (جدول ۶-۸).

فصل هفتم

نتیجه گیری: الگوی

تشکیل، تیپ کانه زایی و

پیشنهاد اکتشافی

۷-۱- مقدمه

در این فصل با استفاده از نتایج بررسی‌های صحرایی، مطالعات میکروسکوپی و ژئوشیمیایی درباره ژنز و نحوه تشکیل کانسار منگنز نوده بحث خواهد شد. برای تحقق این امر ابتدا شواهد ژنتیکی مهم مرور شده و سپس به ژنز کانسار پرداخته خواهد شد. همچنین اشاره مختصری به تقسیم بندی کانسارهای منگنز آتشفشانی- رسوبی و تیپ‌های مختلف کانساری آن داشته و در ضمن آن جایگاه کانه زایی کانسار منگنز نوده را در این تقسیم بندی مشخص خواهیم نمود. سپس پیشنهاداتی جهت کارهای اکتشافی و تحقیقات تکمیلی بعدی ارائه گردیده است.

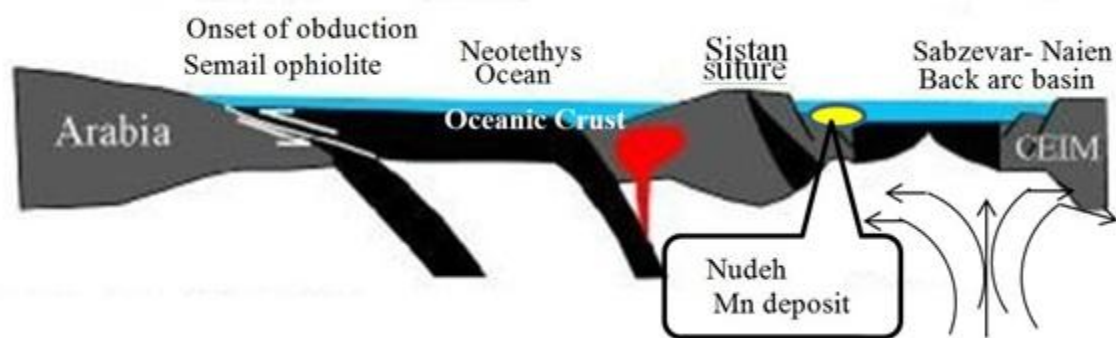
۷-۲- شواهد ژنتیکی مهم

۷-۲-۱- محیط تکتونیکی تشکیل

در رابطه با ماگماتیسم و رسوبگذاری در پهنه سبزوار نظر روزتی و همکاران (۲۰۱۰) بر ایجاد محیط کشتی و تشکیل یک کافت پشت کمانی در طی کرتاسه پسین می‌باشد (شکل ۷-۱). به عقیده این محقق، با آغاز بسته شدن (شروع فرورائش) نئوتتیس، در زمان تریاس فوقانی- ژوراسیک زیرین، کمان ماگمایی ساندج- سیرجان در زمان ژوراسیک- کرتاسه تشکیل شده است و به طبع آن در پشت این کمان ماگمایی، حوضه اقیانوسی پشت کمانی سبزوار در طی کرتاسه فوقانی تشکیل شده است (شکل ۷-۱)

۷-۲-۲- محیط زمین‌شناسی ته‌نشست

بررسی‌های زمین‌شناسی نشان می‌دهد که محیط نهشت کانه‌زایی کانسار نوده در منطقه جنوب غرب سبزوار یک محیط دریایی کم عمق بوده است که توف‌ها و مواد آذرآواری با فعالیت آتشفشانی وارد حوضه رسوبی می‌شده‌اند (وحدتی دانشمند، ۱۳۷۷).



شکل ۷-۱: محیط تکتونیکی تشکیل کانسار منگنز نوده در حوضه اقیانوسی پشت کمائی سبزوار در طی کرتاسه فوقانی (روزتی، ۲۰۱۰).

۷-۲-۳- سنگ میزبان و سنگ‌های همراه

در توالی آتشفشانی- رسوبی منطقه جنوب غرب سبزوار واحد در برگیرنده کانه‌زایی منگنز توف‌های قرمز می‌باشد. توف‌های قرمز بر روی واحدهای زیرین خود شامل کریستال لیتیک توف قرار گرفته‌اند. واحد میزبان توسط کریستال توف دارای قطعات توف قرمز و تراکی آندزیت پوشیده می‌شود. میزبان کانی‌زایی در کانسارهای فریزی و گفتمانند کانسار منگنز نوده است. حوضه رسوبی لانکونز در پرو، که در بر دارنده ذخایر منگنز همانند کانسار منگنز نوده می‌باشد را مربوط به فاز همزمان با کافت زایی آغازین دانسته‌اند (وینتر و همکاران، ۲۰۰۹).

۷-۲-۴- شکل هندسی پیکره‌های معدنی

کانه‌زایی منگنز در محدوده معدنی نوده به صورت پیکره‌های عدسی شکل رخ داده است و با کاهش ضخامت در سمت شرق، کانسار شکل لایه‌ای به خود گرفته و هم‌روند با لایه بندی سنگ میزبان می‌گردد (شکل ۵-۵). گسترش طولی افق کانه دار کانسار نوده بسیار بیشتر از ضخامت آن است به طوری که طول آن بیش از ۱۵۰۰ متر و ضخامت آن در حدود ۳ تا ۵ متر می‌باشد.

۷-۲-۵- رخساره‌های کانه‌دار و ساخت و بافت ماده معدنی

در کانسار منگنز نوده، بر اساس جایگاه رخساره نسبت به محل خروج سیال کانه ساز (گسل همزمان با رسوبگذاری نوده)، نوع و شکل کانی سازی، بافت ماده معدنی و عیار کانه، می‌توان سه رخساره

کانسنگ توده‌ای، کانسنگ لایه‌ای و استرینگر را از یکدیگر جدا نمود. تصویر نمادین از این رخساره‌ها (از غرب به شرق کانسار و چگونگی ارتباط آن‌ها با یکدیگر) که بر اساس مطالعات نمونه‌های دستی و میکروسکوپی، و بررسی‌های صحرایی ترسیم گردیده، در شکل ۵-۶ نشان داده شده است.

۷-۲-۶- کانی‌شناسی

کانسارهای رسوبی منگنز چه از منبع آتشفشانی و چه از منبع غیر آتشفشانی به طور عمده به وسیله اکسیدهای با درجه بالای اکسیداسیون منگنز (Mn^{+4}) همچون پیرولولزیت، پسیلوملان و براونیت مشخص می‌شوند (روی، ۱۹۶۸، ۱۹۸۱، ۱۹۹۷). در بعضی از کانسارها منگانیت نیز در این کانسارها یافت می‌شود. همانطور که در فصل پنجم، در قسمت کانی شناسی ذکر شد، کانی‌های تشکیل دهنده کانسنگ منگنز نوده شامل پیرولولزیت، پسیلوملان، براونیت و منگانیت هستند.

۷-۲-۷- دگرسانی‌ها و منطقه‌بندی آنها

در کانسار نوده، مهمترین دگرسانی شامل کلریتی شدن و آرژیلیتی شدن می‌باشد. کلریتی شدن در کمر پایین رخساره توده‌ای و رخساره لایه‌ای مشاهده می‌شود که دارای کانی‌های مگنتیت به صورت لایه‌ای می‌باشد که اطراف آنها دگرسانی کلریتی مشاهده می‌شود. (شکل ۵-۱۰). دگرسانی آرژیلیتی نیز در افق‌های کانه‌دار و سنگ‌های دیواره گسترش دارد و در حد فاصل دگرسانی کلریتی و لایه‌های منگنزدار قرار دارد، که باعث تشکیل فراوان کانی‌های رسی و در نتیجه سفید رنگ شدن سنگ‌های دیواره شده است. در اثر این دگرسانی کانی‌های فلدسپات موجود در سنگ‌های میزبان به شدت تخریب و فرسایش یافته و به کانی‌های رسی و کوارتز تبدیل شده‌اند.

۷-۲-۸- شواهد ژئوشیمیایی

همانطور که در فصل ششم بیان شد، نمودارهای عناصر اصلی و کمیاب به خوبی منشأ عناصر تشکیل دهنده کانسار و محیط تشکیل آن را روشن ساخته‌اند. بر این اساس، بالا بودن نسبت‌های Mn/Fe ، La/Ce ، U/Th و Si/Al ، پایین بودن نسبت Co/Zn ، مقادیر فلزات کمیاب و بویژه فلزات Cu ، Co و Ni ، پایین بودن مقادیر عناصر نادر خاکی (بویژه Sm ، Ce و Eu) و بالا بودن مقادیر Mn ، SiO_2 و

را رد می‌کنند. از طرف دیگر مقادیر Al و Ti که معمولاً از منشأ تخریبی تأمین می‌شوند (کریرار و همکاران، ۱۹۸۲؛ سوجیساکی^۱، ۱۹۸۴) در این کانسار بسیار اندک است.

در مورد تأمین عناصر کانسار از منشأ توده‌های نفوذی توجه به نکات زیر ضروری است:

- در منطقه مورد مطالعه هیچ توده نفوذی که جوان‌تر یا همسن با نهشته‌های توفی واحد یک کرتاسه بالایی باشد و جود ندارد.

- در کانسارهایی که عامل کانه‌زایی توده‌ای نفوذی و سیالات هیدروترمال ناشی از آن‌ها در نظر گرفته شده است، کانه‌زایی دارای روند و جایگاه خاصی نیست و عمدتاً از روند گسل‌ها و شکستگی‌ها تبعیت می‌کنند و عوامل ساختاری کنترل کننده کانه‌زایی هستند ولی در منطقه مورد مطالعه چنین نیست.

سومین فرضیه در زمینه تأمین آهن و منگنز، فرضیه فعالیت آتشفشانی زیردریایی همزمان با رسوبگذاری است. در مورد منبع آهن و منگنز موجود در توالی‌های رسوبی دو نظریه کاملاً متفاوت وجود دارد: ۱- منبع آتشفشانزاد و ۲- منبع غیر آتشفشانزاد، افرادی که معتقد به منبع آتشفشانزاد هستند، پیشنهاد می‌کنند که منگنز ممکن است بوسیله فعالیت‌های ولکانیکی که سیالات همراه با آن‌ها غنی از منگنز هستند، تأمین شود (روی، ۱۹۶۸).

روی (۱۹۹۲) معتقد است که کانسارهای نوع رسوبی- برون‌دمی که بوسیله فوران‌های زیر دریایی همزمان با رسوبگذاری تشکیل شده‌اند، بوسیله همراهی آهن و منگنز مشخص می‌شوند، البته این دو عنصر می‌توانند تحت تاثیر شرایط فیزیکوشیمیایی محیط از هم جدا شوند و هر کدام تشکیل کانسارهای مخصوص به خود را بدهند. در مورد منبع غیر آتشفشانزاد هم باید گفت منگنز در این مورد از فرسایش سنگ‌های منگن‌دار قدیمی‌تر حاصل می‌شود که این منشأ همانطور که در قسمت الف گفته شد چندان پذیرفتنی نیست. زمانی می‌توان منشأ آتشفشانزاد را برای منگنز و عناصر همراه در نظر گرفت که اولاً سنگ‌های آتشفشانی بویژه انواع غنی از منگنز در توالی رسوبی وجود داشته باشد و ثانیاً شواهد صحرایی و مطالعات ژئوشیمی نیز از نظر محتوی عناصر فرعی، این مسئله را تأیید

¹- Sugisaki

کنند (روی، ۱۹۶۴). وجود توف‌ها و گدازه‌ها در توالی چین‌شناسی منطقه و رابطه نزدیک آن‌ها با لایه‌های کانه‌دار حاکی از فعالیت آتشفشانی همزمان با رسوبگذاری است. از آنجائیکه ماده معدنی در واحدهای آتشفشانی به صورت لایه‌ای و همروند با توف‌های میزبان دیده می‌شود و ضمناً مطالعات ژئوشیمیایی نیز تأمین عناصر کانسار ساز را از یک منشأ درونزاد تأیید می‌نماید. بنابراین بنظر می‌آید که آهن و منگنز در منطقه مورد مطالعه از منشأ آتشفشانی زیر آبی همزمان با رسوبگذاری تأمین شده باشد.

۷-۳-۲- منشأ سیال کانه ساز

بر اساس نظر خراسکو^۱ (۱۹۵۱)، بناتی و همکاران (۱۹۷۶)، روی (۱۹۸۱)، کریرار و همکاران (۱۹۸۲)، وارنتسو^۲ و همکاران (۱۹۹۳)، استاریکوا^۳ (۲۰۰۱)، آبهای اقیانوسی فرورونده در شکاف‌های عمیق موجود در مراکز فعال گسترش بستر دریا که با فعالیت‌های آتشفشانی همراه هستند، می‌توانند بر اثر چرخش در داخل گدازه‌های دارای شار حرارتی بالا، گرم شده و فلزات را در خود تمرکز دهند. این آبها پس از چرخش در داخل گدازه‌ها، سرانجام به بستر دریا راه پیدا می‌کنند و منگنز خود را رسوب می‌دهند.

بنابراین به احتمال زیاد در منطقه نوده، آب دریا بطور عمده منشأ سیال کانه ساز بوده است

۷-۳-۳- مدل ژنتیکی و شیوه تشکیل کانسار نوده

یکی از مهمترین مدل‌ها جهت نهشت آهن و منگنز در محیط‌های آتشفشانی- رسوبی، مدلی است که توسط خراسکو (۱۹۵۱)، گاوریلو^۴ (۱۹۷۲)، بناتی و همکاران (۱۹۷۶)، روی (۱۹۸۱)، کریرار و همکاران (۱۹۸۲)، وارنتسو و همکاران (۱۹۹۳)، استلریکو (۲۰۰۱)، بروسنیتسین و ژوکو (۲۰۰۵) و دیگران ارائه شده است. در این مدل ورود سیالات گرمایی- برون‌دمی منگن‌دار به آب دریا و تغییر در شرایط فیزیکوشیمیایی ($T, pH, f_{O_2}, f_{CO_2}, f_{H_2S}$) باعث ته‌نشینی آهن و منگنز می‌شود. مدل مذکور

¹- Kheraskov

²- Varentsov

³- Starikova

⁴- Gavrilov

تاکنون بعنوان مکانیسم نهشت منگنز در بسیاری از کانسارهای بزرگ منگنز دنیا مطرح شده است (شکل ۷-۲). در این مدل سیال برون‌دمی دارای حالت اسیدی ($\text{pH} = 4-6$) و دمای کمتر از ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد است و با ورود به آب‌های قلیایی ($\text{pH} = 7.5$) و سرد دریایی عناصر محلول در خود را از دست می‌دهد (کراوسکوپف^۱، ۱۹۵۷؛ گاررلس و چریست^۲، ۱۹۶۵؛ هم^۳، ۱۹۷۲؛ مینارد، ۱۹۸۳؛ و دیگران). در این مدل ابتدا آهن و سپس منگنز به علت حلالیت بیشتر نسبت به آهن ته‌نشین می‌شود. این مدل، تشکیل نهشته‌های قابل توجه منگنز در مناطق دریایی کم عمق را، بیشتر به دلیل تغییر شرایط pH و Eh محیط می‌داند. همانگونه که در شکل (۲-۶) آمده است، آهن و منگنز در Eh پایین‌تر از -0.2 و pH کمتر از ۶ از حلالیت بالایی برخوردارند. با افزایش اندک مقدار Eh یعنی Eh بالای صفر، حلالیت آهن کاهش می‌یابد و اکسید آهن (مگنتیت) در قسمت‌های تحتانی به صورت لایه‌ای ته‌نشست پیدا می‌کند و منگنز همچنان به صورت محلول در محیط باقی می‌ماند، لذا آهن و منگنز می‌توانند به شکل گسترده‌ای از هم جدا شوند. تثبیت آهن به صورت فاز اکسیدی و غیر محلول باعث بالا رفتن نسبت منگنز در محلول می‌گردد. محلول باقی مانده با توجه به جدایی بخشی از آهن از آن، از نظر وجود منگنز غنی گشته، که این امر می‌تواند رسوبات غنی از منگنز و فقیر از آهن را ایجاد کند. و با بیشتر شدن درصد آب‌های دریایی اکسیدی و بازی در سیال برون‌دمی منگنز محلول Mn^{+2} نیز ته‌نشین می‌شود. در محیط‌های طبیعی ثابت شده که در بین ترکیبات اکسیدی و هیدروکسیدی منگنز، Mn_3O_4 و $\gamma\text{-MnOOH}$ (مگنایت) در تعادل با آب دریا در حالت فاز جامد قرار می‌گیرند (کلینخامر^۴، ۱۹۸۰؛ گریل^۵، ۱۹۸۲).

^۱- Krauskopf

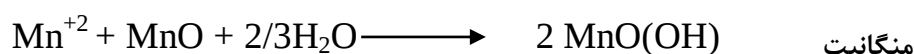
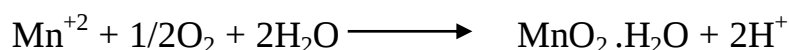
^۲- Garrels and Christ

^۳- Hem

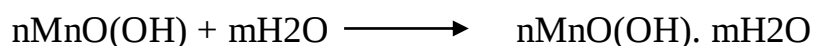
^۴- Klinkhammer

^۵- Grill

ضمن تداخل آب‌های احیایی غنی از منگنز محلول و آب‌های اکسیدی، Mn^{+2} از نظر ترمودینامیکی ناپایدار گشته و به آهستگی اکسید می‌شود (یو^۱، ۱۹۹۰) و در مرز اکسید-احیاء طبق معادلات زیر اکسیدها و هیدروکسیدهای نامحلول را تولید می‌کند.



پلیمریزاسیون



در تحقیقات آزمایشگاهی، تشکیل اکسید و هیدروکسید منگنز (Mn_3O_4 و β - $MnOOH$) از اکسید شدن مستقیم Mn^{+2} ثابت شده است (استوم و جیوانولی^۲، ۱۹۷۶)، همچنین تشکیل Mn_3O_4 (مورای^۳ و همکاران، ۱۹۸۵)، و Mn_3O_4 و γ - $MnOOH$ (هم و لیند^۴، ۱۹۸۳)، گزارش شده است. در میان ترکیباتی که در بالا به آنها اشاره شد γ - $MnOOH$ (منگانیت) پایدارترین ترکیب است که از دیگر ترکیبات (Mn_3O_4 و β - $MnOOH$) مشتق می‌شود. البته این داده‌ها مربوط به بخش‌های کم عمق و نیمه عمیق اقیانوس‌ها است، چرا که در مناطق عمیق اکسیدهای دیگر منگنز همچون بیرنیت، تودوروکیت و δMnO_2 یا ورنادیت (vernadite) پایدارتر می‌شوند و نودول‌های کف اقیانوس‌ها را تشکیل می‌دهند (پست، ۱۹۹۹).

بنابراین به نظر می‌رسد در کانسار منگنز نوده سیالات گرمابی-بروندمی داغ، اسیدی و احیایی، عناصر کانه‌ساز را از سنگ‌های کمر پایین شسته و از طریق فضاهای باز و معابر ایجاد شده در محل و امتداد

¹ - Yu

² - Stumm and Giovanoli

³ - Murray

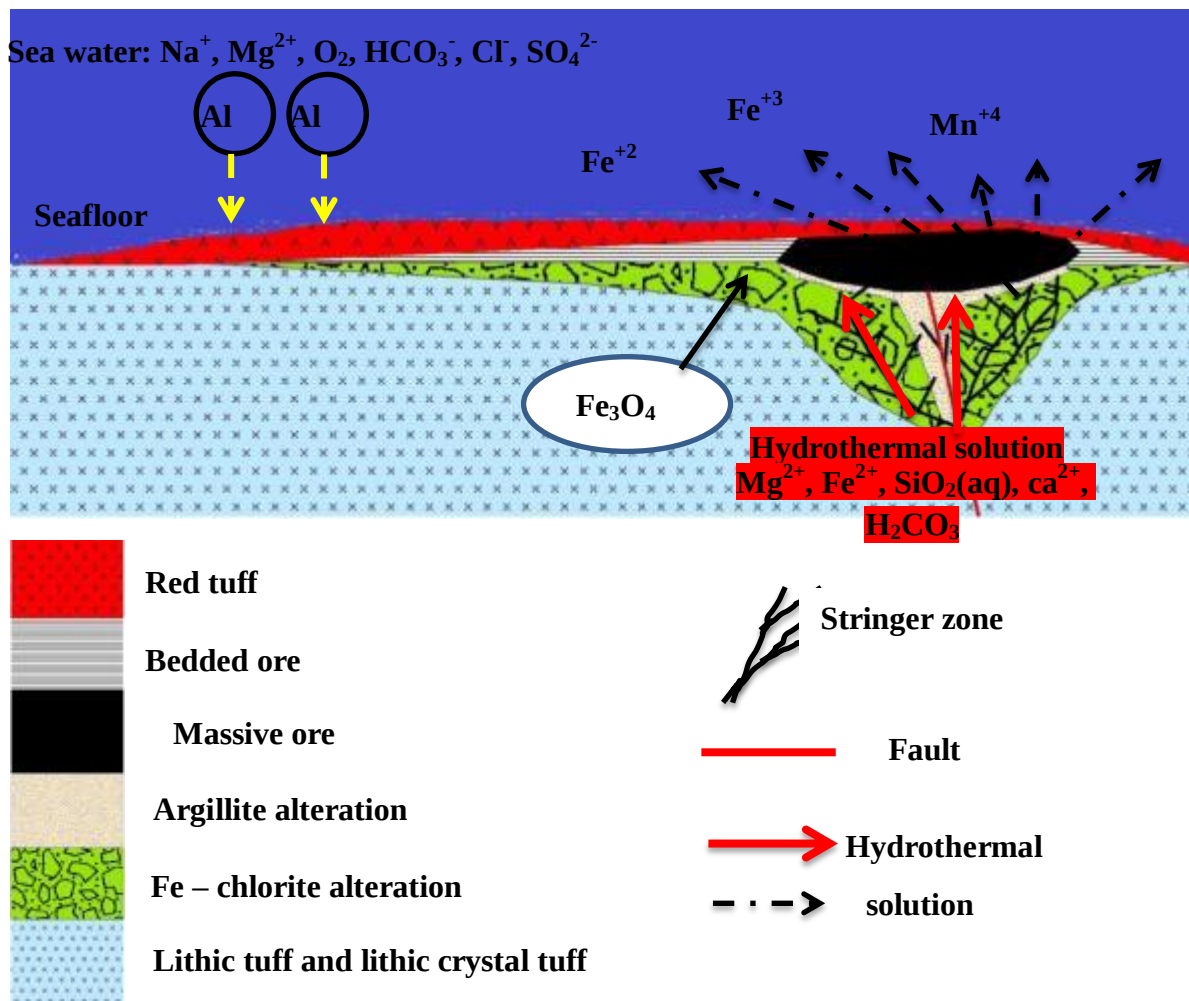
⁴ Hem and Lind

گسل‌های همزمان با ولکانیسم وارد حوضه دریایی کرده‌اند. با کاهش دما و افزایش pH، عنصر آهن به صورت کانی اکسیدی مگنتیت به دلیل پایداری کمتر نسبت به عنصر منگنز ابتدا از سیال کانه‌ساز ته‌نشین شده و با کاهش غلظت عنصر آهن کانی‌های اکسیدی منگنز ته‌نشین می‌شوند. قابل ذکر است که قبل از ورود سیالات به کف حوضه، بیشتر بودن فشار سیال نسبت به فشار هیدرواستاتیک آب دریا و لیتواستاتیک و قدرت سنگ، موجب ایجاد و گسترش ساخت برشی (رخساره استرینگر) در زیر کف دریا شده و بخشی از کانی‌های منگنز در زیر کف دریا و در زیر رخساره توده‌ای به صورت برشی و دانه پراکنده نهشته می‌شوند.

۷-۴- بازسازی حوضه آتشفشانی - رسوبی جنوب غرب سبزوار و جایگاه نهشته‌های منگنز

و مس در آن

با توجه به پشت کمانی بودن زون سبزوار و با شروع و ادامه فعالیت‌های کافت زایی در اوایل کرتاسه در اثر نیروی کششی، گسترش سیستم‌های گرابنی و عملکرد گسل‌های نرمال در منطقه، باعث فرونشست منطقه و تشکیل حوضه رسوبی کم عمق شده است (شکل ۷-۳). که با شروع این فعالیت کافت زایی، نفوذ و خروج گسترده ماگماهای مافیک و اسیدی در قالب سیل (Syn- rift sub volcanic)، گدازه و آذرآواری و سیالات گرمابی - برون‌دمی به داخل حوضه کم عمق در حال تشکیل صورت گرفته است. با توجه به کم عمق بودن و آشفته بودن حوضه در اثر فعالیت‌های آتشفشانی و خروج گدازه‌ها، طبقه‌بندی ستون آب (بخش احیایی در زیر و بخش اکسیدی در بالا) در مراحل ابتدایی تشکیل حوضه صورت نگرفته است که باعث اکسیدان شدن محیط در این بازه زمانی شده باشد.



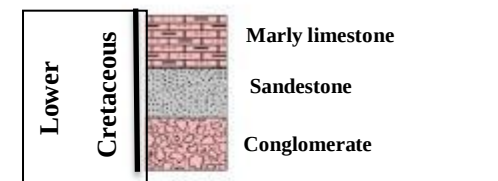
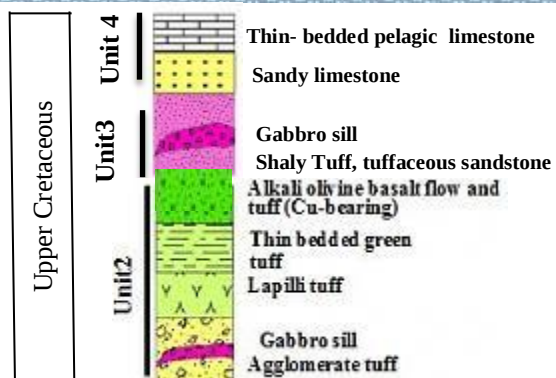
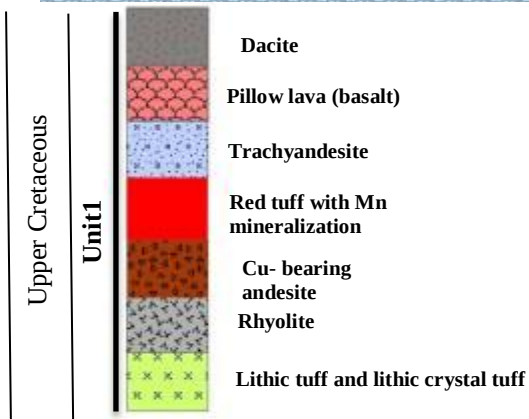
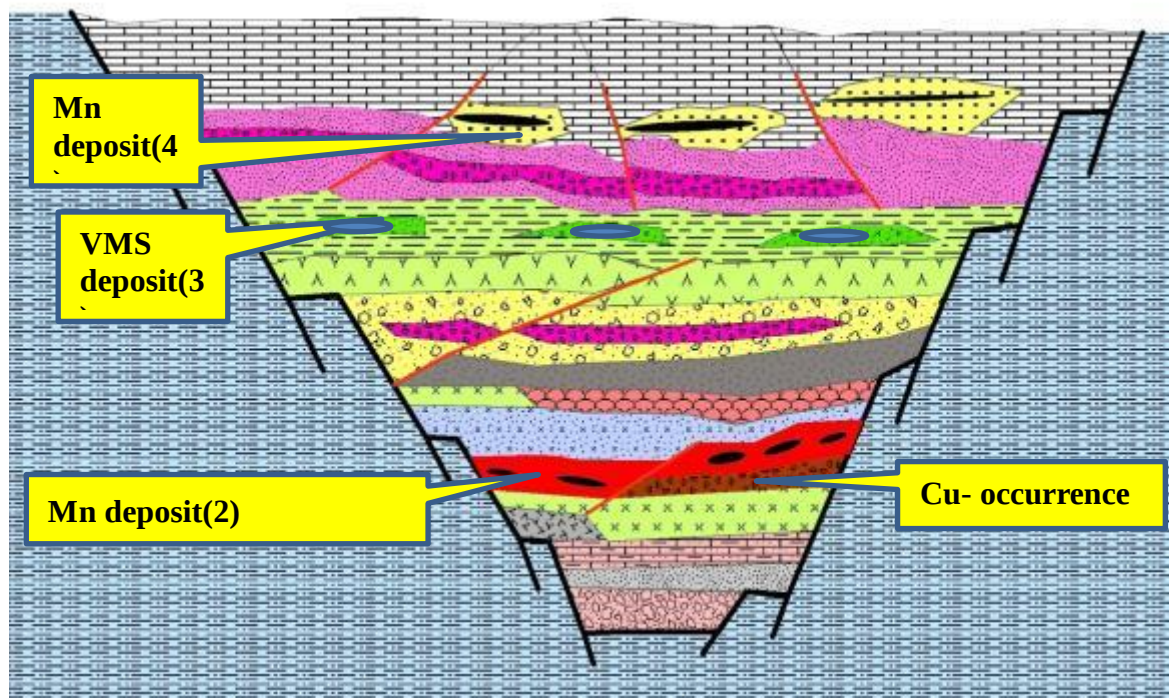
شکل ۷-۲: نحوه تشکیل کانسار منگنز نوده بر اساس مدل بروسنیتسین و همکاران (۲۰۰۹). سیالات هیدروترمالی از طریق گسل همزمان با رسوبگذاری، به صورت بروندم وارد آب دریا شده و کانه‌زایی در محل خروج سیالات گرمابی-بروندی تشکیل می‌گردد. در این شکل ابتدا کانی‌های مگنتیت در شرایط کم اکسیدان کم‌پایین و پهنه استرینگر و سپس کانی‌های منگنز در یک محیط کاملاً اکسیدان کم عمق دریایی ته‌نشین می‌شوند.

بنابراین عناصر Mn، Cu، Fe، Si و سایر عناصر از طریق سیالات گرمابی-بروندی با شستشوی سنگ‌های کم‌پایین از طریق گسل‌های همزمان با فرونشست وارد حوضه می‌شوند. عناصر منگنز و آهن به علت فوگاسیته بالای اکسیژن در محیط به صورت لایه‌ای و بصورت همزمان با توف‌های اکسیدی قرمز میزبان در کف حوضه ته‌نشین می‌شوند. البته، مس به علت پایین بودن دما و شرایط اکسیدان محیط در داخل واحدهای گدازه‌ای داغ، به صورت دانه پراکنده (اندیس‌های فریزی و گراب) (مغفوری و همکاران، ۱۳۹۱) ته‌نشست یافته است. با عمیق‌تر شدن حوضه رسوبی میزان ماگماتیسم کمتر می‌شود، با این حال سیل گابرویی در بخش زیرین واحد ۲ دیده می‌شود (شکل ۷-۳). با ادامه

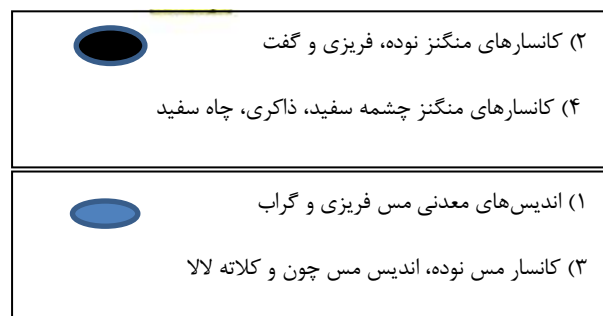
فرونشست حوضه، یک نوع طبقه بندی لایه‌ای در اکسیدی و احیایی بودن آب بوجود می‌آید و قسمت‌های زیرین با توجه به عمیق‌تر بودن و ورود آب‌های گرمابی- برون‌می به این لایه گسترش بیشتری پیدا می‌کنند. در نتیجه شرایط احیایی مناسب برای تهنشست عنصر مس، به صورت سولفید توده‌ای آتشفشانزاد نوع بشی (مغفوری و همکاران، ۱۳۹۱) همراه با گدازه‌های مافیک و سنگ‌های تخریبی و آذرآواری در کنار گسل‌های همزمان با رسوبگذاری بوجود می‌آید که به صورت کانسار مس نوده و اندیس‌های چون و کلاته لالا در منطقه در واحد ۲ ستون چینه شناسی دیده می‌شود (شکل ۷-۳). حضور آهک‌های پلاژیک گلوبروترونکانادار که نشان دهنده افزایش فوگاسیته کلسیم و محیط- های عمیق احیایی هستند دلیلی بر ادامه فرونشست و عمیق‌تر شدن حوضه رسوبی است. این آهک- های پلاژیک ضخیم در واحد ۴ دارای کانی‌زایی منگنز (کانسارهای چشمه سفید، ذاکری و چاه ستاره) بصورت همروند با لایه‌های توفی و توف‌های کربناتی و آهکی می‌باشند و دلیل وجود این کانسارهای اکسیدی در محیط‌های عمیق احیایی می‌تواند به علت برخورد جریان‌های سرد زیر دریایی اکسیدی با سیالات برون‌می احیایی غنی از عنصر منگنز، که از طریق گسل‌های همزمان با رسوبگذاری وارد حوضه رسوبی می‌شوند، باشد.

با توجه به شواهدی که به آنها اشاره شد و بر طبق تقسیم بندی روی (۱۹۸۱) کانسار منگنز نوده را می‌توان یک کانسار آتشفشانی- رسوبی دانست، به این ترتیب که، در این کانسار همزمان با کافت پشت کمائی و ورود سیالات گرمابی- برون‌می غنی از منگنز به داخل حوضه آتشفشانی- رسوبی سبزوار، کانی‌های اکسیدی منگنز به صورت همروند و همزمان با رسوب‌گذاری و با منشأ آتشفشانی- برون‌می نهشته شده‌اند.

به منظور شناخت بهتر از کانسار منگنز نوده و بحث و نتیجه گیری در مورد شرایط تشکیل این کانسار، در اینجا به مقایسه کانسار منگنز نوده با کانسارهای آتشفشانی- رسوبی منگنز دنیا و ایران پرداخته خواهد شد.



— Syn- sedimentary fault



شکل ۷-۳: بازسازی حوضه آتشفشانی- رسوبی جنوب غرب سبزوار و جایگاه کانسارهای منگنز و سولفید توده‌ای مس- روی در آن. کانسارهای منگنز در واحدهای چینه‌شناسی ۱ و ۳ به صورت چینه‌سان تشکیل شده‌اند و کانسار مس نوده در واحد چینه‌شناسی ۲ و اندیس‌های مس در داخل واحدهای چینه‌شناسی ۱ و ۲ نهشته شده‌اند.

۷-۵- مقایسه کانسار منگنز نوده با کانسارهای تیپیک آتشفشانی- رسوبی منگنز دنیا و

ایران

کانسارهای منگنز رسوبی و آتشفشانی- رسوبی دنیا با یک بازنگری کلی عمدتاً به سه دسته اصلی زیر تقسیم می‌شوند. دسته اول کانسارهای موجود بر روی دگرشیبی‌ها بوده که در آنها معمولاً ماده معدنی در افق‌های تخریبی نظیر نیکوپل در جمهوری اکراین (وارنتسو و رخمانو، ۱۹۸۰؛ روی، ۱۹۸۱) و یا کربناته نظیر موروکو، مراکش (وارنتسو، ۱۹۶۴) متمرکز شده است. این کانسارها از نظر میزان ذخیره و عیار دارای ارزش اقتصادی فوق العاده‌ای می‌باشند.

دسته دوم کانسارهایی می‌باشند که با سازندهای آهن نواری همراهند مانند کانسارهای ناحیه کالاهاری، آفریقای جنوبی (هاتکینسون^۱، ۱۹۸۳). این کانسارها از لحاظ سنی به پرکامبرین محدود بوده و در سپرهای قدیمی یافت می‌شوند. کانسارهای فوق از لحاظ بزرگی ذخیره، دارای اهمیت اقتصادی زیادی می‌باشند.

اما دسته سوم که از نظر توزیع جغرافیایی انتشار وسیعتری از دو دسته قبل دارند، کانسارهای موجود در سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی- رسوبی می‌باشند. این کانسارها با وجود گسترش وسیع، از لحاظ بزرگی ذخیره و ارزش اقتصادی در مقایسه با دو دسته قبلی موقعیت و جایگاه مناسبی ندارند. در این دسته، دو گروه متمایز را می‌توان از هم تشخیص داد: گروه اول کانسارهای همراه با سنگ‌های آتشفشانی بازیک وابسته به توده افیولیتی و گروه دوم کانسارهای موجود در سنگ‌های آتشفشانی فاقد ارتباط و وابستگی به توده افیولیتی می‌باشند. گروه اول از دیدگاه سنی عمدتاً متعلق به اواخر مزوزوئیک می‌باشند در حالیکه گروه دوم توزیع زمانی وسیع تری دارند.

در این قسمت کانسار منگنز نوده با تیپ‌های معروف دنیا مقایسه می‌شود. این کانسار به دلیل قرارگیری در سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی کرتاسه بالایی به راحتی از کانسارهای موجود بر روی دگرشیبی‌ها و نهشته‌های همراه با تشکیلات آهن نواری پرکامبرین متمایز می‌شود. همچنین به دلیل

¹- Hutchison

عدم وجود پهنه‌های افیولیتی در ناحیه کانسار به راحتی می‌توان جایگاه این کانسار را در دسته سوم نیز مشخص نمود. بنابراین در این مبحث تنها کانسارهای موجود در سنگ‌های آتشفشانی - رسوبی غیر وابسته به پهنه‌های افیولیتی باقی می‌مانند و می‌بایست کانسار نوده با آنها مقایسه شود.

۷-۵-۱ مقایسه با کانسارهای شاخص منگنز آتشفشانی - رسوبی دنیا

از بهترین کانسارهای شاخص منگنز آتشفشانی - رسوبی دنیا می‌توان کانسارهای سانفرانسیسکو (زانتوپ، ۱۹۷۸، ۱۹۸۱) و لوسیفر (فریبرگ^۱، ۱۹۸۳) در مکزیک و فیزولی (بروسنین و ژاکو، ۲۰۰۵) و بیکولوسکو (بروسنیتین و همکاران، ۲۰۰۶) در روسیه را نام برد.

- سانفرانسیسکو (مکزیک)

سنگ میزبان کانسار منگنز سانفرانسیسکو^۲ سنگ‌های آتشفشانی ترشیاری شامل توف‌های تراکیتی و آندزیتی میکروپورفیری می‌باشد. این سنگ‌ها دارای خمیره ریز بلور از جنس فلدسپات پتاسیک و سدیک بوده و این فلدسپات‌ها معمولاً دگرسانی نسبتاً شدیدی را تحمل نموده و به سریسیت، مسکویت و کلسیت تجزیه شده‌اند. همینطور اکسیدهای آهن به عنوان محصول دگرسانی کانی‌های مافیک در سنگ وجود دارند.

ماده معدنی این کانسار با شکل هندسی لایه‌ای و عدسی شامل اکسیدهای آهن و اکسیدهای منگنز می‌باشد که در یک افق چینه‌شناسی قرار دارند و در این افق، بین دو تیپ اکسیدهای مذکور ارتباط بین انگشتی وجود دارد. در این کانسار پارائنز کانه شامل براونیت، هماتیت، کریپتوملان و پیرولوزیت می‌باشد و کوارتز و کلسیت به عنوان باطله اصلی کانسنگ را همراهی می‌نمایند (زانتوپ، ۱۹۷۸، ۱۹۸۱).

با توجه به ویژگی‌هایی که بیان شد، به نظر می‌رسد که مشابهت زیادی بین این کانسار و کانسار منگنز نوده وجود داشته باشد. عمده‌ترین شباهت‌های بین این دو کانسار به قرار زیر است:

^۱ - Freiberg

^۲ - San Francisco, Jalisco

قرارگیری هر دو کانسار در سنگ‌های آتشفشانی، تشابه شکل هندسی ماده معدنی، عدم وجود آثار دگرگونی در هر دو کانسار، مشابهت پاراژنزی کانی‌های منگنز و آهن تا حدود زیاد و وجود باطله‌های مشابه از جمله شباهت‌های قابل ذکر است. اما علیرغم وجود شباهت‌های زیاد، بین این دو کانسار تفاوت‌هایی نیز به چشم می‌خورد. براونیت به عنوان مهمترین کانه منگنز در سانفرانسیسکو می‌باشد، در حالیکه در نوده پیرولولوزیت مهمترین کانه است.

در مورد نحوه تشکیل کانسار سانفرانسیسکو زانتوپ (۱۹۷۸، ۱۹۸۱) اشاره کرده است که سیالات گرمایی- برون‌دمی از منشأ آتشفشانی تأمین شده و به حوضه رسوبی (که با توجه به وجود فسیل‌هایی نظیر گاستروپود، یک حوضه آب شیرین بوده) وارد شده و تحت شرایط شیمیایی با Eh و pH مناسب اکسیدهای آهن و منگنز در یک افق استراتیگرافی خاص نهشته شده‌اند.

به هر حال در یک جمع‌بندی اجمالی می‌توان کانسار منگنز نوده را تا حدود زیادی با این کانسار مقایسه نمود و شرایط تشکیل آن را نیز برای تشکیل کانسار منگنز نوده مد نظر قرار داد.

- لوسیفر (مکزیک)

کانسار منگنز لوسیفر^۱ در داخل واحدهای آتشفشانی- رسوبی میوسن قرار گرفته است. سنگ میزبان آن توف‌های قهوه‌ای متمایل به زرد یا صورتی با چین‌بندی خوب می‌باشد. آثار دگرسانی گرمایی- برون‌دمی بر روی سنگ‌های منطقه به وضوح مشاهده می‌شود و شامل دو مرحله است. مرحله اول دگرسانی شامل تخریب شبکه کانی‌های مافیک سیلیکاته واحدهای آتشفشانی موجود در زیر واحدهای حاوی افق ماده معدنی است و مرحله دوم شامل دگرسانی آرژیلیتی است که در محل سطح تماس واحدهای زیرین و افق حاوی ماده معدنی به وقوع پیوسته است. به نظر می‌رسد که کانه‌زایی منگنز در ارتباط با این دگرسانی‌هاست.

^۱- Lucifer

ماده معدنی دارای شکل هندسی عدسی، لایه‌ای و رگه‌ای است و پاراژنز کانه شامل پیرولولوزیت، کریپتوملان، هولاندیت و کرونادیت می‌باشد. هماتیت و گوتیت این کانه‌ها را همراهی می‌کنند و باطله اصلی در این کانسار سیلیس است (فریبرگ^۱، ۱۹۸۳).

از جمله شباهت‌های کانسار منگنز نوده با کانسار لوسیفیر می‌توان به مشابهت سنگ میزبان، وجود دگرسانی آرژیلیتی، ژئومتری ماده معدنی (به جز رگه‌ای) و فراوانی بیشتر پیرولولوزیت در هر دو کانسار اشاره کرد. اما علیرغم وجود شباهت‌های زیاد، بین این دو کانسار تفاوت‌هایی نیز به چشم می‌خورد. در لوسیفیر در زیر افق ماده معدنی واحدهایی از جنس آهک وجود دارد که در آنها آثار فسیل‌های دریایی به مقدار ناچیزی دیده می‌شود، در حالیکه در نوده واحدهای آهکی و فسیل‌دار وجود ندارد.

به اعتقاد فریبرگ (۱۹۸۳) منشأ منگنز کانسار لوسیفیر از کانی‌های مافیک موجود در واحدهای زیرین (از جنس گدازه‌های بازالتی و آندزیتی، برش ولکانیکی و توف‌های بلورین) می‌باشد و بر اثر دگرسانی، این عنصر از کانی‌های مافیک آزاد و به محیط رسوبی حمل شده است. همچنین یاد آوری نموده که قطع شدن واحدهای زیرین و بالایی افق ماده معدنی (شکل هندسی رگه‌ای) می‌تواند ناشی از مهاجرت قائم یا جانبی منگنز در زمان تشکیل سنگ میزبان باشد و بنابراین این ژئومتری نمی‌تواند مانع قبول منشأ سین‌ژنتیک برای کانسار لوسیفیر باشد.

- کانسار فیزولی (روسیه)

کانسار منگنز فیزولی^۲ در داخل واحدهای آتشفشانی دونین با دگرگونی درجه پایین قرار گرفته است. سنگ میزبان آن ژاسپر می‌باشد، همچنین درتوالی چینه‌شناسی ناحیه معدنی، کانسارهای سولفید توده‌ای وجود دارد. ماده معدنی دارای شکل هندسی عدسی و لایه‌ای است و پاراژنز کانه شامل کانی- های دگرگونی منگنز مانند آندرادیت، رودونیت، کاریوفیلیت است، همچنین کانی‌های باطله شامل کوارتز و کلسیت است (بروسنین و ژاکو، ۲۰۰۵).

^۱- Freiberg

^۲- Faizuly

از جمله شباهت‌های موجود بین کانسارهای نوده و فیزولی می‌توان به مشابهت سنگ میزبان، وجود کانسارهای سولفید توده‌ای در توالی چینه شناسی ناحیه‌ای، شکل هندسی ماده معدنی و کانی‌های باطله اشاره کرد. اما علیرغم وجود شباهت‌های زیاد بین این دو کانسار، تفاوت‌هایی نیز به چشم می‌خورد. کانسار فیزولی دارای دگرگونی درجه پایین است ولی در نوده دگرگونی مشاهده نمی‌شود و ممکن است که علت تفاوت کانی‌شناسی در کانسارهای نوده و فیزولی دگرگونی کانسار فیزولی باشد. منشأ کانسار فیزولی توسط بروسنیتین و ژاکو (۲۰۰۵) از نوع سیالات گرمابی-بروندمی اسیدی و احیایی غنی از منگنز و آهن دانسته شده است. این سیالات با مخلوط شدن با آب دریا که دارای ویژگی اکسیدی و قلیایی است ابتدا آهن و سپس منگنز خود را در نقاط پست نزدیک دریچه هیدروترمال به صورت عدسی و لایه‌ای ته نشین می‌کنند.

- کانسار بیکولوسکو (روسیه)

کانسار منگنز بیکولوسکو^۱ در داخل واحدهای آتشفشانی دونین با دگرگونی درجه پایین قرار گرفته است. سنگ میزبان آن توف‌های قرمز آهن‌دار می‌باشد. آثار دگرسانی گرمابی-بروندمی بر روی سنگ‌های منطقه به وضوح مشاهده می‌شود که در محل کنتاکت واحدهای زیرین و افق حاوی ماده معدنی به وقوع پیوسته است. به نظر می‌رسد که کانه‌زایی منگنز در ارتباط با این دگرسانی‌هاست. ماده معدنی دارای شکل هندسی لایه‌ای است و پاراژنز کانه شامل کانی‌های دگرگونی منگنز مانند آندرادیت، رودونیت و همتایت است، همچنین کانی‌های باطله شامل کوارتز و کلسیت است (بروسنیتین و همکاران، ۲۰۰۶).

از جمله شباهت‌های موجود بین کانسارهای منگنز نوده و بیکولوسکو می‌توان به مشابهت سنگ میزبان، شکل هندسی لایه‌ای ماده معدنی و کانی‌های باطله اشاره کرد. اما علیرغم وجود این شباهت‌ها، بین این دو کانسار تفاوت‌هایی نیز به چشم می‌خورد. کانسار بیکولوسکو دارای دگرگونی درجه

¹- Bikkulovskoe

پایین است ولی در کانسار نوده دگرگونی مشاهده نمی‌شود. همچنین ممکن است که علت تفاوت کانه‌های نوده و بیکولوسکو، دگرگونی کانسار بیکولوسکو باشد. در بیکولوسکو در زیر افق ماده معدنی واحدهایی از جنس آهک وجود دارد که در آنها آثار فسیل‌های دریایی به مقدار ناچیزی دیده می‌شود، در حالیکه در نوده خبری از واحدهای آهکی و فسیل‌دار وجود ندارد.

منشأ کانسار بیکولوسکو از نوع سیالات گرمابی- بوندمی اسیدی و احیایی غنی از منگنز و آهن می- باشد. این سیالات با مخلوط شدن با آب دریا که دارای ویژگی اکسیدی و قلیایی است، ابتدا آهن و سپس منگنز خود را در نقاط نزدیک دریاچه گرمابی- بروندمی به صورت لایه‌ای ته نشین می‌کنند (بروسنیتین و همکاران، ۲۰۰۹).

۷-۵-۲- مقایسه با کانسارهای تیپیک منگنز آتشفشانی- رسوبی ایران

- کانسار منگنز و نارچ قم

این کانسار در فاصله ۳۵ کیلومتری جنوب غربی شهرستان قم قرار دارد. بخش اصلی ستون چینه شناسی این ناحیه را سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی به سن ائوسن بالایی تشکیل می‌دهند (فردوست، ۱۳۷۰). کمر پایین افق ماده معدنی شامل توف، توف برش، آهک و مقادیر زیادی گدازه‌های آندزیتی، بازالتی و اسپیلیتی با بافت پورفیری و ساخت بالشی می‌باشد که در حدود ۱۵۰ متر ضخامت دارد. افق ماده معدنی شامل لایه‌های منگنز به همراه اخی است که در حدود ۴۰ متر ضخامت داشته و در داخل توف‌های دانه ریز به رنگ سبز و شیل هماتیتی قرار دارد. کمر بالای ماده معدنی آهک توفی می‌باشد. سن این مجموعه‌ها را الیگو- میوسن ذکر نموده‌اند. شکل هندسی ماده معدنی در این کانسار لایه‌ای و عدسی شکل است. در داخل توف‌های همبر با ماده معدنی، بافت دانه پراکنده نیز دیده می‌شود. در مجموع ماده معدنی به افق‌های چینه شناسی خاصی محدود می‌شود (فردوست، ۱۳۷۰).

کانه‌های اصلی منگنز این کانسار براونیت و بیکسبیت (Bixbite) هستند که به وسیله کانی‌های فرعی پسیلوملان، پیرولولوزیت، رودونیت (Rhodonite)، همتایت و گوتیت همراهی می‌شوند. کانی‌های باطله شامل مقدار کمی کوارتز، کلسدوئن، سیلیس آمورف (اپال)، کلسیت و آراگونیت می‌باشد. از جمله شباهت‌های موجود بین کانسار منگنز نوده و کانسار وناچ قم قرارگیری هر دو کانسار در سنگ‌های آتشفشانی و شکل هندسی عدسی و لایه‌ای ماده معدنی است علیرغم این شباهتها تفاوت‌هایی مشاهده می‌شود. کانسار وناچ دارای آهک‌های نومولیت‌دار به طور متناوب با سکانس در برگیرنده ماده معدنی است. پارائنز کانه در وناچ عمدتاً شامل براونیت و بیکسبیت است که به همراه پسیلوملان، پیرولولوزیت، بوستامیت، رودونیت و اکسیدهای آهن دیده می‌شوند. اما در نوده کانه‌های اصلی شامل پیرولولوزیت، پسیلوملان، براونیت و منگانیت است.

وجود ساختارهایی نظیر لامیناسیون، ساخت‌های رسوبی (دانه بندی تدریجی و ساخت‌های زیر سطح طبقه) تناوب لایه‌های منگنز و توف سبز و هم‌شیب بودن آنها و دلائل دیگر همگی دلالت بر منشاء آتشفشانی- رسوبی این کانسار دارند. بنابر همین شواهد، فردوست (۱۳۷۰) این کانسار را یک کانسار لایه‌ای همزاد و از نوع آتشفشانی- رسوبی دانسته است.

- کانسار منگنز گراب

کانسار منگنز گراب در ۱۸۵ کیلومتری شمال باختر تهران و ۳۲ کیلومتری شمال خاور شهر طالقان در زون البرز مرکزی باختری قرار دارد. عمده‌ترین واحدهای سنگی رخنمون یافته در منطقه، سنگ‌های آتشفشانی ائوسن بالایی و واحدهای آتشفشانی- رسوبی الیگومیوسن می‌باشند. کانه زایی منگنز به صورت لایه‌ای شکل در واحدهای آتشفشانی- رسوبی الیگومیوسن رخ داده است (دولت‌خواه، ۱۳۸۰). که بر حسب نوع سنگ درونگیر، موقعیت آن در ستون چینه‌ای و ساخت و بافت به سه گروه منگنز لایه‌ای شکل با سنگ درونگیر لیتیک توف سرخ، منگنز عدسی شکل با سنگ درونگیر آهک توفی و منگنز با بافت دانه پراکنده با سنگ درونگیر لیتیک توف سرخ متمایل به قهوه‌ای تقسیم‌بندی

شده است. شکل هندسی کانسنگ منگنز لایه‌ای- عدسی شکل بوده و در گستره‌ای به طول ۲۵ کیلومتر قابل ردیابی است. محیط نهشت کانه‌زایی کانسار گراب یک محیط دریایی کم عمق (کافت درون قاره‌ای) است که توف‌ها و مواد آذرآواری با فعالیت آتشفشانی وارد حوضه رسوبی شده‌اند. کانی‌های اصلی شامل پسیلوملان، پیرولوزیت، براونیت، کریپتوملان و تئودورودوکیت بوده و به صورت عدسی و لایه‌ای شکل با بافت‌های لامینه، افشان، توده‌ای، بوترویدال، سیمانی و برشی در درون سنگ درونگیر دیده می‌شوند. کانی‌های باطله شامل کلسیت و سیلیس به مقدار کمتر می‌شود (دولت‌خواه، ۱۳۸۰).

وجود شواهدی از قبیل شکل توده‌های معدنی، ساخت و بافت ماده معدنی در مقیاس‌های مختلف، گسترش ناحیه‌ای افق‌های کانه‌دار و پیروی آنها از لایه‌بندی، نوع محیط رسوبی، سنگ درونگیر ماده معدنی، آثار آتشفشانی همزمان با رسوبگذاری و دلایل دیگر همگی دلالت بر منشأ آتشفشانی- رسوبی این کانسار دارند. بنابر همین شواهد، دولت‌خواه (۱۳۸۰) این کانسار را یک کانسار آتشفشانی- رسوبی (تیپ کوبا) دانسته است.

از جمله شباهت‌های موجود بین کانسارهای منگنز نوده و گراب قراگیری هر دو کانسار در سنگ‌های آتشفشانی، محیط کافتی، شکل هندسی عدسی و لایه‌ای شکل ماده معدنی، مشابهت پاراژنزی کانی- های منگنز تا حدود زیاد و وجود کانی‌های باطله‌های مشابه است. مهمترین تفاوت‌های موجود بین دو کانسار، وجود آهک توفی در کانسار گراب و فراوانی بیشتر کانی باطله کلسیت نسبت به سیلیس است.

۷-۶- تقسیم بندی کانسارهای آتشفشانی - رسوبی منگنز بر اساس موسیر و پیچ (۱۹۸۸)

در این تقسیم بندی که توسط موسیر و پیچ (۱۹۸۸) ارائه گردیده، بر اساس فاکتورهای مختلفی از جمله جایگاه تکتونیکی، سنگ‌های میزبان، کانی‌های معدنی، کانی‌های باطله، کانسارهای مرتبط با کانسار، عناصر فلزی و نوع دگرسانی، کانسارهای آتشفشانی - رسوبی منگنز به چهار مدل آتشفشانی - رسوبی شامل تیپ فرانسیسکن^۱، قبرس^۲، کوبا^۳ و المپیک پنینسولا^۴ تقسیم گردیده است. خصوصیات هر کدام از این چهار مدل در جدول (۷-۱) با هم مقایسه شده است. ویژگی‌های کانسارهای منگنز نوده، فریزی و گف از نظر محیط زمین‌ساختی تشکیل، محیط زمین‌شناسی نهشت، سنگ‌های میزبان و همراه، شکل هندسی، بافت، کانی‌شناسی و علائم زمین‌شیمیایی بیشترین شباهت را با کانسارهای تیپ کوبا نشان می‌دهد (جدول ۷-۱). در زیر این شباهت‌ها توضیح داده شده است.

۷-۶-۱- مقایسه کانه‌زایی منگنز نوده با تیپ کوبا

- سنگ‌های درونگیر و همراه

سنگ درونگیر ماده معدنی در تیپ کوبا اغلب توف‌های آندزیتی هستند. سنگ‌های همراه این تیپ کانسارها معمولاً شامل گدازه‌های بازالتی یا آندزیتی، آگلومرا، توف ماسه‌ای و شیلی، سنگ‌آهک و توفیت می‌باشند. در کانسار نوده نیز افق‌های کانه‌دار در یک توالی آتشفشانی - رسوبی از پایین به بالا شامل توف - لیتیک کریستال توف نازک لایه، ریولیت، توف آندزیتی، توف قرمز (میزبان منگنز منطقه)، واحد تراکی آندزیتی آمیگدالوئیدی و منشورهای داسیت پورفیرمی باشد.

¹ - Franciscan

² - Cyprus

³ - Cuban

⁴ - Olympic Peninsula

- شکل هندسی و ساخت و بافت

ماده معدنی در کانسارهای اشاره شده و تیپ کوبا به صورت لایه‌ای-عدسی شکل و همساز با لایه-بندی سنگ درونگیر و توالی چینه‌ای سنگ‌های همراه است. وجود بافت افشان منگنز در متن سنگ درونگیر (توف) و بافت لامینه در کانسار نوده و تیپ منگنزکوبا، حاکی از همزمانی تشکیل کانه و کانی‌های تشکیل دهنده سنگ درونگیر است. بافت‌های دیگر شامل توده‌ای و کولونیدی می‌باشند.

- محیط زمین‌ساختی تشکیل

کانسارهای منگنز تیپ کوبا در محیط‌های کافت درون قاره‌ای و کمان آتشفشانی تشکیل می‌شوند. با توجه به اینکه در کرتاسه بالایی در زون سبزوار کافت‌زایی صورت گرفته (روزتی، ۲۰۱۰). تصور می‌شود که کانسار منگنز نوده در محیط کافتی پشت کمانی تشکیل شده باشد و سیستم‌های گرمایی-بروندی زیر دریایی موجود در طول گسل‌های کافتی هم‌زمان با آتشفشانی و رسوبگذاری، عامل اصلی تشکیل این نهشته بوده است. از تیپیک‌ترین کانسارهای منگنز تیپ کوبا که در محیط کافت داخل قاره‌ای تشکیل شده، کانسار منگنز لوسیفر نیومکزیکو است (فریبرگ، ۱۹۸۳؛ کلپرتزیس^۱، ۱۹۹۱) که شباهت زیادی با کانسار منگنز نوده دارد. یک سری نهشته‌های منگنز شبیه تیپ کوبا در محیط‌های کافتی امروزی نیز در حال تشکیل است که برای مثال می‌توان از حوضه کافتی ایتیوبی و دریای سرخ (بناتی و همکاران، ۱۹۷۲؛ رونا، ۱۹۷۸) نام برد.

کانسارهای کریستو-پونوپو-لوس‌چیوس کوبا (کازاناس^۲ و همکاران، ۱۹۹۸) و تاپکیرالز و ارقلی در ترکیه (جدیکوگلو^۳ و همکاران، ۱۹۸۵) از جمله کانسارهای تیپ کوبا هستند که در محیط‌های کمان آتشفشانی تشکیل شده‌اند.

^۱- Kelepertzis

^۲- Cazan

^۳- Gedikoglu

- محیط زمین‌شناسی ته‌نشست

کانسارهای منگنز تیپ کوبا در حوضه‌های آتشفشانی- رسوبی در سنگ‌های توف و آهک توفی و به همراه بازالت، اگلومرا، توف ماسه‌ای و شیلی، آهک و توفیت نهشته شده‌اند. بررسی‌های زمین‌شناسی نشان می‌دهد که محیط نهشت کانه‌زایی کانسار نوده در منطقه جنوب‌غرب سبزوار یک محیط دریایی کم عمق است که توف‌ها و مواد آذرآواری با فعالیت آتشفشانی وارد حوضه رسوبی می‌شده‌اند (وحدتی دانشمند، ۱۳۷۷). در منطقه نوده نیز سنگ‌های آهکی در بخش بالایی توالی کرتاسه پسین دیده می‌شوند.

- پاراژنز کانیایی

مواد معدنی در نهشته‌های تیپ کوبا عمدتاً از پسیلوملان، پیرولولزیت، براونیت، کریپتوملان و تئودورودوکیت تشکیل شده‌اند (کازاناس و همکاران، ۱۹۹۸). کانی‌شناسی باطله در این نهشته‌ها شامل کوارتز و کلسیت است. بر اساس مطالعات میکروسکوپی، XRD و الکترون مایکروپروب مواد معدنی در کانسار منگنز نوده؛ فریزی و گف، عمدتاً از کانی‌های پیرولولزیت، پسیلوملان، منگانیت و براونیت تشکیل شده است و کانی‌های باطله عمدتاً کوارتز و کلسیت می‌باشند.

- علائم زمین‌شیمیایی

در تجزیه نمونه‌های کانسنگ کانسارهای تیپ کوبا، مقدار عناصر Sr، Ba، As و Cu بالاست که (اوستوالد^۱، ۱۹۸۸) بالا بودن عناصر Sr و Ba در این تیپ کانسارها را نتیجه دگرسانی فلدسپارهای قلیایی سنگ‌های آتشفشانی توسط سیال‌های گرمابی- برون‌دمی دانسته است. همچنین در این کانسارها مقادیر عناصر Ni، Co، Zn پایین بوده و میانگین نسبت Mn/Fe بالای ۸۵ است. در

¹- Ostwald

کانسار منگنز نوده نیز مقادیر عناصر Ba, Sr, As و Cu بالا و میانگین نسبت Mn/Fe برابر ۵۶/۶ است.

جدول ۷-۱: مقایسه کانسار منگنز نوده با ویژگی‌های شاخص انواع مختلف کانسارهای منگنز آتشفشانی - رسوبی بر اساس رده بندی موسیر و پیچ (۱۹۸۸)

ویژگی های شاخص	کانسار منگنز نوده	نوع فرانسيسکن	نوع کوبا	نوع المپیک پنینسولا	نوع قبرسی
محیط تکتونیکی	پشت کماني	پشته های میان اقیانوسی . پشت کماني	پشت کماني و پشته های میان اقیانوسی	کوههای میان اقیانوسی	پشته های میان اقیانوسی و پشت کماني
سنگ های میزبان و همراه	ماسه سنگ توفی، توف، توف ماسه سنگی	چرت، شیل و توف	توف ریولیتی تا آندزیتی و ژاسپر و چرت	بازالت های بالشی، آهک های آرژیلیتی قرمز و آگلومرا	چرت رادیولاریتی، بازالت بالشی، ژاسپر قرمز
کانیهای معدنی	پیرولوزیت، پسیلوملان، منگنیت و براونیت	پسیلوملان، پیرولوزیت و رودوکروزیت	پسیلوملان، پیرولوزیت و براونیت	منیتیت، هوسمانیت و نئوتوسیت	هیدرواکسیدهای منگنز بی شکل و غیر قابل تشخیص
کانی های باطله	کوارتز و کلسیت	کوارتز، کلسدون، هماتیت و باریت	کوارتز، کلسیت و ژاسپر	کوارتز، هماتیت، کلسیت و باریت	پیریت و کوارتز
کانسارهای مرتبط با کانسار	کانسار مسیوسولفاید تیپ بشی مس نوده	کانسارهای جیوه هیدروترمال و کانسارهای کرومیت	کانسارهای مسیو سولفاید تیپ کوروکو	-	مسیو سولفاید تیپ قبرسی
عناصر فلزی	Fe و Mn	Mn, Fe, Cu, Hg و Ba	Mn, Fe, Ba و Cu	Mn, Fe, Cu, Ba و Hg	Mn, Fe, Ni, Cu, Co و Zn
دگرسانی	کلریتی و آرژیلیتی	کربناتی	کلریتی و آرژیلیتی	سیلیسی	-

۷-۷- پیشنهادهای اکتشافی

با توجه به محدودیتهای زمانی، آزمایشگاهی و مالی که بر سر راه این تحقیق و تحقیقات مشابه وجود دارد نمی توان ادعا کرد که با انجام یک تحقیق، پرونده مطالعات یک کانسار بسته شده است. مقالات علمی که سالانه منتشر شده و نشان از کار مجدد بر روی یک کانسار واحد را دارند تأییدی بر نظر فوق است؛ لذا کارهای زیر برای تحقیقات بعدی و فعالیت های اکتشافی پیشنهاد می شود:

- با توجه به اینکه کانه زایی مس و منگنز در جنوب غرب سبزوار در یک محیط کشتی پشت کمانی انجام شده است، لذا حوضه های نائین- بافت، سیستان و خود پهنه سبزوار که از سوی آگارد و همکاران (۲۰۱۱) بعنوان محیط های کشتی پشت کمانی معرفی شده اند، برای پی جوئی کانسارهای مشابه در مقیاس ناحیه ای پیشنهاد می شوند.
- توالی های آتشفشانی- رسوبی مشابه در منطقه غرب سبزوار و در سایر نقاط ایران، جهت اکتشاف این نوع نهشته های منگنز مورد توجه و مطالعه دقیق تر قرار گیرند.
- بخش هایی از واحدهای اول و چهارم توالی کرتاسه پسین در جنوب غرب سبزوار که دارای سنگ های آتشفشانی، آذرآواری و کربنات های پلاژیک نازک لایه می باشند دارای اهمیت اکتشافی خاصی هستند.
- تشخیص محل عبور گسل های هم زمان با رسوبگذاری، دگرسانی های کلریتی و آرژیلیتی و محل رخداد آتشفشان ها برای اکتشاف نهشته های منگنز بسیار مهم است. در این محل ها تغییرات رخساره های رسوبی یا آتشفشانی و یا تغییر ناگهانی ضخامت آن ها و یا وجود توده های نیمه عمیق که به صورت طویل درامتداد منطقه گسترش دارند، نشان دهنده وجود گسل های هم زمان با رسوبگذاری و آتشفشان می باشند.
- انجام اکتشاف ژئوفیزیکی به روش ثقل سنجی برای یافتن کانی زایی هایی پنهان در مناطق پوشیده شده مفید است.
- با توجه به اینکه مطالعات ایزوتوپی، اطلاعات ارزشمندی در زمینه منشاء مواد معدنی و ژنز

کانسارهای منگنز ارائه می‌دهند، لذا پیشنهاد می‌گردد در کارهای بعدی مطالعات ایزوتوپی

D/H و O^{18}/O^{16} بر روی کانسنگ انجام شود.

اطلاعات جمع آوری شده در این تحقیق همگی با استفاده از مشخصات سطحی و حداکثر عمق چند متری کانسار بوده است، از این رو پیشنهاد می‌شود که در چند نقطه حفاری انجام شود تا به این طریق اطلاعات بیشتر از عمق و گسترش ماده معدنی به دست آید.

منابع

منابع فارسی :

۱. احمدی، ع، (۱۳۸۵)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "کانی‌شناسی، ژئوشیمی، آنالیز رخساره‌ای و ژنز کانسارهای آهن منگنزدار جنوب شرق تربت حیدریه"، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس،
۲. افتخارنژاد، ج، آقائباتی، آ، حمزه‌پور، ب، (۱۹۷۶)، نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشمر، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۳. امامعلی پور، ع، (۱۳۸۴)، "بررسی ژئوشیمی، کانی‌شناسی و منشأ کانسار منگنز صفو (جنوب باختر ماکو)،" نهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران،
۴. امیری، ع، (۱۳۷۴)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "مطالعه زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و عوامل کنترل‌کننده تشکیل و تمرکز ماده معدنی در کانسار منگنز رباط کریم، جنوب غرب تهران"، دانشگاه تربیت مدرس تهران،
۵. آقائباتی، س ع، (۱۳۸۵)، زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران،
۶. برنا، ب، (۱۳۷۰)، گزارش اکتشافات مقدماتی منگنز در ناحیه کاشمر بر روی کانسارهای منگنز زیروقت، سبندو و بند قرا، طرح سراسری پی‌جویی منگنز سازمان زمین‌شناسی کشور، ص. ۱۰۴.
۷. تقی‌زاده، س، موسیوند، ف، قاسمی، ح، (۱۳۹۱)، "الگوی تشکیل کانسار منگنز ذاکری، نمونه-ای از کانی‌زایی منگنز نوع برون‌دمی در جنوب‌غرب سبزوار"، سی و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور،
۸. دولت‌خواه، رسول، (۱۳۸۰)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "رخداد کانه‌زایی منگنز در توالی ولکانیکی-رسوبی در شمال شرق طالقان"، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس،
۹. روزبه کارگر، س، قمیان، ی، (۱۳۷۷)، طرح اکتشاف مواد معدنی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و ژئوفیزیک هوایی (پروژه سبزوار)، گزارش اکتشافات چکشی ورقه یکصد هزارم باشتین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

۱۰. طاطاوسیان، ش، زهره بخش، ا، سهندی، م، حسینی، م، (۱۳۷۸)، نقشه مین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ سبزوار، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۱۱. عشق‌آبادی، پ، (۱۳۷۷)، طرح اکتشاف مواد معدنی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و ژئوفیزیک هوایی (پروژه سبزوار)، گزارش اکتشافات چکشی ورقه یکصد هزارم سلطان‌آباد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۱۲. فردوست، ف، (۱۳۷۰)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "مطالعه زمین‌شناسی و ژنز کانسار منگنز و نارچ قم"، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم،
۱۳. فرهادی، رضا، (۱۳۷۴)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "مطالعه زمین‌شناسی و آنالیز رخساره و ژنز کانسار آهن منگنزدار شمس آباد اراک"، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس،
۱۴. قاسمی، ح، جمشیدی، خ، (۱۳۹۰)، "ژئوشیمی، سنگ‌شناسی و الگوی تکتونوماگمایی پیشنهادی برای تشکیل سنگ‌های بازی‌قلیایی در قاعده سازند شمشک، زون البرز شرقی" مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال نوزدهم، شماره ۴، ص ۶۹۹ تا ۷۱۴.
۱۵. قنبری طرقله، م، مقدسی، س، (۱۳۸۹)، "زمین‌شناسی کانسار منگنز چشمه‌سفید سبزوار"، استان خراسان رضوی. چهارمین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور.
۱۶. مجیدی، ج، خبازنیا، ر، (۱۳۷۷)، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سبزوار، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۱۷. مسعودی، م، (۱۳۸۸)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد: "زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار منگنز بنسبرد در جنوب غرب سبزوار"، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تحقیقات،
۱۸. مغفوری، س، (۱۳۹۱)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد: "زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانی‌زایی مس در توالی آتشفشانی-رسوبی کرتاسه پسین در جنوب غرب سبزوار، با تاکید بر کانسار نوده"، زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس،
۱۹. نصرالهی، ع، موسیوند، ف، قاسمی، ح، (۱۳۹۱)، "الگوی تشکیل کانسار منگنز نوده در توالی آتشفشانی-رسوبی کرتاسه بالایی، زیرپهنه سبزوار"، سی و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۲۰. نصیری، ف، لطفی، م، جعفری، م، (۱۳۹۰)، "مطالعات کانی‌شناسی بر روی ذخیره معدنی منگنز همایی جنوب باختری سبزوار"، سی و مین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۲۱. وحدتی دانشمند، ف، ندیم، ه، (۱۳۷۷)، نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ دارین. پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور.

۲۲. وطن‌پور، ح، خاکزاد، ا، قادری، م، (۱۳۸۸)، " کاربرد عناصر گروه پلاتین (PGE) در اکتشاف و ارزیابی اقتصادی در کانسارهای کرومیت کمر بند افیولیتی سبزوار " فصل نامه علوم زمین، شماره ۷۱.

Refrence

- 1- Agard. P. Omrani. J. Jolivet. L. Whitechurch, H. Vrielynck, B. Spakman, W. Monie, P. Meyer. B. Wortel, R.(2011)" Zagros orogeny: a subduction-dominated process" Geol. Mag: pp 1 of 34.
- 2- Alavi. M. (1991)" Sedimentary and structural characteristics of the Paleo-Tethys remnants in northeastern Iran" Geological Society of America Bulletin 13, pp 983- 992.
- 3- Arvin, M. Pan. Y. Dargahi. S. Malekizadeh. A. and Babaei. A. (2007)" Petrochemistry of the Siah-Kuh granitoid stock southwest of Kerman, Iran: implications for initiation of Neotethys subduction" J. Asian Earth Sci. 30, pp 474- 489.
- 4- Ashley. P.M. (1989)" Geochemistry and Mineralogy of Tephroite-Bearing Rocks from the Hoskins Manganese Mine, New South Wales, Australia" Neues Jahrb. Mineral. Abh. vol. 161 no. 1, pp 85–111.
- 5- Bagheri. S. and Stampfli, G.M., (2008)" The Anarak. Jandaq and Phoshte- e- Badam metamorphic complex in central Iran: New geological data, relationships and tectonic implications" Tectonophysics, 451, pp 123- 155.
- 6- Barnes. H. (1979)" Solubilities of ore minerals. in Barnes" H. eds. Geochemistry of hydrothermal ore deposits: New York. NY. Wiley. pp 404– 460.
- 7- Baroz. R. Macaudiere. J. Montigny. R. Noghreyan. H. Ohnenstetter, M. and Rocci. G. (1984)". Ophiolites and related formations in the central part of the Sabzevar range (Iran) and possible geotectonic reconstructions" Neues J. Geol. Palaont. Abh, 168, pp 358– 388.

- 8- Berberian. F. and Berberian. M.(1981)" Tectono- plutonic episodes in Iran. In: Zagros– Hindu Kush– Himalaya Geodynamic Evolution" (H.K. Gupta and F.M. Delany. Eds). pp 5–32. American Geophysical Union & Geological Society of America. Washington.
- 9- Berberian. M. and King. G.C.P.(1981)" Toward a paleogeography and tectonic evolution of Iran" Can. J. Earth Sci. 18, pp 210–265.
- 10- Besse. J. Torcq. F. Gallet. Y. Ricou, L.E. Krystyn, L. and Saidi. A. (1998)" Late Permian to late Triassic Paleomagnetic data from Iran: constraints on the migration of the Iranian block through the Tethyan ocean and initial destruction of Pangea" Geophys. J. Int., 135, pp 77– 92.
- 11- Bonatti. E. (1975)" Metallogenesis at oceanic spreading centers. Annu Rev earth Planet Sci" Vol 3, pp 401-431.
- 12- Bonatti. E. Kraemer. T. Rdell. H. (1972)" Classification and genesis of submarine iron- manganese deposits" Washington. D. C. National Science
- 13- Bonatti. E. Zerbi. M. Kay. R. and Rydell. H. (1976)" Metalliferous Deposits from the Apennine Ophiolites: Mesozoic Equivalents of Modern Deposits from Oceanic Spreading Centers" Bull. Geol. Soc. Am. vol. 87, pp 83–94.
- 14- Brazovaniya (2001)" (Metallogeny of Ancient and Modern Oceans 2001: History of Deposits and Evolution of Mineralization)" Miass: Inst. Miner. Ural. Otd. Ross. Akad. Nauk, pp 71–77.
- 15- Brookins D. G. (1988)" Eh–pH Diagrams for Geochemistry" Springer–Verlag. Berlin. 176 pp.
- 16- Brusnitsyn. A.I. Zhukovb. I. G. and Kuleshovc. V. N. (2009)" The Bikkulovskoe Manganese Deposit (South Urals): Geological Setting, Composition of Metalliferous Rocks, and Formation Model, Lithology and Mineral Resources" Vol. 44, No. 6, pp 557–578.
- 17- Brusnitsyn. A.I. and Zhukov. I.G. (2005)" The South Faizuly Manganese Deposit in the Southern Urals: Geology. Petrography. and Formation Conditions" Litol. Polezn. Iskop., vol. 40, no. 1, pp. 35–55
- 18- Choi. j. H. And Hariya Y. (1992)" Geochemistry and depositional environment of Mn oxid deposits in the Tokoro belt. northeastern Hokkaido. Japan" Economic Geology. Vol. 87 pp 1265-1274.

- 19- Cornell. D. Schutte. (1995)" A volcano-exhalative origin for the worlds largest (Kalahari) manganese field" *Mineralium deposita*. Vol. 30. Pp. 146-151.
- 20- Crerar. D. A., Namson. J. Chyi. M. S. Williams. L. Feigenson. M. D. (1993)" Manganiferous cherts of the Franciscan assemblage: I. General geology, ancient and modern analogues, and implications for the hydrothermal convection at oceanic spreading centers" *Economic Geology*, V. 77, Pp 519–540.
- 21- Davoudzadeh. M. (1972)" Geology and petrography of the area north of Nain, central Iran" *Geological Survey of Iran. Rep.*
- 22- Dekov. M. and Vesselin Savelli. C. (2004)" Hydrothermal activity in the SE Tyrrhenian Sea: an overview of 30 years of research" *Marine geology*, Vol 204, pp 161-185.
- 23- Flohr. M.J.K. and Huebner. J.S. (1992)" Mineralogy and Geochemistry of Two Metamorphosed Sedimentary Manganese Deposits. Sierra Nevada. California" *Lithos*, no. 29, pp 57–85.
- 24- Fotoohi Rad. G.R. Droop. G.T.R. and Burgess. R. (2009)" Early Cretaceous exhumation of high- pressure metamorphic rocks of the Sistan Suture Zone, eastern Iran" *Geol. J.*, 44, pp 104–116.
- 25- Galley. A. G. Hannington. M. D. and Jonasson, I.R. (2007)" Volcanogenic massive sulphide deposits. in Goodfellow. W. D. ed. *Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods: Geological Association of Canada*" Mineral Deposits Division, Special Publication No. 5, pp 141- 161.
- 26- Gavrilov. A. A. (1972)" Exhalation Sedimentary Manganese Ore Deposition. *Eksgalyatsionno-osadochnoe rudonakoplenie margantsa* Moscow: Nedra,
- 27- Gerdes. A. and Zeh. A. (2009)" Zircon formation versus zircon alteration – New insights from combined U- Pb and Lu-Hf in- situ La- ICP-MS analyses of Archean zircons from the Limpopo Belt. *Chem" Geol.*, 261, pp 230–243.
- 28- Ghasemi. A. and Talbot. C. J. 2006. A new tectonic scenario for the

- Sanandaj– Sirjan Zone (Iran)” *J. Asian Earth Sci*, 26, pp 683–693.
- 29- Grill. E. V. (1982)” Kinetics and thermodynamic factors controlling manganese concentration in anoxic waters, *Geochimica et Cosmochimica Acta*” V. 40, pp 233–240.
- 30- Guilbert H. M. and Park. C. F. (1997),” *The geology of ore deposits*,” W. H. Freeman, pp. 985.
- 31- Hein. J. (1997)” From Nicholson. K. Hein. J. R. Buhn. B. & Dasgupta. S. (eds) *Iron and manganese oxide mineralization in the Pacific. Manganese mineralization: Geochemistry and Mineralogy of terrestrial and marine deposits*” Geological society special publication No.119, pp 123-138.
- 32- Hem. J. D. Lind. C. J. (1983)” Nonequilibrium models for predicting forms of precipitated manganese oxides, *Geochimica et Cosmochimica Acta*” V. 47, pp 2037–2046.
- 33- Hem. J. D. (1972)” Chemical Factors that Influence the Availability of Iron and Manganese in Aqueous Systems” *Bull Geol. Soc. Am.*, vol. 83, pp 443–450.
- 34- Hewett. D. F. (1964)” Veins of hypogene manganese oxide minerals in the southwestern United States” *Economic Geology*. Vol 59. pp 1430- 1470.
- 35- Kheraskov. N. P. (1951)” *Geology and Genesis of Manganese Deposits in Eastern Bashkiria. Voprosy litologii stratigrafii SSSR. Pamyati akademika A. D. Arkhangel'skogo (Problems of Lithology and Stratigraphy of the USSR*” In memory of Academician A.D. Arkhangel'skii), Moscow: Akad. Nauk SSSR, pp 47–65.
- 36- Klinkhammer. G. P. Bender. H. L. (1980)” The distribution of manganese in the Pacific Ocean. *Earth and Planetary Science Letters*” V. 46, pp 361–384.
- 37- Krauskopf. K. B. (1957)” Separation of Manganese from Iron in Sedimentary Processes. *Geochim. Cosmochim. Acta*” vol. 12, pp. 61–84.
- 38- Kuleshov. V. N. (2011)” Manganese Deposits: Communication 1. Genetic Models of Manganese Ore Formation” *Lithology and Mineral Resources*, V. 46, No. 5, pp 473- 493.
- 39- Kuypers. E. and Denyer. P. (1979)” Volcanic Exhalative Manganese Deposit of Nicoya Ophiolite Complex, Costarica” *Econ, Geol.* V. 74, pp

672- 692.

40- Lentz. D. (1998)" Petrogenetic evolution of felsic volcanic sequences associated with Phanerozoic volcanic- hosted massive sulphide systems: the role of extensional geodynamics" Ore Geology Reviews 12, pp 289–327.

41- Lindenberg. H. G. Gorler. K. Ibbeken, H. (1983)" Stratigraphy, structur and orogenetic evolution of the Sabzevar zone the area of Oryan Khorasan, NE, Iran" GSI, Rep. NO. 51, pp 120-142.

42- Marching. V. Erzinger. J. (1986) Chemical composition of Pacific sediments near 20° S: Changes with increasing distance from the East Pacific Rise, In": Leinen, M. Rea. D. K. (Eds.). DSDP Init. Rep. 92, pp 371-381.

43- Maynard. J. B. (1983)" Geochemistry of Sedimentary Ore Deposits" Springer, New York, pp 305.

44- McCall. G. J. H. (1997)" The geotectonic history of the Makran and adjacent areas of southern Iran" J. Asian Earth Sci., 15, 517– 531.

45- McDonough W. F. Sun S. S. (1994) " *The composition of the Earth*", Chemical Geology., 105, pp 223-253.

46- McMillan. W. J. Panteleyev. A. (1990)" Porphyry copper deposits, in: reports. R. G. and sheahan. P. A. ed" ore deposit models: Geological Association of Canada, pp 45-59.

47- Mills. R. A. Eldefield. H. (1995)" Rare earth element geochemistry of hydrothermal deposits from the active TAG mound. 26 N Mid Atlantic Ridge" Geochimica et Cosmochimica Acta 59, 3511-3524.

48- Mosier. D. L. and Page. N. J. (1988)" Descriptive and Grade-Tonnage Models of Volcanogenic Manganese Deposits in Ocean Envi- ronments A modification" US Geol. Surv. Bull., no. 1811.

49- Nicholson. K. (1992a)" Contrasting mineralogical–geochemical signatures of manganese oxides: Guides to metallogenesis" Economic Geology, V. 87, pp 1253–1264.

50- Nicholson. K. (1992b)" Genetic types of manganese oxide deposits in Scotland: Indicators of paleo–Ocean–spreading rate and a Devonian geochemical mobility boundary" Economic Geology, V. 87, pp 1301–1309.

51- Nicholson. K. Hein. J. R. Bühn, B. Dasgupta. S. (editors). (1997)" Manganese Mineralization: Geochemistry and mineralogy of terrestrial and

marine Deposits, pp 532.

52- Omrani. J. Agard. P. Whitechurch. H. Benoit. M. Prouteau. G. and Jolivet. L. (2008)" Arc- magmatism and subduction history beneath the Zagros Mountains. Iran: A new report of adakites and geodynamic consequences" *Lithos*, 106, pp 380–398.

53- Post J. E. (1998)" Manganese oxide minerals: Crystal structures and economic and environmental significance, Colloquium Paper, Natl. Acad. Sci. USA" V. 96, pp 3447–3454.

54- Ramdohr. p. (1980)" 2nd edithion, the ore minerals and their intergrowth, Pergamon, P.1220.

55- Rikova. E. V. (2001)" Behavior of Iron and Manganese in Hydrothermal Sedimentary Processe: Analysis of Natural and Calculation Data. in *Metallogeniya drevnikh i sovremennykhokeanov - Istoriya mestorozhdenii i evolyutsiya rudoo brazovaniya (Metallogeny of Ancient and Modern Oceans - 2001: History of Deposits and Evolution of Mineralization)"* Miass: Inst. Miner. Ural. Otd. Ross. Akad. Nauk, 2001, pp 71–77.

56- Rona. P. A. (1980)" Hydrothermal manganese deposits of Mid Atlantic ridge crest (Lattitude 21°N), in: Varentsov, I.M. and Grasselly, G. eds. *Geology and geochemistry of manganese*. Stuttgart Schweizerbartsche. V. 3. P. pp 195- 210.

57- Rossetti. F. Nasrabad. M. Vignaroli. G. Theye. T. Gerdes. A. Razavi. M. and Moin Vaziri. H. (2010)" Early Cretaceous migmatitic mafic granulites from the Sabzevar range (NE Iran): implications for the closure of the Mesozoic peri- Tethyan oceans in central Iran" *Terra Nova*, v 22, pp 26-34.

58- Roy. S. (1981)" *Manganese Deposits*. Academic Press London. Pp 485.

59- Roy. S. (1968)" Mineralogy of the different genetic types of manganese deposits" *Economic Geology*. V. 63, P. 760–786.

60- Roy. S. (1997)" Genetic diversity of manganese deposition in the terrestrial geological record" *Geological Society London. Special Publications* 119, pp 5–27.

61- Roy. s. 1976. *Ancient Manganese Deposit*. in: Wolf, K. H., *Handbook of*

- Stratabound and Stratiform Ore Deposit” Elsevir, V. 7, pp 355- 476.
- 62- Sengor. A. M. C. Altiner. D. Cin. A. Ustomer, T. and Hsu. K. J. 1988)” The origin and assembly of the Tethyside orogenic collage at the expenses of Gondwana land. In: Gondwana and Thethys (M.G. Audley- Charles and A. Hallam ed.)” Geol. Soc. Spec. Publ., 37, pp 119–181.
- 63- Shafiei. B. Haschke. M. Shahabpour. J. (2009)” Recycling of orogenic arc crust triggers porphyry Cu mineralization in Kerman Cenozoic arc rocks. southeastern Iran” *Miner Deposita* 44: pp 256- 283.
- 64- ShfaieMoghadam. H. S. Whitechurch. H. Rahgoshay. M. and Monsef. I. (2009)” Significance of the Nain- Baft ophiolitic belt (Iran): short- lived transtensional Cretaceous back- arc oceanic basins over the Tethyan subduction zone. *G. R. Geoscience*, Doi: 10.1016/j.crte.2009.06.011 (in press).
- 65- Shojaat. B. Hassanipak. A. A. Mobasher. K. and Ghazi. A. M. (2003)” Petrology. geochemistry and tectonics of the Sabzevar ophiolite. North Central Iran” *J. Asian Earth Sci.*, 21, pp 1053– 1067.
- 66- Stampfli. G. M. and Borel. G. D. (2004)” A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic consrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrones. *Earth Planet” Sci. Lett.* 196, 17-33.
- 67- Starikova. E. V. (2001)” Behavior of Iron and Manganese in Hydrothermal Sedimentary Processe: Analysis of Natural and Calculation Data. in *Metallogeniya drevnikh i sovremennykhokeanov - Istoriya mestorozhdenii i evolyutsiya rudoo brazovaniya (Metallogeny of Ancient and Modern Oceans - 2001: History of Deposits and Evolution of Mineralization)*” Miass: Inst. Miner. Ural. Otd. Ross. Akad. Nauk, 2001, pp 71–77.
- 68- Stumm. W. Giovanoli. R. (1976)” On the nature of particulate manganese in simulated lake waters, *Chimia” V.* 30, pp 423–425.
- 69- 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 on depositional environments of ancient sediments” *The Journal of Geology*, V. 92, pp 235– 259.

- 70- Toth. J. R. (1980)'' Deposition of submarine crusts rich in manganese and iron, Geol. Soc'' Am. Bull., Pt. I, 91: pp 44-54.
- 71- Usui. A. Someya. M. (1997) Distribution and composition of marine hydrogenetic and hydrothermal manganese deposits in the northwest Pacific'' Geol. Soc. Spec. Pub., V. 119, pp 177–198.
- 72- Varentsov. I. M. Veinmarn. A. B. Rozhnov. A. A. et al. (1993)'' Geochemical Model of the Formation of Manganese Ores in the Famennian Rift Basin of Kazakhstan (Main Components, Rare Earths, and Trace Elements)'' Litol. Polezn. Iskop., vol. 28, no. 3, pp 56–79.
- 73- Wauschkuhn. A. Kluth. C. Zimmermann. R. A. (editors). (1984)'' Syngensis and Epigenesis in the Formation of Mineral Deposits, Springer–Verlag, pp 653.
- 74- Wedepohl. K. H. (1980)'' Geochemical behavior of manganese. in Varentsov. I. M. and Grassley. G. eds. Geology and geochemistry of manganese'' Stuttgart, Germany, Schweizerbart' sche Verlag, V. 1, pp 335–351.
- 75- White. W. M. (1998)'' Geochemistry. John–Hopkins university'' pp 413.
- 76- Wilson. M. (1989)'' Igneous petrogenesis, UNWIN HYMAN LTD, p466.
- 77- Winter. L. Tosda. R. Mortensen. J. Franklin. J. 2009. Volcanic Stratigraphy and geochronology of the Cretaceous Lancones basin. Northwestern Peru: position and timing of giant VMS deposit'' Economic Geology, vol 105, pp 713-742.
- 78- Yu. G. (1990)'' Processes of formation of iron-manganese oxy-hydroxides in the Atlantis –II and Tethys deeps of Red Sea'' Spec. Pubs int. Ass. Sediment. II, pp 57-72.
- 79- Zantop H. (1987)'' Geologic setting and genesis of iron oxides and manganese oxid in the San Francisco Manganese deposit, Ialisco, Mexico'' Econ. Geol., V. 76, pp 454- 555.

Abstract

Manganese mineralizations at southwest of Sabzevar occurred in the Sabzevar structural subzone, within the Late Cretaceous volcano-sedimentary sequence .

These mineralizations based on stratigraphic position, relative age and type of country rocks lie within two main horizons:

a) Horizons I: This horizon which hosts the Nodeh, Ferizi and Gofit manganese deposits, occurs in the lower part of the Late Cretaceous sequence. The host rock of these deposits is red tuff.

b) Horizons II: This horizon involving the Zakeri and Cheshmeh Sefid deposits, occurred in the upper part of the Late Cretaceous sequence. The host rocks are marly tuff and carbonatic tuff.

Manganese oxide mineralization occurs as sheet-like and tabular ore bodies within six subhorizons in the Nodeh deposit and within two subhorizons in the Ferizi and Gofit deposits.

Based on mineralogical, textural, structural and relationships between the ores and the host rocks, three ore facies can be distinguished:

1) massive ore facies, 2) bedded ore facies, and 3) disseminated- brecciated (stringer) ore facies. Mineralogically, these facieses contain pyrolusite, psilomelane, Braunitz and Mnangite.

Wall rock alterations in the Nodeh deposit are dominated by chloritization and argillitization. Argillic alteration is observed immediately below the massive ore facies, surrounded by chloritic alteration. In the Gofit and Ferizi deposit, only chloritization is observed. Chloritization in the deposits is more intense in the footwall than the hangingwall.

Based on geochemical studies, high amount of Mn/Fe, La/Ce, U/Th and Si/Al ratio, low amount of Co/Zn ratio, trace metals and especially Co, Cu and Ni, low amounts of rare earth elements (REE), specially Sm, Ce and Eu and high amounts of Fe, Mn, and SiO₂ are evidences of precipitation of Mn from hydrothermal- exhalative fluids within a marine environment. And, role of hydrogenous processes involved in the genesis of this deposit is minimal. Also, REE patterns indicate hydrothermal-exhalative origin and oxidation conditions for the Marine environment for the deposit.

Electron probe micro analysis (EPMA) study on the manganese minerals of the massive and bedded ore facieses show a lateral zoning for Fe and Mn from massive to bedded facies.

The most important characteristics of mineralization at the Nudeh deposit and its comparison with different types of volcano-sedimentary Mn deposits show the most similarities with the Cuban-type deposits.

Keywords: Manganese, volcano- sedimentary, Cuban-type, Late Cretaceous, Nudeh, southwest Sabzevar basin.