

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی

کانی شناسی، ژئوشیمی و الگوی پیدایش کانسارهای مس در منطقه  
رمشک، جنوب شرق کرمان

نگارنده:

پوریا ولیخانی

استاد راهنما:

دکتر فردین موسیوند

استاد مشاور:

دکتر حبیب الله قاسمی

شهریور ۱۳۹۸

شماره: ۹۸۰۷/۱۷۵  
تاریخ: ۹۸/۷/۱۵

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای: پوریا ولیخانی با شماره دانشجویی ۹۵۱۵۸۰۴ رشته: زمین شناسی گرایش: زمین شناسی اقتصادی تحت عنوان: کانی شناسی، ژئوشیمی و الگوی پیدایش کانسارهای مس در منطقه رمشک، جنوب شرق کرمان، که در تاریخ: ۱۳۹۸/۰۶/۱۶ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می- گردد:

قبول (با درجه: .....):  مردود   
نوع تحقیق: نظری  عملی

امضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	عضو هیأت داوران
	استادیار	دکتر فردین موسیوند	۱- استاد راهنمای اول
			۲- استاد راهنمای دوم
	استاد تمام	دکتر حبیب الله قاسمی	۳- استاد مشاور
	استادیار	دکتر مهدی جعفرزاده	۴- نماینده تحصیلات تکمیلی
	استادیار	دکتر فرج الله فردوست	۵- استاد ممتحن اول
	دانشیار	دکتر محمود صادقیان	۶- استاد ممتحن دوم

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر پرویز امیری

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده: ۹۸/۷/۱۵

از طرف: محمود علی پورعلی

توضیح: در صورتی که آگهی بردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجده نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).



تقدیم به

مقدسترین گل واژه هادر لغت نامه دلم

پدر و مادر مهربانم که زندگیم را مدیون مهر و عطوفت آنان می دانم.

همسرم که نشانه لطف الهی در زندگی من است.

برادرانم همراهان همیشگی و پشتوانه های زندگیم.



## سپاسگزاری

- ❖ سپاس و ستایش خداوند بخشنده مهربان را که همه مرید اراده اوئیم.
- ❖ در به نتیجه رسیدن این تحقیق، خود را مدیون زحمات و مساعدت‌های عزیزان بسیاری میدانم که بی-تردید، بدون همکاری و پشتیبانی ایشان، امکان بثمر رسیدن مطلوب آن وجود نمی‌داشت. لذا بر خود لازم میدانم بدین وسیله زحماتشان را ارج نهاده و از همه آن‌ها صمیمانه قدردانی و تشکر نمایم.
- ❖ استاد راهنمای دلسوز و بزرگووارم، جناب آقای دکتر فردین موسیوند، که بی‌شک راهنمایی‌های ارزنده، دانش و دلسوزی‌های ایشان سبب به انجام رسیدن این تحقیق شده‌است و این حقیر در این راه از دانش و راهنمایی‌های ایشان بهره بسیار برده‌ام استادی که در بسیاری از جنبه‌ها از جمله علمی، اخلاقی، معنوی و اجتماعی الگو و راهنما بودند.
- ❖ استاد مشاور بزرگووارم، جناب آقای دکتر حبیب الله قاسمی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ نمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند.
- ❖ جناب آقایان دکتر صادقیان، دکتر فردوست، دکتر علیپور و دکتر رضائی استادانی مهربان و دلسوز که صبورانه و دلسوزانه در انجام این تحقیق از راهنمایی‌های ارزشمند این بزرگواران بهره‌مند شده‌ام. همچنین از آقایان مهندس میرباقری مسئول آزمایشگاه اپتیک، مهندس محمدیان مسئول کارگاه مقطع، آقای آقای بخش حمل و نقل و خانم فارسی مسئول آموزشگاه، خانم سعیدی، آقای مهندس قوشه‌ای کارشناس دانشکده علوم و آقای آجدانی مسئول آبدارخانه در دانشکده علوم زمین جهت زحماتشان قدردانی و تشکر می‌نمایم.
- ❖ از جناب آقای مهندس قنواتی و مهندس ملک در شرکت محترم زمین کاوان زمان کمال تشکر و سپاسگزاری را دارم.
- ❖ دوستان عزیز و گرامی، آقایان ایمانی، نصراله نیا، عمیدی مهر، پاکیزه، صالحی، دهقانی تفتی، هابیلی، سرنخشی، ساورعلیا، علیزاده و سرکارخانم‌های مهندس شوقانی، پزشکی، آقای، مددی، مسکینی، نبی زاده، علیپور، آقاجانی، یحیی زاده، ظفرزاده، کاظمی، فتوت، اسماعیلی، 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.

**این پژوهش با همکاری شرکت محترم زمین کاوان زمان و سازمان توسعه و**

**نوسازی معدن و صنایع معدنی ایران انجام شده است.**

## تعهد نامه

اینجانب پوریا ولیخانی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی اقتصادی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه کانی شناسی، ژئوشیمی و الگوی پیدایش کانسارهای مس در منطقه رمشک، جنوب شرق کرمان 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 پژوهش های 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 بافت های 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

امضای دانشجو

### مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها 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.

## چکیده

کانه زایی مس در منطقه رمشک در جنوب شرق استان کرمان، در پهنه ساختاری مکران و در کمپلکس دگرگونی دورکان به سن کرتاسه رخ داده و کانسارهای متعدد از جمله تنکاشکو ۱ و ۲، سرسو، میمندر و کرماهو را شامل می‌شود. به‌طور عمده توالی آتشفشانی-رسوبی دگرگون شده دورکان از پایین به بالا شامل واحدهای سنگی زیراست: واحد ۱: گدازه‌های بازالتی بالشی، واحد ۲: متابازالت، آندزیت بازالت به همراه کالک‌شیست، کلریت‌شیست، متاپلیت و رادیولاریت (میزبان کانه زایی) همراه با زیر واحدهای سنگی شامل سنگ‌های آهک نازک لایه و ضخیم لایه‌ی توده‌ای است که این واحد خود از چهار زیر واحد تشکیل شده است، واحد ۳: توف‌های سبز دگرگون شده، واحد ۴: سنگ‌آهک ماسه‌ای. دگرگونی ناحیه‌ای در مجموعه دورکان در حد رخساره شیست سبز می‌باشد. به‌طور کلی ۲ افق کانه‌زایی در منطقه قابل تشخیص است: افق اول (OH-1): در داخل زیر واحد Kvs-1 در واحد دوم توالی میزبان رخ داده است و کانسار تنکاشکو ۲ را شامل می‌شود: افق دوم کانه زایی (OH-2): در داخل زیر واحد Kvs-2 از واحد دوم توالی میزبان تشکیل شده است و کانسارهای تنکاشکو ۱، سرسو، میمندر، و کرماهو را شامل می‌شود. بافت و ساخت عمده ماده معدنی شامل توده-ای، برشی، رگه-رگچه‌ای و دانه پراکنده می‌باشد. بر اساس مطالعات کانی‌شناسی، ساخت و بافت و نوع ارتباط ماده معدنی با سنگ میزبان، می‌توان ۳ رخساره کانسنگی در کان‌زایی‌های مس رمشک تشخیص داد، که از پایین به بالا عبارتند از: (۱) رخساره رگه-رگچه‌ای یا پهنه استرینگر، این رخساره به‌صورت شبکه‌ای از رگه-رگچه‌های نامنظم کان‌دار که سنگ‌های کم‌پایین را قطع کرده است، (۲) رخساره مجموعه دهانه‌ای، این رخساره در میان رخساره‌های توده‌ای و استرینگر قرار دارد که در قسمت‌های نزدیک رخساره رگه-رگچه‌ای، به‌صورت خردشدگی و برشی شدن مشاهده می‌شود، (۳) رخساره سولفید توده‌ای: این رخساره به‌صورت پیکره‌های صفحه‌ای و چین‌سان، بالاتر از رخساره رگه-رگچه‌ای و مجموعه دهانه‌ای قرار گرفته است. این کانسارها از لحاظ کانی‌شناسی حاوی کانی‌های اولیه پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، مگنتیت، هماتیت (اسپیکولاریت) و تیتانیت و

کانی‌های ثانویه مالاکیت، کوولیت و اکسید- هیدروکسیدهای آهن بوده و کانی‌های باطله به‌طور عمده شامل کوارتز، کلسیت، کلریت، اپیدوت و باریت می‌باشد. مهم‌ترین دگرسانی‌ها شامل دگرسانی‌های کلریتی، سیلیسی-کربناتی، اپیدوتی و آرژیلیک می‌باشند. مطالعات ژئوشیمیایی بر روی سنگ میزبان کانه زایی، ماهیت تولئیتیک سنگ‌های ولکانیکی در منطقه را نشان می‌دهد. کانسارهای مس در منطقه رمشک از لحاظ جایگاه تکتونیکی در حوضه‌های کششی نزدیک کمان‌های آتشفشانی مرتبط با فرورانش حاشیه قاره تشکیل شده‌اند. بر اساس مطالعات ژئوشیمی بر روی کانسنگ، این کانسار غنی از مس و آهن می‌باشد و میزان روی و سرب در این کانسار، میزان پایین‌تری دارد. در این کانسار، آهن بیشترین مقدار را در رخساره مجموعه دهانه‌ای به میزان ۱۰ درصد وزنی دارا می‌باشد. همچنین بیشترین مقدار مس مربوط به رخساره استرینگر به میزان ۵/۸ درصد وزنی می‌رسد. بیشترین مقدار روی و سرب مربوط به بخش‌های زیرین رخساره کانسنگ توده‌ای به ترتیب برابر ۱۴۵۰ و ۴۵۰۰ ppm می‌باشد. بر اساس مطالعه میکروترمومتری میانبارهای سیال بر روی کوارتز از کانسار سرسو، میانبارها از نوع دوفازی مایع- بخار (L+V) و تک‌فازی غنی از مایع (L) بوده که دامنه تغییرات شوری را بین ۱ تا ۱۵ درصد وزنی معادل نمک طعام نشان می‌دهد و به‌طور غالب بیشترین فراوانی شوری شامل ۷-۴ درصد وزنی معادل نمک طعام می‌باشد و همچنین دمای همگن‌شدن نیز بین ۱۱۰ تا ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشند که بیشترین مقدار فراوانی را بین ۱۶۰ تا ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد. با توجه به ویژگی‌های اساسی کانه زایی در کانسار رمشک از جمله محیط تکتونیکی، توالی میزبان کانه زایی، رخساره‌های کانه‌دار، شکل هندسی ماده معدنی، کانی‌شناسی، ساخت و بافت ماده معدنی، محتوای فلزی، پهنه‌بندی فلزی و دگرسانی، کانه زایی مس در منطقه رمشک را می‌توان در رده کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد تیپ بشی (سیلیسی کلاستیک مافیک یا پلیتیک مافیک) طبقه‌بندی نمود.

واژگان کلیدی: کمپلکس دورکان، مس، سولفید توده‌ای آتشفشانزاد (VMS)، بشی، کرتاسه، رمشک.

## مقالات مستخرج از این پایان نامه:

- (۱) ولیخانی، پ.، موسیوند، ف.، قاسمی، ح.ا.، (۱۳۹۷)، " کانی شناسی، ساخت، بافت و کنترل کننده‌های کانه زایی در کانسار مس تنکاشکن، منطقه رمشک، جنوب شرق کرمان"، بیست و یکمین انجمن زمین شناسی ایران، قم، دانشگاه پیام نور
- (۲) ولیخانی، پ.، موسیوند، ف.، قاسمی، ح.ا.، (۱۳۹۸)، " کانسارهای مس منطقه رمشک؛ نمونه‌ای از کانه زایی سولفید توده‌ای نوع بشی در کمپلکس دگرگونی دورکان" سی و هشتمین گرد همایی ملی علوم زمین، تهران، سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور.

## فهرست مطالب

۱	فصل اول: کلیات
۱-۱	مقدمه
۲-۱	موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه
۳-۱	شرایط آب و هوایی و پوشش گیاهی منطقه
۴-۱	وضعیت معیشتی و فرهنگی
۵-۱	زمین‌ریخت‌شناسی
۶-۱	مطالعات انجام‌شده قبلی
۷-۱	طرح مسئله، اهمیت موضوع و هدف از مطالعه
۸-۱	روش مطالعه
۸-۱-۱	مطالعه منابع و گردآوری اطلاعات
۸-۱-۲	مطالعات صحرایی
۸-۱-۳	مطالعات آزمایشگاهی و دستگاهی
۸-۱-۴	مطالعات دفتری و تجزیه و تحلیل داده‌ها
۹-۱	رده‌بندی کانسارهای مس
۹-۱-۱	پرکامبرین پسین - کامبرین پیشین
۹-۱-۲	پالئوزوئیک
۹-۱-۳	ژوراسیک - کرتاسه
۹-۱-۴	کرتاسه - پالئوسن
۹-۱-۵	ترشیری
۱۰-۱	تیپ‌های کانیزایی مس در ایران
۱۵	فصل دوم: زمین‌شناسی ناحیه ای
۱۶-۲	مقدمه
۱۷-۲	ویژگی‌های ساختاری و تکتونیکی زون مکران
۱۹-۲	زمین‌شناسی زون مکران
۲۰-۲	واحدهای سنگی:
۳۱-۲	زمین‌شناسی اقتصادی منطقه مورد مطالعه
۳۳	فصل سوم: زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی منطقه معدنی
۳۴-۳	مقدمه:
۳۴-۳	چینه‌شناسی و سنگ‌شناسی منطقه
۳۵-۳	واحد اصلی ۱: (unit <sup>1</sup> )
۳۶-۳	واحد (Kb) ۱-۱-۲
۳۸-۳	واحد اصلی ۲: (unit <sup>2</sup> )
۳۹-۳	زیر واحد Kvs-1 ۱-۲-۲
۴۱-۳	زیر واحد K12 ۲-۲-۲

۴۲	-----	Kvs-2	زیر واحد
۴۷	-----	K13	زیر واحد
۴۹	-----	(unit <sup>3</sup> )	واحد اصلی ۳:
۴۹	-----	(unit <sup>4</sup> )	واحد اصلی ۴:
۵۱	-----		توده ترونجمیتی:
۵۱	-----		مجموعه دیابازی:
۵۲	-----		زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک منطقه
۵۵	-----		فصل چهارم: کانه زایی و دگرسانی
۵۶	-----		۱-۴ مقدمه
۵۶	-----		۲-۴ رخدادهای کانه زایی در ناحیه رمشک (جنوب شرق کرمان)
۵۹	-----		۱-۲-۴ ویژگی های کانه زایی مس در پهنه تنکاشکو:
۶۳	-----		۲-۲-۴ ویژگی های کانه زایی مس در پهنه سرسو:
۶۷	-----		۳-۲-۴ ویژگی های کانه زایی مس در پهنه میمندر:
۷۰	-----		۴-۲-۴ ویژگی های کانه زایی مس در پهنه کرماهو:
۷۲	-----		۳-۴ شکل هندسی ماده معدنی
۷۲	-----		۴-۴ رخساره های کانه دار کانسنگی
۷۵	-----		۱-۴-۴ رخساره رگه- رگچه ای (Stringer zone)
۷۶	-----		۲-۴-۴ رخساره مجموعه دهانه ای (Vent complex)
۷۸	-----		۳-۴-۴ رخساره توده ای نیمه توده ای (Massive)
۷۹	-----		۵-۴ دگرسانی در کانسارهای مس رمشک
۸۰	-----		۱-۵-۴ عوامل مؤثر بر دگرسانی
۸۱	-----		۲-۵-۴ دگرسانی کلریتی
۸۱	-----		۳-۵-۴ دگرسانی اپیدوتی
۸۴	-----		۵-۵-۴ دگرسانی آرژیلیک
۸۴	-----		۶-۵-۴ دگرسانی اکسید آهنی :
۸۵	-----		۶-۴ پهنه بندی دگرسانی و ارتباط آن با رخساره های کانه دار
۹۱	-----		فصل پنجم: ساخت، بافت، کانی شناسی و توالی پاراژنز کانه ها
۹۲	-----		۱-۵ مقدمه
۹۲	-----		۲-۵ ساخت و بافت کانی های سولفیدی در کانسار مس رمشک
۹۲	-----		۱-۲-۵ ساخت و بافت رگه- رگچه ای
۹۳	-----		۲-۲-۵ ساخت و بافت برشی
۹۴	-----		۳-۲-۵ ساخت و بافت توده ای :
۹۵	-----		۴-۲-۵ ساخت و بافت دانه پراکنده
۹۶	-----		۵-۲-۵ بافت جانشینی
۹۷	-----		۶-۲-۵ بافت های کلوفرمی
۹۸	-----		۷-۲-۵ بافت تیغه ای:
۹۹	-----		۳-۵ کانی شناسی
۹۹	-----		۱-۳-۵ کانی های اولیه

۹۹	-----	۵-۳-۱-۱- پیریت
۱۰۱	-----	۵-۳-۱-۲- کالکوپیریت
۱۰۲	-----	۵-۳-۱-۳- اسفالریت
۱۰۲	-----	۵-۳-۱-۴- مگنتیت
۱۰۳	-----	۵-۳-۱-۵- هماتیت:
۱۰۳	-----	۵-۳-۱-۶- تیتانیت:
۱۰۴	-----	۵-۳-۲- کانی های ثانویه
۱۰۴	-----	۵-۳-۲-۱- مالاکیت
۱۰۴	-----	۵-۳-۲-۲- کوولیت
۱۰۵	-----	۵-۳-۳- کانی های باطله
۱۰۵	-----	۵-۳-۳-۱- کوارتز
۱۰۵	-----	۵-۳-۳-۲- کلسیت
۱۰۶	-----	۵-۳-۳-۳- باریت
۱۰۷	-----	۵-۳-۳-۴- کلریت و اپیدوت
۱۰۷	-----	۵-۳-۴- توالی پاراژنز کانی ها
۱۰۷	-----	۵-۳-۴-۱- مرحله ۱: کانه زایی و دیاژنز
۱۰۹	-----	۵-۳-۴-۲- مرحله ۲: پس از کانه زایی (هوازدگی و برونزاد)
۱۱۱	-----	فصل ششم: مطالعات ژئوشیمیایی
۱۱۲	-----	۶-۱- مقدمه
۱۱۲	-----	۶-۲- نمونه برداری و آنالیز نمونه ها
۱۱۳	-----	۶-۳- ژئوشیمی سنگهای آذرین
۱۱۴	-----	۶-۳-۱- تعیین سری ماگمایی و طبقه بندی سنگ های آتشفشانی
۱۱۵	-----	۶-۳-۲- طبقه بندی و تعیین ترکیب شیمیایی سنگ های آذرین نفوذی نیمه عمیق
۱۱۶	-----	۶-۳-۳- تعیین سری ماگمایی و طبقه بندی سنگ های نفوذی نیمه عمیق در کانسار رمشک
۱۱۷	-----	۶-۴- تعیین محیط تکتونیکی
۱۱۸	-----	۶-۵- ژئوشیمی عناصر نادر خاکی
۱۲۰	-----	۶-۵-۱- الگوی REE در سنگ های آذرین دگرگون شده توالی میزبان
۱۲۱	-----	۶-۵-۲- الگوی عناصر کمیاب و نادر خاکی در ماده معدنی کانسار مس رمشک
۱۲۲	-----	۶-۶- ژئوشیمی زیر افق های کانه دار کانسار رمشک
۱۲۵	-----	۶-۷- میزان پراکندگی و ضریب همبستگی عناصر
۱۲۹	-----	فصل هفتم: مطالعات میانبارهای سیال
۱۳۰	-----	۷-۱- مقدمه
۱۳۰	-----	۷-۲- روش انجام مطالعه
۱۳۱	-----	۷-۳- پتروگرافی سیالات درگیر
۱۳۳	-----	۷-۳-۱- اندازه و شکل ظاهری سیالات درگیر
۱۳۳	-----	۷-۳-۲- طبقه بندی و پاراژنز سیالات درگیر
۱۳۵	-----	۷-۴- مطالعات دماسنجی سیالات درگیر
۱۳۵	-----	۷-۴-۱- سرمایش



۱۳۶	----- گرمایش	۲-۴-۷
۱۳۶	----- تعیین دما و شوری سیال درگیر در کانسار رمشک	۵-۷
۱۳۹	----- چگالی سیال	۶-۷
۱۳۹	----- تعیین فشار حاکم در زمان تشکیل کانسنگ	۷-۷
۱۴۱	----- تعیین فرآیندهای متفاوت ایجادسیال براساس شوری در برابر همگن شدن	۸-۷
۱۴۳	----- فصل هشتم: نتیجه گیری، الگوی تشکیل، تیپ کانه زایی و پیشنهادات اکتشافی	
۱۴۴	----- مقدمه	۱-۸
۱۴۴	----- مختصری از شواهد مشاهده شده در کانسار مس رمشک	۲-۸
۱۴۴	----- سنگ میزبان و همراه	۱-۲-۸
۱۴۴	----- شکل هندسی ماده معدنی	۲-۲-۸
۱۴۵	----- رخساره های کانه دار	۳-۲-۸
۱۴۵	----- کانی شناسی	۴-۲-۸
۱۴۶	----- ساخت و بافت و منطقه بندی آنها	۵-۲-۸
۱۴۶	----- دگرسانی و منطقه بندی آنها	۶-۲-۸
۱۴۷	----- جایگاه تکتونیکی	۷-۲-۸
۱۴۸	----- نتایج ژئوشیمی و سیال درگیر	۸-۲-۸
۱۵۱	----- الگوی تشکیل کانسارهای مس رمشک	۳-۸
۱۵۲	----- مرحله ۱: کانه زایی و دیاژنز	۱-۳-۸
۱۵۴	----- مرحله ۲: پس از کانه زایی (هوازدگی و برونزاد)	۲-۳-۸
۱۵۴	----- شرایط فیزیکوشیمیایی تشکیل کانسار سولفید توده های آتشفشانزاد رمشک	۴-۸
۱۵۴	----- منشأ فلزات	۱-۴-۸
۱۵۵	----- منشأ سیالات	۲-۴-۸
۱۵۵	----- شیوه تشکیل و جایگیری کانسارهای مس منطقه رمشک:	۵-۸
۱۵۷	----- کانسارهای سولفید توده ای آتشفشانزاد	۶-۸
۱۵۸	----- تقسیم بندی کانسارهای سولفید توده های آتشفشانزاد	۷-۸
۱۶۰	----- تیپ کانه زایی کانسار مس رمشک	۸-۸
۱۶۴	----- بازسازی حوضه کمپلکس دورکان و جایگاه کانسار مس رمشک در آن	۹-۸
۱۶۶	----- توزیع زمانی و مکانی کانسارهای تیپ سولفید توده های آتشفشانزاد در ایران	۱۰-۸
۱۶۷	----- پیشنهادات اکتشافی	۱۱-۸
۱۶۸	----- منابع	

## فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱: موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به محدوده معدنی رمشک. ----- ۳
- شکل ۱-۲: نمایی از منازل مسکونی در شهر رمشک. ----- ۴
- شکل ۱-۳: نمایی از توپوگرافی منطقه (دید به سمت جنوب). ----- ۵
- شکل ۱-۴: سرباره ذوب قدیمی در محدوده معدنی رمشک که نشان از کارهای شدادی قدیمی در این منطقه می‌باشد. ----- ۷
- شکل ۱-۲: موقعیت جغرافیایی زون مکران در نقشه زمین شناسی ساختاری ایران (نوگل سادات ۱۳۷۲). ----- ۱۸
- شکل ۲-۲: نمایش واحدهای ساختاری و تاریخچه دگر شکلی در مجموعه افزایش مکران ----- ۱۹
- شکل ۲-۳: مدل بازسازی ژئودینامیکی دو بعدی از نئوتتیس جنوبی - بلوک لوت و بخشی از صفحه عربی ----- ۲۶
- شکل ۲-۴: مقطع عرضی از منطقه فعال فرورانش در زون مکران (ACM: حاشیه فعال قاره، CM: کالرد ملانچ، B.D: خرد قاره باجگان\_دورکان، EF: فلیش های ائوسن، F.B: رسوبات حاشیه غیر فعال، L\_Z: فروافتادگی جازموریان، OMF: فلیش های الیگومیوسن، M.B: کمربند دگرگونی، Oph: باقی مانده های افیولیت، MPNS: رسوبات مولاس و کم عمق میوسن\_یلیوسن) ----- ۲۷
- شکل ۲-۵: واحدهای ساختاری در محدوده مکران ----- ۲۷
- شکل ۲-۶: نمایی از واحدهای ترونجمیتی و گابرویی در کمپلکس رمشک (دید به سمت غرب). ----- ۲۸
- شکل ۲-۷: تصویر ماهواره ای از مرز گسلی کمپلکس رمشک و کمپلکس دورکان و واحدهای ترونجمیتی دیابازی - گابرویی. ----- ۲۹
- شکل ۲-۸: موقعیت کمپلکس های منطقه مکران که در نقشه ساده شده برگرفته از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ----- ۱
- رمشک رخنمون دارند ----- ۳۰
- شکل ۲-۹: موقعیت کانسارهای مس رمشک در نقشه زمین شناسی منطقه برگرفته از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ رمشک ----- ۳۱
- شکل ۲-۱۰: نمایی از پهنه معدنی مس تنکاشکن در محدوده رمشک. ----- ۳۲
- شکل ۳-۱: نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰۰ از واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه و نمایی از تاقدیسی با روند شمال شرقی - جنوب غربی واقع در کمپلکس دورکان که موقعیت پهنه‌های معنی تنکاشکو، سرسو، میمندر و کرماهو روی آن مشخص شده است. ----- ۳۵
- شکل ۳-۲: ستون چینه‌شناسی عمومی از واحدهای سنگی کرتاسه در منطقه مورد مطالعه در جنوب شرق کرمان. ----- ۳۶
- شکل ۳-۳ (الف): تصویر صحرایی از واحد متابازالتی رخنمون یافته در منطقه مورد مطالعه، (ب) تصویر نمونه دستی سنگ متابازالت، (پ) تصویر میکروسکوپی از واحد متابازالتی. ----- ۳۷
- شکل ۳-۴ (الف): نمای نزدیک از متابازالت‌های برشی شده در منطقه مورد مطالعه، (ب) تصویر میکروسکوپی از متابازالت و بلورهای الیون در آن (پ) تصویر میکروسکوپی از متابازالت و بلورهای پیروکسن. ----- ۳۸
- شکل ۳-۵ (الف): تصویر صحرایی از زیر واحد Kvs-1 در منطقه مورد مطالعه، (ب) نمایی نزدیک از زیر واحد Kvs-1 در منطقه مورد مطالعه (پ) تصویر میکروسکوپی از زیر واحد Kvs-1. ----- ۴۰
- شکل ۳-۶: تصویر صحرایی رادیولاریت زیر واحد Kvs-1 در منطقه مورد مطالعه، (ب) تصویر نمونه دستی از سنگ رادیولاریت در واحد Kvs-1 در منطقه مورد مطالعه (پ) تصویر میکروسکوپی از رادیولاریت منطقه که دارای فسیل‌های رادیولاریا می‌باشد. ----- ۴۱

- شکل ۳-۷- الف) تصویر صحرایی از زیر واحد K12 در منطقه مورد مطالعه، ب) تصویر نمونه دستی از آهک‌های متورق در زیر واحد K12 در منطقه مورد مطالعه، پ) تصویر میکروسکوپی از آهک‌های متورق در منطقه که دارای لایه‌بندی میباشد. -----۴۲
- شکل ۳-۸- الف) تصویر صحرایی از متابازالت‌های دگرسان شده زیر واحد Kvs-2 در منطقه مورد مطالعه، ب) تصویر نمونه دستی از متابازالت‌های دگرسان شده زیر واحد Kvs-2 در منطقه مورد مطالعه، پ) تصویر میکروسکوپی از بازالت‌های منطقه. -----۴۳
- شکل ۳-۹- الف) تصویر مغزه حفاری از سنگهای رادیولاریت، کلریت‌شایست و متاپلیت در زیر واحد Kcphr-2 که میزبان کانه زایی در کانسار رمشک است، ب) تصویر مغزه حفاری از متابازالت‌های دگرسان شده کم‌پایین ماده معدنی در زیر واحد kcpfr-2 در کانسار رمشک. -----۴۴
- شکل ۳-۱۰- الف) تصویر صحرایی از شایست‌ها و متاپلیت‌هایی زیر واحد Kvs-2 در منطقه مورد مطالعه، ب) نمای نزدیک از کالکشیست‌ها در زیر واحد Kvs-2 در منطقه مورد مطالعه، پ) تصویر میکروسکوپی از شایست‌ها که نمایی از دو فاز شایستوزیته (S1 و S2) را نشان میدهد. -----۴۶
- شکل ۳-۱۱- الف) تصویر صحرایی از ژاسپلیت‌های زیر واحد Kvs-2 در منطقه مورد مطالعه، ب) تصویر نمونه دستی از ژاسپلیت‌های زیر واحد Kvs-2 در منطقه مورد مطالعه، پ) تصویر میکروسکوپی از ژاسپلیت‌های زیر واحد Kvs-2. -----۴۷
- شکل ۳-۱۲- الف) تصویر صحرایی از آهک‌های زیر واحد K13 در منطقه مورد مطالعه، ب) تصویر نمونه دستی از آهک‌های زیر واحد K13 در منطقه مورد مطالعه، پ) تصویر میکروسکوپی آهک‌های زیر واحد K13. -----۴۸
- شکل ۳-۱۳- نمایی از نیم‌رخ واحدهای سنگی K13، Kvs-2 و K12 در پهنه معدنی سرسو در کانسار رمشک. -----۴۸
- شکل ۳-۱۴- الف) تصویر صحرایی از واحد توفی سبزرنگ در منطقه مورد مطالعه، ب) تصویر نمونه دستی از توفهای سبز اپیدوتی شده در منطقه مورد مطالعه. -----۴۹
- شکل ۳-۱۵- الف) تصویر صحرایی از آهک ماسه‌ای، واحد K14 در منطقه مورد مطالعه، ب) تصویر نمونه دستی از آهک ماسه‌ای، واحد K14 در منطقه مورد مطالعه. -----۵۰
- شکل ۳-۱۶- تغییرات ضخامت در ستون چینه‌شناسی واحدهای سنگی منطقه رمشک جنوب شرق کرمان. -----۵۱
- شکل ۳-۱۷- الف) تصویر صحرایی از مرز واحدهای ترونجمیتی و گابرویی در کمپلکس رمشک، ب) نمای نزدیک از ترونجمیت‌های کمپلکس رمشک همراه با دگرسانی اپیدوتی در آن، پ) نمایی نزدیک از گابروهای کمپلکس رمشک. -----۵۲
- شکل ۴-۱- نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰۰ از واحدهای سنگی میزبان کانه زایی در منطقه مورد مطالعه و نمایی از تاکدیدیسی با روند شمال شرقی \_ جنوب غربی واقع در کمپلکس دورکان که موقعیت پهنه‌های معنی تنکاشکو، سرسو، میمندر و کرماهو روی آن مشخص شده است. -----۵۷
- شکل ۴-۲- توالی چینه‌شناسی عمومی از واحدهای سنگی میزبان کانه زایی در منطقه مورد مطالعه. کانه زایی مس در دو افق تشکیل شده است. -----۵۹
- شکل ۴-۳- نقشه زمین‌شناسی پهنه معدنی تنکاشکو در مقیاس ۱:۱۰۰۰ و موقعیت گمانه‌های حفاری شده. -----۶۰
- شکل ۴-۴- مقطع عرضی از واحدهای سنگی پهنه معدنی تنکاشکو ۱ و ۲ و موقعیت افق‌های کانه دار مس در این پهنه. -----۶۱
- شکل ۴-۵- نمایی از افق اول کانه زایی (OH-1) در پهنه معدنی تنکاشکو ۲ و افق دوم کانه زایی (OH-2) در پهنه معدنی تنکاشکو ۱. -----۶۲
- شکل ۴-۶- نمایی از افق‌های اول و دوم کانه زایی (OH-1) و (OH-2) در پهنه معدنی تنکاشکو. -----۶۳
- شکل ۴-۷- مقطع عرضی از واحدهای سنگی پهنه معدنی سرسو و موقعیت افق‌های کانه دار مس در این پهنه. ---۶۴

شکل ۴-۸- نقشه زمین شناسی پهنه معدنی سرسو در مقیاس ۱:۱۰۰۰ و موقعیت گمانه‌های حفاری شده. -----۶۵

شکل ۴-۹-نمایی از زیرافق ۱ کانه زایی (OH-2-A) در پهنه معدنی سرسو.-----۶۶

شکل ۴-۱۰-نمایی از کانی سازی اکسیدی مس در زیر افق ۲ کانه زایی (OH-2-B) در پهنه معدنی سرسو. -----۶۶

شکل ۴-۱۱-مقطع عرضی از واحدهای سنگی پهنه معدنی میمندر و موقعیت افق های کانه‌دار مس در این پهنه. -۶۷

شکل ۴-۱۲- نقشه زمین شناسی پهنه معدنی میمندر در مقیاس ۱:۱۰۰۰ و موقعیت گمانه‌های حفاری شده. ----۶۸

شکل ۴-۱۳-نمایی از زیرافق های ۱، ۲، ۳ و ۴ کانه زایی (OH-2-A)، (OH-2-B)، (OH-2-C) و (OH-2-D) در پهنه معدنی سرسو. -----۶۹

شکل ۴-۱۴-نمایی از افق سیلیسی سولفید دار در پهنه معدنی میمندر.-----۷۰

شکل ۴-۱۵- نقشه زمین شناسی پهنه معدنی کرماهو در مقیاس ۱:۱۰۰۰ و موقعیت افق کانه زایی در آن. -----۷۱

شکل ۴-۱۶-نمایی از زون گوسانی مس در افق ۲ کانه زایی (OH-2) در پهنه معدنی سرسو. -----۷۲

شکل ۴-۱۷- موقعیت رخساره‌های کانه‌دار در مغزه‌های حفاری مطالعه شده در پهنه‌های مختلف کانسار مس رمشک. -----۷۴

شکل ۴-۱۸-نمایی از رخساره های استرینگر، مجموعه دهانه‌های و رخساره توده‌های، الف)رخساره توده‌ای، ب) رخساره مجموعه دهانه‌ای، پ)رخساره استرینگر. -----۷۴

شکل ۴-۱۹- الف و ب) نمائی از رخساره رگه- رگچه‌ای (Stringer zone) در مغزه حفاری حفاری که رگه- رگچه‌های سیلیسی (Qz)- باریتی (Ba) و سولفیدی (S) سنگ میزبان را در جهات مختلف قطع کرده‌است، پ و ت)، تصویر میکروسکوپی از رخساره رگه- رگچه‌ای که کانی‌های Py1، Py2، Cpy2، Mag، Sp2 و کانی ثانویه Cv قابل مشاهده است. -----۷۶

شکل ۴-۲۰- الف) نمائی از رخساره مجموعه دهانه‌های در مغزه حفاری که دارای بافت برشی بوده و نفوذ فاز غنی از مگنتیت را در رخساره توده‌ای نشان می‌دهد، ب) مغزه حفاری از رخساره مجموعه دهانه‌های (Vent complex) که نفوذ فاز غنی از مگنتیت را در رخساره توده‌ای نشان میدهد، پ)، تصویر میکروسکوپی از رخساره مجموعه دهانه‌های که کانی‌های Py1، Py2، Cpy2، Mag و Olg قابل مشاهده‌است، ت) تصویر میکروسکوپی از بخش برشی و رگه\_ رگچه‌ای رخساره مجموعه دهانه‌های که کانی های Py2، Cpy2، Mag قابل مشاهده است.-----۷۷

شکل ۴-۲۱- الف) نمائی از رخساره توده‌های (Massive) در مغزه حفاری که دارای بافت توده‌ای میباشد. ، ب) مغزه حفاری از رخساره توده‌های که دارای مرز مشخص از تشکیل این رخساره در میزبان رادیولاریتی و کلریت‌شیست زیر واحد Kcphr-را نشان میدهد، پ)، تصویر میکروسکوپی از رخساره توده‌های که کانی‌های Py1، Py2، Py3، Ccp1، Ccp2، Sp1، Sp2 قابل مشاهده‌است، ت) تصویر میکروسکوپی از رخساره توده‌ای که کانی های Cpy2 به صورت ادخال در Sp2 قابل مشاهده است. -----۷۹

شکل ۴-۲۲- الف) نمایی از دگرسانی کلریتی در کانسار رمشک که در بازالت های کم‌پایین افق‌های کانه زایی قرار دارند، ب) نمایی از دگرسانی اپیدوتی که در متابازالت های منطقه همراه با دگرسانی کلریتی قابل مشاهده است، پ) تصویر -----۸۲

شکل ۴-۲۳-نمایی از دگرسانی کلریتی واپیدوتی در کم‌پایین افق کانه زایی در مغزه‌های حفاری در کانسار رمشک. -----۸۲

شکل ۴-۲۴- الف) نمایی از دگرسانی سیلیسی\_ کربناتی در متابازالت‌های کانسار رمشک، ب) تصویر میکروسکوپی از رگه\_ رگچه های سیلیسی\_ کربناتی در سنگ های دگرسان شده در نور عادی، پ) تصویر میکروسکوپی از رگه\_ رگچه های سیلیسی\_ کربناتی در سنگ های دگرسان شده در نور XPL. -----۸۳

شکل ۴-۲۵-نمایی از گسترش دگرسانی آرژلیک و اکسیدآهنی در کانسار مس رمشک. -----۸۵

شکل ۴-۲۶- موقعیت نمونه های سنگی از رخساره ها و دگرسانی ها در گمانه های حفاری که بر روی تصویر شماتیک کلی از پهنه بندی دگرسانی و رخساره های مختلف در کانسار مس رمشک آورده شده است. -----۸۶

شکل ۴-۲۷- نمودار پراش پرتو ایکس به همراه کانی های تشخیص داده شده برای نمونه T1BH11-39.50. -----۸۷

شکل ۴-۲۸- نمودار پراش پرتو ایکس به همراه کانی های تشخیص داده شده برای نمونه T1BH11-45.20. -----۸۷

شکل ۴-۲۹- نمودار پراش پرتو ایکس به همراه کانی های تشخیص داده شده برای نمونه T1BH11-61. -----۸۸

شکل ۴-۳۰- نمودار پراش پرتو ایکس به همراه کانی های تشخیص داده شده برای نمونه T1BH11-64.30. -----۸۸

شکل ۴-۳۱- نمودار پراش پرتو ایکس به همراه کانی های تشخیص داده شده برای نمونه MBH11-30.50. -----۸۹

شکل ۵-۱- تصاویری از ساخت و بافت رگه- رگچه ای در پهنه استرینگر، الف) نمائی از رخساره استرینگر در مغزه ( سنگ میزبان را در جهت مختلف قطع کرده S) و سولفیدی (Brt) -) باریتی Qz حفاری که رگه- رگچه های سیلیسی) که دارای بافت رگه\_ رگچه ای سولفیدی Stringer zone (است، ب) نمایی نزدیک از کانسنگ رخساره رگه- رگچه ای Py2 در سنگ میزبان متاپلیت و کلریت شایسته میباشد، پ) تصویر میکروسکوپی از همراهی کانی های Ccp) و (Py2) 93 ----- در رخساره استرینگر. Mag و Cpy2.

شکل ۲-۲- تصاویری از ساخت و بافت برشی، الف) مغزه حفاری از ساخت برشی که حاوی قطعات سنگ میزبان متاپلیت و کلریت شایسته در زمینهای از کانی های سولفیدی میباشد، ب) تصویر میکروسکوپی از بافت برشی که اغلب سولفیدهای زمینه رو (Py2) تشکیل میدهد. -----۹۴

شکل ۵-۳- تصاویری از ساخت و بافت توده ای در رخساره کانسنگ توده ای، الف) مغزه حفاری از رخساره توده ای که اغلب دارای ساخت توده ای میباشد، ب) تصویری از مغزه حفاری از رخساره توده ای که دچار خردشدگی به علت مقاومت در برابر دگرشکلی، پ) تصویر میکروسکوپی از بافت توده ای که سولفیدهای زمینه رو Py1، Ccp1 و Sp1 قابل تشکیل میدهد. -----۹۵

شکل ۵-۴- الف) مغزه حفاری از کمربند ماده معدنی که حاوی سولفیدهای دانه پراکنده میباشد، ب) تصویر میکروسکوپی از کلریت شایسته های کمربند ماده معدنی که دارای سولفیدهای دانه پراکنده (Py1) در متن سنگ میباشد. -----۹۶

شکل ۵-۵- تصاویر میکروسکوپی از بافت جانیشینی حاشیهای، الف) تبدیل شدن کالکوپیریت از اطراف به کولیت (CV)، ب) جانیشینی کالکوپیریت (Ccp2) به جای پیریت (Py1)، پ) تبدیل شدن اسفالریت (Sp2) به کولیت (CV). -----۹۷

شکل ۵-۶- الف) تصاویر میکروسکوپی از بافت های کلوفرمی در پیریت های نسل اول (Py1) در رخساره کانسنگ توده ای، ب) تصاویر میکروسکوپی از بافت چشم پرندهای و کروی (اسفریکال) در پیریت های نسل اول (Py1) در رخساره کانسنگ توده ای. -----۹۸

شکل ۵-۷- الف) تصاویر میکروسکوپی بافت تیغهای از جنس مگنتیت (Mag) و اولیژیست (Olg) در رخساره مجموعه دهانه ای، ب) تصاویر میکروسکوپی از بافت دسته جارویی از جنس مگنتیت (Mag) و اولیژیست (Olg) در رخساره مجموعه دهانه ای. -----۹۹

شکل ۵-۸- تصاویر میکروسکوپی از بافت های مختلف پیریت در رخساره های مختلف، الف) بافت شکل دار، ب) بافت کاناکلاستیک، پ) بافت پویکلیتیک که از احاطه شدن مگنتیت توسط پیریت های نسل دوم (Py2) تشکیل میشود. ۱۰۱

شکل ۵-۹- الف و ب) تصویر میکروسکوپی از رخساره تغذیه کننده که کانیها Py1، Py2، Ccp2 و Sp2 قابل مشاهده است. -----۱۰۲

شکل ۵-۱۰- الف) تصاویر میکروسکوپی از کانی های مگنتیت (Mag) و اولیژیست (Olg) در رخساره مجموعه دهانه ای، ب) تصاویر میکروسکوپی از کانی تیتانیت (Ttn) در رخساره مجموعه دهانه ای. -----۱۰۳

- شکل ۵-۱۱-الف) تصاویر میکروسکوپی از کانی کولیت (CV) که جانشین کالکوپیریت شده‌است، (ب) تصویر میکروسکوپی مالاکیت (Mic) ناشی از اکسیداسیون سولفیدها. ----- ۱۰۵
- شکل ۵-۱۲-تصاویر میکروسکوپی از کانی‌های باطله کوارتز، کلسیت و باریت در رخساره‌های مختلف، الف) کانی کوارتز سایه فشاری در رخساره کانسنگ توده‌ای، ب) رگه-رگچه‌های کلسیت و کوارتز در پهنه استرینگر، پ) رگه-رگچه‌های کوارتز و باریت در پهنه استرینگر. ----- ۱۰۶
- شکل ۶-۱- موقعیت سنگ‌های آتش‌فشانی منطقه در نمودار TAS (Le Bas et al., 1986) ----- ۱۱۵
- شکل ۶-۲- موقعیت سنگ‌های نفوذی نیمه عمیق کانسار رمشک در نمودار  $Na_2O + K_2O$  در برابر  $SiO_2$  از (Cox et al., 1997) ----- ۱۱۶
- شکل ۶-۳-الف) وب موقعیت سنگ‌های نفوذی نیمه عمیق کانسار رمشک در نمودارهای AFM و  $SiO_2$  در برابر  $FeO/MgO$  که نشان‌دهنده ماهیت تولییتی این سنگ‌ها می‌باشد. ----- ۱۱۷
- شکل ۶-۴-الف) ب، پ نمودار سه‌تایی  $Hf/3 - Th - Nb/16$ ،  $Hf/3 - Th - Nb/16$ ،  $Hf/3 - Th - Ta$  از wood (۱۹۸۰) ----- ۱۱۸
- همه نمونه‌ها در محدوده بازالت‌های تولییتی جزایر قوسی (LAT) و بازالت‌های کالکآلکان (CAB) قرار می‌گیرند. ----- ۱۱۸
- شکل ۶-۵- نمودار عناصر فرعی و کمیاب در سنگ‌های آتش‌فشانی و دگرگون کانسار رمشک که به کندریت نرمالایز شده (Thompson, 1982). ----- ۱۲۰
- شکل ۶-۶- نمودار عناصر کمیاب و نادر خاکی در مواد معدنی سولفیدی کانسار رمشک که به کندریت (Thompson, 1982) نرمالیزه شده‌اند. ----- ۱۲۱
- شکل ۶-۷- نمودارهای هیستوگرام عناصر مختلف برای رخساره‌های کانسار مس رمشک. ----- ۱۲۳
- شکل ۶-۸- میزان تغییرات عناصر نسبت به عمق در گمانه T1BH-11 ----- ۱۲۴
- شکل ۷-۱- تصویری از دستگاه میانبارهای سیال و اجزای آن ----- ۱۳۱
- شکل ۷-۲-الف) تصویر از بخش‌های سلیسی-سولفیدی همراه با آغشتگی اکسیدهای مس، ب) نمایی از استرینگر سلیسی-سولفیدی، پ) تصویری از رگه-رگچه‌های پهنه استرینگر سلیسی-کلسیتی-باریتی همراه با سولفیدهای نظیر پیریت و کالکوپیریت ----- ۱۳۲
- شکل ۷-۳-الف) تصویری از سیالات درگیر ثانویه، ب) تصویری از سیالات درگیر دوفازی (L+V)، پ) تصویری از سیالات درگیر دوفازی (L+V) متشکل از فاز گاز (V) و مایع آبگین (L)، ت) سیالات درگیر تک فاز مایع (L) ----- ۱۳۵
- شکل ۷-۴- نمودار توزیع فراوانی دمای همگن شدن در کانسار مس رمشک. ----- ۱۳۷
- شکل ۷-۵- نمودار میزان شوری در میانبارهای سیال در کانسار مس رمشک. ----- ۱۳۸
- شکل ۷-۶- نمودار درجه شوری در برابر دمای همگن شدن سیالات درگیر دوفازی کانسار مس رمشک. ----- ۱۳۸
- شکل ۷-۷- نمودار دمای همگن شده در برابر شوری و تعیین چگالی سیال در نمونه‌های مورد مطالعه ----- ۱۳۹
- شکل ۷-۸- تعیین فشار بخار محلول بر اساس دمای همگن شدن و میزان شوری ----- ۱۴۰
- شکل ۷-۹- نمودار تعیین عمق بر حسب دمای همگن شدن در کانسار رمشک، بر اساس نمودار ارائه شده برای سیالات درگیر (Cunnigham, 1978; Bischoff and Pitzer, 1985 and Luders et al., 2001). ----- ۱۴۱
- شکل ۷-۱۰- نمودار شوری در برابر دمای همگن شدن که فرآیند‌های متفاوت ایجاد سیالات را نشان می‌دهد ----- ۱۴۲
- شکل ۸-۱- بازسازی مدل تکتونیکی دورکان و فرروانش نئوتیس به زیر پوسته قاره ای ایران برگرفته از مدل ژئودینامیکی (Sheikholeslami et al., 2008)، (Mousivand et al., 2011) و (Saccani., 2018) ----- ۱۴۸
- شکل ۸-۲- محل قرارگیری سیالات درگیر کانسار رمشک در نمودار درجه همگن‌سازی در مقابل شوری کانسارهای مختلف (Wilkinson, 2001) در محدوده کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد. ----- ۱۵۰
- شکل ۸-۳- نمودار تعیین تیپ کانه زایی بر اساس شوری و دمای همگن شدن (Sanchez-Espana et al, 2000) در کانسار رمشک، نمونه‌ها در محدوده کانسار سولفید توده‌ای آتشفشانزاد (VHMS) قرار می‌گیرند. ----- ۱۵۰

شکل ۸-۴ مدل شماتیک از ویژگی‌های اصلی مدل‌های متفاوت کانهای VMS همراه با تغییرات برگرفته از (Tornos et al., 2016): مدل تپهای و دودکشهای سیاه در محیط اکسیدان (I) ، مدل استخر شورابه ای (II)، مدل تپهای و چینه سان سولفیدی در محیط منطقه غیراکسیدان (III)، مدل جانیشینی در زیر کف دریا(IV)----- ۱۵۷  
شکل ۸-۵- ستون چینه‌شناسی تپ‌های مختلف کانسارهای سولفید تودهای آتشفشانزاد برمبنای Franklin et al.,  
----- ۱۵۹  
شکل ۸-۶- موقعیت نمونه های سنگی مربوط به افق های کانہ زایی کانسار رمشک در یک سامانه سولفید تودهای آتشفشانزاد تپ سیلیسی کلاستیک مافیک. بر اساس تقسیم بندی ذخایر VMS از ----- ۱۶۱  
شکل ۸-۷- بازسازی در منطقه کمپلکس دورکان و جایگاه کانسارهای سولفید تودهای آتشفشانزاد مس رمشک در آن،(بدون مقیاس). ----- ۱۶۵  
شکل ۸-۸- موقعیت نهشته‌های شناخته‌شده VMS ایران در نقشه پهنه‌های ساختاری مختلف ----- ۱۶۷

## فهرست جداول

- جدول ۴-۱- مشخصات گمانه‌های حفرشده در منطقه رمشک ----- ۷۳
- جدول ۴-۲- مشخصات و نتایج نمونه های آنالیزشده به روش XRD از کانسار رمشک. ----- ۸۶
- جدول ۵-۱- مراحل تشکیل و توالی پاراژنتیک کانیها به همراه ساخت و بافت آنها در کانسارهای مس رمشک. -- ۱۱۰
- جدول ۶-۱- مشخصات نمونه های کانسنگ آنالیز شده ICP-MS رخساره های کانه‌دار کانسار رمشک. ----- ۱۱۳
- جدول ۶-۲- مشخصات نمونه های سنگ میزبان آنالیز شده ICP-OES رخساره های کانه‌دار کانسار رمشک. --- ۱۱۳
- جدول ۶-۳- مشخصات نمونه های سنگ‌های ولکانیکی آنالیز شده ICP-MS در کانسار رمشک.----- ۱۱۴
- جدول ۶-۴- ضرایب همبستگی عناصر در کانسار مس رمشک. ----- ۱۲۵
- جدول ۷-۱- رده بندی انواع سیالات در گیر بر مبنای انواع فازهای موجود در دمای اتاق و محتوای آنها ----- ۱۳۴
- جدول ۷-۲- نتایج آنالیزهای دماسنجی، تعیین شوری در سیالات در گیر نمونه های کانسار رمشک. ----- ۱۳۷
- جدول ۸-۱- مقایسه کانسارهای تنکاشکو، سرسو، میمندر و کرماهو در منطقه رمشک----- ۱۵۱
- جدول ۸-۲- مقایسه کانسار رمشک با ویژگی‌های انواع کانسارهای سولفیده توده‌ای آتشفشانزاد (VMS). ----- ۱۶۲
- جدول ۸-۳- مقایسه ویژگی‌های کانسار رمشک با کانسارهای سولفیده توده‌ای آتشفشانزاد نوع بشی در ایران و جهان. ----- ۱۶۳



# فصل اول: کلیات



## ۱-۱- مقدمه

مس، یکی از فلزاتی است که وضعیت ارزش آن، مستقیماً بازتابی از وضعیت اقتصاد جهانی داشته و پس از آهن و آلومینیوم، سومین فلزی است که استفاده وسیعی را در جهان به خود اختصاص داده است. کشور ایران در بین کشورهای دارای ذخایر مس از جایگاه مناسبی برخوردار به طور کلی ۳۵ میلیارد تن کانسنگ مس در جهان با عیار ۰/۸۸ درصد برآورد شده است و سهم ایران از میان در حدود ۸ درصد مس محتوی معادن جهان است. بیش از ۲۰۰۰ کیلومتر از کمربند جهانی مس از ایران می‌گذرد و تاکنون بر روی حدود ۱۰۰ کانسار، مطالعه و بررسی‌های اکتشافی و اصولی انجام شده و قابل ذکر است با توجه به پتانسیل‌های گسترده مس در ایران و ایجاد تعامل گسترده با کشورهای دیگر، می‌توان اشتغال‌زایی زیادی در بخش اکتشاف، استخراج، فرآوری و صنعت ایجاد کرد و تولید ثروت ملی را به میزان قابل توجهی افزایش داد.

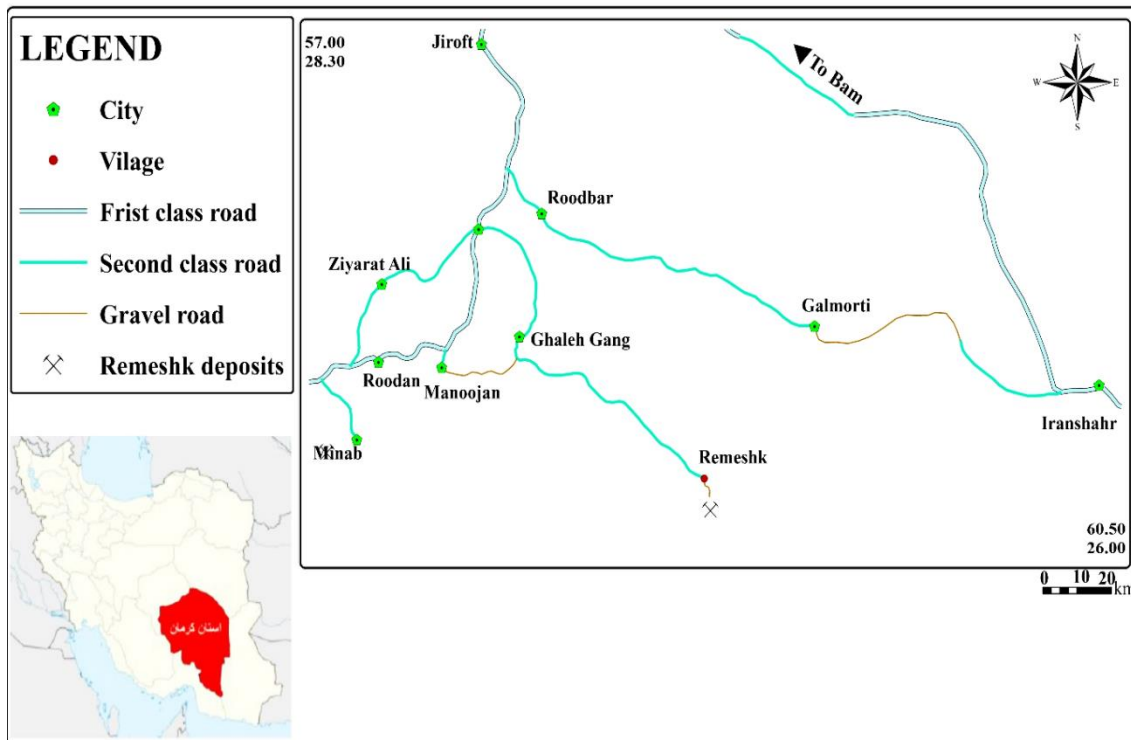
در این راستا مطالعه کانسارهای مس در منطقه رمشک در توالی دگرگونی (پالائوزوییک- کرتاسه) دورکان در جنوب شرق کرمان می‌تواند از جهات علمی و اقتصادی دارای اهمیت باشد، زیرا نتایج حاصل از این بررسی می‌تواند به عنوان الگویی جهت شناسایی و اکتشاف ذخایر جدید مس در این منطقه و دیگر نقاط ایران که مستعد رخداد چنین کانه‌زایی‌هایی می‌باشد مورد استفاده قرار گیرد.

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

محدوده اکتشافی رمشک در جنوب استان کرمان، در مجاورت استان‌های سیستان و بلوچستان و هرمزگان، در فاصله حدود ۳۵۰ کیلومتری شرق-جنوب شرقی بندرعباس، حدود ۱۷۰ کیلومتری جنوب شرقی کهنوج و حدود ۱۹۰ کیلومتری جنوب غربی ایرانشهر (فاصله هوایی) واقع شده است. بهترین راه دسترسی به محدوده، جاده آسفالتی بندرعباس به قلعه گنج به طول حدود ۲۰۰ کیلومتر است و در ادامه از قلعه گنج تا روستای رمشک حدود ۱۵۰ کیلومتر جاده عمدتاً آسفالتی است.

محدوده اکتشافی در حدود ۸ کیلومتری جنوب روستای رمشک واقع شده که برای دسترسی به محدوده

می توان از جاده های خاکی و آبراهه های موجود در منطقه استفاده نمود (شکل ۱-۱)



شکل ۱-۱: موقعیت جغرافیایی و راه های دسترسی به محدوده معدنی رمشک.

### ۳-۱- شرایط آب و هوایی و پوشش گیاهی منطقه

این محدوده از آب و هوای گرم و خشک برخوردار بوده که دارای تابستان های گرم و طولانی و زمستان های کوتاه و نسبتاً معتدل است. گرم ترین ماه سال تیرماه با میانگین دمای ۳۸/۳ درجه سانتی گراد بوده و سردترین ماه سال دی ماه با میانگین دمای ۱۵/۳ درجه سانتی گراد می باشد. میزان بارش در محدوده فوق بسیار اندک بوده به طوری که در بیشتر ماه های سال میزان بارش در آن صفر است، بیشترین میزان بارندگی ماهیانه در محدوده مربوط به ماه دی بوده که به میزان ۳۰ میلی متر می باشد، به طور کلی بارندگی سالیانه در این محدوده کمتر از ۱۵۰ میلی متر می باشد.

## ۴-۱- وضعیت معیشتی و فرهنگی

رمشک بزرگ‌ترین دهستان استان کرمان است، از لحاظ بافت جمعیتی بلوچ می‌باشند و از نظر مذهبی مسلمان و حدود ۹۵ درصد اهل سنت و ۵ درصد شیعه می‌باشند و باصفا و صمیمیت در کنار یکدیگر زندگی می‌کنند. قابل ذکر است که رمشک ابتدا جزئی از ایرانشهر بوده و بنا به دلایلی از جمله دوری به ایرانشهر به استان کرمان پیوست. امرار معاش بیشتر مردم از طریق کشاورزی می‌باشد که به دلیل کمبود آب در چند سال گذشته رونق چندانی نداشته است. محصولات باغی و زراعی شامل نخلستان‌های خرما و مزارع باقلا می‌باشد که نمایی زیبا را در این منطقه به ارمغان آورده است. نبود اشتغال، امکانات بهداشتی، فضاهای ورزشی، فرهنگی و کمبود شدید فضای آموزشی از جمله مهم‌ترین مشکلات این دهستان است. فرهنگ و آداب مردم رمشک مانند سایر بلوچ‌ها بوده و لباس رسمی مردم نیز لباس بلوچی می‌باشد (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲: نمایی از منازل مسکونی در شهر رمشک.

## ۱-۵- زمین‌ریخت‌شناسی

منطقه رمشک در جنوب گودال جازموریان و در منطقه کوهستانی (رشته‌کوه‌های بشاگرد) قرار داشته و با توجه به قرارگیری محدوده مورد بررسی در فاصله حدود ۷۰ کیلومتری جنوب جازموریان، دارای تراز ارتفاعی نسبتاً پایینی می‌باشد. این محدوده دارای توپوگرافی متنوع و نسبتاً خشن بوده و مرتفع‌ترین نقطه آن به ارتفاع ۱۲۲۴ متر در کوه مازرکی، واقع در جنوب باختری محدوده و پست‌ترین بخش آن به ارتفاع ۸۴۲ متر در شمال خاوری محدوده می‌باشد (شکل ۱-۳).



شکل ۱-۳: نمایی از توپوگرافی منطقه (دید به سمت جنوب).

## ۱-۶- مطالعات انجام‌شده قبلی

فعالیت‌های معدنی در رابطه با کانی‌سازی مس در منطقه رمشک به صورت فعالیت‌های قدیمی و آثار شدادی در چندین نقطه به صورت حفر چاه و چاهک (اغلب پرشده) با عمق محدود قابل مشاهده است. سرباره‌های ذوب در این‌کنده کاری و در اطراف کانسار مس رمشک به وفور قابل مشاهده است.

(شکل ۱-۴). به‌طور کلی مطالعات زمین‌شناسی صورت گرفته بر روی این ناحیه بسیار محدود است.

مهمترین مطالعات صورت گرفته در منطقه عبارتند از:

\_ محدوده مورد بررسی در سال ۱۹۸۳ توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور در قالب تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰،۰۰۰ چهارگوش فنوج و ۱:۱۰۰،۰۰۰ ورقه رمشک (Morgan, 1983 a,b) مورد بررسی قرار گرفت.

\_ در سال ۱۳۷۷ محدوده رمشک توسط شرکت‌های مهندسی مشاور پاراگون و کانتک (Conteach PTY) از استرالیا تحت عنوان "اکتشافات نیمه تفصیلی مس در منطقه جنوب رمشک" مورد بررسی قرار گرفت. در این طرح محدوده‌هایی به گسترش تقریبی ۱۱۲ کیلومتر مربع مورد پی‌جویی قرار گرفت که پس از شناسایی ۴ محدوده امیدبخش به نام‌های تنکاشکو، سرسو، مؤمندر (میمیندر) و کیشپاتیل معرفی گردید. در مرحله نیمه تفصیلی مورد اکتشاف قرار گرفتند که در این مرحله از بررسی‌ها ابتدا از محدوده‌های نقشه زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۵۰۰۰ تهیه شد سپس هر ۴ محدوده، مورد بررسی‌های ژئوفیزیکی به روش RS و IP قرار گرفتند. حاصل این بررسی‌ها شناسایی ناهنجاری‌هایی در محدوده‌های مورد بررسی می‌باشد که بر پایه این ناهنجاری‌ها و و بررسی‌های صحرایی ادامه مطالعات پی‌جویی و اکتشاف در محدوده را توصیه نموده‌اند.

\_ پروژه اکتشاف نیمه تفصیلی مس در منطقه جنوب رمشک، که در سال ۱۳۷۷ توسط سازمان زمین‌شناسی کشور و در قالب طرح اکتشاف سراسری مواد معدنی صورت پذیرفته است (مجری طرح: محمدجواد واعظی‌پور).

\_ ژئوشیمی و اهمیت تکتونیکی بازالتهای در کمپلکس دره انار به‌عنوان بخشی از کمپلکس افیولیتی کهنوج در جنوب شرق ایران توسط (Arvin and Babaie, 2001) بررسی شده که بر اساس این داده‌ها بازالتهای از ذوب بخشی ۲۰-۱۰٪ گوشته ایجاد شده است که شباهت با بازالتهای نوع MORB دارد و محیط تکتونیکی تشکیل افیولیت‌های این منطقه را از نوع SSZ معرفی کرده‌است.



\_ Hellman (2006) و موسیوند (۱۳۸۵) بر روی کانسارهای مس رمشک مطالعات زمین شناسی صحرایی اولیه انجام داده و با توجه به داده‌های موجود این کانسار را از نوع کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد (VMS) معرفی کرده‌اند.

\_ شناسایی کانسار ماسیوسولفید رمشک با استفاده از داده‌های سنجنده استردر جنوب استان کرمان که توسط تمسکی و همکاران (۱۳۹۴) ارائه شده است.

\_ پترولوژی و زمین شناسی توالی‌های خروجی افیولیت فنوج- مسکوتان در جنوب شرق ایران توسط Moslempour et al. (2015) مطالعه شده که در این مقاله سنگ‌های آذرین خروجی فنوج- مسکوتان به‌عنوان نماینده یک حوضه پشت کمانی بین کمان دورکان- باجگان و حاشیه قاره‌ای بلوک لوت در نظر گرفته شده است.



شکل ۱-۴: سرباره ذوب قدیمی در محدوده معدنی رمشک که نشان از کارهای شدادی قدیمی در این منطقه می‌باشد.

## ۱-۷- طرح مسئله ، اهمیت موضوع و هدف از مطالعه

بر اساس مطالعات زمین شناسی صحرایی (Hellman, 2006 و موسیوند، ۱۳۸۵) این کانه زایی های مس از نوع کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد (VMS) می‌باشند. اما با وجود این مطالعات درمورد توالی چینه‌شناسی کانسار، کانی‌شناسی، ساخت و بافت، دگرسانی چگونگی الگوی تشکیل و تیپ کانه زایی و تطبیق دقیق آن با کانسارهای VMS هیچگونه مطالعه‌ای صورت نگرفته‌است. هدف از این پژوهش انجام مطالعات دقیق تر زمین شناسی اقتصادی جهت تشخیص الگوی تشکیل و تیپ کانه زایی به منظور دستیابی به کلیدهای اکتشافی برای کشف کانسارهای مشابه در منطقه و نواحی مشابه دیگر می‌باشد.

بنابراین اهداف مورد نظر این پژوهش عبارتند از:

- ❖ بررسی شکل هندسی پیکره معدنی و تشخیص رخساره‌های کانه‌دار
- ❖ بررسی کانی‌شناسی، ساخت، بافت و توالی پاراژنتیک کانی‌ها در کانسار مس رمشک
- ❖ بررسی مناطق دگرسانی و پهنه‌بندی آنها
- ❖ بررسی ویژگی‌های ژئوشیمیایی و پهنه‌بندی فلزی کانسار مس رمشک
- ❖ الگوی تشکیل کانسار مس رمشک و کنترل کننده های اصلی کانه زایی در منطقه

مورد مطالعه

- ❖ تعیین تیپ کانه زایی کانسار مس رمشک و مقایسه با موارد مشابه در ایران و جهان
- ❖ تعیین محیط زمین‌ساختی تشکیل کانسار مس نه‌کوهی
- ❖ ارائه کلیدهای اکتشافی جهت کشف ذخایر جدید در منطقه

## ۱-۸- روش مطالعه

مراحل مختلف انجام این تحقیق بشرح زیر است:



## ۱-۸-۱- مطالعه منابع و گردآوری اطلاعات

مطالعه منابع و گردآوری اطلاعات، گام نخست در این تحقیق بوده که به شرح زیر انجام گردیده است:

- تهیه و مطالعه کتب و مقالات در زمینه موضوع پایان نامه.
- جمع‌آوری تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های زمین‌شناسی، عکس‌های هوایی و بررسی مقالات و گزارشاتی که به نحوی در ارتباط با منطقه مورد مطالعه و پهنه ساختاری ایران مکران (کمپلکس دورکان) و کانه‌زایی‌های مشابه در جهان می‌باشند.

## ۱-۸-۲- مطالعات صحرایی

مطالعات صحرایی در ۶ روز به اهداف متفاوتی صورت گرفته است:

- ✓ بازدید به منظور آشنایی با محدوده مورد مطالعه.
- ✓ شناسایی واحدهای مختلف سنگی و ارتباط آن‌ها با یکدیگر.
- ✓ انجام نمونه برداری سیستماتیک از رخساره‌های مختلف کانسار و مغزه‌های حفاری.
- ✓ تهیه نقشه زمین‌شناسی و دگرسانی از کانسار مس رمشک.
- ✓ بررسی افق‌های کانه‌زایی و ارتباط آن‌ها با سنگ‌های میزبان.
- ✓ مطالعه شکل هندسی، ساخت و بافت ماده معدنی.
- ✓ بررسی ارتباط کانه‌زایی با پدیده‌های مختلف ساختاری مثل گسل و چین خوردگی.
- ✓ تعیین جایگاه افق‌های کانه‌دار در منطقه و برداشت نمونه‌های لازم به منظور مطالعات سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی، سیالات درگیر، مطالعات ایزوتوپی پایدار و سن‌سنجی
- ✓ بررسی دقیق افق‌های کانه‌دار، شکل هندسی پیکره‌های معدنی و انواع مواد معدنی و پهنه‌های دگرسانی مربوط در مقیاس‌های رخنمون و نمونه دستی.
- ✓ بازدید نهایی از منطقه و کنترل یافته‌های نهایی بر اساس مدل کانه‌زایی.

### ۱-۸-۳- مطالعات آزمایشگاهی و دستگاهی

- ✓ تهیه ۲۰ عدد مقطع نازک، از نمونه‌های سنگی مختلف و انجام مطالعات پتروگرافی بر روی آنها.
- ✓ تهیه ۱۳ عدد مقطع نازک- صیقلی از نمونه‌ها و مطالعه بافت و پاراژنز کانه‌ها.
- ✓ تهیه ۱۲ عدد مقطع صیقلی از نمونه‌های توده‌ی معدنی بر ای مطالعات کانه‌شناسی.
- ✓ تهیه ۵ مقطع دوبرصیقل از رگه‌های سیلیسی- سولفیدی برای مطالعات میکرومتری سیالات درگیر.
- ✓ جداسازی ۲۰ نمونه جهت انجام تجزیه ایزوتوپی گوگرد از بخش‌های سولفیدی کانسار.
- ✓ ارسال ۶ نمونه جهت انجام آنالیز ICP\_MS.
- ✓ ارسال ۵ نمونه جهت انجام آنالیز ICP\_OES.
- ✓ ارسال ۵ نمونه جهت انجام آنالیز XRD.

### ۱-۸-۴- مطالعات دفتری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

- ✓ ترسیم نقشه‌ها با استفاده از نرم افزارهای Arc GIS و Global Mapper .
- ✓ ترسیم نمودارهای ژئوشیمیایی داده‌های حاصل از تجزیه نمونه‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی مانند GCDkit, Grapher و نرم افزارهای آماری مانند SPSS.
- ✓ تجزیه و تحلیل و تلفیق داده‌های حاصل از بررسی‌های صحرایی و مطالعه مقاطع میکروسکوپی و داده‌های ژئوشیمیایی.
- ✓ تطبیق و تلفیق داده‌های ذکر شده با داده‌های حاصل از مطالعه مقالات و کتابها برای ارائه مدل کانه زایی در منطقه .

✓ دسته‌بندی، پردازش و تلفیق نتایج حاصل از مراحل قبلی و همچنین استفاده از نرم افزارهای مختلف کامپیوتری جهت تجزیه و تحلیل داده‌های ژئوشیمیایی و مطالعه کتابها و مقالات و نگارش پایان نامه.

### ۹-۱- رده‌بندی کانسارهای مس

کسلر (Kesler, 1994) کانسارهای مس را بر اساس خصوصیات ژنتیکی آنها را به پنج گروه اصلی تقسیم کرده است که شامل کانسارهای مس ماگمایی- گرمایی، مس سولفید توده‌ای آتشفشان‌زاد، مس ماگمایی، مس با میزبان رسوبی و مس تیپ کویناوی (تیپ مانتو یا لایه‌های سرخ آتشفشانی).

### ۱-۹-۱- پرکامبرین پسین - کامبرین پیشین

همراه با توالی آتشفشانی- رسوبی پرکامبرین پسین- کامبرین پیشین در بلوک پشت بافق- بادام کانسار مس نه‌کوهی گزارش می‌شود، همچنین چند اثر معدنی مانند کانی‌سازی مس، سرب، روی، نقره و کبالت به همراه سنگ‌های آهکی و دولومیتی در نواحی خونگاه (کوه دنا) و ده معدن، در سنگ- های کامبرین پیشین دیده شده که از نظر اقتصادی اهمیت ندارند. اصولاً سنگ‌های آتشفشانی و رسوبی- آتشفشانی و همچنین سنگ‌های دگرگونی که دارای منشأ آذرین هستند (مانند سنگ‌های ناحیه تکاب، انارک، بافق و...) فراوانی کمی از مس نشان می‌دهند. در صورتی که همین سنگ‌ها در نواحی یادشده، بی‌هنجاری قابل توجهی از سرب و روی دارند. در ماسه سنگ‌های سازند زاگون به سن کامبرین میانی نیز آثار خفیفی از کانه زایی مس رسوبی در پهنه البرز مشاهده شده است (قربانی، ۱۳۸۱).

### ۱-۹-۲- پالئوزوئیک

همراه با برخی از سنگ‌های دگرگونی پالئوزوئیک پسین مانند سری تکنار که منشأ آذرین یا آذرآواری دارند، آثاری از مس شناخته شده است (Malekzadeh et al., 2005).

### ۱-۹-۳- ژوراسیک - کرتاسه

نشانه‌های متعدد در سنگ‌های رسوبی - تخریبی ژوراسیک - کرتاسه در ناحیه وسیعی از جنوب راور (کانسار مس رسوبی مارکشه) تا شمال طبس به چشم می‌خورد (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۶) و همچنین در این دوره کانسار مس سولفید توده‌ای مس جیان در منطقه بوانات قابل ذکر است (موسیوند و همکاران، ۱۳۸۲، Mousivand et al, 2007).

### ۱-۹-۴- کرتاسه - پالئوسن

همراه با مجموعه افیولیتی کرتاسه - پالئوسن، شواهدی از ذخایر سولفید توده‌ای در ایران شناخته شده است که میتوان به کانسار مس شیخ عالی در جنوب شرق بافت اشاره کرد (منظمی، ۱۳۷۷). همچنین در این دوره، کانسار مس نوده در جنوب غرب سبزواری (مغفوری و همکاران، ۱۳۹۰) و کانسار مس گرماب پایین در جنوب شرق شاهرود قابل ذکر است (طاشی و همکاران، ۱۳۹۶).

### ۱-۹-۵- ترشیری

بیشتر ذخایر مس ایران در ترشیری تشکیل شده‌اند که این ذخایر وابستگی تنگاتنگی با سنگ‌های ماگمایی ترشیری دارند.

### ۱-۱۰- تیپ‌های کانی‌زایی مس در ایران

۱- کانسارهای مس ماگمایی - هیدروترمال (سیستم‌های پورفیری، اسکارن و رگه‌ای) این گروه کانسارها در ایران و خصوصاً در زون ارومیه - دختر کشف شده‌اند. بزرگ‌ترین معادن مس ایران مانند سرچشمه و سونگون (Shahabpour et al, 1987; Shafiei et al., 2009)، کهنک غربی (بازارنوعی، ۱۳۹۶).

۲- کانسارهای تیپ سولفید توده‌ای آتشفشانزاد، مانند چاه‌گز، بوانات، مس نوده، مس شیخ عالی و مس گرماب پایین (موسیوند، ۱۳۸۹؛ موسیوند، ۱۳۸۲؛ مغفوری، ۱۳۹۰؛ منظمی و همکاران، ۱۳۷۷، طاشی و همکاران، ۱۳۹۳)، کانسار مس گل چشمه (فرهادی و همکاران، ۱۳۹۶).

۳- کانسارهای تیپ مانتو(سنگ‌های آتش‌فشانی- لایه سرخ یا کویناوی)، مانند مس عباس‌آباد و چغندر سر (Khadem, 1964 و طائفی و همکاران، ۱۳۹۳)، کانسار مس ماری ( Maghfouri et al., 2017).

۴- کانسارهای مس با میزبان رسوبی، کانسار مس مارکشه (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۷)، کانسارهای مس شمال تربت حیدریه (سپهری‌راد، ۱۳۸۸) و کانسار مس تسوج (تقی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۶).



# فصل دوم:

## زمین شناسی ناحیه ای



از نظر تقسیمات زمین شناسی ایران، منطقه مورد مطالعه بخشی از پهنه زمین شناسی-ساختاری جنوب جازموریان (مکران) محسوب می‌شود که در جنوب فروافتادگی هامون- جازموریان و در محدوده نقشه‌های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ رمشک و ۱:۲۵۰۰۰۰ فنوج (Morgan, 1983a,b) واقع شده است. واحدهای زمین شناسی مکران به چند بلوک اصلی قابل تفکیک است که عبارتند از: بلوک دره انار، بلوک آمیزه‌های رنگین، بلوک باجگان، بلوک دورکان، بلوک گنج. بلوک باجگان به صورت یک قطعه فلسی شکل (imbricate) بین کمپلکس دورکان و کمپلکس آمیزه رنگین قرار دارد،

### تاریخچه چینه نگاری مکران

مکران نوعی اشتقاق درون قاره‌ای، به سن ژوراسیک پسین- کرتاسه پیشین در سکوی ایران است که با توجه به رفتار امواج صوتی و سرعت امواج در پی‌سنگ، با اقیانوس زایی همراه بوده است (Glennie et al., 1990). به همین دلیل، پی‌سنگ این ناحیه نوعی پوسته اقیانوسی با میانگین ضخامت حدود ۷ کیلومتر است که با توالی ضخامت از رسوب های فلیش گونه و گاه شبه مولاس پوشیده شده که ممکن است تا حدود ۱۰ هزار متر ضخامت داشته باشند. در یک راستای شمال به جنوب، پوشش رسوبی روی پی‌سنگ، جوان تر است (آقنابتی، ۱۳۸۳). در حد شمالی این زون، گسل‌ها و راندگی‌هایی با روند شرقی- غربی وجود دارد که گسل بشاگرد یکی از مهم‌ترین آن‌ها است و در امتداد این شکستگی‌ها، آمیزه های رنگین با برون زدگی‌های وسیعی نمایان است. قدیمی‌ترین سنگ‌های این زون را همین آمیزه‌های رنگین با ضخامت ۵۰۰۰ متر تشکیل می‌دهند، این رسوبات پیش از آغاز میوسن، دچار چین خوردگی شده اند (نبوی، ۱۳۵۵).

در شمالی ترین بخش مکران، مجموعه پوسته‌ی اقیانوسی و رسوبات پلاژیک کرتاسه‌ی بالایی رخنمون دارند که غالباً با ردیف‌های فلیشی کرتاسه بالا-ئوسن پوشیده و یا درآمیخته اند. مجموعه‌ی سنگ‌های رسوبی و آذرین پیش از آغاز میوسن به شدت چین خورده و گسلیده شده‌اند و این عاملی بر بی-



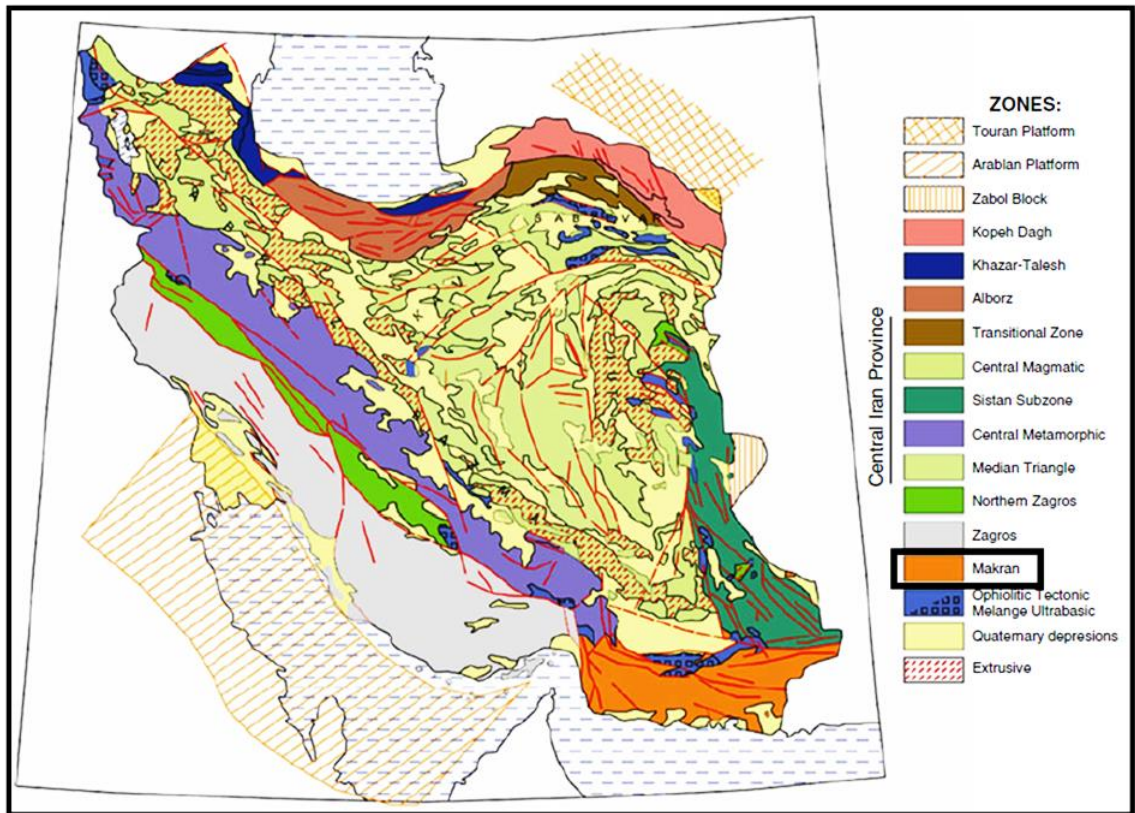
نظمی‌های روند چینه‌ای این توالی می‌باشد (نبوی، ۱۳۵۵). بخش میانی مکران با فلیش‌های الیگوسان، با چند ناپیوستگی موازی درون سازندی و یک ناپیوستگی زاویه‌ای در بالا، پوشیده شده است. رسوب‌های میوسن، به ویژه پلیوسن، بیشتر از رخساره‌های آواری تشکیل شده‌اند. که بخش میانی تا ساحل دریای عمان را پوشش می‌دهند (آقاناتی ۱۳۸۵).

## ۲-۲- ویژگی‌های ساختاری و تکتونیکی زون مکران

زون مکران در جنوب فروافتادگی جازموریان قرار دارد. مرز غربی آن گسل میناب است و از جنوب به دریای عمان، واز شرق به مرز پاکستان محدود میشود، ولی در آنسوی مرز نیز امتداد دارد. در حد شمالی زون مزبور گسل‌ها و تراست‌هایی با روند شرقی-غربی وجود دارند که گسل بشاگرد از مهمترین آنهاست (شکل ۲-۱). تاریخچه زمین‌شناسی مکران از پالئوسن به بعد با ایران مرکزی تفاوت پیدا کرده است. گسل راست گرد نایبند-عمان، مکران و بلوچستان را از ایران مرکزی و زاگرس جدا کرده و در حال حاضر یک فرورانش از جنوب به شمال بین پوسته اقیانوسی عمان و ساحل مکران جریان دارد.

روند اصلی مکران شرقی-غربی و هم راستای با روراندگی گسل‌ها است. بیشتر این گسل‌ها دارای شیب تقریباً تندی به سمت شمال هستند. گسلش و چین خوردگی اصلی در زمان آلپین پسین (نئوژن) رخ داده است؛ اما تعدادی از گسل‌های اصلی مانند بشاگرد قدیمی‌تر بوده و قبل از ائوسن وجود داشته‌اند و در این زمان در اثر نیروهای فشارشی مجدداً فعال شده‌اند (فرهادی و کاریگ<sup>۲</sup> ۱۹۷۷).

مکران در سرتاسر سنوزوئیک در حاشیه همگرابین صفحه عربی و اوراسیا گسترش یافته است و تکامل آن با کوهزایی هیمالیا هم زمان بوده است (Harms et al., 1984).



شکل ۱-۲: موقعیت جغرافیایی زون مکران در نقشه زمین شناسی ساختاری ایران (نوگل سادات ۱۳۷۲).

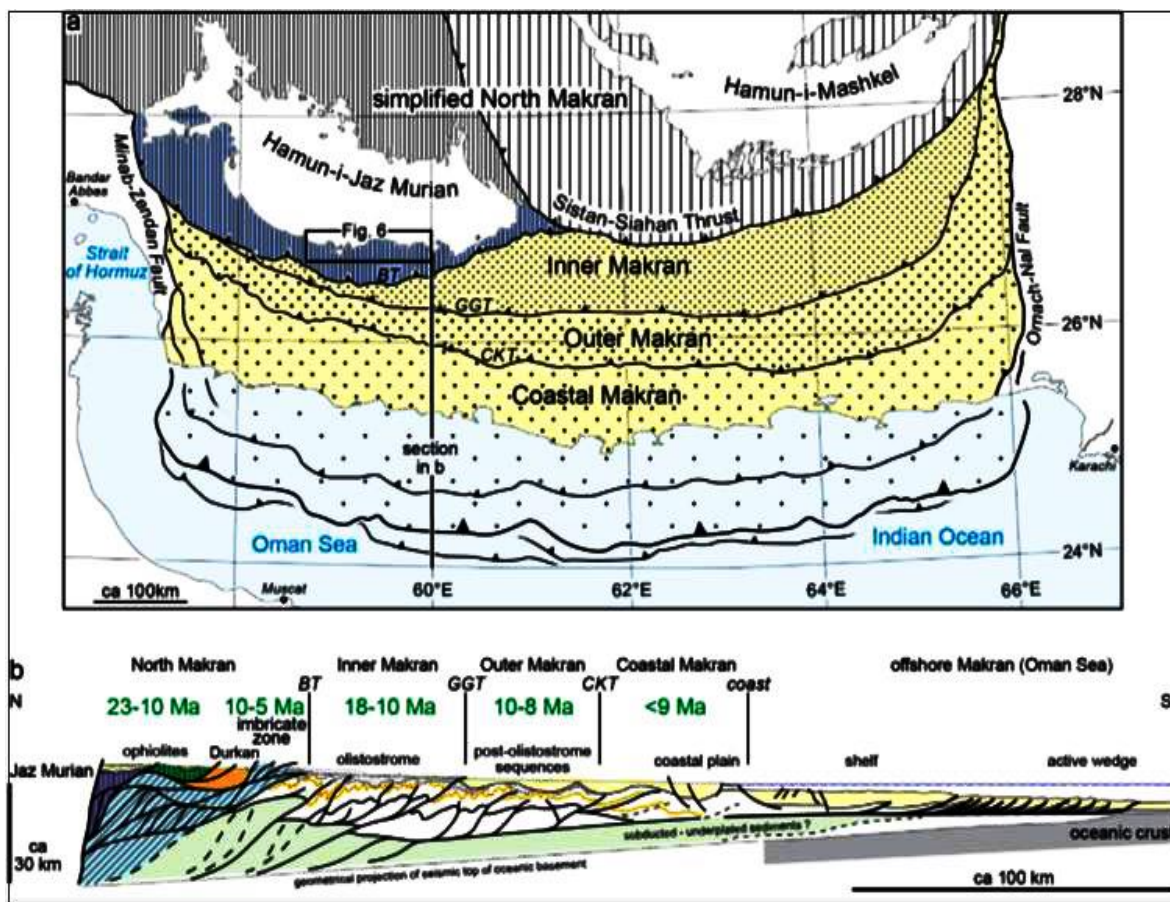
در مکران چهار واحد ساختاری و تاریخچه دگرشکلی متفاوت بوسیله زون‌های راندگی مجزا شده است (Dolati., 2010).

**مکران شمالی:** شامل رسوبات دریایی عمیق و سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه تکتانی-فوقانی، در بخش غالب شده در ملائزهای تکتونیکی هستند. سنگ‌های الترامافیک به یک کمپلکس افیولیتی ژوراسیک-کرتاسه نسبت داده شده است.

**مکران داخلی:** شامل توریدایت‌های آواری ائوسن تا الیگوسان فوقانی و میوسن است. ضخیم شدگی و درشت دانگی بسمت بالا در لایه‌های رسوبی معمولاً پسروری دریا را نشان می‌دهد.

**مکران بیرونی:** غالباً شامل رسوبات میوسن زیرین-میانی از جمله ماسه‌سنگ‌ها، مارن‌ها و آهک‌های آب‌های کم‌عمق می‌باشد.

مکران ساحلی: شامل رسوبات جوان تر از میوسن پسین است. این رسوبات نوعی رسوبات فلات قاره هستند که تا زمان ای پلیستوسن ادامه داشته است. مکران ساحلی دگرشکلی ضعیفی داشته و گسل-های نرمال را نشان می‌دهد که در واحدهای دیگر دیده نمی‌شوند (شکل ۲-۲)



شکل ۲-۲: نمایش واحدهای ساختاری و تاریخچه دگر شکلی در مجموعه افزایش مکران (Burg et al., 2013).

## ۲-۲-۱- زمین شناسی زون مکران

واحدهای زمین شناسی به چند بلوک اصلی قابل تفکیک است که عبارتند از: بلوک دره انار، بلوک آمیزه های رنگین، بلوک باجگان، بلوک دورکان، بلوک گنچ بلوک دره انار که در حد فاصل بلوک های گنچ و دورکان قرار دارد از سه واحد کمپلکس بند زیارت، واحد دیاباز، و کمپلکس در انار تشکیل گردیده، که مجموعاً "یک توالی افیولیتی را به وجود می‌آورند. بلوک آمیزه رنگین مجموعه ای به سن

کرتاسه - پالئوسن است. مرز آن با کمپلکس باجگان یک گسل معکوس است. همچنین ماسه سنگ - های ائوسن نیز با مرزگسله نیز در مجاورت بلوک آمیزه رنگین قرار گرفته است. بلوک باجگان به صورت یک قطعه فلسی شکل (imbricate) بین کمپلکس دورکان و کمپلکس آمیزه رنگین قرار دارد، ولی بلوک دورکان از توالی رسوبات فلات - شیب قاره کمپلکس دورکان (به سن پالئوزوئیک - کرتاسه) تشکیل شده، که در زیر رسوبات تخریب توریداتی واحد ماریچ (Merich) به سن ائوسن قرار دارد (گزارش نقشه، ۱:۱۰۰۰۰۰ منوجان). بلوک گنج از کمپلکس گنج، ماسه سنگ ها و سنگ آهک های کرتاسه بالایی تشکیل شده است. این بلوک در حد فاصل بلوک دورکان در جنوب و چاله جازموریان در شمال واقع شده است. بلوک گنج توسط گسل دره انار (با روند شمال باختری جنوب خاوری) از بلوک دورکان متمایز شده است.

## ۲-۲-۱- واحدهای سنگی:

واحدهای سنگی منطقه به ترتیب از قدیم به جدید شامل موارد زیر می باشند.

### پرمین:

پرمین در کمپلکس دورکان شامل قطعات تکتونیکی آهک پرمین آب های کم عمق، کنگلومرا که در آهک های بایوکلاستیک واحد ماریچ رخنمون دارند کنتاکت آن با کمپلکس دورکان آهکی بوده و فسیلهای یافت شده در این کمپلکس نشان دهنده رسوب گذاری در آب های کم عمق با انرژی بالا می باشند (گزارش نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ منوجان).

### کرتاسه - پالئوسن:

واحدهای متعلق به محدوده زمانی کرتاسه - پالئوسن در مکران گسترش فراوان ای بوده و شامل کمپلکس بند زیارت، کمپلکس گنج، کمپلکس دورکان، کمپلکس دره انار، آمیزه های رنگین، توده های نفوذی و کمپلکس باجگان می باشند.

## کمپلکس بندزیارت:

نام این کمپلکس از کوه های بند زیارت واقع بر روی ورقه ۷۵۴۴ مشتق شده است. کمپلکس بند زیارت نشان دهنده بخش پلوتونیک، توالی افیولیتی است که واحد دیاباز نشان می دهد (Mac call. 1985) بخش های پوبیسال و کمپلکس دره انار بخش رسوبی - آتش فشانی توالی افیولیتی را تشکیل می دهند که در شمال ورقه واقع شده است. کنتاکت بندزیارت با کمپلکس دره انار از نوع گسل اصلی است. اما ممکن است به طور محلی حاوی توده های نفوذی باشند که در واحد دیاباز نفوذ کرده اند. توده های کوچک ترانجمیت که قسمتی از گابرو سطح بالا هستند که در واحد دیاباز رخنمون داشته و به صورت موازی با دایک های صفحه ای در جنوب شرق ردیف شده اند. سنگ های کمپلکس بندزیارت فاز بالادر کرتاسه و پالئوسن زیرین رخنمون دارند. محیط تشکیل بند زیارت توالی آهک پلاژیک، پیلویی و چرت در محیط پلاژیک تشکیل شده اند. پیلو های توده ای و گدازه های غیرپیلویی از منبع ماگمایی مشتق شده اند که واحد دیاباز و کمپلکس بند زیارت را تشکیل می دهند.

## کمپلکس گنج:

این بلوک ها از بندزیارت یا دره انار توسط گسل جیرفت جدا می شوند که در شرق از نوع گسل های معکوس بازایه شیب بالا به شمار می رود. سه بلوک بندزیارت، واحد دیاباز، و دره انار تشکیل توالی افیولیتی را می دهند. این کمپلکس متشکل از توده های نفوذی میکروتونالیت پورفیری (ریوداسیت)، میکروترانجمیت (ریوداسیت - ریولیتی)، میکروترانجمیت (ریولیت)، دیاباز های دگرسان شده، گابرو های اورالیتی شده، میکروتونالیت یا میکروترانجمیت، دیاباز کوارتز یا دیوریت کوارتز دگرسان شده، تونالیت، میکروترانجمیت های دگرسان شده و داسیت پورفیری می باشد. کمپلکس گنج یک توالی افیولیتی است، که دارای ترکیب بازالت با  $K_2O$  پایین و  $Al_2O_3$  بالا می باشد. (گزارش نقشه، ۱:۲۵۰۰۰۰ میناب). این کمپلکس بخشی از یک سکانس افیولیتی است و سنگ های آتش فشانی - رسوبی و نفوذی این کمپلکس افیولیتی توسط دایک های صفحه ای و نفوذی های ترانجمیتی (Trondhjemitic Intrusions) قطع شده اند. دایک های صفحه ای در کمپلکس گنج گسترش وسیعی دارند و ترکیب آن

ها در حد آندزیت، داسیت های غنی از فلدسپات با بافت پورفیری و ریولیت است. و یک دگرگونی در حد رخساره شیست سبز را نشان میدهد.

### کمپلکس آتش فشانی - رسوبی دره انار:

نام این کمپلکس از روستای دره انار که اولین بار در آنجا شناسایی شده گرفته شده است. یک کمپلکس آذرینی، رسوبی که متشکل از پیلولاوا و رسوبات پلاژیک می باشد. که می تواند به عنوان یک واحد لیتواستراتیگرافی نقشه برداری شود. لیتولوژی این کمپلکس ترکیب شده از سنگ های آتش فشانی - رسوبی قابل تغییر که توسط توده های نیمه عمیق قطع شده اند. رسوبات به طور غالب شامل چرت های قهوه ای و قرمز، آهک میکرایتی پلاژیک با لایه بندی نازک و مقادیر اندک اینترکلاست های ماسه سنگی (آرکوز، کالک وک) سیلتستون و شیل می باشند. ولکانیک های تفریقی این کمپلکس شامل بازالت های جریان پیلویی، لاواها فقط به مقادیر اندک در این توالی آهک - چرت توسعه یافته اند. که عمدتاً به صورت ضخامتی از توالی جریان ها که توسط مقادیر کم آهک های اینترکلاست قطع شده است. رسوبات در این توالی لایه بندی نازک دارند. توده های نفوذی نیمه عمیق عمدتاً در توالی ضخیم لاوا (گدازه) در قالب دایک و سیل تشکیل شده اند. که ترکیب آن ها ممکن است گابرویی، دیاباز، دیوریت، آندزیت یا داسیت (پلاژیوکلاز پورفیری) باشند. مقادیر اندکی از توده های نفوذی دیگر مثل پلاژیوگرانیت های دانه ریز، ریولیت و ورلیت فلدسپاتیک رخنمون دارند (گزارش نقشه، ۱:۲۵۰۰۰۰ میناب). کمپلکس دره انار بخشی از یک کمر بند افیولیتی است که در حاشیه کناری اقیانوس تشکیل شده است. این کمپلکس شامل دو بخش آتش فشانی و رسوبی است. سنگ های آتش فشانی کمپلکس دره انار در یک زون گسسته در حاشیه دو کمپلکس بند زیارت و واحد دیاباز قرار رفته اند که توسط آن ها قطع شده اند. مرز کمپلکس دره انار در شرق با کمپلکس گنج به طور کلی گسلی (گسل جیرفت) و با کمپلکس بند زیارت نیز گسلی (گسل دره انار) است

سنگ های کمپلکس دره انار شامل مجموعه ای از رسوبات پلاژیک (آهک پلاژیک و آهک میکرایتی)، چرت های قرمز، مقدار کمی رسوبات ماسه ای و آرژیلیتی، گدازه های بالشی، جریان های گدازه ای با

ترکیب آندزیتی و بازالتی است، که مجموعاً توسط دایک های دیابازی و گابرو های سطح بالا قطع شده اند. بر اثر تاثیر فاز های دگرسانی و دگرگونی مجموعه کانی های رخساره شیست سبز و زئولیت به وجود آمده اند.

### کمپلکس مختار آباد :

کمپلکس مختار آباد متشکل از سنگ های آتشفشانی و رسوبات پلاژیک می باشد که بر روی دایک های دیابازی کمپلکس رمشک قرار گرفته است. این سه واحد جمعاً تشکیل یک سکانس کامل افیولیتی را می دهند. پهنای این سکانس ، حدود ۷ کیلومتر بوده و در جنوب گودال جازموریان گسترش یافته است. در این سکانس افیولیتی کمپلکس مختارآباد بخش آتشفشانی ونیمه عمیق، و کمپلکس رمشک بخش نفوذی های کمالیت گابرویی و الترابازیک آن را تشکیل می دهند. در این صورت ترتیب واحدهای سنگی از شمال به طرف جنوب عبارت اند از : لاوهای بازالتی و گدازه های بالشی، دایک های دیابازی و صفحه ای ، دایک های اسیدی، دایک های آنورتزیتی گابروها و پریدوتیت ها می باشد.

کمپلکس مختارآباد به وسیله گسل در مقابل کمپلکس رمشک، کمپلکس دورکان و کمپلکس گنج قرار گرفته است و تماس آن با قسمت های دیاباز و سنگ های گرانیتوئیدی، گسل و تکتونیزه است. انواع سنگ های کمپلکس مختارآباد شامل گدازه های بالشی، بازالت های جریان، دایک های دیاباز، سیل آرنایت های ولکانیک، ماسه سنگ های توفی، کنگلومراریا، سیلت استون های منگنز دار زرشکی، شیل های آهکی خاکستری و عدسی هایی از چرت های سبز تا قرمز ولایه های نازکی از آهک های پلاژیک قهوه ای تا خاکستری می باشد.

### کمپلکس رمشک:

کمپلکس رمشک به ۷ زیر واحد تقسیم شده است و سنگ های آن شامل دونیت های سرپانتینیزه شده، هارزبورژیت، لرزولیت، تراکتولیت، الیوین گابرو، اورالیت گابرو و هورنبلند گابرو، آنورتوزیت لکو گابرو

، لکو تراکنولیت می‌باشند. کمپلکس رمشک و کمپلکس مختارآباد تحت تاثیر گسل‌های عمدتاً شرقی- غربی قرار گرفته و روند دایک‌های آنها شمال غرب- جنوب شرق می‌باشد.

### کمپلکس دگرگونی باجگان

بخشی از یک قاعده قاره ای سیالیک است که تحت دگرگونی ناحیه ای فشار و درجه حرارت متوسط تا بالا قرار گرفته است. سنگ‌های اولیه تشکیل دهنده آن شامل بازالت و وابسته‌های آن، سنگ‌های تخریبی و آهک هستند. رسوبات و سنگ‌های رسوبی دارای سن پالئوزوئیک می‌باشند. علاوه بر سنگ‌های ذکر شده یک سری توده‌های سرپانتین و الترامافیک‌های سرپانتینی شده، لویکوگابرو و دیاباز که به صورت مکانیکی جای گرفته و دگرگون شده و خرد شده نیز وجود دارد. سنگ‌های رسوبی، بازالتی، و توده‌های الترامافیک مجموعاً تشکیل کمپلکس باجگان را می‌دهند مرز شرقی آن با کمپلکس دره- انار، واحد دیاباز و کمپلکس بند زیارت و مرز جنوبی آن با کمپلکس دورکان از نوع گسلی است. گسل‌های فوق از نوع برگشته و با شیب به طرف شرق می‌باشند که بخشی از گسل سبزواران می‌باشند. به دلیل تنوع زیاد رسوبات اولیه از نظر لیتولوژیکی، درجات مختلف دگرگونی و طبیعت بخش‌های دگرگون شده، از انواع مختلف سنگ‌های دگرگونی تشکیل شده است. تمام سنگ‌های دگرگونی به غیر از شیست‌های بازیک و مرمرها بقیه دارای یک فولیاسیون و شیستوزیته با امتداد شرقی غربی و به موازات روند‌های ساختمانی حاکم بر کمپلکس از خود نشان می‌دهند. سنگ‌های دگرگونی آن شامل شیست‌های رسی، شیست‌های پسامیتی، شیست‌های بازیک، سنگ‌های کالک سیلیکاته، آمفیبولیت، آهک‌های متبلور، مرمر و سنگ‌های آذرین دگرگون شده از جمله متاگابرو هستند. سنگ‌های دگرگونی این کمپلکس به شدت چین خورده و گسل (King band) خورده هستند به طوری که انواع چین‌های نامتقارن، جناغی، جعبه‌ای، کینگ باند و چین‌های مرکب گسل‌های شرقی غربی و شمالی جنوبی به فراوانی در آن دیده می‌شود.



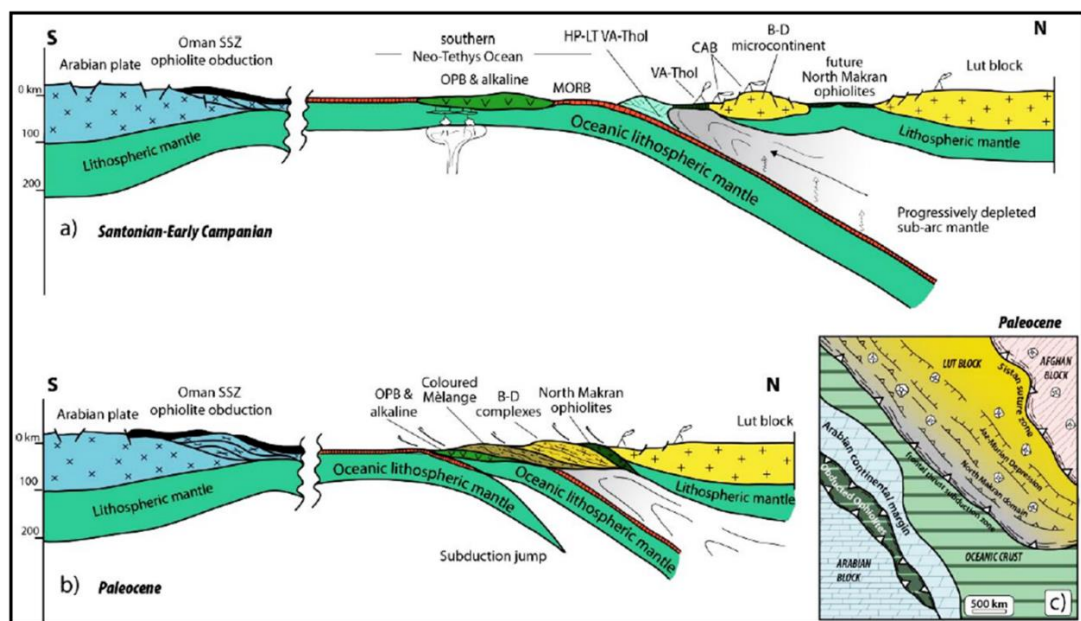
## کمپلکس دورکان:

محدوده معدنی مورد مطالعه عمدتاً در این کمپلکس قرار گرفته است. اسم این کمپلکس از کوه دورکان در قسمت شمالی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ منوجان که اولین بار در آنجا شناسایی شده مشتق شده است. این کمپلکس به طور غالب از رسوبات دریایی، ولکانیک های بازیک، مرتبط با توده های نفوذی اندک (عمدتاً بازیک، ندرتاً نمونه های اسیدی و حد واسط) می باشند که به فیلیت و شیست تبدیل شده اند. در کمپلکس دورکان مجموعه های تکتونیکی چین خوردگی و گسل خوردگی سنگهای کرتاسه زیرین- پالئوسن در رخساره ی فلات قاره و شیب قاره با عناصر فرعی پالئوزوئیک وجود دارد. که به واسطه دو حوضه کهورچاران و دورکان که شامل رسوبات ائوسن- الیگوسان واحد ماریچ است، در قسمت غربی و جنوبی با کمپلکس کالرد ملانژ و باجگان کنتاکت دارد. به طور کلی کنتاکت آن با کمپلکس باجگان از نوع گسل تراستی می باشد. در شرق مجدداً کمپلکس دورکان روی گسل دره انار گسله شده است. این کمپلکس به صورت دگرشیبی روی واحد ماریچ قرار می گیرد (گزارش، ۱:۱۰۰۰۰۰ منوجان).

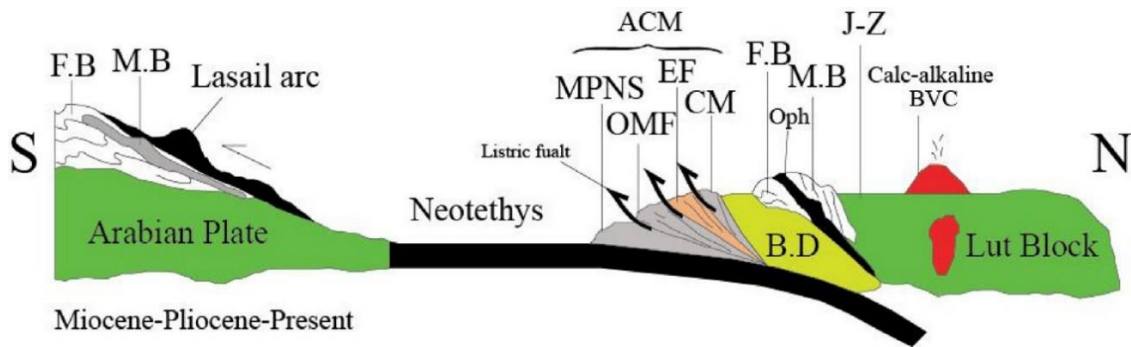
در این توالی بزرگ گسترش زیاد شیست و فیلیت نشان دهنده مراحل اولیه دگرگونی را نشان می دهند. این واحد در واقع مجموعه ی از سنگ های رسوبی، دگرگونی و توده های آذرین نفوذی کوچک است. سنگ های رسوبی آن شامل شیل، ماسه سنگ، سیلت، سیلت سنگ می باشند و بخش فراوانی از کمپلکس را شامل می شوند. سنگ های دگرگونی آن شامل شیست، فیلیت، سنگ های آتشفشانی دگرگون شده و بعضی دیگر از سنگ های رسوبی دگرگون شده می باشند. توده های نفوذی کوچک نیز در آن شناسایی شده اند در بعضی نقاط گسترش واحدهای تشکیل دهنده این کمپلکس در حدی بوده که تفکیک شده اند. نمونه ای از آن واحد دگرگونی متشکل از آهک متبلور توده ای، فیلیت، شیست و سایر رسوبات دگرگون شده است (افضل نظری منوجان، ۱۳۹۴).

شکل ۲-۳ یک مدل تکتونو-ماگمایی احتمالی است که توسط (Barrier and Vrielynck., 2008) ارائه شده است که می تواند شکل گیری سنگهای آتشفشانی مختلف را در پهنه ساختاری مکران توضیح

داد، این مدل بازسازی ژئودینامیکی دو بعدی از نئوتتیس جنوبی - بلوک لوت و بخشی از صفحه عربی در سانتونین - اوایل کامپانین و پالئوسن را نشان می‌دهد. در سانتونین تا اوایل کامپانین فرورانش اقیانوس نئوتتیس در زیر بلوک لوت و توسعه منشور برافزایشی فعال بوده است. در ورقه پایینی، بازالت‌های فلات اقیانوسی (OPB) و بازالت‌های آلکالن در این زمان‌ها فوران کرده‌اند، در حالی که در ورقه بالایی، در حاشیه جنوبی بلوک لوت تشکیل شده است و بین بلوک لوت و خرد قاره باجگان دورکان یک حوضه پشت کمانی که اکنون به نام افیولیت‌های شمال مکران شناخته می‌شود. در این زمان افیولیت‌های بالای پهنه فرورانش عمان بر روی حاشیه قاره ای پلیت عربی رانده شده است. پالئوسن بسته شدن حوضه‌های مورد نظر به برخورد ورقه اقیانوسی و کمان قاره‌ای منجر شده است. در نتیجه فرورانش صورت گرفته و آمیزه‌های رنگی و افیولیت‌های شمال مکران جایگزین شده‌اند (Saccani., 2018) (شکل ۲-۴).



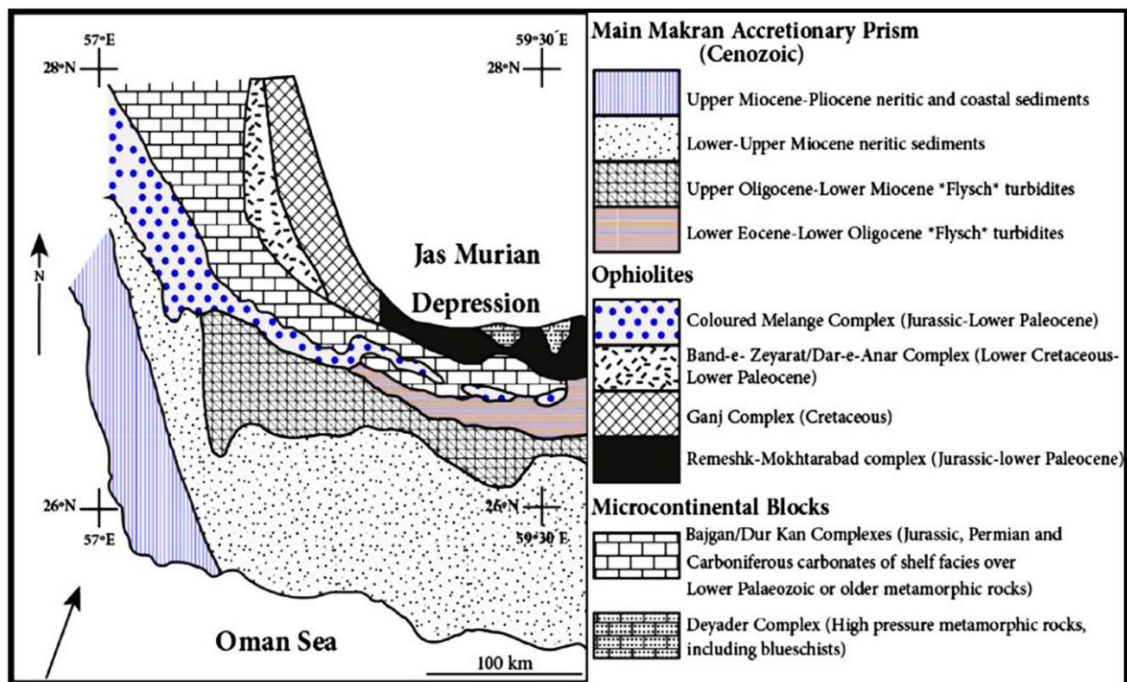
شکل ۲-۳ - مدل بازسازی ژئودینامیکی دو بعدی از نئوتتیس جنوبی - بلوک لوت و بخشی از صفحه عربی (Barrier., and Vrielynck 2008)



شکل ۲-۴: مقطع عرضی از منطقه فعال فرورانش در زون مکران (ACM: حاشیه فعال قاره، CM: کالرد ملانچ، B.D: خرد قاره باجگان\_دورکان، EF: فلیش های ائوسن، F.B: رسوبات حاشیه غیر فعال، J\_Z: فروافتادگی جازموریان، OMF: فلیش های الیگومیوسن، M.B: کمر بند دگرگونی، Oph: باقی مانده های افیولیت، MPNS: رسوبات مولاس و کم عمق میوسن\_پلیوسن) (Omrani et al., 2017).

به طور کلی خرد قاره دگرگونی باجگان - دورکان، ادامه پهنه سنندج - سیرجان، به عنوان کهن ترین سنگ ها در منطقه مکران در جنوب خاور ایران شناخته شده است (Mc Call, 1985 & 2002; Mc

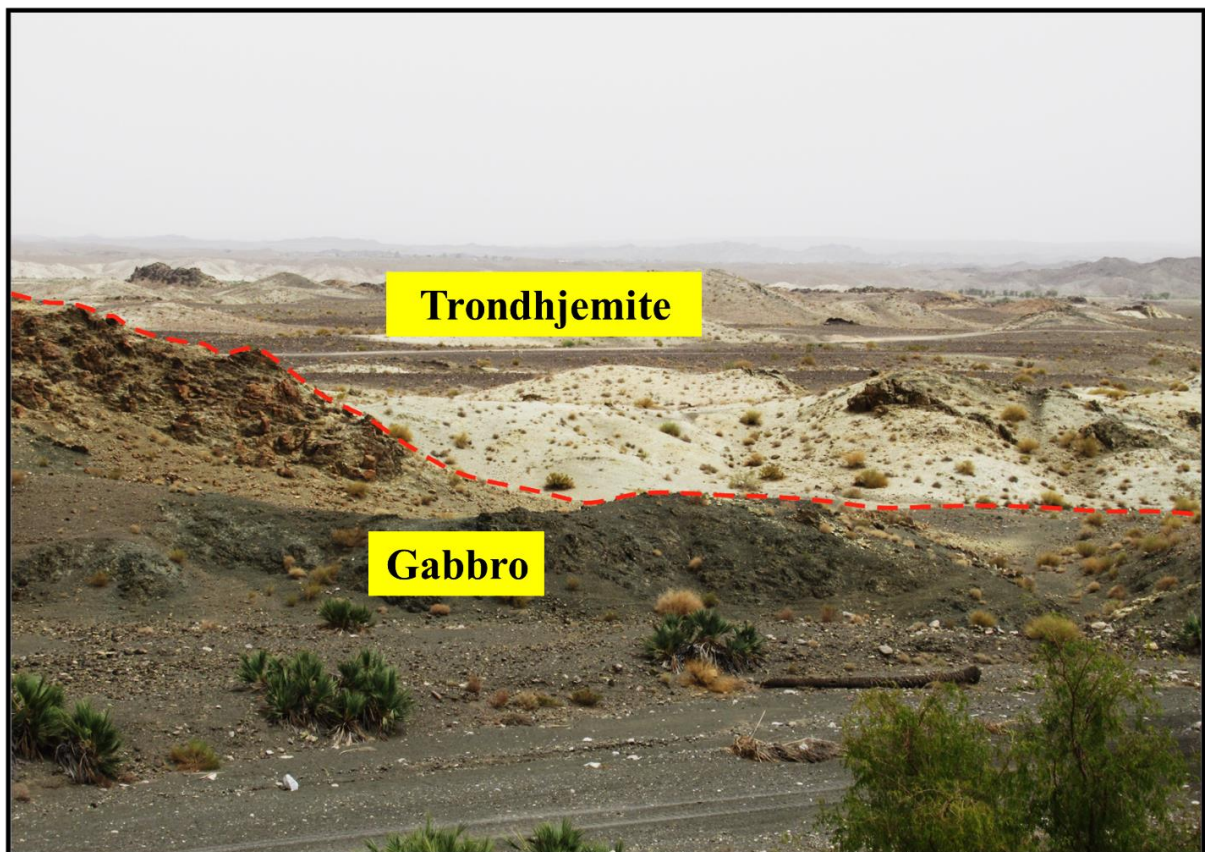
Call & Eftekhari-nezad, 1994) (شکل ۲-۵).



شکل ۲-۵: واحدهای ساختاری در محدوده مکران (McCall, 2003).

## نفوذی‌های ترانجمیتی:

نفوذی‌های ترانجمیتی به صورت یک فاز ماگمایی جوانتر کل سکانس افیولیتی کمپلکس بندزیارت، دره انار و رمشک در بر گرفته اند. ماگمای ترانجمیتی قطعاتی از سنگ های موجود در منطقه را در بر گرفته و باعث تغییرات بافتی، کانی‌شناسی، دگرسانی بسیار شدید سنگ ها و همچنین دگرسانی هیدروترمال در آن ها شده و نوعی برش آذرین به نام آگماتیک را به وجود آورده است. نفوذی های ترانجمیتی اغلب فقیر از کانی های فرومنیزین و غنی از پلاژیوکلاز هستند. و یک ترکیب پلاژیو گرانیتی دارند. اعتقاد بر این است که نفوذی های ترانجمیتی به عنوان آخرین فاز تبلور سکانس افیولیتی در منطقه هستند و با بقیه سکانس ها از لحاظ ماگمایی هم منشأ هستند و در اوایل دوران ترشیری به داخل مجموعه سنگ های منطقه نفوذ کرده اند (شکل ۲-۶).

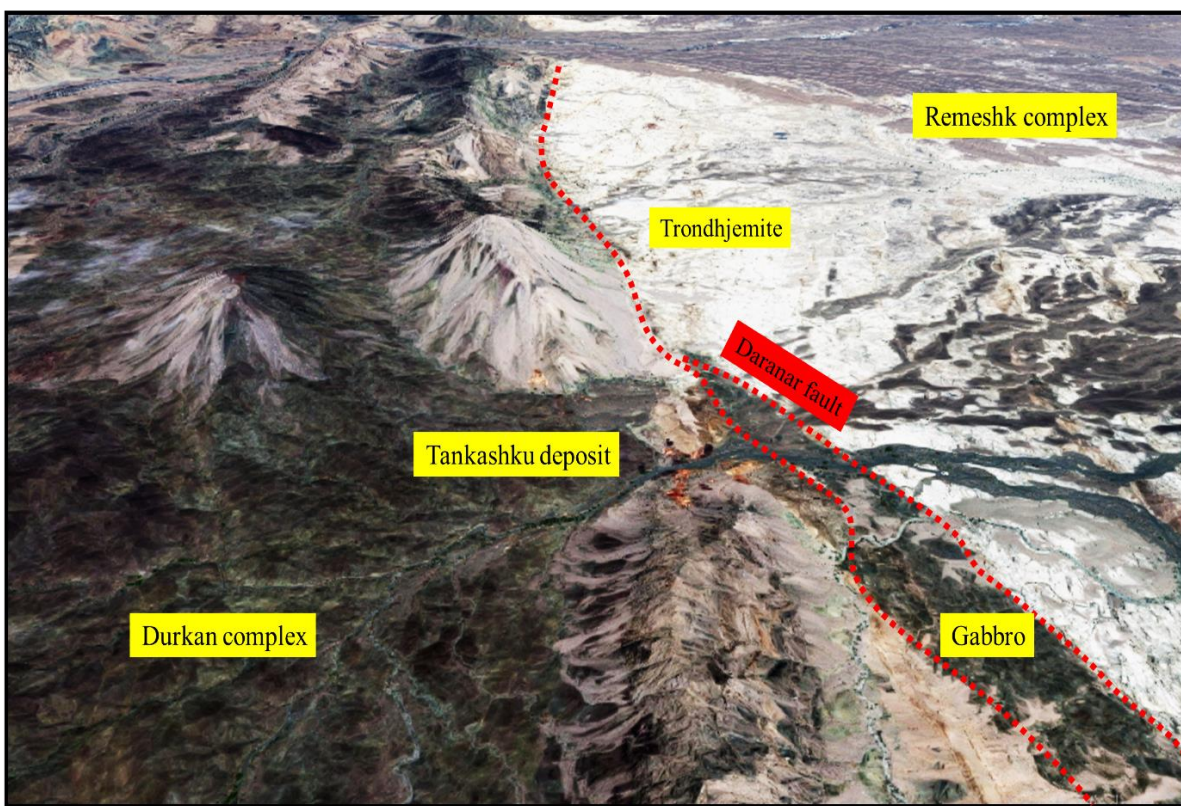


شکل ۲-۶: نمایی از واحدهای ترونجمیتی و گابروبی در کمپلکس رمشک (دید به سمت غرب).



## مجموعه دیابازی-گابرویی:

در شمال محدوده اکتشافی رخنمونی از یک توده بازیک گاه حدواسط به رنگ سبز تیره رخنمون دارد. توده فوق بیشتر در داخل توده لوکوگرانیته نفوذ کرده و در آن بیشتر ساختار دایک مانند دارد هرچند در برخی مناطق از گسترش نسبتاً فراوان برخوردار می‌باشد و به شکل توده‌ای مستقل رخنمون یافته است. در محل تماس این توده و توده لوکوگرانیته گاه عدسی‌ها و پیچ‌های اکسید آهنی دیده می‌شود که در برخی مناطق حاوی کانی سازی مس نیز می‌باشد (شکل ۲-۷).



شکل ۲-۷: تصویر ماهواره ای از مرز گسلی کمپلکس رمشک و کمپلکس دورکان و واحدهای ترونجمیتی دیابازی - گابرویی.

## ائوسن - الیگوسان:

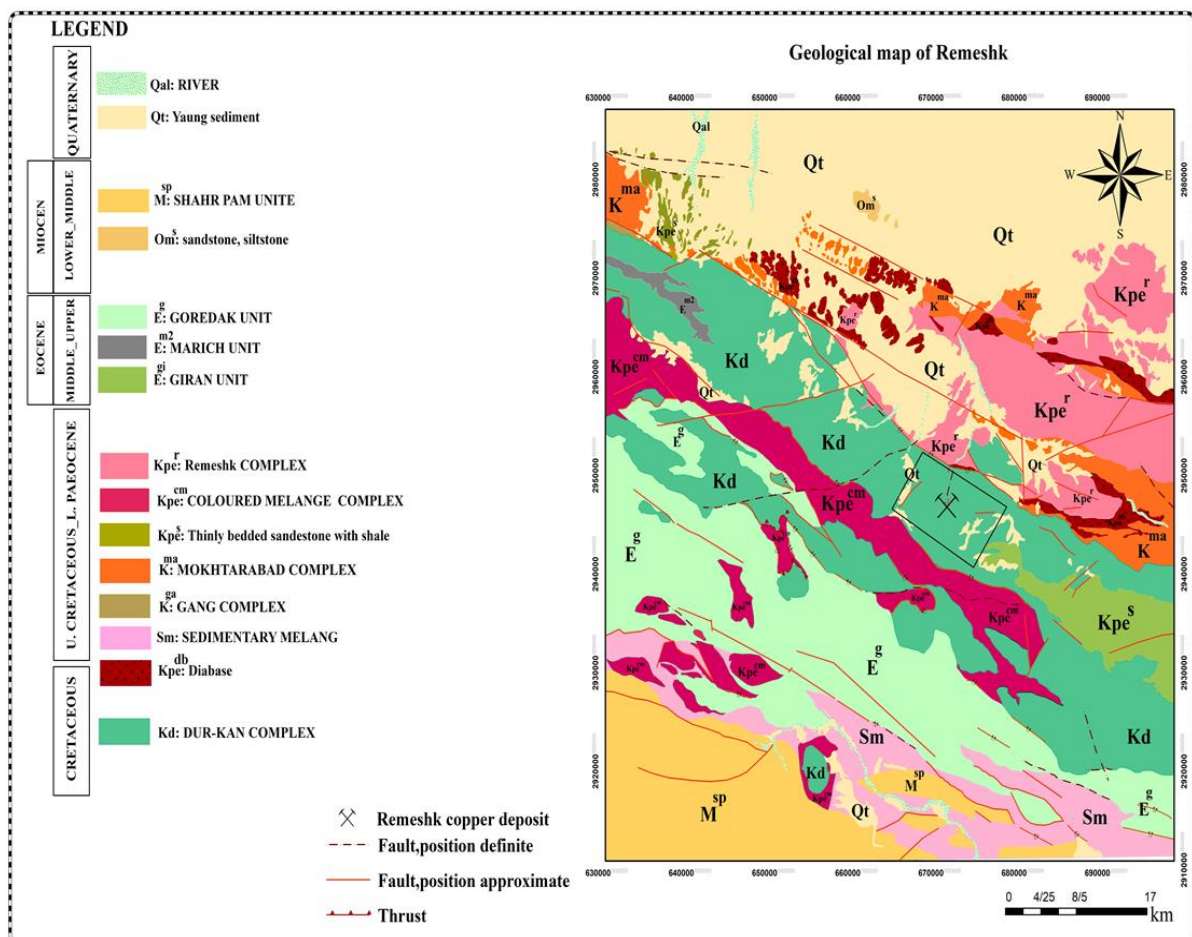
### واحد ماریچ:

این واحدهای سنگی ائوسن در جنوب شرق در راستای شمال غرب - جنوب شرق توسعه فراوان ای دارند. به‌طور کلی از سنگ‌های رسوبی تشکیل گردیده که روی یک واحد توفی نهشته شده اند (شکل ۲-۸).

## واحد رسوبی ائوسن:

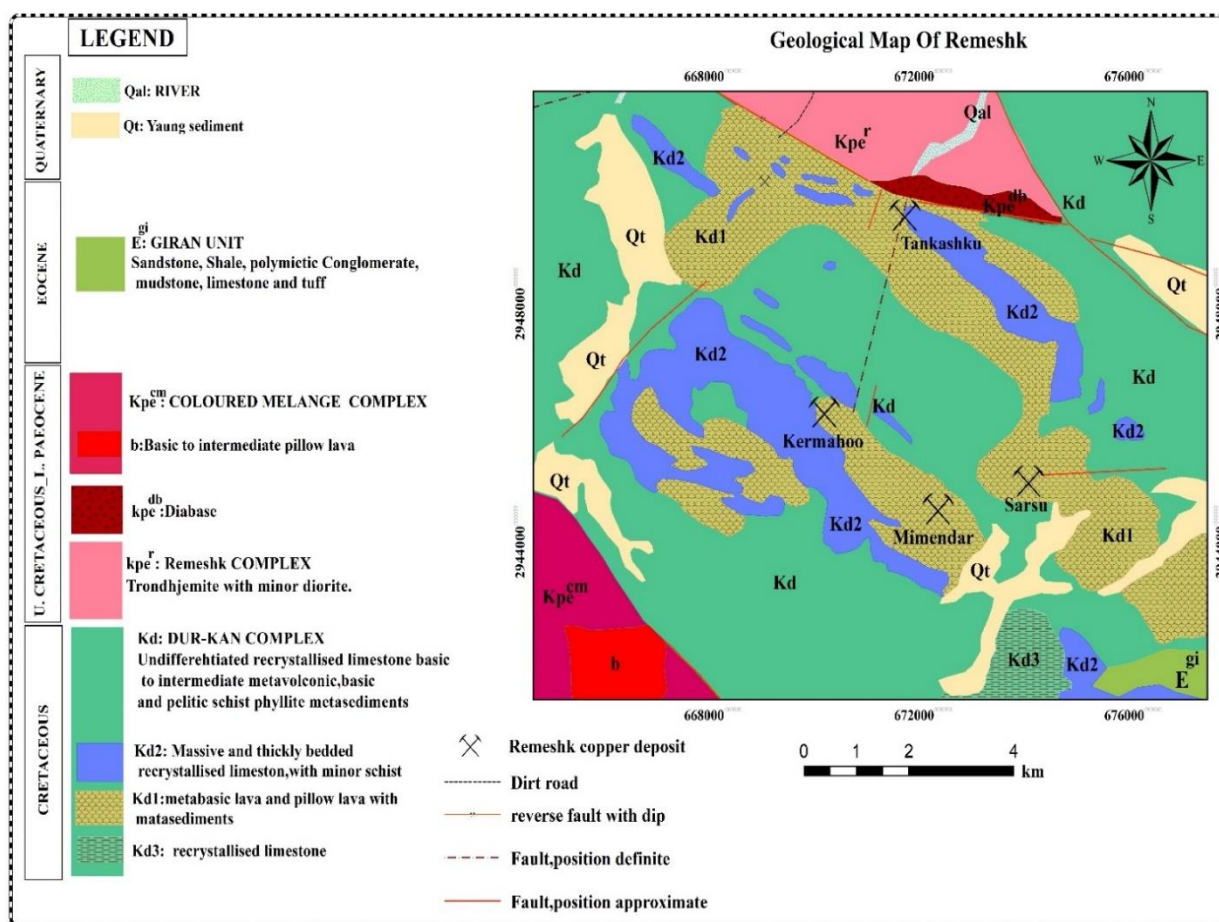
### ماسه سنگ ائوسن (Eocene sand stone):

منطقه با ضخامت ۲۰۰۰ متر از ماسه سنگ های با لایه بندی خوب (وک آرنایت)، سیلتستون، شیل های خاکستری، کنگلومرای پلی میکتیک، پکستونهای خاکستری توده ای حاوی فرامینیفرآهک های کریستاله شده سفید تشکیل شده فسیل های موجود در این توالی سن ائوسن زیرین- ائوسن میانی- ائوسن پسین را نشان می دهند. در ماسه سنگ ائوسن قطعات بیگانه بازالت و آهک پلاژیک مشتق شده از کمپلکس کالرد ملانژ وجود دارد (عباس نژاد، ۱۳۹۰). واحد رسوبی ائوسن از ماسه سنگ، سیلت سنگ، شیل، سنگ آهک و کنگلومرا تشکیل شده و رخنمون هایی از آن در کوه تیک سیاه دیده می شود (عباس نژاد، ۱۳۹۰).



شکل ۲-۸: موقعیت کمپلکس های منطقه مکران که در نقشه ساده شده برگرفته از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ رمشک رخنمون دارند (Morgan, 1983).

از بین واحدهای مذکور بخش کوچکی از کمپلکس رمشک و به مقدار بیشتر کمپلکس دورکان در منطقه مورد مطالعه قرار دارند. در محدوده نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ رمشک و ۱:۲۵۰۰۰۰ فنوج (Morgan, 1983a,b) واقع شده است (شکل ۲-۹). به‌طور کلی مجموعه دورکان عمدتاً شامل سنگ‌های آتشفشانی زیردریایی بازالتی و سنگ‌آهک پلاژیک و رادیولاریت (پالئوزوئیک - کرتاسه) است. توالی سنگی در این محدوده معدنی شامل گدازه‌های بازالتی بالشی، توف‌های سبز دگرگون‌شده، کالک‌شیست به همراه کلریت‌شیست، رادیولاریت و سنگ‌های آهکی نازک لایه و متاپلیت می‌باشد.



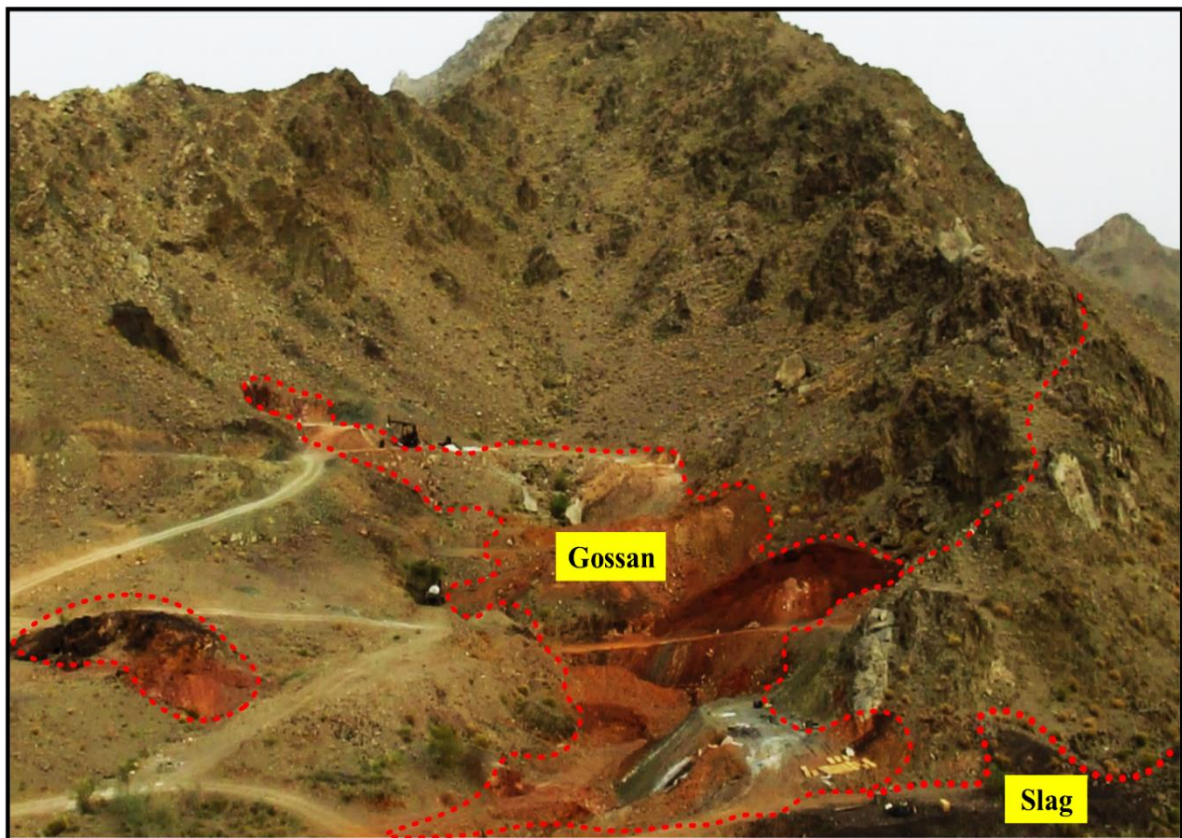
شکل ۲-۹: موقعیت کنسارهای مس رمشک در نقشه زمین‌شناسی منطقه برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ رمشک، (Morgan, 1983)

## ۲-۳- زمین‌شناسی اقتصادی منطقه مورد مطالعه

اغلب کنسارسازی قابل توجه مس، مرتبط با زون‌های دگرگونی هیدروترمال در کمپلکس گنج، با زون گوسان در کمپلکس دره انار و مقادیر اندک گوسان در کمپلکس باجگان، کمپلکس کالرد ملانژ و



کمپلکس بند زیارت وجود دارد. کانسارسازی کرومیت در کمپلکس باجگان (سنگ های الترابازیک) وجود دارد. اجتماعی از کانسار سازی مس به صورت سولفید توده‌ای آتشفشان زاد در کمپلکس های رمشک و دورکان وجود دارد. در محدوده معدنی مورد مطالعه عمدتاً که مجموعه دورکان رخنمون داشته و کانی‌سازی های مس در سطح زمین به صورت عدسی های اکسید آهن، کلاهک‌های آهنین (Gossan) مشاهده می‌شود (شکل ۲-۱۰)



شکل ۲-۱۰: نمایی از پهنه معدنی مس تنکاشکن در محدوده رمشک.



# فصل سوم:

## زمین شناسی و سنگ شناسی منطقه معدنی



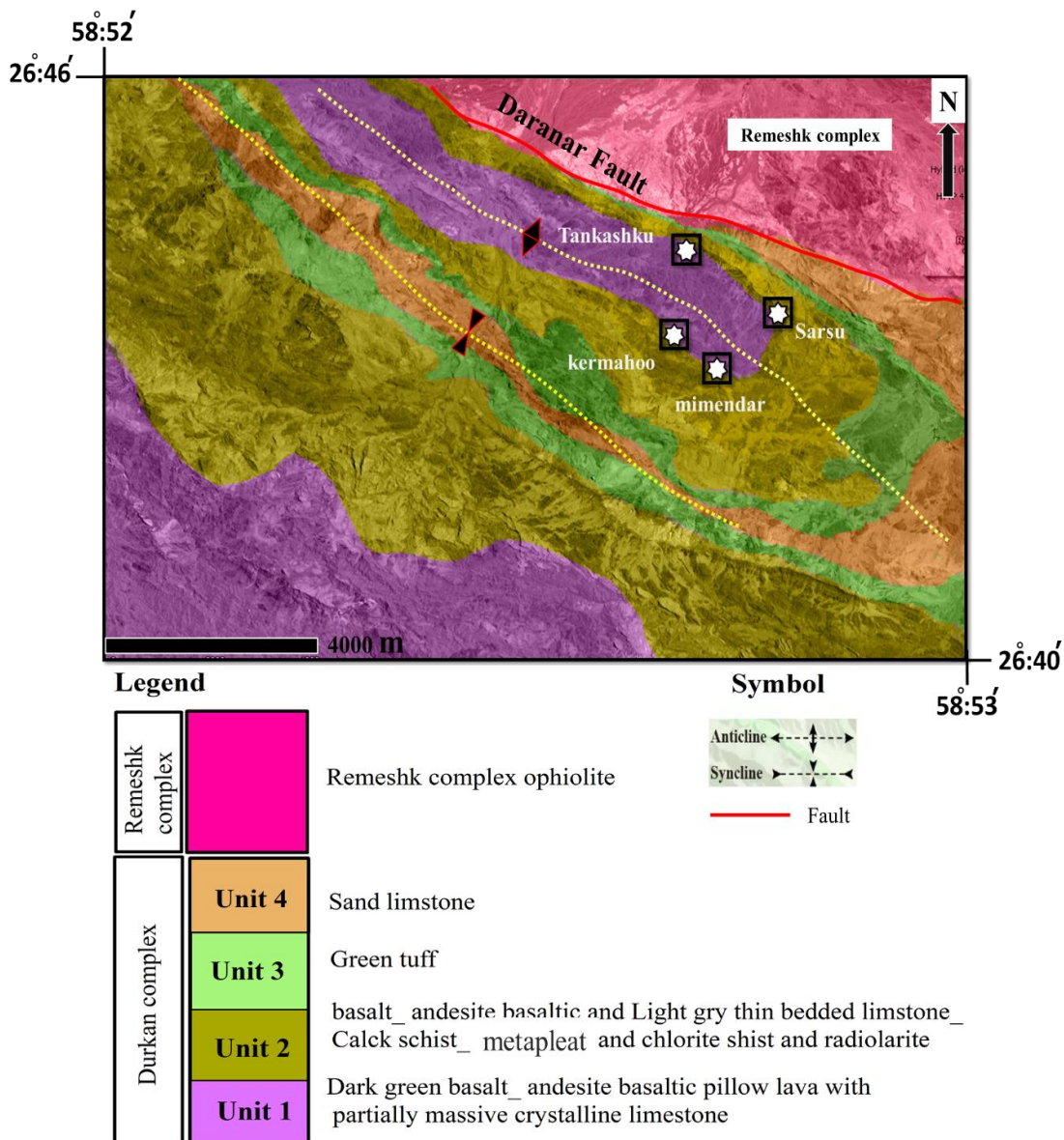
### ۳-۱- مقدمه:

بررسی زمین شناسی محدوده معدنی موردنظر، مطالعه واحدهای سنگی، روابط آن‌ها، زمین‌ساخت و ارتباط هر یک از این پدیده‌ها با کانی‌سازی هدف از مطالعه این بخش است. بررسی این ویژگی‌ها، کمک مؤثری در شناخت موقعیت زمانی و مکانی و پی‌جویی آن در دیگر نقاط مشابه خواهد کرد. با توجه به آنکه کمپلکس دورکان میزبان کانه زایی مس می‌باشد، لذا سعی گردید تا با استفاده از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ فنوج، ۱:۱۰۰۰۰۰ رمشک، تصاویر ماهواره‌ای و عملیات صحرایی صورت گرفته در محدوده معدنی ستون چینه‌شناسی عمومی نقشه ۱:۱۰۰۰ زمین شناسی و ساختاری از محدوده مورد مطالعه و کانسار مس رمشک تهیه گردید.

### ۳-۲- چینه‌شناسی و سنگ شناسی منطقه

بر اساس مشاهدات صحرایی و بررسی عکس‌های ماهواره‌ای به نظر می‌رسد در این محدوده سیمایی از یک تاقدیس با روند شمال شرقی \_ جنوب غربی مشاهده می‌شود که پهنه‌های تنکاشکو و سرسو در یال شمالی و پهنه‌ها میمندر و کرماهو در یال جنوبی این تاقدیس قرار گرفته است.

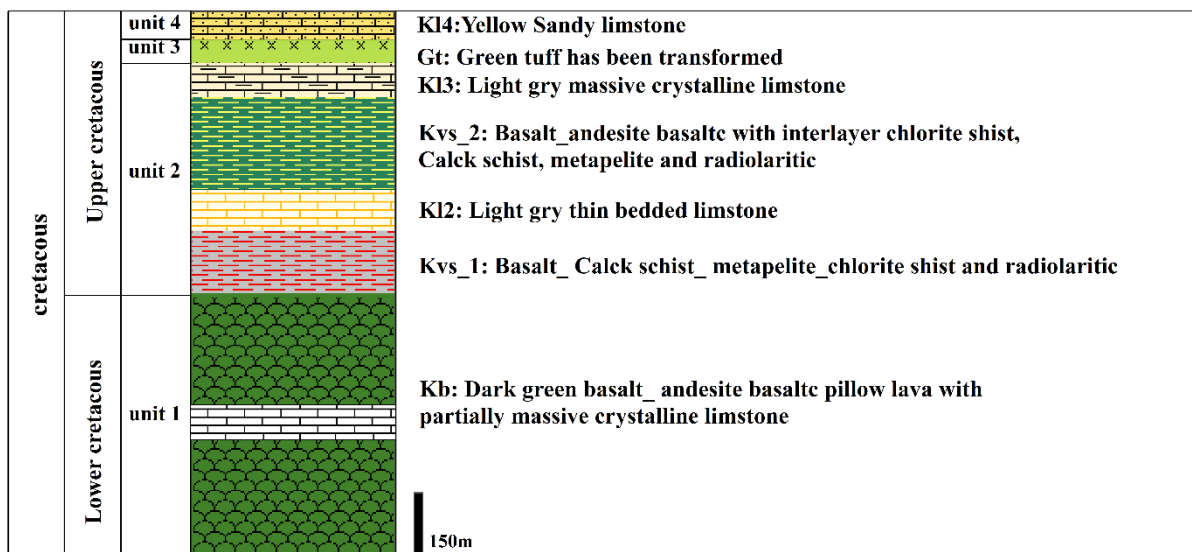
در محدوده رمشک، کانی‌سازی‌های مس در سطح زمین به صورت عدسی‌های اکسید آهنی (گوسان) در مجموعه دگرگونی دورکان و عمدتاً در ۴ پهنه به نام‌های تنکاشکن (تنکاشکو)، سرسو، میمندر و کرماهو مشاهده می‌شود. بر اساس پیمایش‌های صحرایی صورت گرفته در محدوده مورد مطالعه و با توجه به ستون چینه‌شناسی عمومی از توالی دگرگونی کمپلکس دورکان واحدهای سنگی با توجه به تغییرات ترکیب سنگ شناسی از قدیم به جدید چهار واحد اصلی (unit1, unit2, unit3, unit4) تقسیم می‌شود (شکل ۳-۱ و شکل ۳-۲).



شکل ۳-۱- نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰۰ از واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه و نمایی از تاقدیسی با روند شمال شرقی - جنوب غربی واقع در کمپلکس دورکان که موقعیت پهنه‌های معنی تنکاشکو، سرسو، میمندر و کرماهو روی آن مشخص شده است.

### ۳-۲-۱- واحد اصلی ۱: (unit<sup>1</sup>)

این واحد کهن‌تری واحد در منطقه بوده و شامل بازالت جریان‌ی و بازالت‌های بالشی (Kb) همراه بامیان لایه‌های آهک (K11) به صورت سبز روشن تا تیره در صحرا قابل مشاهده است.

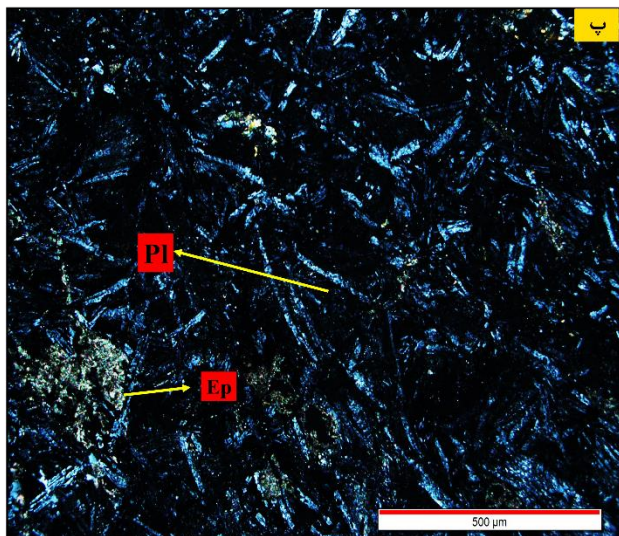


شکل ۳-۲: ستون چینه‌شناسی عمومی از واحدهای سنگی کرتاسه در منطقه مورد مطالعه در جنوب شرق کرمان.

### ۳-۲-۱-۱-واحد (Kb)

متابازالت‌ها از فراوان‌ترین سنگ‌های کمپلکس دورکان هستند و در منطقه مورد مطالعه به صورت گدازه‌های بالشی و جریان‌های رخنمون داشته و در قسمت‌هایی متابازالت‌ها حالت برشی دارند که نشان‌دهنده فعالیت‌های شدید تکتونیکی در منطقه بوده است. رنگ این واحد سبز تیره است و ضخامت این واحد در محدوده تنکاشکو در حدود ۶۰۰ متر در پهنه سرسو حدود ۴۵۰ متر و در پهنه‌های میمندر و کرماهو در حدود ۳۰۰ متر می‌باشد. رنگ این واحد سبز تیره است و ضخامت آن در چهار پهنه معدنی منطقه مورد مطالعه متفاوت است. بر اساس مطالعات میکروسکوپی بازالت‌های بالشی تحت تأثیر آلتراسیون یا دگرسانی کف اقیانوس (اسپیلتی شدن) هم قرار گرفته و دارای پلاژیوکلازهای کشیده و خیلی باریک می‌باشد (شکل ۳-۳).

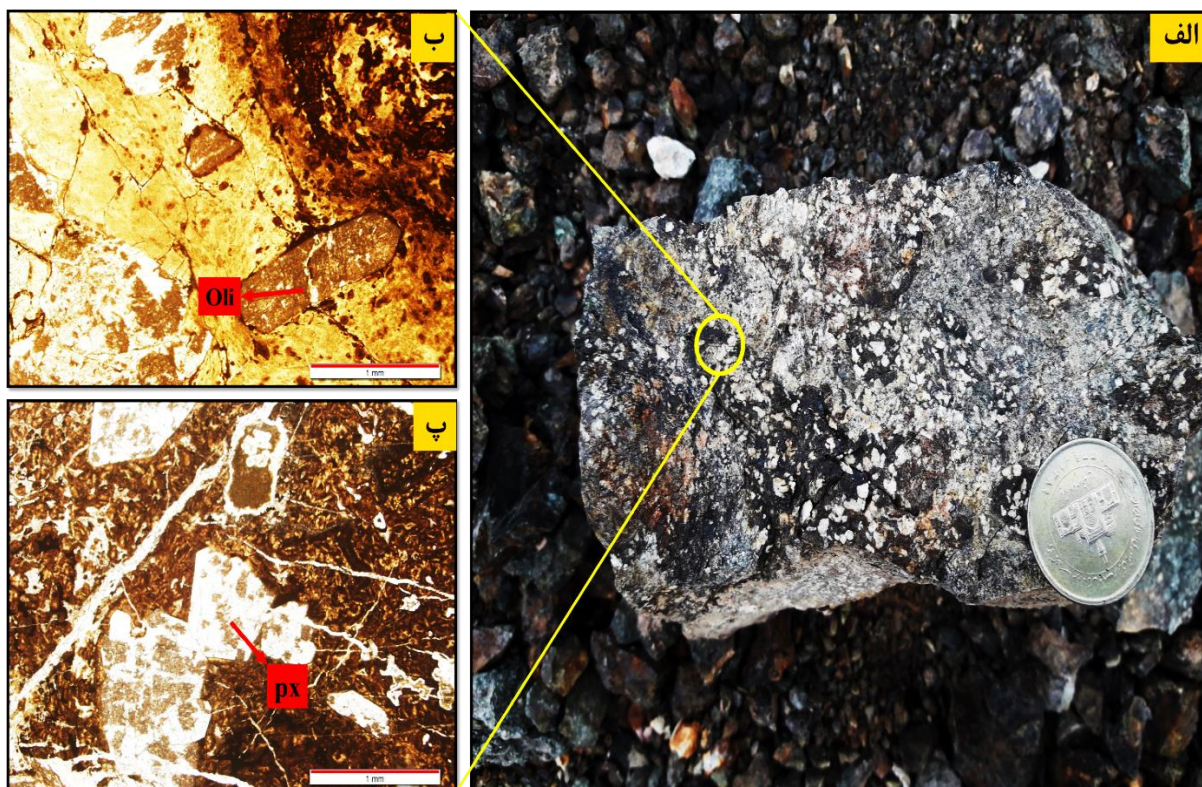




شکل ۳-۳-الف) تصویر صحرایی از واحد متابازالتی رخنمون یافته در منطقه مورد مطالعه، ب) تصویر نمونه دستی سنگ متابازالت، پ) تصویر میکروسکوپی از واحد متابازالتی.

متابازالت‌های برشی شده‌ای که در زون گسلی قرار گرفته بازالت‌هایی هستند که در اثر تماس سریع با آب دریا حالت شیشه‌ای پیدا کرده است و با توجه به آن که میکرولیت‌ها خیلی ریز بوده و تعداد فنوکریست‌ها نیز کم می‌باشد، سندی دیگر بوده براین که انجماد در یک محیط سرد صورت گرفته است با توجه به مطالعات پتروگرافی بلورهای الیوین در یک زمینه شیشه ای قرار گرفته و بلورهای پیروکسن نیز تجزیه شده اند و دارای رشد اسکلتی می‌باشد (شکل ۳-۴).





شکل ۳-۴-الف) نمای نزدیک از متابازالت‌های برشی شده در منطقه مورد مطالعه، (ب) تصویر میکروسکوپی از متابازالت و بلورهای الیون در آن (پ) تصویر میکروسکوپی از متابازالت و بلورهای پیروکسن.

### ۳-۲-۲-واحد اصلی ۲: ( $unit^2$ )

رخنمون این واحد سنگی در محدوده، مربوط به بخش‌های غیرقابل تفکیک کمپلکس دورکان است که شامل چرت‌های رادیولاریتی سنگ‌آهک‌های متورق و شیل‌ها در بعضی از نقاط به همراه رادیولاریت (Kvs-1)، سنگ‌های آهکی نازک لایه دگرگون‌شده در حد اسلیت همراه با چین‌خوردگی شدید (Kl2)، سنگ‌آهک متورق شیری تا خاکستری روشن که گاه توسط شیل‌های خاکستری رنگ بعضاً دگرگونه در حد رخساره شیست سبز به همراه ولکانیک‌های بازیک حد واسط می‌باشد که بیشتر موارد به شدت چین‌خورده است (Kvs-2) و سنگ‌آهک متبلور ضخیم لایه تا توده‌ای به رنگ خاکستری نسبتاً روشن (Kl3)

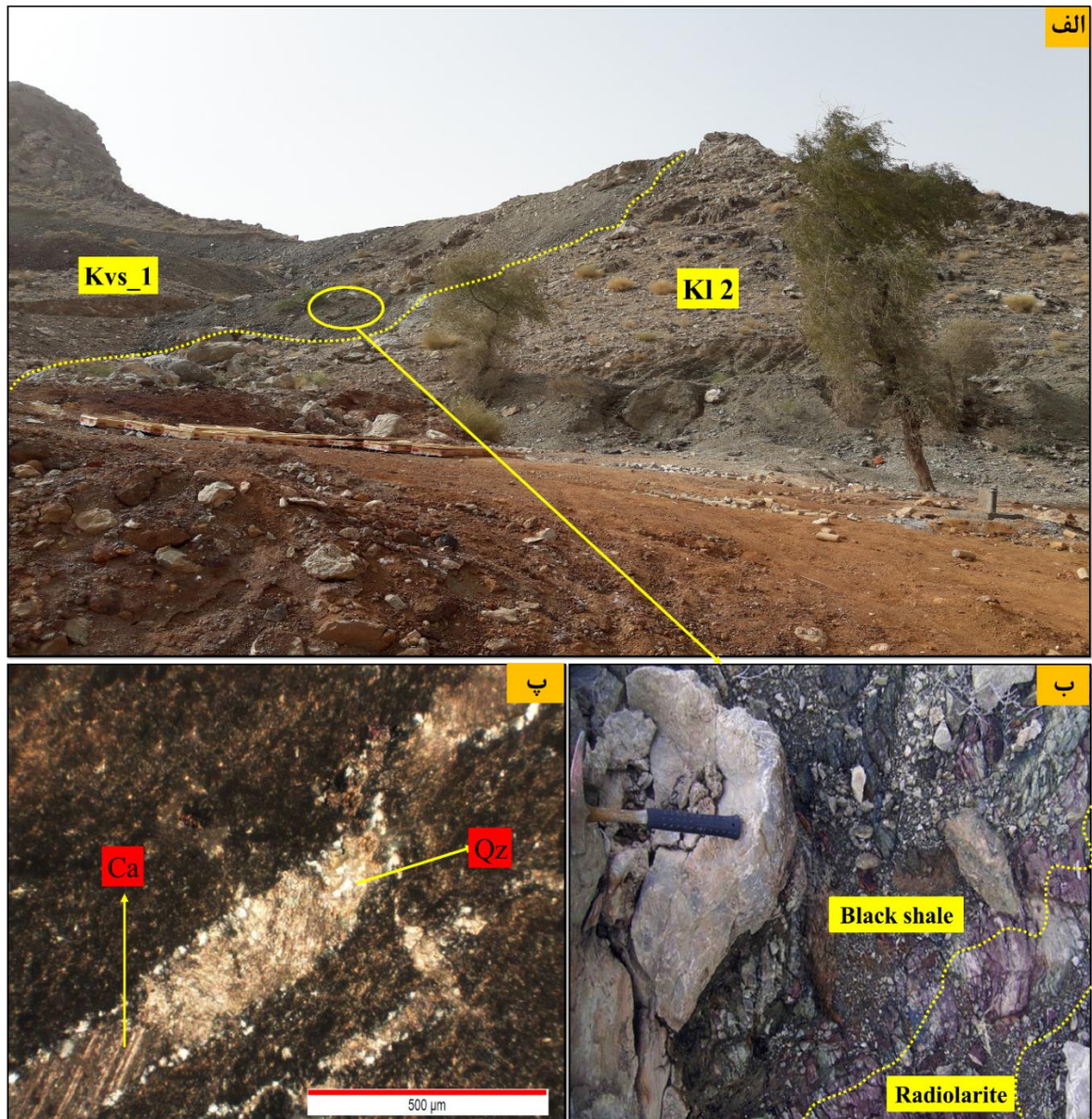
### ۳-۲-۱- زیر واحد Kvs-1

عمدتاً از سنگ‌آهک‌های متورق تشکیل شده که توسط سنگ‌آهک توده‌ای بخش فوقانی کمپلکس دورکان همراهی می‌گردد، همچنین گاه در برخی موارد شیل و ماسه‌سنگ به همراه واحد ولکانیک با ترکیب آندزیت بازالتی ونیز چرت و رادیولاریت تشکیل شده (شکل ۳-۶). رخنمون‌های محدود و کوچکی از چرت-های رادیولاریتی به ضخامت ۱۵ الی ۲۰ متر در زیر واحد Kvs-1 دیده می‌شود رخنمون این واحد به رنگ قرمز تا ارغوانی بوده و در مقطع نازک دارای فسیل‌های رادیولاریان می‌باشد دورنمای این واحد ممکن است با عدسی‌ها و زون‌های اکسید آهنی (گوسان) اشتباه گرفته شود. این واحد به در پهنه‌های معدنی تنکاشکن و میمند رخنمون داشته و ضخامتی حدود ۱۵ الی ۲۰ متر را دارا می‌باشد. کانی‌ها و اجزاء سازنده در مقیاس برش نازک نمونه بافت همگن و متجانسی ندارد، وفور کانی‌ها متغیر بوده و شامل کانی‌های سیلیسی میکرو و کریپتوکریستالین همراه با مقادیر شایان توجهی از اکسید-هیدروکسید آهن و کانی‌های کربناته (به صورت مجموعه‌های ریزبلور کلسیت) می‌باشد. به طور موضعی در خمیره‌ای از کانی‌های سیلیسی و پوسته‌های رادیولر دیده می‌شود و نمونه به چرت رادیولاریت مینرالیزه متمایل می‌شود. به طور موضعی کربنات درشت‌بلور همراه متوسط بلورهای کوارتز هم پدیدار است (شکل ۳-۷). در این نمونه رگچه‌ها و ریزترک‌های حاوی کربنات، اکسید آهن و کوارتز هم مشاهده می‌شود. ضخامت واحد Kvs-1 در پهنه معدنی تنکاشکو ۲ که میزبان افق ۱ کانه زایی بوده است. حدود ۱۳۰ متر بوده در حالی که در دیگر پهنه‌های معدنی کانسار رمشک این مقدار به حدود ۹۰-۸۰ متر می‌رسد.

بر اساس مطالعات پتروگرافی از واحد شیستی نشان داده می‌شود اجزاء سازنده در این نمونه بافتی ریز داشته و دارای لایه‌بندی یا لامیناسیون خیلی ظریف هستند. کانی‌های فیلسیلیکاته (سریسیت) به صورت بلورهای سوزنی یا تیغکی شکل تداوم‌یافته یا با لایه‌بندی خیلی ظریف دیده می‌شود. بقایای پوسته و صدف جانداران (به طور معمول با سیلیس و گلوکونیت جایگزین شده)، کوارتز آواری (در ابعاد سیلت، و ماسه متوسط تا خیلی ریز)، کمی کربنات بی‌شکل و کانی‌های کدر- اکسید آهن از همراهان کانی‌های

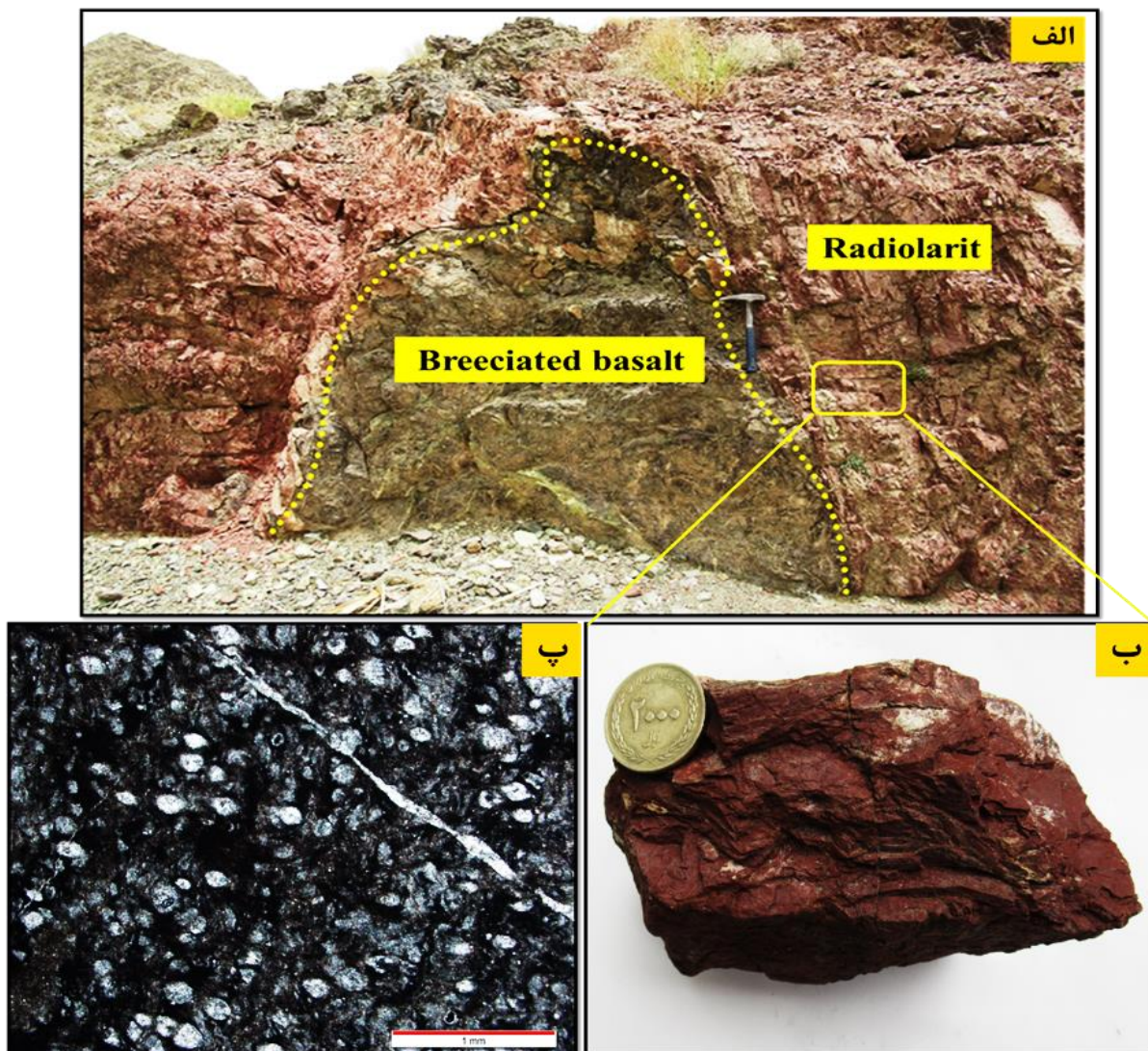


فیلسیلیکاته هستند؛ با تغییر وفور اجزاء سازنده و در بخشی از برش نمونه به سیلتستون شیلی ماسه‌ای متمایل شده است. در برش نازک این نمونه ریزترک، رگچه و رگه حاوی کوارتز و کربنات اغلب به موازات لایه‌بندی هم دیده شد.



شکل ۳-۵- الف) تصویر صحرایی از زیر واحد Kvs-1 در منطقه مورد مطالعه، ب) نمایی نزدیک از زیر واحد Kvs-1 در منطقه مورد مطالعه پ) تصویر میکروسکوپی از زیر واحد Kvs-1 .



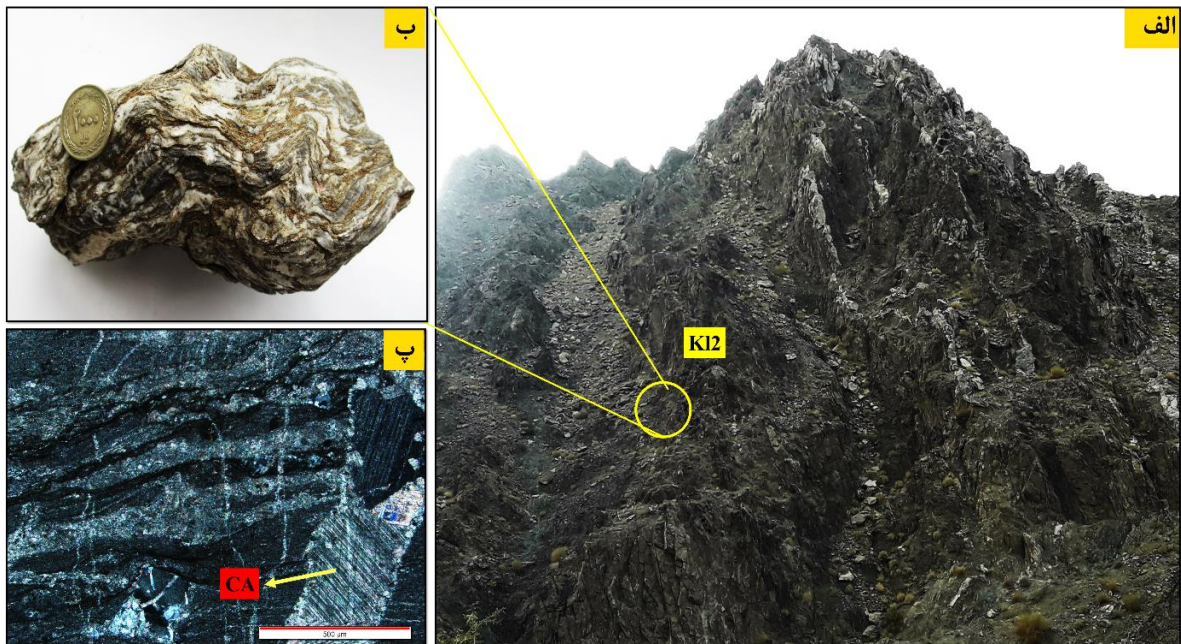


شکل ۳-۶- تصویر صحرایی رادیولاریت زیر واحد Kvs-1 در منطقه مورد مطالعه، (ب) تصویر نمونه دستی از سنگ رادیولاریت در واحد Kvs-1 در منطقه مورد مطالعه (پ) تصویر میکروسکوپی از رادیولاریت منطقه که دارای فسیل‌های رادیولاریا می‌باشد.

### ۳-۲-۲-۲- زیر واحد KI2

این واحد شامل سنگ‌آهک متورق شیری تا خاکستری روشن که گاه توسط شیل‌های خاکستری‌رنگ بعضاً دگرگونه در حد اسلیت همراهی می‌گردد در این واحد لکه‌هایی ناشی از آغشتگی به اکسیدهای آهن قابل مشاهده می‌شود و ضخامت این واحد در پهنه تنکاشکو حدود ۴۰ متر می‌باشد که این مقدار ضخامت در پهنه‌های دیگر تفاوت چندانی ندارد (شکل ۳-۷).

با توجه به مطالعات میکروسکوپی کانی‌ها و اجزاء سازنده کانی‌های کربناته، عمدتاً کلسیت بوده و بیشترین فراوانی را دارد. در نتیجه اعمال نیروهای زمین‌ساختی گاه در لایه‌های چین‌خوردگی یا خمیدگی پدیدار است. کانی‌های کربناته دربرش نازک بیشتر در مجموعه‌های ریز-متوسط و گاه درشت‌بلور بی‌شکل جهت‌دار و تداوم‌یافته است (شکل ۶-۷).



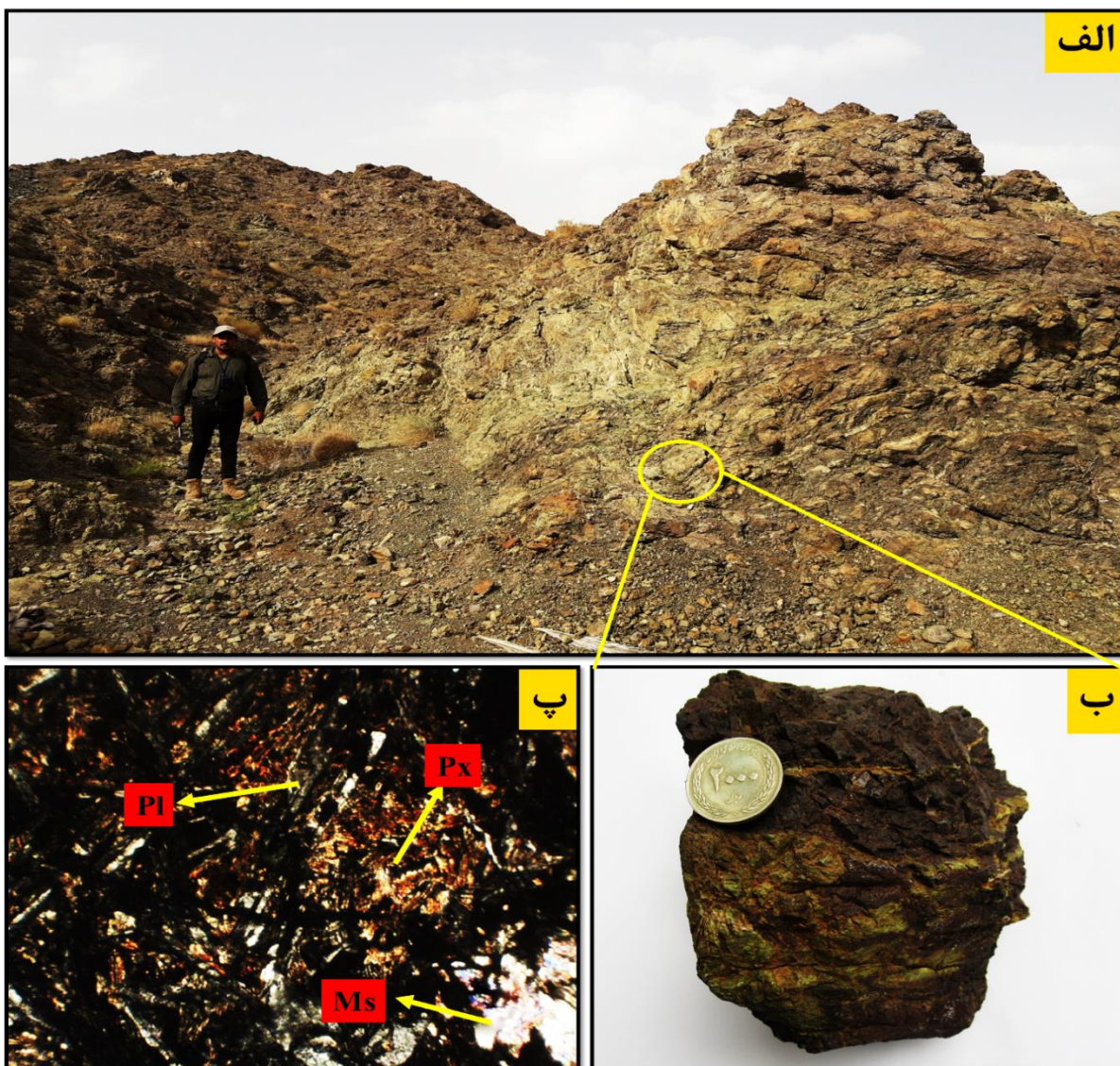
شکل ۳-۷-الف) تصویر صحرایی از زیر واحد K12 در منطقه مورد مطالعه، ب) تصویر نمونه دستی از آهک‌های متورق در زیر واحد K12 در منطقه مورد مطالعه، پ) تصویر میکروسکوپی از آهک‌های متورق در منطقه که دارای لایه‌بندی می‌باشد.

### ۳-۲-۲-۳- زیر واحد Kvs-2

این واحد میزبان افق ۲ کانه زایی در محدوده تنکاشکو و همچنین به‌عنوان میزبان اصلی کانه زایی در پهنه‌های معدنی سرسو، کرماهو و میمندر می‌باشد که شامل گدازه‌های بازیک حد واسط، پیلو بازالت، متابازیت (شیست سبز) می‌باشد که توسط میان لایه‌هایی از کلریت‌شیست، متاپلیت و کالک‌شیست همراهی می‌شود، ضخامت این واحد در پهنه‌های معدنی تنکاشکو و سرسو حدود ۲۰۰ تا ۲۵۰ متر و در پهنه‌های میمندر و کرماهو در حدود ۶۰۰ تا ۷۰۰ متر می‌باشد. سنگ‌های ولکانیکی این واحد که اغلب از جنس بازالت و آندزیت می‌باشد که گاه تحت تأثیر سیالات گرمایی دگرسانی کلریتی و اپیدوتی شده‌اند (شکل ۳-۸ و شکل ۳-۹)

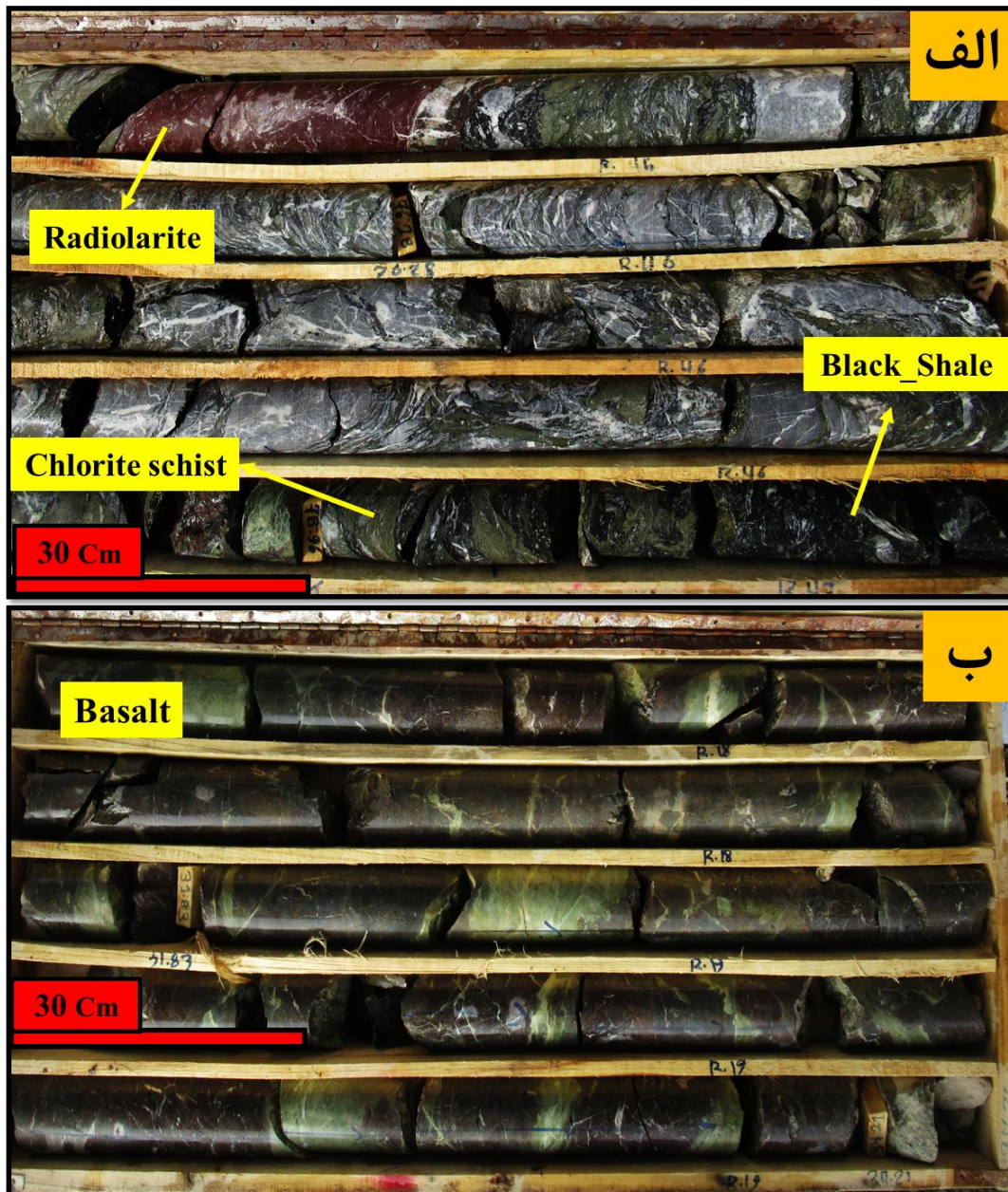


در مطالعه میکروسکوپی این واحد کانی‌ها و اجزاء سازنده از نظر ویژگی‌های بافتی، این نمونه از ولکانیک بازالتی تا ساب ولکانیک بازیک متغیر است. پلاژیوکلاز بیشتر به صورت بلورهای تیغه‌ای شکل و کشیده گاه با ماکل بوده در آن‌ها علاوه بر تجزیه به سریسیت، آلبیت و کمی کربنات ریزبلور پدیدار است؛ شماری از بلورهای پرفیر و شکل دار فلدسپار هم دیده شد که به‌طور کلی با کانی‌های فیلسیلیکاته به‌ویژه سریسیت-مسکویت جایگزین شده‌اند. کلینوپیروکسن به‌صورت بلورهای گاه تیغه‌ای شکل و باریک مشاهده می‌شود (شکل ۳-۸).



شکل ۳-۸- الف) تصویر صحرایی از متابازالت‌های دگرسان شده زیر واحد Kvs-2 در منطقه مورد مطالعه، ب) تصویر نمونه دستی از متابازالت‌های دگرسان شده زیر واحد Kvs-2 در منطقه مورد مطالعه، پ) تصویر میکروسکوپی از بازالت‌های منطقه.





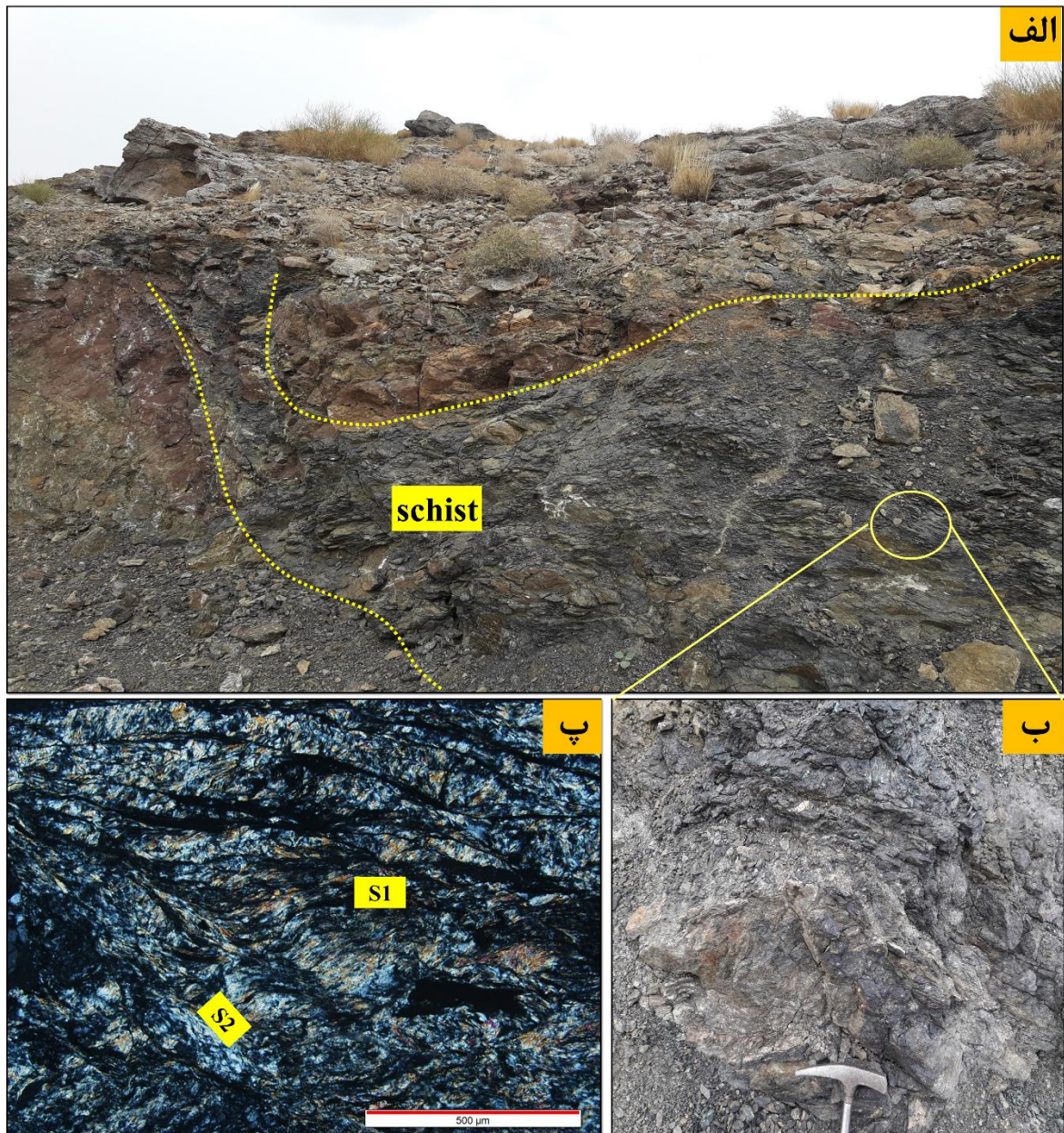
شکل ۳-۹-الف) تصویر مغزه حفاری از سنگ‌های رادیولاریت، کلریت‌شیست و متاپلیت در زیر واحد Kcphr-2 که میزبان کانه زایی در کانسار رمشک است، ب) تصویر مغزه حفاری از متابازالت‌های دگرسان شده کم‌رپاین ماده معدنی در زیر واحد kephr-2 در کانسار رمشک.

واحد فوق گاه در برخی مناطق دچار دگرسانی نسبتاً شدید پروپیلیتی شده به طوری که کلریتی شدن در متن سنگ کاملاً مشهود بوده و به صورت کلریت‌شیست در محدوده معدنی قابل مشاهده است. رگه‌های اپیدوت نیز در جهات گوناگون در آن گسترش یافته است و حاوی عدسی‌ها و پیچ‌های اکسید آهنی به ابعاد

چند ده سانتیمتر تا چند ده متر بوده، که در واقع زون‌های سولفیدی اکسید شده می‌باشند. این عدسی‌ها نیز در برخی مناطق حاوی کانی‌سازی مس هستند.

با توجه به مطالعات میکروسکوپی کانی‌ها و اجزاء سازنده نمونه را کانی‌های کربناته تشکیل داده که با توجه به ویژگی‌های کانی‌شناختی میکروسکوپی به گمان کلسیت است. کانی‌های کربناته دربرش نازک در مجموعه‌های ریز متوسط- درشت بلور بی‌شکل تداوم‌یافته هستند. کانی‌های فیلوسیلیکاته (سریسیت- مسکویت، کلریت) به صورت الیافی و رشته‌های تداوم یافته‌گاه در تناوب با کانی‌های کربناته بوده، این کانی‌ها به‌طور موضعی همراه کربنات انحنایافته و چین‌خوردگی دارد. ساخت ماکیفایش (ماهی‌گون) در این شیست‌ها دیده می‌شود که می‌توان گفت این واحد حداقل دو فاز شیستوزیته (S1 و S2) یا به عبارتی دیگر حداقل دو فاز دگرشکلی را تحمل کرده است. به لحاظ کانی‌شناسی کانی‌های کلریت، مسکویت، و بیوتیت قابل تشخیص بوده که بیوتیت‌ها به احتمال زیاد بعد از دگرگونی به کلریت تبدیل شده است (شکل ۳-۱۰). کمی کانی‌های کدر- اکسید آهن و معدود رگچه آهنی هم پدیدار است.

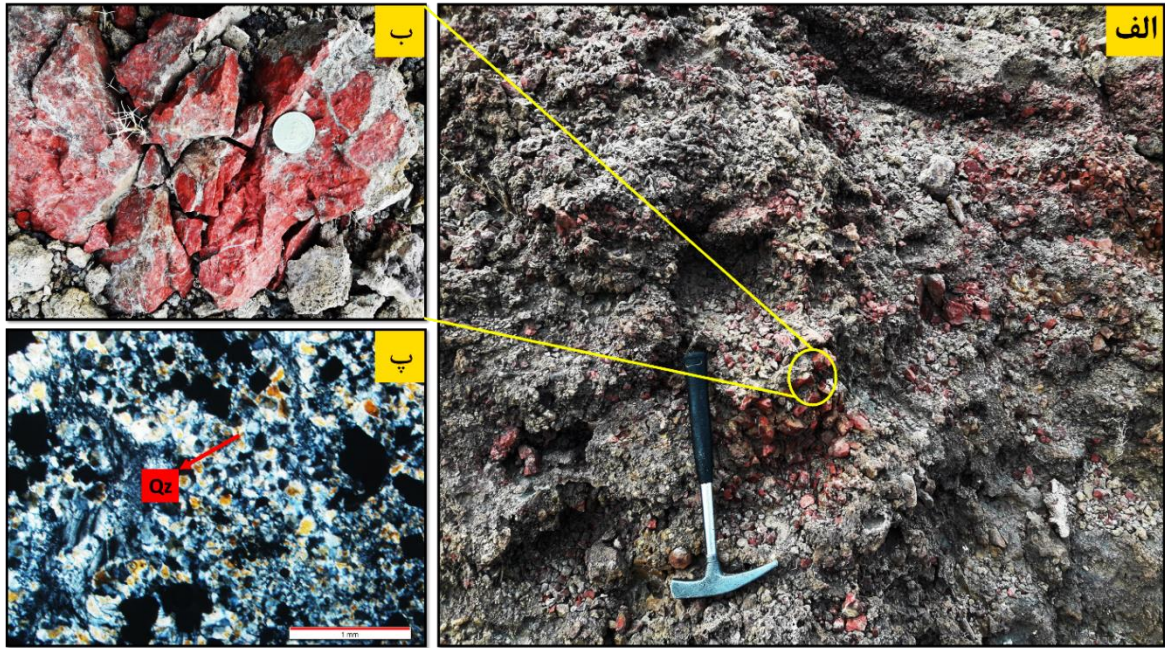




شکل ۳-۱۰-الف) تصویر صحرایی از شیست‌ها و متاپلیت‌هایی زیر واحد Kvs-2 در منطقه مورد مطالعه، (ب) نمای نزدیک از کالک‌شیست‌ها در زیر واحد Kvs-2 در منطقه مورد مطالعه، (پ) تصویر میکروسکوپی از شیست‌ها که نمایی از دو فاز شیستوزیته (S1 و S2) را نشان می‌دهد.

ضخامت واحد Kcpr\_2 در پهنه تنکاشکو حدود ۱۵۰ متر و در پهنه‌های سرسو و میمندر در حدود ۲۰۰ الی ۲۵۰ متر است و در پهنه معدنی کرماهو ضخامت این واحد به ۵۰۰ متر می‌رسد قابل به ذکر است در پهنه‌های معدنی کرماهو و میمندر در قسمت بالایی این واحد یک زیر واحد سیلیسی-ژاسپلیتی به رنگ قرمز تا نارنجی وجود داشته که به شدت تحت تاثیر اکسیدهای آهن و هماتیتی شدن قرار گرفته است (شکل ۳-۱۱).



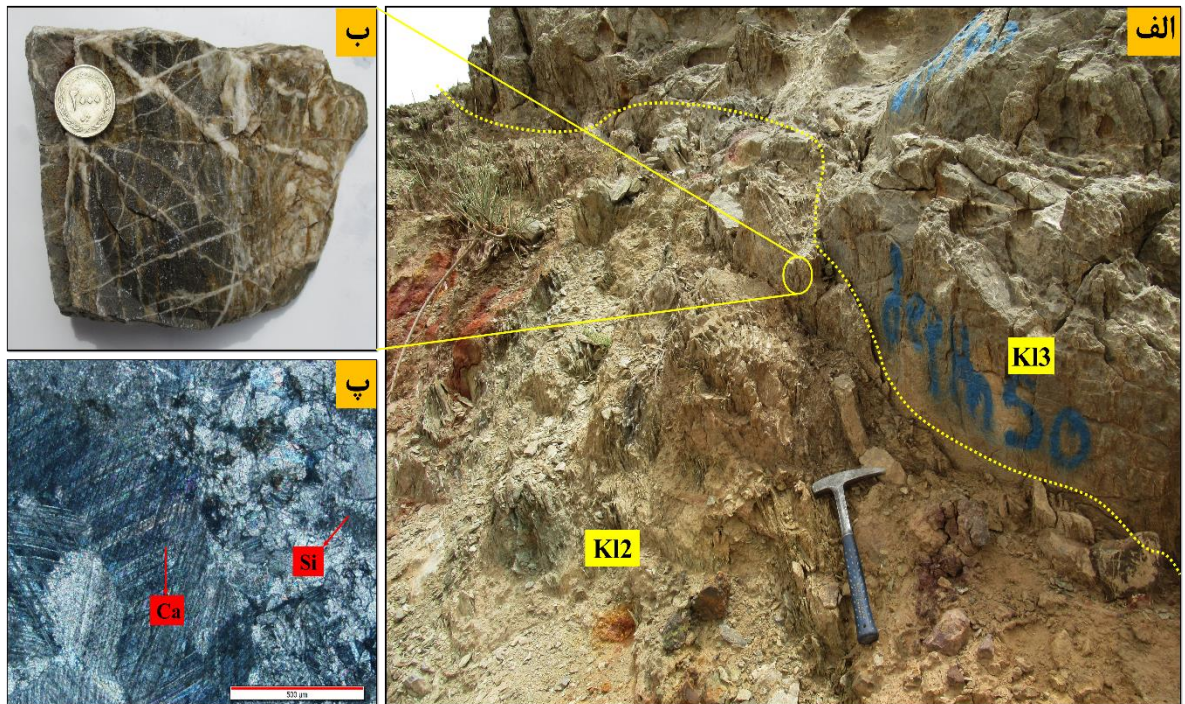


شکل ۳-۱۱- الف) تصویر صحرایی از ژاسپلیت های زیر واحد Kvs-2 در منطقه مورد مطالعه، ب) تصویر نمونه دستی از ژاسپلیت های زیر واحد Kvs-2 در منطقه مورد مطالعه، پ) تصویر میکروسکوپی از ژاسپلیت های زیر واحد Kvs-2.

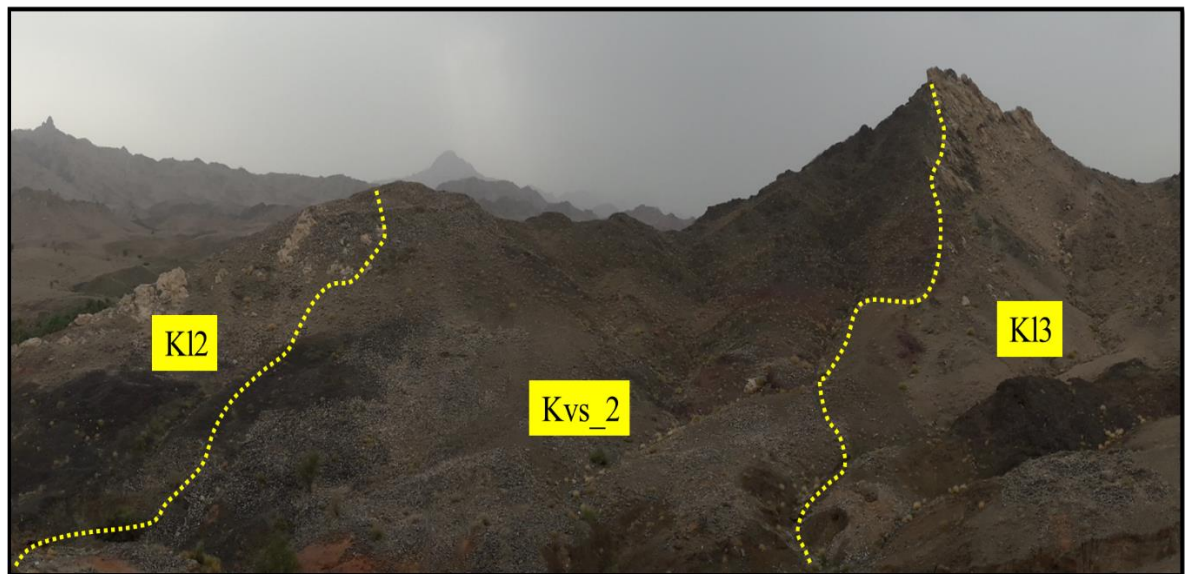
### ۳-۲-۲-۴- زیر واحد KI3

این واحد شامل سنگ آهک ضخیم لایه تا توده ای خاکستری رنگ می باشد. این واحد به ویژه در بخش های توده ای صخره ساز بوده و عمدتاً دارای روند عمومی شمال خاور - جنوب باختری می باشد و عمدتاً دارای روند عمومی شمال خاور - جنوب باختری می باشد. ضخامت این واحد در پهنه های معدنی تنکاشکوا و ۲ در حدود ۱۳۰ متر بوده و این مقدار در پهنه های سرسو، میمندر و کرماهو متفاوت بوده و حدود ۱۰۰ متر می باشد (شکل ۳-۱۳). رخنمون این واحد در بیشتر مناطق در ستیغ کوه ها قابل مشاهده بوده در سطح این واحد آهکی شکستگی ها و حفرات متوسط تا بزرگی وجود داشته که در نتیجه انحلال آهک در آب تشکیل شده یا به عبارتی دیگر پدیده کارستی شدن را شاهد هستیم و قابل ذکر است در این واحد، آهک متبلور (مرمر) نیز رخنمون خوبی داشته و دارای رنگ روشن تا خاکستر و حاوی رگه های فراوان کلسیت بوده که در سطح آن قابل مشاهده می باشد (شکل ۳-۱۳).





شکل ۳-۱۲- الف) تصویر صحرایی از آهک‌های زیر واحد K13 در منطقه مورد مطالعه، ب) تصویر نمونه دستی از آهک‌های زیر واحد K13 در منطقه مورد مطالعه، پ) تصویر میکروسکوپی آهک‌های زیر واحد K13.

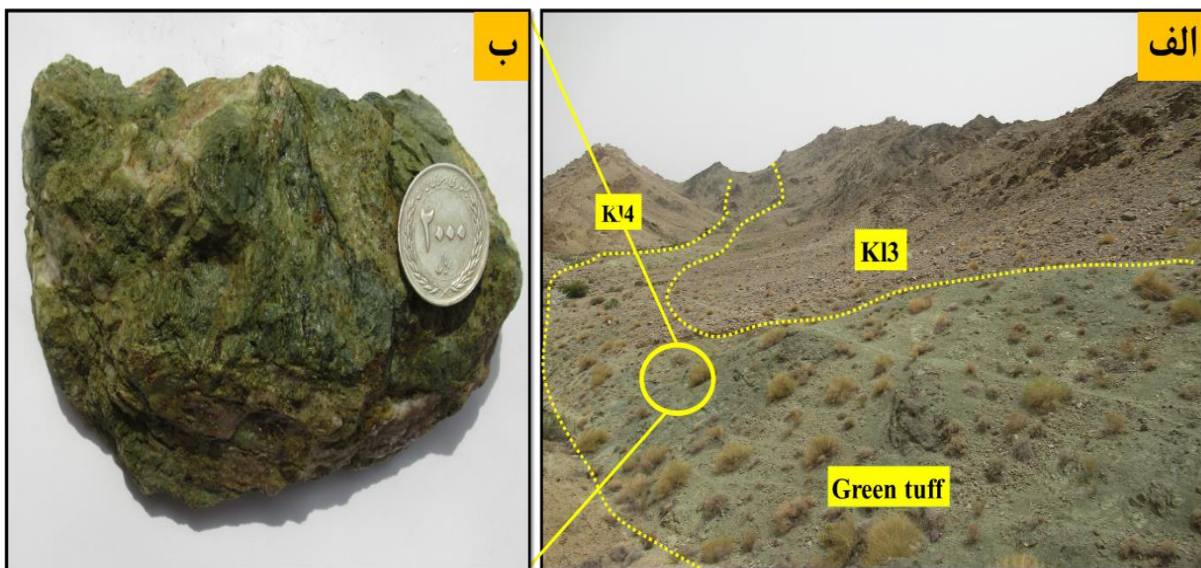


شکل ۳-۱۳- نمائی از نیمرخ واحدهای سنگی K13، Kvs-2 و K12 در پهنه معدنی سرسودر کانسار رمشک.



### ۳-۲-۳- واحد اصلی ۳: (unit<sup>3</sup>)

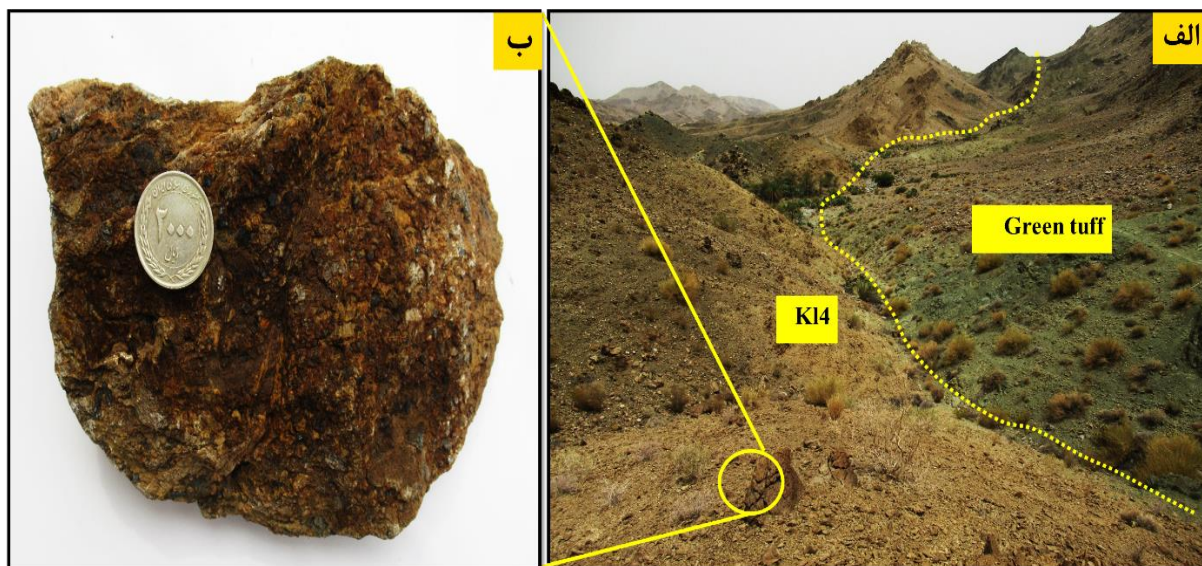
توف سبز دگرگون شده به عنوان سومین واحد سنگی در منطقه است که در شمال محدوده مورد اکتشافی قرار می‌گیرد. این افق دارای لایه‌بندی بوده و ضخامت آن به‌طور متوسط در هر چهار پهنا معدنی حدود ۲۰ الی ۲۵ متر می‌باشد. تأثیرات دگرسانی اپیدوتی بر روی این واحد کاملاً مشهود می‌باشد و دارای رگه‌رگچه‌های ثانویه کلسیتی می‌باشد (شکل ۳-۱۴).



شکل ۳-۱۴- الف) تصویر صحرایی از واحد توفی سبزرنگ در منطقه مورد مطالعه، ب) تصویر نمونه دستی از توف‌های سبز اپیدوتی شده در منطقه مورد مطالعه.

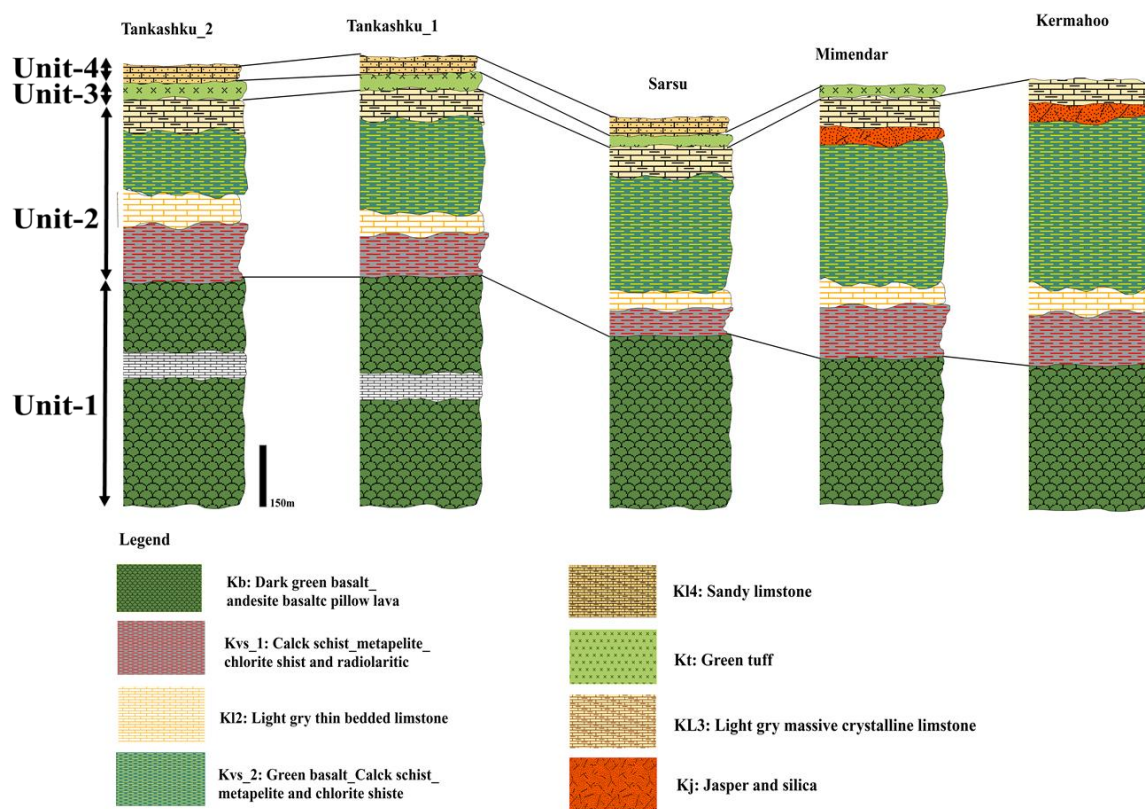
### ۳-۲-۴- واحد اصلی ۴: (unit<sup>4</sup>)

این واحد شامل ماسه‌سنگ‌های آهکی بوده که حالت گریوک دارد و در شمال محدوده اکتشافی و هم‌مرز با توده‌های نفوذی گابرویی کمپلکس رمشک واقع شده است. رنگ این واحد زرد تا نارنجی بوده و ضخامت آن در پهنا تنکاشکو به حدود ۲۵ متر می‌رسد (شکل ۳-۱۵).



شکل ۳-۱۵- الف) تصویر صحرایی از آهک ماسه‌ای، واحد K14 در منطقه مورد مطالعه، ب) تصویر نمونه دستی از آهک ماسه‌ای، واحد K14 در منطقه مورد مطالعه.

با توجه به اندازه‌گیری‌ها و پیمایش‌های صحرایی در منطقه مورد مطالعه رخنمون و تغییرات ضخامت واحدهای سنگی نام‌برده شده در پهنه‌های تنکاشکو، سرسو، میمندر و کرماهو متفاوت بوده که در ستون‌های چینه‌شناسی تهیه‌شده از این پهنه‌های معدنی قابل بررسی است (شکل ۳-۱۶).



شکل ۳-۱۶- تغییرات ضخامت در ستون چینه‌شناسی واحدهای سنگی منطقه رمشک جنوب شرق کرمان.

### ۳-۲-۵- توده ترونجمیتی:

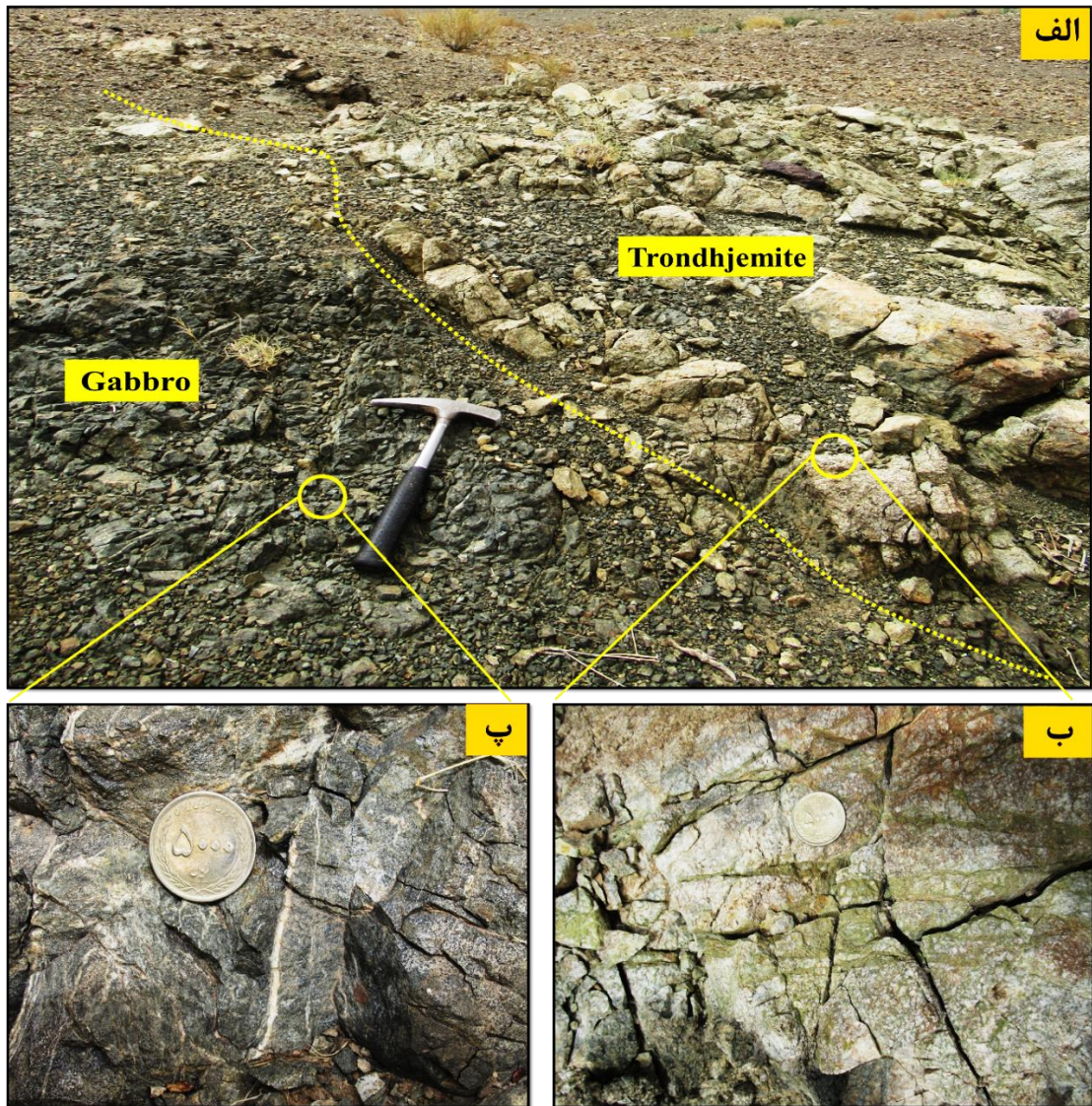
در شمال محدوده موردبررسی یک توده نفوذی اسیدی روشن با ترکیب کوارتز دیوریت تا لوکوگرانیت به رنگ سفید رخنمون دارد. این توده فاقد کانی‌های تیره بوده یا کانی‌های تیره آن بسیار اندک می‌باشد و توسط یکسری دایک‌های دیابازی قطع شده است. کانی‌های مشاهده‌شده در نمونه‌های دستی برداشت‌شده از این توده عمدتاً شامل کوارتز و پلاژیوکلاز است که گاه توسط هورنبلند و کلریت (به میزان اندک) همراهی می‌شوند (شکل ۳-۱۷).

### ۳-۲-۶- مجموعه دیابازی:

در شمال محدوده اکتشافی رخنمونی از یک توده بازیک گاه حد واسط (دیابازی) به رنگ سبز تیره رخنمون دارد. توده فوق بیشتر در داخل توده لوکوگرانیتی نفوذ کرده و در آن بیشتر ساختار دایک مانند



دارد هرچند در برخی مناطق از گسترش نسبتاً قابل ملاحظه‌ای برخوردار می‌باشد و به شکل توده‌ای مستقل رخنمون یافته است. در محل تماس این توده و توده لوکوگرانیته گاه عدسی‌ها و پیچ‌های اکسید آهنی دیده می‌شود که در برخی مناطق حاوی کانی‌سازی مس نیز می‌باشد (شکل ۳-۱۸).



شکل ۳-۱۷- الف) تصویر صحرایی از مرز واحدهای ترونجمیتی و گابرویی در کمپلکس رمشک، ب) نمای نزدیک از ترونجمیت های کمپلکس رمشک همراه با دگرسانی اپیدوتی در آن، پ) نمایی نزدیک از گابروهای کمپلکس رمشک.

### ۳-۳- زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک منطقه:

محدوده مورد بررسی از نظر ساختاری بخشی از کمپلکس دورکان است که با روند تقریباً خاوری باختری از جنوب ایرانشهر تا خاور میناب کشیده شده و حوضه فرورفته دشت جازموریان را از حوضه نئوژن مکران در

جنوب جدا می‌کند. به دلیل قرارگیری محدوده مورد بررسی در این پهنه به شدت تکتونیزه، مرز واحدهای سنگی عمدتاً گسله است. روند عمومی لایه‌ها و چین‌ها شمال باختر\_جنوب خاوری بوده و مجموعه‌های دگرگونی کمپلکس دورکان که رخساره بارز منطقه را تشکیل می‌دهد چین خوردگی‌های کوچک به صورت تاقدیس و ناودیس در همین روند را تحمل نموده است. این چین خوردگی‌ها اغلب بسته و دارای خواب محوری به طرف شمال باختر می‌باشند. گسل‌های اصلی و عمده که احتمالاً در تمرکز کانی‌سازی نیز نقش داشته اند، گسل‌های طولی با روند شمال باختر\_جنوب خاوری بوده و عمدتاً مرز تکتونیکی واحدهای سنگی شاخص در منطقه را تشکیل می‌دهند. این گسل‌ها عمدتاً راستالغز بوده و دارای شیب زیاد ۸۰ تا ۸۵ درجه عمدتاً به طرف جنوب باختر می‌باشند. از مهم ترین این گسل‌ها میتوان به گسله درانار در گوشه شمالی محدوده مورد بررسی اشاره کرد که مرز میان کمپلکس دورکان از کمپلکس رمشک و مجموعه دیاباز با توده لوکوگرانیتهی در کمپلکس رمشک را جدا می‌کند. دیگری گسله خواک در گوشه شمال خاوری محدوده است که باعث بریدگی گسله درانار بطرف خاور شده و بخش ولکانیکی کمپلکس دورکان را از توده لوکوگرانیتهی کمپلکس رمشک جدا می‌کند. شاید مهم‌ترین نوع این گسل‌ها، گسله سرسو است که زون کانی-سازی سرسو در انتهای جنوب خاوری آن تمرکز دارد. از دیگر گسل‌های مهم با این روند، میتوان گسله کرماهو را نام برد که زون کانی‌سازی کرماهو در یال جنوب باختری تمرکز دارد. سیستم گسل دیگر که این محدوده را تحت تأثیر قرار داده، گسل‌های عرضی شمال خاور جنوب باختری است که جوانتر از گسل‌های شمال باختر\_جنوب خاوری بوده و اغلب باعث جابجایی گسل‌های مذکور یا واحدهای سنگی شده‌اند. این گسل‌ها عمدتاً دارای جابجایی راستالغز چپبر بوده و دارای شیب زیاد ۸۵ تا ۹۰ درجه می‌باشند. از مهمترین این گسل‌ها میتوان گسله تنکاشکو در بخش‌های میانی محدوده را نام برد که زون کانی‌سازی تنکاشکو در انتهای شمال خاوری آن تمرکز دارد.

در شمال محدوده مورد بررسی توده‌های نفوذی ترونجمیتی به همراه مجموعه‌های دیابازی و گابرویی مشاهده میشود که متعلق به افیلیت‌های کمپلکس رمشک بوده و دارای مرز گسلی (گسله درانار) با کمپلکس دگرگونی دورکان می‌باشد.





# فصل چهارم: کانه زاپی و دگرسانی



#### ۴-۱- مقدمه

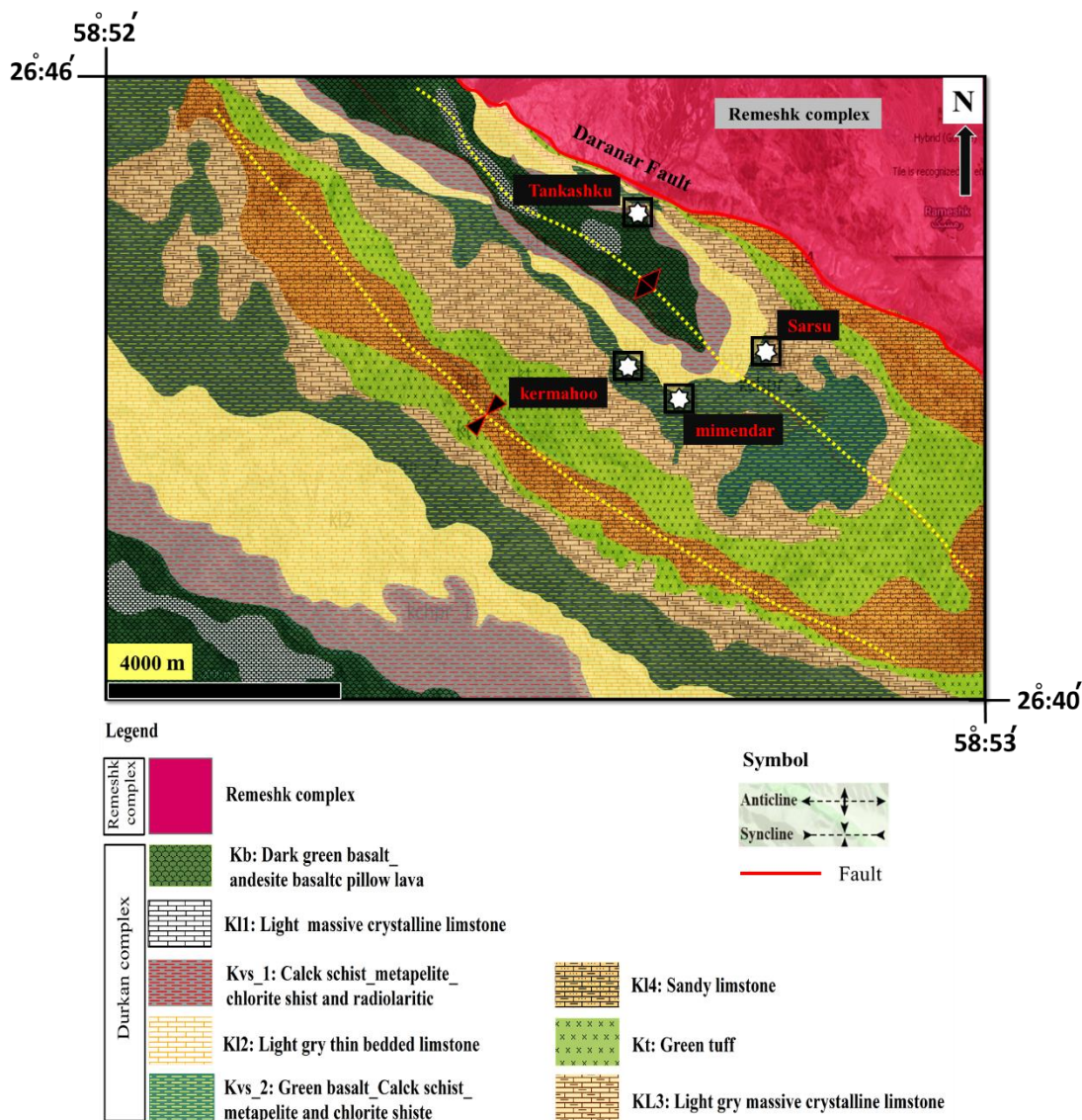
بررسی شکل‌گیری ذخایر و ارتباط آن‌ها با فرآیندهای زمین‌ساختی راهنمایی ارزشمند جهت کشف ذخایر جدید و یا ارزیابی مجدد ذخایر است که از طریق مشاهدات صحرایی و مطالعات میکروسکوپی در محدوده مورد مطالعه مقدور می‌باشد. لذا طی بازدیدهای انجام‌گرفته در منطقه، پهنه‌های کانه زایی به همراه آلتراسیون‌ها به منظور تحلیل کانه زایی و بررسی انواع دگرسانی در کانسار مس رمشک مورد مطالعه قرار گرفته است.

بر اساس مطالعات زمین‌شناسی صحرایی (Hellman, 2006 و موسیوند، ۱۳۸۵) این کانه زایی‌های مس از نوع کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد (VMS) می‌باشند. در سال ۱۳۷۷ محدوده رمشک توسط شرکت‌های مهندسی مشاور پاراگون و کانتک (Conteach PTY) از استرالیا تحت عنوان "اکتشافات نیمه تفصیلی مس در منطقه جنوب رمشک مورد بررسی قرار گرفت. در این طرح محدوده‌هایی به گسترش تقریبی ۱۱۲ کیلومترمربع مورد پی‌جویی قرار گرفت که پس از شناسایی ۴ محدوده امیدبخش به نام‌های تنکاشکن (تنکاشکو)، سرسو، مؤمندر (میمیندر) معرفی گردید.

#### ۴-۲- رخدادهای کانه زایی در ناحیه رمشک (جنوب شرق کرمان)

در محدوده رمشک، کانی‌سازی‌های مس در سطح زمین به صورت عدسی‌های اکسید آهنی (گوسان) در مجموعه دگرگونی دورکان و عمدتاً در ۴ پهنه به نام‌های تنکاشکن (تنکاشکو)، سرسو، میمندر و کرماهو مشاهده می‌شود. به نظر می‌رسد در این محدوده یک تاقدیس با روند شمال شرقی - جنوب غربی است که پهنه‌های تنکاشکو و سرسو در یال شمالی و پهنه‌ها میمندر و کرماهو در یال جنوبی این تاقدیس قرار گرفته است. طی اکتشافات تفصیلی، در مجموع ۳۷ گمانه در محدوده رمشک حفاری شده است که ۶ گمانه مورد مطالعه قرار دادیم. حفاری‌های انجام‌شده بر روی نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰ تهیه‌شده از پهنه‌های معدنی مورد مطالعه مشخص شده‌اند، مشاهده می‌شود (شکل ۴-۱).



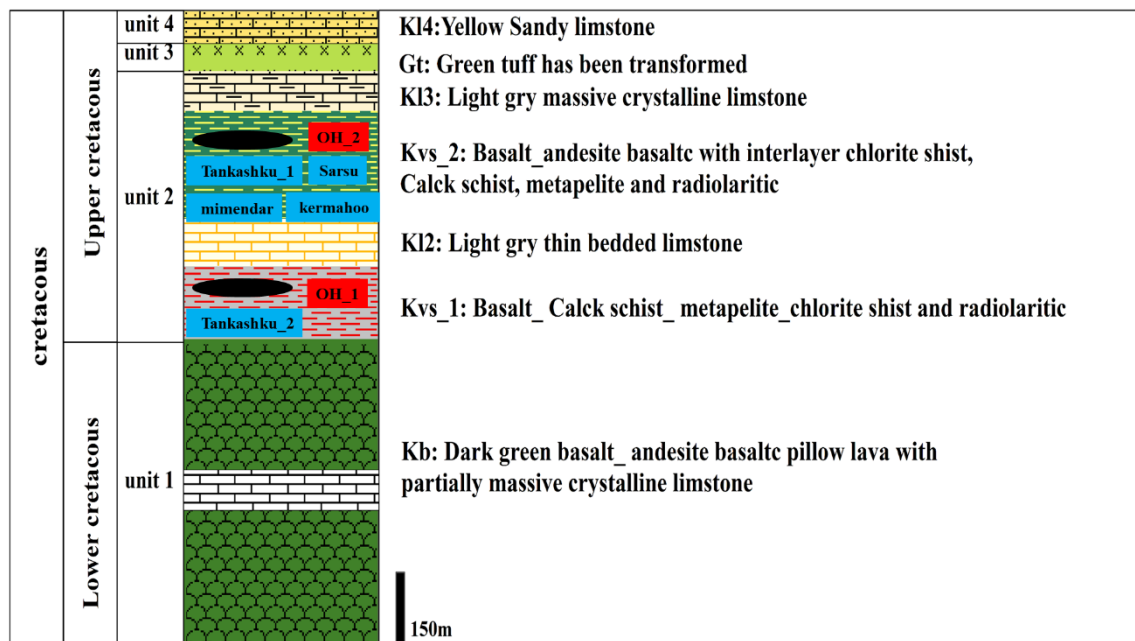


شکل ۴-۱- نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰۰ از واحدهای سنگی میزبان کانه زایی در منطقه مورد مطالعه و نمایی از تاق‌دیزی با روند شمال شرقی \_ جنوب غربی واقع در کمپلکس دورکان که موقعیت پهنه‌های معنی تنکاشکو، سرسو، میمندر و کرماهو روی آن مشخص شده است.

کانسارهای مورد مطالعه در ۲ افق کانه زایی رخ داده‌اند که دارای جایگاه چینه‌شناسی خاصی می‌باشند و هر دو افق کانه زایی در زیر واحدهای متفاوتی از (Unit\_2) در منطقه رخ داده است. این کانسارها را می‌توان بر اساس موقعیت چینه‌شناسی و سنگ میزبان به دو گروه تقسیم نمود (شکل ۴-۲):

۱: کانسار معدنی مس در افق اول کانه زایی (OH-1): میزبان این افق از کانه زایی زیر واحد (Kvs-1) از (Unit 2) کمپلکس دگرگونی دورکان بوده و عمدتاً از سنگ آهک‌های متورق تشکیل شده که توسط سنگ آهک توده‌ای بخش فوقانی کمپلکس دورکان همراهی می‌گردد، همچنین گاه در برخی موارد شیست و متاپلیت به همراه واحد ولکانیک متابازالتی با ترکیب آندزیت بازالتی و نیز چرت و رادیولاریت تشکیل شده که کانسار تنکاشکو ۲ در این افق کانه زایی شکل گرفته است.

۲: کانسارهای معدنی مس در افق دوم کانه زایی (OH\_2): میزبان این افق از کانه زایی زیر واحد (Kvs-2) از (Unit 2) کمپلکس دگرگونی دورکان می‌باشد و شامل گدازه‌های بازیک حد واسط، پیلوبازالت، متابازیت (شیست سبز) می‌باشد این واحد توسط میان لایه‌هایی از شیست‌های نازک لایه تیره‌رنگ به همراه کالک‌شیست، کلریت‌شیست و متاپلیت همراهی می‌شود. واحد فوق گاه در برخی مناطق دچار دگرسانی نسبتاً شدید پروپیلیتی شده به طوری که کلریتی شدن در متن سنگ کاملاً مشهود بوده و به صورت کلریت‌شیست در محدوده معدنی قابل مشاهده است. رگه‌های اپیدوت نیز در جهات گوناگون در آن گسترش یافته است و حاوی عدسی‌ها و پیچ‌های اکسید آهنی به ابعاد چند ده سانتیمتر تا چند ده متر بوده، که در واقع زون‌های سولفیدی اکسید شده می‌باشند. این عدسی‌ها نیز در برخی مناطق حاوی کانی‌سازی مس هستند. کانسارهای تنکاشکو ۱، سرسو، میمندر و کرماهو در این افق کانه زایی تشکیل شده است.

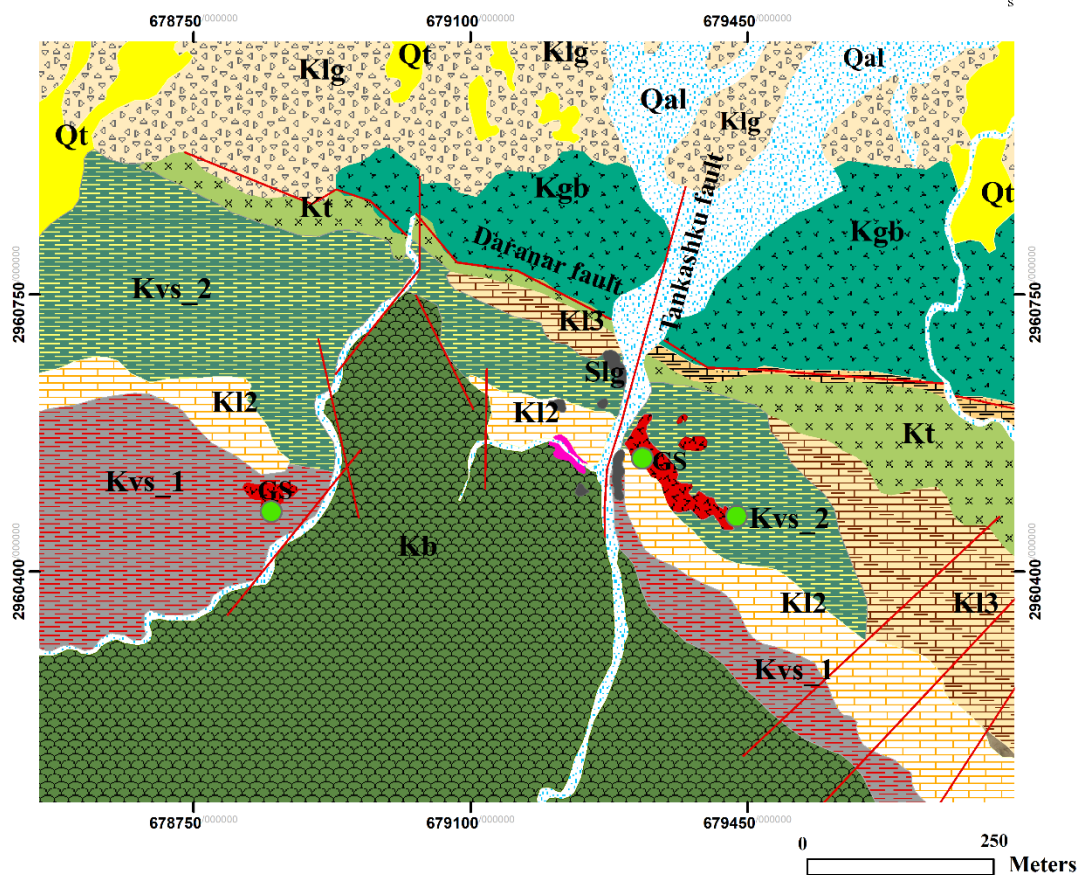


شکل ۴-۲- توالی چین‌شناسی عمومی از واحدهای سنگی میزبان کانه زایی در منطقه مورد مطالعه. کانه زایی مس در دو افق تشکیل شده است.

#### ۴-۲-۱- ویژگی‌های کانه زایی مس در پهنه تنکاشکو:

این پهنه شامل دو زون گوسان اصلی می‌باشد که شامل زون گوسان غربی به نام تنکاشکو<sup>۲</sup>(OH<sub>1</sub>) همراه با دو زیر افق (OH<sub>1</sub>-A) و (OH<sub>2</sub>-B) در زیر واحد Kvs-2 و زون گوسان شرقی به نام تنکاشکو<sup>۱</sup>(OH<sub>2</sub>) در واحد Kcphr\_ می‌باشد. کارهای قدیمی اکنون به‌طور کامل توسط واریزه‌ها پر شده و تخمین ابعاد معدنکاری در این محدوده را مشکل می‌سازد و به نظر نمی‌رسد ابعاد قابل توجهی داشته باشد (شکل ۴-۳ و ۴-۴).

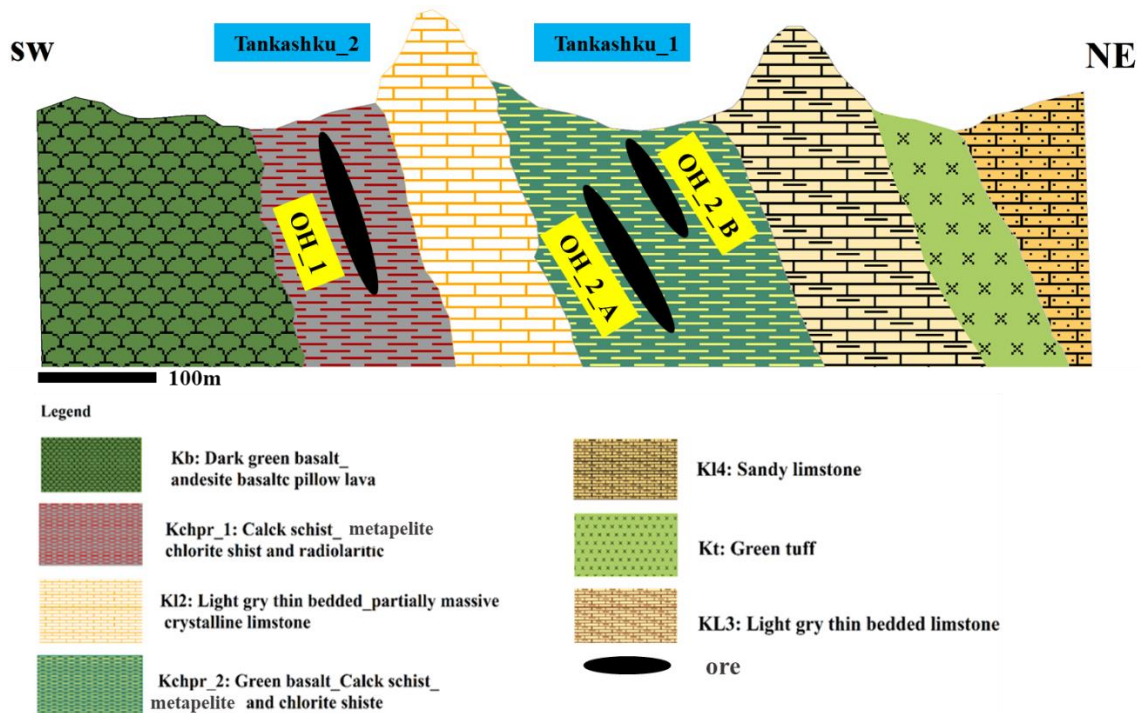
# Geological map of Tankashku area



## Legend

Quaternary	Qal: Alluvial deposits	
	Qt: Alluvial deposit (gravel, sand, silt and clay)	
Cretaceous	Kvs_1: Calc schist_metapelite_chlorite shist and radiolaritic	<b>Symbols</b> fault GS: Gossanized zone Slg: Slage Hole
	Kvs_2: Green basalt_Calc schist_metapelite and chlorite shiste	
	K12: Light gry thin bedded limestone	
	K14: Sandy limestone	
	K13: Light gry massive crystalline limestone	
	KV: Dark green basalt_andesite basaltc pillow lava	
	Di: Diabase	
	Kt: Green tuff	
	Kr: Radiolarite	
	Lg: Locogranite (plagiogranite, trondhejmite)	

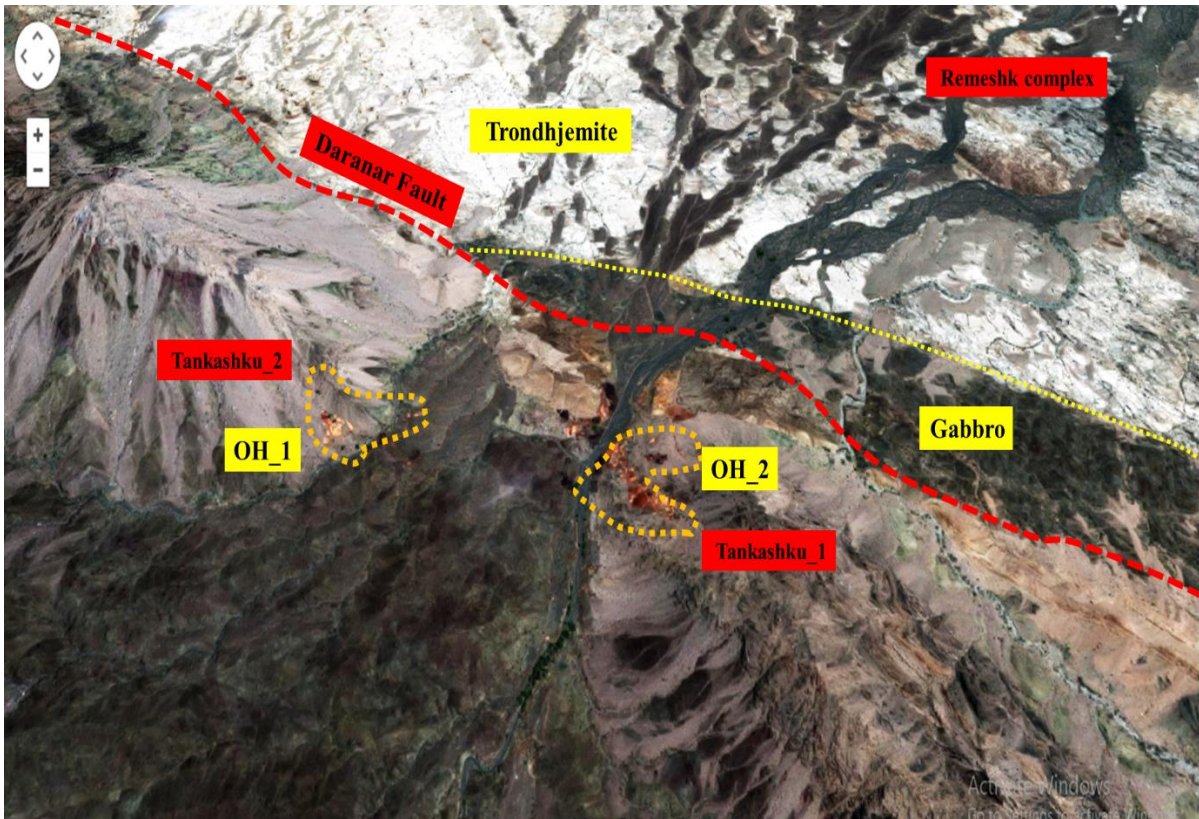
شکل ۳-۴- نقشه زمین شناسی پهنه معدنی تنکاشکو در مقیاس ۱:۱۰۰۰ و موقعیت گمانه‌های حفاری شده.



شکل ۴-۴-مقطع عرضی از واحدهای سنگی پهنه معدنی تنکاشکو ۱ و ۲ و موقعیت افق‌های کانه‌دار مس در این پهنه.

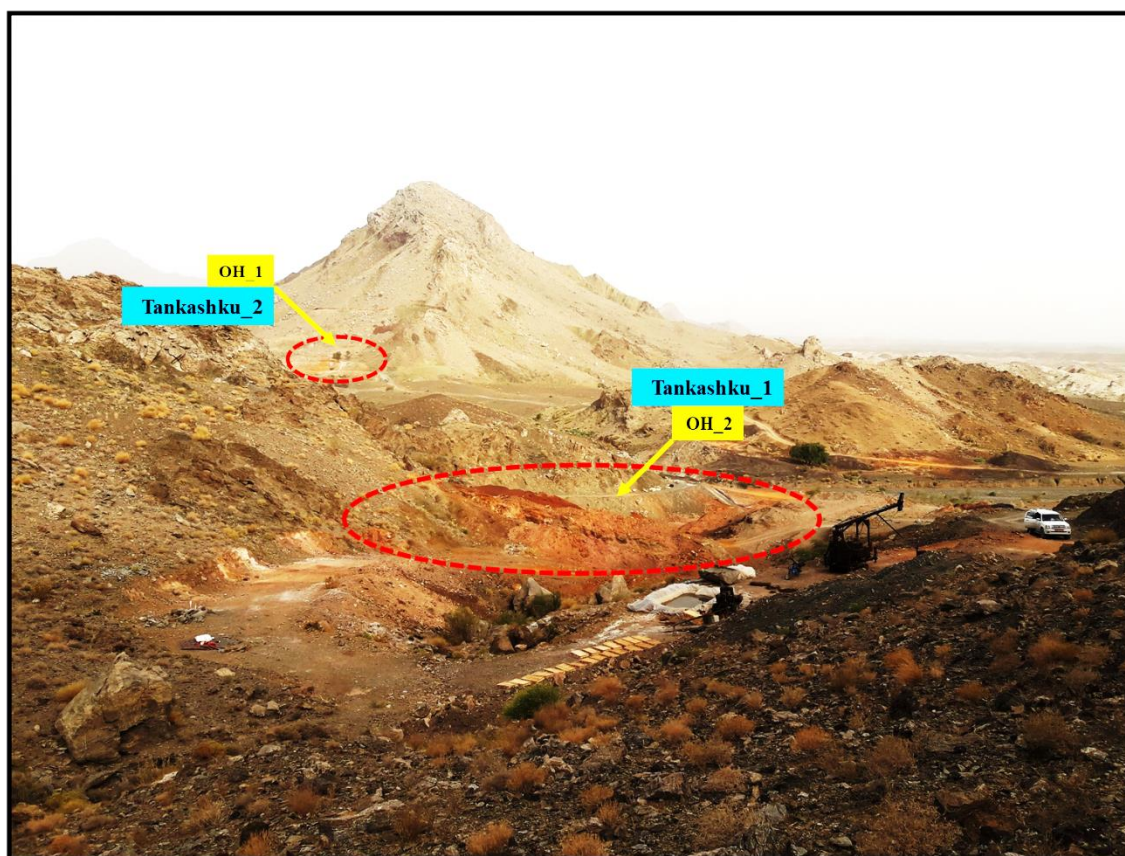
در پهنه معدنی تنکاشکو زون‌های گوسان با گسترش قابل توجهی با روند N135 Y همراه با کانه زایی مس در مجموعه کلریت‌شیست، کالک‌شیست، متاپلیت و ولکانیک‌ها (متابازالت و آندزیت بازالت) دیده می‌شود. در این زون نیز در داخل سنگ آهک‌های نازک لایه (و بعضاً واحدهای ولکانیکی تیره)، کانه زایی مس از نوع اکسیدی و عمدتاً از نوع مالاکیت و آزوریت به چشم می‌خورد. کانه زایی در شیست‌ها بیشتر در بین لایه‌بندی و یا در میان درزه و شکاف‌های موجود و در واحدهای ولکانیکی در داخل درز و شکست‌ها دیده می‌شود (شکل ۴-۵ و ۴-۶).





شکل ۴-۵-نمایی از افق اول کانہ زایی(OH-1) در پهنه معدنی تنکاشکو ۲ و افق دوم کانہ زایی(OH-2) در پهنه معدنی تنکاشکو ۱.

شواهد صحرایی بیانگر وجود یک عدسی دگرسان به ابعاد کم حاوی هیدروکسیدهای آهن به همراه کانہ زایی مس در این محل است. که یک عدسی سولفیدی کانہ دار بوده که شدیداً اکسیدشده و آثار آن به صورت زونهای گوسانی، ژیپس و ملاکیت‌های نابرجا که بیشتر به صورت آغستگی در اطراف قطعه‌سنگ‌ها و در میان درزه‌ها رخ داده، دیده می‌شود. زون های گوسانی در این محدوده عموماً دارای ساختار برشی می‌باشند (شکل ۴-۶).



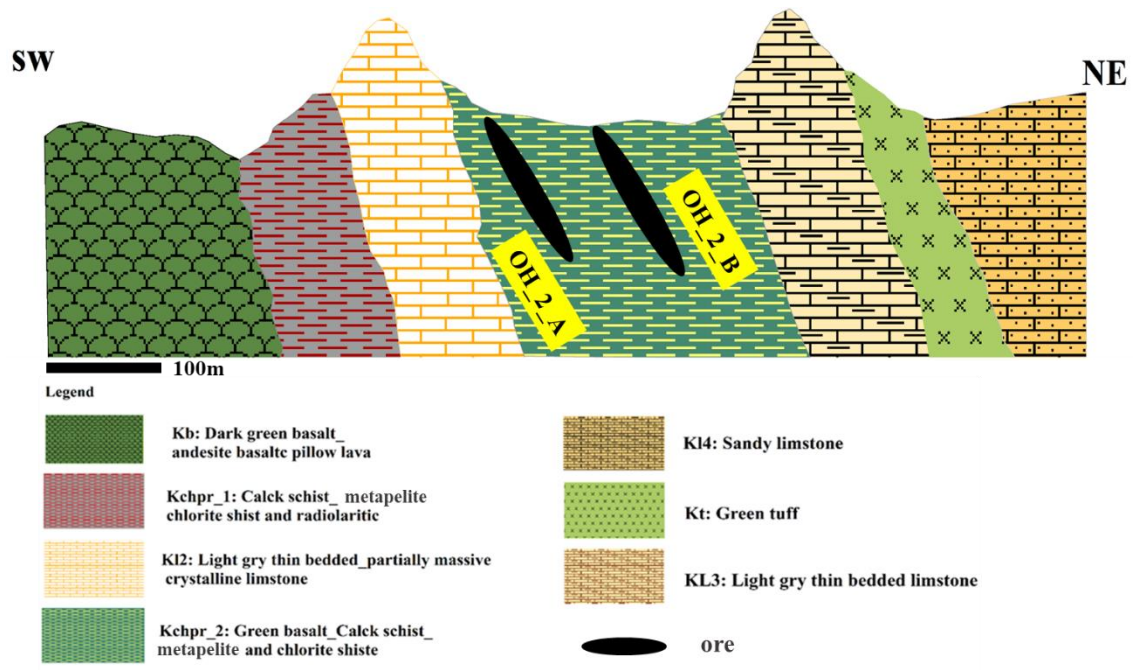
شکل ۴-۶-نمایی از افق های اول و دوم کانه زایی (OH-1) و (OH-2) در پهنه معدنی تنکاشکو.

#### ۴-۲-۲- ویژگی های کانه زایی مس در پهنه سرسو:

توده گوسان و آثار سرباره دیگری در منطقه جنوب رمشک و در جنوب خاور محدوده و حدود ۴ کیلومتری روستای اسکوتو (اشکوتو) قرار دارد. واحد سنگی اصلی رخنمون در این محدوده را بخش های ولکانیک زیر واحد Kvs-2 تشکیل می دهد. این ولکانیک ها بیشتر دارای ساخت بالشی بوده و در بخش هایی دارای میان لایه هایی از شیست های سیاه، کلریت شیست، کالک شیست و متاپلیت می باشد، همچنین در بخش هایی توف شیلی عمدتاً دگرگونه دیده می شود (شکل های ۴-۷ و ۴-۸). واحدهای ولکانیکی با ترکیب بازالتی بوده تحت تأثیر دگرسانی کلریتی، اپیدوتی، گاه سیلیسی و اکسید آهنی قرار گرفته است. دگرسانی های اکسید آهنی بیشتر به صورت گوسان دیده می شود. البته شایان ذکر است که بخش های قابل توجهی از دگرسانی های اکسید آهنی که در منطقه دیده می شود، گوسان های واقعی نبوده و در واقع دپوهای سرباره های ذوب هستند که به مرور زمان تحت تأثیر



فرآیندهای هوازدگی نمای قهوه‌ای و اکسید آهنی پیدا کرده‌اند که این حالت گاه در رسوبات آبرفتی نیز نمود پیدا میکند.



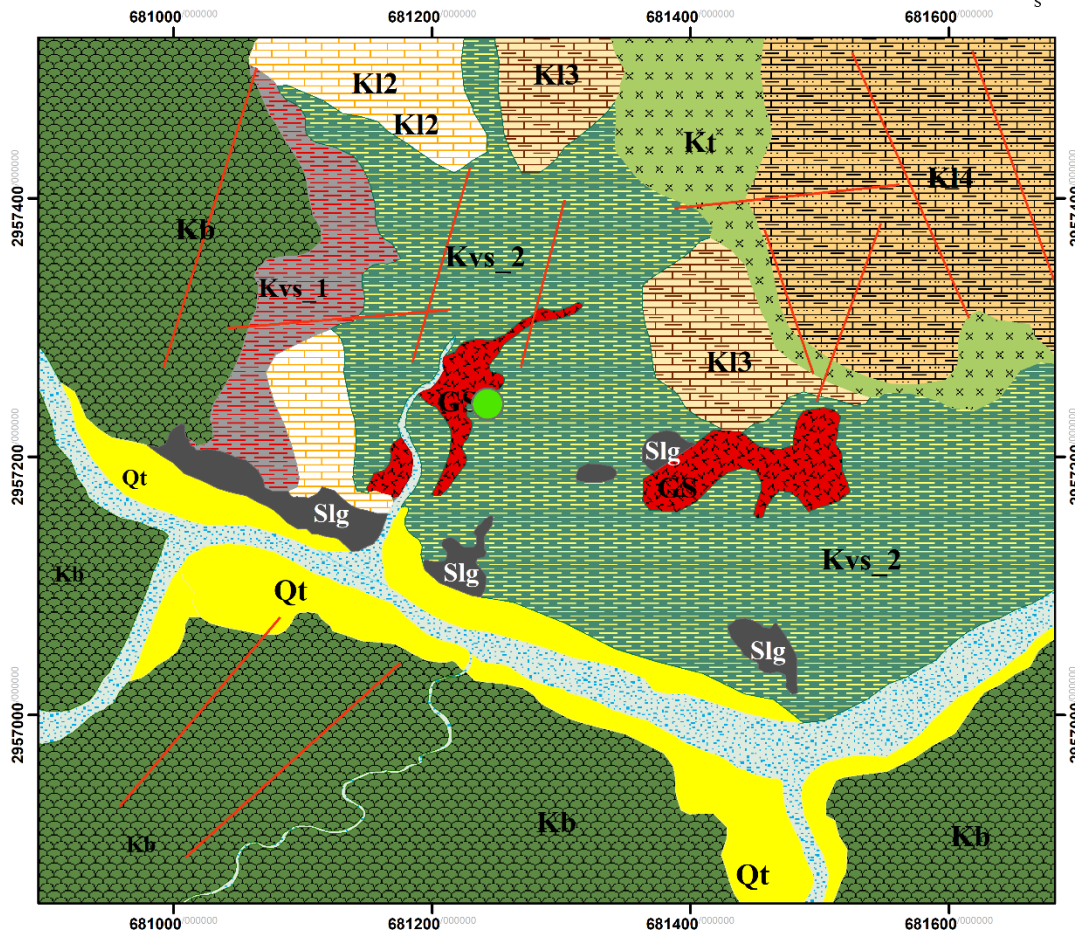
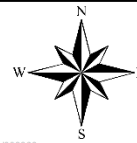
شکل ۴-۷-مقطع عرضی از واحدهای سنگی پهنه معدنی سرسو و موقعیت افق‌های کانه‌دار مس در این پهنه. کانه‌زایی در این پهنه در افق دوم (OH\_2) رخ داده است و دارای دو زیر افق (OH\_2\_A) و (OH\_2\_B) می‌باشد دارای روند عمومی N40 بوده و ابعاد چندان قابل توجهی ندارد.

#### زیر افق (OH\_2\_A):

این زیر افق در داخل واحد ولکانیک بازیک دگرسان شده (آپیدوتی و کلریتی) مشاهده می‌شود و در سطح زمین رخنمون کانی‌سازی به‌صورت زون گوسانی غنی از اکسید های آهن مشخص می‌شود (شکل ۴-۹).

زیر افق (OH\_2\_B): این زیر افق در واحدهای شیستی و کلریت‌شیست ها رخنمون داشته و کانی سازی در این واحد به‌صورت اکسید های مس (مالاکیت و آزوریت) در سطح زمین مشخص می‌شود (شکل ۴-۱۰).

# Geological map of sarsu area



## Legend

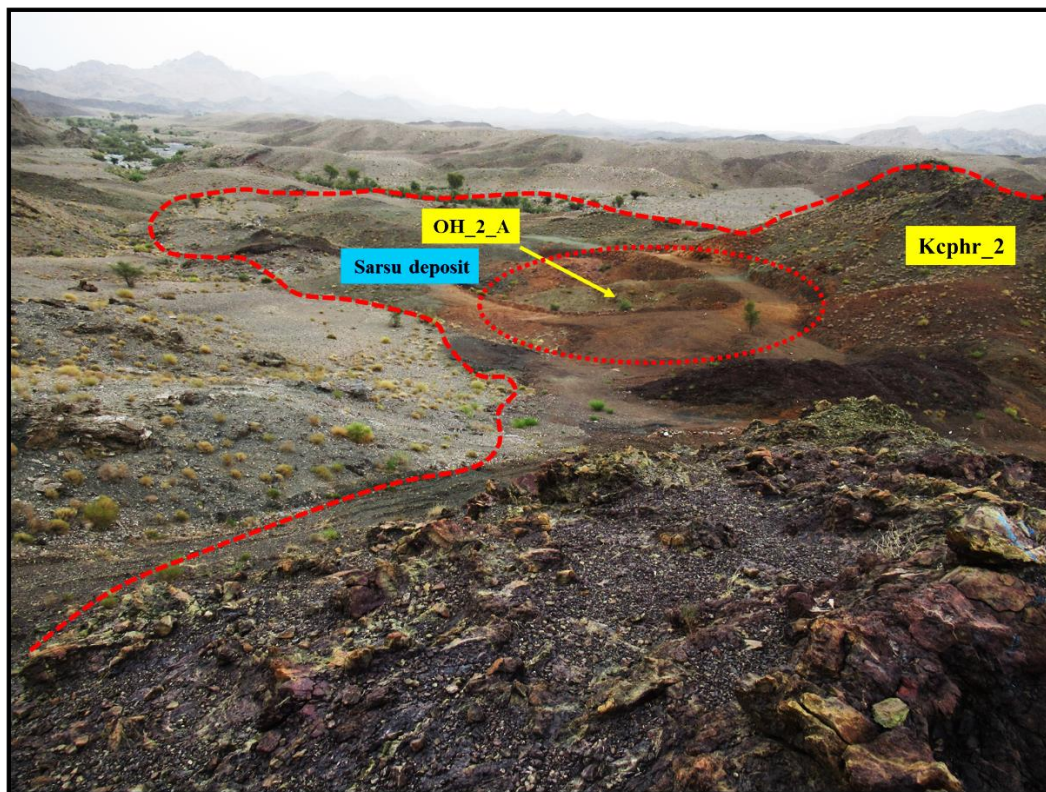
Quaternary	
	Qal: Alluvial deposits
	Qt: Alluvial deposit (gravel, sand, silt and clay)
Cretaceous	
	Kvs_1: Calc schist_metapelite_chlorite shist and radiolaritic
	Kvs_2: Green basalt_Calc schist_metapelite and chlorite shiste
	Kl4: Sandy limestone
	Kl2: Light gry thin bedded limestone
	KL3: Light gry massive crystalline limestone
	KV: Dark green basalt_andesite basaltc pillow lava
	Kt: Green tuff

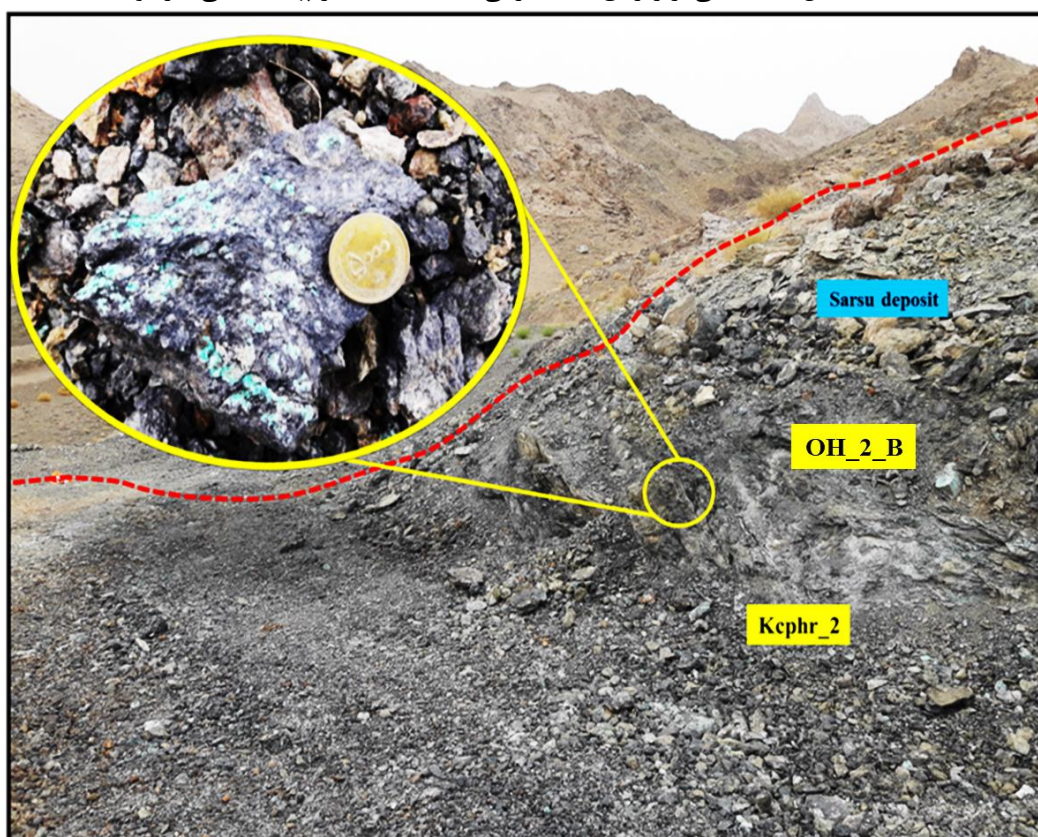
Symbols	
	fault
	Slg: Slage
	GS: Gossanized zone
	Hole

شکل ۴-۸- نقشه زمین شناسی پهنه معدنی سرسو در مقیاس ۱:۱۰۰۰ و موقعیت گمانه‌های حفاری شده.





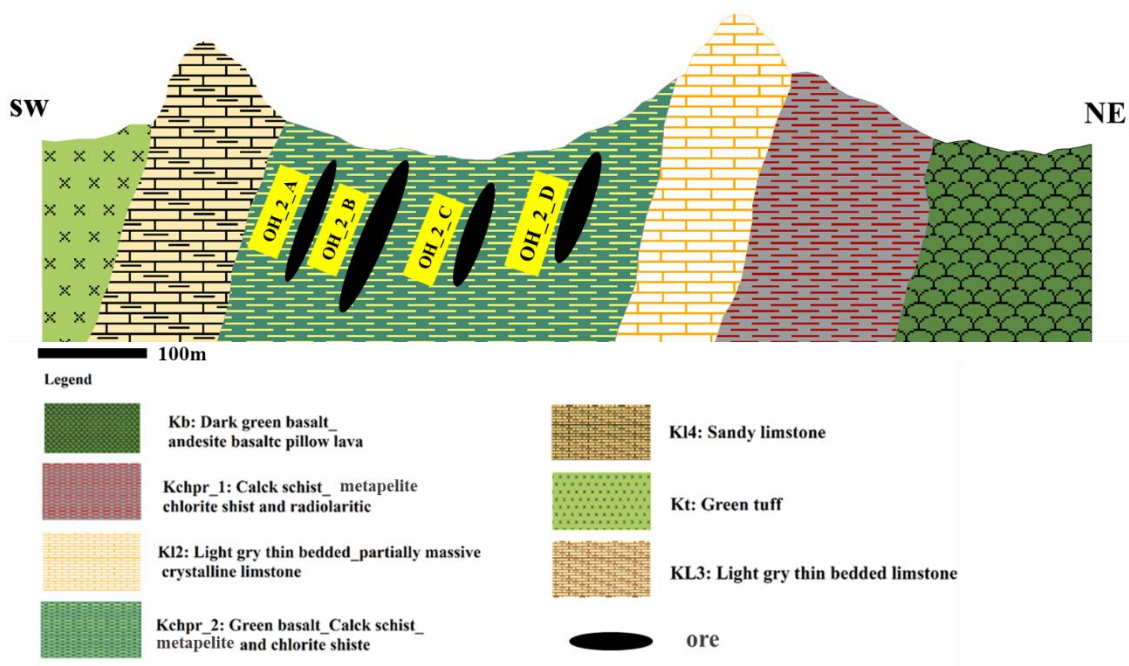
شکل ۴-۹-نمایی از زیرافق ۱ کانه زایی (OH-2-A) در پهنه معدنی سرسو.



شکل ۴-۱۰-نمایی از کانی‌سازی اکسیدی مس در زیر افق ۲ کانه زایی (OH-2-B) در پهنه معدنی سرسو.

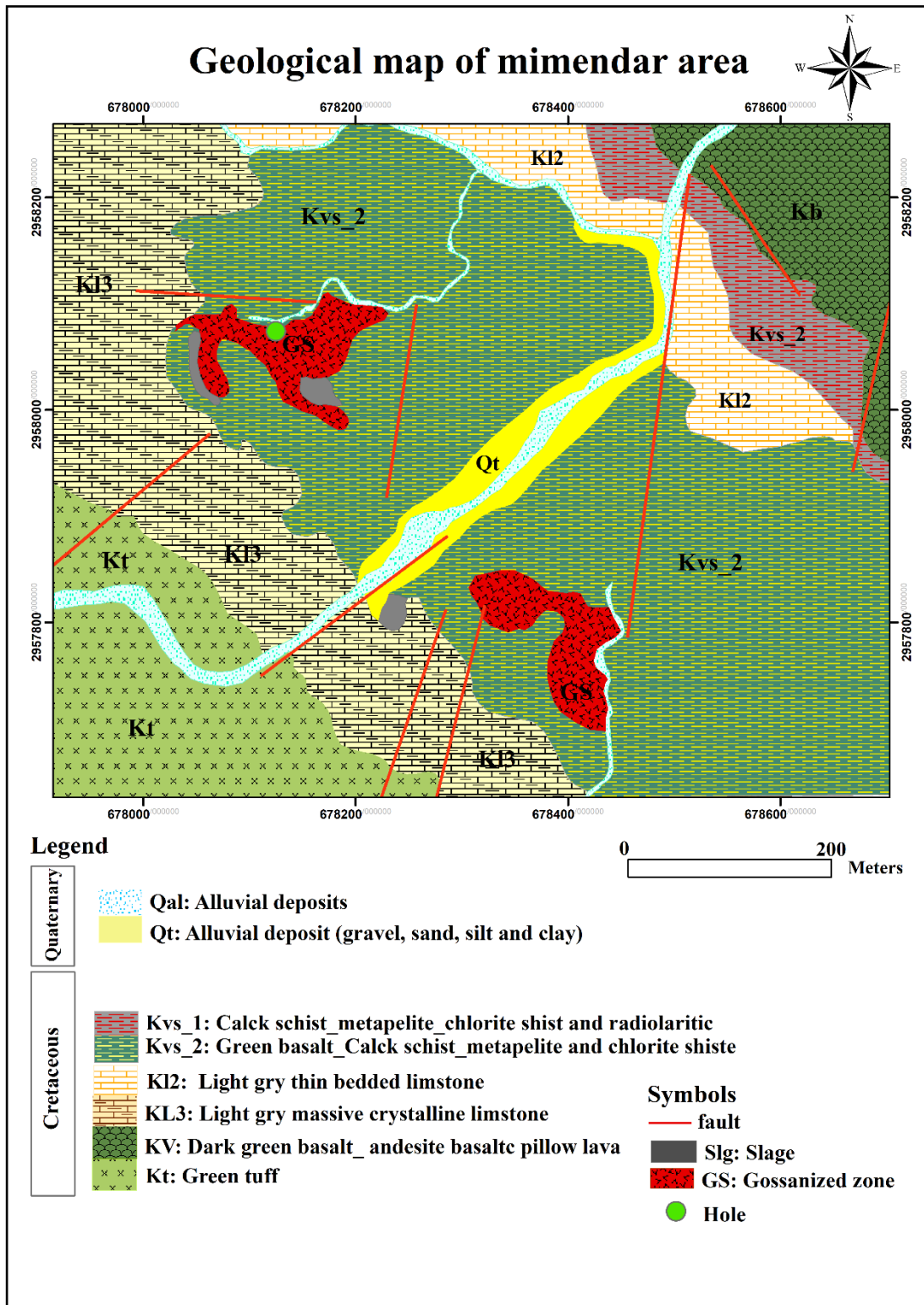
### ۴-۲-۳- ویژگی های کانه زایی مس در پهنه میمندر:

واحدهای سنگی رخنمون در این محدوده عمدتاً از گدازه های بازیک حد واسط با ساخت بالشی تشکیل شده که گاه توسط کالک شایست و کلریت شایست و آهک های توده ای همراهی می شود. کانی سازی مس، هم در زون های اکسید آهنی و هم در داخل ولکانیک ها قابل مشاهده می باشد. کانه زایی در این پهنه معدنی در افق دوم رخ داده است و دارای چهار زیر افق می باشد (۴-۱۱ و ۴-۱۲). که در سطح زمین به صورت گوسان هایی با دگرسانی نسبتاً شدید اکسید آهنی دیده می شود. این زون دارای روند خاوری باختری بوده در بخش های باختری این دگرسانی و در داخل واحد ولکانی رخنمونی از کانه زایی مس اکسیدی مشاهده می شود، هرچند روند این زون خیلی واضح نیست ولی به نظر می رسد دارای روند شمالی- جنوبی باشد (۴-۱۳).



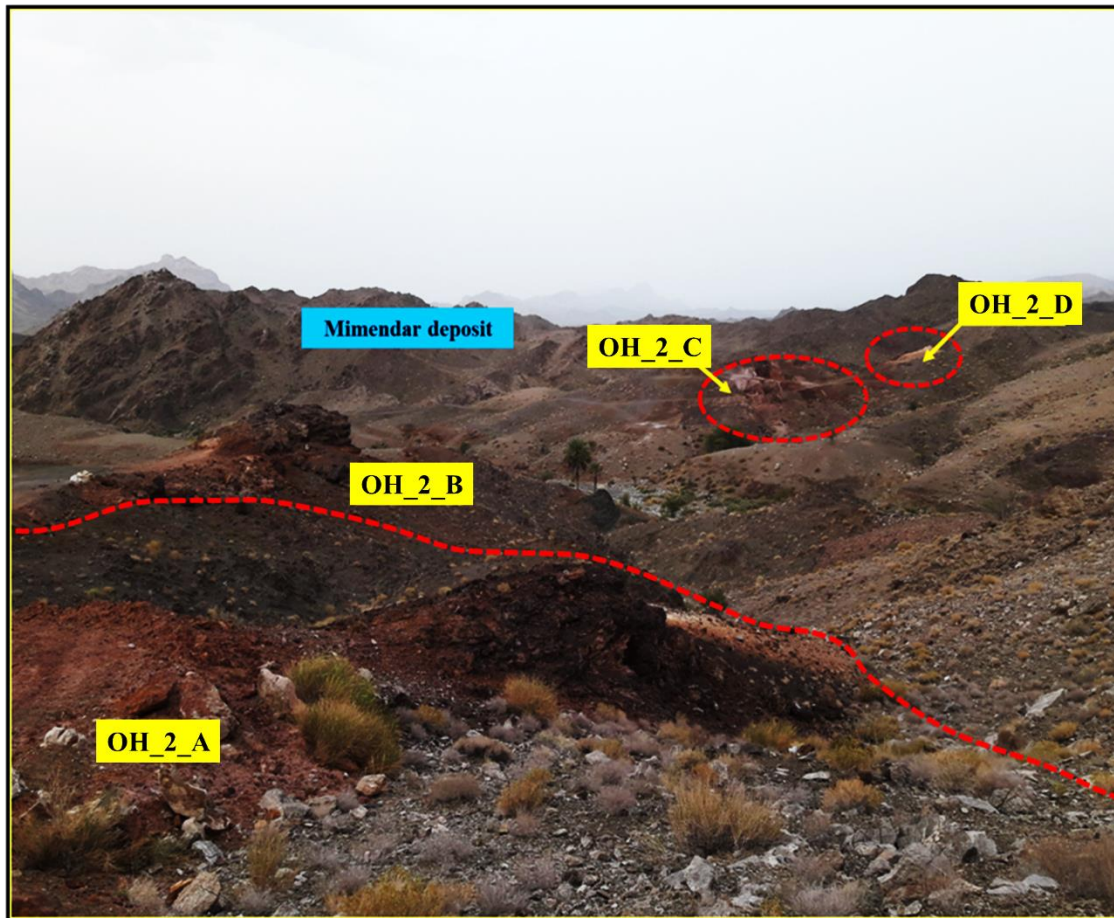
شکل ۴-۱۱-مقطع عرضی از واحدهای سنگی پهنه معدنی میمندر و موقعیت افق های کانه دار مس در این پهنه.





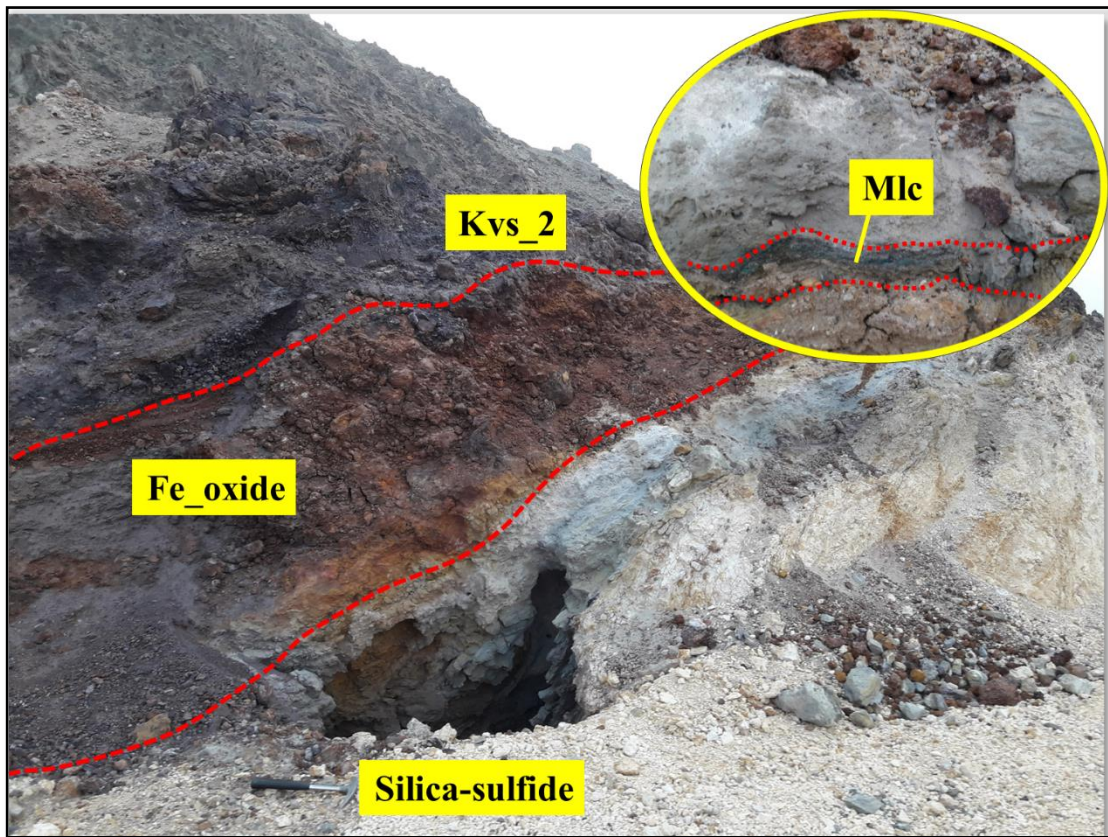
شکل ۴-۱۲- نقشه زمین شناسی پهنه معدنی میمندار در مقیاس ۱:۱۰۰۰ و موقعیت گمانه‌های حفاری شده.





شکل ۴-۱۳-نمایی از زیرافق های ۱، ۲، ۳ و ۴ کانه زایی (OH-2-A)، (OH-2-B)، (OH-2-C) و (OH-2-D) در پهنه معدنی سرسو.

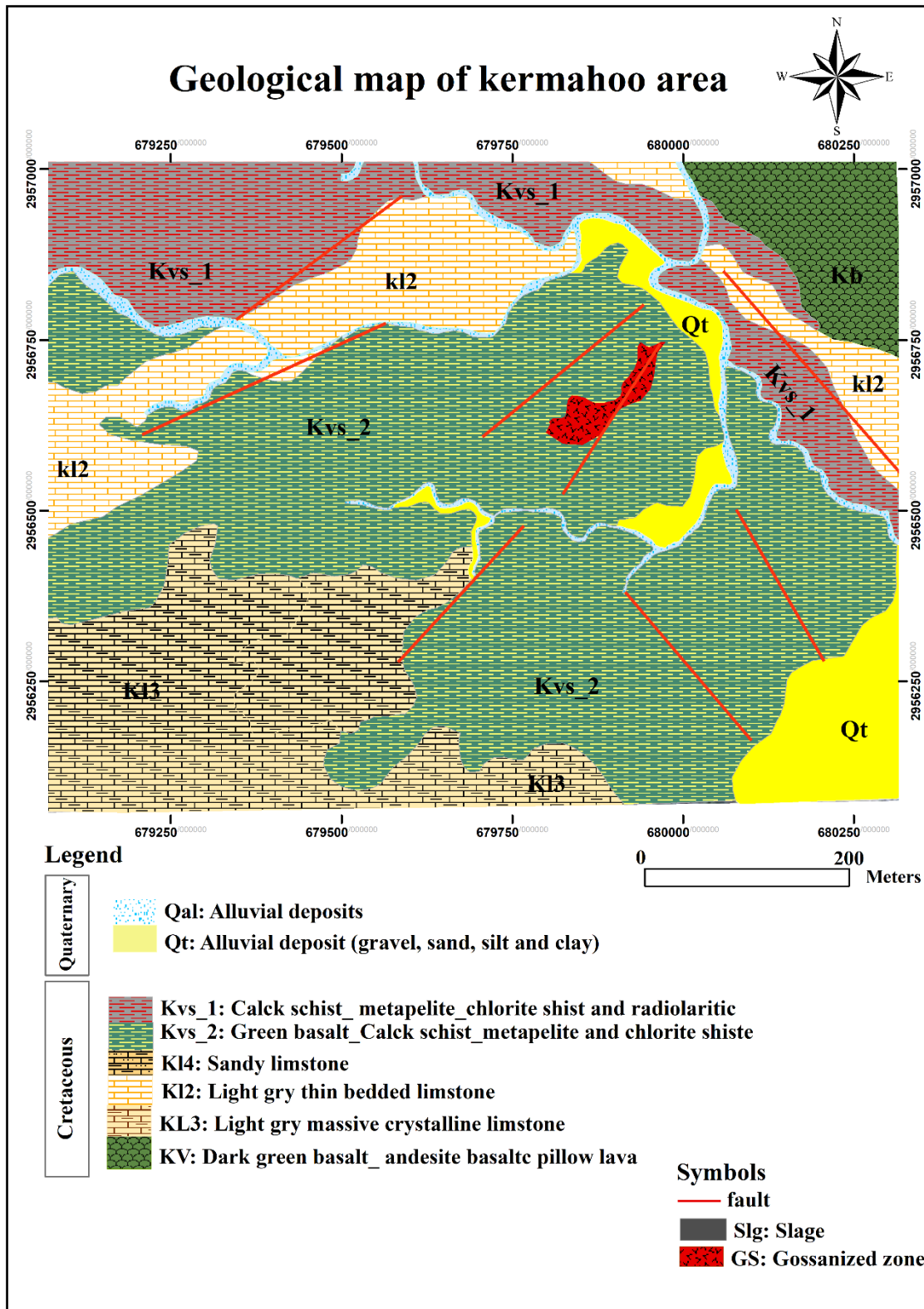
در موقعیت X: 678349 و Y: 2957862 یک افق سیلیسی سولفید دار همراه با دگرسانی نسبتاً شدید اکسید هنی با روند شرقی\_غربی وجود داشته که با کانه زایی مس اکسیدی به صورت لایه ای به ابعاد ۲×۵ متر همراه بوده است. به نظر می‌رسد ادامه این زون در شمال و جنوب به زیر بخش های دگرسان و نهشته های آبرفت رفته باشد (۴-۱۴).



شکل ۴-۱۴-نمایی از افق سیلیسی سولفید دار در پهنه معدنی میمندر.

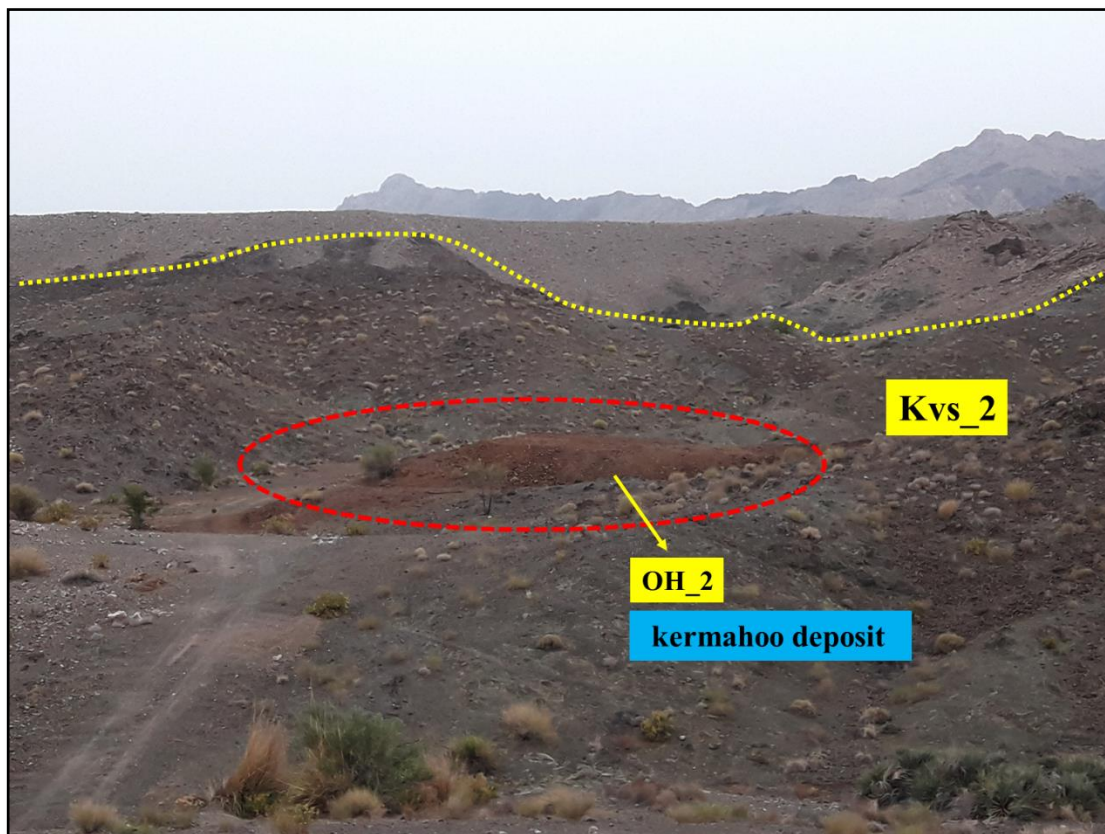
#### ۴-۲-۴- ویژگی‌های کانه زایی مس در پهنه کرماهو:

پهنه معدنی کرماهو ۱ کیلومتری جنوب باختر محدوده سرسو واقع شده است. این بخش نیز مانند دیگر پهنه‌ها بیشتر از کمپلکس دورکان تشکیل شده و اصلی‌ترین واحد سنگی رخنمون در این حوزه شامل ولکانیک‌های بازیک و سنگ آهک‌های نازک لایه و توده‌ای می‌باشد که گاه توسط شیل و ماسه‌سنگ همراهی می‌شود. در ادامه مسیر به سمت جنوب باختر زون گوسان اصلی این حوزه رخنمون دارد. در این محل یک گوسان رخنمون دارد که به شدت هماتیته بوده و میزان هیدروکسیدهای آهن در آن بالا می‌باشد. این زون دارای روند مشخصی نبوده ولی احتمالاً با زون گوسانی اصلی این حوزه هم‌روند می‌باشد. نکته قابل توجه در این زون آثار دگرسانی‌هایی است که بخش کانه دار آن را تحت تاثیر دگرسانی اکسید آهنی، پروپیلیتی و تا حدودی سیلیسی شدن قرار داده است (شکل ۴-۱۵ و ۴-۱۶).



شکل ۴-۱۵- نقشه زمین شناسی پهنه معدنی کرماهو در مقیاس ۱:۱۰۰۰ و موقعیت افق کانه زایی در آن.





شکل ۴-۱۶-نمایی از زون گوسانی مس در افق ۲ کانه زایی (OH-2) در پهنه معدنی سرسو.

#### ۴-۳- شکل هندسی ماده معدنی

بر اساس مشاهدات صحرائی اعم از کشیدگی در بخش‌های گوسانی و مطالعات بافتی و بررسی مغزه های حفاری، کانسار مورد مطالعه بصورت چینه‌سان (توده‌های عدسی شکل کشیده) و همخوان و همروند با لایه‌بندی سنگ‌های درونگیر تشکیل شده‌است که در زیر آن‌ها پهنه کانه‌دار توده‌ای، برشی و رگه -رگچه‌ای که در مجموع به صورت قطع کننده و چینه‌کران هستند، دیده می‌شود.

#### ۴-۴- رخساره‌های کانه‌دار کانسنگی

بر اساس ساخت و بافت و کانی‌شناسی سه رخساره کانسنگی در کانسار سولفید توده‌ای آتشفشانزاد مس

رمشک قابل تشخیص است که اطلاعات مربوط به این رخساره بر اساس مطالعات صورت گرفته بر روی

۶گمانه

از ۳۷ گمانه حفر شده در پهنه‌های معدنی تنکاشکوا ۲، سرسو و میمندر می‌باشد (شکل ۴-۱۷ و ۴-۱۸).

(۱۸).

جدول ۴-۱- مشخصات گمانه‌های حفر شده در منطقه رمشک

شیب	متر از (متر)	مختصات			گمانه
		Z	Y	X	
90	101	882	2960471	679404	TK1-BH11
90	100.96	864	2960636	679399	TK1-BH10
90	90.30	882	2960454	678913	TK2-BH4
90	91.34	893	2957185	681270	SR-BH16
60	95.30	895	2957192	681299	SR-BH12
70	83	955	2958128	678142	M-BH3

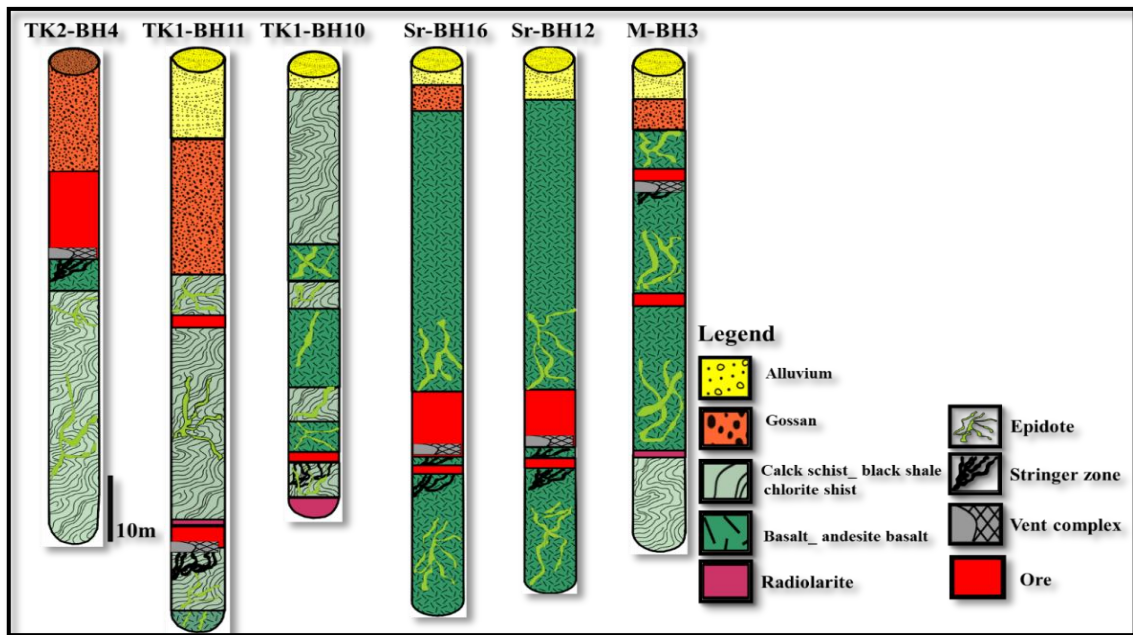
بر اساس مطالعات ساخت و بافت و کانی‌شناسی و نوع ارتباط ماده معدنی با سنگ میزبان، می‌توان ۳ رخساره کانه‌دار به صورت مشترک در کانسارهای تنکاشکو، سرسو و میمندر در کانسار مس رمشک تشخیص داد، که عبارتند از:

الف- رخساره رگه- رگچه‌ای (Stringer zone)

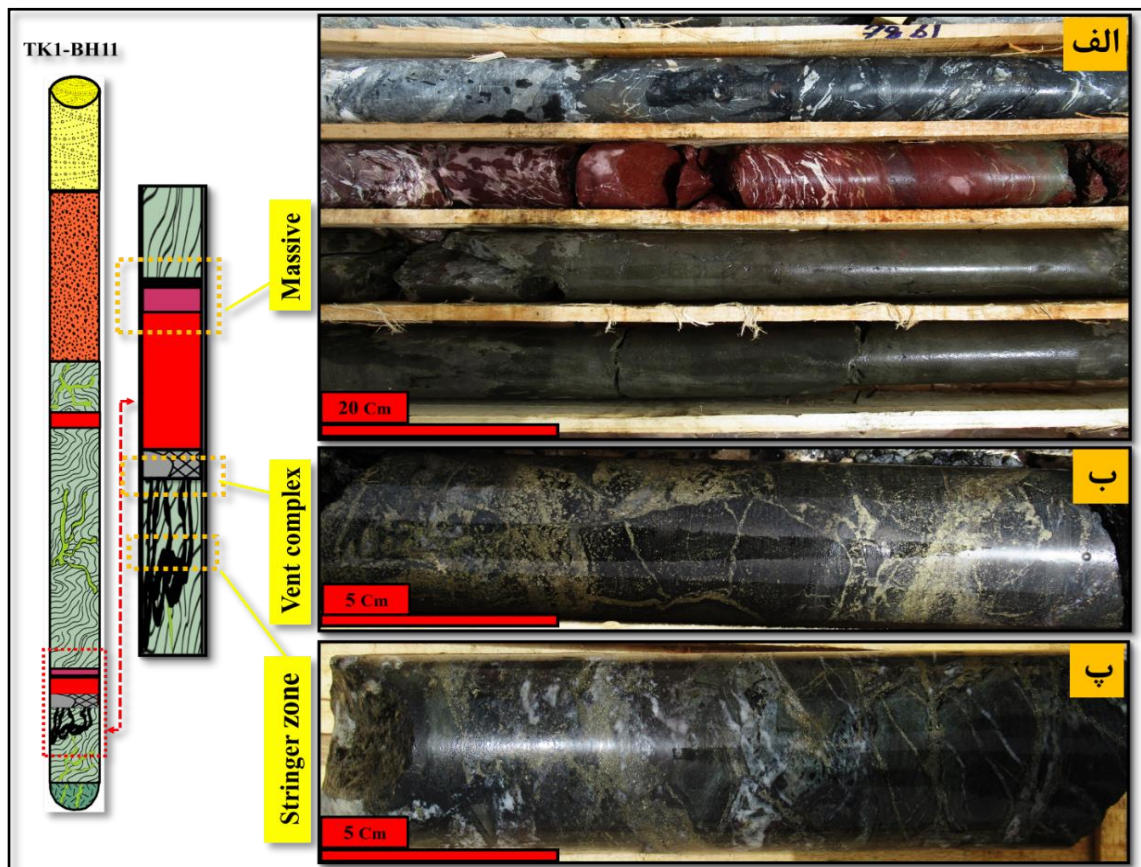
ب- رخساره مجموعه دهانه‌ای (Vent complex)

پ- رخساره توده‌ای نیمه توده‌ای (MASSIVE)





شکل ۴-۱۷- موقعیت رخساره‌های کانهدار در مغزه‌های حفاری مطالعه شده در پهنه‌های مختلف کانسار مس رمشک.



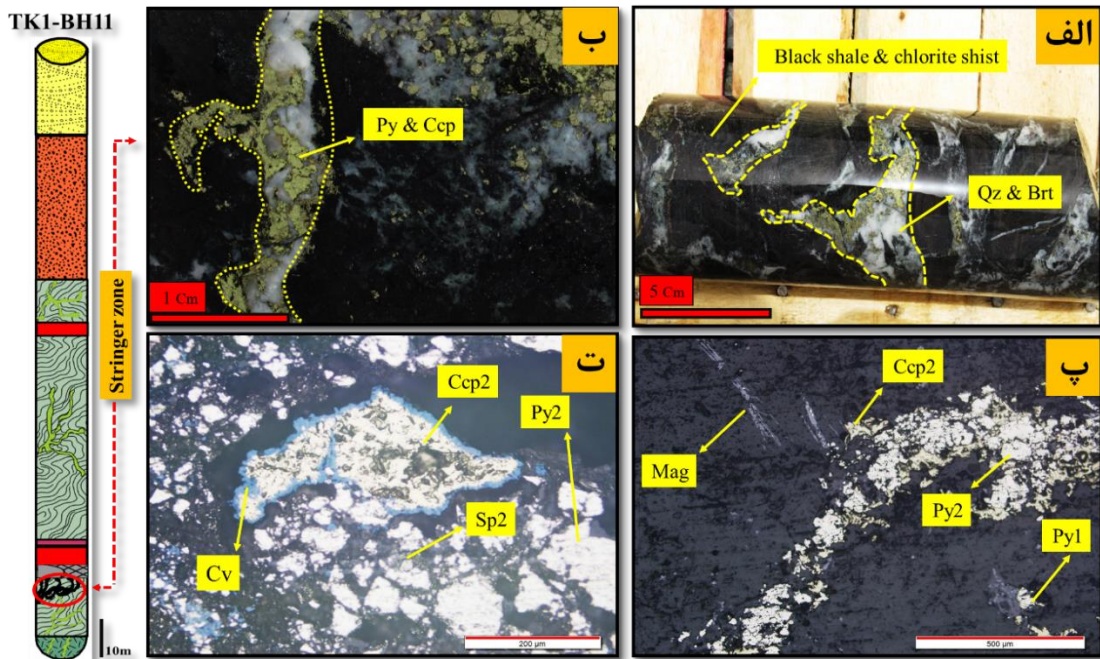
شکل ۴-۱۸- نمایی از رخساره‌های استرینگر، مجموعه دهانه‌ای و رخساره توده‌ای، (الف) رخساره توده‌ای، (ب) رخساره مجموعه دهانه‌ای، (پ) رخساره استرینگر.

#### ۴-۴-۱- رخساره رگه - رگچه‌ای (Stringer zone)

رخساره رگه-رگچه ای در کانسار مس رمشک به صورت شبکه هایی از رگه-رگچه های سیلیسی-کربناتی-سولفیدی می باشد که سنگ میزبان شیستی را قطع کرده است. با توجه به مطالعات گمانه های حفاری شده در پهنه های تنکاشکوا<sup>۲</sup> و سرسو و میمندر تشابه این رخساره، در تمامی ای پهنه های معدنی مشاهده می شود. بررسی رگه های موجود در رخساره های مشابه در کانسارهای سولفید توده ای نظیر بوانات و چاه گز حاکی از عبور سیال کانه ساز از این مجاری می باشد که موجب دگرسانی در سنگ دیواره خود نیز گردیده اند (موسیوند، ۱۳۸۹).

در این رخساره شبکه رگه- رگچه ای به صورت نامنظم بوده و حاکی از عبور سیال کانه دار می باشد و متشکل از کانی های پیریت نسل اول ، دوم ( $Py_1$ ) و ( $Py_2$ ) کالکوپیریت نسل اول و دوم ( $Cpy_1$ ) و ( $Cpy_2$ ) ، اسفالریت نسل اول ( $Sph_1$ )، و مگنتیت می باشد. کولیت های موجود در این رخساره در طی مراحل سوپرژن و در اثر جانشینی سولفیدهای اولیه در اطراف کالکوپیریت و گاه اسفالریت ایجاد شده است. پیریت فراوان ترین کانی سولفیدی در کانسار رمشک می باشد بر اساس مطالعات کانه نگاری پیریت های نسل اول در این رخساره ریزدانه و بصورت کلوفرمی می باشد. پیریت نسل دوم درشت بلورتر بوده و اندازه ذرات آنها از چند میکرون تا ۳ میلی متر می رسد و در رخساره استرینگر مشاهده میشود. پیریت های نسل سوم نیز دارای بلور های درشتی میباشد که حاصل از دیاژنز پیریت های نسل اول می باشد . کالکوپیریت مهمترین کانی سولفیدی مس است که در رخساره استرینگر و بصورت دو نسل مشاهده میشود. کالکوپیریت های نسل دوم ( $Cpy_2$ ) از لحاظ اندازه بسیار درشت بلورتر نسبت به کالکوپیریت های نسل اول ( $Cpy_1$ ) می باشد. اسفالریت های نسل دوم ( $Sph_2$ )، نیز در این رخساره قابل مشاهده است. اسفالریت های نسل دوم بیشتر در کنار کالکوپیریت ها و پیریت های نسل دوم مشاهده می شود. اسفالریت نسبت به پیریت و کالکوپیریت در کانسار مورد مطالعه فراوانی کمتر دارد.

باریت به صورت اندک در رخساره رگه- رگچه ای همراه با سیلیس قطع کننده واحد شیستی و متاپلیتی می باشد (شکل ۴-۱۹). این رخساره در کانسار مس رمشک گسترش قابل توجهی دارد همچنین در کانسارهای سولفید توده ای آتشفشانزاد نظیر بوانات (موسیوند و همکاران، ۱۳۹۵)، نوده (Maghfouri et al., 2016; 2018)، گرماب پایین (طاشی و همکاران، ۱۳۹۶) نیز دیده می شود.



شکل ۴-۱۹- الف و ب) نمائی از رخساره رگه- رگچه ای (Stringer zone) در مغزه حفاری حفاری که رگه- رگچه های سیلیسی (Qz)- باریتی (Ba) و سولفیدی (S) سنگ میزبان را در جهات مختلف قطع کرده است، پ و ت)، تصویر میکروسکوپی از رخساره رگه- رگچه ای که کانی های Py1، Py2، Ccp2، Mag، Sp2 و کانی ثانویه Cv قابل مشاهده است.

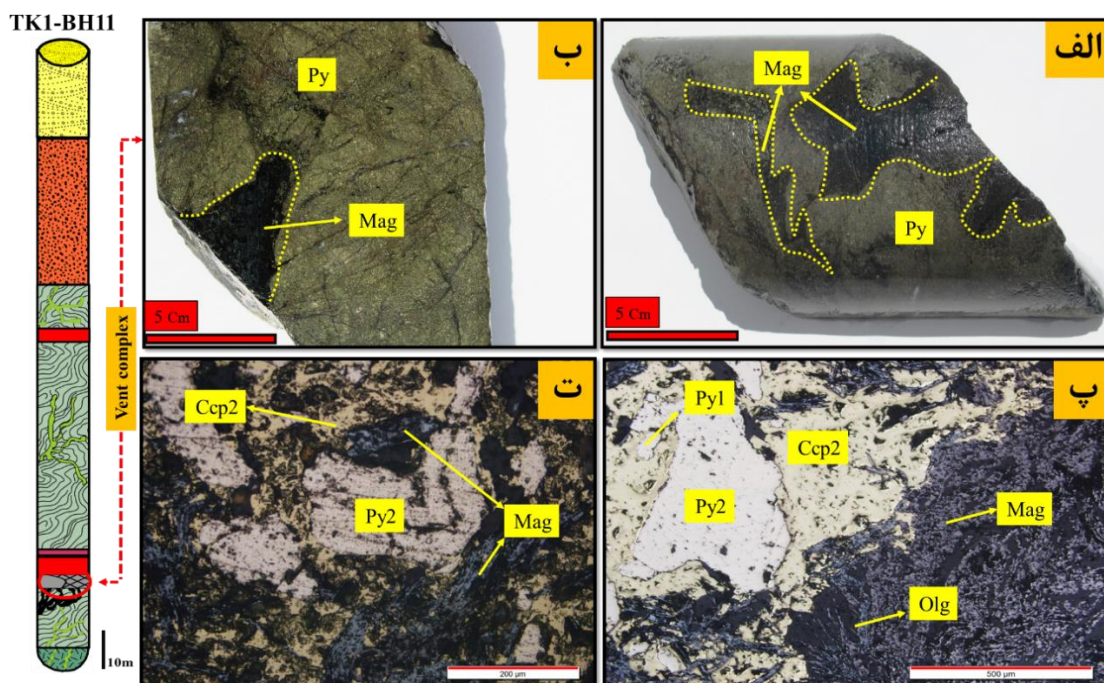
#### ۴-۲-۴- رخساره مجموعه دهانه ای (Vent complex)

رخساره مجموعه دهانه ای در میان رخساره های توده ای و استرینگر قرار دارد که در قسمت های نزدیک رخساره رگه رگچه ای، به صورت خردشدگی و برشی شدن مشاهده میشود. این پدیده در ارتباط با سیالات کانه داری است که حجم بالایی سیلیس به همراه خود داشته اند و باعث ایجاد بخشی به نام مجموعه دهانه ای در قسمت پایینی رخساره توده ای و نیمه توده ای کانسار شده اند .

در این رخساره سولفید هایی نظیر پیریت نسل اول (Py<sub>1</sub>) و پیریت نسل دوم (Py<sub>2</sub>) و همچنین کالکوپیریت نسل دوم (Cpy<sub>2</sub>) و اسفالریت نسل دوم (Sph<sub>2</sub>) وجود دارد که مورد هجوم حجم بالایی از



مگنتیت قرار گرفته است که با بافت تیغه ای شکل اطراف پیریت و کالکوپیریت ها را احاطه کرده است. در این رخساره بافت های رگه-رگچه‌ای، برشی و جانشینی بیشتر مشاهده می‌شوند (شکل ۴-۲۰). بافت برشی سولفیدها به همراه قطعات سنگ میزبان در رخساره توده‌ای و رگه-رگچه‌ای کانسارهای سولفیدی در ارتباط مستقیم با فعالیت گسل همزمان با رسوبگذاری و فعالیت گرمایی است (Rajabi ; Maghfouri et al., 2016 et al., 2015). توزیع کانسارهای VMS به توزیع گسل های هم زمان با آتشفشان و توده نفوذی زیر آن بستگی دارد. این گسل‌ها سیالات گرمایی فلزدار، دمابالا و اسیدی را برای تشکیل کانسارهای VMS به سمت کف دریا هدایت می‌کنند (Galley et al., 2007).



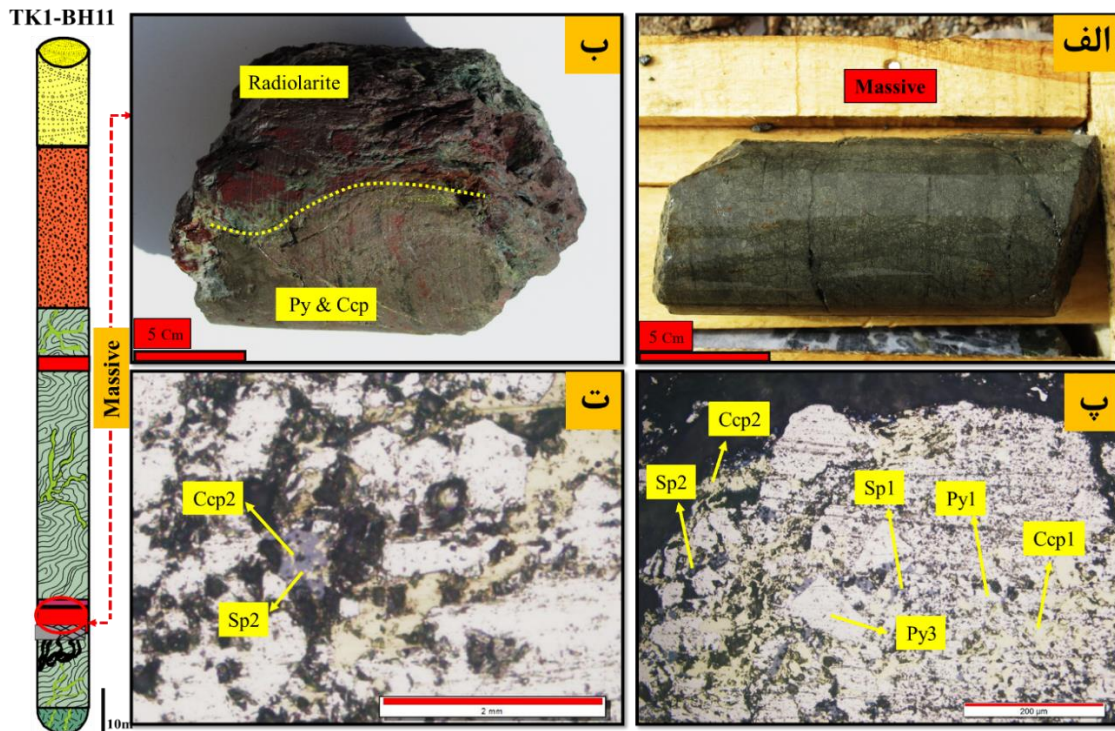
شکل ۴-۲۰- الف) نمائی از رخساره مجموعه دهانه‌ای در مغزه حفاری که دارای بافت برشی بوده و نفوذ فاز غنی از مگنتیت را در رخساره توده‌ای نشان می‌دهد، ب) مغزه حفاری از رخساره مجموعه دهانه‌ای (Vent complex) که نفوذ فاز غنی از مگنتیت را در رخساره توده‌ای نشان می‌دهد، پ)، تصویر میکروسکوپی از رخساره مجموعه دهانه‌ای که کانی‌های Py1، Py2، Ccp2، Mag و Olg قابل مشاهده است، ت) تصویر میکروسکوپی از بخش برشی و رگه-رگچه‌ای رخساره مجموعه دهانه‌ای که کانی‌های Py2، Ccp2، Py2 و Mag قابل مشاهده است.



#### ۴-۳-۴-رخساره توده‌ای نیمه توده‌ای (Massive)

این رخساره که تقریباً در مرکز کانسار قرار داشته و مهم‌ترین بخش کانسار، که همان بخش ضخیم و عیار بالای آن را تشکیل می‌دهد را شامل می‌شود و به صورت رخساره‌ی توده‌ای صفحه‌ای شکل، بالاتر از رخساره رگه-رگچه‌ای، و مجموعه دهانه‌ای در سنگ میزبانی از متابازالت، کلریت‌شیست و متاپلیت قرار گرفته است. این بخش در اغلب کانسارهای سولفید توده‌ای دیده می‌شود (Galley et al., 2007). اطلاعات مربوط به این رخساره بر اساس مطالعات صورت گرفته بر روی تعدادی از مغزه‌های حفاری که عمود بر رخساره توده‌ای در پهنه‌های تنکاشکوا ۱ و ۲، سرسو و میمندر حفر شده جمع آوری شده است.

با توجه به مطالعات صورت گرفته بر روی گمانه‌های حفاری نفوذ این رخساره در واحد سنگی رادیولاریتی به همراه کلریت‌شیست مشاهده می‌شود. در این رخساره پیریت‌های نسل اول (Py1)، نسل دوم (Py2) و نسل سوم (Py3) به همراه دو نسل کالکوپیریت (Ccp1)، (Ccp2) و نسل اول و دوم اسفالرت (Sp1)، (Sp2) همراه با مگنتیت مشاهده می‌شود. کالکوپیریت و مگنتیت به صورت هم‌رشدی باهم دیده می‌شوند و اسفالریت‌ها به صورت ادخال (Inclusion) در داخل خود دارای کالکوپیریت می‌باشند که به آن پدیده بیماری کالکوپیریت (Chalcopyrite disease) گفته می‌شود که انعکاس دهنده تبدیل رخساره رگه رگچه‌ای به رخساره کانسنگ توده‌ای دارد (شکل ۴-۲۱).



شکل ۴-۲۱- الف) نمائی از رخساره توده‌ای (Massive) در مغزه حفاری که دارای بافت توده‌ای می‌باشد. ، ب) مغزه حفاری از رخساره توده‌ای که دارای مرز مشخص از تشکیل این رخساره در میزبان رادیولاریتی و کلریت‌شیت زیر واحد Kcphr-2 را نشان می‌دهد، پ)، تصویر میکروسکوپی از رخساره توده‌ای که کانی‌های Py1, Py2, Py3, Ccp1, Ccp2, Sp1, Sp2 قابل مشاهده است، ت) تصویر میکروسکوپی از رخساره توده‌ای که کانی‌های Ccp2 به صورت ادخال در Sp2 قابل مشاهده است.

#### ۴-۵- دگرسانی در کانسارهای مس رمشک

به‌طور کلی فعالیت سیستم‌های هیدروترمالی کانه‌ساز در محدوده معدنی رمشک باعث ایجاد تشکیل دگرسانی‌های مختلفی در سنگ درونگیر ماده معدنی در زمان تشکیل کانسار شده است. این دگرسانی‌ها به‌طور معمول در رخساره‌های رگه‌رگچه‌ای و رخساره دهانه‌ای بیشتر از قسمت‌های دیگر مشاهده می‌شود. در بسیاری از کانسارها ته‌نشست مواد معدنی همراه دگرسانی رخ می‌دهد (Barnes, 1977). دگرسانی به‌طور شاخص یک فرآیند شستشوی پایه می‌باشد. سنگ‌های دربرگیرنده کانسارهای گرمایی تقریباً همیشه آثار واکنشی نشان می‌دهند، که توسط نسبت کاتیون‌های فلزی به یون هیدروژن در محلول دگرسان‌کننده کنترل می‌شود. اگر نسبت یون‌های قلیایی به یون هیدروژن در محلول پایین باشد، فلدسپات و سایر سیلیکات‌ها ناپایدار شده و فرآیند هیدرولیز روی می‌دهد که

منجر به خروج کاتیون‌ها شده، در جریان این سیال‌ها و سنگ‌ها خود را با شرایط جدید تطبیق می‌دهند که دگرسانی سنگ دیواره گویند.

جهت بررسی انواع و شکل پهنه دگرسانی و گسترش آنها در توالی میزبان مطالعات صحرایی در سطح و نمونه برداری از گمانه‌های حفر شده عمود بر روند توالی میزبان کانه‌زایی انجام گرفت و سپس جهت تشخیص کانیها از مطالعات میکروسکوپی و نتایج دستگاه پراش پرتو ایکس (XRD) در آزمایشگاه سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع ایران (ایمیدرو) استفاده شد.

#### ۴-۵-۱- عوامل مؤثر بر دگرسانی

✓ خصوصیات سنگ دیواره

✓ خصوصیات سیال مهاجم (که تعیین‌کننده فاکتورهای چون  $E_h$ ،  $P_h$ ، فشار بخار، ترکیب آنیون - کاتیون و درجه ۳۲ آبکافت)

✓ دما- فشاری که واکنش در آن رخ می‌دهد (McMillan and Pantelyev, 1990).

یکی از خصوصیات جالب توجه دگرسانی، منطقه‌بندی آن است. بیشتر محدوده‌های معدنی مس، دگرسانی‌های شاخص و نسبتاً مشابهی دارند که با مطالعات عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای قابل تشخیص است که این خود در اکتشاف کانسارهای مس همراه با دگرسانی بسیار استفاده می‌شود (Lentz, 1998). میزان دگرسانی برحسب فاصله با افق معدنی متفاوت بوده و بیشترین میزان دگرسانی مربوطه به کم‌پایین و نزدیک به افق معدنی است؛ و شدت دگرسانی به سمت کم‌بالا کاسته می‌شود (Peter et al., 1999).

این نوع دگرسانی‌ها می‌توانند به صورت تغییر رنگ، بافت، کانی‌شناسی، تغییرات شیمیایی و یا ترکیبی از آنها ظهور کنند. گسترش دگرسانی‌ها از چند سانتیمتر در اطراف رگه تا هاله‌های ضخیم در اطراف توده‌های معدنی متغیر است که میتوانند همراه کانه‌زایی مشاهده شود و کلیدهای اکتشافی مهمی در اختیار ما قرار دهند (Lentz, 1994). بر اساس مطالعات صحرایی، میکروسکوپی و نتایج آنالیز XRD، بر روی تعدادی از نمونه‌های برداشت‌شده از کانسار رمشک نشان می‌دهد مهم‌ترین

دگرسانی‌های موجود در این منطقه شامل دگرسانی‌های سیلیسی-کربناتی، کلریتی، اپیدوتی، آرژیلیک و اکسید آهنی می‌باشد.

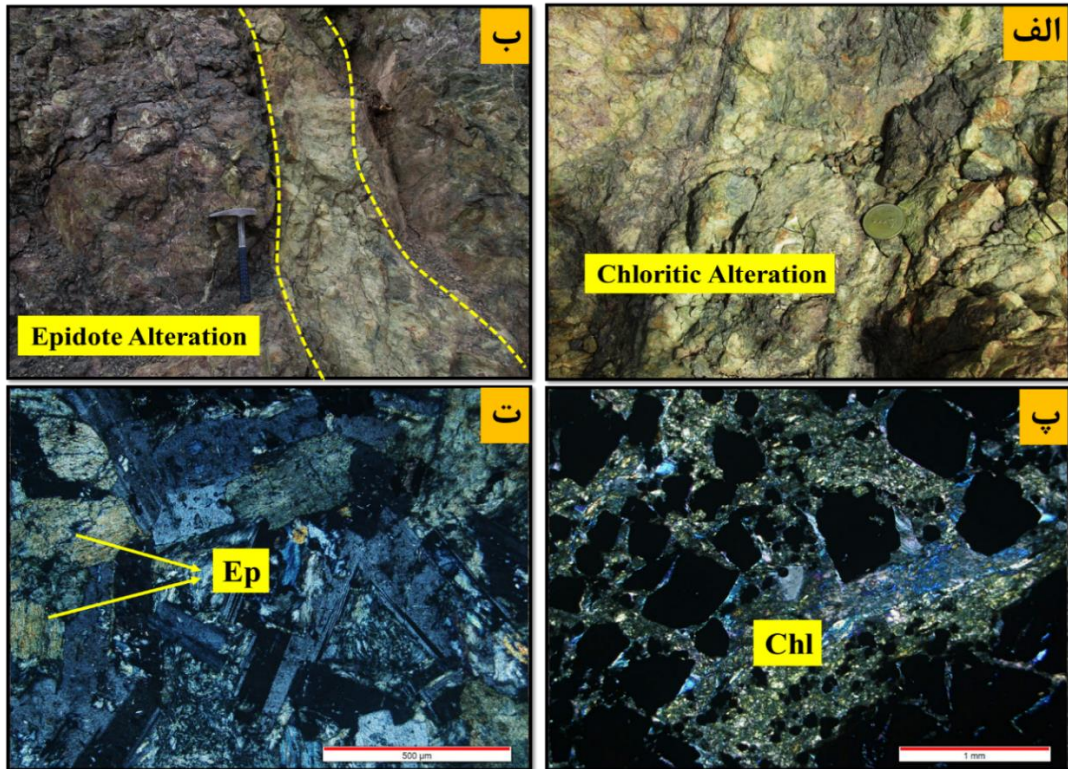
#### ۴-۵-۲- دگرسانی کلریتی

گسترده ترین نوع دگرسانی در کانسار مس رمشک دگرسانی کلریتی بوده که در رخساره استرینگر و مجموعه دهانه ای دیده میشود. سیمای این دگرسانی به رنگ سبز در سنگ سنگ های متاپلیتی و شیستی کمر پایین ماده معدنی مشاهده می‌شود. کلریتی شدن یکی از مهم ترین پدیده‌هایی است که در اثر محلول‌های گرمابی غنی از Fe و Mg ایجاد می‌شود و در اثر این فرایند سنگ ظاهری سبزرنگ پیدا می‌کند (Galley et al., 2007). در کانسار مس رمشک کلریت های موجود در این دگرسانی اغلب از نوع غنی از آهن (FeChlorite) می‌باشد (شکل ۴-۲۲ و ۴-۲۳).

#### ۴-۵-۳- دگرسانی اپیدوتی

گسترش دگرسانی اپیدوتی در متابازالت های کمر پایین رخساره رگه رگچه ای و رخساره دهانه ای در افق های کانه دار محدوده معدنی رمشک گاهها به شکل اپیدوسیت دیده می‌شود بطور کلی میتوان گفت کانی اپیدوت محصول دگرسانی هیدروترمال کانی های مافیک هستند که در امتداد درزه ها و شکستگی ها قرار دارد. این کانی عمدتاً جانشین پلاژیوکلاز های کلسیم دار و یا کانی های فرومنیزین می‌شود (شکل ۴-۲۳ و ۴-۲۴). زون با شدت دگرسانی ضعیف (Lower semiconformable alteration) که شامل کانی های اپیدوت و کوارتز می‌باشد حدود چند صد متر در زیر و اطراف کانسارهای ماسیو سولفاید به خصوص کانسارهای ماسیو سولفاید مس روی با گسترش جانبی تشکیل می‌گردد. در کانسار Ruttan نیز اپیدوتی شدن جز دگرسانی های حاشیه ای (Distal) توالی کمر پایین می‌باشد (Barrie et al., 2005).





شکل ۴-۲۲-الف) نمایی از دگرسانی کلریتی در کانسار رمشک که در بازالت های کمربین افق های کانه زایی قرار دارند، ب) نمایی از دگرسانی اپیدوتی که در متبازالت های منطقه همراه با دگرسانی کلریتی قابل مشاهده است، پ) تصویر میکروسکوپی از سنگ های کمربین و انواع کلریت ها (Chl)، پ) تصویر میکروسکوپی از کانی های اپیدوت (Ep) در متبازالت های اپیدوتی شده در کانسار مس رمشک.

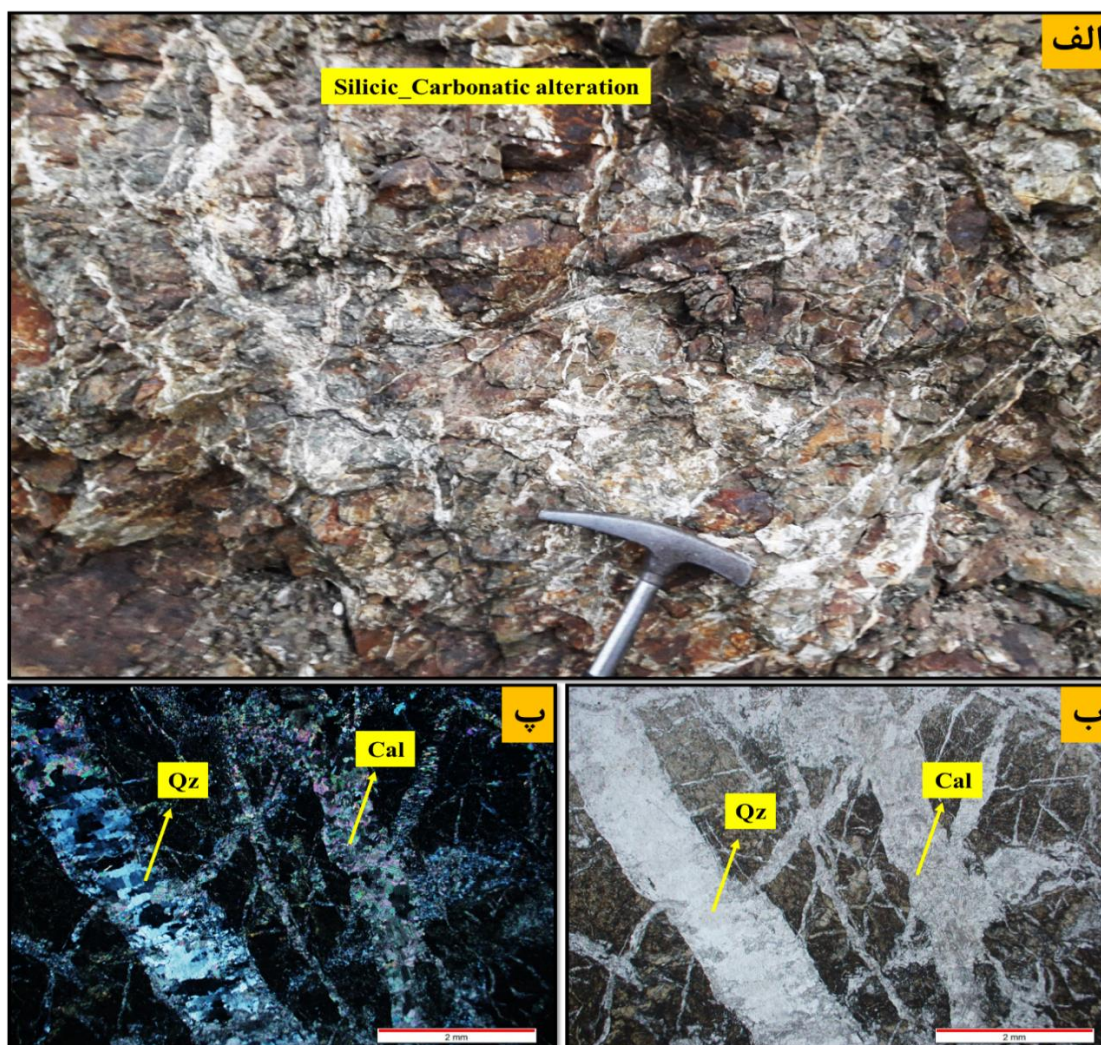


شکل ۴-۲۳-نمایی از دگرسانی کلریتی و اپیدوتی در کمربین افق کانه زایی در مغزه های حفاری در کانسار رمشک.



#### ۴-۵-۴- دگرسانی سیلیسی\_ کربناتی

این دگرسانی نیز در پهنه استرینگر و مجموعه دهانه ای و همچنین در قسمت‌های فوقانی بعضی از زون های گوسانی همراه با میزبان ماده معدنی، به رنگ سفید تا کرم مشاهده می‌شود. گسترش زیاد کانی های کربناته به صورت رگه - رگچه‌های کربناتی -سیلیسی -سولفیدی در داخل واحدهای ولکانیکی و شیست‌ها عملکرد این دگرسانی می‌باشد. به‌طور کلی دگرسانی سیلیسی-کربناتی به صورت مجموعه ای از کانی‌های کربناتی به همراه مجموعه کوارتز و پیریت و کالکوپیریت و اسفالریت دیده می‌شود (شکل ۴-۲۴).



شکل ۴-۲۴- الف) نمایی از دگرسانی سیلیسی\_ کربناتی در متابازالت‌های کانسار رمشک، ب) تصویر میکروسکوپی از رگه\_ رگچه های سیلیسی\_ کربناتی در سنگ های دگرسان شده در نور عادی، پ) تصویر میکروسکوپی از رگه\_ رگچه های سیلیسی\_ کربناتی در سنگ های دگرسان شده در نور XPL.

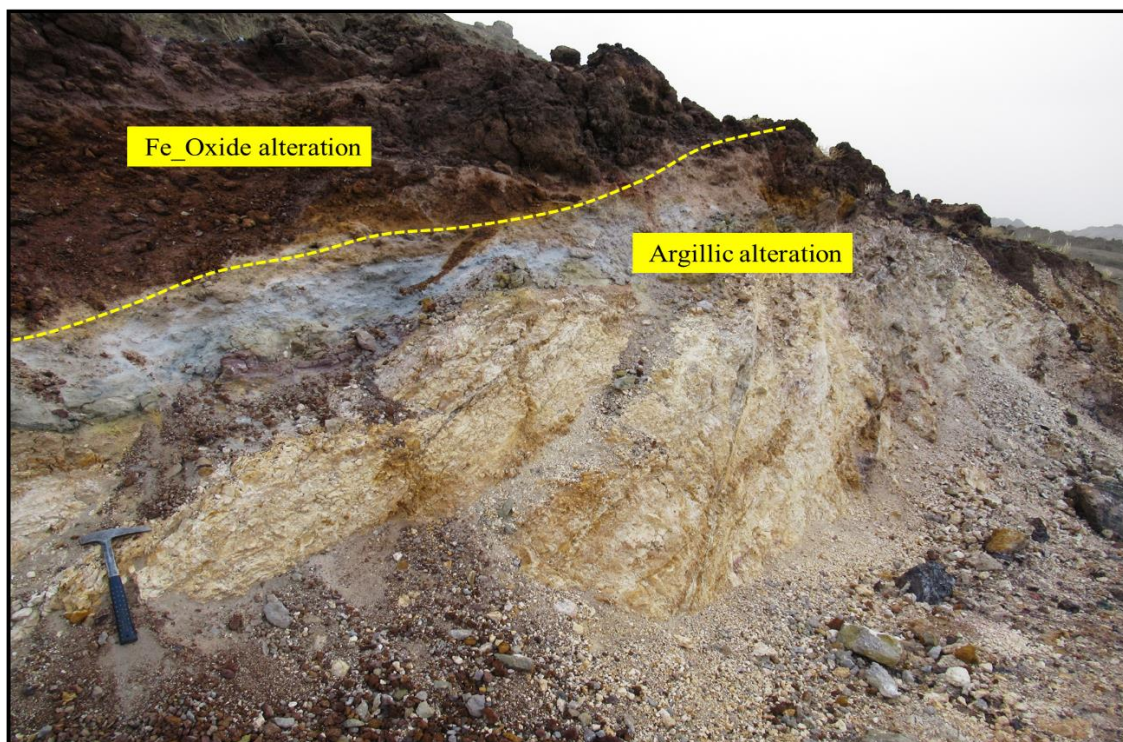
#### ۴-۵-۵- دگرسانی آرژیلیک

به دلیل تبدیل و دگرسانی کانی های مختلف از جمله فلدسپات های پتاسیک و پلاژیوکلازها به کانی های رسی دگرسانی آرژیلیک ایجاد می شود. اکسیداسیون سولفات ها در بالای سطح ایستابی سبب تشدید آلتراسیون آرژیلیک می شود و در این دگرسانی، به احتمال زیاد هوازگی سنگ های غنی از پیریت و اکسیده شدن سولفید ها ایجاد اسید سولفریک نموده و سبب گسترش دگرسانی آرژیلیک شده است. این نوع دگرسانی در شرایط اسیدی و با حضور آب فراوان در محیط تشکیل می شود (Titley et al., 1981). در کانسار رمشک هوازگی سنگ هایی غنی از پیریت در شکل گیری این نوع دگرسانی تاثیر داشته و عمدتاً در سطح بالایی کانسار به رنگ سفید تا خاکستری روشن مشاهده می شود و قابل ذکر است این دگرسانی در منطقه رمشک معمولاً با اکسید های آهن همراه است (شکل ۴-۲۵).

#### ۴-۵-۶- دگرسانی اکسید آهنی :

گسترش این دگرسانی در پهنه های معدنی کانسار مس رمشک فراوانی چشم گیری داشته و عمدتاً به رنگ های قرمز تیره تا قهوه ای و در بعضی از قسمت ها به رنگ زرد آجری تا نارنجی قابل تشخیص است. حضور اکسید های آهن نظیر هماتیت و لیمونیت حاکی از حضور از جریان سیالی دارد که پیریت و کالکوپیریت را دگرسان نموده و ترکیبات اکسید آهن را در سطح بالایی کانسار به شکل گوسان بر جای گذاشته است. بررسی این دگرسانی در بحث اکتشاف زمانی مورد توجه قرار می گیرد که تجمع این اکسید های آهن به صورت برجا و در اطراف ساختار های خطی از نوع گسل باشد. در کانسار مس رمشک علاوه بر وجود گوسان های برجا که اهمیت بسیار زیادی در بخش اکتشاف و گرفتن آنومالی های ژئوفیزیکی از این بخش ها داشته در قسمت هایی دیگری تجمعاتی از اکسید های آهن را شاهد هستیم که گویا از هوازگی سرباره های کارگاه های ذوب قدیمی بوده و از جهات اکتشافی چندان قابل توجه نیستند (شکل ۴-۲۵).



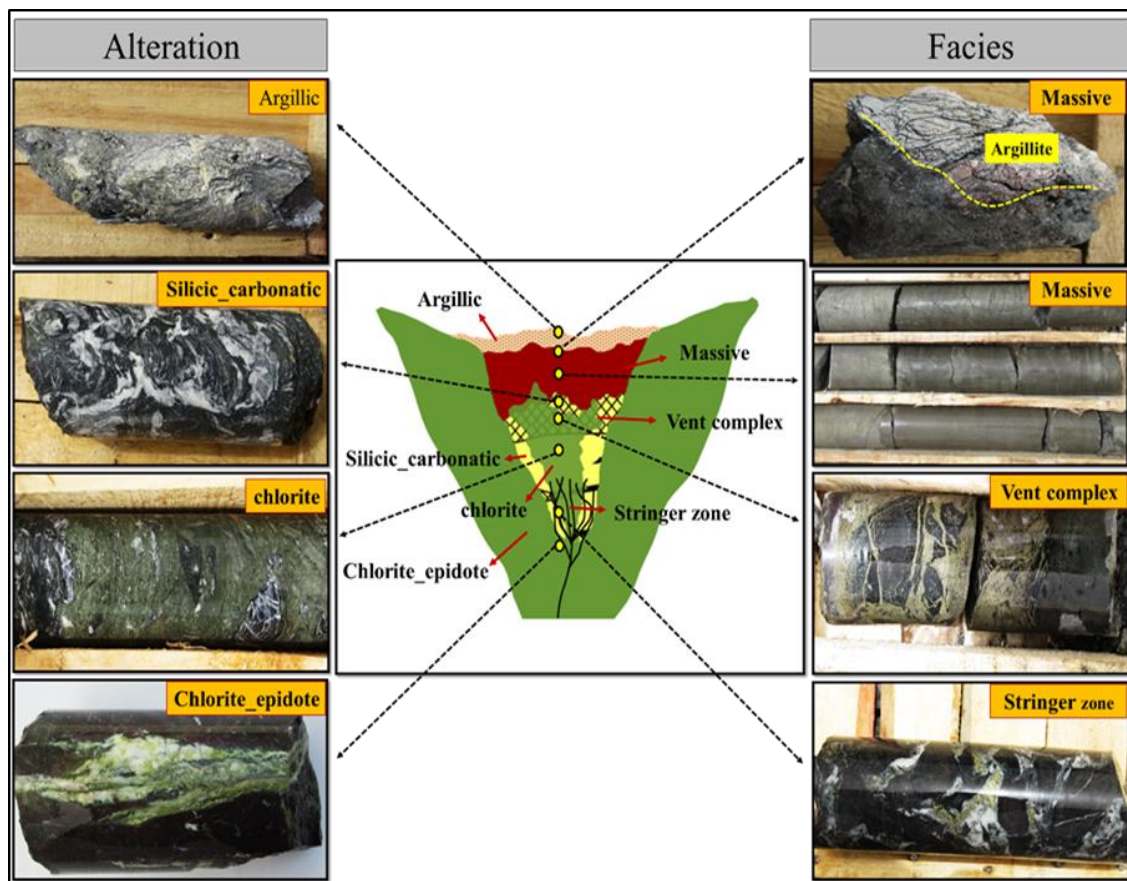


شکل ۴-۲۵-نمایی از گسترش دگرسانی آرژیلیک و اکسید آهنی در کانسار مس رمشک.

#### ۴-۶- پهنه بندی دگرسانی و ارتباط آن با رخساره های کانه دار

با توجه به مشاهدات صحرائی و بررسی مغزه های حفاری به طور کلی در کانسارهای مس منطقه رمشک پهنه بندی دگرسانی به طور کل روند گسترش مشترکی را نشان می دهد. به این گونه که از مرکز به سمت خارج ابتدا دگرسانی های کلریتی شدید و اپیدوتی مشاهده می شود، سپس دگرسانی های سیلیسی\_کربناتی در اطراف آن و در قسمت خارجی تر، گسترش فراوان دگرسانی کلریتی و اپیدوتی در ابعاد وسیع رخمون دارد. به طور کلی بروز دگرسانی در زیر افق معدنی بیشتر بوده و با دور شدن از فرودیواره به سمت فرادیواره از شدت آن کاسته می شود. دگرسانی اپیدوتی و کلریتی بیشترین شدت را در کمرباطین یا فرودیواره دارد (شکل ۴-۲۶).

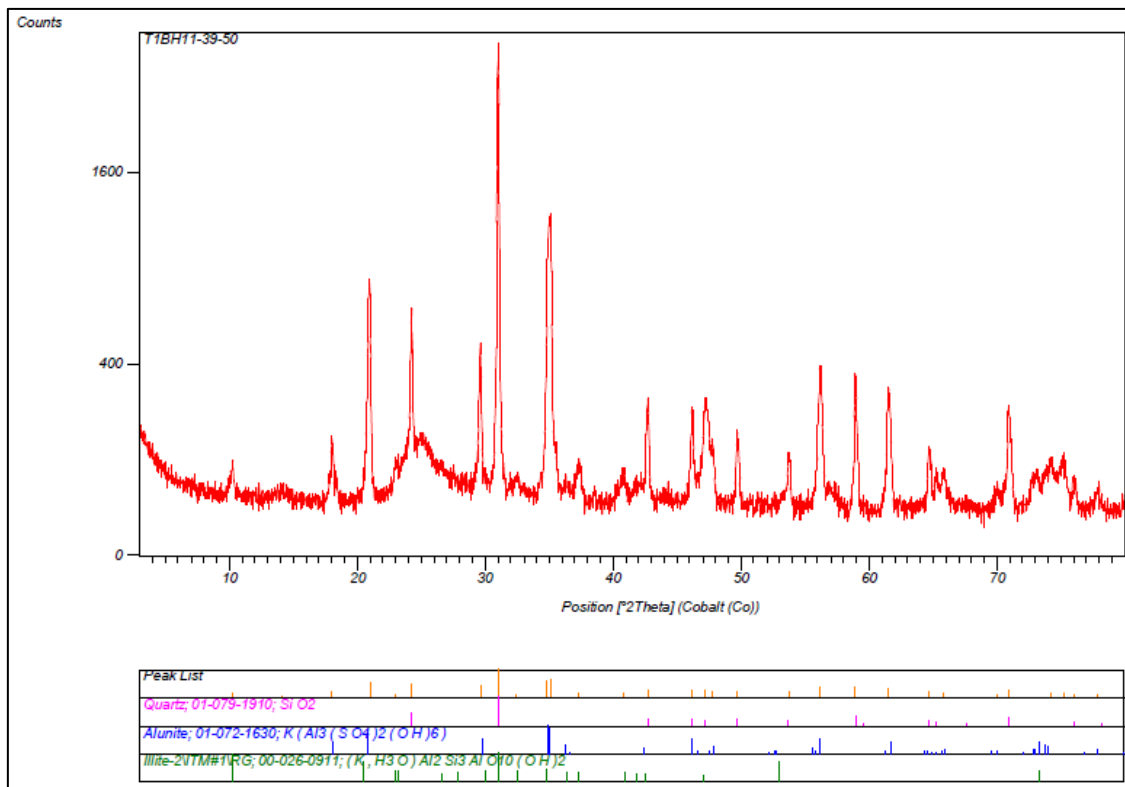




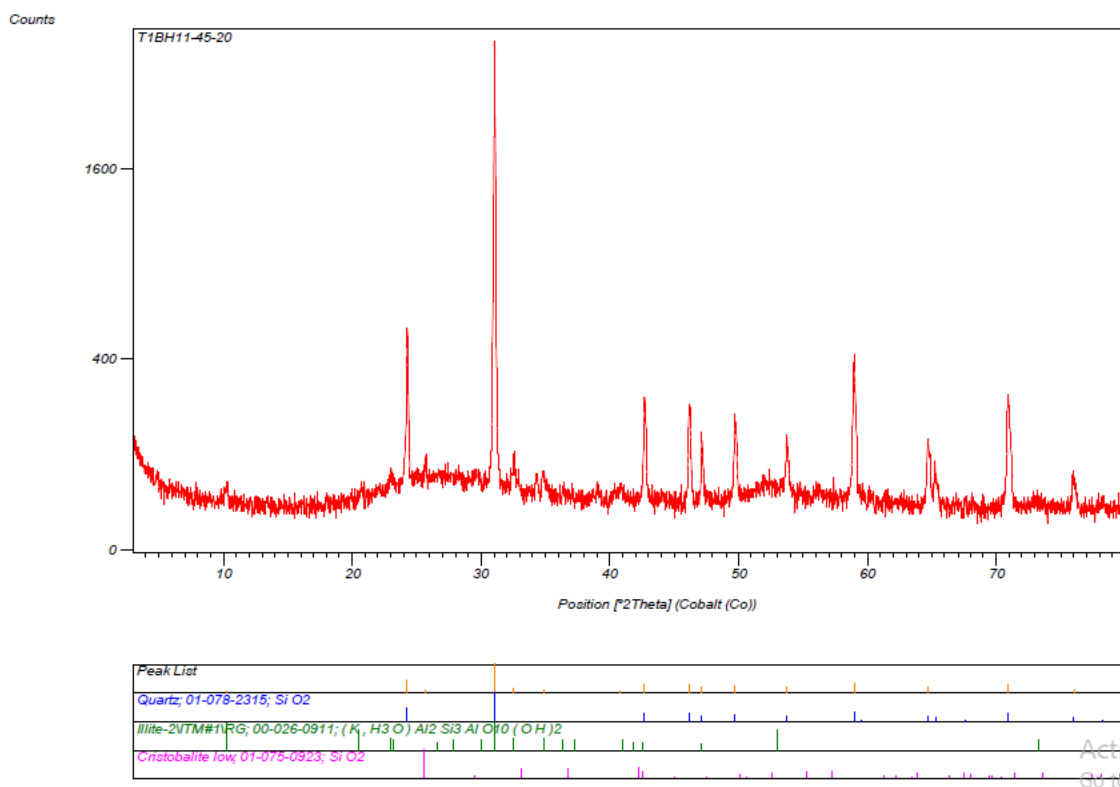
شکل ۴-۲۶- موقعیت نمونه های سنگی از رخساره ها و دگرسانی ها در گمانه های حفاری که بر روی تصویر شماتیک کلی از پهنه بندی دگرسانی و رخساره های مختلف در کانسار مس رمشک آورده شده است.

جدول ۴-۲- مشخصات و نتایج نمونه های آنالیز شده به روش XRD از کانسار رمشک.

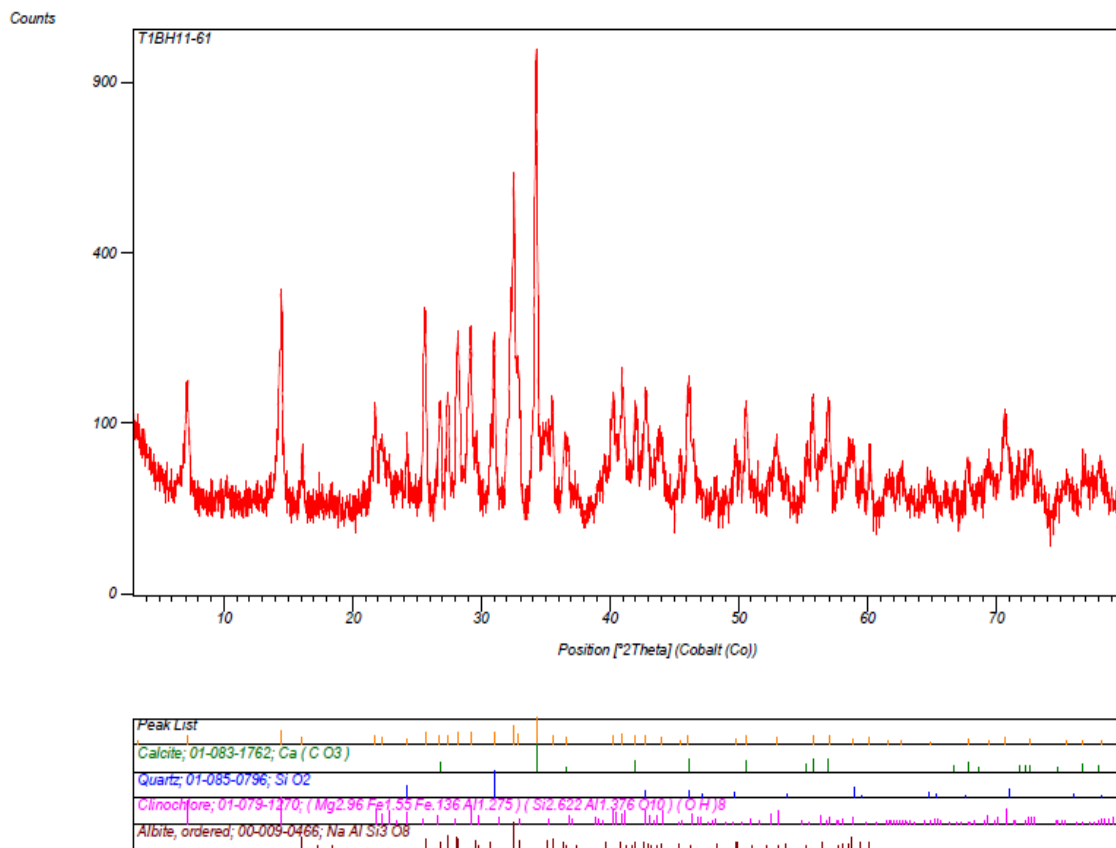
شماره نمونه	محل نمونه برداری	پهنه دگرسانی	نتایج حاصل از آنالیز XRD
T1BH11- 39. 50	متاپلیت های آرژیلی شده	پهنه آرژیلیک	کوارتز، آلونیت، ایلیت
T1BH11- 45. 20	متاپلیت های آرژیلی شده	پهنه آرژیلیک	کوارتز، ایلیت، کریستوبالیت
T1BH11- 61	کلریت شیبست های میزبان ماده معدنی	پهنه کلریتی	کلسیت، کوارتز، کلینوکلر، آلبیت
T1BH11- 64. 30	کلریت شیبست های میزبان ماده معدنی	پهنه کلریتی	کلسیت، کوارتز، کلینوکلر، دیکیت، آلبیت
MBH3- 30. 50	متابازالت های اپیدوتی شده کمر پایین ماده معدنی	پهنه اپیدوتی	اپیدوت، لامونیت، ورمیکولیت، کلینوکلر



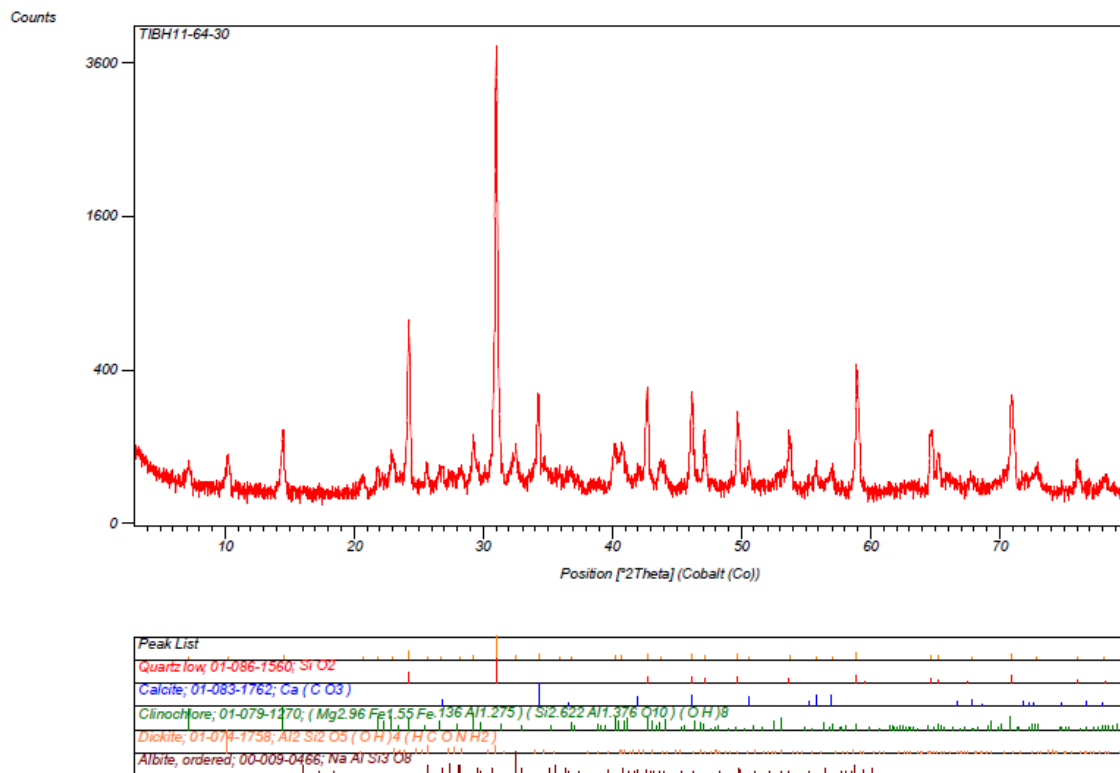
شکل ۴-۲۷- نمودار پراش پرتو ایکس به همراه کانی‌های تشخیص داده شده برای نمونه T1BH11-39.50.



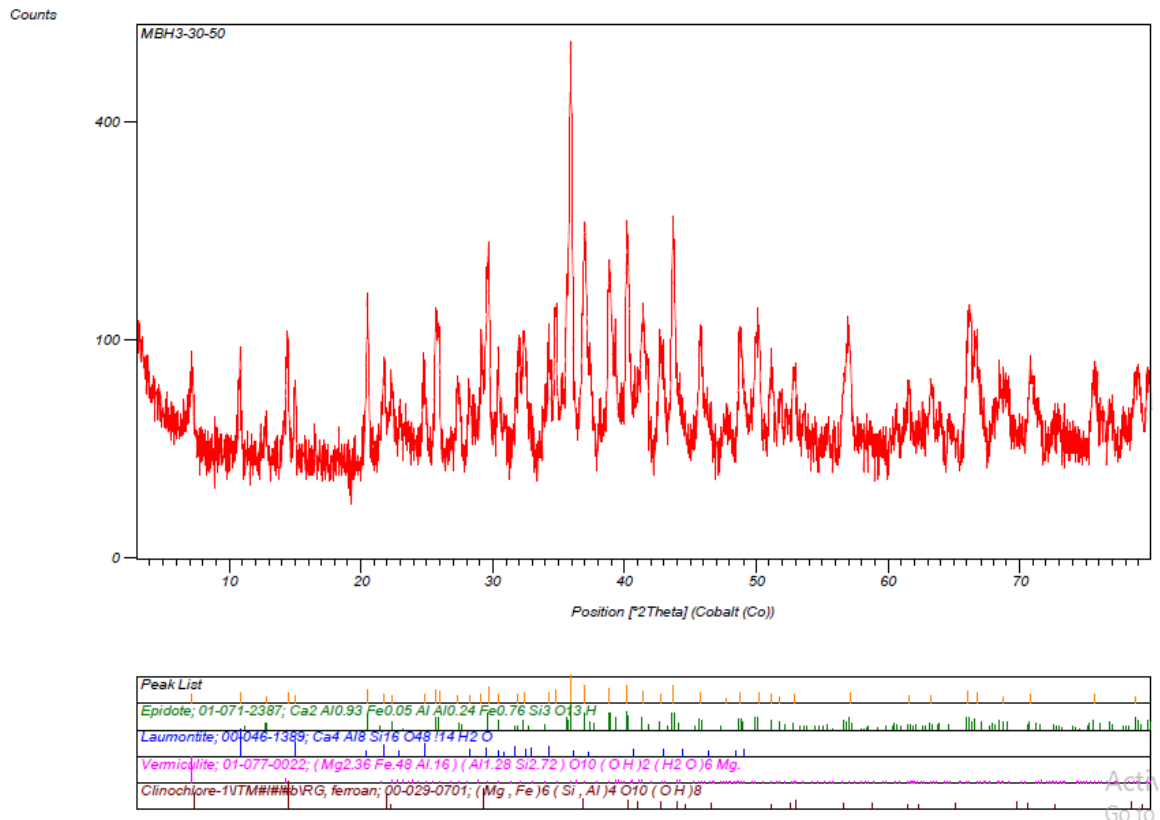
شکل ۴-۲۸- نمودار پراش پرتو ایکس به همراه کانی‌های تشخیص داده شده برای نمونه T1BH11-45.20.



شکل ۴-۲۹- نمودار پراش پرتو ایکس به همراه کانی‌های تشخیص داده شده برای نمونه T1BH11-61



شکل ۴-۳۰- نمودار پراش پرتو ایکس به همراه کانی‌های تشخیص داده شده برای نمونه T1BH11-64.30



شکل ۴-۳۱- نمودار پراش پرتو ایکس به همراه کانی‌های تشخیص داده شده برای نمونه MBH11-30.50





# فصل پنجم

## ساخت، بافت، کانی شناسی و توالی

### پاراژنزکانه



## ۵-۱- مقدمه

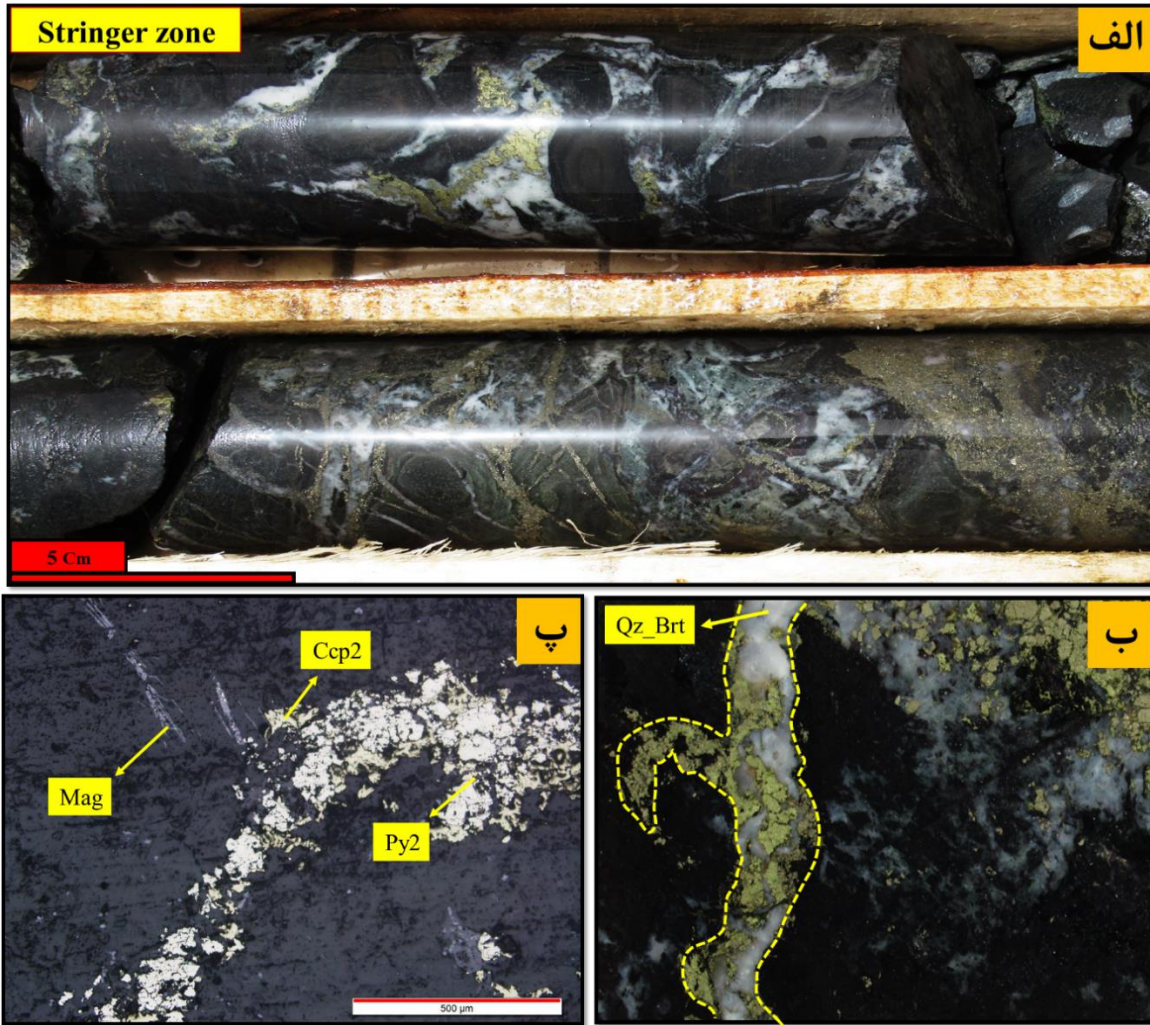
مطالعات ساخت و بافت ماده معدنی و تعیین دقیق پاراژنز و توالی پاراژنتیکی کانی‌ها از مهم‌ترین اصول بررسی ژنز کانسارهای مختلف به شمار می‌رود. ماده معدنی در رخساره‌های متفاوت کانسار، بافت‌های گوناگونی را نشان می‌دهد بدین منظور در این بخش جهت مطالعات کانی‌شناسی، ساخت و بافت تعداد ۲۰ مقطع نازک- صیقلی، ۱۲ مقطع صیقلی از بخش‌های مختلف کانسار تهیه گردید. در این فصل ابتدا به کانی‌شناسی و سپس به انواع ساخت و بافت‌های ماده معدنی اشاره و در ادامه به بررسی توالی پاراژنتیک کانی‌ها پرداخته خواهد شد.

## ۵-۲- ساخت و بافت کانی‌های سولفیدی در کانسار مس رمشک

کانه زایی در منطقه معدنی مورد مطالعه، به صورت چینه‌کران در رخساره رگه-رگچه ای و مجموعه دهانه‌ای و به شکل صفحه‌ای چینه‌سان، همروند با لایه‌بندی سنگ میزبان در رخساره کانسنگ توده‌ای رخ داده است. از جمله ساخت‌های ماده معدنی در کانسار مس رمشک ساخت و بافت‌های رگه-رگچه ای، برشی، توده‌ای و ساخت و بافت دانه پراکنده می‌باشد که در ادامه به بررسی آن‌ها پرداخته شده است.

## ۵-۲-۱- ساخت و بافت رگه- رگچه‌ای

یکی از اصلی‌ترین و عمده‌ترین سیماهای مواد معدنی در بخش کانه دار حضور آن‌ها به صورت رخساره رگه-رگچه‌ای در واحد متاپلیتی و کلریت‌شیستی مشاهده می‌شود که در آن رگه-رگچه‌های سیلیسی، کلسیتی، باریتی و سولفیدی سنگ میزبان را در جهات مختلف قطع نموده است. بافت رگه- رگچه‌ای به‌طور عمده از پیریت و کالکوپیریت و به مقدار کمتر اسفالریت، مگنتیت و تیتانیت تشکیل شده است (شکل ۵-۱).



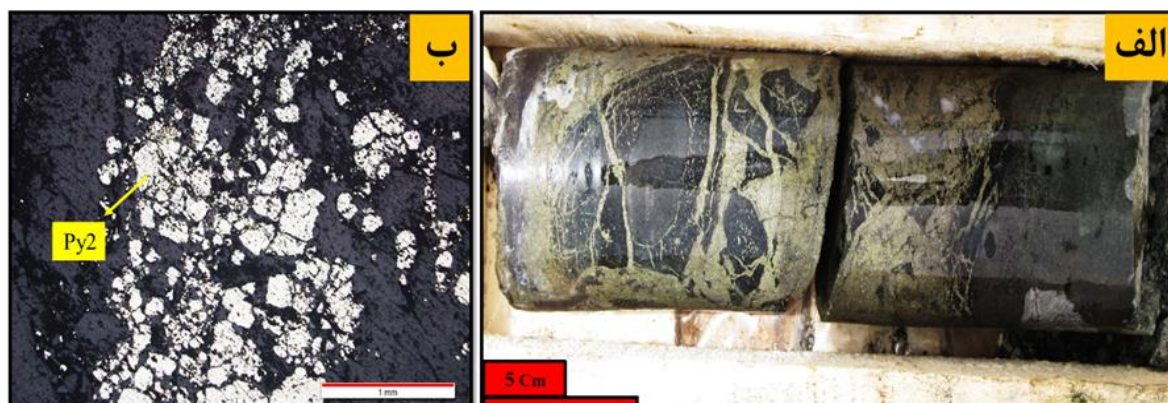
شکل ۵-۱- تصاویری از ساخت و بافت رگه- رگچه‌ای در پهنه استرینگر، الف) نمایی از رخساره استرینگر در مغزه حفاری که رگه- رگچه‌های سیلیسی (Qz)- باریتی (Brt) و سولفیدی (S) سنگ میزبان را در جهات مختلف قطع کرده است، ب) نمایی نزدیک از کانسنگ رخساره رگه- رگچه‌ای (Stringer zone) که دارای بافت رگه- رگچه‌ای سولفیدی (Py) و (Ccp) در سنگ میزبان متاپلیت و کلریت‌شایست می‌باشد، پ) تصویر میکروسکوپی از همراهی کانی‌های Py2، Ccp2، Mag و در رخساره استرینگر.

## ۵-۲-۲- ساخت و بافت برشی

این بافت در رخساره رگه-رگچه ای (پهنه استرینگر) و رخساره مجموعه دهانه‌ای، در پهنه‌های معدنی کانسار مس رمشک قابل مشاهده است. برش‌ها از قطعات زاویه دار تا نیمه گرد شده سنگ میزبان تشکیل شده است که در رخساره استرینگر توسط سولفیدهای نسل دوم از جمله پیریت و کالکوپیریت اسفالریت و نیز مقدار بیشتری مگنتیت و هماتیت در رخساره مجموعه دهانه‌ای به همراه کوارتز و کلسیت و باریت احاطه شده است. بافت برشی سولفیدها به همراه قطعات سنگ میزبان در رخساره توده‌ای و رگه-



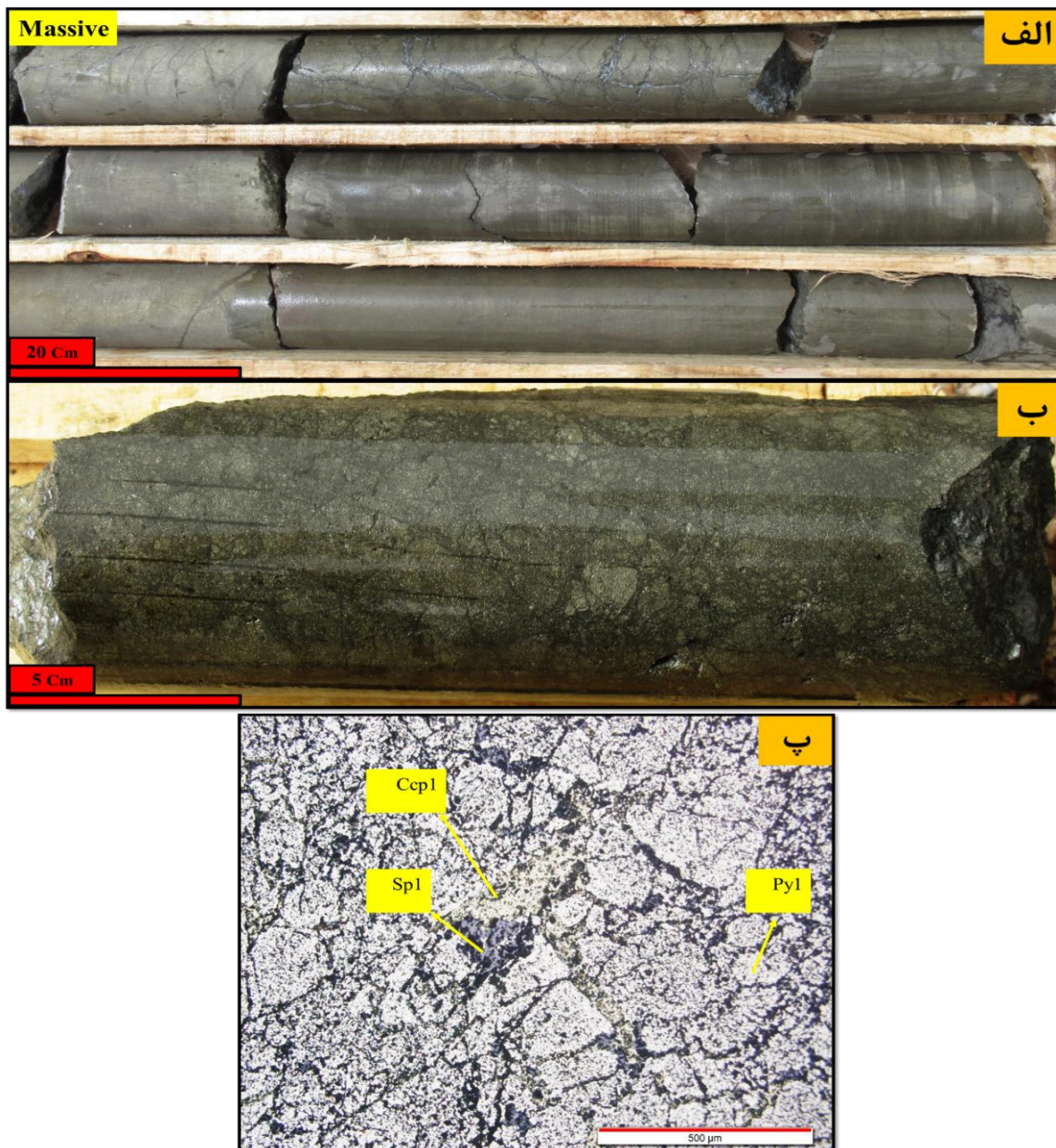
رگچه ای کانسارهای سولفیدی در ارتباط مستقیم با فعالیت گسل هم‌زمان با رسوب‌گذاری و فعالیت هیدروترمالی است (رجبی و همکاران، ۱۳۸۷) (شکل ۵-۲).



شکل ۵-۲- تصاویری از ساخت و بافت برشی، الف) مغزه حفاری از ساخت برشی که حاوی قطعات سنگ میزبان متاپلیت و کلریت‌شایست در زمینه‌ای از کانی‌های سولفیدی می‌باشد، ب) تصویر میکروسکوپی از بافت برشی که اغلب سولفیدهای زمینه رو (Py<sub>2</sub>) تشکیل می‌دهد.

### ۵-۲-۳- ساخت و بافت توده‌ای :

ساخت توده‌ای را عمدتاً در بخش چینه‌سان و در رخساره کانسنگ توده‌ای مشاهده می‌شود و عمدتاً دارای پیریت‌های کلوفرمی می‌باشد و گاهی به علت مقاومت در برابر دگرشکلی به صورت قطعات و بلوک‌های مستطیلی دیده می‌شود. ماده معدنی در قسمت توده‌ای به صورت عمده از پیریت، کالکوپیریت و اسفالریت تشکیل شده است. کوارتز اصلی‌ترین کانی باطله در این بخش بوده که به حالت سایه فشاری در این قسمت مشاهده می‌شود و منعکس‌کننده شرایط تنش در محیط است (شکل ۵-۳).

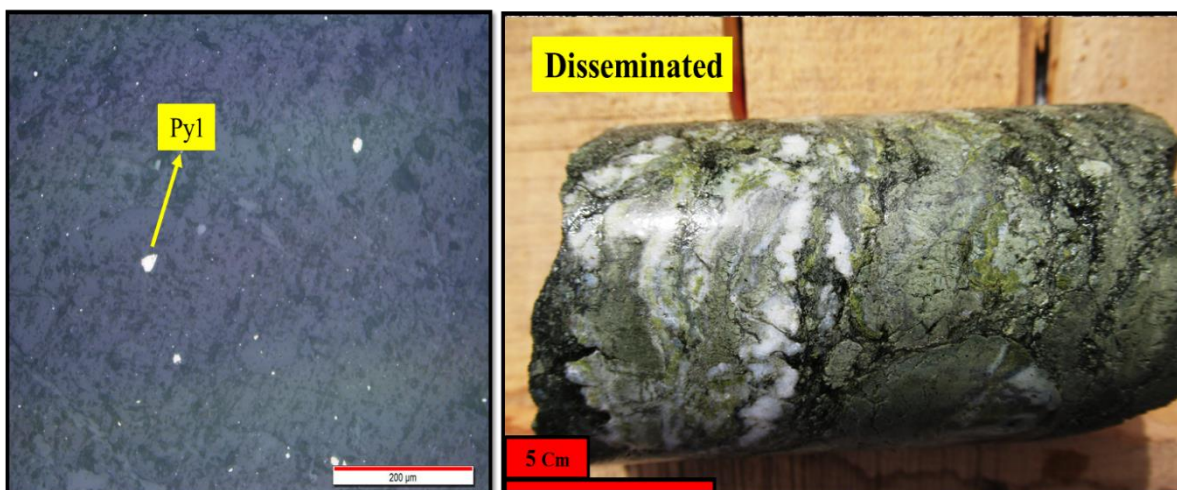


شکل ۵-۳- تصاویری از ساخت و بافت توده‌ای در رخساره کانسنگ توده‌ای، الف) مغزه حفاری از رخساره توده‌ای که اغلب دارای ساخت توده‌ای می‌باشد، ب) تصویری از مغزه حفاری از رخساره توده‌ای که دچار خردشدگی به علت مقاومت در برابر دگرشکلی، پ) تصویر میکروسکوپی از بافت توده‌ای که سولفیدهای زمینه رو  $Py1$ ،  $Ccp1$  و  $Sp1$  قابل تشکیل می‌دهد.

#### ۵-۲-۴- ساخت و بافت دانه پراکنده

بافت دانه پراکنده از جمله بافت‌های مهمی است که شواهد زایشی بسیار ارزشمندی در اختیار می‌گذارد. اولین نتیجه حضور مواد معدنی در این شکل، نهشت اولیه ماده معدنی در حین دیاژنز همراه با دیگر کانی‌های تشکیل‌دهنده سنگ است. این بافت در کانسار مس رمشک در رخساره‌های استرینگر و کمرباطین

ماده معدنی قابل مشاهده است که اغلب کانی پیریت در این رخساره بافت دانه پراکنده را نشان می دهد و به صورت کلی می توان گفت این بافت ها نشان دهنده هم زمانی اولیه سولفیدها در حین تشکیل سنگ دربرگیرنده و سایر ذرات سنگ میزبان می باشد. پیریت به صورت دانه پراکنده و بی شکل در زمینه سنگ میزبان شکل گرفته است (شکل ۴-۵).

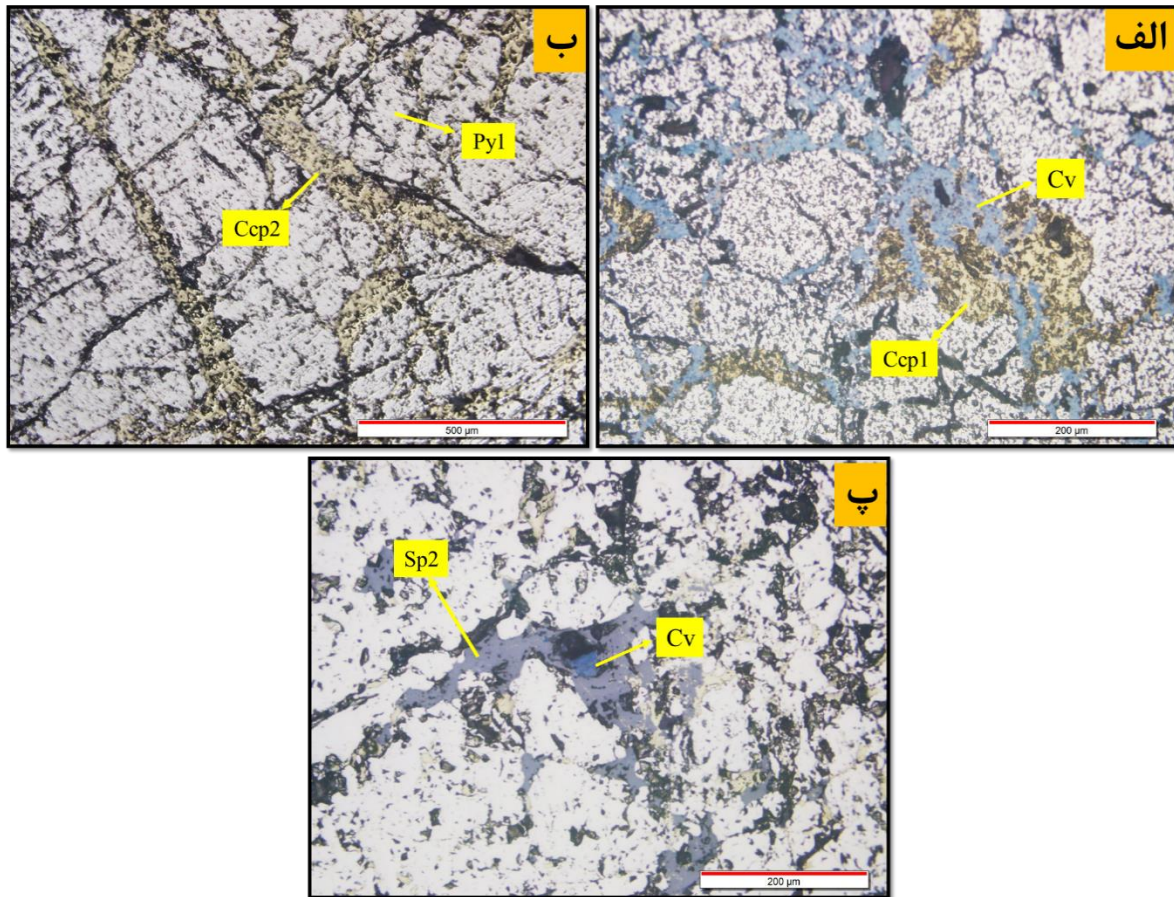


شکل ۴-۵- الف) مغزه حفاری از کمربند ماده معدنی که حاوی سولفیدهای دانه پراکنده می باشد، ب) تصویر میکروسکوپی از کلریت شیبست های کمربند ماده معدنی که دارای سولفیدهای دانه پراکنده (Pyl) در متن سنگ می باشد.

### ۵-۲-۵- بافت جانشینی

این نوع بافت به بافت جانشینی ثانویه هم معروف است. جانشینی یک کانه توسط کانه یا کانی دیگر، از جمله فرایندهایی است که در طی هوازگی بسیاری از کانسنگ ها رخ می دهد. از جمله بافت های جانشینی که به راحتی در کانسار قابل تشخیص هستند می توان به جانشینی سولفیدهای فلزی (نظیر پیریت) با اکسیدها (نظیر مگنتیت) اشاره نمود. همچنین کانی های سولفیدی در امتداد شکستگی ها و حواشی به کانی های کولیت تبدیل می شوند. در کانسار مس رمشک بافت جانشینی را در رخساره رگه-رگچه ای، رخساره مجموعه دهانه ای و رخساره توده ای قابل مشاهده است، که شامل جانشینی کالکوپیریت به جای پیریت، اسفالریت به جای پیریت، و تبدیل کالکوپیریت به کولیت و اسفالریت به کولیت می باشد (شکل ۵-۵).



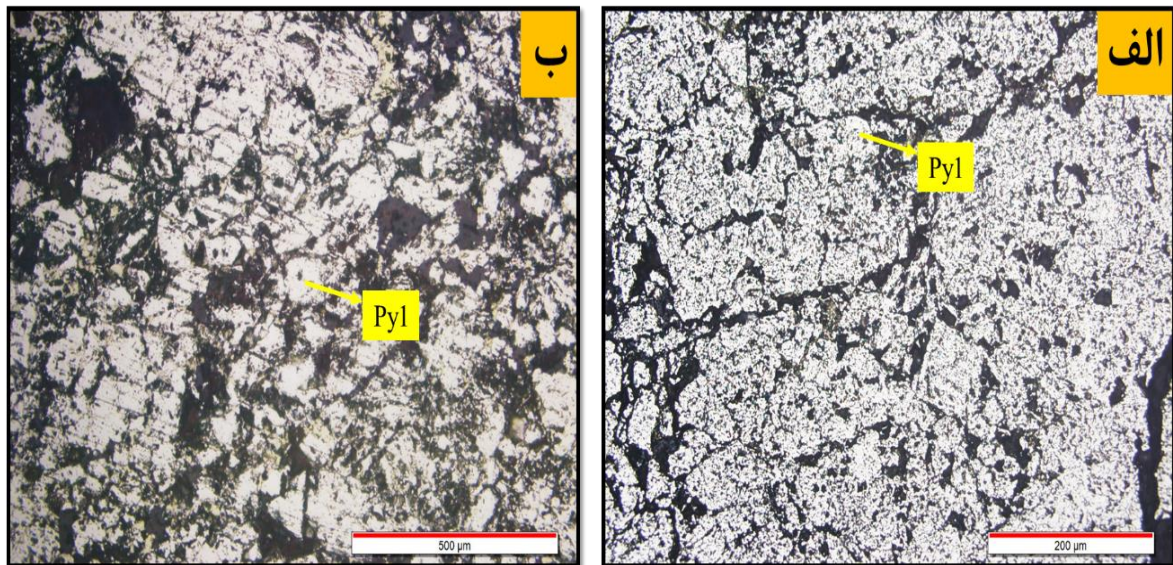


شکل ۵-۵- تصاویر میکروسکوپی از بافت جاننشینی حاشیه‌ای، الف) تبدیل شدن کالکوپیریت از اطراف به کولیت (CV)، ب) جاننشینی کالکوپیریت (Ccp2) به جای پیریت (Py1)، پ) تبدیل شدن اسفالریت (Sp2) به کولیت (CV).

### ۵-۲-۶- بافت‌های کلوفرمی

این بافت شامل تجمع پیریت‌های ریزدانه است که به صورت کلوفرمی در کنار هم قرار گرفته‌اند و تبلور پیدا کرده‌اند. این بافت در ارتباط با ته‌نشست محلول‌های کلوئیدی بوده و در کانسار رمشک به نظر می‌رسد از تاناش است ژل‌های سولفیدی نسل اول در رخساره کانسنگ توده‌ای ایجاد شده است. بافت چشم پرنده‌ای و بافت کروی (اسفریکال) برخی از انواع بافت‌های کلوفرمی در پیریت‌های نسل اول می‌باشد که مشاهده می‌شود (شکل‌های ۵-۶ و ۵-۷).

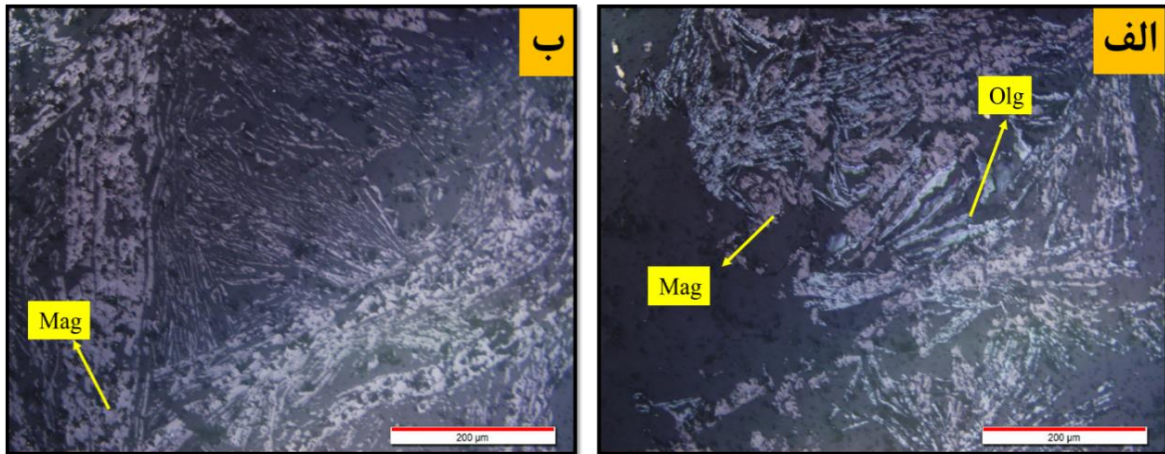




شکل ۵-۶-الف) تصاویر میکروسکوپی از بافت‌های کلوفرمی در پیریت‌های نسل اول (Py1) در رخساره کانسنگ توده‌ای، (ب) تصاویر میکروسکوپی از بافت چشم پرنده‌ای و کروی (اسفریکال) در پیریت‌های نسل اول (Py1) در رخساره کانسنگ توده‌ای.

### ۵-۲-۷- بافت تیغه‌ای:

این بافت در رخساره مجموعه دهانه‌ای و رخساره رگه-رگچه‌ای، پهنه‌های معدنی کانسار مس رمشک مشاهده می‌شود که بیشتر جنس آن‌ها از کانی مگنتیت تیغه‌ای می‌باشد و گاهی با اولیژیست همراه می‌شود. مگنتیت به شکل کریستال‌های کوچک، باریک و کشیده و گاهی به صورت منفرد و گاهی به شکل تجمعی از چندین کریستال با بافت پرکننده فضای خالی کانی-سازی کرده است و گاهی در کنار بافت تیغه‌ای، بافت دسته جارویی هم به چشم می‌خورد. طول کریستال‌ها حداکثر ۲۰ میکرون و میزان فراوانی این کانی در نمونه حدود ۶ درصد است (۵-۷).



شکل ۵-۷-الف) تصاویر میکروسکوپی بافت تیغه‌ای از جنس مگنتیت (Mag) و اولیژیست (Olg) در رخساره مجموعه دهانه‌ای، ب) تصاویر میکروسکوپی از بافت دسته جارویی از جنس مگنتیت (Mag) و اولیژیست (Olg) در رخساره مجموعه دهانه‌ای.

### ۵-۳- کانی‌شناسی

بر اساس مطالعات کانی‌شناسی بر روی مقاطع صیقلی و نازک صیقلی کانی‌های اولیه اصلی تشکیل‌دهنده این کانسار شامل پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، مگنتیت و هماتیت می‌باشد و کانی‌های ثانویه آن مالاکیت، آزوریت، کوولیت، و اکسید-هیدروکسیدهای آهن هستند.

### ۵-۳-۱- کانی‌های اولیه

در کانسار رمشک کانی‌های اولیه شامل پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت و مگنتیت و اولیژیست ۲۱ (هماتیت) می‌باشد که در ادامه به همراه انواع بافت‌ها به اختصار اشاره شده است.

### ۵-۳-۱-۱- پیریت

پیریت به‌عنوان فراوان‌ترین کانی سولفیدی در کانسار رمشک در رخساره‌های مجموعه دهانه‌ای، رگه-رگچه‌ای و کانسنگ توده‌ای دیده می‌شود. این کانی در هر رخساره با ویژگی‌های بافتی متفاوتی به‌وضوح دیده می‌شود. این کانی به‌صورت سه نسل مختلف دیده می‌شود. نسل اول شامل پیریت‌های ریزدانه و ژل‌مانند با بافت کلوفرمی است (Py1) این نوع پیریت‌ها مربوط به مرحله اول کانه زایی هستند پیریت

هاگاهی به صورت خردشده و پرشدگی در رگه-رگچه‌ها و شکستگی‌ها با کالکوپیریت نسل دوم (Py2) در رخساره‌های مجموعه دهانه‌ای و پهنه استرینگر دیده می‌شود. پیریت نسل سوم (Py3) با بافت توده‌ای در رخساره چینه‌سان توده‌ای قابل مشاهده است، این نسل از پیریت‌ها به صورت پیریت توده‌ای دیده می‌شوند و عموماً حاصل از دیاژنز و تبلور پیریت های نسل اول می‌باشد.

به‌طور کلی پیریت در کانسار مس رمشک دارای بافت‌های زیر می‌باشد:

### **بافت شکل دار:**

شامل پیریت‌های نسل دوم و پیریت های نسل سوم که دچار تبلور مجدد شده اند می‌باشد که موجب تشکیل بافت‌های خودشکل پیریت شده است و عمدتاً شکل کوبیک دارند.

### **بافت کاتاکلاستیک:**

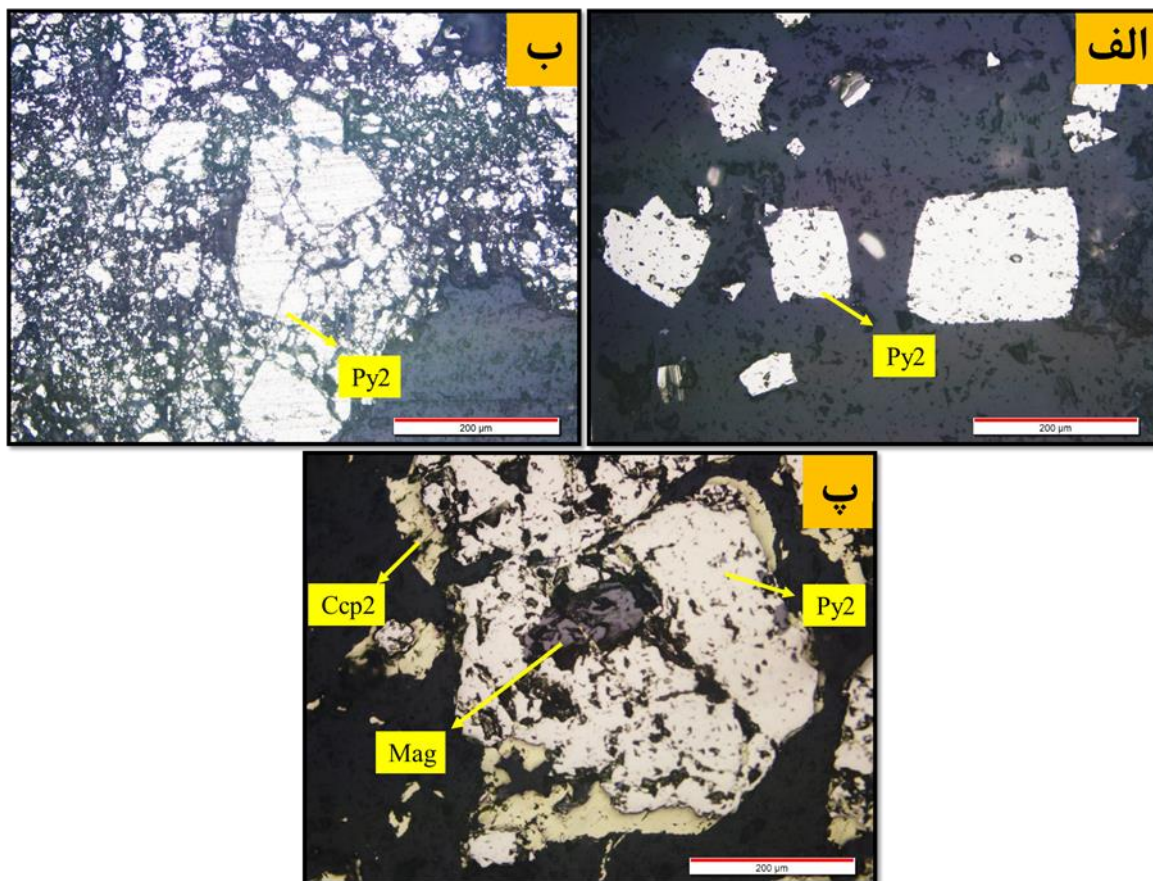
گاهی پیریت های دانه درشت تحت تأثیر دگرشکلی شکسته و خرد شده و در نتیجه باعث ایجاد بافت کاتاکلاستیک می‌شوند، این بافت در پیریت های درشت دانه و همچنین در پیریت هایی که در اثر تبلور مجدد رشد کرده‌اند، مشاهده می‌شود این بافت یکی از رایج ترین بافت های پیریت موجود در کانسارهای سولفیدی دگرشکل (Craig and Vagho, 1999) (شکل ۵-۸، ب)

### **بافت پویکلیتیک:**

احاطه شدن مگنتیت توسط پیریت های نسل دوم (Py2) باعث تشکیل بافت پویکلیتیک در رخساره های مجموعه دهانه ای و پهنه استرینگر در کانسار مس رمشک شده است (شکل ۵-۸، ت).

بافت چشم پرنده‌ای و بافت کروی ( اسفریکال) از جمله بافت‌های دیگر کانی پیریت است که در رخساره‌های گوناگون کانسار رمشک قابل مشاهده است.





شکل ۵-۸- تصاویر میکروسکوپی از بافت‌های مختلف پیریت در رخساره‌های مختلف، الف) بافت شکل دار، ب) بافت کاتاکلاستیک، پ) بافت پویکلیتیک که از احاطه شدن مگنتیت توسط پیریت‌های نسل دوم (Py<sub>2</sub>) تشکیل می‌شود.

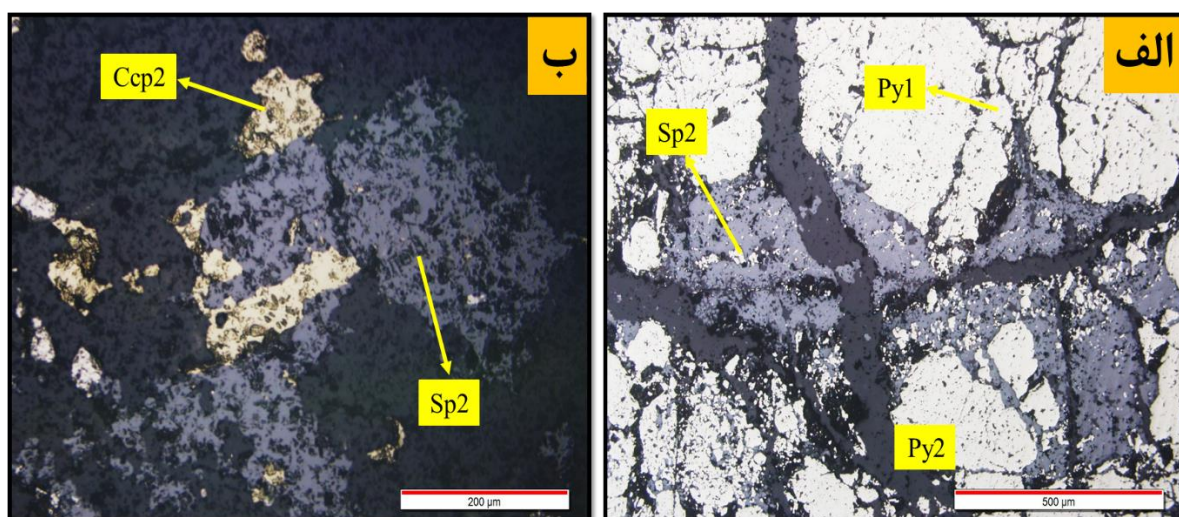
### ۵-۳-۱-۲- کالکوپیریت

کالکوپیریت مهم‌ترین کانی سولفیدی مس است که در کانسار مس رمشک در رخساره‌های سولفید توده‌ای، رخساره آتشفشانی و همچنین رخساره رگه-رگچه‌ای یافت می‌شود. کالکوپیریت به صورت رگه-رگچه‌ای و لکه‌هایی بی‌شکل بین دانه‌های پیریت قرار گرفته و نامنظم بوده و به صورت دو نسل مشاهده می‌شود. کالکوپیریت‌های نسل دوم (Cpy<sub>2</sub>) از لحاظ اندازه درشت‌بلورتر نسبت به کالکوپیریت‌های نسل اول (Cpy<sub>1</sub>) می‌باشد. بافت رگه-رگچه‌ای به طور عمده از کالکوپیریت و پیریت و مقدار کمتری اسفالریت تشکیل شده است (شکل ۵-۹، ب).



### ۵-۳-۱-۳- اسفالریت

در پهنه‌های معدنی کانسار مس رمشک اسفالریت نسبت به پیریت و کالکوپیریت فراوانی کمتر دارد و به صورت دو نسل در رخساره‌های کانسنگ توده‌ای و رگه-رگچه‌ای یافت می‌شود. اسفالریت‌های نسل دوم ( $Sph_2$ ) درشت‌تر از اسفالریت‌های نسل اول ( $Sph_1$ ) است. اسفالریت نسل اول همراه با پیریت و کالکوپیریت‌هایی نسل اول در رخساره کانسنگ توده‌ای و نیز اسفالریت نسل دوم همراه با کالکوپیریت  $Cpy_2$  در رخساره استرینگر یافت می‌شود (شکل ۵-۹، الف).



شکل ۵-۹- الف و ب) تصویر میکروسکوپی از رخساره تغذیه‌کننده که کانی‌ها  $Py_1$ ،  $Py_2$ ،  $Ccp_2$  و  $Sp_2$  قابل مشاهده است.

### ۵-۳-۱-۴- مگنتیت

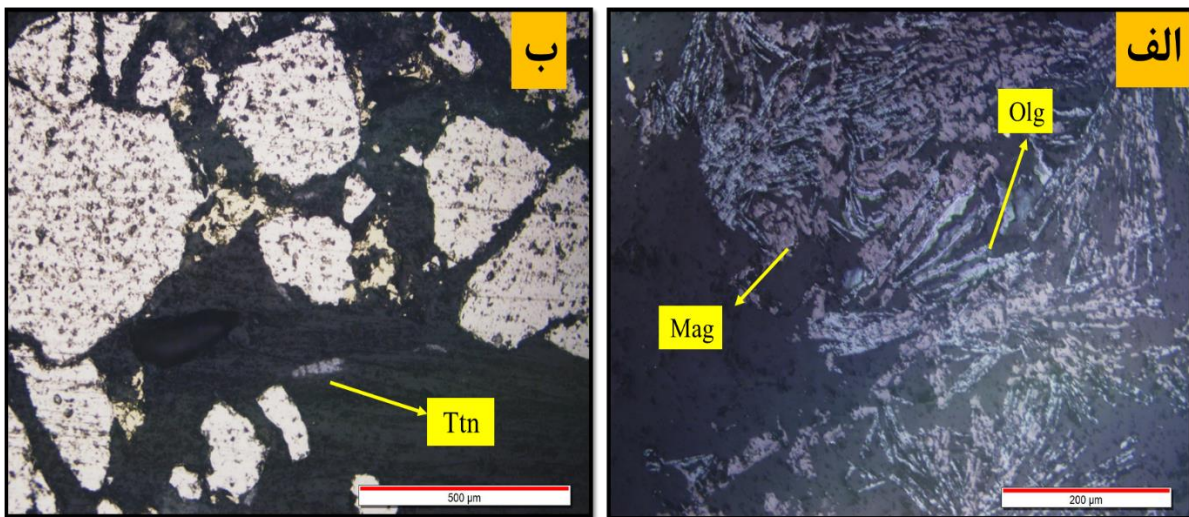
مگنتیت در پهنه‌های معدنی کانسار رمشک بیشتر در رخساره مجموعه دهانه‌ای و رخساره رگه-رگچه‌ای کانسار قابل مشاهده است. مگنتیت در این رخساره‌ها به صورت کریستال‌های اتومرف کشیده به صورت بافت تیغه‌ای یا دانه‌های هم بعد منیتیت به شکل تجمعاتی داخل گانگ‌ها حضور دارد (شکل ۵-۱۰، الف).

### ۵-۳-۱-۵-هماتیت:

هماتیت در کانسار رمشک به صورت اولیژیست بیشتر در رخساره مجموعه دهانه‌ای همراه با مگنتیت و به میزان کمتر در پهنه استرینگر کانسار قابل مشاهده است. هماتیت با فراوانی ۶-۷ درصد داخل گانگ‌ها به صورت تجمعاتی متشکل از دانه‌های ۱۰ الی ۲۰۰ میکرون یا به صورت تکی و انفرادی داخل گانگ‌ها مشاهده می‌شود بافت تیغه‌ای و دسته جارویی از جمله بافت‌های مشاهده شده این کانی در رخساره‌های مختلف کانسار مس رمشک می‌باشد (شکل ۵-۱۰، الف).

### ۵-۳-۱-۶-تیتانیت:

اکسید تیتانیوم (تیتانیت) بیشتر در رخساره استرینگر و به مقدار کمتر در رخساره مجموعه دهانه‌ای به صورت کریستال‌های باریک و کشیده با ابعاد حداکثر ۲۰۰ تا ۳۰۰ میکرون در پهنه‌های استرینگر مشاهده می‌گردد (شکل ۵-۱۰، ب).



شکل ۵-۱۰-الف) تصاویر میکروسکوپی از کانی‌های مگنتیت (Mag) و اولیژیست (Olg) در رخساره مجموعه دهانه‌ای،  
ب) تصاویر میکروسکوپی از کانی تیتانیت (Ttn) در رخساره مجموعه دهانه‌ای.

## ۵-۳-۲- کانی‌های ثانویه

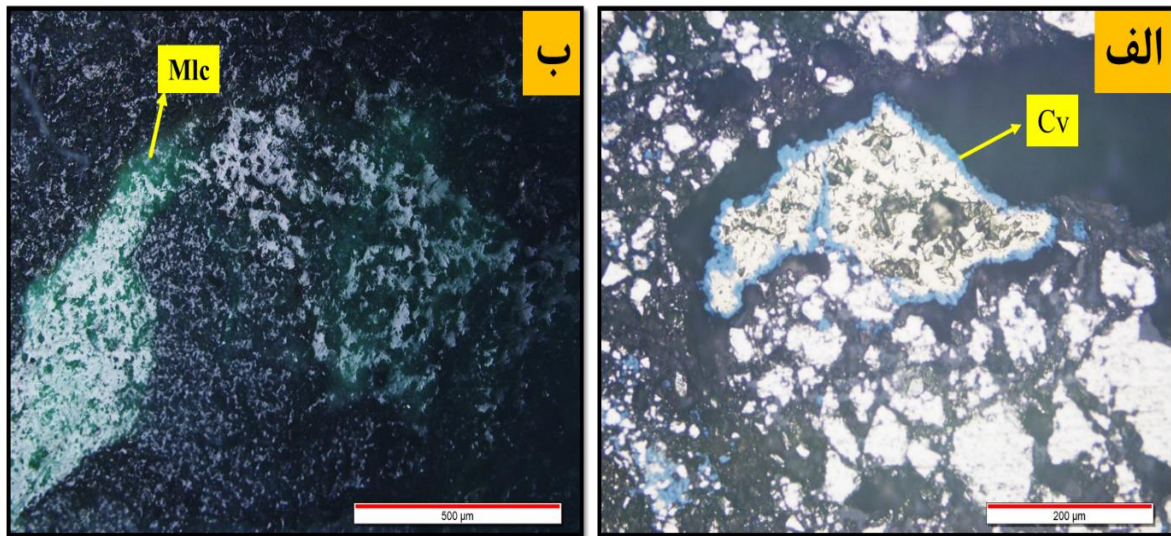
از کانی‌های ثانویه در کانسارهای مس رمشک می‌توان به مالاکیت، کوولیت و اکسید و هیدروکسیدهای آهن اشاره نمود.

### ۵-۳-۱- مالاکیت

مالاکیت به‌عنوان یک کانی غیر سولفیدی پس از کانه زایی سولفیدی، در طی فرایند سوپرژن اکسیدی کانه‌های کربناته مس نظیر مالاکیت به همراه اکسیدها و هیدروکسیدها آهن تشکیل می‌گردند. خنثی شدن محلول‌های اسیدی مس دار حاصل از دگرسانی کالکوپیریت، توسط کانی‌های کربناته سنگ درون‌گیر، مهم‌ترین عامل تشکیل کربنات‌های آبدار مس می‌باشد. کانی‌های کربناته به فراوانی در مناطق سطحی کانسار مس رمشک دیده می‌شود به‌صورت رگه-رگچه‌های مالاکیت سنگ میزبان را قطع کرده است (شکل ۵-۱۱، ب).

### ۵-۳-۲- کوولیت

کوولیت در طی مراحل سوپرژن و در اثر جانشینی در سولفیدهای مس اولیه ایجاد می‌شود. کوولیت با فرمول  $Cu_5S$  و ۶۶/۴ درصد مس، غالباً پس از تشکیل کانی‌های سولفیدی و در شرایط سوپرژن تشکیل می‌شود. این کانی‌ها در طی مراحل سوپرژن و در اثر جانشینی در سولفیدهای اولیه در اطراف کالکوپیریت در کانسار رمشک ایجاد شده است. کوولیت در مقاطع صیقلی دارای رنگ آبی، طیفی از آبی تیره و آبی نیلی تا سفید متمایل به آبی، چندرنگی قوی و آنیزوتروپی بالا می‌باشد (شکل ۵-۱۱، الف).



شکل ۵-۱۱-الف) تصاویر میکروسکوپی از کانی کولیت (CV) که جانشین کالکوپیریت شده است، ب) تصویر میکروسکوپی ملاکیت (Mlc) ناشی از اکسیداسیون سولفیدها.

### ۵-۳-۳- کانی‌های باطله

از مهمترین کانی‌های باطله مرتبط به کانه زایی در کانسار مس رمشک می توان به کوارتز، کلسیت، باریت اشاره نمود.

### ۵-۳-۳-۱- کوارتز

این کانی یکی دیگر از باطله های کانسار است که بیشترین فراوانی را در رخساره رگه رگچه ای همراه با کلسیت و باریت در این کانسار مشاهده می شود که در ارتباط با ژل سیلیسی اولیه و دگرسانی سیلیسی شدن تشکیل گردیده است. تشکیل این کانی همزمان با فعالیت کانه زائی وهیدروترمالی در کانسار بوده و با بخش های سولفیدی در رخساره استرینگر همراه می شود (شکل ۵-۱۲، الف).

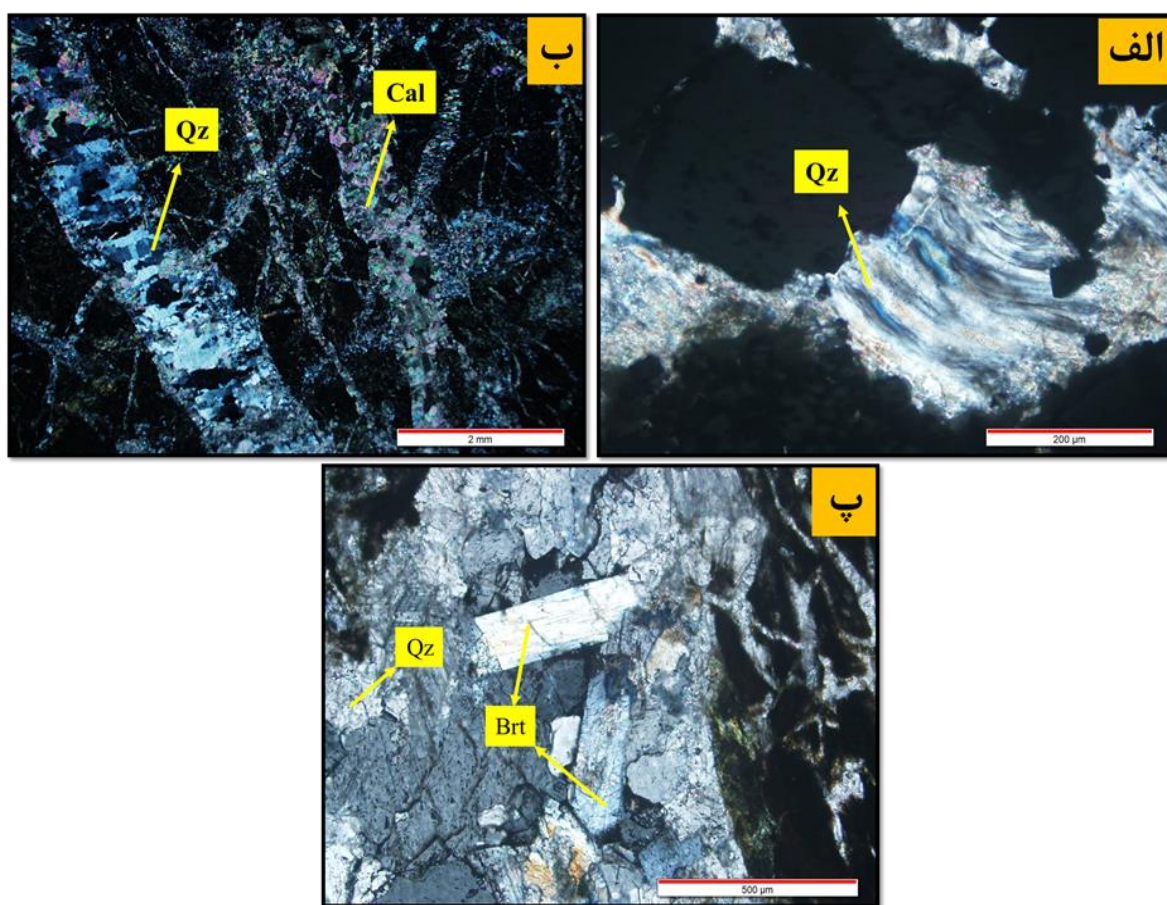
### ۵-۳-۳-۲- کلسیت

کلسیت به عنوان یک کانی باطله در رخساره های رگه- رگچه ای و مجموعه ای وجود دارد. تشکیل این کانی همزمان با فعالیت گرمابی در کانسار بوده و با بخش سولفیدی کانسار همراهی است (شکل ۵-۱۲، ب).



### ۵-۳-۳-۳-باریت

باریت به‌عنوان یکی دیگر از کانی‌های باطله در کانسار مس رمشک است که نسبت به کانی‌های دیگر از فراونی خیلی کمتری برخوردار است. باریت در رخساره رگه-رگچه‌ای مشاهده می‌شود. این کانی به شکل چند ضلعی، تیغه‌ای، تبلور یافته رخ می‌دهد. کانی‌های سولفیدی که باریت را همراهی می‌کند نظیر کالکوپیریت، پیریت و اسفالریت می‌باشند (شکل ۵-۱۲، پ).



شکل ۵-۱۲-تصاویر میکروسکوپی از کانی‌های باطله کوارتز، کلسیت و باریت در رخساره‌های مختلف، الف) کانی کوارتز سایه فشاری در رخساره کانسنگ توده‌ای، ب) رگه-رگچه‌های کلسیت و کوارتز در پهنه استرینگر، پ) رگه-رگچه‌های کوارتز و باریت در پهنه استرینگر.

## ۵-۳-۳-۴- کلریت و اپیدوت

کلریت و اپیدوت از جمله کانی های هستند که به مقدار قابل توجهی در تمامی کانسارهای منطقه رمشک مشاهده می شود. توضیحات و تصاویر مربوط به این کانی ها در فصل چهارم آورده شده است (شکل ۴-۲۲)

## ۵-۴- توالی پاراژنز کانی ها

به مجموعه ای از کانی ها و باطله های همراه، که با یکدیگر و در حال تعادل نسبت به همدیگر تشکیل می شوند، پاراژنز می نامند و ترتیب زمانی و مکانی در تشکیل کانه ها را توالی پاراژنتیکی می نامند. در کانسار رمشک، سولفیدها در رخساره های سولفیدی رگه-رگچه ای و رخساره کانسنگ توده ای به خوبی بافت های اولیه خود را حفظ کرده اند، لذا بررسی توالی پاراژنتیک کانه ها با مطالعه بافت های موجود به خوبی قابل انجام می باشد. با مطالعات صورت گرفته بر روی نسل های مختلف سولفیدها و بررسی فرآیندهای صورت گرفته در کانسار رمشک توالی پاراژنتیک کانسار رمشک ارائه گردیده است. بر اساس مطالعات بافتی و کانی شناسی، تشکیل کانسار مس رمشک شامل دو مرحله عمده ۱- مرحله کانه زایی و دیاژنز ۲- سوپرژن / هوازدگی است. توالی پاراژنتیک معرف ترتیب یا تقدم و تأخر نهشته شدن کانی ها به صورت فازهای جدا یا مجموعه کانی ها در یک کانسار است.

## ۵-۴-۱- مرحله ۱: کانه زایی و دیاژنز

مرحله کانه زایی و دیاژنز را با توجه به انواع رخساره های کانه دار در هر افق می توان به سه قسمت مجزا تقسیم کرد این مراحل شامل مرحله مربوط به تشکیل رخساره رگه-رگچه ای، مرحله تشکیل رخساره مجموعه دهانه ای و رخساره سولفید توده ای است که با فعال شدن جریان های همرفتی آب دریا در طول گسل های همزمان با آتشفشان و رسوبگذاری آغاز شده که نتیجه آن ایجاد سیالات داغ و شور بوده که فلزات و عناصر کانسنگ ساز را از سنگ های آتشفشانی- رسوبی کمرباطین شسته را وارد دریا نموده است.

نتیجه فعالیت این سامانه گرمایی تشکیل کانسار مس رمشک در توالی آتشفانی\_ رسوبی دورکان و ایجاد رخساره های مرتبط با کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد در کانسار شده است.

۱- مرحله تشکیل رخساره رگه - رگچه ای بر اساس پاراژنز کانیاپی شامل دو زیر بخش می‌باشد بخش اول دارای پاراژنز کانیاپی پیریت نسل اول (Py1) و پیریت نسل دوم (Py2) است در حالی که بخش دوم دارای پاراژنز کاملاً متفاوت و دما بالا و همراه با اکسید می‌باشد که از کانی‌های پیریت نسل دوم (Py2)، کالکوپیریت نسل دوم (Ccp2) و اسفالریت های نسل دوم (Sph2) و مگنتیت - و هماتیت اولیه تشکیل شده است. مرحله رخساره رگه - رگچه ای در کانسار رمشک ، با بافت رگه ای و کمی برشی شدن کانه ها مشخص می‌گردد که به شدت دچار دگرسانی کلریتی غنی از آهن شده است. قابل ذکر است در کانسار رمشک کانه زایی مس بصورت کالکوپیریت در پهنه استرینگر نسبت به پهنه چینه‌سان که بخش توده‌ای کانسار را تشکیل می‌دهد به مقدار بیشتری مشاهده می‌شود. وجود این پهنه‌بندی فلزی و غنی‌شدگی مس در پهنه استرینگر و افزایش نسبت مس به روی از پهنه چینه‌سان به سمت پهنه استرینگر از ویژگی‌های تیپیک کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد (VMS) می‌باشد ( Franklin et al., 2005; Galley et al., 2007).

۲- در مرحله تشکیل رخساره مجموعه دهانه‌ای در این رخساره کانی های اولیه نسل اول توسط کانی های اولیه بعدی جانشین می‌شوند. در اثر هجوم فاز غنی از آهن (مگنتیت) در قسمت قاعده ای (مجموعه دهانه ای) به داخل مجموعه های قبلی، کانی های نسل قبلی از جمله پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت توسط کانی های مگنتیت، هماتیت و نیز پیریت و کالکوپیریت های نسل بعدی جایگزین می‌شود که به آن پدیده پالایش پهنه‌ای (zone refining) گفته می‌شود که حاوی مقادیری از سیلیس و کربنات به همراه دگرسانی های کلریتی و سیلیسی کربناتی می‌باشد.

۳- مرحله تشکیل رخساره کانسنگ توده‌ای (کانسنگ چینه‌سان): تشکیل این رخساره با تزریق مداوم سیالات گرمایی و در نهایت تجمع رخساره‌های نیمه توده‌ای تشکیل شده در زیر بستر مرتبط است که سبب به وجود آمدن رخساره کانسنگ توده‌ای در این کانسار شده است. در این رخساره مانند رخساره مجموعه

دهانه‌ای علاوه بر سیال اول (سولفیدی)، تحت تأثیر سیالات نسل بعد قرار گرفته و باعث به وجود آمدن پدیده ای به نام پالایش پهنه‌ای شده است (Inverno et al., 2008). نتیجه عملکرد این مراحل به صورت بافت جانیشینی مشاهده می‌شود. این پدیده نتیجه واکنش سیال کانه‌دار با سولفید های قبلی و سنگ درونگیر می‌باشد. از باف های قابل تأمل موجود در منطقه معدنی رمشک در این بخش و رخساره مجموعه دهانه ای و نیز پهنه استرینگر می توان به باف برشی اشاره نمود، که این امر نشان دهنده فعال بودن گسل همزمان با رسوب گذاری در زمان تشکیل کانسار است (Frankelin et al., 2005; Inverno et al., 2008; Peter et al., 1999). بعد از ته نشست سولفیدها و تدفین آنها، فرایند دیاژنز موجب تبلور کانی ها شده است. در بخش توده‌ای پیریت نسل سوم محصول فرایند دیاژنز بوده و از تبلور مجدد پیریت نسل اول حاصل شده است.

#### ۵-۴-۲- مرحله ۲: پس از کانه زایی (هوازدگی و برونزاد)

پس از مرحله کانه زایی و دیاژنز کانه زایی تحت تاثیر، فرآیند های تکتونیک و بالا آمدگی (Uplift) و سپس دگرگونی و در نهایت فرآیندهای سوپرژن و هوازدگی قرار گرفته است. در این مرحله همراه با آغاز فرآیند های دگرگونی و دگرشکلی شامل چین خوردگی، خردشدگی (بافت کاتاکلاستیک) و کشیدگی و در نهایت رخداد فرآیند های گسل خوردگی و بالا آمدگی، سولفید های مس دچار تحرک شده اند و کانی زایی مجددی از کانی های اکسیدی مس را در شکستگی ها و فضاهای کم فشار به شکل رگه- رگچه ای ایجاد می کنند. مرحله سوپرژن در کانسار رمشک هم شامل سوپرژن سولفیدی و سوپرژن - اکسیدی می‌باشد ، برخورد سیالات جوی با کانی های سولفیدی موجب ایجاد سولفیدهای ثانویه سوپرژن مانند کوولیت به جای کالکوپیریت با باف جانیشینی می‌گردد؛ و اما در سوپرژن -اکسیدی، تحت تأثیر آب های جوی اکسیدان بر روی کانی های سولفیدی اولیه موجب ایجاد اکسید و هیدروکسید های آهن در نزدیک سطح شده است. خلاصه ای از مراحل تشکیل و توالی پاراژنتیک کانی‌ها به همراه ساخت و بافت آن‌ها در کانسار مس رمشک، در (جدول ۵-۱) آورده شده است.

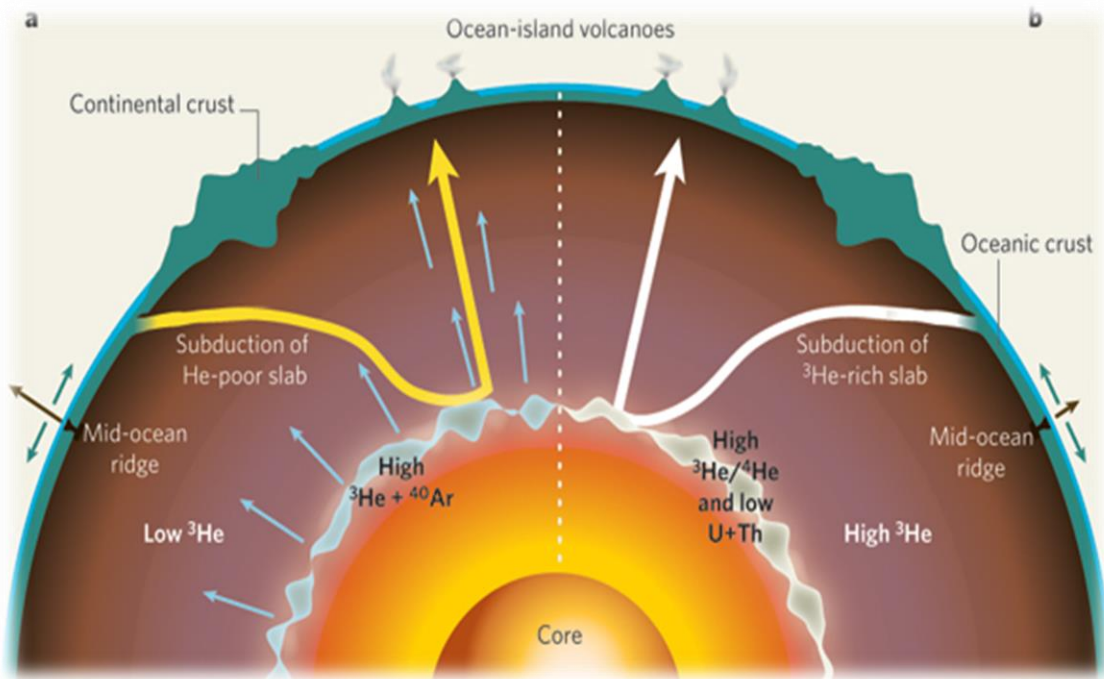


جدول ۵-۱- مراحل تشکیل و توالی پاراژنتیک کانی‌ها به همراه ساخت و بافت آن‌ها در کانسارهای مس رمشک.

Stages Minerals		Stringer zone	Vent complex	Massive	Diagenesis and metamorphism	Weathering and supergene
Minerals	Pyrite I	————	————	————		
	Chalcopyrite I	———	----	————		
	Sphalerite I			————		
	Pyrite II	————	————	————		
	Sphalerite II	————	————	————		
	Chalcopyrite II	————	————	————		
	Pyrite III				————	
	Magnetite	————	————			
	Hematite	————	————			————
	Titanite	————	----			
	Barite	———	----			
	Calcite	————	————			
	Quartz	————	————	———		
	Chlorite	————	————	———	———	
	Epidote	————	————		———	
	Coveline		————	————		————
	Malachite					————
	Clay minerals					————
Iron oxide- hydroxide					———	
Textures	Disseminated	————				———
	Vein- veinlets	————	———			
	Brecciated	———	————			
	Massive			————		
	Replacement	————	————	————		———
	Colloform			————		
	Cataclastic				————	

# فصل ششم:

## مطالعات ژئوسمیاتی



## ۶-۱- مقدمه

مطالعات ژئوشیمیایی، یکی از مباحث اصلی در شناخت دقیق و کامل هر کانسار است. انتخاب روش مطالعاتی مناسب، و به تبع آن تعبیر و تفسیر مناسب داده‌های ژئوشیمیایی، کمک به سزایی در راستای درک بهتر خصوصیات هر ماده معدنی خواهد کرد. هر ماده معدنی و عناصر همراه آن، با توجه به خصوصیات ساختاری و فراوانی، روش خاصی را برای بررسی‌های ژئوشیمیایی می‌طلبد. بنابراین، استفاده از روشی که در تعیین مقادیر عنصری، از دقت و صحت مناسب و کافی برخوردار باشد، ضروری است. بدین منظور، باید پس از انتخاب محل مناسب نمونه‌برداری ژئوشیمیایی، با اعمال روش‌های دقیق نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها، کار آنالیز شیمیایی را انجام داد. بررسی‌های ژئوشیمیایی در کانسارهای مختلف، علاوه بر آن که راهنمای بسیار خوبی در فهم نحوه و مراحل تشکیل یک کانسار است، به‌عنوان یک ابزار قدرتمند، در پی‌جویی کانسارهای مشابه نقش بسزایی داشته است. بررسی فراوانی و توزیع عناصر اصلی، فرعی و کمیاب موجود در ذخایر سولفیدی، به‌منظور درک بهتر رفتار سولفیدها و ارتباط آن‌ها با یکدیگر، در ارائه الگوها و روش‌های مناسب، جهت اکتشاف ذخایر مشابه، سودمند می‌باشد (Piercey, 2010, 2011). هدف از ارائه این بخش بررسی ویژگی‌های ژئوشیمیایی سنگ‌های آذرین و رسوبی توالی میزبان کانه زایی، تعیین محیط تکتونیکی و ماهیت ماگمایی سنگ‌های آذرین و طبقه‌بندی آن‌ها، مطالعه ویژگی‌های ژئوشیمیایی و توزیع عناصر در مواد معدنی می‌باشد.

## ۶-۲- نمونه‌برداری و آنالیز نمونه‌ها

پس از بررسی‌های صحرائی و انجام مطالعات میکروسکوپی بر روی واحدهای سنگی و به‌توالی سنگ-های میزبان و رخساره‌های کانه‌دار، جهت بررسی عناصر اصلی، کمیاب و نادر خاکی و عناصر معدنی، ۵ نمونه کانسنگ به روش ICP-MS، ۵ نمونه از سنگ میزبان کانه زایی به روش ICP-OES، ۵ نمونه از واحد سنگی دگرسان شده به روش XRD و ۷ نمونه از سنگ‌های آتش‌فشانی به روش ICP-MS در

شرکت تحقیقات و فرآوری مواد معدنی ایران (ایمیدرو) مورد تجزیه قرار گرفتند (جدول ۱-۶ و جدول ۲-۶).

جدول ۱-۶- مشخصات نمونه‌های کانسنگ آنالیز شده ICP-MS رخساره‌های کانه‌دار کانسار رمشک.

شماره نمونه	محل برداشت نمونه	نوع نمونه	نوع آنالیز
T1BH11_42.50	رخساره سولفید توده‌ای	مغزه حفاری	ICP-MS
T1BH11_82	رخساره سولفید توده‌ای	مغزه حفاری	ICP-MS
T1BH10_85.20	رخساره سولفید توده‌ای	مغزه حفاری	ICP-MS
T1BH11_87	رخساره مجموعه دهانه‌ای	مغزه حفاری	ICP-MS
T1BH11_91.70	رخساره استرینگر	مغزه حفاری	ICP-MS

جدول ۲-۶- مشخصات نمونه‌های سنگ میزبان آنالیز شده ICP-OES رخساره‌های کانه‌دار کانسار رمشک.

شماره نمونه	محل برداشت نمونه	نوع نمونه	نوع آنالیز
T1BH11_45.20	کالک‌شیست آرژیلی شده	مغزه حفاری	ICP-OES
T1BH11_49	کالک‌شیست و متاپلیت	مغزه حفاری	ICP-OES
T1BH10_61	کلریت‌شیست	مغزه حفاری	ICP-OES
T1BH11_80.70	رادیولاریت	مغزه حفاری	ICP-OES
T1BH11_101	متابازالت‌های کم‌پایین ماده معدنی	مغزه حفاری	ICP-OES

### ۳-۶- ژئوشیمی سنگ‌های آذرین

سنگ‌های آذرین در منطقه رمشک به صورت گدازه‌های بازیک گاه حد واسط به رنگ سبز تیره می‌باشد که در بیشتر مناطق دارای ساختار بالشی است و گاه توسط میان لایه‌های شیلی نازک لایه تیره‌رنگ همراهی می‌شود، این میان لایه‌های شیلی در برخی نقاط دگرگونی ضعیفی را نیز در حد اسلیتی شدن تحمل نموده‌اند. لذا با مطالعات ژئوشیمیایی بر روی این سنگ‌ها، می‌توان اطلاعات مهمی را در رابطه با منشأ و ترکیب سنگ‌های منطقه به دست آورد (جدول ۳-۶).

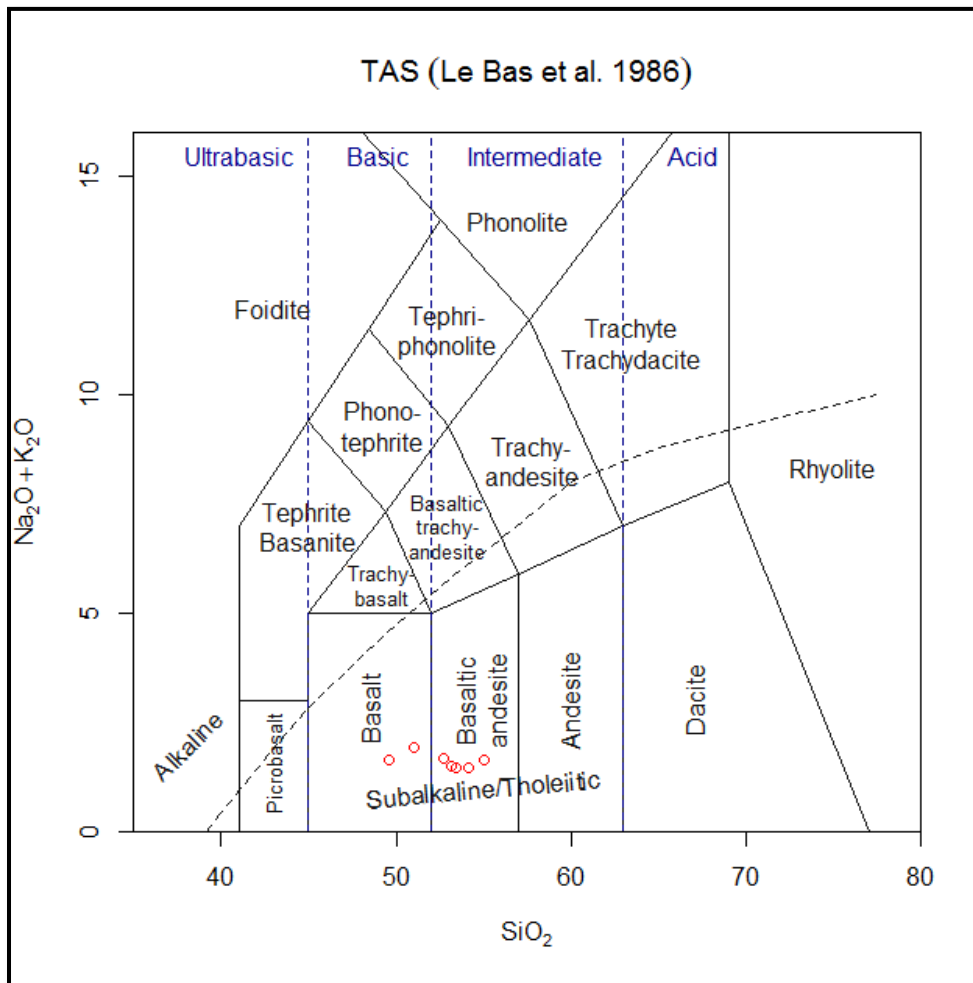


جدول ۶-۳- مشخصات نمونه‌های سنگ‌های ولکانیکی آنالیز شده ICP-MS در کانسار رمشک.

شماره نمونه	محل برداشت نمونه	نوع نمونه	نوع آنالیز
TK_14	متابازالت از پهنه تنکاشکو	نمونه دستی	ICP-MS
TK_20	متابازالت از پهنه تنکاشکو	نمونه دستی	ICP-MS
Kr_01	متابازالت از پهنه کرماهو	نمونه دستی	ICP-MS
Kr_02	متابازالت از پهنه کرماهو	نمونه دستی	ICP-MS
Kr_03	متابازالت از پهنه کرماهو	نمونه دستی	ICP-MS
SR-01	متابازالت از پهنه سرسو	نمونه دستی	ICP-MS
SR-02	متابازالت از پهنه سرسو	نمونه دستی	ICP-MS

### ۶-۳-۱- تعیین سری ماگمایی و طبقه‌بندی سنگ‌های آتش‌فشانی

ترکیب شیمیایی سنگ‌های آتش‌فشانی منطقه در نمودار  $Na^2O+K^2O$  در برابر  $SiO_2$  از ( Le Bas et al., 1986) نشان داده شده است که دارای طیفی از سنگ‌های بازالت و آندزیت بازالت می‌باشند. این نمودار، نام‌گذاری صحرائی و میکروسکوپی سنگ‌ها را تأیید می‌کند به طوری که سنگ‌های متابازالتی کانسار رمشک در محدوده آندزیت بازالت‌ها قرار می‌گیرند. بر اساس نمودار فوق سنگ‌های آتش‌فشانی منطقه مورد مطالعه ماهیت ساب آکالن (تولئیتیک) نشان می‌دهند (شکل ۶-۱).

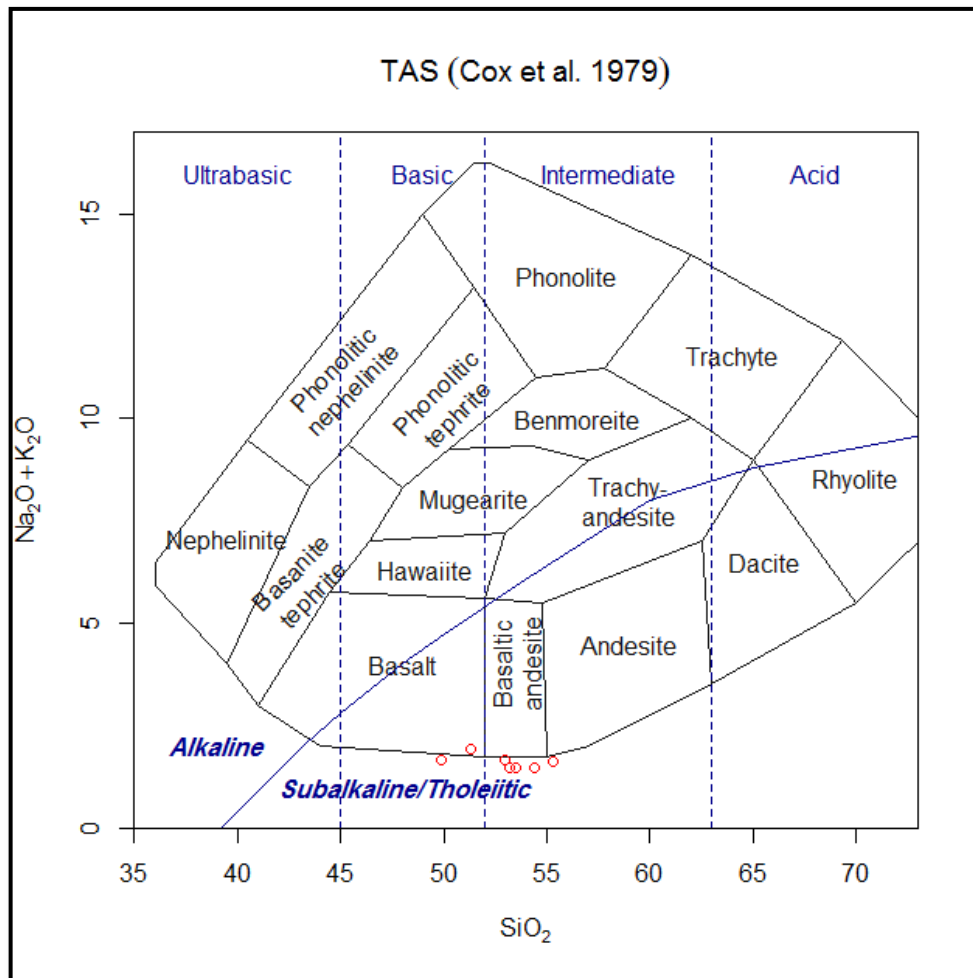


شکل ۶-۱- موقعیت سنگ‌های آتشفشانی منطقه در نمودار TAS (Le Bas et al., 1986)

### ۶-۳-۲- طبقه‌بندی و تعیین ترکیب شیمیایی سنگ‌های آذرین نفوذی نیمه عمیق

#### عمیق

ترکیب شیمیایی سنگ‌های نفوذی نیمه عمیق منطقه در نمودار  $Na_2O+K_2O$  در برابر  $SiO_2$  از (Cox et al., 1979) نشان داده شده است که دارای ترکیب بازالتی تا آندزیت بازالت می‌باشد و مطابق، با نام‌گذاری این واحد سنگ براساس مطالعات میکروسکوپی انجام شده می‌باشد، همچنین بر اساس نمودار فوق نمونه‌های آنالیز شده ماهیتی ساب‌آلکالن (تولئیتیک) را دارا می‌باشند (شکل ۶-۲).



شکل ۲-۶- موقعیت سنگ های نفوذی نیمه عمیق کانسار رمشک در نمودار  $Na_2O + K_2O$  در برابر  $SiO_2$  از (Cox et al., 1997)

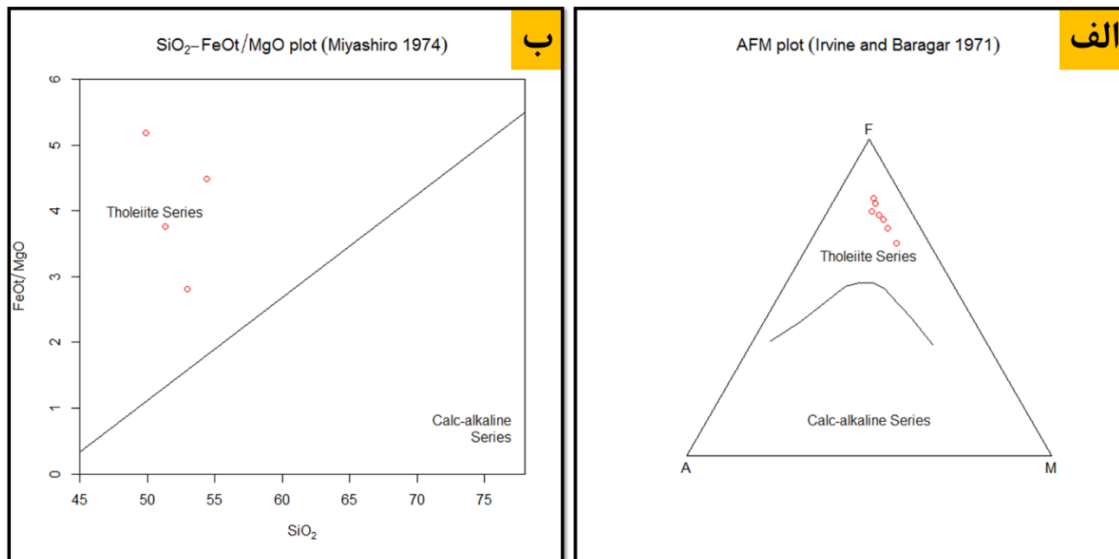
### ۳-۳-۶- تعیین سری ماگمایی و طبقه‌بندی سنگ‌های نفوذی نیمه عمیق در

#### کانسار رمشک

از عناصر اصلی و کمیاب برای طبقه‌بندی و تعیین سری ماگمایی سنگ‌های آذرین و تعیین محیط تکتونیکی آنها استفاده گردیده است. بنابراین در این تحقیق برای طبقه‌بندی سری ماگمایی سنگ‌های آذرین کانسار رمشک از نمودارهای AFM (Irvine and Baragar., 1971) و نمودار  $SiO_2$

در برابر  $FeO/MgO$

(Miyashiro., 1974) استفاده شده است. بر اساس نمودار AFM و  $SiO_2$  در برابر  $FeOt/MgO$  که برای تقسیم‌بندی سنگ‌ها به دو سری تولییتی و کالک‌آلکان به کار می‌رود، تمامی نمونه‌های سنگ‌های آتش‌فشانی کانسار رمشک در محدوده تولییتیک واقع شده‌اند (شکل ۶-۳)



شکل ۶-۳ الف و ب موقعیت سنگ‌های نفوذی نیمه عمق کانسار رمشک در نمودارهای AFM و  $SiO_2$  در برابر  $FeOt/MgO$  که نشان‌دهنده ماهیت تولییتی این سنگ‌ها می‌باشد.

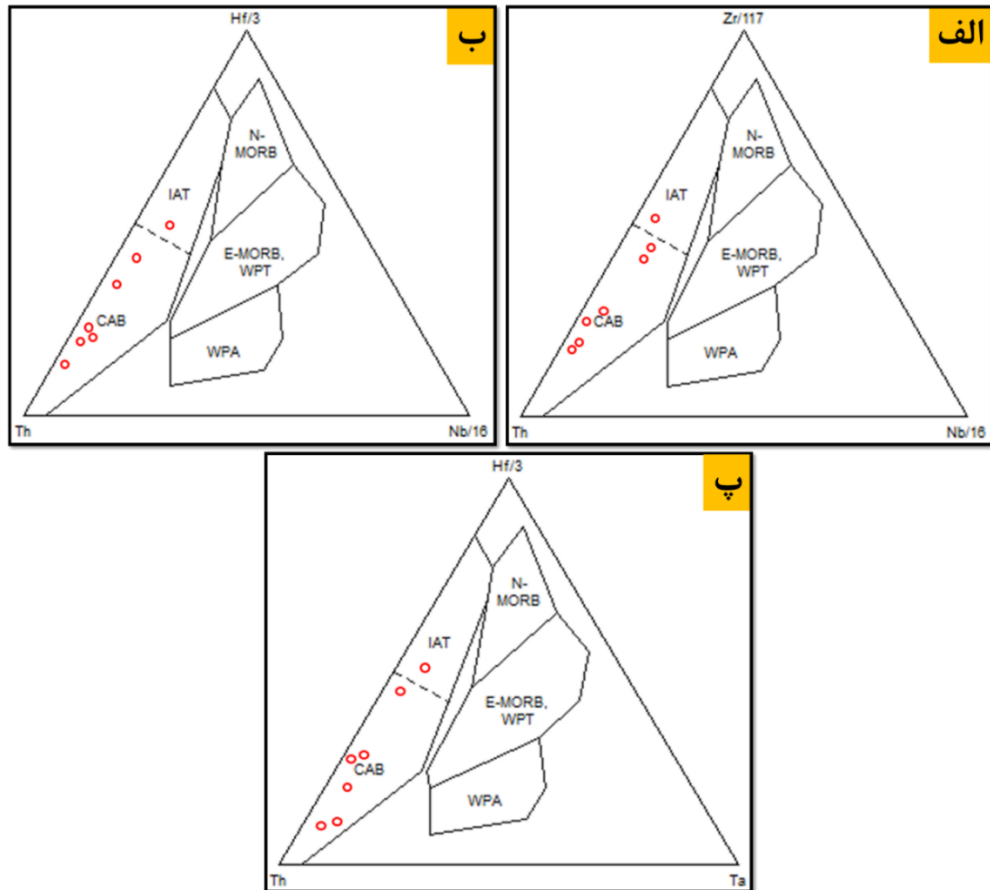
#### ۶-۴- تعیین محیط تکتونیکی

امروزه از نمودارهای ژئوشیمیایی برای تعیین محیط تکتونیکی سنگ‌ها استفاده می‌شود. همان‌گونه که در پیش‌تر عنوان شد، جنس سنگ‌ها بیشتر در محدوده بازالت و آندزیت بازالت قرار گرفته و در نمودار سه‌تایی  $Hf/3 - Th - Ta$ ،  $Hf/3 - Th - Nb/16$ ،  $Th - Nb/16 - Zr/117$  از wood (1980) در محدوده بازالت‌های تولییتی جزایر قوسی (LAT) و بازالت‌های کالک‌آلکان (CAB) قرار می‌گیرند (شکل ۶-۴).

بر اساس (Peter et al., 1999) گدازه‌ها و سیل‌هایی که در محدوده LAT و CAB قرار گیرند، در حوضه‌های کششی نزدیک کمان‌های آتش‌فشانی تشکیل می‌شوند و از مذاب‌هایی حاصل می‌شوند که متأثر از پوسته اقیانوسی فرورونده می‌باشند. بنابراین، چنین محیط‌هایی، مرتبط با حوضه‌های کمانی حاشیه فعال قاره می‌باشد. و از سوی دیگر حضور سنگ‌های آلکان در حوضه‌های اقیانوسی نشان می‌-



دهند که چنین سنگ‌های ولکانیکی در قاره‌هایی پیدا می‌شوند که در مراحل اولیه از کافت‌زایی پشت قوسی قرار دارند (Peter et al., 1999).



شکل ۶-۴: الف، ب، پ نمودار سه‌تایی  $Hf/3$ - $Th$ - $Nb/16$ ،  $Hf/3$ - $Th$ - $Ta$ ،  $Zr/117$ - $Th$ - $Nb/16$  از wood (۱۹۸۰) همه نمونه‌ها در محدوده بازالت‌های تولیتی جزایر قوسی (LAT) و بازالت‌های کالک‌آلکان (CAB) قرار می‌گیرند.

## ۶-۵- ژئوشیمی عناصر نادر خاکی

عناصر نادر خاکی (REE) یا لانتانیدها، عناصری با عدد اتمی ۵۷ تا ۷۱ می‌باشند. عنصر ایتريوم Y با عدد اتمی ۳۹ نیز در این بین قرار می‌گیرد. عناصر نادر خاکی به دو گروه تقسیم می‌شوند که شامل عناصر نادر خاکی سبک (Sm, Nd, Pr, Ce, Lu, Eu) و عناصر نادر خاکی سنگین Yb, Tm, Er, Y, (Gd, Lu, Ho, Dy, Tb) می‌باشند. عناصر نادر خاکی جزو عناصر با کمترین قابلیت انحلال بوده و در طول فرایندهای هوازدگی، دگرگونی درجه پایین و دگرسانی گرمایی نسبتاً غیر متحرک هستند. بدین جهت از این عناصر، به علت تحرک بسیار کم در محیط‌های زمین‌شناسی، کاربرد فراوانی در

تعیین منشأ کانسارهای آذرین، دگرگونی و رسوبی دارد (Rollinson., 1993). بررسی ژئوشیمی عناصر نادر خاکی (REE) در سنگ‌های منطقه، برای تکمیل نتایج تکتونیکی و مطالعه ژنز کانسار و پتروژنز نهشته‌ها کاربرد زیادی دارد (Xu and Song., 1995). در بیشتر مواقع، عناصر جزئی، جایگزین عناصر اصلی کانی‌های سنگ‌ساز می‌شوند و تنها گاهی، عناصر جزئی، کانی‌های خود را می‌سازند. در هر مجموعه‌ای از سنگ که دچار دگرسانی گرمایی یا دگرگونی شده باشد احتمال تحرک عناصر وجود دارد. تحرک عناصر جزئی توسط تغییرات کانی‌شناختی زمان دگرسانی و ماهیت فاز سیال کنترل می‌شود. در راستای مطالعه و بررسی رفتار عناصر نادر خاکی، تعدادی نمونه سنگی از رخساره‌های مختلف شامل استرینگر، مجموعه دهانه‌ای و رخساره توده‌ای جهت آنالیز ICP-MS و همچنین تعدادی نمونه از توالی سنگ میزبان کانه زایی جهت آنالیز ICP-OES به شرکت ایمیدرو فرستاده شد.

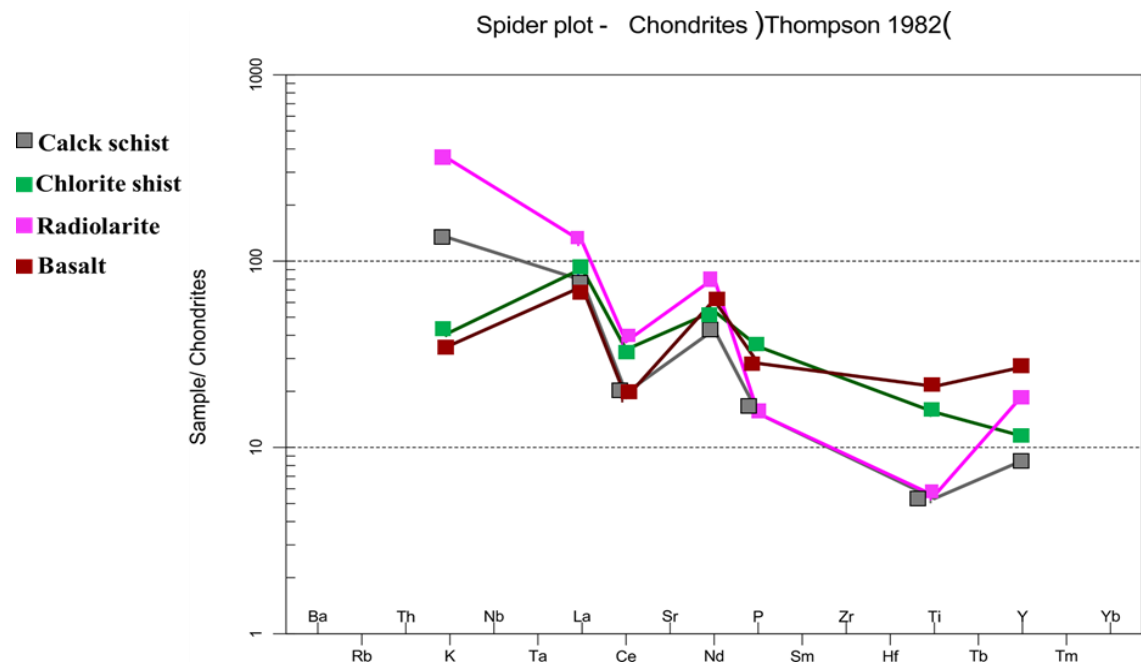
#### تأثیر دگرگونی بر غلظت عناصر نادر خاکی:

عناصر نادر خاکی کم محلول‌ترین عناصر فرعی بوده و در طی دگرگونی درجه پایین، هوازدگی و دگرسانی هیدروترمالی، نسبتاً نامتحرک می‌باشند (Dostal and Strong., 1982, Craven., 1988, Rollinson., 1993). بنابراین از این عناصر به علت تحرک بسیار کم در محیط‌های زمین شناسی، معمولاً برای تعیین منبع و منشأ سنگ‌ها و کانسارهای آذرین، دگرگونی، رسوبی و کانی‌های آن‌ها استفاده می‌شود. کاربرد فراوانی REE در مسائل پتروژنتیکی بیشتر در بررسی تحول سنگ‌های آذرین در طی ذوب بخشی پوسته یا مواد جبه‌ای، تبلور تفریقی (جزء به جزء) و یا مخلوط شدن ماگماها می‌باشند (Henderson., 1984). بر اساس Lottermoser., (1992) به‌استثنای جاهایی که ذوب یا دگرگونی شدید رخ داده است، دگرگونی تأثیری بر الگوی REE اولیه در سنگ‌های غنی از سیلیکات ندارد. با این حال فرآیندهای دیازنتیک و دگرگونی مؤثر بر کانسارها و سنگ‌های میزبان ممکن است با موبیلیزاسیون REE همراه باشد، البته برای انجام تغییرات زیاد الگوی REE در طی دگرگونی ناحیه‌ای، نسبت بالای سیال به سنگ لازم و ضروری است. در غیر این صورت، سیالات هیدروترمالی و دگرگون تأثیری بر غلظت REE ندارند (Bau, 1991). به‌طور کلی فرآیند دگرگونی هرچند که بتواند

باعث تحرک مجدد REE در مقیاس محلی شو (Humphris, 1984)، ولی در میزان غلظت آن‌ها تغییر چندانی ایجاد نمی‌کند مگر اینکه حرکت محلول‌ها نقش مهمی داشته باشد (Krascof and Bird, 1996).

### ۶-۵-۱- الگوی REE در سنگ‌های آذرین دگرگون‌شده توالی میزبان

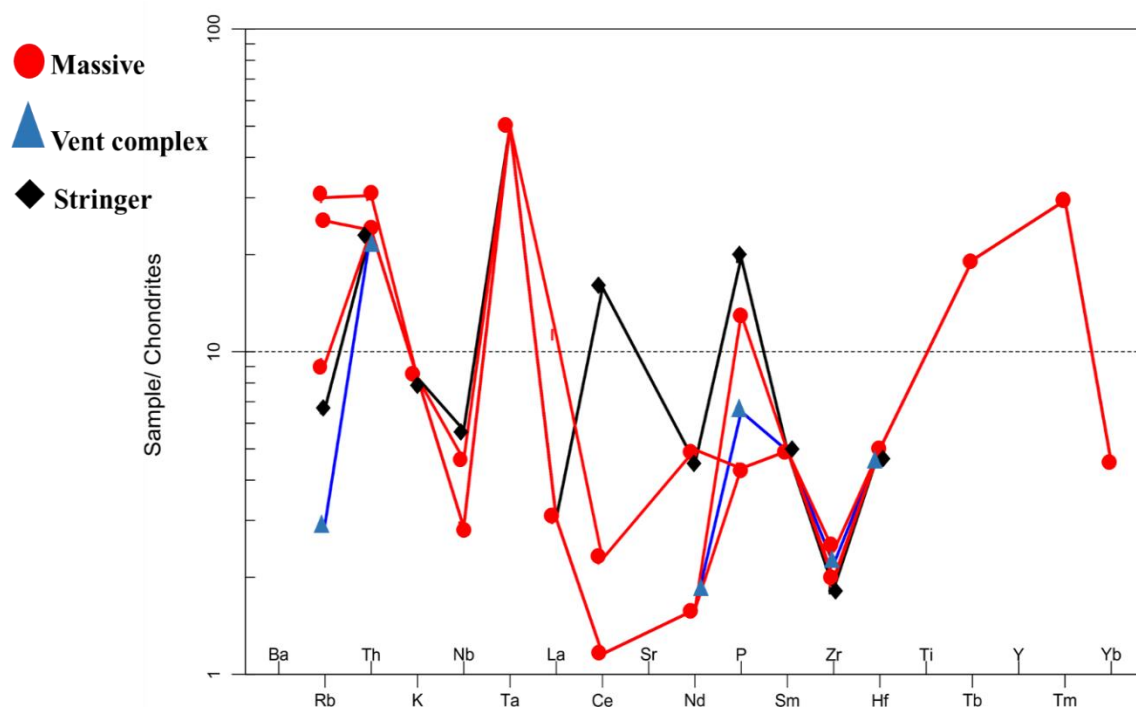
الگویی عناصر نادر خاکی مربوط به سنگ‌های متاپلیتی، کلریت‌شیست و کالک‌شیست‌ها در تعدادی از نمونه‌ها تهی شدگی عناصر HFSE مانند Nb، Zr و Ti نشان‌دهنده ذوب‌شدگی کم MORB می‌باشد. تهی شدگی Nb و Ti می‌تواند منعکس‌کننده حضور کانی‌های حاوی Ti (Pearce and Parkinson., 1993) و یا Ti-Nb (Reagan and Gill., 1989) در منشأ باشد همچنین این تهی شدگی نشان‌دهنده تشکیل سنگ‌های آتشفشانی مذکور در نزدیکی کمان‌های آتشفشانی است (Peter et al., 1999). آنومالی منفی Nb شاخص سنگ‌های قاره‌ای است و ممکن است نشان‌دهنده شرکت پوسته در فرآیندهای ماگمایی باشد (Rollinson., 1993) (شکل ۶-۵). شباهت الگوی کلریت‌شیست‌ها و متابازالت‌ها نشانه آن است که منشأ کلریت‌شیست‌ها همان اجزای بازالتی هستند.



شکل ۶-۵ نمودار عناصر فرعی و کمیاب در سنگ‌های آتشفشانی و دگرگون کانسار رمشک که به کندریت نرمالایز شده (Thompson, 1982).

## ۶-۵-۲- الگوی عناصر کمیاب و نادر خاکی در ماده معدنی کانسار مس رمشک

الگوی عناصر کمیاب و نادر خاکی برای تفسیر تاریخچه و ژنز کانسار کاربرد زیادی دارد (Lottermoser, 1992). جهت بررسی الگوی پراکندگی عناصر نادر خاکی در ماده معدنی، نتایج حاصل از آنالیز ۵ نمونه از رخساره‌های استرینگر، مجموعه دهانه‌ای و رخساره توده‌ای کانسار رمشک انجام گرفته است. الگوی عناصر کمیاب و خاکی رخساره‌های رگه-رگچه‌ای، مجموعه دهانه‌ای و رخساره توده‌ای رسوبی نسبتاً مشابه هستند (شکل ۶-۶). این امر، می‌تواند نشان‌دهنده نشأت گرفتن فلزات و عناصر کانه‌ساز از منشأ یکسان باشد که در واقع ناشی از شستشوی سنگ‌های آتشفشانی کم‌پایین توسط سیال کانه‌ساز باشد (شکل ۶-۶). مقدار REE در رخساره‌های مختلف پایین می‌باشد به این دلیل است که بیشتر کانی‌های سولفیدی و اکسیدی میزبان خوبی برای REE نیستند (Cullers and Graf, 1984) (شکل ۶-۶).



شکل ۶-۶- نمودار عناصر کمیاب و نادر خاکی در مواد معدنی سولفیدی کانسار رمشک که به کندریت (Thompson, 1982) نرمالیزه شده‌اند.



## ۶-۶- ژئوشیمی زیر افق‌های کانهدار کانسار رمشک

برای مطالعات ژئوشیمیایی زیر افق‌های کانهدار کانسار رمشک ۱۰ نمونه به صورت سیستماتیک از گمانه T1BH11 از قسمت‌های کم‌پایین و کمربالای ماده معدنی و رخساره‌های مختلف جهت اندازه‌گیری عناصر اصلی و کمیاب برداشت شده به روش ICP-MS و ICP-OES توسط شرکت فرآوری و تجزیه نمونه‌های معدنی ایمیدرو (IMIDRO) آنالیز گردید.

### ۶-۶-۱- ویژگی‌های ژئوشیمیایی در رخساره‌های سه‌گانه کانسار رمشک

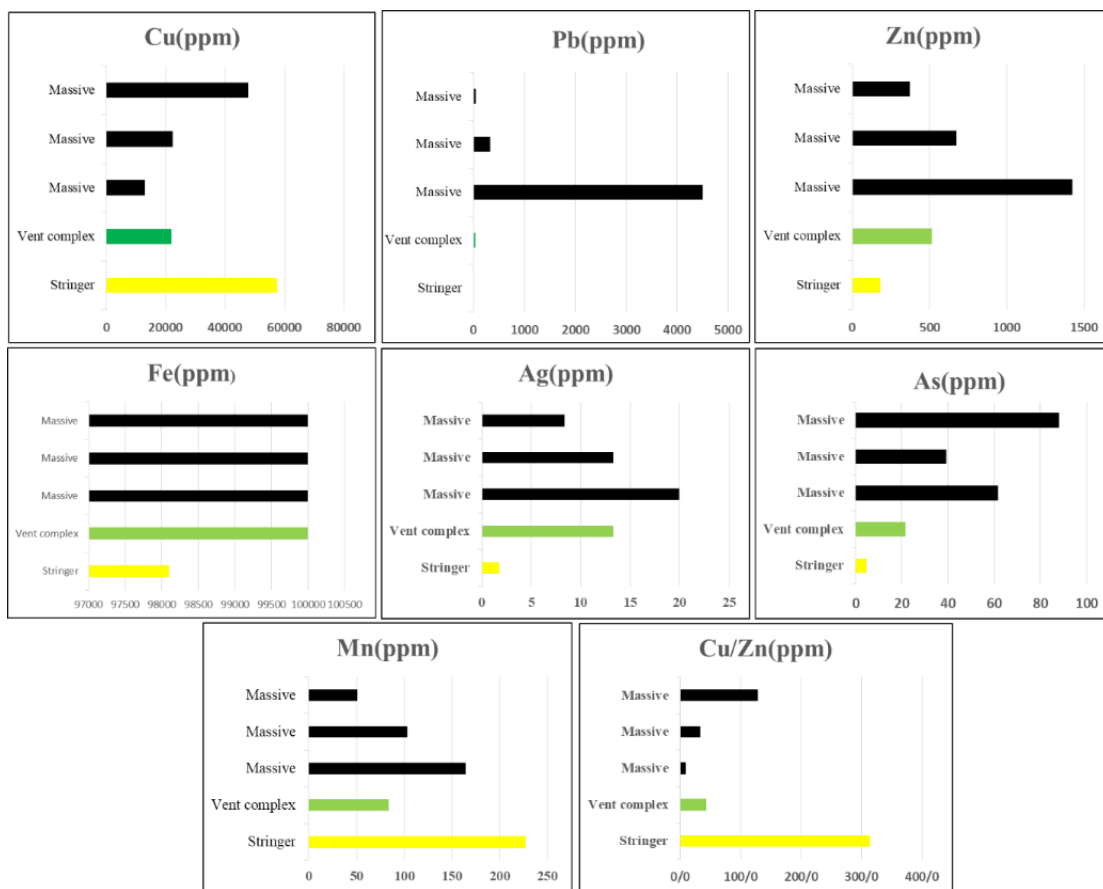
بر اساس مطالعات ژئوشیمی بر روی رخساره‌های استرینگر، مجموعه دهانه‌ای و رخساره توده‌ای مقدار عناصر Zn، As، Ag و Pb از بخش استرینگر به سمت رخساره توده‌ای افزایش می‌یابد و سپس در قسمت‌های فوقانی این رخساره کاهش با کاهش مقدار این عناصر همراه است. به‌طور کلی بالاترین مقدار این عناصر، در بخش ابتدایی رخساره توده‌ای مشاهده شده است. عناصر Cu و Mn عنصری هستند که بالاترین مقدار را در رخساره استرینگر دارند. بالاترین مقدار عنصر مس در رخساره استرینگر به میزان ۶٪ و بخش بالایی رخساره توده‌ای می‌باشد و همچنین نسبت Cu/Zn از همین روند پیروی کرده و نشان‌دهنده میزان بالای عنصر Cu نسبت به Zn در رخساره استرینگر است که به سمت رخساره توده‌ای کاهش پیدا می‌کند و سپس در بخش بالایی رخساره توده‌ای افزایش پیدا می‌کند. میزان عنصر Fe از رخساره استرینگر به سمت رخساره مجموعه دهانه‌ای و رخساره توده‌ای افزایش پیدا می‌کند و بالاترین مقدار را در رخساره مجموعه دهانه‌ای و رخساره توده‌ای به مقدار ۱۰٪ دارا می‌باشد. با توجه به روند کاهشی و پس‌از آن، روند افزایشی میزان مقادیر عنصر مس و نسبت Cu/Zn در رخساره استرینگر و رخساره توده‌ای و همچنین افزایش مقدار عنصر آهن را می‌توان مرتبط با نفوذ سیال داغ غنی از Cu و Fe و فقیر از سیلیس دانست که همراه با نفوذ این سیال میزان این عناصر در رخساره کانسنگ توده‌ای مجدد افزایش پیدا می‌کند.

تغییرات عنصری در رخساره‌های سه‌گانه کانسارهای سولفید توده‌ای می‌تواند ناشی از عوامل زیر باشد (Galley et al., 2007; Frankel et al., 2005):

- کاهش سیال هیدروترمالی، با دور شدن از محل خروج سیال کانه ساز

- تغییرات عناصر مختلف هیدروترمالی با توجه به رفتار ژئوشیمیایی عناصر، حرارت، Eh, PH

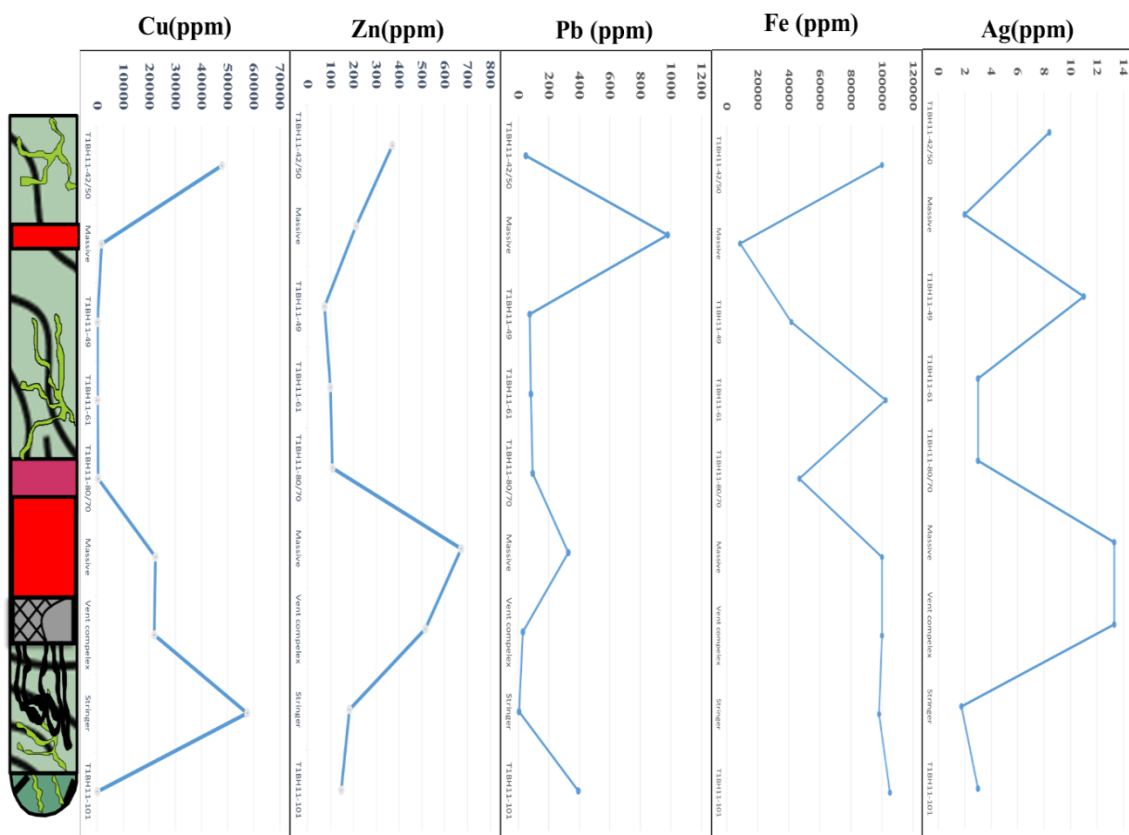
همچنین ارتباط مستقیمی بین تغییرات عناصر اصلی در رخساره‌های مختلف با افزایش و کاهش عناصر مرتبط با دگرسانی وجود دارد، به‌صورتی که تغییرات فراوانی عناصر اصلی، عموماً بازتابی از تغییرات کانی‌شناسی در طی دگرسانی بود و میزان این تغییرات ارتباط مستقیمی با میزان حجم سیال و ارتباط سیال با سنگ را نشان می‌دهد (طاشی، ۱۳۹۴).



شکل ۶-۷- نمودارهای هیستوگرام عناصر مختلف برای رخساره‌های کانسار مس رمشک.

با توجه به شباهت‌های فراوان در مطالعات ساخت، بافت و ژنز پهنه‌های مختلف کانسار مس رمشک جهت بررسی تغییرات میزان عناصر مس، روی، سرب، آهن و نقره در این کانسار، از گمانه حفر شده در پهنه معدنی تنکاشکو ۲ (T1BH-11) تعداد ۵ نمونه از رخساره‌های مختلف به روش ICP-MS و تعداد ۵ نمونه از قسمت‌های کم‌پایین و میزبان این رخساره‌ها به روش ICP-OES در شرکت تحقیقات و فرآوری مواد معدنی ایران (ایمیدرو) مورد تجزیه قرار گرفتند.

**گمانه T1BH-11**: این گمانه تا عمق ۱۰۱ متری حفاری شده است واحدهای سنگی رخنمون یافته در این گمانه شامل متاپلیت، کلریت‌شایست و متابازالت در قسمت کم‌رپاین ماده معدنی می‌باشد و کانه زایی به صورت چینه‌کران و چینه‌سان، با بافت و ساخت‌های دانه پراکنده، رگه-رگچه‌ای، برشی و توده‌ای رخ داده است. نمودار تغییرات میزان عناصر مس، روی، سرب، آهن و نقره را در واحدهای مذکور نشان می‌دهد. در این نمودار میانگین عیار مس در این گمانه ۰.۳٪ درصد می‌باشد. بالاترین میزان مس در عمق ۸۲ تا ۹۰ متری به مقدار ۶ درصد می‌باشد که مربوط به رخساره استرینگر می‌باشد و به سمت سطح سیر نزولی داشته است و در بخش فوقانی رخساره توده‌ای همراه با افزایش بوده است. بیشترین مقدار عنصر آهن در رخساره مجموعه دهانه‌ای و ابتدای رخساره توده‌ای بوده که با توجه به مطالعات ساختی و بافتی این قسمت تائید کننده نفوذ فاز غنی از آهن در این کانسار است (شکل ۶-۱۳).



شکل ۶-۸- میزان تغییرات عناصر نسبت به عمق در گمانه T1BH-11

## ۶-۷- میزان پراکندگی و ضریب همبستگی عناصر

مس، آهن، روی و سرب مهم‌ترین عناصر فلزی در کانسار رمشک می‌باشد. پراکندگی این عناصر را می‌توان مرتبط با نوع منطقه بندی کانی‌شناسی موجود در رخساره‌های مختلف کانه زایی دانست. به‌طور مثال آهن به دلیل بالا بودن میزان پیریت و مگنتیت بیشترین فراوانی را در بین عناصر فلزات پایه این کانسار به خود اختصاص داده است. همچنین بالا بودن عنصر مس در رخساره استرینگر را با تجمع حجم بالایی از کانی کالکوپیریت در این رخساره مرتبط دانست. طبق تعریف، همبستگی عبارت است از سنجشی از شدت وابستگی بین دو متغیر اندازه‌گیری شده در یک مجموعه از داده‌های منفرد (Rollinson, 1993). این پارامتر با استفاده از ضریب همبستگی خطی حاصل ضرب مومنٹ پیرسون محاسبه‌شده و به‌عنوان ضریب همبستگی معروف است. در جدول همبستگی، ارتباط میان هر عنصر با سایر عناصر، به‌صورت عددی بین ۱- تا ۱+ نشان داده می‌شود. علامت مثبت بیانگر ارتباط مستقیم بین دو عنصر و علامت منفی بیانگر ارتباط معکوس بین دو عنصر می‌باشد جدول ۶-۴ ضریب همبستگی عناصر برای نمونه‌های کانسنگ منطقه کانسار رمشک را نشان می‌دهد که با استفاده از نرم‌افزار SPSS تهیه‌شده است.

جدول ۶-۴- ضرایب همبستگی عناصر در کانسار مس رمشک.

Correlations		Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mg (ppm)	As (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Sr (ppm)	Ti (ppm)	Ag (ppm)	Mn (ppm)
<b>Cu (ppm)</b>	Pearson Correlation	1									
<b>Fe (ppm)</b>	Pearson Correlation	0.453	1								
<b>Mg (ppm)</b>	Pearson Correlation	-0.286	0.18	1							
<b>As (ppm)</b>	Pearson Correlation	-0.006	0.311	-0.081	1						
<b>Pb (ppm)</b>	Pearson Correlation	-0.139	0.075	-0.384	0.236	1					
<b>Zn (ppm)</b>	Pearson Correlation	0.137	0.358	-0.608	0.216	.861**	1				
<b>Sr (ppm)</b>	Pearson Correlation	-.667*	-0.556	0.379	0.308	-0.116	-0.487	1			
<b>Ti (ppm)</b>	Pearson Correlation	-.646*	-0.137	.702*	0.336	-0.176	-0.498	.849**	1		
<b>Ag (ppm)</b>	Pearson Correlation	0.049	0.3	-0.593	0.088	0.61	.845**	-0.534	-0.585	1	
<b>Mn (ppm)</b>	Pearson Correlation	-0.525	-0.252	0.511	-0.2	-0.246	-0.45	0.256	0.387	-0.422	1
* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).											
** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).											

بر اساس محاسبه ضریب همبستگی بعضی از عناصر مهم در کانسار رمشک به روش پیرسون جدول (۴-۶):

#### مس (Cu):

بیشترین مقدار مس مربوط به رخساره استرینگر به میزان ۵/۸٪ می باشد و همبستگی مثبتی با عناصر آهن ( $r= .453$ )، روی ( $r= .137$ ) نشان می دهد و همبستگی منفی با عناصر سرب ( $r= -.139$ )، تیتانیوم ( $r=-.646$ )، منیزیم ( $r=-.286$ )، منگنز ( $r=-.525$ ) و استرانسیم ( $r=-.667$ ) دارد.

#### آهن (Fe):

بیشترین مقدار آهن مربوط به رخساره مجموعه دهانه ای به میزان ۱۰٪ می باشد و همبستگی مثبتی با عناصر مس ( $r= .453$ )، روی ( $r= .358$ )، منیزیم ( $r=.18$ )، سرب ( $r=.075$ )، نقره ( $r=.03$ ) نشان می دهد و همبستگی منفی با عناصر تیتانیوم ( $r=-.137$ )، منگنز ( $r=-.252$ ) و استرانسیم ( $r=-.556$ ) دارد.

#### روی (Zn):

بیشترین مقدار روی مربوط به بخش های ابتدایی رخساره کانسنگ توده ای به میزان (ppm) ۴۵۰ می باشد و همبستگی مثبت و بسیار بالایی با عنصر سرب ( $r=.861$ ) و نقره ( $r=.845$ ) و همبستگی مثبتی با عناصر مس ( $r= .137$ )، آهن ( $r=-.358$ ) و آرسنیک ( $r= .216$ ) نشان می دهد و همبستگی منفی با عناصر تیتانیوم ( $r=-.498$ )، منیزیم ( $r=-.608$ )، منگنز ( $r=-.045$ ) و استرانسیم ( $r=-.487$ ) دارد.

#### سرب (Pb):

بیشترین مقدار سرب نیز مربوط به بخش های ابتدایی رخساره کانسنگ توده ای به میزان (ppm) ۴۵۰ می باشد و همبستگی مثبت و بسیار بالایی با عنصر روی ( $r=.861$ ) و همبستگی مثبتی با عناصر مس ( $r= .137$ )، آهن ( $r=-.358$ ) و آرسنیک ( $r= .216$ ) نشان می دهد و همبستگی منفی با عناصر تیتانیوم ( $r=-.176$ )، منیزیم ( $r=-.608$ )، منگنز ( $r=-.246$ ) و استرانسیم ( $r=-.116$ ) دارد.



### نقره (Ag):

بیشترین مقدار نقره نیز مربوط به بخش‌های رخساره کانسنگ توده‌ای به میزان (ppm) ۲۰ می‌باشد و همبستگی مثبت و بسیار بالایی با عنصر روی ( $r=0.845$ ) و همبستگی مثبتی با عناصر سرب ( $r=0.61$ )، آهن ( $r=-0.3$ ) و همبستگی منفی با عناصر آرسنیک ( $r=-0.216$ ) نشان می‌دهد تیتانیوم ( $r=-0.585$ )، منیزیم ( $r=-0.193$ )، و استرانسیم ( $r=-0.534$ ) دارد.

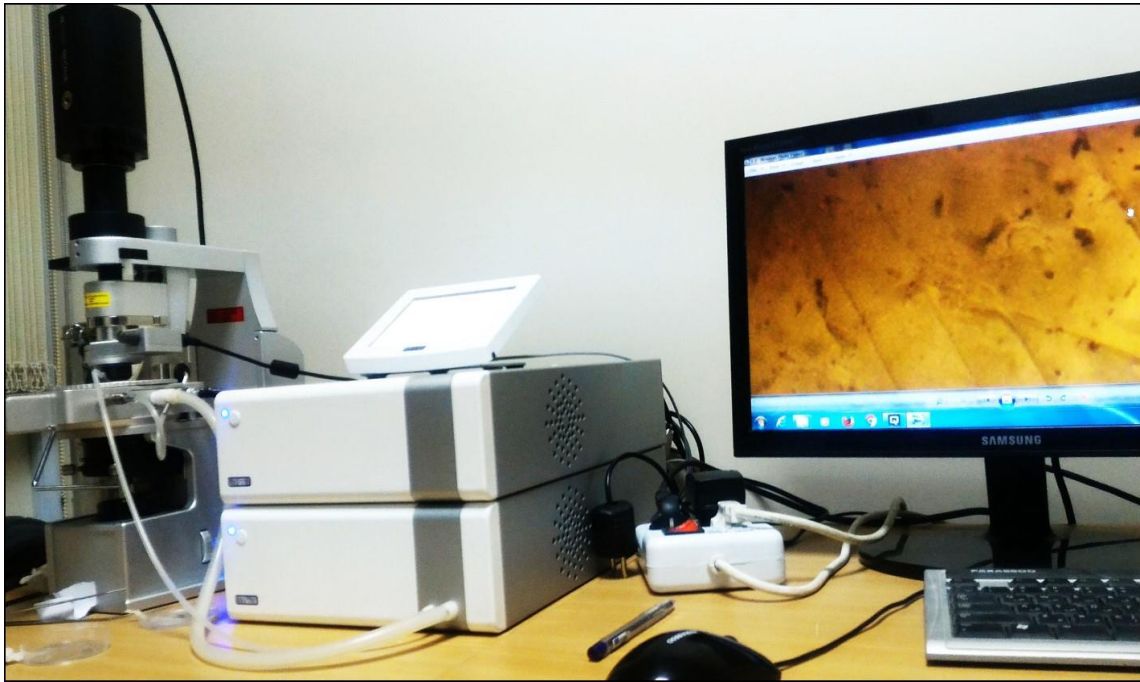
### آرسنیک (As):

بیشترین همبستگی را با عناصر تیتانیوم ( $r=0.336$ )، آهن ( $r=0.311$ )، روی ( $r=0.216$ )، استرانسیم ( $r=-0.308$ )، سرب ( $r=0.236$ )، نقره ( $r=0.088$ ) و کمترین همبستگی را با عنصر منیزیم ( $r=-0.081$ )، منگنز ( $r=-0.2$ ) دارد.



# فصل، هفتم:

## مطالعات میانبارهای سیال



## ۷-۱- مقدمه

سیالات درگیر (fluid inclusions) یا میانبارهای سیال، حجم های کوچکی از سیال در یک بلور هستند که ممکن است در امتداد پهنه های رشد یا لبه یک بلور یا در داخل هرگونه نقص بلوری در طی رشد بلور بدام افتاده باشند (Wiesheu and Hein, 1998). مطالعه آنها به عنوان راهی مستقیم جهت بررسی وضعیت سیالات کانه ساز و فرایندهای مؤثر در تشکیل کانسار از اهمیت زیادی برخوردار بوده و اطلاعات مهمی در خصوص منشأ سیالات و فلزات و اهمیت نسبی آب های ماگمایی، جوی و سازندی ارائه می کند (Wilkinson., 2001). به طور کلی سیالات درگیر به سه دسته تقسیم می شوند: ۱- سیال درگیر اولیه که در زمان رشد و تشکیل بلور میزبان تشکیل شده اند. ۲- سیال درگیر ثانویه که بعد از تشکیل و رشد بلور میزبان تشکیل می شود. ۳- سیالات درگیر ثانویه کاذب که ضمن مرحله ای از رشد بلور در شکستگی های موجود در بلور تشکیل و مراحل بعدی رشد پوشیده می شوند. در این فصل، مطالعات سیالات درگیر بر اساس مطالعات پتروگرافی، پاراژنز سیالات درگیر، میکروترمومتری و طبقه بندی آنها بحث می گردد. در این تحقیق، مطالعات سیالات درگیر به منظور روشی جهت شناسایی ترکیب سیالات گرمابی مرتبط با کانه زایی مس و همچنین شرایط دما و فشار این سیالات و فرایند های نهشت کانسنگ به منظور کسب اطلاعات در رابطه با ژنز کانسار مس رمشک انجام گرفته است. در این مطالعه از کانی های شفاف موجود در رگه های سیلیسی \_ کلسیتی رخساره های استرینگر جهت مطالعه سیال درگیر استفاده شده است.

## ۷-۲- روش انجام مطالعه

جهت مطالعه سیالات درگیر تعداد ۳ نمونه مقطع دوبر صیقل از رگه- رگچه های سیلیسی - کلسیتی- سولفیدی از رخساره استرینگر کانسار سرسو انتخاب و تهیه شد (شکل ۷-۲) و مطالعات پتروگرافی و دماسنجی سیالات بر روی کانی های کوارتز\_ کلسیت در آزمایشگاه تحقیقاتی زمین شناسی اقتصادی دانشگاه صنعتی شاهرود با استفاده از دستگاه Linkan مدل MDSG600 صورت گرفته است.

آزمایشگاه تحقیقاتی زمین شناسی اقتصادی و میکروترمومتری سیالات درگیر مجهز به یک دستگاه پیشرفته میانبارهای سیال مدل MDSG600 ساخت شرکت Linkam انگلستان می باشد (شکل ۷-۱).



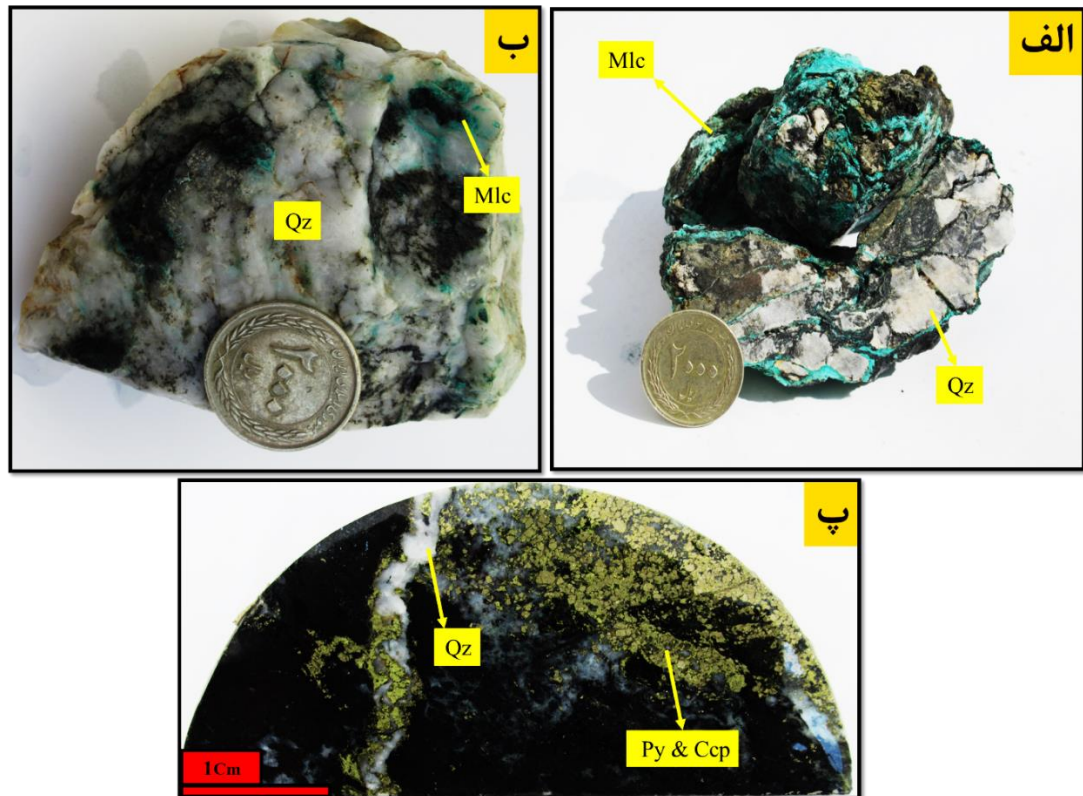
شکل ۷-۱- تصویری از دستگاه میانبارهای سیال و اجزای آن

حد اندازه گیری تغییرات دمایی آن از ۱۹۶- تا ۶۰۰+ درجه سانتیگراد و دقت آن ۰/۱ درجه سانتیگراد است. این دستگاه نوع پیشرفته موتوری (motorized) سایر دستگاه‌های سیالات درگیر بوده و قابلیت اسکن میانبارها در یک نمونه و ثبت مختصات آنها (برحسب x و Y) دارد و بنابراین می توان در صورت استفاده از نرم افزار Linksys-32X-DV میانبار مورد نظر در نمونه را دوباره پیدا و اندازه گیری کرد.

### ۷-۳- پتروگرافی سیالات درگیر

در مطالعات سیالات درگیر با توجه به شواهد پتروگرافی، سیالات درگیر عمدتاً اولیه و به مقدار کمتر سیالات ثانویه و ثانویه کاذب مشاهده می‌شوند. سیالات درگیر اولیه در اکثر نمونه‌ها دارای دو فاز ترکیبی مایع و گاز می‌باشند. فازهای جامد و سخت در این سیالات درگیر وجود ندارند. با توجه به مطالعات صورت گرفته بیشتر میانبارهای سیال دارای ابعاد کوچک و حدوداً کمتر از ۱۳ میکرون می‌باشد.





شکل ۷-۲-الف) تصویر از بخش‌های سلیسی-سولفیدی همراه با آغشتگی اکسیدهای مس، ب) نمایی از استرینگر سلیسی-سولفیدی، پ) تصویری از رگه-رگچه‌های پهنه استرینگر سلیسی-کلسیتی-باریتی همراه با سولفیدهای نظیر پیریت و کالکوپیریت

بطور کلی روش انجام کار، مطالعات و بررسی میانبارهای سیال در کانسار رمشک به این گونه می‌باشد.  
 \_ تعیین و تفکیک انواع سیالات درگیر از نظر اولیه، ثانویه یا ثانویه کاذب و طبقه بندی سیالات درگیر بر اساس تعداد فازهای موجود.

\_ تعیین شکل، اندازه، ابعاد فازهای دختر و درصد فاز غالب در هر سیال.

\_ سیال‌های میانبار کانسار عمدتاً اولیه و تک فازی، دوفازی و از نوع غنی از مایع و بخار هستند.

\_ تعیین پاراژنز سیالات درگیر بر اساس تعیین روابط بافتی میان آنها و اندازه گیری درجه پرشدگی (F) به‌طور تقریبی.

\_ تعیین شوری سیالات کانه ساز در کانسار رمشک.

بررسی تاثیر تنش های تکتونیکی بر روی میانبراهای سیال کانسار که قبل از ایجاد تنش تشکیل شده اند.

### ۷-۳-۱- اندازه و شکل ظاهری سیالات درگیر

سیالات درگیر معمولاً کوچکتر از ۱۰۰ میکرون هستند. اندازه سیالات درگیر برای مطالعه میکروسکوپی، بین ۱۰ تا ۲۰ میکرون می باشد، عموماً سیالات درگیر در کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد، دارای اندازه کوچک (کمتر از ۲۰ میکرون) می باشند. سیالات درگیر کانسار رمشک از نظر اندازه، غالباً بسیار ریز بوده و در محدوده ۲ تا ۶ میکرون دیده می شود و از لحاظ شکل ظاهری اغلب به صورت مجموعه های ۴ تا ۸ تایی بیضوی شکل تا بیضوی شکل هستند که اصطلاحاً به این حالت تجمع از سیالات درگیر Assemblage گفته می شود.

### ۷-۳-۲- طبقه بندی و پارائز سیالات درگیر

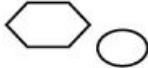

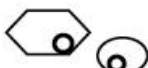



سیالات درگیر معمولاً بر اساس ترکیب سیال و تعداد فازهای موجود در دمای اتاق تقسیم بندی می شوند. سیالات درگیر بصورت فاز مایع (L)، گاز (V)، جامد (S) که همراه با یکدیگر ممکن است به طور اتفاقی بعنوان یک یا چند فاز نوظهور موقع سرد شدن به دام افتاده باشند (Van den Kerkhof and Hem, 2001).

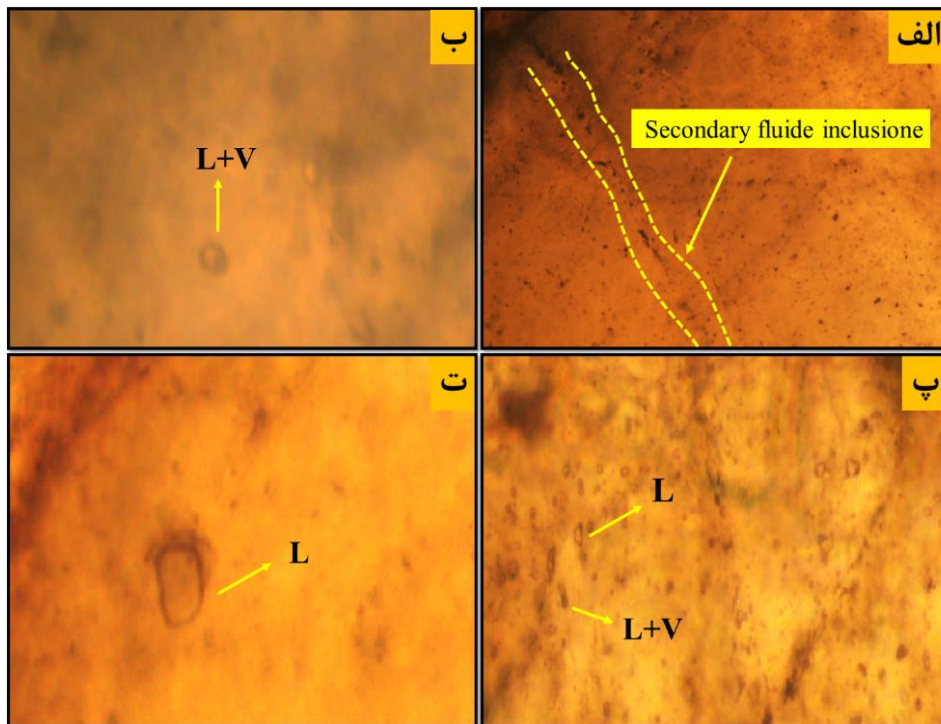
سیالات درگیر بر اساس فازهای داخلی به چند دسته شامل سیالات درگیر تک فازی بخار (V)، تک فازی مایع (L)، دوفازی غنی از مایع (L+V)، دوفازی غنی از بخار (V+L)، چند فازی جامد (S+L+V)، مایع نامیژاک (L1+L2+V) و سیالات درگیر حاوی شیشه تقسیم بندی می شوند (Shepherd et al, 1985). (جدول ۷-۱) بر اساس مطالعات صورت گرفته بر روی مقاطع، سیالات درگیر در کانسار رمشک غالباً به حالت تک فازی غنی از مایع (L)، دوفازی غنی از مایع (L+V) مشاهده می شود. قابل ذکر است با توجه به اینکه منطقه تحت تنش های تکتونیکی بعدی بوده، میانبراهای سیال به صورت ثانویه کاذب

نیز در محل درزه ها تشکیل شده اند که اغلب بصورت تک فازی مایع و تک فازی گاز می باشند (اشکال ۳-۷).

جدول ۷-۱- رده بندی انواع سیالات درگیر بر مبنای انواع فازهای موجود در دمای اتاق و محتوای آنها (

(Shaphered et al., 1985

Inclusion type	Abbreviation	Appearance	Essential phases
Monophase liquid	L		L = 100%
Monophase vapor	V		V = 100%
Liquid-rich, two-phase	L + V		L > 50%
Vapor-rich, two-phase	V + L		V = 50-80%
Multiphase solid	S + L ± V		L, S
Immiscible liquid	L <sub>1</sub> + L <sub>2</sub> ± V		L <sub>1</sub> , L <sub>2</sub>



شکل ۷-۳- الف) تصویری از سیالات درگیرتانویه، ب) تصویری از سیالات درگیر دوفازی (L+V)، پ) تصویری از سیالات درگیر دوفازی (L+V) متشکل از فاز گاز (V) و مایع آبگین (L)، ت) سیالات درگیر تک فاز مایع (L)

#### ۴-۷- مطالعات دماسنجی سیالات درگیر

بررسی میکرومتری عبارت از مطالعه غیرمخرب مقطع مورد نظر برای تعیین دمای ذوب اولیه ( $T_{m2}$ -Ice)، دمای نهایی ذوب قطعه یخ ( $T_{m2}$ -Ice)، دمای همگن شدن، میزان شوری و ترکیب سیالاتی که کانی میزبان از آنها ساخته شده است. مطالعات حرارت سنجی، ابتدا عملیات سرمایش (Freezing) و سپس گرمایش (Heating) بر روی سیالات دوفازی است (جدول ۷-۲).

#### ۴-۷-۱- سرمایش

به طور کلی، سرمایش به فرایندی گفته می شود که در طی آن یک سیال درگیر به زیر دمای اتاق سرد میشود تا جایی که تغییر فاز از مایع به جامد مشاهده شود. با استفاده از روش سرمایش درجه شوری سیال استفاده می شود. جهت انجام این عملیات، ابتدا سیال درگیر را تا دمای  $-200$  سانتی گراد سرد می کنیم تا سیال کاملاً منجمد شود. سپس با یک روند آهسته، حرارت دمای اتاق حاوی نمونه را افزایش می دهیم، پس از مدتی سیال از حالت جامد خارج شده و یخ شروع به ذوب شدن می نماید.

اولین قطره مایعی که ظاهر می‌شود یا به عبارتی دیگر اولین دمای ذوب‌شدن می‌نمایند، دمای یوتکتیک (TE) نامیده می‌شود و مقدار آن با نوع کاتیون‌های حل شده در مایع ارتباط دارد. با ادامه گرم کردن، بلورهای یخ ذوب می‌شوند تا جایی که آخرین بلورهای یخ از بین برود. دمائی که در آخرین بلور یخ ذوب می‌شود، دمای ذوب نهایی یخ (Tmice) اطلاق می‌شود. بر حسب این دما میزان شوری سیال بدست می‌آید. در این تحقیق میزان شوری به صورت درصد وزنی نمک طعام (wt% NaCl) و از طریق دمای ذوب آخرین قطعه یخ (Tm) با استفاده از این معادله محاسبه شده‌است.

$$\text{Salinity (wt\%NaCl)} = 1.76958 T_m - 4.2384 \cdot 10^{-2} T_m^2 + 5.3 \cdot 10^{-4} T_m^3 + 0.28$$

### ۷-۴-۲- گرمایش

در آزمایش گرمایش یک سیال درگیر را تا دمایی گرم می‌شود که همه فازها به یک فاز اصلی برگردند این دما را دمای همگن شدن می‌گویند (Th) این دما پایین‌ترین دمای به دام افتادن سیالات کانه ساز در کانی‌ها را نشان می‌دهد (Shepherd et al., 1985). این دما در حالت عادی، دمای همگن شدن کلی مایع - بخار است. اما برای سیالات درگیر حاوی کانی‌های نوزاد، می‌تواند دمای انحلال نمک (Ts) نیز باشد. در مورد سیالات درگیر Co2 که در مطالعات صورت گرفته مشاهده شد قابل ذکر است که دمای همگن شدن (TH) دمایی است که Co2 مایع و فاز مایع آبگین کاملاً مخلوط می‌شوند. دمای همگن شدن نهایی (Ts یا TH) همراه با یافته‌های ترکیبی حاصل از مطالعات انجماد می‌توانند برای محاسبات چگالی کل سیال بکار روند. با بهره‌گیری از اصول رسم ایزکور، از این اطلاعات می‌توان برای تخمین شرایط درجه حرارت و فشار در زمان به دام افتادن میانبارها استفاده کرد.

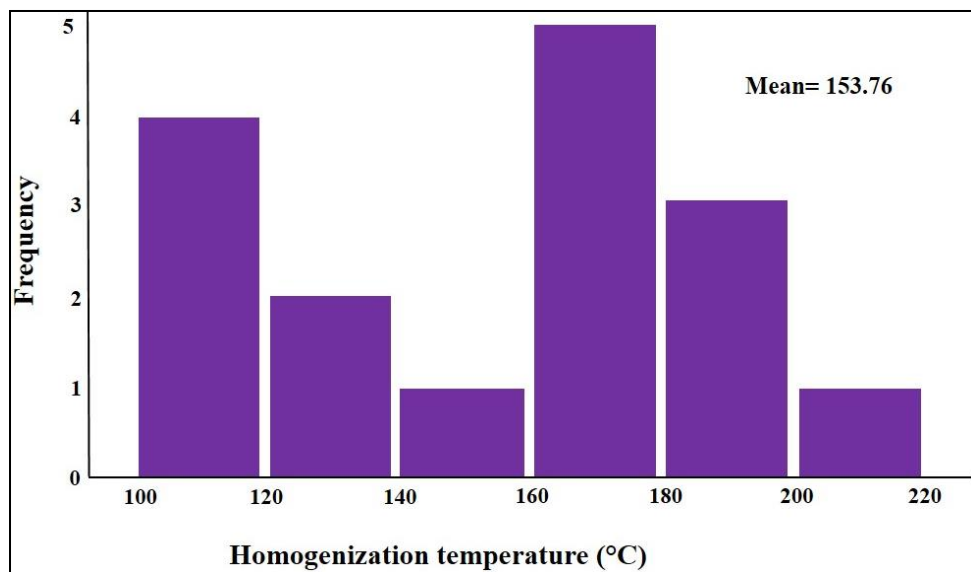
### ۷-۵- تعیین دما و شوری سیال درگیر در کانسار رمشک

بر اساس نمودارهای توزیع فراوانی مربوط به دمای همگن شدگی در کانسار مس رمشک در محدوده دمایی بین ۱۰۰ تا ۲۲۰ درجه سانتیگراد قرار می‌گیرند و بیشترین فراوانی را در دماهای ۱۶۰-۱۸۰ نشان می‌دهند. نمودارهای شوری سیال در کانسار مورد مطالعه نیز بیشترین مقدار فراوانی شوری را بین ۴-۷ نشان می‌دهد (اشکال ۴-۷، ۵-۷ و ۶-۷).

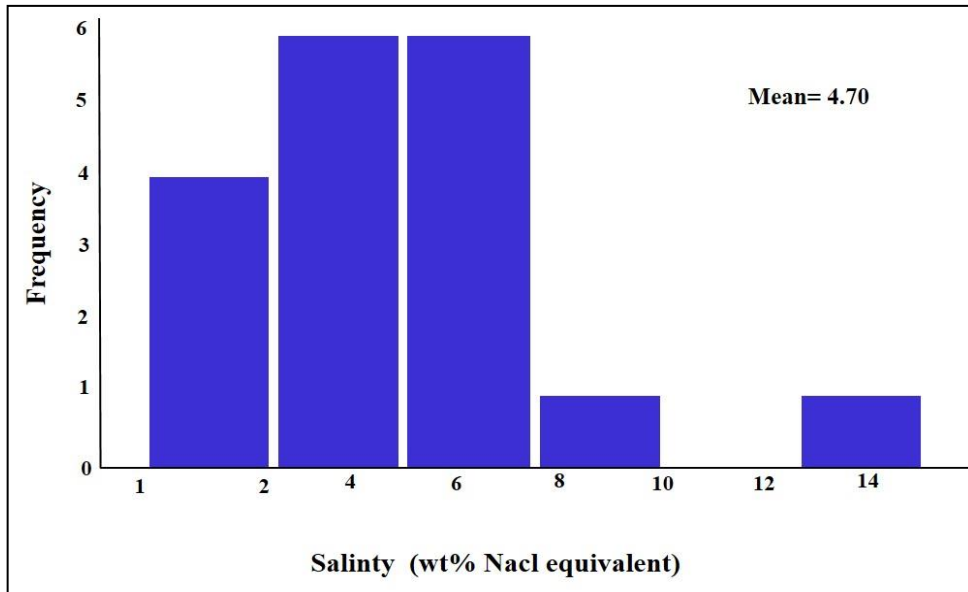


جدول ۷-۲- نتایج آنالیزهای دماسنجی، تعیین شوری در سیالات درگیر نمونه‌های کانسار رمشک.

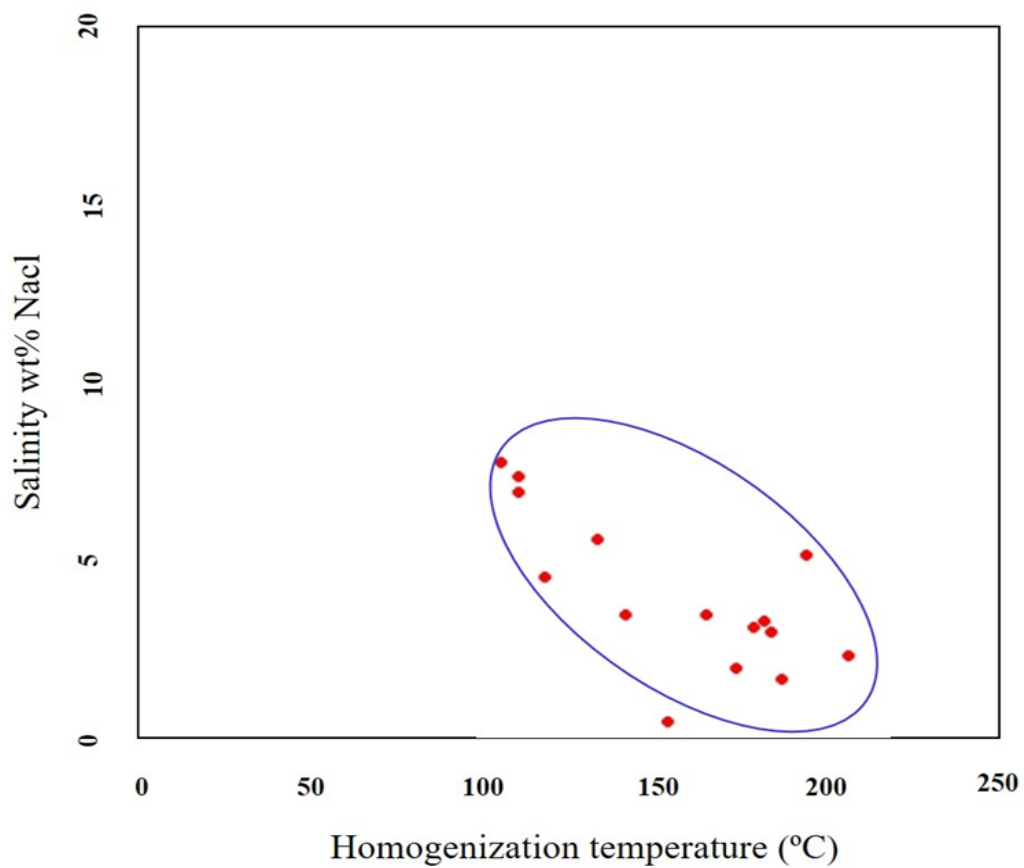
Sample	N.F.A	Mineral	Points	Size( $\mu\text{m}$ )	Type	Phases	Te ( $^{\circ}\text{C}$ )	Tm ( $^{\circ}\text{C}$ )	Th ( $^{\circ}\text{C}$ )	Salinity wt%NaCl
Sr-05	FIA-1	Qtz	1	2	P	L+V	-31/4	0/8	183	0/06
		Qtz	2	1	P	L+V	-33/7	1	170	2/01
		Qtz	3	1/5	P	L+V	-32/9	3	190	5/22
		Qtz	4	1	P	L+V	-31/1	1/8	178	0/60
	FIA-2	Qtz	5	1	P	L+V	-31/4	1/6	180	0/03
		Qtz	6	2	P	L+V	-32/3	1/2	202	0/01
	FIA-3	Qtz	8	1	P	L+V	-32	4/5	109	7/43
		Qtz	9	1/5	P	L+V	-32/1	4/8	104	7/86
	FIA-4	Qtz	10	2	P	L+V	-34/3	1/7	175	0/02
		Qtz	11	3/5	P	L+V	-32/5	2/6	116	4/60
		Qtz	12	3	P	L+V	-32/8	0/11	151	0/47
	FIA-5	Qtz	13	3	P	L+V	-28/1	4/2	109	7/00
	FIA-6	Qtz	14	3	P	L+V	-31/8	1/9	161/8	0/13
		Qtz	15	3/5	P	L+V	-29/3	3/3	131/2	5/68
	FIA-7	Qtz	16	3	P	L+V	-23/1	12	161/2	0/28
Sr-f	FIA-1	Qtz	17	2	P	L+V	-32/4	1/9	139	3/49



شکل ۷-۴- نمودار توزیع فراوانی دمای همگن شدن در کانسار مس رمشک.



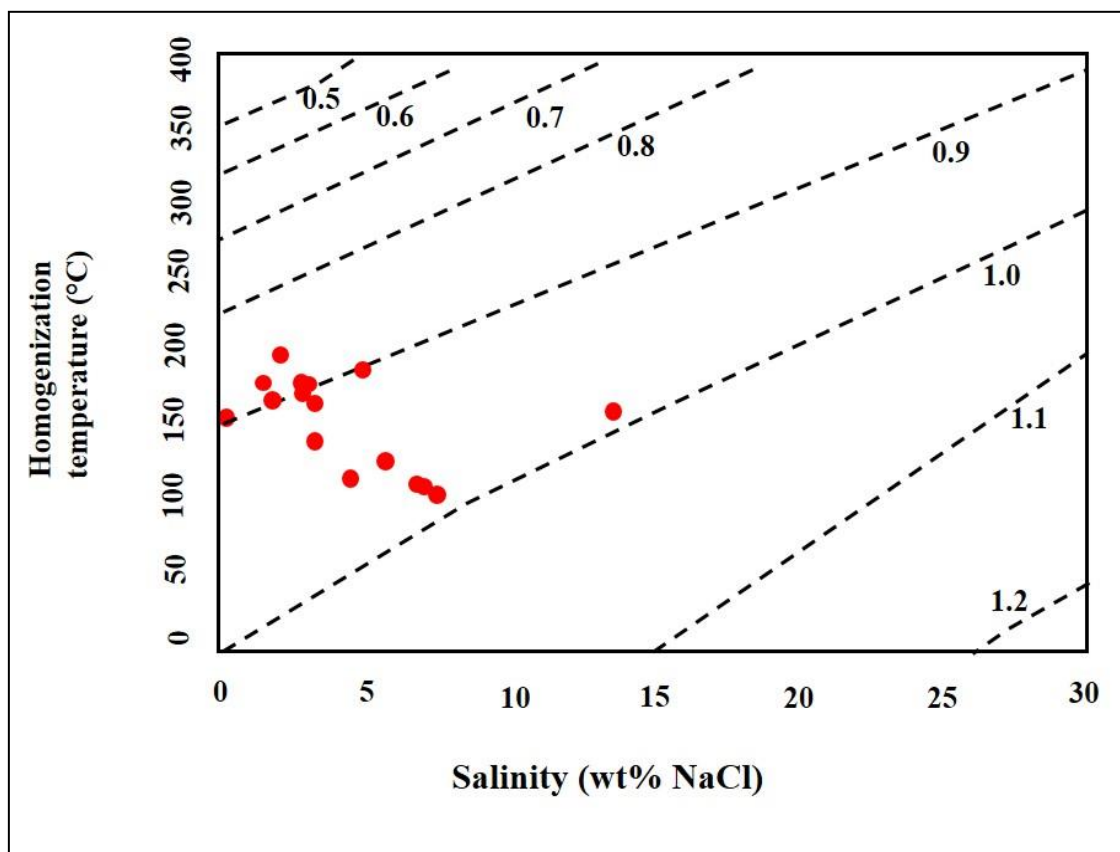
شکل ۷-۵- نمودار میزان شوری در میان بارهای سیال در کانسار مس رمشک.



شکل ۷-۶- نمودار درجه شوری در برابر دمای همگن شدن سیالات درگیر دوفازی کانسار مس رمشک.

## ۷-۶- چگالی سیال

با استفاده از نمودار (Wilkinson, 2001) که بر اساس دمای همگن شدن در برابر شوری سیال طراحی شده است، می توان چگالی را محاسبه کرد. چگالی سیال در نمونه های کانسار مس رمشک بین ۰/۹ تا ۱ گرم بر سانتی متر مکعب ( $\text{Cm}^3$ ) قرار می گیرند (شکل ۷-۷). در این نمودار با افزایش شوری میانبرهای سیال، چگالی افزایش می یابد.

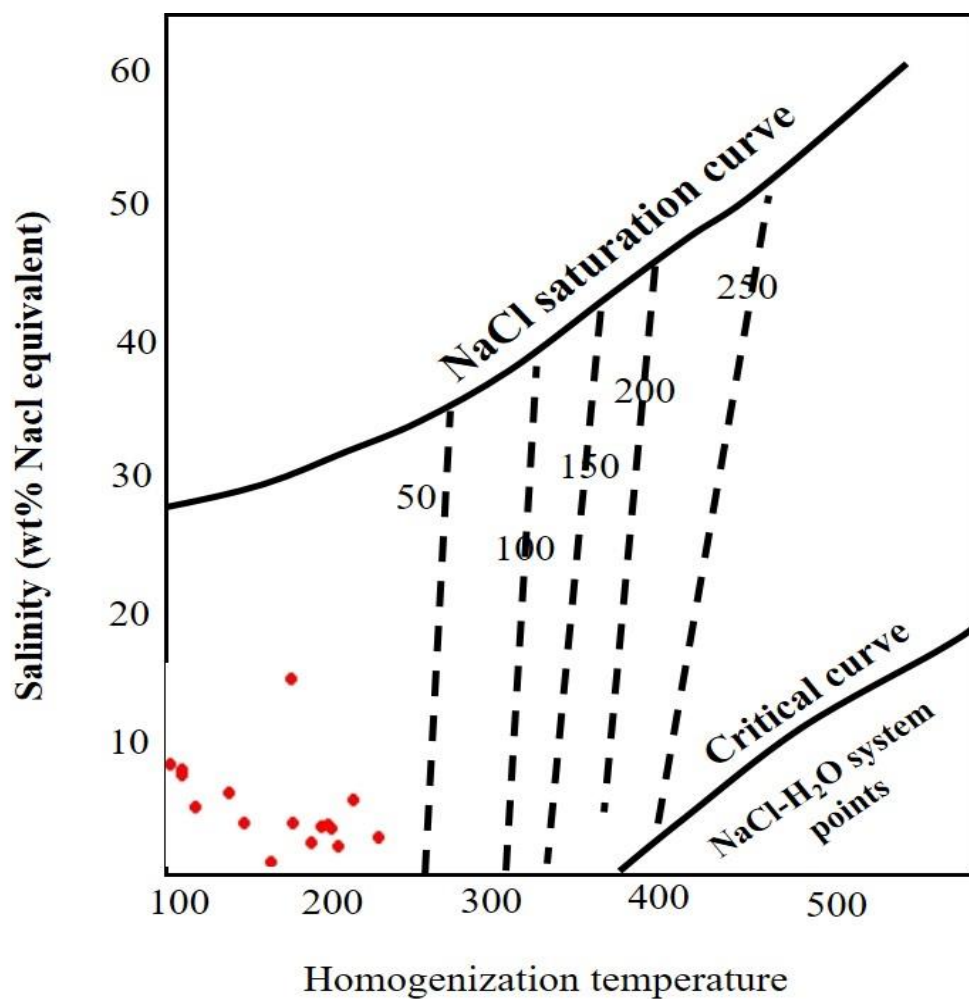


شکل ۷-۷- نمودار دمای همگن شده در برابر شوری و تعیین چگالی سیال در نمونه های مورد مطالعه (Wilkinson, 2001).

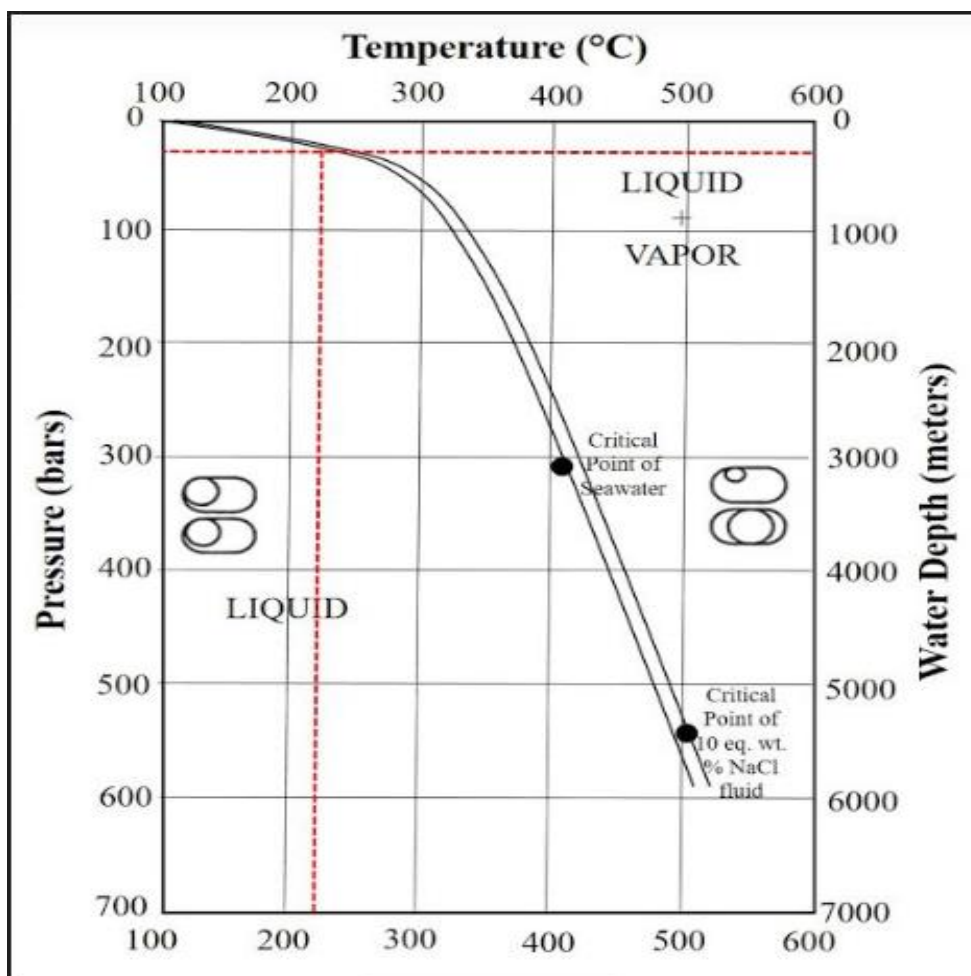
## ۷-۷- تعیین فشار حاکم در زمان تشکیل کانسنگ

در هنگام عمل گرمایش سیالات درگیر، فشار حاکم برای محیط آزمایشگاه برابر یک اتمسفر است در حالیکه هنگام به دام افتادن این سیالات درگیر، با توجه به وزن طبقات بالایی، فشار حاکم بر محیط تشکیل سیالات درگیر می تواند از ده ها تا هزاران اتمسفر در نوسان باشد. مقدار فشار محیط ارتباط مستقیم با ضخامت طبقات بالایی دارد که به این فشار، فشار لیتواستاتیک می گویند. به منظور تعیین

فشار می‌توان نمودار (Ramdohr, 1980)، استفاده نمود. بر اساس این نمودار، فشار حاکم در طی تشکیل کانسنگ در کانسار مس رمشک کمتر از ۵۰ اتمسفر را نشان می‌دهد (شکل ۷-۸). با استفاده از نمودار درجه حرارت جوشش و منحنی‌های فشار می‌توان عمق آب را محاسبه نمود. بنابراین، با توجه به وجود عدم پدیده جوشش عمق به دست آمده را می‌توان حداقل ۳۰۰ متر برآورد نمود (Cunnigham, 1978; Bischoff and Pitzer, 1985 and Luders et al., 2001) (شکل ۷-۹).



شکل ۷-۸- تعیین فشار بخار محلول بر اساس دمای همگن شدن و میزان شوری (Ramdohr, 1980)



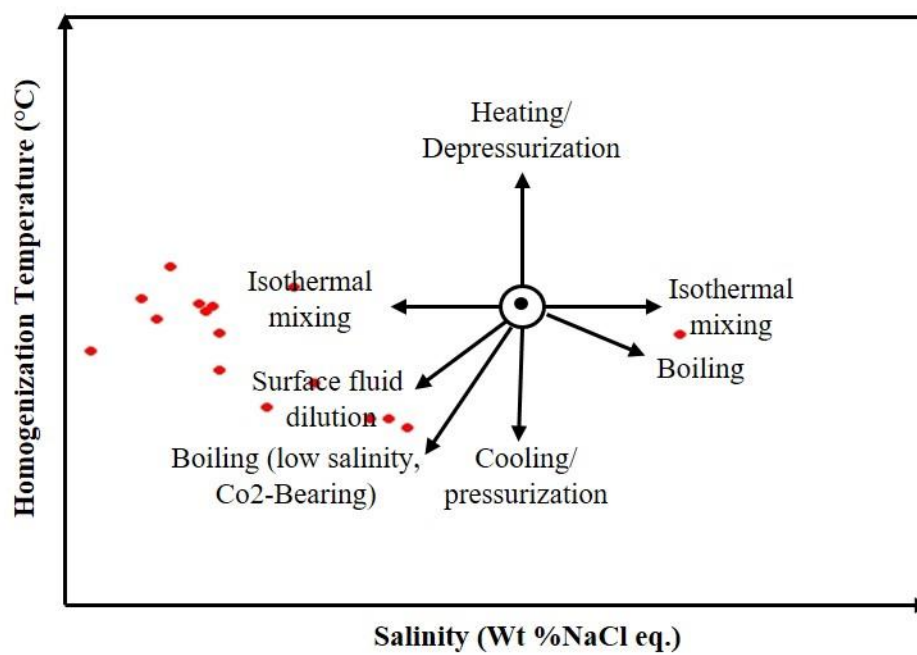
شکل ۷-۹- نمودار تعیین عمق بر حسب دمای همگن شدن در کانسار رمشک، بر اساس نمودار ارائه شده برای سیالات درگیر (Cunnigham, 1978; Bischoff and Pitzer, 1985 and Luders et al., 2001).

## ۷-۸- تعیین فرآیندهای متفاوت ایجادسیال براساس شوری در برابر همگن شدن

ویکینسون در سال ۲۰۰۱ بر اساس نسبت های شوری در برابر همگن شدن این نمودار را طراحی کرده است که بر اساس این نمودار می توان فرآیندهای مختلط ایجاد سیالات را بررسی کرد.

بر اساس این نمودار میتوان نتیجه گرفت یکی از فرآیندهای موثر در ایجاد این کانسار فرآیند اختلاط آب های سرد با آب داغ می باشند.



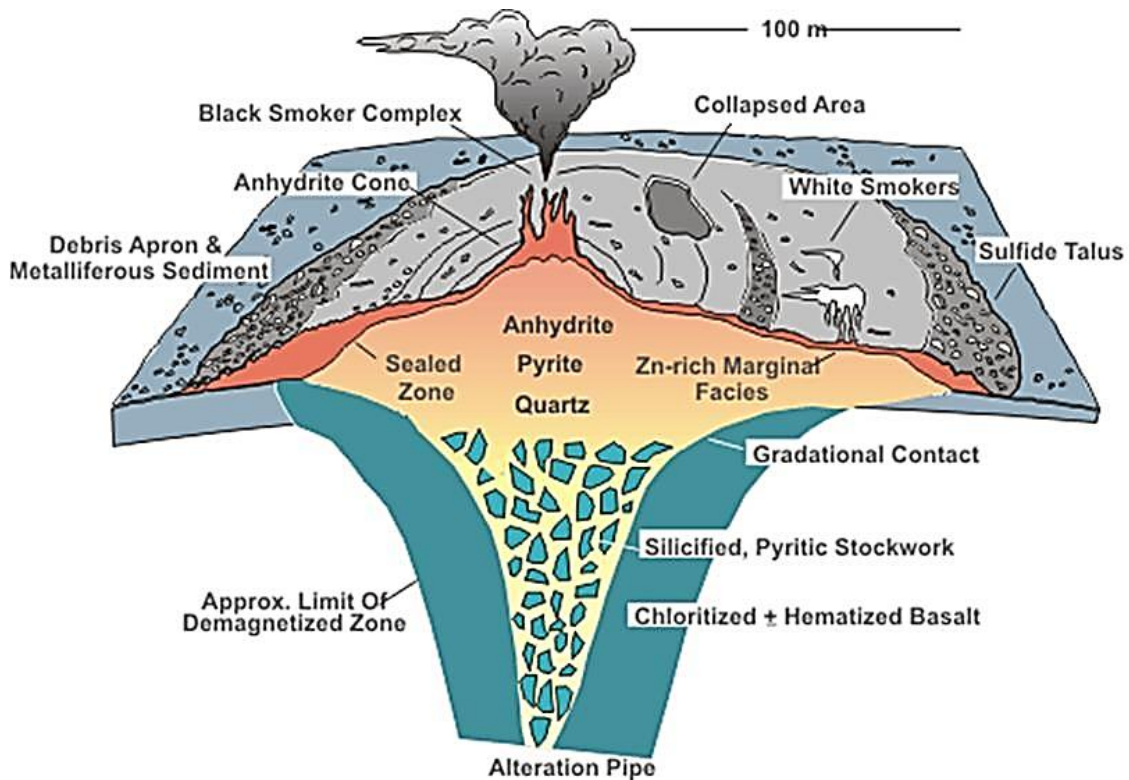


شکل ۷-۱۰- نمودار شوری در برابر دمای همگن شدن که فرآیندهای متفاوت ایجاد سیالات را نشان می- دهد (Wilkinson., 2001).

# فصل ہشتم:

## نتیجہ گیری، الگوی تشکیل، تپ کانہ زایی و

## پیشہادات اکتشافی



## ۸-۱- مقدمه

در این فصل سعی شده که بر مبنای نتایج حاصل از مطالعات صحرایی، مطات آزمایشگاهی (پتروگرافی و کانی‌شناسی) و داده‌های حاصل از مطالعات ژئوشیمیایی و سیالات درگیر ابتدا به بررسی شواهد جهت معرفی این نوع کانه‌زایی‌ها به‌عنوان کانسارهای سولفید توده‌ای پرداخته، سپس در ادامه به ارائه الگو و مدل تشکیل برای این نوع کانه‌زایی‌ها و در نهایت جهت مشخص کردن تیپ کانه‌زایی اقدام به مقایسه آنها با تیپ‌های کانه‌زایی مشابه در جهان پرداخته و در آخر هم پیشنهاداتی جهت کارهای اکتشافی و تحقیقات تکمیلی بعدی ارائه گردیده است.

## ۸-۲- مختصری از شواهد مشاهده‌شده در کانسار مس رمشک

### ۸-۲-۱- سنگ میزبان و همراه

محدوده معدنی رمشک، عمدتاً در کمپلکس دگرگونی دورکان رخمون داشته. و به‌طور کلی مجموعه دورکان عمدتاً شامل سنگ‌های آتشفشانی زیر دریایی بازالتی، سنگ‌آهک پلاژیک، سنگ‌های آهکی دگرگون‌شده و شیستی به همراه رادیولاریت است. توالی سنگی چینه‌شناسی در این محدوده معدنی شامل واحد ۱: گدازه‌های بازالتی بالشی، واحد ۲: متابازالت، آندزیت بازالت به همراه کالک‌شیست، کلریت‌شیست، متاپلیت و رادیولاریت (میزبان کانه‌زایی) همراه با زیر واحدهای سنگی شامل سنگ‌های آهک نازک لایه و ضخیم لایه‌ی توده‌ای، واحد ۳: سنگ‌آهک ماسه‌ای، واحد ۴: توف‌های سبز دگرگون‌شده مشابه تعدادی از این واحدهای سنگی نیز در کانسار ماسیوسولفاید Zeybek در ترکیه نیز گزارش شده است (Kurtuluş et al., 2019) (جدول ۸-۱).

### ۸-۲-۲- شکل هندسی ماده معدنی

بر اساس مشاهدات صحرایی اعم از کشیدگی در بخش‌های گسنی و مطالعات بافتی و بررسی مغزه‌های حفاری، کانسار مورد مطالعه بصورت چینه‌سان (حالت صفحه‌ای شکل) و همخوان و همروند با لایه-

بندی سنگ‌های درونگیر تشکیل شده است که در زیر آن‌ها پهنه کانه‌دار توده‌ای، برشی و رگه - رگچه‌ای که در مجموع به صورت قطع کننده و چینه کران هستند، دیده می‌شود. (شکل ۸-۱).

### ۸-۲-۳- رخساره های کانه دار

بر اساس مطالعات ساخت و بافت و کانی‌شناسی و نوع ارتباط ماده معدنی با سنگ میزبان، می‌توان رخساره کانه‌دار در کانسار مس رمشک تشخیص داد، که عبارتند از:

الف- رخساره رگه- رگچه‌ای (Stringer zone)

ب- رخساره مجموعه دهانه‌ای (Vent complex)

پ- رخساره توده‌ای نیمه توده‌ای (Massive)

این رخساره‌ها در کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد نظیر مس- نقره بوانات فارس (موسیوند و همکاران، ۱۳۹۵)، چاه گز شهر بابک (موسیوند و همکاران، ۱۳۹۰)، مس نوده سبزوار (مغفوری و همکاران، ۱۳۹۰) و گرماب پایین (طاشی و همکاران، ۱۳۹۶) نیز دیده می‌شود.

### ۸-۲-۴- کانی‌شناسی

بر اساس مطالعات کانی‌شناسی، کانی‌های اولیه و اصلی تشکیل دهنده این کانسار شامل پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، مگنتیت و هماتیت می‌باشد و کانی‌های ثانویه آن مالاکیت، کوولیت، و اکسید- هیدروکسیدهای آهن هستند. کانی‌های باطله در این کانسار شامل کلسیت، باریت و کوارتز می‌باشد. پیریت فراوان‌ترین کانی سولفیدی در کانسار مس رمشک بوده و پس از آن کالکوپیریت، مگنتیت و اسفالریت بیشترین فراوانی را دارند. در این کانسار کانه زایی مس بصورت کالکوپیریت در دونسل (Ccp1) و (Ccp2) در پهنه استرینگر، مجموعه دهانه ای و رخساره کانسنگ توده‌ای مشاهده می‌شود. کانه زایی روی نیز به صورت اسفالریت در هر سه رخساره قابل مشاهده است و نسبت مس به روی در رخساره استرینگر افزایش بیشتری نسبت به سایر رخساره‌های دیگر دارد. این پهنه بندی فلزی و غنی شدگی مس در پهنه استرینگر و افزایش نسبت مس به روی از پهنه چینه سان به سمت

پهنه استرینگر از ویژگیهای تیپیک کانسارهای VMS می باشد ( Franklin et al., 2005; Galley et al., 2007).

### ۸-۲-۵- ساخت و بافت و منطقه بندی آنها

به طور کلی در کانسار مس رمشک ساخت های و بافت های دانه پراکنده، رگه-رگچه ای، برشی، توده ای و جانیشینی در رخساره های مختلف مشاهده می شود. سیمای ساخت رگه-رگچه ای اغلب در رخساره استرینگر به صورت رگه های سیلیسی-باریتی-سولفیدی (پیریت و کالکوپیریت و اسفالریت) بعضاً همراه با کانی های کربناته مشاهده می شود. در رخساره مجموعه دهانه ای ساخت و بافت برشی گسترش بیشتری نسبت به سایر قسمت ها داشته و در قسمت بالای این رخساره ساخت بافت توده ای را در رخساره توده ای می توان مشاهده کرد. از دیگر بافت هایی که در این کانسار مشاهده می شود می توان به بافت دانه پراکنده در قسمت های کمر پایین ماده معدنی و بافت تیغه ای در رخساره مجموعه دهانی همراه با نفوذ فاز غنی از آهن به صورت کانی های مگنتیت و اولیژیست اشاره کرد.

### ۸-۲-۶- دگرسانی و منطقه بندی آنها

بر اساس مطالعات صحرایی، کانی شناسی و نتایج XRD از پهنه های دگرسانی در کانسار مس رمشک می توان گفت مهم ترین دگرسانی های موجود در کانسار تنکاشن در منطقه رمشک شامل دگرسانی های کلریتی، اپیدوتی، آرژیلیک، سیلیسی-کربناتی می باشد. بروز دگرسانی در زیر افق معدنی بیشتر بوده و با دور شدن از فرود یواره به سمت فراد یواره از شدت آن کاسته می شود. دگرسانی اپیدوتی و کلریتی بیشترین شدت را در کمر پایین یا فرود یواره دارد. قابل ذکر است در نهشته های تیپ بشی، دگرسانی کلریتی دارای گسترش زیادی می باشند (Peter and Scott, 1999) که در محدوده مورد مطالعه ما نیز این دگرسانی به وفور در متابازالت های کمر پایین و کلریت شیبست ها دیده می شود.

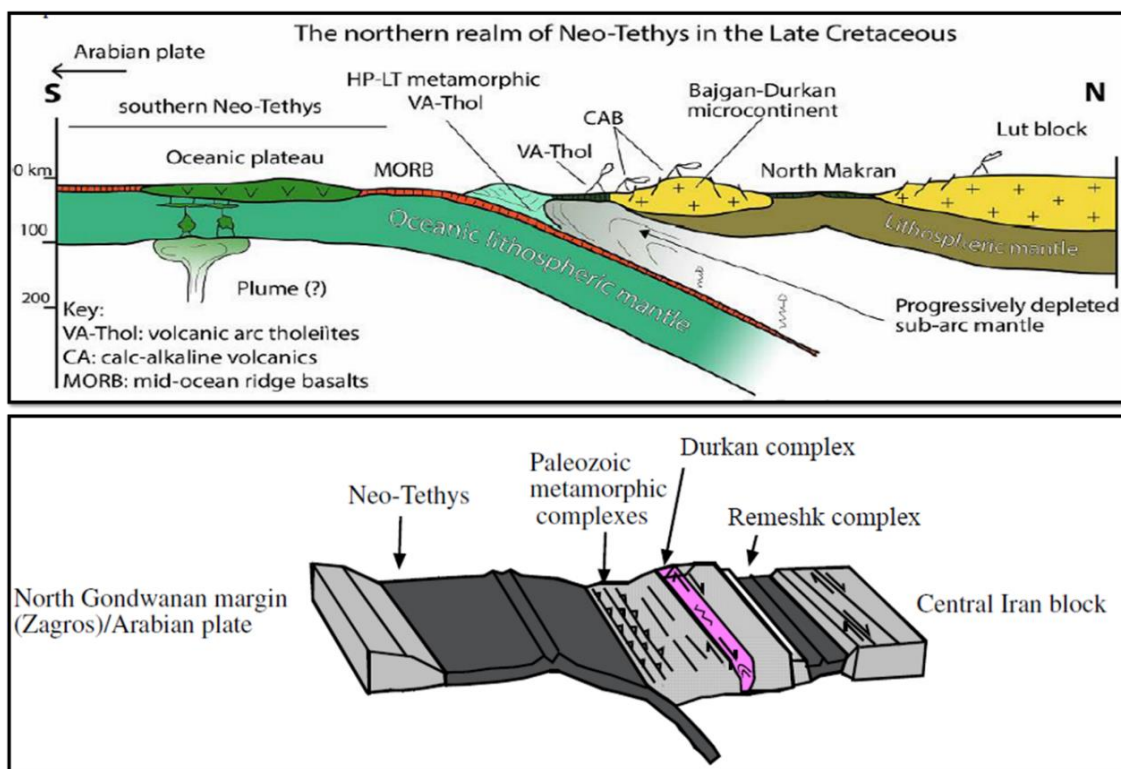
در این کانسار بیشترین حجم دگرسانی مربوط به دگرسانی کلریتی و اپیدوتی است که به میزان بیشتری در کمر پایین کانسار (زیر افق های معدنی) در رخساره رگه-رگچه ای و به مقدار کمتر در



رخساره مجموعه دهانه‌ای و کانسنگ توده‌ای مشاهده می‌شود. کلریت کانی غالب در پهنه دگرسانی کلریتی در کانسار رمشک می‌باشد. دگرسانی سیلیسی-کربناتی را به صورت رگه-رگچه هایی از کانی کوارتز و کانی های کربناته در رخساره استرینگر و مجموعه دهانه‌ای مشاهده می‌شود. در کانسار رمشک هوازدگی سنگ هایی غنی از پیریت در شکل گیری دگرسانی آرژیلیک تاثیر داشته و عمدتاً در سطح بالایی کانسار به رنگ سفید تا خاکستری روشن مشاهده می‌شود (شکل ۴-۲).

### ۸-۲-۷- جایگاه تکتونیکی

در سانتونین تا اوایل کامپانین فرورانش اقیانوس نئوتتیس در زیر بلوک لوت و توسعه منشور برافزایشی فعال بوده است. در ورقه پایینی، بازالت‌های فلات اقیانوسی (OPB) و بازالت های آکالن در این زمان ها فوران کرده اند، در حالی که در ورقه بالایی، در حاشیه جنوبی بلوک لوت تشکیل شده است و بین بلوک لوت و خرد قاره باجگان دورکان یک حوضه پشت کمانی که اکنون به نام افیولیت های شمال مکران شناخته می‌شود. در این زمان افیولیت های بالای پهنه فرورانش عمان بر روی حاشیه قاره ای پلیت عربی رانده شده است. در پالتوسن بسته شدن حوضه‌های مورد نظر به برخورد ورقه اقیانوسی و کمان قاره‌ای منجر شده است. در نتیجه فرورانش صورت گرفته و آمیزه های رنگی و افیولیت های شمال مکران جایگزین شده‌اند (Saccani., 2018) (شکل ۸-۱). مطالعات ژئوشیمیایی بر روی سنگ میزبان کانه زایی و ماهیت تولیتیک سنگ های ولکانیکی در منطقه نشان می‌دهد، کانسار مس رمشک از لحاظ جایگاه تکتونیکی در حوضه‌های کششی نزدیک کمان‌های آتشفشانی مرتبط با فرورانش حاشیه قاره تشکیل شده است. بنابراین کانه زایی VMS در منطقه رمشک در زمان ژوراسیک و در محیط های کمانی حاشیه قاره ای ناشی از فرورانش مورب پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر پوسته قاره‌ای ایران رخ داده است. (شکل ۸-۱، ب) قابل ذکر می‌باشد، نهشته های سولفید توده‌ای تیپ بشی در محیط های تکتونیکی مختلفی شامل حوضه‌های پش کمانی، حواشی قاره ای ریفتی، ریفت های درون قاره ای و یا در حوضه‌های ریفتی که در مراحل اولیه از کشش قاره‌ها تشکیل می‌شوند. (Hoy., 2005)



شکل ۸-۱ بازسازی مدل تکتونیکی دورکان و فرروانش نفوتتیس به زیر پوسته قاره ای ایران برگرفته از مدل ژئودینامیکی (Saccani., 2018) و Mousivand et al., (2011) ، Sheikholeslami et al.,(2008)

## ۸-۲-۸- نتایج ژئوشیمی و سیال درگیر

با توجه به مطالعات ژئوشیمیایی ترکیب شیمیایی سنگ های آذرین منطقه نشان داده شده است که دارای ترکیب بازالتی تا آندزیت بازالت می باشد. همچنین بر اساس نمودار فوق نمونه های آنالیز شده ماهیتی تولییتی تا ساب آکالن را دارا می باشند.

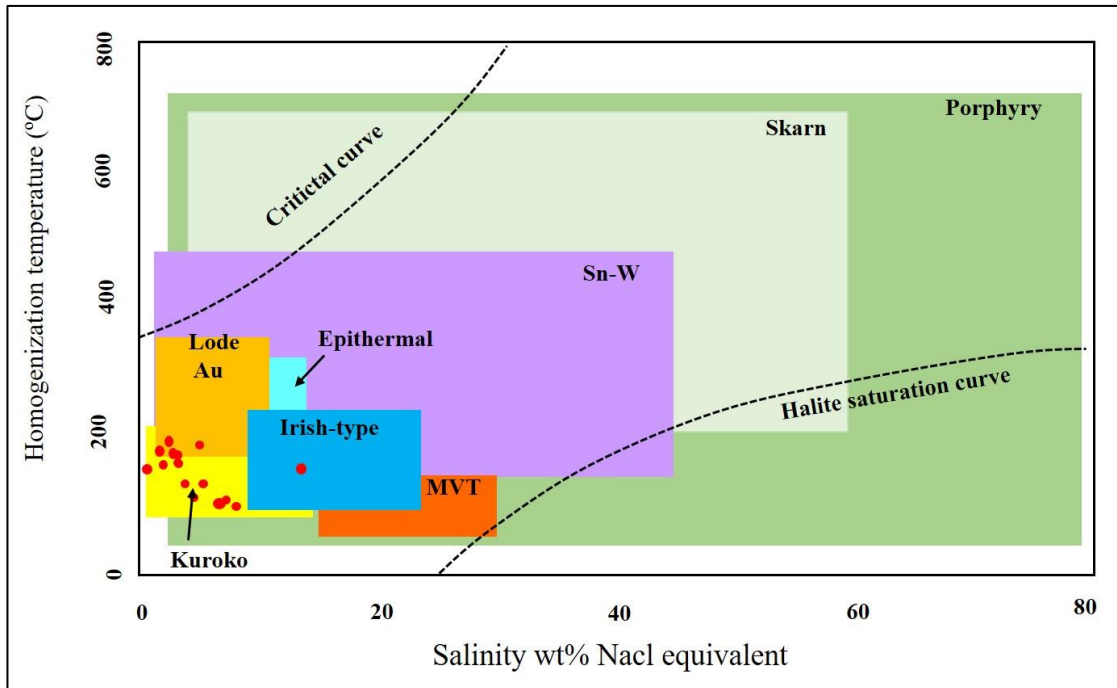
همچنین شباهت الگوی عناصر نادر خاکی (REE) و کمیاب در بین مواد معدنی و سنگ های آتشفشانی توالی میزبان کانسار نشان می دهد که فلزات و عناصر کانه ساز از شستشوی سنگ های آتشفشانی کم پایین توسط سیال داغ کانه ساز نشأت گرفته اند.

الگویی عناصر نادر خاکی مربوط به سنگ های متاپلیتی، کلریت شیبست و کالک شیبست ها در تعدادی از نمونه ها تهی شدگی عناصر HFSE مانند Nb، Zr و Ti نشان دهنده ذوب شدگی کم MORB می باشد. تهی شدگی Nb و Ti می تواند منعکس کننده حضور کانی های حاوی Ti (Pearce and

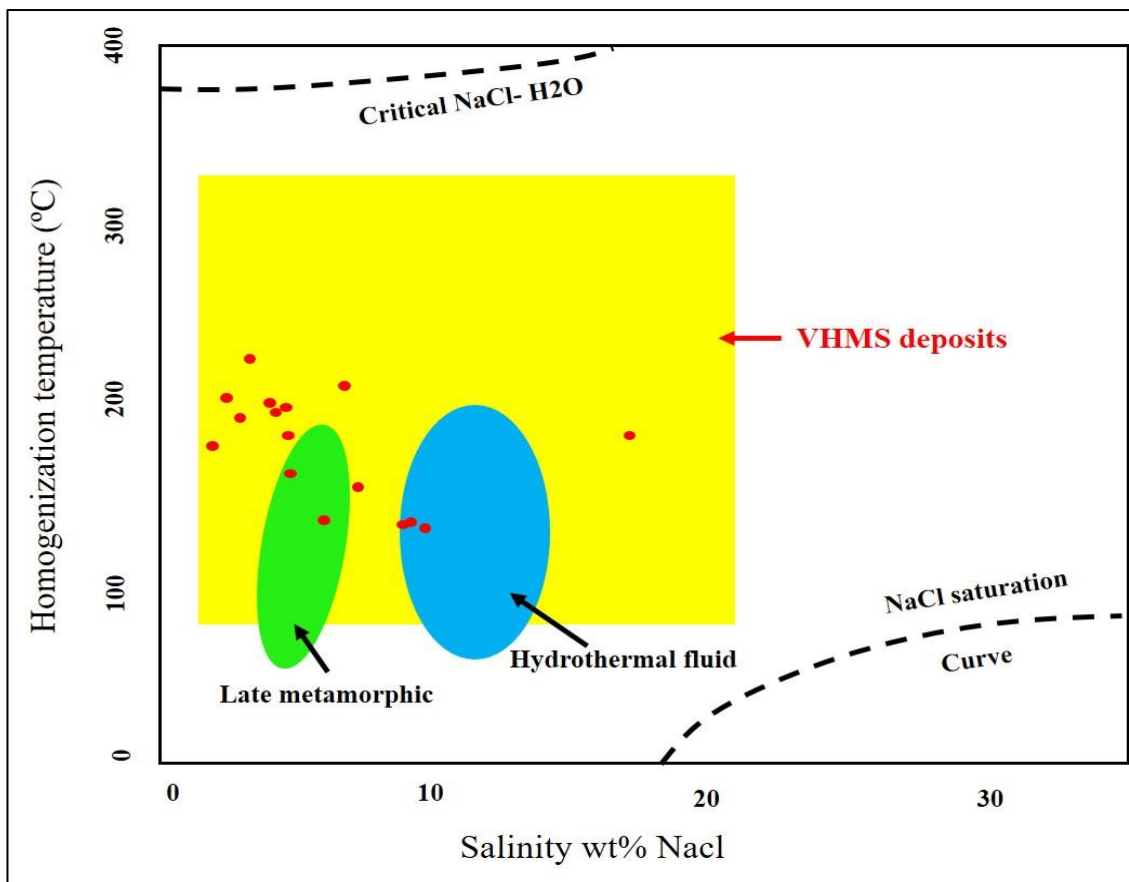
Parkinson., 1996) ویا (Reagan and Gill., 1989) Ti-Nb در منشأ باشد همچنین این تهی شدگی نشان دهنده تشگیل سنگ های آتش فشانی مذکور در نزدیکی کمان های آتش فشانی است ( Peter et al., 1999).

مس، آهن، روی و سرب مهمترین عناصر فلزی در کانسار رمشک می باشد. پراکندگی ای عناصر را می توان مرتبط با نوع منطقه بندی کانی شناسی موجود در رخساره های مختلف کانه زایی دانست. به طور مثال آهن به دلیل بالا بودن میزان پیریت و مگنتیت بیشترین فراوانی را در بین عناصر فلزات پایه این کانسار به خود اختصاص داده است بیشترین مقدار را در رخساره مجموعه دهانه ای به میزان ۱۰٪ دارا می باشد. همچنین بیشترین مقدار مس مربوط به رخساره استرینگر به میزان ۵/۸٪ می باشد بالا بودن عنصر مس در این رخساره با تجمع حجم بالایی از کانی کالکوپیریت در این رخساره مرتبط است. بیشترین مقدار روی مربوط به بخش های ابتدایی رخساره کانسنگ توده ای به میزان (ppm) ۱۴۵۰ می باشد. همچنین بیشترین مقدار سرب نیز مربوط به بخش های ابتدایی رخساره کانسنگ توده ای به میزان (ppm) ۴۵۰۰ می باشد.

بر اساس نمودارهای توزیع فراوانی مربوط به دمای همگن شدگی در کانسار مس رمشک در محدوده دمایی بین ۱۰۰ تا ۲۵۰ درجه سانتیگراد قرار می گیرند. نمودارهای شوری سیال در کانسار مورد مطالعه بین ۷-۴ نشان می دهد، با توجه به دما- شوری بیان شده، نمودار درجه همگن شدن (Th) در مقابل شوری برای کانسارهای مختلف در شکل آورده شده است. با توجه به نمودار ویلکیسون (Wilkinson, 2001) محل قرارگیری سیالات اندازه گیری شده بر روی نمودار موقعیت دما و شوری در محدوده سیستم هایی سولفید توده ای آتشفشانزاد می باشد (شکل ۸-۲). همچنین بر اساس نمودار ارائه شده بر پایه شوری و دمای همگن شدن (Sanchez-Espana et al, 2000) در نمونه های بررسی شده در کانسار رمشک از لحاظ دمایی و شوری در محدوده کانسارهای سولفید توده ای آتشفشانزاد (VHMS) قرار می گیرند (شکل ۸-۳).



شکل ۸-۲- محل قرارگیری سیالات درگیر کانسار رمشک در نمودار درجه همگن سازی در مقابل شوری کانسارهای مختلف (Wilkinson, 2001) در محدوده کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد.



شکل ۸-۳- نمودار تعیین تیپ کانه زایی بر اساس شوری و دمای همگن شدن (Sanchez-Espana et al, 2000) در کانسار رمشک، نمونه‌ها در محدوده کانسار سولفید توده‌ای آتشفشانزاد (VHMS) قرار می‌گیرند.

جدول ۸-۱ مقایسه کانسارهای تنکاشکو، سرسو، میمندر و کرماهو در منطقه رمشک

نام کانسار	تنکاشکو ۱	تنکاشکو ۲	سرسو	میمندر	کرماهو
سنگ میزبان کانه زایی	متابازالت، متاپلیت، کلریت شیست، رادیولاریت، متاپلیت	متابازالت، متاپلیت، کلریت شیست، رادیولاریت، متاپلیت	متابازالت، متاپلیت، کلریت شیست، رادیولاریت، متاپلیت	متابازالت، متاپلیت، کلریت شیست، رادیولاریت، متاپلیت ژاسپلیت	متابازالت، متاپلیت، کلریت شیست، رادیولاریت، متاپلیت، ژاسپلیت
افق کانه زایی	افق کانه زایی دوم (OH-2)	افق کانه زایی اول (OH-1)	افق کانه زایی دوم (OH-2)	افق کانه زایی دوم (OH-2)	افق کانه زایی دوم (OH-2)
تعداد زیر افق	دو زیر افق	----	دو زیر افق	چهار زیر افق	یک زیر افق
کانی شناسی	پیریت، کالکوپیرید ت، اسفالریت و مگنتیت و هماتیت	پیریت، کالکوپیرید ت، اسفالریت و مگنتیت	پیریت، کالکوپیرید ت، اسفالریت و مگنتیت و هماتیت	پیریت، کالکوپیرید ت، اسفالریت و مگنتیت	پیریت، کالکوپیرید ت، اسفالریت و مگنتیت
ساخت و بافت	توده‌ای، برشی، رگه_رگچه ای و دانه پراکنده و تیغه‌ای	توده‌ای، برشی، رگه_رگچه ای	توده‌ای، برشی، رگه_رگچه ای و دانه پراکنده و تیغه‌ای	توده‌ای، برشی، رگه_رگچه ای و دانه پراکنده	توده‌ای، برشی، رگه_رگچه ای و دانه پراکنده

### ۸-۳- الگوی تشکیل کانسارهای مس رمشک

با توجه به ویژگی‌های کانه زایی مس در منطقه رمشک شامل رخداد کانه زایی بصورت چینه‌سان (در رخساره توده‌ای) و چینه کران (رخساره های استرینگر و مجموعه دهانه‌ای) و وجود بافت‌های رگه-رگچه‌ای، برشی، توده‌ای، دانه‌پراکنده و جانشینی در ماده معدنی و سایر ویژگی‌ها از جمله پهنه بندی دگرسانی و رخساره های مختلف کانه دار، کانه زایی در کانسار مس رمشک با کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد (VMS) شباهت زیادی را نشان می‌دهد. وجود رخساره‌های کانه‌دار و نسل‌های مختلف کانی‌ها در کانسار رمشک، نشان از رخداد کانسنگ در چند مرحله می‌باشد. بر اساس پاراژنز کانیایی و مطالعات میکروسکوپی، دو مرحله کانه زایی را میتوان تشخیص داد که شامل مراحل زیر می‌باشند:



## ۸-۳-۱- مرحله ۱: کانه زایی و دیاژنز

به‌طور کلی در کانسار رمشک دو مرحله کانه زایی مشاهده می‌شود مرحله اول نفوذ سیال اسیدی و احیایی غنی از  $H_2S$  که تشکیل دهنده فاز غنی از سولفید در این کانسار می‌باشد که عمدتاً با کانی سازی پیریت و کالکوپیریت همراه است. مرحله دوم مربوط به نفوذ سیال خنثی تر و اکسیدان تر است که غنی از آهن بوده و به‌صورت هجوم فاز غنی از مگنتیت و هماتیت به داخل پیریت و کالکوپیریت در این کانسار مشاهده می‌شود. مشابه این حالت را در کانسار سولفید توده‌ای اورتاکلار در ترکیه مشاهده شده است (Nail et al., 2016). این فرآیند هم‌زمان با افزایش فوگاسیته اکسیژن  $fO_2$  در سیال  $H_2S$  کاهش پیدا میکند و این امر سبب اکسیدان تر شدن سیال می‌شود (Nail et al., 2016). نتیجه فعالیت این سامانه گرمایی، تشکیل کانسار مس رمشک در کمپلکس آتش‌فشانی رسوبی دورکان و ایجاد رخساره های مرتبط با کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد در کانسار شده است. این مراحل شامل مرحله مربوط به تشکیل رخساره رگه-رگچه ای، مرحله تشکیل رخساره مجموعه دهانه‌ای و رخساره سولفید توده‌ای است.

۱\_ مرحله تشکیل رخساره رگه - رگچه ای: این رخساره مربوط به معابر اصلی اولیه عبور سیالات کانه ساز بوده که بر اساس پاراژنز کانیایی شامل دو زیر بخش می‌باشد بخش اول دارای پاراژنز کانیایی پیریت نسل اول (Py1) و پیریت نسل دوم (Py2) و کالکوپیریت نسل اول (Ccp2) است در حالی که بخش دوم دارای پاراژنز کاملاً متفاوت و دما بالا و همراه با اکسید می‌باشد که از کانی‌های پیریت نسل دوم (Py2)، کالکوپیریت نسل دوم (Ccp2) و اسفالریت های نسل دوم (Sph2) و مگنتیت - و هماتیت اولیه تشکیل شده است. مرحله رخساره رگه - رگچه ای در کانسار رمشک ، با بافت رگه ای و کمی برشی شدن کانه ها مشخص میگردد که به‌شدت دچار دگرسانی کلریتی غنی از آهن شده است. قابل ذکر است در کانسار رمشک کانه زایی مس بصورت کالکوپیریت در پهنه استرینگر نسبت به پهنه چینه‌سان که بخش توده‌ای کانسار را تشکیل می‌دهد به مقدار بیشتری مشاهده می‌شود. وجود این پهنه‌بندی فلزی و غنی‌شدگی مس در پهنه استرینگر و افزایش نسبت مس به روی از پهنه چینه‌سان

به سمت پهنه استرینگر از ویژگی‌های تیپیک کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد (VMS) می‌باشد (Franklin et al., 2005; Galley et al., 2007).

۲- در مرحله تشکیل رخساره مجموعه دهانه‌ای: در این رخساره کانی‌های اولیه نسل اول توسط کانی‌های اولیه بعدی جانشین می‌شوند. در اثر هجوم فاز غنی از آهن (مگنتیت) در قسمت قاعده‌ای (مجموعه دهانه‌ای) به داخل مجموعه‌های قبلی، کانی‌های نسل قبلی از جمله پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت توسط کانی‌های مگنتیت، هماتیت و نیز پیریت و کالکوپیریت‌های نسل بعدی جایگزین می‌شود که به آن پدیده پالایش پهنه‌ای (zone refining) گفته می‌شود که حاوی مقادیری از سیلیس و کربنات به همراه دگرسانی‌های کلریتی و سیلیسی-کربناتی می‌باشد.

۳- مرحله تشکیل رخساره کانسنگ توده‌ای (کانسنگ چینه‌سان): تشکیل این رخساره با تزریق مداوم سیالات گرمابی و در نهایت تجمع رخساره‌های نیمه توده‌ای تشکیل شده در زیر بستر مرتبط است که سبب به وجود آمدن رخساره کانسنگ توده‌ای در این کانسار شده است. در این رخساره مانند رخساره مجموعه دهانه‌ای علاوه بر سیال اول (سولفیدی)، تحت تأثیر سیالات نسل بعدی قرار گرفته و باعث به وجود آمدن پدیده‌ای به نام پالایش پهنه‌ای شده است (Inverno et al., 2008). نتیجه عملکرد این مراحل به صورت بافت جانشینی مشاهده می‌شود. این پدیده نتیجه واکنش سیال کانه‌دار با سولفیدهای قبلی و سنگ درونگیر می‌باشد. از بافت‌های قابل تأمل موجود در منطقه معدنی رمشک در این بخش و رخساره مجموعه دهانه‌ای و نیز پهنه استرینگر می‌توان به بافت برشی اشاره نمود، که این امر نشان دهنده فعال بودن گسل همزمان با رسوب گذاری در زمان تشکیل کانسار است (Franklin et al., 1999; Peter et al., 2008; Inverno et al., 2005). بعد از ته نشست سولفیدها و تدفین آنها، فرایند دیاژنز موجب تبلور کانی‌ها شده است. در بخش توده‌ای پیریت نسل سوم محصول فرایند دیاژنز بوده و از تبلور مجدد پیریت نسل اول حاصل شده است.

## ۸-۳-۲-مرحله ۲: پس از کانه زایی (هوازدگی و برونزاد)

پس از مرحله کانه زایی و دیاژنز کانه زایی تحت تاثیر، فرآیند های تکتونیک و بالا آمدگی (Uplift) و سپس دگرگونی و در نهایت فرآیندهای سوپرژن و هوازدگی قرار گرفته است. در این مرحله همراه با آغاز فرآیند های دگرگونی و دگرشکلی شامل چین خوردگی، خردشدگی (بافت کاتاکلاستیک) و کشیدگی و در نهایت رخداد فرآیند های گسل خوردگی و بالا آمدگی، سولفید های مس دچار تحرک شده اند و کانی زایی مجددی از کانی های اکسیدی مس را در شکستگی ها و فضاهای کم فشار به شکل رگه- رگچه ای ایجاد می کنند.

## ۸-۴- شرایط فیزیکوشیمیایی تشکیل کانسار سولفید توده‌ای آتشفشانزاد

### رمشک

## ۸-۴-۱- منشأ فلزات

به طور کلی دو منشأ عمده برای فلزات نهشته های vms پیشنهاد شده است: الف) منشأ از توالی کمر پایین (تا عمق بیش از ۱ کیلومتر)، این منشأ فلز ناشی از واکنش آب دریای تغییر یافته با توالی کمر پایین می باشد. میزان فلزات در این سیالات وابسته به درجه حرارت و PH سیال می باشد به صورتی که با افزایش میزان دما و کاهش درجه PH میزان فلزات در سیال زیاد می شود (Franklin et al., 2005). نوع فلزات هم وابسته به ترکیب شیمیایی سنگ دیواره (سنگ های فلسیک و سنگ های مافیک) می باشد. همچنین از عوامل دیگری که بر میزان فلزات در سیال تأثیر می گذارد، نسبت سیال به سنگ است، هرچه نسبت سیال به سنگ بالا باشد میزان فلزات در سیال هم بالاست. از آنجایی که واکنش این سیالات با سنگ دیواره در دمای بالا صورت می گیرد باعث ایجاد دگرسانی کلریتی، اپیدوتی و کوارتزی به صورت گسترده شده است.

ب) منشأ فلز از مواد فرار ماگمایی (Franklin et al., 2005). سیالات حاوی فلزات ممکن است به طور مستقیم از ماگما نشأت بگیرد که سهم این سیالات ماگمایی غنی از فلز بسیار پایین می باشد (Scott, 1997)، مانند مس پورفیری و تهنشینی طلای سولفیداسیون بالا.

## ۸-۴-۲- منشأ سیالات

بر اساس شواهد ژئوشیمیایی، سیال درگیر در کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد نشان می‌دهد آب دریا به همراه میزان کمی از اختلاط آب ماگمایی با آب‌های دریایی تأمین کننده منشأ سیالات بوده است. (Franklin et al., 2005). در کانسار مس رمشک مطالعات انجام شده بر روی مقاطع میانبرهای سیال دوبر صیقل نشان می‌دهد، منشأ سیالات توسط آب دریا تأمین شده است. با توجه به ویژگی‌های بیان شده در بالا میتوان عنوان نمود، کانسار رمشک از جهات مختلف از جمله جایگاه تکتونیکی تشکیل، سنگ میزبان و همراه، شکل هندسی ماده معدنی، رخساره‌های کانه‌دار، کانی‌شناسی، دگرسانی و منطقه بندی آنها، با کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد دارای شباهت بسیار زیادی است. (Franklin et al., 2005; Piercey., 2011; Gibson et al., 2007; Devine et al., 2002)

## ۸-۵- شیوه تشکیل و جایگیری کانسارهای مس منطقه رمشک:

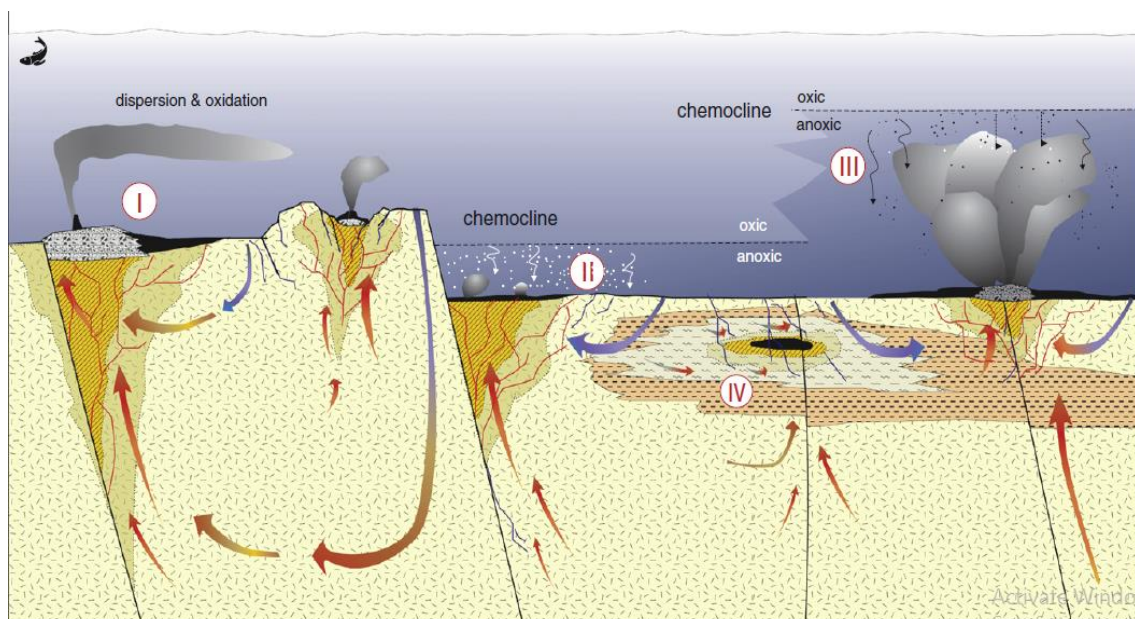
به اعتقاد (Tornos et al., 2016)، کانه زایی VMS بصورت چهار سبک رخ می‌دهد: (۱) تپه ها و دودکش‌های سیاه در محیط‌های اکسیدان، (۲) استخرهای شورابه ای، (۳) تپه ها و سولفیدهای چینه-سان در محیط‌های احیایی ناحیه‌ای، (۴) جانشینی زیرکف دریا. هرکدام از این سبک کانه‌زایی‌ها تحت شرایط خاص تشکیل شده‌اند و این شرایط در واقع فرآیندهای کانه‌ساز و شکل هندسی و سبک کانسارها را کنترل می‌کنند (شکل ۸-۴). این سبک ها همان رخساره های کانسنگ هستند. این عوامل کنترل کننده شامل ماهیت فیزیکی- شیمیایی سنگ میزبان، دما و ترکیب سیالات کانه‌ساز و حالت اکسیداسیون- احیاء محیط تهنشست می‌باشند (Tornos et al., 2016). با توجه به مطالعه داده های اکتشافی فعلی از جمله مطالعات سطحی و مغزه های حفاری و بررسی ویژگی های تشکیل این کانسار

که عبارت اند از: ۱) گسترش زیاد پهنه استرینگر، ۲) محدود بودن رخساره رسوبی برون‌دمی (اگرالات) که در کف دریا تشکیل می‌شود، ۳) مرز جانشینی بین سولفید توده‌ای و سنگهای میزبان که نشانه نفوذ سیال کانه‌ساز در داخل سنگ‌های میزبان کانه زایی است، ۴) احاطه شدن کانسگ سولفید توده‌ای با دگرسانی کلریتی و عدم وجود کانی‌های احیایی (آرسنوپیریت و پیروتیت) شیوه تشکیل این کانسار متفاوت از مدل استخر شورابه ای بوده و با کانسارهای ستون شناور، همچون کانسار Windy Craggy شباهت بیشتری دارد.

در کانسار رمشک نیز بر اساس مطالعات سیالات درگیر بر روی یک نمونه نشان می‌دهد؛ که سیالات کانه دار در کانسار دارای شوری پایین (۴ تا ۷) و دمایی در حدود (۱۰۰ تا ۲۵۰) درجه سانتی‌گراد می‌باشد و شواهد بیان شده در بالا نشان دهنده شباهت زیاد تشکیل کانسار رمشک با مدل ستون شناور است. قابل ذکر است مغفوری و همکاران (۱۳۹۱) و موسیوند و همکاران (۱۳۸۹) به ترتیب مدل ستون شناور و مدل استخر شورابه ای را برای کانسارهای سولفید توده ای مس نوده، روی - سرب - مس چاه گز ارا ئه کرده اند. تاج‌الدین و همکاران (۱۳۹۰) تشکیل کانسار سولفید توده ای تیپ کروکو باریکا را با استفاده از مدل ستون شناور توجیه کرده است.

به‌طور کلی عامل اصلی در نهشته شدن کالکوپیریت، کاهش ناگهانی و سریع دما می‌باشد. این تفاوت در شرایط ته‌نشست بین کالکوپیریت در مقایسه با اسفالریت و گالن، عامل ایجاد تغییرات کانی‌شناسی و تمرکز کالکوپیریت در پهنه استرینگر و تمرکز اسفالریت در پهنه سولفید توده‌ای چینه‌سان می‌باشد (Franklin et al., 2005) اما در بخش توده‌ای نیز افزایش میزان مس مشاهده می‌شود که ممکن است مرتبط با فرآیند هایی می‌باشد که مس توسط سیالات داغ بعدی از بخش‌های کمر پایین و استرینگر شسته شده و با نفوذ در بخش توده‌ای به‌صورت جانشینی ته‌نشست پیدا می‌کند.





شکل ۸-۴ مدل شماتیک از ویژگی‌های اصلی مدل‌های متفاوت کان‌زائی VMS همراه با تغییرات برگرفته از (Tornos et al., 2016): مدل تپه‌ای و دودکش‌های سیاه در محیط اکسیدان (I)، مدل استخر شورابه ای (II)، مدل تپه‌ای و چینه سان سولفیدی در محیط منطقه غیراکسیدان (III)، مدل جانشینی در زیر کف دریا (IV)

## ۸-۶- کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد

بیش از 133 ذخیره VMS با تناژ بین 200 هزار تا 300 میلیون تن در سراسر دنیا شناخته شده است که مقدار عیار و ذخایر آنها متفاوت می‌باشد. اما به‌طور متوسط ذخایر VMS دارای حدود ۱/۵٪ مس، ۳٪ زوی، ۱٪ نرب و برای نقره و طلا به ترتیب ۵۰ و ۵٪ گرم بر تن می‌باشند (Ohmoto, 1996). این کانسارها از سیالات گرمابی غنی از فلزات و برون‌دمی در محیط‌هایی نزدیک به کف دریا و در محیط‌های آتشفشانی زیردریایی تشکیل می‌شوند تشکیل می‌شوند. بیشتر کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد دارای دوبرخ مهم هستند:

-بخش سولفید توده‌ای عدسی مانند و یا صفحه‌ای

-بخش رگه و رگچه‌دار

کانسارهای VMS در محیط زیر دریایی بیشتر همراه با سنگ‌های آتشفشانی و در سنگ‌های رسوبی از قبیل شیل یافت می‌شوند. این کانسارها در امتداد پشته‌های میان اقیانوسی یا در حوضه‌های پشت قوسی در حال گسترش (مانند کانسارهای قبرس)، بعضی دیگر در جزایر قوسی و یا حاشیه‌های قاره-

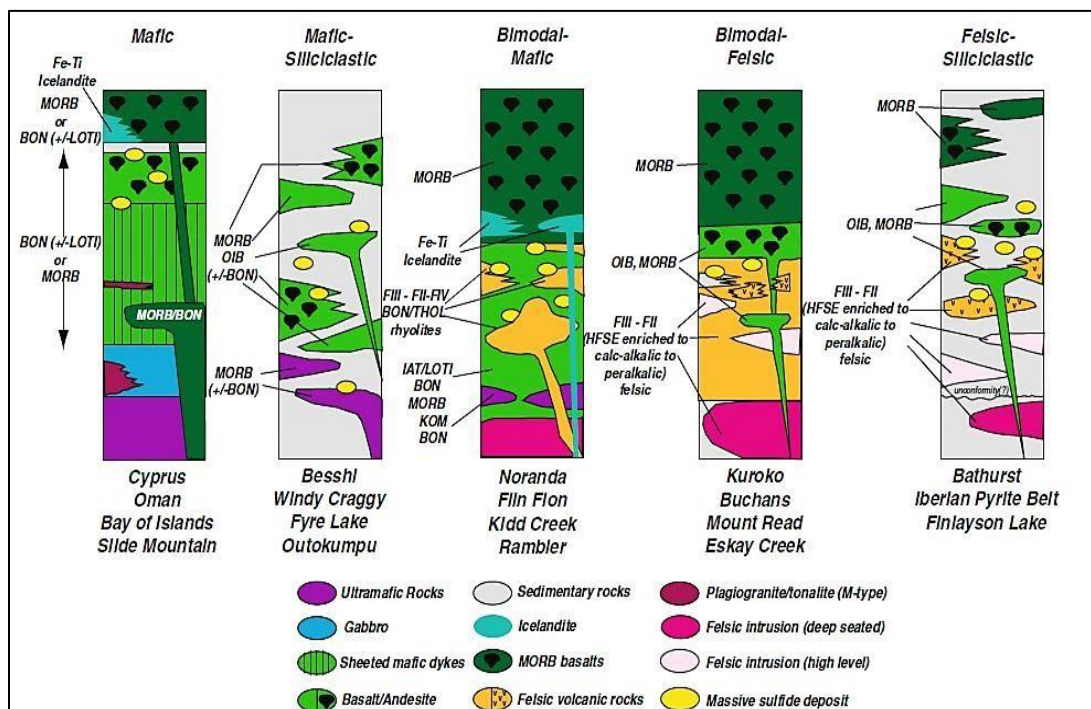
ای (نظیر کانسارهای کوروکو)، تعدادی در آتشفشانهای جزیره‌ای درون صفحه‌ای و تعدادی در محیط-های تکتونیکی ناشناخته مربوط به کمربندهای سنگ‌های سبز آرکئن کشف می‌شوند.

## ۸-۷- تقسیم‌بندی کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد

برای رده بندی کانسارهای ماسیوسولفاید تا کنون اقدامات زیادی شده است. از جمله تقسیم بندی هایی که جهت رده بندی این نوع کانسارها مد نظر قرار گرفته است، تقسیم بندی فرانکلین و همکاران در سال ۲۰۰۵ می‌باشد. (Franklin et al., 2005) کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد را بر اساس ترکیب توالی چینه‌شناسی و محیط تکتونیکی تهنشست به پنج گروه تقسیم بندی نموده‌است که با بازنگری (Piercey, 2011) در آن، این رده‌بندی کامل و به شکل (۸-۵) ارائه گردیده‌است:

۱- تیپ مافیک سیلیسی کلاستیک (یا پلیتی مافیک یا تیپ بشی): توالی‌های بازالتی- پلیتی مربوط به محیط‌های پشت کمانی بالغ حاوی بازالت و پلیت با مقادیر مساوی بوده و یا پیلت‌ها غالب می‌باشند. سیل‌های مافیک تا ۲۵ درصد توالی میزبان حضور دارند. سنگ‌های فلسیک کم بوده و مقدار آنها به کمتر از ۲۰ درصد می‌رسد. از این تیپ نهشته‌ها می‌توان کانسار Outokumpu در فنلاند، کانسار Windy cray در کانادا و نهشته‌های تیپ بشی در ژاپن نام برد (Piercy, 2011; Franklin et al. 2005).

۲- تیپ مافیک- اولترامافیک (قبرس): این کانسارها در کمپلکس‌های افیولیتی در محیط‌های تکتونیکی گسترشی کف اقیانوس (Morb) و محیط پشت کمانی بالغ درون اقیانوسی همراه با برخی از گسل‌های ترانسفورم تشکیل می‌شوند. توالی این کانسارها به‌طور عمده از بازالت‌های بالشی و توده‌ای و مقادیر ناچیزی از سنگ‌های فلسیک و رسوبی است (شکل ۸-۵). از این نهشته‌ها می‌توان نهشته‌های Troodos در قبرس، Smail در عمان نام برد (Franklin et al. 2005).



شکل ۸-۵- ستون چینه‌شناسی تیپ‌های مختلف کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد برمبنای Franklin et al., (2005) و با بازنگری. (Piercey, (2011).

۳- تیپ بایمدال فلسیک (تیپ کوروکو): این کانسارها در کمان‌های حاشیه قاره‌ای نهشته شده و در توالی میزبان دارای ۳۵ تا ۷۰ درصد سنگ‌های آتشفشانی فلسیک، ۲۰ تا ۵۰ درصد سنگ‌های بازالتی و در حدود ۱۰ درصد سنگ‌های تخریبی می‌باشد. سنگ‌های آذر آواری فلسیک زیردریایی، گدازه‌ها و دایک‌ها و سیل‌های بازالتی- آندزیتی معمول در این توالی معمول می‌باشد (شکل ۸-۷). از این نهشته‌هایی توان کانسارهای منطقه Hokuroku در ژاپن، Bergslagen سوئد و نهشته‌های Dunnage Zone در کانادا را نام برد (Franklin et al., 2005).

۴- تیپ بایمدال مافیک (تیپ نوراندا): توالی میزبان این کانسارها در ریفت‌های نوظهور کمان‌های آتشفشانی بایمدال در بالای زون‌های فرورانشی درون اقیانوسی تشکیل می‌شوند و به‌طور عمده متشکل از سنگ‌های بازالتی بالشی و توده‌ای بوده با این حال میزان سنگ‌های فلسیک تا ۲۵ درصد می‌رسد (شکل ۸-۵). از این تیپ کانسارها می‌توان کانسارهای کمر بند نوراندا در

کانادا، کانسارهای منطقه Flin Flon در کانادا و نهشته‌های کمر بند اورال در روسیه و قزاقستان را نام برد (Franklin et al. 2005).

۵- تیپ فلسیک سیلیسی کلاستیک یا تیپ بثورست: توالی میزبان در محیط‌های پشت کمانی قاره‌ای نهشته شده و حاوی عمدتاً سنگ‌های تخریبی (حدود ۸۰ درصد)، سنگ‌های فلسیک آذرآواری و کمی گدازه، سیل و گنبد فلسیک می‌باشد و معادلهای درونی آنها بقیه توالی را حدود (۲۵ درصد) تشکیل می‌دهد (شکل ۸-۵). از جمله این نهشته‌ها می‌توان کانسارهای مناطق Bathurst در کانادا نام برد (Franklin et al. 2005).

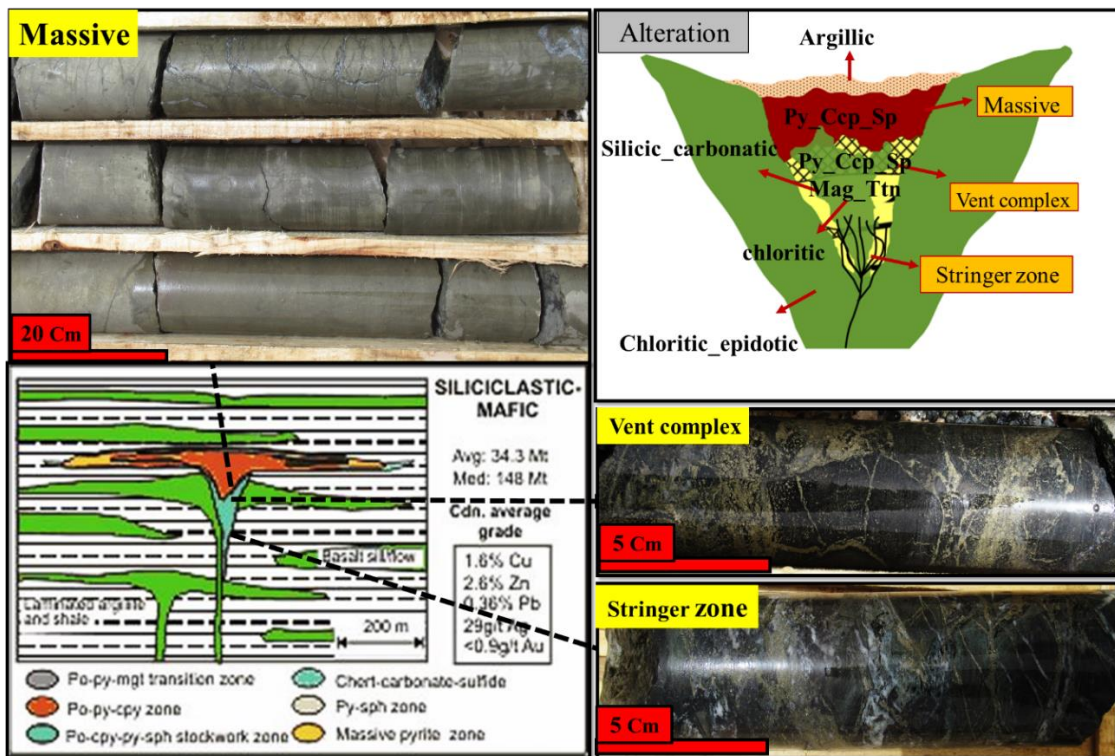
## ۸-۸- تیپ کانه زایی کانسار مس رمشک

سولفید توده‌ای آتشفشانزاد (VMS) یک اصطلاح مورد استفاده جهت توصیف انواع مختلفی از ذخایر معدنی می‌باشد که در درجه اول برای فلززایی مانند Cu-Zn با اهمیت هستند، و در درجات بعدی برای عناصر Pb و Au یکی از مهمترین ذخایر اقتصادی به شمار می‌آیند. در میان ذخایر فلزی غیرآهنی، ذخایر VMS از لحاظ اهمیت اقتصادی بعد از کانسارهای مس پورفیری، رتبه دوم را به خود اختصاص داده‌اند (Ohmoto, 1996). کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد به‌طور معمول در حوضه‌های گسترش کف اقیانوس‌ها و یا محیط‌های کمانی و پشت کمانی تشکیل می‌شوند (Galley et al., 2007; Gibson and Galley, 2007).

طبقه‌بندی کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد بر اساس ترکیب توالی چینه‌شناسی، شامل پنج گروه می‌باشد (Franklin et al. 2005): تیپ مافیک- اولترامافیک (قبرس)، ۲- تیپ مافیک سیلیسی کلاستیک (یا پلیتیک مافیک یا تیپ بشی)، ۳- تیپ بایمدال مافیک (تیپ نوراندا) ۴- تیپ بایمدال فلسیک (تیپ کروکو) ۵- تیپ بایمدال فلسیک (سیلیسی کلاستیک یا تیپ بثورست) (جدول ۸-۲). جهت معرفی تیپ کانه زایی کانسار رمشک، مواردی از جمله محیط تکتونیکی تشکیل، توالی سنگ میزبان کانه زایی، بررسی رخساره های کانسنگی و همچنین پهنه بندی فلزی این کانسار، با انواع تیپ های مختلف معرفی شده برای کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشانزاد مورد مقایسه قرار گرفته است.

به‌طور کلی کانسار مس رمشک در کمپلکس آتشفشانی\_ رسوبی دورکان تشکیل شده و به علت همراهی سنگ های ولکانیکی مافیک که اغلب از جنس بازالت و آندزیت بازالت هستند با حجم قابل توجهی از رسوبات آواری دگرگون شده (سیلیسی کلاستیک مافیک) که شامل متاپلیت، آهک های چین خورده، کالک شیسست و کلریت شیسست می باشد و همچنین وجود رخساره های مختلف، استرینگر و مجموعه دهانه ای به صورت قطع کننده و رخساره کانسنگ توده ای در پهنه چینه سان به صورت صفحه ای شکل همروند با سنگ میزبان و نوع پهنه بندی دگرسانی و نیز بررسی داده های ژئوشیمی که ماهیت تولییتی تا ساب آلکالن بودن سنگ های ولکانیکی را در یک محیط کمانی تایید می کند، بیشترین شباهت را با ذخایر تیپ بشی دارد (شکل ۸-۶) و (جدول های ۸-۲ و ۸-۳).

کانسار مس رمشک غنی از مس و آهن می باشد و بالا بودن مس و آهن در این کانسار مرتبط با نفوذ فاز غنی از مس و آهن می باشد که غنی شدگی مس به صورت کانی کالکوپیریت در رخساره استرینگر و غنی شدگی آهن در رخساره مجوعه دهانه ای به صورت فراوانی مگنتیت قابل مشاهده می باشد.



شکل ۸-۶- موقعیت نمونه های سنگی مربوط به افق های کانه زایی کانسار رمشک در یک سامانه سولفید توده ای آتشفشانزاد تیپ سیلیسی کلاستیک مافیک. بر اساس تقسیم بندی ذخایر VMS از (Galley et al., 2007).



جدول ۸-۲- مقایسه کانسار رمشک با ویژگی‌های انواع کانسارهای سولفیده توده‌ای آتشفشانزاد (VMS).

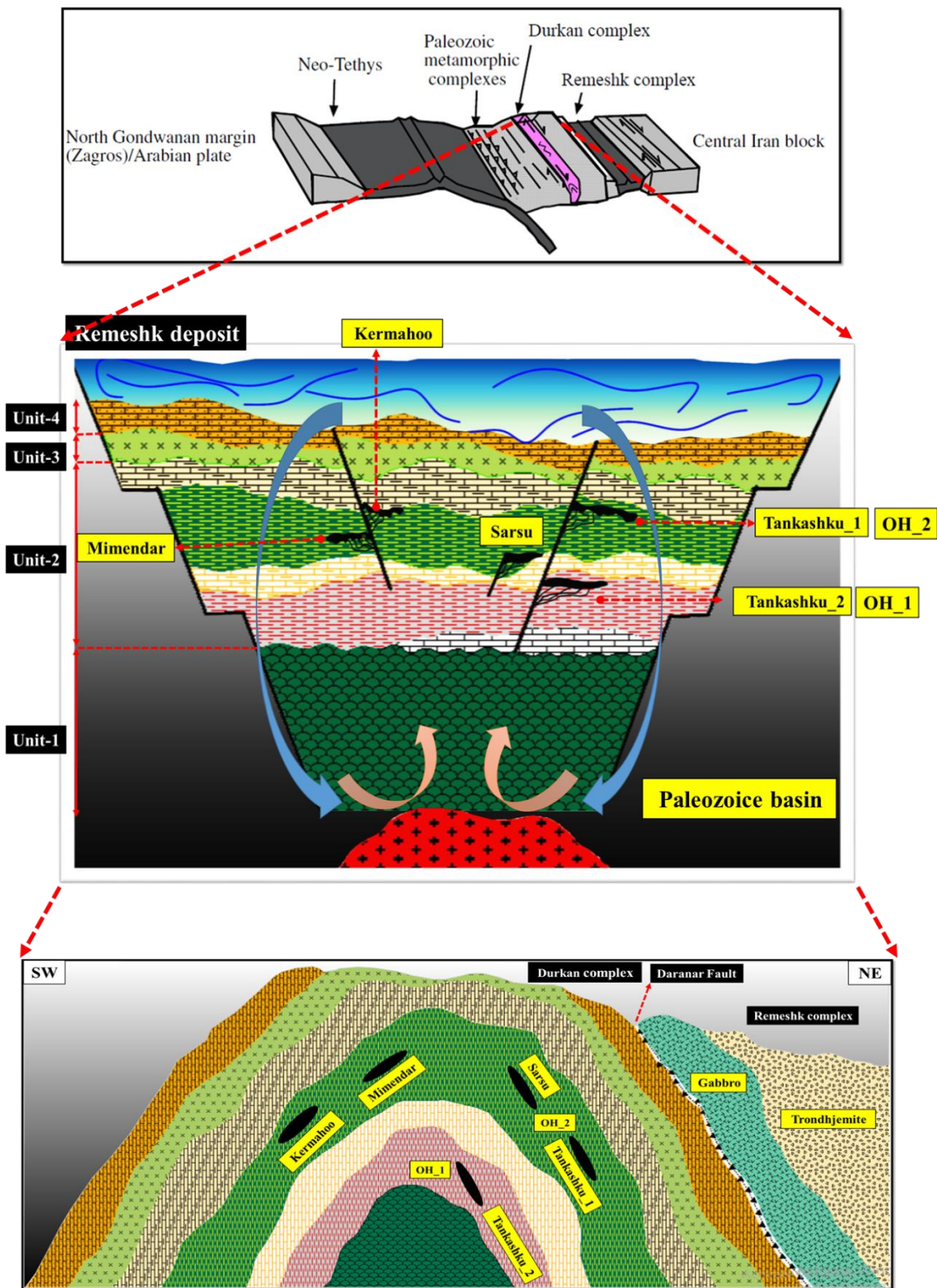
ویژگی‌های شاخص	کانسار رمشک	تیپ سیلیسیکلاستیک (Bathurst) فلسیک	تیپ بایمدال فلسیک (Kuroko)	تیپ بایمدال مافیک (Noranda)	تیپ پلیتیک مافیک (Besshi)	تیپ مافیک-الترامافیک (Cyprus)
محیط تکتونیکی	حوضه کمان قاره‌ای	کمان و پشت کمان	کمان و پشت کمان	کمان‌های نوظهور اقیانوسی	پشت کمان، ریف‌های قاره‌ای	پشته‌های میان اقیانوسی، پشت کمان
سنگ‌های میزبان و همراه	متابازالت_آندزیت، بازالت، متاپلیت، کلریت‌شیبست و کالک‌شیبست	داسیت، ریولیت و شیل سیاه	ریولیت و داسیت و سنگ‌های آذرآواری فلسیک	بازالت، آندزیت و آذرآواری	بازالتی آندزیت-بازالتی، شیل، سیلتستون سیاه، ماسه سنگ	بازالت‌های بالشی و سنگ‌های الترامافیک
کانی‌های معدنی	پیریت، کالکوپیریت و اسفالریت و مگنتیت	اسفالریت، گالن، پیریت، کالکوپیریت، تتراهدريت	اسفالریت، گالن، پیریت، کالکوپیریت، تتراهدريت	پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، تتراهدريت	پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، مگنتیت، پیرویت	پیریت، کالکوپیریت
کانی‌های باطله	کوارتز، کلسیت، باریت، کلریت، اپیدوت	کربنات، کوارتز، سربیسیت، باریت	باریت فراوان، کوارتز	کلریت، کوارتز، کربنات	کلریت، کوارتز، سربیسیت، اپیدوت	کوارتز، کلریت
عناصر فلزی	Cu-Fe-Zn	Zn-Pb-Cu	Pb- Zn	Cu-(Zn)	Cu- Zn	Cu
دگرسانی	کلریتی، اپیدوتی، سیلیسی -کربناتی، آرژلیک	کلریتی، سربیسیتی، سیلیسی، کلریتی، کلسیتی	سربیسیتی، سیلیسی، کلریتی	کلریتی و سربیسیتی	کلریتی، سیلیسی، سربیسیتی، اپیدوتی	کلریتی، سیلیسی، سربیسیتی
مثال از تیپ‌های مشابه در ایران	تحقیق حاضر	کانسار چاه‌گز (Mousivand et al., 2011) موسیوند و همکاران (۱۳۹۰)	کانسار باریکا (تاج‌الدین و همکاران، ۱۳۸۹)، کانسار ورن‌دان (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۶)	کانسار سرگز (Badrzadeh et al., 2011)	کانسار بوانات موسیوند و همکاران (۱۳۹۵) و کانسار نوده مغفوری و همکاران، ۱۳۹۳	کانسارهای شیخ‌عالی (Rastad et al., 2012) قزل‌داش (امام‌علی‌پور و مسعودی، ۱۳۷۶)

جدول ۸-۳- مقایسه ویژگی‌های کانسار رمشک با کانسارهای سولفیده توده‌ای آتشفشانزاد نوع بشی در ایران و جهان.

مهم ترین خصوصیات کاننه‌زائی	کانسار رمشک	کانسار مس روی بوانات	کانسار مس روی نوده	کانسار گرماب پایین	کانسار Windy Craggy در کانادا	کانسار Zeybek در ترکیه
محیط تکتونیکی	ریفت درون کمانی حاشیه قاره	مراحل آغازین ریفت درون کمانی	پشت کمان (Back-arc)	پشت کمان (Back-arc)	پشت کمان (Back-arc)	پشت کمان (Back-arc)
سنگ‌های میزبان و همراه	متابازالت_ آندزیت بازالت، متاپلیت، کلریت شیست و کالک شیست	متابازالت (کلریت شیست‌ها)، سنگ های تخریبی با ماهیت توربیدی تا گری واک	گدازه‌های آلکالی الیوین بازالت، ماسه سنگ سیلتی_توفی، توف و شیل_توفی	تراکی آندزیت، آندزیت بازالت، آهک پلاژیک، سیلستون	بازالت، متاگرینوک، کوارتزیت، متاپلیت	متابازالت، شیل، اکتینولیت شیست، فیلیت و آهک
سن کاننه‌زائی	کرتاسه	ژوراسیک زیرین	کرتاسه پسین	کرتاسه پسین	تریاس بالایی	ژوراسیک
شکل هندسی پیکره‌های معدنی	ورقه‌ای شکل	چینه‌سان، نازک لایه و ورقه‌ای شکل	ورقه‌ای شکل	ورقه‌ای شکل	چینه‌سان، ورقه ای شکل	ورقه ای شکل
ساخت و بافت	رگه- رگچه‌ای، توده‌ای، دانه- پراکنده، برشی و جانشینی	نواری، توده‌ای، نیمه توده‌ای لامینه ای ودانه پراکنده	توده‌ای، نواری زیاد، دانه‌پراکنده، رگه ای	رگه _رگچه ای توده‌ای، لامینه	نواری، توده‌ای، رگه _رگچه ای	نواری، توده‌ای، جانشینی
کانی‌های معدنی	پیریت، کالکوپیریت و اسفالریت و مگنتیت	پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، مگنتیت، بولانژیت و بورنیت	پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، مگنتیت، بولانژیت و بورنیت	پیریت، مس خالص، کالکوپیریت و مگنتیت	پیریت، پروتیت، کالکوپیریت، اسفالریت و گالن	پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت
کانی‌های باطله	کوارتز، کلسیت، باریت، کلریت، اپیدوت	کوارتز، کلریت، کلسیت، گرافیت و آنکرت	کربنات، کوارتز، سرسیت، کلریت، باریت ناچیز	کوارتز، کلریت، سرسیت	کلسیت، کوارتز، کلریت	کوارتز، کلسیت، کلریت، اپیدوت
پهنه‌بندی فلزی	Cu-Fe-Zn	Cu-Zn	Cu-Zn	Cu-Ag	Cu-Co-Au	Cu- Zn
دگرسانی	کلریتی، اپیدوتی، سیلیسی - کربناتی، آرژلیک	کلریتی، سرسیتی، سیلیسی، کربناتی	کلریتی، سیلیسی، سرسیتی و اپیدوتی	کلریتی، سیلیسی، سرسیتی	کلریتی، سیلیسی، آرژلیک	کلریتی، اپیدوتی، سیلیسی -آلیتی
مراجع	تحقیق حاضر	موسیوند(۱۳۸۹)، Mousivand et al., 2012)	مغفوری وهمکاران،(۱۳۹۰) مغفوری، (۱۳۹۰)	طاشی و همکاران، (۱۳۹۳)	(Peter et al.,1999)	(Günay et al., 2019)

## ۸-۹- بازسازی حوضه کمپلکس دورکان و جایگاه کانسارمس رمشک در آن

بر اساس مطالعات زمین شناسی، سنگ شناسی، کانی شناسی، شکل هندسی، بافت و ساخت ماده معدنی و مطالعات ژئوشیمیایی، مراحل زیر را میتوان برای کانه زایی مس در توالی دگرگونی کمپلکس دورکان در منطقه رمشک در نظر گرفت. بر اساس مطالعات ژئوشیمیایی بر روی سنگ میزبان کانه زایی و ماهیت تولئیتیک سنگ های ولکانیکی در منطقه نشان می دهد، کانسار مس رمشک از لحاظ جایگاه تکتونیکی در حوضه های کششی نزدیک کمان های آتش فشانی مرتبط با فرورانش حاشیه قاره تشکیل شده است. بنابراین کانه زایی VMS در منطقه رمشک در زمان کرتاسه و در محیط های کمانی حاشیه قاره ای ناشی از فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر پوسته قاره ای ایران رخ داده است. در منطقه دورکان ایجاد یک حوضه کششی در محیط کمانی سبب بالآمدن بازالت ها و در ادامه با تشکیل واحدهای رسوبی شیلی و آهکی سبب ایجاد یک محیط آتش فشانی رسوبی شده است. در این زمان در اثر ایجاد گسل های همزمان با رسوب گذاری جریان های همرفتی آب دریا در طول این گسل ها و داغ شدن آنها در عمق سبب ایجاد سیالات داغ و شور شده که فلزات و عناصر کانسنگ ساز را از سنگ های آتش فشانی-رسوبی کمرباطین شسته و وارد واحدهای متابازالتی و شیستی میزبان ته نشست کرده و باعث ایجاد کانه زایی در منطقه رمشک شده است (شکل ۸-۷).



شکل ۸-۷- بازسازی در منطقه کمپلکس دورکان و جایگاه کانساره‌های سولفید توده‌ای آتشفشان‌زاد مس رمشک در آن، (بدون مقیاس).

## ۸-۱۰- توزیع زمانی و مکانی کانسارهای تیپ سولفید توده‌ای آتشفشانزاد در ایران

با توجه به گسترش سنگ‌های آتشفشانی و توالی‌های آتشفشانی - رسوبی در ایران، بحث مطالعه و اکتشاف کانه‌زایی‌های سولفید توده‌ای می‌تواند بسیار جدی باشد چرا که مطالعات انجام گرفته تاکنون نشان می‌دهد که کشور ما از پتانسیل بالایی از این تیپ نهشته‌ها برخوردار است (موسیوند،

۱۳۸۹) (شکل ۸-۸)

(Mousivand et al., 2012) نهشته‌های سولفید توده‌ای آتشفشانزاد ایران را با توجه به تقسیم بندی

(Franklin et al., 2005) به تیپ‌های گوناگون زیر شامل پنج تیپ مافیاک، پلیتیک مافیاک،

بایمدال مافیاک، بایمدال فلسیک و سیلیسی کلاستیک فلسیک) رده بندی نمود.

۱- مافیاک یا تیپ قبرس: شامل نهشته‌های موجود در آمیزه‌های رنگین شامل کانسارهای شیخ عالی در شمال استان هرمزگان و احمدآباد و زورآباد خوی، زاغ دره و مسگران.

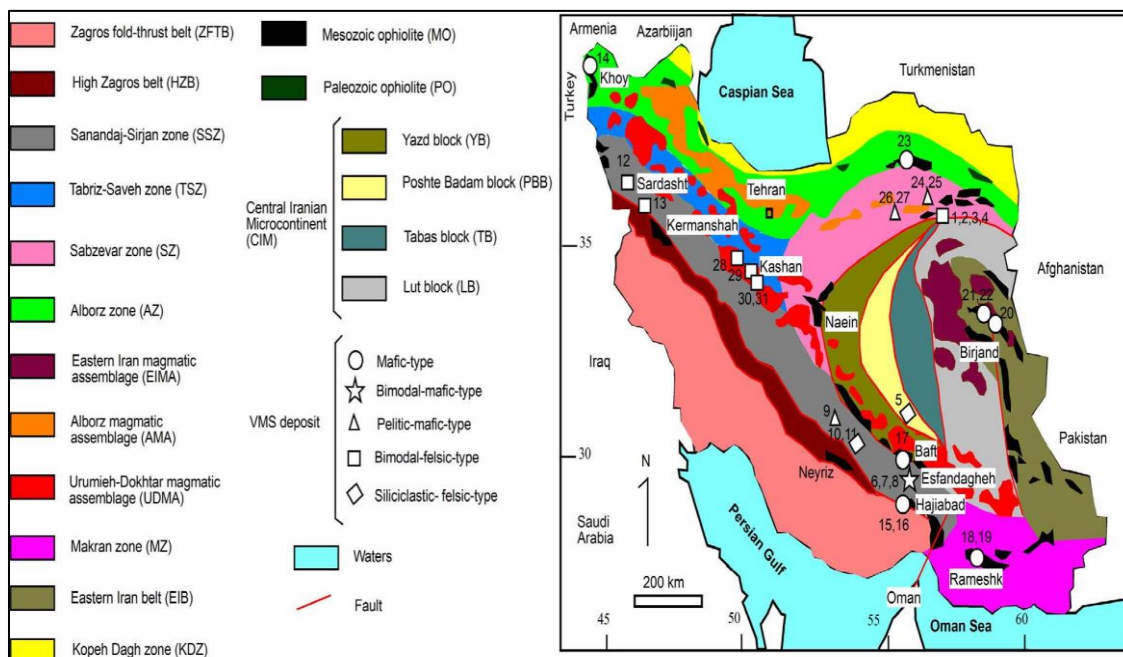
۲- بایمدال مافیاک یا تیپ نوراندا: شامل نهشته‌های منطقه سرگز و اسفندقه مانند نهشته‌های سرگز، قلعه ریگی و سیه معدن در پهنه سنندج سیرجان جنوبی.

۳- پلیتیک مافیاک یا تیپ بشی: شامل نهشته‌های بوانات در پهنه سنندج سیرجان، مس نوده و مس گرماب پایین در زیر پهنه سبزوار.

۴- بایمدال فلسیک یا تیپ کروکو: شامل نهشته‌های منطقه تکنار در پهنه ایران مرکزی، نهشته باریکا در پهنه سنندج سیرجان و نهشته‌های دره کاشان و قزآن در کمربند ارومیه دختر.

۵- سیلیسی کلاستیک فلسیک یا تیپ بتورست شامل نهشته‌های منطقه نوه کوهی در بلوک پشت بادام.





شکل ۸-۸- موقعیت نهشته‌های شناخته‌شده VMS ایران در نقشه پهنه‌های ساختاری مختلف (Alavi, 1991 and Aghanabati, 2003).

## ۸-۱۱- پیشنهادات اکتشافی

- با توجه به اینکه کانسار مس رمشک اولین کانسار شناخته شده از نوع VMS در کمپلکس دورکان است که در توالی دگرگونی پالائوزویک- کرتاسه بالایی گزارش شده است، پی جویی کانسارهای مشابه رمشک در این بلوک پیشنهاد می‌شود.
- تشخیص محل عبور گسل‌های هم‌زمان با رسوبگذاری، دگرسانی‌های کلریتی و اپیدوتی برای اکتشاف نهشته‌های سولفیدی توده‌ای آتشفشانزاد بسیار مهم است.
- انجام اقدامات اکتشافی بیشتر در زیر واحد Kvs-1 (میزبان افق یک کانه زایی)، در کانسارهای سرسو، میمندر، کرماهو در منطقه رمشک.
- انجام مطالعات ایزوتوپی جهت تشخیص دقیق منشأ گوگرد و مطالعات سن سنجی U-Pb در کانسارهای منطقه رمشک.

## منابع:

- آقاباتى س ع، (۱۳۸۳)، "زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور". ص ۵۸۶.
- آقاباتى س ع، (۱۳۸۵)، "زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور" ص ۵۸۶.
- امامعلی پور ع، مسعودی ج، (۱۳۷۶)، "اولین مورد از کانه‌زائی سولفید توده‌ای تیپ قبرس در منطقه قزل داش خوی"، اولین همایش زمین شناسی ایران، تهران، ایران.
- تاج‌الدین ح، راستاد ا، یعقوب پور ع. و محجل م، (۱۳۸۹) " سنگ‌زایی، ژئوشیمی و نقش دگرشکلی در کنترل الگوی پراکندگی عناصر کانه‌ساز در کانسار سولفید توده‌ای غنی از طلای باریکا، خاور سردشت، سنندج- سیرجان شمالی"، فصلنامه علوم زمین، شماره ۸۳، صفحات ۱۴۱-۱۵۶.
- تمسکی ح، اسماعیلی ع، حسینجانی زاده، م و هنرمند م، (۱۳۹۳) " شناسایی کانسار ماسیو سولفید رمشک با استفاده از داده های سنجنده استر در جنوب استان کرمان" سی و دومین گردهمائی علوم زمین
- راستین م، (۱۳۷۹)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "ژئوشیمی و پترولوژی کمپلکس افیولیتی مختارآباد- رمشک واقع در زون مکران جنوب شرق کرمان" دانشکده علوم- بخش زمین شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- رجبی ع ر، (۱۳۸۷)، پایان نامه کارشناسی ارشد، "زمین شناسی، کانی‌شناسی، ساخت و بافت، ژئوشیمی و وزن‌کانسار روی-سرب چاه میر، جنوب بهاباد(استان یزد)، دانشگاه تربیت مدرس. زمین شناسی ناحیه شماره یک پروژه شرق ایران، شماره ۷۵.
- سازمان زمین شناسی، (۱۳۶۴). داده‌های ژئوشیمیایی آبراه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ قلعہ منوجان، گزارش زمین شناسی ناحیه شماره یک پروژه شرق ایران، شماره ۷۵.
- طاشی، م، موسیوند، ف، قاسمی، ح، (۱۳۹۶)، " کانه زایی مس- نقره سولفید توده‌ای آتشفشان‌زاد نوع بشی در توالی آتشفشانی- رسوبی کرتاسه پسین: مثال موردی کانسار گرماب پایین، جنوب شرق شاهرود". مجله زمین شناسی اقتصادی، ج. ۹، ص. ۲۱۳-۲۳۳.

طاشی، م.، موسیوند، ف.، قاسمی، ح.، (۱۳۹۶)، " کانه زایی مس- نقره سولفید توده‌ای آتشفشان‌زاد نوع بشی در توالی آتشفشانی- رسوبی کرتاسه پسین: مثال موردی کانسار گرماب پایین، جنوب شرق شاهرود". مجله زمین شناسی اقتصادی، ج.۹، ص. ۲۱۳-۲۳۳.

مغفوری م، (۱۳۹۰)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد: " زمین شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانه زایی مس در توالی آتشفشانی- رسوبی کرتاسه پسین در جنوب غرب سبزوار با تأکید بر کانسار نوده"، دانشگاه تربیت مدرس.

منظمی میر علیپور، ع، (۱۳۷۷)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد: "زمین شناسی، کانی‌شناسی و ژنز کانسار سولفید توده‌ای مس شیخ عالی(جنوب شرق دولت آباد)" ، دانشگاه تربیت مدرس.

موسیوند ف.، ۱۳۸۵، مطالعه مقدماتی ویژگی‌های کانه زایی محدوده‌های معدنی رمشک، شرکت کاهنریا، ۱۳ صفحه.

موسیوند ف، (۱۳۸۲)، کانی شناسی: " ژئوشیمی و ژنز کانی زائی مس در مجموعه آتشفشانی- رسوبی سوریان، در منطقه بوانات، استان فارس"، دانشگاه تربیت مدرس.

موسیوند ف، (۱۳۸۹) ، رساله دکتری: " زمین شناسی، ژئوشیمی و الگوی تشکیل کانسار روی- سرب- مس چاه گز در جنوب شهر بابک و مقایسه آن با کانسار سولفید توده ای مس- روی -نقره بوانات در پهنه سنندج - سیرجان جنوبی"، زمین شناسی اقتصادی دانشگاه تربیت مدرس، ۵۰۵ صفحه.

موسیوند.ف.، راستاد، ا.، امامی.م.، پیترج، و سولومون، م.، (۱۳۹۵) ، " رخساره‌های کانسنگ، پهنه‌بندی دگرسانی و شرایط فیزیکوشیمیایی تشکیل کانسار سولفید توده‌ای مس- روی- نقره نوع بشی بوانات(جیان)، استان فارس"، فصلنامه علوم زمین، تهران، شماره ۹۹، صفحه ۶۱-۷۴.

نبوی ح، (۱۳۵۵)، " کتاب دیباچه ای بر زمین شناسی ایران". سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ص ۱۰۹.

نظری منوجان ا، (۱۳۹۴)، پایان نامه کارشناسی ارشد، "تعیین مناطق مستعد کانسارسازی مس در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ منوجان با استفاده از داده های استر و لندست ۸" دانشکده ی علوم\_ بخش زمین- شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

## References

- Badrzadeh, Z., Barrett, T.J., Peter, J.M., Gimeno, D., Sabzehei, M., Aghazadeh, M., (2011), "Geology, mineralogy and sulfur isotope geochemistry of the Sargaz Cu-Zn volcanogenic massive sulfide deposit, Sanandaj-Sirjan zone", *Iran. Journal of Mineralium Deposita*, 46: 905-923
- Barrie T. C., Taylor C., Ames D., 2005, Geology and Metal Contents of the Ruttan volcanogenic massive sulfide deposit, northern Manitoba, Canada, *Mineralium Deposita* (2005) 39: 795–812.
- Barrier, E., Vrielynck, B., 2008. Palaeotectonic Maps of the Middle East, Tectono Sedimentary–Palinspastic Maps from Late Norian to Piacenzian. Commission for the Geological Map of the World (CGMW), Paris.
- Cullers, R.L., Graf, J.L., 1984, Rare earth elements in igneous rocks of the continental crust: Intermediate and silicic rocks-Ore petrogenesis. In: P. Henderson (eds.), *Rare earth element geochemistry*, Elsevier, Amsterdam, p.275-316.
- Devine C. A, Gibson, H.L., Bailes, A.H., Maclachlan, K (2002), "Stratigraphy of volcanogenic massive sulphide-hosting volcanic and volcanoclastic rocks of the Flin Flon formation, Flin Flon.
- Dolati, A. (2010). Stratigraphy, structural geology and low-temperature thermochronology across the Makran accretionary wedge in Iran (Doctoral dissertation, ETH Zurich).
- Dostal J. strong D. F., 1982, Trace-element mobility during low-grade metamorphism and silicification of basaltic rocks from Saint John, New Brunswick: *Can. J. Earth. Sci.*, 20, p.431-435.
- F. Rastad E. Hoshino K. and Watanabe M. (2007) "The Bavanat Cu- Zn- Ag orebody, First recognition of a Besshi- McMillan W. J. and Panteleyev A. (1990). "Porphyry copper deposits, in: report, R. G. and sheahan, P. A., ed: ore deposit model: Geological Association of Canada. P.45-59.
- Farhoudi, G., & Karig, D. E. (1977). Makran of Iran and Pakistan as an active arc system. *Geology*, 5(11), 664-668.
- Franklin, J.M. Gibson, H.L. Galley, A.G. and Jonasson, I.R., (2005). Volcanogenic massive sulfide deposits. In: J.W. Hedenquist, J.F.H. Thompson, R.J. Goldfarb and J.P. Richards (Editors), *Economic Geology 100th Anniversary Volume*. Society of Economic Geologists, Littleton, Colorado, p.523-560.

- 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.
- Günay, K., Dönmez, C., Oyan, V., Baran, C., Çiftçi, E., Parlak, O., ... & Özkümüş, S. (2019). Geology, Geochemistry and Re-Os geochronology of the Jurassic Zeybek Volcanogenic Massive Sulfide Deposit (Central Pontides, Turkey). *Ore Geology Reviews*, 102994.
- Hellman. Ph. 2006, " Evaluation of the Potential for Copper Mineralisation in the Remeshk Area, Kerman – Sistan va Baluchestan Provinces, Islamic Republic of Iran". P: 37
- Hoy, T., 2005, Besshi massive sulphide, British Columbia Geological Survey, Victoria, B.C., Canada.
- Humphris S. E., 1984, "The mobility of the rare earth elements in the crust. In: P. Henderson (ed.), Rare earth element geochemistry, Elsevier, Amsterdam", p.3170-342.
- Kesler, S. E., Simon, A. C., & Simon, A. F. (2015). "Mineral resources, economics and the environment". Cambridge University Press
- Khadem N. (1964) "Type of copper deposit in Iran," in symposium on mining geology and the base metals central treaty organization, Ankara inclusion studies" Glasgow, Blackie and Son. 239p.
- Krauskopf K.P., Bird, D.K., 1996, Introduction to geochemistry, New York: McGraw-Hill.
- Lentz. D. (1998) "Petrogenetic evolution of felsic volcanic sequences associated with Phanerozoic volcanic- hosted massive sulphide systems: the role of extensional geodynamics" *OreGeology Reviews* 12, pp 289–327.
- Lottermoser B. G., 1992, "Rare earth elements and hydrothermal ore formation processes: *Ore Geology Reviews*", 7, p.25-41.
- Luders V. Pracejus B. Halbach P. (2001) "Fluid inclusion and sulfur isotope studies in probable modern.



- Maghfouri .S. Rastad. E. Mousivand. F . Lin Y. and Zaw .K. (2016),“ Geology, ore facies and sulfur isotopes geochemistry of the Nudeh Besshi-type volcanogenic massive sulfide deposit”, southwest Sabzevar basin, Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 125, pp.1-21.
- Malekzadeh A. Karimpour M.h and Mazaheri S. (2005) “Geology, mineralogy and geochemistry of Taknar polymetal (Cu-Zn-Au-Ag-Pb) deposit (Tak-I) in the Khorasan-Bardaskan” *Iran society crystallography and mineralogy*, number 2, p.253-272.
- McCall, G. J. H. & Eftekhari-nejad, J., 1994- Explanatory text of the Saravan quadrangle map: 1:250000, M13, 262pp.
- McCall, G. J. H. (1985). Area report east IRAN PROJECT-AREA NO:1(North Makran & south Baluchestan. Report , NO.57, Geological survey of Iran Theran. 634.
- McCall, G. J. H. 1983. *Mélange of the Makran, Southeastern Iran*. *Benchmark papers in Geology* 66: 292-299.
- McCall, G. J. H., 2002- A summary of the geology of the Iranian Makran. *Geol. Soc. London Spec. Publ.*, 195, 147-204
- McMillan W. J. and Panteleyev A. (1990). “Porphyry copper deposits, in: report, R. G. and sheahan, P. A., ed: ore deposit model: Geological Association of Canada. P.45-59.
- McMillan W. J. and Panteleyev A. (1990). “Porphyry copper deposits, in: report, R. G. and sheahan, P. A., ed: ore deposit model: Geological Association of Canada. P.45-59.
- Mittermayr F. (2013). “Pyrite as a record of hydrothermal fluid evolution in a porphyry copper system: A SIMS/EMPA trace element study” *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 104, pp.42-62.
- Morgan. K. (1983a), Rameshk geological map, scale 1:100000, geological survey of Iran, map no. 7743.
- Morgan. K. (1983b), Fanouj geological map, scale 1:250000, Geological Survey of Iran, map no. 7943.
- Moslempour, M. E., Khalatbari-Jafari, M., Ghaderi, M., Yousefi, H., & Shahdadi, S. (2015). "Petrology, geochemistry and tectonics of the extrusive sequence of

- Fannuj-Maskutan ophiolite, Southeastern Iran". *Journal of the Geological Society of India*, 85(5), 604-618.
- Mousivand M., Rastada E., Meffre S., Peter J., Solomon M and Khin Zaw, 2011, "U–Pb geochronology and Pb isotope characteristics of the Chahgaz volcanogenic massive sulphide deposit, southern Iran", *International Geology Review* Vol. 53, No. 10, 20, 1239–1262.
- Mousivand, F., Rastad, E., Meffre, S., Peter, J., Mohajjel, M., Zaw, K., Hashem Emami, H., 2012, Age and tectonic setting of the Bavanat Cu–Zn–Ag Besshi-type volcanogenic massive sulfide deposit, southern Iran, *Miner Deposita* DOI10.1007/s00126-012-0407-6.
- Ohmoto H., (1996) Formation of volcanogenic massive sulfide deposits: the Kuroko perspective. *Journal of Ore geology reviews*, 10, 135-177.
- Ohmoto. H. and Goldhaber. M.B. (1997), " Sulfur and carbon isotopes. In Barnes, H.L. (Ed.), *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, 2nd ed. Wiley, New York, PP. 517-611.
- Omrani. H. Moazzen. M. Oberhansli. R. Moslempour. M.E, (2017), "Iranshahr blueschist: subduction of the inner Makran oceanic crust. *J. Metamorph. Geol.* 35, 373–392.
- Pearce J. A., and Parkinson I. J., 1996, Trace element models for mantle melting: application to volcanic arc petrogenesis. In: Prichard, H.M., Albaster, T., Harris, N.B.W., Neary, C.R. (eds.), *Magmatic Processes in Plate Tectonics*, 76, Geological Society of London Special Publication, 373-403.
- Pearce, J.A., and Parkinson, I.J., 1996, Trace element models for mantle melting: application to volcanic arc petrogenesis. In: Prichard, H.M., Albaster, T., Harris, N.B.W., Neary, C.R. (eds.), *Magmatic Processes in Plate Tectonics*, 76, Geological Society of London Special Publication, 373-403.
- Peter J.M. and Scott S.D. (1999) "Windy Craggy, Northwestern British Columbia: the world largest Besshi- type deposit in Barrie" *Society of Economic Geologists*, V.8.
- Piercey S. (2010) "An overview of petrochemistry in the regional exploration for volcanogenic massive sulfide deposits" *Geochemistry exploration*, Vol, 10, p. 119- 136.

- Piercey S. (2011) "The setting, style, and role of magmatism in the formation of volcanogenic massive sulfide deposits" *Miner Deposita*, 46:449–471.
- Rajabi A. Rastad. E. Canet. and C. Alfonso. P.(2015)," The early Cambrian Chahmir shale-hosted Zn–Pb deposit, Central Iran: an example of vent-proximal SEDEX mineralization", *Mineralium Deposita*, 50(5):571-590.
- Ramdohr P. (1980) "The ore minerals and their intergrowths, 2nd edn" International Series in Earth Sciences 35.Reich M., Deditius A., Chryssoulis S., Li J.W., Ma C.Q., Parada M.A., Barra F.,
- Rastad E. Monazami Miralipour. A. Momenzadeh.M. (2012)," Sheikh-Ali copper deposit, A Cyprus-type VMS deposit in southeast Iran, *Journal of Sciences*", Islamic Republic of Iran,13: 51-63.
- Reagan, M.K., and Gill, J.B., 1989, Co-existing calc-alkaline and high niobium basalts from Turrialba volcano, Costa Rica: implication for residual titanites in arc magma source, *Journal of Geophysical Research* 94: 4619-4633.
- Rollinson H. R., 1993, *Using geochemical data: evolution, presentation, interpretation.* London, UK. 652 P.
- Rollinson H.R., 1993, *Using geochemical data: evaluation, Presentation, interpretation,* Longman, UK., 352p.
- Saccani, E., Delavari, M., Dolati, A., Marroni, M., Pandolfi, L., Chiari, M. and Barbero, E., 2018. New insights into the geodynamics of Neo-Tethys in the Makran area: Evidence from age and petrology of ophiolites from the Coloured Mélange Complex (SE Iran). *Gondwana Research*, 62, pp.306-327.
- Sánchez-España, J., Velasco, F., & Yusta, I. (2000) Hydrothermal alteration of felsic volcanic rocks associated with massive sulphide deposition in the northern Iberian Pyrite Belt (SW Spain). *Applied Geochemistry*, 15, 1265-1290.
- Scott, S.D., (1997) *Submarine hydrothermal systems and deposits*, in Barnes, H.L., ed., *Geochemistry of hydrothermal ore deposits: New York, John Wiley and Sons, Inc.*, 3rd. p. 797-875.
- Shafiei B. Haschke M. and Shahabpour J. (2009) "Recycling of organic arc crust triggers porphyry Cu mineralization in Kerman Cenozoic arc rocks, southeastern Iran," *miner Deposit* 44: pp 256- 283.
- Sheikholeslami M.R., Pique, A., Mobayen, P., Sabzehei, M., Bellon, H., Hashem Emami, M., 2008. Tectono-metamorphic evolution of the Neyriz metamorphic

- complex, Quri-Kor-e-Sefid are(Sanandaj-Sirjan Zone, SW Iran). *Journal of Asian Earth Sciences* 31, 504-521.
- Shepherd T.J. Rankin. A.H. and Alderton, D.H.(1985) “ A practical guide to fluid inclusion studies” Glasgow, Blackie and Son. 239p.
- Titley S. R. (1981). Geologic and geotectonic setting of porphyry copper deposits in the southern Cordillera. *Arizona Geological Society Digest*, 14, 79-97.
- Tornos F. Peter.J.M., Allen.R., Conde.C.(2016)“ Carmen Conde Controls on the siting and style of volcanogenic massive sulphide deposits” *Ore Geology Reviews*, Accepted Manuscript. S0169-1368(15)00005-0.
- Van den Kerkhof A. M. Hein. U.F. (2001) “Fluid inclusion petrography”. *Lithos*, 55(1), pp.27-47.
- Wiesheu R., & Hein U. F. (1998). The history of fluid inclusion studies. Toward a history of mineralogy, petrology and geochemistry. *Algorismus, Studien zur Geschichte der Mathematik und der Naturwissenschaften*, 23, 309-325.
- Wilkinson J.J. (2001) Fluid Inclusions in Hydrothermal Ore Deposits. *Lithos*, 55, 229-272.
- Xu Q. Songn X., 1995, Trace and rare earth geochemistry of host rocks from VHMS Blakema ,deposits, in NW China, in Pasava, Kribek and Zak, mineral deposits Rotterdam, p.249- 252.
- Yıldırım N., Dönmez, C., Kang, J., Lee, I., Pirajno, F., Yıldırım, E., & Chang, S. W. (2016). A magnetite-rich Cyprus-type VMS deposit in Ortaklar: A unique VMS style in the Tethyan metallogenic belt, Gaziantep, Turkey. *Ore Geology Reviews*, 79, 425-442.

## **Abstract**

Copper mineralization in the Rameshk area, occurred in the South East of Kerman province, in the Cretaceous Durkan metamorphic complex, Makran structural zone, and includes Tankashku 1 and 2, sarsu, Mimandar and Kermahoo deposits. The Durkan metamorphosed volcano-sedimentary sequence mainly consists of the following units from bottom to top: Unit 1: pillow basaltic lava, Unit 2: includes metabasalt, basaltic andesite with calc schist, chlorite schist, metapelite and radiolarite (ore-bearing host unit) with subunits of laminar and thick-bedded limestones composed of four subunits. Unit 3: includes metamorphosed green tuffs, Unit 4: includes sandy limestone. Degree of the regional metamorphism in the Durkan complex is the green schist facies. In general, two ore-bearing horizons are detectable in the region: first ore horizon (OH-1): within the Kvs-1 subunit occurred in the second unit of the host sequence and comprises Tankashku 2 deposit. Second ore horizon (OH-2): within the Kvs-2 subunit occurred in the second unit of the host sequence and includes the Tankashku 1, sarsu, Mimandar, and Kermahoo deposits. Ore textures and structures are dominated by massive, brecciated, vein-veinlets and disseminated. Based on mineralogical, textural and structural studies and relationship between ore and the host rocks, three ore facies can be identified in the Rameshk copper ore deposits, from bottom to top: 1) vein-vein facies or stringer zone; this facies as a network of irregular ore vein-veinlets cross cuts through footwall host rocks, 2) vent-complex facies, this facies is located between the massive and stringer facies, which is observed as brecciated ore above the vein-vein facie, and 3) Massive ore facies as tabular orebodies located above the vent complex and stringer facieses. Mineralogically, these deposits are composed of primary minerals of pyrite, chalcopyrite, sphalerite, magnetite, hematite (specularite) and titanite, and secondary minerals of malachite, cavollite and iron oxide- hydroxides, and gangue minerals mainly involve quartz, calcite, chlorite, epidote and barite. The most important alterations include chloritic, silicic-carbonatic, epidotic and argillic. Geochemical studies on the host rocks reveal th tholeiitic nature of the volcanic rocks in the area. Copper mineralization in the Rameshk region occurred in extensional basins near the volcanic arcs associated with subduction in a continental margin. According to geochemical studies, the ores are rich in copper and iron, and the amount of zinc and lead is lower. In this deposit, iron has the highest amount in the vent complex, about 10 wt%. Also, the highest amount of copper belongs to the stringer facies, and is 5.8 wt%. The highest amount of zinc and lead belong to the lower parts of the massive ore, about 1450 and 4500 ppm, respectively. According to the microthermometry of fluid inclusions on quartz from the Sarsu deposit, the liquid-vapor (L+V) and liquid-rich single-phase (L) inclusions are dominate and show a salinity range of 1 to 15 wt.% eq. NaCl, with the highest frequency of 4-7 wt.%. Homogenization temperature is between 110 and 220 °C, with the highest frequency from 160 to 180 °C. Considering the basic features of ore mineralization in the Rameshk district, including tectonic setting, host mineralization sequence, ore-bearing facies, geometry of orebodies, mineralogy, ore textures and structures, metal content, metal and alteration zonation, copper mineralization in the Rameshk region can be classified as Besshi (siliciclastic mafic or pelitic mafic.-type volcanogenic massive sulfide (VMS) deposits.

**Keywords:** Durkan Complex, copper, VMS, Besshi, Cretaceous, Rameshk.





Shahrood University of Technology  
**Faculty of Earth Sciences**  
**M.Sc. Thesis in Economic Geology**

**Mineralogy, geochemistry and genesis of Rameshk Copper deposits, South-East of Kerman**

**By: Poorya Valikhani**

**Supervisor:**

**Dr. Fardin Mousivand**

**Advisor:**

**Dr. Habibollah Ghasemi**

September 2019