



سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

معاونت اکتشاف

مدیریت امور اکتشاف

گروه اکتشافات فلزی

گزارش پی جویی مس رسوبی در محور کدکن - ششتمد (شمال تربت حیدریه)

مجری طرح: ناصر عابدیان

مجری فنی طرح: بهروز برنا

ناظر علمی: محمدباقر دری

توسط: رسول سپهری راد

پائیز ۱۳۸۸

تشکر و قدردانی

سپاس و ستایش پروردگار عزوجل را که توفیق انجام این پروژه را عنایت فرمود تا قدمی هر چند کوچک در راه استقلال کشور عزیزمان برداشته شود.

همکاران و عزیزان زیادی مرا در اجرا و انجام هرچه بهتر و مناسب‌تر این طرح یاری نموده‌اند که لازم می‌دانم از زحمات و حسن همکاری و مساعدت ایشان تشکر و قدردانی نمایم.

- از آقای مهندس ناصر عابدیان معاونت محترم اکتشافات معدنی سازمان زمین‌شناسی و از آقای مهندس بهروز برنا مدیریت محترم امور اکتشاف که نهایت همکاری و حسن نظر را در اجرای هر چه بهتر این طرح داشته و شرایط لازم اجرای آنرا فراهم آورده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

- از آقای مهندس دُری ناظر محترم این پروژه که در طول اجرای آن چه در عملیات صحرایی و چه در مسائل علمی راهنمایی‌های ارزنده‌ای داشته‌اند نیز سپاسگزاری می‌نمایم.

- طی انجام این طرح در تمام مأموریت‌ها و مطالعات صحرایی از امکانات سازمان زمین‌شناسی مرکز مشهد (اعم از اتومبیل صحرایی، راننده و وسایل کمپ) استفاده گردید که بدینوسیله از ریاست محترم مرکز مشهد جناب مهندس روشن‌روان و سایر همکاران اداری ایشان کمال تشکر را دارم. هم‌چنین لازم می‌دانم تا از همکاران بخش نقلیه آن مرکز بخصوص آقایان حیدری و پاکروان که در مأموریت‌های صحرایی نهایت همکاری را با اینجانب داشته‌اند، تشکر نمایم.

- طی عملیات صحرایی در ورقه‌های مختلف ادارات و عزیزان زیادی در فراهم آوردن کمپ مناسب و سایر امکانات با اینجانب حسن همکاری و مساعدت داشته که لازم می‌دانم از ایشان نهایت تشکر و سپاسگزاری را بنمایم که عبارتند از:

- فرمانداری‌های محترم شهرستان تربت حیدریه و شهرستان سبزوار.

- بخش‌داری‌های محترم کدکن (آقای خسروی)، رباط سنگ (آقای وفایی‌نژاد)، روداب (آقای کلاته).

- ریاست محترم اداره جهاد کشاورزی بخش رباط سنگ.

- روسای محترم ادارات آموزش و پرورش بخش‌های کدکن و روداب.

- از همکاران خود در بخش‌های مختلف سازمان بویژه همکاران معاونت امور آزمایشگاه‌ها که بخشی از زحمات انجام این طرح بر عهده ایشان بوده است نیز تشکر می‌نمایم.

- زحمت تایپ این گزارش بر عهده خانم اکرم سجادیان می‌باشد که از ایشان نیز صمیمانه قدردانی می‌نمایم.

رسول سپهری‌راد

پائیز ۱۳۸۸

چکیده

گزارش حاضر در ارتباط با پی جویی افق های رسوبی در ورقه های ۱:۱۰۰۰۰۰ (به ترتیب از غرب به شرق) دارین، ششتمد، شامکان، کدکن، رباط سفید و بخشهایی از شمال ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ تربت حیدریه برای کانی سازی مس با میزبان رسوبی است. افق های مذکور واحدهای ماسه سنگی - مارنی قرمز رنگ با میان لایه های ضخیم و صخره ساز کنگلومرا متعلق به ائوسن - الیگوسن که به صورت نواری از جنوب ورقه ششتمد تا منتهی الیه جنوب شرقی ورقه رباط سفید گسترش دارند، میزبان کانی سازی مس رسوبی در منطقه می باشند.

در گستره ورقه دارین و بخش هایی از شمال غربی ورقه ششتمد ماهیت و نوع کانی سازی های مس با دیگر ورقه ها متفاوت می باشد. در این دو ورقه کانی سازی مس همراه با سنگهای ولکانیکی - رسوبی و توفهای کرتاسه بالایی صورت گرفته است که بصورت نوار ولکانیکی از جنوب غرب ورقه دارین شروع و تا شمال غرب ورقه ششتمد ادامه می یابد. کانی سازی مس با میزبان رسوبی عمدتاً بصورت پراکنده و گاهی کلو فرم و محدود به افق های میزبان رسوبی بوده و شامل کالکوسیت، کولیت، مالاکیت، بورنیت، آزوریت و پیریت (عمدتاً اکسید شده در سطح) می باشد. فرم کانی سازی بصورت عدسی و از نوع استراتیفرم می باشد و تیپ کانی سازی در منطقه مورد مطالعه از نوع کانسارهای مس با میزبان طبقات قرمز (Sediment-hosted stratiform copper deposits) می باشد.

با توجه به مطالعات صحرایی در ورقه های (به ترتیب از غرب به شرق) ششتمد، شامکان، کدکن، رباط سفید و تربت حیدریه) میزان کانی سازی در مناطق میانی یعنی در ورقه کدکن و به مقدار کمتر در بخشهای شمالی ورقه تربت حیدریه بیشتر از ورقه های اطراف بخصوص به سمت ورقه های شامکان و ششتمد می باشد.

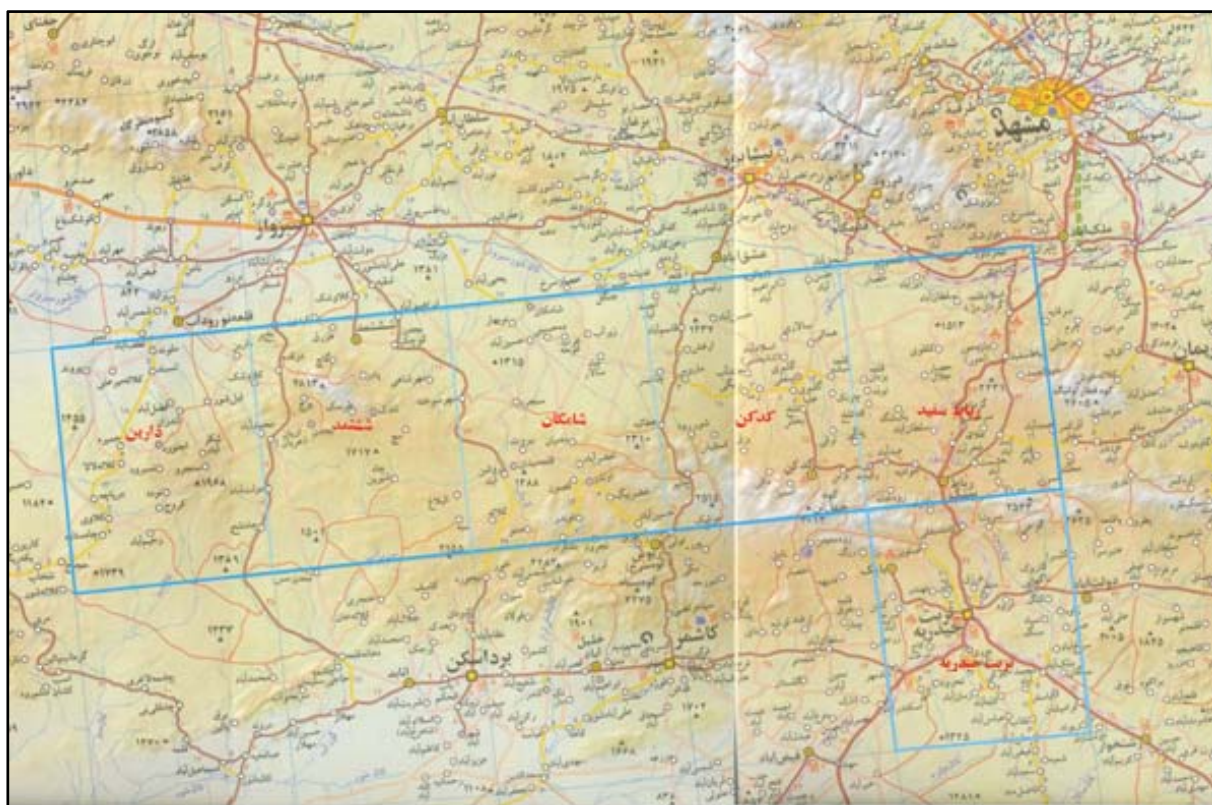
رخنمون طبقات سرخ رنگ (Red bedds) که حاوی بخش های کانه دار می باشد (EOS)، در اطراف روستای نسر به پایان می رسد ضخامت متوسط آنها در حدود ۳۰ سانتیمتر و گسترش طولی آنها از آخرین نقطه ای که کانی سازی مس رسوبی در غرب ورقه کدکن مشاهده شده تا این بخش (انتهای جنوب شرقی ورقه رباط سفید) به ۶۵ کیلومتر می رسد. کانی سازی در این فاصله کم و بیش به طور پراکنده و منقطع مشاهده می شود و حداکثر رخنمون پیوسته افق های مس دار کمتر از ۵۰ متر است.

فصل اول

کلیات

۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه

منطقه مورد مطالعه در ۱۱۰ کیلومتری جنوب مشهد و ۳۰ کیلومتری شمال تربت حیدریه واقع است. دسترسی به منطقه از طریق جاده آسفالتی مشهد- تربت حیدریه امکان پذیر است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی ورقه های بررسی شده و راههای دسترسی به آنها را نشان می دهد.



شکل ۱- موقعیت ورقه های مطالعه شده و راههای دسترسی به آنها

۱-۲- مطالعات انجام شده پیشین

در ارتباط با موضوع این گزارش که پی‌جویی کانی‌سازی مس با میزبان رسوبی در محدوده شمال شرق تربت حیدریه تا بخش‌های جنوبی شهرستان سبزوار می‌باشد، بجز گزارش اکتشاف چکشی ورقه کدکن (آقایان درّی و صادقی ۱۳۷۷) که در آن به این نوع کانی‌سازی (در جنوب غرب اسفیز) اشاره شده است، مطلب دیگری وجود ندارد. آخرین مطالعات اکتشافی در منطقه در قالب اکتشافات چکشی در ورقه‌های ۱۰۰۰۰۰ کدکن، شامکان، ششتمد و دارین صورت گرفته است. تاریخچه مطالعات پیشین در هر یک از ورقه‌های مذکور در گزارش هر یک از آنها ارائه شده است و لزومی به تکرار آنها در گزارش حاضر نمی‌باشد.

۱-۳- روش کار

توجه به شرایط زمین‌شناسی تشکیل کانسارهای مس با میزبان رسوبی گویای آن است که لایه‌های سرخ (ماسه‌سنگ‌های سرخ) ضخیم با میان‌لایه‌ها و عدسی‌های ماسه‌سنگی احیایی (خاکستری رنگ) همراه با شرایط ساختی و بافتی مناسب، می‌توانند میزبان این نوع کانی‌سازی‌ها باشد و احتمال یافتن آنها در منطقه در لایه‌های سرخ (Redbed) الیگوسن واقع در بخش‌های شمالی تربت حیدریه وجود دارد. با توجه به اینکه اکتشافات چکشی صورت گرفته در سالهای قبل نیز وجود چند مورد از این نوع کانی‌سازی را تأیید کرده است.

طی بازرسی‌های اولیه صحرایی مشخص گردید افق‌های کانی‌سازی عمدتاً نازک لایه (کمتر از ۰/۵ متر ضخامت)، استراتیفرم و عدسی شکل‌اند. تقریباً در تمامی موارد درون آبراهه‌های منتهی به کانی‌سازی قطعات سنگ میزبان کانی‌سازی با آغشتگی به مالاکیت و کمی آزوریت مشاهده می‌شوند و با توجه به عدسی‌بودن فرم کانی‌سازی، تنها بررسی صحرایی تک‌تک آبراهه‌هایی که تماماً به صورت عمودی لایه‌های سرخ را قطع می‌کنند، مفید و کارساز می‌باشد. البته وجود شواهد ذیل که به نوعی خود معیار پی‌جویی چنین کانی‌سازیهایی نیز هستند، احتمال رخداد کانی‌سازی را در منطقه تقویت می‌کند:

۱- ضخامت قابل توجه (بیش از ۵۰۰ متر) از لایه‌های سرخ و حضور سنگهای ولکانیکی مافیک تا حد واسط قدیمی در بالادست طبقات سرخ.

۲- حضور ضخامت مناسب از واحدهای تبخیری در بالای سکانس رسوبی لایه‌های سرخ.

۳- شواهد ساختاری همانند زونهای گسلی، تاقدیس‌ها و فضاها مناسب چینه‌شناسی.

۴- آثار کانی‌سازی مس در آبراهه‌های قطع‌کننده لایه‌های سرخ.

با توجه به موارد فوق رخنمون طبقات سرخ از شمال غرب تربت حیدریه (ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ ششتمد) تا شمال شرق آن (ورقه ۱:۱۰۰/۰۰۰ رباط سفید) با پی‌جویی تک تک آبراهه‌های قطع کننده این طبقات مورد بررسی قرار گرفت. طول کلی لایه‌های سرخ الیگوسن که به صورت ممتد رخنمون دارند به ۱۵۰ کیلومتر می‌رسد که رخنمون مذکور به طور کامل و در تمامی آبراهه‌های عرضی طی ۵ مرحله عملیات صحرایی (از تابستان ۱۳۸۶ تا تابستان سال ۱۳۸۷) جهت مس‌رسوبی پی‌جویی گردید.

کاربرد GPS به عنوان یک دستگاه مکان‌یاب با دقت بالا در تعیین و پیدا کردن دقیق محل‌های اکتشافی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده است. همگام با شناسایی مکان‌های پتانسیل‌دار اقدام به نمونه‌گیری برای بررسی‌های آزمایشگاهی شده است. موقعیت نمونه‌ها به دقت توسط GPS برداشت و در روی نقشه زمین‌شناسی پیوست ارائه شده است.

اطلاعات جامعی از موقعیت مکانی نمونه‌ها، واحدهای زمین‌شناختی و تکتونیکی، شیب و امتداد لایه‌بندی، گسلها، شکل و ابعاد ماده معدنی، ساخت و بافت کانسنگ، کانیهای موجود در منطقه و ارتباط ماده معدنی با سنگهای میزبان در این گزارش ارائه شده است.

طی بررسی‌های اکتشافی در منطقه مذکور تعداد ۱۲۳ نمونه شامل ۶۷ نمونه برای بررسی ژئوشیمی و آنالیز برای عناصر مرتبط با تیپ کانی‌سازی مس با میزبان رسوبی، ۲۲ نمونه برای مطالعه مقاطع نازک و تعداد ۳۴ نمونه نیز برای مطالعه مقاطع صیقلی برداشت و مطالعه شده است که نتایج آنها در پیوست گزارش ارائه شده است.

فصل دوم

پی جویی

در ورقه کدکن

۲-۱- مقدمه

افق‌های رسوبی حاوی کانی سازی مس با روند تقریبی شرقی- غربی به طول حدود ۱۳۰ کیلومتر از انتهای شرقی ورقه رباط سفید تا بخشهای میانی ورقه ششتم امتداد دارند. هم‌چنین کانی سازی مس در واحدهای ولکانیکی کرتاسه تماماً در ورقه دارین و بخش شمال غربی ورقه ششتم قرار می‌گیرند.

کانی سازی مس رسوبی و ولکانیکی به ترتیب از شرق به غرب در دو برگه ۱:۲۵۰/۰۰۰ تربت حیدریه و کاشمر و ورقه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ رباط سفید - کدکن - شامکان - ششتم - دارین و بخشهای شمالی ورقه تربت حیدریه قرار می‌گیرند.

مطابق نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ تربت حیدریه و کاشمر، افق‌های کانه‌دار در طبقات قرمز (Redbed) که بخشی از واحدهای ائوسن- الیگوسن (EO^C , EO^S) و الیگوسن (O^{Sc}) می‌باشند، واقع می‌شوند. واحد EO^S که بیشترین مورد کانی سازی مشاهده شده داخل این واحد واقع می‌شوند، در کل متشکل از ماسه‌سنگ‌های قرمز و مارن، واحد EO^C متشکل از کنگلومراهای قرمز و ماسه‌سنگ و واحد O^{Sc} نیز از ماسه‌سنگ‌های خاکستری، کنگلومرا و سیلتستون می‌باشند. با توجه به اهمیت طبقات سرخ بعنوان میزبان کانی سازی مس های رسوبی در منطقه قبل از پرداختن به گزارش مشاهدات و بررسیهای صحرایی در ارتباط با طبقات قرمز و انواع آنها مطالبی ارائه می‌شود.

۲-۲- طبقات قرمز

واژه طبقات قرمز به توالیهای رسوبی اطلاق می‌شوند که رنگ قرمز دارند و معمولاً با نسبتهای متفاوتی از میان لایه‌های خاکستری، خاکستری- سبز، قهوه‌ای یا سیاه همراه هستند و محدوده وسیعی از رخساره‌ها محیطهای رسوبی غیردریایی را شامل می‌شوند. از لحاظ سنی نیز از پروتروزوئیک آغازی تا سنوزوئیک گسترش دارند. اهمیت اقتصادی آنها نیز به جهت مخازن زیادی از نفت و گاز و مس و اورانیوم می‌باشد. واکنشهای اکسیداسیون- احیا نقش کلیدی در تشکیل طبقات سرخ چه در مرحله رسوبگذاری و چه در مراحل بعد از رسوبگذاری دارند. هم‌چنین طبیعت و فراوانی مواد آلی در تعیین ویژگیهای توالی طبقات سرخ عامل مهمی است.

این طبقات بدلیل وجود اکسیدهای فریک خیلی ریز و پراکنده که معمولاً به فرم هماتیت ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) هستند، سرخ رنگ دیده می‌شوند. سرخی طبقات و تشکیل هماتیت توسط عوامل اکسیداسیون- احیا (Eh) و pH کنترل می‌شود. در حالت معمول تغییرات رنگ به تغییرات شیمی آب روزنه‌ای که در اثر نوسانات محیط رسوبگذاری و یا دیاژنتیک اولیه ایجاد می‌شود، ارتباط دارد. واحدهای دریایی قرمز رنگ نیستند دلیل آن وجود شرایط احیایی که در زیر سطح تماس آب- رسوب حاکم است، می‌باشد. اکسیدهای فریک موجود در طبقات سرخ نشان

می‌دهند که تحت شرایط اکسیدان تشکیل شده‌اند و می‌توانند هم در شرایط خشکی و هم شرایط آب و هوایی استوایی مرطوب تشکیل شوند.

طبقات سرخ‌رنگ منشاء پلی‌ژنتیک دارند و شرایط تشکیل آنها با شرایط لازم برای تشکیل هماتیت منطبق است. این شرایط شامل Eh مثبت و pH خنثی تا قلیایی است که این وضعیت در مناطق گرم و قاره‌ای با عرض جغرافیایی کم حاکم است.

بدلیل فراوانی مواد آلی در محیط‌های دریایی، طبقات سرخ دریایی نادرند و در گروه جداگانه‌ای دسته‌بندی شده‌اند. سه مکانیسم اصلی در رابطه با منشاء رنگ قرمز طبقات سرخ‌رنگ پیشنهاد شده است که هر کدام از آنها تاریخچه رسوبگذاری و دیاژنزی متفاوتی را نیز منعکس می‌کنند.

طبقات سرخ به چهار گروه تقسیم شده‌اند.

۱- طبقات سرخ اولیه: از فرسایش خاک‌های لاتریتی مناطق مرتفع مرطوب و هیدروکسیدهای فریک قدیمی تشکیل شده در محیط‌های خاک‌زاد و از نهشته‌شدن و دیاژنز اولیه ایجاد می‌شوند.

۲- طبقات سرخ دیاژنزی: دیاژنز تدفینی و انحلال سیلیکات‌های فرومینیزین موجود در طبقات میان‌لایه‌ای

۳- طبقات سرخ ثانویه: هوازدگی و اکسیدشدن طبقات غیر سرخ بعد از بالاآمدگی آنها (Uplift)

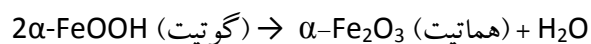
۴- طبقات سرخ دریایی: در اثر عدم تولید مواد آلی لازم و نرخ‌های پایین رسوبگذاری در شرایط اکسیدان زیر سطح تماس آب-رسوب.

۲-۲-۱- طبقات سرخ اولیه

طبقات سرخ به صورت اولیه در اثر فرسایش و رسوبگذاری مجدد خاک‌های سرخ یا طبقات سرخ قدیمی بوجود می‌آیند. مهمترین مشکل این فرضیه کمیاب بودن نسبی آبرفت‌های سرخ رنگ حال حاضر است.

وان‌هاتن (۱۹۶۱) عقیده دارد که قرمزشدن درجا (In situ) (طی دیاژنز اولیه) رسوبات (اخیر) از طریق آبرزدایی هیدروکسیدهای فریک قهوه‌ای می‌باشد. این هیدروکسیدهای فریک عموماً شامل گوتیت ($\alpha\text{-FeOOH}$) و لیمونیت (هیدروکسیدهای فریک آمورف) می‌شود. در حقیقت بیشتر این مواد فری‌هیدریت با ترکیب نزدیک به $(2.5 \text{ Fe}_2\text{O}_3, 4.5 \text{ H}_2\text{O})$ هستند.

Berner (۱۹۶۹) نشان داد که هیدروکسید فریک (گوتیت) در حالت عادی نسبت به هماتیت ناپایدارتر است و در غیاب آب یا در حرارت بالا طبق واکنش زیر آب خود را از دست می‌دهد:



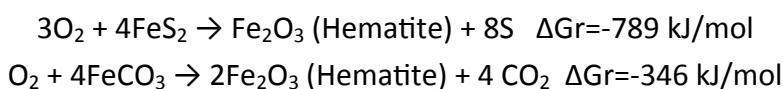
انرژی آزاد گیس (ΔG_r) برای این واکنش در حرارت 25°C ، $-2/76 \text{ KJ/mol}$ است. که با کوچک شدن اندازه ذرات (ΔG_r) آن به سرعت منفی می‌شود. بنابراین با گذشت زمان هیدروکسیدهای فریک تخریبی که شامل گوتیت و فری‌هیدریت می‌باشند به رنگدانه‌های هماتیتهی سرخ‌رنگ تبدیل می‌شوند. این فرآیند هم در مورد سرخ شدن آلوویوم‌ها و هم در مورد ماسه‌های قدیمی بیابان که نسبت به معادل‌های جوان خود قرمزتر هستند، نیز صادق است.

۲-۲-۲- طبقات سرخ دیاژنزی

تشکیل طبقات سرخ حین دیاژنز تدفینی بخوبی توسط والکر (۱۹۷۸) تشریح شده است. نکته مهم در این مکانیسم دگرسانی میان‌لایه‌های سیلیکات‌های فرومنیزین در اثر آب‌های جوی اکسیژن‌دار حین تدفین می‌باشد. مطالعات والکر نشان می‌دهد که هیدرولیز هورنبلندها و دیگر مواد تخریبی آهن‌دار از سری پایداری گولدیش طبیعت می‌کند و با انرژی آزاد گیس (ΔG_r) کنترل می‌شود. پیشرفت فرایند قرمزشدگی به عنوان دگرسانی دیاژنتیک یک مکانیسم وابسته به زمان است.

۳-۲-۲- طبقات سرخ ثانویه

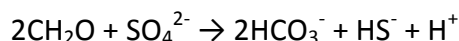
این نوع طبقات سرخ با منطقه‌بندی رنگی نامنظم مشخص می‌شود. مرز رنگ‌ها ممکن است کنتاکت سنگ‌شناسی را قطع کند و در مجاورت ناپیوستگی‌ها شدت قرمزشدگی افزایش می‌یابد. فازهای ثانویه قرمزشدگی می‌تواند بر روی طبقات سرخ اولیه دوباره اعمال می‌شود. شرایط عمومی که منجر به دگرسانی بعد از دیاژنز می‌شود توسط (Mucke, 1994) تشریح شده است. واکنشهای مهم شامل ۱- اکسید شدن پیریت و ۲- اکسید شدن سیدریت می‌باشد.



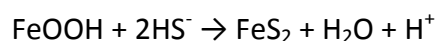
طبقات سرخ ثانویه به بالاآمدگی، فرسایش و هوازدگی سطحی رسوبات قبلی مرتبط است و شرایط تشکیل آن همانند شرایط تشکیل طبقات سرخ اولیه و دیاژنتیک می‌باشد.

۲-۲-۵- طبقات سرخ دریایی

اینگونه طبقات نادر هستند و دلیل آن فراوانی مواد آلی و شرایط احیایی حاکم در زیرسطح تماس آب- رسوب و پایداری فاز آهن دار به صورت پیریت می باشد. شرایط احیایی در نتیجه فعالیت باکتریها در احیاء سولفات ها و تخریب اکسیدهای آهن تخریبی ایجاد می شوند. این فرآیند را می توان به طور ساده در فرمول زیر ارائه کرد (فرمول مواد آلی به صورت CH_2O نمایش داده شده است). احیای سولفات باعث تشکیل بیکربنات و سولفید هیدروژن می شود:



این واکنش همراه با احیای آهن ($\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$) و ترکیب یون فرو به صورت فاز حدواسط نظیر ماکیناویت ($\text{Fe}_{0.9}\text{S}$) یا greigite (Fe_3S_2) و فاز بعدی به صورت پیریت (طبق واکنش زیر) می باشد:



هرگاه قدرت تولید مواد آلی خیلی پایین باشد یا نرخ رسوبگذاری خیلی آهسته باشد، مواد آلی کاملاً تخریب شده و شرایط اکسیدان در ستون رسوبی به پایین مهاجرت می کند. تحت چنین شرایطی اکسیدهای آهن تخریبی، پایدار می مانند و هماتیت اضافی تولید می شود. این حالت مکانیسم تشکیل رس های قرمز دریایی عمیق و دیگر طبقات سرخ پلاژیک می باشد.

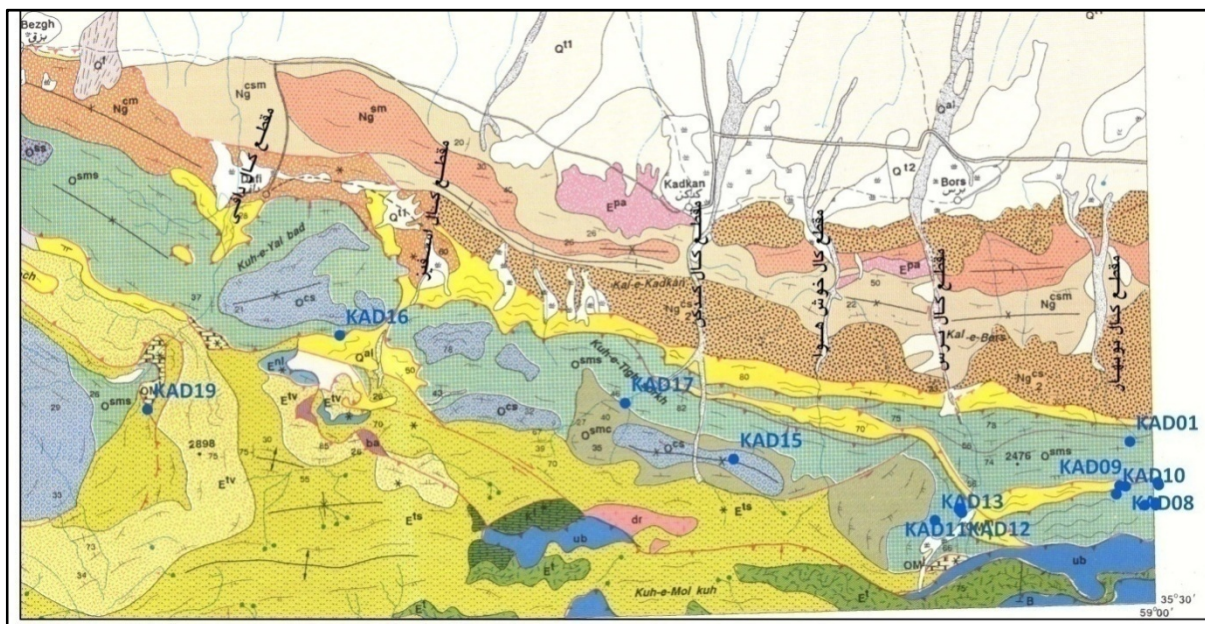
(در شمال خاوری ایران مرکزی به ویژه در حوضه های تربت حیدریه، تربت جام، کاشمر و ... نهشته های سرخ رنگی با سیمای مشابه سازند سرخ بالایی وجود دارد. در این گونه نواحی سنگ آهک های الیگوسن - میوسن (سازند قم) وجود ندارد و لذا شناخت ته نشست های قاره ای میوسن (سازند سرخ بالایی) از الیگوسن - میوسن ناممکن است. در چنین حالتی از واژه لایه های سرخ (Red-bed) استفاده می شود که ممکن است به یکی و یا هر دو سازند گفته شده باشد. در کلیه نقاطی که سازند قم وجود ندارد چنین وضعی وجود دارد (آقائاتی ۱۳۸۳)).

۲-۳- کانی سازی مس رسوبی در ورقه کدکن

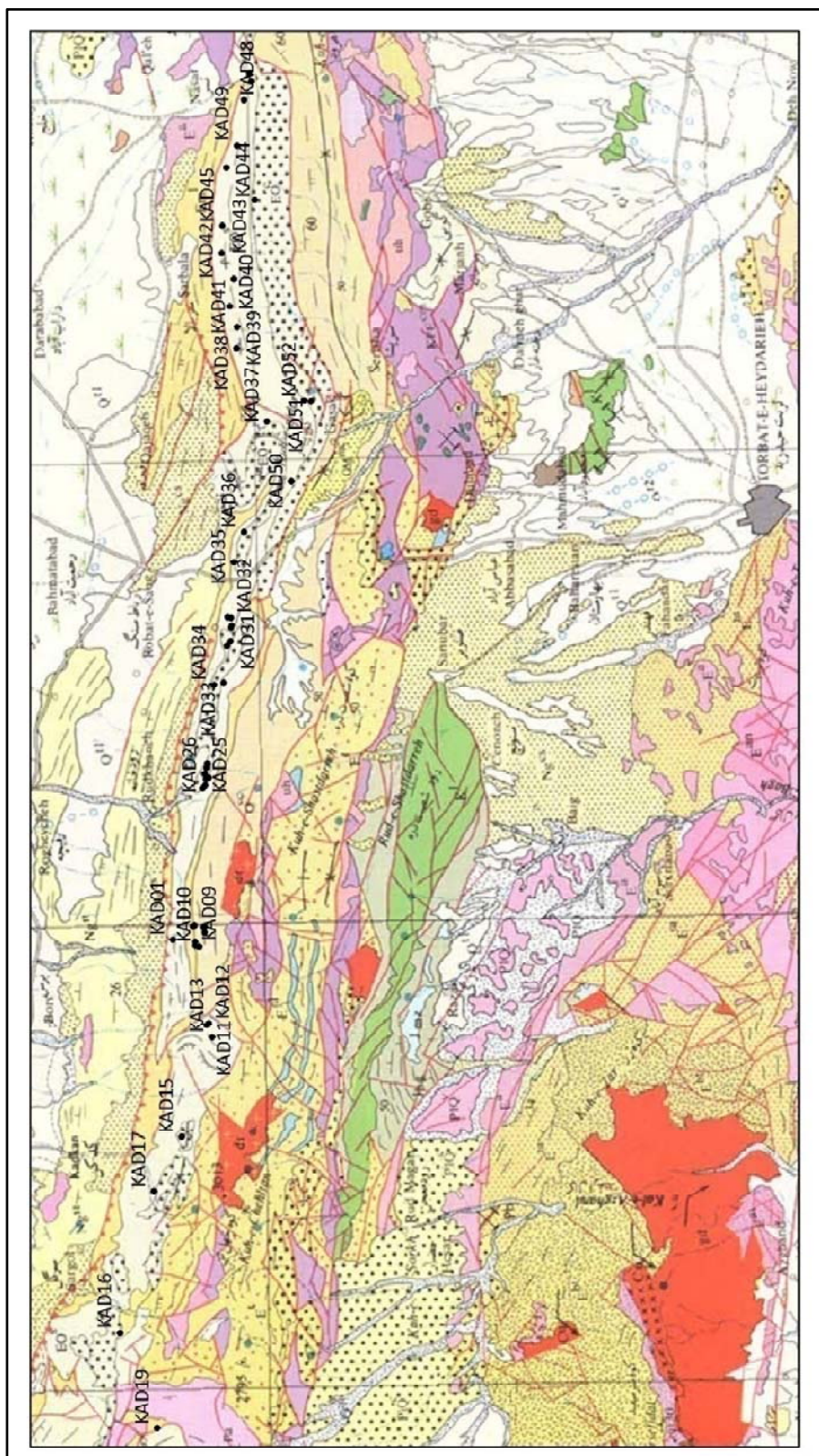
در ورقه کدکن افق‌های کانی سازی مس رسوبی تماماً در واحد سنگی الیگوسن (O^{sms}) قرار می گیرند. این واحد بصورت رخساره آواری از تناوب ماسه سنگ، سیلتستون و مارن تشکیل شده است. ماسه سنگ‌ها از نوع آرکوز، لیتیک آرکوز و فلدسپاتیک لیتارنایت ساب مجور ریزدانه آهن دار، حاوی رپل مارک‌های نامتقارن لایه ضخیم تا لایه متوسط به رنگ قرمز روشن تا خاکستری تیره (Red-bed) می باشد. سنگ سیلت‌ها لایه نازک و مارن‌ها قرمز رنگ می باشند.

این واحد (O^{sms}) بر روی واحد توف ماسه سنگی E^{ts} بگونه دگرشیب قرار گرفته و سن آن الیگوسن زیرین تعیین شده است. روند شرقی- غربی این رخساره و ضخامت زیاد آن بر اثر عملکرد گسل‌های راندگی در جنوب محدوده نقشه می باشد. بطور کلی اغلب سنگ‌های مارنی و سنگ سیلت‌ها فرسایش یافته و ماسه سنگ‌ها بصورت ستیغ‌هایی صخره‌ای برونزد دارد، لذا مورفولوژی صخره ساز و مرتفعی را در همه این رخساره می توان مشاهده کرد. شیب لایه‌ها به سمت جنوب بوده و در نزدیکی گسل‌ها، شیب‌ها زیاد و حتی در پاره‌ای موارد بصورت عمودی می باشد. عملکرد گسل‌های راندگی، تناوبی با مارن‌های الیگومیوسن (OM_1^m) در این واحد، ایجاد نموده است. در بخش‌های سالم حداکثر ضخامت آن به ۱۰۰۰ متر می رسد (نادری میقان و ترشیزیان (۱۳۷۷)).

در بخش‌های جنوبی ورقه کدکن علاوه بر O^{sms} ، دیگر واحدهای الیگوسن یعنی واحد O^{smc} ، O^{ss} ، O^{sl} ، O^{cs} حاوی واحدهای ماسه سنگی، کنگلومرا و مارنی قرمز رنگ هستند که تنها رخساره‌های قرمز واحد O^{sms} حاوی کانی سازی مس رسوبی هستند. در این ورقه تمامی رخنمون‌های واحدهای O^{sms} که در بخش جنوبی آن قرار دارند از طریق آبراهه‌های قطع کننده آنها مورد بررسی قرار گرفته اند. شکل ۲ موقعیت نقاط نمونه برداری و پیمایش های انجام شده در ورقه کدکن و شکل ۳ نیز پراکندگی نقاط نمونه برداری را در برگه تربت حیدریه نشان می دهند. هم چنین در جدول ۱ نتایج آنالیز نمونه برداشت شده در ورقه های کدکن، رباط سفید، تربت حیدریه و شامکان ارائه شده است. نمونه های برداشت شده در این پروژه برای عناصر Cu، Mo، W، Pb، Zn، Ag، Co، V و Ni آنالیز شده اند.



شکل ۲- پیمایش های زمین شناسی انجام شده در ورقه کدکن



شکل ۳- موقعیت نقاط نمونه برداری در مناطق مورد بررسی حاوی کانی سازی در برگه تربت حیدریه

جدول ۱ - نتایج آنالیز نمونه‌های برداشت شده (ppm) در ورقه های کدکن، رباط سفید، تربت حیدریه و شامکان

sample	Cu %	Pb	zn	Mo	W	Ag	cd	co	v	Ni
KAD01	1.71	920	37	539	843	13	1.4	8		
KAD02	5.12	37	33	193	823	9	1.6	10		
KAD03	2.78	31	33	87	940	7	1.8	12		
KAD04	2.98	34	39	99	815	30	1.6	9		
KAD05	3.03	48	33	472	635	23	1.4	9		
KAD06	2.8	63	34	84	514	29	1.4	8		
KAD07	4	0.25%	33	n.d	400	60	2	10		
KAD08	0.067	28	31	47	856	1.6	2	22		
KAD09	2.57	35	41	118	783	3	1.8	16		
KAD11	4.35	42	30	110	825	14	1.8	8		
KAD12	4.73	43	27	n.d	389	6	1.4	8		
KAD13	4.3	91	30	105	858	25	1.8	19		
KAD14	3.32	253	175	133	774	23	1.2	9		
KAD15	0.066	30	47	92	948	1.8	0.8	18		
KAD16	3.3	31	40	119	752	18	0.8	20		
KAD17	9.33	115	30	292	845	81	0.6	14		
KAD18	4.68	46	23	156	733	26	0.6	12		
KAD20	0.81	12	85	0.5	<0.5	4.1	<1.00	8.34	76	26
KAD21	4.51	20	250	0.88	0.91	37	<1.00	12.3	225	120
KAD22	4.57	22	260	1.2	0.5	75	<1.00	16.5	360	135
KAD23	3.46	14	200	0.88	<0.5	5.3	<1.00	19.6	835	185
KAD24	3.97	22	215	1.31	<0.5	66	<1.00	14.8	895	130
KAD25	3.94	15	225	0.68	<0.5	220	1.1	14.8	885	160
KAD26	0.0367	8	50	0.62	0.53	0.73	<1.00	19.5	110	130
KAD27	4.26	30	235	4.35	<0.5	6	<1.00	17.8	165	155
KAD28	4.23	15	235	1.43	<0.5	8.4	<1.00	20.7	190	200
KAD29	6.13	34	360	3.21	1.31	6	<1.00	12.1	310	80
KAD30	4.36	28	240	2.86	0.72	18	<1.00	24	215	210
KAD32	3.99	47	220	1.32	<0.5	25	<1.00	13.5	485	40
KAD33	0.0556	30	57	0.53	2.03	2	<1.00	15.3	80	48
KAD34	2.67	60	160	3.47	0.56	50	4	41.8	105	135
KAD35	2.94	77	175	2.29	1.79	30	7.5	37.4	125	42
KAD36	6.42	20	335	1.71	0.99	15	<1.00	17.2	165	135
KAD37	4.26	14	28			13	<0.6	11		74
KAD38	3.3	10	26			5	<0.6	10		78
KAD39	5.73	21	40			11	<0.6	17		154
KAD40	6.48	<9	29			53	<0.6	12		100
KAD41	5.58	20	31			39	<0.6	39		131
KAD42	5.95	17	52			54	<0.6	18		159
KAD43	3.66									
KAD44	3.71	27	72			9	<0.6	22		128
KAD46	4.68	51	36			96	1.2	14		93
KAD47	3.8	196	36			48	10	18		106
KAD48	3.81	9	37			11	<0.6	16		105
KAD49	4.5	12	44			41	<0.6	15		118
KAD50	3.73	12	27			101	<0.6	16		128
KAD52	7.1	35	40			97	1	14		97

۲-۳-۱- مقطع کال نوبهار

این مقطع در منتهی‌الیه شرقی ورقه کدکن واقع است. فاصله ابتدای کال (رودخانه) نوبهار از بخش رباط سنگ در حدود ۲۱ کیلومتر و از بخش کدکن نیز در حدود ۱۱/۵ کیلومتر است. پس از طی مسافتی در حدود ۷ کیلومتر داخل کال نوبهار به سمت جنوب به ابتدای مقطع می‌رسیم. در طول این مقطع ابتدا واحدهای کنگلومرا و ماسه‌سنگی نئوژن به ضخامت تقریبی ۱/۵ کیلومتر رخنمون دارند.

سپس واحدهای مارنی الیگوسن به ضخامت حدود ۲۵۰ متر متشکل از مارن روشن‌رنگ، ژپس همراه با میان‌لایه‌های شیل‌های مارنی و سیلتستون سبز تا خاکستری رخنمون دارند. بعد از این واحدها، واحد O^{sms} متشکل از لایه‌های ضخیم ماسه‌سنگ‌های قرمز تیره و مارن‌های قرمز‌رنگ با میان‌لایه‌های نازک سیلتستون که میزبان کانی‌سازی نیز هستند، قرار دارد. درون این توالی گاهی میان‌لایه‌های کنگلومرایی نیز به صورت منقطع تشکیل شده است که بعضاً کانی‌سازی مس در آنها نیز انجام شده است. نمونه Kad2 از یک واحد کنگلومرایی به ضخامت یک الی ۲ متر و طول تقریبی ۴۰ متر برداشت شده است. کمر بالا و کمر پایین این واحد، ماسه‌سنگ‌های مارنی قرمز تیره قرار دارند.

در محل این نمونه مس بصورت مالاکیت که عمدتاً به صورت آغشتگی اطراف قطعات تشکیل دهنده کنگلومرا ته‌نشین شده است، مشاهده می‌شود. در نمونه دستی کانی نئوتاسیت (سیلیکات آبدار مس، آهن و منگنز آمورف) که به صورت لکه‌های پراکنده و گاهی رگچه‌های خاکستری مایل به سیاه هستند، قابل تشخیص هستند.

امتداد افق کانه‌دار کنگلومرایی N50E و شیب آن ۳۰ درجه به سمت جنوب شرق است و ادامه جنوب غربی آن به زیر واحدهای ماسه‌سنگی رفته و طول واقعی آن مشخص نیست.

با توجه به بالا بودن عیار W و Mo در نمونه‌های Kad 2 الی Kad 18، جهت کنترل مجدد عیار، تعداد ۸ نمونه (به شماره 88-torbat-1 الی 88-torbat-8) از میان آنها انتخاب و آنالیز گردید که نتیجه آن در جدول ۲ با نتایج اولیه مقایسه شده است. نتایج بدست آمده با عیار سایر نقاط در منطقه تفاوت معناداری ندارد و نشان‌دهنده خطای آزمایشگاهی است.

جدول ۲ - نتایج حاصل از آنالیز تکراری ۸ نمونه جهت کنترل عیار W و مقایسه آنها با نتایج اولیه

sample	Ni	Co	v	W	Mo
	(ppm)				
KAD02		10		823	193
88-torbat-1	24	10	54	20	26
KAD04		9		815	99
88-torbat-2	48	11	148	11	11
KAD06		8		514	84
88-torbat-3	23	9	55	11	9
KAD08		22		856	47
88-torbat-4	239	22	112	11	5
KAD12		8		389	n.d
88-torbat-5	33	8	1666	184	24
KAD15		18		948	92
88-torbat-6	107	20	204	184	24
KAD16		20		752	119
88-torbat-7	60	16	115	11	6
KAD17		14		845	292
88-torbat-8	134	15	414	55	37

نمونه Kad2 که از بخشهای پرعیار افق کانه‌دار برداشت شده دارای ۵/۱۲ درصد مس بوده است. سایر عناصر عیار بالایی ندارند.

در نمونه‌ای که برای مطالعه مقطع صیقلی از این واحد برداشت گردید، کانه‌های مگنتیت، کوولیت، مالاکیت و اکسیدهای آبدار ثانویه آهن تعیین گردیده است. مگنتیت به صورت دانه‌های انگشت‌شمار از بلورهای خودشکل همراه با شکستگی تشکیل شده است. کوولیت (که در نمونه دستی به عنوان نئوتاسیت تشخیص داده شده بود) به صورت تجمعی و لکه‌های درشت در متن سنگ پراکنده است که توسط اکسیدهای آبدار و ثانویه آهن احاطه شده و در حدود ۲ درصد از نمونه را تشکیل می‌دهد.

مالاکیت به عنوان فراوانترین کانی و درشت‌دانه در حدود ۱۰ درصد کل نمونه را تشکیل داده است.

نمونه Kad3 از ماسه‌سنگ‌های خاکستری احتمالاً آرکوزی که به مالاکیت آغشته‌اند و در حدود ۸۰ متری جنوب نمونه Kad2 واقع است برداشت گردید. واحد ماسه‌سنگی تورق خوبی داشته و شیب و امتداد آن همانند واحد کنگلومرایی کانه‌دار می‌باشد.

از ویژگیهای بارز کانی سازی مس رسوبی در منطقه همراهی آنها با ماسه سنگهای خاکستری (احیایی) دارای آثار و بقایای فسیل های گیاهی است که در نمونه Kad3 نیز قابل مشاهده است. ضخامت افق کانه دار در حدود ۵۰ سانتیمتر و طول آن به ۴۰ متر می رسد. نمونه فوق دارای عیار مس ۲/۷ درصد است.

کانه های مشاهده شده در نمونه صیقلی برداشت شده از این واحد شامل مگنتیت، تیتانومگنتیت، کولیت، کالکوپیریت و اکسیدهای آبدار ثانویه آهن می باشد. مگنتیت و تیتانومگنتیت به صورت بلورهای خود شکل و پراکنده در متن نمونه مشاهده می شوند. کولیت به صورت بلورهای نسبتاً کوچک تجمعی و پرکننده فضاهای خالی تشکیل شده است که توسط اکسیدهای آبدار ثانویه آهن احاطه شده اند. کالکوپیریت تنها به صورت تک کانه در اندازه ۱۰ میکرون مشاهده شده است.

هم چنین از این واحد یک نمونه برای تعیین نوع ماسه سنگ مورد مطالعه قرار گرفته است که نتیجه مطالعه نوع ماسه سنگ را آرکوز لیتیک تا لیتارنایت فلدسپات دار آهکی ساب مچور تعیین کرده است. قطعات لیتیک از سنگهای آذرین درونی با ترکیب اسیدی ولی بیشتر از ولکانیک های شیشه ای تجدید تبلور یافته تشکیل شده است.

افق دیگری در فاصله ۴۴۰ متری جنوب افق بالا از ماسه سنگ های آهکی به ضخامت حدود ۵۰ سانتیمتر و طول تقریبی ۳۰ متر دیده می شود. این افق دارای امتداد شرقی - غربی و شیب ۴۵ درجه به سمت جنوب است. سطح سنگ و سطح شکستگی های آن به مالاکیت آغشته شده اند. گاهی ضخامت افق کانه دار به ۳ متر هم می رسد. عیار مس اندازه گیری شده از بخشهای پرعیار این افق حدود ۳ درصد می باشد (نمونه Kad4). نام دقیق افق ماسه سنگی کانه دار که طی مطالعه یک نمونه مقطع نازک از آن مشخص شده است، آرکوز لیتیک تا لیتارنایت فلدسپات دار آهکی ساب مچور تکتونیزه است. فلدسپاتها ترکیب سدیک دارند و کمی سریستی شده اند. قطعات سنگی متشکل از قطعات ولکانیک شیشه ای تجدید تبلور یافته، قطعات ولکانیک شیشه ای کلریتی شده، گاه قطعات رسوبی میکرایتی و قطعات ولکانیکی میکرولیتی اکسیده است. سیمان سنگ نیز کربنات می باشد.

در ادامه مقطع کال نوبهار و در ۵۰ متری جنوب افق مربوط به نمونه Kad4، افق ماسه سنگی دیگری با همان ویژگیهای افق های کانه دار با کانی سازی مس همراه با فسیل های گیاهی مشاهده می شود. ضخامت این افق ۲ تا ۳ متر و طول آن در دامنه مورد نظر حدوداً ۵۰ متر است. شیب و امتداد واحد ماسه سنگی هماهنگ با کل توالی رسوبی است. این واحد در قاعده در حال تبدیل به کنگلومرای ریزدانه با قطعات گرد شده است. کانی سازی در کنگلومراها نیز انجام شده است.

نمونه Kad5 که از بخشهای پرعیار برداشت شده دارای عیار مس ۳/۰۳ درصد می باشد. هم چنین نتیجه نمونه ای که برای مطالعه مقطع صیقلی از این بخش برداشت گردیده به شرح ذیل می باشد:

- کالکوسیت - کولیت: تجمع این دو کانی به صورت لکه ای بوده و بافت آن پرکننده فضاهای خالی است.

- مالاکیت: به صورت بلورهای نسبتاً پهن و درشت در فضاهای خالی و شکستگی سنگ میزبان تشکیل شده است.
 - هماتیت: تجمع آنها به صورت لکه‌هایی همراه با بلورهای کوولیت مشاهده می‌شود.
 - مگنتیت: به صورت بلورهای خودشکل و نیمه‌خودشکل با فراوانی حدود یک درصد در حال دگرسانی به هماتیت می‌باشد.
 - روتیل: ذرات کوچکی از بلورهای روتیل به تعداد خیلی کم در متن نمونه پراکنده‌اند.
- به سمت جنوب ستون چینه‌شناسی یک واحد ماسه‌سنگی سرخ رنگ به ضخامت ۱۵ متر مشاهده می‌شود که درون آن بخشهای ماسه‌سنگی روشن و احیایی تشکیل شده است. این افق‌های احیایی در قاعده خود کانی‌سازی مس دارند و عیار آن در نمونه برداشت شده از آن (Kad6) ۲/۸ درصد و عیار تنگستن ۵/۴ پی‌پی‌ام تعیین شده است.
- جنس ماسه‌سنگ همانند دیگر افق‌های ماسه‌سنگی رخنمون دار در این مقطع تعیین شده است.
- درون آبراهه‌ای که مقطع اکتشافی در آن واقع شده و به سمت غرب نقاط قبلی در محل نمونه Kad7 (که در ۲۷۰ متری غرب Kad4 قرار دارد) افق کانه‌دار قابل ردیابی است. ماسه‌سنگ‌های خاکستری (احیایی) در اینجا در قاعده خود کمی کنگلومرایی می‌شود که قطعات آن به مالاکیت آغشته هستند. واحد ماسه‌سنگی کانه‌دار آثار فسیل‌های گیاهی را نشان می‌دهد. در بخشهایی که فراوانی این فسیل‌ها زیاد می‌شود، عیار ظاهری مس هم بیشتر شده و مس بصورت آذویت مشاهده می‌شود. ضخامت افق ماسه‌سنگی در حدود ۵-۷ متر است که بخشهای بالایی آن مالاکیت دارد.
- در برخی قسمت‌ها در سطوح شکسته سنگ، فراوانی مالاکیت بالا می‌رود. عیار مس در نمونه‌ای که از قسمت‌های پرعیار برداشت شده (Kad7) ۴ درصد تعیین شده است.
- از بخشهای میانی مقطع کال نوبهار به سمت غرب، آبراهه‌ای منشعب می‌شود که طول نسبتاً زیادی نیز دارد. در امتداد این آبراهه در دو نقطه رخنمون واحدهای ماسه‌سنگی و کنگلومرایی کانه‌دار قابل مشاهده است. نمونه Kad8 که در ۷۸۰ متری غرب نمونه Kad2 از کنگلومرای کمی آغشته به مالاکیت برداشت شد عیار خاصی از مس نشان نمی‌دهد (۰/۰۶۶ درصد) اما نمونه Kad9 که از کنگلومرای کانه‌دار برداشت گردیده دارای عیار ۲/۵۷ درصد مس است. این واحد کانه‌دار در حدود ۷۰ متر طول و ۱-۲ متر ضخامت دارد. نمونه Kad10 که از اولین واحد ماسه‌سنگی کانه‌دار روی کنگلومرا برداشت شده و دارای آثار فسیل‌های گیاهی است در مطالعه مقطع صیقلی حاوی مگنتیت فراوان در حال تبدیل به هماتیت، چند بلور پیریت درون شکستگیها، لکه‌های کالکوسیت و روتیل بوده است.

۲-۳-۲- مقطع کال بُرس

این مقطع در بخش شرقی ورقه کدکن و ۴ کیلومتری غرب مقطع کال نوبهار و به موازات تقریبی آن قرار دارد (شکل ۲). واحدهای سنگی مشاهده شده در این مقطع همانند مقطع کال نوبهار است اما ضخامت واحد کانه‌دار (O^{sms}) در آن بیشتر است.

رخنمون افقی‌های کانه‌دار از ۲۷۰۰ متری ابتدای (جنوب) واحد O^{sms} شروع می‌شود. در یک سکانس رسوبی متشکل از کنگلومرای پلی‌میکتیک تیره و ماسه‌سنگ‌های خاکستری است (حالت غالب با کنگلومرا است). درون واحد ماسه‌سنگی یک باند رسوبی آغشته به مالاکیت (شکل ۴) همراه با آثار فسیلهای گیاهی مشاهده می‌شود. در این واحد مالاکیت همراه دانه‌های پلاژیوکلاز و گاهی پوشاننده آنهاست و بعضاً بصورت سیمان ماسه‌سنگ دیده می‌شود. گاهی مالاکیت‌های بلوری به شکل سوزنی و شعاعی نیز دیده می‌شوند. این کانی معمولاً با لایه‌بندی ماسه‌سنگ‌ها هم‌خوانی ندارد ولی گاهی هم موازی لایه‌بندی آنهاست.

درون کنگلومراها نیز در حد وسیع قطعات لیتیک به مالاکیت آغشته هستند اما تمرکز خاصی را نشان نمی‌دهند. از قسمت‌های پرعیار واحد ماسه‌سنگی کانه‌دار نمونه Kad11 برداشت شد که عیار مناسبی از مس (۴/۳۵ درصد) نشان می‌دهد. طول افق کانه‌دار ۳۰ الی ۴۰ متر و ضخامت آن حداکثر به ۵۰ سانتیمتر می‌رسد. امتداد این افق N25W و شیب آن ۶۵ درجه به سمت جنوب غرب اندازه‌گیری شده است. عملکرد گسل‌های عرضی با جابجایی واحدهای رسوبی همراه است و فرآیند پلکانی شدن را در واحد کانه‌دار می‌توان مشاهده نمود. مطالعه یک نمونه مقطع صیقلی از این واحد کانیهای مگنتیت، هماتیت و مالاکیت را در آن مشخص کرده است.

هم‌چنین یک نمونه مقطع نازک از واحد ماسه‌سنگی نشان می‌دهد که نام دقیق واحد کانه‌دار لیتارنایت فلدسپات آهکی ساب‌مچور تکتونیزه با سیمان مالاکیت می‌باشد. فلدسپات‌های سنگ از نوع سدیک بوده و سریسیتی شده‌اند. قطعات لیتیک نیز ولکانیک‌های شیشه‌ای تجدید تبلور یافته می‌باشند. کانیهای فرعی در این نمونه شامل کانیهای اُپاک، زیرکن و تورمالین می‌باشند. این نمونه جورشدگی ضعیف داشته و دانه‌های آن نیمه‌زاویه‌دار است.



شکل ۴- بخشی از افق ماسه سنگی آغشته به مالاکیت در مقطع کال برس

در ۱۰۰ متری جنوب شرقی نمونه فوق درون واحدهای ضخیم لایه کنگلومرای افق نازکی از آن دیده می‌شود به ضخامت متوسط ۳۰ سانتیمتر و طول تقریبی ۱۵ متر که حاوی مقادیر بالایی از مالاکیت و کالکوسیت است. مالاکیت هم بصورت غشایی اطراف قطعات کنگلومرا و هم بصورت سیمان فضای بین قطعات را پر کرده است. سیمان اصلی سنگ سیلیس می‌باشد. نمونه Kad12 از بخشهای پرعیار این افق برداشت گردیده است. عیار مس در این نمونه بالاست و ۴/۷۳ درصد تعیین شده است.

نمونه‌ای که برای مطالعه مقطع صیقلی برداشت شده (Kad 12p) حاوی کانیه‌های مگنتیت، هماتیت، کالکوسیت و کوولیت، مالاکیت و روتیل بوده است. بلورهای خودشکل تا نیمه خودشکل مگنتیت در حال تبدیل سوپرژن به هماتیت هستند.

کالکوسیت و کوولیت در فضاهای خالی سنگ به صورت لکه‌های بسیار کوچک قابل مشاهده هستند. تجمع بلورهای کوولیت گاهی بصورت لکه‌های بزرگتر دیده می‌شود و مقدار کوولیت به مراتب بیش از کالکوسیت است. مالاکیت نیز به صورت بلورهای پهن و نسبتاً درشت با فراوانی حدود ۲ درصد در حفرات و شکاف‌های سنگ میزبان تشکیل شده است.

همچنین نمونه‌ای برای مطالعه مقطع نازک از واحد کانه‌دار برداشت و مطالعه شده است (Kad 12T) و نام سنگ کنگلومرای آهنی حاوی مالاکیت تعیین شده است. قطعات تشکیل دهنده این سنگ شامل قطعات ولکانیکی شیشه‌ای و اسیدی تجدید تبلور یافته، قطعات ولکانیک - ساب‌ولکانیک اسیدی، خرده‌های بلوری کوارتز با خاموشی موجی و

شکستگی، قطعات توف شیشه‌ای تجدید تبلور یافته، قطعات آذرین نفوذی با ترکیب دیوریت - کوارتز دیوریت و قطعات بلوری کانی پیروکسن می‌باشند.

در حدود ۷۰۰ متری جنوب غربی نمونه Kad 12، سه افق نازک میکروکنگلومرای و ماسه‌سنگی در ضخامتی در حدود ۳۰ متر حاوی کانی‌سازی مس تشکیل شده است. افق بالایی یک میکروکنگلومرا کانه‌دار با فسیل‌های گیاهی به ضخامت ۰/۵ تا یک متر و طول ۸۰ الی ۱۲۰ متر است. عیار مس در این افق و در بخشهای پرعیار آن بالاست و ۴/۳ درصد (در نمونه Kad 13) تعیین شده است. افق دوم نیز همانند افق اول است. افق سوم یک ماسه‌سنگ کانه‌دار است که بوسیله یک باند مارنی سبزرنگ از افق بالایی (افق دوم) جدا می‌شود. نمونه Kad 14 که از این افق برداشت شده ۳/۳۲ درصد مس دارد.

جهت مطالعه مقطع صیقلی نمونه Kad 13p از افق دوم برداشت شد که نتیجه مطالعه آن به شرح ذیل می‌باشد: بلورهای کوولیت - کالکوسیت فراوانترین کانیهای سولفیدی نمونه هستند که به صورت لکه‌های درشت و پرکننده فضاهای خالی تشکیل شده‌اند.

پیریت و کالکوپیریت به صورت بلورهای کوچک و انگشت‌شمار و ریزدانه در متن سنگ پراکنده‌اند. مگنتیت به صورت خودشکل و نیمه خودشکل تشکیل شده است. برخی از بلورهای این کانی حفرات و شکافهایی دارند که بوسیله کالکوسیت پر شده‌اند. کالکوسیت حاشیه برخی از بلورهای مگنتیت را نیز احاطه کرده است. مالاکیت نیز همچون سایر نمونه‌ها در این نمونه مشاهده می‌شود.

همچنین نمونه‌ای که از افق سوم برای مطالعه مقطع نازک برداشت شده (Kad 14T) نوع ماسه‌سنگ را لیتارنایت فلدسپات‌دار تا آهکی دارای کانیهای اُپاک رگه‌مانند یا نواری تعیین کرده است. مواد متشکله سنگ کوارتز، فلدسپات نیمه خودشکل با ترکیب سدیک، قطعات ولکانیکی میکروولیتی و توفی سیلیسی شده و گلوکونیت می‌باشد. کلریت و گاه تیغک‌های مسکوویت و ژل فسفاتی نیز قابل مشاهده هستند.

۲-۳-۳- مقطع کال خوش هوا

این مقطع به موازات دو مقطع قبلی (نوبهار و برس) است و در غرب آنها واقع است (شکل ۲). فاصله بخش ابتدایی این آبراهه از ابتدای مقطع کال برس در حدود ۲/۷ کیلومتری (غرب آن) و از شهر کدکن ۵ کیلومتر است. اگرچه واحدهای سنگ شناسی مشاهده شده در این مقطع همانند دو مقطع قبلی است اما بررسی بخش های کانه دار احتمالی نشان می دهد که افق های ماسه سنگی و کنگلومرایی در این بخش فاقد کانی سازی هستند.

۲-۳-۴- مقطع کال کدکن

این مقطع دقیقاً جنوب شهر کدکن قرار دارد. واحدهای O^{sms} از ۴ کیلومتری کدکن به سمت جنوب رخنمون دارند. درون یکی از آبراهه های شرقی منشعب از رودخانه کدکن بنام کال علی یار قطعات گردشده ای از آندزیت های پورفیری و گاهی آلگومرا مشاهده می شود که با توجه به نقشه زمین شناسی منطقه از بالادست رودخانه و از واحد E^{tv} (شامل توف های آندزیتی، توف های پیروکلاستیک و پورفیری) به آنجا منتقل شده است. نمونه Kad15 که از این قطعات برداشت شده عیار قابل ملاحظه ای از مس را نشان نمی دهد (ppm ۶۶۰ مس). نمونه ای که برای مطالعه مقطع نازک از آنها برداشت شده نوع سنگ را ولکانیکی با ترکیب (اولیوین) بازالت تعیین کرده است که سرشار از کلریت می باشد. در یکی از آبراهه های فرعی (غربی) منشعب از رودخانه کدکن و در فاصله ۲ کیلومتری آن توالی ضخیمی از مارن - ماسه سنگ های تیره رنگ و میان لایه های ماسه سنگی خاکستری روشن با لایه بندی ظریف در ۴ افق مشاهده می شود. امتداد توالی مذکور N120 و شیب آنها ۴۰ درجه به سمت جنوب غرب می باشد و در بخش شمالی برروی واحدهای کنگلومرایی تیره رنگ رانده شده اند. در سه افق کانی سازی ضعیفی از مالاکیت $\pm$ آزوریت مشاهده می شود. ضخامت بخش کانه دار در هر افق حداکثر به ۲۰ سانتیمتر و طول هر یک تقریباً به ۱۵۰ متر می رسد (شکل ۵). نمونه Kad 17 از افق میانی و از قسمت های پرعیار و سرشار از فسیلهای گیاهی انتخاب و مورد آزمایش قرار گرفته است. عیار مس در این نمونه ۹/۳۳ درصد بوده است. نمونه دیگری (kad 18) از افق میانی کانه دار که مالاکیت کل سنگ را آغشته کرده اما ظاهراً عیار بالایی نشان نمی دهد، برداشت شده که عیار مس در آن ۴/۶۸ درصد تعیین شده است. آثار فسیل های گیاهی در این نمونه نیز بالا بوده است.



شکل ۵- دو افق ماسه سنگی (روشن رنگ) مالاکیت دار در مقطع کال کدکن

نتایج مطالعه یک نمونه مقطع صیقلی از این افق به شرح ذیل می باشد:

فراوانترین کانیهای سولفیدی کوولیت و کالکوسیت است که به صورت لکه های درشت در فضاهای خالی و

حفرات سنگ میزبان تشکیل شده اند و ۴ درصد نمونه را فرا می گیرد.

پیریت به صورت دانه های انگشت شمار و بسیار کوچک مشاهده می شود.

بورنیت و کالکوپیریت که به صورت اکسلوشن در کنار یکدیگر و در حد ۵ میکرون تشکیل شده اند.

مالاکیت با کانیهای پهن و نسبتاً درشت در شکستگی و فضاهای خالی سنگ میزبان و به مقدار کم مشاهده می شود.

مگنتیت و هماتیت به همراه روتیل بصورت بلورهای ریز و معدود در متن سنگ پراکنده هستند.

۲-۳-۵- مقطع کال اسفیز

روستای اسفیز در ۶ کیلومتری غرب کدکن واقع است (شکل ۲). در حدود ۳ کیلومتری جنوب غرب این روستا درون واحدهای کنگلومرا - ماسه‌سنگی الیگوسن معدن متروکه‌ای بنام معدن مس اسفیز قرار دارد. سنگ میزبان واحدهای کنگلومرای درشت دانه با امتداد تقریبی شرقی - غربی می‌باشد. شیب این طبقات ۷۰ درجه به سمت شمال شرق است. قطعات کنگلومرا از واحدهای لیتیک گردشده و گاهی زاویه‌دار با ترکیب عمدتاً تراکیتی - آندزیتی تشکیل شده است. یک باند آگلومرای آغشته به مالاکیت درون طبقات کنگلومرا مشاهده می‌شود. در محل معدن قطعات سنگ میزبان اغلب به مالاکیت و آزوریت آغشته شده‌اند. گاهی رگچه‌های مالاکیتی سنگ میزبان را قطع می‌کنند که امتداد چندانی ندارند (شکل ۶).



شکل ۶- بخشی از افق کنگلومرای مالاکیت دار در معدن متروکه اسفیز

برای استخراج ماده معدنی، سینه کاری در ابعاد ۵×۴ متر احداث شده است که از آن دو تونل در امتداد رگه حفر شده است. رگه معدنی با زاویه‌ای در حد ۶۰ درجه امتداد سنگ میزبان را قطع کرده است و شیب آن ۶۷ درجه به سمت جنوب شرق می‌باشد. ضخامت رگه سمت چپ در حدود یک متر و افراز آن نیز تقریباً ۲۰ متر می‌باشد. واحدهای سنگی پایین دست معدن شامل طبقات شیلی و کمی مارنی روشن رنگ و مارن‌های سفید مایل به زرد همراه با میان‌لایه‌های ژئوپس است.

علاوه بر کانی‌سازی مس رگه‌ای، کانی‌سازی مس رسوبی نیز در محدوده این معدن انجام شده است. در انتهای آبراهه‌ای (که معدن متروکه اسفیز در ابتدای آن واقع می‌شود) دو افق کانه‌دار مس تقریباً افقی با میزبان میکروکنگلومرها تشکیل شده است که بوسیله یک واحد کنگلومرایی لیمونیتی به ضخامت تقریبی ۳ متر از یکدیگر جدا می‌شوند. طول افق پایینی در حدود ۷۵۰ متر و ضخامت آن ۰/۵ تا ۲ متر است. افق بالایی نیز همان ضخامت را دارد و در اثر فرسایش به صورت کلاهک مشاهده می‌شود. مناطق کانی‌سازی شده در ثبت بخش خصوصی است.

نمونه Kad 16 از افق پایینی و از بخش‌های پرعیار آن برداشت شده است. عیار مس در این نمونه ۳/۳ درصد می‌باشد.

۲-۳-۶- مقطع کال دافی

بررسی واحدهای O^{sms} در این مقطع که از جنوب روستای دافی (که در ۱۴ کیلومتری غرب کدکن واقع است) آغاز شده نشان می‌دهد که بجز یک باند نازک کنگلومرانی آغشته به مالاکیت $\pm$ آزوریت، بقیه بخشهای این واحد رسوبی فاقد کانی‌سازی مس رسوبی است. باند نازک مذکور در ۲/۵ کیلومتری جنوب روستای دافی رخنمون دارد (شکل ۲). در انتهای جنوبی این مقطع اندیس مس کال دافی قرار دارد که توسط بخش خصوصی ثبت شده است. واحدهای رخنمون‌دار در این اندیس شامل ماسه‌سنگ، کنگلومرا و آگلومرا آغشته به مس می‌باشند. کانی‌سازی مس عمدتاً به صورت آزوریت و گاهی مالاکیت می‌باشد. طول افق کانی‌سازی در حدود ۲ کیلومتر، ضخامت آن حداکثر ۲ متر و افراز آن به ۵۰ متر می‌رسد. علاوه بر موارد فوق عمده شاخه‌های منشعب از رودخانه روستای دافی درون واحدهایی که احتمال کانی‌سازی مس در آن می‌رفت، مورد بررسی قرار گرفتند که موردی از کانی‌سازی مشاهده نگردید.

۲-۳-۷- سایر پیمایش‌های انجام شده در ورقه کدکن

علاوه بر پیمایش‌های زمین‌شناسی فوق چند مقطع دیگر به صورت عمود بر رخنمون واحدهای با احتمال کانی‌سازی در ورقه کدکن و به سمت غرب شهر کدکن و غرب مقطع کال دافی زده شد که در هیچ کدام از آنها اثری از کانی‌سازی مس رسوبی مشاهده نگردید.

از جمله این مقاطع، مقطع غرب روستای بزق می‌باشد. روستای بزق در ۱۷ کیلومتری غرب کدکن واقع است. مقطع دیگر مقطع کلاته اژدانه (۲۱ کیلومتری غرب کدکن) می‌باشد که واحدهای سنگی مشاهده شده در آن تماماً شامل آندزیت‌های مگاپورفیر می‌باشد. در یک مورد قطعه‌ای از واحد سنگی مذکور درون آبراهه مشاهده گردید که حفرات سنگ میزبان بوسيله مالاکیت و سیلیس پر شده‌اند. در سطح شکسته این نمونه فازهای سولفیدی مثل پیریت - کالکوسیت و کالکوپیریت؟ با فراوانی کمی قابل مشاهده بودند. در بررسی واحدهای سنگی بالادست نمونه مذکور، اثری از کانی‌سازی مس مشاهده نشد. بررسی آخرین مقطع (غربی) در ورقه کدکن نیز کانی‌سازی مس رسوبی را نشان نمی‌دهد. این پیمایش در جنوب روستای رودشور (۲۴ کیلومتری غرب کدکن) انجام شد.

واحدهای O^{sms} به صورت باریک شده در منتهی‌الیه جنوب غربی ورقه کدکن نیز رخنمون دارند. از لحاظ موقعیت جغرافیایی از ۶ کیلومتری شمال شرق روستای اکبرآباد به سمت شرق ادامه دارند. دسترسی به این مکان از طریق شمال شهر ریوش (کوه سرخ) (در شمال شهر کاشمر) و یا روستای عطائیه (۳۷ کیلومتری غرب کدکن) امکان‌پذیر است. در این منطقه دو مقطع مورد بررسی قرار گرفت که در هیچ کدام افق‌های ماسه‌سنگی احیایی و کانه‌دار مشاهده نگردید. واحدهای O^{sms} در شمال روستای چلیو (شمال ریوش) در هسته یک ناودیس با ضخامت خیلی زیاد رخنمون دارند. طی

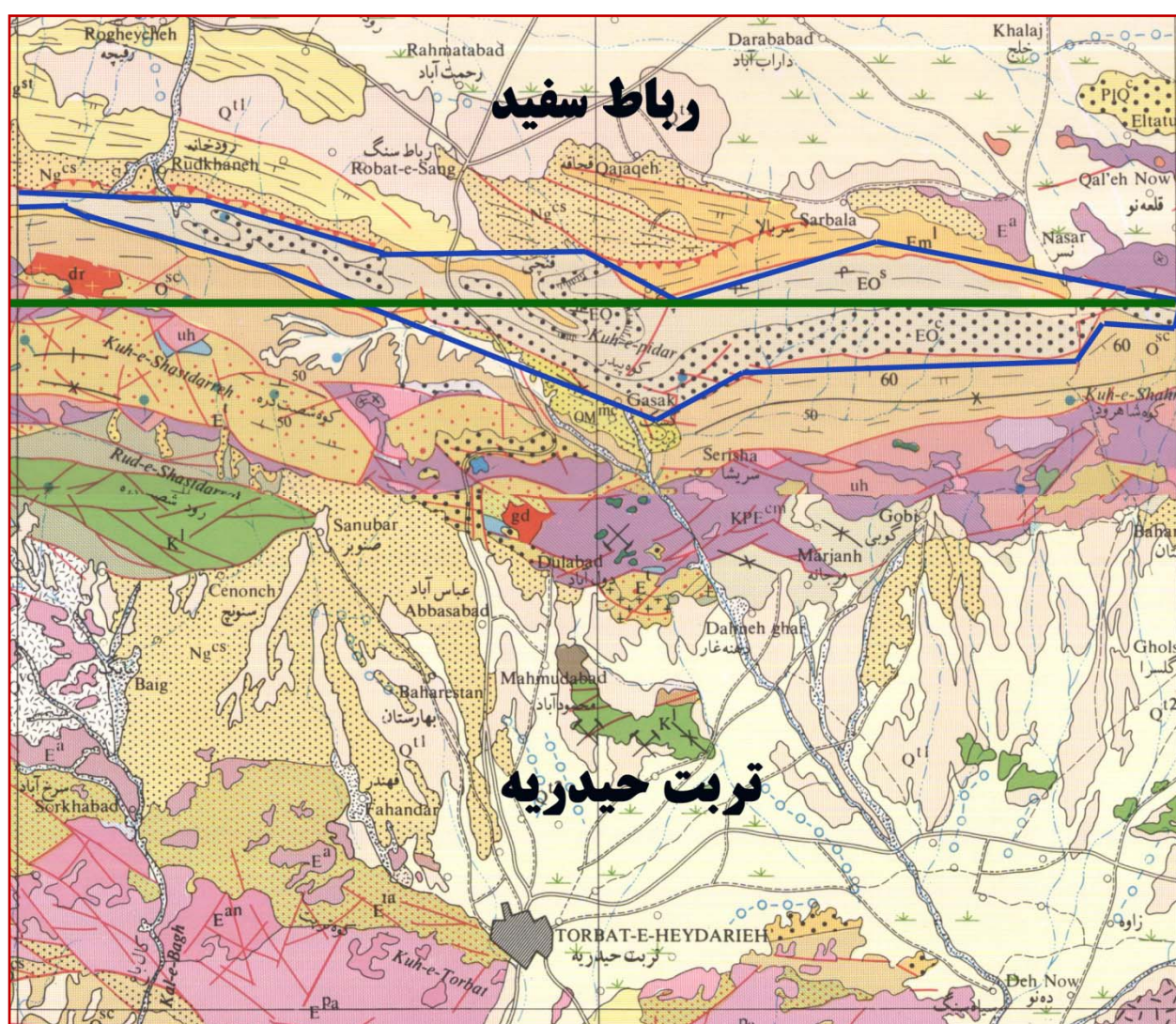
بررسی این واحدها در چند مقطع موردی از کانی سازی مشاهده نگردید. تنها یک مورد ماسه سنگ نازک لایه به صورت قطعات آواری و نابرجا در دامنه یکی از رخنمون ها مشاهده شد اما محل رخنمون افق کانه دار یافت نشد. همانگونه که مشاهده می شود پتانسیل کانی سازی مس رسوبی در لایه های قرمز رنگ (Red bed) متعلق به الیگوسن در ورقه کدکن از شرق به غرب کاهش می یابد.

فصل سوم

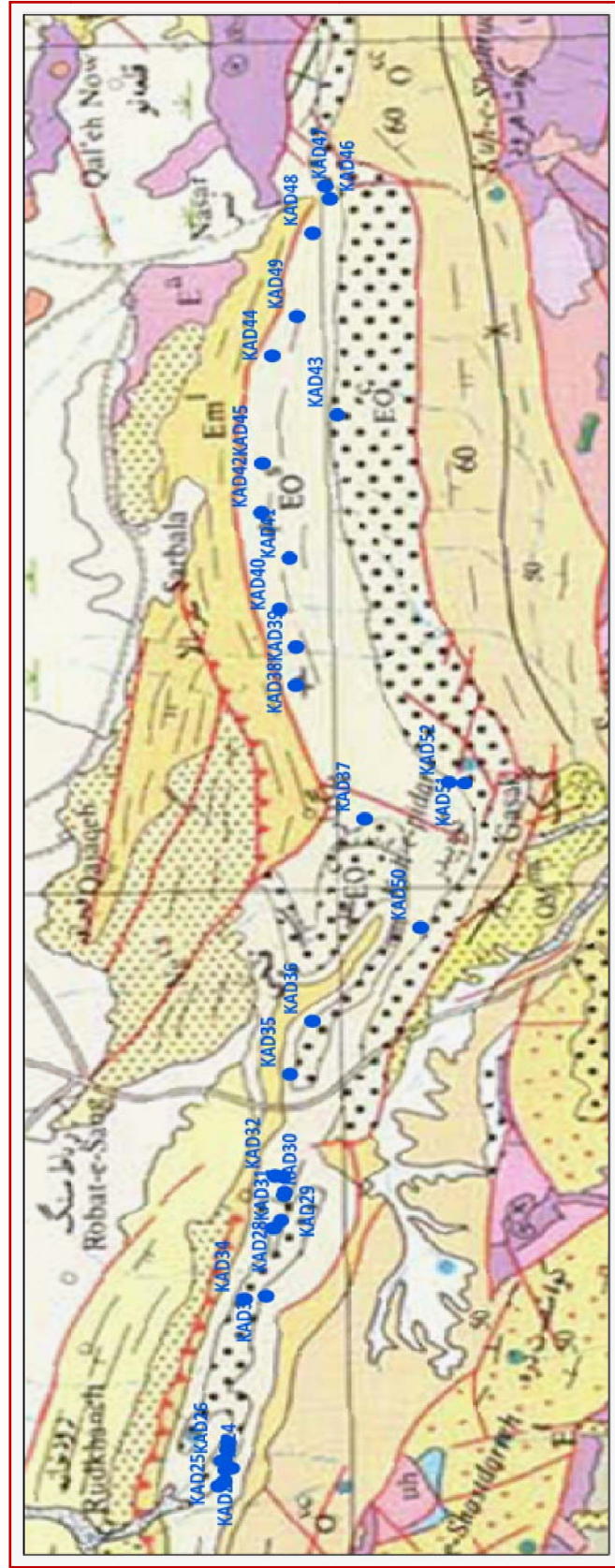
پی‌جویی در
ورقه‌های رباط سفید و
تربت حیدریه

۳- کانی سازی مس رسوبی در ورقه های رباط سفید و تربت حیدریه

ادامه شرقی واحدهای رسوبی O^{sms} از بخش جنوبی ورقه کدکن وارد ورقه های رباط سفید و تربت حیدریه می شود. طبقات قرمز رنگ O^{sms} در مرز مشترک این دو ورقه (رباط سفید در شمال و تربت حیدریه در جنوب) گسترش دارند. واحدهای رسوبی کانه دار طبق برگه ۱:۲۵۰۰۰۰ تربت حیدریه در این منطقه شامل واحد EO^s (ماسه سنگ قرمز و مارن) و واحد EO^c (کنگلو مرای قرمز و ماسه سنگ) می شوند (اشکال ۷-۱ و ۷-۲). لازم بذکر است تا زمان نگارش این گزارش نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ رباط سفید چاپ نشده است و در این گزارش از اطلاعات ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ تربت حیدریه و کدکن استفاده گردید.



شکل ۷-۱- موقعیت مناطق مستعد کانی سازی مس در حدفاصل ورقه های ۱۰۰۰۰۰ رباط سفید و تربت حیدریه



شکل ۷-۲- موقعیت نقاط نمونه‌برداری (کانی سازی) در ورقه‌های رباط سفید و تربت حیدریه

۳-۱- مقطع کال رودخانه

روستای رودخانه در جنوب غربی ورقه رباط سفید و در ۲۰ کیلومتری شهر رباط سنگ واقع است. در جنوب غربی این روستا، روستای دیگری بنام حاجی بیگ قرار دارد که در بخش‌های جنوبی آن ادامه واحدهای O^{sms} از ورقه کدکن رخنمون دارند. طی پی‌جویی افق‌های قرمزرنک در این بخش آثاری از کانی‌سازی مس مشاهده نگردید.

در حدود ۳ کیلومتری شاخه شرقی آبراهه منتهی به روستای رودخانه ساختارهای تکتونیکی فراوان از جمله تاقدیس و ناودیس‌های متعدد همراه با گسل‌ها و شکستگی‌های متقاطع مشاهده می‌شود. کانی‌سازی مس حداقل در ۳ افق در بخش‌های نزدیک به هسته یک تاقدیس انجام شده است (شکل ۸). این افق‌ها تماماً استراتیفرم، عدسی‌شکل و به صورت منقطع رخنمون دارند. در این منطقه فاصله ابتدا و انتهای کانی‌سازی مشاهده شده به ۱۲۵۰ متر می‌رسد. ضخامت متوسط افق‌های ماسه‌سنگی کانه‌دار حدوداً ۳۰-۴۰ سانتیمتر و حداکثر به ۸۰ سانتیمتر می‌رسد. در محل نمونه Kad 20 درون واحدهای میکروکنگلومرا تیره یک افق ماسه‌سنگی روشن رنگ مایل به سبز همراه با آثار فسیلهای گیاهی (شکل ۹) به ضخامت ۷۰ سانتیمتر و طول تقریبی ۱۲ متر رخنمون دارد. شیب عمومی این واحدها به سمت شمال است. در این افق مالاکیت هم در متن سنگ و هم به صورت لکه‌های پراکنده دیده می‌شود. عیار مس در نمونه مذکور ۰/۸ درصد اندازه‌گیری شده است. طبق بررسی‌های صحرایی کمر بالا و پائین این افق و تقریباً تمامی افق‌های کانی‌سازی در گستره این پروژه (بجز در مواردی که میزبان کانی‌سازی کنگلومراست) از آهک ماسه‌ای خاکستری تیره تا قهوه‌ای تیره تشکیل شده است. نکته جالب در این سنگها حضور نودولهای رسی تیره در متن آنهاست که در اغلب موارد شسته شده و بصورت حفراتی مشاهده می‌شوند (شکل ۱۰).

در نمونه‌ای که برای مطالعه مقطع صیقلی از این افق برداشت شده (Kad 20p) تعدادی انگشت‌شمار از بلورهای نیمه خودشکل تا خودشکل پیریت و ذرات پراکنده و لکه‌های ریز هماتیت و اکسیدهای آبدار آهن گزارش شده است. بافت کانی‌سازی نیز از نوع پرکننده فضاهاى خالی تعیین شده است.

هم‌چنین نوع ماسه‌سنگ در نمونه‌ای که از واحد کانه‌دار برداشت و مطالعه شده است، ساب‌آرکوز آهکی می‌باشد. علاوه بر کوارتز، فلدسپارهای قلیایی و پلاژیوکلازهای سدیک تا حدواسط، کانیهای سریسیت-مسکوویت و بیوتیت‌های تیغه‌ای و معدود قطعات لیتیک و لکانیکی با ماتریکس رسی و سیمان کربنات، اجزای تشکیل دهنده ماسه‌سنگ هستند.

ادامه غربی افق کانه‌دار فوق تا ۲۱۰ متری آن به صورت منقطع رخنمون دارد. در این قسمت عیار کانی‌سازی بالاتر رفته و ماسه‌سنگ‌ها نیز کمی مارنی و متورق هستند. طول واحد رخنمون‌دار ۲۰-۱۵ متر و ضخامت آن حدود ۴۰ سانتیمتر است. عیار مس در نمونه‌ای که از این قسمت برداشت شده (Kad 21) ۴/۵ درصد و عیار V به ۲۲۵ پی‌پی‌ام می‌رسد. نمونه فوق از بخش‌های پرعیار برداشت شده است.



شکل ۸- رخنمون تاقدیس نامتقارن و مایل با شیب سطح مخوری به سمت جنوب و افق های کانه دار در اطراف هسته آن (دید به سمت غرب)



شکل ۹- آثار مربوط به ساقه های گیاهی در افق های کانی سازی



شکل ۱۰- حفرات ناشی از انحلال قطعات رسی در کمر پائین یک افق کانه دار در کال رودخانه

در بخش غربی کال رودخانه و در ۷۵۰ متری غرب نمونه Kad 20 افق ماسه سنگی کانه دار به صورت دو عدسی منقطع که توسط گسلهای عرضی قطع و جابجا شده است، رخنمون دارد. شکل ۱۰ بخشی از رخنمون این عدسی را نشان می دهد. در نمونه دستی کانه های مشاهده شامل مالاکیت، نتوتاسیت (سیلیکات آبدار مس، آهن و منگنز) و کالکانتیت می باشد (شکل ۱۱). نمونه Kad 22 که از این افق برداشت شده دارای ۴/۵۷ درصد مس و ۳۶۰ ppm وانادیوم بوده است. ضخامت افق کانه دار ۲۰-۶۰ سانتیمتر و امتداد و شیب آن N280,50NE می باشد.



شکل ۱۱- کانه های قابل مشاهده در رخنمون عدسی ماسه سنگی (کال رودخانه)

در یک افق چینه‌شناسی پایین‌تر، در قاعده یک واحد ماسه‌سنگی تیره رنگ و بالای شیل‌های ماسه‌ای متورق، واحد ماسه‌سنگی کانه‌دار دیگری رخنمون دارد. طول باند کانه‌دار در حدود ۶۰ متر بوده و به صورت عدسی می‌باشد. در محل نمونه‌برداری بخش‌های کانه‌دار حاوی مالاتیت، آزوریت یا کالکانتیت همراه با آثار گیاهی فراوان می‌باشد. شیب و امتداد طبقات در این قسمت 52NE و N115 است. نمونه Kad 23 که از این قسمت برداشت شده دارای عیار ۳/۴۶ درصد مس و ۸۳۵ پی‌پی‌ام وانادیم می‌باشد.

افق دیگر (که طبق شکل ۸ تکرار افق اول در هسته تاق‌دیس می‌باشد) کانی‌سازی با عیار بهتر در پایین افق دوم (از لحاظ چینه‌شناسی) رخنمون دارد. ضخامت واحد کانه‌دار در بخش رخنمون‌دار، ۱/۲ متر و طول آن به ۳۰ متر می‌رسد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- بخشی از رخنمون افق اول در یال جنوبی تاقدیس (کال رودخانه)

افق های کانه دار مورد بحث به سمت غرب کم و بیش به صورت منقطع و عدسی شکل ادامه دارند. در محل نمونه Kad24 ضخامت عدسی کانه دار به ۱/۵ متر و طول آن نیز به ۸۰ متر می رسد. در این بخش عیار بدست آمده مس در نمونه مذکور ۳/۹۷ درصد و عیار وانادیوم به ۸۹۵ پی پی ام می رسد.

انتهای غربی این افق که از آن نمونه برداری شد، مربوط به نمونه Kad 25 است که آثار فسیلهای گیاهی در این قسمت فراوان تر است. عیار مس در نمونه فوق ۳/۹۴ درصد و وانادیوم ۸۸۵ پی پی ام اندازه گیری شده است.

نوع ماسه سنگ میزبان کانی سازی ماسه سنگ توفی کربناته، لیتیک آرکوز آهکی با بافت دانه ای درشت و ساب میچور می باشد که علاوه بر کوارتز و فلدسپات قلیایی و پلاژیو کلاز سدیک دارای قطعات سنگی آذرین و گاه شیشه ای (متوسط و نیمه اسیدی) فراوان و مقدار کمی میکا، گلو کونیت، تورمالین، اکسیدهای آهن و کانیهای اپاک می باشد.

۳-۲- مقطع جنوب غرب رباط سنگ

افق‌های کانه‌دار مس رسوبی در جنوب غرب بخش رباط سنگ در گستره‌ای به طول ۷ کیلومتر از جنوب غرب روستای بیدستان تا جنوب غرب روستای عمادیه به صورت ناپیوسته رخنمون دارند. این افق‌ها در واقع همان بخش‌های کانی‌سازی شده در جنوب شرقی کال رودخانه هستند که در اثر عملکرد تکتونیک در دامنه‌های جنوبی کوه‌های واقع در جنوب رباط سنگ ظاهر می‌شوند.

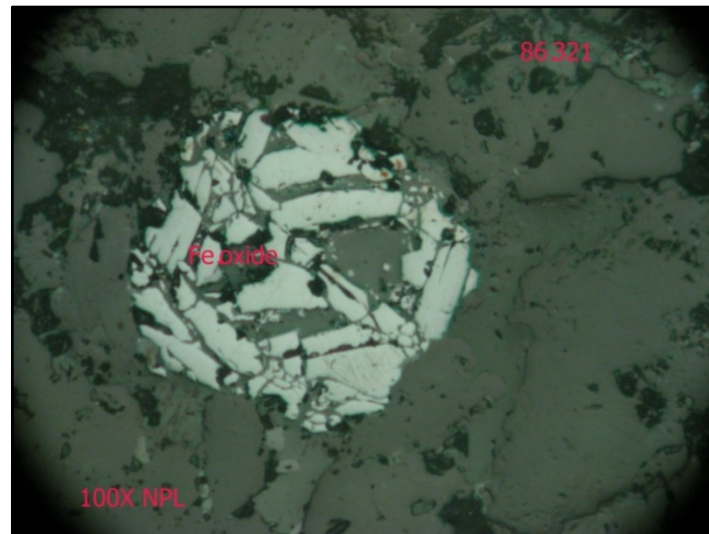
در مقطع مورد بررسی یکی از افق‌های کانه‌دار به طور پیوسته در حدود ۳/۵ کیلومتر رخنمون دارد و در برخی قسمت‌ها بدلیل واریزه‌های شیل و ماسه‌سنگ بالادست پوشیده شده‌اند. طبق نقشه برگه ۲۵۰۰۰: ۱۰ تربت حیدریه بخش‌های کانی‌سازی جنوب غرب رباط‌سنگ تماماً درون واحدهای EO^c واقع می‌شوند اما طبق شواهد و کنترل‌های صحرایی این نقاط در واحد EO^s (ماسه‌سنگ قرمز و مارن) تشکیل شده‌اند. اگرچه افق‌های کانی‌سازی شده با اهمیت ناچیز در واحدهای کنگلومرای قرمزرنگ صخره‌ساز (EO^c) نیز مشاهده می‌شود.

در گستره جنوب غرب رباط‌سنگ در نقاط متعدد رخنمون افق مس‌دار مشاهده شده است یعنی در اکثر آبراهه‌های اصلی و فرعی شمالی - جنوبی که طبقات قرمزرنگ حاوی افق ماسه‌سنگی مس‌دار (شرقی - غربی) را قطع می‌کنند می‌توان یک تا دو افق کانه‌دار را مشاهده نمود. در این منطقه بخش کانه‌دار به فاصله تقریباً ثابتی از کنتاکت طبقات ضخیم کنگلومرای موجود در هسته ناودیس (حدود ۱۰۰ متری شمال این کنتاکت) قابل مشاهده و پیگیری است.

در میان طبقات سرخ‌رنگ شیلی و ماسه‌سنگی نرم فرسا افق‌های کانه‌دار ویژگی ثابت و مشخصی دارند. ماسه‌سنگ میزبان مس‌رسوبی، خاکستری روشن (احیایی)، هم‌روند با طبقات بالا و پایین خود و عمدتاً در قاعده ماسه‌سنگ میزبان، با آثار فسیل‌های گیاهی همراه با مالاکیت و آزوریت می‌باشد. واحد کانه‌دار به لحاظ ضخامت متغیر و عدسی شکل است. در محل نمونه Kad27 ضخامت لایه مس‌دار ۱/۲ متر و طول آن به ۱۷۰ متر می‌رسد. عیار مس در نمونه مذکور که از بخش‌های پرعیار برداشت شده ۴/۲۶ درصد بدست آمده است.

نمونه‌ای از ماسه‌سنگ‌های میزبان کانی‌سازی واقع در جنوب شرق روستای بیدستان (جنوب غرب رباط‌سنگ) (Kad31) برای تعیین نوع ماسه‌سنگ برداشت و مطالعه شده است که جنس آن ماسه‌سنگ (لیتیک آرکوز) درشت آهکی مس‌دار تعیین شده است. علیرغم تشخیص کانیهای مس‌دار در این نمونه، در آنالیز نمونه این بخش عیار قابل ملاحظه‌ای از مس تعیین نشده است.

هم‌چنین نمونه دیگری (Kad32) برای مطالعه مقطع صیقلی برداشت و مطالعه شده است که کانیهای تشخیص داده شده در آن پیریت (بصورت ذرات ریز و پراکنده نیمه خودشکل تا بی‌شکل)، اکسیدهای آهن آبدار و ثانویه و مالاکیت (به شکل رگچه‌های ظریف و آغشتگی) می‌باشند (عیار مس در این نمونه ۴ درصد می‌باشد) (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- اکسیدهای آهن در نمونه Kad 32 که احتمالاً جانشین پیریت های فرمبوتیدل شده است

از غرب روستای بیدستان (۲/۷ کیلومتری آن) و از رخنمون افق ماسه سنگی کانه دار نمونه دیگری (Kad34) (شکل ۱۴) برای مطالعه مقطع صیقلی برداشت و مطالعه شده است که نتیجه آن به شرح ذیل می باشد (شکل ۱۵):

هماتیت: بلورهای آن به شکل های تیغه ای، سوزنی، جعبه ای تشکیل شده اند.

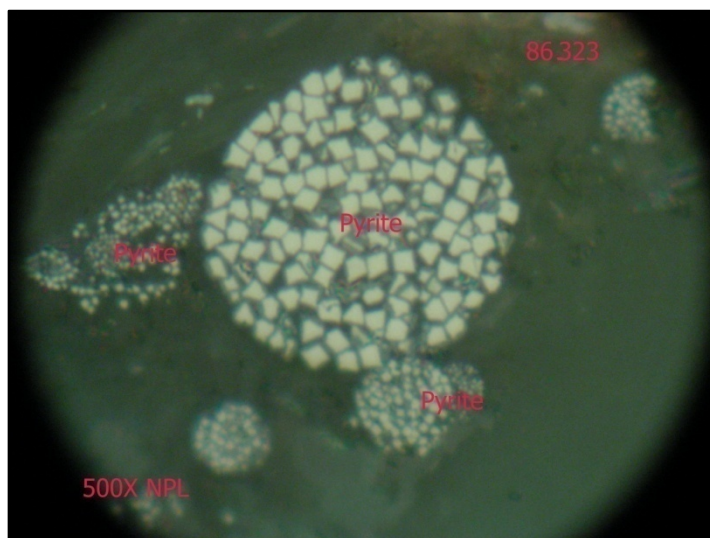
گالن: به صورت چند لکه ریز که به سروزیت دگرسان شده اند.

کولیت: به صورت لکه های ریز اطراف گالن و فضاهای مناسب گانگ تشکیل شده است.

مالاکیت: رگچه های پراکنده آن در فضاهای بین قطعات سنگ میزبان مشاهده می شود.



شکل ۱۴- رخنمون افق ماسه سنگی کانه دار در محل نمونه Kad 34



شکل ۱۵- بافت فرمبوتیدال پیریت در نمونه Kad 34

۳-۳- مقطع جنوب غرب قنچی

روستای قنچی در جنوب شرق رباط سنگ و ۴/۵ کیلومتری آن واقع است و مابین آنها کارخانه گچی وجود دارد که گچهای موجود در رسوبات تبخیری نئوژن را استخراج می‌کند. در جنوب غربی این کارخانه و درون طبقات قرمز متشکل از شیل و ماسه‌سنگ، میان‌لایه‌های ضخیم میکروکنگلومرا رخمون دارند. در محل نمونه Kad35 قاعده یک افق ماسه‌سنگی که یک لایه میکروکنگلومرای است به آזורیت و کمی مالاکیت آغشتگی نشان می‌دهد. ضخامت بخش کانی‌سازی شده در حدود یک متر و طول رخمون‌دار به ۲۰ متر می‌رسد. شیب و امتداد این طبقات نیز 55SE و N25 است. عیار مس در نمونه برداشت شده از این افق‌ها ۳ درصد می‌باشد.

یک نمونه نیز برای مطالعه مقطع صیقلی از آنجا برداشت و مطالعه شده است (Kad 35p):

پیریت: به صورت ذرات ریز و نیمه خودشکل.

پیریت نفوفرمه: به صورت ذرات ریز، مربعی شکل و اجتماع یافته.

هماتیت و اکسیدهای ثانویه آهن: به صورت لکه‌های پراکنده داخل حفرات و شکستگی‌ها.

بافت این نمونه از نوع پرکننده حفرات (Open Space Filling) می‌باشد.

در ۱/۵ کیلومتری شرق نمونه Kad 35 در قاعده یکی از افق‌های کنگلومرای و ماسه‌سنگ بلافصل بالایی این افق، بخش کانی‌سازی به شکل عدسی و طول ۱۵-۱۰ متر و ضخامت حداکثر یک متر (و متوسط ۳۰ سانتیمتر) با آغشتگی کم به مالاکیت تشکیل شده است. ۳ باند کانی‌سازی در بالادست افق‌های فوق نیز مشاهده می‌شود که باند وسطی در حدود ۶۰-۴۰ متر طول و حداکثر ۱/۵ متر ضخامت دارد. مالاکیت هم اطراف قطعات گردشده کنگلومرا و هم سیمان آنرا آغشته کرده است. ادامه این افق‌ها در فاصله ۴۰۰ متری شرق نمونه Kad 36 نیز در کف آبراهه‌ها به صورت منقطع رخمون دارد. عیار مس در نمونه‌ای (Kad 36) که از قسمت‌های پرعیار این قسمت‌ها برداشت شده، ۶/۴۲ درصد اندازه‌گیری شده است (شکل ۱۶). در نمونه‌ای که برای مقطع صیقلی مطالعه شده است تنها هماتیت به صورت پراکنده و لکه‌ای در فضا‌های بین قطعات سنگ میزبان تشکیل شده است و کانی‌های مس گزارش نشده است.



شکل ۱۶- رخنمون بخشی از قاعده میکرو کنگلومرای کانهدار در جنوب غرب قنچی

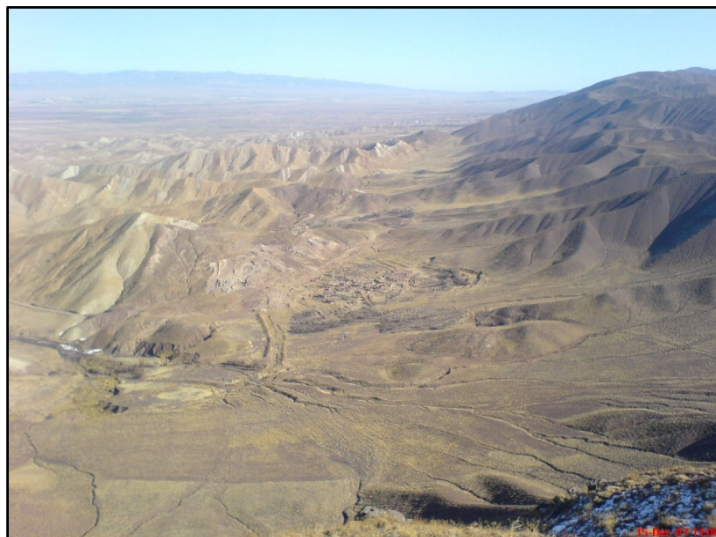
۳-۴- مقطع پاگدار

روستای پاگدار در ۹ کیلومتری شرق-جنوب شرق رباط سنگ واقع است و مقطع مورد نظر نیز از جنوب این روستا انجام شده است. بدلیل چین خوردگی ضخامت ظاهری طبقات قرمز رنگ (با احتمال کانی سازی) در جنوب روستای پاگدار افزایش چشم گیری دارد. شکل ۱۷ نمایی از واحدهای Redbed حاوی افق های ماسه سنگی کانه دار و واحدهای مارنی گچ دار در جنوب روستای پاگدار را نشان می دهد. در محل نمونه Kad37 افق ماسه سنگی خاکستری روشن به طول حدود ۱۲۰ متر رخنمون دارد و ضخامت آن به ۷۰ سانتیمتر می رسد (شکل ۱۸). عیار مس در نمونه مذکور ۴/۲۶ درصد می باشد. در نمونه دستی ماسه سنگ حاوی مالاکیت، آزوریت، کالکوسیت و آثار فسیل های گیاهی است و بالادست و پایین دست این افق، شیل های سرخ تیره رخنمون دارند.

در این بخش روند طبقات ضخیم کنگلومرایی که از روستای قنچی به صورت شرقی - غربی است، قطع می شود و به صورت چین خورده روند شمالی - جنوبی پیدا می کند. فاصله افق کانه دار از قاعده طبقات کنگلومرایی بطور متوسط ۷۰ متر است که از روند عمومی این طبقات نیز پیروی می کند.

جنس سنگ میزبان آرکوز لیتیک تا لیتارنایت فلدسپاتی ساب معجور با سیمان کریاته تعیین شده است. فلدسپات ها از نوع میکروکلین و گاه پلاژیو کلاز سدیک هستند. قطعات سنگی تنوع بیشتری دارند و شامل قطعات چرت، فیلیت و گاهی سریسیت شست، قطعات سنگهای آذرین اسیدی و مادستون می باشد.

در نمونه مطالعه شده برای مقطع صیقلی کانیهای پیریت (خیلی کم)، مالاکیت (به صورت ذرات ریز و پراکنده)، کوولیت و کالکوسیت (پرکننده حفرات سنگ میزبان) مشاهده شده اند (Kad37p).



شکل ۱۷- نمایی از واحدهای Redbed حاوی افق های ماسه سنگی کانه دار و واحدهای مارنی گچ دار در جنوب روستای پاگدار (نگاه به شرق)



شکل ۱۸- نمایی از رخنمون افق ماسه سنگی کانه دار (جنوب روستای پاگدار (نگاه به شرق))

۳-۵- مقطع روستای سربالا

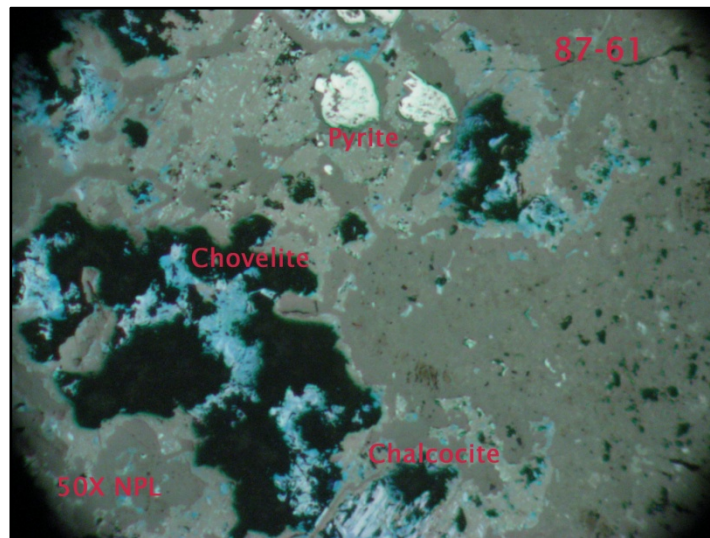
این روستا در ۱۸ کیلومتری شرق رباط سنگ قرار دارد. مقطع مورد نظر بین این روستا و روستای نوری (غرب سربالا) می‌باشد. آبراهه بزرگی با روند شمالی - جنوبی واحدهای رسوبی سنوزوئیک را در ۴/۵ کیلومتری جنوب غرب سربالا قطع می‌کند. در ابتدای مقطع و درون آبراهه قطعات ماسه‌سنگی کانی‌سازی شده آغشته به آزوریت فراوان قابل مشاهده است که پیگیری آنها منتهی به رخنمون یک افق ماسه‌سنگی کانه‌دار در موقعیت Kad38 شد که بدلیل واریزه‌های بالادست آن، به سختی می‌توان رخنمون مناسبی از افق ماسه‌سنگی را مشاهده نمود. به همین دلیل روند کانی‌سازی، طول و ضخامت آن مشخص نیست اما بررسی یک آبراهه فرعی مجاور نشان می‌دهد که احتمالاً کانی‌سازی گسترش چندانی ندارد.

Kad38 در نمونه دستی دارای کالکوسیت، آزوریت، مالاکیت و فسیل گیاهی می‌باشد. عیار مس نیز در این نمونه ۳/۳ درصد تعیین شده است. روند احتمالی افق کانه‌دار شمالی - جنوبی است. یک کیلومتری شرق نمونه فوق یک افق ماسه‌سنگی تیره خاکستری با آغشتگی کم به مالاکیت در دامنه واحدهای رسوبی سرخ رنگ در کف یک آبراهه کوچک در محل نمونه Kad39 رخنمون دارد. عیار مس در این نمونه ۵/۷۳ درصد بدست آمده است.

ادامه افق بالا در شرق نمونه بالا یک افق ماسه‌سنگی خاکستری به ضخامت حداکثر ۴۰ سانتیمتر و طول ۶۰ متر رخنمون دارد که به مالاکیت و آزوریت آغشته شده است. عیار در نمونه اخذ شده از این قسمت (Kad40) ۶/۴۸ درصد اندازه‌گیری شده است. محل این رخنمون در منطقه‌ای بنام دل‌آرام بین دو روستای سربالا و نوری واقع است. در آبراهه شرقی منطقه مذکور آبراهه‌ای بنام کلاته خونی واقع است. در این آبراهه و در محل رخنمون واحدهای ماسه‌سنگی و کنگلومرایی سرخ تیره (نمونه Kad41) حداقل ۱۰ افق نازک لایه و متوالی از ماسه‌سنگ و میان‌لایه‌های کنگلومرا با قطعات سنگهای آتشفشانی رخنمون دارند که اگرچه گسترش مناسبی دارند اما ضخامت آنها کم و از ۲۰ سانتیمتر تجاوز نمی‌کند. امتداد این طبقات شرقی - غربی بوده و شیب آنها ۴۳ به سمت جنوب می‌باشد.

نمونه مذکور از قسمت‌های پرعیار افق‌های فوق برداشت گردید که عیار مس اندازه‌گیری شده در آن ۵/۵۸ درصد می‌باشد.

کانیهای پیریت (ریزدانه و دگرسان به اکسیدهای آبدار آهن)، کوولیت و کالکوسیت (نیمه خودشکل) و مالاکیت (به صورت ریز و پراکنده و رگچه‌های ظریف) در نمونه مطالعه شده از این بخش مشخص شده‌اند (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- کانی سازی کالکوسیت، کوولیت و پیریت در نمونه Kad41p در کلاته خونی

یکی دیگر از آبراهه‌های جنوبی روستای سربالا بنام کال کوهاب نام دارد که بررسی‌های انجام شده در آنها آثاری از کانی‌سازی مس رسوبی را نشان نمی‌دهد. اما در آبراهه شرقی آن که بنام کال (بازه) سربالا نام دارد، درون توالی ضخیم ماسه‌سنگ و مارن سرخ‌رنگ افق دیگری از کانی‌سازی مس با میزبان ماسه‌سنگ تا میکروکنگلومرا سفید تا خاکستری قابل مشاهده است (شکل ۲۰).

طول افق رخنمون‌دار در محل نمونه Kad42 حدود ۱۰۰ متر، ضخامت آن حداکثر ۵۰ سانتیمتر بوده و تقریباً افقی زیرطبقات بالایی قرار می‌گیرد. نمونه‌های دستی کانی‌سازی شده در زیر ذره‌بین (لوپ) دانه‌های سیلیسی آغشته به مالاکیت و آزوریت را نشان می‌دهد. کالکوسیت و کوولیت نیز به فراوانی در آنها دیده می‌شود. عیار مس در نمونه فوق ۵/۹۵ درصد تعیین شده است.

مشخصات نمونه فوق در مقطع صیقلی به شرح ذیل می‌باشد:

پیریت : بصورت ذرات ریز و پراکنده دارای ابعاد تقریبی ۱۰-۳۰ میکرون بمیزان محدود کانی‌سازی دارد.

درصد فراوانی پیریت در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۲٪ است.

مالاکیت و آزوریت : بصورت ذرات پراکنده ، رگچه‌های ظریف و آغستگی در گانگ کانی‌سازی دارد.

مجموع درصد فراوانی این کانیها در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۱۵٪ است.

کوولیت و کالکوسیت : بصورت ذرات ریز و پراکنده با ابعاد ۵-۶۰ میکرون کانی‌سازی دارد. درصد فراوانی

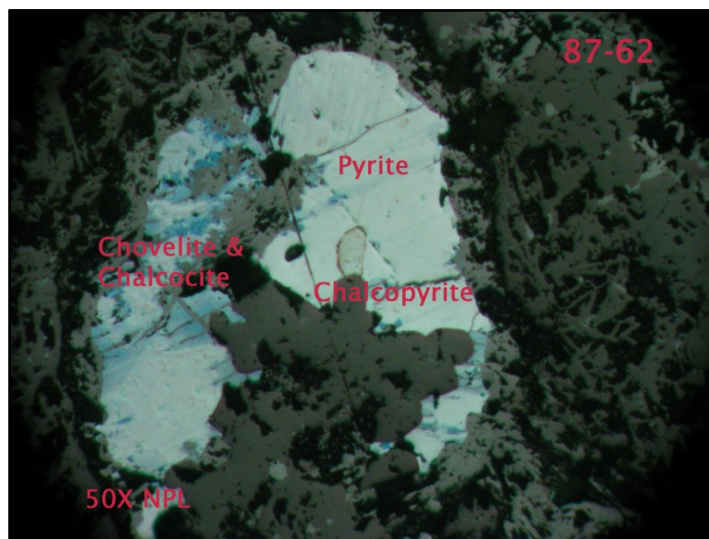
کوولیت و کالکوسیت در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۵٪ است.

اکسید و هیدروکسیدهای ثانویه آهن : به شکل آغتشگی در گانگ و پرکردگی در حفرات سنگ میزبان کانی سازی دارد. درصد فراوانی این کانیها در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۵٪ است. بافت کانی سازی فلزی Open Space Filling است (شکل ۲۱).

نوع سنگ میزبان در مطالعه یک نمونه از این افق ولکانو کلاستیک (توفیت) مالاکیت - آزوریت دار تعیین شده است. بافت سنگ کلاستیک بوده و از قطعات بلوری پلاژیو کلاز شکسته شده، قطعات سنگی ولکانیکی با ترکیب آندزیت، قطعات سنگی با بافت میکروگرافیتی از کوارتز - فلدسپات، پورفیریت های داسیتی، بازالت اسپیلیتی، متاسنداستون و کوارتزلاتیت با سیمان کربناته تشکیل شده است.



شکل ۲۰- بخشی از رخنمون افق کانه دار در کال کوهاب (بازه سر بالا)



شکل ۲۱- کانی سازی کالکوسیت، کوولیت، پیریت و کالکوپیریت در نمونه Kad42p در کال کوهاب

۳-۶- مقطع یال معدن

این مقطع جهت دسترسی به معدن متروکه‌ای بنام یال معدن انجام شده است که فاصله (مستقیم) هوایی آن با رباط سنگ ۱۸ کیلومتر است. دسترسی به ابتدای این مقطع از جاده رباط سنگ- نسر امکان پذیر است. بدین صورت که پس از طی ۲ کیلومتر از روستای سربالا به سمت روستای مختاری جاده‌ای به سمت جنوب (دامنه کوه) (به سمت مزار سیدرضا) جدا می‌شود. پس از طی مسافتی در حدود ۳ کیلومتر به مزار سیدرضا می‌رسیم. ابتدای مقطع در ۲/۵ کیلومتری جنوب مزار واقع است. جنوب مزار مذکور به کلاته بزیک مشهور است.

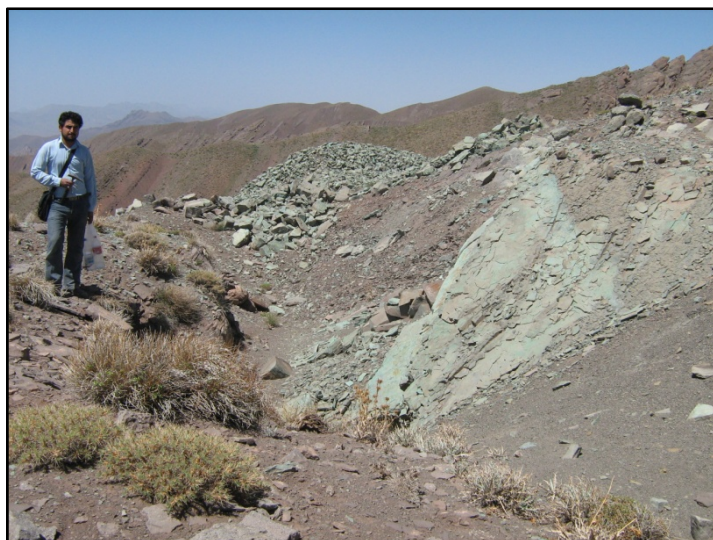
شروع مقطع با طبقات ضخیم ماسه‌سنگی سرخ‌رنگ شروع می‌شود و به سمت بالادست طبقات ماسه‌سنگی خاکستری رخنمون دارند. فاصله هوایی معدن متروکه و مزار سیدرضا ۱۸۰۰ متر و اختلاف ارتفاع آنها ۴۶۰ متر می‌باشد. محل معدن درون واحدهای ماسه‌سنگی سرخ‌رنگ تا خاکستری واقع است که شامل یک افق ماسه‌سنگی احیایی لایه‌ای تا عدسی شکل سبز رنگ (بدلیل مالاکیت دار بودن) می‌شود. با توجه به گسترش رخنمون، لایه مس‌دار در سه بخش شرقی، مرکزی و غربی دیده می‌شود. ضخامت آن حداکثر ۱/۲ متر، طول ناممتد آن حدود ۷۰۰ متر و شیب و امتداد آن N 90, 45 S می‌باشد.

جنس سنگ میزبان (با توجه به مطالعه یک نمونه مقطع نازک) آرکوز لیتیک تا لیتارنایت فلدسپات‌دار با سیمان آهکی و ساب‌مچور با کانه‌های مالاکیت - آزوریت تعیین شده است که در آن علاوه بر کوارتز، قطعات فلدسپات (پلاژیو کلاز)، ولکانیکی میکروولیتی، شیشه‌ای تجدید تبلور یافته، میکرواسپارایت، مادستون، فیلیت و چرت از تشکیل‌دهندگان اصلی سنگ می‌باشند. در معدن متروکه یک سینه کار (در بخش مرکزی) در ابعاد ۵×۳ متر حفر شده است و ماده معدنی استخراج شده نیز در کنار این سینه کار دپو شده است (شکل ۲۲). هم‌چنین از کمر بالای ماده معدنی و به فاصله تقریبی ۲ متر یک دویل حدود ۷ متر جهت دسترسی به ماده معدنی در عمق حفر شده است. آثار کنده‌کاری در امتداد رخنمون ماده معدنی به صورت پراکنده مشاهده می‌شود.

در بخش‌های شرقی و غربی افق کانه‌دار کنده‌کاری انجام شده است. ماده معدنی در نمونه دستی عمدتاً شامل مالاکیت، مقدار کمی آزوریت به همراه آثار فسیلهای گیاهی است. مالاکیت هم متن سنگ میزبان و هم در سطوح تورق دیده می‌شود.

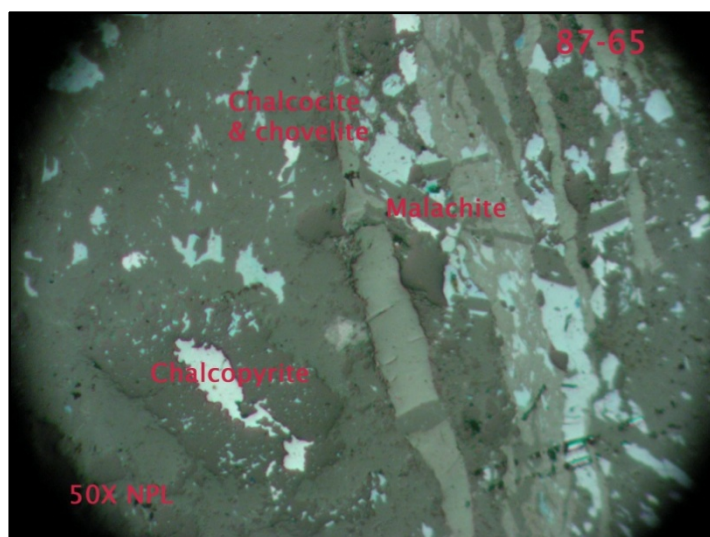
عیار مس در نمونه Kad43 که از محل دپو ماده معدنی برداشت گردیده، ۳/۶۶ درصد بوده است.

مهمترین مشکل منطقه کانی‌سازی شده عدم دسترسی آسان به آن می‌باشد.



شکل ۲۲- رخنمون افق کانه دار در بخش مرکزی معدن متروکه یال معدن (بازه سر بالا)

در مطالعه یک نمونه مقطع صیقلی از ماده معدنی تنها پیریت و اکسید و هیدروکسیدهای آهن تشخیص داده شده است. طی کنترل آبراهه‌های فرعی جنوب مزارسیدرضا در یک مورد (موقعیت نمونه Kad45) در کف آبراهه پچ کوچکی در ابعاد ۰/۸ در ۲ متر از افق کانه‌دار نسبتاً پرعیار رخنمون دارد اما در اطراف خود ادامه ندارد. در سطح شکسته نمونه حاوی مالاکیت، آزوریت، پیریت فراوان، کانیهای سولفیدی و گالن؟ می‌باشد و میزبان نیز سیلیسی شده است. در نمونه مطالعه شده از این بخش کانیهای مالاکیت (کله‌ای و پرکننده حفرات) و اکسیدها و هیدرواکسیدهای آهن (بصورت ثانویه داخل حفرات و فضاها بین گانگ) تشخیص داده شده است (شکل ۲۳).



شکل ۲۳- کانی سازی کالکوسیت، کوولیت، پیریت و مالاکیت در نمونه Kad45p (غرب مزار)

۳-۷- مقطع کلاته لاله

این مقطع در ۴ کیلومتری جنوب غربی روستای نَسَر در کلاته‌ای بنام کلاته لاله واقع است. ابتدای این مقطع رخنمون ضخیمی از ماسه‌سنگ‌های تیره و صخره‌ساز مشاهده می‌شود که درون این طبقات افقی به شکل عدسی از آهک مارنی سبز و تیره تشکیل شده است و کانی‌سازی مس شامل آزوریت، ملاکیت و اکسیدهای مس به همراه گوتیت و لیمونیت در آن دیده می‌شود. ظاهراً عیار مناسبی دارد اما ابعاد آن (۵/۲۰×) ناچیز است. در محل کانی‌سازی سینه کار اکتشافی کوچکی نیز حفر شده است. شیب طبقات به سمت جنوب و حدوداً ۴۵ درجه است. امتداد آنها نیز شرقی - غربی است. آبراهه‌های اطراف کنترل گردید و آثار کانی‌سازی در آن مشاهده نشد.

جنس سنگ میزبان مادستون (سنگ بسیار دانه‌ریز رسوبی) تعیین شده است. سنگ متشکل از کانیهای فیلسیلیکاته (رس - میکا)، رشته‌های نیمه ممتد اکسید آهن و سیلیس کریپتوکریستالین می‌باشد. این نوع سنگ میزبان تنها در این قسمت از منطقه مشاهده می‌شود.

عیار مس در نمونه Kad44 که از بخشهای پرعیار ماده معدنی برداشت گردید ۳/۷۱ درصد تعیین شده است. نتایج حاصل از مطالعه نمونه‌ای از ماده معدنی جهت مقطع صیقلی به شرح ذیل می‌باشد

پیریت : بمیزان محدود درون حفرات و فضاهای عدسی شکل موجود در گانگ، کانی سازی دارد. این کانی در اطراف و حواشی به اکسیدهای ثانویه آهن آلتره شده است. همراه با پیریت کانی سازی محدود کالکوپیریت نیز دیده می‌شود. درصد فراوانی پیریت در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۵٪ است.

کالکوپیریت : همراه با پیریت و بمیزان محدود کانی سازی دارد. این کانی از اطراف آلتره شده و به صورت کوولیت و کالکوپیریت ۲٪ و کالکوسیت و کوولیت ۷٪ دیده می‌شود.

بافت کانی سازی فلزی Open Space Filling است.

۳-۸- مقطع کال اولتولوج

این مقطع در ۵ کیلومتری جنوب غربی روستای نَسَر در مسیر آبراهه‌ای بنام کال اولتولوج واقع است. در این مقطع یک افق ماسه سنگی خاکستری و احیایی درون طبقات اکسیدان و صخره ساز به طول ۱۵ متر و ضخامت حاکثر ۵۰-۶۰ سانتی متر به صورت عدسی شکل رخنمون دارد. شیب و امتداد طبقات N85E,30SE است. نمونه Kad49 که از بخشهای پرعیار حاوی مالاکیت و آزوریت و احتمالاً سولفیدهای مس برداشت شده دارای ۴.۵ درصد مس می‌باشد. همانگونه که ذکر گردید شکل عدسی این افق نشان دهنده عدم گسترش ماده معدنی در اطراف بخش کانی سازی است که طی کنترل صحرایی این امر مشخص گردید. شکل ۲۴ نمایی از رخنمون لایه ماسه سنگی کانه دار را نشان می‌دهد.



شکل ۲۴ - نمایی از رخنمون لایه ماسه سنگی کانه دار در کال اولتولوج

۳-۹- معدن متروکه مس قنداب (قندو)

این معدن متروکه در ۳ کیلومتری جنوب روستای نَسَر قرار دارد و شامل یک تونل استخراجی در امتداد لایه در کنار رودخانه، یک سینه کار در کناره شرقی رودخانه (۳۵۰ متری تونل اصلی) (شکل ۲۵) و سینه کار دیگری در ۱۵۰ متری غرب تونل می باشد. تونل حدود ۲۵ متر طول دارد و ابعاد دهانه آن $2 \times 1/5$ مترمربع می باشد که بدلیل آبگرفتگی قابل بازدید نبود. سینه کار غربی در ابعاد $10 \times 5 \times 3$ حفر شده که بیشتر برای شناسایی چگونگی گسترش و ابعاد کانی سازی بوده است.

ماده معدنی در واقع یک افق ماسه سنگی آغشته به مالاکیت و کمی آزوریت است که حداکثر ۴۰ سانتیمتر ضخامت دارد و همراه با آن فسیل های گیاهی مشاهده می شود. واحدهای دربرگیرنده ماده معدنی ماسه سنگ های تیره تا میکرو کنگلومرا هستند. شیب و امتداد افق کانه دار 53SE و N70E می باشد.

عیار مس در نمونه Kad 46 که از سینه کار غربی برداشت شده، ۴/۶۸ درصد و در نمونه Kad 47 (از سینه کار شرقی) ۳/۸ درصد بدست آمده است.



شکل ۲۵- رخنمون افق کانه دار در انتهای شرقی معدن متروکه قنداب

رخنمون طبقات سرخ رنگ (Red bedds) که حاوی بخش‌های کانه‌دار می‌باشد. (EO^5) در اطراف روستای نسر به پایان می‌رسد و گسترش طولی آنها از آخرین نقطه‌ای که کانی‌سازی مس رسوبی در غرب ورقه کدکن مشاهده شده تا این بخش (انتهای جنوب شرقی ورقه رباط سفید) به ۶۵ کیلومتر می‌رسد. کانی‌سازی در این فاصله کم و بیش به طور پراکنده و منقطع مشاهده می‌شود و در حالت کلی در اکثر آبراهه‌هایی که به صورت عرضی افق‌های سرخ رنگ را قطع کرده‌اند، آثار کانه‌سازی را می‌توان ردیابی نمود.

مشخصات کانی‌سازی در تمامی موارد مشابه یکدیگر بوده و عبارتند از: آثار فسیل‌های گیاهی، حالت غالب مالاکیتی شدن، ماسه‌سنگ‌های خاکستری روشن (احیایی)، استراتیفرم بودن.

در یک کیلومتری غرب معدن متروکه قنداب اندیس مس مغارجنگل قرار دارد. مشخصات کانی‌سازی در این اندیس مشابه قنداب است. در اینجا سینه‌کاری به ابعاد $2 \times 3 \times 12$ ایجاد شده است و بدلیل ریزش خاک‌های اطراف افق کانی‌سازی قابل رؤیت نیست. دپویی از ماده معدنی در پایین سینه‌کار انجام شده است. سنگ میزبان ماسه سنگی تا میکروکنگلومرایبی است. در نمونه Kad48 عیار مس $3/81$ درصد بدست آمده است.

۳-۱۰- مقطع شمال کامه

روستای کامه سفلی در ۲۲ کیلومتری شمال تربت حیدریه و ۱۲ کیلومتری جنوب رباط سنگ واقع است (شکل ۱). مقطع مورد نظر افق‌های سرخرنگ (EO^s) رخنمون‌دار شمال و شمال شرق این روستاست که در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ تربت حیدریه واقع می‌شود. در منطقه موردنظر از غرب به شرق روستاهای کامه‌علیا، کسکک، سرشیا و پده قرار دارند. طی بررسیهای انجام شده در این مقطع دو افق ماسه‌سنگی کانه‌دار و احیایی به فاصله تقریبی ۷۰ متر از یکدیگر درون طبقات ضخیم ماسه‌سنگی و مارنی سرخرنگ تشکیل شده‌اند. مجموعه رسوبی مذکور بین واحدهای کنگلومرایی ضخیم و صخره‌ساز (در شمال و جنوب) رخنمون دارند. در برخی قسمت‌ها تنها یکی از افقها قابل مشاهده هستند، مثلاً در شمال غربی روستای کامه‌علیا یک افق ماسه‌سنگی متورق آغشته به مالاکیت به ضخامت ۳۰ سانتیمتر و طول تقریبی ۵۰ تا ۶۰ متر بدون آثار فسیل‌های گیاهی رخنمون دارد (شکل ۲۶). روند کلی واحدهای رسوبی منطقه شرقی- غربی می‌باشد.



شکل ۲۶- افق ماسه سنگ شیلی همراه با کانی سازی مس (شمال کامه سفلی)

گسترش طولی افقهای فوق در کل منطقه حدوداً ۷ کیلومتر است که در محل گسلهای عرضی و آبراهه‌های شمالی- جنوبی قطع‌کننده لایه‌های ماسه‌سنگی به صورت منقطع و عدسی شکل دیده می‌شوند. در شمال غرب روستای کامه سفلی تا شمال روستای کسکک در فاصله حدود ۱۰۰ متری شمال طبقات ضخیم کنگلومرایی دو افق کانه‌دار رخنمون دارند که ضخامت افق پایینی حداکثر به ۷۰ سانتیمتر و افق بالایی به ۴۰ سانتیمتر می‌رسد. شیب و امتداد این طبقات 50NE و N115 است. نمونه Kad 50 که از افق پایینی برداشت شده دارای عیار ۳/۷۳ درصد مس است.

۳-۱۱- مقطع شمال روستای پده

دو افق کانی سازی تا بخشهای شمالی روستای پده قابل پیگیری هستند. مزار بی بی کبری در شمال روستای پده قرار دارد. در حدود ۱/۵ کیلومتری شمال این مزار دوباره افق های کانه دار ظاهر می شوند. شکل ۲۷ موقعیت چینه شناسی واحدهای ماسه سنگی مس دار را نشان می دهد. از محل نمونه Kad 51 یک نمونه برای مطالعه مقطع صیقلی برداشت و مطالعه شده است که نتیجه آن به شرح ذیل می باشد:

کالکوسیت و کوولیت: به صورت بلورهای ریز و پراکنده با فراوانی ۱۰ درصد در متن مقطع مشاهده می شوند.

مالاکیت: به میزان محدود در سنگ میزبان کانی سازی دارد.

بافت کانی سازی فلزی Open Space Filling است.

رخنمون افق پایینی در محل نمونه Kad52 حدود ۷۰ سانتیمتر ضخامت و حداقل ۱۰۰ متر طول دارد و عیار مس در آن ۷/۱ درصد می باشد. کانی سازی تا یک متری شرق نمونه فوق قابل ردیابی است که کم کم نازک شده و محو می شوند.



شکل ۲۷- موقعیت چینه شناسی واحدهای ماسه سنگی مس دار و (سمت راست) نمایی نزدیکتر از بخشهای کانه دار

فصل چهارم

پی جویی

در ورقه شامکان

۴- پی جویی کانی سازی مس رسوبی در ورقه شامکان

ورقه شامکان در غرب ورقه کدکن و شمال ورقه کاشمر واقع است. واحدهای رسوبی سرخ رنگ O^{sms} از غرب ورقه کدکن با روند شمال غربی - جنوب شرقی وارد ورقه شامکان می شود.

۴-۱- زمین شناسی ورقه شامکان

خلاصه ای از وضعیت زمین شناسی این ورقه به شرح ذیل می باشد:

پالئوزوئیک: کهن ترین رخنمون ها، وابسته به واحدهای پالئوزوئیک زیرین است. برونزدهای سنگی متنوع و شامل سنگهای رسوبی، آواری، آتشفشانی، افیولیتی و نفوذی است. رخساره های پالئوزوئیک در منطقه پیرامون گسل ریوش بوده و گسترش محدودی دارند. مرزهای بین آنها گسله است و در پیشانی گسل ریوش جایگزین شده اند.

در این پیشانی ماسه سنگ لالون به صورت تکتونیک در میان رخساره های پالئوزوئیک جای گرفته اند. پالئوزوئیک پایینی از دو بخش پایینی (لیتارنایت فلدسپاتی و گاه دولومیت خاکستری) و بالایی (شیل های سیلتی خاکستری تیره با میان لایه های ماسه سنگ آهکی به سن کامبرین میانی تا بالایی - اردوویسین) پدید آمده است. پالئوزوئیک میانی از تناوب دولومیت و آهک دولومیتی قهوه ای تا خاکستری (به سن سیلورین - دونین بالایی) تشکیل شده است و پالئوزوئیک فوقانی شامل سنگ آهک تا آهک دولومیتی خاکستری رنگ است که در بخشهایی بسیار خرد شده و تکتونیزه می باشد. مزوزوئیک: تریاس و ژوراسیک در منطقه رخنمون ندارند و تنها نهشته های وابسته به کرتاسه برونزد دارند. آغاز کرتاسه با رخساره های نمایانگر پیشروی دریا در منطقه دربرگیرنده واحدهای آهکی است. کرتاسه پسین با قاعده فرسایشی جای گرفته است که مرز میان آهک های زیرین و بالایی یکسری نهشته های تخریبی است که بی شک پیشروی و پسروی و نبود نهشته گذاری در این رخساره ها در محل تشکیل آنها متأثر از عملکرد رخداد های کیمیرین پسین و اتریشین بوده است. واحدهای سنگی کرتاسه در منطقه شامل سنگ آهک های بائومیکرواسپریتی تا آهک دولومیتی خاکستری ضخیم لایه کرتاسه زیرین، تناوب ماسه سنگ و سیلتستون نازک لایه قرمز رنگ که بر روی آهک های کرتاسه زیرین جای گرفته اند، کنگلومرا و آهک بیومیکریتی خاکستری تیره، متوسط تا ضخیم لایه به سن ماستریشین می باشند.

پالئوسن: نهشته های حدفاصل کرتاسه - پالئوسن متأثر از رخداد لارامید است و سبب تشکیل واحدهای کنگلومرای - ماسه سنگی و سنگ آهک های نواحی کم عمق دریا شده است. پالئوسن در منطقه شامل دو رخساره کنگلومرا - آگلومرای و سنگ آهکی است.

ائوسن: واحدهای پدید آورنده ائوسن در منطقه بطور عمده آندزیتی و توف های وابسته به آن است (سنگ های اسیدی تا بازیک) که بدنبال حرکات شدید کرتاسه پایانی در آب های کم عمق تشکیل گردیده اند. برخی از این سنگ های آتشفشانی

از لحاظ سنی هم‌ارز یکدیگرند و با یک وقفه زمانی در رسوبگذاری نسبت به رخساره‌های سنگی پالتوسن جای گرفته‌اند. دیگر واحدهای سنگی متعلق به این دوره شامل سنگ آهک بیومیکریتی، کنگلومرای سبز خاکستری، لیتیک آركوز قرمز تیره تا خاکستری با میان‌لایه‌های توف شیشه‌ای، سیلتستون قرمز ریزدانه می‌باشد که در برخی نقاط این میان‌لایه‌های توفی اسیدی به مالاکیت و کمی آزوریت آغشته هستند (نظیر شمال آوند).

الیگوسن: بر اثر عملکرد رخداد پیرنه‌ای ارتباط حوضه‌های رسوبی با دریای آزاد محدودتر شده و رسوبگذاری در محیط‌های قاره‌ای انجام شده است. این حرکات باعث چین‌خوردگی نهشته‌های الیگوسن، پیشروی دریا و ناپیوستگی دگرشیب بر روی رخساره‌های ائوسن شده است و واحدهای سنگی آن شامل مارن‌های قرمز تا روشن با میان‌لایه‌های گچ، ماسه‌سنگ و سیلتستون (O^m)، سیلتستون قرمز تیره نازک لایه (O^{ss})، ماسه‌سنگ‌های آركوزی تا لیتارنایت فلدسپاتی (O^{sms}) که در برخی نقاط لایه‌هایی از آنها همراه با آثار فسیل‌های گیاهی و آغشتگی به مالاکیت و آزوریت می‌باشند، واحدهای گچ سفید نازک تا متوسط لایه (g)، کنگلومرا با سیمان سخت، قرمز تیره (O^{cs}) و تناوبی از ماسه‌سنگ‌های قرمز ریزدانه با لایه‌بندی متوسط تا ضخیم (O^{sms}) می‌باشند.

الیگومیوسن: حرکات اپی‌روژنیک فاز کوهزایی اواخر آلپ میانی (پیرنه‌ای) در زمان الیگوسن-میوسن سبب پسروی دریا و نهشته‌شدن رسوبات آواری-تبخیری شده است. واحدهای سنگی در این زمان از تناوب ماسه‌سنگ متوسط تا ضخیم لایه قرمز روشن و سیلتستون لایه نازک، تناوب مارن قرمز و سیلتستون لایه نازک تا متوسط با میان‌لایه‌های ماسه‌سنگ قرمز رنگ، تناوب مارن‌های روشن و گچ با میان‌لایه‌های شیلی مارنی، تناوب مارن خاکستری قرمز و شیل‌های مارنی خاکستری و آهک‌های ستبر لایه تا متوسط لایه تشکیل شده است.

میوسن: رخساره‌های سنگی میوسن نشان از کم‌ژرفا شدن حوضه رسوبگذاری و درشت‌تر شدن اندازه قطعات آواری بر اثر حرکات آلپ پایانی است. این مجموعه نهشته‌ها در ساختمان ناودیس در خاور منطقه بگونه‌ای محدود گسترش دارد. پلیوسن: شامل کنگلومراهای خاکستری رنگ با سیمان نسبتاً ضعیف می‌شود.

سنگهای آذرین نفوذی: بدنال فعالیت ولکانیکی دوره ائوسن رخداد پیرنن در اوانل الیگوسن در محدوده مورد مطالعه بوقوع پیوسته است و به گمان سبب پیدایش توده‌های نفوذی گرانیتوئیدی پس از ولکانیسم ائوسن شده است. نقش برجسته این نفوذیها را در کانی‌سازی و دگرسانی واحد K_2^v در حاشیه توده نفوذی گرانیتوئیدی شمال ورقه می‌توان شاهد بود. توده نفوذی فلسیک در برگیرنده سنگهای اسیدی تا قلیایی در محدوده شمال خاوری و جنوب ورقه گسترش دارد و سنگهای مجاور خود را تحت تأثیر دگرگونی حرارتی قرار داده است. واحد K_2^v شامل تناوب سنگهای ولکانیک تراکی آندزیت، تراکیت، آندزیت، آذرآواری و شیل‌های سیلیسی و آهن‌دار می‌باشد. سن این واحد کرتاسه بالایی است.

سنگهای افیولیتی

افیولیت‌های منطقه جزو افیولیت‌های سبزوارند و برپایه سنگواره‌های موجود در آهک‌ها سن آنها کرتاسه بالایی تعیین شده و عقیده بر آن است که رخداد لارامید حاکم بر منطقه سبب جایگزینی افیولیت‌ها شده است. رخساره‌های افیولیتی از دو بخش مانتویی و پوسته‌ای تشکیل یافته که بدلیل تکتونیک تراستی حاکم به هنگام جایگزینی در پوسته قاره‌ای نظم توالی‌شان بهم خورده است.

۴-۲- پی جویی کانی سازی مس رسوبی

طی بررسی های انجام شده در چندین مقطع زمین شناسی در واحدهای سرخ رنگ، کانی سازی قابل توجهی یافت نشد. تنها در سه مورد و به صورت محدود آثاری از کانی سازی را می توان مشاهده کرد.

۴-۲-۱- مقطع آوند

این روستا در ۲۸ کیلومتری شمال غرب ریوش قرار دارد و کانی سازی انجام شده در ۲ کیلومتری شمال آوند درون واحدهای E^s رخنمون دارد. مطابق با گزارش نقشه ۱:۱۰۰,۰۰۰ شامکان این واحدها از لیتیک آرکوز ریزدانه قرمز رنگ تا خاکستری با میان لایه های توف شیشه ای، سیلتستون ریزدانه قرمز رنگ و مقدار کمی مارن پدید آمده است. تأثیر سیالات گرمابی در نقاط ضعف، بویژه گسل های رورانده موجب دگرسانی شدید آرژیلیتی و سربستی و کانی سازی آنتیموان و زرنیخ همروند با راستای گسلها شده است.

در محل نمونه Kad53 یکی از میان لایه های توفی به مالاکیت و نئوتاسیت آغشتگی دارد. این میان لایه ها ترکیب اسیدی داشته و دچار دگرسانی آرژیلی شده اند و ضخامت آن در محل کانی سازی ۴۰-۷۰ سانتیمتر می باشد (شکل ۲۸). گسترش این میان لایه ها در تمامی بخش های شمالی آوند قابل ردیابی است اما طی بررسی های صورت گرفته در چند مقطع اطراف محل ادامه کانی سازی مشاهده نگردید.

در مطالعه یک نمونه مقطع نازک از سنگ میزبان مطالعه و نوع آن کریستال توف شیشه ای و کریستالیزه (سیلیسی شده و تا حدی سربستی شده) تعیین شده است.

نتیجه مطالعه مقطع صیقلی Kad 53P به شرح ذیل می باشد:

گالن: بصورت ذرات ریز و کاملاً آلتزه شده به همراه سروزیت و کوولیت مشاهده می گردد. لکه های این کانی ابعادی حداکثر ۵۰ میکرون دارند. درصد فراوانی گالن، سروزیت و کوولیت مجموعاً در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۳٪ است.

اکسیدهای ثانویه آهن و هیدروکسیدهای آهن: بمیزان کم، لکه های پراکنده حداکثر ۱/۵٪ در سطح مقطع مورد مطالعه کانی سازی دارد.

مالاکیت: بصورت رگچه های ظریف، آغشتگی در گانگ و پرکردگی حفرات و شکاف کانی سازی دارد. درصد فراوانی مالاکیت در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۵٪ است.

بافت کانی سازی فلزی Open Space Filling است.



شکل ۲۸- نمایی از رخنمون افق توفی حاوی کانی سازی مس درون طبقات سرخ شمال آونددر

۴-۲-۲- مقطع دهمیان

روستای دهمیان در ۳۸/۵ کیلومتری شمال غرب ریوش واقع است و دسترسی به آن از ریوش به روستاهای آوندرو و خضرآباد و دهمیان امکان پذیر است. در شمال و شمال شرق این روستا در گستره‌ای به طول ۲۰ کیلومتر طبقات ضخیمی از واحدهای سنگی O^{sms} به صورت ناودیس رخنمون دارد. احتمال کانی سازی از انتهای شرقی این واحد تا شمال روستای دهمیان در چندین مقطع زمین‌شناسی مورد بررسی قرار گرفت که در بخشهای شرقی آن آثاری از کانی سازی مس رسوبی مشاهده نشد. در ۱۳۰۰ متری شمال شرقی روستای دهمیان درون واحدهای ضخیمی از ماسه‌سنگهای خاکی رنگ، افق ماسه‌سنگی به ضخامت حدود ۶۰ سانتیمتر رخنمون دارد که قاعده آن در حد چند میلیمتر به مالاکیت آغشته شده است. گسترش این افق زیاد اما ضخامت آن ناچیز است بطوریکه تا ۲ کیلومتر به سمت شرق قابل ردیابی است (شکل ۲۹). این شکل از سینه کار یک کنده کاری نه چندان قدیمی برداشت شده است. در فاصله مذکور سنگ میزبان به میکروکنگلوмера تغییر می‌کند.



شکل ۲۹- نمایی از رخنمون ناچیز افق ماسه سنگی آغشته به مالاکیت در شمال شرق دهمیان

۴-۲-۳- مقطع قلعه میدان

روستای قلعه میدان در ۵۰ کیلومتری شمال غرب ریوش واقع است. در شمال غربی این روستا واحدهای سنگی O^{sms} در گستره‌ای به طول ۷ کیلومتر رخنمون دارند که در چندین مقطع از بخشهای ابتدا، میانه و انتهایی آن مورد بررسی قرار گرفت.

در بخشهای میانی یک افق ماسه‌سنگی تا میکروکنگلومرایی به رنگ خاکستری روشن رخنمون دارد که به صورت ناپیوسته به مالاکیت آغشته شده است. ضخامت بخش کانی‌سازی ناچیز بوده و گسترش چندانی هم ندارد. روند طبقات شرقی-غربی و شیب آنها ۶۰ درجه به سمت جنوب می‌باشد.

کانی‌سازی مس به صورت مالاکیت گهگاه به صورت ناچیز و ناپیوسته در واحد O^{sms} مشاهده می‌شود که اهمیت چندانی ندارد و نمونه‌ای نیز برداشت نشد.

۴-۲-۴- مقطع بیروت

روستای بیروت در ۴۲ کیلومتری شمال غرب ریوش قرار دارد که واحدهای O^{sms} در ۵ کیلومتری شمال غرب این روستا به سمت غرب رخنمون دارند. این واحدها نیز در چند مقطع بررسی شده و کانی‌سازی در آنها مشاهده نشد.

فصل پنجم

پی جویی

در ورقه دارین

۵-۱- زمین‌شناسی عمومی ورقه دارین

از لحاظ موقعیت زمین‌شناسی - ساختاری این ورقه در شمال شرق زون ایران مرکزی، در زون فلیش سبزوار واقع است و جزئی از برگه ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشمر می‌باشد.

در گوشه شمال غربی ورقه دارین رخنمون‌های کوچکی از سنگهای مربوط به پلاتفرم پالئوزوئیک تا تریاس ایران دیده می‌شود که به بخش‌های بالایی و دولومیتی سازند جمال شباهت دارد. بر روی سازند جمال رخساره‌های مربوط به سازند سرخ شیل قرار گرفته است. دولومیت‌های قرمز - قهوه‌ای ضخیم لایه تا توده‌ای شکل سازند شتری بر روی سازند سرخ شیل قرار می‌گیرند.

واحدهای سنگی کرتاسه پیشین از قدیم به جدید شامل سنگ‌آهک‌های کالپونل‌دار به رنگ قرمز تیره تا بنفش و گاهی خاکستری رنگ در سه کیلومتری جنوب غرب روستای کروج، سنگ‌های آتشفشانی و توف شامل آندزیت، اسپیلیت، کراتوفیر توف برش، ماسه‌سنگ توفی و کنگلومرا در مرز غربی نقشه، سنگ‌آهک‌ها و مارن‌های سیلت‌دار و شیل‌ها می‌باشد. بخشهای عظیمی از واحدهای سنگی کرتاسه بالایی شامل واحد K_2^{tv} (تناوب توف‌ها، سنگهای آتشفشانی، سیلتستون، شیل سیلیسی، ماسه‌سنگ‌های توفی، رادیولاریت و بطور محلی میان‌لایه‌های سنگ آهک پلاژیک گلوبوترونکادار قرمز تیره) است که در بخشهای میانی نقشه رخنمون وسیعی دارند و تمامی کانی‌سازیهایی مس مطالعه شده در این ورقه درون این واحد واقع هستند. نکته حائز اهمیت وجود مقادیر قابل توجهی سنگ‌های آتشفشانی اسیدی و به خصوص توف‌های اسیدی در لابه‌لای بقیه رخساره‌هاست. این واحدها شامل ریولیت‌ها و آندزیت‌داسیتی و داسیت‌ها می‌شود. هم‌چنین در اطراف روستای چاه شن افقی از سنگ‌های آتشفشانی تیره رنگ با ترکیب آندزیت و آندزیت بازالتی درون واحد K_2^{tv} دیده می‌شوند. بر روی این واحدهای آتشفشانی واحدهای رسوبی شامل سنگ‌آهک‌های نازک لایه خاکستری روشن تا صورتی، تناوب‌های مارن، سنگ‌آهک و نهشته‌های شبه فلیشی، توف، ماسه‌سنگ توفی، ماسه‌سنگ قرمز و کنگلومرا همراه با میان‌لایه‌های سنگ آهک و مارن (در بخشهای بالایی کرتاسه پسین) قرار می‌گیرند. درون واحدهای رسوبی مذکور میان‌لایه‌هایی از آندزیت، توف سبز، توف برش و ماسه‌سنگ توفی مشاهده می‌شوند. واحدهای سنگی کرتاسه بالایی بیش از ۸۰ درصد رخنمون‌های سنگی ورقه دارین (بجز واحدهای کواترنری) را شامل می‌شود. در نهشته‌های پالئوسن منطقه تنوع فراوان و تغییرات جانبی نسبتاً شدید رخساره‌ها مشاهده می‌شود که بخوبی شدت فعالیت‌های زمین‌ساختی منطقه در آن زمان را که مقارن با بسته شدن کافت‌ها و حوضه رسوبی فلیش می‌باشد، منعکس می‌سازد.

واحدهای سنگی پالئوسن

کنگلوмера و ماسه سنگ پالئوسن: کنگلومرای قرمز رنگ با قلوه‌هایی از منشأهای متعدد و اندازه‌های متفاوت. ماسه سنگ‌ها درشت دانه تا میکرو کنگلومرا خاکستری رنگ می‌باشد.

سنگ آهک تحتانی پالئوسن در جنوب کلاته بلی سنگ آهک متبلور روشن رنگ که به صورت هم شیب روی واحدهای فوق قرار می‌گیرند.

فلش، کنگلومرا و سنگ آهک پالئوسن: این واحد سنگی یکی از متنوع‌ترین واحدهای پالئوسن منطقه می‌باشد و تغییرات جانبی عمده‌ای در آنها مشاهده می‌شود.

شبه فلش پالئوسن: این واحد از رسوبات شبه فلشی نرم فرسا شامل تناوب‌های قرمز، خاکستری و سبز مارن سیلت‌دار ماسه سنگ آهکی قرمز رنگ، سیلتستون همراه با میان لایه‌های سنگ آهک ماسه‌ای یا مارنی می‌باشد.

ماسه سنگ و کنگلومرای پالئوسن: در اطراف رودخانه کال مرغ تناوبی از ماسه سنگ دانه درشت میکرو کنگلومرای درون هسته ناودیس فیل شور را پر کرده‌اند. این حالت در هسته ناودیس واقع در غرب کلاته بلی نیز مشاهده می‌شود.

سنگ آهک فوقانی پالئوسن: در شرق روستای نوده و شمال مهر کرد قرار دارند و شامل سنگ آهک و سنگ آهک مارنی خاکستری رنگ می‌باشند.

ماسه سنگ، مارن و کنگلومرای پالئوسن - ائوسن: به ضخامت ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ متر در شرق روستای رود آرخمون دارند.

ماسه سنگ، کنگلومرا و مارن ائوسن پیشین: شبیه واحد بالایی است اما میان لایه‌های کنگلومرای بخصوص در بخشهای پایینی فراوان می‌باشد.

مارن، ماسه سنگ و کنگلومرای ائوسن پیشین

شبه فلش ائوسن پیشین

رسوبات شبه فلشی این واحد با ضخامت حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر از شرق تا غرب بخش میانی نقشه در رخنمون‌های متعددی مشاهده شده‌اند و از تناوب‌های قرمز، سبز و خاکستری مارن سیلت‌دار، ماسه سنگ و سیلت سنگ‌های آهکی درون لایه‌های سنگ آهک و گاهی گچ تشکیل شده‌اند.

واحدهای ائوسن میانی از قدیم به جدید شامل کنگلومرا و ماسه سنگ، سنگ آهک نومولیت‌دار و شبه فلش‌ها می‌شود. واحدهای ائوسن پسین - الیگوسن شامل کنگلومرا، مارن و ماسه سنگ می‌باشد. واحدهای سنگی میوسن تا کواترنری نیز شامل مارن، ماسه سنگ، کنگلومرا می‌باشند.

سنگهای آذرین

گرانیت: در شمال و شمال شرق این ورقه توده‌های گرانیتی دیده می‌شود که سنگهای واحد K_2^{tv} را قطع نموده و بالا آمده است. در مقطع نازک شامل گرانیت، گرانودیوریت اپیدوتیزه، پورفیریستیک گرانودیوریت تشخیص داده شده است. این توده‌ها واحدهای آتشفشانی واحد K_2^{tv} را تحت تأثیر قرار داده است. داسیت‌ها و ریوداسیت‌های مجاور این توده‌های گرانیتی شدیداً دچار دگرسانی آرژیلیتی شده‌اند.

سنگهای داسیتی نیمه آتشفشانی: در حدود ۲ کیلومتری شمال روستای گراب (غرب نقشه) توده‌ای از سنگهای داسیتی درون لایه‌های توفی زرد - قهوه‌ای روشن با خردشدگی‌ها و فرسایش شدید دیده می‌شود و سن کرتاسه پسین و یا جوانتر برای این سنگها در نظر گرفته شده است.

مونزودیوریت، کوارتز مونزونیت: در نقاط متعددی از منطقه توده‌های نفوذی و نیمه آتشفشانی مونزودیوریتی دیده می‌شود. وجه مشترک همه آنها اینست که فقط در سنگهای واحد K_2^{tv} دیده می‌شود. بطور کلی مونزودیوریت‌ها و داسیت‌ها بایستی مرتبط با همان فعالیت‌های آتشفشانی در زمان کرتاسه پسین باشند. دایک‌ها: دایک‌های منطقه معمولاً کم‌عرض و کوتاه هستند و در آهک‌ها و مارن‌های کرتاسه بالا و بخصوص در واحد K_2^{tv} به فراوانی دیده می‌شود.

تکتونیک

منطقه مورد مطالعه دارای مجموعه‌ای از سیستم‌های راندگی و گسل‌های معکوس می‌باشد و بطور کلی حضور گسل‌های رانده با جهت شیب به سمت شمال و شمال غرب قابل توجه است که بیانگر دو جهت اصلی فشارش از طرف شمال و شمال غرب است و تعدادی از گسلها نیز از انواع قدیمی‌تر ناحیه هستند. گسل‌ها اعم از رانده یا معکوس معمولاً دارای شیب زیادی می‌باشند.

اکثر گسلهای مهم منطقه روند شرق شمال شرق - غرب جنوب غرب دارند که کم و بیش به موازات گسل درونه واقع در حدود ۴۰ کیلومتری جنوبی‌تر این منطقه می‌باشد. اغلب گسل‌ها و شکستگی‌های منطقه دارای دوره فعالیت به نسبت جدید می‌باشند.

چین خوردگی‌های متعددی به شکل تاقدیس‌ها و ناودیس‌های کوچک و بزرگ در منطقه دیده می‌شود که راستاهای متعددی را کم و بیش به موازات جهات اصلی محورهای تغییر شکل و گسل‌های اصلی منطقه نشان می‌دهند.

۵-۲- کانی سازی مس در ورقه دارین

ورقه دارین بخشی از نقشه زمین شناسی برگه ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشمر بوده و در شمال غربی آن واقع می شود. این ورقه آخرین ورقه در بررسیهای اکتشاف مس رسوبی منطقه می باشد (و در غرب ورقه ششم قرار دارد).

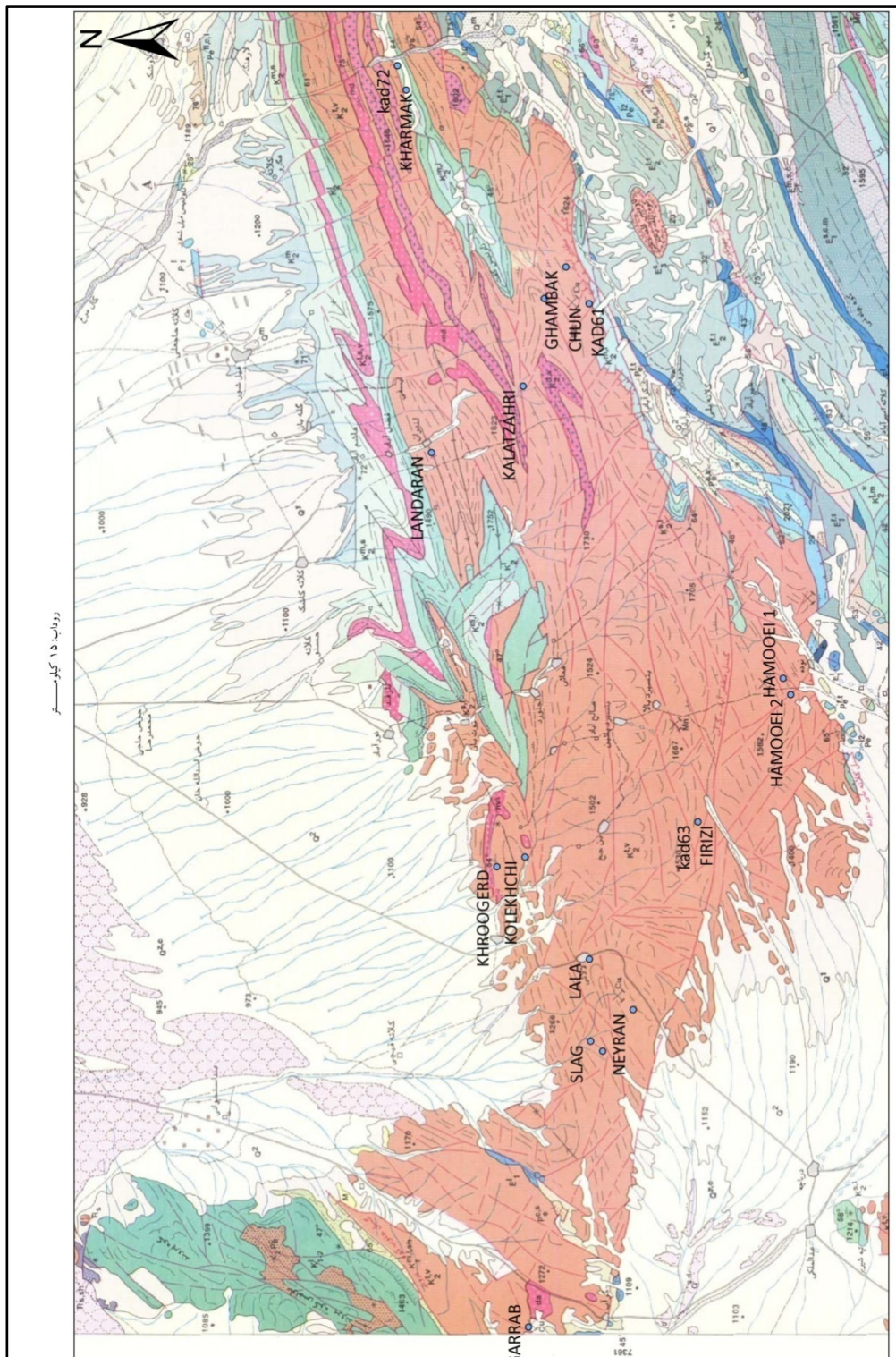
طبق بررسیهای انجام شده ماهیت کانی سازی مس در این ورقه با کانی سازی انجام شده در سایر ورقه های این پروژه متفاوت است و ماهیت رسوبی ندارد بلکه به سنگهای آتشفشانی- رسوبی کرتاسه بالایی وابسته است.

پتانسیل یابی و اکتشاف چکشی در این ورقه توسط بدخشان و بنی آدم (۱۳۷۷) در قالب پروژه زون سبزوار انجام شده است که نتیجه بررسیهای انجام شده ایشان معرفی چندین کانسار و اندیس معدنی مس که تماماً در ارتباط با واحدهای آتشفشانی- رسوبی کرتاسه بالایی است، بوده است. در این پروژه کانی سازی مس در ورقه های دارین و ششم مورد بررسی بیشتری قرار گرفته اند. شکل ۳۰-۱- پراکندگی اندیس ها و کانسارهای مس در ورقه دارین را نشان می دهد.

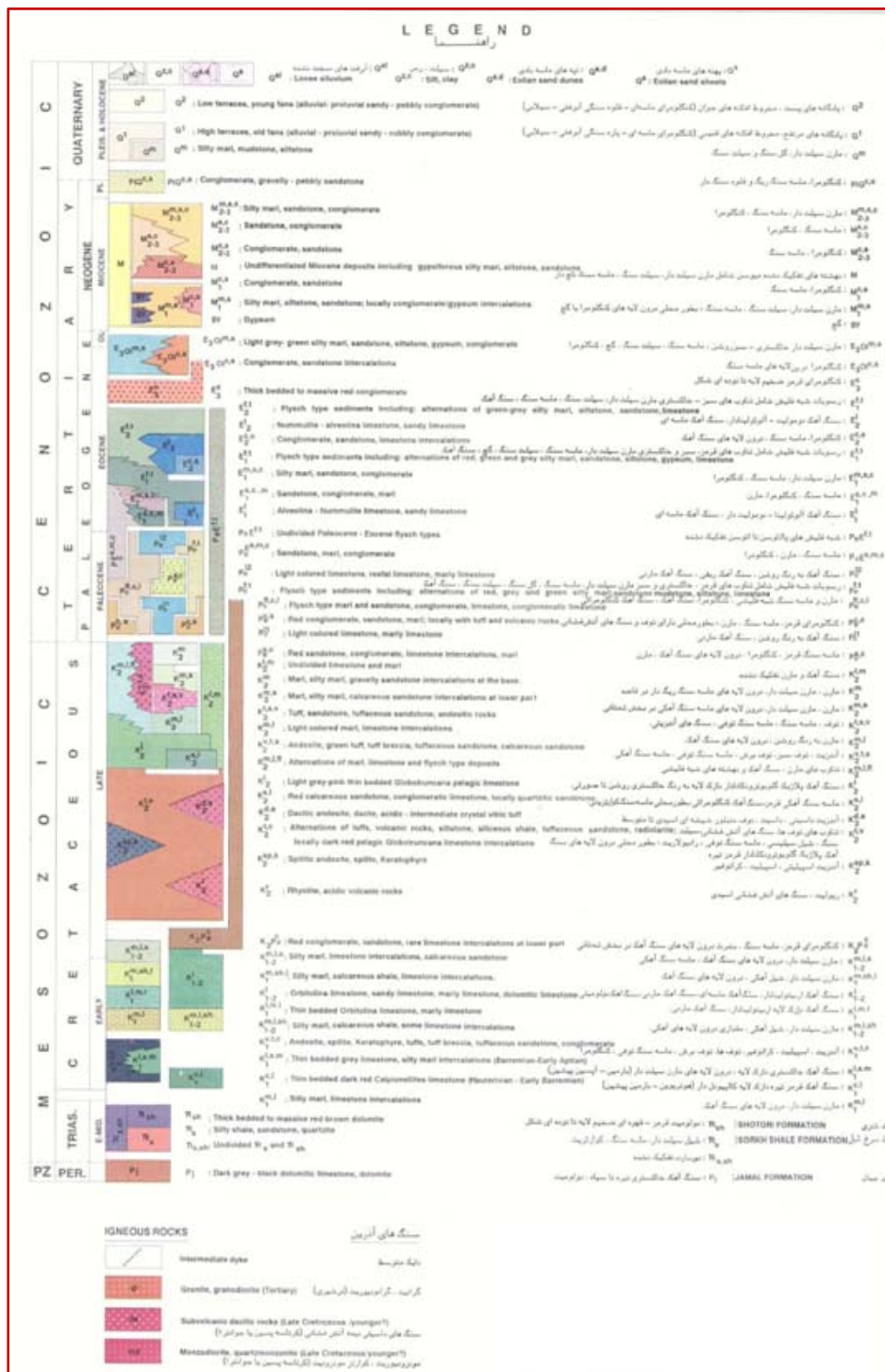
واحدهای سنگی مذکور با علامت K_2^{tv} در نقشه زمین شناسی از دیگر واحدها تفکیک شده اند.

طبق گزارش ورقه دارین (وحدتی دانشمند و ندیم ۱۳۷۷) در این ورقه از مجموعه سنگهای پوسته اقیانوسی سری افیولیتی زون سبزوار هیچ رخنمونی دیده نشده است و فقط قلوهای فرسایش یافته ای از آنها در کنگلومراهای پالئوسن و جوانتر از آنها مشاهده شده است ولیکن نهشته های مربوط به پوسته رسوبی سری افیولیتی از قبیل فلیش ها، فلیش ولکانیک ها، رسوبات کربناته پلاژیک، رادیولاریت، اسپیلیت و توف در این ورقه رخنمون و گسترش قابل توجهی دارد.

بخش آذرآواری سری سنگهای مزبور (واحد K_2^{tv}) با رخساره های دریایی عمیق خاص محیطهای رسوبی کافت و متشکل از تناوب توف ها، سنگ های آتشفشانی، سیلتستون، شیل سیلیسی، رادیولاریت به رنگ قرمز، مقداری ماسه سنگ توفی و بطور محلی درون لایه های نازک سنگ آهک پلاژیک گلوبوترونکانادار به رنگ قرمز است ولیکن نکته حائز اهمیت وجود مقادیر قابل توجهی سنگ آتشفشانی اسیدی و به خصوص توف های اسیدی در لابلای بقیه رخساره ها می باشد که نقطه مقابل رخساره مرسوم به این قبیل حوضه ها و با ترکیب متوسط تا بازی است.



شکل ۳۰ - پراکندگی اندیس ها و کانسارهای مس در ورقه دارین



شکل ۳۰-۲- راهنمای نقشه ۱:۱۰۰,۰۰۰ دارین

در جنوب روستای فیل شور در این واحد تناوب‌های توف، آندزیت و وابستگان آنها دیده می‌شود. افق‌های رادیولاریت قرمزرنگ با ضخامت گاهی تا چند سانتیمتر مشاهده شده است و تناوب‌های آندزیتی فراوان است. چهار کیلومتری جنوب شرق روستای حمیره و ظاهراً در موقعیت هسته یک تاقدیس رخساره‌های قرمز تیره تا سیاه رنگ سنگهای آتشفشانی گاهی حفره‌دار دیده می‌شود که در بررسی‌های میکروسکوپی داسیتیک آندزیت، آندزیت اسپیلیتی شده و اسپیلیت - کراتوفیر تشخیص داده شده‌اند.

۵-۲-۱- کانسار مس همویی

معدن متروکه مس همویی در ۶۷ کیلومتری جنوب غرب سبزوار، ۳۷ کیلومتری جنوب- جنوب غرب بخش روداب و ۱/۵ کیلومتری شمال باختر روستای نوده قرار دارد.

کانی‌سازی در امتداد یک افق توفی- آندزیتی متعلق به واحد K_2^{tv} به طول تقریبی ۱۲۰۰ متر با شیب و امتداد N63E, 43NW انجام شده است. با توجه به گسترش طولی، این افق کانه‌دار را به سه بخش غربی، مرکزی و شرقی می‌توان تقسیم کرد. عمده فعالیت‌های اکتشافی و استخراجی در بخش مرکزی (حاشیه شرقی جاده نوده به نئسپرد بالا) انجام شده است (شکل ۳۱).

محل اصلی معدن که واجد چاههای استخراجی بیشتری نسبت به دیگر نقاط این معدن است (نزدیک به ۲۵ حلقه چاه) در بخش مذکور جای دارد. چاههای بهره‌برداری شده ۳۰ تا ۷۰ متر عمق و ۲ تا ۳ متر عرض دارند که برخی از آنها در اثر ریزش سنگهای بالایی پوشیده و پر شده‌اند (بدخشان و بنی‌آدم ۱۳۷۷). نزدیک به ۳۰۰ متری شرق چاههای اصلی معدن و در همان روند در آبراهه شرقی - غربی کنار سه سینه کار درون توف‌های سبز دیده می‌شود. هم‌چنین در بخش غربی جاده و در دامنه بلندی مجاور تا بالاترین نقطه بلندی همچنان آثار کندوکاوها و دگرسانی لیمونیتی و کانی‌سازی مس قابل ردیابی است. بر روی هم ۴ تا ۷ چاه بهره‌برداری در این محدوده دیده می‌شود که برخی از آنها پر شده است (بدخشان و بنی‌آدم ۱۳۷۷).

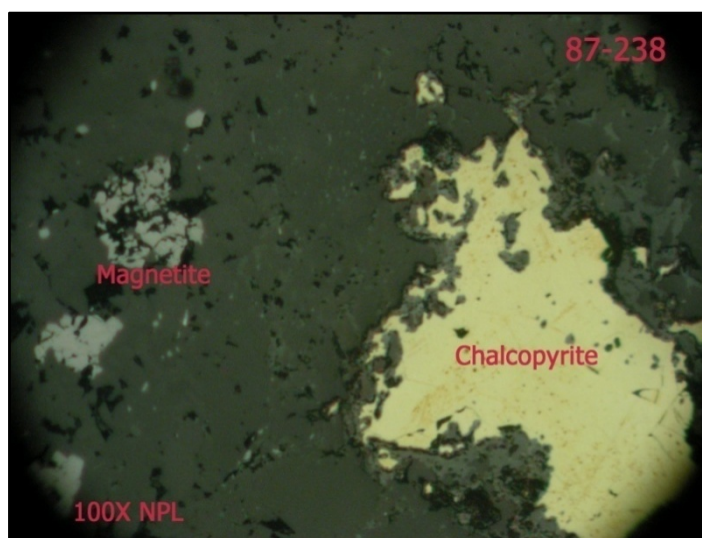
کانیهای فلزی که در نمونه دستی قابل شناسایی هستند شامل مگنتیت، هماتیت، پیریت، کالکوپیریت، بورنیت و مالاکیت می‌باشند. دگرسانیها عمدتاً از نوع کلریتی، اپیدوتی، سیلیسی شدن و هماتیتی شدن هستند. لامیناسیون ظریف در توف‌های سنگ میزبان فراوان مشاهده می‌شوند. یک نمونه از این گونه توف در مقطع نازک مطالعه شده است که در آن نوع سنگ توف کلریتی و سیلیسی شده دارای قطعات شکسته شده فلدسپات ریزدانه، ریزبلورهای کوارتز با زمینه شیشه‌ای (که به کانیهای کوارتز، کلریت، سریسیت و اکسید آهن دگرسان شده‌اند) تعیین شده است.

طی مطالعه قبلی سه نمونه به صورت Chip از بخشهای کانی‌سازی شده برداشت شده است که عیار مس آنها ۱/۱۱، ۰/۷۱ و ۰/۲ بوده است (بدخشان و بنی‌آدم ۱۳۷۷).

در مطالعه حاضر دو نمونه برداشت و عیار مس و سایر عناصر احتمالی همراه با این نوع کانسارها اندازه‌گیری شده است. این عناصر عبارتند از Ag و Cd, Co, Ni, Pb, Zn.



شکل ۳۱- نمایی از کانسار همویی و موقعیت افق استخراجی (دید به سمت شرق)



شکل ۳۲- کانی سازی کالکوپیریت و مگنتیت در نمونه kad 54p (انتهای شرقی معدن)

از بخش شرقی معدن نمونه Kad54p برای مطالعه مقطع صیقلی برداشت گردید که نتیجه آن به شرح ذیل می باشد (شکل ۳۲).

منیتیت : بصورت کریستالهای اتومورف با ابعاد ۱۶۰-۳۰ میکرون به شکل اجتماع یافته لکه هایی به درشتی ۴۰۰-۳۰۰ میکرون را پدید آورده است. کریستالهای منیتیت بمیزان بسیار جزئی از حواشی به اکسیدهای ثانویه آهن آلترا شده است.

کالکوپریت : بصورت لکه های پراکنده دارای کریستالهای نیمه اتومورف و گزنومورف با ابعاد تقریبی ۱۰۰-۳۰ میکرون کانی سازی دارد. این کانی از حواشی و اطراف به اکسیدهای ثانویه آهن ، کوولیت و کالکوسیت آلترا شده است.

هماتیت و اکسیدهای ثانویه آهن : بصورت رگچه های ظریف ، پرکردگی در حفرات و فضاها بمیزان محدود کانی سازی دارد. درصد فراوانی کانیهای مذکور در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۵/۰ است. مالاکیت : بمیزان بسیار کم در برخی قسمت ها آغشتگی دارد. بافت کانی سازی فلزی Open Space Filling است.

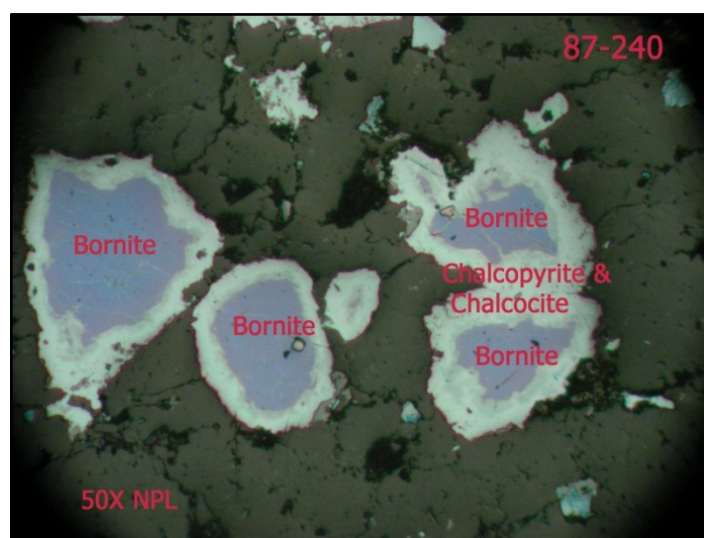
نمونه Kad 55 از قسمت های تازه و فاقد دگرسانی بخش غربی معدن برداشت شده است که عیار مس آن ۱/۴۴ درصد می باشد. هم چنین از سرباره های مس واقع در بخش مرکزی کانسار نمونه ای آنالیز شده است (Kad57) که حاوی ۳/۱ درصد مس می باشد.

از بخش غربی معدن و از سنگ میزبان (توفهای لامینه) سیلیسی و برشی شده که در نمونه دستی دارای سولفیدهای پراکنده و کانیهای اکسیدی درشت تر در محل شکستگیها می باشد، نمونه Kad 58p برداشت و مطالعه گردید که نتیجه مطالعه آن به شرح ذیل می باشد.

بورنیت : بصورت لکه های پراکنده با رگچه های ظریف ، کریستالهای نیمه اتومورف با ابعاد تقریبی ۴۰۰-۳۰ میکرون اجتماع یافته و لکه هایی به درشتی ۴۰۰ میکرون تا ۲ میلیمتر را پدید آورده است. درصد فراوانی بورنیت در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۳۰٪ است. این کانی از حواشی و اطراف به اکسیدها و سولفیدهای مس مبدل شده و توسط کالکوسیت و کوولیت و اکسیدهای مس محاط شده است. مالاکیت : بصورت رگچه های ظریف ، آغشتگی در گانگ و لکه های پراکنده کانی سازی دارد. درصد فراوانی این کانی در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۱۶٪ است.

اکسید و هیدروکسیدهای ثانویه آهن : بصورت رگچه های ظریف آغشتگی در گانگ و پرکردگی حفرات و فضاهای خالی کانی سازی دارد. درصد فراوانی اکسیدهای مذکور در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۷٪ است.

بافت کانی سازی فلزی Open Space Filling است (شکل ۳۳).



شکل ۳۳- پراکندگی فازهای سولفیدی در نمونه kad 58p

از دامنه انتهای غربی معدن با میزبان توف های ریزدانه و سبزرنگ نمونه ای حاوی کانیهای سولفیدی پراکنده و لکه ای پیریت، کالکوپیریت و بورنیت؟ برداشت و آنالیز گردیده است (Kad59) که عیار مس در آن ۱/۲۱ درصد بوده است. نمونه Kad59p برای مطالعه صیقلی برداشت گردید که نتیجه آن به شرح ذیل می باشد:

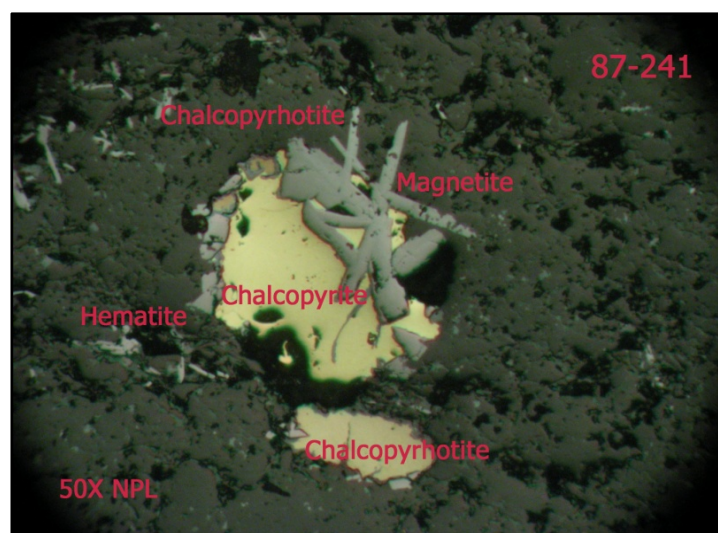
منیتیت : بصورت کریستالهای اتومورف با ابعاد ۶۰-۱۰ میکرون عمدتاً اجتماع یافته و لکه هایی بدرستی ۴۰۰-۶۰۰ میکرون را پدید آورده است. این کانی بمیزان جزئی از حواشی آلتره و به هماتیت مبدل شده است. (مارتیتی شدن martitization)..درصد فراوانی هماتیت در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۵٪ است. کریستالهای هماتیت و منیتیت اینک تحت تاثیر آلتراسیون بسیار جزئی به اکسید و هیدروکسیدهای ثانویه آهن مبدل شده است.

کالکوپیروتیت، پروتیت : بصورت لکه های ریز با ابعاد ۶۰-۱۰ میکرون حاوی کریستالهای نیمه اتومورف تا گزنومورف کانی سازی منیتیت را همراهی می کند. در اکثر قسمت ها این دو کانی با هم همراه هستند. درصد فراوانی کالکوپیروتیت و پروتیت در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۲٪ است.

کالکوپیریت : این کانی در برخی قسمت ها همراه با هماتیت و در برخی قسمت ها همراه با کالکوپیروتیت و پیروتیت مشاهده می شود. اغلب کریستالین و نیمه اتومورف دارای ابعاد تقریبی ۲۰-۴۵ میکرون است. درصد فراوانی کالکوپیریت در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۳٪ است. این کانی از حواشی و اطراف بمیزان محدود به اکسیدهای ثانویه آهن و کالکوسیت و کولیت آلتره شده است.

بافت کانی سازی فلزی Open Space Filling است.

بر اساس مطالعه این مقطع کانی سازی منیتیت ابتدا آغاز و همزمان در پایان کانی سازی منیتیت کانی سازی پیروتیت و کالکوپیروتیت و سپس در انتها کالکوپیریت و هماتیت تشکیل شده اند. در مرحله دوم کانی سازی منیتیت ثانویه از هماتیت تشکیل شده و در فاز آخر آلتراسیون کانیها اتفاق افتاده است. شکل ۳۴ ارتباط فازهای اکسیدی و سولفیدی و همرفشی آنها را نشان می دهد.



شکل ۳۴- ارتباط فازهای اکسیدی و سولفیدی و همرفشی آنها در نمونه kad 59p

جهت کسب اطلاعات کامل تر درباره این کانسار و سایر کانسارهای مس در ورقه دارین به گزارش اکتشافات چکشی ورقه دارین (بدخشان و بنی آدم ۱۳۷۷) مراجعه شود.

۵-۲-۲- معدن متروکه چون

این معدن در ۳۰ کیلومتری جنوب- جنوب شرق بخش روداب و در ۵ کیلومتری جنوب غرب روستای گفت قرار دارد. کانی سازی درون افق های توفی سبز تیره واحدهای کرتاسه بالایی انجام شده است که کمی سیلیسی شده اند. حفاریات این معدن شامل چند تونل و چاه اکتشافی است.

ابتدای ورودی معدن که در ارتفاع نیز واقع است یک تونل عمود بر لایه به طول تقریبی ۴۰ متر، عرض ۲ متر و ارتفاع ۱/۵ می باشد (شکل ۳۵) که آثار کانی سازی مس به صورت آغشتگی به مالاکیت مشاهده می شود. از این تونل یک تونل دنبال لایه استخراجی منشعب شده است که در سطح زمین با چندین چاه به آن دسترسی داشته اند.

کانه های مشاهده شده در نمونه دستی شامل پیریت، کالکوپیریت و بورنیت به صورت پراکنده در متن سنگ می باشند. مالاکیت و آزوریت نیز در سطح نمونه های دستی به فراوانی مشاهده می شود.

طول لایه کانهدار ۵۰۰ متر و ضخامت آن ۵۰ متر است که گمان می رود ضخامت لایه توفی کانهدار از این مقدار کمتر باشد. نزدیک به ۴۰ چاه بهره برداری در محدوده معدنی مشاهده می شوند که اکثر آنها پر شده اند. پیرامون هر چاه بصورت چهار گوش و در ابعاد ۱×۱ متر مربع سنگ چینی شده است (بدخشان و بنی آدم ۱۳۷۷).

در ۴ نمونه ای که طی مطالعه قبلی از بخشهای کانهدار و گاهی پرعیار این کانسار برداشت شده عیارهای ۱/۵۱، ۱۵/۹۰، ۲/۵۴ و ۰/۶۲ درصد مس بدست آمده است. هم چنین در یک نمونه (دارای عیار مس ۱/۵۱ درصد) عیار سرب و روی به ترتیب ۱۲/۴۱ و ۱۵/۹۱ درصد بدست آمده است.

طی پروژه حاضر یک نمونه از بخشهای کانی سازی شده پرعیار برداشت و آنالیز شده است که عیار مس، روی و سرب در این نمونه (Kad60) به ترتیب ۷/۶۹، ۰/۲۸ درصد و ۲۶۰ پی پی ام تعیین شده است.

هم چنین از بخشهای حاوی اکسیدهای آهن آبدار و مالاکیت فراوان نمونه دیگری (Kad 61) برداشت شده که عیار مس در این نمونه ۰/۵۷ درصد بدست آمده است.



شکل ۳۵- نمایی از تونل عمود بر لایه در معدن متروکه چون (دید به سمت شرق)

۵-۲-۳- اندیس عباس قمبک

این اندیس در ۲۹/۵ کیلومتری جنوب-جنوب شرق بخش روداب و ۳/۵ کیلومتری جنوب غرب روستای گغت و ۱/۵ کیلومتری شمال شرق معدن متروکه چون قرار دارد.

در محل معدن دو سینه کار به ابعاد ۳×۲ متر به عمق یک متر دیده می شود که پر شده اند و عمدتاً باطله های حاوی کانیهای رسی کائولینیت و کلسیت همراه اکسیدهای آبدار آهن دیده می شود و بندرت آثاری از کانی سازی مس را می توان مشاهده نمود. برخی از نمونه های سبزرنگ در دپو خاک های رسی حاوی کانیهای سولفیدی ریز و پراکنده در متن خود هستند که بنظر می رسد همان کانی سازی اولیه باشد. نمونه Kad65 از این قسمت برداشت گردید که همانطوریکه انتظار می رفت عیار مس در آن خیلی پایین است (343 ppm) عیار روی در این نمونه ۹۰۰ پی پی ام بوده است.

نزدیک به ۲۰۰ متری شرق این کندوکاوها درون لیتیک توف و توف، کانه های سطحی مس (مالاکیت و آزوریت) در گستره ای ۵۰ متری به ضخامت ۳۰ سانتیمتر تا یک متر دیده می شود. نمونه گرفته شده از این بخش ۲/۸۱ درصد مس داشته است. بررسی ها بر روی نمونه های این بخش نشان می دهد که علاوه بر مس، کانی زایی سرب و روی نیز در این کانسار انجام شده است. (بدخشان و بنی آدم ۱۳۷۷).

۵-۲-۴- اندیس مس قرّجیب

این معدن متروک در ۳/۵ کیلومتری جنوب غرب روستای گف و جنوب شرق کلاته زهري (جنوب روستای لندران) در محلی بنام کمر تشله (کوه قرّجیب) واقع شده است.

در ستیغ این کوه کنده کاری قدیمی پر شده و کوچک مشاهده می شود که بر روی واحدهای توفی و ولکانیکی سبز تیره و سیلیسی شده که در آنها کانی سازی مس انجام شده، حفر شده اند. طول واحد کانه دار حدود ۵۰ متر، ضخامت بخش های کانی سازی شده به طور متوسط ۲ متر می باشد. امتداد و شیب واحد کانه دار N105,30NE می باشد.

کانی سازی به صورت مالاکیت، کمی آزوریت و سولفیدهای مس هوا زده نمایان است. سولفیدها در متن سنگ پراکنده اند اما مالاکیت و آزوریت بیشتر در سطح شکستگی ها دیده می شود (شکل ۳۶).

درست بالای واحدهای کانه دار واحد دیگری از ولکانیک های اسیدی شبیه داسیت مشاهده می شوند که در متن آنها به صورت پراکنده پیریت های اکسیده تشکیل شده اند.

از بخش های کانی سازی شده حاوی مالاکیت، آزوریت، سولفیدهای اکسیده مس و پیریت های اکسیده نمونه ای برداشت و آنالیز شده است (Kad64) که دارای ۲/۷ درصد مس بوده است.

جنس سنگ میزبان که طی مطالعه یک نمونه مقطع نازک تعیین شده، متاتوف با دگرسانی شدید به ترمولیت-اکتینولیت می باشد.



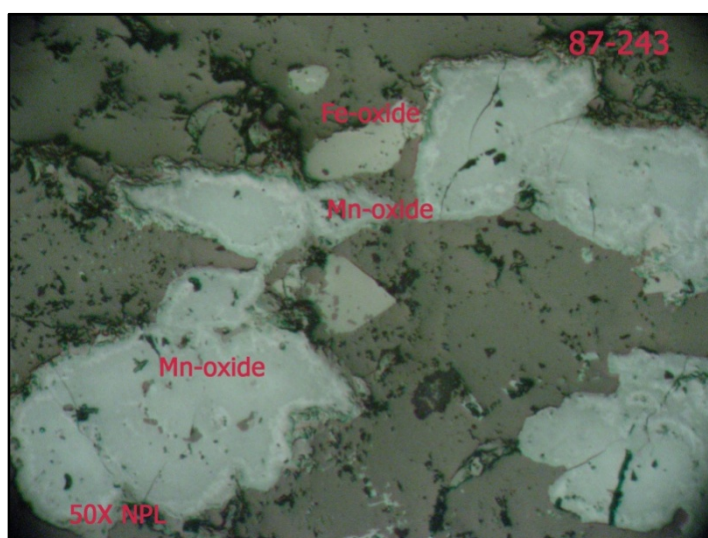
شکل ۳۶- آغستگی واحدهای ولکانیکی به مالاکیت در اندیس مس قرّجیب

از توفهای ولکانیکی سبز رنگ حاوی سولفیدهای اکسیده، پیریت های پراکنده و مالاکیت نمونه kad64P برداشت و مطالعه گردیده که نتیجه آن به شرح ذیل می باشد.

اکسیدهای منگنز: به میزان محدود و بصورت رگچه های ظریف، پرکردگی در حفرات و فضاهای مناسب گانگ کانی سازی دارد. درصد فراوانی اکسیدهای منگنز در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۳٪ است.

اکسیدهای آهن: بصورت ذرات پراکنده، همراه با اکسید منگنز کانی سازی دارد. درصد فراوانی اکسیدهای آهن در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۴٪ است.

بافت کانی سازی فلزی Open Space Filling است (شکل ۳۷).



شکل ۳۷- چگونگی پراکندگی اکسیدهای آهن و منگنز در نمونه kad 64p (انتهای غربی معدن)

۵-۲-۵- کانسار مس نیران

این کانسار در ۳۶ کیلومتری جنوب غرب روداب و ۲/۵ کیلومتری جنوب غرب لالا واقع است. کانی سازی به صورت آغشتگی مالا کیت در سطح واحدهای سنگی ولکانیکی سبز تیره و برشی شده صورت گرفته است. گاهی رگچه هایی از فازهای سولفیدی مس تیره رنگ با آغشتگی مالا کیت در اطراف دیده می شود.

آثار کنده کاری قدیمی در ۸ دهانه به صورت ترانشه های استخراجی دنبال لایه مشاهده می شود. دو دویل به عمق تقریبی ۲۰ متر در بخش جنوبی محدوده حفر شده است (شکل ۳۸). چند رشته ترانشه جدید و کوتاه و عمق کم برای پیگیری ادامه کانی سازی در اطراف کنده کاری های قدیمی مشاهده می شود که از آنها و سینه کارهای قدیمی همراه با شماره گذاری، نمونه برداری انجام شده است.

شیب واحدهای کانه دار در حدود ۷۰ درجه به سمت جنوب شرق و امتداد آنها شمال شرق - جنوب غرب می باشد. طول کل کانی سازی در این بخش حدوداً ۱۰۰ متر و عرض کانی سازی ۱ تا ۲ متر می باشد.

نمونه ای به صورت Chip از قطعات حاوی مقادیر کمی فازهای سولفیدی پیریت، کالکوپیریت و بورنیت برداشت و آنالیز شده است (Kad66) که عیار مس در آن ۰/۳۹ درصد می باشد.

جنس سنگ میزبان در یک نمونه مطالعه شده، ویتراک توف دانه ریز دگرسان شده (کلریتی و سریستی شده) و سیلیسی شده تعیین شده است.

کانی سازی نزدیک به ۲ کیلومتر درازا دارد و به سوی باختر تا نزدیکی چشمه شور کلاته لالا که یک چاه دیگر بهره برداری در آن کنده شده دیده می شود. دنباله روند کانی سازی بخش شرقی و به ترتیب در فواصل ۱۵۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ متری باختر چاههای نخست سه حلقه چاه دیده می شود که درون کانی سازی کنده شده است. عیار مس در چهار نمونه که از بخشهای مختلف این کانسار برداشت شده به ترتیب ۱/۷۱، ۱/۵۰، ۱/۹۴ و ۱/۷۶ درصد بوده است (بدخشان و بنی آدم ۱۳۷۷).

از واحدهای ولکانیکی خرد شده که حاوی سولفیدهای اولیه می باشد نمونه kad66P برداشت و مطالعه شده است. که به شرح زیر است:

کالکوپیریت: بصورت ذرات ریز عمدتاً کریستال های نیمه اتومورف تا گزنومورف کانی سازی دارد. این کانی فاقد آثار آلتراسیون است. اغلب کالکوپیریت کاملاً پراکنده است. بافت کانی سازی فلزی disseminated است. درصد فراوانی کالکوپیریت در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۸٪ است.



شکل ۳۸- نمایی از معدن متروک نیران

۵-۲-۶- اندیس مس آغل سنگی

این معدن متروکه در ۳۵/۵ کیلومتری جنوب غرب بخش روداب و ۳/۱ کیلومتری غرب کلاته لالا واقع است. کانی‌سازی درون رگچه‌های سنگهای ولکانیکی تیره و دگرسان شده و برشی کرتاسه بالا به صورت مالاکیت، اکسیدهای مس و اکسیدهای آبدار آهن انجام شده است.

آثار کنده‌کاری قدیمی به صورت یک سینه‌کار شرقی- غربی به طول ۸ متر و عرض ۲ متر برجای مانده است. از درون این سینه‌کار یک دویل با شیب نزدیک به قائم حفر شده که در عمق ۵ متری پر شده است.

نمونه‌ای که طی مطالعه قبلی از بخشهای کانی‌سازی شده و سولفیدی برداشت شده عیار مس را ۳/۳۵ درصد نشان می‌دهد. در مسیر خاکی کلاته لالا تا آغل سنگی (۵۲۰ متری شرق آغل سنگی) سرباره‌های مربوط به ذوب مس در کف رودخانه مشاهده می‌شود.

۵-۲-۷- اندیس مس گراب

این اندیس در ۴۰ کیلومتری جنوب غرب بخش روداب و ۲/۵ کیلومتری شمال روستای گراب در حاشیه شرقی ورقه دارین قرار دارد. کانی سازی مس به صورت مالاکیت و آزوریت در واحدهای توفی و ولکانیکی کرتاسه بالا که برشی شده اند، انجام شده است. روند کانی سازی N35E می باشد.

کنده کاری های قدیمی به صورت چند دهانه استخراجی در محل رخنمون کانی سازی و در امتداد آن مشاهده می شود. در یکی از این دهانه ها (به ابعاد ۵×۳ متر و عمق ۱/۵ متر) ضخامت واحد آغشته به مالاکیت در حدود ۰/۷ متر می باشد. دگرسانی های اصلی مشاهده شده از نوع اپیدوتی شدن و سریسیتی شدن می باشد.

نمونه Kad62 از بخشهای آغشته به مالاکیت همراه با کانیهای اکسید آهن آبدار با دگرسانی اپیدوتی برداشت گردیده که عیار مس در آن ۰/۲۷ درصد بوده است.

دو نمونه طی مطالعه قبلی از بخشهای کانی سازی شده برداشت شده که عیار مس آنها ۰/۳۱ و ۱/۷۳ درصد بوده است.

همچنین نمونه kad62P برای مطالعه مقطع صیقلی برداشت و مطالعه شده است که نتیجه آن به شرح ذیل می باشد.

- اکسیدهای منگنز: بصورت رگچه های ظریف، ذرات پراکنده، پرکردگی درحفرات و فضاها کانی سازی دارد. درصد فراوانی اکسیدهای منگنز در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۵٪ است.

- اکسیدهای آهن ثانویه: به میزان محدود کانی سازی اکسیدهای منگنز را همراهی می کند. درصد فراوانی اکسیدهای منگنز در سطح مقطع مورد مطالعه درصد ۲٪ است.

- مالاکیت: بصورت کریستال های ریز درون حفرات و فضاهای گانگ بمیزان محدود کانی سازی دارد. درصد فراوانی این کانی در سطح مقطع مورد مطالعه ۳٪ است.

بافت کانی سازی فلزی Open Space Filling است.

۵-۲-۸- کانسار مس فریزی

کانسار در ۳۵ کیلومتری جنوب- جنوب غرب روداب و ۳ کیلومتری جنوب روستای بن جغ در کنار بلا فصل معدن منگنز فریزی واقع است. این معدن در حال حاضر فعال می باشد.

کانی سازی مس انتهای غربی افق منگنز و در پایین آخرین سینه کار غربی معدن رخنمون دارد. به لحاظ چینه شناسی به فاصله حداکثر ۱۵ متر زیر افق منگنز قرار می گیرد.

میزبان کانی سازی واحدهای ولکانیکی دیوریتی دگرسان شده و شبیه آندزیت می باشد. گاهی کانی سازی درون سنگهای بازالتی خیلی تیره دیده می شود. سنگ میزبان بسیار خرد شده است. در محل کانسار دو سینه کار پر شده دیده می شود که از وسط آنها به تازگی دو چاهک ۲ متری حفر و نمونه برداری شده است. امتداد کلی کانسار شمال شرقی- جنوب غربی و شیب افق ها به سمت شمال شرق است.

بین افق منگنزدار (در بالا) و مس دار (در پایین) واحدهای سنگی با ساختی شبیه گدازه های بالشی رخنمون دارند (شکل ۳۹). عیار مس در نمونه ای که از بخشهای کانی سازی شده ملاکیت دار برداشت شده (Kad67)، ۰/۸۵ درصد بوده است. نمونه دیگری نیز از دپو اطراف سینه کار آنالیز شده است (Kad68) که ۰/۳۱ درصد مس دارد.

احتمالاً کانی سازی از نوع ماسیو سولفاید تیپ قبرسی می باشد.



شکل ۳۹- گدازه های بالشی بین افق های منگنز دار و مس دار

۵-۲-۹- اندیس مس خرمک

این اندیس در ۲۷ کیلومتری جنوب شرق روداب و ۴ کیلومتر شرق روستای گف قرار دارد. فاصله آن تا اندیس کالمرغ ۸۰۰ متر است. سنگ میزبان واحدهای توفی تیره‌رنگ و برشی شده و کانی‌سازی مس به صورت ضعیف و آغشتگی به مالاکیت مشاهده می‌شود.

کنده‌کاری قدیمی به صورت سینه‌کاری به ابعاد 3×10 و افراز ۷ متر دیده می‌شود و خود مشرف به آبراهه است. از بخشهای کانی‌سازی شده به صورت تکه‌ای و حاوی مالاکیت، اکسیدهای آهن رگچه‌ای و پیریت اکسیده نمونه‌ای برای تعیین عیار مس برداشت گردید (Kad70) که ۱/۲۹ درصد بوده است.

هم‌چنین نمونه‌ای برای مطالعه مقطع صیقلی (Kad70p) برداشت گردیده که در نمونه دستی حاوی پیریت اکسیدشده، کالکوپیریت؟، هماتیت، مگنتیت، بورنیت و مالاکیت می‌باشد و نتیجه آن به شرح ذیل می‌باشد.

منیتیت: بصورت کریستال‌های با ابعاد ۱۰-۲۰۰ میکرون عمدتاً اتومورف و کمی نیمه اتومورف کانی‌سازی دارد. درصد فراوانی منیتیت در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۲۵٪ است. این کانی بمیزان محدود از حواشی به اکسید و هیدروکسیدهای ثانویه آهن آلتره شده است. بافت کانی‌سازی فلزی disseminated است.

۵-۲-۱۰- اندیس مس کال مرغ

این اندیس در ۲۷ کیلومتری جنوب شرق روداب، شمال غرب محمدآباد عریان و ۲۰۰ متری غرب کالدهانه روداب واقع است. اندیس مس خرمک در ۸۰۰ متری غرب آن قرار دارد.

در یک سکانس از واحدهای توفی سبزرنگ و لیتیک توف روشن رنگ، کانی‌سازی مس به صورت آغشتگی به ملاکیت انجام شده است. ملاکیت شکستگی‌های سنگ میزبان را به صورت ضعیف پر کرده است. ضخامت واحدهای آغشته به ملاکیت حداکثر به ۵ متر و طول آن هم به ۶۰ متر می‌رسد.

هم‌چنین از توف‌های آغشته به ملاکیت نمونه‌ای (Kad71) برای تعیین عیار مس برداشت شد که دارای ۰/۹۸ درصد مس بوده است.

۵-۲-۱۱- اندیس مس لندران

این اندیس در کنار روستای لندران و در ۲۴ کیلومتری جنوب بخش روداب واقع شده است. در شمال غربی و بلافاصله روستای لندران در بخشهایی از واحدهای ولکانیکی توفی سبزینه و سیلیسی شده که در اطراف آندزیتی می‌شود، قسمت‌های دگرسان شده آرژیلیتی به رنگ زرد نخودی رخنمون دارد که آثار کانی‌سازی مس در آنها دیده نمی‌شود.

تنها در بخش‌هایی که شدت سیلیسی‌شدن بالاست، در سطح تازه نمونه‌های شکسته شده پیریت‌های ریز و پراکنده و اکسیدشده‌ای دیده می‌شود که باعث لیمونیتی شدن سنگ میزبان شده است.

در مرز غربی و چسبیده به روستا و در محل قبرستان کانی‌سازی مس به طول ۲۰ متر درون واحدهای توفی و لیتیک توف پدید آمده که در دو سینه‌کار مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. مالاکیت در سطح لایه‌های توفی و واریزه‌های آنها به همراه اندکی پیریت و لیمونیت دیده می‌شود. نمونه اخذ شده از این قسمت‌ها ۰/۸۳ درصد مس داشته است (بدخشان و بنی‌آدم ۱۳۷۷).

۵-۲-۱۲- اندیس خروگرد

این اندیس در ۲۹/۵ کیلومتری جنوب غرب روداب و یک کیلومتری جنوب کلاته خروگرد واقع است. در این جا یک کنده‌کاری قدیمی در ابعاد ۷×۳ مترمربع و عمق تقریباً یک متر درون واحدهای مونزودیوریت حفر شده است که در اثر ریزش خرده‌سنگ‌های اطراف پر شده است. واحدهای مونزودیوریتی بصورت سیل مانند همروند با واحدهای ولکانیکی در طول نسبتاً وسیع در حاشیه شمالی واحد $K_2^{t,v}$ در این بخش از ورقه رخنمون دارند. طبق بررسی در اطراف کانی‌سازی برجا اثری از مس مشاهده نشد و فاقد اهمیت می‌باشد.

۵-۲-۱۳- اندیس مس گلخچی خروگرد

در یک کیلومتری جنوب اندیس خروگرد و در بخش‌های تپه‌ماهوری با میزبان واحدهای توفی و ولکانیکی که دچار دگرسانی کلریتی و اپیدوتی هستند، واقع است. در این منطقه ۳ سینه کار مشاهده می‌شود. سینه کار بزرگ ۷×۷ مترمربع گسترش و حدوداً ۱/۵ متر عمق دارد و واحدهای رخنمون‌دار در آن برشی هستند در حفرات سنگ میزبان زئولیت تشکیل شده است. قطعات برشی به مالاکیت و اکسیدهای آبدار آغشته شده‌اند (شکل ۴۰).

سینه کار دومی در ۱۰ متری شمال سینه کار بزرگ واقع است و ۲×۱ ابعاد آن می‌باشد. در سینه کار سوم که نسبت به دو سینه کار در شمال آنها قرار می‌گیرد، آثار کانی‌سازی بیشتری به صورت رگچه‌ای دیده می‌شود. روند عمومی کانی‌سازی در این منطقه شمالی- جنوبی است و شیب مشخصی نشان نمی‌دهد. ظاهراً در هسته یک ناودیس با محور چین شیب‌دار به سمت شمال قرار دارد.

نمونه Kad 69 از بخشهای برشی شده و کانه‌دار سینه کار سوم برداشت گردیده که عیار مس در آن ۰/۶۸ درصد بوده است. همچنین برای مقطع صیقلی نتیجه مطالعه نمونه kad69P به شرح ذیل می‌باشد.

منیتیت: بصورت ذرات پراکنده، کریستال‌های اتومورف با ابعاد ۲۳۰-۴۰ میکرون کانی‌سازی دارد. این کانی از حواشی و اطراف بمیزان محدود به اکسیدهای ثانویه آهن و هیدروکسیدهای آهن مبدل شده است. درصد فراوانی اکسیدهای مذکور در حدود ۱۰٪ است. بافت کانی‌سازی فلزی disseminated (افشان) است.



شکل ۴۰- آغشتگی توف‌های ولکانیکی به مالاکیت

با توجه به بررسی های صحرایی و مشخصات زمین شناسی از جمله سنگ میزبان، محیط تکتونیکی، شکل و نوع کانی سازی و کانه های مس موجود در منطقه، کانی سازی مس در ورقه دارین و بخشهای شمال غربی ورقه ششتمد شواهدی از کانی سازی های مس نوع آندزیت (ماتو) و تیپ قبرسی را نشان می دهند. البته تعیین دقیق نوع کانی سازی نیاز به انجام مطالعات بیشتر صحرایی و آزمایشگاهی دارد.

در کانسارهای مس نوع آندزیت، مس طبیعی همراه با نقره طبیعی، کالکوسیت، بورنیت و ندرتاً کالکوپیریت بصورت رگچه ای، رگه ای، پر کننده حفرات و انتشاری در آندزیت های کالک آلکالین یافت می شود. گفته می شود این کانسارها معادل بیرونی کانسارهای مس پورفیری می باشند (سیلیتو ۱۹۷۷ و گیلبرت و پارک ۱۹۹۷ در شهاب پور

(۱۳۸۲)

فصل ششم

پی جویی

در ورقه ششم

ولکانیک‌های کرتاسه بالایی رخنمون‌دار در ورقه دارین که روند تقریباً شرقی- غربی دارند، در ورقه ششتمد نیز رخنمون دارند. روند واحدهای مذکور در این ورقه شمال غربی- جنوب شرقی است. در این واحدها دو کانی‌سازی مس انجام شده است. نخست کانی‌سازی مس سرقوی و دیگری کانی‌سازی تک‌سفیدپادر.

۶-۱- معدن متروکه مس سرقوی

کانسار مس سرقوی در شمال غربی ورقه ششتمد و در مسیر جاده هلاک‌آباد به درق‌دم واقع است و در یک کیلومتری جنوب غرب آن کلاته سرقوی قرار دارد.

در منطقه سری سنگهای ولکانیکی حدواسط تا اسیدی شامل لیتیک توف، آندزیت‌های تیره رنگ و داسیت‌های به رنگ روشن و دگرسان رخنمون دارند. فاصله نزدیکترین رخنمون توده گرانیتی کوه‌میش (جنوب شرق کانسار) به آن ۶ کیلومتر می‌باشد.

کانی‌سازی مس در کنتاکت داسیت‌ها (کمر پایین) و لیتیک توف-آندزیت‌ها (کمر بالا) انجام شده و هر دو گروه سنگی را آغشته کرده است (شکل ۴۱). بنظر می‌رسد کانی‌سازی در امتداد گسل صورت گرفته است.

در برخی قسمت‌ها داسیت‌ها دچار دگرسانی کائولینیتی - لیمونیتی شده‌اند که جهت اندازه‌گیری عیار مس در آنها نمونه‌ای (Kad 73) به صورت Chip برداشت گردید. عیار مس در این نمونه ۰/۳ درصد اندازه‌گیری شده است.



شکل ۴۱- کانی‌سازی در کنتاکت گسله واحدهای آندزیتی و داسیتی

در این منطقه، کنده کاریهای جدید به صورت روباره برداری و حفر ترانشه با بولدوزر و حفر چاهک مشاهده می‌شود. هم‌چنین از کلاته سرقوی تا محل معدن جاده‌سازی نیز شده است.

کانی‌سازی شامل کالکوپیریت، مالاکیت، پیریت و اکسیدهای آهن می‌باشد که در آن کانیهای سولفیدی هم به صورت پراکنده در متن سنگ (حتی داخل قطعات لیتیک توف) و هم به صورت رگچه‌ای انجام شده است که از اطراف به اکسیدهای آهن دگرسان شده است. دگرسانی کلریتی و اپیدوتی در منطقه به فراوانی مشاهده می‌شود. نمونه Kad 74 از قسمت‌های کانی‌سازی شده حاوی مالاکیت، کانیهای سولفیدی و اکسید آهن (هماتیت) با میزبان لیتیک توف برداشت گردید. عیار مس در این نمونه ۱/۲۴ درصد بوده است.

نمونه kad74P که از انتهای غربی معدن برداشت و مطالعه شده دارای مشخصات ذیل می‌باشد (شکل ۴۲).

کالکوپیریت: بصورت کریستال‌های نیمه اتومورف با ابعاد ۱۰۰-۳۰ میکرون کانی‌سازی دارد. این کانی تحت تاثیر آلتراسیون سوپرژن از حواشی و نقاط ضعف به اکسیدهای ثانویه آهن و کوولیت و کالکوسیت مبدل شده است.

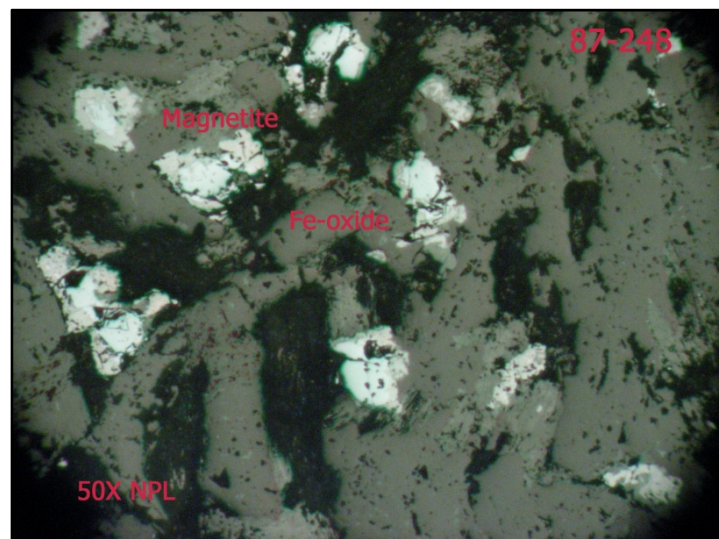
درصد فراوانی کالکوپیریت در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۸٪ است.

هماتیت: بصورت کریستال‌های اتومورف با ابعاد ۶۰-۳۰ میکرون کانی‌سازی دارد. اجتماع ذرات هماتیت در نمونه لکه‌های درشتی را پدید آورده که حدود ۲۵۰ میکرون است.

درصد فراوانی هماتیت در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۵٪ است.

اکسید و هیدروکسیدهای ثانویه آهن: بصورت آغشتگی و پرکردگی مشاهده می‌گردد. درصد فراوانی اکسیدهای ثانویه آهن در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۲٪ است.

بافت کانی‌سازی فلزی Open Space Filling است.



شکل ۴۲- پراکندگی اکسیدهای آهن و مگنتیت در نمونه kad 74p

طی مطالعه انجام شده قبلی در این ورقه (دری ۱۳۷۷) چندین نمونه از بخشهای مختلف کانسار برداشت گردیده که عیار مس در آنها به صورت زیر بوده است: ۲/۰۸ - ۴/۱۶ - ۰/۲۵ - ۰/۰۶ - ۱/۲۸ - ۰/۵ درصد.

۶-۲- معدن متروک مس تک سفید پادر

این معدن در جنوب ششتمد و ۱۸۰۰ متری غرب روستای پادر واقع است. طبق اظهارات افراد محلی این معدن ثبت شده و در حدود یک کیلومتر تا سینه کار آن جاده سازی شده است. این سینه کار حدود ۱۵ متر طول، ۳ متر عرض و ۱۰ متر افراز دارد.

کانی سازی به صورت رگه ای حداکثر به ضخامت ۸۰ سانتیمتر و آغشتگی سنگ میزبان صورت گرفته است. میزبان کانی سازی ولکانیک های آندزیتی- توفی هستند که دچار دگرسانی کلریتی شده اند و اکسیدهای آبدار آهن نیز آنها را آغشته کرده است. فاصله رخنمون توده گرانیته کوه میش با این کانی سازی در حدود یک کیلومتر می باشد. کانیهای سولفیدی به وفور مشاهده می شوند و شامل پیریت، کالکوپیریت و مالاکیت و اکسیدهای آبدار آهن می باشد. بنظر می رسد کانی سازی بین دو شکستگی (شکل ۴۳) صورت گرفته است. ضخامت زون شکسته حداکثر به ۸ متر می رسد.

از قسمت های حاوی سولفیدها و کربنات های مس نمونه Kad75 برداشت گردید. که عیار مس در آن ۰/۸۲ درصد بوده است و نتایج مطالعه یک نمونه مقطع صیقلی (kad 75p) به شرح ذیل می باشد (شکل ۴۴).

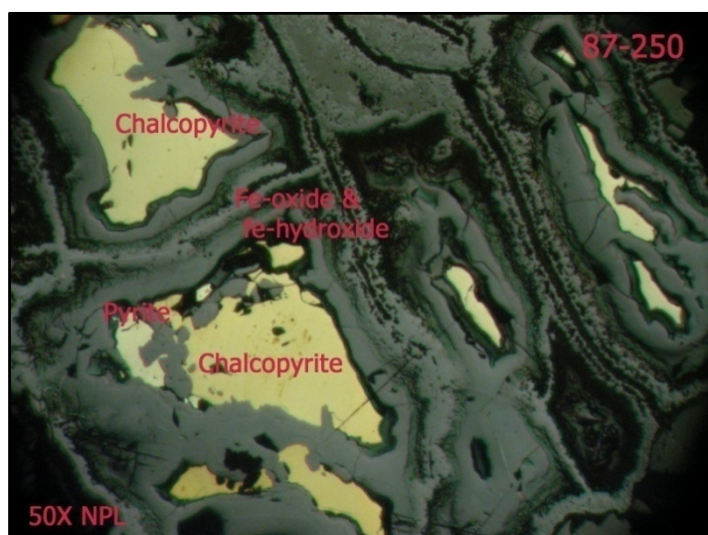
کالکوپیریت: بصورت لکه های درشت دارای ابعاد تقریبی ۶۰-۱۰۰ میکرون که با چشم غیرمسلح نیز قابل رویت است. این کانی تحت تاثیر عوامل آلتراسیون از حاشیه به اکسیدهای ثانویه آهن و کوولیت آلتره شده است. درصد فراوانی کالکوپیریت در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۲۵٪ است. در داخل کریستال های کالکوپیریت انکلوژیون های پیریت با ابعاد ۱۵-۱۰ میکرون به تعداد محدود مشاهده می شود.

بافت کانی سازی فلزی Open Space Filling است.

بنابراظهارات افراد قدیمی محل کار استخراج در تونلی به طول ۵۰ متر در گذشته صورت گرفته است. شواهد سطحی دلالت بر وجود مس در گستره زیادی ندارد و اظهار نظر درباره عمق و مقدار ذخیره بدون اطلاعات زیرسطحی و ژئوفیزیکی امکان پذیر نیست (دری ۱۳۷۷).



شکل ۴۳- کانی سازی مس در زون گسله و دگرسانی بعدی به مالاکیت و هیدروکسیدهای آهن



شکل ۴۴- دگرسانی کالکوپیریت به کانیهای ثانویه آهن در نمونه kad 75p

در ورقه ششتمد علاوه بر دو کانساری که مورد بازدید قرار گرفتند چند کانسار دیگر با ویژگیهای زمین‌شناسی متفاوت در گزارش اکتشافات چکشی این ورقه (دری ۱۳۷۷) گزارش شده‌اند که به طور خلاصه به آنها اشاره می‌شود:

۶-۳- مس دهنه نه چشمه (قله جغ)

این کانی‌سازی در جنوب ششتمد و ۴ کیلومتری جنوب غرب روستای قاسمی در محلی بنام دهنه نه چشمه قرار دارد. واحدهای سنگی رخنمون دار در منطقه شامل انواع سنگهای اولترامافیک (سرپانتیتی شده) است که در کنتاکت گسله با انواع مارنهای قرمز و سفید قرار دارند. در کنار دایک‌های دیابازی منطقه رگه‌ای سیلیسی به ضخامت حداکثر ۵ متر به موازات دایک‌ها تشکیل شده‌است. این رگه به دو شاخه تقسیم می‌شود که طول یک شاخه آن ۵۰۰ متر و دیگری ۳۰۰ متر می‌باشد. در متن رگه سیلیسی کانه‌های سولفیدی مس و سطح آن به مالاکیت و آزوریت آغشته شده‌اند. عیار مس در نمونه‌هایی که از بخش‌های مختلف رگه‌های سیلیسی برداشت شده شامل ۳/۶۳، ۲/۴۸، ۱، ۰/۶۹ و ۷/۱۹ درصد بوده است.

۶-۴- مس قاسمی

این اندیس در ۴ کیلومتری جنوب شرق روستای قاسمی واقع است. لیتولوژی منطقه شامل سنگ‌های افیولیتی است که در کنتاکت گسله با مارن‌های ائوسن- الیگوسن قرار دارند. زون گسله با توجه به ویژگیهای دگرسانی و زمین‌شناسی یک زون لیستونیتی تشخیص داده شده است. این زون روند شرقی- غربی دارد و درون آن باندهای سیلیسی با ضخامت ۰/۵ متر و برشی شده تشکیل شده‌اند که کمربالای آن دایک دیابازی تشکیل شده است. این باند سیلیسی دارای کانی‌سازی مس به صورت سولفیدی و کربناته است. کانی‌سازی مس در زون لیستونیتی نیز انجام شده است. عیار مس در نمونه‌هایی که از بخشهای مختلف برداشت شده عبارتند از: ۱/۹۳، ۲/۴۳، ۳/۹۸، ۳/۲ و ۲/۱۲ درصد.

۶-۵- فیروزه چاهنسر

در ۵ کیلومتری شمال غرب کماستان در محلی بنام چاهنسر (آغل گوسفند) واقع است. اثر معدنی در ۷۰۰ متری غرب چاهنسر قرار دارد.

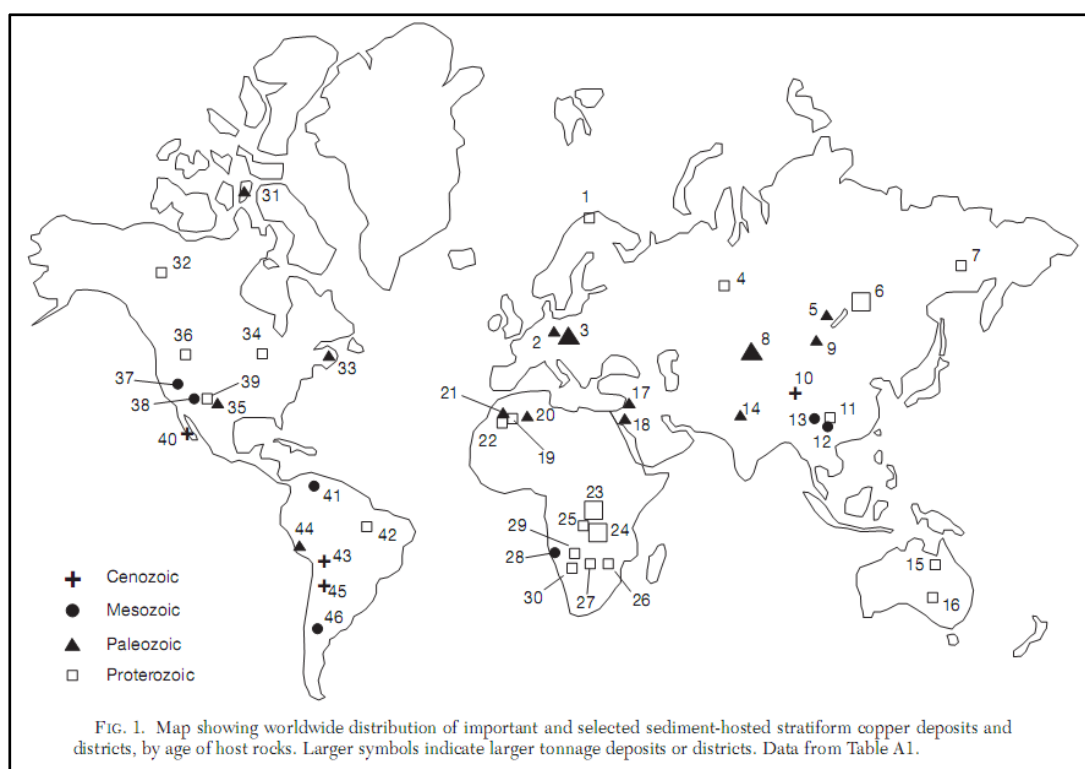
واحدهای سنگی در منطقه شامل مارن‌های قرمز و گچ‌دار است که توسط واحدهای ماسه‌سنگ کنگلومرایی، ماسه‌سنگ و مارن قرمز رنگ پوشیده می‌شود. در قاعده ماسه‌سنگ کنگلومرایی، واحد ماسه‌سنگی به ضخامت ۰/۵ متر به رنگ سبز و حاوی آثار فسیل‌های گیاهی رخنمون دارد که دارای فیروزه و کانیهای مس (مالاکیت و آزوریت) است. طبق آنالیز انجام شده از بخشهای کانه‌دار، عیار مس ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام بوده است.

فصل هفتم

نوع کانسار و

ژنز آن

کانسارهای مس استراتیفرم با میزبان رسوبی (Sediment-hosted stratiform copper deposits) شامل سولفیدهای Cu و Fe - Cu پراکنده تا رگچه‌ای در سنگهای رسوبی تخریبی سیلیس دار (Siliciclastic) یا دولومیتی می‌باشند. سولفیدها عمدتاً با لایه بندی سنگهای میزبان انطباق خوبی دارند. این کانسارها علاوه بر Cu منشأ مهمی برای فلزات Co, Ag و در برخی کانسارها Pb, Zn و U نیز می‌باشند. در کانسار Lubin-Sieroszowice لهستان و کانسارهای کوچک منطقه Kolwezi کشور کنگو حاوی Au و عناصر گروه پلاتین هستند. این کانسارها اغلب در حوضه های دریایی یا دریاچه‌ای بزرگ مقیاس که واحدهای تبخیری بلافاصله لایه های سرخ قاره‌ای را می‌پوشانند، تشکیل می‌شوند. (مطالب علمی این فصل جزء در مواردی که منبع آن ارائه شده ، تماماً از مقاله Hitzman et al. (2005) اقتباس شده است). شکل ۴۵ پراکندگی کانسارهای مهم مس با میزبان رسوبی در جهان و تقسیم‌بندی آنها بر اساس سن سنگ میزبان را نشان می‌دهد (Hitzman et. al. 2005).



شکل ۴۵- پراکندگی کانسارهای مهم مس با میزبان رسوبی در جهان و تقسیم‌بندی آنها بر اساس سن سنگ میزبان

۷-۲- انواع کانسارهای مس رسوبی

کاکس و همکاران (۲۰۰۷) کانسارهای مس با میزان رسوبی را به چهار مدل توصیفی تقسیم کرده‌اند. مدل اول یک مدل عمومی و برای مواردی بکار می‌رود که در اثر دگرگونی ویژگیهای کانسار به درستی قابل تشخیص نباشد، یا اینکه به خوبی توصیف نشده است و یا برای ارزیابی مناطقی است که محیطهای زمین‌شناسی آنها بخوبی درک نشده باشد. سه زیر گروه (Subtype) دیگر براساس شکل کانسار و محیطهای رسوبگذاری، هم‌چنین براساس تفاوت در تناژ و عیار مس از یکدیگر تفکیک می‌شوند.

این سه زیر گروه شامل ۱- Reduced-facies Cu، ۲- Redbed Cu و ۳- Revett Cu می‌باشد و در مقدار و میزان تاثیر عوامل احیایی در حین رسوبگذاری متفاوت هستند. سنگ میزان در کانسارهای نوع Reduced facies شیل، سیلتستون، کربنات ریفی و شیل دولومیتی است. این نوع کانسارها در موقعیت تکتونیکی آلاکوژن و یا ریف درون قارهای و محیط جزر و مدی تشکیل می‌شوند ((Cox et al (2007); Hitzman et al., (2005)). عامل احیاء در آنها گسترده بوده و شامل رسوبات دانه‌ریز دریایی یا دریاچه‌ای است که حاوی مقادیر فراوانی پیریت و ماده آلی Algal mat هستند. دگرسانی غالب در این کانسارها، سفید شدن (Bleaching) رسوبات و دولومیتی شدن می‌باشد. مس در این دسته از کانسارها، از رسوبات Redbed کمرباین تأمین می‌گردد. از مهمترین کانسارهای این تیپ می‌توان به کانسار Kupferschiefer، کانسارهای کمربند مس زامبیا و کانسار Kamoto در کنگو اشاره نمود.

در کانسارهای نوع Revett سنگ میزان ماسه‌سنگ و به میزان کمتر سیلتستون، شیل و رس می‌باشد. عامل احیا گسترده و پراکنده بوده، علاوه بر واریزه‌های فسیل گیاهی، در برخی از کانسارها به صورت مایع و یا گاز هیدروکربوری دیده می‌شود (Cox et al 2007) از مهمترین کانسارهای این تیپ، کانسار Dzhezkazgan در قزاقستان و کانسار Spar Lake در مونتانا آمریکا می‌باشد.

توالی رسوبی- تخریبی کانسارهای Redbed از ماسه‌سنگ، کنگلومرا و کمی شیل تشکیل می‌شوند. محیطهای ریفی و کششی و نواحی دارای گنبد های نمک، برای تشکیل این کانسارها مناسب می‌باشند. محیط تشکیل این کانسارها، محیطهای ساحلی و نواحی کم عمق است. در کانسارهای نوع Redbed عامل احیا گسترده‌گی کمتری دارد و غالباً شامل واریزه‌های ارگانیکی موجود در ماسه‌سنگ و به مقدار کمتر پیریت می‌باشد. دگرسانی غالب در این کانسارها، دگرسانی Bleaching بوده که در همه کانسارهای مس رسوبی نوع Redbed قابل مشاهده است. از مهمترین کانسارهای این تیپ می‌توان به کانسارهای Nacimiento در ایالت New Mexico آمریکا، کانسار Corocoro در بولیوی و کانسارهای Lisbon Valley و Cashin Mine در حوضه Paradox واقع در ایالت‌های یوتا و کلرادو آمریکا اشاره نمود (مهدوی ۱۳۸۷).

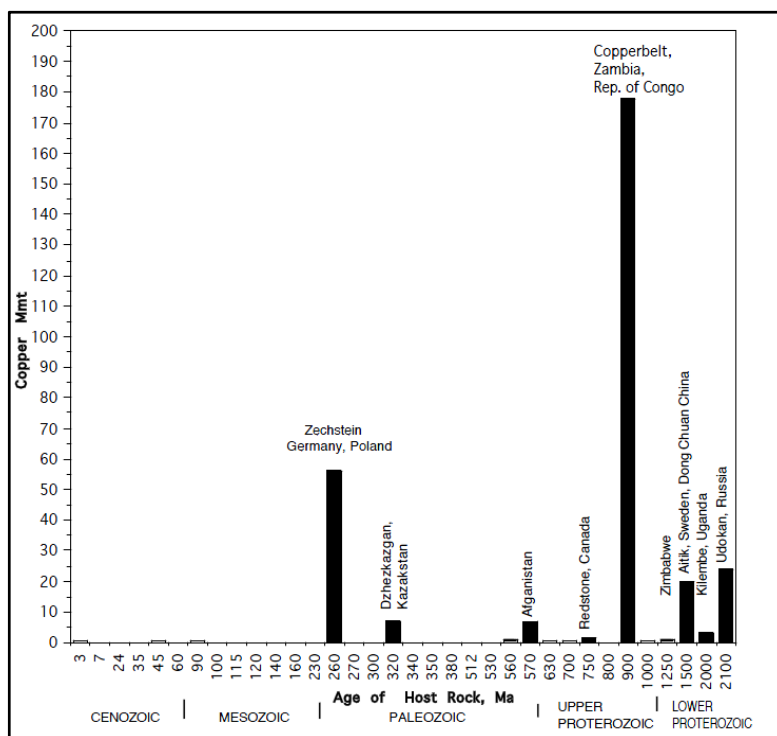
طبق جدول ۳، ۸۵ درصد کانسارهای مس تیپ Redbed دارای سنگ میزبان ماسه سنگ و کنگلومرا هستند. درحالیکه کانسارهای مس تیپ رخساره احیایی دارای سنگهای میزبان تخریبی ریز دانه و کم انرژی و کربناتها می باشند.

Deposit Type	Number of deposits and occurrences	Sandstone, quartzite, arkose, conglomerate	Siltstone, shale, clay mudstone,	Limestone, dolomite, marl	Schist, phyllite, amphibolite, marble
Redbed	155	85	12	2.5	<1
Reduced facies	100	29	41	28	2
Revett	31	77	22	0	<1
Unclassified	102	30	20	25	25

جدول ۳- درصد سنگهای میزبان انواع سه گانه کانی سازی مس رسوبی

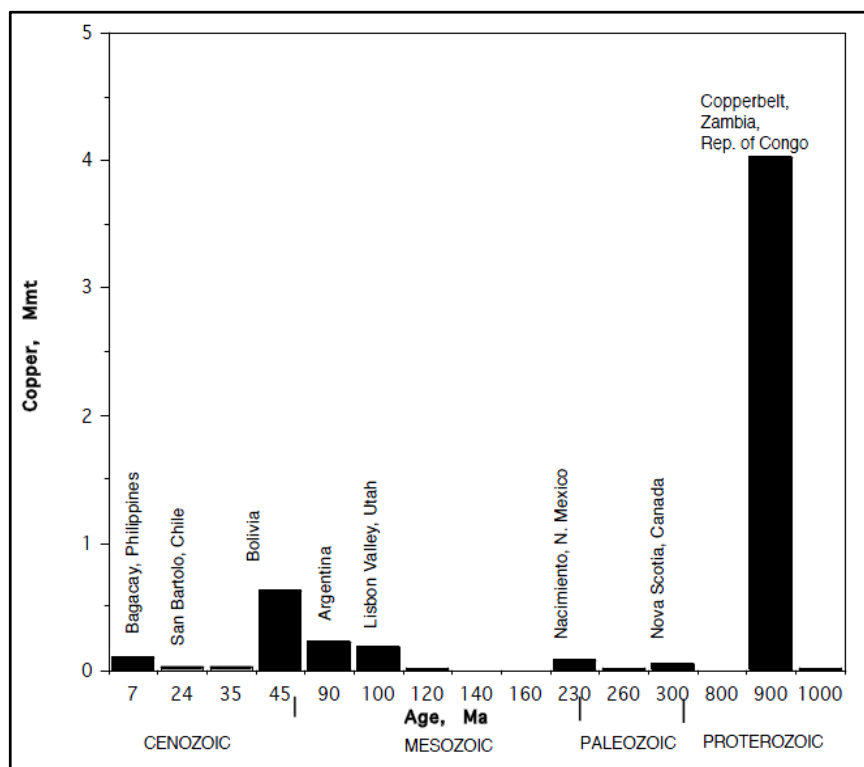
۳-۷- سن کانه سازی

کانسارهای مس رسوبی به سن آرکئن شناخته نشده اند. این کانسارها از پروتروزوئیک زیرین تا ترشیری بالایی گسترش دارند. اما فراوانی آنها در پروتروزوئیک بالایی و مخصوصاً نئوپروتروزوئیک و پالتوزوئیک فوقانی بیشتر است (شکل ۴۶).



شکل ۴۶- توزیع زمانی کانی سازی مس رسوبی

از لحاظ توزیع زمانی کانسارهای مس تپ Redbed در زمان آرکئن شناخته نشده اند. حدود ۴ میلیون تن مس در پروتروزوئیک متعلق به کمر بند مس زامبیا می باشد. اما عمده این تپ کانسارها در سنگهای متعلق به زمانهای پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک تشکیل شده اند (شکل ۴۷).



شکل ۴۷ - توزیع زمانی کانی سازی مس تپ Redbed

تناژ متوسط در ۳۵ کانسار تپ Redbed، ۲ میلیون تن، در ۵۸ کانسار تپ رخساره احیایی، ۳۳ میلیون تن و در ۱۱ کانسار تپ Revett، ۱۴ میلیون تن می باشد. هم چنین عیار متوسط مس در این کانسارها به ترتیب ۱/۶ درصد، ۲/۳ درصد و ۰/۷۹ درصد است.

هر یک از تپ های سه گانه توسط Cox et al. (2007) به صورت مدل های جداگانه ای براساس ویژگی های زمین شناسی، موقعیت تکتونیکی، سنگ میزبان، ساخت - بافت و کانی شناسی و موارد دیگر تشریح شده اند و در جدول ۴ توسط مهدوی (۱۳۸۷) جمع بندی شده است. در این جدول منطقه مارکشه راور کرمان با این تپ ها مقایسه شده است. در این گزارش ستون دیگری در جدول برای منطقه شمال تربت حیدریه ایجاد و با تپ های سه گانه و منطقه مارکشه مقایسه شده اند. طبق این جدول کانی سازی مس در منطقه شمال تربت حیدریه بیشترین شباهت را با کانسارهای مس Red-bed داراست.

جدول ۴- مقایسه کانسارهای مس شمال تربت حیدریه با سایر کانسارهای مس رسوبی

ویژگی	Sediment-hosted stratiform copper deposits				شمال تربت حیدریه
	reduced-facies Cu	Revett Cu	redbed Cu	کانسار مارکشه کرمان	
موقعیت تکتونیکی	الاکوژن یا ریفیت درون قاره‌ای	ریفیت و بطور کلی محیط کشتی	ریفیت و بطور کلی محیط کشتی-نواحی دارای گنبد‌های نمکی	محیط کشتی و نواحی دارای گنبد‌های نمکی	
محیط ته نشست	جزر و مدی	Fan delta حوضه بسته پلایا و محیط‌های ساحلی دیگر	محیط‌های ساحلی و نواحی کم عمق	محیط‌های ساحلی و نواحی کم عمق (جزر و مدی)	
سنگ میزبان	شیل، سیلتستون، کربنات ریفی، شیل دولومیتی	سکانس ضخیم ماسه سنگی و به مقدار کمتر سیلتستون و شیل	سکانس تخریبی Redbed شامل ماسه‌سنگ و کنگلومرا	سکانس تخریبی Redbed شامل ماسه‌سنگ و تناوب ماسه‌سنگ و کنگلومرا	سکانس تخریبی Redbed شامل شیل، ماسه‌سنگ و کنگلومرا
سن	Late neoproterozoic-middle neoproterozoic	Neoproterzoic- late mesozoic –early cenozoic		ژوراسیک- کرتاسه	ائوسن- الیگوسن
ژئومتری	لایه‌ای، عدسی	عدسی - همروند با لایه بندی	عدسی - همروند با لایه بندی	عدسی - همروند با لایه بندی	عدسی - همروند با لایه بندی
ساخت و بافت	دانه پراکنده، جانشینی، لامینه، کلوفرم	دانه پراکنده، جانشینی	دانه پراکنده، جانشینی	جانشینی، دانه پراکنده کالکوسیت،	دانه پراکنده، کلوفرم
کانی شناسی غالب	کالکوسیت، بورنیت، کولیت، کالکوپیریت، دیژنیت، مس طبیعی، پیریت، گالن، اسفالریت	کالکوسیت، کالکوپیریت، بورنیت، نقره طبیعی، گالن اسفالریت	کالکوسیت، کولیت، بورنیت، پیریت، مس و نقره طبیعی (گالن و اسفالریت)	بورنیت، کولیت، کالکوپیریت، مالاکیت، کریزوکولا، آزوریت، تنوریت (نقره)	کالکوسیت، کولیت، مالاکیت، بورنیت، آزوریت
دگرسانی	Bleaching دولومیتی شدن	Bleaching	Bleaching	Bleaching	Bleaching
فراوانی عامل احیاء	عامل احیاء گسترده شامل پیریت و algal mat	عامل احیاء گسترده، واریزه های فسیل گیاهی، مواد هیدروکربنی	عامل احیاء گسترده کمی دارد، واریزه های فسیل گیاهی، پیریت	واریزه های فسیل گیاهی و پیریت محدود به پیچ های عدسی شکل که در افق های خاص پراکنده اند	عامل احیاء گسترده کمی دارد، واریزه های فسیل گیاهی، پیریت
منبع تامین کننده مس	رسوبات Redbed طبقات پائین	توالی Redbed	توالی Redbed	لایه های سرخ گردو	لایه های سرخ
عناصر همراه	Co-Ag-Pb-Zn ⁺ -Ge ⁺ -Au	Ag-Pb-Zn ⁺ -(Mo-V-Re)	Ag-Pb-Zn-U ⁺ -Co	Ag-U-(Pb)	W-Mo-Pb-Zn-(U?)
عامل کنترل کننده	محیط احیا شامل شیل سیاه پیریتی، algal mat سولفید بیوژنیک، نفوذپذیری کمر پائین	نفوذپذیری لایه‌ها، وجود عامل احیاء و بعضاً گسل خوردگی	نفوذپذیری لایه های ماسه سنگی، وجود واریزه های گیاهی	وجود عامل احیاء، فسیل گیاهی و نفوذپذیری سنگ میزبان	فسیل گیاهی و نفوذپذیری سنگ میزبان
مثال	Kupferschiefer, Zambia deposits Kamoto Cox et al., 2007	Dzhezkazgan, Spar Lake	Nacimient, Corocoro	کانسار مس مارکشه کرمان	اندیس های مس شمال تربت حیدریه
References	Hitzman et al., 2005Annels, 1989 Haynes, 1986a & 1986b Oszczepalski, 1999 Sweeney et al., 1989	Cox et al., 2007 Gblina, 1981 Adkins, 1993 Hayes & Einaudi, 1986	Woodward et al., 1974 Cox et al., 1991 Thorson, 2005 Avila-Salinas, 1990 Flint, 1989	مهدوی (۱۳۸۶)	

هر سیستم کانه‌سازی بایستی منشاء فلزات، هم‌چنین منشاء سیال منتقل‌کننده آنها، منشاء سولفور و سیال منتقل‌کننده آن و شرایط فیزیکی و شیمیایی مؤثر در بدام افتادن فلزات به صورت سولفید در یک موقعیت مکانی محدود را مشخص کند. چون در این گزارش از اصطلاح طبقات سرخ (Redbed) به کرات استفاده شده است، لذا لازم است در ادامه به ماهیت و انواع آنها اشاره‌ای گردد.

۷-۵- منشاء فلزات

در دو کانسار کوپرشیفر و وایت پاین داده‌های مهمی در رابطه با حجم طبقات سرخ جهت تشکیل یک سیال کانه وجود دارد. در کانسار وایت پاین سازندی که بلافاصله بالای طبقات سرخ کنگلومرایی مس‌دار قرار می‌گیرد ۱۰۰ تا ۲۰۰۰ متر ضخامت دارد و عقیده بر آن است که می‌تواند منشاء فلزات باشد.

ابعاد حوضه حدوداً ۲۰۰۰ متر در ۱۰ کیلومتر در ۴۰ کیلومتر در نظر گرفته شده است که حجم آن (طبقات سرخ مس‌دار) به 8×10^{11} مترمکعب می‌رسد که احتمالاً منشاء فلزات در این کانسار در نظر گرفته شده است. نسبت تناژ کل مس در کانسار به تناژ کل سنگ منشاء، حداقل مس شسته شده (Leached) از سنگ منشاء را نشان می‌دهد. در کانسار وایت پاین در حدود ۵/۴ گرم مس بایستی از هر تن سنگ منشاء شسته شده باشد. گرچه در مورد کمربند مس زامبیا رسوبات قرمز لازم برای اینگونه محاسبات وجود ندارد.

لایه‌های سرخ حاوی کانیهای تخریبی فراوانی همچون بیوتیت، آمفیبول، پیروکسن، اکسیدهای آهن (تیتان) همراه با قطعات سنگی (حاوی کانیهای ناپایدار) هستند. این کانیها مقادیر ناچیزی (trace) از مس (بیش از ۵۰ ppm) و دیگر فلزات غیرآهنی می‌باشند که ممکن است حین دیاژنز اولیه ضمن تولید هیدروکسیدهای آهن (قرمزکننده طبقات) وارد آبهای سازندی شوند. مس و دیگر فلزات غیرآهنی به اکسیدهای آهن گوتیتی (خوب متبلور شده یا آمورف) و ذرات رسی می‌چسبند و در معرض فرآیند لیچینگ طی دیاژنز تأخیری و دگرسانی گرمابی قرار می‌گیرند. علی‌رغم همراهی عمومی لایه‌های سرخ با کانسارهای مس استراتیفرم با میزبان رسوبی، نظریه منشاء پی‌سنگی فلزات در گذشته مورد حمایت قرار گرفته است و مطالعات مهاجرت شورابه‌ها نشان می‌دهند که سنگهای پی‌سنگ نفوذپذیر ممکن است منشاء فلزات باشند.

۷-۶- منشاء سولفور

منشاء سولفور درون حوضه‌ها مسئله‌ساز است. چهار منشاء احتمالی سولفور در حوضه‌ها عبارتند از: ۱- سولفاتی که مستقیماً از آب دریا، آب‌های دریاچه‌ای شور یا چشمه‌های ناشی از عبور از درون تبخیری‌های آنها ناشی می‌شوند ۲- سولفیدهای دیاژنزی ۳- سولفات درون شورابه‌های ناشی از انحلال تبخیریه‌ها و ۴- سولفیدهای هیدروژن موجود در نفت.

در کانسارهای ناشی از مراحل اولیه دیاژنز، سولفیدهای مس درون رسوبات پوشیده شده‌ی کم عمق تشکیل شده‌اند. در چنین مواردی آب دریا، آب دریاچه‌ای شور یا شورابه‌های ناشی از آنها مستقیماً در فرایند کانی‌سازی حین فعالیت باکتریهای احیاءکننده سولفات‌ها شرکت می‌کنند. اگرچه احیاء سولفات توسط باکتریها (Bacterial Sulfate Reduction) قبل از پوشیده شدن رسوبات (اعماق کمتر از ۵۰ سانتیمتر) بوقوع می‌پیوندد. چنین سیالات اولیه‌ای مس کافی را برای تشکیل یک توده معدنی فراهم می‌کنند.

آهن تک‌سولفیدی تشکیل شده حین احیای باکتریایی سولفات‌ها عمدتاً توسط پیریت و در کانسارهای با میزبان شیل، با کالکوسیت جایگزین می‌شوند. در کانسارهایی که فاقد آثار فسیل‌های گیاهی هستند، احتمالاً سولفور لازم برای تشکیل آهن تک‌سولفیدی (Iron monosulfide) منشاء دیگری دارد. ضخامت قابل توجهی از رسوبات تبخیری سولفات‌دار به لحاظ چینه‌شناسی در بالای کانسارهای کوپرشیفر و کمر بند مس آفریقای مرکزی وجود دارند. در دیگر حوضه‌ها نظیر کانسار مس قزاقستان و Lisbon Valley توالیهای ضخیمی از رسوبات تبخیری در زیر Red bed ها نهشته شده‌اند. گاهی هم واحدهای تبخیری در بین طبقات Red bed تشکیل می‌شوند (نظیر کوپرشیفر منطقه آلمان). شورابه‌های تیپ سالت لیک (Salt lake – type) تبخیری (Na – SO₄- Cl) ممکن است در توالیهای Red bed ها درگیر بوده و سولفات لازم برای فرآیند کانی‌سازی را فراهم کنند.

نقش نفت به عنوان منبع سولفور در کانسارهای مس با میزبان رسوبی به جزء در معدن وایت‌پاین بخوبی مورد ارزیابی قرار نگرفته است.

۷-۷- تله‌های فلزی

مطالعات ژئوشیمیایی و شواهد زمین‌شناسی در بیشتر کانسارها نشان می‌دهند که عامل احیاء اولین عامل نهشت سولفید در کانسارهای مس با میزبان رسوبی است. عوامل احیا در حوضه‌های رسوبی میزبان چنین کانسارهایی، مواد آلی، هیدروکربن‌های متحرک یا سولفیدهای از قبل موجود می‌باشند. پیریت دیاژنزی اولیه (Preore) در تعدادی از کانسارها یک عامل احیاء واضح می‌باشد. چنین پیریتی وجود خود را مدیون مواد آلی است.

عامل احیا می‌تواند توسط تخریب مواد آلی در سیلتستون و شیل کرین‌دار مانند کوپرشیفر و کانسارهای مس زامبیا، مواد حاصل از عملکرد سیانوباکتری‌ها در لایه‌های کربناته مانند Redston و یا خرده‌های چوبی و گیاهی موجود در Red beds مانند Nacimiento تأمین گشته و در نتیجه شرایط احیایی مناسب جهت ته‌نشست فلزات را فراهم کند. مواد نفتی به عنوان یک عامل احیای متحرک باعث ایجاد شرایط احیایی و رسوب فلزات می‌گردد (مهدوی ۱۳۷۸).

۷-۸- درجه حرارت تشکیل

علیرغم کمبود اطلاعات سیالات درگیر این توافق عمومی وجود دارد که فلزات از منشاء خود تا محل ته‌نشست با سیالات آبگین درجه حرارت پایین تا متوسط (۵۰ تا ۴۰۰ درجه سانتیگراد) و شوری متوسط تا بالا حمل می‌شوند. سولفیدهای مس نیز در حرارت‌های پایین تشکیل می‌شوند. مدرک خوب در این باره وجود کالکوسیت اورتورومبیک در برخی کانسارهاست که بالاتر از ۱۰۳ درجه پایدار نیست. همچنین بورنیت غنی از S که در حرارت بالاتر از 75 °C کالکوپیریت از آن exsolves می‌شود.

این کانیها نشان می‌دهند که سنگهای میزبان در زمان کانی‌سازی بیش از 100°C گرم نشده‌اند. بالغ شدن هیدروکربنها و بلورهای ایلیت نشان از درجه حرارت پایین تشکیل شدن آنها در کانسار وایت‌پاین دارد. اگرچه در دیگر مناطق نظیر کمر بند مس زامبیا همرشدی سولفیدها و کانیهای دگرگونی یا در نتیجه دگرگون شدن مجموعه‌های سولفیدی قبلی است و یا تشکیل آنها در حرارت‌های بالاتر (۲۵۰ تا ۴۰۰ درجه).

Rose (1976) از نتایج آزمایشگاهی برای این استفاده کرده است که در حرارت‌های پایین یک شورابه غنی از کلرید با شرایط اکسیداسیون-احیایی که Cu^{2+} در آن پایدار باشد، سیال بادوام است. در طبقات سرخی که اخیراً نهشته شده‌اند، آب‌های زیرزمینی اسیدی حاوی Fe^{2+} قادر به حمل ده‌ها پی‌پی‌ام Cu بوده و پتانسیل یک سیال کانه را داراست. شورابه‌های با شوری متوسط (۵ درصد وزنی NaCl) قادر به حمل بیش از ۱۰۰ پی‌پی‌ام مس در حرارت‌های سرد (زیر 120°C) می‌باشند. در حرارت‌های بالاتر سیال غنی از کلرید با pH نزدیک به خنثی و (با حالت غالب سولفاتی) عامل منتقل کننده مس لازم برای کانی‌سازی است. تغییرات شیمی محلول، بخصوص pH و درجه حرارت تحرک فلزات (Cu, Ag, Co, Pb, Zn, Mo, Au) را کنترل می‌کند. Ag, Cu در حرارت‌های پایین می‌توانند وارد سیال شوند اما Co فقط در حرارت‌های بالا وارد سیال می‌شود.

۷-۹- ساختار اکسیداسیون-احیای حوضه‌ها

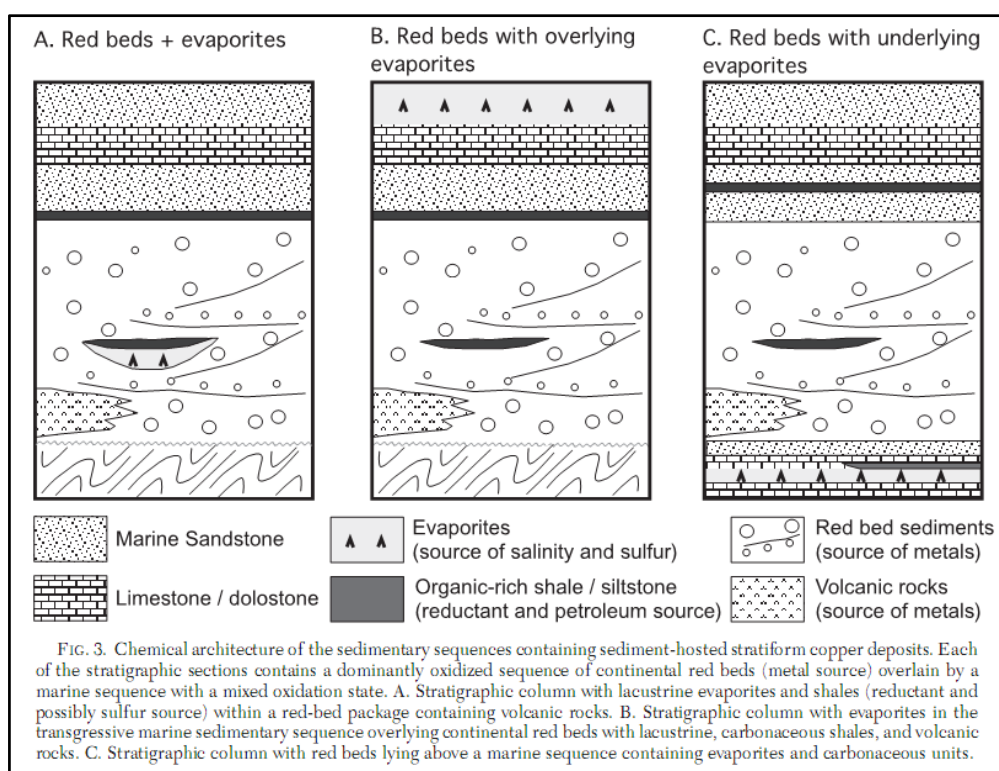
برای حوضه‌های مربوط به سیستم‌های مس استراتیفرم با میزبان رسوبی سه حالت ساختاری-شیمیایی در نظر گرفته می‌شود (شکل ۴۸). حالت اول مربوط به حوضه‌ای است که با رسوبات Red bed (اکسیده: منشاء فلز) همراه با میان‌لایه‌های رسوبات تبخیری سولفات‌دار دریاچه‌ای (منشاء سولفور) و رسوبات دریاچه‌ای میکروبی (احیاء شده: منشاء هیدروکربنها) پر شده است.

(در سه حالت فوق مقاطع چینه‌شناسی حاوی توالی قابل توجهی از رسوبات قرمز قاره‌ای (منشاء فلز) هستند که با رسوبات دریایی با یک حالت اکسیداسیون مختلط پوشیده شده‌اند).

واحدهای تبخیری می‌توانند مانند بخش آلمانی کانسار کوپرشیر عمدتاً از سولفات کلسیم (ژپس و ایندریت) یا سولفات سدیم (وکلسیم) مانند تناردیت (Na_2SO_4) یا گلوبریت ($\text{Na}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$) تشکیل شده باشند.

حالت دوم شامل طبقات قرمز ضخیم و فاقد رسوبات تبخیری است اما حاوی رخساره‌های دریاچه‌ای میکروبی غنی از کربن است که عامل احیاء را داراست. توالی قرمز رنگ با توالی دریایی سیلتستون، ماسه‌سنگ و تبخیری‌های سولفات‌دار و کربناته پوشیده می‌شود (شکل ۴۸b). واحدهای تبخیری هم، منشاء تأمین‌کننده سولفور بوده و هم شورابه‌های منشاء گرفته از آنها قادر به لیچینگ فلزات می‌باشد.

بسته به نوع رسوبات دریایی بالای توالی قرمز رنگ، این رسوبات ممکن است خود به عنوان تله احیایی عمل کنند مانند شیل‌های کربناته در کانسار کوپرشیر.



شکل ۴۸- سه حالت ساختاری- شیمیایی برای حوضه‌های مربوط به سیستم‌های مس استراتیفرم با میزبان رسوبی

در حالت سوم توالی طبقات قرمز رنگ خود توالی از رسوبات دریایی یا دریاچه‌ای حاوی تبخیری‌ها و سنگهای غنی از مواد آلی که منشاء نفت هستند، را می‌پوشاند. عامل احیاء نفت می‌باشد که درون سکانس طبقات قرمز رنگ یا درون سکانس دریایی بالایی مهاجرت کرده است.

ویژگیهای اصلی این سه مدل عبارتند از:

۱- وجود توالی ضخیمی از سنگهای اکسیدشده حاوی هیدروکسیدهای آهن که قادر به تشکیل پیوند ضعیفی با فلزات باشد (Red beds).

۲- منشاء شوری و سولفات (تبخیریهای دریایی یا دریاچه‌ای یا شورابه‌های حوضه‌ای)

۳- سنگهای کربن‌داری که یا خود مستقیماً عامل احیا باشند یا عامل احیا متحرکی را تولید کنند (گاز یا نفت) که ممکن است حاوی سولفور به صورت سولفید هیدروژن باشند یا نباشند.

وقتی که تبخیرها درون، بالا و یا پایین افق کانی‌سازی باشند، منشاء عامل احیا بایستی یا بلافاصله بالای بسته (Package) اکسید شده باشند (عامل احیاء درجا insitu) و یا درون یا زیر بسته اکسید شده (عامل احیاء متحرک).

لازم بذکر است در برخی موارد ممکن است عامل احیا به لحاظ چینه‌شناسی بالاتر از افق کانه‌دار تشکیل شده باشد و بعدها در اثر عوامل ساختاری به سطوح پایین‌تر جابجا شده باشد.

تعدادی از نهشته‌های مس استراتیفرم با میزان رسوبی در تله‌های چینه‌شناسی و ساختاری ناقص (Failed) بوجود آمده‌اند که به عنوان مجاری عبور هیدروکربن‌ها عمل کرده‌اند. در برخی دیگر تله‌ها اغلب سالم (intact) مانده‌اند اینحالت نشان دهنده آن است که کانی‌سازی در اثر کنش متقابل هیدروکربن‌های برجای بدام افتاده در فضاها با سیالات منتقل‌کننده مس انجام شده است.

۷-۱۰- مدل‌های تشکیل کانسارهای مس استراتیفرم با میزان رسوبی

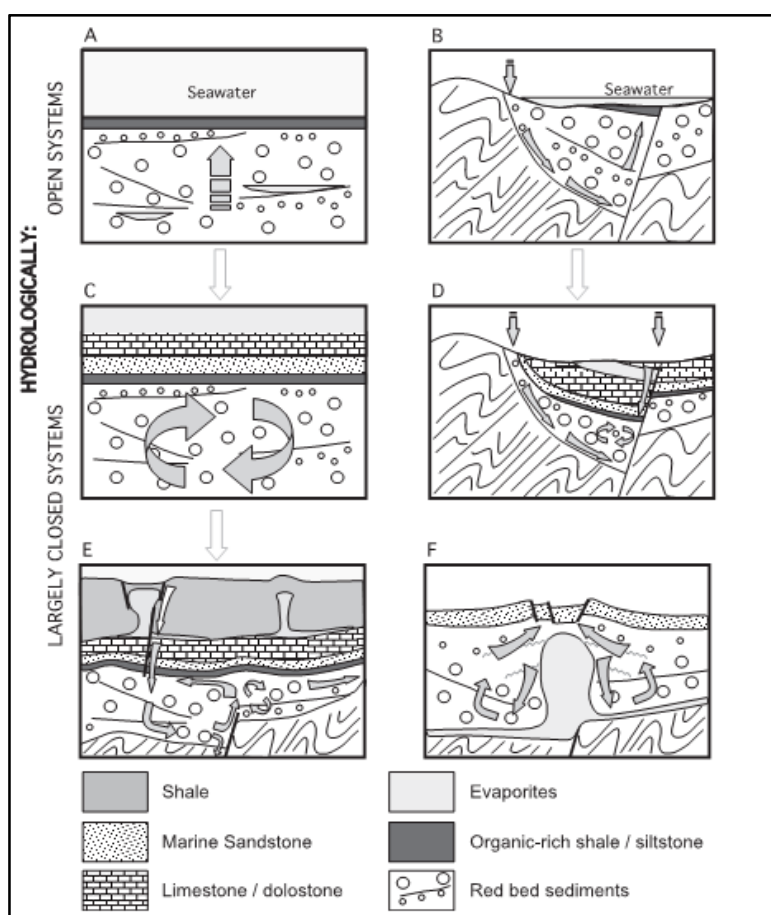
برای تشکیل چنین کانسارهایی بایستی فلزات از طبقات منشاء خود به مکان ته‌نشینی سولفید منتقل شوند. اگر سولفور مورد نیاز برای تشکیل سولفیدها به صورت برجا در محل وجود نداشته باشد، سولفور نیز باید به محل کانی‌سازی منتقل شود. میزان سولفیدهای مس یا محدوده به مقدار فلز و سولفیدهاست و یا بوسیله میزان در دسترس بودن عوامل احیایی کنترل می‌شود.

حضور تمرکزهای ناچیزی از سولفیدهای مس و مس-آهن در بیشتر توالیهای سرخ‌رنگ و شیل‌های پوشاننده آنها نشان می‌دهد که مقادیر کمی از سیالات مس‌دار و / یا سولفور احیاء شده از ویژگیهای چنین توالیهای محسوب می‌شود. اگرچه برای تشکیل یک کانسار بزرگ ترکیبی از حجم‌های زیادی از سیالات فلزدار، سولفور و عوامل احیایی ضروری است.

۷-۱۰-۱- جریان سیال و منشاء آن

جهت تشکیل یک کانسار عمده مس با میزبان رسوبی به مقادیر بالایی از سیال نیاز است. بخصوص اگر سیال کانه‌دار مقادیر مس کمتر از ۱۰۰ پی‌ام را حمل نماید. سیالات موجود در فضاهای خالی رسوبات مربوطه می‌تواند شورابه‌های مربوط به آب دریا، شورابه‌های تلخابی باقیمانده، شورابه‌های ناشی از انحلال تبخیریه‌ها، سیالات آبگین ناشی از بلوغ هیدروکربن‌ها، بی‌آب شدن ژپس، تبدیل اسمکتیت-ایلیت و واکنش‌های آب‌زدا مربوط به دگرگونی تدفینی درجه پایین و هم‌چنین هیدروکربن‌های مایع و گازها (متان و CO_2) باشد.

تفاوت مهم و شاید اساسی بین حوضه‌های بسته و باز هیدرولوژیکی مربوط به منشاء سیالات کانه‌دار و زمان نسبی و پیچیدگی فرایندهای کانه‌ساز است (شکل ۴۹).



شکل ۴۹- مدل‌های برش عرضی از جریان سیالات در سیستم‌های مس استراتیفرم با میزان رسوبی

ساده‌ترین حالت برای حوضه‌های باز (از نظر هیدرولوژیکی) تشکیل کانسارهای دیاژنتیک اولیه (Early diagenetic deposits) در اثر سیال ناشی از تراکم (Compaction) می‌باشد (شکل ۴۹A). تراکم باعث

خروج سیالات موجود در فضاهای خالی بدام افتاده حین رسوبگذاری و یا سیالات ناشی از آبرزدایی ژئوپرس (یک واکنش گرمازا که در حرارت ۵۰-۶۰ درجه اتفاق می‌افتد) می‌گردد. در صورت ضخیم بودن توالی ژئوپرس موجود در سکانس طبقات قرمز، حجم سیال ایجاد شده نیز بالا خواهد بود. هم‌چنین در صورتیکه سیالات موجود در فضاهای خالی از منشاء شورابه‌ها و یا از انحلال توالیهای تبخیری موجود در سکانس طبقات قرمز باشند، شوری سیال نیز بالا خواهد بود. چنین سیالی قادر به شستشوی (Leaching) مس از میان طبقات قرمز می‌باشد. تداخل چنین سیال اکسیدشده‌ای با عوامل احیایی در نزدیکی سطح تماس آب دریا و رسوبات منجر به نهشت سولفیدهای مس می‌گردد. سیال حمل‌کننده فلز به محض نهشت سولفید مس به کف دریا می‌گریزد و یا وارد طبقات رسوبی بالایی می‌شود.

یک کانسار دیاژنتیک اولیه هم‌چنین ممکن است در یک حوضه باز هیدرولوژیکی که در آن سیال از منبع خارجی نشأت گرفته باشد، نیز تشکیل شود (شکل B ۴۹). در این مدل سیالات جوی از یک بخش حوضه وارد سیستم می‌شود و چنانچه باعث انحلال مقادیر زیادی نمک در مسیر خود نشوند در این صورت شوری آنها پایین بوده و قادر به انتقال فلزات به مقدار لازم نخواهد بود.

حوضه‌های بسته هیدرولوژیکی که دارای سیالات بدام افتاده در طبقات قرمز رنگ هستند نیز قادر به چرخش در حوضه هستند (شکل C ۴۹) و امکان تشکیل کانسارهای بزرگ مس استراتیفرم با میزبان رسوبی در آنها وجود دارد. این مدل برای کانسار کوپرشیفر که با واحدهای تبخیری زشتاین پوشیده شده‌اند، ارائه شده است.

ورود جریانانی که در اثر اختلاف سطح توپوگرافی ایجاد شده‌اند، بدرون حوضه‌هایی که به شدت محبوس و تحت فشار هستند (سیستم بسته)، می‌تواند شرایط لازم برای تشکیل کانسارهای مس با میزبان رسوبی را ایجاد نماید. همراه با سیالاتی که از کناره‌های حوضه آپلیفت شده (Uplifted) وارد سیستم می‌شوند (شکل D ۴۹). چنین سیالاتی نیازمند انحلال هالیت در مسیر جریان خود هستند. بیشتر کانسارهای تیپ دره می‌سی‌سی‌پی شمال آمریکا از طریق این مکانیسم تشکیل شده‌اند.

شورابه‌های چگالی تشکیل شده در خارج از سکانس طبقات قرمز رنگ نیز می‌توانند باعث کانی‌سازی شوند (شکل E- ۴۹F). اینگونه سیالات که از سکانس‌های تبخیری یا آبهای دریایی و جوی هستند (سرایت‌کننده به سمت پایین) که مواد تبخیری را در خود حل کرده‌اند، تا زمانی که به سنگهای نفوذناپذیر برخورد نکرده باشند، در مقاطع رسوبی فرو می‌روند. اگر انرژی گرمایی لازم در بخشهای عمیق حوضه وجود داشته باشد و یا اگر جریان سیال فرورو ادامه داشته باشد، این سیال درون حوضه چرخش می‌کند و یا راهی را برای خروج از حوضه پیدا می‌کند. این مدل شورابه‌ای برای تشکیل کانی‌سازی‌های دیاژنتی تأخیری ارائه شده است و شورابه‌های بدام افتاده در حوضه‌های طبقات قرمز رنگ تا

زمانیکه سیستم حوضه بهم نخورده باشد، به عنوان سیال کانه‌دار عمل می‌کنند (دیاژنز تأخیری یا دگرگونی). لازم بذکر است این مدل‌های متفاوت لزوماً مستقل از یکدیگر نیستند.

تخلخل و نفوذپذیری رسوبات مربوط به سکانس طبقات قرمزرنگ و سنگهای پوشاننده واحدهای کانه‌دار و میزبان رسوبی در هر کدام از مدل‌های بالا اهمیت فراوانی دارند. اگر سیستم کانه‌دار بخواند به صورت هیدرولوژیکی عمل نماید، بایستی طبقات سرخرنگ نسبت به سنگهای اطراف خود نفوذپذیرتر باشند. این حالت برای کانی‌سازی در مراحل دیاژنزی تأخیری تا حتی Post diagenetic بایستی حفظ شده و یا در اثر انحلال و یا تکتونیک افزایش یافته باشد تا اجازه جریان هیدرولوژیکی لازم فراهم گردد.

با گذشت زمان نفوذپذیری سنگهای اطراف طبقات سرخرنگ تغییر می‌کند. در یک سیستم ساده رسوبات پوشاننده بایستی به اندازه کافی جهت فراریسیال، نفوذپذیری داشته باشند. اگرچه در مدل‌های دارای سیستم چرخش جریان سیال، نفوذپذیری این رسوبات بایستی از نفوذپذیری خود سکانس طبقات قرمزرنگ کمتر باشد.

این مدل‌ها به همراه اطلاعات مربوط به سیالات در گیر در اینگونه سیستم‌ها (که نشان‌دهنده درجه شوری متوسط تا بالای سیالات کانه‌ساز است) ثابت می‌کند که شورابه‌ها در زایش کانسارهای مس چینه‌سان با میزبان رسوبی اهمیت دارند.

۷-۱۰-۲- انرژی لازم در سیستم

موضوع اساسی در تمامی کانسارهای مس با میزبان رسوبی وجود یک منبع انرژی برای به حرکت درآوردن سیال درون سکانس طبقات قرمز است. در سیستم‌های باز هیدرولوژیکی ورود سیالات بیرونی ممکن است برای به جریان انداختن سیالات کافی باشد. سیستم‌های بسته هیدرولوژیکی برای شروع چرخش به انرژی حرارتی نیازمندند.

عامل دفن باعث حرارت می‌شود. گرادیان خیلی کم حرارتی ممکن است باعث چرخش سیالات شود. چرخش سیالات بدون وجود آنومالی‌های حرارتی یا تقابل رسوبات نفوذپذیر و بانفوذپذیری کم، بسختی امکان‌پذیر است.

فعالیت آذرین به عنوان منبع فلزات و سولفور در چنین سیستم‌های کانساری اهمیتی ندارد اما ممکن است در برخی حوضه‌ها حرارت لازم برای شروع چرخش سیالات را تأمین نماید همانند کمر بند مس زامبیا. کانسار پارادوکس که بعد از مرحله دیاژنز تشکیل شده است با نفوذ توده‌های لاکولیتی و سدیک ائوسن همزمان بوده است.

منبع دیگر حرارت در چنین سیستم‌هایی می‌تواند نفوذیهای رادیوژنیک قوی باشد.

در حوضه‌هایی که با تکتونیک نمک همراه هستند آنومالی‌های حرارتی با دی‌پایرسم نمکی همراه است که ممکن است برای شروع چرخش کافی باشد.

در حوضه‌های دارای نهشته‌های تبخیری مهم، اختلاف درجه شوری سیالات موجود در فضاها می‌تواند باعث چرخش شود. دوره‌های یخبندان و بین یخبندان (glaciation & deglaciation) ممکن است از طریق بارگذاری (وزن) یخ، کاهش سطح آب دریاها (و بدنبال آن تولید گاز)، بالا آمدگی سریع سطح آب دریاها در اثر ذوب یخچال‌ها، افزایش شوری آب دریاها و یا از راه تغییر انتقال حرارتی نزدیک سطح باعث تغییر و یا ایجاد چرخش سیالات درون حوضه‌ها شود بخصوص اگر عوامل ساختاری اجازه دهند تا سیال به واحدهای رسوبی زیرین دسترسی پیدا کنند.

۷-۱۰-۳- دگرسانی

حجم و سرعت جریان سیال درون حوضه‌هایی که کانی‌سازی در آنها انجام شده، متغیر است. کانسارهای دیاژنیتیک اولیه و نیز حوضه‌هایی که چند اندیس و کانسار کوچک در آنها تشکیل شده است، جریان سیال متوسطی داشته‌اند در صورتیکه برای تشکیل کانسارهای بزرگ (giant) حجم سیال زیادی طی دوره‌های زمانی طولانی مورد نیاز می‌باشد. سیالات مربوط به محیط‌های نزدیک سطح، شوری متوسط و درجه حرارت کمی دارند چنین سیالاتی قادر به انجام واکنش با کانیهای درون سکناس طبقات قرمز هستند که روی هم‌رشدی کوارتز و فلدسپات و سیمان کربناته باعث انسداد آن شده‌اند.

نوع کانیهایی که طی دیاژنز تشکیل شده‌اند به ترکیب سیال وابسته‌اند و خود ترکیب سیال نیز به منشاء سیال بدام افتاده، آب دریا، شورابه‌های دریاچه‌ای (غنی از سدیم و کلسیم) یا آب ناشی از آبرزایی ژئیس وابسته است. نوع کانیهای دگرسانی به شیمی شورابه‌ها و شرایط فشار و حرارت بستگی دارد. کانیهایی که انتظار می‌رود طی دگرسانی ایجاد شوند همان کانیهایی هستند که طی دیاژنز معمولی تولید می‌شوند (آلیت، فلدسپار پتاسیم، کوارتز، انواع کانیهای کربناته و تبخیری، کلریت، مگنتیت، همتیت، آپاتیت و غیره). شدت دگرسانی به بالا بودن نسبت آب/ سنگ، طولانی بودن زمان و مسیر مهاجرت سیال بستگی دارد.

بر اساس Cox et. al (2007) و Hitzman et. al (2005) دگرسانی اصلی کانسارهای مس رسوبی اصطلاحاً از نوع سبز، سفید یا خاکستری شدن (Bleaching) سنگ‌های در برگیرنده است. سیالات درون‌سازندی، در مجاورت با مواد آلی، حالت احیایی پیدا می‌کنند و در مسیر خود از میان سنگ میزبان، در نتیجه واکنش با رسوبات قرمز، موجب دگرسانی Bleaching می‌شوند. دگرسانی Bleaching در مقیاس وسیع در حوضه Paradox برای کانسارهای مس تشکیل شده در این حوضه، تشخیص داده شده است (مهدوی ۱۳۸۶).

فرایند دگرسانی طی دیاژنز اولیه و بعد از آن شامل مراحل زیر می‌باشد (مهدوی ۱۳۸۶).

۷-۱۰-۳-۱- انواع دگرسانی در دیاژنز اولیه

- انحلال کانی‌های سیلیکاته ناپایدار

همزمان با ته‌نشست رسوبات، همراه دانه‌های آواری، کانی‌های آواری سیلیکاته ناپایداری مانند هورنبلند، پلاژیوکلاز و بیوتیت نیز ته‌نشین شده‌اند که همگی دارای مقادیری مس و دیگر فلزات پایه و کمیاب در شبکه خود می‌باشند. مطالعات Walker (1989) بر روی کانی‌های ناپایدار موجود در ماسه‌سنگ میزبان کانسارهای مس رسوبی نشان‌دهنده وجود مقادیری مس در شبکه این کانی‌ها می‌باشد. مس موجود در این کانی‌ها می‌تواند در اثر دیاژنز اولیه و هیدرولیز، از شبکه آنها آزاد و در سیال کانه‌ساز به صورت محلول وارد و حمل شوند. بر اساس Hitzman et al. Walker (1989) (2005) و Brown (2005) مس موجود در شبکه این کانی‌ها می‌تواند منشأ تأمین‌کننده مس سیال کانه‌ساز در کانسارهای مس رسوبی با میزبان ماسه‌سنگی باشد.

طی فرآیند انحلال، همه عناصر شیمیایی درون کانی، شامل عناصری مانند مس، سرب و روی آزاد می‌شوند. در صورتی که شرایط شیمیایی، برای حفظ یون‌های فلزی در محلول، فراهم باشد، فلز می‌تواند توسط سیالات حمل شود. با این حال، بخشی از این عناصر می‌توانند توسط هیدروکسیدهای فریک، و یا کانی‌های رسی جذب شوند و فلزات را در خود نگاه دارند.

- شسته‌شدن بیوتیت

بیوتیت، مانند هورنبلند و پلاژیوکلاز، یکی دیگر از کانی‌های ناپایدار موجود در رسوبات تخریبی است. این کانی، نسبت به هورنبلند و پلاژیوکلاز، کمتر آلت‌ره می‌شود. تغییر مهمی که در این کانی رخ می‌دهد، احاطه شدن بیوتیت توسط هیدروکسید آهن قرمزی است که از درون کانی شسته و آزاد شده است (Walker 1989). هیدروکسید آهن ایجاد شده در رسوبات تخریبی یک ذره کلوئیدی با بار منفی است (Mason & Moore 1979). در نتیجه می‌تواند عناصر فلزی آزاد شده از بیوتیت را جذب کند. این عناصر در مراحل بعدی دیاژنز، در اثر بلوغ و تبلور هیدروکسید آهن و تبدیل آن به هماتیت، آزاد می‌شوند.

- جانشینی پلاژیوکلاز آواری به وسیله پتاسیم فلدسپار اوتوژنیک

یکی دیگر از پدیده‌های دگرسانی، که در مراحل اولیه دیاژنز باعث آزاد شدن عناصر فلزی از دانه‌های آواری می‌گردد، جانشینی پلاژیوکلاز آواری توسط پتاسیم فلدسپار اوتوژنیک است. در واحدهای Redbed جنوب New Mexico این پدیده به فراوانی مشاهده شده است (Walker 1989). با توجه به محتوای بیشتر عناصر فلزی، مخصوصاً مس، در

کانی‌های پلاژیوکلاز نسبت به پتاسیم فلدسپار این جانشینی باعث آزاد شدن مس و دیگر عناصر فلزی از دانه‌های پلاژیوکلاز می‌گردد.

۷-۱۰-۳-۲- انواع دگرسانی پس از دیاژنز اولیه

فرآیندهایی که در بالا توصیف شد، مربوط به زمان کمی پس از ته‌نشست رسوبات (after deposition) است. با ادامه فرآیند دیاژنز و تدفین بیشتر، تغییرات کانی‌شناسی مهمی درون رسوبات رخ می‌دهد که عبارتند از: پایدار شدن هیدروکسیدهای آمورف و غیربلورین آهن و تبدیل آنها به هماتیت، تبدیل اسمکتیت به ایلیت، جانشینی فلدسپات و کانی‌های رسی به وسیله سیمان کربناته و آلیتی شدن کانی‌های رسی که همه اینها می‌تواند منجر به آزاد شدن مقدار زیادی فلزات کمیاب از شبکه این کانی‌ها گردد. در این بین، بلوغ هیدروکسیدهای آهن و تبدیل آن به هماتیت و تبدیل اسمکتیت به ایلیت دارای اهمیت بیشتری است (Walker (1989)).

- تبلور و بلوغ هیدروکسیدهای آهن و تبدیل آن به هماتیت

یکی از مهمترین دگرسانی‌های دیاژنتیکی رسوبات Redbed تبدیل هیدروکسیدهای آهن آمورف و غیربلورین به هماتیت متبلور است. این تبلور منجر به آزاد شدن فلزاتی می‌گردد که توسط هیدروکسیدهای فریک جذب شده‌اند. تبدیل هیدروکسید آمورف به هماتیت زمان زیادی نیاز دارد. با این حال، افزایش فشار و دما نقش مهمی در تسریع این تبدیل ایفا می‌کند (Walker (1989)).

- تبدیل اسمکتیت به ایلیت

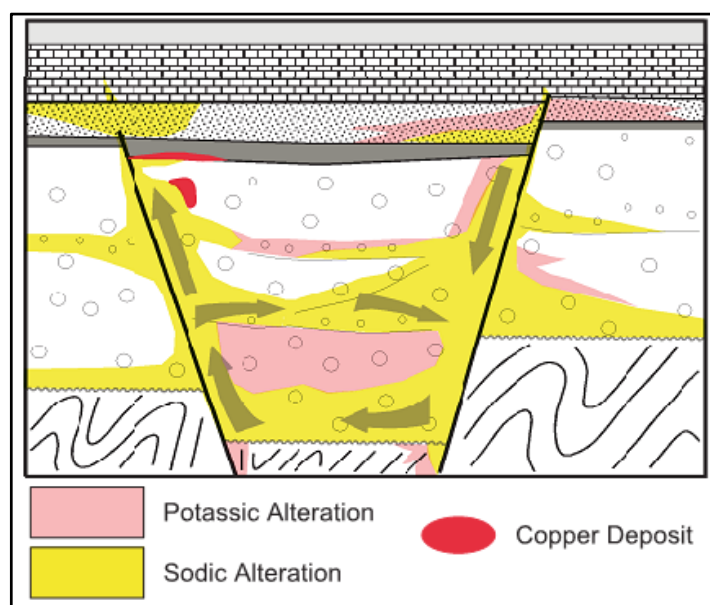
کانی اسمکتیت در یک محیط آکالان که نسبت به کلسیم و منیزیم غنی بوده و از پتاسیم تهی است، ایجاد می‌گردد (Walker (1989)). به‌طور کلی، اسمکتیت یک کانی رسی است که در همه توالی‌های جوان که مراحل اولیه دیاژنز را طی می‌کنند، تشکیل می‌شود. این در حالی است که، در رسوبات قدیمی‌تر، اسمکتیت یا غایب است و یا به صورت لایه‌های مخطط اسمکتیت - ایلیت دیده می‌شود (Schultz (1963)). این امر بیانگر تبدیل بخش اعظم اسمکتیت به ایلیت در طی مراحل بعدی دیاژنز است (Walker (1989)).

قدرت جذب عناصر فلزی توسط اسمکتیت از ایلیت بیشتر است (Rierner & Toth (1970)) بدین ترتیب مس و دیگر عناصر فلزی جذب شده توسط اسمکتیت در طی تبدیل شدن به ایلیت آزاد می‌گردند.

- جانشینی فلدسپات و کانی‌های رسی توسط سیمان کربناته

در مقاطع میکروسکوپی از واحدهای سنگی کانسار مس مارکشه، کانی‌های سیلیکاته متعدد، مخصوصاً فلدسپات دیده می‌شود که به وسیله سیمان کربناته جانشین شده‌اند. همچنین کانی‌های کربناته می‌توانند جانشین ماتریکس رسی گردند. چنانچه این کانی‌های رسی حاوی عناصری مانند مس باشند، این جانشینی باعث آزاد شدن آنها می‌گردد (Walker (1989)).

شکل ۵۰ مدل عمومی دگرسانی در مقیاس یک حوضه که چرخش سیال در آن در حال انجام است را نشان می‌دهد. اگرچه زون‌های دگرسانی گسترده بدون شک در بیشتر حوضه‌هایی که میزبان کانی‌سازی هستند، وجود دارد ولی به خوبی تشریح نشده‌اند. طبق شکل ۵۰ شورابه‌هایی که در اثر انحلال واحدهای تبخیری ایجاد می‌شوند درون آبخوان طبقات قرمز فرو می‌روند. چرخش سیال در اثر تولید مداوم شورابه‌ها و تغییرات حرارت آنها ایجاد می‌شود. زون‌های دگرسانی سدیک نسبت به مجموعه پتاسیک تأخیری هستند. با توجه به چگالی شورابه‌ها دگرسانی در بخشهای قاعده‌ای حوضه تمرکز کرده است. شورابه‌هایی که به سمت بالا حرکت می‌کنند بدلیل تله‌های فیزیکی و شیمیایی موجود در بخشهای بالایی سکانس و نزدیک قاعده سکانس دریایی بالایی، کانی‌سازی انجام می‌دهند. زون‌های گسله و حاشیه حوضه، کنترل کننده اصلی محل جریان سیال هستند و لایه‌های رسوبی متخلخل و تراوای موجود در سکانس در درجه دوم اهمیت قرار دارند.



شکل ۵۰- مدل برش عرضی یک حوضه Redbed پوشیده شده توسط رسوبات دریایی پیشرونده حاوی تبخیری‌هایی که دچار انحلال هستند.

۷-۱۱- سن کانی سازی نسبت به تکامل حوضه

در حالت تیپیک توالی های طبقات سرخ در حوضه های کششی مرتبط با ریفیت ها تشکیل می شوند.

سیستم های مس استراتیفرم با میزبان رسوبی پویایی زیادی در زمان و مکان دارند. هر حوضه ای که دارای طبقات سرخ سیکل اول باشند توانایی ایجاد سیالات لازم جهت تشکیل این تیپ کانسارها را داراست. جریان سیال می تواند در اثر فشردگی طبقات، نیروی جاذبه و یا در اثر توده های سیل نفوذ کننده در زیر حوضه ایجاد شود. این سیالات احتمالاً حرارت کمی دارند. در صورت وجود عوامل احیاء چنین سیالاتی قادر به ایجاد زون های سولفیدی پراکنده خواهند بود. این شرایط در مناطقی که حاوی خرده های گیاهی، شیل های کربن دار یا نفت باشند می تواند مهیا باشد (شکل A ۴۳). در صورتیکه یال حامل سولفات نباشد، منشایی نیز برای S نیاز است. فعالیتهای بیولوژیکی در تشکیل S احیایی اهمیت اساسی دارند. این چنین حوضه های بایستی قادر به ایجاد مناطق کانی سازی مس استراتیفرم در امتداد لبه های بالایی توالی طبقات سرخ در رسوبات کربن دار پوشاننده باشد.

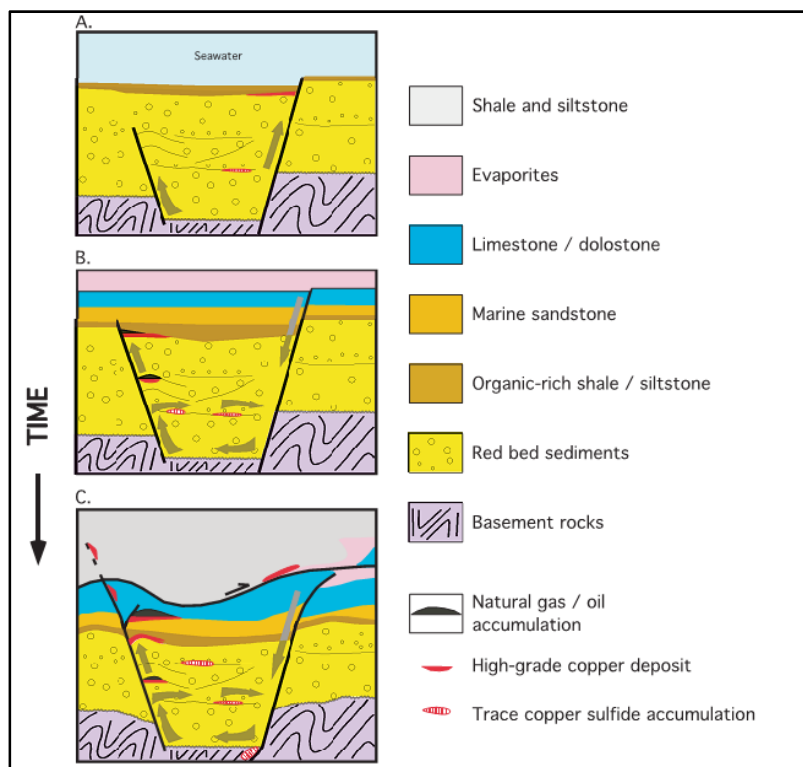
حوضه هایی که در مراحل اولیه توسعه خود در اثر سیمان دیاژنتیک تخلخل لازم برای نفوذپذیری و یا سیال خود را از دست می دهند، توانایی لازم برای تشکیل کانسارهای مناسبی از مس با میزبان رسوبی را نیز از دست می دهند و شاید علت عدم کانی سازی قابل توجه در بیشتر حوضه ها همین باشد. تاریخچه دیاژنز در چنین حوضه هایی کاملاً عادی است (روی هم رشدی کوارتز و سیمان کربناته).

حرارت سیالات درون حفرات در طبقات سرخ در اثر تدفین بالا می رود و ممکن در اثر بدام افتادن در بخشهای بالایی سکانس و یا خروج از حوضه سرد شود. چنین سیالاتی در اثر انحلال فازهای تخریبی آلومینوسیلیکاته یا سیمانهای تبخیری اولیه می توانند باعث حفظ یا افزایش نفوذپذیری سکانس طبقات سرخ گردد. شوری سیالات در اثر فرایندهای مذکور طی زمان افزایش می یابد.

برقراردن سیستم چرخش سیال اهمیت زیادی در افزایش لیچینگ فلزات از طبقات قرمز دارد. سیالات مربوط به مراحل آخر دیاژنز ممکن است بدلیل حرارت و شوری بالای خود، از توانایی انتقال فلز بیشتری نسبت به سیالات مراحل اولیه دیاژنز برخوردار باشند و در صورت مواجه با عوامل احیایی (نظیر مایعات تفتی حاوی سولفید هیدروژن، سنگهای رسوبی کربن دار یا سولفیدهای آهن از قبل نهشته شده) هم قادر به کانی سازی مهمی خواهند بود (شکل B ۵۱).

گریختن شورابه های با شوری و حرارت بالا که قادر به حمل مقادیر بالایی فلز هستند، ممکن است بر کانی سازی اولیه تاثیر گذاشته و باعث تحرک مجدد نهشته های قبلی درون با بالای سکانس طبقات سرخ گردد (شکل C ۵۱). در این شکل حوضه متحمل فشار تراکمی و معکوس شدگی محلی (local inversion) از طرف طبقات شیل و سیلتستون پوشاننده آن است. نهشته های تبخیری نیز در اثر انحلال و تکتونیسیم نمکی (salt tectonism) ناپدید شده اند. در چنین

شرایطی شورابه های ناشی از گسل های اصلی و موجود در فضاها ی خالی طبقات سرخ قدرت بیشتری در حمل قلز نسبت به دو مدل بالایی دارند. در هر افق که شورابه ها با مواد احیایی واکنش دهند کانی سازی مس استراتیفرم انجام خواهد شد.



شکل ۵۱- مدل شماتیک از چگونگی تکامل حوضه های تشکیل کانسارهای مس استراتیفرم با میزبان رسوبی

۷-۱۲- ارتباط با سایر تیپ‌های کانساری

امکان تشکیل سیالات غنی از مس اکسید شده در محیط‌های زمین‌شناسی متنوعی وجود دارد و نهشته‌های مس ایجاد شده با چنین سیالاتی دارای برخی ویژگیهای مشابه با کانسارهای مس با میزبان رسوبی هستند. سکانس‌های ولکانیکی ضخیم، اکسید شده و نیمه خشکی (Subaerial) طی آبرزایی دگرگونی در درجات پایین دگرگونی نیز می‌توانند سیالات اکسیده غنی از مس (oxidized cu-rich fluids) تولید کنند. اینگونه سیالات طی درجات بالای دگرگونی نیز تولید می‌شوند. هم‌چنین چرخش سیالات گرمایی که در اثر موتور حرارتی مرتبط با توده‌های نفوذی و یا دگرگونی ایجاد می‌شوند نیز قادر به تولید سیالات اکسیده غنی از مس هستند.

۷-۱۲-۱- کانسارهای مس طبقات قرمز ولکانیکی

تعدادی از کانسارهای مس که میزبان آنها سکانس‌های آتشفشانی بوده و یا در سنگهای رسوبی مجاور تشکیل شده‌اند از لحاظ ژنتیکی با کانسارهای مس با میزبان رسوبی مرتبط هستند. این کانسارها با اسامی مس بازالتی و کانسارهای مس (نقره) مانو معرفی شده‌اند و در توالیهای بازالتی یا آندزیتی نیمه‌خشکی اکسید شده تشکیل می‌شوند. منطقه‌بندی کانیها در این کانسارها مشابه کانسارهای مس رسوبی است. کنترل کننده اصلی کانی‌سازی احیای سیالات اکسید شده حامل فلز می‌باشد. سکانس آتشفشانی میزبان چنین کانسارهایی عموماً چندین کیلومتر ضخامت دارند و همانند بازالت‌های جریان هستند. قسمت‌های پایینی آنها دچار دگرگونی تدفینی شده در حالیکه بخش‌های بالایی مراحل مختلف دیاژنزی را تجربه می‌کنند. سولفیدهای مس‌دار در منطقه دگرگونی بین رخساره‌های اپیدوت و پره‌نیت - پومیلی ایت نهشته می‌شوند. در تمامی موارد علت نهشته شدن مس واضح نیست. در برخی کانسارها همچون El Soldado عامل احیاء حضور بیتومن است. در برخی دیگر مانند Mantos Blancos تغییر حالت اکسیداسیون از هماتیت به مجموعه (assemblage) پایدار مگنتیت (نسبتاً احیایی) عامل نهشت مس تعیین شده است.

بین این نوع کانسارها و نهشته‌های مس ناتپو در بازالت‌هایی که دچار دگرگونی ضعیف شده‌اند، ارتباط نزدیکی وجود دارد. در کانسار Keweenawan میشیگان مس ناتپو هم در بازالت دچار دگرگونی ضعیف شده‌اند و هم در سنگهای رسوبی بین لایه‌ای تشکیل شده است که در آن ماده معدنی از طریق پرکردن و جانشینی کانیهای دگرگونی درون آمگیدالها، کنگلومراها و رگه‌ها نهشته شده است. مس از کانیهای مافیک در اثر واکنشهای آبرزایی شسته شده و در مناطق آبدار جائیکه مگنتیت به هماتیت تبدیل شده، نهشته شده است.

۷-۱۲-۲- نهشته‌های مس تیپ مونت‌ایسا

دگرگونی درجه بالای ولکانیک‌های مافیک نیمه خشکی نیز قادر به تولید سیالات اکسیده غنی از مس می‌باشد. بنظر می‌رسد اینگونه سیالات از راه واکنش با سیالات غنی از سولفور در تشکیل کانسار مس مونت‌ایسا نقش داشته‌اند. منشاء مس مشخص نشده است ولی ممکن است شبیه همان شورابه‌هایی باشند که کانسارهای مس با میزبان رسوبی را ایجاد کرده‌اند اما در اثر دگرگونی گرم شده‌اند.

۷-۱۲-۳- نهشته‌های مس - طلا- اکسید آهن (IOCG)

کانسارهای IOCG شامل گروه بزرگی از نهشته‌هاست که ویژگی آنها مجموعه‌های غنی از اکسید آهن همراه با دگرسانی سدیک، سدیک- کلسیک و پتاسیک می‌باشد. بنظر می‌رسد این کانسارها از سیالات گرمابی اکسید شده و شور که از میان حجم عظیمی از مواد پوسته‌ای عبور کرده‌اند، تشکیل شده‌اند. علیرغم کانسارهای مس با میزبان رسوبی، این کانسارها مستقیماً با ماگماتیسم در ارتباط هستند. وجه تمایز دیگر این کانسارها با کانسارهای مس با میزبان رسوبی، شدت دگرسانی همراه با آنها و فراوانی اکسیدهای آهن است. اگرچه برخی از کانسارهای مس با میزبان رسوبی، (در کمربند مس Yunnan) به طور موضعی زون‌های غنی از مگنتیت دارند.

۷-۱۲-۴- کانسارهای تیپ کیپوشی

کانسارهای تیپ کیپوشی از نوع کانسارهای جانشینی درون سنگهای کربناته غنی از مس، سرب و روی هستند و مقادیر ژرمانیوم در آنها در حد آنومالی است. برخی از این تیپ کانسار همساز با سنگهای میزبان (Corcordant) بوده و برخی نیز ناهمساز (Discordant) هستند. مهمترین تفاوت آنها با کانسارهای مس با میزبان رسوبی در محتوای فلزی آنهاست. گرچه گروهی از آنها از سیالات گرمابی اکسید شده نهشته شده‌اند اما گروهی دیگر نیز احتمالاً از سیالات احیایی تشکیل شده‌اند. دلیل بحث از این تیپ کانسار در این‌جا، بدلیل قرار گرفتن کانسار کیپوشی در کمربند مس آفریقای مرکزی است.

۷-۱۳- نتیجه گیری و پیشنهادات

- کانی سازی در منطقه مورد مطالعه از نوع کانسارهای مس با میزبان طبقات قرمز (Red-bed type) می باشد.
- فرم کانی سازی بصورت عدسی و از نوع استراتیفرم می باشد.
- سنگهای میزبان کانی سازی شامل توالی تخریبی طبقات Redbed شامل شیل، ماسه سنگ و میکرو کنگلومرا است. ماسه سنگها عمدتاً شامل لیتارنایت با قطعات لیتیک و لکانیکی می باشد.
- کانی سازی عمدتاً بصورت پراکنده و گاهی کلو فرم و محدود به افق های میزبان رسوبی بوده و شامل کالکوسیت، کولیت، مالاکیت، بورنیت، آزوریت و پیریت (عمدتاً اکسید شده در سطح) می باشد.
- گرچه عوامل احیایی گسترده کمی دارند اما واریزه های فسیل گیاهی و نفوذپذیری سنگ میزبان و احتمالاً حضور پیریت های اولیه یا دیاژنتیک به عنوان عوامل احیاء کننده محیط و حضور لایه های رسوبی تبخیری به عنوان منبع احتمالی تامین کننده کمپلکس های کلریدی انتقال دهنده مس نقش اساسی در انجام کانی سازی مس داشته اند.
- با توجه به تیپ کانی سازی منبع تامین کننده مس و سایر عناصر همراه (W-Mo-Pb-Zn-(U?)) احتمالاً قطعات لیتیک تشکیل دهنده ماسه سنگها و میکرو کنگلومراهای طبقات سرخ می باشد.
- با توجه به مطالعات صحرایی در ورقه های (به ترتیب از غرب به شرق) ششتمد، شامکان، کدکن، رباط سفید و تربت حیدریه) میزان کانی سازی در مناطق میانی یعنی در ورقه کدکن و به مقدار کمتر در بخشهای شمالی ورقه تربت حیدریه بیشتر از ورقه های اطراف بخصوص به سمت ورقه های شامکان و ششتمد می باشد.
- طی عملیات صحرایی هدف از نمونه برداری شناسایی نوع و عیار حداکثری عناصر همراه با کانی سازی بوده است به همین دلیل نمونه گیری از بخشهای پرعیار ماده معدنی صورت گرفته است. با توجه به تیپ احتمالی کانی سازی، نمونه ها برای عناصر Cu-W-Mo-Pb-Zn-Co-Ni-V-Cd-Ag آنالیز شده اند. در تمامی نمونه ها تنها عیار Cu قابل ملاحظه می باشد. حداکثر عیار Cu (در نمونه Kad 17) برابر ۹/۳۳ درصد و متوسط عیار آن در نمونه های مربوط به کل منطقه ۳/۸۷ درصد بوده است.
- رخنمون طبقات سرخ رنگ (Red bedds) که حاوی بخش های کانه دار می باشد (EO⁵)، در اطراف روستای نسر به پایان می رسد. ضخامت متوسط آنها در حدود ۳۰ سانتیمتر و گسترش طولی آنها از آخرین نقطه ای که کانی سازی مس رسوبی در غرب ورقه کدکن مشاهده شده تا این بخش (انتهای جنوب شرقی ورقه رباط سفید) به ۶۵ کیلومتر می رسد. کانی سازی در این فاصله کم و بیش به طور پراکنده و منقطع مشاهده می شود و حداکثر رخنمون پیوسته افق های مس دار کمتر از ۵۰ متر است.

- در حالت کلی در اکثر آبراهه‌هایی که به صورت عرضی افق‌های سرخ رنگ را قطع کرده‌اند، آثار کانه‌سازی را می‌توان ردیابی نمود. مشخصات کانی‌سازی در تمامی موارد مشابه یکدیگر بوده و عبارتند از: آثار فسیل‌های گیاهی، حالت غالب مالاکیتی شدن، ماسه‌سنگ‌های خاکستری روشن (احیایی)، استراتیفرم بودن.
- ماهیت کانی‌سازی مس در ورقه دارین و بخش‌های شمالی ورقه ششتمد با دیگر مناطق مورد بررسی متفاوت و از انواع همراه با فرایندهای ولکانیکی می‌باشد. در مناطق مذکور تمامی اندیس‌ها و کانسارهای قابل توجه در ثبت بخش خصوصی است. با توجه به بررسی‌های صحرایی و مشخصات زمین‌شناسی از جمله سنگ میزبان، محیط تکتونیکی، شکل و نوع کانی‌سازی و کانه‌های مس موجود در منطقه بنظر می‌رسد کانی‌سازی مس در ورقه دارین و بخش‌های شمال غربی ورقه ششتمد از نوع کانسارهای مس نوع آندزیت (مانتو) باشند. البته تعیین دقیق نوع کانی‌سازی نیاز به انجام مطالعات بیشتر صحرایی و آزمایشگاهی دارد.
- طی انجام این پروژه دو محدوده توسط نگارنده در بخش جنوب شرقی ورقه کدکن و جنوب روستای رودخانه جهت ثبت و انجام مطالعات بیشتر به ناظر علمی طرح پیشنهاد شد که پس از بررسی صحرایی منطقه توسط ایشان، محدوده‌های مذکور قابل ادامه اکتشاف تشخیص داده نشد.

۷-۱۴- منابع و مؤاخذ

- آفاباتی ع. (۱۳۸۳): زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات زمین شناسی کشور.
- افتخارنژاد و همکاران (۱۹۷۶): نقشه زمین شناسی برگه ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشمر.
- بدخشان ممتاز، قیس و بنی آدم، فریرز (۱۳۷۷): گزارش مطالعات اکتشافی چکشی در ورقه دارین مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰.
- جعفریان م. ب و جلالی ع. (۱۳۷۷): نقشه و گزارش زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه ششتمد.
- خلقی خرقی م ج. (۱۳۷۵): نقشه و گزارش زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه تربت حیدریه.
- درّی، محمدباقر (۱۳۷۷): گزارش مطالعات اکتشافات چکشی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ ششتمد، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- شهاب پور، ج. (۱۳۸۲): زمین شناسی اقتصادی، انتشارات دانشگاه کرمان، ۵۴۴ صفحه.
- مهدوی (۱۳۸۷): کانی شناسی و ساخت و بافت افق های کانه دار مس رسوبی مارکشه در شمال غرب راور.
- وحدتی دانشمند ف و ندیم ه. (۱۳۷۷): نقشه و گزارش زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه دارین.
- نادری میقان ن. (۱۳۷۷): نقشه و گزارش زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه شامکان.
- نادری میقان و ترشیزیان ه. (۱۳۷۷): نقشه و گزارش زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه کدکن.
- واعظی پور و همکاران (۱۳۷۰): نقشه زمین شناسی برگه ۱:۲۵۰۰۰۰ تربت حیدریه.
- Cox, D. et al. (2007): Sediment- Hosted copper Deposits of the world: Deposit Models and Data base, USGS, Open file Report 03-107
- Hitzman et al. (2005): The Sediment-Hosted Copper ore System, Economic geology 100th anniversary volume, PP:609-642.
- Middleton, G.V. et al. (2003): Encyclopedia of sediments and sedimentary rocks, Springer Publ., 821 Page.

فهرست مطالب

تشکر و قدردانی	۱
چکیده	۲
۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه	۴
۲-۱- مطالعات انجام شده پیشین	۵
۳-۱- روش کار	۵
۱-۲- مقدمه	۸
۲-۲- طبقات قرمز	۸
۱-۲-۲- طبقات سرخ اولیه	۹
۲-۲-۲- طبقات سرخ دیاژنزی	۱۰
۳-۲-۲- طبقات سرخ ثانویه	۱۰
۵-۲-۲- طبقات سرخ دریایی	۱۱
۳-۲- کانی سازی مس رسوبی در ورقه کدکن	۱۲
۱-۳-۲- مقطع کال نوبهار	۱۶
۲-۳-۲- مقطع کال بُرس	۲۰
۳-۳-۲- مقطع کال خوش هوا	۲۳
۴-۳-۲- مقطع کال کدکن	۲۳
۵-۳-۲- مقطع کال اسفیز	۲۵
۶-۳-۲- مقطع کال دافی	۲۷
۷-۳-۲- سایر پیمایش های انجام شده در ورقه کدکن	۲۷
۳- کانی سازی مس رسوبی در ورقه های رباط سفید و تربت حیدریه	۳۰
۱-۳- مقطع کال رودخانه	۳۲
۲-۳- مقطع جنوب غرب رباط سنگ	۳۷
۳-۳- مقطع جنوب غرب قنچی	۴۰
۴-۳- مقطع پاگدار	۴۲
۵-۳- مقطع روستای سربالا	۴۴

- ۳-۶- مقطع یال معدن..... ۴۸
- ۳-۷- مقطع کلاته لاله..... ۵۰
- ۳-۸- مقطع کال اولتولوج..... ۵۱
- ۳-۹- معدن متروکه مس قنداب (قندو)..... ۵۲
- ۳-۱۰- مقطع شمال کامه..... ۵۴
- ۳-۱۱- مقطع شمال روستای پده..... ۵۶
- ۴- پی جویی کانی سازی مس رسوبی در ورقه شامکان..... ۵۹
- ۴-۱- زمین شناسی ورقه شامکان..... ۵۹
- ۴-۲- پی جویی کانی سازی مس رسوبی..... ۶۲
- ۴-۲-۱- مقطع آونددر..... ۶۲
- ۴-۲-۲- مقطع ده میان..... ۶۴
- ۴-۲-۳- مقطع قلعه میدان..... ۶۵
- ۴-۲-۴- مقطع بیروت..... ۶۵
- ۵-۱- زمین شناسی عمومی ورقه دارین..... ۶۷
- ۵-۲- کانی سازی مس در ورقه دارین..... ۷۰
- ۵-۲-۱- کانسار مس همویی..... ۷۴
- ۵-۲-۲- معدن متروکه چون..... ۷۹
- ۵-۲-۳- اندیس عباس قمبک..... ۸۱
- ۵-۲-۴- اندیس مس قُرْجیب..... ۸۲
- ۵-۲-۵- کانسار مس نیران..... ۸۴
- ۵-۲-۶- اندیس مس آغل سنگی..... ۸۶
- ۵-۲-۷- اندیس مس گرّاب..... ۸۷
- ۵-۲-۸- کانسار مس فریزی..... ۸۸
- ۵-۲-۹- اندیس مس خرمک..... ۸۹
- ۵-۲-۱۰- اندیس مس کال مرغ..... ۹۰
- ۵-۲-۱۱- اندیس مس لندران..... ۹۱
- ۵-۲-۱۲- اندیس خروگرد..... ۹۱

۹۲	۵-۲-۱۳- اندیس مس گُلخچی خروگرد
۹۵	۶-۱- معدن متروکه مس سرقوی
۹۸	۶-۲- معدن متروک مس تک سفیدپادر
۱۰۰	۶-۳- مس دهنه نه چشمه (قله جغ)
۱۰۰	۶-۴- مس قاسمی
۱۰۱	۶-۵- فیروزه چاهنسر
۱۰۳	۷-۱- مقدمه
۱۰۴	۷-۲- انواع کانسارهای مس رسوبی
۱۰۵	۷-۳- سن کانه سازی
۱۰۸	۷-۵- منشاء فلزات
۱۰۸	۷-۶- منشاء سولفور
۱۰۹	۷-۷- تله های فلزی
۱۱۰	۷-۸- درجه حرارت تشکیل
۱۱۰	۷-۹- ساختار اکسیداسیون- احیای حوضه ها
۱۱۲	۷-۱۰- مدل های تشکیل کانسارهای مس استراتیفرم با میزبان رسوبی
۱۱۳	۷-۱۰-۱- جریان سیال و منشاء آن
۱۱۵	۷-۱۰-۲- انرژی لازم در سیستم
۱۱۶	۷-۱۰-۳- دگرسانی
۱۱۸	۷-۱۰-۳-۲- انواع دگرسانی پس از دیاژنز اولیه
۱۲۰	۷-۱۱- سن کانی سازی نسبت به تکامل حوضه
۱۲۲	۷-۱۲- ارتباط با سایر تیپ های کانساری
۱۲۲	۷-۱۲-۱- کانسارهای مس طبقات قرمز ولکانیکی
۱۲۳	۷-۱۲-۲- نهشته های مس تیپ مونت ایسا
۱۲۳	۷-۱۲-۳- نهشته های مس- طلا- اکسید آهن (IOCG)
۱۲۳	۷-۱۲-۴- کانسارهای تیپ کیوشی
۱۲۴	۷-۱۳- نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۲۶	۷-۱۴- منابع و مؤاخذ