کانسار مس ـ مولیبدن پورفیری سونگون و بررسی وضعیت غنی شدگی ثانوی (Supergen enrichment) درآن

نوشته : خلیل بهار فیروزی *، دکتر عبدالمجید یعقوب پور** و دکتر محمود مهر پرتو*

Supergen alteration and enrichment of Sungun Copper- Molybdenum Porphyritic deposit, North-east Iran

By : Kh. Bahar-Firouzi* , Dr. A. Yaqubpour** and Dr. M. Mehrpartou*

چکیده

کانسار سونگون در شمال باختری ایران بر روی کمربند ماگمائی البرز – آذربایجان قرار دارد. این کانسار در واقع یک نهشته نوع اسکارن پورفیری مس – مولیبدن می‌باشد که بخش اسکارن آن از زمانهای دور مورد بهره‌برداری قرار گرفته است.

بخش پورفیری این کانسار در طول بیست سال گذشته مورد توجه بوده است. عامل اصلی کانی سازی توده نیمه ژرف سونگون پورفیری با ترکیب سنگ‌شناسی در حد گرانودیوریت می‌باشد و کانی سازی پراکنده و رگچه ای در داخل استوک و در حاشیه آن بصورت اسکارن تشکیل شده است.

مناطق دگرسانی پتاسیک، فیلیک، فیلیک– کربنات، پروپیلیتیک، آرژیلیک شاخص کانسارهای مس پورفیری نوع حاشیه قاره‌ای بخوبی تفکیک شده اند. دگرسانی پتاسیک به دو صورت در مجاورت اسکارن و در بخش‌های ژرف کانسار قابل شناسائی است. این زون در مجاورت اسکارن فاقد کانی سازی می‌باشد. دگرسانی فیلیک گسترش بسیار زیادی دارد و کانی سازی غالب در آن از نوع رگچه ای می‌باشد. زون آرژیلیک اولیه دارای گسترش بسیار محدود و نامنظم بوده و دگرسانی پروپیلیتیک در حاشیه شمالی و جنوبی کانسار قابل تشخیص است اما از سمت باختر زون پروپیلیتیک قابل تشخیص نیست. زون آرژیلیک و پروپیلیتیک فاقد کانی سازی قابل توجه می‌باشند.

فرآیند غنی سازی سوپرژن در سونگون گسترش چندان نیافته است و کانی‌های حاصل از این فرایند مثل کالکوسیت، کولین و بورنیت فقط بصورت قشری نازک روی کانیهای سولفیدی اولیه و در داخل شکستگی‌های آنها تشکیل شده اند. بررسی شیمیائی کانه نگاری زون‌های سوپرژن تفکیک شده در پرونده نمودارگیری (Logging) گمانه‌ها، نشان‌دهنده عدم پیشرفت کافی فرآیند غنی سازی سوپرژن در سونگون می‌باشد و تنها در بعضی از گمانه‌ها این زون با ضخامت‌های محدود (کمتر از پنج متر) قابل ملاحظه است. بنابراین مقدار ذخیره بخش سوپر ژن در سونگون بسیار محدود می‌باشد.

Abstract

The Sungun deposit is situated in Alborz - Azarbayejan magmatic belt, northwest Iran. This deposit is a skarn porphyritic copper-molybdenum type which skarn member had been exploited from ancient time, but the porphyric part has been intruduced first by H. Etminan (1977). The principle agent of mineralization is a subvolcanic stock with granodioritic composition that disseminated veinlet mineralization occured in it and in skarn member adjacent of it.

Potassic - Phyllic, phyllic - carbonate, argillic and propylitic alteration, characteristic of continental margin type porphyry copper deposits is well mapped. Two kinds of Potassic alteration, in adjacent to skarn (wtihout mineralization) and in deep part of deposit (with a

good disseminated and veinlet mineralization) is distinguished. Phyllic alteration with abundant veinlet mineralization is well developed, argillic alteration is very limited and prophylitic alteration occurred in north and south of deposit.

Supergen enrichment processes is not well developed in Sungun and secondary sulfide minerals of copper is formed only as thin film around or in the fractures of primary sulfide mineral in upper parts of deposit.

Chemical and mineralographical investigation of samples from supergen zones, that recorded in logging files of boreholes show that the typical supergen ore is formed in a few meter thickness (<5m) in some places, then the supergen reserves of Sungun deposit is very low(Probably < 10 m.t).

مقدمه

کانسار سونگون در یکصد کیلومتری شمال خاوری شهرستان تبریز در شمال باختری ایران، بر روی کمربند ماگمائی البرز آذربایجان در رشته کوه قره داغ، با آب و هوای سرد و مرطوب قرار دارد (شکل ۱) و مختصات جغرافیائی آن ۴۵ و ۴۶ درجه طول شرقی و ۴۳ و ۳۸ درجه عرض شمالی می‌باشد. تغییرات توپوگرافی در آن بسیار شدید بوده و پائین‌ترین بخش معدن در محل پیوند دو رودخانه سونگون چای و پخبرچای (شمال باختری محدوده) دارای ارتفاع ۱۷۰۰ متر از سطح دریای آزاد و بالاترین نقطه آن ارتفاعی در حدود ۲۴۰۰ متر در چکاد آتشفشان سونگون دارد.

بخش خاوری کانسار از زمان‌های بسیار دور بعنوان ذخیره مس، سرب و روی مورد بهره برداری قرار می‌گرفته است که آثار فعالیت آن‌ها به‌صورت تونل‌های قدیمی و ابزار کار معدنکاری در منطقه یافت شده است. این قسمت در واقع تنها بخش کوچکی از سیستم کانسار سونگون را تشکیل می‌داده است و در نوشتارهای گذشته از آن بعنوان کانسار اسکارنی نام برده اند (Bazin & Hubner, 1969). اما قسمت اصلی ذخیره سونگون که در باختر رودخانه سونگون چای قرار دارد(شکل ۲) برای اولین بار توسط (Etminan, 1977) مورد توجه قرار گرفته و به عنوان یک کانسار مس پورفیری معرفی شده است. در حال حاضر کانسار سونگون به عنوان یک ذخیره از نوع اسکارن پورفیری مس و مولیبدن از نوع حاشیه قاره‌ای شناخته شده است (Mehrpartou, 1993). مطالعات اکتشافی مقدماتی تا تکمیلی بر روی کانسار توسط شرکت مجتمع معادن مس اهر و دانشگاهها و شرکتهای مختلف انجام پذیرفته و در حال حاضر برنامه طراحی و ساخت کارخانه تغلیظ به منظور تهیه کنسانتره مس در حال انجام است.

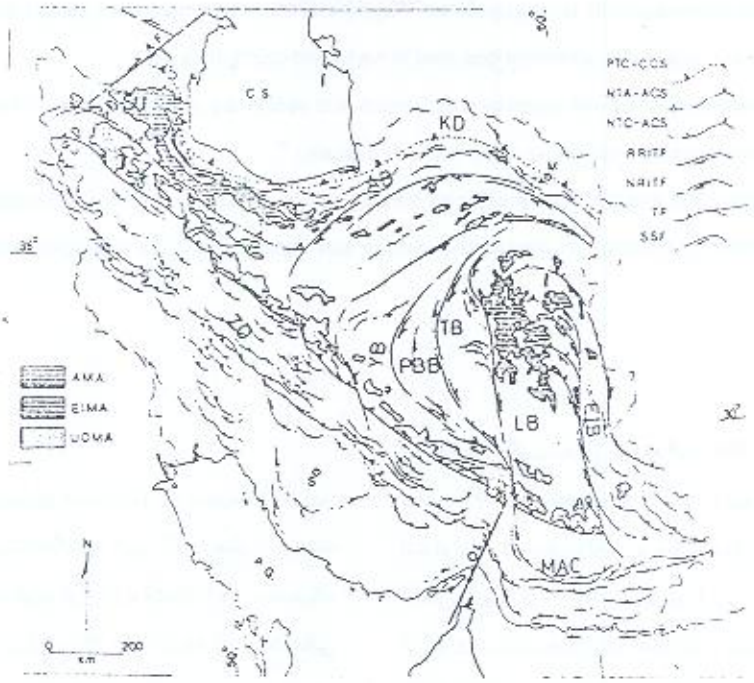
در مطالعات فنی اقتصادی انجام شده ذخیره قطعی ۶۶۰ میلیون تن با عیار ۰/۶۸ درصد مس و ذخیره احتمالی بیش از ۱/۵ میلیارد تن را برای کانسار سونگون معرفی نموده اند (Iran Itok Co 1995). البته این ذخیره تا تراز ۱۶۰۰ از سطح دریا محاسبه گردیده است، اما با توجه به مطالعات انجام شده توسط مؤلفین و سایر افراد، کانی سازی در ژرفاهای بیشتر (گاهی تا بیش از ۳۰۰ متر) نیز پی گیری شده و بنابراین ذخیره‌ای بیشتر از آنچه که محاسبه گردیده است قابل پیش‌بینی می‌باشد. در حال حاضر مساحتی که بعنوان محدوده کانسار در نظر گرفته شده است ۲×۱/۵ کیلومتر می‌باشد.

زمین‌شناسی

کانسار سونگون در ورقه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ ورزقان در داخل مجموعه آذرین بزرگی با ترکیب گرانیتوئیدی قرار گرفته است. این واحد آذرین بصورت مجموعه نفوذی‌های با ترکیب قلسیک ومربوط به زمان ترشیری می‌باشد که در مجاورت آن‌ها سنگ آهکهای کرتاسه بالائی قرار داشته و نتیجه مجاورت آن‌ها تشکیل اسکارن‌های حاوی مگنتیت، پیریت، کالکوپیریت، گالن، اسفالریت و کانه‌های دیگر می‌باشد که بصورت دو مجموعه اسکارن اپیدوت – کلریت دار در بخش شمال کانسار و اسکارن اپیدوت– گارنت دار در بخش خاوری کانسار دیده می‌شود. مهمترین واحدهای سنگی منطقه کانسار در زیرآورده شده است.

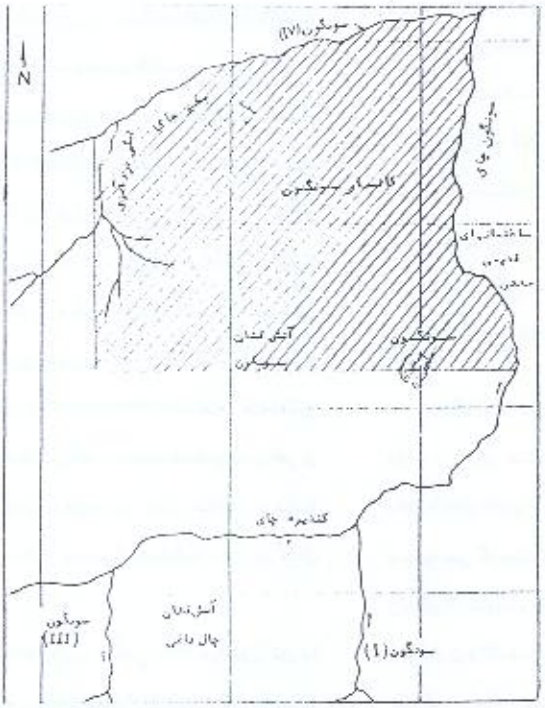
واحد سنگ آهکهای کرتاسه بالا

سنگ آهک های کرتاسه بالا در بخش شمال و خاوری منطقه رخنمون دارند و دارای چندین گونه از میکروفسیل‌های *Globotruncana* و همچنین *Heterohelix sp.*, و *Hedbergella sp.* می‌باشند که سن کامپانین برای آن مشخص گردیده است (Mehrpartou, 1993). مجاورت این واحد با سای ولکانیک سونگون باعث تشکیل مجموعه اسکارنی شده است که دو نوع اسکارن واکنشی (Reaction skarn) و اسکارن کانه دار (Ore skarn) در منطقه تفکیک شده است (Mehrpartou, 1993). همچنین براثر فرو افتادن

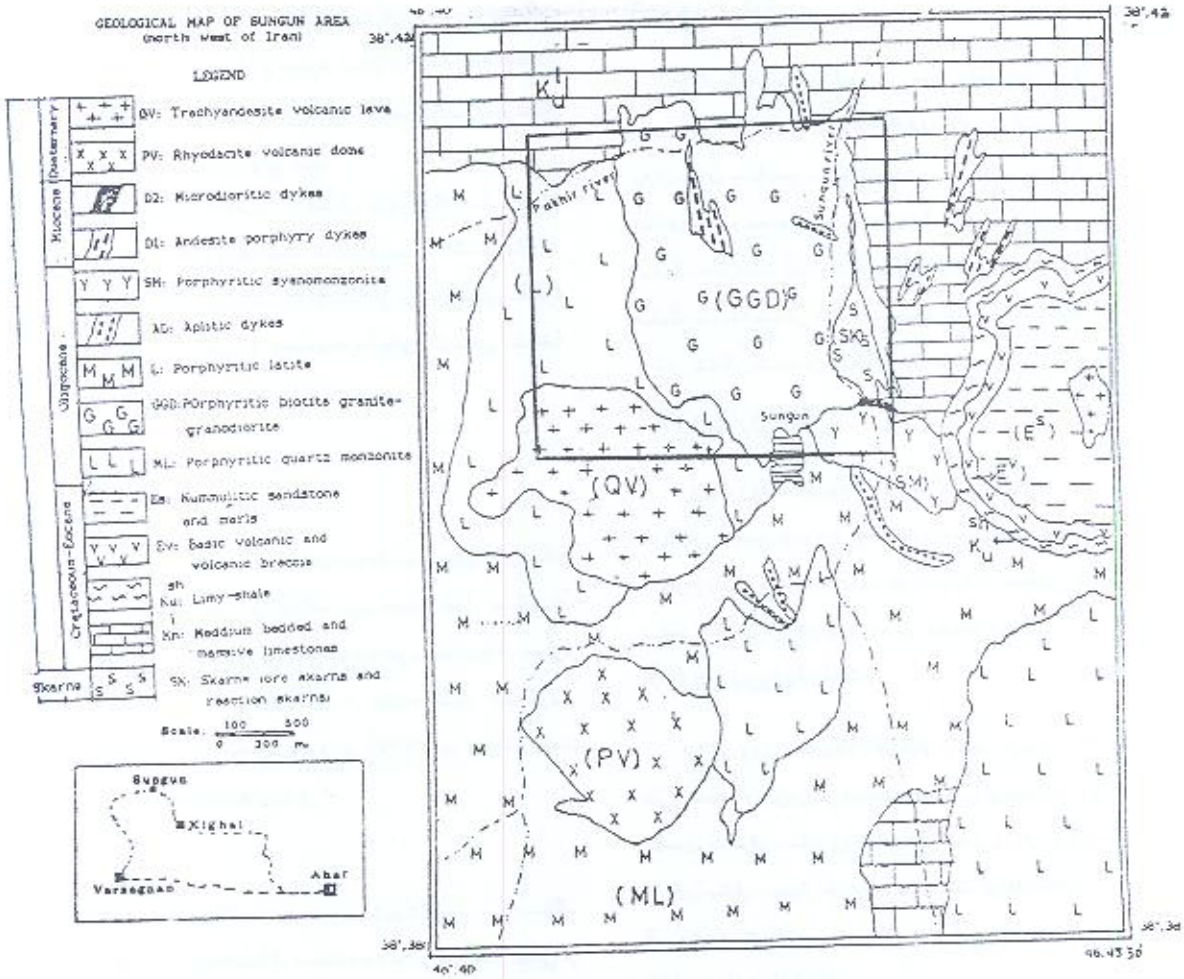


شکل (۱)ـ نقشه تکتونیک کلی ایران (Alavi, 1991)

AB: کمربندالبرز- AF: گسل‌ارس -AMA: مجموعه ماگماتیک البرز- C.S: دریای خزر EIB: کمربند شرق ایران - EIMA:مجموعه ماگماتیک شرق ایران - KD: کپه‌داغ LB: بلوک لوت - M: مشهد- MAC: کمپلکس افزایشی مکران - NATAACS: تصادم کمان - کمان نئوتیتس NTC-ACS: تصادم قاره - کمان نئوتیتس - NRITF:گسلهای انتقالی داخل قاره‌ای بدون ارتباط با چرخش - OL: خط عمان - PPB: بلوک پسته‌بادام - PG: خلیج فارس PTC-CCS:تصادم قاره - قاره پالئوتیتس - RRITF: گسل انتقالی داخل قاره‌ای در ارتباط با چرخش S : شیراز - SZ: زون سبزوار - SSF: گسل امتدادلغز - T: تهران - TB: بلوک طبس TF: گسل تراستی - TSZ: زون تبریز - ساوه - U: ارومیه - UDMA: مجموعه ماگماتیک ارومیه - دختر YB: بلوک یزد- ZO: اروژنی زاگرس - SU: سونگون.



شکل (۲)- موقعیت و تقسیم‌بندی جغرافیائی منطقه سونگون



شکل (۳)- موقعیت جغرافیایی و نقشه سادهٔ زمین‌شناسی منطقه سونگون (Mehrpartou, 1993) محدوده مشخص شده توسط چهارضلعی مربوط به منطقه دربرگرفته شده توسط مقاله حاضر می‌باشد.

قطعاتی از سنگ آهکهای کرتاسه بالا در داخل توده‌های آذرین عدسی‌هایی از اسکارن در داخل توده‌های آذرین در بخشی خاوری کانسار دیده می‌شود.

کمپلکس سونگون پورفیری

این کمپلکس مجموعه‌ای از واحدهای آذرین می‌باشد که واحد اصلی شامل تعدادی از نفوذی های نیمه ژرف با ترکیب در حد گرانودیوریت و دارای بافت پورفیری می‌باشد بعنوان عامل اصلی کانی سازی و دگرسانی درنظر گرفته شده است. واحد دیگر در باختر شبکه اکتشافی (شکل ۳-چهارضلعی شمال روستای سونگون) با ترکیب لاتیت می‌باشد که بخشی از ذخیره در آن قرار می‌گیرد. در منتهی‌الیه بخش باختری شبکه اکتشافی، سنگهای نفوذی کم ژرفا با بافت پورفیری و با ترکیب کوارتز مونزونیت برونزد دارند. دایکهای با بافت آپلیتی و با ترکیب لاتیتی و دارای کانی سازی، قدیمی ترین دایکهای منطقه هستند. علاوه بر آن دایکهای با ترکیب آندزیت پورفیری (D1) و میکرودیوریت (D2) نیز در منطقه وجود دارند. دایکهای D1 قدیمی تر از D2 هستند. گدازه‌های با ترکیب پیروکسن لاتیت در بخشی جنوبی شبکه جوانترین واحد سنگی منطقه می‌باشند. در گوشه شمال خاوری شبکه اکتشافی در محل پیوند دو رودخانه سونگون چای پخیرچای و در جنوب خاوری منطقه سنگهایی با ترکیب سینومونزونیت برونزد دارند که فاقد کانی سازی است. این واحد توسط کارشناسان معدن بعنوان فاز تاخیری معروف می‌باشد.

از سیماهای شاخص منطقه وجود انواع برش‌های هیدروترمالی، گسلی، ریزشی و برش‌های حاصل از سرد شدن ماگما (Crackling) می‌باشند. شاخص ترین سیمای تکتونیکی منطقه وجود گسل معکوس امتداد لغز تشکیل دهنده دره سونگون چای است.

گسل‌های با امتداد خاوری - باختری در بخش خاوری کانسار فراوان هستند که باعث تشکیل آبراهه‌های ژرف شده‌اند. همچنین یک گسل باروند شمالی - جنوبی در بخش باختری شبکه اکتشافی در آبراهه‌ای که دره آغری در آن جای دارد که نقش مهمی در وضعیت زون‌های دگرسانی منطقه داشته است.

دگرسانی اولیه

مشخص ترین سیمای اغلب ذخایر هیدروترمال، زون‌های دگرسانی است که به طور عمده با نظم خاصی در اطراف توده معدنی قرار می‌گیرند. این زون‌ها توسط سیالات گرمابی ایجاد شده و در بسیاری از موارد همراهی مشخصی بین این زون‌ها و توده کانسار دیده می‌شود. مهمترین زون‌های دگرسانی اولیه‌ای که توسط بهارفیروزی (۱۳۷۶) در منطقه بافت شده‌اند به شرح زیر می باشند(شکل‌های ۵ و ۳)

۱- زون پتاسیک

تشکیل فلدسپاتهای آلکالن ثانویه به خرج پلاژیوکلاز و زمینه سنگ، همچنین بیوتیت‌های ثانویه به اشکال مختلف و با بافت ساژنیتی از مهمترین ویژگی‌های این زون می‌باشد. دگرسانی پتاسیک در کانسار سونگون به دو شکل دیده می‌شود.

الف - در بخش‌های مرکزی و ژرف کانسار که با تشکیل ارتوز و بیوتیت ثانویه همراه با کانی سازی پیریت - کالکوپیریت و مولیبدنیت می‌باشد مشخص است و گسترش زیادی به ویژه به سمت باختر دارد.

ب - در همبری اسکارن و بخش پورفیری به ویژه در حاشیه شمال خاوری، کانسار با تشکیل بلورهای بسیار درشت ارتوزگوشتی رنگ همراه با اپیدوت و فاقد کانی سازی مس است. اختلاف این دو نوع دگرسانی پتاسیک در این است که در نوع اول بیوتیت ثانویه تشکیل شده است و همراه با کانی سازی است در صورتی که در نوع دوم بیوتیت ثانویه دیده نمی شود و بجای آن اپیدوت ظاهر شده است. در زون پتاسیک شسته شدگی واضحی از کلسیم و سدیم و غنی شدگی از منیزیم و پتاسیم و در برخی موارد سدیم دیده می‌شود زیرا در این زون در نتیجه تأثیر سیالات گرمابی پلاژیوکلازهای اولیه سنگ توسط فلدسپات آلکالن پتاسیک جایگزین شده و با تشکیل بیوتیت ثانویه باعث افزایش منیزیم شده است.

۲- زون فیلیک

مهمترین فرایند در این زون تبدیل فلدسپاتها با شدتهای متفاوت به سریسیت، تبدیل بیوتیتها به موسکویت، تشکیل کانی‌های سولفیدی و روان شدن سیلیس می‌باشد. زون فیلیک در سونگون گسترش بسیار زیادی دارد و بصورت دو مجموعه فیلیک (کوارتز، سریسیت و پیریت) و فیلیک - کربنات (برزیت) تفکیک گردیده است (شکل‌های ۴ و ۵). در زون فیلیک شسته شدگی شدید کلسیم و سدیم، غنی شدگی واضحی از پتاسیم و غنی شدگی شدید از SiO_2 کاملاً مشخص است.

۳- زون آرژیلیک

زون آرژیلیک اولیه که در آن کانی‌های رسی به ویژه کائولینیت و مونتموریونیت چیره می باشند به‌صورت محدود در داخل زون فیلیک در سطوح بالای کانسار و در برخی موارد در سطوح پائینی دیده می‌شوند. در مجموع گسترش این زون بسیار محدود می‌باشد.

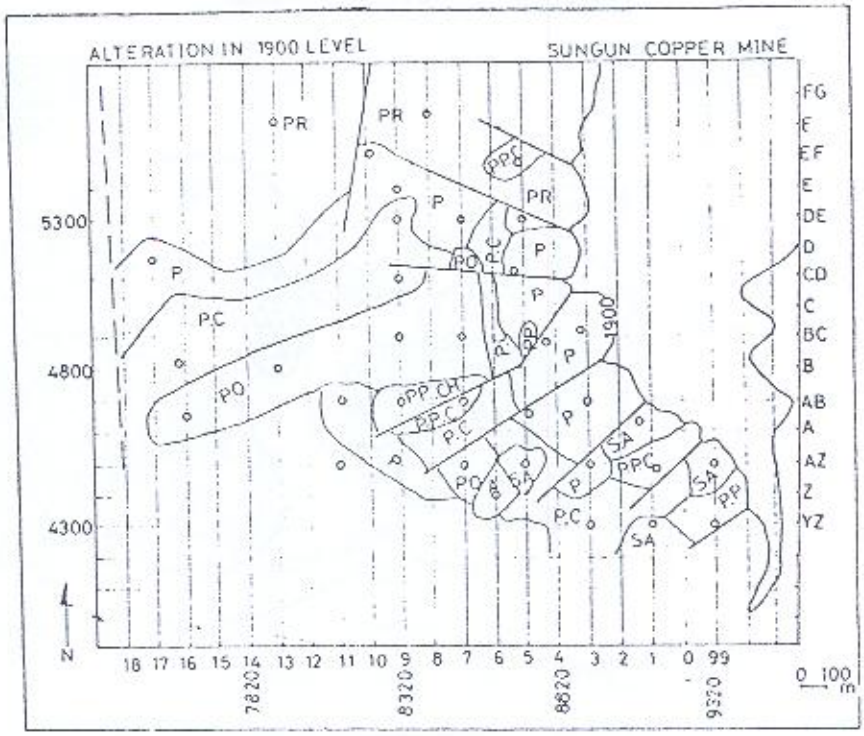
۴- زون پروپیلیتیک

در این زون مجموعه کانی‌های آلبیت، اپیدوت، کلریت و کلسیت چیره می‌باشند. این زون در حاشیه شمالی و جنوبی کانسار دیده می‌شود و به‌صورت قیفی سایر زون‌های دگرسانی را در بر گرفته است. کانی سازی در این بخش بسیار ضعیف می‌باشد. در دقشه‌های دگرسانی این زون در قسمتهای شمال و جنوبی کانسار گسترش دارد.

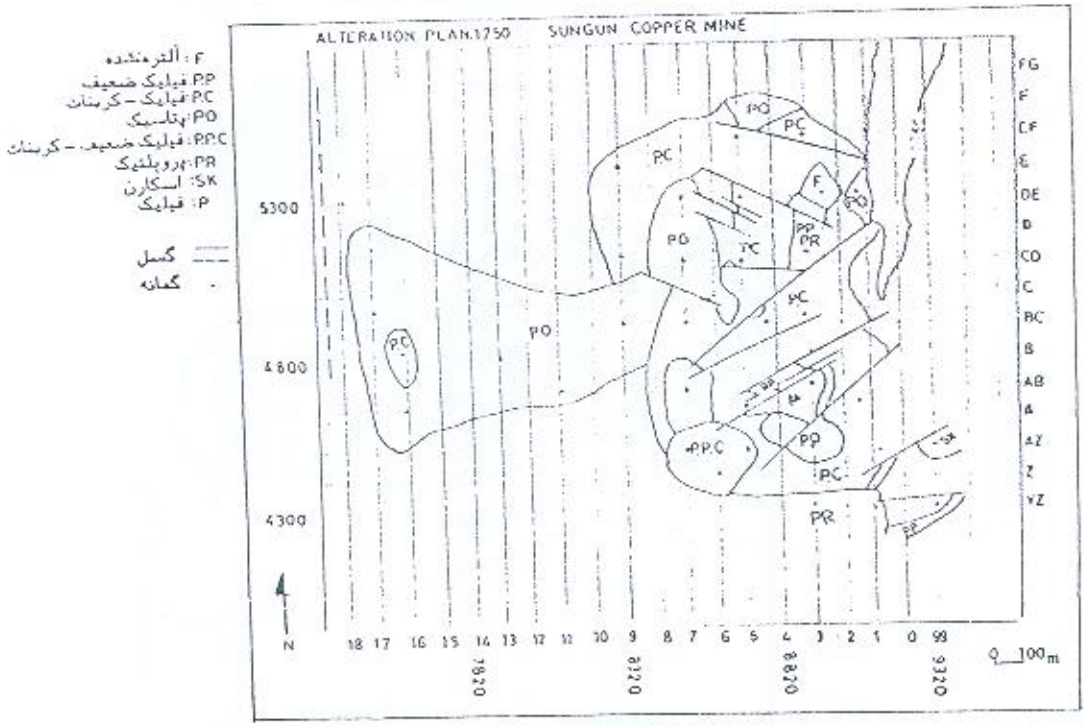
کانی سازی اولیه

کانی سازی در کانسار سونگون هم بصورت اسکارن و هم بصورت پورفیری دیده می‌شود. در بخش اسکارن مجموعه کانی‌های مگنتیت، پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، گالن، هماتیت قابل رویت است. در بخش پورفیری کانی سازی هم بصورت افشان و هم بصورت رگچه ای و رگه‌ای وجود دارد. در بخش‌های ژرف کانسار مجموع کانی‌های غالب پیریت - کالکوپیریت و مولیبدنیت بصورت افشان و رگچه‌ای دیده می‌شود، اما در سطوح بالاتر مجموع کانی‌های غالب پیریت و کالکوپیریت و به مقدار کمتر مولیبدنیت بصورت رگچه‌ای بافت می‌گردد. از نظر کانی سازی نیز در سونگون پهنه‌های خاصی دیده می‌شود. به این صورت که مجموعه پیریت کالکوپیریت، مولیبدنیت در بخش‌های مرکزی و ژرف قرار می‌گیرد و توسط مجموعه پیریت کالکوپیریت احاطه می‌گردد و کل این مجموعه توسط بخشهای با کانی سازی غالب پیریت و به مقدار کمتر کالکوپیریت پوشانده می‌شود (شکل‌های ۶ و ۷).

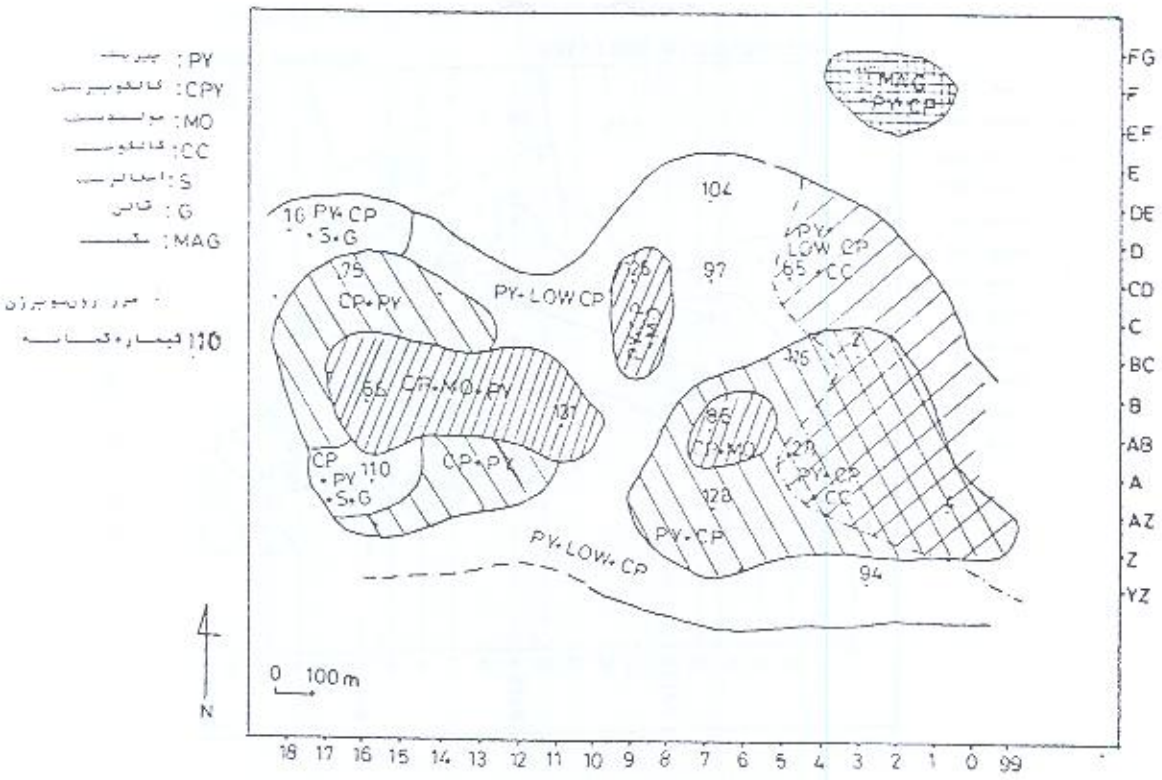
علاوه بر تفکیک زون‌های دگرسانی یادشده، با مطالعاتی که بر روی



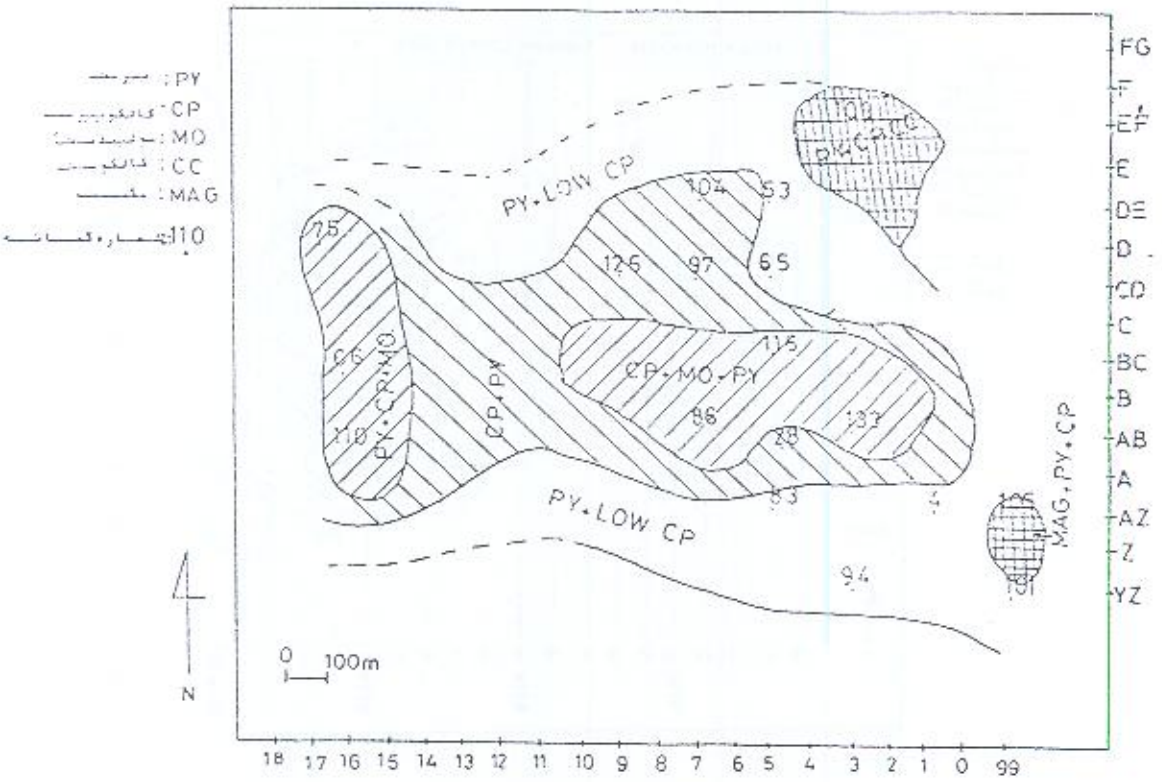
شکل (۴)- گسترش زونهای آلتراسیون در تراز ۱۹۰۰



شکل (۵)- گسترش زونهای آلتراسیون در تراز ۱۷۵۰



شکل (۶)- وضعیت زونالیته کانی‌سازی در تراز ۱۹۰۰



شکل (۷)- وضعیت زونالیته کانی‌سازی در تراز ۱۷۵۰

حدود ۲۰۰ عدد از مقاطع نازک نمونه‌های برداشت شده از سطوح مختلف کانسار صورت پذیرفته، برای تعیین سطح فرسایشی روی کانسار، نمونه‌ها بر اساس شدت و نوع دگرسانی و بافت و نوع سنگ و کانی شناسی به چندین نوع تقسیم بندی شده‌اند. در مجموع ده نوع دگرسانی تعیین گردیده‌اند و توزیع این انواع در منطقه بگونه‌ای است که نمونه‌های دارای دگرسانی پتاسیک و شدت زیاد در ژرفاهای بیشتر و نمونه‌های دارای دگرسانی فیلیک ضعیف و حتی نمونه‌های فاقد دگرسانی در سطوح بالا متمرکز شده‌اند. بنابراین با توجه به توزیع منطقه‌ای دگرسانی، سطح فرسایش در سونگون بسیار بالا می باشد و تاکنون حجم زیادی از مواد روی کانسار فرسایش نیافته‌اند. به سخنی دیگر هر آنچه که حاصل فعالیت سیستم گرمابی سازنده، کانسار سونگون بوده است، در منطقه وجود دارد و فرسایش تأثیر چندانی بر روی آن نداشته است.

دگرسانی وغنی‌شدگی ثانویه
(supergen alteration and enrichment)

در بیشتر ذخایر مس پورفیری و برخی کانسارهای دیگر مانند ذخایر نقره و گاهی سرب و روی علاوه بر پهنه‌بندی(zonation) عمودی حاصل از کانی سازی اولیه که در ذخایر مس و مولیبدن پورفیری با تمرکز بیشتر مولیبدنیت در بخش‌های ژرفتر و تمرکز سرب و روی در بخش‌های سطحی تر مشخص است، معمولاً فرایندهای ثانویه موجب ایجاد تغییراتی از نظر بافت و کانی شناسی در این ذخایر می‌شود، از جمله اینکه پدیده شست و شو (Leaching) و غنی شدگی ثانویه (enrichment Supergen) می‌تواند موجب کاهش و یا افزایش نسبی عناصر و یا کانی‌های خاصی در ژرفاهای مختلف در یک ذخیره شود و بنابراین یک منطقه بندی عمودی ثانویه‌ای در اثر آن ایجاد می‌گردد. در کانسارهای مس پورفیری بخش سطحی کانسار که حاوی کانی‌های سولفیدی، به ویژه پیریت، می‌باشد تحت تأثیر اکسیژن و آب محیط، اکسیده شده و بر اساس واکنش‌های زیر باعث تشکیل کانی‌های اکسیدهٔ آهن و تشکیل اسید و در نتیجه تأثیر آن بر روی کانی‌های اولیه سنگ میزبان و دگرسان شدن آن‌ها می‌شود.

$$2FeS_2 + 7O2 + 2H_2O \text{----} > 2FeSO_4(aq) + 2H_2SO_4(aq)$$

$$2FeS_2 + 7.5O_2 + 4H_2O \text{----} > Fe_2O_3 + 4H_2SO_4(aq)$$

$$2CuFeS_2 + 8.5O_2 + 2H_2O \text{----} > Fe_2O_3 + 2CuSO_4(aq) + 2H_2SO_4(aq)$$

دگرسانی سنگ دیواره در این شرایط بصورت هیدرولیز شدن کانی‌ها، مخصوصاً فلدسپات‌ها و تبدیل آن‌ها به کانی‌های رسی می‌باشد.

$$CaAl_2Si_2O8 + H_2O + H^+ \text{---} > \text{Ca-montmorillonite} + H_2Sio_4 + Ca^{2+}$$

$$3KAlSi_3O8 + 12H_2O + 2H^+ \text{---} > KAl_3Si_3O10(OH)_2 + 6H_4SiO_4 + 2K$$

سریسیت ارتوز

$$2KAl_3Si_3O10(OH)_2 + 3H_2O + 2H^+ \text{---} > 3Al_2Si_2O_5(OH)_4 + 2K^+$$

$$Al_2Si_2O_5 + 2K^+ + 4HSO_4(aq) + 2H \text{----} > 2KAl_3(SO4)_2(OH)_6$$

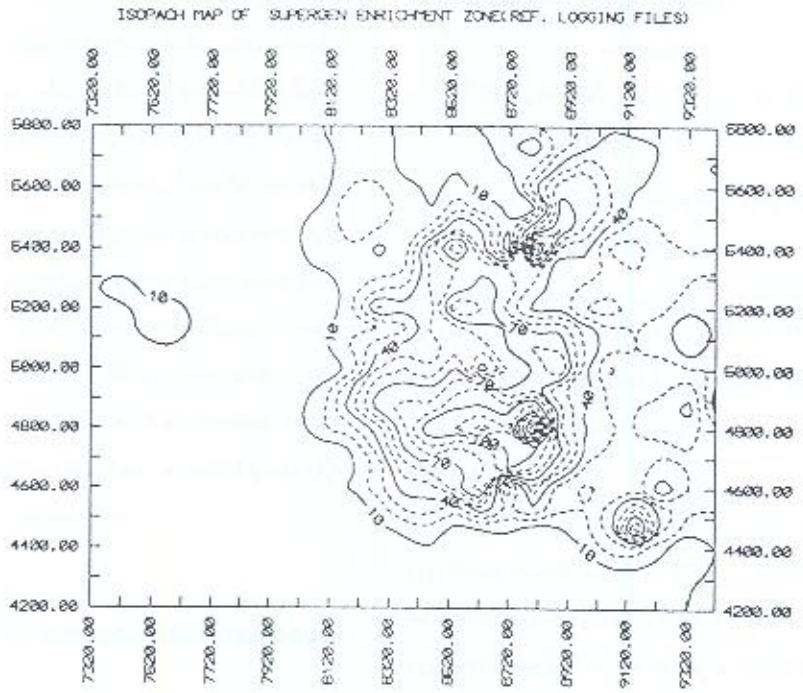
آلونیت اصولاً در کانسارهایی که در آن‌ها، آلتراسیون سوپرژن پیشرفته باشد به‌عنوان یک کانی رایج می‌باشد و از طریق آن می‌توان زمان تأثیر فرآیند سوپرژن را با استفاده از روش‌های سن‌سنجی K/Ar و $^{40}Ar/^{39}Ar$ تعیین نمود(Sillitoe et al. 1996). در نواحی با آب و هوای گرم خشک بدلیل تشکیل محلول‌های سوپرژن با غلظت بالاتر و PH پائین و فعالیت بیشتر یون سولفات، آلونیت فراوان تر می‌باشد (Sillitoe et al. 1996).

فرایندهای مزبور همچنین باعث شسته شدن مس پراکنده موجود در زون اکسید شده که بصورت کاتیون محلول توسط آب‌های فرو رو به طرف پائین حرکت می‌نماید و بعد از رسیدن به سفره آب‌های زیرزمینی در زون سمانتاسیون با شرایط احیائی بر اساس ترتیب سری شرمن جایگزین آهن، سرب، روی و کاتیونهای دیگر می‌شود و باعث تشکیل یک زون غنی شدهٔ شامل کانی‌های کالکوسیت و کولین همراه با کانی‌های سولفیدی اولیه و یا بدون آن‌ها می‌شود.(Guilbert et al. 1986) .

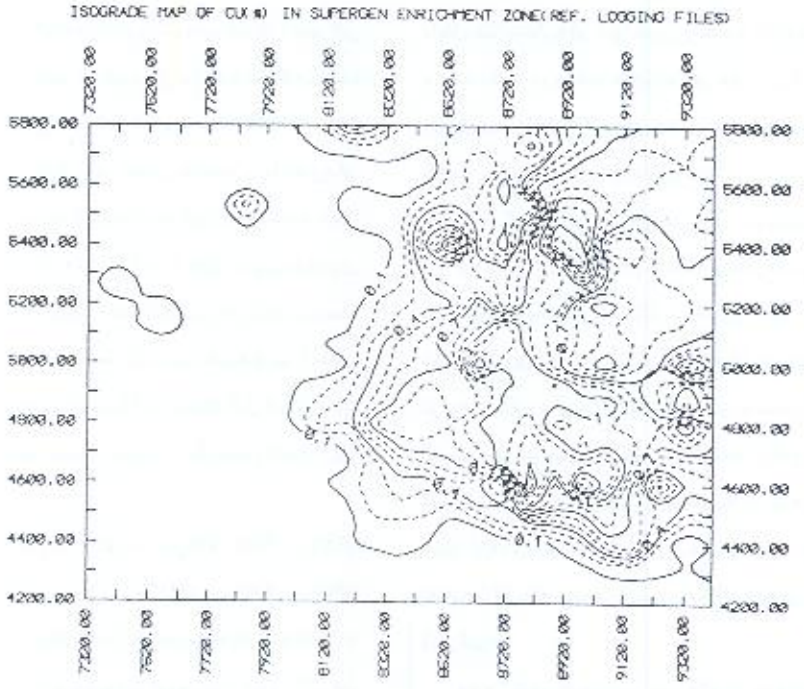
تشکیل کانی های ثانویه مس از سطح خارجی کانی‌های اولیه و از داخل شکستگی‌های آنها شروع شده و به تدریج با پیشرفت فرایند به طرف هسته نفوذ می‌نماید. بنابراین در مواردی که فرایند غنی شدگی سوپرژن تکمیل نشود کانی‌های ثانویه مس بصورت روکشی روی کانی‌های اولیه را گرفته و آنها را در نمونه‌های دستی استتار می‌نمایند و تنها با مطالعه مقاطع میکروسکپی صیقلی می‌توان این پدیده را بازبینی کرد.

در سونگون همزمان با حفاری‌های انجام شده مطالعه ماکروسکپی مغزه‌های حاصل توسط کارشناسان معدن صورت پذیرفته و پرونده‌های نمودارگیری برای هر یک از گمانه‌ها آماده شده است. در این بررسی‌ها با توجه به کانی‌های غالب مس از نظر چشمی زون‌های سوپرژن، هیپوژن و اکسیده از هم جدا شده‌اند. با مطالعه کلیه پرونده‌های موجود ضخامت و عیار میانگین، زون سوپرژن محاسبه گردیده و نقشه‌های هم ضخامت و هم عیار آن‌ها رسم گردیدند (شکل‌های ۸ و ۹). گمانه‌های شاخص از روی این نقشه‌ها انتخاب شدند تا مورد مطالعه دقیق تر شیمیایی و کانی شناسی قرارگیرند.

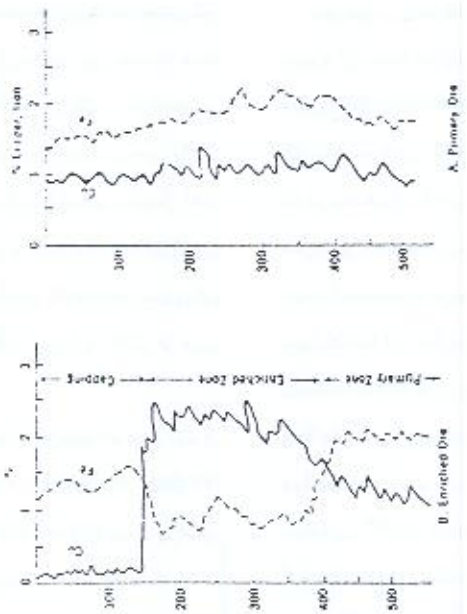
به منظور انجام بررسی‌های شیمیایی از روش ارائه شده توسط Bateman (1981) استفاده گردیده است. در این روش از نتایج آنالیز Fe و Cu استفاده می‌شود.



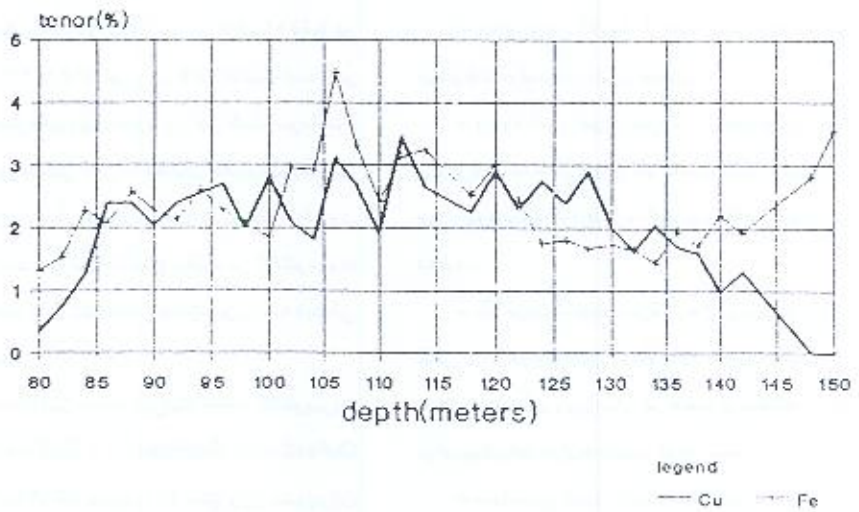
شکل (۸)- نقشه هم‌ضخامت زون سوپرژن براساس اطلاعات پرونده گمانه‌ها(برحسب متر)



شکل (۹)- نقشه هم عیار زون سوپرژن براساس اطلاعات پرونده گمانه‌ها(برحسب‌درصد، برای مس)



C. Supergen Condition of BH No 35
Fe-Cu Diagrame



Sungun Copper Mine

شکل (۱۰)- نمودار عیارمس و آهن در اعماق مختلف گمانه‌ها A- فاقد زون سوپرژن -B-دارای زون سوپرژن کامل (Bateman,1981)C- در گمانه ۳۵ سونگون

در یک کانسار مس هنگامی که زون سوپرژن به صورت ایده آل یعنی مس از بخش های بالائی شسته شده و در قسمتهای پائین متمرکز می‌گردد، با رسم نتایج آنالیز آهن و مس در برابر ژرفا، در زون شسته شده (Leached zone) بالایی عیار آهن بالاتر از مس قرار می گیرد. از آنجایی که در زون سوپرژن، مس جایگزین آهن می‌گردد بنابراین منحنی مس بالاتر از منحنی آهن قرار می‌گیرد. در زون با کانی سازی اولیه و نمودار آهن بالاتر از مس بنابراین در محل تقاطع نمودار آهن و مس بالا و پائین زون سوپرژن مشخص می گردد (شکل ۱۰B). در مواردی که فرایند سوپرژن اثری بر روی کانی سازی نداشته باشد نمودار آهن همواره بالاتر از مس قرار می‌گیرد (شکل ۱۰A)

در سونگون گمانه هایی که جهت بررسی انتخاب گردیده اند عبارتند از (A4)۳۵، (B4)۲۶، (B7)۶۹، (C7) ۱۰۰، (EF3)۱۰۹،(A2) ۴۰، (B8)۴۲، (E3)۵۴، (AZ99)۱۰۵(عدد سمت چپ شماره گمانه و علائم داخل پرانتز موقعیت گمانه در شبکه اکتشافی سونگون می‌باشند).

منحنی‌های عیار مس و آهن در مقابل ژرفا برای فواصلی که در پرونده گمانه‌ها به عنوان زون سوپرژن در نظر گرفته شده اند برای هر یک از این گمانه‌ها ترسیم گردید و از شاخص ترین نقاط آن نمونه برداری بعمل آمد و مقاطع صیقلی از آنها مورد مطالعه قرار گرفت. در میان گمانه‌های فوق شاخص ترین گمانه از نظر عیار، گمانه شماره (A4) ۳۵ می‌باشد. چنانکه از شکل (۱۰C) دیده می‌شود در پرونده گمانه از ژرفای ۸۰ تا ۱۵۰ متری به ضخامت ۷۰ متر زون سوپرژن مشخص گردیده است در حالیکه فقط در ژرفاهای ۸۶ تا ۸۸، ۹۳ تا ۱۰۱، ۱۲۲ تا ۱۳۵ این زون قابل تفکیک است. در مقاطع صیقلی که از بهترین بخش‌های زون سوپرژن این گمانه برداشته شده، کانی کالکوسیت بصورت پوششی اطراف بقایای کالکوپیریت‌های اولیه تشکیل گردیده است و بنابراین حتی در پیشرفته ترین شرایط زون سوپرژن کامل تشکیل نگردیده است. در این مقاطع علاوه بر کالکوسیت کانی‌های ثانویه کولین و بورنیت نیز قابل تشخیص هستند و رابطه تبدیلی زیر در آنها بخوبی قابل رویت است.

کالکوسیت ـــــ کولین ـــــ بورنیت ـــــ کالکوپیریت

CuFes2 ---> Cu5FeS4 ---> CuS ---> Cu2S

در گمانه شماره ۲۶ در پرونده گمانه حدود ۲۰۰ متر زون سوپرژن تعیین گردیده است (شکل ۱۱) ولی در این بررسی‌ها زون سوپرژن ایده آل در آن دیده نمی شود، تنها به صورت موضعی مقادیر مس کمی بیشتر از آهن می‌شود که به نظر می‌رسد به طور عمده مربوط به کالکوسیت‌های تشکیل شده بر روی شکستگی های موجود باشد.

در بقیه گمانه‌های انتخاب شده نیز ضخامت قابل توجهی از زون سوپرژن قابل تفکیک نیست.

در این بررسی‌ها وجود مگنتیت می‌تواند باعث ایجاد خطا گردد زیرا وجود آن باعث افزایش آهن می‌گردد که با توجه به مطالعات انجام گرفته قبلی (Mehrpartou 1993، بهار فیروزی ۱۳۷۶) مگنتیت در بخش پورفیری کانسار سونگون فقط به مقادیر بسیار کم و قابل چشم‌پوشی دیده می‌شود که در بخش اسکارنی بسیار فراوان می‌باشد. علاوه بر این، یاد این نکته ضروری است که روش انتخاب شده برای آنالیز آهن و مس، استفاده از روش اسید سرد می‌باشد. بنابراین مقادیر آهن و مس موجود در شبکه سیلیکاتها آزاد نگردیده است. با توجه به پارامترز کانی‌های موجود، نتایج بدست آمده فقط مربوط به کانی‌های سولفیدی و اکسیدی می‌باشد. در مطالعات فنی اقتصادی انجام گرفته (Iran itok Co 1995) بیش از دودسه میلیون تن ذخیره با عیار حد(Cut off grade) برابر ۰/۳ درصد و عیار میانگین ۰/۸۱۴ در صد برای زون سوپرژن کانسار سونگون محاسبه گردیده‌است. اما مطالعات حاضر مشخص می‌نماید که ذخیره زون سوپرژن در سونگون بسیار پائین تر ازاین مقدار بوده و بخش عمدهٔ ذخیرهٔ سوپرژن در واقع مربوط به کانی سازی اولیه (Hypogene) می‌باشد و این خود نکته‌ای مثبت برای کانسار سونگون بحساب می‌آید زیرا بهانگر یکنواختی نسبتاً خوب در عیار کانی سازی اولیه می‌باشد.

عواملی که باعث عدم پیشرفت فرایند غنی شدگی سوپرژن در منطقه سونگون شده‌اند عبارتند از :

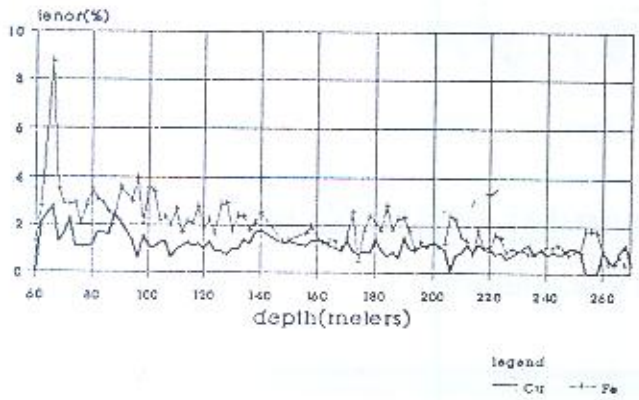
– جوان بودن کانسار از نظر سنی وعدم وجود مدت زمان کافی جهت پیشرفت فرایند غنی‌شدن سوپرژن .

– وجود آب و هوای سرد و مرطوب و بارندگی فراوان باعث شده تا در بخش‌های سطحی علیرغم اکسید شدن بخشی از کانی‌های سولفیدی به ویژه پیریت،محلول‌های با اسیدیته کافی جهت شستن مس پراکنده ایجاد نشود.

– بالا بودن سطح سفره آبهای زیرزمینی و عدم وجود فاصله مکانی کافی برای فراهم شدن سیالات با غلظت مناسب از مس، ثابت بودن تقریبی سطح سفره آب زیرزمینی در فصول مختلف و تغییرات کم آن نیز مانعی برای پیشرفت فرایند مزبور بوده است.

– سیلیسی شدن شدید سنگها در بخش‌های سطحی واحاطه شدن کانیهای سولفیدی مخصوصاً پیریت توسط سیلیس و عدم تماس مستقیم کافی کانی مزبور با پارامترهای جوی و بنابراین عدم پیشرفت کامل فرایند اکسیداسیون کانیهای سولفیدی و در نتیجه تشکیل نشدن کلاهک آهنین تیپیک در بخشهای بالایی کانسار.

– وجود شیب توپوگرافی زیاد ونفوذ کم آب باران به زمین جهت



شکل (۱۱)- نمودار تغییرات عیار مس و آهن در اعماق مختلف زون سوپرژن در گمانه شماره ۲۶

شستن مس از بخشهای بالا.

– وجود شکستگی‌های فراوان و سیستم زهکشی مناسب جهت گریز سریع آبهای نفوذ کرده به داخل زمین و آبهای زیر زمینی و عدم وجود زمان تماس کافی سیالات مس دار ثانویه با کانیهای سولفیدی اولیه در بخشهای مختلف .

کتابنگاری

بهار فیروزی، خلیل،۱۳۷۶ – مطالعه هاله‌های آلتراسیون و زوناسیون عمودی در کانسار تیپ اسکارن پورفیری مس – مولیبدن سونگون – پایان نامه کارشناسی ارشد – دانشکده علوم – دانشگاه تربیت معلم.

References

Alavi, M., 1991- Tectonic map of the Middle East - scale : 1:5,000,000 Geol. Surv. of Iran.

Bazin and Hubner, 1969- Copper deposits in IRAN-GSI- Report No-13

Bateman, A.M, Jensen, M.L., 1981 - Economic mineral deposits, Revised Printing - third edition - Johnwwiley and Sons publication, 593p.

Etminan, 1977- The discovery of porphyry Copper - Molybdenum mineralization adjacent to Songoon village in the north west of Ahar- Geol. Sruv. of Iran, internal report.

Guilbert, M., and Park, Ch.F., 1986 - The geology of ore deposits, Freeman and Company, 985p.

Iran Itok Co, 1995-1996 - An Introduction to Sungun Copper mine, internal. report.

Mehrpartou, M., 1993- Contribution to the geology, geochemistry, ore genesis, and fluid inclusion investigation on Sungun Cu - Mo porphyry deposit, north-west of Iran, Doctoral thesis, Hamburg University.

Mehrpartou, M., 1992- Geological map of Varzaghan - scale 1:100,000, Geol. Surv. of Iran.

Sillitoe. R.H and others 1996 - Age of supergen oxidation and enrichment in the Chilean porphyry copper province - Econ. Geol. Vol. 91 - p

* Geological Survey of Iran

** Teacher Trainign University of Iran, Tehran

* سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

** دانشگاه تربیت معلم