



دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه اکتشاف معدن

پایان نامه کارشناسی ارشد

تحلیل الگوی پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر بر اساس داده‌های سطحی و عمقی در منطقه

پلی متال تکنار-بردسکن

داود علیپور کرمانی

استاد راهنما :

دکتر رضا قوامی ریابی

خرداد ۱۳۸۹

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه اکتشاف معدن

عنوان پایان نامه:

تحلیل الگوی پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر بر اساس داده‌های سطحی و عمقی در منطقه
پلی متال تکنار-بردسکن

دانشجو :

داود علیپور کرمانی

استاد راهنما :

دکتر رضا قوامی ریابی

استاد مشاور:

مهندس مجید دلخواه

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

خرداد ۱۳۸۹

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه اکتشاف

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای داود علیپور کرمانی

تحت عنوان:

تحلیل الگوی پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر بر اساس داده‌های سطحی و عمقی در منطقه پلی متال تکنار- بردسکن

در تاریخ ۱۳۸۹/۳/۳۰ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه عالی مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی : مهندس مجید دلخواه		نام و نام خانوادگی : دکتر رضا قوامی ربابی
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی : دکتر مجید انصاری		نام و نام خانوادگی : دکتر منصور ضیایی
	جعفری		نام و نام خانوادگی : دکتر فرج ا... فردوست
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :

تقدیم به

پدر و مادرم که سپید رویشان به سپید مویشان مبدل
گشت تا شکوفا شوم،

برادران و خواهرم که خلوص محبت پیام همیشگی
نگاهشان است

و

همسر صبورم که عشق تنها تفسیر حضورش می باشد و
همدلی تفسیر پاک کلامش.

تقدیر و تشکر:

سپاس و ستایش خداوند منان که توفیق انجام این تحقیق را عطا فرمود. بر خود لازم می‌دانم از اساتید بزرگوار، دوستان و خانواده‌ام که مرا طی این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری کنم.

از استاد گرامی و ارجمند، جناب آقای دکتر رضا قوامی ریابی که با قبول زحمت فراوان، راهنمایی این پژوهش را بر عهده داشته و با صرف زمان بسیار در ارائه آن، اینجانب را یاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از اساتید بزرگوار دانشکده معدن دانشگاه صنعتی شاهرود که در طی دوران کارشناسی و کارشناسی-ارشد همواره از راهنمایی‌های ایشان استفاده برده‌ام، کمال تشکر را دارم.

شایسته است از دانشگاه صنعتی شاهرود به جهت حمایت مالی از این پروژه و نیز کارکنان سخت‌کوش واحدهای آزمایشگاهی دانشگاه صنعتی شاهرود به‌خصوص آقایان مهندس کر، مهندس کبیریان، مهندس رضاپور، مهندس میرباقری و مهندس خانعلی‌زاده سپاسگزاری نمایم.

از کلیه دوستانم خصوصاً آقایان اصغر عزیزی، رضا روکی، حمزه طهماسب‌پور، حسین موسوی، سعید یوسفی، امین احمدی، غلامرضا ثوابی، تیمور کهکی، مجید شاه حسینی، بهزاد سعیدی، برات قوی‌اندام و تمامی کسانی که نام آن‌ها آورده نشده‌است و مرا در مراحل انجام این پروژه یاری‌رسان بودند، کمال تشکر را دارم و توفیق روزافزون برای آن‌ها آرزو مندم.

در پایان از خانواده خوب و مهربانم که در کلیه مراحل تحصیل مشوق و پشتیبان من بوده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم. به امید اینکه روزی بتوانم محبت‌هایشان را جبران نمایم.

داود علی‌پور کرمانی

Davudalipur@gmail.com

دانشجو تأیید می‌نماید که مطالب مندرج در این پایان‌نامه (رساله) نتیجه تحقیقات خودش می‌باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است.

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات ، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان- نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد .

نام و نام خانوادگی دانشجو: داود علیپور کرمانی

خرداد ۱۳۸۹

چکیده

کانسار پلی‌متال تکنار در شهرستان بردسکن (استان خراسان رضوی) و زون تکتونیکی تکنار واقع شده است. زون تکنار از جنوب به گسل درونه و از شمال به گسل تکنار - ریوش محدود می‌شود. محدوده‌های معدنی تکنار در حد فاصل گسل‌های ساختاری درونه و تکنار - ریوش و در بخش‌های شمال تا غرب این زون قرار دارند. مجموعه معادن مس تکنار شامل محدوده‌های تکنار ۱، تکنار ۲، تکنار ۳ و تکنار ۴ به لحاظ دارا بودن عناصری نظیر Cu, Pb, Zn, Ag, Au, Sb, Bi, Ni, Cr, Hg, Ba, Mo, W از اهمیت ویژه‌ای در منطقه برخوردار است.

اطلاعات بدست آمده نشان می‌دهد که کانی‌سازی محدوده تکنار با تیپ ماسیواکساید-سولفید (با ویژگی‌هایی که بخش‌هایی از آن نزدیک به تیپ کروکو یا آرکئن می‌باشد) در بخش‌های مختلف دارای زون‌های استوکورک، لایه‌ای و توده‌ای بوده و از نظر سنگ‌شناسی سنگ درونگیر در این نواحی عموماً سربیسیت شیست، کلریت شیست تا بیوتیت شیست‌هایی هستند که گویای درجه دگرگونی در حد رخساره شیست سبز در منطقه می‌باشند

براساس مطالعات کانی‌شناسی انجام گرفته بر روی نمونه‌های سنگی اخذ شده از نقاط مختلف منطقه، مشخص گردید که ترکیب ماده معدنی بیشتر از کانه‌های پیریت، کالکوپیریت، مگنتیت، هماتیت و اسفالریت تشکیل گردیده است.

کانسار تکنار به علت اهمیت زمین‌شناسی و کانی‌سازی توسط محققین بسیاری مورد بررسی قرار گرفته است. اطلاعات بدست آمده گویای آن هستند که در این بررسی‌ها کمتر به تحلیل اختصاصات ژئوشیمیایی عناصر به منظور دسترسی به شاخص‌های اکتشافی پرداخته شده است، لذا در این پایان‌نامه به بررسی نحوه پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر در محدوده‌های تکنار ۱ و تکنار ۳ پرداخته شده است.

در محدوده تک ۱، در محدوده کانی سازی و مجاورت آن برخی از عناصر و اکسیدها مانند Cu, Pb, Zn, Bi, Fe₂O₃, As, MnO و تا حدود زیادی S, CaO, MgO غنی‌شدگی داشته و در مقابل گروه عناصر و اکسیدهای SiO₂, Na₂O, K₂O, Rb, Ni, Cr, Zr, Y دارای روند کاهشی و تهی‌شدگی می‌باشند. عناصر و اکسیدهای TiO₂, Nb, Al₂O₃, V, Sb با روندی افزایشی با دور شدن از ماده معدنی روبرو هستند و بعد از مقداری فاصله گرفتن از ماده معدنی به حد نسبتاً ثابتی می‌رسند.

در محدوده تک ۳، در کمربلایین دگرسان یافته و بخش کانی‌سازی گروه عناصر و اکسیدهای Cu, Th, Fe₂O₃, MnO, CaO, S, Na₂O, Pb, MgO, TiO₂, As, Co, P₂O₅, V, Zn, LOI, Bi دارای غنی‌شدگی بوده و در مقابل عناصر و اکسیدهای Al₂O₃, Sb, Rb, K₂O, Nb در بخش کانی‌سازی شده و کمربلایین دگرسان یافته ماده معدنی دچار تهی‌شدگی بوده و همراه با افزایش غلظت در کمربلای غیر دگرسان می‌باشند.

افزایش غلظت و کاهش آن نسبت به عمق را در خصوص اکسید F₂O₃ و عناصر Bi و As در گوسن و سنگ درونگیر مجاور شاهد هستیم. از گوسن به سمت زون کانی‌سازی شاهد افزایش غلظت عناصر و اکسیدهای Y, Zn و MgO و کاهش غلظت عناصر و اکسیدهای V, Sb, TiO₂, K₂O, Cr و P₂O₅ می‌باشیم.

نسبت‌های Fe₂O₃/Na₂O, As/K₂O, As/Na₂O, S/Nb, S/K₂O, S/(Nb.Rb) و S²/(K₂O.Nb) در منطقه مورد مطالعه در اکتشاف ذخیره پلی‌متال تکنار به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌های تفکیک زون‌های کانی‌سازی شده از غیرکانی‌سازی شده دارای اهمیت اکتشافی هستند.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که در محدوده تکنار ۳، سطح فرسایش کنونی در بالای بخش اصلی کانی‌سازی و دگرسان واقع شده و همچنین عناصر کانی‌ساز در کمربلایین دگرسان نیز به صورت استوک-ورک و رگچه‌ای تمرکز دارند.

واژه‌های کلیدی: پلی‌متال، تکنار، اختصاصات ژئوشیمیایی، غنی‌شدگی، تهی‌شدگی

مقالات مستخرج از پایان نامه:

(۱) علیپور کرمانی، د.؛ قوامی ریابی، ر.؛ رضاپور، م. ر.؛ "بررسی رفتار ژئوشیمیایی عناصر در

منطقه کانی سازی پلی متال تکنار"، سومین کنفرانس مهندسی معدن ایران، بهمن ماه

۱۳۸۸، دانشگاه یزد.

2) Alipurkermani, D.; Ghavami-Riabi, R., "Geochemical Reflection of the elements and exploration index ratios", Goldschmit, 2010.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول (کلیات

- ۱-۱) موقعیت جغرافیایی، اقلیمی و راههای دسترسی به منطقه بردسکن..... ۲
- ۲-۱) ژئومورفولوژی بردسکن..... ۳
- ۳-۱) تکامل ساختمانی و زمین ساخت منطقه بردسکن..... ۴
- ۴-۱) فرآیندهای ماگماتیسم منطقه بردسکن..... ۵
- ۱-۴-۱) سازند تکنار..... ۵
- ۲-۴-۱) ریولیت ها و توف های ریولیتی pC^T ۶
- ۳-۴-۱) گرانیت آلکالی (نوع گرانیت دوران)(gd)..... ۶
- ۴-۴-۱) گرانیتوئید کاشمر (gr)..... ۶
- ۵-۴-۱) آمیزه های رنگین (Coloured Melange)..... ۷
- ۵-۱) گزارش زمین شناسی منطقه معدنی مس تکنار..... ۸
- ۱-۵-۱) تکنار ۱..... ۱۲
- ۲-۵-۱) تکنار ۲..... ۱۳
- ۳-۵-۱) تکنار ۳..... ۱۳
- ۴-۵-۱) تکنار ۴..... ۱۴
- ۵-۵-۱) گسلهای اصلی منطقه مورد مطالعه و زون تکنار..... ۱۴
- ۶-۵-۱) مطالعات زمین شناسی و اکتشافی انجام شده در منطقه..... ۱۶
- ۷-۵-۱) انواع آلتراسیون در منطقه تکنار..... ۱۹
- ۶-۱) مقایسه کانسار تکنار با سایر ذخایر ماسیوسولفید جهان..... ۲۱
- ۱-۶-۱) رده بندی ذخایر ماسیوسولفید..... ۲۱
- ۱-۱-۶-۱) ماسیوسولفید تیپ کورکو..... ۲۲
- ۲-۱-۶-۱) ماسیوسولفید تیپ قبرس..... ۲۳

- ۳-۱-۶-۱) ماسیوسولفید تیپ بشی..... ۲۴
- ۴-۱-۶-۱) ماسیوسولفید تیپ آرکتن ۲۷
- ۷-۱) اهداف پایان نامه..... ۳۰
- ۸-۱) اشاره به مطالب فصل‌های بعدی..... ۳۱

فصل دوم) عملیات صحرایی انجام شده در منطقه

- ۱-۲) اکتشافات ژئوشیمیایی..... ۳۳
- ۲-۲) روش انجام کار ۳۴
- ۱-۲-۲) عملیات صحرایی ۳۴
- ۲-۲-۲) عملیات آزمایشگاهی ۳۹
- ۳-۲-۲) پردازش و تحلیل داده‌ها ۴۰
- ۱-۳-۲-۲) تصاویر میکروسکوپی از مقاطع نازک نمونه‌های منطقه تکنار- بردسکن ۴۱
- ۲-۳-۲-۲) مطالعه مقاطع نازک نمونه‌های منطقه تکنار- بردسکن ۴۴
- ۳-۳-۲-۲) تصاویر میکروسکوپی از مقاطع صیقلی نمونه‌های منطقه تکنار- بردسکن ۴۵
- ۴-۳-۲-۲) مطالعه مقاطع صیقلی نمونه‌های منطقه تکنار- بردسکن ۴۷
- ۵-۳-۲-۲) نتایج آنالیز XRD نمونه‌ها ۴۸
- ۶-۳-۲-۲) نتایج آنالیز XRF نمونه‌ها..... ۴۹

فصل سوم) بررسی نحوه پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر در سنگ‌های منطقه

- ۱-۳) الگوی پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر..... ۵۳
- ۱-۱-۳) شاخص‌هایی که بر اساس توزیع عناصر در سنگ‌ها تعیین می‌شوند..... ۵۵
- ۲-۱-۳) شاخص‌هایی که براساس پیدایش کانی‌ها و یا فراوانی عناصر خاصی در آن‌ها بنا می‌شوند..... ۵۷
- ۳-۱-۳) شاخص‌های عنصری..... ۵۸
- ۲-۳) بررسی نحوه پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر در سنگ‌های منطقه..... ۶۰
- ۱-۲-۳) تونل تک ۱..... ۶۰
- ۲-۲-۳) گمانه TK3S-04..... ۷۰

TK3N-01 گمانه ۳-۲-۳ ۷۸

فصل چهارم) شاخص‌های اکتشافی

۱-۴) شاخص ژئوشیمیایی ۸۸

۲-۴) شاخص‌های اکتشافی در منطقه ۸۸

۱-۲-۴) تونل تک ۱ ۸۹

TK3S-04 گمانه ۲-۲-۴ ۹۳

TK3N-01 گمانه ۳-۲-۴ ۹۸

۴-۲-۴) جبهه کار تک ۳ ۱۰۱

فصل پنجم) تعیین موقعیت سطح فرسایش آنومالی نسبت به سطح کانی‌سازی احتمالی

۱-۵) مقدمه ۱۰۳

۲-۵) عناصر ردیاب و توالی منطقه بندی در ذخایر پلی متالیک ۱۰۶

۳-۵) تعیین موقعیت سطح فرسایش آنومالی نسبت به سطح کانی‌سازی احتمالی در محدوده تکنار ۳ ۱۰۷

فصل ششم) نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱-۶) نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۱۱

فهرست منابع ۱۱۴

پیوست‌ها

پیوست (الف) میانگین غلظت عناصر در سنگ‌های مختلف ۱۱۷

پیوست (ب) سایر نمودارهای تغییرات غلظت عناصر در منطقه تکنار- بردسکن ۱۲۰

پیوست (ج) نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بردسکن ۱۲۴

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل (۱-۱) موقعیت جغرافیایی بردسکن و راههای دسترسی به آن.....	۲
شکل (۲-۱) مسیر دسترسی به معدن تکنار.....	۹
شکل (۳-۱) تشکیلات تکنار و محدوده آن.....	۱۰
شکل (۴-۱) عکس هوایی محدوده تکنار ۱ تا ۴.....	۱۱
شکل (۵-۱) نمایش رابطه انواع کانی سازی و واحدهای سنگی در کانسار کورکو.....	۲۲
شکل (۶-۱) نیمرخ ذخیره ماسیوسولفید نوع قبرس.....	۲۴
شکل (۷-۱) نمایش موقعیت کانی سازی نوع بشی.....	۲۵
شکل (۸-۱) نمایش نیم رخ زونهای آلتراسیون و بخشهای مختلف ذخیره آرکنن.....	۲۶
شکل (۱-۲) ارتفاعات منطقه تکنار.....	۳۶
شکل (۲-۲) تونل تکنار ۳.....	۳۶
شکل (۳-۲) نمونه‌های دستی منطقه تکنار حاوی کانه‌های پیریت، کالکوپیریت، آزوریت، مالاکیت، هماتیت، لیمونیت، اسفالریت و.....	۳۷
شکل (۴-۲) نمونه TK3S-1 حاوی کانه‌های کالکوپیریت و مگنتیت.....	۳۷
شکل (۵-۲) نمونه TAK حاوی ترکیبات آهنی.....	۳۷
شکل (۶-۲) نمونه TK3S-5 حاوی کانه‌های مالاکیت و لیمونیت.....	۳۸
شکل (۷-۲) نمونه S04-1 حاوی کانه‌های کالکوپیریت و کلسیت.....	۳۸
شکل (۸-۲) نمونه S04-2 حاوی کالکوپیریت.....	۳۸
شکل (۹-۲) نمونه N01-3.....	۴۱
شکل (۱۰-۲) نمونه N01-6.....	۴۱
شکل (۱۱-۲) نمونه S04-3.....	۴۱
شکل (۱۲-۲) نمونه S04-5.....	۴۲
شکل (۱۳-۲) نمونه TAK.....	۴۲
شکل (۱۴-۲) نمونه TK1-5.....	۴۲

- شکل (۲-۱۵) نمونه TK1-7..... ۴۳
- شکل (۲-۱۶) نمونه TK3S-1..... ۴۳
- شکل (۲-۱۷) نمونه TK3S-6..... ۴۳
- شکل (۲-۱۸) نمونه S04-1..... ۴۵
- شکل (۲-۱۹) نمونه S04-3..... ۴۵
- شکل (۲-۲۰) نمونه TK3S-1..... ۴۶
- شکل (۲-۲۱) نمونه TK3S-5..... ۴۶
- شکل (۲-۲۲) نمونه TK1-1..... ۴۶
- شکل (۲-۲۳) نمونه N01-4..... ۴۷
- شکل (۲-۲۴) نمونه N01-6..... ۴۷
- شکل (۳-۱) نقشه زمین شناسی و کانی‌سازی محدوده تک ۱ و موقعیت نمونه‌های تونل تک ۱..... ۶۱
- شکل (۳-۲) تصویر نمونه‌های دستی TK1-1 و TK1-2..... ۶۲
- شکل (۳-۳) نمودار تغییرات غلظت عناصر Cu، Bi و Fe_2O_3 ۶۳
- شکل (۳-۴) نمودار تغییرات غلظت عناصر Zn و Pb..... ۶۴
- شکل (۳-۵) نمودار تغییرات غلظت عناصر As و MnO..... ۶۴
- شکل (۳-۶) نمودار تغییرات غلظت عناصر S، CaO و MgO..... ۶۵
- شکل (۳-۷) نمودار تغییرات غلظت عناصر TiO_2 ، K_2O و Nb..... ۶۶
- شکل (۳-۸) نمودار تغییرات غلظت عناصر Sb، Al_2O_3 و V..... ۶۷
- شکل (۳-۹) نمودار تغییرات غلظت عناصر Ni و Na_2O ۶۷
- شکل (۳-۱۰) نمودار تغییرات غلظت عناصر Zr و Y..... ۶۸
- شکل (۳-۱۱) نمودار تغییرات غلظت عناصر Rb و Sr..... ۶۸
- شکل (۳-۱۲) نمودار تغییرات غلظت عناصر Cr و SiO_2 ۶۹
- شکل (۳-۱۳) نمودار تغییرات غلظت عناصر Cu و S..... ۷۱
- شکل (۳-۱۴) نمودار تغییرات غلظت عناصر Bi و Th..... ۷۱
- شکل (۳-۱۵) نمودار تغییرات غلظت عناصر Co و As..... ۷۲

- شکل (۳-۱۶) نمودار تغییرات غلظت CaO..... ۷۳
- شکل (۳-۱۷) نمودار تغییرات غلظت عناصر Sr و Na₂O..... ۷۳
- شکل (۳-۱۸) نمودار تغییرات غلظت عناصر MgO و Pb..... ۷۴
- شکل (۳-۱۹) نمودار تغییرات غلظت عناصر TiO₂ و P₂O₅..... ۷۴
- شکل (۳-۲۰) نمودار تغییرات غلظت عناصر Zn و V..... ۷۴
- شکل (۳-۲۱) نمودار تغییرات غلظت عناصر MnO، Fe₂O₃ و L.O.I..... ۷۵
- شکل (۳-۲۲) نمودار تغییرات غلظت Al₂O₃..... ۷۶
- شکل (۳-۲۳) نمودار تغییرات غلظت عناصر Rb، Sb و K₂O..... ۷۶
- شکل (۳-۲۴) نمودار تغییرات غلظت Nb..... ۷۷
- شکل (۳-۲۵) تصویر نمونه دستی N01-5 حاوی کلسیت..... ۷۹
- شکل (۳-۲۶) نمودار تغییرات غلظت Fe₂O₃..... ۸۰
- شکل (۳-۲۷) نمودار تغییرات غلظت عناصر Bi و As..... ۸۱
- شکل (۳-۲۸) نمودار تغییرات غلظت عناصر Cu و S..... ۸۱
- شکل (۳-۲۹) نمودار تغییرات غلظت عناصر CaO، MnO و Ba..... ۸۲
- شکل (۳-۳۰) نمودار تغییرات غلظت عناصر Y و La..... ۸۳
- شکل (۳-۳۱) نمودار تغییرات غلظت عناصر Zn و MgO..... ۸۳
- شکل (۳-۳۲) نمودار تغییرات غلظت عناصر K₂O و TiO₂..... ۸۴
- شکل (۳-۳۳) نمودار تغییرات غلظت عناصر Sb و V..... ۸۴
- شکل (۳-۳۴) نمودار تغییرات غلظت عناصر SiO₂ و Al₂O₃..... ۸۵
- شکل (۳-۳۵) نمودار تغییرات غلظت عناصر Nb و Zr..... ۸۵
- شکل (۳-۳۶) نمودار تغییرات غلظت عناصر Cr و P₂O₅..... ۸۵
- شکل (۳-۳۷) نمودار تغییرات غلظت Na₂O..... ۸۶
- شکل (۴-۱) نمودار نسبت‌های دو عنصری تونل تک ۱..... ۸۹
- شکل (۴-۲) نمودار نسبت‌های چند عنصری تونل تک ۱..... ۹۲
- شکل (۴-۳) نمودار نسبت‌های دو عنصری گمانه TK3S-04..... ۹۳

- شکل (۴-۴) نمودار نسبت‌های چندعنصری گمانه TK3S-04..... ۹۶
- شکل (۵-۴) نمودار نسبت‌های دوعنصری گمانه TK3N-01..... ۹۸
- شکل (۶-۴) نمودار نسبت‌های چندعنصری گمانه TK3N-01..... ۱۰۰
- شکل (۱-۵) تغییرات مقدار فلز در هاله‌های اولیه و ثانویه در ارتباط با تراز سطح فرسایش زون‌های کانه‌دار..... ۱۰۴
- شکل (۲-۵) تغییرات نسبت معرف (Pb.Zn)/(Bi.Cu) در گمانه TK3S-04..... ۱۰۸
- شکل (۳-۵) نمایش زون‌های آلتراسیون و خصوصیات اصلی یک کانسار سولفید توده‌ای..... ۱۰۹

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول (۱-۱) مقایسه کانسار تکنار با سایر ذخایر ماسیوسولفید جهان	۲۷
جدول (۱-۲) نتایج مطالعه مقاطع نازک نمونه های منطقه تکنار- بردسکن	۴۴
جدول (۲-۲) نتایج مطالعه مقاطع صیقلی نمونه های منطقه تکنار- بردسکن	۴۸
جدول (۳-۲) نتایج آنالیز نمونه ها به روش پراش اشعه ایکس (XRD) تکنار- بردسکن	۴۹
جدول (۴-۲) نتایج آنالیز شیمیایی برخی از نمونه ها به روش فلورسانس اشعه ایکس (XRF)	۵۰
جدول (۱-۳) مجموعه های ژئوشیمیایی عناصر کمیاب و فرعی در ارتباط با نوع سنگ های مربوط با آن ها	۵۶
جدول (۲-۳) راهنمای نمودارهای ترسیم شده در شکل های (۳-۳) تا (۱۲-۳)	۶۲
جدول (۳-۳) راهنمای نمودارهای ترسیم شده در شکل های (۱۳-۳) تا (۲۴-۳)	۷۰
جدول (۴-۳) راهنمای نمودارهای ترسیم شده در شکل های (۲۶-۳) تا (۳۷-۳)	۸۰
جدول (۱-۴) مقادیر عددی نسبت های دو عنصری تونل تک ۱	۹۱
جدول (۲-۴) مقادیر عددی نسبت های چهار عنصری عنصری تونل تک ۱	۹۲
جدول (۳-۴) مقادیر عددی نسبت های دو عنصری گمانه TK3S-04	۹۵
جدول (۴-۴) مقادیر عددی نسبت های چهار عنصری گمانه TK3S-04	۹۷
جدول (۵-۴) مقادیر عددی نسبت های دو عنصری گمانه TK3N-01	۹۹
جدول (۶-۴) مقادیر عددی نسبت های چهار عنصری گمانه TK3N-01	۱۰۰
جدول (۷-۴) مقادیر عددی نسبت های محاسبه شده در جبهه کار تک ۳	۱۰۱
جدول (۱-۵) مقادیر نسبت معرف (Pb.Zn)/(Bi.Cu) برای نمونه های گمانه TK3S-04	۱۰۷
جدول (۱-۶) ماکزیمم غلظت مواد معدنی اصلی و فرعی در کانسار تکنار	۱۱۲

فصل اول

کلیات

۱-۱) موقعیت جغرافیایی، اقلیمی و راههای دسترسی به منطقه بردسکن

چهارگوش ۱:۱۰۰۰۰۰ بردسکن بین طول‌های جغرافیایی ۵۷ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۸ درجه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۵ درجه تا ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی واقع گردیده است (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۸۵). بردسکن یکی از شهرستانهای استان خراسان رضوی با جمعیتی در حدود ۵۰ هزار نفر است که حدوداً در فاصله ۴۵ کیلومتری غرب شهرستان کاشمر واقع شده است. راه ارتباطی آن به مشهد از طریق جاده تربت حیدریه و ارتباط منطقه با شهرستان سبزوار از طریق راه شوسه‌ای که در ۴۰ کیلومتری کاشمر به درونه به سمت شمال وجود دارد برقرار می‌گردد (شکل ۱-۱).



شکل (۱-۱) موقعیت جغرافیایی بردسکن و راههای دسترسی به آن (www.maps.google.com)

آب و هوای منطقه به دلیل قرارگیری در حاشیه کویر بزرگ، گرم و خشک بوده بطوریکه میزان متوسط بارندگی سالیانه کمتر از ۲۰۰ میلیمتر می‌باشد. هوای منطقه در زمستان معتدل و در بقیه

فصول سال، بویژه اواسط بهار و تابستان گرم است. بیشینه دمای تابستان در این ناحیه به بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد رسیده و حداقل دما در زمستان به ۱۰- درجه سانتی‌گراد می‌رسد.

مردم این منطقه بیشتر به کارهای کشاورزی و دامداری اشتغال دارند و مهمترین محصولات آنها گندم، جو و بویژه زعفران است.

۱-۲) ژئومورفولوژی بردسکن

چهره برجسته ژئوتکتونیک منطقه گسل درونه با روند شرقی-غربی است. از دیدگاه ژئومورفولوژی، منطقه بردسکن را بر اساس گسل درونه می‌توان در دو بخش جدای از یکدیگر مورد بررسی قرار داد. بخش شمالی گسل درونه که کوهستانی بوده و بیشینه ارتفاع حدود ۲۱۰۰ متر (در چکادکوه تک-حوض) و بخش جنوبی گسل یاد شده که فرونشستی با میانگین ارتفاع ۸۵۰ متر است. این بخش اساساً توسط انباشته‌های کواترنر چون پادگانه‌های آبرفتی، مخروط افکنه‌ها و کفه‌های رسی و نمکی پوشیده شده است (به جز تپه ماهورهای جنوب شرقی آن که ادامه رخنمون‌های منطقه ازبک کوه می‌باشند). روند غالب سلسله جبال بخش شمالی چهارگوش شمال شرقی- جنوب غربی است، و چین‌ها و گسل‌های اصلی نیز در همین روند دیده می‌شوند.

رودخانه دائمی در منطقه وجود ندارد و اغلب رودهای فصلی (تحت عنوان کال) بخش شمالی دارای جهت جریان شمالی- جنوبی هستند. کال‌های خالدار و دهن قلعه و کال قبرستان از مهمترین آنها می‌باشند. آب این کال‌ها (شمالی) و رودهای فصلی جنوب منطقه (با حرکت جنوبی- شمالی) سرانجام پس از پیوند با رود کال شور به شوره زار محل تجمع آنها در جنوب منطقه می‌رسند. این آب‌ها در فصل‌های بارش دریاچه فصلی (Playa lake) کال شور را به وجود می‌آورند (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۸۵).

۱-۳) تکامل ساختمانی و زمین ساخت منطقه بردسکن

سازند تکنار با قدمت پرکامبرین در حد رخساره شیست‌سبز زیرین دگرگون شده و مجموعه‌ای از سنگ‌های آذرآواری و آواری با دگرگونی خفیف را به نمایش گذاشته‌اند. چین‌خوردگی شدید و تشکیل ساختارهای فرعی متعدد همراه با گسلش، گویای اثر تکتونیک شدید بر این کهن پشته‌هاست. این سازند با سازندهایی چون کهر در البرز و سری مراد در ایران مرکزی (کرمان) قابل هم ارزی است و می‌توان فاز کوهزایی کاتانگائی را به عنوان رخداد اصلی دگرشکلی و دگرگونی این مجموعه نام برد. ضمن آنکه رخداد کالدونی نیز در این دگرگونی می‌تواند نقش داشته باشد.

نهشته‌های پالئوزوئیک گرچه مانند منطقه شیرگشت و ازبک‌کوه دارای توالی کاملی نیستند، ولی سازندهایی مانند شیرگشت، پادها، سیبزار، بهرام، سردر و همچنین جمال در منطقه نشانی از همسانی جغرافیایی دیرین زمان پالئوزوئیک این منطقه (کاشمر- بردسکن- درونه) با ازبک‌کوه و مناطق دیگر ایران مرکزی دارد. آنچه در این زمینه اهمیت ویژه‌ای دارد، قرارگیری سازندهایی چون پادها، سیبزار و بهرام با دگرشیبی زاویه‌دار روی سازند تکنار است، که نشان از اثر فاز کوهزایی تاکنونین (در طی فاز کوهزایی کالدونین) و وجود سرزمین تاکنونید (Taconid Land) در ایران است، که وجود آن در گذشته توسط نبوی (۱۳۵۶) و شهرابی (۱۳۶۳) در نقاطی مانند سمنان و شمال شرقی شاهرود عنوان شده است. گرچه آثار دگرگونی قابل توجهی از این رخداد در منطقه دیده نمی‌شود، ولی شاید بخشی از تکامل دگرگونی مجموعه تکنار را بتوان به آن نسبت داد و همانگونه که اشاره شد بخش دیگر از این رخداد می‌تواند مربوط به فاز کاتانگائی باشد (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۸۵).

۱-۴) فرآیندهای ماگماتیسم منطقه بردسکن

آنچه در این قسمت مورد بررسی قرار داده می شود بررسی اطلاعات زمین شناسی نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه می باشد (پیوست ج). در این قسمت سعی شده است تا از نظر زمین شناسی مجموعه فعالیت-های آذرینی را که منجر به کانی سازی در منطقه گردیده است را بررسی نمائیم.

۱-۴-۱) سازند تکنار

سازند تکنار شامل توالی ضخیمی از سنگهای شیستی، توفی، شیستهای سبز و ماسه سنگهای کوارتزی با سن پرکامبرین است، که دگرگونی خفیفی در حد رخساره شیست سبز زیرین را تحمل نموده اند. در این توالی ریوداسیتها و ریولیتهای دگرگون شده بصورت توده ای وجود دارند (روکی، ۱۳۸۲).

در محدوده چهارگوش بردسکن رخنمونهای زیادی از سازند تکنار دیده می شوند، که از آن جمله کوه تکنار، کوه قله توت، سیاه کوه، کوه زرد، روستاهای سرنخواب پایین و بالا و کوه بیرآباد را می توان نام برد. همچنین در منتهی الیه جنوب محدوده نقشه درکوه آغل گفتار نیز برونزدهایی از این سازند وجود دارد.

از ویژگیهای مهم این سازند همبری آن با دو توده نفوذی است، توده نفوذی دیرینه پرکامبرین از جنس گرانیت، گرانوفیر و گرانیتوئید، هم ارز گرانیت دوران و دیگری گرانیتی که زمان نفوذ آن ائوسن-الیگوسن تعیین شده است. از گرانیت زایی ترشیاری می توان به عنوان توده نفوذی گرمی که همراه با کانی سازی بوده یاد کرد و کانسارهایی مانند معدن کانسار پلی متال تکنار را شاید بتوان حاصل دگرسانی ایجاد شده توسط این توده گرانیتی دانست (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۸۵).

۱-۴-۲) ریولیت‌ها و توف‌های ریولیتی ($p\epsilon^r$)

سازند تکنار که بیشتر از جنس شیست‌های توفی، فیلیت و اسلیت است با گدازه‌های ریولیت و توف-های ریولیتی با ضخامت قابل توجه همراهی می‌شود که در مناطقی مانند سیاه کوه و کوه قلعه توت و جنوب کوه بیجورد، روستاهای کلاته علاالدین، برناباد، کبودان و برج آباد رخنمون‌های دارد (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۸۵).

۱-۴-۳) گرانیت آلکالی (نوع گرانیت دوران) (gd)

توده‌های گرانیتی دانه درشت (جوانتر از سازند تکنار) با ترکیب کوارتز، فلدسپات و کمی میکا که در مناطقی چون تکنار و سیاه کوه با سازند تکنار همبری دارد. این واحدهای سنگی در بعضی نقاط هم در مجاورت گرانیت و گرانودیوریت (متعلق به ترشیاری) نفوذ یافته در منطقه دیده می‌شود. این گرانیت همسایی‌های نزدیکی با گرانیت دوران (که در کوه‌های سلطانیه زنجان شناسایی شده است) دارد (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۸۵).

۱-۴-۴) گرانیتوئید کاشمر (gr)

نام گرانیتوئید کاشمر توسط سلطانی (۱۳۷۹) به توده عظیم گرانیتوئیدی این منطقه اطلاق گردیده، که بین گسل‌های درونه و ریوش واقع شده است. تعیین سن به روش رادیومتری (روبدیوم-استرانسیوم Rb/Sr)، سن ائوسن-الیگوسن را برای آن تعیین نموده است. تونالیت، گرانودیوریت، گرانیت و آلکالی گرانیت توصیف‌هایی می‌باشند که برای این گرانیتوئید بکار برده شده است (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۸۵).

در گستره شمال شرقی برکه بردسکن (برناباد) فقط توده نفوذی مذکور برنزد دارد و به داخل سازند تکنار (دگرگونه‌ها و ریولیت داخل آن) و گرانیت نوع دوران (gd) نفوذ نموده است. حاشیه ای در حدود

۸ تا ۱۰ متر از سنگ‌های دربرگیرنده را گرانیتوئیدها تحت تاثیر دگرگونی قرار داده است. از ویژگی‌های این حاشیه دگرگون و دگرسان شده، کانی‌زایی فلزی است که عامل آن، همراه بودن محلول‌های گرمابی کانه‌دار با توده مورد بحث است و کانه‌های عناصری نظیر مس، طلا و آهن را که برخی از آنها نیز اقتصادی‌اند، در این دگرسانی برجای گذاشته است. درکوه تکنار که سابقه معدن کاری برای طلا دارد، آثار این دگرسانی دیده می‌شود (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۸۵).

۱-۴-۵) آمیزه‌های رنگین (Coloured Melange)

آمیزه‌های افیولیتی موجود در منطقه بردسکن در حقیقت بخشی از حلقه افیولیت جنوب سبزوار محسوب می‌گردد که سنگ‌های اولترابازیک و بازیک با تنوع فراوان را در خود جای داده و اغلب به سربانتین تجزیه شده‌اند. این واحد که در نقاط مختلف نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ بردسکن برونزد دارد، مجموعه درهمی از سنگ‌های اولترابازیک، بازیک، دایک‌های ورقه‌ای (Sheeted dykes)، گدازه‌های بالشی (pillow Lava)، رادیولاریت، سنگ‌های آذرین اسیدی تا بازیک (گرانیت، دیوریت، میکروگابرو) و سنگ‌های آتشفشانی اسیدی تا بازیک (ریولیت، ریوداسیت، داسیت، تراکیت، تراکی‌آندزیت و بازالت)، به همراه سنگ‌های رسوبی دگرگون شده مانند: فیلیت، اسلیت، شیل‌های فیلیتیک و شیست‌های سبز هستند که به دلیل اثر تکتونیک شدید حاکم بر سرزمین‌های افیولیتی، قابل تفکیک به واحدهای موجود در آنها نیستند.

رخنمون‌های این واحد را در شمال و شمال شرقی و غربی گسل تکنار (در کوه‌های بیجورد، کوه قلعه توت، کوه قرتیجو، شمال تکنار، کوه زنگالو) با همبری گسله می‌توان دید که در بعضی نقاط هم زیر پوشش نهشته‌های شبه فلیشی و سنگ‌های آتشفشانی ائوسن یا جوانتر قرار دارند. سنگ‌های آتشفشانی بازیک تا حدواسط (کرتاسه) در شمال شرقی، پیروکسن‌آندزیت و آندزیت‌پورفیری (ترشیاری) در شمال و شمال غربی، سنگ‌های آهکی خاکستری تیره، ماسه‌سنگ و کنگلومرا (کرتاسه)

در غرب و نهشته‌های مخروط افکنه‌ای، کفه‌های نمکی، رسوبات و آبرفت‌های کواترنری در بخش جنوبی گستره برگه بردسکن مشاهده می‌شود (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۸۵).

۱-۵) گزارش زمین شناسی منطقه معدنی مس تکنار

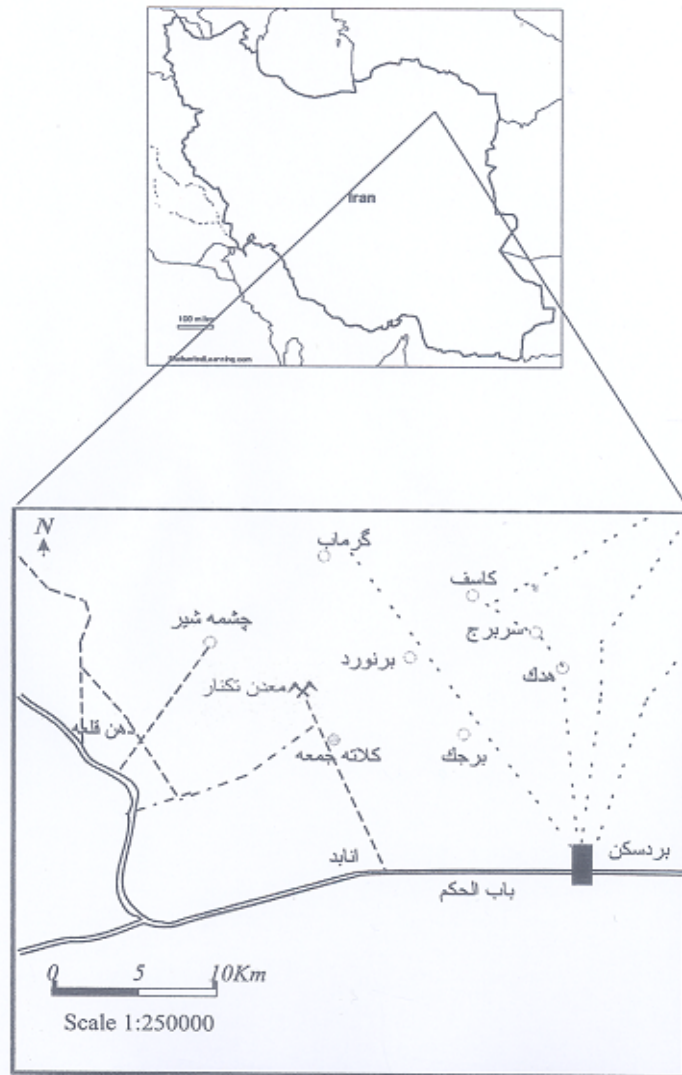
کانسار پلی متال تکنار در استان خراسان رضوی و شمال غربی شهرستان بردسکن، در طول جغرافیائی ۵۷ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۷ درجه و ۴۷ دقیقه و عرض جغرافیائی ۳۵ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۲۲ دقیقه واقع شده است (شکل ۱-۲).

جاده دسترسی به محدوده معدنی تکنار از طریق جاده آسفالتی بردسکن - انابد به مسافت ۱۴ کیلومتر و سپس از طریق جاده انشعابی منتهی به روستای کلاته جمعه به مسافت ۱۲ کیلومتر می‌باشد (روکی، ۱۳۸۲).

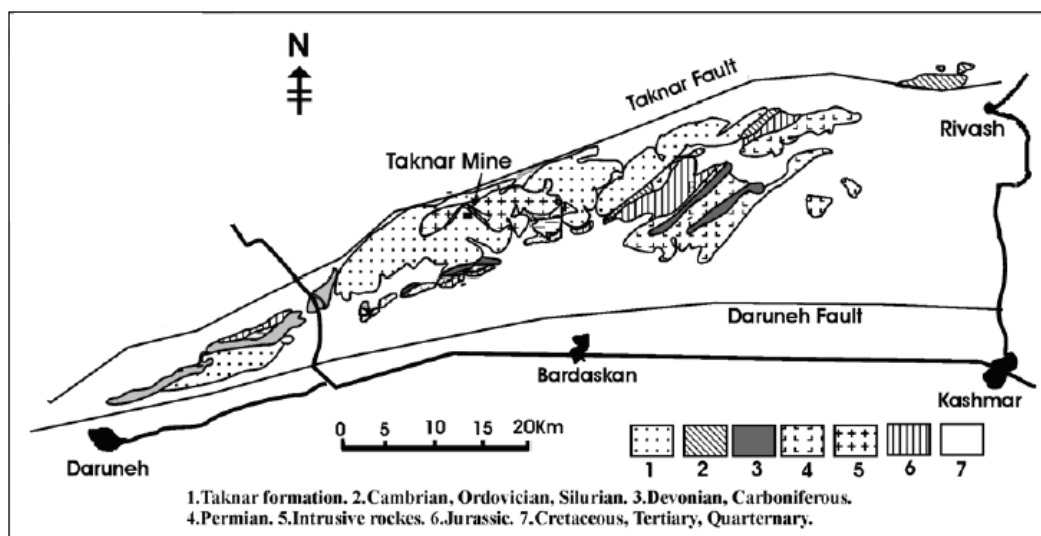
طبق ارزیابی کارشناسان زمین شناسی ذخیره این کانسار حدود ۳۵ میلیون تن سنگ معدن می‌باشد و کارهای اکتشافی در منطقه هنوز در حال انجام است. براساس مطالعات اکتشافی و حفاری‌های انجام شده در محدوده تکنار ۳، فعلاً ۵۰۰ هزار تن سنگ معدن مس با عیار متوسط حدود یک درصد شناسایی شده و پروانه بهره‌برداری آن نیز از سوی اداره کل صنایع و معادن خراسان رضوی صادر شده است (مجتمع معادن مس تکنار، ۱۳۸۸).

محدوده‌های معدنی تکنار در حد فاصل گسل‌های ساختاری درونه و تکنار - ریوش و در بخش‌های شمال- غربی این زون قراردارند (شکل ۱-۳). قسمت عمده این محدوده‌ها را سربهای رسوبی آتشفشانی تشکیلات تکنار در برگرفته است. نفوذ توده‌های گرانیت پرکامبرین (gd) و گرانیتوئید ترشیاری (gr) از قسمت‌های شرقی و شمال شرقی موجب دگرگونی در حد رخساره شیست‌سبز سنگ‌های منطقه شده است. از آنجاییکه این توده‌ها حاوی محلول‌های گرمابی کانه‌دار بوده اند، باعث تشکیل زون‌های کانی‌سازی در سنگ‌های منطقه شده‌اند (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۸۵).

زایش ماده معدنی حداقل در چهار محدوده معدنی به نام‌های تکنار ۱، تکنار ۲، تکنار ۳ و تکنار ۴ رخداده است (شکل ۴-۱).

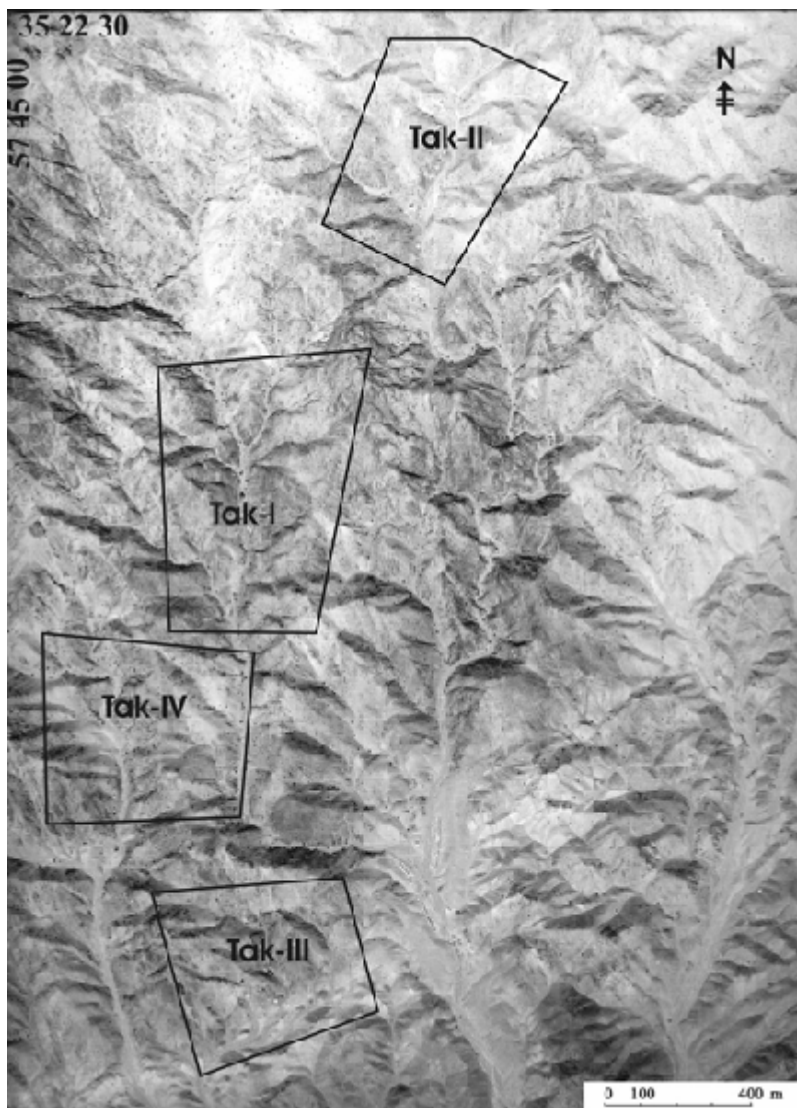


شکل (۱-۲) مسیر دسترسی به معدن تکنار (روکی، ۱۳۸۲)



شکل (۳-۱) تشکیلات تکنار و محدوده گسترش آن (مظاهری و همکاران، ۲۰۰۶)

در قسمت‌های شمالی و شمال غربی منطقه آمیزه‌های رنگی افیولیتی، سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری، سنگ‌های فوق بازیک، دیاباز، توف‌های دیابازی و آهک‌های پلاژیک با سن کرتاسه، ماسه-سنگها و کنگلومرای کرمان (ترشیاری) روی تشکیلات تکنار را پوشانده‌اند.



شکل (۴-۱) عکس هوایی محدودهٔ تکنار ۱ تا ۴ (کریم پور، ۲۰۰۵)

در جنوب منطقه، آمیزه‌های رنگی شامل آهک گلوبوترونکانا، آهک‌های دولومیتی توده‌ای ولایه‌ای دارای فسیل، سنگ‌های آتشفشانی بازیک تا حدواسط و دیاباز و نیز پادگانه‌های جوان و مخروط‌افکنه‌ها مشاهده می‌شود، که جاده دسترسی به معدن نیز از همین مخروط‌افکنه‌ها می‌گذرد (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۸۵).

مجموعه دگرگونی که در شمال بردسکن رخمون دارد، دارای ضخامت برابر ۱۸۰۰-۱۶۰۰ متر بوده و به سه بخش زیرین، میانی و فوقانی تقسیم می‌شود. بخش زیرین بیشترین ضخامت را داشته عمدتاً

شامل توفها و گدازه‌های ریولیتی خاکستری تیره است و ضخامت آن تا ۱۵۰۰ متر نیز می‌رسد. بخش میانی شامل مجموعه دولومیت و ماسه‌سنگ به ضخامت ۳۵۰-۱۵۰ متر بوده و بخش فوقانی شامل ترادف ضخیمی از شیل و ماسه سنگ توفی دگرگونه فیلیتی و اسلیتی سبز و خاکستری رنگ است که ضخامت آن ۳۵۰-۵۰۰ متر بوده و کانی سازی پلی متال تکنار در این بخش قرار دارد (روکی، ۱۳۸۲).

۱-۵-۱) تکنار ۱

شکل این محدوده تقریباً به صورت یک مستطیل است که بزرگترین طول آن حدود ۷۰۰ متر و بزرگترین عرض آن حدود ۶۰۰ متر می‌باشد. کلیه واحدهای متشکله بشکل عوارض مرتفع و مابین چندین رشته ارتفاعات موازی و در راستای ساختار کلی گسل تکنار - ریوش قرار گرفته‌اند. ماده معدنی غالباً در بخش مرکزی رخنمون یافته است. محدوده معدنی تکنار ۱ مورفولوژی خشن‌تری را نسبت به سه محدوده دیگر دارد (مجتمع معادن مس تکنار، ۱۳۸۸).

زمین‌شناسی ناحیه معدن تک ۱ متشکل از سنگ‌های دگرگونی سازند تکنار، توده‌های نفوذی اواسط تا اواخر پالئوزوئیک و توده‌های نفوذی بعد از پالئوزوئیک است. لیتولوژی سازند تکنار شامل سرسیت شیست، کلریت‌شیست، کلریت-سرسیت شیست و مجموعه‌ای از توده‌های متادیاباز تا متاگابرو-دیوریتی است. کانی‌سازی به صورت لایه‌ای، توده‌ای و استوک‌ورک دیده می‌شود. ابعاد و شکل کانی‌سازی‌ها تحت تاثیر تکتونیزم شدید تغییر کرده است. توالی پاراژنز در بخش لایه‌ای و توده‌ای عبارتند از مگنتیت، پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت و گالن. بخش اعظم کانی‌سازی توده‌ای را مگنتیت تشکیل داده است. کانیهای فلزی موجود در بخش استوک‌ورک شامل پیریت، کالکوپیریت و مگنتیت است. کلریت، کوارتز، سرسیت و کربنات در بخش‌های مختلف با درصد‌های متفاوت دیده می‌شود. بخش استوک‌ورک به لحاظ مس و طلا حایز اهمیت است. لایه‌های بخش فوقانی بیشترین عیار را از

نظر مس، طلا، نقره، روی و بیسموت داراست. بخش توده‌ای برای مس، طلا و نقره ارزش اقتصادی دارد (روکی، ۱۳۸۲).

۱-۵-۲) تکنار ۲

این ناحیه در بخش شمالی محدوده کلی کانسار تکنار قرار گرفته است. شکل کلی این محدوده تقریباً بصورت یک مستطیل می باشد که بزرگترین طول آن حدود ۶۵۰ متر و بزرگترین عرض آن ۵۰۰ متر است. محدوده مورد نظر بشکل چندین رشته ارتفاعات موازی با یکدیگر و همسو با مولفه‌های گسلی طولی بویژه گسل تکنار مشاهده می‌شود. قدیمی‌ترین برونزدهای این محدوده را سنگ‌های متعلق به سازند تکنار متشکل از شیست، ماسه سنگ، اسلیت و ریولیت تا ریوداسیت تشکیل می‌دهد (مجمع معادن مس تکنار، ۱۳۸۸).

۱-۵-۳) تکنار ۳

این ناحیه جنوبی ترین بخش محدوده کل کانسار را شامل می‌شود. شکل این محدوده تقریباً بصورت یک مستطیل است که بزرگترین طول آن حدود ۵۰۰ متر و بزرگترین عرض آن ۴۵۰ متر می باشد. محدوده موردنظر در نواحی شمالی در برگیرنده ارتفاعات و نقاط مرتفع است. اما در نواحی جنوبی مورفولوژی منطقه به شکل پستی و بلندیهای کم ارتفاع تپه ماهوری شکل می‌باشد. زایش ماده معدنی در مرکز این محدوده که از مورفولوژی نیمه پستی برخوردار می‌باشد، رخ داده است. محدوده تکنار ۳ متشکل از سریهای رسوبی-آتشفشانی تشکیلات تکنار به سن پرکامبرین می‌باشد. واحد ماسه سنگی-شیستی این مجموعه بخش‌های مرکزی محدوده را در بر گرفته و سنگ‌های ولکانیکی ریولیتی تا ریوداسیتی دور تا دور این سنگ‌ها را احاطه کرده است (مجمع معادن مس تکنار، ۱۳۸۸).

روند و ساختار کلی لایه‌ها و گسل‌ها شمال شرقی-جنوب غربی می‌باشد. ماده معدنی بصورت کانه‌های ثانویه مس‌دار انواع مالاکیت و بعضاً آزوریت و کریزوکلا درون سنگ در برگیرنده و در راستای گسل-های طولی بویژه در مرکز محدوده متمرکز می‌باشد (روکی، ۱۳۸۲).

بنابر گزارشات موجود در شرکت صنایع احیا خراسان، در این محدوده میزان غلظت مس و نقره از سایر بخش‌های کانسار بیشتر بوده، ولی میزان سرب و روی پایین است.

۴-۵-۱) تکنار ۴

این ناحیه که در حدفاصل محدوده‌های تکنار ۱ و ۳ واقع شده است، تقریباً به شکل مستطیل بوده که بزرگترین طول آن ۶۰۰ متر و بزرگترین عرض آن ۵۰۰ متر می‌باشد. لیتولوژی این بخش از سنگ‌های رسوبی پلیتی، چرت و ساب آرکوز که به سریسیت شیسیت و کلریت-سریسیت شیسیت دگرگون شده-اند تا توده‌های نیمه‌عمیق دگرگون شده بازیکی در حد متاگابرو-دیوریت و متادیاباز متغیر می‌باشد. کانی‌های موجود در تکنار ۴ شامل مگنتیت، پیریت، کالکوپیریت و اندکی اسفالریت و گالن می‌باشد. نتایج آنالیز نمونه‌های اخذ شده از این محدوده وجود ۰/۱ درصد مس، ۰/۱۲ درصد سرب، ۰/۲۳ درصد روی، ۱/۷ پی‌پی‌ام نقره و ۳۱ پی‌پی‌ام بیسموت را نشان می‌دهد (ملک زاده، ۱۳۸۲).

۵-۵-۱) گسل‌های اصلی منطقه مورد مطالعه و زون تکنار

کمبرند ولکانوپلوتونیک شمال گسل درونه که منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود، توسط افتخارنژاد (۱۳۵۵)، لیندبرگ و جاکوبس هاگن (۱۹۸۳ برابر با سال ۱۳۶۲ شمسی) به عنوان زون تکنار معرفی گردید. اشتوکلین و افتخارنژاد قدیمی ترین واحد سنگ چینه‌ای در پنجره تکتونیکی تکنار را مجموعه دگرگونی سازند تکنار معرفی کرده‌اند (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۸۵). زون گوه‌ای شکل تکنار با پی‌سنگ پر کامبرین و پالئوزوئیک و با پوشش مزوزوئیک و سنوزوئیک در مرز جنوبی زون سبزوار واقع شده است (روکی، ۱۳۸۲) (شکل ۱-۳) که از جنوب به گسل درونه و از شمال به گسل تکنار

(ریوش) محدود می شود. گسل‌های فرعی دیگری مانند گسل دهن قلعه، گسل سیاه کوه و... نیز در منطقه معدنی تکنار عمل کرده‌اند، که نقش مهمی را در تمرکز مواد معدنی فلزی ایفا نموده‌اند (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۸۵).

الف- گسل درونه (Doruneh Fault) یا گسل کویر بزرگ (Great kavir Fault):

گسل درونه یکی از گسل‌های اصلی ایران است که به گسل کویر بزرگ نیز شهرت دارد. این گسل در آغاز و در نزدیکی دهشیر دارای روند تقریبی شمال غربی- جنوب شرقی است، که این روند تا نائین ادامه دارد و از نائین تا نزدیکی درونه شمال شرقی- جنوب غربی (روند کالدونی) می شود. در منطقه درونه- بردسکن- کاشمر روند شرقی- غربی دارد و در مرز افغانستان، در اثر عملکرد گسل هریرود روند شمال غربی- جنوب شرقی پیدا می کند (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۸۵).

ب- گسل تکنار (Taknar Fault):

این گسل دارای روند شمال شرقی- جنوب غربی است و از نظر جغرافیایی و زمین ساختی به گونه‌ای است که مرز بین رخنمون‌های پنجره فرسایشی تکنار و حلقه افیولیتی- آتشفشانی سبزوار، تربت حیدریه- فریمان را تعیین می نماید. این گسل در ادامه غربی خود در شمال غربی درونه با گسل درونه یکی می شود، و در جهت شرقی گرچه در بعضی نقاط زیر پوشش نهشته‌های کواترنر قرار می گیرد، ولی در رخنمون‌های سنگی و سازندها مرز میان مجموعه‌های افیولیتی حلقه نائین- فریمان- تربت جام را رقم زده است (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۸۵).

۱-۵-۶) مطالعات زمین‌شناسی و اکتشافی انجام شده قبلی در منطقه

کانسار تکنار به علت اهمیت زمین‌شناسی و کانی‌سازی توسط محققین بسیاری مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس بررسی‌های زمین‌شناسی اقتصادی صورت گرفته توسط سازمان زمین‌شناسی و شرکت‌های خصوصی، در منطقه مورد مطالعه، ذخیره پلی‌متال کشف گردیده است.

رزاق منش (۱۳۴۵) در قالب تز دکترا، عملیات اکتشافی زیادی در محدوده تکنار انجام داده است. از دیدگاه رزاق منش زایش مواد معدنی در زون تکنار از نوع نهشته‌ای رسوبی-سولفوری است، که کانه-سازی ادامه‌چندانی نداشته و بصورت عدسی‌هایی نسبتاً قائم در امتداد لایه‌ها قرار دارد. وی سنگ میزبان منطقه معدنی تکنار را کلریت-شیست (سنگ‌های داسیت تا لاتیت دگرگون شده) معرفی کرده است (روکی، ۱۳۸۲).

از سال ۱۳۴۸ شرکت سهامی معادن لوت بهره‌برداری از معدن را آغاز کرد. عملیات استخراجی منطبق بر کارهای شدادی و بصورت زیرزمینی و تونلی و چاه استخراجی و ترانشه انجام شده است.

افتخارنژاد و همکاران (۱۹۷۶ برابر با سال ۱۳۵۵ شمسی) نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشمر را تهیه کردند. در این نقشه سازند تکنار بطور کلی شامل توالی ضخیمی ازتوف، ریولیت با میان‌لایه‌هایی از ماسه‌سنگ و دولومیت در بخش بالایی که تحت تاثیر دگرگونی درجه حرارت پایین قرار گرفته‌اند، معرفی شده و سن آن پرکامبرین تعیین شده است (روکی، ۱۳۸۲).

شرکت چینی "جیانگ کسی" زیر نظر سازمان زمین‌شناسی کشور در سال‌های ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۵ اقدام به یک برنامه اکتشاف ژئوشیمی ناحیه‌ای کرد. ناحیه مورد مطالعه به وسعت ۴۲۰۰۰ کیلومترمربع از گرمسار تا تربت حیدریه را در بر می‌گرفت. مطالعات ژئوشیمیایی بر اساس روش رسوبات رودخانه‌ای بوده و در مناطقی که دارای آنومالی بالا و مناسب بوده‌اند، پی‌گیری اکتشافات بر اساس نمونه‌برداری به روش سنگ و خاک انجام شده است (ملک زاده، ۱۳۸۲). در مجموع ۲۸ عنصر As, Ag, Ba, Be,

.W, V, U, Th, Sr, Sn, Sb, Rb, Pb, P, B, Au, Ni, Nb, Mo, Li, Hg, Fe, Cu, Cs, Cr, Co, Bi
Zn آنالیز گردیده و آنومالی‌هایی مشخص شده است. گزارش مطالعات ژئوشیمیایی نواحی مختلف در
گزارش شماره ۷۵۶۰، ژئوشیمی بردسکن، آمده است. بر طبق این گزارش آنومالی‌هایی از عناصر Cu,
Pb, Zn, Ag, Au, Sb, Bi, Hg, Ba, Mo, W در محدوده دره تکنار دیده می‌شود (ملک زاده،
۱۳۸۲).

بنابه نظر سپاهی گرو (۱۳۷۱) کمپلکس پلوتونیک تکنار متشکل از سنگ‌های گرانیتی، گرانودیوریتی،
تونالیتی و گابرودیوریت است که بصورت یک کمپلکس حلقوی، سنگ‌های دگرگونی سازند تکنار را
تحت نفوذ قرار داده است (روکی، ۱۳۸۲).

همام (۱۳۷۱) پترولوژی سنگ‌های ولکانیک و دگرگونی منطقه تکنار-سربرج-شمال غرب کاشمر را
مورد بررسی قرار داده، و سازند تکنار را مجموعه‌ای از سنگ‌های آتشفشانی شامل ریولیت، ریوداسیت،
داسیت و آتشفشانی رسوبی مشتمل بر توفهای غنی از بلور با ترکیب اسیدی بیان کرده است (روکی،
۱۳۸۲).

عملیات اکتشاف ژئوفیزیکی توسط اکیپ ژئوفیزیک سازمان زمین شناسی کشور در سال ۱۳۷۴ به
روشهای IP، RS و VLF در ۱۰۰۰ نقطه در بخش‌هایی از محدوده های معدنی تکنار ۱، ۲ و ۳ صورت
گرفت، که نتیجه این اکتشافات منجر به مشخص شدن تعدادی آنومالی ژئوفیزیکی گردید.

باباخانی و همکاران (۱۳۷۸) گزارش مطالعات زمین‌شناسی و اکتشافی کانسار پلی متال تکنار، تصحیح
و تکمیل نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰ تکنار ۱ و ۳ و تهیه نقشه زمین شناسی تکنار ۴ را
انجام داده اند. براساس مطالعات باباخانی و همکاران کانی‌سازی منطقه توده‌ای و از نوع ماسیواکساید-
سولفید شبیه کانسار تاسمانی می‌باشد، که با سایر کانسارهای تیپ توده‌ای قابل مقایسه نبوده و کانسار
تیپ تکنار نامگذاری شده است (روکی، ۱۳۸۲).

حضور مگنتیت بالا و نبود پیروتیت در تک ۱ و ۲ کانسار تکنار را از سایر ماسیوسولفیدها متمایز کرده است. کانی‌سازی اولیه در یک محیط کافتی زیردریایی به صورت توده‌ای تشکیل شده است. کانی‌سازی ماسیو اکساید-سولفید اولیه تحت تاثیر محلول‌های هیدروترمال بعدی دگرسانی حاصل نموده و کانی‌سازی ثانویه مس (کالکوزیت و کوولیت) همراه با طلا در این کانسار تشکیل داده است (روکی، ۱۳۸۲).

از سال ۱۳۷۸ شرکت احیای صنایع خراسان عملیات حفاری و اکتشاف را به عهده دارد. عملیات انجام شده شامل تهیه نقشه‌های کانی‌سازی با مقیاس ۱:۱۰۰۰، تهیه نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰ از تکنار ۳، انجام بیش از ۱۰۰۰ متر حفاری در طی ۱۲ چاه اکتشافی، نمونه برداری، تجزیه و آنالیز مغزه‌های حفاری می‌باشد.

ملک‌زاده (۱۳۸۲) در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد، سنگ‌های سازند تکنار را در ۴ گروه دسته بندی کرده است:

سنگ‌های رسوبی پلیتی، چرت و ساب آرکوز که به سریسیت شیست و کلریت سریسیت شیست دگرگون شده‌اند (تک ۱ تا ۴).

کلریت شیست‌ها که سنگ اصلی همراه با کانی‌سازی لایه‌ای و توده‌ای هستند (تک ۱ تا ۲).

توده‌های نیمه عمیق دگرگون شده بازیک در حد متاگابرو-دیوریت تا متادیا باز (تک ۱ تا ۴).

مجموعه‌ای از سنگ‌های ولکانیکی اسیدی-حدواسط در حد ریولیت، داسیت و ریوداسیت در تک ۳ که همگی دگرگون شده‌اند.

وی با عنایت به مقایسه لیتولوژی، شکل کانی‌سازی، آلتراسیون، کانی‌شناسی و ژئوشیمی کانی‌سازی بین کانسار تکنار و سایر کانسارهای ماسیوسولفید جهان، این کانسار را یک تیپ جدید از کانسارهای

ماسیوسولفید، تحت عنوان "کانسار ماسیوسولفید پلی متال (Cu-Zn-Au-Ag-Pb) غنی از مگنتیت (تیپ تکنار)" معرفی کرد.

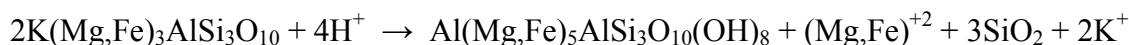
ملک زاده ویژگی منحصر به فرد این کانسار را، داشتن بیش از ۶۰ درصد مگنتیت همراه با کانی‌سازی سولفیدی و نبود پیروتیت همراه مگنتیت، دانست.

اطلاعات و مرور کارهای انجام شده گویای آن است که در این بررسی‌ها کمتر به تحلیل اختصاصات ژئوشیمیایی عناصر در محدوده کانسار و سنگ درونگیر به منظور دسترسی به شاخص‌های اکتشافی پرداخته شده است. آنالیزهای شیمیایی زیادی در منطقه صورت گرفته، ولی اینگونه بنظر می‌رسد که از دیدگاه عناصر کانساری به آنها نگریسته شده است. تجزیه و تحلیل عناصری که می‌توانند از دیدگاه اکتشاف گویای الگوی پراکندگی عناصر در اثر فرآیند کانی‌سازی در منطقه باشند، لازم بنظر می‌رسد. بر این اساس می‌توان به شناسایی الگویی دست یافت تا در راستای هدایت برنامه آتی عملیات اکتشافی، تسهیل در برنامه ریزی طولانی مدت عملیات استخراجی (تعیین و ارزیابی پله نهایی یا کف معدن)، دیو سازی مواد جهت افزایش سوددهی معدن و فرآوری ماده معدنی کاربردی باشد.

۱-۵-۷) انواع آلتراسیون در منطقه تکنار

الف) کلریتی و اپیدوتیتی شدن:

محلول‌های گرمابی و یا ماگمایی غنی از Mg، Al و Fe در سنگ‌های آذرین در دمای مناسب باعث تشکیل کلریت می‌شوند. این نوع آلتراسیون در شرایط مختلفی از pH می‌تواند تشکیل شود که معمولترین آلتراسیون در ماسیوسولفیدها است. این نوع آلتراسیون در قسمت داخلی سیستم ماسیو-سولفید قرار دارد و ذخیره را هم دربرمی‌گیرد. کلریت‌ها در جهت ذخیره غنی از Mg و به سمت خارج غنی از Fe و Ca می‌شوند (روکی، ۱۳۸۲).



بیوتیت

کلریت

در تکنار ۳، کلریت در زون‌های کانی سازی شده هم بصورت پراکنده در متن و جانشینی و هم بصورت رگچه‌ای و پرکننده حفرات دیده می‌شود (روکی، ۱۳۸۲).

ب) سریسیتی شدن:

فرآیند سریسیتی شدن در غالب سنگ‌های منطقه، هم در توده‌های نفوذی عمیق و هم سنگ‌های دگرگون شده دیده می‌شود که مطابق واکنش زیر صورت می‌گیرد:



ارتوز

سریسیت

ج) سیلیسی شدن:

یکی از مهمترین محصولات دگرسانی گرمابی اضافه شدن کوارتز یا سیلیسی شدن است. عواملی از قبیل کاهش فشار، حرارت و pH در تهنشینی سیلیسی از محلول مؤثرند (روکی، ۱۳۸۲).

د) کربناتی شدن:

این آلتراسیون در رسوبگذاری مواد معدنی دما پایین تا متوسط در سنگ آهک‌ها رایج بوده و دولومیت احتمالاً رایج‌ترین کربنات تشکیل شده در فعالیت‌های گرمابی است. کربنات‌های دیگر ممکن است در سنگ‌های سیلیکاتی، بویژه جایی که آهن در دسترس است تشکیل شوند و آنکریت ممکن است بویژه در محیط کلسیم-آهن سنگ‌های بازی کربناتی شده و آذراواری‌ها رایج باشد. تغییرات شیمیایی صورت گرفته شامل اضافه شدن Mg در سنگ‌های آهکی و اضافه شدن CO_3^{-2} در سنگ‌های سیلیکاتی می‌باشد (شهاب پور، ۱۳۸۴).

۱-۶) مقایسه کانسار تکنار با سایر ذخایر ماسیوسولفید جهان

به طور کلی شباهت نزدیکی بین تکنار و ذخایر ماسیوسولفید جهان از نظر بافت و شکل کانی‌سازی، کانی شناسی، ژئوشیمی، آلتراسیون و لیتولوژی وجود دارد (ملک زاده، ۱۳۸۲). وجود بخش‌های استوکورک در زیر و بخش لایه‌ای و توده‌ای در قسمت فوقانی، آلتراسیون کلریتی \pm سربیسیت \pm کربنات در بخش لایه‌ای و توده‌ای و کوارتز + کلریت + سربیسیت در بخش استوکورک، کانی شناسی ساده شامل کالکوپیریت، پیریت، اسفالریت، گالن (\pm سولفوسالت‌ها \pm طلا) و حضور سنگ‌های ولکانیکی فلسیک و توده‌های ساب ولکانیک بازیک دگرگون شده همراه با سنگ‌های رسوبی دگرگون شده، شباهت هر چه بیشتر این کانسار به کانسارهای ماسیوسولفید را می‌رساند (ملک‌زاده، ۱۳۸۲).

۱-۶-۱) رده بندی ذخایر ماسیوسولفید

کانسارهای ماسیوسولفید توسط افراد مختلف و به روش‌های گوناگون تقسیم‌بندی شده‌اند.

سیلیستو (۱۹۷۳) بر اساس محل تشکیل این ذخایر را به دو گروه تقسیم کرد:

۱) ذخایری که در زون گسترش اقیانوسی تشکیل می‌شوند، و دارای نسبت Cu/Zn بالایی هستند.

۲) ذخایری که در جزایر قوسی و حاشیه‌های قاره‌ای تشکیل می‌شوند، و معمولاً دارای مقادیر قابل

توجهی از Pb, Zn, Ag و Ba هستند (علیپور کرمانی، ۱۳۸۸).

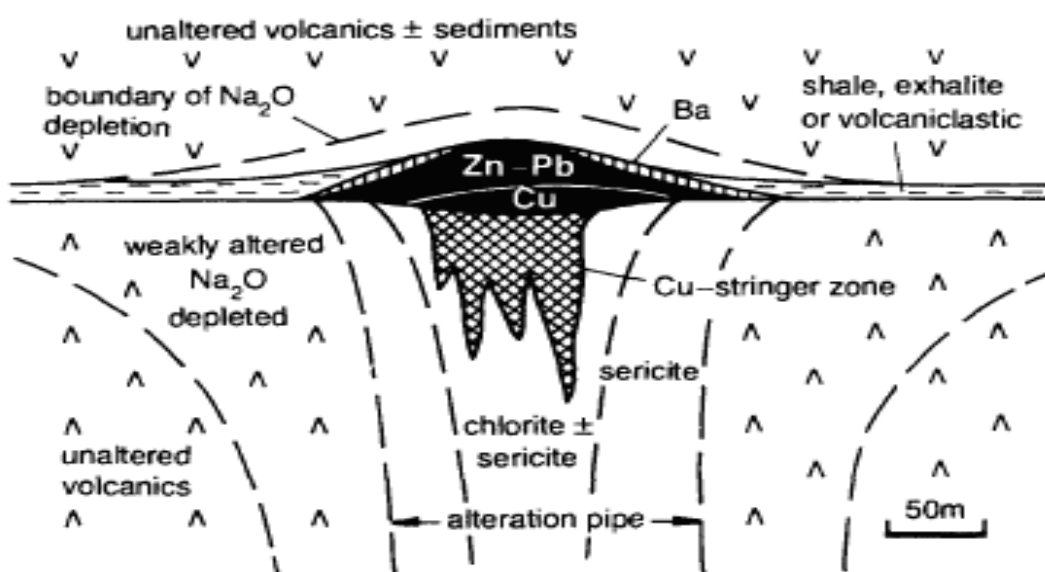
ساوکینز (۱۹۷۶) بر اساس نوع و ترکیب سنگ‌های آتشفشانی چهار تیپ برای ماسیوسولفیدها معرفی کرد:

۱-۶-۱) ماسیوسولفید تیپ کورکو

این نوع ماسیوسولفید در سنگ‌های فلسیک و کالک‌آلکالن آتشفشانی با سن آرکئن تا ترشیاری در محل برخورد صفحات در نواحی اقیانوسی تشکیل می‌گردد.

همانطور که در شکل (۱-۵) مشاهده می‌شود، بخش اصلی کانی‌سازی توده‌ای در قسمت‌های فوقانی کانسار واقع شده‌است و در زیر آن زون استرینگر داریم.

زون‌های آلتراسیون از داخل به خارج شامل زون کلریتی، سیرسیتی و در برخی موارد زون زئولیتی-کربناتی می‌باشند (کریم‌پور، ۱۳۸۴).



شکل (۱-۵) نمایش رابطه انواع کانی‌سازی و واحدهای سنگی در کانسار کورکو (ساوکینز، ۱۹۷۶)

در نزدیکترین بخش به توده معدنی واقع در کمر پایین ماده معدنی شاهد افزایش غلظت Fe, K, Mg و SiO_2 و کاهش Na و Ca می‌باشیم. در زون کلریتی افزایش غلظت Fe, Mg و گاهی K و کاهش Na و Ca را شاهد هستیم. میزان منیزیم کلریت‌ها به سمت ذخیره افزایش می‌یابد. در زون سیرسیتی افزایش غلظت Mg, Ca و گاهی K و کاهش Na و Fe را داریم، و نهایتاً در زون آرژیلی

افزایش غلظت Ca و Mg و کاهش Na و Fe را شاهد هستیم. کانی سازی باریت معمولاً در بخش‌های فوقانی ذخایر کورکو حضور دارد که راهنمای اکتشافی محسوب می‌شود (کریم‌پور، ۱۳۸۴).

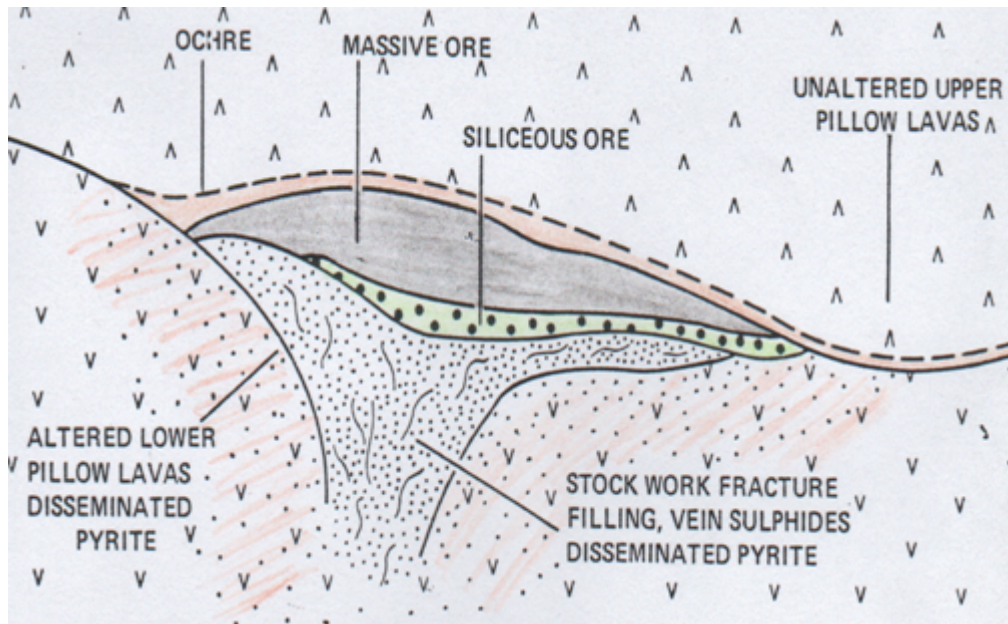
گاهی اوقات علاوه بر عناصر، کانه‌ها نیز می‌توانند راهنمای اکتشاف باشند. مثلاً حضور پیروتیت و کالکوپیریت نشاندهنده نزدیکی به مرکز کانی سازی (حرارت و فشار بالا) می‌باشد، و یا وجود باریت نشاندهنده دوری از نقاط داغ لوله‌های آلتراسیون می‌باشد. پیریت و اسفالریت در رنج وسیعی از حرارت تشکیل می‌شوند (کریم‌پور، ۱۳۸۴).

۱-۶-۱) ماسیوسولفید تیپ قبرس

ماسیوسولفیدهای تیپ قبرس در سنگ‌های بازالتی کم پتاسیم در بخش‌های فوقانی افیولیت‌ها و در زون گسترش کف اقیانوس تشکیل می‌گردند.

کلریت، تالک، کربنات و مقدار جزئی سربیسیت به همراه ذخیره دیده می‌شود. میزان سربیسیت به سمت خارج افزایش می‌یابد. در زون استوک‌ورک مقدار قابل ملاحظه‌ای کوارتز تشکیل می‌شود.

ناهنجاری عناصر Fe و Mn در اطراف زون کانی‌سازی مشاهده می‌شود، به طوریکه برخی از ذخایر منگنز در مجاورت ماسیوسولفیدهای نوع قبرس تشکیل می‌شوند. کاهیدگی Ca و Na و افزودگی K در زون‌های آلتراسیون گزارش شده است (کریم‌پور، ۱۳۸۴).

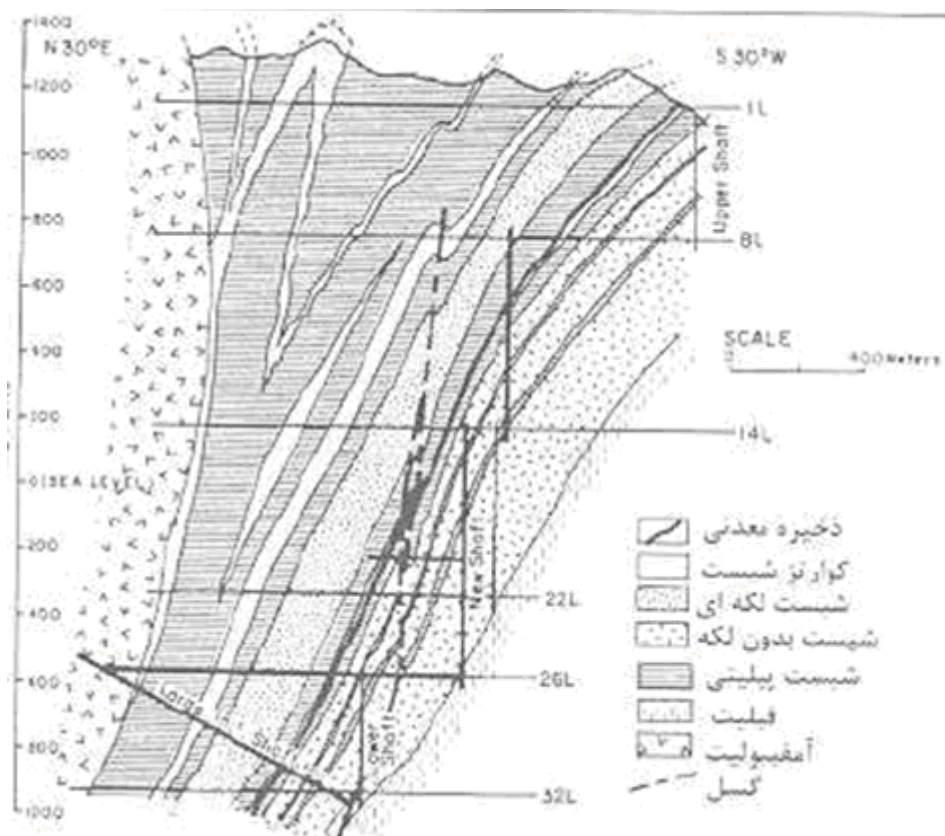


شکل (۱-۶) نیمرخ ذخیره ماسیوسولفید نوع قبرس (لیدون، ۱۹۸۸)

۱-۶-۱ ماسیوسولفید تیپ بشی

مجموعه‌ای از سنگ‌های رسوبی آواری و سنگ‌های آتشفشانی مافیکی میزبان این تیپ از ماسیوسولفیدها بوده و کلسیت، آنکريت، آلبیت، تورمالین، سیدریت و بیوتیت محصولات شاخص دگرسانی در این تیپ می‌باشد. ناهنجاری عناصر Cu, Fe, Zn, Ag, Au و گاهی Co, Sn و Mo ، افزایش در میزان Mg و وجود هاله Mn از ویژگیهای ژئوشیمیایی این ذخایر به شمار می‌رود (کریم-

پور، ۱۳۸۴).

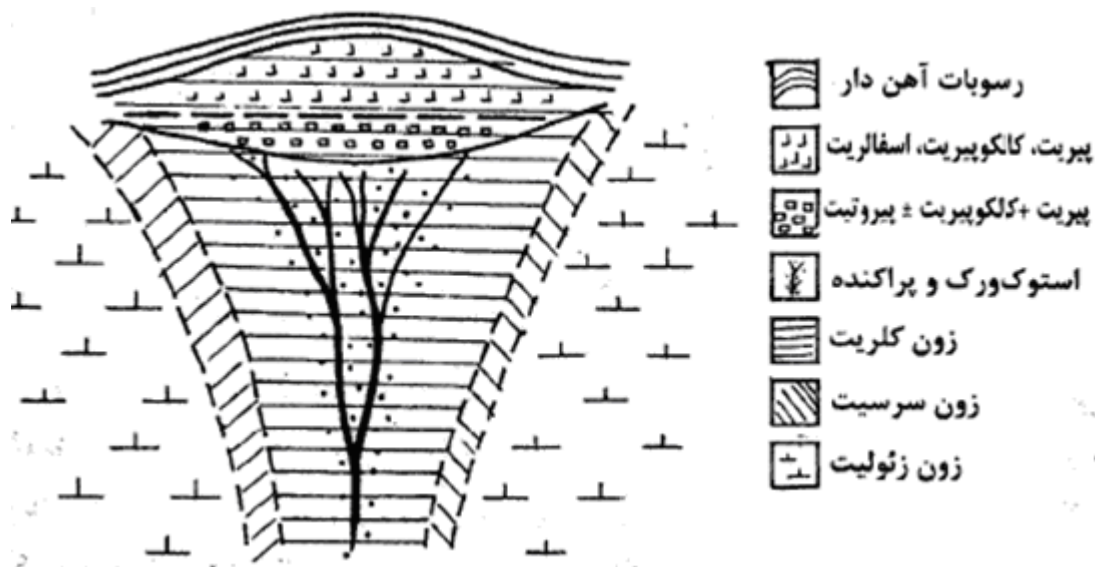


شکل (۷-۱) نمایش موقعیت کانی سازی نوع بشی (کریم پور، ۱۳۸۴)

۱-۶-۱-۴) ماسیوسولفیید تپ آرکئن

این گروه از ماسیوسولفییدها مجموعه‌ای از سنگ‌های آتشفشانی زیر دریایی شامل بازالت، آندزیت، داسیت و به مقدار کم ریولیت هستند که همگی دگرگون شده‌اند.

در شکل (۸-۱) زون‌های مختلف ذخیره و دگرسانی اطراف سولفییدهای توده‌ای نوع آرکئن نمایش داده شده است. بخشی از سولفییدهای پراکنده در زون کلریتی واقع گردیده است. در بخش استوک-ورک میزان کوارتز افزایش می‌یابد. زون سریسیتی از اطراف، زون کلریتی را در برمی‌گیرد. زون ژئولیت، کربنات و کانی‌های رسی بعنوان خارجی‌ترین زون در این سیستم و رسوبات نرم آهن دار در بالای ذخیره قرار دارند (کریم پور، ۱۳۸۴).



شکل (۸-۱) نمایش نیم رخ زون‌های آلتراسیون و بخش‌های مختلف ذخیره آرگن (کریم‌پور، ۱۳۸۴)

لازم به ذکر است که طبقه بندی فوق الذکر به نوعی در ارتباط با محیط تکتونیکی تشکیل این ذخایر نیز می‌تواند باشد. بر این اساس، ذخایر کورکو در مناطق فرورانش و حوضه‌های مربوطه، ذخایر قبرسی در زون گسترش کف اقیانوسی و ذخایر بشی در حواشی حوضه‌ها تشکیل می‌گردند (قوامی و همکاران، ۲۰۱۰).

در جدول (۱-۱) به مقایسه کانسار تکنار با انواع ماسیوسولفیدهای معمول دنیا به لحاظ لیتولوژی، بافت و شکل، آلتراسیون، کانی شناسی و سن پرداخته شده است:

جدول (۱-۱) مقایسه کانسارتکنار با سایر ذخایر ماسیوسولفید جهان (ملک زاده، ۱۳۸۲)

عبارت	من	کاتی شناسی	آلتراسیون	بافت و شکل	لیتولوژی
<p>تک I:</p> <p>%Cu = 0.01-5.86</p> <p>Pb (ppm) = 27-4400</p> <p>Zn (ppm) = 269-15600</p> <p>Mo (ppm) = 85-1300</p> <p>Au (ppm) = 0.86-7.53</p> <p>Ag (ppm) = 2.4-95.1</p> <p>Bi (ppm) = 34-2200</p>		<p>تک I:</p> <p>بخش استوئورک: پیریت، کالکوپیریت و مگنتیت بخش لایه‌ای و توده‌ای:</p>	<p>تک I:</p> <p>بخش استوئورک: زون کلریت + کوارتز + سرسیت بخش لایه‌ای: زون کلریت + کربنات ± سرسیت و زون کلریت + سرسیت بخش توده‌ای: زون کلریت ± کربنات ± سرسیت</p>	<p>تک I:</p> <p>استوئورک، لایه‌ای، توده‌ای</p>	<p>سنگ‌های سازند تکنار شامل ۱) سنگ‌های رسوبی پلیتی، چرت و سائپارکوز که هم‌اکنون به سرسیت‌شیمت و کلریت سرسیت‌شیمت دیگرگون شده‌است (تک I تا IV) ۲) کلریت شیمت‌ها که سنگ اصلی همراه با کاتی‌سازی لایه‌ای و توده‌ای هستند (تک II تا III) ۳) توده‌های نیمه‌عمیق دیگرگون‌شده بازیکی در حد متاگابرو - نیوریت تا متادایاز (تک I تا IV) می‌باشد. همچنین مجموعه‌ای از سنگ‌های ولکانیکی اسیدی - حدواسط در حد ریولیت، داسیت و ریوداسیت در تک III حضور دارد که همگی دیگرگون شده‌اند. واحدهای نامبرده مرتبط با کاتی‌سازی تکنار هستند.</p>
<p>تک II:</p> <p>%Cu = 0.33-2.56</p> <p>Pb (ppm) = 93-5000</p> <p>%Zn = 0.30-7.68</p> <p>Mo (ppm) = 54-116</p> <p>Au (ppm) = 0.33-11</p> <p>Ag (ppm) = 18.7-105</p> <p>Bi (ppm) = 79-214</p>	<p>ار دوپسین؟</p>	<p>تک II:</p> <p>بخش استوئورک: پیریت، کالکوپیریت، اندکی مگنتیت، اسفالریت و گالن بخش لایه‌ای و توده‌ای: مگنتیت، پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، گالن و (±) طلا، (±) سولفوسالنتها)</p>	<p>تک II:</p> <p>بخش استوئورک: زون کلریت + کوارتز بخش لایه‌ای و توده‌- ای: زون کلریت و زون کلریت + کربنات</p>	<p>تک II:</p> <p>استوئورک، لایه‌ای، توده‌ای</p>	
<p>تک III:</p> <p>%Cu = 0.05-5.54</p> <p>Pb (ppm) = 17-47</p> <p>Zn (ppm) = 62-179</p> <p>Au (ppm) = 0.06-0.33</p> <p>Ag (ppm) = 1.6-40</p> <p>Bi (ppm) = 11-250</p>		<p>تک III:</p> <p>پیریت، کالکوپیریت و جزئی مگنتیت در بخش استوئورک تک IV:</p> <p>مگنتیت، پیریت، کالکوپیریت، اندکی اسفالریت و گالن در بخش توده‌ای</p>	<p>تک III:</p> <p>زون کلریت + کوارتز + سرسیت</p>	<p>تک III:</p> <p>استوئورک، لایه‌ای و سپس توده‌ای در بالاست.</p>	
<p>تک IV (نتایج در نمونه سطحی):</p> <p>%Cu = 0.1 تا</p> <p>%Pb = 0.12 تا</p> <p>%Zn = 0.23 تا</p> <p>Ag (ppm) = 1.7</p> <p>Bi (ppm) = 31</p>					

ادامه جدول (۱-۱)

عبار	من	کاتی شیمی	آلتراسیون	بافت و شکل	لیتولوژی	
%Cu=1.3 %Pb=1.9 %Zn=2 Au (ppm) =13 Ag (ppm) =95	در زمانهای مختلف شناسایی شده‌اند.	زون استوکورک شامل: کوارتز، کالکوپیریت، پیریت و باریت بخش توده‌ای شامل: ۱) نخیره زرد رنگ حاوی پیریت، کالکوپیریت و مقدار جزئی اسفالریت، باریت، کوارتز و سایر کاتی‌های سولفیدی. ۲) نخیره سیاه رنگ حاوی اسفالریت، گالن، کالکوپیریت، پیریت، باریت و کوارتز.	زون کوارتز - سرسیت - کلریت همراه نخیره، زون زئولیت - کربنات - کاتی رسی اطراف نخیره.	شامل دو بخش توده‌ای و استوکورک، بخش توده‌ای عسیمی شکل و دارای لایمندی، سولفیدها بسیار دانه‌ریز در بخش توده‌ای و دانه‌رشت در بخش استوکورک.	مجموعه آندزیت - دانسیت و ریولت نوع کالکالکال	کروکو ^۱
%Cu = 0.5-5 %Zn = 0.1-2 Au (Once/Ton) = 0.01-1 Ag (Once/Ton) = 0.02-2 %Co = 0.35	محدودیت زمانی گزارش نشده است	پیریت، کالکوپیریت، مگنتیت، اسفالریت، مارکازیت، پیروئیت، مقدار کم گالن، هماتیت و کوپرنیت. در بالای نخیره چرت و یا رسوبات غنی از اکسید و هیدروکسیدهای آهن قرار دارد.	کلریت، تالک مکرینات و مقدار جزئی سرسیت به همراه نخیره دیده می‌شود. میزان سرسیت به سمت خارج افزایش می‌یابد. کوارتز در زون استوکورک قابل ملاحظه است.	بخش توده‌ای با لایمندی نازک در بالای بخش استوکورک بافت گل‌کلمی متداول است	بازالت‌های تولیتی پالشی در قسمت فوقانی اقبولیتها	قبرس ^۲
%Cu = 1.5 %Pb = 0.07 %Zn = 3.5 Au (ppm) = 0.8 Ag (ppm) = 20	ارکن	بخش پایین توده‌ای حاوی پیریت، کالکوپیریت، کوارتز و مقدار جزئی پیروئیت. بخش فوقانی شامل پیریت، اسفالریت و کالکوپیریت.	نخیره در زون کلریتی می‌باشد. میزان کوارتز در بخش استوکورک زیاد است. زون سرسیت در اطراف و زون زئولیت - کربنات و کاتی رسی در بالای نخیره.	بخش توده‌ای به شکل عسیمی و بخش زیرین آن استوکورک. بخش توده‌ای دارای لایمندی است.	مجموعه‌ای از سنگ‌های لشفشایی زیر دریایی با لیت - آندزیت - دانسیت و به مقدار کم ریولیت که همگی دگرگون شده‌اند.	ارکن ^۳
%Cu = 1.5-4.8 %Zn = 1-3 Ag (ppm) = 4-20	غالباً در کامبرین و پرمین و اولخر تریاس تشکیل شده‌اند.	پیریت، پیروئیت، کالکوپیریت، اسفالریت، کبالتیت، گالن، بورنیت، تتر اهریت، استانتیت سولفیدنیتر آرمنوپیریت و مارکازیت.	کلسیت، انکریت، آلیت، تورمالین، سیدریت و بیروئیت.	بافت توده‌ای با لایمندی منظم. سولفیدها دانه‌ریز تا دانه متوسط	مجموعه‌ای از سنگ‌های رسوبی آواری و سنگ‌های آتشفشانی و کربناتها	پشی ^۴
%Cu = 0.4-2 %Pb = 2-7 %Zn = 6-17 Au (ppm) = 0.4-4 Ag (ppm) = 29-200	غالباً کامبرین	کاتی‌های اصلی: پیریت، اسفالریت و کالکوپیریت کاتی‌های فرعی: آرمنوپیریت، تتر اهریت، تانتیت، لژانتیت، اکنتیت، بولانژریت، بورنویت، کاسیت، الکتروم ± پیروئیت، مگنتیت و بیسموت	زون کلریت ± کوارتز بلافاصله زیر لئزو و زون غنی از سرسیت در دورتر. آلتراسیون کربناتی در زون کلریت یا سرسیت.	اشکال صفحه مانند و لژی.	همراه با سنگ‌های فلیسک و یا سنگ‌های مافیک - جنواسط غالباً لابی یا ولکتوکلاسیک.	کاتسارهای غنی از Zn ^۵

ادامه جدول (۱-۱)

عبار	من	کانی‌شناسی	آلتراسیون	بافت و شکل	لیتولوژی	
%Cu = 1-7 Au (ppm) = 0.5-3	عالباً کانسارین	کانی‌های اصلی: پیریت، کفکوپیریت و (مگنتیت) کانی‌های فرعی: اسفالتین، گالن، هماتیت مولیندیت، بیمسوت، مولفومالیتها، توریدهای بیمسوت، طلا، کاسیت (±) تتراهدریت، آرمنوپیریت و توریدهای طلا	زون کلریت ± کوآرتز در نزدیکی کانی‌سازی هم در کمریچین و هم در کمریالا و زون مرسیت در فاصله دورتر. آلتراسیون کربنتی کمتر دیده می‌شود.	به شکل ماسیو و پراکنده دیده می‌شوند.	سنگ‌های ولکانیکی فلسیک و نوفوئهای ماسیو لکانیک	کانسارهای غنی از Cu
Au (ppm) = 11.3	-	مرکز غنی از طلا - نقره - توریم که بومیله یک زون غنی از من - سرب بیمسوت انحطه شده و هاله خارجی غنی از روی می‌باشد.	زون مرکزی متشکل از سیلیکات میکروکریستالین که بومیله زون سیلیکا - مرسیت انحطه می‌شود و زون خارجی شامل سیلیکا - مرسیت - پیریت - کلریت می‌باشد. آلتراسیون کربنتی به مسورت لایه‌ای و در رخساره ولکانوکلستیک.	صنداق حالت پراکنده.	رخسارهای ولکانوکلستیک، سنگ‌آهک و آبگمیریت.	کانسارهای غنی از Au

اگرچه کانسار تکنار شباهت‌هایی به لحاظ زون‌های آلتراسیون به نوع کورکو و شباهت‌هایی به لحاظ وجود رخساره‌های دگرگونی به تیپ آرکنن دارد، اما این ذخیره ماسیوسولفید به علت ویژگی منحصر-به‌فرد خود، یعنی داشتن بیش از ۶۰ درصد مگنتیت همراه با کانی‌سازی سولفیدی، جزء هیچکدام از ذخایر شناخته شده ماسیوسولفید نمی‌باشد. تعداد اندکی از کانسارهای ماسیوسولفید دارای مگنتیت بالا هستند، ولی تمامی این کانسارها همراه با مگنتیت، پیرویت نیز دارند که بیانگر تشکیل آنها از یک محلول احیایی است. در صورتیکه در کانسار تکنار پیرویت دیده نشده است و شرایط فیزیکوشیمیایی محلول کانی‌ساز آن با بقیه تفاوت دارد (ملکزاده، ۱۳۸۲).

همچنین نوع رابطه مگنتیت با کانی‌سازی‌های سولفیدی در تکنار متفاوت است. به طوری که مگنتیت ماسیو در کانسارهای مگنتیت بالا، غالباً اولین فاز کانی‌سازی آن مناطق بوده و کانی‌های سولفیدی

عمدتاً پس از آن تشکیل شده اند، در حالیکه مگنتیت در تکنار همراه با کانی‌های سولفیدی در بخش فوقانی زون استوک ورک، قسمت لایه‌ای و بخش ماسیو وجود دارد.

لذا اینگونه بنظر می‌رسد که کانسار پلی متال تکنار یک تیپ جدید از کانسارهای ماسیوسولفید می‌باشد و می‌توان آن را به صورت زیر نامگذاری کرد (ملک زاده، ۱۳۸۲):

کانسار ماسیوسولفید پلی متال (Cu-Zn-Au-Ag-Pb) غنی از مگنتیت تیپ تکنار

۱-۷) اهداف پایان نامه

گسترش وسیعتر هاله‌های پراکندگی ژئوشیمیایی در مقایسه با ذخیره معدنی در کانی‌سازی‌های ناشی از فرآیندهای بعد از ماگمایی یکی از دلایل اصلی کاربرد اکتشافات ژئوشیمیایی در الویتهای اولیه اکتشافی می باشد.

بررسی نحوه پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر در هاله‌های تشکیل یافته، ارزیابی رفتار ژئوشیمیایی عناصر و تعیین عوامل کنترل کننده ایجاد شده در پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر کمک می کند تا شاخص-های اکتشافی مناسب با شرایط زمین شناسی منطقه مورد مطالعه تعریف گردد.

براساس بررسی‌های زمین شناسی صورت گرفته توسط سازمان زمین شناسی و شرکت‌های خصوصی، در منطقه مورد مطالعه ذخیره پلی متال کشف گردیده است. در بسیاری از اکتشافات و مطالعات انجام شده توسط محققین دیگر، این ذخیره را گونه‌ای متفاوت از ذخایر شناخته شده دنیا معرفی نموده‌اند (ملک‌زاده، ۱۳۸۲). اطلاعات بدست آمده گویای آن هستند که در این بررسی‌ها کمتر به تحلیل رفتار ژئوشیمیایی عناصر به منظور دسترسی به شاخص‌های اکتشافی پرداخته شده است این امر می‌تواند زمینه تحقیقی باشد تا ضمن ارزیابی ویژگی‌های این ذخیره، تلاش نمود تا شاخص یا شاخص‌هایی را تعریف کرد که به ارزیابی موقعیت کانی سازی زیر سطحی بر اساس اطلاعات جبهه کار بپردازند.

برای این منظور عملیات نمونه برداری، آماده سازی (مقاطع نازک و صیقلی و قرص پودر نمونه) و آنالیز نمونه ها (به روش XRF, XRD) جهت بررسی نحوه پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر در اطراف ذخیره به منظور ارزیابی و شناخت دقیق تاثیر فرآیندهای کانی سازی بر مهاجرت، تهی شدگی و یا غنی-شدگی ژئوشیمیایی عناصر از سنگ ها که ناشی از فرآیندهای کانی سازی بوده، انجام گردید.

۱-۸) اشاره به مطالب فصل های بعدی

در فصل دوم روش انجام نمونه برداری، نتایج حاصل از آنالیز نمونه ها و نتایج مطالعه مقاطع نازک و صیقلی ارایه گردیده است.

فصل سوم شامل بررسی پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر در منطقه و تفسیر نمودارهای تغییرات غلظت عناصر در بخش های مختلف کانسار می باشد.

در فصل چهارم، با استفاده از نتایج فصل سوم و به منظور آشکارسازی بیشتر هاله ها شاخص های اکتشافی مناسب برای هر بخش از کانسار تعریف شده است.

فصل پنجم شامل تعیین موقعیت سطح فرسایش آنومالی نسبت به کانی سازی احتمالی در محدوده کانسار تکنار بوده و در نهایت در فصل ششم به نتیجه گیری و پیشنهادات بدست آمده از این تحقیق پرداخته شده است.

فصل دوم

عملیات صحرائی انجام شده در

منطقه

۲-۱) اکتشافات ژئوشیمیایی

تعیین ناهنجاری مثبت یا منفی ژئوشیمیایی (مقادیر غیرعادی عناصر و فلزات) مرتبط با کانی‌سازی یکی از اهداف اکتشافات ژئوشیمیایی است. بمنظور دسترسی به این هدف، در مراحل اکتشافات ژئوشیمیایی اقدام به نمونه برداری، تجزیه شیمیایی نمونه‌ها، پردازش و تفسیر داده‌ها می‌گردد. محیط‌های نمونه برداری شامل محیط سنگی، خاک، رسوبات آبراهه‌ای، آبهای سطحی و زیرزمینی و گاز- خاک است (یزدی، ۱۳۸۱؛ حسنی پاک، ۱۳۶۲؛ لوینسون^۱، ۱۹۷۴). انتخاب با توجه به مقیاس اکتشافات معدنی و شرایط آب و هوایی، توپوگرافی و زمین شناسی منطقه مورد مطالعه، محیط‌های نمونه برداری هاله اولیه یا ثانویه ژئوشیمیایی انتخاب خواهد گردید. بعنوان مثال در اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه ای معمولاً از هاله های ثانویه (نمونه برداری از رسوبات رودخانه‌ای، آبرفت، یخرفت، شیب‌رفت، خاک، آب و گاز) بدلیل وسعت و همگنی بالاتر نمونه‌برداری می‌شود حال آنکه در اکتشافات ژئوشیمیایی تفصیلی ترجیح داده می‌شود از هاله های اولیه (سنگ‌های منطقه) که بطور مستقیم در ارتباط با کانی سازی هستند نمونه برداری صورت پذیرد. در این تحقیق با توجه به هدف طرح، نمونه‌ها از واحدهای سنگی منطقه (نمونه های لیتوژئوشیمیایی) برداشت شده‌اند.

یک روش اکتشاف کانسارهای پنهانی مطالعه محیط‌های سنگی ژئوشیمیایی است. شناسایی هاله اولیه کانسارها که تا فاصله زیاد از محل کانسار مدفون یافته ممکن است گسترش یافته باشند، تشخیص منطقه‌بندی عناصر در اطراف کانسار و تفسیر عمق فرسایش برخی از کاربردهای سودمند مطالعه این هاله‌ها می‌باشند. در بررسی‌های اکتشافی شمار زیادی از کانسارها از جمله پورفیری، گرانیتهای قلع-دار، ماسیوسولفید، اسکارنی، ذخایر رگه‌ای، طلای اپی ترمال، شناسایی کانسارهای گرمابی و حتی کانسارهای ماسیوسولفید استراتی فرم رسوبی (SEDEX) و کانسارهای سرب و روی نوع دره میسی-

¹ Levinson

سی‌پی روش‌های ژئوشیمیایی کاربردهای متنوعی داشته‌اند (یزدی، ۱۳۸۱؛ لارج^۲، ۲۰۰۱؛ قوامی و همکاران، ۲۰۱۰).

رخمون‌های سنگی طبیعی یا مصنوعی (حفاری‌های اکتشافی از قبیل تونل‌ها و حفاری‌ها) بهترین مکان‌های نمونه برداری محسوب می‌گردند. مهمترین مزیت این روش آن است که مستقیماً از سنگ‌ها و محیط توزیع ژئوشیمیایی عناصر بر اثر فرآیندهای کانی‌سازی نمونه برداری انجام می‌شود که کمترین اثر آلودگی را در بردارد. نقطه ضعف بزرگ دیگر این روش آن است که نمونه برداشت شده از هر نقطه فقط معرف همان نقطه است. بنابراین در کاربرد این روش باید بدین مساله توجه کرد که نتایج تجزیه شیمیایی یک نمونه را نمی‌توان به یک بخش گسترده از یک منطقه اکتشافی چه سطحی و چه عمقی تعمیم داد (یزدی، ۱۳۸۱). بمنظور مرتفع نمودن این ابهام، بر اساس بررسی‌های زمین-آماری می‌توان شعاع تاثیر هر نمونه را تعیین نمود.

۲-۲) روش انجام کار

در راستای اجرای طرح پایان‌نامه مراحل کار شامل عملیات صحرائی، آزمایشگاهی و در نهایت پردازش و تحلیل داده‌ها به شرح زیر انجام گردید:

۲-۲-۱) عملیات صحرائی

مجموعه بازدیدهای صحرائی و عملیات نمونه برداری انجام شده در این تحقیق در منطقه معدن تکنار، شامل شناسایی منطقه و نمونه برداری از رخمون‌های مصنوعی (گمانه‌ها و تونل‌های اکتشافی) و طبیعی (جبهه‌کار در حال بهره برداری معدن) به منظور مطالعه اختصاصات ژئوشیمیایی هاله‌های اولیه (مطالعات لیتوژئوشیمیایی) بوده است. در این راستا سعی شده تا از واحدهای سنگی قابل دسترس و هاله‌های اطراف ماده معدنی نمونه برداری‌های کامل صورت پذیرد. برای این منظور، از گمانه‌هایی که

² Large

مناسبتین برخورد را با کانسار داشته و قابل دسترسی بوده مانند گمانه (TK3S-04) واقع در محدوده تک ۳ جنوبی (نمونه‌ها با شماره‌های S04) و گمانه (TK3N-01) واقع در منطقه تک ۳ شمالی (نمونه‌ها با شماره‌های N01) نمونه برداری انجام گرفته است.

در بین تونل‌های اکتشافی حفر شده در منطقه از یکی از مناسب‌ترین تونل‌ها به لحاظ معلوم بودن وضعیت ماده معدنی (تونل شرقی- غربی واقع در ناحیه تک ۱ و نمونه‌ها با شماره‌های TK1) نیز نمونه برداری صورت گرفته است. از واحدهای سنگی خارج از این تونل نیز که بعنوان سنگ درونگیر نزدیک بوده است نمونه برداری انجام شده است (نمونه TK1-7).

از یکی از جبهه‌کارهای فعال معدنی که در منطقه تکنار ۳ جنوبی واقع است نمونه برداری صورت گرفته است (نمونه‌های TK3S). از نزدیکی در ورودی معدن تکنار بعنوان معرف سنگ میزبان برای مطالعات تکمیلی نیز نمونه برداری صورت گرفته است (نمونه TAK).

در مجموع تعداد ۲۸ نمونه لیتوژئوشیمیایی به روش چکشی- غیرسیستماتیک از محل‌های مورد نظر برداشت گردیده و شماره‌گذاری شده‌اند.

در برداشت نمونه‌ها، بویژه از گمانه‌ها و تونل سعی شده است تا هر گونه تغییر لیتولوژیکی و کانی- شناسی که ملاحظه می‌گردد بطور کامل ثبت گردند. لذا در برداشت نمونه‌ها بجای برداشت سیستماتیک نمونه، سعی در حفظ این معیار گردیده است.

در ادامه تصاویری از منطقه و نمونه‌های دستی منطقه تکنار- بردسکن ارائه شده است.



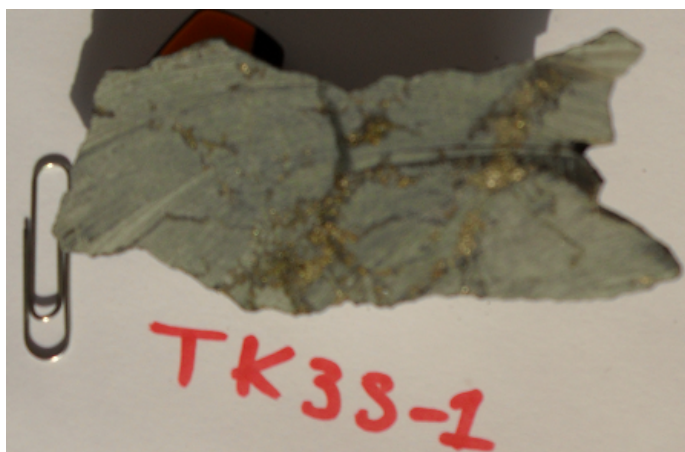
شکل (۱-۲) ارتفاعات منطقه تکنار (مجتمع معادن مس تکنار، ۱۳۸۸)



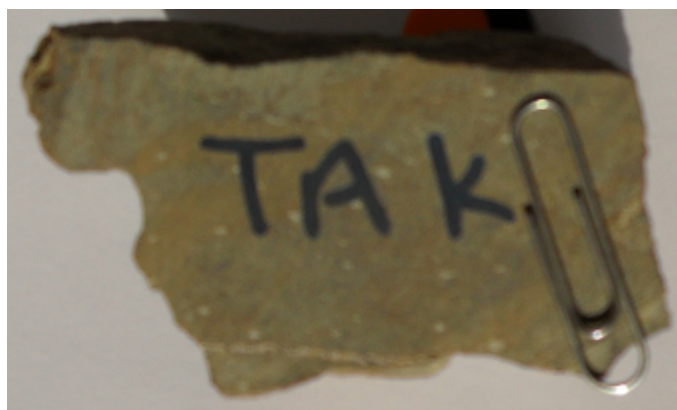
شکل (۲-۲) تونل تکنار ۳



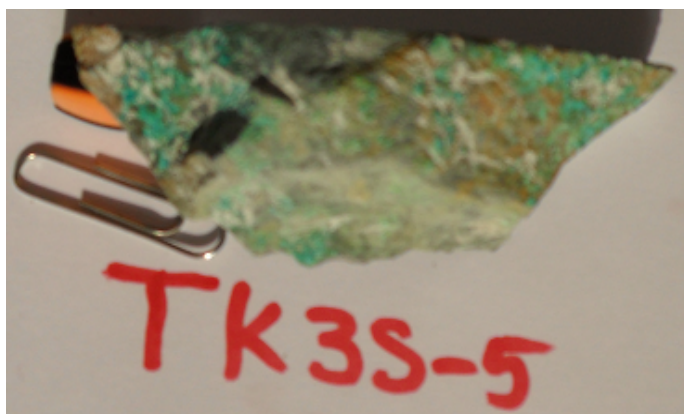
شکل (۳-۲) نمونه‌های دستی منطقه تکنار حاوی کانه‌های پیریت، کالکوپیریت، آزوریت، مالاکیت، هماتیت، لیمونیت، اسفالریت و ... (مجموع معادن مس تکنار، ۱۳۸۸)



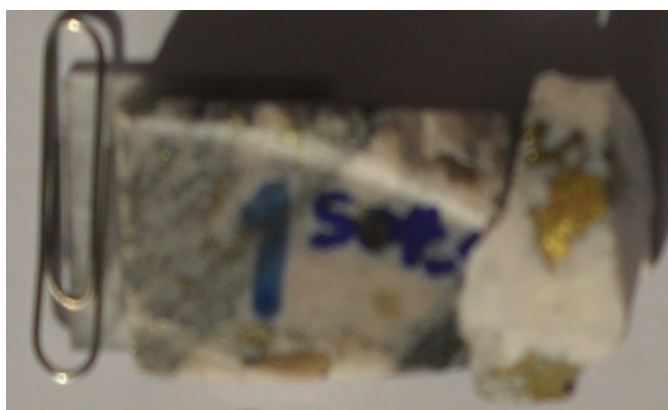
شکل (۴-۲) نمونه TK3S-1 حاوی کانه‌های کالکوپیریت و مگنتیت



شکل (۵-۲) نمونه TAK حاوی ترکیبات آهنی



شکل (۶-۲) نمونه TK3S-5 حاوی کانه‌های مالاکیت و لیمونیت



شکل (۷-۲) نمونه S04-1 حاوی کانه‌های کالکوپیریت و کلسیت



شکل (۸-۲) نمونه S04-2 حاوی کالکوپیریت

۲-۲-۲) عملیات آزمایشگاهی

پس از مطالعه میکروسکوپی نمونه‌ها، نمونه‌ها از قسمت‌های مناسب جهت تهیه مقاطع نازک و صیقلی و به منظور تعیین نوع سنگ درونگیر و نیز بررسی نوع و وضعیت کانه‌های موجود برش داده شدند.

از بین ۲۸ نمونه اخذ شده از منطقه تعداد ۹ نمونه جهت تهیه مقطع نازک و ۷ نمونه جهت تهیه مقطع صیقلی انتخاب شدند که کلیه این مقاطع در کارگاه تهیه مقاطع دانشگاه صنعتی شاهرود آماده شدند.

عکسبرداری از مقاطع نازک و صیقلی منطقه تکنار- بردسکن در آزمایشگاه اپتیک دانشگاه صنعتی شاهرود انجام گرفت که در ادامه این تصاویر ارائه شده‌است.

باقیمانده نمونه‌ها جهت آماده‌سازی و تهیه قرص نمونه به منظور انجام آنالیزهای XRF و XRD به آزمایشگاه فرآوری مواد معدنی دانشگاه صنعتی شاهرود ارسال گردیدند. در این مرحله نمونه‌ها ابتدا توسط سنگ‌شکن فکی تحت خردایش اولیه قرار گرفته، سپس خرده‌های حاصل توسط آسیاب گلوله-ای پودر شده و در نهایت پودر بدست آمده تحت فشار به صورت قرص نمونه جهت آنالیز شیمیایی درآمد.

عملیات آنالیز شیمیایی XRF بر روی ۲۸ قرص نمونه توسط دستگاه Shimadzu x-ray Fluorescence Spectrometer (XRF-1800) در آزمایشگاه تجزیه مواد معدنی دانشگاه صنعتی شاهرود انجام گردید.

جهت اطمینان از میزان دقت آنالیزهای انجام شده، ۴ نمونه با نام محرمانه مجدداً مورد آنالیز قرار گرفتند که تکرار آزمایش نتایج تقریباً مشابه آنالیز اولیه را داشته و متوسط میزان خطا در محاسبه غلظت‌ها کمتر از ۱۰ درصد بود.

شایان ذکر است تعداد ۱۲۵ نمونه آنالیز شیمیایی XRF دیگر که توسط محققین دیگر انجام شده بود، نیز در مطالعات ژئوشیمیایی مد نظر قرار گرفته‌اند.

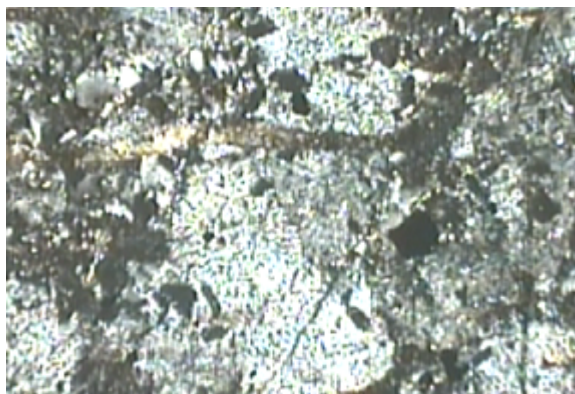
با توجه به از بین رفتن کانی‌های رسی در طی فرآیند تهیه مقاطع و عدم تشخیص این کانی‌ها در مقاطع در مواردی که از نظر پتروگرافی و کانی‌شناسی ابهام وجود داشت نمونه‌ها تحت آنالیز XRD نیز قرار گرفتند. لذا تعداد ۵ نمونه به آزمایشگاه تجزیه مواد معدنی شرکت کانساران بینالود (مشهد) ارسال گردید.

۳-۲-۲ پردازش و تحلیل داده‌ها

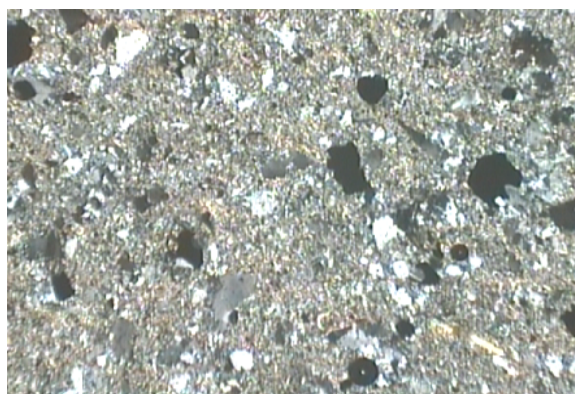
بعد از تهیه مقاطع نازک، صیقلی و آنالیز شیمیایی نمونه‌ها نوبت به پردازش و تحلیل داده‌ها بود که در ادامه این فصل و فصل‌های آتی به آن می‌پردازیم.

۲-۲-۳-۱) تصاویر میکروسکوپی از مقاطع نازک نمونه‌های منطقه تکنار-

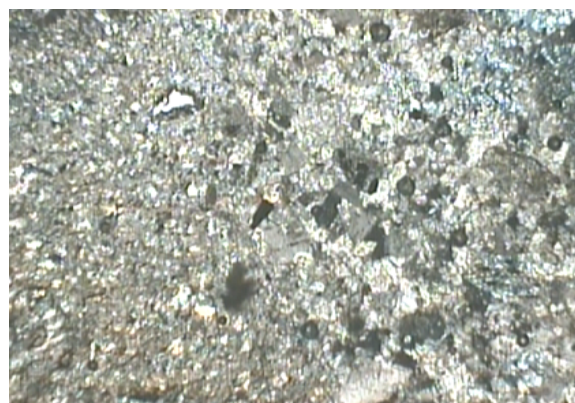
بردسکن



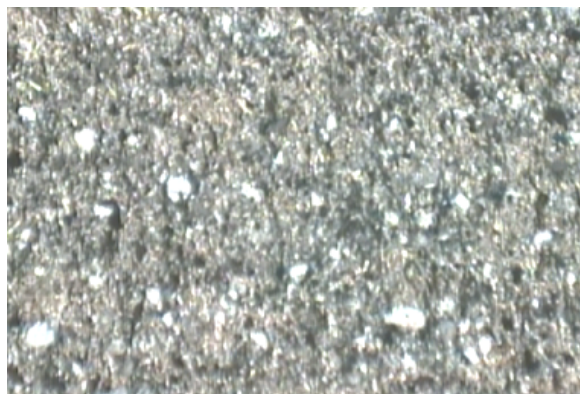
شکل (۹-۲) نمونه N01-3 (بزرگنمایی ۳۰ برابر)



شکل (۱۰-۲) نمونه N01-6 (بزرگنمایی ۳۰ برابر)



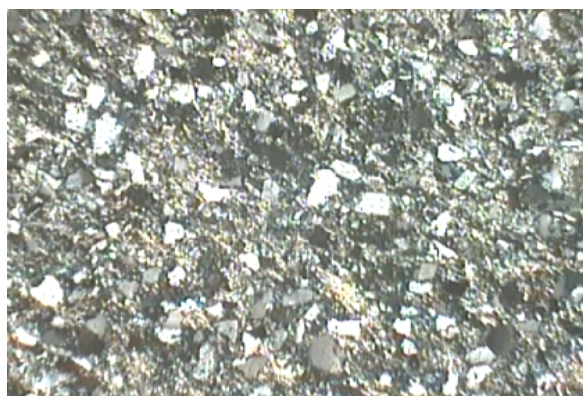
شکل (۱۱-۲) نمونه S04-3 (بزرگنمایی ۳۰ برابر)



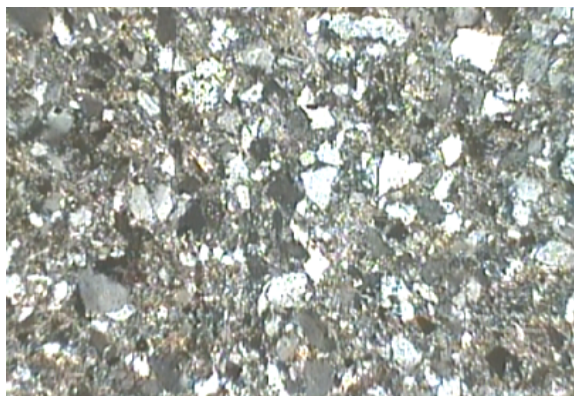
شکل (۱۲-۲) نمونه S04-5 (بزرگنمایی ۳۰ برابر)



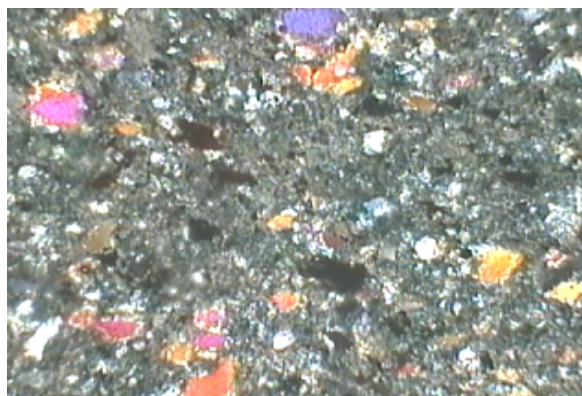
شکل (۱۳-۲) نمونه TAK (بزرگنمایی ۳۰ برابر)



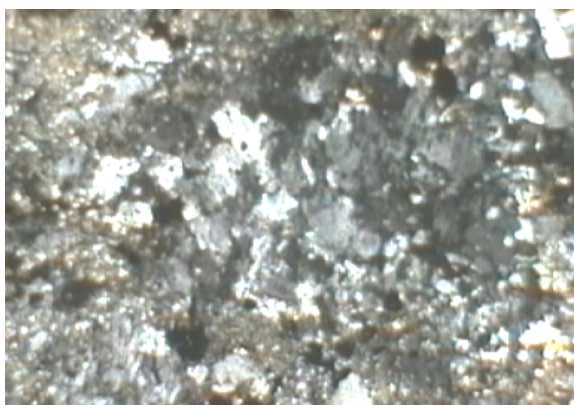
شکل (۱۴-۲) نمونه TK1-5 (بزرگنمایی ۳۰ برابر)



شکل (۱۵-۲) نمونه TK1-7 (بزرگنمایی ۳۰ برابر)



شکل (۱۶-۲) نمونه TK3S-1 (بزرگنمایی ۳۰ برابر)



شکل (۱۷-۲) نمونه TK3S-6 (بزرگنمایی ۳۰ برابر)

۲-۳-۲-۲) مطالعه مقاطع نازک نمونه‌های منطقه تکنار- بردسکن

به منظور بررسی وضعیت ماده معدنی و سنگ درونگیر مقاطع نازک در زیر میکروسکوپ مورد مطالعه قرار گرفته‌اند که نتایج مربوطه در جدول (۱-۲) بطور خلاصه ارائه گردیده است.

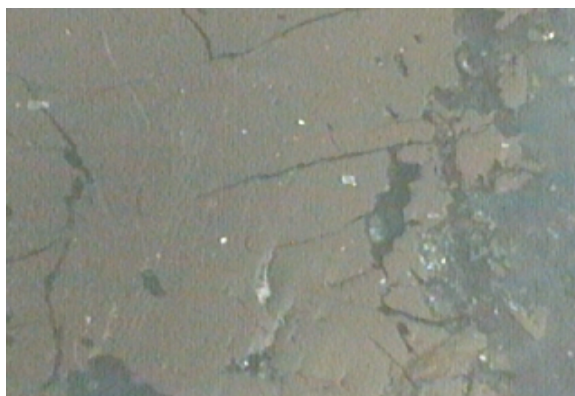
جدول (۱-۲) نتایج مطالعه مقاطع نازک نمونه‌های منطقه تکنار- بردسکن

شماره نمونه	نام سنگ	کانی‌های تشکیل دهنده (کانی‌های غیرفلزی نمونه)	کانی‌های اپک	توضیحات
S04-3	سریسیت شیست	کلسیت، سریسیت (حاصل تجزیه پلاژیوکلاز)، کوارتز ریزدانه و کانی‌های رسی به میزان زیاد	کانی‌های تیره	
S04-5	سریسیت شیست	کوارتز ریزدانه، سریسیت نسبتاً دانه درشت	احتمالاً پیریت	رخساره شیست سبز
N01-3	توف ریولیتی	کوارتز، کانی‌های رسی (سریسیت)، شکستگی-های پر شده با کلسیت	کانی‌های تیره	
N01-6	سریسیت شیست	کوارتز دانه درشت، سریسیت ریزدانه (محصول دگرسانی) و کلسیت	کانی‌های تیره	رخساره شیست سبز
TK1-5	سریسیت شیست	کوارتز و کلریت در زمینه سریسیتی	اندکی کانی‌های تیره	
TK1-7	سریسیت شیست تا ماسه سنگ	بخش اصلی کوارتز در زمینه سریسیت، پلاژیوکلاز، بیوتیت و اپیدوت	کانی‌های تیره	
TK3S-1	ماسه سنگ با سیمان کلسیتی	کوارتز دانه درشت، کلریت، زمینه کلسیت	کانی‌های تیره	
TK3S-6	سریسیت- بیوتیت شیست	کوارتز ریز و درشت دانه در زمینه سریسیت بیوتیت، تجزیه پلاژیوکلازها به سریسیت	اکسیدهای آهن	
TAK	آندزیت- ریوداسیت	بیوتیت، مسکویت و پلاژیوکلازهای تجزیه شده (بخش اصلی)، کلریت، کوارتز، سیمان کلسیت	اکسیدهای آهن	رخساره شیست سبز

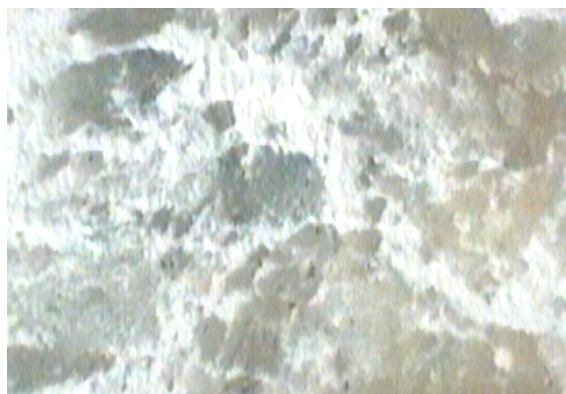
آنچه بر اساس مطالعه این نمونه‌ها قابل ذکر است عبارت از اینکه عموماً سنگ درونگیر در این نواحی سربسیت تا بیوتیت شیستهای هستند که گویایی درجه دگرگونی در حد رخساره شیست سبز در منطقه می‌باشند.

۲-۲-۳-۳) تصاویر میکروسکوپی از مقاطع صیقلی نمونه‌های منطقه تکنار-

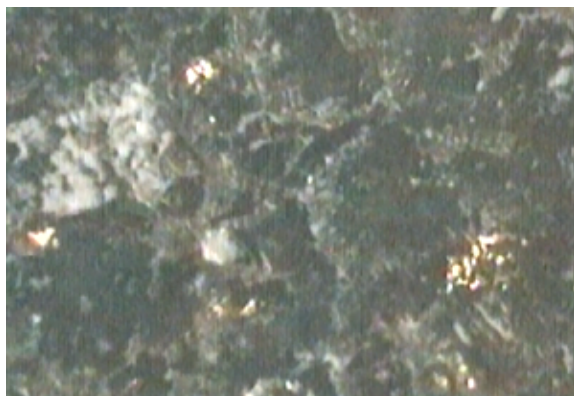
بردسکن



شکل (۱۸-۲) نمونه S04-1 (بزرگنمایی ۳۰ برابر)



شکل (۱۹-۲) نمونه S04-3 (بزرگنمایی ۳۰ برابر)



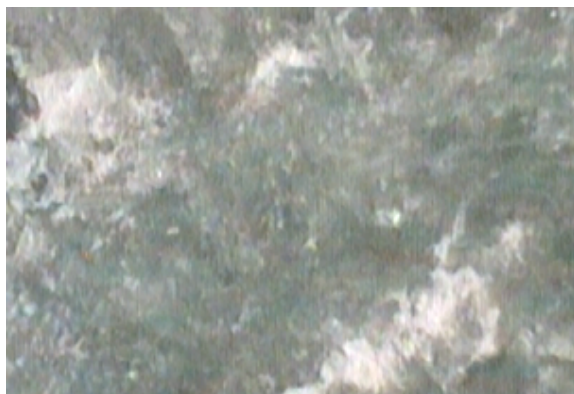
شکل (۲۰-۲) نمونه TK3S-1 (بزرگنمایی ۳۰ برابر)



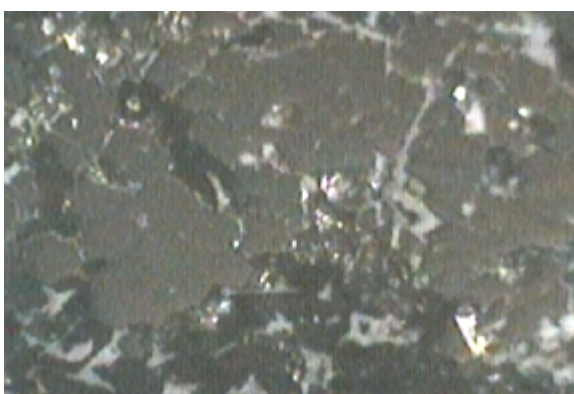
شکل (۲۱-۲) نمونه TK3S-5 (بزرگنمایی ۳۰ برابر)



شکل (۲۲-۲) نمونه TK1-1 (بزرگنمایی ۳۰ برابر)



شکل (۲-۲۳) نمونه N01-4 (بزرگنمایی ۳۰ برابر)



شکل (۲-۲۴) نمونه N01-6 (بزرگنمایی ۳۰ برابر)

۲-۲-۳-۴) مطالعه مقاطع صیقلی نمونه‌های منطقه تکنار- بردسکن

بر اساس نتایج بدست آمده از مطالعه ماکروسکوپی نمونه‌های برداشت شده و مطالعات میکروسکوپی صورت گرفته بر روی مقاطع نازک، به منظور بررسی ماده معدنی، مقاطع صیقلی در زیر میکروسکوپ مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج حاصل در جدول (۲-۲) خلاصه گردیده است.

جدول (۲-۲) نتایج مطالعه مقاطع صیقلی نمونه های منطقه تکنار- بردسکن

شماره نمونه	کانه های فلزی تشکیل دهنده نمونه
S04-1	کالکوپیریت حاوی انکلوزیونهای پیریت و مگنتیت، مگنتیت، اسفالریت
S04-3	پیریت، هماتیت
TK3S-1	کالکوپیریت، پیریت (به میزان کم)، مگنتیت، هماتیت (از حاشیه ها جانشین مگنتیت شده است).
TK3S-5	ذرات بسیار ریز و پراکنده کالکوپیریت و پیریت (مشکوک به طلا)
TK1-1	پیریت با شکستگیهای حاوی انکلوزیونهای مگنتیت، هماتیت، مگنتیت، کالکوپیریت، گوتیت
N01-6	پیریت رگه ای و دانه درشت به همراه ذرات ریزتر کالکوپیریت
N01-4	کالکوپیریت، پیریت، هماتیت

اطلاعات بدست آمده گویای این هستند که ترکیب ماده معدنی بیشتر از کانه های پیریت، کالکوپیریت، مگنتیت، هماتیت و اسفالریت تشکیل گردیده است.

۲-۲-۳-۵) نتایج آنالیز XRD نمونه ها

جهت شناخت کانی های حاصل از دگرسانی در سنگ های منطقه آنالیز XRD بر روی ۵ نمونه انجام شد، که نتایج بدست آمده بر اساس این روش در جدول (۲-۳) آورده شده است. بر اساس اطلاعات موجود در این جدول عمده محصولات آلتراسیون عبارتند از کانیهای رسی، کلریت، کوارتز و بیوتیت-فلوگوپیت می باشند. لذا کلریتی شدن، سریسیتی شدن و در درجه پیشرفته تر آن آرژیلیتی شدن به همراه سیلیسی و سولفیدی شدن می توانند بعنوان مجموعه فرآیندهای حاکم بر سیستم تشکیل این ذخیره محسوب گردند.

جدول (۲-۳) نتایج آنالیز نمونه‌های منطقه تکنار- بردسکن به روش پراش اشعه ایکس (XRD)

شماره نمونه	فاز اصلی	فاز فرعی	فاز جزئی	توضیحات
TK1-3	کلینوکلر، ایلیت (موسکویت)	کوارتز	-----	کانیهای سولفیدی (پیریت)
TK1-4	کلینوکلر، موسکویت (ایلیت)	کوارتز	ژیپس	کانیهای سولفیدی (پیریت)
NO1-6	کوارتز، موسکویت	آلبیت، کلینوکلر، پیریت	-----	کانیهای سولفیدی (پیریت)
TK3S-3	کلینوکلر، ایلیت	کوارتز، کائولینیت	-----	کانیهای سولفیدی (پیریت)
TK3S-4	کلینوکلر، فلوگوپیت	هماتیت، پیریت	-----	کانیهای سولفیدی (پیریت)

۲-۲-۳-۶) نتایج آنالیز XRF نمونه‌ها

به منظور بررسی اختصاصات ژئوشیمیایی هاله‌های لیتوزئوشیمیایی اولیه در کانسار پلی متال تکنار، نمونه‌های برداشت شده به روش فلورسانس اشعه ایکس (XRF) مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفته‌اند. در این روش میزان غلظت اکسیدهایی از قبیل MnO ، SiO_2 ، Al_2O_3 ، Fe_2O_3 ، CaO ، K_2O ، Na_2O ، MgO ، P_2O_5 ، TiO_2 بر حسب درصد (%) و میزان عناصر کمیابی مانند As ، Ba ، Bi ، Co ، Cr ، Cu ، La ، Nb ، Ni ، Pb ، Rb ، S ، Sb ، Sc ، Sr ، Th ، V ، U ، Y ، Zn ، Zr بر حسب قسمت در میلیون (ppm) اندازه گیری شده است. علاوه بر این با روش وزن سنجی متوالی میزان مواد فرار (LOI) بر حسب درصد (%) نیز اندازه گیری شده است. بدین ترتیب امکان این امر فراهم گردیده است تا کلیه پارامترهای عمده ژئوشیمیایی قابل اندازه گیری نمونه مورد ارزیابی قرار گیرند. در جدول (۲-۴) بعنوان نمونه نتایج آنالیز شیمیایی حداقل سه نمونه مختلف ارائه گردیده است.

جدول (۲-۴) نتایج آنالیز شیمیایی برخی از نمونه ها به روش فلورسانس اشعه ایکس (XRF)

Sample No	S04-8	N01-4	TK1-4
Description	کلریت و سولفید پراکنده	کمی دگرسان شده حاوی سولفیدهای پراکنده	سولفید و کربنات
Depth(m)	۴۸	۲۷	۴۴
Major Oxides	(%)	(%)	(%)
SiO ₂	۴۹/۲۱	۵۹/۸۵	۴۵/۰۵
Al ₂ O ₃	۱۵/۷۹	۱۵/۱۶	۱۴/۶۳
Fe ₂ O ₃	۱۰/۲۰	۳/۳۰	۵/۳۴
CaO	۷/۴۰	۲/۸۵	۱/۶۱
K ₂ O	۱/۰۱	۲/۳۶	۶/۲۱
Na ₂ O	۱/۱۱	۰/۰۳	۰/۲۷
MnO	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۰۹
MgO	۹/۸۹	۱۴/۷۵	۱۴/۱۶
P ₂ O ₅	۰/۵۰	۰/۰۶	۰/۱۵
TiO ₂	۱/۹۷	۰/۱۴	۰/۵۱
LOI	۱/۳۲	۱/۱۰	۱/۰۴

ادامه جدول (۲-۴)

Trace elements	(ppm)	(ppm)	(ppm)
As	۱۵	۲	۲۹
Ba	nd	۱۲۹	nd
Bi	۷	۱۲	۱۷
Cr	۴۲۵	۱۶۵	۳۱۰
Cu	۸۲	۵۴	۳۸۹۰
La	۳	۸۲	۷۵
Nb	۴۲	۶۰	۵۲
Ni	۹۷	۷۴	۱۲۵
Pb	۲۸	nd	۳۴
Rb	۱۰۵	۱۳۴	۴۳۹
S	۲۱۲۱	۹۸۹	۸۹۷۹۳
Sb	۱۹۹	۱۰۰۸	۲۵۴۷
Sr	۹۱۷	۱۰۰	۴۴۲
Th	nd	۲۰	nd
V	۶۰۲	nd	۱۲۱
Y	۱۲۵	۲۲۰	۲۰۴
Zn	۲۵۳	۷۶۵	۴۴۴
Zr	۵۲۰	۶۳۰	۶۰۷

فصل سوم

بررسی نحوه پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر در سنگ‌های منطقه

۳-۱) الگوی پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر

سنگ‌های مختلف در بردارندهٔ عناصر مختلفی هستند. اینکه در هر محل به دنبال چه عناصری می‌توان بود تابع نوع سنگ‌های منطقه است. خصوصیات ژئوشیمیایی هر منطقه بوسیله شرایط کلی زمین‌شناسی آن منطقه مانند شرایط تشکیل و جایگیری کمپلکس‌های آذرین در یک چرخهٔ معین آذرین-تکتونیک تعیین می‌گردد.

کمپلکس‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی که تمرکزهای اقتصادی عناصر شیمیایی را بصورت ژنتیکی یا پاراژنتیکی به همراه دارند معمولاً الگوهای ژئوشیمیایی خاصی را به نمایش می‌گذارند. این الگوهای ویژه امکان تمایز سازندهای بالقوه فلزدار و عقیم و همچنین شناخت الگوهای پراکندگی عناصر را در سنگ‌ها فراهم می‌کنند. کانه‌سازی در یک کمپلکس زمین‌شناسی بسته به مناسب بودن یا نبودن شرایط زمین‌شناسی منطقه ممکن است تبدیل به تمرکز اقتصادی مادهٔ معدنی بشود یا شاید نشود (لیدون، ۱۹۸۸).

الگوی پراکندگی عناصر نتیجهٔ فعالیت فرآیندهایی است که می‌توانند به طور کلی به دو گروه مکانیکی و شیمیایی طبقه بندی شوند. پراکندگی عناصر ممکن است بر اثر عملکرد عوامل صرفاً مکانیکی مانند تزریق ماگما و یا جابجایی مواد سطحی به وسیله عمل یخچال‌ها حاصل شود. در بعضی موارد از پراکندگی‌های مکانیکی مانند آبرفت‌ها، مواد رسی، سیلتی، ماسه‌ای و حتی ذرات درشت‌تر بدون جورشدگی در مجاورت هم قرار می‌گیرند. بر عکس پراکندگی‌هایی که در نتیجه فرآیندهای شیمیایی و بیوشیمیایی حاصل می‌گردند در جهت جورشدگی و تفریق مواد به بخش‌های با قابلیت تحرک متفاوت تمایل نشان می‌دهند. در این مورد فازهایی که قابلیت تحرک زیادی دارند تا زمانیکه شیب تغییرات پتانسیل شیمیایی یا فیزیکی موثر باشد تمایل به دورشدن از ناحیه منشأ را حفظ می‌کنند. هنگامی که فازهای متحرک به محیط جدیدی که در آن شرایط برای رسوب‌گذاری مناسب است برسند، تمام یا بخشی از آن‌ها ممکن است رسوب نماید (حسنی‌پاک، ۱۳۶۲).

به طور کلی در هر ناحیه معینی برآیند تمام نیروهای دینامیکی موثر در جابجایی مواد، می‌تواند در سیمای کلی توزیع پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر در همان ناحیه منعکس شود. این سیمای کلی پراکندگی عناصر در یک ناحیه را می‌توان تحت عنوان "دورنمای ژئوشیمیایی" آن ناحیه نامید. تحت شرایط محلی، سیمای پراکندگی عناصر در هر واحد زمین‌شناسی می‌تواند کم و بیش از دورنمای ژئوشیمیایی آن واحد مشخص شود. تشخیص الگوهای پراکندگی‌ای که به طور بارزی با نهشته کانساری در ارتباطاند در عملکرد اکتشافات ژئوشیمیایی بسیار مفید واقع می‌شود (حسنی‌پاک، ۱۳۶۲).

از نظر محیط ژئوشیمیایی که در آن عمل پراکندگی صورت می‌گیرد می‌توان دو نوع پراکندگی اولیه یا هیپوژن و ثانویه یا سوپرژن را تشخیص داد. در محیط‌های اولیه که تحت فشار و حرارت بالایی هستند، پراکندگی اولیه غالباً در زون‌های خرد شده سنگ‌های نفوذی عمیق و یا نیمه‌عمیق انجام می‌پذیرد. در محیط‌های ثانویه که تحت فشار و دمای پایینی هستند، پراکندگی عناصر در خلل و فرج مواد سخت نشده، شکستگی‌های نزدیک سطح و حتی سطح آزاد صورت می‌گیرد.

از نقطه‌نظر بزرگی و وسعت الگوهای پراکندگی، می‌توان الگوهای در مقیاس جهانی، ناحیه‌ای و یا محلی را تعریف کرد (لیدون، ۱۹۸۸).

بر اساس الگوی پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر می‌توان شاخص‌های ژئوشیمیایی مناسب جهت بررسی - های اکتشافی تعریف نمود. این شاخص‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۳-۱-۱) شاخص‌هایی که بر اساس توزیع عناصر در سنگ‌ها تعیین می‌شوند

به عنوان یک قاعده کلی، سنگ‌های لیتوسفر که به گونه خاصی تعلق دارند از طریق ترکیب شیمیایی بسیار مشابه اجزای اصلی‌شان مشخص می‌شوند. علاوه بر این، امکان تشخیص یک سری متوالی از عناصر کمیاب براساس فراوانی آن‌ها برای هر گروه از سنگ‌ها وجود دارد. در این سری، هر عنصر کمیاب بر اساس میانگین فراوانی خود (در یک نوع سنگ خاص) مکان معینی را اشغال می‌کند (پیوست الف، میانگین غلظت عناصر در سنگ‌های مختلف) البته بر خلاف عناصر اصلی، مقدار نسبی عناصر کمیاب در هر نوع سنگ احتمالاً تا حدود قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌کند.

این ویژگی ژئوشیمیایی در توزیع عناصر کمیاب قاعدتاً به عنوان صفتی بارز برای هر نوع سنگ خاص به حساب می‌آید. بدین جهت نتایج حاصل از مطالعات توزیع عناصر کمیاب در سنگ‌ها امروزه کاربرد وسیعی در بررسی‌های اکتشافی پیدا کرده است.

بعضی مواقع اصطلاح ویژگی ژئوشیمیایی به معنای محدودتری به کار می‌رود. مثلاً گاهی ممکن است این اصطلاح برای تشخیص غنی‌شدگی نسبی یک نوع سنگ خاص از یک فلز کمیاب معین به کار رود (جدول ۳-۱). چنین سنگ‌هایی به عنوان انواعی که بالقوه فلزدار هستند مورد بررسی قرار می‌گیرند.

جدول (۳-۱) مجموعه‌های ژئوشیمیایی عناصر کمیاب و فرعی در ارتباط با نوع سنگ‌های مربوط با آن‌ها (حسنی‌پاک، ۱۳۶۲)

نوع سنگ یا نحوه پیدایش	تمرکز عناصر وابسته
سنگ‌های نفوذی اولترامافیک مافیک قلیایی کربناتیت گرانیت پگماتیت	Ni Cu-Cr Co Ti-V-Sc Ti-Nb-Ta-Zr-Re-F-P Re-Ti-Nb-Ta-P-F Ba-Li-W-Mo-Sn-Zr-Hf-U-Th-Ti Li-Rb-Cs-Be-Re-Nb-Ta-U-Th-Zr-Hf-Sc
کانسارهای سولفوری هیدروترمال نهشته‌های مس پورفیری سولفورهای کمپلکس سولفورهای دمای پایین نهشته‌های فلزات پایه فلزات قیمتی	Cu-Mo-Re Hg-As-Sb-Ag-Zn-Cd-Pb-Bi Bi-Sb-As Pb-Zn-Cd-Ba Au-Ag-Cu-Co-As
سنگ‌های دگرگونی همبری نهشته‌های شلیت-کاسیتريت نهشته‌های فلوئوریت-هلویت	W-Sn-Mo Be-F-B

تشخیص تشکیلات زمین‌شناسی بالقوه فلزدار بر اساس داده‌های حاصل از تحقیقات ژئوشیمیایی ما را در انجام موارد زیر کمک می‌نماید:

تعیین دقیق منطقه‌ای که باید برای بررسی‌های اکتشافی نهایی مورد توجه قرار گیرد.

ایجاد پایه و اساسی برای پیش‌بینی علمی امکان کانی‌سازی در نواحی که مطالعه کمی در آنجا انجام شده‌است.

ارزیابی دوباره پتانسیل کانی‌سازی نواحی که قبلاً مورد مطالعات اکتشافی قرار گرفته است (حسنی - پاک، ۱۳۶۲).

۳-۱-۲) شاخص‌هایی که براساس پیدایش کانی‌ها و یا فراوانی عناصر خاصی در

آن‌ها بنا می‌شوند

شاخص‌های ژئوشیمیایی که براساس مطالعه کانی‌ها حاصل می‌گردند را می‌توان به دو گروه تقسیم نمود:

۱) شاخص‌هایی که بر مبنای پیدایش یا از بین رفتن یک کانی خاص قرار دارند. این کانی‌ها را اصطلاحاً "کانی‌های معرف" می‌نامند.

در کاربرد کانی‌های معرف برای مقاصد اکتشافی بندرت از یک کانی خاص به عنوان معرف نوع خاصی از کانی‌سازی استفاده می‌شود، بلکه در بیشتر موارد مجموعه‌ای از کانی‌ها است که مفید واقع می‌گردد. مقادیر نسبی این کانی‌ها در هر نمونه و همچنین تغییرات آن‌ها می‌تواند در تفسیر نتایج مورد استفاده قرار گیرد.

۲) شاخص‌هایی که بر مبنای فراوانی بعضی از عناصر در بعضی از کانی‌ها بنا می‌شوند. در این ارتباط مفهوم "کانی‌های حامل" و "کانی‌های تمرکزدهنده" پیش می‌آید.

کانی تمرکزدهنده یک عنصر کمیاب در یک نوع سنگ بخصوص، کانی است که حداکثر غلظت آن عنصر را در آن سنگ دارا باشد، در حالی که کانی حامل یک عنصر کمیاب در یک سنگ معین کانی است که مقدار عمده‌ای از آن عنصر در ساختمان آن کانی جای گرفته باشد. این مقدار عمده در مقایسه با کل مقدار آن عنصر در سنگ است (حسنی‌پاک، ۱۳۶۲).

۳-۱-۳) شاخص‌های عنصری

از نظر شرایط تمرکز، بعضی عناصر در سراسر دامنه وسیعی از شرایط فیزیکوشیمیایی محیط می‌توانند تمرکز یابند، در حالی که بعضی دیگر تنها در شرایط معین و محدودی در خلال فرآیندهای آذرین و دگرگونی با یکدیگر حمل و نقل یافته و متمرکز می‌شوند. عناصر گروه اخیر ممکن است به طور بخشی در سیکل هوازدگی و رسوبگذاری هم با یکدیگر تمرکز یابند. گروه دیگری از عناصر وجود دارد که فقط در شرایط بسیار محدود و مخصوصی که در زمان تشکیل سنگ‌های آذرین درونی و کانسارهای اکسیدی و سولفوری همراه آن‌ها حاکم است و یا در شرایطی که نهشته‌های خاصی در سنگ‌های رسوبی تشکیل می‌گردد تمرکز می‌یابند.

حضور یک و یا چند عنصر از یک پاراژنز معین می‌تواند دلالت بر حضور احتمالی اعضای دیگر آن پاراژنز را داشته باشد. این حالت در تمرکز عناصر، موجب پیدایش ایده "ردیاب ژئوشیمیایی" شده- است، که به ویژه در اکتشاف نهشته‌های پنهانی که در آن‌ها فلزات اصلی کانسار به آسانی قابل ثبت نیستند کاربرد بارزشی دارد. در یک نهشته چندفلزی ممکن است یکی از تشکیل‌دهنده‌های اصلی کانسار به عنوان ردیاب آن به کار رود. این عناصر تقریباً در تمام فازهای ژئوشیمیایی به کار می‌روند، و ممکن است در بخش گانگ یا در بخش کانه اصلی یافت شوند.

با توجه به مطالب بیان شده در خصوص اهمیت شناخت الگوی پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر و کاربرد آن در اکتشافات معدنی در طی این فصل و فصل آتی به بررسی این موضوع و معرفی شاخص‌های ژئوشیمیایی در محدوده کانسار پلی‌متال تکنار می‌پردازیم.

۲-۳) بررسی نحوه پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر در سنگ‌های منطقه

به منظور مطالعه اختصاصات ژئوشیمیایی مناطق مختلف از جمله محدوده کانی سازی، سنگ درونگیر دگرسان یافته و غیر دگرسان شده و گوسن لازم است تا به بررسی اختصاصات ژئوشیمیایی عناصر در این مناطق پرداخته شود. در زیربخشهای این فصل سعی شده است تا به تحلیل رفتار ژئوشیمیایی عناصر در هر یک از این واحدهای سنگی اقدام گردد. در این خصوص برخی از رفتارهای شاخص مورد تحلیل قرار گرفته و عناصری را که عکس‌العملهای شاخصی را نشان نمی‌دهند در ضمیمه آورده شده‌اند. در موارد زیادی سعی شده است تا از تصاویر و عکس‌های لازم بمنظور تشریح بهتر مطالب کمک گرفته شود. همچنین مقادیر زمینه ناحیه عناصر در سنگ درونگیرهای مشابه نیز از نظر دور نمانده است.

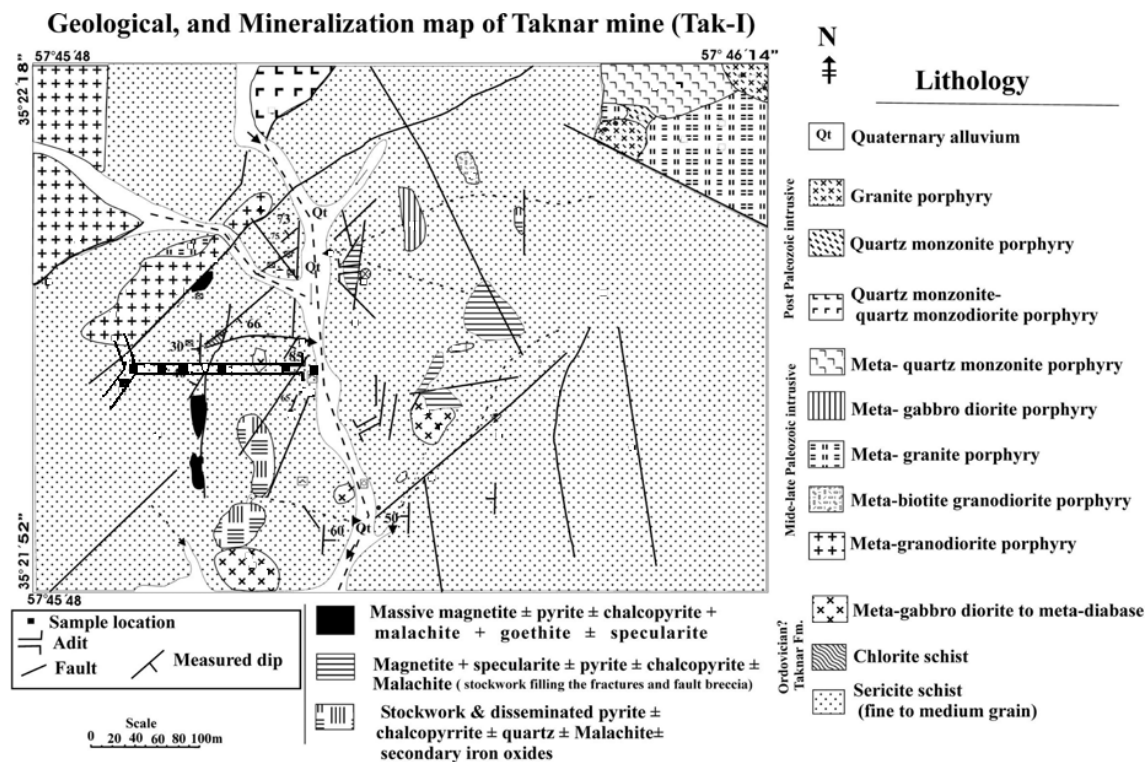
تذکر: شایان ذکر است مقادیر اکسیدهای اصلی در نمودارها بر حسب درصد و عناصر کمیاب بر حسب پی‌پی‌ام بوده و محور مربوط به این مقادیر (غلظت عناصر) در کلیه نمودارها به صورت لگاریتمی آمده‌است.

۱-۲-۳) تونل تک ۱

تونل تک ۱ با روند شرقی-غربی در محدوده تکنار ۱ واقع شده است. دهانه این تونل در ارتفاع ۱۳۴۶ متری از سطح دریا واقع شده است و مختصات U.T.M دهانه ورودی آن 0569784 S 40 و 3913762 می‌باشد. بنابر گزارشات موجود در شرکت صنایع احیا خراسان، در این محدوده میزان غلظت سرب، روی، آهن و طلا از سایر بخش‌های کانسار بیشتر بوده، ولی میزان مس پایین است.

از این تونل، تعداد شش نمونه به نام‌های TK1-1 تا TK1-6 برداشت گردیده است. همچنین نمونه دیگری از خارج تونل و به فاصله ۱۰ متری از دهانه تونل جهت مقایسه با نمونه‌های داخل تونل

برداشت شد (نمونه TK1-7). در اطراف این نمونه ماسه سنگ دارای خردشدگی پر شده با اکسید آهن وجود داشت. در شکل (۱-۳) موقعیت تونل و نمونه‌ها در منطقه ارائه شده است.





شکل (۱-۳) نقشه زمین شناسی و کانی‌سازی محدوده تک ۱ و موقعیت نمونه‌های تونل تک ۱ (اصلاح شده کریم پور، ۲۰۰۵)

به‌منظور بررسی وضعیت پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر در تونل تک ۱، در این قسمت به بررسی رفتار ژئوشیمیایی عناصر مختلف پرداخته می‌شود. برای این منظور، عناصر مختلف بر اساس تشابه اختصاصات ژئوشیمیایی گروه بندی شده‌اند که در ادامه به بررسی ویژگی‌های هر یک از آنها می‌پردازیم.

بررسی‌های پتروگرافی حاکی از آن است که جنس سنگ درونگیر در این قسمت بیشتر از نوع سریسیت‌شست تا ماسه‌سنگ می‌باشد. انواع کانه‌های ملاحظه شده عبارتند از پیریت، کالکوپیریت،

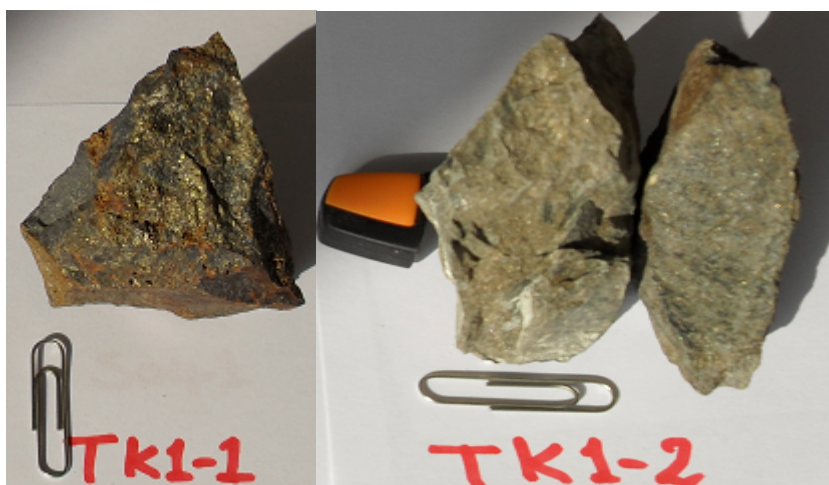
مگنتیت، مگنتیت تیتان دار، هماتیت و اسفالریت. بر اساس نتایج آنالیزهای شیمیایی و مطالعات پتروگرافی بخش اصلی کانی سازی در عمق تقریباً ۱۵۰ تا ۱۶۴ متری تونل واقع شده و به تدریج که به طرف دهانه ورودی حرکت می کنیم از غلظت محصولات اصلی کانسار کاسته می شود و در نهایت در دو نمونه ابتدای دهانه تونل غلظت این عناصر در حد زمینه می باشد. لذا می توان راهنمای زیر را برای مقطع بررسی شده در این تونل بکار برد (جدول ۲-۳):

جدول (۲-۳) راهنمای نمودارهای ترسیم شده در شکل های (۳-۳) تا (۱۲-۳)

نشانه	توضیحات
	Ore zone زون کانی سازی
	Hosted rock+Disseminated ore سنگ میزبان به اضافه کانی سازی پراکنده

این راهنما در مقاطع ترسیم شده برای عناصر و اکسیدهای مختلف مورد استفاده قرار گرفته است.

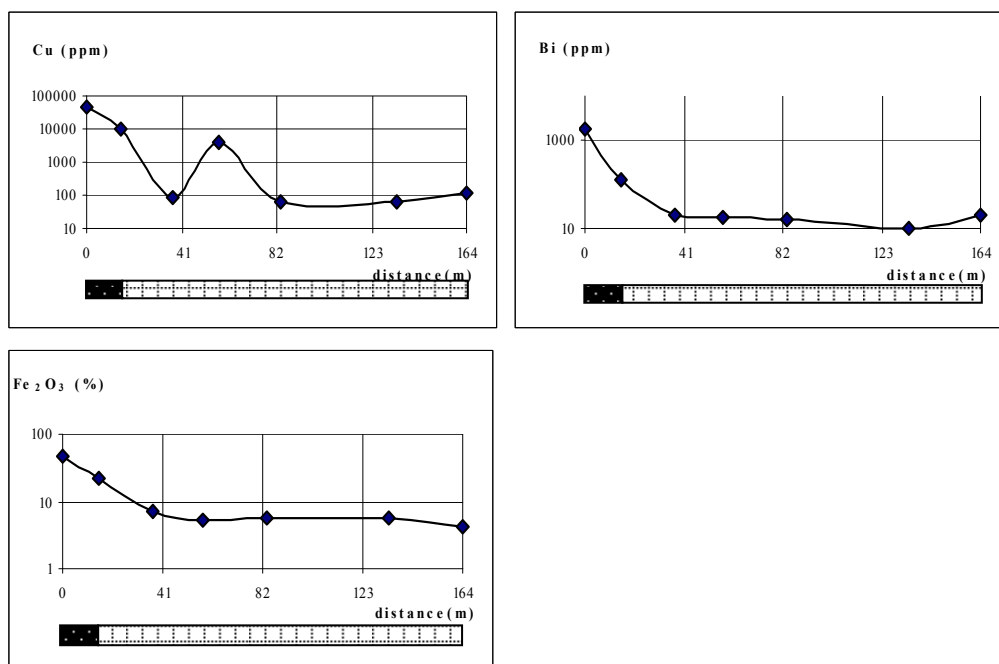
در شکل (۲-۳) تصویر دو مورد از نمونه های دستی اخذ شده از این تونل ارائه شده است که حاوی کانه های پیریت، کالکوپیریت و مگنتیت می باشند.



شکل (۲-۳) تصویر نمونه های دستی TK1-1 و TK1-2 (حاوی پیریت، کالکوپیریت و مگنتیت)

در شکل (۳-۳) به بررسی پراکندگی ژئوشیمیایی غلظت عناصر Cu و Bi و اکسید Fe_2O_3 پرداخته شده است. همانگونه که در این شکل ملاحظه می‌گردد عناصر مذکور عکس العمل مشابهی را از خود نشان می‌دهند. مس به عنوان ماده معدنی اصلی در بخش سمت چپ نمودار (نمونه‌های انتهایی تونل) افزایش غلظت نشان داده و بیشترین میزان غلظت را از خود نشان می‌دهد.

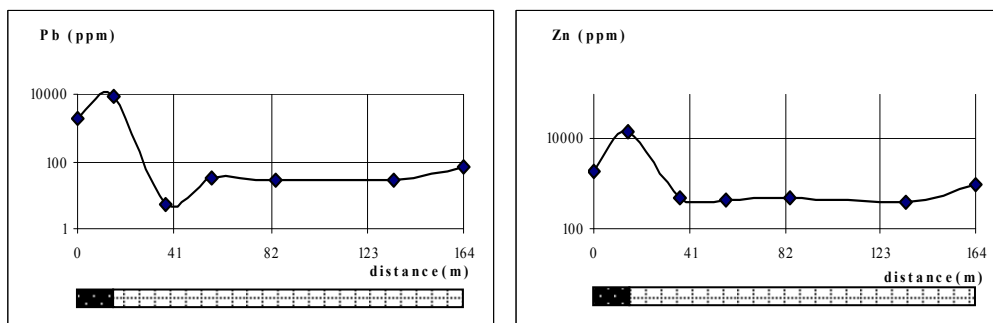
همچنین میزان اکسید آهن و بیسموت (عدد زمینه Bi در شیبستها حدود ۰/۱ پی‌پی‌ام می باشد) در بخش ماده معدنی بیشتر از سنگ بستر است. لذا بیسموت می تواند به عنوان عنصر با ارزشی در این مطالعه مدنظر قرار گرفته شود.



شکل (۳-۳) نمودار تغییرات غلظت عناصر Cu، Bi و Fe_2O_3

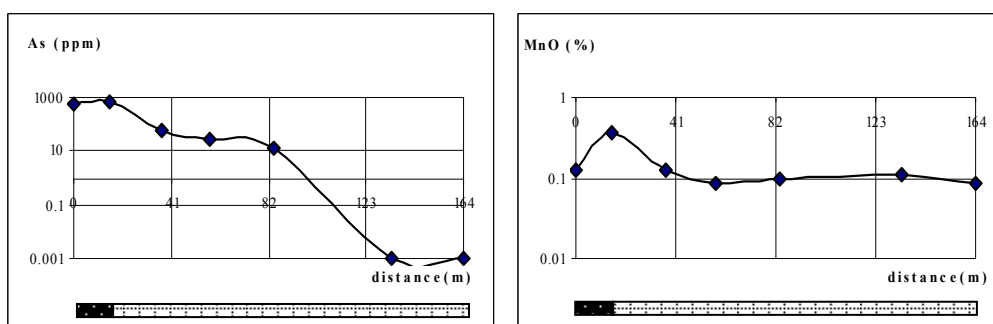
عنصر روی (با حداکثر غلظت ۱۵۳۰۰ پی‌پی‌ام) به عنوان ماده معدنی و سرب (با بیشترین غلظت در حدود ۹۱۰۰ پی‌پی‌ام) بعنوان عنصر پاراژنز در زون کانی‌سازی حداکثر غلظت‌ها را دارا می‌باشند

شکل ۳-۴). پراکندگی ژئوشیمیایی این دو عنصر در سنگ دیواره مجاور ماده معدنی نیز تا فاصله‌ای گسترش یافته است.



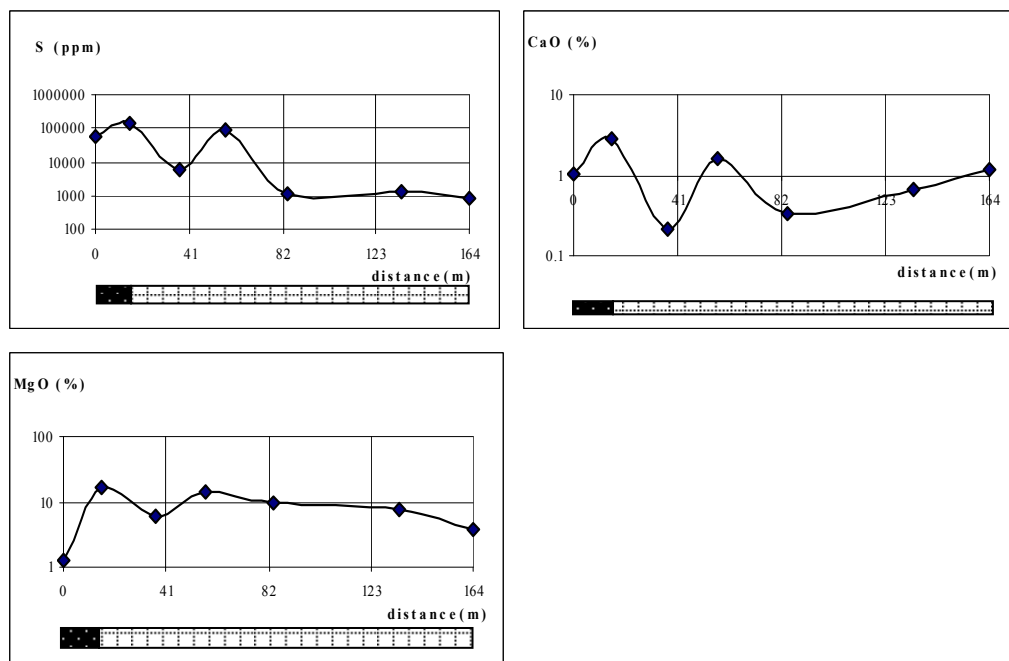
شکل (۳-۴) نمودار تغییرات غلظت عناصر Pb و Zn

عنصر As و اکسید MnO پراکندگی ژئوشیمیایی مشابهی را همانند Zn و Pb از خود نشان می‌دهند (شکل ۳-۵). بدین ترتیب ارتباط ژنتیکی بین این دو جفت عنصر را می‌توان در این مقطع ژئوشیمیایی ملاحظه نمود. لازم به ذکر است که بر اساس اختصاصات ژئوشیمیایی هر عنصر، میزان حداکثر غلظت این دو عنصر (۷۲۵ پی‌پی‌ام و ۳۶۰۰ پی‌پی‌ام) بمراتب کمتر از سرب و روی می‌باشد.



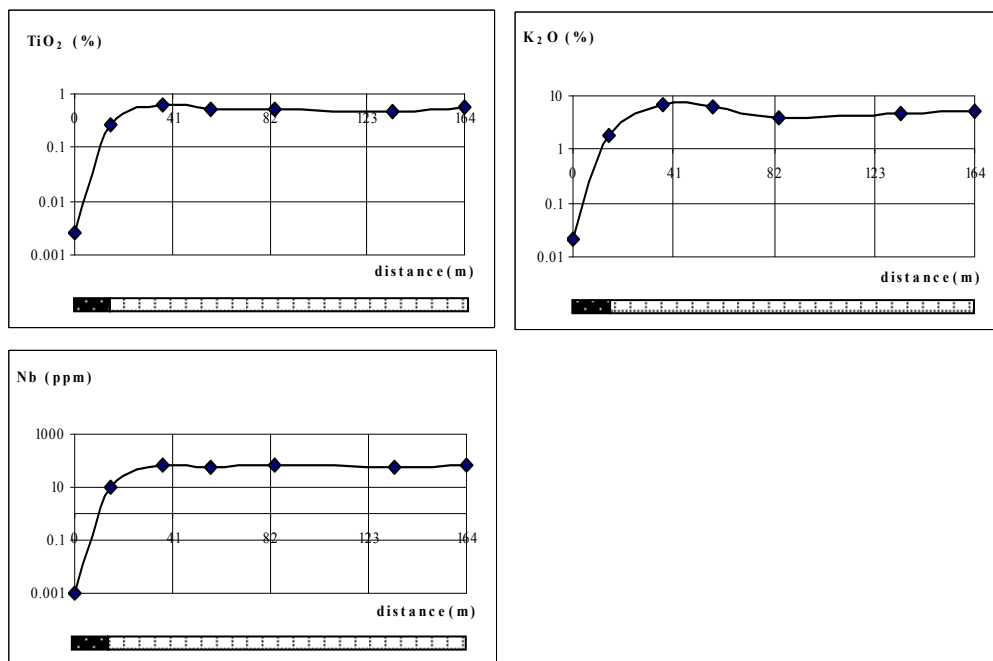
شکل (۳-۵) نمودار تغییرات غلظت عناصر MnO و As

فرآیند سولفیدی شدن سنگ دیواره را با افزایش غلظت گوگرد در نمونه‌های بخش کانی سازی و مناطق مجاور آن (شکل ۳-۶) بخوبی می‌توان ملاحظه نمود که بر اساس نتایج بدست آمده از XRD نیز مورد تأیید قرار می‌گیرد (جدول ۲-۳). روند عمومی افزایش میزان CaO و MgO در مناطق مجاور منطقه کانی سازی را شاید بتوان بعنوان اثراتی از فرآیندهای عملکرد سیالات هیدروترمالی بر روی سنگ دیواره محسوب نمود. منیزیم، کلسیم و گوگرد رفتاری تقریباً مشابهی را از خود نشان می‌دهند.



شکل (۳-۶) نمودار تغییرات غلظت عناصر S, CaO و MgO

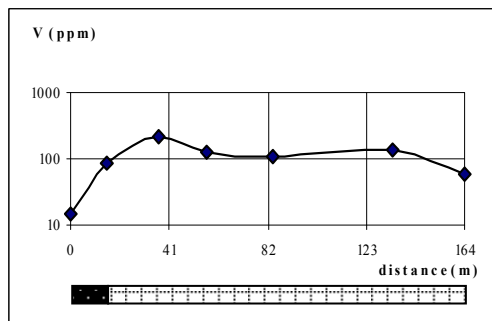
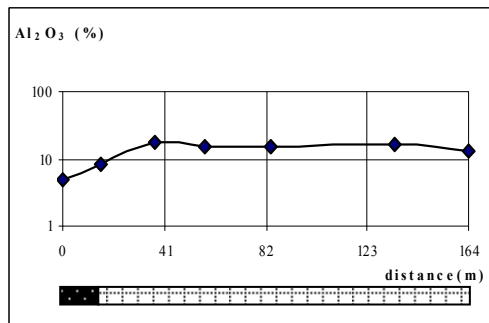
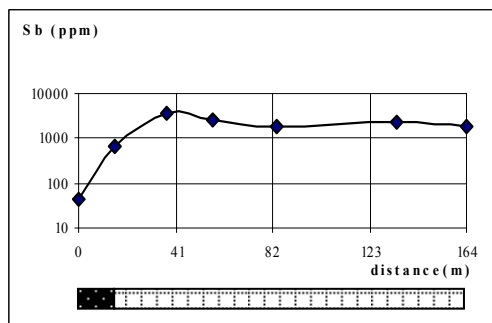
کاهش غلظت اکسید تیتانیوم و اکسید پتاسیم در بخش کانی سازی شده و به حداقل رسیدن آن در این بخش را شاید بتوان بعنوان بخشی از عملکرد فرآیندهای کانی سازی و سیالات هیدروترمالی در منطقه در نظر گرفت. روند عمومی غلظت نیوبیوم در بخش کانی سازی شده روند کاهنده‌ای را به نمایش می‌گذارد که مشابه اکسیدهای تیتانیوم و پتاسیم می‌باشد (شکل ۳-۷).



شکل (۳-۷) نمودار تغییرات غلظت عناصر TiO_2 ، K_2O و Nb

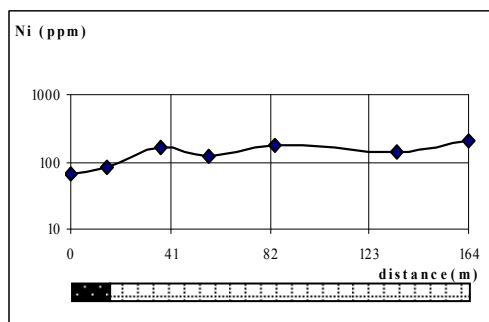
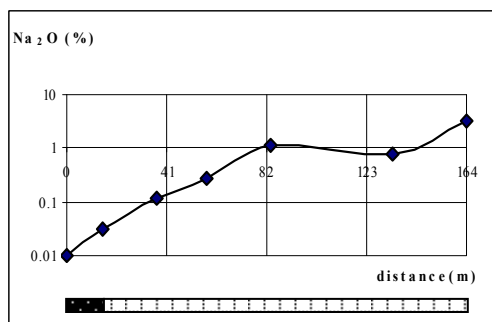
در بخش کانی‌سازی شده شاهد شسته‌شدگی آنتیموان، وانادیوم و اکسید آلومینیوم هستیم (شکل ۳-۸). در سنگ درونگیر و بعد از مرز ماده معدنی شاهد حداکثر شدت غلظت این عناصر هستیم که به تدریج کاهش یافته که با مقداری تغییرات تقریباً به حد ثابتی می‌رسند. روند تغییرات در این سه نمودار تقریباً مشابه بوده، ولی با شدت حساسیت‌های متفاوت می‌باشد. روند تغییرات در این سه عنصر نسبت به عناصر بررسی شده در بعد از ماکزیمم غلظت‌ها مقداری متفاوت بوده است.

در مجموع غلظت آنتیموان نسبت به سنگ‌های مشابه بیشتر است. غلظت وانادیوم در مجموع در نمونه‌ها در حد عادی است. میزان اکسید آلومینیوم در مرز بلا فصل ماده معدنی در سنگ درونگیر نسبتاً بالا می‌باشد.



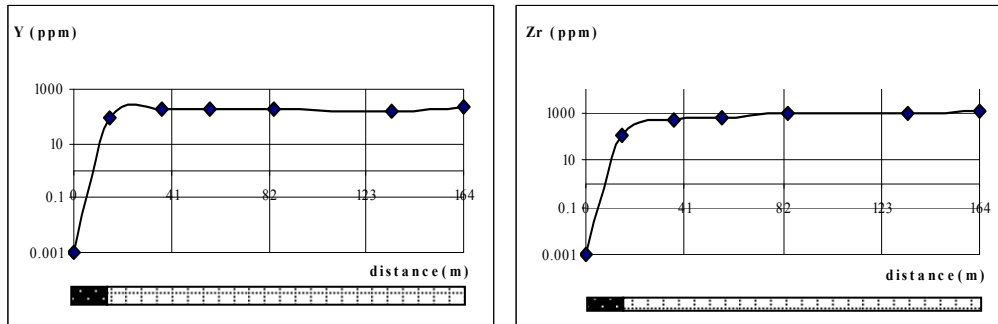
شکل (۳-۸) نمودار تغییرات غلظت عناصر Sb، Al₂O₃ و V

روند عمومی غلظت اکسید سدیم در بخش کانی‌سازی شده روند کاهنده‌ای را به نمایش می‌گذارد که مشابه اکسیدهای تیتانیوم و پتاسیم می‌باشد (شکل ۳-۹). در مورد نیکل، اگرچه در بخش کانی‌سازی شده غلظت کمتر از سنگ میزبان است، ولی در مجموع غلظت نیکل نسبت به سنگ‌های مشابه بیشتر است.



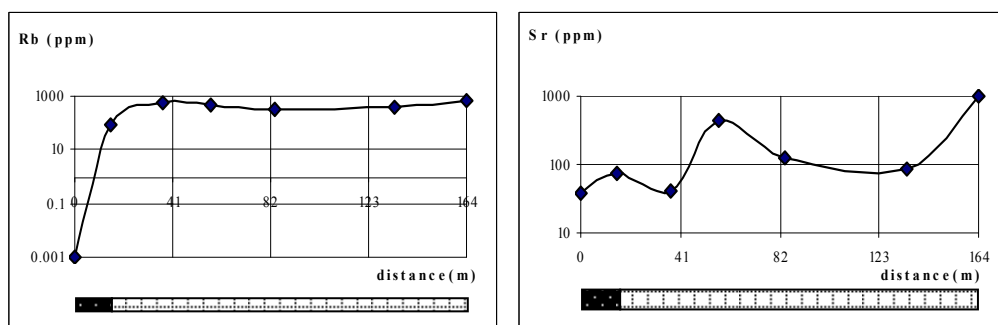
شکل (۳-۹) نمودار تغییرات غلظت عناصر Ni و Na₂O

در شکل (۳-۱۰) روند افزایشی در تغییرات غلظت دو عنصر Y و Zr با دور شدن از بخش کانی سازی شده را شاهد هستیم.



شکل (۳-۱۰) نمودار تغییرات غلظت عناصر Y و Zr

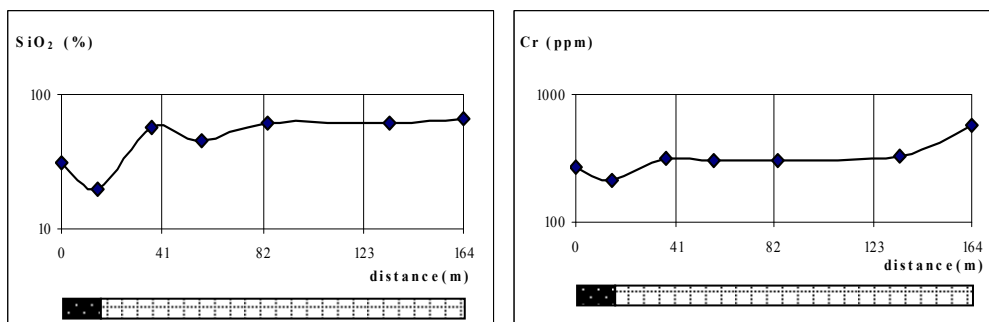
کاهش غلظت روبیدیوم و استرانسیم در بخش کانی سازی شده مشاهده می شود (شکل ۳-۱۱). در سنگ درونگیر بعد از مقداری فاصله گرفتن از مرز ماده معدنی روند عمومی تغییرات روند افزایشی را از خود نشان می دهد.



شکل (۳-۱۱) نمودار تغییرات غلظت عناصر Sr و Rb

شستشوی سیلیس (SiO_2) از محیط در بخش کانی سازی شده و مناطق مجاور کانی سازی را می توان در منطقه شاهد بود (شکل ۳-۱۲). اگرچه غلظت عنصر کرم در زون ماده معدنی از سنگ میزبان

کمتر است، ولی در مجموع میزان کرم نمونه‌ها همانند نیکل در سنگ‌های منطقه از متوسط غلظت کرم سنگ‌های مشابه بیشتر است. روند عمومی پراکندگی این دو عنصر (کرم و نیکل) بسیار مشابه یکدیگر می باشد.



شکل (۳-۱۲) نمودار تغییرات غلظت عناصر Cr و SiO₂

اختصاصات و رفتارهای ژئوشیمیایی عناصر در این بخش از ماده معدنی متفاوت بوده است بگونه‌ای که برخی از عناصر غنی شدگی در بخش ماده معدنی و مجاورت آن از خود نشان می دهند و سپس روند کاهنده ای را نشان می دهند که می توان در این خصوص به عناصر و اکسیدهایی مانند Cu, Pb, Zn, Bi, Fe₂O₃, As, MnO و تا حدود زیادی S, CaO, MgO اشاره نمود. در مقابل گروه دیگری از عناصر هستند که دارای روند کاهشی و تهی شدگی را بسمت ماده معدنی از خود بروز می دهند که در این خصوص می توان به عناصر و اکسیدهای SiO₂, Na₂O, K₂O, Rb, Ni, Cr, Zr, Y اشاره نمود. برخی دیگر از عناصر با روندی افزایشی با دور شدن از ماده معدنی روبرو هستند و بعد از مقداری فاصله گرفتن از ماده معدنی به حد نسبتاً ثابتی می رسند که در این خصوص می توان به عناصر و اکسیدهای TiO₂, Nb, Al₂O₃, V, Sb اشاره نمود.




۳-۲-۲) گمانه TK3S-04

گمانه TK3S-04 در محدوده تک ۳ جنوبی با مختصات U.T.M دهانه گمانه ۰۵۶۹۹۱۰ S ۰۴۰ و ۳۹۱۲۳۷۰ واقع شده است. نمونه‌های برداشت شده از این گمانه با شماره‌های S04 مشخص گردیده- اند. در برداشت این نمونه‌ها سعی شده است تا از یک توالی یا سکانس کامل نمونه‌برداری صورت گیرد.

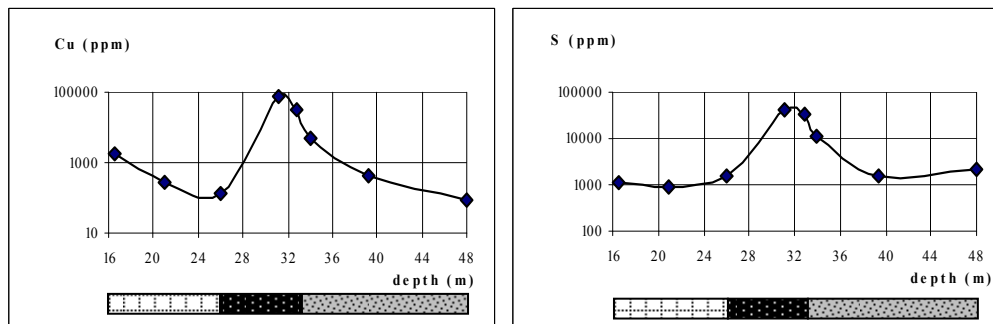
بر اساس گزارشات موجود در شرکت صنایع احیا خراسان و مطالعات پتروگرافی صورت گرفته در این پروژه، عمده ترکیب لیتولوژیکی در این گمانه ریوداسیت، سیلت استون و سربیسیت شیبست می باشد. بر اساس مطالعه مغزه‌ها و اطلاعات بدست آمده از گمانه، نمونه‌ها از سنگ سربیسیت‌شیبست گرفته- شده‌اند و زون اصلی کانی‌سازی از عمق تقریباً ۲۶ متری تا ۳۳ متری بوده و از عمق تقریباً ۳۳ متری تا ۴۸ متری منطقه دگرسان شده واقع در کمر پایین ذخیره را شامل می‌شود. کانی‌های سولفیدی شناسایی شده بر اساس مطالعات انجام شده عمدتاً پیریت، کالکوپیریت و اسفالریت بوده که همراه با هماتیت و مگنتیت می‌باشند. در بخش دگرسان‌یافته سنگ درونگیر خرد شده به همراه اثراتی از کانی‌های سولفیدی و کلریت، کربنات و رگچه‌های اکسید آهن قابل مشاهده می‌باشد.

اختصاصات هاله‌های پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر مختلف در این گمانه در ادامه مورد بررسی قرار گرفته است. راهنمای اشکال مذکور نیز مطابق جدول (۳-۳) می باشد.

جدول (۳-۳) راهنمای نمودارهای ترسیم شده در شکل‌های (۳-۱۳) تا (۳-۲۴)

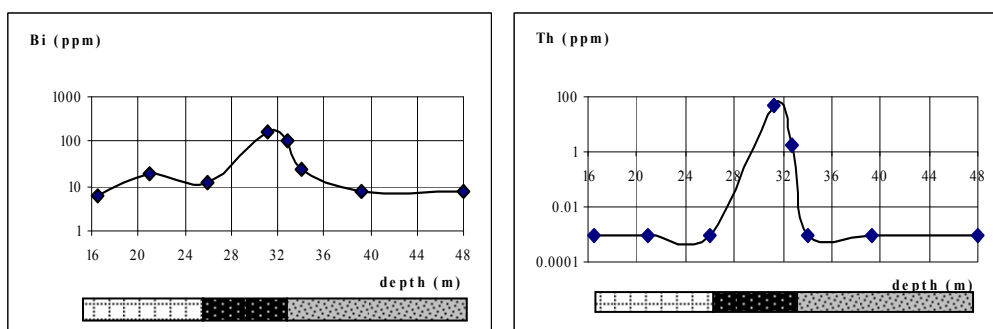
نشانه	توضیحات
	زون کانی سازی شده Ore zone
	سنگ میزبان (سربیسیت شیبست) Hosted rock (H.W)
	زون دگرسان Altered zone (F.W)

افزایش غلظت مس در محدوده ماده معدنی بر اساس هاله‌های پراکندگی این عنصر قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۳-۱۳). پراکندگی سولفید علاوه بر محدوده گسترش ماده معدنی در کمربند دگرسان یافته نیز تا حدودی گسترش دارد.



شکل (۳-۱۳) نمودار تغییرات غلظت عناصر Cu و S

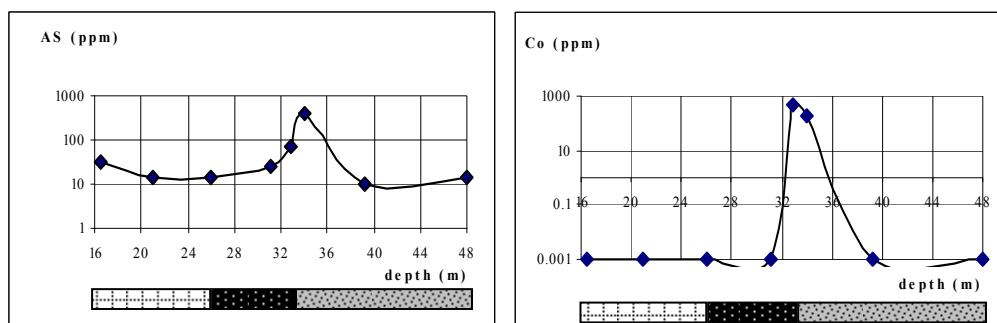
در تمام نمونه‌ها مخصوصاً نمونه‌های مربوط به بخش کانی سازی شده، افزایش غلظت بیسموت نسبت به سنگ‌های مشابه دیده می‌شود (شکل ۳-۱۴). توریم نیز مانند بیسموت در بخش حاوی ماده معدنی افزایش غلظت نشان می‌دهد. دو عنصر Bi و Th ویژگی‌های ژئوشیمیایی بسیار مشابهی را با ماده معدنی از خود نشان می‌دهند (شکل ۳-۱۳) و می‌توانند به‌عنوان پاراژنهای ماده معدنی و بویژه Cu محسوب گردند.



شکل (۳-۱۴) نمودار تغییرات غلظت عناصر Bi و Th

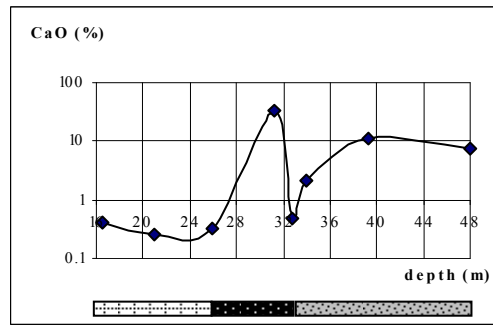
در مجموع میزان غلظت آرسنیک در نمونه‌ها بالاست ولی آنچه قابل ملاحظه می‌باشد افزایش این عنصر در مرز ورود به کمرپایین و مجاورت ماده معدنی می‌باشد (شکل ۳-۱۵).

As می‌تواند بعنوان راهنمایی جهت تعیین مرز شروع ماده معدنی در کمرپایین دگرسان یافته محسوب گردد. رفتار کاملاً مشابه با As را می‌توان در عنصر Co ملاحظه نمود که این امر ارزشی اکتشافی مشابه با این عنصر را به آن می‌دهد. بدین ترتیب دو عنصر مذکور بعنوان پارائز اکتشافی شناخته می‌شوند.



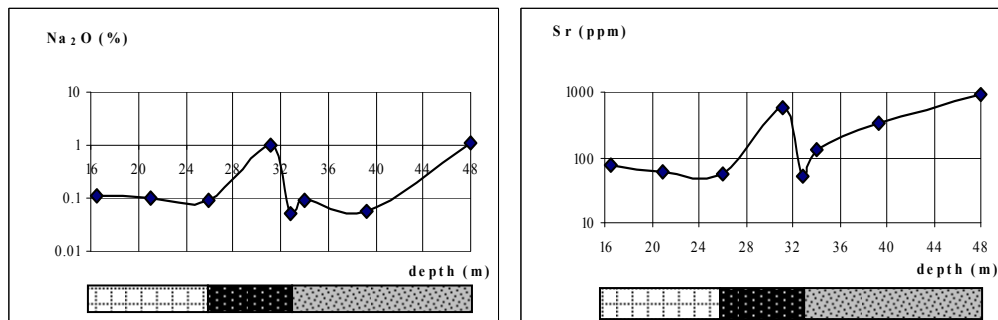
شکل (۳-۱۵) نمودار تغییرات غلظت عناصر As و Co

درصد بالای اکسیدکلسیم در بخش معدنی می‌تواند نشانه خوبی از اثرات دگرسانی و یا مهیا شدن شرایط مناسب برای تمرکز ماده معدنی باشد (شکل ۳-۱۶). بر اساس بررسی نمونه دستی، برخی از نمونه‌ها در برابر اسید کلریدریک ضعیف واکنش شدیدی از خود نشان می‌دهند و لذا کانیهای سفید رنگ مذکور کربنات کلسیم یا کلسیت می‌توانند باشند (شکل ۲-۷). بر اساس بررسی LOI نیز می‌توان در این خصوص اطمینان حاصل نمود. در کمر پایین ماده معدنی نیز اثراتی از این محصولات دگرسانی بهمراه درصد بالایی از CaO قابل مشاهده می‌باشد.



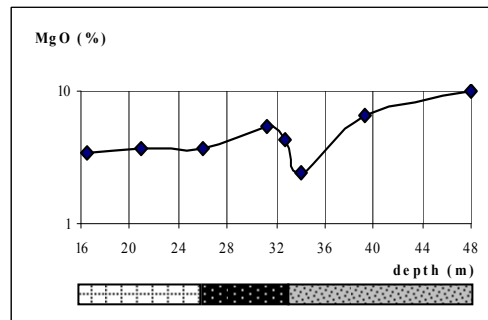
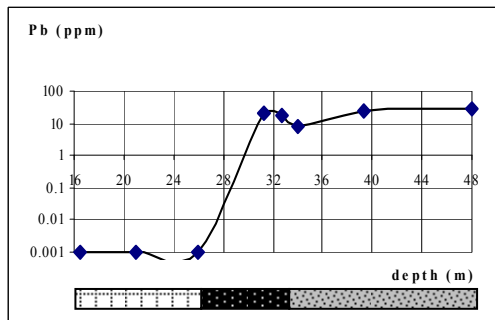
شکل (۳-۱۶) نمودار تغییرات غلظت CaO

در زون معدنی و در کمر پایین ماده معدنی با مقداری فاصله نسبت به ماده معدنی شاهد افزایش در میزان غلظت‌های اکسیدسدیم و استرانسیم هستیم (شکل ۳-۱۷). بر اساس ارتباط کلسیم و استرانسیم روند مشاهده شده در تغییرات استرانسیم نیز تأیید می‌گردد. در مجموع غلظت اکسیدسدیم در همه نمونه‌ها کمتر از مقدار عادی در سنگ‌های مشابه می‌باشد و در خصوص استرانسیم نیز نمونه‌ها غلظتی کمتر از مقدار عادی در سنگ‌های مشابه دارند.



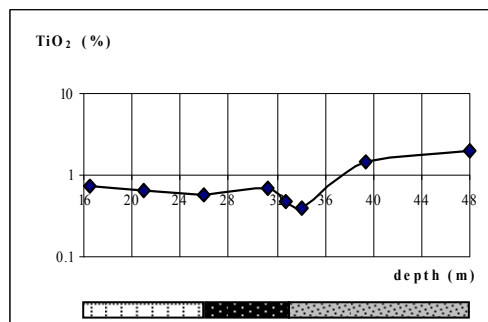
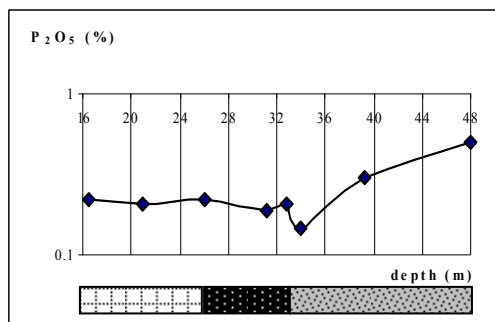
شکل (۳-۱۷) نمودار تغییرات غلظت عناصر Sr و Na₂O

روند پراکندگی ژئوشیمیایی مشابه با Sr و Na₂O ولی بارزتری از آن را در پراکندگی غلظت‌های دو عنصر MgO و Pb می‌توان ملاحظه نمود (شکل ۳-۱۸). این عناصر در زون معدنی دارای افزایش غلظت می‌باشند ولی با دورشدگی از این منطقه در درون کمرپایین ماده معدنی شاهد روند افزایشی از تغییرات غلظت آنها را ملاحظه می‌نمائیم. پایین‌ترین سطح غلظت این عناصر را در کمر بالا ماده معدنی می‌توان دید. افزایش میزان اکسید منیزیم قابل ملاحظه می‌باشد و می‌تواند منشاء هیدروترمالی داشته باشد.



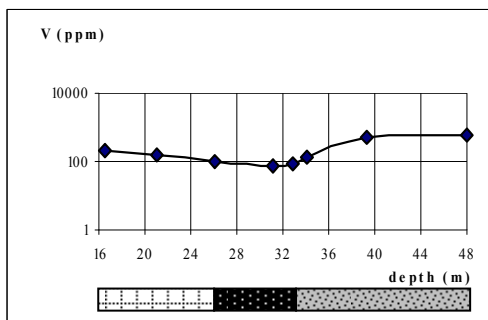
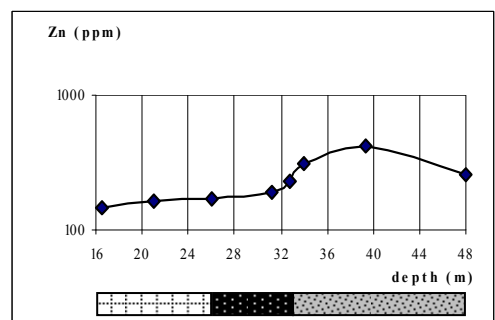
شکل (۱۸-۳) نمودار تغییرات غلظت عناصر MgO و Pb

عکس‌العمل اکسیدهای فسفر و تیتان در کمربلایین دگرسان شده بسیار مشابه با اکسیدمنیزیم و سرب می‌باشد (شکل ۱۹-۳) و غنی‌شدگی را نسبت به بخش‌های دیگر نشان می‌دهد. در بخش معدنی و کمربالا تقریباً تغییرات قابل ملاحظه‌ای از این اکسیدها را نمی‌توان مشاهده نمود.



شکل (۱۹-۳) نمودار تغییرات غلظت عناصر TiO₂ و P₂O₅

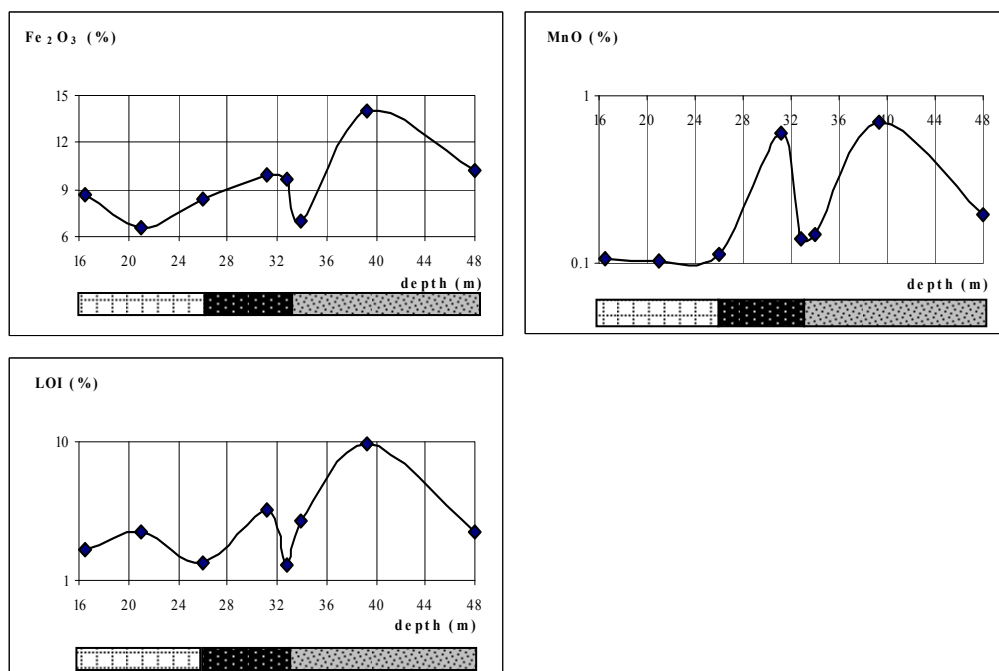
افزایش غلظت روی و وانادیوم در زون دگرسان دیده می‌شود (شکل ۲۰-۳).



شکل (۲۰-۳) نمودار تغییرات غلظت عناصر Zn و V

مواد فرار موجود در نمونه‌ها به‌خصوص در نمونه کم‌پایین دگرسان یافته بالا می‌باشد که با فاصله گرفتن از ماده معدنی در این بخش نیز کاهش می‌یابد (شکل ۳-۲۱).

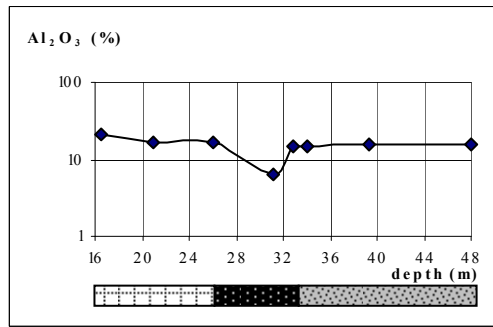
بطور کلی در تمام نمونه‌ها غلظت اکسید آهن بالاتر از مقدار عادی می‌باشد بویژه غلظت آهن در زون دگرسان و معدنی از سنگ میزبان بیشتر می‌باشد. این امر به دلیل وجود کانی‌های آهن در سنگ‌های منطقه می‌باشد. افزایش غلظت اکسید منگنز در کم‌پایین ماده معدنی و بخش کانی‌سازی شده از روندی مشابه با اکسید آهن برخوردار می‌باشد.



شکل (۳-۲۱) نمودار تغییرات غلظت عناصر Fe_2O_3 , MnO و L.O.I

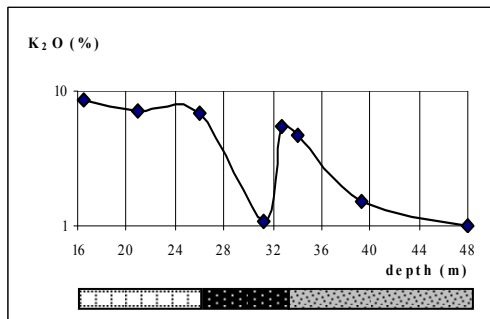
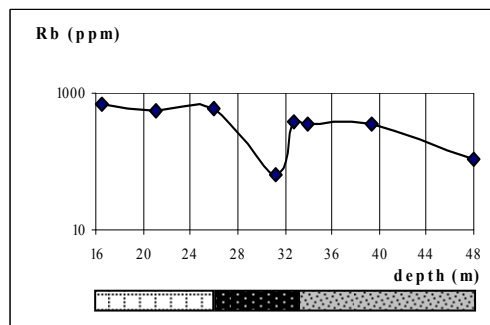
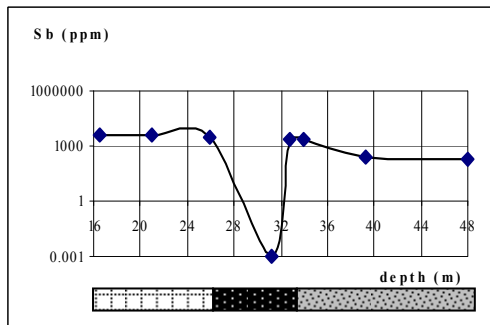
در مجموع غلظت اکسید آلومینیوم سنگ‌های منطقه بالاست که با توجه به جنس سنگ‌ها امر طبیعی به‌نظر می‌رسد و شاهد افت میزان آن در مجاورت کم‌پایین دگرسان یافته می‌باشیم (شکل ۳-۲۲).

(۲۲).



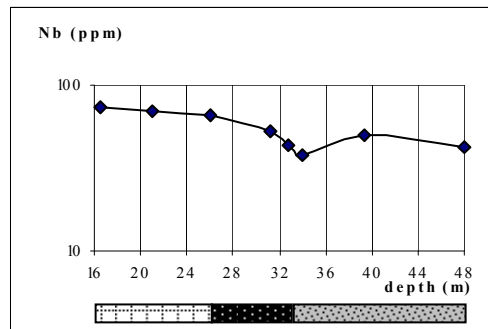
شکل (۲۲-۳) نمودار تغییرات غلظت Al₂O₃

میزان غلظت عناصر Sb و Rb به همراه K₂O در سنگ‌های کمرپایین دگرسان یافته نسبت به کمر- بالای غیردگرسان شده به مراتب پایین‌تر می‌باشد (شکل ۳-۲۳) که این امر می‌تواند ناشی از عملکرد دگرسانی بر روی این سنگ‌ها در مقایسه با کمربالای دگرسان نیافته ماده معدنی باشد. همچنین این عناصر در مرز کمرپایین دگرسان یافته رفتاری مشابه Al₂O₃ را نمایش می‌دهند. در مجموع نمونه‌ها دارای میزان آنتیموان بیشتری نسبت به سنگ‌های مشابه هستند که نشان‌دهنده وجود آنومالی آنتیموان در منطقه می‌باشد.



شکل (۲۳-۳) نمودار تغییرات غلظت عناصر Sb، Rb و K₂O

در شکل (۳-۲۴) کاهش میزان Nb از سمت سنگ میزبان غیردگرسان به طرف بخش معدنی قابل مشاهده می‌باشد. در کمرباطین دگرسان یافته مقداری افزایش یافته است ولی به حد معمول آن در بخش غیردگرسان نرسیده است.



شکل (۳-۲۴) نمودار تغییرات غلظت Nb

بررسی تغییرات غلظت عناصر در گمانه TK3S-04 نشان می‌دهد که در این محدوده از کانسار عناصری نظیر Cu, Th, Bi صرفاً در محدوده کانی سازی عکس العمل از خود نشان داده و پارائزهای کانی سازی می‌توانند محسوب گردند. گروه عناصر As, Co, P₂O₅, V, Zn, LOI همراه با افزایش در کمرباطین دگرسان یافته می‌باشند که احتمالاً می‌توانند منعکس کننده فرآیندهای کانی سازی صورت گرفته در منطقه معدنی باشند. گروه دیگری از عناصر مانند CaO, S, Na₂O, Sr, Pb, MgO, TiO₂ همراه با افزایش غلظت در کمرباطین و بخش کانی سازی شده می‌باشند که می‌توانند متأثر از فرآیندهای کانی سازی باشند. به همراه این عناصر، عناصر دیگری مانند Fe₂O₃, MnO نیز رفتار مشابهی دارند. در مقابل این گروه و با رفتاری کاملاً عکس گروه دیگری از عناصر قرار دارند مانند Al₂O₃, Sb, Rb, K₂O, Nb که همراه با کاهش غلظت در بخش کانی سازی شده و کمرباطین دگرسان یافته ماده معدنی و در مقابل افزایش غلظت در کمرباطی غیردگرسان می‌باشند.

۳-۲-۳) گمانه TK3N-01

گمانه TK3N-01 در محدوده تک ۳ شمالی واقع شده است. مختصات U.T.M دهانه این گمانه، ۳۹۱۲۴۵۴ و ۴۰ S ۰۵۶۹۸۴۷ می‌باشد.

شروع گمانه واحد اصلی سازند تکنار است که همراه با کانی‌سازی به صورت رگچه‌ای حاوی سولفید و مگنتیت است که مگنتیت به صورت افشان در متن سنگ می‌باشد. در برداشت نمونه‌ها سعی شده است تا از یک توالی یا سکانس کامل نمونه‌برداری صورت گیرد. نمونه‌های برداشت‌شده از مغزه این گمانه به نام‌های N01 معرفی گردیده اند.

در عمق بین ۷ تا ۱۶ متری زیر سطح زمین یک زون گسلی وجود دارد که تمام سولفیدها در آن اکسید شده‌اند و اثری از سولفید و مگنتیت نیست. غالب سولفیدها به هماتیت، لیمونیت، گوتیت و مالاکیت اکسید شده‌اند و زون کلاهدک آهنی (گوسن) را تشکیل داده اند (روکی، ۱۳۸۲). لازم به ذکر است که گوسن‌ها رخنمون‌های هوازده زرد رنگ تا قرمز رنگی هستند که دارای هیدروکسیدهای آهن بوده و در نزدیکی سطح زمین از طریق اکسیداسیون و شستشوی شیمیایی کانی‌های سولفوری کانی-های آهن‌دار تشکیل می‌شوند. گوسن‌ها راهنمای خوبی برای کشف توده‌های کانساری سولفوری در عمق می‌باشند (حسینی پاک، ۱۳۶۲).

در زیر این بخش سنگ میزبان به همراه رگه‌های اکسید آهن وجود دارد. بر اساس مطالعات پتروگرافی صورت گرفته در این قسمت جنس سنگ میزبان سریسیت شیبست می‌باشد.

در عمق ۲۵ تا ۲۶ متری نفوذ یک دایک در بین سنگ‌ها گزارش شده است که بعنوان توفریولیتی به همراه کانی‌های رسی و سریسیت بر اساس مطالعات پتروگرافی معرفی گردیده است و هیچ ارتباطی با سنگ میزبان و سیستم کانی‌سازی ندارد. در قبل از این واحد آذرین (در عمق کمتر از ۲۵ متر) سنگ میزبان کاملاً دگرسان شده است. در ادامه و بعد از توفهای ریولیتی (عمق ۲۷ متری) سنگ

میزبان کمی دگرسان یافته حاوی ذرات سولفید پراکنده می باشد که در ادامه کانی های بلورین آهنی و میزان ماده معدنی نیز افزایش می یابد (شکل ۳-۲۵).



شکل (۳-۲۵) تصویر نمونه دستی N01-5 حاوی کلسیت





بیشترین کانی سازی در این گمانه از عمق تقریباً ۳۹ متری به بعد شروع می گردد، که شامل ۳ درصد سولفید به صورت رگچه و افشان می باشد (روکی، ۱۳۸۲).

براساس بررسی های مقاطع صیقلی میکروسکوپی در این گمانه، کانه های پیریت و کالکوپیریت از جمله عمده کانه های شناسایی شده می باشند.

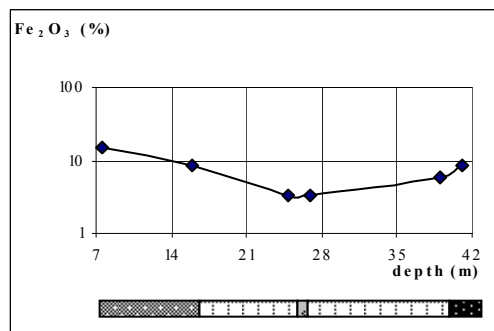
واحدهای اصلی سنگ شناسی که در این گمانه شناسایی شده است به ترتیب از بالا تا پایین عبارتند از: کلریت سربیسیت شیست و کوارتز سربیسیت شیست، بیوتیت گرانودیوریت پورفیری، متاریوداسیت، کوارتز سربیسیت شیست، متادیاباز و کوارتز سربیسیت شیست (روکی، ۱۳۸۲).

در ادامه به بررسی اختصاصات ژئوشیمیایی عناصر در این گمانه پرداخته شده است. در جدول (۳-۴) راهنمای علائم بکار گرفته شده در زیر نمودارها، توضیح داده شده است.

جدول (۳-۴) راهنمای نمودارهای ترسیم شده در شکل های (۳-۲۶) تا (۳-۳۷)

نشانه	توضیحات
	زون کانی سازی شده Ore zone
	سنگ میزبان (سریسیت شیست) Hosted rock
	دایک Dike
	کلاhek آهنی Iron zone

در کلاhek آهن حضور آهن بالا طبیعی می باشد (شکل ۳-۲۶). به طرف دایک به تدریج شاهد کاهش میزان آهن می باشیم. این در حالی است که مجدداً به طرف زون کانی سازی شده افزایش غلظت آهن را مشاهده می کنیم.

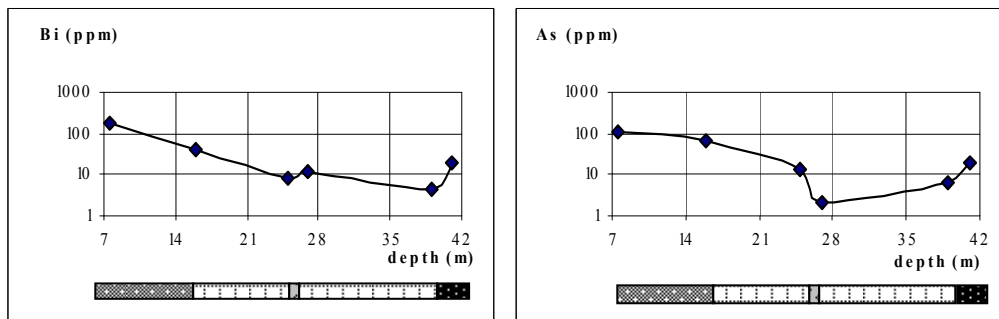


شکل (۳-۲۶) نمودار تغییرات غلظت Fe₂O₃

اگرچه از سمت کلاhek آهنی به طرف زون کانی سازی شده شاهد کاهش غلظت بیسموت می باشیم، اما در مجموع غلظت بیسموت در نمونه ها با توجه به محیط نمونه برداری بالاست (شکل ۳-۲۷). آرسنیک هم روندی تقریباً مشابه بیسموت نشان می دهد، اما در مجموع میزان آرسنیک نمونه ها با توجه به نوع سنگ های در برگیرنده تقریباً بالاست.

مجموعه عوامل موثر در تشکیل گوسن در منطقه تقریباً عملکردی مشابه با Fe را بر روی دو عنصر Bi و As دارند. به نظر می رسد فرآیندهای کانی سازی اثرات بسیاری جزئی بر روی پراکندگی این دو عنصر در این بخش از منطقه داشته باشد. فرآیندهای هوازدگی و دگرسانی اثرات مشابهی را بر روی As دارد ولی عملکرد آن بر روی Bi مقداری متفاوت می باشد. آنچه از بخش های قبل این فصل

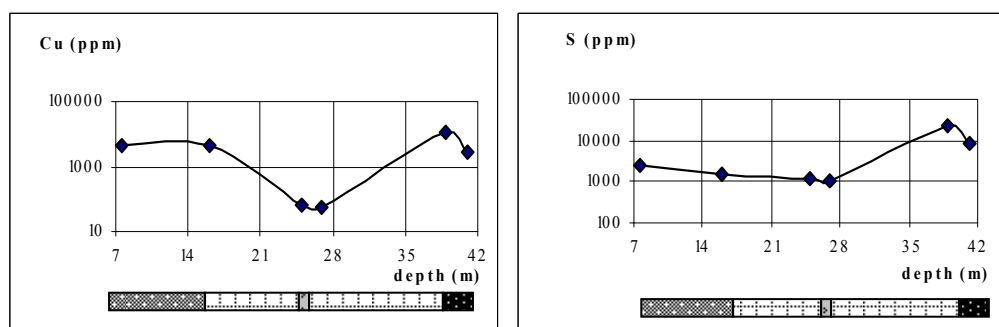
ملاحظه گردید غنی شدگی از Bi در زون کانی‌سازی شده بود که در این قسمت از منطقه که گمانه TK3N-01 واقع گردیده است کمی متفاوت است.



شکل (۳-۲۷) نمودار تغییرات غلظت عناصر Bi و As

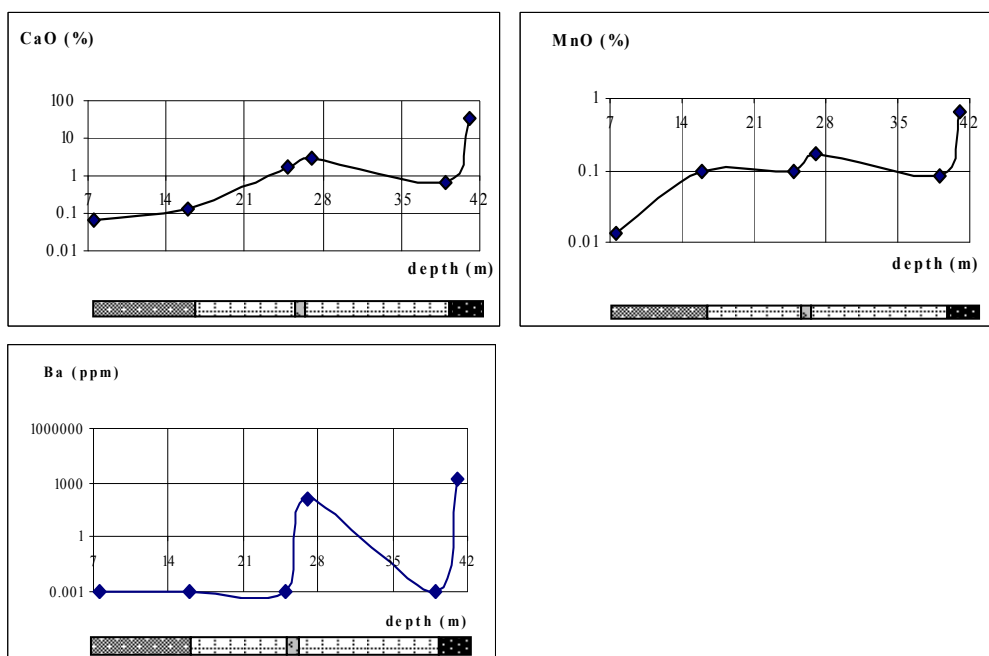
علاوه بر نمونه‌های بخش کانی‌سازی شده، نمونه‌های واقع در کلاهِک آهنی هم دارای مقادیر قابل توجه مس می‌باشند (شکل ۳-۲۸). در سنگ درونگیر نیز مقدار این عنصر بالا می‌باشد. همانند سایر بخش‌ها، افزایش میزان سولفور به طرف زون کانی‌سازی شده، دال بر سولفیدی بودن توده معدنی می‌باشد. قابل ذکر است که عکس العمل Cu در سنگ درونگیر در این بخش از منطقه شدیدتر از عنصر S می‌باشد که بخشی از آن می‌تواند به دلیل فرآیندهای هوازدگی نیز باشد.

آنچه قابل ملاحظه است کاهش میزان این عنصر در حرکت به سمت واحد آذرین است. توفریولیتی موجود در منطقه را نمی‌توان بعنوان مولد مس و سولفید دانست.



شکل (۳-۲۸) نمودار تغییرات غلظت عناصر S و Cu

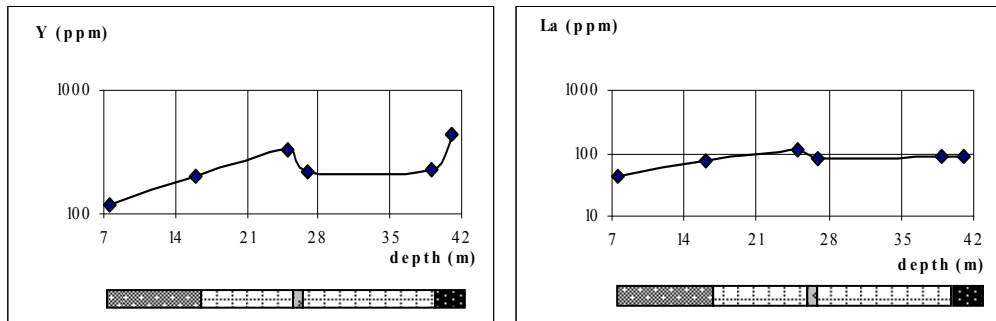
بطور نسبی میزان کلسیم در نمونه‌ها پایین می‌باشد ولی در بخش کانی‌سازی شده غلظت بالای اکسید کلسیم را شاهد هستیم (شکل ۳-۲۹). روندهای کاملاً مشابهی را می‌توان در تغییرپذیری غلظت اکسید منگنز و عنصر باریم ملاحظه نمود. بطور کلی غلظت منگنز در نمونه‌ها در حد عادی است و صرفاً در بخش کانی‌سازی شده افزایش می‌یابد. غلظت باریم در حالت کلی بسیار پایین و در بخش کانی‌سازی شاهد افزایش آن می‌باشیم. منبع مولد تغییرات این عناصر را می‌توان به عملکرد فرآیندهای کانی‌سازی نسبت داد.



شکل (۳-۲۹) نمودار تغییرات غلظت عناصر CaO، MnO و Ba

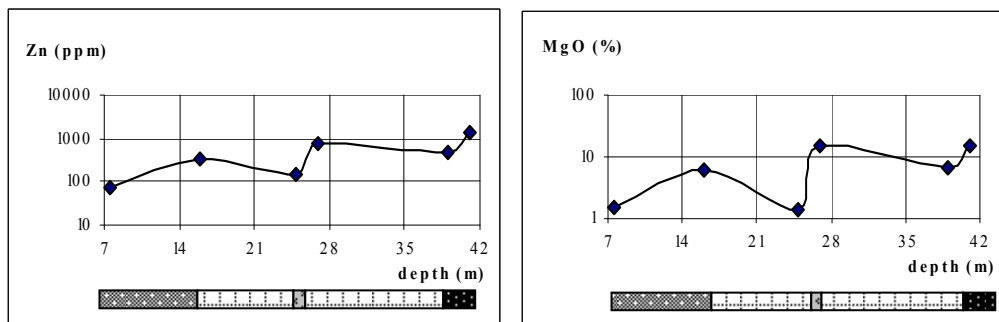
با توجه به پایین بودن میزان Cu در واحد آذرین، چنانچه در بررسی پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر بخش دایک یا واحد توفریولیتی را بطور مستقل در نظر بگیریم، شاید بتوان عملکرد کانی‌سازی را بهتر بررسی نمود. لذا در بررسی دو عنصر Y و La به تدریج شاهد افزایش غلظت این عناصر از گوسن به سمت زون کانی‌سازی می‌باشیم. در خصوص عنصر La در محدوده مجاور ماده معدنی به حد ثابتی می‌رسد و ثابت می‌ماند ولی عنصر Y بالاترین میزان غلظت را در بخش کانی‌سازی شده نشان می‌دهد.

عملکرد کانی‌سازی بر روی پراکندگی ژئوشیمیایی عنصر Y در این بررسی قابل مشاهده می‌باشد ولی در خصوص عنصر La شاید عملکرد فرآیندهای هوازدگی مشهودتر باشد.



شکل (۳۰-۳) نمودار تغییرات غلظت عناصر Y و La

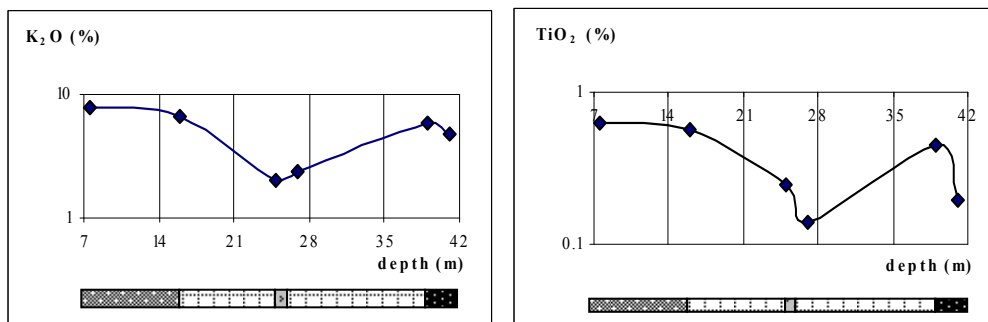
در روال بررسی مشابه دو عنصر لانتانیم و ایتریوم، از سمت کلاهِک آهنی به طرف زون کانی‌سازی شده شاهد افزایش غلظت اکسیدمنیزیم و عنصر روی می‌باشیم (شکل ۳۱-۳). بنظر می‌رسد که فرآیندهای کانی‌سازی نقش موثری در پراکندگی ژئوشیمیایی Zn و MgO داشته باشند.



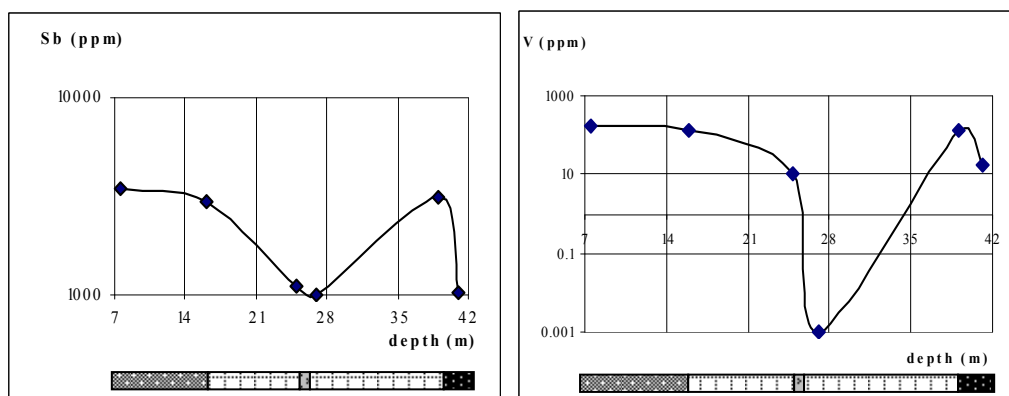
شکل (۳۱-۳) نمودار تغییرات غلظت عناصر Zn و MgO

با صرف نظر از عکس العمل عناصر در بخش آذرین، از گوسن به سمت بخش کانی‌سازی شده شاهد افت غلظت اکسیدهای پتاسیم و تیتانیم هستیم (شکل ۳۲-۳). روال کاهش غلظت اکسیدهای این عناصر در گوسن و زون کانی‌سازی موید تلفیق عملکرد هوازدگی و کانی‌سازی می‌باشد.

دو عنصر Sb و V نیز اختصاصات ژئوشیمیایی مشابه K_2O و TiO_2 را ولی با شدت کمی متمایز نشان می‌دهند (شکل ۳-۳۳). در مجموع میزان آنتیموان در نمونه‌ها بالاست اما غلظت وانادیوم در نمونه‌ها با توجه به نوع سنگ‌های منطقه عادی است.



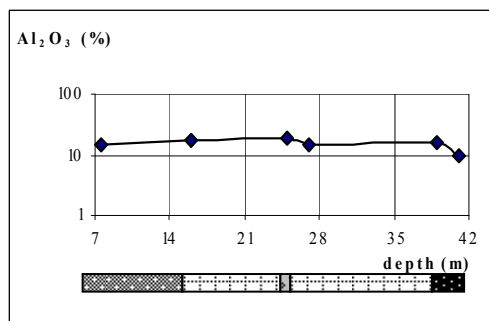
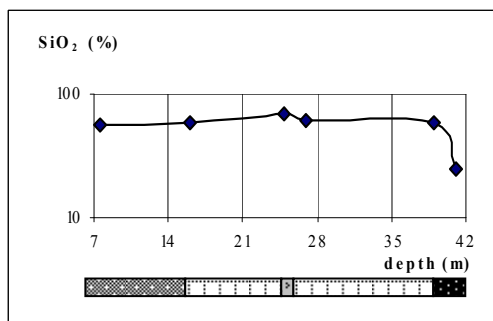
شکل (۳-۳۲) نمودار تغییرات غلظت عناصر TiO_2 و K_2O



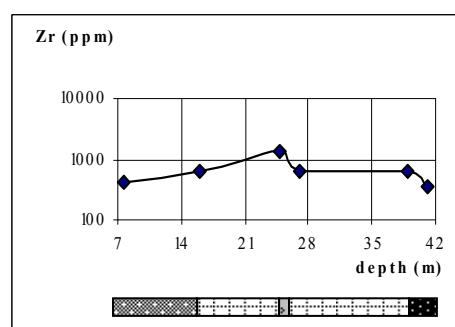
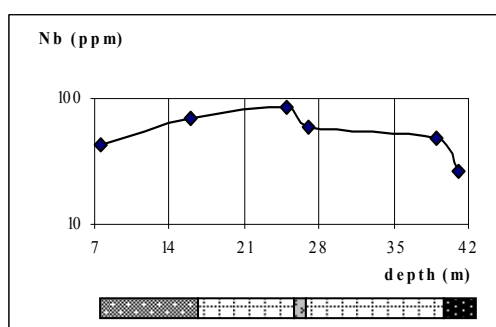
شکل (۳-۳۳) نمودار تغییرات غلظت عناصر Sb و V

بدون مدنظر قرار دادن توفریولیتی، روند کلی پراکندگی ژئوشیمیایی SiO_2 و Al_2O_3 کاهش غلظت را به سمت زون کانی‌سازی از خود نشان می‌دهند (شکل ۳-۳۴) که می‌تواند موید تاثیرپذیری از فرآیندهای کانی‌سازی باشد. در بخش هوازده و زون گوسن مقداری افزایش غلظت این دو اکسید را می‌توان با افزایش عمق ملاحظه نمود که متمایز از روند تغییرات آنها به سمت زون کانی‌سازی می‌باشد.

دو عنصر Nb و Zr نیز اختصاصات ژئوشیمیایی مشابه SiO_2 و Al_2O_3 را ولی با شدت کمی متمایز نشان می‌دهند (شکل ۳-۳۵). غلظت زیرکن نسبت به سنگ‌های مشابه بالا می‌باشد.

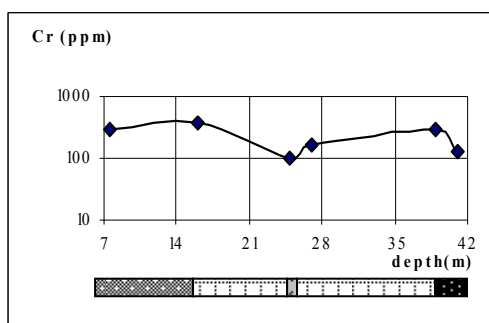
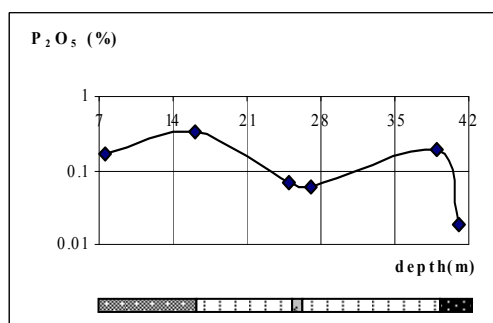


شکل (۳-۳۴) نمودار تغییرات غلظت عناصر SiO₂ و Al₂O₃



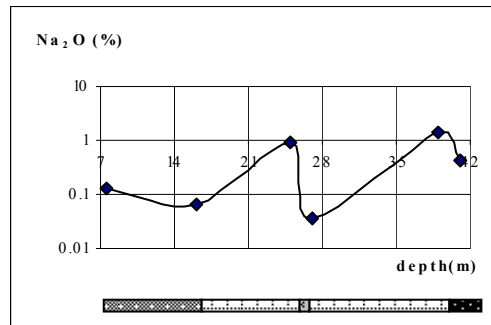
شکل (۳-۳۵) نمودار تغییرات غلظت عناصر Nb و Zr

پراکندگی ژئوشیمیایی اکسیدفسفر و عنصر Cr روندی کلی مشابه پراکندگی ژئوشیمیایی SiO₂ و Al₂O₃ را نشان می‌دهد که به لحاظ شدت تغییرات مقدری متمایز می‌باشد (۳-۳۶).



شکل (۳-۳۶) نمودار تغییرات غلظت عناصر Cr و P₂O₅

اگرچه غلظت اکسیدسديم در نمونه کانی‌سازی شده از سایر نمونه‌ها بیشتر است، اما در مجموع غلظت تمام نمونه‌ها با توجه به محیط نمونه‌برداری پایین است (شکل ۳-۳۷).



شکل (۳-۳۷) نمودار تغییرات غلظت Na₂O

غلظت Fe₂O₃ و عناصر Bi و As در گوسن و سنگ درونگیر مجاور آن بالا می‌باشد و نسبت به عمق دچار کاهش می‌گردد. در زون کانی‌سازی شاهد غنی‌شدگی از عناصر S، CaO، MnO، Ba، Y و Na₂O هستیم. در زون کانی‌سازی و سنگ درونگیر میزان غلظت‌های Cu بالا می‌باشد. در مقابل این عناصر و با رفتاری کاملاً عکس، اکسیدهای عناصر SiO₂ و Al₂O₃ در زون کانی‌سازی دچار تهی‌شدگی گردیده‌اند. از گوسن به سمت زون کانی‌سازی افزایش غلظت Zn، Y و MgO را شاهد هستیم که در مقابل آنها و با اختصاصاتی کاملاً عکس شاهد کاهش غلظت V، Sb، TiO₂، K₂O، Cr و P₂O₅ از گوسن به سمت زون کانی‌سازی می‌باشیم.

فصل چهارم

شاخص‌های اکتشافی

۴-۱) شاخص ژئوشیمیایی

تحلیل ویژگیهای ژئوشیمیایی عناصر و کاربرد آنها در تعریف شاخصهای کانی‌سازی و دگرسانی یکی از اهداف اصلی مطالعات ژئوشیمیایی می‌باشد. در یک تعریف بسیار ساده، توزیع ویژه یک یا چند عنصر (به خصوص عناصر کمیاب) در سنگ‌ها را که راهنمای عملیات اکتشافی باشد بعنوان شاخص ژئوشیمیایی تعریف شده است (یزدی، ۱۳۸۱). علاوه بر هدایت عملیات اکتشافی بر اساس شاخصهای ژئوشیمیایی، دلایل متعددی دیگری نیز برای تعریف شاخصها وجود دارد. از آنجاییکه آنالیز تمام عناصر موجود در نمونه، به علت هزینه بالا و یا حد حساسیت پایین برخی دستگاههای اندازه‌گیری همواره مقدور نیست، لذا شاخصهای اکتشافی مناسب کمک شایانی در زمینه ردیابی و تعریف شاخصهایی می‌نماید که بسیاری از معیارهای اکتشافی را بهبود می‌بخشند.

در این فصل سعی در بررسی نسبت‌های عنصری و در صورت امکان تعریف شاخصهای اکتشافی می‌باشد.

۴-۲) شاخصهای اکتشافی در منطقه

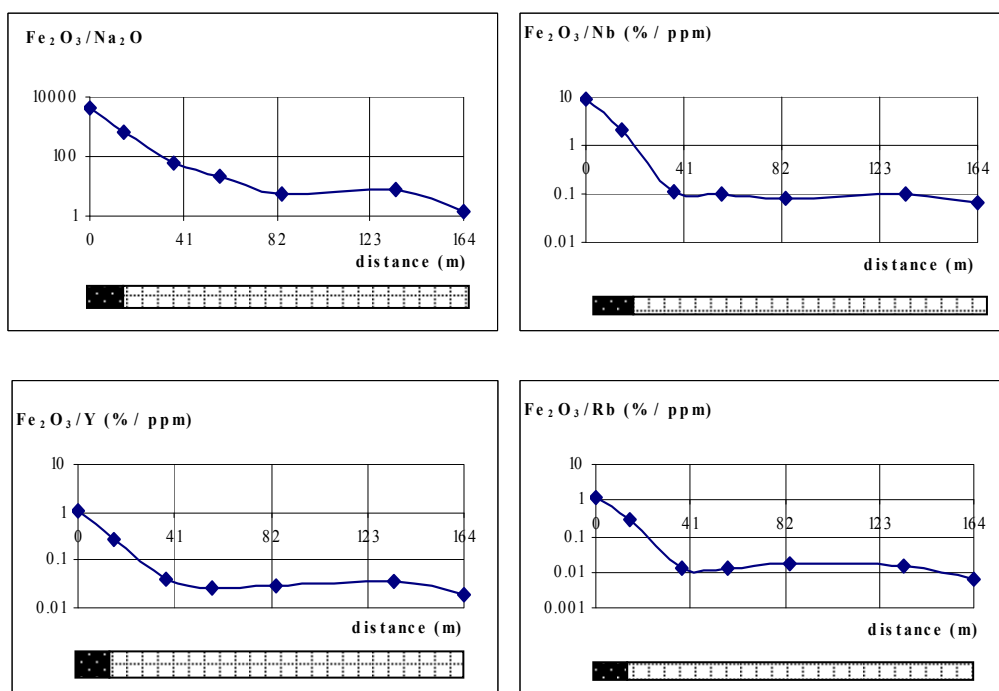
ارزیابی منطقه کانی‌سازی، محدوده مناطق دگرسانی و تحلیل دوری و نزدیکی به مناطق مذکور از جمله الویتهای اکتشافی محسوب می‌گردند که در مطالعات اکتشافی و بررسی شاخصهای ژئوشیمیایی مدنظر قرار داده می‌شوند.

به منظور بررسی موارد مذکور در هر یک از مناطق مورد مطالعه، در ادامه اقدام به تعریف نسبت‌های عنصری نموده‌ایم که به تشریح هر یک پرداخته شده است. با توجه به رفتارهای متفاوت برخی عناصر در بخش‌های مختلف کانسار لذا شاخصهای مربوط به هر بخش به صورت جداگانه تعیین گردیده است. در صورت این نسبت‌ها عناصر و اکسیدهایی قرار دارند که در بخش کانه‌دار و دگرسان غنی-شدگی داشته‌اند و در مخرج عناصر و اکسیدهایی قرار گرفته‌اند که در این بخش‌ها تهی‌شدگی داشته‌اند.

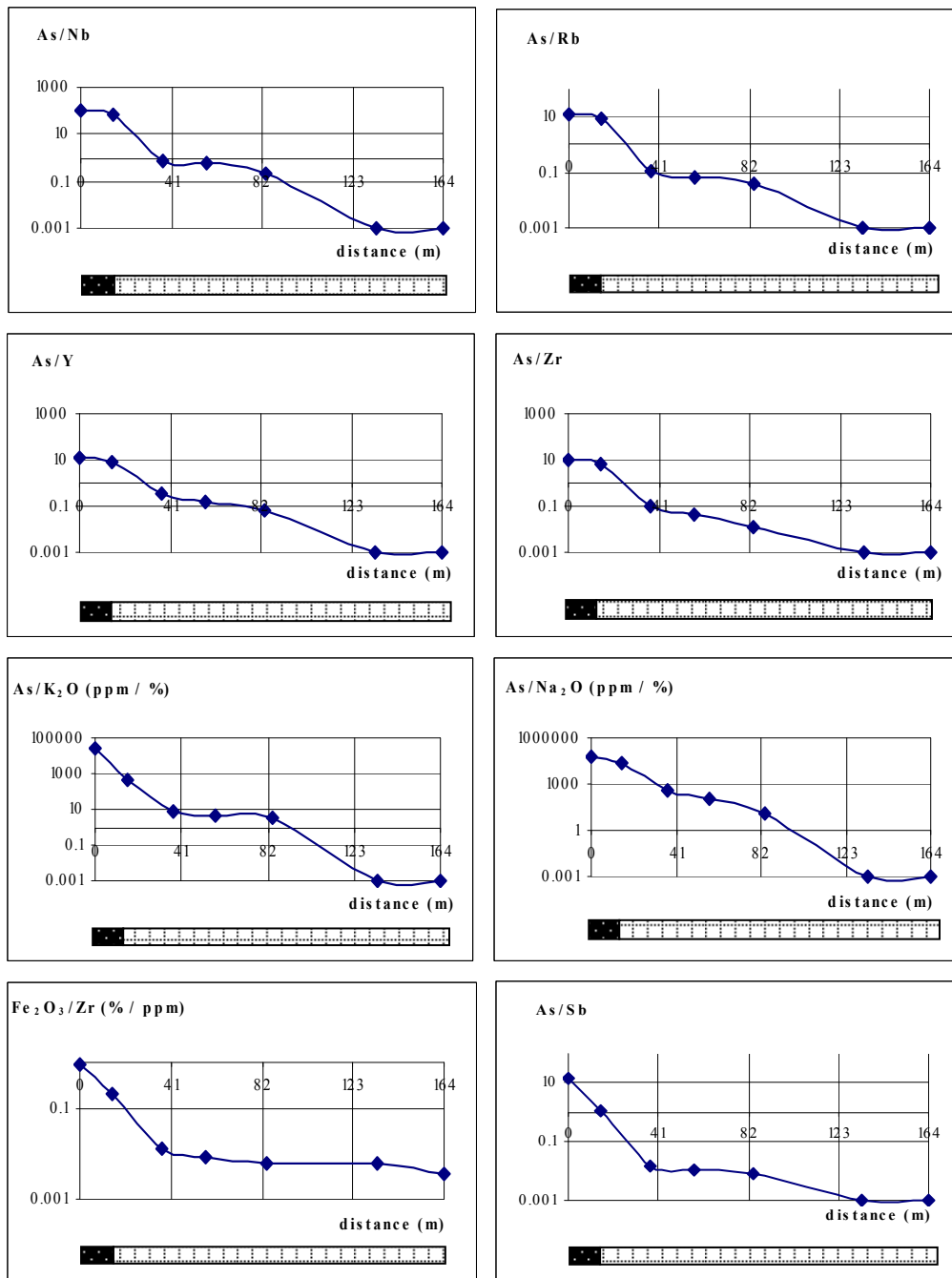
تذکره: شایان ذکر است مقادیر اکسیدهای اصلی در نمودارها بر حسب درصد و عناصر کمیاب بر حسب پی‌پی‌ام بوده و در مواردی که عناصر صورت و مخرج هم واحد نبوده‌اند، دیمانسیون مربوطه در مقابل نسبت درج شده‌است. همچنین محور مربوط به شاخص‌ها در کلیه نمودارها به صورت لگاریتمی آمده‌است.

۱-۲-۴) تونل تک ۱

با توجه به نتایج بدست آمده از مطالعات مقدماتی که بر روی پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر صورت گرفته است، در مورد تونل تک ۱ نسبت‌های Fe_2O_3/Y ، Fe_2O_3/Rb ، Fe_2O_3/Nb ، Fe_2O_3/Na_2O ، As/Nb ، As/Rb ، As/Y ، As/Zr ، As/Sb ، As/K_2O و As/Na_2O تعریف گردیده است (شکل ۱-۴) که با شدت حساسیت‌های متفاوت به تفکیک مرزها و محدوده‌های موجود پرداخته‌اند.



شکل (۱-۴) نمودار نسبت‌های دو عنصری تونل تک ۱



ادامه شکل (۱-۴)

در جدول (۱-۴) مقادیر عددی این نسبت‌ها در بخش‌های مختلف تونل (بخش کانه‌دار، بخش دگرسان و سنگ میزبان) ارائه شده است.

جدول (۱-۴) مقادیر عددی نسبت‌های دو عنصری تونل تک ۱

نسبت	بخش کانه دار	بخش دگرسان	سنگ میزبان
Fe ₂ O ₃ /Na ₂ O	۷۰۰ - ۴۵۰۰	۱۰-۱۰۰	کمتر از ۱۰
Fe ₂ O ₃ /Nb	۲ - ۱۰	حدود ۰/۱	کمتر از ۰/۱
Fe ₂ O ₃ /Rb	۰/۲ - ۱/۵	حدود ۰/۰۱	کمتر از ۰/۰۱
Fe ₂ O ₃ /Y	۰/۲ - ۱/۵	حدود ۰/۰۲	کمتر از ۰/۰۱
Fe ₂ O ₃ /Zr	۰/۲ - ۱	حدود ۰/۰۲	کمتر از ۰/۰۱
As/Nb	۷۰ - ۱۰۰	حدود ۱	حدوداً صفر
As/Rb	۸ - ۱۵	حدود ۰/۱	حدوداً صفر
As/Y	۸ - ۱۵	حدود ۰/۱	حدوداً صفر
As/Zr	۵ - ۱۰	کمتر از ۰/۱	حدوداً صفر
As/Sb	۱ - ۱۵	حدود ۰/۰۱	حدوداً صفر
As/K ₂ O	۳۰۰ - ۲۵۰۰	حدود ۱۰	حدوداً صفر
As/Na ₂ O	۲۰۰۰۰ - ۶۰۰۰۰	۱۰ - ۱۰۰۰	حدوداً صفر

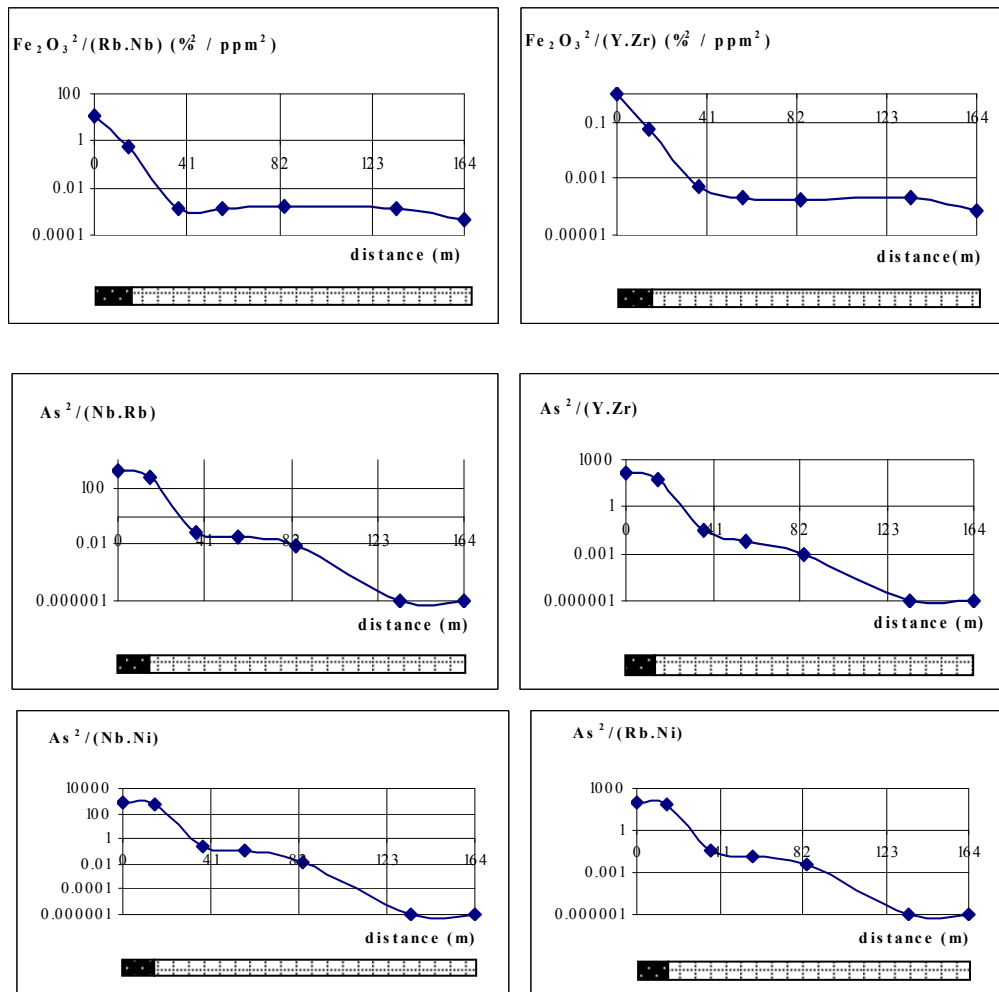
از میان نسبت‌های فوق، نسبت‌های Fe₂O₃/Na₂O، As/Nb، As/K₂O و As/Na₂O به علت داشتن

حساسیت بالا، پیشنهاد می‌شوند.

ترکیب ضربی نسبت‌های فوق نیز می‌تواند منجر به تشکیل نسبت‌های جدید چندعنصری شود، مانند

As²/(Rb.Ni) و As²/(Nb.Ni)، As²/(Y.Zr)، As²/(Nb.Rb)، Fe₂O₃²/(Y.Zr)، Fe₂O₃²/(Nb.Rb)

(شکل ۴-۲).



شکل (۲-۴) نمودار نسبت‌های چند عنصری تونل تک ۱

در جدول (۲-۴) مقادیر عددی این نسبت‌ها در بخش‌های مختلف تونل ارائه شده است.

جدول (۲-۴) مقادیر عددی نسبت‌های چهار عنصری تونل تک ۱

نسبت	بخش کانه دار	بخش دگرسان	زمینه
$Fe_2O_3^2/(Rb.Nb)$	۰/۵ - ۱۰	حدود ۰/۰۰۱	حدوداً صفر
$Fe_2O_3^2/(Y.Zr)$	۰/۰۵ - ۱	حدود ۰/۰۰۰۱	حدوداً صفر
$As^2/(Nb.Rb)$	۶۰۰ - ۱۵۰۰	حدود ۰/۱	حدوداً صفر
$As^2/(Y.Zr)$	۵۰ - ۱۵۰	حدود ۰/۰۳	حدوداً صفر
$As^2/(Nb.Ni)$	۶۰۰ - ۱۰۰۰	حدود ۰/۰۱ - ۱	حدوداً صفر
$As^2/(Rb.Ni)$	۷۰ - ۱۰۰	حدود ۰/۰۱	حدوداً صفر

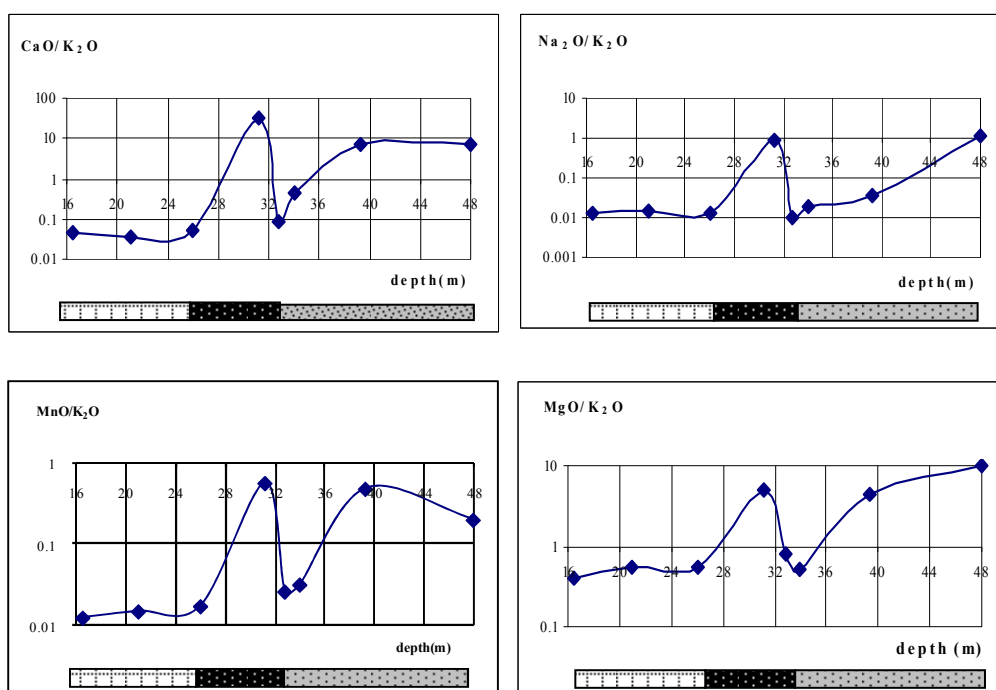
همانطور که مشاهده می‌شود، نسبت‌های $As^2/(Nb.Rb)$ ، $As^2/(Y.Zr)$ ، $As^2/(Nb.Ni)$ و $As^2/(Rb.Ni)$

اختلاف بین مقادیر در بخش‌های مختلف را بیشتر نمایان می‌کند و دوری و نزدیکی به ذخیره را با

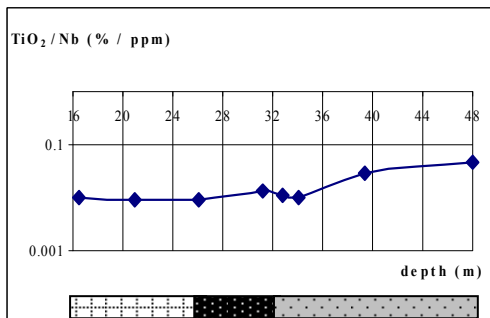
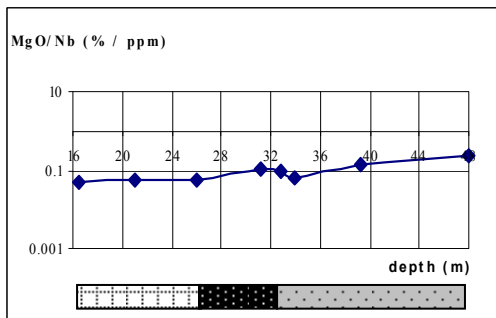
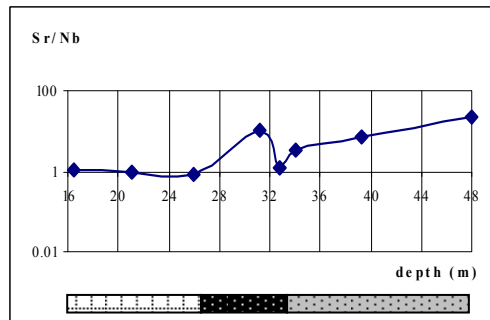
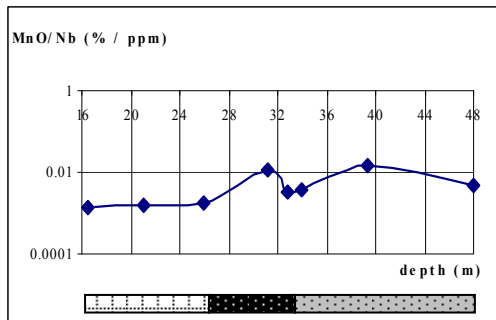
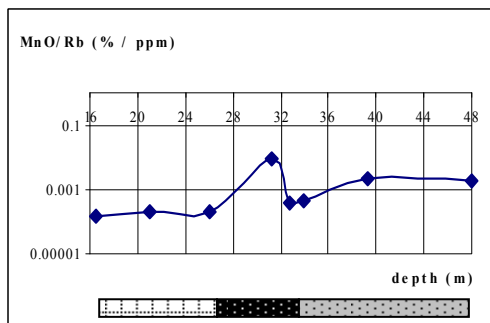
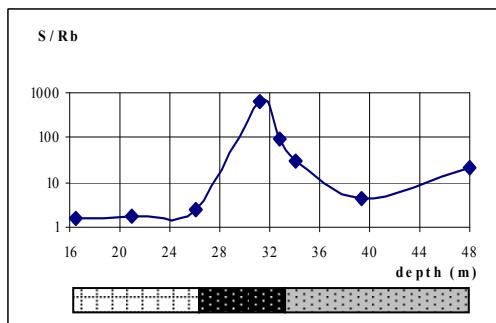
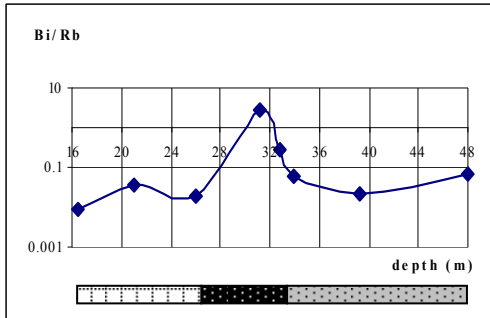
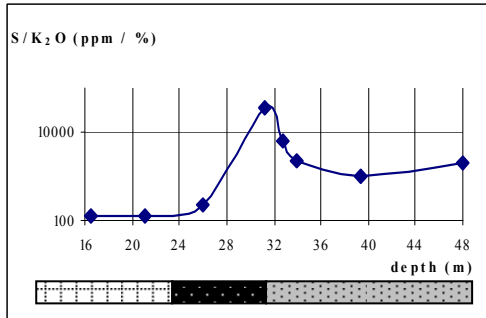
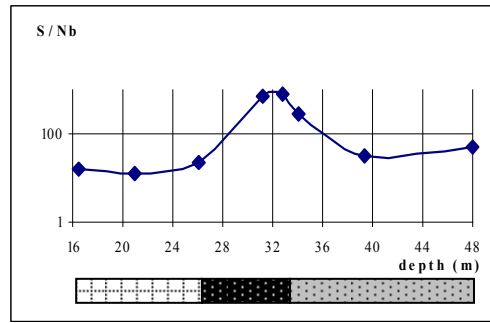
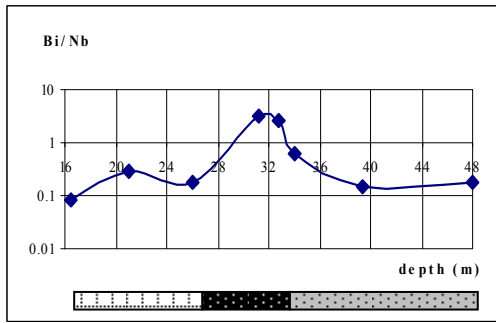
شدت بالاتری می‌تواند نمایان کند و لذا به‌عنوان شاخص معرفی می‌گردد. لذا از این شاخص اکتشافی، جهت هدایت عملیات معدنکاری می‌توان کمک گرفت.

گمانه ۲-۲-۴ TK3S-04

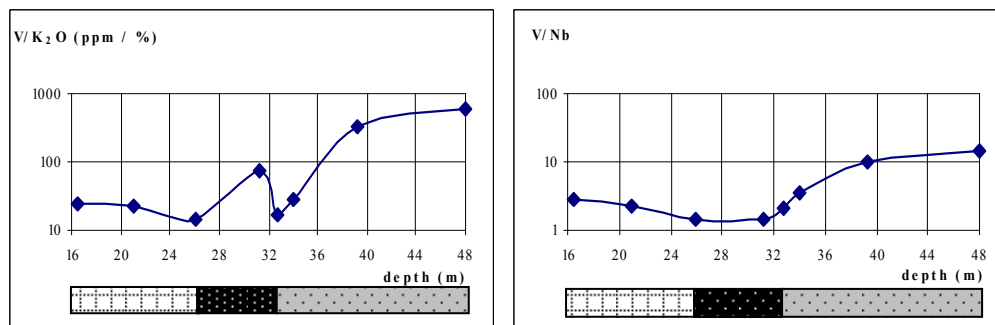
در گمانه TK3S-04 نسبت‌های $\text{CaO}/\text{K}_2\text{O}$ ، $\text{MnO}/\text{K}_2\text{O}$ ، $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ ، $\text{MgO}/\text{K}_2\text{O}$ ، Bi/Rb ، Bi/Nb ، S/Rb ، S/Nb ، $\text{S}/\text{K}_2\text{O}$ ، MnO/Nb ، MnO/Rb ، Sr/Nb ، MgO/Nb ، TiO_2/Nb و V/Nb با شدت حساسیت‌های متفاوت به تفکیک مرز بین زون‌های مختلف گمانه پرداخته‌اند (شکل ۳-۴).



شکل (۳-۴) نمودار نسبت‌های دو عنصری گمانه TK3S-04



ادامه شکل (۳-۴)



ادامه شکل (۳-۴)

در جدول (۳-۴) مقادیر عددی این نسبت‌ها در بخش‌های مختلف گمانه TK3S-04 ارائه شده است.

جدول (۳-۴) مقادیر عددی نسبت‌های دو عنصری گمانه TK3S-04

نسبت	بخش کانه دار	بخش دگرسان	زمینه
CaO/K ₂ O	۱-۳۰	حدود ۱۰	حدود ۰/۰۵
Na ₂ O/K ₂ O	حدود ۱	۰/۰۱-۱	حدود ۰/۰۱
MnO/K ₂ O	۰/۰۳-۰/۰۵	۰/۰۳-۰/۰۵	حدود ۰/۰۱
MgO/K ₂ O	۱-۵	۱-۱۰	حدود ۰/۰۵
Bi/Nb	۲-۳/۵	۰-۰/۷	۰-۰/۷
S/Nb	حدود ۷۵۰	۳۰-۳۰۰	۱۰-۲۰
S/K ₂ O	۶۰۰۰-۴۰۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۱۰۰-۲۰۰
Bi/Rb	۰/۳-۳	۰/۰۶-۰/۲۰	۰-۰/۰۲
S/Rb	۱۰۰-۶۵۰	۵-۳۰	کمتر از ۵
MnO/Rb	حدود ۰/۰۱	حدود ۰/۰۰۱	حدوداً صفر
MnO/Nb	حدود ۰/۰۱	حدود ۰/۰۱	حدود ۰/۰۰۱
Sr/Nb	۱-۱۰	۳-۲۰	کمتر از ۱
MgO/Nb	حدود ۰/۱	حدود ۰/۱	حدود ۰/۰۵
TiO ₂ /Nb	حدود ۰/۰۱	حدود ۰/۰۵	حدود ۰/۰۱
V/K ₂ O	۱۵-۱۰۰	۲۰-۶۰۰	کمتر از ۲۰
V/Nb	۱/۵-۲	۳-۱۵	۱/۵-۳

از بین نسبت‌های فوق، نسبت‌های Bi/Nb، Bi/Rb و S/Rb معرف زون کانی‌سازی شده، نسبت‌های S/Nb، MnO/Nb، MnO/Rb، V/K₂O، S/K₂O، MgO/K₂O، MnO/K₂O، Na₂O/K₂O، CaO/K₂O، Sr/Nb و MgO/Nb معرف زون کانی‌سازی شده و زون دگرسان و نسبت‌های TiO₂/Nb و V/Nb معرف زون دگرسان می‌باشند.

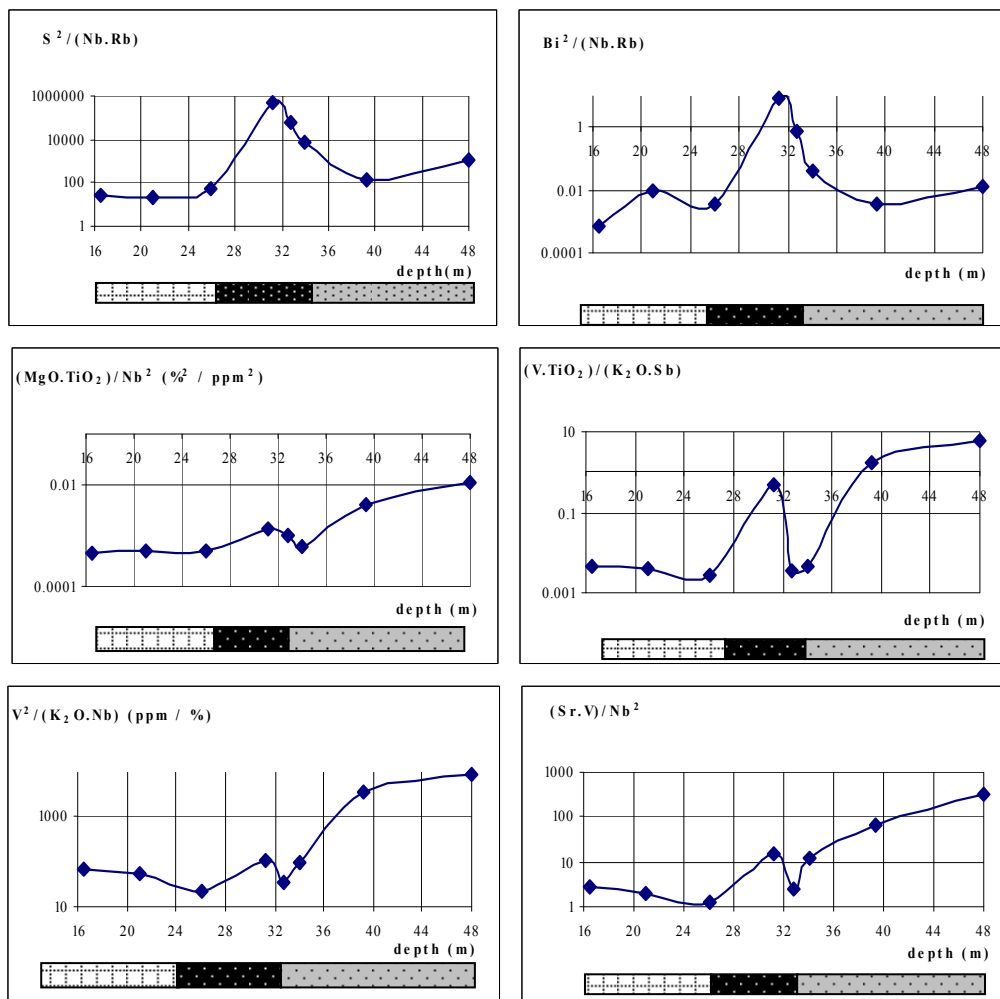
نسبت‌های $\text{CaO}/\text{K}_2\text{O}$ ، $\text{S}/\text{K}_2\text{O}$ ، S/Rb ، $\text{V}/\text{K}_2\text{O}$ و Sr/Nb حساسیت بیشتری نسبت به تفکیک بخش -

های مختلف نشان می‌دهند و جهت هدایت عملیات پیشنهاد می‌شوند.

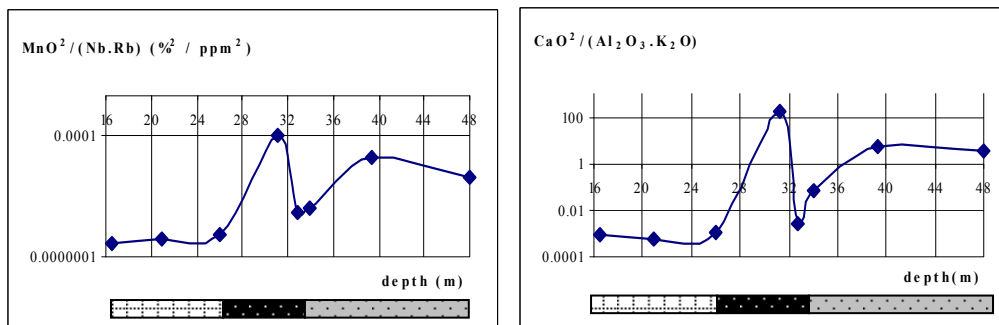
ترکیب ضربی نسبت‌های فوق نیز می‌تواند منجر به تشکیل نسبت‌های جدید چندعنصری شود، مانند

$(\text{V.TiO}_2)/(\text{K}_2\text{O.Sb})$ ، $\text{V}^2/(\text{K}_2\text{O.Nb})$ ، $(\text{MgO.TiO}_2)/\text{Nb}^2$ ، $\text{Bi}^2/(\text{Nb.Rb})$ ، $\text{S}^2/(\text{Nb.Rb})$

و $(\text{Sr.V})/\text{Nb}^2$ ، $\text{CaO}^2/(\text{Al}_2\text{O}_3.\text{K}_2\text{O})$ (شکل ۴-۴).



شکل (۴-۴) نمودار نسبت‌های چندعنصری گمانه TK3S-04



ادامه شکل (۴-۴)

در جدول (۴-۴) مقادیر عددی این نسبت‌ها در بخش‌های مختلف گمانه TK3S-04 ارائه شده است.

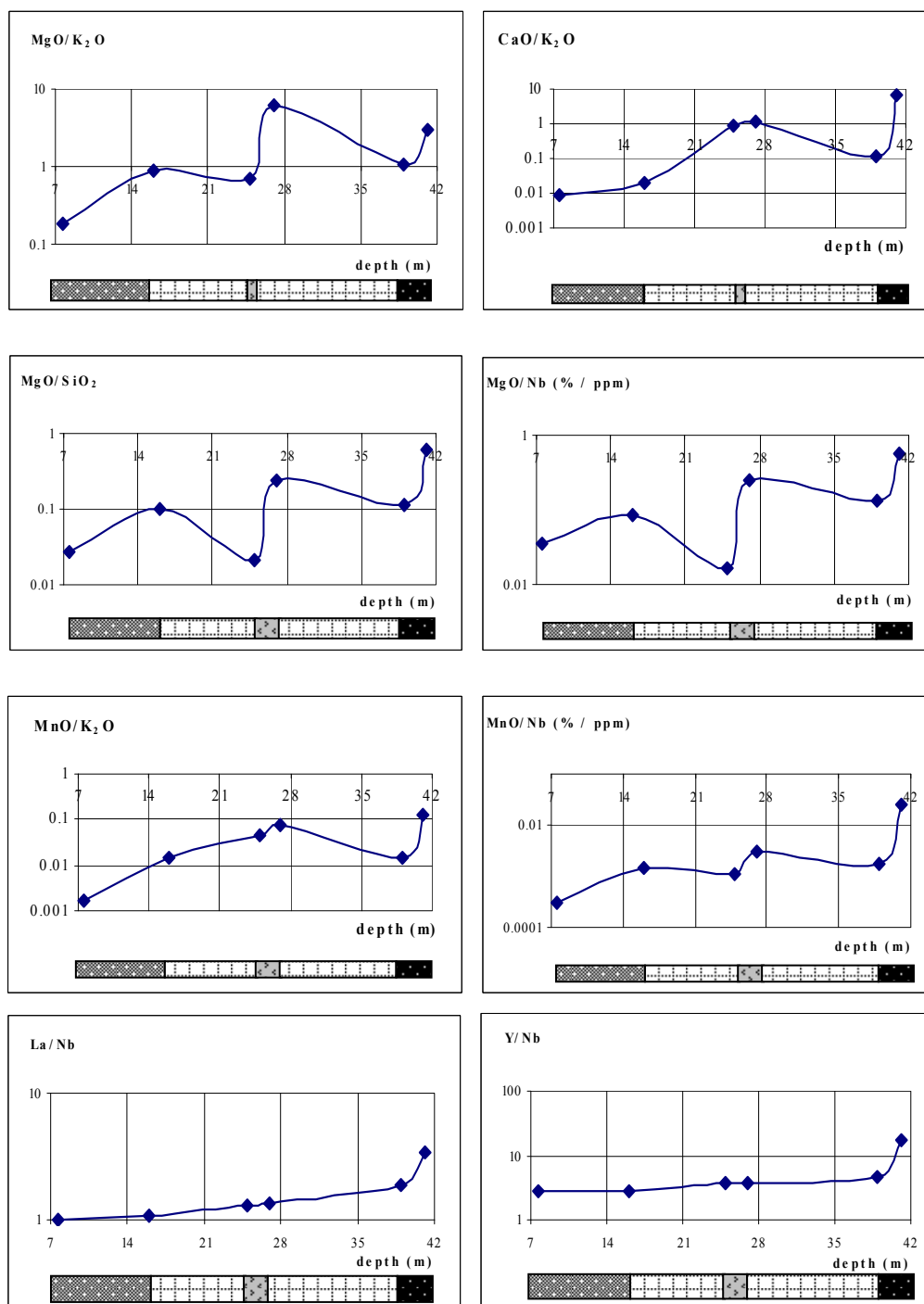
جدول (۴-۴) مقادیر عددی نسبت‌های چهارعنصری گمانه TK3S-04

شاخص	بخش کانه دار	بخش دگرسان	زمینه
$S^2/(Nb.Rb)$	۶۵۰۰۰-۵۰۰۰۰۰	۱۰۰-۸۵۰۰	کمتر از ۱۰۰
$Bi^2/(Nb.Rb)$	۰/۷-۱۰	۰/۰۰۳-۰/۰۱	حدوداً صفر
$(MgO.TiO_2)/Nb^2$	حدود ۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۶-۰/۰۱	حدوداً صفر
$V^2/(K_2O.Nb)$	۳۰-۱۰۰	۳۰-۱۰۰۰۰	۲۰-۶۰
$(V.TiO_2)/(K_2O.Sb)$	۰/۰۰۳-۰/۵	۱-۶	حدوداً صفر
$(Sr.V)/Nb^2$	۲-۱۵	۱۰-۳۵۰	۱-۲
$MnO^2/(Nb.Rb)$	۰-۰/۰۰۰۱	۰-۰/۰۰۰۰۱	حدوداً صفر
$CaO^2/(Al_2O_3.K_2O)$	۰-۲۰۰	۰-۵	حدوداً صفر

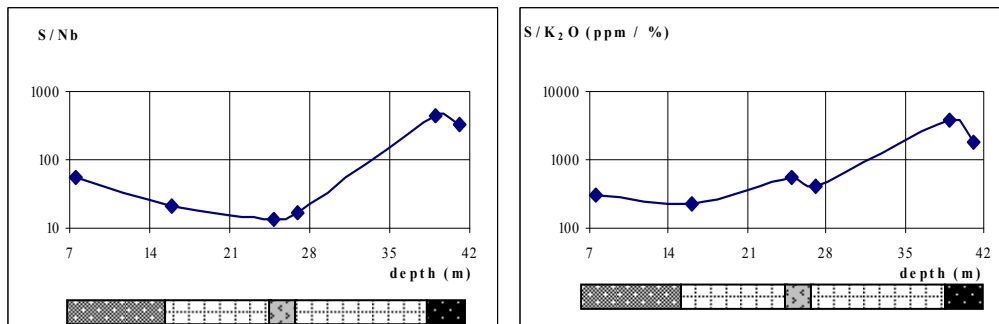
در بین این نسبت‌ها، نسبت‌های $S^2/(Nb.Rb)$ ، $V^2/(K_2O.Nb)$ و $(Sr.V)/Nb^2$ عکس العمل قابل ملاحظه‌ای در برابر واحدهای مختلف زمین شناسی نشان می‌دهند و تا حدود نسبتاً خوبی محدوده کانی‌سازی و دگرسان را مشخص می‌نمایند. لذا از این نسبت‌ها می‌توان بعنوان شاخص اکتشافی در هدایت عملیات معدنکاری کمک گرفت.

گمانه ۳-۲-۴ TK3N-01

در گمانه TK3N-01 نسبت‌های $\text{CaO}/\text{K}_2\text{O}$ ، $\text{MgO}/\text{K}_2\text{O}$ ، MgO/SiO_2 ، MgO/Nb ، $\text{MnO}/\text{K}_2\text{O}$ ، MnO/Nb ، S/Nb ، $\text{S}/\text{K}_2\text{O}$ و La/Nb با شدت حساسیت‌های متفاوت به تفکیک مرز بین زون‌های مختلف گمانه پرداخته‌اند (شکل ۴-۵).



شکل (۴-۵) نمودار نسبت‌های دو عنصری گمانه TK3N-01



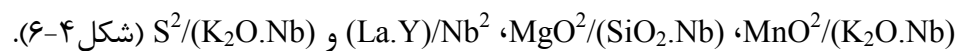
ادامه شکل (۴-۵)

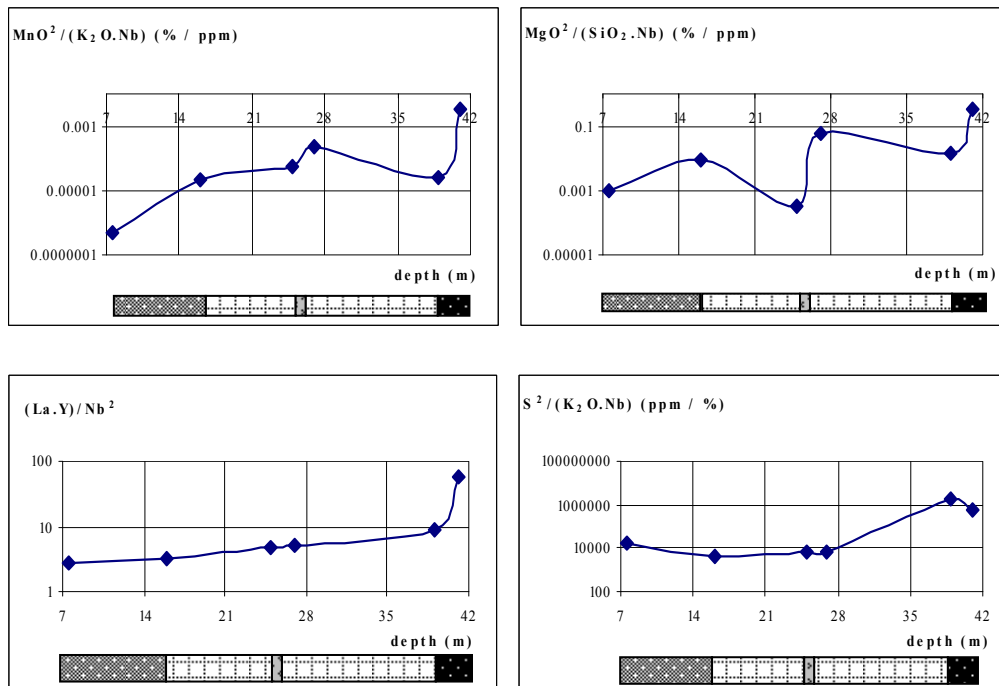
در جدول (۴-۵) مقادیر عددی این نسبت‌ها در بخش‌های مختلف گمانه TK3N-01 ارائه شده است.

جدول (۴-۵) مقادیر عددی نسبت‌های دو عنصری گمانه TK3N-01

نسبت	بخش کانه دار	کلاهدک آهنی	زمینه
CaO/K ₂ O	۰/۱ - ۷	حدود ۰/۱	۰/۱ - ۱
MgO/K ₂ O	۱ - ۳	۰/۱ - ۱	حدود ۰/۵
MgO/SiO ₂	۰/۱ - ۰/۶	۰ - ۰/۱	حدوداً صفر
MgO/Nb	۰/۱ - ۰/۵	۰/۰۳ - ۰/۰۸	کمتر از ۰/۰۲
MnO/K ₂ O	۰/۰۱ - ۰/۱۵	کمتر از ۰/۰۱	۰/۰۴ - ۰/۰۷
MnO/Nb	۰/۰۰۱۵ - ۰/۰۲۵	۰ - ۰/۰۰۱۵	حدود ۰/۰۰۱
La/Nb	۱/۵ - ۳/۵	حدود ۱	حدود ۱/۵
Y/Nb	۴/۵ - ۲۰	۲/۵ - ۳	۳ - ۴
S/K ₂ O	۲۰۰۰ - ۴۰۰۰	۲۰۰ - ۳۰۰	۴۰۰ - ۵۰۰
S/Nb	۳۰۰ - ۴۵۰	۲۰ - ۶۰	کمتر از ۲۰

ترکیب ضربی نسبت‌های فوق نیز می‌تواند منجر به تشکیل نسبت‌های جدید چندعنصری شود، مانند





شکل (۴-۶) نمودار نسبت‌های چندعنصری گمانه TK3N-01

در جدول (۴-۶) مقادیر عددی این نسبت‌ها در بخش‌های مختلف گمانه TK3N-01 ارائه شده است.

جدول (۴-۶) مقادیر عددی نسبت‌های چهارعنصری گمانه TK3N-01

نسبت	بخش کانه دار	کلاهی آهنی	زمینه
$MnO^2/(K_2O.Nb)$	۰ - ۰/۰۱	۰/۰۰۰۰۱ - ۰/۰۰۰۰۱	حدوداً صفر
$MgO^2/(SiO_2.Nb)$	۰/۰۱ - ۰/۳	حدوداً صفر	حدوداً ۰/۶
$(La.Y)/Nb^2$	۸ - ۶۰	کمتر از ۵	حدود ۵
$S^2/(K_2O.Nb)$	۶۰۰۰۰۰ - ۱۶۰۰۰۰۰	۴۰۰۰ - ۱۶۰۰۰	۶۰۰۰ - ۷۰۰۰

نسبت‌های $S^2/(K_2O.Nb)$ و S/Nb ، S/K_2O به‌نحوه مناسبتری به شناسایی محدوده معدنی و مجاورت با مناطق کانی‌سازی می‌پردازد. لذا از این نسبت‌ها بعنوان شاخص اکتشافی، جهت هدایت عملیات اکتشافی و معدنکاری می‌توان کمک گرفت.

۴-۲-۴) جبهه کار تک ۳

با توجه به این که نمونه‌های مربوط به جبهه کار تک ۳، از محدوده تک ۳ جنوبی اخذ شده‌اند، لذا شاخص‌های کاربردی که برای گمانه TK3S-04 پیشنهاد شده‌اند برای این نمونه‌ها نیز محاسبه شده‌اند.

در بین این نمونه‌ها نمونه‌های TK3S-1 تا TK3S-4 دارای مقادیر قابل توجهی مس (بیش از ۳/۵ درصد)، نمونه TK3S-5 دارای ۰/۶۱۷ درصد مس و نمونه TK3S-6 دارای ۰/۰۱۳ درصد مس می‌باشند.

در جدول (۷-۴) مقادیر عددی نسبت‌های محاسبه شده برای نمونه‌های مذکور ارائه شده است.

جدول (۷-۴) مقادیر عددی نسبت‌های محاسبه شده در جبهه کار تک ۳

TK3S-6	TK3S-5	TK3S-4	TK3S-3	TK3S-2	TK3S-1	نسبت
۲۲۸	۱۰۲	۴۷۴۷۸	۱۴۷۰	۱۲۶۰۳	۳۲۰۳۸	S/K ₂ O
۳/۶۱۸	۱/۱۴۷	۶۲۹	۸/۸۷۴	۲۱۶	۱۷۹۸۵	S/Rb
۰	۳۹	۳۳	۴۹	۱۶	۱۵	V/K ₂ O
۷۷	۹/۷۵۴	۴۱۴۶۹۵۱	۳۷۳	۳۹۰۵۵۷	۶۴۴۷۸۰۱۱	S ² /(Nb.Rb)
۰	۱۲۵	۱۵۰	۷۰	۳۸	۲۷	V ² /(K ₂ O.Nb)
۰	۳/۴۲۷	۶۶	۲/۰۵۳	۱/۴۳۶	۲/۲۷۲	(Sr.V)/Nb ²

مطالعه جدول (۷-۴) نشان می‌دهد که نمونه‌های TK3S-1، TK3S-2، TK3S-3 و TK3S-4 مربوط به بخش‌های دگرسان و کانی‌سازی شده کانسار بوده و نمونه TK3S-6 و تا حدی نمونه TK3S-5 مربوط به بخش زمینه (سنگ مادر غیردگرسان) می‌توانند محسوب گردند. به عبارت دیگر در بخش‌هایی از جبهه کار به زون کانی‌سازی نزدیک و یا وارد آن شده ایم. به منظور ارزیابی فاصله و یا عمق، لازم است تا به کالیبره کردن این نسبت در چند ذخیره با وضعیت‌های مشابه زمین‌شناسی و کانی‌سازی پرداخته شود.

فصل پنجم

تعیین موقعیت سطح فرسایش
آنومالی نسبت به سطح کانی سازی
احتمالی

۵-۱) مقدمه

تعیین موقعیت سطح فرسایش یک آنومالی ژئوشیمیایی نسبت به سطح کانی‌سازی احتمالی از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا مسئله اساسی در خلال عملیات اکتشافی برای یافتن کانی‌سازی پنهانی، تشخیص امیدبخش‌ترین آنومالی‌های ژئوشیمیایی از میان تعداد زیادی آنومالی است که از طریق هاله‌های ژئوشیمیایی ثبت می‌گردد (گری‌گوریان، ۱۹۷۲)، به طوریکه شناسایی آنومالی‌های حقیقی مربوط به کانسارهای پنهان از آنومالی‌های کاذب یکی از مسائل اساس اکتشافات ژئوشیمیایی می‌باشد.

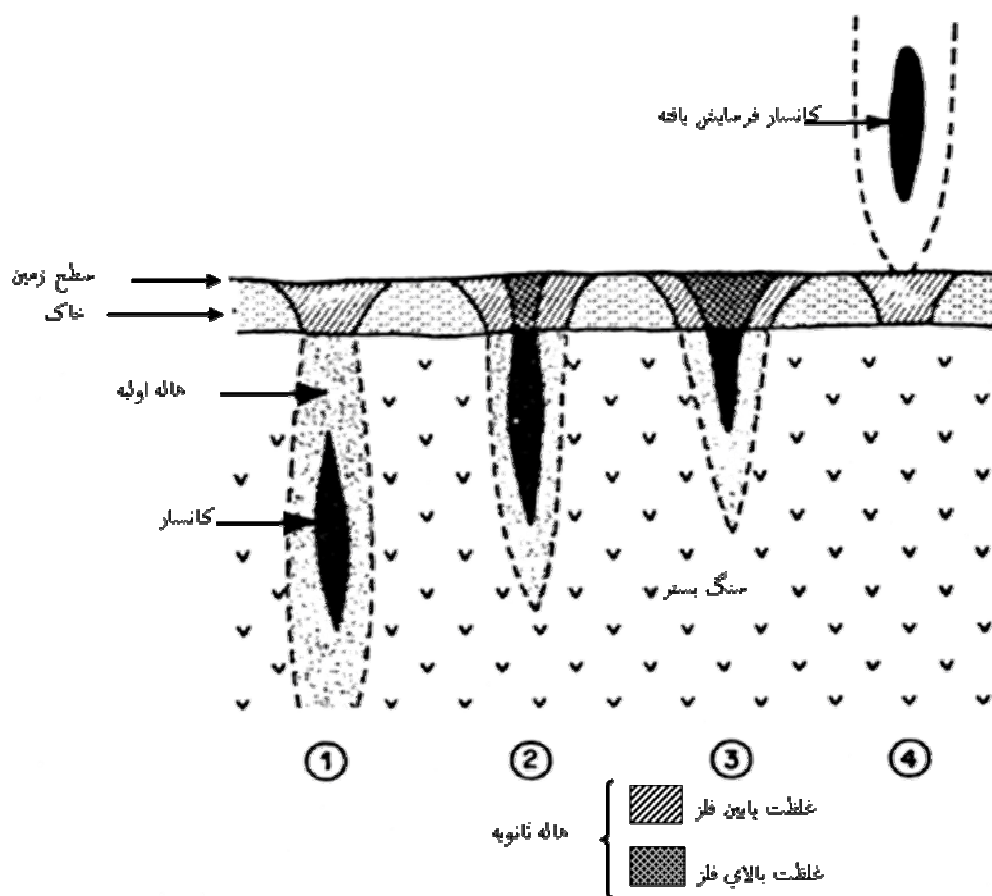
سطح فرسایش کانسار روی اندازه و گسترش آنومالی در هاله اولیه و ثانویه تاثیر دارد. آنومالی‌های حاصل از کانسارهای مختلف با توجه به سطح فرسایش کانی‌سازی در شکل (۵-۱) نشان داده شده‌است. این شکل چهار نوع فرسایش را در یک توده معدنی نشان می‌دهد:

(۱) کانسار پنهان

(۲) کانسار کمی فرسایش‌یافته رخنمون‌دار

(۳) کانسار نیمه‌فرسایش‌یافته

(۴) کانسار کاملاً فرسایش‌یافته



شکل (۵-۱) تغییرات مقدار فلز در هاله‌های اولیه و ثانویه در ارتباط با تراز سطح فرسایش زون‌های کانهدار (یوسفی، ۱۳۸۷)

شدت آنومالی‌های ثبت شده خاک در بخش‌های (۲) و (۳) (مناطق دارای رخنمون طبیعی منطقه کانی سازی در سطح) بمراتب قوی‌تر از بخش (۱) است. وجود سطح فرسایش بالا یا پایین می‌تواند بعنوان منبع مولد شدت آنومالی‌های ثبت شده محسوب گردد (لوینسون، ۱۹۸۰). تفاوت‌های اساس موجود در این بخشها می‌تواند در ارتباط با هاله ژئوشیمیایی ثبت شده مربوط به عناصر مختلف باشد.

حل این مسئله در جستجوی کانی‌سازی پنهانی اساساً بااهمیت است، زیرا در نواحی کانساری به شدت فرسایش یافته، گروهی از عناصر که معرف عمق زیاد کانی‌سازی می‌باشند هاله‌های تحت کانساری را ایجاد می‌کنند. بدین جهت است که در جستجوی موفقیت‌آمیز کانی‌سازی پنهانی داشتن برداشت صحیحی از موقعیت فضایی آنومالی‌ها شرط اساسی است. اگر سطح فرسایش کنونی در بالای سطح

کانی‌سازی پنهانی قرار گرفته باشد، هاله‌های بخش فوقانی فقط معرف آن توده کانساری پنهانی می‌باشند. چنانچه سطح فرسایش کنونی در پایین‌ترین سطح کانی‌سازی پنهانی قرار گرفته باشد، در این صورت تمام توده کانساری باید فرسایش یافته باشند و فقط هاله‌هایی که در زیر آن‌ها تشکیل شده کشف خواهد شد. چنین آنومالی‌هایی عملاً بی‌اهمیت‌اند.

مطالعه منطقه‌بندی هاله‌های اولیه از اهمیت عملی ویژه‌ای برخوردار است. اگرچه ممکن است در اطراف یک توده کانسار در سه جهت طولی، عرضی و قائم منطقه‌بندی‌های خاصی مشاهده شود ولی در عمل تاکید به مطالعه منطقه‌بندی قائم هاله‌های اولیه (در جهت حرکت سیالات کانه‌دار) است. زیرا این نوع منطقه‌بندی می‌تواند به عنوان ملاکی برای تعیین موقعیت سطح فرسایش آنومالی‌های ژئوشیمیایی نسبت به توده کانسار به کار رود (حسنی پاک، ۱۳۶۲).

در طی بالا آمدن محلول‌های گرمابی یک سری عناصر کمپلکس‌های پایدار تشکیل می‌دهند و می‌توانند تا بخش‌های فوقانی کانسار حرکت کنند. برخی عناصر دیگر نیز به تغییر شرایط ترمودینامیکی حساس‌ترند و کمپلکس آنها پایدار نمی‌ماند و در نتیجه در بخش‌های زیرین کانسار جای می‌گیرند. گاهی هم این ترتیب بر اثر تغییرات مورفولوژی محیط تشکیل کانسار به هم می‌خورد. برای تعیین سطح از فرسایش کانسار، تشکیل نسبت‌های معرف توسط عناصر فوق کانساری و تحت کانساری می‌تواند راه حل مناسب در طی عملیات اکتشاف ارائه دهد، لذا جهت انجام این امر در مورد کانسار پلی-متال تکنار در ابتدا نیاز است تا عناصر ردیاب و همچنین توالی منطقه‌بندی استاندارد برای شناخت عناصر فوق کانساری و تحت کانساری بیان گردد.

۵-۲) عناصر ردیاب و توالی منطقه‌بندی در ذخایر پلی متالیک

عناصر ردیاب به عنصر نسبتاً متحرکی اطلاق می‌شود که در ارتباط ژنتیکی نزدیکی با عنصر یا عناصر مورد اکتشاف بوده و به آسانی قابل تشخیص است. سهولت تشخیص آن می‌تواند به علت تشکیل هاله وسیع‌تر و هم به علت وجود روش‌های تجزیه‌ای مناسب‌تر باشد. بنابراین آنچه که یک عنصر را در مقام یک ردیاب ژئوشیمیایی قرار می‌دهد عبارت است از:

- ۱) وجود تحرک شیمیایی و در نتیجه هاله پراکندگی وسیع‌تر نسبت به عنصر مورد اکتشاف .
- ۲) وجود روش تجزیه‌ای آسانتر، ارزانتر و حساس‌تر برای آن نسبت به عنصر مورد اکتشاف (حسنی پاک، ۱۳۶۲).

در مورد ماسیوسولفیدهای پلی‌متال که منبع مهمی برای فلزات پایه Cu, Zn, Pb و عناصر باارزش Au, Ag محسوب می‌گردند و عناصری نظیر Sn, Cd, Sb, Bi به عنوان محصولات فرعی از این کانسارها بدست می‌آید و از نقطه نظر اهمیت اقتصادی به عنوان منابع فلزات غیرآهن در موقعیت دوم (بعد از کانسارهای مس پورفیری) قرار دارند (شهاب پور، ۱۳۸۴) توالی منطقه‌بندی استاندارد به ترتیب زیر می‌باشد (گری‌گوریان، ۱۹۷۲):



عناصر آرسنیک (As_2) به صورت تنائیت ($\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$) در دمای زیاد و این عنصر (As_1) به صورت آرسنوپیریت (Cu_3AsS_3) در دمای کم شکل می‌گیرد.

عناصر ردیاب که در زیر گروه عناصر فوق کانساری کانسارهای ذخایر پلی‌متالیک قرار می‌گیرند شامل Ag, Pb, Zn بوده و عناصر تحت کانساری عبارتند از عناصر Cu, Bi, Co .

در کانسار پلی‌متال تکنار نیز همانگونه که در فصول قبل بیان شد هاله‌هایی از عناصر Zn, S, Sb, As, Bi, Pb و ... در منطقه مشاهده شده است.

۳-۵) تعیین موقعیت سطح فرسایش آنومالی نسبت به سطح کانی‌سازی

احتمالی در محدوده تک ۳

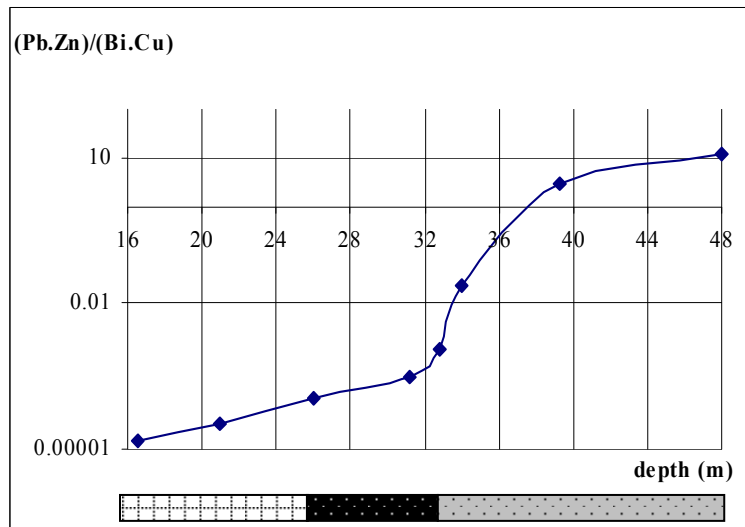
با توجه به مطالب فوق نسبت معرف (Pb.Zn)/(Bi.Cu) جهت تعیین سطح از فرسایش در کانسار پلی-متال مورد استفاده قرار گرفته است که در این تحقیق و در کانسار پلی‌متال تکنار نیز تغییرات آن مورد بررسی قرار داده شده است.

بدین منظور این نسبت برای نمونه‌های موجود در گمانه TK3S-04 محاسبه شده و در جدول (۱-۵) ارائه شده است.

جدول (۱-۵) مقادیر نسبت معرف (Pb.Zn)/(Bi.Cu) برای نمونه‌های گمانه TK3S-04

شماره نمونه	S04-6	S04-5	S04-4	S04-1	S04-2	S04-3	S04-7	S04-8
عمق نمونه	۱۶/۵	۲۱	۲۶	۳۱/۲	۳۲/۸	۳۴	۳۹/۳	۴۸
مقدار نسبت معرف	۰	۰	۰	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱۱	۰/۰۲۴۲	۲/۹۴۰۹	۱۱/۹۹۱۴

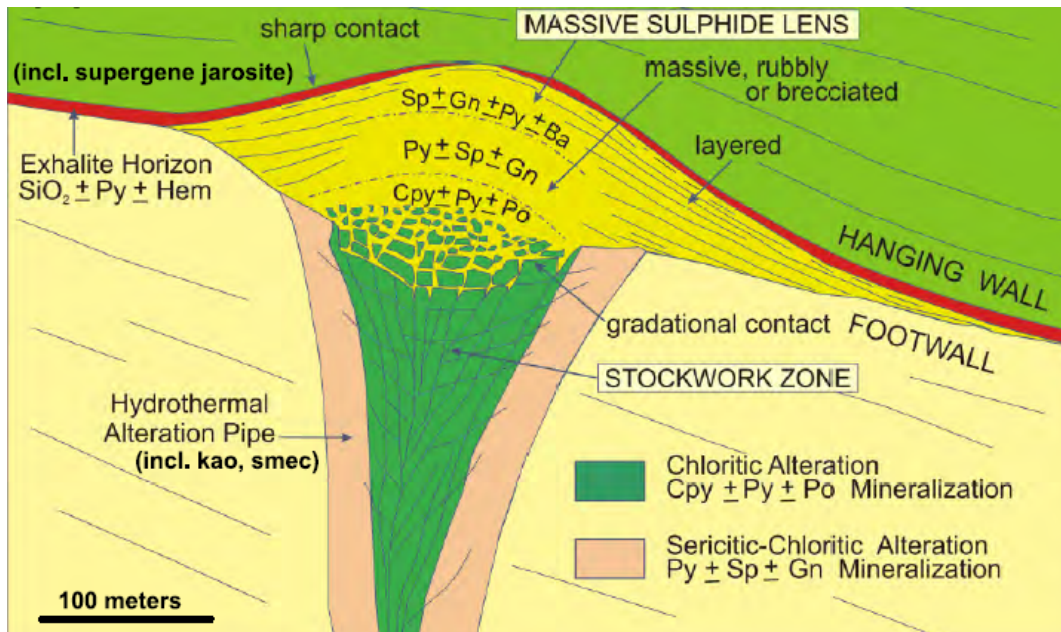
در شکل (۲-۵) نمودار تغییرات این نسبت در طول گمانه TK3S-04 مشاهده می‌شود.



شکل (۲-۵) تغییرات نسبت معرف (Pb.Zn)/(Bi.Cu) در گمانه TK3S-04

همانطور که در شکل دیده می‌شود، از کمر بالای غیردگرسان به سمت زون اصلی کانی‌سازی و بعد از آن به طرف بخش کمرپایین دگرسان روند افزایشی در نمودار مشاهده می‌گردد. این نمودار به نوعی وجود بخش‌های کانه‌دار در این ذخیره ماسیوسولفید را تداعی می‌نماید.

سیر صعودی نمودار از کمر بالا به سمت بخش اصلی کانی‌سازی و کمرپایین دگرسان یافته (شکل ۵-۲) طبیعی به نظر می‌رسد و افزایش مقادیر نسبت در زون دگرسان ناشی از کانی‌سازی در قسمت تحتانی کانسار (زون استوک‌ورک) می‌باشد و با مدل منطقه‌بندی زون‌های دگرسانی اطراف کانی‌سازی سولفید توده‌ای همراه با فعالیت‌های ولکانیکی تطابق دارد (شکل ۳-۵).



شکل (۳-۵) نمایش زون های آلتراسیون و خصوصیات اصلی یک کانسار سولفید توده‌ای (لیدون، ۱۹۸۸)

با توجه به مطالب فوق می‌توان نتیجه‌گیری نمود که در محدوده تکنار ۳، سطح فرسایش کنونی در بالای بخش اصلی (توده‌ای) کانی‌سازی واقع شده و همچنین عناصر کانی‌ساز در کمربند دگرسان به صورت استوک‌ورک و رگچه‌ای تمرکز دارند.

فصل ششم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۶-۱) نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این تحقیق، در راستای انجام مطالعات تکمیلی بر روی کانسار پلی‌متال تکنار اقدام به انجام عملیات صحرایی شامل مطالعات تکمیلی بر روی مغزه‌ها شامل مطالعه مقاطع نازک و صیقلی به‌همراه آماده‌سازی و آنالیز نمونه‌های واحدهای سنگی به روش‌های XRF و XRD و تحلیل اختصاصات ژئوشیمیایی عناصر گردیده است که نتایج آن به شرح زیر ارائه می‌گردد:

مطالعه مقاطع نازک تهیه شده از مغزه گمانه‌ها و تونل نشان می‌دهد که جنس سنگ میزبان منطقه که کانی‌سازی پلی‌متال در آن صورت گرفته است، بیشتر از سنگ‌های دگرگونی در حد رخساره شیست‌سبز مانند سربیسیت شیست و کلریت شیست و سنگ‌های رسوبی مانند ماسه‌سنگ به‌همراه واحدهایی از سنگ‌های اسیدی مانند توف ریولیتی می‌باشد.

وجود کانی‌های صفحه‌ای و رسی مانند کلریت، موسکویت، ایلیت و فلوگوپیت که در آنالیز XRD نمایان شده است، نشان از وجود رخساره‌های دگرگونی مخصوصاً رخساره شیست‌سبز در منطقه می‌باشد.

ترکیب عمده کانه‌های موجود در منطقه بر اساس مطالعه مقاطع صیقلی شامل پیریت، کالکوپیریت، مگنتیت، هماتیت، و اسفالریت می‌باشد. مطالعه این مقاطع نیز ویژگی منحصر به فرد کانسار تکنار یعنی حضور مگنتیت بالا و نبود پیروتیت را تأیید می‌کند.

بر اساس نتایج آنالیز XRF آنومالی‌هایی از عناصر Cu، Zn، Pb، Bi، Sb، Ni و Cr در منطقه مشاهده می‌شود. ماکزیمم غلظت این عناصر به شرح زیر نشان از ارزش اقتصادی فوق‌العاده این کانسار دارد.

جدول (۱-۶) ماکزیمم غلظت مواد معدنی اصلی و فرعی در کانسار تکنار

متغیر	حداکثر غلظت (ppm)
Cu	۷۷۳۵۸
Zn	۱۵۳۰۴
Pb	۱۸۰۰
Bi	۱۷۷۶
Sb	۴۰۸۷
Ni	۲۰۶
Cr	۵۸۰

تحلیل و بررسی الگوی پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر در منطقه نشان می‌دهد که فرآیند کانی‌سازی در منطقه منجر به تمرکز و یا پراکندگی یکسری عناصر شده است. البته در این مورد باید بیشتر عناصر ردیاب و اکسیدها ملاک قرار گیرند.

در محدوده تک ۱، برخی از عناصر و اکسیدها مانند Cu , Pb , Zn , Bi , Fe_2O_3 , As , MnO و تا حدود زیادی S , CaO , MgO غنی‌شدگی در بخش ماده معدنی و مجاورت آن از خود نشان می‌دهند و سپس روند کاهنده‌ای را نشان می‌دهند. در مقابل گروه دیگری از عناصر و اکسیدها مانند SiO_2 , Na_2O , K_2O , Rb , Ni , Cr , Zr , Y هستند که روند کاهشی و تهی‌شدگی را بسمت ماده معدنی از خود بروز می‌دهند. عناصر و اکسیدهای TiO_2 , Nb , Al_2O_3 , V , Sb با روندی افزایشی با دور شدن از ماده معدنی روبرو هستند و بعد از مقداری فاصله گرفتن از ماده معدنی به حد نسبتاً ثابتی می‌رسند.

در محدوده تک ۳، عناصری نظیر Cu , Th , Bi در زون کانی‌سازی شده، گروه عناصر و اکسیدهای As , CaO , S , Na_2O , Pb , MgO در کمرباطین و گروه دیگری از عناصر مانند Co , P_2O_5 , V , Zn , LOI در زون کانی‌سازی شده و کمرباطین دگرسان شده همراه با افزایش غلظت می‌باشند که احتمالاً

منعکس کننده فرآیندهای کانی‌سازی صورت گرفته در منطقه معدنی می‌باشد. به‌همراه این عناصر، عناصر دیگری مانند Fe_2O_3 , MnO نیز رفتار مشابهی دارند. عناصر Al_2O_3 , Sb , Rb , K_2O , Nb با کاهش غلظت در بخش کانی‌سازی شده و کمرباطین دگرسان یافته ماده معدنی و در مقابل افزایش غلظت در کمرباطی غیردگرسان همراه می‌باشند.

در گوسن و سنگ درونگیر مجاور آن پراکندگی ژئوشیمیایی اکسید Fe_2O_3 و عناصر Bi و As همراه با افزایش غلظت و کاهش آن نسبت به عمق همراه می‌باشند. افزایش غلظت عناصر و اکسیدهای Zn , Y و MgO از گوسن به سمت زون کانی‌سازی را شاهد هستیم. در مقابل آنها از گوسن به سمت زون کانی‌سازی شاهد کاهش غلظت V , Sb , TiO_2 , Cr و P_2O_5 می‌باشیم.

در منطقه مورد مطالعه عناصر و اکسیدهای As , MnO , Cu , Pb , Zn , CaO , MgO , S , MnO , Fe_2O_3 با غنی‌شدگی و K_2O , Rb , Nb با تهی‌شدگی همراه می‌باشند.

بر اساس بررسی‌های انجام شده بر روی اطلاعات بدست آمده در اکتشاف ذخیره پلی‌متال تکنار شاخص‌های $S^2/(K_2O.Nb)$ و $S^2/(Nb.Rb)$, S/K_2O , S/Nb , As/Na_2O , As/K_2O , Fe_2O_3/Na_2O جهت تفکیک زون‌های کانی‌ساز و دگرسان از زون‌های فاقد کانی‌سازی اهمیت دارند.

در راستای تعیین سطح از فرسایش زمین نسبت به سطح کانی‌سازی احتمالی، با توجه به نتایج آنالیز نمونه‌های گمانه TK3S-04 و تشکیل نسبت معرف $(Pb.Zn)/(Bi.Cu)$ مشخص گردید که در محدوده تکنار ۳، سطح فرسایش کنونی زمین در بالای بخش اصلی کانی‌سازی و کمرباطین دگرسان قرار گرفته‌است، و در کمرباطین دگرسان نیز کانی‌سازی به صورت استوک‌ورک وجود دارد.

فهرست منابع:

- (۱) حسنی پاک، ع.ا.، ۱۳۶۲، اصول اکتشافات ژئوشیمیایی (مواد معدنی)، چاپ اول، مرکز نشر دانشگاهی، مجتمع دانشگاهی ادبیات و علوم انسانی، صص ۳۴۲-۱۰۵.
- (۲) روکی قورچی، م.، ۱۳۸۲، پایان نامه کارشناسی ارشد، بررسی کانی شناسی، زمین شناسی و ژئوشیمی کانسار تکنار ۳ و ۴ (بردسکن)، دانشکده علوم زمین، دانشگاه فردوسی مشهد.
- (۳) سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۵، نقشه زمین شناسی بردسکن، برگه شماره ۷۵۶۰،
- (۴) شهاب پور، ج.، ۱۳۸۴، زمین شناسی اقتصادی، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان، صص ۲۹۹-۲۸۱.
- (۵) علی پور کرمانی، د.، ۱۳۸۸، سمینار کارشناسی ارشد، ویژگی های ژئوشیمیایی ذخایر پلی متال، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- (۶) کریم پور، م.ح.، ملک زاده شفارودی، آ.، حیدریان، م.ر.، ۱۳۸۴، اکتشاف ذخایر معدنی، چاپ اول، موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، صص ۳۰۰-۲۰۵.
- (۷) مجتمع معادن مس تکنار، ۱۳۸۸، آشنایی با چگونگی اجرای مراحل اکتشاف و بهره برداری از پروژه معدن مس تکنار، www.taknarco.ir/!-htm-85/A-ma`dan-mes-taknar-01-htm.
- (۸) مرادی، م.، ۱۳۸۶، پایان نامه کارشناسی ارشد، اکتشافات ژئوشیمیایی در جنوب معدن تکنار - بردسکن، دانشکده علوم زمین، دانشگاه فردوسی مشهد.

۹) ملک‌زاده شفارودی، آ.، ۱۳۸۲، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، پتروگرافی، مینرالوگرافی و ژئوشیمی کانسار پلی‌متال (Cu-Zn-Au-Ag-Pb) تک‌نار (تک ۱ و ۲) و ارائه مدل کانی‌سازی آن، دانشکده علوم زمین، دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۰) یزدی، م.، ۱۳۸۱، روش‌های مرسوم در اکتشافات ژئوشیمیایی، چاپ اول، دانشگاه شهید بهشتی، مرکز چاپ و انتشارات، صص ۴۶-۱۹.

۱۱) یوسفی، س.، ۱۳۸۷، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، مدل وزن‌های نشانگر در محیط GIS برای تهیه نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر مس و مولیبدن حاشیه لوت در شرق ایران، دانشکده معدن، دانشگاه صنعتی شاهرود.

12) Ghavami Riabi, R., Seyedrahimi Niaragh, M.M, Khalokakaie, R. and Hazareh, M.R. 2010, U-Spatial Statistic data modeled on a probability diagram for investigation of mineralization phases and Exploration of shear zone gold deposits, **Journal of Geochemical Exploration**, vol. 104(2010), 27-33.

13) Grigorian, S. V. and Ovchinnikov, L. N., 1972, **On the Interpretation Of Geochemical Anomalies In Lithochemical Exploration for Mineral Deposits**, Almalta, (1972), PP. 68-71.

14) Karimpour, M.H. and Malekzadeh Shafaroudi, A., 2005, Taknar Polymetal (Cu-Zn-Au-Ag-Pb) Deposit: A New Type Magnetite-Rich VMS Deposit, Northeast of Iran, **Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran**, 16(3), 239-254.

15) Large, R.R., Bull, S., Selley, D., Yang, J., Cooke, D., Garven, G. and McGoldrick, P., 2001, Controls on the formation of giant stratiform sediment-hosted Zn-Pb-Ag deposits: with particular reference to the north Australian proterozoic, **Economic Geology**, vol. 96, (2001), 107-143.

16) Levinson, A.A., 1974, **Introduction to Exploration Geochemistry**, The university of Michigan, Department of Geology university of CALGARY, ALBERTA, CANADA.

- 17) Levinson, A.A, 1980, **Introduction to Exploration Geochemistry**, Applied publishing Ltd., Wilmette, USAPP .924.
- 18) Lydon, J.W., 1988, Volcanogenic Massive Sulphide Deposit, Part 1: A Descriptive Model, 145-155, **Ore Deposit Models**, Roberts R.G. and Sheahan P.A., eds., Geoscience Canada.
- 19) Lydon, J.W., 1988, Volcanogenic Massive Sulphide Deposit, Part 2: Genetic Model, 155-176, **Ore Deposit Models**, Roberts R.G. and Sheahan P.A., eds., Geoscience Canada.
- 20) Mazaheri, S.A., Karimpour, M.H., Malekzadeh, A., 2006, The Geochemistry and Mineralization of Taknar Polymetal Massive Sulfide (Cu-Zn-Au-Ag-Pb) Deposit, North-East Iran, **Geochimica et cosmochimica Acta**, vol. 70, P. A405.
- 21) Sawkins, F.J., 1976, **Massive sulfide deposits in relation to geotectonics, in: strong, D.F. (ed) Metallogeny and plate tectonics. Geol. Assoc. Can. Spec. Publ. V. 14, P. 221-240.**
- 22) Sillitoe, R.H., 1973, Environments of formation of volcano genic massive sulfide deposits: **Economic Geology**, V. 68, P. 1321-1325.
- 23) www.maps.google.com

پیوست (الف) میانگین غلظت عناصر در سنگ‌های مختلف

جدول (الف-۱) مقادیر متوسط غلظت عناصر در سنگ‌های رخنمون‌دار منطقه (تمامی مقادیر بر حسب ppm می‌باشند، به غیر از عنصر Au که بر حسب PPb است.) (مرادی، ۱۳۸۶)

متغیر	ماسه سنگ- سیلست استون	آهک-دولومیت	اسیدی	حدواسط	شیست
Ag	۰/۰n	۰/۰n	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۷
As	۱	۱	۱/۵	۲	۱۳
Au	-	-	۰/۸	۲/۸	-
B	۳۵	۲۰	۱۵	۹	۱۰۰
Ba	-	۱۰	۸۴۰	۳۸۰	۵۸۰
Be	۰/۰n	۰/۰n	۳/۵	۱/۸	۳
Bi	-	-	۰/۰۱	۰/۰۰۸	-
Co	۰/۳	۰/۱	۱	۹	۱۹
Cr	۳۵	۱۱	۱۰	۵۵	۹۰
Cu	۱	۴	۱۰	۴۰	۴۵
Hg	۰/۰۷۴	۰/۰۴۵	۰/۰۶۷	۰/۰۷۵	۰/۰۶۶
Mn	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۱۲۰۰	۸۰۰
Mo	۰/۲	۰/۴	۱/۳	۱/۱	۲/۶
Ni	۲	۲	۴/۵	۵۰	۶۸
Pb	۷	۹	۱۹	۱۲	۲۰
Sb	n	۲۰	۲۰	۲۰	۱۵۰
Sn	۰/۰n	۰/۰n	۳	۱/۶	۶
Ti	۳۰۰۰	۱۲۰۰	۱۷۰۰	۶۰۰۰	۳۸۰۰
W	۱/۶	۰/۶	۲/۲	۱/۲	۱/۸
Zn	۱۶	۲۰	۳۹	۷۵	۹۵

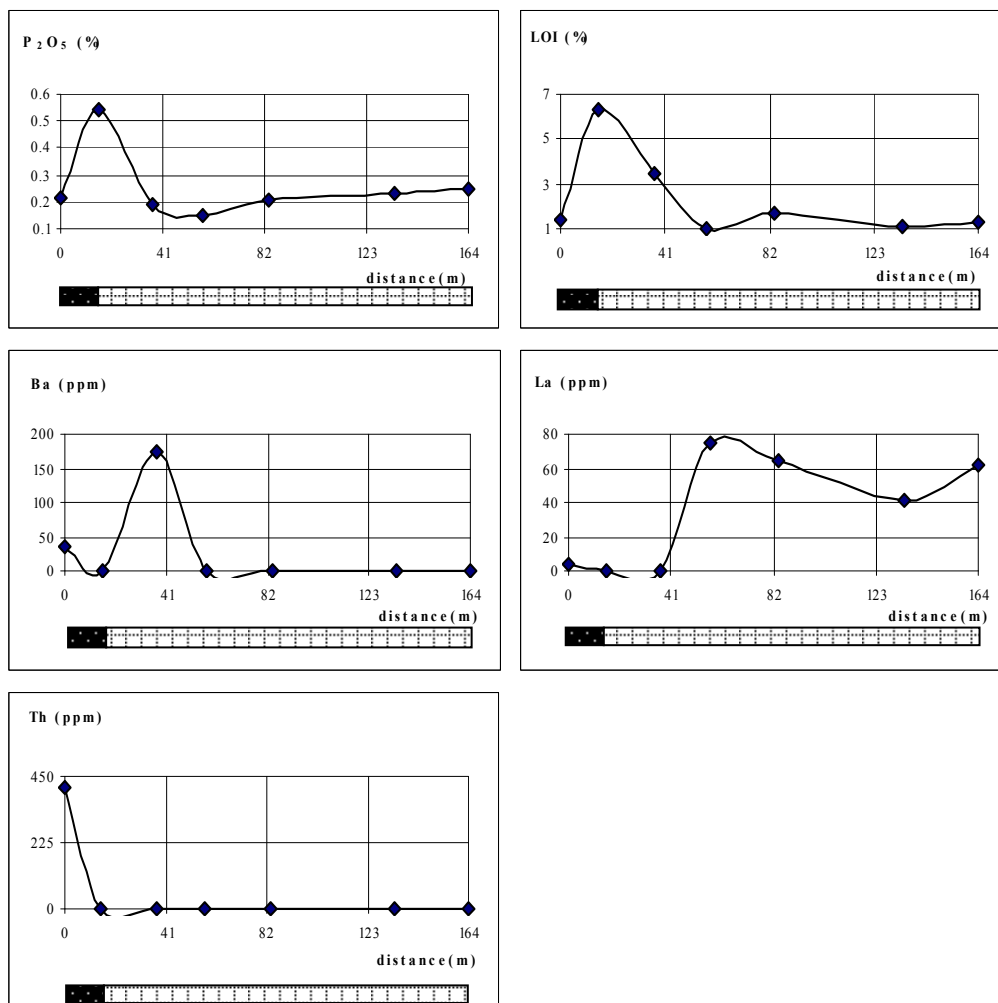
جدول (الف-۲) مقدار میانگین عناصر فرعی و کمیاب خاکی در پوسته زمین و سنگ‌های گوناگون (ppm) (لوینسون، ۱۹۷۴)

متغیر	پوسته زمین	الترامافیک	بازالت	گرانودیوریت	گرانیت	شیل	آهک
Ag	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۱	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۵	۱
As	۱/۸	۱	۲	۲	۱/۵	۱۵	۲/۵
Au	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵
B	۱۰	۵	۵	۲۰	۱۵	۱۰۰	۱۰
Ba	۴۲۵	۲	۲۵۰	۵۰۰	۶۰۰	۷۰۰	۱۰۰
Be	۲/۸	-	۰/۵	۲	۵	۳	۱
Bi	۰/۱۷	۰/۰۲	۰/۱۵	-	۰/۱	۰/۱۸	-
Co	۲۵	۱۵۰	۵۰	۱۰	۱	۲۰	۴
Cr	۱۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰	۲۰	۴	۱۰۰	۱۰
Cu	۵۵	۱۰	۱۰۰	۳۰	۱۰	۵۰	۱۵
Hg	۰/۰۸	-	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۵	۰/۰۵
La	۳۰	۳/۳	۱۰/۵	۳۶	۲۵	۲۰	۶
Mn	۹۵۰	۱۳۰۰	۲۲۰۰	۱۲۰۰	۵۰۰	۸۵۰	۱۱۰۰
Mo	۱/۵	۰/۳	۱	۱	۲	۳	۱
Nb	۲۰	۱۵	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	-
Ni	۷۵	۲۰۰۰	۱۵۰	۲۰	۰/۵	۷۰	۱۲
Pb	۱۲/۵	۰/۱	۵	۱۵	۲۰	۲۰	۸
Rb	۹۰	-	۳۰	۱۲۰	۱۵۰	۱۴۰	۵
Sb	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۱	-

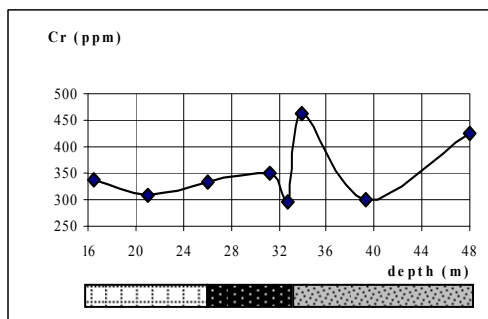
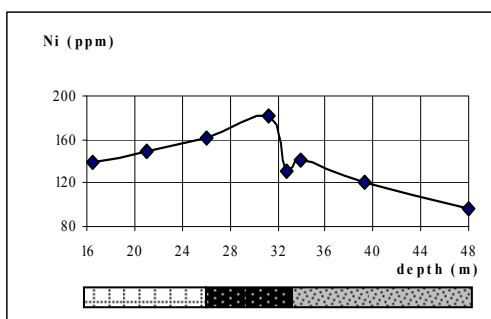
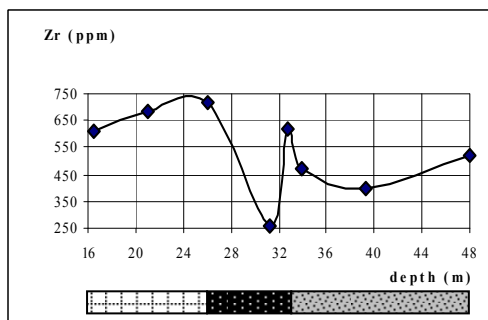
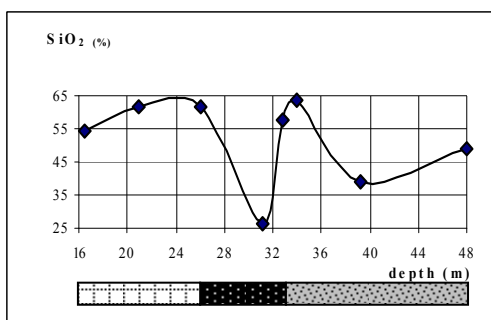
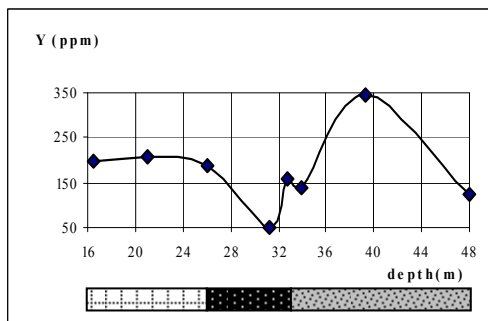
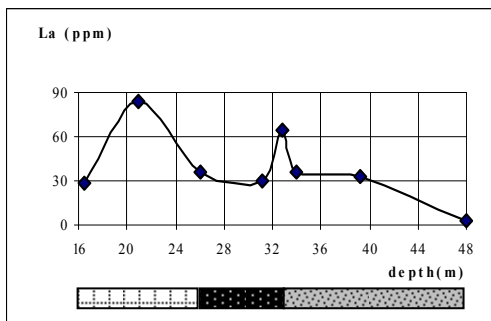
ادامه جدول (الف-۲)

متغیر	پوسته زمین	الترامافیک	بازالت	گرانودیوریت	گرانیت	شیل	آهک
Sn	۲	۰/۵	۱	۲	۳	۴	۴
Sr	۳۷۵	۱	۴۶۵	۱۵۰	۲۸۵	۳۰۰	۵۰۰
Th	۱۰	۰/۰۰۳	۲/۲	۱۰	۱۷	۱۲	۲
Ti	۵۷۰۰	۳۰۰۰	۹۰۰۰	۸۰۰۰	۲۳۰۰	۴۶۰۰	۴۰۰
V	۱۳۵	۵۰	۲۵۰	۱۰۰	۲۰	۱۳۰	۱۵
W	۱/۵	۰/۵	۱	۲	۲	۲	۰/۵
Y	۳۰	-	۲۵	۳۰	۴۰	۲۵	۱۵
Zn	۷۰	۵۰	۱۰۰	۶۰	۴۰	۱۰۰	۲۵
Zr	۱۶۵	۵۰	۱۵۰	۱۴۰	۱۸۰	۱۶۰	۲۰

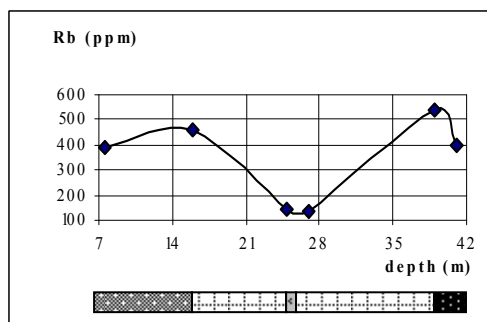
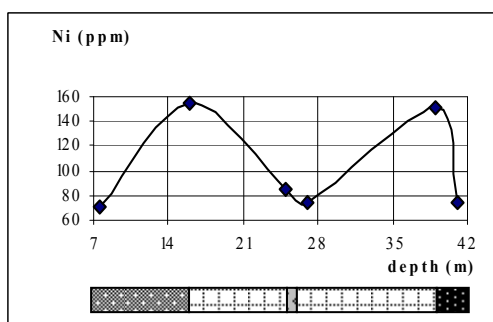
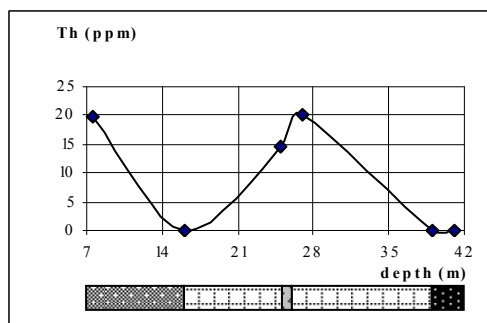
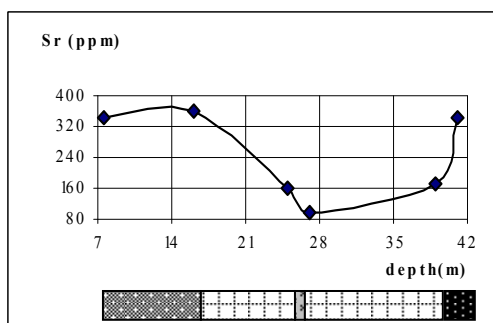
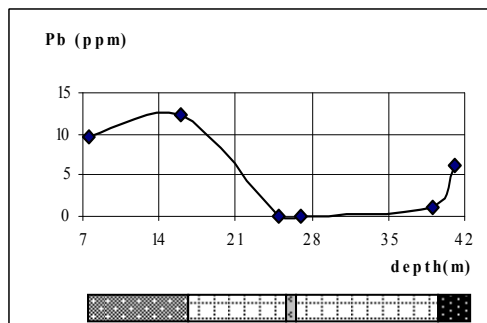
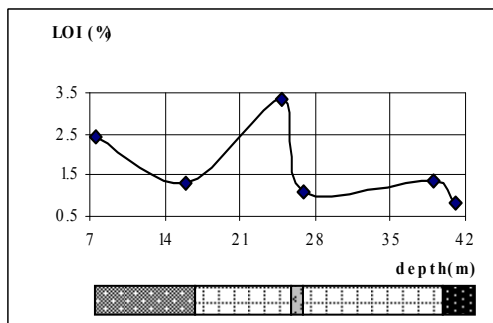
پیوست (ب) سایر نمودارهای تغییرات غلظت عناصر در منطقه تکنار- بردسکن



شکل (ب-۱) نمودار تغییرات غلظت عناصر P₂O₅، L.O.I، Ba، La و Th در تونل تک ۱



شکل (ب-۲) نمودار تغییرات غلظت عناصر La, Y, SiO₂, Zr, Ni و Cr در گمانه TK3S-04



شکل (ب-۳) نمودار تغییرات غلظت عناصر L.O.I, Pb, Sr, Th, Ni و Rb در گمانه TK3N-01

ABSTRACT

Taknar polymetal (Cu-Zn-Pb-Au-Ag) ore deposit is located in the northeast of Iran, Khorasan Razavi Province. It is situated between two major faults, Darouneh fault in the south and Taknar-Rivash fault in the north of the study area. The ore deposit is divided into four areas, which are referred to as TAK-1, TAK-2, TAK-3, and TAK-4. There are geochemical anomalies from valuable elements such as, Cu, Zn, Pb, Ag, Au, Sb, Bi, Ni, Cr, Hg, Ba, Mo and W in this areas. Some geochemical samples were collected from the boreholes, tunnel and active pit.

Sericite-schist, chlorite-schist and biotit-schist are some of the rock types in the study area that was metamorphosed to green-schist facies. Pyrite, chalcopyrite, magnetite, hematite and sphalerite are some the major ore minerals in Taknar polymetal ore deposit.

The geochemical dispersion pattern of the elements was investigated to identify some geochemical indexes for the follow-up exploration stage. Based on the geochemical behavior of the elements in TAK-1 tunnel, the elements of Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Cu , Pb , Zn , Bi , As and S were enriched and the elements such as SiO_2 , K_2O , Na_2O , Ni , Cr , Rb , Y and Zr were depleted from the mineralized zone. In the footwall alteration zone and mineralized area of boreholes in TAK-3, the elements such as Cu , Pb , Zn , Bi , As , V , Co , S , Th , Fe_2O_3 , MnO , MgO , Na_2O , CaO , TiO_2 , P_2O_5 and LOI were concentrated and the elements of K_2O , Al_2O_3 , Sb , Rb and Nb were depleted.

According to the geochemical investigation in Taknar area, two geochemical index rations of $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Nb}$ and $(\text{MgO}.\text{TiO}_2)/\text{Nb}$ was introduced.

Keywords: Polymetal, Taknar, Geochemical dispersion, Enrichment, Depletion



Shahrood University of Technology

Department of Mining, Petroleum and Geophysics

**Statistical interpretations of geochemical dispersion pattern and
behavior of elements in Taknar polymetal mineralization (Bardaskan
area) based on samples from surface and depth**

Davood Alipour Kermani

Supervisor:

Dr. Reza Ghavami Riabi

June 2010