

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد اکتشاف مواد معدنی

اکتشاف و تعیین ذخیره مس نمکزار (جنوب ترود) با استفاده از داده‌های زمین‌شناسی و حفاری‌های سطحی و گمانه

نگارنده: کیمیا کمالی

اساتید راهنما

دکتر سوسن ابراهیمی

دکتر علیرضا عرب‌امیری

مهر ۱۳۹۹

شماره: ۶۹۹/۴۲۰۰۶
تاریخ: ۱۶/۹/۹۹

باسمه تعالی



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

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم کیمیا کمالی با شماره دانشجویی ۹۶۱۲۶۸۴ رشته مهندسی معدن گرایش اکتشاف مواد معدنی تحت عنوان اکتشاف و تخمین ذخیره مس نمکزار (جنوب تروود) با استفاده از داده های زمین شناسی و حفاری های سطحی و گمانه که در تاریخ ۱۳۹۹/۷/۲۸ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

الف) درجه عالی: نمره ۲۰-۱۹ (ب) درجه خیلی خوب: نمره ۱۸/۹۹-۱۸
ج) درجه خوب: نمره ۱۷/۹۹-۱۶ (د) درجه متوسط: نمره ۱۵/۹۹-۱۴
ه) کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول و نیاز به دفاع مجدد دارد
نوع تحقیق: نظری عملی

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر سوسن ابراهیمی	استادیار	
۲- استاد راهنمای دوم	دکتر علیرضا عرب امیری	دانشیار	
۳- استاد مشاور	—	—	—
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر یوسف شیری	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر ابوالقاسم کامکار روحانی	دانشیار	
۶- استاد ممتحن دوم	دکتر احمد واعظیان	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر محمد عطائی

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:



تقدیم به

پدر، مادر، برادر، دوست عزیزم و به تمام انسان‌هایی که نیک

می‌اندیشند.

تشکر و قدردانی

سپاس بی‌کران پروردگار یکتا که هستی‌مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمون‌مان شد و به هم‌نشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه‌چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت. استادان همیشه عاشق، آنهایی که همراه بارش کرامت آسمانی‌شان الفبای آدمیت می‌آموزند. شکر و سپاس ایزد منان را که توفیق تحصیل در طریق دانش را به من عطا فرمود. بدین وسیله از زحمات و تلاش بیدریغ اساتید محترم سرکار خانم دکتر سوسن ابراهیمی و آقای دکتر علیرضا عرب امیری صمیمانه سپاس‌گزاری می‌نمایم و همچنین از سایر دوستانی که هر کدام به نحوی در تهیه این مجموعه با اینجانب همکاری داشته‌اند تشکر نموده و موفقیت همه آن‌ها را از خداوند متعال خواهانم.

تعهد نامه

اینجانب کیمیا کمالی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی معدن-اکتشاف دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه با عنوان «اکتشاف و تعیین ذخیره مس نمکزار (جنوب ترود) با استفاده از داده‌های زمین‌شناسی و حفاری‌های سطحی و گمانه» تحت راهنمایی سرکار خانم دکتر سوسن ابراهیمی و جناب آقای دکتر علیرضا عرب‌امیری متعهد می‌شوم.

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

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

چکیده

محدوده نمکزار در جنوب ترود واقع شده و بخشی از زون ترود-چاه شیرین و ایالت فلرزایی سبزوار می‌باشد؛ که اندیس‌ها و معادن مختلفی نظیر مس، سرب و روی، مس-طلا و کرومیت در آن تشکیل شده‌است. از آنجا که بخش عمده محدوده معدنی در مناطق کویری و آبرفتی واقع شده، لذا از تصاویر ماهواره‌ای استفاده نشده‌است. مطالعات حاصل از نقشه ۱:۵۰۰۰ زمین‌شناسی نشان می‌دهد کانی‌سازی در دو زون، یکی در قسمت مرکزی (زون کانی‌سازی A) و جنوب شرقی محدوده (زون کانی‌سازی B) در سنگ میزبان شیل و توف ماسه‌ای ائوسن تشکیل شده‌است و احتمال دگرسانی ناحیه‌ای کربناتی-ژئولیتی در آن وجود دارد. با توجه به اهمیت کانی‌سازی زون A، مطالعات تکمیلی‌تر بر روی این زون در اولویت است و تعداد ۲۴ ترانسه اکتشافی (بیش از ۶۰۰۰ متر مکعب) برای تعیین گسترش طولی و عرضی ماده معدنی طراحی و حفر شد. مطالعات در محدوده معدنی زون مرکزی نشان داد کانی‌سازی مس اکسیدی-سولفیدی می‌باشد به صورت رگه و رگچه‌ای و پرکننده حفرات و فضاهای خالی در سنگ میزبان شیلی واقع شده‌است. به منظور تعیین عیار و نوع کانی‌سازی ماده معدنی مطالعات میکروسکوپی مقاطع نازک و صیقلی و آنالیزهای شیمیایی XRD و ICP-OES انجام شد. حاصل این مطالعات نشان داد عیار قابل توجهی از مس همراه با مقادیری نقره در منطقه حضور دارد؛ که به صورت کانی‌های مالاکیت و آزوریت و به مقدار کمتر کالکوسیت و مس خالص می‌باشد و بصورت رگه و رگچه‌ای و پرکننده حفرات واقع شده‌است. با توجه به عدم امکان مطالعات ژئوشیمیایی و ژئوفیزیک جهت تعیین نقاط حفاری از مطالعات زمین‌شناسی و مشاهدات عینی صحرائی کمک گرفته شد. بر اساس مطالعات زمین‌شناسی حاصل از ترانسه‌ها و با توجه به امتداد، ضخامت و عمق ترانسه‌ها، مدل فرضی و سه بعدی از رگه معدنی ساخته شد. بر مبنای این مطالعات هشت گمانه اکتشافی (با زوایای ۹۰ و ۶۰ درجه) طراحی گردید؛ که با توجه به محدودیت زمانی تنها شش گمانه قائم حفاری شد. بیش از ۱۷۰ متر حفاری به روش مغزه‌گیری در منطقه صورت گرفت و حاصل این مطالعات برای تخمین ذخیره بررسی شده است. از نتایج حاصل از نقشه توپوگرافی و مغزه‌های حفاری در محاسبه ذخیره به روش مقاطع قائم، محاسبات هندسی، پلی‌گون بندی و ... استفاده شد. با توجه به این مطالعات، کل ذخیره به دست آمده تقریباً برابر ۴۰۰ هزار تن می‌باشد. ذخیره قطعی محدوده نیز بر اساس مطالعات فعلی تقریباً برابر با ۱۵۰ هزار تن مس با عیار متوسط ۰/۴۴ درصد مس و ذخیره احتمالی آن تقریباً برابر با ۲۵۰ هزار تن می‌باشد.

کلمات کلیدی: مس، ذخایر تیپ مانتو، ترود، DATAMINE

فهرست مطالب

۱	فصل اول: کلیات
۱-۱	مقدمه
۲	
۳	۲-۱. مروری بر مطالعات انجام شده
۵	۳-۱. ضرورت و هدف از انجام تحقیق
۵	۴-۱. روش تحقیق
۷	۵-۱. ساختار پایان نامه
۹	۲. فصل دوم: زمین‌شناسی منطقه و تعیین تیپ کانی‌سازی
۱۰	۱-۲. مقدمه
۱۰	۲-۲. موقعیت و شرایط جغرافیایی
۱۲	۳-۲. زمین‌شناسی ناحیه‌ای ایران مرکزی
۱۶	۴-۲. زمین‌شناسی منطقه‌ای
۱۸	۱-۴-۲. واحد ائوسن زیرین (Ev2)
۲۱	۲-۴-۲. واحد ائوسن زیرین تا میانی (E)
۲۲	۳-۴-۲. واحد ائوسن زیرین تا میانی (Et)
۲۴	۴-۴-۲. واحد ائوسن میانی (Em)
۲۵	۵-۴-۲. واحد کواترنری (Qt2)
۲۵	۶-۴-۲. واحد کویر
۲۵	۵-۲. تعیین نوع کانی‌سازی
۲۶	۱-۵-۲. ویژگی‌های ذخایر تیپ مانتو
۲۸	۲-۵-۲. معرفی زون‌های کانه‌دار حاوی ماده معدنی در منطقه نمکزار

۳۱	۳-۵-۲. مراحل کنای زایی بر اساس مطالعات کنای شناسی و روابط بافتی
۳۳	۳. فصل سوم: تهیه مدل سه بعدی کانسار جهت تعیین نقاط حفاری
۳۴	۳-۱. مقدمه
۳۴	۳-۲. آماده سازی اطلاعات ورودی
۳۵	۳-۲-۱. فایل Assay
۳۶	۳-۲-۲. فایل Collar
۳۶	۳-۲-۳. فایل Survey
۳۷	۳-۲-۴. فایل Geology
۳۸	۳-۲-۵. فایل Topography
۳۸	۳-۳. پردازش اطلاعات
۳۸	۳-۴. تهیه مقاطع زمین شناسی
۳۹	۳-۵. مثلث بندی مقاطع و تعیین حجم مدل
۴۳	۴. فصل چهارم: تخمین و ارزیابی ذخیره
۴۴	۴-۱. مقدمه
۴۶	۴-۲. ویژگی و مشخصات نقاط حفاری و لاگ های حفاری اجرا شده
۴۷	۴-۲-۱. گمانه حفاری شماره ۱ (Bh1)
۴۸	۴-۲-۲. گمانه حفاری شماره ۲ (Bh2)
۴۹	۴-۲-۳. گمانه حفاری شماره ۳ (Bh3)
۵۰	۴-۲-۴. گمانه حفاری شماره ۴ (Bh4)
۵۱	۴-۲-۵. گمانه حفاری شماره ۵ (Bh5)
۵۲	۴-۲-۶. گمانه حفاری شماره ۶ (Bh6)
۵۳	۴-۳. نحوه عیار گیری ماده معدنی

۵۳	۴-۴. تعیین ذخیره به روش مقطع قائم
۵۶	۵-۴. تعیین ذخیره در محدوده معدنی نمکزار
۶۷	۵. فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۶۸	۱-۵. نتیجه‌گیری
۶۹	۲-۵. پیشنهادات
۷۰	منابع

فهرست جداول

جدول ۳-۱. بخشی از فایل Assay	۳۶
جدول ۳-۲. بخشی از فایل Collar	۳۶
جدول ۳-۳. بخشی از فایل Survey	۳۷
جدول ۳-۴. بخشی از فایل Geology	۳۷
جدول ۳-۵. مختصات نقاط گمانه‌های حفاری پیشنهادی در منطقه نمکزار	۴۲
جدول ۴-۱. مشخصات و مشخصات گمانه‌های حفاری انجام شده در محدوده مس نمکزار	۴۵
جدول ۴-۲. مشخصات ترانسه‌ها و نمونه‌های اخذ شده از آنها در محدوده مورد مطالعه	۵۹
جدول ۴-۳. مشخصات گمانه‌ها و نمونه‌های اخذ شده از آنها در محدوده مورد مطالعه	۶۱
جدول ۴-۴. مشخصات زون کانی‌سازی و ماده معدنی به تفکیک پروفیل‌های چهارگانه	۶۴
جدول ۴-۵. مشخصات و مقدار ماده معدنی به تفکیک پروفیل‌های چهارگانه	۶۵
جدول ۴-۶. جمع مقادیر حجم، عیار و ذخیره زون‌های کانی‌سازی اکسیدان و سوپرژن	۶۶

فهرست اشکال

- شکل ۱-۲. بخشی از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰۰ راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه..... ۱۲
- شکل ۲-۲. نقشه ساده‌شده ساختاری-زمین‌شناسی ایران..... ۱۴
- شکل ۳-۲. بخشی از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ ترود..... ۱۷
- شکل ۴-۲. نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰ منطقه نمکزار..... ۱۸
- شکل ۵-۲. تصاویری از واحد بازالتی در منطقه..... ۱۹
- شکل ۶-۲. تصویر میکروسکوپی از واحد بازالت ائوسن..... ۲۰
- شکل ۷-۲. تصویر واحد شیل ائوسن..... ۲۱
- شکل ۸-۲. تصویر میکروسکوپی از شیل..... ۲۲
- شکل ۹-۲. تصاویری از واحد توف ائوسن..... ۲۳
- شکل ۱۰-۲. تصاویر میکروسکوپی از واحد توف و توف ماسه‌ای..... ۲۴
- شکل ۱۱-۲. نمایی از واحد مارنی در منطقه نمکزار..... ۲۴
- شکل ۱۲-۲. نمایی از واحد کواترنری متشکل از آبرفت و کویر..... ۲۵
- شکل ۱۳-۲. تصاویر میکروسکوپی از ماده معدنی در سنگ میزبان بازالتی..... ۳۰
- شکل ۱۴-۲. نمایی از ماده معدنی (مالاکیت و کالکوسیت) در زون A..... ۳۱
- شکل ۱-۳. تصویر دوبعدی از موقعیت ترانشه‌ها..... ۳۵
- شکل ۲-۳. موقعیت ترانشه‌ها..... ۳۹
- شکل ۳-۳. نمای سه‌بعدی ماده معدنی، ترانشه‌ها و سطح زمین..... ۴۰
- شکل ۴-۳. نمای سطحی گمانه‌های طراحی شده در روی زمین..... ۴۱
- شکل ۵-۳. نمای عمقی گمانه‌های طراحی شده را در روی زمین..... ۴۱
- شکل ۶-۳. نمای عمقی گمانه‌های طراحی شده را در روی زمین..... ۴۲

- شکل ۴-۱. یک نمونه از حفاری‌های انجام شده در منطقه معدنی نمکزار ۴۵
- شکل ۴-۲. مقطع عرضی گمانه ۱ ۴۷
- شکل ۴-۳. مقطع عرضی گمانه ۲ ۴۸
- شکل ۴-۴. مقطع عرضی گمانه ۳ ۴۹
- شکل ۴-۵. مقطع عرضی گمانه ۴ ۵۰
- شکل ۴-۶. مقطع عرضی گمانه ۵ ۵۱
- شکل ۴-۷. مقطع عرضی گمانه ۶ ۵۲
- شکل ۴-۸. تعیین سطح تاثیر هر گمانه ۵۵
- شکل ۴-۹. موقعیت پروفیل‌های پیش‌بینی شده چهارگانه ۵۶
- شکل ۴-۱۰. مقطع عرضی مربوط به پروفیل ۱ در محدوده معدنی نمکزار ۵۷
- شکل ۴-۱۱. مقطع عرضی مربوط به پروفیل ۲ در محدوده معدنی نمکزار ۵۷
- شکل ۴-۱۲. مقطع عرضی مربوط به پروفیل ۳ در محدوده معدنی نمکزار ۵۸
- شکل ۴-۱۳. مقطع عرضی مربوط به پروفیل ۴ در محدوده معدنی نمکزار ۵۸

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

عنصر مس یکی از عناصر مهم و استراتژیک در صنعت روز دنیا به شمار می‌رود. با توجه به کاربردهای بی‌شمار و نیاز روزافزون به این عنصر، روش‌های مختلفی جهت انتخاب مناطق مستعد کانی‌سازی و همچنین متد اکتشافی آن به کار برده می‌شود. از نظر میزان توزیع پراکندگی مس در سطح کره زمین، کشور ایران از لحاظ دارا بودن پتانسیل کانی‌سازی در شرایط بسیار خوبی قرار دارد و یکی از مهم‌ترین کمرندهای کانی‌سازی مس پورفیری دنیا (آلپ-هیمالیا) از ایران عبور کرده است. جهت شروع عملیات اکتشافی، مطالعات زمین‌شناسی منطقه و بررسی ویژگی‌های ماده معدنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین طراحی و تنظیم مراحل اکتشافی جهت دسترسی به ماده معدنی اهمیت بسزایی خواهد داشت. انتخاب مناسب‌ترین روش اکتشافی نه تنها باعث جلوگیری از به هدر رفتن وقت، هزینه، نیروی انسانی و ماشین‌آلات می‌شود، بلکه موجب دستیابی به بهترین و کامل‌ترین نتایج می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه (نمکزار)، به وسعت ۷/۱۳ کیلومتر مربع در ۱۵ کیلومتری جنوب دهستان ترود و در استان سمنان واقع شده است. محدوده معدنی نمکزار در کویر ترود می‌باشد و برونزد کانی‌سازی و سنگ میزبان با وسعت بسیار کمی مشاهده شده است. علی‌رغم وسعت احتمالی ماده معدنی در عمق، به دلیل تعداد رخنمون‌های بسیار کم در سطح و توپوگرافی صاف و کویری منطقه، استفاده از روش ژئوشیمی پاسخگوی مراحل اکتشافی نخواهد بود. از آنجا که بهترین روش ژئوفیزیکی جهت مطالعه کانی‌سازی سولفیدی پولاریزاسیون القایی (IP) و روش مقاومت ویژه (Res) می‌باشد، این روش می‌توانست اطلاعات مفیدی را از کانی‌سازی در عمق ارائه دهد، اما به دلیل بالا بودن سطح ایستابی در منطقه ترود (عمق کمتر از ۴ متر)؛ روش مذکور در انجام مراحل اکتشافی کمک قابل توجهی نخواهد کرد. بنابراین مناسب‌ترین رویکرد برای رسیدن به نتایج مطلوب در مورد شکل و میزان ذخیره و مدل

ژنتیکی ماده معدنی، استفاده از مطالعات زمین‌شناسی و آزمایش بر مبنای حفر ترانشه و گمانه می‌باشد.

۲-۱ مروری بر مطالعات انجام شده در منطقه سبزوار

ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۷) به مطالعه کانی‌سازی مس در محدوده معدنی آسمانو واقع در ۸۵ کیلومتری شمال‌شرق شهرستان شاهرود پرداختند. این مطالعات بر مبنای داده‌های زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی استوار می‌باشد؛ که با استفاده از دو متد پلاریزاسیون القایی (IP) و مقاومت ویژه (Res) بر روی دگرسانی‌های موجود در منطقه صورت گرفت. نتیجه این مطالعات منجر به تعیین کانی‌سازی در سطح (تا عمق ۲۰ متر) و در عمق (۴۰ تا ۶۰ متر) گردید و نوع کانی‌سازی موجود در منطقه قابل مقایسه با کانی‌سازی مس نوع مانتو عنوان شد.

قنبری و همکاران (۱۳۹۶) با مطالعات زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی به بررسی کانی‌سازی مس شریف‌آباد (شمال‌غرب بردسکن) پرداختند. در این پروژه به‌منظور شناسایی محدوده‌های کانی‌سازی سولفیدی مس از روش ژئوفیزیکی مقاومت ویژه (Res) و پولاریزاسیون القایی (IP) استفاده شد که دو شبکه با آرایش مستطیلی و پنج پروفیل با آرایش دوقطبی-دوقطبی طراحی شد. پس از مدلسازی و بررسی نتایج، دو کانی‌سازی در سطح (تا ۲۵ متر) و عمق (از ۲۵ تا ۶۵ متر) مشخص گردید. نتایج این مطالعات با پیشنهاد و انجام عملیات حفاری در ۱۵ نقطه، کانی‌سازی با مقادیر بالای مس (میانگین ۰/۸ درصد) تا عمق ۳۸ متری را تأیید نمود.

حسینی (۱۳۹۴) به تلفیق لایه‌های ساختاری، زمین‌شناسی، ژئوشیمیایی و دگرسانی ناحیه تروند (معلمان و کلات رشم) در محیط GIS به‌منظور اکتشاف ذخایر مس پرداخت. در این تحقیق از لایه‌های اطلاعاتی سنگ‌شناسی، آنومالی ژئوشیمی، گسل‌ها، دایک‌ها، توده‌های نفوذی و دگرسانی‌ها

استفاده شده است. نتایج این تحقیق محدوده‌هایی در فواصل ۷ کیلومتری شرق معدن چاه موسی، ۱۵ کیلومتری غرب معدن چشمه حافظ و ۵ کیلومتری غرب معدن کلوت با پتانسیل بالای کانی‌سازی مس را نشان داد.

صالحی و همکاران (۱۳۹۴) در منطقه کانسار مس معدن بزرگ در محدوده معدنی عباس آباد واقع در ۱۳۰ کیلومتری شرق شاهرود به مطالعه و بررسی دگرسانی‌های موجود در منطقه پرداختند. براساس مشاهدات صحرایی، مطالعات میکروسکوپی، طیف سنجی رامان و XRD، دو نوع دگرسانی ناحیه‌ای و محلی در واحدهای آتشفشانی مشخص شد. در نهایت کانسار مس معدن بزرگ، بر پایه ویژگی‌های زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، بافت و ساخت کانسنگ و داده‌های حاصل از میان‌بارهای سیال قابل مقایسه با کانسارهای مس نوع مانتو تشخیص داده شد.

آشفته (۱۳۹۳) در محدوده اکتشافی مس چاه موسی واقع در غرب دهستان ترود در استان سمنان به مطالعات زمین‌شناسی بر روی رخنمون‌های منطقه مورد نظر پرداخت. پس از آن با استفاده از نتایجی که از برداشت‌های مختلف اعم از لیتولوژی، دگرسانی، نفوذ دایک‌ها و تاثیر آن بر سنگ میزبان و کانی‌زایی‌های رخنمون به دست آمد، سه محدوده کانی‌سازی حاوی مس و به‌طور ضعیف‌تر باریت شناسایی شد.

خلج (۱۳۹۱) ارتباط کانه‌زایی‌های مس مناطق چاه موسی، درخشانیه و قله‌سوخته را با توجه به پارامترهای ژئوشیمیایی، دگرسانی و سیالات درگیر مورد تحلیل و بررسی قرار داد. مطالعات زمین‌شناسی و کانی‌شناسی در این منطقه وجود توده‌های نفوذی متعدد با ترکیب داسیتی تا دیوریتی را در کنار سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی-رسوبی مشخص نمود. عمده کانه‌های یافت‌شده در منطقه کربنات‌های مس و به میزان کمتر کالکوپیریت، اسفالریت، گالن، بورنیت و کولیت می‌باشد. بررسی‌های مبتنی بر سنجش از دور، منجر به شناسایی دگرسانی‌های موجود در منطقه گردید که شامل آرژلیک، پروپیلیتیک و کلسیتی بودند.

۳-۱ ضرورت و هدف از انجام تحقیق

در بسیاری از پروژه‌های اکتشافی به منظور جمع‌آوری اطلاعات جهت پی‌جویی و اکتشاف مقدماتی، از روش‌های ژئوشیمیایی استفاده می‌شود. در این رویکرد می‌توان ابتدا نمونه‌هایی از رسوبات آبراهه‌ای و یا از برونزدهای سنگی حاوی ماده معدنی در سطح زمین تهیه کرد تا مورد مطالعات لیتوژئوشیمیایی قرار گیرند. در منطقه نمکزار، رخنمون‌های ماده معدنی و سنگ میزبان با گسترش بسیار کمی در سطح زمین مشاهده می‌شود. از آنجا که توپوگرافی منطقه صاف و کویری می‌باشد؛ لذا روش‌های ژئوشیمیایی جهت دستیابی به ماده معدنی کاربرد مفیدی نخواهد داشت. از طرف دیگر یکی از بهترین روش‌هایی که می‌توان کانسارهای سولفیدی را شناسایی کرد استفاده از روش پولاریزاسیون القایی (IP) و مقاومت ویژه (Res) می‌باشد؛ اما همانطور که در مقدمه ذکر شده است، به علت بالا بودن سطح ایستابی (آب شور و عمق کمتر از ۴ متر) در منطقه و در نتیجه عدم توانایی در هادی کردن الکترودها استفاده از روش‌های ژئوفیزیکی نیز مانند روش‌های ژئوشیمیایی کارآمد نمی‌باشد. بنابراین تنها راه مطالعات اکتشافی مقدماتی و تفصیلی در منطقه استفاده از اطلاعاتی است که از مطالعات زمین-شناسی و حفر ترانشه و گمانه‌های حفاری بر مبنای مطالعات و بررسی‌های زمین‌شناسی، به دست می‌آید.

۴-۱ روش تحقیق

در هر پروژه اکتشافی با در نظر گرفتن منابع و امکانات موجود از جمله نیروی کار، ماشین‌آلات، میزان هزینه‌های در نظر گرفته شده و با استفاده از دانش و تجربیات قبلی، طراحی‌های لازم انجام می‌پذیرد. روش مطالعه و تحقیق در این پروژه به شرح زیر می‌باشد.

۱- ابتدا ۲۴ ترانسه اکتشافی جهت تعیین طول، امتداد و گسترش رگه معدنی در سطح زمین طراحی و حفر گردید.

۲- پس از حفر ترانسه‌ها، جهت تعیین نوع سنگ میزبان، انواع دگرسانی و نوع کانی‌سازی نمونه- برداری‌های لازم صورت گرفت و بیش از ۴۰ مقطع نازک و صیقلی تهیه و در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه صنعتی شاهرود مطالعه شد.

۳- بیش از ۲۰ نمونه از نقاط معدنی ترانسه‌ها جهت تعیین عیار ماده معدنی به‌روش لب‌پری-شیاری برداشت و مورد آنالیز شیمیایی ICP-OES قرار گرفت. همچنین دو نمونه آنالیز شیمیایی XRD جهت تعیین کانی‌های دگرسانی مورد آزمایش قرار گرفت.

۴- در پروژه‌های اکتشافی جهت دستیابی به اطلاعاتی از قبیل شکل و ساختار ماده معدنی از نرم- افزارهای مربوطه استفاده می‌شود. در این پروژه با توجه به ماهیت پروژه اکتشافی سعی شده تا از به- روزترین، مناسب‌ترین و کارآمدترین نرم افزارها استفاده شود. از این رو، نرم‌افزار DATAMINE جهت به دست آوردن شکل و ساختار ماده معدنی مورد استفاده قرار گرفت. پس از حفر ترانسه‌ها و دستیابی به نتایج حاصل از آنالیزهای شیمیایی نمونه‌های مربوط به ترانسه‌ها، با استفاده از نرم‌افزار DATAMINE طرحی از گسترش رگه معدنی در نزدیکی سطح زمین به دست آمد و مدل کانسار تولید شد.

۵- در مرحله بعد با استفاده از نتایج حاصل از مدل‌سازی دوبعدی در نرم‌افزار DATAMINE و اطلاعات زمین‌شناسی که از قبل در مورد ساختار زیرسطحی منطقه در دسترس بود، نقاط حفاری مشخص شد. سعی بر این بود که نقاط حفاری در محل‌هایی از منطقه انجام شود که به‌وسیله آن بیشترین اطلاعات در رابطه با عمق کانی‌سازی به‌دست آید؛ لذا ۶ گمانه حفاری با عمق‌های ۱۲ تا ۴۸ متر حفاری گردید. با استفاده از اطلاعات حاصل از نتایج مغزه‌های حفاری، مدل سه‌بعدی کانسار با استفاده از نرم‌افزار نامبرده تولید شد.

۶- بیش از ۵۰ نمونه از گمانه‌های حفر شده برداشت و مورد آنالیز شیمیایی ICP-OES قرار گرفت. با استفاده از نتایج آنالیزهای انجام گرفته و مدل سه بعدی کانسار، مقادیر عیار و ذخیره ماده معدنی محاسبه گردید.

۱-۵ ساختار پایان نامه

این پایان نامه مشتمل بر پنج فصل می‌باشد که در فصل اول به بیان مقدمه، مروری بر مطالعات انجام شده، ضرورت و روش تحقیق پرداخته شده‌است. در فصل دوم ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه و تعیین تیپ کانی‌سازی مس در منطقه ترود شرح داده خواهد شد. در فصل سوم ساخت مدل سه‌بعدی کانسار جهت تعیین محل گمانه‌های حفاری به تفصیل شرح داده شده‌است. فصل چهارم به عملیات حفاری و تخمین و ارزیابی ذخیره معدنی در منطقه می‌پردازد و در فصل پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادات جهت مطالعات بعدی مطرح می‌شود.

فصل دوم

زمین‌شناسی منطقه و تعیین تیپ

کانی‌سازی

کشور ایران بر روی کمربند کوهزایی آتشفشانی-نفوذی آلپ-همیالیا قرار گرفته است. پس از فرورانش صفحه نئوتتیس به زیر صفحه ایران مرکزی، این کمربند جایگاه ویژه‌ای از نظر کانی‌سازی مس پیدا کرده است. همچنین وجود نوارهای آتشفشانی در اطراف این کمربند، بستری مناسب جهت کانی‌زایی مس می‌باشد. مطالعات و بررسی‌های متعدد طی سال‌ها شاهدی بر این موضوع است.

ناحیه ترود-چاه‌شیرین میزبان طیف وسیعی از ذخایر فلزات پایه و ارزشمند از نوع اپی‌ترمال، پراکنده، اسکارن و میزبان کربناتی می‌باشد. به دلیل پتانسیل بالای کانی‌سازی در این منطقه، از زمانهای بسیار دور فعالیت‌های معدنی بسیار زیادی در منطقه وجود داشته است که آثار و شواهد کوره‌های ذوب قدیمی و سرباره‌های تونل‌های ذوب در جای‌جای این منطقه شاهدی بر این مدعا است. اندیس‌ها و ذخایر معدنی متنوعی در ناحیه ترود-چاه‌شیرین یافت می‌شود؛ که می‌توان به ذخایر پلی‌متال مس-سرب-روی چشمه‌حافظ، مس-سرب-روی-طلا گندی و ابوالحسنی، مس-طلا دارستان و مس-روی-نقره خانجار اشاره کرد.

۲-۲ موقعیت و شرایط جغرافیایی

از دیدگاه تقسیمات سیاسی-اداری، دهستان ترود در شهرستان شاهرود و در استان سمنان واقع شده است. ترود از توابع بخش مرکزی شهرستان شاهرود و در ۱۳۰ کیلومتری جنوب شهر شاهرود قرار دارد که از شمال به مرتع دولاب، از جنوب به دشت کویر، از شرق به رودخانه کال‌شور (ابتدای پارک وحش توران) و از غرب به مراتع بامو ختم می‌شود. جمعیت فعلی ساکن در ترود حدود ۴۵۰۰ نفر و مساحت آن در حدود ۲۰۰۰۰ کیلومترمربع می‌باشد. طی سال‌های اخیر بیش از نیمی از جمعیت ترود به شهرهای اطراف از جمله شاهرود مهاجرت نموده‌اند. دهستان ترود جزء مناطق گرم و خشک

محسوب می‌شود؛ که تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد و خشک دارد. بیشتر آب مصرفی ساکنان این منطقه از قنات‌ها تأمین می‌شود. بارش نزولات جوی کم، پوشش گیاهی ضعیف بوده و گیاهان بوته‌ای و درختچه‌های کوچک چرای دام منطقه را مقدور می‌سازد. شغل مردم منطقه دامداری شتر و گوسفند و همچنین به طور محدود کشاورزی می‌باشد. محصولات کشاورزی آن جو، گندم، پنبه، سیر، شلغم و محصولات درختی آن خرما و به‌طور محدود انجیر و انار می‌باشد.

زلزله‌ای به بزرگای ۶/۹ ریشتر در سال ۱۳۳۲ دهستان ترود را کاملاً ویران کرد و ترود فعلی در مجاورت مخروبه‌های قدیمی مجدداً ساخته شده است. ترود از نظر زمین‌شناسی دارای جاذبه‌های گوناگونی برای علاقه‌مندان عرصه زمین‌شناسی و غیر آن است. این منطقه علاوه بر ویژگی‌های زمین‌شناسی که شامل صحرا، معادن، پدیده‌های زمین‌شناسی و سنگ‌های تزئینی است دارای پوشش گیاهی و حیات جانوری متنوع نیز می‌باشد، از لحاظ زمین‌شناسی و مواد معدنی غنی بوده و معادن مس، سرب، بنتونیت، باریت، منگنز و تا حدودی سنگ‌های قیمتی از خانواده عقیق و کانسارهای طلا در آن وجود دارد.

محدوده مورد مطالعه (نمکزار)، در ۱۵ کیلومتری جنوب دهستان ترود واقع شده‌است. همان‌طور که در شکل ۱-۲ نشان داده شده‌است مناسب‌ترین راه دسترسی به منطقه مورد مطالعه از جاده شاهرود- اصفهان می‌باشد که پس از طی مسافت ۱۳۰ کیلومتر از مسیر شاهرود- اصفهان به دهستان ترود رسیده و در ادامه بعد از طی نمودن ۱۷ کیلومتر به سمت جنوب در مسیر کاملاً کویری به محدوده اکتشافی منجر می‌شود.



شکل ۲-۱: بخشی از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰۰ راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه (گزارش نقشه راهها، ۱۳۹۴)

۲-۳ زمین‌شناسی ناحیه‌ای ایران مرکزی

کمان ماگمایی تروود- چاه‌شیرین با روند تقریباً شرقی- غربی و شمال‌شرق- جنوب‌غرب در حاشیه شمالی کویر مرکزی ایران قرار گرفته‌است و جزئی از ایران مرکزی محسوب می‌شود (Stocklin, 1968). این ناحیه از لحاظ تقسیم‌بندی ساختاری در شمال زون ماگمایی شرق ایران و در حاشیه شمالی کویر مرکزی ایران واقع شده‌است و میان دو گسل تروود و انجیلو قرار گرفته است.

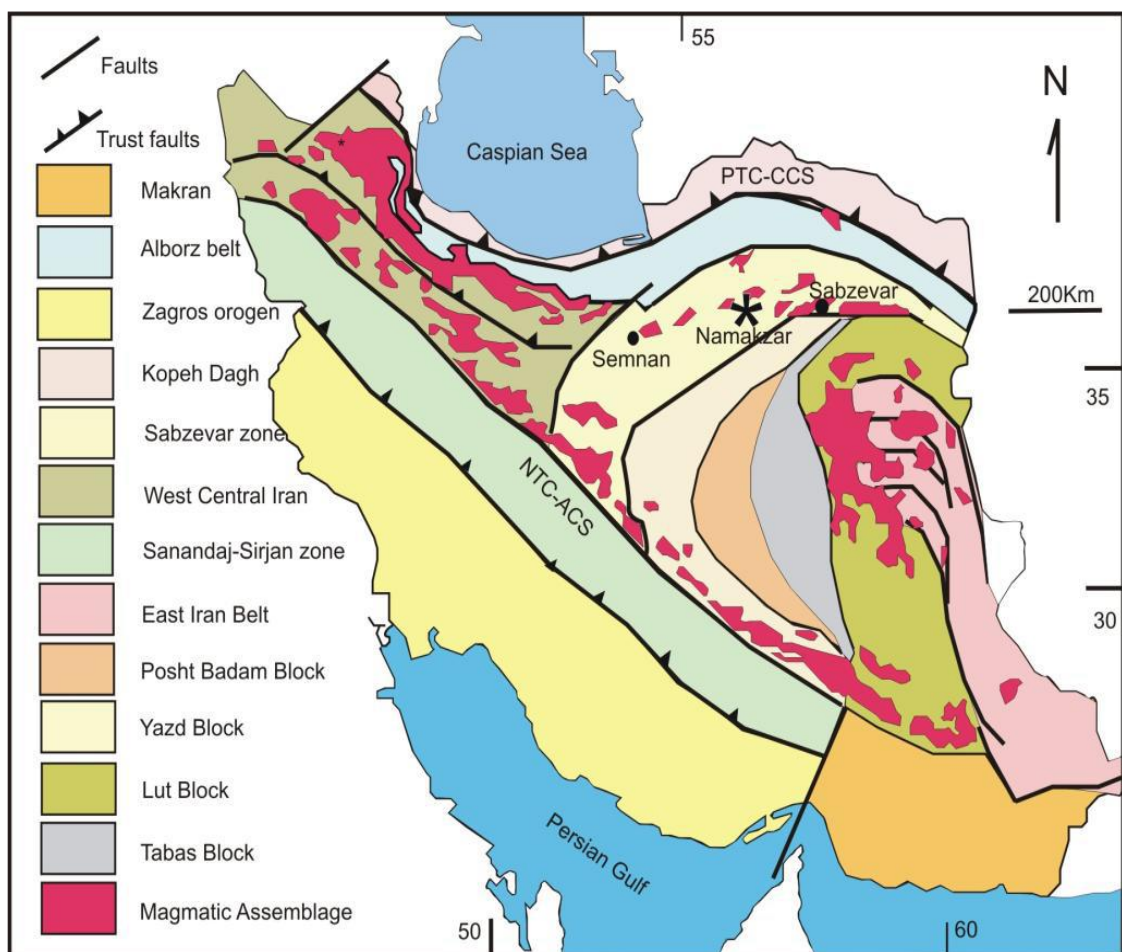
قدیمی‌ترین سنگ‌های این منطقه مربوط به دوره پرکامبرین می‌باشد و به طور غالب از سنگ‌های آذرین ترشیری تشکیل شده‌است. اگرچه به‌طور پراکنده سنگ‌های دگرگونی پالئوزوئیک و مزوزوئیک نیز در آن گسترش یافته‌اند. در شرق و شمال‌شرق این رشته‌کوه مجموعه‌ای از سنگ‌های دگرگونی مانند آمفیبولیت، شیست، گنایس، کوارتزیت، مرمر و فیلیت دیده می‌شود. شروع فعالیت‌های ماگمایی در این ناحیه مربوط به ائوسن میانی است که تا پلیوسن ادامه یافته و از قدیم به جدید به سه دسته تقسیم شده‌اند: ۱- فعالیت‌های آتشفشانی ریولیت و ریوداسیت همراه با جریان‌های آندزیتی و توف ۲-

سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری آندزیت، تراکی آندزیت و آندزیت بازالتی ۳- توده‌های نفوذی نیمه- عمیق با ترکیب داسیت و ریوداسیت. سنگ‌های آتشفشانی این ناحیه با مقادیر بالای CaO، دارا بودن ویژگی‌های سنگ‌های کالک‌آلکالن با پتاسیم بالا، غنی‌شدگی عناصر LILE، و تهی‌شدگی عناصر HFSE، ویژگی‌های مناطق کمان آتشفشانی درون قاره‌ای مرتبط با فرورانش را نشان می‌دهد (ابراهیمی و همکاران ۱۳۹۷؛ مهوشی و همکاران، ۱۳۹۵؛ امام جمعه و همکاران، ۱۳۸۷).

منطقه‌ی سبزوار بخشی از زیرمنطقه‌های ایران مرکزی محسوب می‌شود که بین گسل‌های شاهرود از شمال و گسل‌های ریوش و درونه از جنوب محصور شده‌است. کمر بند فلززایی سبزوار در زون دگرگونی-فیولیتی سبزوار واقع شده و در طول نوار شمالی خرد قاره ایران مرکزی قرار گرفته‌است (Hushmandzadeh et al., 1978). این کمر بند گستره‌ای به طول ۱۵۰ کیلومتر و عرض تقریبی ۱۰ کیلومتر از خاور نیشابور تا سرکویر سمنان را دربر می‌گیرد و شامل نواحی نیشابور، سبزوار، عباس‌آباد، میامی، معلمان و جنوب دامغان می‌باشد. مجموعه آتشفشانی-نفوذی تروود-چاه‌شیرین با وسعتی حدود ۵۰۰۰ کیلومترمربع، در بخش باختری این کمر بند و در شمال معلمان و شمال‌غرب تروود در استان سمنان واقع شده‌است. زون سبزوار که در شمال گسل درونه واقع شده‌است، یکی از زون‌های بسیار مهم از نظر فراوانی کانه‌زایی‌هایی مانند کرومیت و منگنز می‌باشد.

گسل درونه (کویر بزرگ) به صورت کمانی از نائین تا جنوب‌باختر کاشمر (درونه) و نهایتاً مرز افغانستان کشیده شده‌است. گسل درونه با طول ۶۰۰ کیلومتر بعد از زاگرس، به عنوان طولانی‌ترین گسل در فلات ایران شناخته می‌شود و مرز شمالی خرد قاره ایران مرکزی از مرز شرقی تا کویر بزرگ است. این گسل با راستای شمال‌خاوری-جنوب‌باختری و خاوری-باختری قرار گرفته‌است. شواهدی وجود دارد که این گسل به سمت باختر تا نزدیکی اصفهان ادامه می‌یابد. ولی در زیر پوش سنگ‌های کرتاسه و جوان‌تر پوشیده می‌شود. برخی از زمین‌شناسان گسل نائین-بافت را دنباله گسل درونه دانسته و بر این باورند که این گسل در حقیقت یک گسل کاتانگایی با روند شمالی-جنوبی است که

بعدها در اثر حرکت کوهزایی کالدونی تغییر جهت داده‌است. این گسل از نوع راستگرد می‌باشد. احتمال دارد ادامه گسل درونه در خاک افغانستان گسل هرات باشد که گسل هریرود باعث جدایی و جابه‌جایی آنها شده‌است (آقنابتی، ۱۳۸۸). گسل درونه دارای یک انحناء به سمت شمال است که به سه بخش غربی، میانی و شرقی تقسیم شده‌است. پیشینه زمین‌شناسی ناحیه ترود با گسل‌هایی که در شمال به موازات گسل عطاری و در جنوب به موازات گسل درونه هستند، ارتباط تنگاتنگی دارد. الگوی ساختاری این ناحیه توسط دو گسل امتدادلغز اصلی انجیلو در شمال و ترود در جنوب با راستای شمال‌خاور-جنوب‌باختری کنترل می‌شود.



شکل ۲-۲: نقشه ساده‌شده ساختاری-زمین‌شناسی ایران (Alavi, 1991 Stocklin, 1968). موقعیت منطقه نمکزار با علامت ستاره مشخص شده‌است.

بخش قابل توجهی از تغییر و تحولات در منطقه، متاثر از گسل‌های مذکور می‌باشد که این تغییرات برگرفته از بررسی رخساره‌های سنگ‌شناختی، واحدهای سنگی و زمین‌ساختی منطقه می‌باشد. این فعالیت‌ها بر سنگ‌های دگرگونی و ماگماتیسم منطقه تاثیر قابل توجهی گذاشته و شکل کنونی را به وجود آورده‌است.

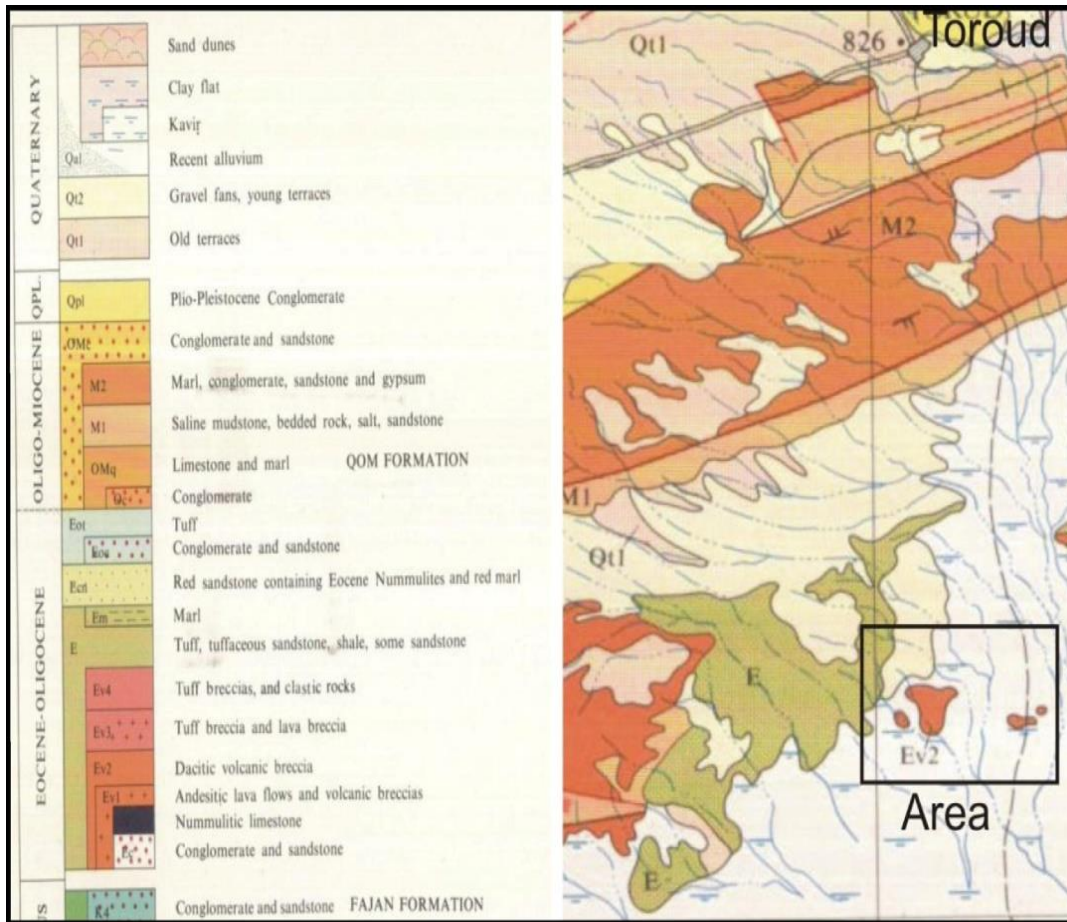
بررسی نهشته‌های ائوسن نشان‌دهنده آغاز چرخه رسوبی پس از فاز کوهزایی لارامید و ادامه آن است؛ که با پیشروی کنگلومرای قاعده‌ای ائوسن در منطقه آغاز شده و به دنبال فاز کششی و انبساط کلی پوسته زمین، باعث فعال شدن گسل‌ها، شکستگی‌های ژرف و بیرون ریختن مواد مذاب در راستای آنها می‌شود. حضور سنگ‌های آتشفشانی-رسوبی ائوسن نشان از پیدایش آنها در محیط قاره‌ای و زیر-دریایی است. علاوه بر گسل ترود و انجیلو وجود سیستم‌های گسلی دیگر با روند شرقی-غربی (کوه کشش) و روند جنوب‌غربی-شمال‌شرقی (دنباله کوه شاه‌اولیاء) نشان‌دهنده حضور فعال و تاثیرگذار تکتونیک در منطقه است. گسل ترود شامل دسته‌گسل‌هایی با روند NEE-SWW با درازای ۱۵۰ کیلومتر می‌باشد. این گسل زون کویر را از افیولیت‌ملانژهای سبزواری جدا ساخته و با سازوکار راندگی و با شیب به سمت جنوب واقع شده‌است؛ اگرچه سازوکار راستالغز چپ‌گرد نیز برای آن تعریف شده-است. گسل ترود جزو قدیمی‌ترین گسل‌ها به‌شمار می‌رود و موجب درهم‌ریختگی شدید در منطقه شده‌است، به‌طوری‌که باعث تغییر رخساره‌های رسوبی زیادی در حدفاصل کویر تا سبزواری شده‌است. گسل ترود زلزله‌خیز بوده و طبق تحقیقات انجام‌شده، مراکز زلزله‌های تاریخی ۱۸۰۸، ۱۹۵۳ و ۱۳۸۰ در نزدیکی گسل ترود برآورد شده‌است.

گسل انجیلو با روند شمال‌شرقی- جنوب‌غربی و شیب ۸۰ درجه به سمت جنوب از نوع راستالغز می‌باشد. روند این گسل‌ها روند کالدونی است؛ اگرچه برخی معتقدند که این گسل از کامبرین به بعد بر ناحیه اثر گذاشته است. حرکات افقی و چپ‌گرد دو گسل ترود و انجیلو باعث ایجاد چین‌های شمال

غربی-جنوب شرقی شده است؛ که با حرکات پی در پی (پیوسته و طولانی) حالت مارپیچی به خود گرفته اند. در بین دو گسل ترود و انجیلو گسل کلاترشم-پیرمردان در شمال گسل ترود و گسل باغو-دارستان در جنوب می باشند. گسل باغو- دارستان از نوع گسل های نرمال (کششی) با روند شمال-شرق-جنوب غرب است که گسل های متعددی را قطع کرده و حاوی کانه زایی طلا می باشد. گسل رشم-پیرمردان از نوع رو رانده با روند شمال شرق-جنوب غرب بوده و مولفه راستگرد را نشان می دهد و رسوبات کواترنر در مجاورت سنگ های ولکانیکی می باشد.

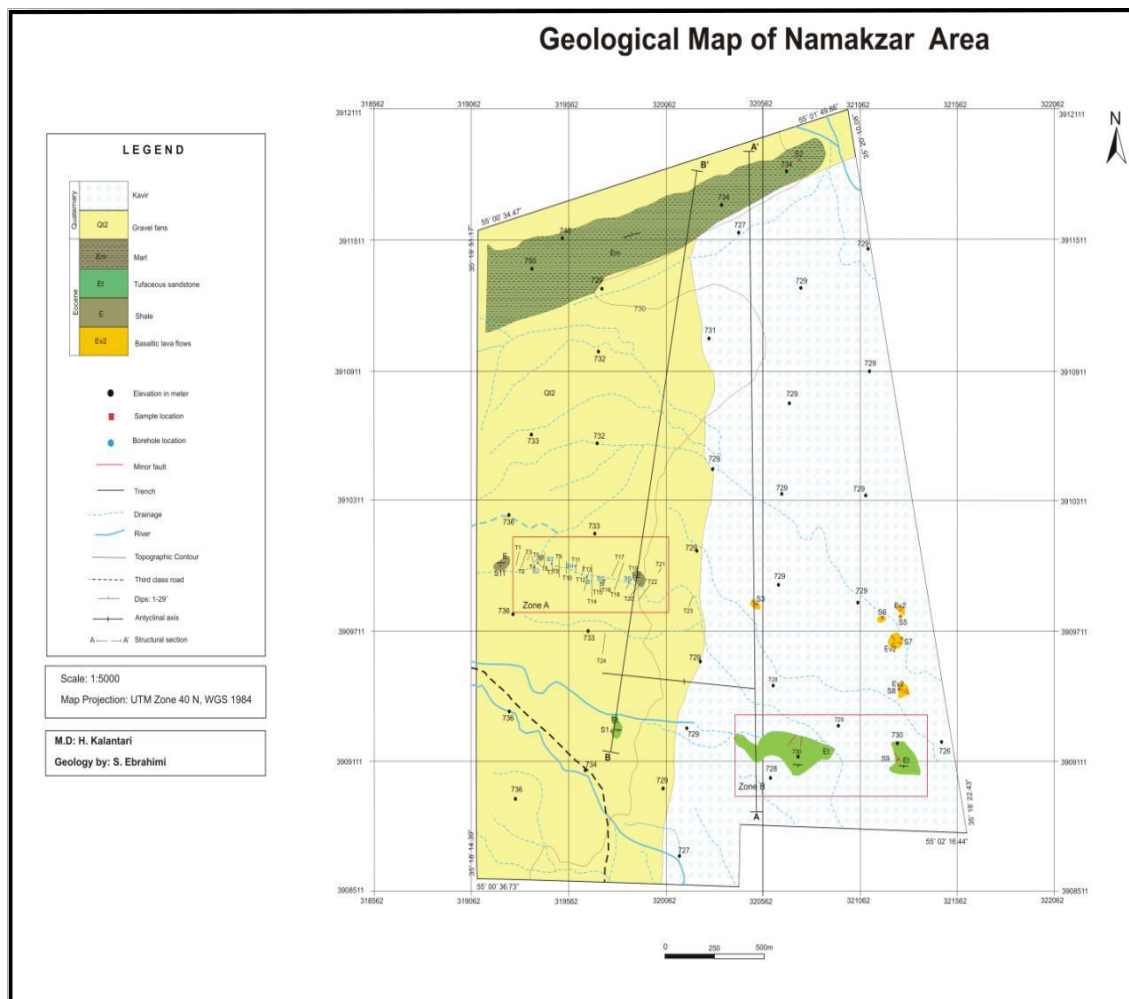
۲-۴ زمین شناسی منطقه ای

محدوده معدنی نمکزار به وسعت ۷/۱۳ کیلومتر مربع به وسیله سنگ های آتشفشانی-رسوبی ترشیری و به مقدار زیاد توسط رسوبات کواترنری پوشیده شده است. این محدوده در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ ترود قرار دارد و سنگ میزبان کانی سازی شیل و توف ماسه ای ائوسن می باشد. موقعیت منطقه نمکزار بر روی نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ ترود در شکل ۲-۳ نشان داده شده است.



شکل ۲-۳: بخشی از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ ترود، موقعیت منطقه نمکزار با مستطیل مشخص شده است (علوی و هوشمندزاده، ۱۹۷۶).

به منظور آگاهی از ویژگی‌های کانی‌شناسی، سنگ‌شناسی و دگرسانی واحدهای سنگی مختلف، ۹ نمونه مقطع نازک مورد مطالعه پتروگرافی قرار گرفته است. موقعیت نمونه‌ها در نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰ منطقه مشخص شده است (شکل ۲-۴). با توجه به ویژگی‌های سنگ‌شناسی، ۶ واحد سنگی به شرح زیر قابل تفکیک می‌باشد؛ که از قدیم به جدید معرفی می‌شوند.

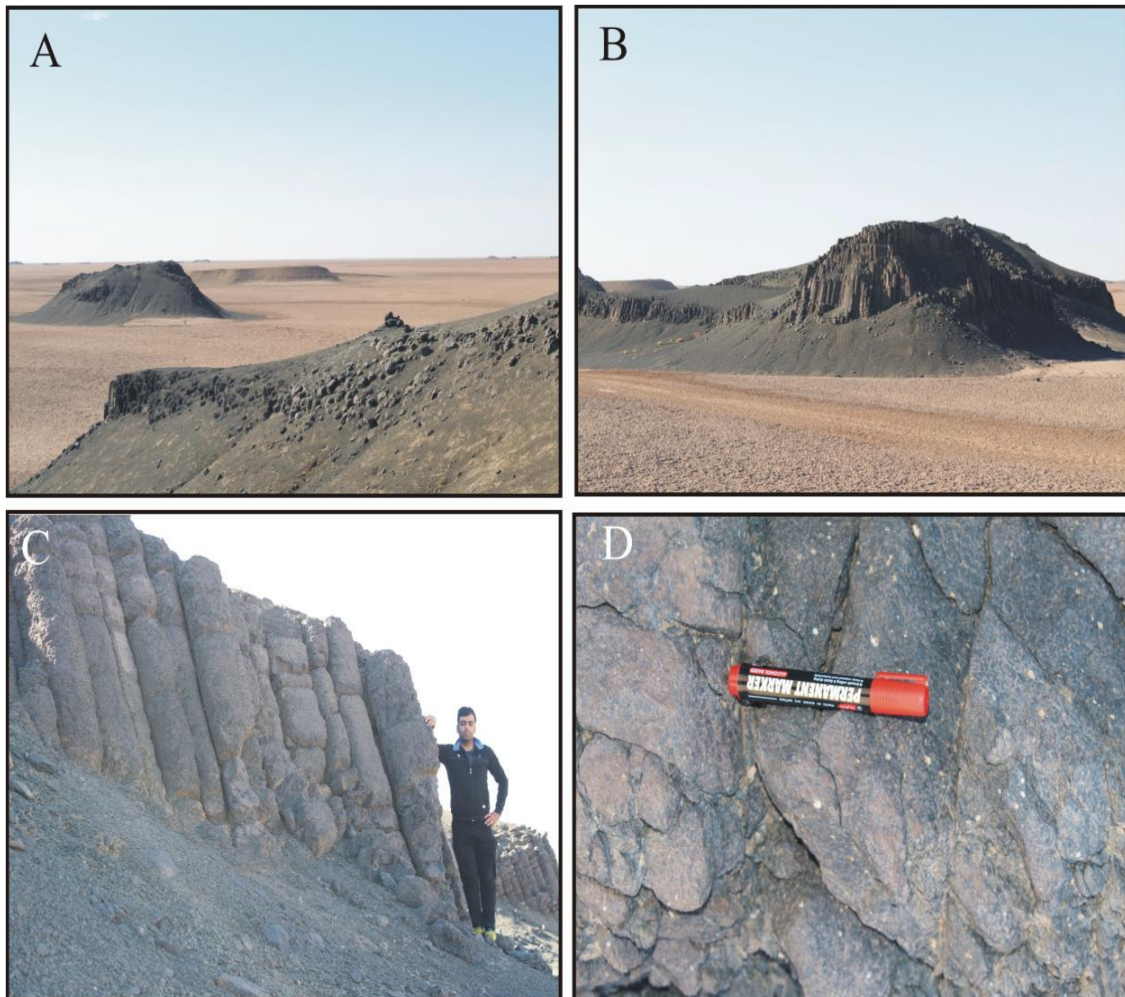


شکل ۲-۴: نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ منطقه نمکزار (ابراهیمی، ۱۳۹۷)

۲-۴-۱ واحد ائوسن زیرین (Ev2)

گدازه‌های بازالتی ائوسن زیرین در شمال شرق و شرق منطقه به صورت گنبد‌های کوچک دیده می‌شود (شکل ۲-۵-A). این سنگ‌ها به رنگ خاکستری تیره تا سیاه خودنمایی می‌کنند. در بعضی قسمت‌ها به صورت منشورهای بازالتی نیز دیده می‌شود (شکل ۲-۵-B, C)؛ که نشان‌دهنده سرد شدن سریع

گدازه می‌باشد این واحد به‌طور گسترده متحمل دگرسانی زئولیتی می‌باشد (شکل ۲-۵-D). ویژگی-های میکروسکوپی این واحد به شرح زیر است:

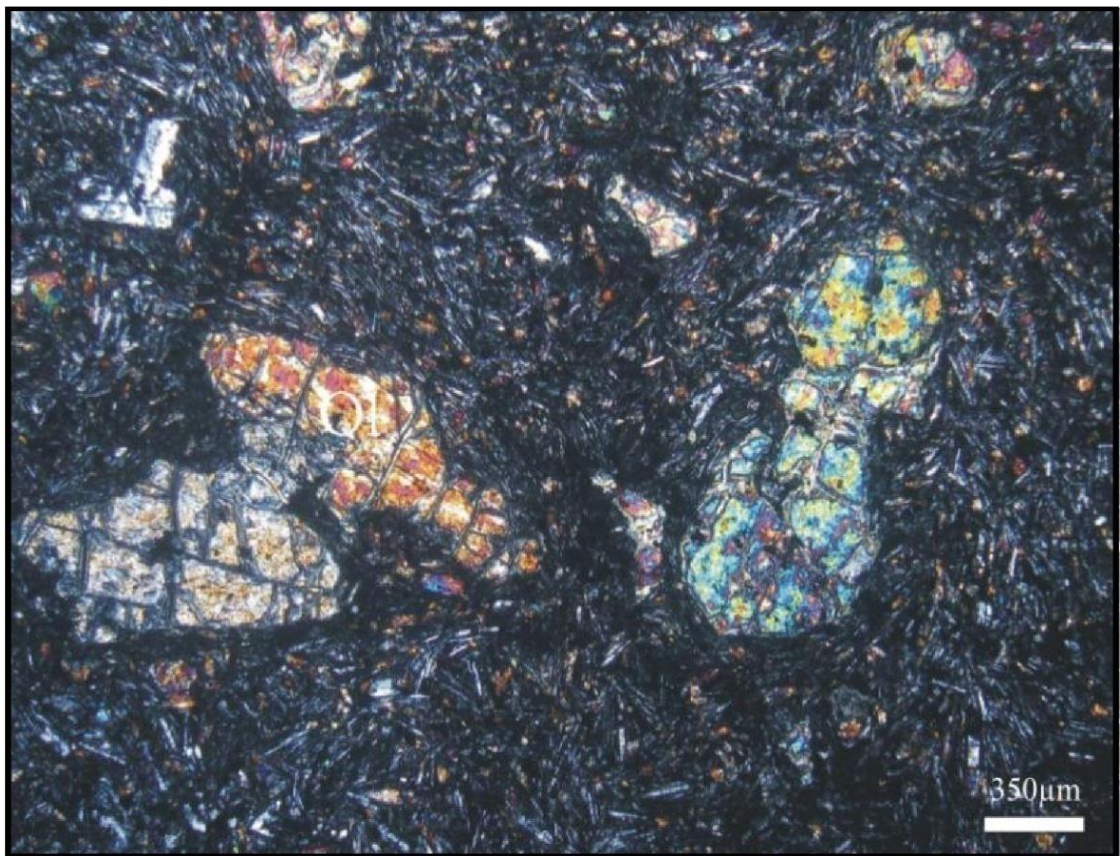


شکل ۲-۵: تصاویری از واحد بازالتی در منطقه؛ (A) نمایی از توده بازالتی در قسمت شرقی منطقه (دید به سمت جنوب‌غرب)، (B) توده بازالتی که به صورت منشورهای بازالتی تشکیل شده‌است (دید به سمت جنوب)، (C) نمای نزدیک از منشورهای بازالتی، (D) دگرسانی زئولیتی در واحد بازالتی.

نام سنگ الیوین‌بازالت می‌باشد که دارای بافت پورفیری بوده و زمینه آن شیشه‌ای-میکرولیتی است. زمینه سنگ از شیشه و بلورهای ریز پیروکسن، الیوین و پلاژیوکلاز تشکیل شده‌است و از نوع فنوکریست‌ها می‌باشد. بلورهای درشت الیوین در سنگ تشکیل شده‌است؛ که اندازه آن‌ها تا ۰/۵ میلی‌متر نیز می‌رسد در این بلورها اغلب خوردگی دیده می‌شود و در حفرات آن کانی‌های فلزی به

چشم می خورد و به مقدار جزئی در شکستگی ها به کلریت و سرپانتین تجزیه شده اند (شکل ۲-۶). پیروکسن از نوع اوژیت می باشد و در مواردی دارای ماکل (دوقلویی) و منطقه بندی (زونینگ) می باشد. درون کانی ها ادخال هایی از کانی های تیره مشاهده می شود و در مواردی کاملاً سوخته شده و به اکسید آهن تبدیل شده است.

پلاژیوکلاز، بلورهای وجه دار و نیمه وجه دار می باشند که ماکل آلبیتی را نشان می دهد و در اندازه های کوچکتر در زمینه مشاهده می شود. در قسمت هایی به سریسیت تبدیل شده است. دگرسانی سنگ های این واحد به این صورت می باشد که حفرات سنگ به وسیله زئولیت پر شده است و دگرسانی زئولیتی به طور گسترده در سنگ دیده می شود.



شکل ۲-۶: تصویر میکروسکوپی از واحد بازالت ائوسن که بلورهای درشت الیون در زمینه میکرولیتی که از بلورهای ریز پلاژیوکلاز و الیون تشکیل شده مشاهده می شود (الیون: Ol).

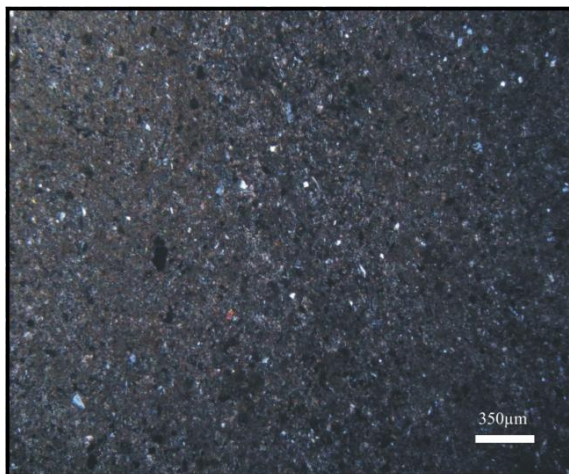
۲-۴-۲ واحد ائوسن زیرین تا میانی (E)

این واحد سنگی شیلی به رنگ سبز روشن در قسمت‌های میانی نقشه برونزد دارد (شکل ۷-۲). قسمت‌هایی از این واحد تحت تاثیر دگرسانی آرژیلیک می‌باشد و در بسیاری موارد به شدت دگرسان شده‌است. این واحد میزبان اصلی کانی‌سازی می‌باشد؛ ویژگی‌های میکروسکوپی این واحد به شرح زیر است.



شکل ۷-۲: واحد شیل ائوسن (سنگ میزبان اصلی کانی‌سازی، دید به سمت شمال).

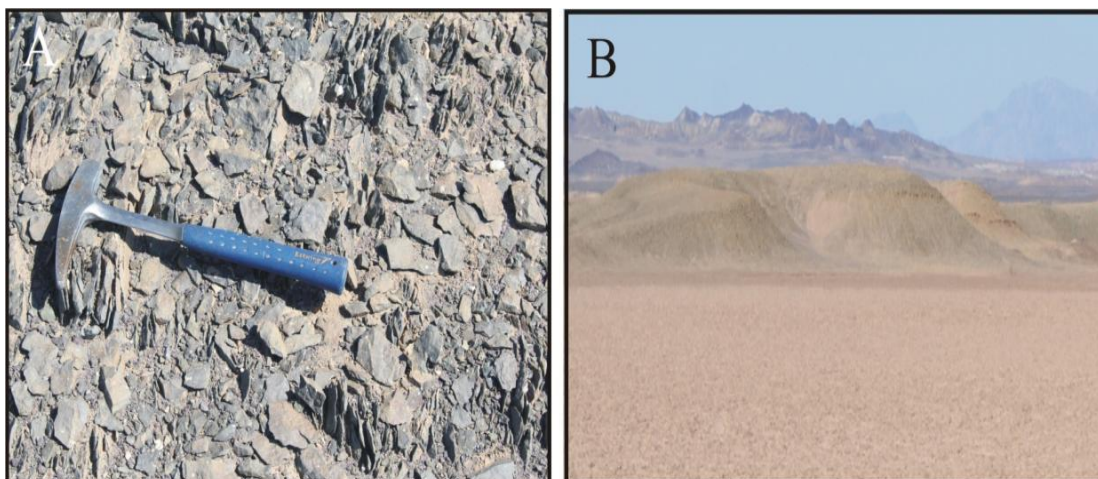
نام سنگ شیل است که دارای بافت دانه ریز بوده و زمینه غالباً رس می باشد؛ که دانه های ریز کوارتز، هورنبلند، پلاژیوکلاز در آن مشاهده می شود (شکل ۲-۸). در مواردی رگچه های سریسیتی در سنگ مشاهده می شود و در مواردی به هیدروکسیدهای آهن تجزیه شدگی نشان می دهد.



شکل ۲-۸: تصویر میکروسکوپی از شیل که حاوی بلورهای ریز کوارتز در یک زمینه رسی قرار گرفته است.

۲-۴-۳ واحد ائوسن زیرین تا میانی (Et)

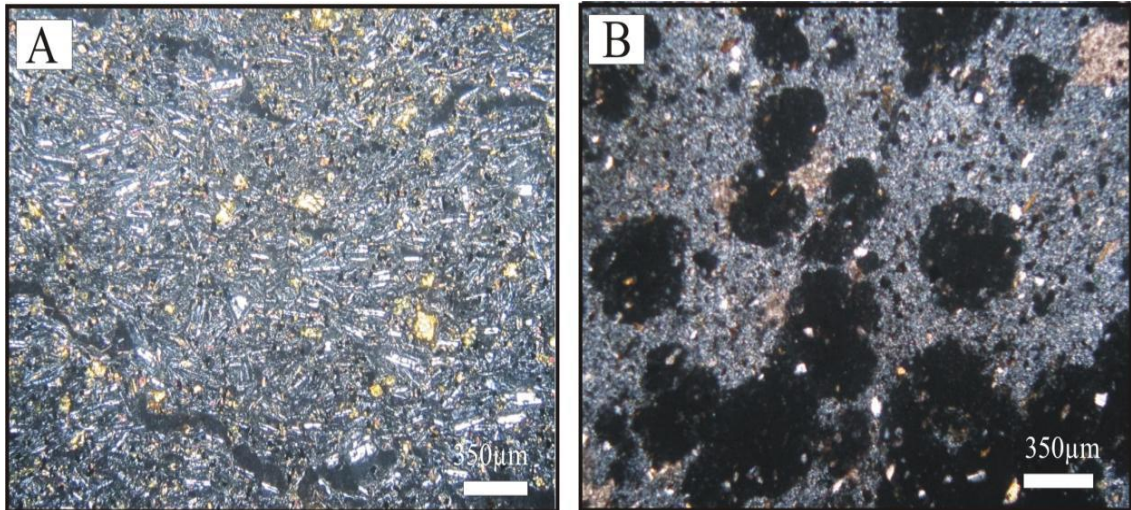
واحد سنگی شامل توف و توف ماسه ای به رنگ سبز روشن می باشد (شکل ۲-۹)؛ که در نواحی جنوب به صورت رخنمون بسیار کوچک و با ترکیب توف مشاهده می شود و در جنوب شرق نقشه رخنمون قابل توجهی از توف ماسه ای برونزد دارد (Et). قسمت هایی از این واحد تحت تاثیر دگرسانی زئولیتی قرار گرفته است. ویژگی های میکروسکوپی این واحد به شرح زیر است.



شکل ۲-۹: تصاویری از واحد توف ائوسن، (A) نمایی نزدیک از واحد توف که حاوی بلورهای ژئولیت می‌باشد، (B) نمایی از واحد توف ماسه‌ای (دید به سمت جنوب غرب).

نام سنگ توف است که دارای بافت میکروگرانولار می‌باشد. پلاژیوکلاز به صورت تیغ‌های با ابعاد کوچک در سنگ تشکیل شده‌است و در مواردی به سریسیت و رس تجزیه شده‌است (شکل ۲-۱۰-۱-۲). هورنبلند به صورت بلورهای ریز که در مواردی به اپیدوت تجزیه‌شدگی نشان می‌دهد. کوارتز با فراوانی کمتر به صورت بلورهای ریز و بی‌شکل در متن سنگ مشاهده می‌شود. حفرات سنگ توسط بلورهای ژئولیت پر شده‌است. کانی‌های تیره با فراوانی ۱ درصد در متن سنگ مشخص است. دگرسانی ژئولیتی در سنگ‌هایی به نام توف ماسه‌ای که دارای بافت میکروگرانولار می‌باشد، دیده شده‌است.

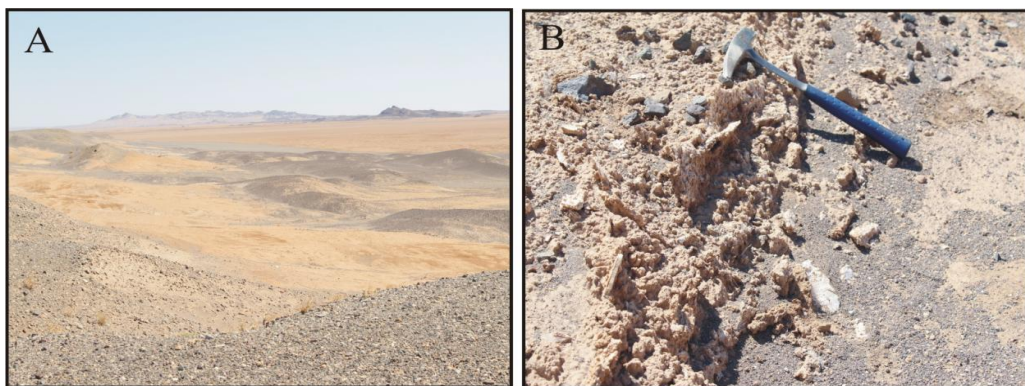
پلاژیوکلاز به صورت بلورهای کوچک در سنگ تشکیل شده‌است و در بیشتر موارد به کربنات و کمتر رس تجزیه شده‌است (شکل ۲-۱۰-۲-B). هورنبلند به صورت بلورهای ریز در متن سنگ دیده می‌شود. کوارتز با فراوانی کمتر به صورت بلورهای ریز و بی‌شکل در متن سنگ مشاهده می‌شود. به نظر می‌رسد قطعات ماسه‌ای از جنس توف و یا بازالت باشد. کانی‌های تیره با فراوانی ۱ درصد در متن سنگ مشخص است. سنگ به شدت تحت تاثیر دگرسانی کربناتی واقع شده‌است.



شکل ۲-۱۰: تصاویر میکروسکوپی از واحد توف و توف ماسه‌ای، (A) بلورهای ریز و کشیده پلاژیوکلاز همراه با بلورهای هورنبلند در سنگ توف، (B) زمینه توف همراه با قطعات ماسه‌ای که غالباً از توف و بازالت در سنگ توف ماسه‌ای تشکیل شده‌است.

۲-۴-۴ واحد ائوسن میانی (Em)

این واحد به صورت تپه‌های مارنی با رنگ زرد روشن قسمت غربی تا شمال غربی را می‌پوشاند (شکل ۲-۱۱-A). لایه‌های ظریفی از ژئیس به صورت میان لایه در این واحد دیده می‌شود (شکل ۲-۱۱-B). در قسمت‌های سطحی این لایه‌ها، واریزه‌هایی از سنگ‌های ولکانیکی وجود دارد؛ که حاوی جاسپروئید و عقیق بوده و به دلیل جذاب نبودن در رنگ و طرح ارزش اقتصادی ندارد.



شکل ۲-۱۱: نمایی از واحد مارنی در منطقه نمکزار، (A) واحد مارنی که به وسیله واریزه‌ها پوشیده شده‌است و حاوی قطعات جاسپروئید می‌باشد (دید به سمت شمال شرق)، (B) لایه ژئیس با ضخامت یک متر در مارن.

۲-۴-۵ واحد کواترنری (Qt2)

این واحد به صورت آبرفت و واریزه‌هایی از سنگ‌های آتشفشانی در نیمه غربی نقشه گسترش دارد. نیمه شرقی نقشه کویر می‌باشد (شکل ۲-۱۲).

۲-۴-۶ واحد کویر

این واحد که بخش شرقی منطقه را پوشش می‌دهد، غالباً از رسوبات نرم رسی و نمکی تشکیل شده است (شکل ۲-۱۲).



شکل ۲-۱۲: واحد کواترنری که متشکل از آبرفت و کویر می‌باشد (دید به سمت جنوب شرق).

۲-۵ تعیین نوع کانی‌سازی

کانسارهای مس مانند از انواع کانسارهای چینه‌کران در میزبان گدازه های آتشفشانی است و معمولاً در نزدیکی کانون‌های ولکانیسم که رویکرد آن وجود دایک‌های بازیک است دیده می‌شوند (سامانی، ۱۳۸۱). کانی‌سازی اصلی از نوع کالکوسیت بوده که دارای زونالیه از پیریت به کالکوپیریت و در نهایت به کالکوسیت در مرکز زون مینرالیزه می‌باشد. کالکوسیت کانسنگ اصلی را می‌سازد و معمولاً با

بادامک‌های زئولیت، کلسیت، آلبیت و کوارتز همراه است. شناخته‌شده‌ترین نوع کانسار مس مانتو در شمال شیلی و کانسار بوئناسیرانزا است اگرچه کانسارهای کارولینا و مانتو بلانکو نیز از زیرگونه‌های آن محسوب می‌شود (Kojoma et al., 2003).

تطبیق ویژگی کانسارهای نوع مانتو با زمین‌شناسی ایران و مقایسه آن با مشخصات کانسارها و یافته‌های مس و کنترل میدانی تعدادی از آن‌ها نشانگر این است که فاز پسین ولکانیسم ائوسن در حوزه ایران مرکزی (مناطق قم و ساوه، عباس‌آباد سبزوار و شمال درونه)، میزبان کانسارهای مس از نوع مانتو می‌باشد که از آن میان کانسارهای وشنوه و گلستان در استان قم و کانسارهای چغندرسر، دامن جلا، معدن بزرگ و ... در حوزه معدنی عباس‌آباد-ترود از بارزترین نمونه‌ها به‌شمار می‌روند (سامانی، ۱۳۸۱).

۲-۵-۱ ویژگی‌های ذخایر تیپ مانتو

در کانسارهای مس تیپ مانتو بافت به‌صورت برشی، رگچه‌ای و پراکنده می‌باشد. از نظر بافت‌شناسی با کانسارهای سولفیدی توده‌ای بسیار تفاوت دارند. این نوع کانسارها غنی از سیال‌های فرار هستند و در دمای کمتر از ۵۰۰ درجه و فشار پایین تشکیل می‌شود (Kojoma et al., 2003). شناخته‌شده‌ترین کانسار نوع مانتو کانسار بوئناسیرانزا در شمال شیلی است که خود به سه زیرگونه بوئناسیرانزا، کارولینا و مانتوبلانکو تقسیم شده‌است. این کانسارها نتیجه فرآیند جایگزینی گرمابی در آندزیت‌ها و گاهی ریولیت‌ها می‌باشند (Kojoma et al., 2003). اصلی‌ترین کانی‌های مس نوع مانتو شامل مس طبیعی و کالکوسیت است، که در محدوده نمکزار کالکوسیت بسیار بیشتر از سایر کانی‌ها دیده شد. به مقدار کمتر دیژنیت، مالاکیت و نقره نیز وجود دارد. کانه مس طبیعی در اثر فرآیندهای برونزاد، در همه انواع کانسارهای مس می‌تواند تشکیل شود. در اینگونه موارد مقدار کانه مس طبیعی تشکیل شده کم است، چراکه فرآیندهای برونزاد معمولاً تا حدی پیش نمی‌روند که بتوانند تمامی کانه‌های هیپوزن

را به کانی‌های ثانویه مانند مس عنصری تبدیل کند (Oyarzon et al., 1998). کانی‌سازی در این گروه، عموماً در لایه‌های آتشفشانی روی می‌دهد که با دایک نفوذی تنوره‌ای و سیل دارای ترکیب گابرودیوریت همراه هستند و برخلاف دیگر انواع کانسارها، نبود یا کمبود پدیده‌های گرمایی سنگ میزبان از وجوه آشکار آن‌هاست. کانسارهای مس نوع بازالتی، کانسارهای مس با سنگ میزبان آتشفشانی و کانسارهای مس نوع مانتو را مترادف می‌خوانند. به نظر می‌رسد که انواع این کانسارها دارای ویژگی‌های مشابه بوده و در مکان‌های مختلف اسامی گوناگونی به آنها داده شده‌است. از نظر کانی‌شناسی بیشتر کالکوسیت دارد و پس از آن هماتیت و کالکوپیریت، بورنیت، مس خالص، و در سطح مالاکیت، آزوریت، کوپریت و کالکوسیت ثانویه دیده می‌شود.

در عمق‌های بیشتر کانی‌سازی به صورت لایه‌ای و در عمق‌های کمتر به صورت رگه‌ای یافت می‌شود. بازالت و آندزیت که سنگ بازیک به شمار می‌آیند تمایل زیادی دارند که مس را در داخل ساختار خود نگه دارند به همین دلیل در زون‌های فرورانش که میزان مس بسیار بالاست، مس در ساختار اولیوین و پیروکسن‌ها باقی مانده و در نتیجه حجم زیادی مس پراکنده در داخل شبکه‌های اولیوین و پیروکسن موجود در بازالت و آندزیت‌ها یافت می‌شود (Oyarzon et al., 1998). به دلیل قرارگیری مس در ساختار سیلیکاته در عمق بسیار زیاد، این حجم مس نامبرده را به هیچ عنوان نمی‌توان استخراج کرد به این دلیل که در نهایت پس از حفاری به عمق حدوداً ۱۰۰۰ متر عیار مس حاصل بیشتر از حدوداً ۵۰۰ ppm نخواهد بود. در ادامه سیالی که از اعماق به سمت سطح زمین شروع به حرکت می‌کند ذخیره مس موجود در شبکه‌های مذکور را با خود به اعماق بالاتر آورده و به صورت کانی‌های مس در درزه، شکاف، حفرات و شکستگی‌های موجود در سنگ‌ها در عمق حدوداً ۵۰ متر برجای می‌گذارد. به طور کلی در ابعاد کیلومتری این جایگذاری کانی‌های مس‌دار به صورت لایه‌ای دیده می‌شود؛ در همین حین اگر سیالی از میان حفرات و شکستگی‌ها راهی به اعماق بالاتر پیدا کند کانی‌ها به صورت رگه‌ای در میان فضای خالی موجود در درز و شکاف سنگ‌ها وارد شده و در مرز

شکستگی‌ها و گسل‌ها کانی کالکوسیت به‌وضوح دیده می‌شود. در برخی موارد که سیال هیدروترمال راهی به سطح زمین می‌یابد کانی کالکوسیت تبدیل مالاکیت، آزوریت و یا کوپریت می‌شود (Kojima et al., 2009).

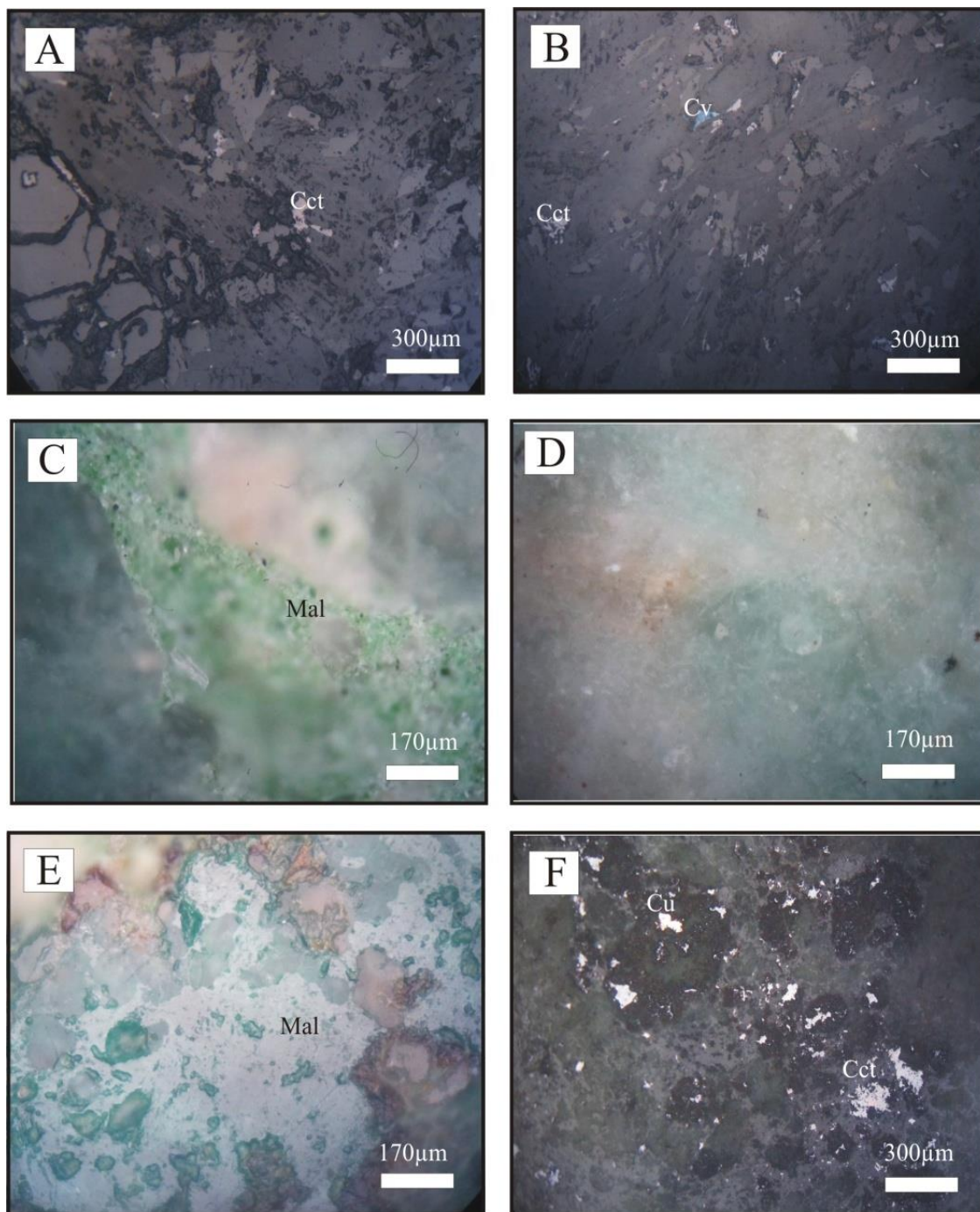
۲-۵-۲ معرفی زون‌های کانهدار حاوی ماده معدنی در منطقه نمکزار

به منظور آگاهی از کانی‌شناسی کانسنگ و باطله و روابط پاراژنزی آنها و دگرسانی، تعداد ۲۰ مقطع صیقلی تهیه و مطالعه شد. با توجه به ویژگی‌های محدوده مورد نظر و پیشینه کارهای انجام گرفته، دو زون کانی‌سازی (A و B) در منطقه مشخص شد؛ که محل آنها در روی نقشه ۱:۵۰۰۰ منطقه تعیین شده است (شکل ۲-۴).

علاوه بر حضور دو زون کانی‌سازی در منطقه نمکزار، مطالعات مقاطع صیقلی از نمونه‌های بازالت، نشان دهنده حضور کانی‌های مس‌دار در حفرات سنگ و کانی‌هایی نظیر الیوین و پیروکسن می‌باشد. کالکوسیت کانی مس‌دار در سنگهای بازالتی منطقه است؛ که با ابعاد کمتر از ۲۰۰ میکرون درون حفرات سنگ و کانی‌ها را پر کرده است (شکل ۲-۱۳-A). فراوانی این کانی کمتر از یک درصد بوده و در مواردی به کوولیت تجزیه شده است (شکل ۲-۱۳-B). در مواردی حفرات سنگ با کانی مگنتیت (با ابعاد تا ۵۰۰ میکرون) پر شده است؛ که فراوانی آن به پنج درصد هم می‌رسد و در مواردی به هماتیت تبدیل شده است؛ که به‌صورت بلورهای سوزنی (اسپیکولاریت) مشاهده می‌شود.

زون B که در سنگ میزبان توف ماسه‌ای تشکیل شده است؛ به مقدار کمتر حاوی مالاکیت می‌باشد (شکل ۲-۱۳-C) و اغلب از آغستگی‌های کلریدمس تشکیل شده است (شکل ۲-۱۳-D). این زون در اولویت دوم برای مطالعات تفصیلی قرار گرفت.

زون A که رخنمون بیشتری در منطقه داشته در سنگ میزبان شیلی تشکیل شده است (شکل ۲-۱۴). پهنای بخش کانی‌زایی از ۵/ تا حدود ۳۴ متر و طول آن تا ۸۰۰ متر می‌باشد. بررسی‌های کانی-شناسی در منطقه، همراهی مس با کانی‌های سولفیدی و اکسیدی مانند مس طبیعی، کالکوسیت، مگنتیت، مالاکیت و گوتیت را نشان می‌دهد. مالاکیت فراوانترین کانی مس‌دار در این زون می‌باشد (در مواردی تا ۵ درصد)؛ که اغلب به صورت پرکننده حفرات خالی و رگچه‌ای در سنگ میزبان شیلی مشاهده می‌شود (شکل ۲-۱۳-E). کالکوسیت با فراوانی ۱ تا ۲ درصد مهمترین کانی سولفیدی مس است؛ که در این زون تشکیل شده است (شکل ۲-۱۳-F). ابعاد کالکوسیت از ۵۰ میکرون تا ۱ میلی‌متر متغیر است. مس خالص با فراوانی بسیار کم (کمتر از نیم درصد) نیز با کالکوسیت همراه است؛ که ابعاد آن تا ۱۰۰ میکرون می‌رسد (شکل ۲-۱۳-F). با توجه به وسعت کانی‌سازی و پاراژنز کانی‌ها، زون A در اولویت اول مطالعات تفصیلی قرار گرفت.



شکل ۲-۱۳: تصاویر میکروسکوپی از ماده معدنی در سنگ میزبان بازالتی و زون‌های **A** و **B** کانی‌سازی در منطقه نمکزار، **(A)** کانی کالکوسیت در حفرات سنگ میزبان بازالتی، **(B)** کانی کالکوسیت در سنگ میزبان بازالتی که در حال تجزیه به کوولیت می‌باشد، **(C)** کانی مالاکیت در شکستگی‌های سنگ میزبان همراه با کانی‌های کلریدی مس در میزبان توف ماسه‌ای واقع در زون **B** کانی‌سازی، **(D)** کلرید مس (آتاکامیت و یا سایر کانی‌های کلریدی مس) در سنگ میزبان توف ماسه‌ای واقع در زون **B** کانی‌سازی، **(E)** مالاکیت همراه با گوتیت در شکستگی‌های سنگ میزبان شیلی واقع در زون **A** کانی‌سازی، **(F)** کانی کالکوسیت و مس خالص درون حفرات سنگ میزبان شیلی واقع در زون **A** کانی‌سازی. (کالکوسیت: **Cct**، کوولیت: **Cv**، مالاکیت: **Mal**، مس خالص: **Cu**).



شکل ۲-۱۴: نمایی از ماده معدنی (مالاکیت و کالکوسیت) در زون A که در واحد شیلی واقع شده است.

۳-۵-۲ مراحل کانی زایی بر اساس مطالعات کانی شناسی و روابط بافتی

بر اساس مطالعات کانی شناسی و روابط بافتی، دو مرحله کانی سازی در منطقه نمکزار تشخیص داده شده است. در مرحله اول مس به صورت پراکنده در حفرات سنگ های آتشفشانی (بازالت های ائوسن) نهشته شده و در مرحله دوم، سیالات داغ ضمن چرخش در سنگ های آتشفشانی، مس را از درون حفرات و ساختار کانی ها شسته و به صورت رگه و رگچه ای و گاه به صورت پراکنده در متن سنگ باقی گذاشته است. کانی سازی در این مرحله شامل مس خالص، مالاکیت، مگنتیت، کولیت و کالکوسیت در داخل شکستگی ها و حفرات سنگ میزبان (شیل و توف ماسه ای) می باشد، که با دگرسانی ناحیه ای

ژئولیتی-کربناتی همراه است. مشخصات کانی‌سازی منطقه نمکزار با کانی‌سازی مس تیپ مانتو
مشابهت‌های زیادی دارد.

فصل سوم

تهیه مدل سه بعدی کانسار جهت

تعیین نقاط حفاری

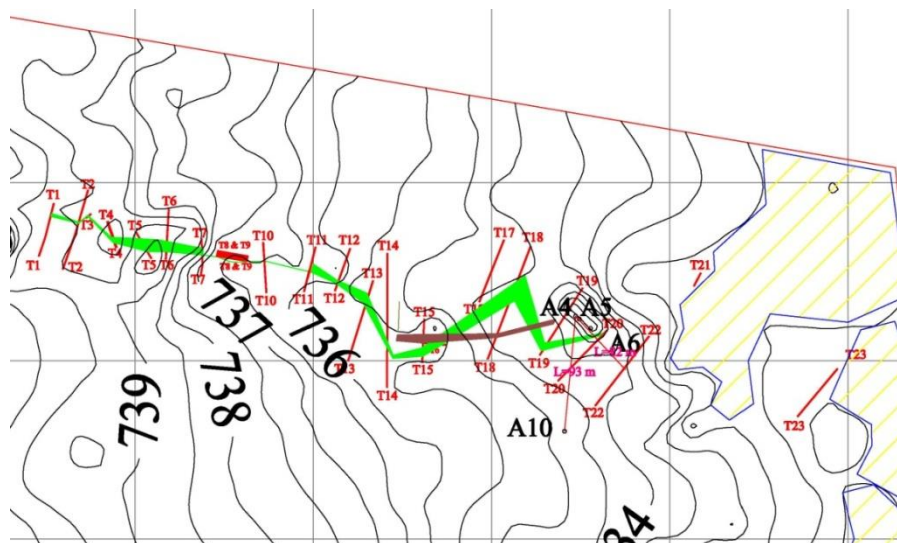
۳-۱ مقدمه

جهت انجام اکتشاف نیمه تفصیلی در یک پروژه، نیاز به اطلاعاتی است که از گمانه‌های حفر شده و داده‌های برداشت شده از سطح زمین به دست می‌آید. هدف از ترسیم مدل سه‌بعدی در این مرحله از کار اکتشافی، صرفاً تعیین نقاط حفاری در منطقه نمکزار است؛ زیرا تا این لحظه در منطقه گمانه‌های حفر نشده‌است و اولین گام برای ترسیم مدل سه‌بعدی کانسار، ایجاد پایگاه داده‌ای با استفاده از اطلاعات به دست آمده از حفر گمانه‌ها می‌باشد. ترسیم مدل در این مرحله با استفاده از نرم‌افزار DATAMINE با بهره‌گیری از خصوصیات ماده معدنی و مقاطع زمین‌شناسی در ترانشه‌ها انجام شده است. اطلاعات به دست آمده از حفر ترانشه‌ها، موقعیت ماده معدنی را به صورت یک رگه با امتداد تقریبی ۶۰۰ متر و ضخامت ۱ تا ۳۰ متر به صورت متغیر نشان می‌دهد. در این مدل ابتدا و انتهای ماده معدنی در هر ترانشه به عنوان یک گمانه فرض شده‌است و عیار ماده معدنی بر اساس عیار مس در هر ترانشه می‌باشد. مدل سه‌بعدی تولید شده، کانسار را در سطح زمین و در عمق نمایش داده است لذا با استفاده از این مدل، ۸ گمانه اکتشافی طراحی شد.

۳-۲ آماده‌سازی اطلاعات ورودی

همانطور که قبلاً گفته شد اساس کار در نرم‌افزار DATAMINE، استفاده از اطلاعات به دست آمده در برداشت‌های صحرائی است. برای شروع کار با نرم‌افزار باید این اطلاعات را به صورت قابل فهم برای نرم‌افزار طبقه‌بندی نمود. برای تهیه مدل سه‌بعدی عیاری با استفاده از نرم‌افزار DATAMINE، با بررسی لاگ گمانه‌ها، اطلاعات باید در چهار فایل قابل استفاده در نرم‌افزار به نام‌های Assay، Collar، Survey و Geology ذخیره شود و همچنین توپوگرافی منطقه باید در فایل مشخصی ذخیره گردد.

۴۸ نقطه از رخنمون ماده معدنی و ترانشه‌ها به عنوان گمانه فرضی مشخص شد و مورد استفاده قرار گرفت. تصویر دوبعدی از توزیع ماده معدنی در ترانشه‌ها در شکل ۱-۳ نشان داده شده‌است. رگه اصلی به رنگ سبز و رگه فرعی به رنگ قهوه‌ای می‌باشد.



شکل ۱-۳: تصویر دوبعدی از موقعیت ترانشه‌ها و رگه‌های معدنی در منطقه نمکزار (رگه اصلی به رنگ سبز و رگه فرعی به رنگ قهوه‌ای).

۳-۲-۱ فایل Assay

این فایل شامل اطلاعاتی نظیر شماره گمانه‌ها (BHID)، طول قسمت‌های آنالیز شده برحسب متر (From-To) و عیار عنصر (Cu) بر حسب ppm می‌باشد. با استفاده از فایل Assay، نتایج عیار-سنجی گمانه‌های حفر شده به نرم‌افزار وارد و معرفی می‌شود. در منطقه نمکزار از ۴۳ نقطه ماده معدنی استفاده شده‌است. به این دلیل که عمق ترانشه‌ها بین ۱ تا ۴ متر متغیر می‌باشد و با توجه به این که این نوع ذخایر دارای عمق‌های کم (تا ۳۰ متری) هستند، لذا عمق فرضی ۱۵ متر فرض شده-است. در جدول ۱-۳ بخشی از فایل Assay به عنوان نمونه نشان داده شده‌است. در این فایل V2(S)

موقعیت ماده معدنی در ترانشه ۲ است که در قسمت جنوبی ترانشه است و V2(N) در قسمت شمالی ترانشه واقع شده است (شکل ۱-۳). مقدار مس براساس آنالیز شیمیایی ماده معدنی از ترانشه ۲ حاصل شده است.

جدول ۱-۳: بخشی از فایل Assay

BHID	FROM(m)	TO(m)	Cu(ppm)
V2 (S)	1	15	300
V2 (N)	1	15	300

۲-۲-۳ Collar فایل

در فایل Collar مشخصات گمانه‌ها، شامل شماره گمانه و مختصات نهایی دهانه گمانه‌های اکتشافی به صورت (X,Y,Z) و برحسب متر جهت ورود به نرم‌افزار گردآوری می‌شود. در منطقه نم‌کزار این فایل شامل ۴۳ سطر داده می‌باشد. در جدول ۲-۳ قسمتی از این فایل قابل مشاهده است.

جدول ۲-۳: بخشی از فایل Collar

BHID	XCOLLAR(m)	YCOLLAR(m)	ZCOLLAR(m)
V2 (S)	319336.905	3910054.480	738.816
V2 (N)	319337.280	3910055.612	738.739

۳-۲-۳ Survey فایل

این فایل به منظور معرفی وضعیت قرارگیری چال‌ها به نرم‌افزار تهیه می‌شود که شامل شماره گمانه‌ها، وضعیت قائم یا شیب‌دار بودن گمانه‌ها، مقدار شیب گمانه‌ها (DIP) و آزیموت گمانه‌های شیب‌دار (BRG) می‌باشد. در جدول ۳-۳ بخشی از فایل Survey نمایش داده شده است که در آن ستون‌ها به

ترتیب از چپ به راست، شماره گمانه، عمق نهایی گمانه (عمق به طور فرضی ۱۵ متر در نظر گرفته شده‌است)، آزیموت و شیب گمانه‌ها (که در اینجا رگه معدنی به جای گمانه در نظر گرفته شده‌است) را نشان می‌دهند.

جدول ۳-۳: بخشی از فایل Survey

BHID	AT(m)	BRG	DIP
V2 (S)	15	15	90
V2 (N)	15	15	50N

۳-۲-۴ فایل Geology

فایل Geology شامل شماره گمانه‌ها و نوع سنگ در طول هر گمانه می‌باشد. جدول ۳-۴ بخشی از این فایل را نمایش می‌دهد.

جدول ۳-۴: بخشی از فایل Geology

BHID	FROM(m)	TO(m)	ROCK
V2 (S)	1	15	Shale
V2 (N)	1	15	Shale

۳-۲-۵ فایل Topography

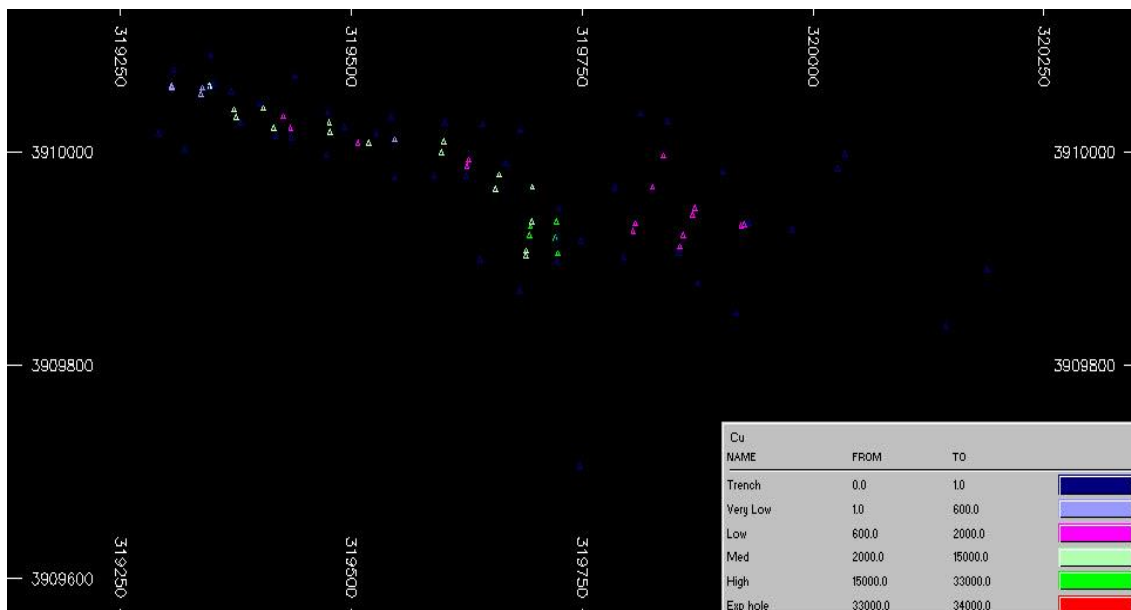
پس از انجام عملیات نقشه برداری از منطقه نمکزار، اطلاعاتی از قبیل وضعیت سطح زمین و توپوگرافی منطقه و موقعیت ماده معدنی، با استفاده از فایل Topography که دارای مختصات X, Y و Z می-باشد، به نرم افزار معرفی می گردد.

۳-۳ پردازش اطلاعات

پس از تهیه فایل های ورودی Assay, Collar, Survey, Geology و Topography در نرم افزار اکسل، این فایل ها به نرم افزار DATAMINE منتقل و معرفی شد. پس از آن با ترکیب این پنج فایل ورودی در محیط نرم افزار، فایلی بر مبنای تمام اطلاعات موجود تهیه شد که در آن، گمانه ها با توجه به مختصات جغرافیایی آنها ترسیم شده اند.

۳-۴ تهیه مقاطع زمین شناسی

برای به دست آوردن مدل زمین شناسی کانسار لازم است ابتدا با توجه به مشخص بودن مرز بخش های مختلف، مقاطع زمین شناسی در فواصل معینی ترسیم گردد. مقاطع رسم شده در نرم افزار اصطلاحاً مدل سیمی نامیده می شود. پس از مشخص نمودن محل ترانشه ها، به جهت شناخت زون توده معدنی در زیر زمین با استفاده از عیار ترانشه ها، حدود ماده معدنی در هر مقطع تعیین می گردد. محدوده هر مقطع عرضی کانسار با استفاده از عملیات کلیپینگ مشخص می شود. در این فصل مقاطع با توجه به وضعیت ماده معدنی و نحوه قرارگیری آن داخل ترانشه ها با توجه به شیب و آزیموت رسم شده است. شکل ۳-۲ موقعیت ترانشه ها و ماده معدنی را نشان می دهد.

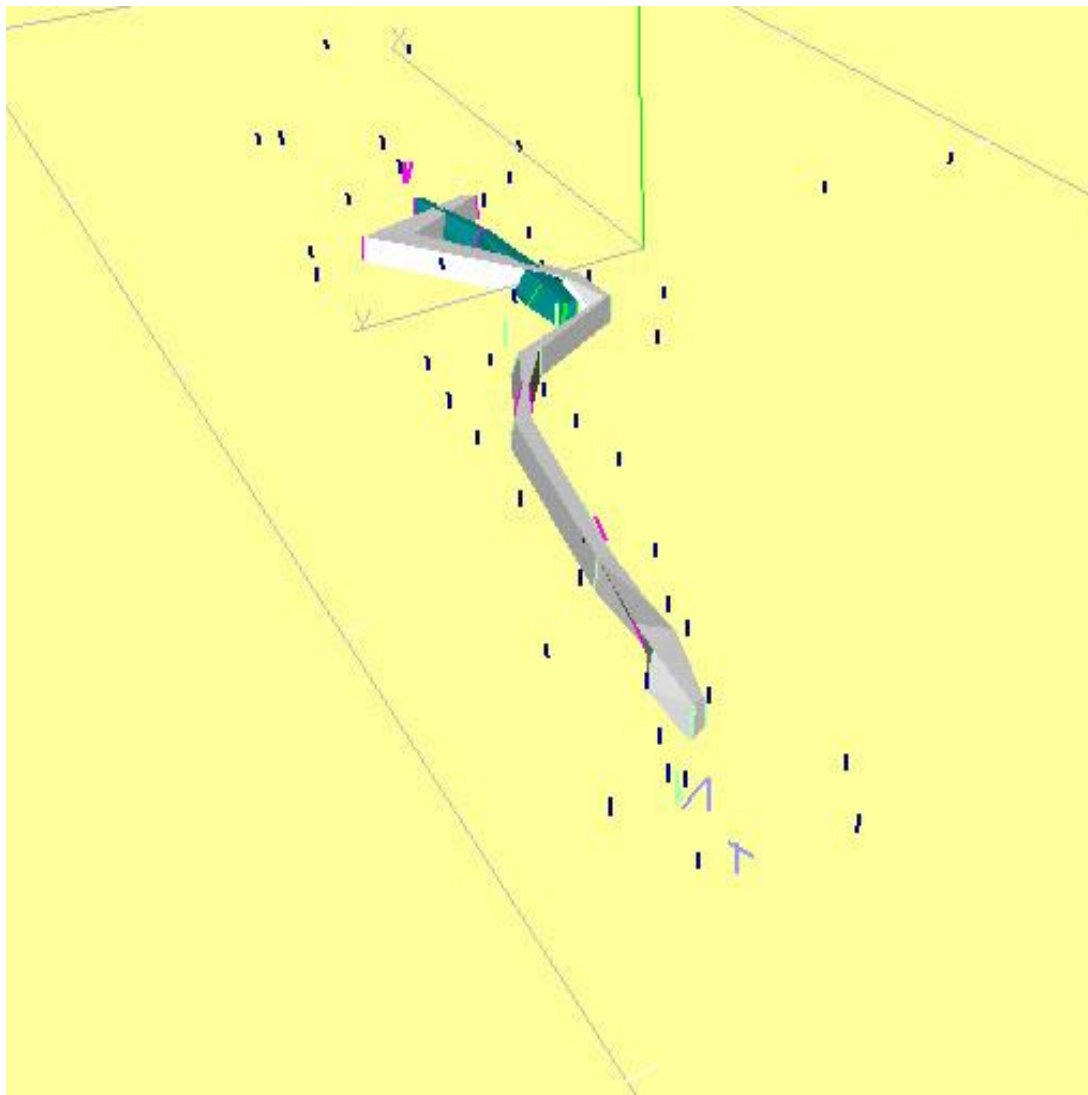


شکل ۳-۲: موقعیت ترانشه‌ها (به رنگ آبی) و ماده معدنی (به رنگهای سبز، قرمز و صورتی) در محدوده نمکزار

۳-۵ مثلث‌بندی مقاطع و تعیین حجم مدل

برای ترسیم مدل ابتدا لازم است هر یک از بخش‌ها به صورت یک مدل سیمی مجزا تهیه شوند. سپس با وصل کردن مقاطع به یکدیگر و مثلث‌بندی تمام بخش‌ها، مدل سه‌بعدی کانسار به دست می‌آید که در این مدل سه‌بعدی، هر بخش به صورت یک پوسته توخالی می‌باشد که حجم آن قابل محاسبه است. برای مشخص کردن زون ماده معدنی در مقطع مورد نظر باید چال‌ها را به وسیله رشته‌هایی به هم متصل نمود. به این صورت که با استفاده از یک رشته (استرینگ) شروع به مشخص کردن زون ماده معدنی کرده تا نرم‌افزار حجم بین این خطوط را به عنوان توده معدنی بشناسد. بعد از مشخص شدن محدوده عیار در همه مقاطع، باید استرینگ‌ها به یکدیگر متصل شوند. برای این کار با استفاده از یک استرینگ جدید به صورت یک دوره رفت و برگشتی، نقاط بالایی استرینگ‌های هر مقطع به یکدیگر متصل می‌شوند. این کار باید برای نقاط پایینی کانسار انجام شود. پس از آن می‌بایست اولین تا آخرین

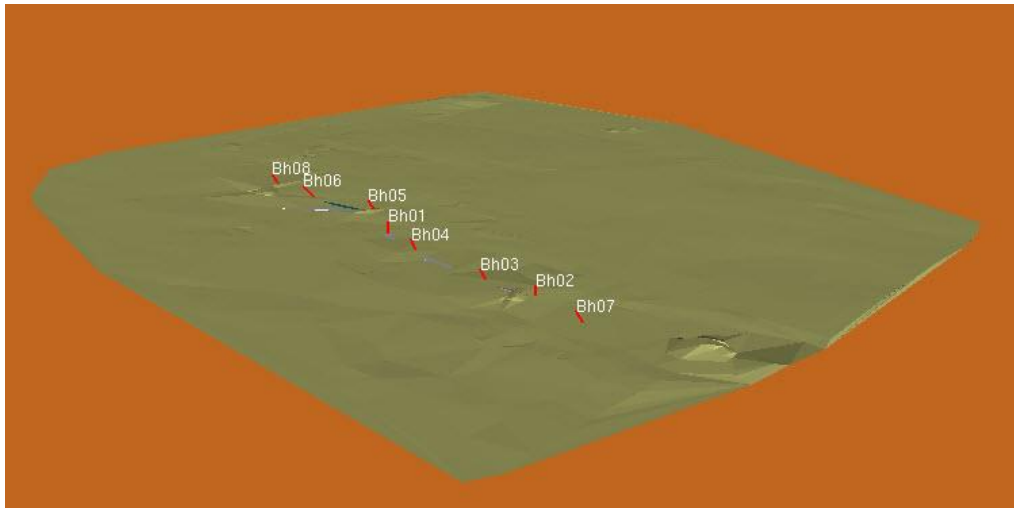
استرینگ به ترتیب به یکدیگر متصل شده تا مدل تورسیمی حاصل شود. شکل ۳-۳ نمای سه‌بعدی ماده معدنی، ترانشه‌ها و سطح زمین را نشان می‌دهد.



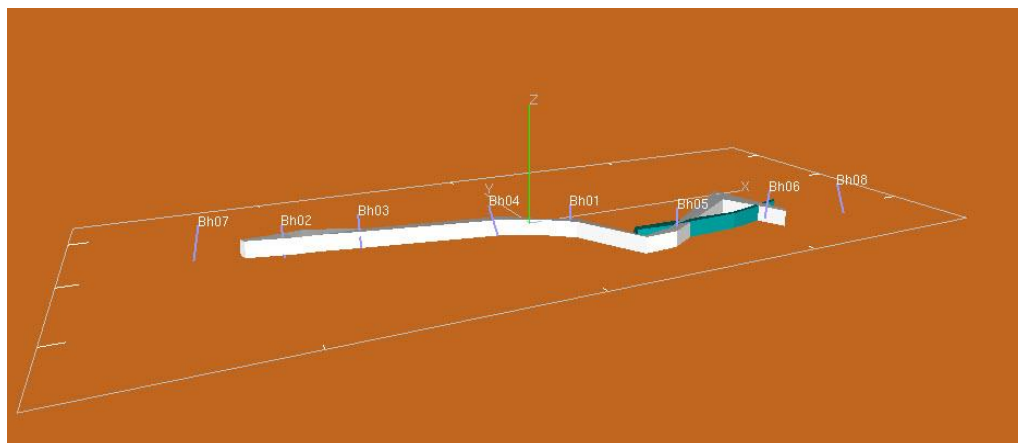
شکل ۳-۳: نمای سه‌بعدی ماده معدنی، ترانشه‌ها و سطح زمین.

به این دلیل که محدوده معدنی به صورت یک رگه حاصل شده‌است و با توجه به عمق تقریبی این نوع ذخایر، تعداد ۸ گمانه طراحی گردید. گمانه‌های Bh1 و Bh2 به صورت عمود طراحی شدند تا به وسیله آن‌ها تقریب قابل اعتمادی از عمق کانسار تعیین گردد و براساس عمق به دست آمده، ۶ گمانه جهت تعیین ضخامت و عمق ماده معدنی در قسمت‌های مختلف رگه طراحی گردید. در شکل ۳-۴ نمای سطحی گمانه‌های طراحی شده در روی زمین قابل مشاهده می‌باشد. شکل ۳-۵ نمای عرضی

گمانه‌ها در عمق را در جهت دید به سمت شمال نشان می‌دهد که همگی با عمق حفاری کمتر از ۴۰ متر پیشنهاد شده اند (علت عمق کمتر از ۴۰ متر به دلیل تشکیل این نوع کانی‌سازی در عمق‌های کم می‌باشد) و شکل ۳-۶ نمای عرضی گمانه‌های طراحی شده در عمق را در جهت دید به سمت جنوب نشان می‌دهد. مختصات نقاط پیشنهادی جهت حفاری در جدول ۳-۵ آورده شده‌است.



شکل ۳-۴: نمای سطحی گمانه‌های طراحی شده در روی زمین (دید به سمت جنوب شرق)



شکل ۳-۵: نمای عمقی گمانه‌های طراحی شده را در روی زمین (دید به سمت شمال)



شکل ۳-۶: نمای عمقی گمانه های طراحی شده را در روی زمین (دید به سمت جنوب)

جدول ۳-۵: مختصات نقاط گمانه های حفاری پیشنهادی در منطقه نمکزار.

Number of Borehole	x	Y	Dip	Azimuth
Bh1	319651	3909972	90	180
Bh2	319406	3910028	90	180
Bh3	319471	3910029	60	190
Bh4	319585	3910005	60	170
Bh5	319735	3909923	60	210
Bh6	319850	3909930	60	230
Bh7	319343	3910056	60	210
Bh8	319928	3909919	60	190

فصل چهارم

تخمین و ارزیابی ذخیره

در فصل سوم مدل سه‌بعدی کانسار زیر زمین به دست آمد. باتوجه به قرارگیری مدل کانسار و با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده از آنالیز نمونه‌های ترانشه، نقاطی جهت حفاری پیشنهاد گردید، بعد از اینکه مشخصات کلی گمانه‌ها در روی نقشه تعیین شد، موقعیت گمانه‌ها در روی زمین پیاده شد، که باتوجه به مدت زمان مورد نیاز برای حفر گمانه‌ها و هزینه‌های مربوط به آن، در نهایت ۶ نقطه از ۸ نقطه پیشنهادی جهت حفاری انتخاب گردید و در مجموع ۱۷۱ متر حفاری به روش مغزه‌گیری صورت گرفت. هدف اصلی از حفر گمانه، کسب اطلاعات از ماده معدنی و سنگ‌های اطراف آن در اعماق مختلف است و معمولاً حفاری‌ها با نمونه‌برداری همراه است.

از نظر حفاری هرچه قطر گمانه کمتر باشد، حفر آن آسان‌تر است اما از نظر کسب اطلاعات در مورد مشخصات ماده معدنی و سنگ‌های اطراف آن، گمانه‌های با قطر بیشتر و در نتیجه مغزه‌های قطورتر، اطلاعات بهتری را به دست می‌دهند. بنابراین باید حد بهینه‌ای را برای قطر گمانه در نظر گرفت. شکل (۱-۴) یک نمونه از حفاری‌های انجام‌شده در منطقه معدنی نمکزار را نشان می‌دهد. مختصات و مشخصات گمانه‌های حفرشده در محدوده مس نمکزار در جدول (۱-۴) آمده است. در مرحله بعد، مغزه‌های حفاری به‌دست‌آمده از هر گمانه توصیف شد و ویژگی‌های سنگ‌شناسی، دگرسانی و کانی-شناسی هر گمانه مورد بررسی قرار گرفت. براساس توصیف گمانه‌ها با نمونه‌گیری از مغزه‌ها با فواصل ۲ تا ۴ متر، نمونه‌های حاصل برای تعیین عیار ماده معدنی به آزمایشگاه ارسال شدند و با روشهای شیمی تر و ICP-OES جهت تعیین عیار کلی و اکسیدی مس مورد آزمایش قرار گرفتند. تمامی نمونه‌ها مورد آنالیز شیمیایی قرار گرفتند. نتایج برخی آنالیزهای شیمیایی انجام شده، به پیوست دو گزارش در جدول‌های ۱-۴ و ۲-۴ ارائه شده‌است.

جدول ۴-۱: مختصات و مشخصات گمانه‌های حفاری انجام شده در محدوده مس نمکزار

Borehole number	X	Y	Z	Depth (m)	Width (m)
Bh1	319650.761	3909973.154	735.610	20	9
Bh2	319397.678	3910031.714	738.112	36	10
Bh3	319470.488	3910029.067	737.061	48	10
Bh4	319571.437	3910014.132	736.322	33	14
Bh5	319725.978	3909931.315	735.648	12	1
Bh6	319845.098	3909922.486	734.018	22	12



شکل ۴-۱: یک نمونه از حفاری‌های انجام شده در منطقه معدنی نمکزار

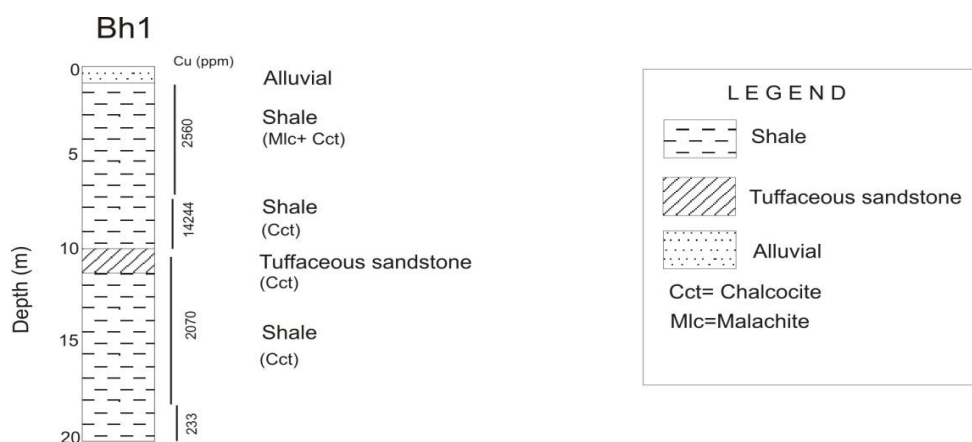
۴-۲ ویژگی و مشخصات نقاط حفاری و لاگ‌های حفاری اجرا شده

یک گمانه هنگام حفاری از مناطقی با نوع سنگ‌های مختلف عبور می‌کند. بنابراین در هنگام ثبت داده‌ها باید توجه داشت که چه طولی از گمانه موردنظر در چه نوع سنگی قرار دارد و این اطلاعات باید یادداشت گردد. پس از انتخاب نقاط حفاری و حفر گمانه‌ها، تمام گمانه‌ها مورد بررسی و نمونه‌برداری قرار گرفت. دگرسانی سنگ‌ها در خلال تشکیل مواد معدنی، از جمله راهنماهای سودمند به شمار می‌آید. این دگرسانی‌ها، مخصوصاً در مورد کنسارهای گرمابی، حائز اهمیت فراوان است. در بعضی موارد، وجود کانی‌ها و سنگ‌های ناشی از دگرسانی در بخش‌های سطحی، دال بر وجود توده ماده معدنی در قسمت‌های زیرین است. از این رو دگرسانی‌های دیده شده در گمانه‌ها نیز مختصراً ذکر شده است. نتایج حاصل از حفاری‌ها به صورت لاگ ترسیم و توضیحات هر یک در ادامه آمده است.

از بین گمانه‌های پیشنهادی توسط مدل ساخته‌شده با نرم‌افزار DATAMINE، محل و موقعیت گمانه‌های Bh2، Bh4 و Bh6 به دلیل شرایط زمین‌شناسی (نزدیک بودن به محل ترانشه و باطله‌های سنگ میزبان) کمی جابه‌جا شد و اندکی کمتر از عمق پیش‌بینی شده در مدل به دست آمد. لازم به ذکر است در طراحی و حفر گمانه‌ها، با توجه به هزینه بالاتر حفاری‌های شیبدار و ملاحظات کارفرما برای این سه گمانه به ناچار نقاط حفاری جابه‌جا گردید. گمانه Bh5 به دلیل اشتباه کارفرما نقطه دیگری تعیین و حفر شد؛ لذا این گمانه به عمق مورد نظر دست نیافت. دو گمانه دیگر شامل Bh1 و Bh3 با نقاط پیشنهادی مدل ساخته‌شده کاملاً مطابقت داشته است.

۴-۲-۱ گمانه حفاری شماره ۱ (Bh1)

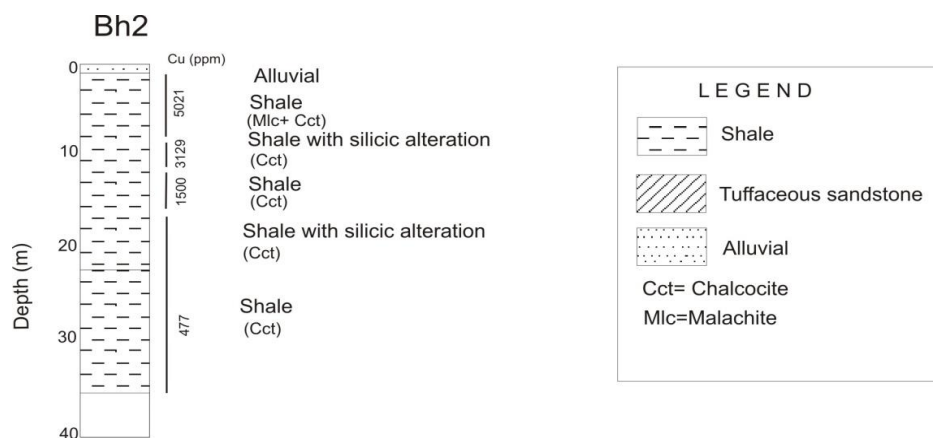
این گمانه باتوجه به مختصات ذکرشده در جدول (۴-۱) به‌طور قائم و تا عمق ۲۰ متر حفر شده‌است. به دلیل بالا بودن سطح ایستابی؛ سنگ میزبان به‌شدت هوازده شده‌است. سنگ میزبان کانی‌سازی شامل شیل و توف ماسه‌ای است که در عمق ۳ تا ۴ متری کمی دگرسانی اکسید آهنی را نشان می‌دهد. ماده معدنی به صورت رگچه‌های ظریف که با رگچه‌های کربناتی همراه است، مشاهده می‌شود؛ که تا عمق ۷ متری از مالاکیت و به مقدار جزئی کالکوسیت تشکیل شده و از عمق ۷ تا ۲۰ متری فقط کالکوسیت در آن قابل مشاهده است. شکل (۴-۲) نمونه‌ای از مغزه‌های حفاری و لاگ ترسیم شده از این گمانه را نشان می‌دهد. حداکثر عیار ماده معدنی در این گمانه (ppm) ۱۴۲۴۴ و حداقل عیار (ppm) ۲۳۳ است. ماده معدنی تا عمق ۲۰ متری مشاهده شده‌است؛ هر چند بخش‌های پرعیار تا عمق ۱۸ متری قابل تشخیص است.



شکل ۴-۲: مقطع عرضی گمانه ۱ و مغزه‌های حفاری آن که حاوی رگچه‌های بسیار ظریف کالکوسیت و مالاکیت است.

۲-۲-۴ گمانه حفاری شماره ۲ (Bh2)

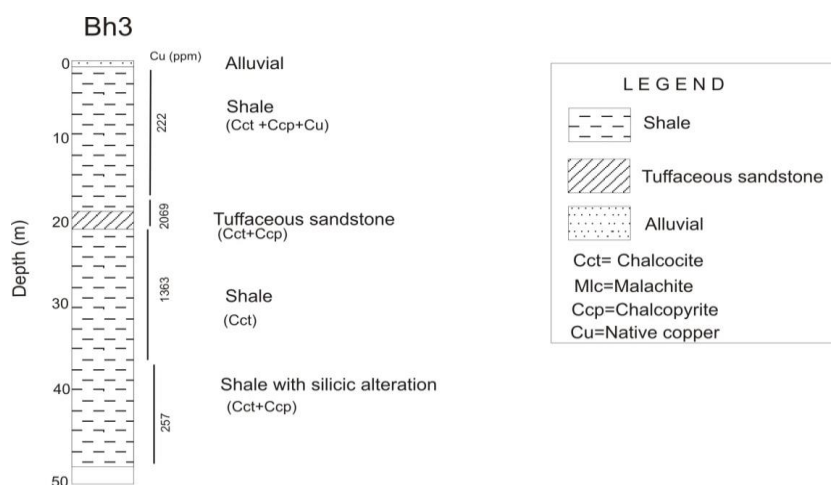
این گمانه منطبق بر مختصات ذکرشده در جدول (۴-۱)، به‌طور قائم و با عمق ۳۶ متر حفر گردید. به‌دلیل بالا بودن سطح ایستابی، قسمت‌های فوقانی سنگ میزبان (عمق ۱ تا ۷ متری) به‌شدت هوازده است. سنگ میزبان کانی‌سازی شامل شیل است؛ که در بعضی قسمت‌ها متحمل دگرسانی سیلیسی شده‌است. ماده معدنی به‌صورت رگچه‌های ظریف با رگچه‌های کربناتی همراه است. مشاهده می‌شود که مغزه‌ها تا عمق ۶ متری از مالاکیت و به مقدار جزئی کالکوسیت تشکیل شده‌اند و از عمق ۶ تا ۳۵ متری فقط کالکوسیت دیده می‌شود. شکل (۴-۳) نمونه‌ای از مغزه‌های حفاری و لاگ ترسیم شده از این گمانه را نشان می‌دهد. حداکثر عیار ماده معدنی در این گمانه (ppm) ۵۰۲۱ و حداقل عیار (ppm) ۴۷۷ است. ماده معدنی تا عمق ۳۵ متری مشاهده شده‌است؛ هر چند قسمت‌های پرعیار تا عمق ۱۵ متری وجود دارد.



شکل ۴-۳: مقطع عرضی گمانه ۲ و مغزه‌های حفاری آن که حاوی رگچه‌های بسیار ظریف کالکوسیت و مالاکیت است.

۳-۲-۴ گمانه حفاری شماره ۳ (Bh3)

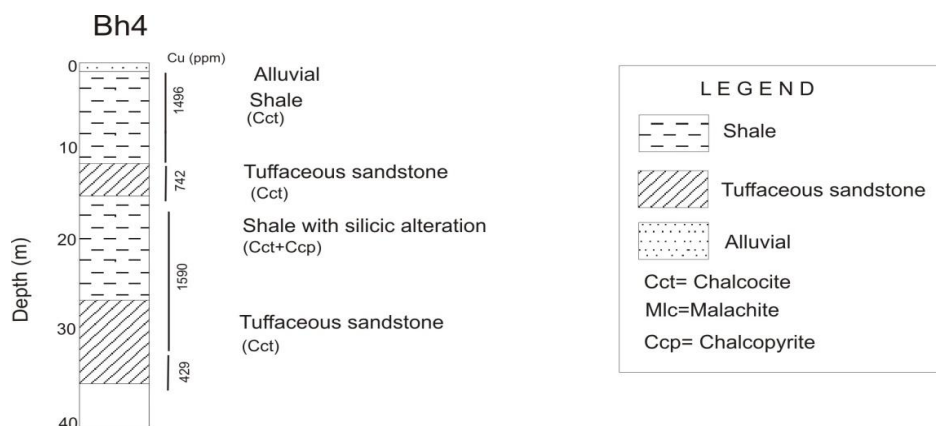
این گمانه که مختصات آن در جدول (۴-۱) آمده است؛ به طور قائم و تا عمق ۴۸ متر حفر گردید. به دلیل بالا بودن سطح ایستابی، قسمت‌های فوقانی سنگ میزبان (عمق ۱ تا ۵ متری) به شدت هوازده شده است. سنگ میزبان کانی‌سازی شامل شیل و توف ماسه‌ای است؛ که در بعضی قسمت‌ها متحمل دگرسانی سیلیسی شده است. ماده معدنی به صورت رگچه‌های ظریف که با رگچه‌های کربناتی و ژپس همراه است؛ مشاهده می‌شود و عمدتاً از کالکوسیت و به مقدار کمتر (در عمق) از مس خالص و کالکوپیریت تشکیل شده است؛ هرچند که مقادیر اندکی پیریت نیز آن را همراهی می‌کند. شکل (۴-۴) نمونه‌ای از مغزه‌های حفاری و لاگ ترسیم‌شده از این گمانه را نشان می‌دهد. حداکثر عیار ماده معدنی در این گمانه (ppm) ۲۰۶۹ و حداقل عیار (ppm) ۲۵۷ است. ماده معدنی تا عمق ۴۵ متری مشاهده شده؛ ولی قسمت‌های پرعیار تا عمق ۳۶ متری کشیده شده است.



شکل ۴-۴: مقطع عرضی گمانه ۳ و مغزه‌های حفاری آن که حاوی رگچه‌های بسیار ظریف کالکوسیت و ملاکیت است.

۴-۲-۴ گمانه حفاری شماره ۴ (Bh4)

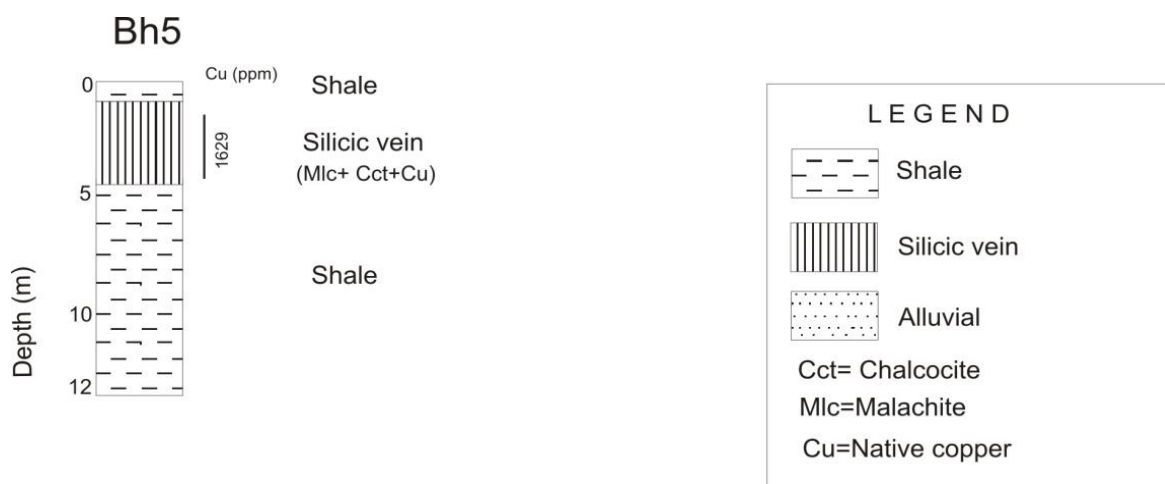
این گمانه با مختصات ذکر شده در جدول (۴-۱)، به طور قائم و تا عمق ۳۳ متر حفر گردید. به دلیل بالا بودن سطح ایستابی، قسمت‌های فوقانی سنگ میزبان (عمق ۱ تا ۴ متری) به شدت هوازده شده است. سنگ میزبان کانی‌سازی شامل شیل و توف‌های ماسه‌ای است؛ که در بعضی قسمت‌ها متحمل دگرسانی سیلیسی شده است. ماده معدنی به صورت رگچه‌های ظریف که با رگچه‌های کربناتی همراه است؛ قابل مشاهده است و تا عمق ۳۳ متری از کالکوسیت و کالکوپیریت تشکیل شده است. شکل (۴-۵) نمونه‌ای از مغزه‌های حفاری و لاگ ترسیم شده از این گمانه را نشان می‌دهد. حداکثر عیار ماده معدنی در این گمانه (ppm) ۱۵۹۰ و حداقل عیار (ppm) ۴۲۹ است. هر چند ماده معدنی تا عمق ۳۳ متری مشاهده شده است؛ ولی بخش‌های پرعیار تا عمق ۳۰ متری قابل رویت است.



شکل ۴-۵: مقطع عرضی گمانه ۴ و مغزه‌های حفاری آن که حاوی رگچه‌های بسیار ظریف کالکوسیت و مالاکیت است.

۴-۲-۵ گمانه حفاری شماره ۵ (Bh5)

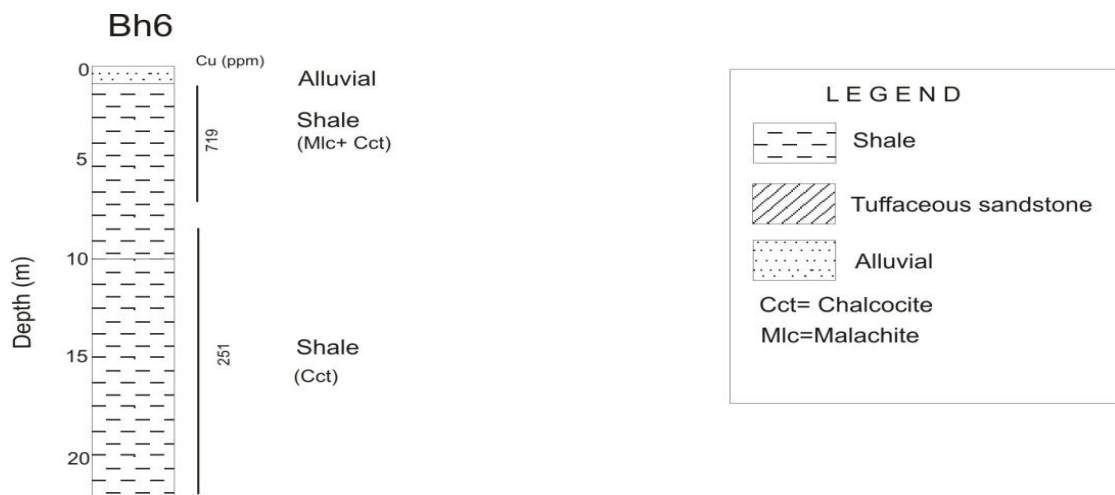
این گمانه با مختصات ذکر شده در جدول (۴-۱)، به طور قائم و تا عمق ۱۲ متر حفر گردید. سنگ میزبان کانی‌سازی شامل شیل است؛ که ۳ متر اول آن به شدت سیلیسی شده است. ماده معدنی به صورت رگه سیلیسی (رگه فرعی B) مشاهده می‌شود؛ که عمدتاً از مس خالص، کالکوسیت، مالاکیت تشکیل شده است. شکل (۴-۶) نمونه‌ای از مغزه‌های حفاری و لاگ ترسیم شده از این گمانه را نشان می‌دهد. حداکثر عیار ماده معدنی در این گمانه (ppm) ۱۶۲۹ است. ماده معدنی از عمق ۱ تا ۴ متری و فقط در رگه سیلیسی B وجود دارد.



شکل ۴-۶: مقطع عرضی گمانه ۵ و مغزه‌های حفاری آن که حاوی رگچه‌های بسیار ظریف کالکوسیت و مالاکیت همراه با مس خالص در رگه فرعی (رگه سیلیسی B) می‌باشد.

۴-۲-۶ گمانه حفاری شماره ۶ (Bh6)

این گمانه منطبق بر مختصات ذکر شده در جدول (۴-۱) به طور قائم و تا عمق ۲۲ متر حفر گردید. به دلیل بالا بودن سطح ایستابی، قسمت‌های زیادی از سنگ میزبان به شدت هوازده شده است. سنگ میزبان کانی‌سازی شیل است. ماده معدنی به مقدار کم و به صورت رگچه‌های ظریف که گاهی با رگچه‌های کربناتی همراه است؛ مشاهده می‌شود و تا عمق ۲۲ متری از کالکوسیت و مالاکیت تشکیل شده است. شکل (۴-۷) نمونه‌ای از مغزه‌های حفاری و لاگ ترسیم‌شده از این گمانه را نشان می‌دهد. حداکثر عیار ماده معدنی در این گمانه (۱۷۱۹ ppm) و حداقل عیار (۲۵۱ ppm) است.



شکل ۴-۷: مقطع عرضی گمانه ۶ و مغزه‌های حفاری آن که حاوی رگچه‌های بسیار ظریف کالکوسیت و مالاکیت می‌باشد.

۳-۴ نحوه عیارگیری ماده معدنی

برای تعیین خواص ماده معدنی، باید از قسمت‌های مختلف آن نمونه‌برداری کرد و با مطالعه و تجزیه نمونه‌ها، خواص آن را به‌دست آورد. در فرآیند نمونه‌برداری سعی بر آن بود تا نمونه‌های تهیه‌شده نماینده تمام و یا حداقل قسمتی از کانسار باشند تا بتوان براساس اطلاعات حاصل از آن‌ها در مورد کمیت و کیفیت ماده معدنی قضاوت کرد. به‌منظور تعیین عیار متوسط محدوده برمبنای نتایج آنالیزهای به‌دست‌آمده از آزمایشگاه موارد زیر اجرا شد:

الف) از تمام ترانشه‌های حاوی ماده معدنی نمونه‌برداری به روش شیاری در مقطع عرضی و عمود بر رگه ماده معدنی انجام شد و مقادیر مس به‌صورت فاز اکسیدی و سولفیدی از یکدیگر تفکیک شد.

ب) از جبهه‌کارهای اجراشده بر روی ترانشه‌های ۸ و ۱۱ که تا عمق ۱۱ متری ماده معدنی را نشان می‌دهند؛ نمونه‌برداری در راستای قائم و در اعماق مختلف انجام و مقادیر مس به‌صورت فاز اکسیدی و سولفیدی از یکدیگر تفکیک شد.

ج) از مغزه‌های حفاری حاصل از زون‌های کانه‌دار به فواصل ۲ تا ۴ متر نمونه‌برداری شد. برای هر گمانه، برحسب مترژ حفاری و نتایج به‌دست‌آمده در هر روش، آنالیز متوسط عیار باتوجه به ضخامت ماده معدنی به‌دست آمده است.

۴-۴ تخمین ذخیره به روش مقاطع عرضی

در این روش، سطح ماده معدنی در روی سطح مقطع در امتداد نمیرخ‌های اکتشافی رسم‌شده به‌دست می‌آید و از حاصل ضرب مساحت مقاطع در فواصل بین آنها با روابط خاص، حجم و در نتیجه ذخیره ماده معدنی به‌دست می‌آید.

روش مقاطع معمولاً به دو روش مقاطع قائم و عرضی انجام می‌شود. مقاطع قائم زمانی کاربرد دارد که ماده معدنی به صورت افقی باشد و مقاطع عرضی در مواردی کاربرد دارد که ماده معدنی به صورت قائم باشد. با توجه به این که ماده معدنی در منطقه معدنی نمکزار به صورت قائم است؛ لذا محاسبات مربوط به تعیین ذخیره در این محدوده بر اساس روش مقاطع عرضی انجام شده است.

در این روش فرض بر این است که کانسار به وسیله تعدادی گمانه اکتشافی محدود شده باشد. محدوده کانسار را می‌توان با گذراندن خطی که به فاصله مساوی از بین گمانه‌های حاوی و فاقد ماده معدنی می‌گذرد، مشخص نمود. پس از آن با رسم نیمرخ‌های اکتشافی در گمانه‌ها، مقاطع ترسیم شده و سطح مقطع هر یک از آنها با روش پلانی متری یا هندسی قابل محاسبه است.

اگر مساحت این مقاطع به ترتیب S_1, S_2, \dots, S_n و فاصله بین آنها L باشد؛ حجم ماده معدنی از روابط زیر محاسبه می‌گردد:

$$V = \frac{S_1+S_2}{2} \times L + \frac{S_2+S_3}{2} \times L + \dots + \frac{S_{n-1}+S_n}{2} \times L \quad (1-4)$$

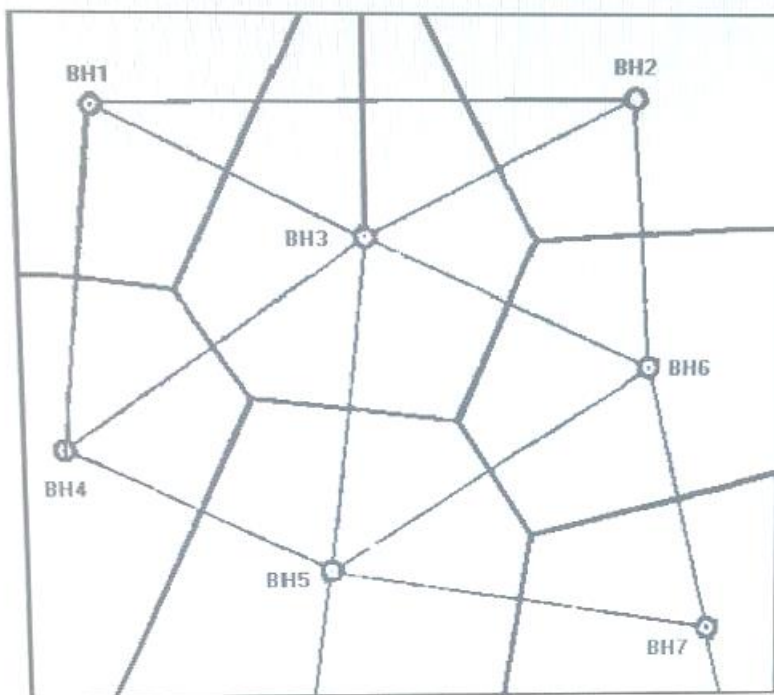
$$V = L \times \left(\frac{S_1+S_n}{2} + S_2 + S_3 + S_4 + \dots + S_{n-1} \right)$$

رابطه (۱-۴) وقتی کاربرد دارد که اختلاف بین دو سطح در مقاطع متوالی، کمتر از ۳۰ درصد باشد. اگر اختلاف بیش از این مقدار باشد، مساحت متوسط هر دو مقطع متوالی از رابطه (۲-۴) محاسبه می‌شود؛ که در آن n تعداد مقاطع و L فاصله بین آنها است.

$$S_m = \frac{1}{3} (S_i + S_{i+1} + \sqrt{S_i S_{i+1}}) \quad (2-4)$$

$$V = \sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{3} (S_i + S_{i+1} + \sqrt{S_i S_{i+1}}) \right] \times L_i$$

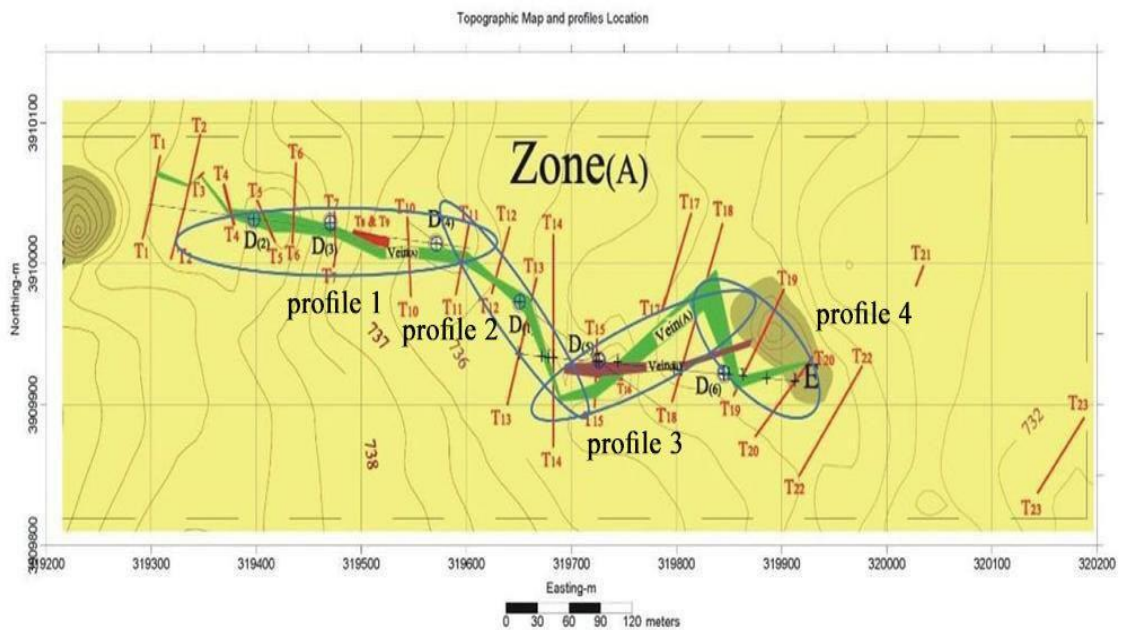
به ندرت ممکن است در حفاری اکتشافی یک توده معدنی از شبکه نامنظم استفاده شود. با فرض ثابت بودن نسبت ارزش عیاری یک توده معدنی از یک نقطه به نقطه دیگر، حوضه تاثیر هر نمونه یک چند ضلعی است که از نصف فاصله نقطه نمونه برداری شده تا نقاط نمونه برداری مجاورش می گذرد. بنابراین هر نقطه داخل یک چندضلعی در محدوده سطح تاثیر مورد بررسی قرار می گیرد. در این گونه موارد برای ترکیب نمونه ها و محاسبه مقادیر متوسط از حاصل ضرب عیار در حجم استفاده می شود. حجم تاثیر هر نمونه از حاصل ضرب سطح تاثیر در ضخامت (طول نمونه) به دست می آید. برای تعیین سطح هر یک از چند ضلعی ها (سطح تاثیر هر نمونه) می توان از پلانی متر استفاده کرد؛ یا با تقسیم چند ضلعی ها به مثلث های کوچک و تعیین مساحت مثلث ها، سطح تاثیر هر گمانه را به سادگی ترسیم نمود (شکل ۴-۸).



شکل ۴-۸: تعیین سطح تاثیر هر گمانه زمانی که شبکه حفاری گمانه ها نامنظم حفر شده.

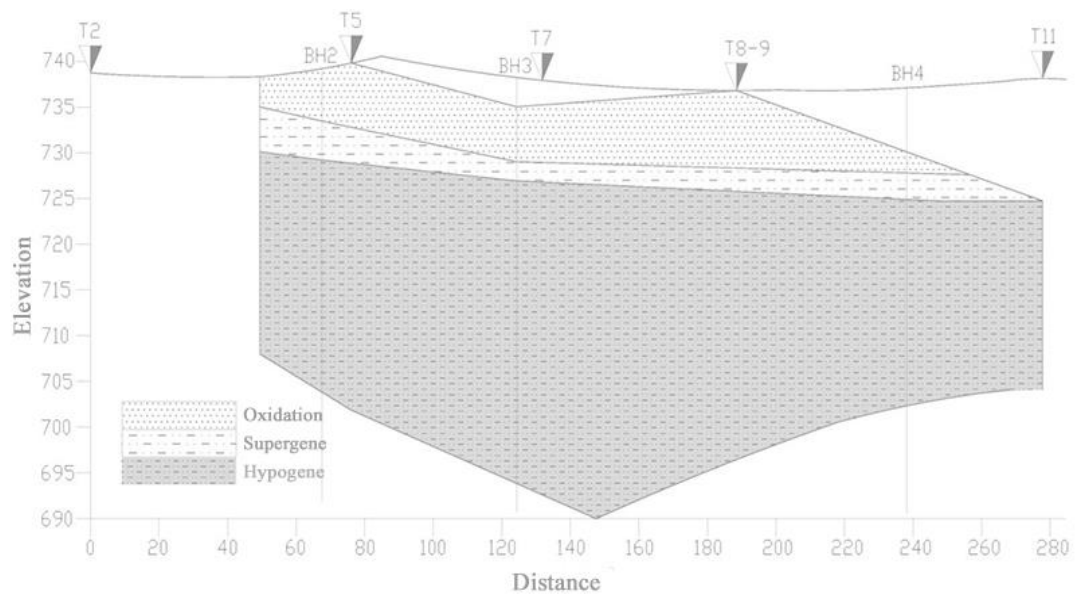
۴-۵ تعیین ذخیره در محدوده معدنی نمکزار

با توجه به ساختار ماده معدنی در منطقه مورد مطالعه، موقعیت ترانشه‌ها و گمانه‌های حفاری، ماده معدنی به چهار پروفیل مختلف تفکیک و برای تعیین ذخیره و عیار ماده معدنی این چهار پروفیل در نظر گرفته شدند؛ که موقعیت آن‌ها در شکل (۴-۹) نشان داده شده است.

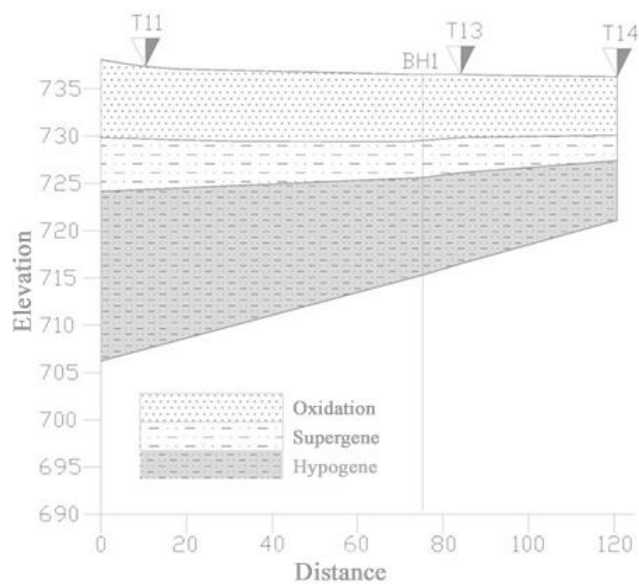


شکل ۴-۹: موقعیت پروفیل‌های پیش‌بینی شده چهارگانه به منظور تعیین ذخیره محدوده معدنی نمکزار

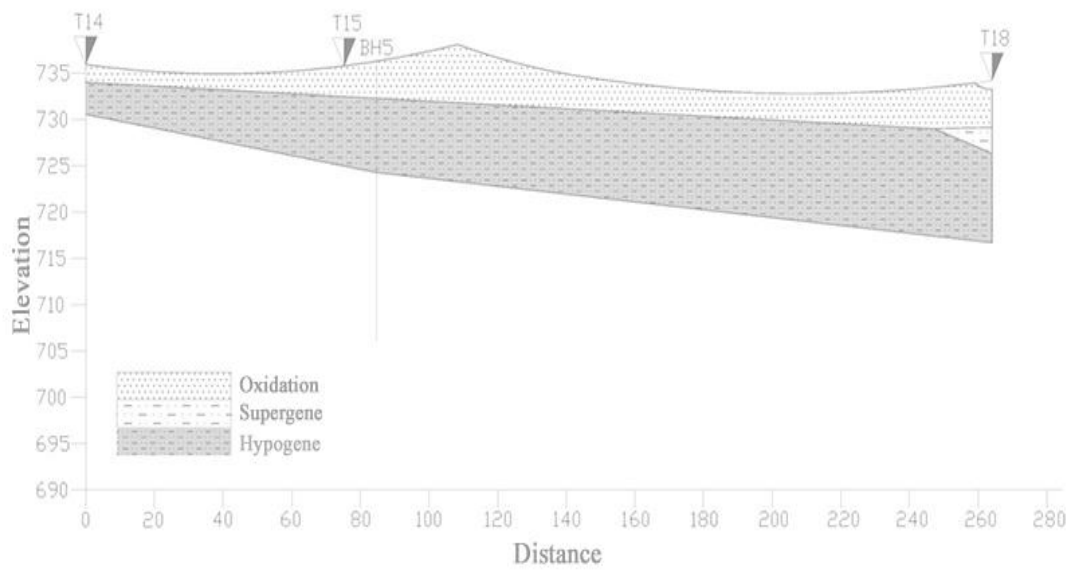
به منظور تعیین میزان ذخیره و عیار ماده معدنی، مقادیر درصد مس در نمونه‌های ترانشه‌ها و گمانه‌های مرتبط با هر یک از پروفیل‌های چهارگانه و با در نظر گرفتن زون‌های ماده معدنی (اکسیدان، سوپرزن و هیپوزن) به طور جدا محاسبه شد. شکل‌های (۴-۱۰) تا (۴-۱۳) که در محیط نرم‌افزار AutoCad ترسیم شده‌اند، مقاطع عرضی مربوط به هر یک از پروفیل‌های چهارگانه فوق‌الذکر را نشان می‌دهد.



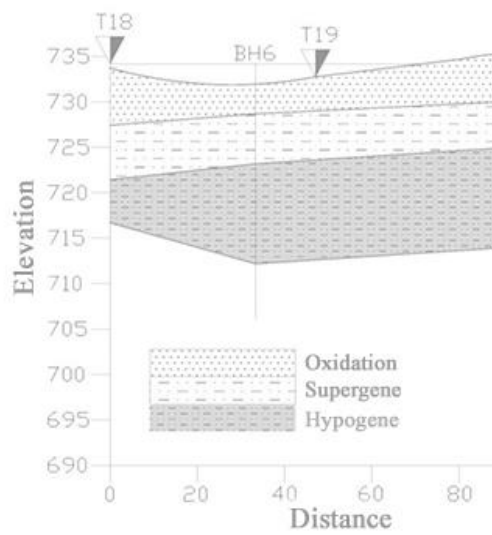
شکل ۴-۱۰: مقطع عرضی مربوط به پروفیل ۱ در محدوده معدنی نمکزار



شکل ۴-۱۱: مقطع عرضی مربوط به پروفیل ۲ در محدوده معدنی نمکزار



شکل ۴-۱۲: مقطع عرضی مربوط به پروفیل ۳ در محدوده معدنی نمکزار



شکل ۴-۱۳: مقطع عرضی مربوط به پروفیل ۴ در محدوده معدنی نمکزار

جدول ۴-۲: مشخصات ترانشه‌ها و نمونه‌های اخذشده از آنها در محدوده مورد مطالعه

Trench (T) & Vein(V)	X	Y	Height	Azimuth	Dip	mineralization zone	Width (m)	Cu _{total} (%)	Host rock
T2(S)	319319.529	3910002.709	738.866	15	90				shale
V2(A)S	319336.905	3910054.480	738.816	15	90	Oxidation	0.2	0.03	shale
T4(S)	319380.002	3910027.657	738.252	335	90				shale
V4(A)S	319375.627	3910032.716	738.685	335	90	Oxidation	7	0.2331	shale
T5(S)	319417.787	3910014.761	739.725	320	90				shale
T5(N)	319400.361	3910044.703	737.949	320	90				shale
V5(A)S	319415.620	3910022.615	739.218	320	90	Oxidation	10.000	0.299	shale
V5(A)N	319407.890	3910037.114	739.606	320	45N	Oxidation		0.2139	shale
T6(S)	319435.226	3910013.904	739.359	355	90				shale
T6(N)	319438.582	3910071.687	737.640	355	90				shale
V6(A)S	319434.396	3910022.665	738.608	355	90	Oxidation	10.000	0.1174	shale
V6(A)N	319425.552	3910036.020	740.872	355	70S				shale
T7(S)	319473.490	3909997.707	736.737	350	90				shale
T7(N)	319474.056	3910037.169	737.325	350	90				shale
V7(A)S	319476.561	3910018.691	736.950	350	90	Oxidation	7.000	0.2101	shale
V7(A)N	319476.492	3910026.147	737.063	350	80N				shale
T8&9(W)	319492.823	3910024.023	736.942	355	90				shale
T8&9(E)	319527.091	3910017.884	736.638	355	90				shale
V8&9(A)W	319506.785	3910011.365	735.681	355	70S	Oxidation	3.000	4.3045	shale
V8&9(A)E	319518.949	3910011.091	735.515	355	70S				shale
T10(N)	319543.350	3910033.001	736.677	350	90				shale
T10(S)	319546.936	3909976.313	736.284	350	90				shale
V10(A)	319546.509	3910011.903	736.389	350	90	Oxidation	8.000	0.0578	shale
T11(N)	319601.806	3910027.895	736.211	360	90				shale
T11(S)	319589.245	3909977.953	735.975	360	90				shale
V11(A)S	319597.599	3909999.586	736.078	360	90	Oxidation	14.000	4.99775	shale
V11(A)N	319599.925	3910008.577	736.114	360	80N	Oxidation		0.2066	shale
T12(N)	319641.774	3910025.928	735.901	15	90				shale
T12(S)	319624.673	3909978.375	735.520	15	90				shale
V12(A)N	319626.228	3909990.586	735.758	15	70N	Oxidation	6.000	0.2887	shale
V12(A)S	319624.986	3909987.232	735.833	15	90				shale

ادامه جدول ۴-۲: مشخصات ترانشه‌ها و نمونه‌های اخذشده از آنها در محدوده مورد مطالعه

Trench (T) & Vein(V)	X	Y	Height	Azimuth	Dip	mineralization zone	Width (m)	Cu _{total} (%)	Host rock
T13(S)	319639.459	3909899.663	735.645	10	90				shale
T13(N)	319667.476	3909989.800	735.378	10	90				shale
V13(A)N	319659.809	3909976.156	735.298	10	70N	Oxidation	9.000	0.2341	shale
V13(A)S	319655.763	3909965.381	735.562	10	90				shale
T14(N)	319682.368	3910020.712	735.360	355	90				shale
T14(S)	319682.158	3909870.126	735.544	355	90				shale
V14(A)S	319689.295	3909902.772	735.556	355	90	Oxidation	4.000	0.3084	shale
V14(A)N	319689.528	3909906.170	735.668	355	80N				shale
V14(B)S	319693.058	3909922.561	735.775	340	90	Oxidation	1.000	3.2528	shale
V14(B)N	319694.197	3909929.154	735.917	340	80N				shale
T15(S)	319722.717	3909897.878	735.347	340	90				shale
T15(N)	319725.062	3909946.949	735.255	355	90				shale
V15(A)S	319723.118	3909905.273	735.484	355	90	Oxidation	14.000	7.542	shale
V15(A)N	319721.602	3909914.398	735.795	355	45N				shale
V15(B)S	319722.284	3909919.971	735.683	355	90	Oxidation	1.000	2.0017	shale
V15(B)N	319722.394	3909929.688	735.550	355	45N				shale
T18(S)	319795.054	3909902.263	734.497	10	90				shale
T18(N)	319843.269	3910028.764	734.666	10	90				shale
V18(A)N	319837.594	3909995.486	734.348	10	80N	Oxidation	12.000	0.1193	shale
V18(A)S	319825.808	3909967.528	734.267	10	90				shale
V18(B)N	319806.800	3909930.413	734.191	10	70N	Oxidation	34.000	0.084	shale
V18(B)S	319805.249	3909926.067	734.501	10	90				shale
T19(S)	319854.657	3909906.109	733.829	355	90				shale
T19(N)	319902.946	3909981.524	734.239	355	90				shale
V19(A)S	319855.734	3909911.398	733.854	355	90	Oxidation	1.000	0.1691	shale
V19(A)N	319859.436	3909919.997	734.054	355	70N				shale
T20(N)	319930.263	3909933.783	734.885	20	90				shale
T20(S)	319875.058	3909876.991	734.210	20	90		0.200		Shale
V20(A)N	319924.859	3909931.209	735.449	20	80N	Oxidation			shale
V20(A)S	319921.273	3909928.146	735.795	20	70N				shale

جدول ۴-۳: مشخصات گمانه‌ها و نمونه‌های اخذشده از آنها در محدوده مورد مطالعه

ID	X	Y	Z	Azimuth	Dip	Depth-m	Width-m	
BH-1	319650.76	3909973.15	735.61	180.00	90.00	20.00	9.00	
Borehole ID	Host rock	Mineralization zone	Ore minerals	From (m)	To (m)	Thickness (m)	Cu _{total} (%)	Thickness *Grade
Bh1 (A Vein)	Shale	Oxidation	malachite	0.0	4.0	4.0	0.2825	1.13
Bh1 (A Vein)	Shale	Oxidation	malachite	4.0	7.0	3.0	0.2296	0.6888
Bh1 (A Vein)	Shale	Supergene	chalcocite	7.0	10.0	3.0	1.4244	4.2732
Bh1 (A Vein)	Tuff	Hypogene	chalcocite	10.0	11.0	1.0	0.1702	0.1702
Bh1 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	12.0	15.0	3.0	0.1196	0.3588
Bh1 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	15.0	18.0	3.0	0.3314	0.9942
Bh1 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	18.0	20.0	2.0	0.0233	0.0466
ID	X	Y	Z	Azimuth	Dip	Depth-m	Width-m	
BH.2	319397.68	3910031.71	738.11	180.00	90.00	36.00	10.00	
Borehole ID	Host rock	Mineralization zone	Ore minerals	From (m)	To (m)	Thickness (m)	Cu _{total} (%)	Thickness *Grade
Bh2 (A Vein)	Shale	Oxidation	mostly weathered	0.0	3.0	3.0	0.00	0.00
Bh2 (A Vein)	Shale	Oxidation	malachite	3.0	6.0	3.0	0.429	1.2867
Bh2 (A Vein)	Shale	Supergene	chalcocite	6.0	8.0	2.0	0.575	1.1506
Bh2 (A Vein)	Shale	Supergene	chalcocite	8.0	11.0	3.0	0.313	0.9387
Bh2 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	11.0	14.0	3.0	0.150	0.45
Bh2 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	14.0	17.0	3.0	0.024	0.0726
Bh2 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	17.0	20.0	3.0	0.083	0.2496
Bh2 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	20.0	25.0	5.0	0.056	0.2795
Bh2 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	25.0	30.0	5.0	0.028	0.1375
Bh2 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	30.0	36.0	6.0	0.000	0

ادامه جدول ۳-۴: مشخصات گمانه‌ها و نمونه‌های اخذ شده از آنها در محدوده مورد مطالعه

ID	X	Y	Z	Azimuth	Dip	Depth-m	Width-m	
BH.3	319470.49	3910029.07	737.06	180.00	90.00	48.00	10.00	
Borehole ID	Host rock	Mineralization zone	Ore minerals	From (m)	To (m)	Thickness (m)	Cu _{total} (%)	Thickness *Grade
Bh3 (A Vein)	Shale	Oxidation	mostly weathered	0.0	3.0	3.0	0.000	0
Bh3 (A Vein)	Shale	Oxidation	malachite	3.0	6.0	3.0	0.021	0.0633
Bh3 (A Vein)	Shale	Oxidation	malachite-copper	6.0	9.0	3.0	0.014	0.0429
Bh3 (A Vein)	Shale	Supergene	chalcocite	9.0	11.0	2.0	0.019	0.0378
Bh3 (A Vein)	Shale	Supergene	chalcocite	11.0	13.0	2.0	0.032	0.0636
Bh3 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	13.0	16.0	3.0	0.016	0.048
Bh3 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	16.0	19.0	3.0	0.031	0.0942
Bh3 (A Vein)	Tuff	Hypogene	chalcocite	19.0	21.0	2.0	0.252	0.504
Bh3 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	21.0	26.0	5.0	0.162	0.8095
Bh3 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	26.0	28.0	2.0	0.053	0.1062
Bh3 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	28.0	31.0	3.0	0.140	0.4209
Bh3 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	31.0	34.0	3.0	0.085	0.2553
Bh3 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	34.0	36.0	2.0	0.152	0.3046
Bh3 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	36.0	38.0	2.0	0.251	0.5014
Bh3 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	38.0	41.0	3.0	0.054	0.1617
Bh3 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	41.0	43.0	2.0	0.027	0.0548
Bh3 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	43.0	45.0	2.0	0.011	0.0218
Bh3 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	45.0	48.0	3.0	0.011	0.0321

ادامه جدول ۴-۳: مشخصات گمانه‌ها و نمونه‌های اخذشده از آنها در محدوده مورد مطالعه

ID	X	Y	Z	Azimuth	Dip	Depth-m	Width-m	
BH.4	319571.44	3910014.13	736.32	180.00	90.00	33.00	14.00	
Borehole ID	Host rock	Mineralization zone	Ore minerals	From (m)	To (m)	Thickness (m)	Cu _{total} (%)	Thickness *Grade
Bh4 (A Vein)	Shale	Oxidation	mostly weathered	0.0	3.0	3.0	0.000	0
Bh4 (A Vein)	Shale	Oxidation	mostly weathered	3.0	5.0	2.0	0.000	0
Bh4 (A Vein)	Shale	Oxidation	mostly weathered	5.0	7.0	2.0	0.000	0
Bh4 (A Vein)	Shale	Supergene	chalcocite	7.0	9.0	2.0	0.143	0.2858
Bh4 (A Vein)	Shale	Supergene	chalcocite	9.0	12.0	3.0	0.156	0.4689
Bh4 (A Vein)	Tuff	Hypogene	chalcocite	12.0	15.0	3.0	0.074	0.2226
Bh4 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	15.0	18.0	3.0	0.144	0.4311
Bh4 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	18.0	21.0	3.0	0.055	0.1656
Bh4 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	21.0	24.0	3.0	0.151	0.4533
Bh4 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	24.0	27.0	3.0	0.180	0.5391
Bh4 (A Vein)	tuff	Hypogene	chalcocite	27.0	30.0	3.0	0.162	0.4851
Bh4 (A Vein)	tuff	Hypogene	chalcocite	30.0	33.0	3.0	0.043	0.1287

ID	X	Y	Z	Azimuth	Dip	Depth-m	Width-m	
BH-5	319725.98	3909931.32	735.65	180.00	90.00	12.00	1.00	
Borehole ID	Host rock	Mineralization zone	Ore minerals	From (m)	To (m)	Thickness (m)	Cu _{total} (%)	Thickness *Grade
Bh5 (B Vein)	Shale	Oxidation	chalcocite, copper	0.0	2.0	2.0	0.150	0.3002
Bh5 (B Vein)	Shale	Oxidation	chalcocite, copper,	2.0	3.0	1.0	0.212	0.2116
Bh5 (B Vein)	Shale	Oxidation	chalcocite, copper,	3.0	4.0	1.0	0.127	0.1271
Bh5 (B Vein)	Shale	Hypogene		4.0	12.0	8.0	0.125	1.0016

ID	X	Y	Z	Azimuth	Dip	Dept-m	Width-m	
BH.6	319845.10	3909922.49	734.02	180.00	90.00	22.00	12.00	
Borehole ID	Host rock	Mineralization zone	Ore minerals	From (m)	To (m)	Thickness (m)	Cu _{total} (%)	Thickness *Grade
Bh6 (A Vein)	Shale	Oxidation	malachite	0.0	4.0	4.0	0.060	0.2396
Bh6 (A Vein)	Shale	Oxidation	malachite	4.0	5.5	1.5	0.024	0.03615
Bh6 (A Vein)	Shale	Supergene	chalcocite	5.5	9.0	3.5	0.073	0.25375
Bh6 (A Vein)	Shale	Supergene	chalcocite	9.0	11.0	2.0	0.028	0.0568
Bh6 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	11.0	15.0	4.0	0.017	0.0688
Bh6 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	15.0	18.0	3.0	0.008	0.0237
Bh6 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	18.0	20.0	2.0	0.018	0.0358
Bh6 (A Vein)	Shale	Hypogene	chalcocite	20.0	22.0	2.0	0.007	0.0138

جدول ۴-۴: مشخصات زون کانی سازی و ماده معدنی در محدوده مورد مطالعه به تفکیک پروفیل های چهارگانه

Profile 1

Vein(V) and Borehole(BH)	X	Y	Height	Azimuth	Dip	mineralization zone	Width (m)	Cu _{total} (%)	Width *Grade
V4(A)S	319375.627	3910032.716	738.685	335	90	Oxidation	7	0.233	1.632
V5(A)S	319415.620	3910022.615	739.218	320	90	Oxidation	10	0.299	2.990
V6(A)S	319434.396	3910022.665	738.608	355	90	Oxidation	10	0.117	1.174
V7(A)S	319476.561	3910018.691	736.950	350	90	Oxidation	7	0.210	1.471
V8&9(A)W	319506.785	3910011.365	735.681	355	70S	Oxidation	3	0.885	2.655
V10(A)	319546.509	3910011.903	736.389	350	90	Oxidation	8	0.058	0.464
V11(A)N	319599.925	3910008.577	736.114	360	80N	Oxidation	14	0.206	2.884
BH.2	319397.68	3910031.71	738.11	180.00	90.00	Oxidation	6	0.350	2.103
BH.3	319470.49	3910029.07	737.06	180.00	90.00	Oxidation	6	0.018	0.106
							71		15.479

Profile 2

Vein(V) and Borehole(BH)	X	Y	Height	Azimuth	Dip	mineralization zone	Width (m)	Cu _{total} (%)	Width *Grade
V12(A)S	319624.9855	3909987.232	735.833	15	90	Oxidation	6	0.165	0.99
V13(A)N	319659.809	3909976.156	735.298	10	70N	Oxidation	9	0.234	2.107
V14(A)S	319689.295	3909902.772	735.556	355	90	Oxidation	4	0.308	1.232
V14(B)S	319693.058	3909922.561	735.775	340	90	Oxidation	1	3.253	3.253
BH-1	319650.76	3909973.15	735.61	180.00	90.00	Oxidation	7	0.256	1.792
							27		9.374

Profile 3

Vein(V) and Borehole(BH)	X	Y	Height	Azimuth	Dip	mineralization zone	Width (m)	Cu _{total} (%)	Width *Grade
V15(A)S	319723.118	3909905.273	735.484	355	90	Oxidation	14	1.754	24.556
V15(B)S	319722.284	3909919.971	735.683	355	90	Oxidation	1	2.002	2.002
BH-5	319725.98	3909931.32	735.65	180	90	Oxidation	4	0.163	0.652
							19		27.21

Profile 4

Vein(V) and Borehole(BH)	X	Y	Height	Azimuth	Dip	mineralization zone	Width (m)	Cu _{total} (%)	Width *Grade
V18(A)N	319837.594	3909995.486	734.348	10	80N	Oxidation	12	0.119	1.428
V18(B)N	319806.8	3909930.413	734.191	10	70N	Oxidation	34	0.084	2.856
V19(A)S	319855.734	3909911.398	733.854	355	90	Oxidation	1	0.169	0.169
V20(A)N	319924.859	3909931.210	735.449	20	80N	Oxidation	5.5	0.11	0.605
BH.6	319845.1	3909922.49	734.02	180	90	Oxidation	5.5	0.05	0.275
							58		5.333

در نهایت براساس مطالعات زمین‌شناسی، شواهد مشاهده‌شده در صحرا و نیز ترانشه‌ها و گمانه‌های اکتشافی و مقادیر آنالیزهای شیمیایی عیار و تناژ هر زون به‌طور جداگانه محاسبه گردید؛ که در جدول (۴-۵) آمده است.

جدول ۴-۵: مشخصات و مقدار ماده معدنی در محدوده مس نمکزار به تفکیک پروفیل‌های چهارگانه

زون کانی سازی	Area (m ²)	Width (m)	Volume (m ³)	SG (gr/cm ³)	Tonage (ton)	Grade- mean- section (%)	Grade- mean	Tonage *Grade
Profile 1								
اکسیدان	1705	8.43	14375	2.60	37375	0.218	3133.8 18	8147.929
سوپرژن	1121	8.43	9457	2.60	24589	0.088	832.25 5	2163.864
هیپوژن	6058	8.43	51070	2.60	132782	0.075	3830.2 66	995.893
Profile 2								
اکسیدان	761	5.5	4188	2.60	10890	0.347	1453.4 06	3778.857
سوپرژن	634	5.5	3490	2.60	9075	1.424	4970.3 43	12922.89 4
هیپوژن	1142	5.5	6282	2.60	16335	0.174	1093.1 96	2842.310
Profile 3								
اکسیدان	667	15.50	10339	2.60	26881	1.432	14805. 708	38494.84 2
سوپرژن	148	15.50	2297	2.60	5973	0.00	0.00	0.00
هیپوژن	1334	15.50	20678	2.60	53763	0.125	2584.7 95	6720.468
Profile 4								
اکسیدان	805	9.50	7653	2.60	19898	0.092	704.08 5	1830.622
سوپرژن	805	9.50	7653	2.60	19898	0.018	137.75 5	358.165
هیپوژن	1611	9.50	15311	2.60	39809	0.012	183.73 6	477.715

جمع مقادیر حجم، عیار و ذخیره زون‌های کانی‌سازی اکسیدان و سوپرژن که اهمیت بیشتری دارند؛ نیز برای هر سه پروفیل تجمیع شده و در قالب جدول (۴-۶) آمده است.

جدول ۴-۶: جمع مقادیر حجم، عیار و ذخیره زون‌های کانی‌سازی اکسیدان و سوپرژن

عیار متوسط %	ذخیره (تن)	حجم (متر مکعب)	زون کانی سازی
0.550	95000	36000	اکسیدان
0.259	59000	23000	سوپرژن
0.438	154000	59000	کل محدوده

بنابراین ذخیره قطعی محدوده مس نمکزار بر اساس مطالعات انجام‌شده تا این زمان تقریباً برابر است با ۱۵۰ هزار تن و عیار متوسط مس در آن برابر با ۴۳۸٪. درصداً چنانچه مقدار ذخیره زون هیپوژن (ذخیره احتمالی) که تقریباً برابر ۲۵۰ هزار تن است؛ نیز به مقادیر فوق‌الذکر اضافه شود، به طور تقریبی ذخیره کل این محدوده برابر است با ۴۰۰ هزار تن.

فصل پنجم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱ نتیجه گیری

مس یکی از عناصر پر کاربرد در صنعت می باشد. لذا بهره برداری درست از منابع مس سبب خودکفایی کشور در تولید محصولات مرتبط می شود. محدوده ترود-چاه شیرین یکی از مهمترین مناطق جهت بررسی پتانسیل کانی زایی مس نوع سولفیدی می باشد. این محدوده تاکنون علاوه بر آنکه منابعی کم- نظیر از کانی زایی مس را دربرداشته، از پتانسیل بالای کانی زایی مس برخوردار است. تاکنون در این ناحیه چندین معدن مس از جمله معدن چاه موسی، درخشانیه، قله سوخته، بزرگ، چشمه حافظ و کلوت اکتشاف و بهره برداری شده است. با توجه به معادن مذکور که در اطراف منطقه نمکزار واقع شده اند از عملیات پی جویی این نتیجه حاصل شد که در این منطقه احتمال وجود کانی سازی مس بسیار چشمگیر است و دستیابی به ذخیره آن دور از دسترس نیست. انواع دگرسانی از جمله آرژلیک، پروپیلیتی و کلسیتی در منطقه یافت می شود که می تواند راهنمای مناسب برای اکتشاف و پی جویی برای این نوع ذخایر باشد. بالا بودن سطح ایستابی مانع استفاده از روش های ژئوفیزیکی جهت پی- جویی و انجام اکتشاف مقدماتی در منطقه گردید. همچنین به دلیل تعداد رخنمون های کم در منطقه روش های ژئوشیمیایی نیز نتیجه بخش نمی باشد؛ لذا مطالعات حاصل از این تحقیق نشان می دهد روش های زمین شناسی در مناطق کویری مانند نمکزار فاقد رخنمون مناسب بوده و روش های ژئوفیزیکی گزینه مناسبی نیست و نمی تواند کاربرد به سزایی داشته باشد. با بررسی های زمین شناسی و نتایج حاصل از حفر ۲۴ ترانشه و ۶ گمانه اکتشافی و نمونه برداری از قسمت های مختلف ماده معدنی (از سطح و عمق) اطلاعات مفیدی برای تشخیص دگرسانی، نوع سنگ میزبان و تیپ کانی سازی به- دست آمد.

از طرفی مهندسی معکوس در استفاده از نرم افزار DATAMINE که جهت تعیین نقاط حفاری مورد- استفاده قرار گرفت حاکی از استفاده از نرم افزارهای مناسب در شرایط خاص می باشد. با استفاده از نرم افزار DATAMINE مدل دوبعدی و سه بعدی کانسار تهیه گردید و تعداد ۸ گمانه طراحی و در- نهایت ۶ گمانه در منطقه حفر و در نهایت مجموع ۱۷۱ متر حفاری انجام شده است. با توجه به

اطلاعات به دست آمده از نتایج آنالیز XRD و ICP-OES مقدار عیار اکسیدی و کلی نمونه‌ها تعیین و همچنین زون‌های اکسیدی و سولفیدی از یکدیگر تفکیک شدند. در ادامه با توجه به مسیر کانسار، منطقه نمکزار به ۴ پروفیل تقسیم و میزان ذخیره عیار مربوط به هر پروفیل مشخص شد. عیار متوسط منطقه ۰/۴۳۸ درصد و میزان ذخیره کل محدوده ۴۰۰ هزار تن تخمین زده شد.

۵-۲ پیشنهادات

۱- برای آن که بتوان از امتداد کانی‌سازی و میزان ذخیره منطقه دید واقعی‌تری داشت و از آنجا که در منطقه فقط تعداد ۶ گمانه حفر شده‌است، با افزایش تعداد حفاری‌ها در اطراف منطقه می‌توان به میزان ذخیره قابل ملاحظه‌تری دست یافت.

۲- در قسمت جنوب شرق محدوده با توجه به رنگ و جنس سنگ میزبان احتمال وجود کانی آتاکامیت بسیار زیاد می‌باشد، لذا انجام مطالعات وسیع در منطقه سبب دستیابی به اطلاعاتی قابل استناد در مورد پتانسیل کانی‌سازی آتاکامیت خواهد شد.

۳- در اطراف محدوده مطالعه شده (در شمال محدوده)، کانی کریزوکولا در عمق نیم‌متری مشاهده شده‌است لذا امکان بهره‌وری از پتانسیل کانی‌زایی کریزوکولا وجود دارد.

۴- مطالعات حاضر نشان می‌دهد مناطق کویری دهستان تروود به دلیل پوشش کویری باعث پنهان ماندن ذخایر مس شده‌است و می‌تواند پتانسیل قابل توجهی از ذخایر نوع مانتو را دارا باشد که فقط با پی‌جویی‌های صحرائی قابل ردیابی است. بنابراین پیشنهاد می‌گردد این مناطق جهت اکتشاف چکشی بیشتر مدنظر قرار گیرد.

منابع

- ابراهیمی، س (۱۳۹۷). "تهیه نقشه زمین شناسی منطقه نمکزار"، گزارش بخش خصوص
- ابراهیمی س. و عرب‌امیری ع. و بیاری ه. (۱۳۹۷). "شواهد کانی‌سازی مس نوع مانتو در منطقه آسمانو (شمال شرق شاهرود)، براساس ویژگی‌های کانی‌شناسی، دگرسانی و میانبارهای سیال" مجله پژوهش‌های دانش زمین، شماره ۳۶، ص ۶۷ تا ۸۵.
- ابراهیمی س. (۱۳۹۸). "ویژگی‌های کانی‌سازی و سیالات درگیر ذخیره مس چینه‌کران (نوع مانتو) پیرمردان، جنوب غرب شاهرود" مجله زمین‌شناسی اقتصادی، شماره ۱۱، ص ۴۵۷ تا ۴۷۱.
- آشفته ع، (۱۳۹۳)، "عملیات ژئوفیزیک محدوده اکتشافی مس چاه‌موسی، غرب ترود واقع در استان سمنان" همایش ملی زمین‌شناسی و اکتشاف منابع، شیراز
- آقابات‌ی ع. (۱۳۸۸). زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، وزارت صنعت، معدن و تجارت.
- امام‌جمعه ا. و راستاد ا. و بوذری ف. و رشیدنژاد عمران ن. (۱۳۸۷). "معرفی سامانه واحد کانه‌زایی افشان-رگچه‌ای مس (سرب، روی) در محدوده معدنی چاه‌موسی-قله کفتران، بخش خاوری کمان ماگمایی ترود-چاه‌شیرین" مجله علوم زمین، شماره ۷۰، ص ۱۱۲ تا ۱۲۵.
- جاویدی‌مقدم م. و کریم‌پور م. و حیدریان‌شهری م. و ملک‌زاده شفارودی آ. (۱۳۹۳). "تلفیق داده‌های زمین‌فیزیکی با حفاری‌های اکتشافی در محدوده مرکزی منطقه شکسته‌سبز شمال غرب بیرجند" مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۱۲، ص ۲۵ تا ۴۰.

- حسینی م، (۱۳۹۴)، "تلفیق لایه‌های ساختاری، زمین‌شناسی، ژئوشیمیایی و دگرسانی ناحیه ترود(معلمان-کلاته رشم) در محیط GIS به منظور اکتشاف ذخایر مس". دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود.

- حق‌نظر ش. و ملکوتیان س. و مرتضوی م. (۱۳۸۷). "سنگ‌شناختی و کانی‌سازی در معادن باستانی و شنوه (جنوب قم)" فصلنامه تخصصی زمین و منابع، پیش شماره ۱، ص ۲۷ تا ۳۸.

- خلیج م، (۱۳۹۱)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، "بررسی و ارتباط کانه‌زایی‌های مس مناطق چاه‌موسی، درخشانیه و قله سوخته با ساختارهای خطی با توجه به پارامترهای ژئوشیمیایی، دگرسانی و سیالات درگیر در جنوب دامغان"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان.

- سامانی ب. (۱۳۸۱). "متالوژنی کانسارهای مس «نوع مانتو» در ایران" ص ۱۳۸ تا ۱۴۵. مجموعه مقالات ششمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه کرمان، کرمان، ایران.

- شیرازی ع. و شیرازی ع. و کلانتری م. و هزارخانی ا. "بررسی توانمندی‌های روستای ترود به عنوان ژئوپارک در استان سمنان"

- صالحی ل. و رسا ا. و علیرضایی س. و کاظمی مهرنیا ا. (۱۳۹۴). "کانسار مس معدن بزرگ با میزبان آتشفشانی، نمونه‌ای از کانسارهای مس نوع مانتو، خاور شاهرود" مجله علوم زمین، شماره ۹۸، ص ۹۳ تا ۱۰۴.

- عادل‌پور م. رسا ا. مسعودی ف. حسینی م. (۱۳۹۴). "سنگ‌نگاری، ژئوشیمی، کانه‌زایی و جایگاه زمین‌ساختی-ماگمایی کانسار مس گرماب، قائن (خراسان جنوبی)" پژوهش‌های دانش زمین، شماره ۲۴، ص ۵۸-۷۷.

- علوی نائینی م. هوشمندزاده ع. (۱۳۵۵) نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ ترود، سازمان زمین‌شناسی کشور.

- علیزاده و. و مؤمنزاده م. و امامی م. (۱۳۹۱). "سنگ‌نگاری، ژئوشیمی، کانی‌شناسی، مطالعه میانبرهای سیال و تعیین نوع کانه‌زایی کانسار مس ورزگ-قاین" مجله علوم زمین، شماره ۸۶، ص ۴۷ تا ۵۸.

- قنبری و همکاران، (۱۳۹۶)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، "مطالعات زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی کانی-سازی مس شریف‌آباد به روش پلاریزاسیون القایی و مقاومت ویژه جهت تعیین نقاط حفاری، شمال-غرب بردسکن" دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود.

- مهوشی م. ملک‌زاده شفارودی آ. (۱۳۹۵). "کانسار مس چشمه‌گز (نسیم)، شمال‌غرب بردسکن: کانی‌شناسی، دگرسانی، ژئوشیمی و تعیین مدل" مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال بیست و چهارم، شماره ۳، ص ۴۱۹ تا ۴۳۴.

- وزارت راه و ترابری، سازمان نقشه‌برداری کشور، گزارش نقشه راه‌ها، معاونت فرهنگی و راهداری امور استان‌ها (۱۳۹۴)، تهران.

- Alavi, M., 1991, Tectonic map of the Middle East, Geological Survey of Iran, Tehran.

- Hushmandzadeh, A.R., Alavi Naini, M. and Haghypour, A.A., 1978. Evolution of geological

phenomenon in Totud area. Geological Survey of Iran, Tehran, 136 p.

- Kojima, S., Astudillo, J., Rojo, J., Trista, D. and Hayashi, K.I., 2003. Ore mineralogy, fluid inclusion, and stable isotope characteristics of stratiform copper deposits in the coast Corillera of northern Chile. Mineralium Deposita, 38(2): 208-216.

- Kojima, S., Trista Aguilera, D., and Hayashi, K.I., 2009, Genetic aspects of the Manto-type copper deposits based on geochemical studies of north Chilean deposits. *Resource Geology*, 59, 87-98
- Oyarzun, R., Ortega, L., Sierra, J., Lunar, R. and Oyarzun, J., 1998. Cu, Mn, and Ag mineralization in the Quebrada Marquesa Quadrangle, Chile: the Talcuna and Arqueros districts. *Mineralium Deposita*, 33(6): 547-559.
- Stöcklin, J. (1968). Structural history and tectonics of Iran: a review. *American Association of Petroleum Geology Bulletin*, 52: 1229-1258.
- Stewart M. Pearce T. (2004). "Sieve-textured plagioclase in dacitic magma: interference imaging results" *J. of American Mineralogist.*, 89: 348-351.

Abstract

The namakzar area located in the south of toroud is a part of toroud-chah shirin and sabzevar metallogenic zone which includes different mines and deposits such as copper, lead – zinc, copper-gold, and chromite. Since the area is located in the alluvial and kavir region, Remote Sensing method is not useful for this. On the basis of 1:5000 scale geological map, the mineralization occurs in two mineralization zones in central (zone A) and southeast (zone B) areas with shale and Eocene tufaceous sandstone as host rocks suffering carbonate-zeolite alteration. According to the importance of mineralization of the A zone, further supplementary study is a top priority and 24 trenches have been designed and excavated to determine the longitudinal and transverse expansion of the mineralization zone. On the basis of the A zone studies copper oxide-sulfide mineralization are the formed as vein, veinlets and filling space in the pore minerals and rocks in the shale host rock. XRD and ICP - OES chemical analysis and microscopic studies have been taken on thin and polished sections in order to determine the grade and the type of ore mineralization. The results have shown that there is a substantial grade of copper with silver in the region in the form of minerals such as malachite, azorite and chalcocite and native copper formed of pore in the minerals and rock. Because of the impossibility of geochemical and geophysical studies, geological studies and desert observations were contributed to determine the drilling points. According to the geological survey and excavated trenches and the length, thickness and depth of them, the hypothetical 3D model of the mineral vein was constructed. Although based on these studies 8 boreholes (90 degrees and 60 degree angles) were designed in the area, 6 vertical boreholes have been drilled with respect to time constraints. More than 170 meters of excavation took place in the core method in the region, and the results have been investigated to estimate the reserve. The results obtained from the topographic map and the core drilling in the reserve calculation were used in the method of vertical sections, geometrical calculations, and polygone and etc. According to these studies, the total reserve achieved is approximately 400 thousand tons. Deterministic reserve of the area, according to current studies, is approximately 150 thousand tons of copper with average grade of 0.44% copper, and its possible reserve is approximately 250 thousand tons.

Keywords: Copper, Manto type deposit, Toroud, DATAMINE



Shahrood University of
Technology

Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics Engineering

M.Sc. Thesis in Mineral Exploration

Exploration and reserve estimation of the Namakzar copper deposit (south Toroud), using geology and surface and borehole drilling data

By: kimia kamali

Supervisors:
Dr. Susan Ebrahimi
Dr. Alireza Arab Amiri

October, 2020