

بررسی مکانیزه کردن استخراج معدن سرب نخلک

ایرج یوسفی*، محمدرضا نیکزاد**، داریوش کاوه آهنگران***، پیمان افضل****، حبیباله پشتوان**

چکیده

عملیات استخراج معدن سرب نخلک به عنوان یکی از قدیمی ترین معادن ایران از ۲۰۰۰ سال پیش تا به امروز تنها متکی بر روش‌های غیرمکانیزه و دستی بوده و هم‌اکنون روش‌های استخراج در این معدن شامل روش کندوآکند و انباره‌ای می‌باشد. عدم استحصال بخش قابل توجهی از ذخیره، آلوده شدن ماده معدنی، بالا بودن هزینه استخراج و راندمان پایین بهره‌برداری از جمله مهمترین مشکلات بارز در روش‌های جاری است. در این مقاله برای نخستین بار یک روش مکانیزه برای استخراج این معدن ارائه شده است. براساس مطالعات انجام شده روش دستیابی به ماده معدنی در افق‌های پایین حفر رمپ می‌باشد که علاوه بر امکان مکانیزه کردن کارگاه، امکان استخراج به روش‌های استخراج از طبقات فرعی، تخریب طبقات فرعی و کندوآکند را ایجاد می‌کند. در این طرح آلودگی ماده معدنی به حداقل رسیده و امکان افزایش تولید فراهم می‌شود. مطالعات فنی و اقتصادی نشانگر کاهش هزینه استخراج بیش از دو برابر و افزایش تولید حدود سه برابر است. یکی دیگر از محاسن این روش کاهش قابل توجه نیروی انسانی در معدن و به تبع آن افزایش سرعت استخراج و ایمنی در معدن است. در نهایت این پژوهش نشانگر برتری قابل توجه روش‌های مکانیزه در استخراج این معدن نسبت به روش‌های سنتی استخراج زیرزمینی است.

واژه‌های کلیدی: استخراج مکانیزه، معدن سرب نخلک، رمپ، استخراج طبقات فرعی

۱- مقدمه

معدن نخلک به عنوان یکی از کهنترین معادن زیرزمینی فلزی ایران در فاصله ۱۲۰ کیلومتری شمال شرق نایین و ۴۵ کیلومتری شمال شرق انارک در استان اصفهان واقع است. آثار کشف شده در این

* عضو هیات علمی گروه مهندسی معدن، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد محلات

** شرکت مهندسان مشاور همپا بهینه

*** عضو هیات علمی گروه مهندسی استخراج معدن، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب

**** عضو هیات علمی گروه مهندسی اکتشاف معدن، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب

معدن نشان دهنده قدمتی با بیش از ۲۰۰۰ سال است. در سال ۱۳۳۶ کارخانه فرآوری سرب نخلک توسط یک شرکت فرانسوی نصب شده و از آن تاریخ تاکنون با استفاده از دستگاه‌های جیگ و فلوتاسیون مشغول کار می‌باشد و کنسنتراته‌ای حدود ۶۰٪ تولید می‌کند. [۱]

روش استخراج در معدن سرب نخلک روش کندوآکند (Cut and Fill) بوده که از گذشته تا به امروز ادامه داشته است. مدتی است که با توجه به عمیق‌تر شدن معدن و نیز ملاحظات اقتصادی کارشناسان شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران اقدام به تغییر روش استخراج به روش انبارهای (Shrinkage) کرده‌اند. متأسفانه این تغییر روش باعث بروز برخی مشکلاتی شده مثلاً در بعضی کارگاه‌های استخراج (رگه ۲۱) نحوه آماده‌سازی به روش کندوآکند بوده و بعد از حدود ۱۰ متر پر کردن اقدام به تغییر روش استخراج به انبارهای نمودند که خود مشکلات فراوانی را در نحوه استخراج و سایر مسائل فنی از قبیل ترابری مواد و نفرت، تهویه و همچنین بجا گذاشتن مواد معدنی نموده است و یا حتی از ابتدا سعی در روش استخراج انبارهای نموده‌اند ولی آماده‌سازی کارگاه مربوط به روش کندوآکند بوده است. [۱]، [۲]

۲- زمین‌شناسی معدن

محدوده این معدن توسط رسوبات دوران دوم زمین‌شناسی پوشیده شده است که ماده معدنی در رسوبات کرتاسه واقع در شمال‌غربی محدوده قرار دارند. همچنین منطقه دارای شکاف‌ها و گسل‌های فراوانی می‌باشد که بیشتر روند شرقی-غربی داشته و حامل سرب و عناصر همراهی چون نقره می‌باشند. به عبارتی گسل‌ها کنترل‌کننده کانی‌سازی می‌باشند. کانی‌سازی در یک بلوک در امتداد شمال-شمال غربی به طول ۶ و عرض ۰/۶ کیلومتر جای گرفته است. این بلوک از رسوبات آواری کربناتی مربوط به کرتاسه فوقانی تشکیل شده است و امتداد بلوک حامل ماده معدنی دارای زاویه ۴۵ تا ۵۰ درجه نسبت به روند اشکوب تریاس تحتانی است.

کانه‌های اصلی موجود در این معدن گالن و سروزیت و کانی‌های همراه شامل باریت، کلسیت، دولومیت و کوارتز می‌باشند. ماده معدنی در رگه‌ها حالت برشی یا شبه‌برشی داشته معمولاً همراه با رگچه‌ها و با مواد معدنی پراکنده است. بررسی‌های انجام‌شده و مطالعات زمین‌شناسی در معدن سرب نخلک نشان داده که رگه‌های معدن سرب نخلک عموماً دارای امتداد شرقی-غربی و شیب به سمت جنوب می‌باشند. شیب رگه‌ها بیشتر ۸۵ درجه، ضخامت آن‌ها بین ۰/۵ تا ۲ متر، مقاومت سنگ‌های در برگرفته ماده معدنی به نسبت زیاد، ضخامت ماده معدنی در امتداد رگه‌ها متغیر، توزیع عیار غیریکنواخت و مرز بین ماده معدنی و کمرها کاملاً مشخص نمی‌باشد.

بر اساس مطالعات اکتشافی انجام‌شده سه رگه ۲۱، ۳۳ و ۳۶ تا تراز ۲۴۰- معدن ادامه یافته‌اند. طبق مطالعات انجام‌شده میزان ذخیره احتمالی تا تراز ۲۴۰- معدن برابر ۱،۲۵۰،۰۰۰ تن را با عیار متوسط ۵/۷۵٪ سرب و میزان منابع ممکن تا تراز ۳۲۰- برابر ۱،۳۵۷،۵۱۰ تن با عیار متوسط ۵/۴٪ سرب ذخایر فوق برآورد می‌شود. همچنین تا تراز ۲۰۰- میزان ذخیره قطعی بالغ بر ۳۳۰،۸۳۲ تن با عیار ۶/۳۲٪ سرب و ۱۰۰ گرم در تن نقره برآورد شده است. [۱]

۳- پارامترهای موثر در طراحی معدن نخلک

با توجه به شرایط و محدودیت‌های معدن سرب نخلک از جمله ابعاد چاه‌های بازکننده معدن که تا افق ۲۰۰- حفر شده، باید راه‌های دسترسی و استفاده از وسایل مکانیزه را مطابق با این امکانات طراحی نمود. با توجه به خصوصیات ذکر شده، شرایط موجود و ظرفیت معدن، سه گزینه جهت دستیابی به ماده معدنی و چهار روش استخراج مطرح گردیده است. به توجه به اینکه تنها وجود سه رگه ۲۱، ۳۳ و ۳۶ در ترازهای پایینتر ۲۴۰- محتمل است، در طراحی و محاسبات اقتصادی فقط رگه‌های مذکور بررسی شده است. همچنین بر اساس اطلاعات اکتشافی حداکثر امتداد این رگه‌ها تا ۷۰ متر و سایر رگه‌ها از تراز ۲۰۰- تا عمق ۱۶ متر دارای مشخصات ثابتی به سمت پایین در نظر گرفته شده‌اند.

۳-۱- دستیابی به ماده معدنی

۳-۱-۱- گزینه اول

دستیابی به ماده معدنی با ادامه احداث چاه‌های قائم موجود به افق ۲۴۰- و سپس حفر تونل‌های عمود بر رگه و تونل‌های دنبال رگه صورت گرفته و استخراج ماده معدنی با روش انبارهای و یا کندوآکند انجام می‌گیرد.

مزایای این روش، امکان استخراج رگه‌هایی که تا افق ۲۴۰- ادامه دارند با امکانات و روش‌های موجود، انجام اکتشافات تکمیلی حین استخراج و معایب حفر تونل‌های عمود بر لایه و دنبال لایه در افق ۲۴۰-، عدم امکان استخراج رگه‌هایی که تا افق ۲۴۰- ادامه نیافته‌اند با تمام روش‌ها، عدم امکان مکانیزه نمودن روش‌های استخراج در صورتی که به طریق دیگری افق ۲۰۰- و ۲۴۰- به همدیگر متصل گردند، افزایش هزینه استخراج به ازای هر تن در صورت استخراج نیمه مکانیزه به روش کندوآکند، عدم امکان استخراج تمامی ذخیره که بین دو افق ۲۰۰- و ۲۴۰- قرار گرفته‌اند و دیر رسیدن به تولید و تولید کم را نام برد. این روش از ابتدای معدنکاری در این معدن تا به امروز به کار گرفته شده است.

۳-۱-۲- گزینه دوم

دستیابی به ماده معدنی با احداث یک رمپ با شیب حدود ۶ درجه، که در هر ۸ متر فاصله قائم، یک عمود بر رگه احداث گشته (بین این دو افق ۲۰۰- و ۲۴۰- به ۵ طبقه ۸ متری تقسیم می‌گردد) و بعد از برخورد با رگه به دنبال رگه پیشروی می‌نمایند. بعد از برخورد رمپ به افق ۲۴۰- از طریق دنبال رگه‌ها این رمپ به چاه ۵ و ۴ متصل خواهد شد. بطوریکه باربری کارگاه از طریق چاه اسکپ انجام می‌گیرد. استخراج ماده معدنی با توجه به مطالعات فنی و اقتصادی به روش استخراج طبقات فرعی و روش تخریب طبقات فرعی مکانیزه در نظر گرفته شده است. در صورت حفر رمپ امکان استخراج رگه‌های نازک به روش کندوآکند امکان پذیر می‌باشد. در این طرح در افق ۲۰۰- از داخل عمود بر لایه شمالی در حوالی رگه ۲۸ یک رمپ با شیب حدود ۶ درجه به طول تقریبی ۳۸۰ متر حفر خواهد شد و تا افق ۲۴۰- ادامه خواهد داشت (و در صورت تایید اکتشاف حین استخراج جهت استخراج بلوک شمالی در حوالی رگه ۳۸ نیز رمپ دیگری حفر خواهد شد) در صورت ادامه داشتن رگه‌ها تا افق ۲۴۰- در صورتی که ضخامت رگه‌ها در طول کارگاه ثابت باشد کارگاه به روش استخراج طبقات فرعی و در صورت نوسان زیاد رگه‌ها از لحاظ عیار و ضخامت جهت استخراج از روش استخراج تخریب طبقات فرعی انجام خواهد

شد. در این روش‌ها جهت چالزنی تونل‌های دنبال لایه و عمود بر لایه از جامبودریل و جهت بارکشی از L.H.D استفاده خواهد شد. بدلیل ضخامت کم رگه و جهت جلوگیری از آلودگی ماده معدنی، مقطع حفريات ۷ متر مربع منظور شده است. در صورت استخراج کارگاه‌ها به روش استخراج طبقات فرعی، مواد معدنی توسط نیروی ثقل به راهروی افق ۲۴۰- انتقال و تماماً از طریق اسکوپ از افق ۲۴۰- حمل خواهد شد. در صورت استخراج کارگاه‌ها با روش تخریب طبقات فرعی بار کارگاه‌ها توسط L.H.D به افق ۲۰۰- و یا راهروهای مخصوص عبور ماده معدنی به افق ۲۴۰- حمل و سپس از آنجا توسط اسکوپ به بیرون حمل خواهد شد. [۱]

در این روش بعد از حفر رمپ شماره ۱ ابتدا رگه‌های بلوک جنوبی رمپ آماده‌سازی می‌گردد. همزمان در افق ۲۰۸- از رمپ در جهت بلوک شمالی عمود بر رگه حفر و در صورت وجود امتداد رگه در این تراز افق‌های پایین‌تر حفر می‌گردد. بدیهی است در صورت وجود رگه‌ها رمپ شماره ۲ نیز حفر خواهد شد. مزایای آماده‌سازی معدن توسط رمپ امکان استخراج به روش‌های مختلف، زود رسیدن به تولید، انعطاف پذیری در مقابل افزایش یا کاهش تولید، امکان مکانیزه نمودن استخراج، انجام اکتشافات حین استخراج، انعطاف پذیری در مقابل تغییر روش استخراج، امکان استخراج تمامی ذخیره، امکان استخراج انتخابی و در نتیجه آلودگی کمتر ماده معدنی، تولید زیاد و کاهش هزینه به ازای هر تن استخراج با توجه به آماده‌شدن مقدار زیادی ماده معدنی جهت استخراج می‌باشد و اما معایب آن نیاز به سرمایه‌گذاری جهت مکانیزه نمودن وسایل حفاری و باربری و نیاز به حفر رمپ می‌توان نام برد. [۲]، [۳]

۳-۱-۳ گزینه سوم

دستیابی به ماده معدنی توسط گزنگ می‌باشد که با احداث یک گزنگ با شیب ۲۵ درجه که باربری در آن توسط وینچ صورت می‌گیرد. جابجایی ماشین‌آلات استخراج از یک افق به افق دیگر از طریق گزنگ مشکل می‌باشد؛ هزینه اضافه جهت حفر گزنگ در صورتیکه در معدن یک چاه حفر شده و تأسیسات بارکشی توسط چاه موجود می‌باشد؛ عدم امکان ایجاد قوس با پیچ‌های تند، و عدم امکان استفاده از گزنگ جهت رفت و آمد ماشین‌آلات حفر و باربری و نیاز به چند سیستم بارگیری و باربری در تونل‌های فرعی، گزنگ و چاه از معایب آماده‌سازی توسط گزنگ می‌باشد که بدین خاطر این گزینه جهت دسترسی مردود می‌باشد. [۲]

۳-۲-۳ روش‌های استخراج

۳-۲-۳ روش استخراج انبارهای

در محاسبات این روش در هر هفت متر در زیر کارگاه یک قیف با حجم ۲۴ متر مکعب، فاصله دو طبقه ۴۰ متر و طول هر یک از سه کارگاه ۷۰ متر می‌باشد، راندمان استخراج ۸۵ درصد، ضخامت لایه ۲ متر و ارتفاع کارگاه ۳۴ متر، در نظر گرفته شده است. اکتشافات انجام شده نشان می‌دهد ذخیره‌ای به میزان ۴۱۴۱۲ تن بین افق ۲۰۰- تا ۲۴۰- می‌باشد که امکان استخراج آن به روش انبارهای می‌باشد. بدیهی است، بین این دو افق ذخائر بیشتری وجود دارد که به دلیل عدم اطمینان از امتداد رگه‌های موجود تا افق ۲۴۰- ذخیره آنها محسوب نشده است.

عدم یکنواختی در ضخامت رگه‌ها باعث می‌گردد که آلودگی ماده معدنی بسیار بالا باشد. در قسمت‌هایی که ضخامت ماده معدنی کمتر از ۲ متر می‌باشد، می‌بایست به اجبار قسمت‌هایی از کمر بالا و پایین ماده معدنی گرفته شود. عدم یکنواختی بین کنتاکت ماده معدنی و کمرها در این روش امکان‌گیر نمودن و قلاب‌شدن سنگ‌ها را فراهم می‌آورد که در صورت پیش آمدن چنین وضعی امکان قورت‌دادن و در غیر اینصورت از بین رفتن مواد استخراج شده می‌گردد. در صورتیکه رگه‌ها تا افق ۲۴۰- در جهت عمق ادامه نداشته باشند، با این روش امکان استخراج آنها امکانپذیر نمی‌باشد؛ بنابراین مقدار زیادی از ذخیره معدن از بین خواهد رفت. عدم امکان مکانیزه نمودن و در نهایت تولید کم کارگاه‌ها و عدم امکان برداشت تمام ماده معدنی در زمان استخراج و الزام باقی ماندن ماده معدنی استخراج شده برای مدتی در انبارها و کاهش عیار ماده معدنی استخراج شده از معایب این روش استخراج می‌باشد. تنها مزیت این روش هزینه آماده‌سازی کمتر نسبت به بقیه روش‌ها باشد. [۳]، با توجه به اینکه در بعضی از قسمت‌ها ضخامت ماده معدنی تا حدود یک متر کاهش می‌یابد، جهت استخراج به روش انبارهای می‌بایست همراه ماده معدنی یک متر باطله نیز استخراج نمود که عیار ماده معدنی استخراج شده به نصف تقلیل می‌یابد. محاسبات نشان داد قیمت هر تن ماده معدنی با این روش مبلغ ۱۹۸۰۵۵ ریال می‌باشد. [۱]

۳-۳- روش استخراج کندوآکند

در محاسبات مربوط به این روش، فاصله دو طبقه ۴۰ متر و طول هر یک از سه کارگاه که در آن رگه به تراز ۲۴۰- می‌رسد، ۷۰ متر، در سایر رگه‌ها عمق لایه ۱۶ متر و ۳ متر پایه، همگرایی کارگاه بعد از استخراج ۷۵ درصد، ضخامت لایه یک متر، ۲۴ متر دوپل در قسمت باطله و پایه ۲ متری، در نظر گرفته شده است. در این روش برای تمامی رگه‌هایی که در افق ۲۰۰- وجود داشته‌اند تونل دنبال لایه به همان امتداد در افق ۲۴۰- منظور و توسط راهروهای دنبال لایه در افق ۲۴۰- به انتهای ماده معدنی وصل شده است. ضخامت متوسط ماده معدنی ۱ متر منظور گردیده است. تولید پایین در صورت عدم مکانیزه نمودن استخراج، هزینه بالای استخراج و پایین بودن سرعت پیشروی در کارگاه‌ها از معایب و امکان مکانیزه نمودن، آلودگی کم ماده معدنی در حین استخراج، امکان انجام استخراج انتخابی از محاسن این روش است. [۳]، [۴] محاسبات نشان می‌دهد قیمت هر تن ماده معدنی با این روش ۶۰۹۰۷۴۱ ریال خواهد شد. در این روش عیار ماده معدنی دو برابر روش انبارهای خواهد شد. علاوه بر آن هزینه اضافه جهت حمل به بیرون چاه و کانه‌آرایی نیز نسبت به روش قبل نصف می‌گردد. [۱]

۳-۴- روش استخراج طبقات فرعی

در این روش فرض شده که در هر ۷ متر در زیر کارگاه یک قیف با حجم ۲۴ متر مکعب، فاصله هر طبقه از تراز بالایی ۸ متر، در تراز ۲۲۴- و ۲۳۲- و ۲۴۰- سه کارگاه با طول هر یک ۷۰ متر و در تراز ۲۰۸- و ۲۱۶- متر از تونل دنبال لایه حدود ۳۳۲۵ متر (مطابق نقشه)، و عمق لایه ۱۶ متر ثابت (از تراز ۲۰۰- تا ۲۱۶-)، استفاده شده است. می‌توان با تنظیم تعداد جبهه‌کارها، تولید روزانه را برای میزان تولید ۲۶۰ تن در روز در مدت کوتاه تنظیم نمود. این برنامه را می‌توان برای افق‌های پایین‌تر ادامه داد. محاسن این روش، انجام اکتشاف حین استخراج، سریع دست پیدا نمودن به تولید، هزینه پایین استخراج و مکانیزه نمودن آن می‌باشد. عدم بکارگیری این روش در رگه‌های نازک، عدم استخراج انتخابی و آماده‌سازی نسبتاً زیاد مورد نیاز در صورت مکانیزه نمودن روش از معایب آن می‌باشد. [۲]، [۵]

عیار ماده معدنی استخراجی در این روش حدود ۷۵ درصد عیار برجا می‌باشد. علت این است که در تونل‌های فرعی جهت رفت و آمد وسایل مکانیزه می‌بایست عرض تونل زیاد باشد، لذا سطح مقطع ۷ متر

مربع منظور شده که به اجبار مقداری باطله استخراج خواهد شد. همچنین در زمان استخراج کارگاه‌ها به دلیل حفر چال‌های نسبتاً بلند، از آنجا که مرز ماده معدنی با کمرها کاملاً مشخص نمی‌باشد، مقداری باطله همراه با ماده معدنی استخراج می‌گردد. جهت مکانیزه نمودن در این روش یک دستگاه جامبو دریل و دو دستگاه L.H.D در نظر گرفته شده است. [۴]، [۵] ارزش ریالی دستگاه‌های فوق ۱۵/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰ (پانزده میلیارد) ریال منظور شده که ۵ ساله مستهلک و هزینه آن در قیمت تمام شده منظور خواهد شد. با محاسبات انجام شده هزینه هر تن ماده معدنی استخراج شده در این روش مبلغ ۲۹۴،۸۹۲ ریال خواهد بود. [۱]

۳-۵- روش استخراج تخریب طبقات فرعی

در محاسبات این روش فرض شده که در هر ۷ متر در زیر کارگاه یک قیف با حجم ۲۴ متر مکعب، فاصله هر طبقه از تراز بالایی ۸ متر، در تراز ۲۲۴- و ۲۳۲- و ۲۴۰- سه کارگاه با طول هر یک ۷۰ متر و در تراز ۲۰۸- و ۲۱۶- متر از تونل دنبال لایه حدود ۳۳۲۵ متر، و عمق لایه ۱۶ متر ثابت (از تراز ۲۰۰- تا ۲۱۶-)، استفاده شده است.

لازم به توضیح است که در روش تخریب طبقات فرعی کمرها تخریب نمی‌شود و این روش در این معدن همان روش استخراج طبقات فرعی است که در آن استخراج از کارگاه‌های طبقات بالا شروع می‌شود. آماده‌سازی زیاد، هزینه حمل ماده معدنی تا چاه باربری، عدم امکان بکارگیری ماشین‌آلات بزرگ از معایب و امکان استخراج تمام ذخیره و تولید بالا از مزایای این روش استخراج می‌باشد. با توجه به مشابه بودن روش آماده‌سازی و تجهیز می‌توان محاسبات و قیمت تمام شده در روش استخراج طبقات فرعی را با این روش حدوداً یکی فرض نمود. [۱]

۸- نتیجه گیری و پیشنهادها

مطالعات انجام شده نشانگر مناسب بودن رمپ جهت دستیابی از افق ۲۰۰- به افق ۲۴۰- می‌باشد. همچنین محاسبات نشان می‌دهد که میزان تولید روزانه روش استخراج تخریب طبقات فرعی حدود ۲/۵ برابر روش کندوآکند و بیش از ۱/۵ برابر روش انبارهای است. با توجه به ظرفیت مورد نیاز روزانه معدن، تولید روش‌های غیر مکانیزه جوابگوی این ظرفیت نیست. با مکانیزاسیون به راحتی می‌توان به این میزان از ظرفیت رسید. تعداد نیروی انسانی مورد نیاز در روش مکانیزه در این معدن به کمتر از نصف کاهش خواهد یافت.

در محل‌هایی که رگه تا افق ۲۴۰- دارای شیب و امتداد یکنواختی می‌باشد، گزینه مناسب استخراج روش استخراج طبقات فرعی و در غیر اینصورت جهت جلوگیری از آلودگی ماده معدنی روش تخریب طبقات فرعی و در قسمت‌هایی که ضخامت رگه خیلی نازک می‌باشد روش کندوآکند پیشنهاد می‌گردد. در روش استخراج کندوآکند هزینه استخراج هر تن ماده معدنی تقریباً دو برابر روش استخراج انبارهای است اما عیار ماده معدنی استخراج شده از کارگاه‌ها نسبت به این روش دو برابر است و بدین معنی است که ارزش هر تن ماده معدنی استخراج شده به این روش دو برابر روش انبارهای می‌باشد. همچنین هزینه تولید یک تن کنسانتره در روش کندوآکند به دلیل عدم آلودگی مواد استخراج شده و در نتیجه عیار بالاتر آن، به مراتب کمتر از روش استخراج انبارهای می‌باشد.

جهت شناسایی کامل رگه‌ها در افق‌های پایینتر از افق ۲۰۰- پیشنهاد می‌گردد با دستگاه‌های که قادر هستند در مقاطع کوچک حفاری نمایند، گمانه‌هایی از داخل کارهای معدنی موجود در افق ۲۰۰- حفر

گردد.

۵- مراجع

- [۱] "گزارش طرح مفهومی روش‌های استخراج افق ۲۴۰- معدن سرب نخلک"، شرکت مهندسان مشاور همپایه‌پینه، ۱۳۸۷
- [۲] یوسفی، ایرج؛ "روش‌های استخراج زیر زمینی"، جزوه درسی، دانشگاه آزاد محلات، ۱۳۸۵
- [۳] عطایی، محمد؛ "معدنکاری زیرزمینی"؛ دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۳۸۴
- [4] Hartman, Howard, *SME Mining Engineering Hand Book*, 2nd Edition, Volume 1, Published by Society for mining, metallurgy, and exploration, Inc. Littleton, Colorado, 1992
- [5] Hustrulid, William A., 1982, *Underground Mining Methods Handbook*, SME, New York.