بررسی استانداردهای ایمنی و مدیریت محیط زیستِ دیداری در معادن زیرزمینی – مطالعه موردی معدن فیروزه نیشابور

زهرا مختاری [۱*]، محمدرضا اکرمی [۲]

۱*- دکترای تخصصی ، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه نیشابور، نیشابور، ایران

۲- کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی ، گروه زمین شناسی ، دانشگاه شهید بهشتی ، تهران ، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: Zahra.mokhtari@neyshabur.ac.ir

تاریخ دریافت : ۹۹/۰۷/۰۳ تاریخ پذیرش : ۹۹/۰۹/۱۴

چکیده

ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در معادن وابسته به استفاده از روش‌های مناسبی است که ارتباط نیروی انسانی با کانون‌های خطر را به حداقل می‌رساند. برای کنترل و کاهش مخاطرات در معادن بایستی نسبت به حذف و کنترل خطر در مبدا ،کاهش و به حداقل رساندن آنها و نهایتاً تجهیز معدنکاران به وسایل حفاظت فردی مناسب اقدام نمود. در این نوشتار، کاربردهای مدیریت دیداری و به تبع آن ایمنی دیداری در معادن زیرزمینی با نگرش ویژه بر معدن فیروزه نیشابور و توصیه‌هایی برای اجرایی کردن آن بررسی شده است. هدف از این نوشتار، الزام و امکان پیاده‌سازی یک سبک مدیریت جدید در محیط کار در صنایع استخراج مواد معدنی است. الزامی شدن رعایت مقررات بهداشت، ایمنی و محیطزیست در معادن و بالاخص معادن زیرزمینی رابطه‌ای مستقیم در کاهش آسیب‌های فردی، اجتماعی و زیست‌محیطی و در نتیجه افزایش تولید بهینه دارد. با توجه به مطالب مطرح شده در این مقاله می‌توان به این جمع‌بندی رسید که محیط کار و ایمنی دیداری در معادن بایستی به گونه‌ای باشدکه جستجو برای پیدا کردن اطلاعات، عدم انطباق‌ها، جلوگیری ازخطاها و غیره را بتواند خیلی سریع و مفید به دیگران انتقال دهد و با این کار، خطرات محیط کار را تا حد زیادی کاهش دهد.

کلمات کلیدی

"بهداشت" ,"ایمنی و محیط زیست" ,"مدیریت دیداری" ," معدن فیروزه", "نیشابور"

Investigation of safety standards and visuals environment management in Underground mines-Case study turquoise mine of Neyshabur

Zahra Mokhtari [1,*], Mohamadreza Akrami[2]

1 *. Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Neyshabur, Neyshabur, Iran

*Email Address: Zahra.mokhtari@neyshabur.ac.ir

Abstract

Safety and health in mines is the use of appropriate methods that minimize the link between human resources and risk centers. In order to control the hazards and reduce the incidents in the mines, it is necessary to eliminate and control the risk at the origin, reduce and minimize them and finally equip the miners with appropriate personal protective equipment. In this study, the applications of visual management and, visual safety in mines with a special focus on turquoise mine of Neyshabur have been describe, and implementing these principles recommended. The aim of this paper is to indicate the necessity and possibility of implementing a new management style in the mining industry. The obligation to comply with health, safety and environmental regulations (HSE) in mines, especially in underground mines, has a direct relationship with the reducing of individual, social and environmental damages and, consequently, optimum production. According to the contents of this study, it can be concluded that the work environment and visual safety in mines should be in a way that searching for information, mismatches, prevention of errors and etc should be transmitted very quickly to the others, thereby reducing the work environment risk considerably.

Keywords

“Health”, “Safety and environment”, “Visual Management”, “Turquoise mine”, “Neyshabur”

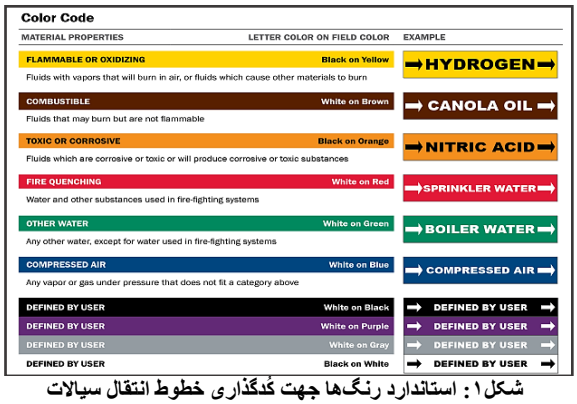
۱- مقدمه

آینده معدن‌کاری در ایران و جهان، برای پیشبرد روند تولید بهینه و اقتصادی، شاهد افزایش روزافزون یک رقابت بین‌المللی خواهد بود. رقابتی‌که در سایه ریسک‌های موجود در این صنعت، می‌تواند چالشی سخت باشد. در این شرایط شرکت‌هایی به موفقیت می‌رسندکه مفهومی خاص را در بخش صنعت و مبانیِ بهداشت، ایمنی و محیط زیستِ کار که بسیار حائز اهمیت است را دنبال کنند و آن چیزی نیست جز گذار از مبانی تولید انبوه به تولید ناب. ابزارهای تولید ناب دارای شاخه‌های بسیاری می‌باشد که مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست دیداری از مهمترین آنهاست (Lööw, J et al 2015). مدیریت‌دیداری، مجموعه و گروهی از وسایل و مفاهیم بصری است که برای خروجیِ مشخص و هدفی معین درنظر گرفته می‌شوند. هدفی همچون اینکه بخواهیم یک سیستم خاص، خود توضیح‌دهنده، خودآموز و خودتنظیم-کننده شود (Lööw, J et al 2015). به طورکلی مدیریت‌دیداری به این منظور در محیط‌های‌کاری اجرا می‌شود که هرموقع فردی حتی ناآشنا با جزئیات فرآیند کار، وارد آن محیط می‌شود به سرعت و حتی در همان لحظه بتواند تا حدود زیادی متوجه اُمور جاریِ فرآیند شده و درکمترین زمان ممکن آن را ارزیابی و بررسی نماید، از خطرات و ریسک‌های آن محیط‌کاری مطلع شود و موارد مرتبط با بهداشت، ایمنی و محیط‌زیستِ آن بخش را درک کند. امری که در محیط‌هایی با ریسک خطرِکاری زیاد و مستعد بحران‌های احتمالی مثل معادن می‌تواند بسیار کارساز باشد. از دیدِ مدیریت‌دیداری محیط بایستی به گونه‌ای باشدکه پیام‌ها با «دیدن» به ما منتقل شود. به نحوی که با کمترین ارتباط کلامی، محیط گویی با ما صحبت می‌کند. از این تکنیک می‌توان در جهت کاهش خطرها و ریسک‌ها، استفاده‌های فراوان برد (Lööw, J et al 2015). همچنین با استفاده از مدیریت‌دیداری احتمال کشف خطرهای بالقوه بسیار بالا می‌رود. تمامی تابلوها کمترین نوشته را دارند و بیشتر به صورت علائم، تصاویر شماتیک و رنگ منظور خود را به بهترین شکل ممکن ارائه می‌دهند (Sivakugan et al., 2006). به گزارش پایگاه اطلاع‌رسانی معادن ایران و صنایع وابسته، ۲۲۶۳ معدن فعال در سطح کشور وجود دارد. طبیعت معدن‌کاری زیرزمینی همواره با انواع خطرات و حوادث متعدد همراه است. عوامل زیان‌آور در عملیات معدن‌کاری شامل عوامل زیان‌آور فیزیکی (صدا، ارتعاش، ریزش، انفجار، استرس گرمایی، آسیب رسانی ماشین آلات و غیره)، عوامل زیان آور شیمیایی (گرد و غبار، گازها، بخارات ناریه) و عوامل انسانی (آسیب‌های جسمانی، فشار کاری بالا و بیماری‌های موجود در برخی مناطق خاص) می‌باشد (Elgstrand K et al, 2013). از این رو معادن به سبب محیط کاری ویژه و فرآیندهای مخاطره آمیز در آنها (به‌ویژه در معادن زیرزمینی) از اولویت ویژه‌ای در استقرار و پایایی سامانه‌های مدیریت ایمنی برخوردارند (Karra et al, 2005). طبق گزارشات موجود، از علل اصلی جراحات و صدمات وارده به کارگران و کارکنان معادن و صنایع وابسته می‌توان به موارد زیر اشاره نمود (Elgstrand K et al, 2013). صدمات ناشی از رفت وآمد وسایل نقلیه در محیط کارگاهی و معادن، ۲-تصادف کارکنان با گاری‌ها، واگن ها و تراک‌های حمل مواد به داخل و خارج از معدن، ۳-افتادن‌ها و پرت شدن‌ها، ۴-قرارگیری در معرض مواد شیمیایی و هوای‌آلوده خطرناک در معادن، ۵-قرارگیری در معرض آب و خاکهای آلوده، ۶-جراحات سطحی، صدمات و پارگی‌های بافت‌های مختلف بدن، ۷-آتش سوزی و انفجارها. از این رو با توجه به سنخ عملیات‌های صورت پذیرنده در معادن و میزان بالای درگیری عنصر انسانی در فرآیند استخراجی/تولیدی معادن، لزوم نگرش جدی در پی‌ریزی سیاست‌ها و قواعد ایمنی متناسب به منظور کاهش رخداد حوادث منجر به بروز صدمات شغلی محیطی را بیش از پیش نمایان می‌سازد (Sivakugan et al., 2006; Karra, 2005). لذا وضع و تدوین مجموعه‌ای از قوانین و سیاست‌ها به منظور پیشگیری از وقوع حوادث و صدمات ناشی از قرارگیری سامانه‌های عملیاتی و افراد در حوزه‌های مخاطره آمیز ، عاملی مهم در چارچوب‌بندی روابط و تعاملات ایمن در محیط کاری معادن و افزایش راندمان کاری محسوب می‌شود. اصول اساسی برای کنترل مخاطرات، افزایش ایمنی و کاهش حوادث در معادن به ترتیب اولویت عبارتند از ۱- حذف ریسک و خطر ۲- کنترل خطر در منبع ۳-کاهش و به حداقل رساندن ریسک ۴- استفاده از تجهیزات حفاظت فردی (Elgstrand K et al, 2013، حلوانی و شیرازی، ۱۳۹۴). از سال ۱۹۷۸ مدیریتِ امنیت و سلامتیِ معدن در ایالات متحده امریکا، شروع به تدوین علائم ایمنی مرتبط با معادن کرد. کاربرد این علائم مختص تنها یک ماده معدنی خاص نبوده و کلیه معادن فلزی و غیرفلزی و سایر جوانب و عملیات‌های مهم و اساسی در این صنعت را در بر می‌گیرد (Elgstrand K et al, 2013). ایران با توجه به جایگاه زمین‌شناسی خاص خود و رویدادهای متعدد ساختاری و کانی‌زایی که در آن رخ داده است، از جمله غنی‌ترین کشورهای جهان در بخش ذخایر معدنی محسوب می‌شود. استخراج در بخش معدن بسته به شرایط زمین‌شناسی و نوع ماده معدنی، به صورت روباز (سطحی) و یا زیرزمینی صورت می‌گیرد. کار در بخش معدن همانطور که به آن اشاره شد، از مخاطرات زیادی برخوردار است. این مسئله در استخراج زیرزمینی یک ماده معدنی اهمیتی دوچندان می‌یابد. مخاطرات معادن زیرزمینی به شدت متأثر از شرایط زمین‌شناسی منطقه (عناصر تکتونیکی و ساختاری)، سنگ‌شناسی (سنگهای میزبان رسوبی، آذرین و دگرگونی دگرسان شده یا سالم) و نوع ماده معدنی (زغال سنگ، عناصر پرتوزا، فلزات سنگهای قیمتی) استخراجی متغییر است. از جمله مهترین معادن زیرزمینی ایران می‌توان به معدن مس سرچشمه، معدن سرب و روی کوشک، معدن مس قلعه زری، معدن سرب و روی انگوران، معدن فیروزه نیشابور، معدن زغال سنگ یورت و غیره اشاره کرد. از این رو با توجه به اینکه ماده معدنی و محصولات جانبی استخراجی در هر کدام از این معادن متفاوت است، بررسی استانداردهای ایمنی و مدیریت محیط زیست دیداری در هر معدن بسته به شرایط خاص خود، متفاوت می‌باشد. با این وجود برخی از مسائل بنیادین مطرح شده که در ادامه به آن پرداخته شده، به صورت کاملاً جامع برای تمامی معادن و صنایع وابسته آن قابل اجرا است. معدن فیروزه نیشابور، نه تنها از لحاظ معدنی، اقتصادی و گردشگری، بلکه از لحاظ اعتبار جهانی خود و به عنوان یک سرمایه باستانی اهمیت دوچندانی یافته است. بدون تردید معدن فیروزه نیشابور یکی از قدیمی ترین معادن جهان است و می توان آن را «قدیمی ترین معدن فعال جهان» نامید. سابقه فعالیت این معدن به گواه شواهد باستان شناسی تا ۶۳۷۲ سال پیش به اثبات رسیده است (گاراژیان و همکاران، ۱۳۹۳). بعلاوه از نظر کیفیت فیروزه تولیدی نیز (با وجود کشف و راه اندازی معادن زیادی در آمریکا و چین در سال های اخیر) کماکان فیروزه نیشابور به عنوان مرغوب ترین فیروزه جهان مطرح می‌باشد. دلیل تمایز فیروزه نیشابور از دیگر فیروزه-های موجود در جهان رنگ و کیفیت بی نظیر و منحصر به فرد آن است

امروزه معدن فیروزه با تولید سالیانه ۵۰ تن سنگ خام فیروزه و بیش از ۱۶۰ نفر پرسنل شاغل یکی از موفق ترین معادن کشور در زمینه کارآفرینی بوده و با ایجاد هزاران نفر اشتغال غیر مستقیم یکی از بزرگترین صنایع استان را بوجود آورده است. باتوجه به این مسائل و با در نظر گرفتن اهمیت بسیار زیاد این معدن در زمینه‌های متعدد اقتصادی و فرهنگی، بررسی استانداردهای جهانی ایمنی و مدیریت محیط زیست دیداری در آن هدف این پژوهش قرار گرفت. برخی از مهمترین مبانی مدیریت دیداری در معادن در ادامه آمده است. در بخشهای آتی نیز به طور خاص به بررسی این مبانی در معدن فیروزه نیشابور پرداخته شده است.

الف: کدگزاری و برچسب گذاری لوله های انتقال دهنده سیالات

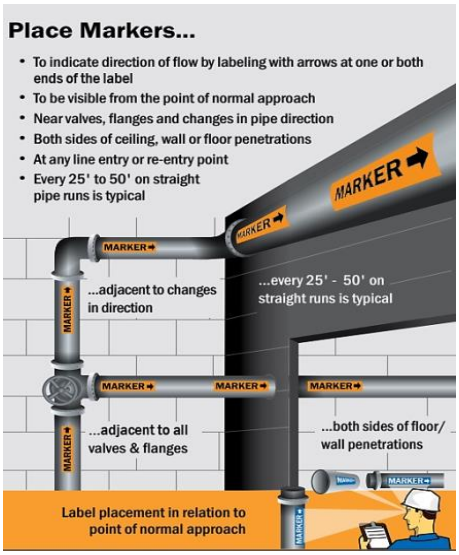
یکی از مهمترین موارد در بحث مدیریت دیداری در معادن مربوط به لوله‌های انتقال دهنده سیالات است. لوله‌های محتوی سیالات گوناگون در معادن کاربرد بسیار بالایی جهت انتقال مواد دارند و همواره درکنار دیواره تونل نصب می‌شوند، باید دارای رنگ‌های استاندارد تعریف شده جهت شناسایی سیال حاوی آن باشند. اطلاع از ماهیت این شریان‌های حیاتی در هر معدن بسیار حائز اهمیت است. چراکه عدم آگاهی از محتویات و جهت جریان هر سیال در این شریان‌ها و به تبع آن احتمال صدمه زدن یا صدمه دیدن آنها می‌تواند منجر به وارد آمدن خسارات جبران ناپذیری گردد و در برخی موارد نبود این سیستم کدگذاری می-تواند امر نگهداری و تعمیرات در معادن را نیز مختل کند. برای مثال همیشه به طور پیش‌فرض و باورعامیانه، لوله‌های انتقال آب به رنگ‌آبی، رنگ‌آمیزی می‌شودکه این امر با توجه به استاندارد ارائه شده برای کدگذاری رنگ‌ها توسط جامعه مهندسان مکانیک ایالات متحده آمریکا، کاملاً اشتباه است. طبق این استاندارد رنگ لوله‌های انتقال آب، سبزرنگ و سیستم‌های آبرسانی برای اطفاءحریق به رنگ قرمز می‌باشد. شکل ۱ کدگذاری رنگ‌ها براساس استاندارد موسسه استاندارد ملی و جامعه مهندسان مکانیک ایالات متحده ANSI/ASME A13.1 به تفکیک سیالات موجود در آن را نشان می‌دهد.



شکل۱ : استاندارد رنگ‌ها جهت کدگذاری خطوط انتقال سیالات

https://www.graphicproducts.com/guides/pipe-marking-guide/. January, 2019

پس از اجرای سیستم کدگذاری رنگ برای لوله‌های حاوی سیال، برای شناخت دقیق‌تر و تخصصی‌تر به جهت امور جاری در معادن نظیر نگهداری و تعمیرات، شناسایی محتویات، استراتژی برچسب‌گذاری مورد نیاز می‌باشد. در استراتژی برچسب‌گذاری اندازه‌ی هر برچسب و فونت آن‌ها برطبق شکل ۲ تعیین می‌شود.



شکل ۲: استاندارد برچسب‌گذاری جهت شناسایی خطوط انتقال سیالات

https://www.graphicproducts.com/guides/pipe-marking-guide/. January, 2019

مواردی که در حین نصب برچسب‌ها بر روی خطوط انتقال بایستی رعایت شود به شرح ذیل می‌باشد: ۱-جهت حرکت سیال را به صورت یک پیکانِ جهت در انتهای برچسب یا دو پیکان جهت در ابتدا و انتهای برچسب مشخص شود، ۲-برچسب‌ها در مکان و زاویه‌ای نصب شوند که به راحتی توسط مراجعه‌کنندگان خوانده و شناسایی شوند، ۳-برچسب‌ها نزدیک به دریچه‌ها، فلنج‌ها و مکان‌های تغییر مسیر لوله‌ها نصب شوند، ۴-برچسب‌ها در قسمت قبل و بعد ورود از دیوار، سقف یا کف نصب شوند، ۵-برچسب‌ها بهتر است در فواصل بین ۶۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر نصب و تکرارگردند، جنس برچسب‌ها با توجه به ماهیت سیال‌ها می‌تواند متفاوت باشد. با توجه به قطرهای مختلف لوله‌های حاوی سیال،کمینه سایز برچسب‌ها بر طبق شکل ۳ تعیین می‌گردد.

Pipe Marker Size Chart

Letter and label dimensions in accordance with pipe diameter

OUTSIDE PIPE DIAMETER INCLUDING COVERING	RECOMMENDED MINIMUM LABEL SIZE	TEXT HEIGHT
.75"-1.25" (19-32 mm)	1" x 8" (25 mm x 203 mm)	.5" (13 mm)
1.5"-2" (38-51 mm)	1" x 8" (25 mm x 203 mm)	.75" (19 mm)
2.5"-6" (64-152 mm)	2" x 12" (51 mm x 305 mm)	1.25" (32 mm)
8"-10" (203-254 mm)	3" x 24" (76 mm x 610 mm)	2.5" (64 mm)
Over 10" (over 254 mm)	4" x 32" (102 mm x 813 mm)	3.5" (89 mm)

شکل ۳- استاندارد سایز برچسب‌ها در علامت گذاری لوله‌ها

https://www.graphicproducts.com/guides/pipe-marking-guide/. January, 2019

علاوه برعلامت‌گذاری لوله‌ها، مشخص‌نمودن سوییچ‌ها، پنل‌های ارتباطی سیالات، شیرفلکه‌های مرتبط با انتقال سیالات نیز بایستی برچسب گذاری و کارت‌گذاری شوند. به طوری که اطلاعات مختصر و مفیدی از نحوه‌ی کار و عملکرد این شیرفلکه یا سوییچ در اختیار کارکنان قرار دهد و بتوان در لحظات حساس و بحرانی، سریعترین تصمیم در مورد شریان‌های اصلی هر مجموعه اتخاذ کرد. مطابق شکل ۴ مدیریت‌دیداری می‌تواند نقشِ مؤثری در افزایش عملکرد کارکنان در این زمان‌های حساس داشته باشد.

شکل ٤- استراتژی برچسبگذاری وکارتگذاری شریان‌ها
https://www.creativesafetysupply.com/content/landing/mining/index.html. January, 2019.

ب: استفاده از رنگ ها

باتوجه به محبوس‌بودن معادن و وجود نور مصنوعی در داخل تونل‌ها، استفاده از علائم ایمنی تابناک در تاریکی (فلوئوروسانس) نیز پیشنهاد می‌شود. لازم به ذکر است، علائم مورد اشاره در این نوشتار جامع بوده و قابلیت کاربرد در تمامی معادن و تونل های زیرزمینی را داراست. همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است، اصول و پایه‌ی طراحیِ علائم ایمنی با استفاده از رنگ‌ها بوده و پیام‌های مختلفی را به ما منتقل می‌کند. این علائم توسط اداره کل بهداشت و ایمنی در محل کار OSHA در ایالات متحده تهیه و تدوین شده است.

شکل ٥- جدول رنگ علائم و برچسب های سازمانOSHA
https://www.graphicproducts.com/guides/pipe-marking-guide/. January, 2019

ج: استفاده از علائم ایمنی استاندارد متناظر با مخاطرات معادن

جهت پیشگیری از مخاطرات طبیعی معادن و فضاهای زیرزمینی، طبق اصول ایمنی استاندارد هر معدن، میبایست در ابتدای ورود به محوطه کار تابلویی تحت عنوان تابلو ایمنی نصب گردد و مخاطرات مربوطه را به کارگران و بازدیدکنندگان اعلان نماید. تابلو ایمنی (safety board) ، تابلویی هشداردهنده در رابطه با خطرات احتمالی در ناحیه معدنی و یا صنعتی بوده که به مهندسان، تکنیسین‌ها، کارگران و بازدیدکنندگان در غالب اشکال شماتیک این خطرات را گوشزد می-نماید (شکل ۶). مسیرهای داخل تونلهای معادن زیرزمینی نیز باید مجهز به تابلوهای آدرس دهی مناسب برای بازدیدکنندگان باشند.

شکل ٦- نمونه ای از تابلوهای ایمنی استاندارد در معادن زیرزمینی خارج از کشور
https://safety.lovetoknow.com/Category:Workplace_Safety_Ideas. 2006-2019.

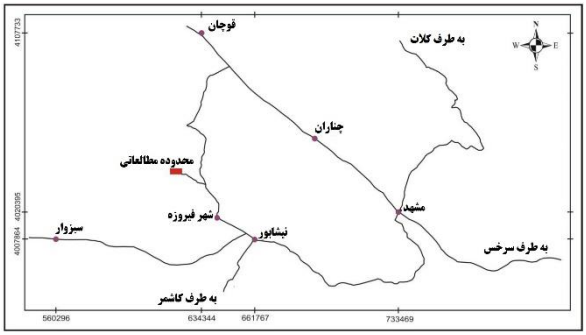
علاوه بر این تجهیزات و ماشین‌آلات مورد استفاده درمعادن و اکثر صنایع وابسته دارای بازوهای متحرک، محورهای‌گردان، نوار نقاله‌ها، چرخ دنده‌ها و به طورکلی دارای اجزای متحرک فراوانی هستند. اجزایی که در هر لحظه برای کارگران، دارای پتانسیل بالقوه خطر می‌باشند. برای پیشگیری و کنترل خطرات مرتبط با استفاده از ماشین آلات و تجهیزات ضروری است الزامات مربوطه به صورت بصری به اطلاع پرسنل و بازدید کنندگان رسانیده شود. شکل شماره ۷ برخی از علائم ایمنی مربوط به ادوات و دستگاه‌های مکانیکی معادن است که وظیفه اصلی آن هشدار نسبت به چگونگی کار و خطرات بالقوه دستگاه مربوطه می‌باشد. در همین راستا علائم Lockout/Tagout به جهت جلوگیری از خطاهای انسانی در زمان‌های شروع به کار تجهیزات یا سرویس‌های دوره‌ای تجهیزات به کار می روند. به‌گونه‌ای که با کارت-گذاری یا قفل کردن سوییچ‌ها و پنل‌ها که نمونه آن در شکل ۱۸(د)، نشان داده شده است، باعث جلوگیری از راه انداختن تجهیزات به صورت عمدی یا سهوی در زمان‌های نادرست یا سرویس‌های دوره‌ای شده و در نتیجه کاهش حوادث برای کارکنان را به دنبال داشته باشد. تکنیک-های مدیریت‌دیداری نه تنها در معدن فیروزه نیشابور بلکه در هیچ یک از معادن ایران تاکنون به صورت اصولی تحت یک قانون مدون نظام مهندسی اجرا نشده است. اما به طور پیش فرض، ولی طبق اصول پایه‌ای غلط، گوشه‌ای از این تکنیک‌ها همواره در معادن صورت اجرایی به خود گرفته است.

شکل ۷- نمونه‌ای از برخی تابلوهای استاندارد ایمنی در معادن. الف) برای تجهیزات خطر/ نیاز به محافظت از دستها، ب) هشدار/ خطر بریدگی اعضاء بدن، ج) احتیاط/ نقطه درگیری چرخ دنده، د) استراتژی Lockout /Tagout ، https: //www .creativesafetysupply. com/ content/ landing/ mining/ index. html. January, 2019

۲-مواد و روشها

۲-۱- موقعیت معدن فیروزه نیشابور

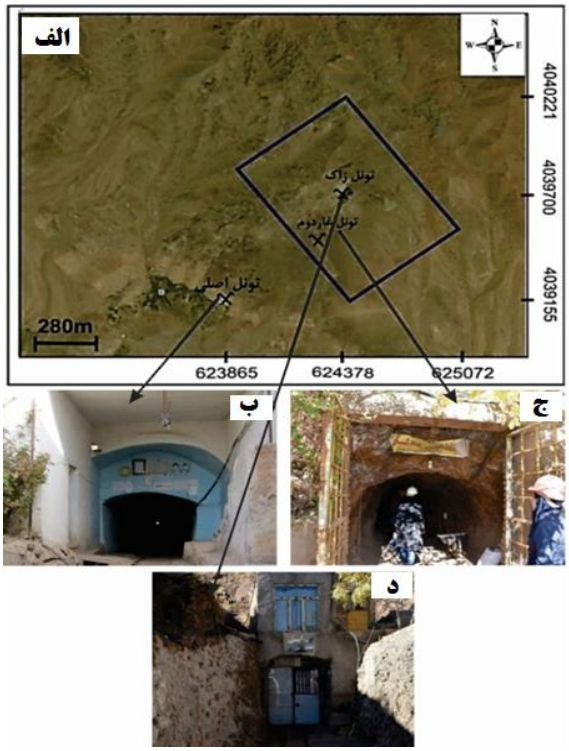
ایران به لحاظ گوناگونی و ویژگی‌های منحصربفرد زمین‌شناسی دارای پتانسیل مناسب از مواد معدنی بویژه سنگ‌های قیمتی است که از جمله معادن ارزشمند و منحصربفرد گوهری آن در جهان می‌توان به معدن فیروزه نیشابور اشاره نمود (Bauman et al, 1983; Spies et al 1983). معدن فیروزه نیشابور در بخشی از پهنه‌ی البرز شرقی موسوم به پهنه‌ی بینالود در شمال‌شرق ایران و در ۵۵ کیلومتری شمال‌غرب شهرستان نیشابور واقع شده و به عنوان شاخص‌ترین معدن گوهرسنگ ایران دارای شهرت جهانی است. دسترسی به معدن فیروزه از طریق دو راه اصلی امکان پذیر است. ۱- مسیر مشهد – نیشابور – شهر فیروزه به مسافت ۱۶۰ کیلومتر که اصلی ترین راه دستیابی به معدن محسوب می شود و ۲- از طریق جاده مشهد به قوچان پس از طی مسافت ۱۱۰ کیلومتر به جاده ترانزیت سبزوار – خوشاب – قوچان رسیده و سپس با ۸۰ کیلومتر حرکت به سمت جنوب به روستای معدن (معدن بالا و معدن پایین) خواهیم رسید (شکل ۸).



شکل ۸- راههای دسترسی به معدن فیروزه نیشابور

۲-۲- معدنکاری در معدن فیروزه

در بخش‌های مختلف معدن و تونل‌های استخراجی طویل و چند طبقه که هم اکنون نیز در حال بهره‌برداری هستند، گواه سابقه چندین هزار ساله معدنکاری در این منطقه است. سه تونل فعال در این معدن در حال حاضر شامل تونل اصلی (غار آبدار)، غار زاک و غار دُم می باشند. شکل ۹ الف موقعیت این سه معدن روی عکس هوایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. شکلهای ۹ ب، ج، و د نیز تصویر مربوط به سردر این تونلها است. استخراج در معدن فیروزه در سالهای اخیر با استفاده از روش آتشباری و مواد منفجره انجام می‌شود. روش کار نیز بدین صورت است که پس از تشخیص رگه فیروزه توسط مهندسان، گروه حفاری با استفاده از مته‌های الماس بادی چاله‌های متعددی، با فواصل معین در سنگ میزبان فیروزه (با رعایت فاصله مناسب از رگه مذکور) ایجاد می‌کنند. در مرحله بعد، چاله‌های حفر شده توسط مواد منفجره مخصوص پر شده و عملیات انفجار پس از خروج کامل تمام معدن‌کاران صورت می‌گیرد. در نهایت نیز پس از حصول اطمینان از منفجر شدن تمام چاله ها، گروهی از کارگران کار "لق‌گیری" سنگ‌های شکسته شده و ترک خورده در حال ریزش را انجام می‌دهند. سنگ‌های لق و خاک‌های سست جبهه کار معدنی، می توانند عامل ایجاد خطر برای کارگران باشند. لذا قبل از اینکه اجازه ورود کارگران و ادامه کار به آنها در جبهه کار داده شود، سنگ‌های لق و سست، لق‌گیری شده و به پائین انداخته می‌شوند و یا با روش‌های مناسب نگهداری و تثبیت می‌گردند. پس از این مرحله زمینه کار برای ورود سایر کارگران و برداشت فیروزه از غارها و تونل‌های معدن فراهم می‌شود. تاکنون ۱۸ طبقه استخراج در معدن فیروزه انجام و بیش از ۵۰ کیلومتر تونل در آن ایجاد شده است. در مجموع معدن فیروزه نیشابور پنج منطقه استخراجی شامل چاه آبدار، غار سبز، تونل رکوب، غار دم و غار زاک دارد و استخراج در این معدن تا عمق ۹۵ متر پیش رفته است. با توجه به قدمت طولانی فعالیت معدن‌کاری در این محل و همچنین نقش بسیار برجسته فیروزه در مبادلات فرهنگی و اقتصادی منطقه و کشور، رعایت اصول و استانداردهای بین‌المللی در زمینه تکنیک‌های مدیریتی مانند مدیریت دیداری در این معدن امری غیرقابل چشم‌پوشی است.



شکل ۹-الف موقعیت و تصویر تونل‌های اصلی معدن فیروزه نیشابور روی عکس هوایی، ب)تونل اصلی، ج)تونل غار دوم، د)تونل زاک

۲-۳- بازدید از معدن فیروزه نیشابور

با توجه به مطالب بیان شده در بخش قبل، معدن فیروزه نیشابور به عنوان قدیمی‌ترین معدن فعال جهان (گاراژیان و همکاران، ۱۳۹۳) برای مطالعه موردی انتخاب و طی یک بررسی میدانی همه جانبه از تمام تونل‌های موجود در این معدن، استانداردهای جهانی مدیریت ایمنی و محیط زیست دیداری در آن پرداخته شده است.

۲-۳-۱- بررسی کدگذاری و برچسب گذاری لوله‌های انتقال دهنده سیالات

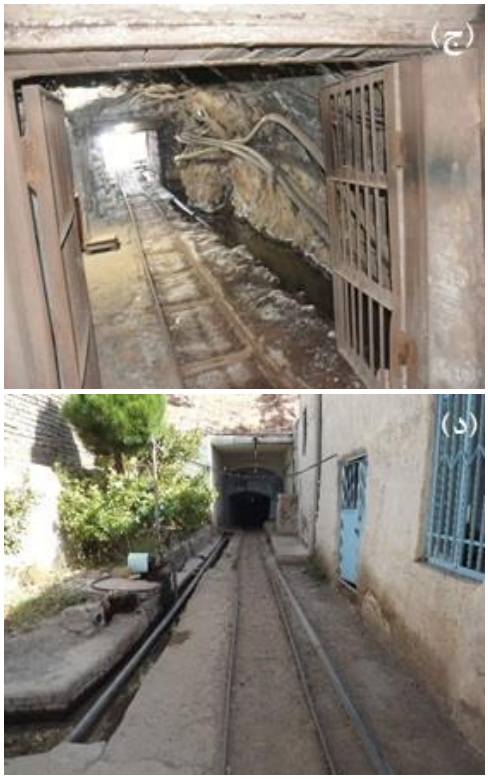
معدن فیروزه نیشابور یک معدن زیرزمینی است که استخراج در آن به صورت "دنبال رگه" است. قسمت زیرزمینی این معدن از تونلهایی تشکیل شده است که به صورت افقی، عمودی و با زاویه های مختلف واقع شده اند. همانطور که پیش تر نیز به ان اشاره شد، استخراج در این

معدن تا اعماق زیاد (۹۵ متری) و در طبقات متعدد (۱۸ طبقه) فعال است. سیالات در طبقات مختلف معدن از طریق لوله های مخصوص منتقل می شود. علاوه بر این به دلیل عمق زیاد حفاری نیز لوله های هوادهی و نیز جریان برق از سطح به عمق کشیده شده است. حفاری در بخش های عمیق باعث برخورد به یک لایه ابدار در تونل اصلی معدن فیروزه شده است که پمپاژ این آب از عمق به سطح نیز در جریان است. کدگزاری و برچسب گذاری لوله های مختلف نامبرده در معدن هم به دلایل فنی و هم به دلایل ایمنی از جمله مهمترین ملزومات مدیریت دیداری در آن است.

۲-۳-۲- بررسی آلاینده های فلزات سنگین متاثر از معدن فیروزه

درمیان آلاینده‌های زیست‌محیطی، فلزات با توجه به پتانسیل سمّی‌بودن و توانایی تجمع در زیست بوم های آبی بویژه فاکتور بسیار ویژه‌ای محسوب می‌شوند. این فلزات توسط منابع انسانی و طبیعی از جمله (فاضلاب، فعالیت‌های کشاورزی، معدنکاری، فرسایش سنگ و خاک، هوازدگی فیزیکی و شیمیایی پوسته زمین و غیره وارد محیط‌زیست می‌شوند (Venkata et al, 2014). براساس مطالعات زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی واحدهای سنگی محدوده معدن فیروزه نیشابور را به سه بخش سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب تراکی آندزیتی، آندزیتی، تراکیتی، تراکی داسیتی، داسیتی و ریوداسیتی به سن پلیو-پلیستوسن، توده‌های نفوذی نیمه‌عمیق با ترکیب دیوریت پورفیری تا سینیت پورفیری و انواع مختلف برش می‌توان تقسیم کرد که همگی تحت تأثیر دگرسانی‌های شدید و وسیع نیز قرار گرفته‌اند (اکرمی و عسکری، ۱۳۷۹؛ Bauman et al, 1983; Spies et al, 1983). علاوه بر این، براساس مطالعات انجام شده توسط کریم‌پور و همکاران مشخص گردیده است که این معدن یک کانی‌سازی بزرگ مس-طلا-اورانیوم-عناصر نادر خاکی سبک نوع IOCG است (کریمپور و همکاران، ۱۳۹۰). انحلال و هوازدگی سنگ‌های مختلف، تبادلات یونی و سایر واکنش‌های ممکن در نتیجه تأثیر متقابل آب – سنگ[1] از عواملی است که می‌تواند در کیفیت آب خروجی به خصوص در مناطقی که معدن‌کاری در آن به صورت فعال در حال انجام است، مؤثر باشد. در طول مسیر حرکت آب فرآیندهایی از قبیل رسوب‌گذاری کانی‌ها، انحلال، تعویض کاتیونی و غیره به وقوع می‌پیوندد که همگی بر شیمی و کیفیت آب اثر می‌گذارند (Barbieri et al., 2005; Carucci et al., 2012; Barzegar et al, 2017b, Singh et al., 2017). مطالعات نشان داده است که این مسائل در کنار استخراج فعال در معدن فیروزه باعث آزاد شدن بعضی از عناصر و ورود آنها به منابع آب منطقه شده است تا جایی که استانداردهای جهانی بهداشت این آب‌ها را غیرقابل شرب و یا در آستانه خطر قرار می‌دهد. (فهیم و بجستانی، a ,b ۱۳۹۴؛ صفائیان و همکاران، ۱۳۹۴) . یکی از شریان‌های زیست‌محیطی مهم در معدن فیروزه نیشابور که نیازمند تمهیدات جدی در این خصوص می‌باشد، جریان آبی است که از دل تونل‌های استخراج فیروزه و سینه کار خارج می‌گردد. برونزد این منبع آبی در خلال حفاری‌ها و آتشباری‌های صورت گرفته و در اثر برخورد با یک گسل در انتهای تونل اصلی معدن فیروزه رخ داده است. در انتهای تونل اصلی به علت ریزش سقف در اثر گسل، راسته تونل مسدود شده و حجم فراوانی آب در پشت خاک‌ها جمع شده است. در طبقات پایین‌تر تا عمق ۷۰-۸۰ متر حجم آب در حدود دو برابر شده و این آب به سمت سطح پمپاژ می‌گردد و در نهایت همانگونه که در شکل ۱۰ (الف، ب، ج و د) پیداست، در جای جای معدن از طریق حاشیه داخلی تونل اصلی به سمت خارج آن جاری می‌شود. آنچه مسلم است، این است که ترکیب شیمیایی و تیپ این جریان آبی برخاسته از دل سنگ‌های آتشفشانی و شدیداً دگرسان شده معدن به طور دقیق مشخص نیست. این مسئله زمانی بیشتر حائز اهمیت می‌شود که مطالعات پیشین صورت گرفته در منطقه وجود عنصر رادون و برخی عناصر خطرناک دیگر در آب و هوای داخل معدن را تایید کرده است (فهیم و بجستانی، a ,b ۱۳۹۴). نکته مهم دیگر عملیات معدن کاری فعال در اعماق و تونل‌های مختلف معدن است که سبب آلودگی چند برابری این آب می‌گردد که بعد از پمپاژ با آب جاری کنار تونل اصلی در طبقه همکف مخلوط شده و آن‌را نیز آلوده می‌نماید.

1 .Water-Rock Interaction



شکل ۱۰ الف، ب، ج، د- مسیر جوی آب جاری از انتهای تونل اصلی استخراجی در معدن فیروزه که در حاشیه داخلی تونل و به سمت خارج آن جریان می یابد.

۲-۳-۳- بررسی سیستم هوادهی داخل معدن

از دیگر مواردی که همواره در تمامی معادن بالاخص معادن زیرزمینی لازم الاجرا است سیستم هوادهی است. هوادهی معدن در معدنکاری به اقدامات فنی برای فراهم کردن هوای تازه در تونل‌ها یا چاه‌های معدن گفته می‌شود. طبق قانون اتحادیه اروپا هوادهی کافی باید برای معادن زیرزمینی انجام شود. ایجاد هوای تازه برای کارگران داخل زیرزمین نیاز جدی می‌باشد و می‌بایست در سرتاسر تونل پخش شود تا هوای تازه را برای تنفس آن‌ها فراهم نماید. همچنین برای روشن کردن و سوزاندن نیز هوای تازه لازم است. علاوه بر این، هوای معدن باید از نظر گرما و رطوبت قابل تحمل باشد و همواره مقدار گردوغبار و گازهای خطرناک آن کمتر یا برابر حد استاندارد باشد و همه بخش های درونی معدن به جزء بخش هایی که مسدود شده اند توسط گردش منظم هوای سالم تهویه شوند به طوری که جریان هوا محسوس باشد. هوادهی در معدن فیروزه نیشابور توسط یک ژنراتور خارج از معدن تولید شده و از طریق لوله‌هایی در دیواره یا سقف تونل به طبقات زیرین منتقل می‌شود (شکل ۱۱ الف تا د). این لوله‌ها نیز در معدن فیروزه هرگز با علائم و برچسب‌های استاندارد ذکر شده در بخش‌های فوق، مشخص نشده‌اند و هیچگونه اقدام عملیاتی در زمینه مدیریت دیداری در این خصوص نیز صورت نگرفته است. گاهاً در بعضی از بخش‌ها مجاورت لوله‌های هوا با سیم‌های برق و دیگر لوله‌ها نیز دیده می‌شود (شکل ۱۱) که با توجه به عدم نشانه گذاری هیچ یک از آنها و عمق حفاری زیاد در این معدن (۹۵ متر)، این مسئله می تواند مشکل آفرین نیز باشد. علاوه بر این ارزیابی‌های ژئوشیمیایی-زیست‌محیطی وجود کانی‌های پرتو زا مانند اورانیوم، توریوم و پتاسیم را در این منطقه نشان داده است. همچنین ارزیابی‌های پرتوسنجی به کمک دستگاه RTM2222و-NT MCA وجود پرتوهای گاما و آلفا را نیز در منطقه از جمله در داخل معدن، تشکیلات سنگی زمین‌شناسی، آبراهه‌های قدیمی، قنات‌ها و باطله‌ها اثبات کرده است (فهیم و بجستانی، b ۱۳۹۴).

شکل ۱۱ الف، ب، ج، د- لوله‌های هوادهی در تونل‌های معدن فیروزه و مجاورت آنها با سیم‌های برق و دیگر لوله‌ها

۲-۳-٤- حمل و نقل مواد استخراجی و باطله‌های معدنی ضمن استخراج

از میان موارد ذکر شده توسط مدیریتِ امنیت و سلامتیِ معدن در ایالات متحده امریکا که در بخش قبل به آن اشاره شد، تصادف احتمالی کارکنان با گاری‌ها، واگنها و تراک‌های حمل مواد به داخل و خارج از معدن، قرارگیری در معرض هوای آلوده و غبارآلود معدن فیروزه و همچنین عدم وجود نور کافی در سینه‌کار معدن فیروزه به هنگام فیروزه‌جوری (جمع آوری فیروزه به صورت دستی) می‌تواند بیشترین

ریسک خطرپذیری در معدن فیروزه را در پی داشته باشد که به طور واضح در تصاویر ۱۲ الف و ب و ۱۳ قابل مشاهده هستند.

شکل ۱۲ الف و ب - حرکت گاری‌های حمل باطله های معدن فیروزه بدون هیچگونه علائم هشدار دهنده

شکل ۱۳- عدم وجود نور کافی به هنگام فیروزه جوری عمق ۷۰ متری

۲-۳-۵- بررسی میزان استفاده از رنگ ها و علائم ایمنی استاندارد متناظر با مخاطرات معدن فیروزه

از آنجا که معدن فیروزه، یک معدن سنگ قیمتی است و از این حیث دارای شهرت جهانی نیز می‌باشد، برای گردشگران داخلی و خارجی، یک جاذبه توریستی محسوب می‌شود و هرساله پذیرای خیل زیادی از گردشگران می‌باشد. لذا به کار بردن دقیق علائم ایمنی علاوه بر حفاظت جان پرسنل مشغول به کار در این معدن، برای حفاظت از تمام بازدیدکنندگان نیز لازم و ضروری خواهد بود. اما متاسفانه همانطور که در شکل ۱۴ (الف تا ج) مشخص است، معدن فیروزه نیز مانند سایر معادن و کارخانجات صنعتی به این جمله کلیشه‌ای که "اول ایمنی بعد کار" در ابتدای درب ورودی آن بسنده کرده و تابلویی تحت این عنوان ندارد.

شکل ۱٤ الف، ب، ج- جمله‌ی کلیشه‌ای "اول ایمنی بعد کار" به جای تابلوی ایمنی درابتدای ورودی تونلهای معدن فیروزه نیشابور الف-تونل اصلی یا آبدار، ب- تونل غار دم، ج- تونل غار زاک

۲-۳-٦- مخاطرات احتمالی معادن و معرفی علائم استاندارد هشدار دهنده در رابطه با آن

الف- انفجارها

انفجارها خصوصاً در معادن‌زیرزمینی سبب ایجاد ریسک و مخاطرات جدی برای ایمنی کارکنان آن‌ها می‌شود. به عنوان مثال نبود یک سیستم تهویه مناسب در معدن زغال‌سنگِ زمستان یورتِ آزادشهر منجر به انفجار و سبب کشته‌شدن ۴۲ نفر و مجروح‌شدن ۷۵ نفر شد. در وهله‌ی اول نصب سیستم اُصولیِ مرتبط با تهویه معادن می‌تواند باعث جلوگیری از بروز هرگونه انفجار گردد، اما علائم ایمنی نیز می‌تواند کارکنان را با عوامل بالقوه انفجار آگاه سازد و علل انسانی در انفجار معادن را از بین ببرد. برخی از این علائم هشدار دهنده که در شکل ۱۵ (الف تا ج) نشان داده شده است، می‌تواندکارکنان را هشیارتر و آگاه‌تر سازد، بدون اینکه از ارتباطات کلامی خاص جهت هشدار یا انزار خبری باشد. خوشبختانه چنانچه پیشتر هم بیان شد ماهیت مواد مورد استحصال در معدن فیروزه غیر قابل احتراق است اما چون شیوه استخراج به صورت انفجاری می‌باشد، بیان این قسمت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

(ب) (الف)

(ج)

شکل ۱۵- برخی از علائم ایمنی ضروری در معادن. الف: خطر / گازهای آتش‌گیر، ب: خطر / گازمتان، آتش‌گیر، خطرانفجار، ج: خطر / سیگارکشیدن ممنوع، گازهای آتش‌گیر،آتش را دور نگه دارید.
https://www.creativesafetysupply.com/content/landing/mining/index.html. January, 2019

ب- آتش‌ها

آتشباری در معدن فیروزه، خارج از زمان کاری صورت می‌گیرد و تا مراجعه کارگران در روز کاری آتی گرد و غبار حاصل از آن فروکش می‌کند؛ اما آنچه در اینجا تأمل برانگیز است محل نگهداری مواد ناریه و خرج‌های انفجاری است که در اتاقکی خارج از محیط معدن نگهداری می‌شود و تنها با سیم خاردار و چند تابلو خطر معمولی از آن حفاظت به عمل می‌آید و هیچگونه تابلو هشدار دهنده‌ی استانداردی مبنی بر عدم استعمال دخانیات و یا ممنوع بودن آتش افروختن در حوالی آن مشاهده نمی‌شود. علاوه بر علامت‌گذاری مکان‌های حاوی مواد و گازهای آتش-گیر و همچنین مکان‌های بالقوه ایجاد آتش، کارکنان معادن بایستی در زمان‌های بحرانی به سرعت به مکان قرارگیری تجهیزات اطفاء حریق دسترسی داشته باشند. شکل ۱۶ به سادگی و درستی، نیاز به دسترسی سریع به تجهیزات اطفاء حریق را نشان می‌دهد. استفاده از اشکال شماتیک و رنگ‌های مرتبط با این بخش کمک بسیار زیادی در مدیریت‌دیداری در زمان هایی را دارد، که فاکتورِ زمان در کاهش خسارات بسیار با اهمیت است. همان‌گونه که قبلاً گفته شده، در سیستم‌های ناب زمان تلف شده بایستی به پایین‌ترین‌حد خود برسد.

شکل ۱۶- اصول استاندارد در نصب تجهیزات و برچسب‌های استاندارد اطفاء حریق
https://www.creativesafetysupply.com/content/l . January, 2019.anding/mining/index.html

ج- جریان برق

(الف) (ب)

(ج)

شکل ۱۸- تابلوهای ایمنی استاندارد برای جریان برق در معادن. الف- خطر/عبور خطوط برق از بالا، ب- خطر/خطر برق‌گرفتگی، ج- هشدار/قوس الکتریکی، شوک الکتریکی.
https: //www .creativesafetysupply. com/ content/ . January, 2019landing/ mining/ index. html

تجهیزات الکتریکی موجود در معادن می‌تواند باعث آتش‌سوزی، شوک و ایجاد قوس‌های الکتریکی گردد. پس بایستی مکان پنل‌های الکتریکی یا سوییچ‌های الکتریکی در معادن به صورت کاملاً دیداری علامت-گذاری و برچسب‌گذاری گردند. شکل -۱۷ الف و ب نشان‌دهنده عدم استفاده صحیح و استاندارد در سیم‌کشی برق معدن فیروزه، سیم‌های حاوی جریان برقی که به هر سو کشیده می‌شوند را نشان می‌دهد. این درحالیست که علائم استاندارد هشدار دهنده در این رابطه می‌توانند خطرات و ریسک‌های مربوط به جریان برق را به درستی به کارکنان گوشزد نموده و باعث کاهش صدمات و تلفات ناشی از برق گرفتگی در بین آنان گردد (شکل ۱۸ الف تا ج).

شکل ۱۷- الف- سیم کشی خطرناک جهت ایجاد روشنایی در سینه کار معدن فیروزه، ب: حمل لامپ های روشنایی به کمک چوب دستی

یکی از مهم‌ترین موارد ایمنی که در معدن فیروزه با آن روبرو هستیم، فرسوده بودن تجهیزات و ماشین‌آلاتی است که در طول روز به صورت مداوم در حال استفاده می‌باشد. از جمله این تجهیزات می توان به تراک‌های حمل باطله، سیم بکسل‌ها و چرخ دنده‌های بالابر اشاره کرد. علاوه بر این عدم رعایت حداقل‌های ایمنی در استفاده از همین تجهیزات فرسوده نیز به وفور به چشم می خورد که نیازمند بازنگری جدی در این خصوص است (شکل ۱۹ الف تا د).

شکل ۱۹: عدم رعایت حداقل‌های ایمنی حین استفاده از تجهیزات استخراجی در معدن فیروزه. الف) تجهیزات فرسوده/ عدم رعایت حداقل‌های ایمنی توسط اپراتور هنگام کار با دستگاه، ب) جایگیری خطرناک اپراتور بالای چاه استخراجی بدون هیچگونه تجهیزات فردی، ج) استفاده از نردبان‌های دست‌ساز با میلگرد بدون استفاده از تجهیزات نگهدارنده و د) تجهیزات فرسوده/ عدم استفاده از علائم هشدار دهنده در چاه استخراجی

ه- مکانهای خطرناک و با ریسک بالا

بسیاری از مکان‌های موجود در معادن و کارگاه‌های استخراج دارای خطرات جدی جهت سلامتی و امنیت کارکنان می‌باشد. علائم و تابلوهای هشدار دهنده، کارکنان و مراجعه‌کنندگان را نسبت به عدم قرارگیری در محیط‌ها و مکان‌های پر خطر آگاه می‌سازد. چرا که این امر بسیار حیاتی و مهم می‌باشد. به همین منظور مدیریت امنیت و سلامتی معدن (MSHA) در ایالات متحده نیاز به علائم موجود برای اعلام یا هشدار مواردی که برای کارکنان و مراجعان تهدید محسوب می‌شود را مشخص نمود. این تهدیدها می‌تواند شامل:وجود ذرات، غبار، مواد و تشعشعات رادیواکتیو، سطوح شلوغ و ناهم‌ترازِ کف معادن، وجود حفره‌ها و ... باشد. علامت‌گذاری اینگونه محیط‌های خطرناک و همچنین محل خروجی‌های اضطراری باید بر طبق این اصول استاندارد بین‌المللی تعریف شده باشد و به گونه‌ای اجرا شود که توسط کارگران، بازدیدکنندگان و در صورت اقتضاء برای عموم مردم شناخته شده بوده و به راحتی فهمیده شود. در شکل ۲۰ (الف) از معدن فیروزه به یک مورد در این زمینه که پتانسیل ریسک پذیری بسیار بالایی دارند اشاره شده است. در سایر موارد نظیر محل دپوی باطله‌ها نیز باید بازبینی مستقلی در زمینه لرزه‌خیزی منطقه برای اطمینان از پایداری محل صورت گیرد چراکه با توجه به حجم باطله معدن فیروزه (شکل ۲۰ –ب) و دپوی مداوم آنها، عدم بررسی مستمر می‌تواند سبب بروز اتفاقات احتمالی و سهوی در این صنعت پر خطر شود.

شکل ۲۰- الف) مسیر عبوری بر روی یک چاه نیمه‌عمیق، ب) حجم عظیم از باطله‌های دپو شده در خارج از تونل اصلی معدن فیروزه که تراک های حمل باطله نیز از روی آن تردد می‌کنند.

و- مسیریابی و جهت‌های ورود و خروج

در تمامی مکان‌ها اعم از آموزشی، تجاری، رفاهی، خدماتی، صنعتی، اداری و ... وجود یک سیستم اطلاع رسانی دیداریِ درست جهت مسیریابی در رسیدن به مکان مورد نظر برای مراجعه‌کنندگان وکارکنان بسیار اهمیت دارد. به دلیل نبود سیستم آدرس‌دهیِ صحیح در بسیاری از ادارات یا سایت‌های تولیدی و معدنی، برای رسیدن به مکان یا اتاق مورد نظر بایستی از افراد شاغل درآن بخش سوال نمود؛ حال چنانچه در

اثر برخورد با زمان‌های قطع برق، بحران، خطر و یا حتی عدم همکاری کارکنان در پاسخ‌دهی مناسب، این سیستم می‌تواند از بروز تنش‌های محیط‌کاری جلوگیری نماید. علاوه بر این، هنگام زمین‌لرزه، انفجار و یا ترکیدن لوله‌های انتقال آب، برخی صدمات، ناشی از عجله در مسیریابی نادرست افراد هنگام خروج می‌باشد. در معادن نیز به دلیل بسته بودن فضا و عدم نور کافی یک سیستم جهت‌یابی دیداری آن هم با استفاده از نور و یا مواد فلوئوروسانس در زمان قطع برق می‌تواند کمک بسیاری در رفت وآمد روان و درست افراد داشته باشد (شکل ۲۱ الف). اما متاسفانه همانطور که در شکل ۲۱ (ب و ج) مشاهده می‌شود، برای راهنمای محل خروج در معدن فیروزه از علائم استاندارد استفاده نشده و تنها به دست نوشته‌هایی به صورت کاملاً ابتدایی در گوشه کنار معدن اکتفا گردیده است. این در حالیست که معدن فیروزه نیشابور در مجموع شامل بیش از ۵۰ کیلومتر غار اصلی و فرعی می‌باشد و مسیریابی آن در صورت عدم آشنایی کافی به کل مجموعه، امری تقریباً ناممکن است.

شکل ۲۱- الف) نمونه‌ای از تابلوهای علائم استاندارد مسیریابی و جهت‌یابی در معادن برگرفته از https: //www .creativesafetysupply. com/ content/ landing/ mining/ index. html. January, 2019، (ب) و (ج) تابلوهای مسیریابی در تونل‌های معدن فیروزه

۳-نتایج و تفسیر

۳-۱- نتایج و توصیه ها در خصوص کدگذاری و برچسب گذاری لوله‌های انتقال دهنده سیالات

لوله های انتقال دهنده سیالات در معدن فیروزه در همه تونل‌ها یا فاقد برچسب هستند و یا برچسب واضح و مشخصی روی آنها وجود ندارد (شکل ۷). همانطور که پیشتر به آن اشاره شد، تمام لوله های انتقال دهنده سیالات در معادن چه با هدف شناسایی خطوط انتقال و چه با هدف پایش‌های تاسیساتی، باید با برچسب های مخصوص و با استفاده از سیستم شناسایی کدهای رنگی نشانه گذاری شوند. علاوه بر این نیاز هست که جهت جریان سیالات نیز با فلش روی این لوله ها مشخص باشد. با این کار محتویات و همچنین نحوه جریان آنها در لوله یا کانال به صورت صحیح مشخص می شود. علاوه بر این حداقل، علائم لوله ها باید در هر دو طرف دریچه ها، فرازبندها، دیوارها، راههای نفوذ به زمین و هر مکان دیگری که شناسایی محتویات لوله ها مورد نیاز است، قرار گیرند. کابل ها باید دور از لوله های آب و هوای فشرده و گاز در محل خشک قرار گیرند. ضمناً کابل های زیرزمینی باید دارای روپوش سربی و بدون درز باشند. مسئله بعدی برچسب گذاری بر روی لولهای هوادهی تونلهای معدن (شکل ۸) است که نیاز به ملاحظه و بررسی فنی دارد.

۳-۲- نتایج و توصیه ها در خصوص آلاینده های فلزات سنگین متاثر از معدن فیروزه

جهت مدیریت زیست محیطی آلاینده های معدن، نیاز است که طی یک مطالعه هیدروژئوشیمیایی وسیع در آب‌های معدن ترکیب شیمیایی آن‌ها از لحاظ غلظت عناصر سنگین و عناصر خطرناک زیست محیطی مشخص و با برچسب‌های استاندارد اطلاعات مربوطه در اختیار تمام کارگران و بازدید کنندگان قرار گیرد. علاوه بر این برای آبی که در اعماق جریان پیدا می‌کند باید یک مخزن آبی ایجاد گردد تا آب تمیز بدون آلوده شدن طی معدن‌کاری به طبقه همکف پمپاژ گردد. برای خروج و هدایت صحیح تمام جریانات آبی به بیرون از معدن نیز باید از لوله‌های مناسب استفاده گردد. همچنین جهت اطلاع از نوع این آب‌ها، میزان آلودگی و عناصر سمی محلول در آن، جهت جریان، میزان دبی خروجی آب و غیره نیاز است تا طول مسیر لوله‌های مورد استفاده با برچسب‌های مشخص طبق آنچه در بخش فوق به آن اشاره شد، نشانه گذاری شوند. اگرچه معدن فیروزه نیشابور در گروه معادن ایمن از نظر نوع ماده معدنی طبقه‌بندی می‌شود و سیال خطرناک و حادثه‌ساز در این معدن منتقل نمی‌شود اما نشانه گذاری لوله ها با استفاده از برچسبهای مشخص طبق آنچه در بخش های فوق به آن اشاره شد، می تواند اطلاعات مربوطه را در اختیار کارگران و بازدید کنندگان قرار دهد. اطلاع از نوع این سیالات، تعیین میزان آلودگی و عناصر محلول در آنها نیز از ملزومات اجرای صحیح این نشانه گذاری است. عدم اجرایی کردن این مهم علاوه بر رعایت نکردن استانداردهای بین‌المللی هزینه‌های گزافی را در زمینه نگهداری و تعمیرات لوله‌های انتقال دهنده در درازمدت بر معدن تحمیل خواهد نمود.

۳-۳- نتایج و توصیه ها در خصوص سیستم هوادهی داخل معدن

با توجه به طولانی بودن شیفت کاری کارگران معدن‌کار و اثرات زیان‌بار تنفس گازهای خطرناک، توجه به تهویه‌ی مناسب و ایمن در این بخش ضروری و حیاتی است. برای این منظور، ضروری است تا سیستمهای

اندازه گیری اکسیژن و گازهای مطرح در داخل معدن فیروزه نصب گردد تا میزان اکسیژن بصورت آنلاین و بطور پیوسته مورد پایش قرار گیرد. در صورت محدودیت اعتبارات برای خرید سیستمهای آنلاین، می توان سیستم پرتابل اندازه گیری اکسیژن و گازهای مهم خریداری گردد تا پایش این گازها در نقاط مختلف معدن میسر گردد. در همین راستا، بازدید و کنترل دستگاه‌های گازسنج و اندازه‌گیری مشخصات هوا باید به طور متناوب طبق دستورالعمل کارخانه سازنده یا دستورالعملی که به تأیید مسئول معدن و ایمنی رسیده است توسط افراد آموزش دیده انجام گردد. همچنین نیاز است تا سنجش‌هایی که توسط مسئولین مربوطه از مشخصات هوای معدن انجام می‌شود همراه با تاریخ و ساعت اندازه گیری‌ها در دفتر مخصوصی که نزد سرپرست معدن یا مسئول ایمنی معدن می‌باشد، ثبت گردد. این دفتر تا شش ماه پس از پر شدن نیز نگهداری شود. همچنین اندازه‌ها، علاوه بر ثبت در دفتر مخصوص تهویه لازم است هر بار روی تابلوهایی که به این منظور اختصاص داده شده و در مکان ورودی معدن و یا پذیرگاه‌های طبقات و یا مکان‌های اندازه‌گیری نصب می‌گردد، ثبت شوند تا مراجعین اعم از متخصص، کارگر، توریست و غیره از آن اطلاع کافی داشته باشند.

۳-٤- نتایج و توصیه ها در خصوص حمل و نقل مواد استخراجی و باطله‌های معدنی ضمن استخراج

برای دور بودن کارکنان معدن فیروزه از خطرات ناشی از کار در تونل های زیر زمینی معدن، پیروی از یک سیستم و دستورالعمل ایمنی دیداری امری ضروریست. استفاده از راه‌بند به هنگام عبور تراک‌های حمل مواد و استفاده همزمان از چراغ گردان هشدار خطر (شکل ۹، الف و ب) و یا طراحی یک سیستم نورپردازی متمرکز به هنگام فیروزه‌جوری در سینه کارهای مختلف (شکل ۱۰) از جمله اقداماتی است که جهت ایمنی بیشتر در محیط کار لازم الاجرا است.

۳-۵- نتایج و توصیه ها در خصوص استفاده از علائم ایمنی استاندارد متناظر با مخاطرات معادن

معدن فیروزه به دلیل ماهیت فرهنگی و اقتصادی منحصربفردی که دارد همواره میزبان خیلی عظیمی از گردشگران داخلی و خارجی است، لذا توصیه می شود جهت ارتقاء استانداردهای ایمنی و مدیریت دیداری، علائم ایمنی مطابق با آخرین استانداردهای بین المللی در ایستگاههای مورد نیاز همچون درب ورودی تونلها، مسیرهای اصلی تردد کارگران و گردشگران، محلهای پرخطر از جمله چاهای قدیمی حفر شده یا بخشهایی که احتمال ریزش سنگ از دیواره ها، سقف و غیره وجود دارد، نصب شود. علاوه بر این تجهیزات ایمنی چون کلاه مناسب و مجهز به چراغ قوه، طناب و غیره در یک مکان مشخص برای گردشگران در نظر گرفته شود.

۳-٦- نتایج و توصیه ها در خصوص مخاطرات احتمالی معادن و معرفی علائم استاندارد هشدار دهنده در رابطه با آن

وجود ۱۸ طبقه استخراجی و بیش از ۵۰ کیلومتر تونل در معدن فیروزه، توجه بیش از بیش به مخاطرات احتمالی در این معدن را افزایش می‌دهد. علامتگذاری محل نگهداری مواد ناریه و خرجهای انفجاری برای استخراج و نصب تابلوهای هشدار لازم ایمنی (از جمله عدم استعمال دخانیات، ممنوعیت آتش افروختن و غیره) در خصوص آن، از مهمترین ضروریات امر است. همچنین در قسمتهای مختلف تونلهای استخراجی بخصوص سینه کارهای انفجاری، تجهیزات اطفائ حریق به درستی تعبیه شوند. سیمها و کابلهای برق به شکل مناسبی عایق بندی شده و با برچسب های استاندارد مشخص شوند. دستگاه ها، تجهیزات و ماشین آلات در معادن باید حسب مورد مجهز به برق گیر دارای سیستم تخلیه الکتریسیته باشند. متصدیان دستگاه های برقی هنگام کار باید از وسایل حفاظت فردی مناسب شامل دستکش لاستیکی، کفش و کلاه ایمنی عایق در برابر الکتریسیته متناسب با ولتاژ و جریان برق دستگاه استفاده کنند. علاوه بر این باید تمام مکانهای خطرناک در تونلها و پیشکارهای معدن و همچنین مسیرهای خروج اضطراری مجهز به تابلوهای استاندارد هشدار دهنده باشند. از آنجا که استخراج در معدن فیروزه تا عق ۱۰۰ متری زمین پیش رفته است، نیاز است تا ضمن ارتقاء سیستم فعلی آدرس دهی در مسیرهای مختلف تونلها برحسب استانداردهای بین المللی، یک سیستم جهت یابی دیداری با استفاده از مواد فلوئورسانس در زمان قطع برق در برخی از تونلهای اصلی تردد برای مواقع اضطراری طراحی شود. نصب سیستمهای اندازه گیری تغییرمکانها افقی و قائم (نشستهای زمین) بر روی سطح معدن جهت پایش مستمر نشستهای زمین در محلهای خاص نیز بسیار حائز اهمیت است. بدیهی است با این اقدام می توان افزایش سرعت نشستها (که عمدتاً پیش از ریزش معادن مطرح می شوند) را سریعاً شناسایی نمود و در نتیجه از عواقب خطرناک آن جلوگیری نمود. همچنین نصب "تابلوی کدهای ارتفاعی در مسیرهای مختلف" نیز ضروری می نماید زیرا، در بسیاری از مطالعات معدن و زمین شناسی، شناخت رقوم ارتفاعی محلها و زونهای مختلف کانی زایی در معدن دارای اهمیت می باشد. شایان ذکر است که پیش از این، کدهای ارتفاعی نقاط فوق الذکر توسط نقشه برداری اخیر بدست آمده است و فقط کافی است تابلوهای استاندارد حاوی این رقوم ارتفاعی در محلهای مختلف معدن نصب گردد. علاوه بر این، شناسایی زونهای آبدار در معدن فیروزه با استفاده از مطالعات ژئوالکتریک نیز از جمله موارد بسیار مهم و درخور توجه است. چراکه خرج گذاری در زونهای آبدار می تواند خطرات جدی به دنبال داشته باشد زیرا، در هنگام انفجار در این زونهای، در اثر بارگذاری دینامیکی قابل توجه، فشار حفره ای بطور ناگهانی افزایش یافته و متعاقب آن، کاهش تنشهای موثر و نهایتاً ریزش معدن محتمل خواهد بود.

٤-نتیجه گیری

گسترش روز افزون فعالیت‌های معدن‌کاری، نیازمند برقرار شدن محیط مناسب برای کار و فعالیت در شرایط سخت معدن است، از این رو آموزش افراد شاغل در این بخش در کلیه سطوح بسته به نیازهای موجود امری ضروریست. واضح است که برداشت از معادن آثار مختلف زیستی و اجتماعی را به دنبال خواهد داشت. از این رو میتوان با استفاده از مدیریت درست HSE دیداری مانع از پیدایش عوامل تهدید کننده بهداشت فردی و اجتماعی معدنکاران شد و امنیت آنان و معدن تضمین گردد. با توجه به مطالب مطرح شده پیرامون ایجاد یک راهکار به جهت پایه‌ریزی مدیریت و ایمنی‌دیداری در این مقاله می‌توان به این جمع-بندی رسید که محیط‌کار و ایمنی‌دیداری بایستی به گونه‌ای باشدکه جستجوها برای پیدا کردن اطلاعات، عدم انطباق‌ها، جلوگیری ازخطاها یا اطلاعات ناقص در محیط کار، جابجایی‌ها و ... را بتواند خیلی سریع و مفید به کارکنان و مراجعه‌کنندگان انتقال داده و با این کار، خطرات و ریسک‌های محیط‌کار را تا حدود زیادی کاهش، به تبع آن بهره وری را

افزایش دهد. با توجه به اهمیت معدنکاری در معدن فیروزه نیشابور به عنوان قدیمی ترین معدن فعال جهان بررسی استانداردهای جهانی ایمنی و مدیریت محیط زیست دیداری در این معدن هدف این پژوهش قرار گرفت. طی مطالعات میدانی انجام شده در پژوهش حاضر و در خلال مشاهدات عینی صورت گرفته از تونل‌های معدن فیروزه نیشابور، چنین بر می‌آید که سطح ایمنی و مدیریت دیداری در این معدن وضعیت مطلوبی ندارد. در واقع از یک سو بی توجهی یا فراموشی مسائل مرتبط با ایمنی و وضع قوانین و رویه های متناسب ایمن سازی توسط مدیران و از سوی دیگر بی‌تفاوتی کارگران معدن نسبت به پیروی از قوانین ایمنی و رویه های ایمن‌کاری به عنوان دو چالش اساسی فرا روی استقرار سامانه ایمنی متناسب با این معدن قرار دارد. عدم کارایی قوانین وضع شده در این خصوص و همچنین عدم درک درست قوانین و نبود کانال‌های ارتباطی و اطلاع رسانی مناسب نیزهر یک به نوبه خود تأثیر زیادی در گسست ایمنی در این معدن بازی می‌کند. بررسی شرایط موجود در معدن فیروزه نیشابور نشان داد که استقبال مدیریت نسبت به اهمیت ایمنی از اولویتی اساسی در بهبود شرایط ایمنی در آن برخوردار است. در کنار این موضوع پرهیز مدیران معدن از وضع مکرر قوانین بدون کاربری و توجه و تمرکز بیشتر به کیفیت قوانین و توجیه کارگران نسبت به ایمنی و تأثیر آن در بهبود فرآیندهای عملیاتی، برقرای سامانه های آموزشی کارگران و درنهایت ایجاد فرهنگ ایمنی در این محیط به عنوان راهکارهایی عملی در جهت ارتقا بهبود سطح ایمنی در معدن فیروزه می‌تواند موثر باشد. علاوه بر این، در این نوشتار سعی برآن بود تا مهمترین فاکتورهای مدیریت دیداریِ اطلاعات با توجه به ماهیت آن‌ها که می‌تواند دستوری، هشداری، عمومی و ... باشد را عنوان کرده و با استفاده از تصاویر و اشکال نسبت به انتقال بهتر اطلاعات در قالب تصاویر اقدام گردد. به طوری که خواننده علاوه بر پیام‌های متنی با استفاده از داده‌های بصری نیز به طور سریعتر، بهتر و با توضیحات متنیِ‌کمتری اطلاعات را دریافت کند. در خاتمه پیشنهاد می‌شود؛ از آنجا که مدیریت دیداری با توجه به فواید فراوان آن، نیاز مبرم بخش معدن در کشور می باشد ، از لزوم استفاده و اهمیت مدیریت‌دیداری در بخش صنعتِ معدن، شرکت‌های فرآوری مواد معدنی و سایر صنایع وابسته غافل نشده و برای مدیریت و کاهش خطرهای ممکن در معادن، ساختن محیط کار ایمن‌تر و سالم‌تر و همچنین کاهش اتلاف‌های موجود در این بخش از صنعت، از این سیستم مدیریتی نهایت استفاده لازم صورت گیرد. با توجه به بروز بودن مباحث مدیریت دیداری و همچنین به دلیل قدمت بالای معدن فیروزه نیشابور و عدم توجه به مسائل محیط زیست دیداری در سال های اخیر؛ نیاز به مطالعه‌ای متفاوت و جامع در زمینه HSEدیداری در این معدن که بی‌شک بستر تولید بهترین فیروزه جهان است کاملا احساس می‌شود. اگرچه که مسائل عنوان شده به صورت کاملاً جامع برای تمامی معادن و صنایع وابسته آن قابل اجرا می باشد. امید است با بهره‌گیری هرچه بهتر استانداردهای مدیریت دیداری در کلیه معادن اعم از روباز و زیرزمینی، شاهد مدیریت بهتر بحران‌ها، پایه‌ریزی آسان‌تر مبانیِ بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE) و تاب‌آوری بیشتر شریان‌های حیاتی باشیم.

منابع

- اکرمی، م،ع.، عسکری، ع.، ۱۳۷۹. نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سلطان آباد، شماره برگه ۷۶۶۲، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- حلوانی، غ،م.، شیرازی، ج.، ۱۳۹۴. ایمنی در صنعت (۱)، انتشارات آثار سبحان، نوبت چاپ: پنجم، ص ۲۵۴.
- صفائیان، ا.، مظاهری، ا.، ملک‌زاده شفارودی، آ.، ۱۳۹۴. بررسی کیفیت آب با استفاده از شاخص‌های کیفی منابع آب معدن فیروزه نیشابور (شمال غرب شهرستان نیشابور، خراسان رضوی)، هفتمین همایش انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران، اصفهان، دانشگاه اصفهان.
- فهیم، ا.، مظلومی بجستانی، ع.، ۱۳۹۴a. آب آلوده به رادون در منطقه معدن فیروزه نیشابور، اولین کنگره بین المللی زمین، فضا و انرژی پاک، اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی.
- فهیم، ا.، مظلومی بجستانی، ع.، ۱۳۹۴b. هوای آلوده به رادون در منطقه معدن فیروزه نیشابور، اولین کنگره بین المللی زمین، فضا و انرژی پاک، اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی.
- کریم‌پور، م.ح.، ملک‌زاده شفارودی، آ.، اسفندیارپور، ا.، محمدنژاد، ح.، ۱۳۹۰. معدن فیروزه نیشابور: نخستین کانی‌سازی مس– اورانیم– عناصر نادر خاکی سبک نوع IOCG در ایران. مجله زمین‌شناسی اقتصادی، شماره ۲، جلد ۳، صفحه ۱۹۳-۲۱۶.
- گاراژیان، ع.، لطفی‌قرائی.، ف. (۱۳۹۳). باستان‌شناسی فیروزه: انسان، سنگ و رنگ. دوفصلنامه علمی-پژوهشی پژوهش‌های انسان‌شناسی ایران، دوره ۴، شماره ۲، صفحه ۱۰۵-۱۲۴.
- وزارت تعاون،کار و رفاه اجتماعی، معاونت روابط کار، ۱۳۹۶. دوره آموزش عمومی ایمنی برای مسئولین ایمنی کارگاه، مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار.
- وزارت تعاون،کار و رفاه اجتماعی، معاونت روابط کار، ۱۳۹۶. دوره آموزش عمومی شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک، مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار.

- Barbieri, M., et al. 2005. Stable isotopes (2H, 18O and 87Sr/86Sr) and hydrochemistry monitoring for groundwater hydrodynamics analysis in a karst aquifer (Gran Sasso, Central Italy), Applied Geochemistry, Vol. 20, P. 2063-2081.
- Barzegar, R., et al. 2017b. Identification of hydrogeochemical processes and pollution sources of groundwater resources in the Marand plain, northwest of Iran, Environmental Earth Sciences, Vol. 76, P. 297.

- Bauman, A., et al. 1983. Strontium isotopic composition of post-ophiolithic tertiary volcanics between Kashmar, Sabzevar and Quchan INE Iran, Geodynamic project (geotraverse) in Iran, Final report, Geological Survey of Iran Report no.51.
- Carucci, V., et al. 2012. Interaction between shallow and deep aquifers in the Tivoli Plain (Central Italy) enhanced by groundwater extraction: A multi-isotope approach and geochemical modeling, Applied Geochemistry, Vol. 27, P. 266-280.
- Elgstrand, K., Vingård, E. 2013. Occupational safety and health in mining, Arbets-och miljömedicin, Göteborgs universitet.
- Flamarion Klippel, A., et al. 2008. Lean management implementation in mining industries, Dyna, vol. 75, No. 154, P. 81-89.
- https://www.graphicproducts.com/guides/pipe-marking-guide/. January, 2019
- https://www.creativesafetysupply.com/content/landing/mining/index.html. January, 2019.
- https://www.mehrnews.com/news/3969153. May, 2017.[In persian]
- http://www.iranmining.com/Mines/findex.asp?Lang=FA&Dir=431.[In persian]
- Lööw, J., Johansson, J. 2015. An overview of lean production and its application in mining, In Aachen International Mining Symposia: Mineral resources and mine development 27/05/2015-28/05/2015 (pp. 121-136), RWTH Aachen University, Institute of Mining Engineering I.
- Muzaffar, S., et al. 2013. Factors associated with fatal mining injuries among contractors and operators, Journal of occupational and environmental medicine, Vol. 55(11), P. 1337-1344.
- Singh, C. K., et al. 2017. Multivariate statistical analysis and geochemical modeling for geochemical assessment of groundwater of Delhi, India, Journal of Geochemical Exploration, Vol. 175, P. 59-71.
- Spies, O., et al. 1983. Chemistry of the post-ophiolitic tertiary volcanics between Sabzevar and Quchan/NE-Iran: Geodynamic project (geotraverse) in Iran, Final report, Geological Survey of Iran, Report no. 51.
- Sivakugan, N., et al. 2006. Geotechnical considerations in mine backfilling in Australia, Journal of Cleaner Production, Vol. 14, P. 1168-1175.
- Vijia k., karra. 2005. Analysis of non-fatal and injury rates for mine operator and contractor employees and the influence of work location, journal of safety research, vol. 36, Issue. 5, P. 413-421.
- Venkata subba Raju. O., et al. 2014. Determination of Heavy Metals in Ground Water by ICP-OES in Selected Costal area of SPSR Nellore District, Andhra Pradesh, India. International journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 3, Issue 2., P. 9743-9749.