بررسی غلظت گرد و غبار و سیلیس آزاد موجود در آن در معدن روباز سرب و روی عمارت

صادق صمدی[۱]، دکتر بدری سادات جنید[۲]

چکیده

سابقه و هدف: سیلیس بیشترین ماده معدنی در روی زمین است. تماس با گرد و غبارهای حاوی سیلیس آزاد باعث صدمات ریوی شده و در نهایت ممکن است منجر به سیلیکوزیس شود . هدف از این مطالعه تعیین میزان غلظت گرد و غبار و سیلیس آزاد موجود در آن در معدن روباز سرب و روی عمارت بود.

مواد و روش‌ها: تحقیق با طراحی توصیفی و نمونه‌برداری بر اساس روش شماره ۷۵۰۰، Nationaal Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) انجام شد. با استفاده از روش‌های نمونه‌برداری فردی میزان تماس با گرد و غبار کل و قابل استنشاق اندازه‌گیری و غلظت گرد و غبار به روش سنجش وزنی تعیین گردید. به منظور تعیین مقدار سیلیس آزاد، نمونه‌های گرد و غبار توسط دستگاه پراش اشعه ایکس مورد آنالیز قرار گرفتند و با مقادیر استاندارد مقایسه شدند.

یافته‌ها: غلظت گرد و غبار قابل استنشاق در قسمت‌های دریل‌کاری و خاکبرداری به ترتیب برابر با ۰/٤٦ ± ۲/۸۱ و ۰/۵ ± ۲/٦۹ میلی‌گرم در متر مکعب بود. غلظت سیلیس آزاد گرد و غبار قابل استنشاق در این قسمت‌ها به ترتیب برابر با ۰/۱۲ ± ۰/۵۱ و ۹٪ ± ۰/٤۷ میلی‌گرم در متر مکعب بود. این مقادیر به ترتیب ۵/۱ و ٤/۷ برابر حد تماس شغلی استاندارد ایران و هم‌چنین ۱۰/۲ و ۹/٤ برابر استاندارد American Conference of Govermental Industrial Hygienists (ACGIH) است .

نتیجه‌گیری: میزان گرد و غبار و غلظت سیلیس آزاد آن در هوای محیط کار بیشتر از حد مجاز است. بنابراین باید با روش‌های مختلف از ایجاد گرد و غبار در محیط کار جلوگیری کرد.

واژگان کلیدی: معدن، گرد و غبار، سیلیس آزاد، پراش اشعه ایکس.

۱- گروه بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اراک

۲- دانشگاه علوم پزشکی اراک

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-24]

مقدمه

در ایران مواد معدنی بسیار زیادی وجود دارند که بهره‌برداری از آنها همواره مورد توجه است و انتظار می‌رود که در آینده به طور روزافزونی مورد استخراج قرار گیرند.

معادن سرب و روی جزو معادن مهم و اقتصادی ایران هستند. که تاکنون بیش از ۱۶۰ مورد آنها شناسایی شده است. اگر چه احتمال می‌رود که تعداد این معادن بیشتر باشد، اما تنها بر روی چند معدن مطالعات اکتشافی و استخراج انجام گرفته است (۱). یکی از این معادن، معدن عمارت است که بین طول‌های جغرافیایی ۴۹/۴۵-۴۹/۳۰ و عرض‌های جغرافیایی ۳۴/۰۰-۳۳/۴۵ و در ۴۶ کیلومتری جنوب شرقی شهر اراک واقع شده است.

تماس با عوامل زیان‌آور از قبیل گرد و غبار در معادن امری معمولی است. گرد و غبار سیلیس آزاد (کوآرتز) به عنوان مهم‌ترین ترکیب گرد و غبار معادن شناخته شده است و یکی از عوامل خطرناک شغلی محسوب می‌شود (۲).

تماس با سیلیس آزاد در بسیاری از مشاغل وجود دارد که می‌توان کار در معادن، ریخته‌گری، سند بلاست‌زنی و ساخت شیشه و سرامیک را نام برد (۴ ، ۳). بررسی‌های انجام شده بیانگر بیماری‌زایی آن در معادن است و کارگران شاغل در معادن ممکن است در اثر استنشاق این گرد و غبار به بیماری سیلیکوزیس مبتلا شوند.

در سال ۱۹۹۷ میلادی آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان، سیلیس آزاد را جزء سرطان‌زاهای گروه یک طبقه‌بندی کرد (۵). شواهد موجود دلالت بر تاثیر سیلیس آزاد به عنوان عامل مؤثر در ایجاد سرطان ریه دارد (۶). سه روش برای آنالیز و تعیین مقدار سیلیس آزاد نمونه‌های گرد و غبار وجود دارد که شامل پراش اشعه ایکس، رنگ‌سنجی و اسپکتروفتومتری جذبی مادون قرمز است (۲).

با توجه به بهبود شرایط کاری و کنترل گرد و غبار در کشورهای توسعه یافته، میزان بروز این بیماری در این کشورها در حال کاهش است (۷).

اما در کشورهای در حال توسعه، تماس با گرد و غبار در حال حاضر یک معضل مهم بهداشتی است. لذا آگاهی از غلظت گرد و غبار در هوای محیط کار به ویژه میزان سیلیس آزاد موجود در آن و تلاش در جهت به حداقل رسانیدن اثرات سوء گرد و غبار دارای اهمیت ویژه‌ای است. بر این اساس این پژوهش با هدف اندازه‌گیری غلظت گرد و غبار و میزان سیلیس آزاد آن در معدن روباز سرب و روی عمارت در سال ۱۳۷۶ انجام شد.

مواد و روش‌ها

تحقیق با طراحی توصیفی انجام گرفت. نمونه‌برداری از گرد و غبار کل و قابل استنشاق بر اساس روش شماره ۷۵۰۰، NIOSH (National Institute of Occupational Safty and Health) انجام شد (۸). برای حذف رطوبت، فیلترها حداقل به مدت ۲۴ ساعت قبل از نمونه‌برداری در داخل دسیکاتور گذاشته شد. با در نظر گرفتن منحنی کالیبراسیون فلومتر پمپ، دبی پمپ روی ۱/۷ لیتر در دقیقه تنظیم شد و در طی یک شیفت کاری نمونه‌برداری انجام گرفت. در کل مدت زمان نمونه‌برداری، وسایل و میزان جریان نمونه‌برداری کنترل شدند. در خاتمه نمونه‌برداری، فیلترها به آزمایشگاه منتقل شد و بعد از قرار گرفتن مجدد در داخل دسیکاتور، توسط ترازو توزین و غلظت گرد و غبار کل و قابل استنشاق بر حسب میلی‌گرم در متر مکعب بر اساس فرمول زیر محاسبه شد (۹).

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-24]

$$C = \frac{(W_2 - W_1) \times 10^3}{\Delta t \times Q}$$

C: غلظت گرد و غبار در هوای محیط کار بر حسب میلی‌گرم در متر مکعب.

W_1: وزن فیلتر قبل از نمونه‌برداری بر حسب میلی‌گرم.

W_2: وزن فیلتر بعد از نمونه‌برداری بر حسب میلی‌گرم.

Δt: مدت زمان نمونه‌برداری بر حسب دقیقه.

Q: میزان جریان پمپ نمونه‌برداری برحسب لیتر در دقیقه (با تصحیح حجم هوای نمونه‌برداری شده به حجم در شرایط استاندارد)

مطابق با دستورالعمل NIOSH، از روش پراش اشعه ایکس که دقیق‌ترین روش برای تعیین میزان کمی سیلیس آزاد (کوارتز) در نمونه‌های گرد و غبار می‌باشد استفاده گردید. در ابتدا برای سنجش میزان سیلیس آزاد نمونه‌ها، نمونه‌های استاندارد کوارتز تهیه شد و منحنی‌های استاندارد آنها رسم شد. سپس با به دست آوردن شدت نسبی پیک کوارتز نمونه‌ها توسط دستگاه پراش اشعه ایکس و با استفاده از منحنی‌های استاندارد کوارتز، مقدار کوارتز بر حسب میلی‌گرم مشخص شد (۱۱-۱۰). مقادیر به دست آمده با مقادیر استانداردهای مختلف ایرانی و خارجی مورد مقایسه قرار گرفت.

یافته‌ها

غلظت گرد و غبار کل و قابل استنشاق در منطقه تنفسی کارگران قسمت‌های مختلف معدن در جدول شماره ۱ ارائه گردیده است و نشان می‌دهد که میزان آن در قسمت دریل‌کاری ۲/۰۱ ± ۱۵/۴۴ و ۰/۵ ± ۲/۶۹ mg/m^3 بود.

جدول ۱- غلظت گرد و غبار کل و قابل استنشاق در منطقه تنفسی کارگران قسمت‌های مختلف معدن روباز عمارت در سال ۱۳۷۶

غلظت / محل کار	غلظت گرد و غبار کل (mg/m^3)				غلظت گرد و غبار قابل استنشاق (mg/m^3)			
	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
دریل کاری	۱۲/۱۲	۱۷/۱۸	۱۵/۴۴	۲/۰۱	۱/۹۶	۳/۲۶	۲/۸۱	۰/۴۶
خاکبرداری	۱۰/۶۵	۱۶/۲۵	۱۴/۱۵	۱/۹۳	۲/۰۷	۳/۴۲	۲/۶۹	۰/۵۰

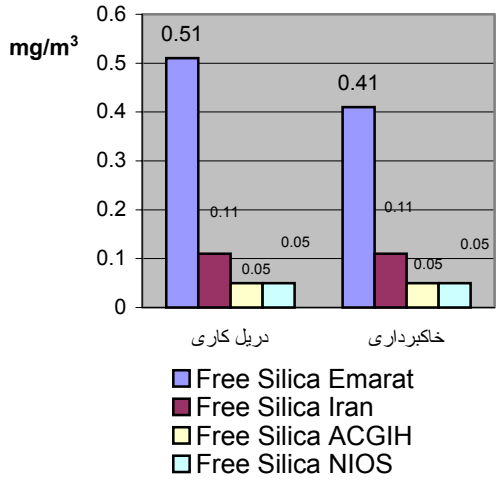
نتایج حاصل از اندازه‌گیری در مورد غلظت سیلیس آزاد در گرد و غبار کل و قابل استنشاق در منطقه تنفسی کارگران قسمت‌های مختلف معدن در جدول شماره ۲ ارائه گردیده است و نشان می‌دهد که در قسمت دریل‌کاری به ترتیب ۰/۶۲ ± ۰/۹۴ و ۰/۱۲ ± ۰/۵۱ mg/m^3 بود.

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-24]

جدول ۲- غلظت سیلیس آزاد گرد و غبار کل و قابل استنشاق در منطقه تنفسی کارگران قسمت های مختلف معدن روباز عمارت در سال ۱۳۷٦

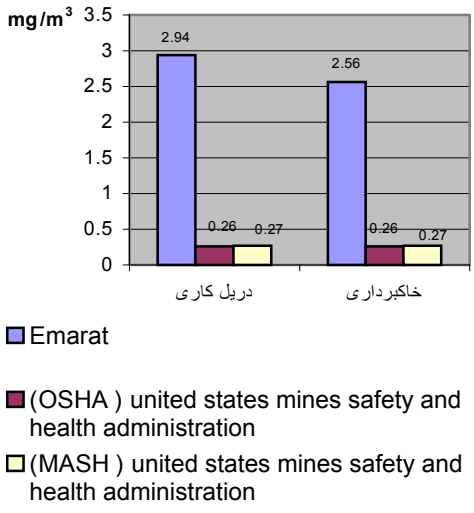
غلظت / محل کار	غلظت سیلیس آزاد در گرد و غبار کل mg/m3				غلظت سیلیس آزاد در گرد و غبار قابل استنشاق mg/m3			
	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
دریل کاری	۱/۹۳	۳/۸۲	۲/۹٤	۰/٦۲	۰/۳۳	۰/٦۷	۰/۵۱	۰/۱۲
خاکبرداری	۱/۹۱	۳/۲۱	۲/۵٦	۰/٤۲	۰/۳۲	۰/۵٦	۰/٤۷	۰/۰۹

میانگین غلظت سیلیس آزاد گرد و غبار قابل استنشاق در منطقه تنفسی کارگران قسمت‌های مختلف معدن روباز و مقایسه آن با مقادیر استانداردهای ایران، ACGIH (American Conference of Government Industrial Hygienists) و NIOSH در نمودار شماره ۱ ارائه گردیده است و نشان می‌دهد که چند برابر بیشتر از استاندارد است (۱٤-۱۲).



نمودار ۱- میانگین غلظت سیلیس آزاد گرد و غبار قابل استنشاق در منطقه تنفسی کارگران قسمت‌های مختلف معدن عمارت و مقایسه آن با مقادیر استانداردهای ایران، NIOSH و ACGIH در سال ۱۳۷٦

میانگین غلظت سیلیس آزاد گرد و غبار کل در منطقه تنفسی کارگران قسمت‌های مختلف معدن روباز و مقایسه آن با مقادیر استانداردهای OSHA (Occupational safety and health administration) و MSHA (United states mines safety and health administration) در نمودار شماره ۲ ارائه گردیده است و نشان می‌دهد که حدود ۱۰ برابر بیشتر از استاندارد است (۱۵).



نمودار۲- میانگین غلظت سیلیس آزاد گرد و غبار کل در منطقه تنفسی کارگران قسمت‌های مختلف معدن عمارت و مقایسه آن با مقادیر استانداردهای ایران، MASHA و OSHA

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-24]

بحث

تحقیق نشان داد که میانگین غلظت گرد و غبار کل در منطقه تنفسی کارگران قسمت‌های دریل‌کاری و خاکبرداری به ترتیب برابر با ۱۵/٤٤ و ۱٤/۱۵ میلی‌گرم در متر مکعب است. هم‌چنین میانگین غلظت گرد و غبار قابل استنشاق در این قسمت‌ها به ترتیب برابر با ۲/۸۱ و ۲/٦۹ میلی‌گرم در متر مکعب است.

میانگین غلظت سیلیس آزاد در گرد و غبار کل قسمت‌های دریل‌کاری و خاکبرداری به ترتیب برابر با ۲/۹٤ و ۲/٥٦ میلی‌گرم در متر مکعب است. هم‌چنین میانگین غلظت سیلیس آزاد در گرد و غبار قابل استنشاق در منطقه تنفسی کارگران قسمت‌های دریل‌کاری و خاکبرداری به ترتیب برابر با ۰/٥۱ و ۰/٤۷ میلی‌گرم در متر مکعب است.

غلظت سیلیس آزاد گرد و غبار قابل استنشاق با استانداردهای ایران (OBL - TWV[1])، ACGIH، NIOSH و غلظت سیلیس آزاد گرد و غبار کل با استانداردهای OSHA و MSHA مورد مقایسه قرار گرفته که نتایج زیر حاصل شد.

غلظت سیلیس آزاد گرد و غبار قابل استنشاق در قسمت دریل‌کاری ۵/۱ برابر حد تماس شغلی استاندارد ایران و ۱۰/۲ برابر استانداردهای حد مجاز ACGIH و حد توصیه شده NIOSH است.

غلظت سیلیس آزاد گرد و غبار قابل استنشاق در قسمت خاکبرداری ٤/۷ برابر حد تماس شغلی استاندارد ایران و ۹/٤ برابر استانداردهای حد مجاز ACGIH و حد توصیه شده NIOSH است. به دلیل عدم ارائه استاندارد برای غلظت سیلیس آزاد در گرد و غبار کل توسط ایران، ACGIH و NIOSH، غلظت‌ها با استانداردهای MSHA و OSHA مورد مقایسه قرار گرفت و نتایج زیر حاصل شد.

غلظت سیلیس آزاد گرد و غبار کل در قسمت دریل‌کاری ۱۱/۲۷ برابر حد قابل قبول استاندارد OSHA و ۱۰/۸ برابر حد مجاز استاندارد MSHA است.

غلظت سیلیس آزاد گرد و غبار کل در قسمت خاکبرداری ۹/۹٦ برابر حد قابل قبول استاندارد OSHA و ۹/۵ برابر حد مجاز استاندارد MSHA است.

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که میزان گرد و غبار در هوای محیط کار و غلظت سیلیس آزاد آن بیشتر از حد مجاز است. بنابراین باید با به کارگیری روش‌های مختلف از ایجاد گرد و غبار در محیط کار جلوگیری کرد.

بهترین روش در جلوگیری از ایجاد گرد و غبار در معادن، مصرف آب در هنگام دریل‌کاری و خاکبرداری است. مصرف آب باید به نحوی انجام گیرد که تمام گرد و غبار تولید شده از عملیات‌های مختلف به طور کامل با آب مخلوط شده و وارد هوا نگردد.

اگر این روش مؤثر واقع نشود می‌توان از سایر روش‌های کنترل گرد و غبار مانند محصور کردن، تهویه موضعی و یا در نهایت از وسایل حفاظت فردی شامل ماسک یا رسپیراتور استفاده کرد

[1] - Occupational Exposure Limit – Time Weighted Average

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-24]

References:

۱- غضنفری علی. سرب از معدن تا مصرف. تهران، شرکت ملی سرب و روی ایران، ۱۳٦۷، ۲۸-۲۵.

2- Banks DE, Parker JE. Occupational lung disease: An international perspective. First edi, Chapman & Hall, London, 1998; p: 21-44.

3- Lomax JD, Johanning E. Occupational medicine. Lippinott, Williams & Wilkins, 2001; p: 141-43.

4- Bowler OM, Cone JE. Occupational medicine secrets, Hanleyand Belfus, Inc, 1999; p: 101-12.

5- Steenland K, Mannetje A, Boffetta P, Stayner L, Attfield M, Chen J, et al. International agency for research on cancer. Pooled exposure-response analyses and risk assessment for lung cancer in 10 cohorts of silica-exposed workers: an IARC multicentre study. Cancer Causes Control 2001; 12(9): 773-84.

6- Flynn MR, Susi P. Engineering controls for selected silica and dust exposures in the construction industry; a review. Appl Occup Enviro Hyg 2003; 18(4): 268-77.

7- De Vuyst P, Camus P. The past and the present of pneumoconiosis. Curr Opin Pulm Med 2000; 6(2): 151-6.

8- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Manual of analytical method. 3rd edi, 1984.

9- Garyc A, Samimi B, Ziskind M, Weill H. X-ray diffraction determination of alpha-quartz in respirable and total dust sample from sand-blasting operation. Am Ind Hyg Assoc J 1993.

۱۰- کریشنر هارالد. شناسایی مواد به کمک اشعه ایکس. ترجمه عباس طایب. انتشارات دانشگاه علوم و صنعت ایران، ۱۳۷۰، ٤-۱۰.

11- Loberan CD, Abell MT. Method used by the United State national institute for occupational safety and health to monitor crystalline silical. Scand J Work Enviro Health 1995; 21(2): 35-5.

۱۲- کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای کشور. حدود تماس شغلی عوامل بیماری‌زا. انتشارات وزارات بهداشت و درمان و آموزش پزشکی، ۱۳۷٤.

13- ACGIH. Threshold limit values (TLV_S) for chemical substances and physical agents and biological exposure indices (BELs). American Conference of Government Industrial Hygienists (ACGIH), 2001-2:51.

14- Eller Peter M. NIOSH Manual of analytical method. Vol 102, NIOSH Cincinnati Ohio, 1991.

15- WHO. Recommended health-based limits in occupational exposure to selected mineral dusts (Silic-Coal), Geneva, World Health Organization, 1984, No, 734.

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-24]