Iran Occupational Health

Original Article
http://ioh.iums.ac.ir

Iran Occupational Health. 2020 (13 May);17:9.

Risk assessment of occupational exposure to heavy metals (lead, chromium, cadmium) in cement respirable particles in a cement factory

Milad Pouransari, MSc, Department of Occupational Health, School of Health, Mazandaran University of Medical Science, Sari, Iran
Mahmoud Mohammadyan, (*Corresponding author) PhD of Air Pollution, Professor, Health Sciences Research Center, School of Health, Mazandaran University of Medical Science, Sari, Iran. mohammadyan@yahoo.com
Rezaali Mohammadpour, PhD of Biostatistics, Associate Professor, Health Sciences Research Center, School of Health, Mazandaran University of Medical Science, Sari, Iran

Abstract

Background and aims: One of the major health issues in developed countries is the workplace air pollution. Cement factories are one of the industries where many workers worked in them. Workers in this industry are exposure with many harmful factors, such as ergonomics factor, physical factors, and in particular various chemical agents, during their job. The most important factors that threaten the health of workers in the cement industry are dust and respirable particles of cement. Respirable particles of cement contain some elements such as arsenic, calcium, aluminum, cadmium, lead, cobalt, zinc, iron, and chromium. Recent studies concluded that the concentrations of arsenic, chromium, lead, and cadmium within the particles are higher than the other metals. Exposure to heavy metals within cement respirable particles can lead to some adverse health effects among exposed workers. Expanding of industries and emission of respirable particles containing heavy metals in the workplace ambient causes higher exposure for workers within various industries and therefore has become a major problem in these industries, including the cement industry. To arrive the health goal that is protection of the workers, exposure to chemicals and the dangers of exposure to these substances need to be scrutinized. Risk assessment is defined as the process of assessing the risks arising from risks in the workplace by taking control measures and deciding whether or not to accept them. Risk assessment is a basic action for evaluation of danger in the workplace and the first step for risk management.

Quantitative health risk assessment for different chemical agents in industries is necessary to decide on control of risk and management measures to reduce risk and determine risk level of these substances. This process combines scientific information about the toxic properties of chemicals as well as the results of chemical measurements in the workplace can provide comprehensive information on the measure of risk and how best to deal with these potential risks. The aim of this study was to assess the risk level of workers occupational exposure to heavy metals (lead, chromium, cadmium) within cement respirable particles for exposed workers in a cement factory.

Methods: This cross-sectional study was conducted in one of the cement industries during warm and cold air condition during 3 months (March 2016 to May 2016). In this study, the concentration of respirable particles within the breathing zone of 70 workers who were working at different production worksites of a cement factory (Packing worksite, Cement mill, Grill and Greater cooler, kiln, blending, Raw material storage and Mine and crushing) was evaluated. The standard method of 0600 recommended by the National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) was use to evaluate time weighted average (TWA) of workers' exposure to respirable cement particles. Worker's exposure was measured using a personal sampling pump (SKC, model 224-44MTX, UK) with a 2.5 L.min-1 flow rate, air was passing through an aluminum cyclone (SKC, UK) with a 37 mm 2 micrometer pore size poly vinyl chloride (PVC) filter (SKC, UK) bedding on a plastic cassette. The filters were placed in the desiccator for 24 hours before sampling time. To weigh the filters, a microbalance accurate to 6 decimal places (1 µg sensitivity Sartorius, Model ME5, Germany) was used. Critical orifice was used to keep the flow constant during sampling period. Workers personal sampling carried out continuously during a complete shift time. A blank filter was used for each batch of samples to eliminate sampling errors. To evaluate workers' exposure to heavy metals including lead, chromium and cadmium within the cement respirable particles, the standard method of ID121 recommended by the Occupational Safety and Health Administration (OSHA) was applied. Each filter was dissolved separately at 100 ° C in concentrated nitric acid and perchloric acid until its metals were dissolved in the solution phase. Then, the solution obtained with deionized water was diluted to the lowest level of

Keywords
Chemical risk assessment,
Occupational exposures,
Heavy metals,
Cement respirable particles

Received: 24/05/2018
Published: 13/05/2020

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

detection (LOD). The US-made FAAS Model VARIAN 240FS atomic absorption device was used for analysis. Firstly the standard curve was obtained using standard solutions with different concentrations of meals. Samples were then transferred to the atomic absorption apparatus to determine the concentration of the metals within solution. By measuring the sample absorption rate and comparing with the calibration curve and using Bier Lambert's law, the amount of metal elements in the unknown sample was obtained. Semi quantitative risk assessment of heavy metals among exposed workers was carried out using a standard method provided by the Institute of the occupational health and Safety in Singapore. Finally, the risk level for each of the heavy metals (lead, chromium and cadmium) in the respirable cement particles was obtained. The degree of exposure (ER) for all parts of the plant was obtained. Since the mean concentrations of these metal in the air of all sections of the cement plant were below the exposure limit recommended by the Iranian Occupational Health Technical Committee (OEL) and the (TLV) recommended by the ACGIH, the E/OEL ratio was lower than one. The hazard rating (HR) of the chemicals was determined using a standard table. Then, the exposure rating (ER) was calculated and determined using air monitoring results using E that is the weekly exposure in milligram per cubic meter or parts per million, F is the number of exposures per week, D is the average time of each exposure in hours, M is the exposure rate in parts per million or milligram per cubic meter, W is the average working hours per week (40 h). Finally, the risk rate (RR) was calculated using the chemical hazard risk (HR) and exposure rate (ER) values.

Results: This study showed that the mean concentrations of cadmium, lead and chromium elements were measured as 2.41, 10.39, and 1.36 microgram per cubic meter respectively. The highest average exposure to lead metal in the respirable cement particles was 15.09±4.45 µg/m^3 and the lowest mean was 8.48±3.11 µg/m^3. The highest mean chromium concentration in cement respirable particles was 2.27±1.15 µg/m^3 and the lowest mean was 1.11±0.48 µg/m^3. The highest mean concentration of cadmium in the cement respirable particles was 2.78±0.62 µg/m^3 and the lowest mean was 2.17±0.37 µg/m^3. Most workers in the various cement worksites were exposed to heavy metals less than the OEL suggested by the Iranian Occupational Health Technical Committee and the TLV recommended by the ACGIH. Due to the toxicity of lead metal, the grade 3 risk was considered for this metal. According to the E / OEL ratio, the exposure rate (ER) for all parts of the plant was 1, and since the concentration of this metal in all parts of the cement plant was less than the OEL designed by the Iranian Occupational Health Technical Committee and the TLV recommended by the ACGIH. The risk score for all parts of the plant was 1.73, and finally the risk score for lead in all parts of the plant was low. Due to the toxicity level of chromium metal, the hazard rate (HR) for this metal was considered 5. According to the E / OEL ratio, the exposure rate (ER) for all parts of the plant was obtained 1and since the concentration of this metal in all parts of the cement plant is less than the OEL designed by the Iranian Occupational Health Technical Committee and the TLV recommended by the ACGIH, the risk score was 2.23 in all parts of the plant. And the risk rating for chromium metal was low in all parts of the plant. Due to the toxicity level of cadmium metal the (HR) was considered 4 for this metal. Risk score was obtained in all parts of factory number 2 and as a result the risk rating for cadmium metal in all parts of factory was low. Since all workers in a section are exposed to cement respirable particles and therefore exposed to lead, chromium and cadmium metal elements in these particles are different. The risk of exposure to workers exposed to the highest concentrations of the studied metals in the three sections of kiln, blending, and Cement mill was calculated separately. The results showed that workers exposed to cadmium and lead metals were in the medium risk exposure kiln and blending worksites, respectively and workers exposed to chrome metal working in the cement mill were also at low risk.

Conclusion: According to the present study, concentrations of chromium, cadmium and lead in the respirable cement particles were lower than the exposure limit set by the Occupational Health Technical Committee of Iran (OEL) and (TLV) recommended by the ACGIH. Exposure to lead, chromium and cadmium elements in cement respirable particles were at a low risk rates for all worksites of the plant However, some workers in the kiln silo and milling materials that exposed to higher particle concentrations containing cadmium and lead had an average risk rate. Therefore, engineering and management control strategies for heavy metal exposure in those sectors are recommended to reduce the risk and prevent injury to these workers.

Conflicts of interest: None
Funding: Mazandaran University of Medical Sciences

How to cite this article:

Pouransari M, Mohammadyan M, Mohammadpour R. Risk assessment of occupational exposure to heavy metals (lead, chromium, cadmium) in cement respirable particles in a cement factory. Iran Occupational Health. 2020 (13 May);17:9.

*This work is published under CC BY-NC-SA 3.0 licence

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

سلامت کار ایران
دوره ۱۷ – ۹/۱۳۹۹
مقاله پژوهشی
http://ioh.iums.ac.ir

ارزیابی ریسک مواجهه شغلی با فلزات سنگین (سرب،کروم،کادمیوم) موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان

میلاد پورانصاری: کارشناس ارشد، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
محمود محمدیان: (* نویسنده مسئول) دکترای تخصصی آلودگی هوا، استاد، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
mohammadyan@yahoo.com
رضا علی محمد پور تهمتن: دکترای تخصصی آمار زیستی، دانشیار، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: مواجهه با فلزات سنگین موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان منجر به عوارضی در کارگران مواجهه یافته می‌شود. گسترش روز افزون صنایع و پراکندگی ذرات قابل استنشاق حاوی فلزات سنگین در هوای محیط کار باعث شده است که نیروی کار مواجهه ی بیشتری با این فلزات در صنایع مختلف داشته باشد و این قضیه تبدیل به یک مشکل اساسی در صنایع مختلف از جمله صنعت سیمان شده است. این مطالعه با هدف ارزیابی ریسک مواجهه شغلی کارگران با فلزات سنگین (سرب، کروم و کادمیوم) موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان در یک کارخانه تولید سیمان انجام شد.

روش بررسی: در این مطالعه غلظت ذرات قابل استنشاق در هوای منطقه تنفسی ۷۰ نفر از کارگران کارخانه سیمان که در مراحل مختلف تولید کار می کردند مورد ارزیابی قرار گرفت. نمونه برداری از ذرات قابل استنشاق براساس روش استاندارد شماره ۶۰۰۰ ارائه شده توسط سازمان NIOSH با استفاده از پمپ نمونه بردار فردی با دبی ۲/۵ لیتر بر دقیقه و یک فیلتر از جنس PVC با قطر ۳۷ میلی متر قرار گرفته در داخل یک سیکلون آلومینیومی انجام شد. برای تعیین میزان مواجهه کارگران با فلزات سنگین (سرب، کروم وکادمیوم) موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان برساس روش استاندارد شماره ۱۲۱ ارائه شده توسط سازمان OSHA عمل شد. به منظور ارزیابی ریسک بهداشتی فلزات سنگین موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان از روش ارائه شده توسط انستیتو ایمنی و بهداشت شغلی سنگاپور استفاده گردید. در نهایت سطح ریسک برای مواجهه فلزات سنگین موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان به دست آمد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که میانگین غلظت عناصر فلزی در ذرات قابل استنشاق سیمان به ترتیب برای کادمیوم، سرب و کروم ($\mu g/m^3$ ۲/۴۱، ۱۰/۳۹ و ۱/۳۶) می‌باشد. بیشترین میانگین مواجهه با عنصر فلزی سرب در ذرات قابل استنشاق سیمان در بخش سیلوی کلینکر برگشتی $\mu g/m^3$ ۴/۴۵±۱۵/۰۹و کمترین میانگین مربوط به بخش آسیاب سیمان $\mu g/m^3$ ۳/۱۱±۸/۴۸ بود. بیشترین میانگین غلظت فلز کروم در ذرات قابل استنشاق سیمان در بخش آسیاب سیمان $\mu g/m^3$ ۱/۱۵±۲/۲۷ و کمترین میانگین مربوط به بخش کوره و گریت کولر $\mu g/m^3$ ۰/۴۸±۱/۱۱ بود. بیشترین میانگین غلظت فلز کادمیوم موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان در بخش سیلوی کلینکر برگشتی $\mu g/m^3$ ۰/۶۲±۲/۷۸ و کمترین میانگین مربوط به بخش بارگیرخانه $\mu g/m^3$ ۰/۳۷±۲/۱۷ بود. اغلب کارگران شاغل در بخش های مختلف تولید سیمان با فلزات سنگین موجود در گرد و غبار کمتر از OEL تعیین شده توسط کمیته فنی بهداشت حرفه ای ایران و TLV توصیه شده توسط ACGIH مواجهه دارند. ارزیابی ریسک مواجهه کارگران قسمت‌های مختلف تولید سیمان نشان داد که سطح ریسک در همه بخش‌ها در حد کم تا متوسط می‌باشد.

نتیجه‌گیری: مواجهه با فلزات سرب، کروم و کادمیوم موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان برای تمامی بخش‌های کارخانه در رتبه ریسک کم طبقه‌بندی می‌شود. ولی در برخی از کارگران مشغول به کار در بخش سیلوی کلینکر برگشتی و آسیاب مواد که با غلظت‌های بالاتری از فلزات کادمیوم و سرب مواجهه داشتند رتبه ریسک متوسط برآورد شد، به همین دلیل راهکارهای کنترل مهندسی و مدیریتی مواجهه با فلزات سنگین در این بخش‌ها پیشنهاد می‌گردد.

تعارض منافع: *گزارش نشده است.*
منبع حمایت کننده: *پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مازندران*

کلیدواژه‌ها
ارزیابی ریسک شیمیایی،
فلزات سنگین،
مواجهه شغلی،
ذرات قابل استنشاق سیمان

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۰۳
تاریخ چاپ: ۹۹/۰۲/۲۴

شیوه استناد به این مقاله:
Pouransari M, Mohammadyan M, Mohammadpour R. Risk assessment of occupational exposure to heavy metals (lead, chromium, cadmium) in cement respirable particles in a cement factory. Iran Occupational Health. 2020 (13 May);17:9.

***انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 3.0 صورت گرفته است**

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

مقدمه

افراد در زندگی روزمره و به خصوص در محیط کار خود با مواد شیمیایی مختلفی مواجهه دارند (۱). برخی از این مواد شیمیایی دارای خطرهای بهداشتی بالقوه زیادی برای سلامتی بوده و مواجهه با آنها می‌تواند اثرات مضر مختلفی بر روی سلامتی کارگران داشته باشد. اثرات بهداشتی ناشی از مواجهه با این مواد شیمیایی بصورت حاد یا مزمن، سیستمیک یا موضعی و برگشت پذیر یا غیر قابل برگشت بروز می‌کند (۲). در صنعت سیمان عوامل زیان آور شیمیایی و محیطی زیادی وجود دارند که برای سلامتی شاغلین خطرناک هستند (۳). مطالعات مختلف نشان داده است که گرد و غبار قابل استنشاق سیمان داری فلزات مختلفی از قبیل کروم، کادمیوم و سرب می باشد. این فلزات اثرات سوء مختلفی بر روی انسان دارند (۴). کروم موجود در سیمان می تواند باعث حساسیت های آلرژیک، درماتیت تماسی آلرژیک،سرطان ریه و مشکلات کبدی و کلیوی شود (۵، ۶). آژانس بین المللی تحقیقات بر روی سرطان IARC (International Agency For Research On Cancer) ترکیبات کروم شش ظرفیتی را به عنوان ترکیبات سرطانزای گروه یک تقسیم بندی کرده است (۷). فلز سرب به دلیل نیمه عمر بالایی که در بدن دارد می‌تواند در استخوان ها تجمع یابد همچنین بر سیستم عصبی محیطی و مرکزی اثرات سوئی دارد، نفروپاتی از اثرات منفی سرب بر کلیه‌ها می‌باشد (۸-۱۰). فلز سرب توسط آژانس بین المللی سرطان جزء سرطانزای گروه ۲ب دسته بندی شده است (۷). مطالعات مختلف نشان داده است که کادمیوم می تواند در بدن تجمع یابدو بر ارگان‌های حیاتی بدن اثر منفی بگذارد (۱۱). کادمیوم برای اسپرم سمی است و می تواند باعث اختلال در سیستم تولید مثل شود (۱۲، ۱۳). کادمیوم توسط آژانس بین المللی سرطان جزء سرطانزای گروه یک دسته‌بندی شده است (۷). مطالعات اخیر کاهش ظرفیت‌های ریوی، بروز سرطان حنجره و سرطان معده را در کارگران صنعت سیمان گزارش کرده اند (۱۴، ۱۵). ارزیابی ریسک که مکانیسمی را برای بررسی اطلاعات مرتبط با تخمین پیامدهای بهداشتی و زیست محیطی ارائه می دهد، از سال ۱۹۷۰ به طور گسترده‌ای مورد توجه کارشناسان قرار گرفته است (۱۶، ۱۷). ارزیابی ریسک اطلاعات علمی را در مورد خواص خطرناک مواد سمی و میزان مواجهه ی با این مواد در جمعیت مورد مواجهه را با هم ترکیب می‌کند و در نهایت میزان خطر را ارزیابی می‌کند (۱۸). برای تصمیم گیری در مورد اقدامات کنترلی و حفاظت کارکنان در برابر عوارض سوء ناشی از مواد شیمیایی، لازم است ریسک های بهداشتی ناشی از مواجهه با این مواد به طور اختصاصی مورد ارزیابی قرار گیرد (۱۹، ۲۰). از آنجایی که کارگران زیادی در صنعت تولید سیمان و صنایعی که در آن‌ها سیمان مصرف زیادی دارد مشغول به کار هستند و عوامل زیان آور زیادی سلامتی کارگران کارخانه تولید سیمان را تهدید می کند، هدف از این مطالعه ارزیابی ریسک نیمه کمی مواجهه با فلزات سنگین (سرب،کروم،کادمیوم) موجود در ذرات قابل استنشاق در یک کارخانه سیمان درکشور ایران است.

روش کار

روش نمونه برداری: در این مطالعه ۷۰ نفر به صورت سرشماری از بخش‌های مختلف کارخانه (بارگیرخانه، آسیاب سیمان، کوره و گریت کولر، سیلوی کلینکر برگشتی، آسیاب مواد، سالن خاک و معدن و سنگ شکن) به عنوان نمونه انتخاب شدند. نمونه‌گیری از ذرات قابل استنشاق سیمان در هوای سرد و گرم و در طی ۳ ماه (از اسفند ۱۳۹۵ تا اردیبهشت ۱۳۹۶) از بخش های بارگیرخانه (۲۴ نمونه)، آسیاب سیمان (۱۲ نمونه)، کوره و گریت کولر (۸ نمونه)، سیلوی کلینکر برگشتی (۲ نمونه)، آسیاب مواد (۸ نمونه)، سالن خاک (۴ نمونه) و معدن و سنگ شکن (۱۲ نمونه) انجام شد. برای نمونه برداری از ذرات قابل استنشاق از روش استاندارد شماره 0600 ارائه شده توسط انستتوی ملی بهداشت و ایمنی شغلی آمریکا NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) و برای جمع آوری نمونه ها از پمپ نمونه بردار فردی SKC ساخت کشورانگلستان و نمونه بردار سیکلونی آلومینیومی (مدل SKC Aluminum Cyclone ساخت کشور انگلستان) با هواگذر ۲,۵ لیتر بر دقیقه و برای جداسازی بخش ذرات قابل استنشاق و تعیین وزنی ذرات از یک فیلتر غشایی از جنس PVC با قطر ۳۷ میلیمتری و با پورسایز ۲ میکرون استفاده شد.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

قبل از نمونه برداری فیلترها بـه مـدت ۲۴ سـاعت در دسیکاتور قرار گرفتند و سـپس توسـط تـرازوی (مـدل Sartorius ME5 ساخت کشـور آلمـان) بـا دقـت یـک میکروگرم وزن شدند. برای ثابـت نگـه داشـتن دبـی در طول مدت نمونه برداری از اریفیس بحرانی استفاده شد. نمونه برداری فـردی بصـورت پیوسـته و در طـول یـک شیفت کاری ادامه داشت. برای حذف خطاهـای نمونـه برداری به ازای هر سری نمونه از یک عدد فیلتـر شـاهد استفاده شد (۲۱). اطلاعات لازم برای ارزیابی نمونه ها و همچنین سایر اطلاعات محیطـی در ارتبـاط بـا غلظـت ذرات در پرسشنامه‌ای که برای همین کار طراحی شـده بود ثبت و داده‌ها با استفاده از نـرم افـزار SPSS نسـخه ۲۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

روش آماده سـازی و آنـالیز نمونـه هـا: بـرای تعیـین غلظت فلزات (سـرب، کـروم و کـادمیوم) در ذرات قابـل استنشاق سیمان از روش اسـتاندارد شـماره ۱۲۱ ارائـه شده توسط سـازمان بهداشـت و ایمنـی شـغلی آمریکـا OSHA(Occupational Safety and Health Administration) استفاده شد. فیلتر از کاسـت خـارج شده و داخل یک بشر ۵۰ میلی لیتـری قـرار داده شـد. سپس به وسیله ی پیپت ۵ میلـی لیتـر اسـید نیتریـک غلـیظ (cas number=۲-۳۷-۷۶۹۷) (سـاخت شـرکت مرک کشور آلمان) بـه آن اضـافه شـد. بشـر روی هـات پلیت موجود در زیر هود بـا دمـای ۱۰۰C° انتقـال داده شد تا زمانی که حجم اسید به یک میلـی لیتـر کـاهش پیدا کرد سپس دو میلی لیتر اسید پرکلریک غلیظ (cas number=3-90-7601) (ساخت شرکت مرک آلمان) بـه آن اضافه شد تا حجم اسید به یک میلـی لیتـر رسـید و فیلتر هضم شد و تا زمانی که فلزات موجـود در آن وارد فاز محلول شوند جوشاندن ادامه یافـت. محلـول بـا آب دیونیزه تا اندازه کمترین حد تشخیص (LOD) دستگاه جـذب اتمـی (FAAS Model VARIAN 240FS) (ساخت کشور آمریکا) رقیق شد. حجـم محلـول رقیـق شده نهایی برای هر فلـز (FV_{factor}) بـرای فلـزات مـورد مطالعه کمتر از ۵۰۰ میلی لیتر به دسـت آمـد. محلـول نهایی برای هر فلز ۲ میلی لیتر بدست آمد که به داخـل فالکون ۱۵ میلی لیتری انتقال داده شد. بـرای سـه فلـز کروم، کادمیوم و سرب مجموعا ۲۱۰ نمونه و ۲۷ شـاهد آماده شد و به دستگاه جـذب اتمـی-شـعله‌ای (FAAS) منتقل شد. سپس با اندازه گیری میزان جـذب نمونـه و مقایسه با منحنی کالیبراسیون(که بـا اسـتفاده از نمونـه های اسـتاندارد بـا غلظـت مشـخص بـه دسـت آمـد) و استفاده از قانون بیرلامبرت، میزان عناصر فلزی موجـود در نمونه مجهول بدست آمد (۲۲).

ارزیابی ریسک: پس از تعیین غلظت هر یک از فلـزات (سـرب، کـروم و کـادمیوم) در ذرات قابـل استنشـاق سیمان، برای ارزیـابی ریسـک مواجهـه از روش ارزیـابی ریسک نیمه کمی مواد شـیمیایی توصـیه شـده توسـط دپارتمان بهداشت حرفه‌ای سنگاپور استفاده شـد (۱۹). ارزیابی ریسک در ۴ مرحله ی تعیین درجـه خطـر HR (Hazard Rate)، تعیـین درجـه مواجهـه Exposure (Rate)، تعیین نمـره ریسـک(Risk) R و تعیـین رتبـه ریسک (Risk Rating) RR انجام شد.

درجه خطر با توجه به اثرات سمی هر کدام از فلـزات (سرب و کروم و کادمیوم) طبق جدول شماره ۱ بدسـت آمد. برای تعیین درجه ی مواجهه ابتدا متوسط وزنـی - زمانی مواجهه E در هر یـک از بخـش هـای کارخانـه و برای هر کدام از فلزات (سرب، کروم و کـادمیوم) طبـق رابطه ی شماره ۱ بدست آورده شد.

$$E = \frac{F.D.M}{W} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در آن F تعداد مواجهه در هفته که در این مطالعـه ۶ روز بودو D متوسط زمان در هـر مواجهـه کـه بـه طـور متوسط روزانه ۸ ساعت بود، M میـزان غلظـت مواجهـه برای هر یک از فلزات بر حسب مایکروگرم بر متر مکعب و W متوسط زمان کاری در هفته است که با توجـه بـه استاندارد تماس ۴۰ ساعت کار در هفته در نظـر گرفتـه شد. در مرحله بعـد، از تقسـیم متوسـط وزنـی – زمـانی هفتگی بر مقادیر مواجهـه مجـاز (E/OEL) کـه توسـط کمیته فنی بهداشت حرفه ای ایران برای فلـزات سـرب، کـروم و کـادمیوم بـه ترتیـب (۵۰۰،۵۰۰ و ۱۰ $\mu g/m^3$) تعیین شده است (۲۳). با اسـتفاده از جـدول شـماره ۲ میزان درجـه مواجهـه (ER) بـرای هـر کـدام از فلـزات (سـرب و کـروم و کـادمیوم) موجـود در ذرات قابـل استنشاق سیمان در هر بخش از کارخانـه بدسـت آمـد. پس از محاسبه درجه مواجهه و درجه خطر، نمره ریسک با توجـه بـه فرمـول $Risk =(HR\times ER)^{1/2}$ (۱۹). بـرای کارگران شاغل در هر بخش از کارخانـه محاسـبه شـد و در نهایت رتبه ی ریسک (RR) تعیـین شـد. در نهایـت

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

جدول ۱- تعیین درجه خطر از طریق اثرات سمی یا عوارض زیان آور شیمیایی (۱۹).

درجه خطر	توصیف اثرات مواد شیمیایی در تقسیم بندی مخاطرات مواد شیمیایی
۱	- موادی که هیچ گونه اثرات بهداشتی شناخته شده ای ندارند و به عنوان مواد سمی یا زیان آور طبقه بندی نشده‌اند. - موادی که سازمان ACGIH آن ها را در طبقه A5 سرطان‌زاها قرار داده است.
۲	- موادی که اثر برگشت پذیر روی پوست، چشم و غشای مخاطی دارند ولی اثراتشان آنقدر شدید نیست که بتواند اختلال جدی بر انسان ایجاد نماید. - موادی که سازمان ACGIH آن‌ها را در طبقه A4 سرطانزاها قرار داده است. - موادی که سبب ایجاد حساسیت و تحریک در پوست می‌شوند.
۳	- موادی که احتمالا برای انسان یا حیوان سرطانزا یا موتاژن هستند ولی اطلاعات کافی در این مورد وجود ندارد. - موادی که سازمان ACGIH آن ها را در طبقه A3 سرطان‌زاها قرار داده است. - موادی که سازمان IARC آن‌ها را در گروه B2 قرار داده است. - مواد خورنده (3>PH>5 یا 9>PH>12) و مواد حساس کننده دستگاه تنفسی و ....
۴	- موادی که امکان سرطانزایی، موتاژن (جهش ژنی)، تراتوزن (ناقص الخلقه زایی) آن‌ها بر طبق مطالعات انجام شده روی حیوانات بیشتر از دسته قبلی است. - موادی که سازمان ACGIH آن ها را در طبقه A2 سرطانزاها قرار داده است. گروه A2 در طبقه بندی IARC . - مواد سمی خیلی خورنده (2>PH>0 یا 14>PH>11.5).
۵	- موادی که اثر سرطانزایی، موتاژنی (ایجاد جهش ژنی) و تراتوژنی (ناقص الخلقه زایی) آن ها شناخته شده است. - موادی که سازمان ACGIH آن ها را در طبقه A1 سرطانزاها قرار داده است گروه ۱ در طبقه بندی IARC. - مواد شیمیایی خیلی سمی.

جدول ۲- تعیین درجه مواجهه ER و رتبه ریسک(RR) (۱۹).

رتبه ریسک(RR)	نمره ریسک(R)	درجه مواجهه(ER)	E/OEL
ناچیز	۰-۱/۷	۱	<۰/۱
کم	۱/۷-۲/۸	۲	۰/۱-۰/۵
متوسط	۲/۸-۳/۵	۳	۰/۵-۱/۰
زیاد	۳/۵-۴/۵	۴	۱/۰-۲/۰
خیلی زیاد	۴/۵-۵	۵	۲/۰≥

پس از مشخص شدن نمره ریسک رتبه بندی ریسک با توجه به جدول شماره ۲ صورت گرفت (۱۹).

یافته‌ها

از کل ۲۵۰ نفر پرسنل مشغول به کار در این کارخانه ۷۰ نفر در فرایند تولید سیمان به کار مشغول بودند و به طور مستقیم با ذرات آلاینده هوا در مواجهه بودند. سایر کارکنان در بقیه قسمت‌های کارخانه مانند بخش اداری، خدمات و نقلیه مشغول به کار بودند. میانگین سنی کارگران مواجهه یافته با گردوغبار سیمان ۳۶/۳±۶/۸ سال و سابقه کار آن‌ها ۸/۲±۳/۱ سال بود.

غلظت فلزات سرب،کروم و کادمیوم موجود در ذرات قابل استنشاق در منطقه تنفسی کارگران شاغل در بخش‌های مختلف کارخانه سیمان در جدول شماره ۳ آورده شده است. بیشترین تعداد کارگران مواجهه یافته در بخش بارگیرخانه و کمترین تعداد آن‌ها در بخش سیلوی کلینکر برگشتی به کار مشغول بودند. بیشترین میانگین مواجهه با عنصر فلزی سرب در ذرات قابل استنشاق سیمان در بخش سیلوی کلینکر برگشتی ۱۵/۰۹±۴/۴۵ $\mu g/m^3$ و کمترین میانگین مربوط به بخش آسیاب سیمان ۳/۱۱ $\mu g/m^3$ ±۸/۴۸ بود. بیشترین میانگین غلظت فلز کروم در ذرات قابل استنشاق سیمان در بخش آسیاب سیمان $\mu g/m^3$ ۲/۲۷±۱/۱۵ و کمترین میانگین مربوط به بخش کوره و گریت کولر $\mu g/m^3$ ۱/۱۱ ±۰/۴۸ بود. بیشترین میانگین غلظت فلز کادمیوم موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان در بخش سیلوی کلینکر برگشتی ۲/۷۸±۰/۶۲ $\mu g/m^3$ و کمترین میانگین مربوط به

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

جدول ۳- غلظت فلزات سرب، کروم و کادمیوم موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان در منطقه تنفسی کارگران در بخش‌های مختلف کارخانه سیمان

بخش کارخانه	فلزات	تعداد کارگران	میانگین غلظت ($\mu g/m^3$)	انحراف معیار ($\mu g/m^3$)
بارگیرخانه	سرب	۲۴	۱۰/۱۶	۲/۸۸
	کروم	۲۴	۱/۱۶	۰/۳۳
	کادمیوم	۲۴	۲/۱۷	۰/۳۷
آسیاب سیمان	سرب	۱۲	۸/۸۴	۳/۱۱
	کروم	۱۲	۲/۲۷	۱/۱۵
	کادمیوم	۱۲	۲/۴۲	۰/۳۰
آسیاب مواد	سرب	۸	۱۱/۵۶	۷/۸۲
	کروم	۸	۱/۲۶	۰/۶۳
	کادمیوم	۸	۲/۶۱	۰/۳۵
کوره و گریت کولر	سرب	۸	۹/۵۰	۴/۶۵
	کروم	۸	۱/۱۱	۰/۴۸
	کادمیوم	۸	۲/۴۲	۰/۰۶
سیلوی کلینکر برگشتی	سرب	۲	۱۵/۰۹	۴/۴۵
	کروم	۲	۱/۳۰	۰/۰۵
	کادمیوم	۲	۲/۷۸	۰/۶۲
سنگ شکن و معدن	سرب	۱۲	۱۲/۲۲	۵/۲۴
	کروم	۱۲	۱/۱۷	۰/۲۳
	کادمیوم	۱۲	۲/۵۸	۰/۴۰
سالن خاک	سرب	۴	۹/۹۵	۲/۰۶
	کروم	۴	۱/۱۲	۰/۳۰
	کادمیوم	۴	۲/۷۷	۰/۱۷
کل	سرب	۷۰	۱۰/۳۹	۴/۴۵
	کروم	۷۰	۱/۳۶	۰/۷۰
	کادمیوم	۷۰	۲/۴۱	۰/۳۸

بخش بارگیرخانه $\mu g/m^3$ ۰/۳۷±۲/۱۷ بود.

جدول شماره ۴ نتایج ارزیابی ریسک در بخش های مختلف کارخانه ی سیمان برای فلز سرب را نشان می دهد. با توجه به میزان سمیت فلز سرب درجه خطر برای این فلز عدد ۳ در نظر گرفته شد. با توجه به نسبت E/OEL درجه ی مواجهه (ER) برای تمامی بخش‌های کارخانه عدد ۱ به دست آمد و از آنجایی که غلظت این فلز در تمام بخش های کارخانه سیمان کمتر از حدود مجاز مواجهه توصیه شده توسط کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای کشور ایران OEL(Occupational Exposure Limit) و همچنین TLV سازمان ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienists) می‌باشد نمره ریسک (R) در تمامی بخش‌های کارخانه عدد ۱/۷۳بدست آمد و رتبه ریسک برای تمامی بخش‌های کارخانه کم به دست آمد.

جدول شماره ۵ نتایج ارزیابی ریسک در بخش‌های مختلف کارخانه ی سیمان برای فلز کروم را نشان می‌دهد. با توجه به میزان سمیت فلز کروم درجه خطر (HR) برای این فلز عدد ۵ در نظر گرفته شد. با توجه به نسبت E/OEL درجه ی مواجهه (ER) برای تمامی بخش های کارخانه عدد ۱ به دست آمد و از آنجایی که غلظت این فلز در تمام بخش های مختلف کارخانه سیمان کمتر از حدود مجاز مواجهه توصیه شده توسط کمیته ی فنی بهداشت حرفه ای کشور ایران (OEL) و همچنین TLV سازمان ACGIH می باشد نمره ریسک (R) در تمامی بخش‌های کارخانه عدد ۲/۲۳ بدست آمد و رتبه ریسک برای تمامی بخش های کارخانه کم به دست آمد.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

جدول ٤- نتایج ارزیابی ریسک فلز سرب موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان در بخش‌های مختلف کارخانه سیمان

بخش کارخانه	درجه خطر (HR)	متوسط وزنی – زمانی هفتگی مواجهه (E)	E/OEL	درجه مواجهه (ER)	نمره ریسک (R)	طبقه‌بندی ریسک (RR)
بارگیرخانه	۳	۱۲/۱۹۲	۰/۲۴۳۸۴	۱	۱/۷۳	کم
آسیاب سیمان	۳	۱۰/۱۷۶	۰/۲۰۳۵۲	۱	۱/۷۳	کم
آسیاب مواد	۳	۱۳/۸۷۲	۰/۲۷۷۴۴	۱	۱/۷۳	کم
کوره و گریت کولر	۳	۱۱/۴۰	۰/۲۲۸	۱	۱/۷۳	کم
سیلوی کلینکر برگشتی	۳	۱۸/۱۰۸	۰/۳۶۲۱۶	۱	۱/۷۳	کم
سنگ شکن و معدن	۳	۱۴/۶۶۴	۰/۲۹۳۲۸	۱	۱/۷۳	کم
سالن خاک	۳	۱۱/۹۴	۰/۲۳۸۸	۱	۱/۷۳	کم

جدول ٥- نتایج ارزیابی ریسک فلز کروم موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان در بخش‌های مختلف کارخانه سیمان

بخش کارخانه	درجه خطر (HR)	متوسط وزنی – زمانی هفتگی مواجهه (E)	E/OEL	درجه مواجهه (ER)	نمره ریسک (R)	طبقه‌بندی ریسک (RR)
بارگیرخانه	۵	۱/۳۹۲	۰/۰۰۲۷۸۴	۱	۲/۲۳	کم
آسیاب سیمان	۵	۲/۷۲۴	۰/۰۰۵۴۴۸	۱	۲/۲۳	کم
آسیاب مواد	۵	۱/۵۱۲	۰/۰۰۳۰۲۴	۱	۲/۲۳	کم
کوره و گریت کولر	۵	۱/۳۳۲	۰/۰۰۲۶۶۴	۱	۲/۲۳	کم
سیلوی کلینکر برگشتی	۵	۱/۵۶	۰/۰۰۳۱۲	۱	۲/۲۳	کم
سنگ شکن و معدن	۵	۱/۴۰۴	۰/۰۰۲۸۰۸	۱	۲/۲۳	کم
سالن خاک	۵	۱/۳۴۴	۰/۰۰۲۶۸۸	۱	۲/۲۳	کم

جدول ٦- نتایج ارزیابی ریسک فلز کادمیوم موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان در بخش‌های مختلف کارخانه سیمان

بخش کارخانه	درجه خطر (HR)	متوسط وزنی – زمانی هفتگی مواجهه (E)	E/OEL	درجه مواجهه (ER)	نمره ریسک (R)	طبقه‌بندی ریسک (RR)
بارگیرخانه	۴	۲/۶۰۴	۰/۲۶۰۴	۱	۲	کم
آسیاب سیمان	۴	۲/۹۰۴	۰/۲۹۰۴	۱	۲	کم
آسیاب مواد	۴	۳/۱۳۲	۰/۳۱۳۲	۱	۲	کم
کوره و گریت کولر	۴	۲/۹۰۴	۰/۲۹۰۴	۱	۲	کم
سیلوی کلینکر برگشتی	۴	۳/۳۳۶	۰/۳۳۳۶	۱	۲	کم
سنگ شکن و معدن	۴	۳/۰۹۶	۰/۳۰۹۶	۱	۲	کم
سالن خاک	۴	۳/۳۲۴	۰/۳۳۲۴	۱	۲	کم

جدول شماره ۶ نتایج ارزیابی ریسک در بخش‌های مختلف کارخانه سیمان برای فلز کادمیوم را نشان می‌دهد. با توجه به میزان سمیت فلز کادمیوم درجه خطر (HR) برای این فلز عدد ۴ در نظر گرفته شد. با توجه به نسبت E/OEL درجه ی مواجهه (ER) برای تمامی بخش های کارخانه عدد ۱ به دست آمد و از آنجایی که غلظت این فلز در تمام بخش‌های مختلف کارخانه سیمان کمتر از حدود مجاز مواجهه توصیه شده توسط کمیته ی فنی بهداشت حرفه‌ای کشور ایران (OEL) و همچنین TLV سازمان ACGIH می‌باشد نمره ریسک (R) در تمامی بخش‌های کارخانه عدد ۲ بدست آمد و در نتیجه رتبه ریسک برای تمامی بخش‌های کارخانه کم به دست آمد.

از آنجا که مواجهه همه کارگران شاغل در یک بخش با ذرات قابل استنشاق سیمان و در نتیجه مواجهه آنان با عناصر فلزی سرب، کروم و کادمیوم متفاوت می‌باشد، ریسک مواجهه کارگرانی که در معرض بیشترین غلظت فلزات مورد مطالعه در سه کارگاه کلینکر برگشتی، آسیاب مواد و آسیاب سیمان بودند بصورت جداگانه محاسبه و در جدول شماره ۷ خلاصه شد. نتایج نشان داد که کارگران مواجهه یافته با کادمیوم و سرب به ترتیب در کارگاه های کلینکر برگشتی و آسیاب مواد در

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

جدول ۷- نتایج ارزیابی ریسک کارگری که بیشترین مواجهه را با هر کدام از فلزات کادمیوم ،سرب و کروم داشت در بخش‌های مختلف کارخانه سیمان

نام فلز	غلظت ($\mu g/m^3$)	بخش کارخانه	درجه خطر (HR)	متوسط وزنی- زمانی هفتگی مواجهه (E)	E/OEL	درجه مواجهه (ER)	نمره ریسک (R)	طبقه‌بندی ریسک (RR)
کادمیوم	۳/۲۳	کلینکر برگشتی	۴	۳/۸۷۶	۰/۳۸۷۶	۲	۲/۸۲	متوسط
سرب	۲۸/۱۲	آسیاب مواد	۳	۳۳/۷۴۴	۰/۶۷۴۸۸	۳	۳	متوسط
کروم	۴/۵۹	آسیاب سیمان	۵	۵/۴۹۶	۰/۰۱۰۹۹۲	۱	۲/۲۳	کم

مواجهه با ریسک متوسط هستند و کارگر شاغل در مواجهه با کروم در بخش آسیاب سیمان نیز در ریسک متوسط قرار می گیرد.

بحث

هدف از این مطالعه بررسی غلظت فلزات سنگین (سرب، کروم و کادمیوم) موجود در ذرات قابل استنشاق در یک کارخانه ی سیمان و ارزیابی ریسک نیمه کمی به روش ارائه شده توسط دپارتمان بهداشت حرفه‌ای سنگاپور برای مواجهه با این فلزات در ذرات قابل استنشاق سیمان در بخش های مختلف یک کارخانه سیمان بود. استاندارد مواجهه با فلزات کادمیوم، سرب و کروم بر طبق استاندارد OEL کشور ایران و همچنین TLV سازمان ACGIH به ترتیب ۱۰، ۵۰ و ۵۰۰ $\mu g/m^3$ می باشد. در مطالعه ی حاضر میانگین غلظت فلزات در ذرات قابل استنشاق سیمان به ترتیب برای کادمیوم، سرب و کروم (۲/۴۱، ۱۰/۳۹ و ۱/۳۶) $\mu g/m^3$ اندازه گیری شد که تمامی آن ها از حد مجاز توصیه شده توسط کمیته فنی بهداشت حرفه ای کشور ایران (OEL) و همچنین TLV سازمان ACGIH کمتر بود (۲۳، ۲۴). در پژوهشی که توسط گبادبو و همکاران در سال ۲۰۰۷ در یک کارخانه ی سیمان در جنوب غربی نیجریه انجام شد میزان مواجهه با فلزات کروم، سرب و کادمیوم (به ترتیب ۲۳۸۰، ۴۹۰ و ۲۸۰ $\mu g/m^3$ هوا) گزارش شد که این نتیجه بیشتر از نتایج حاصل از مطالعه حاضر بود (۴). در مطالعه ای که توسط حضرتی و همکاران در سال ۱۳۹۴ در کشور ایران بر روی ارزیابی کروم شش ظرفیتی در هوای تنفسی و نمونه خون کارگران در یک کارخانه سیمان انجام شد، میزان کروم شش ظرفیتی در هوای تنفسی در قسمت آسیاب مواد، سنگ شکن و پری هیتر($\mu g/m^3$۰/۱۸) در بخش بارگیرخانه (۱۷/۴۷) و در قسمت تعمیر کوره (۸۶/۵۹) $\mu g/m^3$ هوا برآورد شد که نتایج مطالعه ی حاضر برای فلز کروم در قسمت آسیاب مواد و سنگ شکن بیشتر از مطالعه حضرتی و همکاران برآورد شد و در قسمت های بارگیرخانه و کوره و گریت کولر مقادیر کمتری نسبت به مطالعه ی حضرتی و همکاران بدست آمد (۲۵). در مطالعه ای که توسط هوی لینگ ما و همکاران (۲۰۰۸) بر روی اندازه گیری میزان فلز کروم موجود در ذرات هوابرد در مناطق صنعتی هنگ کنگ انجام شد چنین نتیجه گیری شد که میانگین غلظت فلز کروم موجود در ذرات هوابرد ۰/۰۱۳۲ $\mu g/m^3$ برآورد شد که نسبت به مطاله ی حاضر بسیار کمتر می باشد (۲۶).

در مطالعه‌ای که توسط منیرشاه و همکاران (۲۰۰۴) در کشور پاکستان بر روی تعیین غلظت فلز سرب در ذرات هوابرد انجام شد نتیجه اندازه گیری در دو ایستگاه مختلف نشان داد که که میانگین غلظت فلز سرب در ذرات هوابرد ۰/۱۸۵ و ۰/۵۰۵ $\mu g/m^3$ می‌باشد که نتایج اندازه گیری در هر دو ایستگاه کمتر از مطالعه حاضر می‌باشد (۲۷). بالاترین میزان فلز سرب مربوط به کارگری در بخش آسیاب مواد ۲۸/۱۲$\mu g/m^3$ و کمترین مواجهه ی فردی با این فلز در بخش آسیاب سیمان $\mu g/m^3$ ۲/۹۶ مشاهده شد. بیشترین مواجهه ی فردی با فلز کروم در بخش آسیاب سیمان $\mu g/m^3$ ۴/۵۹ و کمترین مواجهه فردی با این فلز در بخش کوره و گریت کولر $\mu g/m^3$ ۰/۰۷ اندازه‌گیری شد. بیشترین مواجهه فردی با فلز کادمیوم در بخش سیلوی کلینکر برگشتی $\mu g/m^3$ ۳/۳۲ و کمترین مواجهه فردی مربوط به بارگیرخانه $\mu g/m^3$ ۱/۶۴ بود. بیشترین غلظت فلز کادمیوم مربوط به زمانی بود که باد از سمت شمال غربی به سمت کارخانه وزیده است که احتمال تاثیر ذرات انتقالی از محیط های اطراف کارخانه بر ترکیب شیمیایی ذرات قوی تر می شود. با افزایش دما غلظت فلز کروم افزایش یافته است

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

و رطوبت اثر معکوسی بر غلظت این فلز دارد که این اتفاق می تواند به این دلیل باشد که با افزایش دما و خشکی خاک ذرات بیشتری بصورت هوابرد پراکنده می‌شوند و در نتیجه افزایش غلظت ذرات غلظت کروم در هوا نیز افزایش می یابد و طبیعتاً با افزایش رطوبت غلظت ذرات سیمان و کروم موجود در آن نیز کاهش می یابد. نتایج نشان داد که افزایش رطوبت باعث افزایش غلظت فلز سرب می‌شود که این تاثیر نیز به دلیل تاثیر در غلظت کل ذرات سیمان و ذرات انتقالی توسط باد از اطراف کارخانه می تواند باشد احتمالا یکی از دلایل آن می‌تواند این باشد که در مواد خامی که برای تولید سیمان از معدن کارخانه تهیه می‌شوند غلظت این فلزات کم می‌باشد. یا اینکه در طی فرایند تولید و موادی که به سیمان اضافه می شود حاوی مقداری کم این فلزات در خود می‌باشد.

مطالعات مختلف نشان داده‌اند که غلظت‌های بالای عنصر کروم می‌تواند موجب آلرژی‌های تنفسی مانند آسم، سرطان ریه، مشکلات گوارشی و کبدی و نیز انواع بیماری‌های پوستی شود (۶). از اثرات سوء کادمیوم بر بدن انسان می توان به بیماری ایتای ایتای اشاره کرد (۲۸). کادمیوم همچنین می‌تواند در بدن تجمع یابد و اثرات سوء مختلفی بر ارگان‌های بدن از قبیل کبد، کلیه‌ها، شش‌ها، استخوان‌ها، جفت و سیستم اعصاب مرکزی بگذارد (۱۱). آژانس بین المللی سرطان (IARC) فلزات کروم شش ظرفیتی و همچنین کادمیوم را جزو سرطانزای گروه یک دسته بندی کرده است (۷). با توجه به موارد فوق درجه ی خطر (HR) برای مواجهه با فلزات سرب، کروم و کادمیوم در ذرات قابل استنشاق سیمان به ترتیب (۳ و ۴ و ۵) در نظر گرفته شد. با اینکه درجه ی خطر برای فلزات کروم و کادمیوم موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان بالا بود ولی از آنجا که غلظت این دو فلز و همچنین غلظت فلز سرب موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان پایین تر از حد مجاز مواجهه تعیین شده توسط کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای کشور ایران (OEL) و هم چنین TLV سازمان ACGIH بود، میزان ضریب مواجهه (ER) و در نتیجه نمره ریسک (R) مقدار پایینی به دست آمد که باعث شد رتبه ریسک (RR) مواجهه با هر سه فلز سرب، کروم و کادمیوم موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان برای تمامی بخش ها ی کارخانه در رتبه کم طبقه بندی شود. کارگران کارخانه سیمان به دلیل غلظت کمتر از حد مجاز مواجهه شغلی با فلزات سنگین سرب، کروم و کادمیوم موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان در معرض ریسک به میزان کم هستند. اگرچه خطر مواجهه با فلزات سنگین سرب، کروم و کادمیوم موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان برای کارگران بخش‌های مختلف کم می باشد ولی باید توجه داشت که برخی از کارگران مشغول به کار در بخش سیلوی کلینکر برگشتی و آسیاب مواد در مواجهه بیشتری با فلزات کادمیوم و سرب نسبت به دیگر قسمت‌های کارخانه بودند به طوری که رتبه ریسک برای این افراد متوسط برآورد گردید.

مطالعات مختلفی بر روی ارزیابی ریسک مواد شیمیایی گوناگون در صنعت انجام شده است، در مطالعه ای که توسط دهقانی و همکاران در سال ۲۰۱۸ بر روی ارزیابی ریسک ترکیبات فرار منتشره از واحد کک در یک کارخانه تولید فولاد در کشور ایران انجام شد چنین نتیجه گیری شد که ریسک سرطانزایی و غیرسرطانزایی سی روزه مواجهه شغلی با بنزن در تمام بخش‌های مورد مطالعه بیشتر از حد توصیه شده توسط کمیته ی فنی بهداشت حرفه ای کشور ایران بود همچنین مواجهه با تولوئن در بخش تصفیه ی بنزول دارای ریسک بالایی بود (۲۹) در مطالعه ی دیگری که توسط دهقانی و همکاران در سال ۲۰۱۷ با عنوان ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با ترکیبات فرار BTEX در واحد رنگ یک صنعت خودروسازی به روش EPA در کشور ایران انجام شد، نتایج نشان داد که ریسک سرطان شغلی برای ترکیبات بنزن و اتیل بنزن در کلیه ی بخش های اندازه گیری شده بالا می باشد. همچنین ریسک غیر سرطانزایی نیز برای بنزن در کلیه بخش‌های اندازه‌گیری شده بسیار بالا می‌باشد. ریسک غیر سرطان زایی برای زایلن در بخش‌های کابین رنگ و پیش رنگ بالا بود که عمده ریسک بهداشتی کارگران واحد رنگ مربوط به ترکیبات بنزن و زایلن بود (۳۰) در مطالعه‌ای که توسط امیدی و همکاران در سال ۲۰۱۸ با عنوان ارزیابی ریسک سرطان زایی و غیر سرطان زایی مواجهه با ترکیبات آلی فرار (BTEX) با استفاده از تکنیک شبیه سازی مونت کارلو در یک صنعت فولاد در کشور ایران انجام شد، ریسک بالای سرطان زایی بنزن در واحدهای انرژی و بیوشیمی، تصفیه بنزول و

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

کـوره آزمایشـی را نشـان داد (۳۱). در مطالعـه‌ای کـه توسط جهـانگیری و همکـاران در سـال ۲۰۱۱ بـر روی ارزیابی ریسک مواجهه با عوامل زیـان آور شـیمیایی در یک صنعت پتروشیمی انجام گرفت چنین نتیجه گیـری شد که مواجهه با دو ماده شیمیایی اپی کلروهیـدرین و اسید سولفوریک در این صـنعت از درجـه خطـر بـالایی برخوردار می باشد (۳۲).

در مطالعه‌ای که توسط ملکـوتی و همکـاران در سـال ۲۰۱۴ بر روی ارزیابی ریسک مواجهه با مواد شـیمیایی خطرنـــــاک در آزمایشگاه‌های مراکز آموزشی درمانی دانشگاه علوم پزشکی شـهر قم صـورت گرفـت بـه ایـن نتیجه رسیدند که ۶۷/ ۲۶ درصد از آزمایشگاه‌های مورد مطالعه از ریسک قابل توجهی برخوردارند (۳۳).

در مطالعه‌ای که توسط موسوی و همکـاران در سـال ۲۰۱۹ با عنوان ارزیابی ریسک نیمه کمی مواجهه شغلی کارگران محوطه واحد پساب صنعتی در یـک پالایشـگاه نفت با آلاینـده هـای شـیمیایی صـورت گرفـت چنـین نتیجه گیری شد که کارگران پساب صـنعتی پالایشـگاه نفت آبادان دارای سطح ریسک مواجهه خیلی بـالایی بـا آلاینده‌های شیمیایی می باشند (۳۴).

در مطالعه ای که توسط فلاح زاده و همکاران در سال ۲۰۱۸ بر روی ارزیابی ریسک میزان کروم در منـابع آب زیرزمینی با روش مونت کارلو در کشور ایران انجام شد، نتایج ریسک بالای غیر سـرطان زایـی فلـز کـروم را در کودکان و نوجوانان نشان داد همچنین نتیجه گیری شد که ریسک سرطانزایی برای مواجهه با فلز کروم از طریق پوست و نوشیدن بالا می‌باشد (۳۵).

در مطالعه‌ای که توسـط اسـتینر و همکـاران در سـال ۱۹۹۲ بر روی ریسک ابتلا به سرطان ریـه در کـارگران صنعت ذوب کادمیوم در کشـور ایـالات متحـده صـورت گرفت چنین نتیجه‌گیری شد که ریسک ابتلا به سرطان ریه در غلظت‌های حدود مجاز مواجهه با کادمیوم ۵۰ تا ۱۱۱ مورد به ازای هر هزار نفر می باشد که در مقایسـه با مطالعه حاضر از میزان ریسک بسیار بالاتری برخوردار می‌باشد (۳۶). در مطالعه ی دیگری که توسط فضـلی و همکاران در سال ۲۰۱۷ بـر روی ارزیـابی ریسـک غیـر سرطانزای شغلی در کارگران صـنعت آبکـاری در کشـور ایران صورت گرفت چنین نتیجه گیری شد که با اینکـه میزان مواجهه با کروم شش ظرفیتی در کارگران شـاغل در این صنعت پایین تر از حدود مجاز مواجهه بـود ولـی میزان سطح ریسک غیر سرطانزایی بالاتر از میزان قابل قبـول بـود (۳۷). در مطالعـه ای کـه توسـط هـرمن و همکاران در سال ۲۰۰۰ بر روی ارزیابی ریسک سـرطان ریه در کارگران در صنعت تولید کروم در کشور ایـالات متحده صورت گرفت چنین نتیجه‌گیـری شـد کـه بـین مواجهـه ی طـولانی مـدت بـا کـروم شـش ظرفیتـی و سرطان ریه رابطه ی قویی وجود دارد (۳۸). در مطالعـه ای که توسط جنید و همکاران در سـال ۲۰۱۷ بـر روی ارزیابی ریسک ابتلا به سرطان در صنعت چرم در کشـور پاکستان انجام شد چنین نتیجه گیری شد کـه ریسـک ابتلا به سرطان ریه در مواجهه با کـروم شـش ظرفیتـی نسبت به فلز کادمیوم دارای ریسک بسیار بیشتری مـی باشد (۳۹). در مطالعه‌ای که توسط آناک و همکـاران در سـال ۲۰۱۷ بـر روی ارزیـابی ریسـک فلـزات سـنگین موجود در ذرات قابل تنفس در یک منطقـه ی صـنعتی در کشور نیجریه انجام شد که فلـزات کـروم و کـادمیوم در مقایسه با دیگر فلزات دارای ریسـک بیشـتری بـرای ابتلا به سرطان ریه در مواجهه ی طـولانی مـدت دارنـد که میزان ریسک ابتلا به سرطان بـرای دو فلـز کـروم و کادمیوم در این مطالعه بیشتر از مطالعه حاضر می‌باشـد (۴۰).

نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعه حاضر غلظت فلزات کروم، کادمیوم و سرب موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان پایین تر از حد مجاز مواجهه تعیـین شـده توسـط کمیتـه فنـی بهداشت حرفـه ای کشـور ایـران (OEL) و هـم چنـین TLV سازمان ACGIH بـود و در نتیجـه رتبـه ریسـک (RR) مواجهه با هر سه فلـز سـرب، کـروم و کـادمیوم موجود در ذرات قابل استنشـاق سـیمان بـرای تمـامی بخـش‌هـای کارخانـه در رتبـه کـم طبقـه بنـدی شـد. همچنین به دلیل مواجهه بیشـتر برخـی از کـارگران بـا فلزات کادمیوم و سرب در بخـش‌هـای سـیلوی کلینکـر برگشتی و آسیاب مواد، رتبه ریسک برای ایـن کـارگران میزان متوسط برآورد گردید.

بنابراین می تـوان مـوارد زیـر را جهـت کـاهش رتبـه ریسک این کارگران انجام داد:

۱- مـدت زمـان مواجهـه کـارگران بـا ذرات قابـل استنشاق و در نتیجه فلزات سنگین موجود در آنها را بـا ارائه روش‌های مدیریتی مناسب کاهش داد.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

۲- از سیستم تهویه مناسب و کارآمد استفاده شود و قسمت‌های فرسوده سیستم تعویض یا تعمیر شود.

۳-استفاده از وسایل حفاظت فردی مناسب.

۴- از به کارگیری کارگرانی که دارای حساسیت و و مشکلات تنفسی هستند در بخش‌های سیلوی کلینکر برگشتی و همچنین آسیاب مواد جلوگیری شود.

با توجه به محدودیت‌های مطالعه حاضر توصیه می‌شود محققین در مطالعات آتی خود به بررسی تعداد بیشتری از کارخانجات کشور بپردازند، همچنین تعداد نمونه و کارگران مورد مطالعه را نیز افزایش دهند. توصیه می‌شود از دستگاه‌های جدیدتر و دقیق‌تر مانند ICP (Inductively Coupled Plasma) برای آنالیز نمونه‌ها استفاده شود همچنین برای فلز کروم به بررسی ظرفیت‌های دیگر این فلز مانند شش ظرفیتی نیز بپردازند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان مراتب قدردانی خود را از همکاری صمیمانه مدیر عامل محترم کارخانه سیمان، معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی مازندران که هزینه اجرای این مطالعه را تقبل نمودند اعلام می‌نمایند، مقاله مورد نظر با کد ۲۷۱۰ (IR.MAZUMS.REC.96) مورد تایید کمیته اخلاق قرار گرفت.

References

1. Schenk L, Hansson SO, Rudan C, Gilek M. Occupational exposure limits: A comparative study. Regul Toxicol Pharmacol. 2008;50(2):261-70.

2. Herber RFM, Duffus JH, Christensen JM, Olsen E, Park MV. Risk assessment for occupational exposure to chemicals. A review of current methodology. Pure Appl Chem. 2001;73(6):993-1031.

3. Vestbo J, Knudsen KM, Raffn E, Korsgaard B, Rasmussen FV. Exposure to cement dust at a Portland cement factory and the risk of cancer. Br J Indust Med. 1991;48(12):803-7.

4. Gbadebo A, Bankole O. Analysis of potentially toxic metals in airborne cement dust around Sagamu, southwestern Nigeria. J Appl Sci 2007;7(1):35-40.

5. Short S, Petsonk E. Respiratory system: the variety of pneumoconioses In: Stellman JM, ed. Encyclopaedia of occupational health and safety, 4th ed Geneva: Int Labor Organiz. 1998;1:10.66-10.69.

6. Isikli B, Demir TA, Urer SM, Berber A, Akar T, Kalyoncu C. Effects of chromium exposure from a cement factory. Environ Res. 2003;91:113–118.

7. IARC. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: Arsenic, metals, fibres and dusts. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer; 2012.

8. Shokrzadeh M, Shaki F. Study of the Amount of Pb, Cd and Cr in Imported Indian Rice to Iran and Tarom rice Produced in the Province of Golestan. J Mazandaran Univ Med Sci. 2014;23(109):115123 [Persian]

9. Bellinger DC, Needleman HL, Eden AN, DonohoeMT, Canfield RL, Henderson CR, Jr, et al. Intellectual impairment and blood lead levels. N Engl J Med. 2003;349(5):500-2.

10. Sarathy A, Naidana K, Burra C. study on lead toxicity among the workers in an unorganized sector of lead-acid battery industry. Al Ameen J Med Sci. 2013;6(4):350- 354.

11. Castro-González M, Méndez-Armenta M. Heavy metals: Implications associated to fish consumption. Environmental toxicology and pharmacology. 2008;26(3):263-71.

12. Chen L, Ren W, Zhu S, Gao W, Zhou J, Jiang Y, et al. Effects of chronic cadmium loading on the testis and endocrine function of reproduction in male rats. Acta Physiol Sin. 2002;54(3):258-62.

13. Alabi N, Whanger P, Wu A. Interactive effects of organic and inorganic selenium with cadmium and mercury on spermatozoal oxygen consumption and motility in vitro. Biol Reprod. 1985;33(4):911-9.

14. Mirzaee R, Kebriaei A, Hashemi S, Sadeghi M, Shahrakipour M. Effects of exposure to Portland cement dust on lung function in Portland cement factory workers in Khash, Iran. Iran J Environ Health Sci Eng. 2008; 5(3):201-206.

15. Smailyte G, Kurtinaitis J, Andersen A. Mortality and cancer incidence among Lithuanian cement producing workers. Occup Environ Med. 2004;61(6):529-34.

16. Paustenbach DJ. Human and ecological risk assessment: Theory and practice. Hum Ecol Risk Assess. 2003;9(4):1089-90.

17. National Research Council. Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process. Washington DC: National Academy Press; 1983.

18. Roberts SM, James RC, Williams PL. Principles of toxicology: environmental and industrial applications: John Wiley & Sons; 2014.

19. OS&HD. A Semi-Quantitative Method to Assess Occupational Exposure to Harmful Chemicals. Singapor ministry of manpower; 2005 3-35.

20. Malakoti J, Rezazadeh Azari M, Farahani A. Occupational exposure risk assessment of researchers to harmful chemical agents. Journal of IRIAF Health Administration 2000;13(3,4):31-35. [Persian]

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]

Medical Sciences. Iran Occup Health J. 2014;11(2):13-25.

34. mousavi SM, Koohpaei A, hajizadeh R, yazdanirad s, moradirad r. Semi-quantitative risk assessment of occupational exposure area industrial wastewater Treatment unit in an oil refinery and chemical contaminants. Iran Occup Health J. 2019;15(6):10-20.

35. Fallahzadeh RA, Khosravi R, Dehdashti B, Ghahramani E, Omidi F, Adli A, et al. Spatial distribution variation and probabilistic risk assessment of exposure to chromium in ground water supplies; a case study in the east of Iran. Food Chem Toxicol. 2018;115:260-6.

36. Stayner L, Smith R, Thun M, Schnorr T, Lemen R. A dose-response analysis and quantitative assessment of lung cancer risk and occupational cadmium exposure. Ann Epidemiol. 1992;2(3):177-94.

37. Fazli Z, Zendedel R, Panahi D, Omidi M. Non-carcinogenic risk assessment of occupational exposure to hexavalent chromium in two. J Health Field. 2016;4(1).

38. Gibb HJ, Lees PS, Pinsky PF, Rooney BC. Lung cancer among workers in chromium chemical production. Am J Indust Med. 2000;38(2):115-26.

39. Junaid M, Hashmi MZ, Tang YM, Malik RN, Pei D-S. Potential health risk of heavy metals in the leather manufacturing industries in Sialkot, Pakistan. Sci Rep. 2017;7(1):8848.

40. Anake WU, Ana GR, Williams AB, Fred-Ahmadu OH, Benson NU, editors. Chemical Speciation and Health Risk Assessment of Fine Particulate Bound Trace Metals Emitted from Ota Industrial Estate, Nigeria. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; 2017: IOP Publishing.

21. NIOSH. NIOSH Manual of analytical method, Particulates Not Otherwise Regulated, RESPIRABLE, Method Number: 0600 . accessed on 13/10/2008 at: https://www.cdc.gov/niosh/docs/81-123/pdfs/0600.pdf.

22.https://www.osha.gov/dts/sltc/methods/inorganic/id121/id121.html.

23. Occupational exposure limits, Center for Environment and occupational Health, Ministry of Health and Medical Education, Publishers: Student Hamedan.1395.

24. The American Conference of Governmental Industrial Hygienists Threshold Limit Values (TLVs). 7, editor 2015.

25. Hazrati S, Rezazadeh Azari M, Fazlzadeh M. Evaluation of Workers Exposure to Hexavalent Chromium Compounds in a Cement Industry. J Environ Health Work. 2016;1(1):35-40. [Persian]

26. Ma HL, Tanner PA. Determination of chromium in airborne particulate matter by inductively coupled plasma dynamic reaction cell mass spectrometry. J Environ Monitor. 2008;10(10):1217-25.

27. Shah MH, Shaheen N, Jaffar M, Saqib M. Distribution of lead in relation to size of airborne particulate matter in Islamabad, Pakistan. J Environ Manag. 2004;70(2):95-100.

28. Ebrahimi Sirizi Z, Sakizadeh M, Esmaili Sari A, Bahramifar N, Ghasempouri SM, Abbasi K. Survey of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu and Zn) Contamination in Muscle tissue of Esox luciusn from Anzali International Wetland: Accumulation and Risk Assessment. J Mazandaran Uni Med Sci. 2012;22(87):57-63 [Persian]

29. Dehghani F, Omidi F, Heravizadeh O, Barati Chamgordani S, Gharibi V, Sotoudeh Manesh A. Occupational health risk assessment of volatile organic compounds emitted from the coke production unit of a steel plant. Int J Occup Saf Ergonom. 2018:1-6.

30. Dehghani F, Golbabaei F, Abolfazl Zakerian S, Omidi F, Mansournia MA. Health risk assessment of exposure to volatile organic compounds (BTEX) in a painting unit of an automotive industry. Health Saf Work. 2018; 8(1):55-64.

31. Omidi F, Fallahzadeh RA, Dehghani F, Harati B, Barati Chamgordani S, Gharibi V. Carcinogenic and non-carcinogenic risk assessment of exposure to volatile organic compounds (BTEX) using Monte-Carlo simulation technique in a steel industry. Health Saf Work. 2018;8(3):299-308.

32. Jahangiri M, Motovagheh M. Health Risk Assessment of Harmful Chemicals: Case Study in a Petrochemical Industry. Iran Occup Health J. 2011;7(4):4-0.

33. Malakouti J, Arsang jang S, Mosaferchi S, Hasely F, Azizi F, Mahdinia M. Health Risk Assessment of Occupational Exposure to Hazardous Chemicals in Laboratories of Qom University of

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-19]