بررسی مواجههٔ کارگران با سیلیس موجود در ذرات قابل استنشاق در کارخانهٔ سیمان در استان خراسان رضوی

محمود محمدیان[۱]، اکبر احمدی‌آسور[۲]، میلاد پورانصاری[۳]، رحیم اکرمی[۴]، داود سروش[۵]، سیدمهدی رضوی[۶*]

۱. مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، پژوهشکدهٔ اعتیاد، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۲. دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران
گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۳. کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران
۴. دانشجوی دکتری اپیدمیولوژی، گروه آمار و اپیدمیولوژی دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۵. متخصص پزشکی قانونی، استادیار دانشگاه علوم پزشکی سبزوار
۶. کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۱۴

چکیده

زمینه و هدف مواجههٔ کارگران با ذرات هوابرد سیمان که حاوی ذرات سیلیس آزاد کریستالی ا ست، به بیماری های جدی مانند سیلیکوزیس منجر می‌شود. این مطالعه با هدف ارزیابی غلظت سیلیس موجود در گردوغبار قابل استنشاق در منطقهٔ تنفسی کارگران شاغل در کارخانهٔ سیمان در استان خراسان رضوی انجام شد.

مواد و روش‌ها غلظت سیلیس موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان هوای منطقهٔ تنفسی ۴۲ نفر از کارگران بخش‌های مختلف کارخانهٔ سیمان در استان خراسان رضوی در سال ۱۳۹۶ ارزیابی شد. نمونه‌برداری از ذرات قابل استنشاق براساس روش استاندارد MDHS101/2 توصیه‌شده توسط انستیتوی ملی بهداشت و ایمنی کار و با استفاده از پمپ نمونه‌بردار فردی، سیکلون و فیلتر انجام شد. فیلترها به‌وسیلهٔ ترازو با دقت یک میکرون وزن و برای تعیین مقدار سیلیس موجود در آن با روش پراش‌سنج پودری پرتو ایکس (XRD) آنالیز شد.

یافته‌ها میانگین مواجههٔ کارگران با ذرات قابل استنشاق سیمان ۴/۰۹ ± ۳/۷۵ میلی‌گرم بر مترمکعب و متوسط غلظت سیلیس موجود در ذرات قابل استنشاق در همهٔ بخش‌های نمونه‌برداری‌شده ۰/۳۰ ± ۰/۱۲ میلی‌گرم بر مترمکعب بود. به‌طور متوسط در ۶۹ درصد از کارگران، مواجهه با گردوغبار سیلیس بیش از حد مواجههٔ شغلی بود. بیشترین متوسط غلظت ذرات سیلیس در بخش سنگ‌شکن ۰/۵۴ میلی‌گرم بر مترمکعب و کمترین میانگین در بخش آسیاب مواد ۰/۰۳ میلی‌گرم بر مترمکعب مشاهده شد.

نتیجه‌گیری مواجههٔ اکثر کارگران کارخانهٔ سیمان خراسان رضوی با ذرات قابل استنشاق سیمان و سیلیس موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان از حدود مجاز توصیه‌شدهٔ ملی و بین‌المللی بالاتر بود. افزایش دمای هوا بر غلظت سیلیس موجود در ذرات قابل استنشاق تأثیر داشت.

کلیدواژه‌ها:
آلودگی هوا، صنعت سیمان، ذرات قابل استنشاق سیمان، ذرات قابل استنشاق سیلیس، مواجههٔ کارگران.

* **نویسندهٔ مسئول: سیدمهدی رضوی**
نشانی: گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای معاونت بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار

تلفن: ۰۹۱۵۹۷۱۷۷۵۱
رایانه: razavi_seyedmehdi@yahoo.com
شناسه ORCID: 0000-0002-0568-3715
شناسه ORCID نویسندهٔ اول: 0000-0003-1830-6545

مجلهٔ علمی ـ پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، دورهٔ ۲۷، شمارهٔ ۱، فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۹، ص ۷۲-۶۵
آدرس سایت: http://jsums.medsab.ac.ir رایانامه: journal@medsab.ac.ir
شاپای چاپی: ۷۴۸۷-۱۶۰۶

۱. مقدمه

همگام با پیشرفت صنایع در کشورهای درحال توسعه، آلودگی هوای محیط کار تهدیدی جدی برای سلامت عمومی شاغلان قلمداد می‌شود و از این رو در زمرهٔ مسائل مهم بهداشتی قرار گرفته است. [۱] سیمان پرتلند که به‌طور معمول با نام سیمان شناخته می‌شود، پودری است به رنگ سبز تیره و نرم و بسیار ریز و حاوی ذراتی با اندازهٔ دانه‌های کلینکر ۵ـ۲۰میلی‌متر که از حرارت دادن سنگ آهک حاوی کلسیم، سیلیس، آهن، آلومینیوم و خاک رس تولید می‌شود. مقادیر بسیار کم اکسید منگنز، سدیم، پتاسیم و سولفور نیز در سیمان یافت می‌شود. [۲] با توجه به ماهیت صنعت سیمان، عوامل محیطی زیادی سلامتی شاغلان را تهدید می‌کند که از مهم‌ترین این عوامل سیلیس موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان است. [۳] با توجه به شرایط فیزیکی مختلف، سیلیس کریستالی به سه شکل کوارتز، کریستوبالیت و تریدیمیت در طبیعت وجود دارد که فراوان ترین شکل آن کوارتز است که در سیمان نیز وجود دارد. [۴]

به‌دلیل نوع فرایند کاری در صنعت سیمان، کارگران با غلظت بالایی از سیلیس کریستالی مواجه‌اند [۵ـ۶]؛ به‌طوری که استنشاق سیلیس کریستالی یکی از متداول ترین مواجهه‌های شغلی در جهان است. [۷] انجمن متخصصان بهداشت صنعتی امریکا (ACGIH) سیلیس کریستالی را در گروه سرطان‌زای A۲ (مشکوک به سرطان زایی در انسان) طبقه‌بندی می‌کند. [۸] اما آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC, 1997) با کسب شواهد کافی درخصوص سرطان‌زایی سیلیس کریستالی (کوارتز و کریستوبالیت) در انسان، آن را سرطان‌زای گروه ۱ اعلام کرده است. [۹] در ایران حد مجاز مواجههٔ شغلی با سیلیس توسط کمیتهٔ کشوری تدوین گردید و حدود مجاز مواجههٔ شغلی OEL تعیین و در گروه A۲ تقسیم شد. [۱۰]

مطالعاتی که رابطهٔ بین میزان مواجهه با گردوغبار کلی سیمان و نشانه‌های حاد تنفسی در بین کارگران کارخانهٔ سیمان را بررسی کرده‌اند، اذعان دارند که گردوغبار سیمان باعث بیماری‌های حاد ریوی می‌شود. در طول شیفت کاری که مواجهه با گردوغبار در کارگران صنعت سیمان افزایش می‌یابد، میزان جریان هوای حداکثر بازدمی PEF یا به‌عبارتی میزان جریان هوای بازدم کاهش می‌یابد. بیشترین میزان شیوع علائم تنفسی در کارگران در معرض غلظت بالای گردوغبار سیمان، گرفتگی بینی و پس از آن تنگی نفس و عطسه است. [۱۱ـ۱۲] مطابق نتایج برخی پژوهش‌ها، بیشینهٔ میانگین غلظت سیلیس آزاد در منطقهٔ تنفسی کارگر در تمام ایستگاه‌های کارخانهٔ سیمان خوزستان، اردبیل و دورود و ایستگاه‌های آسیاب مواد سنگ‌شکن و کورهٔ کارخانهٔ سیمان ساوه [۱۳ـ۱۶] بیشتر از حدود مجاز مواجههٔ شغلی است.

با بهبود شرایط کاری و کنترل گردوغبار، میزان بروز سیلیکوزیس در کشورهای توسعه‌یافته کاهش یافته؛ ولی در کشورهای درحال توسعه تماس با آئروسل‌های سیلیس کریستالی قابل تنفس هنوز یک معضل بهداشتی است. [۷، ۱۷] صنعت سیمان حدوداً ۲ درصد از اشتغال کل کشور را به خود اختصاص داده و همچنین ۳/۳ درصد از ارزش افزودهٔ کل صنعت متعلق به سیمان است. با توجه به اهمیت فراوان سلامت نیروی کار به‌عنوان نیروی مولد جامعه و همچنین یافته‌های اخیر مبنی بر تأثیر مواجههٔ شغلی با گردوغبار سیمان در سلامت کارگران در صنعت تولید سیمان و مشاغل مشابهی که از سیمان به‌وفور استفاده می‌کنند و از آنجا که دی‌اکسید سیلیسیم (SiO_2) یکی از افزودنی‌های اصلی برای تولید سیمان بوده و کیفیت هوای استنشاقی نقش اساسی در سلامتی و کیفیت عرضهٔ خدمات و رضایت شغلی دارد، بنابراین هدف پژوهش حاضر تعیین میزان مواجههٔ کارگران با سیلیس موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان و مقایسهٔ آن با حدود استانداردهای جهانی و کشوری در کارخانهٔ سیمان در استان خراسان رضوی است.

۲. مواد و روش‌ها

در این صنعت، درمجموع ۳۶۰ نفر شاغل بودند که از این تعداد ۱۲۰ کارگر مستقیماً در خط تولید و بقیه در قسمت های اداری و سایر بخش‌های کارخانهٔ سیمان مشغول فعالیت بودند. در این مطالعه، ۴۲ نمونه هوای محیط کار از بخش‌های مختلف کارخانه گرفته شد که تمامی آن‌ها حائز شرایط مواجهه بودند. پس از گرفتن رضایت‌نامهٔ کتبی از کارگران، از منطقهٔ تنفسی آن‌ها نمونه‌برداری شد. نمونه گیری ذرات قابل استنشاق سیمان در هوای سرد و گرم و طی ۶ ماه (برای نشان دادن تأثیر شرایط آب‌وهوایی مختلف در نتایج مطالعه، از دی ۱۳۹۶ تا خرداد ۱۳۹۷) صورت گرفت و از هر بخش، شامل قسمت‌های بارگیرخانه،

آسیاب سیمان، کوره، پری هیتر، آسیاب مواد، سالن خاک و سنگ‌شکن، تعداد ۶ نمونه و درمجموع ۴۲ نمونه انتخاب شد. برای تعیین میزان دقیق مواجههٔ کارگران، نمونه برداری از ابتدای شیفت کار شروع شد و تا انتهای زمان کار در همان شیفت ادامه داشت. برای نمونه‌برداری از ذرات قابل استنشاق از روش استاندارد شمارهٔ MDHS101/2 سازمان انستیتوی ملی بهداشت و ایمنی کار انستیتوی ملی بهداشت و ایمنی شغلی امریکا، برای جمع‌آوری نمونه‌ها از پمپ نمونه‌بردار فردی SKC ساخت انگلستان و نمونه‌بردار سیکلونی پلاستیکی (مدل Higgins SKC Cyclone Dewell ساخت انگلستان) با هواگذر ۲/۲ لیتر بر دقیقه و برای جداسازی بخش ذرات قابل استنشاق و تعیین وزنی ذرات از فیلتری غشایی از جنس PVC با قطر ۳۷ میلی‌متری و با پورسایز ۲ میکرون استفاده شد که در منطقهٔ تنفسی نصب گردید. قبل از نمونه‌برداری، فیلترها برای مدت ۲۴ ساعت در داخل دسیکاتور قرار گرفت و خشک شد و سپس با ترازوی حساس با دقت ۱ میکروگرم (Sartorius ME5 ساخت آلمان) وزن شد. قبل از نمونه‌برداری و متصل کردن دستگاه به کارگر، عمل کالیبراسیون با فلومتر حباب صابون انجام شد. مدار نمونه برداری عبارت بود از سیکلون حاوی فیلتر وزن‌شده، اوریفیس بحرانی با دبی ۲/۲ لیتر بر دقیقه و پمپ نمونه برداری فردی با شیلنگ‌های رابط به‌هم‌متصل‌شده. نمونه برداری به‌صورت مداوم و در طول یک شیفت کاری (حدود ۴۸۰ دقیقه) ادامه داشت و در انتهای نمونه‌برداری، فیلترها با دقت و احتیاط از سیکلون خارج و در کاست قرار داده شد. برای حذف خطاهای نمونه‌برداری و آنالیز درمجموع با توجه به روش استاندارد نمونه‌برداری، ۵ فیلتر شاهد درنظر گرفته شد و تمام مراحل کار به‌جز نمونه برداری از هوا روی آن انجام شد. قبل از توزین، فیلترهای نمونه و شاهد در کاست مخصوص قرار داده شد و پس از رطوبت‌گیری در دسیکاتور، فیلترها دوباره وزن شد و تفاوت وزن اولیه و ثانویهٔ وزن ذرات قابل استنشاق ثبت گردید. به‌منظور اطمینان از صحت نمونه‌برداری، فلوی پمپ‌ها و شرایط نمونه‌برداری به‌طور مرتب کنترل می‌شد. اطلاعات لازم برای ارزیابی نمونه‌ها، ازقبیل مشخصات محل نمونه‌برداری، وزن نمونه‌ها، فلوی پمپ، دما، فشار و حجم هوای نمونه‌برداری‌شده (پس از تصحیح براساس دما و فشار استاندارد)، همچنین سایر اطلاعات لازم در فرم‌ها و پرسش‌نامه‌ای ثبت شد که برای همین کار طراحی شده بود. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Stata (نسخهٔ ۱۴) و آزمون‌های آماری من ـ ویتنی و هم‌بستگی اسپیرمن تجزیه و تحلیل شد. برای تعیین حجم هوای نمونه‌برداری شده، زمان نمونه‌برداری در دبی نمونه‌برداری ضرب شد و با توجه به تفاوت شرایط محیطی محل نمونه‌برداری از نظر دما و فشار با شرایط استاندارد (دما ۲۵ درجه سانتی‌گراد و فشار ۷۶۰ میلی‌متر جیوه) حجم هوای نمونه‌برداری‌شده با استفاده از فرمول ۱ تصحیح گردید تا حجم هوای استاندارد تعیین شود. سپس با استفاده از فرمول ۲ غلظت ذرات در هوای منطقهٔ تنفسی کارگران محاسبه شد.

فرمول ۱

$$V_{stp} = V_{measured} \times \frac{P_{bar} - P_w}{760} \times \frac{298}{273+t}$$

در رابطهٔ فوق:

Vstp = حجم هوا در شرایط استاندارد برحسب لیتر؛

Vmes = حجم هوای نمونه‌برداری برحسب لیتر؛

Pbar = فشار بارومتریک برحسب میلی‌متر جیوه؛

Pw = فشار بخار آب اشباع‌شده در دمای t برحسب میلی متر جیوه؛

t = دمای محیط برحسب درجهٔ سانتی‌گراد.

فرمول ۲

$$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3 (mg/m^3)$$

در رابطهٔ فوق:

C = غلظت ذرات قابل استنشاق سیمان در منطقهٔ تنفسی کارگران برحسب میلی‌گرم بر مترمکعب؛

W_1 و W_2 = وزن فیلترهای نمونه به‌ترتیب قبل و بعد از نمونه‌برداری برحسب میلی‌گرم؛

B_1 و B_2 = وزن فیلترهای شاهد به‌ترتیب قبل و بعد از نمونه‌برداری برحسب میلی‌گرم؛

V = حجم نمونهٔ هوا در شرایط استاندارد برحسب لیتر.

۳. یافته‌های پژوهش

براساس نتایج، از مجموع ۴۲ نمونه، برای ۶ نمونه در آنالیز با دستگاه XRD نتیجه‌ای استخراج نشد و به‌عنوان نمونه‌های ازدست‌رفته با خطای کلی درنظر گرفته شد. میانگین و انحراف معیار مواجههٔ کارگران با ذرات قابل استنشاق سیمان و سیلیس موجود در ذرات قابل استنشاق در جدول ۱ آمده است. میانگین و انحراف معیار مواجههٔ کارگران با سیلیس برابر ۰/۳۰ ± ۰/۱۲ میلی‌گرم بر مترمکعب با حداقل و حداکثر ۰ـ۱/۵ میلی‌گرم بر

مترمکعب به‌دست آمد. میانگین مواجههٔ کارگران با ذرات قابل استنشاق سیمان ۳/۷۵ میلی‌گرم بر مترمکعب بوده است که بیشترین مقدار ۱۵/۸۵ میلی‌گرم بر مترمکعب و کمترین مقدار ۰/۱۱ میلی‌گرم بر مترمکعب تعیین گردید.

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار غلظت ذرات قابل استنشاق سیمان و سیلیس در کارگران در معرض مواجهه

ذرات قابل استنشاق	تعداد	میانگین (میلی‌گرم بر مترمکعب)	انحراف معیار (میلی‌گرم بر مترمکعب)	حداقل (میلی‌گرم بر مترمکعب)	حداکثر (میلی‌گرم بر مترمکعب)
سیلیس	۳۶	۰/۱۲	۰/۳۰	۰	۱/۵
سیمان	۳۶	۳/۷۵	۴/۰۹	۰/۱۱	۱۵/۸۵

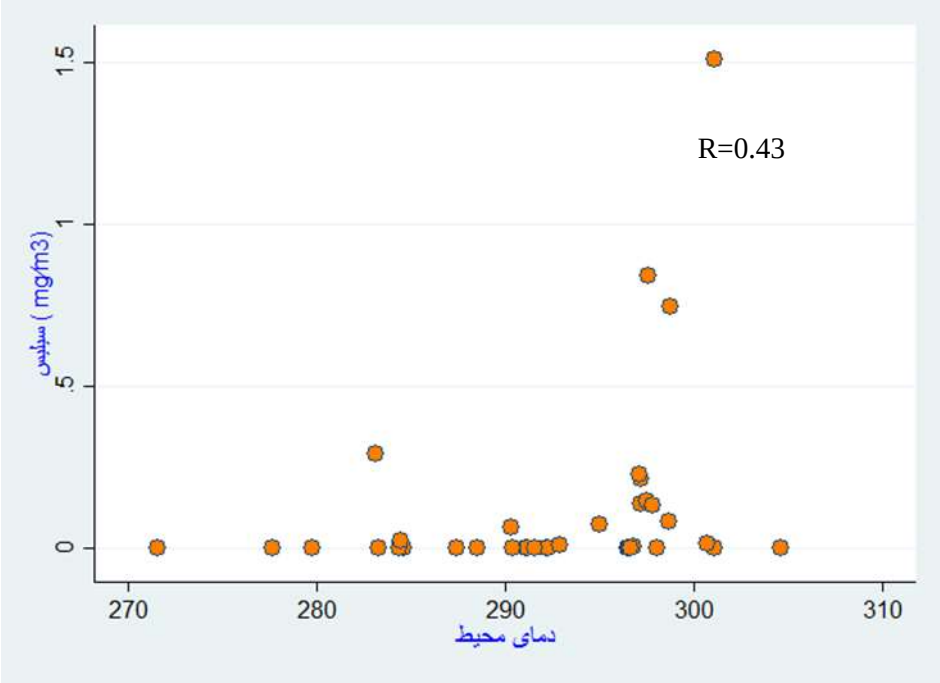
از ۳۶ نمونهٔ باقی‌مانده، ۲۶ نمونه در فصل بهار و ۱۰ نمونه در فصل زمستان گرفته شد. میانگین غلظت ذرات قابل استنشاق در فصل بهار بیشتر از فصل زمستان بود؛ به‌طوری که میانگین مواجههٔ کارگران با ذرات قابل استنشاق سیمان در فصل بهار ۴/۵۶ ± ۳/۹۱ میلی‌گرم بر مترمکعب و در فصل زمستان ۲/۶۶ ± ۳/۳۴ میلی‌گرم بر مترمکعب بود. همچنین حداکثر مواجهه با ذرات قابل استنشاق در فصل بهار ۱۵/۸۵ میلی‌گرم بر مترمکعب و حداقل آن در فصل زمستان ۰/۳۹ میلی‌گرم بر مترمکعب اندازه‌گیری شد. مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون من ـ ویتنی نشان داد که بین میانگین مواجهه با ذرات قابل استنشاق در دو فصل مورد مطالعه تفاوت معناداری وجود ندارد (p = ۰/۶۹۷). غلظت ذرات قابل استنشاق سیمان در منطقهٔ تنفسی کارگران در بخش‌های مختلف کارخانهٔ سیمان در جدول ۲ آورده شده است. بیشترین تعداد کارگرانِ درمعرض در بخش بارگیرخانه و کمترین آن ها در بخش سنگ‌شکن به کار مشغول بودند. بیشترین میانگین غلظت ذرات قابل استنشاق در بخش سنگ‌شکن با ۵/۷۰ ± ۷/۰۳ میلی‌گرم بر مترمکعب و کمترین میانگین مربوط به بخش کوره ۰/۵۴ ± ۰/۷۱ میلی‌گرم بر مترمکعب بود. مقایسهٔ میانگین غلظت ذرات در منطقهٔ تنفسی کارگران در بخش‌های مختلف کارخانهٔ سیمان با استفاده از آزمون کروسکال والیس نشان داد که بین میانگین غلظت ذرات قابل استنشاق سیمان در منطقهٔ تنفسی کارگران و بخش‌های مختلف کارخانه اختلاف معناداری وجود ندارد (p =۰/۳۹۶).

نتایج میانگین ذرات قابل استنشاق سیمان و مقایسهٔ آن با استاندارد OEL ایران و TLV توصیه‌شده توسط ACGIHنشان داد بیشترین میانگین ذرات قابل استنشاق سیمان اندازه‌گیری‌شده مربوط به واحد سنگ‌شکن با ۷/۰۳ میلی‌گرم بر مترمکعب است که ۷/۰۳برابر بیشتر از حد مجاز OEL و ACGIH (۰/۰۲۵ میلی‌گرم بر مترمکعب) است و کمترین میانگین ذرات قابل استنشاق سیمان به واحد کوره با ۰/۷۱ میلی‌گرم بر مترمکعب تعلق دارد. نتایج آمار توصیفی مواجههٔ کارگران با سیلیس موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان در دو فصل بهار و زمستان نشان داد میانگین و انحراف معیار مواجههٔ کارگران با سیلیس موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان در فصل بهار ۰/۳۴ ± ۰/۱۶ میلی‌گرم بر مترمکعب و در فصل زمستان ۰/۰۹ ± ۰/۰۳ میلی‌گرم بر مترمکعب بود. حداکثر غلظت سیلیس در ذرات قابل استنشاق سیمان در فصل بهار ۱/۵۰ میلی‌گرم بر مترمکعب و حداکثر آن در فصل زمستان ۰/۲۸ میلی‌گرم بر مترمکعب اندازه‌گیری شد. مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون من ـ ویتنی بیانگر این بود که بین میانگین مواجهه با ذرات سیلیس در دو فصل مورد مطالعه تفاوت معناداری وجود ندارد (p = ۰/۰۸۷). نتایج آمار توصیفی غلظت سیلیس موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان در منطقهٔ تنفسی کارگران در بخش های مختلف کارخانهٔ سیمان در جدول ۲ آمده است. بیشترین میانگین غلظت سیلیس در بخش سنگ‌شکن با ۰/۵۴ میلی‌گرم بر مترمکعب است. در بخش‌های آسیاب سیمان و کوره، سهم سیلیس موجود در مقدار آلایندهٔ نمونه‌برداری‌شده به‌حدی نبود که توسط دستگاه XRD شناسایی و آنالیز شود.

جدول ۲. غلظت ذرات قابل استنشاق و سیلیس موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان در منطقهٔ تنفسی کارگران در بخش‌های مختلف کارخانهٔ سیمان

بخش کارخانه	تعداد	میانگین (میلی‌گرم بر مترمکعب)		انحراف معیار (میلی‌گرم بر مترمکعب)		حداقل (میلی‌گرم بر مترمکعب)		حداکثر (میلی‌گرم بر مترمکعب)	
		سیمان	سیلیس	سیمان	سیلیس	سیمان	سیلیس	سیمان	سیلیس
بارگیرخانه	۶	۳/۳۹	۰/۰۵	۲/۷۰	۰/۱۱	۰/۷۱	۰	۷/۱۶	۰/۲۸
آسیاب سیمان	۴	۳/۲۶	–	۳/۰۱	–	۰/۳۹	–	۷/۴۱	–
آسیاب مواد	۶	۴/۱۲	۰/۰۳	۴/۳۸	۰/۰۵	۰/۱۱	۰	۱۲/۰۳	۰/۱۳
کوره	۳	۰/۷۱	–	۰/۵۴	–	۰/۳۹	–	۱/۳۵	–
پری هیتر	۵	۴/۳۸	۰/۰۸	۵/۵۲	۰/۱۱	۰/۲۴	۰	۱۱/۹۲	۰/۲۲
سنگ‌شکن	۶	۷/۰۳	۰/۵۴	۵/۷۰	۰/۵۹	۰/۴۳	۰	۱۵/۸۵	۱/۵۰
سالن خاک	۶	۱/۷۸	۰/۰۴	۲/۰۲	۰/۰۵	۰/۴۲	۰	۵/۴۳	۰/۱۳
کل	۳۶	۳/۷۵	۰/۱۲	۴/۱۰	۰/۳۰	۰/۱۲	۰	۱۵/۸۵	۱/۵۰

همچنین نتایج آزمون هم‌بستگی اسپیرمن نشان داد که بین مواجههٔ کارگران با ذرات سیلیس و دمای هوای محیط رابطهٔ معناداری وجود دارد ($p = ۰/۰۰۷$ و $R = ۰/۴۳$) (شکل ۱).



شکل ۱. رابطهٔ بین دمای هوای محیط و غلظت سیلیس کریستالی موجود در ذرات سیمان در منطقهٔ تنفسی کارگران

برپایهٔ تجریه و تحلیل نتایج، بیشترین درصد سیلیس در نمونه‌های اندازه‌گیری‌شده مربوط به سالن خاک با ۱۶/۴ درصد و بیشترین مقدار سیلیس اندازه‌گیری‌شده مربوط به واحد سنگ‌شکن با ۱/۵۰ میلی‌گرم بر مترمکعب است. مقایسهٔ میانگین غلظت ذرات در منطقهٔ تنفسی کارگران در بخش‌های مختلف کارخانه با استفاده از آزمون کروسکال والیس بیانگر این بود که بین میانگین مقدار سیلیس موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان در بخش‌های مختلف کارخانه اختلاف معناداری وجود ندارد ($p = ۰/۰۷۴$) (جدول ۳).

جدول ۳. غلظت و درصد سیلیس موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان در بخش‌های مختلف

نام بخش	بیشترین درصد سیلیس	حداکثر غلظت سیلیس (میلی‌گرم بر مترمکعب)	استاندارد OEL و TLV (میلی‌گرم بر مترمکعب)	مقایسه با استاندارد OEL و TLV (چندبرابر استاندارد)
سالن خاک	%۱۶/۴	۰/۱۳	۰/۰۲۵	۵/۲
سنگ‌شکن	%۹/۵	۱/۵۰	۰/۰۲۵	۶۰
آسیاب مواد	%۲/۶	۰/۱۳	۰/۰۲۵	۵/۲
پری هیتر	%۲/۶	۰/۲۲	۰/۰۲۵	۸/۸
بارگیرخانه	%۴/۸	۰/۲۸	۰/۰۲۵	۱۱/۲

درمورد جهت وزش باد به‌صورت استاندارد هواشناسی عمل شده و جهت وزش باد غالب در روز نمونه‌برداری مد نظر بوده است. بیشترین غلظت ذرات در زمانی است که باد از سمت جنوب غربی می‌وزید. نتایج نشان داد بین جهت وزش باد و مقدار سیلیس موجود در ذرات قابل استنشاق ارتباط معناداری وجود ندارد ($p = ۰/۹۰۶$ و $R = -۰/۰۲$).

۴. بحث و نتیجه‌گیری

سیمان ماده‌ای است که باعث تحریک پوست می‌شود و همچنین مطالعات مختلف نشان داده‌اند که مواجههٔ شغلی با سیلیس کریستالی تنفسی منجر به بیماری‌های کلیوی، سیستم ایمنی، برونشیت مزمن، آمفیزم، سیلیکوزیس و سرطان ریه می‌گردد. [۱۸] مهم‌ترین بیماری ناشی از مواجهه با سیلیس کریستالی، سیلیکوزیس است که پیشروی آن افزایش آسیب‌پذیری فرد و احتمال بروز بیماری سل را به‌همراه دارد. سیلیکوزیس یکی از قدیمی‌ترین و مهم ترین بیماری‌های ناشی از کار در جهان بوده که باوجود تلاش‌های زیاد برای پیشگیری از آن، هنوز مشکلی جهانی به‌شمار می‌رود. [۹]

نتایج این مطالعه نشان داد میزان مواجهه با گردوغبار قابل استنشاق سیمان و سهم سیلیس موجود در ذرات در اکثر کارگران این صنعت بیش از حد مواجههٔ شغلی با ذرات قابل استنشاق سیمان توصیه‌شده برای کشور ایران (کمیتهٔ فنی بهداشت حرفه‌ای ایران، OEL ویرایش چهارم) و TLV سازمان ACGIH بود. احتمالاً یکی از دلایل اصلی آن افزودن درصد بالایی از سیلیس به‌عنوان مواد اولیه و همچنین ریخت‌وپاش مواد حین نقل‌وانتقال است؛ به‌طوری که به غیر از کارگران شاغل در آن قسمت، به تعدادی کارگر برای تمیزکاری و جمع‌آوری این مواد نیاز است که این کار علاوه‌بر اینکه سبب انتشار گردوغبار و ذرات به حالت هوابرد می‌شود و میزان آلودگی هوای محیط را افزایش می‌دهد، موجب در معرض مواجهه قرار گرفتن کارگرانی نیز خواهد شد که مشغول جمع‌آوری و تمیزکاری هستند. متوسط غلظت گردوغبار سیلیس موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان در منطقهٔ تنفسی کارگران کارخانهٔ مورد مطالعه با گرم شدن هوا افزایش می‌یابد که ممکن است به‌دلیل رطوبت کمتر خاک باشد و با افزایش دما، گردوغبار بیشتری ایجاد می‌شود. میانگین مواجههٔ کارگران با ذرات قابل استنشاق سیمان ۴/۰۹ ± ۳/۷۵ میلی‌گرم بر مترمکعب بود که در مقایسه با استاندارد مواجهه با ذرات قابل استنشاق سیمان پورتلند کمیتهٔ فنی بهداشت حرفه‌ای ایران (۱ میلی گرم بر مترمکعب هوا) بیشتر است. متوسط غلظت سیلیس موجود در ذرات قابل استنشاق در تمامی بخش‌های نمونه برداری‌شده ۰/۳۰ ± ۰/۱۲ میلی‌گرم بر مترمکعب بود و به‌طور متوسط در ۶۹ درصد از کارگران، مواجهه با گردوغبار سیلیس بیش از حد مواجههٔ شغلی بود. بیشترین متوسط غلظت ذرات سیلیس در بخش سنگ‌شکن ۰/۵۴ میلی‌گرم بر مترمکعب و کمترین میانگین در بخش آسیاب مواد ۰/۰۳ میلی‌گرم بر مترمکعب مشاهده شد که در مقایسه با استاندارد مواجهه با سیلیس موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان پورتلند کمیتهٔ فنی بهداشت حرفه‌ای ایران (۰/۰۲۵ میلی‌گرم بر مترمکعب هوا) بیشتر است. درصد سیلیس درمجموع فرایندهای تولید بین ۱۶/۴-۲/۶ و میانگین آن ۴/۱۹ درصد بود که در مقایسه با درصد سیلیس به‌دست آمده در کارخانهٔ سیمان اردبیل (۲/۸۶ درصد) ۱/۵برابر بیشتر است. [۱۴] استاندارد مواجهه با سیلیس کریستالی بر طبق استاندارد OEL کشور ایران و همچنین TLV سازمان ACGIH، ۰/۰۲۵ میلی‌گرم بر مترمکعب است که در مطالعهٔ حاضر میانگین غلظت سیلیس کریستالی در ذرات قابل استنشاق سیمان ۰/۵۴۱-۰/۰۳۶ میلی‌گرم بر

مترمکعب اندازه‌گیری شد که تمامی آن‌ها از حد مجاز توصیه‌شده توسط کمیتهٔ فنی بهداشت حرفه‌ای کشور و ACGIH بیشتر بود. بیشترین میزان غلظت سیلیس کریستالی در واحد سنگ‌شکن با ۱/۵۰ میلی‌گرم بر مترمکعب بود که این نتیجه با یافته‌های تحقیق اردکانی و ساعدی [۱۶] در کارخانهٔ سیمان خوزستان و پژوهش عسکری‌پور و همکاران [۱۹] نیز مطابقت دارد.

متوسط غلظت ذرات قابل استنشاق و سهم سیلیس موجود در گردوغبار سیمان در کارخانهٔ مورد مطالعه بیش از حد استاندارد مواجههٔ تعیین‌شده در کمیتهٔ فنی بهداشت حرفه‌ای ایران است. از دلایل وجود اختلاف در میزان ذرات سیلیس در مطالعات مختلف را می‌توان به نوع و کارایی سیستم‌های پالاینده، فناوری و شرایط جوّی نسبت داد که می‌توان با به‌کار بردن کنترل‌های فنی، مهندسی و مدیریتی، اقدامات لازم را در زمینهٔ حفظ نیروی کار به‌عنوان سرمایهٔ مولد جامعه انجام داد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب قدردانی خود را از همکاری صمیمانهٔ مدیرعامل محترم کارخانهٔ سیمان، معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ـ درمانی سبزوار و معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ـ درمانی مازندران اعلام می‌کنند که هزینهٔ اجرای این پژوهش مشترک را تقبل کردند. این مقاله با کد اخلاق ۹۶۱۸۶ در دانشگاه علوم پزشکی سبزوار و کد اخلاق ۱۰۱۸۵ در دانشگاه علوم پزشکی مازندران مورد تأیید قرار گرفت.

References

[1]. Almasi A, et al. Survey of Pollutant emissions from stack of Saman cement factory of Kermanshah city from year 2011 to 2012. Journal of Health in the Field. 2013; 1(2).
[2]. Neghab M, Choubineh A. The relationship between occupational exposure to cement dust and prevalence of respiratory symptoms and disorders; 2007.
[3]. Vestbo, J., et al., Exposure to cement dust at a Portland cement factory and the risk of cancer. Occupational and Environmental Medicine. 1991; 48(12): 803-7.
[4]. Azari MR, et al. Risk assessment of workers exposed to crystalline silica aerosols in the east zone of Tehran; 2009.
[5]. Pocock D. On-tool controls to reduce exposure to respirable dusts in the construction industry. Health and Safety Executive; 2012.
[6]. Yeheyis M, et al. Exposure to Crystalline Silica Inhalation Among Construction Workers: A Probabilistic Risk Analysis. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. 2012; 18(5): 1036-50.
[7]. Beaudry C, et al. Occupational exposure to silica in construction workers: a literature-based exposure database. Journal of occupational and environmental hygiene. 2013; 10(2): 71-7.
[8]. Baron PA, et al. Health effects of occupational exposure to respirable crystalline silica; 2008.
[9]. Calvert G, et al. Occupational silica exposure and risk of various diseases: an analysis using death certificates from 27 states of the United States. Occupational and Environmental Medicine. 2003; 60(2): 122-9.
[10]. Occupational exposure limits, Center for Environment and Health, Ministry of Health and Medical Education, Publishers: Student Hamedan; 2016.
[11]. Merenu I, et al. The effect of chronic cement dust exposure on lung function of cement factory workers in Sokoto, Nigeria. African journal of biomedical research. 2007; 10 (2).
[12]. Zeleke ZK, Moen BE, Bråtveit M. Cement dust exposure and acute lung function: a cross shift study. BMC pulmonary medicine. 2010; 10(1): 19.
[13]. Faghihi-Zarandi A, Ebrahimnejad P, Eghbal Sekhavati MR. Occupational Exposure to Crystalline Silica and Its Pulmonary Effects Among Workers of a Cement Factory in Saveh, Iran; 2014.
[14]. Hazrati S, et al. Dust concentrations in an Ardabil portland cement industry. Journal of Ardabil University of Medical Sciences. 2009; 9(4): 292-8.
[15]. Nourmoradi H, et al. Investigation on the dust dispersion (PM10 and PM2. 5) by Doroud Cement Plant and study of its individual exposure rates. scientific journal of ilam university of medical sciences. 2016; 24: 64-75.
[16]. Sobhanardakani S, Saedi M. Assessment of particulate matter, free silica and toxic gases emissions from Khouzestan Cement Company. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2015; 25(125): 21-31.
[17]. Thomas CR, Kelley TR, A brief review of silicosis in the United States. Environmental health insights. 2010; 4: p. EHI. S4628.
[18]. http://www.jewelrycampaign. net/eng/index.htm.
[19]. Askaripoor T, et al. Health risk assessment of occupational exposure to crystalline silica in a tile & ceramic Industry. Occupational Medicine Quarterly Journal. 2014; 6(2): 44-53.

Workers Occupational Exposure to Free Crystal Silica of Respirable Particles in a Cement Factory in Khorasan Razavi Province

Mahmoud Mohammadyan[1], Akbar Ahmadi Asour[2], Milad Pouransari[3], Rahim Akrami[4], Davood Soroosh[5], Seyedmehdi Razavi[6]*

1. Health Sciences Research Center, Addiction Institute, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
2. School of Health Sabzevar University of Medical Science Sabzevar، Iran

Deoartment of occupational health engineering school of health Tehran university of medical science, Tehran, iran
3. Department of occupational health engineering,school of public health, gonabad university of medical sciences, gonabad, iran
4. Phd student in epidemiology department of epidemiology&biostatistice, school of public health , Tehran university of medical sciences, Tehran, iran
5. Department of forensic medicine, sabzevaar university of medical science, sabzevar, iran
6. Department of occupational health engineering, school of public health, sabzevar university of medical sciences, sabzevar, iran

Abstract

Introduction: There are many chemicals in Portland cement including crystalline Silica. Workers' exposure to cement airborne particles containing Free Crystal Silica may cause some serious diseases. This study was carried out to evaluate Free Crystal Silica particle concentration in the workers' breathing zone in a cement factory in the Khorasan Razavi province.

Materials and Methods: The concentration of free Crystal Silica of respirable cement particles was evaluated on 42 sample of workers in different sections of a cement factory in the Khorasan Razavi province in 2018. Sampling of respirable particles was conducted based on standard method of MDHS101/2 recommended by NIOSH, using a personal sampling pump, a cyclone and a filter. Filters were weighed using an accurate microbalance with one microgram precision. Filter was analyzed by XRD method for determination of free crystalline silica.

Results: The mean workers' exposure to cement respirable particles was 3.75±4.09 mg/m^3 and the average concentration of free silica in cement respirable particles was 0.12±0.3 mg/m^3 in all studied sections. On average, 69 percent of workers were exposed to free silica higher than OEL. Maximum average of exposure to free silica (0.54 mg/m^3) was observed in stone crushing section and the minimum average exposure was observed in Raw mill section (0.03 mg/m^3).

Conclusion: Workers exposure to respirable cement particles and free crystalline silica in respirable particles were higher than national and international exposure limits. There is a relationship between temperature and respirable particle concentration. Regarding high exposure of workers to free crystalline silica respirable particle concentration.

Received: 2019/01/28
Accepted: 2019/03/15

Keywords: Air pollution, Cement industry, Inhalable particles of cement, Inhalable particles of silica, Workers exposure.