

## بررسی میزان مواجهه کارگران کارخانه سیمان با ذرات قابل استنشاق در استان خراسان رضوی

محمود محمدیان<sup>۱</sup>، میلاد پورانصاری<sup>۲\*</sup>، رضا علی محمدپور تهمتن<sup>۳</sup>، سید مهدی رضوی<sup>۴</sup>، اکبر احمدی آسور<sup>۵</sup>

۱. دانشیار، دکترای تخصصی آلودگی هوا، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، پژوهشکده اعتیاد، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی مازندران، ساری، ایران
۲. کارشناس ارشد بهداشت حرفه‌ای، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی مازندران، ساری، ایران
۳. دانشیار، دکترای تخصصی آمار زیستی، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی مازندران، ساری، ایران
۴. دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی مازندران، ساری، ایران
۵. مربی، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی سبزوار، ایران

## چکیده

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۲۰  
تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۳۰

**مقدمه** با توجه به اهمیت فراوان سلامتی نیروی کار، همچنین اشتغال تعداد زیادی از کارگران کشور در صنعت سیمان، این مطالعه با هدف ارزیابی غلظت گردوغبار قابل استنشاق در منطقه تنفسی کارگران شاغل در کارخانه سیمان استان خراسان رضوی انجام شد.

**مواد و روش‌ها** در این مطالعه غلظت ذرات قابل استنشاق در هوای منطقه تنفسی ۷۰ نفر از کارگران کارخانه سیمان ارزیابی شد که در مراحل مختلف تولید کار می‌کردند. نمونه‌برداری از ذرات قابل استنشاق بر اساس روش استاندارد شماره ۰۶۰۰ سازمان NIOSH و استفاده از پمپ نمونه‌بردار فردی و سیکلون آلومینیمی و فیلتر PVC انجام شد.

**یافته‌ها** متوسط غلظت گردوغبار قابل استنشاق تمامی کارگران  $3/9 \text{ mg/m}^3$  بود و به‌طور متوسط در ۷۷ درصد از کارگران، مواجهه با گردوغبار قابل استنشاق سیمان بیش از حد مواجهه شغلی بود. بیشترین متوسط غلظت ذرات قابل استنشاق در بخش آسیاب سیمان  $3/9 \text{ mg/m}^3$  و کمترین میانگین در بخش سنگ‌شکن و معدن  $1/8 \text{ mg/m}^3$  مشاهده شد.

**نتیجه‌گیری** متوسط غلظت گردوغبار قابل استنشاق سیمان در منطقه تنفسی اکثر کارگران در دو فصل گرم و سرد از حد مجاز مواجهه کشوری بالاتر است. گرم‌شدن هوا و وزش باد از سمت نقاط کویری و خشک به افزایش غلظت ذرات قابل استنشاق در منطقه تنفسی کارگران در بخش‌های مختلف کارخانه می‌انجامد که در معرض جریان طبیعی هوا باشد.

## کلیدواژه‌ها:

آلودگی هوا، صنعت سیمان، گردوغبار قابل استنشاق، مواجهه کارگران.

\* نویسنده مسئول: میلاد پورانصاری  
نشانی:

تلفن: ۰۹۱۵۱۱۰۴۲۷۱ دورنگار:

رایانه: miladpouransari@gmail.com

شناسه ORCID: میلاد پورانصاری 0000-0002-7371-8596

محمود محمدیان 0000-0003-1830-6545

مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، دوره ۲۵، شماره ۳، مرداد و شهریور ۱۳۹۷، ص

آدرس سایت: http://jsums.medsab.ac.ir رایانامه: journal@medsab.ac.ir

شاپای چاپی: ۱۶۰۶-۷۴۸۷

## مقدمه

سیمان پودری نرم به رنگ سبز تیره است که قطر آیرودینامیکی آن بین ۰/۰۵ تا ۰/۵ میکرون متغیر است [۱]. سیمان از سیلیکات کلسیم هیدراته، اکسیدهای آلومینیم و منیزیم و آهن، سولفات کلسیم و خاک رس تهیه می‌شود. این مخلوط سپس آسیاب و با افزودن سنگ گچ در کوره و حرارت بالا تکلیس می‌شود [۲].

در صنعت سیمان عوامل محیطی زیادی سلامت شاغلان را تهدید می‌کند. از مهم‌ترین این عوامل گردوغبار و ذرات قابل استنشاق سیمان است. انتشار ذرات قابل استنشاق سیمان در نتیجه فرایندهای تولید و بسته‌بندی وارد سیستم تنفسی کارگران می‌شود و میزان سمیت و آثار زیانبار آن به نوع و ترکیب گردوغبار، اندازه ذرات، همچنین غلظت ذرات بستگی دارد [۳]. گردوغبار سیمان علاوه بر اینکه آلاینده شیمیایی زیان‌آور محیط کار محسوب می‌شود، موجب بروز مشکلاتی برای محیط‌زیست نیز می‌شود. علاوه بر آن، برای کارگران صنایع ساختمانی نیز از عوامل زیان‌آور شناخته شده است، اگرچه در بین محققان در مورد ارتباط بین بیماری‌های تنفسی و میزان گردوغبار سیمان اتفاق نظر وجود ندارد [۴، ۵].

گردوغبار سیمان ممکن است باعث ایجاد عوارض تنفسی و پوستی شود. بر اساس تحقیقات انجام شده، در ترکیب سیمان ترکیبات قلیایی نظیر آهک (اکسید کلسیم) که خورنده بافت و نسوج بدن انسان است، مقادیر بسیار اندک سیلیس بلوری که باعث از بین رفتن پوست بدن می‌شود و به شش‌های انسان آسیب وارد می‌کند و مقادیر اندکی کروم وجود دارد که موجب حساسیت‌های آلرژیکی می‌شود. کروم موجود در سیمان ممکن است باعث درماتیت تماسی آلرژیکی شود. تماس با ذرات معلق سیمان در هوا ممکن است باعث آسیب به و تحریک چشم‌ها شود. سیلیس موجود در سیمان نیز ممکن است باعث ایجاد بیماری سیلیکوزیس شود. همچنین، تنفس گردوغبار سیمان ممکن است باعث تحریک مجاری تنفسی شود [۲]. برخی مطالعات نشان داده است که علائم تنفسی و عوارض انسدادی ریه‌ها در بین کارگرانی که با گردوغبار سیمان مواجهه شغلی داشته‌اند، از شیوع بالایی برخوردار بوده است [۶].

در مطالعاتی که رابطه بین میزان مواجهه با گردوغبار کلی سیمان و نشانه‌های حاد تنفسی در بین کارگران کارخانه

سیمان بررسی شده است چنین نتیجه‌گیری شده است 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 (Peak Expiratory Flow) PEF یا به عبارتی میزان جریان هوای بازدم کاهش پیدا می‌کند. بیشترین میزان شیوع علائم تنفسی در کارگران در معرض غلظت بالای گردوغبار سیمان، گرفتگی بینی و پس از آن تنگی نفس و عطسه است [۷، ۸].

محدوده قابل استنشاق ذرات معلق در بهداشت حرفه‌ای بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی، WHO (World Health Organization) ذرات با قطر ۴ میکرون و کمتر است. حد آستانه مجاز تعیین شده توسط مجمع دولتی متخصصان بهداشت صنعتی آمریکا، ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) و حد مواجهه شغلی توصیه شده کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای کشور ایران، OEL (Occupational Exposure Limit) برای ذرات (نامحلول یا با انحلال پذیری ضعیف) که در جای دیگر مشخص نشده است PNOS (Particulates Not Otherwise Specified) برای ذرات قابل استنشاق هوابرد، کمتر از ۳ میلی گرم بر مترمکعب هوا و برای ذرات قابل تنفس، کمتر از ۱۰ میلی گرم بر مترمکعب هواست. حد مواجهه شغلی توصیه شده کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای کشور ایران برای ذرات قابل استنشاق سیمان پورتلند معادل  $1 \text{ mg/m}^3$  است [۹، ۱۰].

از آنجا که تعداد کارخانجات سیمان در کشور ما زیاد است و کشور ما یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان سیمان است و تعداد زیادی از کارگران، هم در کارخانجات سیمان و هم در صنعت ساخت‌وساز به کار مشغول‌اند که سیمان در آن مصرف زیادی دارد و این افراد در تماس با گردوغبار سیمان هستند و با توجه به اینکه کیفیت هوای استنشاقی نقش اساسی در سلامتی و کیفیت عرضه خدمات و رضایت شغلی دارد، هدف از این مطالعه تعیین میزان مواجهه کارگران با ذرات قابل استنشاق سیمان و مقایسه آن با حدود استانداردهای جهانی و کشوری در کارخانه سیمان در استان خراسان رضوی است.

## مواد و روش‌ها

در این صنعت در مجموع ۲۴۰ نفر شاغل بودند که از این تعداد ۷۰ کارگر مستقیماً در خط تولید و بقیه در قسمت‌های اداری و سایر بخش‌های کارخانه سیمان مشغول فعالیت بودند. 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 سنگ‌شکن) به عنوان نمونه انتخاب شدند. تمامی آن‌ها حائز شرایط مواجهه بودند.

پس از گرفتن رضایتنامه کتبی از آن‌ها، از منطقه تنفسی همه آن‌ها نمونه برداری شد. نمونه‌گیری ذرات قابل استنشاق سیمان در هوای سرد و گرم و طی ۳ ماه (برای نشان دادن تأثیر شرایط آب‌وهوایی مختلف در نتایج مطالعه، از اسفند ۱۳۹۵ تا اردیبهشت ۱۳۹۶) از بخش‌های 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 سنگ‌شکن (۱۲ نمونه) انجام شد.

برای تعیین میزان دقیق مواجهه کارگران، نمونه برداری از ابتدای شیفت کار شروع و تا انتهای زمان کار در همان شیفت ادامه داشت. از آنجا که تنها در شیفت صبح کارگران همه بخش‌های تولیدی فعال بودند، نمونه برداری فقط در شیفت صبح انجام شد. برای نمونه برداری از ذرات قابل استنشاق از روش استاندارد ۰۶۰۰ انستیتوی ملی بهداشت و ایمنی شغلی آمریکا و برای جمع‌آوری نمونه‌ها از پمپ نمونه بردار فردی SKC ساخت کشور انگلستان و نمونه بردار سیکلونی - آلومینیمی (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 فیلتری غشایی از جنس PVC با قطر ۳۷ میلی‌متری و با پورسایز ۲ میکرون استفاده شد که در منطقه تنفسی نصب گردید.

قبل از نمونه برداری، فیلترها برای مدت ۲۴ ساعت در داخل دسیکاتور قرار گرفت و خشک و سپس با ترازوی حساس با دقت ۱ میکروگرم (Sartorius ME5 ساخت کشور آلمان) وزن شد. قبل از نمونه برداری و متصل کردن دستگاه به کارگر، عمل کالیبراسیون با فلومتر حساب صابون انجام شد. مدار نمونه برداری عبارت بود از سیکلون حاوی فیلتر وزن‌شده،

اوریفیس بحرانی با دبی ۲/۵ لیتر بر دقیقه و پمپ نمونه برداری فردی با شیلنگ‌های رابط به هم متصل شده. نمونه برداری به صورت مداوم و در طول یک شیفت کاری (حدود ۳۶۰ دقیقه) ادامه داشت و در انتهای نمونه برداری، فیلترها با دقت احتیاط از سیکلون خارج و در کاست قرار داده شد. لازم به ذکر است که برای حذف خطاهای نمونه برداری و آنالیز در مجموع با توجه به روش استاندارد نمونه برداری ۹ فیلتر شاهد در نظر گرفته شد و تمام مراحل کار به جز 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 و تفاوت وزن اولیه و ثانویه وزن ذرات قابل استنشاق ثبت شد.

به منظور اطمینان از صحت نمونه برداری، فلوی پمپ‌ها و شرایط نمونه برداری به طور مرتب کنترل می‌شد. اطلاعات لازم برای ارزیابی نمونه‌ها از قبیل مشخصات محل نمونه برداری، وزن نمونه‌ها، فلوی پمپ، دما، فشار و حجم هوای نمونه برداری شده (پس از تصحیح بر اساس 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 SPSS و آزمون‌های من‌ویتنی و هم‌بستگی اسپیرمن تجزیه و تحلیل شد.

برای تعیین حجم هوای نمونه برداری شده، زمان نمونه برداری در دبی نمونه برداری ضرب شد و با استفاده از میانگین دمای هوا هنگام نمونه برداری و فشار هوای کارگاه تصحیحات لازم انجام شد تا حجم هوای استاندارد طبق فرمول (۱) تعیین شود.

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_s V_s}{T_s} \quad (1)$$

در رابطه فوق، P فشار هوای محیط نمونه برداری، V حجم هوای نمونه برداری، T دمای هوای محیط نمونه برداری، P<sub>s</sub> فشار هوای استاندارد (۷۶۰ میلی‌متر جیوه)، V<sub>s</sub> حجم هوای استاندارد و T<sub>s</sub> دمای هوا در شرایط استاندارد (۲۷۳ درجه کلوین) است.

در نهایت ریال طبق فرمول (۲)، غلظت ذرات در حجم هوای نمونه برداری شده و در نهایت میزان مواجهه کارگران در شرایط استاندارد تعیین شد [۱۱].

۱ آمده است. از مجموع ۷۰ نمونه گرفته شده، تعداد ۵۰ نمونه در فصل بهار و تعداد ۲۰ نمونه در فصل زمستان گرفته شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون من‌ویتنی نشان داد که بین میانگین مواجهه با ذرات قابل استنشاق در دو فصل مورد مطالعه تفاوت معناداری وجود دارد. میزان مواجهه کارگران کارخانه با ذرات قابل استنشاق سیمان در شرایط مختلف آب‌وهوایی در جدول ۲ آمده است. بیشترین میانگین ذرات قابل استنشاق در شرایط آب‌وهوایی نیمه‌ابی  $5/0 \text{ mg/m}^3$  و کمترین آن مربوط به شرایط آب‌وهوایی بارانی  $2/0 \text{ mg/m}^3$  بود. بیشینه و کمینه غلظت ذرات مربوط به نمونه‌هایی بود که در شرایط آب‌وهوای آفتابی بودند (به ترتیب  $32/4 \text{ mg/m}^3$  و  $0/2$ ).

$$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3 (\text{mg} / \text{m}^3) \quad (2)$$

در رابطه فوق، C غلظت ذرات قابل استنشاق سیمان در منطقه تنفسی کارگران،  $W_1$  و  $W_2$  وزن فیلترهای نمونه به ترتیب قبل و بعد از نمونه برداری،  $B_1$  و  $B_2$  وزن فیلترهای شاهد به ترتیب قبل و بعد از نمونه برداری و V حجم نمونه هوا در شرایط استاندارد است.

### یافته‌ها

بر اساس نتایج به دست آمده، میانگین سنی شاغلان ۳۶/۳ سال و سابقه کار آن‌ها ۸ سال بوده است. میزان مواجهه کارگران با ذرات قابل استنشاق سیمان در دو فصل مورد مطالعه در جدول

جدول ۱. میزان مواجهه کارگران با ذرات قابل استنشاق سیمان در دو فصل مورد مطالعه

فصل	تعداد	میانگین ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	انحراف معیار ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	حداقل ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	حداکثر ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
بهار	۵۰	۴/۷	۱/۴	۰/۳	۳۲/۴
زمستان	۲۰	۱/۹	۵/۶	۰/۲	۴/۹
کل	۷۰	۳/۹	۴/۹	۰/۲	۳۲/۴

جدول ۲. میزان مواجهه کارگران با ذرات قابل استنشاق سیمان در شرایط مختلف آب‌وهوایی

شرایط آب‌وهوایی	تعداد	میانگین ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	انحراف معیار ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	حداقل ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	حداکثر ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
آفتابی	۳۱	۴/۰	۶/۴	۰/۲	۳۲/۴
نیمه‌ابی	۱۵	۵/۰	۴/۷	۰/۵	۱۵/۳
ابری	۱۸	۳/۵	۲/۴	۰/۷	۹/۱
بارانی	۶	۲/۰	۲/۹	۰/۴	۷/۹
کل	۷۰	۳/۹	۴/۹	۰/۲	۳۲/۴

فردی با ذرات قابل استنشاق سیمان مربوط به کارگران بخش آسیاب سیمان و کمترین مواجهه فردی کارگران در بخش سالن خاک (به ترتیب  $3/32 \text{ mg/m}^3$  و  $2/0$ ) اندازه‌گیری شد. میانگین غلظت ذرات قابل استنشاق در بخش‌های مختلف کارخانه در فصل گرم بیش از فصل سرد بود. مقایسه میانگین غلظت ذرات در منطقه تنفسی کارگران در بخش‌های مختلف کارخانه سیمان با استفاده از آزمون من‌ویتنی نشان داد که بین میانگین غلظت ذرات قابل استنشاق سیمان در منطقه تنفسی کارگران اختلاف معناداری وجود دارد ( $p < 0/01$ ).

غلظت ذرات قابل استنشاق سیمان در منطقه تنفسی کارگران در بخش‌های مختلف کارخانه سیمان به تفکیک نمونه برداری در دو شرایط آب‌وهوایی گرم و سرد در جدول ۳ آمده است.

بیشترین تعداد کارگران مواجهه یافته در بخش بارگیرخانه و کمترین تعداد آن‌ها در بخش سیلوی کلینکر برگشتی به کار مشغول بودند. بیشترین میانگین غلظت ذرات قابل استنشاق در بخش آسیاب سیمان  $9/39 \text{ mg/m}^3$  و کمترین میانگین مربوط به بخش سنگ‌شکن و معدن  $1/8 \text{ mg/m}^3$  بود. بیشترین مواجهه

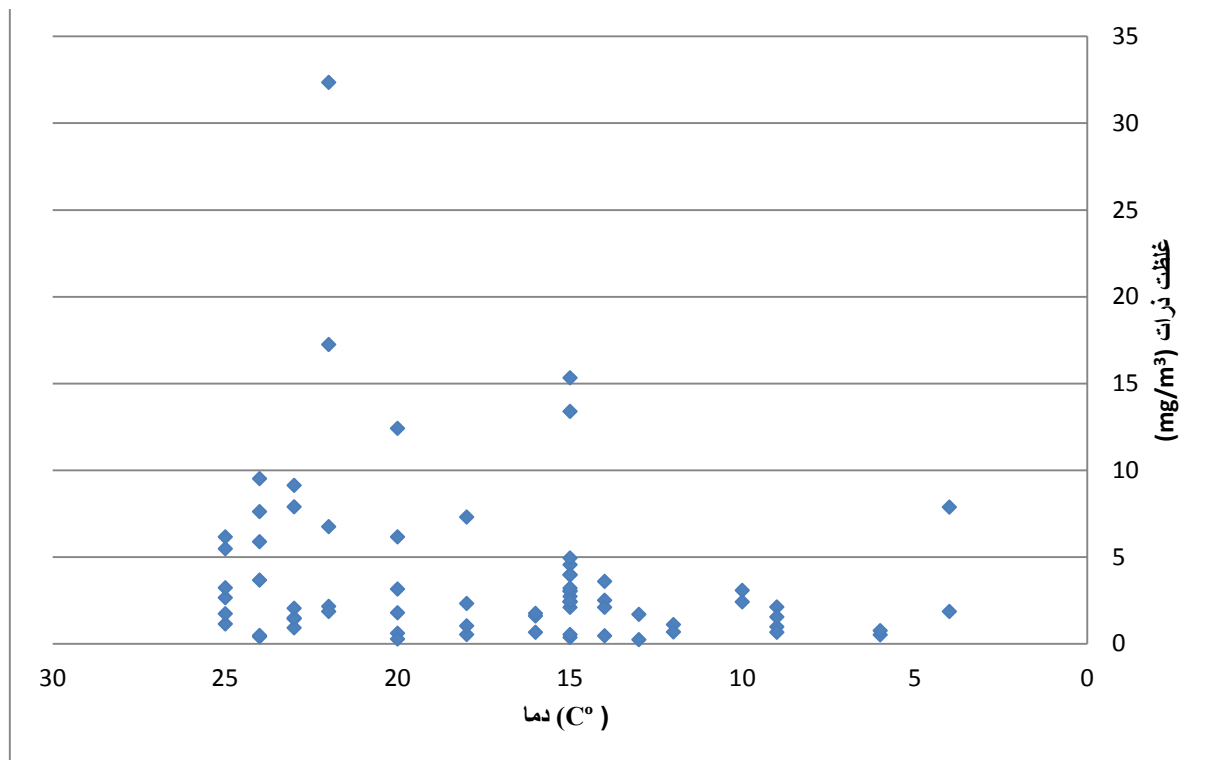
جدول ۳. غلظت ذرات قابل استنشاق سیمان در منطقه تنفسی کارگران در بخش‌های مختلف کارخانه سیمان به تفکیک نمونه‌برداری در دو شرایط آب‌وهوایی گرم و سرد

بخش کارخانه	آب‌وهوا	تعداد	میانگین (mg/m <sup>3</sup> )	انحراف معیار (mg/m <sup>3</sup> )	حداقل (mg/m <sup>3</sup> )	حداکثر (mg/m <sup>3</sup> )
بارگیرخانه	سرد	۱۲	۳/۰	۲/۰	۰/۷	۷/۹
	گرم	۱۲	۴/۳	۳/۷	۰/۴	۹/۵
	کل	۲۴	۳/۶	۳/۰	۰/۴	۹/۵
آسیاب سیمان	سرد	۶	۷	۵/۷	۲/۷	۱۵
	گرم	۶	۱۱/۴	۱۲	۱/۵	۳۲
	کل	۱۲	۹/۳	۹/۳	۱/۵	۳۲
آسیاب مواد	سرد	۴	۱/۷	۰/۹	۰/۷	۲/۴
	گرم	۴	۲/۶	۲/۷	۰/۴	۵/۹
	کل	۸	۲/۱	۱/۹	۰/۴	۵/۹
کوره و گریت کولر	سرد	۴	۱/۹	۱/۰	۰/۷	۳/۰
	گرم	۴	۲/۹	۲/۲	۱/۱	۶/۲
	کل	۸	۲/۴	۱/۷	۰/۷	۶/۲
سیلوی کلینکر برگشتی	سرد	۱	۱/۷	-	۱/۷	۱/۷
	گرم	۱	۶/۷	-	۶/۷	۶/۷
	کل	۲	۴/۲	۳/۵	۱/۷	۶/۷
سنگ شکن و معدن	سرد	۶	۱/۶	۱/۲	۰/۵	۳/۲
	گرم	۶	۲/۱	۱/۹	۰/۵	۵/۵
	کل	۱۲	۱/۸	۱/۵	۰/۵	۵/۵
سالن خاک	سرد	۲	۱/۰	۱/۰	۰/۲	۱/۷
	گرم	۲	۳/۲	۴/۱	۰/۳	۶/۱
	کل	۴	۲/۰	۲/۸	۰/۲	۶/۱
کل	سرد	۳۵	۳/۰	۳/۲	۰/۲	۱۵
	گرم	۳۵	۴/۸	۶/۲	۰/۳	۳۲
	کل	۷۰	۳/۹	۵/۰	۰/۲	۳۲

با ذرات قابل استنشاق سیمان با سرعت جریان هوا (p=۰/۹۹)،  
 (t=-۰/۰۰) و رطوبت نسبی هوا (p=۰/۲۷، t=-۰/۱۳) رابطه  
 معناداری وجود نداشت.

همان گونه که شکل ۱ نشان می‌دهد، آزمون همبستگی  
 اسپیرمن نشان داد که بین مواجهه کارگران با ذرات  
 قابل استنشاق سیمان و دمای هوا رابطه ضعیف و معناداری  
 وجود دارد (p=۰/۰۵، t=۰/۲۳). در مقابل، بین مواجهه کارگران





شکل ۱. رابطه بین دمای هوای محیط و مواجهه کارگران در بخش‌های تولیدی کارخانه سیمان با ذرات قابل‌استنشاق

## بحث

گردوغبار یکی از عوامل شیمیایی زیان‌آور و مهم در صنعت سیمان است که سلامت کارگران مواجهه‌یافته را تهدید می‌کند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که میزان مواجهه با گردوغبار قابل‌استنشاق سیمان در اکثر کارگران این صنعت بیش از حد مواجهه شغلی با ذرات قابل‌استنشاق سیمان پورتلند توصیه‌شده برای کشور ایران (کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای ایران، OEL) بود.

احتمالاً، یکی از دلایل اصلی آن ریخت‌وپاش مواد حین نقل‌وانتقال است، به طوری که به غیر از کارگران مشغول به کار در آن قسمت، نیاز به تعدادی از افراد برای تمیزکاری و جمع‌آوری این مواد است که این کار علاوه بر اینکه سبب انتشار گردوغبار و ذرات به حالت هوا برد می‌شود و میزان آلودگی هوای محیط افزایش خواهد یافت، موجب در معرض قرار گرفتن کارگرانی نیز خواهد شد که مشغول جمع‌آوری و تمیزکاری‌اند. متوسط غلظت گردوغبار قابل‌استنشاق سیمان در منطقه

تنفسی کارگران کارخانه مورد مطالعه با گرم‌شدن هوا افزایش می‌یابد که احتمالاً به دلیل رطوبت کمتر خاک است و با افزایش دما، گردوغبار بیشتری ایجاد می‌شود.

وزش باد از سمت نقاط کویری و خشک به افزایش غلظت ذرات قابل‌استنشاق در منطقه تنفسی کارگران در بخش‌های مختلف که در معرض جریان طبیعی هوا هستند کمک می‌کند که به دلیل وزش باد و عدم پوشش گیاهی مناسب است. همچنین، به دلیل اینکه خاک منطقه رطوبت کمتری را در خود نگه می‌دارد، زودتر حالت هوا برد به خود می‌گیرد.

متوسط غلظت ذرات قابل‌استنشاق سیمان در این مطالعه  $3/9 \text{ mg/m}^3$  به دست آمد که در قسمت آسیاب سیمان بیشترین مقدار  $9/3 \text{ mg/m}^3$  و در قسمت سنگ‌شکن و معدن دارای کمترین مقدار  $1/8 \text{ mg/m}^3$  بود که در مقایسه با استاندارد مواجهه با ذرات قابل‌استنشاق سیمان پورتلند کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای ایران (۱ میلی‌گرم بر مترمکعب هوا) بیشتر و در مقایسه با مطالعه مشابه حضرتی و همکاران [۱۲] در کارخانه سیمان اردبیل ( $12/9$  میلی‌گرم بر مترمکعب) کمتر بود.

غلظت گردوغبار قابل استنشاق در مطالعه اموايسلاگه و همکاران [۲۰۰۵] در کشور تانزانیا (۳۸/۶ - ۱/۸ mg/m<sup>3</sup>) کمتر است.

پیتروز و همکاران [۱۸] گرد و غبار قابل تنفس سیمان را ۳۳ میلی گرم بر مترمکعب برآورد کردند. غلظت ذرات قابل استنشاق غالباً با افزایش دما بیشتر شده است و بین جهت وزش باد با غلظت ذرات قابل استنشاق رابطه معناداری مشاهده شد.

### نتیجه گیری

متوسط غلظت گردوغبار قابل استنشاق سیمان در کارخانه مورد مطالعه بیش از حد استاندارد مواجهه تعیین شده کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای ایران است. از دلایل وجود اختلاف در میزان ذرات قابل استنشاق در مطالعات مختلف را می توان به نوع و کارایی سیستم‌های پالاینده، فناوری و شرایط جوی نسبت داد.

### تشکر و قدردانی

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

### References

- [1]. Kalačić I. Chronic nonspecific lung disease in cement workers. Archives of Environmental Health: An International Journal. 1973; 26(2): 78-83.
- [2]. Short S, Petsonk E. Respiratory system: the variety of pneumoconioses In: Stellman JM, ed. Encyclopaedia of occupational health and safety, 4th ed Geneva: International Labor Organization. 1998; 1: 10.66-10.69.
- [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. British Journal of Industrial Medicine. 1991; 48(12): 803-7.
- [4]. Huang CYCC, Chiu HFCJF, Ko SJLYC. Effects of occupational dust exposure on the respiratory health of Portland cement workers. Journal of Toxicology and Environmental Health Part A. 1996; 49(6): 581-8.
- [5]. Al-Neaimi Y, Gomes J, Lloyd O. Respiratory illnesses and ventilatory function among workers at a cement factory in a rapidly developing country. Occupational Medicine. 2001; 51(6): 367-73.
- [6]. Noor H, Yap C, Zolkepli O, Faridah M. Effect of exposure to dust on lung function of cement factory workers. The Medical journal of Malaysia. 2000; 55(1): 51-7.
- [7]. Merenu I, Mojiminiyi F, Njoku C, Ibrahim M. The effect of chronic cement dust exposure on lung function of cement

مطالعات انجام شده در صنایع سیمان نشان داده است که گردوغبار قابل استنشاق سیمان در کارخانجات بیش از استاندارد است. در مطالعه میرزایی و همکاران [۱۳] در سیمان خاش، همچنین در مطالعه نقاب و همکاران [۱۴] در سیمان فارس نیز میزان گردوغبار کل و قابل استنشاق بیش از حد مجاز توصیه شده بود که نتایج این مطالعه را تأیید می‌کند.

مواجهه با متوسط غلظت گردوغبار سیمان پورتلند در بیش از ۷۷ درصد نمونه‌های فردی در مطالعه حاضر، بیش از مقادیر استاندارد توصیه شده کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای کشور است. این میزان کمتر از نتایج گلبابایی و همکاران [۱۵] بوده است که گستره مواجهه کارگران با گردوغبار قابل استنشاق در واحدهای کارخانه ۷۷/۱-۸۹/۱۸ میلی گرم بر مترمکعب بود. میانگین غلظت ذرات قابل استنشاق اندازه‌گیری شده در قسمت آسیاب سیمان بیش از دیگر بخش‌ها بود. لیکن، میانگین گردوغبار قابل استنشاق در بخش آسیاب سیمان نسبت به مطالعه حضرتی و همکاران [۱۲] (۲۴/۶) میلی گرم بر مترمکعب (هوا) کمتر بود. همچنین، در مطالعه گلبابایی و همکاران [۱۵]، غلظت ذرات قابل استنشاق در قسمت آسیاب سیمان و آسیاب مواد از سایر بخش‌ها بیشتر بوده است که هم جهت با نتایج حاصل از این مطالعه است.

کاکویی و همکاران [۱۶] میانگین غلظت ذرات قابل تنفس در تمامی قسمت‌های کارخانه را بیش از حد استاندارد مواجهه کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای ایران و نیز مطالعه حاضر اعلام کردند. غلظت گردوغبار قابل استنشاق فردی در این مطالعه از

- factory workers in sokoto, Nigeria. African Journal of Biomedical Research. 2007; 10(2).
- [8]. Zeleke ZK, Moen BE, Bråtveit M. Cement dust exposure and acute lung function: a cross shift study. BMC Pulmonary Medicine. 2010; 10(1): 19.
- [9]. Occupational Exposure Limits, Center for Environment and Health, Ministry of Health and Medical Education, Publishers: Student Hamedan. 1395.
- [10]. The American Conference of Governmental Industrial Hygienists Threshold Limit Values (TLVs). 7, editor 2015.
- [11]. 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>.
- [12]. Hazrati S, Rezazadeh Azari M, Sadeghi H, Rahimzadeh S, Mostaed N. Dust Concentrations in an Ardabil Portland Cement Industry. J Ardabil Univ Med Sci. 2009; 9(4): 292-298. [in Persian]
- [13]. Mirzaee RKA, Hashemi SR, Sadeghi M, Shahrakipour M. Effects of exposure to, factory pcdolfipc, workers in Khash I, Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng. 2008; 5(3): 201-206.
- [14]. Neghab M, Chobine A. The relationship between occupational exposure to cement dust and prevalence of

- respiratory symptoms and disorders. Journal of Kermanshah University of Medical Sciences (J Kermanshah Univ Med Sci). 2007; 11(2).
- [15]. Assessment of occupational exposure to the respirable fraction of cement dust and crystalline silica. Journal of Health and Safety at Work. 2012; 2(3): 17-28. [in Persian]
- [16]. Kakooei H, Gholami A, Ghasemkhani M, Hosseini M, Panahi D, Pouryaghoub G. Dust exposure and respiratory health effects in cement production. Acta Medica Iranica. 2012; 50(2): 122.
- [17]. Mwaiselage J, Bratveit M, Moen B, Michael Y. Variability in dust exposure in a cement factory in Tanzania. The Annals of Occupational Hygiene. 2005; 49(6): 511-519.
- [18]. Peters S, Thomassen Y, Fechter-Rink E, Kromhout H. Personal exposure to inhalable cement dust among construction workers. Journal of Environmental Monitoring. 2009; 11(1): 174-80....



## Exposure of workers to respirable particles in a cement factory in Khorasan Razavi province

Mohamadian M<sup>1\*</sup>, Pouransari M<sup>1</sup>, Mohammadpour tahmtan<sup>1</sup>, Razavi SM<sup>1</sup>, Ahmadi asour A<sup>2</sup>

1. Mazandaran University of Medical Sciences: Sari, Iran
2. Sabzevar University of Medical Sciences: Sari, Iran

### Abstract

**Introduction** Considering the great importance of the workforce's wellbeing as well as the employment of a large number of workers in the cement industries in Iran, the current study was carried out in the aim of evaluation of the respirable dust concentrations in the workers breathing zone in a cement factory in Khorasan Razavi province.

**Materials and Methods** In this study, respirable particle concentration was evaluated in the breathing zone of 70 workers in a cement factory who were working at different work sites in the cement factory processes. The standard methodology of 0600 recommended by the US NIOSH was followed to determine respirable dust concentration using a personal sampling pump, aluminum cyclone and PVC filter.

**Results** The average respirable dust concentration was 3.9 mg/m<sup>3</sup> for all workers. That means 77% of workers were exposed to respirable cement particles higher. The maximum mean concentration of respirable particles in the workers breathing zone was found in the cement grinding site 9.3 mg/m<sup>3</sup> and the minimum one was measured in the stone crushing and mining site 1.8 mg/m<sup>3</sup>.

**Conclusion** The average concentration of respirable dust in the workers' breathing zone was higher than OEL in both warm and cold climates. The warm weather and the wind comes from the desert and dry areas contribute to the increase of the concentration of respirable particles in the breathing zone of the workers in various parts of the plant who are exposed to the naturally ventilated air.

**Received:** 2017/08/11

**Accepted:** 2017/11/21

**Keywords:** air pollution, cement industry, inhalable dust, workers exposure.