ارزیابی مواجهه شغلی کارکنان یک کارخانه تولید سیمان با گرد و غبار قابل استنشاق سیمان و سیلیس کریستالی

فریده گلبابایی[۱] - علی فقیهی زرندی[۲*] - پدرام ابراهیم نژاد[۳] - محمدرضا بانشی[۴]
حسین محسنی تکلو[۵] - احمدرضا شکری[۳] - داود پناهی[۶]
alifaghihi60@yahoo.com

چکیده

مقدمه: مواجهه با ذرات هوابرد سیلیس کریستالی و گرد وغبار قابل استنشاق سیمان از مهمترین عوامل زیان آور مواجهه شغلی کارگران در صنایع سیمان است که لازم است مورد ارزیابی و پایش قرار گیرد. این مطالعه با هدف ارزیابی میزان مواجهه کارگران یک کارخانه سیمان واقع در شهرستان ساوه با گردوغبار قابل استنشاق سیمان و سیلیس کریستالی انجام شد.

روش کار: در این مطالعه ی مقطعی تعداد ۶۲ نمونه گرد و غبار قابل استنشاق از منطقه تنفسی کارگران واحدهای مختلف کارخانه جمع آوری شد. نمونه برداری و تعیین مقدار گرد وغبار قابل استنشاق با استفاده از روش گراویمتری بر اساس روش ۰۶۰۰ سازمان NIOSH و تعیین مقدار محتوی سیلیس کریستالی آن با استفاده از روش اسپکتروفوتومتری جذب مرئی براساس روش ۷۶۰۱ سازمان NIOSH انجام گرفت.

یافته ها: بیشترین میانگین مواجهه کارگران با گردوغبار قابل استنشاق سیمان در واحدهای آسیاب مواد و آسیاب سیمان و کمترین آن در قسمت اداری وکنترل عملیات و کوره برآورد شد. گستره مواجهه کارگران با گرد وغبار قابل استنشاق در واحدهای تولید کارخانه mg/m^3 ۱۸/۸۹ – ۱/۷۷ بود. گستره ی مواجهه کارگران با سیلیس کریستالی در مجموع واحدهای تولید ۰/۱۰۴ – ۰/۰۱۱ میلی گرم بر متر مکعب بود. در واحد آسیاب مواد بیشترین و در قسمت آسیاب سیمان کمترین میانگین مواجهه برآورد شد. میزان مواجهه شغلی کارگران با سیلیس کریستالی در ۵۷% از موارد فراتر از حد مجاز توصیه شده توسط NIOSH و کمیته فنی بهداشت حرفه ای ایران (mg/m^3 ۰/۰۵) بود. میانگین سهم سیلیس کریستالی از گرد وغبار قابل استنشاق در کل نمونه های سایت تولید ۱/۱۷% بود که دامنه آن از ۰/۴۹% در آسیاب سیمان تا ۱/۷ و ۱/۵۳ درصد به‌ترتیب در کوره و سنگ شکن متغیر بود.

نتیجه گیری: میزان مواجهه با گردوغبار قابل استنشاق سیمان در کلیه فرآیندهای تولید بالاتر از حد مجاز و در واحد اداری و کنترل عملیات پایین تر از آن بود. اما تراکم سیلیس کریستالی تنها در واحدهای آسیاب مواد و کوره بالاتر از حدود مجاز تماس شغلی بود. بیشترین مقادیر مواجهه با گرد و غبار قابل استنشاق در آسیاب موادو سیمان و در خصوص سیلیس کریستالی در واحدهای آسیاب مواد، سنگ شکن و کوره مشاهده شد. لذا واحدهای مذکور جهت به‌کارگیری اقدامات کنترلی باید در اولویت قرار گیرند.

کلمات کلیدی: *سیلیس کریستالی، گرد و غبار قابل استنشاق، سیمان، اسپکتروفوتومتری جذب مرئی*

۱- استاد، گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۲ - استادیار، گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران
۳ - کارشناس، گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران
۴ - استادیار، مرکز تحقیقات مدل سازی در سلامت ، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران
۵ - متخصص طب کار، مرکز بهداشت شهرستان کرمان، کرمان، ایران
۶ - کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، ایران

مقدمه

سیمان پرتلند که به طور معمول با نام سیمان شناخته می شود ، پودری است خاکستری ، بسیار ریز با قطر آئرودینامیک ۰/۰۵ تا ۵ میکرو متر که از حرارت دادن سنگ آهک حاوی کلسیم، سیلیس، آهن، آلومینیوم و خاک رس تولید می شود. هم‌چنین مقادیر بسیار کم اکسید منگنز ، سدیم ، پتاسیم و سولفور نیز در سیمان یافت می شود. گردوغبار سیمان باعث تحریک و سوزش مخاط غشاء راه هوایی ریه می شود که ممکن است باعث کاهش حاد متغیر های FEV^1 , PEF در کارگران شاغل در کارخانه سیمان شود (Neghab, *et al.*, 2007).

سیلیس یکی از فراوان ترین عناصر موجود در خاک و طبیعت است (NIOSH, 2002). سیلیس به سه شکل کریستالی(پلی مورف)، کریپتو کریستالی و غیر کریستالی(آمورف) وجود دارد (Maciejewska, 2008). سیلیس آمورف زمانی به‌وجود می‌آید که مولکول‌های سیلیکون دی اکسید به طور تصادفی در ساختار قرار گیرند. خاکستر، سیلیکاژل و خاک‌های دیاتومه (۸۸%) شامل سیلیس آمورف هستند. هم‌چنین سیلیس آمورف تحت دمای بسیار بالا و سرد شدن آهسته می‌تواند به سیلیس کریستالی تبدیل شود (Rosa, *et al.*, 2002). سیلیس کریپتو کریستالی شامل سنگ یمانی (chal-cedony)، عقیق (agate)، سنگ آتش زنه (flint)، یشم (jasper) و... می باشد. مواجهه با سیلیس در بسیاری از محیط های صنعتی از جمله صنایع معدن، ساختمان، شیشه، سیمان، سرامیک، آهن و فولاد و ... امری معمول است (Maciejewska, 2008). سیلیس کریستالی یک ماده ی سمی و سرطانزا (Calvert, *et al.*, 2003) و بسیار خطرناک است که مواجهه ی شغلی با آن منجر به بیماری‌های همچون سیلیکوزیس (Labour Action China, 2007)، سرطان ریه، برونش، حلق و معده (Labour Action China, 2007; Maciejewska, 2008)، اثرات مزمن ریوی (Hnizdo and Vallyathan, 2003)، بیماری‌های خود ایمنی (Mancino, *etal.*, 1983; NIOSH, 2002) و کلیوی (Parks, *et al.*, 1999; Calvert, *et al.*, 2003) می شود. ACGIH سیلیس کریستالی را در گروه سرطانزای A2 (مشکوک به سرطانزایی در انسان) طبقه بندی می کند (Rosa, *et al.*, 2002). اما آژانس بین المللی تحقیقات سرطان (IARC, 1997) با کسب شواهد کافی در خصوص سرطانزایی سیلیس کریستالی (کوارتز و کریستوبالیت) در انسان، آن را سرطانزای گروه ۱ اعلام کرده است (Calvert, *et al.*, 2003). تقریبا ۱/۷ میلیون نفر در آمریکا با سیلیس مواجهه شغلی داشته که ۱۰۰هزار نفرآنها مواجهه‌ای بیش ازحدود مجازتوصیه شده توسط NIOSH ($۰,۰۵ mg/m^3$) دارند (Steenland, *et al.*, 2002). در آمریکا از سال ۱۹۶۸ تا ۱۹۹۴، ۱۴۸۲۴ کارگر به دلیل بیماری حرفه ای سیلیکوزیس مرده اند (NIOSH, 1992). در ارتباط با تعیین مقدار سیلیس و گردوغبار در محیط کار مطالعات مختلفی صورت گرفته است. در مطالعه ای غلظت گرد غبار قابل استنشاق هوای محیط کار در کارخانه ی سیمان اردبیل $۱۳ mg/m^3$ برآورد شد که بیش از ۸۰% نمونه ها غلظتی بیش از حد مجاز ایران داشتند. هم‌چنین متوسط درصد سیلیس در قسمت بارگیری۲/۳۳ %، آسیاب مواد ۳/۶۷% و در مجموع ۲/۸۶% تخمین زده شد (Hazrati, *et al.*, 2009). میانگین هندسی مواجهه شغلی کارگران با گرد وغبار سیمان در تانزانیا در قسمت بسته بندی ۲۱/۳ ، سنگ شکن ۱۳/۴۸ ، آسیاب سیمان ۳/۲۳ ، کوره ۲/۹۷ ، آسیاب مواد ۱/۸۵ و اداری ۰/۲۹ میلی گرم بر مترمکعب به‌دست آمد. در قسمت سنگ شکن ۸۴/۶% و در قسمت بسته بندی ۱۳%از غلظت‌ها بالاتر از حدود مجاز بود .(Mwaiselage, *et al.*, 2005) در کشور ایتالیا تعداد کارگرانی که به طور بالقوه در معرض ریسک

بالای مواجهه با سیلیس کریستالی هستند ۲۸۷۱۲ نفر برآورد شده است (Scarselli, *et al.*, 2008). خرم زاده غلظت گرد وغبار قابل استنشاق و سیلیس آزاد کریستالی را در یک کارخانه ی سیمان مدرن بررسی کرد و میانگین غلظت گرد و غبار قابل استنشاق را در قسمت بارگیری ۹/۷۸، در آسیاب سیمان ۲۴/۶۵، در آسیاب مواد ۸/۳۹، در سنگ شکن ۱۰/۷و در مجموع ۱۳/۷۵ میلی گرم در متر مکعب برآورد نمود. وی هم‌چنین به این نتیجه رسید که میزان سیلیس آزاد کریستالی بیشتر از حد مجاز بر طبق استاندارد ایران بود (Khoramzade, *et al.*, 2002).

آذری برای ارزیابی مواجهه شغلی سندبلاست کاران با سیلیس کریستالی دو رویکرد پایش هوای تنفسی با استفاده از روش اسپکتروفتومتری مرئی و پایش بیولوژیکی را به کار بست. وی محدوده ی غلظت سیلیس کریستالی را بین ۰/۴۱ mg/m^3 - ۰/۰۱۶ تخمین زد. هم‌چنین در مطالعه وی بین نتایج پایش هوا و پایش بیولوژیکی همبستگی وجود داشت (Azari, *et al.*, 2009). از طرفی گلبابایی به منظور بررسی مواجهه کارگران یک معدن سنگ در کاشمر با سیلیس کریستالی از روش پراش اشعه ایکس (XRD) استفاده کرد و بیشترین تراکم سیلیس کریستالی را در واحد حفاری چکشی (۰/۰۵۷ mg/m^3) مشاهده نمود (Golbabaei, *et al.*, 2004). در کشور ما تا کنون تحقیقات چندانی در زمینه ی ارزیابی اثرات بهداشتی مواجهه با سیلیس کریستالی در صنایع سیمان انجام نشده است. لذا نتایج این تحقیق می تواند اطلاعات مفیدی در زمینه ی ارزیابی ریسک بیماری‌های مرتبط با سیلیس کریستالی به‌ویژه در صنایع سیمان فراهم کند.

روش کار

۱- مطالعه پروفایل کارخانه

این تحقیق در قالب یک مطالعه تحلیلی و مقطعی در سال ۱۳۸۹ در یک کارخانه سیمان در شهرستان ساوه انجام گرفت. در این کارخانه ۱۲۰ کارگر در ۲ شیفت در واحدهای مختلف تولید مشغول به کارند. مواد اولیه کارخانه شامل پوزولان، خاک رس، مارل، سیلیس، سنگ آهن، سنگ آهک سنگ گچ و سنگ کائولن می باشد که بخشی از آن از معدن استخراج شده و بخشی نیز خریداری می شود. واحدهای اصلی تولیدی کارخانه شامل سنگ شکن، واحد مواد خام و آسیاب مواد، کوره، آسیاب سیمان و بارگیری است. اولین مرحله آماده سازی مواد در سنگ شکن انجام می شود، در این قسمت مواد اولیه ی ورودی با ابعاد درشت در اثر خردایش به ابعاد کوچک‌تر (۱۰۰- ۰ میلی متر) تبدیل و به سالن خاک منتقل می‌شود و در آن‌جا اختلاط لایه های مواد صورت می‌گیرد. سپس مواد به سیلوهای تغذیه آسیاب منتقل می شوند و پس از توزین و تنظیم توسط نوار نقاله به آسیاب مواد انتقال می یابند و پس از فرآیند خردایش به پیش گرم کن تزریـق می‌گردند و در این مرحـله مواد خـام هم‌زمان از پنج مرحله سیکلون گرمایش گذر کرده و سپس در کوره به‌صورت مذاب در می‌آید و در منطقه پخت کوره تشکیل کلینکر می دهد. در آسیاب سیمان درصدی از گچ به کلینکر افزوده شده و پس از آسیاب به واحد بارگیری منتقل می شود. بارگیری در بارگیرخانه به دو صورت فله و پاکتی انجام شده و تحویل مشتری می‌گردد.

۲- ارزیابی مواجهه با گرد وغبار قابل استنشاق و محتوی سیلیس کریستالی آن

صنعت سیمان یکی از صنایعی است که در آن مواجهه با سیلیس وجود دارد. در کشور ما بیش از ۶۰ کارخانه ی تولید سیمان با مجموع ظرفیت تولید ۱۹۸۴۰۰ تن در روز وجود دارند که میزان تولید کارخانه ی مورد پژوهش ۷۴۰۰ تن در روز است. هم‌چنین فرآیند تولید سیمان به نحوی است که در مراحل مختلف تولید آن اعم از استخراج، آسیاب، تولید، بارگیری و حمل و نقل، آلودگی‌های زیادی از جمله ذرات

سیلیس کریستالی را در محیط منتشر می کند. بنا براین صنعت سیمان می تواند گزینه ی مناسبی جهت انجام این پژوهش باشد.

در این مطالعه با توجه به پیش آزمون انجام گرفته، با در نظر گرفتن خطای نوع اول ۵% و توان ۸۰% و استفاده از فرمول برآورد حجم نمونه برای یک میانگین (بعد از تصحیح برای جامعه ی محدود) حداقل تعداد نمونه مورد نیاز ۵۰ نمونه تعیین گردید. برای بررسی دقیق تر و بالا بردن توان آزمون، مجموعا تعداد ۶۲ نمونه از قسمت های مختلف کارخانه جمع آوری وتعیین مقدار گردید. از بین فرآیند های مختلف کاری تعداد ۵ فرآیند تولیدی مهم شامل سنگ شکن، آسیاب مواد، کوره، آسیاب سیمان و بارگیری به همراه واحد اداری و کنترل عملیات انتخاب گردید. در نهایت، مجموع ۶۲ نمونه با استفاده از روش آماری Proportion to size بین فرآیندهای انتخابی توزیع گردید. برای انجام نمونه برداری و آنالیز گردوغبار قابل استنشاق سیمان از روش استاندارد ۰۶۰۰ منتشر شده از سوی انستیتو بین المللی ایمنی و بهداشت حرفه ای آمریکا[1] استفاده گردید (NIOSH, 1998). جهت ارزیابی مواجهه کارگران با سیلیس کریستالی در محیط کار از روش اسپکتروفتومتری مرئی به عنوان روش بهینه بر پایه ی روش ۷۶۰۱ انستیتو بین المللی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای آمریکا (NIOSH) استفاده شد.

با توجه به روش به‌کار گرفته شده جهت نمونه برداری از پمپ نمونه بردار فردی مدل Dolux ساخت کمپانی SKC انگلستان، سیکلون نایلونی ۱۰ میلی متری، فیلتر نمونه برداری از جنس مخلوط استرسلولزی (MCE)با قطر ۳۷ میلی متر و پورسایز ۰/۸ میکرومتر (ساخت کمپانی SKC) استفاده گردید. پمپ های نمونه برداری در دبی ۲ لیتر در دقیقه کالیبره شد (NIOSH 7601, 2003).

1 - National Institute for Occupational Safety & Health

۳- آنالیز داده ها:

آزمون های آماری با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۵,۰ انجام گرفت. این آزمون ها شامل آزمون t یک نمونه‌ای جهت مقایسه‌ی مقادیر مواجهه با گرد و غبار قابل استنشاق و سیلیس کریستالی با حدود مجاز تماس شغلی، آزمون One Way ANOVA و Tuk-ey برای مقایسه مقادیر مواجهه در فرآیند های مختلف و Correlation و Regression است. در تمام آزمون ها سطح اطمینان ۹۵% در نظر گرفته شد. با انجام تست Normality، نرمال بودن داده ها تایید شد، بنابراین نتایج به صورت میانگین حسابی و انحراف معیار حسابی بیان شدند. مقادیر حد مجاز شغلی (TLV) برای ۸ ساعت کار روزانه ارایه می‌شود، اما از آن‌جایی که کارکنان این کارخانه در شیفت‌های ۹ یا ۱۲ ساعته مشغول به کار می‌باشند، مقدار حد مجاز باید بر اساس ساعات کار روزانه تعدیل شود که این کار از طریق رابطه ی زیر بر اساس مدل Brief & Scala صورت می‌گیرد: (Occupational Safety and Health Service, 2002).

$$\text{Adjusted WES}^{1}\text{_TLV} = \frac{8 \times (24 - \text{h}) \times \text{WES_TLV}}{16 \times \text{h}}$$

جهت تعیین حدود مجاز مواجهه با گردو غبار قابل استنشاق سیمان با توجه به درصد سیلیس موجود در آن، از رابطه ی زیر بر طبق استاندارد موسسه ی ایمنی و بهداشت شغلی (OSHA) استفاده می شود (Lehigh Southwest Cement Co., 2002).

$$\text{PEL } (8 - \text{hr TWA}) = \frac{10 \text{ mg of respirable dust/m}^3}{\%\text{SiO}_2 + 2}$$

یافته‌ها

از مجموع ۶۲ نفر افراد انتخابی، تعداد ۴۹ نفر به‌طور مستقیم در خط تولید و ۱۳ نفر در گروه‌های اداری مشغول به کار می‌باشند.

1 - Workplace Exposure Standard

نتایج مقایسه میانگین وزنی- زمانی مواجهه کارگران با گرد و غبار قابل استنشاق سیمان در فرآیندهای مختلف کاری در جدول ۱ خلاصه شده است. میانگین مواجهه کارگران با گرد وغبار قابل استنشاق در کلیه واحدهای تولید شامل واحدهای سنگ شکن (P=0.021) آسیاب مواد (P=0.006)، کوره (P<0.001)، آسیاب سیمان (P=0.006) و بارگیری (P<0.001) بالاتر از حد مجاز توصیه شده توسط ACGIH، (۳ mg/m^3) بود. هم‌چنین مواجهه مجموع پرسنل تولید با گردوغبار قابل استنشاق در گستره ۱/۷۷ – ۱۸/۸۹ mg/m^3 برآورد شد. مواجهه تمامی پرسنل (۱۰۰ %) بالاتر از حد مجاز بود.

علاوه بر تراکم گرد وغبار قابل استنشاق، سهم سیلیس کریستالی موجود در گردو غبار قابل استنشاق سیمان در فرآیندهای مختلف کارخانه نیز تعیین گردید که نتایج آن در جدول۱ ارایه شده است. درصد سیلیس در مجموع فرآیندهای تولید بین ۰/۴۹ تا ۱/۷ درصد و میانگین آن ۱/۱۷ % بود که در مقایسه با درصد سیلیس به‌دست آمده در کارخانه‌ی سیمان اردبیل (۲/۸۶%)، ۲/۴ برابر کمتر است (Hazrati, *et al.*, 2009). در فرآیندهای مختلف، درصد سیلیس محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۱ خلاصه شده است. در واحدهای کوره و سنگ شکن، سیلیس کریستالی سهم بیش‌تری را به خود اختصاص داده است و در واحد آسیاب سیمان، کمترین سهم سیلیس کریستالی مشاهده شد.

جدول۱: میانگین وزنی-زمانی مواجهه با گرد و غبار قابل استنشاق سیمان در جامعه مورد مطالعه

فرآیند	تعداد نمونه	$\bar{X} \pm S$ mg/m^3	گستره ی غلظت mg/m^3	سهم سیلیس کریستالی از گردو غبار قابل استنشاق (درصد)	تعداد(درصد) نمونه هایی که فراتر از حد مجاز است*
سنگ شکن	۵	۲/۷۳ ± ۰/۷۴	۲/۱۵ – ۳/۶۹	۱/۵۳	۵ (٪۱۰۰)
آسیاب مواد	۱۱	۷/۸ ± ۶/۰۵	۲/۷۵ – ۱۸/۸۹	۰/۹۵	۱۱ (٪۱۰۰)
کوره	۱۴	۲/۶۸ ± ۰/۹	۱/۷۷ – ۴/۵۹	۱/۷	۱۴ (٪۱۰۰)
آسیاب سیمان	۷	۷/۳۹ ± ۳/۷۳	۲/۲۶ – ۱۲/۷۹	۰/۴۹	۷ (٪۱۰۰)
بارگیری	۱۲	۴/۰۶ ± ۰/۹۱	۳/۰۴ – ۵/۹	۰/۹۹	۱۲ (٪۱۰۰)
اداری و کنترل عملیات	۱۳	۰/۵۳ ± ۰/۱۴	۰/۳۳ – ۰/۷	۱/۳۸	۰

* حد مجاز مواجهه شغلی با گرد و غبار قابل استنشاق برطبق استاندارد سازمان ACGIH برابر با ۳ mg/m^3 برای ۸ ساعت مواجهه روزانه است که با تعدیل آن براساس رابطه ی Brief & Scala مقدار آن ۱/۵ (برای ۱۲ساعت) و ۲/۵ (برای ۹ساعت) میلی گرم بر مترمکعب به‌دست آمد (Occupational Safety and Health Service, 2002). لازم به ذکر است که شیفت کاری در واحدهای اداری و بارگیری ۹ ساعته و در سایر قسمت ها ۱۲ ساعته است.

جدول۲: میانگین وزنی-زمانی مواجهه با سیلیس کریستالی در جامعه مورد مطالعه

فرآیند	تعداد نمونه	$\bar{X} \pm S$ mg/m^3	گستره ی غلظت mg/m^3	تعداد(درصد) نمونه هایی که فراتر از حد مجاز است*
سنگ شکن	۵	۰/۰۴۵ ± ۰/۰۳	۰/۰۲۳ – ۰/۰۸۷	۳ (٪۶۰)
آسیاب مواد	۱۱	۰/۰۵۲ ± ۰/۰۳۵	۰/۰۱۱ – ۰/۱۰۴	۸ (٪۷۳)
کوره	۱۴	۰/۰۴۱ ± ۰/۰۱۴	۰/۰۲ – ۰/۰۶۳	۱۲ (٪۸۶)
آسیاب سیمان	۷	۰/۰۲۴ ± ۰/۰۰۸	۰/۰۱۳ – ۰/۰۳۵	۲ (٪۲۹)
بارگیری	۱۲	۰/۰۳۹ ± ۰/۰۲	۰/۰۱۹ – ۰/۰۸۳	۳ (٪۲۵)
اداری و کنترل عملیات	۱۳	۰/۰۰۸ ± ۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۵ – ۰/۰۲۶	۰

* حد مجاز مواجهه شغلی با سیلیس کریستالی برطبق استاندارد NIOSH ۰/۰۵ mg/m^3 برای ۸ساعت کار روزانه است که با تعدیل آن براساس رابطه ی Brief & Scala مقدار آن ۰/۰۲۵ (برای ۱۲ساعت) و ۰/۰۴۲ (برای ۹ساعت) میلی گرم بر مترمکعب به‌دست آمد(Occupational Safety and Health Service, 2002). لازم به ذکر است که شیفت کاری در واحدهای اداری و بارگیری ۹ ساعته و در سایر قسمت ها ۱۲ ساعته است.

پس از محاسبه ی درصد سیلیس کریستالی موجود در گردو غبار قابل استنشاق در فرآیندهای مختلف تولید کارخانه، حدود مجاز مواجهه با گردوغبار قابل استنشاق براساس استاندارد OSHA [1] تعیین گردید. با افزایش درصد سیلیس حد مجاز مواجهه با گرد و غبار قابل استنشاق کاهش یافت. در واقع این حد مجاز در واحدهای مختلف به شرح زیر محاسبه گردید: سنگ شکن ۲/۸۳، آسیاب مواد ۳/۳۹، کوره ۲/۷، آسیاب سیمان ۴/۰۲ و بارگیری ۳/۳۴ میلی گرم برمتر مکعب.

اطلاعات مربوط به مواجهه فردی با سیلیس کریستالی در جدول ۲ ارایه شده است. میانگین مواجهه فردی کارکنان در واحدهای سنگ شکن۰/۰۴۵، آسیاب مواد ۰/۰۵۲، کوره ۰/۰۴۱، آسیاب سیمان ۰/۰۲۴، بارگیری ۰/۰۳۹ و اداری ۰/۰۰۸ میلی گرم بر مترمکعب برآورد شد. هرچند میزان مواجهه کارگران با سیلیس کریستالی تنها در واحدهای آسیاب مواد($P=0.031$) و کوره($P<0.001$) بالاتر از حد مجاز توصیه شده توسط NIOSH و کمیته فنی بهداشت حرفه ای ایران بود، اما ۲۸ نفر از مجموع ۴۹ نفر پرسنل تولید (۵۷% از پرسنل تولید) با مقادیری بیش از حد مجاز سیلیس کریستالی مواجهه تنفسی داشتند.

بین مقادیر مواجهه فردی با سیلیس کریستالی و گردو غبار قابل استنشاق همبستگی معنی داری ($P<0.001$) مشاهده شد (ضریب همبستگی پیرسون برابر با ۰/۴۵۵) و معادله‌ی رگرسیون آن نیز به صورت ذیل تعیین گردید:

$$Si=0.003\ RD+0.022$$

که در این رابطه، Si مقدار مواجهه با سیلیس کریستالی(mg/m^3) و RD مقدار مواجهه با گرد و غبار قابل استنشاق (mg/m^3) است.

بحث

در این مطالعه جهت مقایسه مقادیر تراکم وزنی _ زمانی با حدود مجاز تماس، استانداردهای سازمان‌های ACGIH، OSHA، NIOSH و کمیته فنی بهداشت حرفه ای ایران مد نظر قرار گرفت (Association of Occupational Health Technical Committee, 1992; NIOSH 1992). در خصوص مواجهه با سیلیس کریستالی، سازمان ACGIH حدود مجاز را به تفکیک اشکال کریستالی مختلف سیلیس ارایه کرده است و به دلیل آن‌که در این مطالعه محتوی کلی سیلیس کریستالی تعیین گردیده است، نمی‌توان از استاندارد ACGIH استفاده کرد. سازمان OSHA نیز حد مجازی برای مواجهه با سیلیس کریستالی تعیین نکرده است، بنابراین مبنای مقایسه تراکم وزنی _ زمانی با حدود مجاز تماس بر پایه ی استانداردهای موسسه ملی ایمنی و بهداشت شغلی (NIOSH) و کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای ایران است. اما در ارتباط با گرد وغبار قابل استنشاق سیمان، از آن‌جایی که موسسه NIOSH و کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای ایران حد مجازی برای مواجهه شغلی تعیین نکرده است از استاندارد انجمن دولتی متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH)[2] جهت مقایسه مقادیر تراکم وزنی _زمانی با حدود مجاز تماس استفاده گردید. هم‌چنین از توصیه‌ی OSHA برای تعیین حدود مجاز مواجهه با گردوغبار قابل استنشاق بر اساس محتوی سیلیس

1 - Workplace Exposure Standard

2 - American Conference of Governmental Industrial Hygienists

شکل ۱: انتشار گرد و غبار به هنگام نظافت تجهیزات

کریستالی آن استفاده شد. با توجه به نمونه برداری های انجام شده در ناحیه ی تنفسی کارگران در قسمت های مختلف کارخانه نتایج به‌دست آمده دال بر این است که غلظت گرد و غبار قابل استنشاق سیمان در تمامی قسمت های تولید بالاتر از حد مجاز توصیه شده توسط ACGIH (۳ mg/m^3) است. Yang در پژوهش خود به این نتیجه رسید که مواجهه با گرد و غبار سیمان موجب بروز علایم مزمن تنفسی می شود (Yang and Huang, 1996) . نقاب طی پژوهشی به این نتیجه رسید که گردوغبار سیمان باعث تحریک و سوزش مخاط غشاء راه هوایی ریه می شود که ممکن است باعث کاهش حاد متغیرهای PEF و FEV^1 در کارگران شاغل در کارخانه سیمان شود (Neghab, *et al.,* 2007). همچنین بر اساس مطالعه Abrons مواجهه با گرد و غبار سیمان عامل شیوع تنگی نفس است (Abrons Dietz, *et al.,* 1998). بروز سرطان حنجره را در اثر مواجهه شغلی با گرد و غبار سیمان تایید کرده است (Deitz, *et al.,* 2004). هم‌چنین Smailyte بروز سرطان معده را در کارگران صنعت سیمان گزارش کرده است (Smailyte, *et al.,* 2003).

در مطالعه دیگری تاثیر مواجهه با گرد و غبار سیمان در کاهش ظرفیت های عملکردی ریه مشاهده شده است (Noor, *et al.,* 2000). لذا می‌بایست اقدامات کنترلی در جهت کاهش مواجهه کارگران با گرد و غبار سیمان صورت گیرد.

بیشترین مقادیر مواجهه در قسمت های آسیاب مواد (۷/۸ mg/m^3) و آسیاب سیمان (۷/۳۹ mg/m^3) ثبت شده است. عمده ی مواجهه ی کارگران در این قسمت ها به هنگام نظافت نوار نقاله ها و سایر تجهیزات صورت می گرفت، چرا که در طی این فعالیت گرد و غبار زیادی در محیط پخش می شد(شکل ۱). کمترین میزان مواجهه با گرد و غبار قابل استنشاق نیز در قسمت کوره ها (۲/۶۸ mg/m^3) مشاهده شد که دلیل آن سیستم کاملا بسته و محصور فرآیند در این واحد از کارخانه می باشد. خرم زاده نیز در مطالعه ی خود در یک کارخانه ی سیمان مدرن میانگین غلظت گرد و غبار قابل استنشاق را در قسمت آسیاب سیمان ۲۴/۶۵ mg/m^3 برآورد کرد که در مقایسه با سایر فرآیندها بالاترین مقدار را داشت (Khoramzade, *et al.,* 2002). هم‌چنین در مطالعه‌ای که بر روی

کارگران صنایع سیمان اردن انجام شد، این مقدار برای کارگران آسیاب سیمان ۳/۹ mg/m^3 محاسبه گردید (Health and Safety Executive, 2005).

میزان مواجهه با گردوغبار قابل استنشاق سیمان در کل فرآیندهای تولید کارخانه در گستره ۱/۷۷ – ۱۸/۸۹ mg/m^3 بود که تمامی (۱۰۰%) مواجه ها بالاتر از حد مجاز است، در حالی که در واحد اداری و کنترل عملیات کلیه مواجه ها پایین تر از حد مجاز توصیه شده توسط ACGIH بود. Abrons در پژوهش خود مواجهه با گرد وغبار قابل استنشاق سیمان را ۰/۵۷ mg/m^3برآورد کرد (Abrons, *et al.,* 1988) که در مقایسه با میانگین مواجهه در این پژوهش حدود ۸/۵ برابر کمتر است. هم‌چنین در پژوهشی که در تایوان انجام شد میانگین مواجهه با گرد و غبار سیمان ۱/۲۴ mg/m^3 برآورد شد (Yang and Huang, 1996) . بنابراین می‌توان این‌گونه برداشت کرد که میزان مواجهه با گرد و غبار قابل استنشاق در صنعت سیمان مورد پژوهش بیشتر از موارد خارج کشور است و دلیل آن را نیز می توان تفاوت در تجهیزات و دستگاه‌های مورد استفاده، قابلیت در استفاده و نگهداری سیستم های کنترلی و مکانیسم های نظافت عنوان کرد.

حضرتی غلظت گرد و غبار قابل استنشاق سیمان را در کارخانه ی سیمان اردبیل ۱۳ mg/m^3 تخمین زد (Hazrati, *et al.,* 2009). هم‌چنین خرم زاده غلظت گرد وغبار قابل استنشاق سیمان را در یک کارخانه‌ی سیمان ۱۳/۷۵ mg/m^3 برآورد کرد (Kho-ramzade, *et al.,* 2002). نقاب و چوبینه در مطالعه دیگری غلظت گرد و غبار قابل استنشاق سیمان در یک کارخانه‌ی سیمان ۲۶ mg/m^3 به‌دست آمد (Neghab and Chobine, 2007). در تمامی مطالعات فوق الذکر میانگین تراکم گرد وغبار قابل استنشاق بالاتر از صنعت سیمان مورد پژوهش است، بنابراین می توان گفت میزان مواجهه با گرد وغبار قابل استنشاق در صنعت سیمان مورد پژوهش کمتر از صنایع مشابه داخلی است که علت آن می تواند جوان بودن صنعت مورد پژوهش و فرسودگی کمتر دستگاه‌های آن نسبت به سایر صنایع مشابه داخلی باشد. هم‌چنین با مقایسه مقادیر مواجهه با گرد و غبار قابل استنشاق سیمان در صنایع داخلی و خارجی، شاید بتوان چنین برداشت نمود که در صنایع سیمان داخلی کشور، به دلیل عدم تعمیرات و بازرسی های فنی به موقع، عمر صنایع و پیر شدن آن زودتر از موعد فرارسیده و لذا تراکم گرد وغبار بیش از مقدار مورد انتظار در مقایسه با صنایع دیگر کشورها است.

دکتر آذری و همکاران ریسک مرگ و میر ناشی از سیلیکوزیس را در مواجهه تجمعی با سیلیس کریستالی در گستره یاد شده برابر ۱ و هم‌چنین در مواجهه ۴۵ ساله با سیلیس کریستالی در گستره تراکم ۰/۲۵ mg/m^3 – ۰/۰۷، ریسک ابتلا به سرطان ریه را ۰/۰۵ برآورد کردند (Azari, *et al.,* 2009). Park ریسک ابتلا به سایر بیماری‌های ریوی غیر از سرطان و سیلیکوزیس را برای مواجهه ۴۵ ساله با تراکم ۰/۱ mg/m^3 سیلیس کریستالی، ۰/۱۸۶ تعیین کرد (Park, *et al.,* 2002). Steenland در مطالعه ی خود به این نتیجه رسید که مواجهه با سیلیس کریستالی در تراکم ۰/۱ mg/m^3 به مدت ۵ سال موجب افزایش

شانس ابتلا به بیماری‌های کلیوی می‌شود (Steenland, *et al.,* 2002). آژانس بین المللی تحقیقات سرطان (IARC) در سال۱۹۹۷ سیلیس کریستالی را سرطانزای انسانی گروه۱ اعلام کرده است(Calvert, *et al.,* 2003). از سویی درمطالعات فراوان دیگری ارتباط بین مواجهه شغلی با سیلیس کریستالی و بیماری‌هایی از قبیل سیلیکوزیس (Castranova and Vallyathan, 2000; Scarselli, *et al.,* 2008; Golbabaei, *et al.,* 2004)، سرطان‌ریه،برونش،حلق‌ومعده(Maciejewska,2008)، اثرات مزمن ریوی (Hnizdo and Vallyathan, 2003) و بیماری های خود ایمنی (Mancino, *et al.,* 1983) و کلیوی (Calvert, *et al.,* 2003) به اثبات رسیده است. لذا با توجه به این‌که میانگین مواجهه کارکنان واحدهای تولید با سیلیس کریستالی ۰/۱۰۴ mg/m^3 – ۰/۰۱۱ برآورد شد که ۵۷% آن‌ها مقادیری بیش از حدود مجاز توصیه شده توسط NIOSH و ایران داشتند و با توجه به اثرات زیان بخش مواجهه با سیلیس کریستالی بر سلامت کارگران، لازم است کنترل مواجهه کارگران با سیلیس کریستالی در واحدهایی که تراکم سیلیس کریستالی در آن ها بالاتر از حدود مجاز مواجهه شغلی است، در اولویت اقدامات اصلاحی قرار گیرد.

با آنالیز آماری نتایج میانگین غلظت سیلیس کریستالی در نمونه های هوای تنفسی کارگران، این نتیجه حاصل شد که میانگین وزنی – زمانی مواجهه با سیلیس کریستالی فقط در واحدهای آسیاب مواد (P<0.05) و کوره (P<0.001) بالاتر از حد مجاز توصیه شده توسط NIOSH (۰/۰۵ mg/m^3) و کمیته فنی بهداشت حرفه ای ایران (۰/۰۵ mg/m^3) بود. ولی در سایر فرآیندهای تولید کارخانه این اختلاف به لحاظ آماری معنی دار نبوده و میانگین مواجهه کارگران این واحدها با سیلیس کریستالی در محدوده ی مجاز بود. به طور کلی مواجهه با سیلیس کریستالی در فرآیندهایی که بعد از مرحله ی کوره و پخت انجام می شد کمتر از مراحل ابتدایی فرآیند تولید بود به طوری که بیشترین میزان مواجهه با سیلیس کریستالی در قسمت آسیاب مواد (mg/ m^3 ۰/۰۵۲)، سنگ شکن (۰/۰۴۵ mg/m^3) و کوره (۰/۰۴۱ mg/m^3) صورت گرفت. نتیجه ی مشابهی نیز در کارخانه ی سیمان اردبیل به‌دست آمده است (Hazrati, *et al.,* 2009). کاهش میزان مواجهه با سیلیس کریستالی در مراحل تولید پس از کوره می تواند به علت اعمال حرارت بر روی مواد اولیه و آزاد شدن رادیکال های سیلیس کریستالی در این مرحله، یا افزوده شدن مقادیری گچ به مواد اولیه و کاهش سهم سیلیس کریستالی موجود در سیمان تولیدی باشد.

نتیجه گیری

نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که میزان مواجهه‌ی کارگران فرایندهای مختلف تولید با گرد و غبار قابل استنشاق سیمان بالاتر از حدود مجاز توصیه شده‌ی ACGIH بود، اما میزان مواجهه کارکنان با سیلیس کریستالی به لحاظ آماری در واحدهای آسیاب مواد و کوره از حدود مجاز NIOSH و کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای ایران بالاتر بود. هم‌چنین بیشترین مقادیر مواجهه با

گرد وغبار قابل استنشاق در آسیاب مواد و آسیاب سیمان، و بیشترین مقادیر مواجهه با سیلیس کریستالی در واحدهای آسیاب مواد و سنگ شکن و کوره مشاهده می شود. بنابراین لازم است جهت کنترل مواجهه شغلی با گردو غبار قابل استنشاق سیمان و سیلیس کریستالی واحدهای مذکور در اولویت اقدامات اصلاحی قرار گیرند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب قدردانی خود را از معاونت محترم آموزشی دانشگاه علوم پزشکی کرمان و مدیر عامل گرامی کارخانه سیمان و همکاران ایشان اعلام می دارند. همچنین نویسندگان از همکاری های فنی آزمایشگاه بهداشت حرفه ای دانشگاه علوم پزشکی تهران قدردانی می نمایند.

منابع

1. Abrons, H.L.; Petersen, M.R.; Sanderson, W.T.; Engelberg, A.L.; Harber, P., (1988). Symptoms, ventilatory function, and environmental exposures in Portland cement workers. Br. J. Ind. Med., 45, 368-375.
2. Association of Occupational Health Technical Committee, (1992). Occupational exposure limits of pathogens. Association of Occupational Health Technical Committee, Centre of Environment and Health Management, Ministry of Health and Medical Education, Iran.
3. Azari, M.R.; Rokni, M.; Salehpour, S.; Mehrabi, Y.; Jafari, M.J.; Moaddeli, A.N.; Movahedi, M.; Ramezankhani, A.; Hatami, H.; Mosavion, M.A.; Ramazani, B., (2009). Risk assessment of workers exposed to crystalline silica aerosols in the east zone of Tehran. Tanaffos, 8 (3), 43-50.
4. Calvert, G.M.; Rice, F.L.; Boiano, J.M.; Sheehy, J.W.; Sanderson, W.T., (2003). Occupational silica exposure and risk of various diseases: an analysis using death certificates from 27 states of the United States. Occup. Environ. Med., 60 (2), 122-9.
5. Castranova, V.; Vallyathan, V., (2000). Silicosis and coal workers' pneumoconiosis. Environ. Health Perspect., 108 (4), 675-84.
6. Dietz, A.; Ramroth, H.; Urban, T.; Ahrens, W.; Becher, H., (2004). Exposure to cement dust, related occupational groups and laryngeal cancer risk: results of a population based case-control study. Int. J. Cancer, 108, 907–911.
7. Golbabaei, F.; Barghi, M.; Sakhaei, M., (2004). Evaluation of workers' exposure to total, respirable and silica dust and the related health symptoms in Senjedak Stone Quarry, Iran. Industrial Health, 42, pp. 29–33.
8. Hazrati, S.; Azari R.M.; Sadeghi, H.; Rahimzadeh, S.; Mostaed, N., (2009). Dust concentrations in an Ardabil portland cement industry. Journal of Ardabil University of Medical Sciences, 9 (4), 292-298 [In Persian].
9. Hnizdo, E.; Vallyathan, V., (2003). Chronic obstructive pulmonary disease due to occupational exposure to silica dust: a review of

epidemiological and pathological evidence. Occup. Environ. Med., 60 (4), 237-43.

10. Health & Safety Executive, (2005). Hazard assessment document, portland cement dust. Health & Safety Executive, EH75/7.
11. Khoramzade, M.; Gholamnia, R.; Azari, R.M.; Hazrati, S.; Zareh, M., (2002). Evaluation of workplace dusts and its effects on pulmonary function of workers in a modern cement factory. National congress of Ergonomics in produces industry and manufacturing, Society of ergonomics and human factors engineering, Tehran, Iran, October 29 th [in Persian].
12. Labour Action China, (2007). A Short Paper on the Problem of Silicosis in Gemstone-Processing Industry and the legal loopholes in the implementation of the Prevention of Occupational Disease Law, available at: http://www.jewelrycampaign.net/problem_of_silicosis.doc
13. Lehigh Southwest Cement Company, (2002). Material Safety Data Sheet (MSDS) for Portland. Available at: http://www.lehighsw.com/products/msds1.pdf
14. Maciejewska, A., (2008). Occupational exposure assessment for crystalline silica dust: approach in Poland and worldwide. Int. J. Occup. Med. Environ. Health, 21 (1), 1-23.
15. Mancino, D.; Buono, G.; Cusano, M.; Minucci, M., (1983). Adjuvant effects of a crystalline silica on IgE and IgG1 antibody production in mice and their prevention by the macrophage stabilizer poly-2-vinylpyridine N-oxide. Int. Arch. Allergy Appl. Immunol., 71 (3), 279-81.
16. Mwaiselage, J.; Bratveit, M.; Moen, B.; Yost, M., (2005). Variability in dust exposure in a cement factory in Tanzania. Ann. occup. Hyg., 49 (6), 511–519.
17. Neghab, M.; Chobine, A.R., (2007). The relationship between occupational exposure to cement dust and prevalence of respiratory symptoms and disorders. Behbood Journal, 11 (2), 215-226 [in Persian].
18. Neghab, M.; Chobine, A.R., (2007). Work-related respiratory symptoms and ventilatory disorders among employees of a cement industry in Shiraz, Iran. J. occup. health, 49, 273-278
19. National Institute for Occupational Safety and Health, (1992). Request for assistance in preventing silicosis and deaths from sandblasting. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, 92-102.
20. National Institute for Occupational Safety and Health, (1998). Manual of Analytical Methods: Particulated not otherwise regulated respirable, Method No. 0600. National Institute for Occupational Safety and Health.
21. National Institute for Occupational Safety and Health, (2002). Health effects of occupational exposure to respirable crystalline silica, NIOSH hazard review.

tional exposure to respirable crystalline silica, determination of airborn crystalline silica. Available from: http://www.jewelry-campaign.net/eng/index.htm.

28. Scarselli, A.; Binazzi, A.; Marinaccio, A., (2008). Occupational exposure to crystalline silica: estimating the number of workers potentially at high risk in Italy. Am. J. Ind. Med., 51 (12), 941-9.
29. Smailyte, G.; Kurtinatis, J.; Anderson, A., (2004). Mortality and cancer incidence among Lithuanian cement producing workers. Occup. Environ. Med., 61, 529-534.
30. Steenland, K.; Attfield, M.; Manejte, A., (2002). Pooled analyses of renal disease mortality and crystalline silica exposure in three cohorts. Ann. occup. Hyg., 46 (1),4-9.
31. Steenland, K.; Sanderson, W.; Calvert, G.M., (2001). Kidney disease and arthritis in a cohort study of workers exposed to silica. J. Epidemiology, 12 (4), 405-412.
32. Yang, C.Y.; Huang, C.C., (1996). Effects of occupational dust exposure on the respiratory health of portland cement workers. J. Toxical Environ. Health, 49 (6), 581-588.
22. National Institute for Occupational Safety and Health, (2003). Manual of Analytical Methods: Silica, Crystalline, by VIS, Method No. 7601. National Institute for Occupational Safety and Health.
23. Noor, H.; Yap, C.; Zolkepli, O.; Farideh, M., (2000). Effect of exposure to dust on lung function of cement factory workers. Med. J. Malaysia, 55, 51-57.
24. Occupational Safety and Health Service, (2002). Workplace exposure standards for atmospheric contaminants. Department of Labour, Newzeland, OSHS, 10-12.
25. Park, R.; Rice, F.; Stayner, L.; Smith, R.; Gilbert, S.; Checkoway, H., (2002). Exposure to crystalline silica, silicosis, and lung disease other than cancer in diatomaceous earth industry workers: a quantitative risk assessment. Occup. Environ. Med., 59, 36-43.
26. Parks, C.G.; Conrad, K.; Cooper, G.S., (1999). Occupational exposure to crystalline silica and autoimmune disease. Environ. Health Perspect., 107 (5), 793-802.
27. Rosa, J.; Key-Schwartz; Baron, P.A.; Bartley, D.L.; Rice, F.L.; Schlecht, P.C., (2002). Hazard review: health effects of occupa-