

## پایش شغلی و ارزیابی مخاطرات بهداشتی مواجهه تنفسی با گردوغبار در یک واحد صنعتی تولید خاک چینی

سعید شجاعی برجویی<sup>۱\*</sup>، حمیدرضا عظیم‌زاده<sup>۲</sup>، اصغر مصلح آرانی<sup>۳</sup>، محمدرضا کوچک‌زاده<sup>۲</sup>

### چکیده

مقدمه: سیستم تنفسی به عنوان یکی از مهم‌ترین عضو بدن انسان، تحت تأثیر عوارض و پیامدهای نامطلوب بهداشتی ذرات معلق قرار دارد. این مطالعه با هدف تعیین میزان مواجهه شغلی کارگران با سیلیس کریستالی گرد و غبار قابل استنشاق و تعیین خطرات بهداشتی آن اجرا شده است.

روش بررسی: در این مطالعه تحلیلی-مقطعی نمونه‌برداری در یک واحد صنعتی تولید خاک چینی بر اساس روش‌های استاندارد و شیوه‌های نمونه‌برداری فردی و محیطی انجام شد. سپس داده‌های به‌دست‌آمده در نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. ارزیابی خطر مواجهه شغلی کارگران با سیلیس کریستالی بر اساس مدل پیشنهادی EPA انجام شد.

نتایج: میانگین مواجهه کارگران با گرد و غبار قابل استنشاق و سیلیس کریستالی به ترتیب  $4/1 \pm 46/34 \text{ mg/m}^3$  و  $4/1 \pm 57/10$  اندازه‌گیری شد. متوسط غلظت محیطی ذرات قابل استنشاق  $6177/71 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  و گستره آن  $8289/70 - 4088/30$  بود. در کلیه گروه‌های شغلی ریسک ابتلا به بیماری‌های سرطانی کوچک‌تر از  $10^{-6}$  به دست آمد. مقادیر HQ در اپراتور یک (۵/۳۴) و دو (۴/۷۹) دستگاه سنگ‌شکن، اپراتور بارگیری دستگاه سنگ‌شکن (۸/۴۹)، اپراتور درایر (۱/۹۱)، اپراتور دوغاب (۳/۰۱) و اپراتور فیلترپرس (۱/۷۸) بیش از حد مجاز بود.

نتیجه‌گیری: میانگین غلظت گردوغبار قابل استنشاق و سیلیس کریستالی در این صنعت بیش از حد مجاز است. بر اساس نتایج ارزیابی ریسک، اولویت اقدامات کنترل جدی در راستای کاهش ریسک ابتلا به عوارض غیر سرطانی در گروه‌های شغلی سنگ‌شکن، درایر، دوغاب و فیلتر پرس لازم و ضروری است.

واژه‌های کلیدی: مواجهه شغلی، سیلیس کریستالی، گرد و غبار قابل استنشاق، ارزیابی مخاطرات بهداشتی

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، محیط زیست، دانشگاه یزد، یزد، ایران

<sup>۲</sup> دانشیار، گروه محیط زیست، دانشگاه یزد، یزد، ایران

<sup>۳</sup> کارشناسی ارشد، معاون محیط زیست انسانی، اداره کل حفاظت از محیط زیست استان یزد، یزد، ایران

\* (نویسنده مسئول): تلفن تماس: ۰۹۱۳۸۳۶۸۴۳۶، پست الکترونیک: said.shojaee71@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۲۴

مواجهات شغلی یکی از علل شایع بیماری‌های ریوی و یکی از انواع مواجهات دارای اهمیت در محیط‌های کاری است. از دیدگاه بهداشت شغلی، سیستم تنفسی مهم‌ترین عضو بدن انسان است که می‌تواند به‌طور مستقیم تحت تأثیر عوارض، اختلالات و پیامدهای نامطلوب بهداشتی ذرات معلق قرار گیرد (۱).

از طرف دیگر گرد و غبار از دسته عوامل زیان‌آور شایع محیطی در صنایع بوده که از طریق فرآیند فروپاشی مکانیکی مانند سنگ‌زنی، برش، حفاری، خردایش، انفجار یا اصطکاک قوی بین مواد خاص به وجود می‌آید، گرد و غباری که بدین طریق تولید می‌شود اغلب «گرد و غبار هوا برد اولیه» نامیده می‌شوند (۲). این نوع از گرد و غبارها ممکن است حاوی مواد خطرناک از جمله سیلیس کریستالی باشند که استنشاق مداوم آن‌ها باعث بیماری‌های شغلی غیرقابل برگشت نظیر سیلیکوزیس می‌شود. نوع معمول این بیماری با شروع تدریجی و سیر پیشرفته آهسته شناخته می‌شود و با کاهش سطح سیستم ایمنی و همچنین فیروز ریه می‌تواند زمینه‌ساز بیماری‌های دیگر نظیر بیماری‌های خود ایمنی، کلیوی، آمفیزم و غیره شود (۳).

گفتنی است که طیف وسیعی از صنایع نظیر سیمان، معدن، کاشی و سرامیک‌سازی، فولاد، ریخته‌گری، فروسیلیس، سندبلاست، شیشه‌گری و سفال‌گری وجود دارد که مواجهه با غلظت بالای گرد و غبار محتوای سیلیس به‌عنوان ریسک فاکتور بالقوه بیماری‌های مزمن ریوی در این محیط‌های شغلی بسیار شایع است (۴).

اگرچه شدت مواجهه در مشاغل مختلف به نوع وظایف، فرآیندهای مورد استفاده در تولید و ماشین‌آلات مورد استفاده بستگی دارد، اما به دلیل مواجهه با سطوح بالای گرد و غبار در مشاغل و محیط‌های گوناگون، ارزیابی سطوح مواجهه افراد با ذرات آلاینده معلق، نظر بسیاری از محققین را به خود معطوف کرده است (۵). از این دسته از مطالعات، می‌توان به پژوهش عظیمی و همکاران (۱۳۹۷) در رابطه با ارزیابی مواجهه تنفسی کارگران با ذرات معلق در یک صنعت کاشی و سرامیک (۶)، پژوهش نقی‌زاده و محوی (۲۰۱۱) با هدف ارزیابی مواجهه با گرد و غبار و سیلیس آزاد در کارگران سنگ‌آهن سنگان در خواف (۷)، مواجهه شغلی با گرد و غبار سیلیس در ایالت متحده

امریکا توسط یاسین و همکاران (۲۰۰۵) (۸)، ارزیابی مواجهه شغلی با گرد و غبار سیلیس کریستالی و اثرات تنفسی آن در یکی از صنایع کاشی و سرامیک توسط ایمانی و همکاران (۲۰۱۵) (۹) اشاره نمود.

در طول دو دهه اخیر رشد چشمگیر ظروف چینی و سرامیکی و به دنبال آن توسعه صنایع تولید خاک چینی، سبب اشتغال افراد زیادی در این صنعت شده است که به علت استنشاق ذرات گرد و غبار، این افراد مستعد ابتلا به بیماری‌های تنفسی هستند. فرآیند اصلی تولید خاک چینی شامل واحدهای سنگ‌شکن، دوغاب، فیلتر پرس، درایر، بسته‌بندی است. مواد اولیه مورد استفاده در این صنعت کائولن است. کائولن یا خاک چینی یک ماده معدنی رسی متداول بوده که ترکیب شیمیایی آن بیشتر از سیلیس است. حدود ۴۷/۵۰ درصد این سیلیس به صورت سیلیکات و ۳۴/۳۷ درصد به صورت آلومینا است. در طبیعت مقادیر اندک از اجزای دیگر مانند سیلیس آزاد، میکا و اکسید آهن، دی اکسید تیتانیوم، اکسید آهن، دی اکسید تیتانیوم، اکسید کلسیم، اکسید منیزیم، اکسید پتاسیم و اکسید سدیم در این ماده نیز وجود دارد (۵).

به‌منظور کنترل بیماری‌های شغلی در صنعت تولید خاک چینی، ارزشیابی مواجهه شغلی کارکنان به‌صورت پایش فردی (اندازه‌گیری میزان آلاینده در ناحیه تنفسی) و پایش محیطی (اندازه‌گیری میزان آلاینده در محیط کار) در ارزشیابی خطر و مدیریت آن بسیار حائز اهمیت است. در سال‌های اخیر بحث ارزیابی ریسک به یکی از مهم‌ترین مباحث در کنترل بیماری‌های شغلی تبدیل شده است. آنچه امروز بیش‌تر مورد توجه است تنها میزان سمیت یا عوارض نیست، بلکه میزان ریسک مرگ‌ومیر ناشی از مواجهه با مواد است (۱۰). ارزیابی ریسک به‌عنوان یکی از ارکان اصلی سیستم مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست (HSE)، هدف آن شناسایی، ارزیابی و کنترل عوامل مخاطره‌آمیز بوده است که می‌تواند سلامت و ایمنی کارکنان را در صنعت تحت تأثیر قرار دهد. در استاندارد OHSAS 18001 ارزیابی ریسک به‌عنوان فرآیند ارزشیابی ریسک‌های ناشی از مخاطرات موجود در محیط کار با در نظر گرفتن اقدامات کنترلی موجود و تصمیم‌گیری در مورد قابل‌قبول بودن یا نبودن آن تعریف شده است (۱۱). ارزیابی ریسک بهداشتی یکی از جدیدترین روش‌های

سم‌شناسی است که به‌موجب آن میزان خطر در خصوص جمعیت مواجهه یافته بر اساس اطلاعات علمی در ارتباط با آن ماده، تخمین زده می‌شود. این فرآیند تلاش علمی در جهت شناسایی و برآورد صحیحی از خطر است (۱۲). با استفاده از ارزیابی ریسک بهداشتی گرد و غبار محیط کار می‌توان یک ارزیابی جامع از میزان مواجهه کارکنان با عوامل مخاطره‌آمیز انجام داد و در مورد پیش‌بینی تمهیدات کنترلی، آموزش بیشتر کارکنان، پایش و مراقبت‌های بهداشتی برای حفاظت کارکنان در مقابل مواجهه با مواد خطرناک نظیر سیلیس در محیط کار تصمیم‌گیری نمود (۱۱).

با توجه به مطالب ذکر شده، به دلیل بالا بودن ریسک بروز اثرات غیرقابل برگشت برای سلامتی کارگران صنعت تولید خاک چینی لازم است مطالعات علمی به ارزیابی میزان و عوارض مواجهه با گرد و غبار محتوای سیلیس در این صنعت پرداخته شود؛ بنابراین این مطالعه با دو هدف اصلی ارزیابی مواجهه شغلی کارگران یک واحد صنعتی تولید خاک چینی با گرد و غبار قابل استنشاق و سیلیس کریستالی و تعیین مخاطرات بهداشتی آن در دو بخش سرطانی و غیر سرطانی انجام شده است.

### روش بررسی

این پژوهش در قالب یک مطالعه مقطعی-تحلیلی بر روی کارگران شاغل در یکی از واحدهای صنعتی تولید خاک چینی کشور در زمستان سال ۹۷ با اخذ رضایت آگاهانه اجرا شده است. برای اجرای تحقیق ابتدا اطلاعات دموگرافیک کارگران مورد مطالعه شامل شغل، وظایف کاری، وزن، سن به روش مصاحبه و گفتگوی حضوری جمع‌آوری گردید. سپس فرآیند تولید صنعت مورد بررسی به شرح زیر توصیف شد:

بخشی از مواد اولیه کارخانه که سنگ کائولن است، از معدن استخراج شده و بخشی نیز خریداری می‌گردد. فرآیند تولید خاک چینی در این کارخانه شامل ورود سنگ کائولن در سنگ‌شکن، انتقال مواد به آسیاب توسط نوار نقاله، آسیاب، دوغاب، فیلتر پرس (برای جداسازی آب از دوغاب و جداسازی سیلیس از کائولن)، درایر و بسته‌بندی محصول است. اولین مرحله فرآیند تولید خاک چینی آماده‌سازی مواد در سنگ‌شکن است. در این بخش مواد اولیه ورودی با ابعاد درشت در اثر خردایش به ابعاد

کوچک‌تر (۰-۱۰۰ میلی‌متر) تبدیل و توسط نوار نقاله فاقد ایزولاسیون به ریمون یا آسیاب منتقل می‌شوند. پس از خردایش و پودر شدن، بخشی از آن بسته‌بندی شده تا به مصارف خاص برسد و بخش دیگر آن وارد دوغاب و سپس فیلترپرس می‌شود تا کائولن از سیلیس جدا گردد و همچنین آب از دوغاب گرفته شود. در مرحله بعد سیلیس خالص جدا شده توسط درایر خشک و گاهی مجدداً آسیاب و سپس بسته‌بندی می‌شود تا در مصارف خاص نظیر تولید بلوک سبک سیلیسی مورد استفاده قرار گیرد. بخش دیگر از مواد فیلتر پرس شده که کائولن یا خاک چینی است در درایر قرار داده می‌شود تا رطوبت آن گرفته شود. پس از خشک شدن، مواد فرآوری شده بسته‌بندی و به مصارفی نظیر تولید لعاب کاشی می‌رسد. کلیه فرآیند تولید تشریح شده در یک سالن به مساحت  $1000 \text{ m}^2$  صورت می‌گیرد. طراحی نامناسب استقرار تجهیزات و ماشین‌آلات سنگ‌شکن و آسیاب در سالن تولید سبب ایجاد گرد و غبار زیاد در محیط می‌شود.

در این مطالعه با توجه به پیش‌آزمون انجام گرفته، با در نظر گرفتن خطای نوع اول ۵ درصد و توان ۸۰ درصد و استفاده از فرمول برآورد حجم نمونه (۱۲) برای یک میانگین (بعد از تصحیح برای جامعه‌ی محدود) حداقل تعداد نمونه مورد نیاز ۲۰ نمونه فردی و ۴ نمونه محیطی تعیین گردید؛ اما برای بررسی دقیق‌تر و افزایش توان آزمون، ۳۰ نمونه فردی و ۷ نمونه محیطی جمع‌آوری شد. نمونه‌برداری از هوای تنفسی کارگران بر اساس روش ۰۶۰۰ سازمان ملی بهداشت و ایمنی شغلی امریکا (NIOSH) برای نمونه‌برداری از گرد و غبار قابل استنشاق محتوای سیلیس کریستالی صورت گرفت. با توجه به غلظت بالای گرد و غبار در این واحد صنعتی کلیه نمونه‌برداری‌ها به مدت دو ساعت همراه با سه بار تکرار در طول شیفت کاری ۸ ساعته، با استفاده از سیکلون‌های پلاستیکی و آلومنیومی ساخت کشور انگلستان با فیلتر ۳۷ میلی‌متری با اندازه تخلخل پنج میکرون ساخت شرکت SKC و پمپ نمونه‌بردار فردی مدل universal از شرکت SKC استفاده شد. کالیبراسیون پمپ با استفاده از کالیبراتور حباب صابون دیجیتال مدل ۳۰۲ از شرکت SKC ساخت امریکا با ظرفیت نیم لیتر صورت گرفت. فیلترهای PVC قبل از نمونه‌برداری به مدت ۲۴ ساعت در دسیکاتور قرار داده شد تا رطوبت آن گرفته شود. بعد از

خاتمه نمونه برداری، فیلتر با ترازوی ۰/۰۰۰۱ میلی گرمی مدل GR-200 ساخت ژاپن سه بار وزن شده و میانگین آن‌ها برای محاسبه تراکم گرد و غبار با توجه به حجم هوای نمونه برداری و بر اساس روش ۰۶۰۰ سازمان ملی بهداشت و ایمنی شغلی آمریکا محاسبه گردید.

مقادیر سیلیس کریستالی در نمونه‌های غبار توسط اسپکتوفتومتر مرئی در طول موج ۴۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. برای ارزیابی مواجهه محیطی با ذرات، غلظت ذرات معلق با قطر آئرو دینامیکی ۱، ۲/۵، ۴، ۵، ۷، ۱۰، ۱۰-۱۰۰ (TSP) میکرون برحسب میکروگرم بر مترمکعب با استفاده از دستگاه شمارنده ذرات قرائت مستقیم Particle Mass Counter مدل TES 5200 اندازه‌گیری شد.

کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری شامل حداقل، حداکثر، میانگین، انحراف معیار و نیز مقایسه غلظت گرد و غبار قابل استنشاق و سیلیس کریستالی در گروه‌های شغلی با حدود مجاز مواجهه شغلی ارائه شده توسط NIOSH و کمیته بهداشت حرفه‌ای ایران برای ۸ ساعت کار روزانه (۰/۰۵ میلی گرم بر مترمکعب) (۱۳) با استفاده از آزمون T تک نمونه (T-Test) در نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ صورت گرفت.

در ارزیابی مخاطرات بهداشتی ابتلا به انواع سرطان‌ها برای مشاغل مربوطه بر اساس رابطه (۱) و ریسک بهداشتی غیر سرطانی آن‌ها بر اساس روابط (۲) و (۳) صورت گرفت (۱۴، ۱۵). این روابط بر اساس مدل پیشنهادی سازمان حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده استخراج شده است:

$$ILCR = [(C \times BR \times DS \times EF \times ED) \div (BW \times AT \times 365)] \times (SF) \quad (1)$$

$$EC = (CA \times ET \times EF \times ED) \div AT \quad (2)$$

$$HQ = EC \div RfC \quad (3)$$

در روابط فوق پارامترهای (Deterministic Incremental Lifetime Cancer Risk) بیانگر خطر ابتلا به سرطان در طول عمر (mg/kg/day)، (Concentration) بیانگر غلظت مواجهه با سیلیس قابل استنشاق (mg/m<sup>3</sup>)، (Breathing Rate) نرخ تنفس (m<sup>3</sup>/hr)، (Daily exposure duration) معادل مدت‌زمان مواجهه روزانه (hr/day)، (Frequency Exposure) تعداد روزهای مواجهه کارگران با سیلیس کریستالی در سال (day/years)،

ED (Duration in work life) مدت‌زمان مواجهه عمر کاری (years)، (Body Weight) وزن بدن (kg)، (Average Time) AT که معمولاً به عنوان امید به زندگی توصیف می‌شود (years) برای ریسک‌های سرطانی ۷۰×۳۶۵ و برای ریسک‌های غیرسرطانی از رابطه تبدیل واحد زمان years × 365 day/years × 24hr/day به دست می‌آید، عدد ۳۶۵ بیانگر تعداد روزهای سال (day/year)، (Cancer Slope Factor) SF فاکتور شیب سرطان (mg/kg/day)<sup>-1</sup>، (Exposure Concentration) EC غلظت مواجهه (mg/m<sup>3</sup>)، (Concentration the Air) CA غلظت سیلیس کریستالی (mg/m<sup>3</sup>)، (Time Reference) ET زمان مواجهه (hr/day)، (Concentration Reference) RfC غلظت مینا یا غلظت استاندارد (mg/m<sup>3</sup>) که برای سیلیس کریستالی برابر با ۰/۰۵ است. (Hazard Quotient) HQ نسبت خطر نامیده می‌شود. در این پژوهش مواجهه شغلی در کارگران برابر با ۳۰ سال و هر سال ۲۵۰ روز کاری و هر روز کاری برابر با ۸ ساعت با نرخ تنفس ۰/۷۷ متر مکعب در ساعت با امید به زندگی ۵۶ سال برای محاسبه ریسک‌های سرطانی در نظر گرفته شد. فاکتور شیب سرطان برای سیلیس موجود در گرد و غبار در محدوده ۶/۸×۱۰<sup>-۷</sup> - ۱/۸۵×۱۰<sup>-۵</sup> در نظر گرفته شد. در ارزیابی ریسک بهداشتی غیر سرطانی اگر مقدار عددی ریسک بالاتر از عدد یک گردد، ریسک بالاتر از حد مجاز و غیرقابل قبول است و اگر مقدار عددی ریسک کمتر از یک شود، ریسک کمتر از حد مجاز و قابل قبول می‌گردد. همچنین در صورتی که مقادیر نمره ریسک سرطانی بزرگتر از ۱۰<sup>-۴</sup> شود، ریسک‌های سرطانی غیرقابل قبول و در صورتی که در محدوده ۱۰<sup>-۴</sup> تا ۱۰<sup>-۶</sup> و یا کوچکتر از ۱۰<sup>-۶</sup> قرار گیرد، قابل قبول است (۱۶، ۱۷، ۲۰، ۱۸).

#### نتایج

اطلاعات دموگرافیک کارگران صنعت تولید خاک چینی در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، در این واحد صنعتی ۱۰ کارگر در یک شیفت کاری در ۷ گروه شغلی سنگ‌شکن، لیفتراک، فیلترپرس، دوغاب، درایر، مکانیکی و بسته‌بندی و ۹ وظیفه مختلف مشغول به کار هستند.

کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری شامل حداقل، حداکثر، میانگین، انحراف معیار و نیز مقایسه غلظت گرد و غبار قابل استنشاق و سیلیس کریستالی در گروه‌های شغلی با حدود مجاز مواجهه شغلی ارائه شده توسط NIOSH و کمیته بهداشت حرفه‌ای ایران برای ۸ ساعت کار روزانه (۰/۰۵ میلی گرم بر مترمکعب) (۱۳) با استفاده از آزمون T تک نمونه (T-Test) در نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ صورت گرفت.

در ارزیابی مخاطرات بهداشتی ابتلا به انواع سرطان‌ها برای مشاغل مربوطه بر اساس رابطه (۱) و ریسک بهداشتی غیر سرطانی آن‌ها بر اساس روابط (۲) و (۳) صورت گرفت (۱۴، ۱۵). این روابط بر اساس مدل پیشنهادی سازمان حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده استخراج شده است:

$$ILCR = [(C \times BR \times DS \times EF \times ED) \div (BW \times AT \times 365)] \times (SF) \quad (1)$$

$$EC = (CA \times ET \times EF \times ED) \div AT \quad (2)$$

$$HQ = EC \div RfC \quad (3)$$

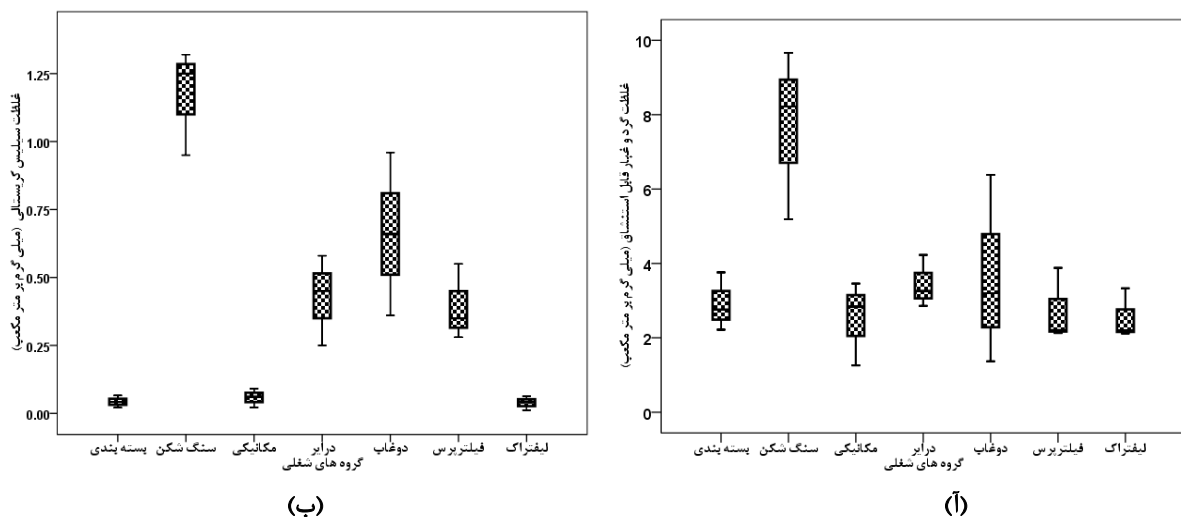
در روابط فوق پارامترهای (Deterministic Incremental Lifetime Cancer Risk) بیانگر خطر ابتلا به سرطان در طول عمر (mg/kg/day)، (Concentration) بیانگر غلظت مواجهه با سیلیس قابل استنشاق (mg/m<sup>3</sup>)، (Breathing Rate) نرخ تنفس (m<sup>3</sup>/hr)، (Daily exposure duration) معادل مدت‌زمان مواجهه روزانه (hr/day)، (Frequency Exposure) تعداد روزهای مواجهه کارگران با سیلیس کریستالی در سال (day/years)،

جدول ۱. توصیف شغل، وظیفه، وزن و سن کارگران صنعت تولید خاک چینی

شغل	وظیفه	وزن بدن	سن کارگران
بسته‌بندی	اپراتور بسته‌بندی	۱۰۴	۲۸
سنگ‌شکن	اپراتور یک دستگاه سنگ‌شکن	۶۸	۲۶
مکانیکی	تعمیرات	۷۴	۲۶
درایر	اپراتور درایر	۵۲	۳۳
دوغاب	اپراتور دوغاب	۶۰	۳۳
فیلترپرس	اپراتور فیلترپرس	۹۷	۲۷
لیفتراک	اپراتور لیفتراک	۷۵	۳۴
سنگ‌شکن	اپراتور بارگیری دستگاه سنگ‌شکن	۷۸	۳۸
سنگ‌شکن	اپراتور دو دستگاه سنگ‌شکن	۵۴	۳۶
بسته‌بندی	اپراتور پرس	۶۰	۴۵

معنی‌داری با حدود مجاز مواجهه شغلی ( $0.05 \text{ mg/m}^3$ ) نداشت ( $p > 0.05$ )، اما میانگین تراکم سیلیس کریستالی در گروه‌های شغلی  $0.05 \pm 0.10 \text{ mg/m}^3$  به دست آمد که دارای اختلاف معنی‌داری با حد مجاز مواجهه شغلی ( $0.05 \text{ mg/m}^3$ ) بود ( $p = 0.00$ ). بر خلاف گروه‌های شغلی بسته‌بندی، مکانیکی، دوغاب و لیفتراک، تراکم سیلیس کریستالی در اپراتور سنگ‌شکن ( $p < 0.01$ )، درایر و فیلتر پرس ( $p < 0.05$ ) با حدود مجاز مواجهه شغلی اختلاف معنی‌داری داشت. نمودار جعبه‌ای غلظت گرد و غبار قابل استنشاق و سیلیس کریستالی در شکل (۱) نشان داده شده است.

بر اساس نتایج حاصل از نمونه‌برداری فردی، میانگین غلظت گردوغبار قابل استنشاق در گروه‌های شغلی برابر با  $4/46 \pm 1/34$  میلی‌گرم بر مترمکعب است که اختلاف معنی‌داری با حدود مجاز استاندارد تماس شغلی ایران ( $3 \text{ mg/m}^3$ ) نشان داد ( $p = 0.00$ ). کم‌ترین غلظت گردوغبار قابل استنشاق با میانگین مواجهه  $2/32 \text{ mg/m}^3$  مربوط به اپراتور بسته‌بندی و بیشترین غلظت گردوغبار قابل استنشاق با مقدار  $9/56 \text{ mg/m}^3$  مربوط به اپراتور سنگ‌شکن بود (جدول ۲). گستره مواجهه کارگران با سیلیس کریستالی  $2-0.12 \text{ mg/m}^3$  اندازه‌گیری شد. اگر چه تراکم سیلیس کریستالی در گروه‌های شغلی بسته‌بندی، مکانیکی، دوغاب و لیفتراک اختلاف



شکل ۱. نمودار جعبه‌ای غلظت گرد و غبار قابل استنشاق (آ) و سیلیس کریستالی (ب) در هوای منطقه تنفسی کارگران در گروه‌های شغلی مختلف

جدول ۲. آماره توصیفی غلظت گرد و غبار قابل استنشاق و سیلیس کریستالی ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) در هوای منطقه تنفسی کارگران با وظایف شغلی مختلف

وظیفه شغلی	تعداد نمونه	گرد و غبار قابل استنشاق			غلظت سیلیس کریستالی				
		حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	میانگین	انحراف معیار	
اپراتور بسته‌بندی	۳	۱/۷۶	۳/۷۶	۲/۵۸	۱/۰۴	۰/۰۲۱	۰/۰۶۶	۰/۰۴۳	۰/۰۲۲
اپراتور (۱) دستگاه سنگ‌شکن	۳	۹/۶۶	۵/۱۹	۷/۶۹	۲/۲۸	۰/۹۵	۱/۳۲	۱/۱۷	۰/۱۹
تعمیرات	۳	۱/۲۶	۳/۴۶	۲/۵۲	۱/۱۳	۰/۰۲۲	۰/۰۹۱	۰/۰۵۸	۰/۰۳۴
اپراتور درایر	۳	۲/۸۶	۴/۲۳	۳/۴۵	۰/۷۰	۰/۲۵	۰/۵۸	۰/۴۲	۰/۱۶
اپراتور دوغاب	۳	۱/۳۷	۶/۳۸	۳/۶۵	۲/۵۳	۰/۳۶	۰/۹۶	۰/۶۶	۰/۳
اپراتور فیلترپرس	۳	۲/۱۳	۳/۸۸	۲/۷۴	۰/۹۸	۰/۲۸	۰/۵۵	۰/۳۹	۰/۱۴
لیفتراک	۳	۲/۱۲	۳/۳۳	۲/۵۵	۰/۶۷	۰/۱۲	۰/۶۳	۰/۰۳۸	۰/۰۲۵
اپراتور بارگیری سنگ‌شکن	۳	۶/۲۲	۹/۳۳	۷/۵۹	۱/۵۸	۰/۷۵	۱/۲۵	۱/۰۵	۰/۲۶
اپراتور (۲) دستگاه سنگ‌شکن	۳	۸/۲۲	۱۱/۱۱	۹/۵۶	۱/۴۵	۱/۷۵	۲	۱/۸۶	۰/۱۲
اپراتور پرس	۳	۱/۳۰	۳/۴۴	۲/۳۲	۱/۰۷	۰/۲۰	۰/۰۵۱	۰/۰۳۴	۰/۰۱۵
کل	۳۰	۱/۲۶	۱۱/۱۱	۴/۴۶	۱/۳۴	۰/۱۲	۲	۰/۵۷	۰/۱۰

۱۰ میکرون) به ترتیب با مقدار  $7840/20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  و  $6177/71 \mu\text{g}/\text{m}^3$  است. همچنین نتایج نشان داد کمترین غلظت با مقادیر  $146/01 \mu\text{g}/\text{m}^3$  مربوط به ذرات با قطر کوچک‌تر از ۱ میکرون است.

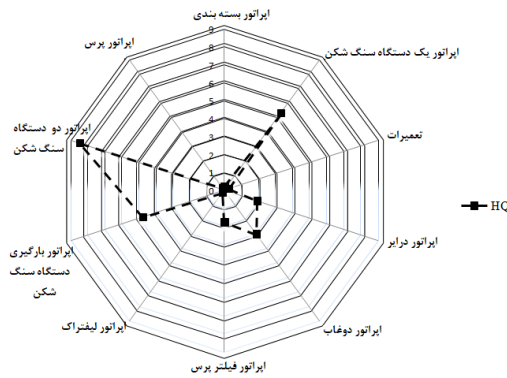
نتایج میزان مواجهه محیطی با ذرات معلق به همراه توزیع اندازه آن‌ها در شش قطر ۱، ۲/۵، ۴، ۷، ۱۰ میکرون و TSP در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، بیشترین غلظت ذرات معلق مربوط به ذرات گرد و غبار کلی (TSP) و ذرات قابل استنشاق (کوچک‌تر از

جدول ۳. مقادیر غلظت محیطی و توزیع اندازه ذرات معلق موجود در صنعت تولید خاک چینی

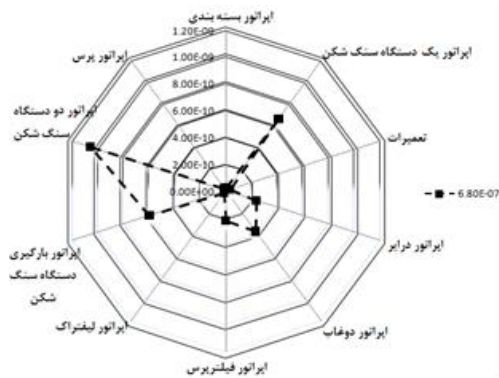
اندازه ذرات	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
۱	۱۲۶/۸۰	۱۸۲/۱۰	۱۴۶/۰۱	۲۱/۴۲
۲/۵	۳۱۸/۰۲	۸۵۰/۲۰	۵۳۹/۶۷	۱۹۷/۴۹
۴	۸۱۵/۸۰	۹۹۶/۸۰	۸۹۴/۵۱	۶۷/۴۶
۷	۲۲۹۲/۶۰	۷۱۵۵/۸۰	۴۴۶۱/۵۵	۲۱۴۳/۸۴
۱۰	۴۰۸۸/۳۰	۸۲۸۹/۷۰	۶۱۷۷/۷۱	۲۰۸۹/۲۲
TSP	۱۰۹۲/۶۰	۱۸۰۳۰/۰۰	۷۸۴۰/۲۰	۵۶۳۸/۰۴

استاندارد پیشنهادی EPA، ریسک ابتلا به عوارض غیرسرطانی در این افراد غیرقابل قبول می‌گردد. با در نظر گرفتن دو فاکتور شیب سرطان برای سیلیس کریستالی، نتایج ارزیابی ریسک سرطانی نشان داد به دلیل کوچک بودن مقادیر عددی ریسک به دست آمده از عدد  $10^{-6}$ ، تمام افراد در محدوده ریسک کم ابتلا به سرطان قرار دارند و ریسک‌های سرطانی قابل قبول هستند (شکل ۲-ب و پ).

نتایج ارزیابی ریسک غیر سرطانی کارگران در هر یک از وظایف شغلی مختلف در شکل ۲ - آ نشان داده شده است. مطابق نتایج مقادیر عددی HQ در کارگران با وظایف شغلی اپراتور یک (۵/۳۴) و دو (۴/۷۹) دستگاه سنگ‌شکن، اپراتور بارگیری دستگاه سنگ‌شکن (۸/۴۹)، اپراتور درایر (۱/۹۱)، اپراتور دوغاب (۳/۰۱) و اپراتور فیلترپرس (۱/۷۸) بیشتر از یک است؛ بنابراین با توجه به بالاتر بودن مقادیر عددی ریسک غیر سرطانی از محدوده



(ا)



(پ)



(ب)

شکل ۲. مقادیر ریسک‌های غیر سرطانی (آ) و سرطانی در کارگران با دو فاکتور شیب سرطان  $1/85 \times 10^{-6}$  (ب) و  $6/8 \times 10^{-7}$  (پ) برای سیلیس کریستالی

## بحث

طراحی نامناسب و کارایی پایین سیستم تهویه عمومی و موضعی اشاره کرد.

اگر چه تاکنون، مطالعه مشابهی در این صنعت در زمینه ارزیابی میزان مواجهه تنفسی کارگران با گرد و غبار قابل استنشاق و سیلیس کریستالی انجام نشده است، با این حال، محققین بسیاری در صنایع مختلف با فرآیند تولید نسبتاً مشابه به ارزیابی میزان مواجهه با آلاینده‌های هوابرد پرداخته‌اند که نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعات با مطالعه حاضر همخوانی دارد.

با مقایسه نتایج میانگین سطح مواجهه شغلی کارگران با ذرات قابل استنشاق ( $4/46 \text{ mg/m}^3$ ) با مطالعات انجام شده در سایر صنایع همانند مطالعه عظیمی و همکاران (۱۳۹۷) در صنعت کاشی و سرامیک ( $2/33 \text{ mg/m}^3$ ) (۱۷)، محمدیان و همکاران (۱۳۹۶) در صنعت سیمان ( $3/9 \text{ mg/m}^3$ ) (۱۸)، محمدی کاجی و همکاران (۱۳۹۵)

در صنعت تولید خاک چینی مورد مطالعه، میانگین مواجهه تنفسی کارگران با گرد و غبار قابل استنشاق و سیلیس کریستالی، بیشتر از حد مجاز تماس شغلی به دست آمد. همانند مطالعه عظیمی و همکاران (۱۳۹۷) (۶) و گلبابایی و همکاران (۱۳۹۱) (۲۱) بیشترین مواجهه تنفسی با گرد و غبار قابل استنشاق و سیلیس کریستالی در قسمت سنگ‌شکن اندازه‌گیری شد که دلیل آن را می‌توان به نوع وظیفه و محیط کار آن‌ها نسبت داد. در مرحله انتقال مواد اولیه از دیپوها به دستگاه سنگ‌شکن، خردایش و هدایت آن‌ها توسط نوار نقاله گرد و غبار فراوانی در فضا ایجاد می‌گردد. همین امر باعث مواجهه تنفسی بیشتر اپراتور سنگ‌شکن با گرد و غبار قابل استنشاق محتوای سیلیس می‌شود. از طرف دیگر از مهم‌ترین دلایل بالا بودن سطح مواجهه با وجود استفاده از سطح تکنولوژی مدرن در صنعت مورد مطالعه، می‌توان به

در صنعت ساخت الکتروود برابر با  $(8/61 \text{ mg/m}^3)$  (۱۹)، صفی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۸) در معدن سنگ آهن گل‌گهر  $(8/24 \text{ mg/m}^3)$  (۲۲) و مطالعه نورال و همکاران (۲۰۱۶) در صنعت صنایع فولاد  $(0/70 \text{ mg/m}^3)$  (۲۳) و مطالعه مروری کلانتری و همکاران (۱۳۹۸) درباره صنایع لاستیک‌سازی  $(15/4 \text{ mg/m}^3)$ ، ریخته‌گری  $(6/1 \text{ mg/m}^3)$ ، سفالگری  $(0/03 \text{ mg/m}^3)$ ، ساختمانی، سدسازی و حفاری  $(5/55 \text{ mg/m}^3)$  و معادن  $(0/26 \text{ mg/m}^3)$  (۲۴) می‌توان بیان داشت، میانگین سطح مواجهه کارگران در صنعت خاک چینی نسبت به صنایع موردی مثل کاشی و سرامیک، سیمان، فولاد، سفالگری بیشتر و نسبت به صنایع الکتروود، معادن، لاستیک‌سازی، ریخته‌گری، ساختمانی، سدسازی و حفاری کمتر است.

همچنین با مقایسه نتایج میانگین سطح مواجهه شغلی کارگران با سیلیس کریستالی در این مطالعه  $(0/57 \text{ mg/m}^3)$  با مطالعاتی دیگر نظیر مطالعه محمدیان و همکاران (۱۳۹۱) در صنایع ریخته‌گری  $(0/34 \text{ mg/m}^3)$ ، آجرپزی  $(0/19 \text{ mg/m}^3)$ ، تولید شن ماسه  $(0/28 \text{ mg/m}^3)$  و آسفالت  $(0/24 \text{ mg/m}^3)$ ، شیشه‌سازی  $(0/12 \text{ mg/m}^3)$ ، سرامیک  $(0/16 \text{ mg/m}^3)$ ، سند بلاست  $(0/313 \text{ mg/m}^3)$  و سنگ‌بری  $(0/318 \text{ mg/m}^3)$  (۲۵، ۲۶)، زارعی و همکاران (۱۳۹۶) در واحد ماهیچه‌گیری صنعت ریخته‌گری  $(0/24)$  (۲۷)، توکل و همکاران (۱۳۹۱) در عملیات ساخت و ساز  $(0/13 \text{ mg/m}^3)$  و مطالعه مروری کلانتری و همکاران (۱۳۹۸) درباره صنایع سیمان  $(2/32 \text{ mg/m}^3)$ ، تولید آجر، شن و ماسه  $(0/16 \text{ mg/m}^3)$ ، سنگ‌شکن  $(0/29 \text{ mg/m}^3)$ ، سندبلاست  $(0/29 \text{ mg/m}^3)$ ، شیشه  $(0/13 \text{ mg/m}^3)$  و کاشی سرامیک  $(0/23 \text{ mg/m}^3)$  (۲۴) می‌توان اذعان نمود میانگین سطح مواجهه کارگران در صنعت خاک چینی نسبت به صنایع فوق‌الذکر بیشتر است. از دلایل این امر می‌توان به تفاوت در مشخصات مواد اولیه مصرفی، نوع تجهیزات مورد استفاده و سطح تکنولوژی تولید اشاره کرد.

علاوه بر پایش شغلی به روش نمونه‌برداری فردی، نمونه‌برداری محیطی دقیق از ذرات قابل استنشاق (کوچک‌تر از ۱۰ میکرون) با استفاده از دستگاه قرائت مستقیم سنجش ذرات صورت گرفت. همچنین توزیع اندازه ذرات معلق در قطره‌های ۱، ۲/۵، ۴، ۷ و TSP تعیین گردید و نتایج نشان داد غلظت ذرات ۱ میکرون برابر با

ذرات  $2/5$  میکرون  $539/67 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ، ذرات  $146/01 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ، ذرات ۴ میکرون  $894/51 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ، ذرات ۷ میکرون  $4461/55 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ، ۱۰ میکرون  $6177/71 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  و TSP برابر با  $7840/20 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  است. با مقایسه غلظت ذرات قابل استنشاق با حدود مجاز استاندارد تماس‌شغلی ایران  $(3 \text{ mg/m}^3)$  مشخص شد، غلظت محیطی ذرات قابل استنشاق بیشتر از حدود مجاز است. فرخی و همکاران (۱۳۹۸) غلظت محیطی ذرات معلق در کلیه سالن‌های صنعت UPVC که شامل سالن موادسازی، اکسترودر و آسیاب بود،  $39313/93 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  اندازه‌گیری نمودند. بیشترین غلظت در سالن موادسازی  $(99422/46 \text{ } \mu\text{g/m}^3)$  و کمترین در سالن اکسترودر  $(2975/69 \text{ } \mu\text{g/m}^3)$  به دست آمد. همچنین در این پژوهش، نتایج غلظت محیطی ذرات با قطر ۱، ۲/۵، ۴، ۷، ۱۰ و TSP در هریک از سالن‌ها نشان داد، سالن‌های مذکور برای ذرات (به‌استثناء ذرات ۱ میکرون) دارای اختلاف معنی‌داری است. بیشترین غلظت محیطی این ذرات در سالن آسیاب به علت فرآیندهای مکانیکی و کمترین در سالن اکسترودر اندازه‌گیری شد (۲۸).

اگرچه نتایج مقادیر عددی ریسک‌های سرطانی در شاغلین قابل قبول بود اما نتایج ارزیابی ریسک غیرسرطانی مواجهه با سیلیس کریستالی نشان می‌دهد، بالاترین سطح خطر مربوط به گروه‌های شغلی سنگ‌شکن، دوغاب، فیلترپرس و درایر است. در بین کارگرانی که در گروه شغلی سنگ‌شکن قرار داشتند، بیشترین سطح خطر برای اپراتور دستگاه سنگ‌شکن به دست آمد. اولویت‌بندی کارگران برای اجرای برنامه کنترل ریسک ابتلا به عوارض غیر سرطانی برحسب وظایف شغلی به صورت اپراتور دو دستگاه سنگ‌شکن < اپراتور یک دستگاه سنگ‌شکن < اپراتور بارگیری دستگاه سنگ‌شکن < اپراتور دوغاب < اپراتور درایر < اپراتور فیلتر پرس < اپراتور تعمیرات < اپراتور بسته‌بندی < اپراتور لیفتراک < اپراتور پرس رتبه‌بندی و پیش‌بینی شد. خطر بالا نشان‌دهنده احتمال بیشتر بروز اثرات نامطلوب بهداشتی ناشی از تماس با سیلیس کریستالی است. لذا احتمال می‌رود افراد شاغل بسته به وظایف شغلی خود، بیشتر دچار عوارض نامطلوب بهداشتی شوند؛ بنابراین با آموزش کارگران می‌توان سطح ریسک را کاهش داد.

علاوه بر پایش شغلی به روش نمونه‌برداری فردی، نمونه‌برداری محیطی دقیق از ذرات قابل استنشاق (کوچک‌تر از ۱۰ میکرون) با استفاده از دستگاه قرائت مستقیم سنجش ذرات صورت گرفت. همچنین توزیع اندازه ذرات معلق در قطره‌های ۱، ۲/۵، ۴، ۷ و TSP تعیین گردید و نتایج نشان داد غلظت ذرات ۱ میکرون برابر با



الکتروود جوشکاری با دو فاکتور شیب سرطان  $1/85 \times 10^{-5}$  و  $6/80 \times 10^{-7}$  قابل قبول تخمین زدند (۳۲).

از محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به محدودیت‌های زمانی اجرای تحقیق، خطای تجهیزاتی و هزینه بالای آنالیز نمونه‌های غبار جهت تعیین مقدار سیلیس کریستالی اشاره نمود. در این مطالعه روش مورد استفاده برای ارزیابی میزان مواجهه تنفسی با گردوغبار قابل استنشاق، روش وزن‌سنجی بود. روش وزن‌سنجی روشی است که ممکن است خطای تجهیزاتی و شخصی مانند تغییر دبی پمپ در حین نمونه‌برداری یا ریزش گردوغبار از روی فیلتر هنگام برداشتن فیلتر از نمونه‌ها داشته باشد. مجموع این عوامل سبب ایجاد خطا در نتیجه نمونه‌برداری می‌گردد.

### نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه میانگین غلظت گردوغبار قابل استنشاق و سیلیس کریستالی در صنعت خاک چینی مورد مطالعه بیش از حد مجاز بود، اجرای کنترل‌های مهندسی و برنامه‌های حفاظت تنفسی مناسب، ضروری است. اگرچه ریسک‌های سرطانی کارگران در هر یک از وظایف شغلی در سطوح ایمن پیش‌بینی شد؛ اما با توجه به نتایج ارزیابی ریسک غیر سرطانی مشخص گردید، اولویت اقدامات کنترلی جدی در راستای کاهش ریسک ابتلا به عوارض غیرسرطانی در گروه‌های شغلی سنگ‌شکن، درایر، دوغاب و فیلتر پرس ضروری است. با توجه به نتایج مطالعه حاضر مشخص می‌شود که استفاده از ارزیابی ریسک به نحوه مطلوبی می‌تواند ریسک‌های موجود را شناسایی و رتبه‌بندی نمود و بر اساس آن اقدامات کنترلی لازم را پیشنهاد داد. در واقع ارزیابی ریسک اجرا شده در این صنعت می‌تواند ابزاری برای ارزیابی تناسب شغلی یک فرد برای انجام یک وظیفه و یک شغل بدون ریسک سلامتی باشد. به عبارتی هدف از این ارزیابی پیشگیری از ریسک و خطر ایمنی و سلامت بود که ممکن است برای کارگران این صنعت پیش آید. از دیگر مزایای مطالعه حاضر می‌توان به رتبه‌بندی و اولویت‌بندی خطرات توسط روش استفاده شده در مطالعه به‌منظور طراحی اقدامات کنترلی اشاره نمود.

### سپاس‌گزاری

این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد در دانشگاه یزد با عنوان «مواجهات شغلی با گرد و غبار و ارزیابی ریسک بهداشتی آن در بخش‌های اصلی

در واقع مهم‌ترین راه کنترل، بالا بردن آگاهی کارگران و نظارت بر کار آن‌ها است. با طراحی و بهینه‌سازی و نگهداری مطلوب سیستم‌های تهویه عمومی و موضعی، اجتناب از ریخت و پاش مواد اولیه، استفاده از اسپری آب جهت شستشوی کف و سطوح، اجتناب از تمیز کردن تجهیزات به‌وسیله هوای فشرده و به‌جای آن استفاده از آب و دستگاه‌های مکنده صنعتی، اجرای برنامه حفاظت تنفسی، استفاده از سیستم چرخش کاری، رعایت نظم و انضباط کارگاهی، آموزش و انجام معاینات پزشکی سالیانه جهت تشخیص و درمان به‌موقع بیماری سطح ریسک را به حد کم می‌رساند.

مطالعات زیادی در زمینه ارزیابی ریسک بهداشتی سرطانی و غیرسرطانی بر اساس فرمول‌های ارائه شده از سوی سازمان EPA در صنایع مختلف انجام گردیده است؛ اما مطالعه مشابه که به ارزیابی ریسک در صنعت تولید خاک چینی پرداخته باشد، وجود ندارد. نمونه‌ای از مطالعات انجام شده در رابطه با ارزیابی ریسک بهداشتی می‌توان به مطالعه عسگری‌پور و همکاران (۱۳۹۳) اشاره نمود که ریسک بهداشتی ناشی از مواجهه با سیلیس کریستالی در واحدهای مختلف صنعت تولید کاشی و سرامیک مورد بررسی قرار داده بودند و نتایج آن‌ها نشان داد، سطح ریسک سرطانی واحدهای سنگ‌شکن، پرس، بالمیل و تولید لعاب در رتبه زیاد است که مطابق نتایج مطالعه حاضر نمی‌باشد. همچنین در مطالعه آذری و همکاران ریسک ابتلا به سرطان ریه به علت مواجهه با سیلیس کریستالی  $0/05$  برآورد شد (۲۹). زارعی و همکاران (۱۳۹۶) خطر نسبی مرگ و میر کارگران واحد ماهیچه‌گیری یک کارخانه ریخته‌گری در اثر مواجهه با گردوغبار سیلیس را بین ۶۳-۶ در هر هزار نفر و خطر افزوده مرگ و میر در اثر سرطان ریه ۶۵ نفر در هر هزار نفر تخمین زدند (۳۰). محمدی و همکاران (۱۳۹۶) ریسک مرگ و میر کارگران مواجه با گرد و غبار سیلیس در یک واحد نقره‌سازی بر اثر سرطان ریه در دامنه ۷-۹۴ نفر در هر هزار نفر تخمین زدند (۱۰). نور-محمدی و همکاران (۲۰۱۶) ریسک مرگ و میر کارگران صنعت ساختمان‌سازی در اثر مواجهه با گرد و غبار سیلیس در دامنه ۶۰-۳۲ در هر هزار نفر پیش‌بینی نمودند (۳۱). همچنین در مطالعه محمدی کاجی (۱۳۹۳) سطوح ریسک‌های سرطانی و غیر سرطانی ۱۲ گروه شغلی مواجهه با گرد و غبار محتوای سیلیس کریستالی در فرآیند تولید

کارخانه و مدل‌سازی پهنه‌بندی غبار در اطراف یکی از صنایع کانی‌های غیرفلزی با استفاده از مدل "AERMOD است.

### References:

1. Heidari H, Rahimifard H, Khaksar M, Soltanzadeh A, Mohammadbeygi A, Darabi M et al. *Surveying the prevalence of respiratory symptoms and changes in pulmonary function parameters in workers employed in the acid wash process of a steel industry*. tkj. 2018; 10(1): 32-38. [Persian]
2. Beigzadeh Z, Pourhossein M, Samiei S, Pourbabaki R, Pourhassan B, MotamediNejad H. *Evaluation of pulmonary function of construction workers in Tehran city in 2017*. JHSW. 2019; 8(4): 323-32. [Persian]
3. Miri S R, Mehrparvar A, Zaresakhvidi M, Bazregar Z. *Changes in spirometric parameters of a glass-manufacturing plants in a three-year period*.tkj. 2017; 8(4): 1-8. [Persian]
4. Kalantary S, Golbabaei F, Yazdanirad S, FarhangDehghan S. *Review of literature on occupational exposure to the dusts in Iran over the past 14 years*. JHSW. 2019; 9(1): 1-12. [Persian]
5. Chatterjee KK. *Uses of industrial minerals, rocks and freshwater*. Nova Science Publishers; 2009.
6. Naghizadeh A, Mahvi AH, Jabbari H, Derakhshani E, Amini H. *Exposure assessment to dust and free silica for workers of Sangan iron ore mine in Khaf, Iran*. Bulletin of environmental contamination and toxicology. 2011; 87(5): 531.
7. Yassin A, Yebesi F, Tingle R. *Occupational exposure to crystalline silica dust in the United States, 1988–2003*. Environmental health perspectives. 2004; 113(3): 255-60.
8. Imani M, Heidari H, Rahimifard H, Mahdinia M, Haselif, Azizi F, Muktari S. *Assessment of Occupational Exposure to Silica Dust and Respiratory Effects in Exposed Workers in one of the Ceramic Products Industry*. Cumhuriyet University Faculty of Sciences Journal of Science and Technology. 2015; 36(4): 1893-8.
9. Mohammadi H, Golbabaei F, Farhang Dehghan S, Normohammadi M. *Occupational exposure assessment to crystalline silica in an insulator industry: Determination the risk of mortality from silicosis and lung cancer*. JHSW. 2017; 7(1): 45-52. [Persian]
10. Jahangiri M, Motovagheh M. *Health Risk Assessment of Harmful Chemicals: Case Study in a Petrochemical Industry*.ioh. 2011; 7(4): 4-0. [Persian]
11. Azari MR, Rokni M, Salehpour S, Mehrabi Y, Jafari MJ, Moaddeli AN, et al. *Risk assessment of workers exposed to crystalline silica aerosols in the east zone of Tehran*.Tanaffos. 2009;8: 43-50.
12. Zare Chahooki M, Bihamta M. *Principal of statistics for the natural resources science*. Tehran: Tehran University Publication; 2011. [Persian]
13. US Department of Health and Human Services. *Health effects of occupational exposure to respirable crystalline silica*. Washington, DC: National Institute for Occupational Safety and Health. 2002;129:1-2.
14. US Environmental Protection Agency. *Guidelines for carcinogen risk assessment*. In Risk Assessment Forum 2005. Washington, Dc: US EPA.
15. United States Environmental Protection Agency. *Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment)*; Office of Emergency and Remedial Response: Washington, DC, USA, 2011.
16. *U.S EPA, Guidelines for Carcinogen Risk Assessment*. 2005. EPA: Washington, DC.
17. Barkhordari A, Sakhvidi MJ, Sakhvidi FZ, Halvani G, Firoozichahak A, Shirali G. *Cancer risk assessment in welder's under different exposure scenarios*. Iranian journal of public health. 2014; 43(5): 666.

18. Mohammadyan M. *Risk assessment of occupational exposure to cement inhalable particles and recommendation of control strategies in a cement factory*. Journal of Research in Environmental Health. 2017; 3(2): 142-9. [Persian]
19. Mohammadi Kaji S, ZareSakhvidi M, Barkhordari A, Mostaghaci M, ZareSakhvidi F, Ghorbani R et al. *Application of GIS and Alignment Maps of Dust Pollution in the Workplace in Order to Evaluate the Inhalation Exposures*. tkj. 2016; 8(1): 34-42. [Persian]
20. Shojaee Barjoe S, Azimzadeh H, kuchakzadeh M, Mosleh Arani A, Sodaiezadeh H. *Dispersion and Health Risk Assessment of PM<sub>10</sub> Emitted from the Stacks of a Ceramic and Tile industry in Ardakan, Yazd, Iran, Using the AERMOD Model*. Iran South Med J. 2019; 22(5): 317-332. [Persian]
21. Azimi M, Mansouri Y, RezaiHachasu V, Aminaie F, MihanPour H, ZareSakhvidi M J. *Assessment of respiratory exposure of workers with airborne particles in a ceramic tile industry: a case study*. Tibbi-i-kar. 2018; 10(1): 45-53. [Persian]
22. Golbabaie F, Faghihi A, Ebrahimnezhad P, Banshi M, Mohseni H, Shokri A. *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.
23. Safinejad M, Azari M, Zendehtdel R, Rafieepour A, Khodakarim S, Khodarahmi B. *Occupational and biological monitoring of workers exposed to airborne dust in Gol-e-Gohar Iron Ore mine: A Case-Control Study*. ioh. 2019; 16(1): 20-29
24. Nurul AH, Shamsul BM, Noor Hassim I. *Assessment of dust exposure in a steel plant in the eastern coast of peninsular Malaysia*. Work. 2016; 55(3): 655-62.
25. Kalantary S, Golbabaie F, Yazdanirad S, Farhang Dehghan S. *Review of literature on occupational exposure to the dusts in Iran over the past 14 years*. JHSW. 2019; 9(1): 1-12. [Persian]
26. Mohammadyan M, Rokni M, Islami S, Fazeli A. *Evaluation of Workers' Exposure to Crystalline Silica Particles in Some Factories of Mazandaran Province*. J Mazandaran Univ Med Sci. 2012; 22(88): 17-24. [Persian]
27. Mohammadyan M, Rokni M, Yosefinejad R. *Occupational exposure to respirable crystalline silica in the Iranian Mazandaran province industry workers*. Archives of Industrial Hygiene and Toxicology. 2013; 64(1): 139-43.
28. Zarei F, R. Azari M, Salehpour S, Khodakarim S, Kalantary S, Tavakol E. *Exposure assessment of core making workers to respirable crystalline silica dust*. JHSW. 2017; 7(1): 1-8. [Persian]
29. Faroki H, Shiyardeh M, Shojaee S. *An investigation of mass concentration, number, and distribution of dust particles in the main parts of the UPVC factory*. Studies Science Environmetal. 2019; 1(4): 954-964. [Persian]
30. Askaripoor T, Kermani A, Pahlavan D, Jandaghi J, Kazemi E. *Health risk assessment of occupational exposure to crystalline silica in a tile & ceramic Industry*. tkj. 2014; 6(2): 44-53. [Persian]
31. Normohammadi M, Kakooei H, Omidi L, Yari S, Alimi R. *Risk assessment of exposure to silica dust in building demolition sites*. Safety and health at work. 2016; 7(3): 251-5.
32. Mohammadi Kaji S. *Survey of air pollution and health risk assessment at welding electrodes production process and proposal of control actions*. Shahid Sadoughi University of Medical Sciences. department of Health. Master's Thesis. 2014. [Persian]

## ***Occupational monitoring and health risk assessment of respiratory exposure to dust in an industrial unit producing China Clay***

Shojaee Barjoe S<sup>\*1</sup>, Azimzadeh HR<sup>1</sup>, Mosleh Arani A<sup>1</sup>, Kuchakzadeh MR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Environmental Sciences, School of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran

<sup>2</sup> Department of Human Environment, General Office of Environmental Protection of Yazd Province, Yazd, Iran

### ***Abstract***

**Introduction:** The respiratory system, as one of the most important organs of the human body is affected by adverse health effects and consequences of exposure to particulate matter. The main purpose of recent study was to determine the occupational exposure to workers to crystalline silica and inhalable dust determine its health risks.

**Materials and Methods:** In this analytical cross-sectional study, sampling was performed in a industrial unit producing China Clay based on standard methods and individual and environmental sampling methods. Then the obtained data analyzed by SPSS software version 22 .The risk assessment of occupational exposure of workers to crystalline silica was carried out based on the proposed EPA procedure.

**Results:** The average exposure of workers to inhalable dust and crystalline silica was measured  $4.46 \pm 1.34$  mg/m<sup>3</sup> and  $0.57 \pm 0.10$  mg/m<sup>3</sup>, respectively. The mean environmental concentration of the inhalable particles was 6177.71 µg/m<sup>3</sup> (range: 4088.30- 8289.70 µg/m<sup>3</sup>). In all occupational groups the risk of cancer was obtained less than 10<sup>-6</sup>. Hazard quotient (HQ) values for operator one of (5.34), and two (4.79) crusher machine, crusher machine loading operator (8.49), dryer operator (1.91), slurry operator (3.01) and filter press operator (1.78) was more than permissible limit.

**Conclusion:** The average concentration of inhalable dust and crystalline silica was more than permissible limit in this industry. According to the results of the risk assessment, the priority of serious control actions is necessary to reduce the risk of non-cancerous complications in the crushing, drilling, slurry and filter press occupational groups.

**Keywords:** Crystalline silica, Health risk assessment, Inhalable dust, Occupational exposure

### ***This paper should be cited as:***

Shojaee Barjoe S, Azimzadeh HR, Mosleh Arani A, Kuchakzadeh MR. ***Occupational monitoring and health risks assessment of respiratory exposure to dust in an industrial unit of producing China Clay.*** Occupational Medicine Quarterly Journal 2019;11(3): 14-25

**\* Corresponding Author**

**Email:** said.shojaee71@gmail.com

**Tel:** +989138368436

**Received:** 15.09.2019

**Accepted:** 12.01.2020