

## Evaluation and Monitoring of the Impact of Process Unit Dust Particles on the Health of Employees in the Kermanshah Cement Industry

Hamid Sarkheil,<sup>1\*</sup> Ali Shahbazi,<sup>2</sup> Mahammad Talaeian,<sup>2</sup> Yousef Azimi,<sup>3</sup> Armita Partovi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Mineral Processing and Mining Environment, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

<sup>2</sup> College of Environment, Department of Environment, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Research Group of Environmental Engineering and Pollution Monitoring, Research Center for Environment and Sustainable Development, (RCESD), Department of Environment, Tehran, Iran

**Introduction:** Therefore, one of the foundations of the country's industry is the cement factories, and considering that one of the important challenges in this industry is the effects of exposure to dust on the respiratory system. Considering the importance of workforce health in sustainable development, this research was designed and implemented with the aim of investigating the effects of contact with cement and silica dust on the respiratory system of people working in Kermanshah cement factory.

**Material and Methods:** This study was performed as a retrospective cohort, and the lung index of 138 employees in three groups exposed to silica and cement and the control group (not exposed) was monitored. Also, the amount of cement and silica dust in the units was evaluated by direct reading. After clinical examination and completion of the questionnaire, the data were analyzed using SPSS software version 22.

**Results and discussion:** The results showed no significant difference between the exposure group with silica and cement with the control group regarding the parameters of weight, BMI, gender, years of exposure, and smoking history. The statistical analysis results showed a statistically significant difference between the groups exposed to silica and cement with the control group regarding FVC%, FEV1%, and PEF% indices ( $P < 0.01$ ). Regarding FEV1 / FVC% index, no statistically significant difference was shown between the three groups ( $P = 0.409$ ). Comparison of pulmonary indices in the group exposed to silica and cement and the control group showed that all pulmonary indices in the group exposed to silica and cement decreased compared to the control group. No significant relationship was found between silica and cement concentration and the history of exposure to silica and cement with pulmonary indices. Therefore, workers in the cement sector exposed to cement dust are at risk of developing pulmonary symptoms and decreased spirometry parameters.

**Conclusion:** The results of this study, by investigating the relationship between pulmonary indices and the history of exposure, concentration and individual factors, reveal the truth of this matter, that due to the importance of the cement

---

\* Corresponding Author Email Address: sarkheil@ut.ac.ir

production process and the high volume of dust that is emitted from it, studies aimed at investigating the health effects of dust And the soil on the labor force is a vital matter, and providing solutions that, while being economical, have the ability to be implemented in a short time and are according to the needs and characteristics of the region, should be on the agenda.

**Keywords:** Spirometry, Cement dust, Respiratory symptoms

نسخه  
پایان  
انتشار

## پایش و ارزیابی اثرات ذرات گرد و غبار واحدهای فرآیندی بر سلامت شاغلین صنعت

### سیمان کرمانشاه

حمید سرخیل<sup>۱\*</sup>، علی شهبازی<sup>۲</sup>، محمد طلائیان<sup>۲</sup>، یوسف عظیمی<sup>۳</sup>، آرمیتا پرتوی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> گروه آموزشی فراوری و محیط زیست معدنی، دانشکده گان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

<sup>۲</sup> دانشکده محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ایران

<sup>۳</sup> پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، سازمان محیط زیست، تهران، ایران

**سابقه و هدف:** تولید سیمان یکی از پایه‌های رشد صنعت کشور است. با توجه به اینکه یکی از چالش‌های مهم این صنعت، اثرات مواجهه با گردوغبار بر سیستم تنفسی است و با توجه به اهمیت سلامت نیروی کار در توسعه پایدار، این پژوهش با هدف بررسی تأثیرات تماس با گردوغبار سیمان و سیلیس بر سیستم تنفسی کارکنان کارخانه سیمان کرمانشاه طراحی و اجرا شده است.

**مواد و روش‌ها:** این مطالعه به صورت کوهورت گذشته‌نگر انجام شد و شاخص‌های ریوی ۱۳۸ نفر از کارکنان در سه گروه شامل مواجهه‌یافته با سیلیس، مواجهه‌یافته با سیمان، و گروه کنترل (مواجهه‌نیافته) در سال ۱۳۹۸ مورد پایش قرار گرفت. همچنین میزان گردوغبار سیمان و سیلیس در واحدها به صورت قرائت مستقیم ارزیابی شد. پس از معاینه بالینی و تکمیل پرسشنامه‌ها، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ تجزیه و تحلیل شدند.

**نتایج و بحث:** نتایج نشان داد در مورد پارامترهای وزن، BMI، جنسیت، میزان سالهای مواجهه و سابقه مصرف سیگار بین گروه مواجهه با سیلیس و سیمان با گروه کنترل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین نتایج آنالیز آماری نشان داد درمورد شاخص‌های FEV1%، FVC% و PEF% بین گروه‌های مواجهه یافته با سیلیس و سیمان با گروه کنترلی تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده شد ( $P < 0/01$ ). درمورد شاخص FEV1/FVC% تفاوت معنی‌دار آماری بین سه گروه نشان داده نشد ( $P = 0/409$ ). مقایسه شاخص‌های ریوی گروه مواجهه یافته با سیلیس و سیمان و گروه کنترل نشان داد که تمامی شاخص‌های ریوی در گروه مواجهه یافته با سیلیس و سیمان نسبت به گروه کنترل افت داشته است. بین میزان غلظت سیلیس و سیمان و سابقه مواجهه با سیلیس و سیمان با شاخص‌های ریوی ارتباط معنی‌داری یافت نشد. بنابراین کارکنان در

\* Corresponding Author Email Address: sarkheil@ut.ac.ir

قسمت تولید سیمان که در معرض مواجهه با گردوغبار سیمان می‌باشند در معرض خطر پیشروی علائم ریوی و افت شاخص‌های اسپرومتری هستند.

**نتیجه گیری:** نتایج این مطالعه با بررسی ارتباط بین شاخص‌های ریوی، سابقه مواجهه، غلظت گردوغبار و عوامل فردی نشان می‌دهد که به دلیل اهمیت فرآیند تولید سیمان و حجم بالای گردوغبار منتشر شده، مطالعاتی که به بررسی اثرات این گردوغبار بر سلامت نیروی کار می‌پردازند، امری ضروری هستند. ارائه راهکارهایی که علاوه بر اقتصادی بودن، قابلیت اجرا در زمان کوتاه را داشته و با نیازها و ویژگی‌های منطقه سازگار باشند، باید در دستور کار قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** اسپرومتری، گردوغبار سیمان، علائم تنفسی

## مقدمه

عوامل زیان آور محیط کار از جمله مشکلات بهداشت شغلی هستند که می‌توانند به عنوان یک ماده یا وضعیتی باشند که سبب حوادث یا بیماری و یا فراهم نمودن زمینه بروز خطر برای افراد در محیط کار باشند (Baig et al., 2016; Park et al., 2024; Muhanga, 2024). قرار گرفتن در معرض آلودگی هوای محیطی در درازمدت یک مشکل بزرگ برای سلامتی در سراسر جهان است. سازمان جهانی بهداشت (WHO) نشان داد که بیش از ۹۰ درصد از جمعیت جهان در شهرهایی زندگی می‌کنند که کیفیت هوای پایینی دارند و غلظت آلودگی هوا در این شهرها فراتر از دستورالعمل‌های کیفیت هوای سازمان جهانی بهداشت است (WHO, 2016). برآورد شده است که آلودگی هوا سالانه باعث مرگ ۴.۲ میلیون نفر در سراسر جهان می‌شود (Hosseini et al., 2021; Karimi and Shukrinejad, 2021). امروزه عوامل زیان آور محیط کار اهمیت ویژه‌ای دارند، زیرا این عوامل می‌توانند علاوه بر بروز مشکلات، سبب حذف نیروی کار گردیده و از سویی با تحمیل هزینه‌های درمانی خسارات مالی فراوانی به سیستم اقتصادی جامعه تحمیل می‌نمایند (Salem et al., 2014). در محیط‌های شغلی عوامل زیان آور زیادی وجود دارد که سلامتی شاغلین را تهدید می‌کند. از میان این عوامل می‌توان به مواجهه با گردوغبار اشاره نمود. مطالعات متعدد اپیدمیولوژیک ارتباط بین مواجهه با ذرات معلق و بروز عوارض حاد و مزمن تنفسی، سرطان ریه و بیماری‌های قلبی عروقی را نشان داده‌اند (de Kok et al., 2006; Odonkor and Sallar, 2024). آلودگی هوا از جمله پدیده‌های اثرگذار بر کیفیت زندگی بشر بوده که ممکن است کارایی و سلامت جوامع فراوانی را با مشکل مواجهه کند. از بارزترین منابع آلاینده، صنایع و کارخانه‌ها هستند. صنعت سیمان یکی از صنایع مهم آلاینده می‌باشد و در حال حاضر انتشار گرد و غبار یکی از چالش‌های زیست محیطی اصلی در این صنایع می‌باشد (Baig et al., 2016). با توجه به اهمیت این موضوع و نقش مهم سلامت نیروی کار در چرخه اقتصادی، مطالعه حاضر به بررسی

تأثیر عوامل زیان‌آور محیط کار (گردوغبار سیمان و سیلیس) بر سلامت دستگاه تنفسی شاغلین صنعت سیمان شهر کرمانشاه می‌پردازد.

لازم به ذکر است که مواد اصلی جهت تولید سیمان شامل سنگ آهک و خاک رس (سیلیس و آلومین) هست که در طبیعت به طور فراوان یافت شده اما به طور مستقیم نمی‌توان از آن‌ها در تولید سیمان استفاده نمود. سنگ‌های آهکی بالاتر از ۷۵ درصد کلسیم کربنات و سنگ‌های آهکی حاوی خاک رس حدود ۷۵-۴۰ درصد کلسیم کربنات و خاک‌های آهکی کمتر از ۴۵ درصد کلسیم کربنات دارند و مخلوط لازم برای تولید سیمان حاصل می‌شود (Chehargani, 2012).

در مطالعه‌ای که به بررسی تغییرات ظرفیت ریوی شاغلین کارخانه سیمان پرتلند جاجرود پرداخته، نتایج نشان داده است که بین میانگین سن و سابقه کار افراد، اختلاف معناداری وجود دارد. همچنین، نتایج آزمون‌های آماری نشان دادند که شاخص‌های VC، FVC، FEV1 و PEF اختلاف معناداری با گروه شاهد نداشته‌اند، که این موضوع نشان‌دهنده بی‌تأثیر بودن گردوغبار سیمان بر عملکرد ریوی افراد است. علاوه بر این، عملکرد ریوی اکثر افراد در وضعیت طبیعی قرار دارد که می‌توان آن را به مرطوب کردن مواد اولیه در اکثر فرآیندهای تولید و استفاده از وسایل حفاظت فردی نسبت داد (Saif Aghaei, 2000).

بررسی‌های انجام گرفته توسط Hazrati et al. (2009) بر روی گردوغبار موجود در هوای تنفسی در کارخانه سیمان اردبیل نشان داده است که در صنعت تولید سیمان غلظت‌های گرد و غبار بیش از حد مجاز تعیین شده توسط کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای ایران بوده است.

(Niqab and Habibi Mahrez 2011) به ارزیابی علائم اختلالات تنفسی و اختلالات عملکردی ریه در مواجهه تنفسی با گردوغبار بی‌شکل در یک کارخانه لاستیک‌سازی پرداختند. نتایج نشان دادند میانگین غلظت اتمسفری گرد و غبار کربن بی‌شکل نیز از حد مواجهه مجاز یعنی ۳/۵ میلی‌گرم در متر مکعب بیشتر بود. همچنین شیوع سرفه، خلط، حس خس سینه و تنگی نفس در گروه مواجهه یافته در مقایسه با گروه فاقد مواجهه افزایش معنی‌داری را نشان داد ( $p < 0.0005$ ). همچنین بیشتر پارامترهای عملکرد ریوی در گروه مواجهه یافته هم قبل و هم بعد از مواجهه در مقایسه با گروه مواجهه نیافته کاهش معنی‌داری را نشان داد. یافته‌های پژوهش نشان داد که بجز متغیر سن دو گروه دارای مواجهه و فاقد مواجهه از نظر وضعیت متغیرهای مخدوش‌کننده‌ای نظیر وزن، قد، سابقه کار و طول مدت و شدت اعتیاد به سیگار در مقایسه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. بنابراین افزایش شیوع علائم بیماری‌های تنفسی در گروه دارای مواجهه در نتیجه مواجهه آن‌ها با گرد و غبار کربن بی‌شکل می‌باشد.

پژوهشی توسط Golbabai et al. (2012) با هدف ارزیابی میزان مواجهه کارگران یک کارخانه سیمان واقع در شهرستان ساوه با گرد و غبار قابل استنشاق سیمان و سیلیس کریستالی، انجام شد. نتایج نشان داد میزان مواجهه با گرد و غبار قابل استنشاق

سیمان در تمامی فرآیندهای تولید بیش از حد مجاز و در واحد اداری و کنترل عملیات کمتر از آن بود. ولی تراکم سیلیس کریستالی فقط در واحدهای آسیاب مواد و کوره بالاتر از حدود مجاز تماس شغلی بود. بیشترین مقدار مواجهه با گرد و غبار قابل استنشاق در آسیاب مواد و سیمان و در خصوص سیلیس کریستالی در واحدهای آسیاب مواد، سنگ شکن و کوره مشاهده گردید. در مطالعه‌ی (Aminian et al. (2012) کارکنان صنعت سیمان بررسی شدند. نتایج نشان داد شیوع علائم تنفسی شامل خس خس سینه، تنگی نفس و سرفه در گروه مواجهه در مقایسه با گروه کنترل افزایش قابل توجهی داشت. افت قابل توجه میانگین درصد شاخص‌های اسپیرومتری شامل FEV1، PEF، FEV1/FVC، FEF 25-75 و FVC در کارگران با مواجهه با گردوغبار و سیمان مشاهده شد ( $p < 0/05$ ). در کارگران با مواجهه بالا شیوع بالاتر بیماری‌های انسدادی راه هوایی مشاهده گردید.

Kakui et al. (2012) در پژوهش خود به بررسی اثرات تنفسی ناشی از مواجهه با ذرات گرد و غبار سیمان در یک کارخانه سیمان واقع در گناباد پرداختند. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین متغیرهای مؤثر بر شاخص‌های اسپیرومتری مثل سن، جنس، قد، وزن، سابقه کار و سابقه مصرف سیگار در بین گروه‌های شغلی وجود نداشت. بنابراین کاهش در متغیرهای عملکرد ریوی ناشی از مواجهه با گرد و غبار سیمان بوده است. همچنین با توجه به آزمون‌های آماری متغیرهای FEV1، PEF و FVC کاهش معنی‌داری را در گروه مواجهه نسبت به گروه غیر مواجهه نشان داده و همچنین افراد دارای عملکرد ضعیف تنفسی در گروه مواجهه به طور معنی‌داری بیشتر از گروه غیر مواجهه بود. همچنین شانس وجود علائمی نظیر سرفه توأم با خلط و خس خس سینه در افراد مواجهه یافته به طور معنی‌داری بیشتر از افراد مواجهه نیافته بوده است ( $p < 0/05$ ).

در مطالعه‌ای دیگر (Naqab et al. (2012) به بررسی اثرات ذرات گردوغبار یکی از سدهای در حال احداث استان فارس بر سلامت تنفسی کارگران پرداختند. یافته‌ها نشان دادند غلظت گردوغبار دولومیت بسیار بیش از حد مجاز مواجهه شغلی با این ماده برآورد گردید. فراوانی تمامی علائم تنفسی در افراد مواجهه یافته بیشتر از گروه مرجع بوده و این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار بود ( $p < 0/05$ ). اکثر پارامترهای عملکرد ریه در گروه دارای مواجهه کمتر از گروه مواجهه بود.

در پژوهشی (Giyahi et al. (2014) به ارزیابی رابطه بین مواجهه با آلاینده‌های تنفسی و ظرفیت‌های عملکرد ریوی کارکنان در یک صنعت فولاد پرداختند. طبق نتایج به‌دست آمده اختلاف معنی‌داری بین میانگین سن و سابقه کار در دو گروه در معرض مواجهه و بدون مواجهه مشاهده نگردید، اما میزان علائم ریوی، میزان افت ظرفیت‌های عملکرد ریوی در افراد دارای مواجهه به شکل قابل توجهی از افراد دیگر بالاتر بود.

Fell et al. (2003) در مطالعه مقطعی کنترل شده اثر قرار گرفتن در معرض گرد و غبار سیمان بر علائم تنفسی و عملکرد تهویه در کارگران کارخانه سیمانی در نروژ را مطالعه نمودند و اطلاعاتی در مورد علائم تنفسی در سال ۱۹۹۸ و ۱۹۹۹ ارائه دادند. نتایج

نشان دادند شیوع بیماری انسداد ریه در گروه در معرض مواجهه با گردوغبار ۱۴/۳ درصد و در گروه شاهد ۱۴ درصد بود. بنابراین این یافته‌ها این فرضیه را که قرار گرفتن در معرض گردوغبار سیمان تأثیر منفی بر عملکرد ریه می‌گذارد یا باعث افزایش علائم تنفسی می‌شود، را پشتیبانی نمی‌کند.

در مطالعه‌ای که توسط Abdul-Wahab (2006) انجام گرفت، هدف از این مطالعه ارزیابی تأثیر انتشار ذرات فراری از یک کارخانه سیمان بر روی یک جامعه مجاور بود. تأثیر گرد و غبار ناشی از کارخانه سیمان بر روی سه خانه مسکونی موجود با استفاده از مدل کیفیت هوا پیش‌بینی شد. میزان انتشار گرد و غبار از فعالیت‌های مختلف کارخانه سیمان با استفاده از تکنیک عوامل انتشار برآورد شد.

یک مطالعه مقطعی و ترکیبی در کارخانه سیمانی در اتیوپی انجام شد. بیشترین میانگین مواجهه با گردوغبار هندسی در بخش سنگ‌شکن (۳۸.۶ میلی‌گرم در متر مکعب) و پس از آن در قسمت بسته‌بندی (۱۸.۵ میلی‌گرم در متر مکعب) و بخش حفاظت (۰.۴ میلی‌گرم در متر مکعب) مشاهده شد. بیشترین شیوع علائم تنفسی در کارگران در معرض خطر شامل بینی گرفته (۸۵٪)، تنگی نفس (۴۷٪) و عطسه (۴۵٪) بود (Zelege et al., 2010).

در مطالعه دیگری، اثرات آلاینده‌ها کارخانه سیمان بر بیماری‌های تنفسی در مناطق غربی ترکیه مورد بررسی قرار گرفت. غلظت‌های روزانه PM<sub>10</sub> و SO<sub>2</sub> از چهار ایستگاه پایش کیفیت هوا استفاده شد و سوابق بستری در بیمارستان‌های استان چاناک‌قلعه توسط بیمارستان دانشگاه ۱۸ مارت برای هر گروه سنی در دوره ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸ ارائه گردید. بالاترین مقادیر غلظت PM<sub>10</sub> و SO<sub>2</sub> در فصل زمستان در ناحیه جان مشاهده شد. از بین تمام سوابق ایستگاه‌های پایش کیفیت هوا در چاناک‌قلعه، مقادیر PM<sub>10</sub> و SO<sub>2</sub> ایستگاه جان به ترتیب در ۶۸٪ و ۷۹٪ از روزها از حد مجاز روزانه تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) فراتر رفتند (Arslan et al., 2022).

(Neghab and Choobineh (2007) به منظور بررسی اثرات شغلی قرار گرفتن در معرض گرد و غبار سیمان بر سیستم تنفسی مطالعه‌ای انجام دادند. کارگران در معرض کاهش قابل توجهی در پارامترهای عملکرد ریه نسبت به هم‌تایان مرجع خود نشان دادند. در نتیجه، داده‌ها شواهد تأیید کننده‌ای را ارائه می‌دهند، در مورد این ادعا که قرار گرفتن در معرض گرد و غبار سیمان با علائم تنفسی و اختلالات عملکردی همراه است.

پژوهشی در سال ۲۰۱۲ جهت ارزیابی قرار گرفتن در معرض گرد و غبار سیمان و ارتباط آن با علائم تنفسی در بین کارگران در یک کارخانه سیمان در امارات متحده عربی انجام شده است. شیوع علائم تنفسی در بین کارگران در معرض بیشتر بود. مشخص شد که سرفه و بلغم مربوط به قرار گرفتن در معرض گردوغبار، گرد و غبار تجمعی و عادت سیگار کشیدن است، در حالی که

برونشیت مزمن مربوط به عادت سیگار کشیدن است. تعداد معدودی از کارگران کارخانه (۱۹/۵ درصد) که به طور مداوم از ماسک استفاده می کردند شیوع علائم تنفسی کمتر از افرادی است که از آنها استفاده نمی کنند. سطح بالای گرد و غبار تنها متغیری بود که کارگران را به استفاده مداوم از ماسک تحت تأثیر قرار داد. توصیه گردید اقدامات کنترلی برای کاهش گرد و غبار اتخاذ شود و کارگران باید تشویق شوند که از دستگاه‌های حفاظت تنفسی در زمان کار خود استفاده کنند (Ahmed et al., 2012).

یک مطالعه در رابطه با قرار گرفتن در معرض ذرات معلق در هوا به ویژه برای گرد و غبار سییمان در آزمایشگاه انجام شد که سطوح بالای فلزات سنگین، کاهش تحرک دستگاه گوارش و متغیرهای خونی تغییر یافته را در موش‌های صحرایی در معرض گرد و غبار سییمان نشان داد. ۳۰ موش صحرایی در مورد استفاده در این مطالعه به ۳ گروه (n=۱۰) تقسیم شدند. گروه ۱ گروه شاهد، در حالی که گروه ۲ و ۳ به ترتیب ۱۴ روز و ۲۸ روز در معرض گرد و غبار سییمان قرار گرفتند. علائم بالینی سمیت، غلظت فلزات سنگین بافتی و تغییرات وزن بدن (BW) را ارزیابی کردند (Owonikoko et al., 2021).

(Paluchamy et al., 2021) به بررسی انتقادی منابع مختلف تولید گرد و غبار در معادن فلزی زیرزمینی کاملاً مکانیزه می پردازند. علاوه بر این، طبقه بندی، ویژگی‌ها، اثرات بهداشتی و دستورالعمل‌های قانونی گرد و غبار در معادن فلزی زیرزمینی را مورد بحث قرار می دهد.

مطالعه‌ای مقطعی در کارخانه سییمان ارگخانچی در نپال بر روی ۱۹۰ کارگر با حداقل سابقه کار ۱ سال انجام شد. برای جمع آوری داده‌ها از روش سرشماری استفاده شد. برای ارزیابی علائم تنفسی، نمونه‌های خلط جمع آوری شد. یافته‌ها نشان داد شیوع علائم تنفسی مرتبط با کار ۳۱.۶ درصد بود که سرفه مزمن (۱۸.۹ درصد) شایع‌ترین بود. مشکلات پوستی (۲۴.۲٪) و چشمی (۲۱.۶٪) شایع‌ترین مشکلات سلامتی بودند. سن، نه سال‌های کار، کار در بخش مواد اولیه، بخش مشعل و کلینگر و بخش نظافت عوامل خطر مهم بودند (Leela Paudel et al., 2022).

در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۲۳ توسط Gang Li و همکارانش در چین انجام شد، مشخص شد که ایمنی تولید و سلامت کارگران در محل به شدت تحت تأثیر آلودگی گردوغبار در معادن است. علاوه بر این، این تحقیق به بررسی مشکلات توسعه کنترل گردوغبار در چین پرداخته است. در نهایت، پیشنهادات ارزشمندی برای توسعه آتی در زمینه اقدامات غبارزدایی در معادن فلزی ارائه شده است. به طوریکه نتایج قابل تاملی برای استخراج سبز در چین فراهم می کند (Gang et al., 2023).

مطالعه‌ای در امریکا توسط Çiğdem Keleş et al. (2023) انجام شد که مجموعه داده‌ای شامل یک کتابخانه تصویری از ۲۸۲ ذره سیلیس قابل تنفس ارائه داد. ذرات در نمونه‌های گرد و غبار معدن زغال سنگ قابل تنفس جمع آوری شده در معادن زیرزمینی متعدد ایالات متحده شناسایی شدند و نمونه‌های آزمایشگاهی گرد و غبار قابل تنفس تولید کردند. آن مجموعه داده می توانست



درک ذرات سیلیس قابل تنفس واقعی را در محیط‌های معدن زغال‌سنگ نشان دهد. مجموعه داده زمینه ارزشمندی را برای طراحی و تفسیر تحقیقات مربوط به: مطالعات قرار گرفتن در معرض سیلیس قلیل تنفس، تجزیه و تحلیل نمونه و تکنیک‌های نظارت، یا کنترل گرد و غبار فراهم کرد.

سیمان‌ها بسته به نوع کاربردشان، چگونگی فرآیند ترکیب و درصد مواد خام و همچنین واکنش و رفتارشان در زمان استفاده تقسیم بندی می‌شوند که می‌توان به انواع تیپ یک تا پنج، پوزولانی، سفید، رنگی و بنایی اشاره کرد. این موضوع که کارخانجات صنعت سیمان کدام نوع آن را تولید کنند تفاوتی چندانی در نوع آلاینده‌ای که به واسطه تولید سیمان وارد محیط می‌شود، ایجاد نمی‌کند. به طور کلی آلاینده‌های هوا در صنایع سیمان به دو گروه آلاینده‌های فیزیکی و شیمیایی تفکیک می‌شوند. آلاینده‌های فیزیکی اغلب شامل گرد و غبارهای حاصل از فعالیت‌هایی چون: بارگیری مواد اولیه با کامیون از معدن به طرف کارخانه، سنگ شکنی مواد اولیه، آسیاب نمودن مواد خام و کلینکر، کوره‌های پخت مواد و پیش گرم کن است و همچنین آلودگی‌های صوتی است که ناشی از فعالیت‌های صنعت هستند را شامل می‌شود. از مهمترین آلودگی‌های شیمیایی فرآیند تولید سیمان اکسیدهای ازت و دی اکسید سولفور است.

## مواد و روش‌ها

اسپیرومتری متدی معمول جهت تعیین و ثبت ظرفیت تنفسی شش‌ها می‌باشد. می‌توان از اسپرومتری به صورت دوره‌ای جهت ارزیابی عملکرد ریه افراد دچار بیماری مزمن و کارگران در معرض بیماری‌های ریوی استفاده کرد (Hankinson, 2010). به طور قراردادی اسپرومتر دستگاهی است که جهت اندازه‌گیری حجم‌های دمی و بازدمی در طول زمان مورد استفاده قرار می‌گیرد و از این‌ها می‌توان محاسبه نمود که چگونه ریه‌ها به طور مؤثر و سریع پر و خالی می‌شوند. یک اسپروگرام یک منحنی حجم - زمان است. این یک راه قابل اعتماد برای افتراق بین اختلالات انسدادی راه‌های هوایی و بیماری‌های محدودکننده که در آن حجم ریه‌ها کاهش می‌یابد، از افراد سالم می‌شود. موقعی که از اسپرومتر ساده استفاده می‌گردد کلیه شاخص‌های عملکردی تهویه شامل دمای بدن، فشار، درجه‌ی اشباع پذیری بخار آب باید در بدن گزارش شوند. اگر این اعمال انجام نشوند نتیجه‌ی واقعی آشکار نخواهد شد، زیرا وقتی بدن در حالت دم کرده قرار گرفته باشد و به یک اسپرومتری سرد بدمد حجم ثبت شده توسط اسپرومتری کمتر از حجم واقعی است (Bellamy, 2005).

اسپیرومتری به منظور شناسایی بیماری و تعیین شدت آن، تعیین محرک آغازگر آسم، کنترل سیر بیماری، ارزیابی پاسخ به درمان، ارزیابی‌های قبل از اعمال جراحی انجام می‌شود (Niosh, 2004). شواهد نشان می‌دهد که آزمایشات فیزیکی و تاریخچه‌ی بیماری‌های افراد برای تشخیص صدمات خفیف و یا متوسط انسدادی تهویه کافی نمی‌باشد. اسپرومتری تستی است که به دلیل دارا بودن

اطلاعات مفید و ارزشمند برای تشخیص این بیماری ترجیح داده می‌شود. مطالعه‌ی بهداشت ریه اولین پژوهشی بود که گزارش کرد معرفی به موقع و درمان در اشخاص سیگاری می‌تواند بر روی سوابق طبیعی تأثیرگذار باشد (Anthonisen et al. 1994). در آزمایشات و مطالعات اسپرومتری مقدار هوایی که می‌توان دم و بازدم کرد اندازه‌گیری می‌شود. همچنین سرعت عمل دم را مورد سنجش قرار می‌دهد. مقادیر نشان دهنده بوسیله اسپرومتری اگر کمتر از حد متوسط باشد نشان دهنده این امر است که ریه‌ها عملکرد خوبی ندارند.

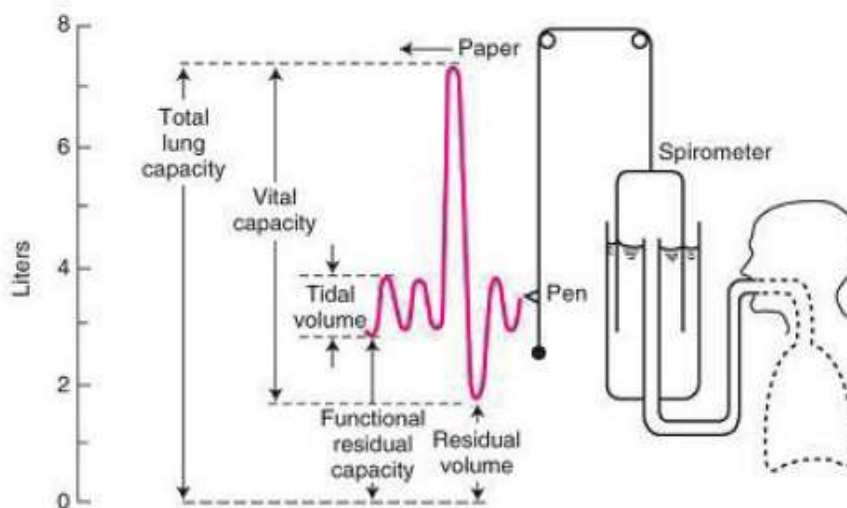
در کار با دستگاه اسپرومتری با اصطلاحاتی روبه‌رو هستیم که شامل موارد زیر می‌شود:

1. ظرفیت کل ریوی (Total Lung Capacity) یا TLC: عبارت است از حداکثر میزان هوایی است که ریه‌ها می‌توانند در خود جا دهد که مجموع RV و VC می‌باشد.
2. ظرفیت حیاتی (Vital Capacity) یا VC: حداکثر حجم هوایی است که می‌توان بعد از یک دم بسیار عمیق به بیرون فرستاد.
3. ظرفیت دمی (Inspiratory Capacity) یا IC: حداکثر حجم هوایی است که می‌توان در پایان یک بازدم معمولی وارد ریه‌ها نمود.
4. ظرفیت باقیمانده عملی یا عملکردی (Capacity Functional Residual) یا FRC: میزان حجم از هوایی است که بعد از یک بازدم معمولی، هنگامی که ریه‌ها و قفسه سینه در وضعیت استراحت قرار گرفته‌اند، در داخل ریه‌ها باقی می‌ماند.
5. حجم جاری (Tidal volume) یا TV: حجم هوایی می‌باشد که در هر دم یا بازدم معمولی به ریه وارد یا خارج می‌شود.
6. حجم ذخیره دمی (Inspiratory Reserve Volume) یا IRV: در انتهای یک دم معمولی به حداکثر حجم هوایی که بتوان وارد ریه‌ها کرد، گفته می‌شود.
7. حجم ذخیره بازدمی (Expiratory Reserve Volume) یا ERV: در انتهای یک بازدم معمولی حجمی از هواست که بتوان از ریه‌ها خارج نمود.
8. حجم باقیمانده (Residual Volume) یا RV: حجمی از هوا می‌باشد که در پایان یک بازدم بسیار عمیق درون ریه‌ها باقی می‌ماند.
9. ظرفیت حیاتی اجباری (با فشار) (Forced Vital Capacity) یا FVC: حجمی از هواست که بدنبال یک دم عمیق می‌توان با حداکثر توان و با شدت هرچه بیشتر از ریه‌ها خارج نمود.
10. حجم بازدمی اجباری (Forced Expiratory Volume) یا FEV: عبارت است از حداکثر حجم هوایی که ممکن است در یک زمان خاص موقع بازدم از ریه‌ها خارج گردد.

۱۱. - Forced Expiratory Volume in First Second (FEV1): مقدار هوایی است که طی اولین ثانیه بازدم اجباری و پر فشار که پس از TLC شروع می‌گردد، از ریه‌ها خارج می‌شود.

۱۲. درصد FEV1/FV: عبارت است از کسری از ظرفیت حیاتی که می‌توان آن را در ثانیه اول در طی بازدم از ریه خارج نمود یا نسبت FEV1 به ظرفیت حیاتی اجباری.

۱۳. Maximum Ventilatory Volume (MVV): به حداکثر تنفس ارادی به شکل سریع و عمیق در یک بازه مشخص (مثلاً دوازده ثانیه) گفته می‌شود. به این متغیر حداکثر ظرفیت تنفسی (MBC) گفته می‌شود. حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی برای همه افراد یکسان نیستند و بسته به سن، جنس، نژاد، قد و وزن متفاوت می‌باشد که به آن Predicted (مقادیر پیش بینی شده) اطلاق می‌شود.



شکل ۱- اندازه‌گیری ظرفیت‌ها و حجم‌های ریوی با استفاده از یک اسپرومتر ساده (West, 2008)

Fig. 1- Measuring lung capacities and volumes using a simple spirometer (West, 2008)

دستگاه‌ها و تجهیزات مورد استفاده در تحقیق:

- دستگاه تنفس سنج اسپرومتری Spiro tabII محصول کمپانی MIR ایتالیا - ترازو (مدل CB 3K ساخت شرکت KERN آلمان)

- کاغذ اسپرومتری (محصول شرکت MIR کشور ایتالیا) - دهانی یکبار مصرف (محصول شرکت MIR کشور ایتالیا)

انتخاب جمعیت و نحوه نمونه برداری

در پژوهش حاضر تعداد ۱۳۸ نفر از کارکنان شاغل در صنعت سیمان کرمانشاه از نظر شاخص‌های اسپرومتری مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. افراد به سه گروه مواجهه با سیمان، مواجهه با سیلیس و گروه غیرمواجهه تقسیم شده‌اند. افراد سه گروه از نظر وزن، شاخص توده بدنی، جنسیت و وضعیت سیگاری بودن مقایسه شده و معنی‌داری آماری سنجیده می‌شود. همچنین شاخص‌های اسپرومتری در گروه‌های مواجهه شده با گروه غیرمواجهه مقایسه می‌شود.

مطالعه حاضر به روش کوهرت گذشته‌نگر در صنایع سیمان شهرستان کرمانشاه در سال ۱۳۹۸ صورت گرفت. افراد شرکت کننده در مطالعه از بین افرادی با حداقل یک سال سابقه کار در صنعت سیمان با رعایت نسبت شاغلین هر بخش (سنگ شکن، سالن خاک، بسته بندی، بارگیری... و اداری) انتخاب و از نظر میزان مواجهه با ذرات گرد و غبار و سیلیس مورد بررسی قرار گرفتند. پس از هماهنگی با مسئولین صنعت مورد نظر و اخذ رضایت آگاهانه از کارگران، ابتدا با استفاده از پرسشنامه از طریق مصاحبه اطلاعات دموگرافیک، وضعیت شغلی، جنسیت، مصرف سیگار، استفاده از وسایل محافظت تنفسی، سابقه بیماری‌های تنفسی کارکنان ثبت گردید.

## اندازه گیری

قد با روش استاندارد و در حالت ایستاده بدون کفش و با حساب نیم سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. وزن توسط ترازویی که برای هر نفر در آن تنظیم می‌شد، اندازه‌گیری شد. اشخاص در موقعیت ایستاده بدون کفش و بدون پوشش لباس ضخیم وزن شدند.

## انتخاب مقادیر مرجع مناسب

مقادیر مرجع، مقادیری می‌باشند که حجم‌ها و جریان‌های ریوی در هر شخص با آن مقادیر قیاس گره‌یده و نرمال یا غیرنرمال بودن آنها معین می‌شود و براین اساس الگوهای طبیعی و غیرطبیعی عملکرد ریه در اشخاص تشخیص داده می‌شوند، مقادیر مرجع به عوامل سن، جنس، قد و نژاد بستگی دارند. مقادیر مرجع ویژه هر شخص بعد از انتخاب نوع مقدار مرجع و ثبت کردن چهار فاکتور ذکر شده به شکل اعداد پیش‌بینی شده در دستگاه به نمایش درآمده و مقادیر اندازه‌گیری شده با اعداد مورد انتظار قیاس می‌شوند و به شکل درصدی از مقدار مورد انتظار نشان داده می‌شوند. بهتر است در اسپرومترهای انجام شونده در هر کشور یا نژاد از مقادیر مرجع مربوط به همان کشور یا نژاد استفاده شود، اما با توجه به نبود مقادیر مرجع ایران در اکثر دستگاه‌های اسپرومتری و بالطبع عدم امکان انتخاب آنها در دستگاه اسپرومتر و با توجه به نتایج مطالعات انجام شده در مورد مقادیر مرجع در ایران مبنی بر اینکه مقادیر مرجع اسپرومتری در نژاد ایرانی به نژاد اروپایی نزدیک بوده، توصیه می‌گردد در ایران از مقادیر مرجع ERS (ECCS) استفاده شود. انتخاب مقادیر مرجع نامتناسب در دستگاه اسپرومتر سبب ایجاد نتایج غیرطبیعی کاذب و در نتیجه تفسیر اشتباه از عملکرد ریه می‌شود. انتخاب نوع مقدار مرجع در دستگاه‌های اسپرومتر از قسمت تنظیمات دستگاه قابل انجام می‌باشد.

## روش انجام تست

نمونه برداری از هوای منطقه تنفسی هر یک از کارگران صورت گرفت به طوریکه؛ نیم کره‌ای به قطر تقریبی ۳۰ سانتیمتر در اطراف دهان و بینی کارگر برای دو دامنه قابل استنشاق و قابل تنفس به صورت مجزا انجام گرفت. ذرات قابل تنفس ذراتی هستند که از طریق دهان و بینی فرد وارد سیستم تنفسی شده و در مجاری تنفسی فوقانی ته نشین می‌شوند. نمونه‌برداری از ذرات قابل تنفس بر اساس متد ۰۵۰۰ (NIOSH (6,32) با یک فیلتر PVC با قطر ۳۷ میلی‌متر و پورسایز ۵ میکرون بر روی فیلتر هولدر IOM و پمپ نمونه‌برداری فردی SKC با دبی ۲ لیتر بر دقیقه انجام گرفت.

ذرات قابل استنشاق کسری از ذرات معلق هستند که قادر به نفوذ با ناحیه تبادل گازی (آلوئول) هستند. نمونه برداری از ذرات قابل استنشاق بر اساس متد NIOSH 0600 با فیلتر PVC با قطر ۲۵ میلی‌متر و پورسایز ۵ میکرون بر روی سیکلون آلومینیومی (SKC Aluminum Cyclone) و پمپ نمونه‌برداری فردی SKC با دبی ۱/۷ لیتر بر دقیقه انجام شد (NMAM, 1998). پمپ مورد استفاده برای هر دبی، با استفاده از فلومتر حباب صابون کالیبره شده بود. تمامی توزین‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی AND مدل GR-200 کالیبره و با دقت ۰.۰۰۰۱ گرم انجام شد. به منظور جلوگیری از انباشت بیش از حد بر روی فیلتر و همچنین پوشش مناسب شیف‌کاری ۸ ساعته، نمونه‌برداری برای هر فرد در یک بازه زمانی ۴ ساعته که نماینده کلیه فعالیت‌های کاری فرد در طول شیف‌کاری بود انجام گرفت.

برای حذف عوامل ایجادکننده خطای نمونه برداری و تجزیه در طول نمونه‌برداری به ازای هر ۵ نمونه، یک نمونه شاهد در نظر گرفته شد. همه فیلترها قبل از توزین و نمونه‌برداری، به مدت ۲۴ ساعت درون دسیکاتور حاوی سیلیکاژل گذاشته شد تا رطوبت احتمالی آنها گرفته شود. بعد از پایان زمان نمونه‌برداری، فیلترها مجدداً به مدت ۲۴ ساعت داخل دسیکاتور قرار گرفت و سپس فیلتر سه بار وزن شده و میانگین وزن ثانویه آن تعیین شد. در مرحله‌ی بعدی اسپرومتری برای کلیه افراد شرکت‌کننده در مطالعه طبق معیار ATS و در شرایط برابر در زمان ظهر بعد از شیف‌کاری ۸ ساعته توسط فرد مطالعه‌کننده انجام گرفت.

## روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای آنالیز داده‌ها از نرم افزار SPSS با نسخه ۲۲ بهره گرفته شد و بر حسب نوع متغیرها از تست‌های آماری مناسب مانند Chi-square و t-test استفاده شد. همچنین سطح معناداری  $P < 0.05$  در نظر گرفته شد.

## نتایج و بحث

این مطالعه به صورت کوهرت گذشته‌نگر انجام گرفت و میزان شاخص ریوی ۱۳۸ نفر از کارکنان در سه گروه مواجهه یافته با سیلیس و سیمان و گروه کنترل (مواجهه نیافته) هدف پایش قرار گرفت. همچنین میزان گرد و غبار سیمان و سیلیس در واحدها به صورت قرائت مستقیم ارزیابی گردید.

## نرمالیتی داده‌ها

نرمالیتی داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف چک گردید. نتایج آزمون نشان داد که تمامی داده‌های مورد اندازه‌گیری نرمال می‌باشند و آزمون‌های پارامتری برای تحلیل نتایج هدف مورد استفاده قرار گرفت.

## اطلاعات دموگرافیک جمعیت هدف مطالعه

اطلاعات دموگرافیک افراد به تفکیک گروه‌ها در سه گروه مواجهه با سیلیس و سیمان و گروه کنترل مورد بررسی قرار گرفت. جهت مقایسه متغیرهای کمی دموگرافیک از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه\* استفاده شد. نتایج نشان داد که میان گروه هدف (گروه مواجهه یافته با سیلیس و سیمان) و کنترل (گروه مواجهه نیافته) به ترتیب با میانگین سنی ۴۲/۵، ۴۳/۳ و ۴۶/۸ سال تفاوت معنی‌داری به لحاظ سنی و قد وجود دارد ( $P = 0/037$ ،  $P = 0/012$ ). از آنجائی که متغیر سن و قد در شاخص‌های ریوی اعمال و تعدیل می‌شود تفاوت معنی‌دار مشاهده شده تأثیری در شاخص‌های ریوی ندارد. همچنین در پارامترهای وزن، BMI بین گروه مواجهه با سیلیس و سیمان با گروه کنترل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱).

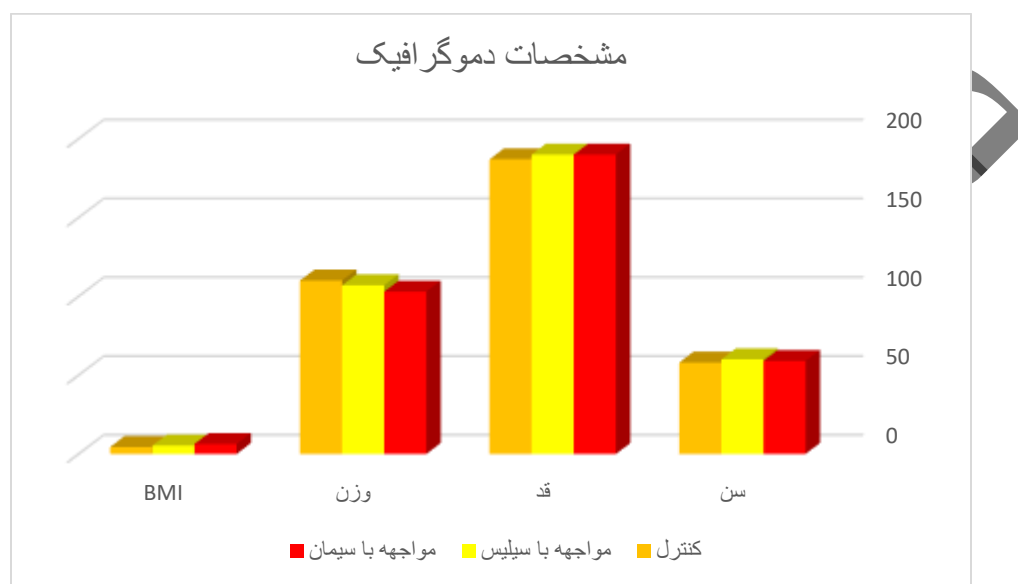
جدول ۱- مشخصات دموگرافیک افراد

Table 1. Demographic characteristics of people

P-value	Control (46)										هدف (92) target(92)		مشخصات Specifications
	Control (46)										exposed to silica		
	میانگین	ماکزیمم	انحراف معیار	میانگین	ماکزیمم	انحراف معیار	میانگین	ماکزیمم	انحراف معیار	میانگین	ماکزیمم	Standard deviation	
0.012	46.8	60	5.8	43.3	60	7.2	26	59	8.3	42.5	59	سن Age	
0.037	169.2	190	6.4	170.2	190	9.4	156	190	7.9	173.4	190	قد height	

\* ANOVAs

0.800	59	110	12.4	80.6	58	107	11.9	79.48	56	103	11.26	81.07	وزن Weight
0.269	21.1	42.4	4.1	28.1	21.6	36.5	3.5	27.4	20.9	34.6	3.2	26.9	BMI



شکل ۲- مقایسه اطلاعات دموگرافیک در سه گروه

Fig. 2- Comparison of demographic information in three groups

۸۹/۱ درصد افراد (۴۱ نفر) در گروه کنترل و گروه مواجهه یافته با سیمان مرد و ۱۰/۹ درصد (۵ نفر) زن می باشند و در گروه مواجهه یافته با سیلیس نیز ۹۵/۷ درصد (۴۴ نفر) مرد و ۴/۳ درصد (۲ نفر) زن می باشد. توزیع زن و مرد در سه گروه تفاوت معنی دار آماری نشان نداد.

میانگین سابقه مواجهه در گروه مواجهه با سیلیس و گروه مواجهه با سیمان به ترتیب برابر با  $13/8 \pm 7/1$ ،  $15/1 \pm 7/4$  می باشد. آزمون تی تست\* نشان داد که اختلاف بین دو گروه مواجهه با سیلیس و گروه مواجهه با سیمان از نظر سالهای مواجهه معنی دار نمی باشد ( $P = 0/39$ ).

۲/۲ درصد (۱ نفر) از گروه مواجهه یافته با سیلیس سیگاری و ۹۷/۸ درصد (۴۵ نفر) غیر سیگاری بودند. در گروه مواجهه یافته با سیمان نیز ۸/۷ درصد (۴ نفر) سیگاری و ۹۱/۳ درصد (۴۱ نفر) غیر سیگاری بودند. در گروه کنترل ۱۰۰ درصد افراد غیر سیگاری

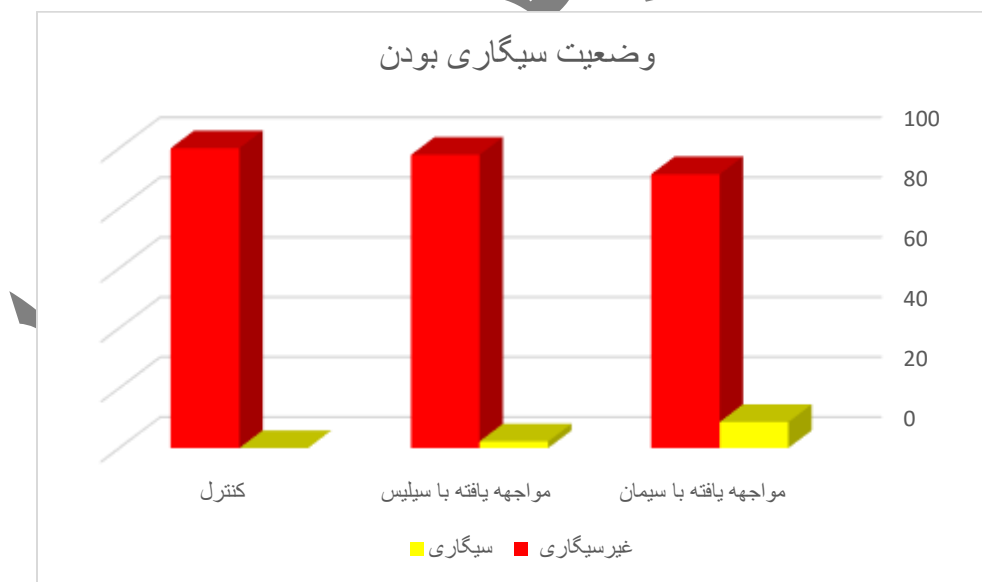
\* T-Test

بودند. برای مقایسه میزان مصرف سیگار در سه گروه از آزمون کای دو استفاده شد ولی به علت اینکه شرایط انجام این تست وجود نداشت دو گروه هدف ادغام شد و برای ادغام دو گروه هدف با استفاده از آزمون فیشر مقایسه مصرف سیگار در دو گروه هدف صورت گرفت و تفاوت معنی دار آماری بین دو گروه وجود نداشت ( $P=0/181$ ) لذا دو گروه هدف ادغام شد و سپس مقایسه با گروه کنترل با استفاده از آزمون فیشر انجام شد و تفاوت معنی دار آماری نشان نداد ( $P=0/12$ ).

جدول ۲- وضعیت سیگاری بودن (درصد (تعداد))

Table2. Smoking status (percent (number))

مشخصات Specifications	هدف Target	کنترل (۴۶) control (46)
P-value	مواجهه یافته با سیلیس و سیمان (۴۶) exposed to silica and cement (46)	مواجهه یافته با حلال (۴۶) exposed to solvent (46)
سیگاری a smoker	(4)8.7	(1)2.2
غیرسیگاری non-smoker	(42)91.3	(46)100
P-value	0.12	



شکل ۳- مقایسه افراد سیگاری و غیر سیگاری در گروه ها

Fig. 3- Comparison of smokers and non-smokers in groups

دقت (ضریب تغییرات) آنالیز سیلیس کریستالی



اعتبار بخشی انجام شده جهت تعیین دقت آنالیز به صورت درون روز نمونه‌های سیلیس در ۴ مقدار برحسب میکروگرم و در چهار تکرار ساخته شد. مقدار مساحت سطح زیر پیک قرائت شده توسط دستگاه FTIR در فرمول خط منحنی کالیبراسیون قرارداده و مقدار نمونه اندازه گیری شده به دست آمد سپس بر اساس NIOSH۰۶۰۰ و NIOSH۶۰۲ مقدار دقت محاسبه شد.

جدول ۳- دقت آنالیز سیلیس کریستالی در مقادیر مختلف برحسب درصد

**Table 3- Accuracy of crystalline silica analysis in different amounts in terms of percentage**

80	60	40	20	جرم سیلیس کریستالی
Crystalline silica mass				
82.13	51.16	39.29	19.44	1
80.08	57.6	43.56	24.2	2
80.93	50.64	44.39	20.74	3
79.72	49.72	37.38	21.18	4
79.97	52.28	41.15	21.39	$\bar{X}$
2.32	3.6	3.36	2.02	$\delta$
2.9	6.88	8.17	9.39	CV
6.83				CV-Total

### درصد بازیافت آنالیز سیلیس کریستالی

جهت تعیین درصد بازیافت، همانند تعیین دقت، چهار غلظت از نمونه‌های سیلیس (۸۰-۶۰-۴۰-۲۰) برحسب میکروگرم در چهار تکرار به صورت درون روز ساخته شد سپس مقدار بازیافت آن محاسبه گردید. نتایج در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴- درصد بازیافت در نمونه های سیلیس کریستالی

**Table 4- Recovery percentage in crystalline silica samples**

درصد بازیافت	جرم سیلیس کریستالی
Recycling percentage	Crystalline silica mass
6+100	20
3+100	40
4+100	60
1+100	80

خطای استاندارد

در این مطالعه برای تعیین خطای استاندارد آنالیز سیلیس کریستالی چهار غلظت از نمونه‌های سیلیس (۲۰-۸۰-۶۰-۴۰ برحسب میکروگرم) در چهار تکرار به صورت درون روز ساخته شد. مقدار مساحت سطح زیر پیک قرائت شده توسط دستگاه FTIR در فرمول خط منحنی کالیبراسیون قرارداد و مقدار نمونه اندازه گیری شده به دست آمد. طبق جدول ۵ خطای استاندارد کلی محاسبه شده ۴۱/۱ میکروگرم می‌باشد.

جدول ۵- خطای استاندارد آنالیز سیلیس کریستالی در مقادیر مختلف برحسب میکروگرم

**Table 5 - Standard error of crystalline silica analysis in different amounts in micrograms**

۸۰	۶۰	۴۰	۲۰	جرم سیلیس کریستالی Crystalline silica mass
79.97	52.28	41.15	21.39	میانگین Average
2.32	3.6	3.36	2.01	انحراف معیار standard deviation
1.16	1.79	1.68	1.005	خطای استاندارد standard error
	1.41			خطای کلی General error

#### حد آشکارسازی و حد تعیین کمی آنالیز سیلیس کریستالی

ابتدا ۴ نمونه شاهد با استفاده از دستگاه FTIR قرائت شد و سطح زیر پیک‌ها مشخص شد. با استفاده از فرمول معادله خط منحنی استاندارد مقدار سیلیس موجود در هر نمونه بدست آمد. در این مطالعه حد آشکار سازی ۱۲/۲ و حد تعیین کمی ۲۹/۵ میکروگرم بر نمونه به دست آمد.

#### نتایج پارامترهای جوی سنجش شده

با توجه به تاثیر شرایط جوی در میزان مواجهه شغلی، پارامترهای جوی شامل رطوبت نسبی، فشار هوا (میلی متر جیوه) و دمای هوا (سانتی‌گراد) در زمان پایش فردی شاغلین مورد سنجش قرار گرفتند و نتایج در جدول (۶) ذکر گردیده است.

#### جدول ۶- نتایج پارامترهای جوی اندازه گیری شده

**Table 6- The results of the measured atmospheric parameters**

میانگین ( انحراف معیار)	پارامتر جوی
mean (standard deviation)	Atmospheric parameter
(13.32)50.051	RH%
(2.181)684.78	P(mmHg)
(9.36)30.64	Ta(C)

نتایج پایش شاخص‌های ریوی گروه مواجهه یافته با سیلیس، گروه مواجهه یافته با سیمان و گروه کنترل

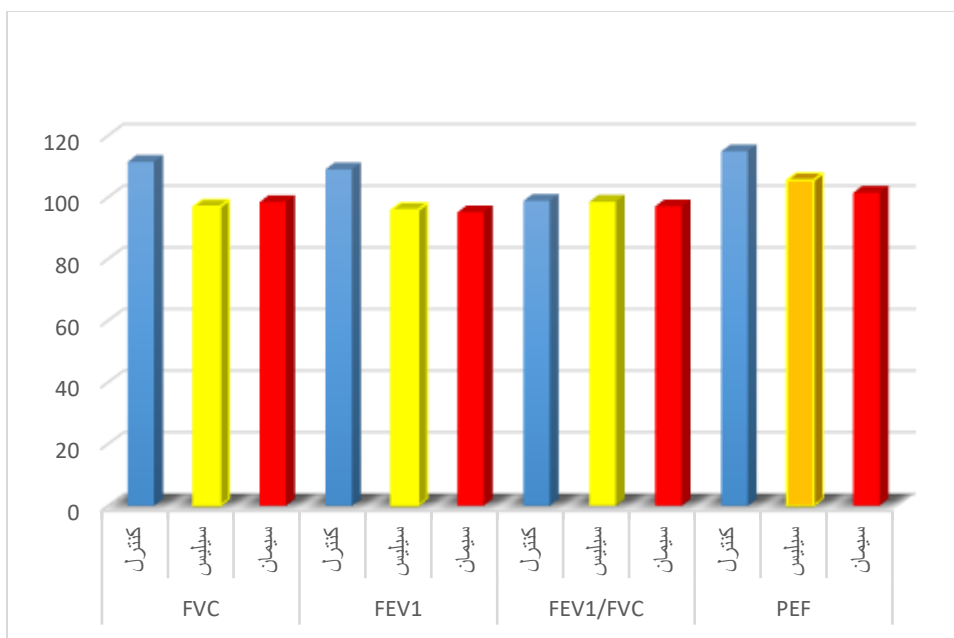
با استفاده از آزمون ANOVA شاخص‌های ریوی ( FEV1% ،FVC% ،FEV1/FVC% ،PEF% ) در بین سه گروه مواجهه یافته با سیلیس، سیمان و گروه کنترل مقایسه شد. طبق جدول ۷ درمورد شاخص FEV1/FVC (P = ۰/۴۰۹) تفاوت معنی‌دار آماری بین سه گروه نشان داده نشد و سایر شاخص‌ها با توجه به اینکه P کوچکتر از ۰/۰۵ بود نشان می‌دهد که این شاخص‌ها در یکی از گروه‌ها با گروه دیگر تفاوت دارد. لذا برای اثبات اینکه این شاخص‌ها در کدام گروه‌ها با هم تفاوت معنی‌دار دارد از آزمون تعقیبی LSD استفاده شد. با استفاده از آزمون تعقیبی LSD شاخص‌های FEV1%،FVC% (P < ۰/۰۱) ،PEF (P = ۰/۰۳) هر دو گروه مواجهه یافته با سیلیس، سیمان با گروه کنترل تفاوت معنی‌دار آماری نشان داد.

جدول ۷- مقایسه شاخص‌های ریوی در سه گروه

**Table 7- Comparison of pulmonary indices in three groups**

P-Value	حدود اطمینان	میانگین ( انحراف معیار)	گروه	نام متغیر
	Confidence limits	mean (standard deviation)	group	Variable name
	106.25-116.82	111.531(17.59)	کنترل	
<0.001			Control	FVC
	92.55-101.41	96.98(14.2)	سیلیس	
			silica	
	93.66-103.34	98.5(16.3)	سیمان	
			Cement	

	104.1-114.1	109.1(16.2)	کنترل	
< 0.001			Control	FEV1
	91.2-100.63	95.91(15.9)	سیلیس	
			silica	
	90.92-99.47	95.2(14.4)	سیمان	
			Cement	
	97.29-100.53	98.91(5.4)	کنترل	
0.409			Control	FEV1/FVC
	96.51-100.75	98.63(7.2)	سیلیس	
			silica	
	95.48-99.08	97.15(6.1)	سیمان	
			Cement	
	109.16-120.75	114.96(19.3)	کنترل	
0.03			Control	PEF
	99.71-111.55	105.63(19.94)	سیلیس	
			silica	
	96.43-106.61	101.52(17.2)	سیمان	
			Cement	



شکل ۴- مقایسه میانگین شاخص‌های ریوی در سه گروه

Figure 4- Comparison of the average pulmonary indices in three groups

مقایسه شاخص‌های ریوی کارکنان مواجهه یافته با سیلیس و گروه کنترل

مقایسه شاخص‌های ریوی گروه مواجهه یافته با سیلیس و گروه کنترل نشان داد که تمامی شاخص‌های ریوی در گروه مواجهه یافته با سیلیس کمتر از گروه کنترل می‌باشد و آزمون تعقیبی LSD نیز نشان داد این اختلاف بین پارامتر  $FEV1\%$ ،  $FVC\%$  ( $P < 0.001$ ) و  $PEF\%$  ( $P = 0.02$ ) معنی‌دار می‌باشد (جدول ۸).

جدول ۸- مقایسه شاخص‌های ریوی در گروه مواجهه یافته با سیلیس و گروه کنترل

Table 8- Comparison of pulmonary indices in the group exposed to silica and the control group

P-Value	کنترل				مواجهه یافته با سیلیس				شاخص
	Control				exposed to silica				
	کمترین	بیشترین	انحراف معیار	میانگین	کمترین	بیشترین	انحراف معیار	میانگین	
	Minimum	Maximum	Standard Deviation	Average	Minimum	Maximum	Standard Deviation	Average	Indicator
<0.001	80	160	17.6	111.1	63	139	14/9	96.9	FVC%

<0.001	79	156	16.6	108.7	55	138	15.8	95.9	FEV1%
0.02	77	164	19.2	114.9	52	155	19.9	105.6	PEF%

### مقایسه شاخص‌های ریوی کارکنان مواجهه یافته با سیمان و گروه کنترل

مقایسه شاخص‌های ریوی گروه مواجهه یافته با سیمان و گروه کنترل نشان داد که تمامی شاخص‌های ریوی در گروه مواجهه یافته با سیمان کمتر از گروه کنترل می‌باشد و آزمون تعقیبی LSD نیز نشان داد این اختلاف بین پارامتر FEV1%، FVC% ( $P < 0.001$ ) و PEF% ( $P = 0.01$ ) معنی‌دار می‌باشد (جدول ۹).

#### جدول ۹- مقایسه شاخص‌های ریوی در گروه مواجهه یافته با سیمان و کنترل

Table 9- Comparison of pulmonary indices in the group exposed to cement and control

P-Value	کنترل				مواجهه یافته با سیمان				شاخص Indicator
	Control				faced with cement				
	کمترین	بیشترین	انحراف معیار	میانگین	کمترین	بیشترین	انحراف معیار	میانگین	
	Minimum	Maximum	Standard Deviation	Average	Minimum	Maximum	Standard Deviation	Average	
<0.001	80	160	17.6	111.1	67	141	16.3	98.5	FVC%
<0.001	79	156	16.6	108.7	67	126	14.4	95.2	FEV1%
0.01	77	164	19.2	114.9	72	157	17.1	101.5	PEF%

### مقایسه شاخص‌های ریوی کارکنان مواجهه یافته با سیلیس و سیمان

مقایسه شاخص‌های ریوی در دو گروه هدف (سیلیس و سیمان) با استفاده از آزمون تعقیبی LSD اختلاف هیچ یک از شاخص‌های ریوی معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۱۰).

#### جدول ۱۰- مقایسه شاخص‌های ریوی در گروه مواجهه یافته با سیلیس و سیمان

Table 10- Comparison of pulmonary indices in the group exposed to silica and cement

P-Value	سیلیس			سیمان				شاخص Indicator	
	Silica			Cement					
	کمترین	بیشترین	انحراف معیار	میانگین	کمترین	بیشترین	انحراف معیار		میانگین
	Minimum	Maximum	Standard Deviation	Average	Minimum	Maximum	Standard Deviation		Average
0.66	63	139	14.9	96.9	67	141	16.3	98.5	FVC%
0.83	55	138	15.8	95.9	67	126	14.4	95.2	FEV1%
0.3	52	155	19.9	105.6	72	157	17.1	101.5	PEF%

### ارتباط بین شاخص‌های ریوی گروه سیلیس با سابقه مواجهه

به منظور تعیین همبستگی میان سال‌های مواجهه با سیلیس و شاخص‌های ریوی از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. هیچ ارتباط معناداری میان سال‌های مواجهه و شاخص ریوی دیده نشد (جدول ۱۱).

جدول ۱۱- ارتباط بین شاخص‌های ریوی گروه سیلیس با سابقه مواجهه

**Table 11- Correlation between pulmonary indices of silica group with history of exposure**

R	P	سیلیس			شاخص Indicator	
		کمترین Minimum	بیشترین Maximum	انحراف معیار Standard Deviation		
-0.26	0.08	63	139	14.9	96.9	FVC/
-0.22	0.14	55	138	15.8	95.9	FEV1/
-0.02	0.86	52	155	19.9	105.6	PEF/
0.02	0.9	0.87	0.99	1.06	0.98	FVEI/FVC/

### ارتباط بین شاخص‌های ریوی گروه سیمان با سابقه مواجهه

به منظور تعیین همبستگی میان سال‌های مواجهه با سیمان و شاخص‌های ریوی از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. در نتایج مربوطه هیچ ارتباط معناداری میان سابقه مواجهه و شاخص ریوی دیده نشد (جدول ۱۲).

جدول ۱۲- ارتباط بین شاخص‌های ریوی گروه سیمان با سابقه مواجهه

Table 12- Correlation between pulmonary indices of the cement group with history of exposure

R	P	سیمان Cement				شاخص Indicator
		کمترین Minimum	بیشترین Maximum	انحراف معیار Standard Deviation	میانگین Average	
0.046	0.764	67	141	16.3	98.5	FVC%
0.018	0.905	67	126	14.4	95.2	FEV1%
0.078	0.609	72	157	17.1	101.5	PEF%
-0.138	0.366	1	0.89	0.88	0.96	FEV1/FVC%

### ارتباط بین شاخص‌های ریوی گروه سیمان با غلظت سیمان

به منظور تعیین همبستگی میان غلظت سیمان و شاخص‌های ریوی از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. هیچ ارتباط معناداری میان غلظت سیمان و شاخص ریوی دیده نشد (جدول ۱۲).

جدول ۱۳- ارتباط بین شاخص‌های ریوی گروه سیمان با غلظت سیمان

Table 13- Correlation between pulmonary indices of cement group with cement concentration

R	P	سیمان Cement				شاخص Indicator
		کمترین Minimum	بیشترین Maximum	انحراف معیار Standard Deviation	میانگین Average	
0.028	0.873	67	141	16.3	98.5	FVC%
-0.09	0.606	67	126	14.4	95.2	FEV1%
-0.99	0.572	72	157	17.1	101.5	PEF%
-0.13	0.457	1	0.89	0.88	0.96	FEV1/FVC%

### نتایج پایش فردی گردوغبار کلی تنفسی و سیلیس کریستالی تنفسی

پایش فردی گردوغبار کلی سیمان و سیلیس تنفسی در دو گروه شغلی تولید و بسته بندی انجام شد. گروه تولید شامل ۸۲ نفر می‌باشد و بسته بندی شامل ۴۶ نفر می‌باشد. گروه بسته بندی در بخش تولید آجر دخالتی ندارند. نتایج حاصل در جداول ۱۴ و ۱۵ ذکر گردیده است.

جدول ۱۴- جدول میزان مواجهه فردی با گردوغبار کلی در گروه های شغلی مورد بررسی بر حسب (mg/m)



**Table 14- The table of the amount of individual exposure to general dust in the studied occupational groups in terms of (mg/m)**

انحراف معیار	خطای استاندارد	میانگین	کمترین	بیشترین	گروه شغلی (n)
standard deviation	Standard error	Average	Minimum	Maximum	occupational group(n)
23.05	4.21	28.27	1.12	85.24	تولید (82)
					production (82)
17.169	2.71	8.6	0.56	74.11	بسته بندی (46)
					Packaging (46)
p-value = 0.001					

جدول ۱۵- میزان مواجهه فردی با گردوغبار سیلیس در گروه های شغلی مورد بررسی برحسب (mg/m)

**Table 15- The amount of individual exposure to silica dust in the examined occupational groups in terms of (mg/m)**

انحراف معیار	خطای استاندارد	میانگین	کمترین	بیشترین	گروه شغلی (n)
standard deviation	Standard error	Average	Minimum	Maximum	occupational group(n)
0.69	0.12	0.651	0.015	2.818	تولید (82)
					production (82)
0.272	0.04	0.297	0.054	1.19	بسته بندی (46)
					Packaging (46)
P-value = 0.107					

طبق آزمون من ویتنی بین میزان مواجهه با گردوغبار کلی تنفسی در کارخانه اختلاف معنی داری وجود دارد ( $P < 0/001$ ). ولی در خصوص غلظت گردوغبار سیلیس این اختلاف معنی دار نمی باشد ( $P = 0/107$ ).

## نتیجه گیری

هدف این مطالعه، پایش و ارزیابی اثرات گردوغبار صنعت سیمان بر سلامت انسان بود که با تمرکز بر صنعت سیمان کرمانشاه و با استفاده از روش اسپرومتری برای تعیین و ثبت ظرفیت تنفسی ششها انجام شد. در این مطالعه، پارامترهای مهمی مانند FVC، FEV1، و PEF مورد بررسی قرار گرفتند. گروه‌های مورد مطالعه شامل گروه شاهد، گروه مواجهه‌یافته با سیلیس، و گروه مواجهه‌یافته با سیمان بودند. اطلاعات جمع‌آوری شده شامل سن، وزن، قد، و مصرف یا عدم مصرف سیگار بود.

نتایج نشان داد که تفاوت در سن و قد افراد بر شاخص‌های ریوی تأثیرگذار است؛ اما پس از اعمال تغییرات آماری، برآورد شد که این تفاوت‌ها تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های ریوی ندارند. همچنین، مقایسه‌ی مصرف سیگار بین دو گروه هدف نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری بین دو گروه وجود ندارد. در نهایت، شاخص‌های ریوی بین سه گروه مواجهه‌یافته و گروه شاهد مقایسه شد و ارتباط آن‌ها با توجه به سابقه‌ی مواجهه و غلظت سیمان مشخص گردید.

در مقایسه با تحقیقات مشابه، مانند مطالعه‌ای در امارات متحده عربی که نشان داد شیوع علائم تنفسی در میان کارگران سیمان بیشتر است، نتایج این پژوهش با نتایج مشابهی همراه بود که نشان‌دهنده اهمیت مواجهه‌ی شغلی با گردوغبار سیمان بر سلامت تنفسی است. علاوه بر این، تحقیق دیگری که در اتیوپی انجام شد، شیوع بالای علائم تنفسی همچون تنگی نفس و سرفه را در کارگران معادن و کارخانه‌های سیمان نشان داد، که تأییدکننده‌ی تأثیرات منفی گردوغبار سیمان بر عملکرد ریوی کارگران است. این مطالعات بر اهمیت اجرای اقدامات پیشگیرانه، مانند استفاده مداوم از ماسک‌های تنفسی و کاهش مواجهه با گردوغبار تأکید دارند. به عنوان مثال، در مطالعه‌ای مشابه، مشاهده شد که کارگرانی که به‌طور مداوم از ماسک‌های تنفسی استفاده می‌کردند، نسبت به کسانی که از آن‌ها استفاده نمی‌کردند، شیوع کمتری از علائم تنفسی داشتند. بنابراین، راهکارهایی که اقتصادی، قابل اجرا در زمان کوتاه و منطبق بر نیازها و ویژگی‌های منطقه باشند، باید به عنوان بخشی از برنامه‌های مدیریت سلامت در صنعت سیمان مورد توجه قرار گیرند.

توصیه می‌شود که مطالعات بیشتر با طراحی‌های طولی و با حجم نمونه‌های بزرگ‌تر انجام شود تا بتوان ارتباط‌های علی‌دقیق‌تری بین مواجهه با گردوغبار سیمان و اثرات آن بر سلامت شاغلین را مشخص کرد. همچنین، توسعه و اجرای تکنولوژی‌های غبارزدایی نوین و بهبود شرایط تهویه و کنترل محیط‌های کاری به‌طور مستمر باید در اولویت قرار گیرد.

- Abdul-Wahab, S.A., 2006. Impact of fugitive dust emissions from cement plants on nearby communities. *Ecological Modelling*, 195(3-4), 338-348.
- Aminian, O., Aslani, M., Sadegh Nit Haghghi, K., 2012. Pulmonary effects of chronic exposure to cement dust in cement industry workers. *Occupational Medicine Quarterly*, 4(1), 17-24. (in Persian)
- Anthonisen, N.R., Connett, J.E., Kiely, J.P., Altose, M.D., Bailey, W.C., Buist, A.S., et al., 1994. Effects of smoking intervention and the use of an inhaled anticholinergic bronchodilator on the rate of decline of FEV1. The Lung Health Study. *JAMA*, 272, 1497-1505.
- Arslan, H., Baltaci, H., Sahin, U.A., Onat, B., 2022. The relationship between air pollutants and respiratory diseases for the western Turkey. *Atmospheric Pollution Research*, 13(2), 101322. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2022.101322>
- Azimi, M., Mansouri, Y., Rezai Hachasu, V., Aminaei, F., MihanPour, H., Zare Sakhvidi, M.J., 2018. Assessment of respiratory exposure of workers with airborne particles in a ceramic tile industry: A case study. *TKJ*, 10(1), 45-53.
- Bahadri, B. A review of air pollutants in cement industries, standards, environmental effects and how to control them. (in Persian)
- Baig, N.N., Aleem, S.A., 2016. Occupational hazards among dental surgeons in Karachi. *Journal of the College of Physicians and Surgeons-Pakistan: JCPSP*, 26(4), 320-322.
- Barreiro, T., Perillo, I., 2004. An approach to interpreting spirometry. *American Family Physician*, 69(5), 1107-1114.
- Ba-shammkh, M., Caruso, H., Elkamel, A., Croiset, E., Douglas, P.L., 2008. Analysis and optimization of carbon dioxide emission mitigation options in the cement industry. *American Journal of Environmental Sciences*, 4(4), 482-490.
- Bellamy, D., 2005. *Spirometry in practice*. BTS, 2nd ed. 168, 3-23.
- Berne, R.M., Levy, M.N., Koeppe, B.M., Stanton, B.A., 2004. *Physiology*. Missouri, Mosby Inc., 4th ed., Chap 29, 458-460.
- Berhane, K., Kumie, A., Samet, J., 2016. Health effects of environmental exposures, occupational hazards, and climate change in Ethiopia: Synthesis of situational analysis, needs assessment, and the way forward. *The Ethiopian Journal of Health Development (EJHD)*, 30(1), 17-27.
- Chehargani, H. Types of cement and their applications. *Cement Technology Magazine*, last revision of February 2013. (in Persian)
- Chehargani, H. Reducing dust environmental pollution in the cement industry. (in Persian)
- de Kok, T.M., Driess, H.A., Hogervorst, J.G., Briedé, J.J., 2006. Toxicological assessment of ambient and traffic-related particulate matter: A review of recent studies. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 613(2), 103-122.
- Hazrati, S., et al., 2009. Investigation of dust concentration in the working environment in Ardabil cement factory. *Scientific Research Journal of Ardabil University of Medical Sciences*, 9(4), 292-298. (in Persian)

- Fell, A.K., Thomassen, T.R., Kristensen, P., Egeland, T., Kongerud, J., 2003. Respiratory symptoms and ventilatory function in workers exposed to Portland cement dust. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 45(9), 1008-1014.
- Giyahi, O., Darvishi, E., Sarabi, M., Shaheswari, S., 2014. Investigating the relationship between exposure to inhaled pollutants and pulmonary function capacities of workers in a steel industry. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences*, 19, 135-145. (in Persian)
- Golbabai, F., Faqih Zarandi, A., Ibrahim Nejad, P., Banshi, M.R., Mohseni Teklo, H., Shokri, A.R., Panahi, D., 2013. Evaluation of occupational exposure of workers of a cement factory to inhalable cement dust and crystalline silica. *Occupational Health and Safety Quarterly*, 2(1). (in Persian)
- Guyton, A., Hall, G., 2011. *Textbook of medical physiology*. Philadelphia, PA: Saunders Elsevier, 11th ed., Chap 37, 42, 524-526.
- Hafiz Omer, A.H., and Abdullah, A.A., 2012. Dust exposure and respiratory symptoms among cement factory workers in the United Arab Emirates. *J-STAGE, Industrial Health*, 50, 214–222.
- Hankinson, J.L., 2010. Performance of American Thoracic Society-recommended spirometry reference values in a multiethnic sample of adults: The multi-ethnic study of atherosclerosis (MESA) lung study. *Chest*, 137(1), 138–145.
- Hughes, J.M.B., 2007. *Pulmonary function: The basics*. Elsevier Ltd, Medical, 136(3), 142-150.
- Johns, D.P., Pierce, R., 2008. *Spirometry, the measurement and interpretation of ventilatory function in clinical practice*. National Asthma Council Australia, 2nd ed., 4-15.
- Kakui, H., Gholami, A., Qasim Khani, M., Hosseini, M., 2012. Occupational exposure of workers to cement dust and its effects on respiratory system performance in a cement factory. *Quarterly Journal of University of Medical Sciences and Health Services Gonabad*, 18(1), 60-66. (in Persian)
- Keles, C., et al., 2023. Respirable silica particles in coal mine dust: An image library dataset collected using scanning electron microscopy with energy dispersive X-ray spectroscopy. *Data in Brief*, 51, 109656.
- Li, G., et al., 2023. A review of dust control/removal methods in metal mines in China. *Powder Technology*, 430, 119035.
- Owonikoko, M.W., et al., 2021. Standardized experimental model for cement dust exposure; tissue heavy metal bioaccumulation and pulmonary pathological changes in rats. *Toxicology Reports*, 8, 1169-1178.
- Muhanga, M., 2024. *Occupational health: Introduction*. Reference Module in Biomedical Sciences, Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99967-0.00314-8>.
- Neghab, M., Choobineh, A., 2007. Work-related respiratory symptoms and ventilatory disorders among employees of a cement industry in Shiraz, Iran. *Journal of Occupational Health*, 49(4), 273-278.
- NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition. Particulates not otherwise regulated, respirable: Method 0600, Issue 3, dated 15 January 1998, 5 of 6.
- Niosh, A., 2004. Preventing lung disease in workers who use or make flavorings. DHHS (NIOSH), No. 2004.110.
- Niqab, M., Habibi Mahrez, M., 2011. Respiratory disorders in inhalation exposure to amorphous carbon. *Iran Occupational Health Quarterly*, 3, 72-82. (in Persian)

- Niqab, M., Abedini, R., Sultanzadeh, A., Ilon Kashkouli, A.M., Qayyumi, Seyed M.A., 2012. Evaluation of the respiratory health of the digging workers of one of the dams under construction in Fars province due to occupational exposure to very high concentrations of dolomite dust. *Monthly Iranian Work Health*, 10(1). (in Persian)
- Odonkor, S.T., Sallar, A.M., 2024. Occupational health and safety knowledge, attitudes and practices among healthcare workers in Accra, Ghana. *Scientific African*, 24, e02130. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2024.e02130>.
- Paluchamy, B., Mishra, D.P., 2021. Airborne respirable dust in fully mechanized underground metalliferous mines – Generation, health impacts, and control measures for cleaner production. *Cleaner Production*, 296, 126524.
- Park, D.-U., Zoh, K.E., Jeong, E.K., Koh, D.-H., Lee, K.-H., Lee, N., Ha, K., 2024. Assessment of occupational health risks for maintenance work in fabrication facilities: Brief review and recommendations. *Safety and Health at Work*, 15(1), 87-95. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2023.11.010>.
- Paudel, L., et al., 2022. Work-related respiratory symptoms and associated factors among cement factory workers in Rupandehi district, Nepal. *Safety and Health at Work*, 13(Supplement), S249.
- Saif Aghaei, F., 2000. Evaluation of respiratory function in workers exposed to Portland cement dust, Jajrud city. *Journal of Faculty of Medical Sciences and Health Services, Sabzevar Health*, 7(1). (in Persian)
- Salem, M., Rashidi Jahan, H., Tavakoli, R., 2014. Study of work-related diseases among staff of a hospital in Tehran. *Journal of North Khorasan University of Medical Sciences*, 6(1), 71-79.
- Silica Control Guide in the Workplace, Dr. Abdurrahman Bahrani. Tehran University of Medical Sciences, Faculty of Environment, 12-17. (in Persian)
- Zeyede, K.Z., Moen, B.E., Bratveit, M., 2010. Cement dust exposure and acute lung function: A cross-shift study. *BMC Pulmonary Medicine*, 10, 19.
- West, J.B., 2008. *Textbook of Respiratory Physiology*. Saunders, 8th ed., Chap 2, 10-21.
- WHO, 2016. *World health statistics 2016: Monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals*. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, ISBN 978-92-4-156526-4.