

## ارزیابی میزان مواجهه کارگران واحد بچینگ یک پروژه سدسازی با گرد و غبار سیمان قبل و بعد از اقدامات کنترلی

ابراهیم درویشی<sup>۱،۲</sup>، افشار مرادی<sup>۳</sup>

### چکیده

**مقدمه:** اهمیت هوای پاک در محیط‌های کار صنعتی بر کسی پوشیده نیست. گرد و غبار سیمان به دلیل وجود موادی مانند سیلیس در ترکیب آن، بسیار خطرناک می‌باشد. این مطالعه با هدف ارزیابی و کنترل گرد و غبار سیمان منتشره از سیلوهای دستگاه بچینگ در زمان شارژ و تولید بتن در یک پروژه سدسازی انجام شد.

**روش‌ها:** در این مطالعه برای ارزیابی توده ذرات منتشره گرد و غبار سیمان از محل سیلوهای بچینگ، نمونه‌برداری محیطی از محل کار و همچنین نمونه‌برداری فردی بر روی ۱۵ نفر اپراتور دستگاه بچینگ صورت پذیرفت و آنالیز بر اساس روش وزن سنجی انجام شد و از روش کنترلی برای گرد و غبار منتشره در سیلوه‌ها به کار گرفته شد. اطلاعات جمع‌آوری شده از نمونه‌برداری در دو حالت قبل و بعد از مداخله با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۹ و آزمون آماری t تک نمونه‌ای تجزیه و تحلیل گردید.

**نتایج:** متوسط غلظت توده ذرات در نمونه‌های فردی و محیطی به ترتیب برابر ۱۵/۵۶ و ۳۰/۷۷ میلی‌گرم بر متر مکعب اندازه‌گیری گردید. به طور متوسط غلظت گرد و غبار سیمان در نمونه‌های فردی و محیطی، از مقادیر استاندارد مواجهه در ایران بیشتر بود. پس از اجرای روش کنترلی، غلظت گرد و غبار در نمونه‌های فردی و محیطی به طور متوسط به ۴/۱۰ و ۵/۲۰ میلی‌گرم بر متر مکعب کاهش یافت که این نتایج کارایی روش کنترلی را مشخص ساخت.

**بحث و نتیجه‌گیری:** روش کنترلی به کار گرفته شده در این مطالعه روشی نوین و اقتصادی برای کنترل ذرات منتشره سیمان از سیلوهای ذخیره بچینگ می‌باشد. با انجام اقدامات مشابه می‌توان غلظت گرد و غبار را در محل‌های صنعتی دیگر کاهش و آن را به حد استاندارد رساند.

**واژگان کلیدی:** گرد و غبار، سیمان، سیلوی بچینگ، سدسازی

### مقدمه

گرد و غبار، بخارات و یا مه و غبار در هوای محیط کار در مقادیر بالاتر از حد مجاز گردد (۱،۲). در میان این آلاینده‌ها ذرات گرد و غبار از اهمیت خاصی برخوردار هستند چون بسیاری از آنها مانند سیلیس دارای اثرات بیماری‌زایی خطرناک و غافلگیرکننده می‌باشند (۲). سیمان به عنوان یکی از محصولات صنعتی پرمصرف همواره با آلودگی‌های شیمیایی

یکی از نیازهای اساسی و مهم حیات موجودات زنده از جمله انسان هواست و بدون آن لحظه‌ای زندگی ممکن نیست. در فرآیندهای پیچیده صنعت امروزی از ترکیبات و مواد شیمیایی متعددی استفاده می‌شود که تعداد زیادی از آنها دارای سمیت بالایی هستند. استفاده از این مواد ممکن است منجر به تولید ذرات

۱- کارشناس ارشد، مرکز تحقیقات بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران

۲- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران

۳- کارشناس بهداشت حرفه‌ای، شرکت سهامی خدمات مهندسی مشاور شرکت سد زاوه، سنندج، ایران

نویسنده مسؤو: ابراهیم درویشی

آدرس: سنندج، خیابان پاسداران، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، دانشکده بهداشت | تلفن: ۰۸۷۱۶۱۳۱۴۲۶

Email: darvishi.hse@gmail.com

نمبر: ۰۸۷۱۶۶۶۸۶۴۷-۰۸۷۱۳۱۶۱۵۰۱

مانند گرد و غبار و ذرات سیلیس و انواع گازها از جمله اکسیدهای ازت و کربن همراه است. لذا تولید و مصرف سیمان به طور غیر قابل اجتناب یک فرآیند آلوده‌کننده محیط کار و حتی محیط زیست می‌باشد. سیمان به هر نوع ماده چسبنده‌ای اطلاق می‌شود که قابلیت به هم چسباندن و یکپارچه کردن مواد معدنی را دارا باشد. در شاخه مهندسی عمران، سیمان گردی است نرم، جاذب آب، چسباننده سنگ‌ریزه، که اساساً مرکب از ترکیبات پخته شده و گداخته شده اکسید کلسیم، اکسید سیلیسیم، اکسید آلومینیم و اکسید آهن می‌باشد (۳، ۴). از جمله اثرات زیان‌آور ذرات گرد و غبار سیمان بر انسان می‌توان به بیماری‌های تنفسی شامل برونشیت مزمن و سیلیکوزیس، بیماری‌های پوستی مانند انکلوزیون پوستی، اگزما و عفونت‌های جلدی، ناراحتی‌های چشمی و اختلالات گوارشی مانند زخم معده - روده‌ای اشاره کرد (۵، ۶). همچنین تحقیقات متعددی ارتباط بین میزان مواجهه با گرد و غبار سیمان و افزایش میزان بستری شاغلین در بیمارستان به علت بیماری انسدادی مزمن ریوی، شیوع علائم و کاهش درصد ظرفیت ریوی، افزایش شیوع علائم بیماری‌های تحدیدی تنفسی را نشان داده است. اثرات آلاینده‌ی انتشار گرد و غبار سیمان بر محیط زیست، آلوده کردن میوه‌جات و سبزی‌های خوراکی، آب‌های آشامیدنی و آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌باشد. به ویژه این که گرد و غبار صنعت سیمان حاوی مواد قلیایی بوده که می‌تواند اثرات شیمیایی بر تجهیزات صنعتی و محیط زیست اطراف نیز داشته باشد (۷).

کنترل آلاینده‌های هوای محیط کار نیازمند جمع‌آوری اطلاعاتی درباره نوع و تراکم ذرات و تعیین حدود

انتشار آن‌ها می‌باشد. بخش اصلی از فرآیند جمع‌آوری اطلاعات برای تصمیم‌گیری در خصوص شیوه‌های کنترلی نمونه‌برداری از هوا می‌باشد. روش‌های نمونه‌برداری و جمع‌آوری آلاینده‌های ذره‌ای بسیار متنوع‌اند. از جمله روش‌های عمده و اصلی نمونه‌برداری و جمع‌آوری ذرات می‌توان به فیلتراسیون وسایلی که براساس نیروی ثقل و اینرسی عمل می‌کنند مانند: ایمپکتورها، سیلیکون‌ها، ایمپینجرها و الوتریاتورها، رسوب دهنده‌های الکتروستاتیک و حرارتی و روش‌های شمارش اشاره کرد (۸، ۶). چنانچه حفاظت کارگران ضروری باشد طراحی مناسب و مؤثر روش‌های کنترلی می‌تواند راه حل مشکلات آلودگی باشد. امروزه استفاده از سیستم‌های تهویه عمومی و موضعی و پالایشگرهای هوا و دیگر روش‌های کنترلی آلاینده‌ها به طور وسیعی در کنترل ذرات و حتی بو، رطوبت و سایر شرایط محیطی استفاده می‌شود (۹). در سطح ایران و جهان مطالعات زیادی در جهت ارزیابی و کنترل گرد و غبارهای قابل استنشاق به ویژه در معادن زغال سنگ و کارخانه‌های سیمان و نیز در سطح زیست محیطی صورت گرفته است، که هر یک به گونه‌ای گویای اهمیت هوای پاک در بخش‌های محیط کار و در نتیجه پیشگیری از بیماری‌های ریوی می‌باشند (۱۰-۷، ۱۲). در مطالعه‌ای گلبابایی و همکاران در صنعت سیمان کرمان به منظور ارزیابی مواجهه شغلی کارکنان یک کارخانه تولید سیمان با گرد و غبار قابل استنشاق تعداد ۶۲ نمونه از منطقه تنفسی کارگران واحدهای مختلف کارخانه جمع‌آوری شد. بیشترین و کمترین میانگین مواجهه کارگران به ترتیب در واحدهای آسیاب مواد و سیمان، قسمت اداری، کنترل

مخزن ۶۰ تن وجود دارد. به هنگامی که سیمان در سیلوها شارژ می‌شد به دلیل ظرفیت پایین سیلوها و در نتیجه افزایش فشار، گرد و غبار بسیار غلیظی از دریچه تقلیل فشار و سوپاپ اطمینان سیلو به محیط انتشار پیدا می‌کرد به گونه‌ای که در اکثر مواقع کارگران محیط را ترک می‌کردند و در نتیجه منجر به ریزش و از بین رفتن سیمان می‌گردید. با توجه به استفاده گسترده از سیلوها و دستگاه‌های بچینگ در پروژه‌های سازه‌ای و مواجهه تعداد زیادی از کارگران در این بخش‌ها با گرد و غبار سیمان هدف مطالعه حاضر ارزیابی و اندازه‌گیری میزان انتشار ذرات گرد و غبار سیمان در هوای محیط کار و توده ذرات تنفسی (Inhalable Particulates Mass) کارگران بچینگ و ارائه و پیاده‌سازی روش کنترلی مناسب در جهت کاهش انتشار ذرات و گرد و غبار سیمان و بهبود هر چه بهتر شرایط کاری سیلوها و در نتیجه کاهش ناراحتی و شکایت کارگران این واحد بود.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق یک مطالعه تجربی - مداخله‌ای بود که در سال ۱۳۹۱ در واحد بچینگ یک پروژه سده‌سازی انجام شد. این مطالعه در سه مرحله صورت پذیرفت. در مرحله اول نمونه‌برداری فردی بر روی تعداد ۱۵ نفر کارگر مرد شاغل در واحد بچینگ به روش سرشماری انجام شد. در مرحله دوم نمونه‌برداری محیطی از هوای محیط اطراف سیلوها به هنگام شارژ سیمان در آنها با هدف تعیین میزان انتشار گرد و غبار کل (Total Dust) انجام شد و در مرحله سوم راهکار کنترلی جهت کاهش غلظت میزان گرد و غبار سیمان تعبیه و در نهایت ارزیابی میزان تأثیر آن با

عملیات و کوره برآورد شد. گستره مواجهه کارگران با گرد و غبار قابل استنشاق در واحدهای تولید کارخانه ۱۸/۸۹ - ۱/۷۷ میلی‌گرم بر متر مکعب برآورد شد (۱۳). در مطالعه دیگری امینیان و همکاران اثرات ریوی مواجهه مزمن با گرد و غبار سیمان در کارگران صنعت سیمان یزد را مورد ارزیابی قرار دادند. میانگین ذرات کلی گرد و غبار برای گروه مواجهه یافته ۱۷/۳۶ میلی‌گرم بر متر مکعب اندازه‌گیری شد و بنابراین نتایج نشان داد که این گروه دارای علائم خس خس سینه و تنگی نفس و سرفه می‌باشند (۱۴). در پروژه‌های سده‌سازی و دیگر پروژه‌های عمرانی، ساختمانی و سازه‌ای یکی از نقاط بسیار حساس به لحاظ آلودگی محیط کار که سبب عدم آسایش و نایمن شدن محیط کاری می‌گردد کار در کنار سیلوهای سیمان با دستگاه‌های بچینگ می‌باشد. وجود این ذرات در هوای تنفسی شاغلین این واحدها سبب شکایت کارگران و ناتوانی در انجام فعالیت‌های شغلی و کاهش کیفیت کار و افزایش درصد پرت سیمان می‌شود. دستگاه بچینگ دستگاهی جهت تولید بتن در مصارف عمرانی بوده که دارای قسمت مخزن در بالا، که سیلو نامیده می‌شود و تجهیز مکانیکی جهت عمل مخلوط کردن ماسه و سیمان در قسمت پایین می‌باشد. یک پانل کنترلی در کنار دستگاه وجود دارد که اپراتور با استفاده از پانل‌های مربوطه کار تولید بتن را انجام می‌دهد (۱۵).

مطالعه حاضر در یک پروژه سده‌سازی در پی شکایت‌های فراوان کارگران واحد دستگاه‌های بچینگ مبنی بر انتشار بسیار زیاد ذرات سیمان به هنگام شارژ سیلوهای آنها و تولید بتن صورت گرفته است. در این پروژه سده‌سازی ۴ عدد دستگاه بچینگ با حجم

گرفت. با استفاده از دستورالعمل OSHA جهت نمونه برداری گرد و غبار، فیلترهای ۳۷ میلی‌متری غشایی و پلیوینیل کلراید با پورسایز ۰/۸ و ۵ میکرومتر مورد استفاده قرار گرفت. به منظور اطمینان از صحت نمونه برداری، فلوی پمپ‌ها و شرایط نمونه‌برداری قبل از هر بار نمونه‌برداری کنترل شد. برای شناسایی خطاها و اطمینان از کیفیت کار از نمونه‌های شاهد (Blank) استفاده شد. بدین صورت که هر نمونه شاهد مانند نمونه‌های اصلی در محل نمونه‌برداری قرار داده شد و تنها تفاوت آن با نمونه‌های اصلی این بود که به پمپ وصل نگردید. نمونه‌برداری به طور متوسط به مدت ۱۸۰ دقیقه ادامه یافت.

در پایان نمونه‌برداری مقدار قرائت شده از نمونه‌های شاهد از نمونه اصلی کسر گردید. بر طبق نظر سازمان NIOSH به ازای هر ۱۰ نمونه اصلی ۲ نمونه شاهد کافی است. شرایط محیطی (دما، فشار، رطوبت و سرعت وزش باد) برای تمام نمونه‌های فردی یکسان در نظر گرفته شد. در ادامه کلیه فیلترها (اصلی و شاهد) به آزمایشگاه منتقل و به مدت ۲۴ ساعت در داخل ظرف دسیکاتور حاوی ژل سلیکاژول جهت جذب رطوبت قرار داده شد. در نهایت نمونه‌های اصلی و شاهد مجدداً توسط ترازو وزن و از طریق رابطه ۱ میزان غلظت گرد و غبار کل محاسبه گردید.

$$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V_{stp}} \times 1000 \quad (\text{رابطه 1})$$

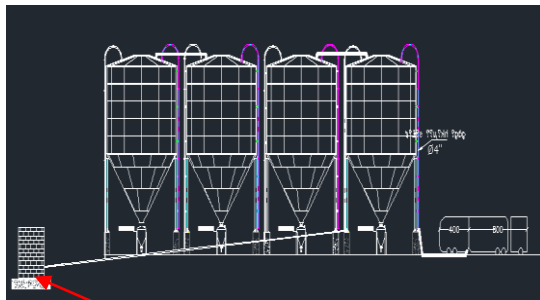
در رابطه ۱  $W_2$  و  $W_1$  وزن نمونه‌های اصلی قبل و بعد از نمونه برداری،  $B_2$  و  $B_1$  وزن نمونه های شاهد قبل و بعد از نمونه برداری،  $V$  حجم هوای نمونه‌برداری و  $C$  غلظت نهایی برحسب میلی‌گرم بر متر مکعب

نمونه‌برداری مجدد در هر دو موقعیت افراد و محیط کار بعد از نصب سیستم کنترلی صورت پذیرفت. در مرحله اول با استفاده از روش استاندارد ۰۵۰۰ سازمان The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) که روشی مناسب برای اندازه‌گیری کلیه گرد و غبارهای مزاحم می‌باشد، نمونه‌برداری فردی از هوای تنفسی کارگران انجام شد. در این مطالعه به منظور نمونه‌برداری از پمپ نمونه‌برداری از ذرات گرد و غبار مدل دولوکس ساخت شرکت SKC استفاده شد. اساس کار این روش وزن‌سنجی یا (گراویمتری) می‌باشد. به این ترتیب ابتدا به منظور شرایط‌سازی و رطوبت‌گیری فیلترها، آن‌ها را به مدت ۲۴ ساعت در داخل ظرف دسیکاتور قرار دادند. ظرف دسیکاتور حاوی ژل سلیکاژول بود. سپس فیلترها به وسیله ترازوی مدل سارتوریوس با دقت ۰/۰۱ میلی‌گرم وزن‌سنجی شدند و در نهایت به وسیله انبرک تمیز در داخل کاست فیلتر قرار داده شدند. پس از مرتب نمودن، ست نمونه‌برداری از نظر نشتی نیز کنترل گردید. به منظور کالیبره کردن پمپ نمونه‌برداری فردی از روتامتر استفاده گردید و از آن جایی که روتامتر از وسایل استاندارد ثانویه است، کالیبراسیون روتامتر با استفاده از حباب صابون یک لیتری انجام شد و دبی پمپ بر روی ۲ لیتر بر دقیقه تنظیم گردید. برای انجام نمونه‌برداری فردی بر طبق دستورالعمل Occupational Safety and Health Administration (OSHA)، پمپ نمونه‌بردار به کمر بند کارگران نصب و ست فیلتر جمع‌کننده ذرات به یقه کارگر در شعاع ۱۵ سانتی‌متری از منطقه تنفسی قرار گرفت. نمونه‌برداری از گرد و غبار محیطی نیز در ارتفاع ۱۵۰ سانتیمتری ایستگاه‌های منتخب انجام



شکل ۱: محیط بچینگ ها به هنگام شارژ سیمان و تولید بتن قبل از اجرای روش کنترل

می‌شد. به همین دلیل برای کاهش فشار وارده دو سیلوی سیمان با لوله‌های ۸ اینچ به هم متصل گردیدند. لازم به ذکر است بیشتر فشار وارده به سیلوهای سیمان توسط لوله ۴ اینچ خروجی گرد و غبار گرفته می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲: نقشه کد مربوط به اتصال سیلوهای سیمان و اتاقک رسوب دهنده

در همان تراز ورود سیمان به سیلو، لوله‌ای با قطر ۴ اینچ جهت خروج گرد و غبار و هدایت آن به یک اتاقک با ابعاد ۲/۵ در ۲ متر ساخته شده با عنوان اتاقک رسوب دهنده تعبیه گردید (شکل ۳ و ۵). کلیه لوله‌های جمع‌آوری کننده گرد و غبار از سیلوها پس از یکی شدن به اتاقک رسوب دهنده متصل گردید (شکل ۴).

می‌باشد. همچنین بر طبق رابطه ۲ تصحیحات سایکرومتریک نیز انجام شد:

$$V_{stp} = V \times \frac{P}{760} \times \frac{298}{273 \times t} \quad (\text{رابطه ۲})$$

در رابطه ۲، P فشار هوای محیط کار بر حسب میلی‌متر جیوه، T دمای محیط نمونه‌برداری بر حسب درجه کلون و V حجم هوای نمونه‌برداری و  $V_{stp}$  حجم هوا در شرایط استاندارد بر حسب لیتر می‌باشند. همچنین در مرحله دوم به منظور ارزیابی هوای محیط کار اطراف سیلوها، نمونه‌برداری محیطی نیز انجام شد و برای این کار نیز از ست پمپ نمونه‌برداری و فیلتر به روش وزن سنجی استفاده شد که در طول یک شیفت کاری ۸ ساعته ۱ نمونه گرفته شده است و تمام مراحل همانند نمونه‌برداری فردی ولی با هدف نمونه‌برداری محیطی انجام شد (۲، ۸، ۱۶). در مرحله سوم راهکار عملی برای کنترل گرد و غبار سیمان سیلوها ارائه شد بدین ترتیب که در این پروژه سد سازی سیلوهای ۶۰ تنی سیمان که جهت مصرف روزانه سیمان تعبیه شده و به صورت روزانه توسط بونکر یا سیلوهای ۱۰۰۰ تنی که محل انبار و ذخیره سازی سیمان می‌باشد با فشار ۸ بار و بوسیله لوله ۴ اینچ شارژ می‌شدند و در نتیجه انتقال سیمان با این فشار باعث انتشار گرد و غبار زیادی در محیط کار می‌شد (شکل ۱). پس از بررسی سیلوهای سیمان مشخص شد که دریچه و سوپاپ اطمینان سیلوها محل اصلی خروج گرد و غبار می‌باشند. با مسدود نمودن این دریچه‌ها جلوی انتشار گرد و غبار به محیط گرفته شد. ولی ورود سیمان با فشار ۸ بار به داخل سیلو در صورت مسدود نمودن دریچه و سوپاپ اطمینان منجر به منفجر شدن سیلوی سیمان



شکل ۳: اتصال دو سیلوی سیمان توسط لوله ۸ اینچ

شکل ۴: لوله های ۴ اینچی ورود سیمان و خروج گرد و غبار به اتاقک رسوب دهنده



شکل ۵: اتاقک رسوب دهنده و محل ورود گرد و غبار

نمونه برداری در دو حالت قبل و بعد از مداخله با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۹ و آزمون  $t$  تک نمونه ای تجزیه و تحلیل شد و  $P < 0.05$  به عنوان سطح معنی داری در نظر گرفته شد.

### نتایج

در این مطالعه براساس نتایج ارزیابی حاصل از نمونه برداری فردی از مجموع ۱۵ نفر کارگر مرد شاغل در اطراف سیلوه های دستگاه بچینگ نشان داد که غلظت توده ذرات منتشره در هوای تنفسی کارگران در محدوده بین ۸/۴۵ تا ۳۶/۷۰ میلی گرم بر

در اتاقک، گرد و غبار پس از برخورد با دیواره آن و براساس زمان ماندن رسوب می کند. در نهایت پس از اجرای راهکار کنترلی به منظور ارزیابی اثربخشی روش کنترلی به کار گرفته شده مجدداً نمونه برداری فردی و محیطی به روش شرایط قبل از مداخله تکرار شد. در نهایت تمامی اطلاعات نمونه ها از قبیل مشخصات محل نمونه برداری، وزن نمونه ها، فلوی پمپ، دما، فشار، حجم هوای نمونه برداری شده (پس از تصحیح براساس دما و فشار استاندارد) و همچنین اطلاعات سایر متغیرهای تحقیق در فرم های طراحی شده ثبت گردید. داده های جمع آوری شده از

گرد و غبار در نمونه‌های فردی در حالت قبل و بعد از مداخله اختلاف معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0.0001$ ). نتایج حاصل از نمونه‌برداری فردی در جدول شماره ۱ آورده شده است. غلظت توده ذرات در نمونه برداری محیطی نیز قبل و بعد از اجرای روش کنترلی به ترتیب ۳۰/۷۷ و ۵/۲ میلی‌گرم بر مترمکعب و انحراف معیار ۱/۳۳ برآورد شد و اختلاف آن معنی‌دار بود ( $P < 0.0001$ ).

متر مکعب و با انحراف معیار ۷/۱۷ می‌باشد. همچنین نمونه‌برداری محیطی غلظتی در حدود ۳۰/۷۷ میلی‌گرم بر متر مکعب را نشان داد. پس از اجرای روش کنترلی برای سیلوهای سیمان، مجدداً نمونه برداری، توده ذرات منتشره هوای تنفسی حاصل از نمونه‌برداری فردی در محدوده ۲/۳۶ تا ۶/۱۰ میلی‌گرم بر مترمکعب و نمونه‌برداری محیطی غلظتی در حدود ۵/۲ میلی‌گرم بر مترمکعب اندازه‌گیری شد. نتایج تحلیل آماری نشان داد که در میزان انتشار ذرات

جدول ۱: نتایج غلظت‌ها و میانگین آماری حاصل از نمونه‌برداری فردی کارگران شاغل در واحد بچینگ قبل و بعد از اجرای روش کنترلی

شماره پرسنل	غلظت توده ذرات تنفسی اندازه گیری شده قبل از اجرای روش کنترلی 3مگرم	غلظت توده ذرات تنفسی اندازه گیری شده بعد از اجرای روش کنترلی 3مگرم
۱	۱۵/۹۴	۵/۰۶
۲	۱۲/۷۲	۵/۷۲
۳	۱۱/۴۹	۲/۳۳
۴	۸/۴۵	۳/۰۰
۵	۱۴/۹۴	۲/۱۲
۶	۱۵/۵۰	۵/۰۵
۷	۳۶/۷	۴/۱۱
۸	۱۶/۳۴	۶/۱۰
۹	۲۵/۴۵	۲/۱۵
۱۰	۱۳/۰۴	۳/۷۷
۱۱	۱۰/۳۰	۳/۴۸
۱۲	۸/۷۴	۳/۲۳
۱۳	۱۷/۶۵	۴/۲۲
۱۴	۱۴/۱۴	۲/۳۶
۱۵	۱۲/۰۲	۵/۰۷
میانگین کلی مواجهه فردی	۱۵/۵۶	۳/۸۵
انحراف معیار	۷/۱۷	۱/۳۳
p-value	۰/۰۰۰۱	

خود انتشار بالای گرد و غبار میدان دید را در محیط کار بسیار کاهش می‌داد که خود به لحاظ ایمنی و ایجاد حوادث بسیار مهم می‌باشد.

در مطالعه‌ای حضرتی و همکاران به بررسی و نمونه برداری فردی و محیطی از غلظت گرد و غبار هوای یک کارخانه سیمان پرداختند که در نتیجه غلظت گرد و غبار بسیار بیشتر از حد مجاز به دست آمد، لذا اقدام به طراحی پالایشگرهای کنترلی از نوع اتاقک ته‌نشینی نمودند (۱۰). همچنین در مطالعه‌ای در چین، Van و همکاران به بررسی و تعیین میزان انتشار گرد و غبار زغال در هوای معادن پرداختند (۱۲). بنابراین در این مطالعه نیز غلظت گرد و غبار اندازه‌گیری شده (در مقایسه با نتایج مطالعات انجام گرفته در برخی از کشورها) بسیار بیشتر از مقادیر استاندارد بود. همچنین در تحقیقی که درمالزی انجام گرفته است کارگران صنعت سیمان در معرض غلظتی برابر ۱۰ میلی گرم بر مترمکعب گرد و غبار کلی بوده‌اند (۱۸). غلظت گرد و غبار در نمونه‌های فردی تا حدودی متفاوت باشد. دلیل آن این است که نمونه‌ها در ساعات و شیفت‌های کاری مختلف از روز گرفته شده‌اند. به طوری که بیشترین غلظت‌ها مربوط به زمان شارژ سیلوا می‌باشد و غلظت‌های پایین مربوط به زمانی است که اپراتور فقط کار تولید بتن را انجام می‌دهد.

در این مطالعه به منظور کنترل و کاهش انتشار گرد و غبار با در نظر گرفتن صرفه اقتصادی ضمن کنترل، اقدام به طراحی روشی گردید که فقط با مسدود نمودن دریچه‌های خروجی سیلوه‌های بچینگ با کیسه‌های منفذدار این امکان فراهم گردید. نکته بسیار مهم دیگر در نظر گرفتن ایمنی سیلوا به لحاظ فشار بسیار بالایی است که ضمن انتقال سیمان از طریق داکت

نتایج تحلیل آماری به دست آمده از نمونه‌برداری فردی در کارگران واحد بچینگ با استفاده از آزمون  $t$  تک نمونه‌ای در مقایسه با حدود استاندارد توصیه شده سازمان ACGIH (۵ میلی گرم بر متر مکعب) نیز در دو حالت قبل ( $P=0/0001$ ) و بعد از مداخله ( $P=0/005$ ) نیز معنی‌دار بودن آن را نشان داد، قبل از مداخله مواجهه به طور معنی‌داری بیش از حد توصیه شده سازمان بوده است.

### بحث

صنعت سیمان همواره با آلودگی شدید هوا همراه بوده و لذا بدون تردید در هر جایی که سیمان به عنوان یکی از مواد اولیه و مصرفی مورد استفاده قرار می‌گیرد، گرد و غبار سیمان نیز آزار دهنده خواهد بود. این میزان آلودگی‌ها به حجم فعالیت و راندمان عملکرد سیستم‌های کنترلی بستگی دارد. معمولاً در اکثر سیلوه‌های سیمان بچینگ هیچ‌گونه کنترل و سیستمی جهت کنترل آلودگی وجود ندارد. نتایج نمونه‌برداری فردی و محیطی قبل از اجرای راهکار کنترلی نشان داد که میزان گرد و غبار منتشره از سیلوه‌های سیمان دستگاه بچینگ بسیار بالا بوده و کارگران شاغل در پروژه مورد مطالعه غالباً در معرض غلظت‌های گرد و غبار بیش از حد مجاز تعیین شده توسط کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای کشور قرار دارند و نیز از حد مجاز توصیه شده مطابق آخرین استاندارد ارائه شده از سوی ACGIH که میزان TLV-TWA توصیه شده برای گرد و غبار کل برابر ۵ میلی گرم بر مترمکعب در سال ۲۰۱۰ می‌باشد، بالاتر است (۱۷). اگر این انتشار در طولانی مدت تداوم داشت زمینه بروز پنوموکونیوزهای بسیار جدی از جمله سیلیکوزیس را موجب می‌شد، به علاوه اینکه



ورودی به داخل سیلو وارد می‌شود که با اتصال سیلوه‌ها به همدیگر و انتقال فشار داخل سیلوه‌ها به یک اتاقک جمع‌آوری، فشار ورودی تقلیل یافته است. همچنین طراحی اتاقک به نوعی نقش محصور کننده و جمع‌آوری کننده بدون انتشار گرد و غبار به محیط را بازی می‌کند که برای گرد و غبار سیمان بسیار مناسب‌تر از روش‌های مرطوب سازی می‌باشد.

در مطالعه‌ای در هلند به منظور کنترل گرد و غبار سیمان و کوارتز در صنایع ساخت و ساز از سیستم‌های تهویه موضعی نوع دمشی استفاده شده است که اثربخشی بسیار بالایی در کنترل گرد و غبار داشته است (۱۹). در مطالعه دیگری در کشور آمریکا به منظور ارزیابی اثر بخشی سیستم تهویه طراحی شده برای کنترل ذرات قابل استنشاق سیلیس بلوری در نتیجه فعالیت‌های دستگاه‌های سنگ‌زنی اقدام به پایش و نمونه‌برداری محیطی کردند، نتایج نشان داد که سیستم تهویه طراحی شده میزان انتشار گرد و غبار را تا حدود ۸۰ درصد کاهش داده است (۲۰).

ارزیابی و نمونه‌برداری فردی و محیطی قبل و بعد از به کارگیری این روش نیز نشان داد که راهکار کنترلی طراحی شده تأثیر به‌سزایی در کاهش انتشار ذرات داشته است که این خود در افزایش کارایی نیروی انسانی، کاهش حوادث و حفاظت از محیط زیست، ساکنان و روستاهای مجاور نیز بسیار مؤثر خواهد بود. مطالعه Croteau و همکاران در نمونه‌برداری فردی از گرد و غبار قابل استنشاق به منظور برآورد میزان اثر بخشی سیستم تهویه موضعی در کنترل گرد و غبار سیمان در فرآیند سنگ‌زنی نیز نشان داد که به طور متوسط مواجهه با گرد و غبار قابل استنشاق از ۴/۵ میلی‌گرم بر متر مکعب به ۰/۱۴ میلی‌گرم بر متر

مکعب یعنی ۹۲٪ کاهش یافته است (۲۱). بنابراین بررسی متون نشان می‌دهد که مطالعات بیشتر در زمینه ارزیابی و کنترل گرد و غبار سیمان در فرآیندهای صنعتی سنگ‌زنی و کارخانجات سیمان بوده و مطالعه خاصی پیرامون کنترل گرد و غبار سیمان به ویژه در دستگاه‌های بچینگ صورت نگرفته است. نکته مهم دیگر این است که در مناطق مسکونی با توجه به کاربرد اجتناب‌ناپذیر این سیلوه‌ها در صنعت ساختمان سازی زمینه رنجش و شکایت همسایه‌های کارگاه‌های ساختمانی وجود دارد و این شکایت منجر به اخلاف در کار و روند اجرایی کارگاه می‌شود.

شاید اجرای چنین روشی بسیار ابتدایی به نظر برسد ولی ضمن کارایی بسیار خوب در کاهش انتشار ذرات سیمان به هنگام شارژ سیلوه‌ها و کار بچینگ و همچنین صرفه‌جویی در اتلاف سیمان و جمع‌آوری آن در اتاقک ته‌نشینی می‌تواند به عنوان یک راهکار کنترلی در سیستم‌های بچینگ بسیار مؤثر باشد.

### نتیجه‌گیری

روش کنترلی به کار گرفته شده در این مطالعه روشی نوین و اقتصادی برای کنترل ذرات منتشره سیمان از سیلوه‌های ذخیره بچینگ می‌باشد که بدون صرف هزینه بالا در موارد مشابه قابل کاربرد است.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان این مقاله از شرکت سد زاوه سندج به جهت تأمین منابع مالی لازم برای انجام این تحقیق و اجرای روش کنترلی، تقدیر و تشکر به عمل می‌آورند.

## References

1. Abolhasanajad V, Salehizadeh M, Ghotbi Ravandi M, Mehrbani M, Sabetjahromi M, Nakhe'ee Amroudi N. Evaluating the solubility of metal ions in cement dust within lung alveoli through in-vitro method. *J Birjand Univ Med Sci* 2010; 17(2): 107-17.
2. Choobine AR. Methods and equipment for sampling workplace air pollutants. Tehran: Fanavaran; 2007. [In Persian].
3. Majdi A, Zahiri M. Determining the optimum size of cement particles for cement injection in soil. *J Coll Eng* 2005; 39(2): 241-51. [In Persian].
4. Barkera DJ, Turner SA, Napier-Moore PA, Clark M. CO<sub>2</sub> capture in the cement industry. *Energy Procedia* 2008; 1: 87-94.
5. Aghilinejad M, Mohammadi S, Labafinegad Y. Principles of Occupational Medicine, respiratory diseases caused by work. Tehran: Argemand; 2009. [In Persian].
6. Aghilinejad M, Mostafaii M. Medicine and occupational diseases. Tehran: Argemand; 2006. [In Persian].
7. Sadeghi Ravesh MH, Khorasani N. The effect of dust arising from the cement plant on the diversity and density of vegetation. Case Study of the Abeyek Cement Plant. *J Environ Sci & Technol* 2009; 10(1):108-19. [In Persian].
8. Bahrami A, Zare MJ. Methods of sampling and analysis of air pollutants 2006. Tehran: fanavaran; 2005. [In Persian].
9. Bahrami A, Zare MJ. Air pollution control engineering practices. Control of particle. Tehran: fanavaran; 2010. [In Persian].
10. Hazrati S, Rezazade Azari M, Sadeghi H, Rahimzadeh S. Dust Concentrations in an Ardabil Portland Cement Industry. *J Ardabil Univ Med Sci* 2009; 9(4): 292-8.
11. Abdel Rahman A, Abo-El-Enein S, Aboul-Fetouh M, Shehata K. Characteristics of Portland blast-furnace slag cement containing cementkiln dust and active silica. *Arabian Journal of Chemistry* 2011. [In Press].
12. Van PQ. The determination of coal dust emission and percentage of quartz in coal dust emission during the cutting anthracite coal by shearing and bottom blade of the plow. *Procedia Earth and Planetary Science* 2009; 1(1): 250-6.
13. Golbabaii F, Faghihi A, Ebrahimnejad P, Baneshi MR, MohseniTaklo H, Shokri AR, et.al. Assessment of occupational exposure to the respirable fraction of cement dust and crystalline silica. *Journal of Health and Safety at Work* 2012; 2(3): 17-28. [In Persian].
14. Aminian O, Aslani M, Sadeghniaat Haghighi K. Pulmonary effects of chronic cement dust exposure. *J Community Occup Med* 2012; 4(1-2): 17-24. [In Persian].
15. SPECO, Plant & Environment. (1979). Concrete batching plant. SPECO. LTD.
16. NIOSH Manual of Analytical Methods, 4 ed. The NIOSH standard method NO. 0500. 1994.
17. ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). Thresholds limit values and biological indexes. NewYork: ACGIH; 2010.
18. Meijster T, Tielemans E, Schinkel J, Heederik D. Evaluation of peak exposures in the Dutch flour processing industry: implications for intervention strategies. *Ann Occup Hyg* 2008; 52(7): 587-96.
19. Croteau GA, Guffey SE, Flanagan ME, Seixas NS. The effect of local exhaust ventilation controls on dust exposures during concrete cutting and grinding activities. *American Industrial Hygiene Association J (Fairfax, Va)* 2002; 63(4): 458-67.
20. Tjoe Nij E, Hilhorst S, Spee T, Spierings J, Steffens F, Lumens M, et al. Dust control measures in the construction industry. *Ann Occup Hyg* 2003; 47(3): 211-8.
21. Croteau GA, Flanagan ME, Camp JE, Seixas NS. The efficacy of local exhaust ventilation for controlling dust exposures during concrete surface grinding. *Ann Occup Hyg* 2004; 48(6): 509-18.

## Assessment of Workers' Exposure to Cement Dust, in Concrete Batching Unit of a Dam Project before and after Control Measures

Ebrahim Darvishi<sup>1,2</sup>, Afshar Moradi<sup>3</sup>

### Abstract

**Background:** The importance of clean air in industrial workplaces is well known. Cement dust, due to its silica content, is very dangerous. The aims of this study were to assess and control the release of cement dust from silos of concrete batching units during charging and production processes in a dam project.

**Methods:** In this study, dust particule mass released from the cement silos were investigated by performing environmental sampling and personal sampling from 15 operators of batching machine. Samples were analyzed by gravimetric method. Control methods were used to control the released dust. Data collected before and after the intervention were analyzed through SPSS19 and using paired t- test and one sample t- test.

**Results:** Mean concentrations of dust particles masses in personal and environmental samples were respectively 15.56 and 30.77 mg/m<sup>3</sup> and both were higher than the standard exposure limit values in Iran. After implementation of dust control methods, mean concentrations of dust in personal and environmental samples decreased respectively to 4.1 and 5.2 mg/m<sup>3</sup> that show the efficiency of control methods.

**Conclusion:** The control method applied in the present study is a novel and cost-effective method to control the released particles from batching units of cement silos. It is possible to decrease the dust concentration in industrial workplaces to the standard levels, by performing similar methods.

**Keywords:** Dust, Cement, Batching Silo, Dam Construction

1- MSc, Kurdistan Environmental Health Research Center, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran

2- MSc, Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran

3- BSc, Occupational Health Engineering Unit, Moshanir Services Co., Zhave Dam, Sanandaj, Iran

**Corresponding Author:** Ebrahim Darvishi **Email:** darvishi.hse@gmail.com

**Address:** Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran **Fax:** 08716668647-08713161501 **Tel:** 08716131426