فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۴۰، بهار ۹۶

بررسی ذرات معلق هوای محیطی مجتمع سیلیس‌کوبان ازندریان همدان

سهیل سبحان اردکانی [۱] *

s_sobhan@iauh.ac.ir

جواد نائینیان [۲]

چکیده

فعالیت‌های معدنی که از دیرباز به‌دلیل اهمیت در تامین مواد اولیه مورد توجه انسان بوده‌است، تغییرات بسیاری در محیط‌زیست از جمله آلودگی هوا به ذرات معلق ایجاد کرده است. این پژوهش با هدف بررسی وضعیت آلودگی ذرات معلق هوای ناحیه صنعتی سیلیس‌کوبان ازندریان همدان به ذرات معلق انجام یافت.

نمونه‌برداری از ۸ ایستگاه منتخب شامل ۵ واحد فعال در مجتمع سیلیس‌کوبان و ۳ ایستگاه منتخب محیطی در اطراف مجتمع با درنظرگرفتن شرایط جهت وزش باد غالب و سکونت اهالی در فصول تابستان و پاییز ۱۳۹۲ انجام شد. پردازش آماری داده‌ها نیز توسط نرم‌افزار SPSS انجام شد.

بیشینه میانگین غلظت ذرات معلق خروجی از دودکش واحدهای مورد بررسی بر حسب mg/m^3 در فصول تابستان و پاییز سال ۱۳۹۲ به ترتیب با ۶۸/۵۹±۱۹۸/۷۸ و ۹/۰۰±۱۹۹/۶۷ و کم‌تر از رهنمود سازمان حفاظت محیط‌زیست بود. از طرفی میانگین غلظت $PM_{2.5}$ در همه ایستگاه‌های سنجش محیطی به‌جز ایستگاه محیطی ۳ در فصل تابستان، بیش‌تر از رهنمود EPA و میانگین غلظت PM_{10} نیز در همه ایستگاه‌های سنجش محیطی به‌جز ایستگاه محیطی ۲ در فصل پاییز، کم‌تر از رهنمود EPA بود.

با توجه به این‌که میانگین غلظت ذرات معلق خروجی از دودکش واحدهای مستقر در مجتمع ازندریان و همچنین ذرات PM_{10} در سنجش‌های محیطی کم‌تر از حد استاندارد بود، بنابراین می‌توان به کارایی نسبی سیستم کنترل آلاینده‌های خروجی از دودکش به‌ویژه ذرات با قطر بزرگ‌تر از ۱۰ میکرون در واحدهای مستقر در مجتمع اذعان کرد.

کلمات کلیدی: آلودگی هوا، $PM_{2.5}$، PM_{10}، سیلیس، ازندریان.

۱- دانشیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

مقدمه

آلودگی هوا یکی از مسایل مهم مبتلابه بشر در قرن حاضر می-باشد که حیات جانوری و گیاهی، کیفیت ابنیه و آثار تاریخی و محیط زندگی ما را تهدید می‌کند. یکی از آلاینده‌های اصلی هوا ذرات معلق می‌باشد. مطابق برآورد سازمان جهانی بهداشت در سال‌های ابتدایی قرن ۲۱، آلودگی هوا ناشی از ذرات معلق به-تنهایی باعث مرگ‌ومیر حدود ۸۰۰۰۰۰ نفر گردیده و سیزدهمین علت مرگ‌ومیر انسان محسوب می‌شود (۱).

به‌دلیل آسیب‌های بعضی از آلاینده‌های هوا به سلول‌های زنده و اثرات غیر قابل جبران آن بر گونه‌های جانوری و گیاهی به‌ویژه سلامتی بشر، جلوگیری از آلودگی هوا از اهمیت روزافزونی برخوردار است. بنابراین شناسایی آثار آلودگی هوا در بوم-سازگان، موجب گسترش طرح‌های پایش محیط‌زیستی و برنامه‌ریزی صحیح با هدف بهبود خروجی صنایع به محیط شده و از نتیجه این اندازه‌گیری‌ها می‌توان در بهبود شرایط محیط بهره گرفت.

سیلیس یکی از موادی است که در پوسته زمین به‌وفور یافت می‌شود و پودر آن در صنعت کاربرد زیادی دارد (۲). از مصارف عمده سیلیس می‌توان به استفاده از آن در فرآیند ریخته‌گری، تهیه پودرهای لباس‌شویی و پاک‌کننده‌ها، فرآیند ماسه‌زنی قطعات (سندبلاستینگ)، تهیه انواع ترکیبات و مواد شیمیایی مانند رنگ و لعاب‌ها و به‌عنوان ماده اولیه در ساخت انواع بلور و شیشه اشاره کرد (۳).

ذرات معلق ناشی از فرآیند تولید سیلیس به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین منابع آلودگی و یک عامل سرطان‌زای گروه ۱ بر اساس اعلام آژانس بین المللی تحقیقات سرطان در بسیاری از مناطق جهان شناخته شده است. همچنین تعداد قابل توجهی مرگ‌ومیر در اطراف این واحدها گزارش شده است که در نتیجه بیماری سیلیکوزیس که منجر به ایجاد زخم در بافت ریه انسان می‌شود، به‌وجود می‌آید. به همین علت مواد شیمیایی و معدنی که ۰/۱ درصد یا بیش‌تر سیلیس متبلور داشته باشند، براساس استاندارد آمریکا تحت نظارت قانون قرارگرفته‌اند، به‌طوری که بر اساس قانون کار آموزش کارگران و برچسب‌زدن بر چنین محصولاتی مطابق روش‌های اعلام‌شده برای مواد سرطان‌زا می‌بایست انجام شود (۴، ۵ و ۶).

تاکنون چندین مطالعه در رابطه با سنجش سیلیس ناشی از صنایع مختلف، بیماری‌های ناشی از آن و کنترل این آلاینده در ایران و سایر کشورها انجام شده است (۳۲-۲). عقیلی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۶) نسبت به بررسی شیوع سیلیکوزیس در بین ۱۸۰ کارگر شاغل در مجتمع سیلیس کوبان ازندریان اقدام کرده و نتیجه گرفتند که ۱۶ نفر (۸/۸٪) از کارگران به بیماری سیلیکوزیس مبتلا هستند (۴).

ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی که با هدف بررسی میزان شیوع بیماری سیلیکوزیس در کارگران شاغل در کارگاه‌های سنگ‌تراشی شهرستان خمینی شهر انجام یافت، نتیجه گرفتند که ۱۵/۶٪ شاغلین در کارگاه‌ها به بیماری سیلیکوزیس مبتلا هستند (۷)

محمدیان و همکاران (۱۳۹۱) با ارزیابی میزان مواجهه کارگران با ذرات سیلیس بلوری در کارگاه‌های استان مازندران نتیجه گرفتند که میانگین تماس با ذرات قابل استنشاق سیلیس در هوای منطقه تنفسی در کارگران گروه‌های صنعتی مورد مطالعه به‌طور قابل ملاحظه ای از حد استاندارد ACGIH بیش‌تر بود. از طرفی دامنه تغییرات مواجهه کارگران با سیلیس کریستالی از ۰/۰۳ تا ۰/۵۷ میلی‌گرم در مترمکعب متغیر بود (۱۰). غلامی و کاکویی (۱۳۹۰) با بررسی میزان گرد و غبار سیمان در گروه‌های شغلی مختلف در یک کارخانه سیمان در خراسان جنوبی نتیجه گرفتند که میزان تراکم گرد و غبار قابل استنشاق بر حسب میلی‌گرم در متر مکعب از ۰/۲۵±۰/۳۵ در بخش مدیریت و اداری، تا ۱۲/۷۰±۳۰/۸۰ در بخش سنگ-شکن، و در همه بخش‌های کارخانه، به‌جز مدیریت و اداری، بیش‌تر از حد مجاز بود (۱۴). سبحان اردکانی و ساعدی (۱۳۹۴) در پژوهشی نسبت به بررسی میزان گردوغبار، سیلیس و گازهای آلاینده ناشی از کارخانه سیمان خوزستان اقدام کرده و نتیجه گرفتند که بیشینه میانگین غلظت سیلیس آزاد با ۵/۸۹±۳/۰۴ میلی‌گرم در مترمکعب مربوط به ایستگاه سنگ-

شکن و در همه ایستگاه‌ها بیش‌تر از رهنمود OSHA، MSHA و سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران بود (۱۹). موخوپادای و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی میزان قرار گرفتن در معرض ذرات قابل استنشاق و سیلیس در داخل و اطراف واحدهای سنگ‌شکن در مرکز هند نتیجه گرفتند که بیشینه میانگین غلظت $PM_{2.5}$ و PM_{10} در واحدهای مورد بررسی بر حسب میلی‌گرم در مترمکعب به ترتیب برابر با ۱/۶۴ و ۱۹/۴۹ بود (۲۳).

از آن‌جا که ذرات معلق هم از فرآیندهای طبیعی و هم از فعالیت‌های انسانی حاصل می‌شوند، شناخت نحوه پخش آن‌ها در کانون‌های ایجاد آلودگی، راه‌گشای ما در مدیریت صحیح و اصولی برای تقلیل آلودگی بوده و نقش قابل توجهی را در بهبود وضعیت بهداشت و تندرستی کارگران و ساکنان مناطق اطراف هر مجتمع صنعتی ایفا می‌کند (۱۳). از این‌رو انجام این پژوهش به‌منظور بررسی اثرات محیط‌زیستی فعالیت شهرک سیلیس‌کوبی ازندریان همدان بر محیط پیرامون با توجه به افزایش تعداد کارخانه‌های مستقر در مجتمع سیلیس‌کوبان ازندریان به ۳۲ واحد در سال‌های اخیر، گستردگی و حجم بالای تولید و اثرات محیط‌زیستی ناشی از فعالیت آن‌ها و همچنین ثبت گزارش‌هایی از مرگ‌ومیر کارگران این مجتمع (۳ و ۶) ضروری به‌نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

ناحیه صنعتی ازندریان به عنوان یکی از بزرگترین خوشه‌های صنعتی موجود در استان همدان، با مشخصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۲ دقیقه و ۵ ثانیه تا ۴۸ درجه و ۴۳ دقیقه و ۱۴/۵ ثانیه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۲۹ دقیقه و ۱۵ ثانیه تا ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه و ۳۶ ثانیه عرض شمالی، در جنوب شرقی استان همدان، کیلومتر ۴۷ مسیر همدان ملایر و در مجاورت شهر ازندریان از توابع بخش جوکار شهرستان ملایر، در مسیر جاده اصلی رابط بین شمال به جنوب و جنوب غربی کشور و در مجاورت خط لوله انتقال فرآورده‌های نفتی به استان همدان قرار گرفته است (۲ و ۳). موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و موقعیت استقرار ایستگاه‌های نمونه‌برداری در شکل۱ ارایه شده است.

شکل ۱- نقشه محل استقرار ایستگاه‌های نمونه‌برداری

نمونه‌برداری

برای سنجش آلودگی ذرات معلق هوای مجتمع سیلیس‌کوبان ازندریان، با استناد به رابطه $N=Z^2(Sn^2/d^2)$، تعداد ایستگاه-های نمونه‌برداری مشخص شد (۱۹). بدین ترتیب ۸ ایستگاه نمونه‌برداری شامل ۵ واحد فعال در مجتمع سیلیس‌کوبان ازندریان همدان (آذر پودر، سیلیس ایران، سیلیس نگین ملایر، سیلیس مروارید و سیلیس ممتاز) با بالاترین نرخ تولید، و همچنین ۳ ایستگاه محیطی در اطراف مجتمع با در نظرگرفتن شرایط جهت وزش باد غالب و سکونت اهالی (ایستگاه نزدیک شهر ازندریان به‌عنوان ایستگاه خلاف جهت وزش باد (ایستگاه محیطی ۱)، ایستگاه با فاصله ۵۰۰ متر از مجتمع و در جهت وزش باد (ایستگاه محیطی ۲) و ایستگاه با فاصله ۱۰۰۰ متر از مجتمع و در جهت وزش باد (ایستگاه محیطی ۳)) انتخاب و مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌ها توسط دستگاه GPS ثبت شد.

الف) نمونه‌برداری از دودکش

نمونه‌برداری ذرات معلق خروجی از دودکش واحدهای سیلیس‌کوبی منتخب، در ارتفاع سه برابر قطر دودکش از طریق دریچه تعبیه شده بر روی دودکش در ۶ تکرار و مطابق روش پیشنهادی شماره ۲۰۷ Occupational Safety and Health Administration (OSHA) توسط دستگاه GRAVIMAT SHC 501 ساخت شرکت SICK MAIHAK GmbH آلمان در شرایط آرام و پایدار جوی و عدم بارش در فصول تابستان و پاییز ۱۳۹۲ انجام یافت (۳۳). به‌منظور حصول اطمینان از دقت در قرائت غلظت گازهای خروجی، ابتدا فیلترها چند ساعت درون دسیکاتور قرار داده شدند تا رطوبت آن‌ها گرفته شود. سپس به‌وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۰۱ گرم توزین شده و با استفاده از پنس فیلتر، درون سیکلون قرار گرفته و سیکلون به‌وسیله شلنگ‌های رابط به پمپ نمونه‌برداری کالیبره، متصل و در محل نمونه‌برداری تعبیه شد. بعد از خاتمه نمونه‌برداری، سیکلون از دستگاه جدا و برای توزین به آزمایشگاه منتقل شد (۱۹). توزین سیکلون در آزمایشگاه پس از سپری شدن زمان تعادل (حداقل ۲۴ ساعت) انجام و میزان اختلاف وزن فیلتر قبل و بعد از نمونه‌برداری تعیین شد (۱۹). برای تعیین سیلیس آزاد در نمونه‌های گردوغبار مطابق دستورالعمل NIOSH از روش پراش اشعه ایکس استفاده شد (۱۶ و ۱۸). لازم به‌ذکر است که تمام دستگاه‌ها قبل از استفاده در آزمایشگاه اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان همدان کالیبره شدند. در نهایت به منظور محاسبه تراکم گردوغبار از رابطه ۱ استفاده شد.

$$c = \frac{(w_2 - w_1) + B \times 1000}{Vstp}$$ رابطه ۱

در رابطه ۱:

C= تراکم گردوغبار بر حسب میلی‌گرم در مترمکعب

W1= وزن فیلتر قبل از نمونه‌برداری بر حسب میلی‌گرم

W2= وزن فیلتر بعد از نمونه‌برداری بر حسب میلی‌گرم

B= اختلاف وزن فیلتر شاهد که می‌تواند مثبت یا منفی باشد بر حسب میلی‌گرم

Vstp= حجم هوا در شرایط استاندارد بر حسب لیتر

ب) نمونه‌برداری محیطی

نمونه‌برداری با استفاده از دستگاه سنجش ذرات محیطی DustTrak Aerosol Monitor مدل ۸۵۲۰ ساخت شرکت TSIآمریکا با حد تشخیص ۰/۰۰۱ تا ۴۰۰ میلی‌گرم در مترمکعب در ۳ تکرار در فصول تابستان و پاییز ۱۳۹۲ انجام یافت (۱۸ و ۳۴).

پردازش آماری نتایج

به‌منظور پردازش آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. بدین صورت که برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک، برای مقایسه میانگین غلظت ذرات معلق بین ایستگاه‌ها از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (آزمون چنددامنه‌ای دانکن)، برای مقایسه میانگین غلظت ذرات معلق با رهنمود سازمان حفاظت محیط‌زیست از آزمون تی تک نمونه‌ای و برای مقایسه میانگین غلظت ذرات معلق بین فصول نمونه‌برداری از آزمون تی مستقل استفاده شد.

نتایج

آمار توصیفی مربوط به سنجش غلظت ذرات معلق خروجی از دودکش واحدهای مورد بررسی در جدول (۱) ارایه شده است.

جدول ۱- غلظت* ذرات معلق خروجی از دودکش واحدهای سیلیس‌کوبی برحسب mg/m^3 و گروه‌بندی آماری ایستگاه‌ها به‌تفکیک فصل نمونه‌برداری

نام واحد	تابستان	پاییز
	انحراف معیار±میانگین غلظت	
نگین ملایر	۱۷۹/۵۰±۴۹/۶۸^{a**}	۱۷۹/۱۷±۲۲/۴۴^{a}
سیلیس ممتاز	۱۸۲/۲۵±۴۱/۶۶^{a}	۱۸۱/۵۰±۱۰/۶۷^{a}
آذر پودر	۱۷۶/۸۳±۳۵/۷۲^{a}	۱۷۶/۰۰±۱۸/۰۹^{a}
سیلیس ایران	۱۹۸/۷۸±۶۸/۵۹^{a}	۱۹۹/۶۷±۹/۰۰^{a}
سیلس مروارید	۱۸۵/۳۵±۴۴/۳۷^{a}	۱۹۴/۶۷±۸/۲۶^{a}

* نتایج مربوط به میانگین ۶ تکرار است.

** حروف غیرمشترک (a, b, c, …) در هر ستون بیان‌گر تفاوت معنی‌دار ($P < ۰/۰۵$) میانگین غلظت ذرات معلق بین واحدهای سیلیس‌کوبی مورد بررسی بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (آزمون چنددامنه‌ای دانکن) است.

نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که غلظت ذرات معلق مربوط به تمام واحدهای نمونه‌برداری از توزیع نرمال برخوردار بود ($P > ۰/۰۵$).

نتایج ارایه شده در جدول (۱) بیان‌گر آن است که کمینه و بیشینه میانگین غلظت ذرات معلق خروجی از دودکش واحدهای مورد بررسی در فصل تابستان سال ۱۳۹۲ با ۱۷۶/۸۳±۳۵/۷۲ و ۱۹۸/۷۸±۶۸/۵۹ میلی‌گرم در مترمکعب و در فصل پاییز سال ۱۳۹۲ با ۱۷۶/۰۰±۱۸/۰۹ و ۱۹۹/۶۷±۹/۰۰ میلی‌گرم در مترمکعب به‌ترتیب مربوط به مجتمع آذرپودر و سیلیس ایران بود. همچنین نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه نشان داد که بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری در فصول تابستان و پاییز سال ۱۳۹۲ از نظر گروه‌بندی آماری میانگین غلظت ذرات معلق خروجی از دودکش واحدهای منتخب اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت ($P > ۰/۰۵$).

نتایج آزمون تی تک‌نمونه‌ای نشان داد که میانگین غلظت ذرات خروجی از دودکش همه کارگاه‌های سیلیس‌کوبی با رهنمود سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران (۲۵۰ میلی‌گرم در مترمکعب) (۳۵) اختلاف معنی‌دار آماری داشت ($P < ۰/۰۵$) و کم‌تر از استاندارد بود.

نتایج مربوط به قرائت غلظت ذرات معلق در ایستگاه‌های منتخب محیطی در جدول (۲) ارایه شده است.

جدول (۲)- غلظت* ذرات معلق در ایستگاه‌های سنجش محیطی برحسب mg/m^3 و گروه‌بندی آماری ایستگاه‌ها به تفکیک قطر ذرات و فصل نمونه‌برداری

ایستگاه	تابستان	
	$PM_{2.5}$	PM_{10}
	انحراف معیار±میانگین غلظت	
محیطی ۱	۰/۰۵۸±۰/۰۲۲^{b}	۰/۰۷۵±۰/۰۲۶^{b}
محیطی ۲	۰/۰۶۴±۰/۰۳۵^{c}	۰/۱۴۲±۰/۰۶۷^{c}
محیطی ۳	۰/۰۳۶±۰/۰۲۴^{a}	۰/۰۵۲±۰/۰۵۹^{a}
	پاییز	
	$PM_{2.5}$	PM_{10}
	انحراف معیار±میانگین غلظت	
محیطی ۱	۰/۰۵۵±۰/۰۲۶^{a}	۰/۰۶۸±۰/۰۲۷^{b}
محیطی ۲	۰/۰۶۳±۰/۰۱۲^{b}	۰/۱۵۳±۰/۱۱^{c}
محیطی ۳	۰/۰۹۷±۰/۰۶۳^{c}	۰/۰۲۳±۰/۰۰۳^{a}

* نتایج مربوط به میانگین ۳ تکرار است.

** حروف غیرمشترک (a, b, c, …) در هر ستون بیان‌گر تفاوت معنی‌دار ($P < ۰/۰۵$) میانگین غلظت ذرات معلق بین ایستگاه‌های سنجش محیطی بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (آزمون چنددامنه‌ای دانکن) است.

نتایج آزمون شاپیرو-ویلک بیان‌گر توزیع نرمال غلظت خوانده شده ذرات معلق مربوط به همه ایستگاه‌های نمونه‌برداری محیطی بود ($P > ۰/۰۵$).

نتایج ارایه شده در جدول (۲) بیان‌گر آن است که کمینه و بیشینه میانگین غلظت ذرات معلق قرائت شده در ایستگاه‌های سنجش محیطی در فصل تابستان سال ۱۳۹۲ با ۰/۰۴۴±۰/۰۴۱ و ۰/۱۰۳±۰/۰۴۵ میلی‌گرم در مترمکعب و در فصل پاییز سال ۱۳۹۲ با ۰/۰۵۹±۰/۰۳۳ و ۰/۱۲۱±۰/۰۶۱ میلی‌گرم در مترمکعب به‌ترتیب مربوط به ایستگاه‌های محیطی ۳ و ۲ بود. از طرفی نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه نشان داد که بین ایستگاه‌های سنجش محیطی در فصول تابستان و پاییز سال ۱۳۹۲، از نظر گروه‌بندی آماری میانگین غلظت ذرات معلق اختلاف معنی‌دار آماری وجود داشت ($P < ۰/۰۵$).

نتایج آزمون تی تک‌نمونه‌ای نیز نشان داد که میانگین غلظت $PM_{2.5}$ در همه ایستگاه‌های سنجش محیطی به‌جز ایستگاه محیطی ۳ در فصل تابستان که میانگین غلظت $PM_{2.5}$ با رهنمود آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا (۰/۰۳۵ میلی-گرم در مترمکعب) (۳۶) اختلاف معنی‌دار آماری نداشت، در سایر ایستگاه‌ها میانگین غلظت این آلاینده با رهنمود EPA اختلاف معنی‌دار آماری داشته ($P < ۰/۰۵$) و بیش‌تر از استاندارد بود. همچنین میانگین غلظت PM_{10} در همه ایستگاه‌های سنجش محیطی به‌جز ایستگاه محیطی ۲ در فصل پاییز که میانگین غلظت PM_{10} با رهنمود آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا (۰/۱۵ میلی‌گرم در مترمکعب) (۳۶) اختلاف معنی‌دار آماری نداشت، در سایر ایستگاه‌ها با رهنمود EPA اختلاف معنی‌دار آماری داشت ($P < ۰/۰۵$) و کم‌تر از استاندارد بود.

بحث و نتیجه‌گیری

آگاهی از وضعیت آلودگی هوا در مجتمع‌های صنعتی نقش مهمی در بررسی شرایط آلودگی بوم‌سازگان‌های پیرامون ما دارد. در این بین، ذرات معلق به‌عنوان یکی از آلاینده‌های اصلی هوا، ضمت تهدید انواع مختلف حیات، اثرات گوناگونی را در محیط به جا می‌گذارد (۱).

فعالیت‌های معدنی که از دیرباز به‌دلیل اهمیت آن در تامین مواد اولیه مورد توجه انسان بوده است، تغییرات بسیاری را در محیط‌زیست ایجاد می‌کند که آلودگی هوا به ذرات معلق یکی از مهم‌ترین آن‌هاست (۳۷).

در سال‌های اخیر با گسترش تعداد واحدهای سیلیس‌کوبی مستقر در مجتمع سیلیس کوبان ازندریان همدان و افزایش حجم تولید، ثبت گزارش‌هایی مبنی بر مرگ‌ومیر کارگران این مجتمع (۶)، مجاورت مجموعه کارگاه‌ها به شهر ازندریان و جاده اصلی همدان به ملایر و جنوب کشور، عزم ارگان‌های متولی را در پایش آلاینده‌های محیطی به‌ویژه ذرات معلق را در راستای بهبود شرایط بهداشتی کارکنان مجتمع و ساکنان مناطق اطراف طلب می‌کند. لذا این پژوهش با هدف بررسی وضعیت آلودگی ذرات معلق هوای ناحیه صنعتی سیلیس‌کوبان ازندریان همدان به ذرات معلق انجام یافت.

بیشینه میانگین غلظت ذرات معلق خروجی از دودکش واحدهای مورد بررسی در فصول تابستان و پاییز سال ۱۳۹۲ به‌ترتیب با ۶۸/۵۹±۱۹۸/۷۸ و ۹/۰۰±۱۹۹/۶۷ میلی‌گرم در مترمکعب مربوط به مجتمع سیلیس ایران و همچنین بیشینه میانگین غلظت ذرات معلق قرائت شده در ایستگاه‌های سنجش محیطی در فصول تابستان و پاییز سال ۱۳۹۲ به‌ترتیب با ۰/۰۴۵±۰/۱۰۳ و ۰/۰۶۱±۰/۱۲۱ میلی‌گرم در مترمکعب مربوط به ایستگاه ۲ و در تمام موارد کم‌تر از رهنمود سازمان حفاظت محیط‌زیست بود. این موضوع را می‌توان به نصب سیستم سیکلون به‌همراه مه‌پاش در واحدهای سیلیس‌کوبی مستقر در مجتمع برای کنترل آلاینده‌های خروجی از دودکش مرتبط دانست. ملکوتیان و همکاران (۱۳۹۲) (۹)، بنائی قهفرخی و همکاران (۱۳۹۰) (۱۱)، علی‌آبادی و همکاران (۱۳۸۶) (۲) و کومپوپیانو و همکاران (۲۰۰۷) (۵)، نیز در مطالعات خود به نتایج مشابهی دست یافته و دلیل کم‌تر بودن میانگین غلظت ذرات معلق از حد استاندارد را با نصب سیستم‌های کنترل آلاینده‌های خروجی از دودکش مرتبط دانسته‌اند. از طرفی مقایسه نتایج با دست‌آورد مطالعه رکنی و همکاران (۱۳۹۱) (۱۰)، حبیبی‌پور و همکاران (۱۳۹۰) (۱۳)، غلامی و کاکویی (۱۳۹۰) (۱۴)، نقی‌زاده و همکاران (۱۳۸۷) (۱۶)، خرم‌زاده و همکاران (۱۳۸۴) (۱۷) و بامنیا و همکاران (۲۰۱۲) (۳۸) بیان‌گر عدم تشابه نتایج است.

نتایج گروه‌بندی آماری میانگین ذرات معلق خروجی از دودکش واحدهای مورد مطالعه در فصول تابستان و پاییز سال نشان داد که بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری از نظر میانگین غلظت ذرات معلق خروجی از دودکش اختلاف معنی‌دار وجود نداشت که این موضوع نیز بیان‌گر کارایی تقریباً یکسان سیستم کنترل آلاینده‌های خروجی از دودکش در واحدهای مستقر در مجتمع است.

نتایج آزمون تحلیل واریانس مربوط به سنجش‌های محیطی بیان‌گر اثر قابل توجه محل نمونه‌برداری بر غلظت ذرات معلق در مقایسه با قطر دینامیکی ذره برحسب میکرون و فصل سال بود. از طرفی از اثرات تقابلی نیز اثر عامل تقابلی (ایستگاه نمونه‌برداری-قطر دینامیکی ذره) بر غلظت ذرات معلق قابل - توجه بود. در صورتی‌که اثر عامل فصل بر غلظت ذرات معلق در سنجش‌های محیطی در ایستگاه محیطی ۱ اندک، ولی در سایر ایستگاه‌های محیطی به‌علت وزش باد در فصل پاییز در مقایسه با تابستان تا حدودی قابل توجه بود، که با دست‌آورد مطالعه موخوپادای و همکاران (۲۰۱۰) (۲۳) مطابقت دارد. البته دست‌آورد پژوهش میرحسینی و همکاران (۱۳۹۰) (۳۹)، مادونگووه و موکونزی (۲۰۱۲) (۲۰) و بامنیا و همکاران (۲۰۱۲) (۳۸) با نتایج پژوهش حاضر مطابقت ندارد.

نتایج گروه‌بندی آماری ایستگاه‌های سنجش محیطی از نظر میانگین غلظت قرائت شده ذرات معلق در فصول تابستان و

پاییز سال ۱۳۹۲، نشان داد که بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری اختلاف معنی‌دار آماری وجود دارد ($P < ۰/۰۵$). بدین صورت که عامل فاصله از مجتمع سیلیس‌کوبی و جهت وزش باد منجر به تمرکز بیش‌تر ذرات معلق در ایستگاه محیطی ۲ در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها می‌باشد.

با توجه به این‌که میانگین غلظت ذرات معلق در سنجش‌های انجام شده از خروجی دودکش واحدهای مستقر در مجتمع ازندریان و همچنین سنجش‌های محیطی کم‌تر از رهنمود سازمان حفاظت محیط‌زیست می‌باشد، بنابراین می‌توان به کارایی سیستم کنترل آلاینده‌های خروجی از دودکش مورد استفاده در واحدهای مستقر در مجتمع اذعان کرد.

منابع

1- Anderson, J. O., Thundiyil, J. G., Stolbach, A. 2012. Clearing the air: A review of the effects of particulate matter air pollution on human health. Journal of Medical Toxicology, vol. 8, no. 2, pp.166-175.

۲- علی آبادی، م.؛ بهرامی، ع.ا.؛ محجوب، ح.؛ قربانی، ف.؛ برقی، م.ع. و گلبابائی، ف. بررسی انتشار سیلیس آزاد در هوای کارگاه‌های سنگ‌کوبی منطقه ازندریان همدان به‌روش پراکنش اشعه ایکس، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی همدان، ۱۳۸۶، دوره ۱۴، شماره ۳، صص ۷۳-۶۷.

۳- بیاتیان، م.؛ بهرامی، ع.ا.؛ گل محمدی، ر. و قربانی شهنا، ف. مطالعه تاثیر شارژ الکتریکی قطرات آب بر بازده اسکرابر مه‌پاش در حذف ذرات سیلیس، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۱۳۹۰، دوره ۱۳، شماره ۴، صص ۲۵-۱۵.

4- Aghilinejad, M., Jammati, M. R., Farshad, A. A. 2006. Prevalence of silicosis among workers in stone-cutter and spilica powder production factories. Respiration Journal, vol. 5, no. 3, pp.31-36.

5- Steenland, K., Mannetje, A., Boffetta, P., Stayner, L., Attfield, M., Chen, J., Dosemeci, M., Hnizdo, E., Koskela, R., Checkoway, H. 2001. Pooled exposure-response relationship analysis and risk assessment for lung cancer in 10 cohorts of silica-exposed workers: an IARC multicentre study. Cancer Causes and Control, vol. 12, pp.773-784.

۶- محبی، ا. و خالدرضایی، م. بررسی اپیدمیولوژیک بیماری سلیکوز در کارگران شاغل در کارگاه‌های سیلیس‌کوبی، سلامت کار ایران، ۱۳۸۵، دوره ۳، شماره ۳ و ۴، صص ۶۰-۵۷.

۷- ابراهیمی، س.؛ غضنفری، ح.؛ طاهری، ا.؛ زمانی، ک.؛ بابائیان، م. و حسن زاده، ا. بررسی میزان شیوع بیماری سیلیکوزیس و برخی عوامل مرتبط با آن در کارگران شاغل در کارگاه‌های (سنگ‌تراشی) شهرستان خمینی شهر، تحقیقات نظام سلامت، ۱۳۹۲، دوره ۹، شماره ۴، صص ۳۶۹-۳۶۲.

۸- بهمنیار، م.؛ منگلی زاده، ن.ا.؛ اکرامی، م. و بهی، م. ارزیابی میزان مواجهه کارگران با گرد و غبار و سیلیس آزاد در کارگاه‌های شهرستان گرگان در سال ۱۳۹۱، شانزدهمین همایش ملی بهداشت محیط، ۱۳۹۲، ۷ ص.

۹- ملکوتیان، م.؛ مومنی، ج. و دولتشاهی، ش. بررسی میزان آلاینده‌های هوا در محیط پیرامون مجتمع صنعتی بارز، طلوع بهداشت، ۱۳۹۲، دوره ۱۲، شماره ۲، صص ۳۷-۲۶.

۱۰- محمدیان، م.؛ رکنی، م.؛ اسلامی، ش. و فاضلی، ا. ارزیابی میزان مواجهه کارگران با ذرات سیلیس بلوری در کارگاه‌های استان مازندران، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ۱۳۹۱، دوره ۲۲، صص ۲۴-۱۸.

۱۱- بنایی قهفرخی، ب.؛ قطبی راوندی، م.ر.؛ صادقی، م. و جزایری، س.ر. بررسی نقش صنایع در آلودگی هوا به منظور ارایه الگوی مدیریتی کنترل و حذف ذرات سیلیس آزاد مطالعه موردی کارخانه سیمان سپاهان اصفهان، چهاردهمین همایش ملی بهداشت محیط، ۱۳۹۰، ۸ ص.

۱۲- کاکویی، ح.؛ موسوی، س.؛ پناهی، د.؛ رضازاده آذری، م. و حسینی، م. ارزیابی مواجهه شغلی کارگران با سیلیس آزاد و گردوغبار کل در کارگاه حفر تونل زیرزمینی متروی تهران خط ۱، بهداشت و ایمنی کار، ۱۳۹۰، دوره ۱، شماره ۱، صص ۳۰-۲۵.

۱۳- حبیبی پور، ا.؛ طالبی، ع. و اختصاصی، م.ر. بررسی میزان آلایندگی هوای ناشی از کارکرد معادن و واحدهای تولید شن و مایه مطالعه موردی دشت یزد اردکان، چهاردهمین همایش ملی بهداشت محیط، ۱۳۹۰، ۸ ص.

۱۴- غلامی، ع. و کاکویی، ح. بررسی میزان گرد و غبار سیمان در گروه‌های شغلی مختلف در یک کارخانه سیمان در خراسان جنوبی در سال ۱۳۸۸، سلامت و بهداشت اردبیل، ۱۳۹۰، دوره ۲، شماره ۴، صص ۵۶-۵۰.

۱۵- حضرتی، ص.؛ رضازاده آذری، م.؛ صادقی، ه.؛ رحیم زاده، س. و مستعد، ن. بررسی غلظت گردوغبار هوای محیط کار در کارخانه سیمان اردبیل، مجله دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، ۱۳۸۸، دوره ۹، شماره ۴، صص ۲۹۸-۲۹۲.

۱۶- نقی‌زاده، ع.؛ محوی، ا. ح.؛ جباری، ح.؛ دادپور، ع. و کریمی، م. بررسی سطح گردوغبار و سیلیس آزاد موجود در هوای معادن سنگ آهن خواف، سلامت و محیط ایران، ۱۳۸۷، دوره ۱، شماره ۱، صص ۴۴-۳۷.

۱۷- خرم‌زاده، م.ر.؛ غلام نیا، ر.؛ رضازاده آذری، م. و حضرتی، ص. ارزیابی گرد و غبار هوای محیط کار و تاثیر آن بر عملکرد ریوی کارگران در یک کارخانه سیمان مدرن، همایش ملی ارگونومی در صنعت و تولید، ۱۳۸۱، ۱۱ ص.

۱۸- صمدی، ص. و جنید، ب.س. بررسی غلظت گرد و غبار و سیلیس آزاد موجود در آن در معدن روباز سرب و روی عمارت، فیض، ۱۳۸۲، دوره ۷، شماره ۴، صص ۸۹-۸۴.

۱۹- سبحان اردکانی، س. و ساعدی، م. بررسی میزان گردوغبار، سیلیس و گازهای آلاینده ناشی از کارخانه سیمان خوزستان، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ۱۳۹۴، شماره ۱۲۵، صص ۳۱-۲۱.

20- Madungwe, E., Mukonzvi, T. 2013. Assessment of distribution and composition of quarry mine dust: case of Pomona stone quarries, Harare. Atmospheric and Climate Sciences, vol. 2: pp.52-59.

21- Mohammadyan, M., Rokni, M., Yosefinejad, R. 2013. Occupational exposure to respirable crystalline silica in the Iranian Mazandaran Province industry workers. Archives of Industrial Hygiene and Toxicology. vol. 64, no. 1, pp.139-143.

22- El-Gammal, M. I., Ibrahim, M. S., Bader, E. S. A., Asker, S. A., El-Galad, N. M. 2011. Health risk assessment of marble dust at marble workshops. Nature and Science, vol. 9, no. 11, pp.144-154.

23- Mukhopadhyay, K., Ramalingam, A., Ramani, R., Dasu, V., Sadasivam, A., Kumar, P., Prasad, S.N., Sambandam, S., Balakrishnan, K. 2011. Exposure to respirable

particulates and silica in and around the stone crushing units in central India. Industrial Health, vol. 49, no. 2, pp.221-227.

24- Ugbogu, O. C., Ohakwe, J., Foltescu, V. 2009. Occurrence of respiratory and skin problems among manual stone-quarrying workers. African Journal of Respiratory Medicine, vol. 1, pp.23-26.

25- Bahrami, A., Ghorbani, F., Mahjub, H., Golbabaei, F., Aliabadi, M. 2009. Application of traditional cyclone with spray scrubber to remove airborne silica particles emitted from stone-crushing factories. Industrial Health, vol. 47, no. 4, pp.436-442.

26- Bahrami, A., Ghorbani, F., Mahjub, H., Aliabadi, M. 2008. Effects of velocity and particles load on efficiency of cyclone in the stone crushing units at Azendarian Area. Journal of Research in Health Sciences, vol. 8, no. 1, pp.12-17.

27- Bahrami, A., Golbabaei, F., Mahjub, H., Ghorbani, F., Aliabadi, M., Barqi, M. 2008. Determination of exposure to respirable quartz in the stone crushing units at Azendarian-West of Iran. Industrial Health, vol. 46, no. 4, pp.404-408.

28- Campopiano, A., Casciardi, S., Del Gaudio, M., Fioravanti, F., Lega, D., Ramires, D. 2007. Exposure to respirable dusts in calcareous quarries: Measurment of crystalline sillica concentrations. Prevention Today, vol. 3, no. 1, pp.19-31.

29- Trzepla-Nabaglo, K., Shiraki, R., Holmen, B. A. 2006. Lidar characterization of crystalline silica generation and transport from a sand and gravel plant. Journal of Hazardous Materials, vol. 132, no. 1, pp.14-25.

30- Bahrami, A., Mahjub, H. 2003. Comparative study of lung function in Iranian factory workers exposed to silica dust. Eastern Mediterranean Health Journal, vol. 9, no. 3, pp.390-398.

31- Shiraki, R., Holmen, B. A. 2002. Airborne respirable silica near a sand and gravel facility in central California: XRD and elemental analysis to distinguish source and background quartz. Environmental Science and Technology, vol. 36, no. 23, pp.4956-4961.

32- Akbar-Khanzadeh, F., Brillhart, R. L. 2002. Respirable crystalline sillica dust exposure during concrete finishing (grinding) using hand-held grinders in the construction industry. Annals of Occupational Hygiene, vol. 46, no. 3, pp.341-346.

33- Alizadehdakhel, A., Ghavidel, A., Panahandeh, M. 2010. CFD Modeling of Particulate Matter Dispersion from Kerman Cement Plant. Iranian Journal of Health and Environment, vol. 3, no. 1, pp.67-74.

34- McMurry, P. H. 2000. A review of atmospheric aerosol measurements. Atmospheric Environment, vol. 34, pp.1959-1999.

۳۵- سازمان حفاظت محیطزیست. ضوابط و استانداردهای زیستمحیطی، انتشارات سازمان حفاظت محیطزیست، ۱۳۷۸، ۱۲۸ ص.

۳۶- لیلی، م.؛ ندافی، ک.؛ نبیزاده، ر.؛ یونسیان، م.؛ مصداقینیا، ع. و نظم آرا، ش. بررسی غلظت ذرات معلق و شاخص کیفیت هوا محدوده مرکزی شهر

تهران، دوازدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران، ۱۳۸۸، ۱۲ ص.

37- Prusty, B. A. K. 2012. Ambient air quality surveillance and indexing in and around mining clusters in Western Kachchh Region, Gujarat, India. Open Journal of Air Pollution, vol. 1, pp. 22-30.

38- Bamniya, B. R., Kapoor, C. S., Jain, S., Kapoor, K. 2012. Impact assessment of air pollution in industrial areas of Rajasmand and Udaipur districts. Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology, vol. 1, no. 3, pp.411-417.

۳۹- میرحسینی، س.ح.؛ بیرجندی، م.؛ زارع، م.ر. و فاتحی‌زاده، ع. بررسی میانگین مقادیر PM10 و PM2.5 موجود در هوای شهر خرم‌آباد، تحقیقات نظام سلامت، ۱۳۹۲، دوره ۹، شماره ۱، صص ۱۰۹-۱۰۴.