Journal of Research in Environmental Health

Volume 5, Issue 2, Summer 2019

Quantitative and Qualitative Study of Industrial Dust Fall in Yazd (Case Study of Steel Industry in Yazd)

Mostafa Abyareh
MSc in Environmental Engineering, Department of Environment, Faculty of Natural Resources,Yazd University, Yazd, Iran

Farhad NejadKoorki
* Associate Professor of Environment, Department of Environment, Faculty of Natural Resources,Yazd University, Yazd, Iran. (Correspondig Author): Email: : f.nejadkoorki@yazd.ac.ir

Mohammadreza Ekhtesasi
Professor of Natural Resources and Desertification Department of Range and Watershed Management- Yazd University, Yazd, Iran

Mohammad Akhavan Ghalibaf
Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Desertification Department of Management Arid and Desert Regions- Yazd University, Yazd, Iran

Received: 2018/12/31
Accepted: 2019/07/20

Document Type: Research article

ABSTRACT

Background and Aim: The communities have been faced the environmental challenges by dust particles as an important part of air pollution that are emitted into the atmosphere every day by chimney of factories and power plants out. The aim of this study was to determine the quality and quantity of industrial dust around the Yazd Steel Company to control and supervise the industrial dust to make the better environmental condition.

Materials and Methods: In this study, according to the wind direction, the falling dust particles, were collected and weighted in two sediment stations before and after the company from 1/2/2016 to 30/4/2016. The sampling was done by MDCO. Then, the taken samples transferred to an elemental analysis laboratory, and the amounts of dust-forming elements were measured by XRF device.

Results: Based on the obtained results, the maximum and minimum levels of the concentrations of falling dust particles were 32.9g/m^2 on March for,0.0014 g/m^2 on February for SiO_2 and SrO respectively. the major elements and chemical compounds of dust included: SiO_2. CaO. CO_2. Al_2O_3. MgO. Fe_2O_3. K_2O. Na_2O. SO_3. TiO_2. Cl. P_2O_5. MnO. ZnO. Pt. Au. SrO.

Conclusion: The results of statistical tests demonstrated that there was a significant difference between the amounts of these elements before and after the company. Therefore, proper management and more accurate monitoring are necessary to protect the environment in this industry.

Document Type: Research article

Keywords: Dust, MDCO, Steel Plant, Yazd

▶ **Citation:** Abyareh M, NejadKoorki F, Ekhtesasi M, Akhavan Ghalibaf M. Quantitative and Qualitative Study of Industrial Dust Fall in Yazd (Case Study of Steel Industry in Yazd). *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Summer 2019;5 (2): 123-132.

بررسی کمی و کیفی غبار ریزشی حاصل از صنایع در شهر یزد (مطالعه موردی صنایع فولاد در یزد)

مصطفی ابیاره
کارشناس ارشد، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
فرهاد نژادکورکی
* دانشیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران. (نویسنده مسئول)؛پست الکترونیکی:f.nejadkoorki@yazd.ac.ir
محمدرضا اختصاصی
استاد، گروه منابع طبیعی و کویرشناسی گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
محمد اخوان قالیباف
استادیار، گروه منابع طبیعی و کویرشناسی گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۲۹
نوع مقاله: مقاله پژوهشی

چکیده

زمینه و هدف: بخش مهمی از آلودگی‌های هوا ناشی از ذرات معلق، گردوغبار و ریزگردهاست که روزانه توسط دودکش کارخانه‌ها و نیروگاه‌ها در محیط اطراف رها می‌گردند و جوامع را با چالش زیست‌محیطی مهمی روبه‌رو می‌سازند. مطالعه حاضر با هدف تعیین کمی و کیفی غبار صنعتی عرصه اطراف شرکت فولاد یزد برای کنترل و نظارت بهتر بر روی غبار تولیدی این کارخانه در جهت بهبود وضعیت محیط‌زیست انجام شد.
مواد و روش‌ها: در این مطالعه، مقادیر عناصر و ترکیبات شیمیایی غبار ریزشی در سه ماه بهمن و اسفند ۱۳۹۴ و فروردین ۱۳۹۵ در دو ایستگاه رسوب‌سنجی قبل و دو ایستگاه رسوب‌سنجی بعد کارخانه با توجه به جهت باد جمع‌آوری و اندازه‌گیری شد. نمونه‌گیری با استفاده از دستگاه رسوب‌گیر تیله‌ای انجام شد. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه تجزیه عنصری منتقل و میزان عناصر و ترکیبات شیمیایی تشکیل‌دهنده غبار توسط دستگاه فلورسانس اشعه ایکس اندازه‌گیری شد.
یافته‌ها: بر اساس نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل شیمیایی غبار ریزشی کارخانه فولاد، بیشترین مقدار مربوط به SiO_2 (اکسید سیلیسیم)، ۳۲/۹ گرم بر متر مربع در اسفند ماه و کمترین مقدار مربوط به SrO(اکسید استرانسیوم)، ۰/۰۰۱۴ گرم بر متر مربع در بهمن ماه بود و نسبت تقریبی فراوانی عناصر و ترکیبات شیمیایی عمده در گردوغبار به‌صورت:. SiO_2، CaO، CO_2، Al_2O_3، MgO، Fe_2O_3، K_2O، Na_2O، SO_3، TiO_2، Cl، P_2O_5، MnO، ZnO، Pt، Au، SrOبود.
نتیجه‌گیری: بین میزان این عناصر و ترکیبات شیمیایی در ایستگاه‌های قبل و بعد کارخانه اختلاف معناداری وجود دارد، لذا انجام اقدامات مدیریتی و پایش دقیق‌تر جهت حفاظت از محیط‌زیست در صنعت مذکور الزامی است.

کلید واژه‌ها: تله رسوب‌گیر تیله‌ای، صنعت فولاد، غبار، یزد

◀ **استناد:** ابیاره م، نژادکورکی ف، اختصاصی م، اخوان قالیباف م. بررسی کمی و کیفی غبار ریزشی حاصل از صنایع در شهر یزد (مطالعه موردی صنایع فولاد در یزد). *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. تابستان ۱۳۹۸؛۵ (۲): ۱۲۳-۱۳۲.

مقدمه

در دهه‌های اخیر به‌دنبال توسعه شهرها و گسترش و پیشرفت تکنولوژی در دنیای صنعت و تغییرات شدید اقلیمی و وقوع خشکسالی‌های پی‌درپی و طولانی‌مدت، آلودگی هوا روند رو به رشدی را طی کرده و یکی از همراهان دائمی جوامع بشری شده است. آلودگی هوا به معنای مخلوط شدن هوا با گازها، قطرات و ذراتی است که کیفیت هوا را تغییر می‌دهند. در بین عوامل مختلف پدید آورنده این آلودگی، عوامل جغرافیایی، زمین‌شناسی و اقلیمی، به‌عنوان عامل طبیعی و غیرقابل پیش‌بینی و عوامل انسان‌ساز که در اثر فعالیت‌های نادرست انسانی به وجود می‌آیند، به عنوان عامل مصنوعی و قابل کنترل مورد بررسی قرار می‌گیرند (۱).

قابل درک‌ترین اثر آلودگی هوا بر محیط‌زیست، کاهش میدان دید است که از پخش و جذب نور به‌وسیله ذرات معلق و به میزان کمتر از جذب نور توسط گازهای اتمسفری حاصل می‌شود. از نظر حالت ماده آلاینده، آلاینده‌های هوا به دو گروه ذرات معلق و گازها طبقه‌بندی می‌شوند (۲). بخش بسیار مهمی از آلودگی‌های هوا ناشی از ذرات معلق، گردوغبار و ریزگردهاست. این پدیده مخرب در مقاطع زمانی تماس کوتاه یا بلندمدت افراد، باعث طیف وسیعی از بیماری‌های قلبی-عروقی، تنفسی، آلرژی و حساسیت‌ها، سرطان و بیماری‌های ناشناخته می‌شود (۳). گازهای سمی، آلاینده‌ها و ذرات خطرناکی که روزانه توسط دودکش کارخانه‌ها و نیروگاه‌ها در محیط اطراف رها می‌گردند، جوامع را با چالش زیست‌محیطی مهمی روبه‌رو ساخته است. روند تغییرات جوی در دو دهه اخیر در منطقه خاورمیانه و حدود ۲۲ استان غربی، جنوبی و مرکزی ایران تحت تأثیر طوفان‌های گردوغباری یا به عبارتی ریزگردی قرار گرفته است. گردوغبار ناشی از صنایع موجود، باعث تشدید این وضعیت نامطلوب می‌گردد (۴). شدت غبارناکی هوا در شهرهای کویری مانند یزد، کرمان و سیستان و بلوچستان بسیار بالاست (۵). استان یزد با نزدیک به ۵۰٪ مساحت بیابانی و حدود ۶۴۹۱۱۰۰ هکتار اراضی بیابانی و ماسه‌زار، از جمله استان‌هایی است که همواره در معرض فرسایش بادی و مشکلات ناشی از آن به‌ویژه طوفان‌های گردوغبار بوده است (۶). غبار ریزشی به معنای غباری است که از جو بر سطح زمین سقوط می‌کند، در واقع با مطالعه آن می‌توان به‌طور غیرمستقیم آلودگی کل ذرات معلق را بررسی کرد (۷). اصطلاح غبار ریزشی به آئروسل‌هایی با قطر برابر یا بزرگ‌تر از ۱۰ میکرون گفته می‌شود که قابلیت ته‌نشست پس از تعلیق موقت را داراست (۸).

یکی از عمده صنایع مطرح امروز، صنایع فولاد می‌باشد. در سال ۱۹۹۵ تولید فولاد خام دنیا ۸۲۸ میلیون تن با اکثریت تولید در آسیا (۳۷٪) و اروپا (۲۷٪) بود. یکی از نیازهای پایه و اساسی صنایع کشور ما نیز مواد اولیه در زمینه انواع فولاد و محصولات فولادی می‌باشد. در این زمینه اخیراً سرمایه‌گذاری‌ها به سمت صنایع مادر از جمله صنایع فولاد سوق داده شده است (۹، ۱۰). قرار گرفتن در معرض گردوغبار و دود حاصل از برخی فلزات صنعت فولاد از جمله روی، منگنز، کروم، کبالت و مس می‌تواند یک بیماری شناخته شده به عنوان تب بخار فلز تولید کند. مسمومیت روی می‌تواند سبب کم‌خونی، بی‌حالی و سرگیجه شود. نشانه‌های اولیه مسمومیت منگنز شامل: کندی، از دست دادن اشتها، خواب‌آلودگی، ضعف در پاها، خنده غیرقابل کنترل، توهم، هذیان، اسپاستیک و یا راه رفتن آهسته، اختلال گفتار، پرخاشگری، لرزش، ماسک مانند چهره و حرکات دست و پا چلفتی شود. به همین جهت روزبه‌روز براهمیت پایش و بالطبع کنترل آلودگی‌های محیط‌زیستی ناشی ازاین فلزات افزوده می‌باشد (۱۱). وانگ و همکاران به بررسی ویژگی غبار ریزشی و شناسایی منبع غبار در نواحی خشک و نیمه‌خشک شمال چین پرداختند. آنها غبار ریزشی را از آوریل ۲۰۰۱ تا مارس ۲۰۰۲ در ۲۹ سایت بررسی کردند که ۲۶ نوع عنصر در غبار تشخیص دادند. تغییرات مکانی و زمانی در عناصر مشاهده شد؛ به‌طوری‌که میزان عناصر در بهار بیشترین مقدار بود، چون در این فصل بیشترین طوفان گردوغبار اتفاق می‌افتد (۱۲). عظیم‌زاده و همکاران غبار ریزشی شهر یزد را با استفاده از تله رسوبگیر تله‌ای[1] در دوره سه ماهه تابستان اندازه‌گیری کردند که نتایج حاصل نشان داد که حجم و وزن غبار ریزشی بر سطح شهر یزد در یک دوره سه

1. Marble Dust Collector

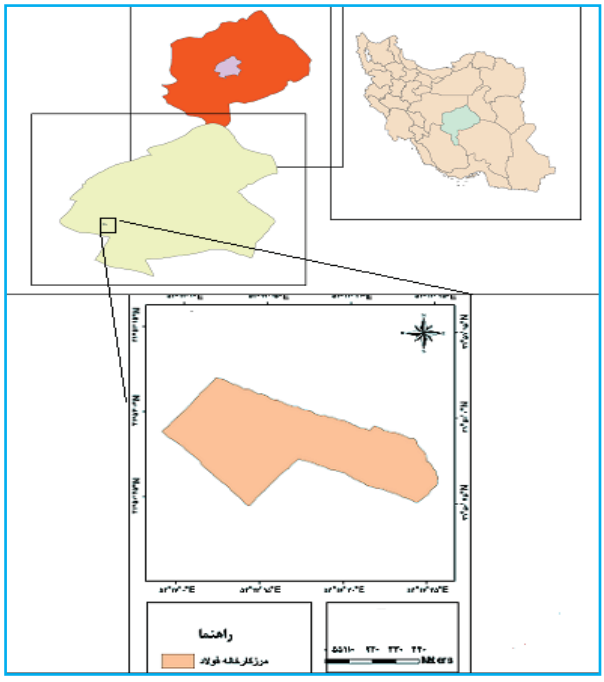
ماهه به ترتیب ۹۱۰۷/۷۳ متر مکعب و ۱۳۶۶۱/۶۱ تن می‌باشد که توزیع آن در ایستگاه‌های مختلف متفاوت است و معادل ۱۳۶۶/۱۶ کامیون ۱۰ تنی، گردوغبار بر سطح شهر یزد ریخته شده است (۱۳). مهراسبی و همکاران فلزات سنگین در ذرات راسب شونده از هوای شهر زنجان را بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که منابع صنعتی منتشر کننده فلزات، نقش مستقیمی در ترسیب این فلزات در ریزش‌های خشک‌وتر جوی دارد (۱۴). ساسی در تحقیقی که در مورد آلودگی هوای ناشی از صنعت آهن و فولاد انجام داد، به این نتیجه رسید که غلظت آلاینده در سطح زمین به‌طور مستقیم متناسب با سرعت پرتاب آلاینده از دودکش، معکوس با سرعت باد و همچنین معکوس با ارتفاع مؤثر دودکش است (۱۵). لیو و همکاران به بررسی ارتباط بین آلودگی هوای اطراف کارخانه فولاد با فیزیولوژی قلب و عروق مردم پرداخته و به این نتیجه رسیدند که کیفیت هوا در مناطق مسکونی نزدیک کارخانه فولاد ممکن است بر سلامت قلب و عروق تأثیر بگذارد (۱۶).

فلزات سنگین به دلیل سمیت و ماندگاری در محیط‌زیست، جزء خطرناک‌ترین گروه از آلاینده‌های انسان ساخت طبقه‌بندی می‌شوند (۱۷، ۱۸). پایش غلظت این عناصر و ترکیبات شیمیایی در ذرات اتمسفر، اطلاعات مهمی در خصوص میزان آلودگی هوا و همچنین ارزیابی خطرات بالقوه برای انسان در اختیار می‌گذارد، بدین‌منظور مطالعه حاضر با هدف تعیین کمی و کیفی غبار صنعتی شرکت فولاد یزد برای کنترل و نظارت بهتر بر روی غبار تولیدی این کارخانه در جهت بهبود وضعیت محیط‌زیست انجام شد.

روش کار

منطقه مورد مطالعه

گروه تولیدی صنعتی فولاد یزد در سال ۱۳۵۸ با احداث کارخانه در زمینی به مساحت ۴۵ هکتار در یزد تأسیس شد. این کارخانه در منطقه‌ای با موقعیت طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۷ دقیقه و ۱۵/۶۱ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۰ دقیقه و ۵۶/۹۷ ثانیه قرار دارد (شکل ۱). فعالیت اولیه گروه با تولید انواع اتصالات لوله، جعبه‌دنده چاه‌های عمیق و انواع مختلف چرخ دنده‌های کرانویل پینیون آغاز گردید. از جمله واحدهای این شرکت، واحد ذوب و ریخته‌گری می‌باشد. در فرآیند تولید از کوره ذوب با قوس الکتریکی استفاده می‌شود و مواد اولیه اصلی آن شامل آهن قراضه و آهن اسفنجی می‌باشد.



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه

معرفی رسوب‌گیر تله‌ای غبار ریزشی[1] مورد استفاده در این تحقیق

تله رسوب‌گیر استفاده شده در این تحقیق از نوع MDCO می‌باشد که این تله رسوب‌گیر شامل یک ظرف پلاستیکی دایره‌ای شکل به قطر ۳۱/۵ سانتی‌متر و عمق ۱۰ سانتی‌متر است که با ورق آلومینیم به‌منظور جلوگیری از ایجاد الکتریسیته ساکن بین گردوغبار و ظرف پلاستیکی، پوشیده شده و درون ظرف دو ردیف گوی شیشه‌ای با قطر متوسط ۱/۶ سانتی‌متر ریخته شده است (۱۹).

1. MDCO

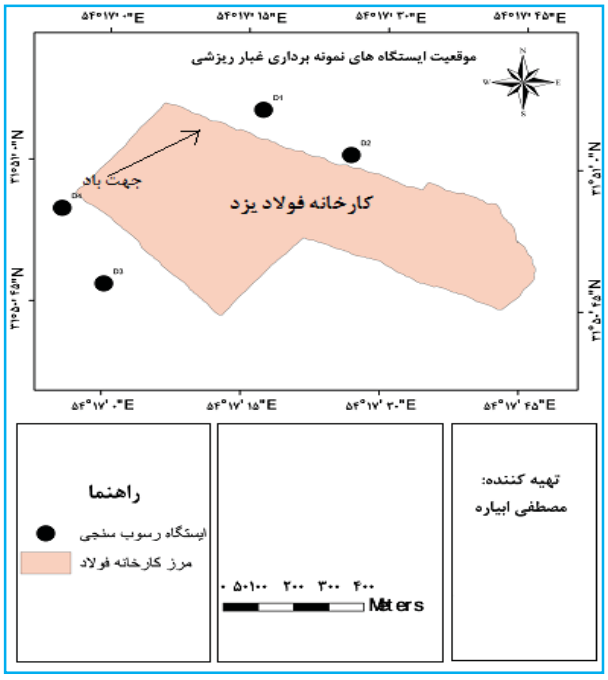
روش کار دستگاه فلورسانس اشعه ایکس (XRF) [1]

دستگاه فلورسانس اشعه ایکس به تعیین میزان عناصر و ترکیبات شیمیایی موجود در نمونه‌های مورد بررسی می‌پردازد. این تکنیک مبتنی بر اندازه‌گیری اشعه ایکس منتشره در جریان بازگشت الکترون‌ها به اوربیتال‌های خالی داخلی است که تحریک آنها به کمک بمباران با اشعه ایکس، تابش گاما یا پروتون صورت گرفته است. اشعه ایکس منتشره توسط هر نوع اتم، انرژی معین خاص همان اتم را دارد. طول موج (انرژی) تابش‌های منتشره، تجزیه کیفی عناصر را ممکن ساخته و شدت تابش هر عنصر به‌خصوص، تجزیه کمی آن عنصر را مقدور می‌سازد.

برای انجام این آزمایش لازم است ابتدا نمونه‌ها به صورت پودر درآمده و پس از پرس درون سیلندرهای مخصوص، در داخل دستگاه قرار داده می‌شود. پس از قرار گرفتن نمونه‌ها در معرض پرتوی اشعه ایکس، عناصر موجود در آنها به‌طور کمی و کیفی اندازه‌گیری می‌شود.

طرح نمونه‌برداری

در این پژوهش ابتدا نقاط نمونه‌برداری با توجه به موقعیت کارخانه و جهت باد تعیین گردید؛ به‌گونه‌ای که ۲ نقطه در سمت خلاف جهت باد و ۲ نقطه در سمت جهت باد از کارخانه انتخاب شد. به‌منظور بررسی غبار ریزشی کارخانه فولاد یزد، از تله رسوب‌گیر تیله‌ای استفاده شد. این دستگاه در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین قرار داده شد. ظرف نمونه‌برداری، دایره‌ای شکل بود تا تأثیر باد به حداقل برسد. گوی‌های شیشه‌ای استاندارد استفاده شده، دارای قطر ۱/۶ سانتی‌متری بود. نمونه‌برداری از غبار ریزشی طی مدت ۳ ماه (بهمن و اسفند ۱۳۹۴ و فروردین ۱۳۹۵) انجام شد که برداشت نمونه‌ها به‌صورت ماهانه انجام می‌شد. در مجموع ۱۲ نمونه غبار ریزشی از ۴ ایستگاه در قبل و بعد کارخانه (با توجه به جهت باد) برداشت شد (شکل ۲). مختصات جغرافیایی هر ایستگاه مشخص و یادداشت گردید. در دوره ۳ ماهه، غبار به دام افتاده در تله رسوب‌گیر به‌صورت ماهانه جمع‌آوری و با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند.



شکل ۲. موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری غبار

پس از خارج نمودن نمونه‌های غبار از تله رسوب‌گیر MDCO و انتقال آن به آزمایشگاه، هر کدام به‌مدت ۱۵ دقیقه و با شدت متوسط (۵۰) توسط شیکر متشکل از الک‌هایی با قطر ۲۵۶، ۱۲۰، ۶۴ و ۳۵ میکرون الک شده و در نهایت مقدار غبار تجمع یافته بر روی هر یک از الک‌ها یادداشت گردید و سپس منحنی و هیستوگرام درصد فراوانی دانه‌بندی و جدول توزیع دانه‌بندی به کمک نرم‌افزار اکسل به‌دست آمد. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه تجزیه عنصری منتقل و توسط دستگاه XRF، میزان عناصر و ترکیبات شیمیایی تشکیل‌دهنده غبار اندازه‌گیری شد. در نهایت داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS، وزن ۲۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

یافته‌ها

با بررسی وضعیت عناصر و ترکیبات شیمیایی موجود در غبار کارخانه فولاد و همچنین تأثیر فعالیت کارخانه بر میزان این عناصر، نتایج زیر حاصل شد. در جدول ۱، مقادیر کمترین، بیشترین، میانگین و انحراف استاندارد عناصر موجود در غبار صنعتی کارخانه فولاد یزد نشان داده شده است. شاخص‌های آماری غلظت عناصر مورد بررسی در غبار صنعتی کارخانه فولاد یزد

1. X-Ray Floresince

محاسبه شد. بر اساس نتایج آزمون کولموگروف – اسمیرنوف در جدول ۲، همه عناصر و ترکیبات دارای توزیع نرمال بودند.

جدول ۱. مشخصات آماری عناصر و ترکیبات شیمیایی موجود در غبار کارخانه فولاد

عناصر	تعداد نمونه	کمترین	بیشترین	میانگین		انحراف استاندارد
				آمار	خطای استاندارد	
SrO	۱۲	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۸۲	۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۳۸۸۷۸	۰/۰۰۲۰۷
ZnO	۱۲	۰/۰۰۴۰	۰/۰۳۲۶	۰/۰۱۴۴	۰/۰۱۷۷۹۹۱	۰/۰۰۹۴۹
Au	۱۲	۰	۰/۰۱۳۶	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۹۷۸۸۶	۰/۰۰۵۲۲۰
MnO	۱۲	۰/۰۰۵۰	۰/۰۳۸۶	۰/۰۱۷۴	۰/۰۲۰۶۴۱۳	۰/۰۱۱۰۰۹
Pt	۱۲	۰	۰/۰۱۹۰	۰/۰۰۶۵	۰/۰۱۳۶۳۱۱	۰/۰۰۷۲۷۱
P_2O_5	۱۲	۰/۰۳۰۴	۰/۰۹۸۸	۰/۰۵۸۶۱	۰/۰۳۵۱۵۵۰	۰/۰۱۸۷۵۴
Na_2O	۱۲	۰/۴۳۸۴	۱/۴۰۲۴	۰/۹۴۱۴	۰/۶۶۸۳۱۸۷	۰/۳۵۶۵۲۷
CO_2	۱۲	۳/۰۴۰۰	۱۲/۱۶۰۰	۶/۶۵۱۶	۴/۸۵۵۶۵۱۰	۲/۵۹۰۳۴۸
Al_2O_3	۱۲	۱/۵۷۱۲	۸/۱۳۲۰	۴/۰۷۷۷	۳/۷۲۶۶۷۴۳	۱/۹۸۸۰۷۵
SiO_2	۱۲	۷/۲۹۶۰	۳۲/۹۰۸۰	۱۷/۲۵۴۳	۱۴/۰۵۳۱۸۷۳	۷/۴۹۶۹۷۵
Cl	۱۲	۰/۰۰۹۸	۰/۲۰۵۲	۰/۰۹۴۳	۰/۱۰۸۰۸۸۷	۰/۰۵۷۶۶۲
Fe_2O_3	۱۲	۰/۳۰۷۲	۲/۳۰۲۸	۱/۰۴۴۲	۱/۲۲۴۳۱۳۰	۰/۶۵۳۱۳۴
TiO_2	۱۲	۰/۰۷۳۰	۰/۳۵۴۸	۰/۱۸۱۵	۰/۱۵۷۵۳۶۰	۰/۰۸۴۰۴۱
K_2O	۱۲	۰/۳۶۱۶	۱/۸۰۸۸	۰/۹۱۶۷	۰/۸۱۵۱۲۴۸	۰/۴۳۴۸۴۴
SO_3	۱۲	۰/۰۶۷۸	۰/۵۹۳۴	۰/۲۵۹۹	۰/۳۳۰۵۲۹۱	۰/۱۷۶۳۲۸
MgO	۱۲	۰/۴۱۹۲	۲/۷۱۳۲	۱/۲۷۶۰	۱/۳۶۸۸۱۹۴	۰/۷۳۰۲۲۶
CaO	۱۲	۲/۳۸۴۰	۱۲/۴۷۹۲	۶/۲۳۶۰	۵/۷۴۹۵۳۱۵	۳/۰۶۷۲۱۴

جدول ۲. نتایج آزمون کولموگروف – اسمیرنوف برای عناصر غبار ریزشی

عناصر	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	کولموگروف – اسمیرنوف	احتمال معنی دار بودن
SrO	۱۲	۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۲	۰/۵۸۷	۰/۸۸۱
ZnO	۱۲	۰/۰۱۴	۰/۰۰۹۴	۰/۷۰۳	۰/۷۰۶
Au	۱۲	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۵۲	۱/۰۹۷	۰/۱۸
MnO	۱۲	۰/۰۱۷۴	۰/۰۱۱۰	۰/۶۹۳	۰/۷۲۴
Pt	۱۲	۰/۰۰۶۵	۰/۰۰۷۲	۱/۰۹۷	۰/۱۸
P_2O_5	۱۲	۰/۰۵۸۶	۰/۰۱۸۷	۰/۶۸۲	۰/۷۴۱
Na_2O	۱۲	۰/۹۴۱۵	۰/۳۵۶۵	۰/۵۱۱	۰/۹۵۶
CO_2	۱۲	۶/۶۵۱۶	۲/۵۹۰۳	۰/۴۶۶	۰/۹۸۱
Al_2O_3	۱۲	۲/۰۷۷۷	۱/۹۸۸۰	۰/۵۷۰	۰/۹۰۱
SiO_2	۱۲	۱۷/۲۵۴۳	۷/۴۹۶۹	۰/۵۶۴	۰/۹۰۸
Cl	۱۲	۰/۰۹۴۳	۰/۰۵۷۶۶	۰/۶۳۹	۰/۸۰۸
Fe_2O_3	۱۲	۱/۰۴۴۲	۰/۶۵۳۱	۰/۶۸۵	۰/۷۳۶
TiO_2	۱۲	۰/۱۸۱۵	۰/۰۸۴۰	۰/۵۳۸	۰/۹۳۴
K_2O	۱۲	۰/۹۱۶۷	۰/۴۳۴۸	۰/۵۵۴	۰/۹۱۹
SO_3	۱۲	۰/۲۵۹۹	۰/۱۷۶۳	۰/۷۳۷	۰/۶۴۹
MgO	۱۲	۱/۲۷۶۰	۰/۷۳۰۲	۰/۶۵۱	۰/۷۹۱
CaO	۱۲	۶/۲۳۶۰	۲/۰۶۷۲	۰/۵۷۶	۰/۸۹۵

بر اساس نتایج حاصل از آزمون آماری تی جفت، اختلاف معناداری بین میزان این ذرات در ایستگاه‌های قبل و بعد کارخانه وجود داشت.

بررسی وزن غبار ریزشی کارخانه فولاد یزد

حداکثر غبار ریزشی در اسفند ماه در ایستگاه D_2 بعد از کارخانه ۷۶ گرم بر متر مربع بود و حداقل غبار ریزشی در بهمن ماه در ایستگاه D_4 قبل از کارخانه ۱۶ گرم بر متر مربع اندازه‌گیری شد.

بررسی قطر و دانه‌بندی غبار ریزشی

اندازه ذرات غبار ریزشی کارخانه فولاد در ایستگاه‌های قبل و بعد از کارخانه به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری و سپس وزن و درصد فراوانی ذرات غبار مشخص گردید. حدود ۳۰ درصد تا ۴۰ درصد ذرات در اندازه کوچک‌تر از ۶۴ میکرون، حدود ۴۰ درصد تا ۵۰ درصد ذرات بین ۱۲۰-۶۴ میکرون و حدود ۱۵ درصد تا ۲۵ درصد ذرات بزرگ‌تر از ۱۲۰ میکرون بودند (جدول ۳).

جدول ۳. توزیع دانه‌بندی ذرات غبار ایستگاه‌های رسوب‌گیر بعد از کارخانه فولاد یزد (دوره سه ماه)

اندازه ذرات	وزن (گرم)		درصد فراوانی	
	بعد	قبل	بعد	قبل
کمتر یا مساوی ۶۴ میکرون	۰/۲۴	۰/۱۱	۳۰/۷۶	۳۴/۳۷
۱۲۰-۶۴ میکرون	۰/۳۶	۰/۱۶	۴۶/۱۵	۵۰
۲۵۶-۱۲۰ میکرون	۰/۱۸	۰/۰۵	۲۳/۰۷	۱۵/۶۳
جمع	۰/۷۸	۰/۳۲	۱۰۰	۱۰۰

بحث

میانگین غلظت اکسید روی در غبار صنعتی کارخانه فولاد ۰/۰۱۴۴ گرم بر متر مربع اندازه‌گیری شد که بر اساس نتایج آزمون تی جفتی، بین میزان غلظت اکسید روی در قبل و بعد کارخانه اختلاف معناداری وجود داشت ($p=۰/۰۰۰$)، که به این معناست فعالیت کارخانه فولاد سبب افزایش اکسید روی شده است. میانگین درصد وزنی اکسید روی ۰/۰۳۳ درصد اندازه‌گیری شد. در مطالعه ژان و گو مطالعه‌ای که به بررسی عناصر اساسی گردوغبار حاصل از کوره پخت صنعت آهن و فولاد پرداختند، درصد وزنی اکسید روی ۰/۰۹٪ به‌دست آمد که نزدیک به نتیجه به‌دست آمده در مطالعه حاضر بود (۲۰).

میانگین غلظت اکسید منگنز در غبار صنعتی کارخانه فولاد ۰/۰۱۷۴ گرم بر متر مربع اندازه‌گیری شد که بر اساس نتایج آزمون تی جفتی، بین میزان غلظت اکسید منگنز در قبل و بعد کارخانه اختلاف معناداری وجود داشت ($p=۰/۰۰۰$) که به این معناست فعالیت کارخانه فولاد سبب افزایش غلظت اکسید منگنز شده است. میانگین درصد وزنی اکسید منگنز ۰/۰۴۱٪ اندازه‌گیری شد. در مطالعه ریزسکو و همکاران که به بررسی عناصر گردوغبار حاصل از کوره قوس الکتریکی کارخانه فولاد پرداختند، درصد وزنی اکسید منگنز ۳۴/۳۴٪ به‌دست آمد که خیلی بیشتر از نتایج به‌دست آمده در مطالعه حاضر بود (۲۱). میانگین غلظت فسفر پنتااکسید در غبار صنعتی کارخانه فولاد ۰/۰۵۸ گرم بر متر مربع اندازه‌گیری شد که بر اساس نتایج آزمون تی جفتی، بین میزان غلظت فسفر پنتااکسید در قبل و بعد کارخانه اختلاف معناداری وجود داشت ($p=۰/۰۰۸$)، که به این معناست فعالیت کارخانه فولاد سبب افزایش غلظت فسفرپنتااکسید شده است. میانگین درصد وزنی فسفرپنتااکسید ۰/۱۶٪ اندازه‌گیری شد. در مطالعه ژان و گو که با هدف بررسی عناصر اساسی گردوغبار حاصل از کوره پخت صنعت آهن و فولاد انجام دادند، درصد وزنی فسفرپنتااکسید ۰/۰۸٪ به‌دست آمد که نزدیک به نتیجه به‌دست آمده در مطالعه حاضر بود (۲۰).

میانگین غلظت سدیم اکسید در غبار صنعتی کارخانه فولاد ۰/۹۴۱ گرم بر متر مربع اندازه‌گیری شد که بر اساس نتایج آزمون تی جفتی، بین میزان غلظت سدیم اکسید در قبل و بعد کارخانه اختلاف معناداری وجود داشت ($p=۰/۰۰۱$) که به این معناست فعالیت کارخانه فولاد سبب افزایش غلظت سدیم اکسید شده است. میانگین درصد وزنی سدیم اکسید ۲/۴۹٪ اندازه‌گیری شد. در مطالعه ژان و گو که به بررسی عناصر اساسی گردوغبار حاصل از کوره پخت صنعت آهن و فولاد پرداختند، درصد وزنی سدیم

اکسید ۴/۳۶٪ به‌دست آمد که بیشتر از نتیجه به‌دست آمده در مطالعه حاضر بود (۲۰).

میانگین غلظت دی‌اکسیدکربن در غبار صنعتی کارخانه فولاد ۶/۶۵۱ گرم بر متر مربع اندازه‌گیری شد که بر اساس نتایج آزمون تی جفتی، بین میزان غلظت دی‌اکسیدکربن در قبل و بعد کارخانه اختلاف معناداری وجود داشت (p=۰/۰۰۲)، که به این معناست فعالیت کارخانه فولاد سبب افزایش غلظت دی‌اکسید کربن شده است.

میانگین غلظت اکسید آلومینیوم در غبار صنعتی کارخانه فولاد ۴/۰۷۷ گرم بر متر مربع اندازه‌گیری شد که بر اساس نتایج آزمون تی جفتی، بین میزان غلظت آلومینیوم اکسید در قبل و بعد کارخانه اختلاف معناداری وجود داشت (p=۰/۰۰۱)، که به این معناست فعالیت کارخانه فولاد سبب افزایش غلظت اکسید آلومینیوم شده است. میانگین درصد وزنی اکسید آلومینیم ۱۰/۲۷٪ اندازه‌گیری شد. در مطالعه ریزسکو و همکاران که به بررسی عناصر گردوغبار حاصل از کوره قوس الکتریکی کارخانه فولاد پرداختند، درصد وزنی اکسید آلومینیم ۳/۳۵٪ به‌دست آمد که خیلی کمتر از نتایج مطالعه حاضر بود (۲۱).

میانگین غلظت سیلیسیم دی‌اکسید در غبار صنعتی کارخانه فولاد ۱۷/۲۵ گرم بر متر مربع اندازه‌گیری شد که بر اساس نتایج آزمون تی جفتی، بین میزان غلظت سیلیسیم دی‌اکسید در قبل و بعد کارخانه اختلاف معناداری وجود داشت (p=۰/۰۰۱)، که به این معناست فعالیت کارخانه فولاد سبب افزایش غلظت سیلیسیم دی اکسید شده است. میانگین درصد وزنی سیلیسیم دی‌اکسید ۴۴/۴۵٪ اندازه‌گیری شد. در مطالعه ریزسکو و همکاران که به بررسی عناصر گردوغبار حاصل از کوره قوس الکتریکی کارخانه فولاد پرداختند، درصد وزنی سیلیسیم دی‌اکسید ۳۶/۵۵٪ به‌دست آمد که کمتر از نتایج مطالعه حاضر بود (۲۱).

میانگین غلظت کلر در غبار صنعتی کارخانه فولاد ۰/۰۹۴ گرم بر متر مربع اندازه‌گیری شد که بر اساس نتایج آزمون تی جفتی، بین میزان غلظت کلر در قبل و بعد کارخانه اختلاف معناداری وجود داشت (p=۰/۰۳۹)، که به این معناست فعالیت کارخانه فولاد سبب افزایش غلظت کلر شده است. میانگین درصد وزنی کلر ۰/۲۵٪ اندازه‌گیری شد. در مطالعه ژان و گو که به بررسی عناصر اساسی گردوغبار حاصل از کوره پخت صنعت آهن و فولاد پرداختند، درصد وزنی کلر ۱۴/۵۳٪ به‌دست آمد که خیلی بیشتر از نتیجه به‌دست آمده در مطالعه حاضر بود (۲۰).

میانگین غلظت اکسید آهن در غبار صنعتی کارخانه فولاد ۱/۰۴۴ گرم بر متر مربع اندازه‌گیری شد که بر اساس نتایج آزمون تی جفتی، بین میزان غلظت اکسید آهن در قبل و بعد کارخانه اختلاف معناداری وجود داشت (p=۰/۰۰۱)، که به این معناست فعالیت کارخانه فولاد سبب افزایش غلظت اکسید آهن شده است. میانگین درصد وزنی اکسید آهن ۲/۴۷٪ اندازه‌گیری شد. در مطالعه ریزسکو و همکاران که به بررسی عناصر گردوغبار حاصل از کوره قوس الکتریکی کارخانه فولاد پرداختند، درصد وزنی اکسید آهن ۷/۲۵٪ به‌دست آمد که بیشتر از نتایج به‌دست آمده در مطالعه حاضر بود (۲۱).

میانگین غلظت تیتانیم دی‌اکسید در غبار صنعتی کارخانه فولاد ۰/۱۸۱ گرم بر متر مربع اندازه‌گیری شد که بر اساس نتایج آزمون تی جفتی، بین میزان غلظت تیتانیم دی‌اکسید در قبل و بعد کارخانه اختلاف معناداری وجود داشت (p=۰/۰۰۲)، که به این معناست فعالیت کارخانه فولاد سبب افزایش غلظت تیتانیم دی‌اکسید شده است. میانگین درصد وزنی تیتانیم دی‌اکسید ۰/۴۶٪ اندازه‌گیری شد. در مطالعه ریزسکو و همکاران که به بررسی عناصر گردوغبار حاصل از کوره قوس الکتریکی کارخانه فولاد پرداختند، درصد وزنی تیتانیم دی‌اکسید ۰/۱۸٪ به‌دست آمد که کمتر از نتایج مطالعه حاضر بود (۲۱).

میانگین غلظت گوگرد تری اکسید در غبار صنعتی کارخانه فولاد ۰/۲۵۹ گرم بر متر مربع اندازه‌گیری شد که بر اساس نتایج آزمون تی جفتی، بین میزان غلظت گوگرد تری اکسید در قبل و بعد کارخانه اختلاف معناداری وجود داشت (p=۰/۰۰۰)، که به این معناست فعالیت کارخانه فولاد سبب افزایش غلظت گوگرد تری

اکسید شده است. میانگین درصد وزنی گوگرد تری اکسید ۰/۶٪ اندازه‌گیری شد. در مطالعه ژان و گو که به بررسی عناصر اساسی گردوغبار حاصل از کوره پخت صنعت آهن و فولاد پرداختند، درصد وزنی گوگرد تری اکسید ۵/۸۶٪ به‌دست آمد که بیشتر از نتیجه به‌دست آمده در مطالعه حاضر بود (۲۰).

با توجه به نتایج پیشنهاد می‌شود بررسی امکان به‌کارگیری گیاهان بومی جاذب فلزات سنگین سازگار با منطقه برای برطرف نمودن فلزات سنگین موجود در خاک سطحی انجام گیرد و همچنین با توجه به موقعیت و نزدیکی کارخانه فولاد یزد به مناطق مسکونی و شهری و با توجه به آلودگی هوا و خاک، توصیه می‌گردد نسبت به انتقال آن به دیگر مناطق و یا خلاف جهت باد اقدامات لازم صورت گیرد و یا فیلترهای مناسبی جهت کاهش آلودگی در مکان‌های مورد نیاز نصب گردد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل شیمیایی غبار ریزشی کارخانه فولاد نشان داد که بیشترین مقدار مربوط به SiO_2، ۳۲/۲ گرم بر متر مربع در اسفند ماه و کمترین مربوط به SrO، ۰/۰۰۱۴ گرم بر متر مربع در بهمن ماه بود. نسبت تقریبی فراوانی ذرات عمده در گردوغبار به‌صورت: SiO_2، CaO، CO_2، Al_2O_3، MgO، Fe_2O_3، K_2O، Na_2O، SO_3، TiO_2، Cl، P_2O_5، MnO، ZnO، Pt، Au، SrO بود. نتایج حاصل از آزمون‌های آماری نشان داد که اختلاف معناداری بین میزان این ذرات در ایستگاه‌های قبل و بعد کارخانه وجود دارد که به این معناست فعالیت کارخانه فولاد یزد سبب افزایش غلظت این عناصر شده است و به این صورت موجب آلودگی هوای این منطقه می‌شود.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه با شناسه "ک/۵" در مقطع کارشناسی ارشد می‌باشد که با حمایت دانشگاه یزد اجرا شده است. بدین‌وسیله از تمامی کسانی که ما را در انجام این مطالعه یاری نمودند، به‌خصوص خانم مهندس ریحانه میرانزاده، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Ardebili L. Investigating effective processes in the intensification of dust in recent years in Iran. The second national conference on wind erosion and dust storms; yazd, 2010.)persian)
2. Sepehrnia S, Farahani A. Applied technologies in ambient air quality monitoring. Tehran: Andishmand; 2012. (persian)
3. Bermudez GM, Jasan R, Plá R, Pignata ML. Heavy metals and trace elements in atmospheric fall-out: their relationship with topsoil and wheat element composition. Journal of hazardous materials. 2012;213:447-456.
4. Almasi A, Asadi F, Mohamadi M, Farhadi F, Atafar Z, Khamutian R, et al. Survey of Pollutant emissions from stack of Saman cement factory of Kermanshah city from year 2011 to 2012. Journal of Health in the Field. 2017;1(2).(persian)
5. Bahramsoltani K. Architectural basics of urban een space. Tehran: Did; 2005.
6. Nadafi K. Air pollution with emphasis on dust and its health and environmental effects. the twelfth National Coness On Environmental Health; Tehran, 2009. (persian)
7. Hai C-x, Yuan C-s, Liu G-t, Li X-j, Zhang F, Zhang X-j. Research on the components of dust fall in Hohhot in comparison with surface soil components in different lands of Inner Mongolia Plateau. Water, air, and soil pollution. 2008;190(1-4):27-34.
8. Chung Y, Kim H, Jugder D, Natsagdorj L, Chen S. On sand and duststorms and associated significant dustfall observed in Chongju-Chongwon, Korea during 1997–2000. Water, Air and Soil Pollution: Focus. 2003;3(2):5-19.
9. Hawley JK. Assessment of health risk from exposure to contaminated soil. Risk analysis. 1985;5(4):289-302.
10. Calabrese E, Kostecki P, Gilbert C. How much dirt do children eat? An emerging environmental health question. Comments Toxicol. 1987;1:229-241.
11. Sharififarshah A, Nejadkooki F, Mirhoseini A. Statistical Modeling of Carbon Monoxide Pollutant Distribution of Yazd Steel Company before and after the development of air filtration systems and production line equipment. The Second national conference on environmental research; Hamedan.Iran, 2014. (persian)
12. Wang X, Dong Z, Zhang C, Qian G, Luo W. Characterization of the composition of dust fallout and identification of dust sources in arid and semiarid North China. Geomorphology. 2009;112(1-2):144-157.
13. Azimzadeh H, Montazerghaem M, Torabimirzai F, Tajamolian M. Measuring dropping dust of Yazd city surface using sediment trap MDCO in period three months of the summer. The Second National Conference on Wind Erosion and Dust Storms; Yazd.Iran 2010.(persian)
14. Mehrasbi M, Sekhawatju M, Hasanalizadeh AS, Ramezanzadeh Z. Study of heavy metals in the atmospheric deposition in Zanjan, Iran. Iranian Journal of Health and Environment. 2010;2(4):240-249. (persian)
15. Sasi JMB. Air pollution caused by iron and steel plants. International Journal of Mining, Metallurgy & Mechanical Engineering. 2013;1(3):219-222.
16. Liu L, Kauri LM, Mahmud M, Weichenthal S, Cakmak S, Shutt R, et al. Exposure to air pollution near a steel plant and effects on cardiovascular physiology: a randomized crossover study. International journal of hygiene and environmental health. 2014;217(2-3):279-286.
17. Sharma RK, Aawal M, Marshall FM. Atmospheric deposition of heavy metals (Cu, Zn, Cd and Pb) in Varanasi city, India. Environmental Monitoring and Assessment. 2008;142(1-3):269-278.
18. Csavina J, Field J, Taylor MP, Gao S, Landázuri A, Betterton EA, et al. A review on the importance of metals and metalloids in atmospheric dust and aerosol from mining operations. Science of the Total Environment. 2012;433:58-73.
19. Sow M, Goossens D, Rajot JL. Calibration of the MDCO dust collector and of four versions of the inverted frisbee dust deposition sampler. Geomorphology. 2006;82(3-4):360-375.
20. Zhan G, Guo Z. Basic properties of sintering dust from iron and steel plant and potassium recovery. Journal of Environmental Sciences. 2013;25(6):1226-1234.
21. Rizescu C, Bacinschi Z, Stoian E, Polinescu A. Characterisation of steel mill electric-arc furnace dust. Advances in waste management. 2010.