# ارزیابی خطر فلزات سنگین موجود در ذرات معلق کوچکتر از ۱۰ میکرون بر روی کارگران مجتمع کمپوست کهریزک تهران در زمستان ۱۳۹۴

مجید کرمانی[۱]، مهدی فرزادکیا[۲]، روشنک رضایی کلانتری[۳]، زهره بهمنی[۴*]

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۳/۲۱ تاریخ ویرایش: ۹۶/۰۷/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۲۳


## چکیده

**زمینه و هدف:** ذرات موجود در هوای تنفسی مجتمع کمپوست به دلیل تنوع مواد زائد، حامل ترکیبات شیمیایی خطرناک مانند فلزات می‌باشند. هدف از این مطالعه منشأ یابی و ارزیابی ریسک بهداشتی ناشی از فلزات سنگین موجود در ذرات معلق‌های مجتمع کمپوست کهریزک تهران می‌باشد.

**روش بررسی:** به‌منظور اندازه‌گیری ذرات از دستگاه نمونه‌بردار frm OMNITM Ambient Air Sampler استفاده شد. نمونه‌برداری در ماه‌های بهمن و اسفند ۱۳۹۴ از سایت‌های پردازش، هوادهی و پالایش انجام شد. برای آنالیز فلزات سنگین از دستگاه ICP1-AES و برای منشأ یابی عناصر فلزی از فاکتور غنی‌سازی استفاده شد.

**یافته‌ها:** در این مطالعه متوسط غلظت ذرات $PM_{10}$ به ترتیب در سایت‌های پردازش، پالایش و هوادهی ۱۲۹۱، ۳۵۵۷، ۱۴۳ میکروگرم بر مترمکعب به دست آمد. همچنین بالاترین غلظت فلزات در ذرات $PM_{10}$ مربوط به آلومینیم و آهن می‌باشد که به ترتیب ۷۳/۰۷ و ۴۴/۷۱ میکروگرم بر مترمکعب برای سایت پالایش به دست آمد. در این تحقیق بیشتر خطر سرطان اضافی فلزات به ترتیب در سایت پالایش، پردازش و هوادهی مشاهده شد و تمامی موارد خطر سرطان از حد تعیین‌شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست بیشتر بود.

**نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که با توجه به کمبود اطلاعات در زمینه اندازه‌گیری غلظت‌های ذرات در سایت کمپوست به‌منظور بررسی اثرات آلاینده‌ها بر روی افراد مورد مواجهه، انجام مطالعات پایشی بیشتر در بخش‌های مختلف مجتمعکمپوست امری ضروری می‌باشد.


**کلیدواژه‌ها:** مجتمع کمپوست، فلزات، ارزیابی خطر، ذرات معلق.

## مقدمه

امروزه آلودگی هوا یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی در شهرهای بزرگ و بسیاری از کشورهای دنیا محسوب می‌شود [۱، ۲]. ذرات از مهم‌ترین مشکلات در آلودگی هوا هستند و اثرات مخرب بهداشتی فراوانی را به دنبال دارند. ذرات اتمسفری به‌وسیله فرایندهای مختلف طبیعی و مصنوعی مانند طوفان‌های گردوغبار، وسایل نقلیه سبک و سنگین، نیروگاه‌ها، فعالیت‌های صنعتی، مراکز دفن پسماند، مراکز تولید کمپوست و سوزاندن پسماند تولید می‌شوند [۳، ۴]. مطالعات گسترده انجام‌شده در زمینه اثرات ذرات نشان داده‌اند که مواجهه با ذرات می‌تواند به پیشرفت و ایجاد بیماری‌های تنفسی، قلبی عروقی و افزایش بروز بیماری‌ها مانند سرطان ریه، بیماری انسداد مزمن ریوی (COPD) کمک کند [۵،۶]. آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC) اخیراً ذرات موجود در هوای بیرون را به‌عنوان گروه ۱ ترکیبات سرطان‌زا معرفی کرده است [۷، ۸]. اثرات نامطلوب ذرات به خصوصیات فیزیکوشیمیایی (مانند اندازه، تعداد، ناحیه سطحی، خاصیت الکترواستاتیکی) و ترکیب شیمیایی و بیولوژیکی آن بستگی دارد. ذرات کمتر از ۱۰ میکرون و ذرات کمتر از دو ونیم میکرون معمولاً به‌عنوان پارامترهای پایش آلودگی هوا استفاده می‌شوند [۹، ۱۰]. اگرچه آئروسل‌های حاوی ترکیبات فلزی بخش کوچکی از جرم $PM_{10}$ را تشکیل می‌دهد، اما افزایش غلظت و یا مواجهه طولانی‌مدت با آن‌ها

۱- مرکز تحقیقات تکنولوژی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران، و دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

ستاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

ستاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

۴- (نویسنده مسئول) دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران. mahtab.7071@yahoo.com

[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-28 ]

می‌توانـد اثـرات سـمی شـدیدی بـر روی انسـان و محیطزیست ایجاد کند [۱۱]. بهـر حـال بـرخلاف ایـن واقعیت که فلزات بخش خیلی کوچکی از جـرم ذرات را تشکیل داده‌اند ولی فلزات ناچیز مانند سرب، آرسـنیک، سلنیوم، کادمیوم و جیوه منجر به مخـاطرات بهداشـتی جدی برای انسان می‌شود [۱۲]، بخصوص اینکه آن‌هـا ممکن است به خاطر وجود ناحیه سطحی بـالا و جـذب راحت بر روی ذرات $PM_{10}$ ، باعث بیماری‌های قلبـی- عروقی، التهاب مجاری تنفسی و اثرات سایتوتوکسـیک و صدمه به DNA سلول شوند [۵، ۱۳]. امـروزه مراکـز پردازش و دفن زباله نقش اساسی را در کاهش زباله ایفا می‌کنند کـه از ایـن میـان، مجتمـع کمپوسـت بخـش اعظمی از مدیریت مواد زائد را در شـهرهای بـزرگ بـه عهده دارد، به‌عنوان یک روش سالم و مؤثر بـرای دفـع مواد زائد در حجم بالا بکار می‌رود [۱۴]. اگرچه مجتمع کمپوست می‌تواند یک گزینه مناسب و اقتصادی بـرای مدیریت پسـماند باشـد، امـا بـه‌هرحال نگرانی‌هـایی در مورد اثـرات نـامطلوب آن وجـود دارد. ذرات موجـود در لندفیل ها و بخش‌های مختلف تولید کمپوست به دلیل تنوع مواد زائد، ممکن است حامـل ترکیبـات شـیمیایی خطرناک مانند فلزات، ترکیبات یـونی، هیـدروکربن‌های عطری چند حلقـوی و دیگـر مـواد کارسـینوژن باشـند [۱۵]. در طـی بررسـی‌هایی کـه انجام‌شـده بیشـترین غلظـت ذرات معلـق در مجتمع‌پـردازش و دفـن زبالـه مربوط به ذرات با قطر کمتر از ۱۰میکـرون و ذرات بـا قطر کمتر از دو ونـیم میکـرون می‌باشـد. فرآینـدهای متداول تولید کمپوست که باعث انتشار ناگهـانی ذرات معلق در هوا می‌شود عبارت‌اند از: جداسازی و پـردازش، سـرند ،خـرد کـردن و بـه هـم زدن. انتشـار ذرات و بایوآئروسل ها از نگرانی‌های مرتبط با فرایندهای تولیـد کمپوست است که منجر به مشـکلات بهداشـتی بـرای کارگران کارخانه و همچنـین سـاکنان مجـاور کارخانـه می‌شـود [۱۶، ۱۷]. مجتمـع پـردازش و دفـع آرادکـوه (سایت کهریزک)در جنوب شهر کهریـزک و در ابتـدای جاده قدیم تهران- قم واقع‌شـده اسـت. ایـن مرکـز بـا مساحتی نزدیک به ۱۳۶۴ هکتار از سال ۱۳۵۵ پـذیرای پسماند شهر تهران بوده است. همه‌روزه به‌طور متوسـط بیش از ۷۰۰۰ تـن پسـماند وارد ایـن مرکـز می‌شـود و همچنـین بزرگ‌تـرین سـایت تخمیـر کمپوسـت در خاورمیانه است. در این سایت بیش از ۱۵۰۰نفر مشغول به کار می‌باشـند و ازآنجایی‌کـه تـاکنون مطالعـه‌ای در زمینـه انـدازه‌گیری ذرات معلـق در سـایت کمپوسـت کهریزک با توجه به تعداد افراد شـاغل در آن و افـرادی که در آن نزدیکی ساکن هستند انجام‌نشده، لذا مطالعـه حاضر به تعیین و مقایسه غلظت ذرات با قطـر کمتـر از ۱۰میکـرون، بررسـی غلظـت فلـزات و ارزیـابی خطـر بهداشتی ناشی از فلزات سنگین ذرات بر روی کارگران در مجتمع پردازش و دفع آرادکوه می‌پردازد.

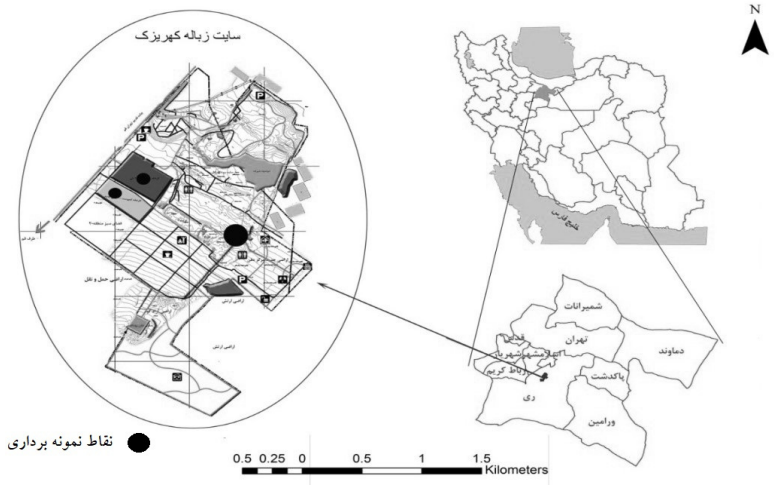
## روش بررسی

منطقه موردمطالعه: مطالعه حاضـر از نـوع توصـیفی- مقطعی و نمونه‌برداری در سـایت کهریـزک تهـران بـا مسـاحت ۱۳۶۴ هکتـار کـه در جنـوب شـهر تهـران واقع‌شده، صورت گرفته است. مجتمـع پـردازش و دفـع آرادکوه در ضلع جنوبی پلاک‌های آرادکوه و حسـین‌آباد گردنـه و در فاصـله ۲۰ کیلـومتری شـهر ری بـین طول‌های جغرافیـایی ۵۱ درجـه و ۱۹ دقیقـه و عـرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۷ دقیقه قرارگرفته است. حداقل ارتفاع از سطح دریا ۴۸۵ متر و حداکثر ۶۰۰ متر واقع در قسـمت جنـوب منطقـه طـرح از سـطح آب‌هـای آزاد می‌باشد. جهت انتخاب نقاط نمونـه‌برداری از اسـتاندارد ASTM که مربوط بـه نمونـه‌برداری هـوای مجتمـع پـردازش و دفـع پسـماند شـهری می‌باشـد، اسـتفاده شد(۱۸). نقاط نمونـه‌برداری بـا توجـه بـه سـه مرحلـه اساسی کمپوست شامل مرحله پردازش اولیه که شـامل سرند، جداسازی و اختلاط می‌باشد (سـایت پـردازش)، مرحله هوادهی که در آن پشته‌های کمپوست هـوادهی می‌شوند (سایت هوادهی) و مرحله پردازش نهـایی کـه کمپوست رسیده شده بـا توجـه به‌انـدازه دانـه‌ها سـرند می‌شوند (سایت پالایش).

نمونـه‌برداری ذرات $PM_{10}$: بـه‌منظور جمـع‌آوری و اندازه‌گیری غلظت ذرات $PM_{10}$ نمونه‌برداری در دو ماه



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-28 ]




شکل ۱- موقعیت محل نمونه‌برداری در سایت‌های پردازش، هوادهی و پالایش

بهمن و اسفند ۱۳۹۴، در روزهای شنبه و سه‌شنبه در سایت پردازش یکشنبه و چهارشنبه در سایت پالایش و دوشنبه و پنج‌شنبه در سایت هوادهی و در شیفت کاری کارگران (۸ صبح تا ۴ بعدازظهر و ارتفاع ۱ تا ۱/۵ متری از سطح زمین و حجم هوای عبوری در این مدت ۲۴۰۰ لیتر بود.) انجام شد. به‌طورکلی در این مطالعه در دوره نمونه‌برداری برای هر سایت ۱۲-۱۴ نمونه جمع‌آوری شد. به‌منظور اندازه‌گیری ذرات از دستگاه نمونه‌بردار frm OMNITM Ambient Air Sampler با جریان ۵ لیتر در دقیقه به همراه فیلترهای ۴۷ میلی‌متری PTFE و پور سایز ۰/۵ میکرون استفاده شد. فیلترها قبل و بعد از نمونه‌برداری ۴۸ ساعت در دسیکاتور نگهداری می‌شدند. جهت آماده‌سازی فیلترهای PTFE ابتدا این فیلترها با استفاده از HCl و HNO3 دو نرمال و نهایتاً با آب مقطر بسیار خالص (specific resistance≥18 ohm.cm) شسته و زیر هود با استفاده از جریان آرام هوا خشک گردید. فیلترهای حاوی ذرات بلافاصله بعد از اتمام مدت‌زمان نمونه‌برداری درون پلیت هایی قرار می‌گرفتند. داخل این پلیت ها با فویل‌های آلومینیومی پوشانده شده بود که به مدت ۲ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس قرارگرفته بودند. پس‌ازآن پلیت ها در کنار یخ به آزمایشگاه حمل شده و نمونه‌ها تا زمان هضم و استخراج آن‌ها درون فریزر در دمای ۲۰ – درجه سلسیوس قرار می‌گرفتند.

تعیین غلظت ذرات ۱۰ میکرون ($PM_{10}$): ابتدا فیلترهای PTFE با قطر ۴۷ میلی‌متر با ترازوی (model: Sartoris 2004 MP)وزن شده و بعد درون فیلتر هولدر دستگاه قرار گرفت. پس از ۸ ساعت نمونه‌برداری در فلوی ۵ لیتر بر دقیقه نمونه‌برداری نیز وزن شده و با توجه به اختلاف وزن اولیه و ثانویه و حجم هوای عبوری از طریق معادله زیر غلظت ذرات PM10 محاسبه گردید. (۱۹).

$$PM_{10}=\frac{(W_f-W_i)\times 10^6}{V}$$

$PM_{10}$= غلظت ذرات معلق با قطر آئرودینامیکی کوچک‌تر و مساوی ۱۰ میکرون $(\frac{\mu g}{m^3})$

$W_f$= وزن فیلتر در پایان نمونه‌برداری (gr)

$W_i$= وزن فیلتر قبل از شروع نمونه‌برداری (gr)

V= کل حجم هوای عبوری در طول مدت نمونه‌برداری برحسب حجم هوای استاندارد ($m^3$)

آنالیز فلزات: جهت تعیین فلزات ۱/۴ فیلتر PTFE را به قطعات خیلی ریز خرد و در داخل ظرف تفلونی ریخته و سپس ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک،۳ میلی‌لیتر اسید پر کلرات ($HCLO_4$) و ۱ میلی‌لیتر



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-28 ]

اسیدهیدروفلوریک به آن اضافه و به مدت ۴ ساعت در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد در داخل فور قرار گرفت، پس از سرد شدن، محلول به روی هیتر در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد خشک و ۱ سی‌سی اسید نیتریک به آن افزوده و سپس به‌وسیله آب مقطر دو بار تقطیرشده به حجم ۱۰ سی‌سی رسانیده می‌شود. عناصر (آلومینیوم (Al)، آهن (Fe)، منگنز ((Mn کرم Cr، نیکل Ni، مس Cu، سرب Pb، روی Zn، کادمیوم Cd، وانادیوم V، آرسنیک As، جیوه Hg) با استفاده از دستگاه ICP1-AES مدل آرکوز ۲، ساخت کشور آلمان در آزمایشگاه آنالیز دستگاهی گروه زمین‌شناسی دانشگاه تهران تعیین گردید(۱۹).

تعیین منشأ فلزات با استفاده از فاکتور غنی‌شده: پس از اندازه‌گیری غلظت عناصر (فلزات) ذرات معلق هوای محیطی و به‌منظور بررسی و شناسایی منبع انتشار این ذرات از فاکتور غنی‌شده یا Enrichment factor value می‌توان استفاده نمود .مقادیر فاکتور غنی‌شده بیانگر میزان سهم منابع خاکی در انتشار ذرات معلق می‌باشد بدین منظور با استفاده از مقادیر رفرانس فاکتور غنی‌شده که توسط Taylor و همکارانش ارائه‌شده است و نیز با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده غلظت عناصر موجود در ذرات، اعداد مربوط به فاکتور غنی‌شده با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$EF_x = \left( \frac{(\frac{C_X}{C_{Ref}})_{sample}}{(\frac{C_X}{C_{Ref}})_{soil}} \right)$$

در این معادله $C_x$ غلظت فلز سنگین موردنظر در نمونه، $C_{Ref}$ غلظت عنصر آلومینیوم به‌عنوان عنصر مرجع در نمونه، $C_x$ و $C_{Ref}$ در قسمت پایین نمودار غلظت فلز موردنظر و غلظت فلز آلومینیوم در پوسته زمین [۳، ۲۰].

تحلیل مؤلفه های اصلی: تکنیک آماری تجزیه و تحلیل مولفه های اصلی (PCA): روشی آماری است که غالبا برای بررسی گروهی از متغیرهای همبسته بکار می رود. در واقع روشی از آنالیزهای چند متغیره آماری است که تعداد کمتری از عوامل را بنام مولفه های اصلی از میان عوامل اولیه گزینش می کند، به طوریکه تعدادی از اطلاعات کم اهمیت حذف می شوندکه مولفه ی اصلی اول بیشترین مقدار واریانس و مولفه های اخر کمترین واریانس را شرح می دهند که در این صورت با حذف مولفه های اخر اطلاعات زیادی از دست نخواهد رفت. در این مطالعه با استفاده از این روش منابع احتمالی ازآلاینده ها در کل مجتمع پردازش و دفع آرادکوه شناسایی شد. (۲۱)

ارزیابی خطر سلامت فلزات: در رابطه با مواد سرطان‌زا فرض بر این است که بین افزایش دوز یا مواجهه با غلظت آلاینده و افزایش خطر ابتلا به سرطان یک رابطه خطی وجود دارد. شیب حاصله در این رابطه فاکتور شیب (SF) و واحد آن بر اساس هر میلی‌گرم از ماده شیمیایی به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز بیان می‌شود. به‌منظور بررسی خطرات استنشاق مواد سرطان‌زا، طبق پیشنهاد سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا و دیگر سازمان‌های نظارتی، از فاکتور شیب جهت توسعه فاکتور ریسک واحد (URF) استفاده می‌شود. فاکتور ریسک واحد مقدار سمیت مورداستفاده برای مواد سرطان‌زا است که خطر افزایش‌یافته ابتلا به سرطان را تخمین می‌زند و با غلظت مواد شیمیایی موجود در هوایی که استنشاق می‌گردد مرتبط است برای ارزیابی ریسک سلامت چهار مرحله انجام گردید اولین مرحله شامل شناسایی خطر به‌منظور تعیین تمام آلاینده‌هایی است که انتظار می‌رود به‌طور بالقوه از منابع مختلف انتشار یابند و ایجاد خطر نمایند. لذا در این مطالعه فلزات آرسنیک، کادمیوم، کروم، سرب نیکل مدنظر قرار گرفتند. مرحله دوم شامل ارزیابی دوز- پاسخ است که طی آن ارتباط بین غلظت فلزات سنگین در هوای تنفسی و میزان تأثیر آن در سلامت انسان‌ها مشخص می‌گردد. سومین مرحله ارزیابی مواجهه و مقدار تماس است. معمولاً در ارزیابی‌های ریسک، اغلب مواجه‌های فردی برای



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-28 ]

یک دوره زندگی ۷۰ ساله در نظر گرفته می‌شود. در این مطالعه، میزان خطر سرطان اضافی ناشی از استنشاق فلزات موجود در ذرات معلق هوای مجتمع پردازش و دفع آرادکوه موردبررسی قرار گرفت. به‌منظور تعیین میزان سرطان اضافی، ابتدا مقادیر متوسط دوز دریافتی روزانه برای افرادی که در آنجا مشغول به کار بودند محاسبه گردید:

(۱)

$$EC_c(\mu g/m^3)=\frac{(CA\times ET(\frac{8hr}{24hr})\times EF(\frac{250day}{Year})\times ED(25year))}{AT(\frac{365day}{year}\times LT(70year))}$$

C: غلظت فلزات برحسب میکروگرم بر مترمکعب، ET: مدت‌زمان مواجهه (که در این مطالعه ۸ ساعت در نظر گرفته‌شده است)EF : تعداد دفعات مواجهه (تعداد روزهای کاری که متوسط ۲۵۰ روز در سال در نظر گرفته می‌شود)، ED: طول مدت مواجهه با غلظت موردنظر (متوسط زمانی که فرد کار می‌کند ۲۵ سال در نظر گرفته می‌شود)، BW: مدت‌زمان سرطان‌زایی برحسب روز. بر اساس نظر EPA این مدت را ۷۰ سال یا ۲۵۵۵۰ روز در نظر می‌گیرند.

$$ELCR = IUR \times EC \qquad (۲)$$

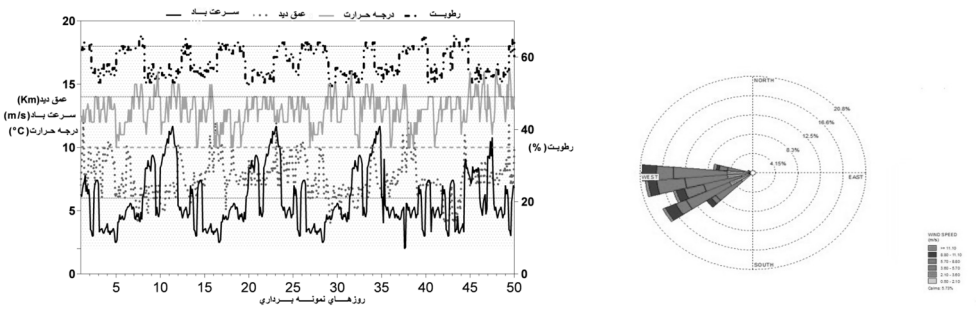
ELCR:خطر سرطان فلزات، IUR: استاندارد در نظر گرفته‌شده برای ارزیابی خطر فلزات [۲۲، ۲۳].

آنالیز آماری: در این مطالعه از نسخه ۱۲ نرم‌افزار STATISTICA و آزمون t-test برای مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری استفاده شد. برای رسم نمودار از نرم‌افزارهای Graph Pad Prism نسخه ۷ استفاده شد.

## یافته‌ها

در شکل ۲ گلباد محل موردمطالعه که با استفاده از داده‌های هواشناسی منطقه کهریزک در دوره نمونه‌برداری رسم شده است، نشان داده‌شده است. همان‌گونه که در شکل دیده می‌شود جهت باد در این دوره (بهمن و اسفند۱۳۹۴) سمت غرب کمی مایل به جنوب غرب می‌باشد. که در سال‌های گذشته نیز جهت کلیه بادها در این دو فصل مایل به غرب بوده است.

روند تغییرات پارامترهای هواشناسی در منطقه پردازش و دفع آرادکوه نیز در شکل نشان داده‌شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود تغییرات دما و رطوبت کم است. در ساعات کاری دما از ۱۰ درجه تا ۱۵ درجه متغیر است همچنین میزان تغییرات رطوبت نیز از ۴۰ تا ۶۰ درصد متغیر است. بیشترین میزان بارش مربوط به فصل بهمن و کمترین میزان دما نیز مربوط به همین فصل بود. جدول ۱ خلاصه آماری شامل میانگین، انحراف معیار، بیشترین و کمترین مقدار غلظت ذرات $PM_{10}$ و فلزات سنگین را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود غلظت ذرات $PM_{10}$ در سایت پالایش از همه بیشتر و در هوادهی کمترین مقدار را دارا می‌باشد. همچنین بالاترین غلظت عناصر در ذرات




شکل ۲- گلباد دوره نمونه‌برداری و تغییرات پارامترهای هواشناسی (بهمن و اسفند) مجتمع پردازش و دفع آرادکوه



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-28 ]

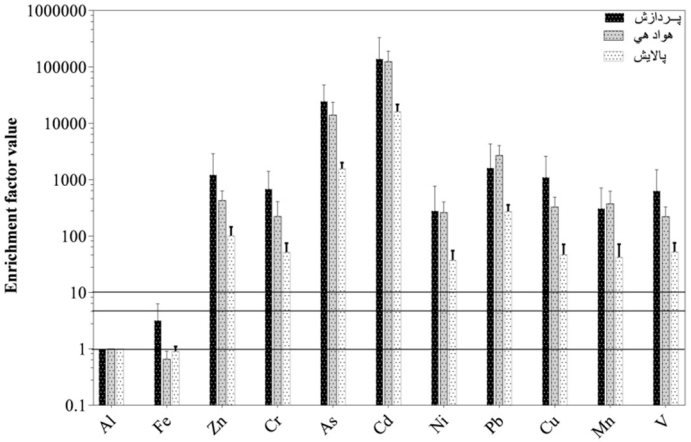
جدول ۱- خلاصه آماری غلظت عناصر فلزی در هوای محیطی سایت پردازش، پالایش، هوادهی مجتمع پردازش و دفع آرادکوه (میکروگرم برمترمکعب)

| | PM10 | Al | Fe | Zn | Cr | Cd | As | Ni | Pb | Cu | Mn | V |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| پردازش | | | | | | | | | | | | |
| میانگین | ۱۲۹۱/۰۰ | ۲۲/۷۹ | ۱۲/۵۴ | ۵/۸۱ | ۲/۹۳ | ۱/۸۴ | ۳/۴۸ | ۱/۲۱ | ۱/۲۴ | ۳/۸۷ | ۱/۹۳ | ۱/۶۷ |
| انحراف معیار | ۳۶۳/۰۰ | ۶/۹۳ | ۴/۴۳ | ۳/۰۱ | ۰/۹۱ | ۰/۹۲ | ۱/۲۲ | ۰/۹۱ | ۱/۱۸ | ۲/۲۶ | ۰/۹۱ | ۱/۱۶ |
| حداقل | ۸۱۶/۰۰ | ۹/۰۰ | ۵/۰۰ | ۲/۰۰ | ۱/۲۲ | ۰/۵۰ | ۱/۰۰ | ۰/۲۲ | ۰/۱۵ | ۱/۰۱ | ۰/۷۶ | ۰/۶۹ |
| حداکثر | ۲۰۲۴/۰۰ | ۳۲/۰۰ | ۲۰/۲۰ | ۱۱/۲۸ | ۴/۵۵ | ۳/۷۰ | ۴/۹۲ | ۳۳/۳ | ۴/۰۰ | ۸/۷۳ | ۳/۶۲ | ۴/۸۱ |
| پالایش | | | | | | | | | | | | |
| میانگین | ۳۵۵۷/۰۰ | ۷۳/۰۷ | ۴۴/۷۱ | ۶/۳۲ | ۴/۵۴ | ۲/۹۲ | ۲/۵۰ | ۲/۳۶ | ۲/۹۴ | ۲/۳۷ | ۳/۲۸ | ۶/۸۱ |
| انحراف معیار | ۹۸۰/۰۰ | ۲۲/۳۶ | ۱۳/۹۰ | ۲/۹۸ | ۲/۰۴ | ۱/۵۲ | ۰/۹۴ | ۱/۲۱ | ۰/۸۵ | ۱/۴۲ | ۱/۸۲ | ۲/۷۴ |
| حداقل | ۱۵۱۵/۰۰ | ۳۸/۷۲ | ۲۲/۰۰ | ۱/۶۸ | ۰/۵۱ | ۱/۳۵ | ۰/۷۶ | ۱/۰۰ | ۰/۸۴ | ۰/۵۰ | ۱/۰۰ | ۱/۵۲ |
| حداکثر | ۶۷۱۳/۰۰ | ۱۲۱/۰۰ | ۶۶/۰۰ | ۱۱/۹۵ | ۷/۰۰ | ۶/۰۰ | ۴/۰۰ | ۵/۰۰ | ۴/۰۴ | ۴/۷۱ | ۶/۰۰ | ۱۰/۰۰ |
| هوادهی | | | | | | | | | | | | |
| میانگین | ۱۴۳/۰۰ | ۳/۱۰ | ۱/۶۶ | ۰/۷۸ | ۰/۵۸ | ۰/۵۱ | ۰/۴۵ | ۰/۵۱ | ۰/۳۸ | ۰/۶۷ | ۰/۳۸ | ۰/۶۶ |
| انحراف معیار | ۳۴/۰۰ | ۰/۹۴ | ۰/۳۹ | ۰/۳۷ | ۰/۲۵ | ۰/۳۶ | ۰/۳۶ | ۰/۳۲ | ۰/۲۱ | ۰/۳۶ | ۰/۲۵ | ۰/۳۳ |
| حداقل | ۱۰۰/۰۰ | ۲/۰۰ | ۱/۰۰ | ۰/۲۲ | ۰/۲۴ | ۰/۰۸ | ۰/۰۵ | ۰/۰۵ | ۰/۰۳ | ۰/۱۵ | ۰/۱۵ | ۰/۱۳ |
| حداکثر | ۱۹۱/۰۰ | ۵/۰۵ | ۲/۲۱ | ۱/۵۳ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | ۱/۰۱ | ۰/۷۲ | ۱/۳۵ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ |

$PM_{10}$ مربوط به آلومینیم و آهن می‌باشد که به ترتیب ۲۲/۷۹ و ۱۲/۵۴ میکروگرم بر مترمکعب می‌باشد (جدول ۱). شکل ۳ مقادیر فاکتور غنی‌شده مربوط به عناصر (فلزات) اندازه‌گیری شده موجود در ذرات $PM_{10}$ هوای محیطی سایت‌های نمونه‌گیری را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از مقادیر فاکتور غنی‌سازی بیشتر عناصر اندازه‌گیری شده در سایت‌های نمونه‌برداری منشأ کاملاً انسانی دارند. درشکل ۴ تعداد منابع محتمل انتشار عناصر در ذرات را نشان می دهد که در مطالعات بسیاری از این روش برای شناسایی عاملهای اصلی آلودگی استفاده شده است.شکل ۵ مقادیر خطر سرطان اضافی ناشی از مواجهه فلزات موجود در هوای سایت‌های مجتمع تولید کمپوست آرادکوه را در قالب یک نمودار جعبه‌ای و به تفکیک هر فلز نشان می‌دهد. شکل ۵ نمودار هیستوگرام میزان خطر سرطان اضافی ناشی از مواجهه فلزات موجود در هوای سایت نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.

## بحث و نتیجه‌گیری

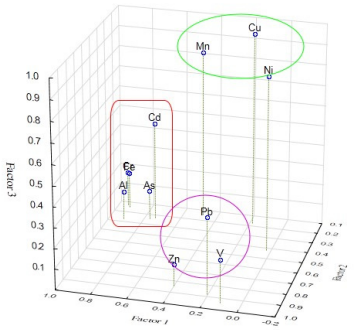
در این مطالعه متوسط غلظت ذرات $PM_{10}$ در سایت




شکل ۳- مقادیر فاکتور غنی‌شده مربوط به عناصر (فلزات) در ذرات $PM_{10}$ هوای سایت پردازش، هوادهی و پالایش (بر اساس مقادیر رفرنسTaylor )

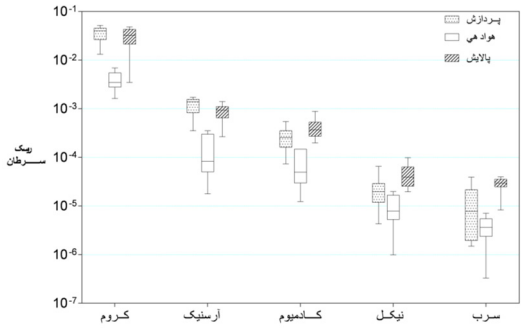


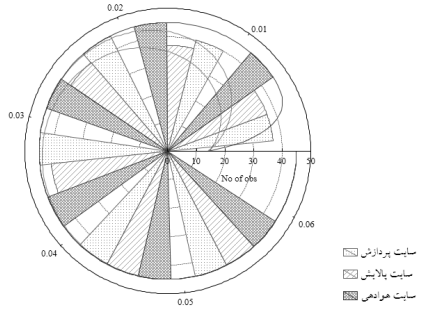
[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-28 ]




شکل۴- نمودار تعیین تعداد منابع محتمل انتشار عناصر موجود در ذرات برحسب مقادیر Eigenvalues درمجتمع پردازش ودفع آرادکوه

الف




ب

شکل ۴- نمودار هیستوگرام میزان خطر سرطان اضافی ناشی از مواجهه فلزات(الف) مقادیرخطر سرطان اضافی ناشی از مواجهه فلزات (ب) موجود در هوای سایت‌های مجتمع تولید کمپوست آرادکوه

پالایش بیشترین و در هوادهی کمترین مقدار به دست آمد. متوسط غلظت ذرات $PM_{10}$ به ترتیب در سایت‌های پالایش، پردازش و هوادهی ۳۵۵۷، ۱۲۹۱، ۱۴۳ میکروگرم بر مترمکعب به دست آمد. پسماند ورودی به سایت تولید کمپوست باید به ترتیب از واحدهای پردازش، هوادهی و پالایش عبور کند [۲۴]. قسمت پردازش سایت کمپوست در یک فضای بسته قرار دارد و به خاطر جابجایی مواد زائد و عدم تهویه مناسب، غلظت بالایی از ذرات تولید می‌شود. بخش پالایش که شاهد بیشترین غلظت‌ها بودیم، پسماندهای تر خروجی از بخش پردازش جهت تبدیل به کمپوست گرانوله وارد خط پالایش می‌شوند. در این مرحله کود خشک‌شده بعد از سرند شدن در ارتفاع ۴ متری و قرار گرفتن در فضای باز و پارامترهای جوی مانند باد، انتشار ذرات را به حداکثر می‌رساند. پسماندها در قسمت هوادهی رطوبت بالایی دارند و هرروز آبپاشی شده و پراکندگی کمتری دارد و ذرات کمتری نسبت به واحدهای پردازش و پالایش تولید می‌کند. در مطالعه ای چالواتسکی (Chalvatzaki) در سال ۲۰۱۰، غلظت ذرات معلق با قطر کمتر از ۱۰میکرون در مراحل مختلف سایت دفن پسماند در یونان اندازه‌گیری شد. نتایج این مطالعه نشان داد که میانگین غلظت ذرات در مراحل مختلف فعالیت‌های لندفیل از ۴۲ تا ۶۰۱ میکروگرم بر مترمکعب متغیر است [۱۶]. در این مطالعه بالاترین غلظت عناصر در ذرات $PM_{10}$ مربوط به آلومینیم و آهن می‌باشد که به ترتیب ۷۳/۰۷ و ۴۴/۷۱ میکروگرم بر مترمکعب برای سایت پالایش به دست آمد. آهن و آلومینیم منشأ طبیعی داشته و از عناصر اصلی پوسته زمین محسوب می‌شوند و با پخش و تعلیق ذرات خاک ارتباط مستقیم داشته و در ذرات



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-28 ]

معلق هوای شهری و صنعتی، مراکز پردازش و دفن پسماند مانند مجتمعتولید کمپوست، زباله‌سوزی بیشترین مقادیر را دارا می‌باشد. منابع مصنوعی انتشار آهن و آلومینیم شامل فرایندهای صنایع فلزی می‌باشد. همچنین کمترین غلظت عناصر در ذرات $PM_{10}$ به ترتیب برای منگنز و سرب با غلظت ۰/۳۸ میکروگرم بر مترمکعب برای سایت هوادهی اندازه‌گیری شد. به‌طورکلی در این مطالعه برای سایت هوادهی کمترین غلظت ذرات و عناصر فلزی شاهد بودیم. در مطالعه‌ای که غلام پور بر روی عناصر ذرات $PM_{10}$ منطقه صنعتی تبریز انجام داد آلومینیوم با ۴۵/۹ درصد و آهن با ۱۱/۶ درصد بیشترین درصد عناصر را به خود اختصاص دادند [۳]. شکل۳ مقادیر فاکتور غنی‌شده مربوط به عناصر(فلزات) اندازه‌گیری شده موجود در ذرات $PM_{10}$ هوای محیطی سایت‌های نمونه‌گیری را نشان می‌دهد. در این آنالیز درصورتی‌که مقدار فاکتور غنی‌شده به عدد یک نزدیک شود، منشأ آلاینده موردنظر پوسته زمین می‌باشد، در محدوده ۵-۱ نشان‌دهنده تأثیر و سهم عمده فعالیت‌های انسانی در انتشار آلاینده موردنظر در هوای محیطی منطقه می‌باشد. مقدار فاکتور غنی‌شده بزرگ‌تر از ۵ بیان می‌کند که بخش عمده عنصر موردنظر از منابع غیر از پوسته زمین (منابع مصنوعی) ایجادشده است. آنالیز فاکتور غنی‌شده در این مطالعه نشان داد که بیشتر عناصر منشأ کاملاً انسانی در سایت‌های نمونه‌برداری مجتمعکمپوست کهریزک داشته‌اند ولی منابع طبیعی و پوسته‌ای زمین در انتشار عناصر آهن و آلومینیوم برای هر سه سایت نمونه‌برداری نقش عمده‌ای ایفا می‌کنند. فقط در سایت پردازش فعالیت‌های انسانی نقش اندکی در میزان انتشار آهن ایفا می‌کند. هوانگ (Huang) در سال ۲۰۱۶ مطالعه‌ای را در منشأ یابی فلزات سنگین موجود در ذرات در یک سایت بازیافت پسماند در چین انجام دادند. ایشان دریافتند که مقدار فاکتور غنی‌سازی یا EF برای فلز آهن کمتر از ۱ بوده و این عنصر منشأ طبیعی و پوسته‌ای مانند تعلیق ذرات داشته و در عوض عناصر مس، روی، سلنیوم، سرب، آرسنیک با مقادیر فاکتور غنی‌سازی بیشتر از ۵ بیشتر از منابع انسانی و ساخت بشر نشأت می‌گیرند [۲۵]. درشکل ۴ تعداد منابع محتمل انتشار عناصر در ذرات با ۹۰٪ از کل فاکتورها می‌توان منابع اصلی را پیش‌بینی کرد.فاکتور اول عناصر در ذرات $PM_{10}$ نشان می‌دهد که آلومینیم، آهن، کروم، آرسنیک و کادمیم بارگذاری بالایی را و درمجموع ۳۸٪ منابع را نشان می‌دهد. آرسنیک ،کروم و نیکل،سرب و روی از سوخت زباله‌سوز ها یافت می‌شوند.سرب علاوه بر منابع بالا در شیشه‌ها ،لیوان‌های سرامیکی و سرامیک و کاشی به‌وفور یافت می‌شود.آلومینیم به‌تنهایی دال بر این است که خاک پوسته زمین منبع عمده آلومینیم در ذرات و معلق ناحیه می‌باشد.درسایت پردازش وجود آلومینیم و آهن احتمالاً از فلزات سایت ناشی می‌شود همچنین وجود آلومینم و آهن در گردوخاک موجود درسایت هم موجود است ولی احتمالاً علت اصلی همان فلزات باشد. کروم، آرسنیک و کادمیم هم در زباله‌ها هم در سوخت‌های فسیلی وجود دارند. فاکتور دوم در ذرات ۲۶٪ را در برگرفته است بارگذاری بالایی از روی، سرب و وانادیم را نشان می‌دهد بر اساس مطالعات انجام‌یافته مشخص‌شده است که روی و وانادیوم ناشی از احتراق سوخت در اتومبیل‌ها و نیز احتراق نفت و روغن می‌باشند همچنین سرب نیز یک مارکری برای وسایل نقلیه و همچنین در کاشی و سرامیک و وسایل الکترونیکی موجود است؛ و فاکتور سوم نیز با ۲۶٪ که در آن نیکل، مس و منگنز بارگذاری بالایی دارند که در مطالعات این سه عامل انتشار سوخت‌های فسیلی را نشان می‌دهدبه طور کلی دستگاههای سایتهای پردازش و پالایش ماشینهای سنگین سایت بیش از ۵۰ درصد آلودگی را در بر میگیرند که سوخت اصلی این موارد گازوییلی می باشد [۲۶]. گاوو در سال ۲۰۰۲ به‌منظور تعیین منابع انتشار ذرات و نیز سهم هرکدام از آن‌ها از آنالیز فاکتور استفاده نموده و فاکتورها یا منابع انتشار را در ۳ گروه تقسیم‌بندی کرد. در گروه اول همه عناصر به‌جز آلومینیم و آهن غلظت بالایی داشتند که نشان‌دهنده انتشار از منابع غیرطبیعی و انسان‌ساز بود. برای مثال از



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-28 ]

زبالـه سـوزها (Sb، کـادمیوم، سـرب، کـروم و روی) و سوزاندن نفت (نیکـل و وانـادیوم) و تولیـد فلـزات غیـر آهنی (سرب) و در فاکتور دوم غلظت آهـن و روی بـالا بود. آهن اتمسفر معمولاً به‌عنوان عنصر پوسـته زمینـی مورداستفاده قرار می‌گیـرد و وجـود آن بـه همـراه روی می‌توانـد دلیـل بـر انتشـار از زبالـه سـوزها و احتـراق سوخت‌های فسیلی باشد. فاکتور سوم حضـور آلـومینیم به‌تنهایی بود که ارتباط ضعیفی با سایر عناصر داشـت و این دال بر این بود که خاک پوسته زمـین منبـع عمـده آلومینیم در ذرات معلق این ناحیه می‌باشد. گاوو به ایـن نتیجه رسید که ۳۱ درصد آلومینیم موجود در ذرات هـوا از خاک‌های محلی ناشی می‌شود [۲۷].

شکل ۵ هیستوگرام و میزان خطـر سـرطان ناشـی از مواجهه با فلزات سنگین در ذرات را در مجتمع پردازش و دفـع آرادکـوه نشـان می‌دهـد.در خصـوص میـزان قابل‌قبول سرطان اضافی استاندارد مدونی وجـود نـدارد اما در اغلب موارد میزان $10^{-6}$-$10^{-4}$ که توسط سـازمان حفاظت محیط‌زیست ایالت متحـده پیشنهادشـده اسـت به‌عنوان پایه و اساس قرار می‌گیـرد. بـا توجـه بـه دوره نمونه برداری در ایـن مطالعـه میـانگین ۱۳ روز نمونـه برای هر سه سایت پردازش، پالایش و هوادهی گرفته شد.که مقادیرخطر سـرطان بـرای ۵ فلـز انـدازه‌گیری شـده بـه ترتیـب $2/17\times10^{-2}$، $3/27\times10^{-2}$ و $10^{-3}\times4/24$ به دست آمـد. مقـادیر خطرسـرطان‌زایی بـرای فلزات نیکل و سرب در ذرات $PM_{10}$ در سایت پردازش و پالایش کمتر از حد استاندارد می‌باشـند بـا ذکـر ایـن نکته کـه نیکـل در کـلاس ۱ و سـرب در کـلاس 2B فلزات سرطان‌زا طبقه‌بنـدی می‌شـوند و فلـزات کـروم، آرسـنیک بـه ترتیـب بیشـترین خطـر سـرطان را دارا می‌باشند کـه هـر سـه در کـلاس ۱ فلـزات سـرطان‌زا طبقه‌بندی می‌شوند.شکل۵ نمودار هیسـتوگرام تجمعـی خطر سرطان فلزات در سایت‌های نمونه‌برداری در کل دوره نمونه‌برداری را نشان می‌دهد. که مجمـوع خطـر سرطان اضـافی فلـزات بـه ترتیـب در سـایت پـالایش ۰/۰۵۸، پردازش (۰/۰۴۷) و هوادهی (۰/۰۰۹) می‌باشد. در سـال ۲۰۱۶ مطالعـه‌ای را در زمینـه ارزیـابی خطـر سرطان فلزات سنگین موجـود در ذرات در یـک سـایت بازیافت پسماند در چین انجام شد. نتایج مطالعـه آن‌هـا نشان داد که مقادیر ارزیابی خطر سرطان بـرای فلـزات (Cr, Co, Ni, As و Cd) بـرای بزرگ‌سـالان و کودکان به ترتیب $1/3\times10^{-3}$ و $3/9\times10^{-3}$ بـه دسـت آمد که این مقادیر از محدوده استاندارد ذکرشده توسـط EPA که $10^{-6}$-$10^{-4}$ ذکرشده بیشتر می‌باشد [۲۵].

در این مطالعه متوسط غلظت ذرات $PM_{10}$ به ترتیـب در سـایت‌های پـالایش، پـردازش و هـوادهی ۳۵۵۷، ۱۲۹۱، ۱۴۳ میکروگرم بـر مترمکعـب بـه دسـت آمـد. همچنـین بـالاترین غلظـت عناصـر در ذرات $PM_{10}$ مربوط به آلومینیم و آهن می‌باشد که به ترتیـب ۷۳/۰۷ و ۴۴/۷۱ میکروگرم بر مترمکعب برای سـایت پـالایش به دست آمد. در این تحقیق بیشتر خطر سرطان اضافی فلزات به ترتیب در سایت پالایش، پردازش و هـوادهی مشاهده شـد و تمـامی مـوارد ریسـک سـرطان از حـد تعیین‌شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیسـت بیشـتر بود. نتایج حاصل از این مطالعه نشـان می‌دهـد کـه بـا توجـه بـه کمبـود اطلاعـات در زمینـه انـدازه‌گیری غلظت‌های ذرات در سایت کمپوست بـه‌منظور بررسـی اثرات آلاینـده‌ها بـر روی افـراد مـورد مواجهـه، انجـام مطالعات پایشی بیشتر در بخش‌های مختلف تسـهیلات کمپوست امری ضروری می‌باشد.

## تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی بـا عنـوان بررسی غلظت و ترکیب شیمیایی ذرات معلـق بـا قطـر کوچکتر از ۲/۵ و ۱۰ میکرون در هوای مجتمعکمپوست کهریزک تهـران در زمسـتان ۱۳۹۴، مصـوب دانشـگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران در سـال ۱۳۹۴، به کد ۲۷۵۹۲ می‌باشد که بـا حمایـت معاونـت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ایران اجرا شـده اسـت. نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از انسـتیتو آب و انـرژی دانشـگاه صـنعتی شـریف بـه خـاطر همکـاری و در اختیـار گذاشـتن دسـتگاه‌های نمونه‌برداری و از همکاری مسئولین مـدیریت پسـماند



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-28 ]

شهر تهران و مجتمع پردازش ودفع آرادکوه تشکر و قدردانی نمایند.

## منابع

1. MohseniBandpi A, Eslami A, Shahsavani A, Khodagholi F, Alinejad A. Physicochemical characterization of ambient PM 2.5 in Tehran air and its potential cytotoxicity in human lung epithelial cells (A549). Sci Total Enviro. 2017;593:182-90.

2.Bahrami Asl F, Kermani M, Aghaei M, Karimzadeh S, Salahshour Arian S, Shahsavani A, et al. Estimation of Diseases and Mortality Attributed to NO2 pollutant in five metropolises of Iran using AirQ model in 2011-2012. J Mazandaran Uni Med Sci. 2015;24(121):239-49.

3.Gholampour A, Nabizadeh R, Hassanvand MS, Taghipour H, Rafee M, Alizadeh Z, et al. Characterization and source identification of trace elements in airborne particulates at urban and suburban atmospheres of Tabriz ,Iran. Enviro Sci Pollut Res. 2016;23(2):1703-13.

4.Marzouni MB, Moradi M, Zarasvandi A, Akbaripoor S, Hassanvand MS, Neisi A, et al. Health benefits of PM10 reduction in Iran. Int J Biometeorol. 2017:1-13.

5.Mohseni Bandpi A, Eslami A, Shahsavani A, Khodagholi F, Aliaghaei A, Alinejad A. Water-soluble and organic extracts of ambient PM2. 5 in Tehran air: assessment of genotoxic effects on human lung epithelial cells (A549) by the Comet assay. Toxin Rev. 2016;1:9.

6.Kermani M, Dowlati M, Jonidi Jafari A, Rezaei Kalantari R. Estimation of Mortality, Acute Myocardial Infarction and Chronic Obstructive Pulmonary Disease due to Exposure to O3, NO2, and SO2 in Ambient Air in Tehran. J Mazandaran Uni Med Sci. 2016;26(138):96-107.

7.Loomis D, Grosse Y, Lauby-Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, Benbrahim-Tallaa L, et al. The carcinogenicity of outdoor air pollution. Lancet Oncol. 2013;14(13):1262.

8.Kermani M, Aghaei M, Gholami M, Asl F, Karimzadeh S, Jokandan S, et al. Estimation of mortality attributed to PM2. 5 and CO exposure in eight industrialized cities of Iran during 2011. Iran Occup Health. 2016;13(4):49-61.

9.Lee BK, Hieu NT. Seasonal variation and sources of heavy metals in atmospheric aerosols in a residential area of Ulsan, Korea. Aerosol Air Qual Res. 2011;11(6):679-88.

10.Kermani M, Dowlati M, Jonidi Jafari A, Rezaei Kalantari R. Health impact caused by exposure to particulate matter in the air of Tehran in the past decade. Tehran Uni Med J. 2017;74(12):885-92.

11.Shah MH, Shaheen N, Jaffar M, Khalique A, Tariq SR, Manzoor S. Spatial variations in selected metal contents and particle size distribution in an urban and rural atmosphere of Islamabad, Pakistan. J Enviro Manag. 2006;78(2):128-37.

12.Hosseini G, Teymouri P, Giahi O, Maleki A. Health Risk Assessment of Heavy Metals in Atmospheric PM10 in Kurdistan University of Medical Sciences Campus. J Mazandaran Uni Med Sci. 2016;25(132):136-46.

13.Soleimani Z, Parhizgari N, Rad HD, Akhoond MR, Kermani M, Marzouni MB, et al. Normal and dusty days comparison of culturable indoor airborne bacteria in Ahvaz, Iran. Aerobiologia. 2015;31(2):127-41.

14.Viegas S, Almeida-Silva M, Sabino R, Viegas C. Exposure to volatile organic compounds, particulate matter and fungi in a composting plant. 2014.

15.Dai QL, Bi XH, Wu JH, Zhang YF, Wang J, Xu H, et al. Characterization and source identification of heavy metals in Ambient PM10 and PM2. 5 in an integrated iron and steel industry zone compared with a background site. Aerosol Air Qual Res. 2015;2015:875-87.

16.Chalvatzaki E, Kopanakis I, Kontaksakis M, Glytsos T, Kalogerakis N, Lazaridis M. Measurements of particulate matter concentrations at a landfill site (Crete, Greece). Waste Manag. 2010;30(11):2058-64.

17.Duquenne P, Simon X, Koehler V, Goncalves-Machado S, Greff G, Nicot T, et al. Documentation of bioaerosol concentrations in an indoor composting facility in France. J Enviro Monitor. 2012;14(2):409-19.

18.Lavoie J, Guertin S. Evaluation of health and safety risks in municipal solid waste recycling plants. J Air Waste Managt Assoc. 2001;51(3):352-60.

19.Naimabadi A, Ghadiri A, Idani E, Babaei AA, Alavi N, Shirmardi M, et al. Chemical composition of PM 10 and its in vitro toxicological impacts on lung cells during the Middle Eastern Dust (MED) storms in Ahvaz ,Iran. Enviro Pollut. 2016;211:316-24.

20.Zhou S, Yuan Q, Li W, Lu Y, Zhang Y, Wang W. Trace metals in atmospheric fine particles in



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-28 ]

one industrial urban city: Spatial variations, sources, and health implications. J Enviro Sci. 2014;26(1):205-13.

21.Wang J, Hu Z, Chen Y, Chen Z, Xu S. Contamination characteristics and possible sources of PM10 and PM2. 5 in different functional areas of Shanghai, China. Atmosph Enviro. 2013;68:221-9.

22.Searal A, Crawford J. Review of health risks for workers in the waste and recycling industry. May; 2012.

23.Taner S, Pekey B, Pekey H. Fine particulate matter in the indoor air of barbeque restaurants: elemental compositions, sources and health risks. Sci Total Enviro. 2013;454:79-87.

24.Domingo JL, Nadal M. Domestic waste composting facilities: a review of human health risks. Enviro Int. 2009;35(2):382-9.

25.Huang CL, Bao LJ, Luo P, Wang ZY, Li SM, Zeng EY. Potential health risk for residents around a typical e-waste recycling zone via inhalation of size-fractionated particle-bound heavy metals. J Hazard Mat. 2016;317:449-56.

26.Zhai Y, Liu X, Chen H, Xu B, Zhu L, Li C, et al. Source identification and potential ecological risk assessment of heavy metals in PM 2.5 from Changsha. Sci Total Enviro. 2014;493:109-15.

27. Gao Y, Nelson E, Field M, Ding Q, Li H, Sherrell R, et al. Characterization of atmospheric trace elements on PM 2.5 particulate matter over the New York–New Jersey harbor estuary. Atmosph Enviro. 2002;36(6):1077-86.



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-28 ]

# Assessment risk of heavy metals in particulate matter smaller than 10 microns on Tehran's Kahrizak Compost Complex workers in winter 2016

Majid Kermani[1], Mehdi Farzadkia[2], Roshanak Rezaei Kalantari[3], Zohreh Bahmani*[4]

Received: 2017/06/11 Revised: 2017/10/04 Accepted: 2017/10/15

## Abstract

**Background and aims**: Particles in the breathing air composting complex because of the diversity of waste, are carrying dangerous chemicals compound such as metals. The aim of this study was to determine the sources and health risk assessment of such metals.

**Methods**: In order to measure the particles, frm OMNITM Ambient Air Sampler was used. Sampling in the months of February and March 2016 was performed in processing, aeration and filtration sites. For analysis of heavy metals and sources ICP1-AES and enrichment factor were used, respectively

**Results**: In this study the average concentration of $PM_{10}$ particles in processing, refinery and aerated site were 1291, 3557,143 $\mu g/m^3$, respectively. The highest concentrations of metal in $PM_{10}$ particles of aluminum and iron were 73.07, 44.71 $\mu g/m^3$ for refining site, respectively. In this study, the additional cancer risks of metals, in refining, processing and aeration was found to be higher than the limit set by the Environmental Protection Agency.

**Conclusion**: The results of this study showed that due to the lack of information in the field of measuring particle concentrations on composting and the effects of pollutants on those exposed substances, conducting study in different parts of the composting facility is necessary.

**Keywords**: Composting facilities, metals, Risk assessment, Particulate matter.

1. Research Center for Environmental Health Technology, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran, & Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

2. Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

3. Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

4. (**Corresponding author**) MSc Student in Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. mahtab.7071@yahoo.com



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-28 ]