ORIGINAL ARTICLE

Health Risk Assessment of Heavy Metals in Atmospheric PM_{10} in Kurdistan University of Medical Sciences Campus

Gilas Hosseini[1],
Pari Teymouri[1],
Omid Giahi[2],
Afshin Maleki[3]

[1] MSc in Environmental Health, Environmental Health Research Center, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran
[2] Associate Professor, Department of Occupational Helth, Environmental Health Research Center, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran
[3] Professor, Department of Environmental Health, Environmental Health Research Center, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran

(Received July 13, 2015 Accepted September 12, 2015)

Abstract

Background and purpose: In recent years, dust storms have affected many regions in Iran including Kurdistan province. Along with dust other pollutants such as heavy metals may also be transferred which pose a risk to human health. The purpose of this study was to determine heavy metals concentrations in atmospheric PM_{10} in Sanandaj, Iran and also assessing their health risk on the staff and students in Kurdistan University of Medical Sciences (KUMS).

Materials and methods: KUMS was chosen as the sampling site and the samples were taken every six days and also on dusty days. Omni air sampler was used to determine the concentration of heavy metals, including arsenic, cadmium, chromium, cobalt, zinc, iron, copper, manganese, and nickel in PM10, from April to September 2013. Health risk assessment of cancerous and noncancerous diseases caused by these heavy metals was carried out using the guideline of United States Environmental Protection Agency (USEPA) for three groups including the staff, students using KUMS accommodation and students resident in other places.

Results: The heavy metal with highest concentration was iron which was seen in both dusty and ordinary days. In dusty and ordinary days cadmium was found to have the least concentration in May and September, respectively. The overall risk of cancer for all the studied metals and for the three groups in dusty days was higher than non-dusty days (less than two per one million). Acute and chronic non-cancer risks of studied metals for the three studied groups were less than one.

Conclusion: According to the baseline values of cancerous and noncancerous risks provided by the USEPA, it seems that, during the investigation period, the studied metals do not increase the risk of cancer and non-cancer diseases among individuals working and studying in KUMS.

Keywords: Air pollution, particles matter, risk assessment, heavy metals

J Mazandaran Univ Med Sci 2015; 25(132): 136-146 (Persian).

Archive of SID

www.SID.ir

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و پنجم شماره ۱۳۲ دی سال ۱۳۹۴ (۱۴۶-۱۳۶)

ارزیابی ریسک بهداشتی ناشی از فلزات سنگین موجود در ذرات معلق در هوای محوطه دانشگاه علوم پزشکی کردستان

گیلاس حسینی[۱]
پری تیموری[۱]
امید گیاهی[۲]
افشین ملکی[۳]

چکیده

سابقه و هدف: رویدادهای گرد و غبار طی سال‌های اخیر مناطق زیادی از کشور ایران از جمله استان کردستان را تحت تاثیر قرار داده است. همراه با گرد و غبارها، آلاینده‌های مختلفی از جمله فلزات سنگین انتقال خواهند یافت و لذا می‌توانند یک خطر بالقوه برای سلامت انسان باشند. بنابراین، هدف از این مطالعه تعیین غلظت فلزات سنگین در ذرات معلق در اتمسفر شهر سنندج و ارزیابی ریسک بهداشتی این فلزات بر سلامتی کارمندان و دانشجویان دانشگاه علوم پزشکی کردستان است.

مواد و روش‌ها: محل نمونه‌برداری دانشگاه علوم پزشکی کردستان بود و نمونه‌ها به‌طور معمول هر شش روز یک بار و هم‌چنین در روزهای گرد و غباری با استفاده از دستگاه نمونه‌بردار هوا (Omni Air Sampler) به منظور تعیین غلظت فلزات سنگین شامل آرسنیک، کادمیوم، کروم، کبالت، روی، آهن، مس، منگنز و نیکل از فروردین تا شهریور ۱۳۹۲ برداشت شد. ارزیابی ریسک سلامت برای بیماری های سرطانی و غیر سرطانی ناشی از تنفس هوای آلوده به فلزات سنگین برای سه گروه کارمندان، دانشجویان خوابگاهی و غیر خوابگاهی با استفاده از دستورالعمل‌های سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا انجام گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بیش‌ترین غلظت فلزات چه در روزهای گردوغباری و چه غیر گردوغباری مربوط به فلز آهن و در تیر ماه بوده است. کم‌ترین غلظت فلزات در روزهای گرد و غباری مربوط به کادمیوم و در اردیبهشت بوده و هم‌چنین کم‌ترین میزان آن‌ها در روزهای غیر گردو غباری مربوط به کادمیوم و در شهریور بوده است. ریسک کلی سرطان برای تمام فلزات و برای هر سه گروه در روزهای گرد و غباری بیش‌تر از روزهای غیرگرد و غباری است و مقدار آن کم‌تر از دو نفر در هر یک میلیون نفر می‌باشد. میزان خطر کلی غیر سرطانی حاد و مزمن این فلزات نیز برای هر سه گروه کم‌تر از یک است.

استنتاج: مطابق مقادیر پایه ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، به نظر می‌رسد هیچ کدام از فلزات مذکور در خلال دوره بررسی باعث افزایش خطر بیماری‌های سرطانی و غیر سرطانی برای ساکنان دانشگاه علوم پزشکی کردستان نخواهند شد.

واژه های کلیدی: آلودگی هوا، ذرات معلق، ارزیابی ریسک، فلزات سنگین

مقدمه

کیفیت هوا در رابطه با بهداشت عمومی، محیط‌زیست و اقتصاد یک مسئله حائز اهمیت است. کیفیت پایین هوا در اثر آلودگی هوا می‌تواند خطر بزرگی برای محیط زیست باشد، هم‌چنین به پیشرفت بیماری‌های تنفسی،

مولف مسئول: افشین ملکی– سنندج، بلوار پاسداران، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کردستان Email: maleki43@yahoo.com
۱. کارشناس ارشد بهداشت محیط ، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران
۲. دانشیار، گروه طب کار، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران
۳. استاد، گروه بهداشت محیط، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران
تاریخ دریافت : ۱۳۹۴/۴/۲۲ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۳۹۴/۴/۲۹ تاریخ تصویب : ۱۳۹۴/۶/۲۱

Archive of SID
www.SID.ir

قلبی عروقی و سرطان ریه کمک کند. آلودگی هوا همچنین باعث کاهش طول عمر، افزایش هزینه‌های پزشکی و کاهش بهره‌وری اقتصادی می‌گردد(۳-۱). ذرات معلق یکی از آلاینده‌های اتمسفری هستند و اثرات سلامتی آن‌ها به عوامل مختلفی از قبیل اندازه، غلظت، ترکیب و سمیت آن‌ها بستگی دارد(۶-۴). ذرات معلق با قطر آئرودینامیکی کم‌تر از ۱۰ میکرون (Particulate matter smaller 10 µm) (PM_{10}) یکی از آلاینده‌های معیار بوده که در زمینه اثرات بهداشتی ناشی از ذرات ریز در هوا استفاده می‌گردند(۷). اگرچه آئروسل‌های فلزدار بخش کوچکی از جرم PM_{10} را تشکیل می‌دهند، اما غلظت‌های بیش از حد و یا مواجه طولانی مدت با آن‌ها می‌تواند باعث اثرات سمی شدیدی بر روی انسان و محیط زیست گردد. بنابراین، اندازه‌گیری غلظت فلزات در ذرات قابل استنشاق جهت تعیین اثرات بالقوه آن‌ها مهم می‌باشد(۸،۳،۱). آئروسل‌های فلزدار در اتمسفر محیطی به وسیله منابع مختلف مصنوعی و طبیعی تولید می‌شوند. احتراق سوخت‌های فسیلی و چوب، انتشار از اگزوز وسایل نقلیه، فعالیت‌های صنعتی، تولید انرژی، ساخت و ساز و سوزاندن زباله‌ها به عنوان منابع شناخته شده مصنوعی هستند، در حالی که فعالیت‌های آتشفشانی، گرد و غبارها و مواد معدنی پوسته‌ای، آتش‌سوزی جنگل‌ها و اسپری نمک دریاها و اقیانوس‌ها از جمله منابع طبیعی آن‌ها محسوب می‌شوند(۱۰،۹،۳). حضور فلزات سنگین در هوا نه تنها سلامتی انسان‌ها را تهدید می‌کند بلکه ساختار اکوسیستم را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. فلزات سنگین در بدن متابولیزه نمی‌شوند و قابلیت تجمع در بافت‌هایی همچون چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل را دارند که این امر موجب بروز بیماری‌های مختلفی در بدن می‌گردد(۱۱). ساتورنیسم (مسمومیت ناشی از سرب)، مرکوریالیسم (مسمومیت ناشی از جیوه)، بیماری آلزایمر و سرطان از جمله این بیماری‌ها هستند(۱۳،۱۲). از سوی دیگر، فلزات سنگین خاصیت تجمع زیستی در گیاهان و جانوران را دارند و می‌توانند وارد زنجیره غذایی شده و تاثیرات مخرب زیادی ایجاد کنند(۱۲). ارزیابی ریسک سلامت به عنوان ابزاری برای سنجش و ارزیابی پیامدهای سلامتی(پیامدهای سرطانی و غیرسرطانی) حاصل از تماس با عوامل خطر (هم‌چون آلاینده‌های شیمیایی، فلزات سنگین و غیره) و همچنین به‌عنوان اساسی برای توسعه استراتژی‌های مدیریت ریسک می‌باشد. در سال‌های اخیر مقادیر زیادی گردوغبار از طریق کشورهای عربستان، کویت و خصوصا مرزهای عراق به ایران و از جمله استان کردستان (شهر سنندج) وارد شده است. بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی (WHO[1]) در سال ۱۳۹۲ سنندج سومین شهر آلوده جهان از لحاظ آلاینده PM_{10} بوده است(۱۴). در مطالعه‌ای که رجبی و همکاران در سال‌های ۹۲-۹۱ در شهر سنندج انجام دادند مشاهده کردند که بیش‌ترین میزان ذرات گرد و غبار در شهر سنندج مربوط به خرداد ماه و همچنین بیش‌ترین مقادیر اندازه‌گیری شده فلزات سنگین مربوط به آهن بوده است(۱۵). مطالعه احمدی و همکاران نیز در سال‌های ۹۱-۸۸ در شهر سنندج نشان داد که غلظت PM_{10} در ماه‌های بهار و اوایل تابستان نسبت به ماه‌های دیگر بیش‌تر بوده است(۱۴). در سایر مطالعات نیز مشخص شد که ذرات معلق واجد ترکیبات مختلفی از جمله فلزات سنگین بوده است(۱۸-۱۶). لذا هدف از این مطالعه پایش میزان PM_{10} در هوای محوطه دانشگاه علوم پزشکی شهر سنندج و هم‌چنین ارزیابی ریسک سلامت و تخمین میزان ابتلا به بیماری‌های سرطانی و غیرسرطانی ناشی از فلزات سنگین در کارمندان و دانشجویان این دانشگاه می‌باشد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش یک مطالعه توصیفی تحلیلی است که در شهر سنندج مرکز استان کردستان انجام شده است. محل نمونه‌برداری پشت‌بام دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کردستان بود و نمونه‌ها از فاصله ۱۰ متری از

1- World Health Organization

Archive of SID

www.SID.ir

سطح زمین گرفته شدند. محل قرارگیری دستگاه نمونه‌بردار و ارتفاع آن از سطح پشت‌بام طبق اصول استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست امریکا تعیین شد(۱۹).

نمونه‌برداری PM_{10} و آنالیز فلزات

غلظت ذرات PM_{10} با استفاده از یک دستگاه نمونه‌بردار با حجم پایین[۲] با میزان جریان ۵ لیتر در دقیقه با استفاده از فیلتر پلی‌تترافلورواتیلن[۳] با قطر ۴۷ میلی‌متر و اندازه خلل و فرج ۲ میلی‌متر ساخت شرکت SKC اندازه‌گیری گردید. نمونه‌ها با توجه به رهنمود سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا و امکانات در دسترس هر ۶ روز یک بار(۲۰) در طول یک دوره۲۴ ساعته از فروردین تا شهریور ۱۳۹۲ به تعداد ۲۸ نمونه جمع‌آوری شدند. علاوه بر آن، در روزهای گرد و غباری نیز به طور جداگانه نمونه‌برداری انجام گردید. نمونه‌برداری در روزهای گرد و غباری، به علت محدود بودن امکانات و در دسترس نبودن نمونه‌بردارهای پرتابل، بر اساس پیش‌بینی‌های هفتگی سازمان هواشناسی انجام گردید و در روزهایی که از طرف سازمان مربوطه هوا گرد و غباری اعلام می‌گردید نمونه‌برداری انجام شد و تعداد ۲۵ نمونه نیز به این ترتیب برداشت شد. از ۵۳ نمونه گرفته شده، ۴۴ نمونه غیر گرد و غباری (غلظت‌های PM_{10} کم‌تر از ۲۵۰ میکروگرم در متر مکعب) و ۹ نمونه گردوغباری (غلظت‌های PM_{10} بیش‌تر از ۲۵۰ میکروگرم در متر مکعب) بود(۲۱). جهت تعیین فلزات نصف فیلتر به قطعات خیلی ریز خرد و در داخل بمب تفلونی ریخته شد و سپس ۳ میلی‌لیتر اسید نیتریک، ۱ میلی‌لیتر اسید پرکلرات و ۰/۱ میلی‌لیتر اسید هیدرو فلوئوریک به آن اضافه و به مدت ۴ ساعت در دمای ۱۷۰ درجه سیلسیوس در داخل فور قرار گرفت. پس از سرد شدن، محلول بر روی هیتر در دمای ۹۵ درجه سیلسیوس خشک و ۱ میلی‌لیتر اسید کلریدریک به آن افزوده و سپس به وسیله آب مقطر دو بار تقطیر شده به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد(۲۳،۲۲). سپس محلول از فیلترهای واتمن عبور داده شد و در داخل ظروف پلاستیکی در دمای ۴ درجه سیلسیوس در یخچال تا زمانی که قرائت فلزات انجام گیرد نگهداری گردید. غلظت فلزات سنگین شامل آرسنیک، کادمیوم، کروم، کبالت، آهن، روی، مس، منگنز و نیکل با استفاده از دستگاه ICP-AES[۴] مدل آرکوز، ساخت کشور آلمان، در آزمایشگاه آنالیز دستگاهی گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران تعیین گردید.

ارزیابی ریسک سلامت

در رابطه با مواد سرطان زا 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)[۵] است و واحد آن بر اساس هر میلی‌گرم از ماده شیمیایی به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز بیان می‌شود. به منظور بررسی خطرات استنشاق مواد سرطان‌زا، طبق پیشنهاد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا و دیگر سازمان های نظارتی، از فاکتور شیب جهت توسعه فاکتور ریسک واحد (URF)[۶] استفاده شد. فاکتور ریسک واحد مقدار سمیت مورد استفاده برای مواد سرطان‌زا است که خطر افزایش یافته ابتلا به سرطان را تخمین می‌زند و با غلظت مواد شیمیایی موجود در هوایی که استنشاق می‌گردد مرتبط است. برای تخمین اثرات استنشاق مواد غیر سرطان‌زا از داده دوز- پاسخ به منظور توسعه غلظت‌های مرجع (RFC_S)[۷] برای مواجهه بلند مدت (مزمن) و کوتاه مدت (حاد) استفاده می‌گردد(۲۴). بدین منظور برای ارزیابی ریسک سلامت چهار مرحله انجام گردید(۲۴،۱۱). اولین مرحله شامل شناسایی خطر به منظور تعیین تمام آلاینده‌هایی است که انتظار می‌رود به طور بالقوه از

1- FRM OMNI^{TM} Air Sampler, multi-cut inlet; BGI, Inc., USA
2- Poly Tetra Fluoro Ethylene
3- Inductivity Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry
4- Slope Factor
5- Unit Risk Factor
6- Reference Concentrations

Archive of SID
www.SID.ir

منابع مختلف انتشار یابند و ایجاد خطر نمایند. لذا در این مطالعه فلزات آرسنیک، کادمیوم، کروم، کبالت، آهن، روی، مس، منگنز و نیکل مد نظر قرار گرفتند. مرحله دوم شامل ارزیابی دوز- پاسخ است که طی آن ارتباط بین غلظت فلزات سنگین در هوای تنفسی شهر سنندج در دانشگاه علوم پزشکی کردستان و میزان تاثیر آن در سلامت انسان‌ها مشخص می گردد. سومین مرحله ارزیابی مواجهه و مقدار تماس است. معمولا در ارزیابی‌های ریسک، اغلب مواجهه‌های فردی برای یک دوره زندگی ۷۰ ساله در نظر گرفته می‌شود. در این مرحله فرض بر این است که متوسط وزن بدن برای بزرگسالان ۷۰ و برای بچه‌ها ۲۵ کیلوگرم است و میزان هوای تنفسی برای یک بزرگسال ۲۰ متر مکعب در روز می‌باشد. در این مطالعه، ارزیابی ریسک فلزات سنگین بر روی سلامت دانشجویان و کارمندان دانشگاه علوم‌پزشکی کردستان صورت پذیرفت. بر طبق دستورالعمل‌های سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا سال‌های کاری برای کارمندان ۵ تا ۲۵ سال می‌باشد(۲۵) که در این تحقیق به طور متوسط ۱۵ سال در نظر گرفته شد. افراد مورد مطالعه شامل چند گروه با ویژگی‌های خاص بودند. برای گروه کارمندان (گروه۱) ۸ ساعت در روز، ۵ روز در هفته و ۲۰۰ روز در سال لحاظ گردید. دانشجویان در این تحقیق به دو دسته تقسیم‌بندی شدند. دسته اول دانشجویانی که محل سکونتشان در خوابگاه‌های واقع در پردیس دانشگاه علوم پزشکی کردستان بود و زمان تماس برای آن‌ها ۲۴ ساعت در روز، ۵ روز در هفته و ۱۸۰ روز در سال بوده است (گروه۲). دسته دوم دانشجویان غیرخوابگاهی بودند که زمان مواجهه برای آن ها ۸ ساعت در روز، ۵ روز در هفته و ۱۸۰ روز در سال بوده است (گروه۳). برمبنای آمار گرفته شده از دانشگاه علوم پزشکی کردستان تعداد کارمندان ۳۰۰، دانشجویان خوابگاهی ۱۳۸۷ و دانشجویان غیر خوابگاهی ۶۴۹ نفر بود. نهایتاً چهارمین مرحله محاسبه ریسک است. در این مرحله برای هر کدام از گروه‌های کارمندان و دانشجویان محاسبه ریسک انجام گرفت. ریسک سرطان (با استفاده از فاکتور ریسک واحد) و میزان خطر غیرسرطانی (با کمک غلظت‌های مرجع) محاسبه گردید. معادله ۱ رابطه تعیین ریسک سرطان و معادله ۲ رابطه تعیین غلظت مواجهه برای کارمندان و دانشجویان را نشان می‌دهد(۲۵):

معادله ۱: $\text{Cancer risk} = IUR \times EC$

معادله۲: $EC = (CA \times ET \times EF \times ED)/AT$

در معادله ۱، IUR[8] واحد ریسک تنفسی بر حسب معکوس میکروگرم در مترمکعب و EC[9] غلظت مواجهه بر حسب میکروگرم در مترمکعب می باشد. در معادله ۲ نیز CA[10] غلظت آلاینده در هوا بر حسب میکروگرم در متر مکعب، ET[11] زمان مواجهه بر حسب ساعت در روز، EF[12] تناوب مواجهه بر حسب روز در سال، AT[13] متوسط طول عمر و ED[14] طول زمان مواجهه بر حسب سال می‌باشد. به‌همین ترتیب اثرات غیر سرطانی فلزات برای کارمندان و دانشجویان به دو دسته اثرات حاد و مزمن طبقه‌بندی گردید و میزان خطر آن با استفاده از معادله ۳ محاسبه شد(۲۵):

معادله ۳: $HQ = EC/(Toxicity\ value \times 1000\ \mu g/mg)$

در معادله ۳، HQ[15] میزان خطر می‌باشد.

نهایتاً از نسخه ۱۶ نرم افزار SPSS و آزمون t برای مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در روزهای گرد و غباری و غیر گرد و غباری استفاده شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده گردید.

یافته ها

نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت‌های PM_{10} و آنالیز فلزات سنگین در ماه‌های فروردین تا شهریور در جداول شماره ۱ و ۲ به ترتیب ارائه شده‌اند. میانگین شش ماهه اول غلظت PM_{10} برابر با ۱۶۰/۶۳ میکروگرم در

1- Inhalation Unit Risk
2- Exposure Concentration
3- Contaminant Concentration in Air
4- Exposure Time
5- Exposure Frequency
6- Averaging Time
7- Exposure Duration
8- Hazard Quotient

Archive of SID

www.SID.ir

جدول شماره ۱: مقادیر غلظت‌های ماهانه ذرات کوچکتر و مساوی ده میکرون (PM_{10}) در شش ماهه اول سال ۱۳۹۲ در سنندج ($\mu g/m^3$)

	ماه	تعداد نمونه	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار
PM_{10}	فروردین	۶	۱۴۶/۳۷	۹۷/۵۶	۱۸۳/۰۲	۲۸/۴۲
	اردیبهشت	۸	۱۰۴/۴۰	۳۱/۱۴	۳۲۹/۱۸	۱۱۰/۷
	خرداد	۲۰	۲۷۳/۴۹	۸۵/۰۴	۸۳۷/۱۲	۲۱۴/۶۸
	تیر	۹	۹۰/۷۴	۳۷/۸۰	۱۵۶/۵۲	۴۳/۴۷
	مرداد	۵	۶۴/۹۲	۳۴/۴۸	۱۳۳/۷۷	۴۱/۰۶
	شهریور	۵	۳۷/۷۵	۳۳/۴۴	۵۱/۹۹	۷/۹۸
	کل	۵۳	۱۶۰/۶۳	۳۱/۱۴	۸۳۷/۱۲	۱۶۶/۰۷

متر مکعب بوده است. ماه‌های خرداد و فروردین نسبت به سایر ماه‌ها دارای غلظت‌های بالاتری از ذرات PM_{10} بودند. غلظت فلزات سنگین در هوای شهر سنندج و در دانشگاه علوم پزشکی کردستان در روزهای گرد و غباری نسبت به روزهای غیر گرد و غباری بیش‌تر بوده است. روند غلظت فلزات سنگین در روزهای گرد و غباری به صورت کادمیوم< منگنز< نیکل< مس< آرسنیک<کروم<کبالت< روی< آهن بوده است در حالی که در روزهای غیر گرد و غباری از روند کادمیوم< منگنز< کبالت< روی< نیکل< مس< کروم< آرسنیک< آهن پیروی کرده است. مقایسه غلظت فلزات نشان داد که برای کلیه فلزات به استثنای آرسنیک و مس، در روزهای گرد و غباری و غیر گرد و غباری، میزان p کم‌تر از ۰/۰۵ بوده است که این به معنای وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد. مسیرهایی که آلاینده‌های موجود در گرد و غبارها می‌توانند از طریق آن‌ها وارد بدن انسان شوند شامل مسیرهای بلع، جذب از طریق پوست و یا استنشاق از دهان و بینی می‌باشند. در مطالعه حاضر مسیر تنفسی مورد بررسی قرار گرفته است. جهت محاسبه غلظت فلزات انتقال یافته به بدن و محاسبه ارزیابی ریسک سرطان و غیر سرطانی (حاد و مزمن) ناشی از آن‌ها از غلظت‌های راهنما که در جدول شماره ۳ ارائه شده‌اند استفاده شده است. جدول شماره ۴ ریسک سرطان ناشی از مواجهه تنفسی برای فلزات سنگین را نشان می‌دهد. در جداول شماره ۵ و ۶ میزان خطر غیر سرطانی حاد و مزمن ناشی از مواجهه تنفسی به ترتیب ذکر شده‌اند.

جدول شماره ۳: غلظت های راهنما (URF) برای ارزیابی ریسک سرطان و غلظت های مرجع (RfC) برای ارزیابی میزان خطر غیر سرطانی برخی از فلزات سنگین ناشی از مواجهه های تنفسی طبق دستورالعمل دفتر زیست محیطی وزارت نیروی آمریکا (۲۳)

نوع فلز	غلظت مرجع مزمن ($\mu g/m^3$)	غلظت مرجع حاد ($\mu g/m^3$)	غلظت ($\mu g/m^3)^{-1}$
آرسنیک	۰/۰۱۵	۰/۲	$۴/۳\times۱۰^{-۳}$
کادمیوم	۰/۰۱	۰/۰۳	$۴/۲\times۱۰^{-۳}$
کروم	۰/۱	-	$۱/۲\times۱۰^{-۲}$
کبالت	۰/۰۰۶	-	$۹/۰\times۱۰^{-۳}$
مس	-	۱۰۰	-
آهن	-	-	-
روی	-	-	-
منگنز	۰/۰۵	۰/۱۷	-
نیکل	۰/۰۰۹	۶	$۲/۴\times۱۰^{-۴}$

جدول شماره ۲: تغییرات غلظت فلزات آرسنیک، کادمیوم، کرم، کبالت، مس، آهن، روی، منگنز و نیکل در ماه های مختلف (ng/m^3)

	فلز	نیکل	منگنز	روی	آهن	مس	کبالت	کروم	کادمیوم	آرسنیک
فروردین	روز غیر گرد و غباری	۰/۰۲۳	۰/۰۰۳	۰/۰۴۳	۰/۹۶۳	۰/۱۹۶	۰/۰۲۳	۰/۰۲۳	۰/۰۰۶	۰/۱۱۳
	روز گرد و غباری	۰/۰۷۴	۰/۰۲	۰/۸	۲/۹۵۳	۰/۲۱	۰/۰۴۱	۰/۱۹	۰/۰۱۱	۰/۱۵۶
اردیبهشت	روز غیر گرد و غباری	۰/۰۶۳	۰/۰۰۶	۰/۰۵۸	۲/۴۳	۰/۰۹۷	۰/۰۲۹	۰/۰۸۳	۰/۰۰۶	۰/۱۵۹
	روز گرد و غباری	۰/۱۱۹	۰/۰۲۳	۰/۰۹۸	۵/۳	۰/۱۱۵	۰/۰۵۴	۰/۲۴۳	۰/۰۱۸	۰/۱۹۹
خرداد	روز غیر گرد و غباری	۰/۰۸۳	۰/۰۱۳	۰/۰۵۵	۴/۴۷	۰/۰۵۵	۰/۰۳۴	۰/۱۸۴	۰/۰۰۶	۰/۲۲۵
	روز گرد و غباری	۰/۱۳۹	۰/۰۳	۰/۰۸۹	۶/۹۰۵	۰/۰۶۵	۰/۶	۰/۳۵۸	۰/۰۱۶	۰/۲۷۱
تیر	روز غیر گرد و غباری	۰/۰۹۶	۰/۰۱۷	۰/۰۶۵	۵/۸۷	۰/۰۴۸	۰/۰۴۱	۰/۱۹۹	۰/۰۰۶	۰/۲۴۳
	روز گرد و غباری	۰/۱۵۲	۰/۰۳۴	۰/۱۰۲	۸/۳۵۲	۰/۰۶	۰/۷	۰/۳۶۸	۰/۰۱۶	۰/۲۸۸
مرداد	روز غیر گرد و غباری	۰/۰۸۶	۰/۰۱۳	۰/۰۳۱	۴/۱	۰/۰۶۲	۰/۰۳۴	۰/۱۶۶	۰/۰۰۶	۰/۲۲۴
	روز گرد و غباری	۰/۱۳۷	۰/۰۳	۰/۰۶۸	۶/۴۸	۰/۰۷۸	۰/۰۵۴	۰/۳۳۱	۰/۰۱۷	۰/۲۶۵
شهریور	روز غیر گرد و غباری	۰/۰۵۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۹	۲/۷۴	۰/۰۵۲	۰/۰۲۵	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰/۱۲۸
	روز گرد و غباری	۰/۰۹۳	۰/۰۱۹	۰/۱۲۷	۵/۱۷	۰/۰۶۶	۰/۰۴۵	۰/۱۱۲	۰/۰۱۲	۰/۱۷۱

Archive of SID
www.SID.ir

جدول شماره ۴: ریسک سرطان ناشی از مواجهه تنفسی برای فلزات سنگین موجود در هوای شهر سنندج

		نیکل	منگنز	روی	آهن	مس	کبالت	کروم	کادمیوم	آرسنیک
ریسک سرطان گروه ۱	روز غیر گرد و غباری	۳×۱۰^{-۹}	–	–	–	–	$۵/۷\times۱۰^{-۸}$	$۲/۴۶\times۱۰^{-۷}$	۴×۱۰^{-۹}	$۱/۶\times۱۰^{-۷}$
	روز گرد و غباری	۵×۱۰^{-۹}	–	–	–	–	$۹/۹\times۱۰^{-۸}$	$۶/۵۸\times۱۰^{-۷}$	$۱/۲\times۱۰^{-۸}$	$۱/۹۸\times۱۰^{-۷}$
ریسک سرطان گروه ۲	روز غیر گرد و غباری	$۴/۵۷\times۱۰^{-۱۰}$	–	–	–	–	۷×۱۰^{-۹}	$۳/۳\times۱۰^{-۸}$	$۵/۷\times۱۰^{-۱۰}$	$۲/۱\times۱۰^{-۸}$
	روز گرد و غباری	$۵/۷۱\times۱۰^{-۱۰}$	–	–	–	–	$۱/۳\times۱۰^{-۸}$	۹×۱۰^{-۸}	۱×۱۰^{-۹}	$۲/۶\times۱۰^{-۸}$
ریسک سرطان گروه ۳	روز غیر گرد و غباری	۸×۱۰^{-۱۰}	–	–	–	–	$۱/۳\times۱۰^{-۸}$	$۵/۹\times۱۰^{-۸}$	۱×۱۰^{-۹}	$۳/۸\times۱۰^{-۸}$
	روز گرد و غباری	۱×۱۰^{-۹}	–	–	–	–	$۲/۳\times۱۰^{-۸}$	$۱/۵۸\times۱۰^{-۷}$	۳×۱۰^{-۹}	$۴/۷\times۱۰^{-۸}$
جمع سه گروه	روز غیر گرد و غباری	$۴/۲۵\times۱۰^{-۹}$	–	–	–	–	$۷/۷\times۱۰^{-۸}$	$۳/۳\times۱۰^{-۷}$	۵×۱۰^{-۹}	$۲/۱۹\times۱۰^{-۷}$
	روز گرد و غباری	$۶/۵۷\times۱۰^{-۹}$	–	–	–	–	$۱/۳\times۱۰^{-۷}$	$۹/۰۶\times۱۰^{-۷}$	$۱/۶\times۱۰^{-۸}$	$۲/۷۱\times۱۰^{-۷}$
جمع کل	روز غیر گرد و غباری					$۰/۶۳\times۱۰^{-۶}$				
	روز گرد و غباری					$۱/۳۲\times۱۰^{-۶}$				

جدول شماره ۵: میزان خطر غیر سرطانی حاد ناشی از مواجهه تنفسی برای فلزات سنگین موجود در هوای شهر سنندج

		نیکل	منگنز	روی	آهن	مس	کبالت	کروم	کادمیوم	آرسنیک
میزان خطر حاد گروه ۱	روز غیر گرد و غباری	$۱/۱۳\times۱۰^{-۵}$	$۵/۲۹\times۱۰^{-۵}$	–	–	$۸/۵\times۱۰^{-۷}$	–	–	$۱/۶\times۱۰^{-۴}$	$۹/۱\times۱۰^{-۴}$
	روز گرد و غباری	$۱/۹\times۱۰^{-۵}$	$۵/۲\times۱۰^{-۴}$	–	–	$۹/۹\times۱۰^{-۷}$	–	–	۵×۱۰^{-۴}	$۱/۱۲\times۱۰^{-۳}$
میزان خطر حاد گروه ۲	روز غیر گرد و غباری	$۱/۱۳\times۱۰^{-۵}$	$۵/۲۹\times۱۰^{-۵}$	–	–	$۸/۵\times۱۰^{-۷}$	–	–	$۱/۶\times۱۰^{-۴}$	$۹/۱\times۱۰^{-۴}$
	روز گرد و غباری	$۱/۹\times۱۰^{-۵}$	$۵/۲\times۱۰^{-۴}$	–	–	$۹/۹\times۱۰^{-۷}$	–	–	۵×۱۰^{-۴}	$۱/۱۲\times۱۰^{-۳}$
میزان خطر حاد گروه ۳	روز غیر گرد و غباری	$۱/۱۳\times۱۰^{-۵}$	$۵/۲۹\times۱۰^{-۵}$	–	–	$۸/۵\times۱۰^{-۷}$	–	–	$۱/۶\times۱۰^{-۴}$	$۹/۱\times۱۰^{-۴}$
	روز گرد و غباری	$۱/۹\times۱۰^{-۵}$	$۵/۲\times۱۰^{-۴}$	–	–	$۹/۹\times۱۰^{-۷}$	–	–	۵×۱۰^{-۴}	$۱/۱۲\times۱۰^{-۳}$
میزان خطر حاد کل	روز غیر گرد و غباری	$۳/۳۹\times۱۰^{-۵}$	$۱/۵۸\times۱۰^{-۳}$	–	–	$۲/۵۵\times۱۰^{-۶}$	–	–	$۴/۸\times۱۰^{-۴}$	$۲/۷۳\times۱۰^{-۳}$
	روز گرد و غباری	$۵/۷\times۱۰^{-۵}$	$۱/۵۶\times۱۰^{-۳}$	–	–	$۲/۹۷\times۱۰^{-۶}$	–	–	$۱/۵\times۱۰^{-۳}$	$۳/۳۶\times۱۰^{-۳}$

جدول شماره ۶: میزان خطر غیر سرطانی مزمن ناشی از مواجهه تنفسی برای فلزات سنگین موجود در هوای شهر سنندج

		نیکل	منگنز	روی	آهن	مس	کبالت	کروم	کادمیوم	آرسنیک
میزان خطر مزمن گروه ۱	روز غیر گرد و غباری	$۷/۲\times۱۰^{-۳}$	$۱/۷۲\times۱۰^{-۴}$	–	–	–	$۴/۹\times۱۰^{-۳}$	$۹/۵\times۱۰^{-۴}$	$۴/۷\times۱۰^{-۴}$	$۱/۱\times۱۰^{-۲}$
	روز گرد و غباری	$۱/۲\times۱۰^{-۳}$	$۴/۹\times۱۰^{-۴}$	–	–	–	$۸/۶\times۱۰^{-۳}$	$۲/۵\times۱۰^{-۳}$	$۱/۴\times۱۰^{-۳}$	$۱/۴\times۱۰^{-۲}$
میزان خطر مزمن گروه۲	روز غیر گرد و غباری	$۳/۷\times۱۰^{-۳}$	$۸/۸\times۱۰^{-۵}$	–	–	–	$۲/۵\times۱۰^{-۳}$	$۴/۹\times۱۰^{-۴}$	$۲/۴\times۱۰^{-۴}$	$۵/۹\times۱۰^{-۳}$
	روز گرد و غباری	$۶/۵\times۱۰^{-۳}$	$۲/۵\times۱۰^{-۴}$	–	–	–	$۴/۴\times۱۰^{-۳}$	$۱/۳\times۱۰^{-۳}$	$۷/۳\times۱۰^{-۴}$	$۷/۳\times۱۰^{-۳}$
میزان خطر مزمن گروه۳	روز غیر گرد و غباری	$۶/۵\times۱۰^{-۳}$	$۱/۵\times۱۰^{-۴}$	–	–	–	$۴/۴\times۱۰^{-۳}$	$۸/۶\times۱۰^{-۴}$	$۴/۳\times۱۰^{-۴}$	۱×۱۰^{-۲}
	روز گرد و غباری	$۱/۱\times۱۰^{-۲}$	$۴/۴\times۱۰^{-۴}$	–	–	–	$۷/۷\times۱۰^{-۳}$	$۲/۳\times۱۰^{-۳}$	$۱/۲۹\times۱۰^{-۳}$	$۱/۲\times۱۰^{-۲}$
میزان خطر مزمن کل	روز غیر گرد و غباری	$۱/۷\times۱۰^{-۲}$	$۴/۱\times۱۰^{-۴}$	–	–	–	$۱/۱\times۱۰^{-۲}$	$۲/۳\times۱۰^{-۳}$	$۱/۱۴\times۱۰^{-۳}$	$۲/۶\times۱۰^{-۲}$
	روز گرد و غباری	$۱/۸\times۱۰^{-۲}$	$۱/۱۸\times۱۰^{-۳}$	–	–	–	۲×۱۰^{-۲}	$۶/۱\times۱۰^{-۳}$	$۳/۴۲\times۱۰^{-۳}$	$۳/۳\times۱۰^{-۲}$

بحث

با توجه به نتایج حاصل بالا بودن غلظت فلزات در روزهای گرد و غباری نسبت به روزهای غیر گرد و غباری می‌تواند ناشی از فلزات موجود در منبع گرد و غباری و یا ناشی از مسیر انتقالی باشد که ذرات گرد و غبار طی کرده‌اند(۲۷،۲۶). غلظت PM_{10} و اغلب فلزات در ماه‌های خرداد و تیر نسبت به سایر ماه‌ها بیش‌تر بوده است. این امر می‌تواند ناشی از وقوع رویدادهای گرد و غباری در خاورمیانه و تحت تاثیر قرار دادن هوای منطقه و یا ناشی از بادهای محلی در این ماه‌ها باشد که عوامل ذکر شده می‌توانند افزایش غلظت PM_{10} و آلاینده‌ها در شهر سنندج را در پی داشته باشند. نتایج این مطالعه در راستای نتایج مطالعه شاهسونی و همکاران (۲۰۱۲) می‌باشد(۲۱). بین غلظت تمامی فلزات به استثنای آرسنیک و مس در روزهای گردوغباری و غیرگردوغباری رابطه معنی‌داری وجود دارد ($p<۰/۰۵$). نبودن رابطه‌ای معنی‌دار بین این دو فلز می‌تواند ناشی از بالا بودن غلظت این فلزات در هوای شهر سنندج و یا ناشی از پایین بودن غلظت آن‌ها در منبع گرد و غباری و یا مسیر انتقال باشد. در مجموع، وقوع این حالت‌ها باعث می‌شود که غلظت این فلزات در روزهای گرد و غباری نسبت به روزهای غیر گرد و غباری تغییرات زیادی نداشته باشد. در رابطه با ریسک

Archive of SID

www.SID.ir

سرطان سه حالت می‌تواند وجود داشته باشد. اگر ریسک سرطان کم‌تر از ۱×۱۰^{-۶} باشد خطر ناشی از مواد سرطان زا ناچیز تلقی می‌گردد، اما اگر ریسک سرطان بین ۱×۱۰^{-۶} تا ۱۰۰×۱۰^{-۶} باشد، بررسی مورد به مورد توسط کمیته مدیریت ریسک ضرورت پیدا می‌کند. در صورتی که ریسک سرطان بیش‌تر از ۱۰۰×۱۰^{-۶} باشد، خطر ناچیز تلقی نمی‌گردد و لذا غیر قابل قبول می‌باشد(۲۴). بر طبق نتایج حاصل از جدول شماره ۴ ریسک سرطان هر یک از فلزات سنگین در هر سه گروه در روزهای گرد و غباری و هم‌چنین غیر گرد و غباری کم‌تر از یک در میلیون بوده است. بنابراین، خطر ناشی از این آلاینده‌ها ناچیز می‌باشد. ترتیب ریسک سرطان ناشی از فلزات در هر سه گروه و در روزهای گردوغباری به‌صورت نیکل<کادمیوم<کبالت<آرسنیک<کروم بوده است. در مطالعه Jing و همکاران (۲۰۰۹) بر روی ارزیابی ریسک سلامتی فلزات سنگین، ریسک سرطان کمتر از یک در میلیون گزارش شد که بیانگر این مسئله بود که اثرات مضر مواجهه با فلزات کم می‌باشد. در این مطالعه هم‌چنین ترتیب ریسک سرطانی به صورت کادمیوم<نیکل<کروم بوده است(۲۸). براساس مطالعه Maa و همکاران (۲۰۱۲) نیز ریسک سرطان فلزات سرب، روی، مس و کادمیوم در بزرگسالان در اثر استنشاق آن‌ها کم‌تر از مقادیر آستانه بوده و از نظر سرطان زایی خطری ایجاد نمی‌کنند. Zheng و همکاران (۲۰۱۵) نیز نتایج مشابهی را در رابطه با ریسک سرطان ناشی از جیوه گزارش کرده‌اند(۳۰،۲۹). ریسک سرطان ناشی از کل فلزات در روزهای غیر گرد و غباری و گرد و غباری برای هر یک از گروه‌ها کم‌تر از یک در میلیون بوده است، لذا این فلزات نمی‌توانند باعث افزایش ریسک سرطان برای ساکنان دانشگاه علوم پزشکی کردستان گردند. ریسک کلی برای تمام فلزات و برای هر سه گروه در روزهای گرد و غباری بیش‌تر از روزهای غیر گرد و غباری بوده و مقدار آن کم‌تر از دو نفر در یک میلیون نفر می‌باشد که نشان‌دهنده شرایط خطرناک نمی‌باشد. بر اساس مطالعه نورپور و همکاران (۲۰۱۴) تعداد کل ابتلا به سرطان طی عمر افراد در اثر استنشاق فلزات سنگین در خیابان انقلاب تهران کم‌تر از ۵۳ نفر در هر یک میلیون نفر بوده است و بنابراین شرایط خطرناک نمی‌باشد(۳۱). میزان خطر غیر سرطانی آلاینده‌ها می‌تواند به دو صورت حاد و مزمن باشد که برای هر کدام از آن‌ها میزان خطر دو حالت خواهد داشت. در صورتی که میزان خطر کم‌تر از یک باشد، خطر ناچیز تلقی می‌گردد اما اگر میزان خطر بزرگ‌تر از یک باشد، بررسی مورد به مورد توسط کمیته مدیریت ریسک ضرورت پیدا می‌کند(۲۴). نتایج جداول شماره ۵ و ۶ بیانگر این است که میزان خطر هر کدام از فلزات سنگین در هر سه گروه چه در روزهای گرد و غباری و چه غیر گرد و غباری کم‌تر از یک بوده است، بنابراین فلزات مذکور نمی‌توانند مشکلات اضافی در هوای منطقه ایجاد نمایند. نتیجه این بخش از مطالعه در راستای نتایج مطالعات دیگر از جمله Maa و Singhirunnusorn (۲۰۱۲) و نیز Ferreira-Baptista و De Miguel (۲۰۰۵) است (۳۲،۲۹). هم‌چنین میزان خطر ناشی از کل فلزات در روزهای غیر گرد و غباری و گرد و غباری برای هر یک از گروه‌ها کم‌تر از یک بوده و خطر آن ها ناچیز می‌باشد. ریسک کلی برای تمام فلزات و برای هر سه گروه در روزهای گرد و غباری و غیر گرد و غباری نیز کم‌تر از یک بوده و مجموع این فلزات هم نمی‌توانند برای ساکنان دانشگاه علوم پزشکی کردستان مشکل ساز باشند. نتیجه این بخش از مطالعه در راستای نتایج مطالعات نورپور و همکاران می‌باشد(۳۱).

به عنوان یک نتیجه گیری کلی باید بیان داشت که غلظت تمامی فلزات در روزهای گرد و غباری بیش‌تر از روزهای غیر گرد و غباری بوده است و این امر می‌تواند به علت فلزات موجود در منبع گرد و غباری و یا ناشی از مسیر انتقالی باشد که گرد و غبارها طی می‌کنند. غلظت اغلب فلزات در ماه‌های خرداد و تیر نسبت به سایر ماه‌ها بیش‌تر بوده است. ریسک کلی

Archive of SID
www.SID.ir

سرطان برای تمام فلزات و برای گروه‌های کارمندان، دانشجویان خوابگاهی و غیر خوابگاهی دانشگاه علوم پزشکی کردستان در روزهای گرد و غباری بیش‌تر از روزهای غیر گرد و غباری بوده و مقدار آن کم‌تر از دو نفر در هر میلیون نفر بوده است و این امر بیانگر این مسئله است که این فلزات نمی‌توانند باعث افزایش ریسک سرطان برای کارمندان و دانشجویان دانشگاه علوم پزشکی کردستان گردند. میزان خطر کلی غیرسرطانی حاد و مزمن این فلزات نیز برای هر سه گروه کم‌تر از یک بوده و بنابراین فلزات مذکور نمی‌توانند مشکلات اضافی در هوای منطقه ایجاد نمایند.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد گیلاس حسینی با عنوان "مطالعه میزان ریزگردها در شهر سنندج از بهمن ۱۳۹۱ تا شهریور ۱۳۹۲" مصوب مرکز تحقیقات بهداشت محیط کردستان با شماره ۹۱/۱۵ می‌باشد که با حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی کردستان انجام شده است. لذا نویسندگان این مقاله از حامیان مالی طرح و همکاران اجرایی تشکر می‌نمایند. مسئولیت صحت کلیه نتایج و مطالب به عهده دانشجو می‌باشد.

References

1. WHO. Air quality guidelines for Europe. 2nd ed. World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen, 2000.
2. WHO. Air quality guidelines, global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. World Health Organization; Regional Office for Europe, Copenhagen, 2005.
3. WHO. Health and Environment in Europe: Progress Assessment, World Health Organization; WHO Regional Office Europe, Copenhagen, 2010.
4. Franklin M, Schwartz J. Differential effects of $PM_{2.5}$ species on acute mortality. Epidemiology 2007; 18 (5): S175.
5. Quiterio SL, Sousa da Silva SCR, Arbilla G, Escaleira V. Metals in airborne particulate matter in the industrial district of Santa Cruz, Rio deJaneiro, in an annual period. Atmospheric Environment 2004; 38(2): 321–331.
6. Pérez N, Pey J, Querol X, Alastuey A, López JM, Viana M. Partitioning of major and trace components in PM_{10}–$PM_{2.5}$–PM_1 at an urban site in Southern Europe. Atmospheric Environment 2008; 42(8): 1677–1691.
7. Johansson C, Norman C, Burnan L. Road traffic emission factors for heavy metals. Atmos Environ 2009; 43(31): 4681-4688.
8. 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 Environ Manage 2006; 78(2): 128-137.
9. Xue YH, Wu JH, Feng YC, Dai L, Bi XH, Li X, et al. Source characterization and apportionment of PM_{10} in Panzhihua, China. Aerosol Air Quality Research 2010; 10: 367-377.
10. Cheung K, Daher N, Kam W, Shafer MM, Ning Z, Schauer JJ, et al. Spatial and temporal variation of chemical composition and mass closure of ambient coarse particulate matter ($PM_{10-2.5}$) in the Los Angeles area. Atmospheric Environment 2011; 45(16): 2651-2662.
11. Absalon D, Slesak B. The effects of changes in cadmium and lead air pollution on cancer

Archive of SID

www.SID.ir

incidence in children. Sci Total Environ 2010; 408(20): 4420-4428.

12. Cheng S. Effects of heavy metals on plants and resistance mechanisms. A state-of-the-art report with special reference to literature published in Chinese journals. Environ Sci Pollut Res Int 2003; 10(4): 256-64.
13. Chelani AB, Gajghate DG, Hasan MZ. Bull Environ Contam Toxicol 2001; 66(2): 196-205.
14. Ahmadi H, Ahmadi T, Shahmoradi B, Mohamadi Sh, Kohzadi Sh. The effect of climatic parameters on air pollution in Sanandaj, Iran. J Adv Environ Health Res 2015; 3(1): 49-61.
15. Rajabi M, Souri B. Evaluation of heavy metals among dustfall particles of Sanandaj, Khorramabad and Animeshk cities in western Iran 2012-2013. Health and Environ 2015; 8(1): 11-22.
16. Hosseini G, Maleki A, Amini H, Mohammadi SH, Hassanvand MS, Giahi O, Gharibi F. Health impact assessment of particulate matter in Sanandaj, Kurdistan, Iran. J Adv Environ Health Res 2014; 2(1): 54-62.
17. Goudie A, Middleton N. Saharan dust storms: nature and consequences. Earth Sci Rev 2001; 56(1-4): 179-204.
18. Draxler RR, Gillette DA, Kirkpatrick JS, Heller J. Estimating PM_{10} air concentrations from dust storms in Iraq, Kuwait and Saudi Arabia. Atmospheric Environment 2001; 35(25): 4315-4330.
19. Environmental Protection Agency. SLAMS/ NAMS/PAMS network review guidance. Report No: EPA-454/R 98-003, U.S. Environmental Protection Agency 1998.
20. The United State Environmental Protection Agency (USEPA). Alternate 1 in 3 sampling and return shipping schedule [online]. Available from: http://wwwepagov//ttn/atmic/files/ambient/ pm25/2006. Accessed May 2, 2014.
21. Shahsavani A, Naddafi K, Jafarzade Haghighifard N, Mesdaghinia A, Yunesian M, Nabizadeh R, et al. The evaluation of PM_{10}, $PM_{2.5}$ and PM_1 concentrations during the Middle Eastern Dust (MED) events in Ahvaz, Iran, from april through september 2010. J Arid Environ 2012; 77: 72-83.
22. Herner JD, Green PG, Kleeman MJ. Measuring the trace elemental composition of size-resolved airborne particles. Environ Sci Technol Lett 2006; 40(6): 1925-1933.
23. Celo V, Dabek-Zlotorzynska E, Mathieu D, Okonskaia I. Validation of a simple microwave-assisted acid digestion method using microvessels for analysis of trace elements in atmospheric $PM_{2.5}$ in monitoring and fingerprinting studies. Open Chem Biomed Meth J 2010; 3: 143-152.
24. The United State Environmental Protection Agency. Risk Assessment Forum. Guidelines for Carcinogen Risk Assessment, EPA/630/ P-03/001B, Washington DC 2005.
25. The United State Environmental Protection Agency. Risk Assessment Guidance for Superfund. Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment. EPA/540/R-070-002/ OSWER 9285.7-82, Washington DC2009.
26. Wang Y, Zhuang G, Sun Y. Water-soluble part of the aerosol in the dust storm season evidence of the mixing between mineral and pollution aerosols. Atmos Environ 2005; 39(37): 7020-7029.
27. Sun Y, Zhuang G, Wang Y, Zhao X, Li J, Wang Z, et al. Chemical composition of dust storms in Beijing and implications for the mixing of mineral aerosol with pollution

Archive of SID
www.SID.ir

aerosol on the pathway. J Geophys Res 2005; 110:(D24).

28. Jing C, Min L, XianHua L, Xiao L, LiLi W, Lei G. primary research on health risk assessment of heavy metals in road dust of Shanghai. China Environ Sci 2009; 29(5): 548-554.
29. Maa J, Singhirunnusorn W. Distribution and health risk assessment of heavy metals in surface dusts of Maha Sarakham Municipality. Procedia Soc Behav Sci 2012; 50: 280-293.
30. Zheng L, Tang Q, Fan J, Huang X, Jiang C, Cheng H. Distribution and health risk assessment of mercury in urban street dust from coal energy dominant Huainan City, China. Environ Sci Pollut Res 2015; 22(12): 9316-9322.
31. Noorpoor AR. Sadri Jahanshahi A. Evaluation of health risk assessment by heavy metals in the ambient air of Tehran. J Environ Stud 2014; 39(68): 181-192.
32. Ferreira-Baptista L, De Miguel E. Geochemistry and risk assessment of street dust in Luanda, Angola: A tropical urban environment. Atmos Environ 2005; 39(25): 4501-4512.

Archive of SID

www.SID.ir