Journal of Research in Environmental Health

Volume 5, Issue 1, Spring 2019

Health Impact Assessment of the Ambient $PM_{2.5}$ Concentration in Karaj, Iran, During 2012-2015

Vafa Hamid
MSc student, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran (Corresponding author): hamid.4300@yahoo.com

Gholamreza Goudarzi
* Associate professor, Department of Environmental Health Engineering, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
Air Pollution and Respiratory Diseases Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran

Abdolkazem Neisi
Associate professor, Department of Environmental Health Engineering, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
Air Pollution and Respiratory Diseases Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran

Maryam Dastoorpoor
Assistant professor, Department of Epidemiology and Biostatistics, Faculty of Public Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran

Received: 2018/11/18
Accepted: 2019/05/28

Document Type: Research article

ABSTRACT

Background and Aim: Perfectly clean air cannot be found in nature. It contains a certain abundance of particles, including dust, dirt, soot, smoke, and liquid droplets. Mounting evidence indicates increase in particle concentrations and health effects attributed to them in developing countries.
In this work, we focused on the determination of number of cardiovascular, respiratory diseases and total death associated with $PM_{2.5}$ in Karaj city during 2012 to 2015.
Material and Methods: The health effects of $PM_{2.5}$ concentrations in ambient air of Karaj was determined using AirQ+ software. Air pollution data was obtained from the Department of Environmental Protection of this city. To validate the data, WHO criterion was performed. After all, data processed by Excel was given to the model.
Results: The annual average $PM_{2.5}$ concentrations in ambient air of this city during the study was higher than WHO health protective guideline (10 μg m–3). The concentration of pollutant has been reduced during the study period but there is a sudden increase in 2015. In addition, the most attributable proportion was estimated in Karaj in 2012 (59.04% for long-term and 5.86 for short-term effects). $PM_{2.5}$ exposure has caused 275 and 60 natural deaths due to long-term and short-term exposure in 2012 which is unexpected.
Conclusion: Regarding the health effects of $PM_{2.5}$ in ambient air of Karaj city, the importance of controlling air pollution in this metropolis is becoming increasingly evident.

Keywords: Air pollution, $PM_{2.5}$, AirQ+ modeling

▶ **Citation:** Hamid V, Goudarzi Gh, Neisi A, Dastoorpoor M. Health Impact Assessment of the Ambient $PM_{2.5}$ Concentration in Karaj, Iran, during 2012-2015. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Spring 2019;5 (1): 65-76.

www.SID.ir

Archive of SID

ارزیابی اثرات بهداشتی ناشی از $PM_{2.5}$ در هوای شهر کرج ۱۳۹۱–۹۴

وفا حمید
* دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اهواز، اهواز، ایران. (نویسنده مسئول):
hamid.4300@yahoo.com

غلامرضا گودرزی
دانشیار، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اهواز، اهواز، ایران.
مرکز تحقیقات آلودگی هوا، دانشگاه علوم پزشکی اهواز، اهواز، ایران.

عبدالکاظم نیسی
دانشیار، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اهواز، اهواز، ایران.
مرکز تحقیقات آلودگی هوا، دانشگاه علوم پزشکی اهواز، اهواز، ایران.

مریم دستورپور
استادیار، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۰۷

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

چکیده

زمینه و هدف: هوای کاملاً تمیز در طبیعت وجود ندارد. میزان مشخصی از ذرات شامل گردوغبار، خاک، دوده، دود و قطرات آب در هوا وجود دارد. شواهد موجود، نشانگر افزایش غلظت ذرات و اثرات بهداشتی منتسب به آنها در کشورهای در حال توسعه میباشد. مطالعه حاضر با هدف تعیین تعداد موارد بیماری قلبی- عروقی، تنفسی و کل مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ در شهر کرج طی سالهای ۱۳۹۱-۹۴ انجام شد.

مواد و روش‌ها: ارزیابی اثرات بهداشتی $PM_{2.5}$ در هوای شهر کرج طی ۴ سال با بکارگیری نرم‌افزار ایرکیو پلاس انجام شد. دادههای آلودگی هوا از سازمان حفاظت محیط زیست این شهر اخذ گردید. جهت اعتبارسنجی، معیارهای سازمان جهانی بهداشت استفاده شد. در نهایت، دادههای پردازش شده توسط نرم‌افزار اکسل به مدل داده شد.

یافته‌ها: میانگین غلظت سالیانه $PM_{2.5}$ هوای شهر کرج طی سالهای مطالعه بیشتر از رهنمودهای سازمان جهانی بهداشت (۱۰ میکرو گرم بر متر مکعب) بود. غلظت آلاینده $PM_{2.5}$ طی مطالعه کاهش یافته است، ولی افزایشی ناگهانی غلظت آن، در سال ۱۳۹۴ مشهود بود. به‌علاوه، بالاترین جزء منتسب در سال ۱۳۹۱ (۵۹/۰۴٪ برای اثرات ناشی از مواجهه بلندمدت و ۵/۸۶٪ برای کوتاه‌مدت) برآورد شد. مواجهه با $PM_{2.5}$، به‌ترتیب منجر به ۲۷۵ و ۶۰ مرگ به دلیل اثرات ناشی از مواجهه بلندمدت و کوتاه‌مدت در سال ۱۳۹۱ شده بود که بسیار بالا بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به اثرات بهداشتی منتسب به $PM_{2.5}$ در هوای شهر کرج، اهمیت مدیریت کنترل آلودگی هوا در این کلان‌شهر بیش از پیش مشخص میگردد.

کلید واژه‌ها: آلودگی هوا، مدل‌سازی ایرکیو پلاس، $PM_{2.5}$

◀ **استناد:** حمید و، گودرزی غ، نیسی ع، دستورپور م. ارزیابی اثرات بهداشتی ناشی از $PM_{2.5}$ در هوای شهر کرج ۱۳۹۱-۹۴. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. بهار ۱۳۹۸؛۵ (۱): ۶۵-۷۶.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

آلودگی هوا در اغلب کشورهای آسیایی یک معضل جدی تلقی می‌شود (۱). آلاینده‌های ذره‌ای از نظر شیمیایی یکنواخت نیستند و دارای طیف وسیعی از اندازه‌ها، اشکال و ترکیبات شیمیایی مختلف می‌باشند، در حالی‌که یک مولکول از هر گاز با مولکول دیگر همین گاز مشابه است. به علت وجود تفاوت در چگونگی توزیع اندازه، غلظت و ماهیت شیمیایی، برخی ذرات نسبت به برخی دیگر اثرات زیانبارتری بر سلامتی، مواد، مصالح ساختمانی و قابلیت دید بر جای می‌گذارند. از جمله پیامدهای مختلف این آلاینده‌ها می‌توان به انواع بیماری‌های سرطانی، چشمی، اختلالات تنفسی، عصبی، قلبی- عروقی و جهش‌های ژنتیکی که باعث افزایش تعداد مراجعین به بیمارستان و افزایش مرگ‌ومیر می‌شوند، اشاره کرد (۲). همچنین، سکته‌های قلبی نیز که عواقب خطرناکی دارند، در حال افزایش است (۳).

ذرات معلق در اثر فرآیندهای احتراق یا گرمایش ایجاد شده و گردوغبار ناشی از عملیات تولید، نقل‌وانتقال و فرآیندهای بکارگیری مواد پودر شده ایجاد می‌شوند. بخش اعظم ذرات معلق موجود در هوا، منابع طبیعی شامل: زمین، اقیانوس‌ها و آتش‌فشان‌ها هستند. منابع مصنوعی ذرات معلق در مناطق شهری شامل صنایع مختلف از قبیل سیمان، زغال‌سنگ، ذوب آهن، کارخانجات گچ‌پزی و کارگاه‌های بزرگ تراشکاری می‌باشند (۴). ذرات استنشاق شده ممکن است در مجاری تنفسی فوقانی اثر تحریکی داشته و یا در داخل شش‌ها نفوذ نماید و ایجاد عوارضی در شش‌ها نماید که منجر به اختلالاتی در اعمال تنفسی گردد (۵، ۶). ذرات معلق دارای قطر آئرودینامیک برابر یا کمتر از ۱۰ میکرون به علت توانایی نفوذ به داخل آلوئول‌های ریوی، دارای بیشترین اثرات بهداشتی بوده و خود به دو دسته درشت (۲/۵-۱۰ میکرون) و ریز (کمتر از ۲/۵ میکرون) تقسیم می‌شوند (۵). مشکل آلودگی هوا در ایران نیز همچون بسیاری از نقاط دیگر کره زمین، یکی از چالش‌های اصلی کشور است. دریانوش و همکاران طی مطالعه‌ای تحت عنوان "خطر مرگ‌ومیر ناشی از PM_{10} در شهرهای غربی ایران"، بروز موارد بستری در بیمارستان‌های قلب و عروق (HACVD)[1] و بیماری‌های تنفسی (HARD) مرتبط با PM_{10}[2] (ذرات معلق با قطر آئرودینامیک کمتر یا مساوی ۱۰ میکرومتر) با استفاده از نرم‌افزار ایرکیو بررسی کردند. آنها دریافتند که ۸/۲٪، ۷/۲٪ و ۴/۴٪ از HACVD و ۷/۳٪، ۶/۴٪ و ۳/۹٪ از HACVD در شهر اهواز، خرم‌آباد و ایلام به ترتیب به PM_{10} اختصاص یافتند (۷).

مطالعه وحیدیان و همکاران تحت عنوان "آلودگی هوا محیطی و پذیرش بیمارستان‌های روزانه برای بیماری‌های قلبی عروقی در اراک"، نشان داد افزایش ۱۰ میکرو گرم بر متر مکعب PM_{10} و دی اکسید نیتروژن و ۱ میکرو گرم افزایش غلظت منواکسیدکربن در فاصله زمانی صفر (روز) به‌طور معنی‌داری با افزایش ۰/۷٪ (p=۰/۰۰۴)، ۳/۳٪ (p=۰/۰۰۶) و ۹/۴٪ (p<۰/۰۰۱) در کلیه پذیرش‌های بیمارستان قلب و عروق مرتبط است. نتایج این مطالعه نشان داد که پذیرش بیمارستان برای بیماری‌های قلبی - عروقی تا حدی مربوط به میزان آلودگی هوا در اراک می‌باشد. حساسیت به آلاینده‌های هوا با گروه‌های سنی و جنسی متفاوت است (۸).

هادئی و همکاران مطالعه‌ای تحت عنوان «برآورد مرگ‌ومیر سرطان ریه منتسب به اثرات طولانی مدت با $PM_{2.5}$[3] (ذرات معلق با قطر آئرودینامیک کمتر یا مساوی ۲/۵ میکرومتر) در ۱۵ شهر ایران طی ۲۰۱۵-۲۰۱۶، مدل‌سازی ایرکیو پلاس" انجام دادند. این مطالعه با هدف برآورد میزان مرگ‌ومیر سرطان ریه منتسب به مواجهه با $PM_{2.5}$ در افراد مسن‌تر از ۳۰ سال در ۱۵ شهر ایران در سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۱۶ با استفاده از رویکرد مدل‌سازی ایرکیو پلاس انجام گرفت. غلظت سالانه ذرات جامد در همه شهرها ۱/۸ تا ۶/۷ برابر بیشتر از دستورالعمل سازمان جهانی بهداشت بود. بیشترین و کمترین موارد مرگ‌ومیر ناشی از سرطان ریه منتسب به $PM_{2.5}$ در کرج و بیرجند برآورد شد. کل مرگ‌ومیر سرطان ریه ناشی از $PM_{2.5}$

1. Hospital Admission Cardiovascular Disease
2. Particulate matter 10 micrometers or less in diameter
3. Particulate matter 2.5 micrometers or less in diameter

www.SID.ir

Archive of SID

در این ۱۵ شهر، ۱۲۰ مورد بود (۹). مطالعه عزیز و همکاران در شهر لاهور پاکستان نشان داد که به‌طور متوسط سالیانه ۱۲۵۰ نفر در اثر آلودگی هوا جان خود را از دست می‌دهند. در بین بیماری‌های ناشی از آلودگی هوا، شیوع انسداد مزمن ریوی (COPD)[1] در اثر مواجهه با آلاینده‌های هوا از جمله منواکسیدکربن و ذرات معلق بیشتر می‌شود (۱۰).

علی‌رغم این‌که در چند سال گذشته تمهیداتی در جهت کاهش آلودگی هوا اتخاذ شده است، ولی این مشکل بیش از هر زمان دیگری نیاز به توجه و بررسی دارد (۱۱, ۱۲). شهر کرج با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه و ۴۵ ثانیه، در فاصله ۴۸ کیلومتری غرب شمالی تهران واقع شده است. شهر کرج با داشتن شاهراه‌های ارتباطی و واقع شدن بر سر راه حدود ۱۵ استان غرب و شمال کشور با پایتخت، روزانه حجم عظیمی از ناوگان حمل‌ونقل عمومی و شخصی (سبک و سنگین) را از خود عبور می‌دهد؛ به‌طوری‌که می‌توان گفت حجم آلودگی ناشی از ناوگان فوق که به شهر کرج تحمیل می‌گردد، بیش از آلودگی خودروها در شهر کرج می‌باشد. با وجود تعدادی از صنایع و نیروگاه فردیس در شهر کرج و تعداد ۳۵۰۰ واحد فعال صنعتی در استان، بخش مهمی از آلودگی نیز به منابع ثابت اختصاص دارد؛ به‌طوری‌که بر اساس آمارها، ۱۳۵ واحد بزرگ آلاینده هوا در استان وجود دارد که با در نظر گرفتن جهت باد غالب بر آلودگی هوای شهر کرج می‌افزایند (۱۳).

مطالعه حاضر با هدف ارزیابی اثرات بهداشتی ناشی از $PM_{2.5}$ در هوای شهر کرج طی سال‌های ۱۳۹۱-۹۴ با استفاده از مدل ایرکیو پلاس و مقایسه با استانداردهای موجود انجام شد.

روش کار

ابتدا غلظت آلاینده $PM_{2.5}$ برای انجام کار داده‌ها در چهار سال متوالی (۹۴-۱۳۹۱) به‌صورت فایل اکسل از سازمان محیط زیست اخذ گردید. در این مطالعه غلظت $PM_{2.5}$ در هوای شهر کرج بررسی شد. همچنین، اطلاعات دمایی و فشار هوا به صورت ۲۴ ساعته و روزانه از سازمان هواشناسی جمع‌آوری شد. سپس با نرم‌افزار اکسل پردازش روی داده‌ها انجام و در نهایت فایل خروجی از اکسل به مدل ایرکیو پلاس وارد گردید. قبل از اعمال آنالیزهای مربوطه، تصحیح دما، فشار و انطباق واحدها با مدل صورت گرفت. داده‌های دریافت شده از سازمان‌های مرتبط حاصل قرائت مستقیم بود، به عبارت دیگر این داده‌ها خام بودند. با توجه به این نکته که با تغییر دما و فشار جرم ثابت بوده ولی حجم تغییر می‌نماید، لذا می‌بایست تصحیح دما و فشار صورت می‌گرفت. اطلاعات آلاینده موجود در فایل‌های اکسل دریافت شده در یک شیت و پشت سر هم وارد شدند. برای آلاینده یک شیت در نظر گرفته شد. ستون‌های مربوط به واحدهای قدیمی و مفقودها از محاسبه حذف گردید. اعتبارسنجی بر اساس معیارهای سازمان جهانی بهداشت انجام شد و ایستگاه‌های نامعتبر حذف گردید، سپس از ایستگاه‌های معتبر موجود میانگین‌گیری انجام شد.

جهت کمّی‌سازی اثرات بهداشتی، داده‌های مربوط به تماس یا مواجهه جمعیت (داده‌های جمعیت، میزان بروز پیامد بهداشتی مورد نظر و داده‌های کیفیت هوا) در نرم‌افزار وارد گردید. در این نرم‌افزار اطلاعات مربوط به ارتباط تماس- پاسخ با داده‌های مواجهه جمعیت ترکیب شده و حد اثرات بهداشتی مورد انتظار برآورد می‌گردد. جهت ارتقاء اعتبار برآوردها فرض گردید که بین عامل خطر و پیامد بهداشتی ارتباط علیتی وجود دارد و عامل خطر از دیگر عواملی که خطر یا ریسک بیماری را تحت تأثیر قرار می‌دهد، مستقل است.

جزء منتسب یا نسبت منتسب

جزء منتسب یا نسبت منتسب، بخشی از پیامد بهداشتی است که می‌توان آن را مرتبط با مواجهه جمعیتی خاص (با فرض وجود ارتباط احتمالی بین تماس و پیامد بهداشتی بدون تأثیر مخدوش کننده عمده بر این ارتباط) طی یک دوره زمانی مشخص دانست. این جزء با استفاده از فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$AP = \Sigma \{(RR(c) - 1) * p(c)\} / \Sigma (RR(c) * p(c))$$

RR(c): خطر نسبی پیامد بهداشتی در گروه مواجهه R

P(c): نسبت جمعیت گروه مواجهه C

1. Chronic Obstructive Pulmonary Diseases

www.SID.ir

Archive of SID

خطر نسبی

خطر نسبی پیامد بهداشتی انتخابی به کمک توابع تماس- پاسخ به‌دست آمده از مطالعات اپیدمیولوژیکی مشتق شده است. با دانستن میزان بروز پایه پیامد بهداشتی (B) در جامعه مورد نظر، میزان منتسب به تماس جمعیت بهداشتی (یا تعداد موارد در واحد جمعیت) (BE) به‌صورت زیر قابل محاسبه خواهد بود:

$$BE = B * AP$$

در یک جمعیت به اندازه N، این میزان را می‌توان به تعداد موارد برآورد شده منتسب به تماس (NE) تبدیل نمود:

$$NE = BE * N$$

کاربر می‌تواند به جای تعیین میزان بروز پایه پیامد بهداشتی، از آمار محلی استفاده نماید. در نتیجه میزان بروز که در معرض مواجهه قرار ندارد (BNE پیامد در جمعیت) را می‌توان برآورد نمود:

$$BNE = B - BE = B * (1 - AP)$$

علاوه بر کل موارد منتسب می‌توان توزیع تعداد موارد منتسب را بر حسب فواصل[1] غلظت آلاینده برآورد نمود. با دانستن خطر نسبی در سطح خاصی از غلظت آلاینده و میزان بروز در جمعیت تماس نیافته، میزان بروز اضافی ((B+(c)) و تعداد موارد اضافی ((N+(c)) و تعداد موارد اضافی در یک گروه تماس c از روابط زیر قابل محاسبه هستند:

$$B+(c) = (RR(c) - 1) * p(c) * BNE \quad (3)$$

$$N+(c) = B+(c) * N$$

تمامی فرمول‌های فوق بر این فرض استوار است که برآورد به‌کار رفته در این آنالیز از نظر تمام مخدوش کننده‌های احتمالی کنترل شده است.

در مطالعه حاضر، پیامدهایی که توسط نرم‌افزار ایرکیو پلاس کمی‌سازی شده‌اند، به شرح ذیل می‌باشند:

اثرات بهداشتی مواجهه بلندمدت با آلاینده $PM_{2.5}$:

- کل مرگ
- مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی- عروقی (IHD)[2]
- مرگ ناشی از نارسایی تنفسی (COPD)

اثرات بهداشتی مواجهه کوتاه‌مدت با آلاینده $PM_{2.5}$:

- کل مرگ
- بستری بیمارستانی به علت بیماری‌های قلبی- عروقی
- بستری بیمارستانی به علت بیماری‌های تنفسی

به دلیل عدم امکان دسترسی به داده‌های بیمارستانی، مقادیر بروز پایه از دیگر مطالعات استفاده گردید (۱۴، ۱۵). برخی از این مقادیر به عنوان پیش‌فرض توسط نرم‌افزار با توجه به مطالعات متاآنالیز اروپایی پیشنهاد شده است. غلظت کات آف برای مواجهه کوتاه‌مدت و بلندمدت بر عدد ۱۰ تنظیم گردید. جمعیت کل کرج در مدل‌سازی نرم‌افزار ایرکیو پلاس، ۲۵۱۲۷۳۷ نفر (سال ۱۳۹۴) در نظر گرفته شد. در جدول ۱ برای هر پیامد بهداشتی، جمعیت در معرض خطر و بروز پایه ارائه شده است. رسم نمودارهای تغییرات غلظت به صورت روزانه، ماهانه و سالانه با استفاده از نرم‌افزار اکسل انجام گرفت.

جدول ۱. جمعیت در معرض خطر و بروز پایه پیامدهای بهداشتی ناشی از مواجهه با آلاینده $PM_{2.5}$

نوع مواجهه	پیامد بهداشتی	جمعیت در معرض خطر	بروز پایه
مواجهه بلندمدت با آلاینده $PM_{2.5}$	کل مرگ	جمعیت بالای ۳۰ سال (۱۳۷۸۲۵۴)	۱۱۳/۸
	مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی- عروقی (IHD)	جمعیت بالای ۲۵ سال (۱۶۳۹۶۴۲)	۵/۶
	مرگ ناشی از نارسایی تنفسی (COPD)	جمعیت بالای ۳۰ سال (۱۳۷۸۲۵۴)	۱۱/۶
مواجهه کوتاه‌مدت با آلاینده $PM_{2.5}$	کل مرگ	جمعیت بالای ۳۰ سال (۱۳۷۸۲۵۴)	۱۱۳/۸
	بستری بیمارستانی به علت بیماری‌های قلبی- عروقی	تمام سنین (۲۵۱۲۷۳۷)	۴۳۶
	بستری بیمارستانی به علت بیماری‌های تنفسی	تمام سنین (۲۵۱۲۷۳۷)	۱۲۶۰

1. Intervals

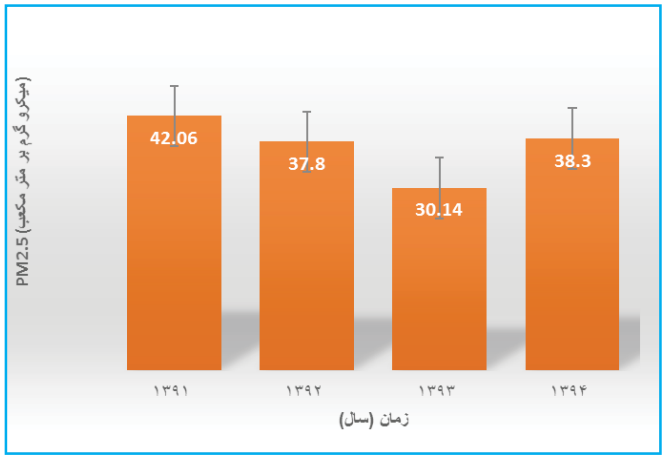
2. Ischemic Heart Diseases

www.SID.ir

Archive of SID

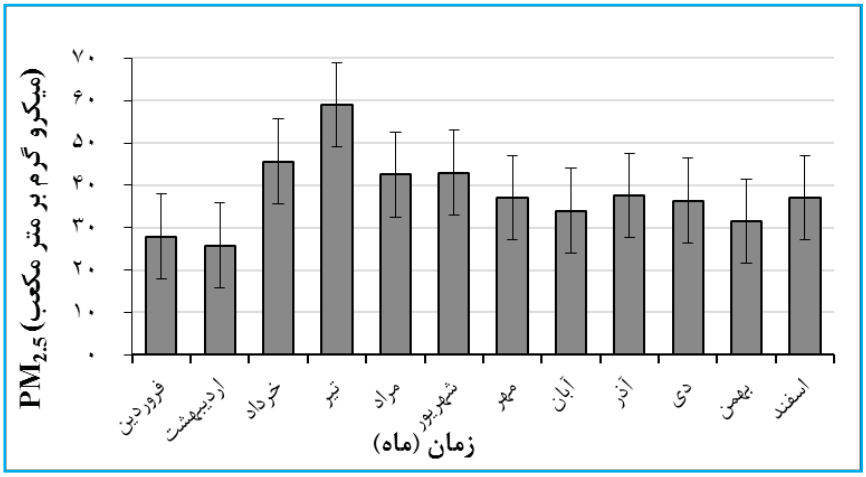
یافته‌ها

میانگین غلظت $PM_{2.5}$ طی سال‌های ۱۳۹۱-۹۴ به‌ترتیب ۴۲/۰۶، ۳۰/۳۹، ۳۶/۰۰ و ۳۸/۳۰ میکرو گرم بر متر مکعب بود. غلظت آن فراتر از استانداردهای هوای پاک برای سال ۱۳۹۰ و رهنمود سازمان جهانی بهداشت به ترتیب ۲۵ و ۱۰ میکرو گرم بر متر مکعب بود (۱۶, ۱۷). شکل ۱ تغییرات غلظت سالانه این آلاینده را در هوای شهر کرج در دوره ۴ ساله (۱۳۹۱-۹۴) نشان می‌دهد. در شهر کرج تغییرات غلظت آلاینده روند کاهشی داشته است، اما در سال ۱۳۹۴ کمی افزایش در غلظت $PM_{2.5}$ قابل مشاهده است. شکل ۱ تغییرات سالانه این آلاینده را از سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۴ نشان می‌دهد.



شکل ۱. تغییرات سالانه آلاینده $PM_{2.5}$ طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۱

شکل ۲ تغییرات ماهانه آلاینده $PM_{2.5}$ در هوای شهر کرج طی ۴ سال مطالعه را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج مطالعه حاضر، در شهر کرج بیشترین غلظت آلاینده‌ها مربوط به ماه‌های گرم سال است که غلظت آلاینده در ماه‌های گرم سال با شیب و شدت ملایمی افزایش و در تیر ماه به حداکثر مقدار خود رسیده است. احتمالاً به دلیل شدت گرفتن طوفان‌های گردوغبار در بهار و تابستان، غلظت ذرات معلق افزایش می‌یابد و در فصل سرما (پاییز و زمستان)، روند کاهشی غلظت‌ها مشاهده می‌شود.

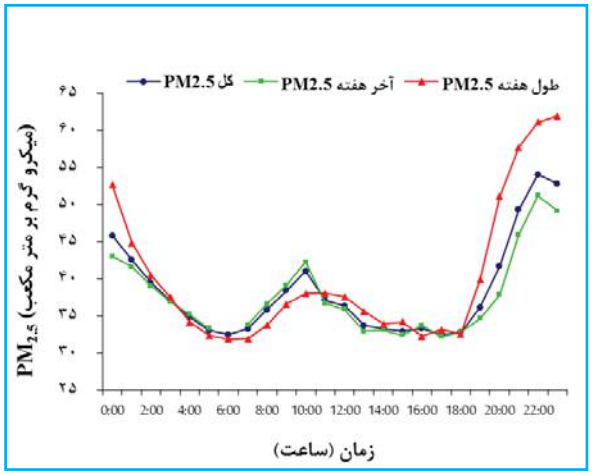


شکل ۲. تغییرات ماهیانه آلاینده $PM_{2.5}$ طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۱

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۳ تغییرات روزانه و هفتگی آلاینده $PM_{2.5}$ در هوای شهر کرج طی ۴ سال مطالعه را نشان می‌دهد. اینطور استنتاج می‌گردد که روند افزایشی غلظت‌ها از ساعت ۱۷:۰۰ آغاز شده و تا ۲۳:۰۰ ادامه می‌یابد. بیشترین غلظت آلاینده‌ها در ساعت ۲۳:۰۰ و حداقل غلظت در ۷:۰۰ برآورد شده است. همچنین غلظت آلاینده‌ها در طول ایام هفته بیشتر از آخر هفته است، اما در ساعات انتهایی روز، غلظت آلاینده‌ها در آخر هفته بیشتر است.



شکل ۳. تغییرات روزانه و هفتگی آلاینده $PM_{2.5}$ طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۱

جدول ۲ برآورد شاخص‌های خطر نسبی، جزء منتسب و موارد منتسب به $PM_{2.5}$ برای کل مرگ‌ومیرها را در اثرات ناشی از مواجهه بلندمدت نشان می‌دهد. همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است، تعداد موارد مرگ طبیعی منتسب به این آلاینده در اثرات ناشی از مواجهه بلندمدت طی دوره مطالعه، ۹۲۵ مورد برآورد گردید. در سال ۱۳۹۱ بیشترین میزان مرگ طبیعی تعیین گردید. در طول مطالعه روند کاهشی در کل موارد منتسب به اثرات بهداشتی $PM_{2.5}$ ملاحظه شد، ولی در سال ۱۳۹۴ برخلاف انتظار، افزایش در مقادیر گزارش گردید. میزان مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی- عروقی (IHD) بیش‌تر از مرگ ناشی از نارسایی تنفسی (COPD) تعیین شده است. همچنین بیشترین میزان خطر نسبی برآورد شده در کل اثرات ناشی از مواجهه بلندمدت و کوتاه‌مدت مربوط به مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی- عروقی (IHD) می‌باشد که قابل توجه می‌باشد و به‌طور متوسط از سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۴، ۲/۳۲ بوده است. جزء منتسب مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی- عروقی در سال ۱۳۹۱ بالاترین میزان یعنی ۵۹/۰۴ بود؛ یعنی از کل موارد مرگ، ۵۹/۰۴٪ آن منتسب به آلاینده $PM_{2.5}$ بود. البته باید در نظر داشت که غیر از ذرات، ریسک فاکتورهای دیگری (مانند چاقی، بی‌تحرکی، سیگار و ...) وجود دارند که موجب مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی- عروقی می‌شوند. این فاکتورها در مدل مورد بررسی قرار نمی‌گیرند و این می‌تواند

جدول ۲. اثرات بهداشتی ناشی از مواجهه بلند مدت با آلاینده $PM_{2.5}$

پیامد بهداشتی	سال	خطر نسبی	جزء منتسب (درصد)	تعداد موارد منتسب (نفر)
کل مرگ	۹۱	۱/۲۱(۱/۱۳-۱/۲۹)	۵۴/۱۷ (۵۶/۲۲-۸۲/۱۱)	۲۷۵ (۳۵۴-۱۸۵)
	۹۲	۱۶/۱ (۲۲/۱-۱۰/۱)	۳۴/۱۶ (۱۴/۲۱-۹۴/۱۰)	۲۲۵ (۲۹۱-۱۵۱)
	۹۳	۱۲/۱ (۱۷/۱-۰۸/۱)	۴۱/۱۱ (۳۸/۱۴-۵۹/۷)	۱۷۹ (۲۳۳-۱۱۹)
	۹۴	۱۸/۱ (۲۵/۱-۱۲/۱)	۶۵/۱۵ (۲/۲۰-۵۱/۱۰)	۲۴۶ (۳۱۷-۱۶۵)
مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی- عروقی (IHD)	۹۱	۴۴/۲ (۷۰/۳-۸۰/۱)	۰۴/۵۹ (۷۳-۴۶/۴۴)	۵۴ (۶۷-۴۱)
	۹۲	۳۱/۲ (۳۶/۳-۷۳/۱)	۸۱/۵۶ (۲۷/۷۰-۴۵/۴۲)	۵۲ (۶۵-۳۹)
	۹۳	۱۸/۲ (۹۹/۲-۶۷/۱)	۲۲/۵۴ (۶۵/۶۶-۱۷/۴۰)	۵۰ (۶۱-۳۷)
	۹۴	۳۶/۲ (۵۰/۳-۷۶/۱)	۷۳/۵۷ (۴۷/۷۱-۲۸/۴۳)	۵۳ (۶۶-۴۰)
مرگ ناشی از نارسایی تنفسی (COPD)	۹۱	۱۹/۱ (۳۳/۱-۰۸/۱)	۰۱/۱۶ (۸۵/۲۴-۴۱/۷)	۲۶ (۴۰-۱۲)
	۹۲	۱۷/۱ (۲۸/۱-۰۶/۱)	۵۳/۱۴ (۳۴/۲۲-۳۴/۶)	۲۳ (۳۶-۱۰)
	۹۳	۱۵/۱ (۲۵/۱-۰۵/۱)	۰۴/۱۳ (۰۹/۲۰-۸۹/۴)	۲۱ (۳۲-۸)
	۹۴	۱۸/۱ (۳۰/۱-۰۷/۱)	۲۵/۱۵ (۲۵/۲۳-۵۴/۶)	۲۴ (۳۷-۱۰)

www.SID.ir

Archive of SID

بر نتایج تأثیرگذار باشد. میزان خطر نسبی مرتبط با مراجعات بیمارستانی به علت بیماری‌های تنفسی در رده بعدی از نظر بالا بودن قرار داشتند که در این دوره به‌طور متوسط ۱/۰۵ بود. با توجه به این نتایج، بیماران قلبی- عروقی گروه بسیار حساس به میزان آلودگی هوا می‌باشند و باید حداقل مواجهه با آلاینده $PM_{2.5}$ را داشته باشند.

جدول ۳ برآورد شاخص‌های خطر نسبی، جزء منتسب و موارد منتسب به $PM_{2.5}$ برای کل مرگ‌ومیرها را در اثرات ناشی از مواجهه کوتاه‌مدت نشان می‌دهد. بر اساس جدول ۳، مواجهه با آلاینده $PM_{2.5}$ منجر به ۲۰۰ مورد مرگ طبیعی در اثرات ناشی از مواجهه کوتاه‌مدت طی ۴ سال در شهر کرج شده است. بیشترین میزان مرگ در سال ۱۳۹۱ بوده و این مقدار تا سال ۱۳۹۳ کاهش یافته است، ولی افزایشی ناگهانی در سال ۱۳۹۴ برآورد گردید. میزان مراجعات بیمارستانی به علت بیماری‌های قلبی- عروقی (به‌طور میانگین ۱۵۴۳ مورد) بسیار بیشتر از بیماری‌های تنفسی (میانگین ۲۶۰ مورد) می‌باشد. خطر نسبی بستری بیمارستانی به علت بیماری‌های قلبی- عروقی در سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۴ قابل توجه می‌باشد که مقادیر آن‌ها به‌ترتیب ۱/۰۶ و ۱/۰۵ تعیین شده است. در مورد خطر نسبی بستری بیمارستانی به علت بیماری‌های تنفسی این مقدار در سال ۱۳۹۱ بالا بوده (۱/۰۳)، پس از آن کاهش یافته و تا سال ۱۳۹۴ مقدار آن ثابت مانده است (۱/۰۲). روند تغییر میزان مراجعات بیمارستانی طی دوره مطالعاتی مورد نظر مشابه تغییرات میزان مرگ‌ومیر می‌باشد؛ به این‌صورت که این میزان در سال ۱۳۹۴ افزایش یافته است. با توجه به روند تغییرات حاضر در تعداد موارد منتسب و خطر نسبی منتج می‌شود که وضعیت آلودگی هوا در سال ۱۳۹۴ بسیار بد بوده است.

جدول ۳. اثرات بهداشتی ناشی از مواجهه کوتاه‌مدت با آلاینده $PM_{2.5}$

پیامد بهداشتی	سال	خطر نسبی	جزء منتسب (درصد)	تعداد موارد منتسب (نفر)
کل مرگ	۹۱	۰۴/۱ (۰۶/۱-۰۱/۱)	۸۴/۳ (۱۸/۶-۴۳/۱)	۶۰ (۹۷-۲۲)
	۹۲	۰۳/۱ (۰۵/۱-۰۱/۱)	۱/۳ (۵-۱۵/۱)	۴۹ (۷۸-۱۸)
	۹۳	۰۲/۱ (۰۴/۱-۰۱/۱)	۴۳/۲ (۹۳/۳-۹/۰)	۳۸ (۶۲-۱۴)
	۹۴	۰۳/۱ (۰۵/۱-۰۱/۱)	۴/۳ (۴۸/۵-۲۶/۱)	۵۳ (۸۶-۲۰)
بستری بیمارستانی به علت بیماری‌های قلبی- عروقی	۹۱	۰۶/۱ (۱۳/۱-۹۹/۰)	۸۶/۵ (۸۷/۱۱-۰)	۱۸۵۴ (۳۷۵۸-۱۸۳)
	۹۲	۰۵/۱ (۱۱/۱-۹۹/۰)	۷۳/۴ (۶۶/۹-۰)	۱۴۹۹ (۳۰۵۸-۱۴۷)
	۹۳	۰۳/۱ (۰۸/۱-۹۹/۰)	۷۲/۳ (۶۳/۷-۰)	۱۱۷۸ (۲۴۱۶-۱۱۵)
	۹۴	۰۵/۱ (۱۱/۱-۹۹/۰)	۱۹/۵ (۵۵/۱۰-۰)	۱۶۴۲ (۳۳۴۲-۱۶۲)
بستری بیمارستانی به علت بیماری‌های تنفسی	۹۱	۰۳/۱ (۰۵/۱-۰۰/۱)	۸۶/۲ (۱۴/۵-۵۴/۰)	۳۱۴ (۵۶۳-۵۹)
	۹۲	۰۲/۱ (۰۴/۱-۰۰/۱)	۳۱/۲ (۱۵/۴-۴۴/۰)	۲۵۳ (۴۵۵-۴۸)
	۹۳	۰۲/۱ (۰۳/۱-۰۰/۱)	۸۱/۱ (۲۶/۳-۳۴/۰)	۱۹۸ (۳۵۷-۳۷)
	۹۴	۰۲/۱ (۰۴/۱-۰۰/۱)	۵۳/۲ (۴۸/۰-۵۵/۴)	۲۷۷ (۴۹۹-۵۳)

بحث

استان البرز به لحاظ همجواری تنگاتنگ با استان تهران، متأسفانه با سرنوشت آلودگی هوای پایتخت گره خورده است و روزهای پنجشنبه که ادارات استان تهران تعطیل است، حجم قابل توجهی از گردشگران عازم مناطق استان البرز و استان‌های شمالی می‌شوند. با عبور بیش از ۲۰۰ هزار خودرو از بزرگراه‌های تهران- کرج به سمت شمال و یا غرب کشور، استان البرز ۱۸٪ بار ترافیک کشور را بر دوش می‌کشد و سهم آن نیز از ترددها افزایش آلودگی است (۱۸).

در خصوص منابع متحرک آلودگی هوا با توجه به تخمین‌های

www.SID.ir

Archive of SID

انجام شده، می‌توان بیان نمود که بیشترین سهم و مشارکت در انتشار ذارت معلق در شهر کرج از ناوگان‌های اتوبوس (۴۴٪)، اتوبوس‌های واحد (۳۸٪) و مینی‌بوس (۱۲٪) می‌باشد. میزان حداکثر انتشار سالانه ذرات معلق به ۱۲۰/۵۴ تن می‌رسد (۱۹). در حال حاضر حدود ۵۰ هزار خودرو فرسوده و ۹۰ هزار دستگاه وسیله نقلیه عمومی فرسوده در استان در حال تردد هستند (۲۰).

این شهر در حال حاضر یکی از قطب‌های مهم صنعت به شمار می‌رود. شهرک‌های صنعتی زیادی، از جمله بهارستان با مساحتی معادل ۲۲۰ هکتار در اطراف آن وجود دارد. همچنین حدود ۱۲۰۰ واحد تولیدی، صنعتی و خدماتی در قالب یک ناحیه صنعتی (هشتگرد) و واحدهای صنعتی که به‌صورت پراکنده در سطح استان مشغول به فعالیت می‌باشند، باعث شده‌اند که استان البرز نقش ویژه‌ای را در صنعت کشور ایفا کند و همچنین آلودگی‌های زیادی نیز وارد محیط زیست این استان شود (۲۱).

به‌طور کلی در این تحقیق، فراوانی تجمعی کل مرگ در طی ۴ سال به ۱۱۲۵ مورد رسید که این آمار بیانگر آن است که آلودگی هوای شهرستان کرج سهم بسیار چشمگیری در میزان موارد مرگ‌ومیرهای افراد، غیر از تصادفات از سال ۱۳۹۱-۹۴ داشته است و مسئولان می‌بایست راهکارهای مناسب، پایدار و قابل اجرا جهت کنترل بحران آلودگی هوای شهرستان کرج به‌کار گیرند.

طبق پایش‌های انجام شده در مطالعه کریمی و همکاران، در اثر هجوم ذرات معلق اخیر در تیر و مرداد ماه ۱۳۸۸، میزان این ذرات در هوای تهران به حدود ۹ برابر حد مجاز و در برخی از شهرها مانند اهواز این میزان به ۱۵ برابر، در اراک به ۱۰ برابر و قم به ۷ برابر حد مجاز رسید (۲۲). همچنین غلامپور و همکاران در شهر تبریز از شهریور ۱۳۹۱ تا مرداد ۱۳۹۲، متوسط غلظت سالیانه $PM_{2.5}$ را ۳۸ میکرو گرم بر متر مکعب گزارش دادند. تعداد کل مرگ‌های منتسب به TSP[1](کل ذرات معلق)، ۲۳۷ مورد برآورد شد که از این تعداد، ۲۰۲ مورد مرگ در اثر بیماری‌های قلبی - عروقی و ۹۹ مورد در اثر بیماری‌های تنفسی بوده است (۱۵).

رابطه روزانه بین آلودگی هوا و اثرات آن بر سلامتی توسط میری و همکاران بررسی گردید. این تحقیق، که شامل مرگ‌ومیر ناشی از بیماری‌های قلبی- عروقی و تنفسی یا پذیرش بیمارستان به علت بیماری‌های قلبی- عروقی و تنفسی بود، نشان داد که با افزایش هر ۱۰ میکرو گرم بر متر مکعب غلظت آلاینده، مقدار RR[2] (خطر نسبی) باعث افزایش ۰/۳۵٪ مرگ‌ومیر کلی ناشی از $PM_{2.5}$ می‌شود. با توجه به افزایش میزان خطر نسبی، می‌توان نتیجه گرفت که $PM_{2.5}$ با افزایش غلظت، تأثیر منفی زیادی بر سلامت انسان داشته است (۲۳). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در سال ۱۳۹۱ میزان خطر نسبی (RR) مرتبط با مراجعات بیمارستانی به علت بیماری‌های تنفسی بالا و به‌طور متوسط ۱/۰۵ بود. با توجه به این نتایج نتیجه‌گیری می‌شود بیماران قلبی- عروقی گروه بسیار حساس به میزان آلودگی هوا می‌باشند و باید حداقل مواجهه با آلاینده $PM_{2.5}$ را داشته باشند.

با بررسی تغییرات غلظت ذرات معلق در ماه‌های مختلف ۴ سال، مشخص شد در شهر کرج بیشترین غلظت آلاینده‌ها مربوط به ماه‌های گرم سال است و در تیر ماه حداکثر مقدار ذرات معلق در هوا گزارش شده است که این امر احتمالاً به دلیل شدت گرفتن طوفان‌های گردوغبار در بهار و تابستان است. در مطالعه مشابه رحیمی و همکاران در سنندج که تغییرات زمانی ذرات معلق را مورد توجه قرار دادند، نتایج کلی حاکی از ورود منطقه به یک روند خشکی زیست محیطی در سال‌های اخیر بود. در واقع می‌توان گفت کمبود بارندگی و رطوبت هوا همراه با الگوهای فصلی باد در منطقه خاورمیانه، شرایط آلودگی ذرات معلق را در سنندج، به‌ویژه در فصل‌های گرم سال ایجاد کرده است (۲۴). مطالعه درگاهی و همکاران نشان داد که در تبریز طی سال‌های ۱۳۸۷-۹۰، در بین ماه‌های سال، اسفند و در بین فصول، بهار و زمستان بدترین کیفیت هوا را از نظر ذرات معلق داشتند که به دلیل شرایط جوی در زمان‌های یاد شده از یک سو و شرایط ویژه دریاچه ارومیه از نظر خشکی و ورزش بادهای غالب از طرف دریاچه به شهر تبریز از

1. Total Suspended Particles

2. Relative Risk

www.SID.ir

Archive of SID

سوی دیگر می‌باشد، لذا چندین عامل در افزایش میزان ریزگردها، به‌خصوص ذرات خطرناک نمک تأثیر دارند (۲۵).

در مورد تغییرات روزانه و هفتگی نیز، نتایج سایر مطالعات در آسیا و اروپا مشابه مطالعه حاضر بود. طبق مطالعه‌ای در چین طی سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۰۵، غلظت PM_{10} در ۲۹ ایستگاه نمونه‌گیری، چرخه‌های مهم هفته‌ای را با بیشترین مقدار در حدود میانه و کمترین مقدار در آخر هفته نشان داد (۲۶). در طی سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۱۴ در جنوب غربی چین، بیشترین غلظت ذرات در روزهای دوشنبه و پایین‌ترین میزان در پنج‌شنبه‌ها مشاهده شد. اثرات آخر هفته نیز واضح بود که عمدتاً مربوط به فعالیت‌های انسانی بود (۲۷). مطالعات دیگر یافته‌های ما را در شمال غربی آلمان نیز تأیید کرد. در روزهای هفته، با کاهش ترافیک حدودا ۹۹٪ در ساعت‌های آخر شب، میزان ذرات معلق به میزان ۱۲٪ نسبت به میانگین روزانه کاهش یافت (۲۸, ۲۹).

در مطالعه حاضر مرگ ناشی از بیمای‌های قلبی - عروقی و تنفسی به‌ترتیب ۲۰۹ و ۹۴ مورد بود، البته میزان مراجعات بیمارستانی به علت بیماری‌های قلبی - عروقی و تنفسی نیز بسیار زیاد بود. زنگ و همکاران تحقیقی در مورد رابطه بین ذرات معلق در هوا و بیماری‌های قلبی - عروقی در تیانجین انجام دادند. غلظت متوسط روزانه PM در سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۱۱ در تیانجین ۱۱۷/۶ میکرو گرم بر متر مکعب بود. قرار گرفتن در معرض PM_{10} می‌تواند بارِ بیماری‌های قلبی - عروقی در تیانجین، به‌ویژه برای بیماری‌های قلبی ایسکمی را افزایش دهد. این نتایج نشان می‌دهد که باید توجه ویژه‌ای به کاهش قرار گرفتن در معرض ذرات اتمسفر برای بیماران مبتلا به بیماری‌های قلبی ایسکمیک شود (۳۰). همچنین جوا و همکاران مطالعه‌ای تحت عنوان «تأثیر مواجهه طولانی‌مدت ذرات معلق در کاهش عملکرد ریه و خطر بیماری مزمن انسدادی ریه در تایوان» انجام دادند. در این مطالعه ارتباط بین قرار گرفتن در معرض $PM_{2.5}$، عملکرد ریه و بیماری مزمن انسدادی ریه (COPD) در یک گروه بزرگ در مقیاس زمان طولانی مورد بررسی قرار گرفت. تفسیر در معرض قرار گرفتن $PM_{2.5}$ در کاهش سریع عملکرد ریه است و با افزایش خطر بروز COPD همراه است. این مطالعه بر ضرورت به‌کارگیری استراتژی‌های فوری جهانی برای کاهش آلودگی هوا جهت بهبود سلامت ریوی و جلوگیری از COPD، تأکید می‌کند (۳۱).

در این پژوهش محدودیت‌هایی در کمی‌سازی اثرات بهداشتی جمعیت شهری که دارای ایستگاه سنجش بودند و داده‌های آنها دارای اعتبار بود، وجود داشت. همچنین، اعداد بروز پایه برای مرگ‌ومیر کل و مرگ به علت بیماری‌های قلبی - عروقی و تنفسی به علت محرمانه بودن، به‌صورت قابل استفاده در مطالعه، توسط سازمان ثبت احوال و پزشکی قانونی استان مربوطه ارائه نگردید.

نتیجه‌گیری

مقادیر پیامدهای بهداشتی برآورد شده منتسب به $PM_{2.5}$ در کرج بالا بود. همچنین، مراجعات بیمارستانی منتسب به $PM_{2.5}$ قابل توجه بود؛ به‌طوری‌که ذرات معلق می‌تواند یکی از دلایل اصلی مراجعات بیمارستانی و در نهایت مرگ شهروندان این شهر باشد. بنابراین، منشأیابی و کنترل این ذرات برای حفظ سلامتی شهروندان و کاهش اثرات بهداشتی آلاینده‌ها امری بسیار ضروری است. به دلیل اثرات زیان‌بار ذرات معلق بر سلامت افراد جامعه به‌خصوص کودکان و سالمندان، آموزش نحوه مواجهه مردم با پدیده آلودگی هوا، توسعه فضای سبز شهری، جلوگیری از تخریب منابع طبیعی، کنترل و نظارت دقیق بر مراکز معاینه فنی خودروها، رعایت استانداردهای زیست محیطی در مدیریت حمل‌ونقل درون‌شهری و بهینه‌سازی سیستم حمل و نقل عمومی، از مهم‌ترین راهکارهای پیشنهادی برای کاهش آلودگی هوا و اثرات زیان‌بار آن می‌باشند.

ملاحظات اخلاقی

این طرح تحقیقاتی با کد IR.AJUMS.REC.1397.851 در کمیته اخلاق در پژوهش تصویب گردید. 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.

www.SID.ir

Archive of SID

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از پایان‌نامه تحت عنوان بررسی تطبیقی نوسانات زمانی آلاینده‌های PM_{10} و $PM_{2.5}$ و برآورد تعداد مرگ‌های قلبی و تنفسی منتسب به آنها در هوای شهرهای اهواز، اراک و کرج طی سال‌های ۱۳۹۱-۹۴، در مقطع کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط است که با حمایت معاونت پژوهشی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اهواز در قالب پایان‌نامه تحقیقاتی به شماره APRD-۹۷۰۸ اجرا شده است. بدین‌وسیله از تمام افرادی که ما را در اجرای این طرح یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Khwaja HA, Fatmi Z, Malashock D, et al. Effect of air pollution on daily morbidity in Karachi, Pakistan. Journal of Local and Global Health Science. 2013; 3.
2. Ardakani A, Esmaele A, Cheraqi M, et al. Quality assessment of air in Tehran in 2003. J Sci Tech Ecol. 2005; 4: 33-6.(In Persian)
3. Lin H, An Q, Luo C, et al. Gaseous air pollution and acute myocardial infarction mortality in Hong Kong: A time-stratified case-crossover study. Atmospheric environment. 2013; 76: 68-73.
4. Lin H, An Q, Luo C, et al. Systematic review and meta-analysis of the adverse health effects of ambient PM2. 5 and PM10 pollution in the Chinese population. Environmental research. 2015; 136: 196-204.
5. Pope III CA, Burnett RT, Thun MJ, et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. Jama, 2002; 287(9): 1132-1141.
6. Beelen R, Raaschou-Nielsen O, Stafoggia M, et al. Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. The Lancet. 2014; 383: 785-795.
7. Daryanoosh M, Goudarzi G, Rashidi R et al. Risk of morbidity attributed to ambient PM10 in the western cities of Iran. Toxin Reviews. 2017; 1-6. (In Persian)
8. Vahedian M, Khanjani N, Mirzaee M, et al. Ambient air pollution and daily hospital admissions for cardiovascular diseases in Arak, Iran. ARYA Atherosclerosis. 2017; 13(3): 117-134. (In Persian)
9. Hadei M, Nazari SSH, Yarahmadi M, Kermani M, et al. Estimation of Gender-Specific Lung Cancer Deaths due to Exposure to PM2.5 in 10 Cities of Iran During 2013 - 2016: A Modeling Approach. Int J Cancer Manag, Journal of Air Pollution and Health. 2017; 2:19-26. (In Persian)
10. Aziz A, Bajwa IU. Minimizing human health effects of urban air pollution through quantification and control of motor vehicular carbon monoxide (CO) in Lahore. Environmental monitoring and assessment. 2007; 135(3): 459-464.
11. Firculescu AC, Tudose DS. Low-cost air quality system for urban area monitoring. in Control Systems and Computer Science (CSCS). 2015 20th International Conference on. 2015; 240-247.
12. Curtis L, Rea W, Smith-Willis P, et al. Adverse health effects of outdoor air pollutants. Environment international. 2006; 32(6): 815-830.
13. Halek F. Vertical Profile of Particulate Matter Concentrations in Indoor Air (Case Study: Karaj, Iran). Particulate Science and Technology. 2015. 33(6); 617-620.
14. Milojevic A, Wilkinson P, Armstrong B, et al. Short-term effects of air pollution on a range of cardiovascular events in England and Wales: case-crossover analysis of the MINAP database, hospital admissions and mortality. Heart. 2014; 304963.
15. Gholampour A, Nabizadeh R, Hassanvand MS, et al. Investigation of the ambient particulate matter concentration changes and assessing its health impacts in Tabriz. Iranian Journal of Health and Environment. 2015; 7(4): 541-556. (In Persian)
16. Shaeri AM, Rahmati A. Human's environmental laws. regulations, criteria and standards. Department of Environment (DOE), Tehran, Iran: Hak Publishing Co. 2012. (In Persian)
17. World Health Organization. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005: summary of risk assessment, in WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005: summary of risk assessment World Health Organization. 2006.
18. Shahbazi H , Taghvaee S, Hosseini V, et al. A GIS based emission inventory development for Tehran. Urban Climate. 2016; 17: 216-229. (In Persian)
19. Halek F, Kianpour M, Pirmoradi A, Kavousi A, et al. Estimation of urban suspended particulate air pollution concentration. 2010; 6(33): 617-620. (In Persian)
20. Moeinaddini M. Spatial modelling of air pollutants emission from mobile sources in Karaj metropolis. Journal of Natural Environment. 2017; 70(4): 935-947. (In Persian)
21. Sohrabinia M, Khorshiddoust AM. Application of satellite data and GIS in studying air pollutants in Tehran. Habitat Int. 2007; 31: 268-275. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

22. Mohammad Naser, Mohsen HK, Ali K. Investigating the environmental effects of suspended particles and dust (aerosols) in the air. in The 14th Iranian Geophysical Conference. 2010; 141.
23. Miri M, Derakhshan Z, Allahabadi A, et al. Mortality and morbidity due to exposure to outdoor air pollution in Mashhad metropolis, Iran. The AirQ model approach. Environmental research. 2016; 151: 451-457. (In Persian)
24. Rahimi M. Investigating the Air Pollution of Sanandaj with emphasis on temporal variation of PM10 concentration. Urban Ecology Research. 2015; 6(11): 99-116. (In Persian)
25. Dargahi A, Dehghanzadeh R, Fahiminia V, et al. Studying Air Quality Changes in Tabriz in Terms of PM10 Pollutant Density Using AQI Index and its Relation with Drop of Water Level in Uremia Lake during 2008-2011. Journal of Environmental Science and Technology. 2016; 18(3): 55-62. (In Persian)
26. Gong DY, et al. Weekly cycle of aerosol-meteorology interaction over China. Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2007; 112(22): 1-9.
27. Gong DY, Ho CH, Chen D, et al. Characterizing spatial distribution and temporal variation of PM10 and PM2.5 mass concentrations in an urban area of Southwest China. Atmospheric Pollution Research. 2015; 6(5): 842-848.
28. Gietl JK, Klemm O. Analysis of traffic and meteorology on airborne particulate matter in Münster, Northwest Germany. Journal of the Air & Waste Management Association. 2009; 59(7): 809-818.
29. Kulshrestha A, Satsangi PG, Masih J, et al. Metal concentration of PM2.5 and PM10 particles and seasonal variations in urban and rural environment of Agra, India. Science of the Total Environment, 2009; 407(24): 6196-6204.
30. Zeng Q, Li P, Ni Y, et al. Research on the relationship between atmospheric inhalable particulate matter and cardiovascular diseases burden in Tianjin. Zhonghua xin xue guan bing za zhi, 2018; 46(1): 50-55.
31. Guo C, Zhang Z, Lau AKH, et al. Effect of long-term exposure to fine particulate matter on lung function decline and risk of chronic obstructive pulmonary disease in Taiwan: a longitudinal, cohort study. The Lancet Planetary Health, 2018; 2(3): 114-125.

www.SID.ir