Archive of SID

مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی همدان
مقاله پژوهشی
دوره ۲۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵

برآورد تعداد بیماری و مرگ منتسب به آلاینده‌های NO_2 و SO_2 با استفاده از مدل AirQ در شهر همدان

مصطفی لیلی [۱]، فرشاد بهرامی اصل [۲،*]، موسی حسام [۲]، محمد ملامحمودی [۲]، سهیلا سلحشور آرین [۳]

[۱] دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
[۲] دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز پژوهش دانشجویان، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
[۳] کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران

***نویسنده مسئول:** فرشاد بهرامی اصل، دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز پژوهش دانشجویان، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. ایمیل: Farshadfba@gmail.com

DOI: 10.21859/hums-230412

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۷/۱۰
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۱/۱۱

واژگان کلیدی:
آلودگی هوا
اثرات بهداشتی
دی‌اکسید نیتروژن
دی‌اکسید گوگرد

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

مقدمه: در بین انواع آلاینده‌های گازی هوا، NO_2 و SO_2 جزء مواردی هستند که در بیشتر حوادث جهانی مرتبط با آلودگی هوا نقش داشته، محرک مجاری تنفسی بوده و می‌توانند باعث بروز اثرات بهداشتی متعددی در انسان گردند. لذا، این مطالعه با هدف کمّی‌سازی اثرات بهداشتی آلاینده‌های NO_2 و SO_2 در شهر همدان انجام گرفت.

روش کار: این مطالعه از نوع مقطعی بود و در آن ابتدا اطلاعات مربوط به آلاینده‌های موردنظر و پارامترهای هواشناسی موردنیاز در طی سال ۱۳۹۳ به ترتیب از سازمان‌های حفاظت محیط‌زیست و هواشناسی شهر همدان اخذ گردید. داده‌های اخذ شده با استفاده از معیارهای سازمان بهداشت جهانی اعتبارسنجی و تبدیل واحد شدند. سپس شاخص‌های آماری موردنیاز مدل محاسبه شده و با داشتن بروز پایه، خطر نسبی و جمعیت در معرض اثرات مختلف آلاینده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: طبق نتایج حاصله متوسط غلظت سالیانه‌ی NO_2 و SO_2 به ترتیب ۱/۷ و ۱/۶ برابر استاندارد کشور ایران بود و با در نظر گرفتن حد مرکزی خطر نسبی، جزء منتسب برای کل مرگ منتسب به آلاینده‌های NO_2 و SO_2 به ترتیب برابر با ۱/۷۴ و ۰/۹۲ درصد برآورد شد که بیانگر به ترتیب ۵۱/۹ و ۲۷/۳ نفر مرگ در طی سال ۱۳۹۳ می‌باشند.

نتیجه‌گیری: بیشترین تعداد اثرات زیان‌بار مشاهده شده برای آلاینده‌های SO_2 و NO_2 به ترتیب در دامنه‌ی غلظت ۲۰ تا ۴۹ و ۴۰ تا ۸۹ میکروگرم در مترمکعب بود که بیانگر توزیع وسیع‌تر غلظت آلاینده‌ی NO_2 نسبت به آلاینده‌ی SO_2 می‌باشد. همچنین می‌توان نتیجه گرفت که آلاینده‌های بررسی شده (NO_2 و SO_2) اثرات زیان‌باری را بر روی ساکنین شهر همدان گذاشته و بایستی قبل از افزایش بیشتر این اثرات، اقدامات پیشگیرانه از سوی مسئولین مربوطه صورت گیرد.

مقدمه

مواجهه با آلودگی هوا می‌تواند باعث ایجاد اثرات بهداشتی مزمن و حاد قابل توجهی در انسان شود [۱, ۲]. این امر موجب شده است تا در سال‌های اخیر مطالعات اپیدمیولوژیکی زیادی در این زمینه انجام گیرد که از آن جمله می‌توان به بررسی کل موارد مرگ ناشی از آلاینده‌های هوا [۳]، موارد مرگ ناشی از ذرات محیطی [۴] و ذرات ریز [۵] اشاره نمود. بر اساس نتایج مطالعات انجام‌گرفته، حتی مقادیر پائین تر از رهنمودهای رایج آلودگی هوای مربوط به آلاینده‌های فتوشیمیایی [۶]، ذرات [۷]، آلاینده‌های ناشی از ترافیک شهری [۸, ۹] و آلاینده‌های معیار هوا [۱۰] نیز باعث ایجاد اثرات نامطلوب بهداشتی می‌شوند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که استانداردهای هوا به اندازه‌ی کافی حفاظت کننده نمی‌باشند. در بیشتر مطالعات انجام‌شده، شاخص آلودگی که عمدتاً مورد استفاده قرارگرفته شامل ذرات محیطی، آلاینده‌های گازی شکل مانند دی‌اکسید نیتروژن (NO_2)، دی‌اکسید گوگرد (SO_2)، ازن (O_3) و مونواکسید کربن (CO) بوده زیرا اثرات مستقیمی بر افزایش میزان مرگ و میر داشته‌اند که این امر بررسی آن‌ها را ضروری می‌نماید [۱۱-۱۳]. در بین انواع آلاینده‌های گازی هوا، NO_2 و SO_2 جزء مواردی هستند که در بیشتر حوادث جهانی مرتبط با آلودگی هوا نقش داشته‌اند. اکسیدهای نیتروژن (NO_x) و به‌طور عمده

Downloaded from sjh.umsha.ac.ir at 10:21 +0430 on Sunday April 30th 2017

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from sjh.umsha.ac.ir at 10:21 +0430 on Sunday April 30th 2017

اکسید نیتریک (NO) حاصل فرایند احتراق با دمای بالا مانند سوختن سوخت در موتور وسایط نقلیه و نیروگاه‌ها می‌باشند. NO بعد از اولین انتشار، بلافاصله با اکسیژن و یا ازن واکنش داده و NO_2 را تشکیل می‌دهد. این واکنش‌ها غالب بوده و بعنوان منابع ثانویه‌ی تولید NO_2 شناخته می‌شوند که این تغییر شکل بیشتر در نزدیکی منبع آلودگی رخ می‌دهند. ذکر این نکته نیز ضروری است که هوای داخل نیز مانند هوای بیرون می‌تواند حاوی غلظت‌های بالای NO_2 باشد چراکه بخاری‌های بدون تهویه و اجاق‌گازها مقادیر قابل‌توجهی از این آلاینده را منتشر می‌کنند [۱۴]. گاز NO_2 از نظر فیزیولوژیکی محرک مجاری تنفسی تحتانی می‌باشد و طبق نتایج حاصل از مطالعات، سمیت آن چندین برابر سمیت NO بوده و باعث بروز اثرات بهداشتی متعددی در انسان مانند ایجاد تغییرات در بافت‌های کلیه، کبد و قلب (پس از ۲ ساعت تماس با غلظت ۱۵ پی پی ام)، کاهش ایمنی در برابر بیماری‌های عفونی، حساسیت در برابر باکتری‌ها و افزایش احتمال عفونت‌های ویروسی [۱۵]، حساسیت ریوی [۱۶] و بیماری مزمن انسداد ریوی (COPD) [۱۷] می‌گردد.

در ارتباط با آلاینده‌ی دی‌اکسید گوگرد نیز مطالعات اپیدمیولوژیکی انجام‌گرفته در طی دهه‌ی اخیر نشان داده‌اند که آلودگی هوای ناشی از این گاز همراه با افزایش خطر مرگ و میر به علت ایجاد بیماری‌های دستگاه تنفسی و سرطان ریه خواهد بود [۱۸]. به‌طورکلی، ریه‌ها به‌عنوان عضو هدف در آلودگی با SO_2 مطرح بوده و اثرات مضر بهداشتی این آلاینده شامل سوزش، کاهش شفافیت موکوس در مسیر عبور هوا و تنگی نفس می باشد [۱۹]. مواجهه به مدت ۱۰ دقیقه در غلظت‌های ۱ تا ۵ پی پی ام در بعضی از افراد آسمی علائم مشخص تنگی نفس را باعث می‌شود که به معالجه برونکودیلاتاسیون نیاز خواهد داشت. مواجهه با غلظت ۱ تا ۰/۵ پی پی ام در ۱۰ دقیقه فرد را دچار خِس خِس و اشکال در تنفس می‌نماید و مواجهه با غلظت‌های ۰/۲۵ تا ۰/۵ پی پی ام در مدت ۶۰ دقیقه تغییرات معنی‌دار آماری را در عملکرد ریوی ایجاد می‌نماید [۲۰]. به‌منظور ارزیابی اثرات آلاینده‌های مختلف هوا بر روی سلامتی انسان، مدل‌های مختلفی وجود دارند که بیشتر آن‌ها از نوع آماری ـ اپیدمیولوژیکی می‌باشند و در آن داده‌های کیفیت هوا را در فواصل غلظت با پارامترهای اپیدمیولوژیکی مانند خطر نسبی، بروز پایه و جزء منتسب تلفیق نموده و حاصل کار را به‌صورت مرگ و میر نمایش می‌دهند [۲۱]. یکی از این مدل‌ها، نرم‌افزار $AirQ_{2.2.3}$ می‌باشد که در آن اطلاعات مربوط به ارتباط تماس ـ پاسخ داده‌های مواجهه جمعیت ترکیب شده و حد اثرات بهداشتی مورد انتظار برآورد می‌گردد. این نرم‌افزار، یک نرم‌افزار تخصصی است که کاربر را قادر می‌سازد تا اثرات بالقوه‌ی ناشی از تماس یک آلاینده خاص بر انسان را در یک منطقه‌ی جغرافیایی و دوره‌ی زمانی خاص ارزیابی نماید. نرم‌افزار AirQ از دو بخش مجزا تشکیل شده است که در بخش اول تعداد موارد بیماری و فوت منتسب به آلودگی هوا (بر مبنای برآوردهای خطرات از مطالعات Time Series) برآورد شده و در مرحله‌ی دوم اثرات تماس طولانی‌مدت با استفاده از روش جداول عمر (بر مبنای برآورد خطرات از مطالعات Cohort) برآورد می‌گردد [۲۲]. کرمانی و همکارانش در سال ۱۳۹۵ با استفاده از این مدل به تخمین تعداد موارد بستری در بیمارستان به دلیل مواجهه با دی اکسید گوگرد در شش شهر ایران شامل تهران، تبریز، مشهد، اصفهان، شیراز و ارومیه پرداخته و بیشترین موارد را مربوط به شهر ارومیه گزارش نمودند [۲۳]. همچنین در سال ۱۳۹۳ بهرامی اصل و همکاران به بررسی تعداد موارد مرگ و بیماری ناشی از مواجهه بادی اکسید نیتروژن در پنج شهر ایران شامل تبریز، مشهد، اصفهان، شیراز و اراک پرداختند که در این تحقیق نیز از مدل AirQ به‌منظور ارزیابی اثرات استفاده شده بود و طبق نتایج حاصله در تمامی شهرهای مورد بررسی، متوسط غلظت سالیانه دی‌اکسید نیتروژن بیشتر از استاندارد کشور بوده است [۲۴]. امروزه یکی از مهم‌ترین راهکارها جهت کنترل آلودگی هوا در کلان‌شهرها، برنامه‌های مدیریتی می‌باشند که تدوین صحیح این برنامه‌ها بدون تکیه‌بر منابع اطلاعاتی درست و دقیق از وضعیت هوای محیط و تأثیر آن بر سلامت انسان، امکان‌پذیر نخواهد بود. با توجه به اینکه در بیشتر شهرهای کشور، سازمان‌های مختلف مسئول، آمار و اعداد و ارقام مختلفی را در زمینه‌ی مرگ و میر ناشی از آلودگی هوا ارائه نموده‌اند و از سوی دیگر میزان اثرات بهداشتی ناشی از آلودگی هوا به این آلاینده‌ها بخصوص در شهر همدان به‌صورت علمی بررسی نشده است، لذا در این مطالعه اثرات آلاینده‌های NO_2 و SO_2 بر روی سلامتی شهروندان، با استفاده از مدل و نرم‌افزار AirQ مورد بررسی قرار گرفت.

روش کار

در این مطالعه‌ی مقطعی، جهت ارزیابی اثرات زیان‌بار آلاینده‌های NO_2 و SO_2 بر روی سلامتی شهروندان شهر همدان از مدل نرم‌افزاری $AirQ_{2.2.3}$ استفاده شد. بدین منظور در ابتدا اطلاعات مربوط به آلاینده‌های موردنظر در سال ۱۳۹۳ از سازمان حفاظت محیط‌زیست شهر همدان و پارامترهای مورد نیاز هواشناسی (دما و فشار) از سازمان هواشناسی استان اخذ گردید که داده‌های حاصله در قالب فایل Microsoft Excel و به‌صورت داده‌های ساعتی گزارش شده بودند. قبل از شروع

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from sjh.umsha.ac.ir at 10:21 +0430 on Sunday April 30th 2017

کار، داده‌ها بر اساس معیارهای ذکر شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) اعتبارسنجی شدند [۲۵, ۲۶]. و در پایان این مرحله برخی از داده‌ها که فاقد اعتبار لازم بودند، حذف‌شده و تنها داده‌های معتبر باقی ماندند که بایستی وارد نرم‌افزار می‌شدند. نکته‌ای که بایستی بدان توجه کرد این است که داده‌های اخذشده از سازمان حفاظت محیط‌زیست برحسب واحد حجمی ـ حجمی (ppm) می‌باشند. درحالی‌که در نرم‌افزار AirQ، تعیین اثرات زیان‌بار سلامتی بر اساس جرم آلاینده استنشاقی بوده و لازم است که داده‌ها با در نظر گرفتن شرایط دمایی و فشار برحسب واحد حجمی ـ وزنی ($g/m^3\mu$) نوشته شوند. که این تبدیل واحد به کمک نرم‌افزار Microsoft Excel صورت گرفت. در مرحله بعدی شاخص‌های آماری مورد نیاز شامل میانگین سالیانه، میانگین فصل گرم، میانگین فصل سرد، صدک ۹۸، ماکزیمم سالیانه، ماکزیمم فصل گرم و فصل سرد، با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel محاسبه گردید. علاوه براین، برای برآورد اثرات بهداشتی بایستی جمعیت در معرض نیز مشخص باشد که برای این منظور از داده‌های موجود در سایت مرکز آمار ایران استفاده شد. پارامترهای دیگری که جهت کمّی‌سازی اثرات بهداشتی آلاینده‌های هوا با استفاده از مدل AirQ موردنیاز می‌باشند، پارامترهای خطر نسبی و بروز پایه می‌باشند که برای هر یک از آلاینده‌ها و اثرات مختلف ناشی از آنها متفاوت بوده و مقادیر آنها در جدول ۱ ارائه شده است [۲۲]. درنهایت با وارد کردن داده‌های پردازش شده به نرم‌افزار AirQ، نتایج مدل به‌صورت موارد مرگ و میر در قالب جداول و گراف به دست می‌آید.

یافته ها

شهر همدان دارای یک ایستگاه سنجش آلودگی هوا می‌باشد که طبق نتایج حاصل از اعتبارسنجی داده‌ها، این داده‌ها برای انجام آنالیزها معتبر تشخیص داده شدند. شاخص‌های موردنیاز مدل پس از پردازش داده‌ها برای هر یک از آلاینده‌ها تعیین شده (جدول۲) و مقادیر متوسط سالیانه برای هر یک از آنها، با مقادیر رهنمودی و استانداردهای مختلف مقایسه گردید (جدول ۳). تعداد موارد اضافی (نفر) و جزء منتسب (درصد) حاصله از نرم‌افزار AirQ، برای اثرات بهداشتی آلاینده‌های NO_2 و SO_2 در جدول۴ به‌صورت خلاصه ارائه شده است (همان طور که از جدول ۱ پیداست برای آلاینده‌ی NO_2بروز پایه و خطر نسبی مربوط به موارد مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی و بستری در بیمارستان به دلیل انفاراکتوس حاد میوکارد موجود نبوده و این اثرات در جدول ۴ ارائه نشده است).

جدول ۱: مقادیر خطرهای نسبی و بروز پایه استفاده شده در مدل با توجه به آلاینده‌ها و اثرات بهداشتی آنها

اثرات بهداشتی (Health End points)	بروز پایه (به ازای صد هزار نفر) (Incidence)	خطر نسبی مرکزی RR * (95% CI) به ازای $\mu g/m^3$ ۱۰ NO_2	خطر نسبی مرکزی RR * (CI 95%) به ازای $\mu g/m^3$ ۱۰ SO_2
مرگ			
کل مرگ	۵۴۳/۵	۱/۰۰۳ (۱/۰۰۲ – ۱/۰۰۴)	۱/۰۰۴ (۱/۰۰۳ – ۱/۰۰۴۸)
مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی عروقی	۲۳۱	۱/۰۰۴ (۱/۰۰۳ – ۱/۰۰۵)	۱/۰۰۸ (۱/۰۰۲ – ۱/۰۱۲)
مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی	۴۸/۸		۱/۰۱ (۱/۰۰۶ – ۱/۰۱۴)
بیماری			
بستری در بیمارستان به علت انسداد مزمن ریوی	۱۰۱/۴	۱/۰۰۲۶ (۱/۰۰۰۶ – ۱/۰۰۴۴)	۱/۰۰۴۴ (۱ – ۱/۰۱۱)
انفاراکتوس حاد میوکارد	۱۳۲		۱/۰۰۶۴ (۱/۰۰۲۶ – ۱/۰۱۰۱)

* اعداد داخل پرانتز بیانگر حد پائین و بالای خطر نسبی می‌باشند.

جدول ۲: شاخص‌های موردنیاز مدل برای بررسی اثرات آلاینده‌های NO_2 و SO_2 در سال ۱۳۹۳

پارامتر	NO_2 ($\mu g/m^3$) ساعتی	SO_2 ($\mu g/m^3$)
متوسط سالیانه	۶۹	۳۲
متوسط فصل سرد	۵۸	۳۳
متوسط فصل گرم	۸۱	۳۱
صدک ۹۸ سالیانه	۱۷۹	۵۹
حداکثر سالیانه	۲۲۰	۸۰
حداکثر فصل سرد	۱۸۲	۸۰
حداکثر فصل گرم	۲۲۰	۴۴

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳: نسبت متوسط غلظت سالیانه‌ی آلاینده‌های NO_2 و SO_2 در شهر همدان به مقادیر رهنمودی و استانداردها در سال ۱۳۹۳

استاندارد متوسط غلظت سالیانه ($\mu g/m^3$)	نسبت متوسط غلظت سالیانه به مقادیر استاندارد
NO_2	
۴۰($\mu g/m^3$)*	۱/۷
۱۰۰ ($\mu g/m^3$)**	۰/۶۹
SO_2	
۲۰($\mu g/m^3$)*	۱/۶

* استاندارد ایران (مصوب ۱۳۸۸) ، رهنمود WHO (۲۰۰۵)، استاندارد اتحادیه اروپا (۲۰۱۲)

** استاندارد ملی کیفیت هوای آزاد EPA

جدول ۴: مقادیر برآورد شده برای تعداد موارد اضافی (نفر) و جزء منتسب (درصد) به آلاینده‌های NO_2 و SO_2 به تفکیک اثرات بهداشتی آنها

نتایج مدل	NO_2			SO_2		
	حد پائین *	حد وسط	حد بالا	حد پائین	حد وسط	حد بالا
کل مرگ‌ها						
جزء منتسب (%)	۱/۱۷	۱/۷۴	۲/۳۱	۰/۶۹	۰/۹۲	۱/۱
تعداد موارد اضافی (نفر)	۳۴/۸	۵۱/۹	۶۸/۷	۲۰/۵	۲۷/۳	۳۲/۷
مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی ـ عروقی ** ICD-10-cm 100-178						
جزء منتسب (%)	۱/۷۴	۲/۳۱	۲/۸۷	۰/۴۶	۱/۱۸	۲/۷
تعداد موارد اضافی (نفر)	۲۲	۲۹/۲	۳۶/۳	۵/۸	۲۳	۳۴/۲
مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی ICD-10-cm 480-496						
جزء منتسب (%)				۱/۳۷	۲/۲۶	۳/۱۳
تعداد موارد اضافی (نفر)				۳/۷	۶	۸/۴
بستری در بیمارستان به علت انسداد مزمن ریوی ICD-10-cm j44.9						
جزء منتسب (%)	۰/۳۵	۱/۵۱	۲/۵۳	۰/۰۰	۰/۰۰۶۴	۲/۴۸
تعداد موارد اضافی (نفر)	۲	۸/۴	۱۴/۱	۰/۰۰	۵/۶	۱۳/۸
بستری در بیمارستان به علت انفاراکتوس حاد میوکارد ICD-10-cm 121.9						
جزء منتسب (%)				۰/۶	۱/۴۶	۲/۲۸
تعداد موارد اضافی (نفر)				۴/۳	۱۰/۵	۱۶/۵

* حدود بیانگر خطرهای نسبی بافاصله اطمینان ۹۵ درصد می‌باشند.

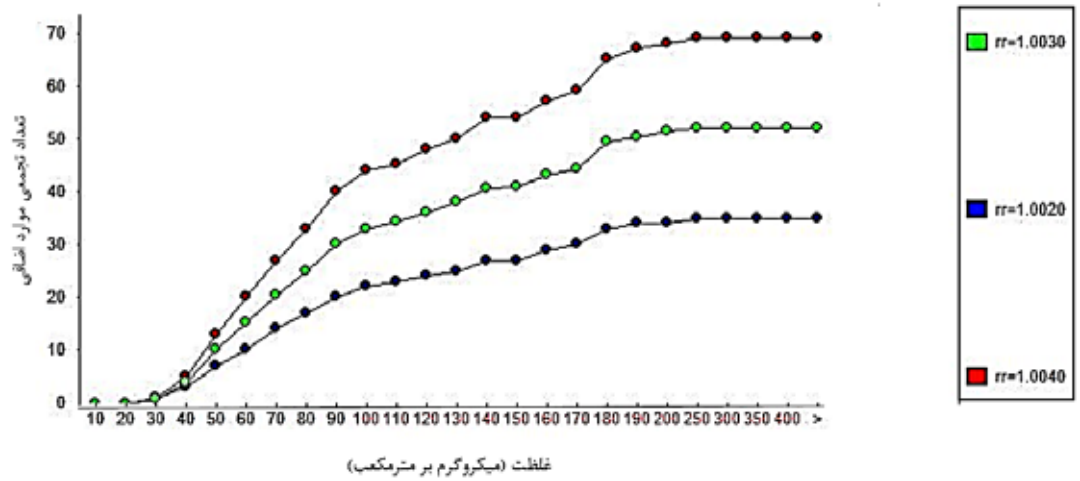
** International Classification of Diseases ,(ICD) Clinical Modification, 10th Revision-cm-10)

یکی دیگر از خروجی‌های مدل کامپیوتری AirQ، نموداری است که برای تک‌تک اثرات بهداشتی موردنظر، در مقابل فواصل غلظت آلاینده رسم می‌کند و بیانگر تأثیرات بهداشتی آلاینده در تماس با غلظت‌های مختلف آلاینده می‌باشد. تعداد تجمعی برآورد شده برای برخی از موارد منتسب به آلاینده‌های بررسی شده، در تصویرهای ۱ تا ۴ ارائه شده است. به‌عبارت دیگر این نمودارها بیان‌کننده‌ی تعداد تجمعی موارد در مقابل غلظت‌های مختلف آلاینده می‌باشند که برآوردهای مربوط به هر سه حد پائین، متوسط و بالای خطرهای نسبی را شامل می‌شوند.

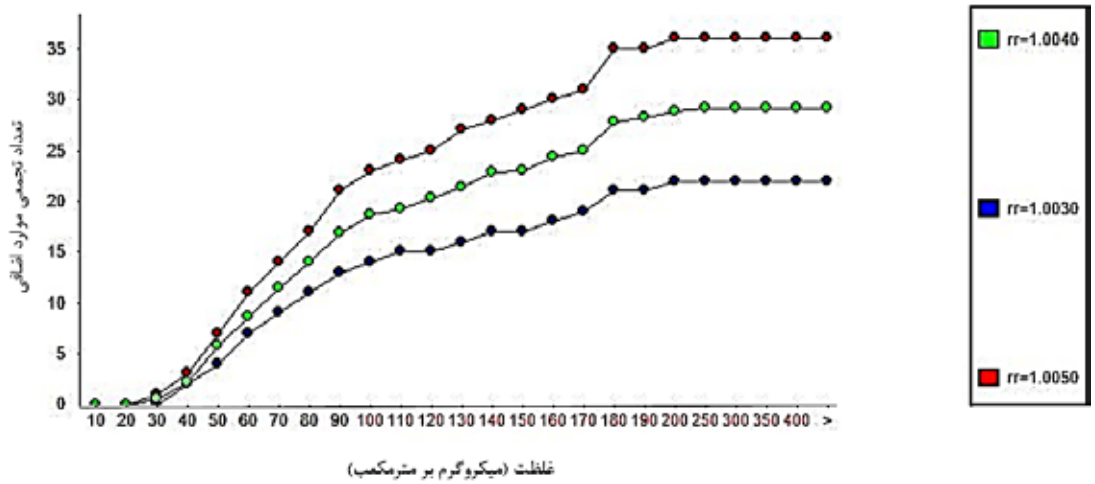
Downloaded from sjh.umsha.ac.ir at 10:21 +0430 on Sunday April 30th 2017

www.SID.ir

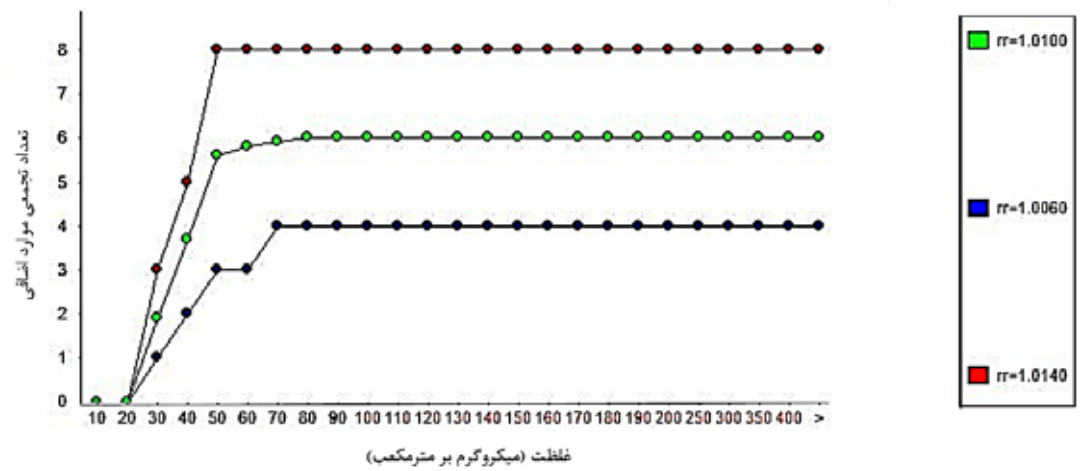
Archive of SID



تصویر ۱: رابطه‌ی تعداد تجمعی موارد کل مرگ منتسب به آلاینده‌ی NO_2 در برابر فواصل غلظت در شهر همدان در سال ۱۳۹۳ (نمودار آبی، سبز و قرمز رنگ به ترتیب بیانگر برآوردها بر پایه ریسک نسبی حد پائین، حد وسط و حد بالا می‌باشند).



تصویر ۲: رابطه‌ی تعداد تجمعی موارد مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی عروقی منتسب به آلاینده‌ی NO_2 در برابر فواصل غلظت در شهر همدان در سال۱۳۹۳ (نمودار آبی، سبز و قرمز رنگ به ترتیب بیانگر برآوردها بر پایه ریسک نسبی حد پائین، حد وسط و حد بالا می‌باشند).

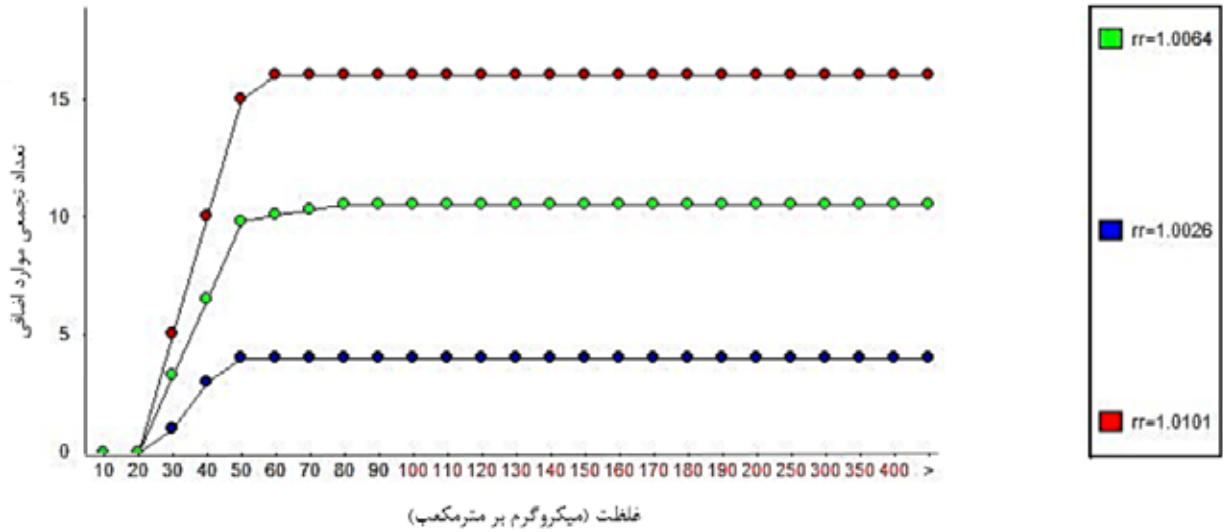


تصویر ۳: رابطه‌ی تعداد تجمعی موارد کل مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی منتسب به آلاینده‌ی SO_2 در برابر فواصل غلظت در شهر همدان در سال ۱۳۹۳ (نمودار آبی، سبز و قرمز رنگ به ترتیب بیانگر برآوردها بر پایه ریسک نسبی حد پائین، حد وسط و حد بالا می‌باشند).

Downloaded from sjh.umsha.ac.ir at 10:21 +0430 on Sunday April 30th 2017

www.SID.ir

Archive of SID



تصویر ۴: رابطه‌ی تعداد تجمعی موارد بستری در بیمارستان به علت انفاراکتوس حاد میوکارد منتسب به آلاینده‌ی SO_2 در برابر فواصل غلظت در شهر همدان در سال ۱۳۹۳ (نمودار آبی، سبز و قرمز رنگ به ترتیب بیانگر برآوردها بر پایه ریسک نسبی حد پائین، حد وسط و حد بالا می‌باشند).

بحث

مقایسه‌ی غلظت‌های متوسط سالیانه با استاندارد کشورمان نشان می‌دهد که در شهر همدان، متوسط غلظت سالیانه‌ی NO_2 و SO_2، به‌عنوان دو آلاینده از پنج آلاینده‌ی معیاری که در تمام دنیا مورد سنجش قرار می‌گیرند به ترتیب ۱/۷ و ۱/۶ برابر حد استاندارد بوده است که لزوم بررسی اثرات آنها بر روی سلامتی ساکنین را بیش از پیش مشخص می‌سازد. در تحقیقی که در سال ۱۳۹۳ توسط بهرامی اصل و همکاران منتشر شد مقادیر متوسط غلظت سالیانه‌ی دی‌اکسید نیتروژن در شهرهای مشهد، تبریز، شیراز، اصفهان و اراک به ترتیب ۱/۸۵، ۱/۳، ۱/۴۲، ۳/۲ و ۲/۲۲ برابر استاندارد کشور گزارش گردید [۲۴] که علت این امر را می‌توان در افزایش جمعیت و شهرنشینی و به دنبال آن افزایش وسایط نقلیه و میزان مصرف برق (افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی در نیروگاه‌ها) جستجو نمود که این امر نیز به‌نوبه‌ی خود باعث شده حتی در شهرهایی با آلودگی کمتر نظیر همدان نیز نسبت به گذشته، مقادیر این آلاینده‌ها بالاتر از حد استاندارد گردد. طبق نتایج حاصله از این مطالعه با بروز پایه‌ی ۵۴۳/۵ نفر در هر صد هزار نفر و حد متوسط خطر نسبی، تعداد موارد اضافی و جزء منتسب برآورد شده برای کل موارد مرگ، برای مواجهه با آلاینده‌ی NO_2 بیشتر از آلاینده‌ی SO_2 بوده است. اکثر مطالعات اپیدمیولوژیکی که اثرات کوتاه‌مدت آلاینده‌ی دی‌اکسید نیتروژن را بر روی سلامتی مورد ارزیابی قرار داده‌اند بر روی عملکرد ریه و علائم روزانه‌ی ثبت‌شده در افراد بستری به علت بیماری‌های تنفسی متمرکزشده‌اند و نتایج حاصله برای این آلاینده همواره با بستری‌های ناشی از انسداد مزمن ریوی، افزایش آسم و درنهایت کاهش عملکرد ریه همراه بوده است [۲۴, ۲۷-۳۰]. در مورد آلاینده‌ی دی‌اکسید گوگرد نیز اثراتی همچون تعداد کل موارد مرگ، مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی و قلبی عروقی همراه با بستری در بیمارستان به دلیل انسداد مزمن ریوی و انفاراکتوس حاد میوکارد موردبررسی قرارگرفته است [۳۱-۳۳].

نکته‌ی دیگری که بایستی به آن توجه کرد، خطر نسبی است که با توجه به اثرات مختلف ناشی از آلاینده‌های NO_2 و SO_2 بر روی سلامتی انسان تعیین می‌شود. این پارامتر در جدول ۱ و به ازای افزایش ۱۰ میکروگرم در مترمکعب غلظت آلاینده و در سه حد پائین، وسط و بالا گزارش شده است. در توضیح این پارامتر بعنوان مثال می‌توان گفت که با در نظر گرفتن حد وسط خطر نسبی، به ازای افزایش ۱۰ میکروگرم در مترمکعب غلظت NO_2 و SO_2، خطر کل موارد مرگ به ترتیب ۰/۳ و ۰/۴ درصد، افزایش خواهد یافت. بررسی متون انجام‌شده نشان می‌دهد که خطر نسبی استفاده‌شده در مطالعه‌ی Kinney و همکاران برای کل موارد مرگ، به ازای افزایش ۱۰ میکروگرم در مترمکعب غلظت NO_2 حدود ۰/۲۶ تا ۰/۳ درصد بوده است [۳۴]. زلقی و همکاران نیز خطر نسبی (حد وسط) را به ازای افزایش ۱۰ میکروگرم در مترمکعب غلظت SO_2 برای تعداد کل موارد مرگ تنفسی و بستری در بیمارستان به دلیل انسداد مزمن ریوی به ترتیب ۱ و ۰/۴۴ درصد گزارش نموده‌اند [۳۲]. طبق نتایج حاصله برای اثرات منتسب به آلاینده‌ی SO_2 تعداد کل موارد مرگ، مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی، مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی عروقی، بستری در بیمارستان به دلیل انسداد مزمن ریوی

Downloaded from sjh.umsha.ac.ir at 10:21 +0430 on Sunday April 30th 2017

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from sjh.umsha.ac.ir at 10:21 +0430 on Sunday April 30th 2017

و بستری در بیمارستان به دلیل انفاراکتوس حاد میوکارد به ترتیب در شهر همدان طی سال ۱۳۹۳ برابر با ۲۷/۳، ۶، ۴۹/۴، ۵/۶ و ۱۰/۵ نفر تخمین زده شده است. این در حالی است که بیشترین تعداد موارد مشاهده شده برای این آلاینده نیز در دامنه‌ی غلظت ۲۰ تا ۴۹ میکروگرم در مترمکعب رخداده است. برای اثرات منتسب به آلاینده NO_2 تعداد کل موارد مرگ، مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی عروقی و بستری در بیمارستان به دلیل انسداد مزمن ریوی در طی سال ۱۳۹۳ در شهر همدان به ترتیب ۵۱/۹، ۲۹/۲ و ۸/۴ نفر برآورد شده که بیشترین تعداد موارد مشاهده شده در محدوده‌ی غلظت ۴۰ تا ۸۹ میکروگرم در مترمکعب بوده است. طی تحقیقی که به مدت ۱۴ سال در تورنتو کانادا صورت گرفت، مشخص گردید که سالیانه به‌طور متوسط ۸ نفر به دلیل انسداد مزمن ریوی بستری می‌شدند که سهم آلاینده‌ی NO_2 در این موضوع حدود ۴۱ درصد بوده است [۳۵]. در سال ۱۳۹۰ الهه زلقی به برآورد تعداد مرگ‌های تنفسی و بیماری مزمن انسداد ریوی منتسب به آلاینده SO_2 در شهر تبریز پرداخته و بیان کردند که تعداد تجمعی موارد مرگ تنفسی و بیماری مزمن انسداد ریوی ناشی از این آلاینده به ترتیب ۱۳ و ۹ نفر بوده است [۳۲]. گودرزی و همکاران در سال ۱۳۸۷ با استفاده از مدل AirQ به ارزیابی اثرات بهداشتی NO_2 در شهر تهران پرداخته و طبق نتایج حاصله حدود ۳/۴ درصد از کل مرگ‌های قلبی عروقی، سکته‌ی قلبی و پذیرش‌های بیمارستانی ناشی از بیماری مزمن ریوی را منتسب به غلظت‌های بیش از ۶۰ میکروگرم در مترمکعب NO_2 دانستند [۳۶]. محمد قنبری و همکارانش در سال ۱۳۹۰ با استفاده از نرم‌افزار AirQ به بررسی تعداد موارد بستری در بیمارستان به دلیل بیماری مزمن ریوی منتسب به آلاینده SO_2 و NO_2 در شهر تبریز پرداخته و تعداد تجمعی این مورد را به ترتیب حدود ۷ و ۱۱ نفر گزارش کرده و بیان کردند که این آلاینده‌ها اثر قابل ملاحظه‌ای در میزان بستری شدن ناشی از COPD دارند [۳۱]. تحقیق دیگری که توسط گودرزی و همکارانش انجام شده مربوط به بررسی اثرات بهداشتی آلاینده‌ی NO_2 طی سال ۱۳۸۸ در شهر اهواز بوده است که تعداد تجمعی موارد سکته قلبی، مرگ قلبی عروقی و بیماری مزمن انسداد ریوی را به ترتیب برابر با ۹، ۱۹ و ۷ نفر برآورد نمودند [۳۷]. با توجه به نمودارهای ۱ تا ۴ که بیانگر تعداد تجمعی موارد مرگ و میر و بستری متأثر از غلظت آلاینده در سه حد بالا، وسط و پائین می‌باشند می‌توان گفت که در مورد آلاینده‌ی دی‌اکسید نیتروژن افزایش اثرات با یک شیب ملایمی با افزایش غلظت ارتباط دارد در حالی‌که در مورد دی‌اکسید گوگرد این افزایش تا غلظت حدود ۴۰ تا ۵۰ میکروگرم در مترمکعب دارای یک شیب تند بوده ولی پس از آن تقریباً ثابت می‌شود. از این نکته می‌توان نتیجه گرفت که توزیع غلظت در مورد آلاینده‌ی NO_2 وسیع‌تر از آلاینده‌ی SO_2 می‌باشد. نکته‌ی دیگری که بایستی به آن اشاره نمود این است که یک آلاینده‌ی منفرد می‌تواند به‌عنوان شاخصی از یک مخلوط آلوده عمل نماید اما در یک مخلوط آلودگی نمی‌توان اثرات یک آلاینده را غیر وابسته از سایر آلاینده‌ها در نظر گرفت. این در حالی است که نرم‌افزار AirQ تنها اثرات منفرد هر یک از آلاینده‌ها را مورد ارزیابی قرار می‌دهد که به‌عنوان یکی از معایب این مدل نیز مطرح می‌باشد. از این‌رو مطالعاتی در زمینه‌ی تأثیر آلاینده‌ها بر یکدیگر و تغییرات اثرات آنها بر روی انسان صورت گرفته و همچنان موردنیاز می‌باشند [۳۸-۴۱].

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که متوسط غلظت سالیانه‌ی NO_2 و SO_2 به ترتیب ۱/۷ و ۱/۶ برابر حد استاندارد بوده است که لزوم بررسی اثرات آنها بر روی سلامتی ساکنین شهر همدان را بیش از پیش مشخص می‌سازد. همچنین طبق نتایج حاصل از مدل، این آلاینده‌ها اثرات زیان باری را بر روی ساکنین شهر همدان داشته و بایستی قبل از افزایش بیشتر این اثرات، اقدامات پیشگیرانه مورد توجه مسئولین مربوطه قرار گیرد.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل بخشی از طرح تحقیقات دانشجویی مصوب مرکز پژوهش دانشجویان با کد ۹۴۰۳۱۹۱۳۹۰ می‌باشد. نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از حمایت‌های مادی و معنوی دانشگاه علوم پزشکی همدان و نیز از همکاری مسئولین محترم سازمان‌های حفاظت محیط‌زیست و هواشناسی شهر همدان در خصوص ارائه‌ی اطلاعات موردنیاز تشکر و قدردانی نمایند. ضمناً تضاد منافعی گزارش نشد.

REFERENCES

1. Nemery B, Hoet PH, Nemmar A. The Meuse Valley fog of 1930: an air pollution disaster. Lancet. 2001;357(9257):704-8. DOI: 10.1016/S0140-6736(00)04135-0 PMID: 11247570
2. Ciocco A, Thompson DJ. A follow-up of Donora ten years after: methodology and findings. Am J Public Health Nations Health. 1961;51(2):155-64. PMID: 13693703
3. Schwartz J, Dockery DW. Increased mortality in Philadelphia associated with daily air pollution concentrations. Am Rev Respir

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from sjh.umsha.ac.ir at 10:21 +0430 on Sunday April 30th 2017

Dis. 1992;145(3):600-4. DOI: 10.1164/ajrccm/145.3.600 PMID: 1546841

4. Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, Gryparis A, Le Tertre A, Monopolis Y, et al. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. Epidemiology. 2001;12(5):521-31. PMID: 11505171
5. Sarnat JA, Schwartz J, Suh H. Fine particulate air pollution and mortality in 20 US cities. N Engl J Med. 2001;344(16):1253-4. DOI: 10.1056/NEJM200104193441614
6. Delfino RJ, Becklake MR, Hanley JA. The relationship of urgent hospital admissions for respiratory illnesses to photochemical air pollution levels in Montreal. Environ Res. 1994;67(1):1-19. DOI: 10.1006/enrs.1994.1061 PMID: 7925191
7. Downs SH, Schindler C, Liu LJ, Keidel D, Bayer-Oglesby L, Brutsche MH, et al. Reduced exposure to PM10 and attenuated age-related decline in lung function. N Engl J Med. 2007;357(23):2338-47. DOI: 10.1056/NEJMoa073625 PMID: 18057336
8. Gauderman WJ, Vora H, McConnell R, Berhane K, Gilliland F, Thomas D, et al. Effect of exposure to traffic on lung development from 10 to 18 years of age: a cohort study. Lancet. 2007;369(9561):571-7. DOI: 10.1016/S0140-6736(07)60037-3 PMID: 17307103
9. Jerrett M, Shankardass K, Berhane K, Gauderman WJ, Kunzli N, Avol E, et al. Traffic-related air pollution and asthma onset in children: a prospective cohort study with individual exposure measurement. Environ Health Perspect. 2008;116(10):1433-8. DOI: 10.1289/ehp.10968 PMID: 18941591
10. Miller KA, Siscovick DS, Sheppard L, Shepherd K, Sullivan JH, Anderson GL, et al. Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women. N Engl J Med. 2007;356(5):447-58. DOI: 10.1056/NEJMoa054409 PMID: 17267905
11. Katsouyanni K, Touloumi G, Spix C, Schwartz J, Balducci F, Medina S, et al. Short-term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project. Air Pollution and Health: a European Approach. BMJ. 1997;314(7095):1658-63. PMID: 9180068
12. Gryparis A, Forsberg B, Katsouyanni K, Analitis A, Touloumi G, Schwartz J, et al. Acute effects of ozone on mortality from the "air pollution and health: a European approach" project. Am J Respir Crit Care Med. 2004;170(10):1080-7. DOI: 10.1164/rccm.200403-333OC PMID: 15282198
13. Schwartz J. How sensitive is the association between ozone and daily deaths to control for temperature? Am J Respir Crit Care Med. 2005;171(6):627-31. DOI: 10.1164/rccm.200407-933OC PMID: 15579726
14. Kelly FJ, Blomberg A, Frew A, Holgate ST, Sandstrom T. Antioxidant kinetics in lung lavage fluid following exposure of humans to nitrogen dioxide. Am J Respir Crit Care Med. 1996;154(6 Pt 1):1700-5. DOI: 10.1164/ajrccm.154.6.8970358 PMID: 8970358
15. Hatami H. [Integrated book of public health]. 1 ed. Tehran: Arjmand publications; 2004.
16. Folinsbee LJ. Does nitrogen dioxide exposure increase airways responsiveness? Toxicol Ind Health. 1992;8(5):273-83. PMID: 1455438
17. Morrow PE, Utell MJ, Bauer MA, Smeglin AM, Frampton MW, Cox C, et al. Pulmonary performance of elderly normal subjects and subjects with chronic obstructive pulmonary disease exposed to 0.3 ppm nitrogen dioxide. Am Rev Respir Dis. 1992;145(2 Pt 1):291-300. DOI: 10.1164/ajrccm/145.2_Pt_1.291 PMID: 1736733
18. Yun Y, Gao R, Yue H, Li G, Zhu N, Sang N. Synergistic effects of particulate matter (PM_{10}) and SO_2 on human non-small cell lung cancer A549 via ROS-mediated NF-kappaB activation. J Environ Sci (China). 2015;31:146-53. DOI: 10.1016/j.jes.2014.09.041 PMID: 25968268
19. M G. [Air pollution-source, effects and control]. Tehran: Tehran University Publications; (2006).
20. Organization WH. Air quality guidelines for Europe. WHO, 2000.
21. Krzyzanowski M, Cohen A, Anderson R, Group WHOW. Quantification of health effects of exposure to air pollution. Occup Environ Med. 2002;59(12):791-3. PMID: 12468743
22. APRC. [Quantification of Health Effects of Tehran Air Pollution in 2011-2012]. Tehran: Institute for Environmental Research, 2011-2012.
23. Kermani M, Fallah Jokandan S, Aghaei M, Bahrami Asl F, Karimzadeh S, Dowlati M. [Estimation of the Number of Excess Hospitalizations Attributed to Sulfur Dioxide in Six Major Cities of Iran]. Health Scope. 2016;5(4):e38736
24. Bahrami Asl F, Kermani M, Aghaei M, Karimzadeh S, Salahshour Arian S, Shahsavani A, et al. [Estimation of Diseases and Mortality Attributed to NO_2 pollutant in five metropolises of Iran using AirQ model in 2011-2012]. J Mazandaran Univ Med Sci. 2015;24(121):239-49.
25. Organization WH. European Centre for Environment and Health. Quantification of the Health Effects of Exposure to Air Pollution. . Bilthoven, Netherlands: WHO, 20-22 November 2000 Contract No.: EUR/01/5026342.
26. APRC. [A Guide to Calculation, Determination and Announcement of Air Quality Index]. Tehran: Institute for Environmental Research, 2011-2012.
27. Ponka A, Virtanen M. Chronic bronchitis, emphysema, and low-level air pollution in Helsinki, 1987-1989. Environ Res. 1994;65(2):207-17. DOI: 10.1006/enrs.1994.1032 PMID: 8187737
28. Pershagen G, Rylander E, Norberg S, Eriksson M, Nordvall SL. Air pollution involving nitrogen dioxide exposure and wheezing bronchitis in children. Int J Epidemiol. 1995;24(6):1147-53. PMID: 8824856
29. Forsberg B, Stjernberg N, Falk M, Lundback B, Wall S. Air pollution levels, meteorological conditions and asthma symptoms. Eur Respir J. 1993;6(8):1109-15. PMID: 8224125
30. Pantazopoulou A, Katsouyanni K, Kourea-Kremastinou J, Trichopoulos D. Short-term effects of air pollution on hospital emergency outpatient visits and admissions in the greater Athens, Greece area. Environ Res. 1995;69(1):31-6. PMID: 7588492
31. Ghanbari Ghozikali M, Heibati B, Naddafi K, Kloog I, Oliveri Conti G, Polosa R, et al. Evaluation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) attributed to atmospheric O3, NO_2, and SO_2 using Air Q Model (2011-2012 year). Environ Res. 2016;144(Pt A):99-105. DOI: 10.1016/j.envres.2015.10.030 PMID: 26599588
32. Zallaghi E, Goudarzi GR, Geravandi S, Salmanzadeh S, Mohammadi MJ. [An estimation of respiratory deaths and COPD related to SO_2 pollutant in Tabriz, northwest of Iran (2011)]. Razi J Med Sci. 2015;22(131).
33. Goudarzi G, Geravandi S, Salmanzadeh S, javad Mohammadi M, Zallaghi E. [The number of myocardial infarction and cardiovascular death cases associated with sulfur dioxide exposure in Ahvaz, Iran]. Arch Hyg Sci. 2014;3(3).
34. Kinney PL, Ozkaynak H. Associations of daily mortality and air pollution in Los Angeles County. Environ Res. 1991;54(2):99-120. PMID: 2029880
35. Burnett RT, Smith-Doiron M, Stieb D, Cakmak S, Brook JR. Effects of particulate and gaseous air pollution on cardiorespiratory hospitalizations. Arch Environ Health. 1999;54(2):130-9. DOI: 10.1080/00039899909602248 PMID: 10094292
36. Goudarzi G, Naddafi K, Mesdaghinia A. [Quantifying the health effects of air pollution in Tehran and determination of the third axis Integrated program effects to reduce the effect of air pollution in Tehran]. Tehran: Tehran University of Medical Sciences; 1388.
37. Goudarzi G, Mohammadi M, Ahmadi Angali K, Mohammadi B, Soleimani Z, Babaei A, et al. [Estimation of Number of Cardiovascular Death, Myocardial Infarction and Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) from NO_2 Exposure using Air Q Model in Ahvaz City During 2009]. Iranian J Health Environ. 2013;6(1):91-102.
38. Ibald-Mulli A, Timonen KL, Peters A, Heinrich J, Wolke G, Lanki T, et al. Effects of particulate air pollution on blood pressure and heart rate in subjects with cardiovascular disease: a multicenter approach. Environ Health Perspect. 2004;112(3):369-77. PMID: 14998755
39. Seaton A, Dennekamp M. Hypothesis: ill health associated with low concentrations of nitrogen dioxide--an effect of ultrafine particles? Thorax. 2003;58(12):1012-5. PMID: 14645960
40. Sillanpaa M, Frey A, Hillamo R, Salonen RO. Particulate elemental carbon and organic matter during contrasting urban air pollution situations in Europe (PAMCHART). J Aerosol Sci. 2004;35:S1081-S2.
41. Yun Y, Gao R, Yue H, Li G, Zhu N, Sang N. Synergistic effects of particulate matter (PM_{10}) and SO_2 on human non-small cell lung cancer A549 via ROS-mediated NF-κB activation. Journal of Environmental Sciences. 2015;31:146-53.

www.SID.ir

Archive of SID

Scientific Journal of Hamadan University of Medical Sciences Original Article

No 82, Volume 23, Issue 4

Estimation of Diseases and Mortality Attributed to Atmospheric NO_2 and SO_2 Using AirQ Model in Hamadan City, Iran

Mostafa Leili [1], Farshad Bahrami Asl [2,*], Mousa Hesam [2], Mohammad Molamahmoudi [2], Soheila Salahshour Arian [3]

[1] Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
[2] Ph.D. Student, Department of Environmental Health Engineering, Students Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
[3] Student Research Committee, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran

** Corresponding author: Farshad Bahrami Asl, Ph.D. Student, Department of Environmental Health Engineering, Students Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. E-mail: Farshadfba@gmail.com*

DOI: 10.21859/hums-230412

Received: 01.10.2016

Accepted: 30.01.2017

Keywords:
Air Pollution
Health Effect
Nitrogen Dioxide
Sulfur Dioxide

How to Cite this Article:
Leili M, Bahrami Asl F, Hesam M, Molamahmoudi M, Salahshour Arian S. Estimation of Diseases and Mortality Attributed to Atmospheric NO_2 and SO_2 Using AirQ Model in Hamadan City, Iran. *Sci J Hamadan Univ Med Sci.* 2017;**23**(4):314-322. DOI: 10.21859/hums-230411.

© 2017 Hamadan University of Medical Sciences.

Abstract

Introduction: NO_2 and SO_2 as gaseous air pollutants are involved in many global air accidents, and are respiratory tract irritants that can cause numerous health effects in humans. Therefore, due to the necessity of studies in this field and the absence of any similar study in the city of Hamadan, the aim of this study was quantification of health effects attributed to NO_2 and SO_2 in Hamadan city of Iran during years 2014 and 2015.

Methods: This was a cross-sectional study. Primarily, required criteria pollutants and meteorological data were obtained from the environmental protection agency and meteorological agency of Hamadan city, respectively. The obtained data were validated using the World Health Organization (WHO) criteria. Required statistical indices were calculated and according to baseline incidence, relative risk and exposed populations, the different effects of pollutants were assessed.

Results: According to the results, the average annual concentration of NO_2 and SO_2 was 1.7 and 1.6 times more than the standard, respectively. With central relative risk, the estimated attributed portion for total mortality attributed to NO_2 and SO_2 was 1.74 and 0.92, respectively, which is equal to death of 51.9 and 27.3 individuals during years 2014 and 2015, respectively.

Conclusion: As a result, it should be stated that most of the adverse health effects attributed to SO_2 and NO_2 were observed in concentration ranges from 20 to 49 and 40 to 89 micrograms per cubic meter, respectively. This indicated that the concentration distribution of NO2 was wider than SO_2. It can also be concluded that investigated pollutants (NO_2 and SO_2) had significant adverse effects on the residents of Hamadan city and before further increase in the effects, preventive measures should be taken by relevant authorities

Downloaded from sjh.umsha.ac.ir at 10:21 +0430 on Sunday April 30th 2017

www.SID.ir