



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله مروری

مروری بر مطالعات کیفیت هوای آزاد و اثرات آن بر سلامت در ایران

کاظم ندافی^{۱*}، محمداصداق حسنونند^{۱*}، ساسان فریدی^۲

۱- مرکز تحقیقات آلودگی هوا، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۲- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

چکیده

اطلاعات مقالمه:

زمینه و هدف: آلودگی هوا یکی از عوامل مهم تاثیرگذار بر سلامت بوده و بیشترین بار بیماری‌های منتسب به عوامل خطر محیطی را به خود اختصاص داده است. آلودگی هوا پس از استعمال دخانیات، دومین عامل اصلی مرگ‌های ناشی از بیماری‌های غیرواگیر محسوب می‌شود و با افزایش ریسک ابتلا به بیماری‌های حاد و مزمن و مرگ در ارتباط است.

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۲۱
تاریخ ویرایش: ۹۸/۰۳/۱۲
تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۱۹
تاریخ انتشار: ۹۸/۰۳/۲۹

روش بررسی: در این مقاله مروری در ابتدا براساس مطالعات شاخص انجام شده در دنیا، وضعیت کیفیت هوای آزاد (Ambient air pollution) و اثرات آن بر سلامت در ایران و سایر کشورها مورد ارزیابی قرار گرفت؛ و در مرحله بعد وضعیت کیفیت هوای آزاد و اثرات آن بر سلامت در کلانشهر تهران طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶، براساس نتایج مطالعات صورت گرفته توسط پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران ارائه گردیده است.

واژگان کلیدی: آلودگی هوا، اثرات بهداشتی، کیفیت هوا، ایران

یافته‌ها: نتایج این مطالعات نشان داد که میانگین سالیانه غلظت مواجهه با $PM_{2.5}$ هوای آزاد وزن‌دهی شده با جمعیت، در ایران برابر $48 \mu g/m^3$ است که تقریباً کمی پایین‌تر از متوسط غلظت جهانی آن ($51 \mu g/m^3$) است. یافته‌ها نشان داد گرچه نتایج مطالعات انجام شده دارای تفاوت‌های نسبتاً زیادی در رابطه با تعداد موارد مرگ منتسب به آلودگی هوا است؛ اما به‌واسطه مواجهه با این عامل خطر، تعداد زیادی از موارد مرگ در دنیا رخ می‌دهد. یافته‌های حاصل از روند تغییرات غلظت آلاینده‌های هوا طی سال‌های ۱۳۸۵ الی ۱۳۹۶ و کمی‌سازی اثرات آنها بر سلامت در شهر تهران نشان می‌دهد که غلظت ذرات معلق هوا در شهر تهران در سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ روند افزایشی داشته است و حداکثر میانگین غلظت $PM_{2.5}$ طی ۱۲ سال مورد بررسی، در سال ۱۳۹۰ معادل $38 \mu g/m^3$ مشاهده شده است. سپس روند تغییرات غلظت ذرات معلق ریز هوا در فاصله سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۴ روند کاهشی داشته است و به حدود $30 \mu g/m^3$ رسیده است؛ اما طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ میانگین سالیانه غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد نسبت به مقدار مشابه سال ۱۳۹۴ افزایش یافته است. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که در شهر تهران براساس وضعیت شاخص کیفیت هوا (AQI)، از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۶ حتی یک روز شاخص کیفیت هوا در طبقه "خوب" ($AQI = 50-100$) قرار نگرفته است اما تعداد روزهایی که AQI "متوسط" ($AQI = 101-150$) بوده است، از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ افزایش یافته است. همچنین در سال ۱۳۹۶ تنها ۲۰ روز شاخص کیفیت هوا متوسط و ۲۳۷ روز "ناسالم برای گروه‌های حساس"، ۱۰۷ روز "ناسالم" و ۱ روز "خیلی ناسالم" بوده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد در سال ۱۳۹۶ در صورتی که میانگین غلظت سالانه $PM_{2.5}$ در شهر تهران از شرایط موجود (حدود $32 \mu g/m^3$) به غلظت $10 \mu g/m^3$ (رهنمود WHO) می‌رسید، از $6359-3238$ (۴۸۷۸ مورد مرگ جلوگیری می‌شد.

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
hassanvand@tums.ac.ir

نتیجه‌گیری: آلودگی هوا سهم بسیار چشمگیری در تعداد موارد مرگ منتسب دارد. همچنین نتایج مطالعات جهانی می‌تواند تا حد زیادی با شرایط واقعی کشور متفاوت باشد و این امر ضرورت وجود داده‌های معتبر بومی مرتبط با غلظت آلاینده‌های هوا و بروز پایه پیامدهای بهداشتی در کشور را به منظور بررسی دقیق وضعیت کیفیت هوا و اثرات آن بر سلامت نمایان می‌کند.

مقدمه

آلودگی هوا یکی از عوامل مهم تاثیرگذار بر سلامت است و مهمترین عامل خطر محیطی برای سلامت محسوب می‌شود (۱). گرچه آلودگی هوا همه مناطق دنیا را تحت تاثیر قرار می‌دهد اما افراد ساکن کشورهای با درآمد پایین بیشتر متاثر خواهند شد. مطالعات نشان داده‌اند آلودگی هوا سهم قابل توجهی در بار بیماری‌های غیرواگیر (non-communicable diseases (NCDs)) دارد؛ آلودگی هوا پس از استعمال دخانیات، دومین عامل اصلی مرگ‌های ناشی از بیماری‌های غیرواگیر محسوب می‌شود و با افزایش ریسک ابتلا به بیماری‌های حاد و مزمن و مرگ در ارتباط است (۲). براساس آخرین داده‌های کیفیت هوا که توسط سازمان جهانی بهداشت (World Health Organization (WHO)) در سال ۲۰۱۸ منتشر شده است، حدود ۹۷ درصد از شهرهای با جمعیت بیش از ۱۰۰ هزار نفر در کشورهای با درآمد کم و متوسط مقادیر غلظت آلاینده‌های هوای آزاد (Ambient air pollution) در آنها از حدود رهنمودی سازمان جهانی بهداشت بالاتر است. این درصد در کشورهای با درآمد بالا حدود ۴۹ درصد است (۳-۵). همزمان با کاهش کیفیت هوا، ریسک ابتلا به سکت، بیماری‌های قلبی - عروقی، سرطان ریه و بیماری‌های حاد و مزمن تنفسی افراد افزایش می‌یابد. علاوه بر هوای آزاد، آلاینده‌های هوای داخل (Indoor air pollution) هم به‌عنوان یک عامل خطر جدی برای سلامت حدود ۳ میلیارد نفر در دنیا مطرح است که برای پخت و پز و گرمایش منازل خود از سوخت‌های جامد استفاده می‌کنند.

آلاینده‌های متعددی در هوا وجود دارند که مهمترین آنها ذرات معلق هوا (Particulate Matter (PM)) هستند. در حقیقت ذرات معلق یکی از مهمترین شاخص‌های آلودگی هوا محسوب می‌شوند. اجزای اصلی ذرات معلق هوا عبارتند از سولفات، نترات، آمونیوم، کلرید سدیم، کربن سیاه، ذرات معدنی و آب. به‌عبارت دیگر ذرات معلق هوا شامل ترکیب پیچیده‌ای از ذرات جامد و مایع آلی و معدنی معلق در هوا هستند (۶). گرچه ذرات معلق هوا با قطر آئروپنایمیکی $10 \mu\text{m}$ و کمتر (PM_{10}) می‌توانند به داخل قسمت‌های تحتانی ریه‌ها نفوذ کنند اما

ذرات با قطر آئروپنایمیکی $2.5 \mu\text{m}$ و کمتر ($\text{PM}_{2.5}$) اثرات بهداشتی بسیار بیشتری نسبت به PM_{10} دارند و می‌توانند از موانع ریه عبور کرده و وارد جریان خون شوند. شواهد متعددی نشان داده‌اند که بین افزایش غلظت ذرات معلق هوا و افزایش مرگ و میر رابطه معنی‌داری وجود دارد و در شرایطی که غلظت ذرات معلق هوا کاهش یابد تعداد موارد مرگ و میر مرتبط با آن هم کاهش خواهد یافت و این امر بیانگر این است که سلامت افراد جامعه در صورت کاهش غلظت آلاینده‌های هوا، بهبود می‌یابد (۵). بنابراین با توجه به اهمیت موضوع آلودگی هوا در کشور و عدم وجود مطالعه مروری در زمینه وضعیت کیفیت هوا و اثرات آن بر سلامت در کشور براساس مطالعات ملی و بین المللی شاخص، مقاله مروری حاضر به منظور تبیین وضعیت کشور از نظر کیفیت هوا و اثرات آن بر سلامت تهیه گردید.

روش بررسی

در این مقاله مروری در ابتدا براساس مطالعات شاخص انجام شده در دنیا، وضعیت کیفیت هوای آزاد و اثرات آن بر سلامت در ایران و سایر کشورها مورد ارزیابی قرار گرفت؛ و در مرحله بعد وضعیت کیفیت هوای آزاد و اثرات آن بر سلامت در کلانشهر تهران طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶ براساس نتایج مطالعه "بررسی روند تغییرات غلظت آلاینده‌های هوای آزاد و کمی‌سازی اثرات آن بر سلامت در شهر تهران" که هر ساله توسط پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران صورت گرفته است ارائه شد. بنابراین موارد بررسی شده در این مقاله مروری عبارتند از: نتایج مطالعات شاخص در زمینه کیفیت هوای آزاد در ایران و سایر کشورها، اثرات آلودگی هوا بر سلامت در دنیا و گزارش موردی اثرات آلودگی هوا بر سلامت در ایران، تغییرات غلظت ذرات معلق ریز هوا ($\text{PM}_{2.5}$) در سال ۲۰۱۶ نسبت به ۲۰۱۰، ارتباط بین کاهش غلظت $\text{PM}_{2.5}$ و افزایش امید زندگی، روند تغییرات غلظت آلاینده‌های هوای آزاد شهر تهران، روند تغییرات شاخص کیفیت هوا (Air Quality Index (AQI)) شهر تهران طی ۱۲ سال (۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶)، توزیع مکانی غلظت $\text{PM}_{2.5}$ هوای آزاد شهر تهران، و کمی‌سازی اثرات آلودگی هوا بر سلامت در شهر تهران.

بوده است و این امر بیانگر این است که آلودگی هوا یک مشکل جهانی است که کشورهای مختلف با آن مواجه هستند. نتایج این مطالعه بیانگر آنست که میانگین جهانی غلظت سالیانه $PM_{2.5}$ معادل $51 \mu g/m^3$ بوده است و بالاترین میانگین غلظت ذرات معلق ریز در کشورهای عربستان و قطر به ترتیب به میزان ۱۸۸ و $148 \mu g/m^3$ گزارش شده است. میانگین سالیانه غلظت مواجهه با $PM_{2.5}$ هوای آزاد وزن‌دهی شده با جمعیت در کشور ایران ($48 \mu g/m^3$) تقریباً کمی پایین‌تر از متوسط غلظت جهانی آن ($51 \mu g/m^3$) است و ایران از نظر میانگین غلظت ذرات معلق ریز در بین ۱۹۵ کشور در جایگاه ۱۵۲ قرار دارد. وضعیت هوای آزاد در ایران در مقایسه با کشورهای از قبیل چین، هند و میانگین منطقه خاورمیانه ($62 \mu g/m^3$) دارای کیفیت بهتری است. مقایسه میانگین غلظت مواجهه $PM_{2.5}$ در ایران با مقدار رهنمود سازمان جهانی بهداشت بیانگر این است که افراد در کشور ما به‌طور متوسط با حدود $4/8$ برابر حد رهنمود WHO مواجهه دارند و این میزان تقریباً ۴ برابر استاندارد ملی هوای آزاد ایران ($12 \mu g/m^3$) است. لازم به ذکر است در مطالعه فوق‌الذکر، میانگین غلظت مواجهه با $PM_{2.5}$ وزن‌دهی شده با جمعیت در کشور ایران که براساس داده‌های ماهواره‌ای و ایستگاه‌های سنجش محاسبه شده است، معادل $48 \mu g/m^3$ برآورد شده است که بنظر این میزان از مقدار واقعی تا حدودی بیشتر باشد؛ چرا که براساس نتایج برخی از مطالعات انجام شده، میانگین غلظت مواجهه با $PM_{2.5}$ وزن‌دهی شده با جمعیت در مناطق شهری ایران حدود $35-30 \mu g/m^3$ است و در صورتی که مناطق روستایی را هم مدنظر قرار دهیم میانگین غلظت به حدود کمتر از $30 \mu g/m^3$ خواهد رسید. بنابراین نتایج این مطالعه در مورد میانگین سالیانه غلظت مواجهه با $PM_{2.5}$ هوای آزاد وزن‌دهی شده با جمعیت در ایران تا حد زیادی بیش از مقدار واقعی برآورد شده است و این امر گویای این واقعیت است که به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه نتایج مطالعات جهانی با نتایج مطالعات ملی می‌تواند بسیار متفاوت باشد (۷).

اثرات آلودگی هوا بر سلامت در دنیا

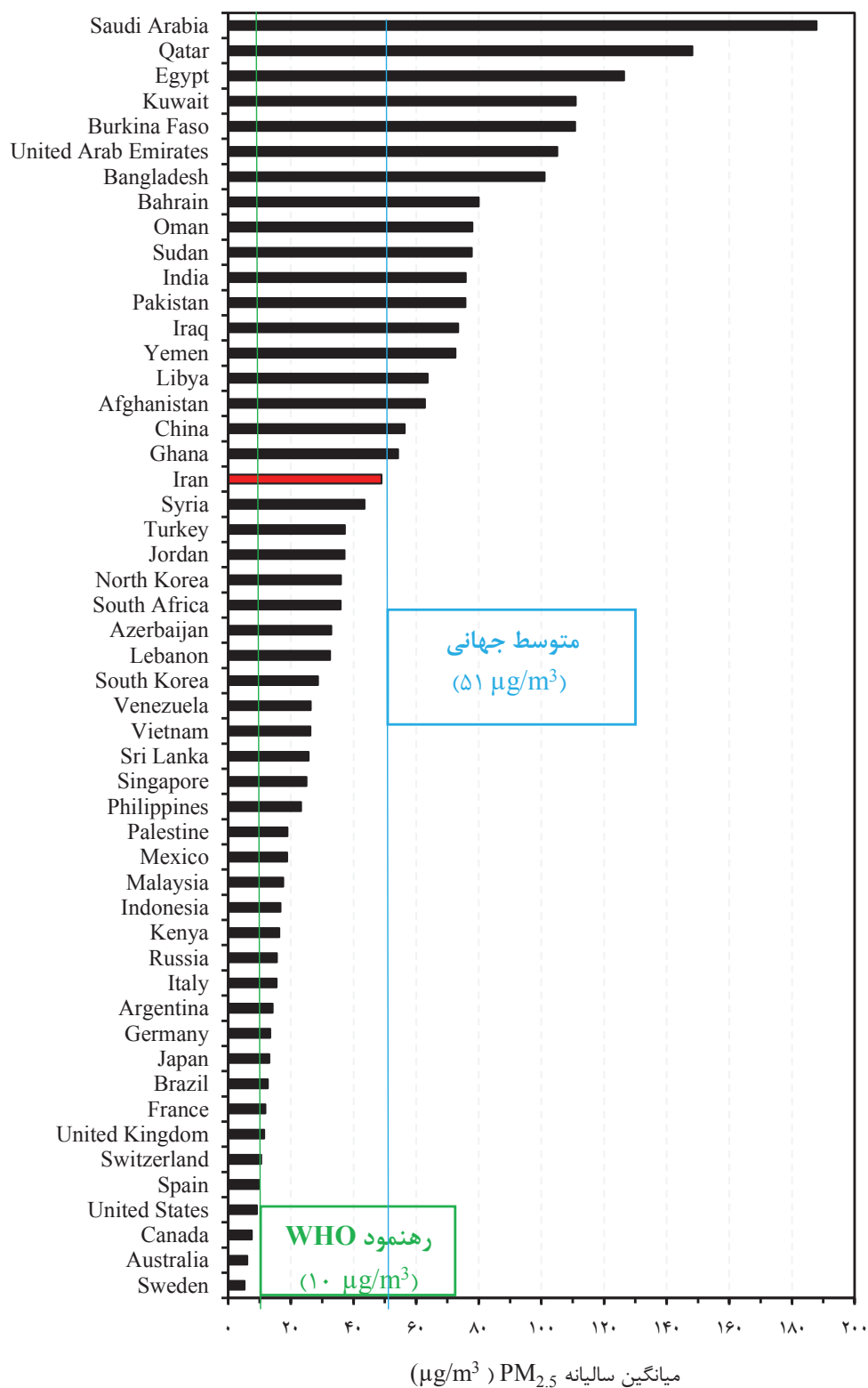
در این بخش، اطلاعاتی در زمینه میزان اثرات بهداشتی منتسب

کیفیت هوای آزاد در ایران و سایر کشورها

در این بخش، اطلاعاتی در زمینه غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد در ایران و سایر کشورهای دنیا از منظر مستندات معتبر ملی و بین‌المللی ارائه می‌شود. در حال حاضر به‌روزترین مطالعه معتبر بین‌المللی در زمینه وضعیت غلظت مواجهه با $PM_{2.5}$ در سال ۲۰۱۸ توسط Shaddick و همکاران منتشر شده است (۷) که نتایج آن در ذیل ارائه شده است. لازم به ذکر است که داده‌های حاصل از مطالعه این گروه از محققین، در مطالعه جهانی بار بیماری‌ها ((Global Burden of Disease (GBD)) و گزارشات سازمان جهانی بهداشت استفاده شده است.

مهمترین آلاینده هوای آزاد که در تمام دنیا به منظور بیان کیفیت هوا به کار گرفته می‌شود ذرات معلق ریز ($PM_{2.5}$) هستند که به‌عنوان شاخص مناسبی از وضعیت کیفیت هوا شناخته می‌شود. به منظور آگاهی از میزان غلظت آلاینده‌های هوای آزاد در شهرها از ایستگاه‌های پایش کیفیت هوا استفاده می‌شود. به منظور برآورد غلظت آلاینده‌های هوا در مناطقی که ایستگاه پایش وجود ندارد و یا حتی در فواصل بین ایستگاه‌های پایش، از مدل‌های ماهواره‌ای به همراه نتایج ایستگاه‌های پایش استفاده می‌شود. بر همین اساس نتایج آخرین مطالعات انجام شده در زمینه برآورد غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد در ۱۹۵ کشور در سال ۲۰۱۸ منتشر شده است که برای هر کشور میانگین غلظت مواجهه با $PM_{2.5}$ وزن‌دهی شده با جمعیت ($population-weighted PM_{2.5}$) برآورد شده است و در حقیقت این مقادیر وزن‌دهی شده غلظت ذرات معلق از طریق مقادیر غلظت هوای آزاد و در نظر گرفتن تعداد جمعیت هر منطقه از کشور محاسبه شده است. در نمودار ۱ نتایج میانگین غلظت مواجهه با $PM_{2.5}$ وزن‌دهی شده با جمعیت در ایران و برخی از کشورهای دنیا نشان داده شده است (۷).

نتایج به‌دست آمده بیانگر آن است که افراد ساکن تقریباً در تمامی کشورهای مختلف، به استثنای کانادا، ایالات متحده آمریکا، سوئد، استرالیا، فنلاند، نروژ، ایسلند و گرینلند با مقادیری از غلظت ذرات معلق ریز هوا مواجهه داشته‌اند که میزان آن بالاتر از مقدار سالانه رهنمود سازمان جهانی بهداشت ($10 \mu g/m^3$)



نمودار ۱- میانگین سالانه غلظت مواجهه با $PM_{2.5}$ هوای آزاد وزن دهی شده با جمعیت در کشورهای مختلف (۷)

ریه (COPD)، سرطان ریه (LC) و عفونت دستگاه تنفسی تحتانی (LRI). تعداد موارد مرگ منتسب به مواجهه بلند مدت با $PM_{2.5}$ هوای آزاد در دنیا به تفکیک گروه‌های سنی و علت مرگ در جدول ۱ و نمودار ۲ آورده شده است (۳).

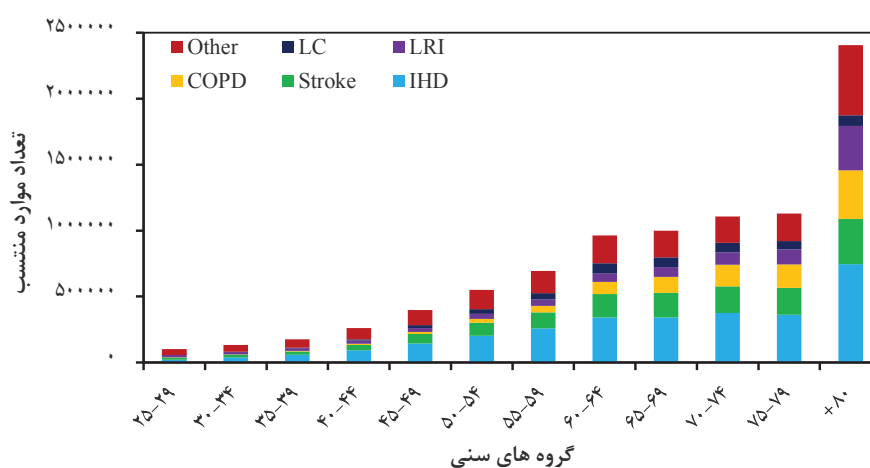
همانطوری که نشان داده شده است براساس آخرین برآورد انجام شده در سال ۲۰۱۸ برای کل دنیا حدود $(۷/۵-۱۰/۳)$ $۸/۹$ میلیون مورد مرگ منتسب به مواجهه با $PM_{2.5}$ هوای آزاد برای افراد بالای ۲۵ سال برآورد شده است که از این بین حدود $۶/۹$ میلیون مورد مرگ ناشی از پنج علت فوق الذکر بوده است که معادل ۷۷ درصد کل موارد مرگ منتسب به ذرات معلق ریز است (۳). لازم به ذکر است که حدود ۵۰ درصد از موارد مرگ منتسب به آلودگی هوا، ناشی از بیماری ایسکمیک قلبی و سکته‌ها بوده است و حدود ۲۲ درصد از موارد مرگ ناشی از بیماری انسدادی مزمن ریه و عفونت‌های حاد دستگاه تحتانی تنفسی و ۶ درصد نیز ناشی از سرطان ریه بوده است. نتایج مطالعات جهانی نشان داده است در صورتی که غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد به میزان ۲۰ درصد کاهش یابد می‌توان از حدود $۱/۴$ میلیون مورد مرگ منتسب به آلودگی هوا جلوگیری کرد (۳). نمودار ۳ سهم هر کدام از گروه‌های سنی در کل موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در دنیا را نشان می‌دهد. همان‌گونه که نمودار ۳ نشان داده است با افزایش سن، سهم موارد مرگ منتسب به آلودگی هوا افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر تنها ۱۲ درصد از موارد مرگ منتسب به ذرات معلق هوا در افراد ۲۵ تا ۵۰ سال گزارش شده است در حالی که این میزان در افراد ۷۰ سال و بالاتر معادل ۵۲ درصد بوده است. همچنین گروه سنی ۸۰ سال و بالاتر بیشترین سهم را با ۲۷ درصد از کل موارد مرگ به خود اختصاص داده است.

در جدول ۲، جزء منتسب (Population Attributable Fraction (PAF)) کل موارد مرگ و مرگ ناشی از پنج علت شناخته شده منتسب به آلودگی هوا در دنیا ارائه شده است. به عبارت دیگر جزء منتسب به این معناست که با توجه به هر پیامد، چند درصد از آن منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد است یا به بیان دیگر در صورت کنترل/حذف

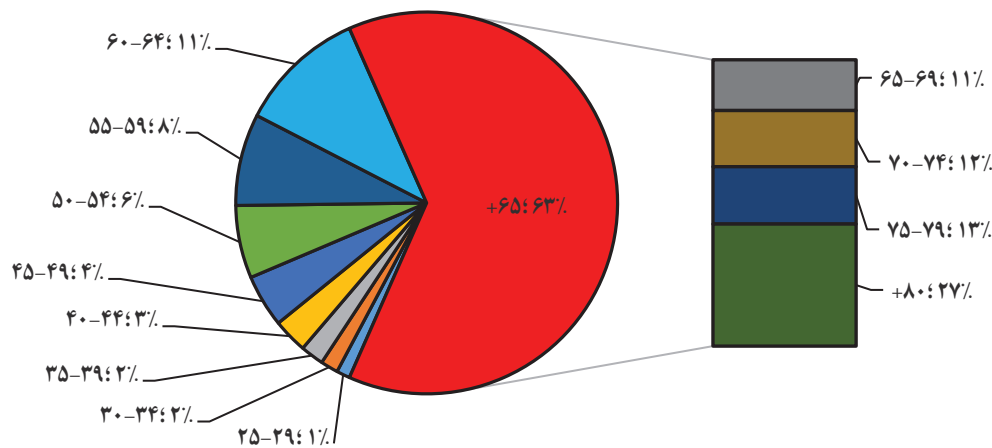
به مواجهه بلندمدت با $PM_{2.5}$ هوا در ایران و سایر کشورهای دنیا از منظر مطالعات شاخص بین‌المللی ارائه می‌شود. در حال حاضر به‌روزترین مطالعه معتبر بین‌المللی در این زمینه در سال ۲۰۱۸ توسط Burnett و همکاران منتشر شده است (۳) که نتایج آن در ذیل ارائه شده است. لازم به ذکر است محققین برآورد اثرات بهداشتی آلودگی هوا در دنیا، بواسطه نتایج مطالعات اپیدمیولوژیک انجام شده، مدل‌ها و نرم‌افزارهای مختلفی را به منظور کمی‌سازی اثرات آلودگی هوا بر سلامت مورد استفاده قرار می‌دهند. یکی از روش‌های معتبر مورد استفاده در سطح دنیا که توسط مطالعه GBD و WHO نیز برای برآورد اثرات بهداشتی منتسب به آلودگی هوا به کار گرفته شده است، تحت عنوان IER (Integrated Exposure-Response) است که براساس آخرین گزارش ارائه شده با استفاده از این روش، تعداد موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در دنیا سالانه معادل $۴/۲$ میلیون مرگ برآورد شده است و این میزان برای ایران معادل ۲۷۶۲۷ مورد مرگ گزارش شده است (۴، ۸). با توجه به برخی محدودیت‌های موجود در مدل IER، محققین در سال ۲۰۱۸ و با کمک نتایج مطالعات کوهورت جدید منتشر شده در این زمینه، به‌روزترین مدل برآورد کمی‌سازی اثرات آلودگی هوا را تحت عنوان GEMM (Global Exposure Mortality Model) توسعه دادند و میزان موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در تمام دنیا را محاسبه و منتشر کرده‌اند که براساس این روش، تعداد موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در دنیا معادل $۸/۹$ میلیون مورد و برای ایران این میزان حدود ۷۵ هزار مورد مرگ در سال برآورد شده است. لازم به ذکر است که برآورد انجام شده تقریباً دو برابر تعداد موارد برآورد شده سایر مطالعات (GBD و WHO) بوده است و بنظر می‌رسد تا حدودی بیش از حد انتظار باشد. در ادامه نتایج میزان موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در دنیا و ایران به تفکیک گروه‌های سنی و علت مرگ ارائه شده است. لازم به ذکر است براساس مطالعات انجام شده، از بین علل مرگ‌های منتسب به آلودگی هوا پنج علت دارای رابطه علیتی هستند که عبارتند از بیماری ایسکمیک قلبی (IHD)، سکته‌های مغزی (stroke)، بیماری انسدادی مزمن

جدول ۱- تعداد موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در دنیا به تفکیک علت مرگ و گروه‌های سنی مختلف (۳)

مجموع همه	تعداد موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ ناشی از هر علت						گروه‌های سنی
	سایر علت	LC	LRI	COPD	Stroke	IHD	
۱۰۲۴۴۲	۴۵۰۷۷	۱۳۶۹	۱۶۹۶۴	۲۸۷۴	۱۴۴۰۲	۲۱۷۵۶	۲۵-۲۹
۱۳۲۳۶۲	۵۰۰۹۷	۲۴۶۹	۱۷۸۹۳	۳۷۵۹	۱۸۹۶۴	۳۹۱۷۹	۳۰-۳۴
۱۷۶۴۳۰	۶۳۸۷۰	۳۸۹۸	۲۰۴۶۲	۵۵۱۰	۲۴۸۳۵	۵۷۸۵۵	۳۵-۳۹
۲۶۰۷۶۶	۸۵۷۰۰	۹۳۴۸	۲۳۰۲۷	۸۹۸۸	۴۱۳۳۳	۹۲۳۷۰	۴۰-۴۴
۳۹۷۲۳۹	۱۱۴۹۰۸	۲۰۶۵۹	۲۸۹۰۶	۱۶۸۴۹	۷۱۶۴۴	۱۴۴۲۷۲	۴۵-۴۹
۵۴۹۷۶۲	۱۴۵۸۹۷	۳۴۹۳۳	۳۷۸۹۴	۲۹۹۳۶	۹۹۶۷۱	۲۰۱۴۳۲	۵۰-۵۴
۶۹۳۲۳۱	۱۶۷۳۹۸	۴۸۳۱۸	۴۷۴۸۵	۴۹۸۹۸	۱۲۲۵۳۴	۲۵۷۵۹۷	۵۵-۵۹
۹۶۳۰۰۳	۲۱۱۷۱۱	۷۶۹۱۱	۶۴۱۱۱	۹۱۶۶۸	۱۷۶۶۸۵	۳۴۱۹۱۸	۶۰-۶۴
۹۹۹۱۷۵	۲۰۱۸۵۰	۷۴۱۴۲	۷۳۸۰۴	۱۲۱۴۷۶	۱۸۶۶۷۷	۳۴۱۲۲۶	۶۵-۶۹
۱۱۰۶۴۲۸	۱۹۹۳۹۷	۷۱۷۹۰	۹۴۷۴۹	۱۶۲۹۹۳	۲۰۱۵۰۶	۳۷۵۹۹۲	۷۰-۷۴
۱۱۲۹۴۰۱	۲۰۸۴۸۱	۶۳۶۲۶	۱۱۳۴۹۴	۱۷۸۳۸۴	۲۰۳۲۵۵	۳۶۲۱۶۱	۷۵-۷۹
۲۴۰۴۴۳۶	۵۳۰۷۹۶	۸۰۰۰۲	۳۳۸۰۳۰	۳۶۷۸۱۸	۳۴۳۱۸۲	۷۴۴۶۰۸	۸۰ و بالاتر
۸۹۱۴۶۷۵	۲۰۲۵۱۸۳	۴۸۷۴۶۶	۸۷۶۸۱۸	۱۰۴۰۱۵۴	۱۵۰۴۶۸۸	۲۹۸۰۳۶۵	جمع کل



نمودار ۲- تعداد موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در تمام دنیا به تفکیک علت مرگ و گروه‌های سنی (۳)



نمودار ۳- سهم هر کدام از گروه‌های سنی در کل تعداد موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در دنیا (۳)

جدول ۲- جزء منتسب (PAF) علت مرگ منتسب به مواجهه بلند مدت با $PM_{2.5}$ هوای آزاد در دنیا برای افراد بالای ۲۵ سال (۳)

علت مرگ	جزء منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد (درصد)
کل موارد مرگ طبیعی	۲۰
بیماری ایسکمیک قلبی	۳۴
بیماری‌های عروق مغزی (سکته‌های مغزی)	۲۴
بیماری انسداد مزمن ریوی	۳۳
عفونت دستگاه تنفسی تحتانی	۴۶
سرطان ریه	۲۸

برآورد اثرات آلودگی هوا بر سلامت در ایران

نتایج حاصل از برآورد اثرات بهداشتی آلودگی هوا بر سلامت در ایران براساس مطالعه Burnett و همکاران در سال ۲۰۱۸ در جدول ۳ و نمودار ۴ ارائه شده است. نتایج به‌دست آمده بیانگر این است که تعداد موارد مرگ منتسب به ذرات معلق ریز هوای آزاد در ایران حدود (۶۲-۸۶) هزار مورد بوده است که از این بین حدود ۶۰ هزار مورد مرگ ناشی از پنج علت اصلی (بیماری ایسکمیک قلبی (IHD)، سکته‌های مغزی (stroke)، بیماری انسداد مزمن ریوی (COPD)، سرطان ریه (LC) و عفونت دستگاه تنفسی تحتانی (LRI)) بوده است که معادل ۸۰ درصد کل موارد مرگ منتسب به ذرات معلق ریز است (۳).

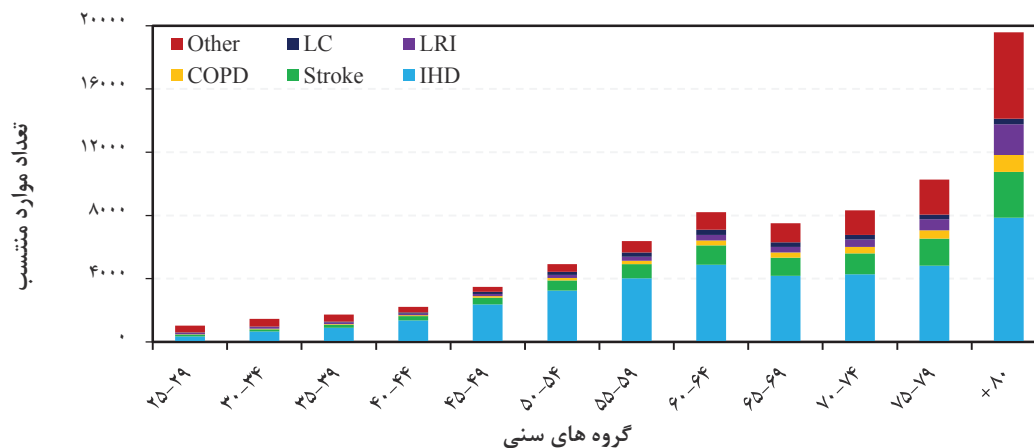
$PM_{2.5}$ چقدر از هر کدام از پیامدهای بهداشتی قابل پیشگیری است. همان‌طور که در نتایج نشان داده شده است حدود ۲۰ درصد از کل موارد مرگ طبیعی در افراد بالای ۲۵ سال در دنیا منتسب به ذرات معلق ریز هوا بوده است که به عبارت دیگر از هر ۵ مرگ در دنیا یک مورد ناشی از مواجهه با $PM_{2.5}$ هوای آزاد است. همچنین حدود یک سوم از موارد مرگ ناشی از سکته‌ها و بیماری انسداد مزمن ریوی منتسب به ذرات معلق ریز هوا است و این میزان برای عفونت دستگاه تنفسی تحتانی ۴۶ درصد برآورد شده است. لازم به ذکر است براساس برآورد انجام شده، در دنیا حدود ۲۸ درصد از موارد مرگ ناشی از سرطان ریه، منتسب به مواجهه با $PM_{2.5}$ هوای آزاد بوده است.

وزن دهی شده با جمعیت در کشور ایران معادل $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ برآورد شده است که بنظر این میزان از مقدار واقعی تا حدودی بیشتر باشد؛ چرا که براساس نتایج برخی مطالعات انجام شده، میانگین غلظت مواجهه با $\text{PM}_{2.5}$ وزن دهی شده با جمعیت در مناطق شهری ایران حدود $30-35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ باشد و در صورتی که مناطق روستایی را هم مدنظر قرار دهیم، میانگین غلظت به کمتر از $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ خواهد رسید. بنابراین نتایج مطالعه Burnett که بیانگر حدود ۷۵ هزار مورد مرگ منتسب به آلودگی هوا در ایران است، بنظر بیش از مقدار واقعی برآورد شده است، چرا که میانگین غلظت مواجهه با ذرات را نسبتا بالاتر از شرایط واقعی در نظر گرفته است و این امر گویای این واقعیت است که به خصوص در کشورهای در حال توسعه نتایج مطالعات جهانی با نتایج مطالعات ملی می تواند بسیار متفاوت باشد.

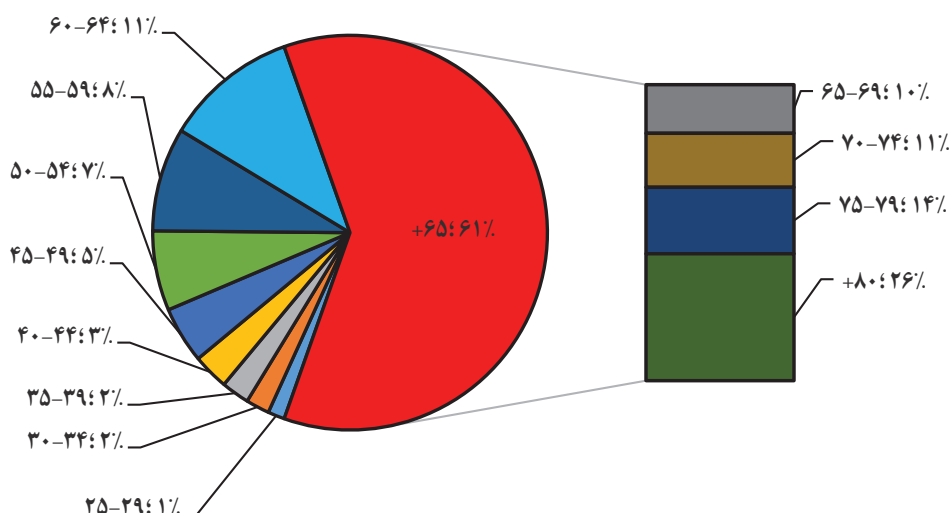
لازم به ذکر است که برآورد انجام شده از تعداد موارد مرگ منتسب به ذرات معلق با استفاده از مدل GEMM برای ایران (همانند کل دنیا)، تقریبا دو برابر تعداد موارد برآورد شده توسط سازمان جهانی بهداشت (۲۶۲۶۷ مورد مرگ) و مطالعه GBD (۲۷۶۲۸ مورد مرگ) بوده است و بنظر می رسد حدود ۷۵ هزار مورد مرگ منتسب به ذرات معلق هوا در ایران تا حدودی بیش از حد انتظار باشد. نتایج مرتبط با کشور ایران بیانگر این است که مرگ ناشی از بیماری ایسکمیک قلبی (IHD) و سرطان ریه (LC) به ترتیب با ۵۲ و ۳ درصد از کل موارد مرگ منتسب به آلودگی هوا دارای بیشترین و کمترین سهم بوده اند که این روند مشابه الگوی جهانی است. به عبارت دیگر بیشترین موارد مرگ منتسب به مواجهه با $\text{PM}_{2.5}$ در دنیا و ایران ناشی از بیماری ایسکمیک قلبی بوده است. همانگونه که قبلا اشاره شد در این مطالعه میانگین غلظت مواجهه با $\text{PM}_{2.5}$

جدول ۳- تعداد موارد مرگ منتسب به $\text{PM}_{2.5}$ هوای آزاد در ایران به تفکیک علل مرگ و گروه های سنی مختلف (۳)

مجموع همه علل	تعداد موارد مرگ منتسب به $\text{PM}_{2.5}$ ناشی از هر علت						گروه های سنی
	سایر علل	LC	LRI	COPD	Stroke	IHD	
۱۰۳۶	۴۳۷	۱۷	۹۴	۲۳	۱۰۵	۳۶۰	۲۹-۲۵
۱۴۵۲	۴۷۳	۳۳	۱۱۱	۳۵	۱۴۶	۶۵۴	۳۴-۳۰
۱۷۳۲	۴۴۵	۴۷	۱۰۶	۴۳	۱۹۶	۸۹۵	۳۹-۳۵
۲۲۱۵	۳۴۷	۶۹	۱۰۸	۵۶	۲۷۴	۱۳۶۰	۴۴-۴۰
۳۴۷۴	۳۰۵	۱۳۲	۱۳۶	۹۸	۴۲۶	۲۳۷۶	۴۹-۴۵
۴۹۱۲	۴۸۰	۱۹۸	۱۹۱	۱۵۸	۶۳۹	۳۲۴۵	۵۴-۵۰
۶۳۸۳	۷۲۶	۲۷۲	۲۴۲	۲۲۶	۸۸۸	۴۰۲۸	۵۹-۵۵
۸۲۱۲	۱۱۰۳	۳۴۷	۳۳۷	۳۲۷	۱۲۲۰	۴۸۷۸	۶۴-۶۰
۷۵۰۵	۱۲۰۲	۲۹۴	۳۴۵	۳۲۷	۱۱۵۱	۴۱۸۶	۶۹-۶۵
۸۳۳۲	۱۵۵۵	۲۹۷	۴۷۵	۳۹۵	۱۳۴۰	۴۲۷۱	۷۴-۷۰
۱۰۲۶۱	۲۲۱۱	۲۹۴	۶۹۸	۵۳۰	۱۶۹۶	۴۸۳۳	۷۹-۷۵
۱۹۵۹۳	۵۴۷۷	۳۳۶	۱۹۵۵	۱۰۶۹	۲۸۹۱	۷۸۶۶	۸۰ و بالاتر
۷۵۱۰۶	۱۴۷۶۱	۲۳۳۶	۴۷۹۹	۳۲۸۷	۱۰۹۷۲	۳۸۹۵۱	جمع کل



نمودار ۴- تعداد موارد مرگ متناسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در ایران به تفکیک علت مرگ و گروه های سنی (۳)



نمودار ۵- سهم هر کدام از گروه های سنی در کل تعداد موارد مرگ متناسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در کشور ایران (۳)

منتاسب به آلودگی هوا در ایران مربوط به افراد بین ۲۵ تا ۵۰ سال است. در حالی که سهم افراد ۷۰ سال و بالاتر حدود ۵۱ درصد بوده است؛ همچنین سهم موارد مرگ متناسب به آلودگی در ایران در افراد ۲۵ تا ۶۰ سال معادل ۲۸ درصد و این میزان در افراد ۸۰ سال و بالاتر ۲۶ درصد است.

در نمودار ۵ سهم هر کدام از گروه های سنی در کل موارد مرگ متناسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در کشور ایران نشان داده شده است. نتایج به دست آمده حاکی از این است که با افزایش سن سهم موارد مرگ متناسب به ذرات معلق ریز هوای آزاد افزایش می یابد. به عبارت دیگر تنها ۱۳ درصد از کل موارد مرگ

بیشتر در ایران نسبت به متوسط جهانی است. همان طور که در نمودار ۶ نشان داده شده است تعداد موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر عمدتاً وابسته به هرم سنی کشورها است و در بسیاری از کشورهای توسعه یافته نظیر آلمان (۱۲۴ در هر ۱۰۰ هزار نفر) و ژاپن (۱۱۱ در هر ۱۰۰ هزار نفر) تعداد موارد نسبت به کشور ایران بالاتر بوده است در حالی که غلظت $PM_{2.5}$ در آنها تقریباً یک سوم غلظت ذرات معلق ریز هوا در ایران بوده است.

تغییرات غلظت ذرات معلق ریز هوا در سال ۲۰۱۶ نسبت به ۲۰۱۰

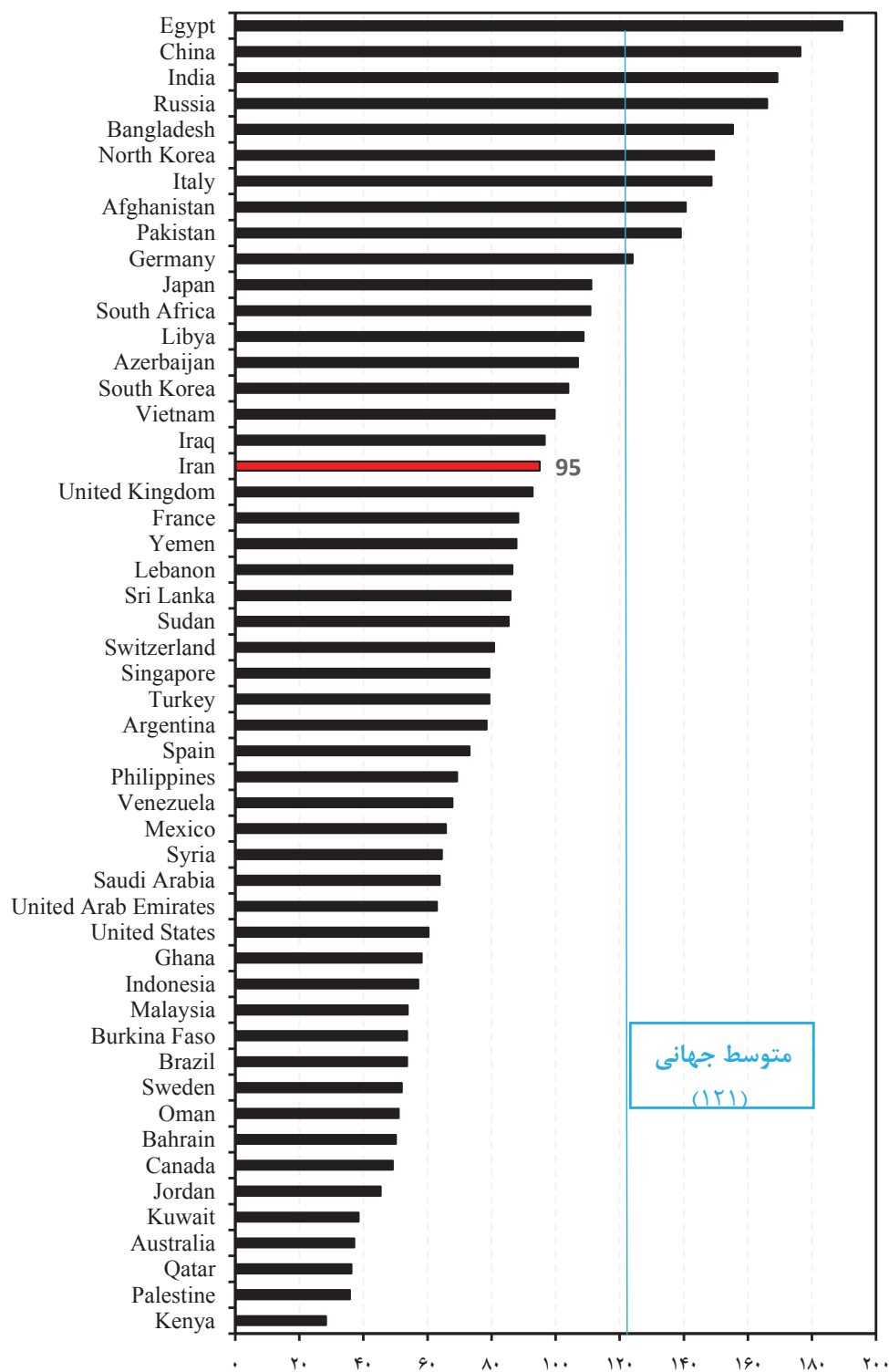
در جدول ۵ درصد میزان تغییرات غلظت $PM_{2.5}$ در سال ۲۰۱۶ (۱۳۹۵ هجری شمسی) نسبت به سال ۲۰۱۲ (۱۳۹۱ هجری شمسی) در ایران و سایر کشورها ارائه شده است. همان طور که نتایج این جدول نشان می‌دهد متوسط جهانی غلظت $PM_{2.5}$ در سال ۲۰۱۶ نسبت به مقدار آن در سال ۲۰۱۰ به میزان ۱۷ درصد افزایش یافته است و این روند در ایران هم همانند بسیاری از کشورهای دنیا افزایشی بوده است و متوسط سالیانه غلظت $PM_{2.5}$ سال ۲۰۱۶ در ایران نسبت به میزان آن در سال ۲۰۱۰ حدود ۸ درصد افزایش یافته است (۷).

در جدول ۴، جزء منتسب (PAF) کل موارد مرگ و مرگ ناشی از پنج علت شناخته شده مرتبط با آلودگی هوا در ایران آورده شده است. همان طور که در جدول ۴ بیان گردید حدود ۲۴ درصد از کل موارد مرگ طبیعی افراد بالای ۲۵ سال در ایران منتسب به ذرات معلق ریز هوا بوده است که به عبارت دیگر تقریباً از هر ۴ مرگ در ایران یک مورد ناشی از مواجهه با $PM_{2.5}$ هوای آزاد است. همچنین ۳۹، ۳۲ و ۵۸ درصد از موارد مرگ ناشی از بیماری ایسکمیک قلبی، بیماری انسداد مزمن ریوی و عفونت دستگاه تنفسی تحتانی منتسب به ذرات معلق ریز هوا برآورد شده است. برآوردهای صورت گرفته برای ایران نشان‌دهنده این است که حدود ۳۶ درصد از موارد مرگ ناشی از سرطان ریه، منتسب به مواجهه با $PM_{2.5}$ هوای آزاد بوده است.

تعداد موارد مرگ (در هر ۱۰^۵ نفر) منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در کشورهای مختلف براساس آخرین مطالعه انجام شده در سال ۲۰۱۸ در نمودار ۶ ارائه شده است. نتایج این مطالعه بیانگر این است که متوسط جهانی تعداد موارد مرگ منتسب به ذرات معلق ریز هوای آزاد معادل ۱۲۱ در هر صد هزار نفر جمعیت است که این میزان در ایران ۹۵ مورد است که کمتر از متوسط جهانی آن است و علت اصلی آن وجود جمعیت جوان

جدول ۴- جزء منتسب (PAF) علل مرگ منتسب به مواجهه بلند مدت با $PM_{2.5}$ هوای آزاد در ایران برای افراد بالای ۲۵ سال (۳)

علت مرگ	جزء منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد (درصد)
کل موارد مرگ طبیعی	۲۴
بیماری ایسکمیک قلبی	۳۹
بیماری‌های عروق مغزی (سکته‌های مغزی)	۲۶
بیماری انسداد مزمن ریوی	۳۲
عفونت دستگاه تنفسی تحتانی	۵۸
سرطان ریه	۳۶



نمودار ۶- تعداد موارد مرگ متناسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد بر حسب صد هزار نفر (۷)

جدول ۵- درصد تغییر غلظت $PM_{2.5}$ سال ۲۰۱۶ نسبت به ۲۰۱۰ (۷)

درصد تغییر غلظت $PM_{2.5}$ سال ۲۰۱۶ نسبت به ۲۰۱۰		کشور	درصد تغییر غلظت $PM_{2.5}$ سال ۲۰۱۶ نسبت به ۲۰۱۰		کشور
↓	-۱۲/۸	مکزیک	↗	۲۴/۱	افغانستان
↗	۱۹/۰	کره شمالی	↗	۰/۵	آرژانتین
↗	۲۹/۷	عمان	↗	۲/۴	استرالیا
↗	۱۹/۷	پاکستان	↗	۳۳/۷	آذربایجان
↗	۵/۸	فلسطین	↗	۱۹/۵	بحرین
↓	-۰/۳	فیلیپین	↗	۲۱/۸	بنگلادش
↗	۲۲/۶	قطر	↗	۱۲/۹	برزیل
↗	۰/۲	روسیه	↗	۱۰۱/۵	برکینافاسو
↗	۳۸/۲	عربستان	↗	۳/۰	کانادا
↗	۳۷/۷	سنگاپور	↓	-۱/۸	چین
↗	۲۳/۱	آفریقای جنوبی	↗	۴۲/۹	مصر
↗	۱۵/۲	کره جنوبی	↓	-۳/۲	فرانسه
↗	۲/۰	اسپانیا	↗	۱/۱	آلمان
↓	-۶/۰	سريلانکا	↗	۷۴/۱	غنا
↗	۳۲/۱	سودان	↗	۱۴/۷	هند
↗	۰/۶	سوئد	↗	۱۴	اندونزی
↓	-۶/۰	سوئیس	↗	۷/۸	ایران
↗	۱۵/۸	سوریه	↓	-۶/۸	عراق
↗	۲۲/۹	ترکیه	↗	۶/۳	ایتالیا
↗	۴۳/۰	امارات	↗	۹/۹	ژاپن
↓	-۴/۵	انگلستان	↗	۷/۵	اردن
↗	۶/۰	آمریکا	↓	-۲/۱	کنیا
↗	۱۰/۷	ونزولا	↗	۷/۰	کویت
↓	-۴/۰	ویتنام	↗	۲۰/۰	لبنان
↗	۱۶/۲	یمن	↗	۹/۱	لیبی
↗	۱۷/۰	متوسط جهانی	↗	۱۲/۸	مالزی

محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران منتشر می‌شود ارائه می‌گردد (۱۰). نتایج این مطالعه شامل دو بخش اصلی (۱) روند تغییرات غلظت آلاینده‌های هوا و (۲) برآورد اثرات آلودگی هوا بر سلامت با استفاده از نرم افزار ارائه شده توسط WHO تحت عنوان AirQ+ v1.3 است. به‌منظور بررسی روند تغییرات غلظت آلاینده‌های هوای آزاد شهر تهران داده‌های خام غلظت آلاینده‌های هوا از تمام ایستگاه‌های پایش کیفیت هوا وابسته به شرکت کنترل کیفیت هوای تهران طی سال‌های ۱۳۸۵ تا پایان ۱۳۹۶ از وب سایت شرکت کنترل آخذ شد و پس از پردازش داده‌های خام توسط روش‌های معتبر و حذف داده‌های پرت (outlier data)، داده‌های به‌دست آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (۱۱، ۱۲). در ادامه نتایج این مطالعه در رابطه با وضعیت کیفیت هوای شهر تهران و اثرات آن بر سلامت ارائه شده است.

روند تغییرات غلظت آلاینده‌های هوای آزاد در شهر تهران بررسی روند تغییرات غلظت آلاینده‌های هوا همواره به‌عنوان یکی از مهمترین شاخص‌های ارزیابی سیاست‌ها و برنامه‌های کاهش آلودگی هوا در سراسر دنیا محسوب می‌گردد. نتایج روند تغییرات غلظت سالانه $PM_{2.5}$ ، SO_2 و CO هوای آزاد شهر تهران در نمودارهای ۷ تا ۹ ارائه شده است. لازم به ذکر است روند تغییرات تمام آلاینده‌های معیار هوای آزاد در شهر تهران در گزارشات کمی‌سازی اثرات بهداشتی آلودگی هوا در شهر تهران که توسط پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران انجام شده است (۱۰) موجود است و در این مقاله مروری تنها روند تغییرات سه آلاینده نمایش داده شده است. با توجه به اینکه غلظت $PM_{2.5}$ در شهر تهران از سال ۱۳۹۰ به بعد اندازه‌گیری شده است مقادیر غلظت $PM_{2.5}$ طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ براساس نسبت $PM_{2.5}/PM_{10}$ به‌دست آمده از داده‌های سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۶ که معادل ۰/۳۸ بوده است برآورد شده است (۱۱). همان‌طوری‌که در نمودار ۷ نشان داده شده است، روند تغییرات غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد شهر تهران طی ۱۲ سال مورد بررسی، دارای روندهای کاهش و افزایشی بوده است. به‌طوری‌که غلظت ذرات معلق

کاهش غلظت ذرات معلق ریز هوا و افزایش امید زندگی در این بخش، اطلاعاتی در زمینه ارتباط بین میزان کاهش مواجهه با $PM_{2.5}$ هوا و افزایش امید زندگی در ایران و سایر کشورهای دنیا از منظر مستندات معتبر بین‌المللی ارائه می‌شود. در حال حاضر به‌روزترین مطالعه معتبر بین‌المللی در این زمینه در سال ۲۰۱۸ توسط Apte و همکاران منتشر شده است (۹) که نتایج آن در این قسمت ارائه شده است. همان‌گونه‌که اشاره شد، مواجهه با ذرات معلق ریز یک عامل خطر جدی برای مرگ‌های زودرس است. علاوه بر این، مواجهه با $PM_{2.5}$ منجر به کاهش امید زندگی می‌شود. براساس مطالعات انجام شده، در سال ۲۰۱۶ مواجهه با $PM_{2.5}$ هوای آزاد منجر به کاهش میانگین جهانی امید زندگی از بدو تولد به میزان یک سال شده است. همچنین برآورد شده است که در صورت کاهش غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد در تمام کشورهای دنیا تا حد رهنمود سالیانه WHO ($10 \mu g/m^3$)، متوسط جهانی امید زندگی می‌تواند به میزان ۰/۶ سال (۱/۰ - ۰/۲ سال) افزایش یابد؛ در واقع این میزان افزایش در امید زندگی به واسطه کاهش ذرات معلق ریز هوای آزاد تا حد رهنمود WHO، معادل میزان افزایشی در امید زندگی است که از طریق ریشه‌کنی سرطان ریه و سرطان پستان به‌دست می‌آید (۹).

در جدول ۶، میزان افزایش امید زندگی در کشورهای مختلف در صورت کاهش غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد در کشورهای مختلف تا میزان رهنمود سالیانه WHO ارائه شده است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد در صورتی‌که غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد در ایران به $10 \mu g/m^3$ کاهش یابد میزان امید زندگی در بدو تولد به میزان ۰/۵ سال افزایش می‌یابد.

کیفیت هوای شهر تهران و اثرات آن بر سلامت

یکی از مهمترین چالش‌های فراروی مسئولین کشور مشکل آلودگی هوای کلان‌شهرها است. شهر تهران به‌عنوان بزرگ‌ترین کلان‌شهر کشور با جمعیت بیش از ۸ میلیون نفر، سال‌هاست که از کیفیت هوای ناسالمی رنج می‌برد. در این بخش نتایج مطالعه کمی‌سازی اثرات آلودگی هوا بر سلامت در شهر تهران که به‌صورت سالانه از سال ۱۳۸۹ به بعد توسط پژوهشکده

جدول ۶- میزان افزایش امید زندگی (سال) در صورت کاهش غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد در کشورهای مختلف تا میزان رهنمود سالیانه WHO ($10 \mu g/m^3$) (۹)

کشور	میزان افزایش امید زندگی (سال) در صورت دستیابی به رهنمود WHO	کشور	میزان افزایش امید زندگی (سال) در صورت دستیابی به رهنمود WHO
افغانستان	۱/۰۳	مکزیک	۰/۱۵
آرژانتین	۰/۱۱	کره شمالی	۰/۶۰
استرالیا	۰/۰۰	عمان	۰/۷۲
آذربایجان	۰/۵۶	پاکستان	۰/۹۹
بحرین	۰/۵۸	فلسطین	۰/۲۳
بنگلادش	۱/۳۳	فیلیپین	۰/۳۷
برزیل	۰/۰۹	قطر	۰/۷۳
برکینافاسو	۱/۰۱	روسیه	۰/۱۶
کانادا	۰/۰۰	عربستان	۱/۰۸
چین	۰/۷۶	سنگاپور	۰/۳۵
مصر	۱/۲۷	آفریقای جنوبی	۰/۴۲
فرانسه	۰/۰۳	کره جنوبی	۰/۲۴
آلمان	۰/۰۷	اسپانیا	۰/۰۱
غنا	۰/۷۰	سریلانکا	۰/۲۸
هند	۱/۰۲	سودان	۰/۹۳
اندونزی	۰/۱۶	سوئد	۰/۰۰
ایران	۰/۵۱	سوئیس	۰/۰۱
عراق	۰/۸۰	سوریه	۰/۴۸
ایتالیا	۰/۰۸	ترکیه	۰/۴۵
ژاپن	۰/۰۶	امارات	۱/۰۱
اردن	۰/۴۱	انگلستان	۰/۰۵
کنیا	۰/۱۲	آمریکا	۰/۰۱

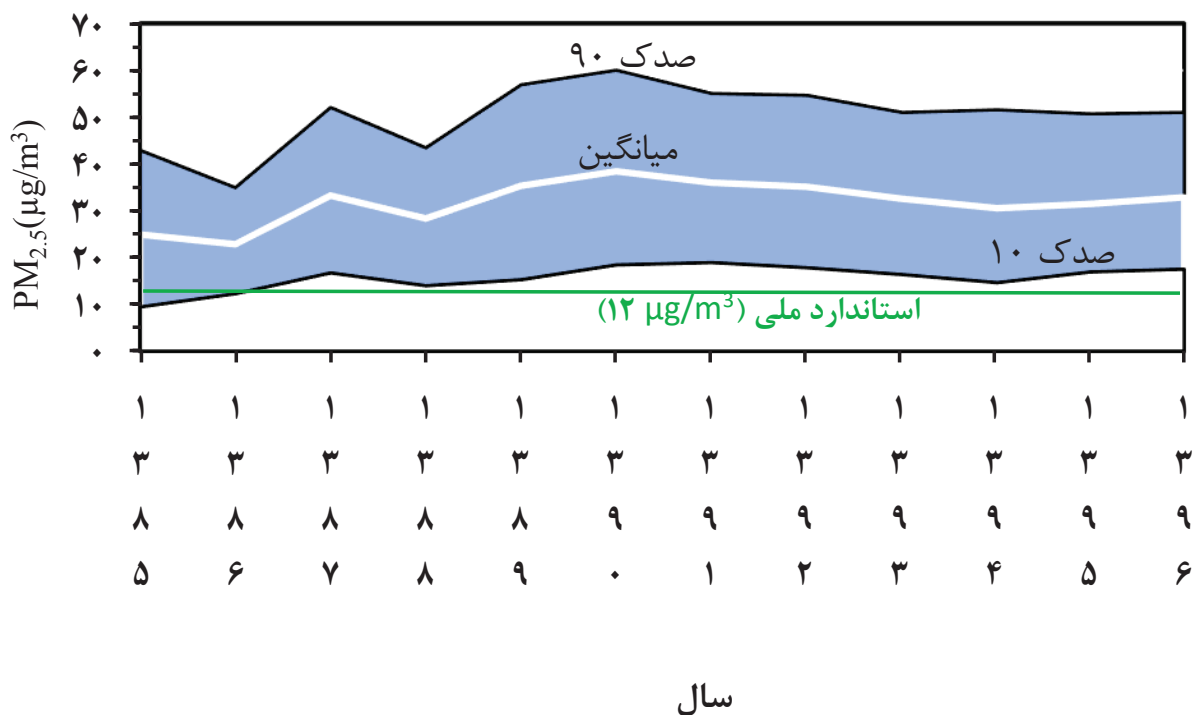
کاهش‌ی داشته است و به حدود $30 \mu g/m^3$ رسیده است. نتایج به‌دست آمده بیانگر این است که طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶، میانگین سالیانه غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد شهر تهران نسبت به مقدار مشابه سال ۱۳۹۴ افزایش یافته است. نتایج نشان

هوا در سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ روند افزایشی داشته است و حداکثر میانگین غلظت $PM_{2.5}$ طی ۱۲ سال گذشته در سال ۱۳۹۰ معادل $38 \mu g/m^3$ مشاهده شده است. پس از این روند، میانگین غلظت ذرات معلق هوای آزاد شهر تهران تا ۱۳۹۴ روند

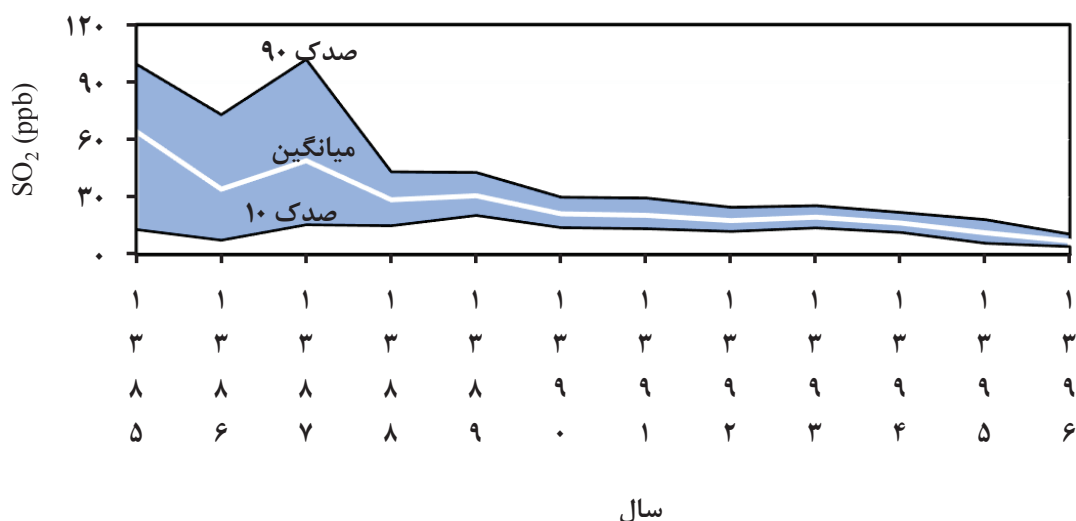
بالایی از غلظت ذرات معلق هوا که یک عامل خطر سرطان‌زای قطعی است مواجهه داشته‌اند.

روند تغییرات غلظت SO_2 هوای آزاد شهر تهران طی سال‌های ۱۳۸۵ الی ۱۳۹۶ در نمودار ۸ نشان داده شده است. نتایج به‌دست آمده بیانگر آن است که تغییرات غلظت سالیانه SO_2 از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶، به استثنای سال ۱۳۸۷، دارای روندی کاهشی قابل ملاحظه‌ای بوده است به طوری که میانگین غلظت سالیانه SO_2 از ۶۴ ppb در سال ۱۳۸۵ به حدود ۷ ppb در سال ۱۳۹۶ کاهش یافته (۹۰ درصد) است که از مهمترین علل کاهش غلظت این آلاینده، کاهش گوگرد سوخت مصرفی و سایل نقلیه است. به عبارت دیگر روند کاهشی غلظت سالیانه SO_2 هوای آزاد شهر تهران نشان‌دهنده اجرای یک برنامه موفق جهت کاهش میزان گوگرد سوخت در کشور بوده است.

می‌دهد که میانگین سالیانه غلظت $PM_{2.5}$ در سال ۱۳۹۶ ($32/9 \mu g/m^3$) به میزان ۷/۵ و ۴/۵ درصد به ترتیب نسبت به میانگین غلظت $PM_{2.5}$ سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ افزایش یافته است و این امر گویای این واقعیت است که سیاست‌ها و برنامه‌های کاهش آلودگی هوا شهر تهران چندان موفق نبوده است و عمدتاً کاهش مقادیر غلظت ذرات معلق متاثر شرایط جوی (باد و بارش) بوده است. نتایج این مطالعه بیانگر این است که براساس حدود رهنمودی WHO و استاندارد ملی، مقدار میانگین سالیانه $PM_{2.5}$ می‌بایست به ترتیب پایین‌تر از ۱۰ و $12 \mu g/m^3$ باشد و این در حالی است که نه تنها میانگین سالیانه غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد شهر تهران طی ۱۲ سال مورد بررسی، همواره بالاتر از مقادیر رهنمود WHO و استاندارد ملی بوده است؛ بلکه صدک ۱۰ غلظت‌های سالیانه هم بالاتر از این مقادیر بوده است و ساکنین شهر تهران همواره با مقادیر



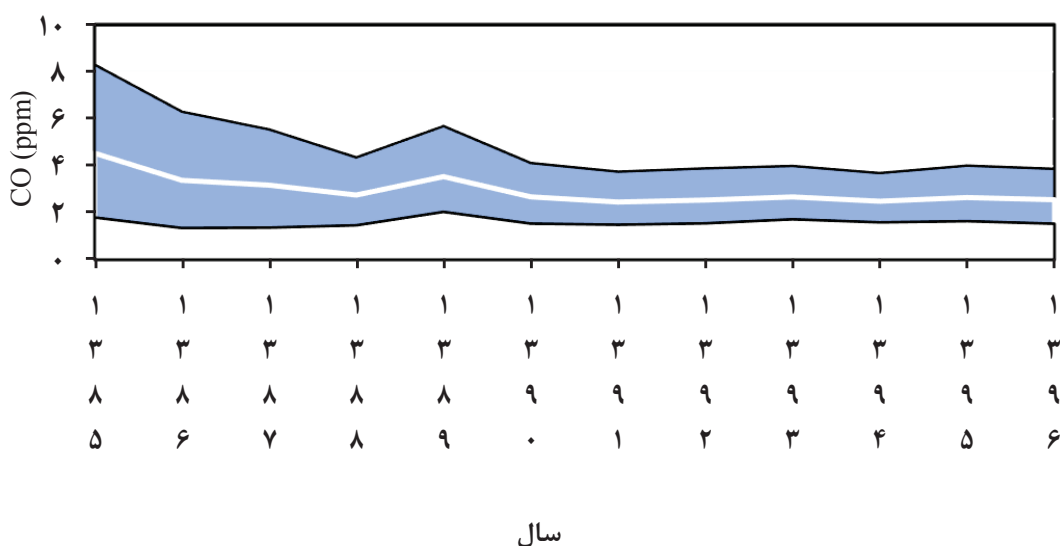
نمودار ۷- روند تغییرات غلظت سالیانه $PM_{2.5}$ هوای آزاد شهر تهران طی سال‌های ۱۳۸۵ الی ۱۳۹۶ (۱۱، ۱۰)



نمودار ۸- روند تغییرات غلظت سالیانه SO_2 هوای آزاد شهر تهران طی سال‌های ۱۳۸۵ الی ۱۳۹۶ (۱۰، ۱۱)

به $2/5$ ppm در سال ۱۳۹۶ کاهش یافته (۴۴ درصد) است و علت اصلی این روند کاهشی قابل ملاحظه تبدیل بخش زیادی از خودروهای کاربراتوری به انژکتوری بوده است که بواسطه آن میزان انتشار CO از خودروها کاهش یافت.

روند تغییرات غلظت سالیانه CO هوای آزاد شهر تهران طی سال‌های مورد بررسی در نمودار ۹ نشان داده شده است. براساس نتایج به دست آمده، روند تغییرات زمانی غلظت سالیانه CO از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶، تقریباً دارای روندی کاهشی بوده است. میانگین غلظت سالیانه CO از $4/5$ ppm در سال ۱۳۸۵



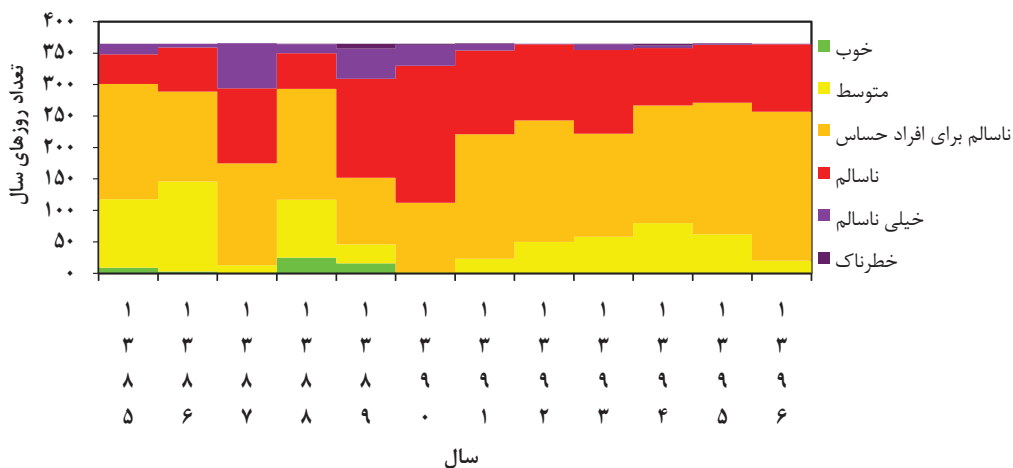
نمودار ۹- روند تغییرات غلظت سالیانه CO هوای آزاد شهر تهران طی سال‌های ۱۳۸۵ الی ۱۳۹۶ (۱۰، ۱۱)

که AQI "متوسط" (100-51 = AQI) بوده است از سال 1390 تا 1394 افزایش یافته و در سال 1394 تعداد روزهایی که AQI در وضعیت "متوسط" بوده است به 80 روز رسیده است و مابقی روزهای سال دارای کیفیت هوای ناسالم بوده است. لازم به ذکر است در سال 1396 تنها 20 روز شاخص کیفیت هوا "متوسط" بوده است و در 345 روز دیگر سال شاخص کیفیت هوای شهر تهران در وضعیت ناسالم بوده است. به عبارت دیگر در سال 1396 شاخص کیفیت هوا در 237 روز "ناسالم برای گروه‌های حساس"، 107 روز "ناسالم" و 1 روز "خیلی ناسالم" بوده است (10). لازم به ذکر است سازمان‌های مختلفی در شهر تهران به ارائه گزارش شاخص کیفیت هوا می‌پردازند که نتایج آنها با یافته‌های این مطالعه دارای تفاوت بسیار زیادی است که علت اصلی آن ناشی از روش "ناصحیح" محاسبه و اعلام شاخص کیفیت هوا است. برای مثال در اکثر این گزارشات از مقادیر به روز نشده "نقاط شکست" برای محاسبه AQI استفاده می‌کنند و بجای مدنظر قراردادن مقدار "ماکزیمم شاخص کیفیت هوای (highest AQI)" ایستگاه‌ها به عنوان AQI شهر، از میانگین AQI در ایستگاه‌های مختلف برای AQI کل شهر استفاده می‌کنند که این رویکرد هیچگونه منطق و مرجع علمی ندارد.

روند تغییرات شاخص کیفیت هوای شهر تهران طی سال‌های 1385 تا 1396

به منظور درک عموم افراد از وضعیت کیفیت هوا، مدیریت پایش و نظارت بر کیفیت هوا در شهرهای بزرگ، داده‌های مربوط به کیفیت هوا را به شاخص کیفیت هوا (AQI) تبدیل می‌کند و اطلاعات مورد نیاز را در اختیار عموم مردم قرار می‌دهد. بنابراین شاخص کیفیت هوا یک ابزار کلیدی جهت آگاهی از کیفیت هوا، نحوه اثر آلودگی هوا بر سلامت و روش‌های محافظتی در برابر آلودگی هوا است. به طور کلی AQI، شاخصی جهت گزارش روزانه کیفیت هوا است. این شاخص مردم را از کیفیت هوا آگاه می‌سازد و اثرات بهداشتی مرتبط با شرایط کیفیت هوا را ارائه می‌کند. به منظور درک آسان، شاخص کیفیت هوا به شش دسته "خوب"، "متوسط"، "ناسالم برای گروه‌های حساس"، "ناسالم"، "خیلی ناسالم" و "خطرناک" طبقه‌بندی شده است (13).

روند تغییرات شاخص کیفیت هوای شهر تهران طی سال‌های 1385 الی 1396 در نمودار 10 ارائه شده است. در این شکل وضعیت شاخص کیفیت هوای روزانه در هر سال براساس روش‌های معتبر محاسبه AQI نمایش شده است. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که از سال 1390 تا 1396 در شهر تهران حتی یک روز شاخص کیفیت هوا در طبقه "خوب" (50- = AQI) قرار نگرفته است اما تعداد روزهایی



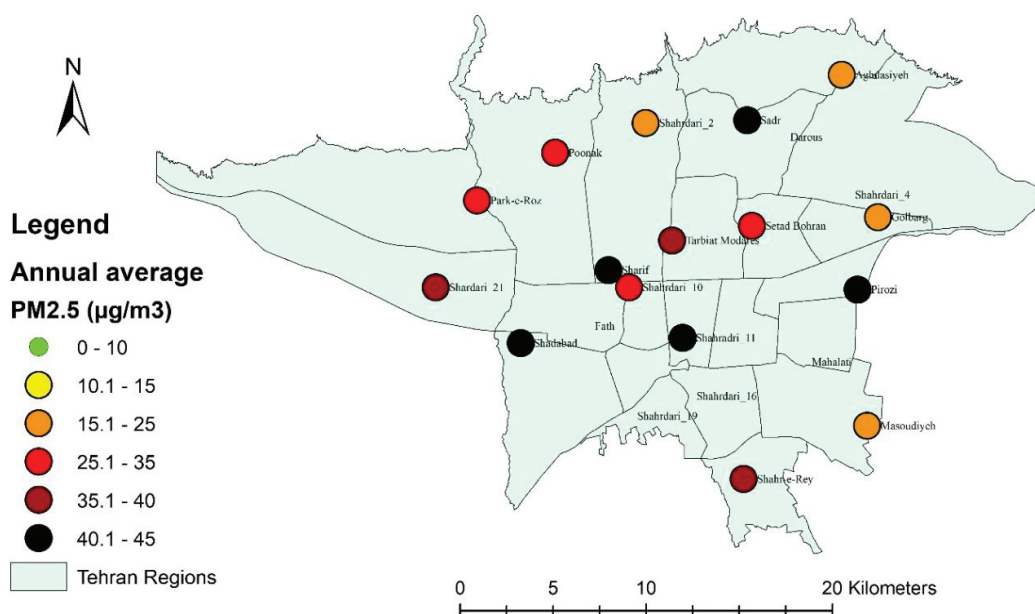
نمودار 10- روند تغییرات شاخص کیفیت هوای روزانه شهر تهران طی سال‌های 1385 الی 1396 (10، 11)

آلاینده‌های هوای آزاد شهر تهران در سال ۱۳۹۶ که توسط جدیدترین نسخه نرم‌افزار AirQ+ v1.3 (طراحی شده توسط WHO) برآورد گردید ارائه شده است. نتایج کمی‌سازی اثرات آلودگی هوای شهر تهران بر سلامت در سال ۱۳۹۶ در جدول ۷ ارائه شده است (۱۰).

نتایج جدول ۷ نشان می‌دهد در سال ۱۳۹۶ تعداد موارد مرگ منتسب به ذرات معلق ریز (PM_{2.5}) در افراد بالغ (بالای ۲۵ سال) در شهر تهران معادل (۶۳۵۹-۳۲۳۸= فاصله اطمینان ۹۵ درصد) ۴۸۷۸ بوده است؛ به معنای دیگر در صورتی که غلظت PM_{2.5} در شهر تهران از شرایط موجود به غلظت ۱۰ µg/m³ (رهنمود WHO) می‌رسید، از ۴۸۷۸ مورد مرگ جلوگیری می‌شد. به عبارت دیگر حدود (۶ تا ۱۳ درصد) ۱۰ درصد از کل مرگ‌های افراد بالای ۲۵ سال شهر تهران منتسب به مواجهه با آلاینده PM_{2.5} هوای آزاد در غلظت‌های بالای ۱۰ µg/m³ است. همچنین نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بیشترین موارد مرگ منتسب به آلودگی هوا به علت بیماری ایسکمیک قلبی در افراد بالای ۲۵ سال بوده است (نمودار ۱۱). لازم به ذکر است که نرم افزار AirQ+ v1.3 به منظور کمی‌سازی اثرات آلودگی هوا از روابط ارائه شده IER استفاده

توزیع مکانی غلظت ذرات معلق هوای آزاد شهر تهران در شکل ۱ توزیع مکانی میانگین سالیانه غلظت PM_{2.5} هوای آزاد شهر تهران در سال ۱۳۹۶ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است میانگین سالیانه این عامل خطر سرطان‌زا در تمامی ایستگاه‌های معتبر شهر تهران، بالاتر از مقادیر رهنمودی WHO و استاندارد کیفیت هوای آزاد ایران بوده است. نتایج توزیع مکانی غلظت PM_{2.5} شهر تهران بیانگر این است که کمترین مقادیر میانگین سالیانه غلظت PM_{2.5} شهر تهران به ترتیب در منطقه ۲ شهرداری (سعادت آباد)، منطقه ۱۵ (مسعودیه)، منطقه ۸ (گلبرگ) و منطقه ۱ (اقدسیه) و بیشترین مقادیر میانگین غلظت سالیانه در منطقه ۱۳ شهرداری (پیروزی)، منطقه ۱۱ و حوالی دانشگاه شریف بوده است. به عبارت دیگر میانگین غلظت سالیانه در منطقه پیروزی بیش از دو برابر مقدار مشابه منطقه سعادت آباد بوده است (۱۰) که این توزیع گسترده غلظت آلاینده‌های هوا در شهر تهران، منجر به نابرابری شدیدی در میزان مواجهه با PM_{2.5} در این کلانشهر می‌شود.

کمی‌سازی اثرات آلودگی هوا بر سلامت در شهر تهران در این قسمت نتایج مطالعه اثرات بهداشتی منتسب به



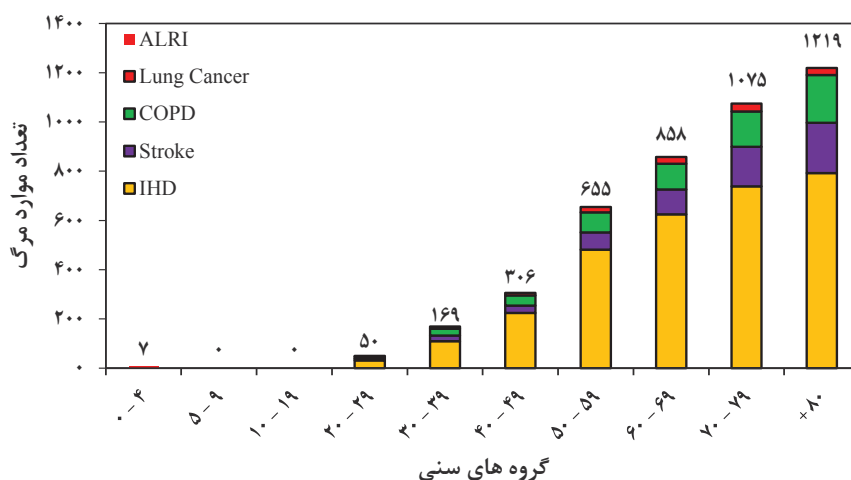
شکل ۱- توزیع مکانی غلظت میانگین سالیانه PM_{2.5} ایستگاه‌های پایش کیفیت هوای شهر تهران در سال ۱۳۹۶ (۱۰، ۱۱)

همانطور که در نمودار ۱۱ نشان داده شده است، با افزایش سن سهم موارد مرگ منتسب به ذرات معلق ریز هوای آزاد افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر تنها حدود ۱۲ درصد از کل موارد مرگ منتسب به آلودگی هوا در شهر تهران مربوط به افراد کمتر از ۵۰ سال است. در حالی که سهم افراد ۷۰ سال و بالاتر حدود ۵۲ درصد بوده است؛ همچنین سهم موارد مرگ منتسب به آلودگی در شهر تهران در سال ۱۳۹۶ در افراد ۸۰ سال و بالاتر ۲۸ درصد است.

کرده است و از روابط GEMM که در سپتامبر ۲۰۱۸ به منظور برآورد اثرات جهانی آلودگی هوا در سطح ملی در کشورهای مختلف ارائه شده است، استفاده نکرده است. لازم به ذکر است که تعداد موارد مرگ برآورد شده ناشی از آلودگی هوا در روش GEMM در تمام کشورهای دنیا به مراتب بیش از تعداد موارد برآورد شده توسط روابط IER است (۳). بنابراین انتظار می‌رود در صورت استفاده از روش GEMM تعداد موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد شهر تهران حدود ۶ تا ۸ هزار مورد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ برآورد شود.

جدول ۷- اثرات بهداشتی منتسب به آلودگی هوا در اثر مواجهه بلند مدت در شهر تهران در سال ۱۳۹۶ به تفکیک علت مرگ (۱۰)

تعداد موارد مرگ			گروه سنی	پیامد بهداشتی
حد بالا	حد پایین	حد وسط		
۶۳۵۹	۳۲۳۸	۴۸۷۸	۲۵ سال و بالاتر	مرگ ناشی از همه عوامل
۸۹۶	۳۳۰	۶۰۲	۲۵ سال و بالاتر	مرگ ناشی از COPD
۴۵۲۸	۱۵۴۲	۳۰۰۲	۲۵ سال و بالاتر	مرگ ناشی از IHD
۱۰۰۶	۲۵۹	۵۹۵	۲۵ سال و بالاتر	مرگ ناشی از Stroke
۱۹۰	۷۸	۱۳۳	۲۵ سال و بالاتر	مرگ ناشی از LC
۹	۵	۷	کمتر از ۵ سال	مرگ ناشی از ALRI



نمودار ۱۱- تعداد موارد مرگ منتسب به آلودگی هوا در شهر تهران در سال ۱۳۹۶ به تفکیک علت مرگ و گروه سنی (۱۱، ۱۰)

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی مطالعات مرتبط با کیفیت هوا و اثرات آلودگی هوا بر سلامت در ایران و سایر کشورها بیانگر نقش بسیار قابل ملاحظه این عامل خطر در ایجاد و بار بیماری‌های غیرواگیر است. همچنین به علت افزایش غلظت آلاینده‌های هوا آزاد و متعاقباً اثرات آنها بر سلامت در ایران و بسیاری از کشورها، برنامه‌ریزی و اجرای برنامه‌های علمی و عملی در این زمینه یک نیاز حیاتی محسوب می‌شود. در صورت ارائه و اجرای برنامه‌های مبتنی بر شواهد علمی معتبر می‌توان به صورت تدریجی غلظت آلاینده‌های هوا را کاهش و به واسطه آن بسیاری از بیماری‌های غیرواگیر را در جامعه کاهش و امید زندگی و کیفیت زندگی را در کشور افزایش داد. همچنین نتایج مطالعات مختلف در رابطه با بار بیماری‌های منتسب به آلودگی هوا دارای تفاوت چشمگیری بوده است. برای مثال برآورد انجام شده از تعداد موارد مرگ منتسب به ذرات معلق با استفاده از مدل GEMM برای ایران (حدود ۷۵ هزار مورد مرگ منتسب به ذرات معلق هوا در ایران)، تقریباً دو برابر تعداد موارد برآورد شده توسط سازمان جهانی بهداشت (۲۶۲۶۷ مورد مرگ) و مطالعه GBD (۲۷۶۲۸ مورد مرگ) برای کشورمان بوده است و بنظر می‌رسد این تعداد (حدود ۷۵ هزار) تا حدودی بیش از حد انتظار باشد. لذا تفاوت قابل ملاحظه در نتایج مطالعات بین‌المللی انجام شده در مورد وضعیت کیفیت هوا و اثرات آن بر سلامت در ایران ضرورت انجام مطالعات ملی و فروملی در این زمینه در کشور را بیش از پیش نمایان می‌کند. همچنین شاید زمان آن باشد که این پیشنهاد توسط سازمان جهانی بهداشت و وزارت بهداشت جمهوری اسلامی ایران مورد بررسی و توجه جدی قرار گیرد که کنترل آلودگی هوا به‌عنوان یکی از عوامل خطر اصلی NCDs در دستور کار قرار گیرد و اقدامات مربوط به کاهش آلودگی هوا به‌طور جدی در سطح جهانی و کشوری رصد و پایش شود و برنامه کنترل NCDs سازمان جهانی بهداشت جایگاه ویژه‌ای را به این موضوع اختصاص دهند. همچنین از قانون برنامه دوم توسعه به این طرف کاهش آلودگی هوا در شهرهای بزرگ و صنعتی کشور مورد توجه دولت و مجلس

بوده است ولی موفقیت‌های اندکی در این زمینه به‌دست آمده است در این دوره حدوداً ۲۰ ساله برنامه‌های متعددی تحت عناوین مختلف توسط دولت طراحی و به مورد اجرا گذاشته شده است که در تمامی برنامه‌ها تاکنون به همه راهکارهای نظری ممکن که در کاهش آلودگی هوا مؤثرند به یک اندازه پرداخته شده است و راهکارهای ارائه شده در برنامه‌ها در حقیقت فاقد اولویت‌بندی براساس هزینه اثر-بخشی (Cost/Effectiveness) بوده است. بنابراین با وجود صرف هزینه‌های قابل توجه، میزان پیشرفت در محورهای برنامه‌های جامع کاهش آلودگی هوا اندک بوده است چون توان اقتصادی کشور در این زمینه دارای محدودیت‌های جدی است و رقابت بر سر بودجه در بخش‌های مختلف توسعه همواره مطرح بوده است. اکنون زمان آن فرا رسیده است که به‌جای پرداختن به همه مؤلف‌ها و محورهایی که بطور نظری بر کاهش آلودگی هوا مؤثرند براساس مطالعه هزینه اثربخشی توان اقتصادی کشور بر محورهایی متمرکز شود که اثر بخشی بیشتری دارند. به‌عنوان مثال توسعه حمل و نقل عمومی پاک و خارج کردن خودروهای فرسوده از چرخه استفاده شاید محورهایی باشند که سرمایه‌گذاری بر روی آنها نتیجه‌بخش و مؤثر باشد که البته انتخاب محورهای دارای اولویت باید براساس مطالعه و بررسی صورت گیرد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان این مقاله، کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. کد اخلاق IR.TUMS.VCR.REC.1397.562 است.

تشکر و قدردانی

این مطالعه بخشی از طرح‌های تحقیقاتی بوده است که با حمایت مالی پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران با کد طرح ۳۸۹۳۱-۴۶-۰۲-۹۷ و ۳۴۰۵-۴۶-۰۱-۹۶ در مرکز تحقیقات آلودگی هوا به انجام رسیده که بدین وسیله از پژوهشکده محیط زیست تشکر و قدردانی بعمل می‌آید.

References

1. Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJ, Adeyi O, Arnold R, Baldé AB, et al. The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet*. 2018;391(10119):462-512.
2. Neira M, Prüss-Ustün A, Mudu P. Reduce air pollution to beat NCDs: from recognition to action. *The Lancet*. 2018;392(10154):1178-79.
3. Burnett R, Chen H, Szyszkwicz M, Fann N, Hubbell B, Pope CA, et al. Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2018;115(38):9592-97.
4. Cohen AJ, Brauer M, Burnett R, Anderson HR, Frostad J, Estep K, et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *The Lancet*. 2017;389(10082):1907-18.
5. WHO. Ambient (outdoor) air quality and health. World Health Organization; 2018 [cited 2019 Feb 9]. Available from: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
6. Hassanvand MS, Naddafi K, Faridi S, Arhami M, Nabizadeh R, Sowlat MH, et al. Indoor/outdoor relationships of PM10, PM2.5, and PM1 mass concentrations and their water-soluble ions in a retirement home and a school dormitory. *Atmospheric Environment*. 2014;82:375-82.
7. Shaddick G, Thomas ML, Amini H, Broday D, Cohen A, Frostad J, et al. Data integration for the assessment of population exposure to ambient air pollution for global burden of disease assessment. *Environmental Science & Technology*. 2018;52(16):9069-78.
8. Burnett RT, Pope III CA, Ezzati M, Olives C, Lim SS, Mehta S, et al. An integrated risk function for estimating the global burden of disease attributable to ambient fine particulate matter exposure. *Environmental Health Perspectives*. 2014;122(4):397-403.
9. Apte JS, Brauer M, Cohen AJ, Ezzati M, Pope III CA. Ambient PM2.5 reduces global and regional life expectancy. *Environmental Science & Technology Letters*. 2018;5(9):546-51.
10. Hassanvand MS, Naddafi K. Health impact assessment of air pollution in Tehran city from 2009 to 2018. Tehran: Tehran University of Medical Sciences, Institute for Environmental Research; 2018 (in Persian).
11. Faridi S, Shamsipour M, Krzyzanowski M, Künzli N, Amini H, Azimi F, et al. Long-term trends and health impact of PM2.5 and O3 in Tehran, Iran, 2006–2015. *Environment International*. 2018;114:37-49.
12. Naddafi K, Hassanvand MS, Yunesian M, Momeniha F, Nabizadeh R, Faridi S, et al. Health impact assessment of air pollution in megacity of Tehran, Iran. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*. 2012;9(1):28.
13. Institute for Environmental Research TUMS. A Guide to calculate, determination and announcement of Air Quality Index. Tehran: Tehran University of Medical Sciences, Institute for Environmental Research; 2015 Feb (in Persian).



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Review Article



Review of studies on air quality status and its health effects in Iran

K Naddafi^{1,2}, MS Hassanvand^{1,*}, S Faridi²

1- Center for Air Pollution Research, Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

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

ARTICLE INFORMATION:

Received: 12 March 2019

Revised: 2 June 2019

Accepted: 9 June 2019

Published: 19 June 2019

ABSTRACT

Background and Objective: Air pollution is a leading environmental risk factor on health and it is the major cause of death and disease at global level. Air pollution has been shown to have a significant share in the non-communicable diseases (NCDs) burden. After smoking, it is the second cause of deaths due to NCDs, associated with an increased risk of developing acute and chronic diseases and mortality.

Materials and Methods: In this study, a review was initially conducted on the basis of indices conducted in the world, the status of ambient air pollution and its effects on health in Iran and other countries, and then the status of ambient air quality and its effects on health in Tehran metropolitan between 2006 and 2017 were shown, based on the results of the studies conducted by the Environmental Research Institute of Tehran University of Medical Sciences.

Results: The results showed that the annual mean of ambient air population-weighted PM_{2.5} exposure concentration in Iran was about 48 µg/m³, which is relatively lower than its global mean concentration (51 µg/m³). Based on the most recent study (in 2018) about 8.9 (7.5-10.3) million deaths in those aged above 25 years were attributed to exposure to outdoor air PM_{2.5} in the world. Although there are substantial differences between the results of studies have been done regarding the number of air pollution attributed deaths, numerous studies showed that air pollution is a major cause of death. Results regarding temporal variations of air quality in Tehran that is performed by the Institute for Environmental Research (IER) of Tehran University of Medical Sciences (TUMS), indicated that PM concentration had an increasing trend from 2006 to 2011. The maximum mean concentration of PM_{2.5} over the past 12 years has occurred in 2011, which was 38 µg/m³. The PM concentration had a decreasing trend from 2012 to 2015, reaching about 30 µg/m³. However, in the years 2016 and 2017, the annual mean PM_{2.5} concentration in Tehran was increased compared to its corresponding value in 2015. Furthermore, results of this study demonstrated that, in Tehran, not even one day was classified as “good” (AQI=0-50) from 2011 to 2017 based on the air quality index (AQI), but the number of days in which AQI was “moderate” (AQI=51-100) was increased from 2011 to 2015, and the number of days with the AQI of “moderate” reached 80 in 2015, while the rest of the days having an unhealthy air quality. In 2017, AQI was “moderate” in 20 days, “unhealthy for sensitive groups” in 237 days, “unhealthy” in 107 days, and “very unhealthy” in 1 day. The obtained results indicated that about 4878 (3238, 6359) of deaths due to all (natural) causes were attributable to long-term exposure to PM_{2.5} in Tehran in 2017.

Conclusion: Studies showed that air pollution has a considerable share in the number of attributed deaths. Moreover, there were substantial differences between the results of national and international studies in the burden of disease attributed to air pollution. Therefore, there is a crucial need for accessing to reliable data on air pollution as well as baseline mortality and morbidity in order to study the status of air quality and its effects on health over the country.

Keywords: Air pollution, Health impacts, Air quality, Iran

***Corresponding Author:**

hassanvand@tums.ac.ir