

بررسی تغییرات غلظت ذرات معلق هوای آزاد و ارزیابی اثرات بهداشتی منتسب به آنها در شهر تبریز

اکبر غلامپور^۱، رامین نبی زاده^۲، محمد صادق حسونوند^۳، حسن تقی پور^۴، ساسان فریدی^۵، امیر حسین محوی^{۶*}

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۵/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۸/۲۸

چکیده

زمینه و هدف: تعیین میزان اثرات آلودگی هوا در شهرهای مختلف با دو چالش مهم روبرو است؛ اولاً محدودیت اطلاعات مربوط به اثرات بهداشتی آلاینده‌ها و ثانیاً کمبود اطلاعات در خصوص میزان مواجهه با آلاینده‌های هوا و نیز مقادیر غلظت آنها. مطالعه حاضر از نوع مطالعات مشاهده‌ای کاربردی بوده و از شهریور ۱۳۹۱ الی مرداد ۱۳۹۲ میزان غلظت، تغییرات فصلی و برآورد اثرات بهداشتی منتسب به ذرات معلق هوای آزاد شهر تبریز تعیین گردید.

روش بررسی: بمنظور اندازه‌گیری ذرات معلق از نمونه بردار با حجم بالا و دستگاه EPAM5000 Haz-Dust استفاده شده و اثرات بهداشتی منتسب به ذرات معلق با استفاده از نرم افزار AirQ2.2.3 برآورد گردید.

یافته‌ها: بر اساس نتایج حاصله، متوسط سالیانه غلظت ذرات معلق TSP ، PM_{10} ، $PM_{2.5}$ و PM_1 منطقه شهری به ترتیب برابر ۱۳۹، ۸۳، ۳۸ و $27 \mu g/m^3$ و در منطقه صنعتی به ترتیب برابر ۱۷۸، ۱۱۰، ۴۰ و $27 \mu g/m^3$ بوده و متوسط مقدار نسبت PM_{10}/TSP ، $PM_{2.5}/PM_{10}$ و PM_1/PM_{10} برای منطقه شهری به ترتیب برابر ۰/۶، ۰/۴۸، ۰/۳۳ و ۰/۷ و برای منطقه صنعتی به ترتیب برابر ۰/۶۱، ۰/۳۷، ۰/۲۸ و ۰/۷۷ بدست آمد. تعداد کل مرگ‌های منتسب به TSP برابر ۳۲۷ مورد برآورد شد که از این تعداد، ۲۰۲ مورد مرگ در اثر بیماری‌های قلبی و عروقی و تعداد ۹۹ مورد نیز در اثر بیماری‌های تنفسی بوده است. از طرفی میزان کل مرگ ناشی از ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ به ترتیب برابر ۳۶۳ و ۳۶۰ مورد تخمین زده شد.

نتیجه‌گیری: طی این مطالعه مشخص شد که در طی روزهای نمونه برداری شده در منطقه شهری، غلظت ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ به ترتیب ۷۳ درصد و ۶۹ درصد از حد استاندارد ملی و از نظر استاندارد EPA به ترتیب ۸ و ۵۰ درصد از سطح استاندارد بالاتر بوده‌اند. همچنین بررسی مقادیر نسبت‌های مختلف ذرات معلق با اندازه‌های مختلف مشخص نمود که در شهر تبریز و بخصوص منطقه صنعتی آن، خاک زمین‌های اطراف و تعلیق دوباره ذرات از زمین سهم چشمگیری در انتشار ذرات معلق منطقه داشته و ذرات معلق هوای شهر تبریز در اغلب اوقات سال فراتر از حد استانداردهای وضع شده است.

واژگان کلیدی: آلودگی هوا، ذرات معلق، نرم افزار AirQ2.2.3، اثرات بهداشتی، تبریز

- ۱- مرکز تحقیقات آلودگی هوا، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران؛ دکتری بهداشت محیط، استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز
- ۲- دکتری بهداشت محیط، استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران؛ مرکز تحقیقات آلودگی هوا، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۳- دکترای بهداشت محیط، استادیار مرکز تحقیقات آلودگی هوا، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران؛ دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۴- دکتری بهداشت محیط، دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز
- ۵- دانشجوی دکتری مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۶- (نویسنده مسئول): مرکز تحقیقات مواد زائد جامد، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران؛ دکتری بهداشت محیط، استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

ahmahvi@yahoo.com

مقدمه

آلودگی هوا عبارت است از حضور مواد نامطلوب در هوا به مدت زمان و غلظتی که بتواند اثرات مضر ایجاد کند (۱). تحقیقات علمی نشان داده است که از دیدگاه مخاطرات بهداشت عمومی و سلامتی، ذرات معلق جزو آلاینده‌های اصلی هستند. در اکتبر ۲۰۱۳، کارشناسان IARC فارغ از اندازه ذرات معلق یا ترکیبات شیمیایی آنها، ذرات معلق هوای آزاد را جزو گروه ۱ مواد سرطان‌زا برای انسان‌ها تقسیم‌بندی نمودند (۲).

معمولاً ذرات منتقله توسط هوا دارای اندازه‌ای با رنج $500-0.01 \mu\text{m}$ هستند که بخش عمده آنرا مواد ذره‌ای در رنج $10-0.1 \mu\text{m}$ تشکیل می‌دهند (۳، ۴). ذرات PM_{10} شامل ذرات دارای قطر آیرودینامیکی $10 \mu\text{m}$ و کمتر هستند و بدلیل اینکه قادرند از اولین سد دفاعی بدن (بینی و گلو) عبور کرده و به ریه‌ها رسیده و در آنجا رسوب کنند به ذرات Thoracic معروف هستند (۵). اندازه ذرات ریز بین 0.1 تا $2.5 \mu\text{m}$ بوده و به همراه ذرات بسیار ریز تحت عنوان $\text{PM}_{2.5}$ (دارای قطر $2.5 \mu\text{m}$ و کمتر) شناخته می‌شوند. بدلیل قابلیت نفوذ این ذرات به آلون‌ها، ذرات $\text{PM}_{2.5}$ بعنوان ذرات قابل استنشاق شناخته میشوند (۵).

طی مطالعه Pope و همکاران (۶) در ایالات متحده مشخص شد که غلظت‌های بالای ذرات با ریسک افزایش بستری شدن بیماران نارسایی قلبی در ارتباط است. این مطالعه به همراه سایر مطالعات دریافتند که در معرض قرار گرفتن با آلاینده‌های هوا بخصوص ذرات ریز ممکن است سبب تشدید نارسایی قلبی و دیگر بیماری‌های قلبی-عروقی شود (۷). اسناد معیار کیفیت هوای سال ۱۹۹۶، گزارش کرده است که خطر نسبی افزایش مرگ و میرهای غیرتصادفی، در صورت افزایش متوسط ۲۴ ساعته PM_{10} به میزان $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ در رنجی بین $1/0.15-1/0.85$ قرار دارد (۸).

آگاه نمودن تصمیم‌گیران و عموم مردم از میزان اثرات بهداشتی آلودگی هوا اولین مرحله اساسی در توسعه برنامه‌های راهبردی موفق کنترل آلاینده‌ها محسوب می‌شود. کمی‌سازی اثرات

بهداشتی آلودگی هوا راهنمای مهمی برای تصمیم‌گیران جوامع محسوب می‌شود. با استفاده از کمی‌سازی، میزان اثرات بهداشتی آلودگی هوا برآورد شده و اولویت کنترل آلودگی هوا در مقایسه با دیگر عوامل خطرزا مشخص می‌گردد. شهر تبریز با وسعتی حدود 118 km^2 مرکز استان آذربایجان شرقی است. این شهر با جمعیت بیش از $1/5$ میلیون نفر، چند صد هزار خودرو، مصرف میلیون‌ها لیتر بنزین، صنایع آلاینده ساز نظیر پالایشگاه، پتروشیمی و نیروگاه حرارتی (که در مجاورت و ۵ کیلومتری این شهر قرار دارد)، شهرک‌های صنعتی اطراف آن، صنایع بزرگ و کوچک مختلف مستقر در داخل و حاشیه شهر یکی از بزرگ‌ترین و آلوده‌ترین شهرهای ایران بشمار می‌رود. با این حال در خصوص مقادیر ذرات معلق هوای شهر تبریز، مطالعه گزارش شده‌ای وجود ندارد و یکی از دلایل عمده مطالعه حاضر نیز فقدان اطلاعات و مطالعات در خصوص مقادیر غلظت ذرات معلق در شهر تبریز است. لذا هدف اصلی این مطالعه تعیین میزان غلظت ذرات معلق در منطقه شهری و صنعتی شهر تبریز و تغییرات فصلی آن به همراه کمی‌سازی اثرات بهداشتی ناشی از ذرات است.

مواد و روش‌ها

- موقعیت مکانی و زمان انجام نمونه برداری‌ها

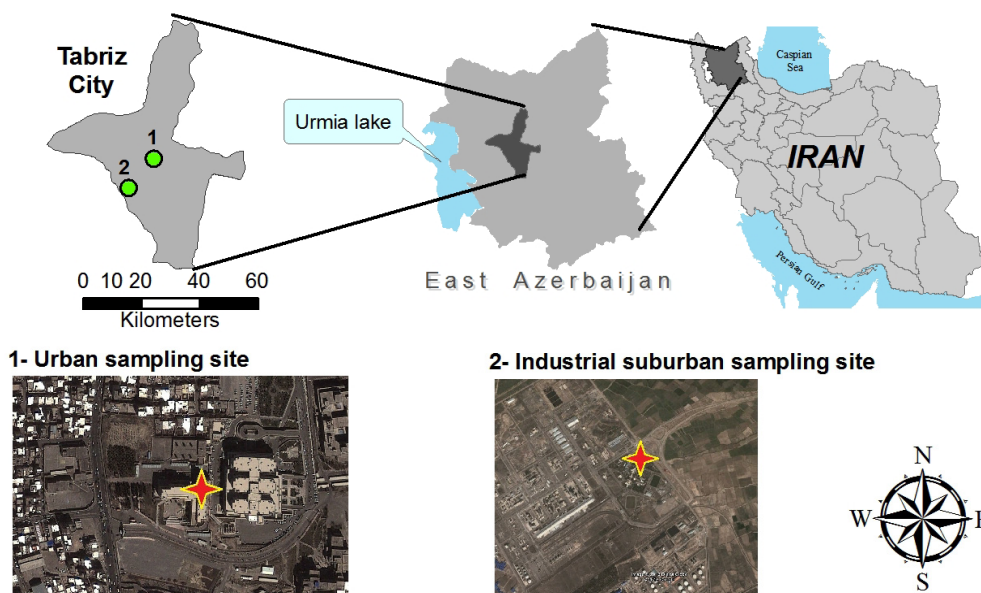
مطابق استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا در خصوص مکان ایستگاه سنجش آلودگی هوا (جدول ۱) (۹) پشت بام دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تبریز (N $38^{\circ} 3' 18''$ و E $46^{\circ} 19' 23''$) بعنوان محل نمونه برداری از ذرات معلق منطقه شهری تبریز و محوطه پتروشیمی تبریز (N $38^{\circ} 4' 24''$ و E $46^{\circ} 9' 36''$) بعنوان محل نمونه برداری از ذرات معلق هوای منطقه صنعتی انتخاب گردیدند (شکل ۱). دوره زمانی نمونه برداری از ابتدای شهریور سال ۱۳۹۱ تا انتهای مرداد ماه ۱۳۹۲ انتخاب شده و اندازه‌گیری ذرات معلق طبق رهنمود سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا هر ۶ روز یکبار بصورت ۲۴ ساعته انجام گردید (۱۰).

نمونه برداری و اندازه گیری ذرات معلق

دستگاه های مورد استفاده جهت انجام اندازه گیری کل ذرات معلق (TSP) و PM_{10} ، دستگاه نمونه بردار با حجم بالا (High Volume Sampler) مدل آندرسون (Andersen Samplers) ساخت کشور آمریکا بوده و طبق روش استاندارد هوای محیطی سازمان محیط زیست آمریکا اندازه گیری ذرات معلق انجام گرفت (۱۱). غلظت ذرات معلق $PM_{2.5}$ و PM_1 نیز با استفاده از دو دستگاه پرتابل HAZ-DUST EPAM-5000 بطور همزمان اندازه گیری و غلظت آنها در هوای محیطی مشخص گردید.

جدول ۱. استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا - جهت مکان یابی ایستگاه های سنجش آلودگی هوا (۹)

پارامتر	استاندارد
فاصله از خیابان	> 20 m
فاصله از نزدیکترین درخت	> 20 m
فاصله از منبع تولید آلودگی هوا	> 20 m
فاصله از موانع	دو برابر ارتفاع مانع
فاصله از سطح زمین	۳-۱۵ m



شکل ۱. موقعیت محل نمونه برداری در منطقه شهری و صنعتی در شهر تبریز

معلق هوا (PM_{10} ، TSP، $PM_{2.5}$)

نرم افزار AirQ 2.2.3، نرم افزار تخصصی ارزیابی اثرات بهداشتی کیفیت هوا است که توسط WHO طراحی و ارائه شده و کاربر را قادر می سازد تا اثرات بالقوه منتسب به یک آلاینده خاص بر انسان ها را در یک ناحیه شهری معین و طی دوره زمانی خاص ارزیابی نماید. این نرم افزار اثر آلاینده مدنظر بر سلامت انسان را به صورت پیامدهای بهداشتی مرگ و میر و نیز بروز و شیوع بیماری ها ارائه می نماید. بروز یا شیوع بیماری ها شامل اثر مزمن یا اثرات حاد است (۱۲، ۱۳). خطر

- اطلاعات هواشناسی

اطلاعات مربوط به هواشناسی مناطق مورد مطالعه از مرکز اطلاعات هواشناسی ملی و سازمان هواشناسی آذربایجان شرقی دریافت گردید. این اطلاعات با استفاده از نرم افزار Excel پردازش شده و میانگین ها، حداکثرها، حداقل ها و ... با استفاده از این نرم افزار تهیه شد. همچنین با استفاده از نرم افزار WRPLOT View Freeware 7.0.0 گلباد مربوط به منطقه و اطلاعات سرعت و جهت باد غالب تهیه گردید.

- کمی سازی و برآورد اثرات بهداشتی منتسب به ذرات

غیرآماری تابع غلظت - پاسخ، بزرگ تر هستند (۱۲، ۱۴).

یافته‌ها

- نتایج داده‌های هواشناسی

در جدول ۲ خلاص‌های از وضعیت هواشناسی شهر تبریز بر اساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی مستقر در فرودگاه شهر تبریز و در شکل ۱ (الف) روند تغییرات متوسط روزانه درجه حرارت، عمق دید، سرعت باد و میزان بارش در شهر تبریز ارایه شده است. در طول دوره زمانی مورد مطالعه، متوسط دمای روزانه $11/3^{\circ}\text{C}$ ، حداکثر دمای ۲۴ ساعته 36°C و حداقل آن $10/4^{\circ}\text{C}$ - بود. از طرفی این شهر با میزان بارندگی 248 mm در سال یکی از مناطق کم بارش کشور به شمار می‌رود.

در شکل ۱ (ب) گلبادهای سالیانه محل مورد مطالعه ارایه شده است. نتیجه اطلاعات هواشناسی نشان داد که باد غالب سالیانه در این منطقه بادهای شمال شرقی و شرقی است. در فصول زمستان و بهار بادهای شمال شرقی غالب بوده ولی در فصل‌های تابستان و پاییز بادهای شرقی برجسته تر هستند لذا با در نظر گرفتن تصاویر محل استقرار منطقه صنعتی تبریز نسبت به منطقه مسکونی یا شهری که در بخش جنوب غربی شهر تبریز قرار گرفته است؛ می‌توان نتیجه گرفت که در اغلب اوقات سال جهت باد از سمت منطقه مسکونی به منطقه صنعتی بوده و آلودگی هوای منطقه صنعتی تاثیر زیادی بر کیفیت هوای منطقه شهری ندارد.

نسبی (RR یا Relative Risk) اغلب بصورت افزایش میزان مرگ‌ومیر و بیماری بیش از میزان مبنای همراه با یک افزایش ویژه در غلظت مواد ذره‌ای، یکی از شاخص‌های ویژه مورد استفاده در گزارشات به شمار می‌رود.

جزء منتسب یا نسبت منتسب (Attributable Proportion یا AP) بخشی از پیامد بهداشتی است که می‌توان آن را مرتبط با مواجهه جمعیتی خاص طی یک دوره زمانی مشخص دانست. این جزء با استفاده از فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$AP = \frac{\sum\{[RR(c) - 1] \times p(c)\}}{\sum[RR(c) \times p(c)]}$$

که در آن $RR(c)$ ، خطر نسبی پیامد بهداشتی در گروه C یا گروه مورد نظر و $p(c)$ نسبت جمعیت گروه C یا گروه مورد نظر است. با دانستن میزان بروز پایه پیامد بهداشتی انتخابی (I) در جامعه مورد نظر، میزان منتسب به تماس جمعیت (یا تعداد موارد در واحد جمعیت) (IE) به صورت زیر قابل محاسبه خواهد بود:

$$AP = I \times IE$$

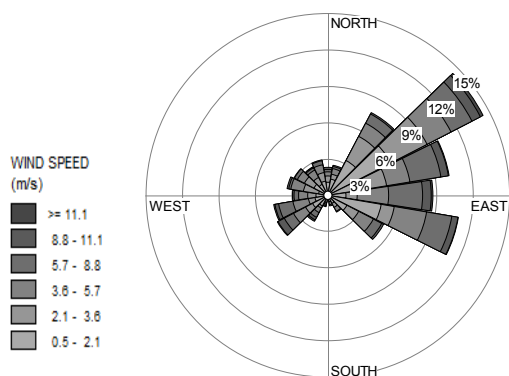
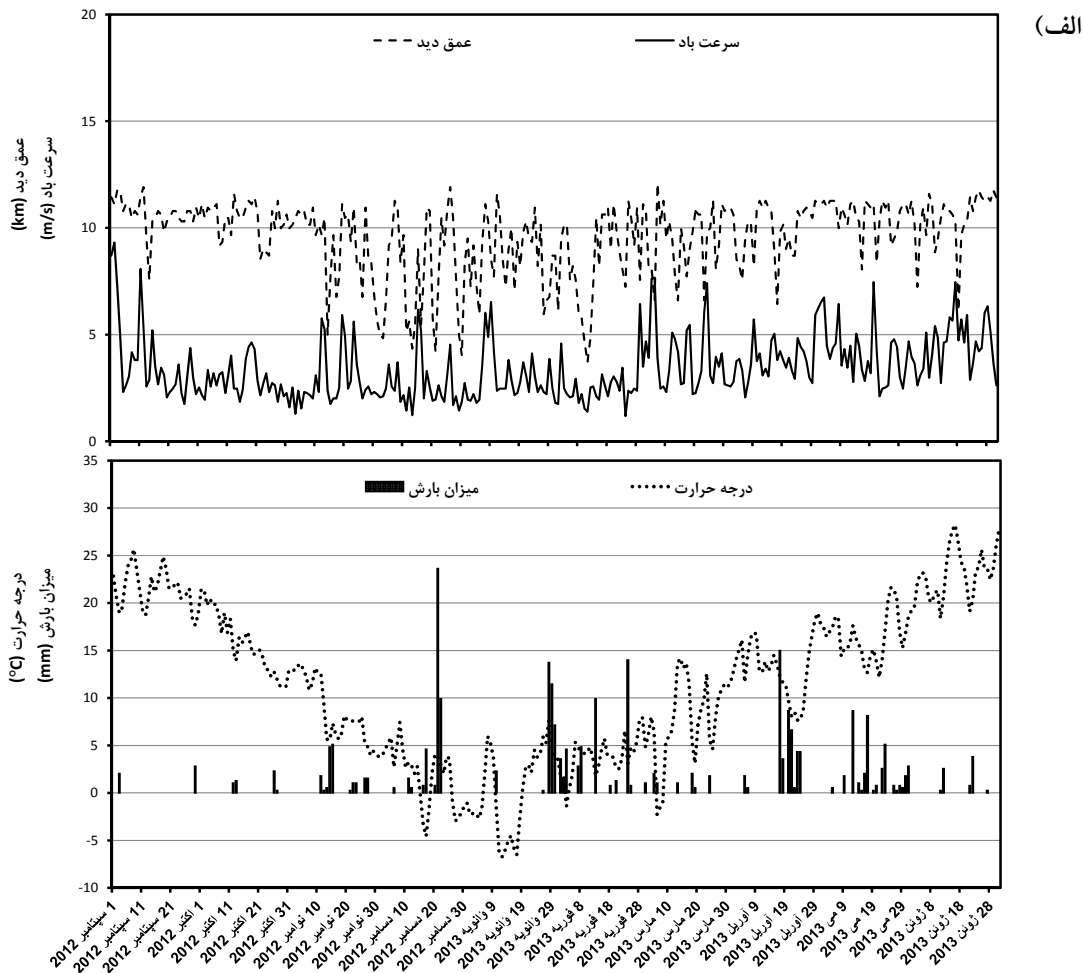
در یک جمعیت با اندازه N این میزان را می‌توان به تعداد موارد برآورد شده منتسب به تماس (NE) تبدیل نمود:

$$NE = IE \times N$$

با قراردادن فواصل اطمینان برآورد RR در فرمول، می‌توان حدود بالا و پایین برآورد AP و محدوده تعداد موارد منتسب به مواجهه مورد انتظار را تعیین نمود. البته در عمل عدم قطعیت اثر به علت خطاهای ارزیابی مواجهه و عدم قطعیت‌های

جدول ۲: خلاصه آماری داده‌های هواشناسی شهر تبریز در طی دوره مطالعه (شهریورماه ۱۳۹۱ تا تیرماه ۱۳۹۲)

میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	میان
11.3	8.2	-6.7	28.2	12.2
17.5	9.1	-2.0	36.0	19.0
5.8	7.3	-10.4	21.6	6.1
0.8	2.5	0.0	23.6	-
34.3	9.1	7.2	54.3	34.8
3.4	1.4	1.2	9.3	3.0
9.6	1.8	3.7	12.1	10.3



شکل ۲. الف) روند تغییرات متوسط روزانه درجه حرارت، عمق دید، سرعت باد و میزان بارش در شهر تبریز و ب) گلباد سالیانه شهر تبریز (از شهریور ماه ۱۳۹۱ تا تیر ماه ۱۳۹۲).

- تغییرات غلظت ذرات معلق (PM_{۱۰}، TSP، PM_{۲/۵} و PM_۱)

با بررسی جدول شماره ۳ مشاهده می شود که متوسط سالیانه غلظت ذرات معلق (TSP، PM_{۱۰}، PM_{۲.۵} و PM_۱) در طی روزهای نمونه برداری شده در منطقه شهری به ترتیب برابر ۱۳۹، ۸۳، ۳۸ و $۲۷ \mu\text{g}/\text{m}^3$ و در منطقه صنعتی به ترتیب برابر ۱۷۸، ۱۱۰، ۴۰ و $۲۷ \mu\text{g}/\text{m}^3$ بوده است. این مقادیر به مراتب بیشتر از غلظت ذرات معلق در شهرهای کشورهای توسعه یافته هستند.

حداکثر غلظت ۲۴ ساعته ذرات معلق TSP، PM_{۱۰}، PM_{۲.۵} و PM_۱ در منطقه صنعتی به ترتیب برابر با ۲۷۶، ۱۵۷، ۵۷ و $۴۶ \mu\text{g}/\text{m}^3$ بوده است که در طی ماه های دی، آبان، بهمن و بهمن (به ترتیب) رخ داده است. از آنجایی که این منطقه صنعتی بوده و آلودگی هوای منطقه، ناشی از فعالیت های صنعتی و شرایط آب و هوایی است لذا الگوی خاصی را نمی توان برای آن پیش بینی نمود.

در شکل ۳ نمودار جعبه ای غلظت سالیانه ذرات معلق هوای محیطی منطقه شهری و صنعتی به همراه سطح استاندارد مربوط به ذرات PM_{۱۰} و PM_{۲.۵} نمایش داده شده است. همان گونه

که مشاهده می شود نوسانات تغییرات غلظت ذرات معلق در منطقه شهری بیشتر از منطقه صنعتی است. با مقایسه مقادیر پارامترهای حداکثر، حداقل، میانه، پرستایل (صدک) ۲۵ و نیز پرستایل ۷۵ ذرات منطقه شهری و صنعتی مشاهده می شود که کلیه این پارامترها در منطقه صنعتی بیشتر از منطقه شهری بوده است.

از طرفی با در نظر گرفتن شکل ۳ و نیز جدول ۴ مشخص می شود که در طی روزهای نمونه برداری شده در منطقه شهری، غلظت ذرات PM_{۱۰} و PM_{۲.۵} به ترتیب ۷۳ درصد و ۶۹ درصد از حد استاندارد ملی و ۸ و ۵۰ درصد از سطح استاندارد EPA بیشتر بوده اند (۱۵). WHO برای اثرات بلندمدت، غلظت $۱۰ \mu\text{g}/\text{m}^3$ را برای PM_{۲.۵} و غلظت $۲۰ \mu\text{g}/\text{m}^3$ را برای ذرات PM_{۱۰} بعنوان خطوط راهنما در نظر گرفته و وضع نموده است (۱۶). همچنین در منطقه صنعتی غلظت ذرات PM_{۱۰} و PM_{۲.۵} به ترتیب ۹۵ درصد و ۸۵ درصد از حد استاندارد ملی و ۵ و ۷۱ درصد از سطح استاندارد EPA فراتر بوده اند. تاکنون هیچگونه استانداردی برای ذرات PM_۱ وضع نشده است.

جدول ۳. خلاصه آماری داده‌های ماهیانه، فصلی و سالیانه TSP و PM₁₀ در هوای محیط منطقه شهری بر حسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (n=۶۲)

سالیانه	فصول سرد**	فصول گرم*	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	شهریور
139.2	139.6	137.0	128.0	139.3	98.7	93.5	97.8	139.5	178.4	184.5	112.0	70.5	209.8	143.4
72.1	79.5	59.5	23.1	19.3	23.6	10.9	34.1	66.5	55.2	98.6	36.1	65.2	71.8	60.4
26.5	26.5	67.9	101.4	118.4	78.2	75.6	45.7	78.6	101.5	104.7	76.4	26.5	113.1	67.9
480.4	480.4	313.2	143.1	156.5	124.5	105.6	138.9	251.7	255.6	480.4	169.9	183.2	313.2	227.6
83.0	86.1	78.4	70.8	90.2	48.6	43.3	44.2	95.1	106.2	109.7	84.3	44.2	129.5	84.9
42.1	42.1	42.4	13.4	20.1	12.4	9.8	15.8	46.9	40.6	33.0	21.9	41.2	48.3	40.0
14.9	14.9	33.1	58.5	73.2	40.5	33.1	21.3	50.5	56.0	67.4	65.5	14.9	62.7	38.2
197.1	175.0	197.1	85.0	112.3	62.8	58.5	65.9	174.0	167.2	175.0	121.2	115.3	197.1	147.8
38.1	39.9	35.5	35.5	40.0	25.2	20.0	23.8	40.2	53.0	47.7	41.3	22.8	55.5	38.7
18.3	18.8	17.7	9.3	7.4	10.4	5.0	7.6	12.5	25.3	14.0	22.2	14.0	18.8	18.2
12.0	12.0	13.4	24.4	31.5	14.7	13.4	13.5	23.1	35.1	31.7	15.0	12.0	25.6	18.6
96.6	96.6	75.3	43.8	44.7	35.5	25.4	34.7	56.4	96.6	79.0	76.0	46.8	75.3	65.2
27.0	31.2	20.8	19.1	23.4	12.9	13.2	18.3	28.3	40.5	40.3	32.7	14.6	30.6	24.1
14.4	15.5	10.1	3.9	4.9	3.1	3.1	7.5	10.8	18.9	10.8	18.3	6.7	9.3	13.1
8.7	8.7	9.6	15.5	18.5	9.6	9.6	9.5	14.9	23.2	28.0	11.3	8.7	15.6	10.6
72.2	72.2	45.9	23.2	28.3	15.6	17.3	30.3	43.1	72.2	66.0	60.0	25.6	40.6	45.9

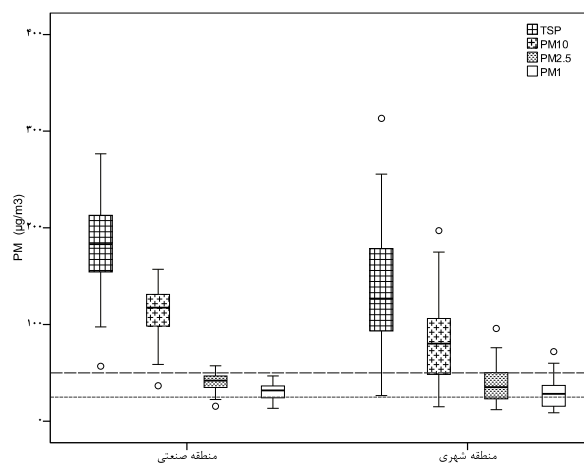
** فصل گرم معادل شش ماهه اول سال است.
** فصل سرد معادل شش ماهه دوم سال است.

جدول ۴. مقایسه متوسط غلظت‌های ۲۴ ساعته ذرات در محل‌های مورد مطالعه با مقادیر رهنمودی و استانداردها.

محل مطالعه	شاخص‌ها				
	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₁₀	TSP	
محل مطالعه	-	۲۵	۵۰	-	مقادیر استاندارد ملی برای متوسط ۲۴ ساعته ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) *
	-	۳۵	۱۵۰	-	مقادیر استاندارد U.S. EPA برای متوسط ۲۴ ساعته ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) **
	-	۱۰	۲۰	-	مقادیر متوسط سالیانه بر اساس رهنمود WHO
منطقه شهری	۶۲	۶۲	۶۲	۶۲	تعداد نمونه‌های اخذ شده ۲۴ ساعته
	-	۴۳	۴۵	-	تعداد روزهای بالاتر از حد استاندارد ملی
	-	۳۱	۵	-	تعداد روزهای بالاتر از حد استاندارد U.S. EPA
	۲۷	۳۸/۱	۸۳	۱۳۹/۲	مقادیر متوسط سالیانه ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	-	۶۹	۷۳	-	درصد روزهای بالاتر از حد استاندارد ملی
منطقه صنعتی	-	۵۰	۸	-	درصد روزهای بالاتر از حد استاندارد U.S. EPA
	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	تعداد نمونه‌های اخذ شده ۲۴ ساعته
	-	۱۸	۲۰	-	تعداد روزهای بالاتر از حد استاندارد ملی
	-	۱۵	۱	-	تعداد روزهای بالاتر از حد استاندارد U.S. EPA
	۳۱/۷	۴۰	۱۱۰	۱۷۸/۷	مقادیر متوسط سالیانه ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
-	۸۵	۹۵	-	درصد روزهای بالاتر از حد استاندارد ملی	
-	۷۱	۵	-	درصد روزهای بالاتر از حد استاندارد U.S. EPA	

* استانداردهای هوای پاک مصوب ۱۳۸۸/۰۵/۱۱ (این استانداردها برابر با مقادیر رهنمودی سازمان جهانی بهداشت (۲۰۰۵) است).
 ** استانداردهای U.S. EPA اعلام شده در سال ۲۰۱۳. (<http://www.epa.gov/air/criteria.html>)

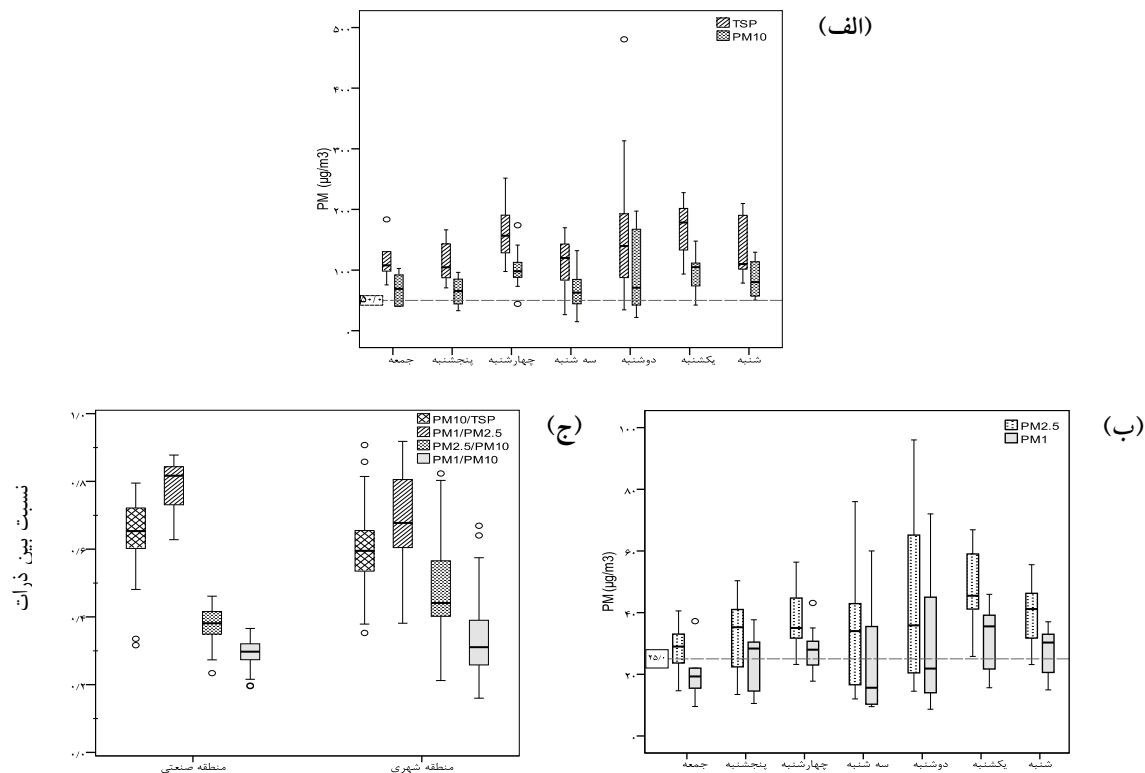
در شکل ۴ (الف و ب) نمودار جعبه‌ای تغییرات غلظتی ذرات معلق با تغییر ایام هفته نمایش داده شده است. همان‌گونه که در تصاویر مربوطه نیز مشخص است روزهای اواسط هفته (شمسی) که مصادف با روزهای پرکار هفته هستند بدلیل افزایش تردد خودروها که یکی از منابع عمده ذرات معلق در منطقه شهری است؛ غلظت ذرات معلق بطور چشمگیری افزایش می‌یابد و برعکس در ایام پایانی هفته (پنجشنبه و جمعه) که تردد خودروها در داخل شهر کاهش یافته و اغلب مردم یا در خانه استراحت نموده و یا به خارج از شهر می‌روند غلظت ذرات در مقایسه با سایر روزها نوسانات کمتری داشته و مقدار غلظت ذرات نیز کاهش می‌یابد. این نتایج مطابق با مطالعه DeGaetano است؛ و همکاران در سال ۲۰۰۴ تغییرات زمانی و مکانی ذرات معلق PM_{2.5} را



شکل ۳. نمودار جعبه‌ای غلظت‌های سالیانه ذرات معلق هوای محیطی محل‌های مورد مطالعه (خطوط شکسته افقی در نمودارها به مقادیر سطح استاندارد متوسط ۲۴ ساعته PM₁₀ و PM_{2.5} مربوط است) (n=۶۲ برای منطقه شهری و n=۲۱ برای منطقه صنعتی)

اواخر هفته که با تعطیلات پایان هفته مصادف است دارای غلظت بالاتری هستند (۱۷).

در شهر نیویورک بررسی نموده و دریافتند که اواسط هفته و روزهای کاری هفته غلظت ذرات معلق نسبت به روزهای



شکل ۴. تغییرات هفتگی غلظت جرمی TSP و PM_{10} (الف)، $\text{PM}_{2.5}$ و PM_1 (ب) هوای منطقه شهری و نمودار جعبه‌ای مقادیر سالیانه نسبت‌های $\text{PM}_{10}/\text{TSP}$ ، $\text{PM}_1/\text{PM}_{10}$ ، $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ ، $\text{PM}_1/\text{PM}_{2.5}$ و هوای منطقه شهری و صنعتی (ج)

نسبت به TSP به مشخصات جغرافیایی، منابع انتشار ذرات و نیز شرایط هواشناسی هر منطقه بستگی دارد. همانگونه که در شکل ۴ (ج) مشخص است متوسط مقدار نسبت‌های $\text{PM}_{10}/\text{TSP}$ ، $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ ، $\text{PM}_1/\text{PM}_{10}$ و $\text{PM}_1/\text{PM}_{2.5}$ برای منطقه شهری به ترتیب برابر $۰/۰۶$ ، $۰/۴۸$ ، $۰/۳۳$ و $۰/۰۷$ و برای منطقه صنعتی به ترتیب برابر $۰/۶۱$ ، $۰/۳۷$ ، $۰/۲۸$ و $۰/۷۷$ است.

نتایج مربوط به میزان مرگ و میر متناسب به ذرات معلق PM_{10} ، TSP، و $\text{PM}_{2.5}$ هوای شهر تبریز با استفاده از نرم افزار $\text{AirQ}_{2,3}$ (میزان مرگ و میر (شامل برآورد مرگ ناشی از بیماری‌های

تغییرات هفتگی و نسبت بین سائزهای مختلف ذرات معلق یکی از پارامترهایی که با استفاده از آن می‌توان تا حدودی منبع انتشار ذرات را از هم تفکیک نمود استفاده از نسبت غلظت بین ذرات معلق با سائزهای مختلف است. طبق مطالعات انجام یافته مشخص شده است که ذرات ناشی از احتراق جزو ذرات $\text{PM}_{2.5}$ و PM_1 بوده و ذرات حاصل از فعالیت‌های مکانیکی نظیر فرسایش خاک‌ها در اثر بادهای عمده‌تا ذرات با اندازه درشت هستند. لذا با تعیین نسبت بین ذرات معلق می‌توان تا حدودی منبع عمده انتشار ذرات معلق در منطقه را تعیین نمود. در تمام نقاط دنیا ذرات TSP، PM_{10} ، $\text{PM}_{2.5}$ و PM_1 وجود دارد ولی میزان یا نسبت هر کدام از این ذرات نسبت به همدیگر و نیز

از این مقدار ۲۰۲ مورد در اثر بیماری‌های قلبی و عروقی بوده و تعداد ۹۹ مورد نیز در اثر بیماری‌های تنفسی برآورد شده است. همچنین تعداد مراجعات بیمارستانی بدلیل اثرات مزمن بیماری‌های قلبی عروقی ناشی از ذرات TSP برابر ۸۸ مورد تخمین زده شده است. از طرفی میزان کل مرگ ناشی از ذرات PM₁₀ و PM_{2.5} به ترتیب برابر ۳۶۳ و ۳۶۰ مورد برآورد شده است که در مورد ذرات PM₁₀ از ۳۶۳ مورد برآورد شده ۲۲۷ مورد مربوط به مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی و عروقی بوده و تعداد ۶۷ مورد مربوط به مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی است. لازم به ذکر است که میزان مرگ و میر ناشی از ذرات PM₁₀ و PM_{2.5} قابل تجمیع نبوده و هر کدام بطور جداگانه گزارش گردید. همچنین تعداد مراجعات بیمارستانی بدلیل بیماری‌های تنفسی و نیز بیماری‌های قلبی - مغزی ناشی از ذرات PM₁₀ به ترتیب برابر ۱۱۰۷ و ۴۲۸ نفر برآورد شده است.

تنفسی، مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی و عروقی، تعداد مراجعات بیمارستانی بعلت بیماری‌های قلبی و عروقی، تعداد مراجعات بیمارستانی بعلت بیماری‌های تنفسی) ناشی از ذرات معلق TSP، PM₁₀ و PM_{2.5} هوای شهر تبریز که با استفاده از نرم افزار AirQ2.2.3 و با لحاظ نمودن ریسک‌های نسبی حاصل از سایر مطالعات و نیز ریسک‌های نسبی پیش فرض این نرم‌افزار محاسبه و برآورد شده در جدول ۵ ارایه گردیده است. لازم به ذکر است که در این مطالعه اثرات سینرژیستی و آنتاگونیسمی آلاینده‌های هوا در نظر گرفته نشده است که این امر به علت فقدان مطالعات در سطح دنیا است که تاکنون محققین قادر به ارائه مدلی جهت برآورد اثرات سینرژیستی و آنتاگونیسمی آلاینده‌ها نبوده‌اند (۱۸). همان‌گونه که در جدول ۵ نیز مشخص شده است میزان کل مرگ منتسب به ذرات TSP برابر ۳۲۷ برآورد شده است که

جدول ۵. اثرات بهداشتی منتسب به ذرات معلق هوای شهر تبریز در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۱

میانگین تعداد موارد منتسب تخمینی (حداقل - حداکثر)	میزان بروز پایه	میانگین درصد جزء منتسب تخمینی (حداقل - حداکثر)	میانگین خطر نسبی (حداقل - حداکثر)	
TSP				
327(221-725)	543.5	3.9(2.6-8.6)	1.003(1.002-1.007)	کل مرگ ^۱
202(0-575)	231	2.63(0-7.5)	1.002(1-1.006)	مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی - عروقی ^۲
99(52-199)	48.4	9.7 (5.1-19.5)	1.008(1.004-1.018)	مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی ^۳
88(0-176)	101.4	5.6(0-11.3)	1.0044(1-1.0094)	تعداد مراجعات بیمارستانی بدلیل اثرات مزمن بیماری‌های قلبی و عروقی ^۴
PM₁₀				
363(246-478)	543.5	4.3(2.9-5.7)	1.006(1.004-1.008)	کل مرگ
227(130-319)	231	6.4(3.6-8.9)	1.009(1.005-1.013)	مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی - عروقی
67(27-98)	48.4	8.9(3.6-13)	1.013(1.005-1.02)	مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی
1107(680-1515)	1260	5.7(3.5-7.8)	1.008(1.0048-1.0112)	تعداد مراجعات بدلیل بیماری‌های تنفسی
428(291-601)	436	6.3(4.3-8.9)	1.009(1.006-1.013)	تعداد مراجعات بیمارستانی بدلیل بیماری‌های قلبی و مغزی
PM_{2.5}				
360(267-450)	543.5	4.3(3.2-5.4)	1.015(1.011-1.019)	کل مرگ

¹ Total mortality

² Cardiovascular mortality

³ Respiratory mortality

⁴ HA COPD = Hospital admissions for Chronic Obstructive Pulmonary Disease

بحث

بمنظور مقایسه نتایج مطالعه حاضر با اندازه گیری های بعمل آمده توسط اداره کل حفاظت محیط زیست آذربایجان شرقی، مقادیر اندازه گیری شده ذرات PM_{10} توسط دستگاه های موجود در ایستگاه های مختلف شهر تبریز (۶ ایستگاه) از این اداره کل دریافت شده و مورد آنالیز قرار گرفتند. بررسی نتایج حاصل از نزدیک ترین ایستگاه سنجش آلودگی به محل نمونه برداری در مطالعه حاضر نشان داد که با ضریب همبستگی $0/63$ ، مقادیر سنجش شده توسط اداره کل حفاظت محیط زیست، 65% در صد مقادیر اندازه گیری شده مطالعه حاضر است. در این ایستگاه غلظت متوسط سالیانه ذرات PM_{10} در طی سال های 1387 ، 1388 ، 1389 و 1390 به ترتیب برابر 84 ± 72 ، $92 \pm 85/6$ ، $79 \pm 16/9$ و $73 \pm 46/9 \mu g/m^3$ گزارش شده است. بر اساس نتایج حاصل از اندازه گیری غلظت ذرات معلق مشخص گردید که بیشترین مقادیر غلظت 24 ساعته ذرات ریز (PM_1 و $PM_{2.5}$) در طول های ماه های سرد سال مشاهده شده است. به نحویکه حداکثر غلظت 24 ساعته ذرات $PM_{2.5}$ در PM_1 در طی بهمن ماه اندازه گیری شدند (به ترتیب 97 و $72 \mu g/m^3$). از آنجایی که عمده ترین منبع انتشار ذرات ریز (PM_1 و $PM_{2.5}$) احتراق سوخت های فسیلی است و از سوی دیگر، در طول بهمن ماه بدلیل کاهش دمای هوای این شهر مصرف سوخت های فسیلی بخصوص مصرف گاز خانگی افزایش می یابد و همچنین بدلیل وارونگی هوا و تغلیظ آلاینده ها، میزان انتشار ذرات ریز در طول این ماه و سایر ماه های سرد سال افزایش چشمگیری پیدا کرده است.

Naddafi و همکاران (۲۲) در سال 1385 تغییرات غلظت ذرات TSP و PM_{10} را در ماه های مختلف شهر تهران بررسی نموده و دریافتند که از نظر غلظت TSP، اسفندماه با میانگین $191 \mu g/m^3$ آلوده ترین ماه و فروردین ماه با میانگین غلظت $118/5 \mu g/m^3$ پاکترین ماه سال بوده و از نظر آلاینده PM_{10} دی ماه با میانگین $66/5 \mu g/m^3$ آلوده ترین ماه و فروردین ماه با میانگین غلظت $42/1 \mu g/m^3$ پاک ترین ماه سال هستند. همچنین Azizifar و همکاران (۲۳) در سال 1390 مقدار ذرات معلق هوای شهر قم را در طی ماه های مختلف بررسی

بر اساس اندازه گیری های بعمل آمده در منطقه شهری، حداکثر متوسط ماهیانه غلظت TSP در مهرماه ($210 \mu g/m^3$) بوده؛ و حداکثر غلظت 24 ساعته TSP نیز در دیماه ($480 \mu g/m^3$) بود. با توجه به غلظت بالای ذرات TSP در روز 18 دی ماه، این فرض وجود داشت که ورود ریزگردها باعث افزایش غیرمنتظره ذرات TSP در این روز شده است ولی با بررسی سرعت باد، میزان عمق دید افقی و نیز غلظت ذرات PM_{10} در این روز و مقایسه آنها با مقادیر ارایه شده در سیستم Hoffman مشخص گردید افزایش غلظت TSP در این روز با هیچ کدام از رده بندی های ریزگردها مطابقت نداشته و بر اساس سرعت بالای باد در طی این روز، نتیجه گرفته شد که گرد و غبار محلی باعث افزایش غلظت TSP شده است. جدول ۳ نشان می دهد که حداکثر مقدار غلظت ذرات PM_{10} در طول مدت مطالعه برابر $197 \mu g/m^3$ بوده که در روز 12 مهر ماه رخ داده است. نتایج حاصل از مطالعات انجام یافته در خصوص غلظت ذرات معلق PM_{10} در 28 نقطه از اروپا نشان داده است که در طول سال های $1993-1994$ ، غلظت ذرات PM_{10} در شمال اروپا خیلی کم و در حدود $20 \mu g/m^3$ بوده است؛ ولی در شهرهای با جمعیت زیاد و ترافیک سنگین غلظت PM_{10} بیشتر بوده است بنحوی که غلظت PM_{10} در برلین $45-50 \mu g/m^3$ بوداپست $57 \mu g/m^3$ و در آتن برابر $98 \mu g/m^3$ بوده است (۱۶). در کشورهای آسیایی غلظت ذرات معلق به مراتب بیشتر از مقادیر مربوط به کشورهای اروپایی است. در چین غلظت سالیانه PM_{10} در مناطق شهری بین $115-275 \mu g/m^3$ و در مناطق حاشیه شهری $68-192 \mu g/m^3$ اندازه گیری شده (۱۹) و در بانکوک غلظت ذرات PM_{10} برابر $80-100 \mu g/m^3$ سنجش شده است (۲۰). Mansouri و همکاران (۲۱) در سال 1389 مقادیر غلظت ذرات PM_{10} ، $PM_{2.5}$ و PM_1 را در دو نقطه شهر تهران اندازه گیری نموده و دریافتند که میانگین غلظت ذرات PM_1 در حدود $25-50 \mu g/m^3$ ، ذرات $PM_{2.5}$ در حدود $50-100 \mu g/m^3$ و غلظت ذرات PM_{10} در حدود $75-130 \mu g/m^3$ بوده است.

نسبی، سرعت باد، جهت باد و متوسط سطح فشار مقایسه نموده و دریافته‌اند که کمترین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ بین ساعات ۵-۱ صبح بوده و بالاترین غلظت آن در ساعت ۱۰-۸ صبح و ۲۰-۱۸ بعد از ظهر بوده است لذا به این نتیجه رسیدند که تشدید ترافیک مهمترین عامل افزایش ذرات معلق است.

همانگونه که قبلا نیز بیان شد نسبت غلظت بین ذرات معلق یکی از پارامترهایی که با استفاده از آن می توان تا حدودی منبع انتشار ذرات را از هم تفکیک نمود. در کشورهای در حال توسعه معمولا نسبت بین ذرات $PM_{2.5}$ به ذرات PM_{10} برابر ۰/۵ بوده و در کشورهای توسعه یافته و پیشرفته این نسبت بین ۰/۸-۰/۵ است (۱۶، ۲۵). با مشاهده مقدار نسبت $PM_{2.5}/PM_{10}$ در منطقه شهری مشاهده می شود این عدد برابر با مقدار ارایه شده برای کشورهای در حال توسعه بوده و به نوعی بیان کننده وضعیت ساخت و ساز و منابع انتشار ذرات معلق در هوای محیطی است. از طرفی نسبت $PM_{2.5}/PM_{10}$ در منطقه صنعتی برابر ۰/۳۷ است که به مراتب کمتر از مقادیر تعیین شده برای منطقه شهری بوده و بیان می کند که اغلب غلظت ذرات معلق منطقه صنعتی ناشی از منابع پوسته زمین و خاک‌های اطراف منطقه بوده و منابع احتراقی نقش کمتری را در انتشار ذرات معلق این منطقه بازی می کنند. همچنین با بررسی شکل ۴(ج) مشاهده می شود که دامنه تغییرات نسبت ذرات در منطقه شهری گسترده از منطقه صنعتی است که دلیلی بر تنوع منابع انتشار ذرات معلق در منطقه شهری است.

طبق مطالعات صورت گرفته در چین، نسبت $PM_{2.5}$ به PM_{10} در مناطق شهری برابر ۰/۷۵-۰/۵ بدست آمده است (۱۹). mansouri و همکاران (۲۱) در سال ۱۳۸۹ با بررسی ذرات معلق هوای شهر تهران، نسبت PM_1 به PM_{10} را برابر ۰/۳۷ و نسبت $PM_{2.5}$ به PM_{10} را برابر ۰/۷ بدست آوردند. با مقایسه نسبت‌های متعلق به شهر تهران با مقادیر مربوط به شهر تبریز می توان نتیجه گرفت که سهم منابع احتراقی در انتشار ذرات معلق هوای شهر تهران نسبت به شهر تبریز بیشتر بوده و نهایتا در شهر تبریز و بخصوص منطقه صنعتی آن منبع خاک و تعلیق دوباره ذرات معلق سهم چشمگیری در انتشار ذرات معلق دارند.

نموده و گزارش نمودند که از نظر ذرات PM_{10} آبان ماه با میانگین $117 \mu g/m^3$ آلوده ترین ماه و مهرماه با میانگین غلظت $83 \mu g/m^3$ پاکترین ماه بوده و از نظر ذرات $PM_{2.5}$ آذر ماه با میانگین $33 \mu g/m^3$ آلوده ترین و مرداد، شهریور و مهر با میانگین $17 \mu g/m^3$ پاکترین ماه های سال بودند. نهایتا از نظر PM_1 آذرماه با غلظت ذرات $24 \mu g/m^3$ آلودهترین و مهر ماه با $8 \mu g/m^3$ پاک ترین ماه سال بودند.

یکی دیگر از نوساناتی که در بررسی غلظت ذرات معلق و نیز سایر آلاینده های هوا حائز اهمیت است نوسانات ساعتی انتشار آلاینده ها است. نتایج بررسی حاضر نشان داد که غلظت ذرات با شروع فعالیت مردم شهر در ساعت حدود ۷ صبح شروع به افزایش می کند تا جایی که در ساعت حدود ۱۲ غلظت ذرات PM_{10} و ساعت ۱۱-۱۰ غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_1 به حداکثر میزان خود در طول ۲۴ h می رسند. همچنین مشاهده گردید که پیک افزایش غلظت ذرات یکبار دیگر ولی با شدت کمتری در ساعت حدود ۲۰-۱۹ و با فعالیت های عصر گاهی مردم و افزایش تردد خودروها در این ساعت مجدا تکرار می شود. DeGaetano و همکاران (۱۷) در مطالعه ذرات معلق شهر نیویورک دریافته‌اند که بالاترین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ در تابستان بین ساعات ۹-۷ صبح و ۲۲-۱۹ بعد از ظهر بوده و کمترین غلظت ذرات طی زمستان و در ۴-۶ صبح است. ایشان با ملاحظه تغییرات ساعتی و نیز هفتگی غلظت ذرات به این نتیجه رسیدند که هر چند فعالیت های انسانی عامل اصلی تغییرات ساعتی و روزانه غلظت ذرات است ولی تغییرات آب و هوایی نیز در میزان غلظت ذرات دخیل هستند. ایشان همچنین بیان داشتند که غلظت ذرات معلق در فصول گرم سال نسبت به فصول سرد سال بیشتر است. این امر بر خلاف نتایج مطالعه حاضر بوده و بدلیل شرایط آب و هوایی مختلف و همچنین نوع سیستم های گرمایشی منازل و نیز استفاده از سوخت های با مشخصات متفاوت در دو منطقه است.

shi و همکاران (۲۴) در سال ۲۰۰۸-۲۰۰۷ در هنک هنگ تغییرات ساعتی غلظت ذرات $PM_{2.5}$ را با تغییرات ساعتی پارامترهای مختلف از قبیل درجه حرارت محیط، رطوبت

نتیجه گیری

علاوه بر منابع احتراقی انتشار ذرات معلق، عدم وجود فضای سبز مناسب در کمربند جنوبی شهر تبریز، وجود کارخانجات آسفالت و شن و ماسه در جنوب شهر، دپوی نخاله های شهرداری در محدوده کمربند جنوبی شهر، عدم وجود کمربند سبز حد فاصل محدوده استقرار صنایع و محدوده شهر از جمله عوامل تولید و انتشار ذرات معلق در هوای شهر تبریز است. آلودگی هوای شهر تبریز بعنوان یکی از هشت شهر آلوده کشور بایستی بیش از پیش مورد توجه مسئولین محترم کشوری و استانی قرار گیرد که در این راستا تخصیص اعتبار ملی و استانی در اجرایی کردن طرح ها و راهکارها و تدابیر خاص جهت کاهش آلودگی هوا می تواند راهگشا باشد. در حال حاضر با توجه به وقوع پدیده گرد و غبار فرصت خوبی است که در افزایش فضای سبز و جنگل کاری شهر تبریز جدیت نشان داده شود چرا که با افزایش هر هکتار جنگل سالیانه تا

not ۲/۵ اکسیژن تولید شده و not ۳/۶۷ گاز کربنیک جذب شده و از انتشار حدود not ۸۶ ذرات معلق بر روی هوای شهر جلوگیری می شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از پایان نامه تحت عنوان بررسی کیفی و برآورد اثرات بهداشتی ذرات معلق و هیدروکربن های چند حلقوی هوای شهر تبریز ناشی از آلودگی هوا و صنایع نفتی در مقطع دکتری بهداشت محیط است که با حمایت معاونت پژوهشی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران و مرکز تحقیقات آلودگی هوا، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران در قالب طرح پژوهشی به شماره ۲۱۲۵۷-۴۶-۰۱-۹۲ اجرا شده است. همچنین نویسندگان این مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از مجموعه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تبریز و مجتمع پتروشیمی تبریز اعلام می نمایند.

منابع

- 1- De Nevers N. Air Pollution Control Engineering. 2nd ed. New York: Mc Graw Hill; 2000.
- 2- Loomis D, Grosse Y, Lauby-Secretan B, Ghissassi FE, Bouvard V, Benbrahim-Tallaa L, et al. The carcinogenicity of outdoor air pollution. The Lancet Oncology. 2013;14(13):1262-63.
- 3- Shah SD, Cocker DR, Miller JW, Norbeck JM. Emission rates of particulate matter and elemental and organic carbon from in-use diesel engines. Environmental Science and Technology. 2004;38(9):2544-50.
- 4- Riedl M, Diaz-Sanchez D. Biology of diesel exhaust effects on respiratory function. Journal of Allergy and Clinical Immunology. 2005;115(2):221-28.
- 5- Kelly FJ, Fussell JC. Size, source and chemical composition as determinants of toxicity attributable to ambient particulate matter. Atmospheric Environment. 2012;60:504-26.
- 6- Franklin M, Zeka A, Schwartz J. Association between PM2.5 and all-cause and specific-cause mortality in 27 US communities. Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology.

- 2007;17(3):279-87.
- 7- Liu L, Ruddy TD, Dalipaj M, Szyszkowicz M, You H, Poon R, et al. Influence of personal exposure to particulate air pollution on cardiovascular physiology and biomarkers of inflammation and oxidative stress in subjects with diabetes. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2007;49(3):258-65.
- 8- Wark K, Warner CF, Davis WT. *Air Pollution: Its Origin and Control*. 3rd ed. New York: Addison-Wesley; 1998.
- 9- Manoli E, Voutsas D, Samara C. Chemical characterization and source identification/apportionment of fine and coarse air particles in Thessaloniki, Greece. *Atmospheric Environment*. 2002;36(6):949-61.
- 10- USEPA. SLAMS/NAMS/PAMS network review guidance. Washington DC: United States Environmental Protection Agency; 1998. Report No.: EPA-454/R-98-003.
- 11- USEPA. Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air; sampling of ambient air for total suspended particulate matter (SPM) and PM10 using high volume (HV) sampler. Washington DC: United States Environmental Protection Agency; 1999. Report No.: US.EPA-Method IO-2.1.EPA/625/R-96/010a.
- 12- WHO. Quantification of the health effects of exposure to air pollution. Bilthoven, Netherlands: World Health Organization; 2000. Report No.: EUR/01/5026342.
- 13- Delangizan S, Jafari Motlagh Z. Dust phenomenon affects on cardiovascular and respiratory hospitalizations and mortality "A case study in Kermanshah, during March-September 2010-2011. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2013;6(1):65-76 (in Persian).
- 14- 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 and Engineering*. 2012;9(1):1-7.
- 15- USEPA. National ambient air quality standards (NAAQS). Washington DC: United States Environmental Protection Agency; 2014 [cited 2014 Jan 17]. Available from: <http://www.epa.gov/air/criteria.html>.
- 16- WHO. *Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide*. Geneva: World Health Organization; 2005.
- 17- DeGaetano AT, Doherty OM. Temporal, spatial and meteorological variations in hourly PM2.5 concentration extremes in New York City. *Atmospheric Environment*. 2004;38(11):1547-58.
- 18- 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 NO2 exposure using AirQ Model in Ahvaz City During 2009. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2013;6(1):91-102 (in Persian).
- 19- Wei F, Teng E, Wu G, Hu W, Wilson W, Chapman R, et al. Ambient concentrations and elemental compositions of PM10 and PM2.5 in four Chinese Cities. *Environmental Science & Technology*. 1999;33(23):4188-93.
- 20- Vichit-Vadakan N, Ostro BD, Chestnut LG, Mills DM, Aekplakorn W, Wangwongwatana S, et al. Air pollution and respiratory symptoms: Results from three panel studies in Bangkok, Thailand. *Environmental Health Perspectives*. 2001;109(3):381-87.
- 21- Mansouri N, Esmaeelzadeh J. Investigating suspended particles resulted from Tehran's highways traffic. *Journal of Traffic Engineering*. 2011;44:15-19 (in Persian).
- 22- Naddafi K, Nabizadeh R, Nazmara S, Nour Moradi H, Mohammadi Moghaddam F. Studying the TSP and PM10 measurements and description of the air quality according to the Air Quality Index (AQI) in the central parts of Tehran City in 2005-2006. *Journal of Health System Research*. 2010;6(4):657-65 (in Persian).
- 23- Azizifar M, Naddafi K, Mohammadian M, Safdari M, Khazaei M. Investigation of the air quality index and the concentration of suspended particles in the air of Qom. *Journal of Qom University of Medical Sciences*. 2011;5(2):59-63 (in Persian).
- 24- Shi W, Wong MS, Wang J, Zhao Y. Analysis of

airborne particulate matter (PM2.5) over hong kong using remote sensing and GIS. Sensors. 2012;12(6):6825-36.

25- 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.

Investigation of the ambient particulate matter concentration changes and assessing its health impacts in Tabriz

A. Gholampour¹, R. Nabizadeh², M.S. Hassanvand³, H.Taghipour⁴, S. Faridi⁵, A.H. Mahvi^{6*}

¹Center for Air Pollution Research, Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran; Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

²Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran; Center for Air Pollution Research, Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

³Center for Air Pollution Research, Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran; Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health

⁴Department of Environmental Health, Faculty of Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

⁵Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁶Center for Solid Waste Research, Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran; Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 20 August 2014 ; Accepted: 19 November 2014

ABSTRACT

Background & Objectives: Determining the impacts of air pollution in cities is facing two major challenges; first, the limited data on the health effects of pollutants, and secondly, the lack of information on exposure to air pollutants and their concentration. This is an applied-observational carried out to determine the concentration, seasonal changes, and to estimate the health impacts attributed to the particulate matters in Tabriz during September 2012 to July 2013.

Materials and Methods: The particulate matters were sampled using high volume sampler and were analyzed using portable HAZ-DUST EPAM-5000. The health impacts of particulate matters were estimated using AirQ software developed by W.H.O.

Results: The annual mean concentration of TSP, PM₁₀, PM_{2.5}, and PM₁ in the urban sampling site were 139, 83, 38, and 27 µg/m³ respectively. In addition, these concentrations were 178, 110, 40, and 27 µg m⁻³ in industrial area. The average of PM₁₀/TSP, PM_{2.5}/PM₁₀, PM₁/PM₁₀, and PM₁/PM_{2.5} ratio level was 0.6, 0.48, 0.33, and 0.7 in the urban areas and 0.61, 0.37, 0.28, and 0.77 in the industrial areas respectively. The total mortalities associated with the TSP, PM₁₀, and PM_{2.5} concentrations were estimated as 327, 363, and 360 respectively. Nevertheless, the calculated cardiovascular mortality for TSP and PM₁₀ were estimated to be 202 and 227 respectively.

Conclusion: This research found that the concentrations of PM10 and PM2.5 were 73 and 69% more than National Standard; and 8 and 5% more than USEPA Standards respectively. In Tabriz, especially industrial area, the soils of surrounding ground and re-suspension of particles from contaminated soils have a significant contribution to particulate emissions.

Key Words: Air pollution, Particulate matter, AirQ2.2.3 software, Health impact assessment, Tabriz

*Corresponding Author: ahmahvi@yahoo.com

Tel: +982166462267