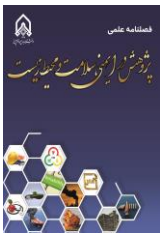
فصلنامه علمی پژوهش در ایمنی، سلامت و محیط زیست / سال / دوره / شماره/ صفحه

فصلنامه علمی پژوهش در ایمنی، سلامت و محیط زیست



ارزیابی کمی و کیفی ذرات معلق اتمسفری در مراسم چهارشنبه‌سوری (مطالعه موردی: شهر تهران)

بلال اروجی[1]

[1] نویسنده مسئول: استادیار، گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه خوارزمی، کرج، ایران

چکیده

کلانشهر تهران به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص خود در دامنه جنوبی البرز و تراکم بالای جمعیت و فعالیت‌های انسانی، همواره با مسئله آلودگی هوا مواجه بوده است. در این پژوهش، تأثیر برگزاری جشن باستانی چهارشنبه‌سوری بر غلظت و ترکیب شیمیایی ذرات معلق (PM_{10} و $PM_{2.5}$) در هوای تهران طی اسفندماه ۱۴۰۳ مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های ساعتی و میانگین غلظت ذرات از ایستگاه‌های پایش سازمان حفاظت محیط زیست دریافت شد. همچنین نمونه‌برداری از ذرات با استفاده از فیلترهای فایبرگلاس و نمونه‌بردار با دبی ۱/۷ مترمکعب بر دقیقه انجام گردید. ویژگی‌های ریخت‌شناسی و عنصری ذرات با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM-EDS) تعیین شد. نتایج نشان داد که میانگین غلظت PM_{10} در روز ۲۳ اسفند (یک روز پس از جشن) به ۳۸/۱۰۲ میکروگرم بر مترمکعب رسید که ۸۷ درصد نسبت به روز ۲۰ اسفند افزایش داشت و بیش از دو برابر حد استاندارد روزانه (۵۰ میکروگرم بر مترمکعب) بود. غلظت $PM_{2.5}$ نیز در همین روز به ۶۲/۵۴ میکروگرم بر مترمکعب رسید که ۵۶ درصد بالاتر از حد مجاز (۳۵ میکروگرم بر مترمکعب) بود. آلودگی ناشی از $PM_{2.5}$به مدت ۷۲ ساعت در هوا باقی ماند. نسبت $PM_{2.5}$ به PM_{10} از ۰/۰۵ در روزهای عادی به ۰/۵۵ در روزهای پس از جشن افزایش یافت که نشان‌دهنده سهم بالاتر ذرات ریز و خطرناک‌تر است. آنالیز شیمیایی ذرات نشان داد کربن (۲/۳۴٪) و اکسیژن (۵/۴۸ درصد) مجموعاً بیش از ۸۲ درصد جرم ذرات را تشکیل می‌دهند. حضور قابل‌توجه پتاسیم (۱/۲ درصد)، کلر (۱۴/۳ درصد) و کلسیم (۲۸/۷ درصد) تأییدکننده نقش اصلی مواد محترقه، سوختن پلاستیک و زیست‌توده در آلودگی شب جشن است.

مشخصات مقاله

تاریخچه مقاله:

نوع مقاله: علمی

دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۲

بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۲۵

پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۸

ارائه آنلاین: ۱۴۰۴/۱۱/۲۹

*نویسنده مسئول:

Balaloroji@khu.ac.ir

کلید واژه‌ها:

آلودگی هوا

PM_{10}

$PM_{2.5}$

چهارشنبه‌سوری

SEM-EDS

ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع)

© نویسندگان

این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License- CC BY) در دسترس شما قرار گرفته است.

۱- مقدمه

ذرات معلق در جو، بسته به منابع آلودگی، طیف وسیعی از اندازه‌ها و ترکیبات شیمیایی را نشان می‌دهند. این ذرات می‌توانند از منابع طبیعی یا فعالیت‌های انسانی نشأت بگیرند. در میان منابع طبیعی، پدیده‌هایی مانند فوران‌های آتشفشانی، آتش‌سوزی‌های گسترده جنگل‌ها و مراتع، طوفان‌های محلی و پراکندگی مواد معدنی، اصلی‌ترین عوامل انتشار ذرات محسوب می‌شوند. در مقابل، فعالیت‌های انسانی نقش مهمی در افزایش غلظت ذرات معلق ایفا می‌کنند. فرآیندهایی مانند احتراق سوخت‌های فسیلی، سوزاندن زیست‌توده، ترافیک وسایل نقلیه، سایش تایر و اصطکاک در هنگام ترمز، حمل و نقل هوایی و دریایی، پروژه‌های ساختمانی و زیربنایی، استفاده از اجاق‌های چوبی و سیستم‌های گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها نیز منابع مهم انتشار ذرات جوی هستند [۵-۱]. رابطه قابل توجهی بین ذرات معلق جوی و بیماری‌های مختلف از جمله بیماری‌های تنفسی و قلبی عروقی مشاهده شده است [۷ و ۶]. همچنین، نوسانات در غلظت ذرات با قطر کمتر از ۲٫۵ میکرومتر در هوا به طور قابل توجهی با تغییرات در نرخ مرگ و میر و بروز روزانه عوارض سلامتی در جمعیت انسانی مرتبط است [۹ و ۸]. ذرات کوچکتر از ۲٫۵ میکرومتر بیشترین تأثیر را بر سلامت انسان دارند زیرا می‌توانند به عمیق‌ترین بخش‌های سیستم تنفسی و ریه‌ها نفوذ کرده و اثرات مضری ایجاد کنند [۶]. اگرچه اثرات سلامتی ناشی از قرار گرفتن در معرض آلاینده‌های هوا در بزرگسالان قابل توجه است، اما کودکان و افراد دارای شرایط پیش‌زمینه‌ای به طور قابل توجهی آسیب‌پذیرتر و در معرض خطر بیشتری هستند. بنابراین، قرار گرفتن در معرض آلاینده‌های هوا یک نگرانی عمده برای سلامت عمومی و محیط زیست محسوب می‌شود [۹].

فعالیت‌های انسانی و تولید در کارخانه‌ها و صنایع، عامل اصلی آلودگی هوا به شمار می‌روند. بنابراین تعجب‌آور نیست که جشن‌ها و فعالیت‌های فرهنگی نیز می‌توانند تأثیر عمیقی بر افزایش غلظت ذرات معلق اتمسفری داشته باشند. یکی از مباحثی که اخیرا در مطالعات جوی مورد توجه قرار گرفته است، «تعطیلات آخر هفته» و یا در تعطیلات و مراسمات مذهبی است که برگزاری آن تاثیر قابل توجهی بر غلظت آلاینده‌های هوا را در مقایسه با روزهای کاری و روزهای تعطیل ایجاد کرده است.

اگرچه فرهنگ در بسیاری از مشکلات محیط‌زیستی نقش مهمی دارد، اما یکی از عوامل تاثیرگذار بر آلودگی هوا محسوب می‌شود که اغلب توسط پژوهشگران نادیده گرفته می‌شود. برخی آیین‌های فرهنگی در جوامع به بروز مشکلات محیط‌زیستی منجر می‌شوند. بسیاری از این مراسمات با آتش همراه هستند. برخی از مواد آتش‌بازی دارای ترکیباتی همچون پتاسیم کلرات، سدیم اکسالات، گوگرد، زغال، نیترات پتاسیم، ترکیب آهن و آلومینیوم، نیترات استرانسیوم، پرکلرات پتاسیم، نیترات باریم و منگنز و ... هستند [۱۱ و ۱۰].

حرارت ناشی از ترقه‌ها و آتش‌بازی‌ها می‌تواند مقادیر قابل توجهی از ذرات معلق، آلاینده‌های گازی و فلزات سمی را آزاد کرده و کیفیت هوا را به طور کلی کاهش دهد و شرایط خطرناکی را برای تمامی گروه‌های سنی ایجاد کند. در ایالات متحده، طی پژوهشی پس از تعطیلات چهارم ژوئیه، افزایش قابل توجهی در غلظت عناصری همچون Al، Sr، Cu، K، Mg و Br در اتمسفر گزارش شد [۱۲]. این افزایش ذرات معلق، ممکن است برای مدت طولانی در جو باقی بماند. به دنبال این رویداد، تب، سرفه و تنگی‌نفس معمولاً به‌عنوان اثرات حاد اولیه گزارش شده است. آلودگی ناشی از آتش‌بازی‌ها، موجب بیماری‌های مزمن تنفسی و قلبی‌عروقی، اثرات ریوی، مرگ زودرس و سرطان می‌شود [۱۵-۱۳].

در پژوهشی، کین و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که غلظت متوسط مونوکسیدکربن، ذرات معلق ۱۰ میکرون، اکسیدهای نیتروژن و ترکیبات آلی غیرمتانی در آخر هفته‌ها در جنوب کالیفرنیا کمتر از روزهای کاری بوده است [۱۶].

خاپارد و همکاران (۲۰۱۲) در شهر ناگپور (مرکز هند) گزارش کردند که غلظت ذرات معلق ۱۰ میکرون طی جشن محلی بین ۴ تا ۱۰ برابر افزایش یافته است [۱۷]. گروهی از محققین طی تحقیقات خود در شمال شرق هند، افزایش غلظت فلزات، آنیون‌ها و کاتیون‌ها را در روزهای برگزاری جشن نسبت به سایر روزها گزارش کرده بودند. طبق بررسی

این محققین، میانگین غلظت ذرات معلق ۱۰ میکرون در دوره جشن محلی برابر با ۳۱۱ میکروگرم بر مترمکعب بوده که ۸۱ درصد بیشتر از سایر روزها و ۳/۱ برابر بالاتر از استانداردهای ملی کیفیت هوای محیط هند است [۱۹ و ۱۸]. این مباحث برای نخستین بار در دهه ۱۹۷۰ در ایالات متحده مورد توجه قرار گرفت، و از آن زمان تاکنون مطالعات متعددی پیرامون این موضوع، گزارش شد [۲۰]. این تحقیقات با شاخص‌های همچون تأثیر ساعت‌های اوج ترافیک [۲۲ و ۲۱]، تراکم جمعیت [۲۳] و توسعه شهرنشینی [۲۴] مورد بررسی قرار گرفت. فعالیت‌های فرهنگی متنوع در سراسر جهان و اروپا برگزار می‌شود که می‌تواند به‌طور مستقیم موجب افزایش آلاینده‌های اولیه در اتمسفر شوند [۲۶ و ۲۵]. بر اساس گزارش چاترجی و همکاران (۲۰۱۳)، غلظت ذرات معلق ۱۰ میکرون در کلکته، واقع در شرق هند، طی جشن پنج برابر افزایش یافته است. همچنین طبق پژوهش امبد و گوش (۲۰۱۳)، در شهر راجانداگاؤن در مرکز هند، غلظت ذرات معلق ۱۰ میکرون در دوره محلی تقریباً سه برابر بیشتر از سایر روزها بوده است.

در ایران نیز آلودگی هوا طی سال‌های اخیر دوباره مورد توجه کامل قرار گرفته است، به‌ویژه در شهرهای صنعتی و پرجمعیت مانند تهران.

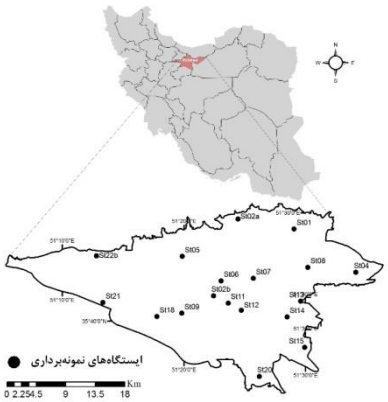
مصرف سوخت‌های فسیلی و انتشار آلاینده‌ها از وسایل نقلیه موتوری دو عامل اصلی آلودگی هوا در ایران و کلان‌شهرها به شمار می‌روند. گزارش‌هایی وجود دارد که نشان می‌دهد غلظت ذرات معلق در شهرهای بزرگ مانند تهران در روزهای کاری، همچنین در تعطیلات آخر هفته و تعطیلات رسمی کمتر است. همچون سایر کشورها، در ایران نیز برخی مراسمات سنتی وجود دارد که ریشه در آیین گذشته داشته و برگزاری آن‌ها چندان بی‌ضرر برای محیط‌زیست نبوده است. یکی از این آیین‌ها، جشن چهارشنبه آخر سال است که کمتر به مشکلات محیط‌زیستی آن پرداخته شده است.

این مراسم، یکی از کهن‌ترین جشن‌های مردم ایران است که در آن با افروختن آتش و انفجار مواد محترقه شادی می‌کنند. هر ساله مواردی از مرگ و جراحت به دلیل آتش و مواد منفجره گزارش می‌شود.

با توجه به ورود حجم قابل‌توجهی از ذرات معلق (PM) ناشی از این جشن باستانی، بررسی غلظت و ترکیب شیمیایی این ذرات اهمیت فراوان دارد. هدف این مطالعه بررسی میزان کمی و کیفی ذرات معلق منتشرشده از آتش‌بازی‌ها در روز جشن است.

۲. مواد و روش

کلانشهر تهران در سال‌های اخیر همواره به عنوان یکی از شهرهای آلوده‌ترین معرفی شده است. این شهر با مساحتی نزدیک به ۸۰۰ کیلومتر مربع، در دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه البرز واقع شده است (شکل ۱). از سوی دیگر، بخش جنوبی تهران به دشت‌های باز، زمین‌های کشاورزی و دشت قزوین منتهی می‌شود. دشت تهران که در جنوب رشته‌کوه‌های البرز و در ارتفاع ۹۰۰ تا ۱۵۰۰ متری از سطح دریا قرار دارد، یکی از مهم‌ترین کانون‌های تمرکز جمعیت و فعالیت‌های انسانی در استان تهران به شمار می‌رود. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ ارائه شده است [۳۱]. در راستای تحقق اهداف این پژوهش غلظت ساعتی و میانگین ذرات ۱۰ و ۲/۵ میکرومتر را از ایستگاه‌های پایش سازمان حفاظت محیط‌زیست دریافت و جهت بررسی ترکیب ذرات معلق از یک نمونه‌بردار با دبی جریان ۱/۷ متر مکعب در دقیقه استفاده شد. به منظور جمع‌آوری ذرات معلق، از فیلترهای فایبرگلاس استفاده و مدت زمان نمونه‌برداری ۲ تا ۴ ساعت متغیر بود. به منظور شناسایی ویژگی‌های ذرات معلق، شامل اطلاعات عنصری، اندازه متوسط و ریخت‌شناسی، اندازه‌گیری‌های مقدماتی با استفاده از روش SEM/EDS انجام شد. تصاویر مربوط به ذرات معلق توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل Zeiss EVOSOXP تهیه گردید.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و نقاط نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه

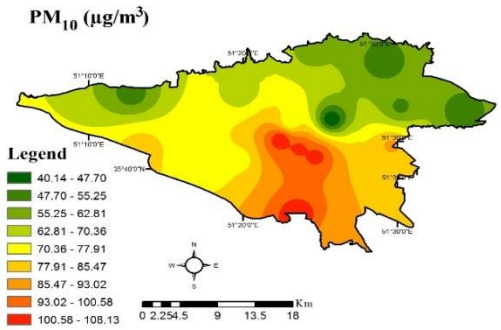
۳. نتایج و بحث

داده‌های PM_{10} روند صعودی واضحی از روز ۲۰ اسفند (با میانگین ۵۴/۸۳ میکروگرم برمترمکعب) تا روز ۲۲ اسفند (۷۴/۰۵ میکروگرم برمترمکعب) نشان می‌دهند در شکل ۲، نقشه توزیع ذرات معلق (۱۰ میکرون) در روز برگزاری مراسم در شهر تهران ارائه شده است. با این حال، جهش اصلی آلودگی در روز ۲۳ اسفند (یک روز پس از برگزاری جشن) رخ داده است، جایی که میانگین غلظت به ۱۰۲/۳۸ میکروگرم بر مترمکعب می‌رسد. این مقدار تقریباً ۸۷ درصد نسبت به روز ۲۰ اسفند افزایش یافته و از حد استاندارد روزانه ۲۴ ساعته PM_{10} در هوای پاک ایران (۵۰ میکروگرم بر مترمکعب) بسیار فراتر است. این الگو نشان می‌دهد که احتراق مواد محترقه، آتش‌بازی و روشن کردن آتش در فضای باز طی شب چهارشنبه‌سوری (شامگاه ۲۲ اسفند تا بامداد ۲۳ اسفند) منجر به انتشار گسترده ذرات درشت‌تر (نظیر خاکستر، گردوغبار ناشی از تردد خودروها و سوختن مواد) شده و اوج غلظت با تأخیر چندساعته در صبح روز بعد ثبت شده است (شکل ۳).

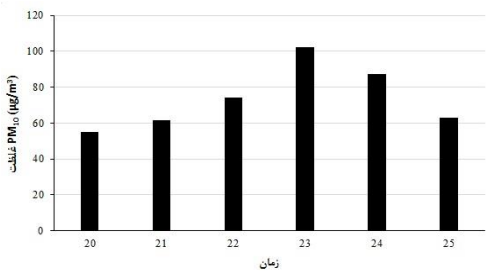
نکته قابل توجه، عدم کاهش ناگهانی غلظت پس از اوج‌گیری در روز ۲۳ اسفند است. در روز ۲۴ اسفند، مقدار PM_{10} به ۸۷/۳۳ میکروگرم بر مترمکعب کاهش یافته، اما همچنان بیش از ۵۰ درصد بالاتر از سطح روز ۲۰ اسفند است. این موضوع می‌تواند ناشی از دو عامل باشد: اول، وارونگی دما (اینورژن) محتمل در پایان اسفند که مانع از تلاطم عمودی هوا و پراکنده شدن ذرات می‌شود. دوم، تجمع ذرات در لایه مرزی جو و عدم وقوع بارندگی یا باد شدید در روزهای ۲۳ و ۲۴ اسفند. همچنین، سهم ذرات ۱۰ میکرون که عمدتاً منشأ مکانیکی (ترمیم آسفالت، گردوخاک ناشی از رفت‌ورود خودروها برای جمع‌آوری زباله‌های شب جشن) دارند، در این روزها برجسته است.

تا روز ۲۵ اسفند، میانگین PM_{10} به ۶۳/۱۸ میکروگرم بر مترمکعب رسیده که هنوز نسبت به روز ۲۰ اسفند حدود ۱۵درصد بالاتر است. این سطح اگرچه کمتر از حد بحرانی (۱۰۰ میکروگرم بر مترمکعب) است، اما نشان‌دهنده پایداری نسبی آلودگی به دلیل رسوب تدریجی ذرات و شاید فعالیت‌های عادی شهری (مانند تردد شبانه‌روزی خودروها در آستانه تعطیلات نوروز) می‌باشد. برای بازگشت کامل به سطح زمینه (حدود ۵۵ میکروگرم بر مترمکعب)، به حداقل ۴۸ ساعت زمان نیاز بوده است که حاکی از شدت انتشار لحظه‌ای بالای ذرات در شب جشن است.

الگوی افزایش ۸۷ درصدی PM_{10} در شب چهارشنبه‌سوری و ماندگاری آن به مدت دو روز، هشداری جدی برای سلامت شهروندان است. ذرات ۱۰ میکرون اگرچه عمیق‌تر از $PM_{2.5}$ وارد کیسه‌های هوایی ریه نمی‌شوند، اما می‌توانند باعث تشدید بیماری‌های تنفسی، آسم و تحریک مخاط چشم و گلو شوند [۳۲]. در مناطق پرتردد تهران، احتمالاً غلظت‌های نقطه‌ای بسیار بالاتری (تا بیش از ۲۰۰ میکروگرم بر مترمکعب) در مجاورت محل‌های برگزاری جشن وجود داشته که میانگین ۲۲ منطقه‌ای آنها را پوشش نداده است. پیشنهاد می‌شود در سال‌های آتی، نمونه‌برداری ساعتی (نه فقط میانگین روزانه) و نیز اندازه‌گیری همزمان $PM_{2.5}$ انجام شود تا اوج‌های کوتاه‌مدت آلودگی و سهم ذرات ریزتر (ناشی از احتراق ناقص مواد) بهتر شناسایی گردد. همچنین، اطلاع‌رسانی به گروه‌های حساس (کودکان، سالمندان، بیماران قلبی و تنفسی) برای عدم خروج از منزل در صبح روز بعد از چهارشنبه‌سوری و استفاده از ماسک‌های N95 در صورت ضرورت، امری حیاتی است.



شکل ۲. نقشه توزیع ذرات معلق PM_{10} در روز مراسم



شکل ۳. روند تغییرات غلظت ذرات PM_{10} قبل و بعد از مراسم

داده‌های $PM_{2.5}$ افزایش تدریجی از روز ۲۰ اسفند (۲۷/۶۲ میکروگرم بر مترمکعب) به ۲۲ اسفند (۳۹/۸۱) نشان می‌دهند در شکل ۴، نقشه توزیع این ذرات در روز برگزاری مراسم ارائه شده است.. اما جهش اصلی مانند PM_{10} در روز ۲۳ اسفند (یک روز پس از جشن) رخ داده است. مقدار $PM_{2.5}$در این روز به ۵۴/۶۲ میکروگرم بر مترمکعب می‌رسد که تقریباً دو برابر روز ۲۰ اسفند و تقریباً ۳۷ درصد بالاتر از روز برگزاری جشن (۲۲ اسفند) است. این الگو تأیید می‌کند که احتراق مواد محترقه، آتش‌بازی و سوزاندن اشیاء در فضای باز طی شب چهارشنبه‌سوری، منبع اصلی انتشار ذرات ریز (ناشی از احتراق ناقص پلاستیک، رنگ، باروت و مواد آلی) بوده است. اوج غلظت با تأخیر چندساعته (صبح روز بعد) ثبت شده که نشان‌دهنده تجمع ذرات در جو پایدار شبانه و عدم پراکندگی فوری است.

در روز ۲۲ اسفند (شب جشن)، میانگین ۳۹/۸۱ از حد استاندارد فراتر رفته و در روز ۲۳ اسفند با مقدار ۵۴/۶۲، بیش از ۵۶ درصد بالاتر از حد مجاز بوده است. این شرایط برای گروه‌های حساس (کودکان، سالمندان، زنان باردار، بیماران قلبی و تنفسی محسوب می‌شود. ذرات معلق ۲/۵ میکرون در این غلظت‌ها می‌توانند باعث افزایش حملات آسم، سرفه، تنگی نفس، آریتمی قلبی و مراجعه به اورژانس شوند (شکل ۵).

در حالی که PM_{10} در روز ۲۴ اسفند به ۸۷/۳۳ (کاهش ۱۴/۷ درصد نسبت به اوج) رسید، $PM_{2.5}$ در همین روز به ۴۱/۹۷ کاهش یافت که ۲۳ درصد پایین‌تر از اوج است. اما نکته مهم اینکه روز ۲۵ اسفند، $PM_{2.5}$ همچنان ۳۴/۷۶ میکروگرم بر مترمکعب است که ۲۶ درصد بالاتر از روز ۲۰ اسفند و فقط ۰/۷ واحد کمتر از حد استاندارد (۳۵ میکروگرم بر مترمکعب) قرار دارد. این در حالی است که PM_{10} در روز ۲۵ اسفند تقریباً به سطح اولیه بازگشته بود (۶۳/۱۸ در مقابل ۵۴/۸۳ در روز ۲۰ اسفند؛ اختلاف ۱۵درصد). علت این تفاوت، اندازه بسیار کوچک ذرات ۲/۵ میکرون است که زمان ته نشینی طولانی‌تری در هوا دارند و همچنین قابلیت انتقال به فواصل دورتر را دارا هستند. بنابراین، آلودگی ناشی از چهارشنبه‌سوری برای $PM_{2.5}$ به مدت حداقل ۷۲ ساعت (از شامگاه ۲۲ تا پایان روز ۲۵ اسفند) در هوای تهران باقی مانده است.

محاسبه نسبت $PM_{2.5}$ به $PM_{2.5}$ در روزهای مختلف نشان می‌دهد که این نسبت از مقدار زمینه ۰/۵۰ در روز ۲۰ اسفند (نشان‌دهنده منابع مختلط طبیعی و انسانی) به ۰/۵۳ در روزهای ۲۲ و ۲۳ اسفند (شب جشن و اوج آلودگی) افزایش جزئی یافته و سپس در روز ۲۵ اسفند به ۰/۵۵ می‌رسد؛ این الگو حاکی از آن است که در شب چهارشنبه‌سوری منابع ناشی از احتراق در دمای پایین و ناقص (مانند مواد پلاستیکی، لاستیک، چوب تر و مواد محترقه دست‌ساز) همزمان باعث انتشار ذرات درشت (خاکستر) و ذرات ریز (دوده، سولفات، نیترات) شده‌اند و در روزهای بعد به دلیل ته‌نشینی سریع‌تر ذرات درشت، سهم نسبی $PM_{2.5}$ خطرناک‌تر در هوا افزایش می‌یابد.

با توجه به ماندگاری بالای $PM_{2.5}$ و عبور آن از استانداردها به مدت سه روز متوالی (۲۲ تا ۲۴ اسفند)، اقدامات زیر ضروری است:

الف) تعطیلی مدارس و مهدکودک‌ها در صبح روز ۲۳ اسفند (به دلیل اوج آلودگی) و توصیه به کار از راه دور برای کارمندان دارای بیماری زمینه‌ای

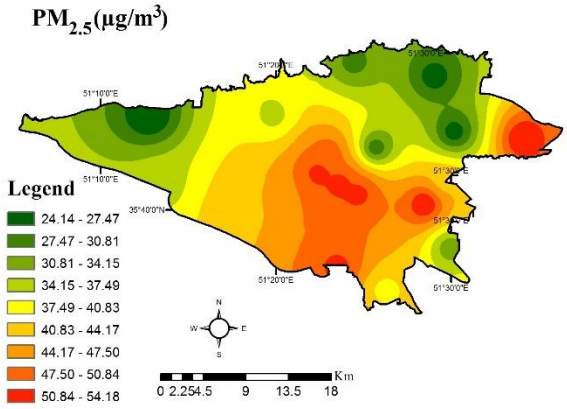
ب) توزیع ماسک‌های N95 یا FFP2 در ایستگاه‌های مترو و اتوبوس‌های پرتردد در روزهای ۲۳ و ۲۴ اسفند (ماسک‌های جراحی معمولی در برابر $PM_{2.5}$ مؤثر نیستند.

پ) ممنوعیت سوزاندن بقایای جشن (لاستیک، مبلمان فرسوده، درختچه) در صبح روز بعد توسط شهروندان یا ماموران شهرداری که خود منبع ثانویه آلودگی می‌شود.

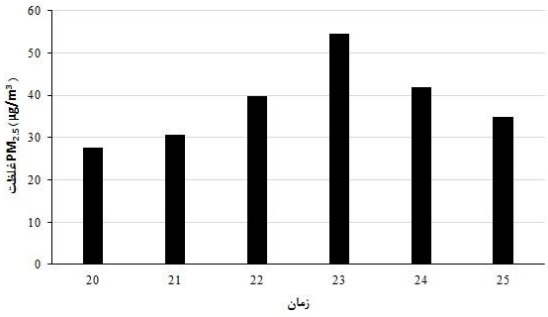
ت) اندازه‌گیری ساعتی $PM_{2.5}$ در سال‌های آینده، زیرا اوج‌های کوتاه‌مدت (مثلاً بین ساعت ۲۲ تا ۲ بامداد) ممکن است به ۲۰۰-۳۰۰ میکروگرم بر مترمکعب نیز برسد که میانگین روزانه ۵۴/۶۲ آن را پنهان می‌کند.

داده‌های $PM_{2.5}$ نشان می‌دهد که برگزاری چهارشنبه‌سوری در تهران در سال ۱۴۰۳، یک پدیده حاد آلودگی هوا ایجاد کرده است که از نظر شدت (بیش از ۵۰ درصد فراتر از حد استاندارد)، ماندگاری (۷۲ ساعت) و خطر سلامت (نفوذ به

ریه و خون) بسیار نگران‌کننده است. روند صعودی غلظت تا ۲۳ اسفند و کاهش کند تا ۲۵ اسفند، لزوم بازنگری در شیوه برگزاری این جشن (جایگزینی با آتش‌بازی‌های بدون دود، نمایش نوری و لیزر، یا متمرکز کردن آن در نقاط دور از سکونتگاه‌های متراکم) را به شدت یادآور می‌شود. در غیر این صورت، هزینه‌های درمانی بیماری‌های تنفسی و قلبی ناشی از این رویداد یک‌شبه، از هرگونه شادی زودگذر بیشتر خواهد بود.

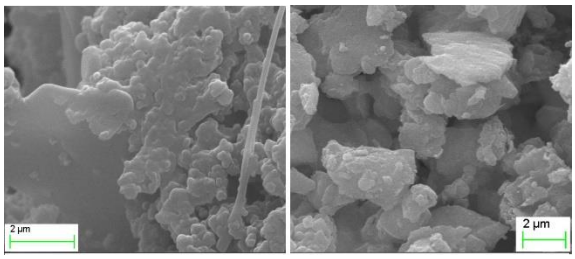


شکل ۴. نقشه توزیع ذرات معلق $PM_{2.5}$ در روز مراسم



شکل ۵. روند تغییرات غلظت ذرات $PM_{2.5}$ قبل و بعد از جشن

شکل شماره ۶، تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی روبشی از ذرات معلق در منطقه مورد مطالعه را نمایش می‌دهد. مشهود است که ذرات از نظر شکلی متنوع بوده و شامل اشکال نامنظم، کروی و خوشه‌ای می‌باشند. همچنین، الگوی تغییرات غلظت عناصر کلسیم، آهن، پتاسیم، اکسیژن، سیلیسیم و آلومینیوم شباهت زیادی به یکدیگر دارد. جدول ۱ نیز مقادیر غلظت این عناصر را در ذرات معلق مربوط به نواحی مرکزی منطقه مورد مطالعه ارائه می‌کند.



شکل ۶. نمونه‌ای از تصاویر تهیه شده به روش SEM-EDS

داده‌های ارائه‌شده در جدول ۱، تصویر روشنی از ماهیت شیمیایی ذرات معلق در هوای منطقه موردمطالعه ارائه می‌دهد. بالاترین سهم جرمی مربوط به دو عنصر کربن با ۳۴/۲ درصد و اکسیژن با ۴۸/۵ درصد است که جمعاً بیش از ۸۲/۷ درصد از کل جرم ذرات را تشکیل می‌دهند. این غلبه کربن و اکسیژن نشان‌دهنده سهم بالای مواد آلی، کربن عنصری (دوده) و ترکیبات اکسیدی است که مشخصه بارز آلودگی ناشی از احتراق ناقص سوخت‌های فسیلی، زیست‌توده و مهم‌تر از همه مواد محترقه و آتش‌بازی در جشن چهارشنبه‌سوری هست. حضور اکسیژن بالا نیز حاکی از اکسیداسیون بخشی از این ترکیبات در جو است. در میان عناصر با منشأ معدنی و خاکی، کلسیم با ۷/۲۸ درصد سومین عنصر پرتکرار پس از کربن و اکسیژن است. این میزان بالای کلسیم می‌تواند ریشه در موارد زیر داشته باشد:

I) گردوغبار ناشی از ساخت‌وساز و سطوح سیمانی (چون کلسیم جزء اصلی سیمان و گچ است).

II) استفاده از برخی مواد محترقه حاوی نیترات کلسیم یا ترکیبات کلسیم‌دار برای ایجاد رنگ یا جلوه‌های خاص.

III) وزش گردوخاک از منابع طبیعی یا انسانی.

کلر با ۳/۱۴ درصد یکی دیگر از عناصر قابل‌توجه است. حضور کلر در ذرات معلق معمولاً به فعالیت‌های مرتبط با سوزاندن مواد پلاستیکی (مانند PVC)، لاستیک و همچنین برخی مواد آتش‌بازی (مانند کلرات‌ها و پرکلرات‌ها) نسبت داده می‌شود. این میزان کلر تأییدکننده نقش مهم مواد مصنوعی و محترقه در آلودگی شب جشن است.

پتاسیم با ۲/۱ درصد یکی از نشانگرهای زیستی قوی برای احتراق زیست‌توده (چوب، کاه، برگ) و همچنین یکی از عناصر شاخص در مواد آتش‌بازی (نیترات پتاسیم یا همان شوره) محسوب می‌شود. مقدار قابل‌ملاحظه پتاسیم در این نمونه، فرضیه منشأ آتش‌بازی را تقویت می‌کند، به‌ویژه آنکه در بسیاری از مطالعات جهانی افزایش شدید K در شب‌های جشن گزارش‌شده است [۱۱ و ۱۰].

آلومینیوم با ۱/۸ درصد و تیتانیوم با ۱/۳ درصد معمولاً عناصر شاخص پوسته زمین (منابع کانی و خاکی) هستند و نسبت متوسط Al به Ti (حدود ۱/۳۸) در اینجا در محدوده نسبت پوسته قاره‌ای قرار دارد. این نشان می‌دهد که بخشی از ذرات نیز از منابع طبیعی یا جاده‌ای (گردوخاک ناشی از تردد خودروها و باد) منشأ گرفته‌اند. بااین‌حال، سهم کمتر این عناصر نسبت به کربن، اکسیژن و کلسیم، نشان می‌دهد که منشأ انسانی بر طبیعی غلبه دارد.

آهن با ۱/۰۶ درصد اگرچه پایین‌ترین درصد وزنی را در بین عناصر جدول دارد، اما حضور آن می‌تواند ناشی از سایش قطعات فلزی، منابع صنعتی و نیز استفاده از برخی ترکیبات آهن‌دار در آتش‌بازی‌های ارزان‌قیمت (برای ایجاد جرقه‌های زرد-نارنجی) باشد. در مطالعات پیشین، افزایش غلظت فلزاتی مانند آهن در دوره جشن نیز دیده‌شده است [۳۳].

ترکیب شیمیایی ذرات معلق در منطقه موردمطالعه به‌شدت تحت تأثیر پدیده احتراق در فضای باز و به‌طور خاص مواد محترقه و آتش‌بازی قرار دارد. شواهد این ادعا عبارت‌اند از:

الف) غلبه کربن و اکسیژن (۸۲/۷ درصد جرم) نشان‌دهنده احتراق ناقص مواد آلی و پلیمری.

ب) پتاسیم بالا (۲/۱ درصد) نشانگر استفاده از نیترات پتاسیم در آتش‌بازی یا سوزاندن زیست‌توده.

پ) کلر قابل‌توجه (۳/۱۴ درصد) حاکی از سوختن پلاستیک و مواد کلردار (رایج در جشن‌های خیابانی).

ت) کلسیم بالا (۷/۲۸ درصد) احتمالاً ناشی از مواد ساختمانی و برخی ترکیبات محترقه.

اگر این داده‌ها مربوط به نمونه‌برداری روزهای ۲۲ تا ۲۴ اسفند (دوره پس از چهارشنبه‌سوری) باشد، تأیید می‌کند که ذرات معلق در تهران در آن بازه، ماهیت شیمیایی متفاوت و خطرناک‌تری نسبت به‌روزهای معمول دارند. به‌ویژه، حضور کلر و کربن بالا می‌تواند منجر به تشکیل ترکیبات سمی مانند دیوکسین‌ها و هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای شود. بنابراین، توصیه می‌شود در سال‌های آتی، علاوه بر اندازه‌گیری غلظت جرمی، آنالیز شیمیایی روزانه (به‌ویژه برای K، Cl، Pb، Cu، Ba، Sr و Al) انجام شود تا سهم دقیق آتش‌بازی از سایر منابع تفکیک گردد.

جدول ۱. غلظت ذرات معلق عناصر در منطقه موردمطالعه

عنصر	Fe	K	Ti	Ca	Cl	Al	O	C
درصد وزنی	۱/۰۶	۱/۲	۱/۳	۷/۲۸	۳/۱۴	۱/۸	۴۸/۵	۳۴/۲

این مسئله در بسیاری از کشورها حائز اهمیت بوده و توجه ویژه‌ای به آن معطوف شده است. پژوهش‌های مشابهی در نقاط مختلف جهان انجام‌گرفته‌اند. به‌عنوان‌مثال، تسای و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی نشان دادند که میانگین غلظت ذرات PM_{10} در بندر گائوشینگ، تحت تأثیر انفجار مواد محترقه در جشنواره فانوس تایوان، به میزان قابل توجهی افزایش‌یافته است [۲۶]. همچنین، آلودگی هوای ناشی از آتش‌بازی در دوره جشنواره بهاری چین، که به‌طور گسترده در آسیا و در میان جوامع چینی خارج از کشور برگزار می‌شود، به‌کرات مشاهده‌شده است. بر اساس باورهای سنتی، ترقه‌ها ارواح شروری را که در کمین آزار انسان‌ها هستند، دور می‌کنند و صدای آن‌ها موجب ناپدید شدن این ارواح در هوا می‌شود؛ بااین‌حال، چنین جشن‌هایی به افت کیفیت هوا کمک می‌کنند [۳۴].

در پژوهشی دیگر، گونگ و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی کاهش ذرات معلق در دوره سال نوی قمری پرداختند و گزارش کردند که اگرچه غلظت آلاینده‌های اصلی هوا در اطراف تعطیلات به طور چشمگیری کاهش می‌یابد، اما به دلیل آتش‌بازی، اوج‌های کوتاه‌مدتی برای آلاینده‌هایی نظیر NO_2، SO_2 و PM_{10} مشاهده می‌شود [۳۶]. این رویداد با افزایش ناگهانی غلظت فلزات مختلف ازجمله مس، آلومینیوم، پتاسیم، استرانسیم، منیزیم، سرب و باریم همراه است [۳۵]. همچنین با افزایش غلظت اسیدهای

دی‌کربوکسیلیک همراهی دارد [۳۴]. بر اساس مطالعه مشابه دیگری که در چین انجام شد، مشخص گردید که غلظت NO_2، SO_2 و PM_{10} به ترتیب ۲۵، ۵۷ و ۱۸۳ درصد نسبت به‌روز پیش از جشن افزایش‌یافته است. افزون بر این، غلظت ذرات $PM_{2.5}$ نیز شش برابر بیشتر از یک روز معمولی گزارش‌شده است.

بررسی ترکیب شیمیایی ذرات ریز نشان داد که سهم عمده‌ای از آلودگی ناشی از فعالیت‌های آتش‌بازی در شب جشن چهارشنبه‌سوری است. در مطالعه مشابه به‌طور مشخص، بیش از ۹۰ درصد از کل ذرات معدنی معلق و ۹۸ درصد از سرب، ۴۳ درصد از کربن کل، ۲۸ درصد از روی، ۸ درصد از نیترات و ۳ درصد از سولفات موجود در $PM_{2.5}$ منشأ آتش‌بازی داشته‌اند [۱۱].

در مطالعه‌ای مشابه در ایتالیا، غلظت ساعتی عناصری نظیر باریم، مس، پتاسیم، منیزیم و استرانسیم به ترتیب ۱۲، ۶، ۱۱، ۲۲ و ۱۲۰ برابر افزایش یافت [۳۷]. همچنین، پس از جشن سال نو در مکزیکوسیتی در ژانویه ۲۰۰۵، گزارش شد که "لایه خاکستری ضخیمی بر بیشتر مناطق شهر سایه انداخت" و کیفیت هوا از یک‌شنبه معمولی نیز آلوده‌تر بود. در آن شرایط، سطح ازن به ۱۹۰ رسید درحالی‌که حد معمول آن ۱۰۰ است.

آتری و همکاران (۲۰۰۱) در تحقیقی نشان دادند که نمایش‌های آتش‌بازی قادرند بدون نیاز به اکسیدهای نیتروژن، ازن سطح زمین که اکسیدکننده‌ای قوی و مضر است، تولید کنند [۳۸]. در مطالعه‌ای دیگر در هند و هم‌زمان با جشن محلی، اثر آتش‌بازی بر کربن سیاه اتمسفر منجر به افزایش بیش از سه برابری غلظت آن نسبت به‌روزهای عادی شد [۳۹].

بر اساس پژوهشی در شهر هیسار هند، تغییرات کوتاه‌مدت کیفیت هوا طی جشن نشان‌دهنده افزایش ۲ تا ۱۰ برابری غلظت ذرات معلق کل، دی‌اکسید نیتروژن، دی‌اکسید گوگرد و PM_{10} نسبت به یک روز معمولی زمستانی بود [۴۰]. تحقیقات منتشرشده از حیدرآباد هند نیز که به بررسی فلزات موجود در ذرات ناشی از آتش‌بازی پرداخت، افزایش چشمگیر حدود ۱۰۹۱ برابری آلومینیوم، ۲۵ برابری استرانسیم، ۱۸ برابری باریم و ۱۵ برابری پتاسیم را نسبت به‌روز عادی گزارش کرد [۱۰].

بارمن و همکاران (۲۰۰۸) در لاکنو هند میانگین افزایش غلظت دی‌اکسید نیتروژن، دی‌اکسید گوگرد و PM_{10} را در مقایسه با دوره پیش از محلی و یک روز عادی به ترتیب ۱,۹۵ و ۶,۵۹ برابر، ۱,۷۹ و ۲,۶۹ برابر، و ۲,۴۹ و ۵,۶۷ برابر گزارش کردند. همچنین نمونه‌های PM_{10} از نظر فلزات کمیاب شامل Co ، Cu، Fe، Ca، Cd، Cr، Mn، Pb، Ni و Zn موردبررسی قرار گرفتند که مقادیر همه این عناصر به‌جز آهن بالاتر از روزهای عادی و دوره پیش از جشن بود [۳۳]. درنهایت، اگرچه در برخی شهرها آلودگی ناشی از آتش‌بازی مدت کوتاهی در جو باقی مِی‌مانند، اما ذرات با قطر کمتر از ۲/۵ میکرون در اکثر مناطق شهری می‌توانند چندین روز در هوا معلق بمانند و اثرات طولانی‌تری بر کیفیت هوا و سلامت شهروندان داشته باشند.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در بسیاری از کشورهای جهان، پایان سال همواره با آیین‌های آتش همراه است. یکی از این آیین‌ها در ایران، جشن چهارشنبه‌سوری نام دارد که در تمام شهرهای کشور برگزار می‌شود. در جریان برگزاری این جشن در تهران، استفاده گسترده از مواد آتش‌بازی منجر به آلودگی شدید هوا و افزایش چشمگیر غلظت ذرات معلق شده است. بنابراین، لازم است منابع تولید و مصرف مواد آتش‌بازی کنترل و محدود گردد. افزون بر محدودیت‌های اعمال‌شده بر استفاده فردی از این مواد، دولت ایران نیز باید فروش ترقه و سایر مواد آتش‌بازی را با مقررات دقیق‌تری همراه سازد. فرهنگ حاکم بر برگزاری چهارشنبه‌سوری در ایران، عاملی مهم و مستقیم در ایجاد آلودگی هوا محسوب می‌شود. متأسفانه، نقش فرهنگ در بروز مشکلات زیست‌محیطی کمتر موردتوجه قرار می‌گیرد. هرچند تغییرات فرهنگی در بازه‌های زمانی کوتاه میسر نیست، اما اگر مردم از تهدیدها و خطرات ناشی از سنت‌ها و رسوم خود بر محیط‌زیست آگاهی کامل پیدا کنند، می‌توانند به‌تدریج این سنت‌ها را اصلاح نمایند. در آینده، باید سیاست‌ها و قوانینی تدوین شود که اثربخشی کنترل ذرات معلق (به‌ویژه $PM_{2.5}$) را افزایش دهد. مردم، دولت و صنعت باید هم‌افزایی

داشته باشند تا ابتکارات مثبت در این زمینه هدایت شود. آموزش عمومی و هدایت رسانه‌ها برای مقابله با جنبه‌های فرهنگی آلودگی زیست‌محیطی امری ضروری است. همچنین، باید گزینه‌های سبز و جایگزین بیشتری در اختیار مردم قرار گیرد تا خلأ ناشی از حذف یا کاهش فعالیت‌ها و رسوم سنتی جبران شود. تأثیرات بهداشتی آلودگی هوا در محیط‌های شهری نیازمند توجه جدی است. یکی از اهداف مهم تحقیقات آینده می‌تواند بررسی ارتباط بین غلظت ذرات جوی (مانند PM_{10}) و تعداد مراجعه‌کنندگان به مراکز درمانی در روزهای پس از برگزاری جشن باشد. با توجه به شرایط جوی حاکم در زمان برگزاری جشن‌ها، احتمال پایداری ذرات معلق در جو افزایش‌یافته و در چنین وضعیتی، مشکلات سلامت عمومی بیشتر خواهد شد. ارزیابی این پیامدهای بهداشتی می‌تواند اطلاعات ارزشمندی برای کنترل و مدیریت آلودگی هوا فراهم آورد. توزیع اندازه ذرات معلق در جو تعیین‌کننده میزان تأثیر آن بر سلامت مردم است؛ زیرا در جو پایدار، ذرات بسیار ریز و ریز می‌توانند برای مدت طولانی در هوا باقی بمانند و خطرات بیشتری ایجاد کنند.

۵. مراجع

[1] Habre R, Zhou H, Eckel SP, Enebish T, Fruin S, Bastain T, Rappaport E, Gilliland F (2018) Short-term effects of airport-associated ultrafine particle exposure on lung function and inflammation in adults with asthma. Environment international, 118, pp.48-59. DOI: 10.1016/j.envint.2018.05.031

[2] Islam N, Rabha S, Silva LF, Saikia BK (2019) Air quality and PM10-associated poly-aromatic hydrocarbons around the railway traffic area: statistical and air mass trajectory approaches. Environmental Geochemistry and Health, 41(5), pp.2039-2053. DOI: 10.1007/s10653-019-00256-z

[3] Moller KL, Brauer C, Mikkelsen S, Bonde JP, Loft S, Helweg-Larsen K, Thygesen LC (2020) cardiovascular disease and long-term occupational exposure to ultrafine particles: A cohort study of airport workers. International journal of hygiene and environmental health, 223(1), pp.214-219. DOI: 10.1016/j.ijheh.2019.08.010

[4] Agudelo-Castañeda DM, Teixeira EC, Braga M, Rolim SB, Silva LF, Beddows DC, Harrison RM, Querol X (2019) Cluster analysis of urban ultrafine particles size distributions. Atmospheric Pollution Research, 10(1), pp.45-52. DOI: 10.1016/j.apr.2018.06.006

[5] Li Y, Yang M, Meng T, Niu Y, Dai Y, Zhang L, Zheng X, Jalava P, Dong G, Gao W, Zheng Y (2020) Oxidative stress induced by ultrafine carbon black particles can elicit apoptosis in vivo and vitro. Science of The Total Environment, 709, p.135802.https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135802

[6] Pope III CA, Cohen AJ, Burnett RT (2018) cardiovascular disease and fine particulate matter: lessons and limitations of an integrated exposure–response approach. Circulation research, 122(12), pp.1645-1647. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.118.312956.

[7] Lin H, Tao J, Kan H, Qian Z, Chen A, Du Y, Liu T, Zhang Y, Qi Y, Ye J, Li S (2018) Ambient particulate matter air pollution associated with acute respiratory distress syndrome in Guangzhou, China. Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology, 28(4), pp.392-399. DOI: 10.1038/s41370-018-0034-0

[8] Lepeule J, Bind MAC, Baccarelli AA, Koutrakis P, Tarantini, L, Litonjua A, Sparrow D, Vokonas P, Schwartz JD (2014) Epigenetic influences on associations between air pollutants and lung function in elderly men: the normative aging study. Environmental health perspectives, 122(6), pp.566-572. doi: 10.1289/ehp.1206458

[9] Hart JE, Grady ST, Laden F, Coull BA, Koutrakis P, Schwartz JD, Moy ML, Garshick E (2018) Effects of indoor and ambient black carbon and PM2.5 on pulmonary function among individuals with COPD. Environmental health perspectives, 126(12), p.127008.https://doi.org/10.1289/EHP3668

[10] Kulshrestha, U. C., Rao, T. N., Azhaguvel, S., & Kulshrestha, M. J. (2004). Emissions and accumulation of metals in the atmosphere due to crackers and sparkles during Diwali festival in India. Atmospheric Environment, 38(27), 4421-4425.

[11] Wang, Y., Zhuang, G., Xu, C., & An, Z. (2007). The air pollution caused by the burning of fireworks during the lantern festival in

Beijing. Atmospheric Environment, 41(2), 417-431.

[12] Liu, D. Y., Rutherford, D., Kinsey, M., & Prather, K. A. (1997). Real-time monitoring of pyrotechnically derived aerosol particles in the troposphere. Analytical Chemistry, 69(10), 1808-1814.

[13] Sharma, S., Nayak, H., & Lal, P. (2015). Post-Diwali morbidity survey in a resettlement colony of Delhi. Indian Journal of Burns, 23(1), p.76.

[14] Nasir, U. P., & Brahmaiah, D. (2015). Impact of fireworks on ambient air quality: a case study. International journal of environmental science and technology, 12(4), 1379-1386.

[15] Drewnick, F., Hings, S. S., Curtius, J., Eerdekens, G., & Williams, J. (2006). Measurement of fine particulate and gas-phase species during the New Year's fireworks 2005 in Mainz, Germany. Atmospheric Environment, 40(23), 4316-4327.

[16] Qin, Y., Tonnesen, G. S., & Wang, Z. (2004). Weekend/weekday differences of ozone, NOx, CO, VOCs, PM10 and the light scatter during ozone season in southern California. Atmospheric Environment, 38, 3069–3087.

[17] Khaparde, V. V., Pipalatkar, P. P., Pustode, T., Rao, C. C., & Gajghate, D. G. (2012). Influence of burning of fireworks on particle size distribution of PM 10 and associated barium at Nagpur. Environmental monitoring and assessment, 184(2), 903-911.

[18] Deka, P., & Hoque, R. R. (2014). Diwali fireworks: early signs of impact on PM10 properties of rural Brahmaputra Valley. Aerosol and Air Quality Research, 14(6), 1752-1762.

[19] Garaga, R., & Kota, S. H. (2018). Characterization of PM10 and Impact on Human Health during the Annual Festival of Lights (Diwali). Journal of Health and Pollution, 8(20), 181-206.

[20] Jimenez, P., Parra, R., Gasso, S., & Baldasano, J. M. (2005). Modeling the ozone weekend effect in very complex terrains: a case study in the Northeastern Iberian Peninsula. Atmospheric Environment, 39, 429–444.

[21] Cerro, J. C., Cerda, V., & Pey, J. (2014). Trends of air pollution in the Western Mediterranean Basin from a 13-year database: a research considering regional, suburban and urban environments in Mallorca (Balearic Islands). Atmospheric Environment, 103, 138–146.

[22] Henschel, S., Tertre, A. L., Atkinson, R. W., Querol, X., Pandolfi, M., Zeka, A., Haluza, D., Analitis, A., Katsouyanni, K., Bouland, C., Pascal, M., Medina, S., & Goodman, P. G. (2015). Trends of nitrogen oxides in ambient air in nine European cities between 1999 and 2010. Atmospheric Environment, 117, 234–241.

[23] Butenhoff, C. L., Khalil, M. A. K., Porter,W. C., Al-Sahafi,M. S., Almazroui, M., & Al-Khalaf, A. (2015). Evaluation of ozone, nitrogen dioxide, and carbon monoxide at nine sites in Saudi Arabia during (2007). Journal of the Air&Waste Management Association, 65(7), 871–886.

[24] Huryn, S. M., & Gough, W. A. (2014). Impact of urbanization on the ozone weekday/weekend effect in Southern Ontario, Canada. Urban Climate, 8, 11–20.

[25] Brimblecombe, P. (2012). The big smoke: a history of air pollution in London since medieval times. Routledge, p. 202

[26] Tsai, Y. I., Sopajaree, K., Kuo, S. C. & Yu, S. P. (2015). Potential PM2.5 impacts of festival-related burning and other inputs on air quality in an urban area of southern Taiwan. Science of the Total Environment, 527, pp.65-79.

[27] Chatterjee, A., Sarkar, C., Adak, A., Mukherjee, U., Ghosh, S. K., & Raha, S. (2013). Ambient air quality during Diwali festival over Kolkata–a mega-city in India. Aerosol and Air Quality Research, 13(13), 1133-1144.

[28] Ambade, B. & Ghosh, S. (2013). Characterization of PM10 in the ambient air during Deepawali festival of Rajnandgaon district, India. Natural hazards, 69(1), 589-598.

[29] Singh, A., Bloss, W. J., & Pope, F. D. (2015). Remember, remember the 5th of November; gunpowder, particles and smog. Weather, 70(11), 320-324.

[30] Sterba, J. H., Steinhauser, G., & Grass, F. (2013). Illicit utilization of arsenic compounds in pyrotechnics? An analysis of the suspended particle emission during Vienna's New Year fireworks. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 296(1), 237-243.

[31] Oroji, B., Solgi, E., & Sadighzadeh, A. (2018). Recognition of the source and nature of atmospheric aerosols in Tehran, Iran. Aerosol and Air Quality Research, 18, 2131-2140.

[32] World Health Organisation (WHO). (2014). Burden of disease from air pollution. http://www.who.intlphelhealth_topics/outdoorair/databases/FlNAL_HAP_AAP_BoD _24March 2014.pdf?ua= l. Accessed 9 February 2015.

[33] Barman, S. C., Singh, R., Negi, M. P. S. & Bhargava, S. K. (2008). Ambient air quality of Lucknow City (India) during use of fireworks on Diwali Festival. Environmental monitoring and assessment, 137(1-3), 495-504.

[34] Wong, C. S. (1967). A cycle of Chinese festivities. Singapore: Malaysia Publishing House Singapore.

[35] Chang, S. C., Lin, T. H., Young, C. Y. & Lee, C. T. (2011). The impact of ground-level fireworks (13 km long) display on the air quality during the traditional Yanshui Lantern Festival in Taiwan. Environmental monitoring and assessment, 172(1-4), 463-479.

[36] Gong, D. Y., Wang, W., Qian, Y., Bai, W., Guo, Y., & Mao, R. (2014). Observed holiday aerosol reduction and temperature cooling over East Asia. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 119(11), 6306-6324.

[37] Vecchi, R., Bernardoni, V., Cricchio, D., D'Alessandro, A., Fermo, P., Lucarelli, F., Nava, S., Piazzalunga, A., & Valli, G. (2008). The impact of fireworks on airborne particles. Atmospheric Environment, 42(6), 1121-1132.

[38] Attri, A. K., Kumar, U. & Jain, V. K. (2001). Microclimate: formation of ozone by fireworks. Nature, 411(6841), p.1015.

[39] Babu, S. S., & Moorthy, K. K. (2001). Anthropogenic impact on aerosol black carbon mass concentration at a tropical coastal station: A case study. Current Science, 81(9), 1208-1214.

[40] Ravindra, K., Mor, S., & Kaushik, C. P. (2003). Short-term variation in air quality associated with firework events: a case study. Journal of Environmental Monitoring, 5(2), 260-264.

Journal of Research in safety, health and environment/ 2026/ Vol.3/ No.4/ 1-13

Journal of Research in safety, health and environment

Quantitative and qualitative assessment of atmospheric suspended particles in the Chaharshanbeh Suri festival (case study: Tehran city)

Balal Oroji 1

1 Corresponding Author: Assistant Professor, Department of Plant Sciences, Faculty of Biological Sciences, Kharazmi University, Karaj, Iran

ARTICLE INFO

Article history:
Article Type: Research paper
Received: 29 June 2024
Received in revised form: 7 December 2024
Accepted: 09 December 2024
Available online: 16 December 2024
*Correspondence:
Balaloroji@khu.ac.ir
Keywords:
Air Pollution
PM_{10}
$PM_{2.5}$
Chaharshanbeh Suri
SEM-EDS

ABSTRACT

The metropolis of Tehran, due to its specific geographical location on the southern slopes of the Alborz Mountains and high population density along with human activities, has always faced the issue of air pollution. In this study, the impact of the ancient celebration of Chaharshanbeh Suri on the concentration and chemical composition of particulate matter (PM_{10} and $PM_{2.5}$) in Tehran's air during March 2025 was investigated. Hourly data and mean particle concentrations were obtained from monitoring stations of the Department of Environment. Additionally, particle sampling was conducted using fiberglass filters and a sampler with a flow rate of 1.7 m^3/min. The morphological and elemental characteristics of the particles were determined using Scanning Electron Microscopy (SEM-EDS). The results showed that the mean concentration of PM10 on March 14 (one day after the celebration) reached 102.38 µg/m^3, which was an 87% increase compared to March 11 and more than double the daily standard limit (50 µg/m^3). The concentration of PM2.5 on the same day reached 54.62 µg/m^3, which was 56% higher than the permissible limit (35 µg/m^3). $PM_{2.5}$ pollution remained in the air for 72 hours. The $PM_{2.5}/PM_{10}$ ratio increased from 0.05 on normal days to 0.55 in the days following the celebration, indicating a higher contribution of finer and more hazardous particles. Chemical analysis of the particles showed that carbon (34.2%) and oxygen (48.5%) together comprised over 82% of the particle mass. The significant presence of potassium (1.2%), chlorine (14.3%), and calcium (28.7%) confirms the primary role of fireworks, burning plastic, and biomass in the pollution of the celebration night.