مقاله پژوهشی
مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان
دوره ۱۷، شهریور ۱۳۹۷، ۵۸۶-۵۷۹

پایش کیفیت هوای شهر رفسنجان در بازه یک ساله ۹۶-۱۳۹۵: یک گزارش کوتاه

مسعود روحانی‌مقدم[۱]

دریافت مقاله: ۹۷/۴/۲ ارسال مقاله به نویسنده جهت اصلاح: ۹۷/۴/۲۴ دریافت اصلاحیه از نویسنده: ۹۷/۶/۱۷ پذیرش مقاله: ۹۷/۶/۲۰

چکیده

زمینه و هدف: کیفیت هوایی بر سلامت انسان تأثیر مستقیم دارد. در این تحقیق، کیفیت هوای شهر رفسنجان از لحاظ غلظت برخی آلاینده‌ها در بازه یک ساله ۹۶-۱۳۹۵ بررسی شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه توصیفی، از دستگاه‌های قابل حمل غبارسنج و آنالیزور هوا استفاده گردید. اندازه‌گیری‌ها هر دو هفته یک بار و از پنج منطقه شهر رفسنجان صورت گرفت. نتایج برحسب غلظت آلاینده و شاخص کیفیت هوا (AQI) گزارش گردید.

یافته‌ها: مقدار میانگین آلاینده‌های دی‌اکسیدگوگرد، مونواکسید کربن و مجموع غلظت‌های دی‌اکسید ازت و اوزون به ترتیب برابر با ۰/۰۴، ۰/۴۳، ۰/۴۰ و ۰/۱۴ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد. هم‌چنین میانگین غلظت ذرات معلق PM_1، $PM_{2.5}$، PM_{10} به ترتیب ۲/۰۳، ۲۴، ۱۶۶ میکروگرم بر متر مکعب گزارش شد.

نتیجه‌گیری: هوای رفسنجان بر اساس شاخص AQI در اغلب مواقع در وضعیت "سالم" قرار داشت. البته وضعیت " ناسالم برای افراد حساس" نیز در برخی مواقع، به‌خصوص در فصل بهار گزارش شد.

واژه‌های کلیدی: رفسنجان، آلودگی هوا، پایش سالانه

مقدمه

آلودگی هوا عبارت است از وجود هر نوع آلاینده اعم از جامد، مایع، گاز و یا تشعشعات پرتوزا و غیرپرتوزا در هوا به مقدار مشخص به نحوی که کیفیت زندگی انسان و دیگر جانداران را به خطر انداخته و یا به آثار باستانی و اموال خسارت وارد آورد [۱].

بر اساس آمارهای سازمان بهداشت جهانی، سالانه حدود ۲ میلیون نفر در سراسر جهان به دلیل آلودگی هوا جان خود را از دست می‌دهند [۱]. انتشار انواع گازهای حاصل از احتراق و ذرات معلق ناشی فعالیت‌های صنعتی جوامع، و یا عوامل طبیعی موجب کاهش شانس دسترسی به هوای پاک برای بسیاری از موجودات زنده شده است. از میان عوامل مختلف، شش آلاینده اصلی به عنوان شاخص توسط آژانس حفاظت محیط زیست

۱- دانشیار گروه آموزشی شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ولیعصر (عج)، رفسنجان، ایران
تلفن: ۳۱۳۱۲۴۴۱-۰۳۴، دورنگار: ۳۱۳۱۲۴۴۰-۰۳۴، پست الکترونیکی: m.rohani@vru.ac.ir

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1397.17.6.8.7]

آمریکا (*United States* Environmental Protection Agency; US EPA)، انتخاب شده است [۲-۱]. EPA برای سهولت مقایسه غلظت آلاینده‌ها و به منظور تشخیص میزان تمیز و آلوده بودن هوا، معیاری با عنوان شاخص کیفیت هوا (Air quality index; AQI) یا به اختصار AQI را برای چند آلاینده مهم شامل مونوکسید کربن (CO)، دی اکسید نیتروژن (NO_2)، اوزن (O_3)، ذرات معلق (PM)، دی اکسید گوگرد (SO_2) تعریف نموده که بر اساس مقدار عددی این شاخص، وضعیت‌های "پاک"، "سالم"، ناسالم برای گروه‌های حساس"، ناسالم"، "بسیار ناسالم" و "خطرناک" برای هوا قابل گزارش می‌باشد [۳].

شهر رفسنجان، مرکز شهرستان رفسنجان است که در شمال غرب کرمان قرار دارد. از لحاظ ارتباطی این شهر در سر راه دو شهر کرمان و یزد واقع شده است. بر اساس آمار، جمعیت شهر رفسنجان در سال۱۳۹۰ حدود ۱۵۰ هزار نفر بوده است. این شهر در موقعیت جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و ۵۶ درجه و ۵ دقیقه شرقی واقع شده است. بر اساس بررسی آمار یک‌ساله باد در این ایستگاه رفسنجان، متوسط سالانه سرعت باد در این شهر ۷/۸ گره (۳/۴ متر بر ثانیه) است که بادهای غالب شهر از جنوب غرب به سمت شمال شرق می‌وزد. با توجه به لزوم پایش هوا و با توجه به این‌که تا کنون وضعیت هوای شهر رفسنجان به صورت جامع پایش نشده است، هدف از تحقیق پایش کیفیت هوای شهر رفسنجان در بازه یک ساله ۹۶-۱۳۹۵ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه توصیفی که در بازه زمانی تیرماه ۱۳۹۵ لغایت تیرماه ۱۳۹۶ در ۵ نقطه شهر رفسنجان (دانشگاه ولی‌عصر، شهربازی، میدان ولی‌عصر، بوستان جوان و میدان شهدا) انجام گرفت. اندازه‌گیری‌ها در ایستگاه‌های مختلف هر دو هفته یک بار و در بازه زمانی یک‌ساعته صورت گرفت که در مجموع بیش از ۱۲۰ نمونه‌گیری انجام شد. ذرات معلق موجود در هوا با استفاده از دستگاه غبارسنج قابل حمل ساخت کمپانی Turnkey instruments انگلستان اندازه‌گیری شد. این دستگاه قادر است به‌طور هم‌زمان غلظت ذرات معلق PM_1، $PM_{2.5}$ و PM_{10} را اندازه گیری نماید. غلظت سایر گازهای موجود در هوا توسط دستگاه قابل حمل آنالیزور هوا (مدل PollutrackerTR8، شرکت SCENTROID کانادا) اندازه‌گیری شد. نتایج ایستگاه‌های مختلف نمونه‌گیری بر اساس آزمون آنالیز واریانس یک طرفه در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ و با استفاده از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ مقایسه گردید. نتایج به‌دست آمده بر اساس بر اساس شاخص AQI در روزهای نمونه‌گیری رسم گردید. به‌منظور محاسبه شاخص AQI از رابطه زیر استفاده شد.

$$I_p=((I_{Hi}-I_{Lo})/(BP_{Hi}-BP_{Lo}))\times(C_p-BP_{Lo})+I_{Lo}$$

در رابطه فوق Ip شاخص کیفیت هوا برای آلاینده p، C_p غلظت آلاینده اندازه‌گیری شده برای آلاینده p، BP_{Hi} نقطه شکست بزرگتر یا مساوی با C_p (که در قالب جداول برای هر آلاینده موجود می‌باشد)، BP_{Lo} نقطه شکست کوچکتر از Cp (که در قالب جداول برای هر آلاینده موجود می‌باشد)، I_{Hi} مقدار AQI منطبق با BP_{Hi} و I_{Lo} مقدار AQI منطبق با BP_{Lo} می‌باشد [۴].

نتایج

پس از انجام آزمایشات در محل‌های نمونه‌گیری تعیین شده، نتایج مربوطه در قالب نمودارهایی تهیه شد. به منظور بررسی تفاوت نتایج به‌دست آمده در

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1397.17.6.8.7]

ایستگاه‌های مختلف در هریک از تاریخ‌های اندازه‌گیری، تغییرات غلظت هریک از آلاینده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج آنالیز واریانس یک طرفه مشخص شد که تفاوت غلظت آلاینده‌ها در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری از نظر آماری و در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ معنی‌دار نبوده و مناطق مختلف شهر به لحاظ کیفیت هوا تفاوت قابل توجهی با هم ندارند، لذا در ادامه از نتایج حاصله از ۵ ایستگاه میانگین‌گیری شده که این مقادیر میانگین بر حسب تاریخ نمونه‌برداری مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین به منظور امکان مقایسه نتایج با یکدیگر و هم‌چنین مقایسه با استاندارد AQI، غلظت آلاینده‌ها بر اساس شاخص AQI برای فصل‌های مختلف سال محاسبه و گزارش شد (نمودار ۱). از نظر آماری و در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ غلظت تمامی آلاینده‌ها در فصول مختلف سال دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

بر اساس نتایج به‌دست آمده برای مجموع غلظت NO_2 و O_3 حداقل ۰/۰۲ و حداکثر ۰/۴۰ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شده است. مقادیر غلظتی این گازها به‌ویژه در فصل تابستان بیشتر از حد مجاز بوده است. البته در ماه‌های فروردین و اردیبهشت هم مقادیر نسبتاً زیادی از این گازها در هوای رفسنجان اندازه‌گیری شده است. بررسی غلظت CO در روزهای مختلف سال نشان می‌دهد که همواره غلظت‌های خیلی ناچیزی از این آلاینده در هوای شهر وجود داشته است.

حداقل ۰/۰۵ و حداکثر ۰/۵۹ میلی‌گرم بر لیتر از این آلاینده در هوا اندازه‌گیری شده است. بر اساس نتایج به دست آمده غلظت گاز SO_2 در اغلب مواقع بیشتر از حد مجاز بوده است. حداقل و حداکثر غلظت این آلاینده بر حسب میکرو گرم بر لیتر به ترتیب ۱۱ و ۸۰ ثبت شده است. غلظت ترکیبات آلی فرار نشان می‌دهد که در ماه‌های شهریور، مهر، آبان و آذر این آلاینده‌ها به مقادیر قابل توجهی در جو وجود دارند. حداقل ۰/۰۳ و حداکثر ۰/۹۴ میلی‌گرم بر لیتر از این آلاینده در هوای شهر رفسنجان اندازه‌گیری شده است.

در خصوص PM کمتر از ۱۰ میکرون، مقادیر زیادی از این ذرات در هوا وجود دارد. به‌ویژه ماه‌های شهریور، مهر، آبان و آذر که مقدار این ذرات بیش از حد استاندارد آن می‌باشد. حداقل و حداکثر غلظت این آلاینده بر حسب میکرو گرم بر متر مکعب به ترتیب ۵۴ و ۳۵۶ ثبت شده است. روند تقریباً مشابهی برای ذرات معلق کمتر از ۲/۵ میکرون وجود دارد و حداقل غلظت ۹/۵۵ و حداکثر غلظت ۴۰/۴۰ میکروگرم بر متر مکعب گزارش شده است. در مورد PM کمتر از ۱ میکرون، مقادیر بیشتر این آلاینده در فصول بهار و پاییز گزارش شده است. حداقل و حداکثر غلظت این آلاینده بر حسب میکروگرم بر متر مکعب به ترتیب ۰/۹۳ و ۶/۹۴ ثبت شده است.

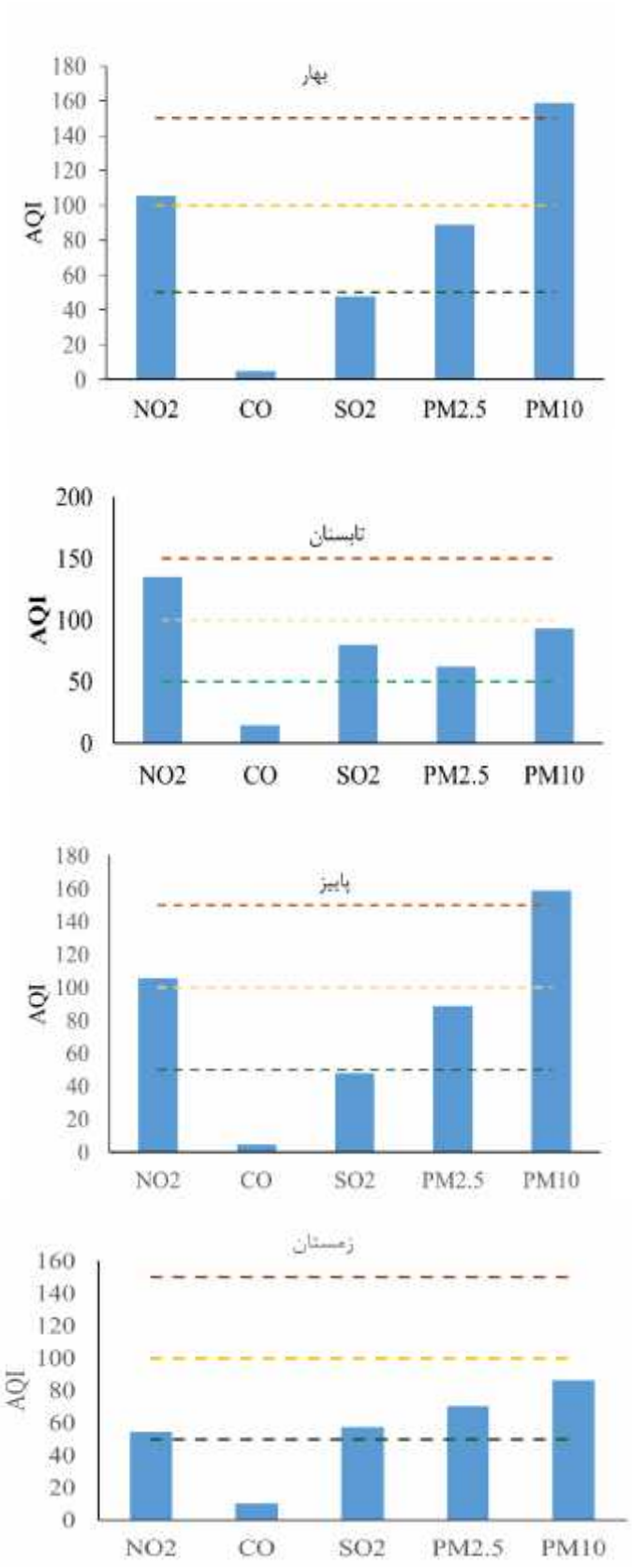
بررسی غلظت آلاینده‌ها بر اساس شاخص استاندارد AQI نشان می‌دهد که هوای شهر رفسنجان عموماً در وضعیت "سالم" قرار دارد. غلظت CO در تمامی فصول سال بسیار کمتر از ۵۰ گزارش شده است که نشان می‌دهد کیفیت هوا به لحاظ این شاخص در وضعیت "پاک" است. مقدار شاخص AQI برای باقی آلاینده‌ها اغلب بین ۵۰ تا ۱۰۰ قرار دارد که نشان از کیفیت "سالم" برای هوای رفسنجان دارد. PM در فصل بهار و گاز NO_2 در فصل تابستان به عنوان آلاینده‌هایی هستند که موجب ایجاد شرایطی تحت عنوان "ناسالم برای گروه‌های حساس" شده است.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1397.17.6.8.7]

بحث

حد مجاز غلظت گاز NO_2 برابر با ppb ۲۱ می‌باشد. غلظت بالای این گاز که از مهم‌ترین منابع آلاینده محسوب می‌شود، تأثیر منفی بر سیستم تنفسی دارد. فرآیندهای احتراق بالا و نیز بخاری‌های خانگی مهم‌ترین عامل انسانی تولید این گاز می‌باشند [۵]. گاز O_3 موجود در سطح زمین برای سلامتی انسان، جانوران و گیاهان مضر بوده و از این رو به‌عنوان یک آلاینده محسوب می‌شود. این گاز به طور مستقیم در هوا منتشر نمی‌شود، بلکه توسط واکنش‌های شیمیایی بین اکسیدهای نیتروژن و ترکیبات آلی فرار در حضور نور خورشید ایجاد می‌گردد. بر اساس نتایج به‌دست آمده دیده می شود که غلظت مجموع این دو گاز به‌خصوص در روزهای گرم بیشتر است. دلیل این افزایش احتمالاً ناشی از این است که شدت نور خورشید که عامل تسریع کننده برای تولید O_3 می‌باشد که در روزهای گرم سال افزایش می‌یابد [۶]. گاز CO بیشتر در اثر احتراق ناقص سوخت‌های فسیلی تولید می‌شود. قرار گرفتن در معرض غلظت بالای این گاز باعث کاهش دقت بینایی، کاهش توان کاری و هم‌چنین عدم قابلیت یادگیری شخص می‌شود. در مناطق شهری غلظت گاز CO به بار ترافیکی وابسته بوده و با شرایط آب و هوایی مختلف نیز تغییر می‌یابد [۷]. غلظت این آلاینده در هوای شهر رفسنجان در مقایسه با شهرهای بزرگی هم‌چون مشهد بسیار ناچیز می‌باشد که احتمالاً ناشی از روان بودن ترافیک در این شهر است [۸]. آلاینده SO_2 باعث تحریک و التهاب مجاری تنفسی می‌شود. حد مجاز این آلاینده ppb ۳۷ است که منبع اصلی این گاز احتراق گازوئیل می‌باشد [۹]. با توجه به وجود مجتمع مس سرچشمه در مجاورت شهر رفسنجان، مقادیر زیاد این گاز



نمودار ۱- متوسط پارامترهای کیفیت هوای رفسنجان در فصول مختلف بر اساس شاخص AQI در سال ۹۶-۱۳۹۵

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1397.17.6.8.7]

احتمالاً به دلیل فعالیت‌های این مجتمع می‌باشد. البته با توجه به مصرف بخش عمده ای گاز SO_2 آن مجموعه در فرآیند تولید اسید سولفوریک، مقدار این آلاینده تا حد زیادی کاهش یافته است. شایان ذکر است که میزان غلظت این آلاینده در هوای شهر رفسنجان ppb ۵۲ بود که بیشتر از هوای شهر مشهد می‌باشد [۸]. PM شامل مخلوطی از ذرات معلق جامد یا قطرات مایع (بجز آب) در هوا می‌باشد که با توجه به اندازه، طبقه بندی می‌شوند. در اندازه‌گیری مربوط به ذرات معلق معمولا پارامترهای PM_1, $PM_{2.5}$, PM_{10} برای بیان این شاخص گزارش می‌شود. PM_{10}، ذرات جامد یا مایع موجود در هوا هستند که دارای قطری کمتر از ۱۰ میکرون بوده و عموماً بر اثر سوزاندن چوب، احترق ناقص در ترکیبات هیدروکربنی، احتراق سوخت موتورهای دیزل، واحدهای صنعتی، کشاورزی ، جاده‌های آسفالت نشده و فعالیت‌های ساختمان سازی و آلاینده‌های غیر گازی، ایجاد و منتشر می‌شود. $PM_{2.5}$، به ذرات دارای قطر دو و نیم میکرون و یا کمتر اتلاق می‌شود. ترکیب شیمیایی ذرات بسته به محل، زمان و آب و هوا متفاوت بوده و منابع انتشار آن شامل انواع فعالیت‌های احتراقی (وسایل نقلیه موتوری، نیروگاهی، سوزاندن چوب، و غیره) و فرآیندهای صنعتی خاص می‌باشد. این ذرات هم به طور مستقیم ساطع شده و هم به شکل آلاینده ثانویه در جو شکل می‌گیرند [۱۰]. PM_1، نشان دهنده غلظت ذرات معلقی است که دارای قطری کمتر از ۱ میکرون می‌باشند. این ذرات فوق ریز می‌توانند به راحتی در شریان‌های قلبی عروقی وارد شده و صدمات زیادی را به انسان تحمیل نمایند [۱۱-۱۰]. بر اساس نتایج به‌دست آمده، مقادیر این پارامتر نشان می‌دهد که میزان این آلاینده در فصل بهار و اوایل تابستان بیشتر است. دلیل این امر احتمالاً ناشی از وجود ریزگردها در این فصول می‌باشد. میزان غلظت متوسط این آلاینده ppb ۴۰۰ است که با هوای شهر مشهد قابل مقایسه می‌باشد [۸]. اگرچه به‌طور کلی وضعیت هوای شهر رفسنجان وضعیت‌های "سالم" و "ناسالم برای گروه‌های حساس" را تجربه می‌کند و در نتیجه کیفیت مناسبی را دارد، اما آلاینده‌های جدی که هوای شهر رفسنجان را تهدید می‌کند NO_2 و ذرات معلق و تا حدودی SO_2 می‌باشد. به نظر می‌رسد یکی از روش‌های مفید و کارآمد برای کاهش میزان آلاینده‌ها، توسعه پوشش گیاهی شهر می‌باشد که بر اساس مطالعات می‌تواند نتایج بسیار مطلوبی را حاصل نماید [۱۲]. این گزارش بر اساس اندازه‌گیری‌های دو هفته‌ای و برای بازه یک ساله صورت گرفته و هدف آن دسترسی به اطلاعات اولیه در مورد وضعیت آلاینده‌های متعارف در شهر رفسنجان بود. درصورتی‌که هدف بررسی عوامل و اقدامات مختلف مدیریتی بر کیفیت هوای این شهر باشد، نیاز به ادامه این اندازه‌گیری‌ها در طی بازه‌های زمانی چندین ساله وجود خواهد داشت. البته با توجه به اینکه نتایج این تحقیق نشان داد که کیفیت هوا در ایستگاه‌های مختلف اندازه‌گیری تفاوت معنی‌داری ندارد، لذا برای تحقیقات بعدی پیشنهاد می‌گردد که تنها از یک محل نمونه‌گیری شود تا در زمان و هزینه‌ها صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای صورت گیرد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، هوای شهر رفسنجان در اغلب روزهای سال در وضعیت سالم قرار دارد. البته وضعیت ناسالم برای افراد حساس نیز در برخی مواقع، به‌خصوص در فصل بهار دیده می‌شود. احتمالاً با

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1397.17.6.8.7]

توسعه فضای سبز شهری بتوان استانداردهای هوای شهر را بهبود بخشید.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر با کد SC95CH5163 در قالب طرح پژوهشی مورد حمایت مادی و معنوی معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان قرار گرفته است. لذا نویسنده مقاله از دانشگاه ولی‌عصر برای این مساعدت صمیمانه تشکر می‌نماید.

References

[1] Ambient (outdoor) air quality and health. Fact sheet no. 313. Updated March 2014. Geneva: World Health Organization 2015.

[2] Gualtieri G, Camilli F, Cavaliere A, De Filippis T, Di Gennaro F, Di Lonardo S. et al. An integrated low-cost road traffic and air pollution monitoring platform to assess vehicles' air quality impact in urban areas. *Transpor Res Procedia* 2017; 27(1); 609-16.

[3] Kyrkilis G, Chaloulakou A, Kassomenos P A. Development of an aggregate Air Quality Index for an urban Mediterranean agglomeration: Relation to potential health effects. *Environ Int* 2007; 33(5); 670-6.

[4] Fitz-Simons, T. Guideline for reporting of daily air quality: Air Quality Index (AQI). No. PB-99-169237/XAB;EPA-454/R-99/010. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC (United States) 1999.

[5] Primary NAAQS standards for Nitrogen Dioxide, [EPA–HQ–OAR–2006–0922; FRL 9107–9].

[6] National Ambient Air Quality Standards for Ozone, [EPA–HQ–OAR–2005–0172; FRL–8544–3].

[7] Review of national ambient air quality standards for carbon monoxide, [EPA-HQ-OAR-2008-0015; FRL-9455-2], URL:http:// www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2011-08-31/pdf/ 2011-21359.pdf.

[8] URL: https://epmc.mashhad.ir/

[9] Primary National Ambient Air Quality Standard for Sulfur Dioxide, [EPA–HQ–OAR–2007–0352; 9160–4], URL: https://www.gpo.gov/ fdsys/pkg/FR-2010-06-22/pdf/2010-13947.pdf.

[10] Air Quality: EPA's 2013 Changes to the Particulate Matter (PM) Standard, URL: https://fas.org/sgp/crs/misc/R42934.pdf.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1397.17.6.8.7]

[11] Kumar A, Gupta T. Development and laboratory performance evaluation of a variable configuration $PM_1/PM_{2.5}$ impaction-based sampler. *Aerosol Air Qual Res* 2015; 15(1); 768-75.

[12] Nowak DJ, Hirabayashi S, Bodine A, Greenfield E. Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environ Pollut* 2014; 193(1); 119-29.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1397.17.6.8.7]

Annual Monitoring of Rafsanjan Air Quality During 2016-2017: A Short Report

M. Rohani Moghadam[1]

Received: 23/06/2018 Sent for Revision: 15/07/2018 Received Revised Manuscript: 08/09/2018 Accepted: 11/09/2018

Background and Objectives: There is a direct relationship between the air quality and human health. In this research, the air quality of Rafsanjan city was monitored regarding the concentration of some pollutants within a year.

Materials and Methods: In this descriptive study, portable particle counter and air analyzer were used. Measurement of air pollutant parameters was done every two weeks from five selected places in Rafsanjan. The data were plotted based on the concentration of pollutants and Air Quality Index (AIQ) index.

Results: The average values of sulfur dioxide and carbon monoxide and the total amount of nitrogen dioxide and ozone were 0.04, 0.43, 0.40, and 0.14 ppm, respectively. The average amount of PM1, $PM_{2.5}$, and PM_{10} particulate matters were 2.03, 24, and 166 $\mu g/m^3$, respectively.

Conclusion: Based on AQI index, the air quality of Rafsanjan city was "healthy". However, "unhealthy for sensitive groups" was reported in some occasions, especially in spring.

Key words: Ransanjan, Air pollution, Annual monitoring

Funding: This research was funded by Research Council of Vali-e-Asr University of Rafsanjan.

Conflict of interest: None declared.

Ethical Approval: SC95CH5163

How to cite this article: Rohani Moghadam M. Annual Monitoring of Rafsanjan Air Quality During 2016-2017: A Short Report. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2018; 17 (6): 579-86. [Farsi]

۱- Associate Prof., Dept. of Chemistry, Faculty of Sciences, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran, ORCID: 0000-0002-2221-2122

(Corresponding Author) Tel: (034) 31312441, Fax: (034) 31312440, Email: m.rohani@vru.ac.ir

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1397.17.6.8.7]