# بررسی غلظت آلاینده‌های هوا و شاخص کیفیت هوا (AQI) در شهر شیراز طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲

**منیره مجلسی نصر[۱]، محمد انصاری‌زاده[۲*]، مصطفی لیلی[۳]**

[۱] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

[۲] گروه مهندسی بهداشت محیط، مجتمع آموزش عالی سلامت ممسنی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

[۳] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

**تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹٤/۱۱/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۲/۲۸**

## چکیده

**زمینه و هدف:** مواجهه با آلاینده‌های هوا می‌تواند باعث بروز مشکلات زیاد از جمله اثرات بهداشتی در انسان و حیوانات شود. در این مطالعه، وضعیت آلودگی هوا در شهر شیراز طی سال‌های ۹۲-۱۳۹۰ مورد بررسی قرار گرفته است.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه که از نوع توصیفی- تحلیلی می‌باشد داده‌های آلودگی هوا از شرکت کنترل کیفیت هوا برای دو ایستگاه اصلی دروازه کازرون و میدان امام حسین (ع) و در فاصله سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ جمع‌آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و متعاقب آن مقادیر شاخص کیفیت هوا نیز محاسبه شد.

**یافته‌ها:** بیشترین غلظت میانگین سالیانه $SO_2$ مربوط به سال ۱۳۹۰ با غلظت۰/۰۱۸ ppm و کمترین غلظت میانگین سالیانه نیز مربوط به سال ۱۳۹۲ با غلظت ۰/۰۱۵ ppm می‌باشد. بیشترین غلظت اندازه‌گیری شده برای دی‌اکسید نیتروژن طی دوره مطالعه نیز مربوط به ۱۳۹۰ با میانگین غلظت ۰/۰۲۵ ppm می‌باشد. در مورد ازن، بیشترین میانگین غلظت فصلی مربوط به تابستان ۱۳۹۲ با غلظت ۰/۰٦۸ ppm می‌باشد. از نظر کیفیت هوا، در سال ۱۳۹۰ بدترین وضعیت را از نظر آلاینده‌های بررسی شده داشته و در حدود ۳۱ درصد روزها کیفیت هوا غیربهداشتی یا ناسالم بوده است ولی طی سال‌های آخر مطالعه، کیفیت هوا وضعیت بهتری داشته است.

**نتیجه‌گیری:** به‌طور کلی نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که غلظت آلاینده $SO_2$ با توجه به وضع مقررات سختگیرانه طی سالیان اخیر کاهش پیدا کرده ولی مقادیر $NO_2$ بدلیل بیشتر شدن تعداد وسایل نقلیه گازسوز بیشتر شده است. در ارتباط با وضعیت کیفیت هوا نیز روند آن در طی دوره مطالعه رو به بهبود بوده است.

**کلمات کلیدی:** آلودگی هوا؛ دی‌اکسید گوگرد؛ دی‌اکسید نیتروژن؛ ازن؛ شاخص کیفیت هوا؛ شیراز

* گروه مهندسی بهداشت محیط، مجتمع آموزش عالی سلامت ممسنی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

**ایمیل:** mansarizadeh@yahoo.com - **شماره تماس:** ۰۹۱۷۳۱۹۱۳٦۷

[ Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-06-27 ]

[ DOI: 10.18869/acadpub.jehe.3.3.182 ]

## مقدمه

آلودگی هوا آثار زیان‌آور زیادی بر انسان، گیاهان، موجودات و دارایی‌های انسان می‌تواند داشته باشد.[1] اثرات بهداشتی آلودگی هوا در بسیاری از نقاط جهان مورد مطالعه قرار گرفته و مطالعات گسترده‌ای نیز در حال انجام است.[2] برخی از این اثرات پس از وقوع فجایع آلودگی هوا در نقاط مختلف جهان طی سالهای ۱۹۰۰ تا ۱۹۶۵ که در آن هزاران نفر جان خود را از دست دادند، شناسایی شد. بعنوان مثال در حادثه آلودگی هوا لندن در سال ۱۹۵۲، ۴۰۰۰ نفر جان خود را طی یک هفته از دست دادند.[3] اثرات آلودگی هوا به شکل‌های مختلفی می‌تواند نمایان شود ولی اغلب بصورت اثرات کوتاه مدت (حاد) و اثرات طولانی مدت (مزمن) بیان می‌شود. هر چند ممکن است با گذشت زمان آثاری از آلودگی هوا نمایان شود که هنوز به طور کامل شناخته شده نمی‌باشند.[3] آلاینده‌های هوا به شکل‌های مختلفی از دیدگاه‌های متفاوت تقسیم‌بندی می‌شوند. بعنوان نمونه از نظر حالت فیزیکی ممکن است به شکل جامد، مایع یا گاز تقسیم‌بندی شوند و یا از نظر منبع یا منشأ انتشار ممکن است به شکل سیار و ثابت و یا طبیعی یا انسان‌ساخت تقسیم‌بندی شوند.[4]

از مهمترین آلاینده‌های هوا می‌توان دی‌اکسید گوگرد ($SO_2$)؛ مونو و دی‌اکسید نیتروژن ($NO_2$ ;NO) و ازن تروپوسفری ($O_3$) را نام برد.[1] هر کدام از این آلاینده‌ها دارای اثرات متعددی بر سلامت انسان و محیط زیست می‌باشند. بعنوان مثال مطالعاتی که در زمینه ریزگردها یا آلاینده‌های ذره‌ای انجام گرفته است نشان داده است که مواجهه‌های کوتاه‌مدت با PM می‌تواند باعث برونشیت، آسم و تغییراتی در ضربان قلب شده و همچنین مواجهه‌های طولانی‌مدت با ذرات می‌تواند باعث افزایش خطر سرطان ریه، بیماری‌های تنفسی و آرتریو اسلکلروزیس شود.[5] دی‌اکسید گوگرد ($SO_2$) یکی از آلاینده‌های اصلی و محرک دستگاه تنفسی است که طی سال‌های اخیر بخاطر رشد سریع اقتصاد و بتبع آن استفاده بی‌رویه انرژی میزان انتشار آن افزایش یافته است. $SO_2$ می‌تواند باعث برخی ناراحتی‌های قلبی- عروقی از جمله کاهش ضربان قلب شود. بر همین اساس مطالعاتی هم که انجام گرفته، وجود ارتباط معنی‌دار بین مواجهه‌های کوتاه‌مدت با دی‌اکسید گوگرد و افزایش میزان ابتلاء و مرگ و میر ناشی از بیماری‌های تنفسی و قلبی- عروقی را نشان داده است.[6] بعلاوه ارتباط نزدیکی بین میزان ریزگردها و غلظت‌های $SO_2$ با افزایش پذیرش‌های بیمارستانی بر اثر ناراحتی‌های قلبی- عروقی گزارش شده است و بدنبال کاهش مقادیر $PM_{10}$ (ذرات با قطر آئرودینامیکی کمتر از ۱۰ میکرومتر)، تعداد پذیرش‌های بیمارستانی نیز کاهش چشم‌گیری نشان داده است.[6,7] $NO_2$ یکی دیگر از آلاینده‌های گازی است که می‌تواند در تحریک یا التهاب مجاری تنفسی نقش داشته باشد. دی‌اکسید نیتروژن انسان‌ساخت موجود در هوای آزاد عمدتاً بر اثر احتراق سوخت در منابع ثابت (مثل نیروگاه‌ها) و منابع سیّار (مثل وسایل نقلیه) منتشر می‌شود. مطالعات اخیر انجام گرفته وجود ارتباط بین افزایش میزان $NO_2$ و افزایش خطر مرگ و میر را نشان داده است.[8] ازن ($O_3$)، یکی دیگر از آلاینده‌هایی است که بخصوص در فصل تابستان غلظت‌های بالاتری از آن وجود داشته و بنابراین اثرات بیشتری نیز در این فصل می‌تواند داشته باشد.[9] در مطالعه‌ای که در کانادا انجام گرفت، وجود ارتباط بین غلظت‌های بالای ازن و افزایش پذیرش‌های بیمارستانی بر اثر بیماری‌های تنفسی گزارش شد.[10] برای نشان دادن میزان آلودگی هوا معمولاً از شاخص‌هایی استفاده می‌شود که مهمترین این شاخص‌ها شامل شاخص آلودگی هوا (PSI) و شاخص کیفیت هوا (AQI) می‌باشد که توسط حفاظت محیط زیست ایالات متحده (U.S. EPA) وضع شده‌اند. مهمترین هدف از ارائه این شاخص‌ها



[ Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-06-27 ]

[ DOI: 10.18869/acadpub.jehe.3.3.182 ]

تعیین میزان اثرات آلودگی هوا بر سلامتی انسان می‌باشد. AQI بصورت روزانه گزارش شده و توسط EPA ارائه شده است. این شاخص بر اساس اندازه‌گیری پنج آلاینده مهم از جمله $PM_{10}$، $NO_2$، $SO_2$، $O_3$ و CO تعیین می‌شود.[11]

با توجه به اهمیت موضوع آلودگی هوا، مطالعات گسترده‌ای در این زمینه در تمام نقاط جهان و ایران انجام گرفته و یا در حال انجام می‌باشد. بعنوان مثال Renjie Chen و همکاران در سال ۲۰۱۲ با استفاده از داده‌های مربوط به پایش کیفیت هوا و میزان مرگ و میر که از سازمان‌های مربوطه جمع‌آوری شده بود ارتباط بین مواجهه‌های کوتاه‌مدت با $SO_2$ و میزان مرگ و میر روزانه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش میانگین متحرک دو روزه غلظت گاز دی‌اکسید گوگرد به میزان $10\ m/m^3$ می‌تواند باعث افزایش کلی میزان مرگ و میر به میزان ۰/۷۵ درصد شود.[6] در مطالعه دیگری که توسط Pascal و همکاران در پروژه گسترده‌ای که در ۲۵ شهر اروپایی انجام گرفت مشاهده شد که بیشترین اثرات آلودگی هوا مربوط به مواجهه مزمن با ریزگردها ($PM_{2/5}$) بوده و در صورتی که رهنمود WHO رعایت شود می‌تواند تا ۲۲ ماه امید به زندگی را در افراد در معرض مواجهه افزایش داده و از ۱۹۰۰۰ مرگ زودرس جلوگیری نماید. میزان هزینه که به این ترتیب می‌تواند صرفه‌جویی شود نیز سالیانه در حدود ۳۰ میلیارد دلار برآورد شد.[12] در مطالعه دیگری، مصطفی لیلی و همکاران در سال ۲۰۰۸ غلظت‌های TSP، $PM_{10}$ و فلزات سنگین را در محدوده مرکزی شهر تهران مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که غلظت‌های اندازه‌گیری شده $PM_{10}$ تنها در سه روز بیشتر از مقادیر استاندارد بود. محتوای کادمیم و کروم ذرات نیز در بیشتر نمونه‌ها بیشتر از مقادیر رهنمودی گزارش شد.[13]

با توجه به توضیحات ارائه شده و نیز رشد روزافزون شهرستان شیراز و افزایش آلودگی‌های هوا در این منطقه، در این پژوهش سعی برآن شده است تا مقادیر مهمترین آلاینده‌های هوا شامل دی‌اکسید گوگرد، دی‌اکسید نیتروژن و ازن و نیز شاخص کیفیت هوای مربوطه تعیین شود تا ضمن بررسی تغییرات آن طی سال‌های مورد نظر، تعداد روزهایی که سطح آلودگی هوا بیش از حد مجاز بوده است نیز مشخص شود.

## مواد و روش‌ها

در این مطالعه که از نوع غیرمداخله‌ای و توصیفی- تحلیلی می‌باشد، با مراجعه به شرکت کنترل کیفیت هوای شهرداری شیراز، غلظت لحظه‌ای آلاینده‌های هوای ثبت شده توسط ایستگاه‌های اندازه‌گیری قرارگرفته در دروازه کازرون (ایستگاه الف) و میدان امام حسین (ع) (ایستگاه ب) و در فاصله سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ جمع‌آوری و سپس با استفاده از نرم افزار Excel اطلاعات ثبت شده به غلظت استاندارد تبدیل گردید. مطابق استانداردهای اعلام شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایران و EPA ، این استانداردها برای $SO_2$ بصورت میانگین غلظت ۲٤ ساعته برابر ppm ۰/۰۳۷ و حداکثر غلظت سالیانه برابر ppm ۰/۰۰۷، برای $NO_2$ بر اساس حداکثر غلظت سالیانه برابر ppm ۰/۰۲۱ و برای $O_3$ بصورت حداکثر غلظت ۸ ساعته برابر ppm ۰/۰۵ می‌باشد، انتخاب و جهت محاسبه شاخص AQI مورد استفاده قرار گرفت. برای محاسبه میانگین غلظت‌های ۲٤ساعته نیز می‌بایستی حداقل ۷۵٪ از مقادیر یک ساعته برای روزهای مورد نظر برای هر ایستگاه وجود داشته باشد و در غیر این‌صورت تمام داده‌های دوره جهت انجام آنالیزها باید حذف شوند (۱٤) که پیش از انجام محاسبات این اصل کنترل و مورد تأیید قرار گرفت.

پس از استانداردسازی داده‌های خام بدست آمده از سنجش آلاینده‌ها، این داده‌ها با استفاده از نرم افزار مربوطه که بر مبنای رابطه زیر عمل می‌کند به AQI تبدیل شدند:[11,15]

رابطه (۱)

$$I_p = \frac{I_{Hi} - I_{LO}}{BP_{Hi} - BP_{LO}}(C_P - BP_{LO}) + I_{LO}$$

در رابطه بالا :

$I_p$ = شاخص کیفیت هوا برای آلاینده P



[ Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-06-27 ]

[ DOI: 10.18869/acadpub.jehe.3.3.182 ]

$C_p$ = غلظت اندازه‌گیری شده آلاینده P

$BP_{Hi}$ = نقطه شکستی که بزرگتر یا مساوی $C_p$ است

$BP_{LO}$ = نقطه شکستی که کوچکتر یا مساوی $C_P$ است

$I_{Hi}$ = مقدار AQI منطبق با $BP_{Hi}$

$I_{Lo}$ = مقدار AQI منطبق با $BP_{Lo}$

برای تعیین مقدار AQI سالانه، ابتدا مقدار AQI با توجه به روش فوق برای تمام روزهای یک سال و در شش طبقه خوب، متوسط، غیربهداشتی برای افراد حساس، غیربهداشتی، خیلی غیر بهداشتی و خطرناک در فاصله سالهای مورد مطالعه محاسبه گردید، که مقادیر بدست آمده بین ۰ تا ۵۰۰ قرار خواهند داشت و هر محدوده مقادیر نشان‌دهنده وضعیت کیفیت هوا و توصیه‌های لازم در این زمینه می‌باشد.[۱۵] سپس برای مقایسه کیفیت هوای سال‌های مختلف، درصد هریک از طبقات شاخص AQI محاسبه گردید. در ضمن برای تمام روزهای مختلف سال‌های مورد مطالعه، آلاینده مسئول تعیین شد.

## یافته‌ها

حجم نمونه و مقادیر غلظت‌های میانگین، بیشینه، درصد موارد بالای استاندارد ایران مربوط به آلاینده دی‌اکسید گوگرد در ایستگاه‌های اندازه‌گیری در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۱ از نظر فصلی، بیشینه میانگین غلظت روزانه مربوط به فصل پائیز با غلظت ppm ۰/۰۲۸ می‌باشد. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود بیشترین غلظت میانگین سالیانه مربوط به سال ۱۳۹۰ با غلظت ppm ۰/۰۱۸ و کمترین غلظت میانگین سالیانه نیز مربوط به سال ۱۳۹۲ با غلظت ppm ۰/۰۱۵ می‌باشد یعنی روند کاهشی در غلظت دی‌اکسید گوگرد وجود داشته است.

**جدول ۱:** مقادیرفصلی $SO_2$ در ایستگاههای شهر شیراز در طی سال‌های مورد مطالعه *

| سال | فصل | حجم نمونه (کل ایستگاه‌ها) | میانگین | بیشینه | | تعداد موارد بالای استاندارد | درصد موارد بالای استاندارد |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ایستگاه الف | ایستگاه ب | | |
| ۱۳۹۰ | زمستان | ۱۷۰ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۲ | ۰ | ۰ |
| | بهار | ۱۶۶ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۱۴ | ۳ | ۱/۸ |
| | تابستان | ۱۶۶ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۱۱ | ۱۰ | ۶/۰۲ |
| | پاییز | ۱۶۸ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۵ | ۷ | ۴/۲ |
| ۱۳۹۱ | زمستان | ۱۷۰ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۱۵ | ۰ | ۰ |
| | بهار | ۱۶۶ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۳۸ | ۰/۰۰۹ | ۸ | ۹/۶ |
| | تابستان | ۱۶۶ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۴۷ | ۰/۰۱۳ | ۳۵ | ۴۲/۱۷ |
| | پاییز | ۱۶۸ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۵۸ | ۰/۰۱۴ | ۵۸ | ۶۹/۰۴ |
| ۱۳۹۲ | زمستان | ۱۷۰ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۵۹ | ۰/۰۱۰ | ۲۴ | ۲۸/۲۳ |
| | بهار | ۱۶۶ | ۰/۰۲۷ | ۰/۰۶۲ | ۰/۰۱۲ | ۵۶ | ۶۷/۴۷ |
| | تابستان | ۱۶۴ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۱۴ | ۰ | ۰ |
| | پاییز | ۱۶۸ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۴۵ | ۰/۰۱۸ | ۱۲ | ۱۴/۲۸ |

* غلظت‌ها بر حسب واحد ppm می‌باشد.

**جدول ۲:** مقادیر سالیانه $SO_2$ در ایستگاه‌های شهر شیراز در طی سال‌های مورد مطالعه *

| سال | حجم نمونه (روز- ایستگاه) | میانگین | بیشینه | | تعداد موارد بالای استاندارد | درصد موارد بالای استاندارد |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ایستگاه الف | ایستگاه ب | | |



[ Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-06-27 ]

[ DOI: 10.18869/acadpub.jehe.3.3.182 ]

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳۹۰ | ٦٧٠ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۵ | ۲۰ | ۲/۹۸ |
| ۱۳۹۱ | ٦٧٠ | ۰/۰۱٦ | ۰/۰۵۸ | ۰/۰۱۵ | ۱۰۱ | ۱۵/۰۷ |
| ۱۳۹۲ | ٦٦٨ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰٦۲ | ۰/۰۱۸ | ۹۲ | ۱۳/۷۷ |

* غلظت‌ها بر حسب واحد ppm می‌باشد.

**جدول ۳:** مقادیرفصلی $NO_2$ در مجموع ایستگاههای شهر شیراز در طی سال‌های مورد مطالعه *

| سال | فصل | حجم نمونه (کل ایستگاه‌ها) | میانگین | بیشینه | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ایستگاه الف | ایستگاه ب |
| ۱۳۹۰ | زمستان | ١٦٤ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰٤۲ | ۰/۰۲۱ |
| | بهار | ۱۷٦ | ۰/۰۲٤ | ۰/۰٤۲ | ۰/۰۲۲ |
| | تابستان | ۱۳٦ | ۰/۰۲۷ | ۰/۰٤٦ | ۰/۰۲۲ |
| | پاییز | ۱۸٤ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰٤٤ | ۰/۰۲۲ |
| ۱۳۹۱ | زمستان | ۱۸٤ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰٤۰ | ۰/۰۱۸ |
| | بهار | ۱۸۲ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۳۷ | ۰/۰۱۸ |
| | تابستان | ۱۷۸ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۳۲ | ۰/۰۲۳ |
| | پاییز | ۱۸۰ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۳۱ | ۰/۰۱۷ |
| ۱۳۹۲ | زمستان | ۱۷٦ | ۰/۰۱٤ | ۰/۰۲٤ | ۰/۰۱۸ |
| | بهار | ۱۷٦ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۱۸ |
| | تابستان | ١٦٠ | ۰/۰۲۰ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۸ |
| | پاییز | ١٤٠ | ۰/۰۱٦ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱٦ |

* غلظت‌ها بر حسب واحد ppm می‌باشد.

برای آلاینده دی‌اکسید نیتروژن، تغییرات فصلی و مقادیر غلظت‌های سالیانه به‌ترتیب در جداول ۳ و ٤ نشان داده شده است. همانگونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار اندازه‌گیری شده مربوط به ایستگاه الف در تابستان ۱۳۹۰ (۰/۰٤٦ ppm) و کمترین مقدار نیز مربوط به ایستگاه ب در پائیز ۱۳۹۲ (۰/۰۱٦ ppm) می‌باشد. نکته دیگری که باید به آن اشاره شود این است که تمام مقادیر اندازه‌گیری شده در سال ۹۰ برای هر دو ایستگاه از حدود استاندارد (۰/۰۲۱ ppm) فراتر بوده است. برای سال ۹۱ این روند برای ایستگاه الف همچنان وجود داشته ولی در مورد ایستگاه ب فقط برای تابستان غلظت‌های فراتر از استاندارد مشاهده می‌شود ولی در سال ۹۲ برای هر دو ایستگاه میانگین غلظت‌ها روند کاهشی نشان می‌دهد و تقریباً هر دو ایستگاه سهم یکسانی در تعداد موارد فراتر از استاندارد دارند. داده‌های جدول ٤ نیز نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین میانگین غلظت سالیانه به ترتیب مربوط به سالهای ۱۳۹۰ و ۱۳۹۲ با غلظت‌های به‌ترتیب ۰/۰۲۵ ppm و ۰/۰۱۷ppm می‌باشد یعنی روند کاهشی در میانگین غلظت‌های دی‌اکسید نیتروژن در ایستگاه‌های مورد نظر را تأیید می‌نماید.

**جدول ٤:** مقادیر سالیانه $NO_2$ در ایستگاه‌های شهر شیراز در طی سال‌های مورد مطالعه *

| سال | حجم نمونه (کل ایستگاه‌ها) | میانگین | بیشینه | | تعداد موارد بالای استاندارد | درصد موارد بالای استاندارد |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ایستگاه الف | ایستگاه ب | | |
| ۱۳۹۰ | ٦٦٠ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰٤٦ | ۰/۰۲۲ | ۳٦۱ | ٥٤/۷۰ |



[ Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-06-27 ]

[ DOI: 10.18869/acadpub.jehe.3.3.182 ]

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳۹۱ | ۷۲٤ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰٤۰ | ۰/۰۲۳ | ۳۱۳ | ٤۳/۲۳ |
| ۱۳۹۲ | ٦٥۲ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۲٤ | ۰/۰۲۸ | ۳۲ | ٤/۹۰ |

* غلظت‌ها بر حسب واحد ppm می‌باشد.

**جدول ۵:** مقادیرفصلی $O_3$ در مجموع ایستگاههای شهر شیراز در طی سال‌های مورد مطالعه *

| سال | فصل | حجم نمونه (کل ایستگاه‌ها) | میانگین | بیشینه | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ایستگاه الف | ایستگاه ب |
| ۱۳۹۰ | زمستان | ۱٦٤ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰٥۲ | ۰/۰٥٤ |
| | بهار | ۱۷٦ | ۰/۰۳۲ | ۰/۰٦۳ | ۰/۰٦۰ |
| | تابستان | ۱۳٦ | ۰/۰۳٥ | ۰/۰٥٦ | ۰/۰۷۷ |
| | پاییز | ۱۸٤ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۳۸ | ۰/۰٤۰ |
| ۱۳۹۱ | زمستان | ۱۸۰ | ۰/۰۲٤ | ۰/۰٤٤ | ۰/۰٥۸ |
| | بهار | ۱۸۲ | ۰/۰۳۲ | ۰/۰٥٤ | ۰/۰٦۱ |
| | تابستان | ۱۷۸ | ۰/۰۳٦ | ۰/۰۳۸ | ۰/۰٤۹ |
| | پاییز | ۱۸٤ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۲۷ | ۰/۰۲۸ |
| ۱۳۹۲ | زمستان | ۱۷۰ | ۰/۰۱٤ | ۰/۰۲۹ | ۰/۰٤۲ |
| | بهار | ۱۷٦ | ۰/۰۲۷ | ۰/۱۳۳ | ۰/۰٦٦ |
| | تابستان | ۱۷٦ | ۰/۰٦۸ | ۰/۱۱٤ | ۰/۰۳۳ |
| | پاییز | ۱۷۰ | ۰/۰۱٥ | ۰/۰۳۱ | ۰/۰۳٦ |

* غلظت‌ها بر حسب واحد ppm می‌باشد.

در جداول ۵ و ٦، حجم نمونه و مقادیر غلظت‌های مربوط به آلاینده ازن در ایستگاه‌های میدان امام حسین (ع) و دروازه کازرون درفصول زمستان، بهار، تابستان و پاییز دوره مورد مطالعه نشان داده شده است. همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، بیشترین میانگین غلظت فصلی مربوط به تابستان ۱۳۹۲ با غلظت ۰/۰٦۸ ppm می‌باشد. نکته قابل توجه این است که در طی دوره مطالعه، میزان غلظت‌های ازن هوای شیراز در هیچ یک از ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا از حد استاندار ایران فراتر نرفته است. بیشترین و کمترین میانگین غلظت سالیانه مربوط به سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۱ با غلظت‌های به‌ترتیب ۰/۰۳۱ ppm و۰/۰۲۲ ppm می‌باشد (جدول ٦).

**جدول ۶:** مقادیر سالیانه $O_3$ در ایستگاه‌های شهر شیراز در طی سال‌های مورد مطالعه *

| سال | حجم نمونه (روز- ایستگاه) | میانگین | بیشینه | | تعداد موارد بالای استاندارد | درصد موارد بالای استاندارد |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ایستگاه الف | ایستگاه ب | | |
| ۱۳۹۰ | ٦٦۰ | ۰/۰۲۷ | ۰/۰٦۳ | ۰/۰۷۷ | ۰ | ۰ |
| ۱۳۹۱ | ۷۲٤ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲٥ | ۰/۰٦۱ | ۰ | ۰ |
| ۱۳۹۲ | ٦۹۲ | ۰/۰۳۱ | ۰/۱۳۳ | ۰/۰٦٦ | ۰ | ۰ |

* غلظت‌ها بر حسب واحد ppm می‌باشد.



[ Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-06-27 ]

[ DOI: 10.18869/acadpub.jehe.3.3.182 ]

**جدول ۷:** توصیف آلودگی هوای و درصد متوسط آلاینده مسئول در ایستگاه‌های شهر شیراز در طی سال‌های مورد مطالعه

| سال | توصیف آلودگی بر اساس AQI*(٪) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۱ | ۲ | ۳ | ٤ | ٥ | ٦ |
| ۱۳۹۰ | ۷/۰٥ | ۱٥/٥۰ | ۳۷/٤۲ | ۳۱/۳۲ | ٥/۸٥ | ۲/۸٦ |
| ۱۳۹۱ | ۹/٦۸ | ٦۱/۱٦ | ۱۷/٤۳ | ۸/۷٥ | ۱/٥۳ | ۱/٤٥ |
| ۱۳۹۲ | ۹/۲۲ | ۸۰/۱۷ | ۷/٦۸ | ۲/۳۳ | ۰/۳۹ | ۰/۲۱ |

* ۱- خوب، ۲- متوسط، ۳- غیربهداشتی برای گروههای حساس، ٤- غیر بهداشتی، ٥- خیلی غیربهداشتی، ٦- خطرناک

در ادامه، شاخص آلودگی هوا (AQI) برای آلاینده‌های سنجش شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه شد که نتایج آن در جداول ۷ نشان داده شده است. همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود کیفیت هوا در سال ۱۳۹۰ بدترین وضعیت را از نظر آلاینده‌های بررسی شده داشته و در حدود ۳۱ درصد روزها کیفیت هوا غیربهداشتی یا ناسالم بوده است ولی همانطور که مشاهده می‌شود طی سال‌های اخیر کیفیت هوا وضعیت بهتری داشته است.

## بحث

نتایج حاصل از آنالیز آلاینده دی‌اکسید گوگرد (جداول ۱ و ۲) نشان دهنده روند کاهشی غلظت‌های این آلاینده از سال ۹۰ تا ۹۲ می‌باشد. با در نظر گرفتن مصوبه هیات محترم وزیران که در تیرماه ۱۳۸٤ بنا به پیشنهاد مشترک سازمان حفاظت محیط زیست، وزارت صنایع و معادن و وزارت نفت به تصویب رسید و جدول زمانی استاندارد حد مجاز آلایندگی انواع خودروهای بنزینی، گازوئیلی، دوگانه سوز و گازسوز ساخت داخل و وارداتی و همچنین موتورسیکلیت تعیین شد و مقرر گردید کلیه وسایط نقلیه فوق الذکر از سال ۱۳۸٤ تا پایان سال ۱۳۸۸ استاندارد یورو ۲ و از سال ۱۳۸۹ تا سال ۱۳۹۱، استاندارد یورو ۳ و از سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳ استاندارد یورو ٤ را اخذ نمایند، این روند کاهش می‌تواند قابل انتظار و همچنان ادامه داشته باشد و شاید مشاهده موارد فراتر از استاندارد بیشتر در سال ۹۱ و ۹۲ را می‌توان به عدم اجرای کامل این مصوبه مربوط دانست. همچنین اعمال سیاست‌های دولت در خصوص گران شدن بنزین و گازوئیل و کاهش سهیمه خودروها و افزایش رغبت به خرید و استفاده از وسایل نقلیه گازسوز، از رده خارج شدن اتوبوس‌های دیزلی در سال‌های ۹۰ و ادامه آن در سال ۹۱ می‌تواند در کاهش غلظت $SO_2$ مؤثر بوده باشد. بیشتر بودن درصد تعداد روزهای فراتر از حدود مجاز برای سال ۹۱ و ۹۲ را می‌توان به این شکل نیز توجیه نمود که با توجه به اینکه وجود بارندگی‌های منظم می‌تواند در حل کردن و خارج کردن این آلاینده از اتمسفر مؤثر باشد[16,17] لذا خشکسالی‌ها و کاهش نزولات جوی و تعداد روزهای کم با بارندگی طی سال‌های اخیر (با میانگین بارندگی ۳٤۰mm برای سال ۹۰ و ۳۰۰mm برای سال ۹۲) می‌تواند دلیلی بر این روند تغییرات غلظت $SO_2$ باشد.

همانطور که در جدول ۳ و ٤ نشان داده شد، غلظت آلاینده دی‌اکسید نیتروژن طی سال ۱۳۹۰ در موارد بیشتری از حدود استاندارد ایران و EPA فراتر رفته است، به طوری که در تابستان سال ۱۳۹۰، غلظت ppm ۰/۰٤٦ نیز برای دی‌اکسید نیتروژن ثبت شده است. در حالی که برای سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ وضعیت به این شکل نبوده است. دلایل بالا بودن غلظت این آلاینده می‌تواند متعدد باشد. مثلا یکی از دلایل می‌تواند افزایش تعداد اتومبیل‌ها باشد. دلیل دیگری که افزایش $NO_2$ را



[ Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-06-27 ]

[ DOI: 10.18869/acadpub.jehe.3.3.182 ]

توجیه می‌کند، تمایل بیشتر مردم به استفاده از وسایل نقلیه گازسوز و گازسوز کردن خودروهای بنزینی در نتیجه گران شدن قیمت بنزین و کاهش سهمیه‌ها می‌تواند باشد. ضمن اینکه طی این سال تعداد زیادی از اتوبوس‌های دیزلی شرکت اتوبوسرانی شیراز از رده خارج و با اتوبوس‌های گازسوز جایگزین شده‌اند و با توجه به اینکه گاز طبیعی (CNG) نسبت به بنزین درجه حرارت بالاتری برای سوختن نیاز دارد بنابراین $NO_2$ بیشتری را تولید می‌کند.[18،19] بالاتر بودن نسبی غلظت این آلاینده در فصل تابستان در مقایسه با سایر فصول (جدول ۳) نیز می‌تواند ناشی از افزایش موارد استفاده از خودرو و افزایش سرعت اتومبیل‌ها در این فصل باشد. در فصل پاییز به دلیل شروع بارندگی‌ها و لغزنده بودن سطح خیابان‌ها و کوتاه شدن طول روز (کاهش ساعت فعالیت مردم) شاهد کاهش استفاده از وسایل نقلیه، کاهش سرعت اتومبیل‌ها و کاهش مدت استفاده از اتومبیل‌ها می‌باشیم. به نحوی که در تابستان تا ساعات انتهایی شب نیز شاهد تردد اتومبیل ها در خیابان ها و بزرگراه‌های شهر هستیم اما درفصول سرد سال به خصوص پاییز در ساعات ابتدایی شب نیز تردد کاهش میابد. همه این موارد می‌تواند توجیه کننده افزایش غلظت این آلاینده در فصل تابستان باشد که در مطالعات دیگر نیز روند مشابهی مشاهده شده است.[20،21]

با توجه به اینکه طی سال‌های اخیر شاهد کاهش غلظت لایه ازن و در نتیجه افزایش میزان عبور امواج ماوراء بنفش (UV) به سطح زمین[22] و از طرفی افزایش میزان انتشار اکسیدهای نیتروژن بوده‌ایم لذا غلظت‌های ازن نیز طی سال‌های اخیر روند افزایشی را نشان داده است.[23،24] نتایج آنالیز آماری ANOVA نشان داد که غلظت ازن در فصل تابستان در مقایسه با سه فصل دیگر بیشتر بوده است ($P<0/05$) که خود نشان دهنده مساعد بودن شرایط تشکیل آن از جمله بالا بودن دمای هوا می‌باشد بعلاوه اینکه همانطور که پیشتر بیان شد غلظت اکسیدهای نیتروژن نیز با شیب ملایمی در طی دوره مطالعه رو به افزایش بوده است. ازن توسط واکنش‌های فتوشیمیایی و در حضور آلاینده‌های پیش‌ساز $NO_2$ و ترکیبات آلی و اشعه ماوراء بنفش خورشیدی به مقدار بیشتری تشکیل می‌گردد[23،25] بنابراین غلظت‌های ازن دارای الگوی فعالیت روزانه و فصلی است به گونه‌ای که غلظت بالای ازن در فصل تابستان و در بعد ازظهرها دیده می‌شود که این روند در سایر مطالات نیز مشاهده شد.[20، 25، 26]

در ارتباط با وضعیت کیفیت هوا، نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که کیفیت هوای شهر شیراز در دوره مطالعه، رو به بهبود بوده است. همانطور که جدول ۷ نشان می‌دهد میزان درصد موارد «خوب» از حدود ۷ درصد در سال ۱۳۹۰ به حدود ۹ درصد در سال ۱۳۹۲ ارتقاء پیدا کرده است. این در حالی است که درصد موارد «متوسط» نیز از حدود ۱۵ درصد به حدود ۸۰ ٪ در همین دوره زمانی رسیده است. از سوی دیگر شاهد کاهش موارد «غیربهداشتی برای گروههای حساس» ، «غیربهداشتی»، «خیلی غیربهداشتی» و «خطرناک» نیز به ترتیب از ۳۷/۴۲ و ۳۱/۳۲ ، ۵/۸۵ و ۲/۸۶ درصد در سال شروع مطالعه (۱۳۹۰) به ۷/۶۸ ، ۲/۳۳، ۰/۳۹ و ۰/۲۱ درصد در انتهای دوره بررسی شده (۱۳۹۲) تنزل یافته که همگی نشان دهنده بهبود وضعیت شاخص کیفیت هوای شهر شیراز می‌باشند. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که آلاینده مسئول آلودگی هوا در طی این سالها به دلیل سیاست‌های اعمال شده از جمله کاهش مصرف بنزین، افزایش تعداد اتومبیل‌ها، کاهش سن اتومبیل‌ها و افزایش تعداد وسایل نقلیه عمومی، همچنین تغییرات اقلیمی دستخوش تغییراتی شده است. به طوری که در سال ۱۳۹۰، سهم دی‌اکسید گوگرد در آلایندگی هوا زیاد بوده ولی در سال ۱۳۹۲ نقش این آلاینده کمرنگ شده ولی در عوض سهم $NO_2$ در آلودگی هوا بیشتر شده است و همانطور که پیشتر نشان داده شد در مورد این آلاینده وضعیت از حالت زنگ خطر عبور کرده و میزان بالاتر از استاندارد مکرراً اندازه‌گیری و ثبت شده است. در مورد آلاینده ازن نیز هر چند



[ Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-06-27 ]

[ DOI: 10.18869/acadpub.jehe.3.3.182 ]

که غلظت آن تاکنون از حد استاندارد عبور نکرده است ولی روند افزایشی آن می‌تواند قبل از آنکه ایجاد مشکل نماید، مورد توجه مسئولین و برنامه‌ریزان واقع گردد.

## نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که میانگین غلظت‌های آلاینده‌های دی‌اکسید گوگرد و ازن با توجه به وضع مقررات سختگیرانه طی سالیان اخیر کاهش پیدا کرده ولی مقادیر $NO_2$ بدلیل بیشتر شدن تعداد وسایل نقلیه گازسوز بیشتر شده است. در ارتباط با وضعیت کیفیت هوا، کیفیت هوای شهر شیراز در دوره مطالعه، رو به بهبود بوده است. به طوری که درصد روزهای ناسالم از حدود ۳۱ درصد در سال ۹۰ به حدود ۲ درصد در سال ۹۲ کاهش پیدا کرده است. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که آلاینده مسئول آلودگی هوا در طی این سالها به دلیل سیاست‌های اعمال شده از جمله کاهش مصرف بنزین، افزایش تعداد اتومبیل‌ها، کاهش سن اتومبیل‌ها و افزایش تعداد وسایل نقلیه عمومی، همچنین تغییرات اقلیمی دستخوش تغییراتی شده است. به طوری که در سال ۱۳۹۱، سهم دی‌اکسید گوگرد در مقایسه با دی‌اکسید نیتروژن و ازن بیشتر بوده ولی در سال ۹۲ درصد موارد فراتر از محدوده مجاز $NO_2$ بیشتر می‌باشد. در مورد ازن نیز با توجه به روند افزایشی آن طی سال‌های اخیر، جهت جلوگیری از افزایش آن و پیش از ایجاد خطر باید برنامه‌ریزی‌های مناسبی انجام داد.

## تشکر و قدردانی

از حمایت‌ها دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی و همکاری صمیمانه شرکت کنترل کیفیت هوای شهرداری شیراز تشکر و قدردانی می‌گردد.

## منابع

1. Wark K, Warner CF. Air pollution: its origin and control. 3rd edition. Prentice Hall, 1981.
2. Hosseinpoor AR, Forouzanfar MH, Yunesian M, Asghari F, Naieni KH, Farhood D. Air pollution and hospitalization due to angina pectoris in Tehran, Iran: A time-series study. Environ Res 2005;99(1):126-31.
3. Katsouyanni K, Gryparis A, Samoli E. Short-Term Effects of Air Pollution on Health. In: Nriagu JO, editor. Encyclopedia of Environmental Health, Five-Volume Set, 1st edition, Esevier, 2011: 51-60.
4. Tiwary A, Colls J. Air pollution: measurement, modelling & mitigation. 3rd edition. CRC Press, 2009.
5. de Kok TM, Driece HA, Hogervorst JG, Briedé JJ. Toxicological assessment of ambient and traffic-related particulate matter: a review of recent studies. Mutat Res Rev Mutat Res 2006; 103-122.
6. Chen R, Huang W, Wong C-M, Wang Z, Thach TQ, Chen B, et al. Short-term exposure to sulfur dioxide and daily mortality in 17 Chinese cities: the China air pollution and health effects study (CAPES). Environ Res 2012;101-106.
7. Sunyer J, Ballester F, Le Tertre A, Atkinson R, Ayres JG, Forastiere F, et al. The association of daily sulfur dioxide air pollution levels with hospital admissions for cardiovascular diseases in Europe (The Aphea-II study). Eur Heart J 2003;24(8):752-60.
8. Chen R, Samoli E, Wong C-M, Huang W, Wang Z, Chen B, et al. Associations between short-term exposure to nitrogen dioxide and mortality in 17 Chinese cities: The China Air Pollution and Health Effects Study (CAPES). Environ Int 2012;45(0):32-8.
9. Wilson AM, Salloway JC, Wake CP, Kelly T. Air pollution and the demand for hospital services: a review. Environ Int 2004;30(8):1109-18.
10. Burnett RT, Smith-Doiron M, Stieb D, Raizenne ME, Brook JR, Dales RE ,et al. Association between ozone and hospitalization for acute respiratory diseases in children less than 2 years of age. Am J Epidemiol 2001;153(5):444-52.
11. Environmental Protection Agency (EPA), 2006, Guideline for reporting of daily air quality—air quality index (AQI). Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC 27711. (EPA-454/R-99-010).
12. Pascal M, Corso M, Chanel O, Declercq C, Badaloni C, Cesaroni G, et al. Assessing the public health impacts of urban air pollution in 25 European cities: Results of the Aphekom project. Sci Total Environ 2013;449(0):390-400.



[ Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-06-27 ]

[ DOI: 10.18869/acadpub.jehe.3.3.182 ]

13. Leili M, Naddafi K, Nabizadeh R, Yunesian M, Mesdaghinia A. The study of TSP and PM10 concentration and their heavy metal content in central area of Tehran, Iran. Air Qual Atmos Health. 2008;1(3):159-66.

14. Cao J, Li W, Tan J, Song W, Xu X, Jiang C, et al. Association of ambient air pollution with hospital outpatient and emergency room visits in Shanghai, China. Sci Total Environ 2009;407(21):5531-6.

15. Leili M, Nadafi K, Nabizadeh R, Younesian M, Mesdaghi nia A, Nazm ara S. The particulate matter concentration and air quality index (AQI) in central part of Tehran. J Sch Public Health Inst Public Health Res 2009;7(1):57-67.

16. Hedin LO, Likens GE, Bormann FH. Decrease in precipitation acidity resulting from decreased $SO_2-$ 4 concentration. Nature 1987;325(6101):244-6.

17. Davies T. Precipitation scavenging of sulphur dioxide in an industrial area. Atmos Environ 1976;10(10):879-90.

18. Saxena P, Bhardwaj R, Ghosh C. Status of air pollutants after implementation of CNG in Delhi. Curr World Environ 2012;7(1):109-15.

19. Díaz-Robles LA, Greene D, Doraiswamy P, Reed G, Fu J. The effect of switching mobile sources to natural gas on the ozone in the great smoky mountains national park. 2012. Available from: Luis Alonso Diaz-Robles.

20. Tie X, Emmons L, Horowitz L, Brasseur G, Ridley B, Atlas E, et al. Effect of sulfate aerosol on tropospheric NOx and ozone budgets: Model simulations and TOPSE evidence. J Geophys Res Atmos 2003;108(D4).

21. de Ozônio MSdF, da Silva LAF, Guerrero JSP, Pimentel LCG. Simplified Modeling of Tropospheric Ozone Formation Considering Alternative Fuels Using. Anuário do Instituto de Geociências2014; 151-160.

22. Smith R, Prezelin B, Baker Kea, Bidigare R, Boucher N, Coley T, et al. Ozone depletion: ultraviolet radiation and phytoplankton biology in Antarctic waters. Science 1992;255(5047):952-9.

23. Beine HJ, Honrath RE, Dominé F, Simpson WR, Fuentes JD. NOx during background and ozone depletion periods at Alert: Fluxes above the snow surface. J Geophys Res Atmos 2002;107(D21):ACH 7-1-ACH 7-12.

24. Anderson JG, Wilmouth DM, Smith JB, Sayres DS. UV dosage levels in summer: increased risk of ozone loss from convectively injected water vapor. Science 2012;337(6096):835-9.

25. Farman J, Gardiner B, Shanklin J. Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx/NOx interaction. Nature 315, 207 - 210.

26. Akiyoshi H, Sugita T, Kanzawa H, Kawamoto N. Ozone perturbations in the Arctic summer lower stratosphere as a reflection of NOx chemistry and planetary scale wave activity. J Geophys Res Atmos 2004;109(D3).

[ Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-06-27 ]

[ DOI: 10.18869/acadpub.jehe.3.3.182 ]

# The Assessment of Air Pollutant Concentrations and Air Quality Index in Shiraz during 2011-2013

**Monireh Majlesi Nasr[1], Mohammad Ansari Zadeh[2*], Mostafa Leili[3]**

*1. Department of Environmental Health Engineering, School of Public health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

*2. Department of Environmental Health Engineering, Mamasani Higher Educational Complex, Shiraz, Iran*

*3. Department of Environmental Health Engineering, School of Public health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*

**** E-mail: mansarizadeh@yahoo.com***

***Received: 23 Jan 2016 ; Accepted: 17 May 2016***

**ABSTRACT**

**Background:** Exposure to air pollutants can cause many problems, including the health effects in humans and animals. The aim of this study was to assay the air quality in the Shiraz city during 2011-2013.

**Methods:** In this descriptive-analytical study, the air pollutant data during the study period were taken from Air Quality Co. for two main stations i.e. Darvazeh Kazeroun and Imam Hossein and then were analysed to determine air quality index.

**Results:** The maximum (0.018 ppm) and minimum (0.015 ppm) annual concentration of $SO_2$ were determined in 2011 and 2013, respectively. The maximum $NO_2$ concentration was measured in summer 2011 with a value of 0.025 ppm. Regarding ozone, the highest average concentration was measured in the summer season of 2013 with the concentration of 0.068 ppm. In terms of air quality, the worst situation was experienced in 2011, which about 31 percent of the days have been marked as unhealthy, but during the last years of the study, the air quality get better.

**Conclusion:** In general, the results of the study showed that $SO_2$ concentration has been decreased during recent years due to strengthen of air pollution regulation but $NO_2$ concentration was increased because the number of gas fuel automobile was also increased. With regard to air quality, it has an improving trend during the study period.

**Keywords:** Air Pollution, $SO_2$, $NO_2$, $O_3$, Air Quality Index, Shiraz

[ Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-06-27 ]

[ DOI: 10.18869/acadpub.jehe.3.3.182 ]