



Experimental Investigation of Air Pollution in Saveh City and Presenting the Related Solutions to Reduce It

ARTICLE INFO

Article Type

Original Research

Authors

Mostafavi S.A. ¹ PhD,
Safikhani H. ^{*1} PhD,
Zamani J. ¹ MSc

How to cite this article

Mostafavi S.A, Safikhani H, Zamani J. Experimental Investigation of Air Pollution in Saveh City and Presenting the Related Solutions to Reduce It. Modares Mechanical Engineering. 2019;19(12):2999-3005.

¹Mechanical Engineering Department, Engineering Faculty, Arak University, Arak, Iran

*Correspondence

Address: Mechanical Engineering Department, Engineering Faculty, Arak University, Arak, Iran. Postal code: 3815688349
Phone: +98 (86) 32625726
Fax: +98 (86) 32625005
h-safikhani@araku.ac.ir

Article History

Received: January 9, 2019

Accepted: May 26, 2019

ePublished: December 21, 2019

ABSTRACT

Air pollution is one of the consequences of industrial development that its severity is increasing day to day, due to the population growth and expanding urbanization, development of transport and fuel consumption increases. Awareness of air quality and trends of pollutants changes in different locations in a city can play an important and effective role in urban health management and macro policymaking. The first practical step in reducing the level of pollutants is the adequate knowledge of the pollutants details, including the type, amount and frequency of events throughout the year to determine the type of pollution and its source. In this paper, the results of hourly, daily, monthly and annual analysis of the various pollutants have been studied and scrutinized using the experimental data obtained from air quality measurement stations in the city of Saveh. In the end, In addition to the general solutions and suggestions for reducing the air pollution level in Saveh city, two precise solutions include the construction of an underpass and construction of a high way have been presented which the geometry and detailed features of each one has been mentioned in the article.

Keywords Environment; Air Pollution; Saveh; Air Quality Measurement Station; Suspended Particles; Underpass and High Way.

CITATION LINKS

[1] Environmental engineering and sanitation [2] 7 million premature deaths annually linked to air pollution [3] Committed to protecting the natural environment [4] Unintentional carbon monoxide-related deaths in the United States, 1979 through 1988 [5] The expressions of protooncogenes and CYP1A in lungs of rats exposed to sulfur dioxide and benzo(a)pyrene [6] Expression of apoptosis-related genes in livers from rats exposed to sulfur dioxide [7] Cell morphological ultrastructural changes in various organs from mice exposed by inhalation to sulfur dioxide [8] Analysis of air emissions from the chemical industry in The Tehran City [9] Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution, epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease [10] Aryl hydrocarbon receptor plays a significant role in mediating airborne particulate-induced carcinogenesis in mice [11] Spatial analysis of air pollution and lung cancer incidence and mortality in 7 metropolitan cities in Korea [12] Cancer incidence in urban bus drivers and tramway employees: a retrospective cohort study [13] Air pollution and cancer [14] The relationship of the air pollutants sulfur dioxide in term infants with low birth weight in pregnant women admitted to hospitals in Tehran [15] Socioenvironmental predictors of abortion and stillbirths in an industrial community in Egypt [16] Environmental engineering [17] The effects of air pollution [18] Survey of concentrations of PM2.5 indoor and outdoor of shops in Sari City Centre [19] Correlations of personal exposure to particles with outdoor air measurements: a review of recent studies [20] WHO's global air-quality guidelines [21] Quantification of respiratory and cardiovascular deaths attributable to PM10 in the air of Ahwaz (in 2009-10) using AIR Q model [22] Determination of metal accumulation in deposited street dusts in Amman, Jordan [23] Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban Dusts of Xi'an, Central China [24] Investigation of surface ozone over Tehran for 2008-2011 [25] Sources and control of air pollution [26] Quantifying the health effects of air pollution in Tehran and determines the third axis of the comprehensive plan to reduce air pollution in Tehran [27] A temporary decrease in the ventilatory function of an urban population during an acute increase in air pollution [28] Urban photochemical pollution in the Iberian Peninsula: Lisbon and Barcelona airshed

مطالعه تجربی آلودگی هوا در شهر ساوه و ارائه راهکار برای کاهش آن

سیدعلیرضا مصطفوی PhD

گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

حامد صفی‌خانی PhD

گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

جاوید زمانی MSc

گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

چکیده

آلودگی هوا یکی از نتایج توسعه صنعتی است که با افزایش جمعیت و گسترش شهرنشینی، توسعه حمل‌ونقل و افزایش میزان مصرف سوخت، روز به روز بر شدت آن افزوده می‌شود. آگاهی از کیفیت هوا و روند تغییرات آلاینده‌ها در موقعیت‌های مکانی مختلف در شهر می‌تواند نقش مهم و موثری در مدیریت سلامت شهری و سیاست‌گذاری کلان داشته باشد. اولین گام عملی در کاهش سطح آلاینده‌ها داشتن اطلاعات کافی از جزئیات آلودگی شامل نوع، میزان و فراوانی رخداد در طول سال است تا نوع آلودگی موجود و منبع تولید آن مشخص شود. در این مقاله با استفاده از داده‌های تجربی به دست آمده از ایستگاه‌های اندازه‌گیری کیفیت هوای موجود در سطح شهر ساوه، نتایج تحلیل‌های ساعتی، روزانه، ماهانه، فصلی و سالانه آلاینده‌های مختلف مورد مطالعه و بررسی دقیق قرار گرفته است. در پایان علاوه بر راهکارها و پیشنهادها کلی برای کاهش سطح آلودگی هوای شهر ساوه، مشخصاً دو راهکار دقیق شامل احداث یک زیر گذر و احداث یک کمربندی که هندسه و ویژگی‌های دقیق هریک در مقاله ذکر شده ارائه شده است. **کلیدواژه‌ها:** محیط زیست، آلودگی هوا، ساوه، ایستگاه‌های اندازه‌گیری کیفیت هوا، ذرات معلق، زیرگذر و کمربندی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۰۵

*نویسنده مسئول: h-safikhani@araku.ac.ir

۱- مقدمه

توسعه صنعتی و پیشرفت تکنولوژی، دستاوردهای متنوعی را به زندگی انسان ارائه نموده است. ولی متأسفانه گاهی در روند پیشرفت و اجرای برنامه‌های توسعه صنعتی، پسماندهایی به شکل ترکیباتی ناخواسته و اغلب زیان‌آور به محیط‌ها می‌شوند؛ به گونه‌ای که اثرات منفی بسیاری بر محیط زیست می‌گذارند. پدیده آلودگی هوا نیز یکی از ره‌آورد‌های توسعه صنعتی است که با افزایش جمعیت، گسترش شهرنشینی و مصرف بیشتر سوخت‌های فسیلی، بر شدت آن روز به روز شاخص انتخاب نموده و آنها را به دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم کرده است. آلاینده‌های اولیه موادی هستند که مستقیماً از منابع به هوای محیط وارد می‌شوند و شامل آلاینده منواکسید کربن (CO)، دی‌اکسید نیتروژن (NO₂)، دی‌اکسید گوگرد (SO₂)، ذرات معلق (PM) و سرب (Pb) می‌باشند. آلاینده‌های ثانویه به موادی اطلاق می‌شود که بر اثر فعل و انفعالات موجود در اتمسفر زمین به وجود می‌آیند و در این گروه می‌توان از ازن (O₃) نام برد [1-3]. منواکسید کربن گازی است بی‌رنگ و بی‌بو و بسیار سمی که بیشتر در اثر احتراق ناقص سوخت‌های فسیلی تولید می‌شود [4]. اکسیدهای نیتروژن از مهم‌ترین مواد آلاینده در اغلب اجتماعات انسانی به شمار می‌رود و سالانه میلیون‌ها تن از این مواد وارد اتمسفر می‌شود. دی‌اکسید گوگرد گازی است بی‌رنگ و به وسیله منابع طبیعی مانند آتشفشان و فعالیت‌های انسانی وارد هوا می‌شود. منبع اصلی تولید این گاز، احتراق گازوئیل و مازوت در منازل، کارخانجات و وسایل نقلیه موتوری است. وجود این گاز خطرات بسیار زیادی بر سلامتی انسان دارد [5-17].

ذرات معلق، مخلوطی از ذرات بسیار ریز و قطرات مایع هستند. اجزای تشکیل‌دهنده ذرات معلق شامل اسیدها (از قبیل نیترات‌ها و سولفات‌ها)، مواد شیمیایی ارگانیک، فلزات و گرد و خاک می‌باشد. اندازه ذرات معلق ارتباط مستقیمی با ایجاد مشکلات بهداشتی و سلامتی دارد. این ذرات به راحتی از طریق دهان و بینی به عمق شش‌ها نفوذ می‌کند. ذرات معلق شامل تعداد زیادی از مواد ژنوتوکسیک می‌باشد که با یک بار استنشاق، می‌توانند روی قلب و شش‌ها تأثیر گذاشته و تأثیرات جدی بر سلامتی بگذارند [18-21].

فلزات سنگین شامل آرسنیک، آهن، روی، سرب، کادمیوم، کروم، مس، منگنز و نیکل برای حیات بیولوژیکی بسیار مضر بوده و سمی هستند. این عناصر پس از ورود به بدن، دفع نمی‌شوند و در بافت‌هایی نظیر چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل رسوب می‌کنند و موجب بروز بیماری‌های متعددی می‌گردند [22, 23].

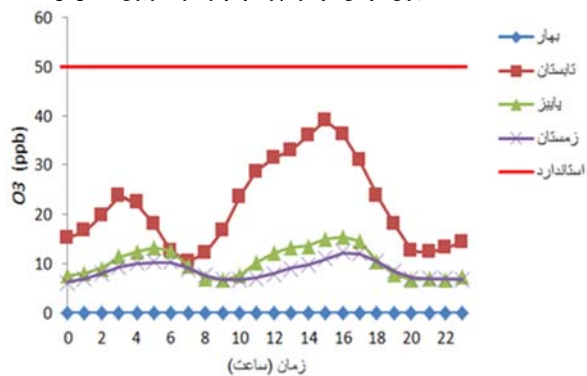
ازن به طور مستقیم در هوا منتشر نمی‌شود بلکه توسط واکنش‌های شیمیایی بین اکسیدهای نیتروژن (NO_x) و ترکیبات آلی فرار (VOCs) در حضور نور خورشید ایجاد می‌گردد و به همین علت، میزان ازن در تابستان و در وسط روز بیش از سایر مواقع است [24]. ازن هنگامی تشکیل می‌شود که آلاینده‌های منتشره از خودروها، نیروگاه‌ها، پالایشگاه‌ها، کارخانه‌های شیمیایی و سایر منابع در حضور نور خورشید واکنش شیمیایی انجام می‌دهند. در کشور ما نیز به ویژه در شهرهای بزرگ و صنعتی و مناطق مجاور، به دلیل آلودگی شدید هوا، وجود گازهای آلاینده اولیه و همچنین آفتابی‌بودن هوا در عمده روزهای سال، شرایط را به سهولت برای انجام واکنش‌های اکسیداسیون فتوشیمیایی که به ایجاد گاز ازن منجر می‌شوند، ایجاد می‌کند. این گاز می‌تواند عوارض تنفسی نظیر کاهش ظرفیت ریه و اختلالات ریوی، آسم، احتقان بینی و عوارض دیگری همچون احساس سوزش در چشم و کاهش ایمنی بدن در مقابل بیماری‌های عفونی را در پی داشته باشد [25-28].

در شهر ساوه با توجه به اینکه صنایع متعددی را در خود جای داده، تراکم تولید آلودگی بالایی مشاهده می‌شود و اولین گام در کاهش سطح آلودگی که باید در طرح جامع کاهش آلودگی شهر مد نظر قرار بگیرد، این است که با مطالعه دقیق مقادیر گزارش شده دستگاه‌های اندازه‌گیری در سال‌های متمادی، عامل یا عوامل مؤثر آلوده‌کننده شهر تعیین شود.

در این تحقیق با مطالعه تجربی تمامی انواع آلاینده‌ها در شهر ساوه در سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۴ به دنبال تحلیل وضعیت آلودگی شهر ساوه و همچنین تعیین عوامل اثرگذار در آلودگی این شهر و سپس ارائه راهکارها و پیشنهاد حل این معضل می‌باشیم.

۲- ویژگی‌های شهر ساوه

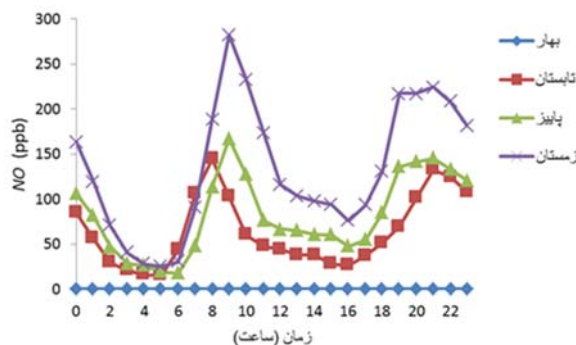
ساوه از شهرهای استان مرکزی است. از شمال به شهرستان زرنديه و استان قزوین، از جنوب به شهرستان تفرش و استان قم، از شرق به استان تهران و قم و از غرب و جنوب غربی به استان همدان و شهرستان کمیجان محدود می‌گردد. میانگین دمای سالانه شهر، ۱۸/۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میزان بارندگی کم و حدود ۲۱۶ میلی‌متر در سال می‌باشد و بیشتر بارش به صورت باران است. در تقسیم‌بندی اقلیمی، شهرستان ساوه دارای اقلیم نیمه‌خشک با تابستان‌های گرم و زمستان‌های کمی سرد نام‌گذاری شده است. متوسط رطوبت شهر ساوه ۳۹٪ می‌باشد که ماه‌های دی با میانگین ۵۸٪ مرطوب‌ترین ماه و تیر و مرداد با میانگین ۲۶٪ خشک‌ترین ماه سال می‌باشد. باد غالب ساوه شمالی و شمال غرب (۳۶۰ درجه)



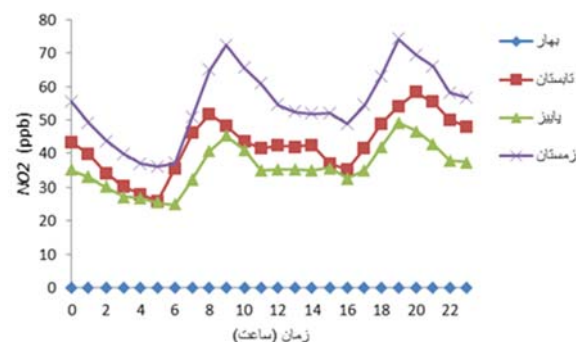
نمودار ۱) میانگین ساعتی در فصول مختلف برای آلاینده ازن

۳-۲- مونواکسید و دی اکسید نیتروژن و ناکس

آلاینده مونواکسید نیتروژن در فهرست آلاینده‌های اصلی قرار ندارد و از این رو برای آن حد مجازی در نظر گرفته نشده است. اما همان‌طور که در قسمت معرفی آلاینده‌ها بیان شد، تمامی اکسیدهای نیتروژن آثار مخربی را در پی دارند. با توجه به نمودار ۲ مشاهده می‌گردد میزان غلظت این آلاینده شدیداً رابطه مستقیمی با میزان تردد خودروها دارد. به طوری که در نیمه شب غلظت مونواکسید نیتروژن کاهش پیدا کرده و در ساعات حدود ۶ صبح به بعد با شروع تردد خودروها سیر صعودی پیدا می‌کند و در ساعت حوالی ۱۰ صبح هم‌زمان با اوج ترافیک به بیشینه غلظت خود در هوا می‌رسد. در اواسط روز با کاهش تردها در ساعات ۱۲ ظهر تا ۱۶ کاهش یافته و بار دیگر با موج دوم ترافیک روزانه، تا حوالی ساعت ۲۱ افزایش می‌یابد و در اواخر شب سیر نزولی پیدا می‌کند. همچنین نمودار ۳ به خوبی تأثیر دما و فصول را بر میزان غلظت این آلاینده نشان می‌دهد به گونه‌ای که هرچه به سمت فصول سردتر پیش می‌رویم غلظت مونواکسید نیتروژن در هوا افزایش می‌یابد.



نمودار ۲) میانگین ساعتی در فصول مختلف برای مونواکسید نیتروژن



نمودار ۳) میانگین ساعتی در فصول مختلف برای دی اکسید نیتروژن

می‌باشد و بیشترین سرعت باد وزیده شده به میزان ۹۰ کیلومتر در ساعت در ماه فروردین ۱۳۷۲ گزارش شده است. اقلیم ساوه بر اساس طبقه‌بندی دمارتن خشک و طبقه‌بندی آمبرژه معتدل می‌باشد. جمعیت شهر ساوه در سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۰ برابر ۲۰۰۴۸۱ نفر می‌باشد. سرانه فضای سبز شهر ساوه برای هر نفر حدود ۱۳ متر مربع است. وسعت فضای سبز ۲۶۷۵۰۰۰ متر مربع شامل ۶۱ پارک محله‌ای، ۱۳ پارک اصلی و سایر فضاهای سبز است. میانگین سرانه فضای سبز این شهر با توجه به موقعیت جغرافیایی و اقلیمی از میانگین کشوری بیشتر است. شهرک صنعتی کاوه در ۱۰ کیلومتری شهر ساوه یکی از قطب‌های مهم صنعت در ایران به حساب می‌آید. این شهرک در مساحتی بالغ بر ۳۰۰۰ هکتار و با ۶۰۰ واحد کارخانه تولیدی مشغول به فعالیت است. موقعیت قرارگیری شهر صنعتی کوه در شهر ساوه و باد غالب در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱) موقعیت قرارگیری شهر ساوه و شهر صنعتی کاوه و جهت باد غالب

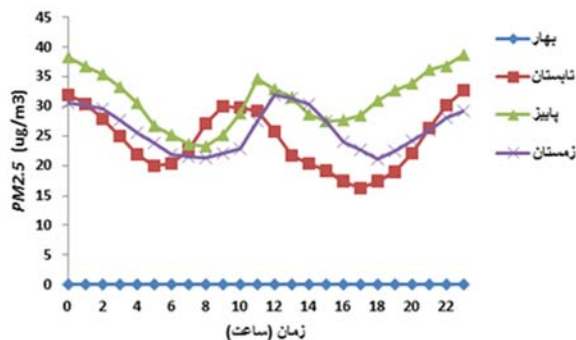
۳-۳- تحلیل آلاینده‌های شهر ساوه

اتخاذ تصمیمات صحیح به منظور کاهش آلودگی هوا، همواره نیازمند بررسی دقیق وضع موجود و ریشه‌یابی مشکلات می‌باشد. در این قسمت با استفاده از اطلاعات ایستگاه سنجش آلودگی هوا مستقر در میدان آزادی شهر ساوه، وضعیت هر یک از آلاینده‌ها به طور جداگانه تحلیل می‌شود تا با استفاده از اطلاعات ارائه‌شده دستگاه‌های ذیربط گام‌های موثرتری برای بهبود هوای شهر ساوه بردارند.

۳-۱- ازن

همان‌طور که در بخش معرفی آلاینده‌ها بیان شد، ازن جزء آلاینده‌های ثانویه محسوب می‌گردد که نتیجه واکنش اکسیدهای نیتروژن با مواد فرار در معرض نور خورشید می‌باشد. با توجه به نمودار ۱ مشهود است که شدت تابش خورشید در میزان انتشار این آلاینده نقش اساسی ایفا می‌کند. به طوری که در فصل زمستان به کمترین میزان و در فصل تابستان به بالاترین میزان خود می‌رسد. همچنین با توجه به روند کلی نمودار ۱ مشاهده می‌شود که همراه با شروع بار ترافیکی از ساعت ۷ صبح، میزان این آلاینده مرتباً افزایش می‌یابد و هر چه به سمت ساعات پایانی روز و کاهش شدت تابش خورشید پیش می‌رود، میزان آلاینده ازن در اتمسفر کاهش می‌یابد. بیشینه غلظت ازن در میانه روز و در واقع گرم‌ترین ساعات روز رخ می‌دهد.

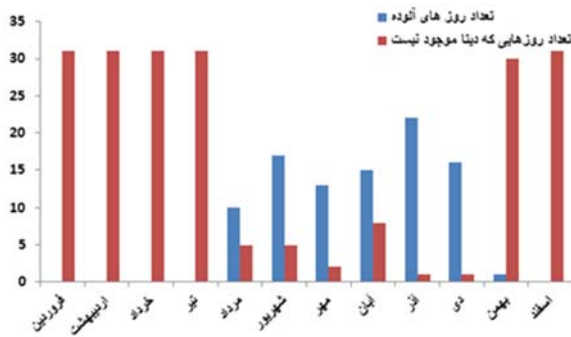
می‌دهد که در اکثر ماه‌های سال ۱۳۹۲ روزهای آلوده به ذرات معلق قابل توجه هستند.



نمودار ۶) میانگین ساعتی در فصول مختلف برای ذرات معلق



نمودار ۷) مقایسه داده‌های میانگین سالانه و استاندارد برای ذرات معلق



نمودار ۸) تعداد روزهای آلوده به ذرات معلق در سال ۱۳۹۲

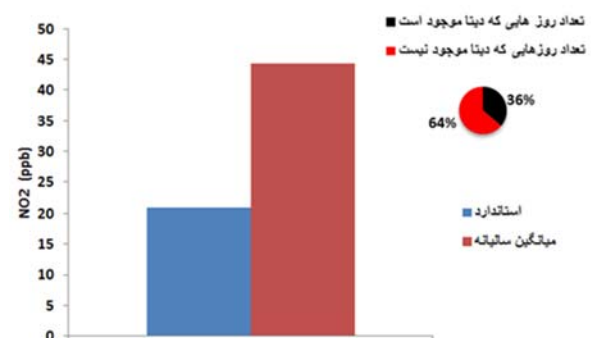
۳-۴- مونوکسید کربن

با توجه به نمودار ۹ مشاهده می‌گردد که میزان غلظت این آلاینده رابطه مستقیمی با میزان تردد خودروها دارد به گونه‌ای که در نیمه شب غلظت مونوکسید کربن کاهش پیدا کرده و در ساعات حدود ۶ صبح به بعد با شروع تردد خودروها سیر صعودی پیدا می‌کند و در ساعت حوالی ۱۰ صبح هم‌زمان با اوج ترافیک به بیشینه غلظت خود در هوا می‌رسد. در اواسط روز با کاهش تردها در ساعات ۱۲ ظهر تا ۱۶ کاهش یافته و بار دیگر با موج دوم ترافیک روزانه، تا حوالی ساعت ۲۱ افزایش می‌یابد و در اواخر شب سیر نزولی پیدا می‌کند.

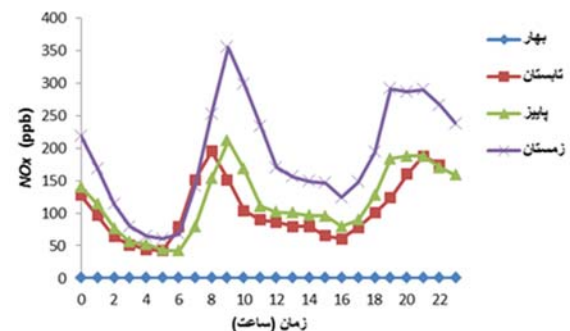
نمودار ۱۰ شاخص کیفیت هوا (AQI) برای مونوکسید کربن در مرداد ۱۳۹۲ نشان داده شده است که همان‌گونه که مشخص است در برخی روزها از حالت پاک فراتر رفته و وارد حالت سالم می‌گردد.

متوسط تغییرات دی‌اکسید نیتروژن در فصول و ساعات‌های مختلف در نمودار ۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشخص است نحوه تغییرات به لحاظ کلیت و کیفیت بسیار شبیه به مونوکسید نیتروژن می‌باشد. در نمودار ۴ مقایسه میانگین سالانه با استاندارد نیز حاکی از غیرمجاز بودن آلاینده دی‌اکسید نیتروژن می‌باشد.

ناکس همانند مونوکسید نیتروژن و دی‌اکسید نیتروژن به شدت تحت تأثیر نحوه تردد وسایل نقلیه در سطح شهر می‌باشد. به طوری که مطابق نمودار ۵ در نیمه شب غلظت ناکس کاهش پیدا کرده و در ساعات حدود ۶ صبح به بعد با شروع تردد خودروها سیر صعودی پیدا می‌کند و در ساعت حوالی ۱۰ صبح هم‌زمان با اوج ترافیک به بیشینه غلظت خود در هوا می‌رسد. در اواسط روز با کاهش تردها در ساعاتی قبل از ۱۲ ظهر تا ۱۶ کاهش یافته و بار دیگر با موج دوم ترافیک روزانه، تا حوالی ساعت ۲۰ افزایش می‌یابد و در اواخر شب سیر نزولی پیدا می‌کند.



نمودار ۴) مقایسه داده‌های میانگین سالانه و استاندارد برای دی‌اکسید نیتروژن



نمودار ۵) میانگین ساعتی در فصول مختلف برای ناکس

۳-۳- ذرات معلق

با توجه به الگوهای تغییرات روزانه، ذرات معلق با قطر هیدرولیکی کمتر از ۲/۵ میکرومتر که در نمودار ۶ نشان داده شده است، وسایل نقلیه مهم‌ترین منبع انتشار این آلاینده می‌باشد. مقدار این آلاینده از نیمه شب تا حدود ساعت ۶ صبح به طور پیوسته افت می‌کند و بعد از آن با شروع تردها افزایش می‌یابد و در حوالی ظهر با کاهش تردها بار دیگر افت کرده و سپس در ساعت تعطیلی مدارس و ادارات مجدد افزایش می‌یابد و حدود ساعت ۲۰ شب با شروع بار ترافیکی پیوسته افزایش می‌یابد.

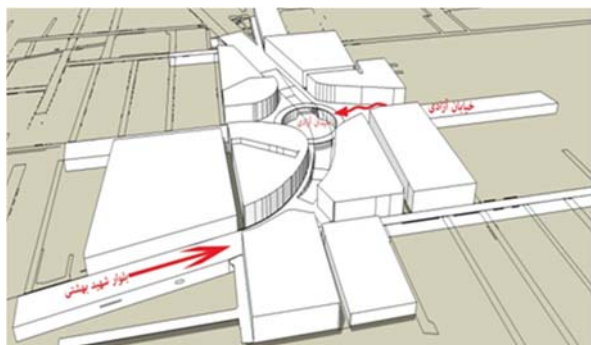
ذرات معلق دارای استانداردهای سالانه و ۲۴ ساعته هستند. نمودار ۷ بیانگر اختلاف قابل توجه میانگین سالانه PM2.5 با حد مجازی که از سوی استاندارد تعیین شده دارد، است. همچنین نمودار ۸ نشان

بیشتر بوده و لذا چراغ قرمز و توقف خودروها، افزایش میزان آلاینده‌ها را منجر خواهد شد.

در شکل ۲ جزئیات تلاقی این دو مسیر دقیق‌تر نشان داده شده است. لذا احداث یک زیرگذر در محل میدان آزادی باعث کاهش میزان توقف خودروها، روان‌شدن ترافیک و در نتیجه کاهش میزان آلاینده‌های مذکور خواهد شد که جزئیات زیرگذر طراحی شده به طور کامل در شکل‌های ۳ و ۴ نمایش داده شده است.



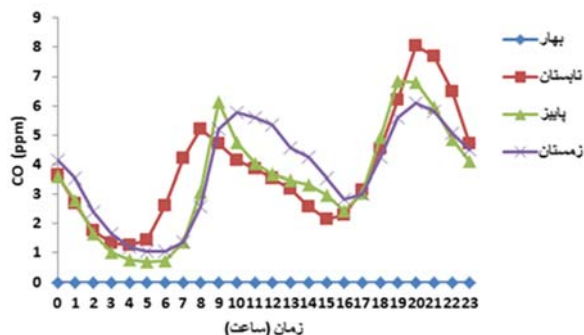
شکل ۲) نمایش کلی شهر ساوه و جزئیات تلاقی دو مسیر اصلی در میدان آزادی



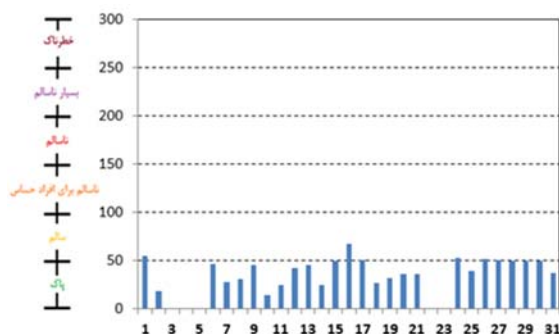
شکل ۳) نمای زیرگذر در میدان آزادی



شکل ۴) نمای زیرگذر از بلوار شهید بهشتی



نمودار ۹) میانگین ساعتی در فصول مختلف برای مونواکسید کربن



نمودار ۱۰) شاخص کیفیت هوا (AQI) برای مونواکسید کربن در مرداد سال ۱۳۹۲

۳-۵- تحلیل و بحث کلی

با توجه به تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌توان گفت شهر ساوه از نظر آلاینده مونواکسید کربن دچار مشکل نیست در حالی که وضعیت هوا در این شهر از نظر ذرات معلق $PM_{2.5}$ به هیچ عنوان شرایط مناسبی ندارد و همچنین در ۶ ماهه نخست سال از آلاینده ازن رنج می‌برد. غلظت اکسیدهای نیتروژن نظیر مونواکسید نیتروژن، دی‌اکسید نیتروژن و ناکس نیز با توجه به میانگین‌های سالانه و شاخص کیفیت هوا نگران‌کننده می‌باشد. با توجه به جهت باد غالب در محدوده شهر ساوه که این شهر را آنچنان در معرض آلاینده‌های منتشرشده از شهرک صنعتی کاوه قرار نمی‌دهد و چگونگی تاثیرگذاری وسایل نقلیه شهری بر اغلب آلاینده‌ها، نشان می‌دهد این بخش نقش مهمی در آلودگی هوای شهر ساوه ایفا می‌کند. در این صورت باید با تصحیح الگوی حمل و نقل، تصحیح معابر شهری و کاهش ترافیک از میزان آلودگی این شهر کاست. لازم به ذکر است که این موضوع بیانگر آن نیست که صنایع هیچ‌گونه نقشی در آلودگی شهرها ندارند و تنها برای تاکید بر این نکته است که سهم خودروها اگر بیشتر از صنایع نیست کمتر از آن نیز نمی‌تواند باشد. ضمناً توسعه صنعت بدون آلودگی امکان‌پذیر نیست و در تمامی کشورهای توسعه‌یافته صنایع همگی با آلودگی همراه‌اند و با حذف صنایع، مشکلی برطرف نخواهد شد.

۴- راهکارها و پیشنهادات جهت کنترل و کاهش آلودگی هوای شهر ساوه

در نتایج قسمت‌های قبل مشاهده شد میزان ذرات معلق $PM_{2.5}$ و میکرون و NO_x از میزان استاندارد بیشتر است که مشاهده نقشه شهر ساوه نیز مؤید این نکته است که محل نصب دستگاه سنجش آلودگی در میدان آزادی نقطه اتصال مسیر پرتدد داخل شهر ساوه است. نتایج تحلیل نیز نشان داد که تولید آلودگی در حالت ایستا

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله بررسی تجربی وضعیت فعلی آلودگی هوای شهر ساوه و همچنین راهکارهای کاهش آن مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. در ابتدا وضعیت تغییرات ساعتی آلاینده‌های مختلف در طول فصول مختلف در سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۴ شامل ازن، مونواکسید نیتروژن، دی‌اکسید نیتروژن، ناکس، ذرات معلق و مونواکسید کربن اندازه‌گیری و تحلیل شده است.

نتایج نشان داد که اگرچه ساوه دارای صنایع مختلف و وسیعی می‌باشد اما عمده آلودگی هوا در این شهر ناشی از رفت و آمد خودروها در ساعات اوج عبور و مرور و پرتراфик می‌باشد. بنابراین علاوه بر راهکارهای کلی که برای تمامی شهرها مفید می‌باشد، در شهر ساوه ۲ راهکار مشخص شامل ۱- احداث یک زیرگذر در تقاطع میدان آزادی ۲- احداث کمربندی جهت مدیریت صحیح خودروهای سنگین به این شهر می‌باشد. هندسه و ویژگی‌های دقیق هر یک از راهکارها در متن مقاله به ذکر جزئیات مورد بحث و بررسی قرار گرفت.

تشکر و قدردانی: از کلیه عزیزانی که در انجام این پژوهش نویسندگان را یاری نمودند، سپاسگزاری می‌گردد.

تأییدیه اخلاقی: نویسندگان تأیید می‌کنند که تمامی نتایج ذکرشده در این مقاله صرفاً حاصل فعالیت‌های پژوهشی نویسندگان این مقاله می‌باشد.

تعارض منافع: نتایج این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافع ندارد.

سهم نویسندگان: سیدعلیرضا مصطفوی (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی (۴۰٪)؛ حامد صفی‌خانی (نویسنده دوم)، پژوهشگر اصلی (۳۰٪)؛ جاوید زمانی (نویسنده سوم)، پژوهشگر اصلی (۳۰٪)

منابع مالی: توسط دانشگاه اراک تأمین شده است.

منابع

- 1- Salvato JA, Nemerow NL, Agardy FJ. Environmental engineering and sanitation. 5th Edition. Hoboken: John Wiley & Sons; 2003.
- 2- World Health Organization. 7 million premature deaths annually linked to air pollution [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2014 [Cited 2015 May 10]. Available from: <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/>
- 3- US Environmental Protection Agency. Committed to protecting the natural environment [Internet]. Washington DC: EPA; Unknown Year [Cited 2015 May 10]. Available from: <https://www.epa.gov/>
- 4- Cobb N, Etzel RA. Unintentional carbon monoxide-related deaths in the United States, 1979 through 1988. JAMA. 1991;266(5):659-663.
- 5- Qin G, Meng Z. The expressions of protooncogenes and CYP1A in lungs of rats exposed to sulfur dioxide and benzo(a)pyrene. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 2006;45(1):36-43.
- 6- Bai J, Meng Z. Expression of apoptosis-related genes in livers from rats exposed to sulfur dioxide. Toxicology. 2005;216(2-3):253-260.
- 7- Meng Z, Liu Y. Cell morphological ultrastructural changes in various organs from mice exposed by inhalation to sulfur dioxide. Inhalation Toxicology. 2007;19(6-7):543-551.
- 8- Ghias-al-din M, Messdaghinia A, Shariat SM, Nazmara S. Analysis of air emissions from the chemical industry in

از دیگر عواملی که باعث افزایش میزان آلودگی در این نقطه خواهد شد ورود خودروهای سنگین به داخل شهر است که میزان آلودگی در داخل شهر و همچنین پشت همین چراغ قرمز افزایش داده و لذا ممنوعیت ورود این خودروها به داخل شهر ساوه ضروری است و قطعاً باعث کاهش میزان آلودگی خواهد شد. لذا احداث جاده کمربندی جدید در این شهر نیز در کنار ممنوعیت ورود خودروهای سنگین باید هر چه سریع‌تر مد نظر قرار گیرد. شکل ۵ مسیر پیشنهادی کمربندی مذکور در شهر ساوه را نشان می‌دهد.



شکل ۵) مسیر پیشنهادی کمربندی در شهر ساوه

علاوه بر ۲ مصداق مشخص جهت کاهش آلودگی هوای شهر ساوه که ذکر گردید برخی راهکارهای کلی نیز می‌تواند بدین ترتیب معرفی گردد:

- اصلاح فرم و ساختار شهری و رشد هوشمند شهری شامل پرهیز از تراکم جمعیت در مراکز شهرها، پخش امکانات و توزیع خدمات شهری برای کاهش تردها
- استفاده از معماری سبز برای کاستن از اثرات سوء آلاینده‌ها بر انسان‌ها در فضای بسته
- اعمال فاکتور میزان آلودگی هوا در قیمت‌گذاری اماکن برای کنترل تراکم جمعیت و به تبع آن تمرکز آلودگی
- ایجاد امکانات و مشاغل متناسب در روستاهای اطراف برای جلوگیری از کوچ خانوارها به شهر و دامن‌زدن به تراکم جمعیتی
- توجه به معضل ترافیک و روان‌سازی ترافیک با اتخاذ راهبردهای مناسب از قبیل عریض‌سازی خیابان‌های بافت قدیم، احداث تقاطع‌های غیرهم‌سطح، اجرای طرح‌های ترافیکی، احداث پل‌های عابر پیاده
- حمایت از انبوه‌سازی خودروهای هیبریدی
- گازسوزکردن خودروها مطابق با استانداردهای مناسب
- توجه و سرمایه‌گذاری ویژه در بخش حمل و نقل عمومی و احداث خطوط ویژه، اتوبوس‌های سریع السیر، مترو و تاکسیرانی
- فرهنگ‌سازی استفاده از سیستم حمل و نقل شهری، دوچرخه و پیاده‌روی
- حمایت و توسعه از بانکداری و تجارت الکترونیک مطابق الگوهای موفق برای کاهش تردها

Medical Sciences. 2011;21(84):72-79. [Persian]

19- Wallace L. Correlations of personal exposure to particles with outdoor air measurements: a review of recent studies. *Aerosol Science and Technology*. 2000;32(1):15-25.

20- [No authors listed]. WHO's global air- quality guidelines. *Lancet*. 2006;368(9544):1302.

21- Zalghi E, Godarzi GR, Saki A. Quantification of respiratory and cardiovascular deaths attributable to PM10 in the air of Ahwaz (in 2009-10) using AIR Q model. 6th National Conference on Air and Sound Pollution Management; 2018 Jun 23-24; Clean Air Science Association; Tehran; Iran. [Persian]

22- Al-Khashman . Determ ination of metal accumulation in deposited street dusts in Amman, Jordan. *Environmental Geochemistry and Health*. 2007;29(1):1-10.

23- Yongming H, Peixuan D, Junj C, Posmentier ES. Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban Dusts of Xi'an, Central China. *The Science of the Total Environment*. 2006;355(1-3):176-186.

24- Shariepour Z, Aliakbari Bidokhti AA. Investigation of surface ozone over Tehran for 2008-2011. *Journal of the Earth and Space Physics*. 2013;39(3):191-206. [Persian]

25- Heinsohn RJ, Kabel RL. Sources and control of air pollution. New Jersey: Prentice Hall; 1999.

26- Goudarzi G, Naddaf K, Mesdaghinia AR. Quantifying the health effects of air pollution in Tehran and determines the third axis of the comprehensive plan to reduce air pollution in Tehran [Dissertation]. Tehran: Tehran University of Medical Sciences; 2009. [Persian]

27- Lende R, Huygen C, Jansen-Koster EJ, Knijpstra S, Peset R, Visser BF, et al. A temporary decrease in the ventilatory function of an urban population during an acute increase in air pollution. *Bulletin De Physio-Pathologie Respiratoire*. 1975;11(1):31-34.

28- Barros N, Borrego C, Toll I, Soriano C, Jiménez P, Baldasano JM. Urban photochemical pollution in the Iberian Peninsula: Lisbon and Barcelona airshed. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 2003;53(3):347-359.

The Tehran City. *Hakim Medical Journal*. 2001;1(4):69-76. [Persian]

9- Pope CA 3rd, Burnett RT, Thurston GD, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Godleski JJ. Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution, epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation*. 2004;109(1):71-77.

10- Matsumoto Y, Ide F, Kishi R, Akutagawa T, Sakai S, Nakamura M, Ishikawa T, et al. Aryl hydrocarbon receptor plays a significant role in mediating airborne particulate-induced carcinogenesis in mice. *Environmental Science & Technology*. 2007;41(10):3775-3780.

11- Hwang SS, Lee JH, Jung GW, Lim JH, Kwon HJ. [Spatial analysis of air pollution and lung cancer incidence and mortality in 7 metropolitan cities in Korea]. *Journal of Preventive Medicine & Public Health*. 2007;40(3):233-238. [Korean]

12- Soll-Johanning H, Bach E, Olsen JH, Tüchsen F. Cancer incidence in urban bus drivers and tramway employees: a retrospective cohort study. *Occupational and Environmental Medicine*. 1998;55(9):594-598.

13- Berndt H. [Air pollution and cancer]. *Archives Geschwulstforsch*. 1977;47(3):259-271. [German]

14- Kariman N, Araban M, Majd HA, Ahmadi M, Motesaddi Zarandi S. The relationship of the air pollutants sulfur dioxide in term infants with low birth weight in pregnant women admitted to hospitals in Tehran. *Journal of School of Nursing and Midwifery Shahid Beheshti University*. 2008;18(60)22-28. [Persian]

15- Hafez AS, Fahim HI, Badawy HA. Socioenvironmental predictors of abortion and stillbirths in an industrial community in Egypt. *Journal of the Egyptian Public Health Association*. 2001;76(1-2):1-16.

16- Peavy HS, Rowe DR, Tchobanoglous G. *Environmental engineering*. New York: McGraw-Hill; 1985.

17- United States. Division of Air Pollution. The effects of air pollution. Washington D.C: Public Health Service; 1966.

18- Mohammadian M, Sojodi L, Ètemadinejad S. Survey of concentrations of PM2.5 indoor and outdoor of shops in Sari City Centre. *Journal Of Mazandaran University of*