

ارزیابی آلاینده های هوا و تعیین شاخص کیفیت هوا در شهر زاهدان

فریده عتابی^{۱*}

far-atabi@jamejam.net

محمد عرفانی^۲

ادریس بذرافشان^۳

تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۹/۲۹

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۱۰

چکیده

زمینه و هدف: مسئله آلودگی هوا یکی از مهم ترین چالش های زیست محیطی کشور است. در شهر زاهدان بطور متوسط ۷۰ روز از سال توأم با گرد و خاک است. هدف از انجام این تحقیق ارزیابی میزان غلظت آلاینده های هوا و شاخص کیفیت هوا در شهر زاهدان بوده است.

روش بررسی: در این تحقیق پس از انجام مطالعات در خصوص وضعیت اقلیمی و جغرافیایی شهر زاهدان تعداد چهار ایستگاه جهت اندازه گیری آلاینده های $PM_{2.5}$ ، PM_{10} ، SO_2 ، O_3 ، NO_2 و CO در نظر گرفته شد و در هر ماه به مدت ۳ روز اندازه گیری آلاینده های هوا بمدت یکسال صورت گرفت و گلباد هر فصل نیز با استفاده از نرم افزار Word Lap و Saba Wind تهیه شد. سپس با استفاده از شاخص کیفیت هوا (AQI) کیفیت بهداشتی هر آلاینده در محیط GIS برای شهر زاهدان تعیین گردید.

یافته ها: با توجه به مقادیر AQI در شهر زاهدان برای کلیه فصول سال ۱۳۸۸ آلاینده مسئول $PM_{2.5}$ بوده است که مقادیر آن در فصل بهار ۱۸۵، در تابستان ۲۰۱، در پاییز ۱۶۸ و در زمستان ۲۰۸ بدست آمد.

نتیجه گیری: اندازه گیری های صورت گرفته نشان داد آلاینده مسئول در سال ۱۳۸۸ در شهر زاهدان $PM_{2.5}$ بوده که شامل ۲۰۸ روز کیفیت هوای غیربهداشتی برای کلیه افراد، ۹۵ روز کیفیت هوای غیربهداشتی برای افراد حساس، ۳۳ روز کیفیت هوای مخاطره آمیز، ۲۶ روز کیفیت هوای غیربهداشتی و ۴ روز هوا با کیفیت متوسط برای شهروندان زاهدان بوده است.

واژه های کلیدی: آلاینده های هوا، شاخص کیفیت هوا (AQI)، شهرزاهدان، $PM_{2.5}$

*۱- (مسئول مکاتبات): دانشیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- کارشناس ارشد آلودگی های محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳- استادیار و عضو مرکز تحقیقات ارتقاء سلامت زاهدان، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی، زاهدان، ایران.

Assessment of Air Pollutants and Determination of Air Quality Index in Zahedan

Farideh Atabi^{1*}

far-atabi@jamejam.net

Mohammad Erfani²

Edris Bazrafshan³

Abstract

Background and Objective: Air pollution issue is one of the most important environmental challenges in any country. In Zahedan, moderately, the air in 70 days of the year is polluted by dust. The goal of this study was assessment of air pollutants' concentrations and determination of AQI in the city of Zahedan.

Method: In this study, after performing the primary studies concerning the climatic and geographical conditions of Zahedan, four stations were selected for air pollutants (PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, O₃, NO₂, CO, NO) monitoring. The measurement process was performed monthly during one year (three days per month) and the monthly wind rose in the city was prepared by Word Lop and Saba Wind software. Then considering the Air Quality Index (AQI), and by using GIS software, 96 maps were prepared and the health quality of air pollutants was determined.

Results: Considering the AQI in Zahedan City, the responsible pollutant was PM_{2.5} for all season in 2009. Its value in spring was 185, in summer was 201, in fall was 168 and in winter was 208

Conclusion: The results of this research showed that the main responsible pollutant during the year 2009 in Zahedan was PM_{2.5}. Also during this year, air quality for 208 days was unhealthy for all people, 95 days was unhealthy for the sensitive people, 33 days was in hazardous condition, 16 days was unhealthy and 4 days was moderate for all citizens of Zahedan city.

Keywords: Air Pollutants, Air Quality Index (AQI), Zahedan City, PM_{2.5}.

1-Associate Prof., Department of Environmental Engineering, Graduate School of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. * (*Corresponding Author*)

2- M.Sc. in Environmental Pollutants, Graduate School of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

3- Assistant Professor, Health Promotion Research Center, Zahedan University of Medical Science, Zahedan, Iran.

مقدمه

گرفته است (۱۵ و ۱۶). شاخص کیفیت هوا (AQI^۱) جدیدترین روش ارزیابی کیفیت هوای تنفسی در جوامع شهری است (۱۷). بر همین اساس تحقیقی با عنوان ارزیابی آلودگی هوا با استفاده از شاخص کیفیت هوا از سال ۲۰۰۵-۱۹۸۵ در مناطق مختلف شهری و روستایی جنوب غربی کشور آلمان توسط هلموت مایر و همکارانش صورت پذیرفت. در این تحقیق کیفیت هوا در شش کلاس پایداری بیان گردیده است (۱۸). همچنین تحقیقی در خصوص بررسی آلودگی هوای شهر تهران با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و ماهواره ای توسط محمد سهرابی نیا و همکارانش در سال ۲۰۰۷ با استفاده از تصاویر ماهواره Modis برای مجموع آلاینده های هوای شهر تهران صورت پذیرفت (۱۹). همچنین تحقیق دیگری با عنوان اندازه گیری کیفیت هوا با استفاده از شاخص کیفیت هوا در شهر ناپل ایتالیا در طول سالهای ۲۰۰۲-۲۰۰۱ صورت پذیرفت که این شاخص بیانگر اثرات آلودگی هوا بر سلامت انسان است (۲۰). شهر زاهدان دارای جمعیتی بالغ بر ۸۰۰ هزار نفر بوده و مرکز استان می باشد. همچنین با توسعه روزافزون تعداد خودروها و کارگاههای آن و خشکسالی های دهه اخیر، تعداد روزهایی با غلظت بالای ذرات معلق به ۷۰ روز در سال رسیده است (۱۳). اما تاکنون تحقیقی در رابطه با میزان آلاینده های هوا و شاخص کیفیت هوا در شهر زاهدان صورت نپذیرفته و لذا برای اولین بار این تحقیق در خصوص کیفیت هوای شهر زاهدان صورت گرفته است. در این تحقیق طی یک دوره یکساله، آلاینده های هوای شهر زاهدان شامل $PM_{2.5}$ ، PM_{10} ، SO_2 ، O_3 ، NO_2 و CO در چهار ایستگاه سنجش اندازه گیری شد و سپس با استفاده از شاخص AQI در محیط GIS، آلاینده مسئول و کیفیت هوا در شهر زاهدان تعیین گردید.

مشخصات جغرافیایی و اقلیمی و منابع آلاینده هوا در شهر زاهدان

شهر زاهدان در سال ۱۳۸۵ وسعتی در حدود ۷ هزار هکتار داشته و از جمعیتی در حدود ۶۸۱۴۶۰ نفر برخوردار بوده است. این شهر از نظر اقلیمی در قسمت کاملاً خشک کشور قرار گرفته و میانگین درجه حرارت سالیانه آن ۱۲/۶ درجه سانتیگراد می باشد. رطوبت نسبی سالانه در شهر زاهدان ۳۴/۸۵ درصد است (۲۱). میانگین بارندگی سالانه زاهدان در ۱۳۸۵-۱۳۳۰ حدود ۶۷/۶۴ میلی متر، حداکثر بارندگی سالانه ۱۵۵ میلی متر و حداقل آن ۲۳ میلی متر می باشد (۲۲). اطراف شهر زاهدان را رشته کوه های متعدد احاطه کرده اند. بطور کلی از نظر کارکردهای اقلیمی زاهدان دارای یک اقلیم بسیار خشک و گرم با زمستان های معتدل است و از ویژگی های اصلی آن باید به بارش کم، رگباری و کوتاه بودن مدت بارش، دمای بالا و گرمی هوا، کمی رطوبت و وزش بادهای غبارآلود اشاره کرد، که همگی شرایط تشکیل چشم انداز بیابانی و اراضی فاقد پوشش گیاهی را برای ناحیه بوجود آورده اند (۲۱).

حال بجز آلودگی ذرات معلق ناشی از حاشیه شهر زاهدان می توان به منابع آلوده کننده ثابت شامل شهرک صنعتی کامبوزیا و شهرک صنعتی جاده

فعالیت های مختلف بشری سهم متفاوتی در آلودگی هوا دارا می باشد که در بین منابع آلوده کننده ی هوا، بخش حمل و نقل منشاء اصلی آلودگی هوا محسوب می شود (۱). یکی از مشکلات آلودگی هوا، افزایش میزان نرخ آلاینده های هوا می باشد. اثرات سوء آلودگی هوا بر کودکان نسبت به بزرگسالان بیشتر است و علت این امر آن است که ۸۰ درصد کیسه های هوایی کودکان بصورت POSTNATAL می باشد که در سن ۸-۶ سالگی به تکامل می رسد (۳ و ۲). در طی چند دهه گذشته بسیاری از مطالعات اپیدمیولوژیکی بر ارتباط بین آلودگی هوا و افزایش مرگ و میر صحنه گذاشته است (۴). تغییر اقلیم یک مخاطره زیست محیطی است که در مقیاس جهانی عمل نموده و بسیاری از جوامع را تحت تاثیر خود قرار می دهد و بنا براین ممکن است باعث بروز بزرگترین معضلات بهداشتی در این دوران گردد (۵). تغییرات آب و هوایی بر برخی از اساسی ترین عناصر تعیین کننده بهداشت محیط نظیر هوا، غذا و آب تاثیرات بسیار نامطلوبی برجای می گذارد. گرم شدن سیاره زمین تدریجی بوده، اما افزایش فراوانی بروز رویدادهایی نظیر طوفانها، خشکسالی و سیلاب شدید خواهند بود و نتایج آن بسیار نگران کننده است (۶). آلودگی هوا سالانه منجر به تحمیل هزینه های بسیاری به جامعه به صورت مستقیم و غیر مستقیم برای حفظ بهداشت و درمان بیماری های ناشی از آلودگی هوا و از کارافتادگی بیماران می شود (۷). بسیاری از بیماری های مسری و عفونی بصورت ذاتی با آب و هوا ارتباط دارند و این امکان وجود دارد که با توجه به پارامترهای اقلیمی به عنوان شاخصهای پیش بینی کننده، بتوان وقوع این بیماریها را پیش بینی نمود (۸). با توجه به تاثیر تغییرات اقلیمی بر روی سلامت جوامع، این موضوع نه تنها مورد توجه متخصصان بهداشت می باشد، بلکه در کانون توجه اقلیم شناسان نیز قرار دارد و آنها تلاش می کنند با پیش بینی روند تغییرات عناصر آب و هوایی، اثرات آن را در سلامت جوامع بشری در آینده ارزیابی نمایند (۹). آلودگی هوای شهرهای بزرگ یکی از مشکلات عمده زیست محیطی است که پیامدهای خطرناکی بر روی سلامت انسانها، گیاهان، جانوران و حتی بناها و ساختمانها دارد (۱۰ و ۱۱). نتایج مطالعات اپیدمیولوژیکی متعدد نشان داده است که اثرات بالقوه آلودگی هوا بر سلامت انسان شامل افزایش مرگ و میر، مراجعه به بیمارستان، افزایش تغییرات در عملکرد دستگاههای مختلف بدن، بالاخص تنفسی، قلبی عروقی می باشد (۱۲). پدیده گرد و غبار یکی از عوامل منفی در آسایش، سلامت انسان، حمل و نقل، آلودگی هوا، پوشش گیاهی، رسوب مواد، جذب گردشگر و بطور کلی توسعه جوامع انسانی محسوب می گردد (۱۳). همراه با این پدیده بسیاری از فعالیتهای انسانی و سلامت بشر تحت تاثیر قرار گرفته است. مخاطره آمیز بودن این پدیده بر روی سلامت انسان، بهداشت محیط و توسعه و پیشرفت جامعه تاثیر گذار می باشد (۱۴). با توجه به افزایش فراوانی طوفانهای گردوغباری در سالهای اخیر، اثرات بهداشتی ذرات حاصل از گردوغبار موضوعی است که در سطح جهان بسیار مورد توجه قرار

می دهد. همانگونه که مشاهده می گردد، به طور کلی باد غالب سالانه در شهر زاهدان بادهای شمالی بخصوص شمال غربی است، بادهای درجه دوم سالانه نیز بادهای جنوب غربی هستند.

میرجاوه، پمپ بنزین ها، نانوائی ها، خشکشویی ها، منابع متحرک شامل خودرو ها نیز اشاره نمود. در شکل (۱) موقعیت جغرافیایی شهر زاهدان نشان داده شده است. همچنین شکل (۲) گلباد شهر زاهدان را در سال ۱۳۸۸ نشان



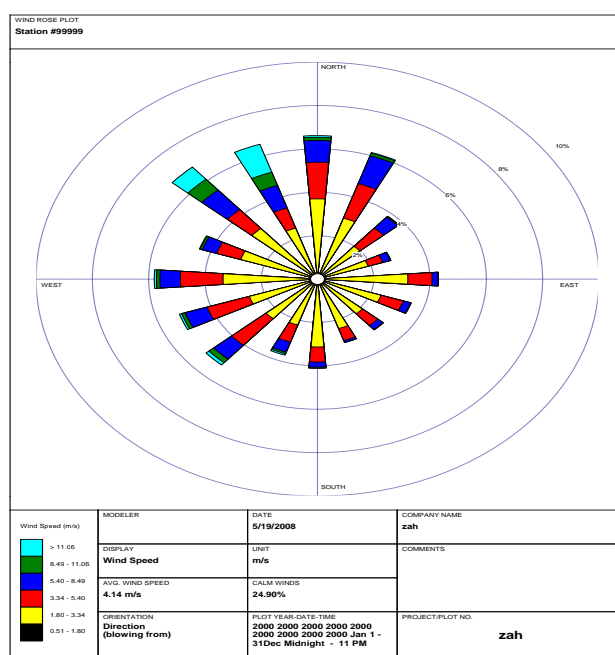
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهر زاهدان (۲۲)

Figure 1- Geographical location of Zahedan (22)

روش بررسی

استفاده از دستگاه BABUC میزان غلظت آلاینده های گازی شامل CO، NO₂، SO₂ و O₃ در طول چهار فصل سال و در هر ماه به مدت سه روز در ایستگاههای تعیین شده شامل ایستگاههای دانشگاه، بهداشت، کوثر و آزادی اندازه گیری گردید. سپس با استفاده از نقشه های رقومی شهر زاهدان با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ میزان تغییرات آلاینده های فوق در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS نمایش داده شده و نمودارهای مربوطه، در محیط Excel طراحی گردید. سپس تجزیه و تحلیل

پس از انجام مطالعات جامع در خصوص وضعیت اقلیمی و جغرافیایی شهر زاهدان و تهیه نقشه های رقومی ۱:۱۰۰۰۰ شهر زاهدان، تعداد چهار ایستگاه اندازه گیری در سطح شهر با در نظر گرفتن مناطق مسکونی، تجاری، درمانی، صنعتی، ترافیکی، ورودی شهر و فضای سبز تعیین گردید. سپس با استفاده از دستگاههای TSI میزان غلظت ذرات معلق شامل PM₁₀، PM_{2.5} و با های فوق در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS نمایش داده شده و نمودارهای مربوطه، در محیط Excel طراحی گردید. سپس تجزیه و تحلیل



شکل ۲ - گلباد شهر زاهدان در سال ۱۳۸۸

Figure 2- Windrose of Zahedan in 2009

۱- دستگاه سنجش ذرات معلق در هوای محیط:

معلق را در محیط اندازه گیری می کند. مشخصات این دستگاه به شرح جدول (۱) می باشد.

به منظور سنجش ذرات معلق $PM_{2.5}$ و PM_{10} از دستگاه DUSTTRAK ۸۵۲۰ استفاده شده است. این دستگاه سیار بوده و ذرات

جدول ۱- مشخصات دستگاه ۸۵۲۰ DUSTTRAK برای سنجش ذرات

Table 1-Characteristics of DUSTTRAK 8520 for measuring Particles

نام دستگاه	آلاینده مورد سنجش	محدوده اندازه گیری	قدرت تفکیک	کشور سازنده
DUSTTRAK8520	$PM_{10}, PM_{2.5}$	$0.001 - 100 (mg/m^3)$	$\pm 0.001 (mg/m^3)$	آمریکا

۲- دستگاه سنجش گازها در هوای محیط:

آلاینده ها در مناطق اطراف خود باشد، لحاظ گردیده است. امنیت و ایمنی تجهیزات، ایمنی پرسنل، دسترسی به تأسیسات برق و سایر تجهیزات مورد نیاز نیز از جمله مواردی هستند که در این استاندارد در نظر گرفته شده اند. لذا براساس جدول (۳) با توجه به جمعیت ۶۸۱۴۶۰ نفری شهر زاهدان، تعداد چهار ایستگاه با در نظر گرفتن ضوابط استقرار ایستگاههای سنجش، در نقاط بلوار دانشگاه، بلوار بهداشت، میدان کوثر، خیابان آزادی جهت نمونه برداری از هوا در نظر گرفته شد. با توجه به نمودارها و جداول و تصاویر تهیه شده از سامانه اطلاعات مکانی (GIS) کیفیت هوای شهر زاهدان با استفاده از داده های اندازه گیری شده بدست آمده به صورت سه روز متوالی در هر ماه، مورد مقایسه قرار گرفته و با استفاده از مقادیر AQI کیفیت هوای شهر زاهدان در سال ۱۳۸۸ تعیین شد.

با استفاده از دستگاه BABUC/A گازهای NO_2 , SO_2 , O_3 و CO در محیط شهرزاهدان با استفاده از سنسورهای الکتروشیمیایی اندازه گیری گردید. مشخصات این دستگاه در جدول (۲) ارائه شده است.

۳- استراتژی انتخاب ایستگاههای سنجش و پرپود اندازه گیری:

استاندارد پیشنهادی جهت انتخاب ایستگاههای سنجش آلاینده های هوا، تلفیقی از استانداردهای کشورهای فرانسه و آمریکا می باشد. در این استاندارد معیارهای عمومی برای انواع ایستگاههای سنجش کیفیت هوای محیط از جمله: رعایت حداقل ۲۰ متر فاصله از فضای سبز، حداقل فاصله از موانع دو برابر ارتفاع مانع، عدم محدودیت جریان هوا در محدوده ۲۷۰ درجه اطراف ایستگاه، دور بودن از هرگونه منبع آلودگی نظیر دودکش و نظایر آن بطوریکه تا حد امکان مقادیر اندازه گیری شده در هر ایستگاه، نشانگر مقادیر

جدول ۲- مشخصات دستگاه BABUC/A برای سنجش گازها

Table 2- Characteristics of BABUC/A for measuring gases

نام دستگاه	آلاینده مورد سنجش	محدوده اندازه گیری (ppm)	قدرت تفکیک (ppm)	کشور سازنده
BABUC/A	CO	۰ - ۱۰۰۰	± 0.5	ایتالیا
	NO_2	۰ - ۲۰	± 0.1	
	SO_2	۰ - ۲۰	± 0.1	
	O_3	۰ - ۳	± 0.1	

جدول ۳- تعیین تعداد ایستگاههای مورد نیاز اندازه گیری آلاینده های هوا براساس جمعیت (۲۳)

Table 3- Determining the number of required air pollution monitoring stations based on population (23)

جمعیت بر حسب هزار نفر	بار آلودگی بیشتر از حد استاندارد		بار آلودگی در محدوده استاندارد	
	آلاینده هوا بجز PM _{2.5}	PM _{2.5}	آلاینده هوا بجز PM _{2.5}	PM _{2.5}
۰-۲۴۹	۱	۱	۱	۱
۲۵۰-۴۹۹	۲	۱	۱	۱
۵۰۰-۷۴۹	۲	۱	۱	۱
۷۵۰-۹۹۹	۳	۱	۱	۱
۱۰۰۰-۱۴۹۹	۴	۲	۲	۱
۱۵۰۰-۱۹۹۹	۵	۲	۲	۱
۲۰۰۰-۲۷۴۹	۶	۳	۳	۱
۲۷۵۰-۳۷۴۹	۷	۴	۳	۱
۳۷۵۰-۴۷۴۹	۸	۴	۴	۲
۴۷۵۰-۵۹۹۹	۹	۴	۴	۲
≥ ۶۰۰۰	۱۰	۵	۵	۲

ایستگاه های سنجش آلاینده های هوا بصورت تابعی از مقدار جمعیت و در جدول (۴) مختصات موقعیت ایستگاههای سنجش آلاینده های هوا در شهر زاهدان ارائه شده است. همچنین در جدول (۵) مقادیر AQI مشاهده می گردد.

سیس با تهیه نقشه های رقومی شهر زاهدان در مقیاس $\frac{1}{10000}$ و وارد نمودن اطلاعات مربوط به چهار ایستگاه سنجش آلاینده های هوا، تحلیل نتایج در محیط GIS صورت پذیرفت. در جدول (۳) روش تعیین تعداد

جدول ۴- موقعیت ایستگاه های اندازه گیری آلاینده های هوا در شهر زاهدان

Table 4- Locations of air pollution monitoring stations in Zahedan city

نام ایستگاه	دانشگاه	بهداشت	کوثر	آزادی
مختصات	۲۹° ۲۸' ۱۲"	۲۹° ۲۹' ۲/۵"	۲۹° ۳۰' ۲۷/۷"	۲۹° ۲۹' ۵۸/۵"
	۶۰° ۵۱' ۲۰/۳"	۶۰° ۵۰' ۳۷/۷"	۶۰° ۵۰' ۲۹/۶"	۶۰° ۵۲' ۱۸/۶"
نوع ایستگاه	مسکونی_آموزشی	مسکونی_درمانی	مسکونی_تجاری	مسکونی_ترافیکی

جدول ۵- مقادیر شاخص کیفیت هوا (AQI) (۱۶)

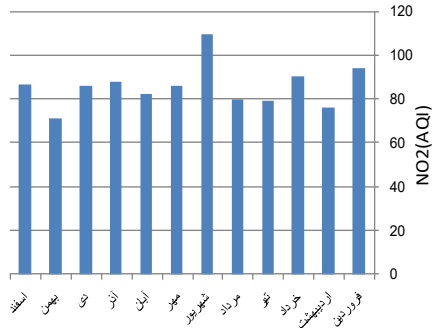
Table 5- Air Quality Index (16)

مرحله کیفی	AQI	شاخص بهداشتی	رنگ ویژه
۱	۰-۵۰	خوب	سبز
۲	۵۱-۱۰۰	متوسط	زرد
۳	۱۰۱-۱۵۰	غیربهداشتی برای افراد حساس	نارنجی
۴	۱۵۱-۲۰۰	غیربهداشتی برای کل افراد	قرمز
۵	۲۰۱-۳۰۰	کاملاً غیربهداشتی	زرشکی
۶	۳۰۱-۵۰۰	مخاطره آمیز	خرمائی

یافته ها

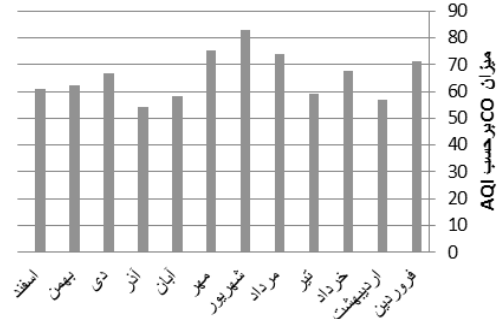
در طول سال ۱۳۸۸ در چهار ایستگاه سنجش در شهر زاهدان ، هر ماه سه روز ، به مدت یکسال تعداد ۶ آلاینده شامل PM_{25} ، PM_{10} ، SO_2 ، O_3 ، صورت گرفت.

در طول سال ۱۳۸۸ در چهار ایستگاه سنجش در شهر زاهدان ، هر ماه سه روز ، به مدت یکسال تعداد ۶ آلاینده شامل PM_{25} ، PM_{10} ، SO_2 ، O_3 ، صورت گرفت.



شکل ۴- میزان متوسط شاخص کیفیت هوا بر حسب NO_2 در ماههای مختلف سال ۱۳۸۸ در شهر زاهدان

Figure 4- Monthly average AQI for NO_2 in 2009

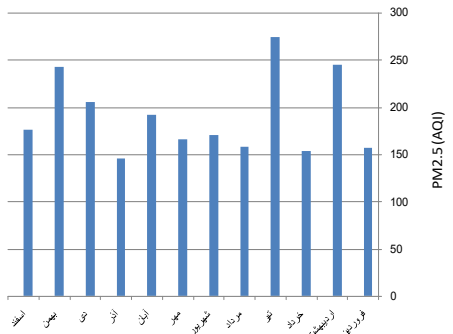


شکل ۳- میزان متوسط AQI بر حسب CO در ماههای مختلف سال ۱۳۸۸ در شهر زاهدان

Figure 3- Monthly average AQI for CO in 2009

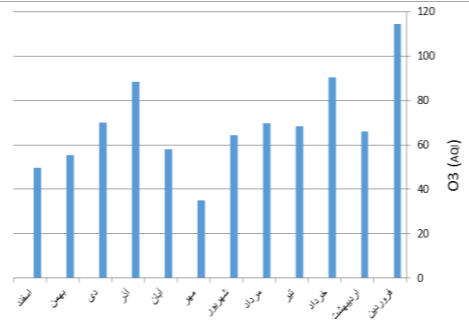
زاهدان، ۱۳۸۸ براساس اندازه گیری های انجام شده در چهار ایستگاه سنجش، و برای کلیه ماه های سال (هر ماه در ۳ روز متوالی) ارایه گردیده است.

کیفیت هوا در ماه های مختلف سال بر حسب نوع آلاینده در اشکال (۳) الی (۸) مقادیر متوسط شاخص کیفیت هوا (AQI) برای آلاینده های مختلف در طول سال در شهر



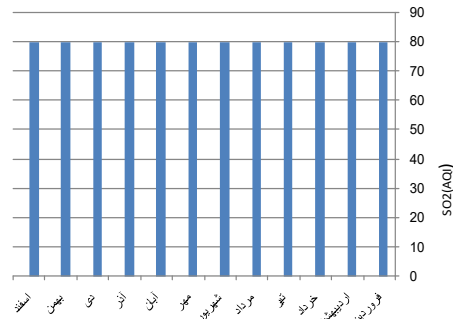
شکل ۶- میزان متوسط شاخص کیفیت هوا بر حسب $PM_{2.5}$ در ماه های مختلف سال ۱۳۸۸ برای شهر زاهدان

Figure 6- Monthly average AQI for $PM_{2.5}$ in 2009



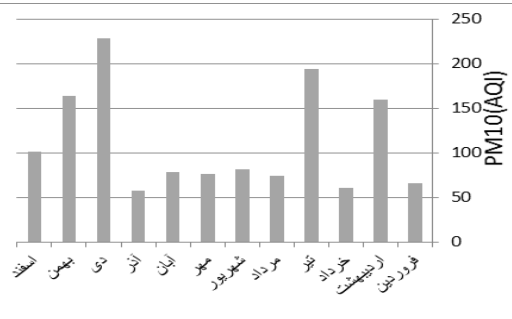
شکل ۵- میزان متوسط شاخص کیفیت هوا بر حسب در ماه های مختلف سال ۱۳۸۸ در شهر زاهدان O_3

Figure 5- Monthly average AQI for O_3 in 2009



شکل ۸- میزان متوسط شاخص کیفیت هوا بر حسب SO_2 در طول سال ۱۳۸۸ برای شهر زاهدان

Figure 8- Monthly average AQI for SO_2 in 2009



شکل ۷- میزان متوسط شاخص کیفیت هوا بر حسب PM_{10} در ماههای مختلف سال ۱۳۸۸ برای شهر زاهدان

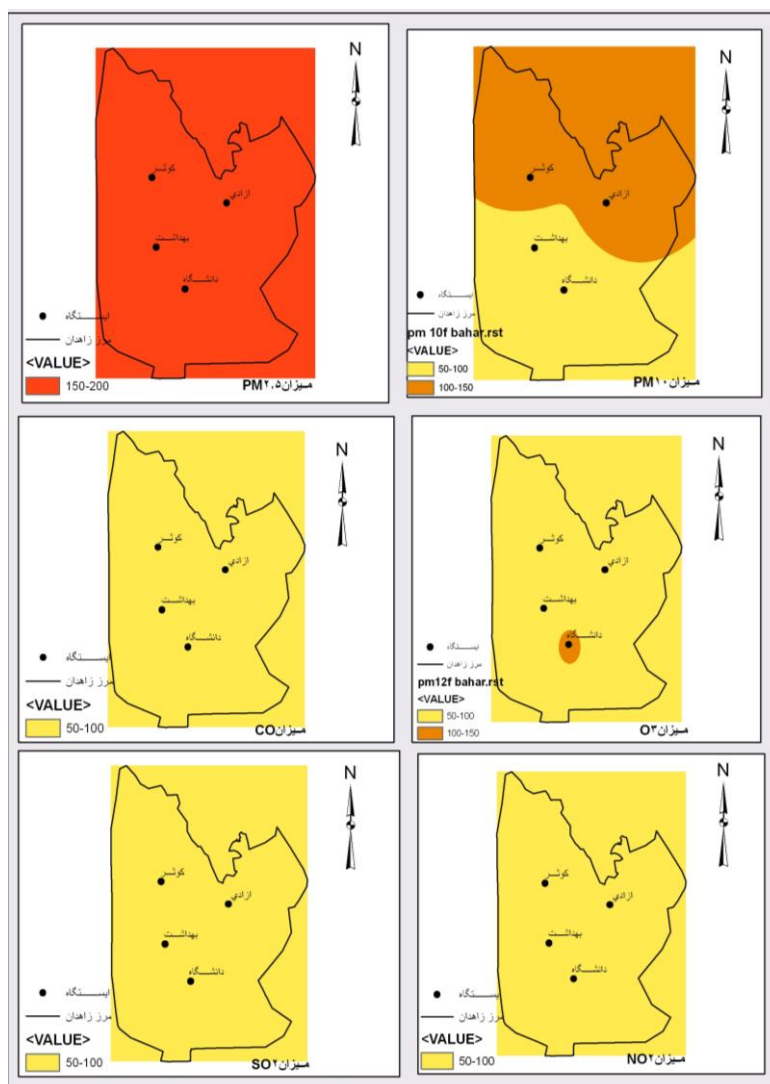
Figure 7- Monthly average AQI for PM_{10} in 2009

کیفیت هوا برای PM_{10} در ماههای اردیبهشت، تیر، دی و بهمن ماه در شرایط غیربهداشتی برای کلیه افراد می باشد و در سایر ماه ها میزان PM_{10} در حد استاندارد بوده و مشکلی بهداشتی جهت افراد بوجود نخواهد آورد. و همانگونه که در شکل (۸) مشاهده می گردد، شاخص کیفیت هوا بر حسب دی اکسید گوگرد در طول سال ۱۳۸۸ در شهر زاهدان در حد استاندارد بوده و هیچ گونه مخاطرات زیست محیطی جهت افراد جامعه ندارد.

۲- بررسی کیفیت هوای شهر زاهدان در فصل بهار سال ۱۳۸۸

با توجه به مقدار AQI در شهر زاهدان مطابق شکل (۹)، برای فصل بهار آلاینده مسئول $PM_{2.5}$ می باشد که نشانگر کیفیت هوای غیر بهداشتی و شرایط هشدار ($AQI=185$) برای کلیه افراد است که می بایست افراد بیمار و اطفال فعالیت خود را در این فصل محدود نمایند. سایر آلاینده ها مانند CO ، O_3 ، SO_2 و NO_2 در محدوده سلامت ($AQI < 100$) می باشند و فقط PM_{10} در سطح شمال شهر بصورت غیربهداشتی می باشد.

مطابق شکل (۳) میزان شاخص کیفیت هوا بر حسب CO ، در طول سال ۱۳۸۸ در حد استاندارد بوده و فقط افراد آژیرنی می بایست فعالیت خود را در مناطق پرتراфик محدود نمایند. طبق شکل (۴) شاخص کیفیت هوا بر حسب NO_2 در حد استاندارد بوده و مشکلی جهت افراد جامعه بوجود نخواهد آورد و فقط در شهریور ماه غیر بهداشتی برای افراد حساس می باشد. همچنین طبق شکل (۵) میزان شاخص کیفیت هوا بر حسب O_3 بجز فروردین ماه در حد پایین تر از استاندارد بوده و به لحاظ بهداشتی مشکلی برای افراد جامعه بوجود نخواهد آورد. بجز در فروردین ماه که می بایست افراد حساس فعالیت خارج از منزل را محدود نمایند. مطابق شکل (۶) میزان شاخص کیفیت هوا بر حسب $PM_{2.5}$ در طول سال ۱۳۸۸ در شهر زاهدان غیربهداشتی برای تمامی افراد بوده که می بایست افراد بیمار و سایر افراد از فعالیت طولانی مدت در خارج از خانه بخصوص بیماران قلبی - عروقی - تنفسی و بزرگسالان اجتناب کنند. همچنین طبق شکل (۷) میزان شاخص

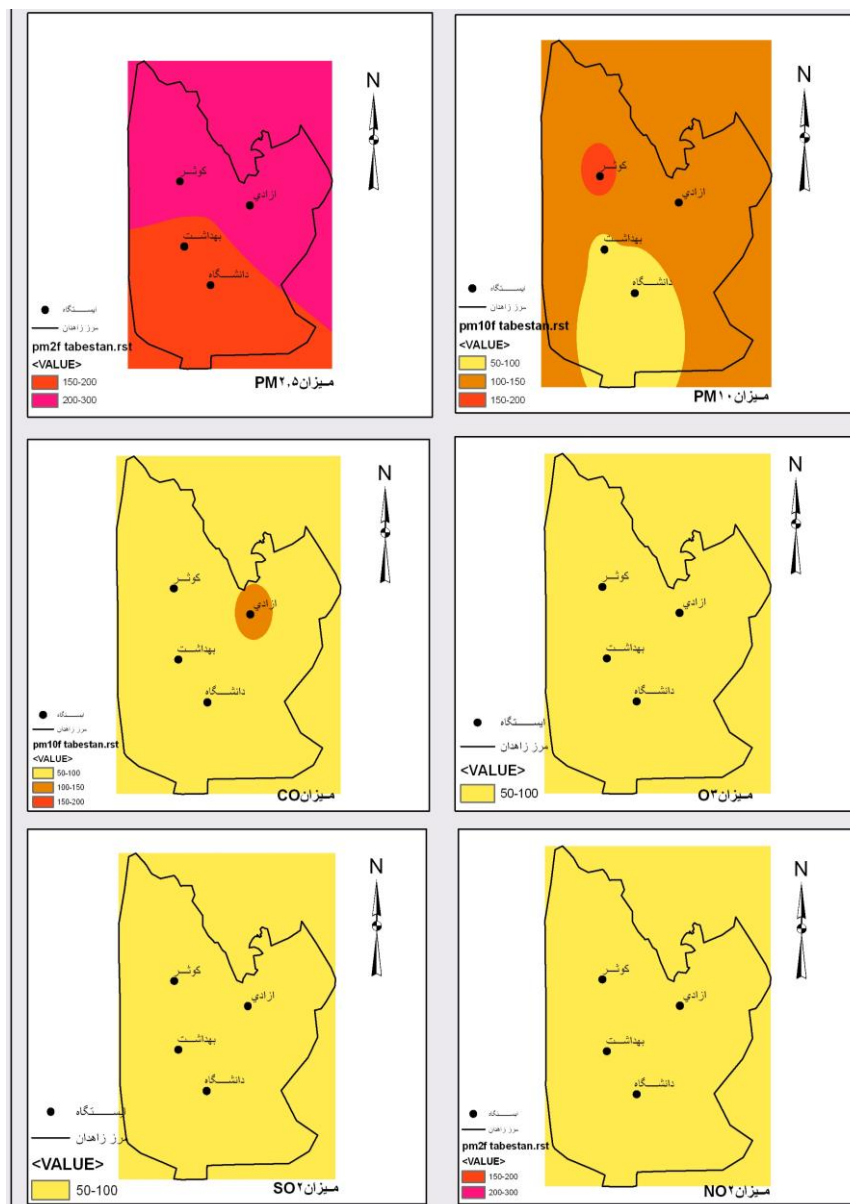


شکل ۹- بررسی میزان آلاینده های هوا شهر زاهدان در فصل بهار

Figure 9- Zahedan air pollutants' concentrations in spring season

لذا کلیه بیماران قلبی - عروقی - تنفسی، اطفال و بزرگسالان می بایست از بیرون رفتن از خانه اجتناب کنند. پس از آن ذرات PM_{10} در شرایط غیربهداشتی برای افراد حساس می باشد. سایر آلاینده ها مانند CO ، O_3 ، SO_2 و NO_2 در محدوده سلامت ($AQI < 100$) می باشند.

۳- بررسی کیفیت هوای شهر زاهدان در فصل تابستان سال ۱۳۸۸ با توجه به مقادیر AQI ، آلاینده مسئول برای فصل تابستان مطابق شکل (۱۰) در شهر زاهدان ، $PM_{2.5}$ می باشد که نشانگر کیفیت هوای کاملاً غیر بهداشتی ($AQI = 201$) بخصوص در مناطق شمالی شهر می باشد.

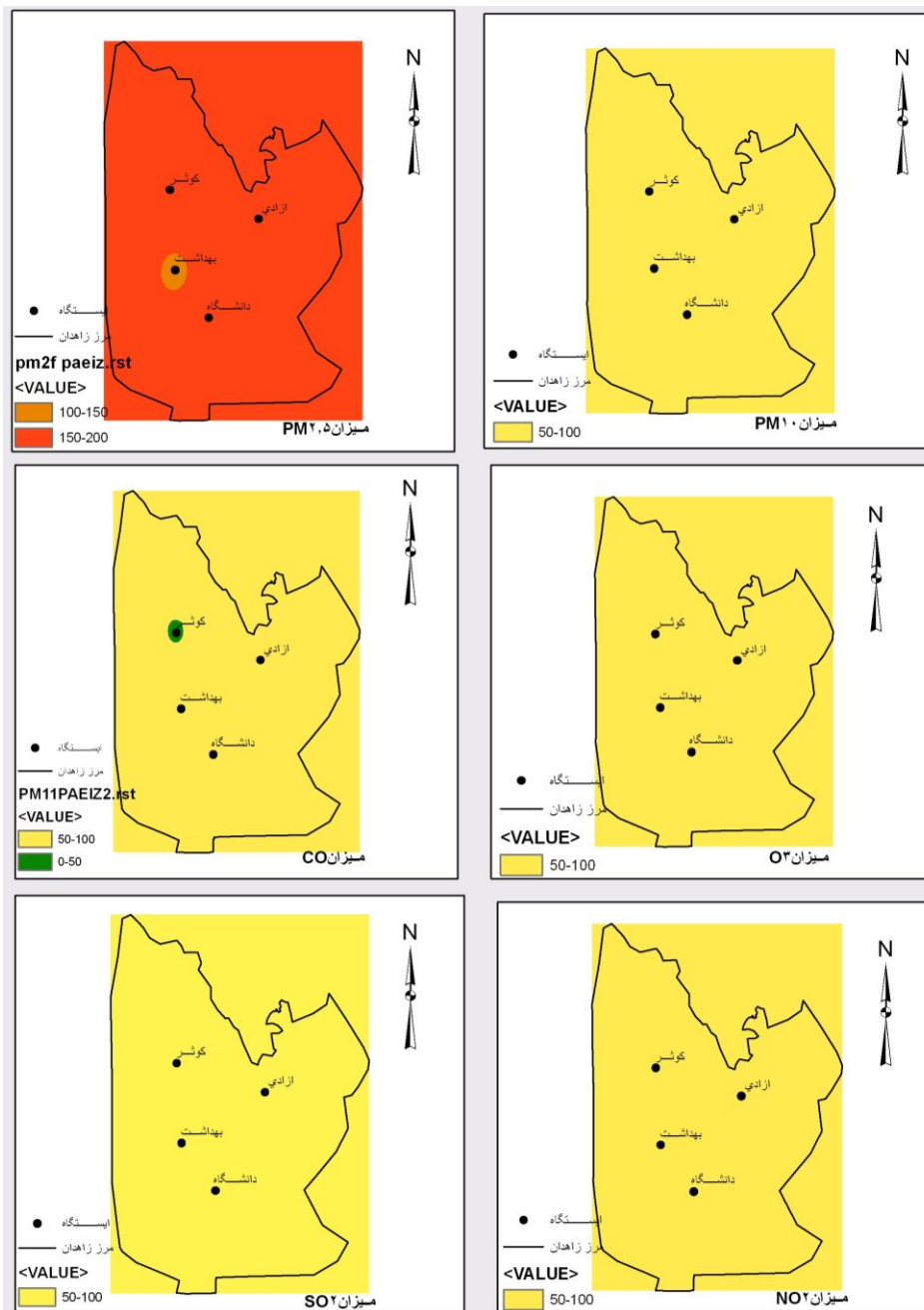


شکل ۱۰- بررسی میزان آلاینده های هوای شهر زاهدان در فصل تابستان

Figure 10- Zahedan air pollutants' concentrations in summer season

بهداشتی ($AQI = 168$) برای کلیه افراد می باشد و می بایست افراد بیمار و اطفال فعالیت خود را محدود نمایند. سایر آلاینده ها مانند CO ، O_3 ، SO_2 ، PM_{10} و NO_2 در محدوده سلامت ($AQI < 100$) می باشند.

۴- بررسی کیفیت هوای شهر زاهدان در فصل پاییز سال ۱۳۸۸ مطابق شکل (۱۱) با توجه به مقادیر AQI ، آلاینده مسئول در شهر زاهدان برای فصل پاییز $PM_{2.5}$ می باشد که نشانگر کیفیت هوای غیر

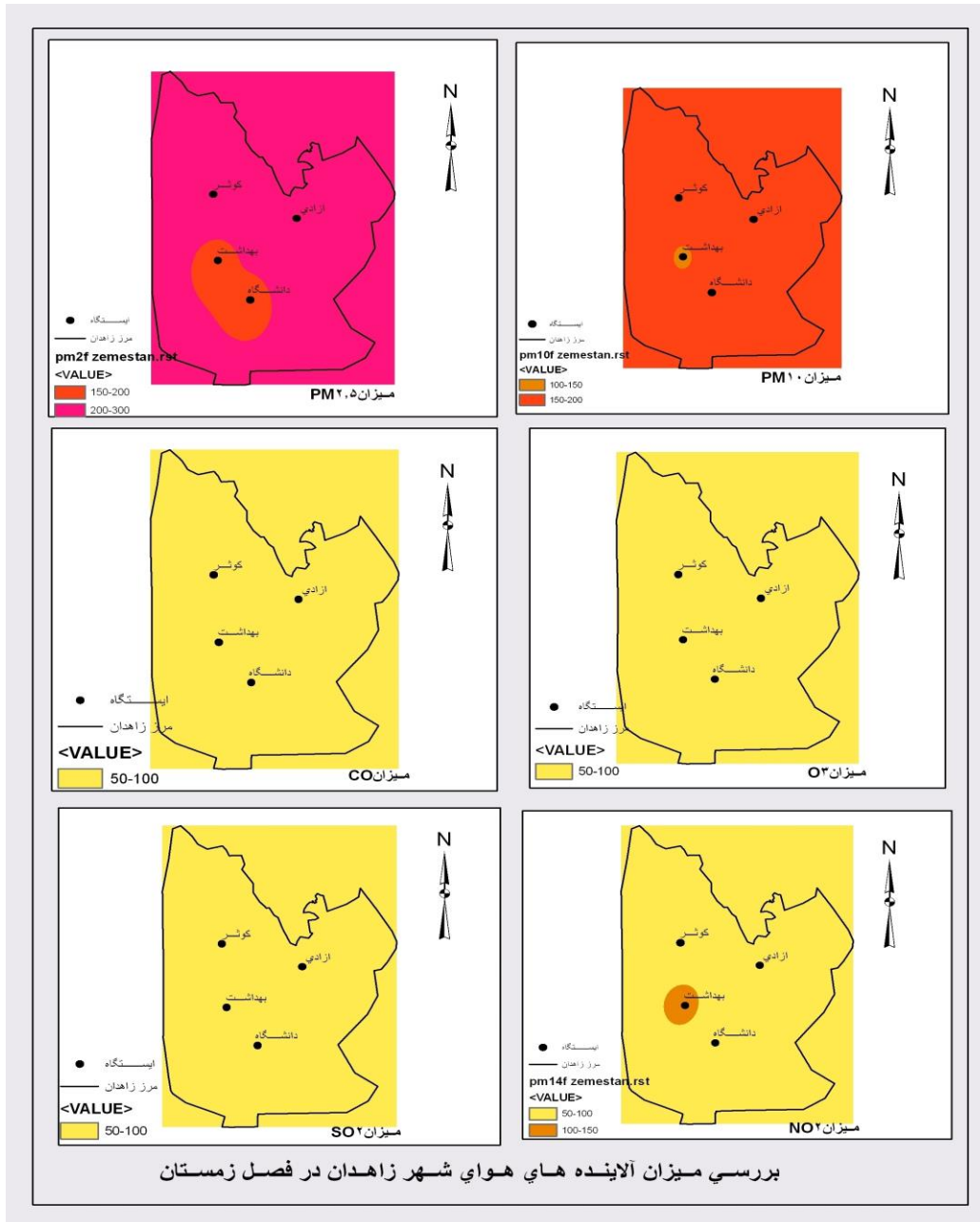


شکل ۱۱- بررسی میزان آلاینده های هوای شهر زاهدان در پاییز

Figure 11- Zahedan air pollutants' concentrations in fall season

اطفال و بزرگسالان می بایست از بیرون رفتن از خانه اجتناب کنند و پس از آن آلاینده PM_{10} در شرایط غیر بهداشتی ($AQI=165$) می باشد. سایر آلاینده ها مانند SO_2 ، O_3 ، NO_2 و CO در محدوده سلامت ($AQI=100$) می باشند.

۵- بررسی کیفیت هوای شهر زاهدان در فصل زمستان سال ۱۳۸۸ مطابق شکل (۱۲) با توجه به مقادیر AQI آلاینده مسئول در شهر زاهدان برای فصل زمستان $PM_{2.5}$ می باشد که نشانگر کیفیت هوای غیر بهداشتی ($AQI=208$) می باشد. لذا کلیه بیماران قلبی- عروقی- تنفسی،



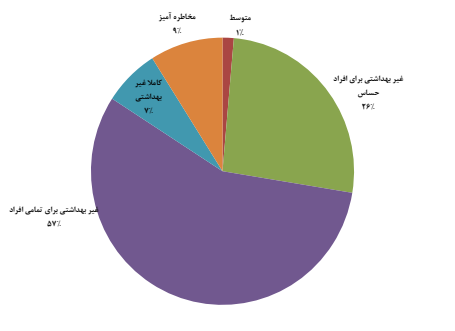
شکل ۱۲- بررسی میزان آلاینده های هوای شهر زاهدان در فصل زمستان

Figure 12- Zahedan air pollutants' concentrations in winter season

PM₁₀، SO₂، O₃، NO₂ و CO در اشکال (۱۳) الی (۱۸) ارائه شده است.

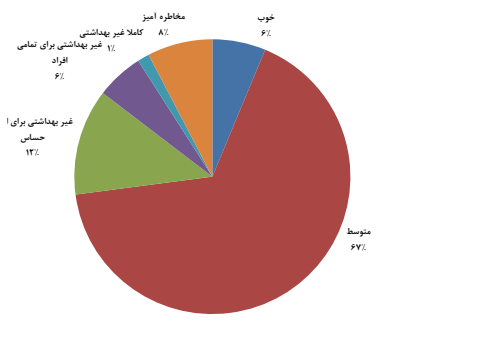
۶- بررسی وضعیت بهداشتی کیفیت هوای شهر زاهدان بر حسب تعداد روزهای سال

همچنین وضعیت بهداشتی کیفیت هوای شهر زاهدان بر حسب تعداد روزهای سال، با توجه به شاخص کیفیت هوا برای غلظت آلاینده های PM_{2.5}



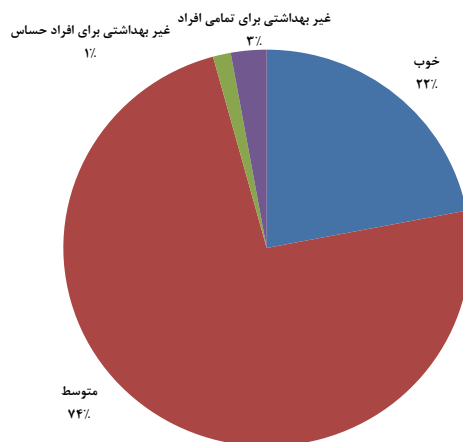
شکل ۱۳- وضعیت بهداشتی بر حسب روزهای سال در رابطه با آلاینده $PM_{2.5}$ در شهر زاهدان در سال ۱۳۸۸

Figure 13- Health condition in different days due to $PM_{2.5}$ in Zahedan in 2009



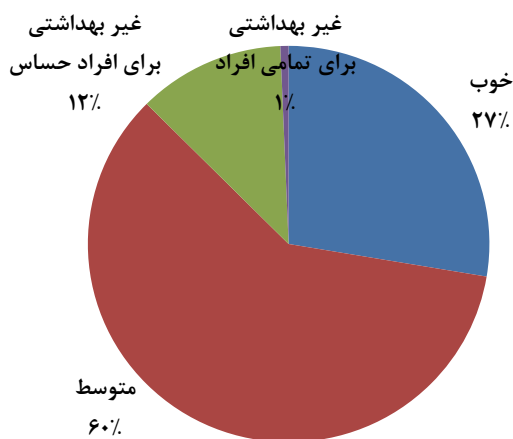
شکل ۱۴- وضعیت بهداشتی بر حسب روزهای سال در رابطه با آلاینده PM_{10} در شهر زاهدان در سال ۱۳۸۸

Figure 14- Health condition in different days due to PM_{10} in Zahedan in 2009



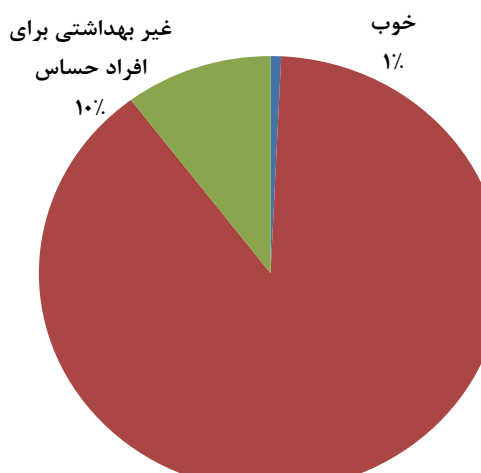
شکل ۱۵- وضعیت بهداشتی بر حسب روزهای سال در رابطه با آلاینده CO در شهر زاهدان در سال ۱۳۸۸

Figure 15- Health condition in different days due to CO in Zahedan in 2009



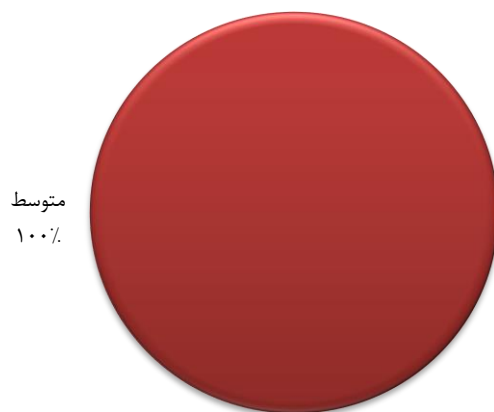
شکل ۱۶- وضعیت بهداشتی بر حسب روزهای سال در رابطه با آلاینده O₃ در شهر زاهدان در سال ۱۳۸۸

Figure 16- Health condition in different days due to O₃ in Zahedan in 2009



شکل ۱۷- وضعیت بهداشتی بر حسب روزهای سال در رابطه با آلاینده NO₂ در شهر زاهدان در سال ۱۳۸۸

Figure 17- Health condition in different days due to NO₂ in Zahedan in 2009



شکل ۱۸- وضعیت بهداشتی بر حسب روزهای سال در رابطه با آلاینده SO₂ در شهر زاهدان در سال ۱۳۸۸

Figure 18- Health condition in different days due to SO₂ in Zahedan in 2009

با غلظت ۳۱۱ میکرو گرم بر متر مکعب و کمترین آن در آذر ماه با غلظت ۷۲ میکرو گرم بر متر مکعب اندازه گیری شد. دلیل آن در فصل پاییز در بسیاری از نقاط کشور با توجه به افزایش ناپایداری ناشی از بادهای غربی و همرفت های منطقه ای فصلی نا آرام تلقی می گردد، در زاهدان سهم عمده ای در پدیده گردوغبار ندارد این در حالیست که در فصل زمستان که توأم با شروع بارش در منطقه و سایر نواحی اطراف می باشد با وجود ناپایداری ناشی از بادهای غربی بادهای جنوب غربی عمده ترین عامل ایجاد گردوغبار در منطقه هستند. بنابراین جهت ورود و انتشار گردو غبار با سایر فصول تفاوت اساسی دارد که تحقیقات آقای دکتر خسروی و همکارانش نیز مبین این قضیه می باشد (۲۴). همچنین میزان غلظت $PM_{2.5}$ در طول سال ۱۳۸۸ بیشتر از حد استاندارد بوده که بیشترین غلظت آن در تیر ماه برابر با ۲۳۶ میکرو گرم بر متر مکعب و کمترین غلظت آن در آذر ماه برابر با ۶۹ میکرو گرم بر متر مکعب اندازه گیری صورت پذیرفت. لذا آلاینده مسئول در طول سال ۱۳۸۸ در شهر زاهدان $PM_{2.5}$ بود که شامل ۲۰۸ روز کیفیت هوای غیربهداشتی برای کلیه افراد شهر زاهدان، ۹۵ روز کیفیت هوای غیربهداشتی برای افراد حساس، ۳۳ روز هوا با کیفیت متوسط برای شهروندان زاهدان اندازه گیری شده است که این امر در سال های آتی با توجه به تداوم خشکسالی ها، تغییر کاربری اراضی، تغییرات فرامنطقه ای و رشد جمعیت افزایش خواهد داشت. بر اساس تحقیقی که توسط آقای دکتر محمود خسروی و همکارانش در خصوص بررسی اثر تغییرات آب وهوایی بر افزایش شدت آلودگی گردو غبار محیطی در زاهدان انجام شده نشان می دهد که میزان گردوغبار سالانه شهرستان زاهدان طی ۵۰ سال اخیر روندی رو به افزایش داشته است که حداکثر ۱۶۰ روز در سال ۱۹۶۳ و حداقل ۲۲ روز در سال ۱۹۵۴ نشان دهنده تغییرات شدید سالانه این پدیده طی دوره مورد مطالعه است. با وجود نوسانات شدید سری زمانی، روند افزایشی بخصوص از سال ۲۰۰۰ تاکنون قابل توجه است. سرعت رشد این روند حدود نیم روز به طور متوسط در سال است که بطور میانگین از ۵۳ روز به ۸۴ روز در سال ۲۰۰۵ افزایش یافته است.

لذا با توجه به موقعیت خاص شهرستان زاهدان و قرارگیری آن در مناطق بیابانی یکی از عوامل جدی بسیار مهم و تأثیرگذار در منطقه، پدیده گرد و غبار است که اثر مستقیم بر سلامت انسان داشته است. لذا با توجه به افزایش جمعیت در شهر زاهدان، لزوم برنامه ریزی مقابله با این مخاطره بهداشتی و محیطی امری الزامی است. ضمناً عامل اصلی ایجاد گردوغبار و ریز گردها در حوزه ی زاهدان از منطقه سیستان با بیش از ۱۶۶ روز توأم با گردوغبار می باشد، که از این نظر با کانون های غربی آسیا (جنوب خلیج فارس، جنوب عراق و شرق عربستان) قابل مقایسه است. باد در اکثر ایام سال در منطقه سیستان می وزد، اما طی ماه های خرداد تا شهریور وزش بادهای از نظر شدت و فراوانی اهمیت ویژه ای می یابند. این بادهای ۱۲۰ روزه موسوم است، از معروفترین سیستم های وزش مقیاس متوسط در نیمکره شمالی می باشند که اثرات آن در بخش های شرقی ایران، غرب و جنوب افغانستان و شمال پاکستان مشاهده می گردد. این بادهای با جهت شمال تا شمال غربی با سرعت زیاد سطح منطقه را در می نوردد و حاصل تضاد فشار هوا بین کانون

با توجه به غلظت PM_{25} برای آلاینده AQI شکل (۱۳) نشانگر ۲۰۸ روز کیفیت هوای غیربهداشتی برای کلیه افراد شهر زاهدان، ۹۵ روز کیفیت هوای غیربهداشتی برای افراد حساس، ۳۳ روز کیفیت هوای مخاطره آمیز برای شهروندان، ۲۶ روز کیفیت هوای کاملاً غیر بهداشتی و ۴ روز هوای با کیفیت متوسط در شهر زاهدان می باشد. با توجه به غلظت PM_{10} برای آلاینده AQI شکل (۱۴) نشانگر ۲۴۵ روز هوای با کیفیت متوسط، ۴۴ روز کیفیت هوای غیربهداشتی برای افراد حساس، ۲۹ روز کیفیت هوای مخاطره آمیز، ۲۲ روز کیفیت هوای غیربهداشتی برای کلیه افراد، ۲۲ روز هوای با کیفیت خوب و ۴ روز کیفیت هوای کاملاً غیربهداشتی در شهر زاهدان می باشد. با توجه به غلظت CO و مقادیر AQI، شکل (۱۵) نشانگر ۲۷۰ روز با کیفیت متوسط، ۸۱ روز با کیفیت خوب، ۱۰ روز با کیفیت غیربهداشتی برای کلیه افراد و ۴ روز هوا با کیفیت غیربهداشتی برای افراد حساس در شهر زاهدان می باشد. همچنین با توجه به، غلظت O_3 و مقادیر AQI شکل (۱۶) نشانگر ۲۱۹ روز هوا با کیفیت متوسط، ۹۹ روز هوا با کیفیت خوب، ۴۴ روز کیفیت هوای غیربهداشتی برای افراد حساس و ۳ روز کیفیت هوای غیربهداشتی برای کلیه افراد جامعه در شهر زاهدان می باشد. با توجه به مقادیر AQI برای آلاینده NO_2 ، شکل (۱۷) نشانگر ۳۲۵ روز هوای با کیفیت متوسط، ۳۷ روز هوا با کیفیت غیربهداشتی برای افراد حساس و ۴ روز هوا با کیفیت خوب در شهر زاهدان می باشد. با توجه به شاخص AQI برای آلاینده SO_2 ، شکل (۱۸) نشانگر ۳۶۵ روز کیفیت هوای متوسط در شهر زاهدان می باشد.

بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از ۸۶۴ بار اندازه گیری ۶ آلاینده شاخص هوا در شهر زاهدان برای مدت یکسال، میزان غلظت آلاینده CO در طول سال ۱۳۸۸ در حد استاندارد بود که بیشترین میزان آن در شهریور (۷/۴ppm) و کمترین مقدار آن در آذر ماه (۴/۹ ppm) بوده است. میزان غلظت آلاینده NO_2 در طول سال ۱۳۸۸ در حد استاندارد بوده که بیشترین مقدار آن در شهریور ماه (۱۶۷pbb) و کمترین میزان غلظت آن در بهمن ماه (۷۳ pbb) بوده است. میزان غلظت آلاینده O_3 در طول سال ۱۳۸۸ بجز در فروردین ماه با غلظت ۱۳۳ pbb در حد استاندارد بوده و کمترین میزان آن در مهر ماه با غلظت ۴۳pbb مشاهده گردید. همچنین میزان غلظت آلاینده SO_2 در طول ماه های سال ۱۳۸۸ برابر با ۱۰۰ pbb در محدوده استاندارد و یکسان بوده است. لذا آلاینده های گاز در کل در محدوده استاندارد بوده و فقط NO_2 و CO در شهریور ماه افزایش بسیار جزئی در حد استاندارد نسبت به سایر ماهها داشته است که می توان از دلایل آن تردد زیاد خودرو ها جهت خرید لوازم فرزندان بابت بازگشایی مدارس دانست.

میزان غلظت PM_{10} در طول سال ۱۳۸۸ بجز اردیبهشت ماه، با غلظت ۲۹۸ میکرو گرم بر متر مکعب، تیر ماه با غلظت ۳۲۷ میکرو گرم بر متر مکعب، دی ماه با غلظت ۳۱۱ میکرو گرم بر متر مکعب و بهمن ماه با غلظت ۳۰۶ میکرو گرم بر متر مکعب در حد استاندارد بوده که بالاترین میزان در دی ماه

۱. تهیه طرح جامع مدیریت و احیا مراتع به منظور حفاظت از منابع خاک در معرض فرسایش بادی
۲. تهیه طرح جامع مقابله با شن های روان و فرسایش بادی با اولویت روش های بیولوژیک
۳. توسعه و تجهیز فرودگاه ها به تجهیزات و تأسیسات ناوبری و هواشناسی پیشرفته جهت هدایت هر چه بهتر پروازها در شرایط بحران گردوغبار
۴. تعیین کارگروه به منظور بررسی برون مرزی پدیده گردوغبار با همکاری منطقه ای کشورهای همسایه و تهیه پیش نویس طرح همکاری چند جانبه کشورهای منطقه با هدف پیشگیری و کنترل پدیده گردوغبار منطقه

منابع

- ۱- دبیری، مینو، ۱۳۷۹، آلودگی محیط زیست هوا، آب، خاک و صوت، چاپ دوم، نشر و پخش آیلار، ۱-۱۲۱.
- 2- Arundel A. V., J. H., T. D., 1989, Indirect Health Effects of Relative Humidity in Indoor Environments, Environ Health Perspect: 65:361-351.
- 3- Plopper C. G., Fonucchi M. V., 2000, Urban Environmental Pollutant Exacerbate Childhood Lung Diseases, Environ Health Perspect, 108:A252-A253.
- 4- Chun-Yuh Yang, Chihching Chang, Hung-Yi Chuang, Shang-Shyue Tsai, Trong-Neng Wu and Chi-Kung Ho, 2004, Relationship between Air Pollution and Daily Mortality in a Subtropical City: Taipei, Taiwan.
- 5- Patz, Jonathan A., Holly, K. Gibbs, Jonathan A. Foley, Jamesine V. Rogers, and Kirk, R. Smith, 2007, Climate Change and Global Health: Quantifying a Growing Ethical Crisis, Eco Health 4, 397-405.
- 6- WHO, 2008, Climate Change and Health, Report by the Secretariat, EXECUTIVE BOARD, 122nd Session, EB122.4, 16 January 2008, Geneva: World Health Organization.
- 7- World Bank; Environmental Department, 1966, Environmental Assessment Sourcebook, Washington D.C.; Vol 1,2 and 30
- 8- WHO, 2005, Using Climate to Predict Infectious Disease Epidemics, Report authors: Katrin Kuhn, Dharmid Campbell-Lendrum, Andy Haines, Jonathan Cox, Geneva: WorldHealth Organization.
- 9- IPCC, 2007, Climate Chang, 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on

کم فشار موسمی مستقر در جنوب ایران و پاکستان و مراکز پرفشار دریای خزر، آسیای میانه و شمال افغانستان می باشد. این طوفان ها با توجه به فقر پوشش گیاهی، خشکی خاک، شیب کم دشت و عدم تأثیر شرایط توپوگرافی در کاهش سرعت باد و همچنین خشکسالی های مکرر که در نتیجه نوسانات اقلیمی در حوضه آبریز رود هیرمند و دشت سیستان روی می دهد، باعث خشک شدن بستر رودخانه ها و بخصوص دریاچه های هامون می شود. در معرض باد قرار گرفتن حجم عظیمی از رسوبات ریزدانه و دریاچه ای که در اثر خشکسالی و حرارت بالای محیط پیوستگی خود را از دست داده اند، به عنوان منبع اصلی تغذیه طوفان های گرد و غباری در طول سال مطرح هستند. بادهای ۱۲۰ روزه از دیدگاه های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته اند، اما تأثیرات گردوغبار ناشی از آن ها بر بهداشت محیط و سلامتی انسان کمتر مورد توجه بوده اند. پیامدهای این پدیده جنبه های مختلفی از بهداشت جامعه انسانی را تحت تأثیر قرار می دهد که می توان به اثرات سوء آن بر بیماری های چشمی، تنفسی و ریوی، سلامت روانی و سوانح رانندگی و به خطر افتادن منابع آب بهداشتی شهری و روستایی اشاره نمود. لذا می بایست جهت آمادگی و مقابله با آثار زیان بار پدیده گرد و غبار (ریزگرد) برنامه های کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت برنامه ریزی نمود.

الف- برنامه های کوتاه مدت

۱. شناسایی کانون های شکل گیری اولیه به منظور پیش بینی و اطلاع رسانی
۲. توسعه و تجهیز ایستگاه های پایش وضعیت جوی، سیستم های پایش آگاهی و کنترل هوای منطقه
۳. مالج پاشی و سایر اقدامات مناسب در مناطق با پتانسیل فرسایش بادی براساس نتایج طرح شناسایی کانون های بحرانی بیابان زا
۴. اطلاع رسانی و آموزش همگانی برای کسب آمادگی مواجهه با پدیده گردوغبار
۵. تهیه طرح احداث فضای سبز مشجر در کانون های بحران
۶. توسعه و تجهیز مراکز اورژانس و بهداشتی درمانی به وسایل مراقبت های پزشکی جهت پیشگیری و درمان افراد آسیب دیده در مناطق تحت تأثیر پدیده گرد و غبار
۷. تأمین حبابه تالاب هامون از طریق معاهدات بین کشور ایران و کشور افغانستان

ب- برنامه های میان مدت

۱. اجرای طرح کمربند فضای سبز با رعایت ضوابط طرح جامع و انتخاب گونه های گیاهی مناسب
۲. ایجاد کمربند سبز با اشکوب بندی مناسب با اهداف بادشکن در اطراف تأسیسات تصفیه آب شرب شهری با منظور کاهش صدمات وارده ناشی از پدیده گردوغبار در منطقه

ج- برنامه های بلند مدت

- Human Health , Published on Behalf of the World Health Organization, Regional Office for Europe by Steinkopff Verlag, Darmstadt.
- ۱۸- اسماعیل ساری، عباس، ۱۳۸۱، آلاینده ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست، چاپ اول، انتشارات نقش مهر، ۲۰۵.
- 19- Helmut Mayer, Jutta Holst, Dirk Schindler and Dieter Ahrens, 2008, Evolution of the Air Pollution in SW Germany Evaluated by the Long-term Air Quality Index LAQX, Atmospheric Environment, Volume 42, pages 5071-5078.
- 20- Sohrabinia, M. and Khorshiddoust, A. M., 2007, Application of Satellite data and GIS in Studying Air Pollutant in Tehran, Habitat International, Volume 31 , Pages 268-275.
- 21- Fabio Murena, 2004, Measuring Air quality Over Large Urban Areas: Development and Application of an Air Pollution Index at the Urban Area of this Article, Atmospheric Environment, Volume 38, Pages 6195-6202.
- ۲۲- سالنامه آماری استان سیستان و بلوچستان، ۱۳۸۶، معاونت برنامه ریزی استانداری سیستان و بلوچستان، دفتر آمار و اطلاعات.
- 23- <http://WWW.Weather.ir>.
- 24- <http://EurLex.Europa.eu/lex.Uriserv/Lexuriser.V.do?Uri=OJ:C:2006:306E.0127:0128:En:PDF>.
- ۲۵- خسروی، محمود؛ شکبیا، هانیه؛ سرگلزایی مقدم، فرزانه، ۱۳۷۸، بررسی اثر تغییرات آب و هوایی بر افزایش شدت آلودگی گردوغبار محیطی در زاهدان، یازدهمین همایش ملی بهداشت محیط، زاهدان. ۹-۷ آبانماه.
- Climate Change , Chapter 8: Human Health., Cambridge University Press , Cambridge , UK , 391-431.
- 10- Afroz R., Hassan M. N. and Ibrahim N. A., 2003, Review of Air Pollution and Health Impacts in Malaysia, Environ Res 92 (2003). PP. 71-77. Article.Pdf (288k) view Record in Cited By in Scopus, Cited By in Scopus(26) .
- 11- Yang C. Y., Yang, Yang, C. C. Chang, H. Y. Chang, H. Y. Chuang, S. S. Tsai, T. N. Wu and C. K. Ho, 2004, Relationship Between Air Pollution and daily Mortality in Subtropical City: Taipei, Taiwan, Environ, Int., 30 (2004), PP.519-523.
- 12- Article, PDF, (115K) View Record in Scopus, Cited By in Scopus(26).
- 13- De Kok MCM Theo, Direce A. L. Herman, Hogervorst G. f. Janneke, Briede Jacob, 2006, Toxicological Assessment of Ambient and Traffic-Related Particulate Matter: A review of Recent Studies. Mutation Research; 613:103-122.
- ۱۴- پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، ۱۳۸۰، اقلیم و گردشگری، انتشارات سازمان هواشناسی کشور.
- 15- Garrison V. H. et al, 2003, African and Asian Dust: from Desert Soils to Coral Reefs, Bio Science 53:469-480.
- 16- Griffin D. W., Garrison V. H., Herman J. R., Shinn, E. A., 2001, African. Desert Dust in the Caribbean Atmosphere, Microbiology and Public Health, Aerobiologia, 17:203-213.
- 17- Menne, Bettina and Kristie L. Ebi, 2006, Climate Change and Adaptation Strategies for