علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یکم، شماره دو، اردیبهشت ماه ۹۸

پیش بینی میزان مرگ و میر ناشی از ذرات معلق با استفاده از نرم افزار AirQ و ارزیابی ریسک بهداشتی در شهر سنندج

عبدالرضا نوفرستی [۱]
فریده عتابی [*۲]
far-atabi@jamejam.net
جعفر نوری [۳]
محمدرضا میری لواسانی [٤]
سید علی جوزی [٥]

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۴/۱۲ **تاریخ پذیرش:۹۵/۱۰/۱۹**

چکیده

زمینه و هدف: هدف از انجام این تحقیق، بررسی شدت ذرات معلق و بیماری های ناشی از آن در ساکنین منطقه و ارزیابی ریسک جمعیتی در شهر سنندج می باشد.

روش بررسی: ابتدا اطلاعات مربوط به غلظت ذرات معلق در سال های آماری(۲۰۱۳ -۲۰۱۲) ۱۳۹۱ از اداره محیط زیست سنندج گرفته شد.در بررسی میدانی نیز اندازه گیری ذرات در ۱۷ نقطه از شهر سنندج در ماههای مختلف طی یک سال با کمک دستگاه پرتابل سنجش ذرات، صورت پذیرفت. سپس جهت کمی سازی اثر آلاینده‌های هوا از نرم افزار Air Quality Health Impact (AirQ) Assessmentاستفاده گردید. در مرحله بعدی، محاسبات مربوط به آماده سازی داده‌های ورودی صورت پذیرفت. سپس پیش بینی میزان مرگ و میر و مقایسه آن با آمار موجود و درنهایت ارزیابی ریسک بهداشتی برای منطقه انجام پذیرفت.

یافته ها : بررسی وضعیت آلودگی هوا به ذرات معلق در شهر سنندج نشان می دهد که بیش ترین ایام سال، منطقه دارای آلودگی با شدت پایین می باشد، و روزهای ناسالم و خطرناک کم تر از دو ماه از سال را شامل می گردد که عمدتا در ماه های خرداد تا مرداد می باشد. میانگین ذرات معلق در ماه های مختلف سال نیز بیش ترین مقدار را در پنج ماه اول سال و عمدتا در خرداد ماه نشان می دهد. این در حالی است که آمار بیماران مراجعه کننده به مراکز درمانی ناشی از آلودگی هوا، در ماه های فصل زمستان و ماه فروردین، بیش ترین تعداد را به خود اختصاص داده است. بیش ترین آلودگی هوا در شمال شرقی شهر (منطقه یک) اندازه گیری شده که علت آن وجود مراکز

۱- دکترای مدیریت محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲- دانشیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. *(مسوول مکاتبات)
۳- استاد گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۴- استادیار گروه HSE، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۵- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست، واحدتهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تعمیرگاهی، ترمینال مسافربری و شهرک صنعتی می باشد.در بررسی تعداد بیماران مراجعه کننده به مراکز درمانی ناشی از آلودگی هوا در شهر سنندج و مقایسه آن با پیش بینی مدل، نتایج مدل آمار کم تری را نشان می دهد در حالی که تعداد مرگ و میر پیش بینی شده در مدل به نسبت آمار موجود در منطقه آمار بیش تری را نشان می دهد. در خصوص تعیین ریسک بهداشتی جمعیت منطقه، بیش ترین ریسک مربوط به منطقه یک و در رده سنی ۲۰ تا ۴۴ سال پیش بینی گردیده است که علت اصلی آن، در معرض قرار گرفتن بیش تر این افراد در برابر آلودگی می باشد.

بحث و نتیجه گیری: در فصول سرد سال و به علت پدیده وارونگی هوا با توجه به شرایط توپوگرافی منطقه، شدت بیماری های تنفسی و آمار مرگ و میر در منطقه مطالعاتی افزایش می یابد. بر اساس بیماری های ثبت شده در سال آماری فوق، تعداد ۵۸۱ مورد تنگی نفس، ۵۷۰ مورد آنژین صدری، ۲۳ مورد آسم و ۳۹ مورد مرگ منسوب به آلودگی هوا گزارش شده است.

واژه های کلیدی : مرگ و میر، ذرات معلق، AirQ 2.2.3، ارزیابی ریسک، سنندج.

J. Env. Sci. Tech., Vol 21, No.2, April, 2019

Predicting the Mortality Rate Due to Particulate Matters Using AirQ Software and Health Risk Assessment in the City of Sanandaj

Abdol Reza Noferesti [1]
Farideh Atabi [2*]
far-atabi@jamejam.net
Jafar Nouri [3]
Mohammad Reza MiriLavasani [4]
Seyed Ali Jozi [5]

Admission Date: January 8, 2017 Data Received: July 2, 2016

Abstract

Background and Objective: The goal of this research was to assess the severity of diseases caused by suspended particulate matters for the residents of the area and the health risk assessment in Sanandaj.

Methods: The statistical information about the concentration of particulate matters was taken in 2012 from the Sanandaj Department of Environment. The field measurement of particulate matters was also carried out in 17 monitoring stations in Sanandaj for different months during a year by using portable devices. Then for quantifying the effects of air pollutants, Air Quality Health Impact Assessment (AirQ) software was used. Next, calculations were made in Excel for preparation of the input data. Finally, prediction of mortality and comparing it with the available statistics was performed and the health risk assessment was conducted for the region.

Findings: The study of air pollution due to particulate matters in the city of Sanandaj showed that most of the days, the area was contaminated with low intensity and the days of unhealthy and dangerous including less than two months from June to August. The highest amounts of the average concentrations of particulate matters in different months of the year were seen in the first five months of the year and especially in June. However, the number of patients admitted by health centers due to air pollution, in the winter and April, were the greatest. Most of the air pollution was seen in the northeast (Area A) due to the repairing workshops, passenger terminal and industrial park located in that area. Assessment of the number of patients admitted by the medical centers in the city of Sanandaj and comparing it with the amounts predicted by AirQ, showed that the results of AirQ were less than the real data, while the predicted mortality rates were more than the real data. In terms of demographic categories indifferent parts of the city, the distribution was almost equal. However, it

1- PhD in Environmental Management, School of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2- Associate Prof, Department of Environment Engineering, School of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. **(Corresponding Author)*
3- Professor, Department of Environmental Management, School of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
4- Assistant Prof, Department of HSE, School of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
5- Associate Prof, Department of Environment, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

was the highest rate in the area number 3, which had the lowest air pollution. Prediction of health risk in the area showed the highest risk in the area number one and for the people in age of 20- 44 years old. The main cause was the more exposure of people living in this area to air pollutants.

Discussion and Counclusion: In cold seasons of the year, due to inversion and the topographical situation of the region, respiratory diseases and mortality rate increased in the study area. Based on the diseases recorded in the statistical year, 581 cases of chronic lung diseases,570 cases of angina thoracic, 23 cases of asthma and 39 deaths attributed to air pollution has been reported.

Key words: Mortality, AirQ, Health risk assessment, Sanandaj.

مقدمه

طوفان های گردوغبار از مهم ترین بلایای جوی – اقلیمی بـرای سلامت انسان به شمار می رونـد کـه موجـب بـروز یـا تشـدید بیماری های تنفسی و قلبـی شـده و خسـارت هـایی را از نظـر محیط زیستی ، گردشگری و کشاورزی به جامعـه تحمیـل مـی کند. استنشاق هوای آلوده به ذرات معلق وگردوغبار باعث نفـوذ این هوا به کیسه های هوایی شـده حمـلات قلبـی و مشـکلات تنفسی، سردردهای شدید ومزمن، حساسیت های شدید، ضعف در بینایی و بیماری های پوستی را ایجاد مـی کنـد. ایـن ذرات غالبا موجب تحریک بینی، گلو، راه های تنفسی، پوست و چشم ها می شوند. اثر این ذرات بر سـلامتی، بـه عوامـل مختلفـی از قبیل شدت گردوغبار، اندازه ذرات، میزان حساسـیت و توانـایی افراد بـه تحمـل آلـودگی هـوا متغیـر اسـت (۱). آمـار سـازمان بهداشت جهانی حاکی از آن است کـه مواجهـه بـا ذرات معلـق موجود درهوای آزاد، سالانه مرگ زودرس نیم میلیون انسـان را به دنبال دارد. به ازای افزایش ذرات ۲/۵ به میزان ۱۰ میکروگرم در متر مکعب، مرگ و میر در افرادی که مدت زمان طولانی در معرض تنفس این هوا بوده اند، شش درصد بالا مـی رود. تحـت شرایط فوق، سرطان ریه تا ۱۴٪ و بیمـاری قلبـی و عروقـی بـه میزان ۱۲٪ افزایش می یابد (۲). ذرات کوچک تر و مساوی ۱۰ میکرون، موجب افزایش خطر مرگ تنفسی در کودکـان شـده و تاثیر منفی بر عملکرد شش ها داشته و آسم را تشدید می کند. اثرات آلوده کننده های هوا بستگی به غلظت آلوده کننده هـا و حساسیت مردم دارد و عوارض آن به صورت زیر ممکـن اسـت بروز کند:

- بیماری های حاد که امکان دارد به مرگ منجر شود، بیماری های مزمن که نتیجه آن کوتاه شدن عمر یـا عـدم رشـد کامـل است، دگرگونی اعمال فیزیولوژیک مانند تنفس ، انتقال اکسیژن به وسیله هموگلوبین و دگرگونی دستگاه عصبی، عوارض نـاگوار مانند احساس تحریک در مواقعی که علت آشکاری وجود نـدارد و احساس ناراحتی ، کاهش دید و یا سـایر اثراتـی کـه ممکـن است منجر به تغییر محل اسکان یا محل کار انسان گردد.

از آنجایی که در حال حاضر و در سال های اخیر، آلودگی هوا و به خصوص ذرات گرد و غبار یکی از معضلات اساسی در کشـور به شمار می آید و در این بین سهم مناطق جنوب و غرب کشور بیش تر از بقیه نقاط می باشد، لذا شهر سنندج به عنوان یکی از مناطق تحت تاثیر به عنوان نمونه، مورد بررسی قرار گرفت.

در سـال ۲۰۰۵تـومینز و همکـاران از مـدل AirQ بـه منطـور برآورد اثرات بهداشتی PM_{10} در تریستی ایتالیا استفاده نمودند. بر اساس نتایج بدسـت آمـده از ایـن تحقیـق، ۱/۸ درصـد کـل مرگ‌های قلبـی عروقـی و ۲/۵ درصـد مـرگ‌هـای تنفسـی بـه غلظت‌های بیش از $\mu ۲۰ g/m^3$ از PM_{10} منتسب می‌باشند (۱). پلیچیت و همکـاران در سـال ۲۰۰۹ اثـرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ را بر روی سیستم قلبی عروقـی بررسـی کردنـد. در ایـن مطالعـه امکان همبستگی بین اثرات کوتـاه مـدت و بلنـد مـدت انتشـار ذرات معلق و بروز بیماری‌های قلبی عروقـی مـورد توجـه قـرار گرفت. یافته‌های این مطالعه نشان داده اسـت کـه اثـرات مضـر ذرات بر سلامتی نه تنها به غلظت ذرات در هوا، بلکه همچنـین به ماهیت آن ها نیز بسـتگی دارد وبیمـاری‌هـای قلبـی عروقـی مرتبط با ذرات می‌باشند (۲).

مواد و روش ها

جمع‌آوری داده ها

شـهر سـنندج بـا جمعیتـی حـدود ۳۵۰۰۰۰ نفـر و مسـاحت ۳۶۸۸/۶ هکتـار در غـرب ایـران و در بخـش جنـوبی اسـتان کردستان با ارتفاع بین ۱۴۵۰ تا ۱۵۳۸ متر از سطح دریـا قـرار دارد. اطلاعات مربوط به غلظت آلاینـده PM_{10} در سـال هـای آماری(۲۰۱۳ -۲۰۱۲) ۱۳۹۱ از ایسـتگاه اداره محـیط زیسـت سنندج در میدان آزادی در مرکز شهر گرفتـه شـد. در بررسـی میدانی نیز اندازه گیری ذرات در ۱۷ نقطـه از شـهر سـنندج در ماه های مختلف طی ی سال۱۳۹۱ بـا کمـک دسـتگاه پرتابـل سنجش ذرات، صورت پذیرفت. هم چنین آمار بیماران مراجعـه کننده به مراکز درمانی و تعداد فوت شـدگان ناشـی از آلـودگی هوا نیز از مرکز آمار دانشگاه علوم پزشکی کردستان جمع آوری گردید.

کمی سازی اثرات بهداشتی آلودگی هوا

در این تحقیق کمی سازی اثرات آلاینده‌های هوا با استفاده از نرم افزار (Air Q) Air Quality Health Impact Assessment انجام شده است. نرم افزار از دو بخش کمی سازی و جداول عمر تشکیل شده که در این مطالعه از مدل کمی‌سازی استفاده شده است (۳). هدف در این بخش کمی-سازی اثر آلودگی PM_{10} هوای شهر سنندج، بر سلامت جامعه هدف (شهروندان) با استفاده از نرم افزارمذکور می‌باشد.

محاسبات مربوط به آماده سازی داده‌های ورودی به نرم افزار

داده‌های PM_{10} به دست آمده از اداره محیط زیست به صورت داده‌های ساعتی بود. ابتدا میانگین ۲۴ ساعته ی دادها به دست آمد. این کار توسط نرم افزار اکسل انجام گردید. در مرحله‌ی بعد، میانگین ماهانه- سالانه محاسبه شدند. علاوه بر داده های ذکر شده Annual 98 Percentile داده‌ها محاسبه گردید. عدد به دست آمده بدین معنی است که ۲ درصد داده‌ها بالاتر از این عدد و ۹۸ درصد داده‌ها پایین‌تر از این عدد است. داده‌های مربوط به جمعیت شهر سنندج از سایت مرکز آمار ایران گرفته شد، همچنین اطلاعات مربوط به مرگ و میر در سال های آماری فوق از دانشگاه علوم پزشکی کردستان فراهم گردید.

کمی سازی مدل

چهار بخش این مدل در بخش ورودی مدل عبارتند از:

- بخشSupplier یا Air Q User : در این بخش اطلاعات کاربر یا سازمان متولی داده‌ها وارد می‌شود.

- بخشLocation: در این بخش اطلاعات خاص نظیر نوع آلاینده، ایستگاه‌ها، جمعیت در معرض و طول و عرض جغرافیایی ثبت می‌شود.

- بخشDataAir Quality: اطلاعات مربوط به کیفیت هوا دراین بخش وارد می گردد.

- بخشParameters: در این بخش پیامد بهداشتی در قسمت جلوی Health End Point انتخاب می‌شود. با این انتخاب، مدل به طور اتوماتیک شاخص‌های مربوط بهRR و BI را در مکان‌های مختص این شاخص‌ها ثبت می‌کند. پس از تعیین حدی از غلظت، برای برآورد اثر با کلیک بر روی دکمه Click for impact estimates مقادیر نسبت منتسب به تماس با پارامتر مورد نظر (AP) و تعداد موارد آن پیامد بهداشتی محاسبه می‌گردد.

یافته ها

مقدار ذرات معلق در منطقه مطالعاتی از ایستگاه محیط زیست درمرکز شهر، از حداقل ($\mu g /m^3$) ۵۲ در ماه آذر تا حداکثر ($\mu g /m^3$) ۲۲۴ در ماه خرداد اندازه گیری شده است. بر این اساس در سال آماری ۱۳۹۱ در فصل بهار بیش ترین مقدار غلظت ذرات معلق مشاهده می گردد. در فصل های پاییز و زمستان مقدارغلظت آلاینده فوق کاهش می یابد.

پیش بینی میزان مرگ و میر ناشی از ذرات PM_{10} با استفاده از نرم افزار$AirQ_{2.2.3}$ در شهر سنندج

در این بخش نتایج برآورد تعداد موارد مرگ و میر ناشی از ذرات با استفاده از نرم افزار $AirQ_{2.2.3}$ آورده شده است. در این مطالعه داده‌های ساعتی مربوط به اندازه گیری PM_{10} از ایستگاه اندازه‌گیری میدان آزادی گرفته شد. پس از گرفتن داده‌ها میانگین و حداکثر سالیانه، صدک ۹۸ درصد آن ها محاسبه شد (جدول ۱) و سپس داده‌ها وارد نرم افزار شده و نتایج حاصل از آن در جدول (۲) آورده شده است.

طوفان های گردوغبار از مهم ترین بلایای جوی – اقلیمی برای سلامت انسان به شمار می روند که موجب بروز یا تشدید بیماری های تنفسی و قلبی شده و خسارت هایی را از نظر محیط زیستی ، گردشگری و کشاورزی به جامعه تحمیل می کند. استنشاق هوای آلوده به ذرات معلق وگردوغبار باعث نفوذ این هوا به کیسه های هوایی شده حملات قلبی و مشکلات تنفسی، سردردهای شدید ومزمن، حساسیت های شدید، ضعف در بینایی و بیماری های پوستی را ایجاد می کند. این ذرات غالبا موجب تحریک بینی، گلو، راه های تنفسی، پوست و چشم ها می شوند. اثر این ذرات بر سلامتی، به عوامل مختلفی از قبیل شدت گردوغبار، اندازه ذرات، میزان حساسیت و توانایی افراد به تحمل آلودگی هوا متغیر است (۱). آمار سازمان بهداشت جهانی حاکی از آن است که مواجهه با ذرات معلق

موجود درهوای آزاد، سالانه مرگ زودرس نیم میلیون انسان را به دنبال دارد. به ازای افزایش ذرات ۲/۵ به میزان ۱۰ میکروگرم در متر مکعب، مرگ و میر در افرادی که مدت زمان طولانی در معرض تنفس این هوا بوده اند، شش درصد بالا می رود. تحت شرایط فوق، سرطان ریه تا ۱۴٪ و بیماری قلبی و عروقی به میزان ۱۲٪ افزایش می یابد (۲). ذرات کوچک تر و مساوی ۱۰ میکرون، موجب افزایش خطر مرگ تنفسی در کودکان شده و تاثیر منفی بر عملکرد شش ها داشته و آسم را تشدید می کند. اثرات آلوده کننده های هوا بستگی به غلظت آلوده کننده ها و حساسیت مردم دارد و عوارض آن به صورت زیر ممکن است بروز کند:

- بیماری های حاد که امکان دارد به مرگ منجر شود، بیماری های مزمن که نتیجه آن کوتاه شدن عمر یا عدم رشد کامل است، دگرگونی اعمال فیزیولوژیک مانند تنفس ، انتقال اکسیژن به وسیله هموگلوبین و دگرگونی دستگاه عصبی، عوارض ناگوار مانند احساس تحریک در مواقعی که علت آشکاری وجود ندارد و احساس ناراحتی، کاهش دید و یا سایر اثراتی که ممکن است منجر به تغییر محل اسکان یا محل کار انسان گردد.

از آنجایی که در حال حاضر و در سال های اخیر، آلودگی هوا و به خصوص ذرات گرد و غبار یکی از معضلات اساسی در کشور به شمار می آید و در این بین سهم مناطق جنوب و غرب کشور بیش تر از بقیه نقاط می باشد، لذا شهر سنندج به عنوان یکی از مناطق تحت تاثیر به عنوان نمونه، مورد بررسی قرار گرفت.

در سال ۲۰۰۵تومینز و همکاران از مدل AirQ به منظور برآورد اثرات بهداشتی PM_{10} در تریستی ایتالیا استفاده نمودند. بر اساس نتایج بدست آمده از این تحقیق، ۱/۸ درصد کل مرگ‌های قلبی عروقی و ۲/۵ درصد مرگ‌های تنفسی به غلظت‌های بیش از $\mu g/m^3$ ۲۰ از PM_{10} منتسب می‌باشند (۱). پلیچیت و همکاران در سال ۲۰۰۹ اثرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ را بر روی سیستم قلبی عروقی بررسی کردند. در این مطالعه امکان همبستگی بین اثرات کوتاه مدت و بلند مدت انتشار ذرات معلق و بروز بیماری‌های قلبی عروقی مورد توجه قرار گرفت. یافته‌های این مطالعه نشان داده است که اثرات مضر ذرات بر سلامتی نه تنها به غلظت ذرات در هوا، بلکه همچنین به ماهیت آن ها نیز بستگی دارد وبیماری‌های قلبی عروقی مرتبط با ذرات می‌باشند (۲).

جدول ۱- غلظت‌های PM10 بر حسب میکروگرم در متر مکعب برای استفاده در نرم افزارAirQ

Table1- PM_{10} concentrations for use in AirQ software ($\mu g/m^3$)

سال آماری پارامتر	متوسط بهار	متوسط تابستان	متوسط پاییز	متوسط زمستان	متوسط سالیانه	صدک ۹۸ سالیانه
۱۳۹۱	۱۸۵/۳۸	۱۱۷/۵۵	۷۷/۷۲	۶۸/۰۰	۱۱۲/۱۶	۲۴۷/۰۲

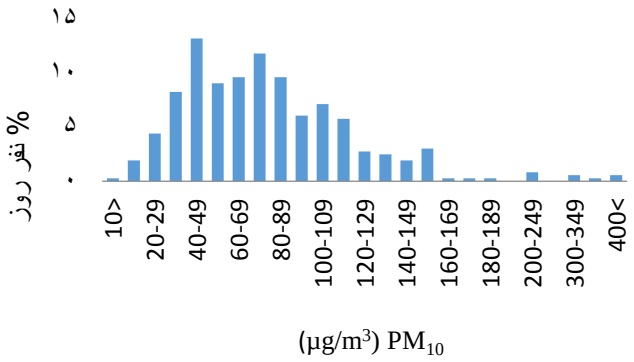
جدول(۲) بیان گر Attributable Proportion percentage (AP) و تعداد موارد منتسب Number of (excess cases) به PM_{10} برای (کل مرگ و میر)، (مرگ و میر قلبی و تنفسی)، (پذیرش بیمارستانی ناشی از بیماری‌های قلبی و بیماری‌های تنفسی) می‌باشد.

جدول۲- تخمین درصد نسبت منتسب و تعداد موارد در یک سال ناشی از مواجهه کوتاه مدت با غلظت بالاتر از ۱۰ $\mu g/m^3$ برای PM_{10}

Table 2- Approximate attributed percent and the number of cases in a year due to short term exposure to concentrations higher than10 µg /m^3 for PM_{10}

اثرات بهداشتی	PM_{10}	
	نسبت منتسب (AP) (رنج)*	تعداد موارد(نفر)
کل مرگ و میر	۶/۰۴(۵/۷-۲۴/۹۷)	۲۰۷(۲۵۳-۱۸۷)
مرگ ناشی از بیماری های تنفسی	۸/۴۷(۸/۱۸-۷۸/۸۷)	۲۱(۵۷-۱۴)
مرگ ناشی از بیماری های قلبی عروقی	۵/۸۹(۳/۱۰-۷۶/۱۲)	۱۱۲(۲۴۱-۶۹)
تعداد مراجعات بیمارستانی به علت بیماری های قلبی و عروقی	۶/۹۲(۴/۹-۵۴/۵۱)	۱۰۹(۱۵۵-۷۷)
تعداد مراجعات بیمارستانی به علت بیماری های تنفسی	۶/۲۷(۳/۸-۹۶/۲۵)	۲۷۸(۳۹۷-۱۷۶)

*به دست آمده با استفاده از مقادیر خطر نسبی پایین تر و بالاتر

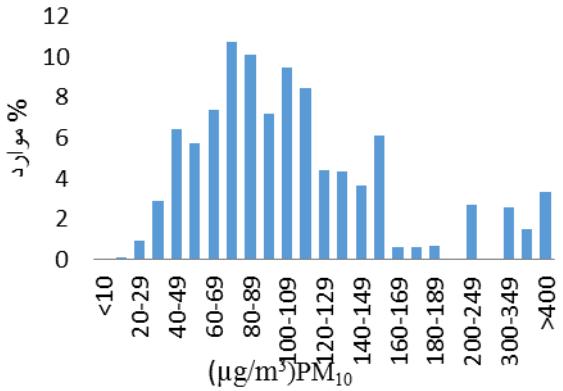


شکل ۱- درصد روزهای تماس مردم سنندج با غلظت های مختلفی از PM_{10}

Figure 1- Daily Percentage of exposure with varying concentrations of $PM_{10}$for people in Sanandaj

شکل (۱) درصد زمانی (Percentage of time) که مردم در معرض غلظت‌هایی از آلاینده PM_{10} بوده‌اند را نشان می‌دهد.

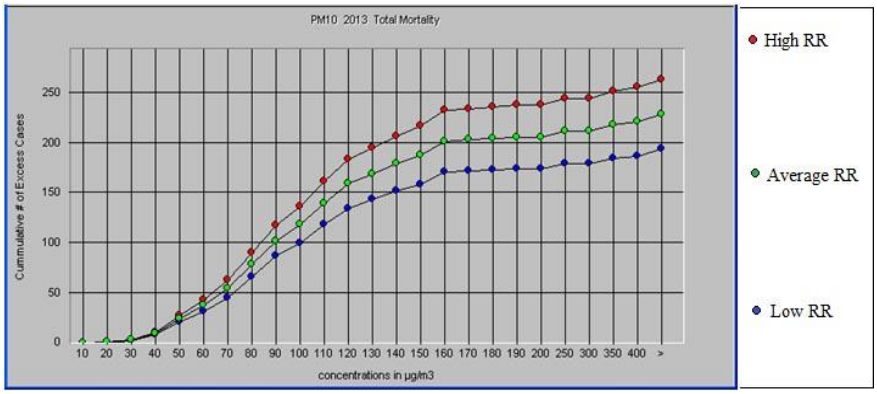
داده ها جهت برآورد اثرات کوتاه مدت استفاده می‌شوند.



شکل ۲- درصد تعداد موارد مواجهه با غلظت های مختلفPM_{10}

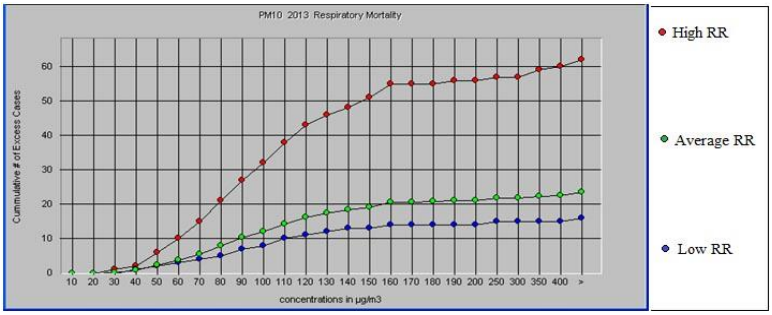
Figure 2- The percentage of cases of exposure to various concentrations of PM_{10}

شکل(۲) نشان دهنده درصد تعداد موارد مربوط به هرکدام از اثرات فوق در غلظت‌های مختلف PM_{10} می‌باشد. اشکال (۳) الی (۷) به ترتیب برآورد تعداد تجمعی موارد هر کدام از health end points ذکر شده در برابر فواصل غلظت در سال ۲۰۱۳ را نشان می‌دهند.



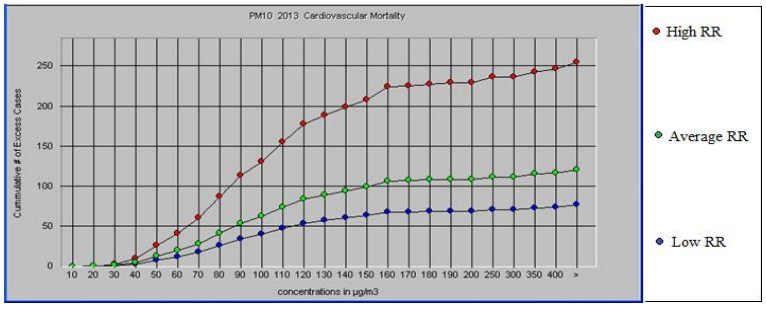
شکل ۳- تخمین تعداد تجمعی موارد کل مرگ و میر مرتبط با غلظت‌های مختلف PM_{10}

Figure 3- Estimated cumulative number of mortality cases associated with various concentrations of PM_{10}



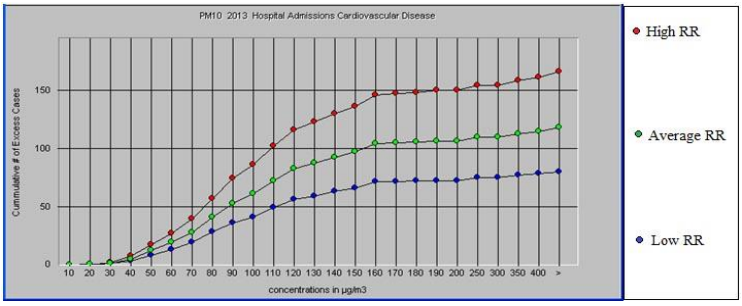
شکل ۴- تخمین تعداد تجمعی موارد مرگ و میر تنفسی مرتبط با غلظت‌های مختلف PM_{10}

Figure 4- Estimated cumulative number of respiratory-related mortality with various concentrations of PM_{10}



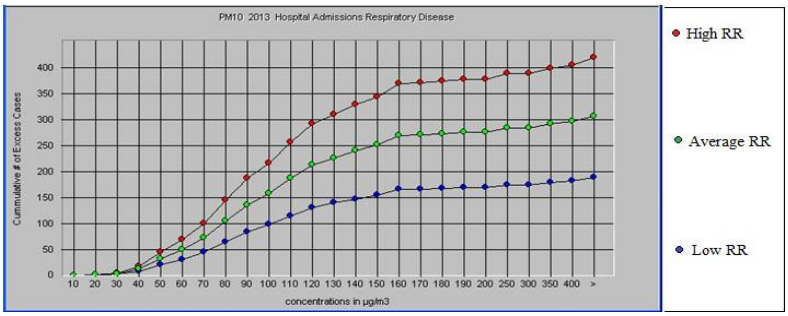
شکل ۵- تخمین تعداد تجمعی موارد مرگ و میرقلبی مرتبط با غلظت های مختلف PM_{10}

Figure 5- The estimated cumulative number of mortality cases associated with different concentrations of PM_{10}



شکل ۶- تخمین تعداد تجمعی موارد پذیرش بیمارستانی ناشی از بیماری‌های قلبی مرتبط با غلظت های مختلفPM_{10}

Figure 6- The estimated of cumulative number of hospital admissions due to heart disease associated with different concentrations of PM_{10}



شکل ۷- تخمین تعداد تجمعی موارد پذیرش بیمارستانی ناشی از بیماری‌های تنفسی مرتبط با غلظت‌های مختلف PM_{10}

Figure 7- Estimated cumulative number of hospital admissions due to respiratory diseases associated with various concentrations of PM_{10}

میزان مرگ و میر و بیماری‌های ناشی از ذرات PM_{10} در هوای شهر سنندج

در این بخش با استفاده از روشی کـه توسـط WHO پیشـنهاد شده، ارزیابی اثرات آلاینده PM_{10} بر روی سلامتی افـرادی کـه در شهر سنندج زندگی می کنند انجام گرفته است. همان گونـه که در شکل (۱) نشان داده شده است بیش ترین میزان درصـد نفر روز به رنج غلظت$\mu g/m^3$۴۹-۴۰ مربوط می‌شـود. ایـن امـر بیان گر آن است که بـیش تـرین تعـداد روزهـای مواجهـه بـا آلاینده PM_{10}، در این فاصله از غلظت اتفـاق افتـاده اسـت. بـا توجه به نمودار شکل (۳) این نکته به خوبی قابل درک است که در غلظت‌های بالاتر، تعداد روزهای تماس کاهش یافته است.

مطابق جدول (۲) تعداد موارد منتسب به تماس با PM_{10} بـرای هرکدام از health end points مختلف در سطح شهر سنندج در سال ۱۳۹۱ در میزان خطر نسبی پایین، متوسط و بالا آمـده است. در بیان مفهوم خطر نسبی باید به این نکته توجه داشـت که در خطر نسبی، صفر نقش ندارد و مبنـا یـک اسـت. بـا ایـن توصیف بالاتر از یک عامـل خطـر، و کوچـک تـر از یـک عامـل پیشگیری کننده یا محافظتی محسوب می‌گردد. همچنـین لازم به ذکر است که معمولا خطر نسبی متوسط استفاده می گردد و درنظر گرفتن خطر نسبی بالا و پایین به مفهوم توجه به شرایط حادث در آینده می باشد، به گونه ای که ممکن است وضـعیت بهتر یا بدتری در کیفیت هوای آزاد ایجاد گردد.

هر چند بیش ترین در صد نفر روز متناظر به بیش ترین تعـداد روز تماس مربوط به رنج غلظت$\mu g/m^3$۴۹-۴۰ می‌باشد امـا بـر طبق شکل ۲ پایین بودن غلظت موجب شده اسـت کـه درصـد تعداد موارد مربوط به هرکدام از اثرات ذکر شـده در جـدول ۳، در این رده از غلظت نسبتا پایین باشد و بیش ترین آن مربـوط بـه $\mu g/m^3$۷۹-۷۰ باشـد. ٪۵۱ health end points در روزهایی رخ داده که غلظت کم تـر از $\mu g/m^3$۹۹ بـوده اسـت. برای جمعیـت۳۵۰۰۰۰ نفـری شـهر سـنندج کـل مـرگ غیـر

تصادفی ۱۹۳۶ نفر در سال ۲۰۱۳ بوده است. شکل ۳ نیز نشان می‌دهد که تجمعی تعداد موارد کل مرگ و میر ۲۲۸ نفر بوده است، بنابراین براساس این مدل ۱۱/۷٪ کل مرگ و میرها به غلظت‌های بیشتر از $\mu 20 g/m^3$ از PM_{10} نسبت داده می شود. شکل های (۴) الی (۷) نشان می‌دهند که تجمعی تعداد موارد برای (مرگ و میر قلبی عروقی)، (مرگ و میر تنفسی)، (پذیرش‌های بیمارستانی ناشی از بیماری های قلبی) و (پذیرش‌های بیمارستانی ناشی از بیماری های تنفسی) در خطر نسبی متوسط به ترتیب برابر با ۱۲۰، ۲۳، ۱۱۸ و ۳۰۵ نفر بوده‌اند. ۷۴٪ این تعداد برای هرکدام از موارد فوق مربوط به غلظت کم تر از $\mu 129 g/m^3$ می‌باشد.

بررسی وضعیت بیماری و مرگ و میر در شهر سنندج

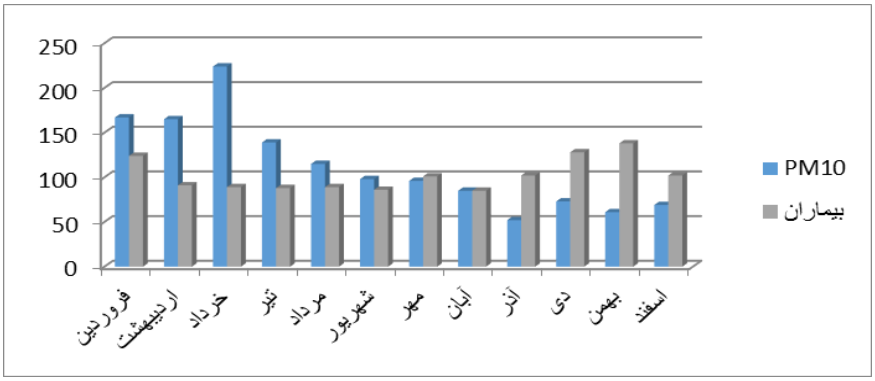
بر اساس آمار مرکز علوم پزشکی کردستان در سال آماری فوق تعداد بیماران مراجعه کرده به مراکز درمانی و تعداد فوت شدگان ناشی از آلودگی هوا به شرح زیر می باشد.

جدول ۳- بیماری ها و تعداد بیماران ناشی از آلودگی هوا در شهر سنندج در سال (۱۳۹۱)

Table 3- Diseases and number of patients due to air pollution in the city of Sanandaj in 2012

سال	زمان بستری شدن	تعداد بیماران بستری شده با تشخیص عفونت های تنفسی			تعداد بیماران بستری شده با تشخیص انسداد مزمن دستگاه تنفسی			تعداد بیماران بستری شده با تشخیص بیماری های مزمن ریوی (تنگی نفس)			تعداد بیماران بستری شده با تشخیص بیماری های آنژین صدری (قلبی)			تعداد بیماران بستری شده با تشخیص بیماری آسم			تعداد موارد مرگ در بیمارستان با تشخیص بیماری تنفسی			تعداد موارد مرگ در بیمارستان با تشخیص بیماری قلبی عروقی			جمع
		زن	مرد	جمع	زن	مرد	جمع	زن	مرد	جمع	زن	مرد	جمع	زن	مرد	جمع	زن	مرد	جمع	زن	مرد	جمع	نهایی
سال ۱۳۹۱	بهار							۹۷	۴۴	۱۴۱	۷۱	۷۲	۱۴۳	۲	۳	۵	۰	۰	۰	۲	۱۳	۱۵	۳۰۴
	تابستان							۶۷	۴۲	۱۰۹	۶۲	۷۵	۱۳۷	۲	۲	۴	۰	۰	۰	۳	۱۰	۱۳	۲۶۳
	پاییز							۹۴	۴۳	۱۳۷	۶۷	۶۳	۱۳۰	۴	۲	۶	۰	۰	۰	۳	۲	۵	۲۸۸
	زمستان							۱۳۱	۶۳	۱۹۴	۸۸	۷۲	۱۶۰	۳	۵	۸	۰	۰	۰	۱	۵	۶	۳۶۸
	جمع							۳۸۹	۱۹۲	۵۸۱	۲۸۸	۲۸۲	۵۷۰	۱۱	۱۲	۲۳	۰	۰	۰	۹	۳۰	۳۹	۱۲۲۳

در شکل (۸) وضعیت آلودگی هوای شهر سنندج بر اساس ذرات معلق (PM_{10}) و تعداد بیماران منطقه در سال آماری مورد مطالعه نمایش داده شده است.



شکل ۸- غلظت ذرات معلق و تعداد بیماران در شهر سنندج (۱۳۹۱)

Figure 8- PM concentrations and the number of patients in Sanandaj (2012)

بررسی تعداد بیماران مراجعه کننده به مراکز درمانی ناشی از آلودگی هوا در مقایسه با پیش بینی AirQ تعداد بیش تری را نشان می دهد در حالی که تعداد مرگ و میر در منطقه به نسبت پیش بینی های صورت گرفته از طریق AirQ، آمار کم-تری را نشان می دهد.

شکل ۹- تعداد بیماران و مرگ و میر ناشی از آلودگی هوا در شهر سنندج در مقایسه با پیش بینی AirQ

Figure 9- Number of patients and mortality cases caused by air pollution in the city of Sanandajin compare with the AirQ prediction

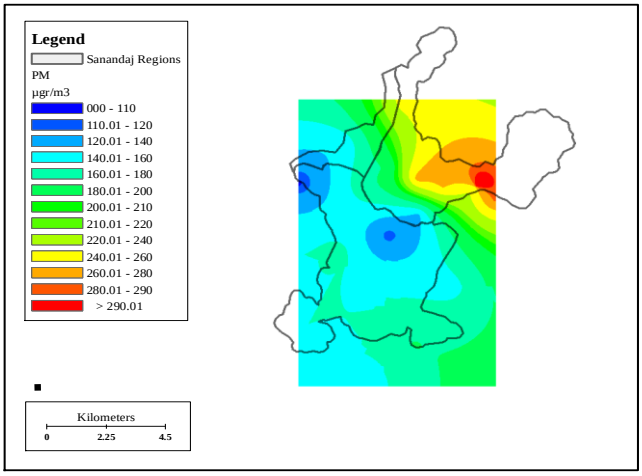
در بررسی میزان آلودگی هوای شهر سنندج به ذرات معلق در ماه ها و فصول مختلف سال، بیش ترین آلودگی در بین ماه ها مربوط به ماه خرداد و در بین فصول سال، مربوط به فصل بهار می باشد. پس از آن ماه های فروردین و اردیبهشت و فصل تابستان بیش ترین آلودگی هوا را شامل می شدند. این در حالی است که آمار بیماران مراجعه کننده به مراکز درمانی ناشی از آلودگی هوا در فصل زمستان و ماه های بهمن و دی بیش ترین تعداد را به خود اختصاص داده است. علت این امر را می توان در کاهش دمای هوا از یک طرف و افزایش احتمال وارونگی هوا (اینورژن) در منطقه در فصل زمستان، از طرف دیگر دانست. در شکل (۱۰)، وضعیت بیماران بر اساس نوع بیماری در ماه های مختلف سال نشان داده شده است. بر اساس جدول زیر، بیش-ترین بیماری های ثبت شده مربوط به بیماری مزمن ریوی (تنگی نفس) و آنژیت صدری (قلبی) می باشد. در خصوص عفونت های تنفسی و انسداد مزمن تنفسی، آماری به ثبت نرسیده است و در مورد بیماری آسم نیز تعداد بیماران مراجعه کننده کم می باشد. ضمن اینکه حدود ۴۰ نفر در سال ۱۳۹۱ بر اثر بیماری های ناشی از آلودگی هوا فوت نمودند.

شکل ۱۰- تعداد بیماران در ماه های مختلف بر اساس نوع بیماری در شهر سنندج (۱۳۹۱)

Figure10- Number of patients in different months based on the type of disease in the city of Sanandaj (2012)

تعیین شدت ریسک جمعیتی در مناطق مختلف شهر سنندج

جهت بررسی میزان ریسک بهداشتی در مناطق سه گانه سنندج بر حسب آلودگی هوا به ذرات معلق، ابتدا مقدار آلودگی در نقاط مختلف شهر اندازه گیری و با کمک GIS پهنه بندی آلودگی صورت پذیرفت (شکل۱۱). بر اساس نمونه برداری های میدانی در نقاط مختلف شهر، شدت حجم آلودگی بیش ترین مقدار را در شمال شرق شهر و در منطقه یک نشان می دهد. این مناطق به خاطر وجود ترمینال مسافربری، شهرک تعمیرگاهی و شهرک صنعتی از آلودگی بیش تری نسبت به مناطق دیگر شهر برخوردار هستند. در مناطق دو و سه از شدت آلودگی ها کاسته می گردد. در مرحله بعدی به بررسی جمعیت مناطق فوق بر حسب تعداد و رده سنی پرداخته شد. (جدول ۷) از لحاظ جمعیتی، منطقه یک با ۱۰۰۴۲۸ نفر (۳۲ درصد)کم ترین جمعیت شهر را در خود جای داده است. منطقه دو با ۱۰۰۶۲۰ نفر (۳۲/۱درصد) و منطقه سه با ۱۱۶۸۱۴ نفر (۳۵/۸ درصد) مابقی جمعیت شهر را به خود اختصاص داده اند.



شکل ۱۱- پهنه‌بندی پراکنش سالانه آلاینده PM_{10} بر اساس اندازه گیری محیطی

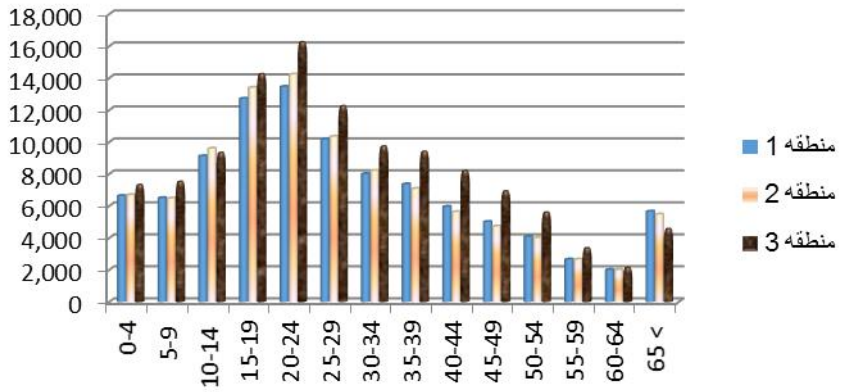
Figure 11- Zonation of annual PM_{10}distribution based on ambient measurements

جهت تعیین شدت ریسک، از سه فاکتور شدت آلودگی که بر اساس مقدار ذرات معلق مشخص و طبقه بندی گردید، زمان مواجهه افراد با آلودگی ها که بر اساس ساعت کاری افراد در خارج از منزل محاسبه شده است و در نهایت میزان آسیب پذیری افراد که بر حسب سن آن ها تعیین گردید، استفاده شده است. بر این اساس بیش ترین مقدار ریسک در شهر سنندج مربوط به منطقه یک و برای سنین ۲۰ تا ۴۴ سال پیش بینی می گردد. برای کودکان و افراد مسن به علت این که مجبور به خروج از منزل در روزهای آلاینده نمی باشند، میزان ریسک پایین تری بدست آمده است، این در حالی است که این گروه از افراد در صورت در معرض قرار گرفتن در برابر آلودگی هوا، از بیش ترین اثرات منفی برخوردار خواهند شد که در این صورت شدت ریسک افزایش خواهد یافت.

جدول ۴- غلظت PM_{10} بر حسب ($\mu g/m^3$) و تعداد بیماران در شهر سنندج در ماه های مختلف سال آماری ۱۳۹۱

Table 4. PM_{10}concentrations ($\mu g/m^3$) and the number of patients in Sanandaj in different months in 1391

کیفیت هوا (۱۳۹۱)	میزان ذرات ($\mu g/m^3$)	ماه های سال												
		فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	جمع
خوب	< ۵۰	۴	۲	۲	۰	۰	۵	۰	۱۰	۱۷	۱۲	۱۴	۸	۷۴
آلودگی کم	۵۰ -۱۵۰	۲۳	۲۴	۲۰	۲۲	۲۶	۲۶	۲۹	۱۸	۱۳	۱۷	۱۴	۱۷	۲۴۹
ناسالم	۱۵۰ -۳۵۰	۱	۳	۵	۴	۵	۰	۱	۱	۰	۱	۲	۴	۲۷
بسیار ناسالم	۳۵۰ -۴۲۰	۰	۰	۱	۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶
خطرناک	۴۲۰-۶۰۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳
بسیار خطرناک	> ۶۰۰	۲	۱	۲	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۶
تعداد بیماران ناشی از آلودگی هوا		۱۲۴	۹۱	۸۹	۸۸	۸۹	۸۶	۱۰۱	۸۵	۱۰۲	۱۲۸	۱۳۸	۱۰۲	۱۲۲۳



شکل۱۲-جمعیت مناطق سه گانه شهر سنندج به تفکیک گروه های سنی در سال ۱۳۹۱

Figure 12- Breakdown of population by age groups in Sanandaj three regions in 2012

بر این اساس بیش ترین مقدار ریسک در شهر سنندج مربوط به منطقه یک و برای سنین ۲۰ تا ۴۴ سال پیش بینی می گردد. (جدول ۶) برای کودکان و افراد مسن به علت این که مجبور به خروج از منزل در روزهای آلاینده نمی باشند، میزان ریسک پایین تری بدست آمده است، این در حالی است که این گروه از افراد در صورت در معرض قرار گرفتن در برابر آلودگی هوا، از بیش ترین اثرات منفی برخوردار خواهند شد که در این صورت شدت ریسک افزایش خواهد یافت.

جدول ۵- سطوح ریسک برای گروه های سنی مختلف در مناطق سه گانه سنندج

Table 5. Risk levels for different age groups in three regions of Sanandaj

جمعیت شهرسنندج	کل														
	جمعیت ۴-۰ ساله	جمعیت ۹-۵ ساله	جمعیت ۱۴-۱۰ ساله	جمعیت ۱۹-۱۵ ساله	جمعیت ۲۴-۲۰ ساله	جمعیت ۲۹-۲۵ ساله	جمعیت ۳۴-۳۰ ساله	جمعیت ۳۹-۳۵ ساله	جمعیت ۴۴-۴۰ ساله	جمعیت ۴۹-۴۵ ساله	جمعیت ۵۴-۵۰ ساله	جمعیت ۵۹-۵۵ ساله	جمعیت ۶۴-۶۰ ساله	جمعیت ۶۵ ساله وبیشتر
منطقه۱	L	M	H	H	E	E	E	E	E	H	M	M	L	L
منطقه۲	W	L	M	M	H	E	H	H	H	H	M	M	L	L
منطقه۳	W	M	M	M	H	E	H	E	E	H	M	M	L	L

شدید(E)؛ زیاد(H)؛ متوسط(M)؛ کم(L)؛ ناچیز(W)

نتیجه گیری نهایی

بررسی وضعیت آلودگی هوا در رابطه با ذرات معلق در شهر سنندج نشان می دهد که بیش ترین ایام سال، منطقه دارای آلودگی با شدت پایین می باشد، و روزهای ناسالم و خطرناک، کم تر از دو ماه از سال را شامل می گردد که عمدتا در ماه های خرداد تا مرداد می باشد. میانگین ذرات معلق در ماه‌های مختلف سال نیز بیش ترین مقدار را در پنج ماه اول سال و عمدتا در خرداد ماه نشان می دهد. این در حالی است که آمار بیماران مراجعه کننده به مراکز درمانی ناشی از آلودگی هوا، در ماه های فصل زمستان و ماه فروردین، بیش ترین تعداد را به خود اختصاص داده است. بیش ترین آلودگی هوا در شمال شرقی شهر (منطقه یک) اندازه گیری شده که علت آن وجود مراکز تعمیرگاهی، ترمینال مسافربری و شهرک صنعتی می-باشد. در بررسی تعداد بیماران مراجعه کننده به مراکز درمانی ناشی از آلودگی هوا در شهر سنندج و مقایسه آن با پیش بینی نرم افزار، نتایج AirQ آمار کم تری را نشان می دهد در حالی که تعداد مرگ و میر پیش بینی شده توسط AirQ در مقایسه با آمار موجود در منطقه مقادیر بیش تری را نشان می دهد.

از لحاظ تقسیمات جمعیتی در مناطق مختلف شهر، شاهد پراکنش نسبتا برابر می باشیم هر چند منطقه ۳ در این بین از مناطق دیگر پیشی گرفته است که از لحاظ حجم آلودگی در کم ترین مقدار نسبت نقاط دیگر قرار دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که بیش ترین ریسک مربوط به منطقه یک و در رده سنی ۲۰ تا۴۴ سال پیش بینی گردیده است که علت اصلی آن، در معرض قرار گرفتن بیش تر این افراد در برابر آلودگی می-باشد.

Reference

1. Tominz R, Mazzoleni B, Daris F, Estimate of potential health benefits of the reduction of air pollution with PM10 in Trieste, Italy. Epidemiol Prev. 2004; 29: 149-155.
2. Polichetti G, Cocco S, Spinali A, Trimarco V, Nunziata A. Effects of particulate matter (PM10, PM2.5 and PM1) on the cardiovascular system. Toxicology: 2009; 261:1–8.
3. United Nations Environment Program. Environmental News Emergencies. http://www unep org/depi/programmers/emergencies html 2005.
4. Ma Q, Liu Y, Liu C, Ma J, He H. A case study of Asian dust storm particles: Chemical composition, reactivity to SO2 and hygroscopic properties. Journal of Environmental Sciences 2012; 24(1): 62–71.
5. Tartakovsky D, Broday D, Stern E, Evaluation of AERMOD and CALPUFF for predicting ambient concentrations of total suspended particulate matter (TSP) emissions from a quarry in complex terrain. Contents lists available at SciVerse Science Direct, Environmental Pollution 179 (2013) 138e145
6. WHO. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: Summary of risk assessment; World Health Organization. Available athttp://www.euro.who.int/Document / E87950.pdf; 2005.
7. Asilian, Hasan, Ghaneian, Mohammad Taghi and Ghadgan Ghanizadeh, "Air Pollution, Resources, Effects, Methods of Control, Laws and Regulations, Standards," Mitra Publishing, 2007. (In Persian)
8. Dabiri, Minoo, Environmental Pollution, Ettehad Publishing, 2003. (in Persian)
9. Dehghani, Mohammad Hadi, "Meteorological bases and air pollution (Air Quality Guide)",

Ghashieh Publishing, 2008. (In Persian)

10. Ghyaseddin, Mansour, "Air Pollution, Resources, Impacts and Controls", Tehran University Press Publishing, 2006. (In Persian)
11. Jouzi, Seyed Ali, "Risk Assessment and Management", Islamic Azad University, North Tehran Branch Publishing, 2009. (In Persian)
12. Statistics of Kurdistan Province, 2012. (In Persian)
13. Karimi, Mohsen et al., The article "Environmental effects of suspended particles and dust (aerosols) in the air", 14th Geophysics Conference, May-April 2010, Tehran-Iran. (In Persian)
14. Nadafi, Kazem et al., "Effects of dust storms on health and the environment" Journal of North Khorasan University of Medical Sciences Volume 2, Issue 4, Pages 56 – 45. (In Persian)
15. Ali Darvishi Blurani et al., Determination of centers of dust in the western middle of Iran using remote sensing, wind interception, and environmental characteristics of the region. The 1st International Congress on Dust Haze and Combating its Adverse Effects, February, 2012, Khouzestan -Iran. (In Persian)
16. Shahbazi, Ali et al., Dust Effects on Health, Economics and the Environment and Dust Finding Method, The 1st International Congress on Dust Haze and Combating its Adverse Effects, February, 2012, Khouzestan -Iran. (In Persian)