مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره دوازده، اسفند ماه ۱۴۰۰(۲۷۲-۲۵۹)

بررسی و پایش زیست محیطی ذرات آلاینده و اثرات آنها در هوای شهر سنندج

عبدالرضا نوفرستی[1*]

arn.noferesti@yahoo.com

فرهام امین شرعی[2]

تاریخ دریافت:۹۹/۸/۶ **تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۹/۱۷**

چکیده

زمینه و هدف: بررسی مقدار فلزات سنگین، آنیون ها و کاتیون ها در هوای شهر سنندج می باشد.

روش بررسی: ابتدا اندازه گیری ذرات معلق در سطح شهر و سپس جهت تعیین ترکیب ذرات و اندازه گیری فلزات و یون های مورد نظر در ذرات، از دستگاه جذب اتمی استفاده گردید. در مرحله سوم روش آماری انجام و نتایج اندازه گیری های میدانی در محیط SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در آخرین مرحله با نظرات کارشناسان، نقاط قوت و ضعف، فرصتها و تهدیدها استراتژیهای مربوطه به منظور بررسی علل آلودگی هوای شهر سنندج و راهکارهای اجرایی تعیین گردید.

یافته ها : در این بررسی ، کیفیت هوای شهر سنندج بر اساس ذرات، دارای روز های با هوای سالم ۲۰/۸۳ ٪ ، آلودگی کم ۶۹/۱۴٪ ، روزهای ناسالم ۷/۴۳٪ ، روزهای بسیار ناسالم معادل ۱/۳۸٪، روزهای خطرناک ۱/۱٪ و روزهای بسیار خطرناک ۱/۶۵٪بوده که روزهای با هوای خطرناک و بسیار خطرناک، عمدتا در ماههای اول سال مشاهده گردیده است. در بین فلزات، آلومینیم و آهن حجم بسیار بالایی داشته و پس از آنها مس، روی، سرب و آرسنیک قرار دارند. در خصوص یون ها نیز به ترتیب سدیم ، نیترات، کلر و سولفات،آهن، منیزیم و کلسیم قرار دارند.

بحث و نتیجه گیری: بر اساس نتایج ، تغییرات فلزات سرب، جیوه، منگنز، روی، آلومینیم و آهن در سطح ۵٪ معنی دار می باشد و یک رابطه خطی معنی داری بین ذرات و مقادیر فلزات فوق وجود دارد. در خصوص یون ها نیز، سدیم، کلسیم، نیترات، سولفات و آهن، در سطح ۵٪ معنی دار بوده اند.

واژه های کلیدی: آلودگی هوا، ذرات معلق، فلزات سنگین، یون ها، سنندج.

۱- استادیار گروه محیط زیست، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج ، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۲- استادیار گروه مهندسی ایمنی، بهداشت و محیط زیست، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol23, No.12, March, 2022

Check and Environmental monitoring of polluting particles and their effects on the air of Sanandaj

AbdolrezaNoferesti[1*]
arn.noferesti@yahoo.com
FarhamAminsharei[2]

Admission Date:December 8, 2021 Date Received: October 27, 2020

Abstract

Background and Objective: Investigation of the amount of heavy metals, anions and cations in the air of Sanandaj

Material and Methodology: The research method includes the measurement of suspended particles in the city. Then, atomic absorption spectrometry was used to determine the composition of particles and measure the desired metals and ions in the particles. In the third stage, the statistical method was performed and the results of field measurements in SPSS environment were analyzed. In the last stage, with the opinions of experts and determining the strengths and weaknesses, opportunities and threats, the relevant strategies were determined to investigate the causes of air pollution in Sanandaj and executive strategies.

Findings: In this study, air quality in Sanandaj based on particles, has days with healthy air 20.83%, low pollution 69.14%, unhealthy days 7.43%, very unhealthy days equal to 1.38%, days Dangerous was 1.1% and very dangerous days were 1.65%. Days with dangerous and very dangerous weather were observed mainly in the first months of the year. Among metals, aluminum and iron have a very high volume, followed by copper, zinc, lead and arsenic. As for ions, they are sodium, nitrate, chlorine and sulfate, iron, magnesium and calcium, respectively.

Discussion and Conclusion: Based on the results, changes in lead, mercury, manganese, zinc, aluminum and iron at the level of 5% are significant and there is a significant linear relationship between particles and the amounts of the above metals. Regarding ions, sodium, calcium, nitrate, sulfate and iron were significant at the level of 5%.

Key words: Air pollution, Suspended particles, Heavy metals, Ions, Sanandaj.

1- Assistant Prof.Department of Environment, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran. *(*Corresponding Author*)
2-Assistant Prof.Department of Safety, Health and Environment, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.

مقدمه

در مبحث حفاظت محیط زیست، بهداشت و سلامت انسانها، فلزاتی مانند سرب، جیوه،آرسنیک، کادمیوم، مس، نیکل،کروم و.. جزء گروه فلزات سنگین بوده که این عناصر و بسیاری از ترکیبات آنها به لحاظ اثرات سوء و زیانبارشان بر سلامت انسان و محیط زیست از سموم پرخطر پیرامون ما محسوب می گردند. (۱) این سموم در هوای تنفسی، آب آشامیدنی، مصالح ساختمانی، لوازم آشپزخانه و حتی البسه موجود می باشند. با اینکه ارگانیسمهای زنده به مقادیر بسیار کمی از فلزات سنگین برای ادامه رشد و بقاء نیار دارند که به اصطلاح به آنها Trace Elements می گویند مثل آهن، کبالت، مس، منیزیم، مولیبدن، وانادیم، استرنیم و روی، اما اگر ازآن حداقل مورد نیاز و ضروری افزایش یابند باعث اخلال در رشد می گردند. اما فلزات سنگین مانند جیوه ، سرب، آرسنیک و کادمیم عناصر حیاتی نبوده و اثرات سود مندی بر حیات ارگانیسمهای زنده ندارند به طوریکه تجمع آنها در بدن موجودات زنده به خصوص پستانداران باعث بیماریهای خطرناکی می گردد. یون ها نیز به نوبه خود در صورتی که بیش از حد استاندارد برسند، می توانند اثرات جبران ناپذیر مختلفی را بر انسان ها داشته باشند.(۵-۲)

در تحقیقی در کشور کره جنوبی که در سال ۲۰۰۸ توسط کیم و همکاران انجام شد، غلظت سرب در هنگام بروز پدیده گرد و غبار آسیایی و در زمان عدم وجود آن اندازه‌گیری و مقایسه گردید. نتایج مطالعه حاکی از آن است که غلطت سرب به ترتیب (۱/۸±۲/۲۱) در زمان پدیده گرد و غبار آسیایی و (۱/۱۱±۱/۵۸) نانو گرم در هر متر مکعب در زمان عدم وجود این پدیده در ذرات کمتر از ۱۰ میکرون می‌باشد.

نتایج تحقیقی که در سال توسط جی هوا و همکاران در سال ۲۰۰۹ در مورد خصوصیات شیمیایی (یونهای محلول در آب و گونه‌های کربنی) در روزهای غبار آلود در گوانجو چین انجام گرفت، حاکی از آن است که بین اجزاء تشکیل دهنده $PM_{2.5}$در روزهای عادی و غبار آلود تفاوت قابل توجهی وجود دارد. بیشترین اجزاء تشکیل دهنده $PM_{2.5}$ در روزهای غبار آلود کربن آلی، نیترات، سولفات می‌باشد. در حالیکه در روزهای عادی کربن آلی، سولفات و کربن عنصری بیشترین جزء را تشکیل می‌دهند. غلظت ترکیبات ثانویه مثل نیترات، سولفات و آمونیوم در روزهای غبار آلود ۶/۵-۳/۹ بوده و ۵/۳ برابر بیشتر از روزهای عادی است. در حالیکه گونه‌های اولیه کربن معدنی، کلسیم و پتاسیم در روزهای غبار آلود بیش از ۲/۲-۲/۴ برابر روزهای عادی بود.

درتحقیقی که در دانشگاه آیووا در آمریکا در سال ۲۰۰۴ توسط گراسین و همکاران بر روی خصوصیات شیمیایی ذرات گرد و غبار از چهار منبع مختلف انجام گرفت، در بر گیرنده آن است که نمونه‌های گرد و غبار عربستان و چین حاوی ذرات معدنی کلسیم از جنس کربنات کلسیم و دولومیت می‌باشد. در صد عناصر سیلیس، آلومینیم، منیزیم، کلسیم، سدیم، آهن و پتاسیم در چهار ناحیه گرد و غبار صحرایی آفریقا به ترتیب (۳،۷،۲،۱۷،۶،۱۷،۴۶)، گرد و غبار داخلی عربستان به ترتیب (۳،۹،۲،۳،۷،۲۲،۵۳)، گرد و غبار سواحل عربستان به ترتیب (۲،۳،۱۵،۶۹،۲،۵،۲) و گرد و غبار چین به ترتیب (۱،۳،۴،۳۹،۱۳،۷،۳۱) بوده است.

نوع مطالعه ، روش و نحوه اجرای تحقیق : (بیان نوع روش تحقیق و علت انتخاب آن)

روش تحقیق در درجه اول میدانی بوده که شامل اندازه گیری ذرات معلق در سطح شهر می باشد. این عمل با کمک دستگاه های اندازه گیری نصب شده اداره کل محیط زیست استان کردستان در مرکز شهر صورت پذیرفت و مقدار PM_{10} بدین ترتیب بدست آمد. در مواردی نیز از روش نمونه‌برداری وزن سنجی (روش دستی) استفاده گردید. در مرحله بعدی، روش کار آزمایشگاهی بوده که جهت تعیین ترکیب ذرات و اندازه گیری فلزات و یون های مورد نظر در ذرات، از دستگاه جذب اتمی استفاده گردید. در مرحله سوم روش آماری انجام پذیرفت که نتایج اندازه گیری های میدانی در محیط SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و سطح معنی دار بودن تغییرات فلزات به نسبت ذرات معلق بررسی گردید. مدت زمان نمونه برداری ۲۴ ساعته بوده و البته در برخی موارد بعلت مشکلات

موجود، اندازه گیری روزانه انجام نگرفت. بر اساس ذرات معلق اندازه گیری شده، نمونه‌ها بصورت اختیاری و عمدتا از بین روزهای آلوده انتخاب گردید، البته چند روز هم به عنوان روزهای پاک و یا با آلودگی کم مورد بررسی قرارگرفته است. (۶). در آخرین مرحله نیز با استفاده از نظرات کارشناسان و تعیین نقاط قوت و ضعف، فرصتها و تهدیدها به شیوه ماتریس های IFE[1] و EFE[2] و با کمک مدل SWOT ، استراتژیهای مربوطه به منظور بررسی علل آلودگی هوای شهر سنندج و راهکارهای اجرایی تعییین گردیده است. در این روش پس از شناسایی عوامل داخلی و خارجی، نقاط قوت، ضعف درون سازمان وتهدید و فرصتهای بیرون سازمانی را مشخص می نماییم، به هر عامل یک ضریب وزنی بین صفر (بی اهمیت) تا یک (بسیار مهم) اختصاص می دهیم، وضع موجود هر عامل را با امتیازی بین ۱ تا ۵ با توجه به معیارهای زیر تعیین نموده که به آن "امتیاز وضع موجود " گفته می‌شود. (۱= ضعیف/ ۲ = پایین تر از متوسط / ۳ = متوسط / ۴ = بالاتر از متوسط / ۵ = بسیار خوب) . امتیاز موزون هر عامل را محاسبه نموده برای این منظور امتیاز هر ردیف از عوامل درونی و بیرونی را در وزن نرمالیزه شده آن ضرب نموده ودر یک ستون جدید درج می-نماییم. جمع امتیازات موزون را محاسبه نموده که حداقل آن ۱ و حداکثر ۵ می باشد و میانگین آن ۳ خواهد بود.اگر نمره نهایی هر یک از ماتریس درونی و بیرونی کمتر از ۳ باشد یعنی آن سازمان از نظر عوامل درونی و یا بیرونی دچار مشکل می باشدو اگر بیشتر از ۳ باشد بیانگر این نکته است که این سازمان از نظر عوامل درونی دارای قوت می باشد.

روش نمونه‌گیری و حجم نمونه

روش نمونه گیری شامل جذب ذرات گرد و غبار بر روی فیلترهای کاغذی دستگاه موسوم به فیلترهای BAM-1020 است که توسط اداره محیط زیست در دو نقطه از سطح شهر انجام می‌پذیرد. پس از جذب ذرات گرد و غبار بر روی فیلتر، تعدادی فیلتر BAM-1020 مربوط به روزهای ذکر شده انتخاب، به آزمایشگاه منتقل و اندازه گیری بر روی آنها انجام گرفت. فیلترهای کاغذی BAM-1020 جهت هضم بطور روزانه (24 h) انتخاب گردید. یک فیلتر BAM-1020 هم بعنوان Blank که در معرض آلودگی و گرد و غبار قرار نگرفته باشد؛ انتخاب گردید. روشهای هضم ذرات روی فیلترهای BAM-1020 بر اساس روشهای ذکر شده در کتاب ASTM انتخاب گردید.(روشهای هضم اسیدی). (۷) در مواردی نیز از روش نمونه‌برداری وزن سنجی (روش دستی) استفاده گردید. دستگاه مورد استفاده در این روش، Omni ساخت کشور آمریکا بود. این نمونه‌بردار mini-volume می‌باشد (۵ لیتر در دقیقه) .

روش تعیین مقادیر عناصر مورد مطالعه در ذرات با دستگاه جذب اتمی

برای تعیین مقادیر فلزات سنگین، پس از آماده کردن نمونه ها، از دستگاههای جذب اتمی کوره ای (Furnace Atomic Absorption)، دستگاه جذب اتمی روش بخار سرد (Cold Vapor)و دستگاه ICP-AES[3] مدل آرکوز[4]، ساخت کشور آلمان استفاده گردید. همزمان با تمام آزمایشات یک نمونه از فیلتر PTFE فاقد نمونه به روش هضم فیلترهای حاوی نمونه هضم و به عنوان شاهد استفاده گردید، مقادیر حاصله از نتایج به دست آمده برای هر عنصر از مقادیر فیلتر فاقد نمونه کسر گردید. غلظت های فلزات قرائت شده برای فیلترهای نمونه و شاهد بر اساس واحد mg/l می‌باشد، اما از آنجایی که غلظت آنها را معمولا بر اساس واحد µg/m3 بیان می‌کنند، لذا از معادله ۳-۴ این تبدیل واحد صورت می‌گیرد.

1- Internal Factor Evaluation
2- External Factor Evaluation

3-Inductivity Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry
4- Arcous

جدول۱-طرح تصویری ماتریس نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت هاوتهدیدات(۸)

Table1.Matrix visual layout of strengths, weaknesses, opportunities and threats

ماتریس تحلیل SWOT	نقاط قوت (S)	نقاط ضعف (W)
	نقاط قوت را فهرست کنید	نقاط ضعف را فهرست کنید
فرصت ها (O)	استراتژیهای SO	استراتژی های WO
فرصت ها را فهرست کنید	بهره جستن از قوت ها جهت بهره برداری از فرصتها	از بین بردن نقاط ضعف با کمک فرصت ها
تهدیدها (T)	استراتژیهای ST	استراتژیهای WT
تهدیدات را فهرست کنید	برای احتراز از تهدیدات از نقاط قوت استفاده کنید	کاهش نقاط ضعف و پرهیز از تهدیدات

معادله ۱- محاسبه غلظت فلزات ($\mu g/m^3$)

$$C=\frac{(c_1-c_b)\times v\times S/s}{V_0}$$

C: غلظت فلزات($\mu g/m^3$)

c_1: غلظت فلز در محلول فیلتر نمونه (mg/l)

c_b: غلظت فلز در محلول فیلتر شاهد(mg/l)

V: حجم محلول نمونه (۱۰ میلی لیتر)

S/s : نسبت تقسیم شده (۲)

S: سطح فیلتر نمونه گیری شده

S: سطح فیلتر آنالیز شده

V_0(StdV): حجم هوای نمونه گیری شده در شرایط استاندارد

جهت تعیین غلظت آنیون ها و کاتیون ها نیز پس از مراحل آماده سازی، ازدستگاه یون کروماتوگرافی[1] مدل متروهم[2] ۸۵۰ ساخت کشور سوئیس با فلوی ۰/۷ میلی لیتر در دقیقه استفاده گردید.

یافته ها

- بررسی کیفیت هوا ی شهر سنندج بر حسب ذرات معلق (PM10) (۹)

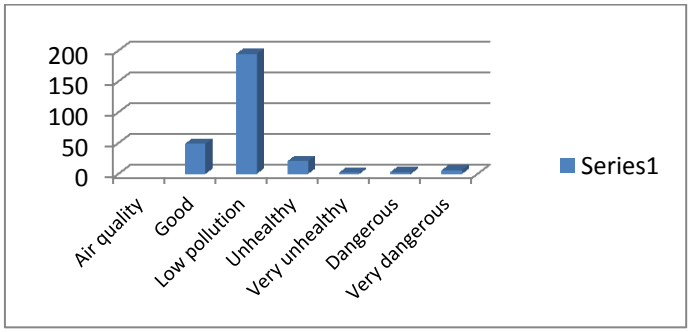
در این بررسی، کیفیت هوای شهر سنندج بر اساس ذرات، دارای ۷۰ روزهوای سالم (معادل ۲۰/۸۳ ٪)، روزهای با آلودگی کم ۲۵۱ روز (معادل ۶۹/۱۴٪)، روزهای ناسالم ۲۷ روز (معادل ۷/۴۳٪)، روزهای بسیار ناسالم ۵ روز (معادل ۱/۳۸٪)روزهای خطرناک ۴ روز (معادل ۱/۱٪) و روزهای بسیار خطرناک هوا به نسبت ذرات معلق در سال مطالعاتی فوق ۶ روز (معادل ۱/۶۵٪) بوده است. بر این اساس روزهای با هوای خطرناک و بسیار خطرناک که تعداد آنها کم می باشد، عمدتا در ماههای اول سال و در فصل بهار مشاهده گردیده است. اما هوای ناسالم در اکثر ماه های سال مشاهده گردیده که بیشترین مقدار آن مربوط به ماه های مرداد، خرداد و اسفند می باشد. از طرف دیگر، در برخی از ماه های سال، مانند تیرماه، مرداد ماه و مهرماه، هیچ یک از روزها دارای هوای سالم نبوده است هرچند مقدار آلودگی نیز در ماه های فوق از میزان کمی برخوردار بوده است.

1-Ion Chromatography
2- Metrohm

جدول ۲-کیفیت هوای شهر سنندج (µg/m3)

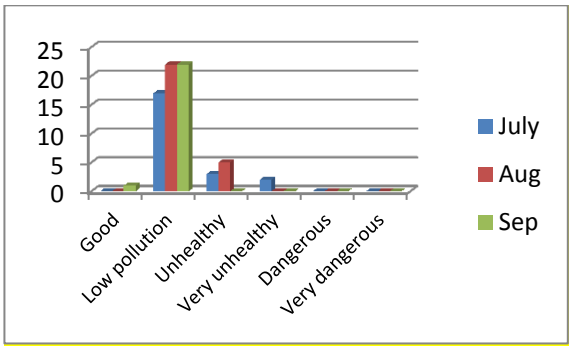
Table2. The Sanandaj city air quality situation(µg/m3)

کیفیت هوا	PM (10)	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	میانگین
خوب	<۵۰	۴	۲	۱	–	–	۳	–	۱۴	۱۷	۱۶	۶	۷	۷۰
آلودگی کم	۵۰-۱۵۰	۲۳	۲۳	۲۲	۲۰	۲۵	۲۸	۲۹	۱۵	۱۳	۱۳	۲۲	۱۸	۲۵۱
نا سالم	۱۵۰-۳۵۰	۱	۳	۵	۵	۵	–	۱	–	–	۱	۲	۴	۲۷
بسیار ناسالم	۳۵۰-۴۲۰	–	–	–	۵	–	–	–	–	–	–	–	–	۵
خطرناک	۴۲۰ -۶۰۰	۱	۲	۱	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۴
بسیار خطرناک	> ۶۰۰	۲	۱	۲	–	–	–	–	۱	–	–	–	–	۶



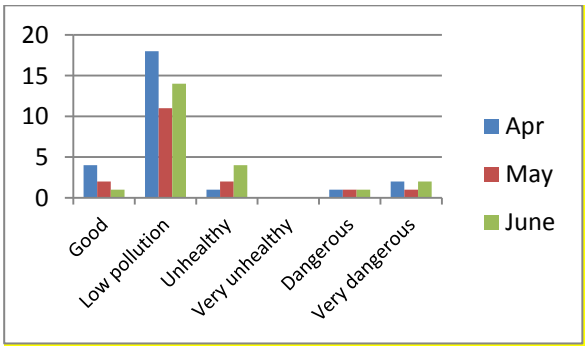
نمودار ۱- وضعیت شهرسنندج با توجه به ذرات معلق (µg/m3)

Diagram 1. Situation in the city, according to the particulates matter (µg/m^3)



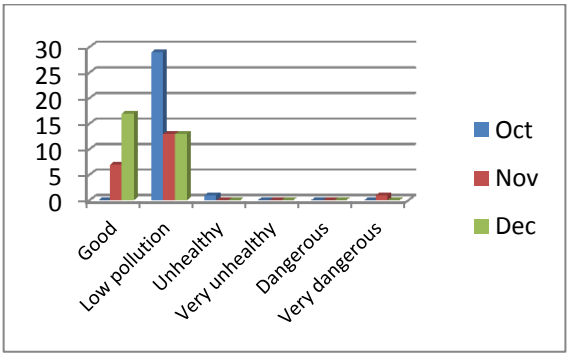
نمودار ۲-کیفیت هوای شهر سنندج در بهار (µg/m3)

Diagram 2. situation in the city in spring (2017) (µg/m3)



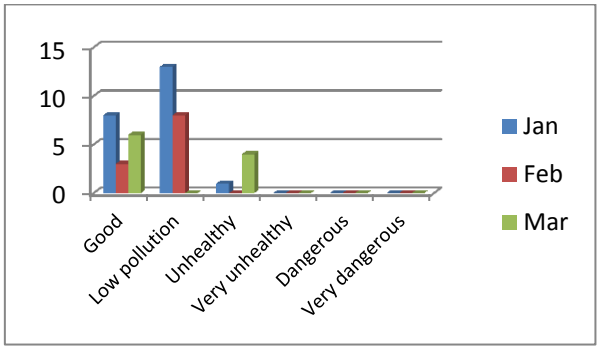
نمودار ۳-کیفیت هوای شهر سنندج در پاییز (µg/m3)

Diagram 3. situation in the city in autumn (µg/m3)



نمودار ۴-کیفیت هوای شهر سنندج در زمستان (µg/m3)

Diagram 4. situation in the city in summer (µg/m3)

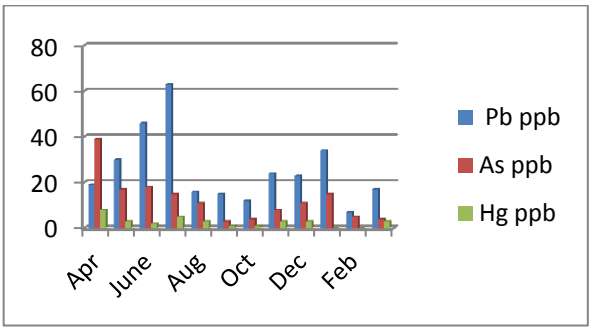


نمودار ۵-کیفیت هوای شهر سنندج در تابستان (µg/m3)

Diagram 5. situation in the city in winter (µg/m3)

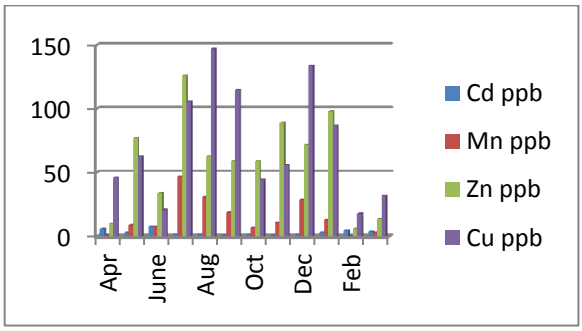
- نتایج سنجش فلزات و یون ها

پس از اندازه گیری ذرات معلق،مقدار فلزات سنگین و یون ها مورد سنجش قرار گرفت. نتایج به دست آمده در جداول (۳) و (۴) ارائه شده است.



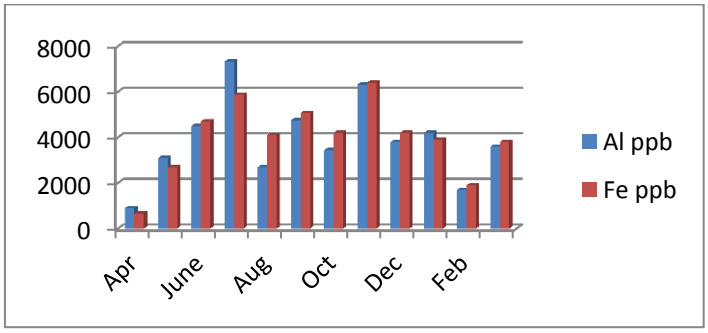
نمودار ۶- مقادیر فلزات سنگین در هوای شهر سنندج (ppb)

Diagram 6. Heavy metal in the air of the Sanandaj (ppb)



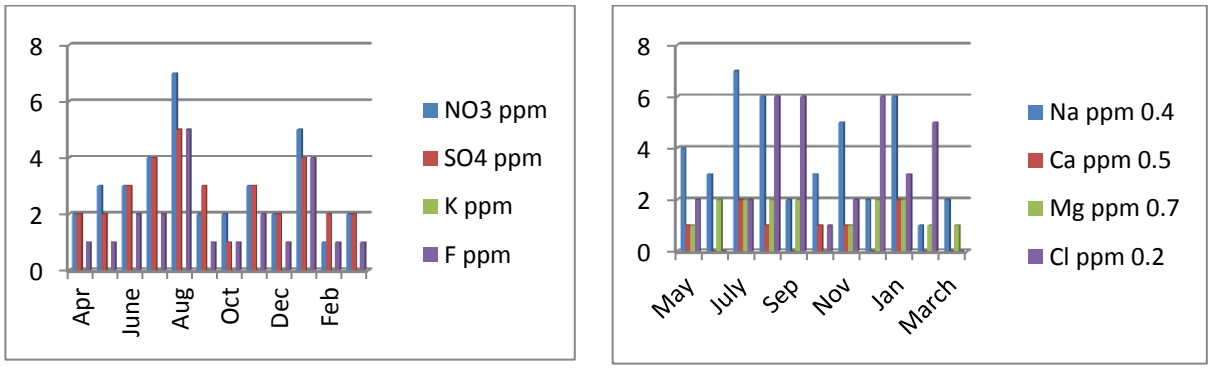
نمودار ۷- مقادیر فلزات سنگین در هوای شهر سنندج (ppb)

Diagram 7. Heavy metal in the air of the Sanandaj



نمودار ۸- مقادیر فلزات سنگین در هوای شهر سنندج (ppb)

Diagram 8. Heavy metal in the air of the Sanandaj (ppb)



نمودار ۹- مقادیر یون ها در هوای شهر سنندج (ppm)

Diagram 9. Of ionsin the airSanandaj

بررسی وضعیت فلزات و یون ها در هوای شهر سنندج

بر اساس جدول (۳)، بیشترین مقادیر فلزات در تیر ماه و سپس ماه های فروردین و خرداد اندازه گیری شده است. این در حالی است که بیشترین آلودگی از لحاظ مقدار ذرات معلق مربوط به ماه آبان می باشد. در ماه فروردین با اینکه مقدار ذرات معلق هوا کم می باشد، اما فلزات اندازه گیری شده به نسبت ماه های دیگر، بیشتر می باشد.

در بین فلزات، آلومینیم و آهن حجم بسیار بالایی را نسبت به بقیه فلزات به خود اختصاص داده اند. پس از آنها، به ترتیب بیشترین حجم فلزات موجود در هوا مربوط به مس، روی، سرب و آرسنیک می باشد. مقادیر منگنز، کادمیم و جیوه به نسبت بقیه فلزات از حجم کمتری برخوردار هستند.

اما در خصوص مقادیر یون ها در حجم هوای منطقه مطالعاتی، بیشترین مقدار مربوط به سدیم و سپس نیترات، کلر و سولفات می باشد. آهن، منیزیم و کلسیم در رده های بعدی قرار دارند. ضمن اینکه مقدار یون پتاسیم نسبت به بقیه بسیار کمتر می-باشد. در بین ماه های سال نیز، بیشترین مقادیر یون ها در ماه های مرداد و تیر اندازه گیری شده است.در حالی که در ماه فروردین شاهد کمترین مقادیر یون در هوای منطقه می باشیم.

محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری

با توجه به نتایج بدست آمده، نتایجحاصلاز این پژوهش با استفاده از نرم افزار Spss و معادله رگرسیون با متد Enter مورد بررسی و تحلیل آماری قرار گرفت. ضریب اطمینان مطالعه ۹۵ درصد تعیین شد(a=۰/۰۵)

نتایج بدست آمده از روش آماری فوق برای فلزات سرب،جیوه، منگنز، روی، آلومینیم و آهن در سطح ۵٪ معنی دار می باشد و یک رابطه خطی معنی داری بین ذرات و مقادیر فلزات فوق در هوای سنندج وجود دارد. اما برای فلزات آرسنیک، کادمیم و مس، چنین رابطه معنی داری را نسبت به ذرات معلق در هوا نشان نداده است.

نتایج بررسی برای یون های اندازه گیری شده نشان می دهد که تغییرات یون های سدیم، کلسیم، نیترات، سولفات و آهن، در سطح ۵٪ معنی دار بوده اما برای یون های منیزیم و کلر چنین رابطه معنی داری نسبت به ذرات معلق در هوا بدست نیامده است.

برنامه مدیریت پایش

جهت مقابله با آلاینده های فوق در منطقه مطالعاتی، ارائه برنامه مدیریتی جهت در منطقه الزامی به نظر می رسد که برای این امر، با استفاده از مدل مدیریت استراتژیک و مدل تحلیل SWOT و با یاری گرفتن از کارشناسان و مسئولین منطقه، اقدام به شناسایی و بررسی نقاط قوت و ضعف و همچنین فرصت ها و تهدید های احتمالی موجود مرتبط با موضوع مطالعاتی شد.

پس از تکمیل فرم های پرسشنامه توسط کارشناسان و خبرگان در شهر سنندج در خصوص آلودگی هوا به ریزگردها و راهکارهای پیشنهادی توسط این افراد، نتایج حاصل به شرح جداول زیر ارائه میگردد.

جدول ۳- ماتریس های ارزیابی عوامل داخلی

Table 3. Internal factor evaluation matrices

	عوامل داخلی	وزن نرمالیز شده	امتیاز وضع موجود	امتیاز وزن دار	توضیحات
	نقاط قوت S				
۱	اندازه گیری ساعتی PM10 در شهر سنندج	۰/۰۶۱	۴/۸۰	۰/۲۵	
۲	تعداد اندک صنایع در سطح شهر	۰/۰۶۷	۴/۱۳	.۰/۲۶	
۳	عدم هم مرزی با شهرهای عراق	۰/۰۸۳	۳/۵۳	۰/۲۹	
۴	وجود کارشناسان محیط زیست	۰/۰۶۲	۳/۳۳	۰/۲۰	
۵	اختصاص بودجه بین المللی دائمی	۰/۰۱۴	۱/۸۰	۰/۲۹	
	نقاط ضعف W				
۱	کمبود کارشناس و متخصص آلودگی هوا	۰/۰۷	۲/۴۶	۰/۱۷	
۲	عدم توجه کافی مسئولین (محیط زیست، بهداشت، استانداری و...)	۰/۰۶۸	۳/۸۶	۰/۳۳	
۳	عدم وجود هسته مقابله با موضوع در سطح استان	۰/۰۸۲	۴/۱۳	۰/۳۵	
۴	عدم آگاهی و مشارکت مردمی	۰/۰۵۵	۲/۷۳	۰/۱۴	
۵	عدم اطلاع رسانی صحیح	۰/۰۵۹	۲/۸	۰/۱۶	
۶	عدم آموزش کافی کارشناسان	۰/۰۷۳	۲/۲	۰/۱۴	
۷	عدم وجود امکانات مناسب برای تحقیق	۰/۰۹۵	۳/۹۳	۰/۳۵	
۸	عدم تامین منابع مالی لازم برای مطالعات	۰/۰۸۶	۴/۳۳	۰/۳۵	
	جمع کل	۱	-	۳/۲۸	

جدول ۴- ماتریس های ارزیابی عوامل خارجی

Table 4. External factor evaluation matrices

	عوامل خارجی	وزن نرمالیز شده	امتیاز وضع موجود	امتیازوزن دار	توضیحات
فرصت ها O					
۱	حمایت های ملی	۰/۰۹۷	۱/۶	۰/۱۵	
۲	امکان توسعه فضای سبز	۰/۰۹۵	۲/۲۶	۰/۲۳	
۳	برخورداری از اقلیم متنوع	۰/۰۷۴	۲/۵۳	۰/۲۰	
۴	استفاده از نظام مدیریت محیط زیست بر مبنای استاندارد ISO14001	۰/۰۵۹	۲/۳۳	۰/۱۵	
۵	افزایش آگاهی و فرهنگ عمومی جامعه	۰/۰۵۴	۲/۲۶	۰/۱۲	
۶	در دسترس بودن انواع گونه های گیاهی سازگار با اقلیم	۰/۰۷۲	۲/۱۳	۰/۱۴	
۷	ایجاد سایت اطلاع رسانی	۰/۰۴۶	۱/۶	۰/۰۷	
۸	تشکیل و فعالیت مرکز مطالعات و پژوهشهای کاربردی	۰/۰۷۶	۱/۶۶	۰/۱۳	
تهدید ها T					
۱	افزایش وسایل نقلیه	۰/۰۶۲	۴/۱۳	۰/۲۲	
۲	عدم همکاری مناسب بین بخش ها	۰/۰۶۸	۳/۲	۰/۲۰	
۳	جهت باد غالب	۰/۰۸۵	۳/۴۶	۰/۲۵	
۴	توپوگرافی منطقه	۰/۰۹۳	۳	۰/۲۴	
۵	کمرنگ بودن مشارکت مردمی	۰/۰۴۸	۲/۶	۰/۱۳	
۶	مکان استقرار شهرکهای صنعتی	۰/۰۶۸	۲/۶	۰/۱۸	
	جمع کل	۱	-	۲/۴۱	

همانطور که در جداول ۳ و ۴ نشان داده شده است، در محدوده مورد مطالعه تعداد ۵ نقطه قوت داخلی در برابر ۸ نقطه ضعف داخلی و تعداد ۸ فرصت خارجی در برابر ۶ تهدید خارجی شناسایی و مورد مطالعه قرارگرفته است. بدین ترتیب در مجموع تعداد ۱۳ نقطه قوت و فرصت به عنوان مزیت ها و ۱۴ ضعف و تهدید به عنوان محدودیت ها و موانع پیش رو جهت مقابله با آلودگی هوای سنندج در برابر ذرات معلق تعیین گردید.

بررسی ها نشان داد نقاط قوت قابل اعتنایی نظیر اندازه گیری ساعتی ذرات در شهر سنندج، تعداد اندک صنایع در سطح شهر، عدم هم مرزی با شهرهای عراق و اختصاص بودجه بین المللی دائمی، در منطقه وجود دارد که می تواند در کنار فرصت هایی از قبیل حمایت های ملی، در دسترس بودن انواع گونه های گیاهی سازگار با اقلیم، امکان توسعه فضای سبز، برخورداری از اقلیم متنوع، افزایش آگاهی و فرهنگ عمومی جامعه و ایجاد سایت اطلاع رسانی، تشکیل و فعالیت مرکز

مطالعات و پژوهشهای کاربردی، جهت مقابله با آلودگی هوای شهر سنندج در برابر ذرات مورد استفاده قرار گیرد.

ماتریس برنامه ریزی کمّی راهبردی

برای تهیه ماتریس برنامه ریزی کمی راهبردی از تجزیه و تحلیل های مرحله اول و دوم (مقایسه عوامل داخلی و خارجی) چارچوب جامع تدوین راهبردها استفاده می شود تا بدان وسیله به شیوهای عینی راهبردهای قابل اجرا مشخص شوند. به هنگام کاربرد ماتریس برنامه ریزی کمی راهبردی باید از قضاوت شهودی خوب استفاده کرد.

در ماتریس کمی راهبردی باید دستکم۱۰ عامل بسیار مهم داخلی و ۱۰ عامل بسیار مهم خارجی که در طرح تأثیرگذار هستند در نظرگرفت.

در این ماتریس به هر عامل یک نمره جذابیت داده می شود که نمره جذابیت نشان دهنده توان و قابلیت راهبرد در برخورد مناسب با عوامل داخلی و خارجی (بهره گیری از فرصتها و قوت ها و رفع ضعف ها و پرهیز از تهدیدها) است. نمره جذابیت بدین شکل است۱ = بدون جذابیت،۲ = تاحدی جذاب،۳ = دارای جذابیت معقول،۴ = بسیارجذاب. (اعرابی،۱۳۸۷)

بر اساس مطالعات انجام شده و با توجه به ماتریس QSPM استراتژی های پیشنهادی الویت بندی گردید و در نهایت مهمترین استراتژی ها در هر بخش بر اساس اولویت بدست آمده به شرح جدول ۵ می باشد.

جدول ۵- استراتژی های اولویت بندی شده در هر بخش بر اساس ماتریس QSPM

Table 5. Strategies prioritized in each section based on the matrix (QSPM)

عنوان استراتژی مربوط به ST	TAS
تعیین سهم وسایل نقلیه در آلودگی هوای شهر به ذرات معلق	۲/۲۷
همکاری بین ارگان های ذیربط جهت مقابله با منابع تولید آلاینده هوا در سطح شهر	۴/۱۱
انجام مطالعات در تعیین نقش باد غالب در گسترش آلودگی ذرات	۵/۶۸
انجام مطالعات در تعیین نقش توپوگرافی منطقه در ماندگاری آلودگی ذرات	۵/۱۴
پایش دوره ای صنایع فعال در شهرک های صنعتی و تعیین نقش آنها در آلودگی هوای شهری	۹/۵۸
کنترل آلودگی خودروها توسط محیط زیست و جلوگیری از تردد خودروهای مولد آلودگی هوا	۱۳/۵۶
استفاده ازکارشناسان خبره برای آموزش عمومی و مشارکت مردمی در کاهش و مقابله با آلاینده های هوا	۴/۲۱
مجموع	۴۴/۵۵
عنوان استراتژی مربوط به SO	
اطلاع رسانی مناسب به مردم جهت مقابله با اثرات آلودگی هوا	۳/۲۷
آموزش عمومی جهت مقابله با آلاینده های هوا	۳/۲۷
خرید و توسعه دستگاههای سخت افزاری و نرم افزاری اندازه گیری	۳/۰۳
تشکیل و فعالیت مرکز مطالعات و پژوهش های کاربردی در سطح استان و شهرستان	۱۶/۸۵
انجام پژوهش های لازم در خصوص توسعه فضای سبز جهت مقابله با آلاینده های هوا	۴/۹۳
مجموع	۳۱/۳۵

عنوان استراتژی WO	
جذب نیروهای متخصص یا آموزش تخصصی نیروهای موجود	۲/۲۶
ایجاد هسته زیست محیطی مقابله با آلودگی ذرات معلق و ریزگردها در سطح استان و شهرستان	۱۷/۶۵
ایجاد سایت اطلاع رسانی جهت آگاهی به موقع ساکنین و مسئولین شهر	۱/۳۳
تامین منابع مالی مناسب با کمک حمایت های دولتی موجود جهت تکمیل امکانات سخت افزاری، مطالعاتی و پژوهشی	۷/۸۹
مجموع	۲۹/۱۳
عنوان استراتژی WT	
همکاری بین ارگان های ذیربط برای تهیه طرح جامع زیست محیطی جهت کاهش آلاینده ها	۱۷/۰۵
همکاری بین ارگان های ذیربط برای اجرای طرح های کوتاه مدت زیست محیطی جهت کاهش آلاینده ها	۱۷/۰۵
اخذ جریمه و تعطیلی واحدهای مولد آلودگی	۱۲/۵۲
جلب مشارکت مردمی در توسعه فضای سبز و کاهش آلاینده های زیست محیطی	۲/۰۲
مجموع	۴۸/۶۴

نتیجه گیری و پیشنهادات

با توجه به افزایش میزان ذرات معلق در بسیاری از شهرهای کشور از جمله شهر سنندج و اثرات ناشی از آنها، لازم است که تدابیری اتخاذ گردد که از قدرت اجرایی برخوردار باشد و در کاهش اثرات ذرات معلق بر اجزاء تشکیل دهنده محیط زیست مثمر ثمر واقع گردد.

بر اساس جدول ۵، تعداد ۲۰ استراتژی برای مقابله با تولید و کاهش اثرات ذرات معلق در شهر سنندج پیشنهاد گردید که در این بین، استراتژی های زیر با توجه به امتیاز بدست آورده، در الویت قرار خواهند گرفت.

- ایجاد هسته زیست محیطی مقابله با آلودگی ذرات معلق و ریزگردها در سطح استان و شهرستان
- همکاری بین ارگان های ذیربط برای تهیه طرح جامع زیست محیطی جهت کاهش آلاینده ها
- همکاری بین ارگان های ذیربط برای اجرای طرح های کوتاه مدت زیست محیطی جهت کاهش آلاینده ها
- تشکیل و فعالیت مرکز مطالعات و پژوهش های کاربردی در سطح استان و شهرستان
- کنترل آلودگی خودروها توسط محیط زیست و جلوگیری از تردد خودروهای مولد آلودگی هوا

همانطور که در بین استراتژی های فوق مشخص می باشد، با توجه به ضعف ها و کمبودهای موجود در شهر سنندج جهت مقابله با آلودگی ریزگردها و ذرات معلق، در درجه اول تشکیل یک هسته مقابله با این مشکل با همکاری اداره کل محیط زیست استان و ارگان های مسئول منطقه از جمله استانداری، اداره هواشناسی، دانشگاه علوم پزشکی و مراکز بهداشت و... ضروری به نظر می رسد. انجام مطالعات پژوهشی، اطلاع رسانی مناسب به مردم و آگاهی جهت مقابله با آلودگی های هوا، توسعه فضای سبز شهری، پایش دوره ای صنایع فعال در شهرک های صنعتی و اطراف محدوده شهر (با توجه به جهت باد غالب) و کنترل منابع آلاینده دیگر، از فعالیت هایی است که در مراحل بعدی قرار خواهند گرفت. اثرات جبران ناپذیر آلودگی هوا بخصوص ذرات معلق که می تواند حاوی آلاینده های دیگر نیز باشد، از جمله بیماری های گوناگون تنفسی و قلبی، اثرات بر محصولات کشاورزی و دامپروری، اثرات اقتصادی و زیست محیطی و .. مسئولین را موظف می نماید.

جدول ۶- راهکارهاواقدامات پیشنهادی

Table 6. Suggested solutions and measures

راهکارها و اقدامات اقتصادی	راهکارها و اقدامات کالبدی - محیطی	راهکارها و اقدامات اجتماعی - فرهنگی	راهکارها و اقدامات مدیریتی واجرایی
جذب نیروهای متخصص یا آموزش تخصصی نیروهای موجود	ایجاد سایت اطلاع رسانی جهت آگاهی به موقع ساکنین و مسئولین شهر	اطلاع رسانی مناسب به مردم جهت مقابله با اثرات آلودگی هوا	ایجاد هسته زیست محیطی مقابله با آلودگی ذرات معلق و ریزگردها در سطح استان و شهرستان
تامین منابع مالی مناسب با کمک حمایت های دولتی موجود جهت تکمیل امکانات سخت افزاری، مطالعاتی و پژوهشی	انجام مطالعات در تعیین نقش باد غالب و توپوگرافی منطقه در گسترش آلودگی ذرات	جلب مشارکت مردمی در توسعه فضای سبز و کاهش آلاینده های زیست محیطی	همکاری بین ارگان های ذیربط جهت مقابله با منابع تولید آلاینده هوا در سطح شهر
خرید و توسعه دستگاههای سخت افزاری و نرم افزاری اندازه گیری	پایش دوره ای صنایع فعال در شهرک های صنعتی و تعیین نقش آنها در آلودگی هوای شهری	آموزش عمومی جهت مقابله با آلاینده های هوا	تشکیل و فعالیت مرکز مطالعات و پژوهش های کاربردی در سطح استان و شهرستان
	تعیین سهم وسایل نقلیه در آلودگی هوای شهر به ذرات معلق		ایجاد سایت اطلاع رسانی جهت آگاهی به موقع ساکنین و مسئولین شهر
	اخذ جریمه و تعطیلی واحدهای مولد آلودگی		همکاری بین ارگان های ذیربط برای تهیه طرح جامع زیست محیطی جهت کاهش آلاینده ها

References

1. Athar, M. Vahura, SH.B. (2006), ”Environmental & Heavy Metal”, Sanandaj Islamic Azad University Publications.
2. Http. //www. Life Extension. Heavy metal toxicity, page 1, 2003, updated6, 12.
3. Joseph A. Salvato, Environmental Engineering and Sanitation, John Wiley and Sons, 2000, TD145. S24.
4. O, Neill, M. S., Kinney, P. L. and Cohen, A. J., 2008. Environmental equity in air quality management: local and international implications for human health and climate change. Journal of Toxicology and Environmental Health2008. Pp: 570-577.
5. Shimbo S, Zhang ZW, Watanabe T, Nakatsuka H, Mutsuda N, Higashikawa K. Cadmium and lead contents in rice and other cereal products in Japan in 1998.2000. Science of the total Environment. 2001; 281:165-75.

6. Environmental Protection Agency (EPA). Alternate 1 in 3 sampling and return shipping schedule[online]. http://wwwepagov //ttn/atmic/files/ambient/pm25/2006.
7. Fred R., David, Strategic Management, Translated by Seyed Mohammad Arabi and Ali Parsian / Cultural Research Office / Tehran (2002).
8. ASTM. 2000. Annual book of ASTM Standards ASTM. Vol:11. 01, pp. D1971-95. D-4691-96.
9. Asilian, H. Ghaneian, M. (2007), Air pollution, resources, impacts, control methods, standards, MitraPublications.