



اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در هوای شهر تهران (مطالعه موردی: خیابان انقلاب)

علیرضا نورپور^{۱*}، غلامرضا نبی بیدهندی^۲ و آرش صدری جهانشاهی^۳

^۱ دانشیار گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران

^۲ استاد گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۲۶

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۹

Monitoring of Heavy Metals in the Ambient Air of Tehran (A case Study of Enghelab Street)

Alireza Noorpoor,^{1*} Golamreza Nabi Bidhendi²
& Arash Sadri Jahanshahi³

¹ Associate Professor, Faculty of Environment, University of Tehran.

² Professor, Faculty of Environment, University of Tehran.

³ MSc Student, Faculty of Environment, University of Tehran.

Abstract

Heavy metals such as: arsenic, iron, zinc, lead, cadmium, chromium, copper, manganese and nickel exist in Tehran's air which is inhaled by inhabitants and causes serious problems for human body. Tehran is a metropolis that faces several environmental problems. Among Streets, roads and highways of Tehran, Enqelab Street is one of the busiest and connects Enqelab square to Imam Hossein Square. In this paper, the results of measuring heavy metals including arsenic, iron, zinc, lead, cadmium, chromium, copper, manganese and nickel in Enqelab Street's air are presented in the form of charts and GIS maps. The study was performed in Bahman 1391 and Khordad 1392 along the mentioned area. The outcome of these studies indicates that concentration of all heavy metals except arsenic & chromium are in allowed levels of WHO guidelines and despite recording few different the air pollution levels in the whole area, from Enqelab square to Imam Hossein Square, are equal; however, the air pollution level of Valiasr crossroads is relatively considerable.

Keywords: Heavy metals, Air Pollution, Pollutant Emission, Particulates.

چکیده

فلزات سنگین مانند آرسنیک، آهن، روی، سرب، کادمیوم، کروم، مس، منگنز و نیکل در هوای شهر تهران از طریق استنشاق هوای آلوده وارد سیستم بدن انسان شده و مشکلاتی را برای شهروندان ایجاد خواهد کرد. تهران کلان شهری است که با مشکلات محیط‌زیستی آلودگی هوا روبروست. در میان خیابان‌ها، معابر و بزرگراه‌های شهر تهران، خیابان انقلاب یکی از پرترددترین آن‌ها می‌باشد. این خیابان از میدان انقلاب اسلامی شروع شده و تا میدان امام حسین (ع) ادامه می‌یابد. دستاورد نهایی این تحقیق، ارائه نتایج سنجش میزان فلزات سنگین در تاریخ بهمن‌ماه ۱۳۹۱ و خرداد ۱۳۹۲ شامل: آرسنیک، آهن، روی، سرب، کادمیوم، کروم، مس، منگنز و نیکل در هوای خیابان انقلاب شهر تهران در قالب نمودار و نقشه‌های GIS می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد غلظت اغلب فلزات اندازه‌گیری شده به‌جز آرسنیک و کروم، در حد مجاز خطوط راهنمای سازمان بهداشت جهانی می‌باشد و نیز نرخ آلودگی در کل مسیر از میدان انقلاب تا میدان امام حسین در یک میزان بوده و اختلاف ناچیزی در برخی نقاط مشاهده می‌شود. البته نرخ آلودگی در چهارراه ولیعصر به نسبت سایر نقاط قابل توجه است.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، آلودگی هوا، پراکنش آلودگی، ذرات.

* Corresponding Author. E-mail Address: noorpoor@ut.ac.ir

۱- مقدمه

آلودگی محیط‌زیست به فلزات سنگین هر ساله، رو به افزایش است و نهایتاً منجر به بروز خطرات جدی برای سلامتی انسان، جانوران و گیاهان خواهد شد. فلزات سنگین با تمامی آثار مخربشان از اصلی‌ترین آلاینده‌های موجود در هوای شهرهای بزرگ می‌باشند. افزون بر این، طی سالهای اخیر مقادیر زیادی عبارات ریز گرد از طریق مرزهای کشور عراق به هوای تنفسی ساکنان شهرها و روستاهای ایران نفوذ کرده و مخاطراتی را برایشان ایجاد کرده‌اند. شهر تهران از این اصل مستثنی نیست [۱].

فلزات سنگین از قبیل آرسنیک، آهن، روی، سرب، کادمیوم، کروم، مس، منگنز و نیکل در هوای شهر تهران از طریق استنشاق هوای آلوده وارد سیستم بدن انسان شده و مشکلاتی را برای شهروندان ایجاد خواهد کرد. یکی از اساسی‌ترین مسائل در ارتباط با فلزات سنگین، عدم متابولیسم شدن آنها در بدن می‌باشد [۲]. در واقع فلزات سنگین پس از ورود به بدن، دیگر دفع نشده بلکه در بافت‌هایی مثل چربی، عضلات، استخوانها و مفاصل رسوب کرده و انباشته می‌گردند که همین امر موجب بروز بیماری‌ها و عوارض متعددی در بدن می‌شود. حضور فلزات سنگین بیش از استانداردهای تعریف شده در محیط، باعث بروز مشکلات و عوارض محیط‌زیستی برای ساکنان آن محل و اکوسیستم می‌گردد. تأثیرات فلزات سنگین روی انسان مختلف بوده و عمده‌ترین آن مربوط به بروز اختلالات عصبی است. از طرفی خاصیت سمی و قابلیت تجمع‌زیستی فلزات سنگین در گیاهان و جانوران و نیز ورود آنها به زنجیره غذایی، خطرات ناشی از آنها را دوچندان ساخته و تأثیرات اکولوژیکی زیادی را به وجود می‌آورد [۳].

تهران کلان شهری است که با مشکلات محیط‌زیستی آلودگی هوا روبروست. از عوامل طبیعی مؤثر در ایجاد این مسئله می‌توان به احاطه شدن شهر بوسیله کوه‌ها، عدم وجود بادهای مداوم با سرعت مناسب و بارش کم نزولات جوی اشاره کرد. رشد نامتناسب جمعیت شهری، وجود تعداد زیاد صنایع قدیمی و فرسوده، و نیز ورود بیش از ظرفیت خودروها، با میزان بالای انتشار آلاینده‌ها به‌چرخه حمل‌ونقل شهری از عوامل انسانی آلودگی هوای تهران است.

در میان خیابان‌ها، معابر و بزرگراه‌های شهر تهران، خیابان انقلاب یکی از پرتددترین آنها می‌باشد. این خیابان از میدان انقلاب اسلامی شروع شده و تا میدان امام حسین- (ع) ادامه می‌یابد. تردد پرشمار وسایل نقلیه به‌علت وجود دانشگاهها از قبیل دانشگاه تهران، امیرکبیر و غیره و سازمان‌ها و ادارات مهم صورت می‌گیرد. این خیابان بدون داشتن طراحی و برنامه‌ریزی مناسب برای تبدیل شدن به فضای جمعی و موقعیت جغرافیایی خود، تأثیرگذارترین فضای جمعی در طول دوران پیش از انقلاب و حتی تا به امروز می‌باشد. لذا لزوم بررسی میزان آلودگی هوا در خیابان انقلاب با توجه به وجود سیل عظیم جمعیت آن، ضروری است.

دستاورد نهایی این تحقیق، سنجش میزان فلزات سنگین شامل آرسنیک، آهن، روی، سرب، کادمیوم، کروم، مس، منگنز و نیکل در هوای خیابان انقلاب شهر تهران می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- محدوده مورد مطالعه

میدان انقلاب (۲۴ اسفند سابق) به‌عنوان یکی از میدان‌های اصلی شهر در تقاطع خیابانهای انقلاب، کارگر و آزادی قرار دارد. به‌دلیل مرکزیت آن و امکان دسترسی آسان به دیگر نواحی شهر از طریق اتوبوسهای شرکت واحد، خط متروی انقلاب و بی.آر.تی (سامانه اتوبوسهای تندرو)، روزانه شهروندان بسیاری از این میدان می‌گذرند. میدان و خیابان انقلاب تهران حد فاصل مناطق ۶، ۱۱، ۷ و ۱۲ است. استقرار ده وزارتخانه و ۱۴۲ سازمان تابعه، ۶۶ بیمارستان و مرکز درمانی، ۴۹ دانشگاه و مؤسسه آموزش عالی، ۲۶ سفارتخانه و دفتر سازمانهای بین‌المللی و صدها مرکز اداری، مالی، اقتصادی ضرورت بررسی آلودگی هوای منطقه را دوچندان می‌کند. برگزاری راهپیمایی‌ها و تظاهراتی که به‌صورت سالانه (۲۲ بهمن، ۱۳ آبان، ۱۶ آذر و غیره) و موردی (۹ دی) در این محدوده برگزار شده است ناظر بر وزن مکانی محدوده یاد شده است.



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

۲-۲- انتخاب نقاط نمونه برداری

خیابان انقلاب از میدان انقلاب اسلامی شروع و تا میدان امام حسین (ع) ادامه می‌یابد. برای آنکه نتایج این تحقیق، نماینده مناسبی از منطقه مورد مطالعه باشد، نقاط نمونه برداری در چهارراه‌ها و میدان‌های اصلی این مسیر انتخاب شدند. بر این مبنا نمونه برداری در ۵ ایستگاه صورت پذیرفت: میدان انقلاب- چهارراه ولیعصر- میدان فردوسی- پیچ شمیران و میدان امام حسین.

۲-۳- روش نمونه برداری و آنالیز شیمیایی

نمونه‌های هوا به منظور تعیین میزان غلظت فلزات سنگین (شامل مس، کادمیوم، کروم، نیکل، منگنز، آهن، سرب و آرسنیک) طی دو فصل در تاریخ ۱۹ بهمن ماه ۱۳۹۱ و اول خرداد ۱۳۹۲ به صورت ۸ ساعته با تعیین ۵ ایستگاه جمع‌آوری و آنالیز گردیدند. برای سنجش میزان فلزات سنگین در خیابان انقلاب تهران مبتنی بر روش‌های نمونه برداری فعال به کمک پمپ‌های با دبی پایین SKC و با استفاده از فیلتر غشایی ۳۷ میلی‌متری از جنس فایبرگلاس که قبلاً وزن هر کدام به طور جداگانه به دست آمده‌اند عمل می‌کنیم. در حین نمونه برداری، فیلترها در محافظ‌های مخصوص خود قرار گرفته و بروی پمپ نصب می‌شوند. دبی پمپ جهت نمونه برداری بروی ۱/۵ لیتر بر دقیقه به کمک دستگاه کالیبراسیون تنظیم شد. فیلترهای جمع‌آوری شده را در هولد‌های مخصوص تا محل آزمایشگاه حمل کرده و با استفاده از روش هضم اسیدی و توسط دستگاه ICP3 میزان فلزات سنگین به تفکیک تعیین مقدار گردیدند. تمامی مراحل مذکور مطابق با روش استاندارد OSHA-125G صورت پذیرفت [۴].

۲-۴- کنترل کیفی آنالیز

برای تعیین کیفیت روش‌های آنالیز، دقت و صحت بررسی گردید، بدین منظور در هر مرحله، حداقل یک نمونه دوبار تحت آنالیز قرار گرفت. میزان اختلاف نتایج حاصله بیانگر دقت روش آنالیز می‌باشد. میزان درصد اختلاف (دقت) برای سنجش فلزات سنگین در خیابان انقلاب اسلامی تهران را در جدول ۳ مشاهده می‌نمایید. همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود میزان دقت مابین ۳ تا ۱۷ درصد متغیر است که در محدوده قابل قبول دستورالعمل آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا^۲ می‌باشد [۵].

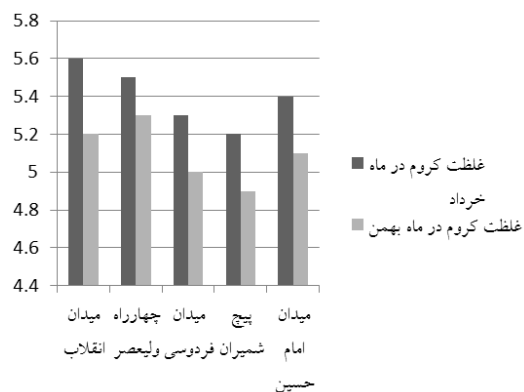
جهت تعیین میزان صحت روش آنالیز در هر دوره از نمونه برداری نمونه‌های اسپایک تهیه گردیدند. بدین منظور مقدار معینی از آلاینده‌ها به نمونه‌ها اضافه می‌شوند و مورد آنالیز قرار می‌گیرند تا با مقایسه نسبت غلظت قرائت شده به غلظت واقعی، صحت روش معین گردد. همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌نمایید میانگین درصد بازیافت (ریکاوری) ما بین ۸۳ الی ۹۷ درصد تعیین شده که با دستورالعمل ارائه شده توسط آژانس حفاظت محیط‌زیست^۳ مطابقت دارد [۶].

جدول ۱- میانگین دقت روش آنالیز فلزات سنگین در هوای تنفسی خیابان انقلاب

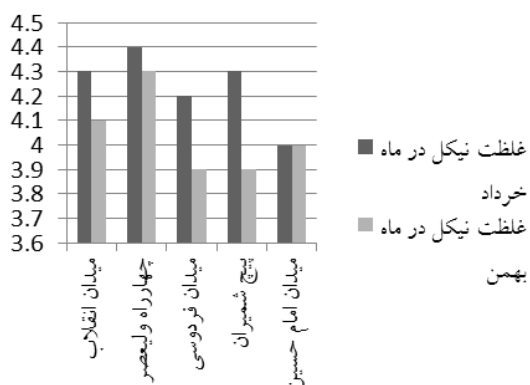
میانگین	درصد	اختلاف
کروم	کادمیوم	مس
٪۴	٪۲	٪۶
روی	منگنز	نیکل
٪۸	٪۷	٪۱۳
سرب	آرسنیک	آهن
٪۳	٪۹	٪۱۷

جدول ۲- میانگین صحت روش آنالیز فلزات سنگین

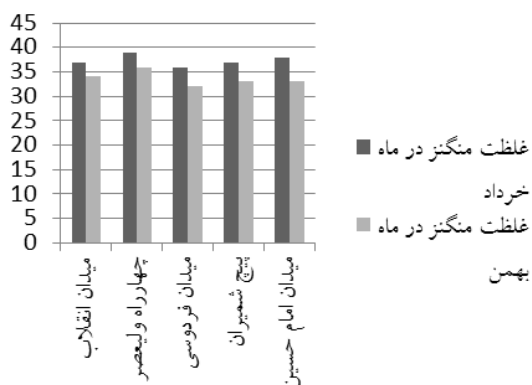
میانگین	درصد	باز یافت
کروم	کادمیوم	مس
٪۸۶	٪۹۲	٪۹۳
روی	منگنز	نیکل
٪۹۱	٪۹۰	٪۸۴
سرب	آرسنیک	آهن
٪۸۶	٪۸۶	٪۸۵



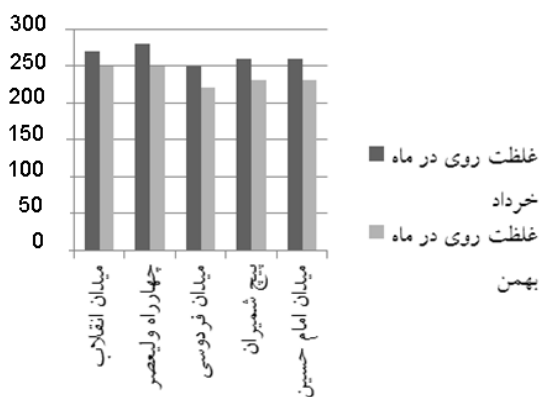
شکل ۴- تغییرات غلظت کروم در مناطق مختلف (ng/m3)



شکل ۵- تغییرات غلظت نیکل در مناطق مختلف (ng/m3)



شکل ۶- تغییرات غلظت منگنز در مناطق مختلف (ng/m3)

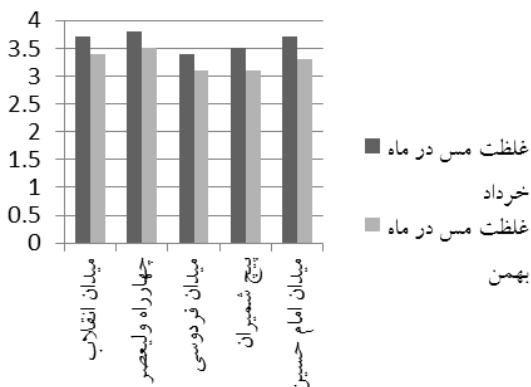


شکل ۷- تغییرات غلظت روی در مناطق مختلف (ng/m3)

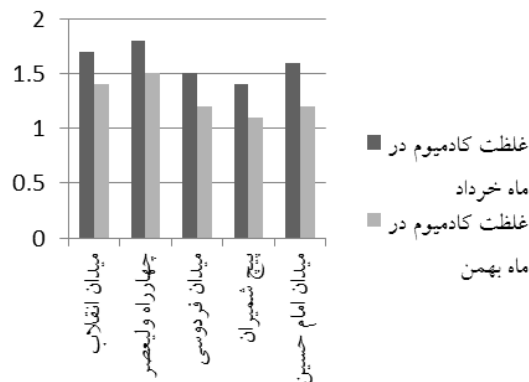
هوای تنفس در خیابان انقلاب تهران نمونه‌برداری شد و غلظت فلزات سنگین در آن در ۲ مرحله در زمستان ۹۱ و بهار ۹۲ شناسایی و اندازه‌گیری گردید. نقاط نمونه‌برداری میدان‌ها و چهارراه‌های اصلی در ۵ نقطه انتخاب شدند تا نماینده خوبی از هوای منطقه باشند. در ضمن در هر مرحله حداقل یک نمونه شاهد^۴ و یک نمونه تعیین درصد بازیافت^۵ جهت اندازه‌گیری صحت نتایج آنالیز و یک نمونه تعیین تکرارپذیری^۶ جهت اندازه‌گیری دقت نتایج آنالیز برداشت گردید.

۳- نتایج و بحث

در ادامه تغییرات غلظت فلزات مذکور را در قالب نمودار مشاهده می‌نمایید.



شکل ۸- تغییرات غلظت مس در مناطق مختلف (ng/m3)

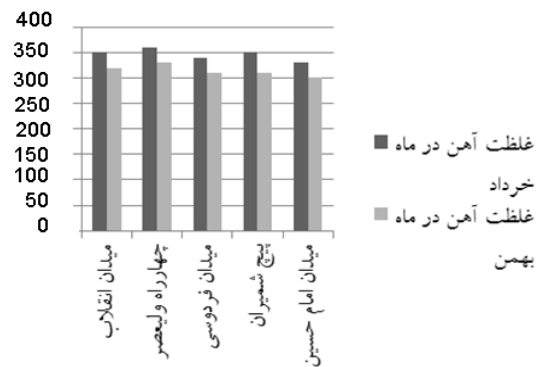


شکل ۹- تغییرات غلظت کادمیوم در مناطق مختلف (ng/m3)

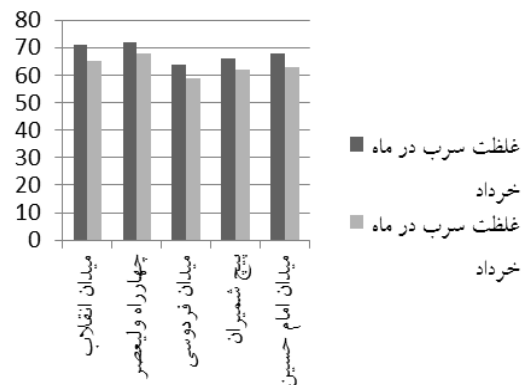
۳-۱- پراکنش آلاینده‌ها در سطح خیابان انقلاب

جهت تعیین نحوه پراکنش غلظت آلاینده‌ها در هوای تنفسی خیابان انقلاب از نقشه‌های رقومی‌شده در محیط GIS استفاده شده است. میان‌یابی به روش کریجینگ⁷ صورت گرفته که نتایج نحوه پراکنش را در اشکال زیر مشاهده می‌نمایید:

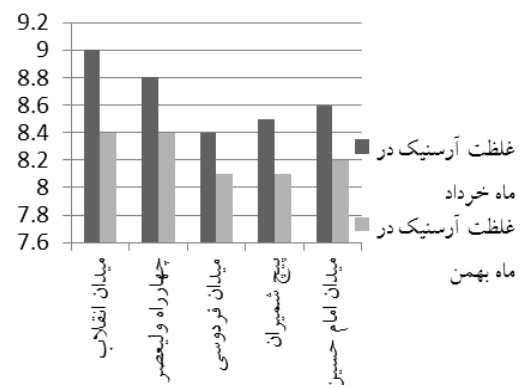
همان‌طور که در اشکال ۱۱ تا ۱۹ مشاهده می‌شود، بیش‌ترین میزان آلودگی در چهارراه ولیعصر و کم‌ترین آن در میدان فردوسی که نشان از اثر ترافیک بر آلودگی هوا دارد. همچنین برای آلاینده کادمیوم، آهن، کروم، منگنز و روی نرخ آلودگی به‌صورت خطی تغییر بین میدان انقلاب و میدان امام حسین از کم به زیاد تغییر می‌کند. نوع درون‌یابی برای آلاینده سرب متمایز است و غلظت ماکزیمم در میدان امام حسین مشاهده می‌شود.



شکل ۸- تغییرات غلظت آهن در مناطق مختلف (ng/m³)



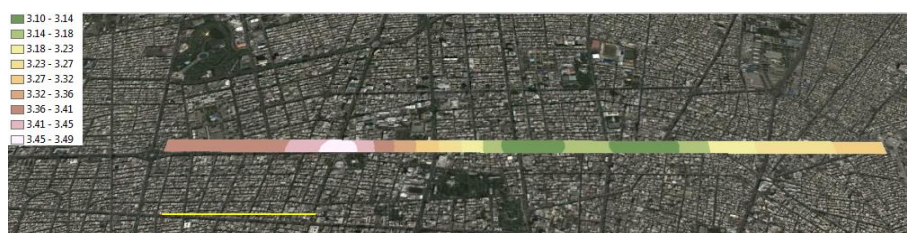
شکل ۹- تغییرات غلظت سرب در مناطق مختلف (ng/m³)



شکل ۱۰- تغییرات غلظت آرسنیک در مناطق مختلف (ng/m³)



شکل ۱۱- نحوه پراکنش آلاینده آرسنیک در هوای تنفسی خیابان انقلاب (ng/m³)



شکل ۱۲- نحوه پراکنش آلاینده مس در هوای تنفسی خیابان انقلاب (ng/m³)



شکل ۱۳- نحوه پراکنش آلاینده کادمیوم در هوای تنفسی خیابان انقلاب (ng/m³)



شکل ۱۴- نحوه پراکنش آلاینده آهن در هوای تنفسی خیابان انقلاب (ng/m³)



شکل ۱۵- نحوه پراکنش آلاینده کروم در هوای تنفسی خیابان انقلاب (ng/m³)



شکل ۱۶- نحوه پراکنش آلاینده منگنز در هوای تنفسی خیابان انقلاب (ng/m³)



شکل ۱۷- نحوه پراکنش آلاینده نیکل در هوای تنفسی خیابان انقلاب (ng/m³)



شکل ۱۸- نحوه پراکنش آلاینده سرب در هوای تنفسی خیابان انقلاب (ng/m³)



شکل ۱۹ - نحوه پراکنش آلاینده روی در هوای تنفسی خیابان انقلاب (ng/m^3)

مجاز اعلام شده دارد. نرخ آلودگی در کل مسیر از میدان انقلاب تا میدان امام حسین در یک میزان بوده و اختلاف ناچیزی در برخی نقاط مشاهده می‌شود. نرخ آلودگی در چهارراه ولیعصر به نسبت سایر نقاط قابل توجه است که به علت تردد بیش تر وسایل نقلیه عمومی و شخصی در این محدوده است. متأسفانه تردد دانشجویان در این مکان بسیار بالاست که حل مشکل ترافیکی این گذر را در اولویت قرار می‌دهد.

پی‌نوشت

- ¹The 11th month of the Iranian calendar (begins on January 1st and ends on February 19th)
- ² The third month of the Iranian calendar (begins on May 22nd and ends on June 21st)
- ³ U. S-EPA-SW-846
- ⁴ Blank sample
- ⁵ Spiked sample
- ⁶ Duplicate
- ⁷ Kriging

منابع

- [1] Yongming, H.. Multivariate Analysis of Heavy Metal Contamination in Urban Dusts of Xi'an, Central China. The Science of the Total Environment, 2006;176-186.
- [2] Al-Khashman, O.. Determination of Metal Accumulation in Deposited Street Dusts in Amman, Jordan. Environmental geochemistry and health, 2007;(29) 1-10.
- [3] M. Ahmadi Zadeh. 1997. Industrial Toxicology of Heavy Metals. hezaran Press.
- [4] OSHA. 2002. METAL AND METALLOID PARTICULATES IN WORKPLACE ATMOSPHERES (ICP ANALYSIS). T-ID125G-FV-03-0209-M.
- [5] G. R., N. Bidhandi, A. R., Pardakhti. Comparative cancer risk assessment of THMs in drinking water from well water sources and surface water sources. Environtal Monitoring Assess, 2011; (179):499-507.

۳-۲- مقایسه نتایج با استاندارد WHO

در جدول زیر، میانگین غلظت آلاینده‌های اندازه‌گیری شده را به همراه غلظت‌های مجاز سازمان بهداشت جهانی (WHO) آورده شده است:

جدول ۳- مقایسه میانگین غلظت آلاینده‌های اندازه‌گیری شده با استاندارد WHO (غلظت‌ها بر حسب ng/m^3)

عنصر	میانگین غلظت	غلظت مجاز طبق WHO	توضیحات
آرسنیک	۸/۴۵	۶/۶	(Lifetime Risk =1:100 000)
آهن	۳۳۰	اعلام نشده	-
روی	۲۵۰	اعلام نشده	-
سرب	۶۵/۸	۵۰۰	-
کادمیوم	۱/۴۴	۵	-
کروم	۵/۲۵	۰/۲۵	(Lifetime Risk =1:100 000)
مس	۳/۴۵	اعلام نشده	-
منگنز	۳۵/۵	۱۵۰	-
نیکل	۴/۱۴	۲۵	(Lifetime Risk =1:100 000)

همان‌طور که در جدول فوق مشاهده می‌شود، به جزء کروم و آرسنیک، غلظت بقیه فلزات اندازه‌گیری شده در این گزارش، در محدوده مجاز غلظت‌های اعلام شده از سوی سازمان بهداشت قرار دارند.

۴- نتیجه‌گیری

همان‌گونه که در نتایج مشاهده شد، غلظت اغلب فلزاتی که در این گزارش اندازه گرفته شده اند، در مقایسه با فلزاتی که غلظت‌های مجاز آن‌ها از سوی سازمان بهداشت جهانی (WHO) اعلام شده است در محدوده مجاز می‌باشند و فقط دو فلز کروم و آرسنیک غلظتی بیش از حد

- [6] P. Chambers.. Graphical Methods for Data Analysis. Wadsworth International Group and Duxbury Press, 1983; 395.
- [7] WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen, dioxide and sulfur dioxide_Global update 2005.

