Journal of Health

Vol. 10, No. 2, Summer 2019, 228-239

Evaluation of Soil Pollution with Heavy Metals (Pb, Zn, Cu, Cr, Ni and V) in Ahvaz Parks (2016)

Kaydan Z[1], Ghanavati N *[1], Nazarpour A[2]

1. Department of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
2. Department of Geology, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
**** Corresponding author.*** Tel: +989163721558,Fax: +986133348376, E-mail: Ghanavati.navid2014@gmail.com

Received: Jan 15, 2018 Accepted: Dec 9, 2018

ABSTRACT

Background & objectives: Heavy metals in urban parks are one of the most important indicators of urban pollution, as children playing in the park can readily be affected. This research was conducted to evaluate the environmental pollution of some heavy metals in Ahvaz parks.

Methods: To this end, 26 sampling stations were selected from 20 parks in Ahvaz city and the soil samples were analyzed by inductively coupled spectroscopy (ICP-OES) method. The pollution levels of heavy metals were calculated based on enrichment factor, Index of Geo accumulation, pollution index and Nemerow integrated pollution index.

Results: The average concentrations of heavy metals of Cr, Zn, Ni, Pb, Cu and V were 167.26, 131.92, 78.75, 51.83, 28.71 and 12.49 mg/kg, respectively. The average concentrations of all heavy metals except Cu and V were several times higher than the base content. Based on the average EF and PI in the study area, heavy metals of Ni, Zn and Pb had high contaminations. Moreover, the highest mean of I_{geo} was related to Ni, Zn and Pb. According to NIPI results, 100% of samples had high degree of contamination.

Conclusion: The results showed that the contamination source of evaluated metals was anthropogenic activities, including vehicle traffic and burning fossil fuels. Parks in Ahvaz were polluted by heavy metals, so these results may be useful for planning, risk assessment and decision making by city administrators.

Keywords: Heavy Metals; Enrichment Factor; Index of Geo-accumulation; Pollution Index; Park Soil

ارزیابی آلودگی خاک توسط فلزات سنگین (سرب، روی، مس،کروم، نیکل و وانادیوم) در پارک‌های شهر اهواز (سال ۱۳۹۵)

زهرا کایدان[۱]، نوید قنواتی[۱*]، احد نظرپور[۲]

۱. گروه خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲. گروه زمین‌شناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۶۳۷۲۱۵۵۸ فکس: ۰۶۱۳۳۳۴۸۳۷۶ ایمیل: Ghanavati.navid2014@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: فلزات سنگین موجود در پارک‌های شهری یکی از مهمترین شاخص‌های منعکس کننده وضعیت آلودگی در محیط زیست شهری هستند، زیرا کودکان در حال بازی در پارک، آلودگی را به راحتی دریافت می‌کنند. این تحقیق با هدف ارزیابی آلودگی زیست محیطی برخی از فلزات سنگین در پارک‌های شهر اهواز انجام گرفت.

روش‌کار: جهت نیل به این هدف تعداد ۲۶ ایستگاه نمونه‌برداری خاک از ۲۰ پارک شهر اهواز انتخاب و به روش طیف‌سنجی جفت شده پلاسمای القایی (ICP-OES) اندازه‌گیری شدند. سطح آلودگی فلزات سنگین بر اساس فاکتور غنی‌شدگی، شاخص زمین انباشتگی، شاخص آلودگی و شاخص جامع آلودگی نمرو برآورد شد.

یافته‌ها: میانگین غلظت فلزات سنگین کروم، روی، نیکل، سرب، مس و وانادیوم به ترتیب ۱۶۷/۲۶، ۱۳۱/۹۲، ۷۸/۷۵، ۵۱/۸۳، ۲۸/۷۱ و ۱۲/۴۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمد. میانگین غلظت تمام فلزات سنگین به جز مس و وانادیوم چندین برابر بیشتر از مقدار زمینه است. بر اساس میانگین فاکتور غنی‌شدگی (EF) و شاخص آلودگی (PI) در منطقه مورد مطالعه، فلزات سنگین نیکل، روی و سرب دارای آلودگی بالایی می‌باشند. همچنین بالاترین میانگین شاخص زمین‌انباشتگی (I_{geo}) مربوط به فلزات نیکل، روی و سرب است. براساس ارزیابی شاخص جامع آلودگی نمرو (NIPI) ۱۰۰ درصد نمونه ها دارای درجه آلودگی بالا بودند.

نتیجه‌گیری: نتایج بدست آمده نشان داد منبع آلودگی فلزات مورد مطالعه فعالیت‌های انسان‌زاد از قبیل تردد خودروها و سوختن سوخت‌های فسیلی است. پارک‌های شهر اهواز از نظر فلزات سنگین آلوده می‌باشند، لذا این نتایج برای برنامه‌ریزی، ارزیابی خطر و تصمیم گیری مدیران شهری بسیار مناسب است.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، فاکتور غنی شدگی، شاخص زمین انباشتگی، شاخص آلودگی، خاک پارک

دریافت: ۹۶/۱۰/۲۵ **پذیرش:** ۹۷/۹/۱۸

مقدمه

فلزات سنگین بسیار سمی هستند که مقادیر بالای آن در خاک می‌تواند به رشد و تکثیر گیاهان آسیب بزند (۱). آلودگی محیط زیست ناشی از فلزات سنگین از طریق منابع مختلف تهدید مستمر برای انسان می‌باشد، که سمیت ناشی از آنها به طور معنی‌داری در حال افزایش است (۲). همچنین آلودگی ناشی از فلزات سنگین می‌تواند از طریق دیگری از جمله گرد و غبار و زنجیره غذایی، بر حیوانات و سلامت انسان تأثیر بگذارد. قرارگرفتن در معرض خاک‌های سطحی که حاوی فلزات سنگین می‌باشد در طولانی‌مدت می‌تواند باعث ایجاد آسیب‌های شدیدی بر سلامت انسان از طریق تنفس، بلع و جذب پوستی شود (۳،٤). آلودگی انسان می‌تواند منجر به

انواع عوارض جانبی از جمله سردرد، سرگیجه، بی‌خوابی، فراموشی، اختلالات عصبی، درد مفاصل و همچنین منجر به سرطان‌های جدی مانند کبد، معده، مثانه، پستان و پروستات گردد (۷-۵). در کودکان به‌دلیل به دهان بردن اشیاء مختلف و مکیدن دست و انگشتان، مقادیر معنی‌داری فلزات سنگین بلعیده می‌شود که باعث ایجاد اخلال در رفتارهای متابولیکی می‌شود (۸،۹). آلودگی خاک به فلزات سنگین هنگامی رخ می‌دهد که غلظت برخی فلزات سنگین بیش از مقادیر زمینه در منطقه باشد (۱۰،۱۱). عوامل طبیعی (مواد مادری و فرآیندهای مختلف تشکیل خاک) و عوامل انسانی (انتشارات صنعتی، ترافیک، احتراق زغال سنگ و سوخت، دفع زباله و ساخت و سازها) تعیین کننده فراوانی نسبی غلظت فلزات سنگین در خاک هستند (۱۴-۱۲). آلودگی خاک به فلزات سنگین می‌تواند بر رشد ریشه و برگ گیاه تاثیر بگذارد و همچنین می‌تواند از طریق زنجیره غذایی تاثیر منفی بر بقاء بیولوژکی و سلامت انسان داشته باشد (۱۵،۱۶).

پارک‌های شهری مکانی است که جمعیت محلی می‌توانند به استراحت، بازی و اجتماع بپردازند (۱۷). با توسعه سریع اقتصادی دهه‌های اخیر، پارک‌های شهری به یک شاخص بسیار مهم برای ارزیابی کیفیت زندگی ساکنان مناطق شهری تبدیل شده‌اند (۱۸،۱۹). در دهه‌های اخیر، روند سریع شهرنشینی در ایران موجب رشد سریع جمعیت شهری همراه با افزایش سطح زندگی شهری شده است. با این حال، در برخی از شهرها، پیشرفت‌های قابل توجه و سریع فضاهای سبز شهری را شاهد بوده‌ایم. زمانی که افراد به پارک‌های شهر می‌آیند، به آسانی با خاک سطحی پارک‌ها در تماس هستند و در این خاک مردم و به خصوص کودکان بازی می‌کنند. در حین این فعالیت‌ها، افراد به راحتی می‌توانند از طریق تماس پوستی، تنفس و یا بلع با خاک آلوده به فلزات سنگین ارتباط برقرار کنند (۲۰،۲۱). از آنجا که پارک‌های شهری در شهرهای سراسر جهان یافت می‌شوند، تلاش‌های تحقیقاتی جهانی شروع به بررسی غلظت فلزات سنگین، مقررات آلودگی و خطرات بهداشتی ناشی از چنین آلودگی در خاک پارک‌های شهری نموده است (۱۷). امروزه مطالعات زیادی در مورد بررسی غلظت فلزات سنگین در پارک‌ها انجام شده است که تعداد اندکی از این مطالعات مربوط به کشورهای توسعه یافته است (۲۲).

با توجه به مطالب فوق الذکر و اهمیت زیست‌محیطی این مساله لزوم بررسی میزان غلظت فلزات سنگین در پارک‌های شهر اهواز احساس شده است. بدین ترتیب هدف از پژوهش حاضر ۱) تعیین غلظت فلزات سنگین (سرب، نیکل، روی، مس، کروم و وانادیوم) در خاک پارک‌های شهر اهواز؛ ۲) ارزیابی آلایندگی فلزات سنگین با استفاده از شاخص‌های زیست محیطی از جمله فاکتور غنی‌شدگی، شاخص زمین انباشتگی، شاخص آلودگی، شاخص جامع آلودگی نمرو بود.

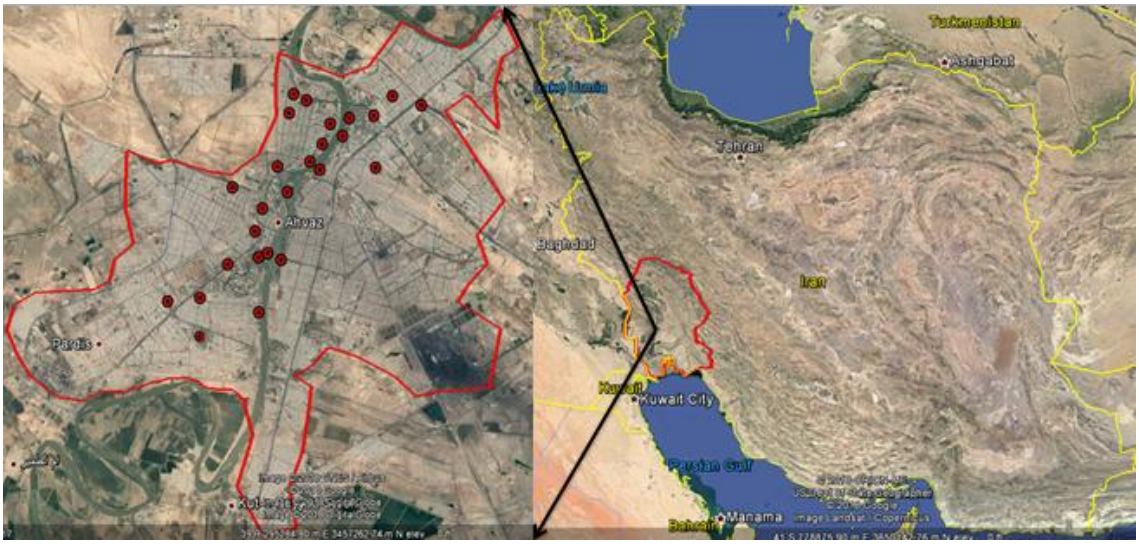
روش کار

منطقه مورد مطالعه

اهواز یکی از شهرهای بزرگ ایران و مرکز استان خوزستان است. از نظر جغرافیایی در ″۲۹ ′۲۰ °۳۱ عرض شمالی و ″۱۲ ′۴۰ °۴۸ طول شرقی قرار گرفته است. جمعیت آن نیز در سرشماری سال ۱۳۹۵، ۱۳۰۲۰۰۰ نفر بود که اهواز را در جایگاه هفتمین شهر پرجمعیت ایران قرار می‌دهد (۲۳). اهواز در سال‌های اخیر با رشد چشمگیر جمعیت و و نیز احتراق نفت و گاز، صنایع و ترافیک، هر ساله شاهد ورود و انباشت حجم بسیار زیادی از ترکیبات حاوی فلزات سنگین است. بنابراین ارزیابی زیست‌محیطی در پارک‌های این شهر حائز اهمیت است.

نمونه برداری و تجزیه و تحلیل نمونه‌ها

در این تحقیق به منظور مطالعه غلظت فلزات سنگین در پارک‌های شهر اهواز، نمونه‌برداری با استفاده از روش‌های استاندارد ارائه شده در مقالات علمی انجام شد (۲۴،۲۵). در این پژوهش، پارک‌های اصلی و پررفت و آمد شهر اهواز برای نمونه‌برداری از خاک انتخاب شدند. با توجه به مساحت محدوده بررسی شده در مجموع تعداد ۲۶ ایستگاه نمونه‌برداری خاک از ۲۰ پارک شهر اهواز انتخاب و نمونه‌برداری به صورت مرکب و از سطح زمین تا عمق ده سانتیمتری استفاده گردید (شکل۱). نمونه‌های خاک در آزمایشگاه هوا خشک و سپس از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده و تا زمان اندازه‌گیری مقدار فلزات سنگین نمونه‌ها در یخچال در دمای ٤ سانتی‌گراد نگهداری شدند. اندازه‌گیری فلزات سنگین با روش طیف سنجی پلاسمایی جفت‌شده القایی (ICP-OES) با دستگاه مدل Model Varian735 انجام پذیرفت. آماده سازی نمونه‌ها برای آنالیز توسط دستگاه ICP-OES با روش انحلال چهار اسید ($HF, HCl, HClO_4, HNO_3$) صورت گرفت (۲۶). پس از توزین نمونه‌ها ۰/۲۵۰ گرم HF (۸ml) ٤۰ درصد و $HClO_4$ (۱ ml) ۷۰ درصد اضافه نموده و محلول آماده شده را به مدت زمان لازم در ظرف مخصوص پلاستیکی (HOT BOX) داخل آب تا دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد تا یک محلول ژله‌ای بدست آید، سپس HCl (ml ۳/۷۵) ۳۷ درصد و HNO_3 (۱/۲۵ml) ۶۵ درصد اضافه شده و محلول به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد و در نهایت توسط دستگاه (ICP-OES) آنالیز گردید. تضمین کیفیت (QA) و کنترل کیفیت (QC) توسط اندازه گیری نمونه‌های شاهد و نمونه‌های تکراری (با دقت ٤ تا ۶٪) و مواد مرجع NIST 2710 (با دقت ۵٪±۱۰۰(n=۱۵)) انجام گرفت. دقت نمونه‌های تکراری ٤ تا ۶ درصد و دقتی کمتر از ۵ درصد بود. آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و Excel انجام شد.



شکل ۱. نقشه پراکندگی نقاط نمونه‌برداری در پارک‌های شهر اهواز

ارزیابی تعیین سطح آلودگی فلزات سنگین

در این پژوهش جهت ارزیابی و تعیین سطح آلودگی فلزات سنگین از شاخص‌های زیست محیطی متفاوتی استفاده شده است. این شاخص‌ها عبارتند:

فاکتور غنی شدگی[1]

از فاکتور غنی‌شدگی (EF) جهت تشخیص بین منابع انسانی، طبیعی و یا منابع مختلط (انسانی و طبیعی) و نیز تعیین درجه آلودگی فلزات سنگین استفاده می‌شود (۲۷،۲۸). بطور کلی این فاکتور برای بررسی آثار احتمالی فعالیت‌های انسانی بر غلظت فلزات سنگین استفاده می‌شود (۲۹). فاکتور غنی‌شدگی یک عنصر خاص در یک نمونه معین عبارت است از نسبت غلظت آن عنصر در آن نمونه به غلظت زمینه همان عنصر در جامعه‌ای که نمونه مربوطه متعلق به آن است. این فاکتور در تحلیل‌های زیست محیطی، یکی از عوامل مهم ارزیابی میزان تمرکز عناصر تحت تاثیر عوامل انسان‌زاد و طبیعی است که از رابطه ۱ محاسبه می‌شود (۲۸).

$$EF=\frac{\left(\frac{Cx}{Cref}\right)Sample}{\left(\frac{Cx}{Cref}\right)Background} \quad (۱)$$

که در معادله (۱) $\left(\frac{CX}{Cref}\right)Sample$ نسبت غلظت فلز مورد نظر (اندازه‌گیری‌شده در خاک) به فلز مبنا در نمونه مورد مطالعه، $\left(\frac{Cx}{Cref}\right)Background$ نسبت غلظت فلز مورد نظر به فلز مبنا در مقادیر زمینه می‌باشد (۲۶). C_{ref} (غلظت عنصر مرجع)، عنصری است که منشاءِ کاملاً زمین‌شناسی داشته باشد. در تحقیقات زیست محیطی معمولاً از Zr، Ti، Fe، Al، Sr به عنوان عناصر مرجع استفاده می‌شود (۳۲-۳۰). در این مطالعه Al به عنوان عنصر مرجع در نظر گرفته شد، چرا که منابع انسانی انتشار آن ناچیز و قابل صرفنظر است. این عنصر در پوسته زمین غنی می‌باشد و به مقدار کمتر در آلودگی‌های زیست محیطی انسان‌زاد وجود دارد.

اگر فاکتور غنی‌شدگی (EF) عنصر مورد نظر کمتر از ۱ باشد آن عنصر منشاءِ طبیعی دارد و در صورتی‌که بین ۱ تا ۱۰ باشد عنصر هم منشاءِ طبیعی و هم منشاءِ انسان‌زاد خواهد داشت و در صورتی‌که این نسبت بیشتر از ۱۰ باشد منشاءِ آلودگی عنصر مورد نظر عمدتاً انسان‌زاد است. مقادیر EF بین ۱ تا ۵ نشان دهنده این است که منبع انسان‌زاد سهم معنی‌داری در میزان آن عنصر ندارد (۳۳). درجه آلودگی فلزات سنگین را می‌توان به پنج دسته طبقه‌بندی کرد که عبارتند از: آلودگی‌کم (EF<۲)، آلودگی متوسط (۵>EF ≥۲)، آلودگی زیاد (۲۰>EF ≥۵)، آلودگی بسیار زیاد (۴۰>EF ≥۲۰)، آلودگی به‌شدت زیاد (EF≥ ۴۰) (۲۶).

شاخص زمین انباشتگی[2]

مولر از اواخر دهه ۱۹۶۰ شاخص I_{geo} را معرفی کرد (۳۴). از آن زمان تاکنون به طور گسترده در اروپا برای مطالعه روی فلزات سنگین استفاده می‌شود. این شاخص جهت تعیین شدت آلودگی خاک و گرد و غبار خیابانی به فلزات سنگین استفاده می‌شود (۳۵). این شاخص بصورت معادله ۲ محاسبه می‌شود (۲۹).

$$I_{geo}=Log_2\ (C_n/1.5*B_n) \quad (۲)$$

که در آن: I_{geo} شاخص زمین انباشتگی، C_n غلظت اندازه‌گیری شده فلز سنگین در نمونه، B_n غلظت زمینه‌ای همان فلز سنگین در پوسته زمین، در این رابطه برای این که اثرات مواد مادری خاک و نوسانات طبیعی محتوای ماده داده شده در محیط زیست و تغیرات بسیار کم ایجاد شده در اثر فعالیت‌های انسانی تصحیح شود از ضریب ۱/۵ استفاده می‌شود. بر اساس این شاخص هفت کلاس آلودگی را می‌توان در نظر گرفت. غیرآلوده (I_{geo}≤۰)، غیرآلوده تا کمی آلوده (۱≤I_{geo}>۰)، کمی آلوده (۲≤I_{geo}>۱)، کمی آلوده تا خیلی آلوده (۳≤I_{geo}>۲)، خیلی آلوده (۴≤I_{geo}>۳)، خیلی آلوده تا

[1] Enrichment Factor

[2] Index of Geo Accumulation

شدیداً آلوده ($5<I_{geo}\leq 4$)، شدیداً آلوده ($I_{geo}>5$) (۳۴،۳۶).

شاخص آلودگی[1]

شاخص آلودگی جهت ارزیابی میزان آلودگی کاربرد دارد، فرمول آن بصورت رابطه ۳ است.

$$PI = \frac{C_n}{B_n} \qquad (۳)$$

C_n غلظت اندازه‌گیری شده در نمونه، B_n غلظت زمینه‌ای همان فلز سنگین در پوسته زمین، این شاخص در چهار گروه غیرآلوده ($PI\leq 1$)، آلودگی کم ($1<PI\leq 2$)، آلودگی متوسط ($2<PI\leq 3$) و آلودگی شدید ($PI>3$) طبقه‌بندی می‌شود (۳۷،۳۸).

شاخص جامع آلودگی نمرو[2]

این شاخص بصورت معادله ٤ بیان می‌شود.

$$NIPI = \sqrt{\frac{PI_{i\max}{}^2 + PI_{iave}{}^2}{2}} \qquad (٤)$$

PI_{max} ماکزیمم مقدار شاخص آلودگی هر فلز سنگین، و PI_{iave} میانگین مقدار شاخص آلودگی هر فلز سنگین می‌باشد. مزیتی که این شاخص نسبت به شاخص‌های دیگر دارد این است که در این شاخص ریسک آلودگی برای همه فلزاتی که مورد مطالعه قرار می‌گیرد در منطقه مشخص می‌شود (۳۹). این شاخص در پنج سطح بدون آلودگی ($NIPI \leq 0/7$)، خطر هشدار آلودگی ($0/7< NIPI \leq 1$)، سطح آلودگی کم ($1< NIPI \leq 2$)، سطح متوسط آلودگی ($2< NIPI \leq 3$)، سطح بالای آلودگی ($NIPI > 3$) طبقه‌بندی می‌شود.

یافته ها

خلاصه‌ای از پارامترهای آماری غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های خاک پارک‌های شهر اهواز در جدول ۱ آمده است. غلظت سرب، روی، مس، کروم، نیکل و وانادیوم در خاک پارک‌های شهر اهواز به ترتیب در محدوده‌ای بین (۶۰/۵۶-۴۴/۰۳)، (۱۵۲/۱۳-۱۱۰/۶۴)، (۳۲/۸۶-۲۴/۶۵)، (۱۹۰/۹۷-۱۴۳/۲۳)، (۹۱/۴۴-۶۷/۳۳)، (۱۴/۴۷-۱۰/۵۲) میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. ترتیب میانگین غلظت عناصر در خاک پارک‌های شهر منطقه مطالعاتی بصورت کروم (۱۶۷/۲۶) > روی (۱۳۱/۹۲) > نیکل (۷۸/۷۵) > سرب (۵۱/۸۳) > مس (۲۸/۷۱) > وانادیوم (۱۲/۴۹) میلی‌گرم بر کیلوگرم است که بیشترین و کمترین میانگین غلظت به کروم و وانادیوم اختصاص دارد. مقایسه میانگین غلظت همه فلزات سنگین با مقادیر زمینه (مقدار غلظت در پوسته زمین) نشان داد که میانگین غلظت همه آنها بجز مس و وانادیوم در نمونه‌های خاک پارک‌های شهر اهواز بیشتر از مقدار زمینه است.

مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین فاکتور غنی‌شدگی (EF) برای هر یک از فلزات سنگین در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که میانگین فاکتور غنی‌شدگی (EF) برای فلزات سنگین مورد مطالعه در نمونه‌های خاک به صورت نیکل> روی> سرب> کروم> مس> وانادیوم کاهش می‌یابد که بیشترین میانگین فاکتور غنی‌شدگی (EF) به فلز نیکل (۱۷/٤۰) و کمترین میانگین به فلز وانادیوم (۰/۷۲) اختصاص یافت. سطح آلودگی هر یک از فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه بر اساس میانگین این فاکتور بدین شرح است که وانادیوم دارای آلودگی‌کم ($EF<2$)، مس دارای آلودگی متوسط ($2\leq EF<5$)، نیکل، سرب، روی و کروم دارای آلودگی بالا ($5\leq EF<20$) است. این نتایج نشان می‌دهد که غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های خاک پارک‌های شهر اهواز به طور معنی‌داری تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی قرار دارند.

[1] Pollution Index
[2] Nemro Integrated Pollution Index

جدول ۱. خلاصه ای از پارامترهای آماری غلظت فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه

فلزات سنگین	حداکثر- حداقل	میانگین	چولگی	زمینه
سرب	٤٤/۰۳-۶۰/۵۶	۵۱/۸۳±٤/۰٤	۰/۰۶	۱٤
روی	۱۱۰/۶٤-۱۵۲/۱۳	۱۳۱/۹۲±۱۲/۹۲	۰/۲۷	۲۸
مس	۲٤/۶۵-۳۲/۸۶	۲۸/۷۱±۲/۶۳	-۰/۱۱	۳۳
کروم	۱٤۳/۲۳-۱۹۰/۹۷	۱۶۷/۲۶±۱۶/۶۶	۰/۱۰	۹۸
نیکل	۶۷/۳۳-۹۱/٤٤	۷۸/۷۵±۷/۰۱	۰/۳۵	۲۰
وانادیوم	۱۰/۵۲-۱٤/٤۷	۱۲/٤۹±۱/۲٤	۰/۰۷	۶۰

جدول ۲. نتایج آماری فاکتور غنی شدگی(EF) فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه

فاکتور غنی شدگی(EF)			تعداد نمونه				
فلزات سنگین	حداقل	حداکثر	میانگین	آلودگی کم	آلودگی متوسط	آلودگی زیاد	آلودگی بسیار زیاد	آلودگی به شدت زیاد
سرب	۹/۷۷	۱۵/۵۶	۱۲/۷۶	۰	۰	۲۶(۱۰۰٪)	۰	۰
روی	۱۲/۶۷	۲۱/۵٤	۱۶/۲۳	۰	۰	۲۵(۹۶/۱۶٪)	۱(۳/۸٤٪)	۰
مس	۲/۳۱	۳/۸۰	۳/۰۱	۰	۲۶(۱۰۰٪)	۰	۰	۰
کروم	٤/۶۱	۷/٤٤	۵/۸۹	۰	۳(۱۱/۵۳٪)	۲۳(۸۸/٤۷٪)	۰	۰
نیکل	۱۰/۸٤	۷۹/۳٤	۱۷/٤۰	۰	۰	۲۶(۱۰۰٪)	۰	۰
وانادیوم	۰/۵۳	۰/۹۰	۰/۷۲	۲۶(۱۰۰٪)	۰	۰	۰	۰

مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین شاخص زمین‌انباشتگی (I_{geo}) برای هریک از فلزات سنگین در جدول ۳ و ٤ آمده است. مقادیر فاکتور زمین‌انباشتگی در بین فلزات سنگین متغیر می‌باشد. میانگین شاخص زمین انباشتگی (I_{geo}) برای فلزات سنگین مورد مطالعه در نمونه‌های خاک به صورت روی> نیکل > سرب > کروم > مس > وانادیوم کاهش می‌یابد که بیشترین میانگین شاخص زمین‌انباشتگی (I_{geo}) به فلز روی (۱/۶٤) و کمترین میانگین به فلز وانادیوم (۲/۸۵-) اختصاص یافت. سطح آلودگی هر یک از فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه بر اساس میانگین این فاکتور بدین‌شرح است که مس و وانادیوم در سطح غیرآلوده، کروم در سطح غیرآلوده تا کمی آلوده، نیکل، سرب و روی در سطح کمی آلوده قرار داشتند.

جدول ۳. نتایج آماری شاخص زمین انباشتگی (I_{geo}) فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه

شاخص زمین انباشتگی(I_{geo})			
فلزات سنگین	حداقل	حداکثر	میانگین
سرب	۱/۰۷	۱/۵۲	۱/۳۰
روی	۱/٤۰	۱/۸۵	۱/۶٤
مس	-۱/۰۱	-۰/۵۹	-۰/۷۹
کروم	-۰/۰٤	۰/۳۸	۰/۱۸
نیکل	۱/۱۷	۱/۶۱	۱/۳۸
وانادیوم	-۳/۰۹	-۲/۶۳	-۲/۸۵

جدول ٤. ادامه نتایج آماری شاخص زمین انباشتگی (I_{geo}) فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه

فلزات سنگین	غیرآلوده	غیرآلوده تا کمی آلودگی	کمی آلوده	کمی آلوده تا خیلی آلوده	خیلی آلوده	خیلی آلوده تا شدیداً آلوده	شدیدا آلوده
سرب	۰	۰	۲۶(۱۰۰٪)	۰	۰	۰	۰
روی	۰	۰	۲۶(۱۰۰٪)	۰	۰	۰	۰
مس	۲۶(۱۰۰٪)	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کروم	۳(۱۱/۵٤٪)	۲۳(۸۸/٤۶٪)	۰	۰	۰	۰	۰
نیکل	۰	۰	۲۶(۱۰۰٪)	۰	۰	۰	۰
وانادیوم	۲۵(۱۰۰٪)	۰	۰	۰	۰	۰	۰

مقادیر حداکثر، حداقل، میانگین شاخص آلودگی (PI) برای هر فلز در جدول ۵ ارائه شده است. مقادیر شاخص آلودگی برای سرب، روی، مس، کروم، نیکل و وانادیوم به ترتیب از ۳/۱٤-۳/۳۳-٤، ۳/۹۵-۵/٤۳-۵، ۰/۷۵-۰/۰۰-۱/۱،٦٤-۱/۹۵، ۳/۳۷-٤/۵۷ و ۰/۱۸-۰/۲٤ می‌باشند. میانگین شاخص آلودگی (PI) برای فلزات سنگین مورد مطالعه در نمونه‌های خاک پارک‌های شهر اهواز به صورت روی > نیکل > سرب > کروم > مس> وانادیوم کاهش می‌یابد. سطح آلودگی هر یک از عناصر در منطقه مورد مطالعه بر اساس میانگین این شاخص بدین شرح است که وانادیوم و مس بدون آلودگی (P≤۱)، کروم دارای سطح آلودگی کم (۲ ≥ PI >۱)، نیکل، روی و سرب دارای سطح آلودگی زیاد (۳ < PI) می‌باشند. همچنین طبق نتایج نشان داده شده در جدول ٤، وانادیوم با ۲۶ نمونه (۱۰۰٪) و مس با ۲۵ نمونه (۹۵/۱۶٪) بدون آلودگی می‌باشند. کروم با ۲۶ نمونه (۱۰۰٪) دارای سطح آلودگی کم و نیکل، روی و سرب با ۲۶ نمونه (۱۰۰٪) دارای آلودگی زیاد هستند.

جدول ۵. نتایج آماری شاخص آلودگی (PI) فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه

	فاکتورشاخص آلودگی				تعداد نمونه		
فلزات سنگین	حداقل	حداکثر	میانگین	غیرآلوده	آلودگی کم	آلودگی متوسط	آلودگی شدید
سرب	۳/۱٤	٤/۳۳	۳/۷۰	۰	۰	۰	۲۶(٪۱۰۰)
روی	۳/۹۵	۵/٤۳	٤/۷۱	۰	۰	۰	۲۶(٪۱۰۰)
مس	۰/۷۵	۱/۰۰	۰/۸۷	۲۵ (٪۹۵/۱۶)	۱(٪۳/۸٤)	۰	۰
کروم	۱/٤۶	۱/۹۵	۱/۷۱	۰	۲۶(٪۱۰۰)	۰	۰
نیکل	۳/۳۷	٤/۵۷	۳/۹٤	۰	۰	۰	۲۶(٪۱۰۰)
وانادیوم	۰/۱۸	۰/۲٤	۰/۲۱	۲۶(٪۱۰۰)	۰	۰	۰

میانگین، حداکثر و حداقل شاخص جامع آلودگی نمرو در نمونه‌های مورد مطالعه در جدول ۶ آمده است. شاخص جامع آلودگی نمرو (NIPI) همه نمونه‌ها از حداقل ۵/۳۵ تا حداکثر ۶/۰۸ متغیر می‌باشد. مقدار میانگین این شاخص ٤/۵۶ می‌باشد. نتایج شاخص NIPI نشان داد که ۱۰۰ درصد نمونه‌ها دارای سطح آلودگی بالا هستند.

جدول ۶. نتایج آماری شاخص جامع آلودگی نمرو (NIPI) فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه

NIPI			تعداد نمونه				
حداقل	حداکثر	میانگین	بدون آلودگی	خطرهشدارآلودگی	آلودگی کم	آلودگی متوسط	آلودگی بالا
۵/۳۵	۶/۰۸	٤/۵۶	۰	۰	۰	۰	۲۶(٪۱۰۰)

بحث

مقایسه میانگین غلظت همه فلزات سنگین با مقادیر زمینه (مقدار غلظت در پوسته زمین) نشان داد که میانگین غلظت همه آنها بجز مس و وانادیوم در نمونه‌های خاک پارک‌های شهر اهواز بیشتر از مقدار زمینه است. غلظت بالای این فلزات مربوط به منابع انسان‌زاد مثل ترافیک، بدسوزی، سایش تایر خودروها، خوردگی قطعات فلزی اتومبیل، روغن و روان‌کننده‌ها و کاربرد کود است. در حال حاضر هیچ روش جهانی برای نمونه‌گیری و روش‌های تحلیلی برای تعیین فلزات سنگین در خاک وجود ندارد. علاوه بر این، هر منطقه شهری ویژگی‌های خاصی دارد که ممکن است در طول زمان تغییر کند و پراکندگی آلودگی ناشی از فلزات سنگین را کنترل نماید (٤۰). غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه در این تحقیق در مقایسه با بعضی از پارک‌های شهرهای جهان در

جدول ۷ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهند که متوسط غلظت سرب و روی موجود از متوسط همه شهرهای ارائه شده در جدول ۷ بجز سوماوا و نانجینگ کمتر است. مقدار میانگین غلظت فلز مس در خاک پارک‌های شهر اهواز از متوسط غلظت همه شهرها به جز نانجینگ کمتر است. مقدار میانگین غلظت فلز کروم موجود از متوسط غلظت همه شهرها بیشتر می‌باشد. همچنین متوسط غلظت فلز نیکل موجود از متوسط غلظت برخی از شهرها مانند پارک کاراتای و کالمجدان کمتر و از شهرهایی مانند سوماوا، استکهولم، سویل، مکزیکوسیتی، شانگهای و نانجینگ بیشتر است.

جدول ۷. میانگین غلظت فلزات سنگین در پارک‌های شهر اهواز و دیگر شهرهای انتخاب شده (میلی گرم برکیلوگرم)

موقعیت	سرب	روی	مس	کروم	نیکل	وانادیوم	منبع
سوماوا (چک)	٤/٩٧	٥١/١٦	١٨/٧	-	-	-	(٤١)
استکهلم (سوئد)	١٠٤	١٥٧	٤٧	٢٧	٩	-	(٤٢)
سویل (اسپانیا)	١٦١	٢١٠	٧٢	٧٥	١٤	-	(٤٣)
مکزیکوسیتی (مکزیک)	٨٢	٢١٩	٥٤	-	٣٩	-	(٤٤)
پارک کاراتای (ترکیه)	٢٨٩/٤	٢٨٩/٨	٤٢٧/٤	١٤	١٠٩/٧	-	(٤٥)
پارک کالمجدان (صربستان)	٢٦٢/٩٤	٧٣٤/١٦	٩٠/٩٥	٤٩/٦٥	١٠٩/١٤	-	(٤٦)
شانگهای (چین)	٥٥/٠٦	١٩٨/٥٤	٤٤/٥٧	٧٧/٠١	٣١/١٧	-	(٤٧)
نانجینگ (چین)	٤١/٤٢	١٠٤/٤٥	١٢/٤٢	٢٠/١٨	١٥/٣١	-	(٤٨)
اهواز (مطالعه حاضر)	٥١/٨٣	١٣١/٩٢	٢٨/٧١	١٦٧/٢٦	٧٨/٧٥	١٢/٤٩	-

میانگین فاکتور غنی‌شدگی (EF) برای فلزات سنگین سرب، روی و نیکل بیشتر از ۱۰ است که نشان می‌دهد منشاءِ آلودگی فلزات سنگین مورد نظر عمدتاً انسان‌زاد است. میانگین فاکتور غنی‌شدگی (EF) برای فلز سنگین کروم بزرگتر از ۵ است که نشان می‌دهد منشاءِ آلودگی فلز سنگین مورد نظر می‌تواند هم منشاءِ طبیعی و هم منشاءِ انسان‌زاد داشته باشد. همچنین میانگین فاکتور غنی‌شدگی (EF) برای فلزات سنگین مس و وانادیوم کمتر از ۵ است که نشان می‌دهد منبع انسان‌زاد سهم معنی‌داری در میزان آن ندارد (۳۳). بالاترین میزان شاخص زمین انباشتگی (I_{geo}) و شاخص آلودگی (PI) در منطقه مورد مطالعه مربوط به فلز سنگین روی است. روی بصورت اکسید روی به عنوان فعال‌کننده در مراحل ساخت لاستیک استفاده می‌شود (٤٩). بخش عمده‌ای از مصرف روی برای روکش‌کردن فولاد به منظور جلوگیری از زنگ زدن استفاده می‌شود (۵۰). سرب موجود در بنزین از اگزوز ماشین‌های بنزینی خارج می‌شود (۵۰). علاوه بر این فرسایش لنت ترمزها و سرب ناشی از وزنه‌های سربی چرخ‌ها از منابع اصلی آلودگی محیط زیست شهری به سرب به شمار می‌روند (۵۱). بر اساس ارزیابی شاخص جامع آلودگی نمرو (NIPI) ۱۰۰ درصد نمونه‌ها دارای درجه آلودگی بالا هستند. با توجه به تردد خودروها در منطقه و فرسایش تایر، فرسایش لنت اتومبیل‌ها و گاز اگزوز ماشین‌ها، منشاءِ اصلی آلودگی این فلزات سنگین در پارک‌های شهر اهواز تردد وسایل نقلیه و کاربرد کود می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه به اندازه‌گیری میزان غلظت و تعیین سطح آلودگی فلزات سنگین در نمونه‌های خاک پارک‌های شهر اهواز پرداخته شد. غلظت تمام فلزات سنگین به جز مس وانادیوم در نمونه‌های خاک پارک‌های شهر اهواز چندین برابر بیشتر از مقدار زمینه بود. یافته‌های پژوهش حاضر در واقع نشان‌دهنده تاثیر فعالیت‌های شهری و صنعتی در سطح شهر اهواز می‌باشند که منجر به افزایش

غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های خاک پارک‌های شهر اهواز نسبت به دیگر شهرهای دنیا با وجود جمعیت بیشتر شده است. همچنین نتایج نشان داد که عوامل انسان‌زاد مانند ترافیک، تاسیسات صنعتی و بدسوزی خودروها باعث افزایش این فلزات در خاک پارک‌های شهر اهواز می‌شود. میانگین فاکتور غنی‌شدگی (EF) کلیه فلزات سنگین بجز مس و وانادیوم بیشتر از ۵ است که این امر نشان‌دهنده انسان‌زادبودن منبع این فلزات در خاک پارک‌های شهر اهواز می‌باشد. همچنین بر اساس میزان میانگین شاخص آلودگی نمرو (NIPI) کلیه نمونه‌ها در پارک‌های شهر اهواز دارای سطح بالای آلودگی می‌باشد، این موضوع سلامت ساکنین شهر را تهدید می‌کند.

References

1-Park JH, Choppala GK, Bolan NS, Chung JW, Chuasavathi T. Biochar reduces the bioavailability and phytotoxicity of heavy metals. Plant and soil. 2011;348(1-2):439.

2-Nazarpour A, Ghanavati N, Babaenejad T. Evaluation of the level of pollution and potential ecological risk of some heavy metals in surface soils in the Ahvaz oil-field. Iranian Journal of Health and Environment. 2017;10(3):391-400.

3-Babaei H, GHanavati N, Nazarpour A. Contamination Level of Mercury in the Street Dust of Ahvaz City and its Spatial Distribution. JWSS-Isfahan University of Technology. 2018;22(3):249-59.

4-Ghanavati N, Nazarpour A, De Vivo B. Ecological and human health risk assessment of toxic metals in street dusts and surface soils in Ahvaz, Iran. Environmental geochemistry and health. 2019;41(2):875-891

5-Ji K, Kim J, Lee M, Park S, Kwon H-J, Cheong H-K, et al. Assessment of exposure to heavy metals and health risks among residents near abandoned metal mines in Goseong, Korea. Environmental Pollution. 2013;178:322-8.

6-Cai L-M, Xu Z-C, Qi J-Y, Feng Z-Z, Xiang T-S. Assessment of exposure to heavy metals and health risks among residents near Tonglushan mine in Hubei, China. Chemosphere. 2015;127:127-35.

7-Zhao Q, Wang Y, Cao Y, Chen A, Ren M, Ge Y, et al. Potential health risks of heavy metals in cultivated topsoil and grain, including correlations with human primary liver, lung and gastric cancer, in Anhui province, Eastern China. Sci Total Environ. 2014;470:340-7.

8-Ghanavati N. Human health risk assessment of heavy metals in street dust in Abadan. Iranian Journal of Health and Environment. 2018;11(1):63-74.

9-Nazarpour A, Ghanavati N, Watts MJ. Spatial distribution and human health risk assessment of mercury in street dust resulting from various land-use in Ahvaz, Iran. Environmental geochemistry and health. 2018;40(2):693-704.

10-Congeevaram S, Dhanarani S, Park J, Dexilin M, Thamaraiselvi K. Biosorption of chromium and nickel by heavy metal resistant fungal and bacterial isolates. J Hazard Mater. 2007;146(1):270-7.

11-Dao L, Morrison L, Zhang H, Zhang C. Influences of traffic on Pb, Cu and Zn concentrations in roadside soils of an urban park in Dublin, Ireland. Environmental geochemistry and health. 2014;36(3):333-43.

12-Li H-H, Chen L-J, Yu L, Guo Z-B, Shan C-Q, Lin J-Q, et al. Pollution characteristics and risk assessment of human exposure to oral bioaccessibility of heavy metals via urban street dusts from different functional areas in Chengdu, China. Sci Total Environ. 2017;586:1076-84.

13-Gąsiorek M, Kowalska J ,Mazurek R, Pająk M. Comprehensive assessment of heavy metal pollution in topsoil of historical urban park on an example of the Planty Park in Krakow (Poland). Chemosphere. 2017;179:148-58.

14-Han W, Gao G, Geng J, Li Y, Wang Y. Ecological and health risks assessment and spatial distribution of residual heavy metals in the soil of an e-waste circular economy park in Tianjin, China. Chemosphere. 2018;197:325-35.

15-Ali H, Khan E, Sajad MA. Phytoremediation of heavy metals—concepts and applications. Chemosphere. 2013;91(7):869-81.
16-Jaishankar M, Tseten T, Anbalagan N, Mathew BB, Beeregowda KN. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. Interdiscip Toxicol. 2014;7(2):60-72.
17-Manta DS, Angelone M, Bellanca A, Neri R, Sprovieri M. Heavy metals in urban soils: a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy. Sci Total Environ. 2002;300(1):229-43.
18-Yi Y, Yang Z, Zhang S. Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin. Environmental Pollution. 2011;159(10):2575-85.
19-Xiaoli T, Mingxing C, Wenzhong Z, Yongping B. Classification and its relationship with the functional analysis of urban parks: Taking Beijing as an example. 2013.32(10):1964-76.
20-Li P, Xue S, Wang S, Nan Z. Pollution evaluation and health risk assessment of heavy metals from atmospheric deposition in Lanzhou. Huanjing kexue. 2014;35(3):1021-8.
21-Wang C, Qian X, Li H ,Sun Y, Wang J. Pollution Evaluation and Risk Assessment of Heavy Metals from Atmospheric Deposition in the Parks of Nanjing. Huanjing kexue. 2016;37(5):1662-9.
22-Nazarpour A, Ghanavati N, Watts MJ. Spatial distribution and human health risk assessment of mercury in street dust resulting from various land-use in Ahvaz, Iran. Environmental Geochemistry and Health. 2018; 40(2), 693-704.
23-Zarasvandi A, Moore F, Nazarpour A. Mineralogy and morphology of dust storms particles in Khuzestan Province :XRD and SEM analysis concerning. Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy. 2011;19(3):511-8.
24-Zheng L, Tang Q, Fan J, Huang X, Jiang C, Cheng H. Distribution and health risk assessment of mercury in urban street dust from coal energy dominant Huainan City, China. Environmental Science and Pollution Research. 2015;22(12):9316-22.
25-Coufalík P, Zvěřina O, Mikuška P, Komárek J. Seasonal variability of mercury contents in street dust in Brno, Czech Republic. Bul Environ Contam Toxicol. 2014; 93(4), 503-508.
26-Yongming H, Peixuan D, Junji C, Posmentier ES. Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of Xi'an, Central China. Science of the total environment. 2006;355(1):176-86.
27-Meza-Figueroa D, De la O-Villanueva M, De la Parra ML. Heavy metal distribution in dust from elementary schools in Hermosillo, Sonora, México. Atmospheric Environment. 2007;41(2):276-88.
28-Hao Y, Guo Z, Yang Z, Fang M, Feng J. Seasonal variations and sources of various elements in the atmospheric aerosols in Qingdao, China. Atmospheric Research. 2007;85(1):27-37.
29-Wei B, Jiang F, Li X, Mu S. Heavy metal induced ecological risk in the city of Urumqi, NW China. Environmental monitoring and assessment. 2010;160(1):33-45.
30-Rimmer SM, Thompson JA, Goodnight SA, Robl TL. Multiple controls on the preservation of organic matter in Devonian–Mississippian marine black shales: geochemical and petrographic evidence. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2004;215(1-2):125-54.
31-Abrahim G ,Parker R. Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. Environmental monitoring and assessment. 2008;136(1-3):227-38.
32-Zhang W, Feng H, Chang J, Qu J, Xie H, Yu L. Heavy metal contamination in surface sediments of Yangtze River intertidal zone: an assessment from different indexes. Environmental Pollution. 2009;157(5):1533-43.
33-Rashki A, Eriksson PG, Rautenbach CdW, Kaskaoutis DG, Grote W, Dykstra J. Assessment of chemical and mineralogical characteristics of airborne dust in the Sistan region, Iran. Chemosphere. 2013;90(2):227-36.
34-Muller G. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. Geojournal. 1969;2:108-18.
35-Wei B, Yang L. A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. Microchem J. 2010;94(2):99-107.

36-Gonzalez-Macias C, Schifter I, Lluch-Cota D, Mendez-Rodriguez L, Hernandez-Vazquez S. Distribution, enrichment and accumulation of heavy metals in coastal sediments of Salina Cruz Bay, Mexico. Environmental monitoring and assessment. 2006;118(1):211-30.
37-Lu X, Wang L, Lei K, Huang J, Zhai Y. Contamination assessment of copper, lead, zinc, manganese and nickel in street dust of Baoji, NW China. Journal of hazardous materials. 2009;161(2):1058-62.
38-Cheng J-l, Zhou S, Zhu Y-w. Assessment and mapping of environmental quality in agricultural soils of Zhejiang Province, China. Journal of Environmental Sciences. 2007;19(1):50-4.
39-Yang Z, Lu W, Long Y, Bao X, Yang Q. Assessment of heavy metals contamination in urban topsoil from Changchun City, China. Journal of Geochemical Exploration. 2011;108(1):27-38.
40-Duzgoren-Aydin NS. Sources and characteristics of lead pollution in the urban environment of Guangzhou. Sci Total Environ. 2007;385(1):182-95.
41-Gabriel J, Baldrian P, Rychlovský P, Krenželok M. Heavy metal content in wood-decaying fungi collected in Prague and in the National Park Šumavain the Czech Republic. Bul Environ Contam Toxicol. 1997;59(4):595-602.
42-Linde M, Bengtsson H, Öborn I. Concentrations and pools of heavy metals in urban soils in Stockholm, Sweden. Water, Air and Soil Pollution: Focus. 2001;1(3-4):83-101.
43-Madrid L, Díaz-Barrientos E, Madrid F. Distribution of heavy metal contents of urban soils in parks of Seville. Chemosphere. 2002;49(10):1301-8.
44-Morton-Bermea O, Hernández-Álvarez E, González-Hernández G, Romero F, Lozano R, Beramendi-Orosco L. Assessment of heavy metal pollution in urban topsoils from the metropolitan area of Mexico City. Journal of Geochemical Exploration. 2009;101(3):218-24.
45-Onder S, Dursun S, Gezgin S, Demirbas A. Determination of Heavy Metal Pollution in Grass and Soil of City Centre Green Areas (Konya, Turkey). Polish Journal of Environmental Studies. 2007;16(1).
46-Gržetić I, Ghariani ARH. Potential health risk assessment for soil heavy metal contamination in the central zone of Belgrade (Serbia). Journal of the Serbian Chemical Society. 2008;73(8-9):923-34.
47-Shi G, Chen Z, Xu S, Wang L, Zhang J, Li H, et al. Characteristics of heavy metal pollution in soil and dust of urban parks in Shanghai. Huan jing ke xue= Huanjing kexue. 2007;28(2):238-42.
48-Zhaoyong Z, Xiaodong Y, Simay Z, Mohammed A. Health risk evaluation of heavy metals in green land soils from urban parks in Urumqi, northwest China. Environmental Science and Pollution Research. 2017:1-15.
49-Smolders E, Degryse F. Fate and effect of zinc from tire debris in soil. Environmental science & technology. 2002; 36(17):3706-10.
50-Deletraz G. Géographie des risques environnementaux liés aux transports routiers en montagne. Incidences des emissions d'oxydes d'azote en vallées d'Aspe et de Biriatou (Pyrénées): Université de Pau et des Pays de l'Adour; 2002.
51-Smichowski P, Gómez D, Frazzoli C, Caroli S. Traffic-Related Elements in Airborne Particulate Matter. Applied Spectroscopy Reviews. 2007;43(1):23-49.