



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

## ارزیابی خطر فلزات سنگین بر سلامت انسانی در گرد و غبار خیابانی شهر آبادان

نوید فنواپی\*

گروه خاک شناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

### اطلاعات مقاله: چکیده

زمینه و هدف: هدف از مطالعه حاضر بررسی خطر فلزات سنگین (سرب، روی، مس، کروم، کادمیوم، نیکل، وانادیوم، آرسنیک، کبالت و کروم) بر سلامت انسانی در گرد و غبار خیابانی شهر آبادان است. روش بررسی: جهت نیل به این هدف تعداد ۳۰ عدد نمونه گرد و غبار از پیاده رو خیابان‌های اصلی آبادان برداشت شده و به روش طیف سنجی جفت شده پلاسما القایی (ICP-OES) آنالیز گردید. یافته‌ها: میانگین غلظت فلزات مورد مطالعه به ترتیب: Pb (۵۹/۱۳)، Zn (۲۸۷/۵۰)، Cu (۱۱۲/۹۷)، Cr (۵۰/۰۳)، Cd (۰/۵۲)، Ni (۵۶/۷۷)، V (۳۵/۸۳)، As (۷/۱۰) و Co (۷/۵۳) mg/kg است. همچنین براساس مقدار میانگین شاخص ریسک، نمونه‌ها دارای ریسک متوسط هستند. خطر جمععی غیرسرطان‌زایی کلیه فلزات سنگین در گرد و غبار خیابانی برای کودکان بیشتر از بزرگسالان است. که این امر نشان داد کودکان بیشتر از بزرگسالان در معرض خطر فلزات سنگین قرار دارند. در هر دو گروه سنی فلز کروم دارای بیشترین خطر سرطان‌زایی و فلز سرب کمترین خطر را دارد. نتیجه‌گیری: نتایج بدست آمده از پتانسیل ریسک اکولوژیک و ریسک سلامت انسانی، نشان داد که منبع آلودگی فلزات مورد مطالعه فعالیت‌های انسان‌زاد از قبیل ترافیک، تاسیسات صنعتی و سوختن سوخت‌های فسیلی در منطقه مورد مطالعه است.

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۳۰  
تاریخ ویرایش: ۹۷/۰۱/۲۲  
تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۱/۲۸  
تاریخ انتشار: ۹۷/۰۳/۳۰

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، ریسک سلامت انسانی، خطر سرطان‌زایی، گرد و غبار خیابانی، آبادان

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:  
N.ghanavati@iauahvaz.ac.ir

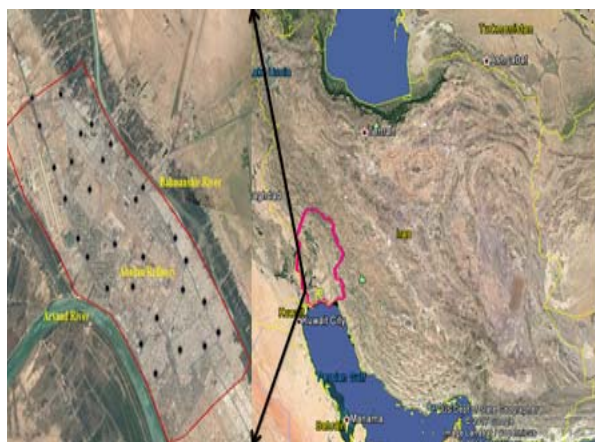
## مقدمه

گرد و غبار خیابانی موجود در خیابان‌ها و پیاده‌روها به‌عنوان یکی از مهمترین پیامدهای محیط زیستی فعالیت‌های انسان، در چند سال اخیر مورد توجه بسیاری از محققین علوم محیط زیستی قرار داشته است (۱). از بین آلاینده‌های متعدد همراه با غبارهای خیابانی، فلزات سنگین به دلیل سمیت و پایداری آنها در محیط زیست و نگرانی از نظر سلامت عمومی حائز اهمیت است (۲، ۳). فلزات سنگین به دلیل تهدیداتی که می‌تواند متوجه سلامت انسان کنند بسیار مهم هستند، بطور کلی آلودگی ذرات گرد و غبار به فلزات سنگین به‌علت سمیت، تجزیه‌ناپذیری و تجمع‌پذیری این ترکیبات و عناصر یک مشکل جدی تلقی شده است (۴). فلزات سنگین از قبیل سرب، روی، مس، کادمیم، آرسنیک و کروم به دلیل دارا بودن خاصیت سمی و تجمع‌زیستی از جمله مهمترین و جدی‌ترین آلودگی‌های تهدیدکننده محیط زیست ما هستند (۵). افزایش غلظت این فلزات اثرات منفی بسیار زیادی بر سلامت انسان دارد که عمدتاً از طریق هضم، تنفس و جذب پوستی صورت می‌گیرند. کودکان به نسبت بزرگسالان مقدار بیشتری از این فلزات را جذب می‌کنند، که باعث ایجاد اختلال در رفتارهای متابولیکی شده است (۶). مصرف بیش از اندازه فلزات سنگین باعث مسمومیت‌های حاد و مزمن مانند آسیب به سیستم‌های عصبی مرکزی، ترکیب خون، ریه، کلیه‌ها، کبد و حتی مرگ شده است (۷). فلزات سنگین موجود در غبارهای خیابانی یکی از اصلی‌ترین آلاینده‌های محیط شهری هستند که می‌توانند ناشی از ترافیک سنگین، صنایع، فرسایش ساختمان‌ها، فرسایش لاستیک و قطعات استفاده شده در خودروها، فعالیت‌های معدنی و احتراق سوخت فسیلی باشد (۸). بلعیدن، تنفس و تماس پوستی از مهمترین مسیرهایی است که انسان در معرض عناصر سنگین قرار می‌گیرد (۹، ۱۰). امروزه مطالعات زیادی در مورد غلظت و پراکندگی فلزات سنگین انجام شده است که تعداد اندکی از این مطالعات مربوط به کشورهای توسعه یافته است (۲، ۱۱-۱۴). Javidaneh و همکاران (۱۵) در مطالعات خود بر روی گرد و غبار خیابانی در مسجد سلیمان دریافتند

که منطقه عمدتاً تحت تاثیر آلودگی‌های نفتی و فعالیت‌های صنعتی قرار دارد. شاخص آلودگی بیانگر سطح بالای آلودگی برخی نمونه‌ها به فلزات سنگین Cu، Pb، Cd و Zn و سطح متوسط آلودگی فلزات Ni، As و V است. Moradi و همکار (۴) به بررسی سطح آلودگی و تغییرات مکانی فلزات سنگین در گرد و غبار خیابانی شهر کاشان پرداختند. نتایج نشان داد که غلظت فلزات Cu، Pb، Zn و Fe در گرد و غبار خیابانی بیشتر از غلظت زمینه است. طبق تحلیل الگوی مکانی بیشترین غلظت فلزات در گرد و غبار، در مرکز شهر و کمترین غلظت در مناطق مسکونی مشاهده شده است. همچنین منشا فلزات Pb، Cu و Zn انسان‌زاد و فلزات Fe و Cd نیز تا حدودی تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی قرار گرفته است در حالی که فلزات Ni و Cr منشا کاملاً طبیعی دارند. ترافیک و فعالیت‌های صنعتی احتمالاً عامل اصلی افزایش غلظت فلزات سنگین در کاشان است. مطالعات Saeedi و همکاران (۱۶) در تهران نشان داد که غلظت بالای فلزات سنگین در گرد و غبار خیابانی می‌تواند ناشی از فعالیت‌های مختلف انسانی نظیر ترافیک، احتراق سوخت‌های فسیلی، خوردگی سطوح فلزی اتومبیل‌ها و خوردگی مصالح ساختمانی باشد. مطالعات Ravankhah و همکاران (۱۷) نشان داد که میانگین غلظت Zn، Ni، Pb، Cd و Cu در منطقه آران و بیدگل بیشتر از غلظت‌های زمینه است. همچنین بیشترین خطر غیر سرطان‌زایی در هر دو گروه کودکان و بزرگسالان برای فلز سرب و کمترین آن برای فلزروی است. خطر تجمعی غیر سرطان‌زایی (Hazard Index (HI)) کل فلزات برای کودکان بالاتر از ۱۷ و برای بزرگسالان بالاتر از ۲ تعیین گردید. طی چند سال گذشته مقادیر زیادی غبارهای جوی از طریق مرزهای غربی کشور وارد شده است، که به‌عنوان عامل اصلی آلودگی‌های محیط زیستی در غرب کشور و به‌ویژه در استان خوزستان و شهر آبادان هستند. آبادان یکی از شهرهای بزرگ استان خوزستان است. موقعیت جغرافیایی شهر آبادان در طول جغرافیایی ۴۸°۱۷' و عرض جغرافیایی ۳۰°۲۰' و با ارتفاع ۳ m از سطح دریا و با مساحتی معادل ۲۷۹۶ km<sup>2</sup> است. جمعیت آن در سرشماری سال ۱۳۹۵، ۳۴۷ هزار نفر بوده

وزن تقریبی ۱۰۰ g بدست آمدند. غبار سطحی با استفاده از برس‌های قلمی در سطح تعیین شده جدا و بدون دخالت هر گونه ابزار فلزی در شیشه‌های کهریایی قرار گرفته و توسط فویل آلومینیوم مهروموم شده است تا از ورود مستقیم نور به آنها جلوگیری شود. پس از نمونه‌برداری، تمامی نمونه‌ها در آزمایشگاه از الک با مش ۲۰۰ عبور داده شدند و تا زمان آزمایش نمونه‌ها در یخچال در دمای  $4^{\circ}\text{C}$  نگهداری شدند. اندازه‌گیری فلزات سنگین با روش طیف سنجی پلاسمایی جفت شده القایی (ICP-OES) انجام پذیرفت. آماده‌سازی نمونه‌ها برای آنالیز توسط دستگاه ICP-OES با روش انحلال چهار اسید ( $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ) صورت گرفت (۲۰). پس از توزین نمونه‌ها  $40\ \mu\text{mL}$  HF درصد و  $1\ \text{mL}$   $\text{HClO}_4$  ۷۰ درصد اضافه نموده و محلول آماده شده را به مدت زمان لازم در ظرف مخصوص پلاستیکی (HOT BOX) داخل آب تا دمای  $200^{\circ}\text{C}$  قرار داده تا یک محلول ژله‌ای بدست آید، سپس  $4\ \text{mL}$  HCl ۳۷ درصد و  $1/5\ \text{mL}$   $\text{HNO}_3$  ۶۵ درصد اضافه نموده و محلول را به حجم  $25\ \text{mL}$  رسانده و در نهایت توسط دستگاه (ICP-OES) آنالیز گردید. تضمین کیفیت (QA) و کنترل کیفیت (QC) توسط اندازه‌گیری نمونه‌های شاهد و نمونه‌های تکراری (با دقت ۴ تا ۶ درصد) با استفاده از مواد مرجع NIST 2710 انجام گرفت.

### تحلیل آماری



شکل ۱- نقشه پراکنندگی نقاط نمونه‌برداری در شهر آبادان

است. شهر آبادان به واسطه قرار داشتن در مجاورت بیابان‌های کشور عراق و فاصله‌ای کم با صحرای عربستان و نیز فعالیت دو مجتمع بزرگ پالایشگاه و پتروشیمی، هر ساله شاهد ورود و انباشت حجم بسیار زیادی از ترکیبات حاوی فلزات سنگین است. این شهر دارای آلودگی‌هایی از قبیل فعالیت‌های نفتی، احتراق نفت و گاز، صنایع و ترافیک بوده و به منظور پالایش و مدیریت آلودگی‌های موجود، طی شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب ارزیابی محیط زیستی در این شهر حائز اهمیت است. لذا با توجه به مطالب فوق الذکر و اهمیت محیط زیستی این مساله لزوم بررسی میزان غلظت فلزات سنگین در شهر آبادان احساس شده است. بدین ترتیب هدف از پژوهش حاضر: (۱) تعیین غلظت فلزات سنگین (سرب، نیکل، روی، مس، کادمیوم، کروم، آرسنیک، وانادیوم و کبالت) در گرد و غبار خیابانی شهر آبادان، (۲) ارزیابی خطر فلزات سنگین بر سلامت انسانی در گرد و غبار خیابانی شهر آبادان با استفاده از شاخص‌های محیط زیستی است.

## مواد و روش‌ها

### روش و بررسی

#### نمونه برداری و تجزیه و تحلیل نمونه‌ها

در این تحقیق به منظور مطالعه غلظت فلزات سنگین در گرد و غبار خیابانی شهر آبادان، نمونه‌برداری با استفاده از روش‌های استاندارد ارائه شده در مقالات علمی معتبر انجام شده است (۱۸، ۱۹). زمان نمونه‌برداری در فصل خشک در تیر ماه ۱۳۹۵ صورت گرفت. نقشه پراکنندگی نقاط نمونه‌برداری در شکل ۱ نمایش داده شده است. گرد و غبار خیابانی از نقاط ترافیک، میادین شهر، خیابان‌های اصلی شهر، فرودگاه، مناطق صنعتی (پالایشگاه و پتروشیمی) و مناطق مسکونی از کنار پیاده‌روها، آسفالت خیابان‌ها و مکان‌هایی که گرد و غبار برای مدتی در آن تجمع یافته است برداشت شد. نقاط به گونه‌ای انتخاب شدند که بتوانند کل منطقه مورد مطالعه را پوشش دهند که مجموع این نقاط ۳۰ نقطه شد. نمونه‌ها به صورت ترکیبی (مخلوط ۳ نمونه با هم در فاصله ۵ تا ۱۰ m) و با

متوسط ( $40 \leq E_r < 80$ )، پتانسیل ریسک اکولوژیکی قابل توجه ( $80 \leq E_r < 160$ )، پتانسیل ریسک اکولوژیکی زیاد ( $160 \leq E_r < 320$ )، پتانسیل ریسک اکولوژیکی خیلی زیاد ( $E_r \geq 320$ ) همچنین سطح آلودگی براساس شاخص ریسک در پنج سطح طبقه‌بندی می‌گردد. ریسک کم ( $RI < 150$ )، ریسک متوسط ( $150 \leq RI < 300$ )، ریسک قابل توجه ( $300 \leq RI < 600$ ) و ریسک زیاد ( $RI \geq 600$ ).

#### - ارزیابی خطر سرطان زایی و غیرسرطان زایی

ارزیابی خطرات فلزات سنگین، فرایندهای چند مرحله‌ای است که در دو بخش ارزیابی خطرات سرطان‌زا و غیرسرطان‌زا و براساس روش ارزیابی خطر بهداشتی ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) انجام شد (۲۴). در بررسی هر دو نوع خطرات سرطان‌زا و غیرسرطان‌زا، قرارگیری انسان در معرض فلزات از هر سه مسیر بلع، تنفس و جذب پوستی مدنظر قرار گرفت و مقادیر جذب روزانه فلزات ( $ADD_{dermal}$ ) در هر یک از مسیرها (با استفاده از معادلات ۴ تا ۶) محاسبه گردید.

(۴)

$$ADD_{ing} = \frac{C \times IngR \times CF \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (۵)$$

$$ADD_{inh} = \frac{C \times InhR \times EF \times ED}{PEF \times BW \times AT} \quad (۶)$$

$$ADD_{dermal} = \frac{C \times SA \times CF \times AF \times ABF \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

که در آن:  $ADD_{dermal}$ ,  $ADD_{inh}$ ,  $ADD_{ing}$  به ترتیب مقدار میانگین جذب روزانه فلزات ( $mg/kg.day$ ) از طریق بلع، تنفس و جذب پوستی است.  $C$  غلظت فلزات در گرد و غبار ( $mg/kg$ )، و به ترتیب نرخ بلع و نرخ تنفس گرد و غبار ( $mg/day$  و  $m^3/day$ )،  $EF$  فراوانی قرارگیری در معرض فلزات ( $day/year$ )،  $ED$  مدت قرارگیری در معرض فلزات ( $year$ )،  $BW$  وزن بدن شخص قرار گرفته در معرض فلزات ( $kg$ )،  $AT$  مدت زمان قرارگیری در معرض هر مقدار از فلزات به‌طور میانگین ( $day$ )،  $EF$  فاکتور انتشار فلزات از گرد و غبار به هوا ( $m^3/kg$ )،  $SA$  ناحیه‌ای از سطح پوست قرار گرفته در معرض فلزات ( $cm^2$ )،  $AF$  فاکتور چسبندگی گرد و غبار به

به منظور بررسی چگونگی توزیع آماری داده‌های موجود، خلاصه وضعیت پارامترهای آماری، مقایسه غلظت زمینه، و ترکیب پوسته فوقانی با میانگین فلزات سنگین مورد بررسی انجام گرفت. همچنین خصوصیات دیگری از جمله دامنه، میانگین، انحراف معیار و چولگی با استفاده از نرم افزار SPSS.۲۰ و محاسبات شاخص‌ها با استفاده از نرم افزار Excel انجام شده است. جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون آماری کولموگوروف - اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) استفاده گردید.

#### ارزیابی تعیین سطح آلودگی فلزات سنگین

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

#### - پتانسیل ریسک اکولوژیک (Potential ecological risk)

شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیک برای ارزیابی خطرات بالقوه محیط زیستی فلزات در گرد و غبار استفاده شده است (۵، ۲۱). در مطالعه حاضر برای به‌دست آوردن ریسک اکولوژیکی فلزات سنگین از معادلات ۱ تا ۳ استفاده شده است.

$$C_j^i = C^i / C_j^i \quad (۲)$$

$$E_j^i = T_n^i \times C_j^i \quad (۳)$$

$$RI = \sum_i^n E_j^i$$

در این معادلات:

$C^i$  محتوای فلزی اندازه‌گیری شده در نمونه گرد و غبار مورد مطالعه،  $C_j^i$  مرجع ارزش پس زمینه آن عنصر و  $T_n^i$  شاخص سمی بودن فلزات سنگین نام دارد که به ترتیب برای کادمیوم، نیکل، مس، سرب، کروم، روی و وانادیوم اعداد ۳۰، ۵، ۵، ۵، ۲، ۱ و ۲ ارائه شده است (۲۲، ۲۳).  $E_j^i$  پتانسیل ریسک اکولوژیکی هر عنصر مورد بررسی و  $RI$ ، ریسک اکولوژیکی مجموع عناصر را نشان می‌دهد. سطح آلودگی براساس ریسک اکولوژیک در پنج سطح طبقه‌بندی می‌گردد. پتانسیل ریسک اکولوژیکی کم ( $E_r < 40$ )، پتانسیل ریسک اکولوژیکی

مقادیر جذب روزانه فلزات در هر یک از مسیرهای قرارگیری در معرض فلزات (mg/kg.day) است. اگر  $HQ \leq 1$  باشد، با سلامت انسان ناسازگار نیست و اگر  $HQ > 1$  باشد، اثرات نامطلوب و نگران کننده‌ای بر سلامت انسان دارد (۱۷). مقدار شاخص خطر تجمعی غیر سرطان‌زایی (HI) کل فلزات برای هر دو گروه بزرگسال و کودکان طبق معادله ۸ بدست می‌آید.

(۸)

$$HI = \sum HQ_i$$

ارزیابی خطر سرطان‌زایی هر یک از مسیرهای سه گانه برای

پوست (mg/cm<sup>2</sup>.day) و ABF فاکتور جذب سطحی پوست (بدون واحد) است. جزئیات هر پارامتر و مقادیر بکار گرفته شده آن در معادلات ارزیابی خطر (۷، ۲۴، ۲۵) در جدول ۱ آورده شده است.

پس از محاسبه مقدار جذب روزانه فلزات برای هر یک از مسیرها، خطر غیرسرطان‌زایی (HI) کل مسیرها برای کودکان و بزرگسالان از مجموع میزان ADD هر مسیر به مقدار مرجع سمیت آن فلز تعیین شد.

(۷)

در معادله ۷،  $HQ_i$  خطر غیرسرطان‌زایی از فلزات در هر مسیر،

جدول ۱- راهنمای پارامترهای معادلات ارزیابی خطر سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی فلزات سنگین در گرد و غبار سطحی

پارامتر	واحد اندازه گیری	بزرگسال	کودکان
IngR	mg/day	۱۰۰	۲۰۰
InhR	m <sup>3</sup> /day	۱۲/۸	۷/۶۳
EF	day/year	۳۵۰	۳۵۰
ED	year	۲۴	۶
BW	kg	۵۵/۹	۱۵
AT	days	ED×۳۶۵	ED×۳۶۵
EF	m <sup>3</sup> /kg	۱/۳۶×۱۰ <sup>۹</sup>	۱/۳۶×۱۰ <sup>۹</sup>
SA	cm <sup>2</sup>	۴۳۵۰	۱۶۰۰
AF	mg/cm <sup>2</sup> .day	۰/۷	۰/۲
ABF	-	۰/۰۰۱	۰/۱۰۰
SF	mg/kg.day	سرب (۴/۲×۱۰ <sup>-۲</sup> )، کادمیوم (۶/۳×۱۰ <sup>-۱</sup> )، کروم (۴/۲×۱۰ <sup>-۱</sup> ) آرسنیک (۱/۵۱×۱۰ <sup>-۱</sup> ) و نیکل (۸/۴×۱۰ <sup>-۱</sup> )	
R <sub>f</sub> D <sub>ing</sub>	mg/kg.day	سرب (۳×۱۰ <sup>-۳</sup> )، روی (۳×۱۰ <sup>-۱</sup> )، مس (۴×۱۰ <sup>-۲</sup> ) کادمیوم (۱×۱۰ <sup>-۳</sup> )، کروم (۳×۱۰ <sup>-۳</sup> )، آرسنیک (۳×۱۰ <sup>-۴</sup> ) نیکل (۲×۱۰ <sup>-۲</sup> ) و جیوه (۳×۱۰ <sup>-۴</sup> )	
R <sub>f</sub> D <sub>inh</sub>	mg/kg.day	سرب (۳/۵۲×۱۰ <sup>-۳</sup> )، روی (۳×۱۰ <sup>-۱</sup> )، مس (۴/۰۲×۱۰ <sup>-۲</sup> ) کادمیوم (۱×۱۰ <sup>-۳</sup> )، کروم (۲/۸۶×۱۰ <sup>-۵</sup> ) آرسنیک (۳/۱×۱۰ <sup>-۴</sup> )، نیکل (۲/۰۶×۱۰ <sup>-۲</sup> ) و جیوه (۸/۵۷×۱۰ <sup>-۵</sup> )	
R <sub>f</sub> D <sub>derm</sub>	mg/kg.day	سرب (۵/۲۵×۱۰ <sup>-۴</sup> )، روی (۶×۱۰ <sup>-۲</sup> )، مس (۱/۲×۱۰ <sup>-۲</sup> ) کادمیوم (۱×۱۰ <sup>-۵</sup> )، کروم (۶×۱۰ <sup>-۵</sup> )، آرسنیک (۱/۲۳×۱۰ <sup>-۴</sup> ) نیکل (۵/۴×۱۰ <sup>-۳</sup> ) و جیوه (۲/۱×۱۰ <sup>-۵</sup> )	

این فلزات با استفاده از معادله ۹ انجام شد.

(۹)

$$RI = \sum ADD_i \times SF_i$$

در معادله فوق، (RI) ریسک خطر سرطان‌زایی،  $ADD_i$  مقادیر جذب روزانه فلزات در هر یک از مسیرهای قرارگیری در معرض فلزات (mg/kg.day) و  $SF_i$  فاکتور احتمال ابتلا به سرطان در هر واحد قرارگیری در معرض فلزات (mg/kg.day) است.

### یافته‌ها

#### بررسی غلظت فلزات سنگین در گرد و غبار خیابانی منطقه مورد مطالعه

خلاصه‌ای از پارامترهای آماری غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های گرد و غبار خیابانی شهر آبادان در جدول ۲ گزارش شده است. غلظت عناصر سرب، روی، مس، کروم، کادمیوم، نیکل، وانادیوم، آرسنیک و کبالت به ترتیب بین: ۱۵-۲۶۲، ۲۸-۴۸، ۳۵-۸۸، ۰/۴۳-۰/۷۵، ۳۱-۷۲، ۳۱-۹۸۲، ۱۱۶-۷۱۰، ۲۹/۱۰-۳/۶۰ و ۵-۱۲ mg/kg بود. میانگین غلظت این عناصر به ترتیب: ۵۹/۱۳، ۵۶/۷۷، ۰/۵۲، ۵۰/۰۳، ۱۱۲/۹۷، ۲۸۷/۵۰، ۵۹/۱۳، ۱۱۶-۷۰۱، ۳۱-۹۸۲، ۳۱-۷۲، ۰/۴۳-۰/۷۵، ۳۵-۸۸، ۲۸-۴۸، ۳/۶۰-۲۹/۱۰، ۵-۱۲، ۷/۱۰ ± ۵/۱۲، ۳/۳۱، ۰/۸۴، ۷/۵۳ ± ۱/۳۸، ۳/۶۷، ۱/۰۱، ۴/۸۳، ۰/۳۵، ۱/۱۴، ۰/۶۹، ۰/۷۱، ۳/۳۱، ۰/۸۴

۷/۵۳ mg/kg و ۷/۱۰، ۳۵/۸۳ سنگین به جز وانادیوم در نمونه‌های گرد و غبار شهر آبادان چندین برابر بیشتر از مقدار زمینه (غلظت در پوسته زمین) بود. در واقع این مطلب نشان می‌دهد که غلظت بالای این عناصر مربوط به منابع انسان‌زاد مثل ترافیک، تاسیسات صنعتی، تاسیسات تولید برق، سوختن روغن در مناطق مسکونی، بدسوزی و فعالیت‌های ساخت و ساز است.

#### - پتانسیل ریسک اکولوژیکی (Potential ecological risk)

در این تحقیق، پتانسیل ریسک اکولوژیکی فلزات سنگین منطقه مورد مطالعه براساس روش هاکانسون (Hakanson) محاسبه شده است (۱۴). مقادیر پتانسیل ریسک اکولوژیکی (Er) و شاخص ریسک (RI) در جدول ۳ و ۴ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که میانگین Er برای فلزات سنگین مورد مطالعه در نمونه‌های گرد و غبار به صورت  $V < Cr < Zn$   $Cd < Pb < Cu < As < Ni < Cr$  کاهش می‌یابد. براساس مقدار میانگین Er فلزات سنگین، وانادیوم (۱/۱۹)، کروم (۲/۸۶)، روی (۹/۲۷)، نیکل (۱۴/۱۹)، آرسنیک (۱۴/۸۰)، مس (۱۹/۴۸) و سرب (۱۹/۷۱) دارای پتانسیل ریسک اکولوژیکی کم ( $Er < 40$ ) و کادمیوم (۷۷/۹۰) دارای پتانسیل ریسک

جدول ۲- خلاصه‌ای از پارامترهای آماری غلظت فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه

فلزات سنگین	واحد	دامنه	انحراف معیار ± میانگین	چولگی	زمینه
Pb	mg/kg	۱۵-۲۶۲	۵۹/۱۳ ± ۴۲/۹۰	۳/۶۷	۱۵
Zn	mg/kg	۱۱۶-۷۰۱	۲۸۷/۵۰ ± ۱۳۹/۴۲	۱/۰۱	۳۱
Cu	mg/kg	۳۱-۹۸۲	۱۱۲/۹۷ ± ۱۶۸/۰۱	۴/۸۳	۲۹
Cr	mg/kg	۳۱-۷۲	۵۰/۰۳ ± ۸/۳۲	۰/۳۵	۳۵
Cd	mg/kg	۰/۴۳-۰/۷۵	۰/۵۲ ± ۰/۰۸	۱/۱۴	۰/۰۹
Ni	mg/kg	۳۵-۸۸	۵۶/۷۷ ± ۹/۸۸	۰/۶۹	۲۰
V	mg/kg	۲۸-۴۸	۳۵/۸۳ ± ۳/۹۷	۰/۷۱	۶۰
As	mg/kg	۳/۶۰-۲۹/۱۰	۷/۱۰ ± ۵/۱۲	۳/۳۱	۴/۸
Co	mg/kg	۵-۱۲	۷/۵۳ ± ۱/۳۸	۰/۸۴	۱۰

جدول ۳- نتایج آماری ریسک اکولوژیک (Er) فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه

فلزات سنگین	ریسک اکولوژیک (Er)			
	مینیمم	ماکزیمم	میانگین	انحراف معیار
Pb	۵	۸۷/۳۳	۱۹/۷۱	۱۴/۳۰
Zn	۳/۷۴	۲۲/۶۱	۹/۲۷	۴/۵۰
Cu	۵/۳۴	۱۶۹/۳۱	۱۹/۴۸	۲۸/۹۷
Cr	۱/۷۷	۴/۱۱	۲/۸۶	۰/۴۸
Cd	۶۴/۵۰	۱۱۲/۵۰	۷۷/۹۰	۱۱/۴۹
Ni	۸/۷۵	۲۲	۱۴/۱۹	۲/۴۷
V	۰/۹۳	۱/۶۰	۱/۱۹	۰/۱۳
As	۷/۵۰	۶۰/۶۳	۱۴/۸۰	۱۰/۶۶

جدول ۴- نتایج آماری شاخص ریسک (RI) فلزات در منطقه مورد مطالعه

RI		تعداد نمونه‌ها (n=۳۰)				
مینیمم	ماکزیمم	میانگین	ریسک کم	ریسک متوسط	ریسک قابل توجه	ریسک زیاد
۱۱۵/۰۲	۳۳۰/۰۴	۱۵۹/۴۱	۱۷ (۵۶/۶۶٪)	۱۲ (۴۰٪)	۱ (۳/۳۴٪)	۰

کاهش سطوح فلزات سنگین به منظور جلوگیری از خطر بالقوه این فلزات در محیط زیست بایستی مورد توجه قرار گیرد.

#### ارزیابی خطر سرطان زایی و غیرسرطان زایی

ارزیابی ریسک سلامت انسانی در نمونه‌های گرد و غبار خیابانی در معرض فلزات از سه مسیر اصلی بلع، تماس پوستی و استنشاق برای کودکان و بزرگسالان مورد بررسی قرار گرفت. میزان خطر غیر سرطان‌زایی (HQ) کل مسیرهای سه گانه برای تک تک فلزات سنگین به تفکیک کودکان و بزرگسالان در جدول ۵ آمده است. بیشترین و کمترین میزان HQ در هر دو گروه سنی برای کلیه فلزات سنگین به ترتیب مسیر بلع < جذب پوستی < تنفس بوده است. همچنین میزان HQ در مسیر بلع و تنفس برای کودکان بیشتر از بزرگسالان بوده و در مسیر جذب پوستی برای بزرگسالان بیشتر از کودکان بوده است. همچنین برای هر دو گروه سنی بیشترین میزان HQ مربوط به فلز آرسنیک و از طریق مسیر بلع بود. بررسی HQ فلزات سنگین در هر سه مسیر بلع، جذب تماسی و تنفس کمتر از ۱ است، لذا عواقب مضر بر انسان نخواهد داشت.

اکولوژیکی متوسط ( $40 \leq Er < 80$ ) است. نتایج به دست آمده نشان داد که RI همه نمونه‌ها از حداقل ۱۱۵/۰۲ تا حداکثر ۳۳۰/۰۴ متغیر هستند. براساس مقدار میانگین RI (۱۵۹/۴۱)، نمونه‌ها دارای ریسک متوسط ( $150 \leq RI < 300$ ) هستند. همچنین نتایج به دست آمده نشان داد که تعداد ۱۷ نمونه دارای ریسک کم، تعداد ۱۲ نمونه (۴۰ درصد) دارای ریسک متوسط و تعداد ۱ نمونه (۳/۳۴ درصد) دارای ریسک اکولوژیک قابل توجه هستند.

فلز سنگین کادمیوم به‌عنوان عاملی موثر بر افزایش خطر پتانسیل ریسک اکولوژیکی در شهر آبادان است. قرار گرفتن طولانی مدت در معرض کادمیوم موجود در گرد و غبار خیابانی باعث سمیت شدید در انسان و ایجاد بیماری‌های کلیوی می‌شود. کادمیوم موجود در گرد و غبار خیابانی از طریق تماس پوستی در کودکان و بزرگسالان با ایجاد بیماری به بافت‌های داخلی کودکان و بزرگسالان آسیب جدی وارد می‌کند (۲۶). این فلز می‌تواند عملکرد اکولوژیکی منطقه‌ای را که دارای غلظت بالایی هستند را تحت تاثیر قرار دهند (۲۷). بنابراین

< آرسنیک ( $1/0 \times 10^{-7}$ ) < کادمیوم ( $3/70 \times 10^{-8}$ ) < سرب ( $2/33 \times 10^{-8}$ ) و در بزرگسالان به ترتیب: کروم ( $2/65 \times 10^{-6}$ ) < نیکل ( $6/01 \times 10^{-8}$ ) < آرسنیک ( $1/34 \times 10^{-8}$ ) < کادمیوم ( $4/13 \times 10^{-9}$ ) < سرب ( $3/13 \times 10^{-9}$ ) است. بدین ترتیب در هر دو گروه سنی، کروم دارای بیشترین خطر سرطان‌زایی و سرب کمترین خطر را دارد. مقادیر RI در کودکان بیشتر از بزرگسالان است. RI نیکل، آرسنیک، کادمیوم و سرب در کودکان و بزرگسالان کمتر از  $1 \times 10^{-6}$  (احتمال سرطان یک نفر در میلیون) است که نشان‌دهنده آن است که ریسک سرطان این فلزات در گرد و غبار خیابانی را می‌توان نادیده گرفت. از طرف دیگر، RI کروم در کودکان و بزرگسالان بیشتر از  $1 \times 10^{-6}$  (احتمال سرطان یک نفر در میلیون) است که نشان‌دهنده خطرپذیری، تحت شرایط کنترل و نظارت است.

### بحث

بررسی غلظت فلزات سنگین نشان داد که غلظت تمام فلزات سنگین به جز وانادیوم در نمونه‌های گرد و غبار شهر آبادان

مطابق با جدول ۵ مقادیر ارزیابی خطر غیر سرطان‌زایی (HI) کل مسیرهای جذب در گروه سنی کودکان ۶/۸۸-۲/۲۱ برابر بیشتر از بزرگسالان است. همچنین HI کل فلزات سنگین در گرد و غبار خیابانی برای کودکان ۰/۸۴۴ و برای بزرگسالان ۰/۱۶۷ بدست آمد که این امر نشان می‌دهد که کودکان بیشتر از بزرگسالان در معرض خطر فلزات سنگین قرار دارند. مقادیر HI کل مسیرهای جذب در گروه سنی کودکان به ترتیب: آرسنیک (۰/۳۰۳) < کروم (۰/۲۳۰) < سرب (۰/۲۱۸) < نیکل (۰/۳۷) < مس (۰/۰۳۶) < روی (۰/۰۱۲) < کادمیوم (۰/۰۰۸) و برای گروه سنی بزرگسالان: کروم (۰/۰۷۲) < آرسنیک (۰/۰۴۴) < سرب (۰/۰۳۵) < نیکل (۰/۰۰۵۴) < مس (۰/۰۰۵۳) < کادمیوم (۰/۰۰۳۶) < روی (۰/۰۰۱۹) است. مقادیر HI کل فلزات سنگین کوچکتر از ۱ است که این امر نشان‌دهنده بی خطر بودن HI فلزات سنگین است.

نتایج ارزیابی خطر سرطان‌زایی (RI) فلزات سنگین به تفکیک کودکان و بزرگسالان در جدول ۵ آمده است. مقادیر RI در کودکان به ترتیب: کروم ( $1/97 \times 10^{-5}$ ) < نیکل ( $4/48 \times 10^{-7}$ )

جدول ۵- خطر غیرسرطان‌زایی و سرطان‌زایی فلزات سنگین در هر مسیر از گردوغبار خیابانی شهر آبادان به تفکیک بزرگسالان و کودکان

پارامتر	فلز (mg/kg)						
	سرب	روی	مس	کروم	کادمیوم	نیکل	آرسنیک
C(95% UCL)	۵۹/۱۳	۲۸۷/۵۰	۱۱۲/۹۷	۵۰/۰۳	۰/۵۲	۵۶/۷۷	۷/۱۰
کودکان							
HQ <sub>ing</sub>	$2/16 \times 10^{-1}$	$1/22 \times 10^{-2}$	$3/61 \times 10^{-2}$	$2/13 \times 10^{-1}$	$6/64 \times 10^{-3}$	$3/62 \times 10^{-2}$	$3/02 \times 10^{-1}$
HQ <sub>inh</sub>	$6/02 \times 10^{-6}$	$3/43 \times 10^{-7}$	$1/00 \times 10^{-6}$	$6/27 \times 10^{-4}$	$1/86 \times 10^{-7}$	$9/88 \times 10^{-7}$	$8/21 \times 10^{-6}$
HQ <sub>derm</sub>	$2/30 \times 10^{-3}$	$9/80 \times 10^{-5}$	$1/92 \times 10^{-4}$	$1/70 \times 10^{-2}$	$1/06 \times 10^{-3}$	$2/15 \times 10^{-4}$	$1/18 \times 10^{-3}$
HI={HQ <sub>i</sub> }	$2/18 \times 10^{-1}$	$1/23 \times 10^{-2}$	$3/63 \times 10^{-2}$	$2/30 \times 10^{-1}$	$7/71 \times 10^{-3}$	$3/65 \times 10^{-2}$	$3/03 \times 10^{-1}$
RI	$2/33 \times 10^{-8}$	-	-	$1/97 \times 10^{-5}$	$3/07 \times 10^{-8}$	$4/48 \times 10^{-7}$	$1/00 \times 10^{-7}$
بزرگسالان							
HQ <sub>ing</sub>	$2/89 \times 10^{-2}$	$1/64 \times 10^{-3}$	$4/84 \times 10^{-3}$	$2/86 \times 10^{-2}$	$8/92 \times 10^{-4}$	$4/86 \times 10^{-3}$	$4/05 \times 10^{-2}$
HQ <sub>inh</sub>	$2/71 \times 10^{-6}$	$1/54 \times 10^{-7}$	$4/53 \times 10^{-7}$	$2/82 \times 10^{-4}$	$8/39 \times 10^{-8}$	$4/44 \times 10^{-7}$	$3/69 \times 10^{-6}$
HQ <sub>derm</sub>	$5/88 \times 10^{-3}$	$2/50 \times 10^{-4}$	$4/91 \times 10^{-4}$	$4/35 \times 10^{-2}$	$2/71 \times 10^{-3}$	$5/49 \times 10^{-4}$	$3/01 \times 10^{-3}$
HI={HQ <sub>i</sub> }	$3/48 \times 10^{-2}$	$1/89 \times 10^{-3}$	$5/33 \times 10^{-3}$	$7/24 \times 10^{-2}$	$3/60 \times 10^{-3}$	$5/41 \times 10^{-3}$	$4/36 \times 10^{-2}$
RI	$3/13 \times 10^{-9}$	-	-	$2/65 \times 10^{-6}$	$4/13 \times 10^{-9}$	$6/01 \times 10^{-8}$	$1/34 \times 10^{-8}$



We و همکاران (۷) تایید شده است. همچنین میزان HQ در مسیر بلع و تنفس برای کودکان بیشتر از بزرگسالان بوده و در مسیر جذب پوستی برای بزرگسالان بیشتر از کودکان بوده است. Ravankhah و همکاران (۱۷) نشان دادند که میزان HQ در مسیره‌های تنفس و جذب پوستی برای تمام فلزات به استثنای سرب بالاتر بوده است. مهمترین مسیر قرارگیری در معرض فلزات سنگین برای کودکان و بزرگسالان مسیر بلع است. همچنین میزان RI دارای روند نزولی  $Cd < Pb < Ni$  است و مقدار RI در کودکان بیشتر از بزرگسالان است. Tao و همکاران (۳۲) نیز طی مطالعه‌ای دریافتند که خطر قرارگیری در معرض فلزات سنگین برای کودکان در مسیر بلع بیشتر از خطرات ناشی از مسیره‌های تنفس و جذب پوستی است. HI کل فلزات سنگین در گرد و غبار خیابانی برای کودکان بیشتر از بزرگسالان به دست آمد که این امر نشان می‌دهد که کودکان بیشتر از بزرگسالان در معرض خطر فلزات سنگین قرار دارند. Qing و همکاران (۲۴) نیز دریافتند که HI در کودکان خیلی بیشتر از بزرگسالان است که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. نتایج ارزیابی RI فلزات سنگین به تفکیک کودکان و بزرگسالان نشان داد که کروم دارای بیشترین خطر سرطان‌زایی و سرب کمترین خطر را دارد. Chabukdhara و همکار (۲۵) گزارش نمودند که بیشترین RI در منطقه صنعتی هند بعد از کروم به ترتیب مربوط به نیکل، سرب و کادمیوم بوده است. در مطالعه حاضر، مشخص شد که خطر سرطان‌زایی در کودکان بیشتر از بزرگسالان است که با مطالعات Qing و همکاران (۲۴) مطابقت دارد.

### نتیجه‌گیری

در این مطالعه آلودگی فلزات سنگین در نمونه‌های گرد و غبار خیابانی شهر آبادان بررسی شد. پتانسیل ریسک اکولوژیک و ریسک سلامت انسانی برای شناسایی منابع احتمالی آلاینده‌گی فلزات سنگین استفاده شده است. در این مطالعه منشا فلز سنگین V با توجه به پایین بودن غلظت آن در گرد و غبار خیابانی شهر آبادان نسبت به مقدار زمینه، طبیعی است. اما

چندین برابر بیشتر از مقدار زمینه (غلظت در پوسته زمین) بود. غلظت بالای این عناصر مربوط به منابع انسان‌زاد مثل ترافیک، تاسیسات صنعتی، تاسیسات تولید برق، بدسوزی و فعالیت‌های ساخت و ساز هستند. بررسی سایر منابع نیز مشخص می‌کند که نتایجی که در این مطالعه بدست آمده با سایر مطالعات مشابه همخوانی دارد. مطالعات Dehghani و همکاران (۲۸) در گرد و غبار خیابانی شهر تهران نشان داد که آلودگی ناشی از فلزات سنگین  $Pb, Sb, Cu, Zn$  به وضوح مربوط به منابع انسان‌زاد نظیر ساییدگی تیر و ترمز وسایل نقلیه، سایش جاده و احتراق سوخت‌های فسیلی است. مطالعه‌ای که Jafari و همکاران در کرمان بر روی ارزیابی فلزات سنگین در گرد و غبار شهری انجام داده‌اند به این نتیجه رسیدند که منشا اصلی فلزات سنگین  $Pb, Cu, Zn$  در گرد و غبار شهری مربوط به وسایل نقلیه موتوری است. مطالعات Behravesht و همکاران (۲۹) نشان داد که غلظت فلزات  $Pb, Cu, Zn$  و  $Ni$  بیشتر از میانگین غلظت این فلزات در بخش بالایی پوسته زمین است. وجود ضریب همبستگی مثبت میان عناصر سنگین  $Zn$  و  $Cu$  و همچنین  $Pb$  و  $Zn$  نشان‌دهنده منابع تولیدکننده همانند نظیر سوخت خودروها و ساییده شدن لنت ترمز در وسایل نقلیه است. براساس مقدار میانگین فلزات سنگین، وانادیوم، کروم، روی، نیکل، آرسنیک، مس و سرب دارای پتانسیل ریسک اکولوژیکی کم و کادمیوم دارای پتانسیل ریسک اکولوژیکی متوسط است. مطالعات Zhang و همکاران (۳۰) در شهر تایپه بر روی فلزات سنگین در گرد و غبار شهری انجام شد به این نتیجه رسیدند که غلظت بالای فلز  $Cd$  در کنار جاده‌ها و مناطق شهری ناشی از وسایل نقلیه موتوری است. براساس RI تعداد ۱۷ نمونه (۵۶/۶۶ درصد) دارای ریسک کم، تعداد ۱۲ نمونه (۴۰ درصد) دارای ریسک متوسط و تعداد ۱ نمونه (۳/۳۴ درصد) دارای ریسک اکولوژیک قابل توجه است. براساس ارزیابی خطر سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی، بیشترین و کمترین میزان HQ در هر دو گروه سنی برای کلیه فلزات سنگین به ترتیب مسیر بلع بیشتر از جذب پوستی و تنفس بود که این موضوع توسط مطالعات Li و همکاران (۳۱) و

شود؛ اما به دلیل نبود امکانات کافی و هزینه زیاد انجام آنالیز در این پژوهش میسر نبود. همچنین بایستی نقش مستقیم فعالیت پالایشگاه و پتروشیمی آبادان در افزایش میزان فلزات سنگین در نظر گرفته شود.

### ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

### تشکر و قدردانی

این مقاله از طرح درون دانشگاهی تحت عنوان "بررسی آلودگی فلزات سنگین و ترکیبات آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs) در گرد و غبار خیابانی شهر آبادان" استخراج شده است و هزینه آن توسط دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز تامین گردیده است که بدین وسیله قدردانی می‌گردد.

### References

1. Shi X, Chen L, Wang J. Multivariate analysis of heavy metal pollution in street dusts of Xianyang city, NW China. *Environmental Earth Sciences*. 2013;69(6):1973-79.
2. 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.
3. Duong TT, Lee B-K. Determining contamination level of heavy metals in road dust from busy traffic areas with different characteristics. *Journal of Environmental Management*. 2011;92(3):554-62.
4. Moradi Q, Mirzaei R. Spatial variability analysis of heavy metals in street dusts of Kashan City. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2017;9(4):443-56 (in Persian).
5. Chen H, Teng Y, Lu S, Wang Y, Wang J. Contamination features and health risk of soil heavy metals in China. *Science of the Total Environment*. 2015;512:143-53.
6. Keshavarzi B, Tazarvi Z, Rajabzadeh MA, Najmeddin A. Chemical speciation, human health risk assessment and pollution level of selected heavy metals in urban

احتمالا فعالیت‌های انسانی باعث افزایش غلظت فلزات Pb، As، Ni، Cd، Cr، Cu، Zn شده است. به هر حال، با توجه به این مطالعه، منبع انتشار فلزات سنگین در گرد و غبار خیابانی شهر آبادان عمدتاً ناشی از فعالیت‌های صنعتی (فعالیت پالایشگاه و پتروشیمی) و ترافیک شهری (احتراق سوخت‌های فسیلی، سایش لاستیک و لنت ترمز خودروها و پوسیدگی بدنه خودروها) است؛ اما فعالیت‌های صنعتی احتمالاً منشأ اصلی افزایش غلظت فلزات مورد بررسی در این تحقیق است. نتایج ارزیابی خطر بهداشتی فلزات سنگین در گرد و غبار خیابانی منطقه مورد مطالعه نشان‌دهنده آن است که خطر سرطان‌زایی این فلزات زمینه تهدید جدی سلامت کودکان و بزرگسالان را فراهم می‌سازد. براساس نتایج بدست آمده پتانسیل خطرپذیری بیماری‌های سرطانی و غیر سرطانی در کودکان بیشتر از بزرگسالان است. شایان ذکر است که مطالعه حاضر دارای کاستی‌ها و محدودیت‌هایی است. برای تحلیل دقیق‌تر باید خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و کانی شناسی گرد و غبار، توزیع مکانی فلزات سنگین و فاکتورهای اقلیمی نیز اندازه‌گیری

- street dust of Shiraz, Iran. *Atmospheric Environment*. 2015;119:1-10.
7. Wei X, Gao B, Wang P, Zhou H, Lu J. Pollution characteristics and health risk assessment of heavy metals in street dusts from different functional areas in Beijing, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2015;112:186-92.
8. Argyraki A, Kelepertzis E. Urban soil geochemistry in Athens, Greece: the importance of local geology in controlling the distribution of potentially harmful trace elements. *Science of the Total Environment*. 2014;482:366-77.
9. Luo X-S, Ding J, Xu B, Wang Y-J, Li H-B, Yu S. Incorporating bioaccessibility into human health risk assessments of heavy metals in urban park soils. *Science of the Total Environment*. 2012;424:88-96.
10. Ravankhah N, Mirzaei R, Masoum S. Evaluation of geoaccumulation index, contamination factor, and principal component analysis for estimating soil contamination. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2015;8(3):345-56 (in Persian).
11. Rashed M. Monitoring of contaminated toxic and heavy metals, from mine tailings through age accumu-

- lation, in soil and some wild plants at Southeast Egypt. *Journal of Hazardous Materials*. 2010;178(1):739-46.
12. Ghanavati N, Nazarpour A. Heavy metals pollution assessment of roadside soils in the Ahvaz City junctions. *Geochemistry*. 2016;5(1):47-54 (in Persian).
  13. 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 (in Persian).
  14. Najmeddin A, Keshavarzi B, Moore F, Lahijanzadeh A. Source apportionment and health risk assessment of potentially toxic elements in road dust from urban industrial areas of Ahvaz megacity, Iran. *Environmental Geochemistry and Health*. 2017;doi: <https://doi.org/10.1007/s10653-017-0035-2>.
  15. Javidaneh Z, Zarsevandi A, Rast Manesh F. Determination of geo-environmental factors and source of heavy metals in street dust, Masjed-e-Soleiman City, Khuzestan Province. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2016;9(2):155-70 (in Persian).
  16. Saeedi M, Li LY, Salmanzadeh M. Heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons: pollution and ecological risk assessment in street dust of Tehran. *Journal of Hazardous Materials*. 2012;227:9-17.
  17. Ravankhah N, Mirzaei R, Masoum S. Human health risk assessment of heavy metals in surface soil. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 2016;26(136):109-20 (in Persian).
  18. 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.
  19. Coufalík P, Zvěřina O, Mikuška P, Komárek J. Seasonal variability of mercury contents in street dust in Brno, Czech Republic. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2014;93(4):503-508.
  20. 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.
  21. Wu S, Peng S, Zhang X, Wu D, Luo W, Zhang T, et al. Levels and health risk assessments of heavy metals in urban soils in Dongguan, China. *Journal of Geochemical Exploration*. 2015;148:71-78.
  22. Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water Research*. 1980;14(8):975-1001.
  23. Madiseh SD, Savary A, Parham H, Sabzalizadeh S. Determination of the level of contamination in Khuzestan coastal waters (Northern Persian Gulf) by using an ecological risk index. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2009;159(1-4):521.
  24. Qing X, Yutong Z, Shenggao L. Assessment of heavy metal pollution and human health risk in urban soils of steel industrial city (Anshan), Liaoning, Northeast China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2015;120:377-85.
  25. Chabukdhara M, Nema AK. Heavy metals assessment in urban soil around industrial clusters in Ghaziabad, India: probabilistic health risk approach. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2013;87:57-64.
  26. Bada BS, Olarinre TA. Characteristics of soils and heavy metal content of vegetation in oil spill impacted land in Nigeria. *Proceedings of the Annual International Conference on Soils, sediments, Water and Energy*; 2012; Massachusetts.
  27. Ogunkunle CO, Fatoba PO. Pollution loads and the ecological risk assessment of soil heavy metals around a mega cement factory in southwest Nigeria. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2013;22(2):487-93.
  28. Dehghani S, Moore F, Keshavarzi B, Beverley AH. Health risk implications of potentially toxic metals in street dust and surface soil of Tehran, Iran. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2017;136:92-103.
  29. Behravesht F, Mahmudi GM, Ghassemzadeh F, Avaz MS. Determination of heavy metals pollution in traffic dust of Mashhad City, and its origin by using selective sequential extraction (SSE) procedure. *Geosciences*. 2015;24(95):141-50 (in Persian).
  30. Zhang D, Pan X, Lee D-J. Potentially harmful metals and metalloids in the urban street dusts of Taipei City. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 2014;45(4):1727-32.
  31. Liu X, Song Q, Tang Y, Li W, Xu J, Wu J, et al. Human health risk assessment of heavy metals in soil-vegetable system: a multi-medium analysis. *Science of the Total Environment*. 2013;463:530-40.
  32. Tao X-Q, Shen D-S, Shentu J-L, Long Y-Y, Feng Y-J, Shen C-C. Bioaccessibility and health risk of heavy metals in ash from the incineration of different e-waste residues. *Environmental Science and Pollution Research*. 2015;22(5):3558-69.



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



## Human health risk assessment of heavy metals in street dust in Abadan

N Ghanavati\*

Department of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

### ARTICLE INFORMATION:

**Received:** 20 January 2018

**Revised:** 11 April 2018

**Accepted:** 17 April 2018

**Published:** 20 June 2018

**Keywords:** Heavy metals, Human health risk, Carcinogenic, Street dust, Abadan

**\*Corresponding Author:**  
N.ghanavati@iauahvaz.ac.ir

### ABSTRACT

**Background and Objective:** The aim of the present study was to investigate risk of heavy metals on human health including (Pb, Zn, Cu, Cr, Cd, Ni, V, As and Co) in street dusts in Abadan.

**Materials and Methods:** 30 dust samples were collected from sidewalks of main streets of Abadan and analyzed by inductively coupled spectroscopy (ICP-OES) method.

**Results:** The mean concentration of the heavy metals was as follows: Pb (59.13), Zn (287.50), Cu (112.97), Cr (50.30), Cd (0.52), Ni (56.77), V (35.83), As (10.7) and Co (7.33) (mg/kg). The concentration of all of the heavy metals, except V, in the dust samples was several times higher than the field concentration (concentration in the earth's crust). The average value of the potential ecological risk of the heavy metals V, Cr, Zn, Ni, As, Cu and Pb was low and had a low potential ecological risk. Cd had a moderate potential ecological risk. Also, based on the average value of Risk Index, the samples were at medium risk. Cumulative non-carcinogenic hazard of all the heavy metals in the street dust was higher for children than adults. This indicates that children are more at risk for heavy metals than the adults. In both age groups, Cr had the highest risk of carcinogenicity and Pb had the lowest risk.

**Conclusion:** The results indicated that the main source of the heavy metals in the study area is anthropogenic sources such as traffic, industrial facilities and burning of fossil fuels.