مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره دهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۶، صفحات ۳۹۱ تا ۴۰۰

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

مقاله پژوهشی

ارزیابی سطح آلودگی و پتانسیل ریسک اکولوژیکی برخی فلزات سنگین در خاک‌های سطحی میدان نفتی اهواز

احد نظرپور[۱]، نوید قنواتی[۲،*]، تیمور بابایی نژاد[۲]

۱- گروه زمین شناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

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

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۰۷
تاریخ ویرایش: ۹۶/۰۷/۰۱
تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۰۴
تاریخ انتشار: ۹۶/۰۹/۲۱

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، فاکتور غنی‌شدگی، شاخص جامع آلودگی نمرو، پتانسیل ریسک اکولوژیک

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

چکیده

زمینه و هدف: هدف از مطالعه حاضر بررسی فاکتور غنی‌شدگی (EF)، شاخص جامع آلودگی نمرو (NIPI) و پتانسیل ریسک اکولوژیک (Er)فلزات سنگین (سرب، نیکل، مس، روی، کادمیوم، وانادیوم و کروم) در خاک‌های سطحی میدان نفتی اهواز است.

روش بررسی: جهت دستیابی به این هدف، تعداد ۴۹ عدد نمونه خاک به صورت سیستماتیک برداشت و به روش جذب اتمی (AAS) آنالیز شده است.

یافته‌ها: میانگین غلظت فلزات مورد مطالعه به ترتیب: Pb (۲۵۱/۲۰)، Ni (۹۴/۰۶)، Cu (۷۵/۸۰)، Zn (۱۳۲/۸۴)، Cd (۰/۶۹)، V (۴/۹۷) و Cr (۱۴۱/۴۸) (mg/kg) است. میانگین فاکتور غنی‌شدگی در نمونه‌های خاک به‌صورت V< Cd< Zn< Cr< Cu< Ni< Pb کاهش می‌یابد. شاخص جامع آلودگی نمرو نشان‌دهنده سطح آلودگی شدید برای کلیه فلزات به جز وانادیوم است. پتانسیل ریسک اکولوژیک فلزات مورد مطالعه نشان‌دهنده ریسک پایین برای فلزات V، Cd، Zn و Cr، ریسک متوسط برای Cu و ریسک قابل توجه برای فلزات Pb و Ni است. مقدار میانگین شاخص ریسک (RI) فلزات مورد مطالعه نشان داد که ۲۷ نمونه (۵۵/۱۰ درصد) دارای ریسک متوسط، ۲۱ نمونه (۴۲/۸۵ درصد) دارای ریسک قابل توجه و تنها ۱ نمونه (۲/۰۵ درصد) دارای ریسک اکولوژیکی بالا است.

نتیجه‌گیری: نتایج بدست آمده از فاکتور غنی‌شدگی، پتانسیل ریسک اکولوژیک و شاخص ریسک، نشان داد که منبع آلودگی فلزات مورد مطالعه فعالیت‌های انسان‌زاد از قبیل فعالیت‌های حفاری نفتی در منطقه مورد مطالعه است.

Please cite this article as: 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.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-28]

مقدمه

فعالیت‌هـای صنعت نفت از طریق عملیات اکتشـاف و تولید، اثـرات منفی بـر محیط زیسـت مناطق نفت‌خیـز دارد. اثرات زیان‌آور آنها ناشی از نشت نفت، گل حفاری و تخلیه پساب‌ها است (۱). میدان نفتی اهواز به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین میادین نفتی ایـران، دارای بیشـترین فعالیت‌های حفـاری با گل پایه روغنـی (Oil-based mud) و دارای یک سیسـتم پیچیده و گسـترده از خطوط لوله در سراسر منطقه است و مقدار زیادی از نشـت نفت از طریق خرابی‌های ایجاد شده در خطوط لوله رخ داده اسـت. این شکستگی‌ها ناشی از نقص مواد، خوردگی خط لوله و فرسـایش خاک است (۲). فعالیت‌های صنایع نفت باعث بی‌ثباتی اکوسیسـتم شده و تنوع زیستی را کاهش داده و در نتیجه بر محیط زیسـت عمومی این مناطق تاثیرگذار است (۳). واضح است که عملیات‌های اکتشاف و تولید نفت با تاثیر بر خاک‌های کشـاورزی، اکوسیسـتم زمینی و خطرات بالقوه زیسـت محیطی بر سلامت انسـان تاثیر گذاشته است (٦-٤). نفـت خام، یک ترکیب پیچیده از اجزای آلی (هیدروکربن‌های آروماتیـک چند حلقه‌ای) و غیر آلی اسـت (۷). در نفت خام غلظت‌های بالایی از فلزات سـنگین یافت می‌شـود که با نوع نفـت مورد بهره‌برداری در مناطـق مختلف، دارای غلظت‌های متفاوتـی از فلزات سـنگین هسـتند. فلزات سـنگین یکی از مشکلات زیست محیطی و عامل آلودگی اکوسیستم‌های زمینی جوامع تولیدکننده نفت است (۸). خطر ناشی از فلزات سنگین سـال‌ها باقی می‌مانـد و این امر باعث ایجاد خطرات زیسـت محیطی بر سـلامت انسان می‌شـود (۹، ۱۰). فلزات سنگین از منابع ثابت و متحرک می‌توانند به آب، هوا و خاک منتقل شوند و حتی می‌توانند به گیاهان، حیوانات و بدن انسـان وارد شوند. همچنین فلزات سـنگین می‌توانند در سـطوح شـهری، خاک، گیاهان و سطوح ساختمانی انباشته شوند، و سپس با استفاده از نیروهای طبیعی و یا انسـانی به مکان‌های مختلف حمل شوند (۱۱، ۱۲). با توجه به اثرات نامطلوب فلزات سـنگین بر روی انسـان و اکوسیستم، آلودگی ناشی از این فلزات توجه بسیاری از سـازمان‌های دولتی و نظارتی که به دنبال جلوگیری از زوال هرچه بیشتر محیط زیست هستند، را به خود جلب کرده است (۱۳، ١٤). با توجه به شـرایط جغرافیایی و محیط زیستی اهواز و حائـز اهمیت بودن این منطقه از لحـاظ صنعتی؛ این مهم را می‌طلبد که تحقیقی کاربردی و قابل اسـتناد در این میدان نفتی انجـام گیرد؛ بدین ترتیب هدف از پژوهش حاضر ۱) بررسـی میـزان غلظت فلزات سـنگین در خاک‌های اطـراف دکل‌های حفاری و تاسیسات نفتی در منطقه میدان نفتی اهواز ۲) بررسی میزان آلایندگی فلزات سنگین با استفاده از شاخص‌های زیست محیطی از جمله فاکتور غنی‌شدگی (EF)، شاخص بار آلودگی نمرو (NIPI) و پتانسـیل ریسـک اکولوژیک (Er) پیشـرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقـه مورد مطالعـه، میدان نفتی اهواز و در محل سـکوهای حفـاری نفت در شـرق اهواز، بیـن °٤٨ و '٤٦ تا °٤٨ و '٥٠ طـول شـرقی و°٣١ و '١٦ تـا °٣١ و '٢٠ عرض شـمالی در سیسـتم جغرافیایی قرار دارد و مسـاحتی معـادل ٤٩ km^2 را در بر می‌گیرد. شـایان ذکر است که شرکت بهره‌برداری نفت و گاز کارون، فـرودگاه بین المللی اهواز، صنایع تبدیلی مختلف، کنار گذر شـمالی اهواز و بزرگراه اهواز- امیدیه در این منطقه قرار دارند.

نمونه‌برداری خاک و تجزیه و تحلیل نمونه‌ها

آب و هوای شـهر اهواز گرم و مرطوب اسـت به همین علت نمونه‌بـرداری در اواسـط فروردیـن و اوایل اردیبهشـت ماه صورت گرفت. نقشـه پراکندگی نقاط نمونه‌برداری در شـکل ۱ نمایش داده شده اسـت. روش نمونه‌برداری براساس روش سیسـتماتیک تصادفی انجام گرفت. بـرای این کار ابتدا منطقه مورد نظر با اسـتفاده از تصاویر ماهـواره‌ای منطقه و نرم افزار GIS شـبکه‌بندی گردید سـپس مرکز هر شبکه به‌عنوان محل نمونه‌برداری تعیین گردید. پس از تعیین محل ابتدا با استفاده از ابزار تهیه نمونه و جداسازی ١٠×١٠ m^2 اقدام به نمونه‌برداری شـد. هر نمونه مرکب دارای ٦ زیر مجموعه بوده و در مجموع

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-28]

تعـداد ٤٩ عدد نمونه به‌علت وسـعت زیـاد منطقه به‌صورت دسـت نخورده از عمق cm ۳۰-۰ برداشـت گردید. نمونه‌ها پس از برداشـت به آزمایشـگاه منتقل و طی ۱۰ روز در دمای اتاق خشـک شد و پس از جداسازی مواد زائد و عبور از الک با مش ۲۰۰ غربال شـد. در نهایـت نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری مقدار فلزات سنگین به آزمایشگاه منتقل شدند.

جهت اندازه‌گیری فلزات سنگین از روش جذب اتمی (AAS) اسـتفاده گردید. مقدار g ۰/۳۵ از هر نمونه در mL ۱۰ تیزاب سلطانی (ترکیب سه اسید ($HClO_4$, HF, HNO_3) به نسبت ۳:۲:۵ هضم) و در ظروف تفلونی (PTFE) در دمای ^0C ۱۶۰ به مدت h ٦ هضم شـد (۱۵) و سـپس با آب دیونیزه به حجم mL ۵۰ رسـانده شـد. خـاک اسـتاندارد SRM 2711 II Montana برای کنترل کیفیت و بررسـی صحت اندازه‌گیری مقدار فلزات سـنگین در نمونه‌ها اسـتفاده شـده اسـت. حد تشـخیص دستگاه برای عناصر Cr, Cd, Zn, Cu, Pb, Ni و V به ترتیـب ۰/۰٤، ۰/۰٦، ۰/۰۲۵، ۰/۰۰۸، ۰/۰۰۹، ۰/۰۵، و ۰/۰۰٦ mg/kg بود.

در هنـگام هضم بـه همراه هر گـروه از نمونه‌هـا یک نمونه شـاهد تهیه شده و همراه سایر نمونه‌ها اندازه‌گیری شده است. بازیابی قابـل قبولـی برای فلزات مورد بررسـی به‌دسـت آمد (۹۸/۵-۸۱/٦ درصد). تحلیل آماری داده‌ها با اسـتفاده از بسته نرم افزار SPSS و محاسبات شاخص‌ها با استفاده از نرم افزار Excel انجام شده است.

تحلیل آماری

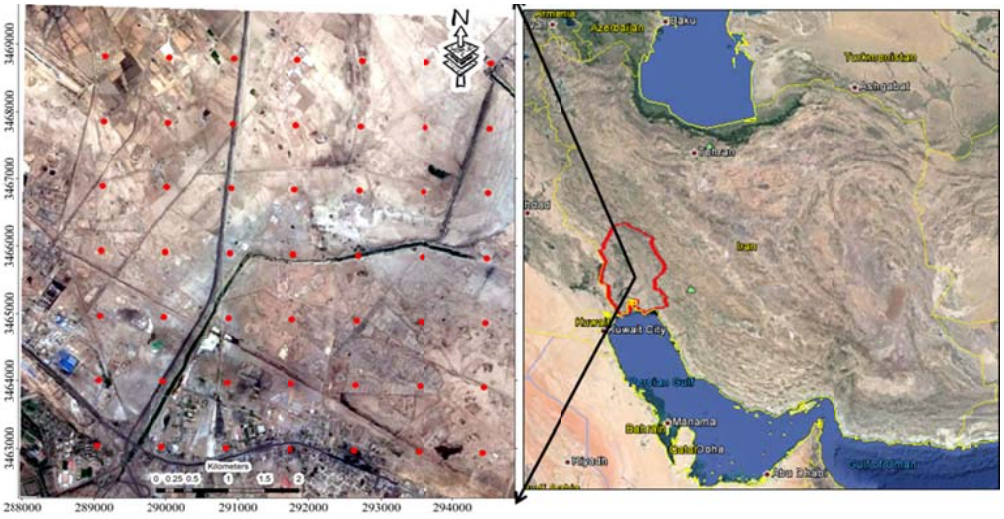
به منظور بررسـی چگونگـی توزیع آمـاری داده‌های موجود، خلاصه وضعیـت پارامترهای آماری، مقایسـه غلظت زمینه و ترکیب پوسـته فوقانی با میانگین فلزات سـنگین مورد بررسی قرار گرفـت. همچنین خصوصیـات دیگـری از جمله دامنه، میانگیـن، انحراف معیـار و چولگی با اسـتفاده از نـرم افزار SPSS20 انجام گرفت. جهت بررسـی نرمال بودن داده‌ها از آزمـون آماری کولموگروف-اسـمیرنوف (Kolmogorov–Smirnov) اسـتفاده گردیـد. برای تعیین رابطـه بین فلزات، با توجـه به عدم توزیع نرمـال داده‌ها، از ضریب همبسـتگی اسپیرمن (Spearman) استفاده گردید (۱٦).

ارزیابی تعیین سطح آلودگی فلزات سنگین

در ایـن پژوهش جهت ارزیابی و تعیین سـطح آلودگی فلزات سـنگین از شاخص‌های زیسـت محیطی متفاوتی استفاده شد. این شاخص‌ها عبارتند از:

فاکتور غنی‌شدگی (Enrichment Factor):

فاکتور غنی‌شدگی (EF) یک عنصر خاص در یک نمونه معین عبارت است از نسبت غلظت آن عنصر در آن نمونه به غلظت زمینه همان عنصـر در جامعه‌ای که نمونه مربوطه متعلق به آن است. این فاکتور از معادله ۱ محاسبه می‌شود (۱۵).



شکل ۱- نقشه پراکندگی نقاط نمونه‌برداری در میدان نفتی اهواز

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-28]

$$EF = \frac{\left(\frac{C_x}{C_{ref}}\right) Sample}{\left(\frac{C_x}{C_{ref}}\right) Background} \quad (1)$$

در این معادله:

EF= فاکتور غنی‌شدگی

C_x= غلظت عنصر اندازه‌گیری شده در نمونه‌های خاک

C_{ref} = غلظت عنصر مرجع

عنصر مرجع در تعیین فاکتور غنی‌شدگی، عنصری است که منشاء کاملا زمین‌شناسی داشته باشد. در تحقیقات زیست محیطی معمولا از Zr، Ti، Fe، Al، Sr به‌عنوان عناصر مرجع استفاده شده است (۱۶). درجه آلودگی فلزات سنگین را می‌توان به پنج دسته طبقه‌بندی کرد. سطح آلودگی کم (EF< ۲)، سطح آلودگی متوسط (۵>EF ≥ ۲)، سطح آلودگی زیاد (۲۰>EF ≥ ۵)، سطح آلودگی بسیار زیاد (۴۰>EF ≥ ۲۰) و سطح آلودگی به شدت زیاد (EF ≥۴۰).

شاخص جامع آلودگی نمرو Nemro Integrated Pollution Index):

برای هر نقطه نمونه‌برداری شده به صورت معادله ۲ محاسبه شد:

$$NIPI = \sqrt{\frac{PI_{max}^2 + PI_{ave}^2}{2}} \quad (2)$$

که در آن: PI_{max}، ماکزیمم مقدار شاخص آلودگی هر فلز سنگین، PI_{ave}، میانگین مقدار شاخص آلودگی هر فلز سنگین است. براساس این شاخص کیفیت خاک در پنج سطح طبقه‌بندی شده است. خاک بدون آلودگی (NIPI≤۰/۷)، خط هشدار آلودگی (۱≤ NIPI> ۰/۷)، سطح آلودگی کم (۲≤NIPI> ۱)، سطح متوسط آلودگی (۳≤NIPI> ۲)، و سطح بالای آلودگی (NIPI > ۳) (۱۷).

پتانسیل ریسک اکولوژیک (Potential Ecological Risk):

شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیک برای ارزیابی خطرات بالقوه زیست محیطی فلزات در خاک استفاده شده است (۱۸). در مطالعه حاضر برای به‌دست آوردن پتانسیل ریسک اکولوژیکی فلزات سنگین از معادلات ۳، ٤ و ۵ استفاده شد.

$$C_j^i = C^i / C_j^i \quad (3)$$

$$E_j^i = T_n^i \times C_j^i \quad (4)$$

$$RI = \sum_i^n E_j^i \quad (5)$$

که در آن: C^i محتوای فلزی که اندازه‌گیری شده در نمونه خاک مورد مطالعه، مرجع C_j^i ارزش پس زمینه از این عنصر و T_n^i شاخص سمی بودن فلزات سنگین است که T_n^i به ترتیب برای کادمیوم، نیکل، مس، سرب، کروم، روی و وانادیوم اعداد ۳۰، ۵، ۵، ۵، ۲، ۱و ۲ ارائه شده است (۱۹). E_j^i پتانسیل ریسک اکولوژیکی هر عنصر مورد بررسی و RI ریسک اکولوژیکی مجموع عناصر را نشان می‌دهد. سطح آلودگی براساس پتانسیل ریسک اکولوژیک در پنج سطح طبقه‌بندی می‌گردد. پتانسیل ریسک اکولوژیکی کم (Er < ٤۰)، پتانسیل ریسک اکولوژیکی متوسط (۸۰ > Er ≥ ٤۰)، پتانسیل ریسک اکولوژیکی قابل توجه (۱٦۰ > Er ≥ ۸۰)، پتانسیل ریسک اکولوژیکی زیاد (۳۲۰ > Er ≥ ۱٦۰)، پتانسیل ریسک اکولوژیکی خیلی زیاد (Er ≥ ۳۲۰) همچنین سطح آلودگی براساس شاخص ریسکدر پنج سطح طبقه‌بندی می‌گردد. ریسک کم (۱۵۰ > RI)، ریسک متوسط (۳۰۰ > RI ≥ ۱۵۰)، ریسک قابل توجه (٦۰۰ > RI ≥ ۳۰۰) و ریسک زیاد (RI ≥ ٦۰۰).

یافته‌ها

بررسی غلظت فلزات سنگین در خاک منطقه مورد مطالعه:

خلاصه‌ای از پارامترهای آماری غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های خاک میدان نفتی اهواز در جدول ۱ گزارش شده است. غلظت عناصر سرب، نیکل، مس، روی، کادمیوم، وانادیوم و کروم به ترتیب بین: ۷۱۰-۳۳/۱۰، ۱٤۰/۲۳-۰/۰۱، ۳۰۵-۳٤/۹۷، ۲۹۰-٦٤/۸۷، ۳/۵۷-۰/۱۰، ۲۵-۱/۳۳ و ۲۵۰-۱ mg/kg بود. میانگین غلظت این عناصر به ترتیب: ۲۵۱/۲۰، ۹٤/۰٦، ۷۵/۸۰، ۱۳۲/۸٤، ۰/٦۹، ٤/۹۷ و mg/kg

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-28]

۱۴۱/۴۸ بدست آمد. نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نشان دادند همه فلزات مورد مطالعه دارای توزیع غیر نرمال هستند. همچنین غلظت تمام فلزات سنگین به جز وانادیوم در نمونه‌های خاک میدان نفتی اهواز چندین برابر بیشتر از مقدار زمینه (غلظت در پوسته زمین) است (جدول ۱).

استاندارد کیفیت منابع خاک ایران برای فلزات سنگین مورد مطالعه که توسط سازمان محیط زیست کشور ارائه شده است در جدول ۲ نشان داده شده است. میانگین غلظت روی، کادمیوم و وانادیوم در منطقه مورد مطالعه از حد مجاز ارائه شده در کاربری‌های کشاورزی و مرتع برای حفاظت انسان و استاندارد خاک ارائه شده توسط سازمان محیط زیست کشور پایین‌تر است. میانگین غلظت نیکل و مس در منطقه مورد مطالعه از حد مجاز ارائه شده در کاربری‌های کشاورزی و مرتع برای حفاظت انسان کمتر و از استاندارد خاک ارائه شده توسط سازمان محیط زیست کشور بیشتر است. میانگین غلظت سرب در منطقه مورد مطالعه از حدود مجاز ارائه شده در کاربری مرتع برای حفاظت انسان و استاندارد خاک ارائه شده توسط سازمان محیط زیست کشور کمتر و از حد مجاز ارائه شده در کاربری کشاورزی بیشتر است. میانگین غلظت کروم در منطقه مورد مطالعه از حد مجاز ارائه شده در کاربری مرتع برای حفاظت انسان کمتر و از حد استاندارد خاک ارائه شده توسط سازمان محیط زیست کشور و حد مجاز ارائه شده در کاربری کشاورزی برای حفاظت انسان بیشتر است.

تحلیل همبستگی بین فلزات سنگین:

نتایج همبستگی پیرسون (Pearson's Correlation) بین فلزات سنگین در جدول ۳ ارائه شده است. ضریب همبستگی بدست آمده بین عناصر آلاینده نشان می‌دهد که عنصر سرب دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ درصد با عناصر مس، روی، کروم و در سطح ۰/۰۵ درصد با کادمیوم دارد. همچنین عنصر روی دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ درصد با مس (۰/۷۵) و عنصر وانادیوم دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ درصد با کروم (۰/۳۵) هستند که در واقع ناشی از منشاء یکسان آزادسازی فلزات سنگین در محیط زیست است. عناصری مانند نیکل، کادمیوم، وانادیوم و کروم در واقع دارای همبستگی کمتری با دیگر عناصر است، که حاکی از وجود منشا دیگری برای عناصر مذکور است.

فاکتور غنی‌شدگی (Enrichment Factor):

مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین فاکتور غنی‌شدگی (EF) برای هر یک از فلزات سنگین در نمودار ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد که میانگین فاکتور غنی‌شدگی (EF) برای فلزات سنگین مورد مطالعه در نمونه‌های خاک به‌صورت Zn< Cr< Cu< V< Cd< Ni< Pb کاهش می‌یابد. مقدار میانگین فاکتور غنی شدگی (EF) فلزات سنگین سرب (۴۰/۰۲)، نیکل (۱۵/۲۶)، مس (۱۱/۸۹)، کروم (۶/۸۵)، روی (۵/۷۱) و کادمیوم (۴/۲۰) به جز وانادیوم (۰/۲۹) بیشتر از ۱/۵ است که این امر نشان‌دهنده

جدول ۱ – خلاصه‌ای از پارامترهای آماری غلظت فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه

فلزات سنگین	واحد	دامنه	انحراف معیار± میانگین	چولگی	زمینه	Kolmogorov–Smirnov
Pb	(mg/kg)	۳۳/۱۰–۷۱۰	۲۵۱/۲۰ ± ۱۷۹/۲۶	۰/۹۱	۲۱/۵	۰/۰۰۱
Ni	(mg/kg)	۰/۰۱–۱۴۰/۲۳	۹۴/۰۶ ± ۲۱/۹۵	–۱/۲۶	۲۰	۰/۰
Cu	(mg/kg)	۳۴/۹۷–۳۰۵	۷۵/۸۰ ± ۵۲/۱۸	۲/۳۸	۲۱/۸	۰/۰۱
Zn	(mg/kg)	۶۴/۸۷–۲۹۰	۱۳۲/۸۴ ± ۶۳/۵۸	۰/۹۴	۷۸/۴	۰/۰۲
Cd	(mg/kg)	۰/۱۰–۳/۵۷	۰/۶۹ ±۰/۸۶	۱/۸۴	۰/۵	۰/۰۱
V	(mg/kg)	۱/۳۳–۲۵	۴/۹۷ ± ۶/۹۹	۱/۷۹	۶۰	۰/۰۰
Cr	(mg/kg)	۱–۲۵۰	۱۴۱/۴۸ ± ۸۱/۹۵	–۰/۶۶	۶۸/۳	۰/۰۳

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-28]

جدول ۲- استاندارد کیفیت منابع خاک ایران (mg/kg) برای خاک‌های با pH>۷

آلاینده	انسان (mg/kg)		حفاظت از محیط زیست (mg/kg)
	کاربری کشاورزی	کاربری مرتع و جنگل	
Pb	۷۵	۲۹۰	۳۰۰
Ni	۱۱۰	۵۳۰	۵۰
Cu	۲۰۰	۵۰۰	٦۳
Zn	۵۰۰	۵۰۰	۲۰۰
Cd	۵	۸	۳/۹
V	۲۰۰	۲۰۰	۱۳۰
Cr	۱۱۰	۵۳۵	٦٤

جدول ۳- همبستگی بین غلظت فلزات سنگین

	Pb	Ni	Cu	Zn	Cd	V	Cr
Pb	۱						
Ni	-۰/٤٤	۱					
Cu	۰/۷۹	-۰/۵۷	۱				
Zn	۰/٦۲	-۰/۳۳	۰/۷۵	۱			
Cd	۰/۳۰	۰/۱٤	۰/۲۱	۰/۲۱	۱		
V	-۰/٤۰	۰/۱۳	-۰/۲۹	-۰/۰۸	-۰/۱۱	۱	
Cr	-۰/۷٦	۰/۲٤	-۰/۷۹	-۰/٦۳	-۰/۲٦	۰/۳۵	۱

انسان‌زاد بودن منبع این فلزات سنگین در خاک است (۲۰). سطح آلودگی هر یک از عناصر در منطقه مورد مطالعه براساس میانگین این فاکتور بدین شرح است که وانادیوم دارای آلودگی کم (EF<۲)، کادمیوم دارای آلودگی متوسط (۵>EF≥۲)، نیکل، کروم، روی و مس دارای آلودگی بالا (۲۰>EF≥۵) است. به علاوه سرب به دلیل میانگین فاکتور غنی‌شدگی (EF) بالاتر از ٤۰، دارای آلودگی به شدت بالا است. این نتایج نشان می‌دهد که خاک منطقه مورد مطالعه به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی قرار دارد.

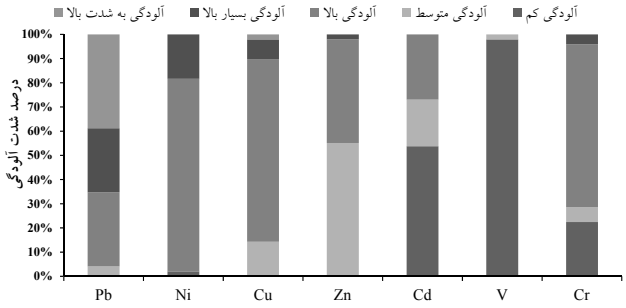
شاخص جامع آلودگی نمرو Nemro Integrated (Pollution Index):

ارزیابی آلودگی فلزات سنگین براساس شاخص جامع آلودگی نمرو (NIPI) در جدول ٤ ارائه شده است. شاخص جامع آلودگی نمرو (NIPI) همه نمونه‌ها از حداقل ۲/۷۹ تا حداکثر ۱۰/۱۳ متغیر است. براساس مقدار عددی میانگین شاخص جامع آلودگی نمرو (NIPI) (٤/۱٤)، به نظر می‌رسد که اکثر نمونه‌ها دارای سطح بالای آلودگی (۳ <NIPI) هستند که این امر نشان‌دهنده آن است که عملیات اکتشاف نفت تاثیر معنی‌داری بر اکولوژی منطقه مورد مطالعه دارد.

پتانسیل ریسک اکولوژیکی(Potential Ecological Risk):

در این تحقیق، پتانسیل ریسک اکولوژیکی (Er) فلزات سنگین منطقه مورد مطالعه براساس روش هاکانسون محاسبه شده است (۲۱). مقادیر پتانسیل ریسک اکولوژیک (Er)

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-28]



نمودار ۱- نمودار درصد شدت آلودگی فلزات مورد مطالعه

و شـاخص ریسـک (RI) در جدول ۵ و ٦ ارائه شـده اسـت. نتایج نشـان داد که میانگین پتانسـیل ریسـک اکولوژیک (Er) برای فلزات سـنگین مورد مطالعه در نمونه‌های خاک به‌صورت V< Cd< Zn< Cr< Cu< Ni < Pb کاهـش می‌یابـد. براساس مقدار میانگین پتانسیل ریسـک اکولوژیک (Er) فلزات سنگین، به‌ترتیب ۰/۱٦، ٦/۹۱، ۱۰/٤۲، ۱٤/۱٤ مربوط به وانادیوم، کادمیوم، روی و کروم دارای پتانسـیل ریسـک اکولوژیکی کم (Er<٤۰)، ۷۵/۸۰ مربـوط بـه مـس دارای پتانسـیل ریسـک اکولوژیکی متوسط (۸۰>Er≥٤۰)، به ترتیب ۹٤/۰۵ و ۱۲۵/٦۰ مربوط به نیکل و سـرب دارای پتانسـیل ریسـک اکولوژیکی قابل توجه (۱٦۰>Er≥۸۰) اسـت که نشان‌دهنده حضور منابع آلودگی مشـهودی در خـاک منطقه مورد مطالعه اسـت. نتایج بدسـت آمده نشان داد که شـاخص ریسک (RI) همه نمونه‌ها از حداقـل ۱۲۲/٥٤ تا حداکثر ٦۷۱/٤۸ متغیر اسـت. براسـاس مقدار میانگین شاخص ریسک (RI) (۳۲۱/۱۱)، نمونه‌ها دارای ریسـک قابل توجه (٦۰۰>RI≥۳۰۰) هسـتند. همچنین نتایج به‌دست آمده نشان داد که تعداد ۲۷ نمونه (۵۵/۱۰ درصد) دارای ریسک متوسـط، تعداد ۲۱ نمونه (٤۲/۸۵ درصد) دارای ریسک اکولوژیک قابـل توجه و تعداد ۱ نمونـه (۲/۰۵ درصد) دارای ریسک زیاد است.

بحث

بررسـی غلظت فلزات سنگین نشـان داد که غلظت بالای این عناصر مربوط به منابع انسـان‌زاد (آلودگی ناشی از فعالیت‌های نفتی در منطقه) است. فعالیت‌های استخراج و بهره‌برداری نفت و نیز سـوختن گازهای همـراه نفـت و هیدروکربن‌های نفتی در فلرهـای واحد بهره‌برداری در میدان نفتی اهواز و رسـوب آنهـا در خاک منطقه عامل اصلی آلودگی به فلزات سـنگین در خاک‌های میدان نفتی مذکور اسـت. نتایج همبسـتگی پیرسون نشان داد که عناصری مانند نیکل، کادمیوم، وانادیوم و کروم در واقع دارای همبستگی کمتری با دیگر عناصر دارد، که حاکی از وجود منشـا دیگری برای عناصر مذکور اسـت. سطح آلودگی هـر یک از فلـزات در منطقه مـورد مطالعه براسـاس میانگین فاکتور غنی‌شـدگی بدین شرح است که وانادیوم دارای آلودگی کـم (۲ > EF)، کادمیوم دارای آلودگی متوسـط (٥≥EF>۲)، نیکل، کـروم، روی و مس دارای آلودگی بـالا (۲۰>EF≥٥) است. به علاوه سرب به دلیل میانگین فاکتور غنی‌شدگی (EF) بالاتر از ٤۰، دارای آلودگی به شـدت بالا است. این نتایج نشان می‌دهـد که خاک منطقه مورد مطالعـه به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر فعالیت‌های انسـانی قرار دارد. مقادیر شاخص آلودگی در بین فلزات متغیر اسـت. براساس نتایج بدست آمده از شاخص NIPI، ارزیابی داده‌ها نشان داد که ۲ نمونه خاک (٤/۰۹ درصد) دارای سطح آلودگی متوسط (۳≥NIPI >۲) و تعداد ٤۷ نمونه خـاک (۹٥/۹۱ درصد) دارای سـطح آلودگی بالا (۳ < NIPI) هستند. از طرفی سـطح آلودگی زیاد فلزات سنگین نشان‌دهنده وجود آلودگی فلزی شدید (۱۸، ۲۲) و انسان‌زاد بودن منبع این فلزات سنگین در خاک است (۱۹). فلزات سنگین نظیر سرب، نیـکل و مس به‌عنـوان عواملی موثر بر افزایش خطر پتانسـیل ریسـک اکولوژی در میدان نفتی اهواز هسـتند. این فلزات در

جدول ٤- نتایج آماری شاخص جامع آلودگی نمرو (NIPI) فلزات در منطقه مورد مطالعه

سطح آلودگی	سطح بالای آلودگی	سطح متوسط آلودگی	سطح پایین آلودگی	خط هشدار آلودگی	فاقد آلودگی
تعداد نمونه	٤۷(٪۹٥/۹۱)	۲(٪٤/۰۹)	۰	۰	۰

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-28]

جدول ۵- نتایج آماری ریسک اکولوژیک (Er) فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه

ریسک اکولوژی (Er)					
فلزات سنگین	مینیمم	ماکزیمم	میانگین	انحراف معیار	چولگی
Pb	۱۶/۵۵	۳۵۵	۱۲۵/۶۰	۹/۶۲	۰/۹۰
Ni	۰/۰۱	۱۴۰/۲۳	۹۴/۰۵	۵/۴۹	-۱/۲۵
Cu	۳۴/۹۶	۳۰۵	۷۵/۸۰	۱۱/۹۶	۲/۳۷
Zn	۲/۱۶	۹/۶۶	۱۰/۴۲	۲/۱۱	۰/۹۴
Cd	۱/۰۰	۳۵/۶۶	۶/۹۱	۸/۵۶	۱/۸۳
V	۰/۰۴	۰/۸۳	۰/۱۶	۰/۲۳	۱/۷۸
Cr	۰/۱	۲۵	۱۴/۱۴	۸/۲۰	-۰/۶۵

جدول ۶- نتایج آماری شاخص ریسک (RI) فلزات در منطقه مورد مطالعه

پتانسیل ریسک اکولوژیک	ریسک زیاد	ریسک قابل توجه	ریسک متوسط	ریسک کم
تعداد نمونه	۱(٪۲/۰۵)	۲۱ (٪۴۲/۸۵)	۲۷ (٪۵۵/۱۰)	۰

مواد تشکیل‌دهنده نفت خام وجود دارند که بسیار خطرناک هستند. مطالعات متعدد نشان داد که نیکل، سرب و کروم مسئول بیماری‌های خاص در انسان مانند مشکلات کلیوی، کبدی و سرطان هستند (۲۳). این فلزات و به‌خصوص سرب می‌تواند عملکرد اکولوژیکی منطقه‌ای را که دارای غلظت بالایی هستند را تحت تاثیر قرار دهند (۲). بنابراین کاهش سطوح فلزات سنگین به منظور جلوگیری از خطر بالقوه این فلزات در محیط زیست بایستی مورد توجه قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

غلظت تمام فلزات سنگین به جز وانادیوم در نمونه‌های خاک میدان نفتی اهواز چندین برابر بیشتر از مقدار زمینه (غلظت در پوسته زمین) است. مقدار میانگین فاکتور غنی‌شدگی (EF) تمام فلزات سنگین به جز وانادیوم بیشتر از ۱/۵ است که این امر نشان‌دهنده انسان‌زاد بودن منبع این فلزات سنگین در خاک است. نیکل، کروم، روی و مس دارای آلودگی بالا و سرب دارای آلودگی به شدت بالا است.براساس مقدار میانگین شاخص جامع آلودگی نمرو (NIPI)، ۹۵/۹۱ درصد نمونه ها دارای سطح بالای آلودگی است که این امر نشان دهنده آن است که عملیات اکتشاف نفت تاثیر معنی داری بر اکولوژی منطقه مورد مطالعه دارد. براساس مقدار میانگین شاخص ریسک (RI)، نمونه ها دارای ریسک قابل توجه است.

تشکر و قدردانی

این مقاله از طرح درون دانشگاهی تحت عنوان "ارزیابی زیست محیطی فلزات سنگین در خاک حاشیه بزرگراه‌های کلان شهر اهواز" استخراج شده و هزینه آن توسط دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز تامین گردیده است که بدین وسیله قدردانی می‌گردد.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-28]

منابع

1. Ize-Iyamu O, Bernard AE. The effects of petroleum exploration and production operations on the heavy metals contents of soil and groundwater in the Niger Delta. International Journal of Physical Sciences. 2007;2(10):271-75.
2. 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.
3. Kamalu O, Wokocha C. Land Resource Inventory and Ecological Vulnerability: Assessment of Onne Area in Rivers State, Nigeria. Research Journal of Environmental and Earth Sciences. 2011;3(5):438-47.
4. Zabbey N, Olsson G. Conflicts – Oil Exploration and Water. Global Challenges. 2017;1(5):1600015.
5. Ite AE, Ibok UJ, Ite MU, Petters SW. Petroleum exploration and production: past and present environmental issues in the Nigeria's Niger Delta. American Journal of Environmental Protection. 2013;1(4):78-90.
6. 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. 2017:1-12.
7. Cram S, Siebe C, Ortíz-Salinas R, Herre A. Mobility and persistence of petroleum hydrocarbons in peat soils of southeastern Mexico. Soil & Sediment Contamination. 2004;13(5):341-60.
8. Fatoba PO, Ogunkunle CO, Ihaza CO. Assessment of Metal Pollution of Soil and Diagnostic Species Associated with Oil Spills in the Niger Delta, Nigeria. Environmental Research, Engineering and Management. 2015;71(3):13-22.
9. Ebenezer A, Eremasi Y. Determination of heavy metals in water sediments and tilapia zilli from kolo-creek, Ogbia local government area, Bayelsa state, Nigeria. Scientia Africana. 2012;11(1):44-52.
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. 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)
12. Baldacchini C, Castanheiro A, Maghakyan N, Sgrigna G, Verhelst J, Alonso R, et al. How does the amount and composition of PM deposited on Platanus acerifolia leaves change across different cities in Europe? Environmental Science and Technology. 2017;51(3):1147-56.
13. Benhaddya ML, Boukhelkhal A, Halis Y, Hadjel M. Human health risks associated with metals from urban soil and road dust in an oilfield area of Southeastern Algeria. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 2016;70(3):556-71.
14. Simon E, Vidic A, Braun M, Fábián I, Tóthmérész B. Trace element concentrations in soils along urbanization gradients in the city of Wien, Austria. Environmental Science and Pollution Research. 2013;20(2):917-24.
15. 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.
16. 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.
17. Yu L, Zhang B, Zhang S-q. Heavy metal elements pollution evaluation on the ecological environment of the Sanjiang Plain based on GIS. Chinese Journal of Soil Science. 2004;35(5):529-32.
18. 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.
19. Lu A, Wang J, Qin X, Wang K, Han P, Zhang S. Multivariate and geostatistical analyses of the spatial distribution and origin of heavy metals in the agricultural soils in Shunyi, Beijing, China. Science of the Total Environment. 2012;425:66-74.
20. Zhang J, Liu C. Riverine composition and estuarine geochemistry of particulate metals in China—weathering features, anthropogenic impact and chemical fluxes. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2002;54(6):1051-70.
21. Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. Water research. 1980;14(8):975-1001.
22. Mmolawa K, Likuku A, Gaboutloeloe G. Assessment of heavy metal pollution in soils along major roadside areas in Botswana. African Journal of Environmental Science and Technology. 2011;5(3):186-96.
23. 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. USA: The Berkeley Electronic Press; 2012.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-28]

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

Original Article

Evaluation of the level of pollution and potential ecological risk of some heavy metals in surface soils in the Ahvaz oil-field

A Nazarpour[1], N Ghanavati[2,*], T Babaenejad[2]

1- Department of Geology, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

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

ARTICLE INFORMATION:

Received: 29 July 2017
Revised: 23 September 2017
Accepted: 26 September 2017
Published: 12 December 2017

Key words: Heavy metals, Enrichment factor, Nemrow-integrated pollution index, Potential ecological risk

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

ABSTRACT

Background and Objective: The aim of the present study was to investigate the concentration, enrichment factor, Nemrow integrated pollution index, and potential ecological risk of heavy metals including (Pb, Ni, Cu, Zn, Cd, V and Cr) in surface soils of Ahvaz oil filed.

Materials and Methods: For this purpose, 49 soil samples with a systematic scheme from Ahvaz oil field were analyzed by atomic absorption method.

Results: The mean concentration of heavy metals was as follow: Pb (251.20), Ni (94.6), Cu (75.80), Zn (132.84), Cd (0.69), V (4.97) and Cr (141.48) (mg/kg). The average value of enrichment factor in the soil samples decreased as Pb>Ni>Cu>Cr>Zn>Cd>V. Nemrow integrated pollution index (NIPI) indicated high level of pollution for the studied heavy metals except V. The Potential ecological risk of the studied heavy metals showed a low potential ecological risk for V, Cd, Zn and Cr; Cu showed a moderate risk and Ni and Pb indicated a considerable ecological risk. The mean value of the risk index indicated that 27 (55.10%) of the soil samples with a moderate risk, 21 (42.85%) with a considerable risk and one sample (2.05%) with a high ecological risk.

Conclusion: The obtained results from the enrichment factor, Potential ecological risk, and risk index indicated that the main source of heavy metals in the study area were anthropogenic sources such as oil drilling activities.

Please cite this article as: 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.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-28]