Archive of SID

نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال هشتم، شماره چهارم، تابستان ۱۳۹۸

ISSN 2251-7480

ارزیابی آلودگی، ریسک سلامت و شاخص ریسک اکولوژیک عناصر بالقوه سمی در خاک‌های سطحی (منطقه مورد مطالعه: بخش مرکزی شهرستان بندرعباس)

طاهره مقتدری[۱]، شهلا محمودی[۲]، عطا شاکری[۳*] و محمدحسن مسیح آبادی[۴]

۱) دانشجو دکتری مهندسی علوم خاک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
۲)استاد بازنشستهف گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، البرز، ایران.
۳)عضو هیئت علمی دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی
*نویسنده مسئول مکاتبات: shakeri1353@gmail.com
۴) استادیار بازنشسته، مؤسسه تحقیقات خاک، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۵

چکیده

خاک در بخش جنوبی بندرعباس به‌دلیل وجود صنایع فلزی، غیرفلزی و پایانه صادراتی در معرض آلودگی عناصر بالقوه سمی قرار دارد. از این‌رو، تعیین سطح آلودگی و منشاء، ارزیابی شاخص ریسک اکولوژیک و همچنین ریسک سلامت برای تعیین کمّیت خطرات سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی عناصر بالقوه سمی از اهداف اصلی این تحقیق است. بدین‌منظور تعداد ۶۶ نمونه خاک جمع‌آوری و غلظت عناصر بالقوه سمی در آن‌ها اندازه‌گیری گردید و فاکتور غنی‌شدگی و تحلیل مؤلفه اصلی برای تعیین منشاء عناصر، مورد استفاده قرار گرفت. پتانسیل شاخص ریسک اکولوژیک بر اساس فاکتور سمیت بیولوژیکی هر عنصر برای تعیین سطح آلودگی محاسبه شد. ارزیابی ریسک سلامت و شاخص خطر از روش ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا از سه طریق بلع، تنفس و جذب پوستی به‌دست آمد. یافته‌ها حاکی از این است که میانگین ضریب غنی‌شدگی در نمونه‌های خاک به‌ترتیب مس، کادمیم، سرب، روی، آرسنیک، نیکل و کروم کاهش می‌یابد. مقدار میانگین ریسک اکولوژیک به‌ترتیب نشان‌دهنده ریسک متوسط و زیاد برای عناصر مس و کادمیم است. مقدار کل نسبت خطر برای تمام عناصر انتخابی از طریق بلع، تنفس و جذب پوستی در کودکان بیش‌تر از بزرگسالان است. نتایج شاخص‌های ژئوشیمیایی و آماری نشان داد که کادمیم، سرب، آرسنیک، مس و روی از نظر منشاء، بیش‌تر تحت تأثیر فعالیت‌های انسانزاد قرار دارند. آرسنیک، کروم و کادمیم به‌عنوان عناصری که سلامت انسان را به مخاطره می‌اندازند شناسایی شدند و ریسک سرطان‌زایی در محدوده قابل‌تحمل برای سلامت انسان به‌دست آمد.

کلید واژه‌ها: آلودگی خاک؛ ریسک سلامت انسان؛ شاخص ریسک اکولوژیک؛ عناصر سمی

مقدمه

خاک یکی از مهم‌ترین اجزای زیست‌محیطی به‌شمار می‌رود که علاوه بر تأمین مواد غذایی، ویژگی تصفیه-کنندگی نیزدارد. امروزه، خاک به‌عنوان یکی از بخش‌های اساسی زیست‌محیطی که در معرض خطر است به‌شمار می‌رود زیرا بسیاری از آلاینده‌ها در سطح خاک انباشته می‌شوند و تهدید جدی برای سلامت انسان به‌وجود می‌آورند (Chen *et al.*, 2013). خاک به‌عنوان یک بافر طبیعی، کنترل و انتقال عناصر شیمیایی به اتمسفر، هیدروسفر و بیوسفر را انجام می‌دهد و همچنین مقصد

www.SID.ir

Archive of SID

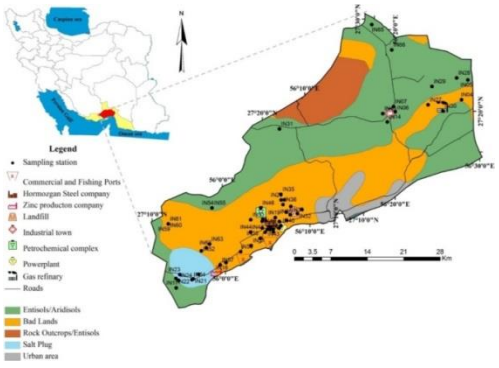
نهایی برای انواع آلاینده‌ها در نظر گرفته می‌شود Gallego (*et al.*, 2002). منابع اصلی عناصر بالقوه سمی فعالیت-های صنعتی، کشاورزی، معدن‌کاری و استخراج فلزات، پساب‌های شهری، نهشته‌های جوی و همچنین از طریق هوازدگی و فرسایش مواد پوسته‌ای و یا از طریق فعالیت‌های آتشفشانی است.(Zhang *et al.*, 2015)

فلزات سنگین مانند سرب، کادمیوم، کروم، نیکل، مس، روی و شبه‌فلزاتی نظیر آرسنیک، به‌دلیل پایداری و تجزیه‌ناپذیری ازآلاینده‌های مهم وخطرناک محیط‌زیست خاک هستند. این عناصر به‌دلیل تحرک‌پذیری پایین، به مرور در خاک انباشته می‌شوند و پیوندهایی را با خاک به-وجود می‌آورند که جدا کردن و پاکسازی آن‌ها هزینه‌هایی بسیار زیاد دارد (Dang *et al.*,2002). ورود عناصر بالقوه سمی از راه خاک به چرخه غذایی، سلامت انسان و سایر موجودات را به مخاطره می‌اندازد (Dang *et al.*, 2002; Dragović *et al.*, 2008). سرب یکی از عناصری است که بیش‌ترین عوارض را بر سلامتی انسان دارد. اختلال سنتز زیستی هموگلوبین و کم‌خونی، افزایش فشار خون، آسیب به کلیه، سقط جنین، کاهش قدرت یادگیری و اختلالات رفتاری در کودکان از عوارض منفی افزایش غلظت سرب در بدن است (Jones.,1999). مقدار اضافی مس در بدن بیش‌تر در کبد، کلیه، مغز و بافت محافظ چشم ذخیره می-شود و از آنجا وارد جریان خون می‌گردد Berlin *et al.*, (1985). در سال‌های اخیر آلودگی فلزات سنگین بخصوص در خاک مناطق صنعتی به‌دلیل دارا بودن عوارض سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی این عناصر، از دیدگاه محیط‌زیست مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است Hernandez *et al.*, 2003; Tijani *et al.*, 2006; Jordan *et al.*, 2007; Wu *et al.*, 2015). ازاین‌رو، مطالعه آلودگی خاک در کشور از اهمیتی فراوان برخوردار است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در بخش جنوبی شهرستان بندرعباس، پژوهش و تحقیقات جامعی در خصوص آلودگی عناصر بالقوه سمی در خاک مناطق صنعتی انجام نگرفته است. بنابراین با توجه به اهمیت این شهرستان از نظر استقرار صنایعی مهم نظیر پالایشگاه هشتم نفت بندرعباس، آلومینیوم المهدی و مجتمع کشتی-سازی خلیج فارس همراه با چندین نیروگاه تولید برق و همچنین توسعه صنعتی و صادراتی ضروری است که سطح آلودگی، منشاء و ریسک اکولوژیکی عناصر بالقوه سمی مس، سرب، روی، نیکل، کادمیم، کروم و آرسنیک به همراه ریسک سلامت این عناصر از سه طریق بلع ، جذب پوستی و تنفس در خاک محدوده صنعتی شهرستان بندرعباس مورد تحقیق قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در جنوب مرکزی شهرستان بندرعباس، استان هرمزگان با وسعت ۱۵۲۱ کیلومترمربع قرار دارد (شکل ۱).



شکل۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری خاک

www.SID.ir

Archive of SID

بندرعباس دارای اقلیم بسیار خشک، خنک تا بسیار گرم و دارای تابستان‌های بسیار گرم و زمستان‌های معتدل است. میانگین بارش سالانه بندرعباس در حدود ۲۵۰ میلی‌متر است. میانگین دمای ماهانه در گرم‌ترین و سردترین ماه سال به ترتیب ۴۴ درجه سانتی‌گراد و ۲ درجه سانتی‌گراد است (Bakhtiari *et al.*, 2013). واحدهای مهم زمین‌شناسی دارای رخنمون در محدوده مورد مطالعه براساس نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور شامل سازندهای آسماری، جهرم، خانه کت و نیریز، تاربور، میشان، آغاجاری، سورمه، انیدریت هیث، فهلیان، گدوان و داریان است. از نظر سنگ‌شناختی می‌توان به گسترش سنگ‌های آهکی، مارن، ماسه‌سنگ، کنگلومرا و نهشته‌های تبخیری در منطقه اشاره کرد و همچنین بر اساس داده‌های خاکشناسی، خاک منطقه مورد مطالعه اغلب متشکل از اِنتی سول، اریدی سول و زمین سنگلاخی هستند (Bakhtiari *et al.*, 2013).

نمونه‌برداری و روش‌های آزمایشگاهی

در این مطالعه با توجه به وسعت محدوده مورد مطالعه، زمین‌شناسی منطقه و کاربری اراضی بهترین روش نمونه‌برداری از محدوده مورد مطالعه، روش تلفیقی سیستماتیک و قضاوتی تشخیص داده شد. نمونه‌برداری از عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متری خاک بر اساس روش استاندارد در پاییز و زمستان سال ۱۳۹۱ صورت گرفت. تعداد ۶۶ نمونه از خاک‌های مناطق صنعتی بخش جنوب مرکزی شهرستان بندرعباس برداشت گردید. در شکل ۱، نقشه موقعیت نقاط نمونه‌برداری در منطقه مشخص شده است. ایستگاهای نمونه‌برداری بر اساس تأثیر منابع احتمالی آلاینده‌ها نظیر نیروگاه گازی، صنایع و پالایشگاه نفتی، بندر شهید رجایی، صنایع فولادسازی و محل دفع زباله‌ها بر خاک انتخاب شدند. برای برداشت هر نمونه نهایی به روش شبکه‌ای، در هر ایستگاه از گوشه‌های مربع به فاصله دو متری، نمونه‌برداری صورت گرفت که پس از مخلوط کردن چهار نمونه، یک نمونه معرف برای هر ایستگاه به وزن یک کیلوگرم به‌دست آمد. برای تعیین غلظت زمینه عناصر بالقوه سمی انتخابی، نمونه‌برداری از مناطق دور از منابع شناخته شده آلودگی از عمق ۳۰ سانتی‌متر صورت گرفت. در آزمایشگاه نمونه‌های خاک ، هواخشک و از الک ۲ میلی‌متری برای انجام آنالیز عناصر بالقوه سمی عبور داده شدند. بافت خاک به روش هیدرومتری و pH نمونه‌ها در گل اشباع خاک با استفاده از pH متر اندازه‌گیری شد. عصاره‌گیری برای تعیین غلظت کل عصاره‌گیری عناصر انتخابی به جز آرسنیک (هضم دو اسید) با استفاده از $HClO_4$، HNO_3، HF و H_2O_2 در آزمایشگاه شرکت زرآزما صورت گرفت. غلظت کل عناصر مس، سرب، روی، نیکل، کادمیم، کروم، آرسنیک با استفاده از دستگاه ICP-MS (Agilent,7700x,USA,) مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

روش‌شناسی تحلیل داده‌ها

در این پژوهش از روش آماری تحلیل مؤلفه اصلی (Principle Component Analysis) و از شاخص زمین-شیمیایی فاکتور غنی‌شدگی(Enrichment Factor) برای تعیین منشاء آلودگی، همچنین برای تعیین شدت آلودگی از شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیک (Potential Ecological Risk Index) و از GIS (Geographic Information System) برای تهیه نقشه پراکندگی استفاده شده است.

-تحلیل مؤلفه اصلی (PCA)، یکی از انواع آنالیزهای چند متغیره است که به‌طور وسیعی در مطالعات آلودگی خاک، رسوب و آب مورد استفاده قرار گرفته است (Loska and Wiechuła., 2003; Kükrer *et al.*, 2014). رایج‌ترین نوع PCA، برای تفسیر نتایج و مؤلفه‌های آلودگی، روش Varimax Rotation است که با استفاده از نرم‌افزار SPSS22 انجام شد. در این تحقیق، مقادیر

www.SID.ir

Archive of SID

فارکتوهای با وزن بالای ۰/۶۶ (Factor loading) قابل توجه و مقادیر کم‌تر از ۰/۳۱ ضعیف در نظرگرفته شده است (Cai *et al.*, 2015).

-فاکتور غنی‌شدگی(Enrichment Factor) از شاخص‌های ژئوشیمیایی است که برای تعیین شدت و منشاء آلودگی فلزات سنگین استفاده می شود. این شاخص مقدار عنصر اندازه‌گیری شده را با توجه به عنصر مرجع نرمالیزه می‌کند. در این پژوهش از عنصر اسکاندیم (Sc)به‌عنوان عنصر مرجع استفاده شد، زیرا برای ترکیب شیمیایی به‌صورت خنثی‌کننده عمل می‌کند (Abrahim and Parker,2008; Shakeri *et al.*, 2010). فاکتور غنی-شدگی برای عناصر مرجع مختلف بر اساس رابطه ۱ محاسبه شد:

$$EF = \frac{[M]/[Sc]_{\text{خاک}}}{[M]/[Sc]_{\text{زمینه}}} \qquad (۱)$$

در این رابطه M_{Soil}، غلظت فلز هدف در نمونه خاک و $M_{Background}$ غلظت فلز هدف در ترکیب زمینه است و همچنین غلظت عنصر Sc برای نمونه خاک و زمینه به ترتیب در صورت و مخرج کسر قرار دارند. Sutherland (۲۰۰۰) بر پایه فاکتور غنی‌شدگی، درجه آلودگی فلزات سنگین با فعالیت‌های انسانزاد در پنج رده از غنی‌شدگی کم (EF<۲)، غنی‌شدگی متوسط (۵-۲=EF)، غنی‌شدگی قابل توجه(۲۰-۵=EF)، غنی‌شدگی بسیار بالا(۴۰-۲۰ =EF)و غنی‌شدگی بسیار شدید (EF>۴۰) تقسیم‌بندی می‌کند و براساس نظریه Hernandez و همکاران (۲۰۰۳)مقدار فاکتور غنی‌شدگی بین ۰/۵ تا ۲ به‌عنوان زمین‌زاد و مقدار بیش از۲ به‌عنوان تأثیر فعالیت‌های انسانزاد در نظر گرفته می‌شود.

-شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیک (Potential Ecological Risk Index)برای ارزیابی خطرات بالقوه زیست‌محیطی فلزات در خاک استفاده شده است (Hernandez *et al.*,2003). در این پژوهش برای به‌دست آوردن پتانسیل ریسک اکولوژیکی عناصر بالقوه سمی از معادله ۲ استفاده شده است:

$$PERI = \sum_{i=1}^{n} E_r^i = \sum_{i=1}^{n} C_f^i \times T_r^i \qquad (۲)$$

که در آن، C_f^i فاکتور آلودگی برای عنصر i و T_r^i فاکتور سمیت بیولوژیکی عناصر داده شده است که برای عناصر سرب، کادمیم، کروم، مس، روی، آرسنیک و نیکل به ترتیب ۵، ۳۰،۲ ،۵،۱ ، ۱۰ و ۵ هستند. E_r^iپتانسیل ریسک اکولوژیکی هر عنصر مورد بررسی و RI ریسک اکولوژیک مجموع عناصر را نشان می‌دهد. سطح آلودگی بر اساس شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیک در پنج سطح طبقه‌بندی می‌شود. پتانسیل اکولوژیکی کم (E_r^i<۴۰)، متوسط (۴۰≤E_r^i<۸۰)، قابل‌توجه (۸۰≤E_r^i<۱۶۰)، زیاد (۱۶۰≤E_r^i<۳۲۰) و پتانسیل اکولوژیکی خیلی زیاد (E_r^i≥۳۲۰). همچنین سطح آلودگی بر اساس شاخص ریسک در چهار سطح ریسک کم (RI <۶۵)، متوسط (۶۵≤RI<۱۳۰)، قابل‌توجه (۱۳۰≤RI<۲۶۰) و ریسک زیاد (RI ≥۲۶۰) طبقه‌بندی می‌شود (Abrahim., 2005; Hakanson., 1980).

ارزیابی ریسک سلامت (Health Risk Assessment):

برای تعیین خطر سلامتی عناصر بالقوه سمی از سه مسیر بلع، جذب پوستی و تنفس ذرات خاک در انسان از نسبت خطرHazard Quotient (HQ) استفاده می‌شود که فاکتورهای در معرض قرارگیری در جدول ۱ ارائه شده است . نسبت خطر از تقسیم میانگین دوز مصرف روزانه Average Daily Dose(ADD) بر دوز مرجع (RFD) Reference Dose رابطه ۳ محاسبه می‌شود (جدول۱). (USEPA1986 1989, 1997, 2001)

$$HQ = \frac{ADD}{RfD} \qquad (۳)$$

www.SID.ir

Archive of SID

برای محاسبه میانگین دوز روزانه از طریق بلع (Ingestion)، جذب پوستی(Dermal) تنفس(Inhalation) به ترتیب از معادله‌های استفاده می‌شود.

$$ADD_{ing} = C \times \frac{IR \times EF \times ED}{BW \times AT} \times_{10}^{-6} \quad (۴)$$

$$ADD_{dermal} = C \times \frac{SA \times AF \times ABS \times EF \times ED}{BW \times AT} \times_{10}^{-6} \quad (۵)$$

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

جدول۱. پارامترهای استفاده شده در ارزیابی ریسک سرطانزایی در طول عمر

فاکتور	متغییرهای مواجهه	واحد	خردسالان	بزرگسالان
IngR	نرخ بلع	mg/day	200	100
EF	فرکانس در معرض قرار گیری	days/year	350	350
ED	مدت زمان در معرض قرار گیری	Years	6	30
BW	وزن بدن	Kg	15	70
AT	طول عمر متوسط	Days	365ED	365ED
InhR	نرخ استنشاق	m3/day	7.63	12.8
PEF	فاکتور تولید گرد و غبار	m3/kg	1.36×10^{9}	1.36×10^{9}
SA	سطح منطقه پوستی در معرض	cm2	2800	5700
AF	فاکتور جذب پوستی	mg/cm day	0.2	0.07
ABF	بخش جذب پوستی	Unit less	0.001	0.001

برای تعیین شاخص خطر از پارامتر HI (Hazard Index) بر اساس رابطه ۷ استفاده می‌شود. خطر سرطان-زایی به‌عنوان احتمال وقوع سرطان در یک فرد در تمام طول عمر به‌علت در معرض قرار گرفتن نوع آلودگی، در نظر گرفته می‌شود و برای تخمین سرطانزایی (Cancer Risk) CR از رابطه ۸ استفاده می‌شود (USEPA 1986).

$$HI = \sum_{i=1}^{n} HQ = \sum_{i=1}^{n} \frac{ADD}{RfD} \quad (۷)$$

$$Risk(CR) = \sum_{i=1}^{n} ADD \times SF \quad (۸)$$

اگر برای هر یک از عناصر بالقوه سمی انتخابی مقدار HQکم‌تر از یک شود، آن عنصر خطر قابل‌توجهی از نظر سمی بودن ندارد. نسبت‌های بیش از یک برای HQ نشان دهنده احتمال وجود پتانسیل خطر است. شاخص خطر (HI) مجموع HQ است و به معنی مجموع خطر عنصر غیرسرطان‌زا از طریق سه مسیر در معرض قرار گرفتن برای آن عنصر است. برای مقدار HI>۱، هیچ نوع اثرات خطر غیرسرطان‌زا رخ نمی‌دهد. مقدار HI> ۱ نشان‌دهنده احتمال اثرات سوء بر سلامت است. (Zheng *et al.*, 2010; Zhao *et al.*, 2012) . شیب سرطان‌زایی Slope Factor(SF) احتمال در معرض قرار گرفتن سرطان است و با واحد mg/kg day بیان می‌شود. اگر مقدار CR>1×10^{-6} باشد، خطر سرطان‌زایی عنصر بالقوه سمی از طریق خاک می‌تواند قابل چشم‌پوشی باشد و در صورتی-که مقدار CR>1×10^{-4} باشد نشان‌دهنده خطر بالا و ابتلا به سرطان در انسان است و در آخر مقادیر CR در محدوده بین $1\times10^{-6} < CR < 1\times10^{-4}$ نشان دهنده ریسک سرطان زایی قابل‌قبول و یا قابل‌تحمل برای سلامت انسان را نشان می‌دهد.(Li *et al.*, 2014; Wu *et al.*, 2015)

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و غلظت‌های عناصر بالقوه سمی نمونه‌های خاک به همراه توصیف برخی پارامترهای آماری نظیر میانگین، بیشینه و کمینه غلظت عناصر انتخابی واسیدیته (pH) نمونه‌های خاک مناطق صنعتی بخش مرکزی بندرعباس در جدول ۲ ارائه شده است. بررسی

www.SID.ir

Archive of SID

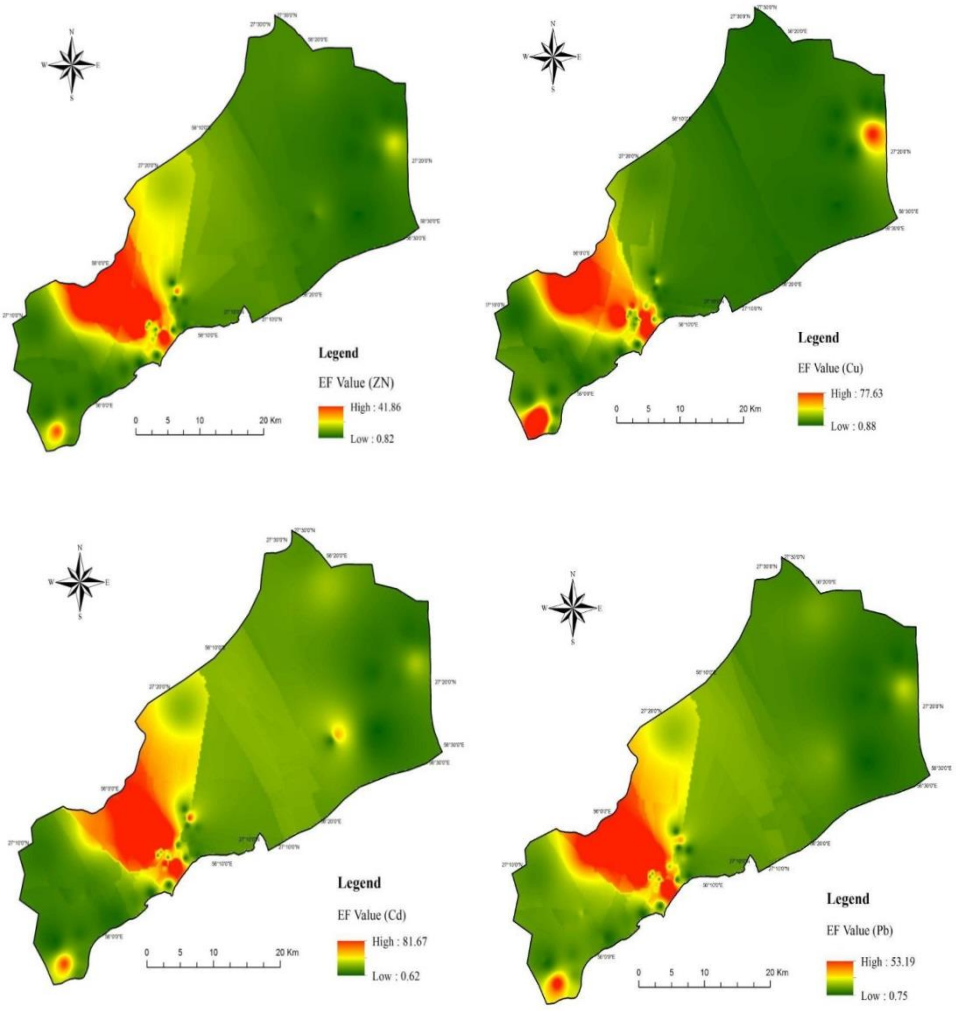
نتایج درصد رس، سیلت و ماسه نمونه‌های خاک نشان می دهد که بافت غالب خاک منطقه مورد مطالعه ماسه‌ای لومی، لومی و ماسه‌ای رسی لومی است که در کل در محدوده دانه درشت قرار دارد. مقادیر pH نمونه‌های خاک بین ۶/۸۶ و ۷/۸۷ و میانگین آن ۷/۴۴ است که نشان‌دهنده pH خنثی تا کمی قلیایی خاک‌های منطقه مورد بررسی است. بیشینه غلظت عناصر کروم، کادمیم، مس، روی، نیکل، سرب و آرسنیک به ترتیب ۱۵/۲۶، ۱۵۴/۵، ۳۱۲۱/۸۰، ۲۵۸۵/۸۰، ۲۴۸، ۸۵۸/۲۵، ۷۷/۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در نمونه‌ها اندازه‌گیری شده است. میانگین غلظت عناصر کروم، مس، نیکل و آرسنیک در نمونه‌های خاک مناطق صنعتی بخش مرکزی بندرعباس در مقایسه با غلظت میانگین خاک جهانی، غلظتی بیش‌تر را نشان می‌دهد که در صورت زیست دسترس‌پذیری این عناصر می‌تواند نشان‌دهنده آلودگی بالای خاک باشد.

جدول۲. توصیف آماری غلظت عناصر انتخابی به همراه برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه

متغییر	کمینه	بیشینه	میانگین	میانگین خاک جهانی	زمینه خاک
pH	۶/۸۶	۷/۸۷	۷/۴۴	-	-
ماسه(%)	۲۲	۸۲	۵۷/۷۵	-	-
سیلت (%)	۸	۶۰	۲۵/۱۴	-	-
رس(%)	۸	۳۰	۱۷/۱۱	-	-
Cd	۰/۱۵	۱۵/۲۶	۱/۴	۱/۱	۰/۲۳
Cr	۱۸	۱۵۴/۵	۶۳	۴۲	۵۲/۳
Cu	۱۰/۵	۳۱۲۱/۸	۲۰۵/۰۴	۱۴	۲۰/۴۹
Ni	۱۷	۲۴۸	۸۶/۰۱	۱۸	۵۱/۲۸
Zn	۲۲/۳	۲۵۸۵/۸	۲۴۶/۸۶	۶۲	۴۶/۵۲
As	۳	۷۷/۴	۱۹/۳۹	۴/۷	۷/۵۶
Pb	۵/۳	۸۵۸/۲	۷۷/۸۸	۲۵	۱۳/۷۳

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲. نقشه پراکندگی ضریب غنی‌شدگی برای عناصر مس، سرب، کادمیم و روی در نمونه‌های خاک صنعتی منطقه

تحلیل مؤلفه اصلی

جدول ۳ نتایج تحلیل مؤلفه اصلی در خاک‌های صنعتی منطقه مورد مطالعه واریانس کل ۷۸/۱۹٪ را برای سه فاکتور نشان می‌دهد. مؤلفه اول نشان‌دهنده فاکتور وزنی مثبت بالای عناصر روی، سرب، کادمیم، مس و آرسنیک (۰/۷۱<PC1<۰/۹۸) و منشاء انسانزاد این عناصر می‌باشد. ایستگاه‌های نمونه‌برداری صنایع فولاد، نیروگاه گازی و پالایشگاه بالاترین فاکتور وزنی را برای این مؤلفه نشان می‌دهند. مؤلفه دوم، فاکتور وزنی مثبت بالای اسکاندیم، نیکل و کروم و منشاء غالب زمین‌زاد این عناصر را نشان می‌دهد. مؤلفه سوم با ۲۱/۴۶٪ از واریانس کل، فاکتور وزنی مثبت و متوسط آرسنیک و رس را نشان می‌دهد که مشابه نتایج مؤلفه اول، منشاء انسانزاد عامل اصلی در این مؤلفه است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳. تحلیل مؤلفه اصلی برای متغیرهای مورد مطالعه در منطقه

	PC1	PC2	PC3
Zn	۰/۹۸۱	۰/۰۸۶	۰/۰۰۱
Pb	۰/۹۷۱	۰/۰۵۱	۰/۰۰۲
Cd	۰/۹۲	۰/۰۵۹	−۰/۰۷
Cu	۰/۸۹۹	۰/۰۷۲	۰/۰۲۸
		۰/۱۰۲	
As	۰/۷۱۳	−	۰/۶۶
	۰/۰۹۴		۰/۰۰۹
Sc	−	۰/۹۳۶	−
Cr	۰/۲۰۱	۰/۸۱	−۰/۴۱
	۰/۰۶۳		۰/۰۰۹
pH	−	۰/۱۶۵	−
	۰/۰۶۹		
Clay	−	۰/۱۱۲	۰/۲۴۹
% واریانس	۲۸/۷	۲۸/۰۳	۲۱/۴۶
% تجمعی	۲۸/۷	۵۶/۷۳	۷۸/۱۹

فاکتورغنی‌شدگی

محاسبه مقادیر غنی‌شدگی محدوده حداقل ۰/۷۱تا حداکثر۷۹/۱۵ را برای عنصر مس، ۰/۶۰ تا۸۷۵/۲۰ برای کادمیم، ۰/۷۶ تا ۴۴/۴ برای روی، ۰/۵۹ تا ۵۶/۷۰ برای سرب، ۰/۵۹ تا ۳/۰۴ برای کروم، ۰/۶۱تا ۳/۸۵ برای نیکل و برای آرسنیک محدوده مقادیر ۰/۵۳تا ۱۰/۲۷ را در نمونه‌های خاک نشان داد. ترتیب میانگین ضریب غنی‌شدگی عناصر انتخابی در خاک مناطق صنعتی محدوده مورد مطالعه به ترتیب مس، کادمیم، سرب، روی، آرسنیک، نیکل و کروم است. میانگین فاکتور غنی‌شدگی نمونه‌های خاک برای عنصر نیکل و کروم، غنی‌شدگی کم (EF<۲)، آرسنیک غنی‌شدگی متوسط (۵>EF>۲) و عناصر روی، سرب، کادمیم و مس غنی‌شدگی بارز (۲۰>EF>۵) را نشان می‌دهد. نقشه پراکندگی میزان غنی-شدگی عناصر کادمیم، مس، سرب و روی در محدوده مورد مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است. نقشه‌ها نشان‌دهنده بیش‌ترین میزان غنی‌شدگی این چهار عنصر در بخش جنوب غربی منطقه که بیش‌تر تحت تأثیر منابع آلاینده‌هایی نظیر شرکت نفت پاسارگاد، نیروگاه گازی نما، محل دفن زباله‌ها و پالایشگاه گازی است.

شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیک

برای ارزیابی گسترده‌تر آلودگی و تعیین ریسک در خاک سطحی محدوده مطالعاتی، شاخص ریسک اکولوژیک محاسبه و نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده

www.SID.ir

Archive of SID

است. میانگین فاکتور ریسک اکولوژیک برای عناصر بالقوه سمی به ترتیب کادمیم، مس، سرب، آرسنیک، نیکل، روی و کروم کاهش پیدا می‌کند. عناصر کروم، آرسنیک، سرب، روی و نیکل پتانسیل ریسک اکولوژیکی کم (E_r^i<۴۰) را برای خاک‌های مناطق صنعتی نشان دادند. مقدار میانگین ریسک اکولوژیک مس و کادمیم به ترتیب نشان‌دهنده ریسک اکولوژیکی متوسط (۸۰>E_r^i≥۴۰) و زیاد (۳۲۰>E_r^i≥۱۶۰) هستند که می‌تواند نشان‌دهنده منابع آلاینده انسانزاد و خطرات بالقوه زیست‌محیطی این دو عنصر در خاک مناطق صنعتی بخش جنوبی شهرستان بندرعباس باشد. مقدار میانگین شاخص ریسک (RI) عدد ۲۸۷/۵ برای ایستگاه‌های نمونه‌برداری خاک نشان می‌دهد که حاکی از وجود ریسک بسیار بالایی در اکوسیستم محلی است.

جدول۴. مقادیر شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیک عناصر بالقوه سمی در منطقه مورد مطالعه

E*i*								RI
	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn	As	Pb	
کمینه	۸۸/۲۱	۸۲/۰	۵۵/۳	۶۱/۲	۷۶/۰	۱۴/۷	۲۳/۳	۹۹/۳۹
بیشینه	۴/۱۷۴۲	۸۵/۶	۱۱/۵۷۸	۲۳/۴	۲۵/۴۹	۳۶/۹۷	۶۵/۲۶۱	۲۷۵۹/۰۲
میانگین	۰۸/۱۷۱	۴۶/۲	۸۷/۴۸	۶۹/۶	۲۱/۵	۷۸/۲۵	۴۱/۲۷	۵/۲۸۷

ارزیابی ریسک سلامت

مقادیر نسبت خطر (HQ) ، شاخص خطر(HI) و RFD برای عناصر بالقوه سمی در نمونه‌های خاک مناطق صنعتی از سه طریق بلع، جذب پوستی و تنفس محاسبه شد و در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که مقدار کل نسبت خطر برای تمام عناصر انتخابی از طریق بلع، تنفس و جذب پوستی در کودکان بیش‌تر از بزرگسالان است. در بزرگسالان افزایش نسبت خطر تنها از طریق جذب پوستی هست در حالیکه از طریق تنفس و بلع نقشی ندارند. محاسبه نسبت خطر در این تحقیق نشان داد که جذب پوستی و بلع در کودکان عامل اصلی افزایش نسبت خطر هستند و از راه تنفس کم‌اهمیت و ناچیز است. مقدار شاخص خطر عناصر مورد مطالعه برای بزرگسالان و کودکان به این ترتیب Cr >As >Cu >Zn >Cd >Pb>Ni کاهش پیدا می‌کند. نتایج به‌دست آمده در بزرگسالان نشان می‌دهد که میانگین مقدار شاخص خطر برای عناصر مس، نیکل، روی، سرب، آرسنیک ،کروم و کادمیم کم‌تر از یک است. این نتایج نشان می‌دهد که هیچکدام از اثرات خطر غیرسرطان‌زایی رخ نمی‌دهد. محاسبه شاخص خطر در کودکان نشان می‌دهد که مقدار این شاخص از۳ طریق بلع، تنفس و جذب پوستی برای عنصر روی کم‌تر از یک است، در حالیکه برای عناصر آرسنیک و کروم در تمام ایستگاه‌های نمونه‌برداری بیش‌تر از ۱ است و برای عناصر کادمیم، نیکل و سرب در برخی ایستگاه‌ها بیش‌تر از یک هستند که نشان‌دهنده احتمال اثرات سوء بر سلامت از نوع غیرسرطان‌زا است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۵. میانگین مقادیر شاخص خطر و نسبت خطر برای نمونه‌های خاک نسبت به مقادیر زمینه

		Cd	Cr	Cu	Ni	Zn	As	Pb
Oral RfD		1.00E-03	3.00E-03	4.00E-02	2.00E-02	3.00E-01	3.00E-04	3.50E-03
Dermal RfD		1.00E-05	6.00E-04	1.20E-02	5.40E-03	6.00E-02	1.23E-04	5.25E-04
Inhal. RfD		1.00E-03	1.00E-04	4.00E-02	5.00E-05	3.00E-01	1.50E-05	3.50E-03
خردسالان								
	کمینه	7.20E-03	4.30E-01	1.80E-02	6.20E-02	5.80E-03	6.30E-01	7.70E-02
HQ_{ing}	بیشینه	3.40E-01	2.10E+00	1.60E+00	3.50E-01	1.90E-01	7.90E+00	6.00E+00
	میانگین	5.70E-02	1.00E+00	2.00E-01	1.60E-01	3.40E-02	2.90E+00	9.30E-01
	کمینه	2.00E-07	3.60E-04	4.90E-07	7.00E-04	1.60E-06	3.50E-04	2.10E-06
HQ_{inh}	بیشینه	9.50E-06	1.70E-03	4.50E-05	3.90E-03	5.40E-05	4.40E-03	1.70E-04
	میانگین	1.60E-06	8.60E-04	5.70E-06	1.80E-03	9.60E-06	1.60E-03	2.60E-05
	کمینه	2.80E-01	2.40E+00	1.60E-02	2.30E-01	1.60E-03	1.30E-01	8.60E-03
HQ_{der}	بیشینه	1.30E+01	1.20E+01	1.50E+00	1.30E+00	5.40E-02	1.60E+00	6.70E-01
	میانگین	2.20E+00	5.70E+00	1.90E-01	5.90E-01	9.60E-03	5.80E-01	1.00E-01
	کمینه	2.90E-01	2.80E+00	3.40E-02	2.90E-01	7.40E-03	7.60E-01	8.50E-02
HI	بیشینه	1.40E+01	1.40E+01	3.10E+00	1.60E+00	2.50E-01	9.50E+00	6.70E+00
	میانگین	2.30E+00	6.80E+00	4.00E-01	7.60E-01	4.40E-02	3.40E+00	1.00E+00
بزرگسالان								
	کمینه	7.70E-04	4.60E-02	1.90E-03	6.70E-03	6.20E-04	6.80E-02	8.20E-03
HQ_{ing}	بیشینه	3.70E-02	2.20E-01	1.70E-01	2.20E-01	2.10E-02	8.40E-01	6.40E-01
	میانگین	6.10E-03	1.10E-01	2.20E-02	2.60E-02	3.70E-03	3.10E-01	9.90E-02
	کمینه	1.10E-07	2.00E-04	2.80E-07	3.90E-04	9.10E-07	2.00E-04	1.20E-06
HQ_{inh}	بیشینه	5.40E-06	9.80E-04	2.50E-05	2.20E-03	3.10E-05	2.50E-03	9.40E-05
	میانگین	8.90E-07	4.80E-04	3.20E-06	1.00E-03	5.40E-06	9.00E-04	1.40E-05
	کمینه	4.30E-02	3.70E-01	2.50E-03	3.50E-02	2.50E-04	2.00E-02	1.30E-03
HQ_{der}	بیشینه	2.00E+00	1.80E+00	2.30E-01	1.90E-01	8.30E-03	2.50E-01	1.00E-01
	میانگین	3.40E-01	8.80E-01	2.90E-02	9.10E-02	1.50E-03	8.90E-02	1.60E-02
	کمینه	4.40E-02	4.10E-01	4.40E-03	4.20E-02	8.70E-04	8.80E-02	9.50E-03
HI	بیشینه	2.10E+00	2.00E+00	4.00E-01	3.40E-01	2.90E-02	1.10E+00	7.40E-01
	میانگین	3.40E-01	9.90E-01	5.10E-02	1.20E-01	5.20E-03	4.00E-01	1.10E-01

در این پژوهش، مقدار ریسک سرطان‌زایی(CR) با توجه به نبود فاکتور شیب سرطان‌زایی برای تمام عناصر فقط برای عناصر آرسنیک و کادمیم محاسبه شده است که در جدول ۶ نشان داده شده است. مقادیر میانگین ریسک سرطان‌زایی عناصر آرسنیک و کادمیم در بزرگسالان و کودکان در منطقه مورد مطالعه از طریق تنفس در محدوده قابل‌چشم‌پوشی $CR > 1\times10^{-4}$ است. در بزرگسالان تنها عامل جذب پوستی و در کودکان عامل بلع و جذب پوستی در افزایش ریسک سرطان‌زایی نقش دارند. محاسبه میانگین مقدار ریسک سرطان‌زایی در خاک‌های محدوده مورد مطالعه برای عناصر کادمیم و آرسنیک در بزرگسالان و کودکان در محدوده بین $1\times10^{-4} > CR > 1\times10^{-6}$ قرار دارد که ریسک قابل‌قبول و یا قابل‌تحمل برای سلامت انسان را نشان می‌دهد (USEPA 1986, 1989).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۶. مقادیر میانگین شاخص ریسک (سرطان‌زایی) برای نمونه‌های خاک نسبت به مقادیر زمینه

	Cd	Ingestion	Inhalation	Dermal	Cancer risk	Ingestion	Inhalation	Dermal	Cancer risk
کمینه		1.27E-06	1.87E-10	7.11E-07	1.98E-06	1.19E-05	3.32E-10	4.66E-06	1.65E-05
بیشینه		5.76E-05	8.47E-09	3.22E-05	8.98E-05	5.37E-04	1.50E-08	2.11E-04	7.48E-04
میانگین		9.38E-06	1.38E-09	5.24E-06	1.46E-05	8.76E-05	2.45E-09	3.43E-05	1.22E-04
	As	Ingestion	Inhalation	Dermal	Cancer risk	Ingestion	Inhalation	Dermal	Cancer risk
کمینه		9.99E-06	1.47E-09	2.87E-06	1.29E-05	9.32E-05	2.60E-09	1.88E-05	1.12E-04
بیشینه		9.50E-05	1.40E-08	2.73E-05	1.22E-04	8.87E-04	2.48E-08	1.79E-04	1.07E-03
میانگین		3.40E-05	5.00E-09	9.77E-06	4.38E-05	3.17E-04	8.87E-09	6.40E-05	3.81E-04

به‌طور خلاصه، محاسبه فاکتور غنی‌شدگی(EF) و نتایج تحلیل مؤلفه اصلی(PCA) نشان داد که تمرکز عناصر روی، سرب، کادمیم، مس و آرسنیک در خاک‌های مناطق صنعتی بیش‌تر ناشی از عوامل انسانزاد است. Dragović و همکاران(۲۰۱۴) در خاک‌های اطراف کارخانه فولاد سازی سربیا نتایج مشابه از منشاء انسانزاد و مشترک عناصر روی، سرب، کادمیم، مس و آرسنیک را گزارش کردند، عناصر نیکل و کروم بیش‌تر دارای منشاء زمین‌زاد هستند که با توجه به گسترش سنگ‌های اولترامافیک و بازیک در شمال محدوده مورد مطالعه و بالا بودن غلظت این دو عنصر در سنگ‌های بازیک، غنی‌شدگی تحت تأثیری فرآیندهای تشکیل خاک صورت گرفته است. مطالعات صورت گرفته در خاک برخی مناطق صنعتی دنیا نیز منشاء زمین‌زاد عناصر کروم و نیکل را تایید می‌کنند(Micó *et al.*, 2006; Yu *et al.*, 2012). نتایج فاکتور غنی‌شدگی و شاخص پتاسیل ریسک اکولوژیک آلودگی بسیار زیاد عناصر کادمیم، مس، روی و سرب را به‌ویژه در ایستگاه‌های نمونه‌برداری خاک کارخانه فولاد جنوب، شرکت نفت پاسارگاد، محل دفن زباله‌ها، پالایشگاه گاز و نیروگاه گازی نما را نشان می‌دهد که می‌تواند ناشی از عدم رعایت قوانین مرتبط با مدیریت پسماند و ضوابط زیست‌محیطی مربوط به آلودگی هوا و پسآب در این صنایع باشد. این نتایج در تایید تحلیل مؤلفه اصلی نشان‌دهنده منشاء غالب انسانزاد این عناصراست. Li و همکاران (۲۰۱۵) نیز آلودگی انسانزاد سرب، روی، کادمیم و مس را در خاک‌های صنعتی جنوب غربی چین گزارش شده کرده‌اند. در این تحقیق از مدل ارزیابی ریسک سلامت برای تخمین خطر میزان قرارگیری انسان در معرض فلزات سنگین در منطقه صنعتی استفاده شد. نتایج نشان داد که ریسک خطر سلامت برای کودکان به‌ویژه در اثر بلع و تماس پوستی بالاتر از بزرگسالان است. از مقایسه شاخص خطر در بزرگسالان و کودکان می‌توان نتیجه گرفت که کودکان شانسی بیش‌تر برای مواجه با عوارض ریسک غیرسرطان‌زا در مقابل بزرگسالان دارند که این بیش‌تر به‌علت تمایل به خوردن مواد غیرغذایی یا مکیدن دست و انگشتان است (Wei *et al.*, 2015; Qing *et al.*, 2015). از نظر ریسک سرطان‌زایی خاک منطقه در محدوده ریسک قابل‌تحمل برای سلامت انسان قرار دارد هر چند که آرسنیک، کروم و کادمیم به‌عنوان اصلی‌ترین عناصر که سلامت انسان را به مخاطره می‌اندازند، شناسایی شدند بنابراین، به‌دلیل سطح خطرات سرطان‌زا باید توجهی بیش‌تر به موضوع سلامت در منطقه شود. Zheng و همکاران (۲۰۱۰) در شمال شرق چین و همچنین Wei و همکاران (۲۰۱۵) نتایجی مشابه از خطر کروم و آرسنیک گزارش نمودند که با این پژوهش همخوانی دارد. در خصوص ارزیابی ریسک سلامت از محدودیت‌های این تحقیق می‌توان به نبود فاکتورهای ارزیابی پارامترهای ریسک سلامت فلزات سنگین که برای وضعیت عملی ایران مناسب باشد اشاره کرد. همچنین فاکتورهای سن، جنسیت و مدت زمان واقعی در معرض قرارگیری و مقدار سهم آلایندگی هر صنعت از محدودیت‌های تفسیر جامع‌تر یافته‌های این پژوهش است.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

عناصر سرب، آرسنیک، کادمیم، مس و روی بر اساس استانداردهای جهانی بیش‌ترین خطرات را در محدوده مناطق صنعتی نشان داده‌اند که نیاز است نوع گونه‌های آن‌ها تعیین و مطالعات تفصیلی صورت گیرد. فاکتورهای در معرض قرار گرفتن و ارزیابی پارامترهای ریسک سلامت فلزات سنگین از کتاب United State Environmental Protection Agency (USEPA) استخراج شده که ممکن است برای وضعیت عملی ایران مناسب نباشد. پیشنهاد می‌شود راهنما و فاکتورهای در معرض قرار گرفتن برای ارزیابی خطر سلامت که مناسب وضعیت ایران باشد تنظیم شود و تعداد فلزات سنگین بیش‌تری برای ارزیابی ریسک سلامت استفاده شود. همچنین با هدف اینکه ارزیابی آلودگی در ایران همانند سایر کشورهای پیشرفته دنیا به‌صورت استاندارد باشد سازمان محیط‌زیست موظف است یک غلظت زمینه برای هر عنصر بالقوه سمی در خاک، آب، هوا و ریزگردها ارائه دهد. به‌طور کلی با توجه به این که خاک به‌عنوان یکی از مسیرهای اصلی انتقال عناصر به بدن موجودات زنده، از اهمیتی ویژه برخوردار است و با توجه به توسعه صنعتی و صادراتی بندرعباس، خاک در این منطقه به‌شدت در معرض ورود عناصر بالقوه سمی و فلزات سنگین قرار دارد بنابراین پایش منظم عناصر سنگین در خاک و بررسی دقیق منشاء و اثرات احتمالی بر سلامت جوامع انسانی پیرامون آن ضروری است .

سپاسگزاری

این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه با عنوان ارزیابی زمین آماری، پتانسیل ریسک سلامت، و منشاء فلزات سنگین در کاربری‌های مختلف خاک سطحی بخش مرکزی شهرستان بندرعباس، استان هرمزگان در مقطع دکتری در سال۱۳۹۷است که بـا حمایـت دانشگاه علوم و تحقیقات تهران و سازمان محیط‌زیست اجرا شده است.

منابع مورد استفاده

Abrahim, G. 2005. Holocene sediments of Tamaki Estuary: Characterization and impact of recent human activity on an urban estuary in Auckland, New Zealand [dissertation]. Research Space at Auckland.

Abrahim, G. and Parker, R. 2008. Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. Environmental monitoring and assessment, 136: 227-38.

Bakhtiari, B., Nekooamal Kermani, M. and Bordbar, M. 2013. Rain Gauge Station Network Design for Hormozgan Province in Iran. Desert, 18: 45-52.

Berlin, M. 1985. Hand book of the Toxicology of Metals. p. 376-405. V.2, 2nded ed. London: Elsevier Science Publishers B.V.

Cai, L., Xu, Z., Bao, P., He, M., Dou, L. and Chen, L. 2015. Multivariate and geostatistical analyses of the spatial distribution and source of arsenic and heavy metals in the agricultural soils in Shunde, Southeast China. Journal of Geochemical Exploration, 148: 189-95.

Chen, X., Lu, X., Li, L.Y. and Yang, G. 2013. Spatial distribution and contamination assessment of heavy metals in urban topsoil from inside the Xi'an second ring road, NW China. Environ Earth Science, 68:1979-88..

Dang, Z., Liu, C. and Haigh, M.J. 2002. Mobility of heavy metals associated with the natural weathering of coal mine spoils. Environmental Pollution, 118: 419-26.

Dragović, S., Mihailović, N. and Gajić, B. 2008. Heavy metals in soils: distribution, relationship with soil characteristics and radionuclides and multivariate assessment of contamination sources. Chemosphere, 72: 491-95.

www.SID.ir

Archive of SID

Dragović, R., Gajić, B., Dragović, S., Đorđević, M., Đorđević, M. and Mihailović, N. 2014. Assessment of the impact of geographical factors on the spatial distribution of heavy metals in soils around the steel production facility in Smederevo (Serbia). Journal of cleaner production, 84: 550-62.

Gallego, J.L., Ordóñez, A. and Loredo, J. 2002. Investigation of trace element sources from an industrialized area (Aviles, northern Spain) using multivariate statistical methods. Environment International, 27: 589-96.

Hakanson, L. 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sediment logical approach. Water research, 14: 975-1001.

Hernandez, L., Probst, A., Probst, J.L. and Ulrich, E. 2003. Heavy metal distribution in some French forest soils: evidence for atmospheric contamination. Science of the Total Environment, 312: 195-219.

Jones, DW. 1999. Exposure or absorption and the crucial question of limits for mercury. Journal of the Canadian Dental Association, 65: 42-46.

Kükrer, S., Şeker, S., Abacı, Z.T. and Kutlu, B. 2014. Ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments of northern littoral zone of Lake Çıldır, Ardahan, Turkey. Environmental monitoring and assessment, 186: 3847-57.

Li, P., Lin, C., Cheng, H., Duan, X. and Lei, K. 2015. Contamination and health risks of soil heavy metals around a lead/zinc smelter in southwestern China. Ecotoxicology and Environmental Safety, 113: 391-99.

Li, Z., Ma, Z., Kuijp, T.J., Yuan, Z. and Huang, L. 2014. A review of soil heavy metal pollution from mines in China: pollution and health risk assessment. Science of the Total Environment, 468: 843-53.

Loska, K. and Wiechuła, D. 2003. Application of principal component analysis for the estimation of source of heavy metal contamination in surface sediments from the Rybnik Reservoir. Chemosphere, 51: 723-33.

Micó, C., Recatalá, L., Peris, M. and Sánchez, J. 2006. Assessing heavy metal sources in agricultural soils of an European Mediterranean area by multivariate analysis. Chemosphere, 65: 863-72.

Qing, X., Yutong, Z. and Shenggao, L. 2015. Assessment of heavy metal pollution and human health risk in urban soils of steel industrial city (Anshan), Liaoning, Northeast China. Ecotoxicology and environmental safety, 120: 377-85.

Shakeri, A. and Moore, F. 2010. The impact of an industrial complex on freshly deposited sediments, Chener Rahdar river case study, Shiraz, Iran. Environmental monitoring and assessment, 169: 321-34.

Sutherland, R. 2000. Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. Environmental geology, 39: 611-27.

Tijani, M.N., Okunlola, O.A. and Abimbola, A.F. 2006. Lithogenic concentrations of trace metals in soils and saprolites over crystalline basement rocks: A case study from SW Nigeria. Journal of African Earth Sciences,46: 427-38.

USEPA. 1986. Superfund Public Health Evaluation Manual. 540, pp. 1–86. Office of Emergency and Remedial Response, 20460 EPA, Washington, DC.

USEPA. 1989. Risk Assessment Guidance for Superfund. Human Health Evaluation Manual (Part A). Vol.I; EPA/540/1-89/002. Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

USEPA. 1993. Reference Dose (RfD): Description and Use in Health Risk Assessments. Background Document 1A. Integrated risk information system (IRIS) Environmental Protection Agency, Washington, DC.

USEPA. 1997. Exposure Factors Handbook EPA/600/P-95/002F, Washington, DC.

USEPA. 2001. Baseline Human Health Risk Assessment. Vasquez Boulevard and I-70 superfund site Denver, Denver, CO. US Environmental Protection Agency.

Wei, X., Gao, B., Wang, P., Zhou, H. and Lu, J. 2015. Pollution characteristics and health risk assessment of heavy metals in street dusts from different functional areas in Beijing, China. Ecotoxicology and environmental safety, 112: 186-92.

Wu, S., Peng, S., Zhang, X., Wu, D., Luo, W. and Zhang, T. 2015. Levels and health risk assessments of heavy metals in urban soils in Dongguan. China. Journal of Geochemical Exploration, 148: 71-78.

www.SID.ir

Archive of SID

Yu, S,. Zhu, Y. g. and Li, X. d. 2012. Trace metal contamination in urban soils of China. Science of the total environment, 421: 17-30.

Zhang, C., Yang, Y., Li, W., Zhang, C., Zhang, R., Mei, Y., Liao X, and Liu, Y. 2015. Spatial distribution and ecological risk assessment of trace metals in urban soils in Wuhan, Central China. Environ Monit Assess, 187:556.

Zhang, X., Yang, L., Li, Y., Li, H., Wang, W. and Ye, B. 2012. Impacts of lead/zinc mining and smelting on the environment and human health in China. Environmental monitoring and assessment, 184: 2261-73.

Zhao, H., Xia, B., Fan, C,. Zhao, P. and Shen, S. 2012. Human health risk from soil heavy metal contamination under different land uses near Dabaoshan Mine, Southern China. Science of the Total Environment, 417: 45-54.

Zheng, N,. Liu, J., Wang, Q. and Liang, Z. 2010. Health risk assessment of heavy metal exposure to street dust in the zinc smelting district, Northeast of China. Science of the Total Environment, 408: 726-33.

www.SID.ir

Archive of SID

ISSN 2251-7480

Contamination evaluation, health and ecological risk index assessment of potential toxic elements in the surface soils (case study: Central Part of Bandar Abbas County)

Tahereh Moghtaderi[1], Shahla Mahmoudi[2], Ata Shakeri[3*], and Mohamad Hasan Masihabadi[4]

1) Ph.D. of Soil Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2) Professor of Soil Science, Department of Soil Science, Faculty of Soil and Water Engineering, Tehran University, Karaj, Iran
3*) Assistant Professor of Environmental Geochemistry, Department of Applied Geology, Faculty of Earth Science, Kharazmi University, Tehran, Iran
*Corresponding author email: shakeri1353@gmail.com
4) Assistant Professor of Soil and water research Institute(SWRI), Tehran, Iran

Received: 12-12-2018 Accepted: 15-06-2019

Abstract

Soils from the industrial areas in the south of Bandar Abbas County are susceptible to contamination by the export terminal, metal and non-metallic industries. In this research, the concentrations of selected potentially toxic elements in order to determine the contamination level, source and assessment of ecological risk index, also health risk assessment to determine the quantity of potential carcinogenic and non-carcinogenic risks of the elements in the soil of this area was investigated So that a total of 66 soil samples were collected. The Enrichment Factor (EF) and Ecological Risk Index were calculated to measure the contamination level. Principle component analysis (PCA) was used to determine the sources of heavy metals pollution, and also the health risk assessment was used in three ways: ingestion, inhalation and dermal contact. Results indicated that the average of EF for studied elements decreased in the order of Cu, Cd, Pb, Zn, As, Ni and Cr. The mean value of the ecological risk of Cu and Cd indicates medium and high ecological risk, respectively. The Hazard index for all selected elements through ingestion, inhalation and dermal contact in children is higher than that of adults. The results of EF and PCA indicate that the As, Cd, Cu, Pb and Zn have been affected by anthropogenic sources. As, Cr and Cd were regarded as the priority pollutants and Cancer risks in soils were within tolerable risk to human health.

Keywords: Health risk؛ Potential ecological risk Index؛ Soil pollution؛ Toxic elements

www.SID.ir