Journal of Research in Environmental Health

Volume 6, Issue 2, Summer 2020

Study of Soil Pollution with Heavy Metals Cadmium, Lead, and Copper in West Karoun Oilfields, Khuzestan Province, Iran

Iman Shahidi Kaviani
MSc in HSE Management, Islamic Azad University of Najaf Abad, Iran

Parvaneh Paykanpour Fard
Human Environment and Sustainable Development Research Center, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.
Department of HSE Management, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.(Corresponding Author):
Email Address: boom_payesh@yahoo.com

Received: 2019/05/26
Accepted: 2020/04/04

Document Type: Research article

ABSTRACT

Background and Aim: Population growth can lead to the expansion of industries and improper management of industries can lead to land pollution and irreparable damage to the environment and living organisms. Therefore, studying the role of industrial centers in environmental pollution, including soil pollution, is one of the most important measures for pollution control. This study aimed to evaluate the surface soil contamination with heavy metals in oilfields.

Materials and Methods: In this study, a total of 15 soil samples were taken in the depth of 0-30 cm from five stations with three replications to measure the concentration of heavy metals. Heavy metals were measured by inductively coupled plasma spectroscopy.

Results: Based on the results, the average concentrations of cadmium, lead, and copper in soil samples were 2.40 ± 1.00, 8.89 ± 5.91, and 55.83 ± 52.81 mg/kg, respectively.

Conclusion: The average concentrations of cadmium and copper were higher and the average concentration of lead was lower than the global average. Also, due to the high degree of toxicity of cadmium, the highest risk of soil contamination could be attributed to this element. The measurements at five sampling stations showed that the soil in this oil industrial region was more polluted with cadmium than with the other two elements; in other words, the oil industry was more effective in cadmium pollution than in pollution with other elements. The comparison of the levels of soil pollution at sampling stations showed that, as expected, the soil around the processing areas and wellhead zones was more contaminated than the soil from other areas, which necessitates adopting more strict environmental control measures in these areas.

Keywords: Soil Pollution; Heavy Metals; Pollution Index; West of Karoon Oil Fields

▶ **Citation:** Study of Soil Pollution with Heavy Metals Cadmium, Lead, and Copper in West Karoun Oilfields, Khuzestan Province, Iran. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Summer 2020; 6(2): 161-172.

مطالعه میزان آلودگی خاک به فلزات سنگین کادمیوم، سرب و مس در اراضی صنایع نفتی منطقه غرب کارون، استان خوزستان، ایران

ایمان شهیدی کاویانی
کارشناس ارشد مدیریت HSE، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف‌آباد، اصفهان، ایران.
پروانه پیکانپور فرد
مرکز تحقیقات محیط زیست انسانی و توسعه پایدار، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران.
گروه مدیریت محیط زیست ایمنی بهداشت و محیط زیست، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران. (نویسنده مسئول)
پست الکترونیک:
boom_payesh@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۶
نوع مقاله: مقاله اصیل پژوهشی

چکیده

زمینه و هدف: افزایش جمعیت منجر به گسترش صنایع و مدیریت نادرست صنایع منجر به آلودگی اراضی و آسیب‌های جبران‌ناپذیر به طبیعت و موجودات زنده می‌گردد، لذا بررسی نقش مراکز صنعتی در آلودگی محیط زیست و از آن جمله در خاک، یکی از مهم‌ترین اقدامات در زمینه کنترل آلودگی‌هاست. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی میزان آلودگی خاک سطحی به فلزات سنگین و در معرض صنایع نفت انجام شد.
مواد و روش‌ها: در این تحقیق برای اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین در مجموع تعداد ۱۵ نمونه خاک سطحی در سه تکرار و از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک برداشت شد. سنجش عناصر سنگین به‌روش طیف‌سنجی پلاسمای جفت شده القایی انجام پذیرفت.
یافته‌ها: بر اساس نتایج میانگین میزان غلظت عناصر کادمیوم، سرب و مس در خاک میدان نفتی به‌ترتیب ۱±۲/۴۰، ۵/۹۱±۸/۸۹ و ۵۲/۸۱±۵۵/۸۳ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد.
نتیجه‌گیری: میانگین مقادیر فلزات سنگین کادمیوم و مس از میانگین جهانی بالاتر و میانگین مقادیر سرب میانگین جهانی پایین‌تر به‌دست آمد. همچنین با توجه به درجه سمیت بالای کادمیوم می‌توان بیشترین خطر ناشی از آلودگی خاک را به کادمیوم اختصاص داد. محاسبه میزان آلودگی هر یک از ۳ عنصر و برای ۵ ایستگاه نمونه‌گیری نشان داد که خاک منطقه نفتی نسبت به کادمیوم بیش از دو عنصر دیگر دارای آلودگی بوده و صنایع نفت در آلودگی خاک به کادمیوم بیش از دیگر عناصر اثرگذار بوده است. همچنین با محاسبه میزان شاخص‌های آلودگی خاک در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده و مقایسه آن‌ها نشان داد که همانگونه که انتظار می‌رفت خاک نواحی بهره‌برداری و سرچاه نفت نسبت به دیگر نواحی دارای میزان آلودگی شدیدتری بوده و اتخاذ تدابیر زیست‌محیطی شدیدتری برای این مناطق ضروری است.

کلید واژه‌ها: آلودگی خاک، شاخص آلودگی، فلزات سنگین، مناطق نفتی غرب کارون

◀ **استناد:** شهیدی کاویانی الف. مطالعه میزان آلودگی خاک به فلزات سنگین کادمیوم، سرب و مس در اراضی صنایع نفتی منطقه غرب کارون، استان خوزستان، ایران. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. تابستان ۱۳۹۹؛۶ (۲): ۱۶۱-۱۷۲.

مقدمه

تخریب و آلودگی محیط زیست، نتیجه جوامع صنعتی و یکی از رهاوردهای صنعتی شدن اجتماعات بشری است. این آلودگی می‌تواند در هوا، آب و یا خاک تولید و منتشر شود. در بین آلودگی‌های یاد شده، بیشتر توجه به سمت و سوی آلودگی‌های هوا و آب منعطف گردیده و آلودگی خاک در این بین کمی مغفول مانده است (۱). این فلزات به‌طور طبیعی در خاک وجود دارند، اما در اثر فعالیت‌های انسانی هم به خاک افزوده می‌شوند. در حقیقت فعالیت‌های انسانی ممکن است منجر به تجمع بیشتر فلزات سنگین در خاک شود (۲). در کشورهایی که دارای تأسیسات، پالایشگاه‌ها و منابع نفتی هستند و به‌طور دائم فرآیندهای اکتشاف در حال انجام است، نشت و تراوش آلاینده‌ها و فرآورده‌های نفتی و نفوذ آن‌ها در خاک در هنگام ذخیره‌سازی و یا انتقال، از مهم‌ترین آلوده کننده‌های خاک به‌شمار می‌آید (۳).

بر اساس مطالعات صورت گرفته تاکنون، فلزات سنگین به‌ویژه سرب، کادمیوم، مس و جیوه حتی در مقادیر جزئی، به‌عنوان یک تهدید بزرگ برای سلامت انسان تلقی می‌شوند. به‌طور مثال بیماری رایج موسوم به ایتای ایتای در ژاپن، کم‌کاری کلیه و پوکی استخوان در بلژیک و چین، از اثرات بارز آلودگی منابع خاک و آب آن‌ها به مقادیر بالای کادمیوم است (۵، ۴). این‌گونه فلزات با داشتن اثرات سیتوتوکسیک[1]، کارسینوژنیک[2] و موتاژنیک[3] بر روی انسان و سایر موجودات زنده، حیات آن‌ها را با خطرات جدی مواجه ساخته‌اند (۶).

فلزات سنگین از جمله آلاینده‌هایی هستند که از تجمع زیستی بالایی برخوردار بوده و می‌توانند به‌تدریج در بافت بدن جانوران و گیاهان تجمع یابند و اثرات مهلکی را بر انسان و جاندارانی که از گیاهان آلوده استفاده می‌کنند، داشته باشند. ایراد اصلی فلزات سنگین این است که در بدن متابولیزه نمی‌گردند. در واقع فلزات سنگین پس از ورود به بدن، دیگر از بدن دفع نشده و در بافت‌های بدن انباشته می‌گردند، بنابراین تعیین میزان این فلزات در محیط‌های خاکی، مورد توجه بسیاری از محققان و پژوهشگران قرار گرفته است (۸-۷).

تاکنون مطالعات متعددی توسط محققین بر روی غلظت فلزات سنگین در خاک مناطق مختلف صورت گرفته است؛ به‌طور مثال پورنیا و همکاران میزان و شدت آلودگی فلزات سنگین را در خاک‌های سطحی اطراف شهرک صنعتی شماره ۲ اهواز بررسی کردند. ۱۶ نمونه خاکی از عمق ۰-۵ سانتی‌متری جمع‌آوری شده و توسط دستگاه طیف سنج نوری پلاسمای القایی دوتایی[4]، غلظت فلزات کبالت، کروم، مس، نیکل، سرب و روی آنالیز شد. فراوانی فلزات اندازه‌گیری شده خاک‌های سطحی به صورت زیر به ترتیب کاهش نشان داد[5]: کرم[6]، نیکل[7]، روی[8]، سرب[9]، مس[10] و کوبالت[11]. بر اساس معیارهای ژئوشیمیایی از قبیل عامل غنی‌شدگی، شاخص زمین انباشتگی و شاخص آلودگی، خاک‌های محدوده مورد مطالعه نسبت به فلزات کروم، نیکل و سرب در محدوده آلودگی متوسط و نسبت به فلزات کبالت، مس و روی در محدوده غیرآلوده قرار گرفتند (۹).

علی‌پور اسدآبادی و همکاران آلودگی هیدروکربن‌های نفتی و فلزات سنگین در خاک‌های ۵ پالایشگاه کشور را بررسی کردند. در این مطالعه خاک‌های آلوده به مواد نفتی از ۵ پالایشگاه آبادان، اصفهان، تبریز، تهران و شیراز مورد بررسی قرار گرفتند. فلزات سنگین شامل کادمیوم، کروم، سرب و نیکل در نمونه‌های خاک اندازه‌گیری و از نظر آماری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با بررسی غلظت فلزات سنگین مشخص گردید که بیشترین غلظت در پالایشگاه‌های آبادان، تهران و شیراز مربوط به فلز کروم و به‌ترتیب ۸۳/۸، ۲۱۲ و

1. Cytotoxic
2. Carcinogenic
3. Mutagenic

4. ICP-OES
5. Cr<Ni<Zn<Pb<Cu<Co
6. Cr
7. Ni
8. Zn
9. Pb
10. Cu
11. Co

۶۱/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود. در پالایشگاه تبریز و اصفهان بیشترین غلظت مربوط به فلز نیکل به‌ترتیب با غلظت ۷۶/۳ و ۱۲۲/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (۱۰).

در ایران در بسیاری از مناطق ایجاد صنایع پتروشیمی، احداث پالایشگاه‌ها و حفاری چاه‌های استخراج نفت و گاز باعث افزایش مشکلات آلودگی در خاک‌های اطراف این مناطق می‌شود. عواملی نظیر حفاری، دفع نامناسب فاضلاب‌ها و ضایعات مراکز صنعتی، پخش آلاینده‌ها توسط پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌ها، نشت آلاینده از مخازن نفتی و ایستگاه‌های سوخت‌گیری، تصادفات تانکرها و نفت‌کش‌ها به این مشکل دامن می‌زنند. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که فعالیت‌های صنعتی انسان، عامل اصلی آلودگی محیط زیست به ترکیبات سمی و خطرناک نظیر فلزات سنگین می‌باشد (۱۱).

این تحقیق با اهداف اصلی تعیین کمیت آلودگی ناشی از فلزات سنگین شامل کادمیوم، سرب و مس در خاک منطقه نفتی یادآوران استان خوزستان و مقایسه آن با حد آستانه استانداردهای جهانی و استانداردهای ملی، محاسبه شاخص‌های آلودگی خاک از قبیل فاکتور غنی‌شدگی، فاکتور آلودگی، درجه آلودگی، شاخص زمین انباشت و ارزیابی خطر اکولوژیک فلزات سنگین در خاک منطقه و مقایسه غلظت فلزات سنگین خاک میدان نفتی یادآوران با سایر میادین نفتی مطالعه شده انجام شد.

روش کار

منطقه مورد مطالعه

منطقه غرب کارون در غرب استان خوزستان در ایران قرار دارد که شامل چندین میادین نفتی بزرگ و کوچک می‌باشد که برخی از این میادین با کشور عراق مشترک می‌باشند. منطقه غرب کارون علاوه بر سه میدان نفتی بزرگ یادآوران، یاران و آزادگان، ۱۰ میدان کوچک‌تر دارخوین، جفیر، اروند، سوسنگرد، بند کرخه، سهراب، امید، مشتاق، خرمشهر و سپهر را نیز در برمی‌گیرد. در این گستره نفت‌خیز، دو میدان فوق عظیم و اصلی آزادگان و یادآوران که در حدود دهه اخیر کشف شده‌اند، از جمله بزرگ‌ترین میدان‌های نفتی جهان هستند که حجم ذخایر چشم‌گیر آنها در حدود ۶۷ میلیارد بشکه نفت درجا برآورد می‌شود. بالا بودن وسعت منطقه غرب کارون و نزدیکی رودخانه‌های کارون و کرخه و همچنین تالاب هورالعظیم به آن، اهمیت مسائل زیست‌محیطی و اندازه‌گیری‌های آلاینده‌ها را بیش از پیش نشان می‌دهد.

طرح نمونه برداری

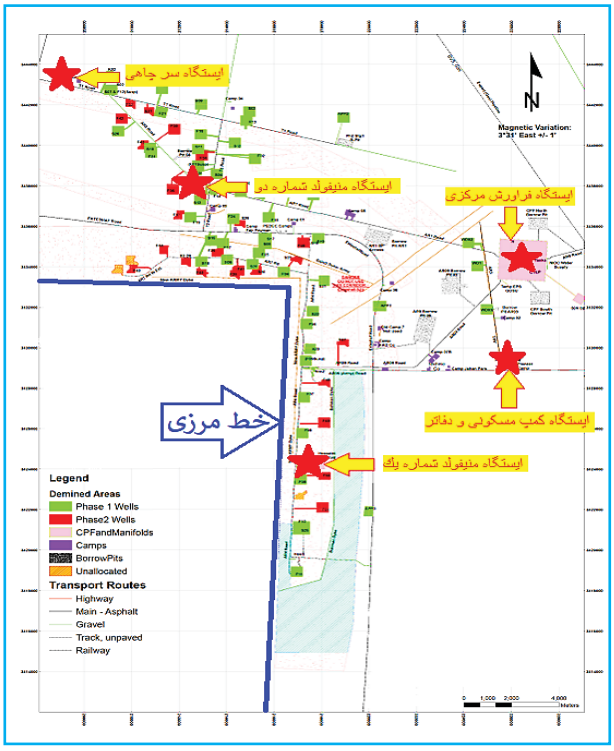
منطقه مورد مطالعه را از لحاظ کارکرد می‌توان به چهار ناحیه اصلی: سرچاهی، منیفولدها، منطقه فراورش مرکزی (CPF)[1] و کمپ‌های مسکونی و دفاتر تقسیم‌بندی کرد:

از این رو در مجموع ۵ ایستگاه برای برداشت نمونه‌ها انتخاب گردید که همه نواحی اصلی را در بر بگیرد. این ۵ ایستگاه شامل: ایستگاه کمپ مسکونی، منیفولد شماره ۱، منیفولد شماره ۲، منطقه سرچاه نفت و واحد بهره‌برداری مرکزی می‌باشد.

نمونه‌برداری از ۵ ایستگاه و با ۳ تکرار در فصل تابستان از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک و از مناطق بکر و دست‌نخورده جمع‌آوری گردید و پس از جداسازی قلوه‌سنگ‌ها، نمونه‌های برداشت شده هر یک در ظروف شیشه‌ای کاملاً تمیز با درب پلاستیکی به‌صورت مجزا ریخته و کدگذاری شدند و به آزمایشگاه منتقل گردید.

سنجش عناصر سنگین به‌روش طیف‌سنجی پلاسمای جفت شده القایی (ICP)[2] و ترکیب آن با طیف‌سنجی جرمی (ICP-MS)[3] انجام شد. جهت سنجش فلزات کادمیوم، سرب و مس از دستگاه ICP-OES مدل SERIES 4000 ELMER PERKIN OPTIMA استفاده گردید. محلول هضم شده به دستگاه ICP تزریق شد، سپس میزان عناصر مورد نظر در هر یک از نمونه‌ها مشخص گردید. مزیت استفاده از دستگاه ICP-OES این است که قادر می‌باشد چندین فلز را به‌طور همزمان اندازه‌گیری نماید (۱۲).

1. Central Processing Facility
2. Inductively Coupled Plasma
3. Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry



شکل ۱. مناطق پنج‌گانه نمونه‌برداری خاک در میدان نفتی

شاخص‌های آلودگی

فاکتور غنی شدگی (EF)[1]: تعیین فاکتور غنی شدگی، سطح آلودگی فلزات در خاک را نشان می‌دهد و شاخص مفیدی برای جدا کردن منابع طبیعی و انسانی فلزات از یکدیگر می‌باشد. فاکتور غنی شدگی برای هر فلز از نسبت بین عنصر نرمالیزه کننده به مقدار زمینه عناصر، طبق رابطه ۱ محاسبه شد، (۱۴، ۱۳):

$$EF = (Metal / Fe)_{Sample} \div (Metal / Fe)_{Background} \quad (۱)$$

جدول ۲. درجه‌بندی سطح آلودگی فلزات سنگین بر اساس فاکتور غنی‌شدگی (۱۵)

دامنه تغییرات	شدت آلودگی
EF < ۲	آلودگی کم
۲ ≤ EF < ۵	آلودگی متوسط
۵ ≤ EF < ۲۰	آلودگی زیاد
۲۰ ≤ EF < ۴۰	آلودگی بسیار زیاد
EF ≥ ۴۰	آلودگی به شدت زیاد

1. Enrichment Factor

فاکتور آلودگی (CF)[2]: برای ارزیابی آلودگی عناصر سنگین کادمیوم، سرب و مس در خاک مورد مطالعه، از فاکتور آلودگی استفاده شد که در این معادله Cn غلظت هر عنصر در رسوب و Co متوسط غلظت هر عنصر در شیل بود و از رابطه ۲ محاسبه شد (۱۶):

$$CF = C_o \div C_n \quad (۲)$$

درجه آلودگی (Cdeg)[3]: مجموع فاکتورهای آلودگی برای عناصر مورد بررسی، نشان‌دهنده درجه آلودگی است که از رابطه ۳ به‌دست آمد (۱۶):

$$Cdeg = \Sigma Cf \quad (۳)$$

جدول ۳. درجه‌بندی آلودگی بر اساس فاکتور آلودگی و درجه آلودگی (۱۶)

رده آلودگی	فاکتور آلودگی	درجه آلودگی
آلودگی کم	CF < ۱	Cdeg < ۷
آلودگی متوسط	۱ ≤ CF < ۳	۷ ≤ Cdeg < ۱۴
آلودگی زیاد	۳ ≤ CF < ۶	۱۴ ≤ Cdeg < ۲۸
شدیدا آلوده	CF ≥ ۶	Cdeg ≥ ۲۸

شاخص بارِ آلودگی[4]: شاخص بارِ آلودگی معیاری جهت تعیین بارِ آلودگی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. شاخص بارِ آلودگی از رابطه ۴ به‌دست می‌آید که در این فرمول CF فاکتور آلودگی بوده که از معادله فاکتور آلودگی برای هر فلز به‌دست آمد (۱۶):

$$PLI = \sqrt[3]{CFCd \times CFPb \times CFCu} \quad (۴)$$

در صورتیکه کیفیت خاک منطقه خوب باشد شاخص بار آلودگی کمتر از ۱، اگر آلودگی نزدیک به زمینه باشد شاخص بار آلودگی برابر با ۱ و اگر خاک منطقه دارای کیفیت نامناسب باشد، شاخص بار آلودگی بیشتر از ۱ می‌باشد. (۱۷)

شاخص زمین انباشت[5]: شاخص زمین انباشت به‌منظور مشخص کردن سطوح آلودگی فلزات سنگین استفاده می‌شود. این شاخص می‌تواند درجه

2. Contamination Factor
3. Contamination Degree
4. Pollution Load Index
5. Geo Accumulationbs Index

آلایندگی خاک را تعیین کند و از رابطه ۵ محاسبه گردید (۱۸):

$$Igeo = Log\,2\,(C_n/1.5*B_n) \quad (۵)$$

در این رابطه Igeo شاخص زمین انباشت، C_n غلظت درخاک و B_n غلظت زمینه می‌باشد. همچنین برای تعیین دقیق و تفسیر شاخص زمین انباشت از طبقه‌بندی مولر استفاده می‌شود (جدول ۴).

شاخص ریسک اکولوژیک[4]: در این تحقیق برای اندازه‌گیری ریسک اکولوژیک و شاخص پتانسیل خطر زیستی از رابطه‌های ۶ و ۷ استفاده شد (۱۶):

$$Er = TR \times CF \quad (۶)$$

$$RI = \sum Er \quad (۷)$$

در این رابطه CF فاکتور آلودگی، Er ریسک اکولوژیکی هر عنصر مورد مطالعه و RI ریسک اکولوژیکی مجموع عناصر را نشان می‌دهد. هاکانسون (۱۶) مقدار TR را که شاخص سمی بودن فلزات سنگین می‌باشد، برای کادمیوم ۳۰ و برای مس و سرب ۵ در نظر گرفت و برای تحلیل مقادیر به‌دست آمده چهار گروه متفاوت تعریف کرده است (جدول ۴).

جدول ۴. شاخص‌ها و کلاس‌های پتانسیل خطر زیستی و ریسک اکولوژیک (۱۶)

مقدار RI	میزان ریسک اکولوژیکی	مقدار Er	کلاس خطر زیستی
RI < ۱۵۰	خطر اکولوژیکی کم	Er < ۴۰	خطر کم
۱۵۰ ≤ RI < ۳۰۰	خطر اکولوژیکی متوسط	۴۰≤ Er<۸۰	خطر متوسط
۳۰۰ ≤ RI < ۶۰۰	خطر اکولوژیکی شدید	۸۰ ≤ Er < ۱۶۰	خطر بالا
RI ≥ ۶۰۰	خطر اکولوژیکی خیلی شدید	۱۶۰ ≤ Er < ۳۲۰	خطر شدید
-	-	Er ≥ ۳۲۰	خطر خیلی شدید

جهت ارتباط بین داده‌های به‌دست آمده و مقایسه آن‌ها از نرم‌افزار SPSS، ورژن ۲۴ و آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون دانکن و جهت بررسی نرمال بودن و همگن بودن داده‌ها از آزمون شاپیروویلک استفاده شد. همچنین جهت ارائه داده‌ها و رسم نمودارها و جداول از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

یافته ها

نتایج پارامترهای آماری فلزات سنگین مورد مطالعه در خاک میدان نفتی در جدول ۴ ارائه شده است. میانگین میزان فلزات کادمیوم، سرب و مس در خاک میدان نفتی به‌ترتیب ۱±۲/۴۰، ۵/۹۱±۸/۸۹ و ۵۲/۸۱±۵۵/۸۳ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد. میزان مس در نمونه‌های خاک بالاتر از سرب و کادمیوم بود و پایین‌ترین میزان مربوط به فلز کادمیوم به‌دست آمد (جدول ۵).

بر اساس نتایج به‌دست آمده، میزان کادمیوم در ایستگاه چاه نفت (۰/۱۴±۳/۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) بالاتر از سایر

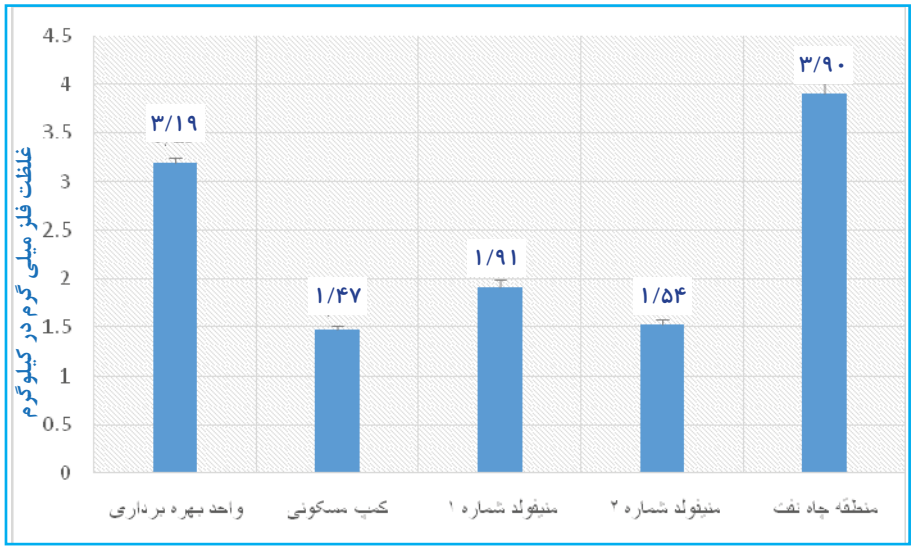
جدول ۵. نتایج پارامترهای آماری فلزات سنگین در خاک میدان نفتی

پارامترهای آماری	کادمیوم	سرب	مس
حداقل (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱/۴۷	۱/۱۰	۲۴/۸۱
حداکثر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۳/۹۰	۱۷/۶۸	۱۵۶/۷۵
میانگین (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲/۴۰	۸/۸۹	۵۵/۸۳
انحراف معیار[2]	۱	۵/۹۱	۵۲/۸۱
چولگی[3]	۰/۵۶۲	۰/۲۸۰	۱/۵۸۵
کشیدگی[4]	-۱/۵۳۹	-۱/۰۸۱	۰/۷۳۱

2. Standard deviation
3. Skewness
4. Kurtosis

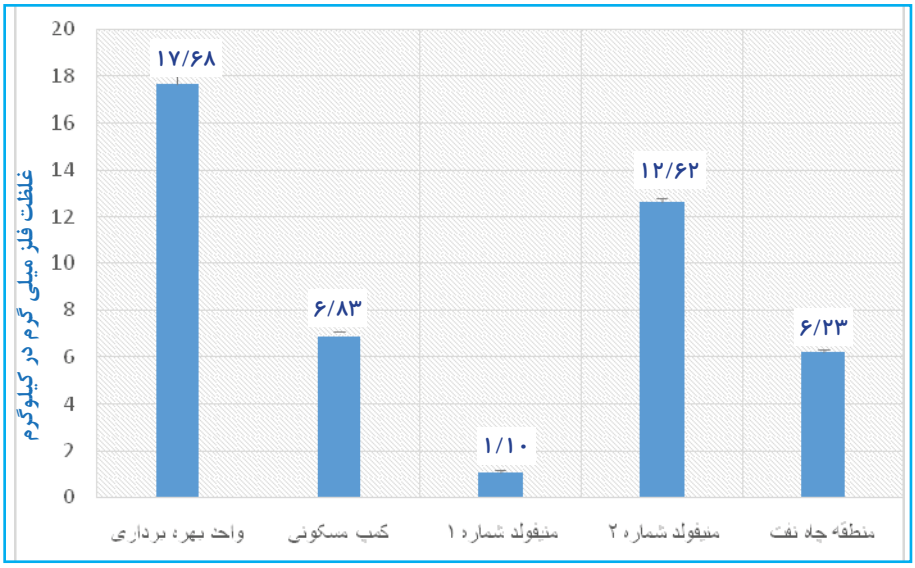
4. Ecological Risk Index

ایستگاه‌های مورد مطالعه بود ($p<۰/۰۵$). پایین‌ترین میزان کادمیوم نیز در کمپ مسکونی (۱/۴۷±۰/۰۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) میدان نفتی به‌دست آمد ($p<۰/۰۵$) (نمودار ۱).



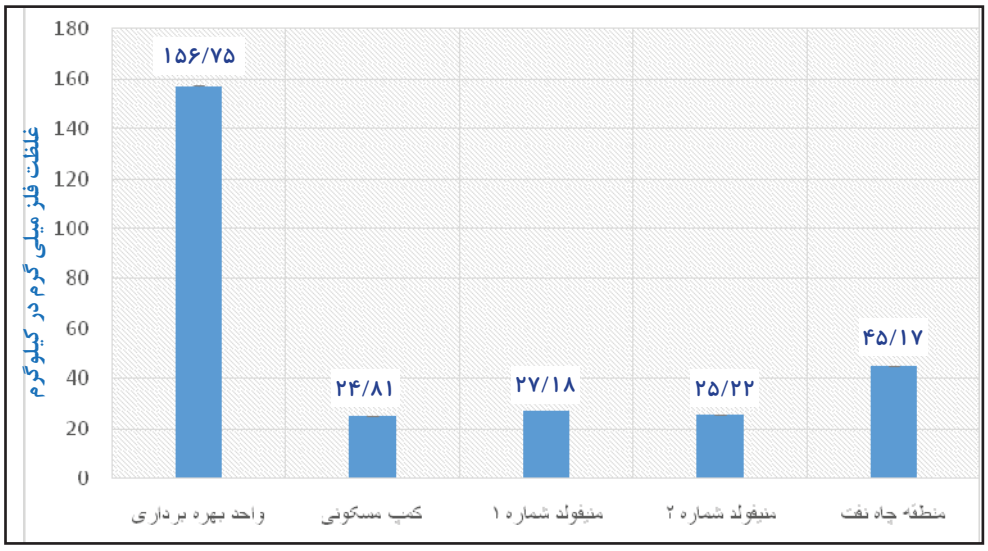
نمودار ۱. مقایسه غلظت فلز کادمیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم) در ایستگاه‌های مورد مطالعه میدان نفتی

بر اساس تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، میزان سرب در ایستگاه واحد بهره‌برداری (۱۷/۶۸±۰/۵۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) بالاتر از سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه بود ($p<۰/۰۵$). پایین‌ترین میزان سرب نیز در منیفولد شماره ۱ (۱/۱۰±۰/۰۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) میدان نفتی به‌دست آمد ($p<۰/۰۵$) (نمودار ۲).



نمودار ۲. مقایسه غلظت فلز سرب (میلی‌گرم در کیلوگرم) در ایستگاه‌های مورد مطالعه میدان نفتی

بالاترین و پایین‌ترین میزان فلز مس به‌ترتیب در ایستگاه‌های واحد بهره‌برداری (۱۵۶/۷۵±۰/۴۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کمپ مسکونی (۲۴/۸۱±۰/۳۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) به‌دست آمد ($p<۰/۰۵$) (نمودار ۳).



نمودار ۳. مقایسه غلظت فلز مس (میلی‌گرم در کیلوگرم) در ایستگاه‌های مورد مطالعه میدان نفتی

✓ نرمال بودن داده‌ها

بر اساس تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک آزمون شاپیروویلک، داده‌های مربوط به فلز کادمیوم، سرب و مس در خاک میدان نفتی نرمال بودند (جدول ۶).

جدول۶. نتایج آزمون شاپیروویلک نرمال بودن داده‌های فلز کادمیوم، سرب و مس

نرمال بودن داده‌های فلز کادمیوم			
ایستگاه‌ها	مقادیر آماری	مقادیر اختلاف	سطح معنی‌داری
واحد بهره‌برداری	۰/۹۵۳	۰/۵۸۳	p>۰/۰۵
کمپ مسکونی	۰/۹۹۶	۰/۸۷۸	p>۰/۰۵
منیفولد شماره ۱	۰/۸۷۸	۰/۳۱۷	p>۰/۰۵
منیفولد شماره ۲	۰/۹۴۹	۰/۵۶۷	p>۰/۰۵
منطقه سرچاه نفت	۰/۷۸۰	۰/۰۶۷	p>۰/۰۵
نرمال بودن داده‌های فلز سرب			
ایستگاه‌ها	مقادیر آماری	مقادیر اختلاف	سطح معنی‌داری
واحد بهره‌برداری	۰/۹۳۴	۰/۵۰۳	p>۰/۰۵
کمپ مسکونی	۰/۷۸۳	۰/۰۷۵	p>۰/۰۵
منیفولد شماره ۱	۰/۹۸۰	۰/۷۲۶	p>۰/۰۵
منیفولد شماره ۲	۰/۸۹۷	۰/۳۷۷	p>۰/۰۵
منطقه سر چاه نفت	۰/۹۹۵	۰/۸۶۲	p>۰/۰۵

نرمال بودن داده‌های فلز مس			
ایستگاه‌ها	مقادیر آماری	مقادیر اختلاف	سطح معنی‌داری
واحد بهره‌برداری	۰/۸۰۲	۰/۱۱۹	p>۰/۰۵
کمپ مسکونی	۰/۹۶۶	۰/۶۴۷	p>۰/۰۵
منیفولد حسینیه	۰/۸۹۳	۰/۳۶۳	p>۰/۰۵
منیفولد کوشک	۰/۹۶۴	۰/۶۳۷	p>۰/۰۵
منطقه سر چاه نفت	۰/۷۵۰	۰/۲۰۰	p>۰/۰۵

بحث

محاسبه فاکتور غنی شدگی و بحث

بالاترین مقدار فاکتور غنی شدگی مربوط به فلز کادمیوم ۲۲/۱۹ در منطقه سر چاه نفت و پایین‌ترین میزان این شاخص مربوط به فلز سرب ۰/۰۸۹ در ایستگاه منیفولد شماره ۱ بود.

مقادیر فاکتور غنی شدگی (EF) فلزات سنگین در خاک میدان نفتی برای عناصر کادمیوم، سرب و مس به‌ترتیب برای واحد بهره‌برداری ۱۸/۱۵، ۱/۴۳، ۰/۳۵۷، برای کمپ مسکونی ۸/۳۶، ۰/۵۵۵، ۰/۵۶۵، برای منیفولد شماره یک ۱۰/۸۶، ۰/۰۸۹، ۰/۶۱۹، برای منیفولد شماره دو ۸/۷۰، ۱/۰۲، ۰/۵۷۴ و برای منطقه سر چاه نفت ۲۲/۱۹، ۰/۵۰۷، ۱/۰۲ به‌دست آمد.

فاکتور غنی شدگی کادمیوم در خاک میدان نفتی یادآوران بالاتر از ۲ و فاکتور غنی‌شدگی مس و سرب کمتر از ۲ به‌دست

آمد. بر اساس نظر هرناندز و همکاران، مقادیر فاکتور غنی‌شدگی بین ۰/۵ تا ۲ به‌عنوان زمین‌زاد و طبیعی و مقادیر بیش از ۲ به‌عنوان عامل انسان‌زاد تلقی می‌شوند. بنابراین با توجه به نتایج فاکتور غنی‌شدگی احتمالاً فلز کادمیوم نتیجه فعالیت‌های انسانی در منطقه مورد مطالعه بوده است، اما فلزات مس و سرب نتیجه فعالیت‌های طبیعی نظیر فرسایش خاک می‌باشد (۱۹)

محاسبه فاکتور آلودگی و بحث

بالاترین مقدار شاخص فاکتور آلودگی مربوط به فلز کادمیوم در منطقه سر چاه نفت ۱۳ و پایین‌ترین میزان این شاخص مربوط به فلز سرب در منیفولد شماره یک ۰/۰۵۵ بود.

مقادیر فاکتور آلودگی (CF) فلزات سنگین در خاک میدان نفتی برای عناصر کادمیوم، سرب و مس به‌ترتیب برای واحد بهره‌برداری ۱۰/۶۳۳، ۰/۸۸۴، ۳/۴۷۹، برای کمپ مسکونی ۴/۹۰۰، ۰/۳۴۱، ۰/۵۵۱، برای منیفولد شماره یک ۶/۳۶۶، ۰/۰۵۵، ۰/۶۰۴، برای منیفولد شماره دو ۵/۱۰۰، ۰/۶۳۱، ۰/۵۶۰ و برای منطقه سر چاه نفت ۱۳، ۰/۳۱۱ و ۱/۰۰۳ به‌دست آمد.

فاکتور آلودگی فلز کادمیوم در ایستگاه‌های واحد بهره‌برداری، منیفولد شماره یک و منطقه چاه نفت آلودگی شدید داشت و در ایستگاه‌های کمپ مسکونی و منیفولد شماره دو، فاکتور آلودگی کادمیوم نیز آلودگی زیاد را نشان داد. بر اساس تقسیم‌بندی شدت آلودگی هکنسون (۱۶) فاکتور آلودگی فلز سرب در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه کمتر از ۱ به‌دست آمد، بنابراین شدت آلودگی کم را نشان داد. همچنین بر اساس فاکتور آلودگی، فلز مس در ایستگاه‌های کمپ مسکونی، منیفولد شماره یک و منیفولد شماره دو، آلودگی کم و در ایستگاه‌های چاه نفت و واحد بهره‌برداری به‌ترتیب آلودگی متوسط و آلودگی زیاد داشت، بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده از فاکتور آلودگی می‌توان بیان کرد که خاک میدان نفتی به فلزات سنگین کادمیوم، سرب و مس آلوده می‌باشد.

محاسبه درجه آلودگی و بحث

بر اساس نتایج حاصل از محاسبه شاخص درجه آلودگی، مقدار این شاخص در ایستگاه واحد بهره‌برداری (۱۴/۹۹۶) بالاتر از سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه به‌دست آمد و پایین‌ترین میزان این شاخص در کمپ مسکونی (۵/۷۹۲) مشاهده شد.

مقادیر درجه آلودگی (Cdeg) فلزات سنگین در خاک میدان نفتی برای واحد بهره‌برداری ۱۴/۹۹۶، برای کمپ مسکونی ۵/۷۹۲، برای منیفولد شماره یک ۷/۰۲۵، برای منیفولد شماره دو ۶/۲۹۱ و برای منطقه سر چاه نفت ۱۴/۳۱۴ به‌دست آمد.

درجه آلودگی فلزات سنگین مورد مطالعه در ایستگاه‌های واحد بهره‌برداری و منطقه چاه نفت دارای آلودگی زیاد، در کمپ مسکونی و منیفولد شماره دو دارای آلودگی کم و در منیفولد شماره یک دارای آلودگی متوسط بودند.

✓ محاسبه شاخص زمین انباشت و بحث

بالاترین مقدار شاخص زمین انباشت مربوط به فلز مس در منطقه سر چاه نفت (۴۵۳/۲۵) و پایین‌ترین میزان این شاخص مربوط به فلز کادمیوم در کمپ مسکونی (۰/۰۵۹) بود.

مقادیر شاخص زمین انباشت (Igeo) فلزات سنگین در خاک میدان نفتی برای عناصر کادمیوم، سرب و مس به‌ترتیب برای واحد بهره‌برداری ۰/۱۲۸، ۴۷/۶۷، ۱۵۷/۰۷، برای کمپ مسکونی ۰/۰۵۹، ۶/۵۶، ۲۴۸/۹۵، برای منیفولد شماره یک ۰/۰۷۶، ۳/۰۹، ۲۷۲/۷۳، برای منیفولد شماره دو ۰/۰۶۱، ۳۵/۴۵، ۲۵۳/۰۶ و برای منطقه سر چاه نفت ۰/۱۵۶، ۱۷/۵۰، ۴۵۳/۲۵ محاسبه گردید.

در تحلیل‌های زیست‌محیطی، از شاخص زمین انباشتگی به‌منظور مشخص کردن سطوح آلوده استفاده می‌شود. این شاخص می‌تواند درجه آلایندگی خاک را تعیین کند (۱۸). شاخص زمین انباشت فلز کادمیوم در خاک میدان نفتی عدم آلودگی این فلز را نشان داد، اما شاخص زمین انباشت سرب و مس در خاک میدان نفتی آلودگی شدید را نشان داد.

✓محاسبه شاخص بارِ آلودگی و بحث

در این پژوهش بالاترین مقدار شاخص بارِ آلودگی در خاک منطقه واحد بهره‌برداری و پایین‌ترین میزان این شاخص نیز در ایستگاه منیفولد شماره یک مشاهده شد.

مقادیر شاخص بارِ آلودگی (PLI)[1] فلزات سنگین در خاک میدان نفتی برای واحد بهره‌برداری ۳/۱۹۷، برای کمپ مسکونی ۰/۹۷۳، برای منیفولد شماره یک ۰/۵۹۶، برای منیفولد شماره دو ۱/۲۱۶ و برای منطقه سر چاه نفت ۱/۵۹۵ به‌دست آمد.

شاخص بارِ آلودگی در واقع کیفیت خاک را نشان می‌دهد. در این شاخص با توجه به مقادیر استاندارد غلظت فلزات سنگین، چنانچه مقادیر شاخص بارِ آلودگی فلزات به عدد ۱ نزدیک باشد، به این معناست که به غلظت زمینه فلز نزدیک می‌باشد و چنانچه از ۱ بالاتر به‌دست آید، آلودگی خاک را نشان می‌دهد (۲۰). شاخص بارِ آلودگی فلزات سنگین در ایستگاه‌های واحد بهره‌برداری، منطقه چاه نفت و منیفولد شماره دو بالاتر از ۱ بود که نشان‌دهنده کیفیت نامناسب خاک در این ایستگاه‌ها می‌باشد، اما در ایستگاه‌های کمپ مسکونی و منیفولد شماره یک، شاخص بارِ آلودگی فلزات کمتر از ۱ به‌دست آمد که نشان می‌دهد خاک این مناطق دارای کیفیت مناسب بوده است.

✓ محاسبه ریسک اکولوژیک و بحث

مقادیر ارزیابی خطر اکولوژیک فلزات سرب (۴/۴۲۰) و مس (۱۷/۳۹۵) در نمونه‌های خاک ایستگاه واحد بهره‌برداری بالاتر از سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه به‌دست آمد. بالاترین مقدار ارزیابی اکولوژیک فلز کادمیوم ۳۹۰ نیز در منطقه سر چاه نفت مشاهده شد. میزان سمیت برای کادمیوم ۳۰ و برای مس و سرب ۵ در نظر گرفته شد.

مقادیر ریسک اکولوژیک (ER)[2] فلزات سنگین در خاک میدان نفتی برای عناصر کادمیوم، سرب و مس به‌ترتیب برای واحد بهره‌برداری ۳۱۸/۹۹، ۴/۴۲۰، ۱۷/۳۹۵، برای کمپ مسکونی ۱۴۷، ۱/۷۰۷، ۲/۷۵۵، برای منیفولد شماره یک ۱۹۰/۹۸۰، ۰/۰۱۱، ۳/۰۲۰، برای منیفولد شماره دو ۱۵۳، ۳/۱۵۵، ۲/۸۰۰ و برای منطقه سر چاه نفت ۳۹۰، ۱/۵۵۷، ۵/۰۱۵ محاسبه گردید.

ریسک اکولوژیک فلزات سرب و مس در خاک میدان نفتی در رده کم‌خطر هستند، اما ریسک اکولوژیک کادمیوم در کلاس خطر شدید می‌باشد. شاخص ریسک فلزات سنگین در کلاس متوسط تا شدید می‌باشد. در این میدان نفتی فلز کادمیوم تأثیر بالایی بر خطر ریسک اکولوژیک داشت.

✓ مقایسه غلظت فلزات سنگین

میانگین جهانی فلزات سنگین کادمیوم، سرب و مس به‌ترتیب ۰/۴۱ میلی‌گرم در کیلوگرم، ۲۷ میلی‌گرم در کیلوگرم و ۳۸ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد، همچنین بر اساس استاندارد کیفیت منابع خاک ایران از دیدگاه محیط زیست میانگین غلظت فلزات سنگین کادمیوم، سرب و مس به‌ترتیب ۳/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم، ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و ۶۳ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد.

جدول ۷. میانگین جهانی و ملی میزان فلزات سنگین

فلزات سنگین مورد مطالعه	میزان میانگین در تحقیق	میانگین جهانی	استاندارد منابع خاک ایران
کادمیوم	۲/۴۰	۰/۴۱	۳/۹
سرب	۸/۸۹	۲۷	۳۰۰
مس	۵۵/۸۳	۳۸	۶۳

نتیجه‌گیری

در این پژوهش میانگین میزان فلز کادمیوم در خاک میدان نفتی ۲/۴۰±۱ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد ومیزان کادمیوم در ایستگاه چاه نفت بالاتر از سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه بود ($p<0/05$). پایین‌ترین میزان کادمیوم نیز در کمپ مسکونی میدان نفتی به‌دست آمد ($p<0/05$). میانگین میزان فلز سرب در خاک میدان نفتی ۸/۸۹±۵/۹۱ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد. بر اساس تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، میزان سرب در ایستگاه واحد بهره‌برداری بالاتر از سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه بود ($p<0/05$).

میانگین میزان مس در خاک میدان نفتی ۵۵/۸۳±۵۲/۸۱ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد. بالاترین و پایین‌ترین میزان مس به ترتیب در ایستگاه‌های واحد بهره‌برداری و کمپ مسکونی

1. Pollution Load Index
2. Ecological Risk

به‌دست آمد. فعالیت‌های استخراج و بهره‌برداری نفت و گازهای تولید شده از سوختن مایعات و گازهای زائد در فلرهای (مشعل‌ها) واحد بهره‌برداری در میدان نفتی می‌تواند عامل اصلی بالا بودن مقادیر مس در خاک واحد بهره‌برداری باشد.

فاکتور غنی شدگی کادمیوم در خاک میدان نفتی بالاتر از ۲ و فاکتور غنی شدگی مس و سرب کمتر از ۲ به‌دست آمد. با توجه به نتایج فاکتور غنی‌شدگی احتمالاً فلز کادمیوم نتیجه فعالیت‌های انسانی در منطقه مورد مطالعه بوده است، اما فلزات مس و سرب نتیجه فعالیت‌های طبیعی نظیر فرسایش خاک می‌باشد.

فاکتور آلودگی فلز کادمیوم در ایستگاه‌های واحد بهره‌برداری، منیفولد شماره یک و منطقه چاه نفت آلودگی شدید داشت و در ایستگاه‌های کمپ مسکونی و منیفولد شماره دو، فاکتور آلودگی کادمیوم نیز آلودگی زیاد را نشان داد. گزارشات مختلف نشان می‌دهد که فلزات روی و سرب حاصل فعالیت‌های بالادستی مشتقات نفت هستند که می‌توانند تحت تأثیر شرایط جوی نظیر باد و باران در خاک نفوذ کنند. با توجه به نتایج درجه آلودگی و درجه آلودگی اصلاح شده، فلزات سنگین کادمیوم، سرب و مس در خاک این میدان نفتی آلودگی دارند.ریسک اکولوژیک فلزات سرب و مس در خاک میدان نفتی مورد مطالعه در رده کم‌خطر بودند، اما ریسک اکولوژیک کادمیوم در کلاس خطر شدید بود. شاخص ریسک فلزات سنگین در کلاس متوسط تا شدید بود.

نتایج به‌دست آمده از این مطالعه می‌تواند برای مراکز حاضر در این میدان نفتی و به‌خصوص برای شرکت ملی نفت ایران، سازمان حفاظت محیط زیست، شرکت ملی حفاری ایران، شرکت مهندسی توسعه نفت، شرکت کشت و صنعت نیشکر و ... قابل کاربرد باشد و زمینه‌ای برای مطالعات بیشتر و عمیق‌تر در این مناطق و مناطق دیگر کشورمان گردد.

با توجه به گردآوری مطالب و اطلاعات از مقالات فارسی و انگلیسی بدیهی است که مطالعات بسیاری در زمینه آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های مناطق صنعتی، پالایشگاه‌ها، پتروشیمی‌ها، میادین نفت و گاز، خاک‌های کشاورزی و خاک‌های سطحی شهرهای صنعتی انجام شده است، اما تاکنون تعیین کمیت و بررسی شاخص‌های آلودگی فلزات سنگین در خاک هیچ یک از میادین نفتی منطقه وسیع غرب کارون انجام نشده بود و گزارشی در این زمینه وجود نداشت و تحقیق فعلی برای اولین بار انجام پذیرفت.

ملاحظات اخلاقی

نویسنده کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند.

تشکر و قدردانی

این مقاله منتج از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد با کد ۱۵۰۲۱۲۱۴۹۶۲۰۲۴ و دفاع شده با حمایت دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد می‌باشد. بدین‌وسیله از سرکار خانم دکتر پروانه پیکانپور به‌عنوان استاد راهنما، مسئولان پژوهشی دانشگاه، هیئت محترم داوران در جلسه دفاع پایان‌نامه و از جناب آقای مهندس ولایت‌زاده که در انجام و ارتقاء کیفی این پژوهش یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1.Dabiri M. Environmental pollution. Etihad Publications, first edition, 1996. 399 pages. (Persian).

2.Lee CS, Li X, Shi W, Cheung SCN, Thornton I. Metal contamination in urban, suburban and country park soils of Hong Kong: a study based on GIS and multivariate statistics. Science Total Environment. 2006;356: 45–61.

3.Sarikhani R, Et al. Study of Soil Contamination of Heavy Metals Due to Petroleum Hydrocarbons Leakage in Kermanshah Refinery. Journal of Environmental and Water Engineering. 2017; 3 (2): 159-169. (Persian)

4.Jones J L. Characterization of fluoranthene and pyrenedegrading Mycobacterium-like strains by RAPD and SSU sequencing. Federation of European Microbiological Society. 1997; 153: 51–56.

5.Nadal M, Marti M. Multi-compartmental environmental surveillance of a petrochemical area: Levels of micropollutants. Environment International. 2009;35: 227-235.

6.Soleimanjad, et al. Survey of Heavy Metals in Industrial and Local Areas, Qaemshahr City Landfill. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2016; 26 (136): 201-196. (Persian)

7.Gu J G, Lin Q Q, Hu R, Zhuge YP, Zhou QX. Translation behavior of heavy metals in soil-plant system - a case study of Qingchengzi Pb-Zn mine in Liaoning province. Journal of Agro-Environment Science. 2005; 4: 634-637.

8.Li Y, Wang Y B, Gou X, Su Y B, Wang G. Risk assessment of heavy metals in soils and vegetables around non-ferrous metals mining and smelting sites, Baiyin, China. Journal of Environmental Sciences. 2006; 18 (6): 1124-1134.

9.Purnia M, et al. Investigation of heavy metal contamination in surface soils around Ahwaz Industrial City No. 2. Journal of Environmental Science and Technology. 2015; 17 (4): 32-23. (Persian)

10.Alipour, Asadabadi, et al. Contamination of petroleum hydrocarbons and heavy metals in soils of five refineries in the country. Journal of Water and Soil Conservation Research. 2016; 23 (1): 284-273. (Persian)

11.Adesina G, Adelasoye K. Effect of crude oil pollution on heavy metal contents, microbial population in soil, and maize and cowpea growth. Agriculture Science Journal.2014; 5: 43-50.

12.Madrid L, Diaz-Barrientos E, Madrid F. Distribution of heavy metal contents of urban soils in parks of Seville. Chemosphere.2002; 49: 1301-1308.

13.Chabukdhara M, Nema AK. Assessment of heavy metal contamination in Hindon River sediment: A chemometric and geochemical approach. Chemosphere. 2012;87: 945-953.

14.Iqbal J, Shah M H. Distribution, correlation and risk assessment of selected metals in urban soils from IslamAbad, Pakistan. J. Hazard. Mater. 2011; 192: 887-898.

15.Buat-Menard P, Chesselet R. Variable influence of the atmospheric flux on the trace metal chemistry of oceanic suspended matter. Earth and Planetary Science Letters. 1979;42: 399–411.

16.Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control a sediment logical approaches. Water Research. 1980;14: 975–1001.

17.Thomilson DC, Wilson DJ, Harris CR, Jeffrey DW. Problem in heavy metals in estuaries and the formation of pollution index. Helgol. Wiss. Meeresunlter. 1980;33(1–4): 566–575.

18.Muller G.Index of geo accumulation in the sediments of the Rhine River. Geojournal. 1969; 2: 108–118.

19.Hernandez L, Probst A, Probst J L. Ulrich, Heavy metal distribution in some French forest soils: evidence for atmospheric contaminatrion. The science of the total environment. 2003; 312: 195-219.