پژوهش و فناوری محیط زیست، ۱۴۰۲، (۱۳)۸، ۱۱-۲۱

پژوهش و فناوری محیط زیست

وبگاه نشریه: www.journal.eri.acecr.ir

پژوهشکده محیط زیست

شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۳۰۶۰

بررسی میزان کادمیوم و سرب در خاک پایین دست محل دفن زباله تایباد

محمدجواد علیپور[۱]، محمد غفوری[۲]، اکرم قربانی[۳*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آلودگی‌های محیط زیست، مؤسسه آموزش عالی خردگرایان مطهر، مشهد، ایران

۲- استاد، گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

۳- عضوهیئت علمی مؤسسه آموزش عالی خردگرایان مطهر، مشهد، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۰۶/۱۴

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۰۱/۱۵

دسترسی آنلاین:
۱۴۰۲/۰۵/۰۱

کلید واژه‌ها:
کادمیوم،
سرب،
فلزات سنگین،
انتشار آلودگی

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی میزان انتشار فلزات سنگین (کادمیوم و سرب) در خاک اراضی پایین دست سایت دفن زباله شهر تایباد انجام شد. به منظور نمونه برداری ۱۵ ایستگاه به فاصله ۱۰۰ متری از یکدیگر و در امتداد آبراهه خروجی از سایت از فاصله ۱۰۰ تا ۱۵۰۰ متری مکان دفن زباله شهر تایباد انتخاب شدند. بعد از نمونه‌برداری به تعداد ۵ نمونه و تکرار ۳ بار از هر ایستگاه، نمونه‌ها برای آنالیز به آزمایشگاه به‌منظور بررسی میزان شاخص‌های بارآلودگی منتقل شدند. فرضیه‌ها با استفاده از آزمون تی- تک نمونه‌ای و ضریب همبستگی پیرسون با نرم‌افزار SPSS۲۴ مورد تحلیل قرار گرفتند. مشخص شد میانگین کل غلظت سرب برابر با ۵۲/۰۴ و میانگین کل غلظت کادمیوم برابر با ۱/۷۴۸ است. غلظت فلزات مذکور از میانگین خاک جهانی و پوسته زمین به‌طور معنی‌داری با اطمینان ۹۵ درصد بیشتر است. در مورد سرب و کادمیوم بیشترین آلودگی به ترتیب در ایستگاه ۱۰و ۴ و کمترین آلودگی در ایستگاه ۶ و۱۲ بود. در نتیجه با افزایش فاصله مقدار آلودگی خاک تغییر معنی‌داری نمی‌کند، چون حجم و غلظت آلودگی روان آب جاری شده از داخل سایت (عامل انتقال آلودگی) در طول مسیر ثابت است. بنابراین انتشار آلودگی به فواصل دورتر از سایت نیز وجود دارد. که این انتشار به علت قرارگرفتن این محل در مسیر آبراهه و یک زمین شیبدار است.

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: karaj.envi@gmail.com

Journal of Environmental Research and Technology

journal homepage: www.journal.eri.acecr.ir

Environmental Research institute

Online ISSN: 3060-2676

Investigation of the amount of cadmium and lead in the soil of the Taybad landfill downstream

Mohammad javad Alipoor[1], Mohammad Ghafoori[2], Akrama Ghorbani[3*]

1- MSc Student in Environmental Pollution, Higher Education Institute of Kheradgerayan Motahar, Mashhad, Iran
2- Faculty Member, Department of Geology, Ferdowsi University, Mashhad, Iran
3- Faculty Member of Higher Education Institute of Kheradgerayan Motahar, Mashhad, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received:
05/09/2022
Accepted:
24/04/2023
Available online:
23/07/2023

Keywords:
Cadmium,
Lead,
Heavy metals,
Pollution emission

Abstract

The aim of this study was to investigate the emission of heavy metals (cadmium and lead) in the soil of the Taybad landfill downstream lands. 15 stations were selected for sampling at a distance of 100 meters from each other and along the outlet waterway from 100 to 1500 meters distance of the landfill of Taybad city. The samples were collected from 5 stations and sampling was repeated 3 times in each station then the samples were transferred to the laboratory for analyzing the amount of pollution load. Hypotheses were analyzed using one-sample t-test and Pearson's correlation coefficient with spss 24 software. It was found that the total average of lead concentration is equal to 52.04 and the total average of cadmium concentration is equal to 1.748. The concentration of the mentioned metals is significantly higher than the average of the global soil and earth's crust with 95% confidence. In the case of lead and cadmium, the highest contamination was in stations 10 and 4, and the lowest contamination was in stations 6 and 12, respectively. It is concluded that the amount of soil contamination does not change significantly with increasing distance, because the volume and concentration of the contaminant runoff is constant from the landfill (contaminant transfer agent) along the path. Therefore, it is possible to pollution emission to the distances far from the site. That, this release is due to the location of the landfill on the waterway and a sloping land.

* Corresponding author E-mail address: karaj.envi@gmail.com

مقدمه

فلزات سنگین اجزای طبیعی تشکیل دهنده پوسته زمین هستند ولی فعالیت‌های انسان، سیکل ژئوشیمی و بیوشیمیایی تعادل این فلزات را به هم زده و باعث انتشار آنها در محیط زیست می‌شود. (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۷). این عناصر می‌توانند بر روی کیفیت خاک‌های کشاورزی اثرگذار بوده و علاوه بر سمی بودن، می‌توانند از طریق جذب توسط گیاهان، وارد رژیم غذایی بشر شده و باعث بروز مشکلاتی در بدن انسان شوند. همچنین، به دلیل عدم تجزیه و تخریب، از آلاینده‌های پایدار و بادوام محیط زیست به شمار می‌آیند. (تابنده و طاهری،۱۳۹۴). خاک مهمترین عامل برای تشکیل و تداوم اکوسیستم‌های گیاهی و جانوری می‌باشد. کیفیت و حاصل‌خیزی خاک می‌تواند تحت تأثیر عوامل مخرب از جمله فلزات سنگین، فاضلاب‌ها و پساب‌های صنعتی قرار گیرد (قاسمی، ۱۳۹۴). اصلاح خاک‌های آلوده به فلزات سنگین برای کاهش خطرات ناشی از آن، ایجاد منابع زمین در دسترس برای تولید محصولات کشاورزی، تقویت امنیت غذایی و کاهش مشکلات تصرف اراضی ناشی از تغییر در الگوی کاربری زمین ضروری است(Wuana & Okieimen, 2012).از این رو آلودگی فلزات سنگین یک تهدید بزرگ محیط زیستی در سراسر جهان می‌باشد. در میان فلزات سنگین، فلز سرب از نظر انتشار، گسترده‌ترین عنصر سنگین و سمی در محیط‌زیست است. این آلاینده از منابع طبیعی و زمین زاد از قبیل سنگ‌ها و کانی‌های فلزدار و منابع انسان زاد مانند، کشاورزی، معدن کاری، صنایع باتری‌سازی، رنگ‌کاری و... نشأت می‌گیرند(سفیدیان، ۱۳۹۳). خطرات منفی بهداشتی مختلفی به دلیل قرار گرفتن طولانی مدت و مداوم در معرض فلزات سنگین شناخته شده است. از آنجا که آنها غیر قابل تجزیه هستند و تمایل به تجمع بیولوژیکی دارند، لازم است روشهای مناسبی برای حذف کارآمد آنها از محیط ایجاد شود (Yadav et al.,2019). در سطح جهان، هر روز مقادیر قابل توجهی از زباله‌های آلی تولید می‌شود که می‌تواند به عنوان منبع مواد مغذی مورد استفاده قرار گیرد و همچنین به عنوان تهویه کننده برای بهبود کیفیت خاک باشند Nema .(Khan et al.,2017) و Chabukdhara گزارش کرده اند که مقادیر خطر غیرسرطان‌زای کروم تنها برای کودکان بیشتر از یک است، در حالی که خطر بروز سرطان در بزرگسالان بیش از کودکان بوده است (Chabukdhara& Nema.2013).

یکی از گروه‌های آلاینده خطرناک موجود در شیرابه، فلزات سنگین بوده که می‌تواند تهدید زیست محیطی جدی برای خاکهای اطراف لندفیل وآب زیرزمینی داشته باشد (Bouzayani et al., 2014). از طرفی نتایج تحقیقات حاکی از آن است که غلظت فلزات سرب و کادمیم در خاک‌های مناطق مختلف شهر اصفهان نسبت به میانگین استاندارد جهانی بالاتر و غلظت فلزات روی و مس نسبت به میانگین استاندارد جهانی پایین‌تر است(اتابکی و لطفی، ۱۳۹۷). فلزات سنگین نیز به دلیل حضور در غلظت‌های کم رنگ (دامنه ppb تا کمتر از ppm۱۰) در ماتریس‌های مختلف محیطی به عنوان عناصر کمیاب در نظر گرفته می‌شوند. فراهمی زیستی قابل دسترس آنها تحت تأثیر عوامل جسمی مانند دما، ارتباط فاز، جذب و جداسازی قرار دارد (Ahuja.,2019).

چندین داده علمی گزارش می‌دهند که آب، خاک، سبزیجات، محصولات زراعی و گرد و غبار در فاصله نزدیک از مناطق معدن توسط سرب، آرسنیک، مس، کروم، روی و کادمیوم بسیار آلوده شده است(Scognamiglio et al. et al.,2016). با این حال، هر فلز دارای ویژگی‌های منحصر به فرد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی است که به مکانیسم‌های خاص سم‌شناسی عملکرد آن اختصاص دارد. (Santos et al, 2018).

محمودی و همکاران (۱۳۹۲)، به مطالعه چگونگی توزیع غلظت‌های فلزات سنگین (روی ،کادمیوم و سر ب) در کلاسهای مختلف اندازه ذرات خاک و بررسی تغییرات مکانی این فلزات در اطراف اصفهان پرداختند. نتایج نشان داد که با کاهش اندازه ذرات خاک، غلظت تمامی فلزات سنگین افزایش پیدا می‌کند و با افزایش فاصله از معادن غلظت‌ها کاسته می‌شود (محمودی وهمکاران ،۱۳۹۲). میرزایی و همکاران (۱۳۹۲) پیش بینی توزیع مکانی کادمیوم، آرسنیک، کروم و مس در خاک سطحی استان گلستان را مورد قرار دادند. یافته‌ها نشان داد که غلظت میانگین کادمیوم، آرسنیک، کروم و مس در خاک استان گلستان به ترتیب ۰/۱۲ ،۹/۱، ۵۹/۶، ۲۴/۴۲ میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد که در حال حاضر برای فلزات سنگین مذکور در استان گلستان آلودگی خاک جدی نیست (میرزایی وهمکاران،۱۳۹۲). عظیم زاده و خادمی (۱۳۹۲) تخمین غلظت زمینه برای ارزیابی آلودگی برخی فلزات سنگین در خاک‌های سطحی بخشی از استان مازندران را مورد مطالعه قرار دادند. مشخص گردید که غلظت سرب، روی و مس تحت تاثیر فعالیت‌های شهری و کادمیوم و نیکل بیشتر تحت کنترل عوامل طبیعی مانند مواد مادری و نیز فعالیت‌های کشاورزی هستند (عظیم زاده وهمکاران،۱۳۹۲). آلودگی موجود در خاک باید مشخص شود تا نوع، میزان و توزیع فلزات سنگین در خاک تعیین شود. اهداف ترمیم فلزات سنگین ممکن است به عنوان غلظت کل فلز یا به عنوان فلز قابل جدا شدن در خاک یا بعنوان ترکیبی از این موارد تعیین شود (Ming et al, 2014). به دلیل میزان بالای سمیت، آرسنیک، کادمیوم، کروم، سرب و جیوه در بین فلزات اولویتی که از اهمیت بهداشت عمومی برخوردار هستند، قرار گرفته است. همچنین

آنها طبق آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا و آژانس بین المللی تحقیقات سرطان در رده‌های سرطانزای انسانی (شناخته شده یا احتمالی) طبقه بندی می‌شوند. (Tchounwou et al,2012)

از مهمترین علائم ناشی از سمیّت کادمیوم در گیاه می‌توان به توقف رشد ریشه، کاهش سنتز کلروفیل و در نتیجه افت کیفیت سبزیجات اشاره کرد (میخک و همکاران، ۱۳۹۲). نتایج مطالعات نشان می‌دهد که فلزات سینگین مس، روی، کروم و سرب درمحل‌های دفن به مقدار بیشتری یافت می‌شوند (Bayat,2012).

میرکازهی(۱۳۹۳) وضعیت آلودگی گرد و غبار و خاک مکان دفن زباله شهر خاش به فلزات سنگین را مورد بررسی قرار داد. میزان عناصر کادمیوم، سرب، روی و سیلیس در گرد و غبار و خاک مکان دفن زباله شهر خاش اندازه گیری شد. براساس نتایج بدست آمده غلظت فلزات سنگین در گرد و غبار مکان دفن زباله بالاتر از حد استاندارد بوده و غلظت فلزات سنگین در خاک مکان دفن زباله نیز بالاتر از حد استاندارد بوده است (میرکازهی ،۱۳۹۳).

نتایج بررسی لیو وهمکاران (۲۰۱۳) برروی آلودگی خاک اطراف لندفیل شانگهای نشان داد که خاک پیرامون لندفیل نسبت به خاک زمینه دارای مس، روی، کادمیوم وکروم بیشتری هستند (لیو وهمکاران ،۲۰۱۳). مطالعه آداماکو وهمکاران (۲۰۱۶) برروی آلودگی خاک پیرامون لندفیلی در جمهوری چک نشان داد که شیرابه لندفیل باعث افزایش غلظت برخی ازفلزات سنگین نظیر مس، کروم ونیکل شده است (آداماکو وهمکاران ،۲۰۱۶).

بایزونت و همکاران(۲۰۱۴) در تحقیقی به بررسی غلظت فلزات سنگین در خاک لندفیل شهر تونس پرداختند. آن‌ها ۲۰ نمونه از خاک منطقه برداشت و مورد آنالیز قرار دادند. نتایج نشان داد که بیشترین غلظت مربوط به فلزات نیکل و کرم و کمترین غلظت نیز مربوط به عناصر سرب و مس بود. همچنین لایه خاک رس منطقه مانع رسیدن فلزات به عمق می‌باشد (Bouzayani et al ,2014). بازو (۱۳۹۶) تحقیقی با عنوان آلودگی خاک مکان دفن زباله شهر زاهدان به فلزات سنگین با استفاده از شاخص آلودگی انجام داد. تعداد ۲۰ نمونه خاک شامل ۱۰ نمونه خاک سطحی (تا عمق ۳۰ سانتیمتری) و ۱۰ نمونه خاک عمقی (ازعمق ۳۰ تا ۶۰ سانتیمتری) از محل دفن زباله برداشت شدند. برای تعیین غلظت عناصر از دستگاه جذب اتمی استفاده و برای تجزیه و تحلیل از نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ استفاده شد. نتایج نشان داد که میانگین غلظت کروم، کادمیوم، سرب و آرسنیک درخاک سطحی به ترتیب ۱۵۲/۴۸، ۰/۲۱۳، ۵۴/۴۹۹ و ۰/۳۴۴ میلیگرم در کیلوگرم و در خاک عمقی به ترتیب ۱۴/۱۱۷۷، ۰/۲۵۲، ۴۹/۳۶۵ و ۰/۴۱۴ میلیگرم در کیلوگرم می‌باشد. بر اساس شاخص آلودگی بیشتر ایستگاه‌ها در طبقه آلودگی کم تا متوسط قرارگرفته اند(Basu et al ,2011). حیدری (۱۳۹۴) تحقیقی با عنوان وضعیت آلایندگی فلزات سنگین در خاک مکان دفن زباله شهر زابل انجام داد. نتایج حاصله نشان داد که میانگین غلظت سرب و کادمیوم و آرسینیک نه تنها بالاتر از مقادیر استاندارد بوده بلکه اختلاف معنی دارای نیز با آن‌ها دارد. همچنین میانگین غلظت فلزات سرب و کادمیوم در خاک سطحی بیش از خاک عمقی و در آرسنیک در خاک عمقی بیش از خاک سطحی است(حیدری، ۱۳۹۴).

در این راستا سایت دفن بهداشتی زباله‌های شهر تایباد در مکانی که به لحاظ توپوگرافی تپه ماهوری و در دامنه کوه‌ها می‌باشد که یک آبراهه فصلی از وسط آن میگذرد، به لحاظ اقلیمی میزان بارندگی در تایباد ۲۴۰ میلی‌متر در سال است، جنس خاک از نوع لومی شنی بوده و عمق خاک بعظا" تا ۱ متر می‌رسد و نوع کاربری در پایین دست کشاورزی می‌باشد و نوع زباله‌ها بالای ۹۰ درصد از نوع خانگی است. به عنوان محل مورد مطالعه انتخاب و اندازه گیری میزان انتشار فلزات سنگین (کادمیوم و سرب) در خاک اراضی پایین دست سایت دفن زباله تایباد انجام شد.

مواد و روش‌ها

مکان دفن زباله شهری تایباد در ۶/۵ کیلومتری جنوب تایباد و نزدیکترین روستا ی اسدآباد دربند بوده و مساحت این منطقه حدود ۱۶/۴ هکتار است. فاصله آن تا نزدیکترین روستا ۴/۳ کیلومتر و تا مخازن آب چاه کشاورزی ۱/۱۸ کیلومتر و جاده آسفالت ۶۱۰ متر است.

ابتدا از طریق مشاهده به بررسی وضعیت کنونی محل دفن زباله پرداخته و سپس تعداد ۱۵ ایستگاه در دو عنصر (کادمیوم و سرب) بر اساس محدوده مکان ودر مسیر آبراهه خروجی از لندفیل در فاصله ۱۰۰ متری تا ۱۵۰۰ متری به آن انتخاب شد. به نحوی که فاصله ایستگاه‌ها از هم ۱۰۰ متر باشد. نمونه‌برداری در زمستان ۱۳۹۸ و از عمق ۳۰- ۰ سانتی متری خاک برداشت و برای جلوگیری از دخالت عوامل آلی و سطحی، در ظروف پلاستیکی خشک و تمیز نگهداری و کل نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند (کلانتری و همکاران، ۱۳۹۰). موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها توسط دستگاه GPS ثبت و وارد نرم افزار Arc GIS 9.3 شد و نقشه موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها تهیه شد. مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد بررسی در جدول ۱ آمده است.

جدول(۱): مختصات جغرافیایی نمونه برداری‌های خاک زباله گاه شهر تایباد

نام ایستگاه	فاصله	ارتفاع	زون	X	Y
۱	۱۰۰	۸۸۸ متر	۴۱ S	۲۹۱۱۴۱	۳۸۴۰۱۵۵
۲	۲۰۰	۸۸۸ متر	۴۱ S	۲۹۱۱۸۲	۳۸۴۰۲۳۷
۳	۳۰۰	۸۸۶ متر	۴۱ S	۲۹۱۲۴۷	۳۸۴۰۳۲۱
۴	۴۰۰	۸۸۵ متر	۴۱ S	۲۹۱۱۹۱	۳۸۴۰۴۰۰
۵	۵۰۰	۸۸۲ متر	۴۱ S	۲۹۱۲۱۴	۳۸۴۰۵۱۰
۶	۶۰۰	۸۷۸ متر	۴۱ S	۲۹۱۲۰۹	۳۸۴۰۶۱۵
۷	۷۰۰	۸۷۶ متر	۴۱ S	۲۹۱۲۳۳	۳۸۴۰۷۱۳
۸	۸۰۰	۸۷۳ متر	۴۱ S	۲۹۱۲۷۳	۳۸۴۰۸۰۲
۹	۹۰۰	۸۷۱ متر	۴۱ S	۲۹۱۲۸۵	۳۸۴۰۸۹۸
۱۰	۱۰۰۰	۸۶۹ متر	۴۱ S	۲۹۱۲۸۲	۳۸۴۱۰۰۲
۱۱	۱۱۰۰	۸۶۸ متر	۴۱ S	۲۹۱۳۳۵	۳۸۴۱۰۹۳
۱۲	۱۲۰۰	۸۶۶ متر	۴۱ S	۲۹۱۳۵۳	۳۸۴۱۱۹۱
۱۳	۱۳۰۰	۸۶۵ متر	۴۱ S	۲۹۱۴۱۲	۳۸۴۱۲۷۷
۱۴	۱۴۰۰	۸۶۲ متر	۴۱ S	۲۹۱۳۷۶	۳۸۴۱۳۷۵
۱۵	۱۵۰۰	۸۶۰ متر	۴۱ S	۲۹۱۴۰۶	۳۸۴۱۴۷۸

مساحت سایت زباله گاه : ۴/۱۶ هکتارو مساحت حوزه آبریز زباله گاه : ۱۴۵ هکتار بود.

برای اندازه گیری PH درخاک، ۱۰ گرم نمونه خاک که در هوای آزاد خشک شد، ۲۰ میلی لیتر با آب مقطر به خوبی مخلوط نموده و برای اختلاط بهتر با استفاده از دستگاه شیکر به مدت ۱۰ دقیقه تکان داده شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت کنار گذاشته وپس از جداسازی فاز مایع از جامد PH و EC اندازه گیری شدند (رایس وهمکاران، ۲۰۱۲).

تمامی این آزمایش‌ها در آزمایشگاه ناب در شهر مشهد صورت گرفت.

تعیین مواد آلی خاک

مطابق رابطه ۱:

$$x = \frac{\left(\frac{m-v}{x}\right) * 3.9}{p}$$

میزان موا د آلی =X

حجم فروسولفات مصرف شده برای شاهد=m

عدد حاصل از تیتر نمودن نمونه=v

$p =$ وزن خاک

مطابق رابطه ۲:

$$X = \frac{m}{10}$$

O.M=ماده آلی

O.C=درصد کربن آلی

مطابق رابطه ۳:

%O.M=%O.C×1/72

جهت آمده سازی نمونه‌ها برای تعیین فلزات سنگین از روش استاندارد جهانی استفاده شد (استاندارد متد).

در این تحقیق برای اندازه گیری غلظت سرب و کادمیوم از دستگاه جذب اتمی Contraa 700 شرکت Analytik Jena واقع در آزمایشگاه (آزمایشگاه ناب) در شهر مشهد استفاده شد. قبل از انجام هر عملیات آماری، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS، نرمال بودن داده‌ها در سه مرحله و با استفاده از آزمون شاپیروویلک، چولگی و کشیدگی و نمودار چندک- چندک یا Q-Q-plot انجام شد و در صورت نرمال بودن داده‌ها از آزمون تی- تک نمونه‌ای جهت تحلیل نتایج استفاده شد.

جدول(۲): نتایج آزمون نرمال بودن داده‌ها

فلز	آزمون شاپیرو - ویلک[1]		میزان چولگی[2]	میزان کشیدگی[3]
	آماره آزمون	سطح معنی داری		
سرب	۰/۹۷۳	۰/۹۰۱	۰/۲۲۸	-۰/۳۲۳
کادمیوم	۰/۹۱۹	۰/۱۸۴	-۰/۷۶۹	-۰/۲۱۲

با توجه به نرمال بودن مشاهدات از این رو از لحاظ آماری به منظور بررسی مقایسه میانگین هر سطح با استاندارد از روش آزمون t تک نمونه ای با یک مقدار ثابت استفاده شده است. زیرا بهترین نوع مقایسه، مقایسه با استانداردهای موجود برای همان منطقه می‌باشد. در این مطالعه به دلیل عدم وجود استاندارد خاصی برای آلودگی خاک در کشورمان از استاندارد غلظت عناصر در پوسته زمین استفاده شده است. همبستگی بین عناصر نیز با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون صورت گرفت.

تعیین خصوصیات خاک

جدول (۳): مشخصات بافت خاک، هدایت الکتریکی، درصد مواد آلی و pH در خاک اراضی اطراف زباله گاه تایباد

شماره ایستگاه	PH	هدایت الکتریکی (mS cm-1)	فاصله تا سایت دفن زباله (متر)	درصد ماده آلی
۱	۶/۹۸	۱/۷۷	۱۰۰	۷/۱۳
۲	۶/۵۶	۲/۰۴	۲۰۰	۷/۱۳
۳	۶	۱/۵۶	۳۰۰	۱۲/۱۵
۴	۶/۸۰	۰/۸۸	۴۰۰	۱۱/۴۱
۵	۶/۸۷	۱/۹۵	۵۰۰	۵/۷۰
۶	۷/۱۵	۱/۴۶	۶۰۰	۱۲/۸
۷	۷/۱۸	۱/۸۶	۷۰۰	۱۲/۲۵
۸	۷/۱۷	۱/۸	۸۰۰	۴/۴۲
۹	۷/۱۵	۱/۷۳	۹۰۰	۸/۵۶
۱۰	۷/۳۹	۱/۴۱	۱۰۰۰	۷/۱۳
۱۱	۷/۲۴	۱/۸۲	۱۱۰۰	۸/۵۶
۱۲	۷/۵۶	۱/۴۸	۱۲۰۰	۱۱/۴۱
۱۳	۶/۹۴	۰/۷۳	۱۳۰۰	۱۱/۹۰
۱۴	۶/۹۱	۱/۳۱	۱۴۰۰	۴/۲۸
۱۵	۶/۹۵	۱/۰۶	۱۵۰۰	۱۰/۱۱

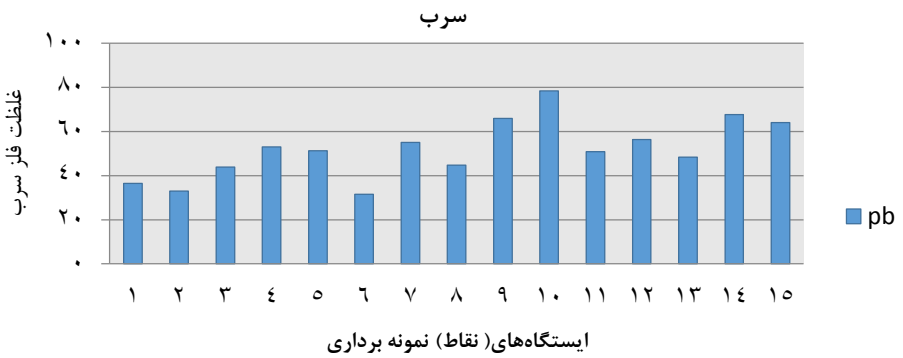
[1]. Shapiro-Wilk
[2]. Skewness
[3]. Kurtosis

با توجه به داده‌های بدست آمده مشاهده شد که pH نمونه‌های خاک در تمام ایستگاه‌ها در دامنه (۷/۵۶–۶) قرار گرفت. با این حال در نمونه‌های خاک ایستگاه شماره ۱۲ بیشترین و ایستگاه شماره ۳ کمترین مقدار را داشت. بیشترین مقدارهدایت الکتریکی درایستگاه۵ وکمترین درایستگاه ۱۳ می‌باشد. بیشترین درصد مواد آلی در خاک در ایستگاه ۶ کمترین میزان در ایستگاه ۱۴مشاهده گردید. باید توجه داشت که ترکیب و خواص مواد آلی بستگی به شرایط اقلیمی، نوع خاک و کاربردهای آن دارد.

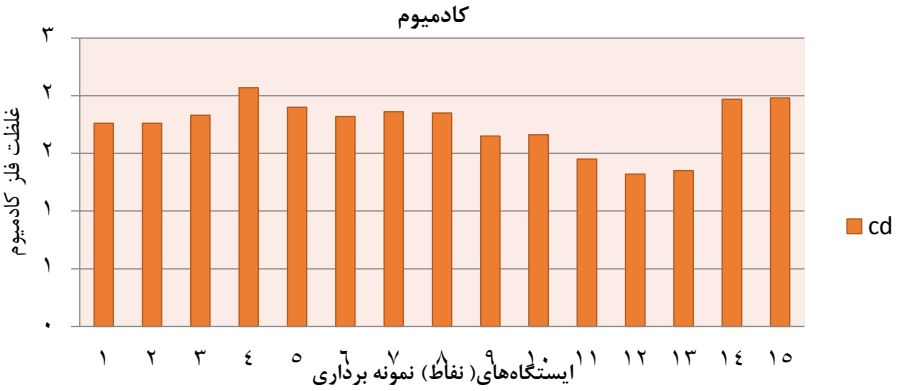
جدول(۴): مقادیر اندازه گیری شده سرب و کادمیوم در ایستگاه‌های نمونه‌برداری

ایستگاه	فاصله تا سایت دفن زباله(متر)	سرب(mg/kg)	کادمیوم(mg/kg)
۱	۱۰۰	۳۶/۵۳	۱/۷۶
۲	۲۰۰	۳۳/۵	۱/۷۶
۳	۳۰۰	۴۳/۸۵	۱/۸۳
۴	۴۰۰	۵۳/۲	۲/۷
۵	۵۰۰	۵۱/۲۸	۱/۹۰
۶	۶۰۰	۳۱/۶۱	۱/۸۲
۷	۷۰۰	۵۵/۵	۱/۸۶
۸	۸۰۰	۴۴/۷۸	۱/۸۵
۹	۹۰۰	۶۶/۰	۱/۶۵
۱۰	۱۰۰۰	۷۸/۳۵	۱/۶۶
۱۱	۱۱۰۰	۵/۷۸	۱/۴۵
۱۲	۱۲۰۰	۵۶/۳۳	۱/۳۲
۱۳	۱۳۰۰	۴۸/۳۴	۱/۳۵
۱۴	۱۴۰۰	۶۷/۶۸	۱/۹۷
۱۵	۱۵۰۰	۶۴/۹	۱/۹۸
Max	۱۵۰۰	۷۸/۳۵	۲/۷
Min	۱۰۰	۳۱/۶۱	۱/۳۲
Average	۸۰۰	۵۲/۴	۱/۷۴۸

با توجه به نتایج مشخص شد میانگین کل غلظت فلز سرب در خاک مورد مطالعه برابر با ۵۲/۰۴ و میانگین کل غلظت فلز کادمیوم در خاک مورد مطالعه برابر با ۱/۷۴۸ شده است.



شکل(۱): غلظت فلز سرب (Pb) در ایستگاه‌های نمونه‌برداری



شکل(۲): غلظت فلز کادمیوم (*Cd*)در ایستگاه‌های نمونه‌برداری

با توجه به نتایج آزمایشگاهی مشخص شد در مورد فلز سرب بیشترین آلودگی در ایستگاه ۱۰ و کمترین آلودگی در ایستگاه ۶ است. در مورد فلز کادمیوم بیشترین آلودگی مربوط به ایستگاه ۴ و کمترین آلودگی مربوط به ایستگاه ۱۲ بود. نتیجه‌گیری می‌شود که با افزایش فاصله مقدار آلودگی خاک تغیر معنی داری نمی‌کند. چون حجم و غلظت آلودکی روان آب جاری شده از داخل زباله گاه (عامل انتقال آلودگی) در طول مسیر ثابت است.

جدول (۵): نتایج آزمون تی برای غلظت فلزات سنگین در مکان دفن زباله شهرستان تایباد با استاندارد

آزمون تی- تک نمونه ای	سرب	کادمیوم
مقدار آماره آزمون	۱۱/۵۵	۲۶/۵۸
سطح معناداری	۰	۰
میانگین پوسته زمین(ppm)	۱۲/۵	۲

با توجه به نتایج آزمون تی تک نمونه ای، چون سطح معناداری این آزمون برای هر دو فلز سرب و کادمیوم مقدار صفر و کمتر از ۰/۰۵ (p-value=0.000< 0/05) به دست آمده بنابراین معنادار است یعنی میانگین فلزات سنگین در این تحقیق یعنی سرب و کادمیوم بیشتر از حد استاندارد است.

تجزیه همبستگی میان فلزات سنگین در مکان دفن زباله شهری تایباد

طبق جدول فوق در نمونه مورد مطالعه فلز سرب با کادمیوم ضریب همبستگی بسیار ضعیف(r = -۰/۰۰۴). داشته است که در سطح ۹۵ درصد معنی دار نمی‌باشد. بنابراین می‌توان گفت سرب و کادمیوم ارتباط و وابستگی قابل توجهی ندارند و از منشاء آلودگی یکسان برخوردار نیستند.

تجزیه همبستگی میان فلزات سنگین در خاک با *EC* ،*pH* و ماده آلی خاک

ضرایب بیانگر این مطلب است که افزایش pH باعث افزایش سرب می‌شود. همچنین طبق داده‌های جدول (۴-۱۲) بین ماده آلی خاک و pH همبستگی مثبت بالایی در سطح ۹۵٪ وجود دارد. بین pH خاک با EC خاک نیز همبستگی خیلی ضعیفی وجود دارد.

جدول(۶): ضرایب همبستگی میان فلزات سنگین در با *PH* , *EC* و ماده آلی خاک

ماده آلی	PH	EC	کادمیوم	سرب	
				۱	سرب
			۱	-۰/۰۰۴	کادمیوم
		۱	۱۰	-۰/۲۹۲	EC
	۱	۱۳	-۰/۴۲۳	۳۷۶	PH
۱	۷۵۷	-۰/۴۰۹	-۰/۲۱۳	-۰/۱۹۵	ماده آلی

مشخص شد میانگین کل غلظت فلز سرب در خاک مورد مطالعه برابر با ۵۲/۰۴ و میانگین کل غلظت فلز کادمیوم در خاک مورد مطالعه برابر با ۱/۷۴۸ شده است. یعنی خاک اراضی پایین دست مکان دفن زباله شهر تایباد آلوده به فلزات سنگین سرب و کادمیوم می‌باشد. به طوری که با توجه به نتایج آزمایشگاهی مشخص شد در مورد فلز سرب بیشترین آلودگی در ایستگاه ۱۰ و کمترین آلودگی در ایستگاه ۶ است. در مورد فلز کادمیوم بیشترین آلودگی مربوط به ایستگاه ۴ و کمترین آلودگی مربوط به ایستگاه ۱۲ بود. نتیجه‌گیری می‌شود که با افزایش فاصله مقدار آلودگی خاک تغیر معنی داری نمی‌کند. چون حجم و غلظت آلودکی روان آب جاری شده از داخل زباله گاه (عامل انتقال آلودگی) در طول مسیر ثابت است.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به مقایسه غلظت فلزات مورد بررسی با میانگین خاک جهانی و پوسته زمین مشاهده نشان می‌دهدکه غلظت فلزات سرب و کادمیوم در خاک مکان مورد مطالعه از میانگین خاک جهانی و پوسته زمین بطور معنی داری بیشتر بوده است و در نتیجه وضعیت این عناصر خطرناک و نگران کننده می‌باشد. که بیانگر ورود این فلزات بر اثر فعالیت‌های انسانی به خاک این منطقه می‌باشد. با توجه به اینکه نمونه‌ها از بستر آبراهه پایین دست لندفیل برداشته شده است به نظر می‌رسد این آلودگی ناشی از این زباله گاه باشد که توسط رواناب‌های فصلی به اراضی پایین دست انتشار یافته است. در واقع جانمایی اشتباه و عدم رعایت اصول مکانیابی صحیح زباله گاه باعث فراهم آمدن انتشار آلودگی شده است. زباله گاه تایباد در مسیر یک آبراهه قرار دارد که هنگام بارندگی سیلاب جاری شده از ۱۴۵ هکتار اراضی شیب-دار بالادست به داخل سایت سرازیر شده و پس از عبور از آن به فاضلابی با انواع زیادی از آلودگیها تبدیل شده و به طرف اراضی پایین دست حرکت می‌کند. این زباله گاه نزدیک به چهل سال مورد استفاده قرار گرفته و احتمال انتشار آلودگی ناشی از آن به آب‌های زیرزمینی و خاک مناطق دورتر از محدوده مورد مطالعه(۱۵۰۰ متر) نیز وجود دارد.

با توجه به نرمال بودن مشاهدات از این رو از لحاظ آماری جهت بررسی مقایسه میانگین هر سطح با استاندارد از روش آزمون t تک نمونه ای با یک مقدار ثابت استفاده شده است. زیرا بهترین نوع مقایسه، مقایسه با استانداردهای موجود برای همان منطقه می‌باشد. سلطانی و همکاران (۱۳۹۷) تحقیقی با عنوان بررسی میزان آلودگی فلزات سنگین (نیکل، کادمیوم، سرب و روی) درمحدوده خاک‌های اطراف کارخانه سرب و روی استان زنجان و پهنه بندی آن با استفاده از GIS انجام دادند. در این تحقیق تلاش شده است تا با نمونه‌برداری از خاک‌های اطراف شهرک تخصصی سرب و روی زنجان غلظت فلزات سنگین نیکل، سرب، کادمیوم و روی را بدست آورد. مقادیر میانه غلظت کل فلزات (با عصاره گیر تیزاب سلطانی) برای کادمیم، نیکل، سرب و روی به ترتیب برابر ۵/۰، ۴/۰، ۳/۱۴، ۵/۸۳ اندازه گیری شد. افشاری و همکاران(۱۳۹۴) تحقیقی با عنوان آلودگی برخی از فلزات سنگین در منطقه ای به وسعت ۲۰۰۰ کیلومترمربع که از اهمیت کشاورزی و صنعتی و سکونتی زیادی برخوردار است، مورد ارزیابی قرار دادند. به منظور ارزیابی تعداد ۲۴۱ نمونه خاک سطحی از عمق صفر تا ۱۰ سانتیمتری کاربری‌های کشاورزی، مرتع و شهری برداشت شد. نتایج نشان داد که مقدار کل سرب، روی، کادمیم و مس در خاک نمونه‌ها به ترتیب ۱/۶، ۲/۰، ۴/۰ و ۱/۵ برابر آن در خاک زمینه است. و غلظت کل آهن، منگنز، کروم، کبالت و نیکل از غلظت زمینه این فلزات کمتر است.

سپاسگزاری

از آزمایشگاه دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد، بابت همکاری درانجام آزمایشات قدردانی می‌شود.

منابع

اتابکی، محمدرضا لطفی، علی (۱۳۹۷) بررسی غلظت فلزات سنگین (سرب، کادمیم، روی و مس) در خاک مناطق مختلف اصفهان در سال ۱۳۹۶ .مجله پژوهش در بهداشت محیط، ۴(۱): ۲۳-۳۵.

افشاری وهمکاران (۱۳۹۴) ارزیابی آلودگی فلزات سنگین با استفاده از فاکتور آلودگی در خاک اراضی باکاربریهای مختلف دربخش مرکزی استان زنجان، نشریه دانش آب وخاک (دانش کشاورزی)، دوره ۲۵، شماره ۴/۲، صفحه ۵۲-۴۱

تابنده، لیلا، طاهری، مهدی (۱۳۹۴) ارزیابی آلودگی و ارتباط بین غلظت فلزات سنگین در خاک و سبزیجات برگی استان زنجان، نشریه پژوهشهای خاک (علوم خاک و آب)، ۳۰(۱): ۵۰-۵۹.

حیدری، ا .، ۱۳۹۴، بررسی غلظت فلزات سنگین در مکان دفن زابل. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست بیرجند، دانشگاه بیرجند. ۱۶۸ص.

زینوند، محمد؛ آزاده میخک و اکبر سهرابی (۱۳۹۲) اثرات نامطلوب فلزات سنگین در سلامت انسان، اولین همایش ملی آلاینده‌های کشاورزی و سلامت غذایی، چالشها و راهکارها، اهواز، دانشگاه رامین خوزستان،

سلطانی، محمدجعفر؛ مجید حسینی و علی عباسی (۱۳۹۷) بررسی میزان آلودگی فلزات سنگین (نیکل، کادمیوم، سرب و روی) درمحدوده خاک‌های اطراف کارخانه سرب و روی استان زنجان و پهنه بندی آن با استفاده از GIS، سومین کنفرانس ملی حفاظت خاک و آبخیزداری با محوریت پایش و ارزیابی منابع و مدیریت آنها در حوزه-های آبخیز، تهران، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.

سفیدیان، عاطفه (۱۳۹۳) ارزیابی آلودگی ناشی از فلزات سنگین در آبرفت منطقه تاریک دره (تربت جام) با تاکید بر حذف زیستی عنصر سرب. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته زیست محیطی، دانشگاه فردوسی مشهد.

قاسمی، احسان الله (۱۳۹۴) مطالعه جذب سطحی فلزات سنگین روی و سرب در دوسیستم تک عنصری و رقابتی در حضور و عدم حضور هیومیک و فولویک اسید در یک خاک آهکی، پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته علوم خاک- گرایش شیمی، دانشگاه فردوسی مشهد.

عظیم زاده، ب.، خادمی، ح (۱۳۹۲) تخمین غلظت زمینه برای ارزیابی آلودگی برخی فلزات سنگین در خاک‌های سطحی بخشی از استان مازندران، نشریه آب وخاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۷، شماره ۳، مرداد- شهریور، صفحات ۵۴۸-۵۵۹.

محمودی،ش.، محمدی ،ج.، نادری، م (۱۳۹۲) توزیع آماری و مکانی برخی عناصر سنگین در کلاسهای اندازه ای ذرات خاک سطحی جنوب شهر اصفهان، مجله پژوهشی حفاظت آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، جلد بیستم، شماره ۲،ص: ۱ تا ۱۷.

میخک، آزاده؛ اکبر سهرابی و پویا استوار (۱۳۹۲) اثرات زیست محیطی فلز کادمیوم در خاک، گیاه و انسان، اولین همایش ملی آلاینده‌های کشاورزی و سلامت غذایی، چالشها و راهکارها، اهواز، دانشگاه رامین خوزستان.

میرزایی، م. سلگی، ع (۱۳۹۴) بررسی غلظت فلزات سنگین)کادمیوم، مس، منگنز، نیکل، سرب و روی)در رسوبات رودخانه زاینده رود. فصلنامه پژوهش دربهداشت محیط / دوره اول، شماره چهارم

میرکازهی، ز (۱۳۹۳) بررسی آلودگی گرد و غبار مکان دفن زباله شهر خاش به فلزات سنگین، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند.

- Adamcová, D., Vaverková, M. D., Barton, S., Havlícek, Z., Broušková, E (2016) Soil contamination in landfills: a case study of a landfill in Czech Republic. Solid Earth, 7: 239– 247
- Ahuja, S. (2019). *Evaluating Water Quality to Prevent Future Disasters* (Vol. 11). Academic Press.
- Basu A, Mahata J, Gupta S, Giri AK.(2011). Genetic toxicology of a paradoxical human carcinogen, arsenic: a review. Mutat Res. ;488:171–194.
- Bayat B (2012).Comparative study of adsorption properties of Turkish fly ashes: I. The case of nickel (II), copper (II) and zinc (II). J Hazard Mater; 95(3): 251-273.
- Bouzayani, F., Abdelwaheb, A., Abichou, T (2014) Soil contamination by heavy metals in landfills: measurements from an unlined leachate storage basin. Environ Monit Assess 186: 5033–5040.
- Chabukdhara M, Nema AK. (2013). Heavy metals assessment in urban soil around industrial clusters in Ghaziabad, India: probabilistic health risk approach. Ecotoxicol Environment Safety. 87: 57-64

- Khan, M. A., Khan, S., Khan, A., & Alam, M. (2017). Soil contamination with cadmium, consequences and remediation using organic amendments. *Science of the Total Environment*, *601*, 1591-1605.
- Liu, C., Cui, J., Jiang, G., Chen, X., Wang, L., Fang, C (2013) Soil Heavy Metal Pollution Assessment Near the Largest Landfill of China. Soil and Sediment Contamination, 22: 390– 403.
- Ming, W., Linyan, Z., Hongbo, S., Jianyong, Y., Bin, W., Yaru, L., Le, Z., Fengbin, C., Zhidong, W., Meixu, G., & Shurong, L. 2014. Electron beam irradiation of sun-dried apricots for quality maintenance. Radiation Physics and Chemistry , 97,126-133.
- Rice E.W., Baird, R.B., Eaton, A.D., Clesceri L.S (2012) Standards methods for the examination of water and wastewater, 22th edition. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation
- Scognamiglio, V., Rea, G., Arduini, F., & Palleschi, G. (2016). *Biosensors for Sustainable Food-New Opportunities and Technical Challenges* (Vol. 74).
- Santos, D., Vieira, R., Luzio, A., & Félix, L. (2018). Zebrafish Early Life Stages for Toxicological Screening: Insights From Molecular and Biochemical Markers. In *Advances in Molecular Toxicology* (Vol. 12, pp. 151-179). Elsevier.
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Heavy Metal Toxicity and the Environment. In.: Luch, A.(ed.) Molecular, Clinical and Environmental Toxicology. Volume 3: Environmental Toxicology.
- Yadav, M., Gupta, R., & Sharma, R. K. (2019). Green and Sustainable Pathways for Wastewater Purification. In *Advances in Water Purification Techniques* (pp. 355-383).
- Wuana, R. A., & Okieimen, F. E. (2011). Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. *Isrn Ecology*.
- Wang S, Shi X. Molecular mechanisms of metal toxicity and carcinogenesis. Mol Cell Biochem. 2001;222:3–9.
- Zheng, N., Wang, Q., and Zheng, D(2007). Health risk of Hg, Pb, Cd, Zn and Cu to the inhabitants around Huludao zinc plant in China via consumption of vegetables. Science of the total environment. 383: 81-9.