Environment and
Water Engineering
ISSN: 2476-3683

محیط زیست و مهندسی آب
شابک : ۲۴۷۶-۳۶۸۳

پهنه‌بندی آلودگی کادمیوم و نیکل در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان یاسوج

محمد رحمانیان و یاسر صفری

دوره ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، صفحات ۳۳۰- ۳۲۱

Vol. 6(4), Winter 2020, 321 – 330

DOI: 10.22034/jewe.2020.232526.1365

Mapping Cadmium and Nickel Contamination in Soils around Yasouj Cement Factory

Rahmanian M. and Safari Y.

www.jewe.ir

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله:

رحمانیان م. و صفری ی. (۱۳۹۹). پهنه‌بندی آلودگی کادمیوم و نیکل در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان یاسوج. محیط‌زیست و مهندسی آب، دوره ۶، شماره ۴، صفحات: ۳۳۰-۳۲۱.

Citing this paper: Rahmanian M. and Safari Y. (2020). Mapping cadmium and nickel contamination in soils around Yasouj Cement Factory. Environ. Water Eng., 6(4), 321–330. DOI: 10.22034/jewe.2020.232526.1365.

پهنه‌بندی آلودگی کادمیوم و نیکل در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان یاسوج

محمد رحمانیان*[۱] و یاسر صفری[۲]

[۱]استادیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

[۲]استادیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

***نویسنده مسئول:** m.rahmanian@yu.ac.ir

مقاله اصلی

تاریخ دریافت: [۱۳۹۹/۰۳/۰۳] **تاریخ بازنگری:** [۱۳۹۹/۰۸/۰۳] **تاریخ پذیرش:** [۱۳۹۹/۰۸/۰۵]

چکیده

صنعت سیمان می‌تواند باعث ورود فلزات سنگین به محیط‌زیست شود. بر این اساس هدف از پژوهش حاضر تعیین مقدار آلودگی فلزات سنگین کادمیوم و نیکل درخاک‌های اطراف کارخانه سیمان یاسوج بود. بدین منظور تعداد ۶۱ نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ cm اطراف کارخانه به‌صورت تصادفی نمونه‌برداری شد. ویژگی‌های مختلف خاک و غلظت کل فلزات کادمیوم و نیکل اندازه‌گیری شدند. برای بررسی نرمال‌بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. در سری داده‌های نرمال از روش کریجینگ و در سری داده‌های غیر نرمال از روش IDW برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی استفاده شد. بیش‌ترین غلظت کادمیوم در قسمت شمالی کارخانه به مقدار ۱۱/۱۲ mg/kg مشاهده شد. نتایج پهنه‌بندی غلظت نیکل نشان داد مقدار نیکل در مناطق نمونه‌برداری شده بیش‌ترین مقدار را دارا بود. مقادیر کادمیوم در ۱۰٪ نمونه‌های برداشت‌شده و نیکل در ۱۰۰٪ نمونه‌ها بیش‌تر از مقادیر استاندارد گزارش‌شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران بود و این نمایانگر خطر تجمع این فلزات در خاک و آلایندگی کارخانه سیمان می‌باشد. به‌طورکلی غلظت بالای این فلزات در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان نشان داد که این آلودگی در نتیجه فعالیت‌های مختلف فرآوری مواد در فرآیند تولید سیمان و حرکت وسایل نقلیه در اطراف کارخانه سیمان است. با توجه به این نتایج، پیشنهاد می‌شود که اقدامات پیشگیرانه محیط زیستی خط تولید سیمان برای کاهش انتشار آلاینده‌ها انجام شود.

واژه‌های کلیدی: آلودگی محیط‌زیستی؛ پهنه‌بندی؛ فعالیت‌های صنعتی؛ کارخانه سیمان.

۱- مقدمه

امروزه پیشرفت صنعت و شهرنشینی، باعث گسترش آلودگی‌های محیط‌زیستی شده است. از میان این آلاینده‌ها، فلزات سنگین به دلیل غیرقابل تجزیه بودن و اثرات فیزیولوژیکی بر موجودات زنده، حتی در غلظت‌های کم، سهم مهمی در آلوده کردن محیط‌زیست دارند. در این ارتباط آلودگی خاک‌ها به فلزات سنگین گسترده بوده و خطر انتقال این فلزات سمی به انسان، حیوان و محصولات کشاورزی وجود دارد (Huang et al. 2017). در واقع تعیین مقدار فلزات در خاک، گردوغبار، گیاهان و رسوبات در پایش محیط‌زیستی آلودگی مهم است (Kawai et al. 2014).

کارخانه‌های سیمان به‌عنوان منبع اصلی انتشار فلزات سنگین در محیط‌زیست گزارش‌شده‌اند (Moslempour and Shahdadi 2013). آلودگی محیط‌زیست با فلزات سنگین در مجاورت کارخانه‌های سیمان به‌دلیل غلظت زیاد، یکی از مهم‌ترین مشکلات پیش روی توسعه این صنعت است. کارخانه‌های سیمان با توجه به پتانسیل نسبتاً بالای آلایندگی باید به‌صورت ویژه موردتوجه قرار گیرند تا از آسیب‌های جدی به اجزای محیط‌زیست جلوگیری به عمل آید؛ به‌ویژه در ایران که روزبه‌روز بر تعداد کارخانه‌های سیمان افزوده می‌شود (Moslempour and Shahdadi 2013). گرد و غبار حاصل از کارخانه سیمان دارای آلاینده‌های متفاوت از جمله فلزات سنگین در ترکیب خود هستند. کادمیوم و نیکل از فلزهای موجود در ترکیب سیمان هستند. نیکل باعث ناراحتی‌های حاد تنفسی، سوزش‌های شدید در ناحیه نای، بیماری سیستم عصبی، سرطان ریه و پوست می‌شود. وجود مقادیر بالای کادمیوم می‌تواند علائمی چون تهوع، مشکلات تنفسی، کم‌خونی، بی‌هوشی، ناراحتی‌های کلیوی، ناراحتی‌های قلبی و تشنج را به همراه داشته باشد (Mahurpawar 2015).

گام نخست در پایش پراکندگی و شدت آلودگی فلزات سنگین در منطقه‌های مشکوک به آلودگی، تعیین مقدار فلزات سنگین می‌باشد. بنابراین دست‌یابی به نقشه کلی پراکندگی فلزات سنگین و پهنه‌بندی آن‌ها امری ضروری در پایش آلودگی خاک محسوب می‌شود (Yazdaninejhad et al. 2014). Ameh et al. (2011) در بررسی تأثیر فعالیت کارخانه سیمان روی رسوبات رودخانه‌ای در شمال نیجریه گزارش کردند که غبار ناشی از کارخانه سیمان حاوی مقادیری از فلزات روی، کادمیوم و نیکل است و کارخانه سیمان و دود ناشی از خودروهای مرتبط با آن کارخانه دو منبع مهم انتشار آلاینده‌ها در خاک‌های اطراف هستند (Ameh et al. 2011). Lafta et al. (2013) در بررسی توزیع فلزات سنگین در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان در عراق نشان دادند که نمونه‌های خاک به‌شدت با کبالت، کادمیوم و نیکل آلوده‌شده‌اند (Lafta et al. 2013). Pourkhabbaz et al. (2016) اثرات محیط زیستی آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان بهبهان را مطالعه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که کارخانه سیمان همراه با فعالیت‌های کشاورزی و انتشارات ترافیکی دلیل اصلی آلودگی خاک‌های اطراف به فلزات سنگین است؛ به‌گونه‌ای که بالاترین غلظت فلزات در نزدیکی کارخانه سیمان یافت شد (Pourkhabbaz et al. 2016). بررسی خطرات محیط‌زیستی فلزات سنگین در خاک‌های سطحی اطراف کارخانه سیمان بابیلون در عراق نشان داد خاک‌های مجاور کارخانه به کادمیوم و نیکل آلوده بودند (Khwedim et al. 2015). نتایج بررسی اثرات محیط‌زیستی گرد و غبار کارخانه سیمان و فلزات سنگین در خاک در عراق نشان داد غلظت کادمیوم در خاک اطراف کارخانه بیش‌تر از نیکل بود اما غلظت این دو عنصر در این خاک‌ها کم‌تر از محدوده مجاز برای این فلزات بود (Al-Husseini 2018). نتایج تحقیقات اخیر نشان‌دهنده اثرات محیط زیستی نامطلوب کارخانه‌های سیمان بر محیط اطراف است (Moslempour and Shahdadi 2013). Sayadi et al. (2018) آلودگی خاک‌های سطحی اطراف کارخانه سیمان قاین به فلزات سنگین را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که مقدار غلظت فلزات در منطقه موردمطالعه از غلظت زمینه بیشتر و در حال تجمع است (Sayadi et al. 2018).

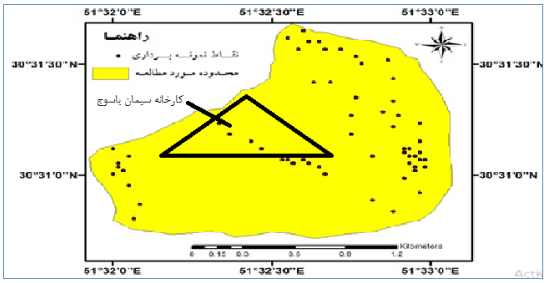
محصول غالب زمین‌های زراعی در اطراف کارخانه سیمان یاسوج جو، گندم، نخود و باغ‌های سیب و هلو است. وجود کارخانه سیمان در منطقه، باعث افزایش اشتغال ساکنان و نیز پیشرفت اقتصادی منطقه می‌شود. البته در این میان

کارخانه سیمان تأثیرات سوئی دارد که می‌توان به مواردی همچون کاهش بهره‌وری کشـــاورزی، از بین رفتن بخش زیادی از اراضـــی زراعی اطراف روســـتاها، کاهش عملکرد محصـــولات کشـــاورزی، بیشـــتر شـــدن آمار بیماری‌های تنفســـی و ســـرطان، افزایش آلودگی خاک منطقه، تخریب زمین‌های اطراف ناشـــی از برداشـــت‌های مختلف از زمین، گســـترش آ فات مزارع و بی ماری، از بین رفتن مراتع و جنگل‌ها و کاهش ســـرســـبزی ســـیمای منطقه، نارضـــایتی کشـــاورزان از وضـــع موجود و ایجاد آلودگی صـــوتی برای ســـاکنان منطقه اشـــاره کرد. با توجه به مواد فوق، هدف از این پژوهش تعیین تأثیر رســـوبات گرد و غبار ســـیمان بر مقدار کل کادمیوم و نیکل در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان یاسوج بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه موردمطالعه و روش نمونه‌برداری

کارخانه ســـیمان یاســـوج در منطقه دشـــتروم در مجاورت جاده یاسوج ـــ گچساران از توابع شهرستان بویراحمد با مختصات ′۳۲ °۵۱ شرقی و ′۳۱ °۳۰ شمالی با ارتفاع m ۲۱۰۰ از ســـطح دریا و در km ۲۵ شـــهر یاســـوج احداث شده ا ست. نمونه‌برداری از ارا ضی اطراف کارخانه شامل کاربری های زراعی، باغی و مرتعی ا نجام شـــد. برای اندازه‌گیری غلظت کادمیوم و نیکل در خاک، از عمق صفر تا cm ۳۰ ت عداد ۶۱ نمو نه خاک نمو نه‌برداری و در کیســـه‌های پلاســـتیکی قرار گرفتند. شـــکل (۱) موقعیت نقاط نمونه‌برداری شده در اطراف کارخانه سیمان یا سوج را نشـــان می‌دهد. نمونه‌برداری به‌صـــورت تصـــادفی در کاربری‌های مختلف در جهت باد غالب در اراضـــی اطراف کارخانه به مرکزیت کارخانه ســـیمان به‌گونه‌ای انجام شـــد که نمونه‌ها نماینده مطلوبی از کل منطقه نمونه‌برداری باشـــ ند. برای نمو نه‌برداری از خاک، ا بـ تدا به‌منظور همگن‌سازی نمونه خاک‌ها در عمق موردنظر، تکه سنگ‌ها و واریزه‌ها جدا گرد ید. ســـپس، ت مام نمونه‌ها با بیلچه برداشت و به داخل کیسه‌های پلاستیکی انتقال داده شد. نمونه‌ها بعد از انتقال به آزمایشـــگاه و هوا خشـــک‌کردن با چکش چوبی کوبیـــده و برای انـــدازه‌گیری ویژگی‌هـــای فیزیکی و شیمیایی و غلظت کادمیوم و نیکل از الک ۳۲۳mm ۲ عبور داده شدند.



شکل ۱- موقعیت نقاط نمونه‌برداری در منطقه موردمطالعه

Fig. 1 Location of sampled points in the study area

۲-۲- تحلیل‌های آزمایشگاهی

قابلیت هدایت الکتریکی در عصـــاره صـــاف‌شـــده ۱ به ۲ خاک و آب مقطر، pH در سو سپان سیون ۱ به ۲ خاک به آب مقطر، درصـــد کرب نات کلســـیم م عادل با روش خنثی‌کردن کرب نات کلســـیم با اســـ یدکلر یدر یک و تیتراســـیون اســـید اضـــافی با ســـود (Loeppert and Sparks 1996)، درصـــد کربن آلی به روش اکســـایش تر (Nelson and Sommers 1996) و غلظت فلزات سنگین با روش هضـــم در نمونه‌های خاک، توســـط محلول تیزاب ســـلطانی[1] دارای کلریک اســـید و نیتریک اســـید غلیظ (نسبت ۳:۱)، با د ستگاه جذب اتمی شیمادزو مدل AA 670اندازه‌گیری شد (Gupta 2000).

۲-۳- تحلیل‌های آماری

برای برر سی توزیع نرمال داده‌ها در سطح اطمینان ۹۵٪، از آزمون کلموگروف-اسـمیرنوف اسـتفاده شـد. در سـری داده‌های نرمال از روش کریجینگ برای تهیه نقشـــه‌های پهنه‌بندی ا ستفاده شد ولی نظر به اثرات نامطلوب الگوی غیرنرمال توزیع داده‌ها بر ساختار واریوگرام‌های حا صل و در نتیجـــه بر نتـــایج نهـــایی تخمین (Webster and Oliver 2007)، در ســـری داده‌های غیر نرمال از روش وزن‌دهی عکس فاصـــ له (IDW)[2] برای تخمین م قادیر فلزات ســـنگین در فضـــای نمونه‌برداری اســـتفاده شـــد. محاســـبه‌های آماری اطلاعات به‌دســـت‌آمده در تحقیق با نرم‌افزار Excel و مراحل زمین‌آماری با اســـتفاده از نرم‌افزار GS^+ انجام شد.

[1]- Aqua regia

[2]- Inverse Distance Weighted

۳- یافته‌ها و بحث

جدول (۱) مقادیر میانگین، حداقل و حداکثر، انحراف معیار و سایر ویژگی‌های آماری کادمیوم، نیکل و تعدادی از ویژگی‌های خاک در اطراف کارخانه سیمان یاسوج را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج جدول (۱) خاک‌های اطراف کارخانه سیمان غیرشور، آهکی، با میانگین pH ۷/۱۷ و میانگین ماده آلی ۱/۵۴ ٪ بودند. میانگین غلظت کادمیوم ۰/۹۶ و میانگین غلظت نیکل mg/kg ۲۴۳/۵۳ بود.

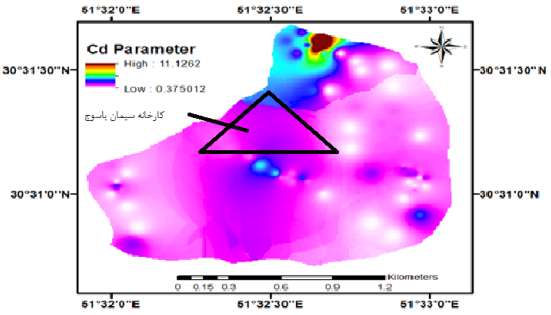
ضریب تغییرات (CV)، بیانگر درجه تغییرپذیری یک متغیر در خاک است. ٪۲۰≥CV نشان‌دهنده تغییرپذیری اندک، ٪۵۰ >CV≥ ٪۲۱ تغییرپذیری متوسط و ٪۱۰۰>CV≥٪۵۰ تغییرپذیری بالا است؛ درحالی‌که ضرایب تغییرات بالاتر از ٪۱۰۰ نشان‌دهنده تغییرپذیری بی‌نهایت بالای متغیر است (Karimi Nezhad et al. 2015). ضریب تغییرات شوری خاک در نقاط اندازه‌گیری شده بالاتر از ٪۵۰ می‌باشد (٪۹۰/۶۸) که بیانگر وجود تغییرات زیاد این متغیر در خاک منطقه موردمطالعه می‌باشد درحالی‌که برای نیکل، ماده آلی، کلسیم کربنات معادل و pH ضریب تغییرات کم‌تر از ٪۵۰ می‌باشد که بیانگر عدم وجود تغییرات خیلی زیاد این متغیرها است (Amini et al. 2006). ضریب تغییرات کادمیوم در نقاط اندازه‌گیری شده بالاتر از ٪۱۰۰ می‌باشد که بیانگر وجود تغییرات بی‌نهایت زیاد این متغیر در خاک منطقه موردمطالعه می‌باشد. گزارش شده‌است ضریب تغییرات کم برای اسیدیته متأثر از عوامل ذاتی همچون مواد مادری در رفتار این ویژگی است درحالی‌که ضریب تغییرات زیاد می‌تواند ناشی از اثر متقابل عوامل مدیریتی مانند مصرف کود و عوامل ذاتی مانند وضعیت زهکشی در خاک‌ها باشد (Foroughifar et al. 2010). همچنین، ضریب تغییرات بالای هدایت الکتریکی می‌تواند به‌دلیل بالا بودن سطح آب‌های زیرزمینی و شدت بالای تبخیر باشد که باعث بجا ماندن نمک‌های محلول در سطح خاک منطقه موردمطالعه شده است.

جدول ۱- آمار توصیفی غلظت فلزات و برخی از ویژگی‌های خاک سطحی در منطقه موردمطالعه

Table 1 Descriptive statistics of metals concentration and some of the surface soil parameters in the study area

Variable	Unit	Mean	Minimum	Maximum	Median	Standard deviation	Coefficient of variation (%)
EC	(dSm^{-1})	0.15	0.07	0.96	0.13	0.14	90.68
pH		7.17	6.72	8.02	7.48	0.85	11.82
Organic matter	(٪)	1.54	0.82	2.19	1.43	0.35	23.11
Equivalent CO_3	(٪)	34.47	18.44	54.00	35.88	11.83	34.32
Cd	mg kg^{-})	0.96	0.38	11.25	1.94	1.45	146.57
Ni	mg kg^{-})	243.53	154.88	358.13	205.31	58.21	23.90

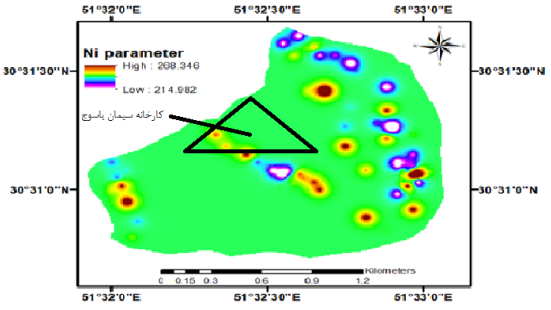
مقادیر شاخص مجذور میانگین مربعات خطا برای تخمین دو عنصر کادمیوم و نیکل به‌ترتیب، ۱۱/۲۰ و ۶۵/۲۰ به‌دست آمد که با توجه به تغییرات قابل‌توجه مقادیر عددی این دو متغیر، برای تخمین مکانی قابل‌قبول می‌باشند. شکل‌های (۲) و (۳) پهنه‌بندی غلظت کادمیوم و نیکل در منطقه موردمطالعه را نشان می‌دهد. بیش‌ترین مقدار کادمیوم در قسمت شمالی کارخانه (mg/kg ۱۱/۱۲) مشاهده شد. با توجه به شکل (۲) مقدار کادمیوم در قسمت شمالی کارخانه بیش‌تر از استاندارد گزارش‌شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران است که این افزایش مقدار می‌تواند در نتیجه فعالیت‌های مختلف فرآوری مواد در فرآیند تولید سیمان و حرکت وسایل نقلیه در اطراف کارخانه سیمان باشد. به‌هرحال، مشابه با پراکندگی زیاد مقادیر عددی کادمیوم که در قالب ضریب تغییرات بسیار زیاد آن انعکاس یافته است (جدول ۱)، پراکنش مکانی غلظت این عنصر در خاک نیز تا حد زیادی بالا بوده و از الگوی منظمی پیروی نمی‌کند. با توجه به تعدد عوامل محیطی و انسانی مؤثر بر غلظت فلزات سنگینی مانند کادمیوم، چنین مشاهده‌ای تا حدی قابل‌انتظار است (Kabata-Pendias 2010).



شکل ۲- پهنه‌بندی کادمیوم در منطقه موردمطالعه

Fig. 2 Cadmium zonation in the study area

گرچه غلظت کادمیوم در خاک‌های بیشتر اراضی منطقه به گواه نتایج موجود در شکل (۲) بسیار اندک و مشخصاً پایین‌تر از حد مجاز غلظت این عنصر در خاک است اما باید توجه نمود که با توجه به اختصاص یافتن اراضی بخش شمالی کارخانه به کاربری کشاورزی، مقادیر بالای کادمیوم به‌دلیل فرآوری‌های مختلف در تولید سیمان، تردد وسایل نقلیه و استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی در محدوده کوچک شمال منطقه مطالعاتی نیز می‌تواند عواقب خطرناکی را در پی داشته باشد. همچنین وزش باد غالب و وجود آبراهه می‌تواند دلیل تجمع کادمیوم در بخش شمال کارخانه باشد (Zamani et al. 2017). در روندی مشابه با توزیع مکانی غلظت کادمیوم در خاک‌های موردمطالعه، نتایج نشان داد که مقدار نیکل در مناطق نمونه‌برداری شده بیش‌ترین مقدار را دارا بود. پراکنش مکانی غلظت کادمیوم در خاک‌های موردمطالعه تا حدی کمتر از نیکل بوده و همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می شود غلظت نیکل در تمام نقاط نمونه‌برداری شده بیش‌تر از استاندارد گزارش شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران است؛ بنابراین کارخانه سیمان می‌تواند عامل اصلی در الگوی پراکنش نیکل در منطقه باشد.



شکل ۳- پهنه‌بندی نیکل در منطقه موردمطالعه

Fig. 3 Nikel zonation in the study area

نتایج پژوهش‌های اخیر نشان‌دهنده اثرات محیط‌زیستی نامطلوب کارخانه‌های سیمان بر محیط اطراف است (Moslempour and Shahdadi 2013). نتایج نشان داد که غلظت نیکل و کادمیوم در نزدیکی کارخانه بیش‌ترین مقدار را داشته است. هم‌چنین با فاصله گرفتن از حاشیه کارخانه از غلظت آن‌ها کاسته شده است. مطالعه پهنه‌بندی فلزات سنگین در خاک‌های سطحی اطراف کارخانه سیمان کردستان نشان داد که میانگین مقدار فلزات کادمیوم، آرسنیک، سرب و مس بیش‌تر از میانگین استاندارد جهانی است. دلیل افزایش مقدار فلزات در خاک‌های سطحی اطراف کارخانه به ساختار زمین‌شناسی منطقه و فعالیت‌های انسانی به‌ویژه کارخانه سیمان کردستان نسبت داده شد (Zamani et al. 2017). پژوهش‌های انجام‌گرفته در مورد پتانسیل آلایندگی فعالیت‌های صنعتی نشان دادند که خاک‌های اطراف کارخانه‌های سیمان نسبت به کادمیوم آلوده بودند. مطالعه انجام‌شده بر روی خاک اطراف یک کارخانه سیمان نشان می‌دهد که غلظت بالایی از فلزات سنگین به‌ویژه سرب، روی و کادمیوم در خاک وجود دارد (Al-Khashman and Shawabkeh 2006).

در پژوهشی دیگر، غلظت کادمیوم در نمونه‌های خاک و برگ گیاهان موجود در اطراف کارخانه سیمان در ترکیه بالاتر از مقادیر متناظر آن در مناطق شاهد دور از کارخانه بود (Isikli et al. 2006). در مطالعه دیگری در اردن نشان داده شد که در نمونه‌های خاکی برداشت‌شده از اطراف کارخانه سیمان فلزاتی همچون سرب، روی و کادمیوم فراوان بود (Al-Khashman and Shawabkeh 2006). در کشور هند پژوهشی بر روی گرد و غبار صنعت سیمان انجام و مشاهده شد که ذرات سیمان شامل فلزات سنگین از جمله نیکل، کبالت، سرب کادمیوم و کروم بوده که همگی از آلاینده‌های هوا محسوب شده و تأثیرهای گوناگونی بر بوم سازگان اطراف خود به جا می‌گذارد (Baby et al. 2008). Ogunkunle (2014) نشان داد خاک‌های سطحی اطراف کارخانه سیمان شدیداً به کادمیوم آلوده‌شده‌اند (Ogunkunle 2014).

برای تعیین مقدار آلودگی خاک به فلز سنگین در یک منطقه باید غلظت فلز در آن منطقه با استانداردهای موجود برای آن منطقه مقایسه شود. مقادیر استاندارد کادمیوم گزارش‌شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران به‌ترتیب ۵ و ۳/۹ mg/kg برای کاربری کشاورزی و حفاظت محیط‌زیست می‌باشد. همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود غلظت کادمیوم در بعضی از نقاط نمونه‌برداری شده بیش‌تر از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران است. نکته حائز اهمیت آن‌که قسمت عمده کاربری زمین اطراف کارخانه سیمان یاسوج کشاورزی می‌باشد.

سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران مقادیر ۱۱۰ و ۵۰ mg/kg را به‌عنوان مقادیر استاندارد نیکل برای کاربری‌های کشاورزی و حفاظت محیط‌زیست گزارش کرد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که درمجموع غلظت نیکل به‌دست‌آمده در تمام نمونه‌های کارخانه سیمان یاسوج بسیار بالاتر از استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران است. بالاتر بودن غلظت‌ها در نمونه‌های برداشت‌شده نمایانگر تأثیر آلاینده‌های منتشرشده از این کارخانه در بالا رفتن غلظت نیکل است. از این‌رو به‌وضوح مشخص است که فرآوری مواد معدنی اولیه برای تولید سیمان موجب بروز غلظت بسیار بالای نیکل در خاک‌های منطقه شده است و در نتیجه، محصولات کشاورزی در نواحی اطراف کارخانه می‌تواند راهی برای رسیدن فلز خطرناک و بیماری‌زای نیکل به حلقه‌های زنجیره غذایی انسان باشد. Moslempour and Shahdadi(2013) در ارزیابی آلودگی فلزات در اطراف کارخانه سیمان خاش افزایش غلظت فلزات سنگین را در نتیجه فعالیت‌های کارخانه را گزارش کردند (Moslempour and Shahdadi 2013). Al-Omran et al. (2011) در عربستان صعودی به بررسی مقدار فلزات سنگین در اطراف یکی از کارخانه‌های سیمان و تأثیر آن بر خواص خاک پرداختند و در حواشی کارخانه غلظت کروم را ۹۸/۴، نیکل ۲۷، روی ۹۲ و سرب را ۲۰/۷ mg/kg گزارش کردند (Al-Omran et al. 2011). آن‌ها افزایش غلظت این فلزات در اطراف کارخانه را در نتیجه فعالیت‌های کارخانه گزارش کردند. در پژوهشی بررسی سطوح غلظت فلزات سنگین در خاک و پوشش گیاهی اطراف کارخانه سیمان ولتا در غنا نتایج نشان داد کارخانه سیمان دلیل اصلی آلودگی فلزات سنگین در خاک و پوشش گیاهی اطراف کارخانه بود (Addo et al. 2012). در بررسی تأثیر فعالیت کارخانه سیمان روی رسوبات رودخانه‌ای در شمال نیجریه کارخانه سیمان و دود ناشی از خودروها دو منبع مهم انتشار آلاینده‌ها گزارش شدند (Ameh et al. 2011).

جدول ۲- ضریب همبستگی (r) پارامترهای شیمیایی خاک با کادمیوم و نیکل
Table 2 Correlation coefficient of chemical parameters with Cd and Ni

Variable	Cd	Ni	pH	EC	OC	OM	CCE
Cd	1						
Ni	0.07	1					
pH	- 0.02	0.13	1				
EC	0.02	0.05	- 0.20	1			
OC	0.08	0.06	- 0.18	- 0.06	1		
OM	0.08	0.06	- 0.18	- 0.06	1.00**	1	
CCE	0.18	0.07	- 0.23	- 0.15	- 0.03	- 0.03	1

CCE: Calcium carbonate Equalent ; OM: Organic materials; OC: Organic carbon

جدول (۲) ضریب همبستگی غلظت کادمیوم و نیکل را با تعدادی از ویژگی‌های خاک نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که فلزات کادمیوم و نیکل با پارامتر های فیزیکی و شیمیایی خاک همبستگی معنی‌داری ندارند. در پژوهش حاضر این موضوع می‌تواند ناشی از تغییرات کم این پارامترها در ناحیه موردمطالعه باشد (Qishlaqi et al. 2009).

جدول۳- مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین (mg/kg) در خاک‌های اطراف کارخانه‌های سیمان در نقاط مختلف دنیا

Table 3 Comparison of mean concentrations (mg/kg) of metals in soils surrounding cement factories in different parts of the world

Refrence	Ni (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Country
(Lafta et al. 2013)	5.90	1.70	Iraq
(Schuhmacher et al. 2002)	-	0.004	Spain
(Al-Khashman and Shawabkeh 2006)	-	5.00	Jordan
(Al-Omran et al. 2011)	27.00	0.35	Saudi Arabia
(Zamani et al. 2017)	23.22	8.81	Iran (Bijar)
(Darivasi et al. 2016)	58.34	0.36	Iran (Neka)
(Rezaei et al. 2016)	–	1.32	Iran (Qayen)
(Moslempour and Shahdadi 2013)	127.10	1.22	Iran (Khash)
(Khwedim et al. 2015)	112.80	0.10	Iraq
(Addo et al. 2012)	245.26	–	Ghana
(Sielaff and Einax 2007)	–	2.81	Germany
(Mandal and Voutchkov 2011)	–	5.24	Jamaica
This study	243.53	0.96	Iran

جدول (۳) مقایسه غلظت فلزات در مطالعه حاضر با سایر مطالعات انجام‌شده در کشورهای مختلف را نشان می‌دهد. نتیجه این مطالعه نشان داد که غلظت کادمیوم در خاک اطراف کارخانه سیمان یاسوج از غلظت گزارش‌شده در خاک اطراف کارخانه سیمان در اسپانیا، عربستان صعودی، ایران (شهرستان نکا) و عراق بیش‌تر و از غلظت گزارش‌شده برای عراق، اردن، آلمان، ایران (بیجار، قائن و خاش) و جامائیکا کم‌تر است. غلظت نیکل در خاک اطراف کارخانه سیمان یاسوج از غلظت گزارش‌شده در خاک اطراف کارخانه سیمان عراق، عربستان صعودی، عراق و ایران (بیجار، نکا و خاش) بیش‌تر و از غلظت گزارش‌شده برای غنا کم‌تر است.

۴- نتیجه‌گیری

۱- پراکنش غلظت فلزات در منطقه موردمطالعه نشان داد که صنعت سیمان می‌تواند نقش به‌سزایی در بالا بردن غلظت فلزات سنگین در محیط اطراف کارخانه داشته باشد.

۲- مقدار کادمیوم در قسمت شمالی کارخانه و مقدار نیکل در تمام نقاط نمونه‌برداری شده بیش‌تر از حدود مجاز تعیین‌شده برای غلظت این عناصر در اراضی کشاورزی کشور توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست کشور بود.

۳- راه یابی دو عنصر بیماری‌زای کادمیوم و نیکل به زنجیره غذایی ساکنان منطقه طی کشت اراضی زراعی موجود در اطراف کارخانه سیمان امری اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. هم‌چنین، مواجهه مستقیم کشاورزان محلی با خاک‌های آلوده به نیکل، امکان انتقال این فلز خطرناک به بدن آن‌ها را تسهیل می‌نماید.

در راستای کنترل عواقب خطرناک تجمع فلزات سنگین در بدن ساکنان منطقه انجام اقدامات مدیریتی پیشگیرانه ضروری به نظر می‌رسد. در این ارتباط، نصب یک سامانه فیلترسازی قوی برای کاهش سطح آلایندگی دود خروجی از کارخانه سیمان و نیز تغییر کاربری اراضی دارای سطوح بالای آلودگی فلزات سنگین از کشاورزی به دیگر کاربری‌ها راهکارهایی سودمند به نظر می‌رسند.

References

Addo M. A., Darko E. O., Gordon C., Nyarko B. J. B., Gbadago J. K., Nyarko E., Affum H. A. and Botwe B. O. (2012). Evaluation of heavy metals contamination of soil and vegetation in the vicinity of a cement factory in the Volta region, Ghana. I. J. Environ. Sci. Technol., 2, 40–50.

Al-Husseini A. H. E. (2018). Ecological and health risk assessments of trace elements in Al-Shaibah dust, Basrah city, Iraq. J. U. B. Environ. Sci., 26(6), 185-198.

Al-Khashman O. A. and Shawabkeh A. R. (2006). Metals distribution in soils around the cement factory in southern Jordan. Environ. Pollut., 140, 387-394.

Al-Omran A. M., El-Maghraby S. E., Nadeem M. E. A., El-Eter A. M. and AlQahtani S. M. I. (2011). Impact of cement dust on some soil properties around the cement factory in Al-Hasa Oasis, Saudi Arabia. Am. Eurasian J. Agric. Environ. Sci., 11(6), 840-846.

Ameh E. G., Kolawole M. S. and Imeokparia E. G. (2011). Using Factor-Cluster analysis and enrichment methods to evaluate impact of cement production on stream sediments around Obajana cement factory in kogi state, North Central Nigeria. Pelagia Research Library, 76-89.

Amini M., Afyoni M. and Khademi, H. (2006). Modeling of mass balance of Cd and Pb in agricultural lands of Isfahan region. J. Agric. Sci. Technol., 10(4), 77-89 [In Persian].

Baby S., Singh N. A., Shrivastava P., Nath S. R., Kumar S. S., Singh D. and Vivek K. (2008). Impact of dust emission on plant vegetation of vicinity of cement plant. J. Environ. Manage., 7(1), 31-35.

Darivasi S., Saeb K. and Mollashahi M. (2016). Effects of distance from pollutant sources on heavy metal concentrations around Neka cement factory soil. J. Environ. Sci. Technol., 17(4), 32-43 [In Persian].

Foroughifar H., Jafarzadah A. A., Torabi Gelsefidi H., Aliasgharzadah N., Toomanian N. and Davatgar N. (2010). Spatial variations of surface soil physical and chemical properties on different landforms of Tabriz plain. Water Soil, 21(3), 1-21. [In Persian].

Gupta P. K. (2000). Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agrobios, New Delhi, India, 438 pp.

Huang S. H., Li Q., Yang Y., Yuan C. Y., Ouyang K. and You P. (2017). Risk assessment of heavy metals in soils of a lead-zinc mining area in Hunan Province, China. J. Chemists Chem. Eng., 66(3-4), 173−178.

Isikli B., Demir T. A., Akar T., Berber A., Urer S. M., Kalyoncu C. and Canbek M. (2006). Cadmium exposure from the cement dust emissions: A field study in a rural residence. Chemosphere, 63, 1546-1552.17.

Kabata-Pendias A. (2010). Trace Elements in Soils and Plants. 4th Ed. CRC press, Boka Raton.

Kariminejad J., Behrouzi-Rad B. and Hussin-Al-Hashemi A. (2016). Investigating pollution caused by agricultural activities in Shadegan Marsh with birds' index. J. Sci. Res. Edu., Green Wave, 55, 3-10. [In Persian].

Kawai K., Hayashi A., Kikuchi H. and Yokoyama S. (2014). Desorption properties of heavy metals from cement hydrates in various chloride solutions. Cons. Building Mater., 67, 55-60.

Khwedim K., Meza-Figueroa D., Hussien L. A. and Del Rı o-Salas R. (2015). Trace metals in topsoil's near the Babylon Cement Factory (Euphrates River) and human health risk assessment. Environ. Earth Sci., DOI 10.1007/s12665-015-4071-x.

Lafta J. G., Fadhil H. S. and Hussein A. A. (2013). Heavy metals distribution and the variation of soil properties around Alqaim cement factory in Anbar Governorate – Iraq. Int. J. Agric. Environ. Technol., 3(1), 289-291.

Loeppert R. H. and Sparks D. L. (1996). Carbonate and gypsum. p. 437-474. In Sparks D. L. (ed), Methods of Soil Analysis. SSSA, Madison.

Mahurpawar M. (2015). Effects of heavy metals on human health. Int. J, Res. – Granthaalayah. Social Issues and Environmental Problems, 2394-3629

Mandal A. and Voutchkov M. (2011). Heavy metals in soils around the cement factory in Rockfort, Kingston, Jamaica. Int. J. Geosci., 2, 48–54.

Moslempour M. E. and Shahdadi S. (2013). Assessment of heavy metal contamination in soils around of Khash Cement Plant, SE Iran. Iran. J. Earth Sci., 5, 111–118. [In Persian].

Nelson D. W. and Sommers L. E. (1996). Carbon, organic carbon, and organic matter. p. 961-1010. In Sparks D. L. (ed), Methods of Soil Analysis. SSSA, Madison.

Ogunkunle C. O. (2014). Contamination and spatial distribution of heavy metals in top soil surrounding a mega cement factory. Atmospheric Pollut. Res., 5(2), 270-282.

Pourkhabbaz H. R., Javanmardi S., Yusefnia H., Eslami M., Makrouni S. and Aghdar H. (2016). Environmental evaluation of heavy metals contamination in soils around the Cement Factory in Behbahan city. J. Geo. Environ. Plan., 27(3), 87-106 [In Persian].

Qishlaqi A., Moore F. and Forghani G. (2009). Characterization of metal pollution in soils under two landuse patterns in the Angouran region, NW Iran; a study based on multivariate data analysis. J. Hazard. Mater., 172, 374–384.

Rezaei M. R., Sayadi M. H. and Khaksarnejad M. (2016). Contamination of barberry with heavy metals in the vicinity of Qayen Cement Company, Khorasan, Iran, in 2014: A Case study. J. O. Health Epidem., 3(4), 216-223.

Sayadi M. H., Rezaei M. R. and Hajiani M. (2018). Investigation of surface soil contaminationby lead and chromium around the Qayen cement factory. J. Environ. Water Eng., 3(4), 312 – 322. [In Persian].

Schuhmacher M., Bocio A., Agramunt M. C., Domingo J. L. and de Kok H. A. (2002). PCDD/F and metal concentrations in soil and herbage samples collected in the vicinity of a cement plant. Chemosphere, 48(2), 209-217.

Sielaff K. and Einax J. W. (2007). The application of multivariate statistical methods for the evaluation of soil profiles. J. Soil. Sediment., 7(1), 45–52.

Webster R. and Oliver M. A. (2007). Geostatistics for Environmental Scientists. 2nd Ed. John Wiley and Sons, Chichester.

Yazdaninejhad F., Torabi H. and Davatgar N. (2014). Mapping of available Fe, Zn, Cu and Mn in soils of southern Tehran lands by Geostatistical and GIS techniques. Iranian J. Soil Water Res., 44(4), 383-95. [In Persian].

Zamani A., Ahmadpour E., Zanganeh A. and Khosravi Y. (2017). Mapping the heavy metals proportons in surface soils of the closed Kurdistan cement factory zone. Iranian J. Res. Environ. Health, 3(1), 40-55 [In Persian].

Mapping Cadmium and Nickel Contamination in Soils around Yasouj Cement Factory

Mohamad Rahmanian[1*] and Yaser Safari[2]

[1]Assist. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran
[2]Assist. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

*Corresponding author: m.rahmanian@yu.ac.ir

Original Paper
Received: May 23, 2020 **Revised:** October 24, 2020 **Accepted:** October 26, 2020

Abstract
Cement manufacturing can be an entrance source for heavy metals to the environment. Hence, the purpose of this study was to determine the amount of pollution of heavy metals, cadmium and nickel, in the lands around the Yasouj Cement Company. For this purpose, 61 soil samples from zero to 30 cm depth around the plant were randomly sampled. Some of soil properties and total concentration of Cd and Ni were measured. Kolmogorov-Smirnov test was used to examine the normality of the data. In the normal and abnormal data series, kriging and IDW methods were used to prepare zoning maps. The highest concentration of cadmium was observed in the northern part of the plant (11.12 mg/kg). The results of nickel concentration zoning showed that the amount of nickel was highest in the sampled areas. The levels of cadmium in 10% of the samples and nickel in 100% of the samples were higher than the standard values reported by the Department of Environmental of Iran, and this indicates the risk of accumulation of these metals in the soil and pollution of the cement plant. Generally, high concentrations of these metals in soils around the cement factory showed that the pollutants are as a result of the different activities such as material processing in the process of cement production and the movement of vehicles around the cement company. According to these results, it is recommended that environmental preventive measures be taken to reduce the emission of pollutants in the cement production line.

Keywords: Cement Company; Environmental Pollution; Industrial Activities; Zoning.