مجله محیط زیست و مهندسی آب
شاپک : ۲۴۷۶-۳۶۸۳

Journal of Environment and Water Engineernig
ISSN: 2476-3683

بررسی آلودگی خاک‌های سطحی اطراف کارخانه سیمان قاین به فلزات سنگین سرب و کروم

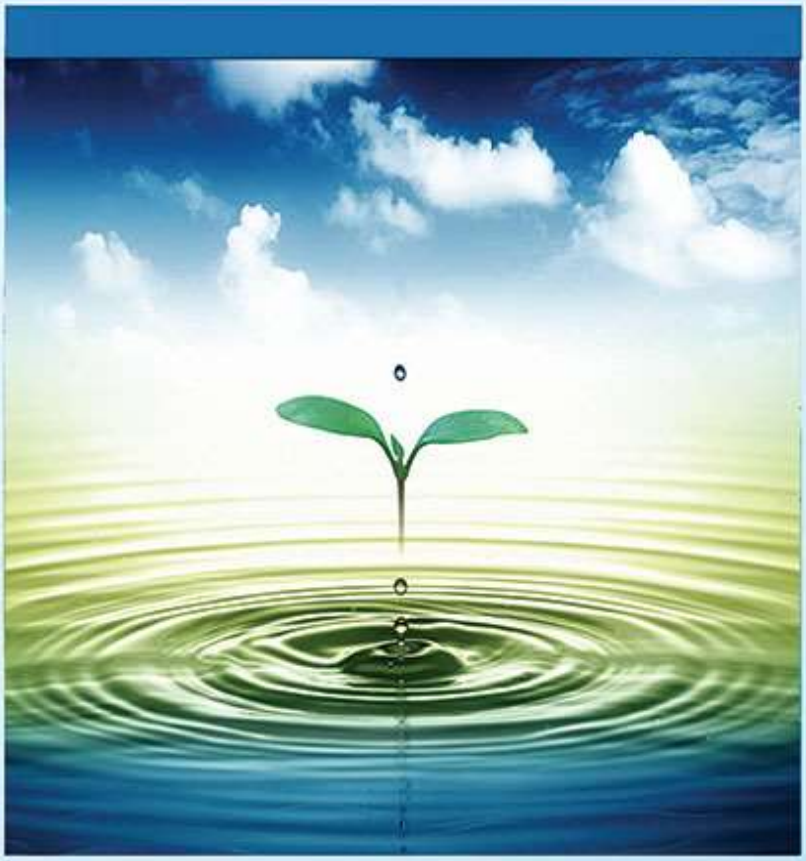
محمد حسین صیادی، محمدرضا رضایی و محمود حاجیانی

دوره ۳، شماره۴، زمستان ۱۳۹۶، صفحات ۳۲۲- ۳۱۲

Vol. 3(4), Winter 2018, 312 – 322

Investigation of Surface Soil Contamination by Lead and Chromium around the Qayen Cement Factory

Sayadi M. H., Rezaei M. R. and Hajiani M.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله: صیادی م. ح.، رضایی م. ر. و حاجیانی م. (۱۳۹۶). بررسی آلودگی خاک‌های سطحی اطراف کارخانه سیمان قاین به فلزات سنگین سرب و کروم. محیط‌زیست و مهندسی آب، دوره ۳، شماره ۴، صفحات:۳۲۲ - ۳۱۲

Citing this paper: Sayadi M. H., Rezaei M. R. and Hajiani M. (2018). Investigation of surface soil contamination by lead and chromium around the Qayen cement factory. J. Environ. Water Eng., 3(4), 312 – 322.

بررسی آلودگی خاک‌های سطحی اطراف کارخانه سیمان قاین به فلزات سنگین سرب و کروم

محمد حسین صیادی*[۱]، محمدرضا رضایی[۱] و محمود حاجیانی[۲]

[۱]دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

[۲]استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

*نویسنده مسئول: mh_sayadi@birjand.ac.ir

مقاله اصلی

تاریخ دریافت: [۱۳۹۶/۰۶/۳۱] **تاریخ پذیرش: [۱۳۹۶/۰۸/۲۵]**

چکیده

فلزات سنگین مشکلی جهانی به‌شمار می‌آیند که با وارد شدن به زنجیره‌غذایی انسان مشکلات غیرقابل جبرانی را به همراه دارند. این فلزات به‌طور طبیعی در سنگ‌ها و خاک‌ها وجود دارند، اما ورود فلزات به خاک از طریق فعالیت‌های انسانی در دهه گذشته افزایش‌یافته‌است. هدف از این مطالعه تعیین میزان آلودگی فلزات سنگین سرب و کروم در خاک اطراف کارخانه سیمان قاین با استفاده از معیارهای شاخص زمین انباشتگی، فاکتور آلودگی و شاخص آلودگی می‌باشد. نمونه‌برداری بر اساس یک شبکه منظم سیستماتیک در ۸ جهت مختلف در فاصله‌های ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متری از کارخانه سیمان و جمعاً ۶۴ نمونه از خاک سطحی صورت گرفت. نمونه‌های خاک از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند، سپس با اسید هیدروفلوئوریک، پرکلریک اسید، اسید هیدروکلریک، اسید نیتریک هضم شیمیایی شدند. با استفاده از دستگاه جذب اتمیContr AA700 با روش شعله، مقدار سرب و کروم اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که میانگین غلظت عنصر کروم و سرب به ترتیب ۵۲/۰۵ و ۶۶/۷۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. مقادیر شاخص زمین انباشتگی برای این دو فلز در تمامی ایستگاه‌ها و در فواصل مختلف در طبقات یک و دو (غیر آلوده تا کمی آلوده و کمی آلوده) قرار می‌گیرند. مقادیر شاخص آلودگی نشان می‌دهد که در ایستگاه‌ها و در فواصل مختلف، آلودگی متوسط به کروم و سرب به ترتیب ۳۹ و ۴۴٪ و همچنین آلودگی زیاد به این دو عناصر ۶۱٪ و ۵۶٪ می‌باشد. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان به این نتیجه رسید که میزان غلظت کروم و سرب در منطقه موردمطالعه از غلظت زمینه بیشتر و در حال تجمع است.

واژه‌های کلیدی: شاخص آلودگی؛ شاخص زمین انباشتگی؛ فاکتور آلودگی؛ فلزات سنگین؛ سیمان قاین

۱- مقدمه

غلظت فلزات سنگین در محیط‌زیست توجه بسیار زیادی را به خود جلب کرده است. این مواد به دلیل پایداری، سمیت و اثرات مهم آن‌ها بر کیفیت زیست‌بوم، یکی از منابع مهم آلاینده در محیط‌زیست به شمار می‌روند (Sayadi and Sayadi et al. 2008; Rezaei 2014). این فلزات توسط منابع طبیعی و انسانی منتشر و در لایه‌های خاک بسیاری از سیستم‌های محیط‌زیستی یافت می‌شوند (Sayadi and Rezaei 2014). اگرچه فلزات به‌طور طبیعی در سنگ‌ها و خاک‌ها وجود دارند، اما نسبت ورود فلزات به سیستم خاک به‌طور مداوم از طریق فعالیت‌های انسانی در طول دهه گذشته افزایش‌یافته‌است (Sayadi et al. 2015a). تعیین غلظت فلزات سنگین نمونه‌های خاک، گردوغبار در کنترل آلودگی محیطی بسیار اهمیت دارد (Rezaei and Sayadi 2013) که برخی از این فلزات سمّی شامل جیوه، کادمیوم، سرب، کروم و آرسنیک است (Su et al. 2014). آلومینیوم، بریلیوم، کروم، مس، منگنز، نیکل و روی نیز در انتشارات حاصل از کارخانه‌های سیمان شناسایی‌شده‌اند. برخی از این عناصر برای انسان ضروری هستند، ولی میزان آن‌ها نیز در سطوح بالا می‌تواند به معنای خطر سم‌شناسی باشد (Shakeri et al. 2010). تجمع فلزات سنگین در خاک می‌تواند باعث کاهش عملکرد خاک و بهره‌وری آن شود. آلودگی خاک می‌تواند پیامدهایی همچون سمّیت گیاهان در غلظت‌های بالا و درنتیجه انتقال فلزات سنگین به رژیم غذایی انسان از طریق جذب توسط محصول و یا مصرف خاک توسط چرای دام داشته باشد (Sayadi et al. 2015b).

تقریباً تمام صنایع، مواد زائد خطرناک تولید می‌کنند و صنعت سیمان یکی از هفده صنایع آلاینده محیط‌زیست است که این فهرست توسط انجمن کنترل آلودگی ایالات‌متحده تهیه شد (Yahaya et al. 2013). افرادی که در اطراف کارخانه‌های سیمان زندگی می‌کنند، اغلب در مورد خطرات بالقوه بهداشتی حاصل از این کارخانه نگران هستند (Schuhmacher et al. 2009) زیرا فرآیند تولید، تکلیس و سوزاندن ماده‌اولیه جهت تولید سیمان آلاینده‌هایی همچون فلزات سنگین، دیوکسین، مواد ریزدانه، مس، آهن، آلومینیوم، سیلیکون، دی‌اکسید سولفور و دی‌اکسید نیتروژن را تولید می‌کند (Akinola et al. 2008). سیمان پودری سفید مایل به خاکستری می‌باشد که از غبار موجود در کوره سیمان حاصل گشته (Akinola et al. 2008) و مشخصه اصلی آن، توانایی مخلوط شدن با آب و ایجاد سازه‌های جامد و محکم می‌باشد (Schuhmacher et al. 2002). این ماده در مقایسه با مصالح ساختمانی دیگر بادوام، مقرون‌به‌صرفه و دردسترس می‌باشد (Yahaya et al. 2013). سیمان پرتلند معمول‌ترین نوع سیمان می‌باشد که در سراسر جهان به‌عنوان ماده پایه بتن، شفته، گچ و دوغاب استفاده می‌شود (Akinola et al. 2008) و حاوی ۳-۸٪ اکسید آلومینیوم، ۰/۵- ۰/۶٪ اکسید آهن، ۶۰- ۷۰٪ اکسید کلسیم، ۱۷- ۲۵٪ اکسید سیلیکون، ۰/۱-۴٪ اکسید منیزیم و ۱-۳٪ سولفورتری اکسید می‌باشد (Ade- Ademilua and Umebese 2007; Ade- Ademilua and Obalola 2008). گردوغبار سیمان نیز حاوی کلسیم، سیلیکون، آلومینیوم، منگنز، روی و آهن می‌باشد. علاوه بر این، گردوغبار سیمان از کوره‌ها تولید می‌شوند و ممکن است شامل فلزات سنگین، دیوکسین، ذرات معلق و کروم باشد (Bermudez et al. 2010). تعدادی از استراتژی‌ها، به‌منظور رفع اثرات قرارگیری در معرض گردوغبار سیمان پیشنهاد شده‌است. این روش‌ها شامل استفاده از فیلترهای کارآمد گردوغبار، جمع کننده گردوغبار و کاشت درختان می‌باشد (Yahaya et al. 2013). نرخ متوسط انباشتگی گردوغبار در اطراف کارخانه‌های سیمان، بیش از ۴۰ تن در هر کیلومترمربع در هر ماه است. این مقدار زیاد از ذرات گردوغبار اثرات مخرب بالقوه‌ای را بر محیط و گیاهان دارد (Hegazy 1996). همچنین گردوغبار در حال نشست بر روی خاک اطراف کارخانه سیمان، به‌خصوص مناطق پایین‌دست، باعث تغییر pH خاک به سمت قلیایت می‌شود، که این عمل برای جو، مطلوب ولی برای مراتع نامطلوب می‌باشد (Ahiamadjie et al. 2010; Iqbal

and Shafug 2001). مطالعه انجام‌شده بر روی خاک اطراف کارخانه سیمان نشان‌می‌دهد که غلظت بالایی از فلزات سنگین به‌ویژه سرب، روی و کادمیوم در خاک عمق ۰- ۱۰ سانتیمتری وجود دارد (Al-Khashman and Shawabkeh 2006).

Dietz et al. (2004) از رایج‌ترین منبع‌های انتشار کروم در محیط‌زیست می‌توان به کارخانه‌های تولید سیمان و احتراق گاز طبیعی، نفت و زغال‌سنگ اشاره کرد. قرارگرفتن در معرض گردوغبار صنایع سیمان به دلیل همراه داشتن فلزات سنگین منجر به بیماری‌های خون، آسیب به ارگان‌ها، صدمات چشمی و پوستی، کاهش وزن، مشکلات ژنتیکی، مشکلات تنفسی و سرطان می‌شود. استراتژی‌های جلوگیری از آلودگی و کنترل متعارف در صنعت سیمان اغلب به دلیل کمبود بودجه، نقص استراتژی‌های فنی، ضعف قوانین حفاظت از محیط‌زیست، درنتیجه، آلودگی کارخانه‌های سیمان مشکلی مداوم با خطرات بهداشتی مربوط به آن، باقی‌مانده است (Yahaya et al. 2013). هدف از این تحقیق تعیین میزان آلودگی فلزات سنگین سرب و کروم در خاک اطراف کارخانه سیمان قاین با استفاده از معیارهای شاخص Igeo، PI،CF و همچنین ارزیابی وضعیت آلودگی خاک منطقه موردمطالعه به این دو فلز می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- موقعیت جغرافیایی

شرکت سیمان قاین در جنوب شهرستان قاین در استان خراسان جنوبی در موقعیت"۱۳'۴۱ ˚ ۳۳ عرض شمالی و "۲۲ '۱۱ ˚ ۵۹ طول شرقی واقع‌شده‌است. این شرکت در سال ۱۳۶۰ در ۱۰ کیلومتری جاده قاین – بیرجند در مجاورت معادن مربوطه در زمینی به وسعت ۱۴۰ هکتار احداث‌گردید. محصول غالب زمین‌های زراعی این شهرستان و اطراف کارخانه موردنظر زرشک و پسته است. جهت باد غالب در محدوده اطراف کارخانه سیمان شرقی به غربی است (Rezaei et al. 2014).

۲-۲- نمونه‌برداری و آنالیز خاک

به‌منظور ارزیابی میزان غلظت فلزات سنگین سرب و کروم در محیط اطراف کارخانه سیمان قاین، نمونه‌برداری در ۸ جهت مختلف از فاصله‌های ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متری از کارخانه با توجه به شرایط اقلیمی (بادهای محلی) و پستی‌وبلندی منطقه موردمطالعه از عمق cm ۲۰-۰ در سال ۱۳۹۳ صورت گرفت. از هر ۶۴ ایستگاه با ۳ تکرار نمونه‌برداری انجام شد. جهت به‌دست-آوردن غلظت زمینه منطقه موردمطالعه، چهار نمونه خاک شاهد به‌طور تصادفی از عمق cm ۱۵۰ زمین در فاصله ۴/۵ کیلومتری از کارخانه سیمان که دارای سازنده‌های زمین‌شناسی مشابهی با منطقه موردمطالعه بوده و تحت هیچ‌گونه فعالیت انسانی قرار نداشته‌است، برداشت گردید (Sayadi et al. 2017). ابتدا به‌منظور همگن‌سازی از نمونه خاک‌های در عمق موردنظر، تکه سنگ‌ها، آلاینده‌های فیزیکی و واریزه‌ها جدا گردید. تمام نمونه‌ها با بیلچه برداشت و به داخل کیسه‌های پلاستیکی انتقال داده شد. نمونه‌های خاک با هوا خشک و سپس از یک الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. سپس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک موردبررسی قرار گرفت (بافت خاک لوم شنی؛ ماده آلی ۸۳/. درصد؛ EC ۴/۴Ds/m؛ pH ۸/۶). نمونه‌های خاک با ml ۱۰ اسید هیدروفلوئوریک، ml ۵ پرکلریک اسید، ml ۲/۵ اسید هیدروکلریک، ml ۲/۵ اسید نیتریک هضم شیمیایی شدند (Page et al. 1982) و سپس از طریق دستگاه جذب اتمیContr AA700 به روش شعله با حد آشکارسازی (LOD ۳/۵) و ۱/۷ میکروگرم بر کیلوگرم به ترتیب برای سرب و کروم اندازه‌گیری شد. همچنین درصد انحراف معیار نسبی (RSD) بین ۲/۴- ۳/۱۸٪ محاسبه گردید.

۲-۳- شاخص‌های آلودگی خاک

شاخص‌هایی به‌منظور بررسی وجود یا عدم وجود آلودگی و همچنین تعیین درجه آن در خاک وجود دارند که ازجمله آن‌ها می‌توان به شاخص زمین انباشتگی، شاخص آلودگی و فاکتور آلودگی اشاره‌کرد که در زیر به آن‌ها پرداخته‌شده است.

۲-۳-۱- شاخص زمین انباشتگی

شاخص زمین انباشتگی آلودگی شاخصی است که در آن غلظت فعلی و قبل از فعالیت صنعتی مورد مقایسه و ارزیابی قرار می‌گیرد. این شاخص می‌تواند درجه آلایندگی خاک را تعیین کند. این روش برای اولین بار توسط مولر معرفی و مورداستفاده قرار گرفت که به‌صورت رابطه (۱) می‌باشد:

$$I_{geo}=\log_2 C_n/1.5B_n \quad (۱)$$

که در آن I_{geo}، شاخص زمین انباشتگی، C_n غلظت اندازه‌گیری شده از عنصر n در خاک و همچنین، B_n مقدار غلظت زمینه می‌باشد. مقدار ثابت ۱/۵ به‌منظور کاهش تأثیر فعالیت انسانی و همچنین آنالیز نوسانات طبیعی در مقدار ماده موجود در محیط‌زیست می‌باشد که برای این شاخص ۶ طبقه (جدول ۱) تعریف‌شده است.

جدول ۱- طبقات شاخص زمین انباشتگی (Muller 1969)

درجه آلودگی	شاخص زمین انباشتگی	طبقه
غیر آلوده	<۰	۰
غیر آلوده تا کمی آلوده	۰-۱	۱
کمی آلوده	۱-۲	۲
کمی آلوده تا خیلی آلوده	۲-۳	۳
خیلی آلوده	۳-۴	۴
خیلی آلوده تا شدیداً آلوده	۴-۵	۵
شدیداً آلوده	>۵	۶

۲-۳-۲-فاکتور آلودگی

از این فاکتور به‌منظور بیان وضعیت آلودگی محیط نسبت به یک عنصر خاص استفاده می‌شود (Rashki et al. 2015). برای اولین بار هاکانسون به‌منظور دستیابی به ارزیابی ریسک آلودگی خاک منطقه، فاکتور آلودگی را برای ۷ فلز سنگین به کار برد (Hakanson 1980)، که به‌صورت رابطه (۲) می‌باشد:

$$CF=M_x/M_b \quad (۲)$$

در این رابطه M_x میانگین غلظت فلز موردنظر در خاک نمونه‌برداری شده و M_b میانگین غلظت فلز موردنظر در خاک زمینه می‌باشد. آلودگی خاک موردنظر ممکن است بر اساس شدت آن، در محدوده ۱ تا ۶ قرار گیرد (جدول ۲).

جدول ۲- طبقات فاکتور آلودگی (Hakanson 1980)

درجه آلودگی	مقدار فاکتور آلودگی
غیر آلوده	۰
غیر آلوده تا کمی آلوده	۱
کمی آلوده	۲
کمی آلوده تا خیلی آلوده	۳
خیلی آلوده	۴
خیلی آلوده تا شدیداً آلوده	۵
شدیداً آلوده	۶

۲-۳-۳- شاخص آلودگی

به‌منظور دستیابی کیفیت محیط خاک، شاخص آلودگی (PI) هر فلز محاسبه می‌شود. شاخص آلودگی، نسبت غلظت فلزات سنگین در خاک به مقدار زمینه همان فلز می‌باشد (Chenet al. 2005) و در سه دسته کم ($PI\leq1$)، متوسط ($1<PI\leq3$) و زیاد ($PI>3$) طبقه‌بندی انجام-می‌پذیرد. این شاخص توسط (Yu et al. 2004) ارائه شد و از رابطه (۳) قابل‌محاسبه است.

$$PI= C/X_a \quad C\leq X_a$$

$$PI= 1+(C-X_a)/(X_c-X_a)\ X_a<C\leq X_c \quad (۳)$$
$$PI= 2+ (C-X_c)/(X_p-X_c)\ X_c<C\leq X_p$$
$$PI= 3+ (C-X_p) / (X_p-X_c)\ C>X_p$$

در این رابطه C غلظت اندازه‌گیری شده برای هر عنصر، X_a غلظت آستانه غنی شدن ۳۵ و ۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب برای سرب و کروم، X_c غلظت آستانه سطح پایین آلودگی ۲۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب برای سرب و کروم و X_p غلظت آستانه سطح بالای آلودگی ۵۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب برای سرب و کروم است (Yu et al. 2004). بر اساس این شاخص به چهار کلاس آلودگی تقسیم‌شده‌است (جدول ۳).

جدول ۳- کلاس‌های آلودگی بر اساس محاسبه شاخص آلودگی

کلاس آلودگی	PI
غیر آلوده	PI≤۱
سطح پایین آلودگی	۱≤PI<۲
سطح متوسط آلودگی	۲≤PI<۳
سطح بالای آلودگی	PI≥۳

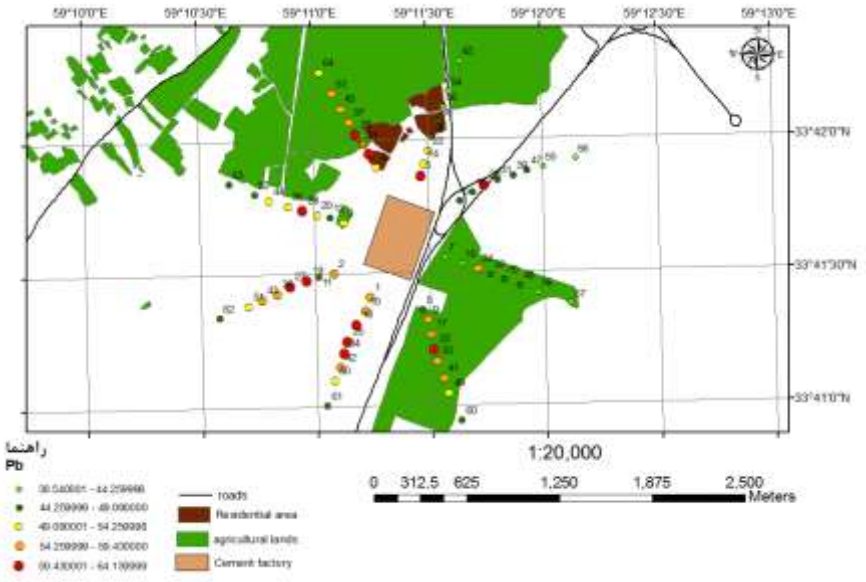
تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. به‌منظور مقایسه میانگین فلزات سنگین در ایستگاه‌های مختلف از آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) استفاده شد.

۳-نتایج و بحث

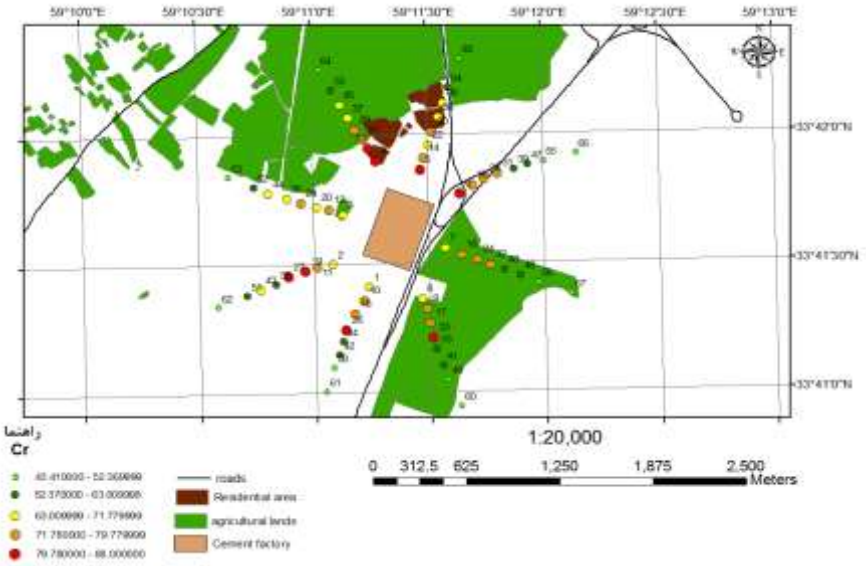
۳-۱- میانگین غلظت فلزات سنگین

میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و کروم و تغییرات غلظت آن‌ها در ایستگاه‌های مختلف با استفاده از نرم افراز سیستم اطلاعات جغرافیایی Arcview به‌صورت شماتیک در شکل‌های (۱) و (۲) نشان داده شده است. نتایج ارائه‌شده در شکل (۱) نشان می‌دهد که بالاترین میانگین غلظت فلزات سنگین در خاک طی دوره نمونه‌برداری به ترتیب مربوط به فلزات سرب و کروم است. همچنین مشاهده شد، در محورهای نمونه‌برداری که همسو با جهت باد غالب منطقه هستند میانگین غلظت دو فلز سرب و کروم بیشتر است. متوسط بیشترین میزان غلظت سرب در فاصله ۴۰۰ الی ۶۰۰ متر در کلیه محورها است. بنابراین میزان سرب دارای روند یکسانی است و تغییرات شدیدی مشاهده نمی‌شود. درحالی‌که متوسط بیشترین میزان غلظت کروم در فاصله ۳۰۰ الی ۵۰۰ متر در کلیه محورها است. بنابراین میزان کروم نیز دارای روند یکسانی است و تغییرات قابل ملاحظه‌ای ندارد.

بر اساس آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و کروم در جهت‌های مختلف اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود دارد. همچنین میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و کروم در فاصله‌های مختلف از کارخانه سیمان نیز اختلاف معنی‌داری دارند (Pvalue ≤۰/۰۱). همان‌گونه که در شکل‌های (۱) و (۲) نشان داده شده‌است با توجه به افزایش فاصله از کارخانه میزان تجمع فلزات سنگین در اطراف کارخانه کمتر می‌شود. نتایج آمار توصیفی غلظت فلزات سنگین در ایستگاه‌های مختلف منطقه موردمطالعه، دامنه تغییرات برای سرب .۴۳/۴۱–۸۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم. و کروم ۳۸/۵۴ – ۶۴/۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم نشان‌داد. میانگین غلظت سرب ۱۲/۴۵±۶۶/۷۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و میانگین فلز کروم ۶/۹۴±۵۲/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. میانگین غلظت زمینه (شاهد) فلز کروم و سرب به ترتیب ۱۷/۳۹ و ۱۷/۷۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد.



شکل ۱- پراکندگی مکانی میانگین غلظت فلز سنگین سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)



شکل ۲- پراکندگی مکانی میانگین غلظت فلز سنگین کروم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

۳-۲- شاخص‌های وضعیت آلودگی

۳-۲-۱- شاخص زمین انباشتگی

میزان شاخص زمین انباشتگی با توجه به رابطه (۱) در قسمت مواد و روش‌ها، در نمونه‌های خاک موردمحاسبه قرارگرفته و نتایج در جدول (۴) ارائه‌شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، فلز سنگین سرب و کروم در تمام ایستگاه‌ها و در فواصل مختلف در طبقات یک و دو (غیرآلوده تا کمی آلوده و کمی آلوده) قرار می‌گیرند. کمینه مقدار فلزات سرب و کروم به ترتیب ۰/۵۴ و ۰/۷۳ و بیشینه مقدار آن‌ها ۱/۲۶ و ۱/۷۵ می‌باشد. در مطالعه‌ای که در خاک مناطق صنعتی انجام شد، میانگین فلز کروم در طبقه صفر و میانگین فلز سرب در طبقه یک قرارگرفته است (Loska et al. 2003). در مطالعه دیگری که برروی ارزیابی آلودگی فلزات سنگین خاک در اطراف کارخانه سیمان انجام شد، میزان شاخص زمین انباشتگی برای تمامی نمونه‌ها ازجمله سرب و کروم بین ۰ تا ۱ بوده است که نشان‌دهنده غیر آلوده تا کمی آلوده می‌باشد (Ogunkunle and Fatoba 2013).

جدول ۴- مقادیر شاخص زمین انباشتگی سرب و کروم در خاک منطقه موردمطالعه در ۸ جهت مختلف

فاصله	جهت															
(متر)	۱		۲		۳		۴		۵		۶		۷		۸	
	سرب	کروم	سرب	کروم	سرب	کروم	سرب	کروم	سرب	کروم	سرب	کروم	سرب	کروم	سرب	کروم
۲۰۰	۱/۰۹	۱/۴۵	۱/۰۷	۱/۴۵	۰/۹۳	۱/۴۶	۰/۹۸	۱/۶۲	۱/۱۹	۱/۷۴	۰/۷۷	۱/۶۸	۰/۷۴	۱/۴۵	۰/۸۶	۱/۴۲
۳۰۰	۱/۱۰	۱/۵۴	۱/۱۴	۱/۵۵	۰/۸۸	۱/۵۵	۰/۸۶	۱/۵۴	۱/۱۹	۱/۶۵	۰/۸۹	۱/۵۹	۰/۷۷	۱/۵۶	۰/۷۲	۱/۵۶
۴۰۰	۱/۱۳	۱/۵۴	۱/۱۹	۱/۵۸	۱/۱۹	۱/۶۳	۰/۹۵	۱/۴۰	۱/۱۳	۱/۵۱	۰/۹۹	۱/۵۰	۱/۲۶	۱/۶۱	۱/۱۲	۱/۵۸
۵۰۰	۱/۲۴	۱/۶۴	۱/۱۹	۱/۷۰	۱/۱۹	۱/۷۵	۱/۱۸	۱/۵	۱/۲۶	۱/۵۱	۰/۸۱	۱/۵۶	۰/۸	۱/۵۸	۰/۸۶	۱/۵۲
۶۰۰	۱/۱	۱/۱۱	۱/۲۱	۱/۱۶	۱/۱۵	۱/۲۳	۰/۹۸	۱/۳۱	۱/۱۵	۱/۴۲	۰/۷۸	۱/۳۷	۰/۷۹	۱/۲۷	۰/۷۹	۱/۱۸
۷۰۰	۱/۰۶	۱/۲۶	۱/۱۶	۱/۰۳	۱/۰۶	۱/۳۸	۰/۹۲	۱/۳۰	۱/۱۴	۱/۴۲	۰/۷۳	۱/۳۷	۰/۷۷	۱/۲۶	۰/۷۴	۱/۲۳
۸۰۰	۰/۹۳	۰/۹۶	۱/۰۲	۱/۰۱	۰/۹۳	۱/۰۶	۰/۸۷	۱/۰۶	۱/۰۸	۱/۱۷	۰/۶۳	۱/۱۱	۰/۶۶	۰/۹۷	۰/۶۶	۰/۹۰
۱۰۰۰	۰/۸۶	۰/۸۱	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۸۸	۰/۸۲	۰/۸۳	۰/۸۲	۰/۸۹	۰/۹۳	۰/۵۴	۰/۸۸	۰/۵۴	۰/۷۶	۰/۶۲	۰/۷۳

۳-۲-۲- فاکتور آلودگی

همان‌طور که جدول (۵) نشان‌می‌دهد، ۳ ایستگاه اول دارای درجه کمی آلوده تا خیلی آلوده در هر دو فلز می‌باشند. در ایستگاه‌های ۴، ۶ ، ۷ و ۸ خاک کمی آلوده به سرب و کمی آلوده تا خیلی آلوده به کروم می‌باشد. ایستگاه ۵ نیز کمی آلوده تا خیلی آلوده به سرب و خیلی آلوده به فلز سنگین کروم می‌باشد. مطالعه‌ای که بر روی خاک سطحی مناطق سطحی انجام شد، این خاک آلودگی کم به فلز کروم و آلودگی در حد متوسط به فلز سرب را نشان داد (Loska et al. 2003).

جدول ۵- فاکتور آلودگی برحسب میانگین فلزات سنگین سرب و کروم در ۸ جهت مختلف

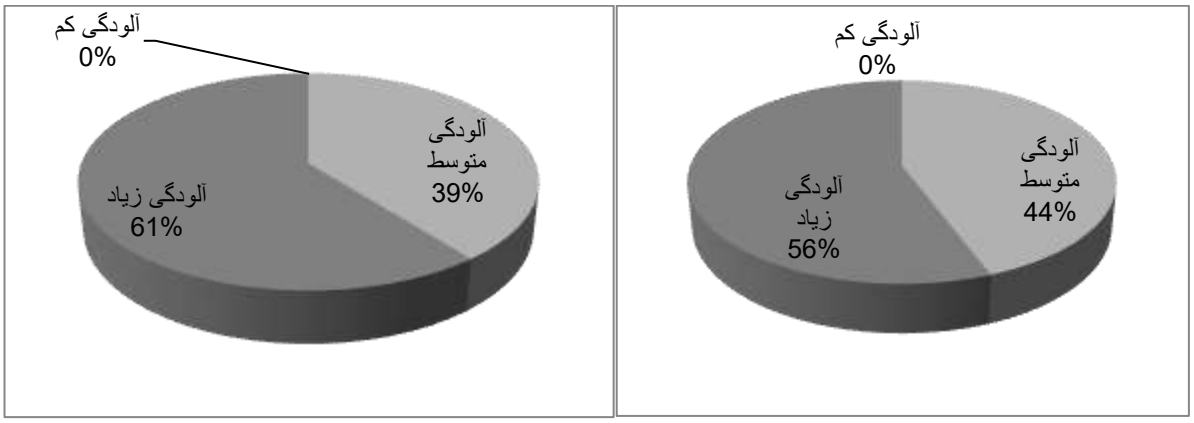
عناصر	جهت							
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
سرب	۳/۱۵	۳/۲۲	۳/۰۷	۲/۸۹	۳/۲۹	۲/۵۷	۲/۶۲	۲/۶۲
کروم	۳/۷۳	۳/۷۴	۳/۹۳	۳/۷۹	۴/۱۰	۳/۹۵	۳/۷۹	۳/۶۹

۳-۲-۳- شاخص آلودگی

در این تحقیق شاخص آلودگی هر فلز محاسبه و در جدول (۶) ارائه‌شده‌است. مقادیر شاخص آلودگی فلزات کروم و سرب نیز در شکل (۳) نشان داده شده است. در شکل (۳) مشاهده می‌شود، در ایستگاه‌ها و در فواصل مختلف، آلودگی متوسط به کروم و سرب به ترتیب ۳۹٪ و ۴۴٪ و همچنین آلودگی زیاد به این دو عناصر ۶۱٪ و ۵۶٪ می‌باشد. در مطالعه‌ای که برروی خاک سطحی پارک‌های بیجینگ در چین صورت گرفت، نتایج نشان‌داد که این مناطق دارای آلودگی شدیدی به فلزات سرب و مس می‌باشند (Chen et al. 2005).

جدول ۶- مقادیر شاخص آلودگی سرب و کروم در خاک منطقه موردمطالعه در ۸ جهت مختلف

فاصله	جهت															
(متر)	۱		۲		۳		۴		۵		۶		۷		۸	
	سرب	کروم	سرب	کروم	سرب	کروم	سرب	کروم	سرب	کروم	سرب	کروم	سرب	کروم	سرب	کروم
۲۰۰	۳/۲	۴/۱۱	۳/۱۴	۴/۱۱	۲/۸۵	۴/۱۳	۲/۹۶	۴/۶۲	۳/۴۴	۴/۹۹	۲/۵۷	۴/۸۲	۲/۴۹	۴/۱۱	۲/۷۲	۴/۰۲
۳۰۰	۳/۲۲	۴/۳۵	۳/۳	۴/۳۹	۲/۷۶	۴/۴۰	۲/۷۱	۴/۳۴	۳/۴۱	۴/۶۹	۲/۷۹	۴/۵۳	۲/۵۵	۴/۴۲	۲/۴۸	۴/۴۴
۴۰۰	۳/۲۸	۴/۳۷	۳/۴۲	۴/۴۹	۳/۴۲	۴/۶۵	۲/۸۹	۳/۹۶	۳/۲۹	۴/۲۸	۲/۹۷	۴/۱۲	۳/۶۱	۴/۵۹	۳/۲۶	۴/۴۸
۵۰۰	۳/۵۳	۴/۶۸	۳/۴۳	۴/۸۸	۳/۴۲	۵/۰۶	۳/۳۸	۴/۲۴	۳/۵۹	۴/۵۸	۲/۶۲	۴/۴۱	۲/۶۲	۴/۵۰	۲/۷۱	۴/۳۱
۶۰۰	۳/۲۲	۳/۲۴	۳/۴۷	۳/۳۶	۳/۳۳	۳/۵۰	۲/۹۵	۳/۷۲	۳/۳۲	۴/۰۲	۲/۵۸	۳/۸۸	۲/۶۰	۳/۶۲	۲/۶۰	۳/۴۱
۷۰۰	۳/۱۴	۳/۶۰	۳/۳۴	۳/۰۸	۳/۱۳	۳/۹۲	۲/۸۴	۳/۷۱	۳/۳۲	۴/۰۱	۲/۴۸	۳/۸۷	۲/۵۵	۳/۵۸	۲/۵۱	۳/۵۳
۸۰۰	۲/۸۶	۲/۹۰	۳/۰۵	۳/۰۱	۲/۸۷	۳/۱۲	۲/۷۴	۳/۱۱	۳/۱۶	۳/۳۷	۲/۳۳	۳/۲۵	۲/۳۶	۲/۹۴	۲/۳۷	۲/۷۹
۱۰۰۰	۲/۷۳	۲/۶۲	۲/۵۷	۲/۵۶	۲/۷۶	۲/۶۵	۲/۶۶	۲/۶۵	۲/۷۹	۲/۸۶	۲/۱۷	۲/۷۶	۲/۱۷	۲/۵۶	۲/۳۱	۲/۴۹



الف- فلز سنگین سرب ب- فلز سنگین کروم

شکل ۳- مقادیر شاخص آلودگی فلزات در ایستگاه‌های مختلف برحسب درصد: الف- فلز سنگین سرب و ب- فلز سنگین کروم

۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه به اندازه‌گیری غلظت عناصر سنگین سرب و کروم در ۶۴ نمونه خاک در جهت‌ها و فواصل مختلف از کارخانه سیمان قاین واقع در استان خراسان جنوبی پرداخته‌شد که نتایج کلی را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه نمود:

۱- تجمع این دو فلز سنگین در اطراف کارخانه سیمان بخصوص در جهت باد غالب (در قسمت غرب کارخانه) می‌باشد و میزان غلظت کروم و سرب با افزایش فاصله از منبع آلودگی (کارخانه سیمان)، نسبت معکوسی داشته و میزان آن‌ها کاهش می‌یابد.

۲- مقادیر شاخص زمین انباشتگی برای این دو فلز در تمامی ایستگاه‌ها و در فواصل مختلف در طبقات یک و دو (غیر آلوده تا کمی آلوده و کمی آلوده) قرار می‌گیرند.

۳- نتایج حاصل از شاخص فاکتور آلودگی نشان داد که ۳ ایستگاه اول دارای درجه کمی آلوده تا خیلی آلوده در هر دو فلز می‌باشند. در ایستگاه‌های ۴، ۶، ۷ و ۸، خاک کمی آلوده به سرب و کمی آلوده تا خیلی آلوده به کروم می‌باشد. ایستگاه ۵ نیز کمی آلوده تا خیلی آلوده به سرب و خیلی آلوده به فلز سنگین کروم می‌باشد.

۴- شاخص آلودگی هر فلز در ایستگاه‌ها و در فواصل مختلف، آلودگی متوسط به کروم و سرب به ترتیب ۳۹٪ و ۴۴٪ و همچنین آلودگی زیاد به این دو عناصر ۶۱٪ و ۵۶٪ نشان داد.

References

Ade- Ademilua O. E. and Obalola D. A. (2008). The effect of cement dust pollution on celosia gentea (Lagos Spinach) plant. J. Environ. Sci. Tech., 1, 47-55.

Ade- Ademilua O. E. and Umebese C. E. (2007). The growth of *Phaseolus vulgaris* L.cv. Ife Brown Legominosae) in a cement Site Rich in heavy metals. Pak. J. Biol. Sci., 10 (1), 182-185.

Ahiamadjie H., Adukpo O. K., Tandoh J. B., Gyampo O., Nyarku M., Mumuni I. I., Agyemang O., Ackah M., Otoo F. and Dampare S. B. (2010). Determination of the Elemental Contents in Soils Around Diamond Cement Factory, Aflao. Res. J. Environ. Earth Sci., 3(1), 46-50

.

Akinola M. O., Okwok N. A. and Yahaya T. (2008). The effects of cement dust on Albino Rats (Rattus norvegicus) around West African Portland cement factory in Sagamu, Ogun State, Nigeria. Environ. Toxicol., 2 (1), 1-8.

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

Bermudez G., Moreno M., Invernizzi R., Pla R. and Pignata M. L. (2010). Heavy metal pollution in topsoils near a cement plant: The role of organic matter and distance to the source to predict total and HCl-extracted heavy metal concentrations. Chemosphere, 78, 375–381.

Chen T. B., Zheng Y. M., Lei M., Huang Z., Wu H. T., Chen H., Fan K. K., Yu K., Wu X. and Tian, Q. Z. (2005). Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. Chemosphere, 60, 542–551.

Dietz A., Todo T., Ramroth H., Urban T., Ahrens W. and Becher H. (2004). Exposure to cement dust, related occupational groups and laryngeal cancer risk: results of a population based case-control study. Inter. J. Cancer, 108, 907-911.

Hakanson L. (1980). Ecological risk index for aquatic pollution control, a sedimentological approach. Water Res., 14, 975-1001.

Hegazy A. K. (1996). Effects of cement –kiln dust pollution on the vegetation and seed-bank species diversity in the eastern desert of Egypt. Environ. Conserv., 23(3), 249-258.

Iqbal M. Z. and Shafug, M. (2001). Periodical effect of cement dust pollution on the growth of some plant species. Turk, J, Bot., 25, 19-24.

oska K., Wiechula D. and Korus I. (2003). Metal contamination of farming soils affected by industry. Environ. Int., 30, 159-165.

Muller G. (1969). Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. GeoJ., 2,108-118.

Ogunkunle C. O. and Fatoba P. O. (2013). Pollution loads and the ecological risk assessment of soil heavy metals around a Mega Cament Factory in Southwest Nigeria. Pol. J. Environ. Stud., 22, 487- 493.

Rezaei M. R. and Sayadi M. H. (2013). Toxic metals in the deposited particles from air of training space Amir Abad Campus, University of Birjand. J. Occup. Health., 12, 67-75

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

Sayadi M. H., Rezaei M. R. and Rezaei A. (2015a). Fraction distribution and bioavailability of sediment heavy metals in the environment surrounding MSW landfill: a case study. Environ. Monit. Assess., 187,4110.

Sayadi M. H., Rezaei M. R., Rashki O., Afsari K. and PoorMollaei N. (2015b). Natural and Concentration Factor Distribution of Heavy Metals in Sediments of Chah nimeh Reservoirs of Sistan, Iran. Ecopersia, 3,1021-1030.

Sayadi M. H. and Rezaei M. R. (2014). Impact of land use on the distribution of toxic metals in surface soils in Birjand city, Iran. Proc. Int. Acad. Ecol. Environ. Sci., 4,18-29.

Sayadi M. H., Rezaei A. and Sayyed M. R. G. (2017). Grain size fraction of heavy metals in soil and their relationship with land use. Proc. Int. Acad. Ecol. Environ. Sci., 7(1),1-11.

Sayadi M. H., Sayyed M. R. G. and Saptarshi P. G. (2008). An assessment of the Chitgar River sediments for the short-term accumulation of the heavy metals from Tehran, Iran. Pollut. Res., 27 (4), 627-634.

Schuhmacher M. B., Agramunt M. C. and Domingo J. L. (2002). PCDD/F and metal concentrations in soil and herbage samples

collected in the vicinity of a cement plant. J. Toxicol. Environ. Health., 48,209-217.

Schuhmacher M. B., Nadal M. and Domingo, J. L. (2009). Environmental monitoring of PCDD/Fs and metals in the vicinity of a cement plant after using sewage sludge as a secondary fuel. Chemosphere, 74, 1502–1508.

Shakeri A., Moor F. and Razikordmahalleh L. (2010). Distribution of soil heavy metal contamination around industrial complex zone, Shiraz, Iran, 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 2010.Brisbane, Australia

Page A. L., Miller R. H. and Keeney D.R. (1982). Methods of Soil Analysis. Madison, Wisconsin, USA.

Yahaya T., Okpuzor J. and Ajayi T. (2013). The Protective efficacy of selected phytonutrients on liver enzymes of Albino rats exposed to cement dust. IOSR J. Pharm. Biol. Sci., 8(3), 38-44.

Yu L., Zhang B. and Zhang S. Q. (2004). Heavy metal elements pollution evaluation on the ecological environment of the Sanjiang Plain based on GIS. Chin. J. Soil Sci., 35,529-532.

Investigation of Surface Soil Contamination by Lead and Chromium around the Qayen Cement Factory

Mohammad Hossein Sayadi[1*], Mohammad Reza Rezaei[1] and Mahmoud Hajiani[2]

[1]Associate Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran

[2]Assist. Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran

***Corresponding author:** mh_sayadi@birjand.ac.ir

Original Paper

Received: September 22, 2017 Accepted**:** November 16, 2017

Abstract

Heavy metals are a global problem; their entrance to the human food chain bring about irreparable problems. These metals are naturally occurring in rocks and soils, but the release of metals into the soil has increased through human activity over the past decade. The purpose of this study was to determine the contamination of heavy metals like, lead and chromium in the soil around the Qayen Cement Plant using the geo-accumulation index, pollution factor and pollution index. According to a systematically sampled network at eight different directions in distances of 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 and 1000 meters from the cement factory, totally, 64 samples were taken. Soil samples were passed through a 2-mm sieve, and then digested with hydrofluoric acid, perchloric acid, hydrochloric acid, and nitric acid then the concentration of Pb and Cr was measured using atomic absorption spectrometer (Contr AA700) through flame method. The results suggest that the average metal chromium and lead were 52.05 and 66.79 mg/kg respectively. A Geo-accumulation index value for the metal in all stations at various distances is located in classes I and II (non-polluted to little contaminate). Pollution index values indicate that the stations at various distances, the moderate pollution accounted for 39 and 44% chromium and lead, as well as high pollution as 61 and 56% of these two elements respectively. In conclusion, as the result shows the concentration of Pb and Cr are higher than control samples and are accumulating.

Keywords: Pollution Index; Geo-Accumulation Index; Pollution Factor; Heavy Metals; Qayen Cement.