DOI: 10.22122/jhsr.v14i4.3321 Published by Vesnu Publications

# ارزیابی خطر سرب و کادمیوم بر سلامت انسان در خاک‌های سطحی اطراف کارخانه ذوب‌آهن و مجتمع فولاد مبارکه

امیرحسین بقائی[1]، رضا جعفری‌نیا[2]

مقاله پژوهشی

## چکیده

**مقدمه:** تمرکز فعالیت‌های صنعتی در شهرها، باعث تجمع فلزات سنگین در خاک می‌شود که سلامت انسان را به خطر می‌اندازد. با توجه به تأثیر مناطق صنعتی در آلودگی خاک به فلزات سنگین، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی خطر سرب و کادمیوم بر سلامت انسان در خاک‌های سطحی اطراف کارخانه ذوب‌آهن و مجتمع فولاد مبارکه انجام گرفت.

**روش‌ها:** ۲۰۸ نمونه از خاک‌های سطحی اطراف دو کارخانه ذوب‌آهن و مجتمع فولاد مبارکه جمع‌آوری شد و غلظت عناصر کادمیوم و سرب در آن‌ها تعیین گردید. خطرات سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی ناشی از جذب فلزات سنگین موجود در خاک سطحی منطقه برای مسیرهای بلع، تنفس و جذب پوستی با استفاده از روش پیشنهاد شده سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا برای کودکان و بزرگسالان مورد ارزیابی قرار گرفت.

**یافته‌ها:** بیشترین خطر ابتلا به بیماری‌های غیر سرطانی ناشی از جذب کادمیوم، به گروه کودکان اختصاص داشت (۸/۱۹). همچنین، خطر ابتلا به بیماری‌های غیر سرطانی در اثر مصرف سرب (۱۶/۷۳) بیشتر از کادمیوم گزارش گردید؛ در حالی که این روند برای عنصر کادمیوم معکوس بود. خطر ابتلا به بیماری‌های سرطانی نیز روند مشابهی را نشان داد.

**نتیجه‌گیری:** آلودگی خاک‌های سطحی زمین‌های اطراف کارخانه ذوب‌آهن و فولاد مبارکه به فلز سرب و کادمیوم، می‌تواند سهم مهمی در ابتلا به بیماری‌های سرطانی و غیر سرطانی داشته باشد.

**واژه‌های کلیدی:** کادمیوم، سرب، ارزیابی خطر، آلودگی زیست محیطی، خاک

**ارجاع:** بقائی امیرحسین، جعفری‌نیا رضا. **ارزیابی خطر سرب و کادمیوم بر سلامت انسان در خاک‌های سطحی اطراف کارخانه ذوب‌آهن و مجتمع فولاد مبارکه.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۷؛ ۱۴ (۴): ۴۳۷-۴۳۲

دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۱۳ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۲/۴ تاریخ چاپ: ۱۳۹۷/۱۰/۱۵

## مقدمه

آلودگی محیط‌های آبی و خشکی، از جمله ره‌آوردهای شهرنشینی، صنعتی شدن و پیشرفت جوامع انسانی در قرن‌های کنونی به شمار می‌رود. موضوع آلودگی خاک باعث افزایش نگرانی‌هایی در مورد محیط زیست شده و از میان انواع آن، آلودگی با فلزات سنگین به دلیل غیر قابل تجزیه بودن و اثرات فیزیولوژیکی که بر موجودات زنده دارد، در غلظت‌های کم نیز حایز اهمیت شناخته شده است. فلزات سنگین از مسیرهای مختلف مانند ریزش‌های جوی، استفاده از کودهای شیمیایی و حیوانی، کاربرد لجن فاضلاب و آفت‌کش‌ها به خاک وارد می‌شوند (۲، ۱). آلودگی خاک به فلزات سنگین مشکلی جهانی و تهدیدی جدی برای انسان، اکوسیستم‌های طبیعی، منابع آبی و تأسیسات است و تهدید عمده‌ای برای سلامتی بشر و محیط زیست در حال و آینده محسوب می‌شود. منابع اصلی ورود فلزات سنگین به جو بیشتر شامل کارخانه‌های ذوب و تصفیه فلزات، کوره‌های احتراق زغال‌سنگ و زباله‌ها است که منجر به آلودگی منابع خاک و آب در منطقه تأثیرپذیر از این کارخانه‌ها می‌گردد.

سرب و کادمیوم از جمله فلزات سنگین می‌باشند که می‌توانند سلامتی انسان را به خطر بیندازند و تأثیر سوئی بر بافت‌های مختلف بدن از جمله کلیه‌ها و کبد دارند. این فلزات در خاک‌های شهری از سه مسیر تنفس، بلع و جذب پوستی به انسان منتقل می‌شود و در بافت چربی، عصبی و سیستم غدد درون‌ریز تجمع می‌یابد و باعث اختلال در سیستم ایمنی بدن و متابولیسم سلولی می‌شود (۳). با توجه به نگرانی‌های محیط زیستی و سلامت انسان در ارتباط با فلزات سنگین و نقش اساسی خاک و کیفیت آن در سلامت اکوسیستم، آگاهی از غلظت این عناصر به عنوان شاخص مهمی در پیش‌بینی خطرات و بیماری‌های منتج شده از این فلزات و تعیین استانداردهای کیفیت ضروری به نظر می‌رسد (۴).

با توجه به اثرات مخرب سرب و کادمیوم بر سلامت انسان و همچنین، نقش اساسی خاک و کیفیت آن در سلامت اکوسیستم، آگاهی از غلظت این عناصر به عنوان شاخص مهمی در پیش‌بینی خطرات و تعیین استانداردهای لازم جهت ابتلا به بیماری‌های سرطانی و غیر سرطانی ضروری می‌باشد. در سال‌های اخیر، گرایش به ارزیابی خطر سلامت انسان در جوامع علمی دنیا روند افزایشی داشته و مطالعاتی درباره ارزیابی خطر سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی فلزات سنگین در خاک صورت گرفته است (۶، ۵)، اما از آن‌جایی که مقدار آلودگی خاک در هر منطقه به ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک در آن منطقه

۱- گروه خاک‌شناسی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
۲- گروه مهندسی آب، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
**نویسنده مسؤول:** امیرحسین بقائی
Email: a-baghaie@iau-arak.ac.ir

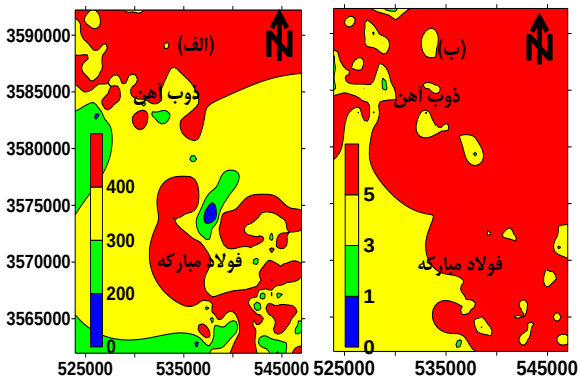


[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20 ]
[ DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.4.3.9 ]
[ DOI: 10.22122/jhsr.v14i4.3321 ]

بستگی دارد (۸، ۷)، ارزیابی خطر ابتلا به بیماری‌های سرطانی و غیر سرطانی در هر منطقه باید به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به این که زمین‌های اطراف دو کارخانه ذوب‌آهن و فولاد مبارکه اصفهان به فلزات سنگین از جمله کادمیوم و سرب آلوده می‌باشد (۹)، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی خطر سرب و کادمیوم بر سلامت انسان در خاک‌های سطحی اطراف دو کارخانه ذوب‌آهن و مجتمع فولاد مبارکه انجام گرفت.

## روش‌ها

منطقه مورد بررسی در جنوب غربی اصفهان و در مسیر جاده اصفهان- مبارکه، حد فاصل عرض‌های جغرافیایی ″۷/۷ ′۱۲ ۳۲ تا ″۵۳ ′۲۷ ۵۳ شمالی و طول‌های جغرافیایی ″۹/۶ ′۱۹ ۵۱ تا ″۲۲/۱ ′۲۷ ۵۱ شرقی قرار دارد. متوسط ارتفاع از سطح دریا ۱۸۰۳ متر و مساحت آن ۳۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. منطقه بر روی نقشه ۱/۵۰۰۰۰ با شماره ۶۲۵۴ واقع شده است و حد فاصل بین دو کارخانه ذوب‌آهن اصفهان و مجتمع فولاد مبارکه قرار دارد. نمونه‌برداری بر اساس یک شبکه اصلی منظم با فواصل چهار کیلومتر در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری صورت پذیرفت. به منظور بررسی دقیق‌تر تغییرات غلظت آلاینده‌ها به ویژه در مجاورت کارخانه‌های مجتمع فولاد مبارکه و ذوب‌آهن، شبکه نمونه‌برداری کوچک‌تری با فواصل ۵۰۰ متری طراحی گردید. در مجموع، غلظت سرب و کادمیوم در ۲۰۸ نمونه با استفاده از دستگاه جذب اتمی تعیین گردید (۱۰). نقشه پراکندگی غلظت عناصر سنگین در منطقه مطالعاتی (شکل ۱) با استفاده از نرم‌افزار Surfer نسخه ۸ ترسیم شد.




**شکل ۱. نقشه پراکنش وضعیت سرب (الف) و کادمیوم (ب) در منطقه مورد بررسی**

ارزیابی خطرات بهداشتی فلزات سنگین، فرایندی چند مرحله‌ای است که در دو بخش ارزیابی خطرات سرطان‌زا و غیر سرطان‌زا و بر اساس روش ارزیابی خطر ارایه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا انجام شد. در بررسی هر دو بخش، قرارگیری انسان در معرض فلزات از هر سه مسیر بلع، تنفس و جذب پوستی مد نظر قرار گرفت و مقادیر جذب روزانه فلزات در هر یک از مسیرها با استفاده از روابط ۱ تا ۳ بررسی گردید (۱۱) که در آن‌ها، $ADD_{ingestion}$، $ADD_{inhalation}$ و $ADD_{dermal}$ به ترتیب مقدار میانگین جذب روزانه فلزات بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز از طریق بلع، تنفس و جذب پوستی می‌باشد.

رابطه ۱

$$ADD_{ingestion} = (C_{soil} \times Ingr \times EF \times ED)/(BW \times AT) \times 10^{-6}$$

رابطه ۲

$$ADD_{inhalation} = (C_{soil} \times Inhr \times EF \times ED)/(PEF \times BW \times AT)$$

رابطه ۳

$$ADD_{dermal} = (C_{soil} \times SA \times AF \times ABS \times EF \times ED)/(BW \times AT) \times 10^{-6}$$

$C_{soil}$ غلظت فلزات در خاک (بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم)، Ingr نرخ بلع که برای کودکان و بزرگسالان به ترتیب ۲۰۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در روز در نظر گرفته شد (۱۲) و Inhr نرخ تنفس خاک که برای کودکان و بزرگسالان به ترتیب ۷/۶۳ و ۱۲/۸ مترمکعب در روز می‌باشد (۱۳).

EF فراوانی قرارگیری در معرض فلزات (روز در سال) است و با توجه به این که منطقه قطب صنعتی محسوب می‌شود، برای هر دو گروه سنی ۳۶۵ روز در نظر گرفته شد. ED مدت قرارگیری در معرض فلزات است که برای بزرگسالان ۲۴ سال و برای کودکان ۶ سال در نظر گرفته شد (۱۳). BW وزن شخص قرار گرفته در معرض فلزات می‌باشد که برای کودکان ۱۵ کیلوگرم و برای بزرگسالان ۵۵/۹ کیلوگرم در نظر گرفته شد (۱۱).

AT مدت زمان قرارگیری در معرض فلزات به طور میانگین (روز) است که از طریق ED × ۳۶۵ محاسبه می‌گردد.

PEF فاکتور انتشار فلزات از خاک به هوا (مترمکعب بر کیلوگرم) است که برای هر دو گروه سنی $۱/۳۶ \times ۱۰^{۹}$ برآورد شد (۱۳).

SA ناحیه‌ای از سطح پوست قرار گرفته در معرض فلزات می‌باشد که برای بزرگسالان و کودکان به ترتیب ۴۳۵۰ و ۱۶۰۰ سانتی‌متر مربع در نظر گرفته شد (۱۱).

AF فاکتور چسبندگی به پوست است که برای بزرگسالان ۰/۷ و برای کودکان ۰/۲ میلی‌گرم بر سانتی‌متر در روز در نظر گرفته شد (۱۲).

ABS فاکتور جذب سطحی پوست می‌باشد که برای بزرگسالان و کودکان ۰/۰۰۱ در نظر گرفته شد (۱۲).

پس از محاسبه مقدار جذب روزانه فلزات برای هر یک از مسیرها ($ADD_i$)، خطر غیر سرطان‌زایی کل مسیرها (HI) برای کودکان و بزرگسالان (۱۳-۱۱) برابر با حاصل جمع مقادیر جذب روزانه فلزات در هر یک از مسیرهای قرارگیری در معرض فلزات به مقدار مرجع سمیت آن فلز ($RFD_i$) می‌باشد (رابطه ۴) (۱۲) که در آن، $HQ_i$ خطر غیر سرطان‌زایی فلزات سنگین در هر مسیر است و در صورتی که این عدد کمتر از ۱ باشد، نشان دهنده پایین بودن خطر احتمال ابتلا به بیماری‌های غیر سرطانی می‌باشد.

رابطه ۴

$$HI = \sum HQ_i = \sum ADD_i/RFD_i$$

لازم به ذکر است که مقدار $RFD_i$ عنصر کادمیوم برای مسیر بلع و تنفسی $۱ \times ۱۰^{-۳}$ و برای مسیر جذب پوستی $۱ \times ۱۰^{-۵}$ و برای عنصر سرب، در مسیر بلع $۳ \times ۱۰^{-۳}$، در مسیر تنفسی $۳/۵۲ \times ۱۰^{-۳}$ و در مسیر جذب پوستی $۵/۲۵ \times ۱۰^{-۴}$ در نظر گرفته شد (۱۱).

از آن‌جایی که فلزات سرب و کادمیوم باعث بروز سرطان در انسان می‌شود، ارزیابی خطر سرطان‌زایی در هر یک از مسیرهای سه‌گانه برای این سه فلز و با



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20 ]
[ DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.4.3.9 ]
[ DOI: 10.22122/jhsr.v14i4.3321 ]

استفاده از رابطه ۵ انجام شد (۱۱) که در آن، RI شاخص سرطان‌زایی و $ADD_i$ مقادیر جذب روزانه فلزات در هر یک از مسیرهای قرارگیری در معرض فلزات (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز) و $SF_i$ شاخص احتمال ابتلا به سرطان در هر واحد قرارگیری در معرض فلزات (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز) می‌باشد. مقدار $SF_i$ برای کادمیوم $۶/۳ \times ۱۰^{-۱}$ و برای سرب $۴/۲ \times ۱۰^{-۲}$ در نظر گرفته شد (۱۱).

$$Risk\ (RI) = \sum ADD_i \times SF_i \qquad \text{رابطه ۵}$$

## یافته‌ها

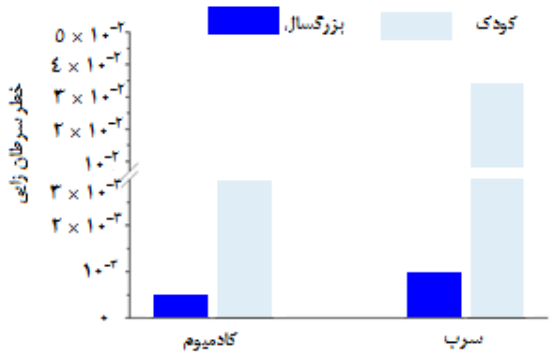
نتایج آمار توصیفی غلظت سرب موجود در منطقه مورد بررسی نشان داد که بیشترین و کمترین غلظت این ماده در منطقه به ترتیب ۵۸۰ و ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک با میانگین ۷۹/۳ ± ۳۷۷/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود. در مورد عنصر کادمیوم نیز بیشترین و کمترین غلظت به ترتیب ۱۰ و ۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک با میانگین ۱/۸ ± ۶/۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به دست آمد.

بیشترین مقدار سرب در منطقه مطالعاتی اطراف دو کارخانه مجتمع فولاد مبارکه و ذوب‌آهن اصفهان مشاهده گردید. بر اساس شکل ۱ (قسمت الف)، غلظت سرب در بخش شمالی نقشه عددی بالاتر از ۴۰۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک را نشان می‌دهد و این وضعیت در بیشتر نواحی اطراف مجتمع فولاد مبارکه نیز مشاهده می‌شود. همچنین، درصد به نسبت بالایی از زمین‌های منطقه دارای غلظت کادمیومی بالاتر از ۳ میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم خاک می‌باشند (شکل ۱، قسمت ب) که مشکلاتی جدی را برای سلامت محیط زیست به بار می‌آورد.

بر اساس داده‌های جدول ۱، بیشترین و کمترین مقدار جذب کادمیوم و سرب در گروه کودکان به ترتیب از مسیر بلع و جذب پوستی بود.

بررسی خطر غیر سرطان‌زایی فلزات سنگین در هر مسیر نشان داد که بیشترین خطر گروه کودکان و بزرگسالان به ترتیب از طریق مسیر بلع و پوستی بود (جدول ۱). در مورد عنصر سرب، بیشترین خطر ابتلا به بیماری‌های غیر سرطانی برای کودکان از طریق مسیر بلع می‌باشد؛ در حالی که این خطر برای گروه بزرگسالان اغلب از طریق سیستم تنفسی است.

به طور کلی، خطر غیر سرطان‌زایی کل مسیرهای جذب برای سرب و کادمیوم عددی بالاتر از یک را نشان داد که بیانگر بالا بودن احتمال خطرپذیری به بیماری‌های غیر سرطانی می‌باشد و در این میان، مقدار این خطر برای کودکان بیشتر از بزرگسالان به دست آمد. نتایج جدول ۱ حاکی از بالاتر بودن احتمال ابتلا به بیماری‌های غیر سرطانی برای کودکان در کلیه مسیرها ناشی از مقدار بالای سرب نسبت به کادمیوم می‌باشد. لازم به ذکر است که خطر سرطان‌زایی برای فلز سرب بیشتر از کادمیوم و برای کودکان بیشتر از بزرگسالان گزارش گردید (شکل ۲).




**شکل ۲. خطر سرطان‌زایی سرب و کادمیوم در خاک سطحی اطراف ذوب‌آهن و فولاد مبارکه**

## بحث

بر اساس نتایج مطالعه حاضر، دو کارخانه ذوب‌آهن و فولاد مبارکه با وجود در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی، نقش مؤثری در افزایش غلظت فلزات سنگین موجود در خاک دارند. بر اساس داده‌های شکل ۱، اغلب بخش‌های شمالی کارخانه ذوب‌آهن و زمین‌های اطراف مجتمع فولاد مبارکه آلوده به فلز سرب و کادمیوم است و غلظت آلاینده‌ها در بیشتر مناطق مورد بررسی بالاتر از مقدار تعیین شده توسط استاندارد جهانی برای سرب و کادمیوم (۱۴) می‌باشد که در نقشه با رنگ زرد و قرمز مشخص شده است. خالدان و همکاران در پژوهشی به بررسی تغییرات مکانی پراکنش سرب و کادمیوم در اطراف مجتمع فولاد مبارکه با استفاده از تکنیک‌های زمین‌آمار و Geographic information system (GIS) پرداختند و کانون اصلی سرب و کادمیوم موجود در منطقه را حاشیه اطراف این کارخانه معرفی کردند (۱۵).

**جدول ۱. مقدار جذب روزانه (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز) و خطر غیر سرطان‌زایی عناصر سرب و کادمیوم برای کل مسیرهای جذب به همراه تفکیک اجزای آن**

| فلز | جذب از مسیر بلع | | جذب از مسیر تنفس | | جذب پوستی | | کل مسیرهای جذب | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | کودک | بزرگسال | کودک | بزرگسال | کودک | بزرگسال | کودک | بزرگسال |
| کادمیوم | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۱ | $۷/۳۴ \times ۱۰^{-۵}$ | $۵/۶۹ \times ۱۰^{-۴}$ | $۳/۱۲ \times ۱۰^{-۵}$ | $۶/۶۳ \times ۱۰^{-۴}$ | $۵/۱۰ \times ۱۰^{-۴}$ | $۸/۱۹ \times ۱۰^{-۴}$ |
| سرب | ۰/۰۵۰ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۹ | $۱/۵۵ \times ۱۰^{-۴}$ | $۹/۳۶ \times ۱۰^{-۴}$ | $۵/۵۱ \times ۱۰^{-۲}$ | $۱/۰۵ \times ۱۰^{-۱}$ |

| | خطر غیر سرطان‌زایی مسیر بلع | | خطر غیر سرطان‌زایی مسیر تنفسی | | خطر غیر سرطان‌زایی مسیر پوستی | | خطر غیر سرطان‌زایی کل مسیرها | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | کودک | بزرگسال | کودک | بزرگسال | کودک | بزرگسال | کودک | بزرگسال |
| کادمیوم | ۵/۰۰ | ۱/۰۰ | ۰/۰۷ | ۰/۵۶ | ۳/۱۲ | ۴/۶۳ | ۸/۱۹ | ۶/۱۹ |
| سرب | ۱۴/۲۸ | ۰/۸۰ | ۱/۴۰ | ۲/۵۵ | ۱/۰۵ | ۱/۴۰ | ۱۶/۷۳ | ۴/۷۵ |



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20 ]
[ DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.4.3.9 ]
[ DOI: 10.22122/jhsr.v14i4.3321 ]

به نظر می‌رسد مهم‌ترین منابع انسانی تأثیرگذار بر ورود فلزات سنگین به خاک در بررسی حاضر، فعالیت‌های صنعتی است که این موضوع در تحقیقات دیگر نیز تأیید شده است. بقائی و همکاران در مطالعه خود به تجزیه و تحلیل زمین‌آماری سرب و نیکل در اطراف دو کارخانه ذوب‌آهن و فولاد مبارکه پرداختند و نتیجه‌گیری کردند که غلظت عنصر سرب در اطراف کارخانه ذوب‌آهن و غلظت عنصر نیکل در اطراف زمین های هر دو کارخانه نسبت به غلظت زمینه منطقه بالاتر بود (۹).

طبق استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، اگر مقدار جذب روزانه فلزات بیشتر از مقدار مرجع سمیت فلز در هر مسیر باشد، خطر غیر سرطان‌زایی فلزات در هر مسیر بالاتر از حد مجاز (بیشتر از ۱) خواهد شد (۱۶). در صورتی که مقدار خطر غیر سرطان‌زایی به دست آمده در هر مسیر بیشتر از ۱ باشد، اثرات نامطلوب و نگران‌کننده‌ای بر سلامت انسان دارد. لازم به ذکر است که در پژوهش حاضر، مقدار کل جذب روزانه سرب و کادمیوم در انسان بیشتر از مقدار جذب قابل تحمل روزانه ارایه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (۵) بود.

بر اساس نتایج تحقیق حاضر، مقدار جذب روزانه سرب از طریق مسیر بلع برای کودکان بیشتر از بزرگسالان می‌باشد که دلیل احتمالی آن را می‌توان به تماس بیشتر کودکان با خاک از این مسیر دانست؛ در حالی که مقدار جذب روزانه سرب و کادمیوم در بزرگسالان بیشتر از طریق مسیر تنفسی و جذب پوستی است که این میزان جذب روزانه در بین گروه‌های حساس بزرگسالان مانند زنان باردار و بیماران تنفسی می‌تواند نتایج متفاوتی را به همراه داشته باشد. مطالعات مشابهی نیز در مورد میزان جذب روزانه سرب از طریق جذب مسیر پوستی انجام شده است. روان‌خواه و همکاران با ارزیابی خطر فلزات سنگین بر سلامت انسان در خاک‌های سطحی شهرستان آران و بیدگل، نتایج مشابهی را ارایه نمودند. آن‌ها میزان جذب روزانه سرب از طریق مسیرهای بلع، تنفس و جذب پوستی را برای کودکان به ترتیب ۰/۰۲، ۰/۰۰۰۲ و ۰/۰۰۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن و برای بزرگسالان ۰/۰۰۲، ۰/۰۰۰۸ و ۰/۰۰۰۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز گزارش کردند. همچنین، به این نتیجه رسیدند که میزان جذب روزانه کادمیوم از طریق مسیرهای بلع، تنفس و جذب پوستی برای کودکان به ترتیب ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۰۰۸ و ۰/۰۰۰۰۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن و برای بزرگسالان ۰/۰۰۰۱، ۰/۰۰۰۰۵ و ۰/۰۰۰۰۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز می‌باشد (۱۱) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که خطر غیر سرطان‌زایی سرب از طریق مسیر بلع برای کودکان بیشتر از ۱ می‌باشد و این در حالی است که خطر غیر سرطان‌زایی به سرب برای بزرگسالان عددی کمتر از ۱ بود و حاکی از آن است که آلودگی سرب در شرایط فعلی از طریق مسیر بلع نمی‌تواند خطر ابتلا به بیماری‌های غیر سرطانی برای این گروه داشته باشد؛ هرچند که ادامه روند آلودگی ممکن است شرایط ابتلا به بیماری برای افراد بزرگسال را نیز فراهم کند. در این راستا، روان‌خواه و همکاران نتایج مشابهی را ارایه نمودند (۱۱). آن‌ها میزان خطر غیر سرطان‌زایی به سرب را برای کودکان و بزرگسالان به ترتیب ۶/۱۵ و ۰/۸۲ گزارش کردند (۱۱).

مطابق با نتایج مطالعه حاضر، خطر ابتلا به بیماری‌های غیر سرطانی مربوط به مقدار جذب روزانه سرب از مسیرهای تنفسی و پوستی برای کودکان و بزرگسالان بیشتر از ۱ به دست آمد و این مقدار برای افراد بزرگسال بیشتر از کودکان بود که نشان دهنده اثرات نامطلوب فلز بر سلامت انسان می‌باشد. لازم به ذکر است که خطر ابتلا به بیماری‌های غیر سرطانی از طریق جذب روزانه سرب از مسیرهای تنفسی و پوستی در کودکان کمتر از بزرگسالان می‌باشد. Tao و همکاران نیز با انجام پژوهشی دریافتند که خطر قرارگیری در معرض فلزات سنگین برای کودکان در مسیر بلع، بیشتر از خطرات ناشی از مسیرهای تنفسی و جذب پوستی است (۱۷). نتایج تحقیق Qing و همکاران نشان داد که خطر غیر سرطان‌زایی کل مسیرها در کودکان بیشتر از بزرگسالان است (۱۲) که با نتایج بررسی حاضر همخوانی داشت. در مطالعه حاضر مشخص گردید که میزان خطر غیر سرطان‌زایی کل مسیرها برای هر دو عنصر کادمیوم و سرب در کودکان بیشتر از بزرگسالان می‌باشد؛ هرچند که این شاخص در بزرگسالان نیز بزرگ‌تر از یک بود و نشان دهنده خطر بالای این دو عنصر برای سلامت کودکان و بزرگسالان است. Li و همکاران نیز در پژوهش خود بیشترین میزان خطر غیر سرطان‌زایی کل مسیرها در بین فلزات سنگین را مربوط به عنصر سرب دانستند. آن‌ها نتیجه‌گیری کردند که این خطر برای عنصر سرب در کودکان ۱۵/۰۷ و در بزرگسالان ۱/۷۰ می‌باشد (۱۸).

روند مشابهی در مورد خطر ابتلا به بیماری‌های غیر سرطانی از طریق جذب روزانه کادمیوم از هر یک از سه مسیر بلع، تنفسی و جذب پوستی مشاهده شد؛ هرچند که مقدار خطر غیر سرطان‌زایی دو عنصر سرب و کادمیوم نتایج متفاوتی را نشان داد. همان‌گونه که پیش‌تر نیز اشاره شد، خطر ابتلا به بیماری‌های غیر سرطانی از طریق جذب کادمیوم برای کودکان بیشترین مقدار را از طریق بلع داشت، اما میزان آن کمتر از مقدار محاسبه شده برای عنصر سرب بود. با توجه به نتایج جدول ۱، چنین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که احتمال خطر بیماری‌های غیر سرطانی از طریق جذب کادمیوم در کلیه مسیرها به جزء مجرای تنفسی وجود دارد که می‌تواند اثرات نامطلوب و نگران‌کننده‌ای بر سلامت انسان داشته باشد.

به طور کلی، مطابق با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، اگر خطر سرطان‌زایی کمتر از $۱ \times ۱۰^{-۶}$ (احتمال یک نفر مبتلا به سرطان از میان یک میلیون نفر) باشد، این خطر قابل اغماض است و در صورتی که بیشتر از $۱ \times ۱۰^{-۴}$ باشد، غیر مجاز است و سلامت انسان را به خطر می‌اندازد و بین این دو مقدار در حد متوسط قرار دارد (۱۹، ۱۳). در مطالعه حاضر، خطر سرطان‌زایی سرب و کادمیوم در هر دو گروه کودکان و بزرگسالان بیشتر از حد مجاز $۱ \times ۱۰^{-۶}$ بود که می‌تواند خطرساز باشد و در این میان، خطر سرب بیشتر از کادمیوم گزارش شد و کودکان نیز در معرض خطر بیشتری قرار دارند (شکل ۲).

## نتیجه‌گیری

نتایج ارزیابی خطرات فلزات سنگین در خاک سطحی منطقه مطالعاتی، بازتاب این واقعیت است که خطر سرطان‌زایی این فلزات زمینه تردید جدی سلامت کودکان و بزرگسالان را فراهم می‌سازد. طبق نتایج تحقیق حاضر، مشخص شد که پتانسیل خطرپذیری به بیماری‌های سرطانی و غیر سرطانی در کودکان بیشتر از بزرگسالان است. با وجود این که توجه کمتری به ورود عناصر سنگین از طریق بلع، تنفس خاک و جذب پوستی به عمل آمده، اما این مسیرها می‌توانند دارای اهمیت فراوان و پتانسیل خطرپذیری بالا باشند. با توجه به این که تعیین ارزیابی خطر ابتلا به بیماری‌های سرطانی و غیر سرطانی، وابستگی زیادی به شاخص‌هایی همچون



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20 ]
[ DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.4.3.9 ]
[ DOI: 10.22122/jhsr.v14i4.3321 ]

غلظت زمینه آلودگی، گروه سنی، مقدار ورود فلزات سنگین از طریق مسیرهای مختلف و عوامل مکانی مانند شهرهای صنعتی و غیر صنعتی دارد، لازم است که این شاخص برای هر منطقه به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گیرد.

## تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان از دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک به جهت همکاری در انجام پژوهش حاضر، تشکر و قدردانی به عمل می‌آورند.

## References

1. Ni M, Mao R, Jia Z, Dong R, Li S. Heavy metals in soils of Hechuan County in the upper Yangtze (SW China): Comparative pollution assessment using multiple indices with high-spatial-resolution sampling. Ecotoxicol Environ Saf 2018; 148: 644-51.
2. Han H, Hu S, Syed-Hassan SSA, Xiao Y, Wang Y, Xu J, et al. Effects of reaction conditions on the emission behaviors of arsenic, cadmium and lead during sewage sludge pyrolysis. Bioresour Technol 2017; 236: 138-45.
3. Zhelyazkov G, Yankovska-Stefanova T, Mineva E, Stratev D, Vashin I, Dospatliev L, et al. Risk assessment of some heavy metals in mussels (Mytilus galloprovincialis) and veined rapa whelks (Rapana venosa) for human health. Mar Pollut Bull 2018; 128: 197-201.
4. Aghili F, Khoshgoftarmanesh AH, Afyuni M, Schulin R. Health risks of heavy metals through consumption of greenhouse vegetables grown in central Iran. Hum Ecol Risk Assess 2009; 15(5): 999-1015.
5. Kolahkaj M, Battaleblooie S, Amanipoor H, Modabberi S. Study of arsenic accumulation in rice and its exposure dose in residents of Meydavood Area, Khoozestan province. Iran J Health Environ 2017; 9(4): 537-44. [In Persian].
6. Salehipour Baversad M, Ghorbani H, Afyuni M, Kheir Abadi H. The potential risk assessment of heavy metals on human health in some agricultural products in Isfahan province. Journal of Water and Soil Science 2014; 18(67): 71-81. [In Persian].
7. Baghaie A. Effect of municipal waste compost and zeolite on reduction of cadmium availability in a loamy soil (A case study: Arak municipal waste compost). Journal of Soil Management and Sustainable Production 2018; 6(4): 103-17. [In Persian].
8. Sharifi M, Afyuni M, Khoshgoftarmanesh A. Effects of sewage sludge, animal manure, compost and cadmium chloride on cadmium accumulation in corn and alfalfa. J Res Sci Technol 2010; 7(4): 219-25.
9. Baghaei AH, Khademi H, Mohammadi J. Geostatistical analysis of spatial variability of lead and nickel around two industrial factories in Isfahan province. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 2007; 14(2): 11-9. [In Persian].
10. Saadat K, Barani Motlagh M. Influence of Iranian natural zeolites, clinoptilolite on uptake of lead and cadmium in applied sewage sludge by maize (Zea Mays. L.). Journal of Water and Soil Conservation 2013; 20(4): 123-43. [In Persian].
11. Ravankhah N, Mirzaei R, Masoum S. Human health risk assessment of heavy metals in surface soil. J Mazandaran Univ Med Sci 2016; 26(126): 109-20.
12. Qing X, Yutong Z, Shenggao L. Assessment of heavy metal pollution and human health risk in urban soils of steel industrial city (Anshan), Liaoning, Northeast China. Ecotoxicol Environ Saf 2015; 120: 377-85.
13. Wei X, Gao B, Wang P, Zhou H, Lu J. Pollution characteristics and health risk assessment of heavy metals in street dusts from different functional areas in Beijing, China. Ecotoxicol Environ Saf 2015; 112: 186-92.
14. Rashid Shomali A, Khodaverdiloo H. Contamination of soils and plants along Urmia-Salmas highway (Iran) to some heavy metals. Water and Soil Science 2012; 22(3): 157-72. [In Persian].
15. Khaledan S, Taghavi L, Paykanpour Fard P. Investigation of spatial distribution of lead and cadmium using geostatistical techniques and GIS (case study: Field's surrounding Mobarakeh steel complex). Iran J Health Environ 2017; 10(2): 151-64. [In Persian].
16. Zhao Q, Wang Y, Cao Y, Chen A, Ren M, Ge Y, et al. Potential health risks of heavy metals in cultivated topsoil and grain, including correlations with human primary liver, lung and gastric cancer, in Anhui province, Eastern China. Sci Total Environ 2014; 470-471: 340-7.
17. Tao XQ, Shen DS, Shentu JL, Long YY, Feng YJ, Shen CC. Bioaccessibility and health risk of heavy metals in ash from the incineration of different e-waste residues. Environ Sci Pollut Res Int 2015; 22(5): 3558-69.
18. Li N, Kang Y, Pan W, Zeng L, Zhang Q, Luo J. Concentration and transportation of heavy metals in vegetables and risk assessment of human exposure to bioaccessible heavy metals in soil near a waste-incinerator site, South China. Sci Total Environ 2015; 521-522: 144-51.
19. Hu X, Zhang Y, Ding Z, Wang T, Lian H, Sun Y, et al. Bioaccessibility and health risk of arsenic and heavy metals (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn and Mn) in TSP and PM2.5 in Nanjing, China. Atmos Environ 2012; 57: 146-52.

[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20 ]

[ DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.4.3.9 ]
[ DOI: 10.22122/jhsr.v14i4.3321 ]

**DOI:** *10.22122/jhsr.v14i4.3321* *Published by Vesnu Publications*

**Journal of Health System Research** **Vol. 14, No. 4, Winter**

Received: 31.01.2018 Accepted: 24.04.2018 Published: 05.01.2019

# Risk Assessment of Lead and Cadmium on Human Health in Surface Soil around Esfahan Steel Company and Mobarakeh Steel Complex, Iran

**Amir Hossein Baghaie**[1], **Reza Jafarinia**[2]

**Original Article**

## Abstract

**Background:** The concentration of industrial activities in the cities causes accumulation of heavy metals in soil that is dangerous for human health. Due to the effect of industrial regions on soil pollution with heavy metals, this research was done to evaluate the risk of lead (Pb) and cadmium (Cd) on human health in surface soil around Esfahan steel company and Mobarakeh steel complex, Iran.

**Methods:** 208 samples from the surface soil around Esfahan steel company and Mobarakeh steel complex were collected and Cd and Pb concentration of samples were determined. Carcinogenicity and non-carcinogenicity risks of heavy metals sorption existing in surface soils through ingestion, inhalation, and dermal pathways for children and adults were evaluated using the United States Environmental Protection Agency (EPA) method.

**Findings:** The most non-cancer diseases risk due to Cd sorption belonged to the children [Hazard index (HI) = 8.19] and the non-cancer diseases risk from Pb (HI = 16.73) was higher than Cd; while, the opposite trend was observed for Cd. The same results were found for cancer diseases.

**Conclusion:** The pollution of surface soil to Pb and Cd around Esfahan steel company and Mobarakeh steel complex has an important role in developing cancer and non-cancer diseases.

**Keywords:** Cadmium, Lead, Risk assessment, Environmental pollution, Soil

**Citation:** Baghaie AH, Jafarinia R. **Risk Assessment of Lead and Cadmium on Human Health in Surface Soil around Esfahan Steel Company and Mobarakeh Steel Complex, Iran.** J Health Syst Res 2019; 14(4): 432-7.

1- Department of Soil Science, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
2- Department of Water Engineering, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
**Corresponding Author:** Amir Hossein Baghaie, Email: a-baghaie@iau-arak.ac.ir



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20 ]

[ DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.4.3.9 ]

[ DOI: 10.22122/jhsr.v14i4.3321 ]