

Health Risk Assessment of Some Heavy Metals in Groundwater Resources of Birjand Flood Plain Using Environmental Protection Agency (EPA) Model

Sinkakarimi M.H^{*1}, Rajei G², Mahdijezhad M.H³, Hatamimanesh M¹

1. Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

2. Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Birjand University, Birjand, Iran

3. Department of Environmental Health, Faculty of Paramedicine and Health, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran

* *Corresponding author.* Tel: +989118894052, Fax: +988132355330, E-mail: mh_sinkakarimi@yahoo.com

Received: May 11, 2018

Accepted: Jul 29, 2019

ABSTRACT

Background & objectives: In general, contamination of drinking water sources by heavy metals can poses a serious threat to the living organism, especially human. Therefore, this research examines the concentration of some heavy metals in groundwater resources and their impact on consumer health.

Methods: In this study, samples were collected from 17 wells in Birjand flood plain, in autumn of 2010. The water samples were fixed with Nitric acid 65%, transferred to the laboratory, and the concentrations of Cd, Cr, Cu, Fe, Pb and Zn were determined by atomic absorption spectrophotometer. Finally, the risk for human health was calculated according to a model proposed by the Environmental Protection Agency (EPA).

Results: Except for Cr and Pb, the concentrations of Cd, Cu, Fe and Pb were lower than standard levels of Iran and WHO. The results of the health risk of studied heavy metals related to the studied water samples of wells, were 31×10^{-5} person for cancerous diseases and 19×10^{-6} person for non-cancerous diseases.

Conclusion: According to the results, it can be concluded that among of the studied metals, the concentrations of Cr and Pb in underground water were not in safe level. Therefore, continuous monitoring studies are needed to determine the incidence and prevalence rates of the diseases related to the metals, in the Birjand flood plain, especially for Cr and Pb.

Keywords: Water; Health Risk; Cr; Birjand Flood Plain; Contamination

ارزیابی ریسک سلامت برخی فلزات سنگین منابع آب زیرزمینی دشت بیرجند با استفاده از شاخص آژانس حفاظت محیط زیست

محمدحسین سینکا کریمی^{۱*}، قاسم رجایی^۲، محمدهادی مهدی نژاد^۳، مسعود حاتمی منش^۱

۱. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

۲. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۳. گروه بهداشت و محیط، دانشکده پیراپزشکی و بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گلستان، ایران

* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۱۸۸۹۴۰۵۲ فکس: ۰۸۱۳۲۳۵۵۳۳۰ ایمیل: mh_sinkakarimi@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: به طور کلی آلودگی ناشی از ورود فلزات سنگین به منابع آب آشامیدنی، سلامتی موجودات زنده به ویژه انسان‌ها را مورد تهدید جدی قرار می‌دهد. از این رو این پژوهش به بررسی غلظت برخی از فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی و تأثیر آن بر سلامت مصرف‌کنندگان پرداخته است.

روش کار: در این تحقیق از تعداد ۱۷ حلقه چاه آب دشت بیرجند در پاییز سال ۱۳۸۹ نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌های برداشته شده پس از فیکس شدن با اسید نیتریک ۶۵٪ به آزمایشگاه انتقال داده شده و میزان فلزات سنگین آهن، روی، سرب، کادمیوم، کروم و مس با استفاده از دستگاه جذب اتمی تعیین گردید. در نهایت ارزیابی ریسک سلامت انسان‌ها با استفاده از شاخص آژانس حفاظت از محیط زیست (EPA) محاسبه شد.

یافته‌ها: به استثناء کروم و سرب که میزان آن‌ها از استانداردهای ملی و WHO فراتر رفت، میزان سایر عناصر (آهن، روی، کادمیوم و مس) پایین‌تر از حد استانداردها بدست آمد. نتایج ارزیابی ریسک کلی سلامت فلزات مورد بررسی در چاه‌های مورد مطالعه برای بیماری‌های سرطان‌زایی $10^{-5} \times 31$ و برای بیماری‌های غیر سرطان‌زایی $10^{-6} \times 19$ فرد بدست آمد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد میزان آلودگی آب آشامیدنی شهر بیرجند به سرب و کروم در سطح مناسبی نمی‌باشد. بنابراین انجام مطالعات پایشی مداوم برای تعیین میزان بروز و شیوع بیماری‌های مرتبط با فلزات، خصوصاً کروم و سرب در مصرف‌کنندگان ضروری به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: آب، ریسک سلامت، کروم، دشت بیرجند، آلودگی

پذیرش: ۹۸/۵/۷

دریافت: ۹۷/۹/۲۶

مقدمه

تعریف جامعی از آن‌ها ارائه نشده، اما در واقع به گروهی از عناصر شیمیایی که جرم اتمی آن‌ها از جرم اتمی آهن (معادل ۵۵/۸ گرم بر مول) بیشتر باشد، اطلاق می‌گردد. این عناصر جزء پایدارترین آلاینده‌ها می‌باشند که تحت تأثیر فرآیندهای زیستی در طبیعت حذف نشده و این پایداری آن‌ها موجب تجمع زیاد در

فلزات سنگین یکی از قدیمی‌ترین و مهمترین آلاینده‌های سمی و خطرناک محیط‌زیستی شناخته شده به وسیله بشر هستند، که به دلیل خواصی از جمله سمیت زیاد، سرطان‌زایی، غیرقابل تجزیه و جیش‌زا بودن بسیار با اهمیت هستند (۱). اگرچه هنوز

طبیعت و طول زنجیره غذایی به میزان چندین برابر مقدار آن‌ها در مقایسه با آب، خاک و هوای (بزرگ‌نمایی زیستی) اطراف می‌شود (۲،۱). در نتیجه موجب ایجاد اثرات و صدمات بیولوژیکی و اکولوژیکی فراوانی برای موجودات زنده می‌شوند، به همین جهت بررسی و ارزیابی میزان آن‌ها در محیط زیست به منظور حفظ و سلامت موجودات زنده به‌ویژه جامعه بشری بسیار مهم و با اهمیت می‌باشد (۳). اصولاً گام اول در ارزیابی گستردگی و شدت آلودگی فلزات، تعیین غلظت آنها می‌باشد. از این رو برای حفظ محیط‌زیست، کنترل آلودگی و بهداشت عمومی باید اطلاع دقیقی از میزان آلودگی‌ها به‌خصوص فلزات سنگین و پراکنش آن‌ها موجود باشد. فلزات سنگین به‌صورت فلزات ضروری و غیرضروری هستند که به‌ویژه در سم‌شناسی محیطی^۱ با اهمیت می‌باشند. تمامی فلزات سنگین دارای پایداری زیاد و پتانسیل مسموم‌کنندگی موجودات زنده هستند (۴،۳). به‌علت ویژگی تجمع زیستی فلزات سنگین، رهاسدن آن‌ها به‌طور گسترده به محیط‌های آبی و خاکی ناشی از فعالیت‌های مختلف انسانی، حتی در غلظت‌های کم تهدیدی جدی را برای گیاهان، حیوانات و حتی انسان به‌وجود می‌آورند (۷-۵). فلزات سنگین از منابع طبیعی، از جمله ته‌نشست‌های اتمسفری، هوازدگی سنگ‌ها و نیز منابع انسانی نظیر انتشار صنعتی، معدن‌کاوی و فعالیت‌های کشاورزی وارد اکوسیستم‌های آبی و خاکی می‌گردند. میزان ورود این عناصر به محیط، بیش از میزانی است که به‌وسیله فرایندهای طبیعی برداشت می‌شوند. بنابراین تجمع فلزات سنگین در محیط زیست مورد توجه است (۸،۹).

مطالعات متعددی بر غلظت فلزات سنگین در آب‌های زیرزمینی و اثرات آن‌ها بر سلامت انسان و موجودات انجام شده است که از جمله می‌توان به تحقیقات گندوز و همکاران و باسکار داس و همکاران اشاره کرد (۱۱،۱۰). در تحقیقی که گندوز و همکاران در ارزیابی

^۱ Ecotoxicology

آلودگی آب‌های زیرزمینی به آرسنیک دشت سیما در ترکیه و تاثیر آن بر سلامتی انسان‌ها انجام دادند بیان کردند که میانگین غلظت آرسنیک ۹۹/۱ و ماکزیمم آن ۵۶۱/۵ میکروگرم برلیتر بود. آن‌ها همچنین اعلام کردند که آمار بیماری‌ها از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۵ در منطقه افزایش داشته است (۱۰). باسکار داس و همکاران در ارزیابی آلودگی آرسنیک در آب‌های زیرزمینی و تاثیر آن بر سلامت انسان‌ها در غرب بنگال، هند و بنگلادش اعلام کردند که از ۱۹ بخش غرب بنگال ۹ بخش، آرسنیک فراتر از استاندارد بین‌المللی ۵۰ میکروگرم بر لیتر بوده است. آنها همچنین با بررسی مقدار آرسنیک در ادرار ۳۹۰۰۰ نفر از افراد بیمار و غیر بیمار بیان کردند در ۸۳ درصد افراد مقدار آرسنیک فراتر از حد نرمال بود (۱۱).

پژوهش‌هایی که در زمینه آلودگی فلزات سنگین انجام می‌شوند حداقل از دو دیدگاه قابل بررسی‌اند. دیدگاه اول سلامت و بهداشت عمومی است که هدف از این مطالعات پیشگیری از ابتلاء انسان به بیماری‌های گوناگون ناشی از مصرف مواد غذایی یا آب آلوده به فلزات سنگین است. دیدگاه دوم حفظ حالت توازن اکوسیستم آبی و جلوگیری از زوال زیستی آن‌ها به واسطه تاثیرات سوء این آلاینده‌ها است (۱۲). تحقیق حاضر با در نظر گرفتن دیدگاه اول به بررسی غلظت فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی دشت بیرجند و ارزیابی خطر سلامت این فلزات بر بیماری‌های سرطانزایی و غیرسرطانزایی پرداخته است.

روش کار

مطالعه حاضر در دو بخش میدانی و آزمایشگاهی صورت گرفت. به‌منظور نمونه‌برداری از حلقه‌های چاه (جامعه آماری) پس از بررسی نقشه منطقه و بازدید از محدوده مطالعاتی نمونه‌برداری به‌طور تصادفی از تعداد ۱۷ حلقه چاه منابع آب زیرزمینی دشت بیرجند در پاییز ۱۳۸۹ صورت گرفت. روش

ADDd: میزان وارد شده فلزات سنگین از طریق نوشیدن آب به بدن (میلی گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در روز)؛ DW: میانگین حجمی نوشیدن آب در روز (۳ لیتر)؛ C: غلظت فلزات سنگین موجود در آب (میلی گرم بر لیتر)؛ BW: میانگین وزن بدن یک انسان بالغ (۷۰ کیلوگرم).

به منظور محاسبه میانگین دُز روزانه برای هر آلاینده یا ماده شیمیایی (دُزی که با آب نوشیدنی وارد بدن می‌شود)، جهت محاسبه و ارزیابی ریسک ماده شیمیایی مورد نظر بر اساس معادله ۲ عمل می‌شود. در واقع در این مرحله یک ارزیابی دُز-واکنش برای ساکنین منطقه محاسبه می‌شود، که این رابطه کمیت بین ریسک و اثرات آن آشکار را می‌سازد. رابطه ۲ مدل خطی پیشنهاد شده از سوی آژانس حفاظت از محیط زیست (EPA) به منظور ارزیابی ریسک را نشان می‌دهد.

$$\text{Risk} = \text{ADDd} \times \text{Ur} \quad (2)$$

در این معادله ADDd، دُز ماده روزانه (برحسب میلی گرم بر کیلوگرم)؛ Ur: واحد ریسک است که به عنوان فاکتوری از نسبت ریسک تعیین شده می‌باشد که بستگی به دُز قابل دسترس دارد. واحد ریسک (Ur) با توجه به نوع عنصر و نیز اثر سرطان‌زایی و یا غیرسرطان‌زایی ارزش صحیحی را می‌پذیرد (جدول ۱).

نمونه‌گیری و نگهداری نمونه‌ها طبق روش‌های استاندارد آزمایش آب و فاضلاب ۱۹۹۸ صورت گرفت که بر طبق آن نمونه‌ها در ظروف پلی اتیلنی ۲۵۰ میلی‌لیتری که به مدت ۲۴ ساعت در تانک اسید نیتریک قرار داشتند جمع‌آوری و سپس با استفاده از اسیدنیتریک ۶۵٪ فیکس شدند. نمونه‌ها پس از ثبت مشخصات ایستگاه‌ها در مجاورت یخ به آزمایشگاه منتقل شدند. در بخش آزمایشگاهی نمونه‌های جمع‌آوری شده پس از عبور از فیلترهای ۰/۴۵ میکرومتری نیتروسولولوزی با روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی Thermo Model 97 GFS مورد سنجش قرار گرفتند (۱۳). حد آشکارسازی دستگاه برای فلز کروم ۰/۰۰۱، سرب ۰/۰۰۱، مس ۰/۰۰۱، روی ۰/۰۰۱ و آهن ۰/۰۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر بود.

محاسبه ارزیابی ریسک سلامت

شاخص ارزیابی ریسک سلامت انسانی آژانس حفاظت از محیط زیست (EPA) تحت شرایط مصرف روزانه آب، می‌تواند در تمام طول عمر انسان یا برای یک دوره مشخص محاسبه گردد. بدین منظور در این تکنیک میانگین آب مصرفی برای نوشیدن حدود ۳ لیتر و میانگین وزن بدن انسان ۷۰ کیلوگرم در نظر گرفته می‌شود. با در نظر گرفتن این موارد میزان فلزات سنگین وارد شده به بدن با توجه به وزن افراد و مقدار آب مصرفی روزانه براساس رابطه ۱ تخمین زده می‌شود.

$$\text{ADDd} = \text{DW} \times \text{C} / \text{BW} \quad (1)$$

جدول ۱. واحد ریسک فلزات سنگین در منابع آب در دو حالت سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی (۱۴)

آهن	مس	سرب	روی	کروم	
۰/۱۶۵	-	۰/۰۰۸۵	-	۰/۱	URcancer (kg - day/ mg)
۰/۰۰۷۰	-	۰/۰۰۰۰۷۸۵	۰/۳	۰/۰۰۵	UR noncancer (kg - day/ mg)

یافته‌ها

نتایج غلظت فلزات سنگین در چاه‌های مورد مطالعه در شکل ۱ و جدول ۲ نشان داده شد. میانگین غلظت فلزات آهن، روی، سرب، کروم و مس در این چاه‌ها به ترتیب 0.049 ± 0.02 و 0.12 ± 0.01 میلی‌گرم بر لیتر بدست آمد.

ترکیبات متفاوتی در آب موجود می‌باشند، با استفاده از رابطه ۳ می‌توان ریسک کل ایجاد شده توسط مجموع این مواد شیمیایی را به دست آورد.

(۳)

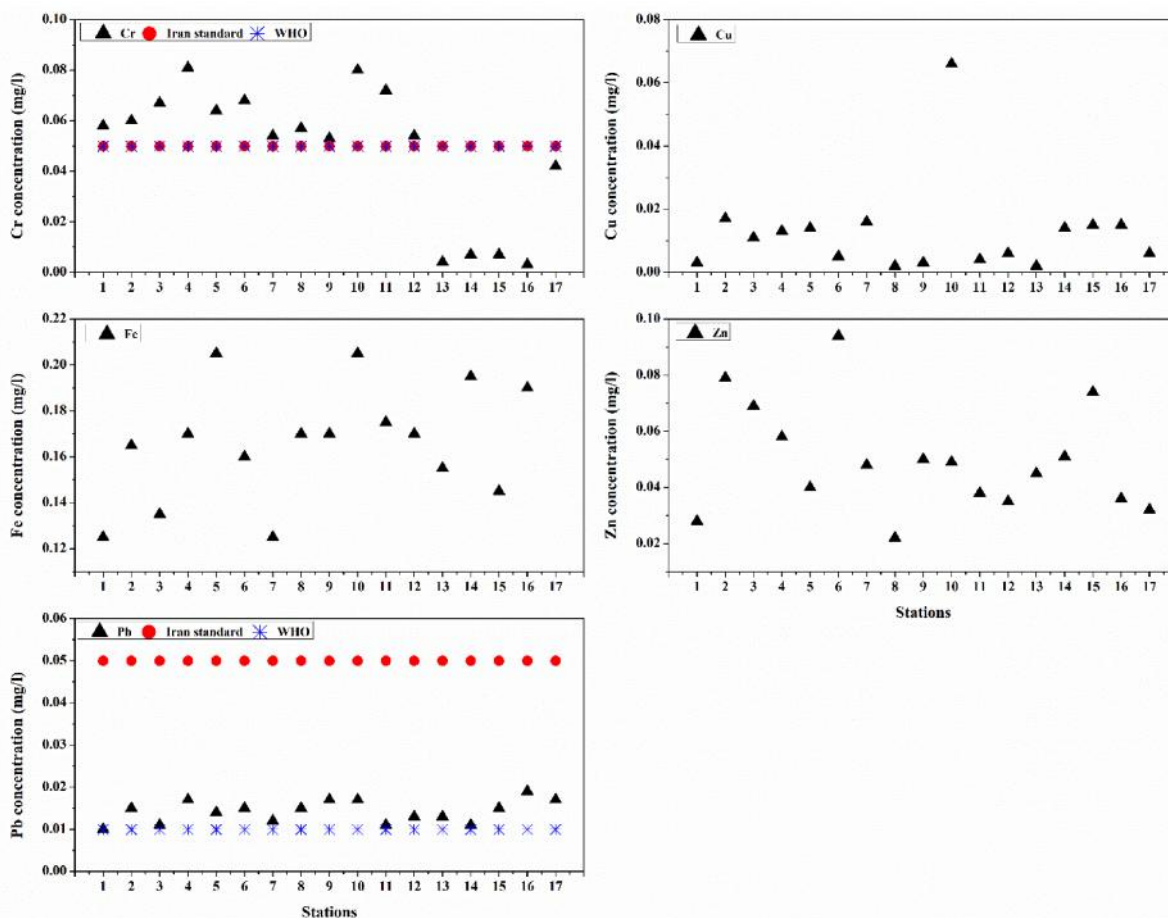
$$Risk_{sum} = 1 - (1 - Risk_1) \times (1 - Risk_2) \times \dots \times (1 - Risk_n)$$

$Risk_{sum}$ (ریسک مجموع)، مجموع ریسک هر یک از اثرات می‌باشد. $Risk_1$ ، $Risk_2$ و... ریسک هر یک از آلاینده‌ها به طور جداگانه می‌باشند.

جدول ۲. میانگین غلظت فلزات سنگین در چاه‌های آب دشت بیرجند (میلی‌گرم بر لیتر)

آهن	مس	سرب	روی	کروم	
0.049 ± 0.02	0.12 ± 0.01	0.00 ± 0.014	0.02 ± 0.05	0.03 ± 0.049	مطالعه حاضر
۰/۳	۱/۳	۰/۰۵	۵	۰/۰۵	استاندارد ایران
۰/۳	۲	۰/۰۱	۳	۰/۰۵	استاندارد WHO

* غلظت کادمیوم در تمام ایستگاه‌ها صفر بدست آمد.



شکل ۱. غلظت فلزات سنگین در چاه‌های آب دشت بیرجند (میلی‌گرم بر لیتر)

نتایج ارزیابی ریسک سلامت

به طور کلی نتایج حاصل از ارزیابی ریسک سلامت منابع آب زیر زمینی شهر بیرجند با استفاده از مدل ارزیابی ریسک فلزات سنگین EPA در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس جدول ۳ مشخص می شود که فلزات روی، آهن و مس موجب سرطان زایی نمی شوند و از بین دو فلز کروم و سرب با توجه به میانگین غلظت آن ها در آب، ریسک سرطان زایی کروم بیشتر از سرب

می باشد. همچنین نتایج بررسی تاثیر فلزات مورد مطالعه بر بیماری های غیرسرطان زایی نیز نشان داد، که روی بیشترین تاثیر را در بیماری های غیرسرطان زایی دارد. همچنین ارزیابی ریسک سلامت کل برای بیماری سرطان زایی 31×10^{-5} و برای بیماری های غیرسرطان زایی 19×10^{-6} فرد در منطقه بدست آمد.

جدول ۳. ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین در منابع آب

Risk _{noncarc}	UR _{noncancer} (kg - day/ mg)	Risk _{carc}	UR _{cancer} (kg - day/ mg)	ADDd (mg/kg)	C (mg/kg)	پارامتر
1.05×10^{-7}	5×10^{-3}	21×10^{-5}	۰/۱	$2/1 \times 10^{-3}$	۰/۰۴۹	کروم
63×10^{-6}	۰/۳	-	-	$2/1 \times 10^{-3}$	۰/۰۵۰	روی
47×10^{-9}	$78/5 \times 10^{-6}$	51×10^{-7}	$8/5 \times 10^{-3}$	6×10^{-4}	۰/۰۱۴	سرب
-	-	-	-	$5/5 \times 10^{-4}$	۰/۰۱۳	مس
-	-	-	-	7×10^{-3}	۰/۱۶۵	آهن

بحث

به طور کلی نتایج حاصل از بررسی میانگین غلظت کلی فلزات مورد مطالعه در منابع آب زیرزمینی بیرجند نشان داد، بیشترین و کمترین غلظت کلی عناصر به ترتیب متعلق به فلزات آهن و مس بود. همچنین ترتیب قرار گرفتن میانگین کلی غلظت فلزات در منابع آب زیرزمینی مورد مطالعه به صورت $Fe > Zn > Cr > Pb > Cu$ بود.

سرب یکی از گسترده ترین آلاینده های زیست محیطی می باشد که در تمام سطوح کره زمین از اعماق اقیانوس ها تا مناطق قطبی ردیابی و اندازه گیری شده است. این عنصر اگرچه کاربرد گسترده ای در زندگی بشر به خصوص در صنعت رنگ، سوخت و... دارد، اما شواهد حاکی از آن است که هیچ گونه عملکرد فیزیولوژیکی مفیدی برای موجودات زنده ندارد و حتی در غلظت های کم نیز سمی است. همچنین تجمع آن در بدن می تواند غلظت عناصر ضروری همچون آهن، روی، مس و کلسیم را تحت تاثیر قرار دهد (۴).

نتایج بررسی غلظت سرب نشان داد، که غلظت آن در همه چاه های مورد مطالعه برابر یا بیشتر از استاندارد WHO (۰/۰۱ ppm) است اما در تمامی نمونه ها، میزان سنجش شده به مراتب از حد استاندارد ملی (۰/۰۵ ppm) کمتر می باشد (جدول ۲ و شکل ۱). مطالعات بسیاری ثابت کرده اند که عواقب قرارگیری بزرگسالان در معرض سرب دامنه ای از بیماری ها از جمله سرطان تا افزایش فشار خون را ایجاد می کند. استخوان ها به همراه دندان ها اندام های اصلی هدف برای تجمع سرب در بدن انسان هستند (۱۵،۴). عواملی همچون رواناب های سطحی، فرسایش طبیعی پوسته زمین و استفاده از کودهای شیمیایی در اراضی کشاورزی منطقه می تواند در میزان غلظت فلز سرب در منابع آب زیرزمینی تاثیر گذار باشد.

محمیدیان و همکاران در بررسی غلظت فلزات سنگین چاه های آب مجاور کارخانه سرب و روی زنجان اعلام کردند که اگرچه غلظت سرب در هیچ کدام از نمونه ها از حد استاندارد ملی فراتر نبود، اما میزان آن در ۵۹ درصد از چاه ها فراتر از استاندارد

تعیین شده توسط WHO بود (۱۶). در تحقیق حاضر مانند مطالعه ذکر شده، میزان غلظت سرب پایین تر از استاندارد ملی اما بالاتر از استاندارد جهانی به دست آمد. همچنین بیگلری و همکاران در مطالعه‌ای که به بررسی توزیع مکانی غلظت عناصر جزئی آرسنیک، کادمیوم، کروم و سرب در منابع آب زیرزمینی شهرستان زاهدان پرداختند بیان داشتند که میانگین غلظت سرب در آب چاه‌های منطقه برابر ۱۴/۹۲ میکروگرم در لیتر بود، که تقریباً با میزان بدست آمده در مطالعه حاضر (میکروگرم در لیتر) برابر می‌باشد. همچنین آن‌ها بیان داشتند غلظت سرب در ۳ درصد از آب چاه‌های منطقه بیشتر از حد استاندارد بوده است (۱۷). مقایسه نتایج غلظت سرب در چاه‌های مورد مطالعه با استانداردهای ملی و بین‌المللی در شکل ۱ نشان داده شده است.

فلز کروم یکی دیگر از آلاینده‌های مهم محیط‌های آبی و خاک است، اصولاً کروم با ظرفیت‌های ۳ و ۶، پایدارترین حالت‌های اکسیداسیون این فلز هستند. کروم ۳ ظرفیتی به‌عنوان یک عنصر کمیاب، برای عملکرد موجودات زنده ضروری است در حالی که کروم ۶ ظرفیتی برای انسان و سایر موجودات سمی و سرطانزا است. آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان و برنامه سم‌شناسی ملی در آمریکا، کروم ۶ ظرفیتی را به‌عنوان یک عنصر سرطان‌زا^۱ معرفی نمود. کروم ۶ ظرفیتی برای بدن به‌عنوان عنصر مخاطره‌آمیز تلقی شده و کاهش ورود و یا افزایش دفع از بدن می‌تواند منجر به کاهش ریسک ابتلاء به بیماری‌های گوناگون و ارتقای سلامت افراد جامعه گردد (۱۸). بر اساس نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر، غلظت کروم کل در ۷۰ درصد از چاه‌های مورد مطالعه بیشتر از حد استانداردهای ملی و WHO می‌باشد (شکل ۱). اصولاً استفاده‌های گسترده از کروم در صنایع آبکاری فلزات، دباغی و آفت‌کش‌ها منجر به انتشار کروم در محیط‌زیست می‌گردد (۱۹). اما با توجه به عدم وجود

و یا در صورت وجود، محدود بودن صنایع آبکاری و دباغی و همچنین محدود بودن فعالیت‌های کشاورزی به نظر نمی‌رسد که عامل اصلی افزایش کروم در منابع آب زیرزمینی فعالیت‌های انسانی باشد. بنابراین می‌توان این نتیجه رسید، ویژگی‌های خاص زمین‌شناسی منطقه عامل اصلی افزایش کروم در منابع آب زیرزمینی دشت مورد مطالعه باشد. اصولاً کروم به علت انحلال پذیری و قابلیت تحرک زیاد در خاک می‌تواند به سایر اکوسیستم‌ها از جمله آب‌های سطحی و زیرزمینی نفوذ کند و باعث آلودگی این اکوسیستم‌ها گردد (۲۰). به‌طور کلی منشاء عناصر سنگین در دشت و شهر بیرجند متعلق به کرتاسه است که شامل افیولیت‌ها و آمیزه‌های زنگین می‌باشد. که مطابق شواهد موجود این مجموعه در دشت بیرجند به‌ویژه در بخش جنوبی آن فراوان هستند، همچنین محدوده مطالعاتی شهر بیرجند از نظر چینه شناسی از رسوبات کرتاسه تا عهد حاضر تشکیل شده است. علاوه بر این محل ذخیره آب‌های زیرزمینی دشت، رسوبات آبرفتی است که سرتاسر دشت را می‌پوشانند. که این موضوع در کنار اندازه متفاوت رسوبات در نقاط مختلف دشت، که بر کیفیت و کمیت آب‌های زیر زمینی محل تاثیر می‌گذارند، احتمالاً دلیل بالابودن عناصر سنگین از جمله کروم در آب‌های زیر زمینی می‌تواند منشاء زمین شناسی آن‌ها باشد (۲۱). در مطالعه‌ای سرخیل و همکاران بیان کردند که خاک‌های حاصل از هوازدگی افیولیت‌ها دارای مقادیر بالای کروم هستند و سرپانتینی شدن آن‌ها، موجب ایجاد خاک‌های با غلظت بالای کروم و دیگر عناصر سمی می‌شود که در صورت عدم مدیریت صحیح و اصولی می‌توانند باعث آلودگی آب و خاک گردند (۲۲). در تحقیقی رجایی و همکاران به بررسی غلظت فلزات سنگین مخازن آب چاه نیمه‌های سیستان و بلوچستان پرداختند، آن‌ها اظهار داشتند که غلظت کروم در یکی از چاه‌نیمه‌ها بیش از استانداردهای ملی و بین‌المللی بود (۱۹). شهرپاری و همکاران در تحقیقی

¹ Carcinogen

که به بررسی میزان کروم، در آب چاه‌های شهر بیرجند پرداختند، بیان داشتند، مقادیر کروم فقط در ۷/۱ درصد از چاه‌های آب در حد مطلوب (صفر) بود. در صورتی که در ۶۷/۹ درصد از چاه‌های آب میزان کروم در وضعیت غیرمجاز (بیش از ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر) مشاهده شد. مقایسه نتایج غلظت کروم در چاه‌ها با استانداردهای ملی و بین‌المللی در شکل ۱ نشان داده شد.

آهن یک عنصر ضروری در تغذیه انسانی است. غلظت آهن در آب آشامیدنی به‌طور طبیعی کمتر از ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر و جذب آن از طریق غذا به‌طور قابل توجهی بیشتر از آب آشامیدنی است (۲۳، ۱۴). میانگین غلظت آهن در چاه‌ها ۰/۱۵۷ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد که پایین‌تر از حد استاندارد ملی و جهانی است. نتایج غلظت فلزات سنگین منابع آب زیرزمینی نشان داد که بین غلظت فلزات در چاه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($p < 0/05$). گین و همکاران بیان کردند که غلظت فلزات سنگین در طول زمان تغییر می‌کند و نشان دادند چاه‌های موجود در یک محل می‌تواند به‌طور گسترده‌ای دارای غلظت‌های متفاوتی از فلزات باشند. در واقع غلظت فلزات سنگین در چاه‌ها، مرتبط با محل و عمق چاه‌ها بوده و در چاه‌های کم عمق‌تر در نواحی مشخص زمین‌شناسی غلظت بالاتر بوده است (۲۴). نتایج تحقیق عالی‌قدری و همکاران روی غلظت فلزات سنگین در منابع آب آشامیدنی اردبیل مشخص کرد که غلظت فلز آهن در تمام نمونه‌ها پایین‌تر از حد استاندارد ملی قرار دارد (۲۵).

مس و روی به‌عنوان عناصر ضروری مطرح می‌باشند. اگر چه اثبات شده است که فلزات مس و روی سمیت کمی برای انسان دارد اما مصرف دراز مدت دُزهای بالای این عناصر می‌تواند منجر به عوارض جسمی نظیر خستگی، سرگیجه، تاخیر در بهبود زخم‌های بدن شود (۲۶، ۲۷). مس و روی در جذب در بدن با یکدیگر رقابت دارند و افزایش روی در محدوده ۳۰۰-۱۰۰

میلی‌گرم در روز با کم‌خونی سلولی همراه است و منجر به کاهش جذب مس در بدن می‌گردد (۲۳). مقایسه نتایج بدست آمده غلظت فلزات مس و روی با استانداردهای ملی و بین‌المللی نشان داد که این فلزات زیر حد مجاز استاندارد قرار دارند و مشکلی برای مصرف‌کنندگان به‌وجود نمی‌آورد. شهریار و همکاران در تحقیقی که به بررسی میزان مس در آب چاه‌های شهر بیرجند پرداختند، بیان داشتند میانگین غلظت مس در نمونه‌های آب چاه برابر $0/066 \pm 0/087$ بود که در مقایسه استاندارد ایران در مورد ویژگی‌های آب آشامیدنی، همه نمونه‌ها از نظر میزان مس در حد مطلوب (کمتر از ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر) قرار داشتند (۲۸). در پژوهشی که توسط شرفی و همکاران به بررسی غلظت عناصر سرب، آرسنیک، روی و مس در منابع آب زیرزمینی دشت زنجان انجام شد، نتایج نشان داد که غلظت عناصر اندازه‌گیری شده کم‌تر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی بود (۲۹). هم‌چنین نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های پژوهش حسن‌زاده و همکاران که به بررسی میزان فلزات سنگین مس و روی در منابع آب زیرزمینی محدوده شهر کرمان پرداختند، مطابقت داشت. آن‌ها بیان داشتند که غلظت عناصر مس و روی پایین‌تر از حد استاندارد تعیین شده برای آب آشامیدنی توسط سازمان بهداشت جهانی بود (۳۰).

به‌طور کلی نتایج حاصل از ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین کروم، مس، روی، سرب و آهن با استفاده از شاخص EPA نشان داد که فلزات روی، آهن و مس خاصیت سرطان‌زایی ندارند و از بین دو فلز کروم و سرب با توجه به میانگین غلظت آنها در آب، ریسک سرطان‌زایی کروم بیشتر از سرب به‌دست آمد. در تحقیق رجایی و همکاران و موموت و سینزینیس نیز میزان کروم بیش از سرب به‌دست آمد (۲۵، ۱۴).

همچنین بررسی تاثیر فلزات سنگین بر بیماری‌های غیرسرطان‌زایی با استفاده از شاخص بیان شده حاکی

از آن بود، که فلز روی بیشترین تاثیر را در بیماری‌های غیر سرطانزایی داشت. موموت و همکاران در تحقیقی که روی ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین منطقه روسیه میانه انجام دادند ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین را برای بیماری‌های سرطان‌زایی $10^{-3} \times 3/95$ و برای بیماری‌های غیرسرطان‌زایی $10^{-3} \times 0/98$ فرد بدست آوردند (۱۴). در تحقیقی دیگر که توسط رجایی و همکاران در منطقه دشت علی‌آباد کتول انجام شد ارزیابی ریسک فلزات سنگین برای بیماری‌های سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی به ترتیب $10^{-4} \times 2/32$ و $10^{-4} \times 2/53$ فرد بدست آمد (۲۷). با توجه به اینکه مطالعات کمی در مورد پایش سطح فلزات در بدن انسان از طریق نمونه‌برداری بافتی موجود می‌باشد پیشنهاد می‌شود که تحقیقات پایش سطح فلزات در بدن انسان از طریق نمونه‌برداری بافتی انجام گیرد.

در بین فلزات مورد بررسی فلز روی بیشترین تاثیر را در بیماری‌های غیرسرطانزایی محدوده مطالعاتی دارد. به عنوان یک نتیجه‌گیری کلی در مورد غلظت عناصر سمی نمونه‌های آب چاه‌های بررسی شده، می‌توان گفت با وجود طبیعی بودن میزان مس، روی، آهن میزان آلودگی آب آشامیدنی شهر بیرجند به وسیله سرب و کروم خطرناک است. با در نظر گرفتن شرایط محیطی، احتمالاً این آلودگی منشأ زمین‌شناسی دارد که نیازمند مطالعات بیشتر و تلاش در جهت رفع آن می‌باشد. با توجه به عوارض بهداشتی ناشی از مصرف آب آلوده به سرب و کروم پیشنهاد می‌شود کلیه منابع آب شرب منطقه مورد مطالعه حداقل یکبار در سال از نظر حضور عناصر مختلف به ویژه سرب و کروم پایش شود و در صورت وجود آلودگی زیاد اقدامات اساسی برای تصفیه آب آلوده یا جایگزینی آن صورت گیرد.

نتیجه گیری

به‌طور کلی روند غلظت فلزات در منابع آب زیرزمینی دشت بیرجند به‌صورت $Fe > Zn > Cr > Pb > Cu$ بود. براساس یافته‌های ارزیابی ریسک سلامت فلزات اندازه‌گیری شده می‌توان نتیجه گرفت فلزات روی، آهن و مس خطر سرطان‌زایی نداشتند و از بین دو فلز کروم و سرب با توجه به میانگین غلظت آنها در آب، ریسک سرطان‌زایی کروم بیشتر از سرب می‌باشد. همچنین

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از شرکت آب و فاضلاب روستایی استان خراسان جنوبی که در انجام این پژوهش مساعدت‌های لازم را عنایت فرمودند تشکر و قدردانی می‌گردد.

تضاد منافع

هیچ گونه تعارض منافع وجود ندارد.

References

- 1-Khodabande S. Accumulation of heavy metals in sediments and fish in Caspian Sea. Journal of Water & Wastewater. 2000;(29): 19-42.
- 2-Storelli M, Storelli A, D'Addabbo R, Marano C, Bruno R, Marcotrigiano G. Trace elements in loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from the eastern Mediterranean Sea: overview and evaluation. Environmental Pollution. 2005; 135: 163-70.
- 3-Türkmen M, Ciminli C. Determination of metals in fish and mussel species by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. Food Chemistry. 2007;103: 670-5.
- 4-Duggal V, Rani A. Carcinogenic and non-carcinogenic risk assessment of metals in groundwater via ingestion and dermal absorption pathways for children and adults in Malwa region of Punjab. Journal of the Geological Society of India. 2018 Aug 1; 92(2):187-94.

- 5-Elouear Z, Bouzid J, Boujelben N, Feki M, Jamoussi F, Montiel A. Heavy metal removal from aqueous solutions by activated phosphate rock. *Journal of Hazardous Materials*. 2008; 156: 412-420.
- 6-Gerlach RF, Cury JA, Krug FJ, Line SR. Effect of lead on dental enamel formation. *Toxicology*. 2002; 175: 27-34.
- 7-Arruda-Neto JDdT, de Oliveira M, Sarkis JEdS, Bordini P, Manso-Guevara M, Garcia F, et al. Study of environmental burden of lead in children using teeth as bioindicator. *Environment international*. 2009; 35: 614-8.
- 8-Alam M, Tanaka A, Allinson G, Laurenson L, Stagnitti F, Snow E. A comparison of trace element concentrations in cultured and wild carp (*Cyprinus carpio*) of Lake Kasumigaura, Japan. *Ecotoxicology and environmental safety*. 2002; 53: 348-54.
- 9- Mortazavi S, Hatami M. Assessment of ecological hazard of heavy metals (Cr, Zn, Cu, Pb) in surface sediments of the Bashar River, Yasouj, Iran. *Archives of Hygiene Sciences Volume*. 2018; 7(1): 47-60.
- 10- Gunduz O, Simsek C, Hasozbek A. Arsenic pollution in the groundwater of Simav Plain, Turkey: its impact on water quality and human health. *Water, air, and soil pollution*. 2010; 205: 43.
- 11- Das B, Rahman MM, Nayak B, Pal A, Chowdhury UK, Mukherjee SC, et al. Groundwater arsenic contamination, its health effects and approach for mitigation in West Bengal, India and Bangladesh. *Water Quality, Exposure and Health*. 2009; 1: 5-21.
- 12- Scheuhammer A. The chronic toxicity of aluminium, cadmium, mercury, and lead in birds: a review. *Environmental Pollution*. 1987; 46: 263-95.
- 13- Ettinger SJ, Feldman EC. *Text Book of Veterinary Internal Medicine*, 4th Ed, W.B, Saunders Company. 1995; P. 72.
- 14-Momot O, Synzynys B. Toxic aluminium and heavy metals in groundwater of middle Russia: health risk assessment. *International journal of environmental research and public health*. 2005; 2: 214-8.
- 15- Gomes VE, De Sousa MdLR, Barbosa Jr F, Krug FJ, Saraiva MdCP, Cury JA, et al. In vivo studies on lead content of deciduous teeth superficial enamel of preschool children. *Science of the total environment*. 2004; 320: 25-35.
- 16- Mohammadian M, Nouri J, Afshari N, Nassiri J, Nourani M. Investigation of Heavy Metals Concentrations in the Water Wells Close to Zanjan Zinc and Lead Smelting Plant. *J of Health and Environ*. 2008; 1: 51-56.
- 17- Biglari H, Dehshibi AR. Investigation of spatial distribution of heavy metals arsenic, cadmium, chromium and lead in groundwater city of Zahedan. *Environmental Health Sixteenth National Congress of the Iran*. 2013: 1-11.
- 18- Michalak I, Zieli ska A, Chojnacka K, Matuła J. Biosorption of Cr (III) by microalgae and macroalgae: equilibrium of the process. *American Journal of agricultural and biological science*. 2007; 2(4): 284-290.
- 19- Rajaei G, Mansouri B, Jahantigh H, Hamidian AH. Metal concentrations in the water of Chah nimeh reservoirs in Zabol, Iran. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. 2012; 89: 495-500.
- 20- Huang SH, Bing P, Yang ZH, Chai LY, Xu YZ, Su CQ. Spatial distribution of chromium in soils contaminated by chromium-containing slag. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. 2009; 19: 756-64.
- 21- Khaledi Z, Mohammadzadeh H. Investigation of Cr⁺⁶ and its health issues in Ali_Abad plain, southeastern part of Birjand_Iran. *The first international symposium on medical geology*. Tehran, Iran, 2010.
- 22- Sarkhil H, Hezarkhani A. Study natural contamination of Cr and its effects on environment based on ophiolites in Iran. *Student Conference on Mining Engineering*. Kashan University. 2016.
- 23- Esmaeeli A. *Pollution health and environmental standards*. 1rd ed. Tehran: Publications of Naghshe Mehr. 2002: 737.

- 24- Geen V, Zheng Y, Versteeg R, Spatial variability of arsenic in 6000 tube wells in a 25 km² area in Bangladesh. *Water Resou Resea*. 2003; 39(5): 1140-1156.
- 25- Alighadr M, Hazrati S, Qanbari M. Measurement of Heavy metals concentration in drinking water sources in Ardebil City. 10th Environmental Health National Conference. Hamedan Medical Sciences. 2007: 16- 24.
- 26- Miranzadeh MB, Mahmoodzadeh AA, Hasanzadeh M, Bigdeli M. Concentrations of Heavy Metals in Kashan Water Distribution Network in 2010, *Journal of Health Ardabail* 2011; 2(3): 58-68 [In Persian].
- 27- Rajaei Q, Pourkhabbaz AR, Hesari Motlagh S. Assessment of Heavy Metals Health Risk of Groundwater in Ali Abad Katoul Plian. *Journal of North Khorasan University of Medical Sciences*. 2012; 4(2): 155-162.
- 28- Shahryari T, Moashery B, Sharifzadeh G. Concentrations of chromium and copper in the ground water and drinking water distribution network of Birjand, 2009-2010. *Journal of Birjand University of Medical Science*. 2011; 18 (1): 62-67.
- 29- Sharafi M, Ghafari AS. Survey of Environmental contamination of toxic metals in groundwater in Zanjan. Fifteenth Congress of Geology. University of Tehran. Iran. 2011.
- 30- Hassanzadeh R, Abbasnejad A, Hamza Mohammed Ali. Evaluation of groundwater pollution around the of the Kerman city. *Journal of Environmental Studies*. 2010: 36 (56): 101-110.