Arch

مجله دانشکده علوم پزشکی نیشابور

www.journalnums.ac.ir

Downloaded from journal.nums.ac.ir at 12:14 IRST on Tuesday January 12th 2021

ارزیابی ریسک سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی فلزات سنگین در شبکه توزیع آب شرب شهر زابل

جمیله شهریاری[1]، محمدرضا رضایی*[1]، حسین کمانی[2]، محمدحسین صیادی اناری[1]

۱- گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع‌طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۲- گروه مهندسی بهداشت محیط ، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران

مقاله پژوهشی اصیل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۲۵

***نویسنده مسئول:** محمدرضا رضایی، دانشکده منابع‌طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

تلفن: ۰۹۱۵۱۶۱۵۴۱۴

پست الکترونیک:

mrrezaei@birjand.ac.ir

چکیده

مقدمه

وجود فلزات سنگین در آب شرب تهدیدی جدی برای سلامتی مصرف‌کنندگان به لحاظ احتمال ابتلا به انواع بیماری‌های مرتبط با مصرف آب آلوده است. پژوهش حاضر با هدف تعیین ریسک سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی فلزات سنگین در شبکه توزیع آب شرب شهر زابل انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه توصیفی- مقطعی، تعداد ۵۰ نمونه از نقاط مختلف شبکه آبرسانی شهر زابل در فصل زمستان ۱۳۹۷ برداشته شدند و طبق روش استاندارد توسط دستگاه ICP-OES مورد آنالیز قرار گرفتند. میانگین غلظت فلزات آرسنیک، کادمیوم، کروم، نیکل، سرب، منگنز، روی، مس و آهن با استانداردهای ملی ۱۰۵۳ ایران، آژانس حفاظت محیط‌زیست و سازمان جهانی بهداشت مقایسه شد. هم‌چنین ارزیابی ریسک بهداشتی برای دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان با استفاده از معیارهای آژانس حفاظت محیط‌زیست و محاسبات مربوطه از طریق فرمول نویسی در نرم‌افزار اکسل انجام گرفت.

یافته‌ها

در بین فلزات، میانگین غلظت فلز آرسنیک (۰/۰۴۰۷ میلی‌گرم در لیتر) و کادمیوم (۰/۰۰۳۴ میلی‌گرم درلیتر) بیشتر از مقادیر مجاز استانداردهای ملی ۱۰۵۳ ایران و سازمان جهانی بهداشت بودند. ریسک غیرسرطان‌زایی کل (HI) برای کودکان ۹/۶۲ و برای بزرگسالان ۴/۱۲ و مجموع ریسک سرطان‌زایی $۱/۷۹\times۱۰^{-۳}$ به‌دست آمد و بالاترین سطح ریسک را نشان داد.

نتیجه‌گیری

نتایج وجود خطر قابل توجه بروز بیماری‌های غیرسرطانی و همچنین خطر بسیار بالای ابتلا به بیماری‌های سرطان در مواجهه‌ی طولانی مدت برای جمعیت محلی (به‌ویژه کودکان) را نشان داد. بنابراین باید در اسرع وقت اقدامات لازم جهت کاهش میزان آلودگی آب توسط سازمان‌های مسئول انجام پذیرد.

کلیدواژه‌ها

ارزیابی ریسک، سرطان‌زایی، غیرسرطان‌زایی، فلزات سنگین، شبکه توزیع آب، زابل.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from journal.nums.ac.ir at 12:14 IRST on Tuesday January 12th 2021

مقدمه

منابع محدود آب شیرین، در معرض طیف گسترده‌ای از انواع آلاینده‌ها، به ویژه فلزات سنگین قرار گرفته‌اند. به طور کلی غلظت و توزیع فلزات سنگین در نمونه‌های آب آشامیدنی به شرایط شبکه‌های تامین آب هم وابسته است (۱).

آب سالم در طول مسیر از منبع تامین، تا نقطه مصرف مراحلی را طی می‌کند که کیفیت آن در عبور از این مراحل دستخوش نوسانات قابل توجهی می‌گردد (۲). در این میان، آلودگی به فلزات سنگین مشکلات زیست‌محیطی جدی را به دنبال دارد. اثرات بلند مدت مواجهه با سموم موجود در آب آشامیدنی از نگرانی‌های عمده کیفیت آب و بهداشت عمومی است (۱). افرادی که در معرض این عناصر قرار دارند، از طریق مصرف آب، نسبت به سرطان و دیگر خطرات آسیب‌پذیر هستند. به‌عنوان مثال، مواجهه با عنصر سرطان‌زایی همچون آرسنیک، عوارضی مانند کارکرد غیرطبیعی قلب، آسیب به شش‌ها و مجاری تنفسی، کاهش تولید گلبول‌های سفید و قرمز خون و ناراحتی گوارشی، سرطان ریه، مثانه و پوست را در بلند مدت در پی دارد (۳،۴).

فلز کادمیوم نیز خواص سرطان‌زایی داشته و بیماری‌هایی مثل فشار خون، گرفتگی عروق و هم‌چنین آسیب به کلیه‌ها، استخوان‌ها و کبد نتیجه‌ی مواجهه طولانی مدت با این فلز می‌باشد (۵). همچنین مصرف بیش از مقدار مجاز کروم می‌تواند باعث بروز سوزش و خارش در مخاط گوارشی شده و در شرایط حادتر عوارضی مانند نکروز کبدی، خونریزی داخلی، التهاب کلیه، مشکلات تنفسی، سرطان دستگاه گوارش، ریه و روده و در نهایت مرگ را در پی داشته باشد (۳، ۶). ترکیبات کروم شش ظرفیتی اثرات تخریبی بر بافت‌های بدن انسان می‌گذارد و منجر به بیماری سرطان در بلند مدت می‌شود (۷). بیماری‌های ناشی از مواجهه‌ی بلند مدت با نیکل شامل آلرژی، سرطان و اختلالات تنفسی می‌باشد (۸). بیش‌ترین تجمع نیکل در استخوان، کلیه، ریه و کبد انسان دیده شده است (۸). مواجهه با فلز سمی سرب نیز عوارض متعددی همچون اختلال در عملکرد سیستم‌های حیاتی بدن از جمله سیستم عصبی و حتی مرگ را در پی دارد (۲). غلظت‌های بالاتر از مقدار مجاز منگنز، می‌تواند عملکرد سیستم‌های مختلف بدن از جمله سیستم‌های تنفسی، گوارشی و عصبی را مختل کند (۳، ۹). هم‌چنین غلظت بالای فلزات آهن و منگنز در آب شرب می‌تواند موجب رشد و ازدیاد باکتری‌های آهن و منگنز، تغییر در طعم و بوی آب، افزایش خورندگی لوله‌ها، گرفتگی و انسداد سیستم‌های آب‌رسانی و کاهش راندمان گندزدایی و غیره شود (۹).

روی به آب مزه‌ای نامطلوب می‌دهد که نشان داده شده این فلز در سیستم‌های لوله‌کشی قدیمی می‌تواند به‌طور قابل توجهی بالاتر باشد (۱۰). مصرف بیش از حد مجاز روی درکوتاه مدت منجر به مشکلات گوارشی و در طولانی مدت منجر به بیماری‌های سیستم عصبی، آسیب لوزالمعده و کاهش کلسترول خوب خون (HDL) می‌گردد (۱۱).

وجود مس به مقدار بالا درکوتاه مدت باعث ایجاد بیماری‌های گوارشی و در طولانی مدت منجر به بیماری‌هایی از قبیل کم‌خونی، تغییر در استخوان‌ها و افزایش کلسترول و گاهی نیز باعث مرگ می‌شود. این در حالی است که نشان داده شده کودکان زیر یک‌سال نسبت به مس حساس‌تر هستند (۱۲). بنابراین ارزیابی خطر ناشی از مواجهه با این ترکیبات و همچنین پایش این فلزات برای ارزیابی ایمنی محیط‌زیست و سلامت انسان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۱۳). ارزیابی خطر، فرایندی است که جهت برآورد احتمال ایجاد اثرات مضر سلامتی به واسطه‌ی مواجهه با آلاینده‌های شیمیایی محیطی در زمان حال یا آینده به‌کار می‌رود (۱۴).

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from journal.nums.ac.ir at 12:14 IRST on Tuesday January 12th 2021

مطابق تعریف ارائه شده توسط سازمان جهانی بهداشت (WHO[1])، این فرایند با هدف محاسبه یا برآورد خطر موجود برای یک ارگانیسم، سیستم یا جمعیت به‌کار می‌رود (۱۵) و مکانیسمی را برای بررسی اطلاعات مرتبط با تخمین پیامدهای بهداشتی و زیست‌محیطی فراهم می‌کند (۱۶).

ارزیابی ریسک بهداشتی به‌عنوان روشی مناسب به‌منظور برآورد خطرات بالقوه سلامت در انسان شناخته شده‌است که نتایج و اطلاعات به‌دست‌آمده از آن می‌تولند به تصمیم گیرندگان در سازمان‌های ذی‌ربط کمک کرده تا قوانین و سیاست‌های جامعی برای حفاظت از سلامت افراد جامعه برقرار سازند (۱۷،۱۸). در این راستا مطالعات گسترده‌ای در سطح ملی و بین‌المللی بر روی محیط‌های آبی صورت گرفته‌است، به‌عنوان مثال دوگال[2] و رانی[3] ارزیابی ریسک بهداشتی فلزات در آب‌های زیرزمینی پاکستان (۱۹)، رضایی و همکاران ارزیابی ریسک فلزات سنگین آب آشامیدنی در استان کردستان (۲۰)، دشتی‌زاده و همکاران ارزیابی ریسک بهداشتی فلزات سنگین آب شرب زاهدان (۲۱)، توفیق الاسلام[4] و همکاران بررسی آلودگی آب‌های زیرزمینی به فلز آرسنیک و ارزیابی ریسک در بنگلادش (۲۲) و دمیر و همکاران ارزیابی ریسک بهداشتی فلزات سنگین در آب شرب ترکیه (۱) را انجام دادند.

منابع آب سطحی دشت سیستان منحصر به رودخانه هیرمند است که عمده حوضه آبریز آن در خاک کشور افغانستان واقع شده‌است. به منظور انتقال آب مازاد رودخانه سیستان، چهار مخزن (دریاچه) خارج از مسیر رودخانه به یکدیگر متصل شده و آب‌گیری می‌شوند (۲۳). این آب‌ها مسیر طولانی را تا رسیدن به نقطه نهایی مصرف، طی می‌کنند. مواد طبیعی شسته شده از خاک، رواناب حاصل از فعالیت‌های کشاورزی، تخلیه فاضلاب و پساب حاصل از فعالیت اماکن نزدیک به مسیر جریان آب و یا نشت احتمالی از اماکن دفن زباله، هر یک می‌توانند منجر به آلودگی این آب‌ها گردند. از سویی دیگر، با توجه به اثرات بهداشتی مواجهه با فلزات سنگین و فرسودگی و قدمت شبکه توزیع آب شرب شهر زابل و واکنش احتمالی متقابل آب و لوله‌های شبکه توزیع، آلودگی می‌تواند از طریق خطوط انتقال و شبکه توزیع آب از منبع تا نقطه‌ی مصرف امتداد یابد.

بنابراین بررسی و سنجش کیفیت آب در نقطه‌ی مصرف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و پرداختن به این موضوع را به‌دلیل احتمال ورود فلزات سنگین به جریان آب از طریق آلاینده‌های محیطی و انحلال از جدار لوله‌ها، ضروری می‌سازد.

بر این اساس تحقیق حاضر به دلیل اهمیت زیست‌محیطی موضوع و با توجه به این‌که تاکنون هیچ‌گونه مطالعه‌ای در رابطه با فلزات سنگین موجود در آب شرب شبکه توزیع شهر زابل انجام نگرفته است، با هدف بررسی غلظت فلزات سنگین در آب آشامیدنی شهر در نقطه مصرف و مقایسه با استلندارد ملی ۱۰۵۳ ایران، استلندارد سازمان جهانی بهداشت و استاندارد آژانس حفاظت محیط‌زیست (EPA[5])و همچنین تعیین ریسک سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی فلزات آرسنیک، کادمیوم، کروم، نیکل، سرب، منگنز، روی، مس و آهن برای دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان با استفاده از شاخص‌های آژانس حفاظت محیط‌زیست انجام گرفت.

1 World Health Organization
2 Duggal
3 Rani
4 Towfiqul Islam
5 Environmental Protection Agency

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from journal.nums.ac.ir at 12:14 IRST on Tuesday January 12th 2021

مواد و روش‌ها

محدوده‌ی مطالعاتی این تحقیق، شـــهر زابل، واقع در ضـــلع شـمال شـرقی اسـتان سـیسـتان و بلوچسـتان، در محدوده جغرافیایی بین ۶۰ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵۰ دقیقه طول جغرافیایی شـرقی و ۳۰ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۸ دقیقه عرض جغرافیایی واقع شـــده‌اســـت. جمعیت و مساحت ناحیه‌ی شهری زابل به ترتیب ۱۶۵۶۶۶ نفر و ۳۴۴ کیلومتر مربع و دارای اقلیم گرم و خشـک می‌باشـد. میانگین ســـالانه دما و بارش منطقه به‌ترتیب ۲۲/۹ °C و ۴۶/۱ mm اسـت (۲۴). این مطالعه به روش توصـیفی- مقطعی در فصـل زمســـتان ســـال ۱۳۹۷ انجام گرفت. در اولین مرحله، نقشـــه منطقه به دقت مطالعه شـد (۲۵) و در نهایت تعداد ۵۰ نمونه به‌طور تصـادفی از مراکز اداری، تجاری و مسـکونی شـهر و به روش اســـتاندارد متد که بر طبق آن نمونه‌ها در ظروفی از جنس پلی‌اتیلن (با حجم ۱ لیتر) که ۲۴ ســـاعت قبـل بـا اسـیدنیتریک (مرک) اسـیدشویی شده بود، جمع‌آوری گردید. بـه منظور جلوگیری از خروج گاز، بطری‌هـا کـاملا از آب پر شـــدند. میزان pH آب توســـط pH متر پرتابل در محل نمونه‌برداری‌ها اندازه‌گیری شـد و جهت تثبیت‌کردن نمونه‌ها پس از برداشـت آب، با اسـتفاده از اسـیدنیتریک ۶۵ درصـد مرک، pH نمونه‌ها را به نزدیک ۲ رساندیم (۲۶).

اسیدی‌سازی نمونه‌ها باعث کاهش جذب فلزات سنگین توسط جداره ظروف نمونه‌برداری و جلوگیری از رسوب احتمالی آن‌ها می‌شود. نمونه‌ها پس از ثبت مشخصات ایستگاه‌ها در مجاورت یخ به آزمایشگاه مرکزی دانشگاه سیستان و بلوچستان منتقل و تا زمان آزمایش در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (۲۷،۲۸) و در اولین فرصت غلظت فلزات آرسنیک، کادمیوم، کروم، نیکل، سرب، منگنز، روی، مس و آهن توسط دستگاه ICP-OES[1] (طیف‌سنجی نشر نوری پلاسمای جفت شده القایی، ساخت شرکت پرکین المر[2]) موجود در آزمایشگاه مذکور اندازه‌گیری شد. این نوع از طیف‌سنجی برای تعیین فلزات و تعدادی از نافلزات در غلظت‌های پایین کاربرد دارد. در مقایسه با روش‌های دیگر، ICPدارای سرعت و حساسیت بالاتری است (۲۹).

پس از دریافت نتایج، غلظت فلزات مذکور با آخرین ویرایش استاندارد ملی ۱۰۵۳ ایران (پنجمین تجدید نظراستاندارد ۱۰۵۳) (۳۰)، آخرین تجدید نظر استاندارد سازمان جهانی بهداشت در سال ۲۰۱۷ (۳۱) و آخرین تجدید نظر استاندارد آژانس حفاظت محیط‌زیست در سال ۲۰۱۸ برای آب آشامیدنی مقایسه شد (۳۲). سپس ارزیابی ریسک احتمال ابتلا به بیماری‌های غیرسرطانی (شاخص خطر) و ریسک بیماری‌های سرطان ناشی از مصرف آب آشامیدنی برای دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان انجام گرفت. کلیه محاسبات ارزیابی میزان ریسک از طریق فرمول نویسی در نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۶ انجام شد.

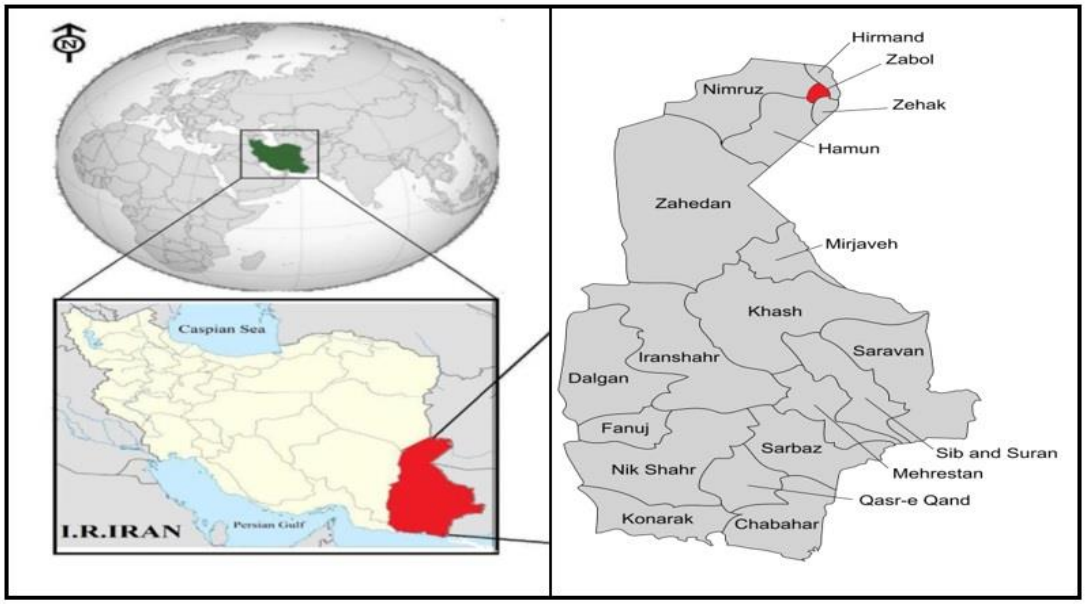
[1] Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry

[2] Perkin Elmer

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from journal.nums.ac.ir at 12:14 IRST on Tuesday January 12th 2021



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

ارزیابی ریسک سلامت، به عنوان فرآیند برآورد احتمال رخداد و درجه احتمالی اثرات مضر بر روی سلامتی در یک دوره خاص شناخته شده‌است. سطح خطر آلاینده‌های محیطی برای انسان‌ها به میزان مواجهه بدن با آلاینده‌ها و سمیت آن‌ها بستگی دارد. ارزیابی ریسک شامل ۴ مرحله است: ۱-شناسایی خطر ۲-ارزیابی پاسخ به دوز ۳-ارزیابی مواجهه ۴-توصیف خطر (مشخص کردن ریسک) (۳۳). در این مطالعه ارزیابی ریسک بهداشتی انسان (خطر سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی) ناشی از فلزات سنگین موجود در آب آشامیدنی با استفاده از معیارهای آژانس حفاظت محیط‌زیست اندازه‌گیری شده‌است (۳۴). ریسک بهداشتی ناشی از مواجهه با فلزات سنگین از طریق مصرف آب آشامیدنی بر اساس نتایج اندازه‌گیری غلظت فلزات در آب شرب شبکه توزیع شهر، با محاسبه مقدار نسبت خطر (HQ؛ برای نشان دادن اثرات غیرسرطانی) و ریسک ابتلا به سرطان در طول زندگی براساس روابط ارائه شده توسط EPA به ترتیب مطابق معادله ۱ و ۴ تعیین گردید (۱۸، ۲۱). طبق معادله‌ی ۱ برای محاسبه‌ی نسبت خطر بیماری‌های غیرسرطان‌زایی (HQ) به دو مقدار ADD[1] و RFD[2] نیاز داریم. ADD_{ing} میانگین دوز روزانه هر فلز از مسیر مصرف خوراکی (بلع) با واحد میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز می‌باشد. در این مطالعه ADD_{ing} یا ارزیابی مواجهه با فلز از از طریق مصرف آب توسط معادله ۲ محاسبه می‌شود (۱۷، ۲۱، ۲۸، ۳۵) که در این معادله، C غلظت فلزسنگین در آب (میلی‌گرم برلیتر)، IR میزان مصرف روزانه‌ی آب، EF فراوانی مواجهه، ED مدت مواجهه، BW وزن بدن و AT میانگین زمان برحسب روز می‌باشد، در جدول ۱ اعداد پیش فرض EPA برای پارامترهای این معادله آورده شده‌است (۱۷، ۱۸، ۲۱، ۳۶).

$$HQi = \frac{ADDi}{RfDi}$$ معادله ۱

[1] Average Daily Dose

[2] Reference dose pollutant

www.SID.ir

Downloaded from journal.nums.ac.ir at 12:14 IRST on Tuesday January 12th 2021

معادله ۲ $$ADDing = \frac{C \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

RFD دوز مرجع فلزات سنگین با واحد mg/kg/day در شرایط معین است. دوزهای مرجع خوراکی (برای هر فلز) از سیستم اطلاعات جامع مدیریت ریسک حفاظت محیط زیست آمریکا گرفته شده‌است. RFD، حداکثر مقداری از فلز که بالقوه فاقد اثرات مزمن از طریق نوشیدن آب به طور مستقیم است و مقدار آن برای فلزات مورد مطالعه طبق آخرین چاپ EPA (۲۰۱۸) به‌ترتیب ۰/۰۰۰۳ برای آرسنیک، ۰/۰۰۰۵ برای کادمیوم، ۰/۰۰۳ برای کروم، ۰/۰۲ برای نیکل، ۰/۰۰۳۵ برای سرب، ۰/۱۴ برای منگنز، ۰/۳ برای روی، ۰/۰۴ برای مس و ۰/۷ برای آهن در نظر گرفته شد (۳۲).

جدول ۱- متغیرهای مورد استفاده جهت ارزیابی ریسک سلامت (۱۷،۲۱،۲۸،۳۴،۳۵،۳۷)

پارامتر	واحد	مقدار		
		غیرسرطان		سرطان
		بزرگسالان	کودکان	
میزان مصرف آب	لیتر در روز	۲	۱	۲
فراوانی مواجهه	روز در سال	۳۶۵	۳۶۵	۳۶۵
مدت مواجهه	سال	۳۰	۶	۷۰
وزن بدن	کیلوگرم	۷۰	۱۵	۷۰
میانگین زمان	روز	۱۰۹۵	۲۱۹۰	۲۵۵۵۰

در این مطالعه مقدار پارامترهای AT برای ریسک سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی به صورت زیر تعیین گردید (۱۶):

$$AT = ED \times EF$$

مقدار AT ریسک‌های غیرسرطان‌زایی (برای بزرگسالان و کودکان) و سرطان‌زایی جداگانه محاسبه می‌شود. مقدار ED برای هر گروه سنی برابر با حداکثر سن در هرگروه (کودکان و بزرگسالان) در نظر گرفته شده‌است (۱۶). شاخص ریسک بهداشتی (HQ) برای کودکان و بزرگسالان به طور جداگانه محاسبه شد. ریسک غیرسرطان‌زایی کل (HI[1]) یا شاخص خطر کل در معادله ۳، مجموع HQ های ناشی از آلاینده‌های مختلف (آلاینده‌ها در این مطالعه فلزات آرسنیک، کادمیوم، کروم، نیکل، سرب، منگنز، روی، مس و آهن) از طریق مسیر خوراکی (بلع) است (۳۸).

معادله ۳ $$HI = \sum_{i=1}^{n} HQ$$

HI > 1 به معنی درجه‌ی خاصی از اثرات زیان‌آور بر سلامت انسان است و HI ≤1 بیانگر عدم وجود خطر می‌باشد (۳۳، ۳۵، ۳۹، ۴۰، ۴۱). ارزیابی ریسک سرطان‌زایی: ریسک مازاد سرطان در طول زندگی((ELCR) **E**xcess **L**ifetime **C**ancer **R**isk) اغلب با استفاده از معادله ۴ محاسبه می‌شود (۲۱):

[1] hazard index

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from journal.nums.ac.ir at 12:14 IRST on Tuesday January 12th 2021

معادله ۴ $$ELCR = ADDi \times SFi$$

مقدار محاسبه‌شده ELCR، احتمال رشد سرطان در طول زندگی (عمر) عموم جمعیت، در مواجهه با هر نوع ماده شیمیایی سرطان‌زا است (۳۲). ریسک سرطان‌زایی به عنوان یک احتمال تعریف می‌شود که فرد به دلیل مواجهه با یک آلاینده خاص یا مجموعی از آلاینده‌ها در محیط، دچار سرطان می‌شود (۴۲).

در این معادله، SF_i[1] فاکتور شیب سرطان‌زایی با واحد میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز است که برای آرسنیک ۱/۵، برای کادمیوم ۰/۳۸ و برای کروم ۰/۱۹ می‌باشد (۴۳، ۴۴). ADD_i میانگین دوز روزانه هر فلز از طریق مصرف خوراکی می‌باشد که با استفاده از معادله‌ی ۲ به‌دست می‌آید. مقادیر پارامترهای این معادله طبق مقادیر سرطان جدول ۱ جای‌گذاری می‌شود. در مواردی که چندین فلز مورد بررسی قرار می‌گیرد، ریسک سرطان‌زایی کل (ریسک تجمعی) نیز با استفاده از معادله‌ی ۵ محاسبه می‌شود (۲۱):

معادله ۵ $$\text{Total ELCR} = \sum_{i=1}^{n} \text{Risk}$$

این مقدار با محاسبه مجموع مقادیر ELCR مربوط به هر یک از مواد شیمیایی مورد مطالعه بدست می‌آید. مطابق با راهنمایی USEPA، دامنه خطر سرطان‌زایی قابل قبول یا قابل تحمل از 10^{-6} تا 10^{-4} است. بر این اساس مقادیر ELCR کم‌تر از 10^{-6} خطر سرطان‌زایی ناچیز و قابل چشم‌پوشی دارد و خطر سرطان برای مقادیر ELCR بیشتر از 10^{-4} غیرقابل‌قبول است (۲۱). به منظور افزایش وضوح و درک بیشتر از نتایج ارزیابی، برخی از محققان بر پایه‌ی روش دلفی، سطوح ریسک را در ۷ سطح رتبه‌بندی کرده‌اند (۲۱) که با توجه به مقادیری که از محاسبات ارزیابی به‌دست می‌آید، درجه‌ای از ریسک را شامل می‌شود. سطوح ریسک به ترتیب صعودی (۱ تا ۷) طیفی شامل ۱-ریسک بسیار کم ۲-ریسک کم ۳-ریسک کم تا متوسط ۴-ریسک متوسط ۵-ریسک متوسط تا زیاد ۶-ریسک بالا و ۷-ریسک بسیار بالا را دربرمی‌گیرد (۳۵).

یافته‌ها

pH نمونه‌های آب در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد و در محدوده‌ی بین ۶/۵۱ تا ۷/۴۵ و با میانگین ۶/۹۵ و تقریبا در محدوده‌ی خنثی و حد مجاز استانداردهای ملی ۱۰۵۳ ایران، سازمان جهانی بهداشت و آژانس حفاظت محیط‌زیست (۸/۵-۶/۵) قرارداشت.

به‌طور معمول، pH تاثیر مستقیمی بر سلامت مصرف‌کنندگان ندارد، اما یکی از مهم‌ترین پارامترهای کیفیِ آب است (۳۱). نتایج غلظت فلزات سنگین موجود در آب شرب شبکه توزیع شهر زابل در جدول ۲ ارائه شده‌است. در بین فلزات اندازه-گیری شده، آرسنیک با میانگین غلظت ۰/۰۴۰۷ میلی‌گرم بر لیتر بالاتر از استانداردهای ملی ۱۰۵۳ ایران، WHO و EPA (۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر) بود. هم‌چنین میانگین غلظت کادمیوم ۰/۰۰۳۴ میلی‌گرم بر لیتر و کمی بالاتر از استاندارد-های ملی۱۰۵۳ ایران و WHO (۰/۰۰۳ میلی‌گرم بر لیتر) و در محدوده‌ی استاندارد EPA قرار داشت و میانگین غلظت فلزات کروم، نیکل، سرب، منگنز، روی، مس و آهن در محدوده‌ی استانداردها بود. ارزیابی ریسک غیرسرطان‌زایی برای همه‌ی فلزات و ریسک سرطان‌زایی برای فلزات آرسنیک، کادمیوم و کروم طبق رهنمودهای EPA انجام شد (۳۴).

[1] carcinogenic Slope factor

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from journal.nums.ac.ir at 12:14 IRST on Tuesday January 12th 2021

جدول ۲- نتایج غلظت فلزات سنگین در شبکه توزیع آب شرب شهر زابل و استانداردهای مربوط به آب شرب

فلز سنگین	کمترین غلظت(mg/l)	بیشترین غلظت(mg/l)	میانگین غلظت(mg/l)	حداکثرمجاز (استاندارد ۱۰۵۳ایران) (۳۰) (mg/l)	حداکثرمجاز (استاندارد WHO 2017) (۳۱) (mg/l)	حداکثرمجاز (استاندارد EPA 2018) (۳۲) (mg/l)
آرسنیک	۰/۰۱۲	۰/۰۷۸	۰/۰۴۰۷	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
کادمیوم	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵
کروم	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲۸	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱
نیکل	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۷	۰/۰۷	-
سرب	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱۵
منگنز	۰/۰۰۷	۰/۰۱۲	۰/۰۰۸۱	۰/۴	۰/۴	۰/۰۵(استاندارد ثانویه)
روی	۰/۰۰۳	۰/۵۶۶	۰/۱۵۵۹	-	-	۵ (استاندارد ثانویه)
مس	۰/۰۰۳	۰/۰۲۴	۰/۰۱۰۶	۲	۲	۱/۳
آهن	۰	۰/۲۲	۰/۰۲۸	-	-	۰/۳(استاندارد ثانویه)

سطوح خطر احتمالی غیرسرطان‌زایی (شاخص HQ) به ترتیب در گروه بزرگسالان As> Cd> Zn> Cr> Fe> Mn> Cu> Ni> Pb و در گروه کودکان As> Cd> Cu > Zn > Cr > Pb > Fe> Mn> Ni به‌دست آمد. شاخص خطر کل بیماری‌های غیرسرطانی (HI) در گروه سنی بزرگسالان ۴/۱۲ و در گروه کودکان ۹/۶۲ و سطوح خطر احتمالی سرطان‌زایی به‌ترتیب برای As> Cd> Cr به دست آمد.

جدول ۳- نتایج محاسبات نسبت خطر بیماری‌های غیرسرطان‌زایی(HQ) فلزات مورد مطالعه

فلزات سنگین	غلظت فلزات (mg/L)	RFD ingestion (mg/kg/d) (۳۲)	HQ ingestion	
			کودکان	بزرگسالان
As	۰/۰۴۰۷	۰/۰۰۰۳	$۹/۰۴\times۱۰^{۰}$	$۳/۸۸\times۱۰^{۰}$
Cd	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۰۵	$۴/۵۳\times۱۰^{-۱}$	$۱/۹۴\times۱۰^{-۱}$
Cr	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۳	$۶/۲۲\times۱۰^{-۲}$	$۲/۶۷\times۱۰^{-۲}$
Ni	۰/۰۰۰۱	۰/۰۲	$۳/۳۳\times۱۰^{-۴}$	$۱/۴۳\times۱۰^{-۴}$
Pb	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۳۵	$۱/۹۰\times۱۰^{-۳}$	$۸/۱۶\times۱۰^{-۴}$
Mn	۰/۰۰۸۱	۰/۰۱۴	$۳/۸۶\times۱۰^{-۳}$	$۱/۶۵\times۱۰^{-۳}$
Zn	۰/۱۵۵۹	۰/۳	$۳/۴۶\times۱۰^{-۲}$	$۱/۴۸\times۱۰^{-۲}$
Cu	۰/۰۱۰۶	۰/۰۴	$۱/۸۳\times۱۰^{-۲}$	$۷/۸۶\times۱۰^{-۳}$
Fe	۰/۰۲۸	۰/۷	$۲/۶۷\times۱۰^{-۳}$	$۱/۱۴\times۱۰^{-۳}$

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from journal.nums.ac.ir at 12:14 IRST on Tuesday January 12th 2021

جدول ۴- نتایج ارزیابی ریسک سرطان‌زایی فلزات مورد مطالعه

فلزات سنگین	ریسک مصرف آب	درجات ریسک		سطوح و مقادیر استانداردهای ارزیابی (۳۵) محدوده مقادیر ریسک	پذیرش
As	۱/۷۴×۱۰$^{-۳}$	درجه ۷	ریسک بسیار بالا	>E-۰۳	ریسک پذیرفتنی نیست و باید برای رفع خطر اقدام شود
Cd	۳/۶۹×۱۰$^{-۵}$	درجه ۳	ریسک کم تا متوسط	E-۰۵, ۵E-۰۵	مشکلی وجود ندارد
Cr	۱/۵۰×۱۰$^{-۵}$	درجه ۳	ریسک کم تا متوسط	E-۰۵,۵ E-۰۵	مشکلی وجود ندارد

بحث

طبق نتایج ارائه شده در جدول ۲، میانگین غلظت فلزات مورد مطالعه به‌ترتیب از بیشترین به کمترین: Zn (۰/۱۵) > As (۰/۰۴) > Fe (۰/۰۲) > Cu (۰/۰۱) > Mn (۰/۰۰۸) > Cd (۰/۰۰۳) > Cr (۰/۰۰۲) > Ni= Pb (۰/۰۰۰۱) می‌باشد. مقایسه غلظت فلزات مذکور با استاندارد ملی ۱۰۵۳ ایران و آخرین ویرایش استاندارد سازمان جهانی بهداشت (۲۰۱۷) و آخرین ویرایش استاندارد آژانس حفاظت محیط‌زیست (۲۰۱۸) نشان داد که در بین فلزات، غلظت آرسنیک با میانگین ۰/۰۴ میلی‌گرم بر لیتر بالاتر از استانداردهای ملی ۱۰۵۳ ایران، WHO و EPA می‌باشد. غلظت آرسنیک در همه‌ی نمونه‌ها بیشتر از استانداردها و حداقل غلظت، ۰/۰۱۲ میلی‌گرم بر لیتر و حداکثر غلظت آن ۰/۰۷۸ میلی‌گرم بر لیتر است که نشان می‌دهد غلظت این عنصر در بعضی نمونه‌ها تا بیش از ۷ برابر استاندارد رسیده‌است (دلیل آن می‌تواند بافت زمین‌شناسی و کانسارهای موجود در منطقه و یا آلودگی‌های وارد شده در مسیر طولانی خط انتقال آب از منبع (کشور افغانستان) تا نقطه مصرف باشد که کیلومترها فاصله دارد و امکان ورود انواع آلودگی‌ها در مسیر عبور این آب‌ها وجود دارد که پیشنهاد می‌شود در این رابطه مطالعاتی مجزا انجام گردد (۴۵)). میانگین غلظت کادمیوم ۰/۰۰۳۴ میلی‌گرم بر لیتر، کمی بالاتر از استانداردهای ایران و WHO و پایین‌تر از مقدار مجاز EPA بود. محدوده‌ی غلظت از ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۰۶ میلی‌گرم بر لیتر بود که حاکی از آنست که غلظت کادمیوم در برخی از نمونه‌ها تا ۳ برابر بالاتر از استاندارد ملی ۱۰۵۳ ایران، سازمان بهداشت جهانی و استاندارد EPA می‌باشد. چنان‌چه غلظت کادمیوم بیشتر از چند میکروگرم در لیتر باشد احتمال ورود فاضلاب آلوده به آب تقویت می‌شود (۱۱). به‌دلیل شکستگی‌های متعدد و نشت لوله‌های فرسوده در سطح شهر، احتمال ورود آلودگی از این طریق دور از انتظار نیست که بررسی‌های تکمیلی در این مورد توصیه می‌شود. میانگین غلظت ۳ فلز کروم، منگنز و مس از استانداردهای ملی ۱۰۵۳ ایران، WHO و EPA پایین‌تر بود و بیشترین مقدار آن‌ها نیز از حداکثر مجاز این استانداردها پایین‌تر بود. کمترین میزان غلظت هم به نیکل و سرب با مقدار ۰/۰۰۰۱ میلی‌گرم بر لیتر اختصاص داشت که این میزان از غلظت، در محدوده‌ی مجاز هر ۳ استلندارد ایران، WHO و EPA قرار داشت. حداکثر مقدار مجاز فلزات روی و آهن در استانداردهای ایران و WHO ذکر نشده بود تا

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from journal.nums.ac.ir at 12:14 IRST on Tuesday January 12th 2021

مقایسه‌ای انجام شود اما در استاندارد ثانویه‌ی EPA که بحث زیبایی ظاهری آب و حفظ زندگی گیاهان و حیوانات نیز مطرح است (اما مانند استاندارد اولیه الزام‌آور نیست) (۴۶) به‌ترتیب برای روی و آهن مقادیر ۵ و ۰/۳ میلی‌گرم بر لیتر ارائه شده است که غلظت این دو فلز در این مطالعه کمتر از مقادیر استاندارد ذکرشده بود. ریسک سرطان‌زایی با هدف ارزیابی اثرات بلند مدت مواجهه با آلاینده‌ها که در اینجا فلزات سنگین مذکور هستند، مطابق رهنمودهای آژانس حفاظت محیط‌زیست (EPA) محاسبه شد، به همین دلیل، طبق جدول ۱ طول مدت مواجهه برای یک فرد (بالغ) ۷۰ سال که معادل ۲۵۵۵۰ روز (AT=۷۰ × ۳۶۵) می‌باشد، در نظرگرفته‌شد اما برای ارزیابی ریسک بیماری‌های غیرسرطانی که برای دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان به صورت جداگانه محاسبه شده‌است، اثرات کوتاه مدت مواجهه طی مدت زمان متوسطی که در این مطالعه برای کودکان ۶ و برای بزرگسالان ۳۰ سال می‌باشد، مورد ارزیابی قرار گرفت و بر خلاف ریسک سرطان‌زایی، جنبه‌ی تجمعی ندارد. درحالی‌که برای محاسبه‌ی ریسک سرطان‌زایی، احتمال ریسک در طول عمر یک فرد که EPA به‌صورت میانگین ۷۰ سال را (با توجه به سن امید به زندگی) بیان کرده‌است انجام می‌شود و تمام موارد مواجهه با خطر در طول زندگی فرد با هم جمع می‌شوند و در نهایت در هر زمان در طول زندگی فرد می‌تولند منجر به بیماری سرطان گردد (۱۶، ۳۷). در رابطه با ریسک غیرسرطان‌زایی در صورتی که نسبت خطر HQ بیشتر از یک شود احتمال بروز اثرات غیرسرطانی در جمعیت در معرض مواجهه وجود دارد. در حالی‌که اگر HQ≤1به‌دست بیاید خطری جمعیت را تهدید نمی‌کند (۴۲). این نکته برای شاخص خطر کل یا HI هم قابل تعمیم است به طوری‌که HI > 1 به معنی درجه‌ی خاصی از اثرات زیان‌آور بر سلامت انسان است اما HI ≤1 خطری ندارد (۳۳، ۳۵، ۴۰، ۴۱). طبق نتایج ارائه شده در جدول ۳ خطر احتمالی بروز بیماری‌های غیرسرطان‌زایی برای آرسنیک بیش‌تر از سایر فلزات بود. به طوری که نسبت خطر HQ ناشی از آرسنیک به ترتیب برای کودکان ۹/۰۴ و برای بزرگسالان۳/۸۸ به‌دست آمد که بیشتر از ۱ است و احتمال بروز بیماری‌های غیرسرطان ناشی از آرسنیک را در هر دو گروه کودکان و بزرگسالان جمعیت مورد مطالعه بالا می‌برد و ریسک ابتلا را در کودکان، بیشتر از بزرگسالان نشان می‌دهد. نتایج شاخص خطر کل که مجموع نسبت خطر کلیه فلزات (مجموع HQ ها) می‌باشد، به ترتیب برای کودکان ۹/۶۲ و برای بزرگسالان ۴/۱۲ به‌دست آمد. بنابراین شاخص خطرکل (HI) هم در این مطالعه بیشتر از ۱ است و احتمال بروز اثرات غیرسرطانی در جمعیتِ در معرض مواجهه وجود دارد. بر اساس روش دلفی و معیارهای ارزیابی EPA، سطوح ریسک در ۷ سطح رتبه‌بندی شده که با توجه به مقادیری که از محاسبات ارزیابی به‌دست آمده‌است، سطوح ریسک سرطان‌زایی فلزات کروم و کادمیوم درجه ۳ سرطان‌زایی و ریسک کم تا متوسط را نشان می‌دهد. بنابراین مفهوم این است که از نظر ابتلا به بیماری‌های سرطان ناشی از کروم و کادمیوم، خطر جدی جمعیت مورد مطالعه را تهدید نمی‌کند اما ریسک سرطان‌زایی مصرف آب برای آرسنیک $۱/۷۴\times۱۰^{-۳}$ به‌دست آمد که درجه ۷ از سطوح ریسک سرطان‌زایی که بالاترین درجه ریسک است را به خود اختصاص داده‌است بدین مفهوم که ریسک بسیار بالایی از نظر ابتلا به بیماری‌های سرطان ناشی از مصرف آب آلوده به فلزسنگین آرسنیک، جمعیت منطقه مورد مطالعه را تهدید می‌کند. مجموع ریسک سرطان‌زایی (ELCR) هم $۱/۷۹\times۱۰^{-۳}$ به‌دست آمد. مطابق با رهنمود EPA، دامنه خطر سرطان‌زایی قابل قبول یا قابل تحمل از $۱۰^{-۶}$ تا $۱۰^{-۴}$ است. بر این اساس مقادیر ELCR کم‌تر از $۱۰^{-۶}$ خطر سرطان‌زایی ناچیز و قابل

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from journal.nums.ac.ir at 12:14 IRST on Tuesday January 12th 2021

چشم‌پوشی دارد و خطر سرطان برای مقادیر ELCR بیشتر از 10^{-4} غیرقابل‌قبول است. در این مطالعه، هم عدد ریسک مازاد سرطان در طول زندگی و هم عدد ریسک تجمعی سرطان‌زایی (ریسک کل) بیشتر از 10^{-4} و غیرقابل‌قبول است. درنتیجه، ریسک پذیرفته نمی‌شود و باید سریعا برای رفع خطر اقدام شود. آلودگی در اثر آرسنیک هم منشا طبیعی و هم منشا انسان‌زاد دارد (۴۷). آلودگی آب به آرسنیک با منشأ طبیعی در بیش از ۷۳ کشور جهان گزارش شده است به طوری‌که در حدود ۱۵۳ میلیون نفر فقط در جنوب غرب آسیا در معرض آلودگی شدید آب به آرسنیک هستند (۴۸). مواجهه انسان‌ها با آرسنیک غیرآلی عمدتاً از طریق مصرف آب شربی است که به‌صورت طبیعی آلوده شده باشد. این عنصر در آب‌های سطحی و در مناطقی که معادن سنگ فلزات آهنی وجود دارد، یافت می‌شود و در بیشتر مواقع در نتیجه مصرف مواد ضد آفات نباتی، حشره‌کش‌ها که حاوی آرسنیک می‌باشند وارد آب می‌گردد و به عنوان یکی از سمی‌ترین و خطرناک‌ترین مواد محلول در آب‌های طبیعی شناخته شده‌است. این عنصر در گروه ۱ ترکیبات سرطان‌زای مؤسسه بین‌المللی تحقیقات سرطان طبقه‌بندی شده‌است (۳، ۴) ایجاد مسمومیت مزمن، ضعف عمومی عضلات، کاهش اشتها، تهوع، التهاب غشاهای مخاطی چشم و بینی و حنجره و ضایعات پوستی، تظاهرات عصبی و حتی تومورهای بدخیم در اندام‌های مهم و حیاتی بدن ناشی از مواجهه طولانی مدت با آرسنیک مشاهده شده‌است. جوهانا بوچمن[1] و همکاران نسبت به اندازه‌گیری آرسنیک و منگنز در منابع آب شرب زیرزمینی منطقه کامبوج[2] بنگلادش با وسعتی برابر با ۳۷۰۰ کیلومتر مربع اقدام نمودند. در مجموع محدوده غلظت آرسنیک از ۱ تا ۱۳۴۰ میکروگرم بر لیتر بود. میانگین غلظت ۱۶۳ میکروگرم بر لیتر و غلظت آن در بیش از ۴۸٪ نمونه‌ها بالاتر از ۱۰ میکروگرم بر لیتر به‌گونه‌ای که سلامتی بیش از ۱/۲ میلیون نفر در معرض تهدید بود و در ۳۵۰ کیلومترمربع مردم در معرض مسمومیت حاد قرار داشتند (۴۹)؛ که این نتایج، مشابه نتایج ارزیابی غلظت آرسنیک در آب شرب شهر زابل است با این تفاوت که بالا بودن آرسنیک در تمام نمونه‌ها در زابل، وجود تهدید برای کل جمعیت شهر را نشان می‌دهد. در مطالعه‌ی دشتی‌زاده و همکارانش که به ارزیابی ریسک بهداشتی فلزات سنگین در شبکه توزیع آب شرب شهر زاهدان پرداختند میانگین غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه (آرسنیک، کادمیوم، کروم، نیکل، سرب، بور، آلومینیوم، جیوه، منگنز، روی، مس، آهن، سلنیوم و باریم) در محدوده‌ی استانداردهای ملی و جهانی گزارش شد و نتایج ارزیابی ریسک بیماری‌های غیرسرطان‌زایی آب آشامیدنی شهر زاهدان از مسیر بلع (گوارش) در دو گروه کودکان و بزرگسالان به‌ترتیب $9/84\times10^{-1}$ و $4/22\times10^{-1}$ و ریسک سرطان‌زایی کل هم $4/28\times10^{-5}$ در سطوح "ریسک پایین تا متوسط" و در نهایت در محدوده‌ی قابل قبول قرار گرفت (۲۱) که بر خلاف مطالعه‌ی حاضر از لحاظ بهداشتی خطری متوجه مردم منطقه نبود. مطالعه مسافری و همکاران در بررسی میزان آرسنیک در منابع آب شرب شهرستان هشترود هم نشان داد که از بین ۲۰۰ روستای مورد بررسی، در آب ۵۰ روستا آرسنیک وجود دارد که در ۹ روستا غلظت آرسنیک بالاتر از استاندارد ایران گزارش شد (۵۰) اما در مطالعه‌ی حاضر غلظت آرسنیک در همه‌ی نمونه‌های آنالیز شده بیشتر از هر ۳ استاندارد ایران، WHO و EPA بود. سردارخان و همکاران در بررسی آب شرب شهر

[1] Johana Buschmann

[2] Cambodia

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from journal.nums.ac.ir at 12:14 IRST on Tuesday January 12th 2021

نوشره[1] پاکستان از نظرغلظت فلزات سنگین و ارزیابی ریسک سلامت، بالا بودن غلظت فلزات کروم، نیکل، سرب، کادمیوم و آرسنیک و شاخص HQ برای آرسنیک ۲ و برای کادمیوم ۵/۸۰ را گزارش دادند که از جهت بالا بودن غلظت آرسنیک، کادمیوم و شاخص‌های خطر در تطابق و همخوانی با مطالعه حاضر قرار دارد (۵۱). در مطالعه توفیق الاسلام[2] و همکاران که آلودگی آب‌های زیرزمینی به فلز آرسنیک و ارزیابی ریسک مصرف آب را در منطقه چاپای- نوابنج[3] بنگلادش بررسی کردند، غلظت آرسنیک، آهن و منگنز را بیش از استانداردهای ملی بنگلادش و سازمان جهانی بهداشت گزارش کردند و ارزیابی ریسک بهداشتی آرسنیک هم مانند نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد که کودکان در مقایسه با افراد بالغ, در معرض خطر بالاتری قرار دارند (۲۲). در مطالعه علیائی و باریکلو که به ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی روستاهای شهرستان ماهنشان استان زنجان پرداختند، عناصر اندازه‌گیری شده سرب، آرسنیک، کروم و کادمیوم کمتر از سطح مجاز گزارش شد. نتایج ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین برای بیماری‌های سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی برخلاف مطالعه‌ی حاضر در محدوده‌ی ایمن گزارش شد که خطری مردم منطقه را تهدید نمی‌کرد (۵۲). در مطالعه‌ی محمدی و همکارانش که به ارزیابی ریسک بیماری‌های سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی فلزات سنگین در آب آشامیدنی شهر خرم‌آباد پرداختند، محدوده غلظت فلزات سنگین کم‌تر از توصیه و رهنمودهای EPA و سازمان جهانی بهداشت و در حد قابل قبول بود. میزان شاخص خطر کل (مجموع شاخص خطر از طریق مسیرهای بلع و جذب پوستی) هم پایین‌تر از حد قابل قبول گزارش شد که از جهت بیماری‌های غیرسرطان‌زایی برخلاف نتایج مطالعه‌ی حاضرخطری مصرف‌کنندگان را تهدید نمی‌کرد، اما ریسک سرطان‌زایی مانند این مطالعه بیش از مقدار مجاز گزارش شد (۵۳).

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه که در مقطع زمانی زمستان انجام شده‌است، وجود ریسک مقطعی قابل توجه بروز بیماری‌های غیرسرطانی و همچنین ریسک بسیار بالای ابتلا به بیماری‌های سرطان در صورت مواجهه‌ی طولانی مدت برای هر دو گروه سنی بزرگسالان و کودکان جمعیت محلی را نشان می‌دهد. به دلیل وجود این ریسک قابل توجه که ناشی از مقادیر بیش از حد استاندارد فلزات سنگین به‌ویژه آرسنیک و کادمیوم در نمونه‌ها و پتانسیل بالای بیماری‌زایی این فلزات می‌باشد، لازم است که مسئولین محترم شرکت آب و فاضلاب استان سیستان و بلوچستان، ضمن پایش مستمر فلزات سنگین، اقدامات لازم را نسبت به سالم‌سازی آب و کاهش خطرات موجود انجام دهند و در این راستا برنامه‌ی منسجم و منظمی جهت اجرای طرح‌های مداوم نظارت و پایش سالانه‌ی آلاینده‌های آب شرب به‌ویژه فلزات سنگین را، هم در منابع آبی مورد استفاده و هم در شبکه توزیع و نقطه‌ی مصرف (با توجه به اهمیت سلامت آب شرب که باید در آخرین مرحله توزیع که نقطه برداشت مصرف‌کننده است تامین شود) را در دستور کار خود قرار دهند و نسبت به ایمن‌سازی آب با تسریع در روند انجام اقدامات اصلاحی مناسب در امر تعویض لوله و اتصالات قدیمی و فرسوده‌ی سراسر شبکه توزیع آب شرب شهر (به‌دلیل واکنش متقابل آب و لوله‌های شبکه) و هم انجام اقداماتی جهت تقویت و ارتقا سیستم تصفیه‌خانه‌ی آب شرب شهر به فرایندهای پیشرفته‌ای که بتولند آلودگی فلزات

[1] Nowshera

[2] Towfiqul Islam
3 Chapai-Nawabganj

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from journal.nums.ac.ir at 12:14 IRST on Tuesday January 12th 2021

سنگین و سایر آلودگی‌های احتمالی را کاهش دهند. با توجه به این‌که غلظت کمتر از حد استاندارد نمی‌تواند تضمینی برای عدم وجود ریسک باشد بنابراین ضمن بررسی و مقایسه‌ی غلظت فلزات با مقادیر استاندارد، توجه به ارزیابی ریسک بهداشتی و محاسبه‌ی آن هم ضروری می‌باشد. به‌دلیل وجود محدودیت‌های مالی و زمانی امکان انجام نمونه‌برداری در سایر فصول سال فراهم نبود. بنابراین امید است که این مطالعه زمینه و انگیزه‌ای را برای پژوهشگران فراهم آورد تا نسبت به بررسی غلظت و ارزیابی ریسک فلزات سنگین در دیگر فصل‌ها اقدام کنند تا امکان مقایسه بیشتر و بهتر در این زمینه بدست آید.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده‌ی اول در رشته‌ی علوم و مهندسی محیط‌زیست می‌باشد. لازم می‌دانیم از همه عزیزانی که در مراحل مختلف انجام این پژوهش ما را یاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی نماییم.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تضاد منافع ندارند.

References

1. Demira VT, Dereb S, Erginc Y, Cakıra F. Celika. Determination and Health Risk Assessment of Heavy Metals in Drinking Water of Tunceli, Turkey. J Water Resources, 2015,42(4):510–518. https://www.researchgate.net/publication/282267342
2. nahid p, & mosleh abadi p. [Heavy Metals Concentrations on Drinking Water in Different Aeras of Tehran as ppb and Methods of Remal Them]. Food Science and Technology. 2008,5(16):29-35. (Persian). http://mme.modares.ac.ir/article-7-12385-fa.html.
3. Sobhanardakani S, Jamali M, Maànijou M. [Evaluation of As, Zn, Cr and Mn concentrations in groundwater resources of Razan Plain and preparing the zoning map using GIS]. J ENVIRON SCI TECHNOL 2014; 16(2):25-38. (Persian). https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=389554.
4. Nazari S, Sobhanardakani S. [Assessment of pollution index of heavy metals in groundwater resources of Qaleh Shahin plain (2013-2014)]. J Kermanshah Univ Med Sci 2015; 19(2):102-08.(Persian). https://www.magiran.com/paper/1404663?lang=en
5. Rajaei Q, Pourkhabbaz A, Motlagh SH. [Assessment of Heavy Metals Health Risk of Groundwater in Ali Abad Katoul Plian]. NKhMJ. 2012;4(2):155-62. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=174986
6. Kaplan O, Yildirim NC, YIildirim N, Tayhan N. Assessment of some heavy metals in drinking water samples of Tunceli, Turkey. E-J. Chem. 2011; 8(1): 276-280. https://www.hindawi.com/journals/jchem/2011/370545
7. Chalkesh amiri, M. Water treatment principles: Isfahan, arkan danesh, 2019. https://www.adinehbook.com/gp/product/6005442021
8. abedi M. study of heavy metals, nitrite and nitrate in drinking waters of gorgan city and the preparation of the distribution map in gis Islamic Azad University Shahrood Branch; 2014. https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/2f71420b3fb42da87bb9d83120237845
9. Zare MR, Aali R, Shahryari A. Iron and manganese in drinking water: concerns and probable problems. Journal of Prevention and Health. 2016;2(5):34-42. https://www.magiran.com/paper/1681506?lang=en
10. Organization WH. Guidelines for Drinking-water Quality. FOURTH EDITION INCORPORATING THE FIRST ADDENDUM World Health Organization; 2017. https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/drinking-water-quality-guidelines-4-including-1st-addendum/en/
11. Panahi M. Principles of quality treatment of water wastewater: Tehran University Press; 2007. http://centlib.iums.ac.ir:8800/site/catalogue/74159
12. Copper in Drinking Water", (2002) Washington State Department of Health, www.doh.wa.gov/ehp/dw pp 1.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from journal.nums.ac.ir at 12:14 IRST on Tuesday January 12th 2021

13. Ghaderpoori M, Kamarehie B, Jafari A, Ghaderpoury A, Karami M. Heavy metals analysis and quality assessment in drinking water - Khorramabad city, Iran. Data in brief. 2018;16:685-92. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29541665
14. karyab, h. [Educational file-Environmental Epid]. In. 2016;Retrieved from http://eprints.qums.ac.ir/id/eprint/3834
15. KaryabH. [Excess cancer risk assessment poly aromatic hydrocarbons in drinking water in Tehran]. Ph.D. Thesis of Tehran University of Medical Sciences, 2011. (Persian). https://www.researchgate.net/publication/260116364
16. Mesdaghinia, A., Nasseri, S., & Hadi, M.[Assessment of Carcinogenic Risk and Non-Carcinogenic Hazard Quotient of Chromium in Bottled Drinking Waters in Iran]. IJHE, 2016; 9(3), 347-358. (Persian). http://ijhe.tums.ac.ir/article-1-5618-fa.html
17. Huang X, He L, Li J, Yang F, Tan H. Different choices of drinking water source and different health risks in a rural population living near a lead/zinc mine in Chenzhou City, southern China. Int J Environ Res Public Health. 2015;12(11):14364-81. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26569281.
18. Wongsasuluk P, Chotpantarat S, Siriwong W, Robson M. Heavy metal contamination and human health risk assessment in drinking water from shallow groundwater wells in an agricultural area in Ubon Ratchathani province, Thailand. Environ Geochem Health. 2014;36(1):169-82. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23771812.
19. 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;92(2):187-94. https://link.springer.com/article/10.1007/s12594-018-0980-0
20. Rezaei H, Zarei A, Kamarehie B, Jafari A, Fakhri Y, Bidarpoor F, et al. Levels, Distributions and Health Risk Assessment of Lead, Cadmium and Arsenic Found in Drinking Groundwater of Dehgolan's Villages, Iran. Toxicology and Environmental Health Sciences. 2019;11(1):54-62. https://link.springer.com/article/10.1007/s13530-019-0388-2
21. Dashtizadeh M, Kamani H, Ashrafi SD, Panahi AH, Mahvi AH, Balarak D, et al. Human health risk assessment of trace elements in drinking tap water in Zahedan city, Iran. Journal of Environmental Health Science and Engineering. 2019;17(2):1163-9. https://link.springer.com/article/10.1007/s40201-019-00430-6
22. Islam ARMT, Shen S-H, Bodrud-Doza M. Assessment of arsenic health risk and source apportionment of groundwater pollutants using multivariate statistical techniques in Chapai-Nawabganj district, Bangladesh. Journal of the Geological Society of India. 2017;90(2):239-48. https://link.springer.com/article/10.1007/s12594-017-0705-9
23. Mirdar-Harijani, J.. Assessment of physicochemical characteristics of Chahnimeh water and fish farms. Research project of Zabol University,2007; 115.(Persian). gnbd-jair-Journal-v5-n4-isc (2).xml.
24. Hosseini, H., Shakeri, A., Rezaei, M., Dashti Barmaki, M., & Shahraki, M.[Application of water quality index (WQI) and hydro-geochemistry for surface water quality assessment, Chahnimeh reservoirs in the Sistan and Baluchestan Province]. IJHE,2019; 11(4), 575-586. (Persian). http://ijhe.tums.ac.ir/article-1-6141-en.html.
25. Kamani H, Mirzaei N, Ghaderpoori M, Bazrafshan E, Rezaei S, Mahvi AH. Concentration and ecological risk of heavy metal in street dusts of Eslamshahr, Iran. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. 2018;24(4):961-70. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10807039.2017.1403282?journalCode=bher20
26. Lenore S. Clescerl AEG, Andrew D. Eaton. Standard Methods for Examination of Water & Wastewater: Amer Public Health Assn; 1999. https://megapaper.ir/search/view/ebook/864854
27. Muhammad S, Shah MT, Khan S. Health risk assessment of heavy metals and their source apportionment in drinking water of Kohistan region, northern Pakistan. MICROCHEM J. 2011;98(2):334-43. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026265X11000452
28. Shaharuddin M. Risk Assessment of Aluminum Residue in Drinking Water of Residents in Sandakan, Sabah.J ASIA-PAC J PUBLIC HE. 2015;1. http://www.apeohjournal.org/index.php/v/article/view/6
29. Aghavali, N. [Determination of heavy metals concentration in groundwater of areas in cetral and northwestern of Iran]. (PHD), Islamic Azad University,2017; (3143) https://ganj.irandoc.ac.ir//#/articles/10e352783a0782388b12c2f00a7a252c
30. Iran., I. o. S. a. I. R. o. 5th.revision. Drinking water -Physical and chemical specifications 1053 In.2009. (Persian). http://nmbk.ir/harticle/nmbk-1392-2-22-10-51-371053.pdf
31. Organization WH. Guidelines for Drinking-water Quality. FOURTH EDITION INCORPORATING THE FIRST ADDENDUM World Health Organization; 2017.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from journal.nums.ac.ir at 12:14 IRST on Tuesday January 12th 2021

https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/drinking-water-quality-guidelines-4-including-1st-addendum/en/
32. USEPA. 2018 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories Tables. In. Washington DC: United States Environmental Protection Agency; 2018. https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-03/documents/dwtable2018.pdf
33. Liu X, Song Q, Tang Y, Li W, Xu J, Wu J ,et al. Human health risk assessment of heavy metals in soil–vegetable system: a multi-medium analysis. Sci Total Environ. 2013;463:530-40. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23831799
34. USEPA. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume 1. Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment); EPA/540/R/99/005 Office of Superfund Remediationand Technology Innovation; Environmental Protection Agency: Washington, DC, USA, 2004. https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/part_e_final_revision_10-03-07.pdf
35. Li F, Qiu Z, Zhang J, Liu C, Cai Y, Xiao M. Spatial distribution and fuzzy health risk assessment of trace elements in surface water from Honghu Lake. Int J Environ Res Public Health. 2017;14(9):1011. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28869576
36. Lim C, Shaharuddin M, Sam W. Risk assessment of exposure to lead in tap water among residents of Seri Kembangan, Selangor State, Malaysia. Glob J Health Sci. 2013;1(2)5;3. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23445691
37. USEPA. Exposure Factors Handbook. Washington DC: United States Environmental Protection Agency; 2011. https://www.nrc.gov/docs/ML1400/ML14007A666.pdf
38. MohseniBandpi A, Eslami A, Ghaderpoori M, Shahsavani A, Jeihooni AK, Ghaderpoury A, et al. Health risk assessment of heavy metals on PM2.5 in Tehran air, Iran. Data in Brief. 2018;17:347-55. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340918300210
39. Karami MA, Fakhri Y, Rezania S, Alinejad AA, Mohammadi AA, Yousefi M, et al. Non-Carcinogenic Health Risk Assessment due to Fluoride Exposure from Tea Consumption in Iran Using Monte Carlo Simulation. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2019;16(21):4261. https://www.mdpi.com/1660-4601/16/21/4261/htm
40. Peng C, Cai Y, Wang T, Xiao R, Chen W. Regional probabilistic risk assessment of heavy metals in different environmental media and land uses: An urbanization-affected drinking water supply area. J Sci. Rep. 2016;6:37084. https://www.nature.com/articles/srep37084
41. Zhang Y, Chu C ,Li T, Xu S, Liu L, Ju M. A water quality management strategy for regionally protected water through health risk assessment and spatial distribution of heavy metal pollution in 3 marine reserves. SCI TOTAL ENVIRON. 2017;599:721-31. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717310847.
42. Kamarehie B, Jafari A, Zarei A, Fakhri Y, Ghaderpoori M, Alinejad A. Non-carcinogenic health risk assessment of nitrate in bottled drinking waters sold in Iranian markets: A Monte Carlo simulation. Accreditation and Quality Assurance. 2019;24(6):417-26. https://link.springer.com/article/10.1007/s00769-019-01397-5
43. Mebrahtu, G., & Zerabruk, S. Concentration and Health Implication of Heavy Metals in Drinking Water from Urban Areas of Tigray Region, Northern Ethiopia. Momona Ethiop. j. sci, 2011; 3(1). doi:10.4314/mejs.v3i1.63689. https://www.ajol.info/index.php/mejs/article/view/63689.
44. Muhammad S, Shah MT, Khan S. Health risk assessment of heavy metals and their source apportionment in drinking water of Kohistan region, northern Pakistan. MICROCHEM J. 2011;98(2):334-43. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026265X11000452
45. Mirzabeygi M, Abbasnia A, sajadi M, Salimi J, sajadi M, harasi E, et al. Determination of the heavy metals concentrations (lead, Cadmium, Chromium) in rural drinking water supplies of Torbat Heydariyeh city and distribution of GIS. Journal of Research in Environmental Health. 2016;2(2):146-53. http://jreh.mums.ac.ir/article_7583.html
46. Shahvi, S., & Torabian, A.[Studying Iranian Drinking Water Quality Guidelines Compared to the Authentic World Standards]. J wwse, 2017; 2(2), 3-13. doi:10.22112/jwwse.2018.87953.1008. http://www.jwwse.ir/article_58402_en.html
47. Ebrahimi meymand M, Abbasnejad A, Bhrooz M. [Distribution and origin of arsenic in groundwater in Rafsanjan plain and providing a suitable solution for its removal]. Proceedings of 14th Conference of Geology and the Environment 2009 (Persian). https://www.civilica.com/Paper-CAGE04-CAGE04_134.html.

www.SID.ir

Downloaded from journal.nums.ac.ir at 12:14 IRST on Tuesday January 12th 2021

48. Ravenscroft P, Brammer H, Richards KS. Arsenic pollution: a global synthesis. Wiley Blackwell, U.K, 2009. https://www.researchgate.net/publication/281165131_Arsenic_Pollution_A_Global_Synthesis
49. Johana B. [Measurement of arsenic and manganese in underground water sources in bangladesh Cambodia]. Water Res, 2007;36: 1211-1218. https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es062056k
50. Mosaferi, M., Taghipour, H., Hassani, A., Borghei, M., Kamali, Z., & Ghadirzadeh, A. [Study of Arsenic Presence in Drinking Water Sources]: A Case Study. IJHE,2008; 1(1), 19-28. http://ijhe.tums.ac.ir/browse.php?a_id=183&sid=1&slc_lang=fa
51. Khan, S., Ali Shah, I., Muhammad, S., Malik, R., & Shah, M. . Arsenic and Heavy Metal Concentrations in Drinking Water in Pakistan and Risk Assessment: A Case Study. Hum. J ecol. risk assess, 21.2015; doi:10.1080/10807039.2014.950925. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10807039.2014.950925
52. Oliaei, M., Barikloo, A. Assessment of Heavy metal's health risk in underground water resources (case study some parts of northeastern villages of Mahneshan city, Dandi region, Zanjan provience). Geography (Regional Planning), 2018; 8(3): 41-51. http://www.jgeoqeshm.ir/article_68868.html
53. Mohammadi AA, Zarei A, Majidi S, Ghaderpoury A, Hashempour Y, Saghi MH, et al. Carcinogenic and non-carcinogenic health risk assessment of heavy metals in drinking water of Khorramabad, Iran. MethodsX. 2019; 6:1642-51. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221501611930192X.

www.SID.ir

Archiv

Journal of Neyshabur University of Medical Sciences

www.journalnums.ac.ir

Downloaded from journal.nums.ac.ir at 12:14 IRST on Tuesday January 12th 2021

Carcinogenic and Non-Carcinogenic Risk Assessment of Heavy Metals in drinking tap water in Zabol city, Iran

Jamileh Shahriyari[1], Mohammad Reza Rezaei[*1], Hossein Kamani[2], Mohammad Hossein Sayadi anari[1]

1- Department of Environment, University of Birjand, Birjand, Iran.
2- Department of Environmental Health Engineering, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran.

Original Article

Received: 24 Sep 2019
Accepted: 13 Apr 2020

***Corresponding Author:**
Mohammad Reza Rezaei, Department of Environment, University of Birjand, Birjand, Iran
TEL: 09151615414
Email:
mrrezaei@birjand.ac.ir

ABSTRACT

Introduction
The existence of heavy metals in drinking water is a serious threat to consumers ' health in terms of the likelihood of suffering from diseases related to contaminated water consumption. this study aimed to determine the carcinogenic and non-carcinogenic risk of heavy metals in drinking tap water in Zabol city, Iran.

Materials and Methods
In this cross-sectional study 50 samples were collected from different points of the urban drinking water network of Zabol city in Winter 2019 And according to the standard method were analyzed by ICP- OES device. The mean concentrations of arsenic, cadmium, chromium, nickel, lead, manganese, zinc, copper, and iron were compared with national 1053 standards of Iran, the Environmental Protection Agency, and the World Health Organization .also, health risk assessment for children and adult age groups was carried out based on the guidelines of the U.S EPA. All analysis of data and human health risk assessment were estimated by using the Excel software.

Results
Among the metals, the mean concentrations of arsenic (0.0407 mg/l) and cadmium (0.0034 mg/l) were higher than the permissible values of Iran's 1053 national standards and the World Health Organization. hazard index (HI) was 9.62 for children and 4.12 for adults and the total carcinogenic risk was 1.79×10^{-3} and showed the highest level of carcinogenic risk.

Conclusion
The results of this study show the existence of a significant risk of incidence of non-cancerous diseases as well as a very high risk for cancer diseases as a result of prolonged exposure for the local population (especially children). Therefore, the necessary measures must be taken as soon as possible to reduce the amount of water pollution by the responsible organizations.

Keywords
Risk Assessment, Carcinogenic, Non-Carcinogenic, Heavy Metals, tap water, Zabol.

► *Please cite this article as:* Shahriyari J, Rezaei MR, Kamani H, Sayadi anari MH. Carcinogenic and Non-Carcinogenic Risk Assessment of Heavy Metals in drinking tap water in Zabol city, Iran. J Neyshabur Univ Med Sci 2020;8(3):59-75.

www.SID.ir